

Laurea Magistrale in Ingegneria Energetica e Nucleare

Tesi di Laurea



**"Progettazione di un impianto di riscaldamento e di
climatizzazione estiva in accordo alla normativa sulle
costruzioni e alle politiche energetiche di paesi situati in
diverse aree climatiche"**

Studente: Mesmer N'sassila

Relatore: Marco Carlo Masoero

Data: 06/12/2018

Indice

CAPITOLO 1 OVERVIEW

CAPITOLO 2 CRITERI DI VALUTAZIONE DEL BENESSERE

CAPITOLO 3 CONDIZIONI CLIMATICHE

- 3.1 PARAMETRI CLIMATICI UTILI NELLA CLIMATIZZAZIONE
- 3.2 IL GIORNO MEDIO MENSILE
- 3.3 TEMPERATURA INVERNALE DIO PROGETTO
- 3.4 IRRADIAZIONE SOLARE MEDIA GIORNALIERA, IRRADIANZA SOLARE MASSIMA ESTIVA
- 3.5 TEMPERATURA SOLE-ARIA
- 3.6 VELOCITÀ DEL VENTO E GRADI GIORNO

CAPITOLO 4 NORMATIVE SULLE COSTRUZIONI E SULLA CLIMATIZZAZIONE

- 4.1 Dubai
- 4.2 BRAZIL

CAPITOLO 5 CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO DA RISCALDARE E DA CLIMATIZZARE

CAPITOLO 6 DATI CLIMATICI E CONDIZIONI DI PROGETTO

- 6.1 DUBAI
- 6.2 MILANO
- 6.3 BOA VISTA

7. ANALISI E CONFRONTO DI TIPO ENERGETICO TRA LE CITTÀ, AL VARIARE DELLE CONDIZIONI CLIMATICHE

8. POTENZIALI SOLUZIONI ATTI A RIDURRE LA SPESA ENERGETICA

9. CONCLUSIONI

PREMESSA

Questa tesi ha come obiettivo, lo studio delle normative sulle costruzioni e sulla climatizzazione di paesi che si trovano in diverse aree del mondo. Principalmente verrà fatto un studio approfondito sul clima in tre paesi a fin di potere realizzare un impianto di climatizzazione che soddisfi i fabbisogni di un edificio del terziario situato a Milano. È stato pensato di climatizzare e di riscaldare lo stesso piano-edificio immaginando di spostarlo nelle varie aree del mondo mantenendo invariate le dimensioni strutturali e i carichi totali interni ai locali. In fine, a seconda delle normative e delle diverse condizioni climatiche che si riscontreranno nei paesi, verrà fatto un confronto sulla spesa energetica necessaria al mantenimento di un comfort termoigometrico del piano edificio.

1. REQUISITI GENERALI MICROCLIMATICI

In generale come sappiamo, l'uomo vive bene negli ambienti in cui esiste un comfort termico, cioè dove le condizioni climatiche non richiedono di attivare sistemi per regolare la temperatura corporea, ossia ambienti in cui non si suda né si provano brividi di freddo. Condizioni microclimatiche "calde" o " fredde", unite al tempo di esposizione, al tipo di attività svolta (leggera, moderata, pesante, molto pesante) e al vestiario indossato, possono creare nelle persone esposte situazioni di stress termico da calore o da freddo e, in situazioni estreme, anche gravi danni alla salute.

Un microclima "caldo" può provocare nel lavoratore una sensazione di disagio fino allo stress termico (forte innalzamento della temperatura corporea). In condizioni " fredde", oltre al disagio, si può avere un aumento delle cosiddette malattie da raffreddamento (raffreddore, bronchiti, dolori articolari).

Lo sviluppo tecnologico nel campo dell'edilizia, unitamente a una vasta gamma di problemi legati alla progettazione, hanno reso fondamentale risolvere la questione del rinnovo dell'aria per eliminare una quantità notevole di sostanze inquinanti negli spazi abitati. L'uomo trascorre il 70-80 % del suo tempo in ambienti chiusi.

Tanto nell'ambiente di lavoro quanto in quello familiare le sostanze inquinanti si trovano sotto forma di:

- Gas inquinanti: CO₂, CO, SO₂, NH₃ e altri;
- Microbi e in particolare batteri;
- Fumo;
- Polveri;

- Umidità.

La presenza di queste sostanze dipende sia dalla presenza dell'uomo (fumo, prodotti di cucina, abbigliamento) ma anche da fattori esterni (degrado delle strutture circostanti).

In aggiunta, queste sostanze non sono tutte percepibili in via olfattiva. Altre, come l'umidità, pur non essendo inquinanti di per sé, devono essere contenuti entro certi limiti per non creare situazioni di disagio e disturbi. Questi disturbi possono aumentare per un repentino passaggio da un ambiente "caldo" a uno "freddo" o viceversa.

Con il termine microclima si intende:

l'insieme di quei parametri ambientali che influenzano gli scambi termici tra soggetto e ambiente negli spazi confinati e che determinano il cosiddetto benessere termico.

Le grandezze fondamentali che contribuiscono a determinare il benessere termico dell'organismo umano sono: la temperatura dell'aria, l'umidità relativa, la ventilazione, il calore radiante, il dispendio energetico, la resistenza termica vestiario.

L'organismo umano, infatti, tende a mantenere in equilibrio il suo bilancio termico in modo che la sua temperatura si stabilizzi su valori ottimali. Per realizzare questo equilibrio è fondamentale che le condizioni igieniche ambientali siano le più idonee. Basterebbe pensare che la presenza delle persone, per effetto della respirazione, determina un impoverimento della quantità di ossigeno contenuto nell'aria circostante con conseguente aumento dell'anidride carbonica. Questa, oltre che diventare insopportabile quando raggiunge il valore dl 5-6 %, causa delle perdite di

conoscenza quando raggiunge il 10% circa. Esiste, quindi, la necessità di cambiare la massa d'aria cosiddetta viziata con aria pura; la necessità è dettata anche dalla sudorazione che è fonte di cattivi odori.

Controllare simultaneamente la temperatura, il grado di umidità, la purezza e la distribuzione dell'aria in ambiente è il processo chiamato condizionamento. In base alle modalità di realizzazione del processo, un ambiente può essere condizionato, climatizzato o ventilato.

Gli impianti di climatizzazione sono quelli realizzati in ambienti civili quali uffici, scuole, appartamenti, negozi, ospedali, teatri ecc. e hanno lo scopo di mantenere, tanto in estate quanto in inverno, le condizioni termo igrometriche più appropriate per il benessere delle persone. L'impianto oltre a controllare la temperatura e l'umidità specifica, deve garantire un giusto movimento dell'aria ambiente, filtrarla e garantire il necessario rinnovo. Effettuare queste operazioni significa interagire con l'ambiente esterno nel senso che, in funzione delle caratteristiche termiche dell'aria esterna, vengono modificate quelle interne in modo da mantenere sempre un clima ideale.

Gli impianti di condizionamento sono quelli destinati agli ambienti industriali e hanno lo scopo di condizionare la temperatura, l'umidità, la purezza e la distribuzione in modo facilitare o migliorare uno specifico processo industriale. Le condizioni così ottenute, che variano col tipo di lavorazione, vengono mantenute costanti per tutto l'anno. Questo tipo di processo non interagisce con l'esterno, nel senso che le condizioni termo igrometriche esterne non influiscono su quelle da mantenere all'interno.

Gli impianti di ventilazione sono utilizzati un po' in tutti i campi e hanno lo scopo di immettere sistematicamente, nell'unità di tempo, un quantitativo d'aria di rinnovo, sufficiente a garantire condizioni microclimatiche decorose. In questo tipo di processo non previsto di mantenere sotto controllo alcuni parametri termo igrometrici quali la purezza dell'aria. A seconda che l'immissione venga realizzato con l'ausilio di un mezzo meccanico oppure no, la ventilazione si definisce forzata o naturale.

2. CRITERI DI VALUTAZIONE DEL BENESSERE

Per effettuare una disamina del benessere, condizioni per le quali non vi è l'intervento termoregolatore dell'organismo e per le quali l'attività dell'individuo si esplica con maggior facilità massimizzando il suo rendimento al lavoro, è necessario considerare alcuni parametri legati:

- All'attività fisica svolta;
- Alle caratteristiche di isolamento termico del vestiario indossato;
- Ai parametri microclimatici dell'ambiente esterno all'individuo, quali temperatura dell'aria, umidità relativa, velocità dell'aria e temperatura media radiante.

Non vi sono criteri scientifici per la valutazione del benessere, metodi sperimentali, tuttora in fase di analisi, sono stati oggetto di studio soprattutto da parte dell'ASHRAE per definire un indice di valutazione che permetesse di collegare i parametri oggettivi ambientali con quelli soggettivi delle persone e ne individuasse la priorità dal punto di vista microclimatico. Lo studio sperimentale ha portato a elaborare alcuni grafici, per esempio quello della

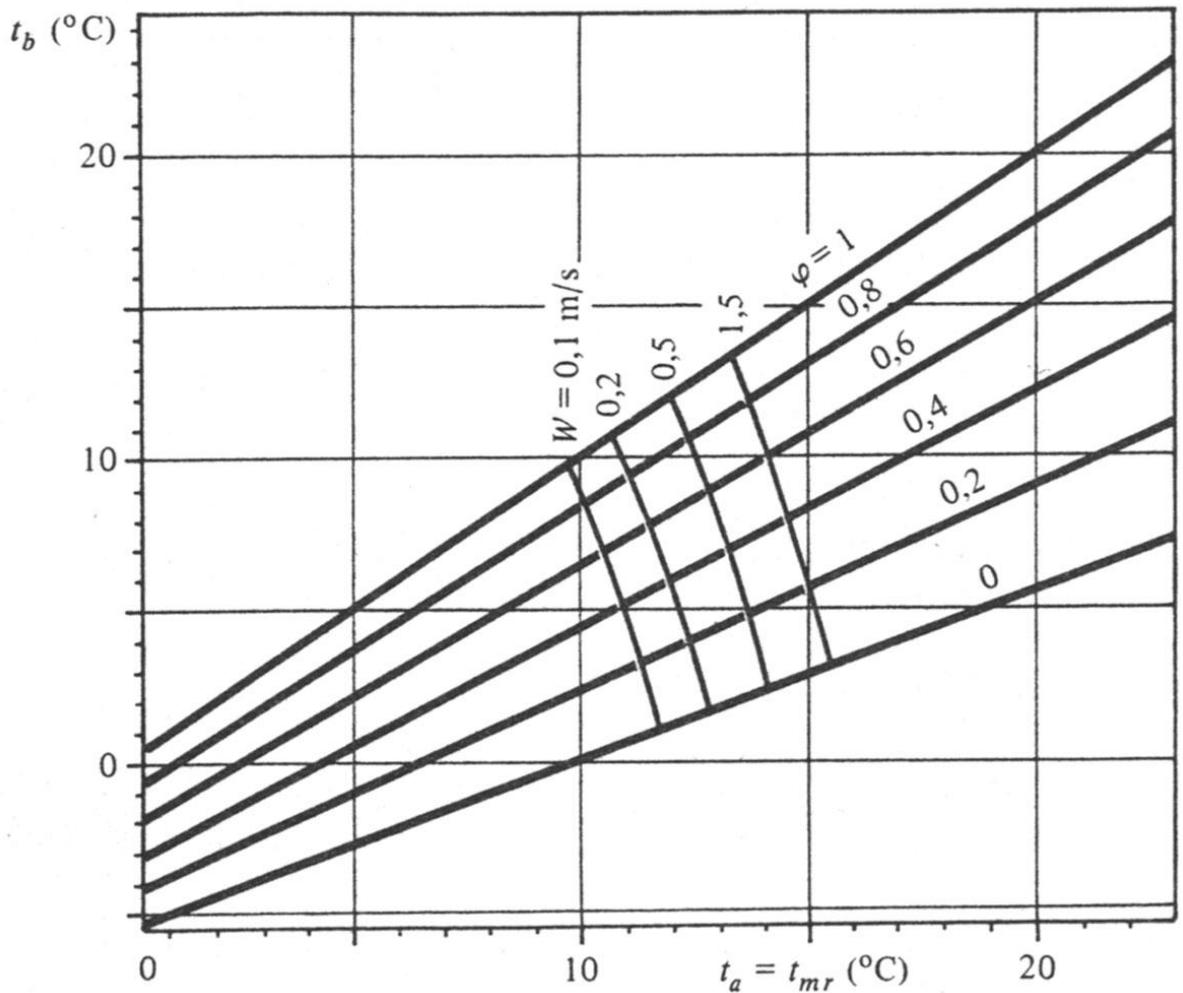
figura 1. Dall'analisi del grafico si nota che, realizzata una condizione di benessere con una terna di valori di temperatura, umidità relativa e velocità dell'aria, la stessa condizione può essere ottenuta con una combinazione diversa di valori, come l'aumento della temperatura e della velocità ma con diminuzione dell'umidità.

Dato che la sensibilità ai parametri termici varia da persona a persona, si tratta di trovare la massima percentuale di persone che, a parità di abbigliamento e di attività svolta, ritengono confortevole una serie di condizioni microclimatiche ambientali.

Da un'indagine statistica risulta, per esempio, che, per quanto riguarda il valore della velocità nell'ordine di $v=2.5$ m/s d'estate e $v=0.15$ m/s d'inverno.

Fig.1

[1]



Dall'altro canto, soprattutto d'estate, una leggera ventilazione, con velocità nell'ordine di $v=0.1-0.15\text{m/s}$ è gradita sia per un piacevole effetto che produce, sia per evitare intorno alle persone zone di ristagno di aria calda e umida. Per quanto riguarda l'umidità, valori inferiori al 30% sono da escludere in qualsiasi stagione in quanto provocano un'eccessiva evaporazione con conseguente essiccamiento delle mucose dell'apparato respiratorio. Ma sono ugualmente da escludere valori superiori al 70%, in quanto, in inverno, favoriscono la condensazione del vapor d'acqua sulle pareti fredde e in particolare sui vetri delle finestre, dove si

raggiunge rapidamente la temperatura di rugiada dell'aria mentre, in estate, provocano un'accentuata percezione degli odori, con effetti sgradevoli, soprattutto nei locali affollati.

I valori di temperatura, dunque, rientrano in un intervallo ben determinato e riportato in grafico, all'interno del quale si distinguono due zone di comfort termico, una estiva e una invernale. I grafici sono realizzati in funzione del tipo di attività e le due zone si riferiscono a due differenti tipi di vestiario appropriato per la stagione analizzata: 1clo per quella invernale e 0.5 clo per quella estiva. I grafici hanno validità se la temperatura media radiante non differisce di molto da quella di bulbo secco. In conclusione, si può affermare che, restringendo i campi, sono giudicati ottimali valori di temperatura invernale tra 20 e 22°C, valori di temperatura estiva tra 24 e 26°C e valori di umidità relativa intorno al 50%.

3. CONDIZIONI CLIMATICHE

Per definire il clima di un luogo si devono considerare i parametri fisici che permettono di definire le condizioni in cui si trova l'atmosfera in quel sito. I principali parametri utilizzati sono la temperatura e l'umidità relativa dell'aria, il livello delle precipitazioni, la velocità e la direzione del vento, l'intensità della radiazione solare.

La scienza che studia i climi utilizza come grandezze "guida" nella definizione del clima di un determinato luogo la temperatura e le precipitazioni. Questo perché effettivamente sono grandezze molto significative, ma anche perché sono quelle per le quali si hanno più dati a disposizione dal momento che sono rilevate da un numero elevatissimo di stazioni.

Il sistema di classificazione, elaborato all'inizio del secolo dal climatologo russo W. Koppen, costituisce oggi un standard mondiale. La classificazione è basata sui valori di temperatura del mese più freddo e del mese più caldo e sulla temperatura minima annuale in parallelo alle precipitazioni. Essa individua nella vegetazione spontanea il migliore indicatore della combinazione climatica di un luogo. Le grandi classi in cui il sistema Koppen ha suddiviso i climi sono cinque e vengono poi identificate alcune sottoclassi che si distinguono tra di loro per quantità e regime delle piogge. La suddivisione delle terre emerse sulla base dei cinque tipi di clima è visibile in figura 2.

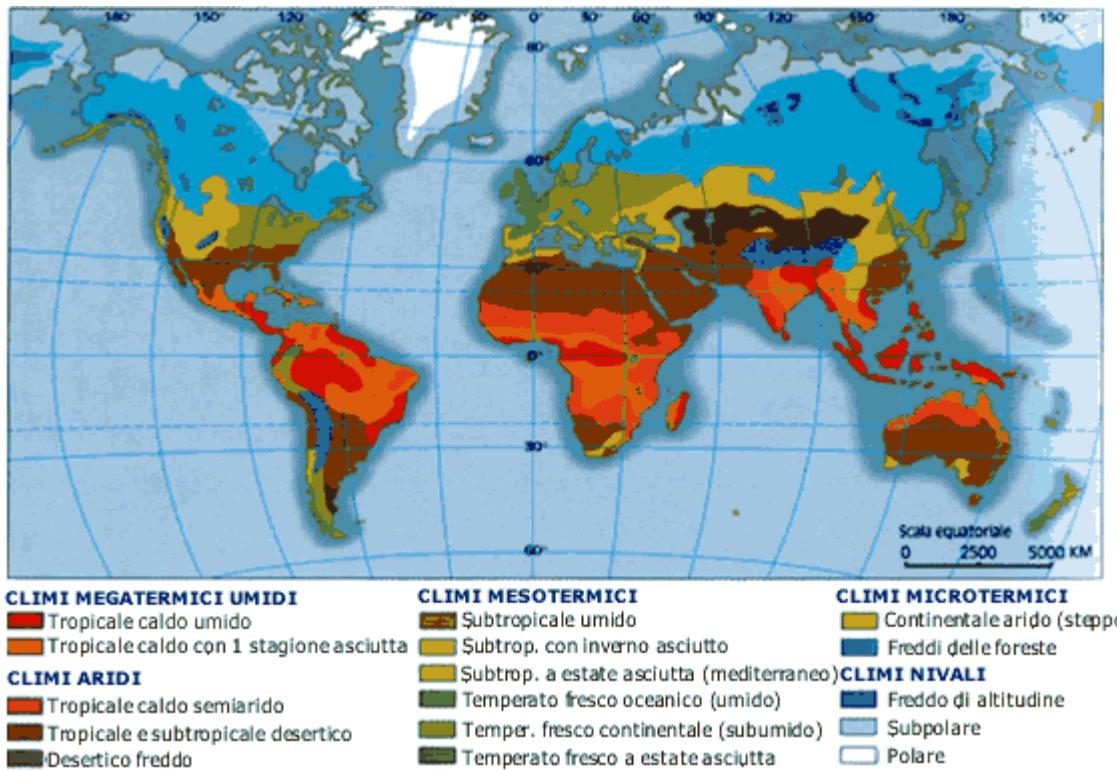


Fig.2

- Climi caldi umidi: sono caratterizzati dal fatto che la temperatura media del mese più freddo non scende mai sotto i 18°C, dalla mancanza di inverno, da debole escursione termica annua e appena più sensibile escursione termica giornaliera. La quantità e il regime delle piogge sono variabili e determinano i seguenti sottotipi di clima: clima equatoriale: caratterizzato da grande uniformità di regime termico e piovosità abbondante e ben distribuita in tutti i mesi dell'anno; clima tropicale: caratterizzate da piogge abbondanti concentrate in stagione umida la restante parte dell'anno è pressoché arida; clima monsonico: caratterizzato da breve stagione arida e mentre l'altra parte dell'anno è molto piovosa.

- Climi aridi: caratterizzati dal fatto che l'evaporazione supera la precipitazione.
- Climi umidi temperati caldi: la temperatura media del mese più freddo scende sotto i 18°C ma è comunque maggiore di -3°C; il ciclo termico stagionale è ben definito; il regime pluviometrico è vario: vi è vario; vi è grande variabilità del tempo atmosferico. Si distinguono i seguenti sottotipi di clima: clima temperato subtropicale umido: con precipitazioni distribuite durante l'anno; clima temperato subtropicale con inverno secco: mancanza di piogge nella stagione invernale; clima temperato subtropicale con estate asciutta: tipico esempio il clima mediterraneo.
- Climi boreali temperati freddi: la temperatura media del mese più freddo scende sotto -3°C e quella del mese più caldo supera 10°C; l'inverno è lungo e freddo con suolo sempre coperto di neve; l'estate è breve e calda; vi è grande escursione termica che supera spesso 40° o perfino 60°C. si distinguono i seguenti sottotipi di clima: clima continentale con inverni umidi, clima continentale con inverni secchi.
- Climi nivali o polari: la temperatura media del mese più caldo è sempre minore di 10°C, vi è mancanza di un periodo caldo; una caratteristica particolare è data dal lungo giorno e dalla lunga notte.

3.1 PARAMETRI CLIMATICI UTILI NELLA CLIMATIZZAZIONE

Le grandezze climatiche utilizzate in campo meteorologico ossia le precipitazioni e specialmente la temperatura con i suoi valori medi, massimi, minimi mensili e annuali, possono dare un'idea generale

di quelle che sono le sollecitazioni ambientali su di un edificio. D'altra parte però per poter effettuar analisi dettagliate del sito in fase di progettazione e per la simulazione delle prestazioni energetiche del sistema edificio-impianto è necessario elaborare in maniera specifica i dati meteorologici per ottenere ulteriori indicatori climatici. Nel seguito sono descritte le diverse grandezze e i vari parametri meteorologici che possono essere utilizzati nella progettazione architettonica.

Nella progettazione dei sistemi che utilizzano l'energia solare, così come nella valutazione delle prestazioni energetiche del sistema edificio-impianto si deve considerare il comportamento dei sistemi in regime dinamico lungo tutto il ciclo climatico annuale considerando le variazioni giornaliere delle diverse grandezze. Per fare questo è necessario avere a disposizione i valori orari delle grandezze meteorologiche lungo tutto il ciclo annuale; in particolare sono indispensabili la temperatura e la radiazione solare. Si individuano le sequenze orarie più probabili elaborando statisticamente i dati ambientali misurati su lungo periodo (almeno 20 anni) e costruendo quello che va sotto il nome di "anno tipo". In Italia l'elaborazione dell'anno tipo per una serie di località è stata condotta dal Consiglio Nazionale delle Ricerche nell'ambito del Progetto Finalizzato Energetica negli anni '80. Utilizzando i dati provenienti da 68 stazioni sparse sul territorio nazionale raccolti in maniera praticamente continua dall'Aeronautica Militare dal 1951 al 1970 si sono fatte le seguenti elaborazioni:

- per ogni stazione sono state calcolati valore medio e varianza della temperatura dell'aria per ciascun mese dell'anno, da gennaio a dicembre, utilizzando l'intera popolazione a disposizione;

- la stessa operazione è stata ripetuta per ogni singolo mese di ogni singolo anno;
- si è selezionato quale mese tipo più rappresentativo quello con media e varianza più prossimi agli stessi valori per quel mese calcolati sull'intera popolazione;
- alla temperatura dell'aria si sono accompagnate le altre grandezze meteorologiche relative allo stesso mese: velocità del vento, umidità relativa, numero di ore di sole.
- si è costruito l'anno tipo come successione dei mesi tipo così selezionati;
- per la radiazione si aveva in origine a disposizione solo la radiazione solare giornaliera sul piano orizzontale e limitatamente a 30 località a partire dal 1958. Alle altre 38 stazioni per le quali non si avevano dati si sono attribuiti i valori misurati in stazioni il più possibile adiacenti. Infine il valore giornaliero globale è stato decomposto secondo un modello messo a punto per l'occasione nelle due componenti diretta e diffusa le quali a loro volta sono state ripartite ora per ora.

Un limite di tale procedura è che essendo la temperatura il parametro guida i valori degli altri parametri sono quelli effettivamente verificatesi nei mesi scelti e non sono necessariamente vicini ai valori medi di lungo periodo. L'anno tipo così elaborato è costituito da una sequenza di mesi reali (effettivamente rilevati nel sito considerato) provenienti da anni diversi. Si ottiene una successione di almeno 8760 dati (365x24) per ciascuna grandezza fisica considerata. In genere i valori numerici messi a disposizione da parte delle diverse istituzioni che hanno rielaborato i dati meteorologici corrispondono a temperatura, umidità relativa, velocità e direzione del vento,

radiazione globale, radiazione diffusa. Nei files dati una riga è costituita dai valori di queste grandezze precedute da tre colonne in cui sono riportati mese, giorno, ora.

3.2 IL GIORNO MEDIO MENSILE

Non è sempre necessario utilizzare la descrizione annuale oraria del clima di un sito. Nelle prime fasi della progettazione ad esempio quando si devono effettuare numerose analisi parametriche per individuare la tipologia edificio-impianto più adatta utilizzare l'anno tipo porta ad un inutile dispendio di tempo e denaro. In molti casi è possibile compattare i dati meteorologici in una forma più sintetica la quale permette comunque di descrivere gli andamenti giornalieri delle grandezze e le variazioni stagionali; vengono in questo modo elaborati i cosiddetti "giorni medi mensili". Si tratta di individuare la media ora per ora delle diverse grandezze per ciascun mese e ottenere così una successione di 24 valori rappresentativa dell'andamento giornaliero medio per ciascun mese dell'anno. I valori delle diverse grandezze nei giorni medi mensili per varie località italiane sono disponibili nel volume elaborato nell'ambito del Piano Finalizzato Edilizia del CNR, Dati per la progettazione edile e impiantistica. In tabella sono riportati i dati per Venezia. I dati medi mensili vengono attribuiti a uno specifico giorno di ciascun mese. Questo è utile Soprattutto per i calcoli relativi alla radiazione solare legata alla declinazione solare e quindi variabile nel corso di ciascun mese. Il giorno scelto rappresenta quello in cui la declinazione solare è più vicina a quella media del mese. Il progettista in questo modo può disporre di valori orari delle grandezze che gli consentono di fare delle valutazioni sul comportamento giornaliero sistema

edificio-impianto. Nel caso si desideri fare delle valutazioni di tipo annuale, ciascun mese può essere ricostruito con 31 successioni giornaliere uguali.

3.3 TEMPERATURA INVERNALE DI PROGETTO

Per il calcolo della potenza di picco dell'impianto di riscaldamento invernale è necessario fare riferimento alle condizioni più gravose in cui esso è chiamato a operare. Questo ci porterebbe a considerare la temperatura più bassa tra quelle che stagionalmente si sono verificate nel corso degli anni nella località in analisi, ossia la temperatura minima assoluta. Solo in questo caso si è sicuri di dimensionare un impianto in grado di garantire negli ambienti interni la temperatura desiderata di progetto anche al presentarsi delle sollecitazioni climatiche più avverse. Così facendo però si sovradimensiona di molto l'impianto dal momento che la temperatura a cui ci si riferisce ha statisticamente una frequenza estremamente bassa e può non verificarsi di nuovo anche per alcuni anni consecutivamente. Oltre ad un maggior costo di realizzazione un impianto sovradimensionato per la maggior parte del tempo viene impiegato per una bassa percentuale della sua potenzialità con conseguenti basse efficienze e notevole dispendio energetico. Si accetta quindi di mitigare l'ipotesi delle "condizioni più sfavorevoli" e di costruire un impianto che non sia in grado di contrastare completamente le condizioni molto gravose che si presentano con incidenza statistica molto limitati. Si definisce allora come temperatura esterna di progetto la temperatura a cui nei mesi di dicembre-gennaio-febbraio o

comunque nella stagione invernale corrisponde una frequenza cumulata del 99% per gli edifici con involucro leggero e del 97,5% per gli edifici con involucro pesante o normale, dove per “frequenza cumulata” s’intende la percentuale dei valori orari di temperatura che risultano superiori ad un determinato limite. Dire che la frequenza cumulata del valore $T_e = -5^\circ\text{C}$ è del 97,5%, significa dire che nell’arco di un determinato periodo scelto come rappresentativo del periodo più freddo per quella località c’è solo il 2,5% di possibilità che si verifichi per la temperatura esterna un valore più basso. Con ciò si ammette implicitamente che nel 2,5% dei giorni di quel periodo possano verificarsi delle condizioni climatiche tali da non permettere all’impianto di raggiungere la temperatura interna stabilita perché il valore delle dispersioni supera il carico di picco che l’impianto può fornire.

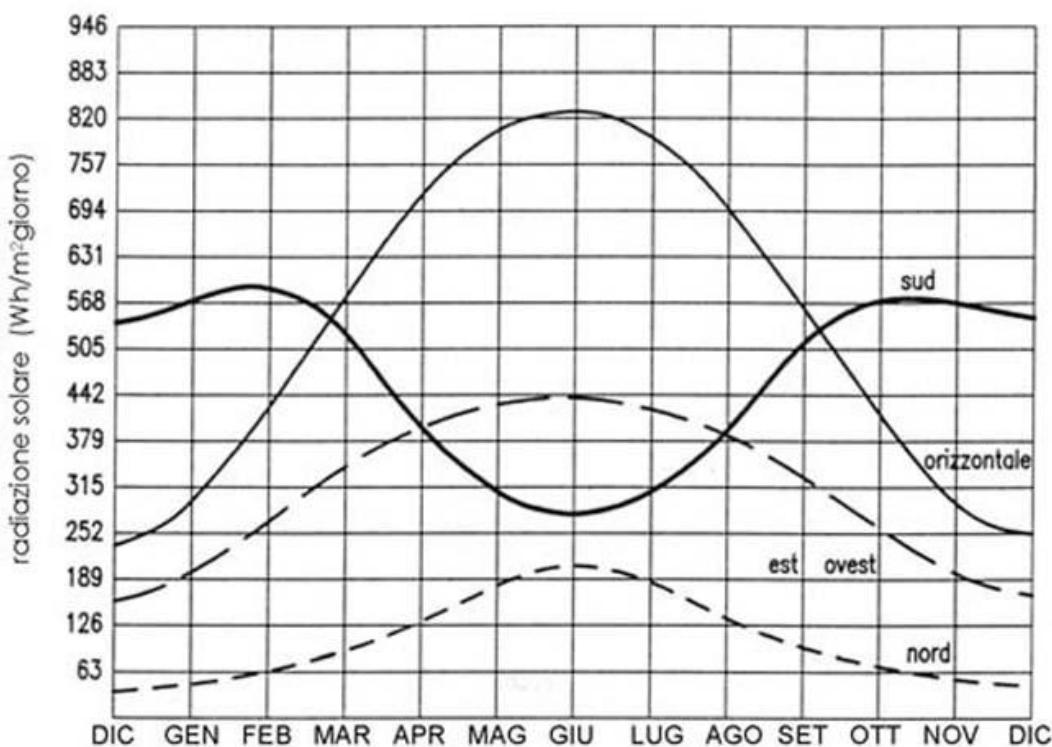
3.4 IRRADIAZIONE SOLARE MEDIA GIORNALIERA, IRRADIANZA SOLARE MASSIMA ESTIVA

La radiazione solare è un parametro progettuale essenziale sia nel calcolo in regime estivo del carico dei sistemi di climatizzazione, sia in regime invernale per valutare la quantità di calore “gratuito” che l’involucro edilizio è in grado di “captare” attraverso le superfici vetrate, oppure per analizzare il funzionamento di eventuali sistemi passivi di riscaldamento (serra solare, muro di Trombe, roof pond) o attivi (solare termico) o ancora nella progettazione dei sistemi fotovoltaici, ma anche per la valutazione del livello di illuminamento naturale dell’edificio. La normativa tecnica (UNI10349) fornisce i valori di irradiazione solare media giornaliera per le principali località italiane distinguendo le componenti diretta e diffusa sul piano orizzontale e fornendo anche i valori di

radiazione globale sul piano verticale per le diverse esposizioni; la stessa norma riporta i valori di irradianza solare estiva massima in funzione delle ore del giorno e della latitudine, valori che possono essere utilizzati per il calcolo dei carichi estivi.

In figura 3 sono riportati gli andamenti tipici alle medie latitudinali della radiazione globale che ricevono superfici diversamente orientate e inclinate. Si possono fare le seguenti osservazioni di carattere generale per l'emisfero settentrionale: le pareti verticali ricevono molta meno radiazione delle superfici orizzontali anche tetti con inclinazioni fino a 30° ricevono considerevoli quantità di energia che rimane elevata fino a inclinazioni di 60°. Le pareti rivolte a nord ricevono poca energia; si tratta quasi solo di diffusa a parte nelle prime e ultime ore del giorno durante il periodo estivo; la parete a sud non è sempre quella investita dalla maggior intensità di radiazione: al contrario di quanto potrebbe sembrare d'estate le pareti est e ovest ricevono molta più radiazione. Il sole d'estate infatti investe la parete sud con angoli di incidenza molto elevati mentre le pareti est e ovest sono investite con piccoli angoli di incidenza. Di conseguenza si ha anche il fatto che una parete rivolta a sud riceve molta meno energia d'estate che durante la stagione invernale.

Fig 3. IRRADIANZA latitudine



3.5 TEMPERATURA SOLE-ARIA

La sollecitazione termica su di una superficie di involucro è il risultato dell'azione degli scambi convettivi con l'aria esterna (funzione della temperatura dell'aria) e dell'irraggiamento solare. Un modo sintetico di considerare i diversi contributi di scambio termico è quello di utilizzare il concetto di temperatura sole-aria, t_{solair} . Ossia la definizione di una temperatura fittizia che permette di descrivere il flusso di calore sulla superficie della parete come se fosse totalmente convettivo. Nella definizione si parte dal bilancio globale degli scambi convettivi e radianti che interessa la superficie esterna della parete, espresso dalla relazione:

$$q = A * [a_{sup} * G_{sol} - h_{est} * (t_{sup} - t_{aria})]$$

Nella quale a_{sup} = coefficiente di assorbimento nella banda solare della parete; G_{sol} = irradiazione solare; h_{est} = coefficiente di scambio termico convettivo esterno; t_{sup} = temperatura della superficie

esterna; t_{aria} = temperatura esterna dell'aria. Nella maggior parte delle situazioni si possono assumere per a_{sup} e h_{est} valori rispettivamente pari a 0,8 e 16 W/(°C m²). Si definisce temperatura sole-aria, la temperatura fittizia, tale che:

$$q = A * h_{est} * (t_{solair} - t_{aria})$$

ovvero:

$$h_{est} (t_{solair} - t_{aria}) = [a_{sup} * G_{sol} - h_{est} * (t_{sup} - t_{aria})]$$

Pertanto:

$$t_{solair} = a_{sup}/h_{est} * G_{sol} + t_{aria}$$

Come si è detto precedentemente la temperatura sole-aria è quella temperatura fittizia che apporterebbe sulla superficie esterna di una parete lo stesso flusso termico che si ha nella realtà per effetto della radiazione solare e dell'adduzione con l'aria esterna.

3.6 LA VELOCITÀ DEL VENTO E I GRADI GIORNO

Perché considerare il vento come parametro progettuale? Il vento è un parametro climatico che influenza il comportamento termico dell’edificio in due modi: modifica la resistenza termica dell’involtucro edilizio influenzando i valori dei coefficienti di convezione, influenza il carico per infiltrazione attraverso l’involtucro. Per molte applicazioni edilizie è sufficiente conoscere la direzione prevalente del vento e la velocità media, dati abbastanza facili da reperire.

I gradi giorno sono una grandezza, introdotta nel nostro paese con l’emanazione della legge n. 373 del 30 aprile 1976, utile per caratterizzare i siti dal punto di vista delle necessità energetiche stagionali degli edifici: all’aumentare dei gradi giorno aumenta il fabbisogno energetico. Pur non essendo una grandezza di carattere tipicamente climatico, in quanto è definita tenendo conto di un prefissato valore della temperatura interna degli edifici, essa è particolarmente significativa per definire globalmente le caratteristiche termiche stagionali di un sito. I gradi giorno di una località sono la somma delle differenze fra la temperatura convenzionale interna degli edifici e quella esterna media giornaliera di ciascun giorno compreso nell’intervallo stagionale definito dai limiti iniziale i e finale f , per il periodo invernale o per il periodo estivo. Si ha cioè: $GG = \sum_i^n (t_a - t_{em})$

La Legge 373 considerando le dispersioni invernali ha introdotto i gradi giorno invernali assumendo una temperatura interna di progetto pari a $t_a = 20^{\circ}\text{C}$ e ha posto come inizio e fine della stagione invernale i giorni in cui la temperatura media giornaliera

scende e sale al di sopra del valore $t_{em} = 12^{\circ}\text{C}$. In questo caso si dice che si sono ricavati i GG su base 20 ($t_a = 20^{\circ}\text{C}$).

Sulla base dei gradi-giorno del periodo invernale il territorio italiano è stato suddiviso in sei zone climatiche contraddistinte da lettere alfabetiche:

- zona A comuni con meno di 600 gradi-giorno
- zona B comuni con più di 600 gradi-giorno ma meno di 900
- zona C comuni con più di 900 gradi-giorno ma meno di 1400
- zona D comuni con più di 1400 gradi-giorno ma meno di 2100
- zona E comuni con più di 2100 gradi-giorno ma meno di 3000
- zona F comuni con più di 3000 gradi-giorno

In ambiente anglosassone sono stati introdotti anche i gradi ora considerando non la temperatura media giornaliera, ma le temperature medie orarie e considerando le ore in cui la temperatura esterna scende sotto una prefissata temperatura per i periodi di sotto riscaldamento e sale sopra una prefissata temperatura (condizioni invernali) per i periodi di surriscaldamento (condizioni estive). Si ottiene un indicatore utile appunto nell'evidenziare in modo semplificato sollecitazioni invernali ed estive. Un limite dell'applicazione di questi concetti in condizioni estive è quello che i tali condizioni una parte importante dei carichi è legata alla radiazione solare che non viene con questa tecnica tenuta in conto. È possibile tenerne conto considerando, invece della temperatura esterna, la temperatura sole-aria e ottenendo i gradi ora solari (Szokolay, 1988); si tratta di un parametro effettivamente legato ai carichi di raffrescamento di un edificio in quanto legato sia alla temperatura esterna che alla radiazione incidente.

4.NORMATIVE SULLA CLIMATIZZAZIONE

4.1 Dubai

Le normative sugli impianti di condizionamento e di riscaldamento a Dubai fanno riferimento alla GREEN BUILDING REGULATIONS AND SPECIFICATIONS che è stata redatta dalla Dubai Municipality e dal governo di Dubai. È stato inserito un allegato della normativa alla fine della tesi che contiene tutti i dati necessari alla climatizzazione e alle costruzioni (materiali, trasmittanza, qualità dell'aria, ventilazioni, temperature di progetto, efficienze delle macchine frigorifere ed altro).

4.2 BRASILE

Il Brasile essendo un paese in via di sviluppo si appoggia ancora sulle normative ASHRAE con l'aggiunta di qualche correzioni dovute alle condizioni climatiche che si riscontrano nelle varie aree del paese. Nelle pagine successive attraverso vari grafici vengono descritte le condizioni necessarie affinché ci sia un bel comfort termoigometrico in un ambiente.

Fig.4 zona di comfort

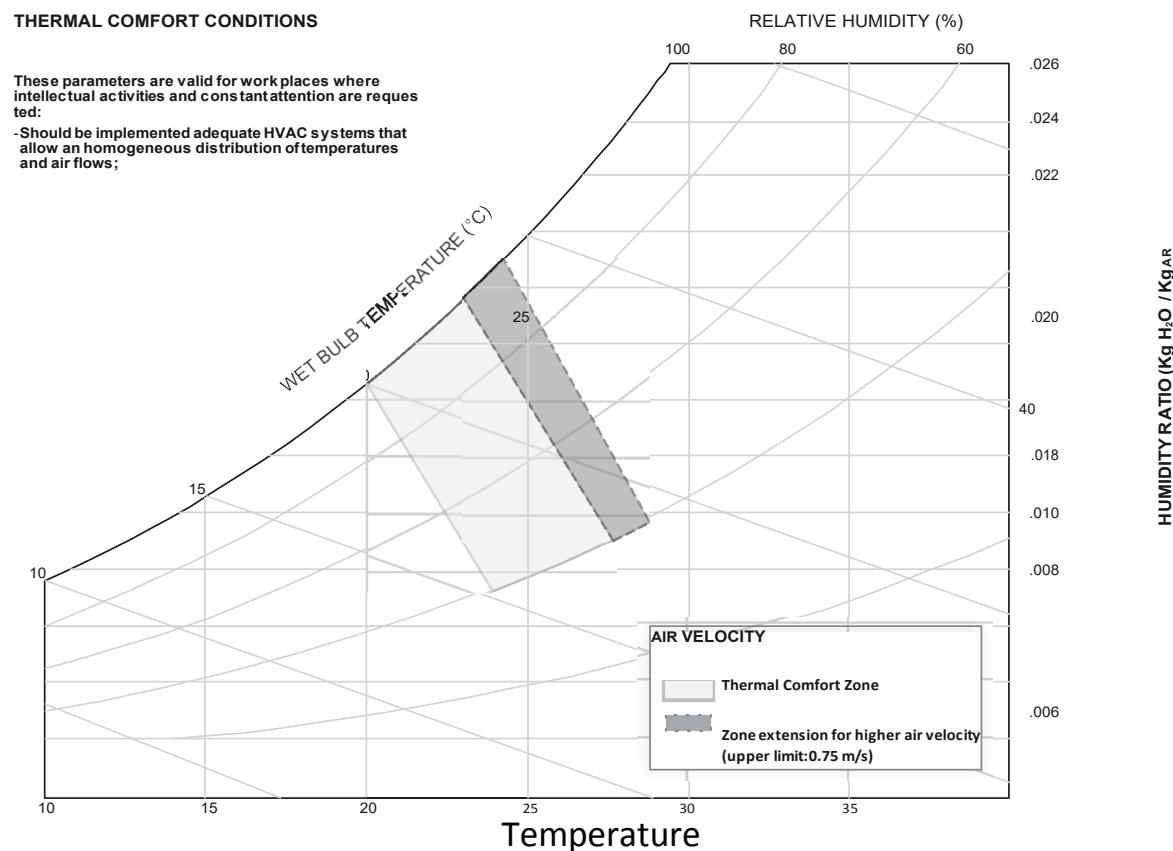
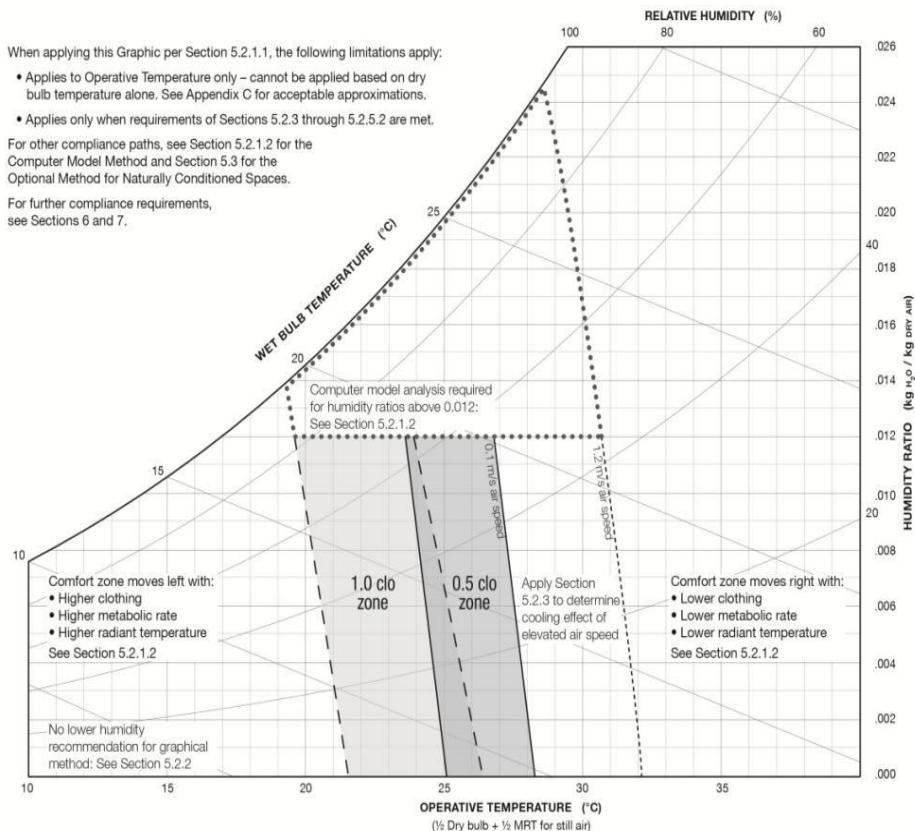


Fig.5 zona di comfort e attività svolta



Questa figura rappresenta anch'essa la zona di comfort e di operatività, mettendo in risalto anche il tipo di vestito indossato e il tipo di attività che si sta svolgendo.

Fig.6 Temperature operative

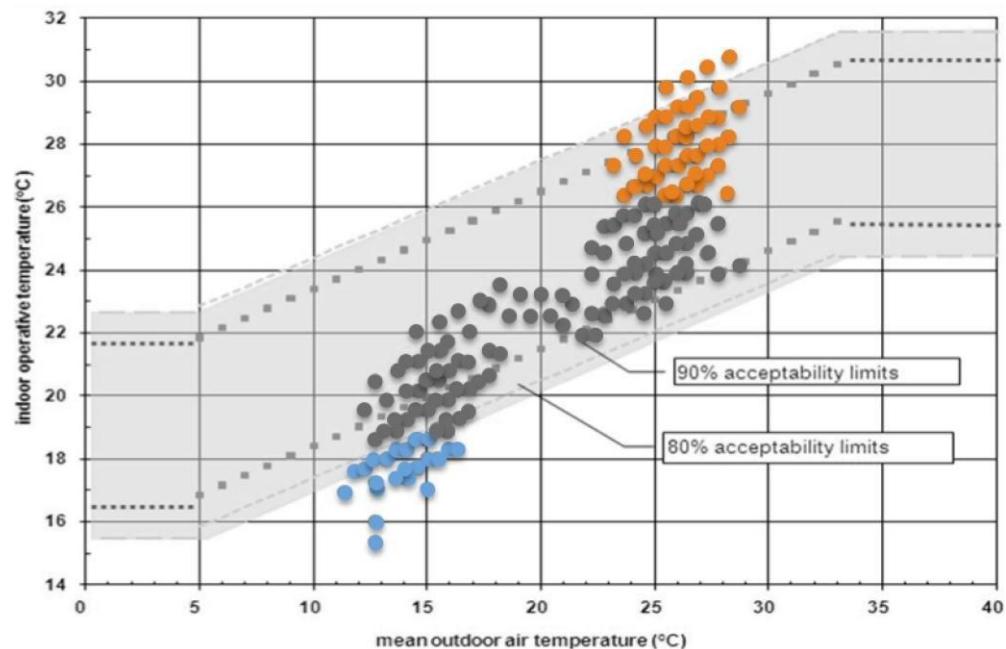


Grafico rappresentativo della zona di accettabilità del comfort. Si vede a seconda delle condizioni esterne come variano quelle interne.

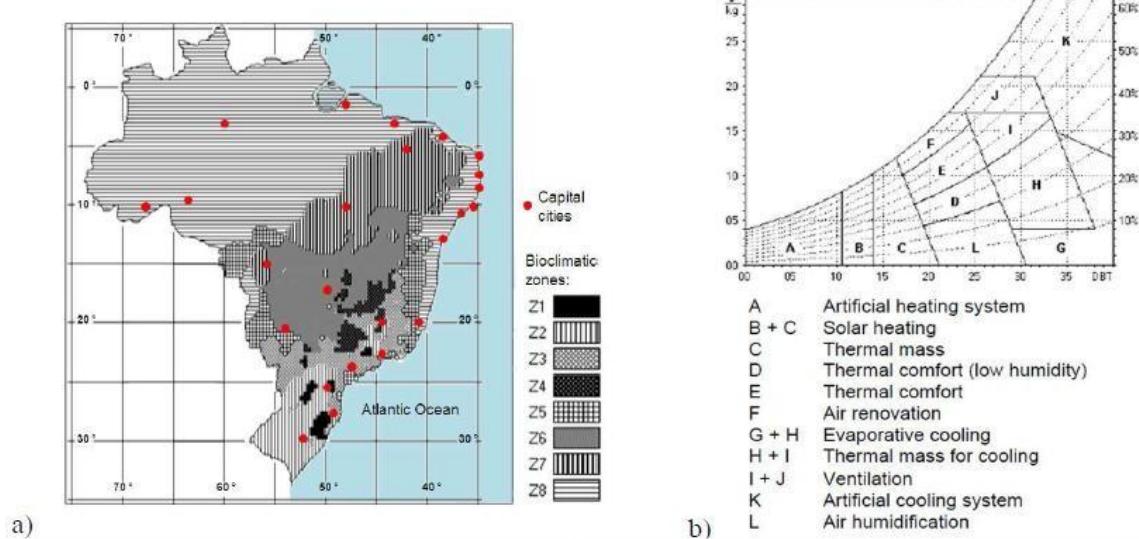
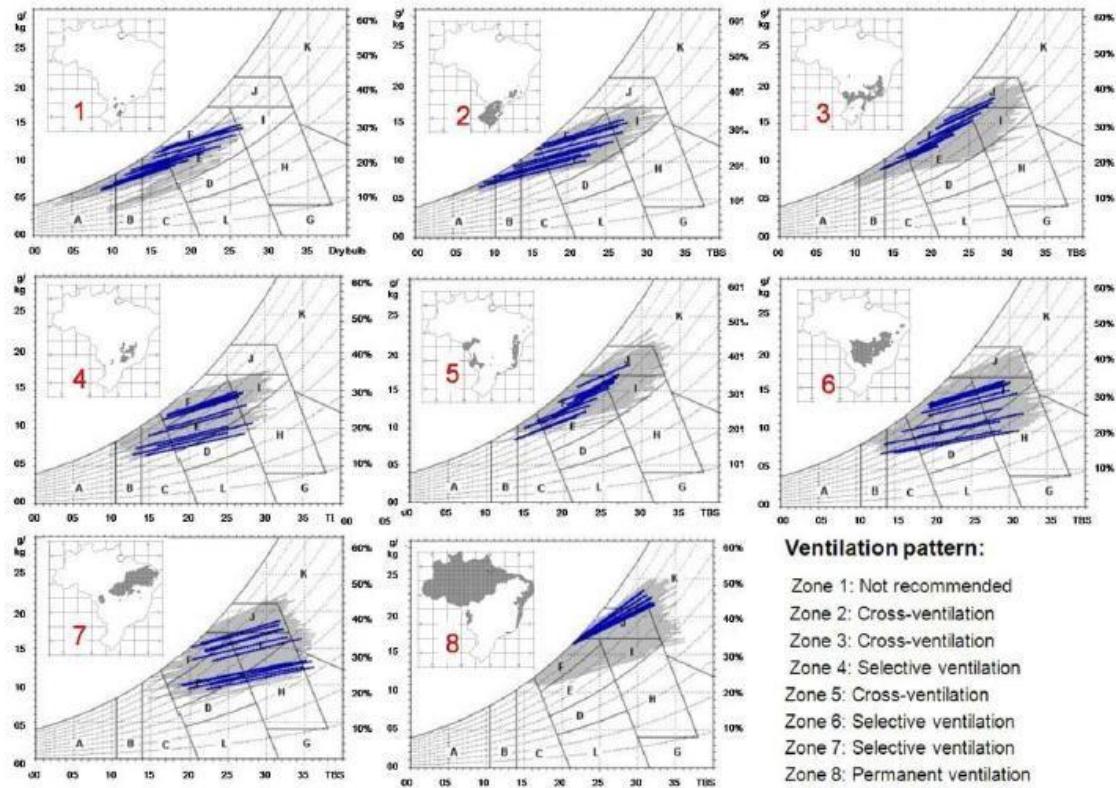


fig.7 Tipi di installazioni.

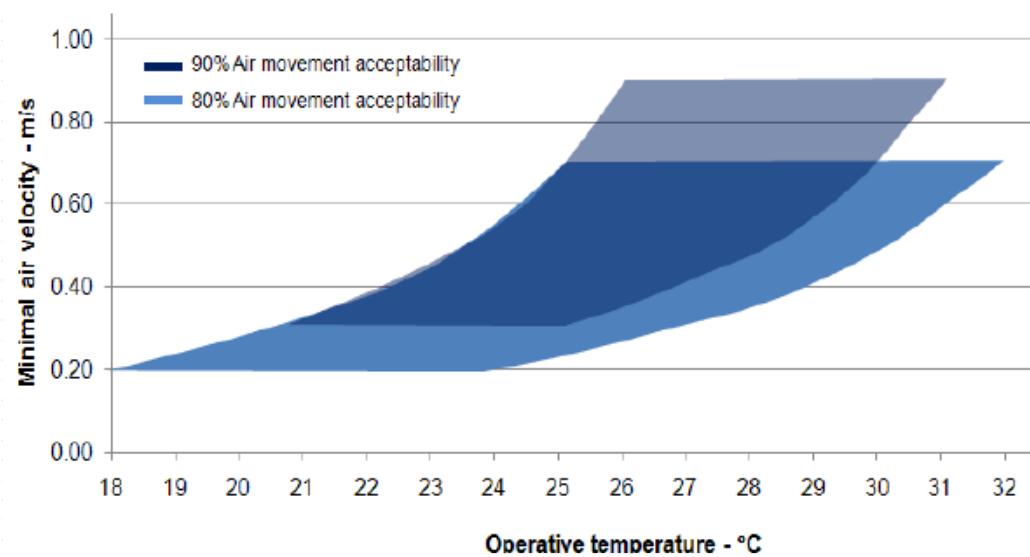
la **figura 7** è molto interessante perché ci spiega in modo semplice come dobbiamo operare al variare della zona climatica del paese per evitare sprechi di energia.

Fig7.1



Tipo di ventilazione richiesto in ogni zona.

Fig.8 Temperatura operativa al variare della velocità



CONCLUSIONE

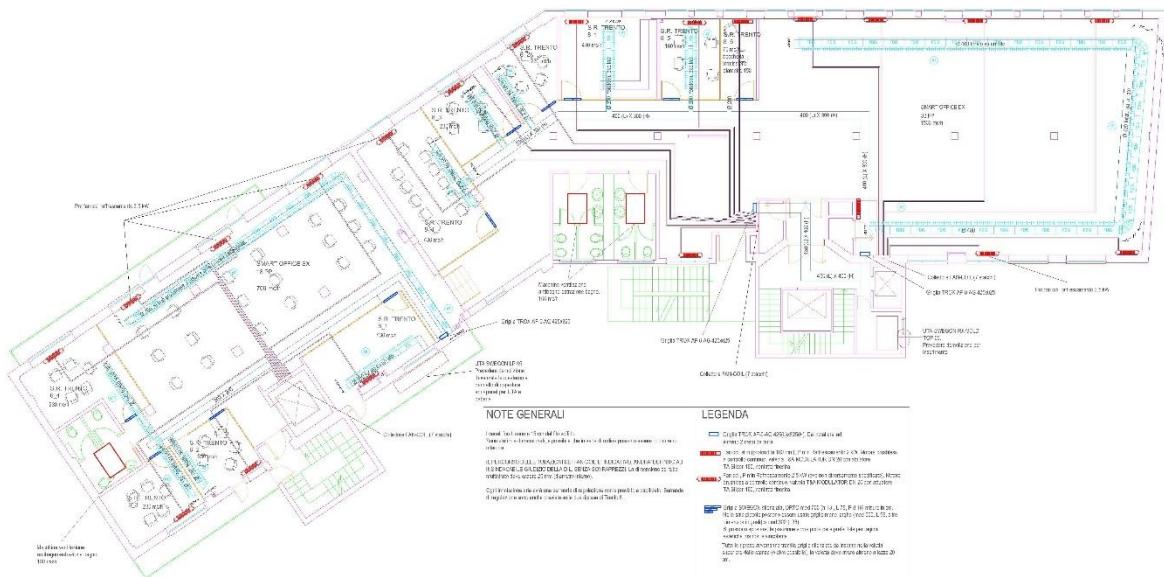
Per quanto riguarda il Brasile la maggior parte delle normative fanno riferimento a quelle ASHRAE bisogna avere grandi attenzioni sulle varie zone climatiche in modo da considerare le giuste condizioni di progetto per la realizzazione di un impianto HVAC.

5 CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO DA RISCALDARE E DA CLIMATIZZARE

L'edificio da climatizzare e da riscaldare si situa a Milano ed è suddiviso in vari locali:

- uffici
 - open space
 - reception
 - sala macchine
 - altro.

Ecco la vista in pianta dell'edificio. **fig.9**



Il volume totale dell’edificio è di circa **1000 m³**, per un’area totale di circa **300 m²**.

Per quanto riguarda i carichi totali di raffrescamento e riscaldamento, essi ammontano a **Qtot_{ris} =12000W**, **Qtot_{raf}=19000W**.

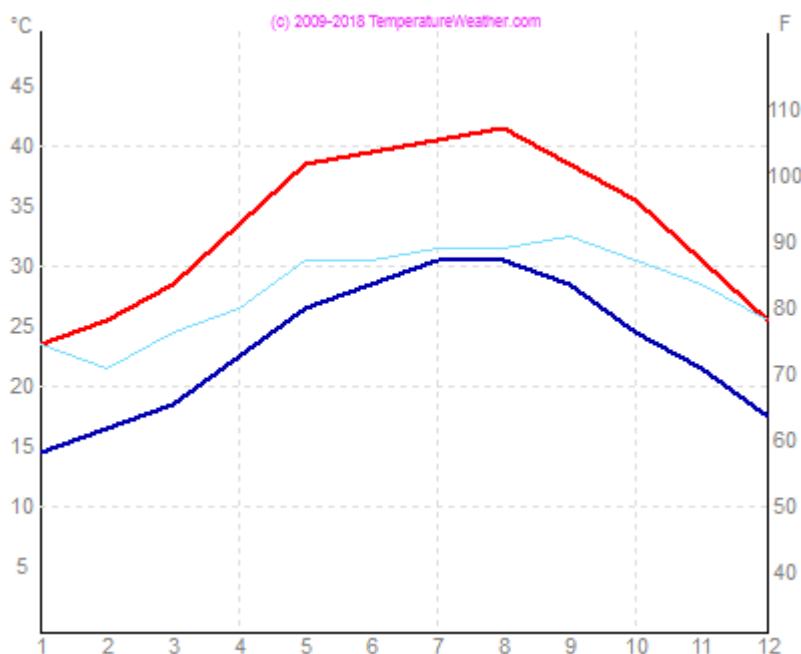
6 DATI CLIMATICI E CONDIZIONI DI PROGETTO

6.1 Dubai

Dubai è una delle città più calde del mondo, le temperature essendo sempre così calde, ci permettono di poter climatizzare tutto l'anno con piccole regolazioni impiantistiche a seconda dell'andamento dei parametri climatici.

Prospetto dei dati climatici:

grafico raffigurante la temperatura massima minima mensile e quella dell'acqua. **Fig.10**



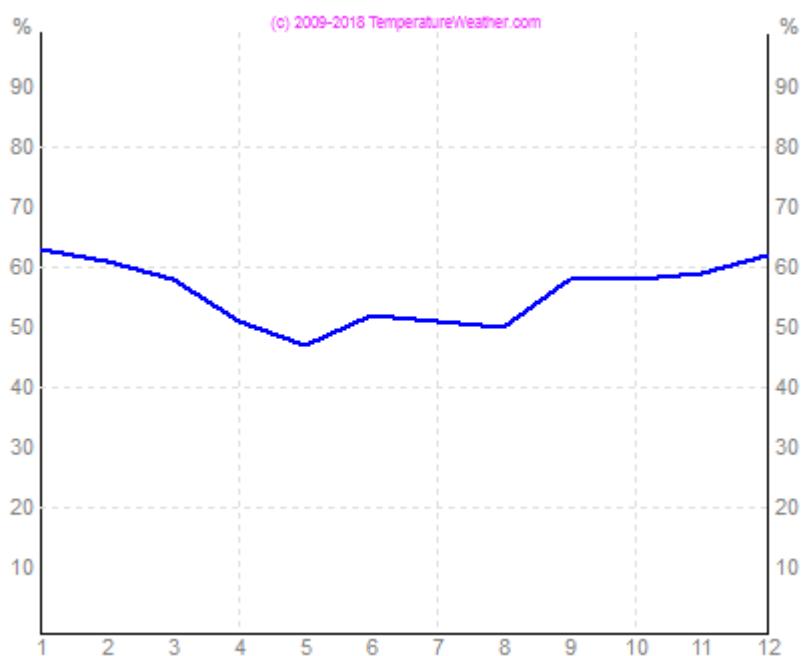
Tab.1

| ANNO | Temperatura minima | Temperatura massima | Temperatura acqua | Ore di sole | Probabilità di pioggia | Umidità |
|-----------|--------------------|---------------------|-------------------|-------------|------------------------|---------|
| Gennaio | 15°C 5 9°F | 24°C 7 5°F | 24°C 7 5°F | 7 | 5% | 64% |
| Febbraio | 17°C 6 3°F | 26°C 7 9°F | 22°C 7 2°F | 8 | 4% | 62% |
| Marzo | 19°C 6 6°F | 29°C 8 4°F | 25°C 7 7°F | 9 | 5% | 59% |
| Aprile | 23°C 7 3°F | 34°C 9 3°F | 27°C 8 1°F | 1 | 2% | 52% |
| Maggio | 27°C 8 1°F | 39°C 1 02°F | 31°C 8 8°F | 1 | 1% | 48% |
| Giugno | 29°C 8 4°F | 40°C 1 04°F | 31°C 8 8°F | 1 2 | 0% | 53% |
| Luglio | 31°C 8 8°F | 41°C 1 06°F | 32°C 9 0°F | 1 1 | 0% | 52% |
| Agosto | 31°C 8 8°F | 42°C 1 08°F | 32°C 9 0°F | 1 1 | 0% | 51% |
| Settembre | 29°C 8 4°F | 39°C 1 02°F | 33°C 9 1°F | 1 1 | 0% | 59% |
| Ottobre | 25°C 7 7°F | 36°C 9 7°F | 31°C 8 8°F | 1 0 | 0% | 59% |
| Novembre | 22°C 7 2°F | 31°C 8 8°F | 29°C 8 4°F | 1 0 | 2% | 60% |
| Dicembre | 18°C 6 4°F | 26°C 7 9°F | 26°C 7 9°F | 8 | 6% | 63% |

Seconda la normativa in Dubai le condizioni di progetto nella realizzazione di un impianto di climatizzazione estiva sono:

| | |
|--|------------------|
| Dry bulb temperature | 46° C |
| Wet bulb temperature | 29° C |
| Dubai City location latitude (North Latitude) | 25° N |
| Extent of variation in the temperature on the day of design (Outdoor Daily Range) | 13.8° C |
| Dry bulb temperature | 24° C |
| Relative humidity | 50% +/- 5% |

Fig.11 umidità media



6.2 MILANO

Per Milano i dati sono facilmente reperibili, nella stagione estiva le condizioni di progetto sono:

Te=33.8 °C, UR=50%;

Ti=24°C, UR=50%

Invece nella stagione invernale abbiamo che:

Te=-5°C, UR=80%

Ti=20°C, UR=50%.

UNI 10339

APPENDICE A. DATI CLIMATICI

A.1 Temperature esterne invernali di progetto UNI 5364

| | | | |
|--------------------------|-----|-----------------|----|
| Torino | -8 | Reggio Emilia | -5 |
| Alessandria | -8 | Ancona | -2 |
| Asti | -8 | Ascoli Piceno | -2 |
| Cuneo | -10 | Macerata | -2 |
| Alta valle cuneese | -15 | Pesaro | -2 |
| Novara | -5 | Firenze | 0 |
| Vercelli | -7 | Arezzo | 0 |
| Aosta | -10 | Grosseto L. | 0 |
| Valle d'Aosta | -15 | Livorno | 0 |
| Alta valle d'Aosta | -20 | Lucca | 0 |
| Genova | 0 | Massa Carrara | 0 |
| Imperia | 0 | Pisa | 0 |
| La Spezia | 0 | Siena | -2 |
| Savona | 0 | Perugia | -2 |
| Milano | -5 | Terni | -2 |
| Bergamo | -5 | Roma | 0 |
| Brescia | -7 | Frosinone | 0 |
| Corno | -5 | Latina | 2 |
| Provincia di Como | -7 | Rieti | -3 |
| Cremona | -5 | Viterbo | -2 |
| Mantova | -5 | Napoli | 2 |
| Pavia | -5 | Avellino | -2 |
| Sondrio | -10 | Benevento | -2 |
| Alta Valtellina | -15 | Caserta | 0 |
| Varese | -5 | Salerno | 2 |
| Trento | -12 | L'Aquila | -5 |
| Bolzano | -15 | Chieti | 0 |
| Venezia | -5 | Pescara | 2 |
| Belluno | -10 | Teramo | 0 |
| Padova | -5 | Campobasso | -4 |
| Rovigo | -5 | Bari | 0 |
| Treviso | -5 | Brindisi | 0 |
| Verona | -5 | Foggia | 0 |
| Verona (zona lago) | -3 | Lecce | 0 |
| Verona (zona montana) | -10 | Taranto | 0 |
| Vicenza | -5 | Potenza | -3 |
| Vicenza (zona altopiani) | -10 | Matera | -2 |
| Trieste | -5 | Raggio Calabria | 3 |
| Gorizia | -5 | Catanzaro | -2 |
| Pordenone | -5 | Cosenza | -3 |
| Udine | -5 | Palermo | 5 |
| Bassa Carnia | -7 | Agrigento | 3 |
| Alta Carnia | -10 | Caltanissetta | 0 |
| Tarvisio | -15 | Catania | 5 |
| Bologna | -5 | Enna | -3 |
| Ferrara | -5 | Messina | 5 |
| Forlì | -5 | Ragusa | 0 |
| Modena | -5 | Siracusa | 5 |
| Parma | -5 | Trapani | 5 |
| Piacenza | -5 | Cagliari | 3 |

A.3 Dati climatici estivi di progetto secondo UNI 10339 utili per il calcolo dei carichi termici estivi

| Località (stazione metereologica) | T _{bse} [°C] | T _{ge} [°C] | UR _e [%] | X 10 ⁻³ [kg/kg] | H [m s.l.m.] | Mese più caldo |
|--------------------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------|----------------|
| ALESSANDRIA | 30,5 | 11,0 | 50 | 13,7 | 95 | luglio |
| ASTI | 32,0 | 11,0 | 50 | 15,0 | 152 | luglio-agosto |
| CUNEO | 29,0 | 12,0 | 56 | 13,7 | 536 | luglio |
| TORINO CASELLE | 30,5 | 11,0 | 50 | 16,4 | 282 | luglio |
| VERCELLI | 32,0 | 11,0 | 56 | 16,4 | 135 | luglio |
| AOSTA | 29,0 | 13,0 | 50 | 12,6 | 538 | luglio |
| CAPO MELE | 29,0 | 6,0 | 56 | 13,7 | 221 | luglio |
| GENOVA | 30,0 | 6,0 | 60 | 16,0 | 3 | luglio |
| IMPERIA | 29,0 | 6,0 | 55 | 13,7 | 15 | luglio |
| LA SPEZIA | 30,0 | 6,0 | 60 | 16,0 | 50 | luglio |
| SAN REMO | 28,0 | 6,0 | 55 | 13,0 | 9 | luglio |
| SAVONA | 29,0 | 6,0 | 55 | 13,? | 24 | agosto |
| BERGAMO ORIO | 31,0 | 13,0 | 50 | 14,1 | 243 | luglio |
| BRESCIA GHEDI | 32,0 | 15,0 | 48 | 14,4 | 120 | luglio |
| COMO | 32,0 | 8,0 | 50 | 15,0 | 200 | luglio |
| CREMONA | 33,0 | 12,0 | 45 | 14,2 | 45 | luglio |
| MANTOVA | 33,0 | 12,0 | 45 | 14,2 | 20 | <u>luglio</u> |
| MILANO LINATE | 32,0 | 12,0 | 48 | 14,4 | 103 | luglio-agosto |
| MILANO MALPENSA | 30,5 | 12,0 | 50 | 13,7 | 211 | luglio |
| PAVIA | 32,0 | 12,0 | 50 | 15,0 | 86 | luglio |
| SONDRIO | 30,0 | 14,0 | 50 | 13,3 | 298 | luglio |
| VARESE | 29,0 | 10,0 | 50 | 12,6 | 382 | luglio |
| BOLZANO | 31,5 | 13,0 | 45 | 13,0 | 241 | luglio |
| TRENTO | 31,0 | 12,0 | 45 | 12,6 | 309 | luglio |
| BELLUNO | - 31,0 | 13,0 | 45 | 12,6 | 400 | luglio |
| PADOVA | 32,5 | 13,0 | 50 | 15,4 | 12 | <u>luglio</u> |
| ROVIGO | 31,5 | 11,0 | 56 | 16,0 | 4 | agosto |
| TREVISO ISTRANA | 32,0 | 13,0 | 52 | 15,4 | 56 | luglio |
| TREVISO S. ANGELO | 31,0 | 10,0 | 56 | 15,6 | 22 | luglio |
| VENEZIA | 31,0 | 9,0 | 51 | 14,4 | 5 | luglio |

| | | | | | | |
|---------------------|------|------|----|------|----|---------------|
| VERONA VILLAFRANCA | 31,5 | 11,0 | 53 | 15,4 | 68 | luglio |
| VICENZA | 32,5 | 12,0 | 45 | 13,8 | 53 | luglio |
| GORIZIA | 30,5 | 11,0 | 50 | 13,7 | 86 | luglio-agosto |
| PORDENONE | 33,0 | 10,0 | 45 | 14,2 | 22 | luglio |
| TRIESTE | 31,0 | 8,0 | 50 | 14,1 | 20 | agosto-luglio |
| UDINE CAMPOFORMIDO | 31,5 | 11,0 | 52 | 15,0 | 92 | luglio |
| BOLOGNA B. PANIGALE | 33,0 | 12,0 | 43 | 13,6 | 49 | luglio-agosto |

6.3 BOA VISTA

La grande estensione del territorio brasiliano rende difficile descrivere in modo unitario le sue condizioni climatiche: il **clima in Brasile** infatti, pur essendo piacevole e caldo tutto l'anno, cambia da regione a regione, da zona a zona e in alcune aree muta in base al periodo in cui lo si visita.

Innanzitutto in Brasile **le stagioni sono invertite** rispetto all'Europa. Ciò significa che da novembre a marzo/aprile in Brasile le temperature sono più elevate, il tasso di umidità è inferiore ed è il momento migliore per visitarlo. Questo vale per tutte le zone ad eccezione di quelle a **Nord e Nord-Est** dove si registra una perenne **estate** con temperature gradevolissime tutto l'anno.

In Brasile si possono rintracciare ben **6 zone climatiche**: dalla equatoriale e tropicale a quella semiarida e temperata.

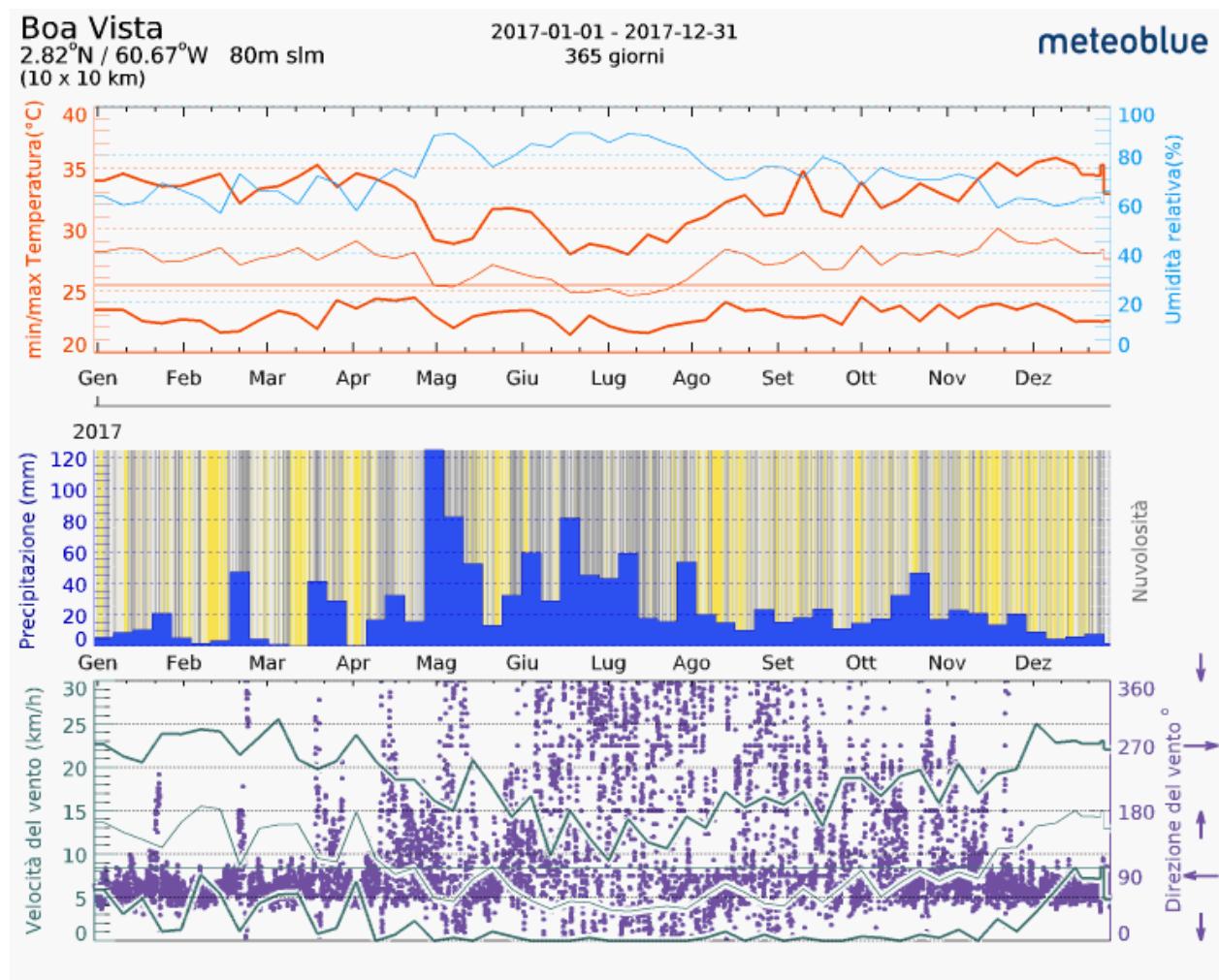
Nelle **regioni più interne** ad esempio il clima è di tipo **tropicale**, con temperature variabili sui 20-25° C. Nelle parti più a **Nord-Est** del Brasile e nella regione **amazzonica** invece le temperature sono più

elevate, **25-27° C** in media, con un clima di tipo tropicale ed **equatoriale**.

Il Nord-Est infatti, come menzionato, vede temperature sempre molto elevate, con picchi fino a **38° C**, ma la brezza proveniente dal mare rende il soggiorno sempre perfetto. Da **Bahia** allo stato di **Maranhao** si sviluppano quindi le regioni più secche del paese, con piogge concentrate tra gennaio e luglio soprattutto nella zona costiera, in diminuzione invece verso l'interno.

Prospetto temperatura, umidità e velocità del vento in BOA VISTA

Fig.12



La temperatura media della città si agirà sui **28°C** con umidità media del **75%**.

7. ANALISI E CONFRONTO DI TIPO ENERGETICO TRA LE CITTÀ AL VARIARE DELLE CONDIZIONI CLIMATICHE

Noi sappiamo che il carico termico sensile totale di un locale è dato dalla somma di tutte le componenti sensibili, cioè, quelli dovuti alla differenza di temperatura con l'esterno, quello dovuto alle persone e infine quello dovuto alle apparecchiature ed infiltrazioni dell'aria.

$$Q'_{tsens} = Q'_{sest} + Q'_{spers} + Q'_{sapp} + Q'_{sinf}$$

Mentre quello latente vale:

$$Q'_{t,l} = G_v * h_v$$

Dove G_v rappresenta la portata totale del vapore in ambiente e h_v è l'entalpia specifica del vapore alla temperatura dell'ambiente.

Tab 2 Condizioni esterne e interne di progetto:

| Città | Dubai | Milano | Boa vista | Pointe noire | Milano invernale |
|-----------------|---------|---------|-----------|--------------|------------------|
| Wi(kW) | 19 | 19 | 19 | 19 | -12,000 |
| Wsens(kW) | 18,176 | 13,8024 | 14,172 | 12,94 | -14,900 |
| Wlat(kW) | 7,6 | 7,6 | 7,6 | 7,6 | 4,800 |
| hv(kJ/kg) | 2200 | 2200 | 2200 | 220 | 220,000 |
| Te(°C) | 46 | 33,8 | 33 | 30 | -5,000 |
| fe | 0,6 | 0,5 | 0,75 | 0,8 | 0,800 |
| he(kJ/kg) | 148,37 | 76,43 | 94,76 | 64,13 | 0,148 |
| xe | 0,3802 | 0,1631 | 0,2349 | 0,1313 | 0,002 |
| Tamb(°C) | 24 | 26 | 24 | 25 | 20,000 |
| famb | 0,5 | 0,5 | 0,45 | 0,55 | 0,500 |
| hamb(kJ/kg) | 47,75 | 52,84 | 45,36 | 52,81 | 38,500 |
| xamb | 0,00921 | 0,01038 | 0,00828 | 0,01076 | 0,007 |
| Ti(°C) | 13,10 | 17,73 | 15,50 | 17,24 | 28,93 |
| Gv(kg/s) | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,002 |
| Ga(kg/s) | 1,65 | 1,65 | 1,65 | 1,65 | 1,65 |
| xi | 0,007 | 0,008 | 0,006 | 0,009 | 0,006 |
| fi | 0,766 | 0,662 | 0,570 | 0,714 | 0,239 |
| hi(kJ/kg) | 31,240 | 38,960 | 31,300 | 39,440 | 44,150 |
| Garia est(1V/h) | 988,000 | 988,000 | 988,000 | 988,000 | 988,000 |
| Gariaest(Kg/s) | 0,329 | 0,329 | 0,329 | 0,329 | 0,329 |
| hm(kJ/kg) | 67,87 | 57,56 | 55,24 | 55,07 | 30,83 |
| xm | 0,083 | 0,041 | 0,054 | 0,035 | 0,006 |
| batterie | 60,324 | 30,625 | 39,421 | 25,744 | -21,934 |
| | raff | | | | risc |

Tab 3. Apporti solari a seconda della città

| Umed(W/m ² K) | A(m ²) | Wsol(kW) | città |
|--------------------------|--------------------|----------|--------------|
| 1,1 | 280 | 6,78 | dubai |
| | | 2,40 | milano |
| | | 2,77 | boavista |
| | | 1,54 | pointe noire |
| | | -7,70 | milano inv |

Dai risultati ottenuti si nota che il fabbisogno energetico di Dubai risulta essere il più a causa delle elevate temperature stagionali poi Boavista infine Milano e pointe noire.

A parte Milano le tre altre città non necessitano di un riscaldamento invernale avendo delle temperature medie stagionali al di sopra dei 25 °C.

8. IMPIANTO ARIA-ACQUA SOLUZIONE CON FAN-COIL

Essendo degli impianti aria-aria si è riscontrato una spesa energetica molto elevata ecco perché proponiamo una soluzione mista per avere un'efficienza maggiore.

Assunta una perdita di carico dei fan-coil di 500 Pa e una perdita di carico della pompa di circa 30 kPa ovvero 3m di colonna d'acqua si possono trovare sui cataloghi pompe che lavorano negli intervalli di temperatura che ci interessano e fan-coil in grado di mantenere la temperatura voluta negli ambienti sopperendo al carico termico richiesto.

Pompe di circolazione in linea a rotore bagnato ad alta efficienza per impianti domestici, a velocità variabile con regolazione automatica in base alle esigenze dell'impianto, con motore sferico a magneti permanenti a commutazione elettronica (ECM).

Dati caratteristici

Portata: fi no a 3,2 m³/h

Prevalenza: fi no a 5,7 m

Alimentazione: monofase 50-60 Hz

Potenza: da 6 W fi no a 42 W

Pressione massima di esercizio: 10 bar

Temperatura del liquido

pompato: -10°C a +110°C

Isolamento classe: F



Protezione: IP 44

Materiali

Corpo pompa: ghisa

Gruppo rotore: acciaio inossidabile / materiale composito / Carbone

Cuscinetto ceramica

Elastomeri: EPDM

Cassa motore: Alluminio

Ghiera: Alluminio

Applicazioni

Circolazione d'acqua in impianti di riscaldamento e condizionamento

Installazioni nuove o rinnovamento e ampliamento impianti esistenti

Impianti dotati di valvole termostatiche

Riscaldamento a pavimento

Dai cataloghi scegiamo una pompa ECOCIRC 32-4/180 con potenza minima di 4W e potenza massima di 23W, prevalenza fra 0.5 - 3.6 m di colonna d'acqua e portata tra 0.2-2.5 m³/h.

Dai cataloghi AERMEC scelgo un ventilconvettore con queste caratteristiche:

| prestazioni in riscaldamento | |
|----------------------------------|------|
| impianti a 2 tubi | |
| Potenza termica (70°C) kW | 1,91 |
| Portata d'acqua l/h | 167 |
| Perdite di carico kPa | 3 |
| Potenza termica (50°C) kW | 1,13 |
| Portata d'acqua l/h | 144 |
| Perdite di carico kPa | 2 |
| Potenza termica (45°C) kW | 0,95 |
| Portata d'acqua l/h | 165 |
| Perdite di carico kPa | 2 |
| Prestazioni in raffreddamento | |
| Potenza frigorifera totale kW | 0,84 |
| Potenza frigorifera sensibile kW | 0,67 |
| Portata d'acqua l/h | 144 |
| Perdite di carico kPa | 3 |
| Contenuto d'acqua | 0,79 |

Aria ambiente 20°C ; Acqua (in/out) 70°C/60°C;

Aria ambiente 20°C ; Acqua (in) 50°C; Portata acqua come in raffreddamento (EUROVENT)

Aria ambiente 20°C.; Acqua (in/out) 45°C/40°C (EUROVENT)

Aria ambiente 27°C ./19°C.; Acqua (in/out) 7°C/12°C (EUROVENT)

Potenza sonora sulla base di misure effettuate in accordo alla normativa Eurovent 8/2

Compresa la lampada germicida

FCCOP riferiti a: Aria ambiente 20°C ; Acqua (in) 50°C; Portata acqua come in raffreddamento.

Si vede che le potenze in gioco sono molto minore che nel caso in cui l'impianto è tutto ad aria quindi la soluzione mista renderebbe più efficiente l'impianto per tutti i casi studiati prima.

9. CONCLUSIONE

In conclusione capiamo che a seconda da come varia il clima variano anche le potenze in gioco. Dubai essendo la città più calda richiede una grande spesa energetica annuale rispetto a tutte le altre città.

Per quanto riguarda il Brasile si è scelta la città di Boavista solo per il fatto che trovandosi nella zona Amazonica, le temperature sono più alte. Per le altre città brasiliane soprattutto più a sud, basterebbe una ventilazione naturale per avere un buon comfort termoigrometrico.

Le legislazioni di Dubai possono essere estese ad altri paesi che hanno un clima simile come i paesi del Magreb in cui si sta investendo tanto nella progettazione di impianti HVAC sfruttando anche le tecnologie che fanno uso di energia solare.

Normativa Dubai

- 301.01 **Preferred Parking**
- For all new buildings, other than villas, which have more than 20 parking spaces, designated preferred parking must be provided for a combination of low-emitting, fuel-efficient and carpool vehicles for at least five percent (5%) of the total vehicle parking spaces required for the building by Dubai Municipality (DM) Building Regulations, Administrative Resolution No.125-2001. Preferred parking must be included in addition to any spaces designated for parking for people with special needs as required by DM Building Regulations.
- 301.02 **Enabled Access**
- All new buildings, other than villas, must comply with Dubai Municipality Building Regulations, Administrative Resolution No.125-2001 with regard to Special Needs users. They must be enabled in their access, internal movement and ability to engage with the building functions.
- 31.03 **Bicycle Storage and Changing Rooms**
- For all new buildings, other than villas, secure and covered racks or storage areas for bicycles must be provided within the building or within a shaded area located no more than thirty (30) metres from a building entrance within the plot limit. Secure racks or storage areas must be provided for a number of bicycles equal to at least fifteen percent (15%) of the number of car parking spaces required for the building as per the Dubai Municipality (DM) Building Regulations, Administrative Resolution No.125-2001.
- For Student accommodation and Labor accommodation, secure racks or storage areas must be provided for bicycles for at least 15% of building occupants with the same above conditions.

302.01

Local Species

For all new buildings, a minimum of twenty five percent (25%) of the total planted area of a building plot, including vegetated roofs, must utilise plant and tree species indigenous or adapted to Dubai's climate and region.

For all new villas at least one palm tree must be planted.

Chapter 3: Neighbourhood Pollution

Exterior Light Pollution and Controls

For all new buildings, permanently installed exterior lighting must comply with the following:

All exterior light fixtures on the building site, other than architectural accent lighting and Civil Aviation safety lighting, must be shielded so that all of the light emitted by the fixture, either directly or indirectly by reflection or refraction from any part of the fixture, is projected below the horizontal plane passing through the lowest part of the fixture;

Architectural accent lighting must be aimed or shielded to prevent the lighting of the night sky. Wall washing lights must spill no more than 10% of the lighting past the building façade;

Downward directed lighting must be used for lighting of signage; and

All exterior lighting must be fitted with automatic controls to ensure that lights do not operate during daylight hours.

304.01 **Urban Heat Island Effect**

For all new buildings:

All opaque external roofing surfaces must comply with a minimum Roof Solar Reflective Index (SRI) value according to Table 304.01(1) for a minimum of seventy five percent (75%) of the roof area:

Table 304.01 (1) – Roof SRI Requirements

| Type of Roof | Minimum Roof SRI |
|--|------------------|
| Steep Sloped Roofs (slopes steeper than 1:6) | ≥ 29 |
| Flat and Low Sloped Roofs | ≥ 78 |

Individual heat rejection equipment, with a power rating greater than 4.0 kilowatt (kW), and which exhausts externally, must be installed not less than 3.0 meters above the ground level of the building.

304.02 **Green Roofs**

For all new buildings, the requirements of Part 1 of Regulation 304.1 are waived, if the roof of the building provided with vegetated roof (green roof) for at least thirty percent (30%) of the total roof area.

304.03 **Light Colours on the Outside of Buildings**

For all new buildings, at least seventy five percent (75%) of the area of externally painted walls must have a minimum Light Reflective Value of forty-five percent (45%).

- 304.04 Orientation of Glazed Façades**
For new buildings, other than villas and industrial buildings, one of the following must be achieved:
At least fifty percent (50%) of the total glazed surface area of the building, (excluding glazed areas with back insulated panels), must have a north orientation which includes 150 degree angle started from east toward North West.
South and west glazed areas, excluding glazed areas with back insulated panels, must be treated environmentally.
- 304.05 Hardscape**
For all new buildings, fifty percent (50%) of the hardscape of the development must:
Demonstrate a Solar Reflective Index (SRI) of at least twenty nine (29), or
Use an open grid pavement system, or
Be shaded by vegetation or
Be shaded by materials with an SRI equal to or greater than those specified in Table 304.01 (1), or
A combination of the above.
- 304.06 Shading of Public Access Areas**
For all new buildings, other than villas, all pedestrian linkages within the plot area must be shaded using materials with a Solar Reflectance Index (SRI) equal to or greater than those specified in Table 304.01 (1).

305.01 Impact of Construction, Demolition and Operational Activities

All new buildings must comply with all related regulations, local orders and their executive orders, technical guidelines and guides applied in the emirate and the following is required:

1. Neither the construction activity nor the operation of the building may cause land disturbances, surface runoff, soil erosion or sedimentation on any other property beyond the boundary of the plot.
2. Drainage must avoid pollution of watercourses and groundwater. Discharges made directly to ground, storm or marine waters must comply with the requirements of Dubai Municipality
3. Dust suppression techniques must ensure that dust generated by construction and demolition activities must meet the requirements of Code of Construction Safety Practice issued by Dubai Municipality.
4. Construction waste materials generated on site must be segregated and stored on site prior to collection. Segregation must, at a minimum, include labelled storage for inert aggregates, metals, timber, dry recyclables and hazard material.
5. For the disposal of hazardous waste, permit must be prepared and obtained from Dubai Municipality Environment Department . The hazardous waste must be transported in accordance with the requirements of DM Technical Guidelines and DM Code of Construction Safety Practice.
6. With the exclusion of drinking, toilet activities and concrete works, potable water cannot be used for construction activities on any project site
7. Construction and demolition noise must be no greater than that detailed in DM Technical Guidelines and DM Code of Construction Safety Practice.
8. Chemicals, fuels, solvents or hazardous wastes must be stored in accordance DM Technical Guidelines and DM Code of Construction Safety Practice.
9. Light pollution from the construction site must be minimised by ensuring that light sources are directed inwards and angled down so that no light is emitted above the horizontal plane. Lux levels should meet the DM Code of Construction Safety Practice.

401.04 Isolation of Pollutant Sources

For all new and existing buildings, where activities produce hazardous fumes or chemicals, spaces must be provided with separate air extraction systems to create negative pressure and exhaust the fumes or chemicals to ensure they do not enter adjacent rooms.

Dangerous Goods must be stored in accordance with Dubai Municipality Requirements.

401.05 Openable Windows

For all new buildings, opening windows must be provided in accordance with Dubai Municipality Building Regulations unless there is safety requirements restricting opening these windows.

401.06 Indoor Air Quality Compliance - New Buildings

For all new buildings, suitable ventilation for the building occupants and ensure the air quality in accordance with the technical guidelines issued by Dubai Municipality.

The buildings which optionally apply the following procedures will be awarded indoor air quality certificate by Dubai municipality.

A. Indoor air quality testing must be carried out prior to occupancy. The maximum limit for indoor air contaminants included in Table 401.6(1) must not be exceeded. A report which shows compliance with these requirements must be submitted to Dubai Municipality.

Table 401.6(1)-Schedule, Duration of Sampling, and Maximum Limit for Contaminants

| Sampling Schedule | Type of Samples | Maximum Acceptable | Sampling Duration |
|-------------------|--|---------------------------------|--|
| Pre-Occupancy | Formaldehyde | <0.08 parts per million (ppm) | 8- hour continuous monitoring (8 hour time-weighted average [TWA]) |
| | Total Volatile Organic Compound (TVOC) | < 300 micrograms/m ³ | |
| | Suspended Particulates (<10 microns) | < 150 micrograms/m ³ | |

- B.** Air Quality testing must be carried out by an air testing company or laboratory accredited by Dubai Municipality (DM), and the Compliant test results must be submitted to DM.
- C.** Air quality testing equipment must have initial and periodical calibration certificate as per manufacturer requirement from an external calibration facility accredited by DM or at least annual calibration certificate. The initial and periodical calibration certificates must be saved in a special register to be checked by DM in order to ensure the accuracy of the readings as condition of renewal the indoor air quality certificate.

401.07 Indoor Air Quality Compliance - Existing Buildings

For all existing hotels, shopping mall, educational, health and government buildings, buildings which are used to provide health care, mosques and worship buildings, theatres, cinemas or any other existing buildings to be determined by DMI later, suitable ventilation for the building occupants and ensure the air quality in accordance with the technical guidelines issued by Dubai Municipality.

The buildings which optionally apply the following procedures will be awarded indoor air quality certificate by Dubai municipality.

- A.** Indoor air testing for the contaminants listed in Table 401.7 (1) must be carried out to ensure the air quality in a building is suitable for occupation, the maximum limit for indoor air contaminants included in Table 401.7 (1) must not be exceeded.

| Sampling Schedule | Type of Samples | Maximum Acceptable | Sampling Duration |
|---|--|--|--|
| Initial test completed by 31 December 2011. Further testing within 5 years of last compliant test. | Formaldehyde | < 0.08 ppm | 8- hour continuous monitoring (8 hour time-weighted average [TWA]) |
| | Total Volatile Organic Compound (TVOC) | < 300 micrograms/ m ³ | |
| | Respirable Dust (<10 microns) | < 150 micrograms/ m ³ | |
| | Ozone | 0.06 ppm (120 micrograms/ m ³) | |
| | Carbon Dioxide | 800 ppm (1440 microgram/ m ³) | |
| | Carbon Monoxide | 9 ppm (10 micrograms/ m ³) | |
| | Bacteria | 500 CFU/ m ³ (Algar plate) | |
| | Fungi | 500 CFU/ m ³ (Algar plate) | |

Table 102.02 (1)

- b.** Air Quality testing must be carried out by an air testing company or laboratory accredited by Dubai Municipality (DM) and the Compliant result must be submitted to DM.
- c.** Air quality testing equipment must have initial and periodical calibration certificates as per manufacturer requirement from an external calibration facility accredited by DM or at least annual calibration certificate. The initial and periodical calibration certificates must be saved in a special register to be checked by DM in order to ensure the accuracy of the readings as condition of renewal the indoor air quality certificate.

401.08

Inspection and Cleaning of HVAC Equipment

For all new and existing buildings, the cleanliness of HVAC equipment and systems must be maintained and all its parts must be inspected and cleaned in accordance with the standard specifications approved by Dubai Municipality and in accordance with the technical guidelines issued by Dubai Municipality. While specialized maintenance companies approved by Dubai Municipality must carry out Inspection and cleaning or provide a proof that maintenance shall be done by building operator if he has a qualified personnel and equipment to do the job.

401.09 Parking Ventilation

For all buildings with enclosed parking:

- A.** Mechanical ventilation must be provided to ensure that the Carbon Monoxide (CO) concentration in the enclosed parking area is maintained below fifty (50) parts per million (ppm) by:
 - Providing a minimum of six (6) outside air changes per hour, or

401.08 Environmental Tobacco Smoke

- Installing a variable volume ventilation system controlled in response to input from a minimum of one CO sensor per four hundred square meters (400 m^2) floor area of parking.
- B.** A supply of outdoor air must be provided to each parking level.
- C.** Occupied areas such as offices, shopping centres, hotels, waiting rooms, and ticket booths connected to enclosed parking, must be supplied with conditioned air under positive pressure compared with adjoining parking area
- D.** Ventilation systems must be capable of providing ten (10) air changes per hour for smoke clearance purposes in case of a fire incident.
- E.** CO monitoring equipment must be installed with a minimum of one CO sensor per four hundred square meters (400 m^2) floor area of parking. Sound alarm triggers when the CO concentration reaches or exceeds seventyfive (75) ppm in, at least, five percent (5%) of the monitored locations.
- F.** Where a Building Management System (BMS) or Central Control and Monitoring System (CCMS) is installed, the CO concentration must be monitored to allow real-time profiling and management of air quality.
- G.** CO monitoring equipment must be checked and recalibrated every six (6) months or according to manufacturer specification by a specialized calibration company certified by Dubai Municipality. Test results and calibration certificates must be kept onsite and be readily available for inspection by DM staff.

- A.Smoking is strictly prohibited in all public in accordance with Local Order No 11 – 2003 including but not limited to shopping centres, hotels, restaurants, government buildings, hospitals, healthcare facilities, commercial buildings, common accommodation, coffee shops and amusement and entertainment or any other places determined by Dubai Municipality except for places in which smoking is permitted
- B.Places in which smoking is permitted are determined in accordance with the conditions listed in the Manual of Regulating Smoking in Public Places issued by Dubai Municipality by administrative resolution no 92 for the year 2009 in which public places where smoking is strictly prohibited and places where smoking is permitted are determined according to specific conditions.
- C.Smoking designated areas must be at least twenty-five (25) feet away from the building entrances of the building, doors and operable windows and ventilation system outdoor air intakes
- D.An annual permit is issued from the Public Health and Safety Department of Dubai Municipality for all places in which smoking is permitted after providing all required documents and drawings mentioned in the guide

402.01 Thermal Comfort

For all new and existing buildings, the heating, ventilation and air conditioning (HVAC) system must be capable of providing the following range of conditions for ninety five percent (95%) of the year:

| | Lower Limit | Upper Limit |
|----------------------|---------------|---------------|
| Dry bulb temperature | DB: 22.5 °C | DB: 25.5 °C |
| Relative humidity | RH: 30% (min) | RH: 60% (max) |

For occupant comfort, normal occupied spaces should have an average air velocity between (0.2 – 0.3) m/s.

403 Chapter 3: Acoustic Comfort

403.01 Acoustical Control

For all new buildings, the acoustic performance relating to Internal Noise Criteria from External Noise Sources, Internal Noise Criteria from Mechanical Services Noise, Internal Airborne Sound Insulation Guidance Values, and Internal Impact Sound Pressure Levels meet the control requirements set out in Table 403.01 (1).

Table 403.01(1) – Acoustical Control requirements

| Building Type | Document Reference |
|---------------------------------|---|
| Villas / Residential* Buildings | Building Regulations Approved Document E (revised 2003) (UK) |
| Healthcare Facilities | Health Technical Memorandum 08-01 (UK) |
| Educational Facilities** | Building Bulletin 93: Acoustic Design of Schools – A design Guide (UK) |
| Commercial Buildings | BS8233:1999 “Sound insulation and noise reduction for buildings – code of practice”. (UK) |
| Industrial | BS8233:1999 “Sound insulation and noise reduction for buildings – code of practice”. (UK) |
| Public | BS8233:1999 “Sound insulation and noise reduction for buildings – code of practice”. (UK) |

* Residential buildings include Villas, Apartments, Labour Accommodations and Student Accommodations.

** Educational Facilities include Nursery Schools, Primary Schools, Secondary Schools, Colleges and Universities.

404.01 Low Emitting Material: Paints and Coatings

For all buildings, including new applications in existing buildings, all paints and coatings used in the building should not exceed allowed limits of Volatile Organic Compound (VOC), these paints and coatings must be accredited/certified from Dubai Central Lab or any source approved by Dubai Municipality.

| | |
|---------------|--|
| | |
| 404.02 | Low Emitting Material: Adhesives and Sealants |
| | For all buildings, including new applications in existing buildings, all adhesives, adhesive bonding primers, adhesive primers, sealants and sealant primers used in the building should not exceed allowed limits of Volatile Organic Compound (VOC), these materials must be accredited/certified from Dubai Central Lab or any source approved by Dubai Municipality. |
| 404.03 | Carpet Systems |
| | For all new and existing public and commercial buildings, each new carpet system used must be certified / accredited from Dubai Central Lab or any other source approved by Dubai Municipality (DM). Carpet are not allowed to be used in labor accommodation, educational facilities or any other places determined by DM. |

405.01 Provision of Natural Daylight

For all new buildings, other than industrial buildings, provision for adequate natural daylight must be made in order to reduce their reliance on electrical lighting and to improve conditions for the building occupants and provide lighting openings in accordance with Dubai municipality building regulation and specification.

405.02 Views

All new office, residential and public buildings must provide direct line of sight (views) to the outdoor environment in accordance with Dubai municipality building regulation and specification.

| | |
|--------|--|
| 406 | Chapter 6: Water Quality |
| 406.01 | Legionella Bacteria and Building Water Systems |
| | <p>For all new and existing buildings must apply the technical guidelines issued by Dubai Municipality which includes:</p> <ul style="list-style-type: none"> .. All water systems and networks which creates a water spray or aerosol including but not limited to cooling towers, evaporative condensers, hot and cold water systems, showers, evaporative air coolers, spas, fountains, misters, ..etc must be periodically maintained, cleaned, disinfected and checked periodically to minimize the risk of Legionella bacteria or germs contamination in accordance with the technical guidelines issued by Dubai Municipality regarding the control of Legionella bacteria in water systems. . All water systems equipments and accessories including but not limited to potable water network, hot and cold water systems, water tanks, pumps, pipes and fittings, must be maintained, cleaned and disinfected. . Sampling and testing must be carried out for the presence of bacteria/germs and Legionella bacteria . All equipments and devices of swimming pools, spa pools, whirlpool baths, hydrotherapy pools and Jacuzzi must be maintained, cleaned, disinfected and checked periodically. . All equipment's and devices of irrigation system must be maintained, cleaned, disinfected and checked periodically <p>Specialized companies approved by Dubai Municipality must do water tests and sampling. All test results must be recorded and kept along with the records of maintenance and remedial works at site to be checked by Dubai Municipality.</p> |

406.02 Water Quality of Water Features

For all new and existing buildings, all Water Features with a water storage volume of over 1,000 liters and which creates a water spray or aerosol including but not limited to waterfalls, ponds, streams, ...etc must be maintained, cleaned, disinfected and checked periodically to minimize the risk of Legionella bacteria or germs contamination and not exceed the maximum limits outlined in the technical guidelines issued by Dubai Municipality.

| | | | | | | | | | |
|---|--|-------------|---------------------------|----------------------|----------------------------|---|------------------------------------|---------------------------------|-----------|
| 501 | Chapter 1: Conservation and Efficiency: Building Fabric | | | | | | | | |
| 501.0 1 | Minimum Envelope Performance Requirements | | | | | | | | |
| | <p>For all new air conditioned buildings, exterior building elements must have average thermal transmittance (also known as U Value) and Shading Coefficients (SC) that does not exceed the values specified and Light Transmittance greater than or equal to the values specified.</p> <p>A. External Walls, Roofs, and Floors:</p> <p>Building elements forming the external walls, roofs, and floors (where one side of the floor is exposed to ambient conditions) must have an average thermal transmittance (U Value) which does not exceed the following values:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">Roof</td><td style="padding: 5px;">U= 0.3 W/m²K</td></tr> <tr> <td style="padding: 5px;">External Wall</td><td style="padding: 5px;">U= 0.57 W/m²K</td></tr> </table> <p>If the floor is in contact with the ground, the insulation should only be applied to one meter (1m) in from the perimeter of the building.</p> <p>Glazed elements with back insulated panels must be treated as walls (and therefore must meet the performance requirement for walls).</p> <p>B. Glazed Elements - Fenestration:</p> <p>1. If the total area of external walls that let in light is forty per cent (40%) or less of the external wall area, then the glazing elements must meet the following performance criteria:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">Thermal Transmittance (Summer U value)</td><td style="padding: 5px;">U= 2.1 W/m²K (max)</td></tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Shading Coefficient (SC)</td><td style="padding: 5px;">0.4 (max)</td></tr> </table> | Roof | U= 0.3 W/m ² K | External Wall | U= 0.57 W/m ² K | Thermal Transmittance (Summer U value) | U= 2.1 W/m ² K (max) | Shading Coefficient (SC) | 0.4 (max) |
| Roof | U= 0.3 W/m ² K | | | | | | | | |
| External Wall | U= 0.57 W/m ² K | | | | | | | | |
| Thermal Transmittance (Summer U value) | U= 2.1 W/m ² K (max) | | | | | | | | |
| Shading Coefficient (SC) | 0.4 (max) | | | | | | | | |

| | |
|----------------------------|------------|
| Light Transmittance | 0.25 (min) |
|----------------------------|------------|

2. If the total area of external walls that let in light is between forty percent (40%) and sixty percent (60%) of the external wall area, then the glazing elements must meet the following performance criteria:

| | |
|---|------------------------------------|
| Thermal Transmittance (Summer U value) | U= 1.9 W/m ² K (max) |
| Shading Coefficient (SC) | 0.32 (max) |
| Light Transmittance | 0.1 (min) |

3. If the total area of external walls that let in light is sixty percent (60%) or greater of the external wall area, then the glazing elements must meet the following performance criteria:

| | |
|---|------------------------------------|
| Thermal Transmittance (Summer U value) | U= 1.9 W/m ² K (max) |
| Shading Coefficient (SC) | 0.25 (max) |
| Light Transmittance | 0.1 (min) |

4. For shopfronts and showrooms, other than those at ground floor level, glazing elements must meet the following performance criteria:

| | |
|---|------------------------------------|
| Thermal Transmittance (Summer U value) | U= 1.9 W/m ² K (max) |
| Shading Coefficient (SC) | 0.76 (max) |

5. If the glazing portion of a roof is ten percent (10%) or less of the roof area, then the glazing elements must meet the following performance criteria:

| | |
|---|------------------------------------|
| Thermal Transmittance (Summer U value) | U= 1.9 W/m ² K (max) |
| Shading Coefficient (SC) | 0.32 (max) |
| Light Transmittance | 0.4 (min) |

6. If the glazing portion of a roof is greater than ten percent (10%) of the roof area, then the glazing elements must meet the following performance criteria:

| | |
|---|------------------------------------|
| Thermal Transmittance (Summer U value) | U= 1.9 W/m ² K (max) |
| Shading Coefficient (SC) | 0.25 (max) |
| Light Transmittance | 0.3 (min) |

501.02 Thermal Bridging

For all new air conditioned buildings, Thermal Bridges, such as connection points between concrete or steel beams, external walls and columns and around doors and windows, which enable the flow of heat from outside into the building, must be eliminated or insulated to reduce the amount of heat transfer.

501.03 Air Conditioning Design Parameters

For all new air conditioned buildings, the heat load must be calculated in accordance with the following design parameters.

A) Outdoor Condition of the Building

| | |
|--|---------------------------|
| Dry bulb temperature | 46° C (115° F) |
| Wet bulb temperature | 29° C (85° F) |
| Dubai City location latitude | (North Latitude) 25° N |
| Extent of variation in the temperature on the day of design (Outdoor Daily Range) | 13.8° C (25° F) |

B) Indoor Condition of the Building

| | |
|-----------------------------|---------------|
| Dry bulb temperature | 24° C (75° F) |
| Relative humidity | 50% +/- 5% |

- The heat transfer coefficients to be used in the calculations for roofs, walls, and glazed areas must be the actual design coefficients, or as set out in Regulation 501.01 Minimum Envelope Performance Requirements.
- When diversity factors to be used in the calculation of heat load are not known, the coefficients set out in the 2005 ASHRAE Handbook - Fundamentals must be used.

C) The safety factor applied must be no greater than:

| | |
|----------------------|-----|
| Sensible Heat | 10% |
| Latent Heat | 5% |

- Heat loads for buildings must be calculated for each air-conditioned space at the hour of peak load incidence in that space, using software registered in Dubai Municipality.

501.04 Air Loss from Entrance and Exit

For all new air conditioned buildings other than villas, all regularly used air conditioned entrance lobbies must be protected by a door design which acts as a barrier to the loss of conditioned air.

501.05 Air Leakage

All new air conditioned buildings with a cooling load of 1 megawatt (MW) or greater must be tested to demonstrate that air leakage does not exceed ten (10) cubic metres of air per hour for each square metre of building envelope ($10\text{m}^3/\text{hr/m}^2$) into or out of the building, at an applied pressure difference of fifty (50) Pascal (Pa).

Testing must be carried out in accordance with a method approved by Dubai Municipality (DM).

Work must be carried out by a company approved by Dubai Municipality (DM).

501.04 Air Loss from Entrance and Exit

For all new air conditioned buildings other than villas, all regularly used air conditioned entrance lobbies must be protected by a door design which acts as a barrier to the loss of conditioned air.

501.05 Air Leakage

All new air conditioned buildings with a cooling load of 1 megawatt (MW) or greater must be tested to demonstrate that air leakage does not exceed ten (10) cubic metres of air per hour for each square metre of building envelope ($10\text{m}^3/\text{hr/m}^2$) into or out of the building, at an applied pressure difference of fifty (50) Pascal (Pa).

Testing must be carried out in accordance with a method approved by Dubai Municipality (DM).

Work must be carried out by a company approved by Dubai Municipality (DM).

| 502 | Chapter 2: Conservation and Efficiency: Building Systems | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|--|----------------|---------------|----------------------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|------------------------------|---------------|-----|--------------|---------|---------|----------------|--|--|--|----------------|---------|---------|-------------|------------------------------|----------------|-----|----------------|---------|---------|--|-------------------------------------|---------------|-----|--------------|---------|---------|--|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------|---------|----------------|--|-----------|---------------------------------|---------|---------|-------------|--|------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------|---------|--|--|-----------|---------------------------------|---------|---------|--|
| 502.01 | Energy Efficiency – HVAC Equipment and Systems | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <p>For all new air conditioned buildings, heating, ventilating and air conditioning equipment and systems must comply with the minimum energy efficiency requirements and test procedures listed in Reference Tables 502.01(1) and 502.01(2) or any test procedure approved by Dubai Municipality.</p> <p>REFERENCE TABLE 502.01 (1)</p> <p>Minimum Efficiency Requirements for Unitary Air Conditioners and Condensing Units</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Equipment Type</th> <th>Size Category</th> <th>Heating Section Type</th> <th>Subcategory or Rating Condition</th> <th>Minimum Efficiency (T1)</th> <th>Minimum Efficiency (T3)</th> <th>Test Procedure</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Air Conditioners, air cooled</td> <td><65,000 Btu/h</td> <td>All</td> <td>Split System</td> <td>9.5 EER</td> <td>6.6 EER</td> <td>T1-ARI 210/240</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Single Package</td> <td>9.5 EER</td> <td>6.6 EER</td> <td>T3-ISO 5151</td> </tr> <tr> <td>Through-the-wall, air cooled</td> <td><=30,000 Btu/h</td> <td>All</td> <td>Single Package</td> <td>8.0 EER</td> <td>5.7 EER</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Small-duct high-velocity air cooled</td> <td><65,000 Btu/h</td> <td>All</td> <td>Split System</td> <td>9.2 EER</td> <td>6.4 EER</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Air Conditioners, air cooled</td> <td>>=65,000 Btu/h and <135,000 Btu/h</td> <td>Electric resistance (or none)</td> <td>Split System and Single Package</td> <td>9.5 EER</td> <td>6.6 EER</td> <td>T1-ARI 340/360</td> </tr> <tr> <td></td> <td>All other</td> <td>Split System and Single Package</td> <td>9.5 EER</td> <td>6.6 EER</td> <td>T3-ISO 5151</td> </tr> <tr> <td></td> <td>>=135,000 Btu/h and <240,000 Btu/h</td> <td>Electric resistance (or none)</td> <td>Split System and Single Package</td> <td>9.5 EER</td> <td>6.6 EER</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>All other</td> <td>Split System and Single Package</td> <td>9.5 EER</td> <td>6.6 EER</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | | Equipment Type | Size Category | Heating Section Type | Subcategory or Rating Condition | Minimum Efficiency (T1) | Minimum Efficiency (T3) | Test Procedure | Air Conditioners, air cooled | <65,000 Btu/h | All | Split System | 9.5 EER | 6.6 EER | T1-ARI 210/240 | | | | Single Package | 9.5 EER | 6.6 EER | T3-ISO 5151 | Through-the-wall, air cooled | <=30,000 Btu/h | All | Single Package | 8.0 EER | 5.7 EER | | Small-duct high-velocity air cooled | <65,000 Btu/h | All | Split System | 9.2 EER | 6.4 EER | | Air Conditioners, air cooled | >=65,000 Btu/h and <135,000 Btu/h | Electric resistance (or none) | Split System and Single Package | 9.5 EER | 6.6 EER | T1-ARI 340/360 | | All other | Split System and Single Package | 9.5 EER | 6.6 EER | T3-ISO 5151 | | >=135,000 Btu/h and <240,000 Btu/h | Electric resistance (or none) | Split System and Single Package | 9.5 EER | 6.6 EER | | | All other | Split System and Single Package | 9.5 EER | 6.6 EER | |
| Equipment Type | Size Category | Heating Section Type | Subcategory or Rating Condition | Minimum Efficiency (T1) | Minimum Efficiency (T3) | Test Procedure | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Air Conditioners, air cooled | <65,000 Btu/h | All | Split System | 9.5 EER | 6.6 EER | T1-ARI 210/240 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Single Package | 9.5 EER | 6.6 EER | T3-ISO 5151 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Through-the-wall, air cooled | <=30,000 Btu/h | All | Single Package | 8.0 EER | 5.7 EER | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Small-duct high-velocity air cooled | <65,000 Btu/h | All | Split System | 9.2 EER | 6.4 EER | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Air Conditioners, air cooled | >=65,000 Btu/h and <135,000 Btu/h | Electric resistance (or none) | Split System and Single Package | 9.5 EER | 6.6 EER | T1-ARI 340/360 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | All other | Split System and Single Package | 9.5 EER | 6.6 EER | T3-ISO 5151 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | >=135,000 Btu/h and <240,000 Btu/h | Electric resistance (or none) | Split System and Single Package | 9.5 EER | 6.6 EER | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | All other | Split System and Single Package | 9.5 EER | 6.6 EER | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|--|--|---|-------------------------------|---------------------------------|---------|---------|--|
| | | $\geq 240,000$ Btu/h and $<760,000$ Btu/h | Electric resistance (or none) | Split System and Single Package | 9.5 EER | 6.6 EER | |
| | | All other | | Split System and Single Package | 9.5 EER | 6.6 EER | |
| | | $\geq 760,000$ Btu/h | Electric resistance (or none) | Split System and Single Package | 9.0 EER | 6.3 EER | |
| | | All other | | Split System and Single Package | 9.0 EER | 6.3 EER | |

| | | | | | |
|--|-----------------|-----------|---------------------------------|----------|-------------|
| Air conditioners, water and evaporatively cooled | $<65,000$ Btu/h | All other | Split System and Single Package | 14.0 EER | ARI 210/240 |
|--|-----------------|-----------|---------------------------------|----------|-------------|

Continue: REFERENCE TABLE 502.01 (1)

| | | | | | |
|--|---|-------------------------------|---------------------------------|----------|-------------|
| Air conditioners, water and evaporatively cooled | $\geq 65,000$ Btu/h and $<135,000$ Btu/h | Electric resistance (or none) | Split System and Single Package | 14.0 EER | ARI 340/260 |
| | All other | | Split System and Single Package | 14.0 EER | |
| | $\geq 135,000$ Btu/h and $<240,000$ Btu/h | Electric resistance (or none) | Split System and Single Package | 14.0 EER | |
| | All other | | Split System and Single Package | 14.0 EER | |

| | | | | | |
|--|----------------------|-------------------------------|---------------------------------|----------|----------|
| | $\geq 240,000$ Btu/h | Electric resistance (or none) | Split System and Single Package | 14.0 EER | 12.4 PLV |
|--|----------------------|-------------------------------|---------------------------------|----------|----------|

| | | | |
|--|--|--|--|
| | All other Condensing units, air cooled | Split System and Single Package $\geq 135,000$ Btu/h | 14.0 EER 11.5 EER 7.8 EER T1- ARI 365 T3- ISO 5151 |
|--|--|--|--|

a) Integrated Part Load Values (IPLVs) and part rating conditions are only applicable to equipment with capacity modulation.

b) Test Procedure (T3) in accordance with ISO5151

REFERENCE TABLE 502.01 (2)

| Water Chilling Packages - Minimum Efficiency Requirements | | | | |
|--|----------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| Equipment Type | Size Category | Minimum Efficiency (T1) | Minimum Efficiency (T3) | Test procedure |
| Aircooled, with condenser, electrically operated | All capacities | 2.8 COP 3.05 IPLV | 1.9 COP | T1- ARI 210/240 |
| Air cooled, without condenser, electrically operated | All capacities | 3.1 COP 3.45 IPLV | 2.1 COP | |
| Water cooled, electrically operated, positive displacement (reciprocating) | All capacities | 4.2 COP 5.05 IPLV | 2.75 COP | T1 - ARI 550/590 T3-ISO 5151 |

| | | | | |
|--|-------------------------------|----------|---------|------------------------------|
| Water cooled, electrically operated, positive displacement (rotary screw and scroll) | <150 tons | 4.45 COP | 2.9 COP | T1 - ARI 550/590 T3-ISO 5151 |
| | ≥ 150 tons and <300 tons | 4.9 COP | 3.2 COP | |
| | ≥ 300 tons | 5.6 COP | 3.6 COP | |

Continue: REFERENCE TABLE 502.01 (2)

| | | | |
|--|--------------------------|---------------------|-------------|
| Water cooled, electrically operated, centrifugal | <150 tons | 6.0 COP | ARI 550/590 |
| | ≥ 150 tons and <300 | 6.5 COP 7.1 IPLV | |

| tons | | | | |
|--|----------------|----------------------|--|---------|
| >=300 tons | | 6.5 COP 7.68 IPLV | | |
| Air-cooled absorption single effect | All capacities | 0.7 COP | | ARI 560 |
| Water-cooled absorption single effect | All capacities | 0.7 COP | | |
| Absorption double effect, indirect-fired | All capacities | 1.1 COP 1.1 IPLV | | |
| Absorption double effect, direct-fired | All capacities | 1.2 COP 1.2 IPLV | | |
| *The chiller equipment requirements applies to all chillers, including where the design leaving fluid temperature is <4.5°C. | | | | |

| | |
|--|-------------------------------|
| 502.02 | Demand Controlled Ventilation |
| <p>For all new air conditioned buildings with mechanical ventilation and existing building types determined by Dubai Municipality, Demand Controlled Ventilation (DCV) using a concentration of Carbon Dioxide (CO2), or other means to measure occupancy, must be used in spaces larger than one hundred (100) square metres (m²) and having a maximum design occupancy density greater than or equal to twenty five (25) people per hundred meter squares (100m²). The default occupancy density values in ASHRAE 62.2-2007 Table 6.1 should be used when the actual occupancy is not known.</p> <p>The CO2 concentration should be kept below eight hundred (800) parts per million (ppm).</p> <p>An alarm must be triggered if CO2 concentration rises above hundred (1000) ppm. This alarm is to be either automatically monitored by a central control system, if available, or give a local audible or visual indication when activated.</p> <p>For all buildings, including existing with DCV, the CO2 sensors and systems must be checked and recalibrated as per manufacturer recommendations but not to exceed twelve (12) months by a contractor approved by Dubai Municipality.</p> | |

502.03

Elevators and Escalators

For all new buildings:

A. Escalators - Escalators must be fitted with controls to reduce speed or to stop when no traffic is detected. Escalators shall be designed with energy savings features as described below:

1. Reduced speed control: The escalator shall change to a slower speed when no activity has been detected for a period of a maximum of three (3) minutes. Detection shall be by photocell activation at the top and bottom landing areas.
2. Use on demand: The escalator shall shut down when no activity has been detected for a period of a maximum of fifteen (15) minutes. Use on demand escalators must be designed with energy efficient soft start technology. The escalator shall start automatically when required; the activation shall be by photocells installed in the top and bottom landing areas.

B. Elevators (lifts) - Elevators (lifts) must be provided with controls to reduce the energy demand. To meet this requirement, the following features must be incorporated in traction drive elevators:

1. Use of AC Variable-Voltage and Variable-Frequency (VVVF) drives on non-hydraulic elevators.
2. Energy efficient lighting inside the elevator including controls to turn lights off when the elevator has been inactive for a period of a maximum of five (5) minutes.

502.04

Lighting Power Density - Interior

For new buildings, the average Lighting Power Density for the interior connected lighting load for specific building types must be no more than the watts per square metre of gross floor area given in Table 502.04 (1).

Table 502.04(1) – Interior Lighting Power Density

| Building Type | Maximum average Watts per square metre (W/m^2) across total building area |
|--|---|
| Commercial/Public: Offices, Hotels, Resorts, Restaurants | 10 |
| Educational Facilities | 12 |
| Manufacturing Facility | 13 |
| Retail Outlets, Shopping Malls , Workshop | 14 |
| Warehouses | 8 |

Lighting Power Densities for building types not listed in Table 502.04 (1) should be no greater than those values given in ASHRAE 90.1-2007 Table 9.5.1.or equivalent as approved by DEWA.

502.05 Lighting Power Density - Exterior

For all new buildings, the average Lighting Power Density for the exterior connected lighting load must be no more than the values given in Table 502.05 (1).

| Building Area | Maximum Watts per square metre or linear metre |
|---|---|
| Uncovered parking lots and drives | 1.6 W/m^2 |
| Walkways less than 3 metres wide | 3.3 $\text{W}/\text{linear metre}$ |
| Walkways 3 metres wide or greater | 2.2 W/m^2 |
| Outdoor Stairways | 10.8 W/m^2 |
| Main entries | 98 $\text{W}/\text{linear metre of door width}$ |
| Other doors | 66 $\text{W}/\text{linear meter of door width}$ |
| Open sales areas (including vehicle sales lots) | 5.4 W/m^2 |
| Building Facades | 2.2 W/m^2 for each illuminated wall or surface or 16.4 $\text{W}/\text{linear metre}$ for each illuminated wall or surface length |
| Entrances and gatehouse inspection stations at guarded facilities | 13.5 W/m^2 |
| Drive-up windows at fast food restaurants | 400 W per drive-through |

Lighting Power Densities for exterior areas not listed in Table 502.05 (1) should be no greater than those values given in ASHRAE 90.1-2007 Table 9.4.5 or equivalent as approved by DEWA.

502.06 Lighting Controls

For all new buildings other than villas and industrial buildings:

- A. Occupant Lighting Controls must be provided so as to allow lighting to be switched off when daylight levels are adequate or when spaces are unoccupied and to allow occupants control over lighting levels.
- B. Common areas which are not regularly occupied, such as corridors and lobbies, should reduce lighting levels to no more than twenty five percent (25%) of normal when unoccupied.
- C. In offices and education facilities all lighting zones must be fitted with occupant sensor controls capable of switching the electrical lights on and off, according to occupancy unless lighting is required for safety purposes.
- D. In offices, if the average design lighting power density is less than six (6) Watts per square meter of gross floor area (GFA), the control requirements of parts C and D of this regulation need not apply.
- E. It is recommended (optional) that, in offices, the artificial lighting in spaces within six (6) meters in depth from exterior windows must be fitted with lighting controls incorporating photocell sensors capable of adjusting the level of electric lighting to supplement natural daylight only when required. The combined artificial and daylight must provide an illumination level at the working plane between four hundred (400) and five hundred (500) lux. When there is a hundred percent (100%) daylight, the lux levels may exceed five hundred (500) lux.

502.07 Electronic Ballasts

For all new buildings, high frequency electronic ballasts must be used with fluorescent lights and metal halide of 150 W and less.

High frequency electronic ballasts must be labelled as conforming to an international standard approved by the DEWA / Dubai Municipality

**502.08 Control Systems for Heating,
Ventilation and Air Conditioning (HVAC) Systems**

For all new buildings other than villas, all Heating, Ventilation, and Air Conditioning (HVAC) systems must be provided with controls to guarantee the achievement of energy efficiency in use in accordance with the American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) 90.1-2007, Section 6.4.3.or equivalent as approved by DM/DEWA.

As a minimum, the following control features must be incorporated:

1. Sub-division of systems into separate control zones to correspond with each area of the building that has a significantly different solar exposure, or cooling load, or type of use.
2. All separate control zones must be capable of:
 - Independent temperature control;
 - Inactivation when the building, or part of building served by the system, is not occupied.
3. The operation of central plant only when the zone systems require it.

502.09 Control Systems for Hotel Rooms

For all new hotels, guest rooms must incorporate, in each room, controls systems which are able to turn off the lighting, air conditioning and power when the room is not occupied.

In addition, it is recommended (optional) that each guest room should incorporate control system to enable to turn off the air conditioning when the balcony door / window is kept open.

502.10 Exhaust Air Energy Recovery Systems

For all new buildings with a requirement of treated outdoor air of over one thousand (1,000) litres per second (l/s), energy recovery systems must be provided to handle at least fifty percent (50%) of the total exhausted air. The energy recovery systems must have at least seventy percent (70%) sensible load recovery efficiency.

502.11 Pipe and Duct Insulation

For all new buildings, all pipes carrying refrigerant, hot water or chilled water and ducts, including prefabricated ducts, supplying conditioned air must be insulated to minimise heat loss and prevent condensation.

1. Pipes and ducts passing through conditioned spaces must be insulated in accordance with BSI British Standard BS 5422:2009 or other insulation standards approved by Dubai Municipality.
2. Pipes passing through outside or unconditioned spaces must be insulated with the minimum insulation thickness specified in Table 502.11 (1).

Table 502.11 (1) Minimum insulation thickness for pipes passing through unconditioned spaces

| Steel pipe nominal pipe size (mm) | Temperature of contents (°C) | | | | | |
|---|-----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | 10° C | | 5° C | | 0° C | |
| | Minimum Insulation thickness (mm) | | | | | |
| λ = 0.018 W/mK | λ = 0.038 W/mK | λ = 0.018 W/mK | λ = 0.038 W/mK | λ = 0.018 W/mK | λ = 0.038 W/mK | λ = 0.018 W/mK |
| 15 | 50 | 30 | 45 | 30 | 45 | 30 |
| 20 | 60 | 30 | 55 | 30 | 45 | 30 |
| 25 | 60 | 40 | 55 | 35 | 55 | 30 |
| 32 | 65 | 40 | 55 | 35 | 55 | 30 |
| 40 | 65 | 40 | 60 | 35 | 55 | 30 |
| 50 | 70 | 45 | 60 | 40 | 60 | 30 |
| 65 | 70 | 45 | 60 | 40 | 60 | 40 |
| 80 | 75 | 45 | 65 | 40 | 60 | 40 |
| 100 | 75 | 45 | 65 | 40 | 70 | 40 |
| 150 | 90 | 50 | 80 | 45 | 75 | 40 |
| 200 | 90 | 55 | 80 | 45 | 75 | 45 |
| 250 | 100 | 55 | 80 | 55 | 75 | 45 |
| 300+ | 100 | 80 | 100 | 75 | 80 | 70 |

• λ = thermal conductivity of insulating materials at a mean temperature of 10°C.

3. Ducts passing through outside or unconditioned spaces must be insulated with the minimum insulation thickness specified in Table 502.11 (2).

Table 502.11 (2) Minimum insulation thickness for pipes passing through unconditioned spaces

| Minimum air temperature inside duct (°C) | | | | | | | |
|---|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 15° C | | 10° C | | 5° C | | 0° C | |
| Minimum thickness of insulating material (mm) | | | | | | | |
| $\lambda = 0.018 \text{ W/mK}$ | $\lambda = 0.038 \text{ W/mK}$ | $\lambda = 0.018 \text{ W/mK}$ | $\lambda = 0.038 \text{ W/mK}$ | $\lambda = 0.018 \text{ W/mK}$ | $\lambda = 0.038 \text{ W/mK}$ | $\lambda = 0.018 \text{ W/mK}$ | $\lambda = 0.038 \text{ W/mK}$ |
| 42 | 61 | 48 | 84 | 57 | 107 | 66 | 127 |

. λ = thermal conductivity of insulating materials at a mean temperature of 10° C.

Insulation materials used must meet the requirements of regulation 701.01, Thermal and Acoustical Insulation Materials or BS5422:2009, whichever is the more stringent.

All insulation installations must have a suitable vapour barrier and protection from Ultra Violet (UV) light.

502.12 Thermal Storage for District Cooling

All new district cooling plants must incorporate a Thermal Energy Storage (TES) facility with a capacity of, at least, twenty percent (20%) of the design capacity of the plant.

502.13 Ductwork Air Leakage

For all buildings, air ductwork must be designed, built and installed to ensure that air leakage is minimised.

Ductwork, with equipment attached to it, with an external static pressure exceeding two hundred and fifty (250) Pascal (Pa) and all ductwork exposed to external ambient conditions or within unconditioned spaces must be pressure tested prior to occupancy in accordance with a method approved by Dubai Municipality (DM) and a compliant amount of air leakage achieved.

Ductwork leakage testing must be carried out by a company approved by DM to conduct commissioning of buildings.

502.14 Maintenance of Mechanical Systems

For all new and existing air conditioned buildings, the mechanical-electrical and plumbing systems in buildings must be serviced and maintained regularly.

1. To allow the mechanical services to be maintained, they must be installed so that adequate access is available to allow regular inspection, maintenance and cleaning of the equipment without the need to remove or dismantle any building components.
2. The building owner must ensure that a maintenance manual and schedule is developed for the building based on the instructions for preventative maintenance or service from the manufacturers or suppliers of equipment or according to the American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) 62.1 – 2007 or equivalent as approved by DM.
3. The building owner must enter into a service contract with a maintenance company approved by Dubai Municipality (DM) or provide evidence that equipment will be properly maintained by competent members of their own staff.
4. Service records in the form of a service log book including details of both preventative and corrective maintenance must be kept onsite and be readily available for inspection by DM.

503.01 Commissioning of Building Services – New Buildings

For all new air conditioned buildings, with a cooling load of one (1) megawatt (MW) or greater, other than villas the commissioning of air distribution systems, water distribution systems, lighting, central control and building management systems, refrigeration systems and boilers must be carried out before a completion certificate will be issued.

1. Commissioning must be carried out in accordance with the CIBSE Codes listed below or any other commissioning Standard or Code approved by Dubai Municipality (DM).
 - 1.1. 'The Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE) Commissioning Code, Air Distribution Systems, Code A-2006'
 - 1.2. 'CIBSE Commissioning Code, Water Distribution Systems, Code W-2003'
 - 1.3. 'CIBSE Commissioning Code, Lighting, Code L-2003'
 - 1.4. 'CIBSE Commissioning Code, Automatic Controls, Code C-2001' for central control and Building Management System (BMS);
 - 1.5. 'CIBSE Commissioning Code R: 2002 Refrigeration Systems; and
 - 1.6. 'CIBSE Commissioning Code B: 2002 Boilers'.
2. Work must be carried out by a company approved by DM to conduct commissioning of buildings.
3. Commissioning results must be recorded and available for inspection by DM
4. A systems manual, documenting the information required to allow future operations staff to understand and optimally operate the commissioned services, must be developed and provided to the building owner or facilities operator following commissioning.

503.02 Re-Commissioning of Building Services

– Existing Buildings

For all existing air conditioned buildings, with a cooling load of two (2) megawatt (MW) or greater, other than villas the re-commissioning of ventilation, water systems central plant, lighting and control systems must be carried out at least once every five (5) years. Where possible the re-commissioning should be carried out in accordance with the requirements of Regulation 503.01 but at a minimum, systems are required to be re-commissioned to ensure that:

1. The amount of fresh air supplied from each ventilation outlet is within plus or minus five percent (5%) of the design volume;
2. The volume of the chilled water supplied to any cooling coil is within plus or minus five percent (5%) of the design volume;
3. All mechanical devices, including but not limited to dampers, valves, fans, pumps, motors and actuators, operate freely and as required;
4. Filters and filter housings are sound and secure and that no unfiltered air bypasses the filter assembly;
5. Heat recovery systems are operating as designed;
6. Central plant equipment is tested to ensure that it operates through the full range of its capacity and that all design parameters are achieved;
7. All lighting systems and their controls operate as designed and that required levels of illumination are provided;
8. Controls are checked and re-calibrated for operation as designed and to ensure that any remote devices respond as required; and
9. Pipe and ducts are inspected to ensure there is no air or liquid leakage.

Commissioning results must be recorded and available for inspection by Dubai Municipality.

Work must be carried out by a contractor certified by Dubai Municipality to conduct commissioning of building services.

Where original design requirements are not available, the contractor is to certify that, following re-commissioning, the systems are installed and operating correctly based on their experience and understanding of the systems.

503.03 Electricity Metering

For all new buildings, meters must be fitted to measure and record electricity demand and consumption of the facility as a whole and to provide accurate records of consumption,

- A. For all buildings with a cooling load of at least one (1) megawatt (MW) or gross floor area of 5,000 sq.M or greater , additional electrical sub-metering (of tariff class accuracy) must be installed to record demand and consumption data for each major energy-consuming system in the building. At a minimum, all major energy consuming systems with a load of hundred (100) kilowatts (kW) or greater must be sub-metered.
- B. The building operator shall be responsible for recording details of the energy consumption for the building and ensuring that major electricity uses are sub-metered. Records must be kept for five years.
- C. Each individual tenancy in the building must have a sub-meter installed when a building tariff meter is not present. These sub-meters should only be for demand management and electricity cost allocation purposes.
- D. Where a Building Management System (BMS) or Central Control and Monitoring System (CCMS) is installed, metering must be connected to allow real-time profiling and management of energy consumption.
- E. All meters must be capable of remote data access and must have data logging capability and complying with DEWA specifications. All meters should be approved by DEWA.
- F. Virtual meters using run-hours are not acceptable as sub-meters.



503.04 Air Conditioning Metering

For all new buildings other than villas, which are supplied by a central air conditioning source (such as a chiller plant or district cooling), and where cooling energy is delivered individually to several consumers, meters must be fitted to measure and record chilled water supply to air conditioning units and to provide accurate records of consumption:

- A.** Energy meters designed to measure the supply of chilled water must be installed for each dwelling unit, office, or tenant. The measuring device must measure the water flow and supply and return temperatures to determine the temperature differential and calculate the amount of cooling energy consumed.
- B.** Where a Building Management System (BMS) or Central Control and Monitoring System (CCMS) is installed, metering must be connected to allow real-time profiling and management of energy consumption.
- C.** Meters used must be specifically designed for the measurement of chilled water rather than for hot water.
- D.** All meters must be capable of remote data access and must have data logging capability.
- E.** Virtual meters using run-hours are not acceptable as sub-

meters.

- F. The meter readings and actual consumption details should only be for demand management and cost allocation purposes.

503.05

Central Control and Monitoring System

For all new buildings with a cooling load of one (1) megawatt (MW) or gross floor area of 5,000 sq.M or greater, the building must have a central control and monitoring system capable of ensuring that the building's technical systems operate as designed and as required during all operating conditions, and that the system provides full control and monitoring of system operations, as well as diagnostic reporting.

| | |
|--------|---|
| | At a minimum, the system must control the chiller plant, heating, ventilation and air conditioning (HVAC) equipment, record energy and water consumption and monitor and record the performance of these items. |
| 504 | Chapter 4: Onsite Systems: Generation & Renewable Energy |
| 504.01 | On-Site Renewable Energy – Small to Medium Scale Embedded Generators |

For all new buildings:

Where a building incorporates on-site generation of electricity from small or medium scale embedded generators using renewable energy sources; the equipment, installation and maintenance of the system must be stand-alone (off-grid) and therefore not connected to the Dubai Electricity and Water Authority (DEWA) network and DEWA will provide electricity supply to the building when needed without parallel connection.

504.02 Outdoor Lighting

For all new buildings:

Where the light power density of external lighting exceeds that specified in Regulation 502.05, Lighting Power Density – Exterior, any additional lighting load must be powered entirely through renewable electricity sources such as photovoltaic systems.

504.03 On-Site Renewable Energy – Solar Water Heating System

For all new villas and labour accommodations, a solar water heating system must be installed to provide seventy five (75%) of domestic hot water requirements. Solar water heating installations must be fitted with insulated storage tanks and pipes, sized and fitted in accordance with the solar panel manufacturer's requirements for each specific application. The supplementary heating system shall be controlled so as to obtain maximum benefit from the solar heater before operating.

Where solar water heaters are being installed, the equipment, installation, operation and maintenance of the system must be:

- A. Designed and installed by an installation company approved by Dubai Municipality (DM);
- B. Equipment must be approved by DM; and
- C. Regularly cleaned and maintained to ensure continuous efficient operation.

Archivio:

- Revisione_UNI_10339_DEL 081017
- Government of dubai green building regulations and specifications
- AERMEC-CATALOGO-PRODOTTI-20016
- RP_towards_a_BRAZILIAN_STANDARD_COMPLETE_VERSION
- Rotronic USA Measurment solutions- Humidity
- Catalogo generale movimentazione acqua(Lowara xylem brand)
- Giuseppe Golino Impianti termotecnici Hoepli