



ARPACAL

Agenzia Regionale Per l'Ambiente Della Calabria



Seminario formativo

La riqualificazione energetica degli edifici

Il miglioramento del comfort termico tra ottimizzazione impiantistica e nuove opportunità economiche

Il comfort termico dei lavoratori come parametro operativo per le azioni di riqualificazione energetica

Ing. Pietro Paolo Capone

Servizio Agenti Fisici

Dipartimento Provinciale ARPACAL di Vibo Valentia

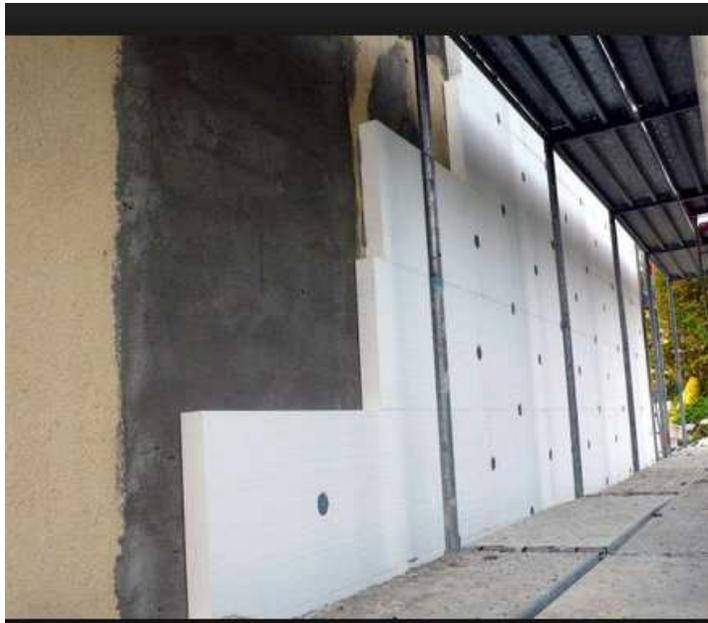
Bologna 16 ottobre 2015

p.capone@arpacal.it

www.arpacal.it



Quando si parla di riqualificazione energetica, sostanzialmente si pensa a questo.....





Raramente si pensa a questo



Decisamente mai si pensa a questo





CONSIDERAZIONI IN TEMA DI DIAGNOSI ENERGETICA



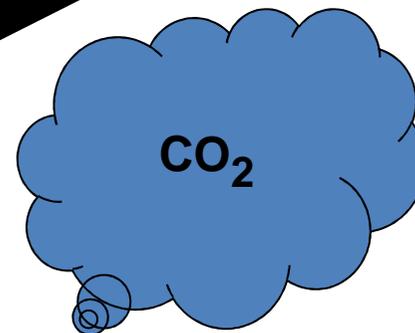
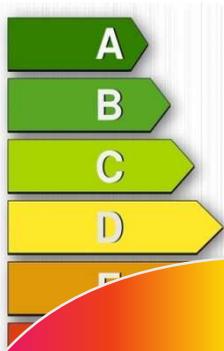
Alla base degli interventi di riqualificazione-risanamento energetico c'è sempre la **DIAGNOSI ENERGETICA DELL'EDIFICIO**

Questa può essere definita come un insieme sistematico di rilievo, raccolta ed analisi dei parametri relativi ai consumi specifici e alle condizioni di esercizio dell'edificio e dai suoi impianti ossia una **"valutazione tecnico-economica dei flussi di energia"**.

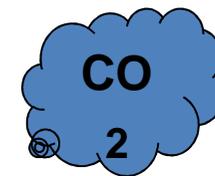
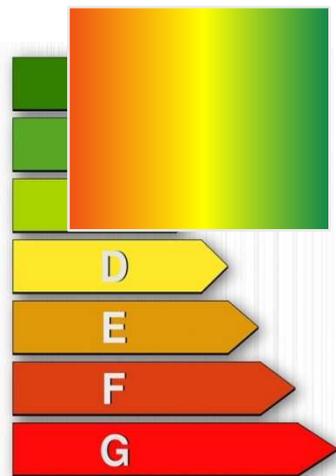
I suoi principali obiettivi sono quelli di:

- definire il bilancio energetico dell'edificio
- **individuare gli interventi di riqualificazione tecnologica**
- valutare per ciascun intervento le opportunità tecniche ed economiche
- migliorare le condizioni di comfort e di sicurezza
- ridurre le spese di gestione

**DIAGNOSI
ENERGETICA**



**OPERE DI
RISANAMENTO**





Sicuramente la diagnosi energetica d'edificio rilascia importanti informazioni sia sul reale stato energetico, inteso come energia necessaria per soddisfare le esigenze di bilancio termico (caldo/freddo), che su tutte le altre forme di energia (es. per illuminamento) rapportate agli effettivi costi dell'energia primaria necessaria per sopportare tali bisogni

E' necessario quindi, per bilanciare tale rapporto, prevedere eventualmente specifici interventi di tipo strutturale/IMPIANTISTICO che meglio si adattino alle peculiarità insite nell'edificio stesso.

Ma prima di ragionare sulle esigenze dell'edificio, proviamo a capire le esigenze di chi questo edificio lo vivrà dal di dentro.....



CONSIDERAZIONI IN TEMA DI MICROCLIMA



Con il termine di **microclima** si intendono tutti quei parametri ambientali che influenzano gli scambi termici tra soggetto e ambiente negli spazi confinati e che determinano il cosiddetto "**benessere termico**". L'uomo infatti può svolgere "normalmente" una attività lavorativa solo attraverso il mantenimento dell'equilibrio termico: tale condizione si realizza mediante un continuo scambio termico tra l'ambiente e l'uomo che punta al mantenimento dell'omeotermia.

Tale condizione si realizza con uno stato di benessere termico solo nel caso in cui l'organismo non sia costretto a mettere in atto una serie di meccanismi di termoregolazione che danno luogo a reazioni fisiologiche (es. sudore o brividi, ecc.), compromettendo di fatto l'attività svolta, in quanto potrebbe generare disagi a volte anche gravi quali affaticamento, scarsa concentrazione, ecc.



Con particolare riferimento agli aspetti normativi, gli ambienti per i quali possono valere osservazioni relative alle riqualificazioni energetiche di tipo impiantistico, possono essere convenzionalmente classificati come ***“ambienti moderati”***.





Le caratteristiche salienti che permettono di classificare, da un punto di vista analitico, un ambiente come moderato sono elencate di seguito:

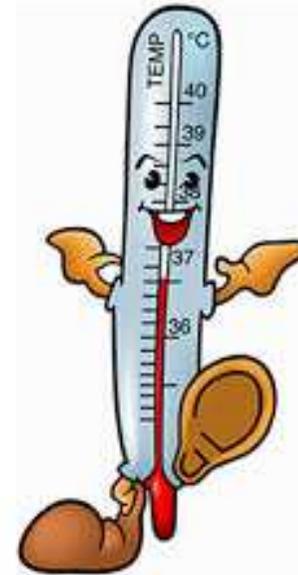
- Condizioni ambientali omogenee e con ridotta variabilità nel tempo;
- Assenza di scambi termici tra soggetto ed ambiente che abbiano effetti importanti sul bilancio termico complessivo;
- Attività fisica modesta e sostanzialmente analoga per tutti i soggetti (1 – 2 **MET**);
- Sostanziale uniformità del vestiario indossato (0,5 – 1 **CLO**);
- Aspettativa per gli occupanti dell'ambiente per una situazione di comfort termico.



L'indagine volta a caratterizzare la condizione microclimatica di un ambiente termicamente moderato prevede una fase di valutazione strumentale dei parametri fisici caratterizzanti il grado termico ambientale, ed una fase conoscitiva delle condizioni generali e specifiche dell'ambiente e delle condizioni di lavoro.

L'indagine strumentale permette la misura dei seguenti parametri fisici:

- **Temp del globotermometro**
- **Temp. del bulbo umido**
- **Temp. del bulbo secco**
- **Umidità relativa**
- **Velocità aria**





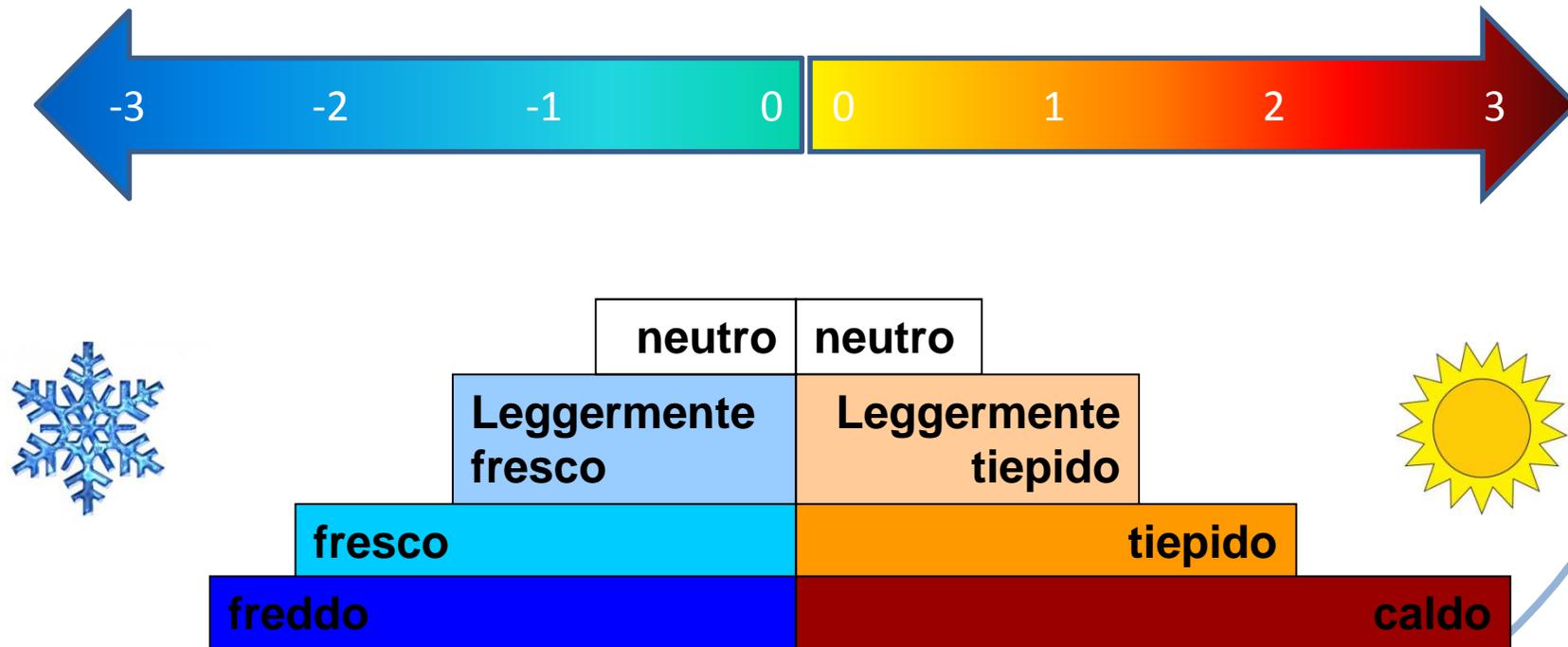
INDICI DI FANGER

Al fine quindi di valutare il benessere termico degli occupanti di un dato ambiente, e per la classificazione dello stesso, si deve procedere alla determinazione, secondo la norma **UNI-EN-ISO 7730**, “Moderate thermal environments. Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort”, dei così detti ***indici di Fanger***.

Tali indici, indicati con gli acronimi **PMV e PPD**, rappresentano due parametri in grado di valutare le sensazioni dovute ad un eventuale discomfort termico, correlate alle effettive condizioni microclimatiche presenti in un ambiente di lavoro.



PMV (predicted mean vote): esprime un voto medio previsto per la sensazione di benessere termico. L'indice PMV viene generalmente espresso in una scala di sensazione termica a 7 punti (da 3 = molto freddo a +3 = molto caldo). In questo modo si ha direttamente la percezione della qualità dell'ambiente termico.



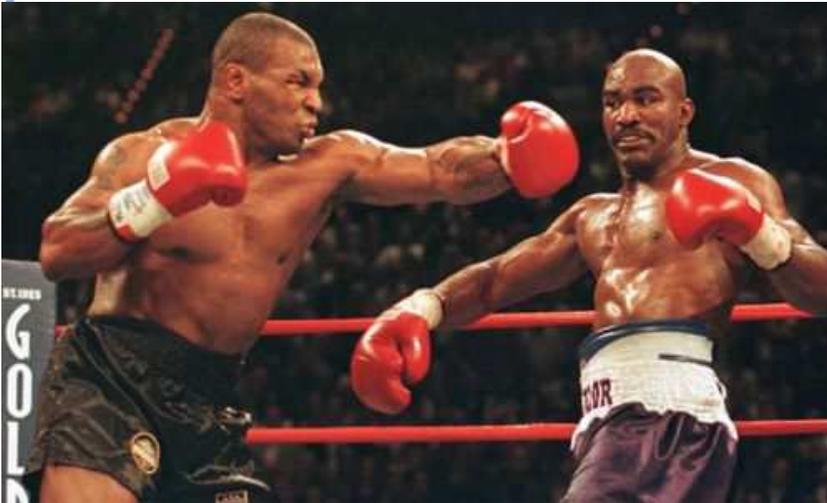


PPD (predicted percentage of dissatisfied): è la percentuale prevista delle persone insoddisfatte.

Sperimentalmente per valori di $PMV=0$, c'è comunque una percentuale di insoddisfatti pari a circa il 5% del totale. Tale valore, man mano che si hanno valori di PMV diversi da zero, cresce molto rapidamente.



Per Il calcolo del **PMV** (Voto Medio Previsto) e del **PPD** (Percentuale Prevista di Insoddisfatti), per come precedentemente esposto, non si valutano soltanto i parametri microclimatici, ma un complesso di parametri legati alla soggettività degli individui che operano in un dato ambiente. Particolare importanza rivestono i valori di **MET** che indicano il dispendio metabolico legato ad una particolare attività e il **CLO**, parametro che indica l'isolamento termico legato al particolare tipo di vestiario indossato.



MET >

CLO <



MET <

CLO >

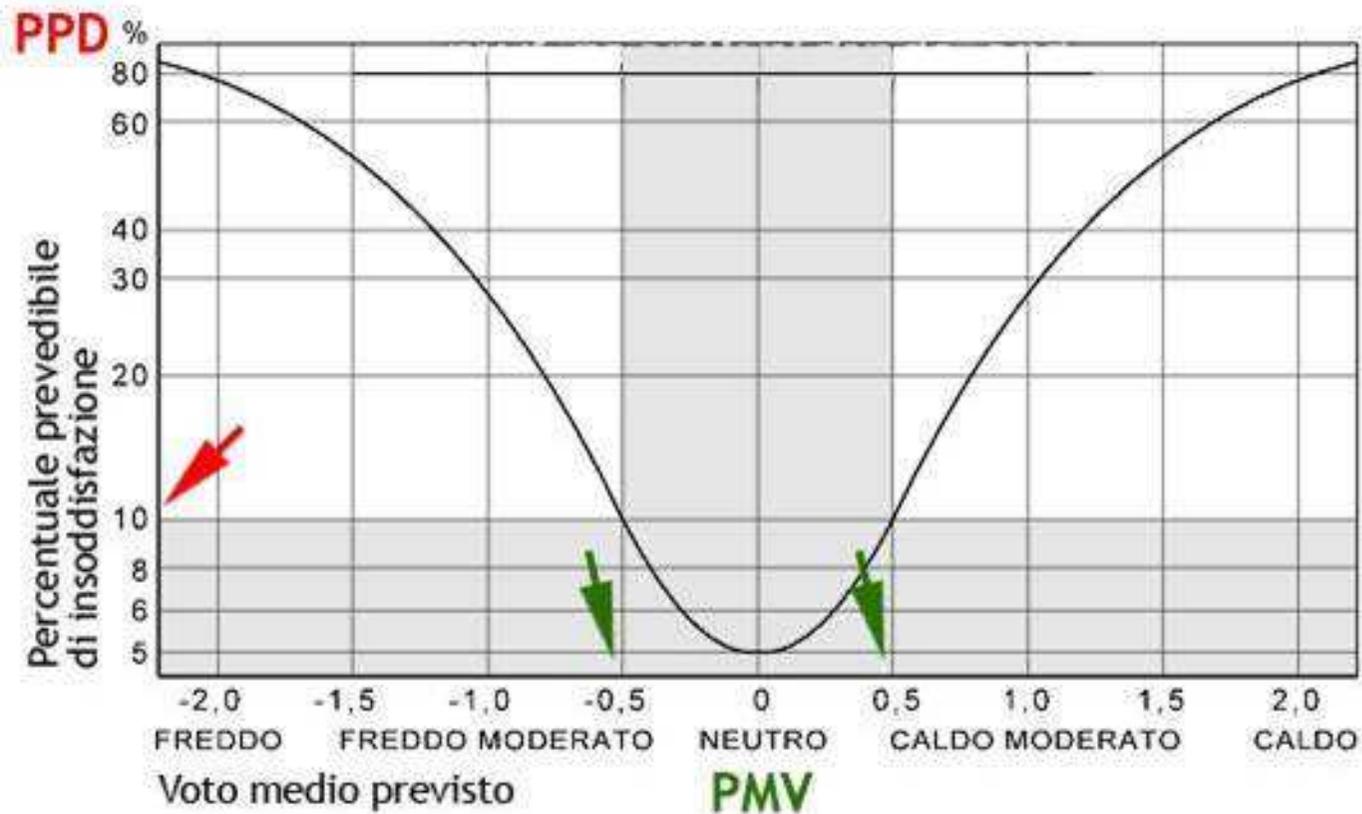


Si tratta di due indici, strettamente correlati tra loro, che consentono di valutare le condizioni microclimatiche di un ambiente di lavoro in funzione del giudizio (caldo, freddo, confortevole) espresso dai soggetti in esame e del loro eventuale disagio termico, a partire dai seguenti parametri ambientali:

Quantità	Simbolo	Unità di misura
temperatura dell'aria	t_a	°C o K
temperatura media radiante	t_r	°C o K
pressione parziale del vapore acqueo	p_a	Pa (1 Pa = 1 N/m ²)
velocità relativa dell'aria	v_{ar}	m/s
attività metabolica (o dispendio metabolico o metabolismo energetico)	M	W/m ² o <i>met</i> (1 <i>met</i> = 58,2 W/m ² pari a 104,8 W per la superficie corporea standard di un individuo adulto pari a 1,8 m ²)
isolamento termico del vestiano	I_{cl}	m ² K/W o <i>clo</i> (1 <i>clo</i> = 0,155 m ² K/W)

La relazione tra PMV e PPD e data dalla seguente espressione:

$$PPD = 100 - 95 \times \exp -(0,03353 \times PMV^4 + 0,2179 \times PMV^2)$$





Si evince che la neutralità termica, espressa come limite PMV, non è una richiesta sufficiente per garantire il benessere termico. Infatti nella UNI EN ISO 7730, sono anche riportati oltre alla temperatura operativa alcuni parametri particolarmente interessanti che possono essere considerati indici di disagio locale, quali:

- gradiente verticale di temperatura,
- asimmetria della temperatura piana radiante,
- temperatura del pavimento
- velocità dell'aria.

Le condizioni di benessere termoigrometrico STANDARD* per edifici mododerati sono pari a :

INVERNALE: $T_o = 20-24^{\circ}\text{C}$; $U_r = 30-70\%$

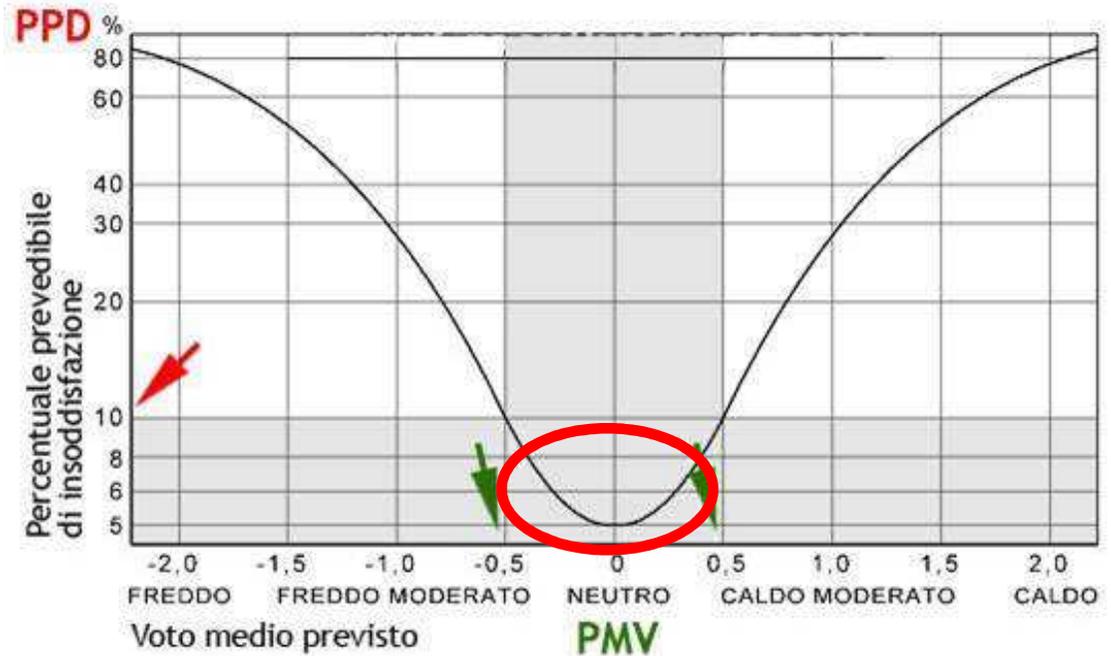
ESTIVA: $T_o = 23-26^{\circ}\text{C}$; $U_r = 30-70\%$

Dove: T_o = Temperatura operativa; U_r = Umidità relativa.

*per standard si intendono gli edifici moderati classificati come da normativa, per situazioni specifiche, bisogna far riferimento ad eventuali specifici dettami normativi ad es. laboratori, sale operatorie, edifici a rischio ATEX, ... in cui i parametri T_o U_r possono essere più stringenti



***..... ma come conciliare le considerazioni
sul comfort termico dei lavoratori
con azioni di riqualificazione energetica?***



	Classe A4	$\leq 0,40 EP_{gl,nc,Lst(2019/21)}$
$0,40 EP_{gl,nc,Lst(2019/21)} <$	Classe A3	$\leq 0,60 EP_{gl,nc,Lst(2019/21)}$
$0,60 EP_{gl,nc,Lst(2019/21)} <$	Classe A2	$\leq 0,80 EP_{gl,nc,Lst(2019/21)}$
$0,80 EP_{gl,nc,Lst(2019/21)} <$	Classe A1	$\leq 1,00 EP_{gl,nc,Lst(2019/21)}$
$1,00 EP_{gl,nc,Lst(2019/21)} <$	Classe B	$\leq 1,20 EP_{gl,nc,Lst(2019/21)}$
$1,20 EP_{gl,nc,Lst(2019/21)} <$	Classe C	$\leq 1,50 EP_{gl,nc,Lst(2019/21)}$
$1,50 EP_{gl,nc,Lst(2019/21)} <$	Classe D	$\leq 2,00 EP_{gl,nc,Lst(2019/21)}$
$2,00 EP_{gl,nc,Lst(2019/21)} <$	Classe E	$\leq 2,60 EP_{gl,nc,Lst(2019/21)}$
$2,60 EP_{gl,nc,Lst(2019/21)} <$	Classe F	$\leq 3,50 EP_{gl,nc,Lst(2019/21)}$
	Classe G	$> 3,50 EP_{gl,nc,Lst(2019/21)}$

COME CONCILIARE
LE DUE COSE?



Per garantire il giusto comfort per gli operatori all'interno di un edificio è necessario conciliare le esigenze previste dalla UNI EN ISO 7730, con quanto stabilito dalla legge 90/2013 in tema di requisiti energetici di edificio



Se da un lato il legislatore, anche con l'entrata in vigore **dal 01/10/2015 dell'ultimo aggiornamento della legge 90/2013 (decreti attuativi)** e del dpr 75/13, pone un accento molto forte sulle metodologie di calcolo per la verifica del fabbisogno termico d'involucro e del fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento, il raffrescamento e l'ACS, poco o nulla è indicato in merito alle condizioni microclimatiche da garantire all'interno di un edificio, soprattutto se occupato da lavoratori.

Spesso l'analisi energetica di un edificio, non tiene conto delle specifiche esigenze di comfort termico per gli occupanti. Ciò può far insorgere gravi errori in fase di riqualificazione energetica, in quanto soluzioni progettuali non idonee, potrebbero si garantire il miglioramento delle prestazioni energetiche di edificio ma contestualmente rappresentare gravi handicap dal punto di vista microclimatico.

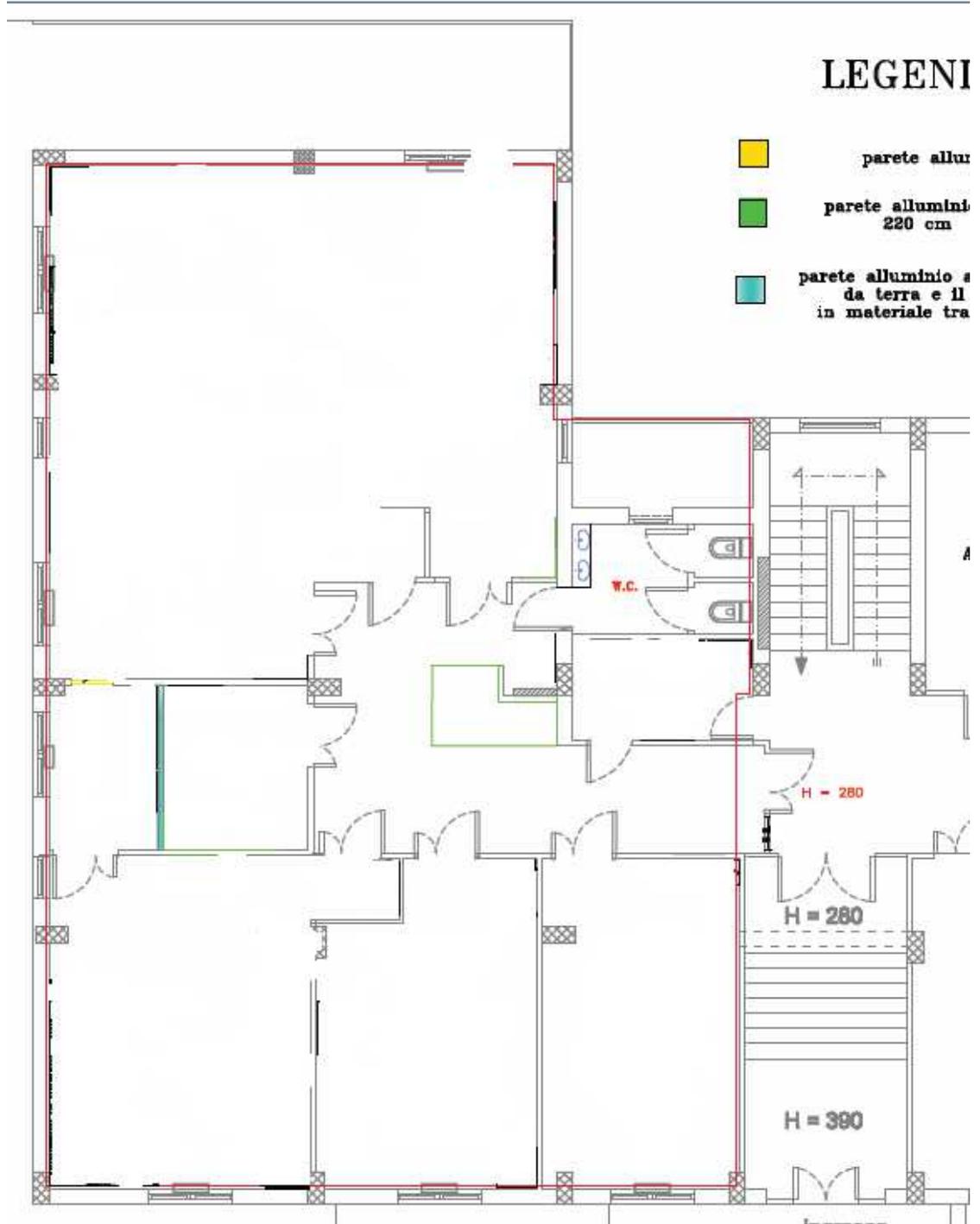


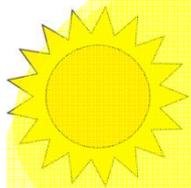
Da un approccio ingegneristico tipo Top-down, tipico delle riqualificazioni sull'involucro di edificio, si passa ad un approccio botton-up ossia si parte dalle esigenze microclimatiche di chi occuperà un dato ambiente per poi progettare le opere di risanamento sia di tipo impiantistico (es. aria condizionata, ricambi d'aria, ACS, ecc.) che di tipo strutturale (es. infissi, cappotto, ponti termici, ecc.)

Ad esempio per questo edificio....

- Da Diagnosi energetica...
- EPI – Indice di Prestazione Energetica per la Climatizzazione Invernale;
- EPI,invol – Indice di Prestazione Energetica per la Climatizzazione Invernale – solo involucro;
- EPacs – Indice di Prestazione Energetica per ACS
- EPgl - Indice di Prestazione Energetica Globale
- EPe - Indice di Prestazione Energetica per la Climatizzazione Estiva;
- EPill – Indice di Energia Primaria per illuminazione,
- Ecc.ecc.

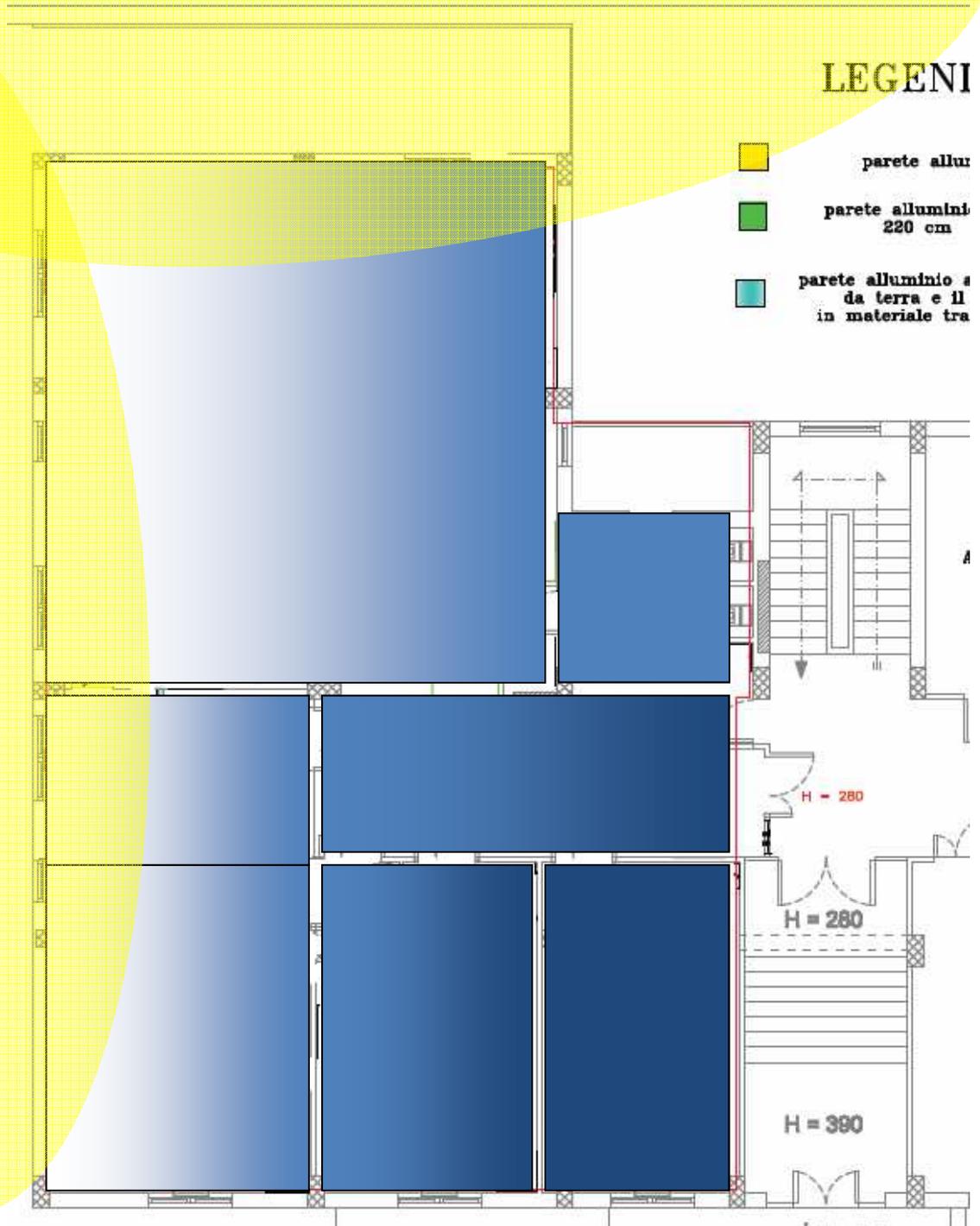


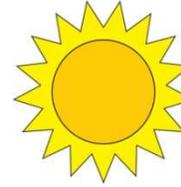




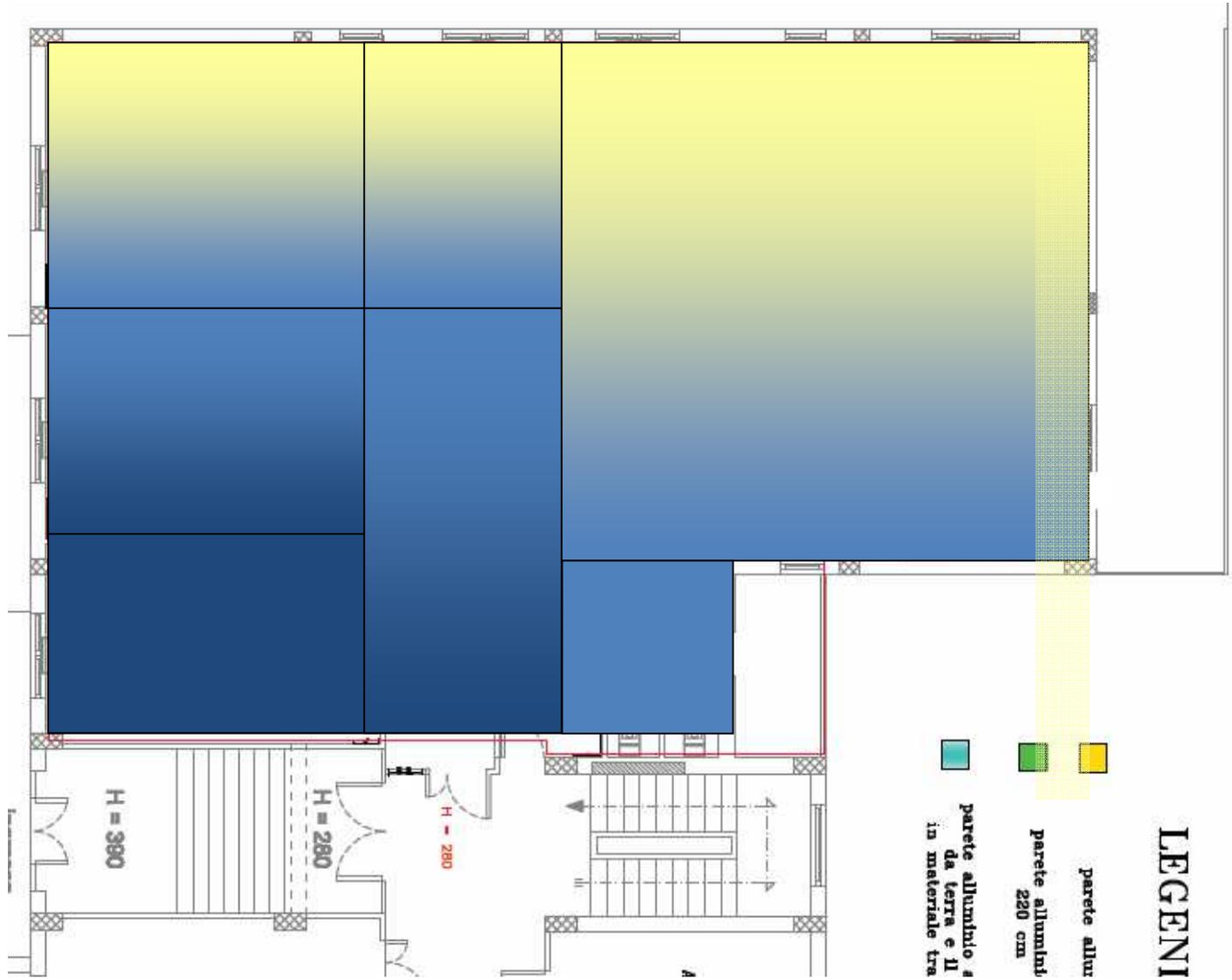
LEGENI

-  parete allu
-  parete alluminio
220 cm
-  parete alluminio s
da terra e il
in materiale tra



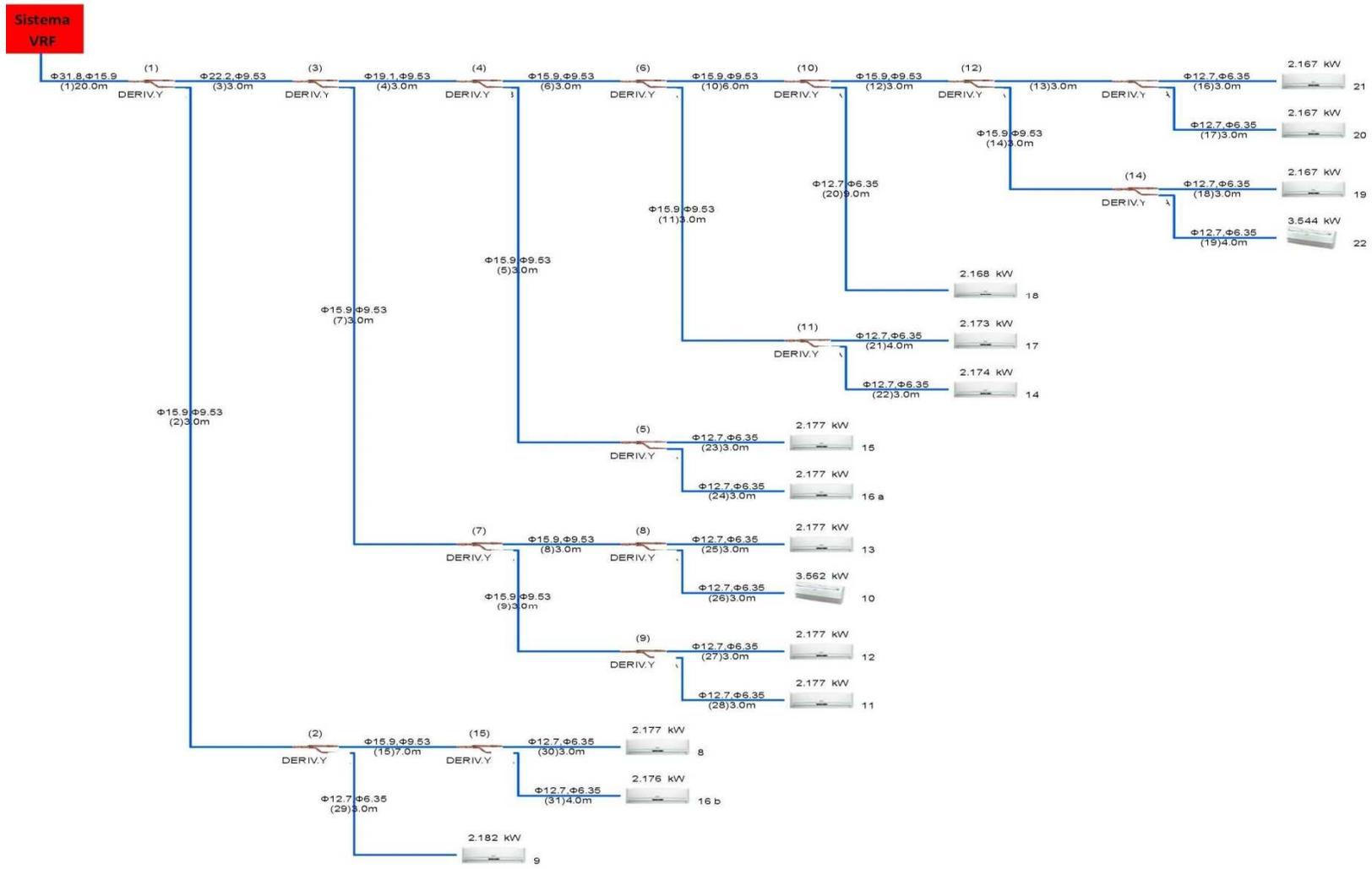


Condizioni microclimatiche non omogenee in tutto l'ambiente

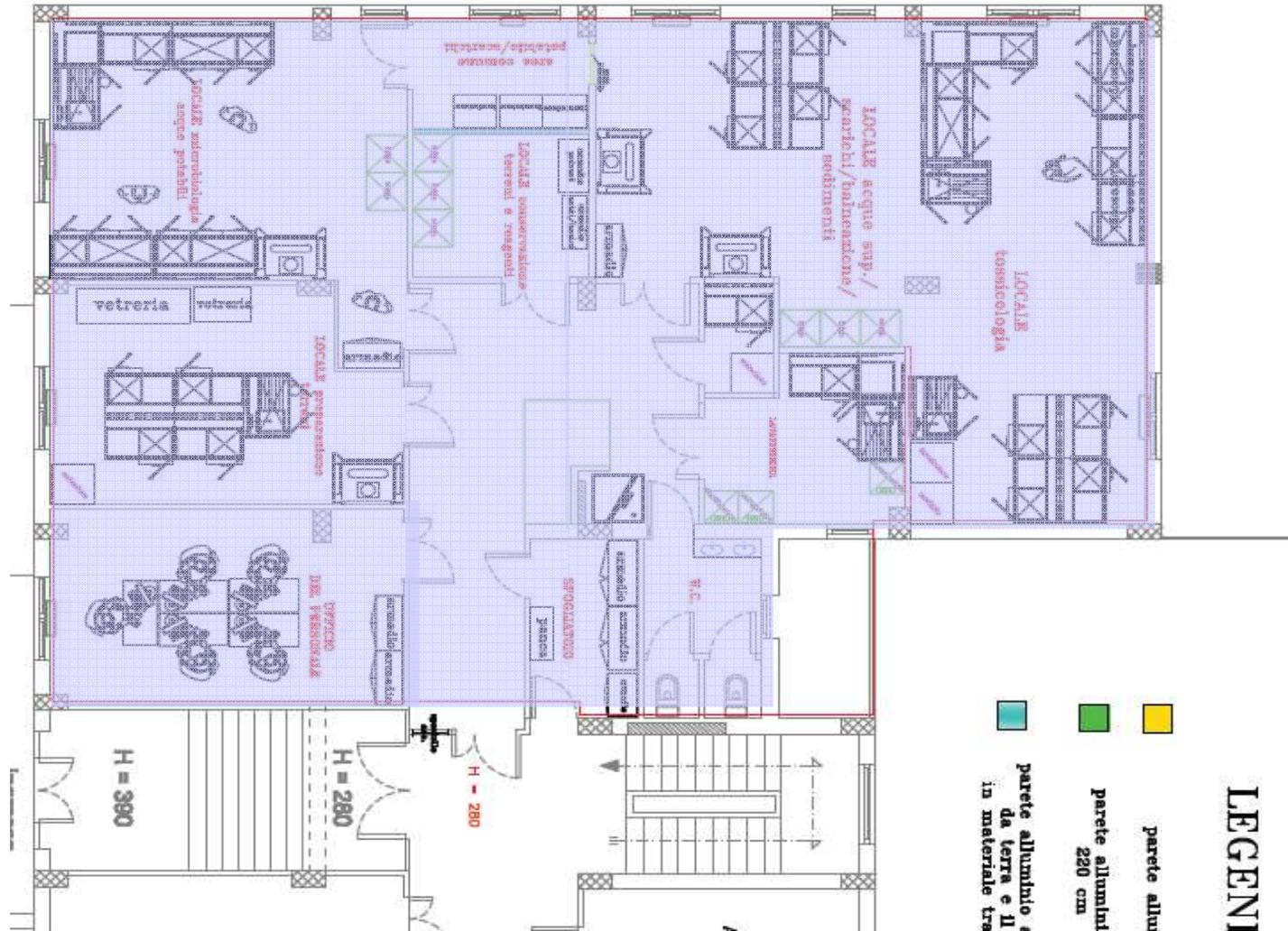




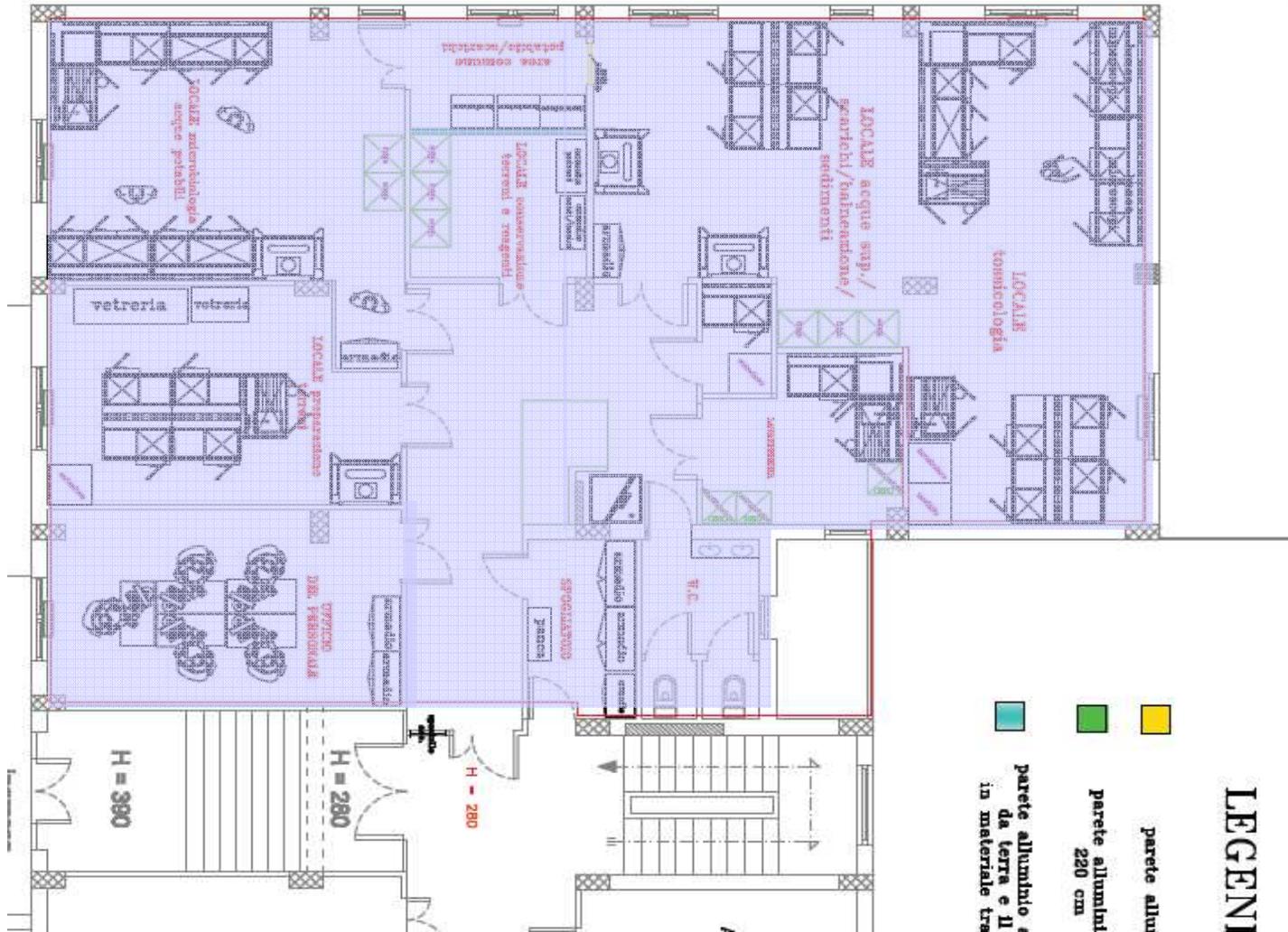
Ciò si traduce in interventi di riqualificazione di tipo **ATTIVO** con implicazione progettuali soprattutto in considerazione dell'effettivo posizionamento dei dispositivi per non compromettere il comfort climatico



Accanto agli indici termici per ogni ambiente si devono valutare anche i parametri di PMV e PPD, in considerazione del lay-out d'insieme della sistemazione dei lavoratori, e di tutti gli arredi



Accanto agli indici termici per ogni ambiente si devono valutare anche i parametri di PMV e PPD, in considerazione del lay-out d'insieme della sistemazione dei lavoratori, e di tutti gli arredi





L'utilizzo di apparati altamente performanti come ad es. impianti di climatizzazione tipo VRF (come vedremo in seguito) con altissimi rendimenti e bassi consumi energetici, oppure impianti di trattamento aria con recuperatori di calore e con l'abbinamento di fonti energetiche rinnovabili (**solare** e **geotermica**), consentono di avere ottimi risultati sia in termini di riqualificazione energetica che in termini di risparmio economico.

Vantaggi:

- Apparati altamente performanti;
- Ottima modularità;
- Basso consumo energetico;
- Facilità d'utilizzo;
- Discreta Implementabilità;
- Semplicità per monitorare e correggere i parametri microclimatici di Temperatura, Umidità Relativa e Velocità dell'Aria per il calcolo del PMV e PPD

Svantaggi:

- Complessità progettuale;
- Complessità realizzativa;
- Necessità di manutenzione periodica;
- Disponibilità in continuo della fonte energetica primaria (elettricità, gas, ecc.)



Questi interventi di tipo attivo non sono in contrasto con interventi di tipo **PASSIVO** sull'edificio, come il cappotto termico o la sostituzione delle superfici vetrate, ecc.. Ma dovrebbero essere sviluppati parallelamente e compensarsi a vicenda. Questo perché, un intervento basato esclusivamente sull'involucro dell'edificio apparirà incompleto dal punto di vista delle prestazioni energetiche e non ottimale dal punto di vista microclimatico. Così come un intervento basato esclusivamente sulla sostituzione degli impianti di condizionamento o di R/A deve valutare possibili scompensi dal punto di vista strutturale.

Un caso particolare...



Scoperto microclimatico sul lato in ombra.
Sensazione di freddo intenso

Data 16/09/2015 – ore 11,20 - Test 35°C

Temperatura termostato di piano (unico e sul lato soleggiato)

To 24 °C

Temperatura rilevata ai sensori d'ufficio (non modificabili lato in ombra)

To 19 °C

Temperatura rilevata ai sensori d'ufficio lato soleggiato

To 26 °C



N.B. Uniformità dei settaggi dei termostati a prescindere dall'esposizione;

... su edifici a energia...

... in cui si sono...

... con software...

Quale risparmio energetico raggiunto??

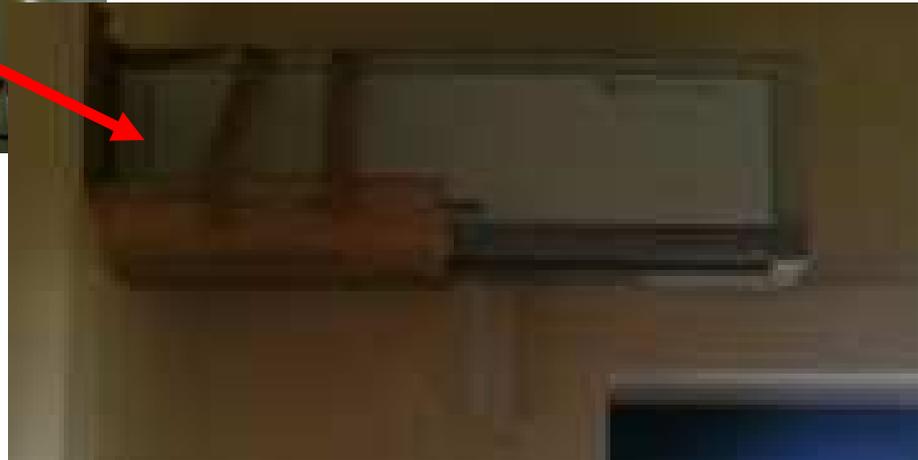
Necessità di aprire le finestre per “smaltire” aria fredda nonostante gli impianti di climatizzazione e R/A in piena operatività.....



NEMO PROFETA IN PATRIA



Deflettore fai da te!!!





**Frigorifero e/o scaldavivande
(dipende dalle stagioni!!!)**



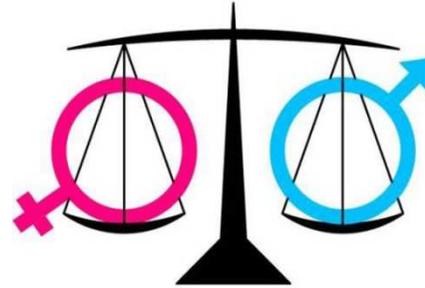
CONSIDERAZIONI FINALI E SPUNTI DI RIFLESSIONE



Quanto esposto è soltanto una minima parte delle possibili implicazioni riguardanti il comfort termico e le opere di riqualificazione energetica degli edifici.

L'ottimizzazione della gestione impiantistica di un edificio, oltre le osservazioni riguardanti il PMV e il PPD, deve tener conto di altri parametri tipo:

Considerazione di genere



Reale definizione dei ricambi d'aria e concentrazione di CO₂



Valutazioni su altri fattori esterni (tipo gas Radon)



Valutazioni in termini di rumore



Ci si augura che il legislatore, nelle continue revisioni normative, possa porre l'accento anche sulle valutazioni microclimatiche che, come abbiamo visto, se non affrontate in modo corretto, possono indurre i progettisti in errori, a volte anche grossolani, in grado di inficiare la buona riuscita di un'opera di riqualificazione energetica.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE!!