

BENESSERE TERMOIGROMETRICO

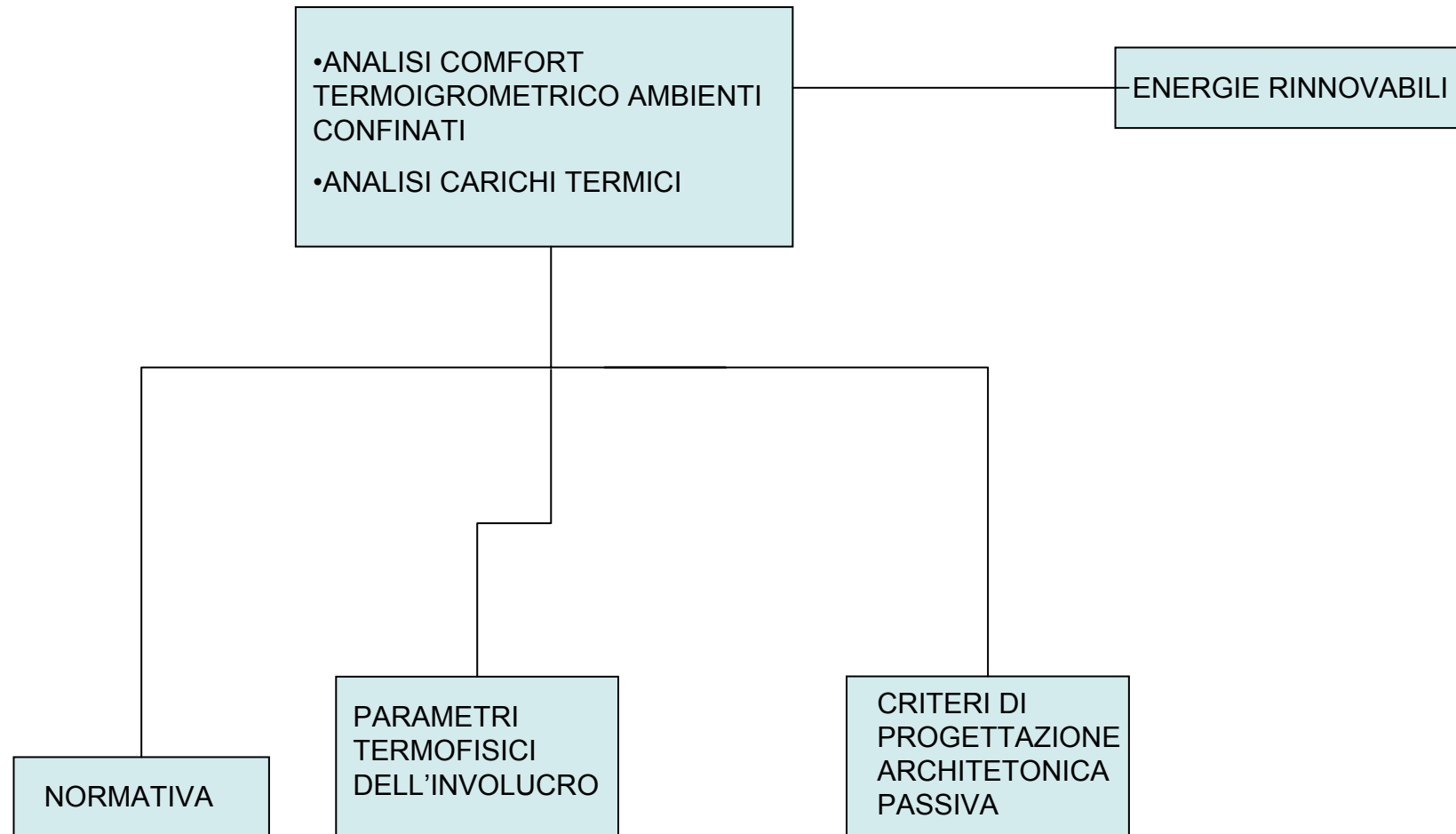
E

BILANCIO TERMICO DELL'EDIFICIO

MODULO DI IMPIANTI

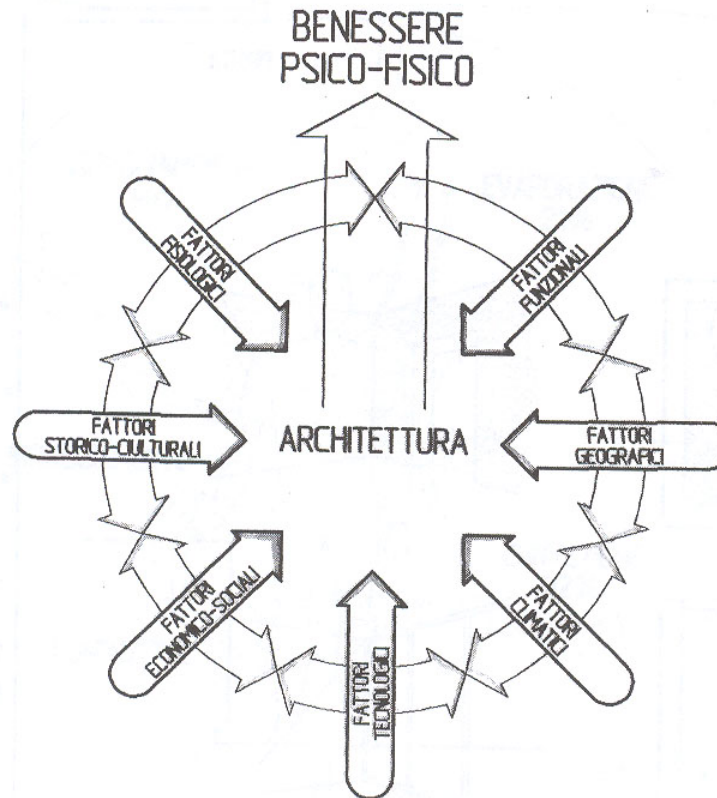
Architetto C. Naticchioni

Strumenti per la progettazione di edifici che necessitano la minore quantità possibile di energia non rinnovabile



COMFORT

- sensazione di benessere fisico e mentale
- condizione psicofisica in cui un individuo esprime soddisfazione nei confronti dell'ambiente che lo circonda



Dalla definizione è evidente che il benessere è una quantità non misurabile analiticamente ma solo statisticamente perché dipende da troppe variabili di cui alcune strettamente soggettive e di natura psicologica.

Le variabili sono:

- il benessere termico e igrometrico;
- il benessere olfattivo (legato alla qualità dell'aria);
- il benessere visivo (relativo all'illuminazione);
- il benessere acustico;
- il benessere psicologico.

Queste contribuiscono e definire insieme il confort ambientale

BENESSERE ACUSTICO



grado di protezione da tre tipologie di rumore: **aereo, impattivo, riverberante**

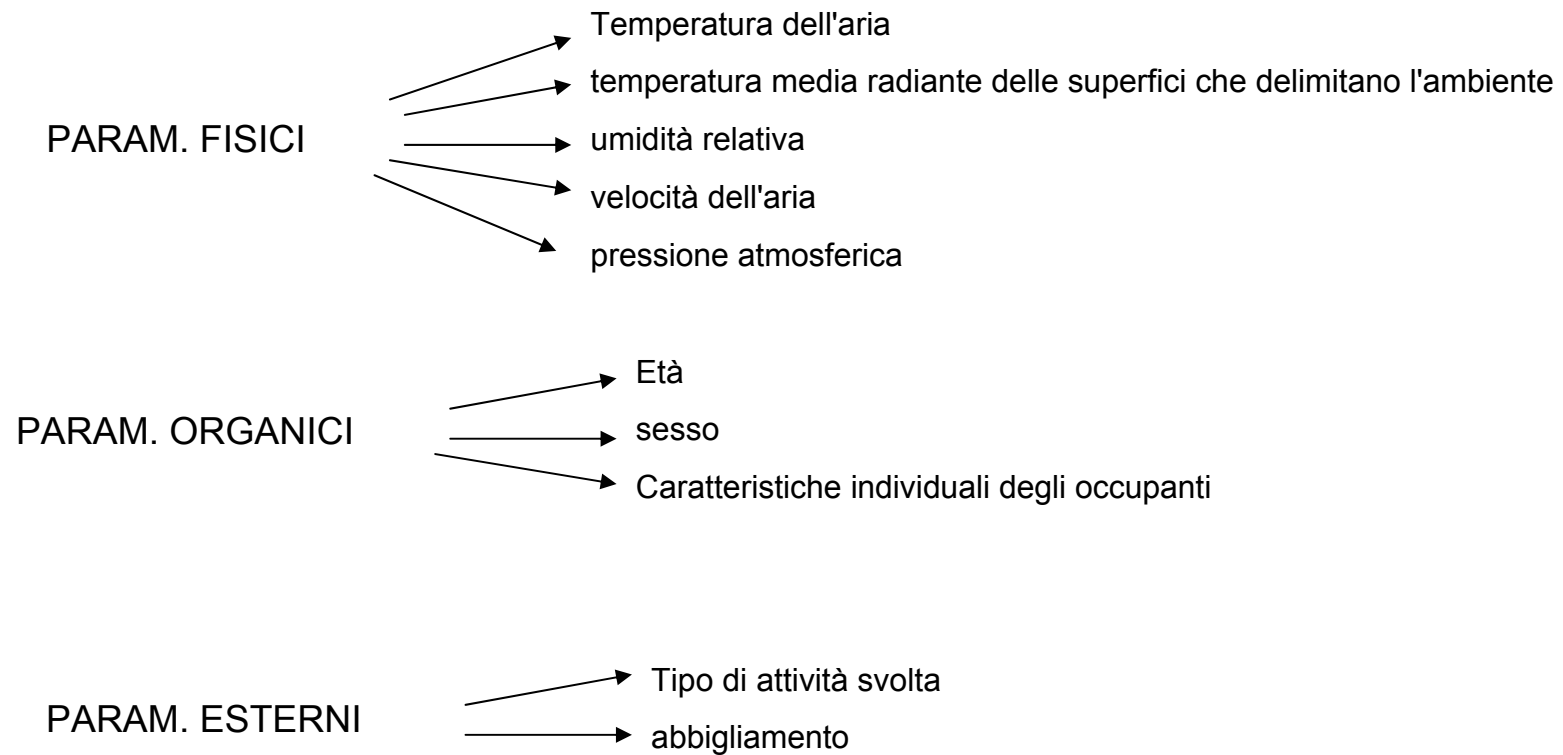
- **rumore aereo:** è quello che si propaga nell'aria contenuta dall'involucro ambiente (voci, musica da altoparlanti, passaggio di aerei, ecc.)

rumore impattivo: è quello che deriva da azioni meccaniche sull'involucro, tra cui il principale è il rumore di calpestio.

rumore di riverberazione: è quello che deriva dalla riflessione delle onde sonore all'interno dell'ambiente, dovuta ai materiali costituenti l'involucro in grado di 'amplificare' il rumore per riflessione.

La legislazione italiana (L. 447/1995 e DPCM 5-12-1997), prevede che il controllo della "resistenza" acustica, espressa in decibel, debba essere misurata nell'edificio realizzato.

PARAMETRI CHE INFLUENZANO IL COMFORT TERMICO



BILANCIO ENERGETICO DEL CORPO UMANO

- Lo studio delle condizioni di benessere termoigrometrico parte dall'analisi del metabolismo del corpo umano e dal bilancio energetico del sistema **Corpo umano-ambiente**
- Da un punto di vista energetico il corpo umano può essere considerato come una macchina termica che trasforma l'energia potenziale chimica degli alimenti in altre forme di energia e soprattutto in energia termica.
- POTENZA METABOLICA (M)= quantità di energia chimica trasformata in energia termica e lavoro nell'unità di tempo, espressa in watt
- La POTENZA METABOLICA è funzione dell'attività svolta ed è riferita all'unità di superficie corporea (W/mq) oppure misurata in "met"
- 1 met= 58,2 W/mq (tasso metabolico di una persona a riposo)

Esempio di tasso metabolico per diverse attività

Attività	Met	W/mq
sonno	0,7	40
riposo	0,8	45
seduti	1,0	60
in piedi	1,2	70
attività sedentaria (ufficio, casa)	1,0-1,4	60-80
attività leggera (lavoro manuale leggero)	1,4-1,7	80-100
attività media (lavori domestici, lavoro medio)	1,7-2,0	100-117
attività intensa (lavoro pesante)	2,0-3,0	117-175
sport, danza	2,4-4,0	140-235

- Se l'uomo compie lavoro, il rapporto tra la *potenza meccanica* **W** e la *potenza metabolica* **M**, dà il *rendimento meccanico* η :

$$\eta = W/M$$

$$M - W = M (1 - \eta)$$

La differenza ($M - W$) rappresenta quella parte di carico metabolico che non si trasforma in lavoro meccanico e che deve ritrovarsi come scambio di energia termica con l'ambiente o come variazione di energia interna S .

In funzione delle condizioni ambientali e dell'attività svolta, il calore prodotto dai processi metabolici viene scambiato con l'ambiente esterno per:

- Irraggiamento R
- Convezione C
- Conduzione C_k
- Evaporazione cutanea E
- Respirazione C_{resp}

$$S = (M - W) \pm C_k \pm R \pm C - C_{resp} - E = 0$$

S = saldo di energia termica

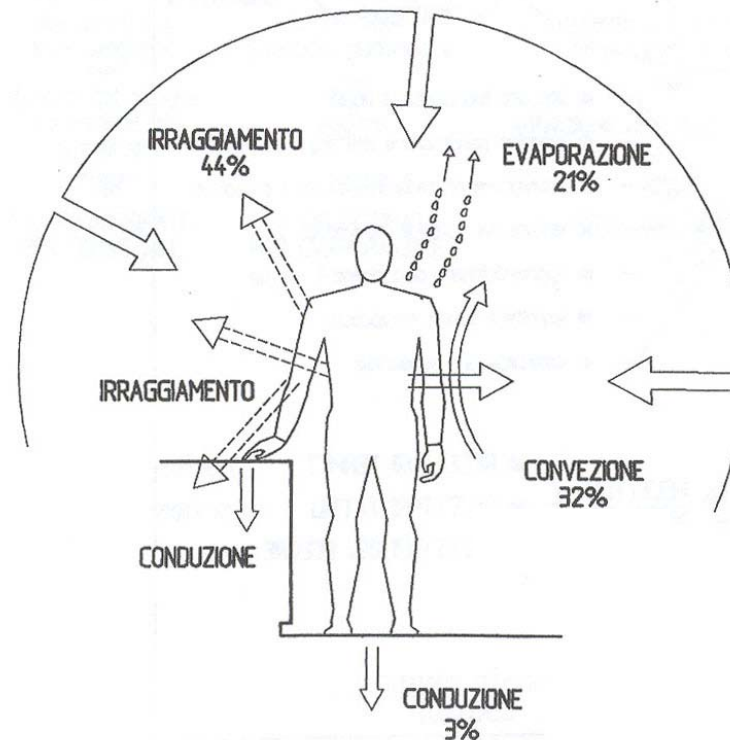
$$S = (M-W) \pm C_k \pm R \pm C - C_{resp} - E = 0$$

S = saldo di energia termica

In particolare nel caso di un soggetto intento in attività sedentarie all'interno di un locale climatizzato, nel periodo invernale, si hanno le seguenti dispersioni di calore:

- irraggiamento: 40 %;
- convezione: 25-30 %;
- evaporazione: 20-25 %;
- conduzione: trascurabile

LO SCAMBIO TERMICO FRA UOMO E AMBIENTE



In un sistema costituito dal corpo umano e l'ambiente circostante, ho un **bilancio energetico** quando l'energia prodotta dal metabolismo è uguale all'energia scambiata con l'ambiente, in modo che non ci siano variazioni dell'energia interna.

- considerazioni:

-L'organismo reagisce agli stimoli termici con un sistema di termoregolazione capace di mantenere costante la temperatura corporea ($S = 0$)

- La condizione di OMEOTERMIA ($S = 0$) assicura l'equilibrio termico necessario per la salute dell'organismo, ma non significa automaticamente condizione di benessere, in quanto nonostante sia assicurato l'equilibrio termico, il soggetto può ancora provare caldo o freddo

—————> omeotermia = condizione necessaria ma non sufficiente per il benessere termico

$S < 0$ —————> la temp del corpo tende a decrescere

$S > 0$ —————> la temp del corpo tende ad aumentare

- Le grandezze fisiologiche che rappresentano meglio il livello di sensazione termica nel soggetto, sono:

- la temperatura della pelle (T_{sk})
- la quantità di calore scambiata per sudorazione (E_w)

Per avere il benessere, la temperatura della pelle (T_{sk}) e la sudorazione devono assumere valori che diano la sensazione di neutralità termica

Fanger, attraverso indagini statistiche sperimentali, trova i valori ottimali di T_{sk} e E_w in funzione del metabolismo, che inseriti nell'equazione del bilancio energetico del sistema uomo-ambiente danno l'equazione del benessere.

$$\bullet \quad T_{sk0} = 35,7 - 0,0275 M \quad [C^\circ] ; \quad E_{w0} = 0,42 (M - 58) \quad [W/ m^2]$$

Dall'equazione del bilancio energetico e poi da quella del benessere, risultano quattro parametri ambientali che regolano gli scambi termici con l'ambiente:

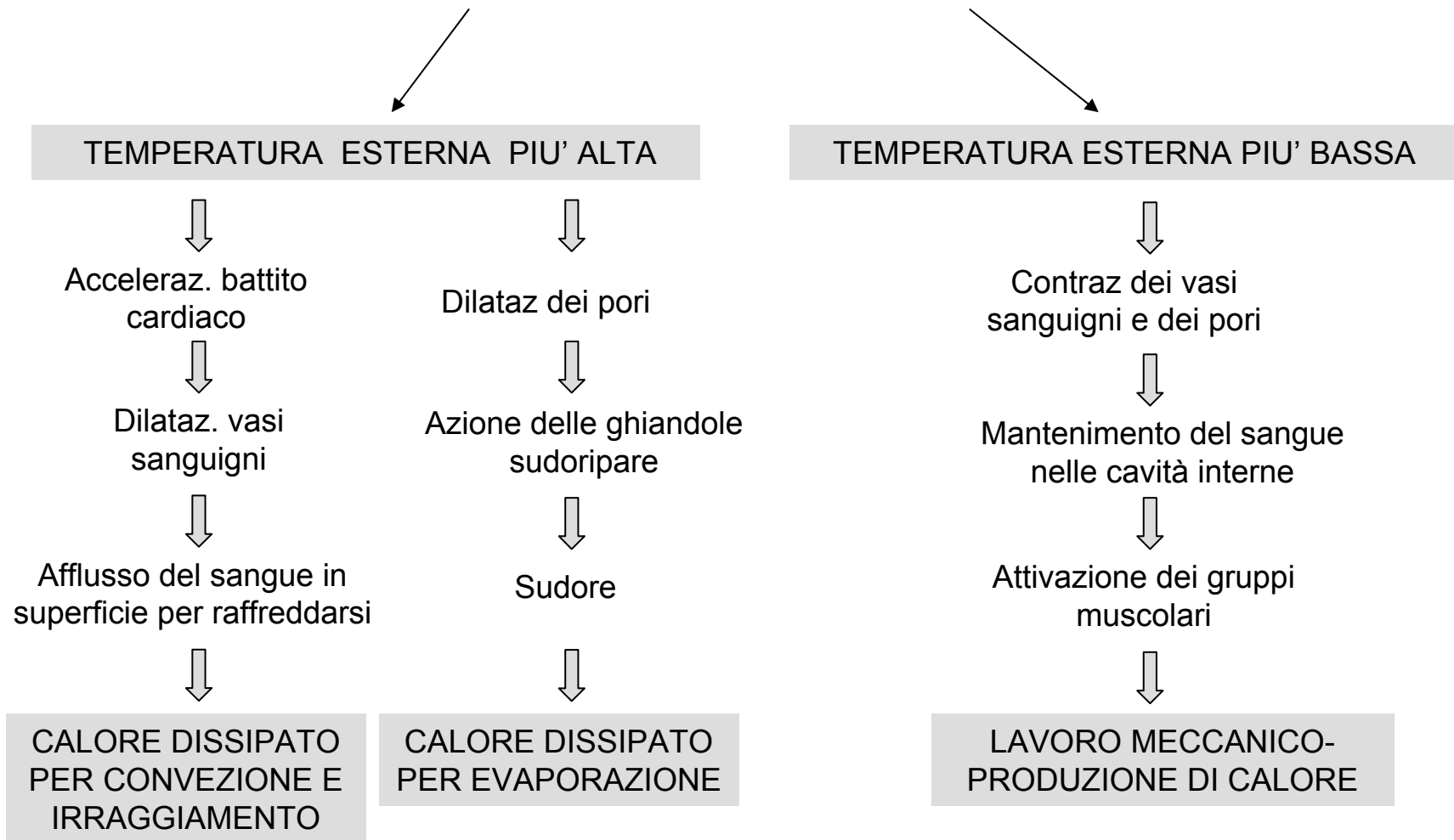
- temperatura dell'aria dell'ambiente, T_a , che regola gli scambi per convezione;
- temperatura media radiante, T_{mr} , che regola gli scambi termici per irraggiamento;
- velocità relativa dell'aria rispetto al soggetto, V_a , che regola lo scambio di calore per convezione;
- umidità relativa dell'aria, ϕ_a , che influenza l'evaporazione dell'acqua dal corpo per traspirazione e sudorazione.

Sensazioni percepite in funzione della temperatura e dell'umidità relativa

(Simonetti, in AA.VV., 1993).

Temperatura	Umidità Relativa	Sensazioni provate
24 °C	40 %	benessere massimo
	85 %	benessere a riposo
	91 %	affaticamento, depressione
32 °C	25 %	nessun malessere
	50 %	impossibile il lavoro continuo
	65 %	impossibile il lavoro pesante
	81 %	aumento della temperatura corporea
	90 %	forte malessere
36 °C	10 %	nessun malessere
	20 %	impossibile il lavoro pesante
	65 %	necessità di riposo
	80 %	malessere

MECCANISMI DI COMPENSAZIONE



- Si verifica una condizione di benessere termoisometrico in un ambiente chiuso quando, data una certa attività M e una certa resistenza termica del vestiario Icl, le quattro variabili (Ta, Tmr, Va, φa) soddisfano l'equazione del benessere.

$$M (1 - \eta) - E - C_{resp} = R + C = \frac{Ab (T_{sk} - T_{cl})}{r}$$

- r = resistenza termica degli abiti
- Tcl = temperatura esterna dei vestiti
- Ab = area del corpo

Isolamento termico fornito da diverse combinazioni di abbigliamento

Abbigliamento	Resistenza termica	
	mq K/W	Clo
nudi	0	0
pantaloncini	0,015	0,1
tenuta estiva leggera	0,08	0,5
tenuta da lavoro leggera	0,11	0,7
tenuta invernale tipica da interno	0,16	1,0
tenuta da affari tipica europea	0,23	1,5

L'isolamento termico del vestiario è espresso in "Clo" (1 Clo = 0,155 mq K/W).

CONDIZIONI TERMOIGROMETRICHE DI BENESSERE

	estate	inverno
Temperatura dell'aria	26 °C	20 °C
Umidità relativa	30 % < U < 60 %	30 % < U < 50 %
Velocità dell'aria	0,1-0,2 m/s	0,05-0,1 m/s

Limiti medi per condizioni igrotermiche considerate ottimali (Melino C. 1992)

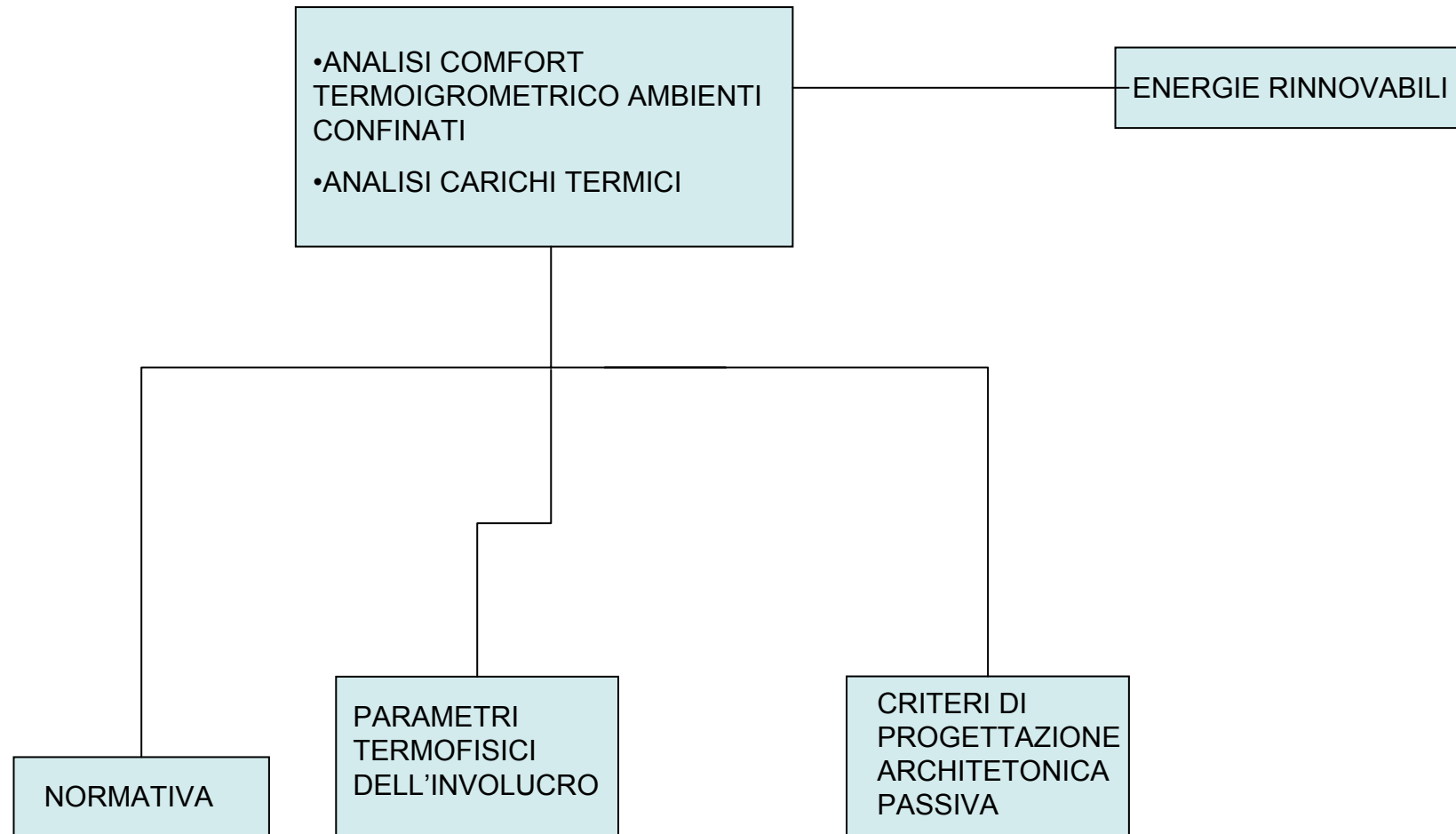
	Temperatura	Umidità Relativa	Velocità dell'aria
inverno	19-22 °C	40-50 %	0,05-0,1 m/s
estate	24-26 °C	50-60 %	0,1-0.2 m/s

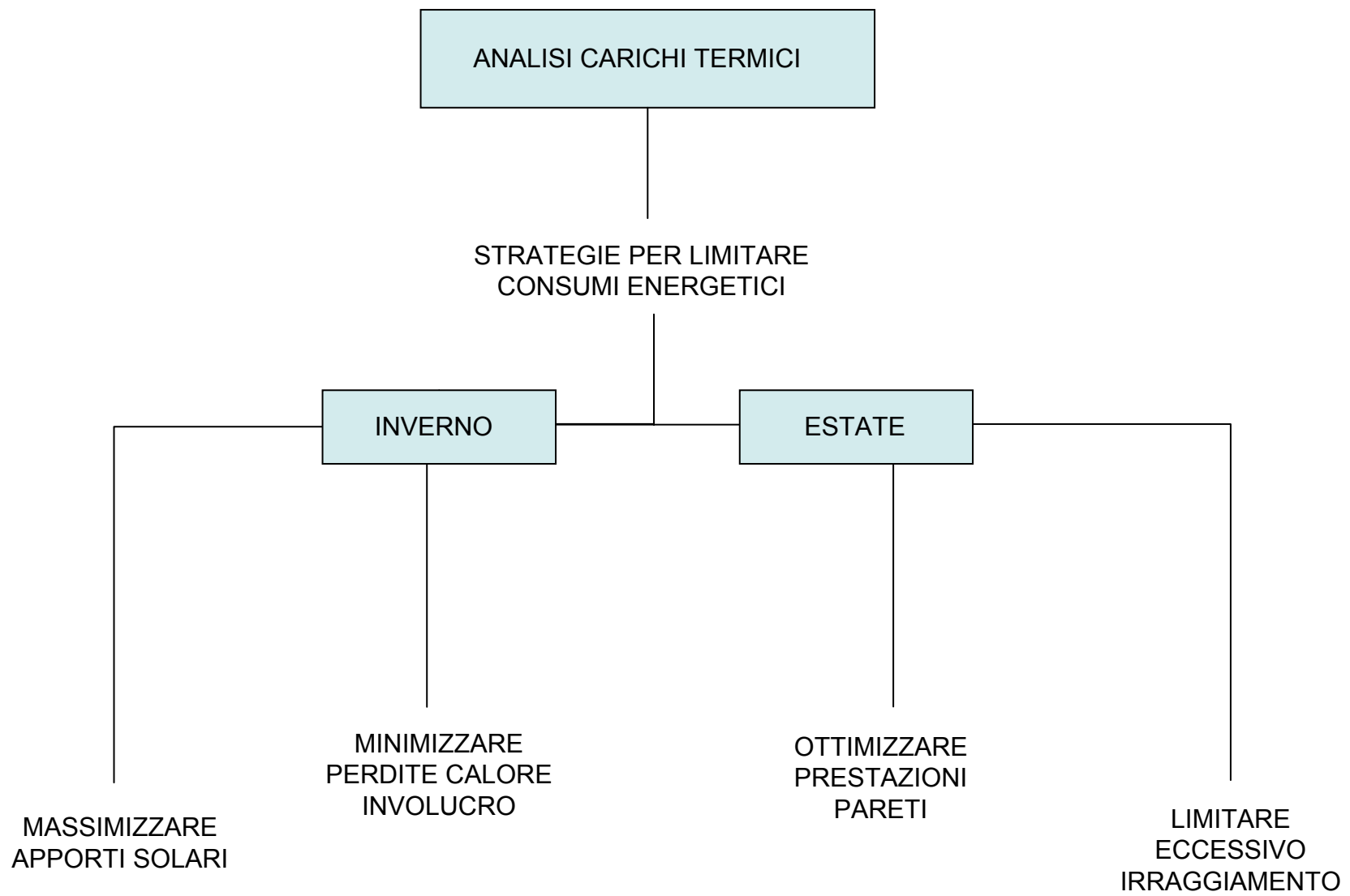
Valori consigliati per temperatura, UR e velocità dell'aria a seconda della stagione (Simonetti, in AA. VV.,1993).

BILANCIO TERMICO DELL'EDIFICIO

- La potenza termica totale che un impianto di climatizzazione deve fornire o sottrarre ad un edificio per garantire al suo interno condizioni di comfort, prende il nome di carico termico.
- È importante analizzare le condizioni che portano alla determinazione dei carichi termici, per capire come e dove intervenire durante la **fase di progettazione dell'edificio**, in modo che questo necessiti della minore potenza termica possibile.
- Nella definizione dei carichi termici invernali ed estivi, oltre alle peculiarità del luogo, assume una importanza fondamentale l'involucro dell'edificio con le sue caratteristiche.

Strumenti per la progettazione di edifici che necessitano la minore quantità possibile di energia non rinnovabile



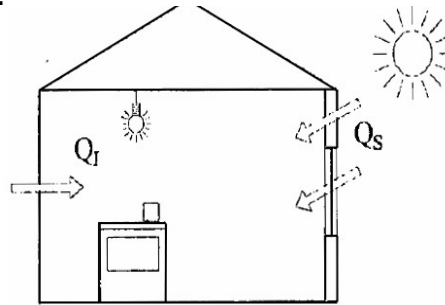


ANALISI DEI CARICHI TERMICI

- Nell'analisi energetica dell'edificio, è fondamentale determinare la quantità di calore entrante o uscente dall'involucro, come anche la quantità di vapore prodotta.
- Nel **periodo estivo**, i carichi termici sono essenzialmente dovuti a:
 - quantità di calore per unità di tempo entrante per trasmissione attraverso le pareti.
 - quantità di calore per unità di tempo entrante per trasmissione e irraggiamento attraverso le superfici vetrate.
 - quantità di calore sensibile per unità di tempo prodotta dalle persone presenti, dipendente dall'attività svolta
 - quantità di calore per unità di tempo dovuta all' impianto di illuminazione
 - quantità di calore per unità di tempo prodotta da eventuali sorgenti interne
 - quantità di calore latente prodotto dalle persone o da altre sorgenti
- Nel **periodo invernale**, i carichi termici si riducono a quelli dovuti alla trasmissione attraverso le pareti opache e quelle vetrate, e alle dispersioni dovute ai ricambi d'aria. Tutti gli altri carichi possono essere considerati degli apporti gratuiti poiché contribuiscono al riscaldamento degli ambienti.

SITUAZIONE INVERNALE

GUADAGNI DI ENERGIA



$$Q_{GR} = Q_s + Q_i$$

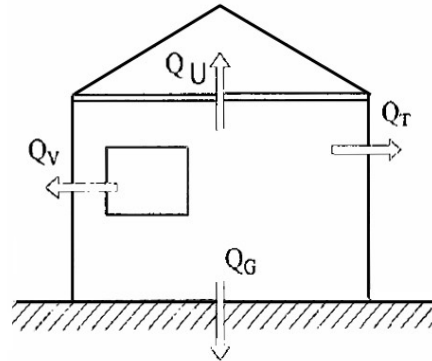
dove:

Q_{GR} = Guadagni globali di energia

Q_s = Apporti solari

Q_i = Apporti interni

PERDITE DI ENERGIA



$$Q_L = (Q_T + Q_G + Q_U) + Q_V + Q_A$$

dove:

Q_L = Perdite complessive

Q_T = Perdite per trasmissione verso l'esterno

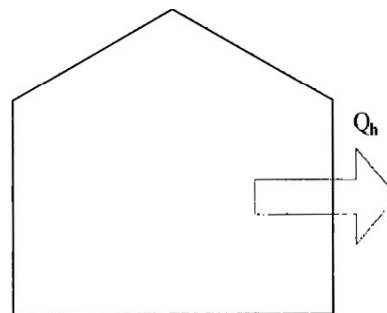
Q_G = Perdite per trasmissione verso il terreno

Q_U = Perdite per trasmissione verso locali non riscaldati

Q_V = Perdite per ventilazione

Q_A = Perdite per trasmissione e ventilazione con zone a temperatura prefissata

BILANCIO ENERGETICO



$$Q_{h \text{ mensile}} = (Q_L - \eta Q_{GR})$$

dove:

$Q_{h \text{ mensile}}$ = Fabbisogno energia utile mensile

Q_h = somma di $Q_{h \text{ mensile}}$

η = fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti

Q_h = fabbisogno di energia utile dell'edificio per riscaldamento invernale

SITUAZIONE INVERNALE

$$Q_{\text{uscente}} = \underbrace{\sum_{i=1}^n K_i S_i \Delta T_i}_{\text{Elementi Disperdenti}} + \underbrace{\sum_j \psi_j l_j \Delta T_j}_{\text{Ponti Termici}} + \underbrace{\sum_k n_k V_k c_{pa} (t_{i,k} - t_e)}_{\text{Ventilazione Ambienti}}$$

K_i : Trasmittanza termica della generica parete;

S_i : Superficie disperdente della generica parete;

ΔT_i : Differenza di temperatura per la generica parete;

ψ_j : Fattore lineare per il generico ponte termico;

l_j : Lunghezza del generico ponte termico;

ΔT_j : Differenza di temperatura per il generico ponte termico;

n_k : Numero di ricambi orari del generico ambiente;

V_k : Volume interno del generico ambiente;

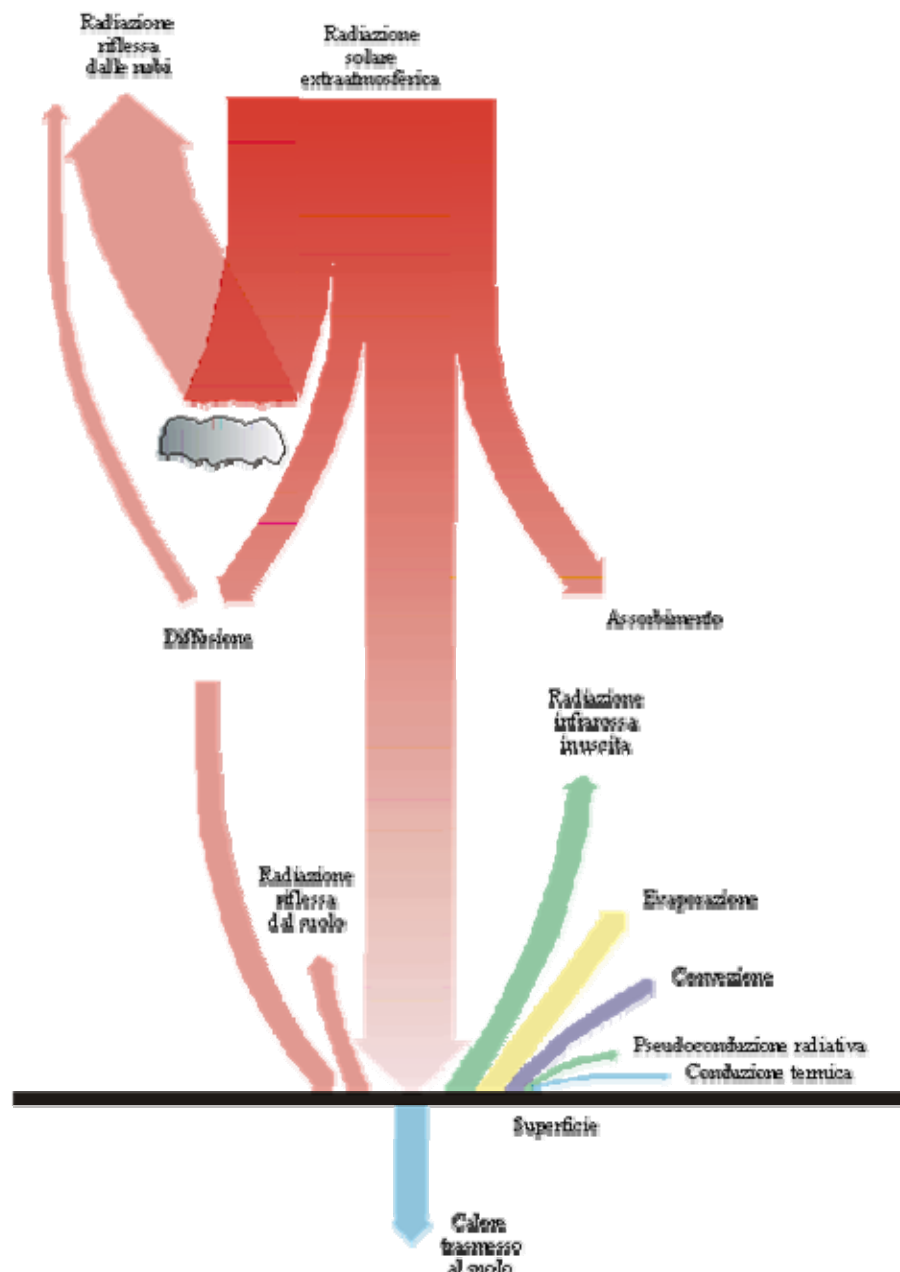
$t_{j,k}$: Temperatura interna del generico ambiente;

t_e : Temperatura esterna di progetto;

c_{pa} : Calore specifico a pressione costante dell'aria.

Radiazione solare

- Per radiazione solare s'intende il flusso di energia emesso dal sole e assorbito dalla crosta terrestre.
- La radiazione solare attraversando gli strati atmosferici subisce diversi effetti, una parte viene riflessa verso lo spazio, una parte viene diffusa in tutte le direzioni, una parte viene assorbita e infine una parte denominata radiazione solare diretta, raggiunge direttamente la superficie terrestre.

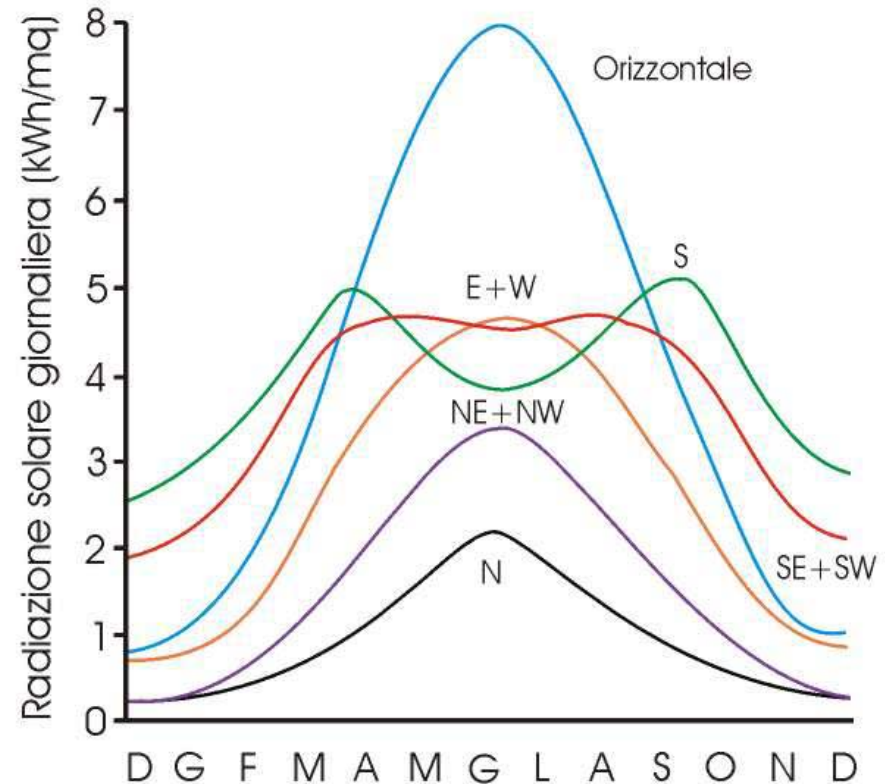


- **Ottimizzazione della Captazione dell'energia solare**

- . E' importante massimizzare l'accesso della radiazione solare nell'edificio durante la stagione del riscaldamento, ottimizzando l'utilizzo del sito per evitare un'eccessiva azione di schermo da parte degli edifici vicini o degli alberi.
- . Scegliere un orientamento favorevole
- . E' pure necessario tener conto del microclima, sfruttando piantagioni, la morfologia del suolo ecc., per proteggere l'edificio dal clima e quindi ridurre le dispersioni di calore. La forma stessa dell'edificio è utilizzata per esaltare questi effetti.
- . l'edificio diventa un enorme collettore "abitato", con finestre o superfici vetrate relativamente grandi e rivolte a sud, sud-est e sud-ovest.
- . Il guadagno solare ottenuto applicando dei sistemi solari passivi è la differenza tra la quantità di energia solare utile che entra nell'edificio e le dispersioni di calore dello stesso.

APPORTI SOLARI

- Un metro quadrato di superficie terrestre riceve in media circa 4 kWh al giorno, ossia 1460 kWh all'anno.
- Gli apporti energetici solari non arrivano in forma concentrata e non sono costanti. Essi variano nel corso del giorno, da stagione a stagione, e dipendono dalla posizione del sole, dalla purezza dell'aria, dalla nuvolosità, dall'orientamento della superficie captante, dalla presenza di eventuali ostruzioni e dalla riflettanza delle superfici.
- Un esempio: in Sicilia, lungo il litorale sud, gli apporti medi giornalieri passano da 2,0 kWh/m² in dicembre a 7,2 kWh/m² in luglio, per una media annuale di 4,7 kWh/m².
- Su una superficie orizzontale, la quantità maggiore incide in estate, quando i giorni sono più lunghi e il sole è più alto; molto diversa è invece la situazione di una superficie verticale, esposta a Sud, che riceve molte più radiazione in inverno che in estate.



PARETI VERTICALI

- Alle nostre latitudini il percorso del sole è molto più corto e basso in inverno che in estate, di conseguenza gli apporti termici sulle pareti saranno diversi a seconda dalla stagione.
- In inverno le superfici verticali orientate a Nord non sono esposte ad una radiazione solare diretta, l'apporto termico giornaliero è nullo.
- Le superfici verticali orientate a sud, in inverno ricevono un apporto termico giornaliero del 93% rispetto al valore max del 100% di una superficie inclinata a 75° .
In estate l'apporto termico giornaliero su superfici verticali è molto minore rispetto al valore max che si ha su una superficie orizzontale

FIG. 1 : PARETI VERTICALI ORIENTATE A NORD

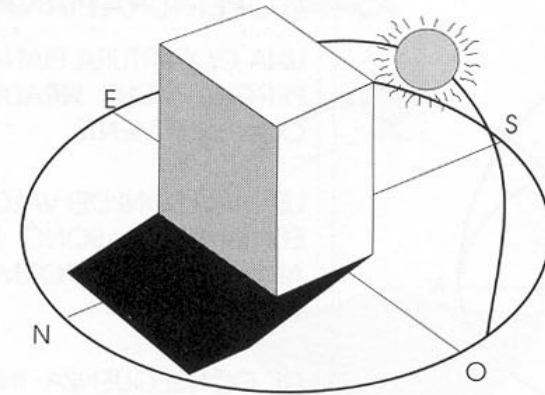
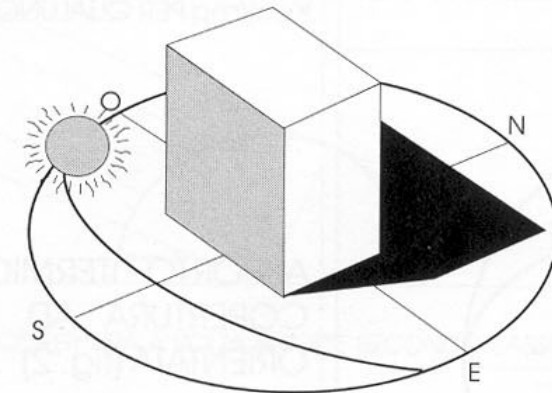


FIG. 2 : PARETI VERTICALI ORIENTATE A SUD



- Le superfici verticali orientate a Est-Ovest sono irradiate direttamente dai raggi solari sia in estate che in inverno.
- Le pareti verticali orientate a sud-est sud-ovest sono alternativamente illuminate dal sole, quelle a sud-est dall'alba fino alle 12:00, e quelle a sud-ovest dalle 12:00 fino al tramonto.
- Le superfici verticali orientate a nord-est nord-ovest in inverno ricevono un apporto solare minimo rispetto alla stagione estiva.

FIG. 3 : PARETI VERTICALI ORIENTATE A EST - OVEST

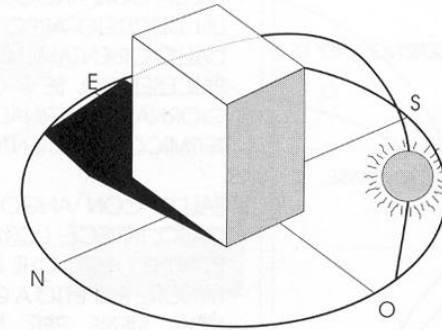


FIG. 4 : PARETI VERTICALI ORIENTATE A SUD EST - SUD OVEST

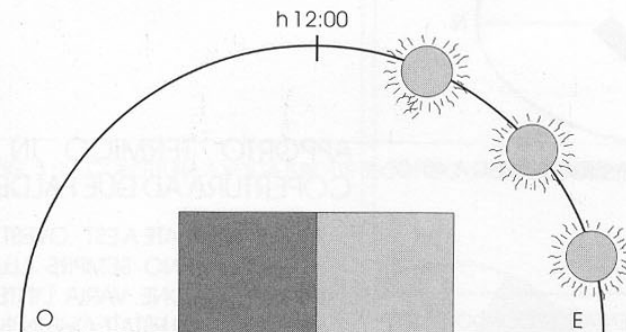
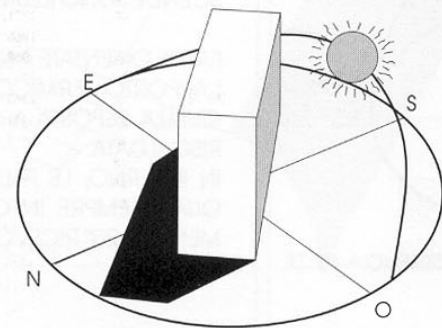


FIG. 5 : PARETI VERTICALI ORIENTATE A NORD EST - NORD OVEST



COPERTURE

Una copertura piana subisce un'illuminazione totale perché viene irradiata dal sole completamente e continuamente.

Le variazioni dei valori di apporto termico fra estate e inverno sono dovute unicamente al diverso angolo che si forma tra i raggi incidenti e il piano orizzontale, prossimo ai 90° in estate.

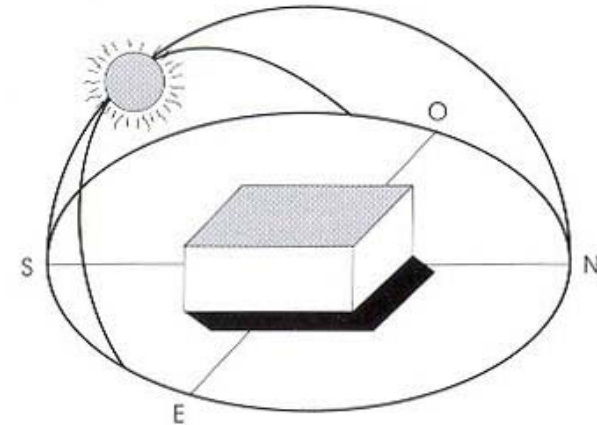
Nel caso di una copertura ad una falda inclinata, sono possibili due situazioni:

- falda con angolo minore di 20° : riceve sempre un discreto apporto termico, indipendente dall'orientamento e in tutte le stagioni
- Falda con angolo maggiore di 20° :

L'orientamento a nord in questo caso è inefficace, poiché visto che l'inclinazione dei raggi solari è minore rispetto a quella della falda, la copertura non viene irraggiata e l'apporto termico è nullo.

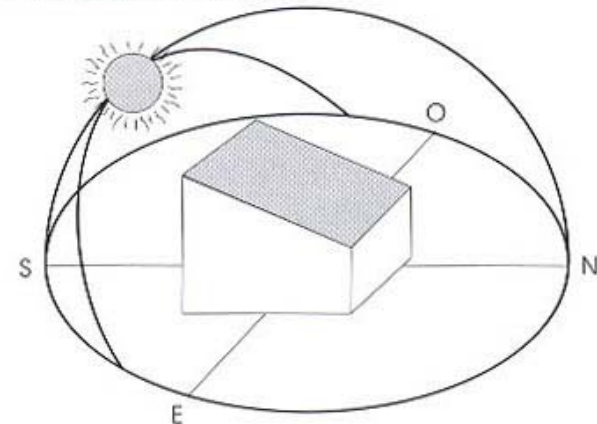
In estate si ha un discreto irraggiamento diretto.

FIG. 1 : LA COPERTURA PIANA



RADIAZIONE TOTALE DIRETTA GIORNALIERA A CIELO SERENO A 40° DI LATITUDINE NORD IN Kcal/mq: 1340

FIG. 2 : LA COPERTURA A UNA FALDA



RADIAZIONE TOTALE DIRETTA GIORNALIERA A CIELO SERENO A 40° DI LATITUDINE NORD IN Kcal/mq:

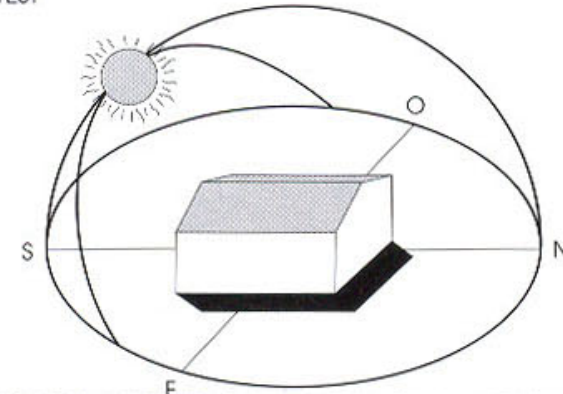
- 241 PER PENDENZE $< 20^\circ$

- 0 PER PENDENZE $> 20^\circ$

Una copertura a due falde orientate est-ovest risulta sempre illuminata direttamente, ma a seconda della stagione varia l'intensità dei raggi solari, che risulta maggiore in estate.

Una copertura con falde orientate nord-sud, riceve un apporto termico diverso su ciascuna falda. Quella esposta a sud è sempre la più illuminata e riscaldata. In inverno la falda esposta a nord rimane quasi sempre in ombra: solo se inclinata a meno di 20° riceve un minimo apporto termico.

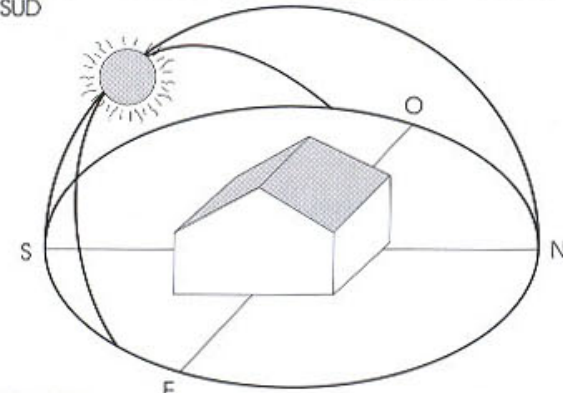
FIG. 3 : LA COPERTURA A DUE FALDE ORIENTATE SECONDO L'ASSE EST-OVEST



RADIAZIONE TOTALE DIRETTA GIORNALIERA A CIELO SERENO A 40° DI LATITUDINE NORD IN Kcal/mq:

- 317 PER PENDENZE DI 45°
- 523 PER PENDENZE DI 30°
- 134 PER PENDENZE DI 20°

FIG. 4 : LA COPERTURA A DUE FALDE ORIENTATE SECONDO L'ASSE NORD-SUD



RADIAZIONE TOTALE DIRETTA GIORNALIERA A CIELO SERENO A 40° DI LATITUDINE NORD IN Kcal/mq:

- 236 PER PENDENZE $< 20^\circ$
- 0 PER PENDENZE $> 20^\circ$

NORMATIVA ENERGETICA E INVOLUCRO EDILIZIO

Direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia

La direttiva europea **Energy performance of Buildings (EPBD)** 2002/91/CE del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico degli edifici, nasce con uno scopo primariamente ambientale: quello di promuovere uno strumento di salvaguardia ambientale che consenta di ridurre le emissioni di CO₂. (il riscaldamento degli edifici è tra i maggiori responsabili delle emissioni di anidride carbonica)

Direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia

La direttiva non fa riferimento a parametri o prescrizioni progettuali, ma delega alle Nazioni la stesura di indicazioni specifiche.

Le norme tecniche dovranno dare indicazioni su:

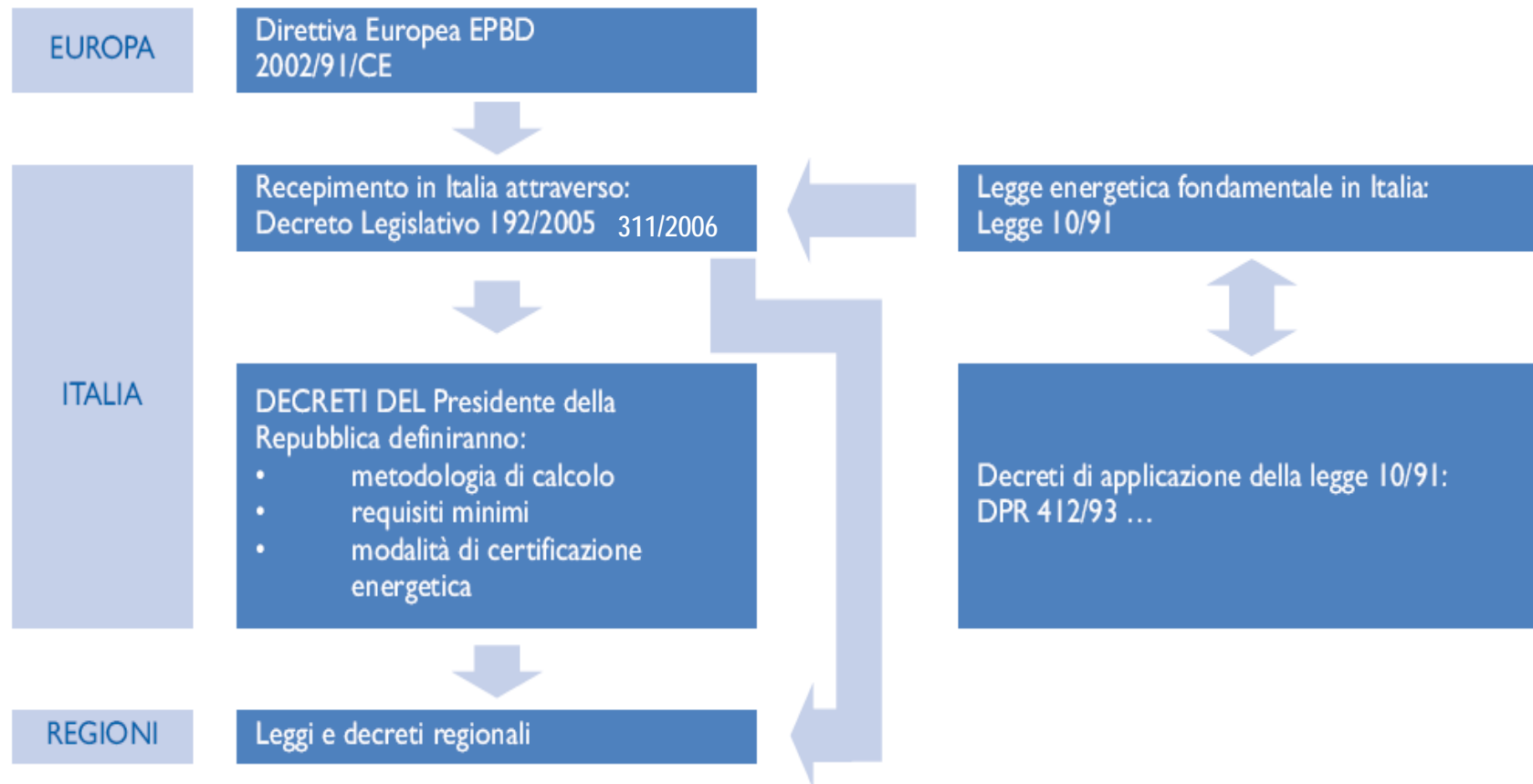
1. I metodi per calcolare l'energia globale usata negli edifici, ossia per calcolare l'energia che entra nell'edificio per riscaldamento, raffrescamento, illuminazione, ventilazione e acqua calda sanitaria, tenendo conto delle prestazioni termiche dei componenti edilizi, del livello di ventilazione ed infiltrazioni, delle condizioni ambientali interne e climatiche esterne;
2. Le norme minime che gli edifici devono rispettare per essere considerati energeticamente efficienti;

Direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia

3. Il metodo di calcolo per la certificazione energetica;
4. Le modalità per effettuare il monitoraggio e la verifica delle prestazioni energetiche (ispezioni periodiche degli impianti).

Ogni nazione deve sviluppare metodi di simulazione e di monitoraggio che permettano di effettuare una valutazione energetica degli edifici e che servano per la certificazione.

Uno sguardo al quadro normativo:



Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 192
Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia (integrato dal Decreto Legislativo 29 dicembre 2006, n. 311)

■ **Finalità:**

stabilisce i criteri, le condizioni e le modalità per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici al fine di favorire lo sviluppo, la valorizzazione e l'integrazione delle fonti rinnovabili e la diversificazione energetica, contribuire a conseguire gli obiettivi nazionali di limitazione delle emissioni di gas a effetto serra posti dal protocollo di Kyoto, promuovere la competitività dei comparti più avanzati attraverso lo sviluppo tecnologico.

Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 192
Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento
energetico nell'edilizia (integrato dal Decreto Legislativo 29
dicembre 2006, n. 311)

■ **disciplina in particolare :**

- 1 la metodologia per il calcolo delle prestazioni energetiche integrate degli edifici;
- 2 l'applicazione di requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici;
- 3 i criteri generali per la certificazione energetica degli edifici;

Schema ambiti di intervento

	Superficie utile	
	> 1000 m ²	< 1000 m ²
Applicazione integrale	Nuovi edifici (art.3 comma1)	
	Demolizione e ricostruzione in manutenzione straordinaria (art.3, comma 2, punto a2)	NO
	Ristrutturazione integrale dell'involucro (art.3, comma 2, punto a1)	NO
Applicazione limitata	Ampliamento > 20% volume intero edificio (art.3 comma 2, punto b)	
	Ristrutturazione totale o parziale dell'involucro o manutenzione straordinaria (art.3 comma 2, punto c1)	
	Nuova installazione di impianti termici (art.3 comma 2, punto c2)	
	Sostituzione generatori di calore (art.3 comma 2, punto c3)	

Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 192
Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia (integrato dal Decreto Legislativo 29 dicembre 2006, n. 311)

Sono esclusi dall'applicazione del presente decreto:

- a) gli immobili ricadenti nell'ambito della disciplina del codice dei beni culturali e del paesaggio
- b) i fabbricati industriali, artigianali e agricoli non residenziali In generale
- c) i fabbricati isolati con una superficie utile totale inferiore a 50 metri quadrati;

Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 192
Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia (integrato dal Decreto Legislativo 29 dicembre 2006, n. 311)

■ **Attestato di Certificazione energetica :**

- L'attestato relativo alla **certificazione energetica**, ha una validità temporale massima di dieci anni a partire dal suo rilascio, ed è aggiornato ad ogni intervento di ristrutturazione che modifica la prestazione energetica dell'edificio o dell'impianto.

- La conformità delle opere realizzate rispetto al progetto e alle sue eventuali varianti ed alla relazione tecnica, nonché l'attestato di qualificazione energetica dell'edificio come realizzato, devono essere asseverati dal direttore dei lavori e presentati al comune di competenza contestualmente alla dichiarazione di fine lavori senza alcun onere aggiuntivo per il committente. La dichiarazione di fine lavori è inefficace a qualsiasi titolo se la stessa non è accompagnata da tale documentazione asseverata.

Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 192
Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento
energetico nell'edilizia (integrato dal Decreto Legislativo 29
dicembre 2006, n. 311)

■ **Contenuti:**

- La prestazione energetica di un edificio esprime la quantità di energia effettivamente consumata, o che si prevede possa essere necessaria, per soddisfare i vari bisogni connessi a un uso standard dell'edificio, compresi:
 1. Climatizzazione invernale
 2. Climatizzazione estiva
 3. ACS
 4. Ventilazione
 5. Illuminazione

- La Certificazione Energetica di un edificio è l'attestazione delle sue prestazioni energetiche attraverso un documento che comprende alcuni dati di riferimento che consentano ai consumatori di valutare e raffrontare tali prestazioni, nonché raccomandazioni per il loro miglioramento in termini di costi-benefici.

Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 192
Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia (integrato dal Decreto Legislativo 29 dicembre 2006, n. 311)

- **La procedura di Certificazione Energetica** di un edificio comprende le seguenti fasi:
 1. valutazione energetica dell'edificio;
 2. classificazione dell'edificio;
 3. redazione dell'Attestato di Certificazione Energetica.

Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 192
Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia (integrato dal Decreto Legislativo 29 dicembre 2006, n. 311)

- La **fase progettuale** ha lo scopo di fornire tutti gli elementi per dimensionare correttamente gli impianti (quindi un calcolo di potenza) verificando altresì che siano rispettati i limiti di consumo energetico fissati dalla legislazione vigente.
- La **Certificazione Energetica** ha, invece, lo scopo di fornire uno o più indicatori di qualità energetica che potranno avere un notevole impatto sul mercato immobiliare. Per garantire la massima trasparenza è indispensabile che il certificatore possa utilizzare una procedura in grado di evitare discrezionalità nell'interpretazione delle regole

- Le metodologie di calcolo e di espressione, della prestazione energetica degli edifici sono definite tenendo conto di:
 - a) clima esterno e interno;
 - b) caratteristiche termiche dell'edificio;
 - c) impianto di riscaldamento e di produzione di acqua calda sanitaria;
 - d) impianto di condizionamento dell'aria e di ventilazione;
 - e) impianto di illuminazione;
 - f) posizione ed orientamento degli edifici;
 - g) sistemi solari passivi e protezione solare;
 - h) ventilazione naturale;
 - i) utilizzo di fonti energetiche rinnovabili, di sistemi di cogenerazione

■ Nuovo indicatore di prestazione energetica :

- L'indicatore della prestazione energetica è il fabbisogno annuo di energia primaria per la climatizzazione invernale (**EP_i**) espresso in chilowattora per metro quadrato di **superficie utile** dell'edificio (**kWh/m² anno**).
- Dipenderà dalla categoria di edificio, e dovrà risultare inferiore ai valori riportati nella tabella 1 al punto 1 dell'allegato C al decreto.(vedi oltre)

■ Categorie di edifici. DPR 412/1993

- E1 (1) → EDIFICI RESIDENZIALI con occupazione continuativa
- E1 (2) → EDIFICI RESIDENZIALI con occupazione saltuaria
- E1 (3) → EDIFICI ADIBITI ad ALBERGO, PENSIONE ed attività similari

- E2 → EDIFICI per UFFICI e assimilabili
- E3 → OSPEDALI, CASE di CURA, e CLINICHE
- E4 → EDIFICI adibiti ad attività RICREATIVE, associative o di culto e assimilabili
- E5 → EDIFICI adibiti ad attività COMMERCIALI
- E6 → EDIFICI adibiti ad attività SPORTIVE
- E7 → EDIFICI adibiti ad attività SCOLASTICHE
- E8 → EDIFICI INDUSTRIALI E ARTIGIANALI riscaldati per il comfort degli occupanti

fabbisogno annuo di energia primaria per la climatizzazione invernale per edifici residenziali della classe E1

TABELLA 1.1		EP _i limite Valori limite per la climatizzazione invernale espressi in kWh/m ² anno								
		Zona climatica								
S/V	A	B		C		D		E		F
	<600 GG	601 GG	900 GG	901 GG	1400 GG	1401 GG	2100 GG	2101 GG	3000 GG	>3000 GG
≤0.2	10	10	15	15	25	25	40	40	55	55
≥0.9	45	45	60	60	85	85	110	110	145	145

Per valori di S/V compresi nell'intervallo 0,2 e 0,9 e, analogamente, per gradi giorno (GG) intermedi ai limiti delle zone climatiche riportati in tabella, si procede mediante interpolazione lineare.

NB. I valori limite diverranno più restrittivi dal 1 gennaio 2010

■ S/V rapporto di forma dell'edificio :

- S, espressa in metri quadrati, è la superficie che delimita verso l'esterno (ovvero verso ambienti non dotati di impianto di riscaldamento) il volume riscaldato V:
- V è il volume lordo, espresso in metri cubi, delle parti di edificio riscaldate, definito dalle superfici che lo delimitano.

■ Zona climatica → Dipende dai gradi giorno (GG)

- GG: sommatoria estesa all'arco di un anno o di un mese, delle differenze tra la temperatura esterna media giornaliera (t_e), e la temperatura ottimale per l'interno dell'edificio (t_i). Vengono espressi in gradi centigradi

- $GG = \sum_1^n (t_i - t_e)$ con $t_i > t_e$

n= numero di giorni compresi nel periodo considerato

■ Verifiche di prestazione energetica dell'involucro:

- Per edifici di nuova costruzione, si procede in sede progettuale:
 - alla determinazione dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale (**EPI**) e alla verifica che lo stesso risulti inferiore ai valori limite riportati in tabella
 - al calcolo del rendimento globale medio stagionale dell'impianto termico e alla verifica che lo stesso risulti superiore ai valore limiti
 - alla verifica che la trasmittanza termica delle strutture edilizie opache e delle chiusure trasparenti che delimitano l'edificio, non superi di oltre il 30% i valori tabellati.(vedi oltre)

- Nei casi di ristrutturazione o manutenzione ordinaria:
 - il valore della trasmissione termica (U) per le strutture opache verticali, a ponte termico corretto, delimitanti il volume riscaldato verso l'esterno, deve essere inferiore o uguale a quello riportato nella corrispondente tabella, in funzione della fascia climatica di riferimento.
Qualora il ponte termico non dovesse risultare corretto, dovrà essere considerata una trasmissione termica media (parete corrente più ponte termico)
 - stessa verifica per il valore della trasmissione termica (U) per le strutture opache orizzontali;
 - stessa verifica per il valore della trasmissione termica (U) per le chiusure trasparenti.

- Strutture verticali opache:

Tabella 2.1 Valori limite della trasmittanza termica U delle strutture opache verticali espressa in W/m^2K			
Zona climatica	Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m^2K)	Dall' 1 gennaio 2008 U (W/m^2K)	Dall' 1 gennaio 2010 U (W/m^2K)
A	0,85	0,72	0,62
B	0,64	0,54	0,48
C	0,57	0,46	0,40
D	0,50	0,40	0,36
E	0,46	0,37	0,34
F	0,44	0,35	0,33

- Strutture orizzontali o inclinate opache

Tabella 3.1 Valori limite della trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura espressa in W/m^2K			
Zona climatica	Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m^2K)	Dall' 1 gennaio 2008 U (W/m^2K)	Dall' 1 gennaio 2010 U (W/m^2K)
A	0,80	0,42	0,38
B	0,60	0,42	0,38
C	0,55	0,42	0,38
D	0,46	0,35	0,32
E	0,43	0,32	0,30
F	0,41	0,31	0,29

Tabella 3.2 Valori limite della trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali di pavimento espressa in W/m^2K			
Zona climatica	Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m^2K)	Dall' 1 gennaio 2008 U (W/m^2K)	Dall' 1 gennaio 2010 U (W/m^2K)
A	0,80	0,74	0,65
B	0,60	0,55	0,49
C	0,55	0,49	0,42
D	0,46	0,41	0,36
E	0,43	0,38	0,33
F	0,41	0,36	0,32

- Chiusure trasparenti

Tabella 4a. Valori limite della trasmittanza termica U delle chiusure trasparenti comprensive degli infissi espressa in W/m^2K

Zona climatica	Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m^2K)	Dall' 1 gennaio 2008 U (W/m^2K)	Dall' 1 gennaio 2010 U (W/m^2K)
A	5,5	5,0	4,6
B	4,0	3,6	3,0
C	3,3	3,0	2,6
D	3,1	2,8	2,4
E	2,8	2,4	2,2
F	2,4	2,2	2,0

Tabella 4b. Valori limite della trasmittanza centrale termica U dei vetri espressa in W/m^2K

Zona climatica	Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m^2K)	Dall' 1 luglio 2008 U (W/m^2K)	Dall' 1 gennaio 2011 U (W/m^2K)
A	5,0	4,5	3,7
B	4,0	3,4	2,7
C	3,0	2,3	2,1
D	2,6	2,1	1,9
E	2,4	1,9	1,7
F	2,3	1,7	1,3

- Per tutte le categorie di edifici ad eccezione della categoria E8, si procede alla verifica dell'assenza di condensazioni superficiali e che le condensazioni interstiziali della parete siano limitate alla quantità rievaporabile, secondo la normativa vigente.
- Per tutte le categorie di edifici ad eccezione delle categorie E6,E8, al fine di limitare i fabbisogni energetici per la CLIMATIZZAZIONE ESTIVA e di contenere la temperatura interna degli ambienti, è necessario:
 - **valutare e documentare puntualmente l'efficacia dei sistemi schermanti** delle superfici vetrate, esterni o interni, tali da ridurre l'apporto di calore per irraggiamento solare;
 - verificare, per le località in cui il valore medio mensile dell'irradianza solare sul piano orizzontale nel mese di max insolazione estiva (I_{ms}), sia ≥ 290 W/mq, che il valore della massa superficiale M_s delle pareti opache verticali, orizzontali o inclinate, sia superiore a 230 kg/mq;
 - utilizzare al meglio le condizioni ambientali esterne e le caratteristiche distributive degli spazi per favorire la ventilazione naturale dell'edificio.

E' obbligatorio l'uso di sistemi schermanti esterni(tranne che per le categorie E6/E8)

- **Fonti rinnovabili:**

- Per tutte le categorie di edifici, è obbligatorio l'uso di fonti rinnovabili per la produzione di energia termica ed elettrica.

- in caso di edifici di nuova costruzione, o in caso di nuova installazione o ristrutturazione di impianti termici esistenti, l'impianto di produzione di energia termica deve essere progettato e realizzato in modo da coprire almeno il 50% del fabbisogno annuo di energia primaria richiesta per la produzione di ACS con l'utilizzo delle predette fonti di energia

Tale limite è ridotto al 20% per gli edifici situati nei centri storici.

- in caso di edifici di nuova costruzione o di ristrutturazione degli stessi, è obbligatoria l'installazione di impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica.

PROVVEDIMENTI DEL COMUNE DI ROMA

Deliberazione n.48

**Variazioni ed integrazioni al vigente testo del
Regolamento Edilizio Comunale.
Norme per il risparmio energetico, l'utilizzazione
di fonti rinnovabili di energia e risparmio delle
risorse idriche.**

Deliberazione n. 48 Comune di Roma

sulla base di:

- legge regionale 8 novembre 2004, n. 15, pubblicata sul B.U.R.L. 10 novembre 2004, n. 31
- Decreto Legislativo n. 192 del 19 agosto 2005 “Attuazione della Direttiva 2000/91/CE, relativa al rendimento energetico nell’edilizia”
- Nuovo Piano Regolatore Generale, adottato con deliberazione del Consiglio Comunale n. 33 del 18 e 19 marzo 2003

Deliberazione n. 48 Comune di Roma

- **DELIBERA 48**



Risparmio energetico e fonti rinnovabili di energia

Risparmio energetico e definizione del volume imponibile

Sistemi di accumulo, riutilizzo delle acque meteoriche e di risparmio idrico

Pavimentazioni, aree verdi, superfici ed aree libere del lotto

Deliberazione n. 48

Comune di Roma

CONTENUTI

Risparmio energetico e fonti rinnovabili di energia

- **Dal 2008 negli edifici pubblici e privati di nuova costruzione dovrà essere assicurata:**
 - la copertura del 30% del fabbisogno energetico complessivo dell'edificio con fonti di energia rinnovabile.
- Per tale finalità dovranno essere realizzate, con soluzioni organicamente inserite nell'estetica dell'edificio, integrate al progetto edilizio ed integrate secondo la migliore esposizione solare, **coperture tecnologiche a captazione energetica**, che accolgano ed integrino collettori solari per la produzione di acqua calda sanitaria e moduli fotovoltaici per la produzione di energia elettrica destinata all'illuminazione delle parti comuni.

Deliberazione n. 48 Comune di Roma

Risparmio energetico e definizione del volume imponibile

- **Al fine di favorire gli interventi per il risparmio energetico e per l'utilizzo delle fonti rinnovabili di energie, dal calcolo del cosiddetto "volume imponibile", così come definitivo dalle N.T.A. del vigente P.R.G. sono esclusi:**
 - la quota parte dello spessore dei muri esterni di tamponamento superiore ai 30 cm. E fino ad un massimo di 50 cm.;
 - la quota parte dello spessore dei solai superiore a 20 cm. e fino ad un massimo di 45 cm.;
 - il vano collocato sul tetto captante o nel sottotetto, in quanto considerato volume tecnico perché destinato ad accogliere gli impianti, i serbatoi e le masse d'accumulo per l'acqua calda ed il calore prodotto dai collettori solari ed in quanto inferiori all'altezza massima netta interna di cm. 240.

Deliberazione n. 48
Comune di Roma

Sistemi di accumulo, riutilizzazione delle acque meteoriche e di risparmio idrico

Dovrà essere realizzato un sistema di accumulo e recupero delle acque piovane per l'irrigazione, la pulizia delle parti comuni e gli scarichi dei water:

- La realizzazione della vasca per l'accumulo dell'acqua deve consentire il recupero di almeno il 70% delle acque meteoriche.

Deliberazione n. 48 Comune di Roma

Pavimentazioni, aree verdi, superfici ed aree libere del lotto

- I materiali di finitura ed allestimento delle superfici esterne e delle aree di pertinenza degli edifici dovranno essere idonei ad assicurare, indipendentemente dalle esigenze che sono destinate a soddisfare, la permeabilità del terreno, anche mediante materiali e pavimentazioni drenanti, per una superficie non inferiore al 50% della superficie libera del lotto stesso.