



Manens-Tifs
ingegneria

Qualità dell'ambiente interno:
luce, temperatura, umidità,
aria, rumore

Roberto Zecchin
Bari, 26 maggio 2016

I fattori determinanti

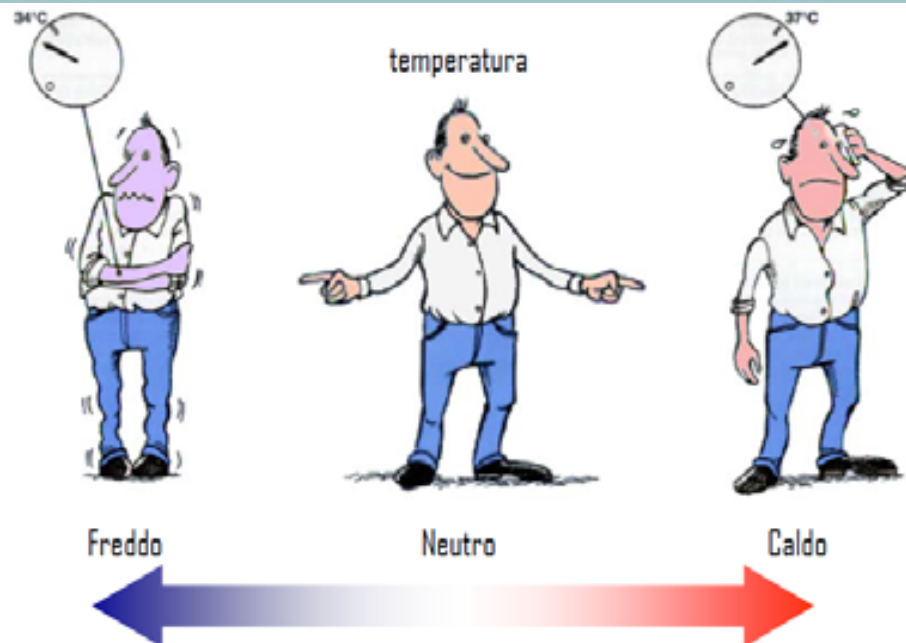
Sono numerosi i fattori che concorrono alla
«qualità dell'ambiente interno»
(IEQ: Indoor Environmental Quality)

- Corretta 'luminosità' degli ambienti
- Condizioni soddisfacenti di temperatura e umidità
- Buona qualità (percepita e non) dell'aria (IAQ:Air....!)
- Assenza di rumori fastidiosi

...per non parlar dell'energia!!!

Benessere termoigrometrico

Condizione di **neutralità termica** in cui il soggetto non sente né caldo né freddo.



Benessere olfattivo....e non

Condizione di **soddisfazione** degli occupanti nei confronti dell'aria che respirano, in cui non sono presenti **inquinanti** in concentrazioni ritenute nocive per la salute dell'uomo e **cattivi odori**.



Benessere illuminotecnico

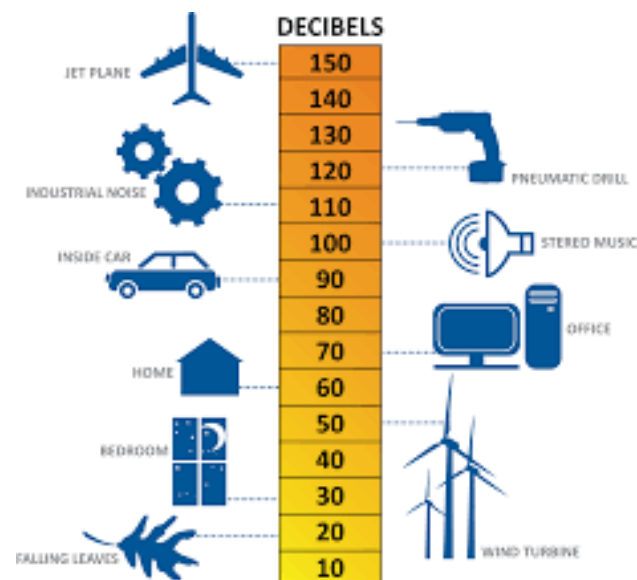
Condizione che permette all'occhio di **svolgere nel modo migliore i diversi compiti** (attività) che è chiamato ad assolvere (visione generica, rilievo dei contrasti di luminosità e di colore, capacità di distinguere oggetti piccoli e lontani, capacità di osservare oggetti in movimento e di consentire percezioni in tempi brevi, ecc.)



Render realizzato tramite «Radiance»

Benessere acustico

Condizione psicofisica in corrispondenza della quale un individuo, in presenza di un campo di **pressione sonora** (rumore), dichiara di trovarsi in una situazione di benessere, tenuto conto anche della particolare attività che sta svolgendo.



Per conseguire questi risultati, nel settore delle costruzioni vi è sempre maggiore necessità di riferimenti certi e condivisi: la normativa tecnica risponde a questo bisogno.

Norme UNI, CEN, ISO.....

ma anche ASHRAE, DIN, AHRI.....

...naturalmente dietro alle norme

ci sono i concetti fisici

fondamentali dei vari temi

Normative di supporto alla EPBDrecast – 2010/31/CE

- Tutte le norme tecniche di supporto elaborate dal CEN TC 156 hanno lo stesso numero: **EN 16798**, in 18 parti
- Ogni normativa è accompagnata da un TR (rapporto tecnico) che ha la finalità di illustrare come si utilizza la norma e di proporre esempi applicativi: il TR è di grande utilità per una corretta applicazione della norma

Fondamentale in questo contesto è l'attuale norma EN 15251

NORMA EUROPEA	Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica	UNI EN 15251 FEBBRAIO 2008
------------------	---	-----------------------------------

Questa norma è attualmente in fase di revisione e cambia anche numero numero:

EN 16798-1 - Energy performance of buildings - Part 1: Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics - (revision of EN 15251)

Questa norma, di grande importanza è poco conosciuta, probabilmente perché parzialmente «coperta» dalla UNI 10339.

In realtà si tratta di un documento di ampio respiro, che pur inquadrato nello schema della EPBD, contiene di fatto i più importanti spunti necessari per una corretta progettazione

Un esempio: l'introduzione del concetto di categoria di qualità ambientale

Table 1 — Description of the applicability of the categories used

Category	Explanation
I	High level of expectation and is recommended for spaces occupied by very sensitive and fragile persons with special requirements like handicapped, sick, very young children and elderly persons
II	Normal level of expectation and should be used for new buildings and renovations
III	An acceptable, moderate level of expectation and may be used for existing buildings
IV	Values outside the criteria for the above categories. This category should only be accepted for a limited part of the year

➤ BENESSERE VISIVO



Da notare la grande capacità di adattamento dell'occhio umano:
illuminamento al suolo all'esterno

- in presenza di sole e cielo sereno: pari a oltre 100.000 lx
- di notte, con luce stellare o equivalente: 2-5 lx

Quali sono le condizioni da garantire all'interno degli ambienti?

EN 15251:2007 (E)

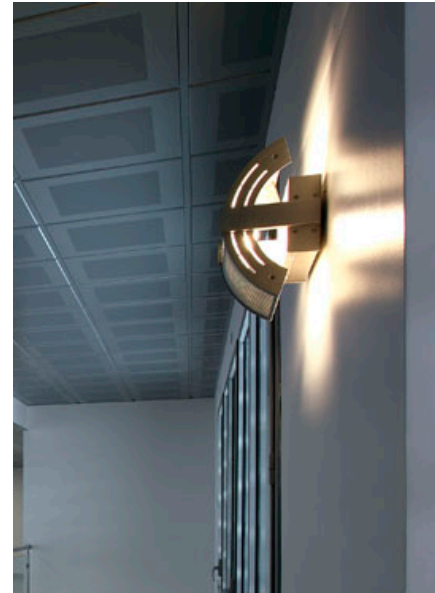
Annex D
(informative)

Recommended criteria for lighting

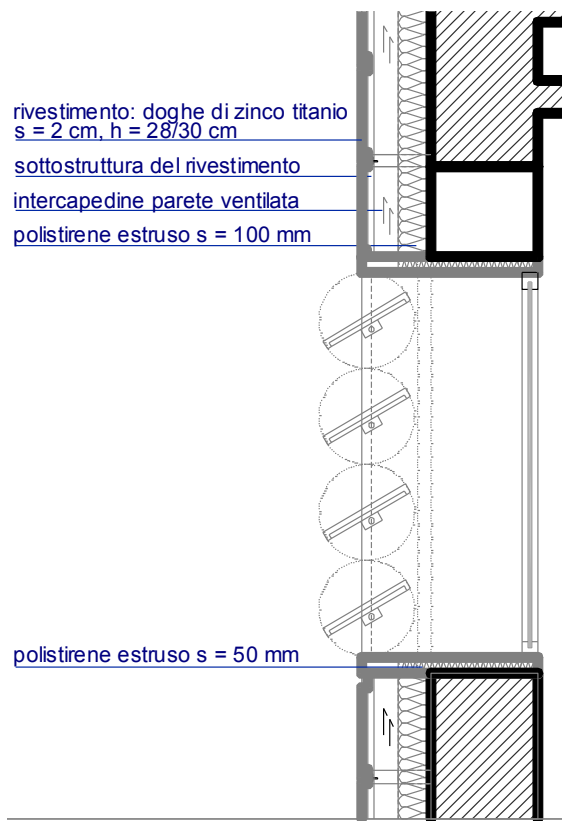
Table D.1 — Examples of design illumination levels for some buildings and spaces from EN 12464-1. For information purposes the UGR and Ra are also presented.

Type of building	Space	Maintained illuminance, E_m , at working areas, lx	UGR	Ra	Remarks
Office buildings	Single offices	500	19	80	at 0,8 m
	Open plan offices	500	19	80	at 0,8 m
	Conference rooms	500	19	80	at 0,8 m
Educational buildings	Classrooms	300	19	80	at 0,8 m
	Classrooms for adult education	500	19	80	at 0,8 m

Illuminazione artificiale



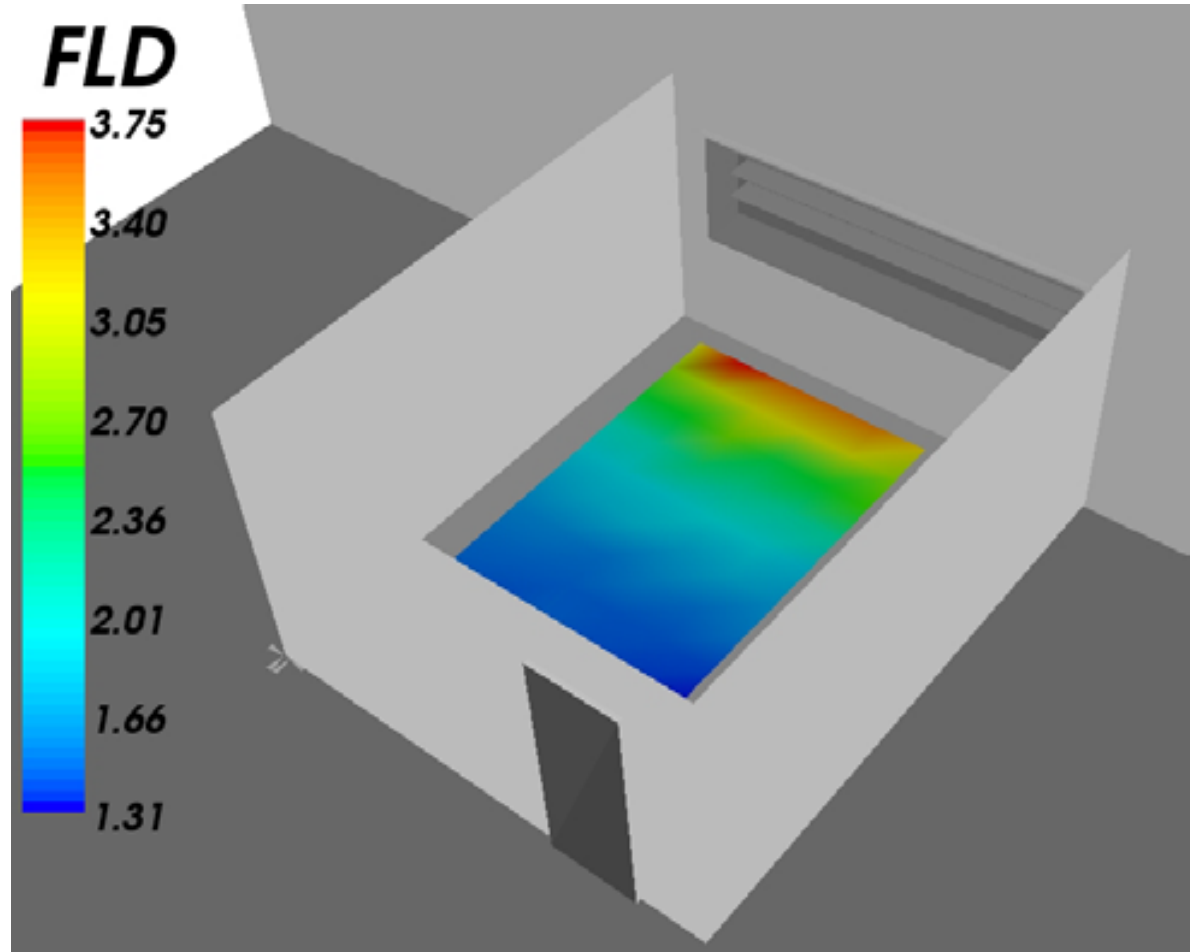
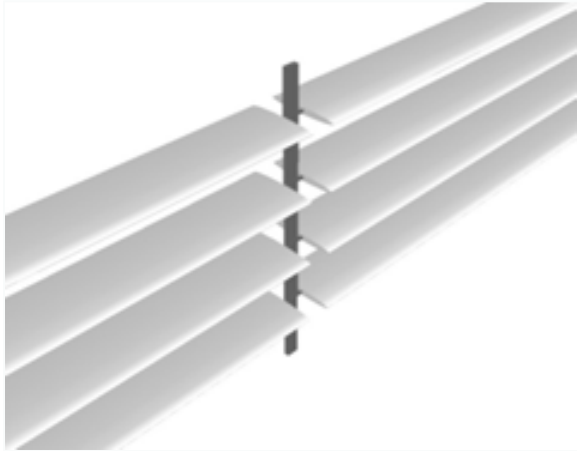
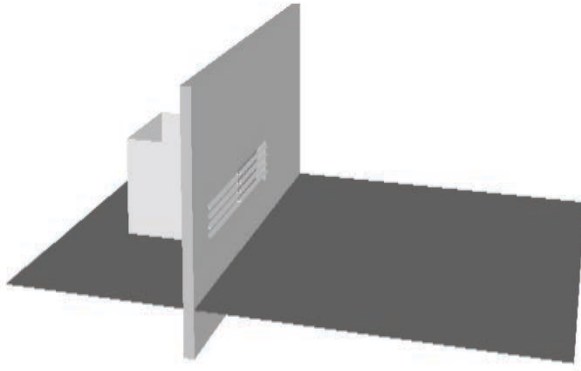
L'ILLUMINAZIONE NATURALE



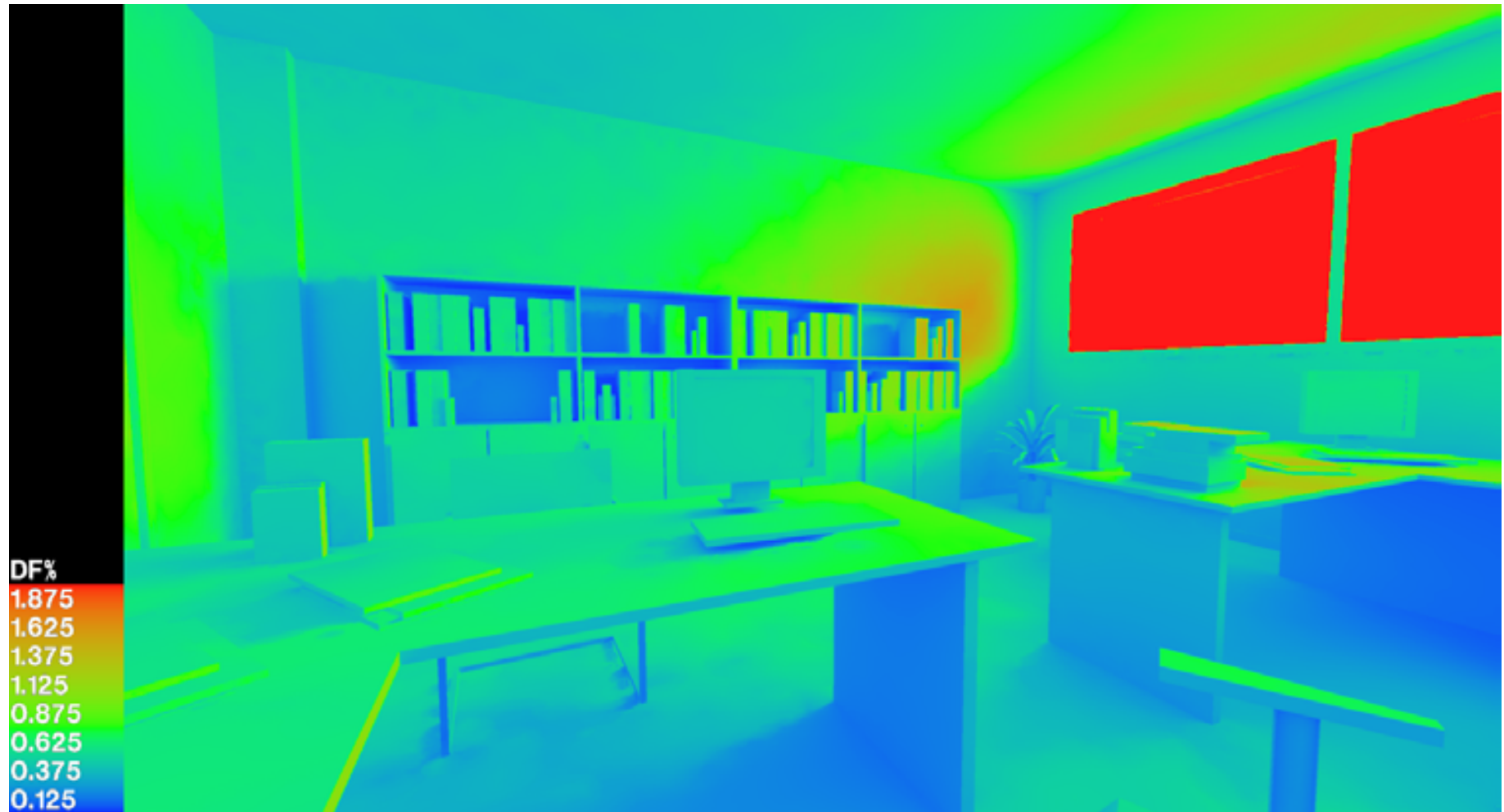


Effetto interno

Daylighting



Daylighting



....occorrono modelli di simulazione anche sofisticati:

DAYSIM

RADIANCE: il software di simulazione illuminotecnica più importante e scientificamente basato



...QUEST'ANNO:

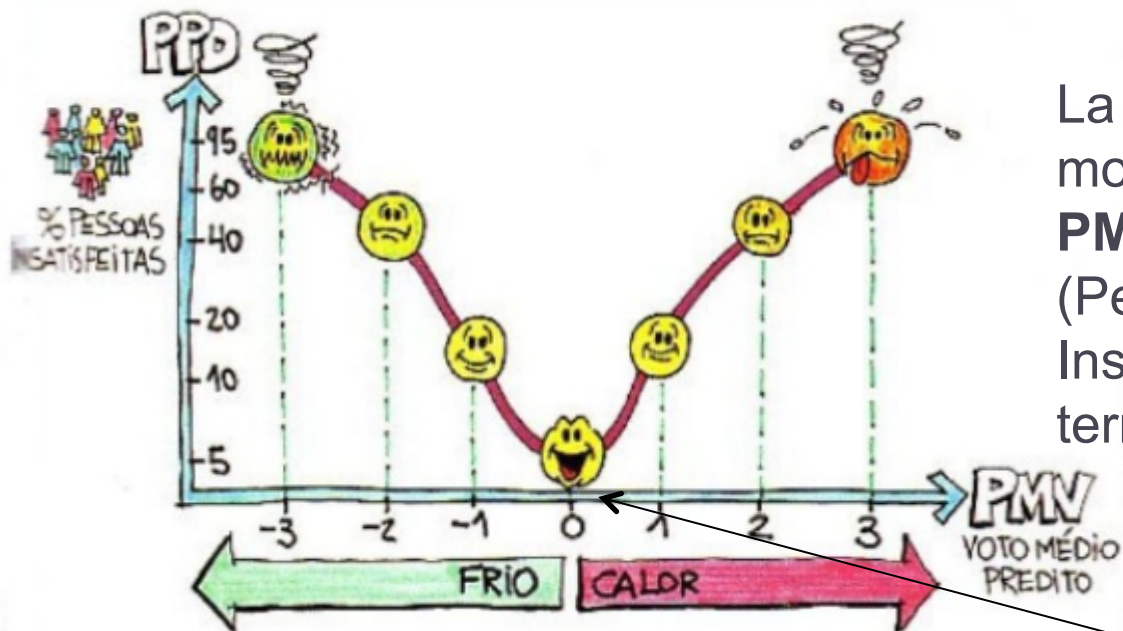
16 th INTERNATIONAL RADIANCE WORKSHOP
A PADOVA 29-31 AGOSTO 2016

www.2016radiancews.org/

➤ IL BENESSERE TERMOIGROMETRICO

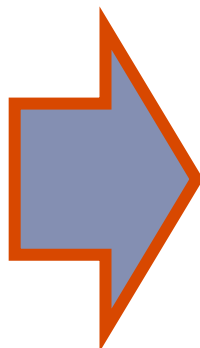


Quale norma insegna a progettare il comfort ambientale?



La **UNI EN ISO 7730** definisce le modalità di calcolo degli indici **PMV** (Voto Medio Previsto) e **PPD** (Percentuale Persone Insoddisfatte), i limiti per il comfort termico e il discomfort locale.

I sistemi di climatizzazione installati negli edifici hanno lo scopo di **mantenere** le condizioni **DI PROGETTO** prefissate dei parametri ambientali interni.



Obiettivo: neutralizzare la sensazione di caldo o di freddo percepita dagli occupanti nei confronti dell'ambiente.

Table B1.2 — Examples of recommended design values of the indoor operative temperature in winter and summer for buildings with mechanical cooling systems;

Type of building/ space	Category	Operative temperature °C	
		Minimum for heating (winter season), ~ 1,0 clo	Maximum for cooling (summer season), ~ 0,5 clo
Residential buildings: living spaces (bed rooms, drawing room, kitchen etc) Sedentary ~ 1,2 met	I	21,0	25,5
	II	20,0	26,0
	III	18,0	27,0
	IV	16	28
Residential buildings: other spaces: storages, halls, etc) Standing-walking ~ 1,6 met	I	18,0	
	II	16,0	
	III	14,0	
	IV		
Single office (cellular office) Sedentary ~ 1,2 met	I	21,0	25,5
	II	20,0	26,0
	III	19,0	27,0
	IV	17	28
Landscaped office (open plan office) Sedentary ~ 1,2 met	I	21,0	25,5
	II	20,0	26,0
	III	19,0	27,0

Table B1.1 — Examples of recommended categories for design of mechanical heated and cooled buildings

Category	Thermal state of the body as a whole	
	PPD %	Predicted Mean Vote
I	< 6	$-0.2 < PMV < + 0.2$
II	< 10	$-0.5 < PMV < + 0.5$
III	< 15	$-0.7 < PMV < + 0.7$
VI	< 25	$-1.0 < PMV < + 1.0$

Un problema notevole relativo al benessere termico:

Il conflitto tra:

- contenimento del carico termico dovuto alla radiazione solare,
- la riduzione degli effetti termici negativi (asimmetria radiante, p.es.)

da una parte, e dall'altra

Vetri e radiazione solare

Stratophone 88.4 (8 mm Planibel Clear + 1.52 mm clear acoustical PVB + 8 mm Stopray Vision-36T pos.2) - 20 mm Argon 90% - 66.2 Stratophone 2x Planibel Clear

Note personali:

Isolamento al rumore aereo diretto (STIMATO - R_w (C;Ctr) : dB) : 51 (-1, -5)

LUCE

Trasmissione	32
Riflessione	28

ENERGIA

Fattore solare	19
Riflessione	24

CARATTERISTICHE LUMINOSE (EN 410)

EN 410

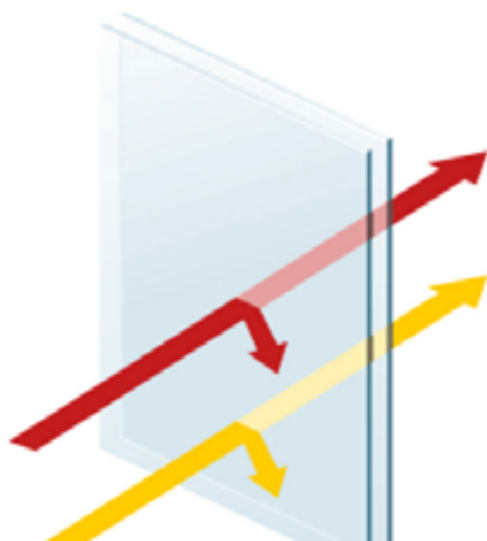
Trasmissione luminosa - T_v (%)	32
Riflessione luminosa - p_v (%)	28
Riflessione interna - p_{vi} (%)	31
Indice di resa dei colori - RD65 - R_a (%)	90

CARATTERISTICHE ENERGETICHE

EN 410

ISO 9050

Fattore solare - g (%)	19	18
Riflessione energetica - p_e (%)	24	24
Trasmissione energetica diretta - t_e (%)	14	14
Assorb. energetico vetro 1 - a_e (%)	59	61
Assorb. energetico vetro 2 - a_e (%)	3	1
Assorbimento energetico - a_e (%)	62	62
Coefficiente di shading - SC	0.22	0.21
Trasmissione dei raggi ultravioletti - UV (%)	0	
Selettività	1.68	1.68



Soluzioni più efficienti
dal punto di vista energetico
e dell'abbagliamento
richiedono altre tecniche, p.es.:

- schermi esterni
- ombreggiamenti
- facciate a doppia pelle

-ma anche tecnologie innovative

Sistemi vetrati proprietà variabili

- Sono chiamati anche **sistemi cromogenici** e consentono un **controllo dinamico** della radiazione termica e della luce che penetra all'interno degli ambienti.
- Sono caratterizzati dalla **possibilità di variare lo spettro della trasmissione** in funzione della temperatura, dell'intensità della radiazione, del campo elettrico applicato.
- Il controllo della variazione può avvenire in funzione di un controllo esterno (vetrate attivate elettricamente) o indipendentemente da esso (vetrate autoregolanti).
- I dispositivi attivati elettricamente sono: **cristalli liquidi** dispersi, sistemi a **particelle sospese** e materiali **elettrocromici**.
- I dispositivi autoregolanti sono: sistemi **termocromici**, **termotropici** e **fotocromici**.

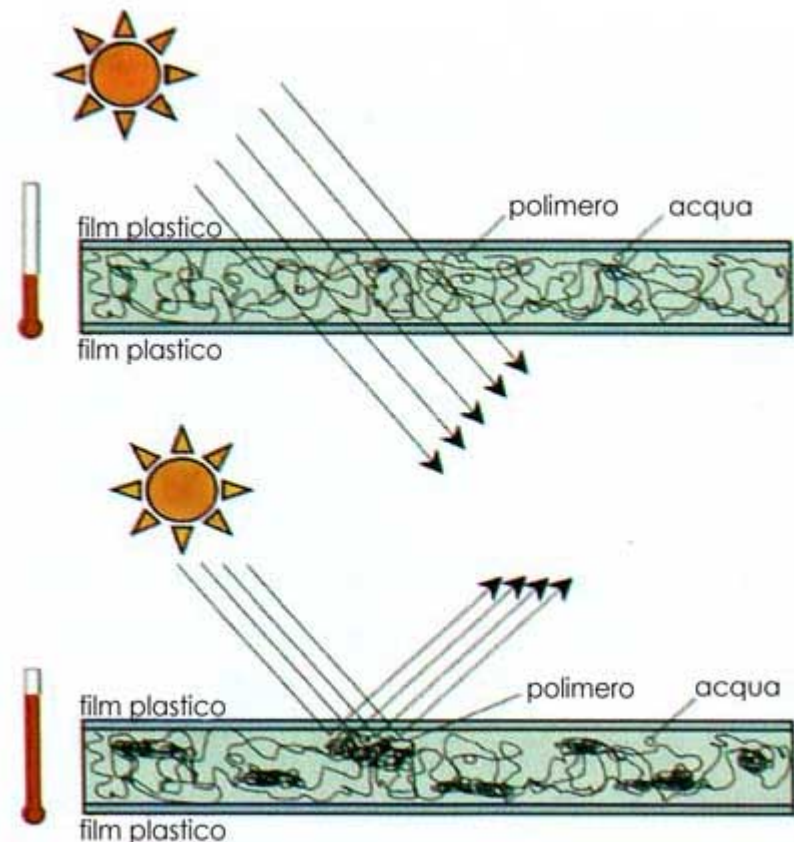
Sistemi vetrati proprietà variabili: termotropici

Come materiale termosensibile può essere utilizzata anche una dispersione acquosa di un polimero.

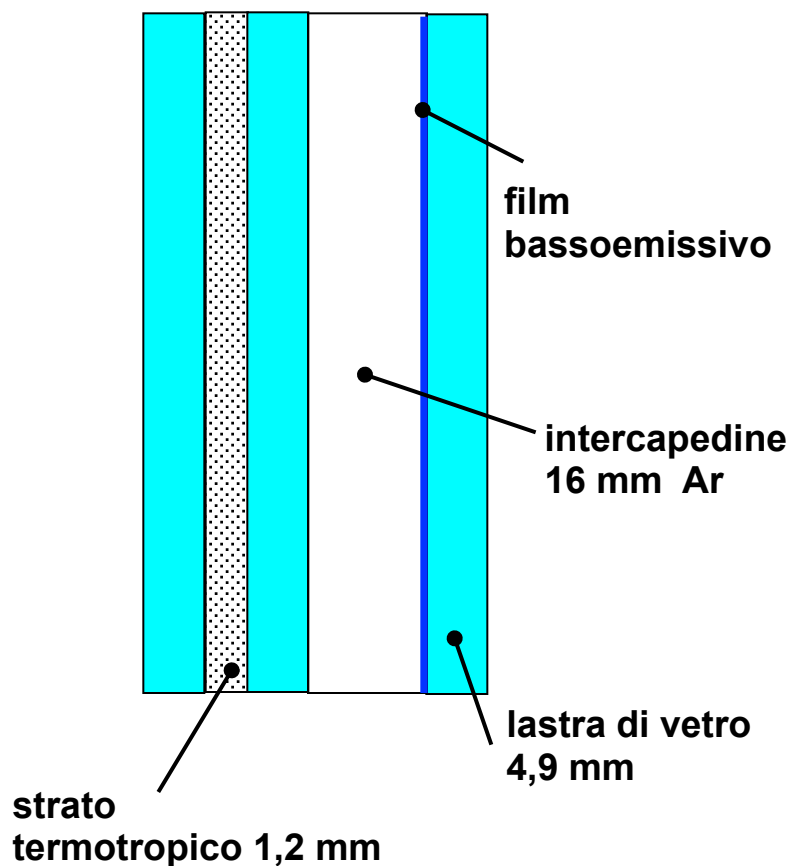
La transizione trasparente opaco avviene in questo caso a causa della formazione a temperatura specifica di “grovigli polimerici”.

Mentre le catene polimeriche svolte non interagiscono con la luce i grovigli disperdono la luce rendendo il sistema opaco.

Si possono utilizzare anche miscele di polimeri con diversa miscibilità con la temperatura.



Sistemi vetrati proprietà variabili:termotropici



Prestazioni

Strato contenente una miscela di polimeri termotropica tra lastre vetro assemblata in vetrocamera con lastra ricoperta con film bassoemissivo

– trasmittanza:

$$U = 1,15 \text{ W/m}^2\text{K}$$

– guadagno solare:

$$F = 0,48 (26^\circ\text{C}) - 0,15 (50^\circ\text{C})$$

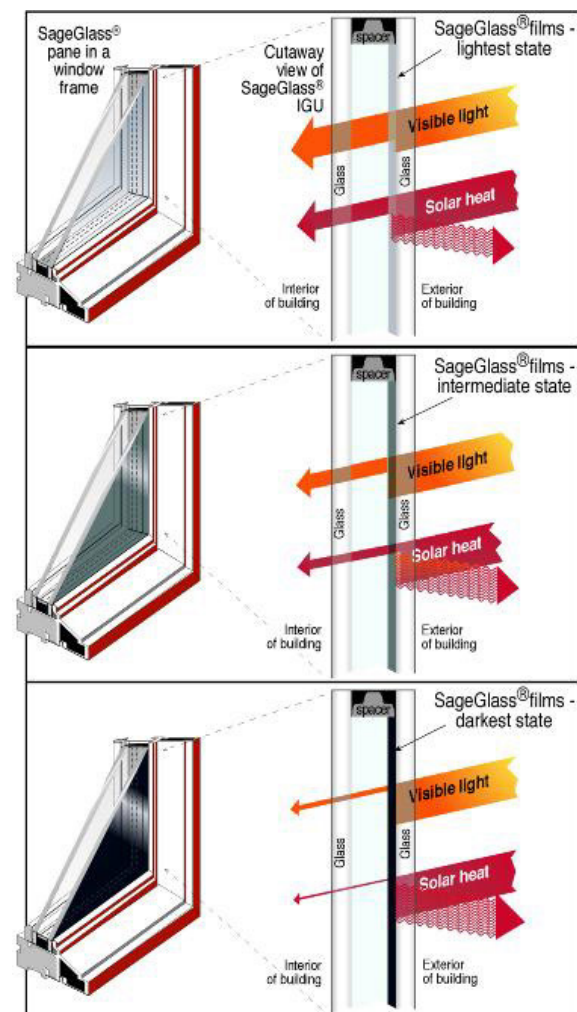
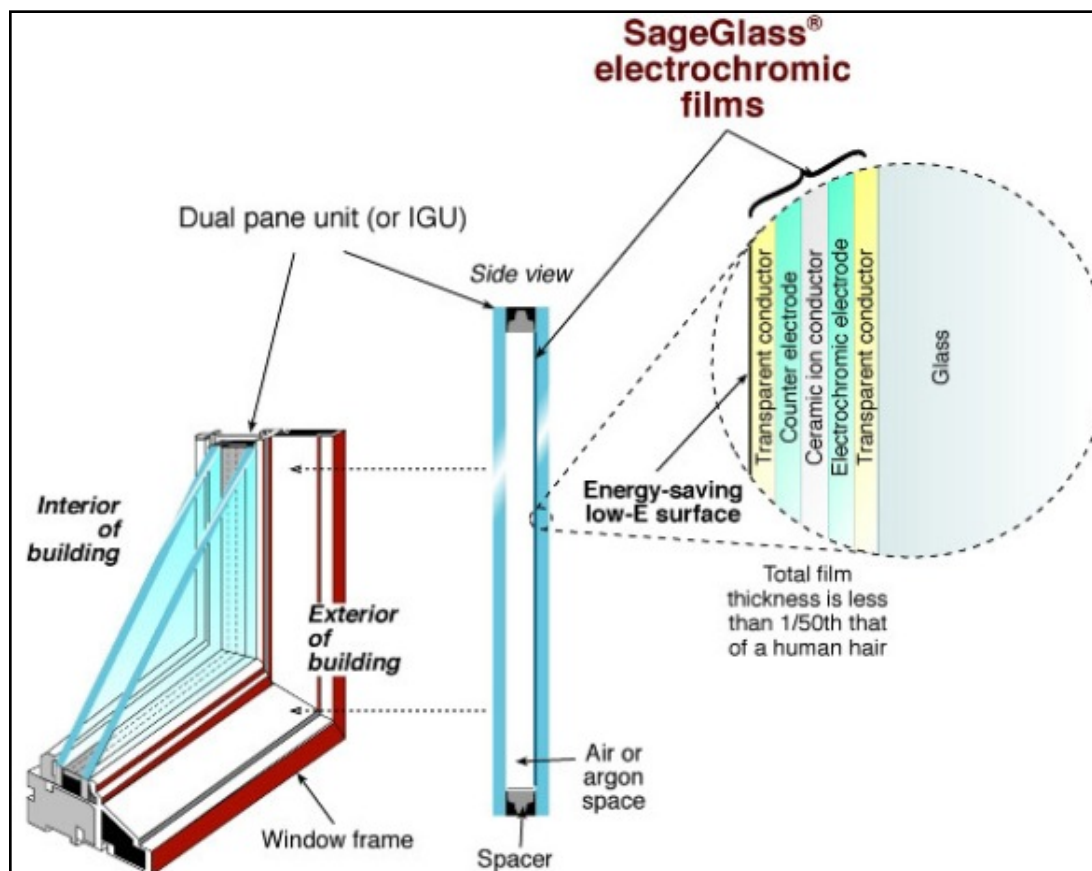
– coefficiente di trasmissione visibile:

$$t_v = 0,72 (26^\circ\text{C}) - 0,23 (50^\circ\text{C})$$

– coefficiente di trasmissione solare:

$$t_e = 0,40 (26^\circ\text{C}) - 0,13 (50^\circ\text{C})$$

Sistemi vetrati proprietà variabili: elettrocromici



Sistemi vetrati proprietà variabili: elettrocromici

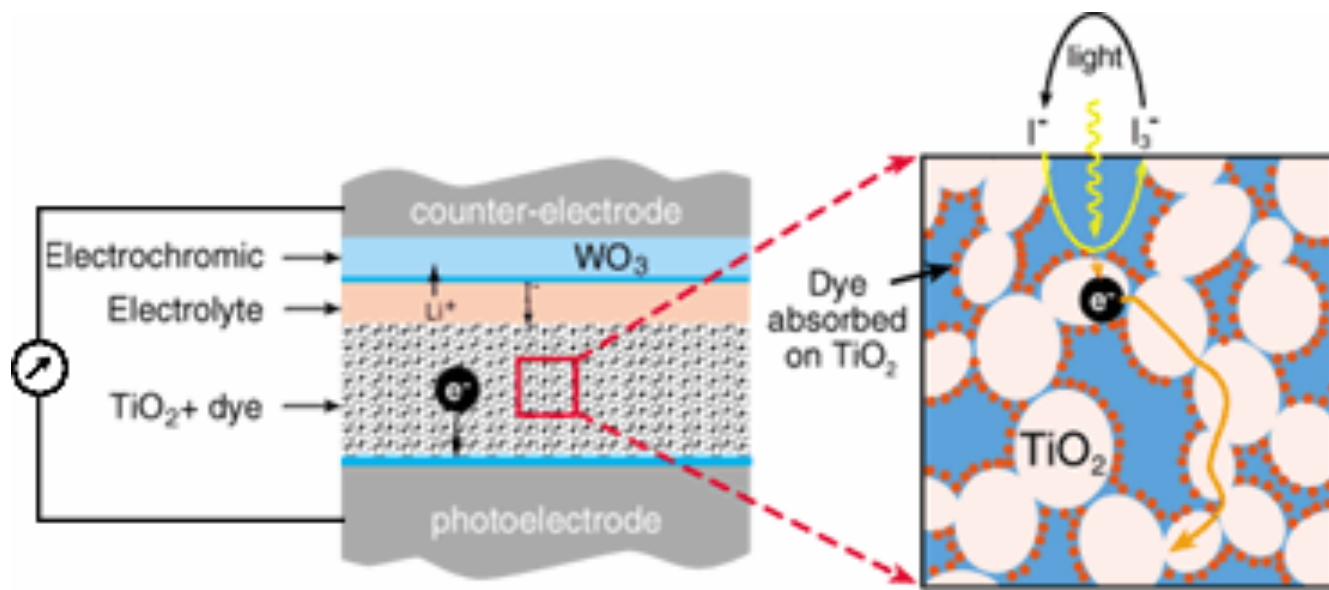


Sistemi vetrati proprietà variabili: fotocromici

- I materiali fotocromici cambiano le loro proprietà ottiche se esposti alla luce UV e ritornano allo stato originale al buio.
- Sono coinvolte specie chimiche con due differenti stati energetici caratterizzati da diversi spettri di assorbimento.
- Sono utilizzati sali metallici, AgCl, AgBr, o materiali plastici.
- Utilizzati nel campo ottico, poco per vetrate per costo e difficile realizzazione.

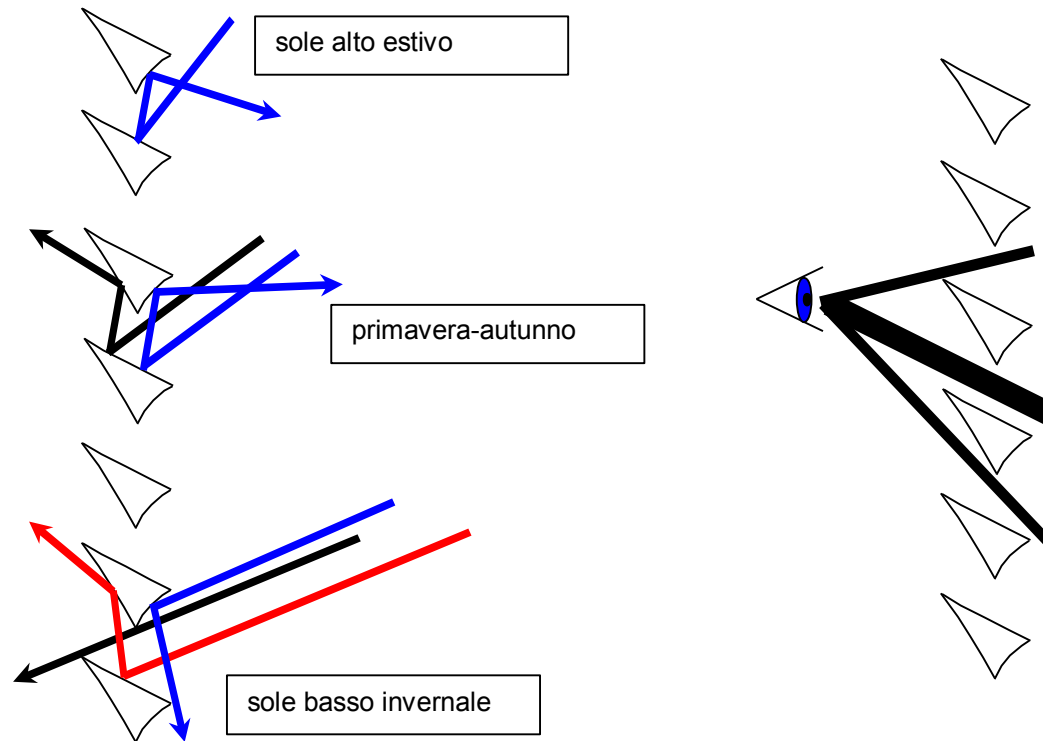
Sistemi vetrati proprietà variabili: fotocromici

- Si sono realizzati anche sistemi controllati dall'esterno. Si tratta di un multistrato con un elettrodo sensibile alla radiazione (TiO_2) e un elettrodo cromogenico (WO_3) separati da un elettrolita e posti tra due conduttori trasparenti collegati elettricamente ($\text{SnO}_2:\text{F}$, $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Sn}$).



Redirecting systems

lamella systems

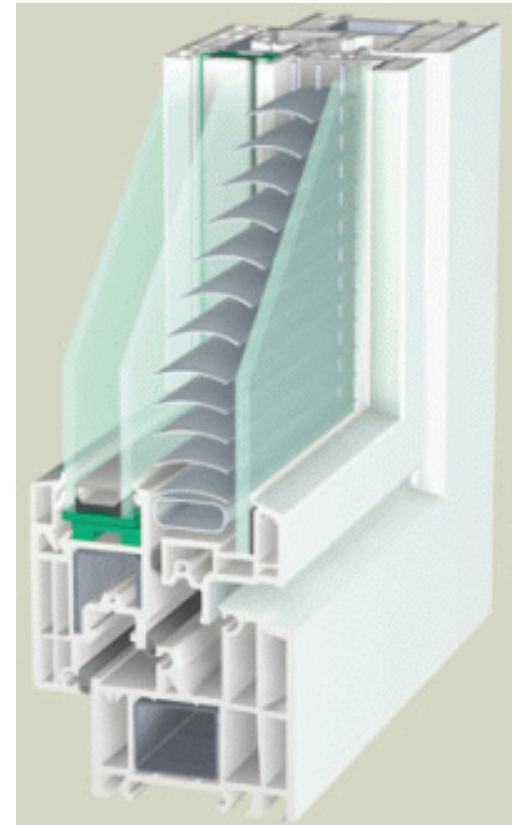
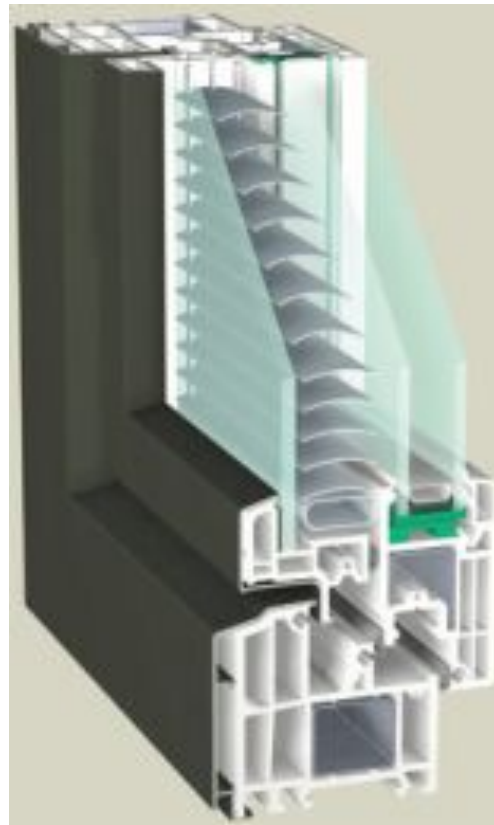


Controllo solare e visibilità attraverso sistemi a lamelle fisse.

Il profilo è tale da ottimizzare le prestazioni.

Sistemi innovativi: vetrocamere con tendina

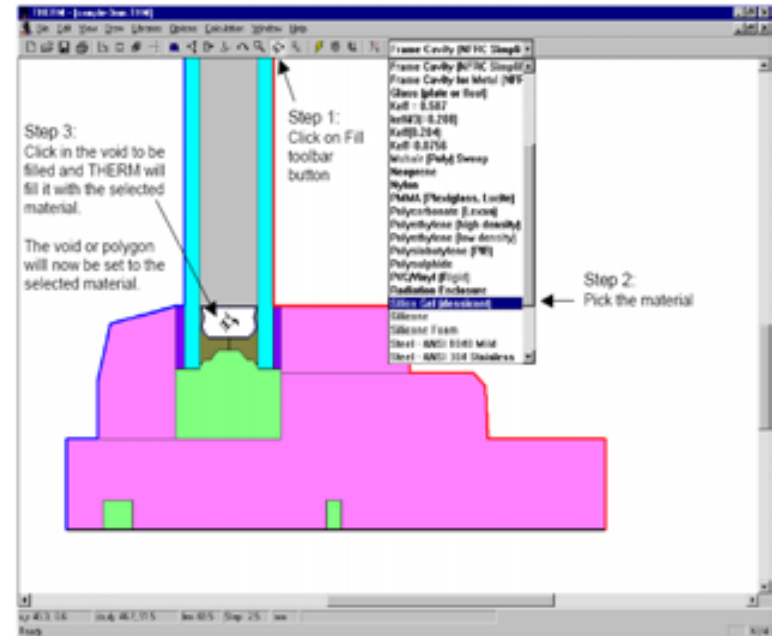
tendine
orientabili



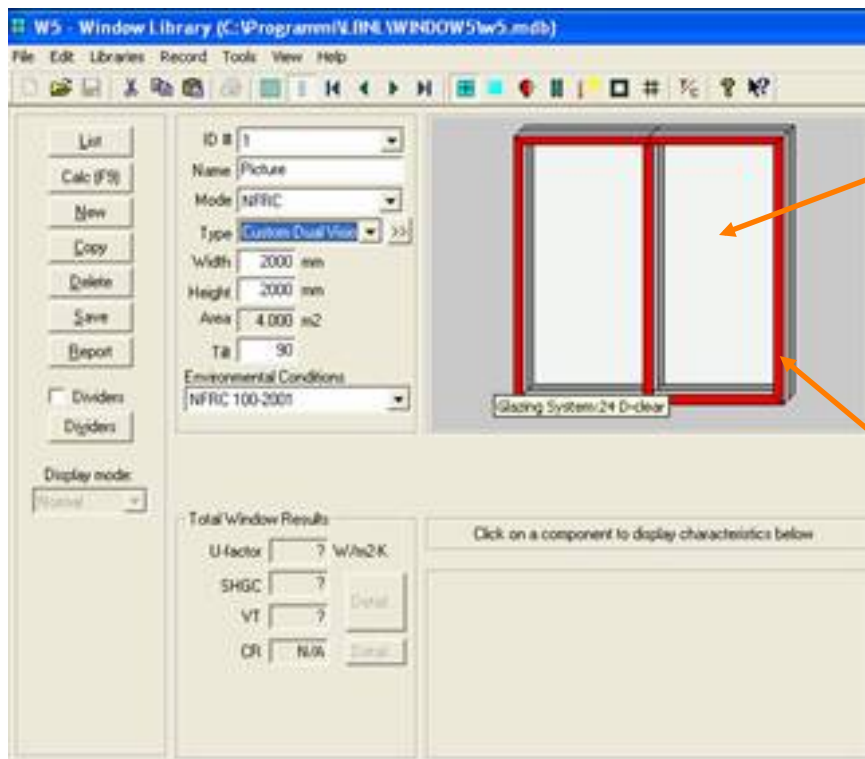
Involucro edilizio e risparmio energetico

- La progettazione corretta dei sistemi vetrati risulta estremamente importante nel contenimento del fabbisogno energetico degli edifici:
- **Clima freddo: soprattutto le dispersioni invernali da tenere sotto controllo**
- t_v almeno 0,7 F_s almeno 0,6 U al più 2 W/m²K
- **Clima caldo o edifici con elevati carichi termici: soprattutto i carichi solari da tenere sotto controllo**
- t_v almeno 0,6 F_s al più 0,4 U al più 3,5 W/m²K
- **Clima moderato: sono da tenere sotto controllo sia le dispersioni che i carichi solari.**
- t_v almeno 0,7 F_s almeno 0,5 U al più 2,5 W/m²K

<http://windows.lbl.gov/software/>



Window5 e THERM

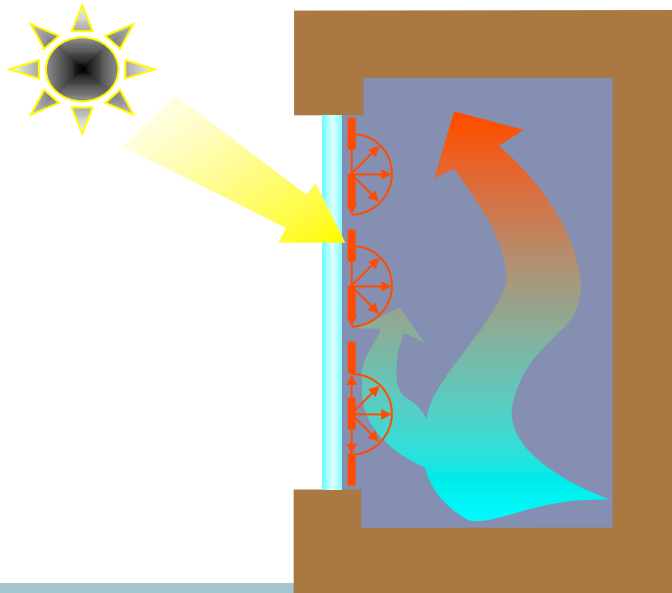
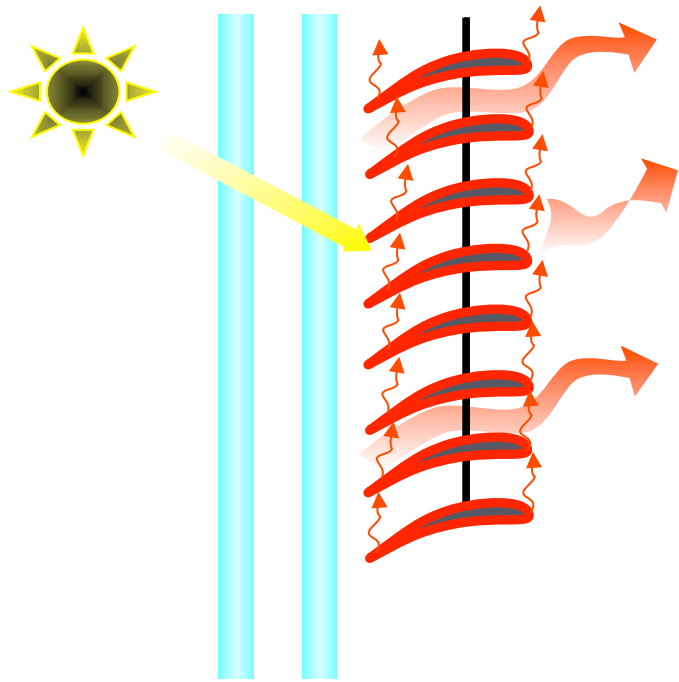


Valutazione delle prestazioni del sistema vetrato: WINDOW5 ed OPTICS5

Valutazione delle prestazioni del telaio e dell'accoppiamento tra vetro e serramento: THERM

LA SCHERMATURA INTERNA

**Il noto problema degli schermi interni:
la radiazione solare assorbita da questi
viene ceduta per convezione e irradiata
nel campo dell'infrarosso, nel quale il
vetro è praticamente opaco**



LA DOPPIA PELLE

...sostanzialmente una variante dello schermo esterno

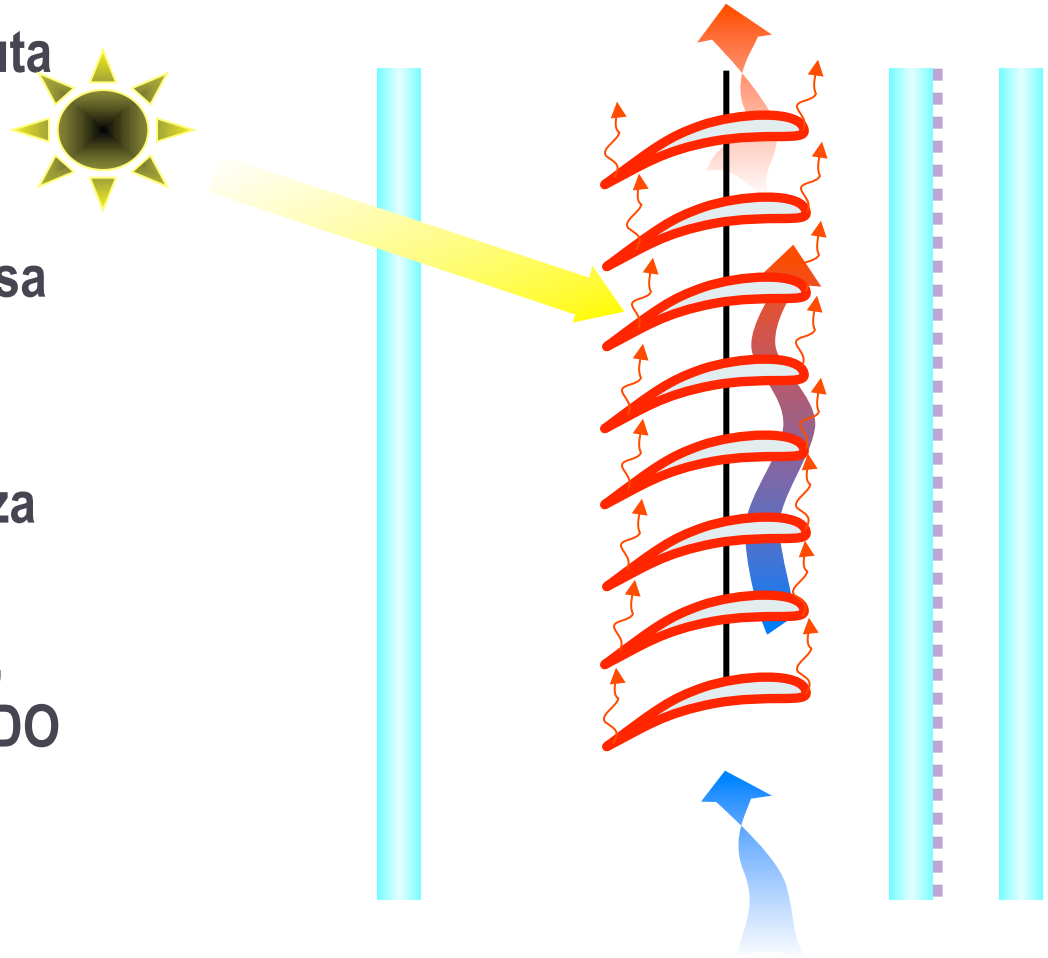
La radiazione solare viene assorbita dallo schermo e ceduta per convezione all'aria che fluisce nell'intercapedine.

Solo una piccola parte attraversa la vetrata interna

L'involucro a doppia pelle permette di coniugare l'assenza di schermature esterne

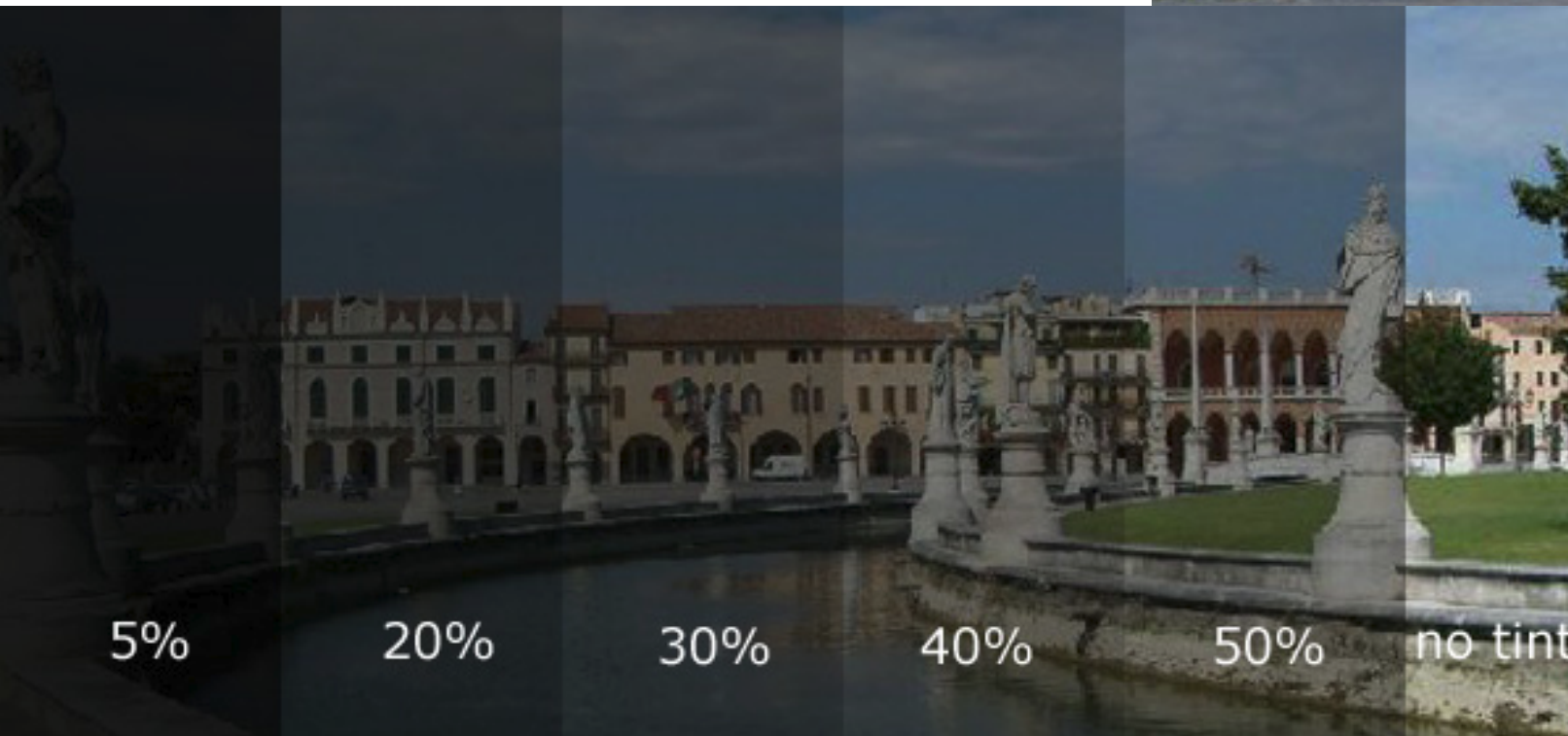
-con un fattore solare variabile, fino a valori bassissimi, QUANDO SERVE

-con una superficie esterna libera, esente da ostacoli



TALVOLTA E' NECESSARIO RIMEDIARE A CATTIVE SCELTE ...le pellicole adesive

possono avere diverse funzioni:
protettive, riflettenti, selettive, di
sicurezza, decorative per interni

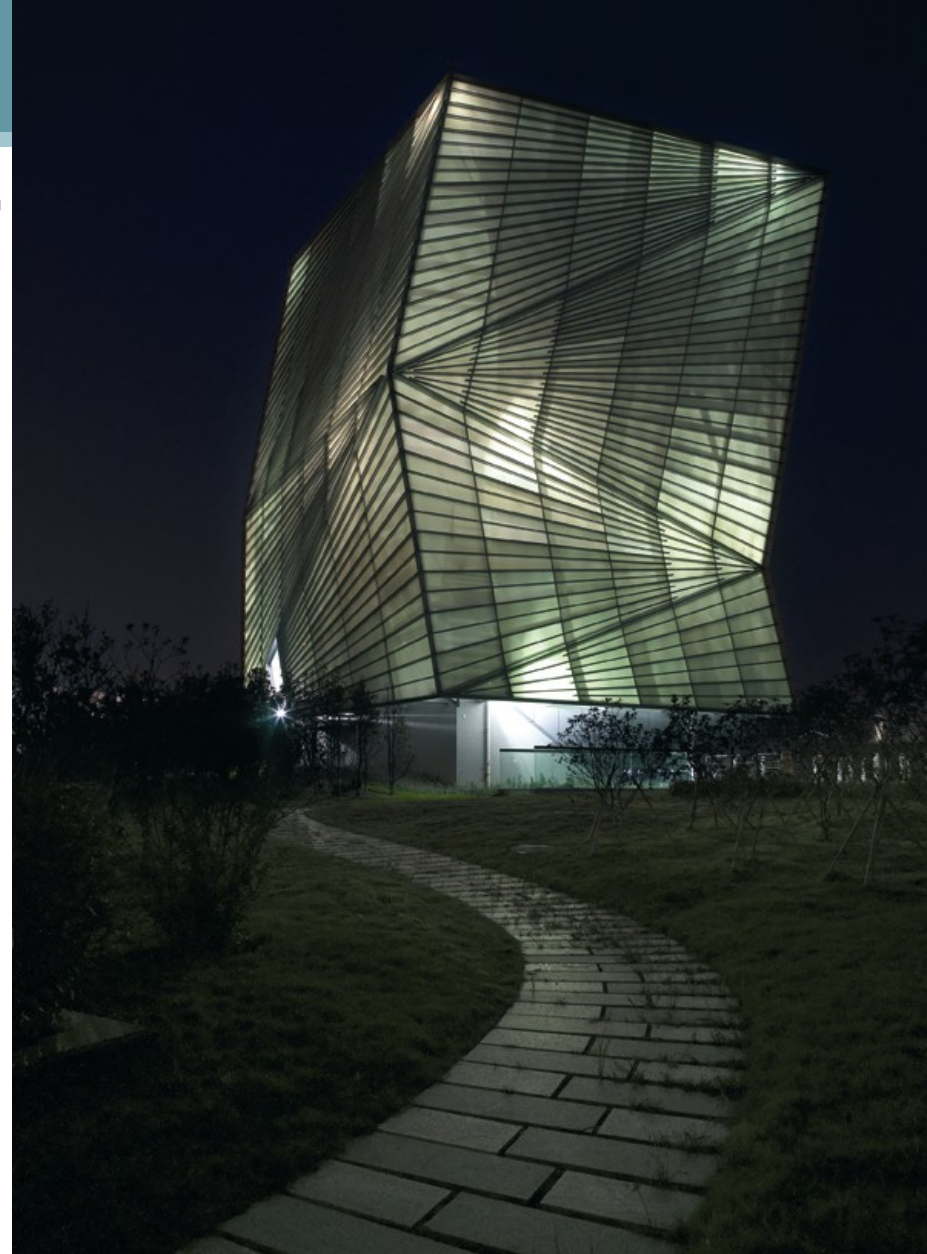
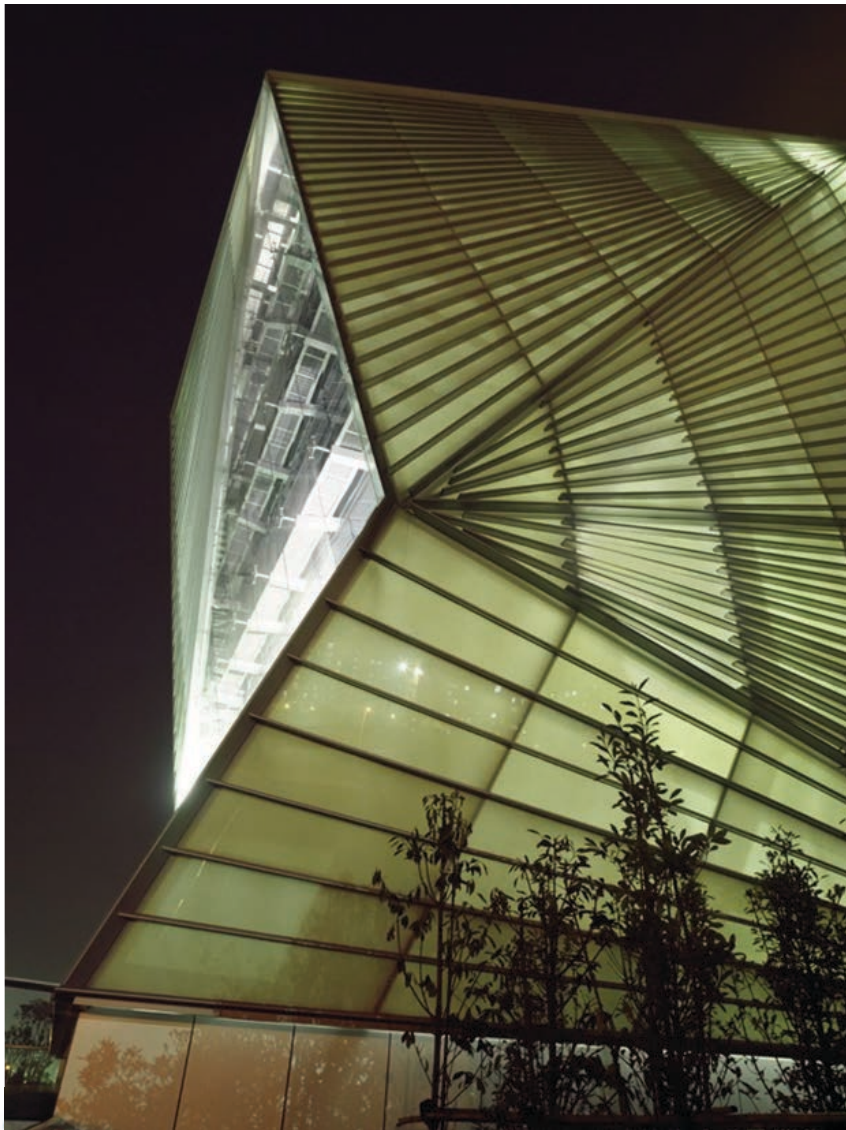


IL KO-LEE INSTITUTE, Ningbo (PRC)



Centre for Sustainable Energy Technologies

Un richiamo alle lanterne cinesi...



.....gli interni



UN INVOLUCRO A DOPPIA PELLE

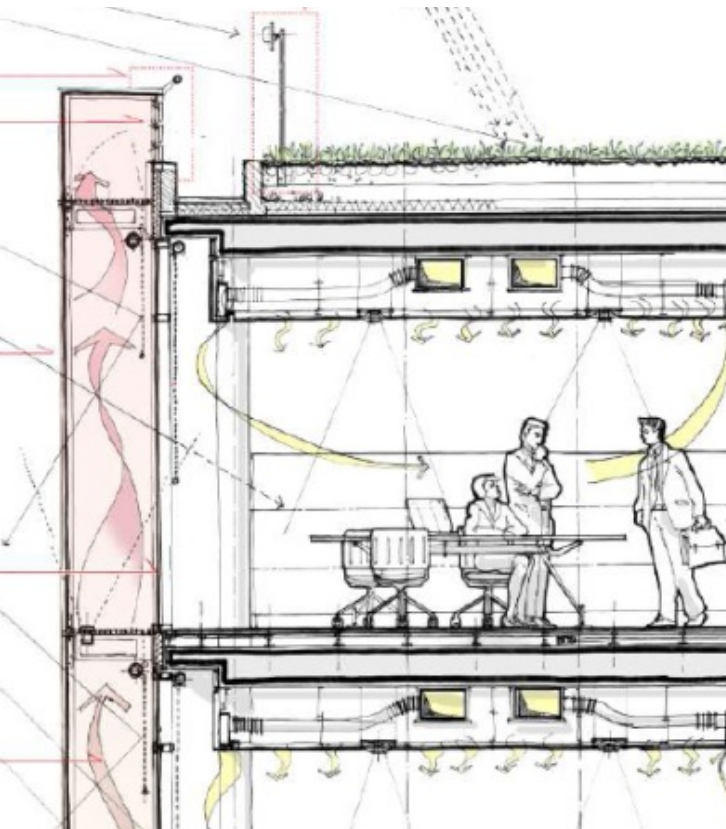
La sede de I GUZZINI



Fonte:
PICHLER STAHLBAU

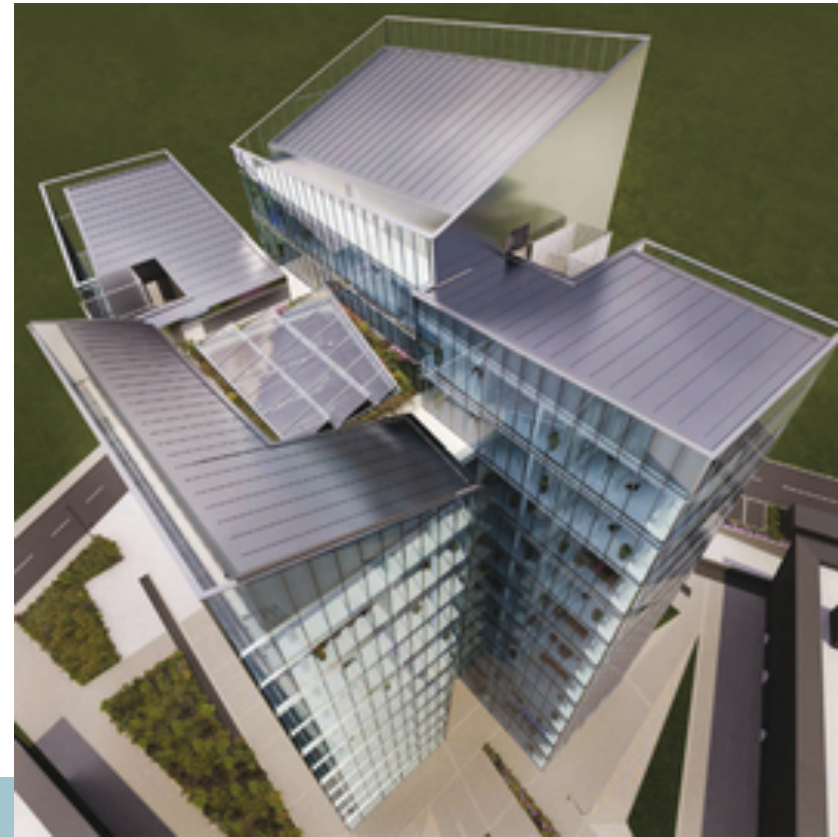
Manens-Tifs s.p.a.

Il funzionamento della doppia pelle



UN RECENTE EDIFICIO: LA TORRE EVA

L' esterno, caratterizzato dalla
facciata a doppia pelle



La corte interna, con la copertura vetrata

La corte interna porta luce fino
all' atrio al piano terra



LA QUALITA' DELL'ARIA PER IL BENESSERE



Un altro tema importante:
la qualità dell'aria interna (IAQ: Indoor Air Quality)
per il controllo dell'umidità
e dei numerosi inquinanti (p.es. VOC)

La soluzione è nell'appropriata ventilazione degli ambienti:

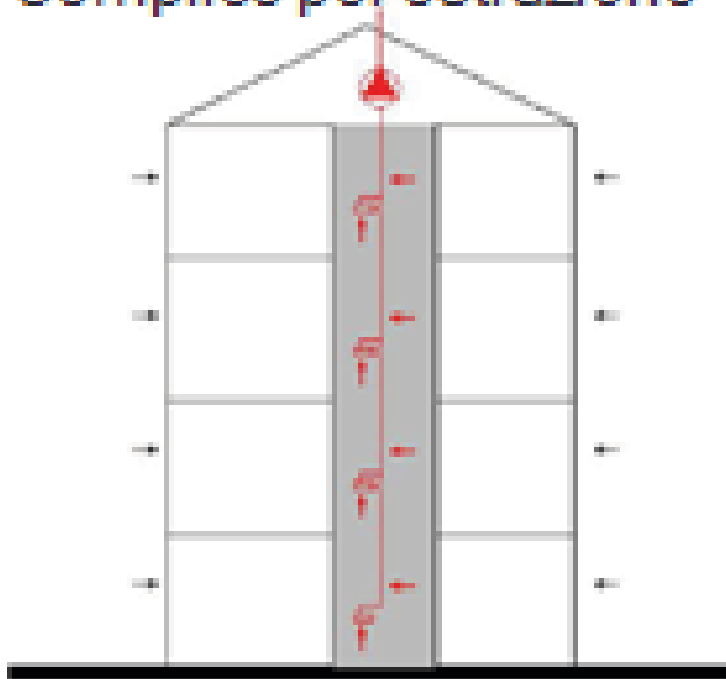
- occorre distinguere tra «aerazione» e «ventilazione»
- ...e, nella ventilazione, tra «ventilazione naturale», «ventilazione meccanica» e «ventilazione ibrida»

Anche in questo caso la normativa europea (EN 15251 e 13779, che usciranno a breve revisionate come EN 16798-1 e EN 16798-3) ha portato notevoli contributi:

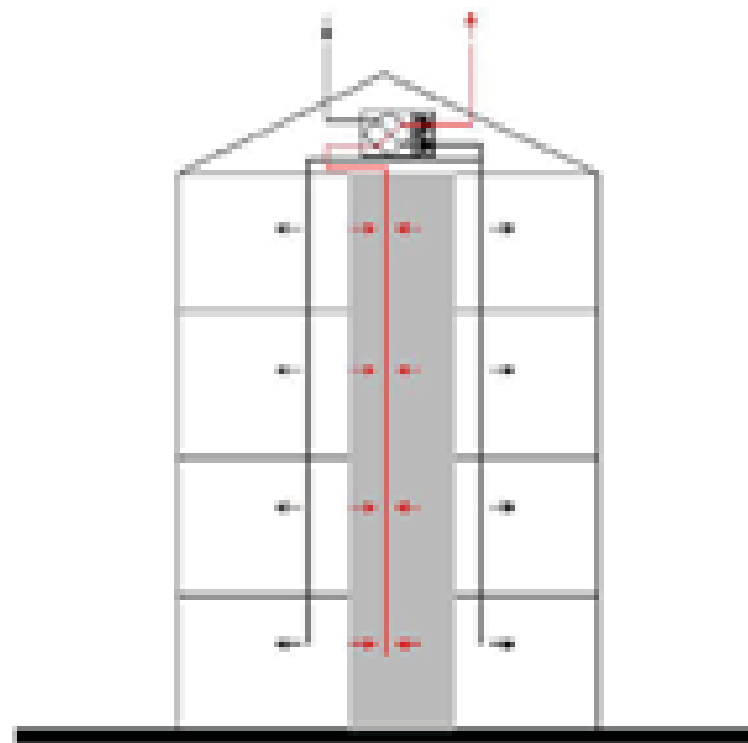
- Il concetto di categorie di qualità
- Il concetto di differenziazione degli edifici in base al grado di inquinamento (Very low polluting, low polluting, nonlow polluting)
- Una determinazione più analitica delle portate in base all'esigenza di rimuovere gli inquinanti di origine antropica (bioeffluenti e simili) e quelli di origine chimica (portata riferita alla superficie sommata a portata riferita alle persone)
- Il concetto di distinzione tra il caso di persone «non adattate» e quello di persone «adattate»

La ventilazione meccanica

Ventilazione a flusso
semplice per estrazione



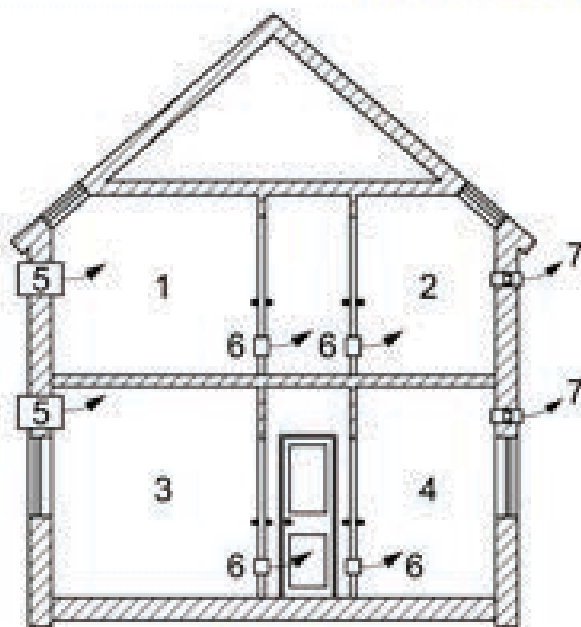
Ventilazione a flusso
bilanciato



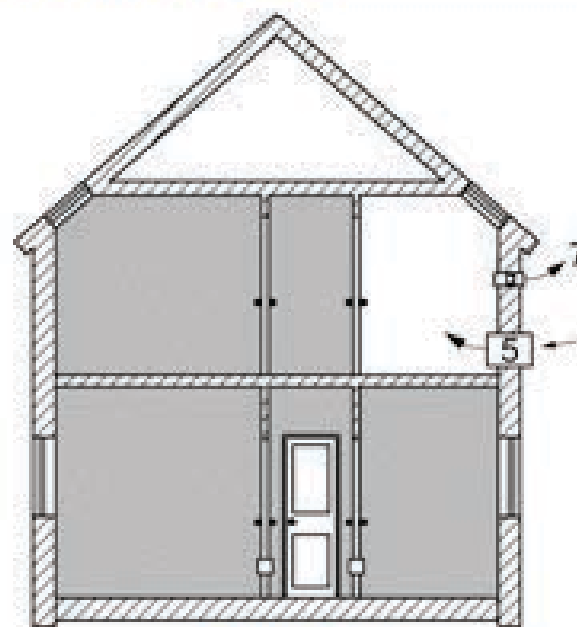
Ventilazione meccanica

La ventilazione meccanica

I sistemi a flusso semplice per immissione (PIV= Positive Pressure Ventilation) da prEN 13141-11



a) for multi-room



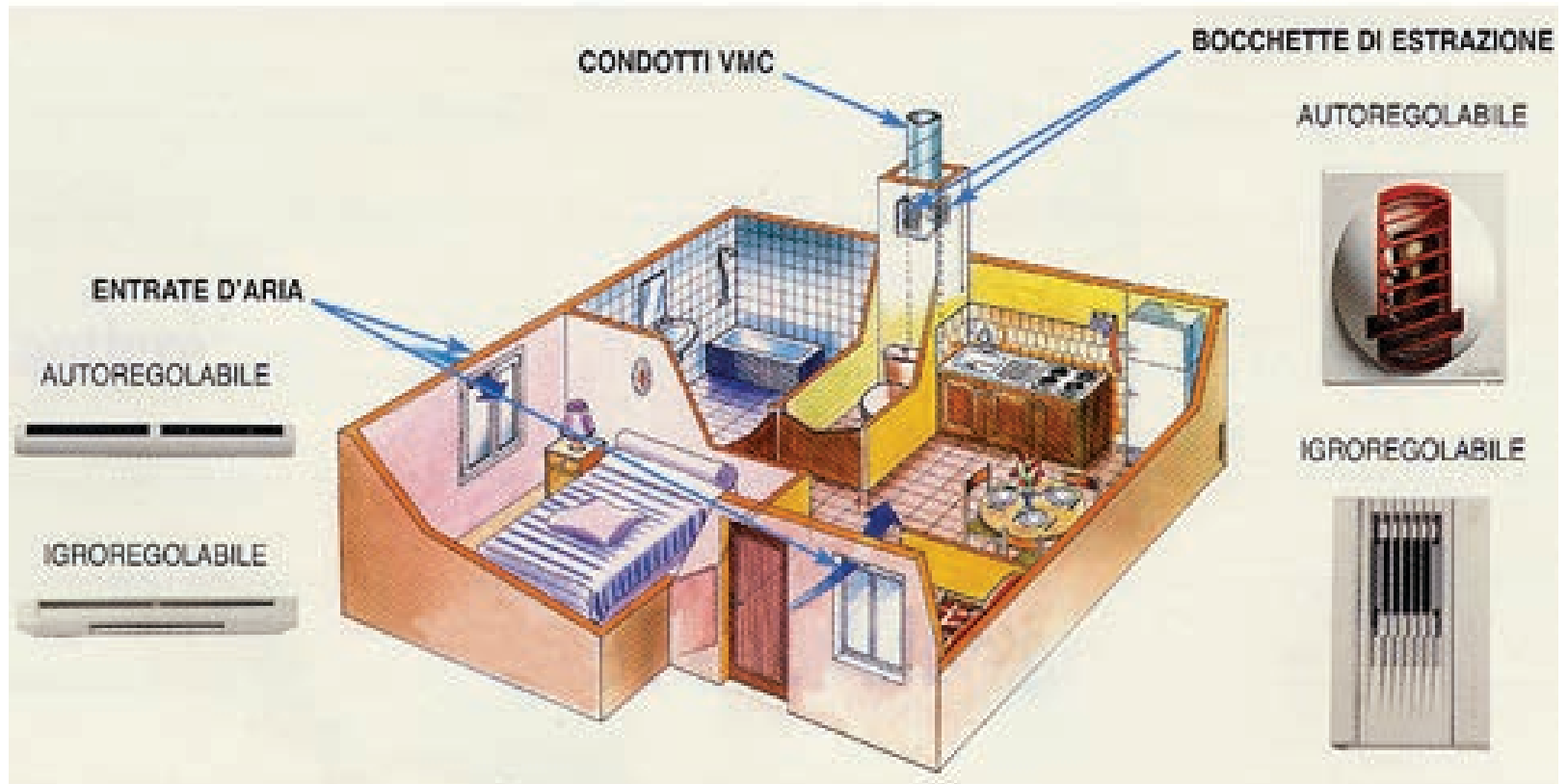
b) for single room

- 5 unit
- 6 internally mounted air transfer device
- 7 externally mounted air transfer device

- 1 habitable room
- 2 wet room
- 3 habitable room
- 4 wet room

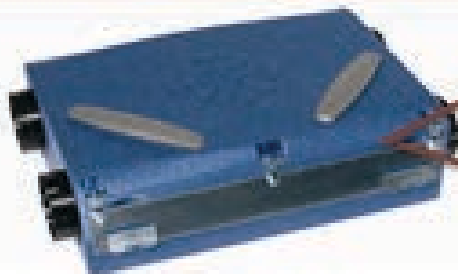
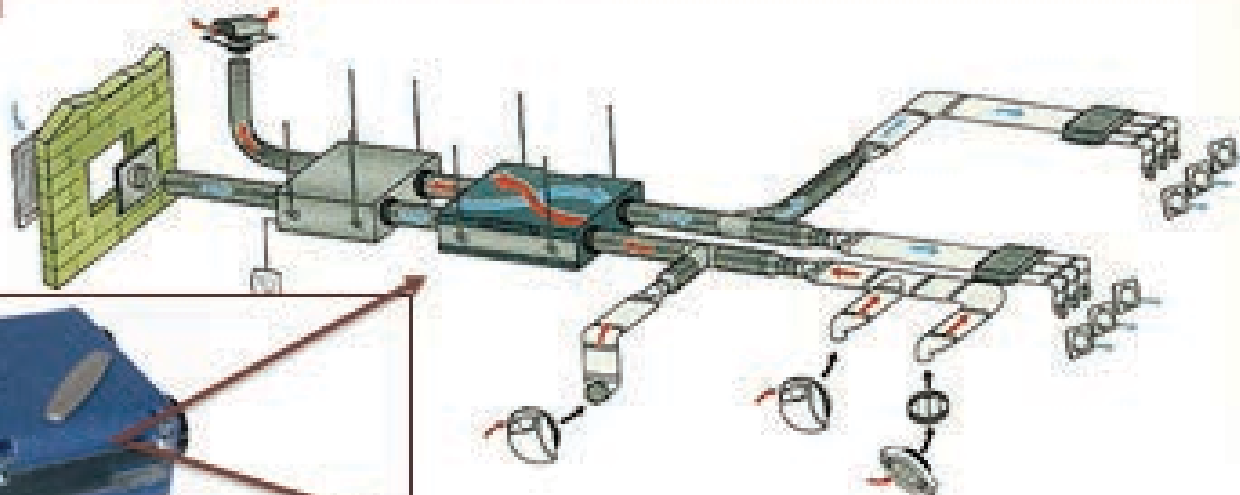
Ventilazione per estrazione

Sistemi a portata fissa «autoregolanti» e a portata variabile «igroregolabili» o «igrosensibili»



Ventilazione a doppio flusso

Uno schema tipo: schema da doc commerciale



Ingombri :

- Lunghezza : 790 mm
- Larghezza : 500 mm
- Altezza : 270 mm

Collegamenti aerulico :

- 4 attacchi Ø 160 mm

Accessori compresi :

- Filtri : filtrazione opacimetrica F3
- Flexibile di evacuazione della condensa
- Bordo con squadra di fissaggio (fissaggio con barra filettata)

Installazione :

- Possibilità di invertire la scambiatore se le reti tubiere sono invertite (immissione a destra anziché a sinistra)
- Installazione orizzontale o pendenza a soffitto. Prevista pendenza per lo scarico della condensa integrata.

Accessorio by-pass :

- Possibilità di integrare l'accessorio by-pass prevedendo in fase di costruzione della centrale un rialzo di 115 mm. Accessorio non immediatamente disponibile.

Materiale :

- Polipropilene espanso.

Nota tecnica :

- Tabella allegato 1.

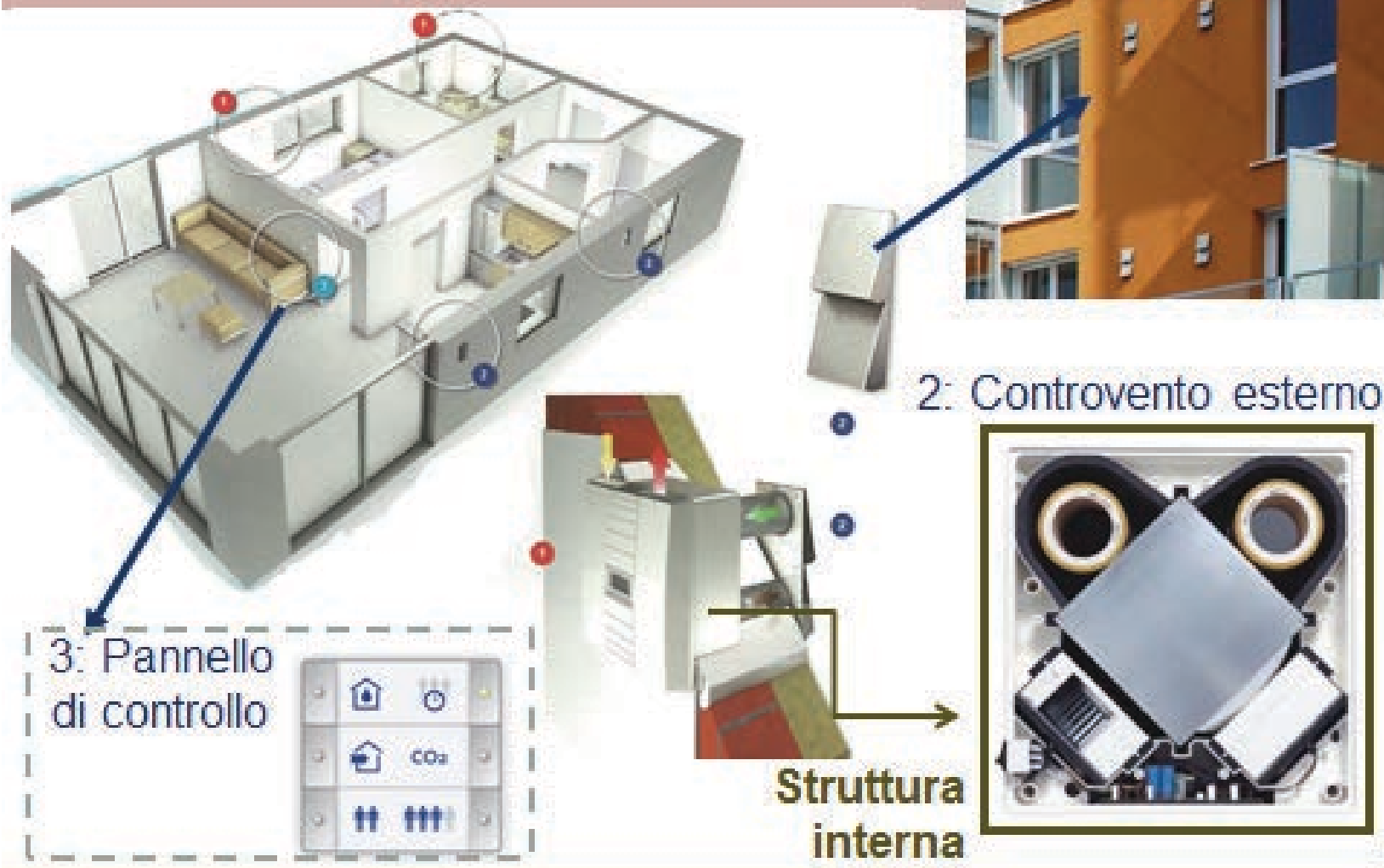
Installazione :

- Installazione a controsoffitto o in vano tecnico.
- Gli accessori per le reti di immissione ed estrazione sono comuni a quelle del sistema Temperature (plenum di ripartizione, bocchette, RMA...)
- Le porte saranno conformi alla normativa vigente.
- Prevedere una resistenza elettrica per lo sbrinatorio.



Ventilazione per singolo ambiente

Unità decentralizzate per installazione a parete





Filtrazione dell'aria in entrata



Esterno



Interno

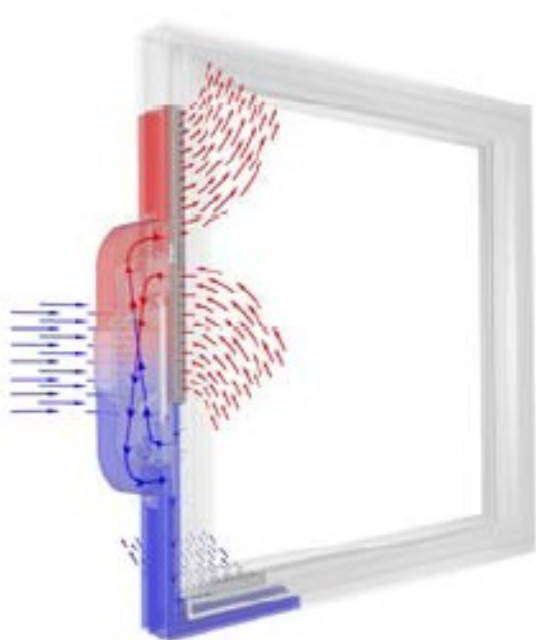


Livello	1	2	3	4	5
Portata Aria (m³/h)	16	24	28	33	40
Potenza assorbita (W)	2,7	4,3	5,6	7,7	12,8

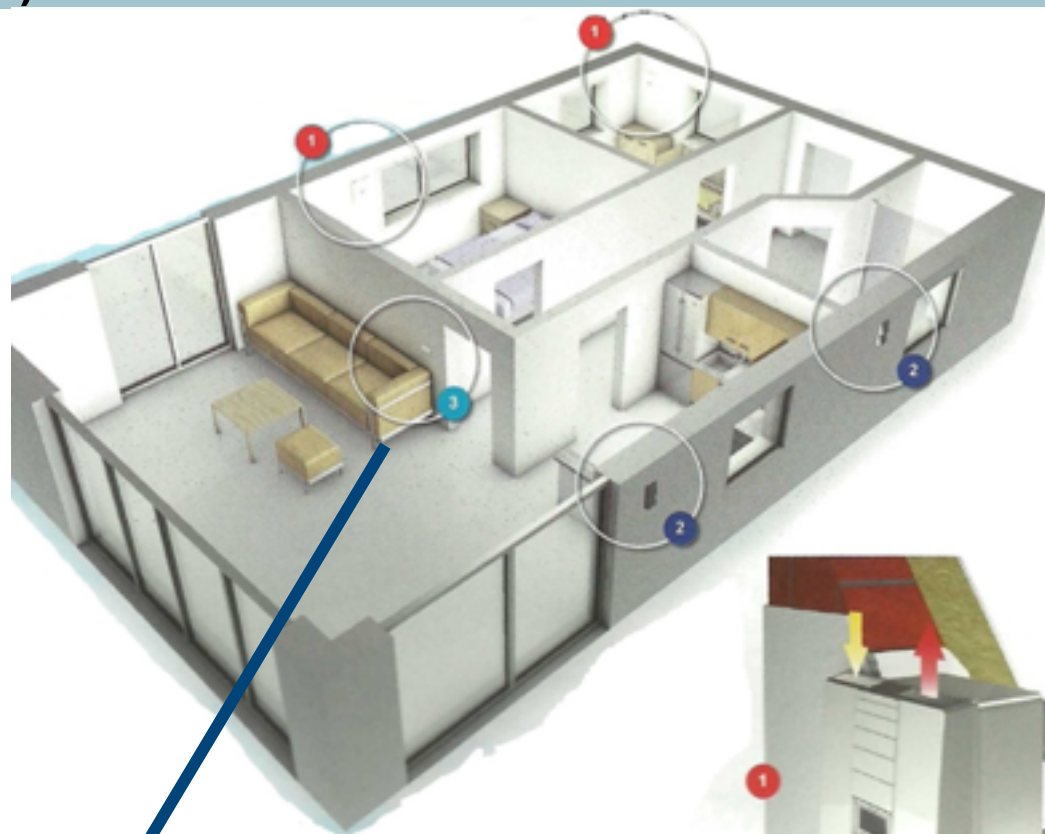


In vista: il recuperatore di calore



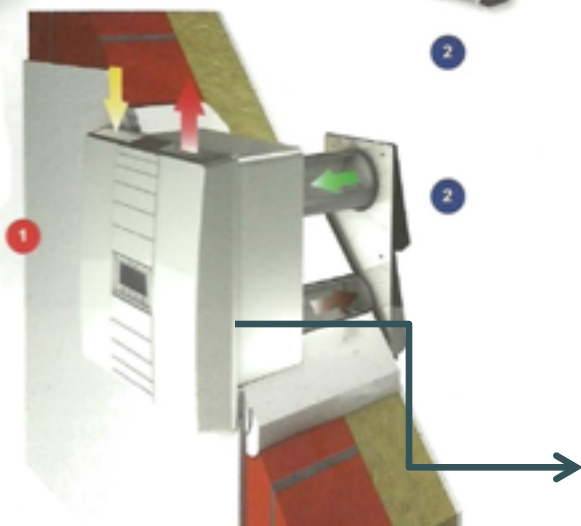


)

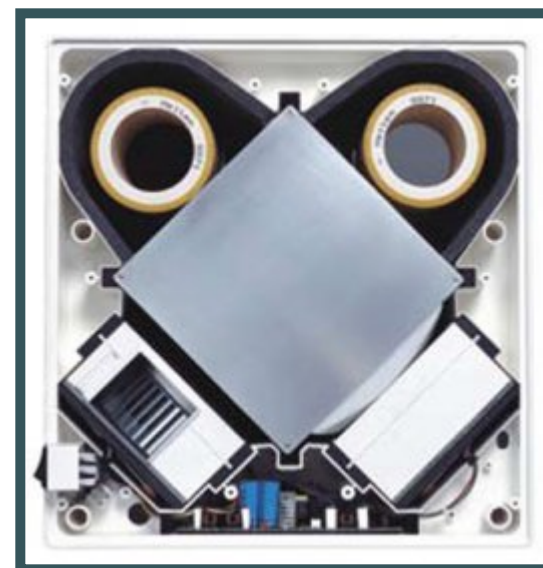


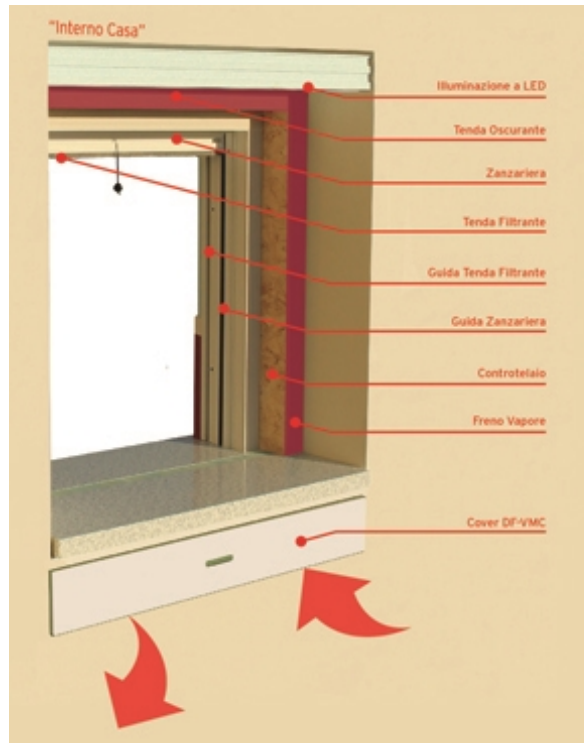
2: Controvento esterno

3: Pannello di controllo



Struttura interna





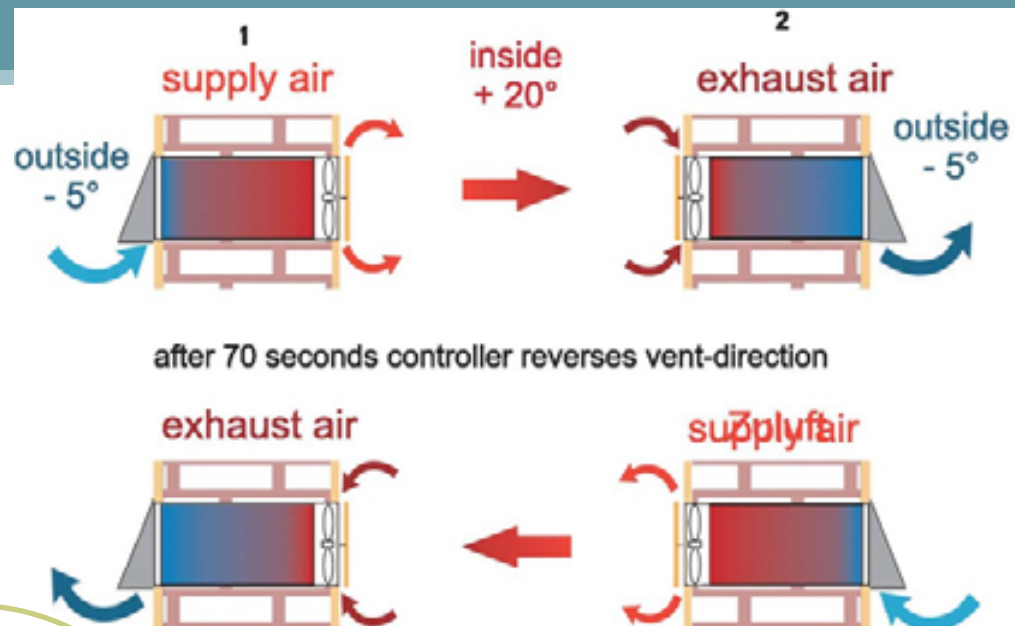
Elemento con cappotto
per permettere
l'espulsione.



Ventilazione meccanica per singolo
ambiente sotto davanzale.



)
Una categoria particolare: sistemi ad
inversione di flusso.



Modalità di funzionamento

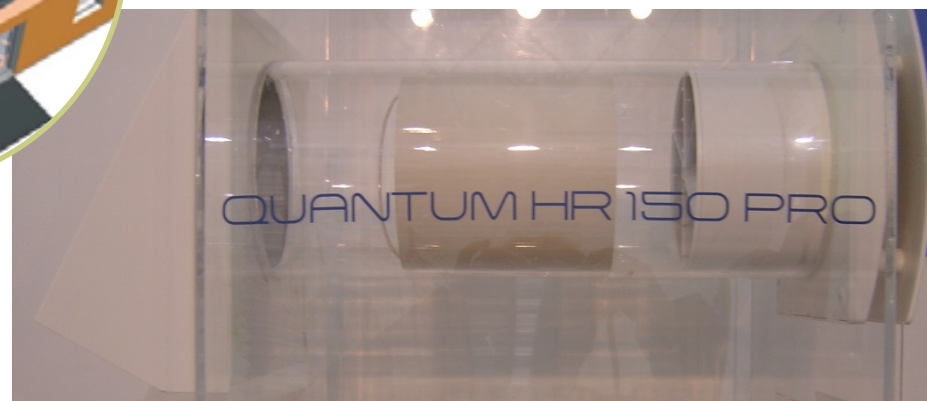


Foto scattate a Klimahouse 2015



Manens-Tifs s.p.a.

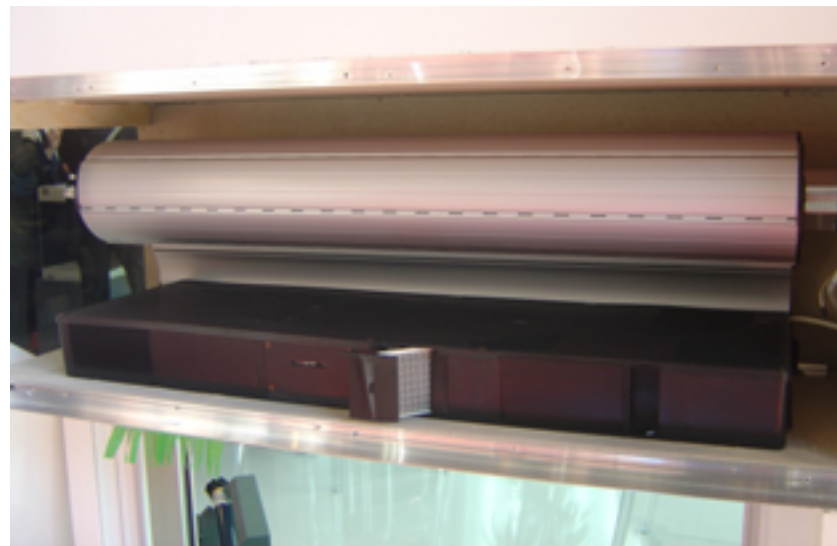
R. Zecchin - 11 maggio 2016



Integrazione architettonica








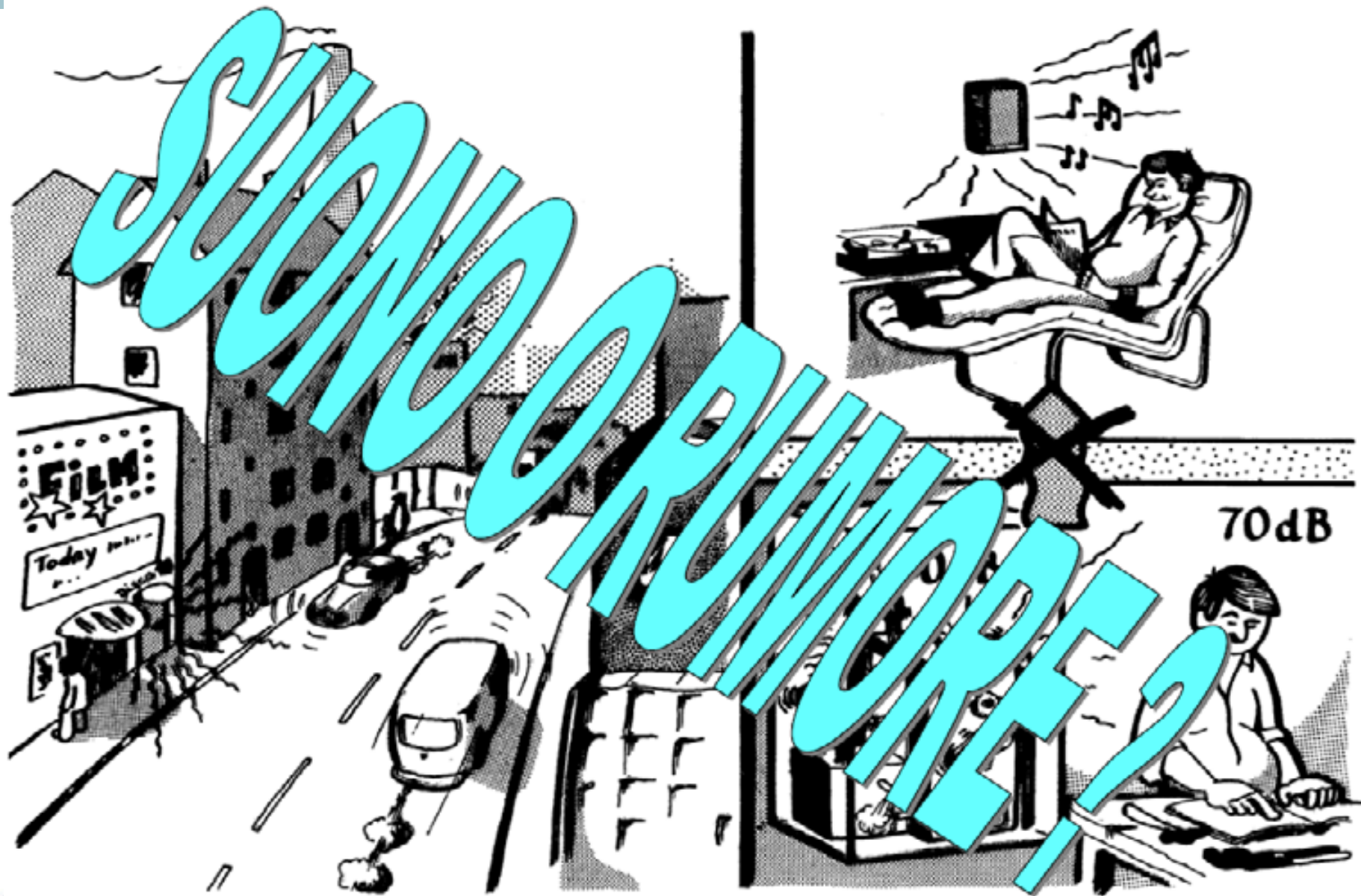
Filtri e loro manutenzione



➤ IL BENESSERE ACUSTICO



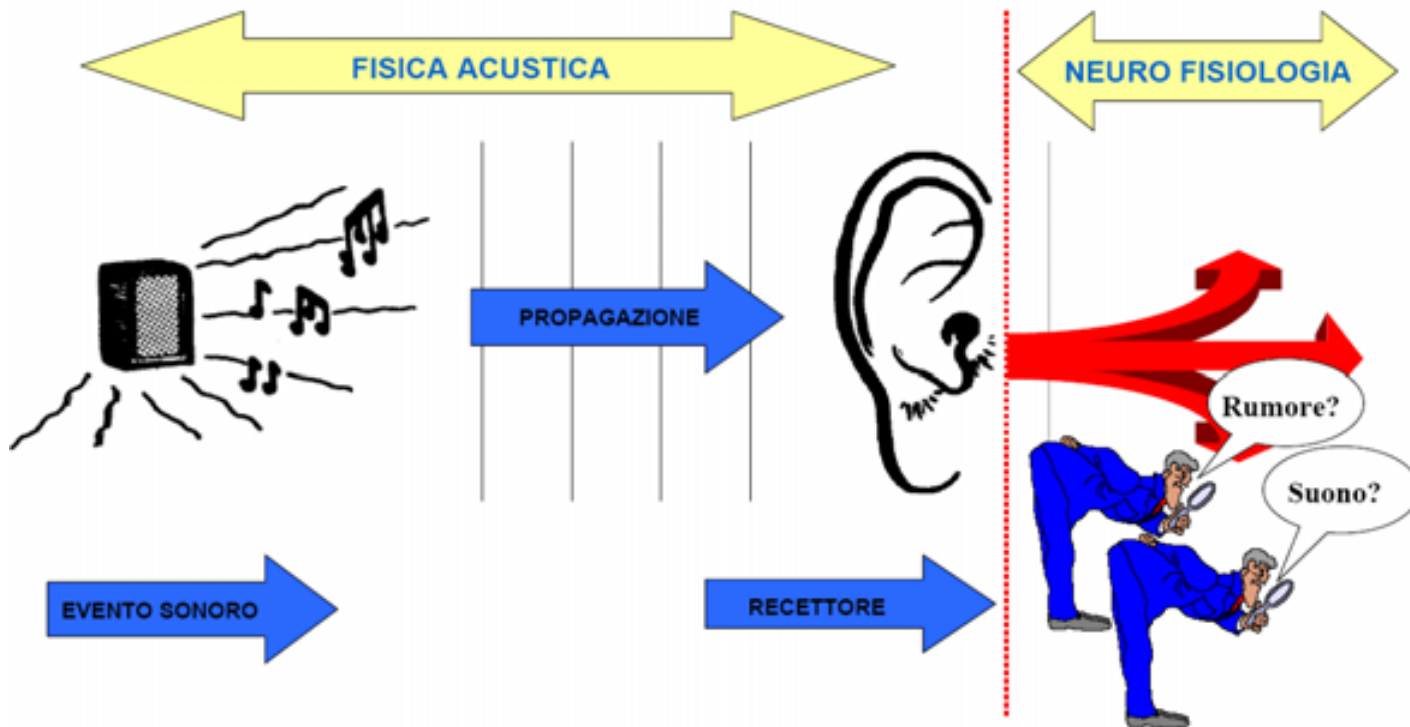
-  **Suono e rumore**
-  **Potenza, pressione, intensità**
-  **Descrittori quantitativi del suono**
-  **Decibel**
-  **Frequenza e lunghezza d'onda**



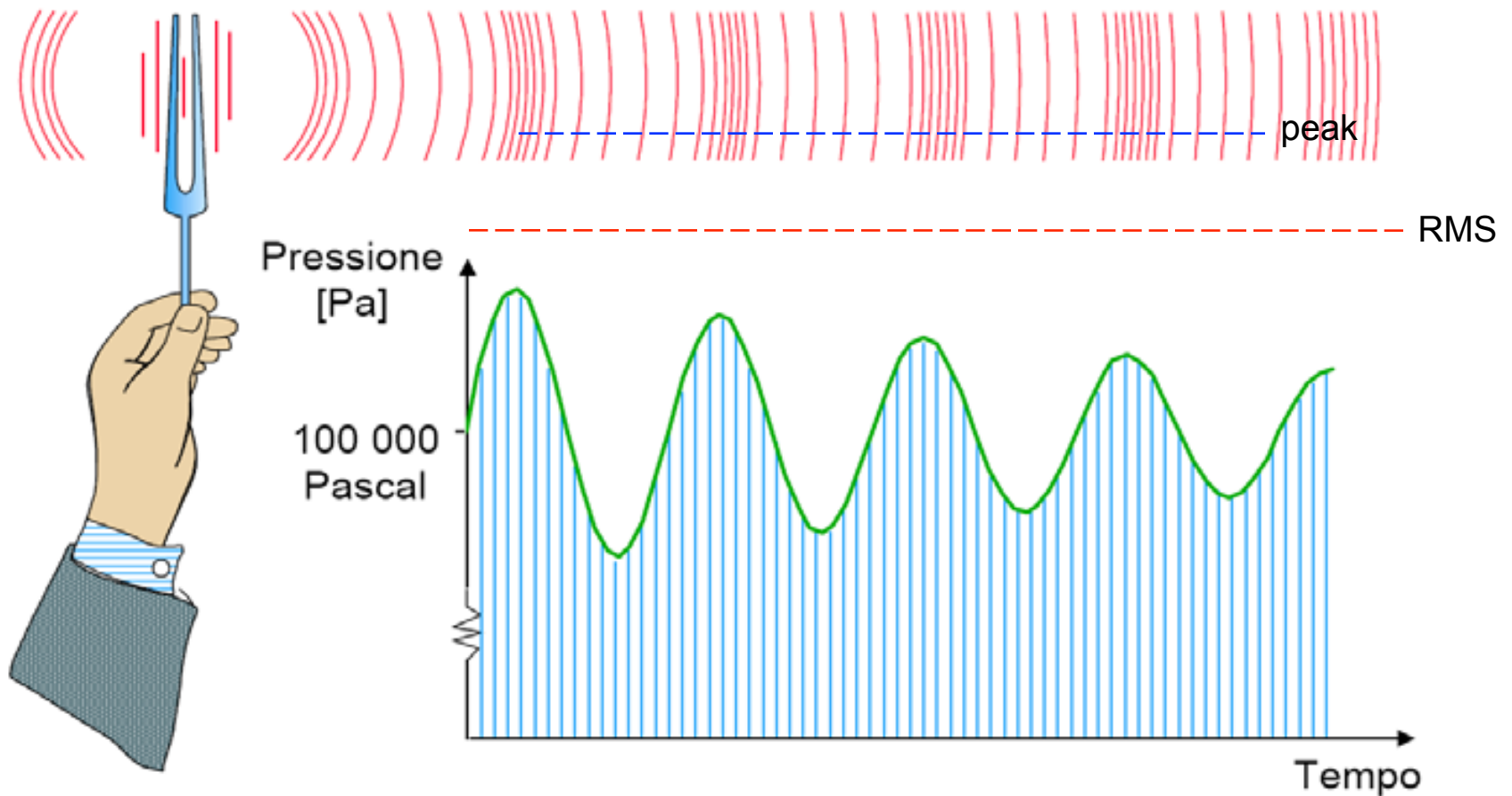
Suono o Rumore?

La stessa manifestazione fisica provoca sensazioni diverse in relazione allo stato psico-fisico-emozionale del recettore; in base, quindi, alla risposta soggettiva del recettore sarà descritta come **SUONO** o come **RUMORE**.

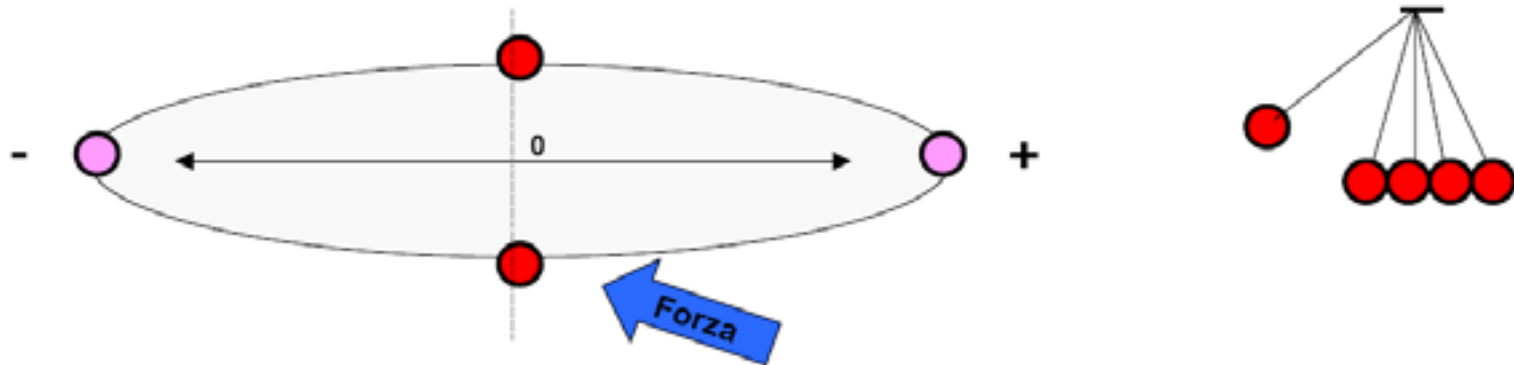
Lo studio dell'acustica



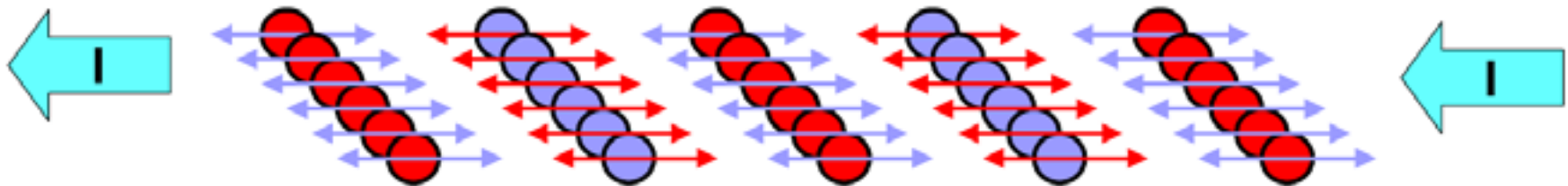
Pressione sonora



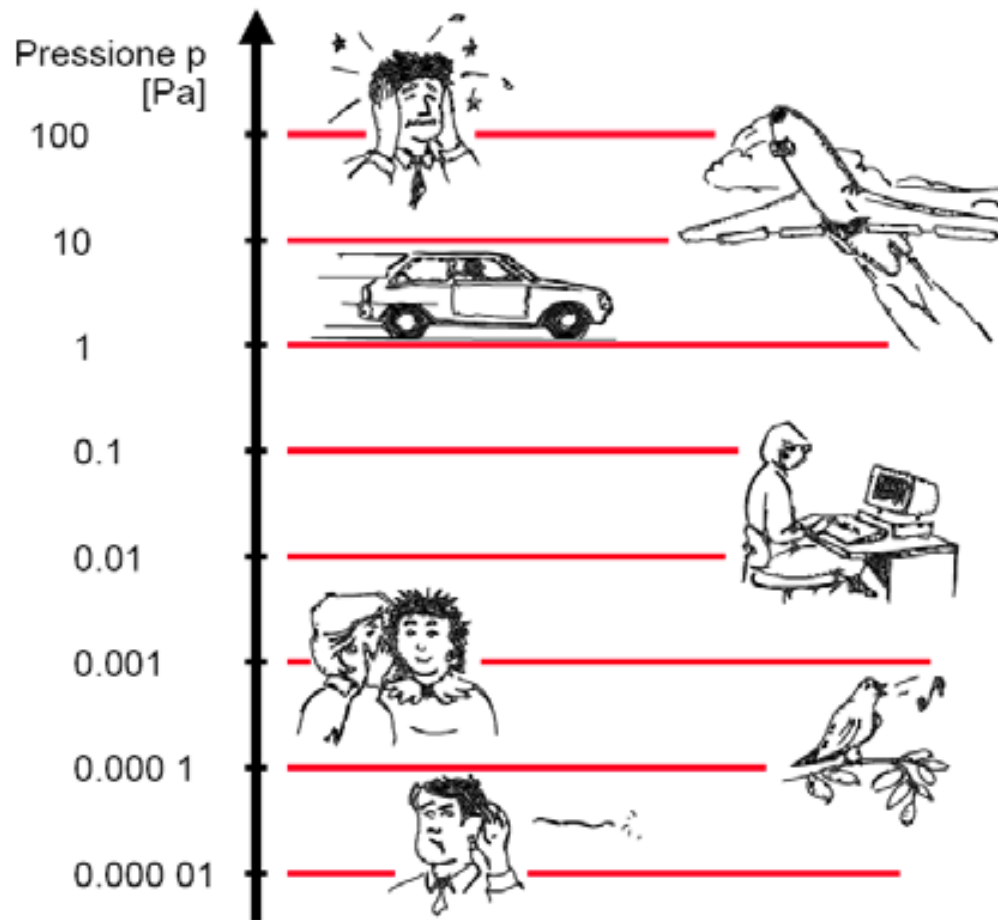
Propagazione dell'energia sonora



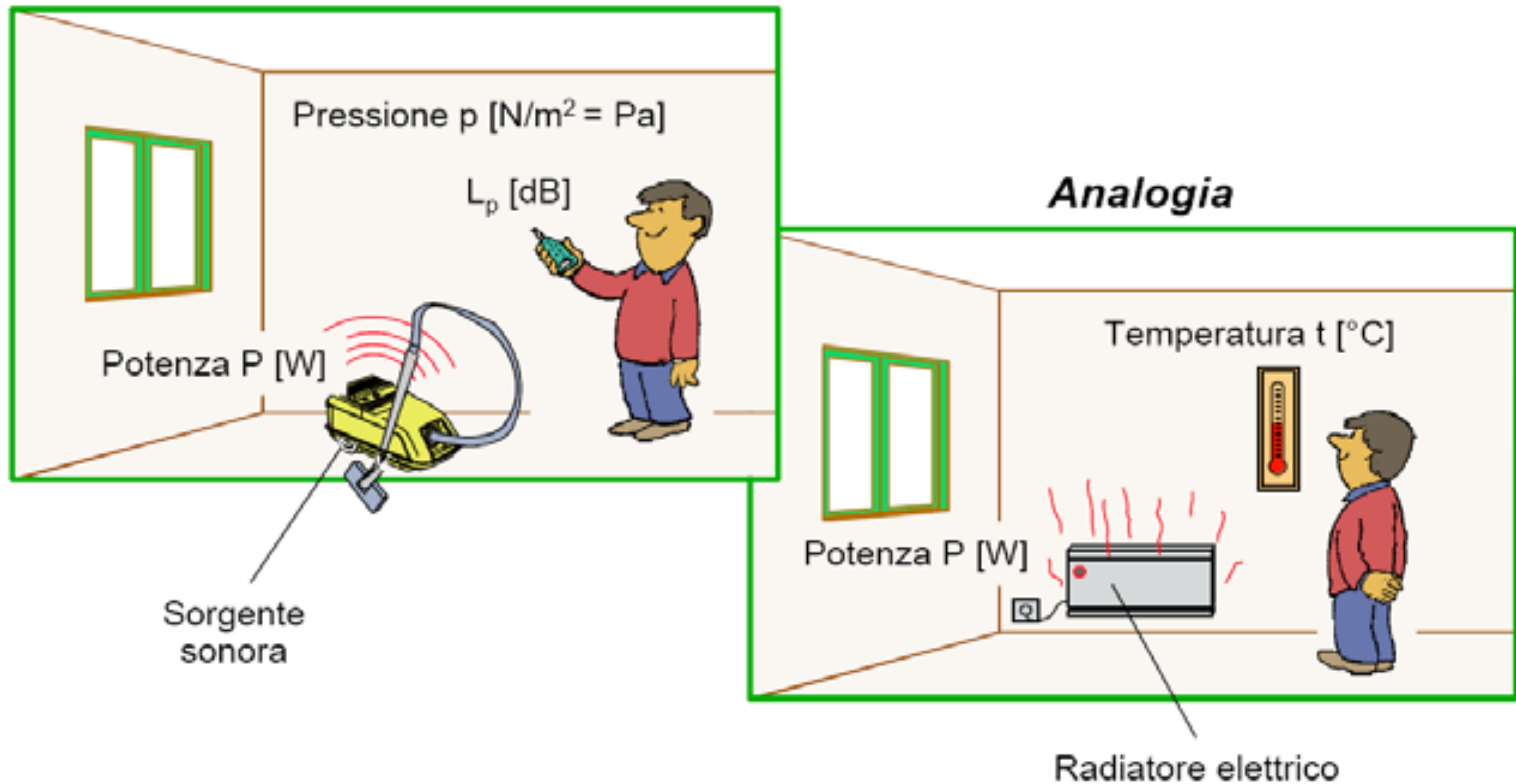
Il movimento delle particelle d'aria



Gamma della pressione sonora

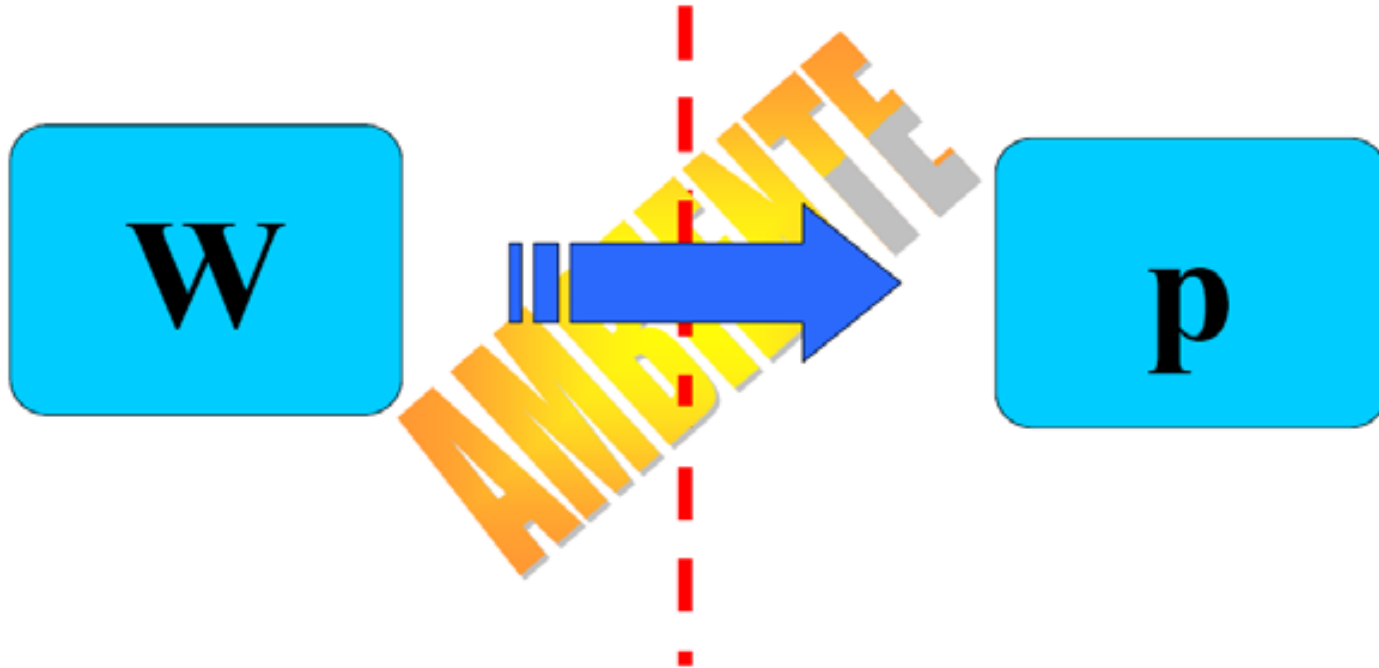


Potenza e pressione



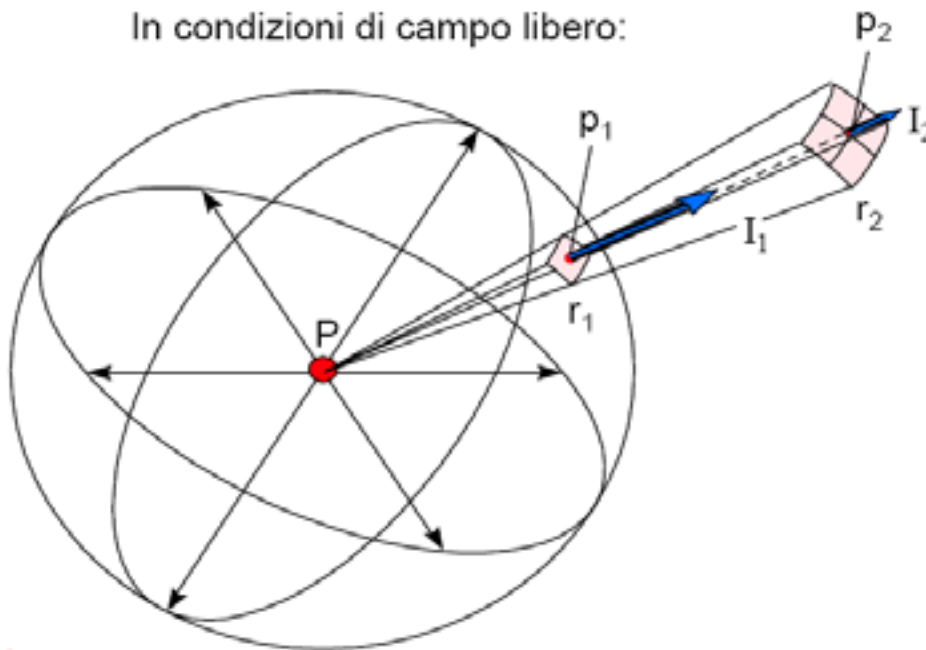
1. La pressione sonora è proporzionale alla potenza sonora installata.
2. La pressione sonora dipende dal punto di misura.
3. La pressione sonora dipende dalle condizioni dell'ambiente in cui è emessa la potenza sonora.

Potenza e pressione: causa ed effetto



Parametri base del suono

In condizioni di campo libero:



Il vettore Intensità sonora, \vec{I} , descrive l'ampiezza e direzione del flusso di energia acustica in una data posizione

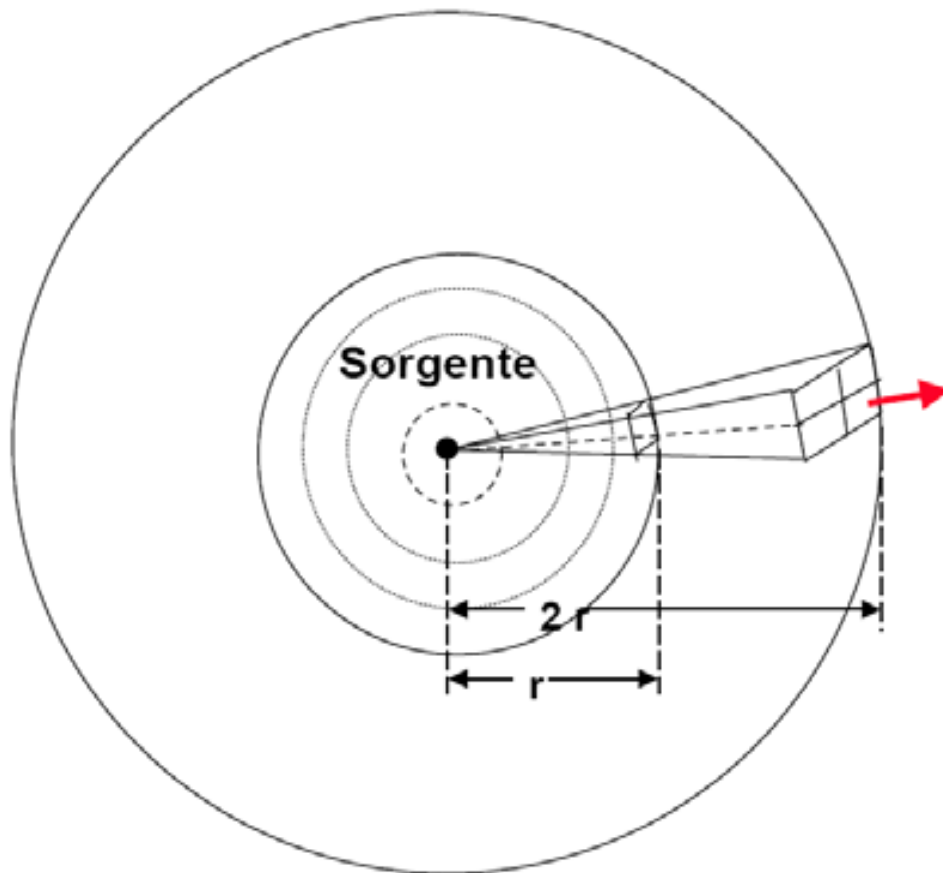
$$I = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{p^2}{\rho c}$$

Potenza: P [W]

Intensità: I [J/s/m²] = W/m²

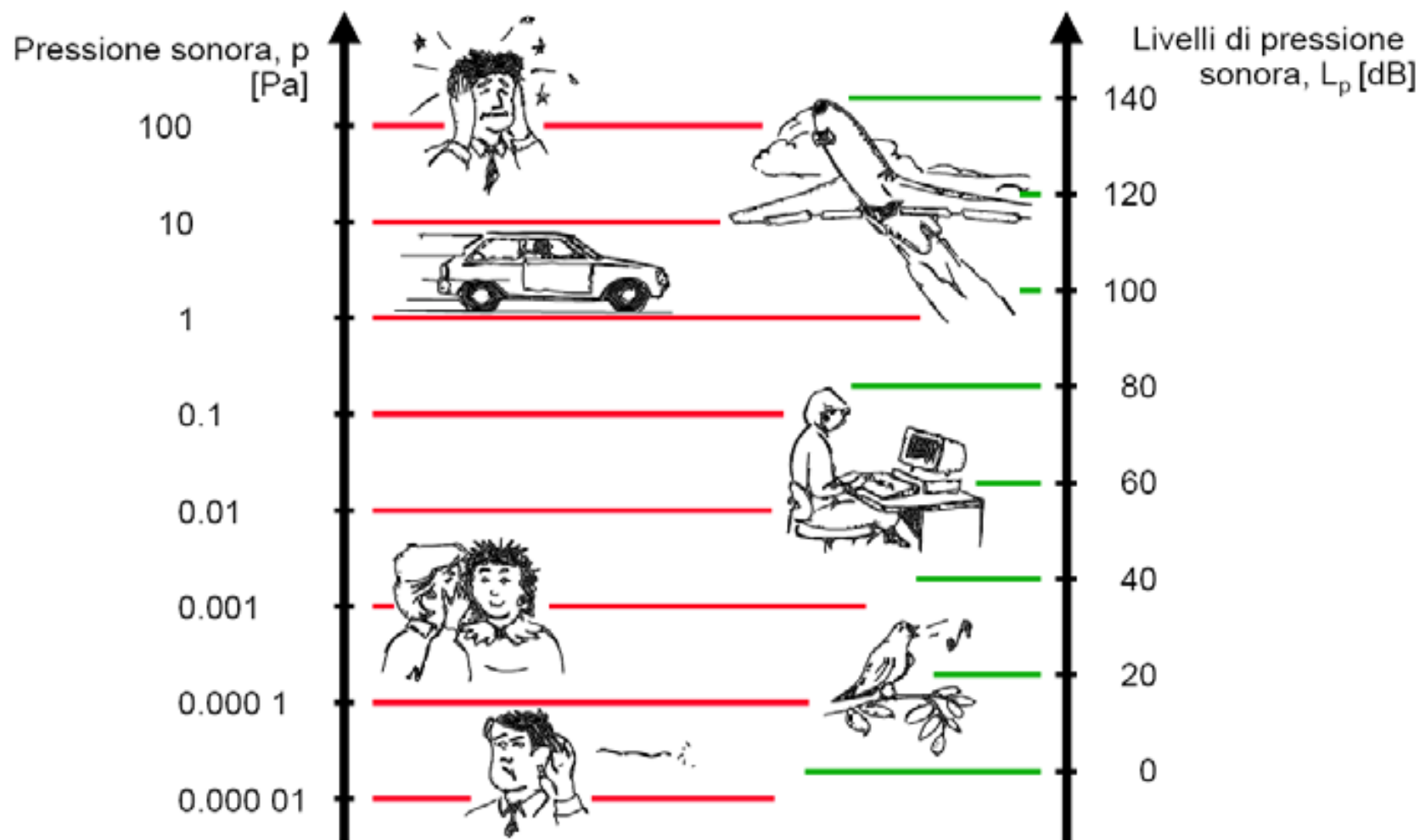
Pressione: p [Pa = N/m²]

Potenza sonora da Intensità Sonora



$$W = \int_s \vec{I} \cdot d\vec{s}$$

Gamma dei livelli di pressione sonora



Cos'è il dB?

10 volte il logaritmo, in base 10, del rapporto tra il valore corrente di una grandezza energetica e quello assunto come riferimento:

$$\text{dB} = 10 \cdot \log_{10}(X / X_0)$$

- Il riferimento X_0 deve sempre essere precisato nell'esprimere un valore in dB
- Un rapporto tra grandezze omogenee è adimensionale; il dB non è, quindi, una unità di misura.

Il decibel in acustica

$$\text{dB} = 10 \cdot \log_{10}(X / X_0)$$

$X_0 =$	$(p_0)^2$	$= (2 \cdot 10^{-5})^2$	Pa
	I_0	$= 10^{-12}$	W/m ²
	W_0	$= 10^{-12}$	W

$$\text{dB} = 10 \cdot \log_{10}(p^2 / p_0^2)$$

$$\text{dB} = 10 \cdot \log_{10}(I / I_0)$$

$$\text{dB} = 10 \cdot \log_{10}(W / W_0)$$

$$L_p = 10 \cdot \log \left(\frac{p}{p_0} \right)^2 \text{ dB re } 20 \mu\text{Pa}$$

$$(p_0 = 20 \mu\text{Pa} = 20 \cdot 10^{-6} \text{ Pa})$$

ESEMPI

$$p = 1 \text{ Pa}$$

$$L_p = 10 \cdot \log \left(\frac{1}{20 \cdot 10^{-6}} \right)^2$$

$$L_p = 10 \cdot \log(50000)^2$$

$$L_p = 94 \text{ dB}$$

$$p = 31,7 \text{ Pa}$$

$$L_p = 10 \cdot \log \left(\frac{31,7}{20 \cdot 10^{-6}} \right)^2$$

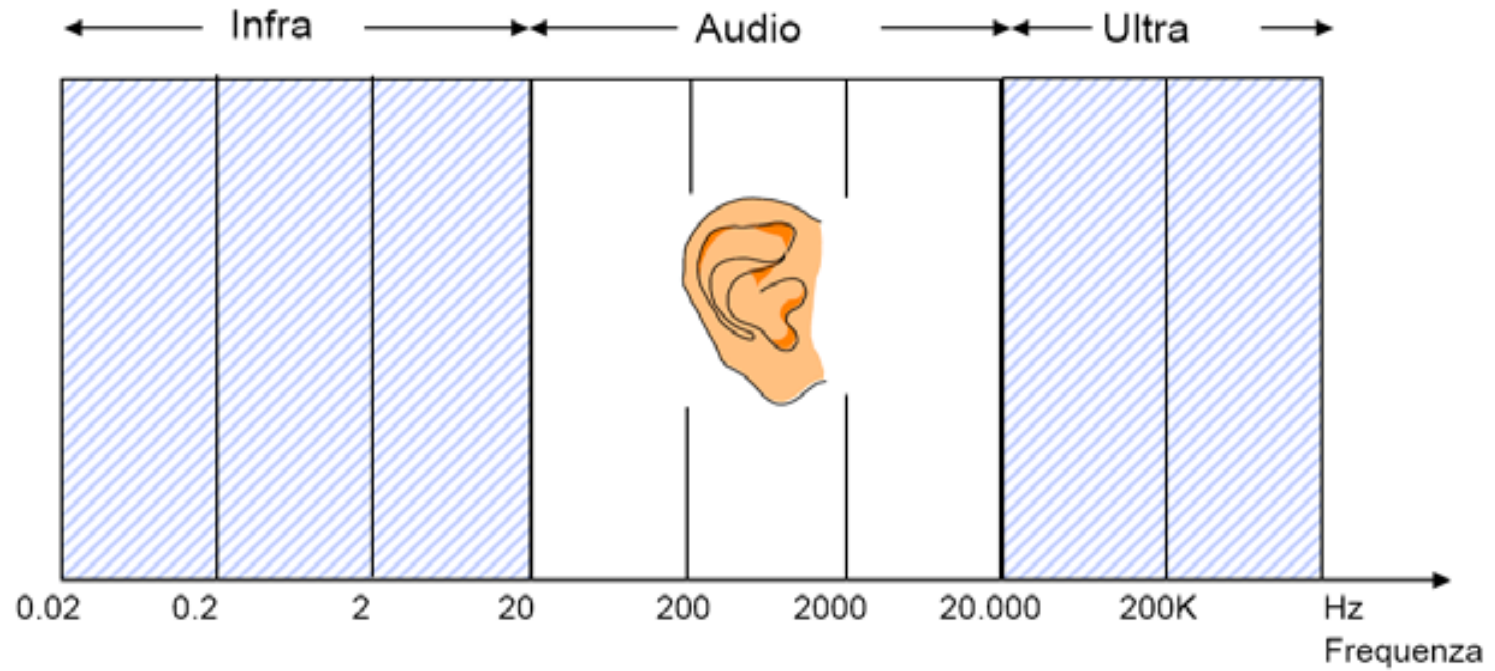
$$L_p = 10 \cdot \log(1,58 \cdot 10^6)^2$$

$$L_p = 124 \text{ dB}$$

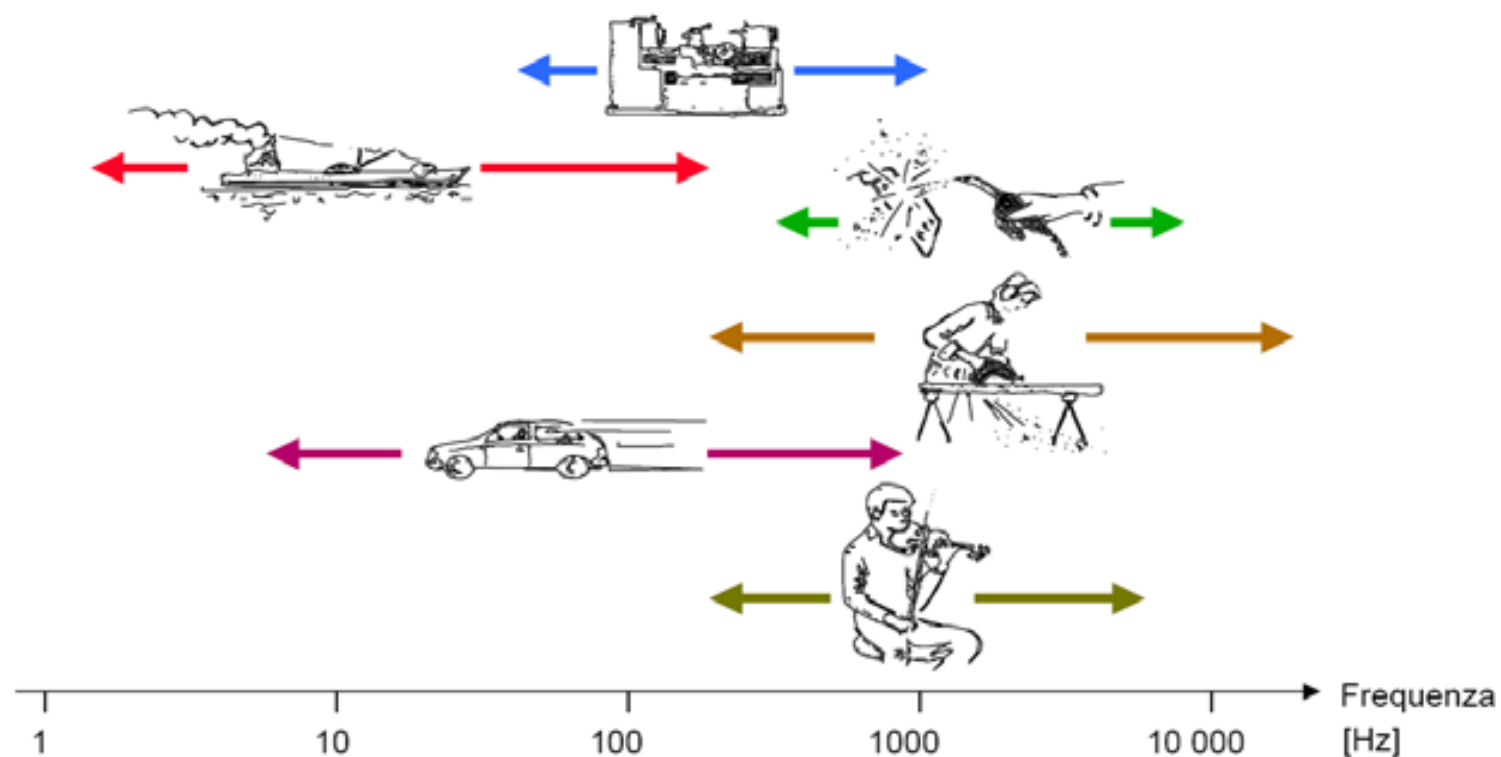
Perché il decibel?

- Per poter lavorare con una gamma ridotta di valori.
- La risposta del sistema uditivo non è lineare, ma logaritmica.

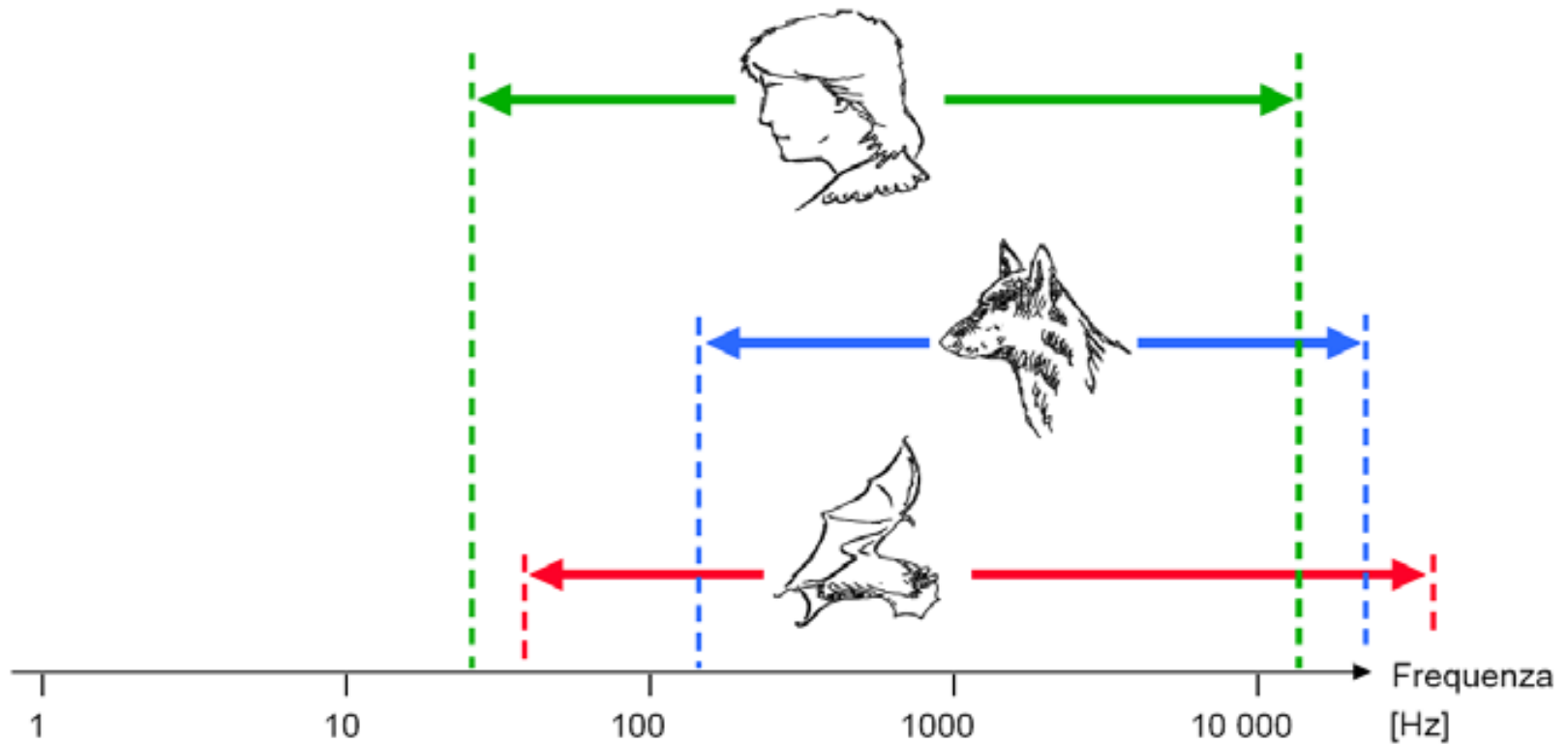
La frequenza



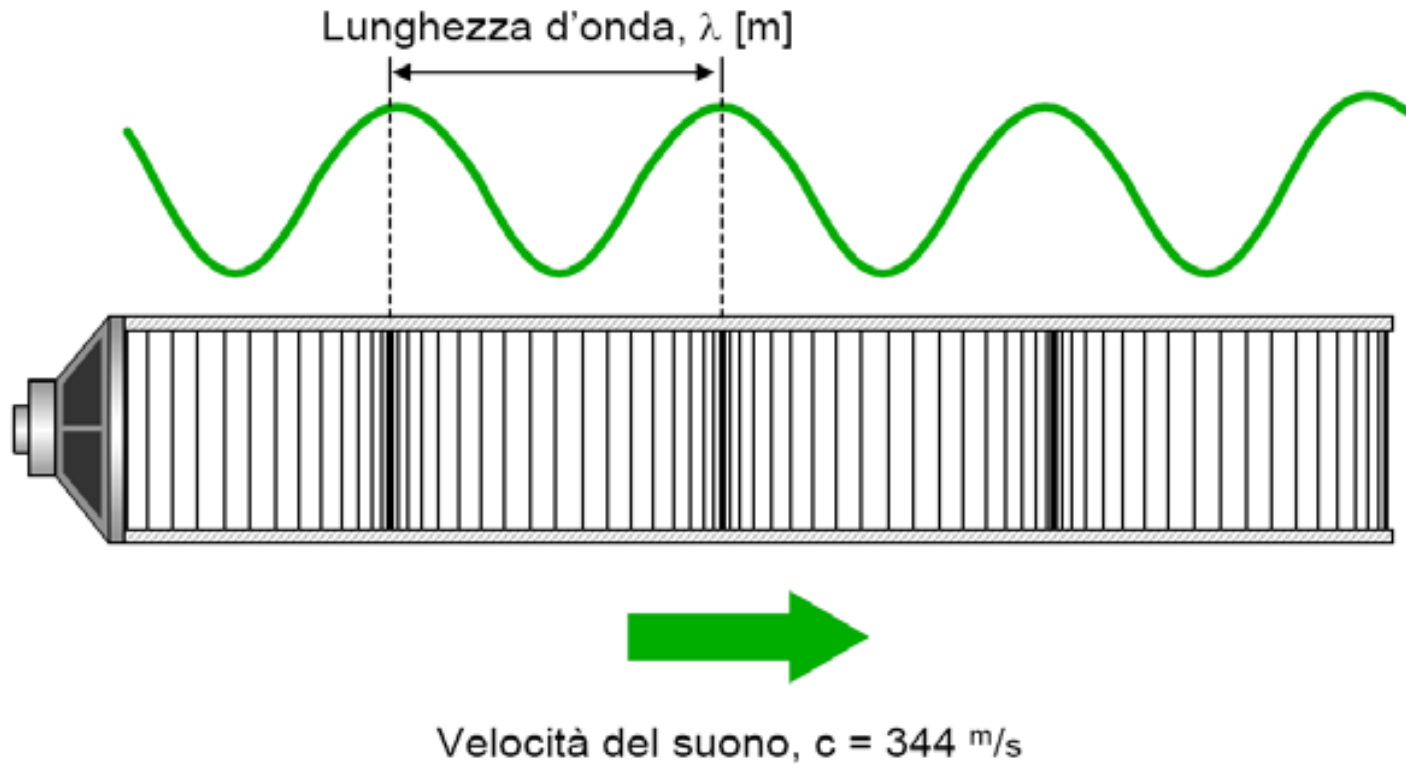
Gamma di frequenze di alcune sorgenti sonore



Gamma udibile

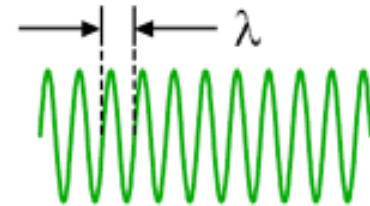
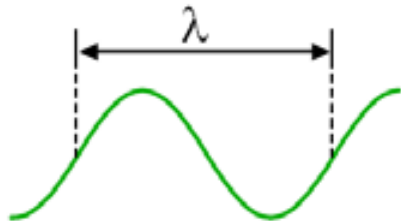


Lunghezza d'onda

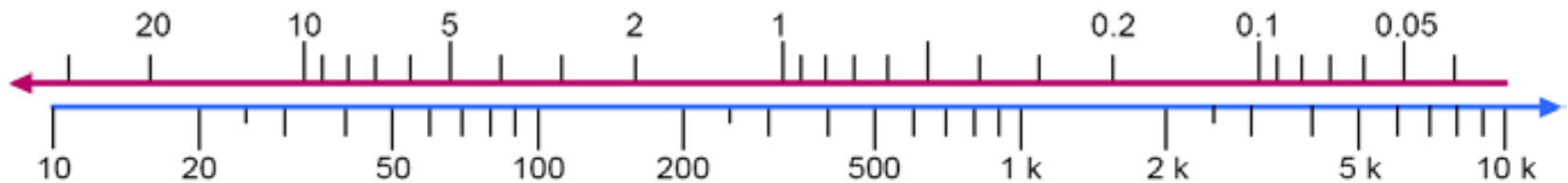


Lunghezza d'onda e frequenza

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

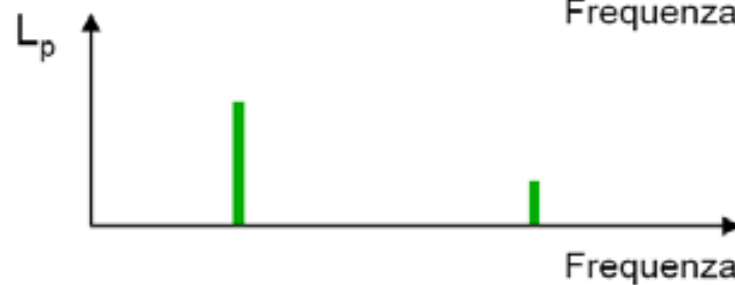
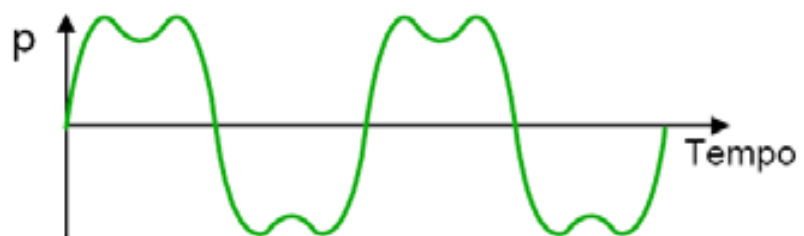
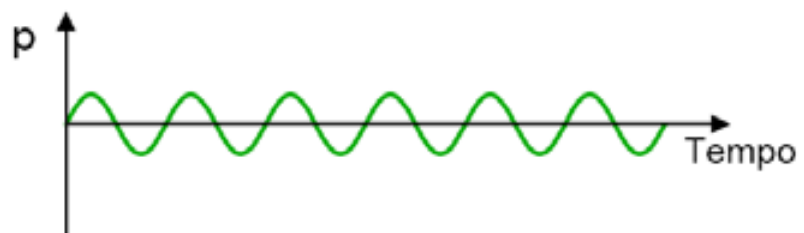
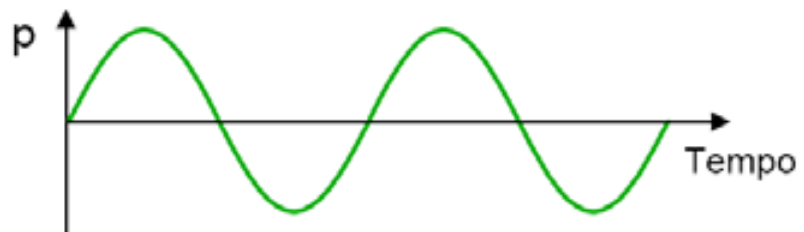


Lunghezza d'onda, λ [m]

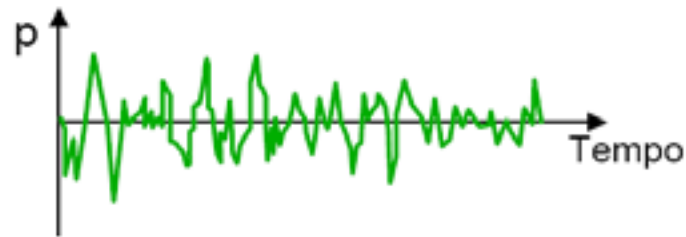
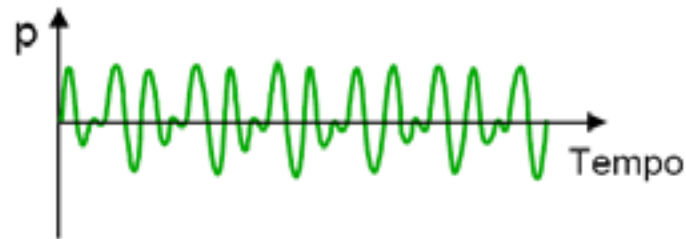


Frequenza, f [Hz]

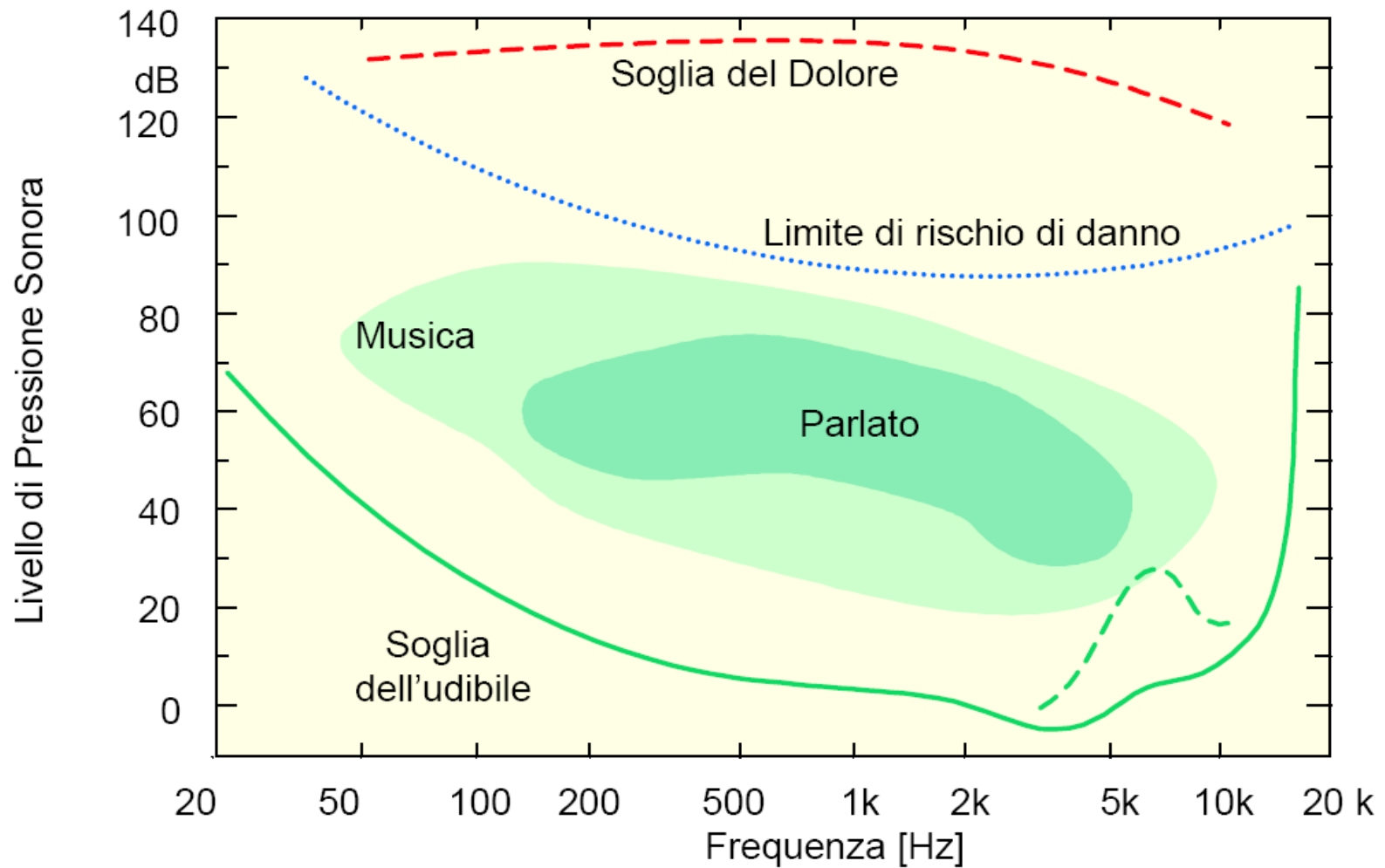
Forme d'onda e frequenze



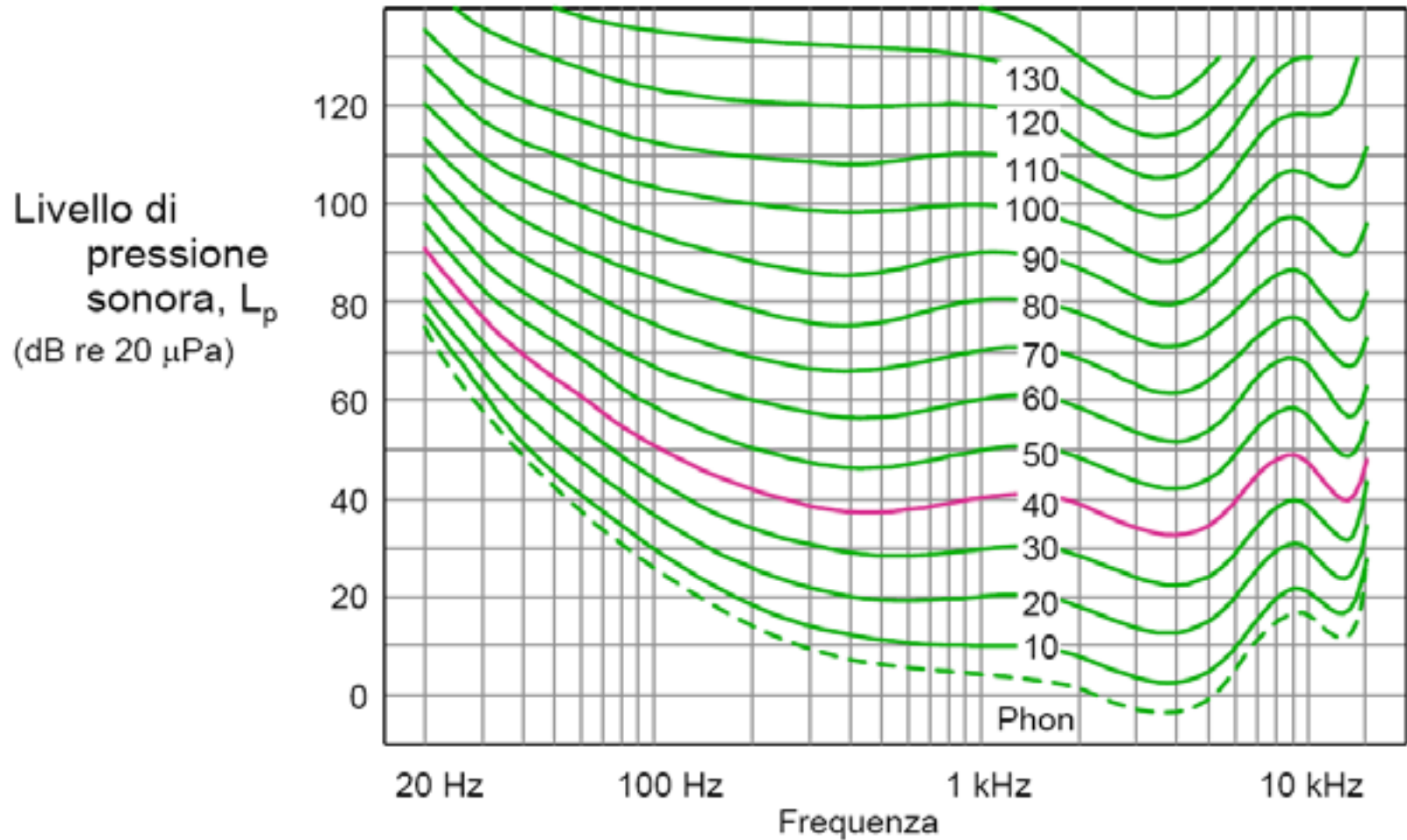
Segnali di rumori tipici



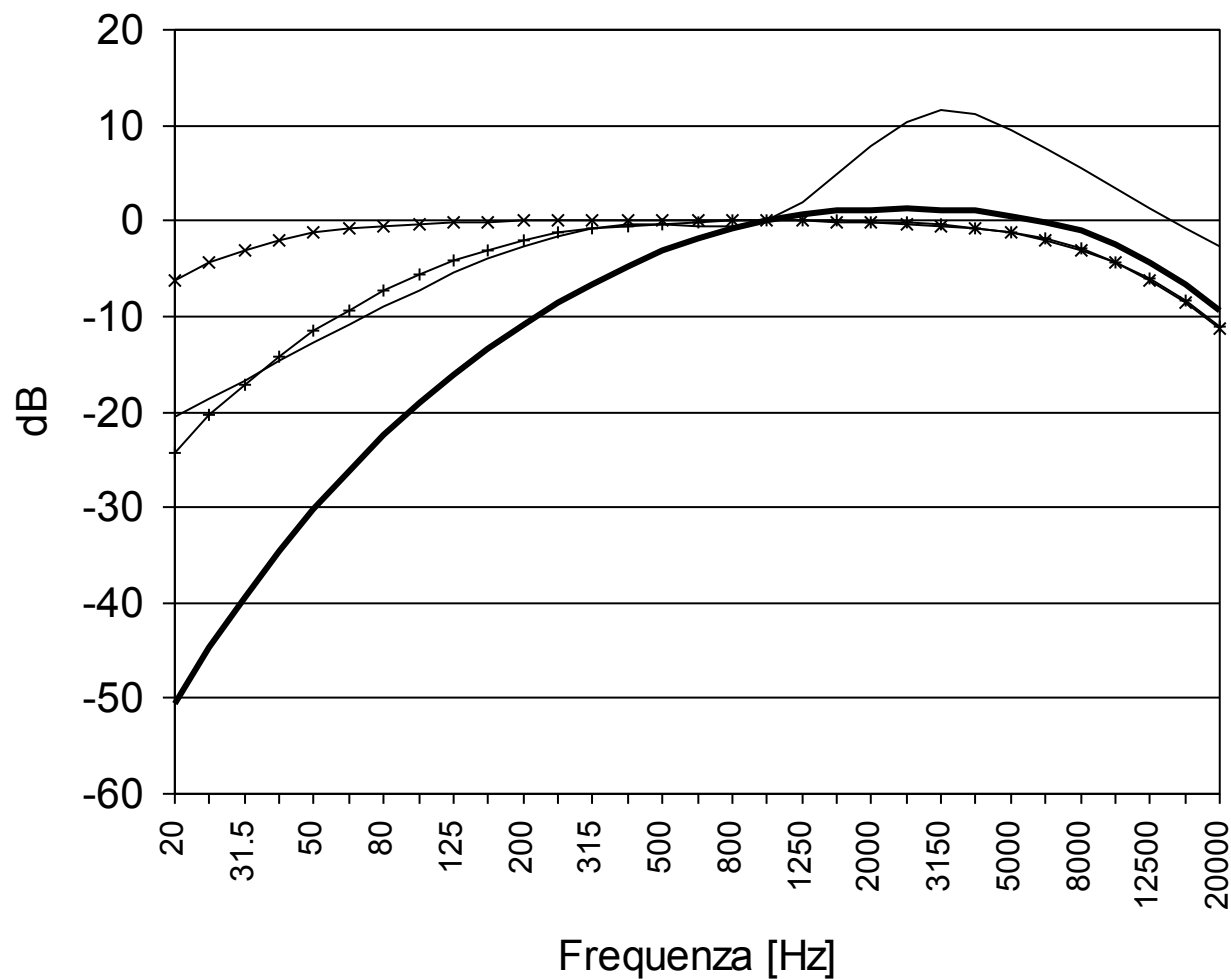
La gamma di udibilità



Linee di isosensazione (loudness) per toni puri



Le curve di pesatura



— Pesatura A + Pesatura B
-x- Pesatura C — Pesatura D

Percezione in dB

Variazioni del livello sonoro (dB)	Variazioni della sensazione percepita (Loudness)
3	Appena percepibile
5	Differenza evidente
10	Forte il doppio(o metà)
15	Grande cambiamento
20	Forte quattro volte (o 1/4)

Somma di due sorgenti sonore uguali

Due sorgenti sonore, attivate una alla volta, producono in uno stesso punto 80 dB ognuna.

Qual è il livello sonoro totale in quel punto quando le due sorgenti sono contemporaneamente attive?

83 dB

Perché?

- I livelli in decibel non sono sommabili direttamente.
- Essi rappresentano una scala di valutazione, non una grandezza fisica additiva come l'energia.
- La scala dei decibel non è lineare, ma logaritmica.
- Le sorgenti sonore vanno sommate su base energetica.

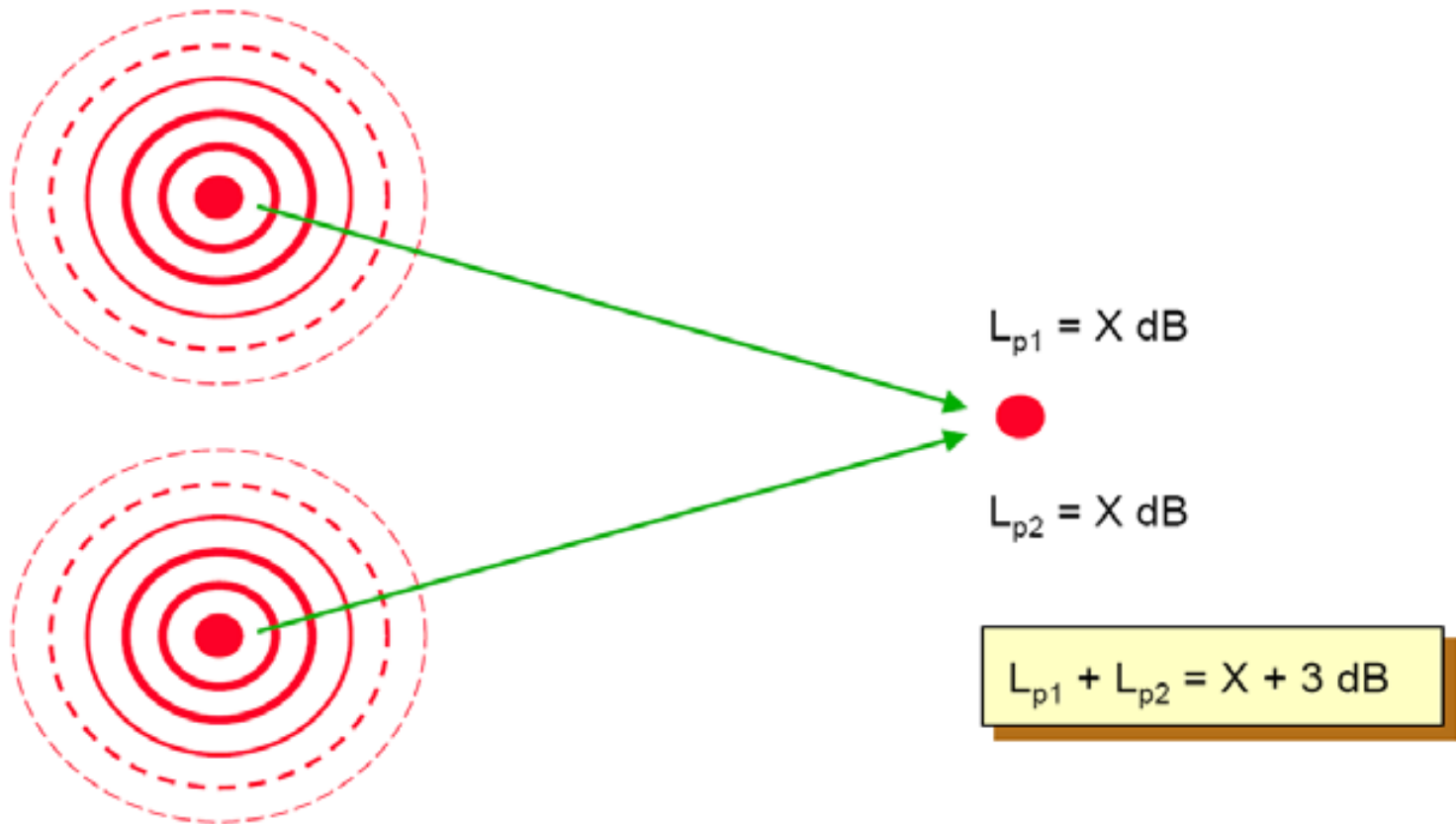
Somma di livelli sonori



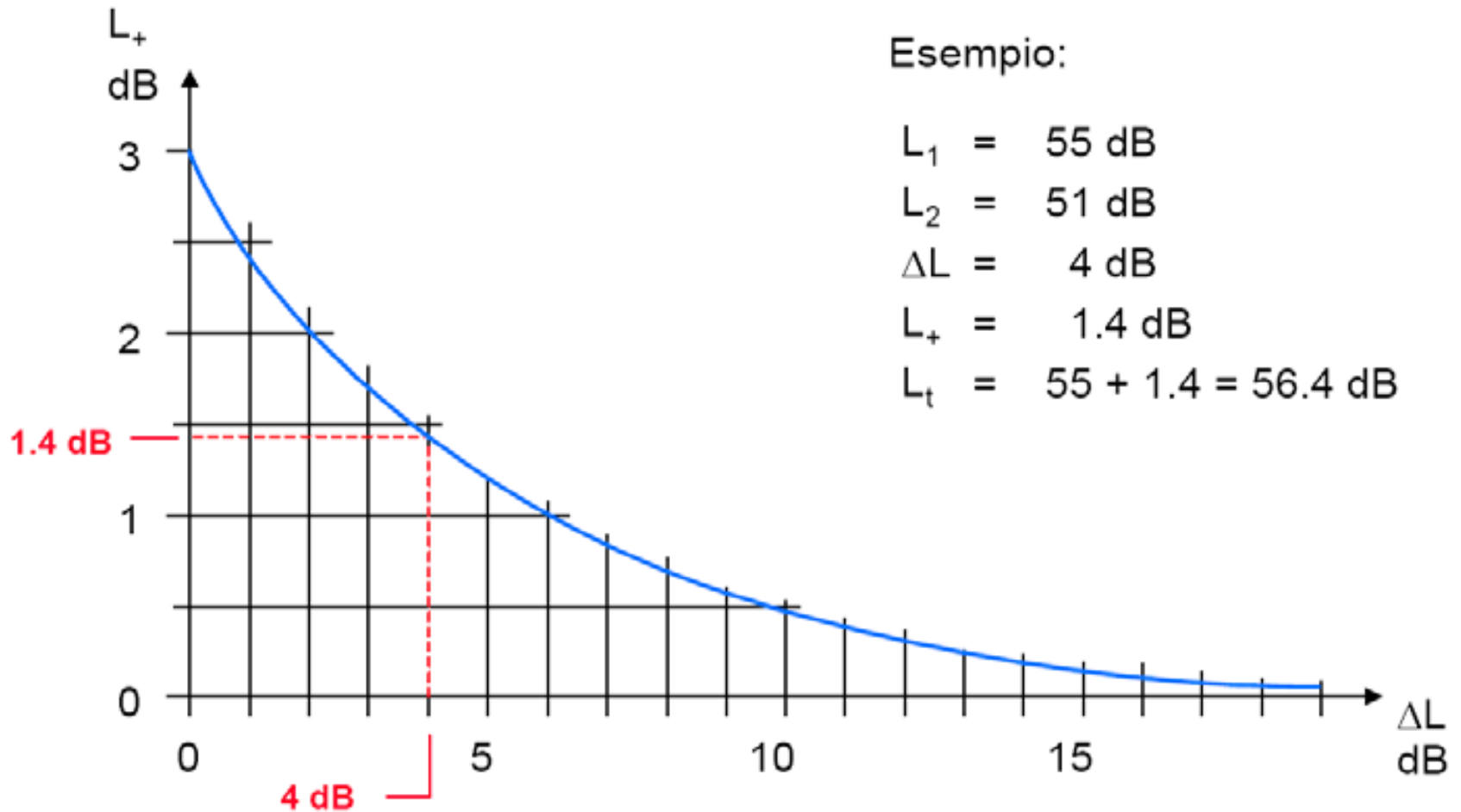
Poiché $p_1 = p_2$, si ha:



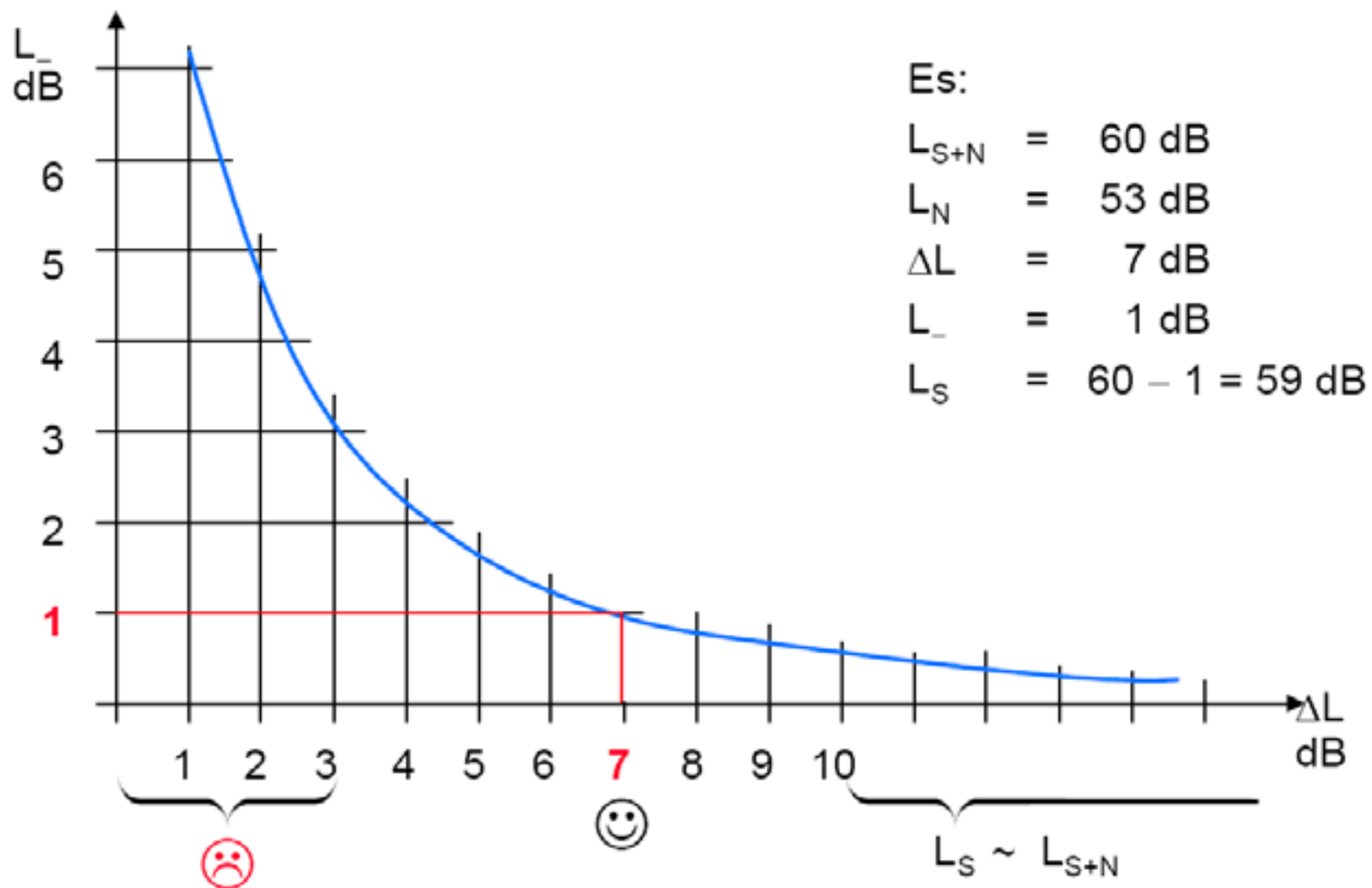
Due sorgenti sonore



Somma di livelli in dB

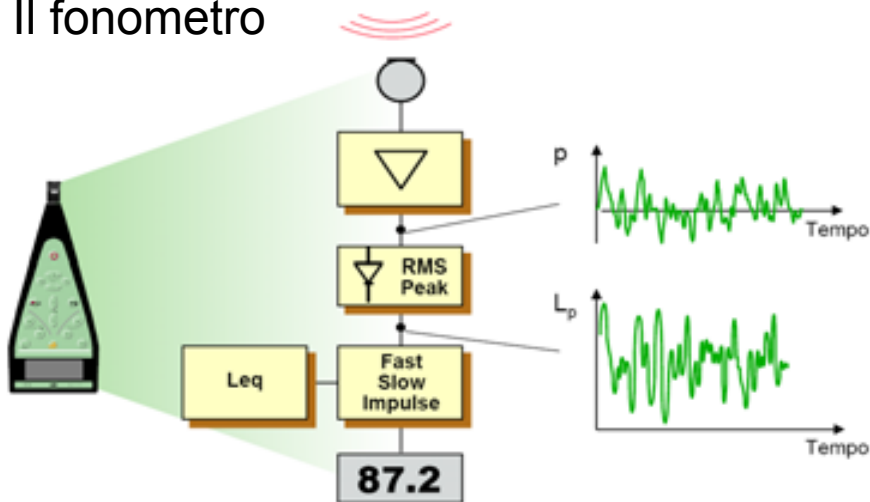


Sottrazione di livelli in dB

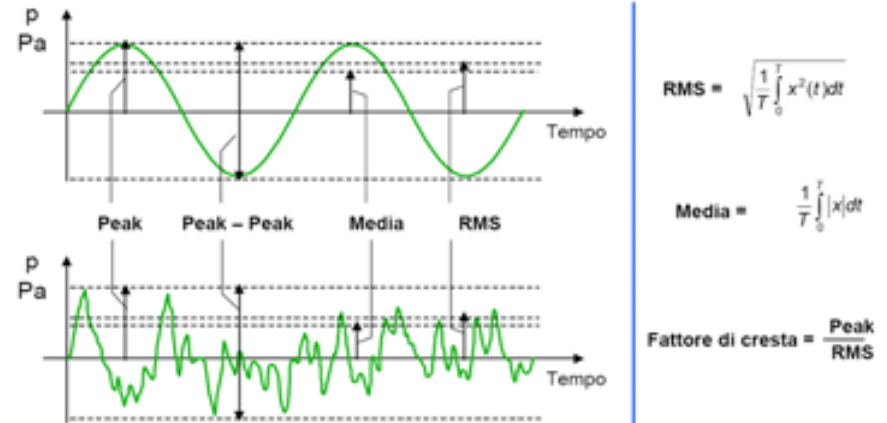


La misura del suono

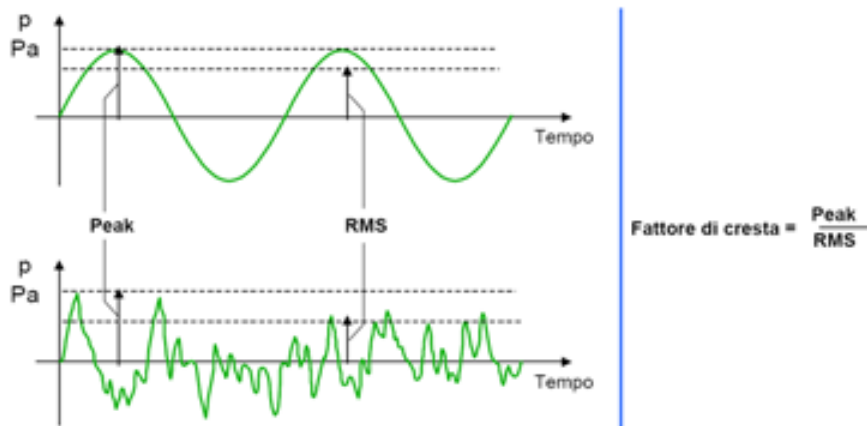
Il fonometro



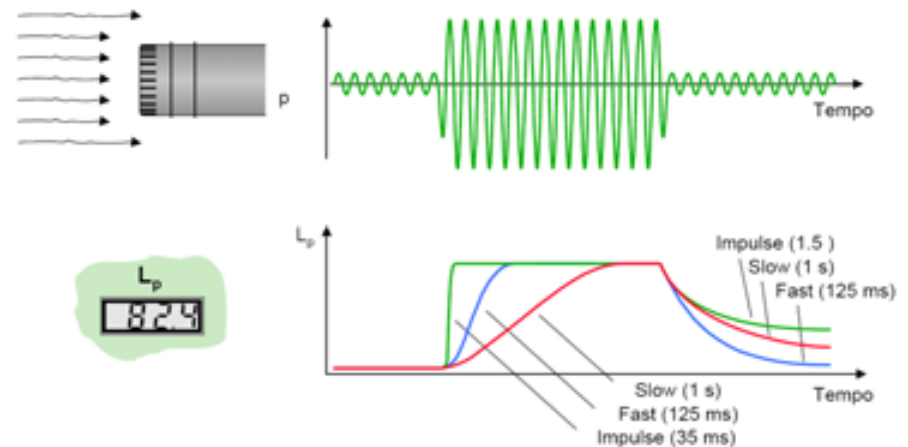
Parametri del livello sonoro



Parametri base del livello sonoro

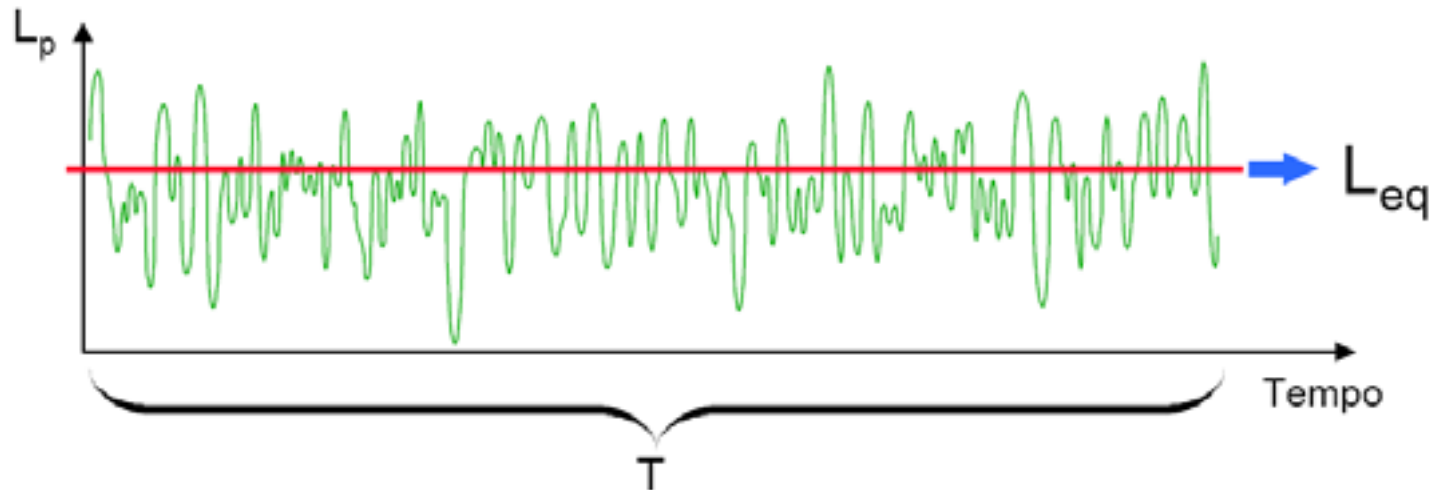


Pesatura temporale



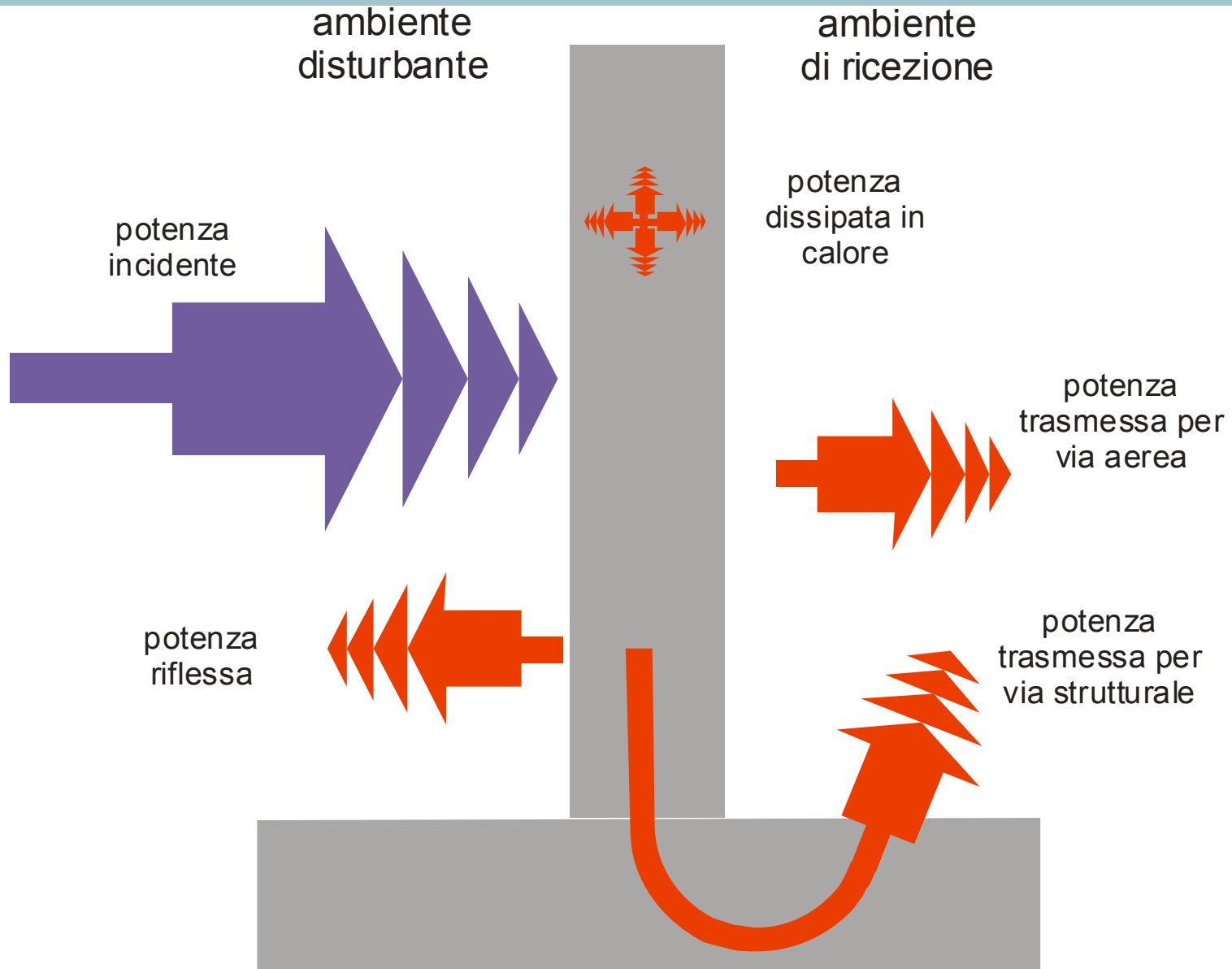
Il livello equivalente L_{eq}

$$L_{eq} = 10 \log_{10} \frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{p(t)}{p_0} \right)^2 dt$$



Il L_{eq} descrive il contenuto energetico, *nel tempo di misura T* , del fenomeno variabile nel tempo.

RIFLESSIONE, ASSORBIMENTO, TRASMISSIONE



RIFLESSIONE, ASSORBIMENTO, TRASMISSIONE

Coefficiente di dissipazione: $\delta = \frac{W_d}{W_i}$

Coefficiente di trasmissione: $\tau = \frac{W_t}{W_i}$

Coeff. di assorbimento apparente: $\alpha = \delta + \tau = \frac{W_i - W_r}{W_i} = \frac{W_a}{W_i}$

Coefficiente di riflessione: $r = \frac{W_r}{W_i}$

$$r + \delta + \tau = r + \alpha = 1$$

Fonoisolamento \neq Fonoassorbimento

RIFLESSIONE, ASSORBIMENTO, TRASMISSIONE

Coefficiente di trasmissione: $\tau = \frac{W_t}{W_i}$

Potere fonoisolante: $R = 10 \lg \left(\frac{1}{\tau} \right) \text{ [dB]}$

TRASMISSIONI LATERALI

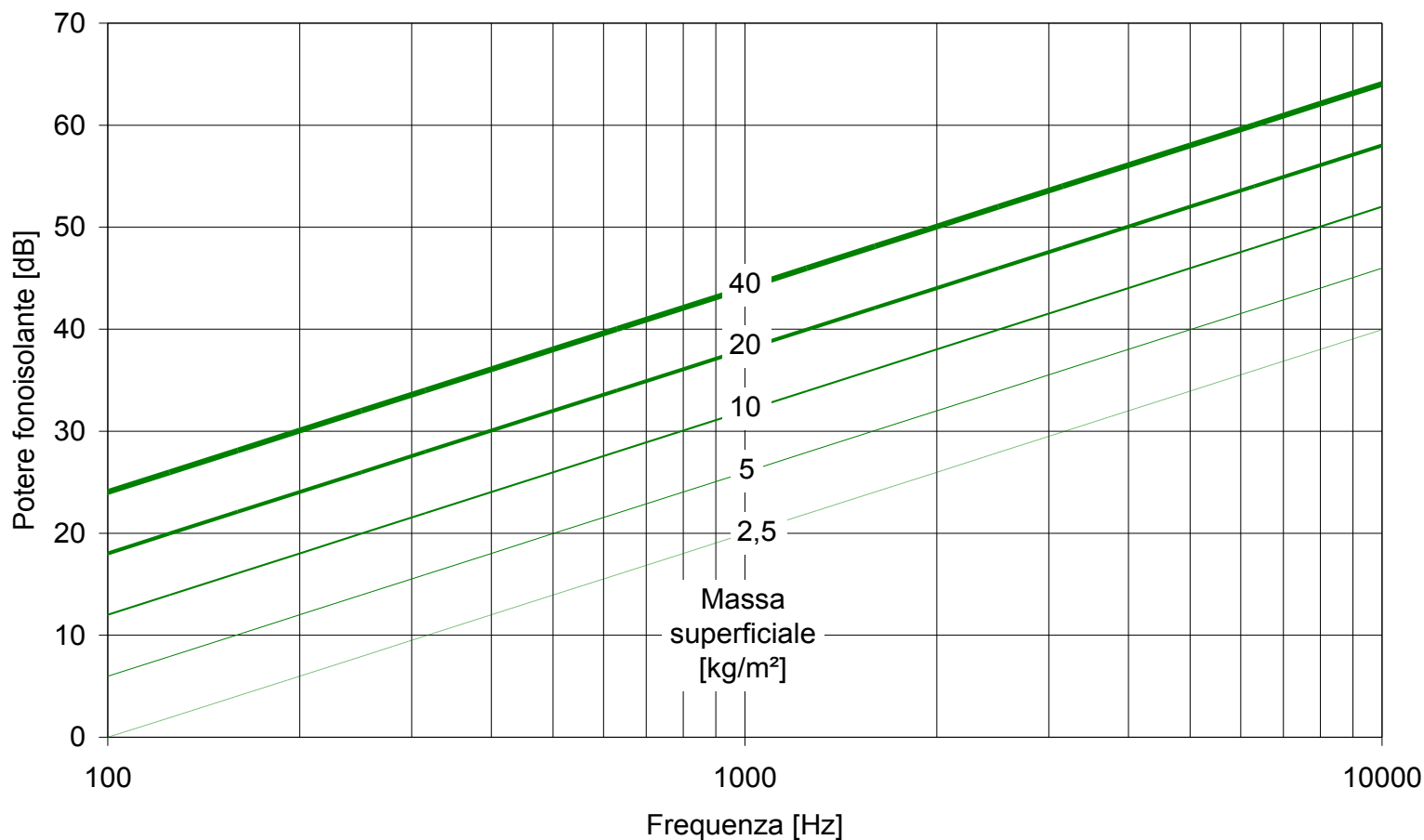


Coefficiente di trasmissione: $\tau' = \frac{W_t + W_s}{W_i}$

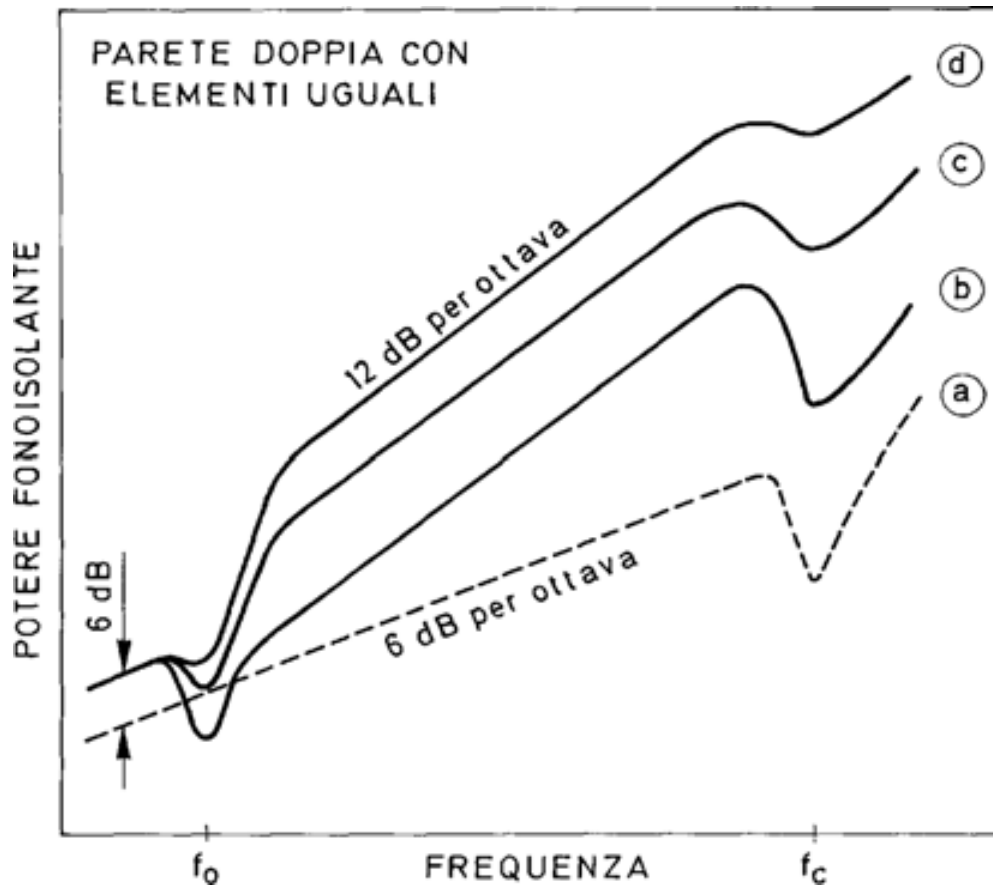
Potere fonoisolante apparente: $R' = 10 \lg \left(\frac{1}{\tau'} \right) \text{ [dB]}$

Legge di massa per incidenza diffusa

$$R_d = 20 \log(Mf) - 48$$



Caratteristiche del potere fonoisolante elementi doppi

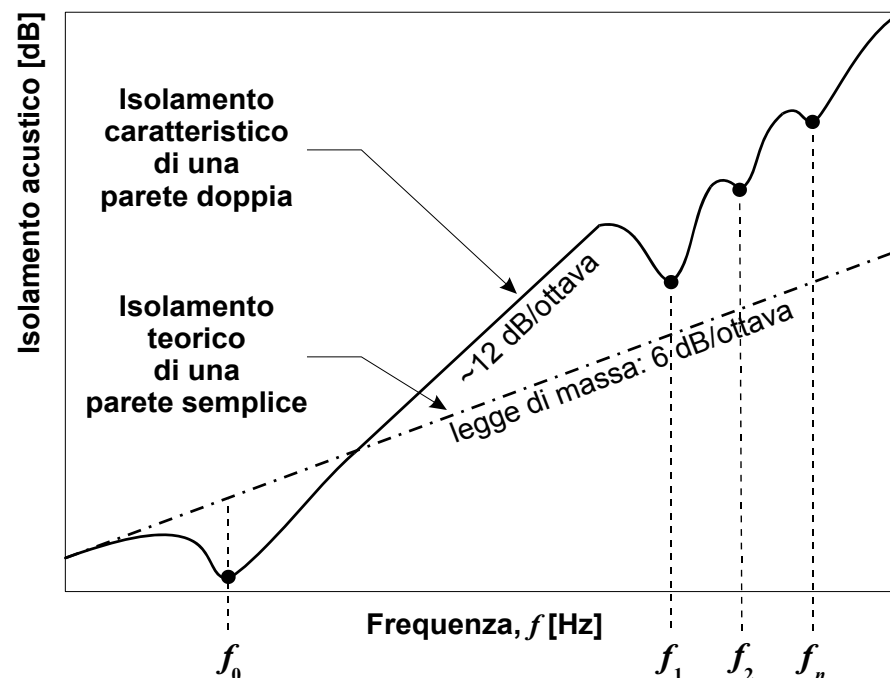
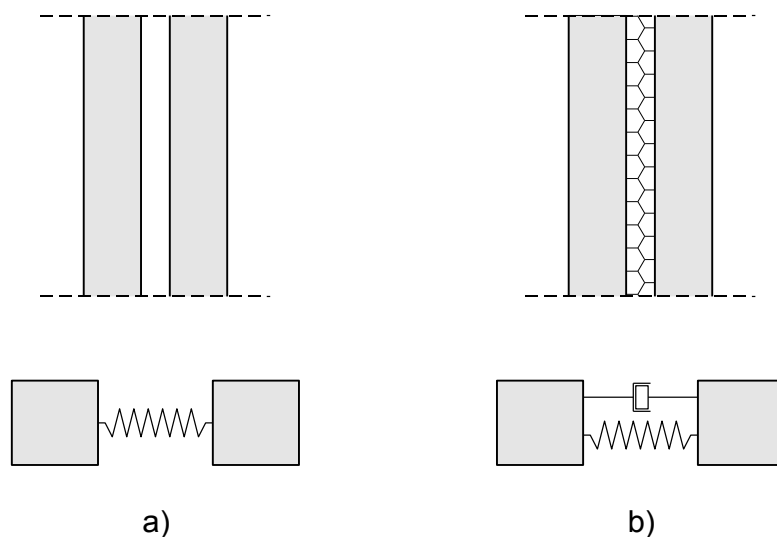


$$f_0 = 60 \cdot \sqrt{\frac{1}{d} \cdot \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)}$$

d = spessore dell'intercapedine [m]
 m_1, m_2 = massa superficiale delle singole componenti [kg/m²]

- a) parete semplice
- b) parete doppia con intercapedine d'aria
- c) parete doppia con intercapedine parzialmente occupata da materiale fonoassorbente
- d) parete doppia con intercapedine completamente occupata da materiale fonoassorbente

Potere fonoisolante di sistemi multistrato

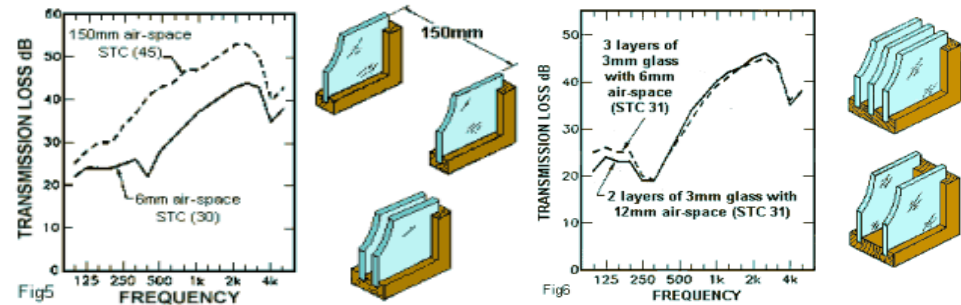
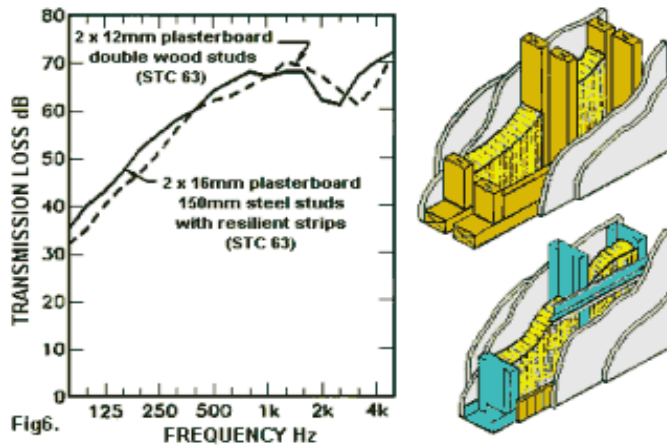
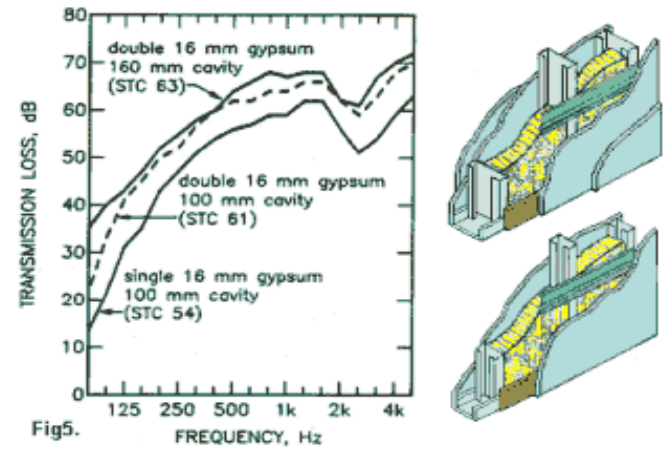
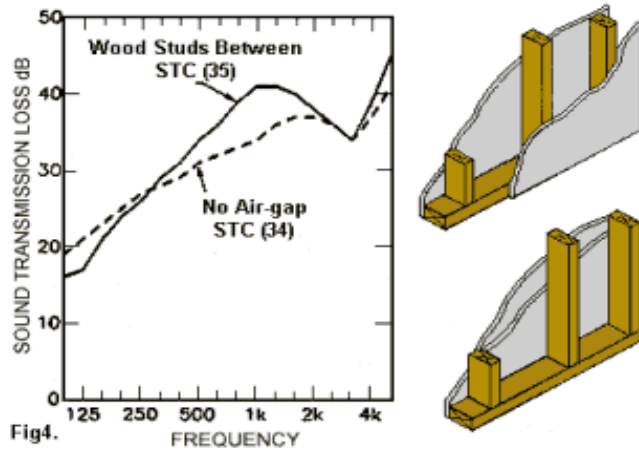


Sistemi meccanici paragonabili a quelli di una parete doppia:

a) Masse indipendenti separate da intercapedine d'aria

b) Masse indipendenti con interposizione di materiale fonoassorbente

Potere fonoisolante di elementi composti (isolamento in serie)



Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato

Livello di pressione sonora di calpestio corrispondente all'area di assorbimento acustico equivalente di riferimento nell'ambiente ricevente.

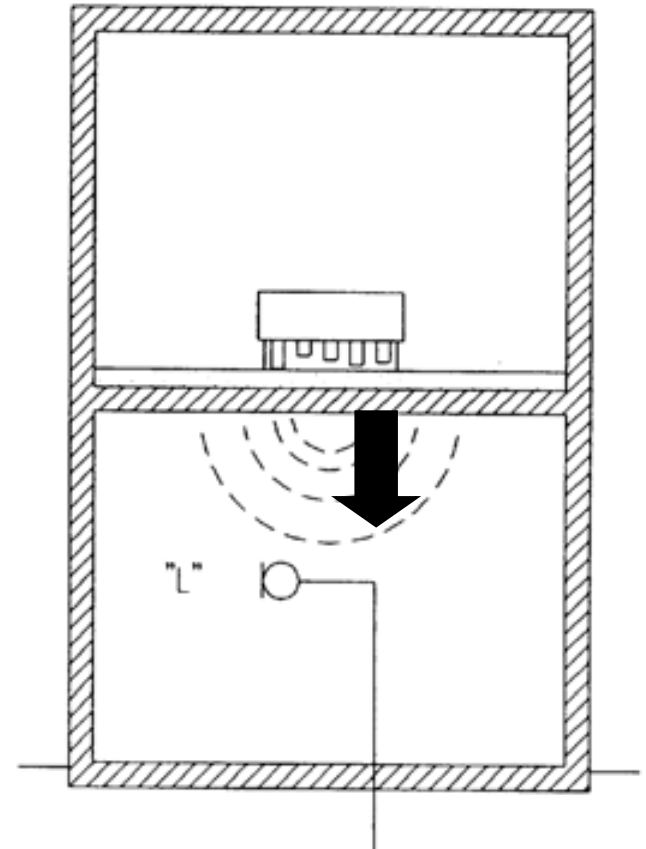
Si determina sperimentalmente da misurazioni in laboratorio (UNI EN ISO 140-6) secondo la relazione:

$$L_n = L_i + 10 \lg \left(\frac{A}{A_0} \right) \quad [\text{dB}]$$

L_i : livello medio di pressione sonora di calpestio nell'ambiente ricevente [dB];

A : area di assorbimento equivalente nell'ambiente ricevente [m^2];

$A_0 = 10 \text{ m}^2$.



Livello di pressione sonora di calpestio corrispondente all'area di assorbimento acustico equivalente di riferimento nell'ambiente ricevente.

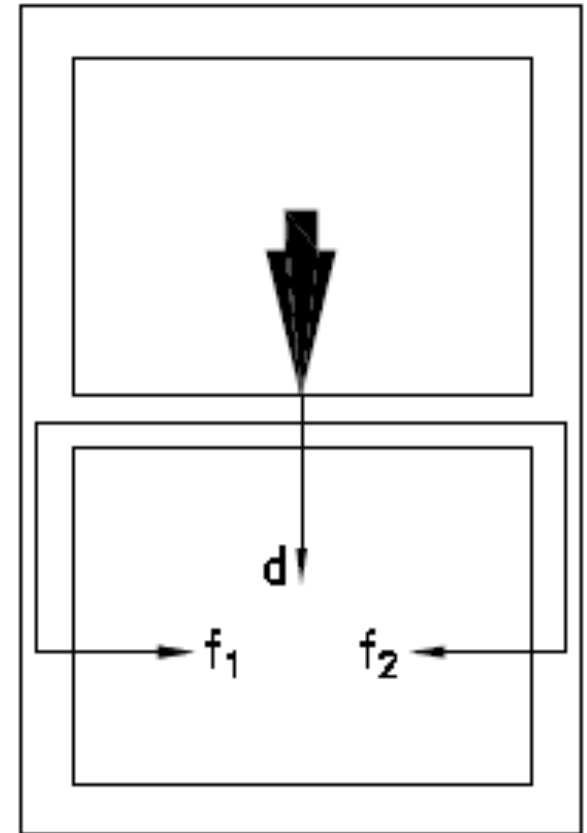
Si determina sperimentalmente da misure in opera (UNI EN ISO 140-7) secondo la relazione:

$$L'_n = L_i + 10 \lg \left(\frac{A}{A_0} \right) \quad [\text{dB}]$$

L_i : livello medio di pressione sonora di calpestio nell'ambiente ricevente [dB];

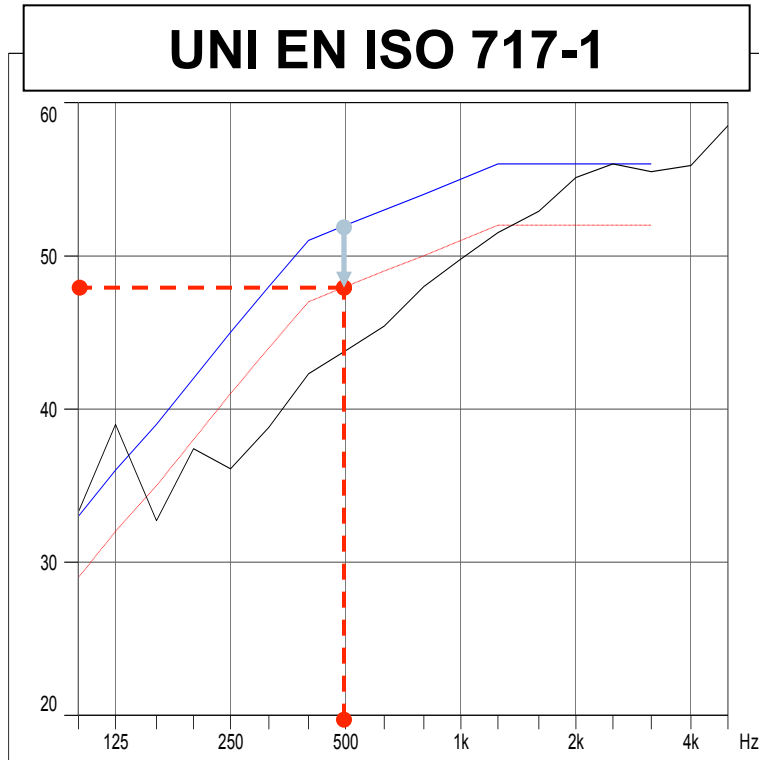
A : area di assorbimento equivalente nell'ambiente ricevente [m^2];

$A_0 = 10 \text{ m}^2$.



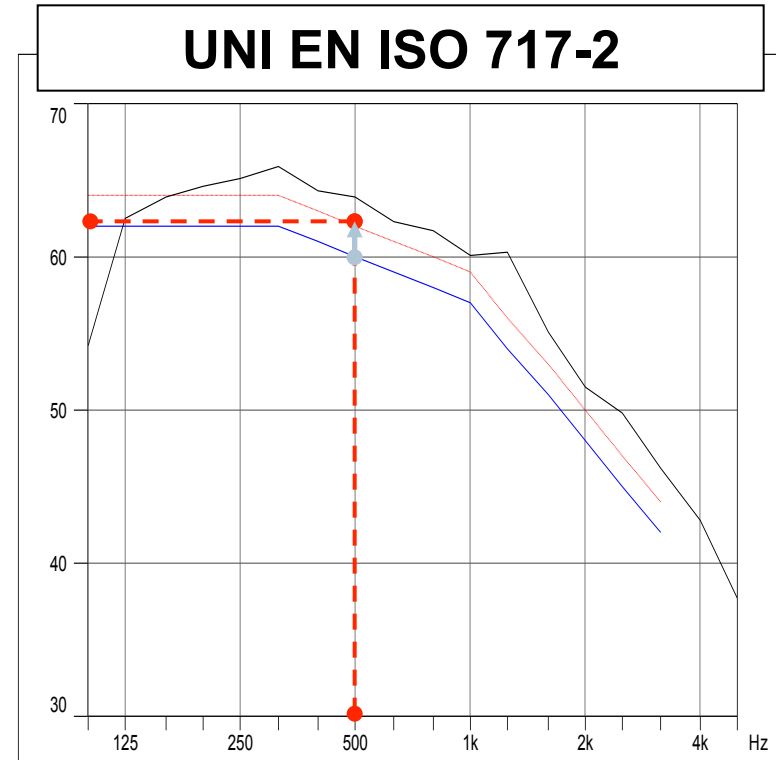
INDICI DI VALUTAZIONE

Rumore aereo – Rumore da calpestio



$$R_w, R'_w, D_{2m,nT,w}$$

Più alto è il valore **migliore** è la prestazione della parete



$$L_{n,w}, L'_{n,w}$$

Più alto è il valore **peggiore** è la prestazione del solaio



Uno strumento importante
per la sostenibilità

La certificazione

*LEED = Leadership in Energy
and Environmental Design*

*del GBC (Green Building Council)
è un esempio importante di certificazione*

Cos'è LEED/GBC?

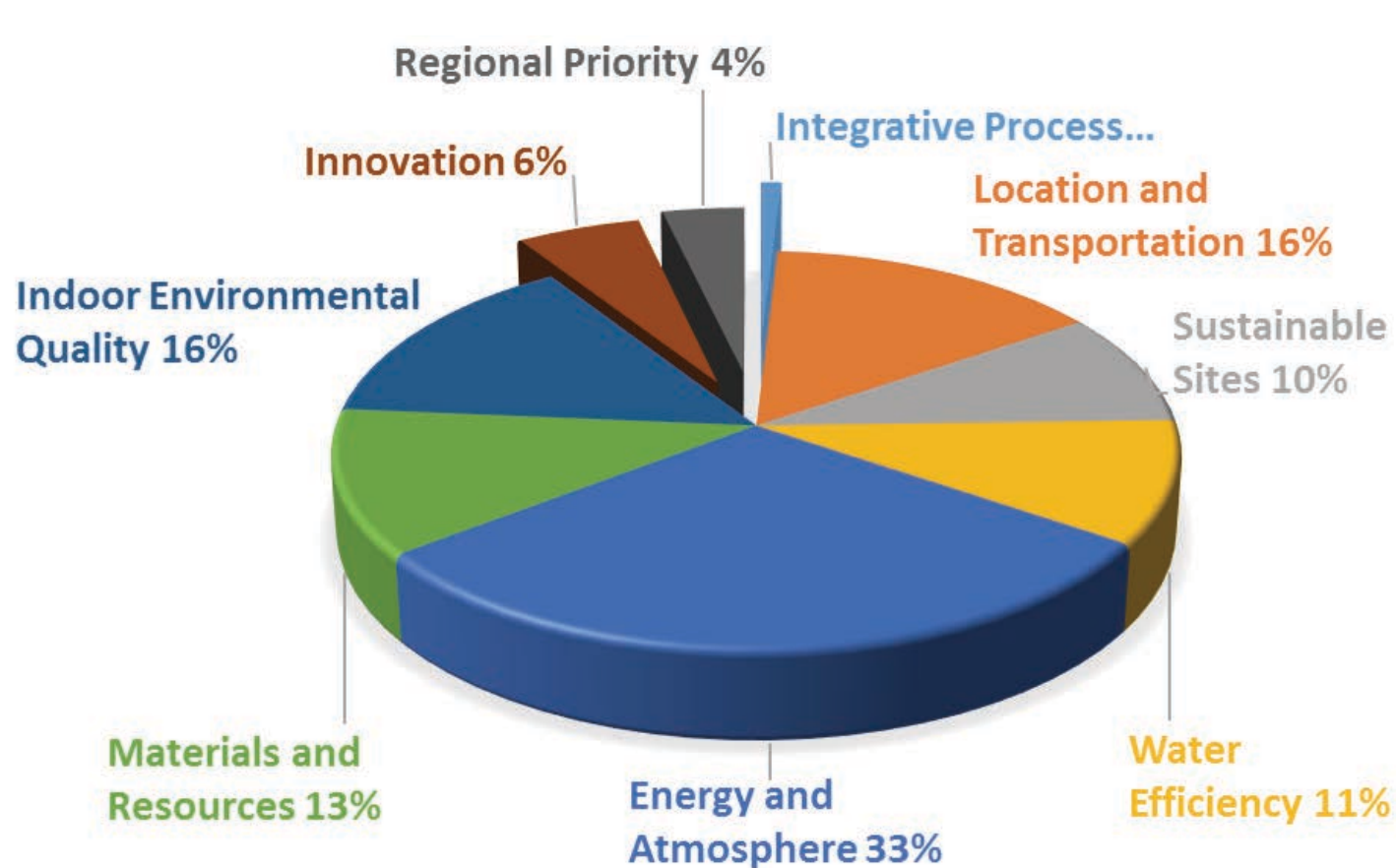
- ✓ E' un sistema di certificazione oggettivo basato su prerequisiti (obbligatori) e crediti (facoltativi), a ciascuno dei quali è assegnato un punteggio pesato in base alle emergenze ambientali.
- ✓ I crediti e i prerequisiti, raggruppati in sei aree tematiche, porgono dei requisiti minimi da superare per il conseguimento del punteggio associato di tipo numerico (superamento di una soglia prestazionale) o pratico (concretizzazione di un piano di lavoro).
- ✓ La somma dei punti che il progetto acquisisce permette la definizione finale del livello di prestazione.



Aree ambientali LEED/GBC



LEED v4 BD+C: Aree di valutazione



Lista di verifica / Checklist



LEED v4 for BD+C: New Construction and Major Renovation

Project Checklist

Project Name:

Date:

Y ? N



Credit Integrative Process

1

0 0 0 Location and Transportation 16

Y	Credit	LEED for Neighborhood Development Location	16
Y	Credit	Sensitive Land Protection	1
Y	Credit	High Priority Site	2
Y	Credit	Surrounding Density and Diverse Uses	5
Y	Credit	Access to Quality Transit	5
Y	Credit	Bicycle Facilities	1
Y	Credit	Reduced Parking Footprint	1
Y	Credit	Green Vehicles	1

0 0 0 Sustainable Sites 10

Y	Prereq	Construction Activity Pollution Prevention	Required
Y	Credit	Site Assessment	1
Y	Credit	Site Development - Protect or Restore Habitat	2
Y	Credit	Open Space	1
Y	Credit	Rainwater Management	3
Y	Credit	Heat Island Reduction	2
Y	Credit	Light Pollution Reduction	1

0 0 0 Water Efficiency 11

Y	Prereq	Outdoor Water Use Reduction	Required
Y	Prereq	Indoor Water Use Reduction	Required
Y	Prereq	Building-Level Water Metering	Required
Y	Credit	Outdoor Water Use Reduction	2
Y	Credit	Indoor Water Use Reduction	6
Y	Credit	Cooling Tower Water Use	2
Y	Credit	Water Metering	1

0 0 0 Energy and Atmosphere 33

Y	Prereq	Fundamental Commissioning and Verification	Required
Y	Prereq	Minimum Energy Performance	Required
Y	Prereq	Building-Level Energy Metering	Required
Y	Prereq	Fundamental Refrigerant Management	Required
Y	Credit	Enhanced Commissioning	6
Y	Credit	Optimize Energy Performance	18
Y	Credit	Advanced Energy Metering	1
Y	Credit	Demand Response	2
Y	Credit	Renewable Energy Production	3
Y	Credit	Enhanced Refrigerant Management	1
Y	Credit	Green Power and Carbon Offsets	2

0 0 0 Materials and Resources 13

Y	Prereq	Storage and Collection of Recyclables	Required
Y	Prereq	Construction and Demolition Waste Management Planning	Required
Y	Credit	Building Life-Cycle Impact Reduction	5
Y	Credit	Building Product Disclosure and Optimization - Environmental Product Declarations	2
Y	Credit	Building Product Disclosure and Optimization - Sourcing of Raw Materials	2
Y	Credit	Building Product Disclosure and Optimization - Material Ingredients	2
Y	Credit	Construction and Demolition Waste Management	2

0 0 0 Indoor Environmental Quality 16

Y	Prereq	Minimum Indoor Air Quality Performance	Required
Y	Prereq	Environmental Tobacco Smoke Control	Required
Y	Credit	Enhanced Indoor Air Quality Strategies	2
Y	Credit	Low-Emitting Materials	3
Y	Credit	Construction Indoor Air Quality Management Plan	1
Y	Credit	Indoor Air Quality Assessment	2
Y	Credit	Thermal Comfort	1
Y	Credit	Interior Lighting	2
Y	Credit	Daylight	3
Y	Credit	Quality Views	1
Y	Credit	Acoustic Performance	1

0 0 0 Innovation 6

Y	Credit	Innovation	5
Y	Credit	LEED Accredited Professional	1

0 0 0 Regional Priority 4

Y	Credit	Regional Priority: Specific Credit	1
Y	Credit	Regional Priority: Specific Credit	1
Y	Credit	Regional Priority: Specific Credit	1
Y	Credit	Regional Priority: Specific Credit	1

0 0 0 TOTALS Possible Points: 110

Certified: 40 to 49 points, **Silver:** 50 to 59 points, **Gold:** 60 to 79 points, **Platinum:** 80 to 110



Riduzione dell'Uso delle acque indoor -20% → -40%

Conseguimento: Obbligatorio + Opzionale

✓ Finalità

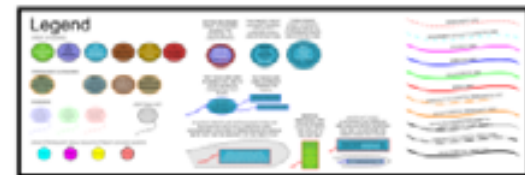
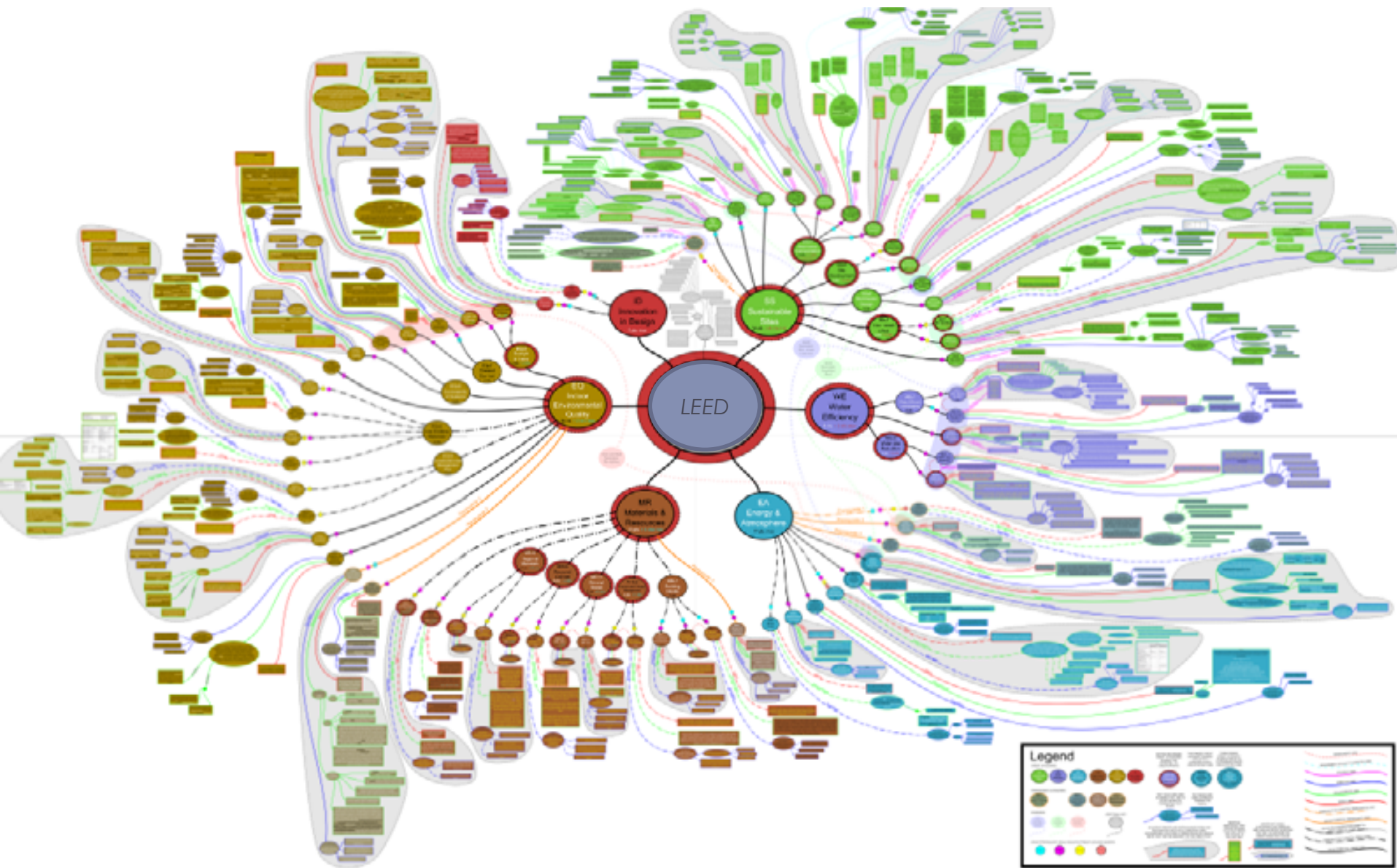
Aumentare l'efficienza nell'uso dell'acqua negli edifici per ridurre il carico sui sistemi municipali di fornitura dell'acqua e sui sistemi delle acque reflue.

✓ Requisiti

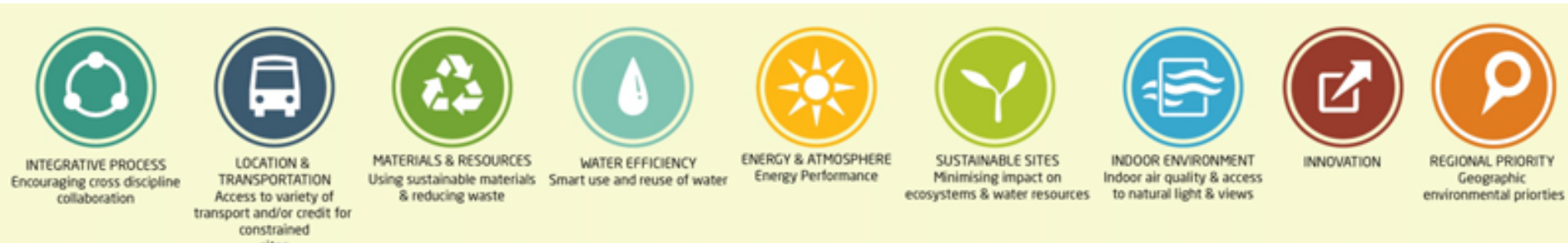
Implementare strategie che complessivamente realizzino un risparmio idrico del 20% rispetto al caso base di riferimento calcolato per l'edificio in oggetto (escludendo l'irrigazione).

Calcolare il caso base di riferimento conformemente ai riferimenti per le attività commerciali e / o residenziali di seguito riportate. I calcoli sono basati sulla stima di utilizzo degli occupanti e dovranno includere solamente le seguenti apparecchiature [...] wc, orinatoi, rubinetti di lavabi, docce, lavandini della cucina e rubinetti spray di pre-risciacquo.

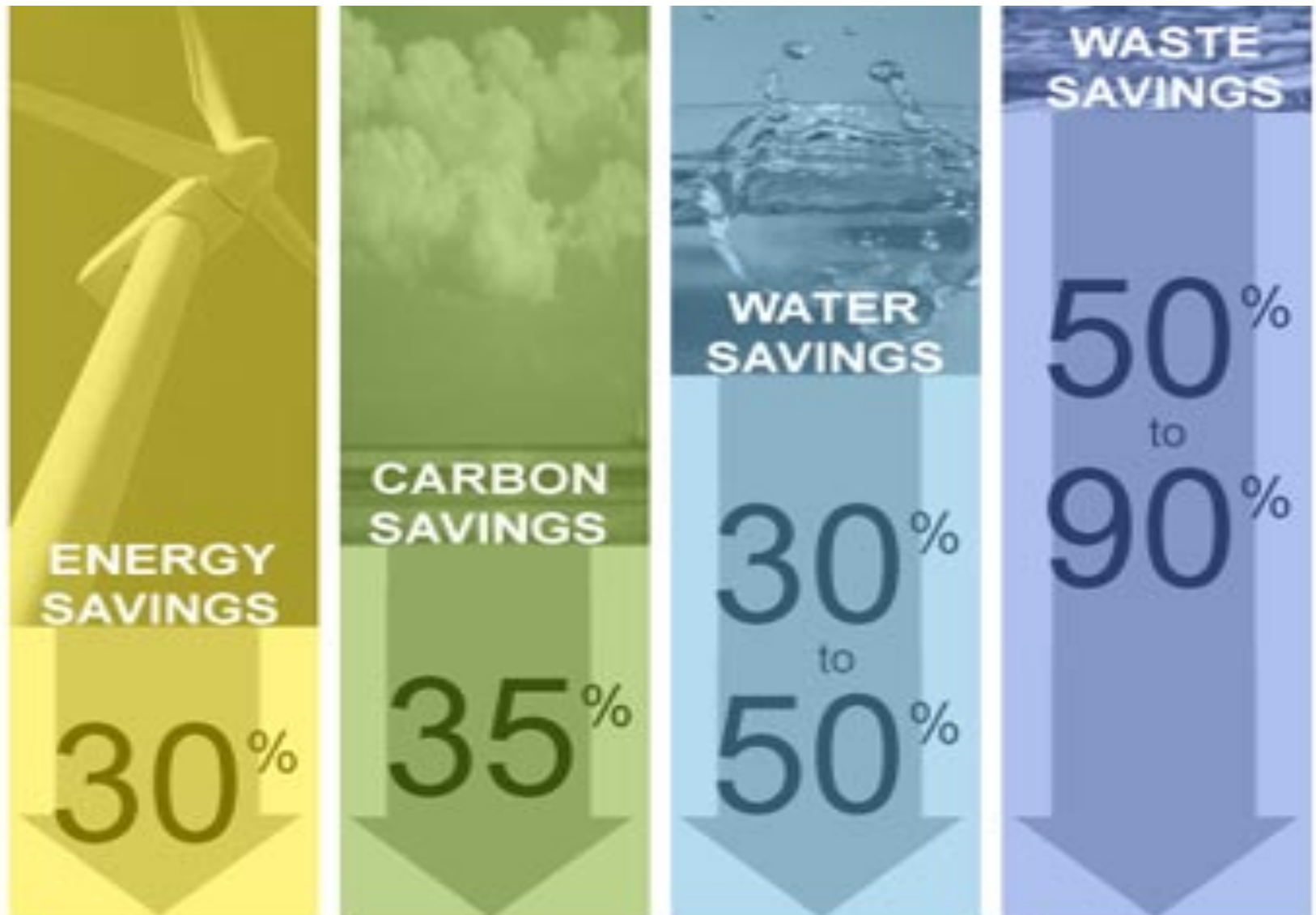
Com'e' fatto LEED/GBC?



Articolazione degli standard LEED



Benefici Economici (o Ambientali?)



LEED in Italia

LEED in Italia:

✓96 progetti certificati

- 14 Platinum (15%)
- 57 Gold
- 13 Silver
- 12 Certified

✓127 Registrati

✓...nel mondo:

- 41.225 Certificati
(11% Platinum)
- 41.374 Registrati



Centro Servizi del Credito Valtellinese
LEED Italia GOLD



Atelier Bottega Veneta – Montebello Vic.no (VI)

LEED Facts

for LEED BD+C: New Construction
(v2009)

Certification awarded Mar 2014

Platinum 86

Sustainable sites 20/26

Water efficiency 8/10

Energy & atmosphere 32/35

Material & resources 5/14

Indoor environmental quality 11/15

Innovation 6/6

Regional priority credits 4/4

Nuova Rimessa Trentino Trasporti



Dal Molin project

LEED Facts

for LEED BD+C: New Construction
(v2.2)

Certification awarded Dec 2014

Gold 40

Sustainable sites 7/14

Water efficiency 4/5

Energy & atmosphere 10/17

Material & resources 6/13

Indoor environmental quality 8/15

Innovation 5/5

grazie per l'attenzione....

.....e buona continuazione

rzecchin@manens-tifs.it

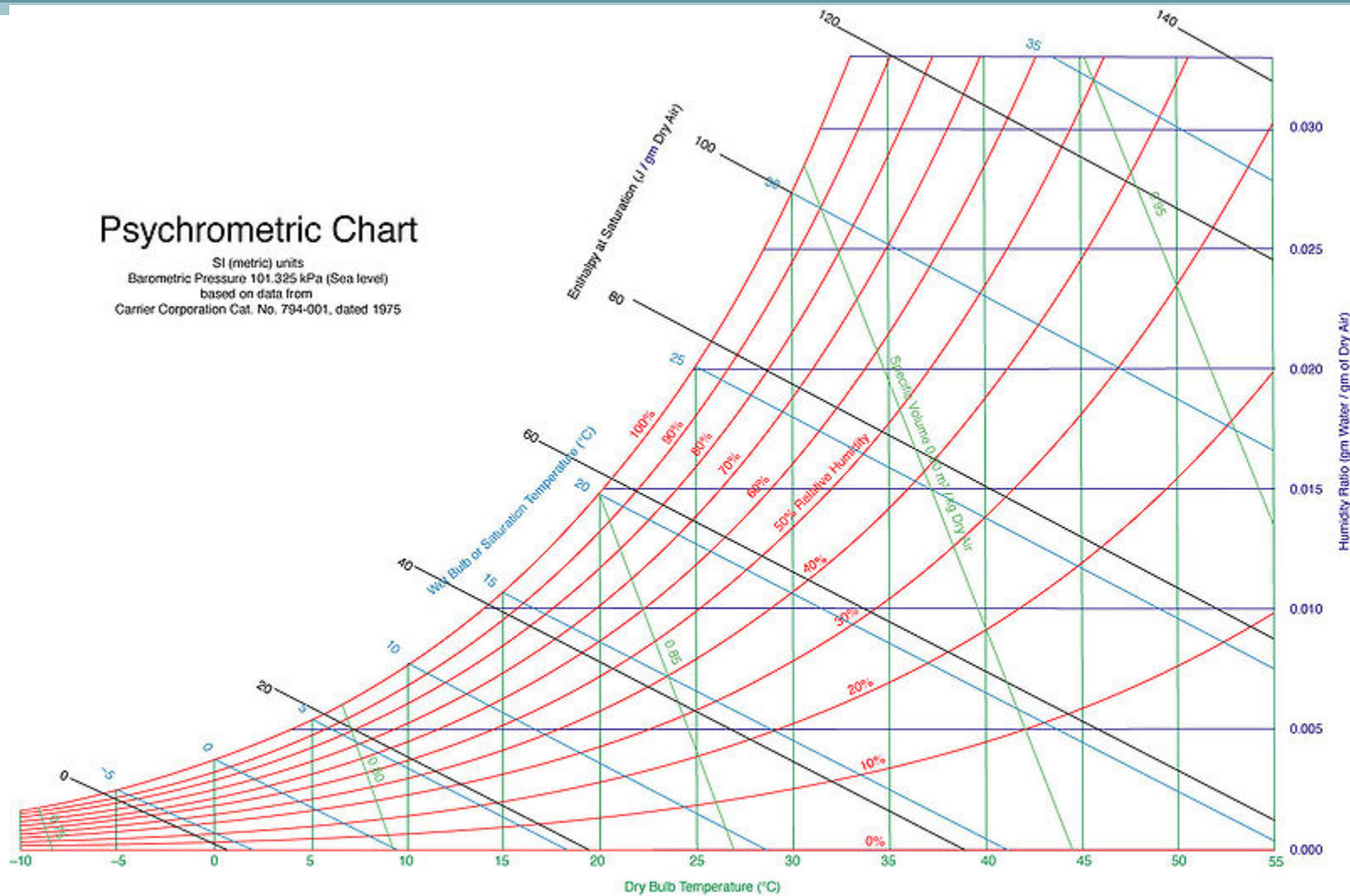






Psychrometric Chart

SI (metric) units
Barometric Pressure 101.325 kPa (Sea level)
based on data from
Carrier Corporation Cat. No. 794-001, dated 1975

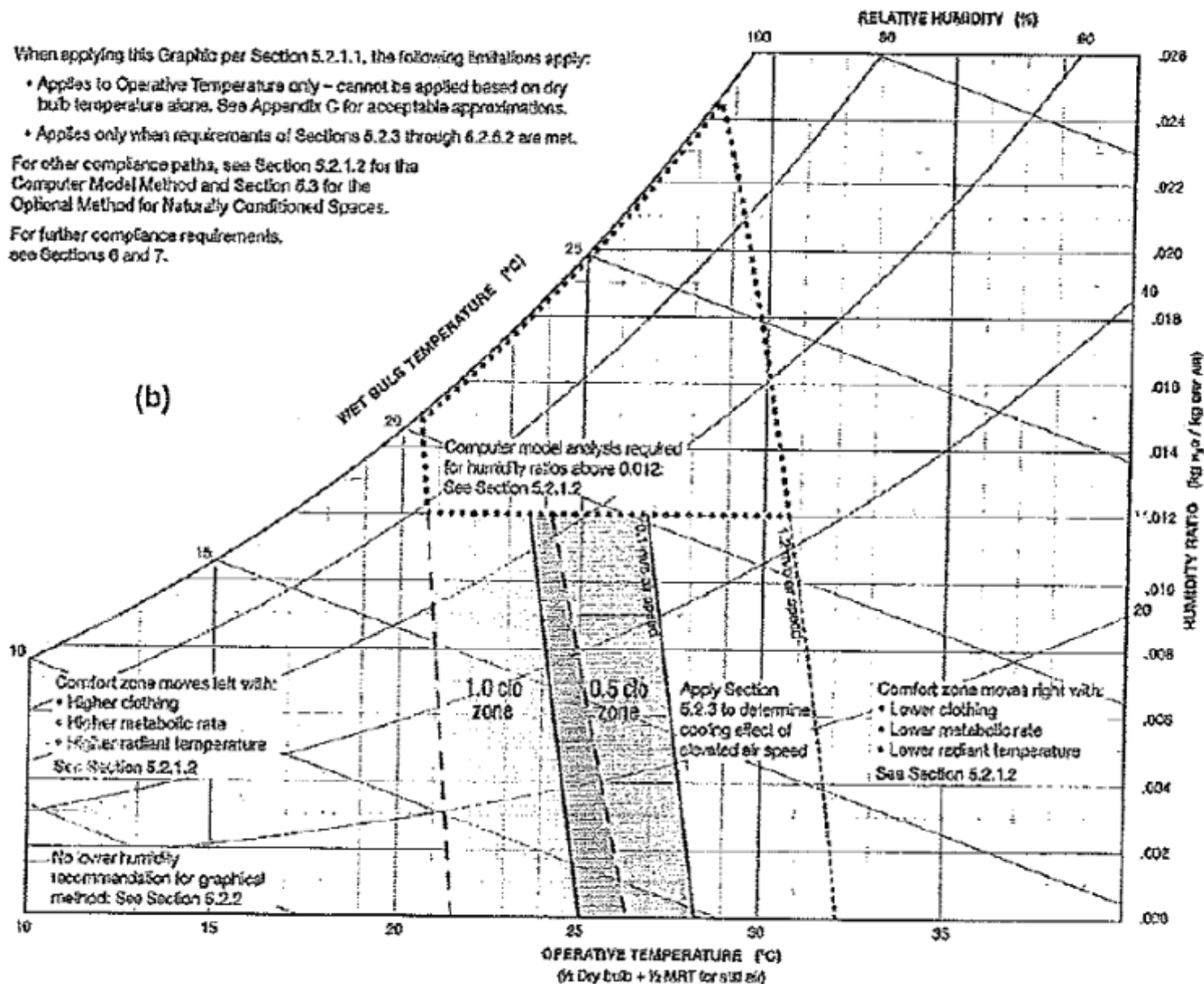


When applying this Graphic per Section 5.2.1.1, the following limitations apply:

- Applies to Operative Temperature only – cannot be applied based on dry bulb temperature alone. See Appendix G for acceptable approximations.
- Applies only when requirements of Sections 5.2.3 through 5.2.6.2 are met.

For other compliance paths, see Section 5.2.1.2 for the Computer Model Method and Section 5.3 for the Optional Method for Naturally Conditioned Spaces.

For further compliance requirements, see Sections 6 and 7.







Conclusioni



