

Impianti radianti a pavimento: nuove tecnologie, preparazione del cantiere, scelte dei materiali per massetti e finiture



Daniele Agostinetti

Direttore Ricerca e Strategia di Prodotto RDZ

Treviso, 2 Luglio 2019

Impianti a pavimento radiante

Il contesto attuale

Edifici nZEB

Una soluzione

Soluzioni a pavimento

Linee guida

Impianti a bassa inerzia

Le pompe di calore

Verso gli edifici nZEB



Il recepimento delle Direttive Europee ha prodotto il quadro normativo attuale.
Le scadenze si avvicinano...

Dal 2019 (edilizia pubblica) e dal 2021 (edilizia privata) si potranno costruire SOLO edifici nZEB.


Anche il **patrimonio edilizio esistente** ne è interessato; anche per gli interventi di **riqualificazione** vi sono dei limiti stringenti da considerare.

Da oggi è necessario progettare ed intervenire nell'ottica di maggiore efficienza energetica e di maggiore sostenibilità ambientale.

Verso gli edifici nZEB

Energia da considerare per il sistema **EDIFICIO/IMPIANTO**
secondo il D.M. 26 Giugno 2015

Prestazione Energetica degli Edifici:

-  Calcolo mensile e uso standard degli Edifici, secondo le UNI/TS 11300 e relative parti e per singolo servizio:
-  Per tutti gli edifici:
 -  Riscaldamento;
 -  **Raffrescamento;**
 -  Ventilazione;
 -  Produzione di ACS.
-  In aggiunta solo per il non residenziale:
 -  Illuminazione;
 -  **Impianti ascensori;**
 -  **Scale mobili e ascensori**

Verso gli edifici nZEB

Maggiore efficienza del sistema EDIFICIO/IMPIANTO

EDIFICIO:

- Trasmittanze (superfici scambianti)
- Ponti termici (eliminati o corretti)
- Tenuta aria (o tenuta al vento)

IMPIANTI:

- Ventilazione meccanica controllata
- Produzione energia
- Efficienza regolazione
- Efficienza distribuzione
- Efficienza emissione

Prestazione
Efficienza



Verso gli edifici nZEB



Edifici a energia quasi zero



Sono «edifici a energia quasi zero» tutti gli edifici, siano essi di nuova costruzione o esistenti, per cui sono contemporaneamente rispettati:



tutti i requisiti previsti con i valori vigenti dal 1° gennaio 2019 per gli edifici pubblici e dal 1° gennaio 2021 per tutti gli altri edifici;



gli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili nel rispetto dei principi minimi di cui all'Allegato 3, paragrafo 1, lettera c), del decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28, ovvero copertura del 50%.



Verso gli edifici nZEB

Cosa sono gli nZEB?



Altrimenti detto:




- Edifici che devono consumare pochissima energia
- La poca energia necessaria deve provenire per buona parte da fonti rinnovabili

Fare efficienza

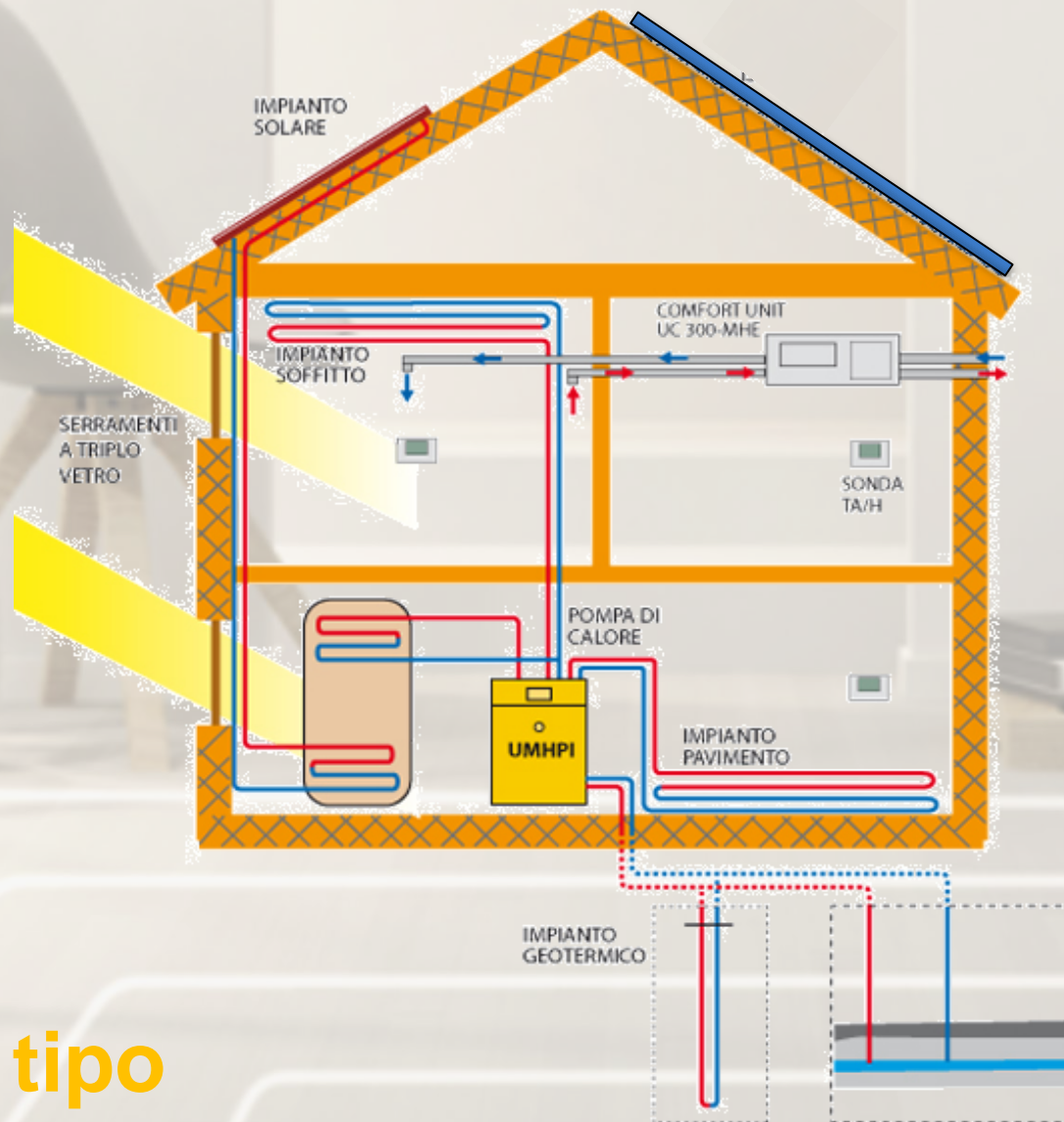
Verso gli edifici nZEB

Il DM 26 Giugno 2015

Quota in deroga

Descrizione livelli intervento	Prescrizioni / Verifiche di legge limitati ai servizi coinvolti
 $S_{int.} > 50\% S_{disp. lorda comp.}$  <i>Ristrutturazione impianto termico di risc./raffresc</i>  <i>Verifica su intero edifici</i>	<p>Rispetto dei requisiti pertinenti di cui al capitolo 2, 3 , limitatamente ai servizi coinvolti (impianto/i)</p> <ul style="list-style-type: none">• Nel caso di installazione di impianti a pannelli radianti a pavimento o a soffitto;• Nel caso di intervento di isolamento dall'interno. <p>Le altezze minime dei locali di abitazione previste, possono essere derogate fino ad un massimo di 10 cm. Nei comuni montani sopra i 1000 m.s.l.m. consentita riduzione dell'altezza minima dei locali abitabili a metri 2,5. (!2,55!)</p>

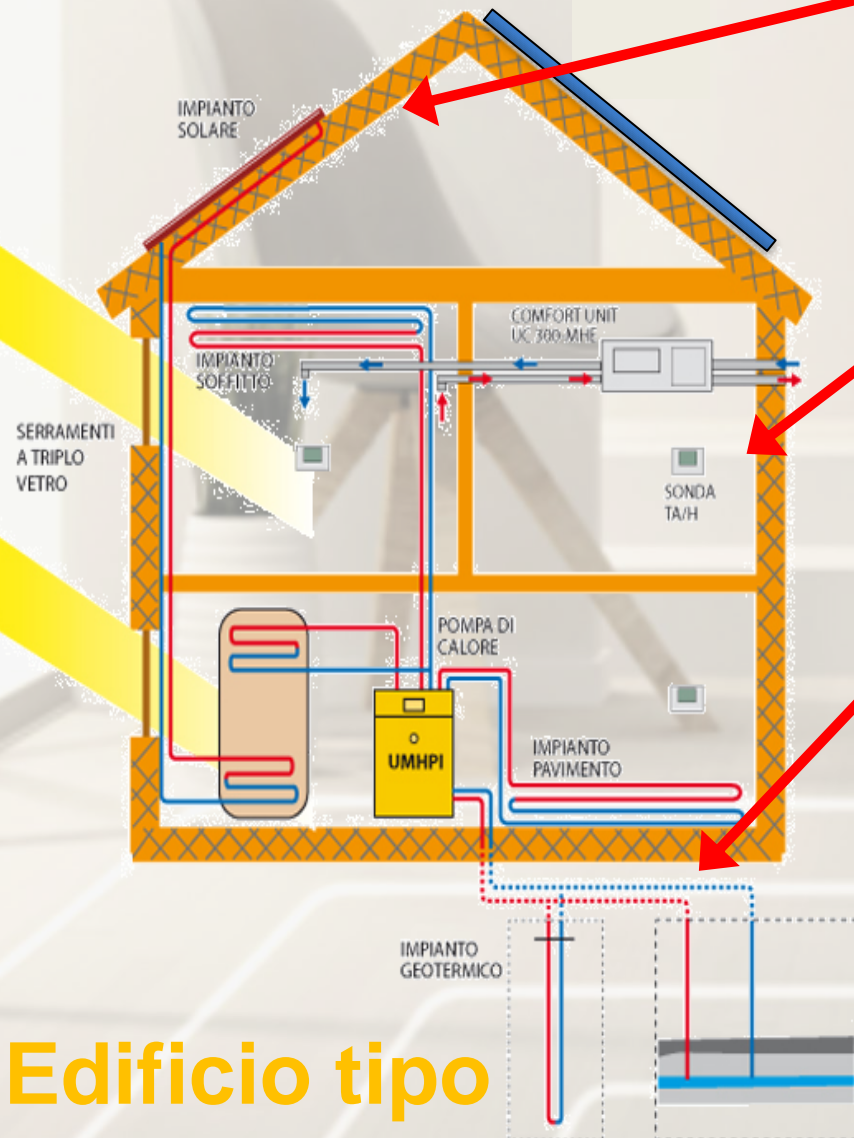
Soluzione tipo



Edificio tipo

Soluzione tipo

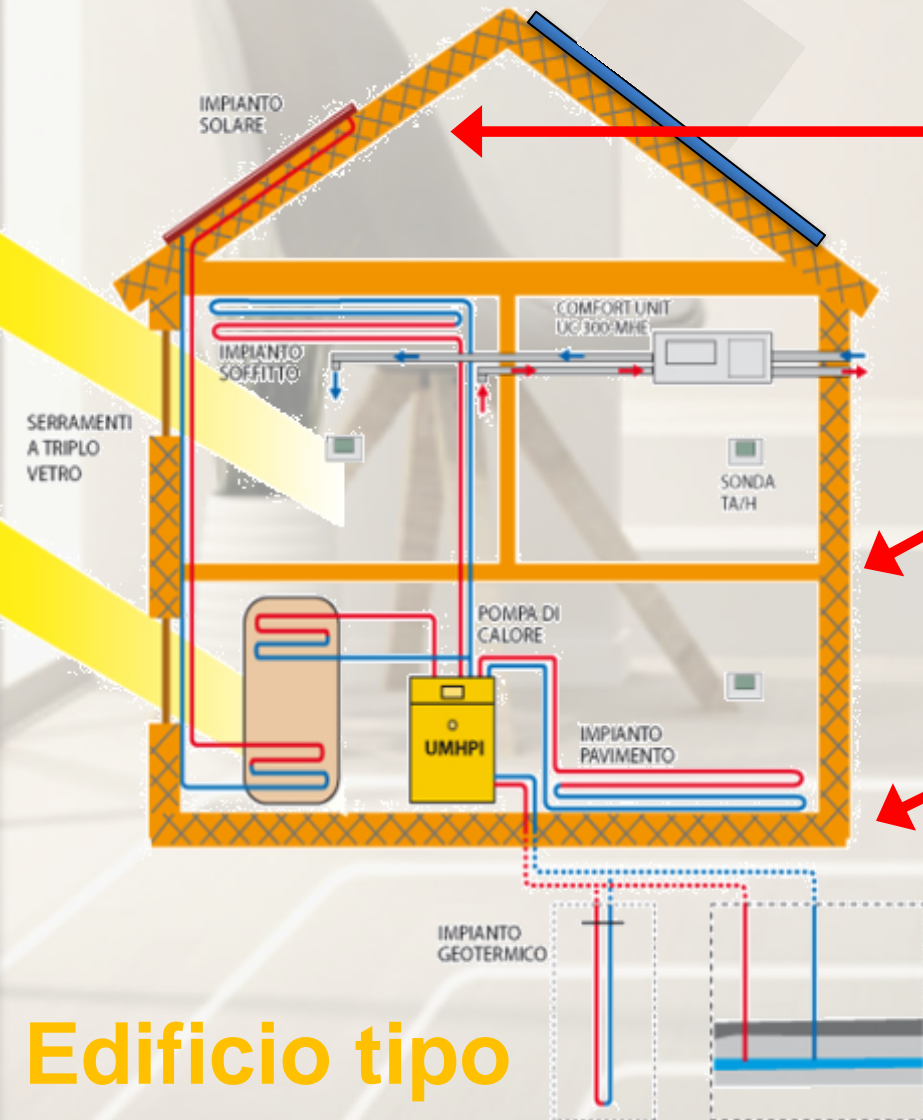
Cura nella scelta di materiali: basso impatto ambientale, ridotte emissioni inquinanti



Edificio tipo

Soluzione tipo

**Involucro edilizio
fortemente coibentato**



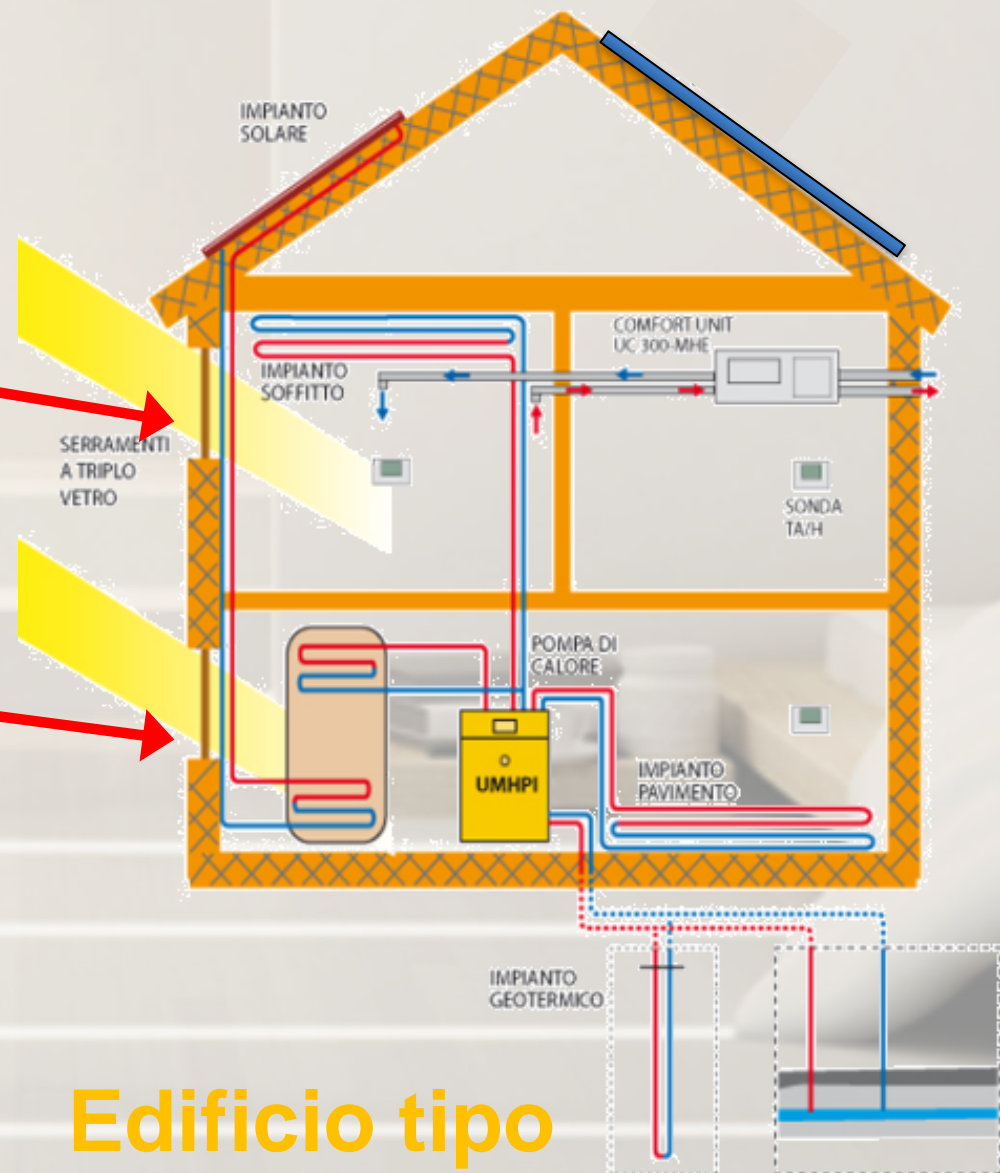
**Ponti termici
corretti
(temperature
superficiali)**

Edificio tipo

Soluzione tipo

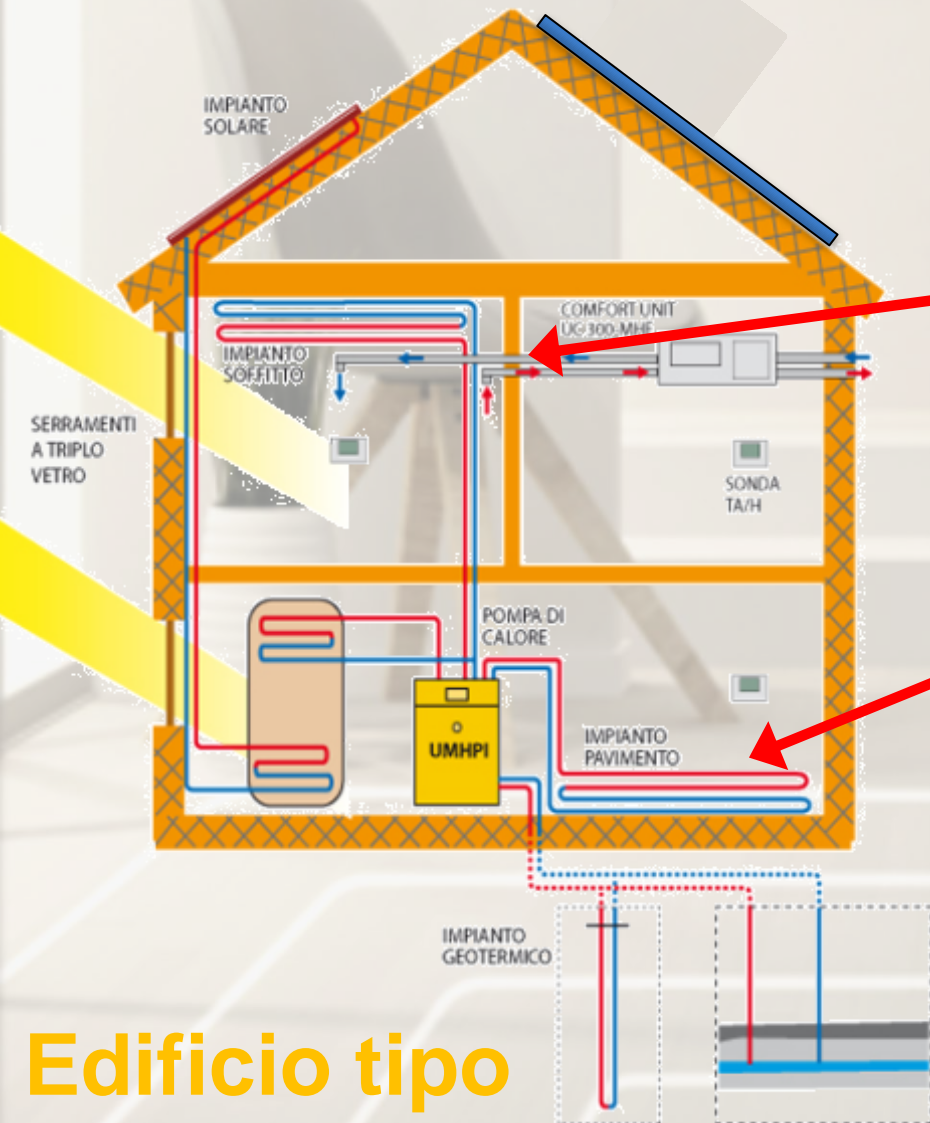
**Superfici vetrate
basso emissive.
Tenuta ermetica
all'aria.**

**Bassa trasmittanza,
basso fattore solare
(contenimento le
rientrate estive)**



Edificio tipo

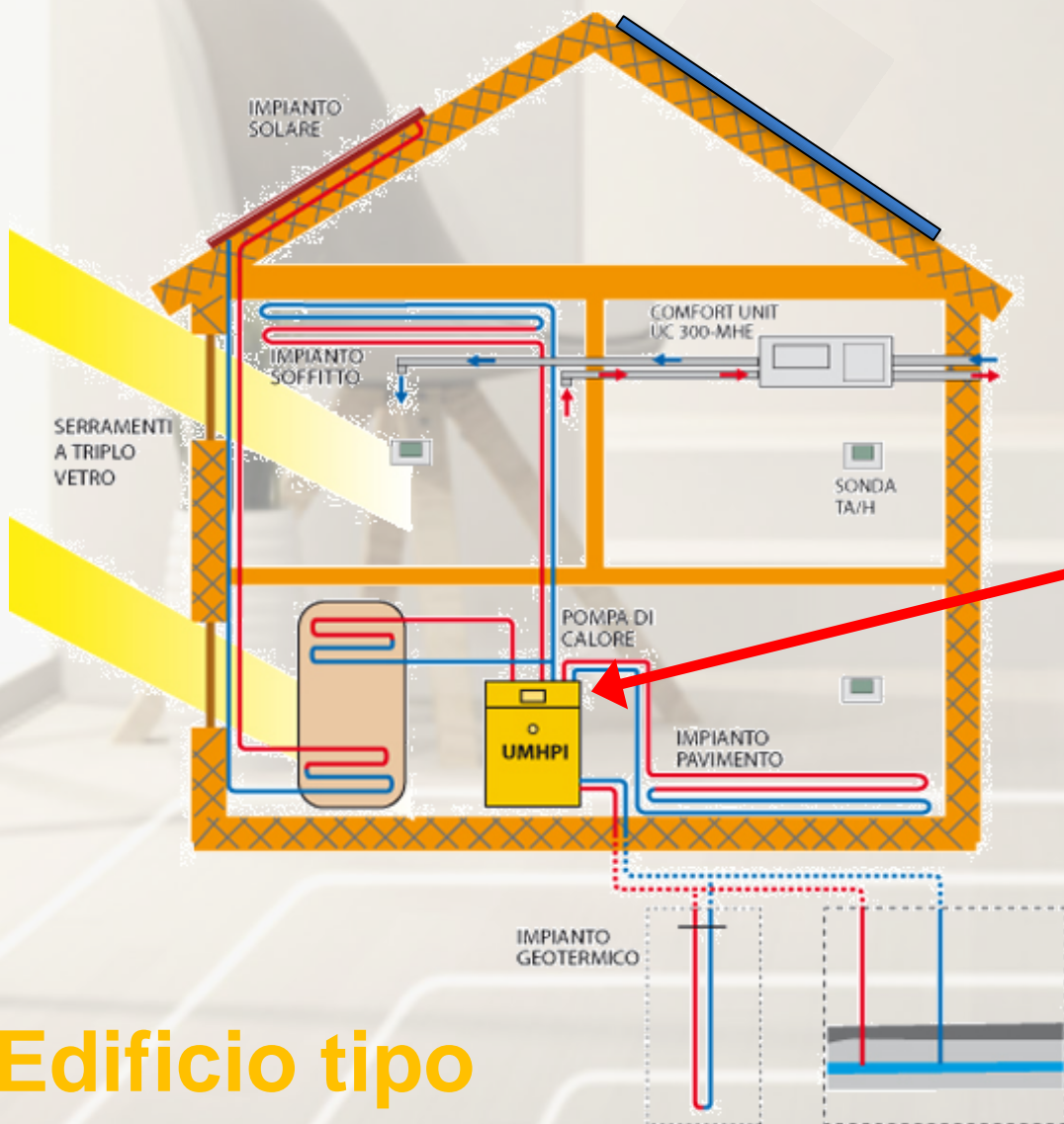
Soluzione tipo



Impianto radiante
estate/inverno:
a pavimento
oppure a soffitto

Edificio tipo

Soluzione tipo

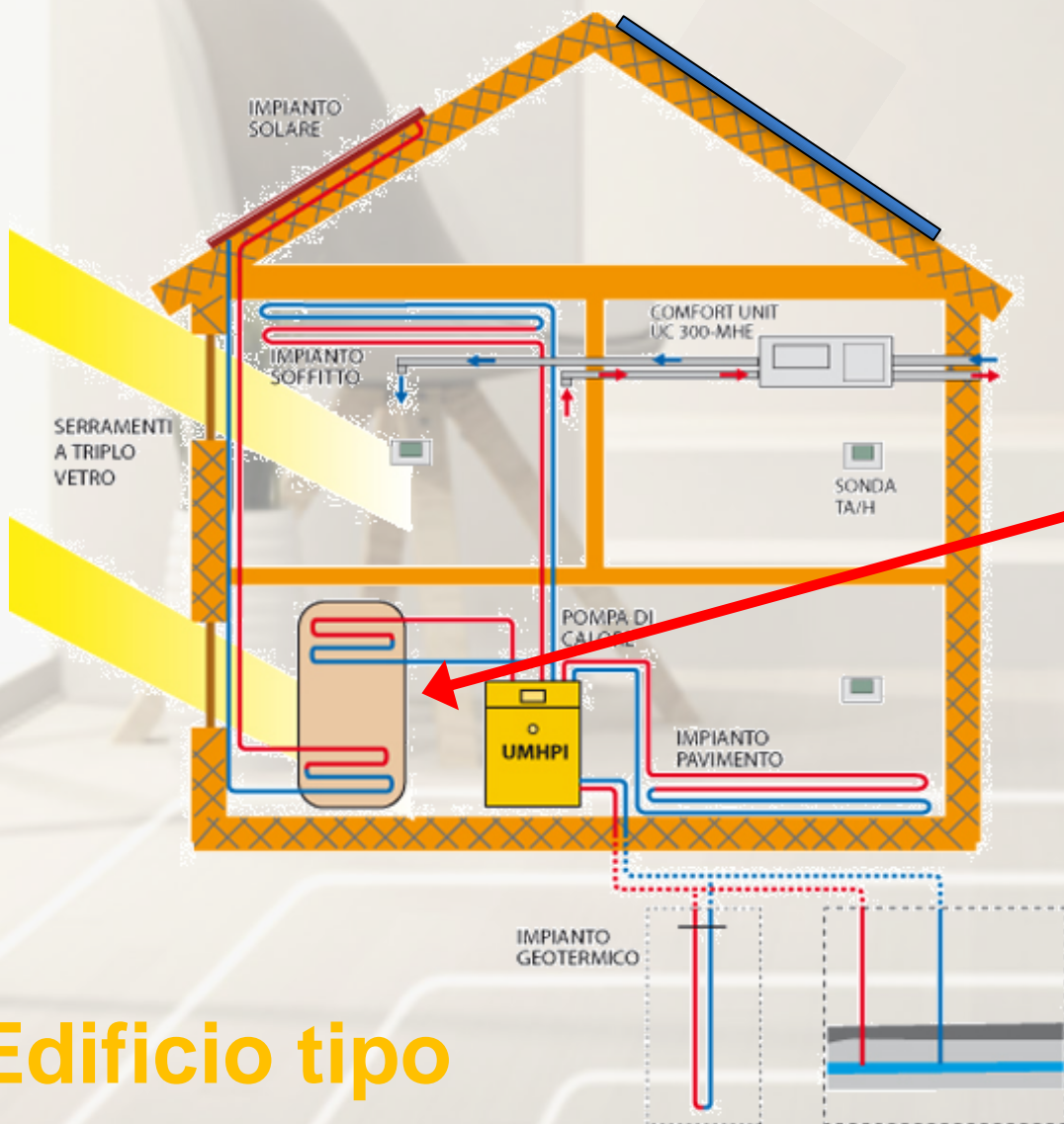


Produzione dell'energia: con pompa di calore.

**-Geotermica
-Aerotermica**

Edificio tipo

Soluzione tipo

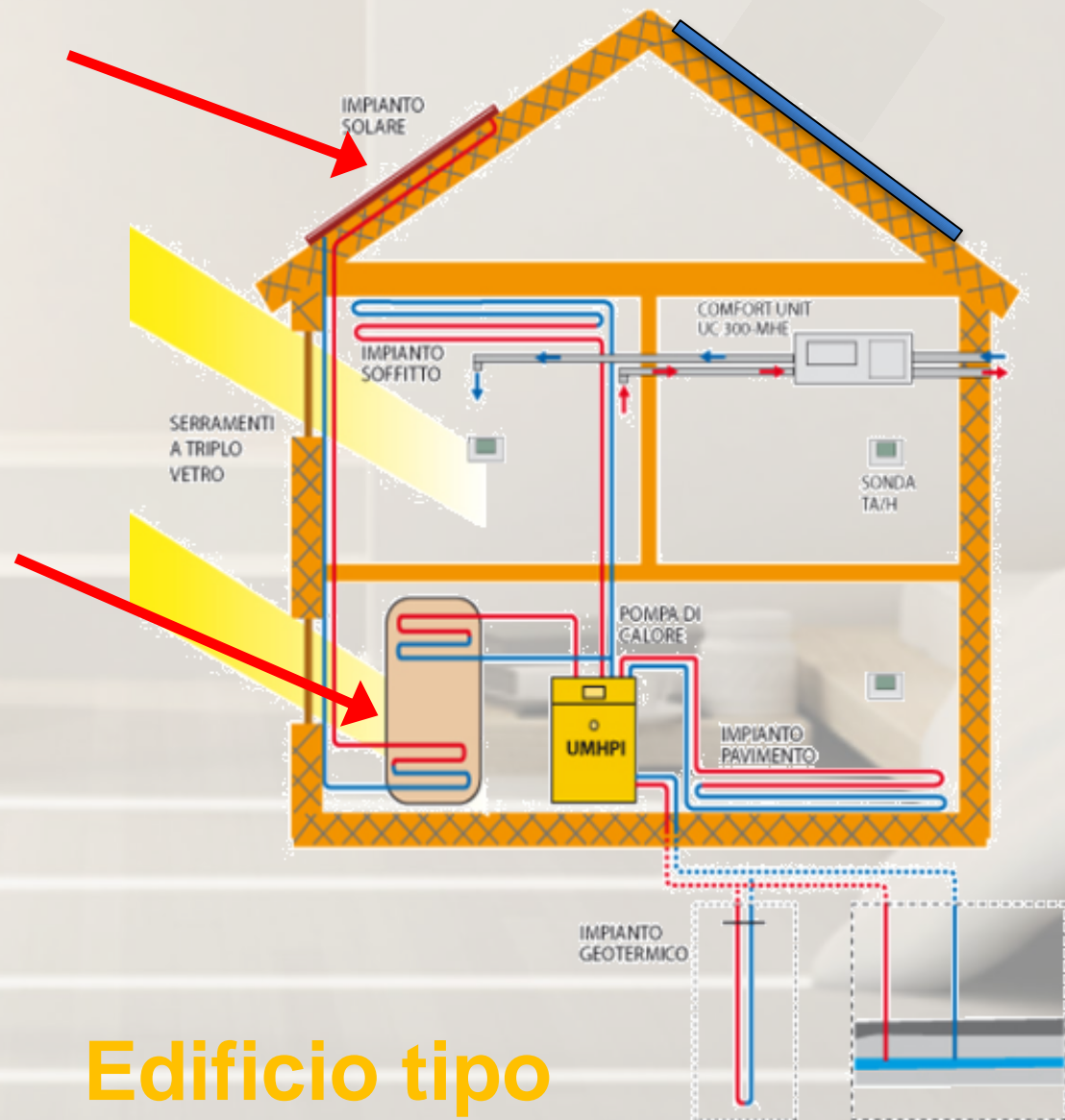


La pompa di calore soddisfa anche le esigenze di acqua calda sanitaria.

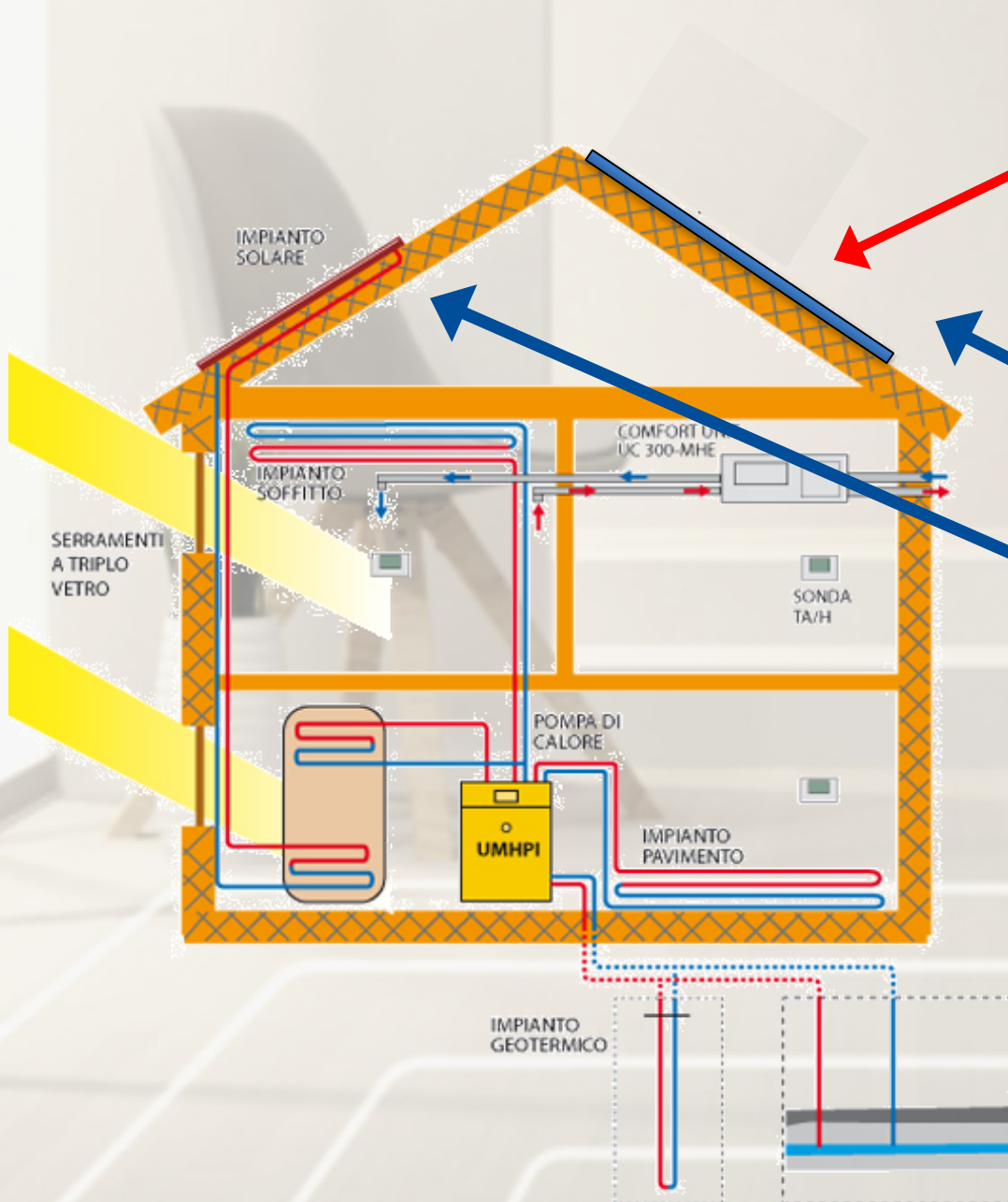
Edificio tipo

Soluzione tipo

Per la produzione di ACS c'è la collaborazione di un impianto solare termico (autonomia estiva, forte copertura invernale)



Edificio tipo



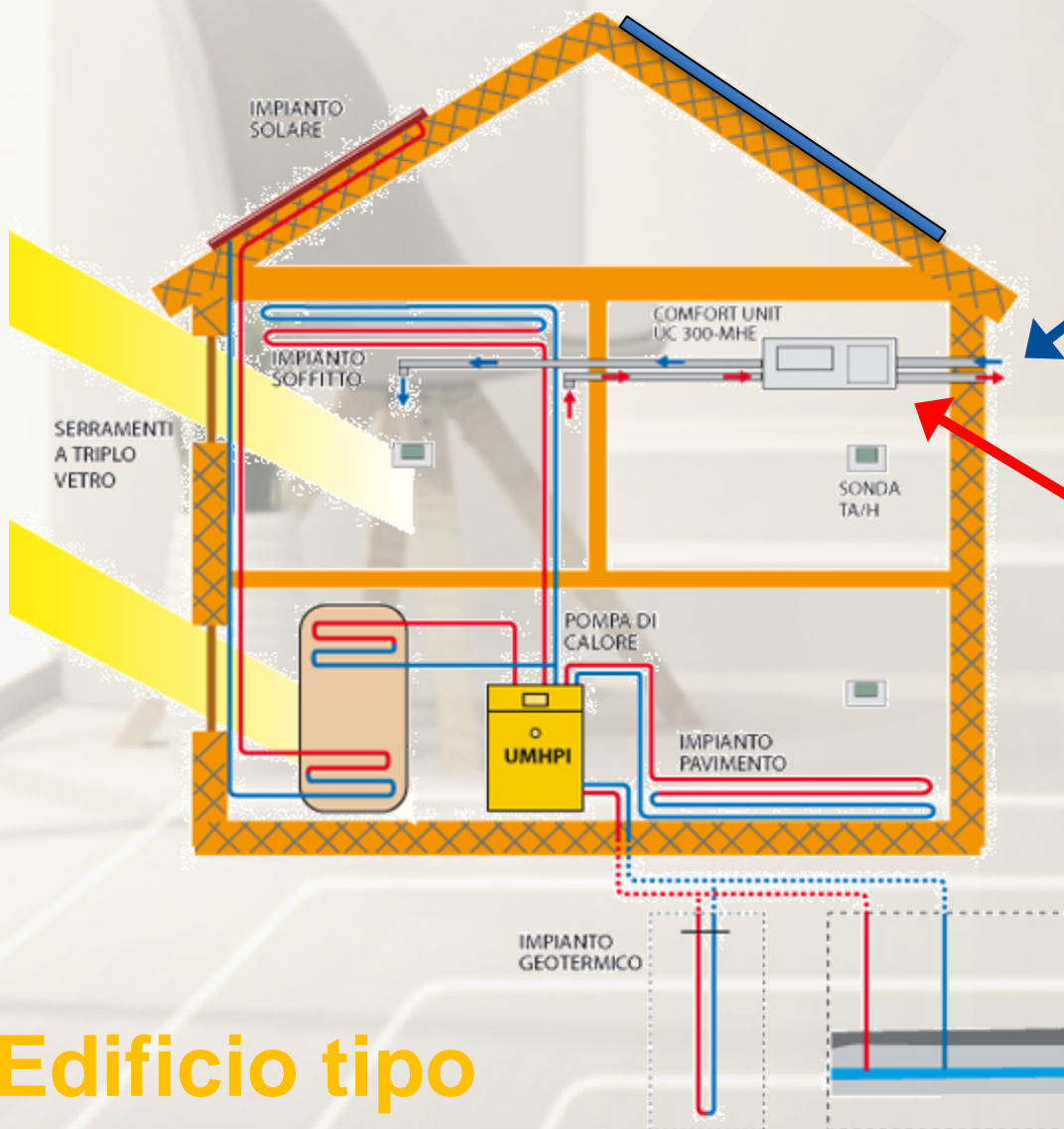
Per alimentare la pompa di calore si usufruisce di un impianto fotovoltaico.

Energia rinnovabile!

Edificio tipo

Soluzione tipo

**Ricambio aria con
recupero del
calore**



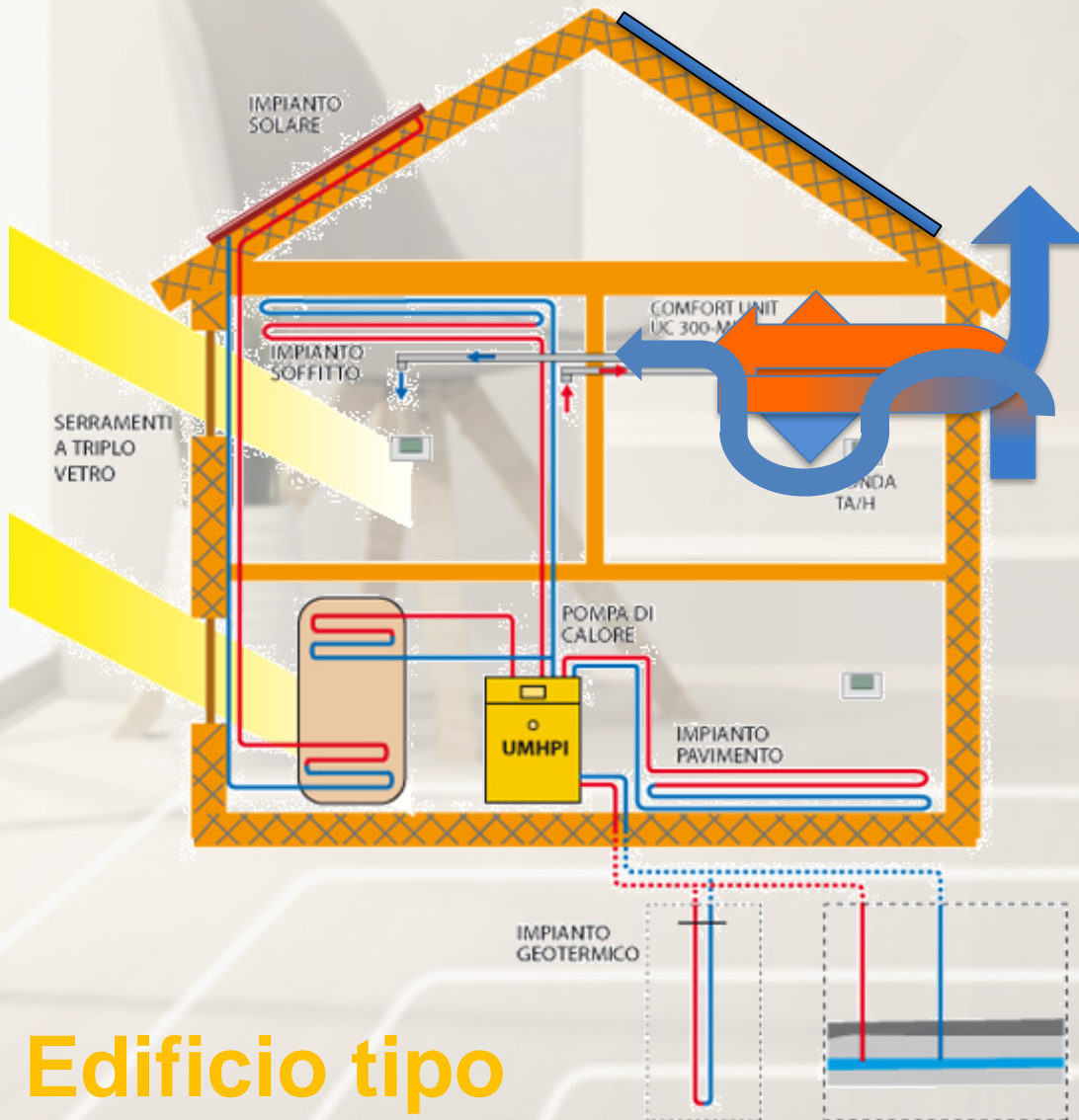
**Controllo termo-
igrometrico e qualità
dell'aria: VMC con
trattamento,
compresa
deumidificazione
estiva.**

Edificio tipo

Soluzione tipo

Free-cooling

La ventilazione con “free-cooling” garantisce il comfort nelle stagioni intermedie e previene la possibilità di surriscaldamenti



Edificio tipo

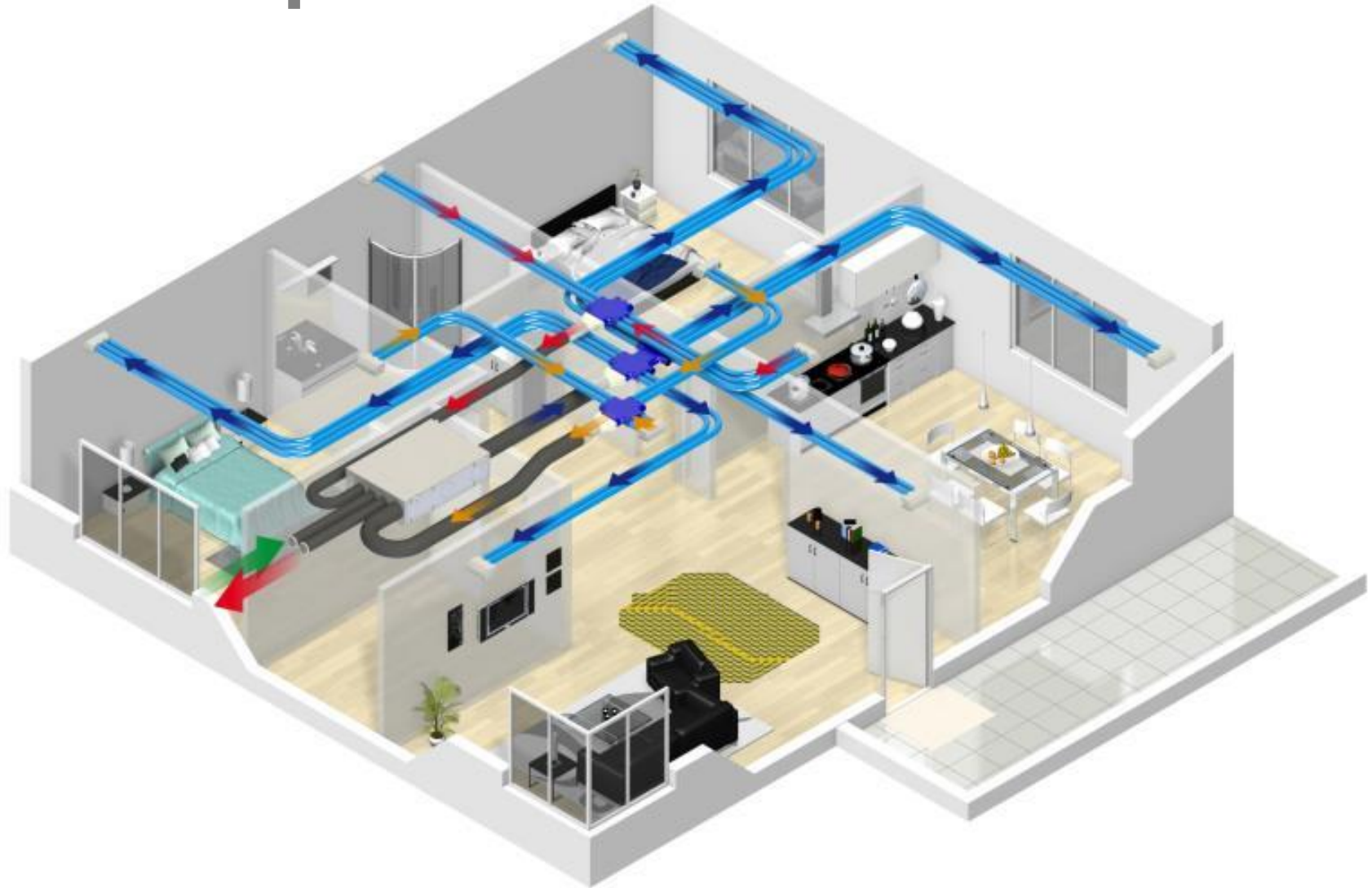
Soluzione tipo

Queste tecnologie sono già mature... e già disponibili oggi!

L'edificio a consumo ZERO è già a portata di mano...

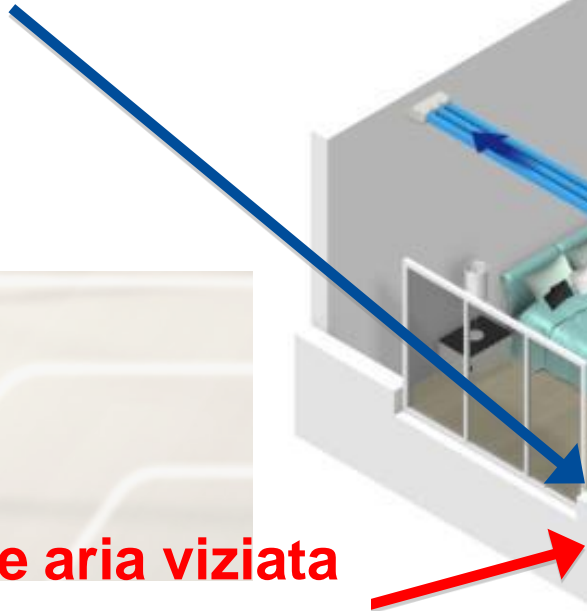
**E' necessaria una BUONA PROGETTAZIONE
(conoscere e applicare...)**

Esempio di impianto con sistema completo di trattamento aria



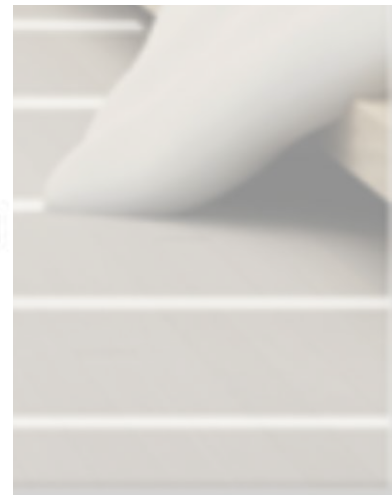
Esempio di impianto con sistema completo di trattamento aria

Preso aria esterna per rinnovo



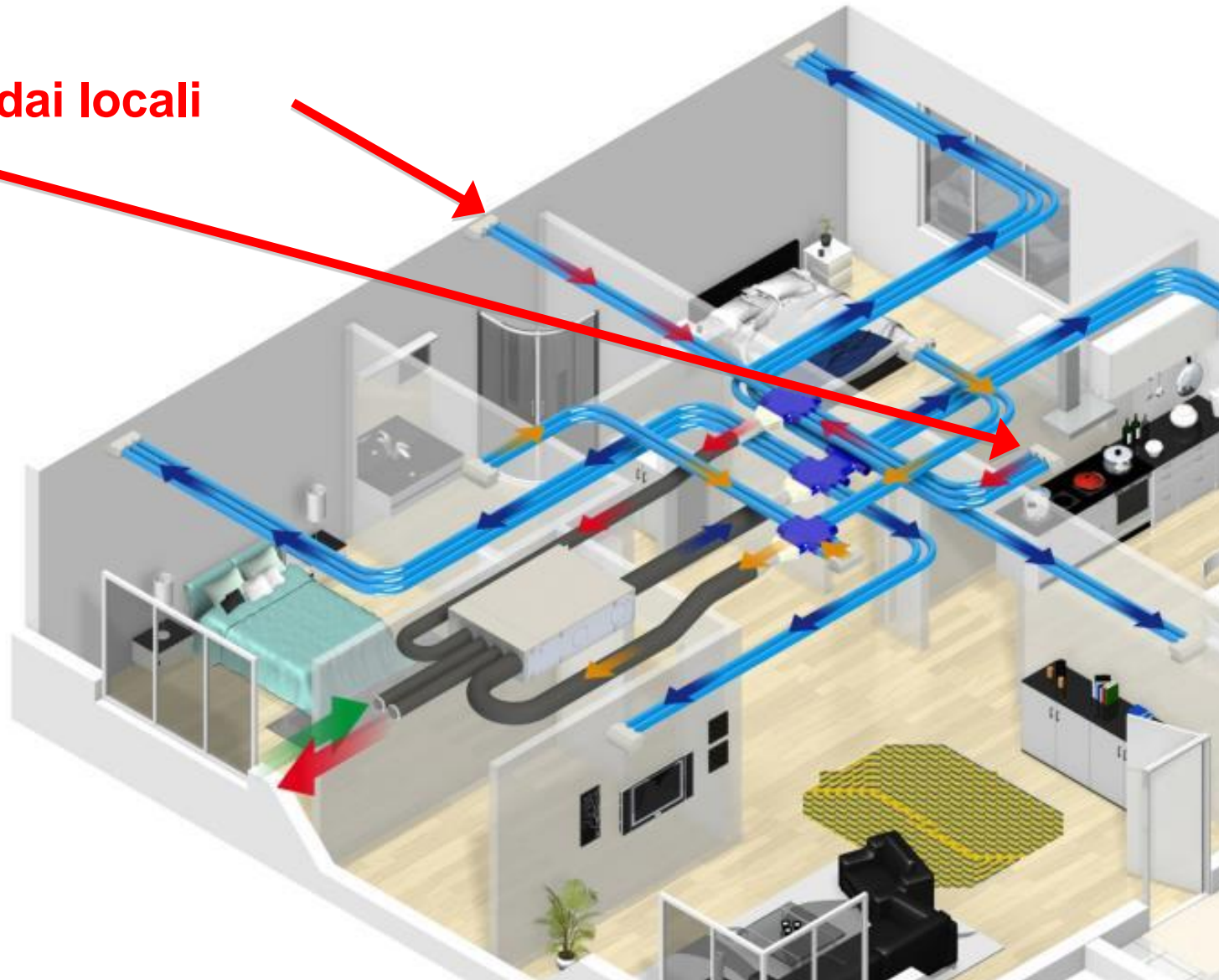
Expulsione aria viziata

Esempio di impianto con sistema completo di trattamento aria



Esempio di impianto con sistema completo di trattamento aria

Ripresa aria dai locali
“umidi”



Esempio di impianto con sistema completo di trattamento aria



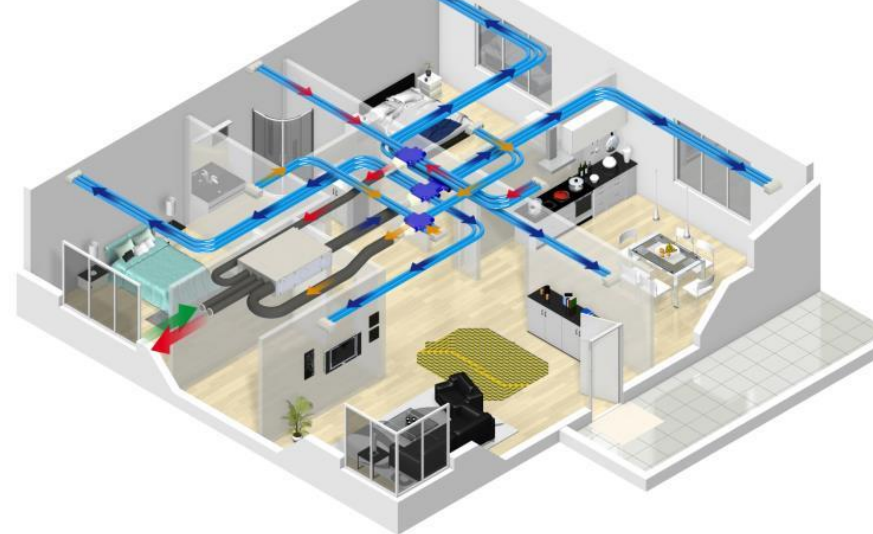
Ieri

Caldaia
Canna fumaria
Rete gas

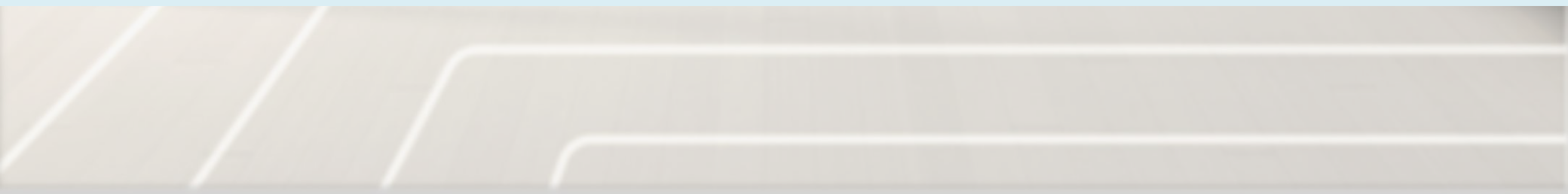
Oggi

Pompa di calore
Macchina ventilazione
Rete distribuzione aria

I nuovi edifici



**Edifici del terzo millennio:
obiettivi ambiziosi,...
ma ...
ci sono le soluzioni!**



IL COMFORT



Ci possiamo porre la domanda...

... a cosa servono gli IMPIANTI ?

Gli impianti servono a determinare

... il benessere ambientale





Ci possiamo porre un'altra domanda...

**... che cosa è
il benessere ambientale?**

**Quante tipologie di
benessere ambientale esistono?**

Come le possiamo definire?

Tipologie di benessere ambientale

- Benessere «termico»
- Benessere «igrometrico»
- Qualità dell'aria
- Benessere olfattivo / respiratorio
- Benessere «visivo»
- Benessere «acustico»

The background of the slide is a soft-focus photograph of a contemporary living space. On the left, a white, sculptural chair with a wooden tripod base stands next to a white, ribbed cylindrical vase containing a green plant. In the center, a low, light-colored wooden coffee table holds a stack of books and a white cup on a saucer. To the right, a portion of a white sofa is visible. The floor is a light, neutral tone. The overall atmosphere is clean, bright, and modern.

Ancora una domanda...

... che cosa è il «**benessere termico**»?

Come lo possiamo definire?

Definizione di «benessere termico»

Nella norma UNI-EN- ISO 7730 il «benessere termico» viene definito come quella **condizione mentale di soddisfazione nei riguardi dell'ambiente termico.**



Il «benessere termico»

I parametri che, influenzando gli scambi termici tra individuo e ambiente, determinano le condizioni di benessere, sono:

- **Temperatura dell'aria ambiente**, che influenza gli scambi termici
- **Temperatura media radiante**, che influenza gli scambi termici
- **Velocità relativa dell'aria**, che influenza gli scambi termici
- **Umidità dell'aria**, che influenza l'evaporazione del corpo

4 parametri ambientali
(parametri oggettivi, che dipendono dall'ambiente)

- **Dispendio metabolico** (correlato all'attività fisica)
- **Resistenza termica** (dipendente dalle caratteristiche individuali)

2 parametri individuali
(parametri soggettivi, che dipendono dall'uomo)

Il «benessere termico»

Si è visto che il comfort è la **combinazione di tanti valori**, tutti misurabili.

Ma **non esiste una unità di misura** che li possa riassumere. Come è possibile misurare il comfort?

Con l'introduzione dei parametri PMV e PPD.

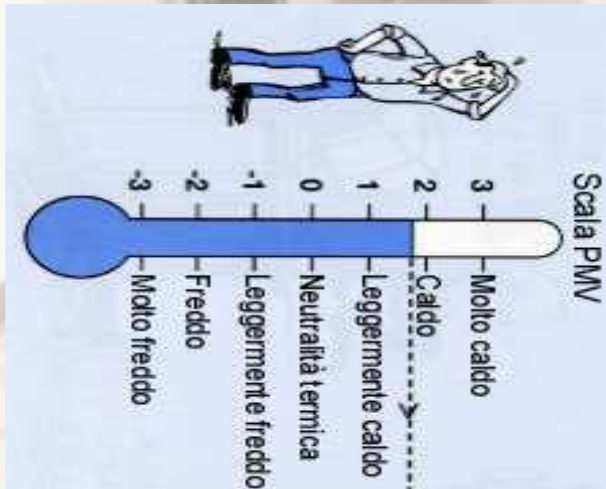
Cosa sono questi indici?

PMV = Predicted Mean Vote = voto medio previsto

PPD = Predicted Percentage of Dissatisfied = percentuale prevista di insoddisfatti

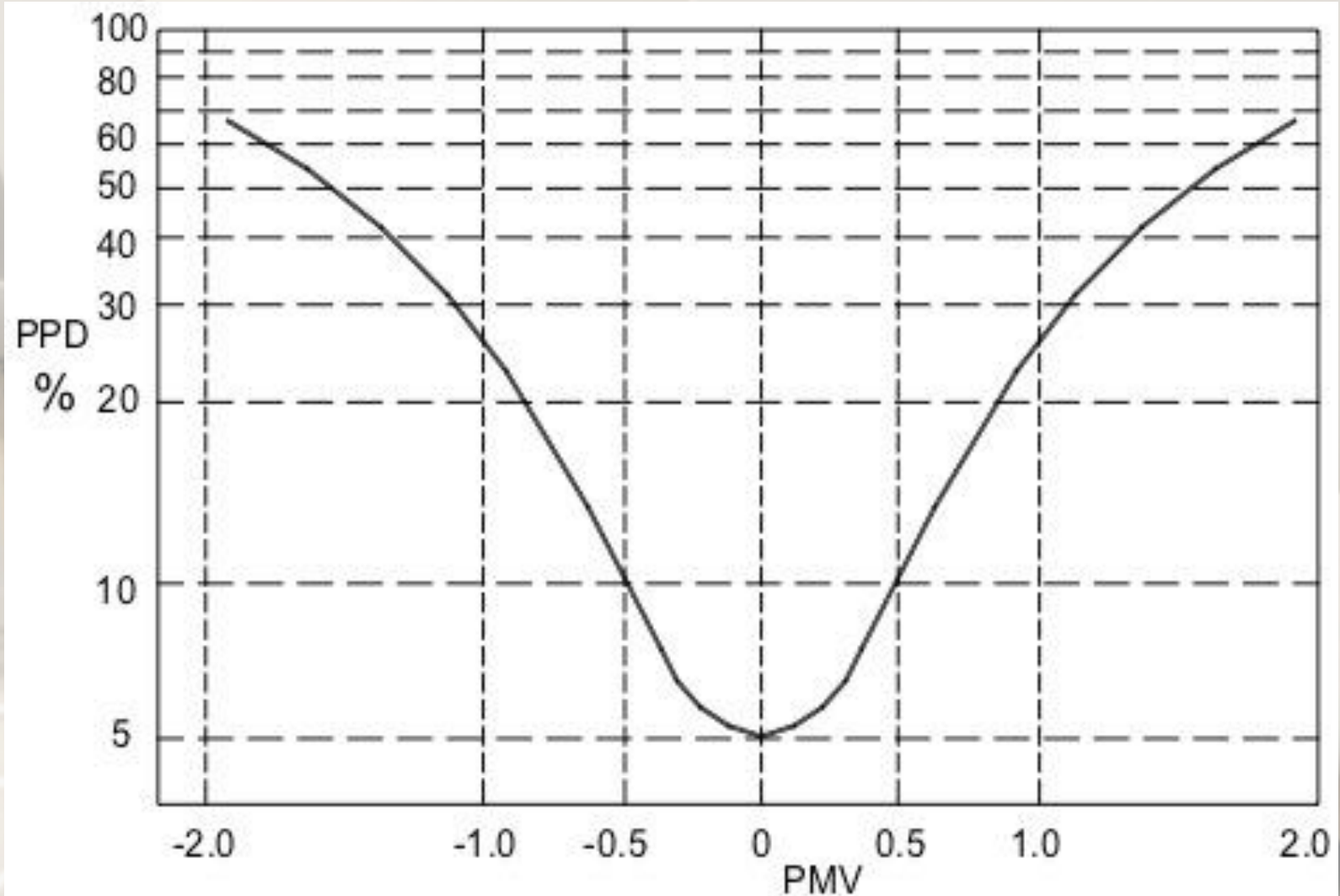
Il «benessere termico»

I valori di PMV e PPD sono stati ricavati per via sperimentale, su un vasto campione di persone; successivamente i risultati sono stati elaborati e modellati in relazioni matematiche.



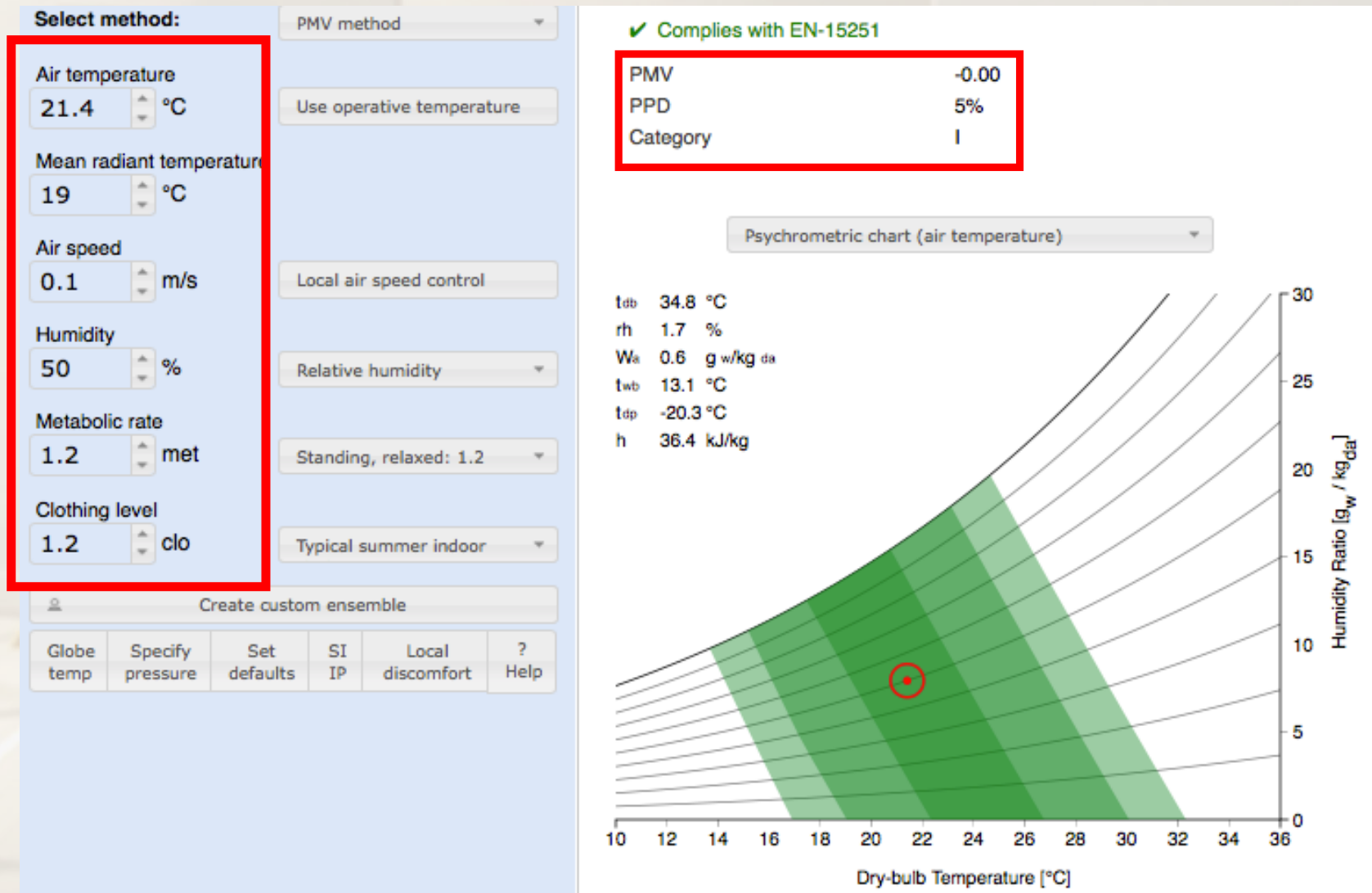
Il PMV rappresenta la **sensazione termica** su una scala di 7 valori: si passa da -3 (molto freddo) a +3 (molto caldo). Lo 0 (zero) rappresenta la neutralità termica.

Il «benessere termico»



Il grafico riporta sulle ascisse il voto medio previsto PMV, e sulle ordinate la percentuale di insoddisfatti PPD.

II «benessere termico»



E' possibile calcolare matematicamente il livello di confort, o anche usare appositi strumenti via Web.

Il «benessere termico»

Cause locali di malessere

Nella Norma ISO 7730 si pone all'attenzione anche alle **“cause locali di discomfort”**

- **Elevata differenza verticale di temperatura**
- **Pavimento troppo caldo o troppo freddo**
- **Correnti d'aria**
- **Velocità dell'aria**
- **Elevata asimmetria della temperatura radiante**



Il «benessere termico»

Conclusioni

Il termine **comfort** esprime temi variegati e complessi. Ma un attento studio dimostra che è possibile definirlo, prevederlo, calcolarlo. I valori noti ed è possibile operare per ottenerli.



Impianto radiante: una soluzione efficace!

L'impianto radiante è come l'artefice
per «**creare il comfort**».

Il «benessere termico»

Le Norme per il benessere termico:

UNI EN ISO 7730:2006
UNI EN ISO 15251:2008



Verso gli edifici nZEB

Cosa cambia?



Verso gli edifici nZEB

Il ruolo del progettista diventa fondamentale per far conoscere a tutti coloro che partecipano alla progettazione e a coloro incaricati della gestione:

- La definizione di **nZEB** potrebbe risultare fuorviante (non dice nella realtà quanto il bilancio energetico è soddisfatto)
- La definizione di **nZEB** non dice nulla sui reali costi di esercizio del sistema edificio/impianto
- E' necessario decidere se ottenere semplicemente un edificio **conforme ai requisiti di legge** oppure se avvicinarsi realmente ad un **bilancio annuo zero**
- Non è detto che un **bilancio annuo zero sia raggiungibile** (per **problemi di costi**, a causa di scelte architettoniche o impiantistiche)
- Le soluzioni vanno scelte tenendo in considerazione i permessi edilizi e soprattutto il **budget disponibile**
- Un sistema edificio/impianto complesso richiede un **libretto con le istruzioni per l'uso e per la manutenzione**

Verso gli edifici nZEB

Per l'edificio nZEB l'**involucro edilizio** diventa fondamentale per far mitigare gli effetti del clima esterno e permettere **le condizioni di benessere** interno con il minor consumo di energia

Parametri principali:

- Contesto climatico
- Orientamento dell'edificio
- Forma dell'edificio (rapporto S/V)
- Elementi schermanti
- Isolamento termico
- Inerzia termica e sfasamenti

I requisiti vanno considerati per il risparmio energetico sia invernale che estivo

Parametro relativo ai componenti di involucro [7] e [28]	Definizione del requisito secondo [7] e [28]	Indicazione progettuale (1)
Coefficiente medio globale di scambio termico - $H't$ ($W/(m^2K)$)	Valore calcolato per l'edificio reale inferiore a quello massimo ammissibile riportato in tabella 10 dell'appendice A [7]	Prevedere l'isolamento delle strutture opache in modo da ottenere dei valori di trasmittanza (compresi quelli dei ponti termici) prossimi il più possibile a quelli utilizzati per l'edificio di riferimento (2019/2021) [7]
Area solare equivalente estiva per unità di superficie utile $A_{sol,est}/A_{sup,utile}$	Valore calcolato per l'edificio reale inferiore al valore massimo ammissibile riportato in tabella 11 dell'appendice A [7]	La soluzione ottimale consiste nell'adottare un vetro performante (dal punto di vista del fattore solare) accoppiato a schermature preferibilmente esterne. Un serramento con fattore solare del vetro pari circa a 0.5 e fattore solare vetro + schermatura pari a 0.30+0.35, consente generalmente di soddisfare contemporaneamente le verifiche dei parametri: $A_{sol,est}/A_{sup,utile}$, $EP_{H,nd}$, $EP_{C,nd}$
Indice di prestazione termica utile per il riscaldamento $EP_{H,nd}$ (kWh/m^2)	Valore calcolato per l'edificio reale inferiore al corrispondente indice calcolato per l'edificio di riferimento del 2019/2021 [7]	Se viene soddisfatto il requisito del parametro $H't$ viene di conseguenza rispettato il parametro $EP_{H,nd}$
Indice di prestazione termica utile per il raffreddamento $EP_{C,nd}$ (kWh/m^2)	Valore calcolato per l'edificio reale inferiore al corrispondente indice calcolato per l'edificio di riferimento del 2019/2021 [7]	Se viene soddisfatto il requisito del parametro $A_{sol,est}/A_{sup,utile}$ viene generalmente rispettato il parametro $EP_{C,nd}$
Riflettanza solare dei materiali impiegati nelle coperture	Riflettanza maggiore o uguale a 0.65 per le coperture piane e 0.30 per le coperture a falda. Tali prescrizioni non sono obbligatorie ma costituiscono una buona pratica progettuale	-

Verso gli edifici nZEB

Produzione di energia da fonti rinnovabili

Per un edificio **nZEB** la quota di copertura del fabbisogno di energia per:

- Riscaldamento
- Raffrescamento
- Produzione ACS
- Ventilazione

...deve essere **almeno pari al 50%** (55% per edifici pubblici), come specificato nell'allegato 3 del D.Lgs. 28/2011.

Questo rappresenta una difficoltà, in quanto è assai difficile approvvigionarsi di energia rinnovabile per il raffrescamento.

Per gli edifici in zone climatiche calde, e in generale per gli edifici NON residenziali, è difficile ottenere un nZEB.

Verso gli edifici nZEB

Produzione di energia da fonti rinnovabili

Tecnologie per energia da fonti rinnovabili:

- Solare termico
- Solare fotovoltaico
- Biomassa
- Aerotermica
- Idrotermica
- Geotermica

Ciascuna apporta vantaggi e svantaggi: ingombri, rumorosità, disponibilità di spazi, burocrazia per autorizzazioni, costi iniziali,...

Verso gli edifici nZEB

Produzione di energia da fonti rinnovabili

Con il metodo di calcolo delle Norme UNI TS 11300 l'**energia prodotta dal fotovoltaico** è considerata **rinnovabile** e può coprire i fabbisogni energetici di tutti i sistemi impiantistici:

- Riscaldamento
- Raffrescamento
- Produzione di ACS
- Ventilazione
- Illuminazione (per il non residenziale)
- Trasporto persone (per il non residenziale)

Questo tipo di fonte energetica si avvia dunque ad essere la principale tecnologia a disposizione per gli **edifici nZEB**.

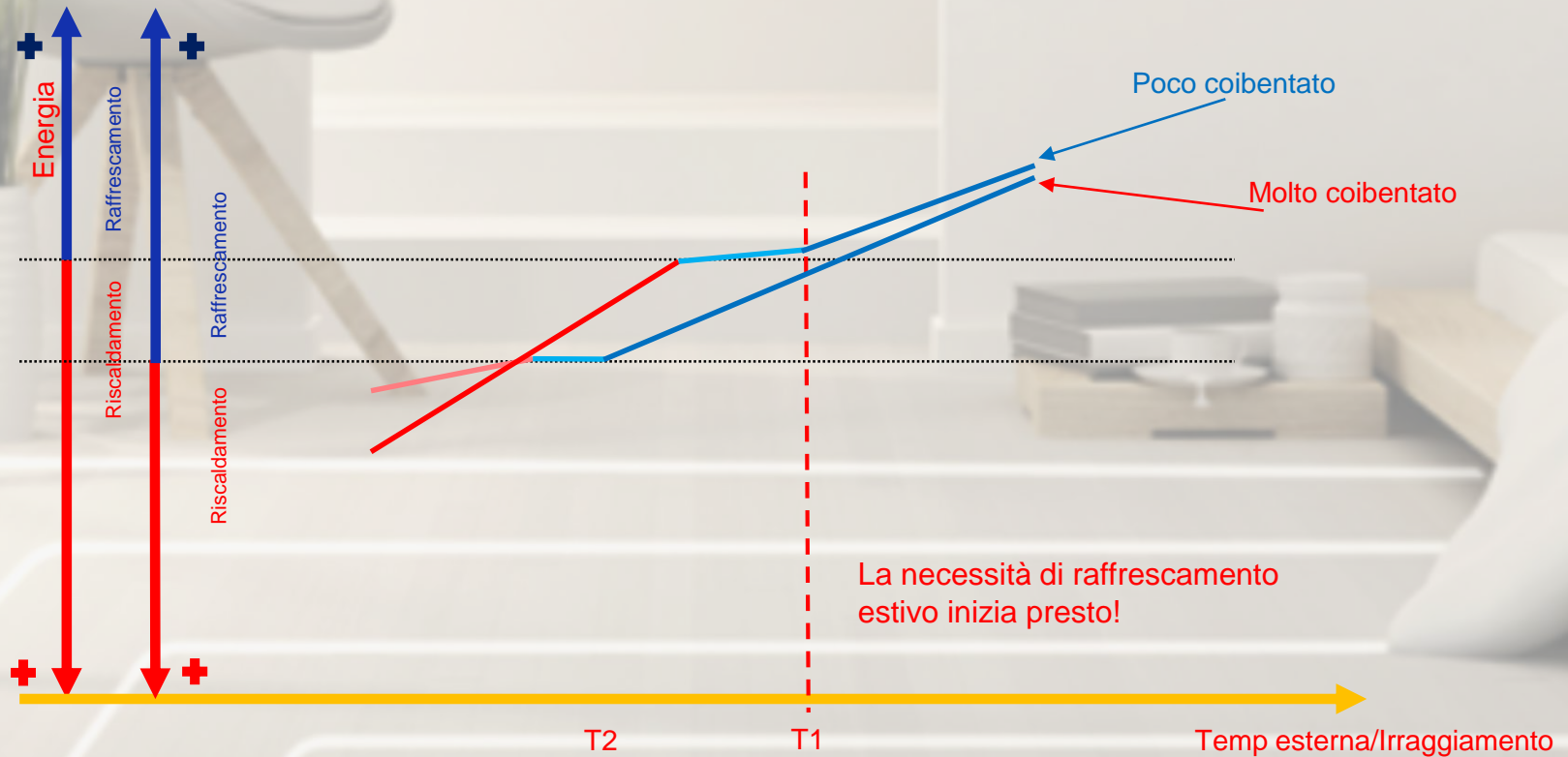
Verso gli edifici nZEB

Cosa cambia con gli edifici nZEB ?



Verso gli edifici nZEB

Considerazione: aumentare la coibentazione **riduce il fabbisogno di riscaldamento invernale**, ma spesso NON comporta benefici per la climatizzazione estiva; potrebbe peggiorare la situazione in estate.



Verso gli edifici nZEB

Altra considerazione: come influisce il calore endogeno.

Edificio POCO coibentato: inverno				
Potenza termica [W/m ²]	N. Persone/m ²	Calore/persona [W]	Calore endogeno [W/m ²]	Apporto endogeno [in %]
100	0,15	70	10,5	10,5%

↑ Apporti gratuiti!

Edificio MOLTO coibentato: inverno				
Potenza termica [W/m ²]	N. Persone/m ²	Calore/persona [W]	Calore endogeno [W/m ²]	Apporto endogeno [in %]
30	0,15	70	10,5	35,0%

Apporti gratuiti; desiderati?

A carico parziale 50% l'apporto delle persone diventa il 70% del carico!!

Ritrovo con amici: si provoca surriscaldamento! **Discomfort!!**

Verso gli edifici nZEB

Altra considerazione: quelli che in inverno erano chiamati **apporti gratuiti** in estate sono **CARICO TERMICO** estivo.

Conclusione: molto isolamento =

- ➡ Necessità di raffrescamento
- ➡ Inverno più breve
- ➡ Estate più lunga
- ➡ Energia estate > Energia inverno!

E' necessario focalizzarci maggiormente sull'estate.

Attenzione alle rientrate di calore! Il calore da irraggiamento (non da trasmissione), e il calore endogeno sono la maggior parte del carico estivo!

Verso gli edifici nZEB

Produzione di energia da fonti rinnovabili

Le strategie **realisticamente perseguibili** nella pratica sono:

- Generatori a biomassa
- Impianti fotovoltaici
- Teleriscaldamento
- Pompe di calore

La biomassa è considerata rinnovabile all'80% se solida e al 60% se liquida o gassosa. Nel caso del teleriscaldamento il D.Lgs. 28/2011 prevede l'esenzione dal vincolo di copertura da FER.

Verso gli edifici nZEB

Necessità della ventilazione



nous avons tous besoin
d'air frais

Renouveler l'air de la maison est

une nécessité vitale :

- pour y apporter un air neuf et pourvoir à nos besoins en oxygène ;
- pour évacuer les odeurs et les polluants qui s'y

Verso gli edifici nZEB

Necessità della ventilazione

L'evoluzione della costruzione



Ieri:

Numerose fughe, **infiltrazioni attraverso i serramenti**
ed alti consumi per il riscaldamento

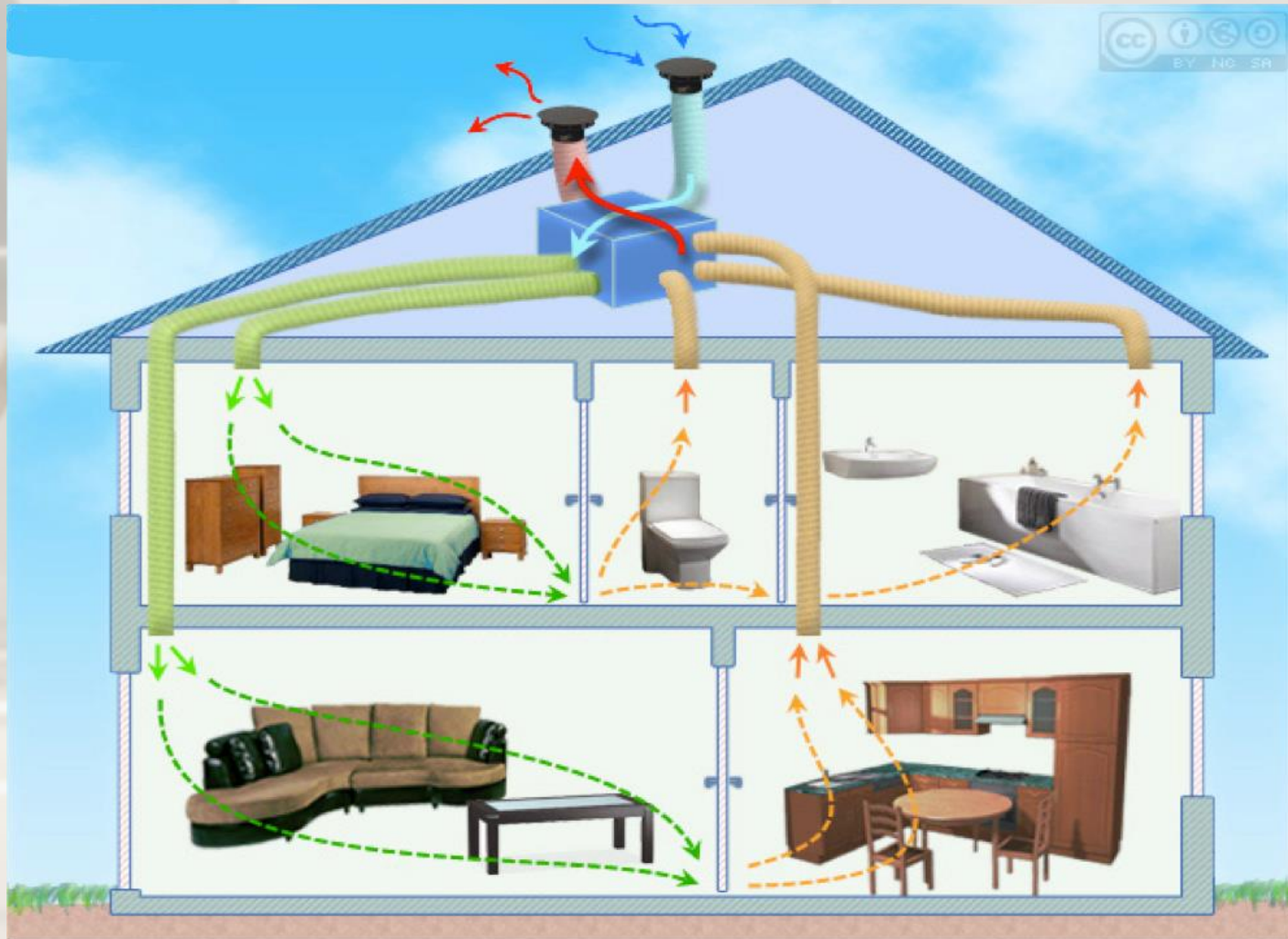
Oggi:

Edifici ermetici, non permeabili all'aria esterna

Il rinnovo per infiltrazione è impossibile.



Verso gli edifici nZEB

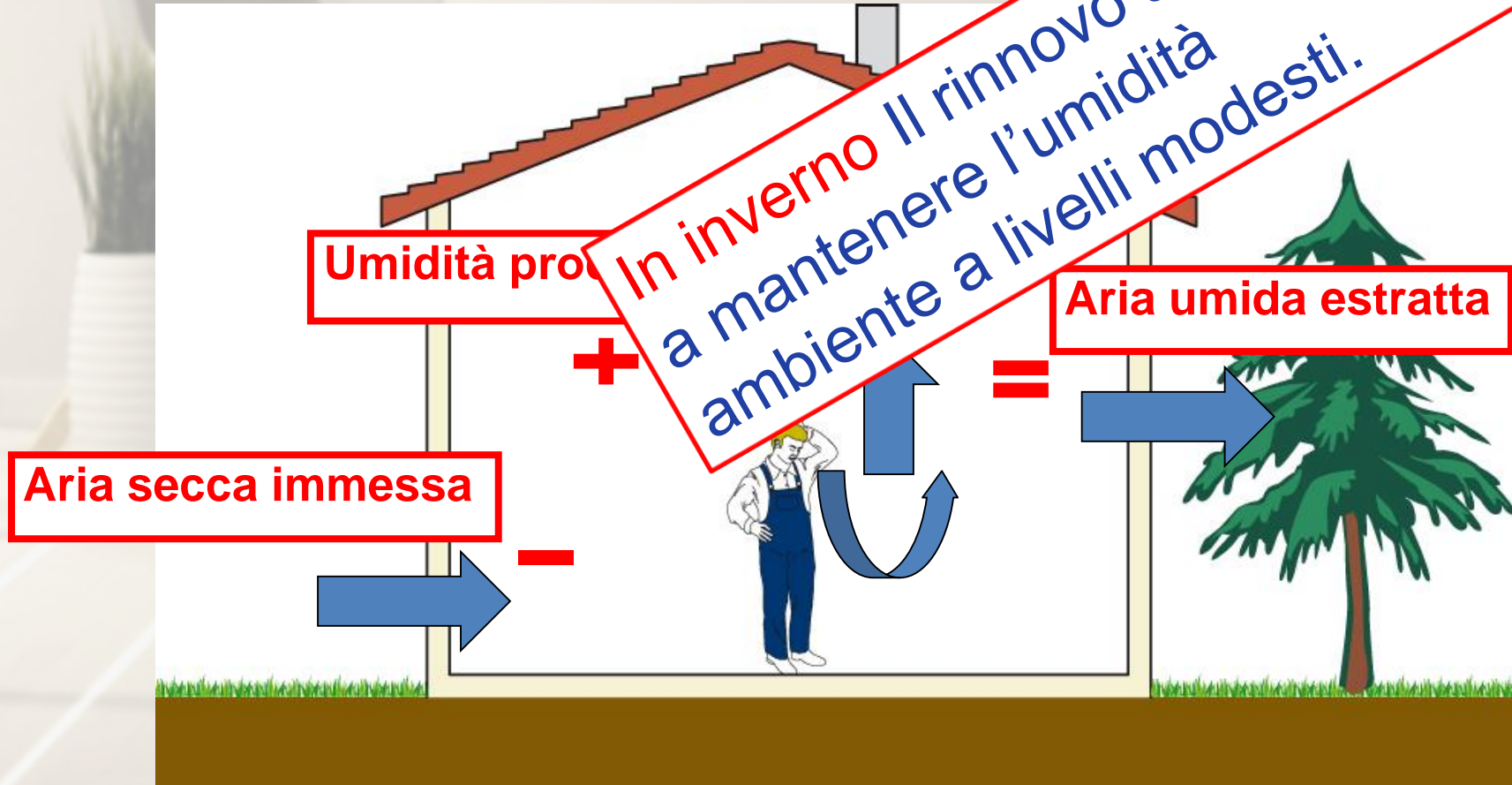


Schema distribuzione in abitazione singola

Verso gli edifici nZEB

E l'umidità?

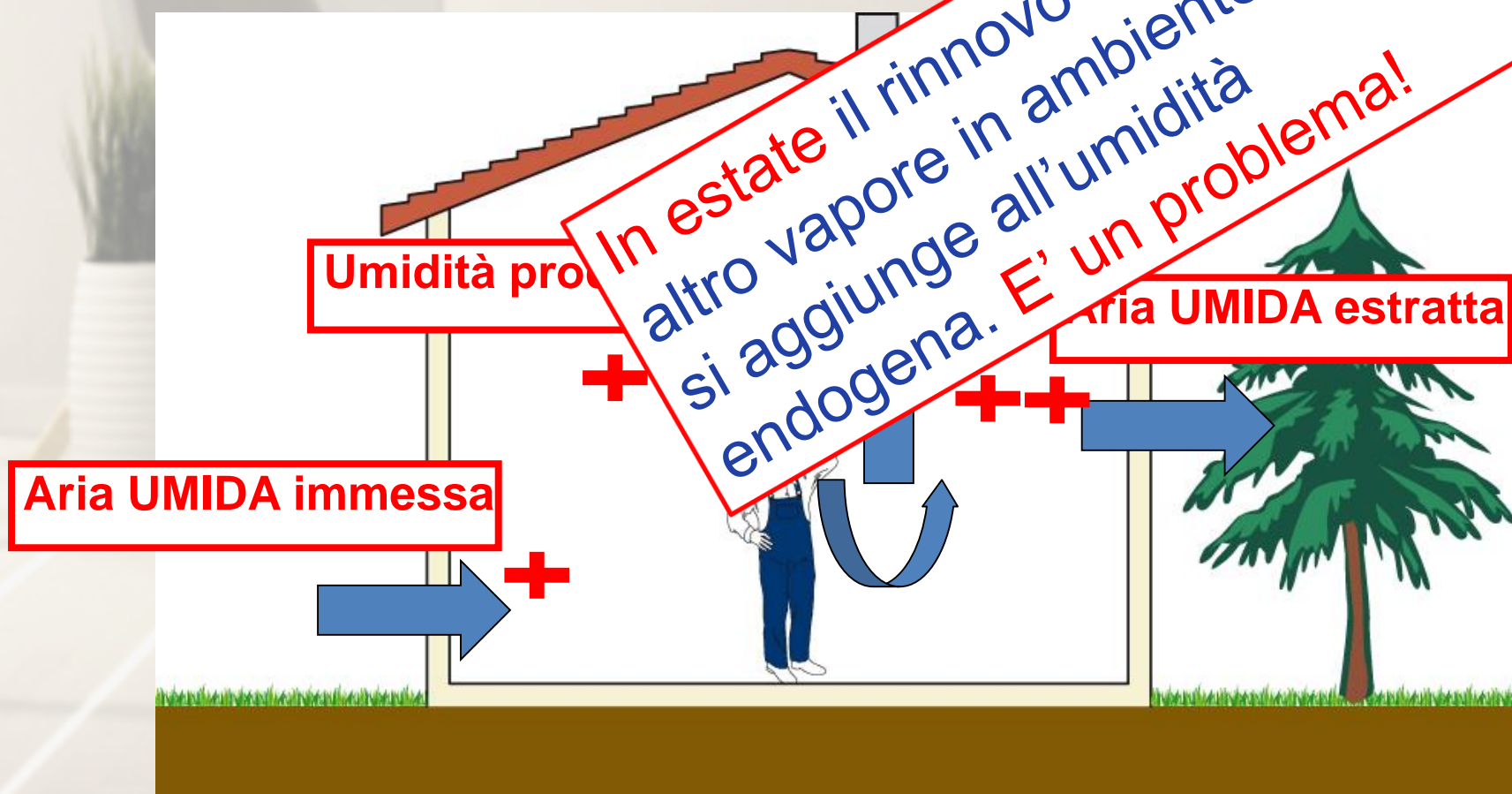
Il bilancio igrometrico ambiente **in inverno**



Verso gli edifici nZEB

E l'umidità?

Il bilancio igrometrico ambiente **in estate**



Verso gli edifici nZEB

Dati climatici rilevati da ARPAV a Padova nel 2016

Giorno	GIUGNO 2016			LUGLIO 2016			AGOSTO 2016		
	Temperatura	Umidità %	Umidità g/kg	Temperatura	Umidità %	Umidità g/kg	Temperatura	Umidità %	Umidità g/kg
1	23.4	50	9	29.7	53	13.9	27.1	49	11
2	22.6	66	11.4	29.6	61	16	28.7	38	8.5
3	23.2	63	11.2	28.5	61	15	31.2	48	13.7
4	22.2	72	12.1	26.4	46	9.9	32.0	46	13.8
5	24.3	63	12	30.2	46	12.4	25.2	58	11.7
6	27	51	11.4	30.4	49	13.4	28.8	38	9.4
7	28.6	42	10.3	28.5	51	12.5	29.4	33	8.4
8	27.2	56	12.7	29.7	46	12	30.6	37	10.2
9	20.8	75	11.6	31.7	54	16	31.7	42	12.3
10	24.1	60	11.3	32.1	49	14.8	23.7	51	9.3
11	25.5	60	12.3	32.3	50	15.3	24.3	38	7.2
12	22.1	65	10.8	32.6	43	13.3	24.5	47	9
13	25.7	51	10.6	31.9	33	9.8	27.7	44	10.2
14	20.7	73	11.2	26.5	30	6.5	30.6	39	10.7
15	25.8	42	8.7	24.3	38	7.2	31.6	41	12
16	25.8	63	13.2	26.6	33	7.2	30.8	45	12.6
17	26.3	36	7.7	29.9	31	8.2	29.4	49	12.6
18	25.9	41	8.6	30.8	48	13.4	27.2	55	12.5
19	23.5	53	9.6	31	40	11.3	27.7	61	14.3
20	26.6	42	9.1	30.6	47	13	29	62	15.7
21	27.3	46	10.5	29.8	46	12.1	28.2	64	15.5
22	31.1	43	12.2	30.5	49	13.5	27.7	32	7.4
23	33	45	14.3	27.5	54	12.5	28.1	36	8.5
24	33.9	46	15.8	28.7	46	11.4	28.3	45	10.9
25	33.8	51	17	32.6	39	12	28.2	45	10.8
26	29.8	52	13.7	32.8	42	13.1	28.7	41	10.1
27	28	54	12.8	31.9	43	12.8	>>	>>	
28	28.5	35	8.5	27.7	53	12.4	>>	>>	
29	28.6	41	10	30.7	52	14.5	30.6	50	13.8
30	30.4	43	11.7	31.9	52	15.5	28.6	46	11.3
31				30	52	13.9	27.9	39	9.2
Minima	20.7	35.0	7.7	24.3	30.0	6.5	23.7	32.0	7.2
Massima	33.9	75.0	17.0	32.8	61.0	16.0	32.0	64.0	15.7
Media	26.5	52.7	11.4	29.9	46.4	12.4	28.5	45.5	11.1

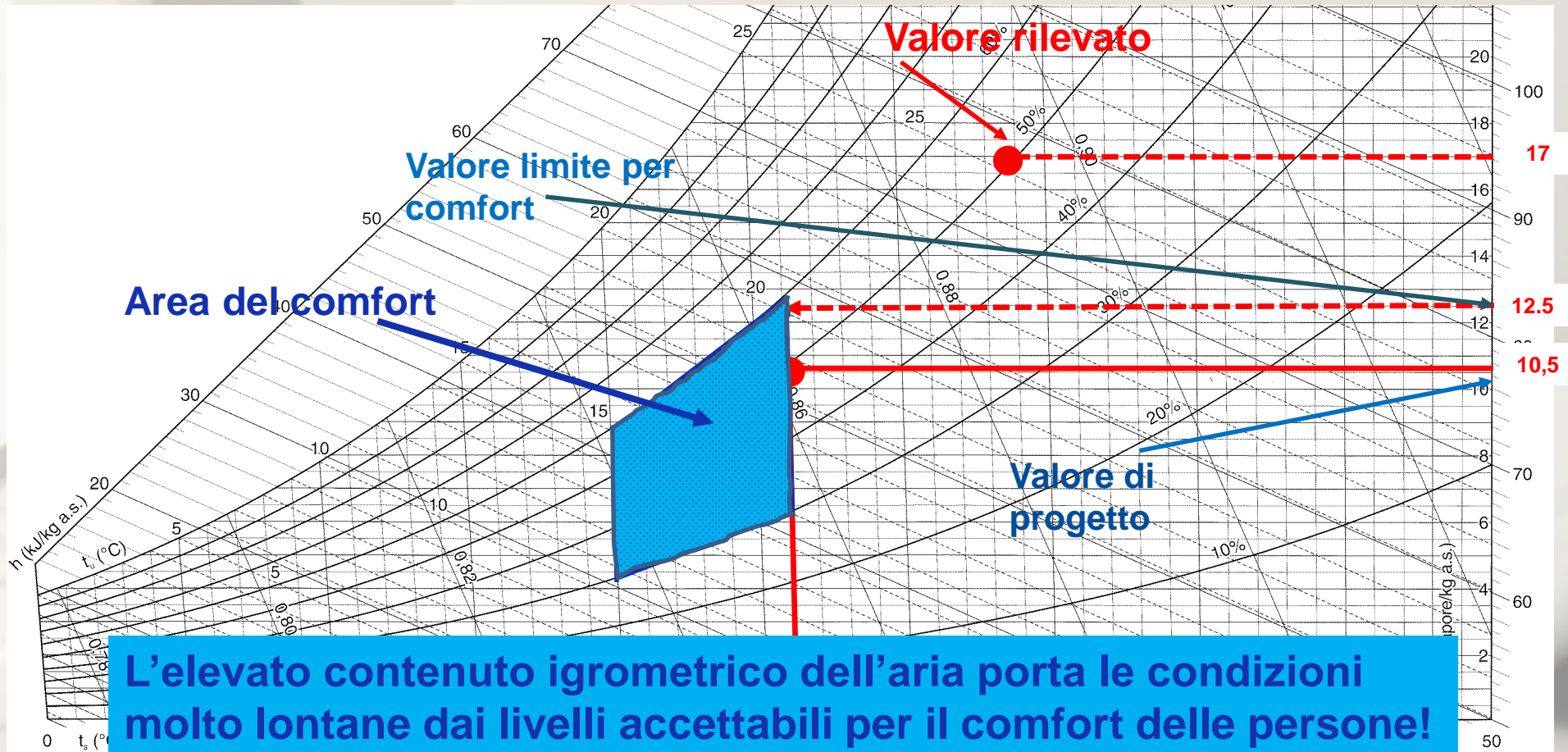
Verso gli edifici nZEB

Dati climatici rilevati da ARPAV a Padova nel 2016

Giorno	GIUGNO 2016			LUGLIO 2016			AGOSTO 2016		
	Temperatura	Umidità %	Umidità g/kg	Temperatura	Umidità %	Umidità g/kg	Temperatura	Umidità %	Umidità g/kg
1	23.4	50	9	29.7	53	13.9	27.1	49	11
2	22.6	66	11.4	29.6	61	16	28.7	38	8.5
3	23.2	63	11.2	28.5	61	15	31.2	48	13.7
4	22.2	72	12.1	26.4	46	9.9	32.0	46	13.8
5	24.3	63	12	30.2	46	12.4	25.3	58	11.7
6	27	51	11.4	30.4	49	13.4	28.8	38	9.4
7	28.6	42	10.3	28.5	51	12.5	29.4	33	8.4
8	27.2	56	12.7	29.7	46	12	30.6	37	10.2
9	20.8	75	11.6	31.7	54	16	31.7	42	12.3
10	24.1	60	11.3	32.1	49	14.8	23.7	51	9.3
11	25.5	60	12.3	32.3	50	15.3	24.3	38	7.2
12	22.1	65	10.8	32.6	43	13.3	24.5	47	9
13	25.7	51	10.6	31.9	33	9.8	27.7	44	10.2
14	20.7	73	11.2	26.5	30	6.5	30.6	39	10.7
15	25.8	42	8.7	24.3	38	7.2	31.6	41	12
16	25.8	63	13.2	26.6	33	7.2	30.8	45	12.6
17	26.3	36	7.7	29.9	31	8.2	29.4	49	12.6
18	25.9	41	8.6	30.8	48	13.4	27.2	55	12.5
19	23.5	53	9.6	31	40	11.3	27.7	61	14.3
20	26.6	42	9.1	30.6	47	13	29	62	15.7
21	27.3	46	10.5	29.8	46	12.1	28.2	64	15.5
22	31.1	43	12.2	30.5	49	13.5	27.7	32	7.4
23	33	45	14.3	27.5	54	12.5	28.1	36	8.5
24	33.9	46	15.8	28.7	46	11.4	28.3	45	10.9
25	33.8	51	17	32.6	39	12	28.2	45	10.8
26	29.8	52	13.7	32.8	42	13.1	28.7	41	10.1

Verso gli edifici nZEB

E l'umidità?



Il sistema radiante



Pavimento radiante

Il sistema radiante



Il sistema radiante ad alta efficienza con grande superficie di scambio permette di portare l'energia termica agli ambienti, caldo o freddo a seconda delle esigenze e della stagione.

Il sistema radiante

L'obiettivo è il COMFORT

L'impianto **radiante** modifica i parametri della temperatura favorendo la “**temperatura operante**” (temperatura percepita); si ottiene perciò:

- ❑ In INVERNO: **temperatura radiante più elevata** (e temperatura dell'aria più bassa)
- ❑ In ESTATE: **temperatura radiante più bassa** (e temperatura dell'aria più alta)

Il sistema radiante

Peculiarità dei sistemi radianti

Il principio fondamentale è influenzare lo **scambio per irraggiamento**, modificando la “**temperatura media radiante**”.

Il “corpo scaldante” radiante quindi utilizza:

- **Grandi superfici**
- **Piccole differenze di temperatura**

Il sistema radiante

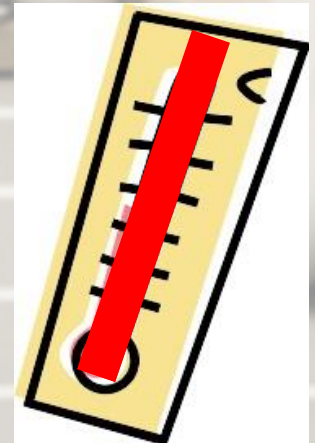
Peculiarità dei sistemi radianti

Riducendo lo scambio per **irraggiamento** si deve aumentare lo scambio per **convezione**.

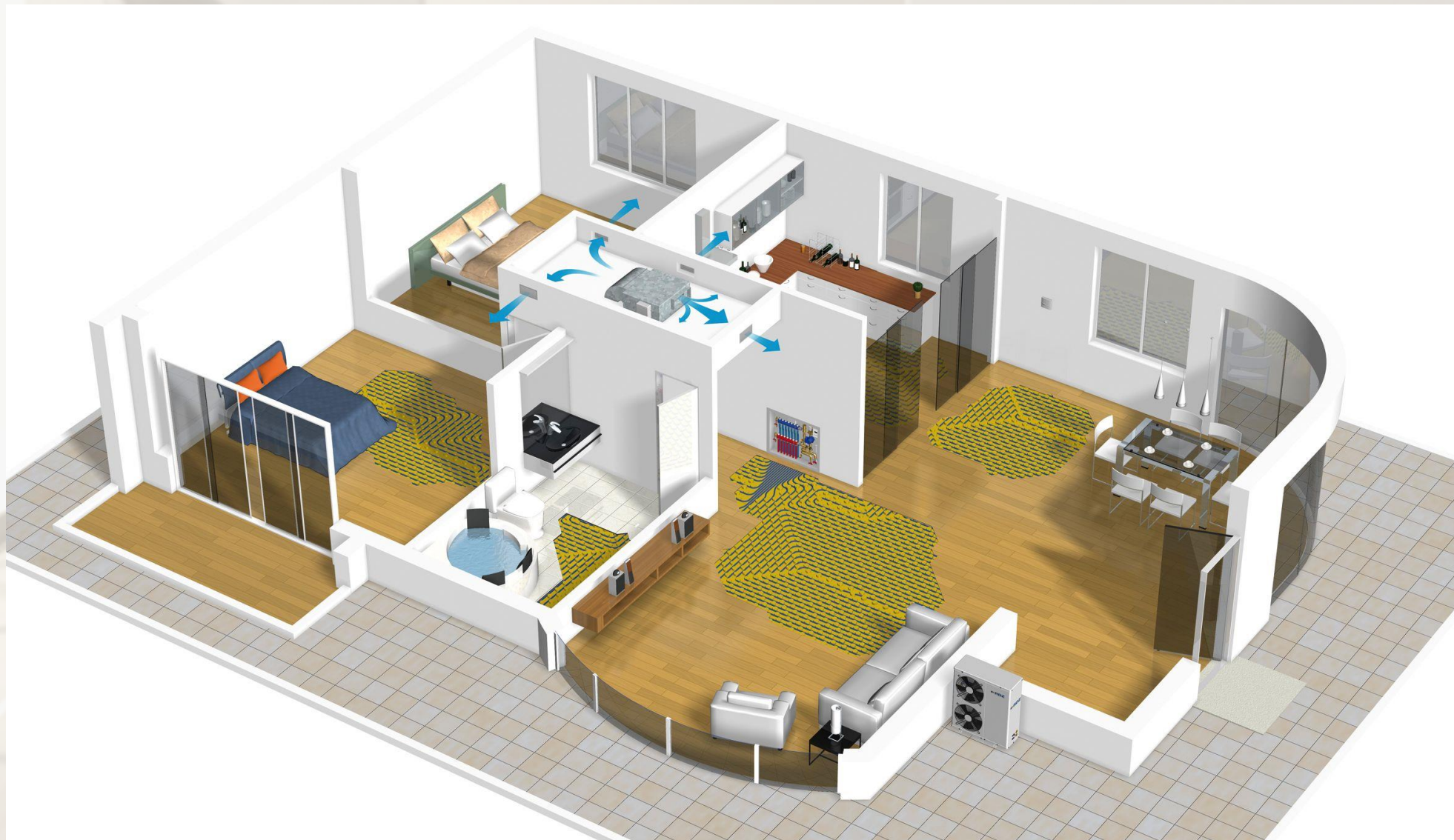
La temperatura dell'aria ambiente viene mantenuta **meno calda in inverno e meno fredda in estate**.

Vantaggi indotti:

- **Migliore comfort**
- **Minore consumo di energia**



Il sistema radiante



Impianto a pavimento radiante

Il sistema radiante

Pavimento radiante: prestazioni

Temperatura ambiente inverno: 20 °C

Temperatura ambiente estate: 26 °C

	Tipo	Potenza [W/m ²]	Tpav	Tacqua
Inverno →	Ad umido	40	24,1	28,8
	bassa inerzia	40	24,1	27,3
Estate →	Ad umido	40	19,8	14,6
	bassa inerzia	40	19,8	15,9

Il sistema radiante

L'impianto a pavimento: COS'È



- Viene riscaldata a relativamente **bassa temperatura** una grande superficie (quella del pavimento).
- La massa radiante costituita dal sistema soletta/pavimento scambia calore con l'ambiente **prevalentemente per irraggiamento** e in parte **per convezione**.

Il sistema radiante

L'impianto a pavimento: COS'È

- La struttura del pavimento viene riscaldata **annegando nel massetto una rete di tubazioni** (costruite in materiale plastico flessibile) nei quali scorre acqua a moderata temperatura (25-35 °C).
- Lo strato sottostante il massetto riscaldante è costituito **di materiale isolante** atto a impedire fughe di calore verso il basso e a **ridurre l'inerzia termica** del sistema.



Il sistema radiante

Riferimenti normativi

La progettazione degli impianti di riscaldamento a pavimento è regolata dalla norma europea

UNI EN 1264

Esiste un'altra Norma a livello internazionale:

ISO 11855

Il sistema radiante

Riferimenti normativi

UNI EN 1264

ISO 11855

Le due Norme sostanzialmente si sovrappongono, in quanto regolano allo stesso modo la medesima materia. Prossimamente vi sarà una revisione per rendere il quadro chiaro e coerente.



Il sistema radiante

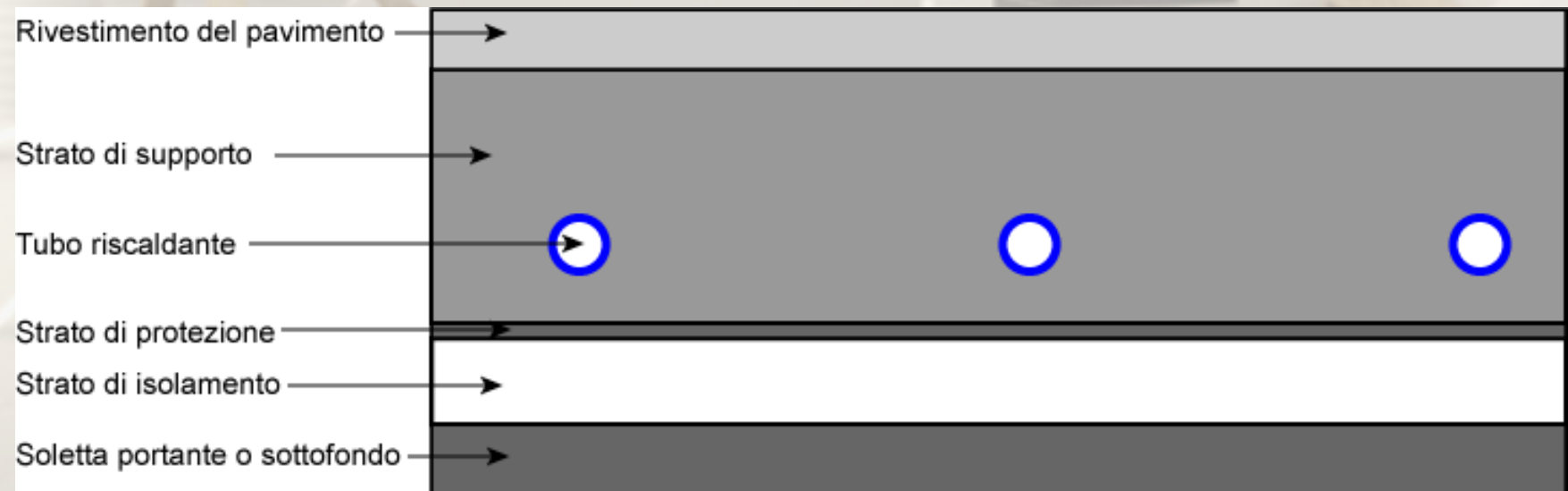
Elementi essenziali della Norma UNI EN 1264:

- Definizione della simbologia
- Definizione delle tipologie di impianto a pavimento (A - B - C)
- Tipi di aree riscaldanti (soggiornali, periferiche,...)
- Limiti di temperatura (fluido, superfici)
- Determinazione delle potenze termiche
- Metodo di dimensionamento impianti
- Livelli di isolamento sotto il massetto riscaldante
- Indicazioni per la posa in opera
- Determinazione delle potenze termiche estive

Il sistema radiante

Norma UNI EN 1264: Tipi di pavimento

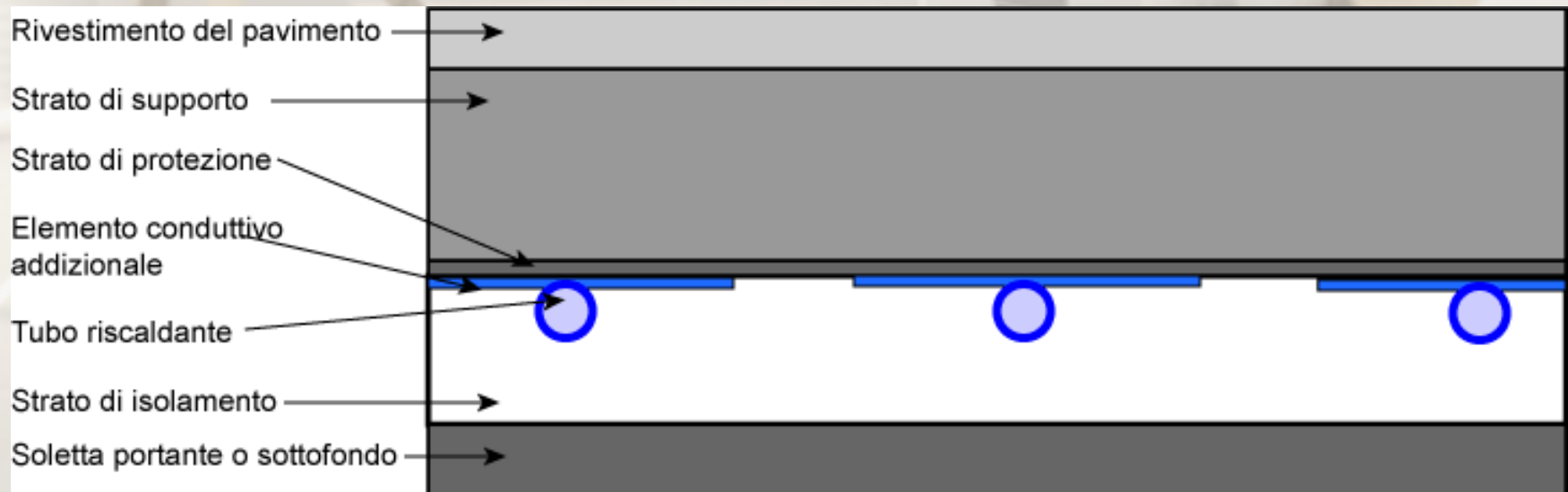
- Tipo “A”
 - Il **tubo** è **annegato** nello strato di supporto



Il sistema radiante

Norma UNI EN 1264: Tipi di pavimento

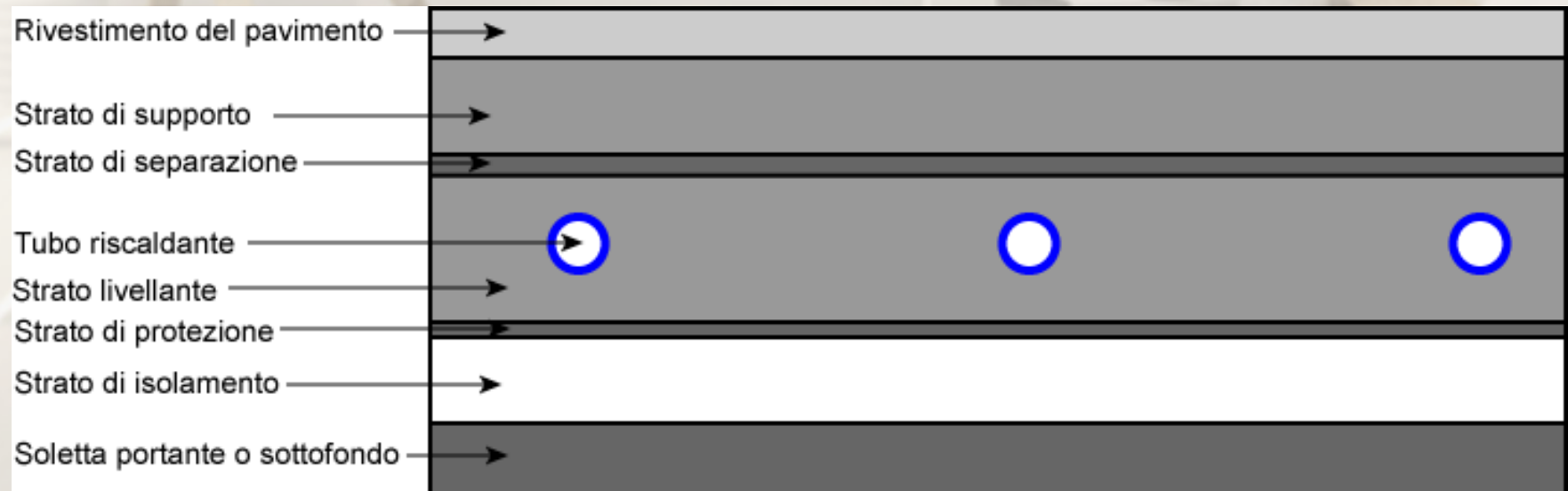
- Tipo “B”
 - Gli elementi riscaldanti sono posizionati **sotto lo strato di supporto**; il calore può essere distribuito per mezzo di un **elemento conduttivo**.



Il sistema radiante

Norma UNI EN 1264: Tipi di pavimento

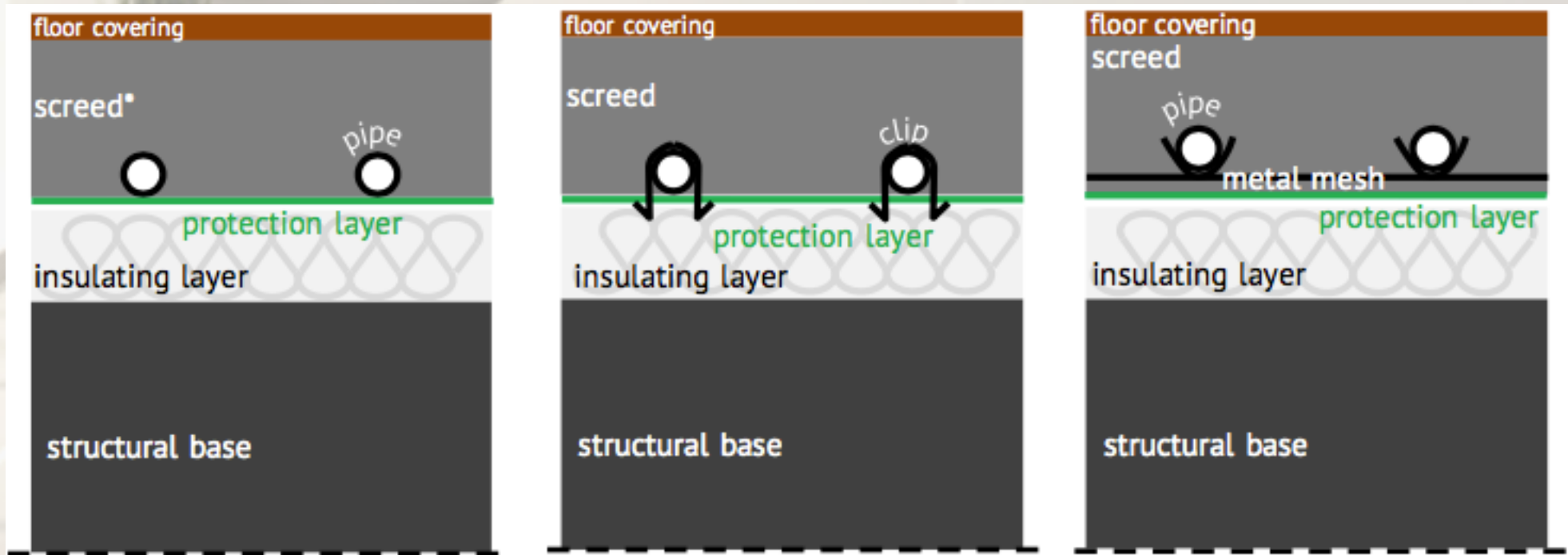
- Tipo “C”
 - Il tubo è annegato nello strato di livellamento, lo strato di supporto e lo strato di livellamento sono separati.



Il sistema radiante

Norma UNI EN 1264: Tipi di pavimento

Nei progetti di revisione sono allo studio vari altri tipi, per meglio rappresentare la realtà attuale.



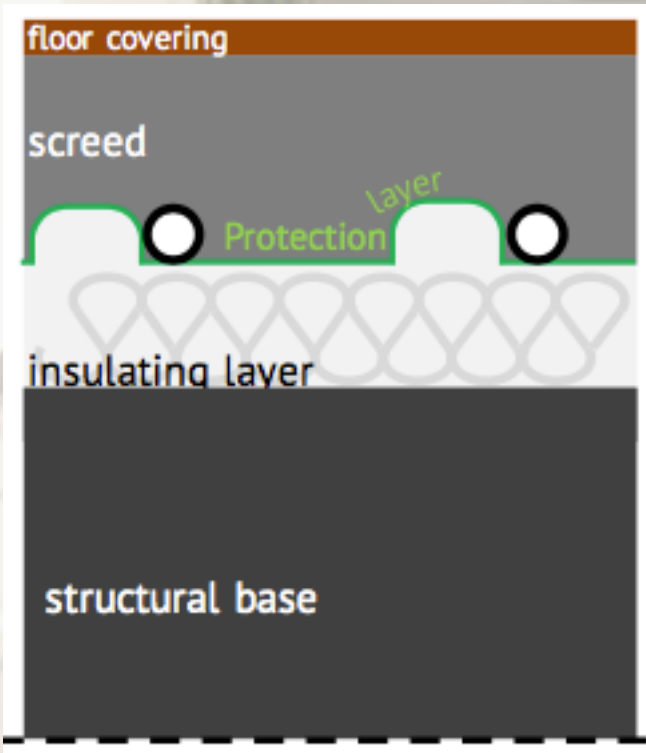
Tipo A1

Diversi sistemi con struttura comune

Il sistema radiante

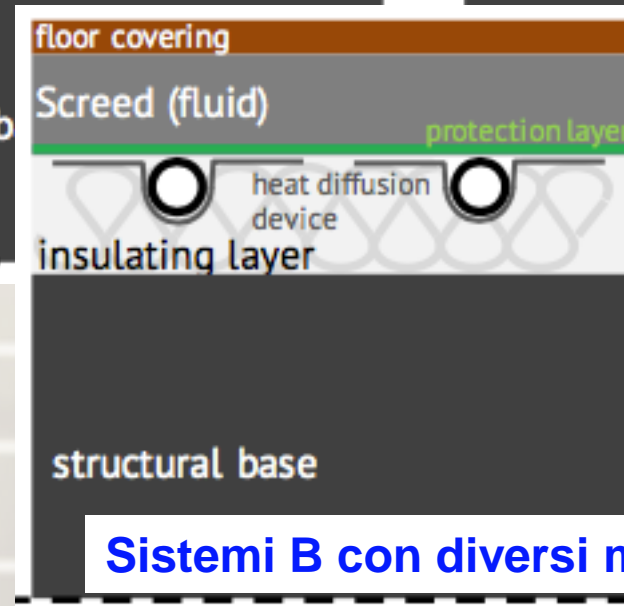
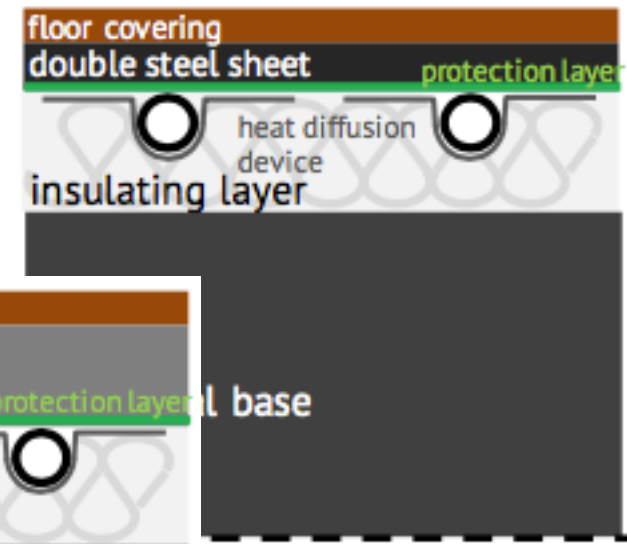
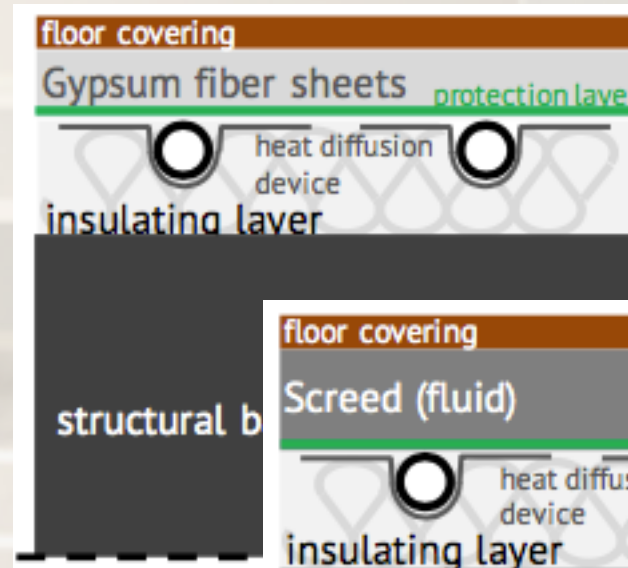
Norma UNI EN 1264: Tipi di pavimento

Nei progetti di revisione sono allo studio vari altri tipi, per meglio rappresentare la realtà attuale.



Tipo A2

Sistemi con isolante dotato di rilievi



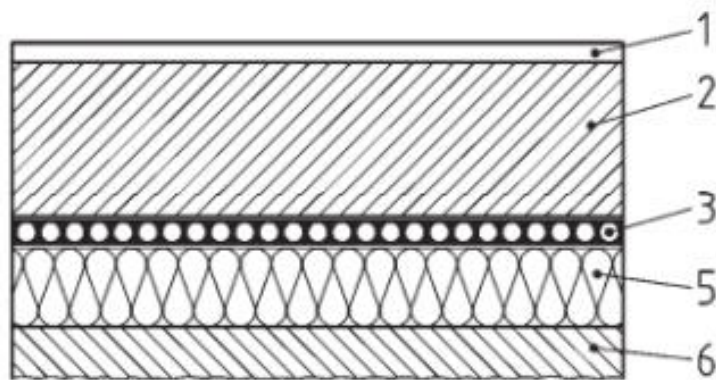
Tipo B

Sistemi B con diversi massetti

Il sistema radiante

Norma UNI EN 1264: Tipi di pavimento

Nei progetti di revisione sono allo studio vari altri tipi



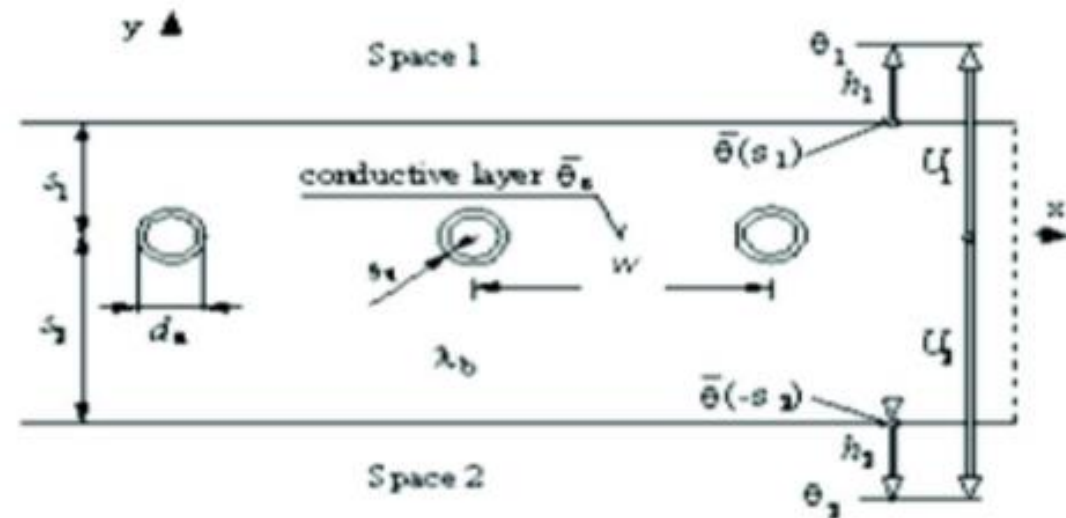
Sistema a lama d'acqua



Tipo D

Sistema ad attivazione della massa

Tipo E



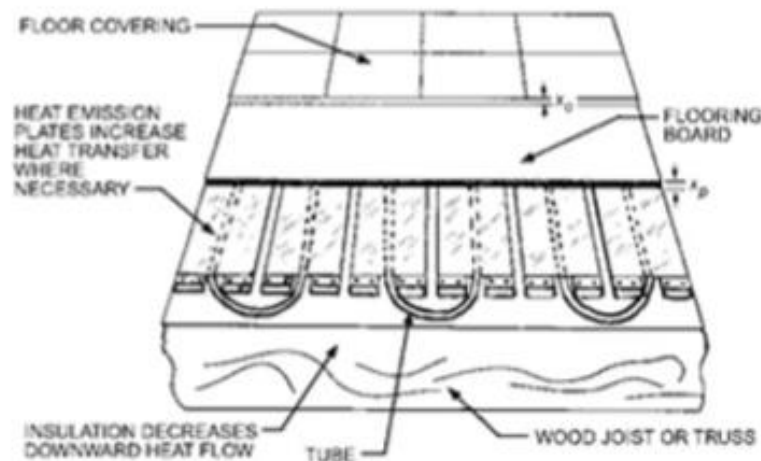
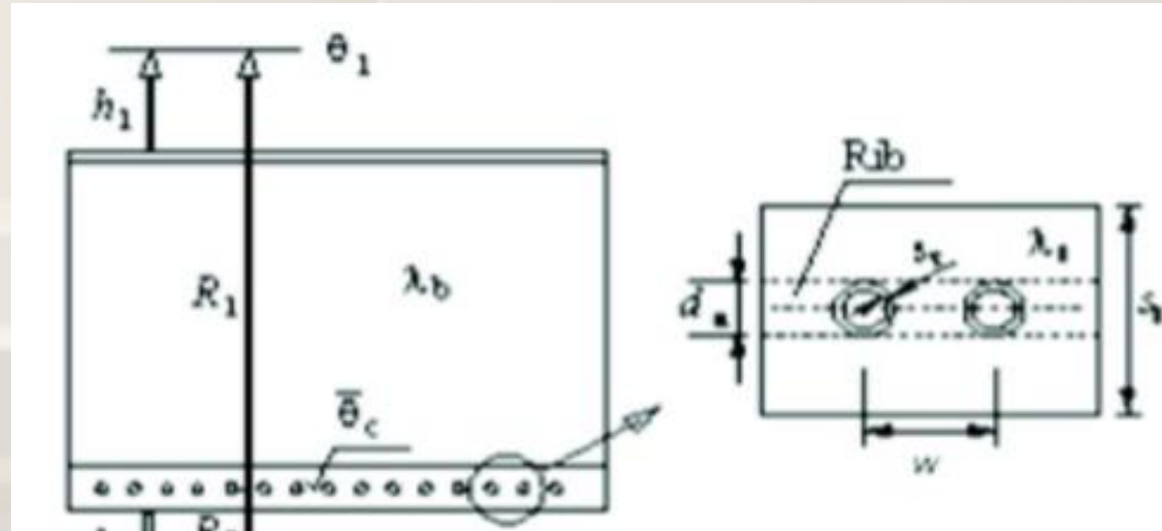
Il sistema radiante

Norma UNI EN 1264: Tipi di pavimento

Nei progetti di revisione sono allo studio vari altri tipi

Sistema con capillari superficiali

Tipo F



θ_1

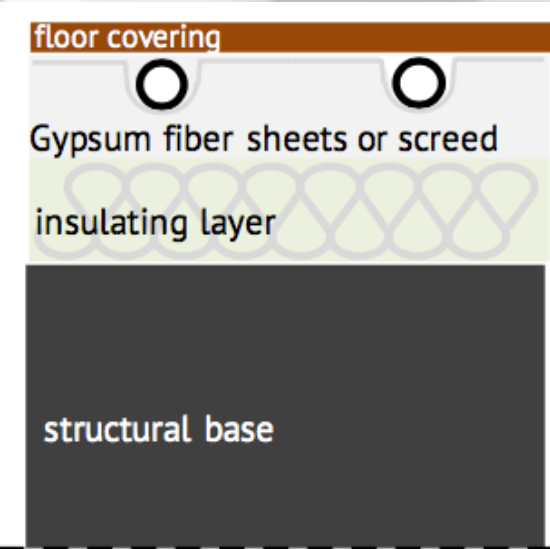
Tipo G

Sistemi con tubi incorporati in strato di legno

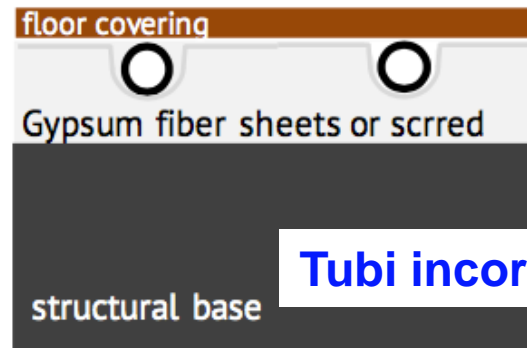
Il sistema radiante

Norma UNI EN 1264: Tipi di pavimento

Nei progetti di revisione sono allo studio vari altri tipi

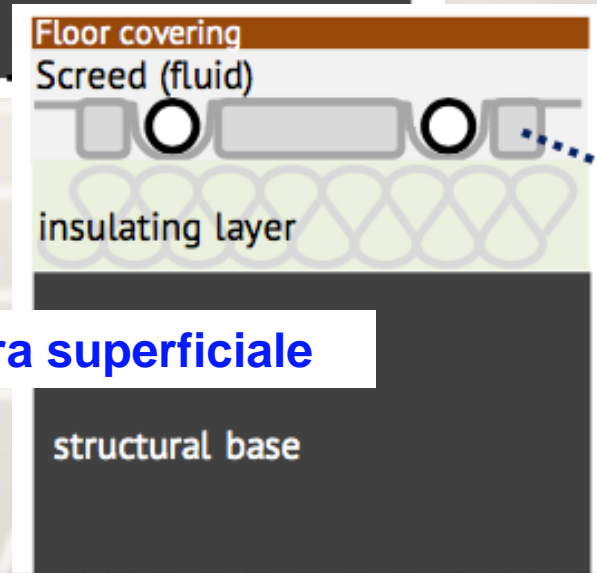


Tipo I

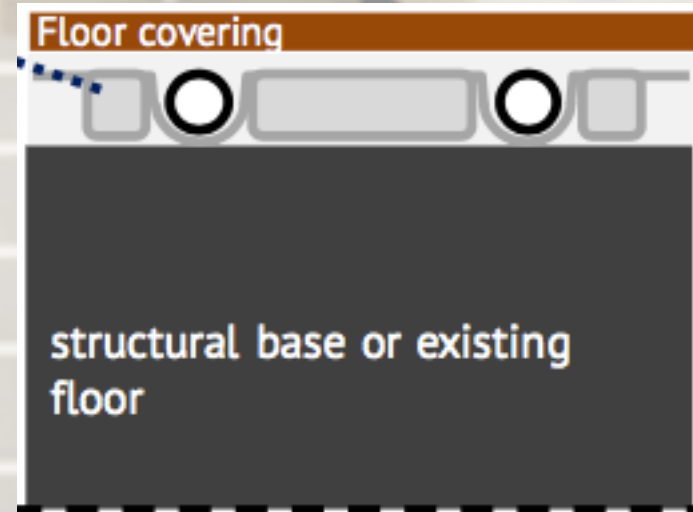


Tipo H

Tubi incorporati in materiali della stratigrafia



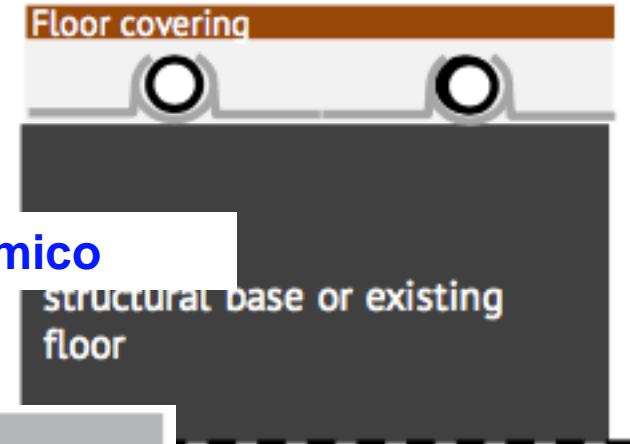
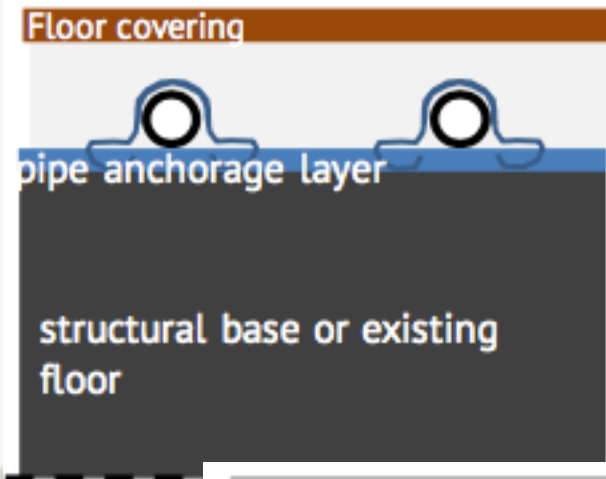
Sistemi con elementi di finitura superficiale



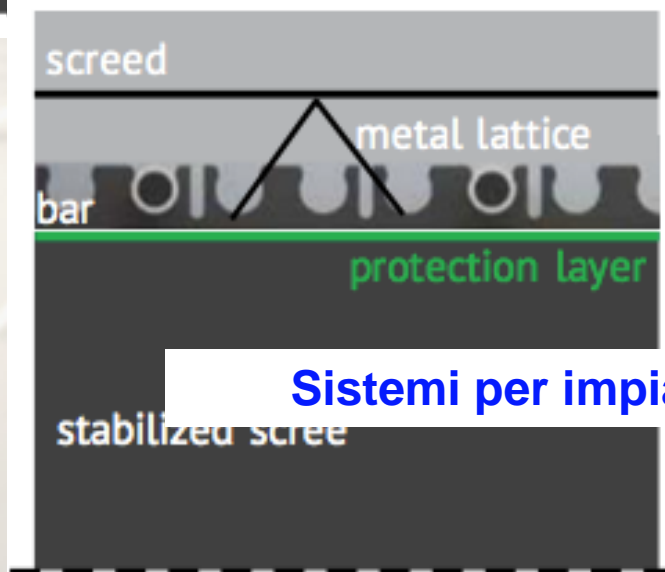
Il sistema radiante

Norma UNI EN 1264: Tipi di pavimento

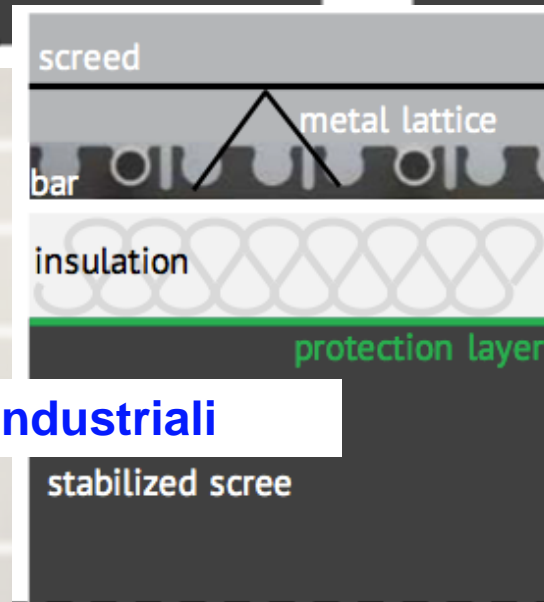
Nei progetti di revisione sono allo studio vari altri tipi



Sistemi privi di isolamento termico



Tipo K



Tipo L

Sistemi per impianti industriali

Tipo J

Il sistema radiante

Riferimenti normativi EN 1264

Limiti di temperatura superficiale

$\theta_{F,max}$ (°C)	θ_i (°C)	$q_{G,max}$ (W/m ²)	
29	20	100	Zone di soggiorno
33	24	100	Zone bagno o simili
35	20	175	Zone periferiche

Limiti di temperatura fluido termovettore

4.2.4 Maximum heating water flow temperatures

Depending on material, the following maximum flow temperatures are recommended:

Plaster based on gypsum or lime $\vartheta_{V,des,max} = 50$ °C;

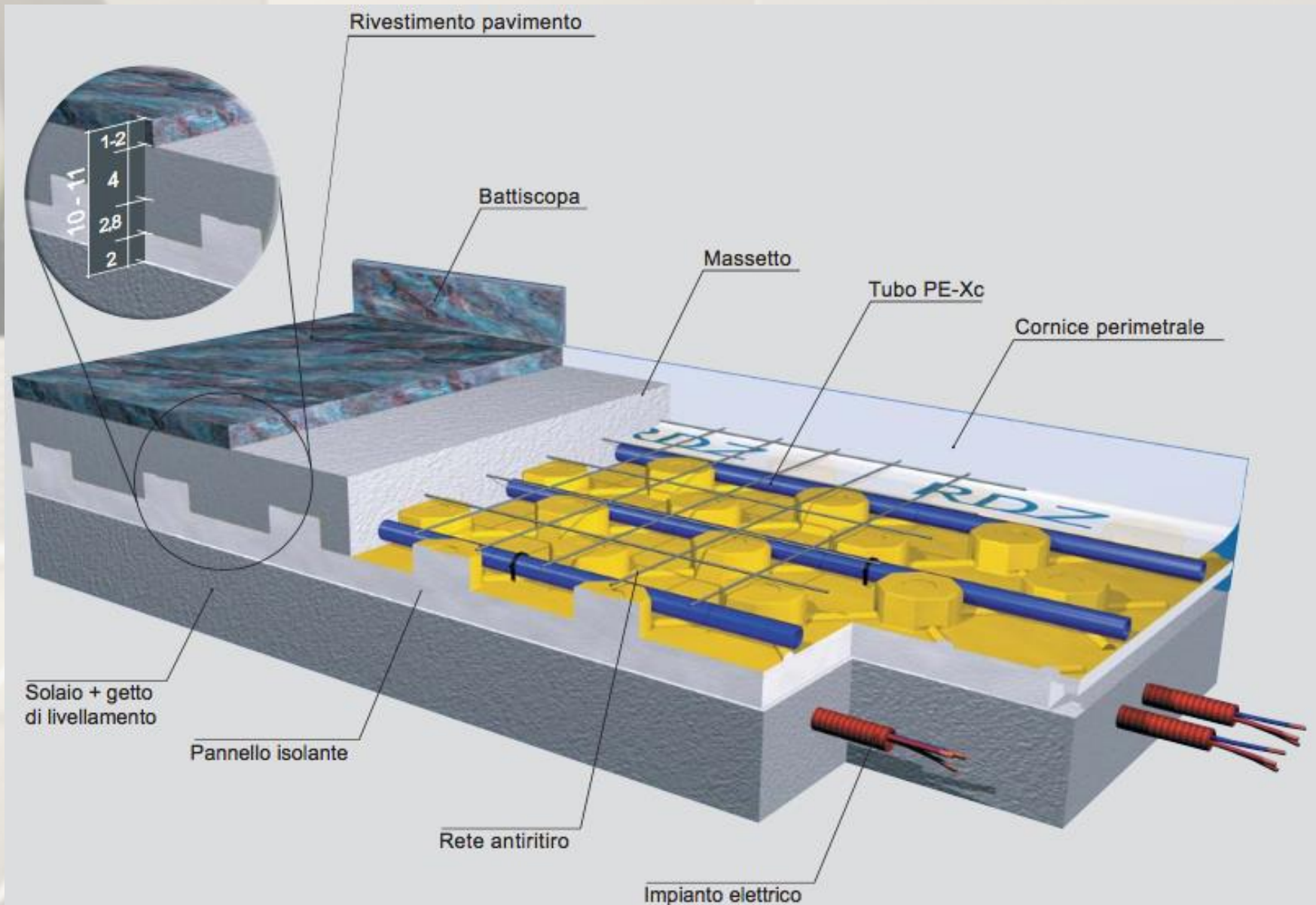
loam mortar plaster $\vartheta_{V,des,max} = 50$ °C;

plaster based on lime-cement $\vartheta_{V,des,max} = 70$ °C;

prefabricated building slab of hard plaster $\vartheta_{V,des,max} = 50$ °C.

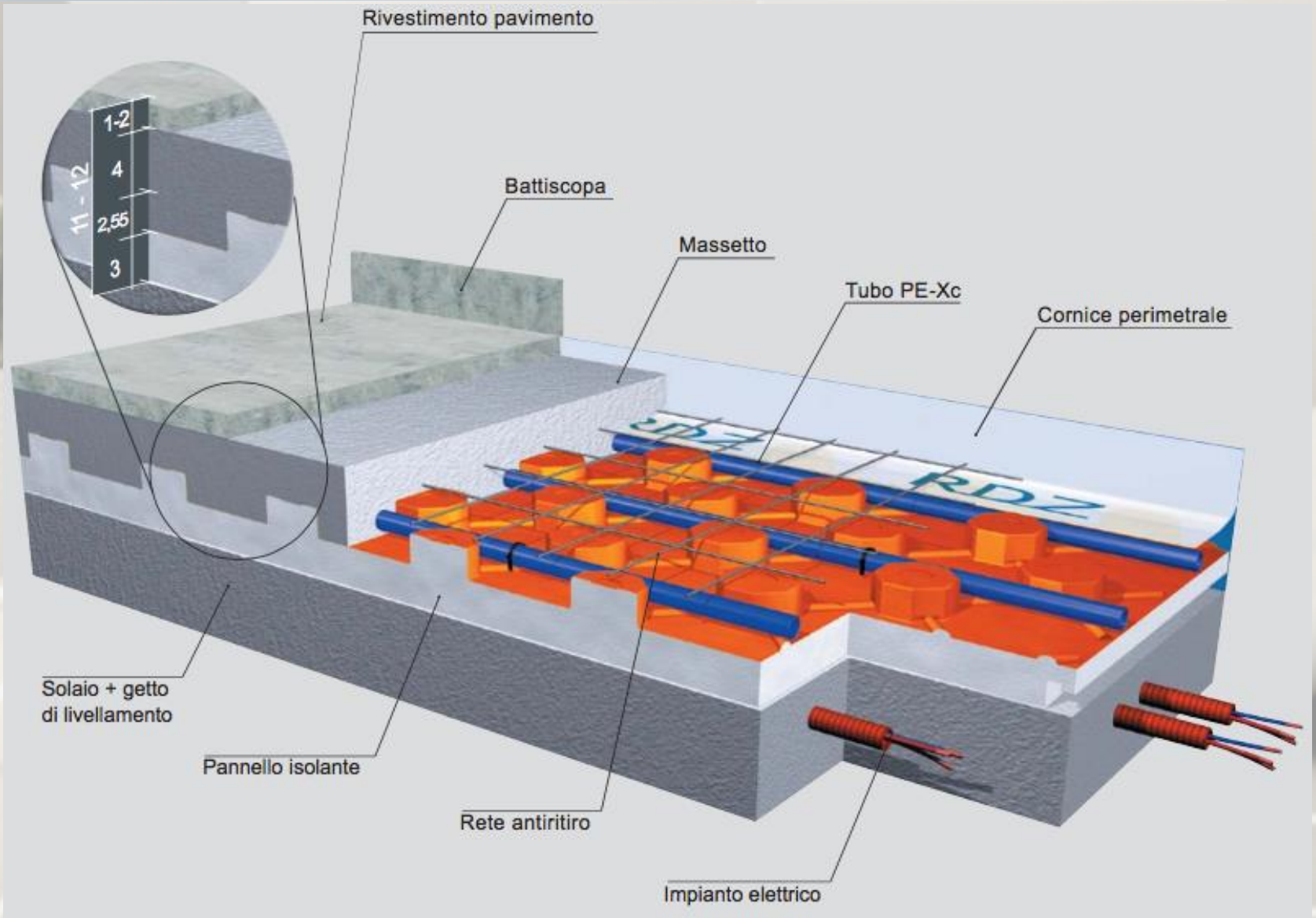
Il sistema radiante

Sezioni tipo per impianti a pavimento



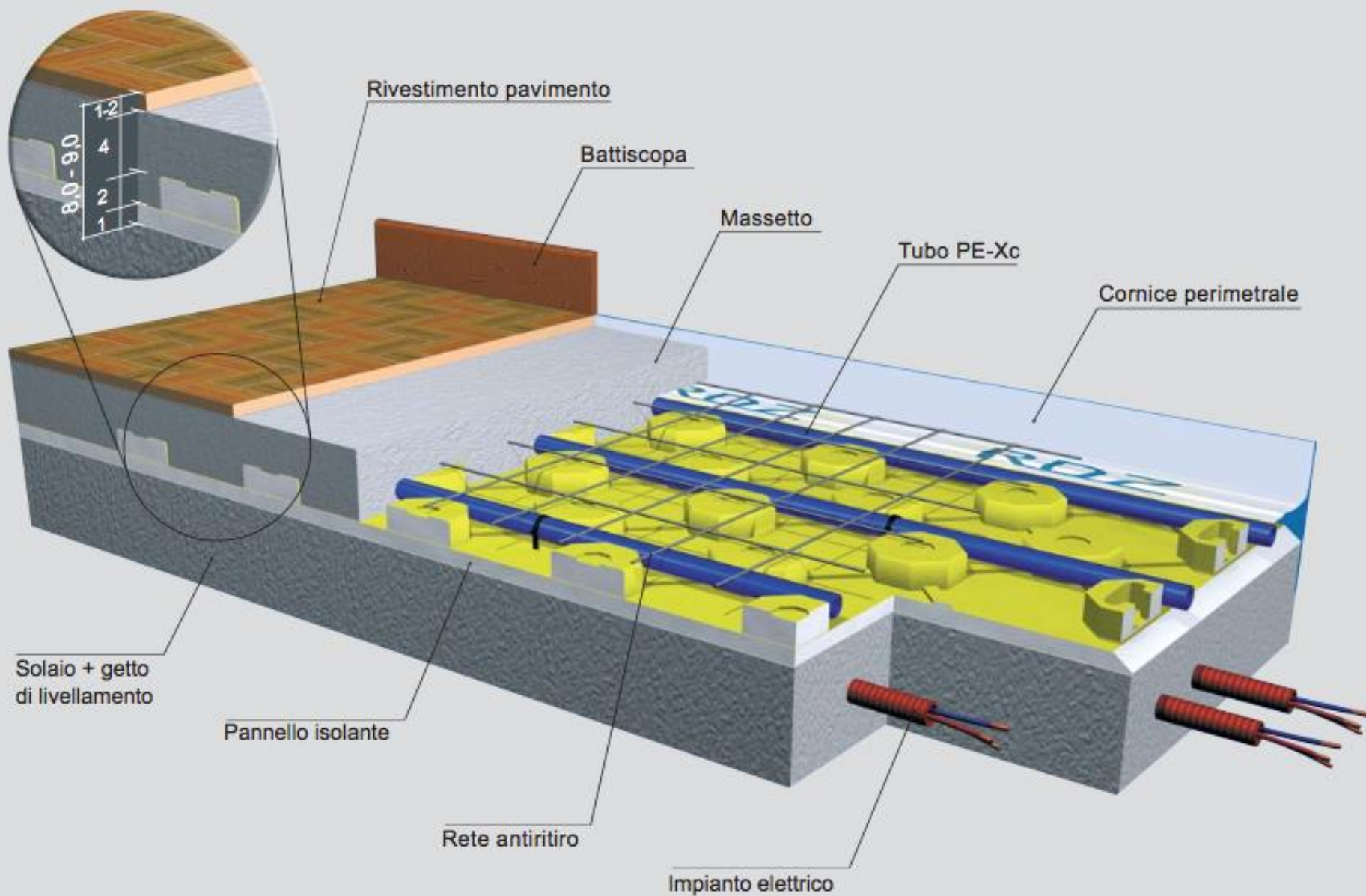
Il sistema radiante

Sezioni tipo per impianti a pavimento



Il sistema radiante

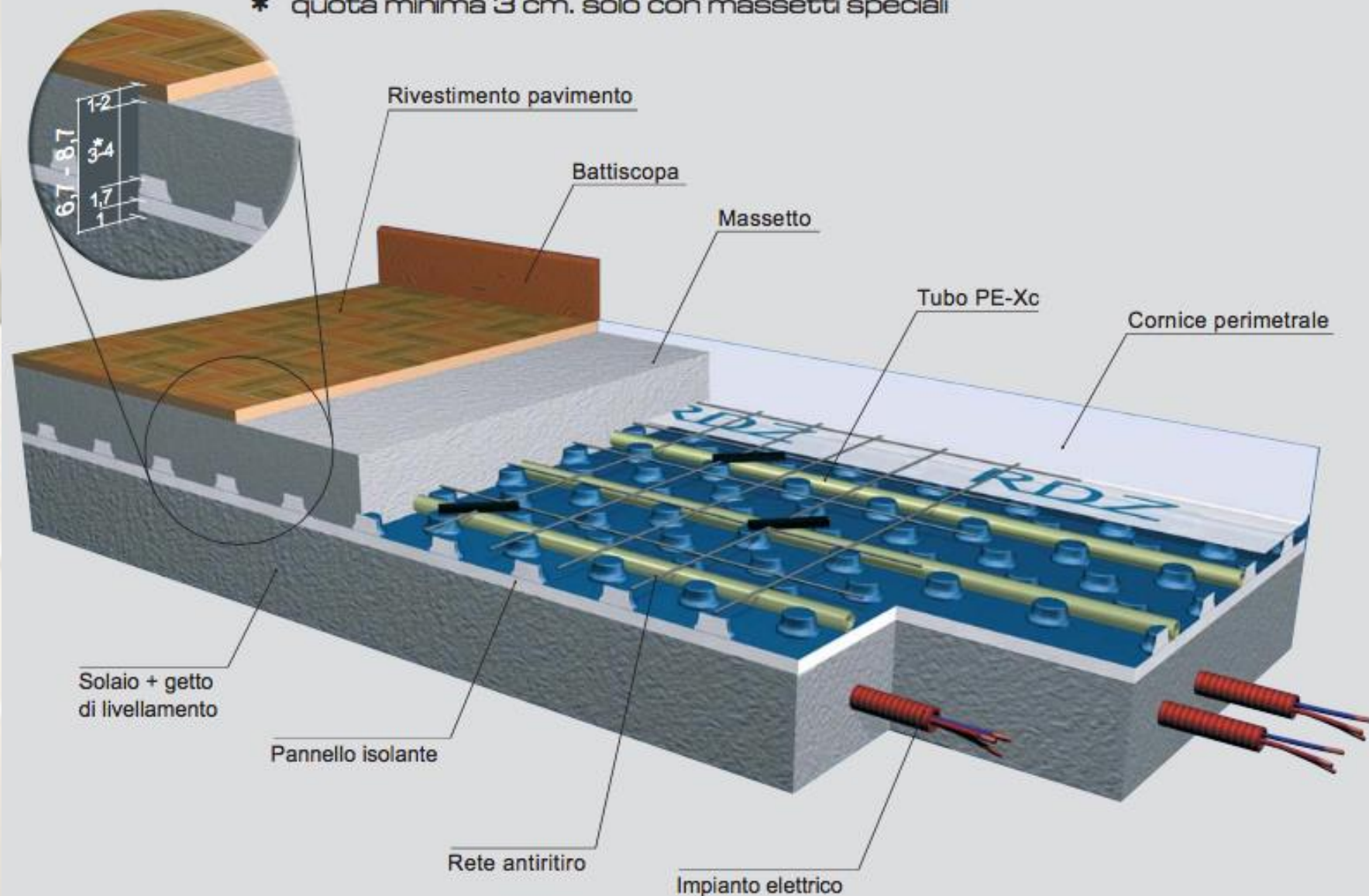
Sezioni tipo per impianti a pavimento



Il sistema radiante

Sezioni tipo per impianti a pavimento

* quota minima 3 cm. solo con massetti speciali

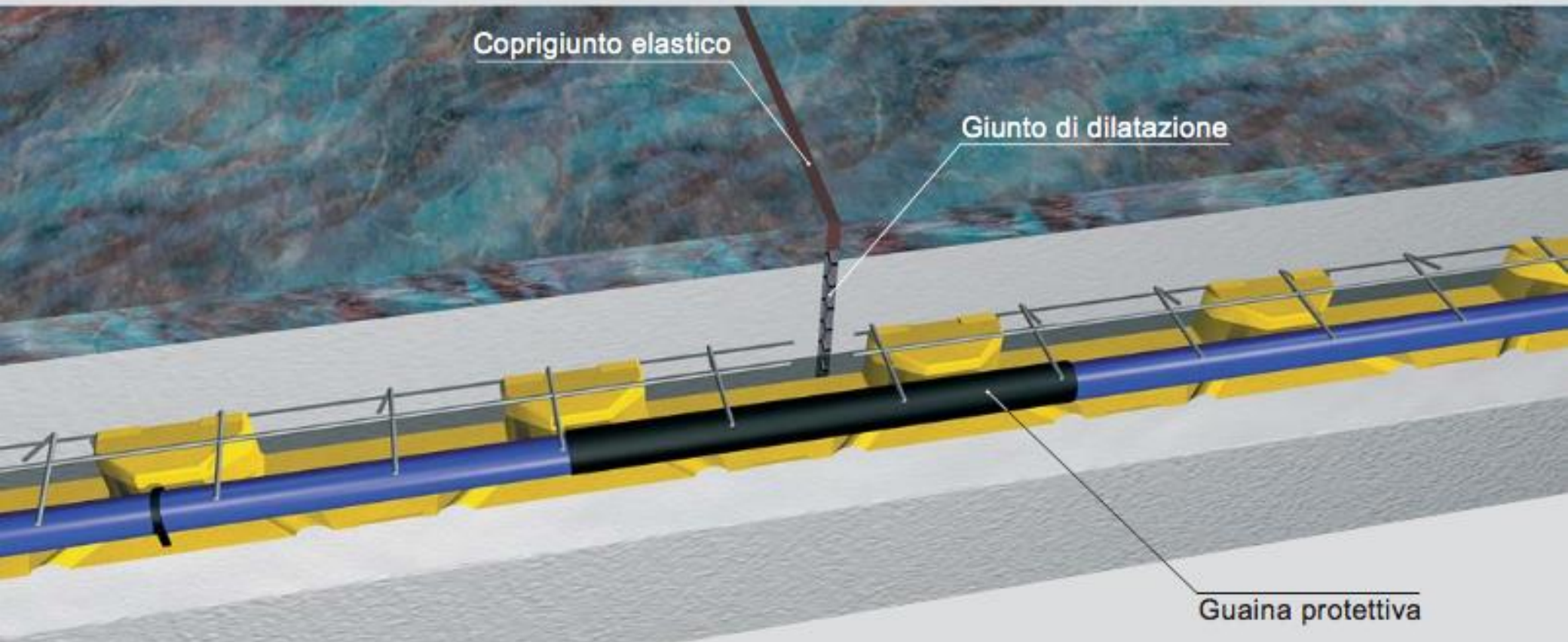


Il sistema radiante

Indicazioni pratiche per i frazionamenti superficiali

GIUNTO DI DILATAZIONE

SEZIONE CIVILE



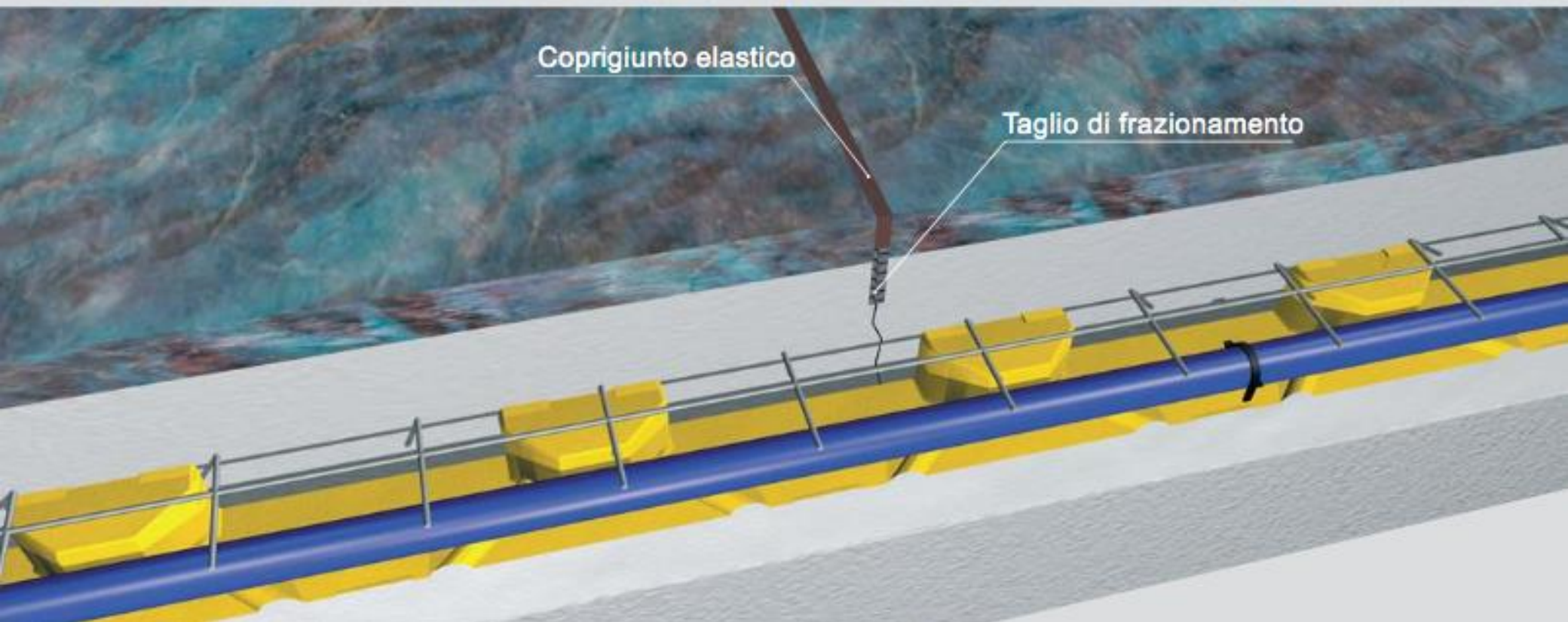
Sezione impianto civile: giunto di dilatazione

Il sistema radiante

Indicazioni pratiche per i frazionamenti superficiali

TAGLIO DI FRAZIONAMENTO

SEZIONE CIVILE

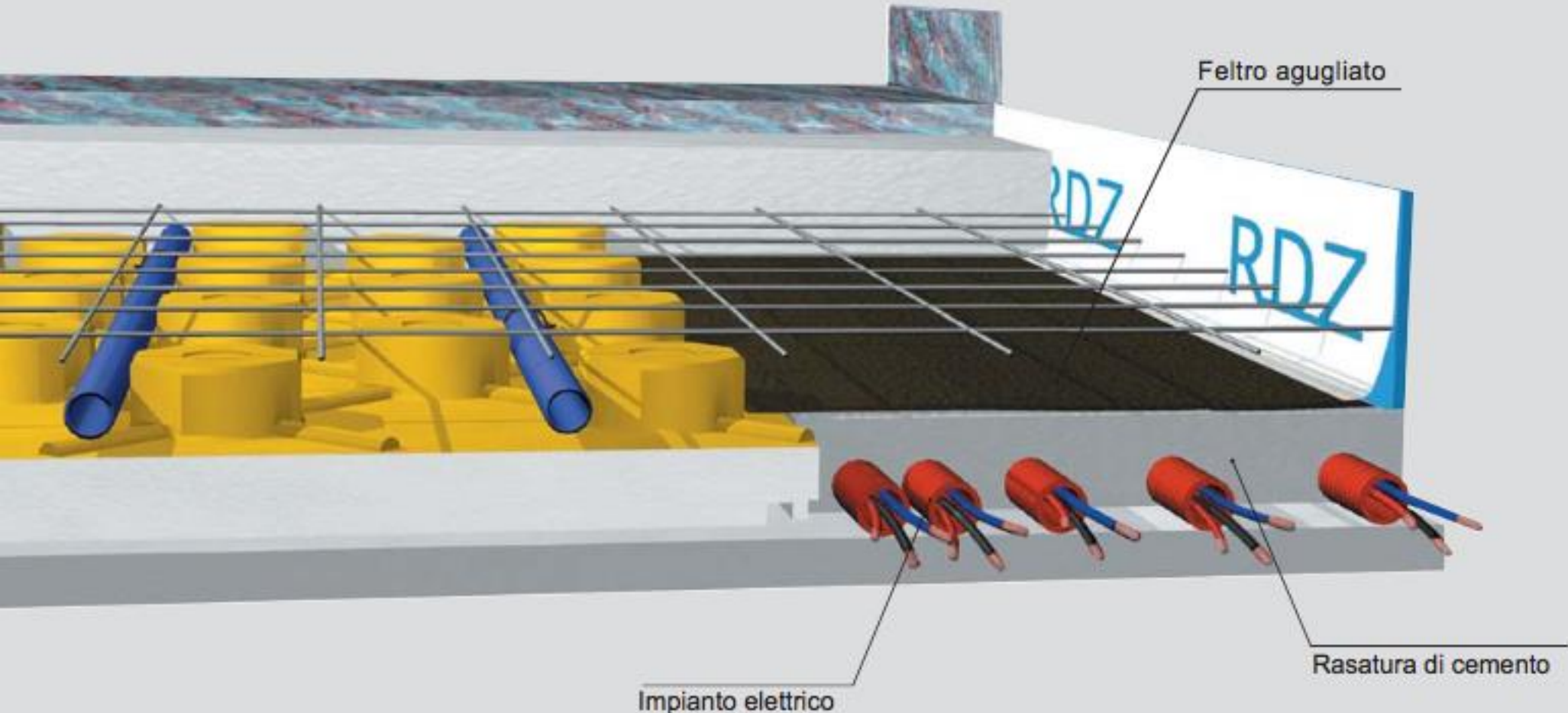


Sezione impianto civile: giunto di contrazione o di frazionamento

Il sistema radiante

Indicazioni pratiche per tematiche di cantiere

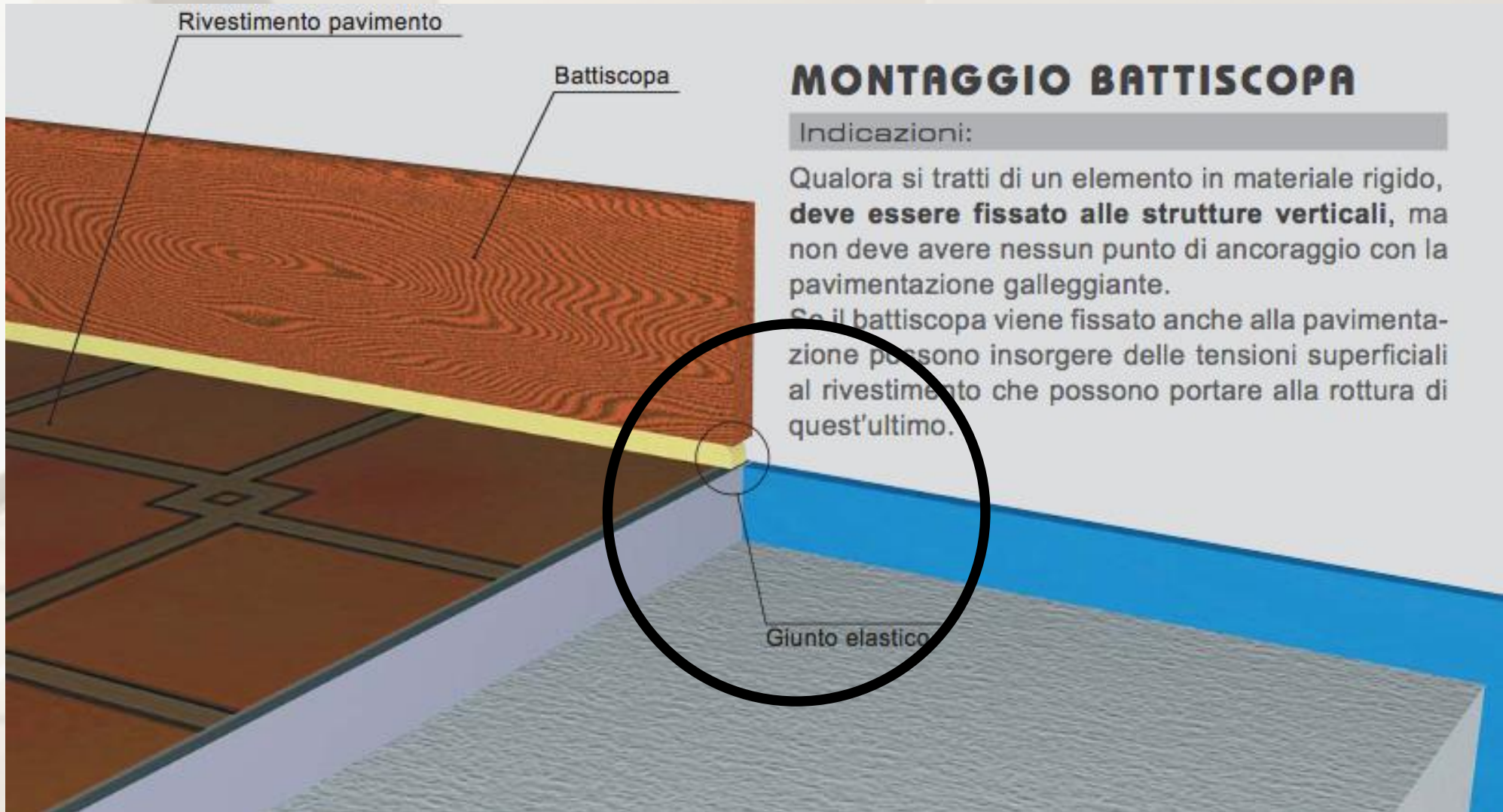
INDICAZIONI PRATICHE



Sezione impianto civile: l'impianto elettrico fatto passare a bordo stanza

Il sistema radiante

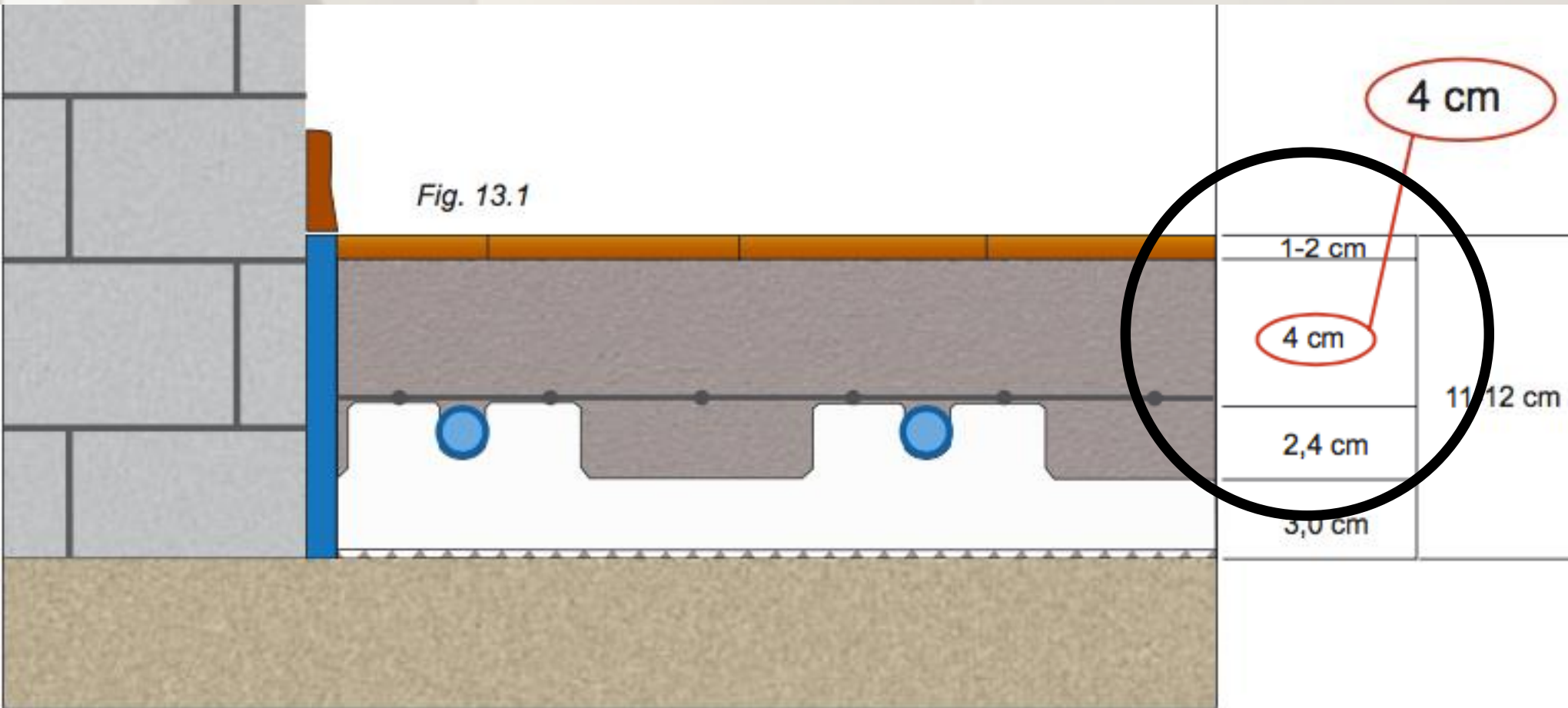
Indicazioni pratiche per tematiche di cantiere



Sezione impianto civile: il battiscopa NON è solidale con il pavimento

Il sistema radiante

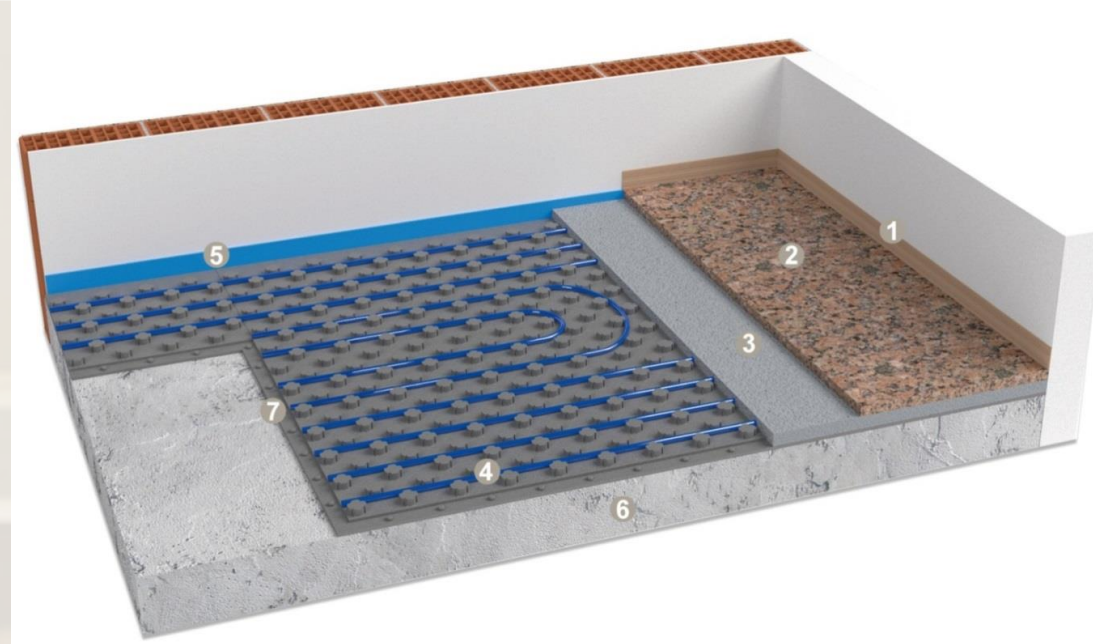
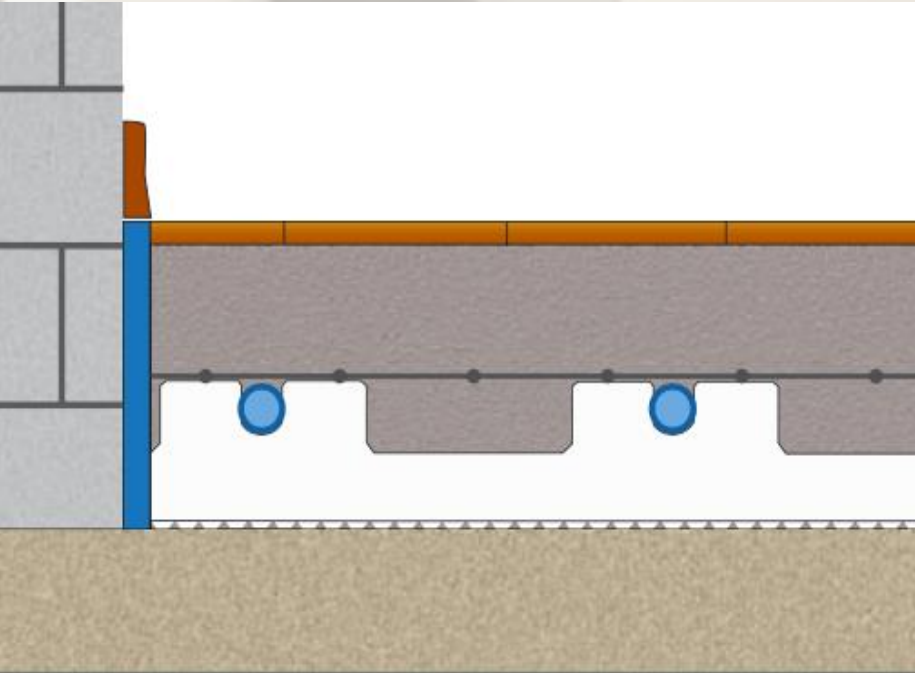
Sezioni tipo per impianti a pavimento



Stratigrafia impianto civile: le quote impegnate ruotano attorno allo spessore del massetto sopra i tubi (standard: 4 cm)

Il sistema radiante

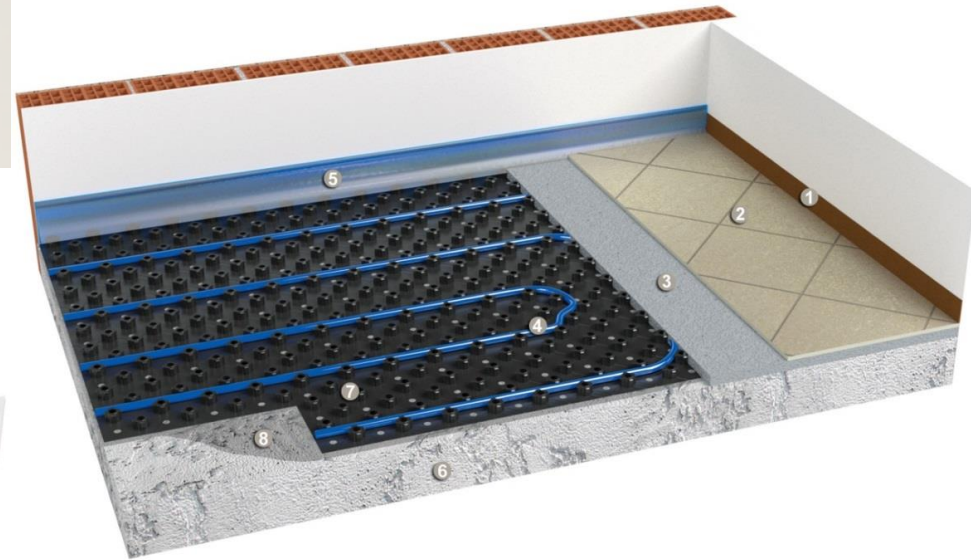
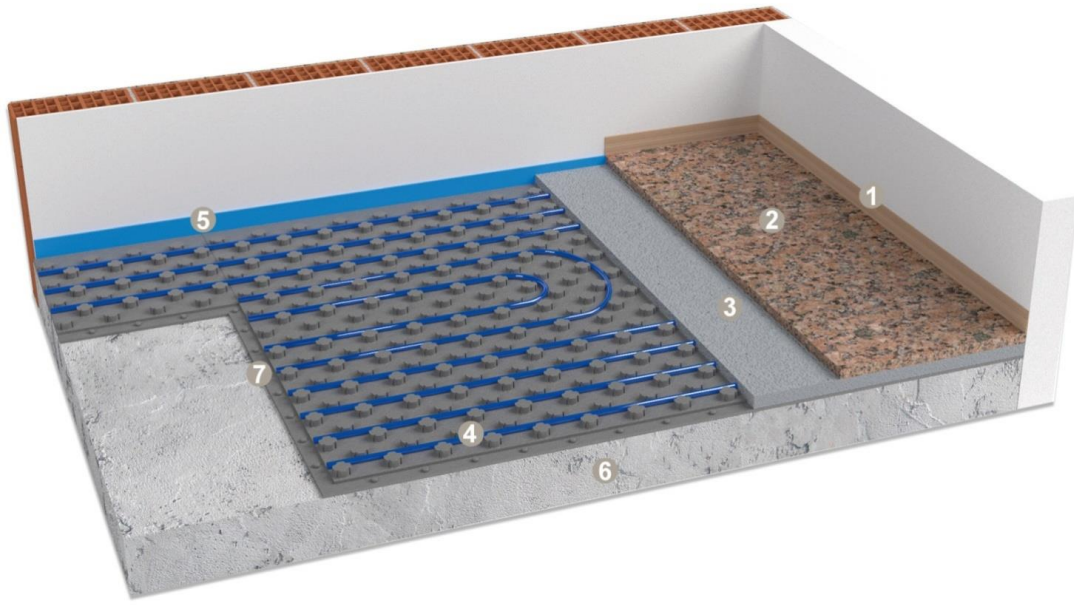
Rivestimenti del pavimento



Rivestimenti in ceramica, marmo, granito, ...

Il sistema radiante

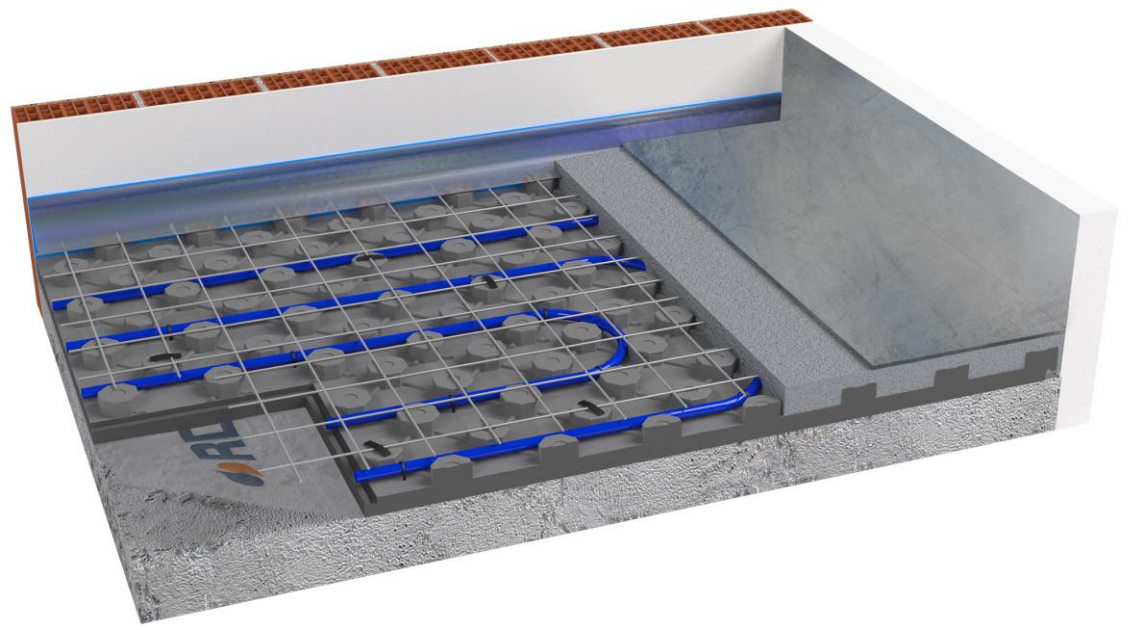
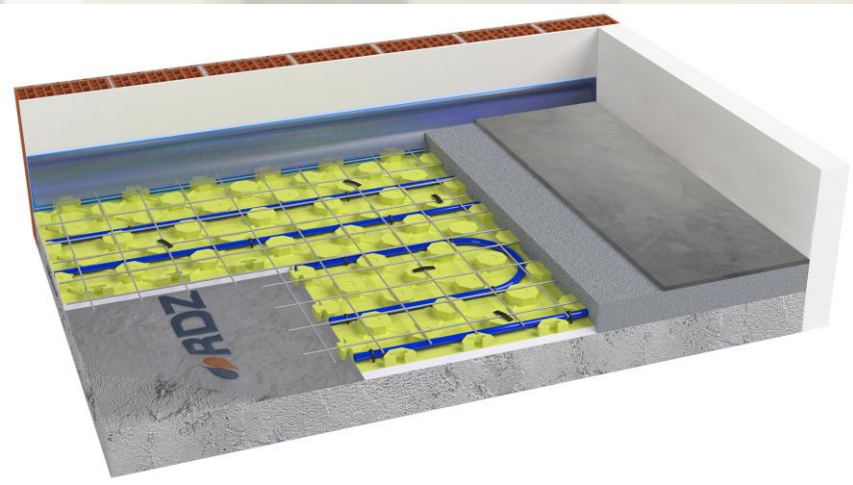
Rivestimenti del pavimento



Rivestimenti in ceramica, marmo, granito, ...

Il sistema radiante

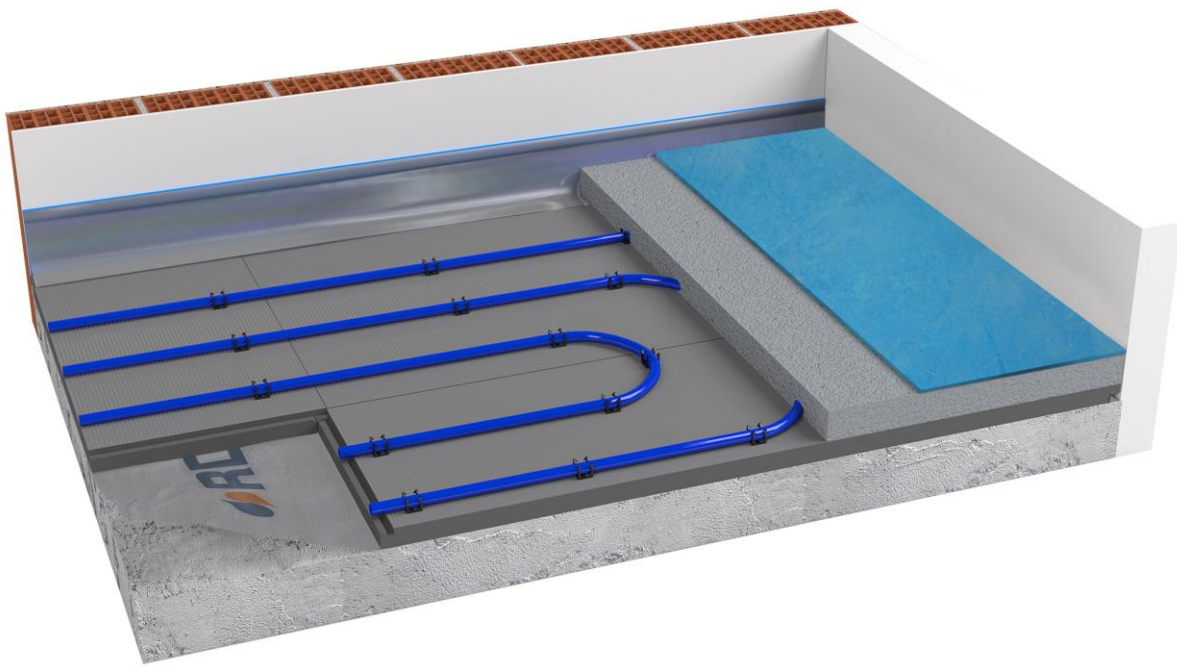
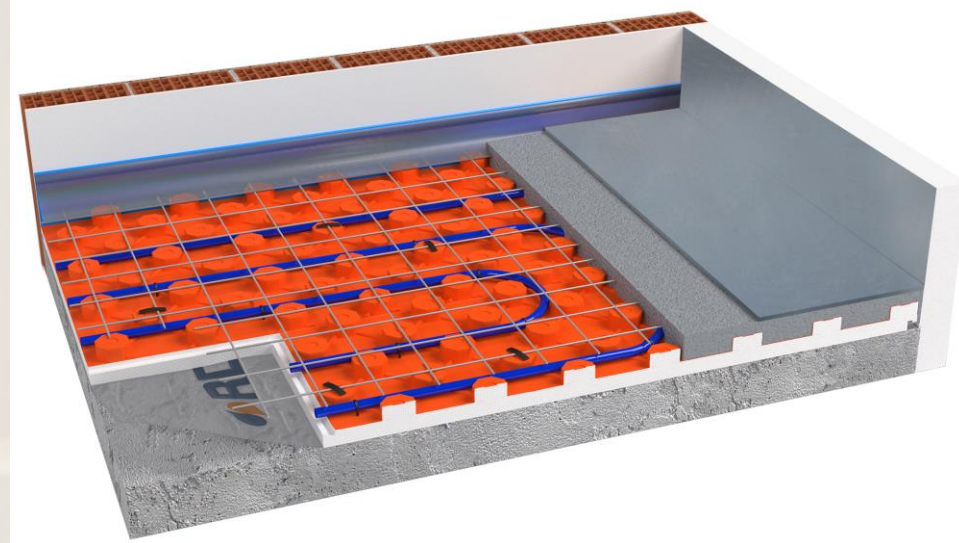
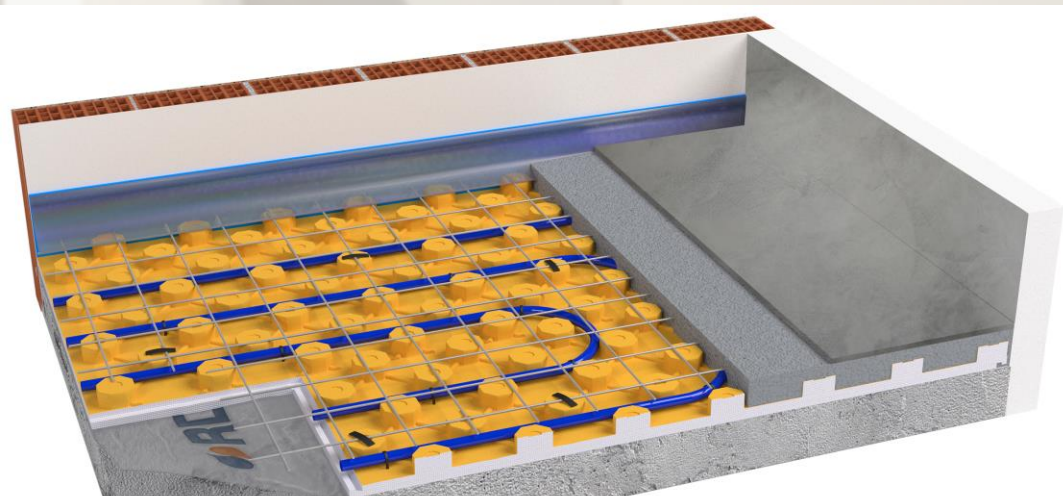
Rivestimenti del pavimento



Rivestimenti in resina, ...

Il sistema radiante

Rivestimenti del pavimento



Rivestimenti in resina, ...

Il sistema radiante

Rivestimenti del pavimento



Rivestimento in resina,
impianto sportivo

Il sistema radiante

Rivestimenti del pavimento



Rivestimenti in legno, ...



Il sistema radiante

Rivestimenti del pavimento

Nelle Norme UNI EN 1264 E ISO 11855 si fa riferimento a rivestimenti di pavimento con resistenza termica **fino a 0,15 [m² K/W]**.

Questo valore deve essere considerato come limite (evitare rivestimenti con livello di isolamento termico maggiore).

$$R = \frac{s}{\lambda} \text{ [m}^2 \text{ K/W]}$$

R = Resistenza termica [m² K/W]

s = spessore [m]

λ = conducibilità termica [W/(m K)]



Il sistema radiante

Resistenza termica verso il basso

			Temperatura dell' aria esterna sottostante		
			Temperatura esterna di progetto $T_d \geq 0^\circ \text{ C}$	Temperatura esterna di progetto $0^\circ \text{ C} > T_d \geq -5^\circ \text{ C}$	Temperatura esterna di progetto $-5^\circ \text{ C} > T_d \geq -15^\circ \text{ C}$
Resistenza Termica ($\text{m}^2 \text{ K/W}$)	Ambiente sottostante riscaldato	Ambiente sottostante non riscaldato o riscaldato in modo non continuativo o direttamente sul suolo *)	1.25	1.50	2.00

*) Con un livello di acque freatiche $\leq 5\text{m}$, il valore dovrebbe essere aumentato.

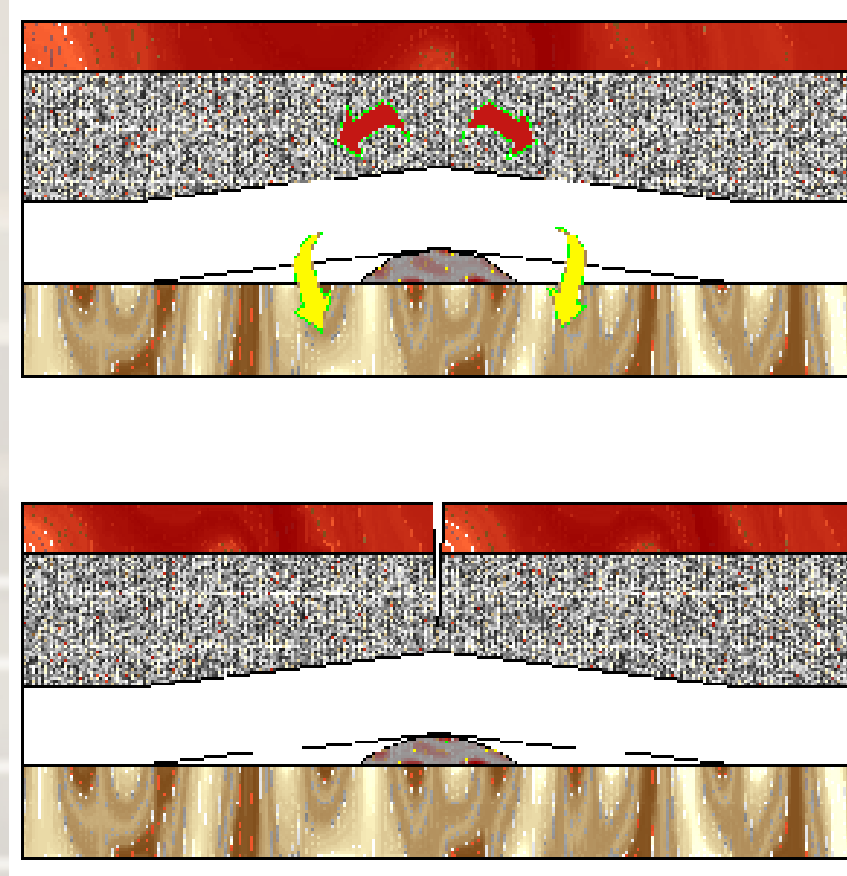
La tabella mostra i valori di resistenza termica minima degli strati di isolamento posti al di sotto dei pavimenti riscaldanti.

Il sistema radiante

Prescrizioni di cantiere: verifiche preliminari

La base di supporto deve essere preparata in conformità alle norme vigenti.

- Eventuali tubi o condotti devono essere fissati e incassati al fine di ottenere una superficie livellata.
- L'isolante termico/acustico deve essere appoggiato sopra tale superficie.
- Il tutto deve svolgersi tenendo in considerazione l'altezza utile strutturale necessaria.

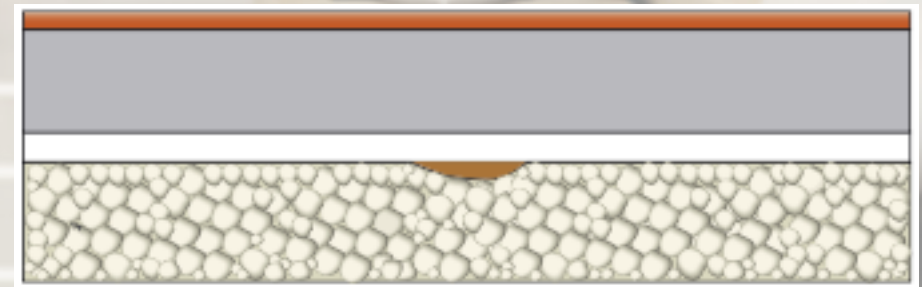


Il sistema radiante

Prescrizioni di cantiere: verifiche preliminari

Cantiere sgombro. Asportare ogni ingombro, residuo di cantiere, calcinacci e ogni cosa possa ostacolare le operazioni di posa.

Planarità del solaio. Il solaio grezzo deve essere piano e non deve presentare avvallamenti o buche, al fine di mantenere omogeneo, su tutta la superficie, lo spessore del massetto.



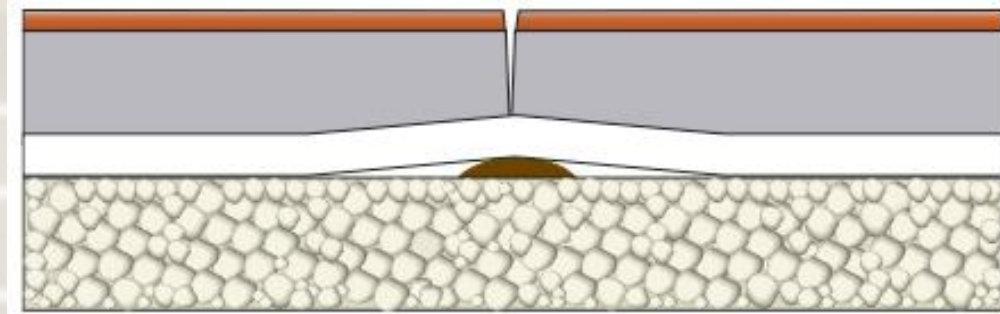
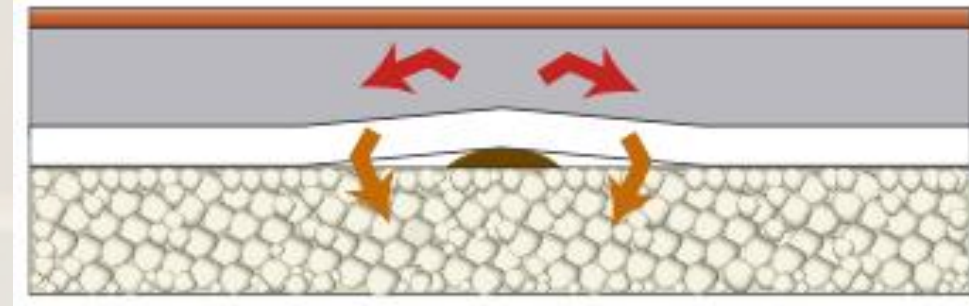
Il sistema radiante

Prescrizioni di cantiere: verifiche preliminari

Rischio causato da asperità evidenti sulla superficie del solaio.

Posa pannello isolante su superficie non piana.

Possibile rischio: fessurazione del getto provocate dall'instabile posizionamento del pannello isolante. Possibile fessurazione del rivestimento del pavimento.



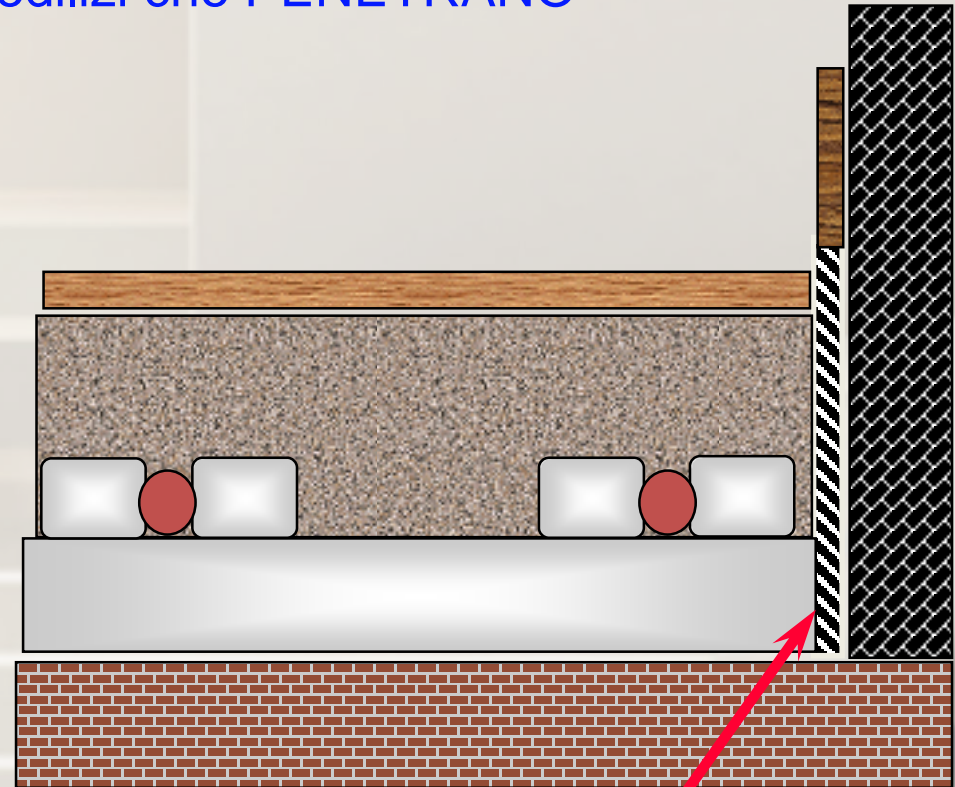
Il sistema radiante

Prescrizioni di cantiere: cornice perimetrale

Prima dello strato d'isolamento DEVE essere posata la cornice perimetrale lungo i muri e altri componenti edilizi che PENETRANO nello strato di supporto.

Deve ergersi fino alla superficie del pavimento finito ed essere tagliata solamente dopo la posa di quest'ultimo permettendo un gioco del massetto di almeno 5 mm.

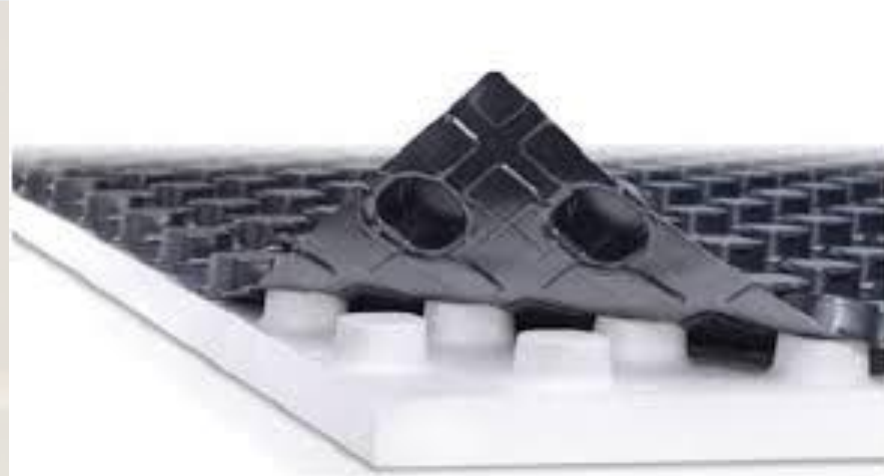
Nel caso di più strati isolanti, la striscia perimetrale deve essere posata prima dell'applicazione dello strato d'isolamento superiore.



Striscia perimetrale

Il sistema radiante

Prescrizioni di cantiere: strato di protezione



Nel caso lo strato d'isolamento non preveda un rivestimento protettivo nel contatto con lo strato di supporto, allora si rende necessario l'utilizzo di una pellicola di polietilene di almeno 0,15 mm di spessore.

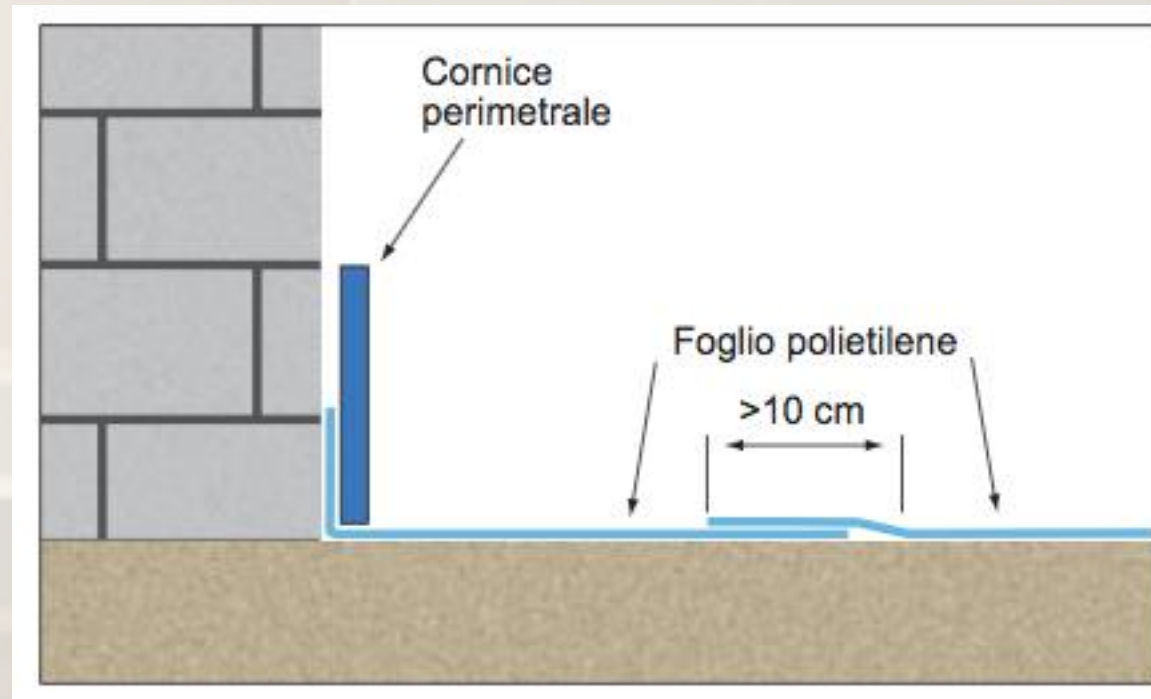
Lo strato di protezione deve essere sovrapposto alla cornice perimetrale se quest'ultima non assolve alla funzione di protezione.

Utilizzando strati di supporto liquidi la protezione deve essere impermeabile in modo tale da proteggere lo strato d'isolamento dall'umidità del getto stesso.

Il sistema radiante

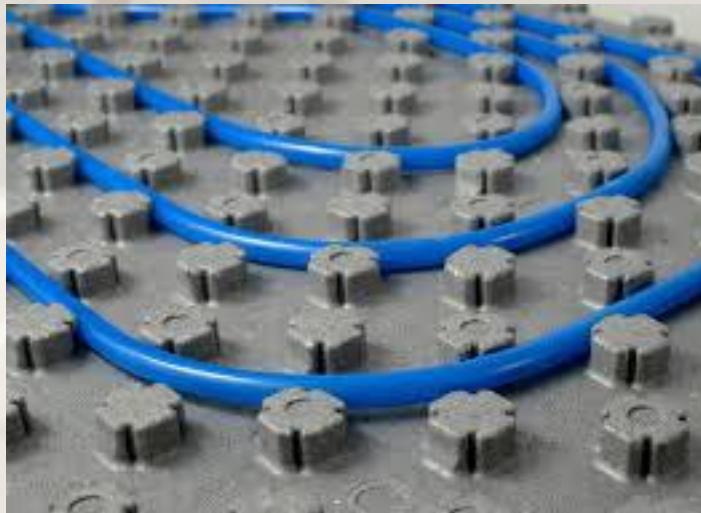
Prescrizioni di cantiere: barriera all'umidità di risalita

Se esiste la possibilità di risalita di umidità dai locali sottostanti (per es.: posa su terrapieno) verificare che sia stata predisposta apposita guaina.



E' possibile rimediare all'eventuale mancanza della guaina mediante posa di foglio di polietilene, da collocare **sotto al pannello isolante**. Le giunzioni tra fogli saranno sovrapposte per almeno 10 cm.

Impianti a pavimento bassa inerzia



Impianti a pavimento bassa inerzia

Negli edifici moderni ad elevata coibentazione risulta sempre più importante avere

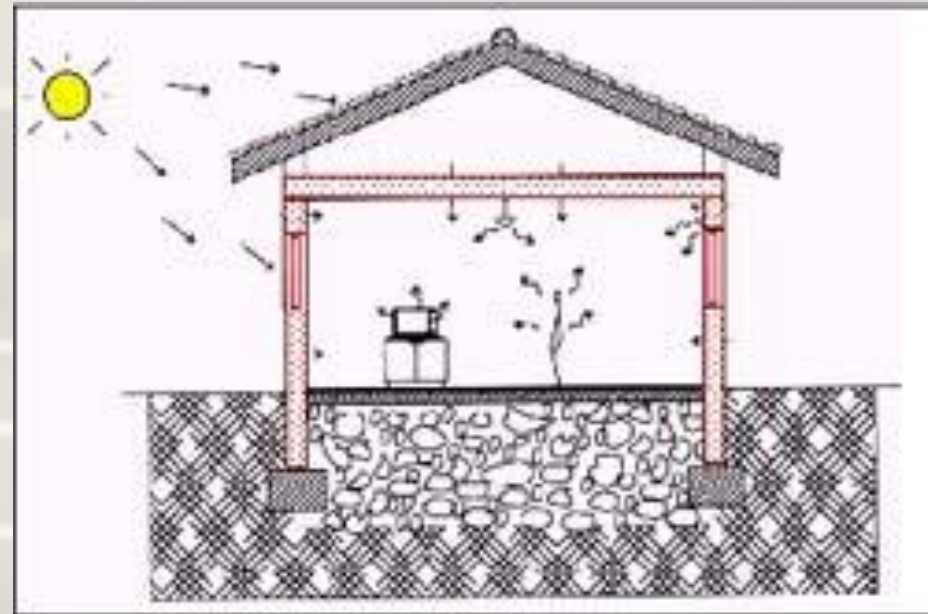
sistemi di climatizzazione rapidi in grado cioè di inseguire i repentini cambiamenti di carico termico all'interno dell'edificio...



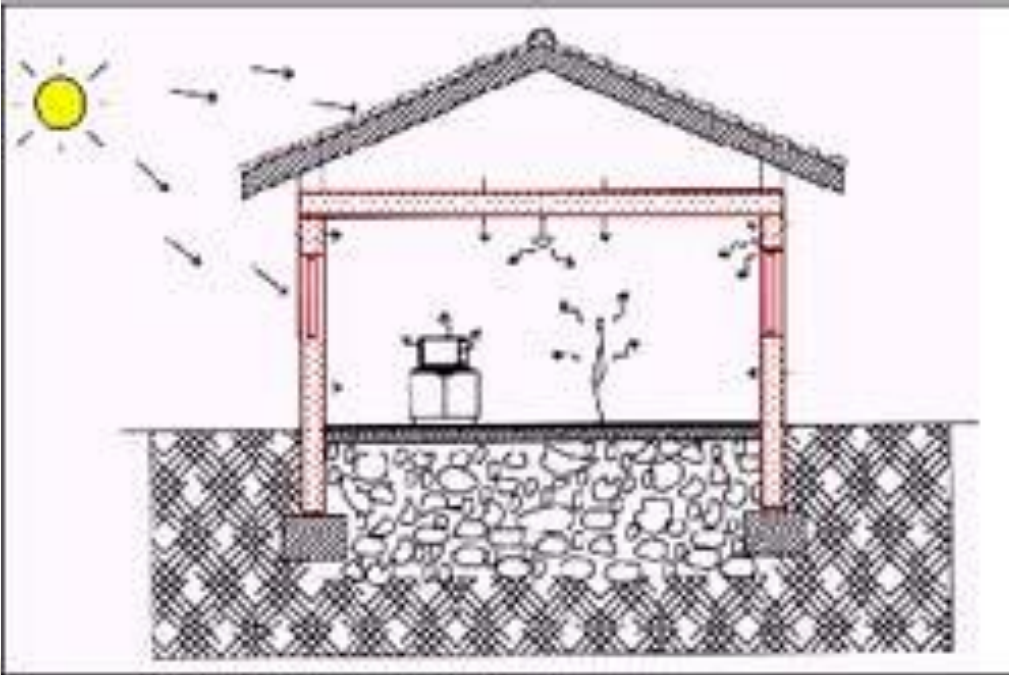
Impianti a pavimento bassa inerzia

In presenza di ampie superfici vetrate, dove è molto opportuno prevedere delle schermature solari per l'estate, può capitare nelle mezze stagioni quando il sole non è ancora alto rispetto l'orizzonte che **vi sia un elevato apporto termico solare** che in breve tempo può portare ad un innalzamento della temperatura interna...

Analogo problema è causato dai carichi termici endogeni.

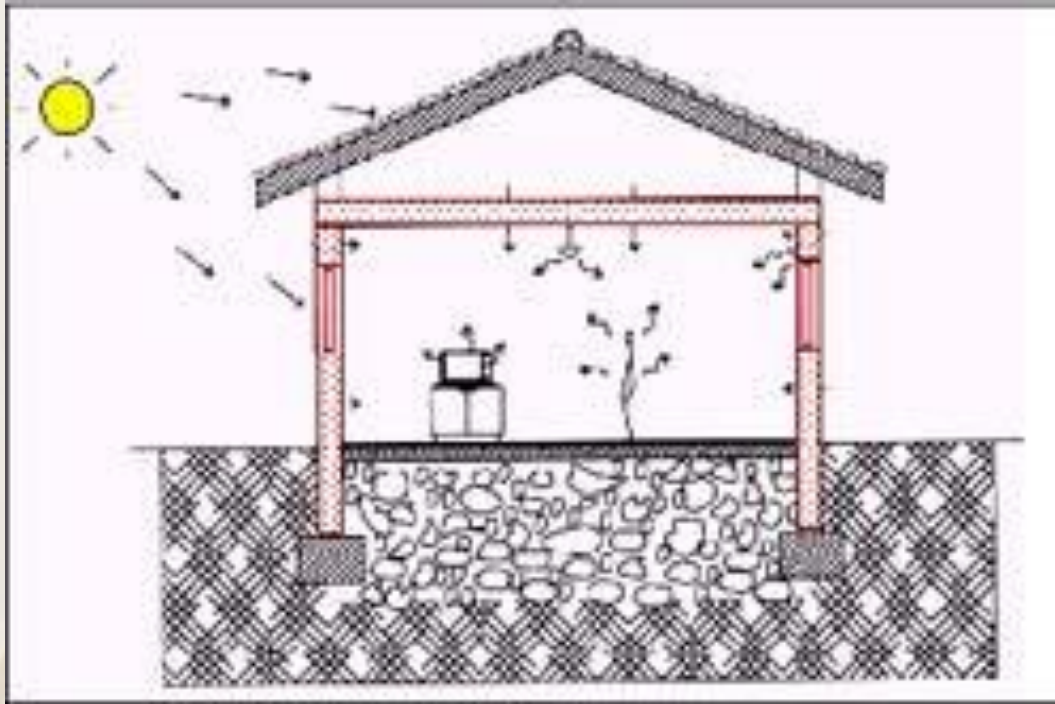


Impianti a pavimento bassa inerzia



La soluzione consiste nell'avere un impianto **che in poco tempo sia in grado di adeguarsi al carico termico** variabile limitando così l'aumento di temperatura altrimenti incontrollato...

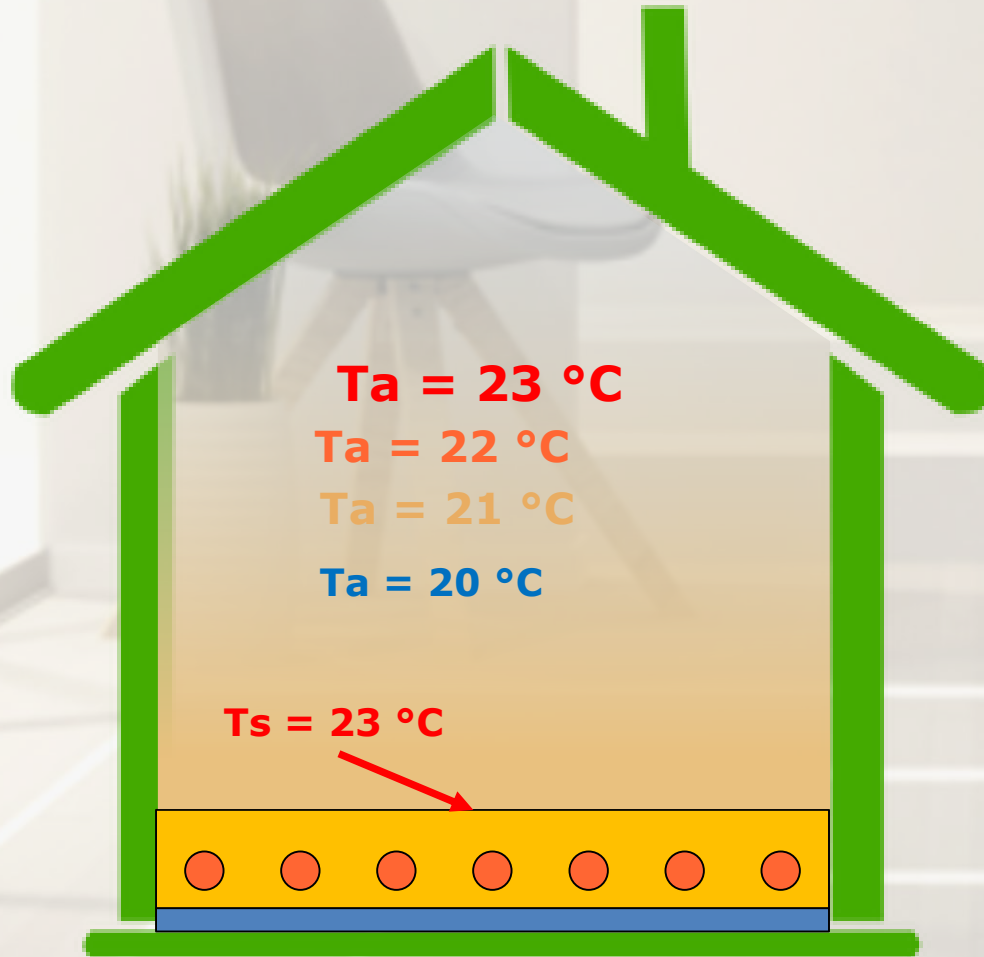
Impianti a pavimento bassa inerzia



Va tenuto presente che **la caratteristica di «auto-regolazione»** tipica degli impianti radianti attenuano questi effetti negativi.

Impianti a pavimento bassa inerzia

Effetto «auto-regolazione»



$$T_a = 20\text{ °C} \longrightarrow q \approx 30\text{ W/m}^2$$

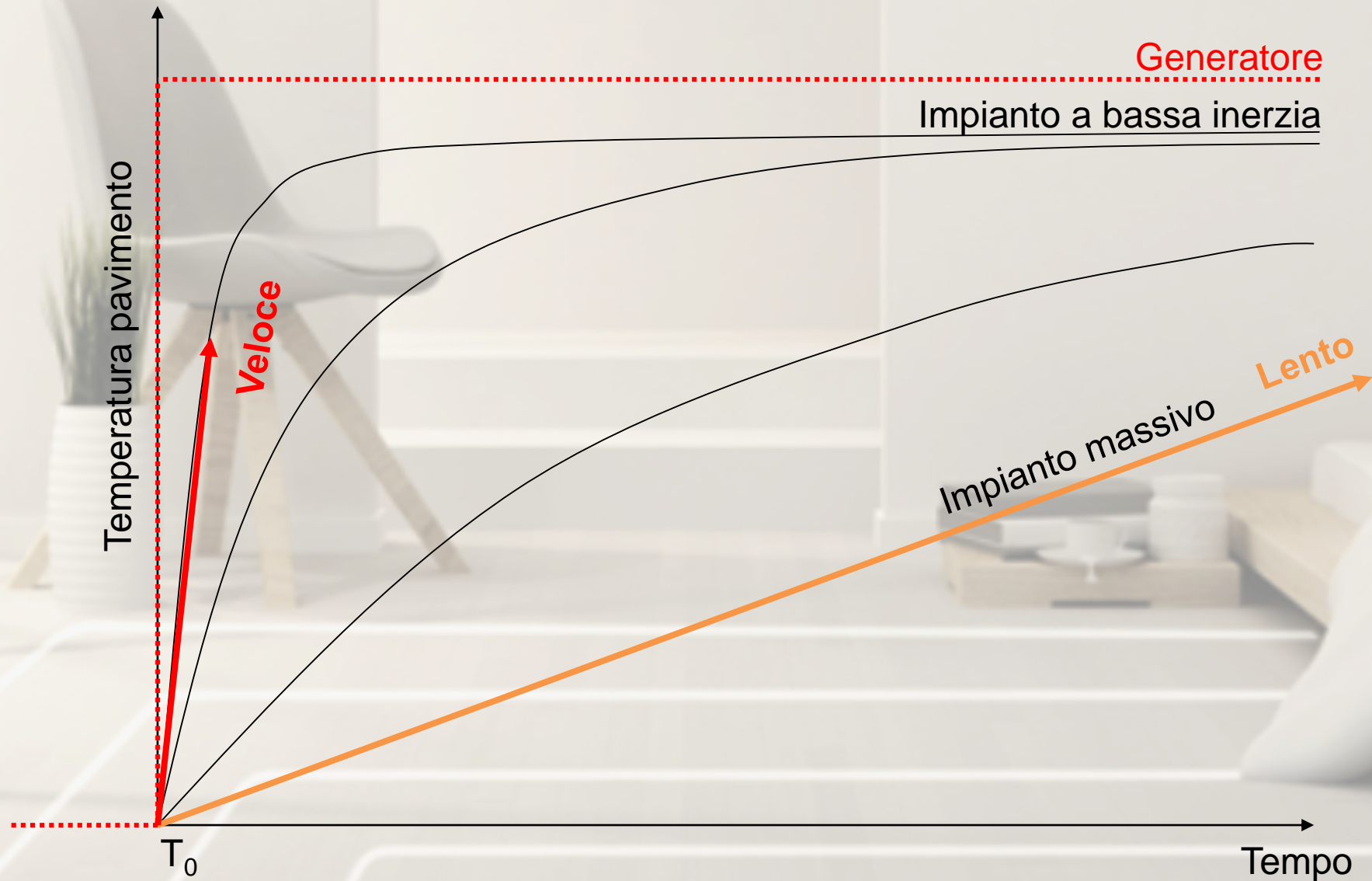
$$T_a = 21\text{ °C} \longrightarrow q \approx 19\text{ W/m}^2$$

$$T_a = 22\text{ °C} \longrightarrow q \approx 9\text{ W/m}^2$$

$$T_a = 23\text{ °C} \longrightarrow q = 0\text{ W/m}^2$$

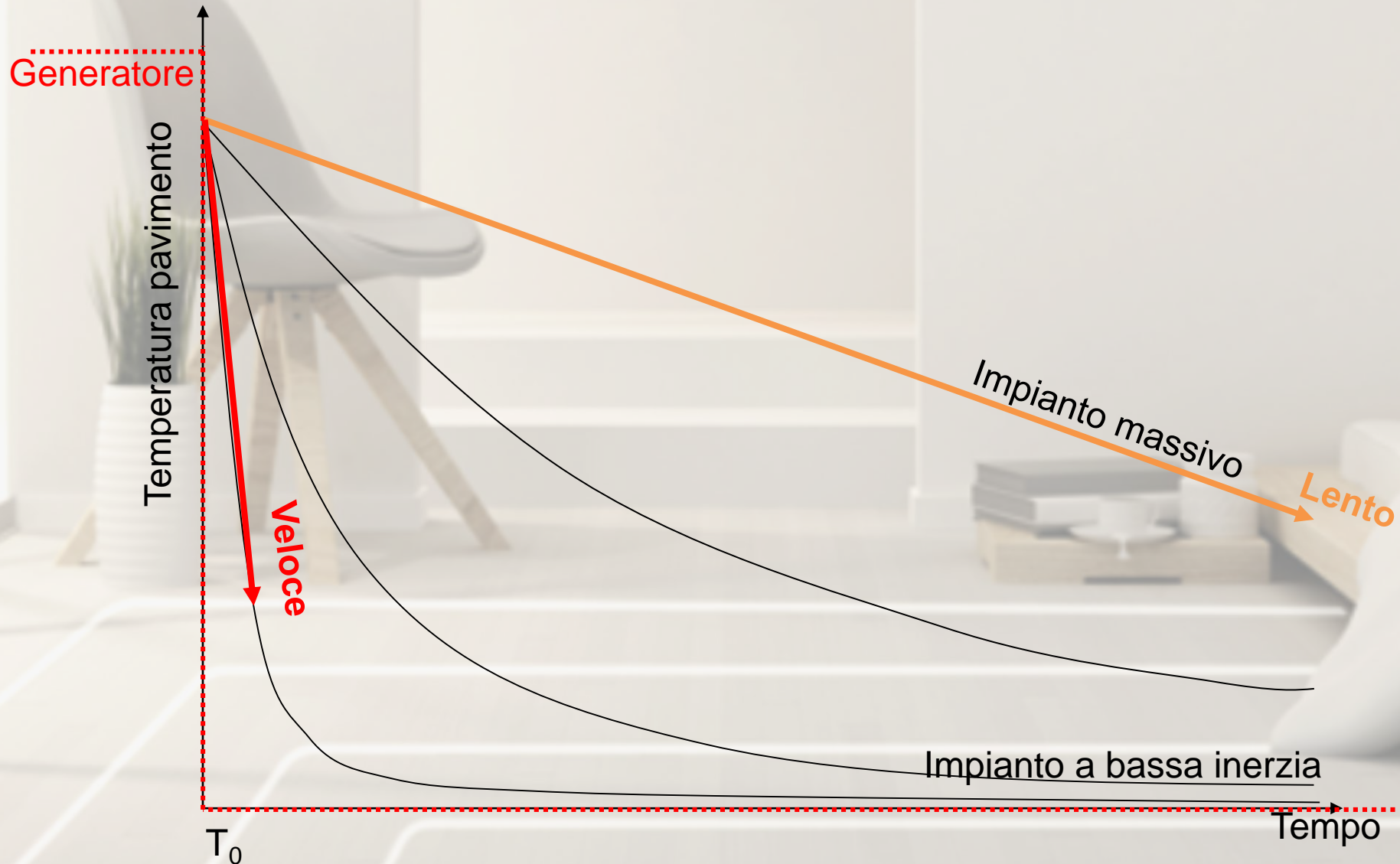
Se la temperatura ambiente cresce l'apporto termico del pavimento
si azzerà!

Impianti a pavimento bassa inerzia



Risposta nel tempo di un pavimento in fase di riscaldamento del massetto

Impianti a pavimento bassa inerzia



Risposta nel tempo di un pavimento in fase di spegnimento

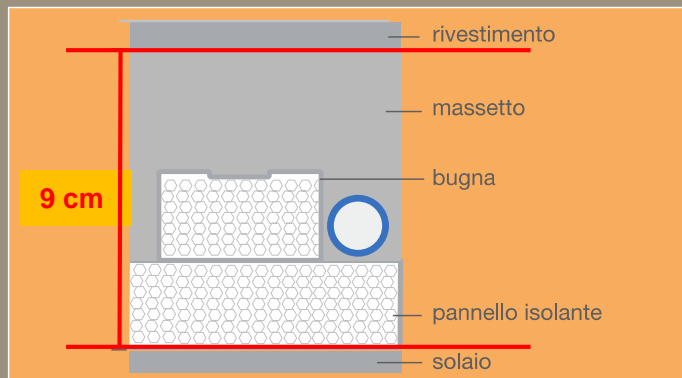
Impianti a pavimento bassa inerzia

**Soluzioni radianti
a basso spessore**

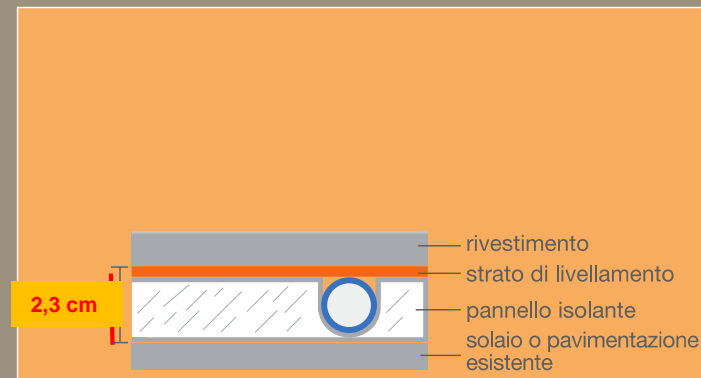


Impianti a pavimento bassa inerzia

Ingombro sistema a pavimento tradizionale e per le ristrutturazioni



Sezione sistema tradizionale



Sezione sistema per le ristrutturazioni

Raffronto tra soluzioni tradizionali e a basso spessore

Impianti a pavimento bassa inerzia

Avvertenze generali

Attenzione alla preparazione del cantiere!

- Tutti i sistemi a bassa inerzia sono relativamente leggeri
- Tutti i sistemi a bassa inerzia hanno spessore ridotto

Ne consegue che si debbano utilizzare **adesivi per «ancorare» al sottofondo** i componenti dell'impianto a pavimento.

Diventa fondamentale la preparazione del cantiere: il piano di appoggio, riportato alla quota corretta, deve essere perfettamente piano e privo di qualsiasi asperità, concavità, incrostazione,...

Impianti a pavimento bassa inerzia

Avvertenze generali

Attenzione alla preparazione del cantiere!

Spesso si dovrà operare su costruzioni esistenti...

In presenza del rischio di **risalita di umidità** (per es.: posa su terrapieno) è assolutamente indispensabile predisporre lo **strato di impermeabilizzazione**.

Questo fatto può modificare in modo importante la stratigrafia e gli spazi impegnati: potrebbe essere necessario uno strato aggiuntivo di livellamento al di sopra dello strato di impermeabilizzazione.

Rimediare con il foglio di polietilene in questi casi non è possibile, perché non permette di ancorare gli elementi del sistema radiante al sottofondo.

Impianti a pavimento bassa inerzia

Impianti a pavimento radiante ad umido:

Per la preparazione della stratigrafia viene utilizzata acqua

Denominazione	Spessore impegnato
Sistema SuperD	min. 26 mm
Sistema QuotaZeroAD	23 mm
Sistema Fiber18	23 mm

Impianti a pavimento bassa inerzia

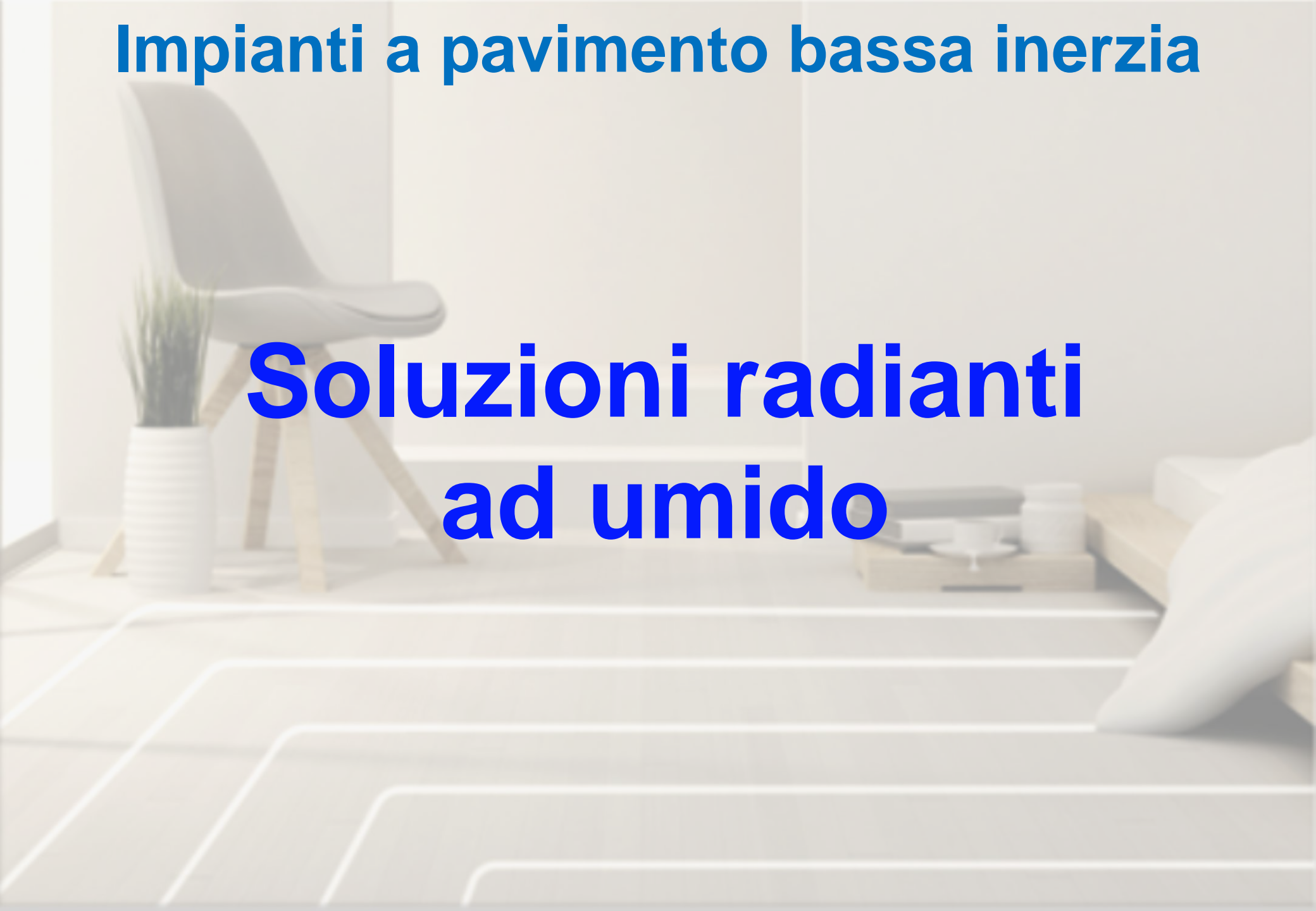
Impianti a pavimento radiante a secco

Per la preparazione della stratigrafia NON viene utilizzata acqua

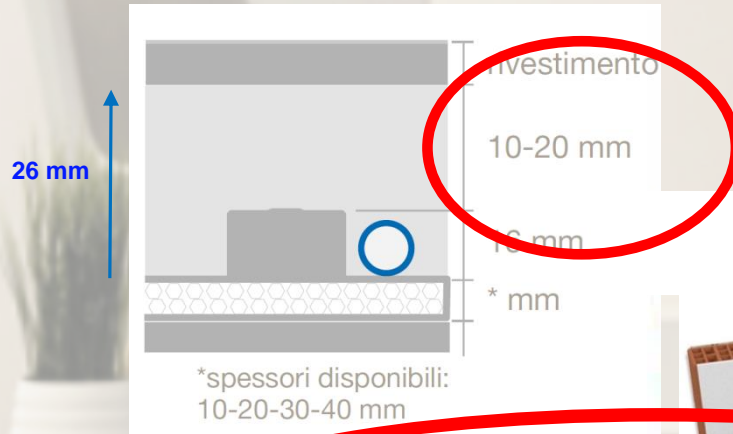
Denominazione	Spessore impegnato
Sistema Dry	28 mm
Sistema EvoDry	35 mm

Impianti a pavimento bassa inerzia

**Soluzioni radianti
ad umido**

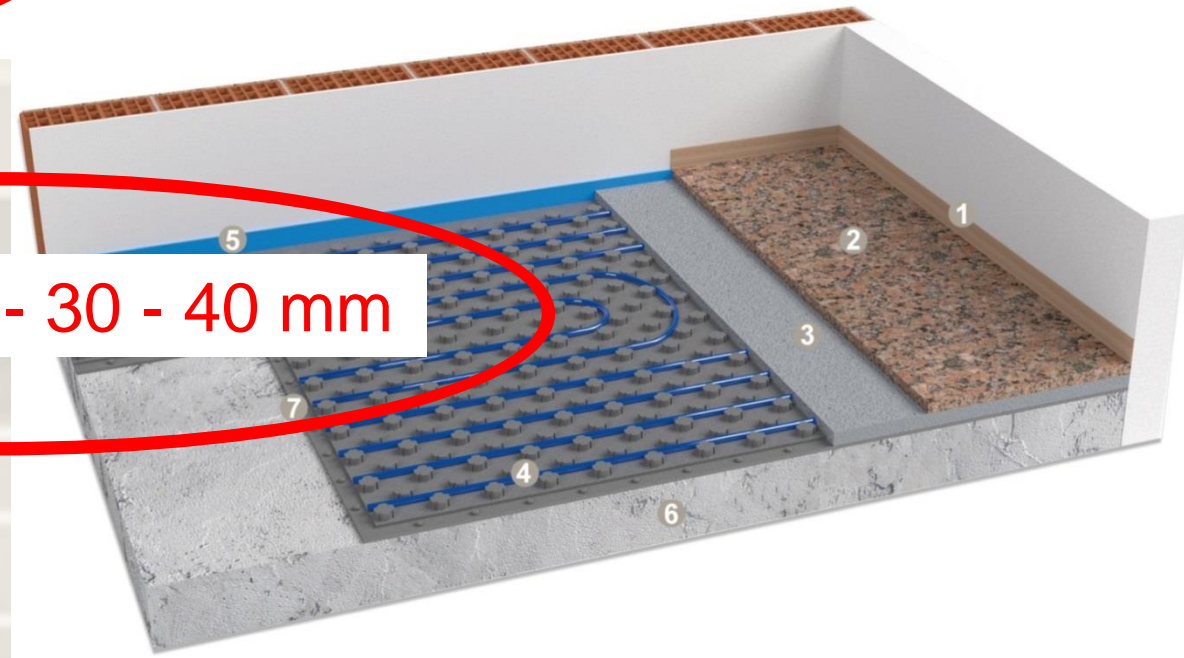


Impianti a pavimento bassa inerzia



Massetto: 10÷20 mm

1. Isolante: 10 - 20 - 30 - 40 mm
2. Rivestimento pavimento
3. Massetto
4. Tubo PB Ø 12X1,3 mm
5. Cornice perimetrale
6. Sottofondo stabile solido
7. Pannello Super D

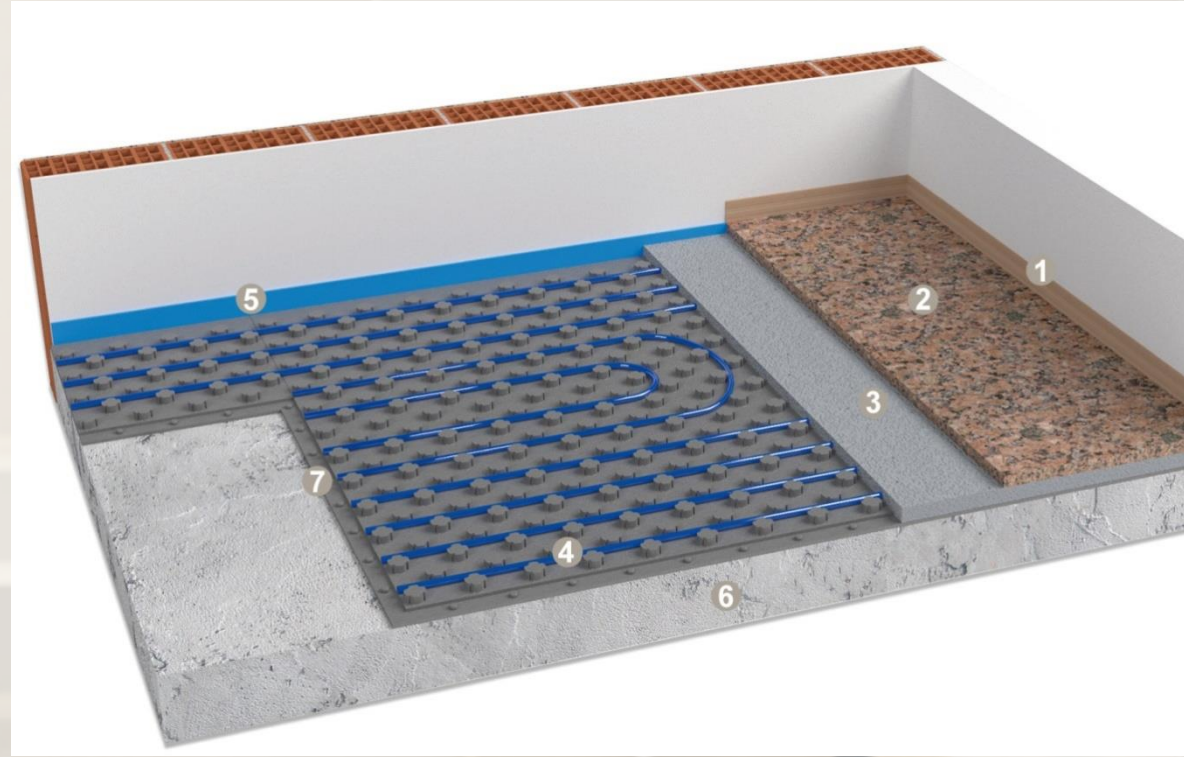
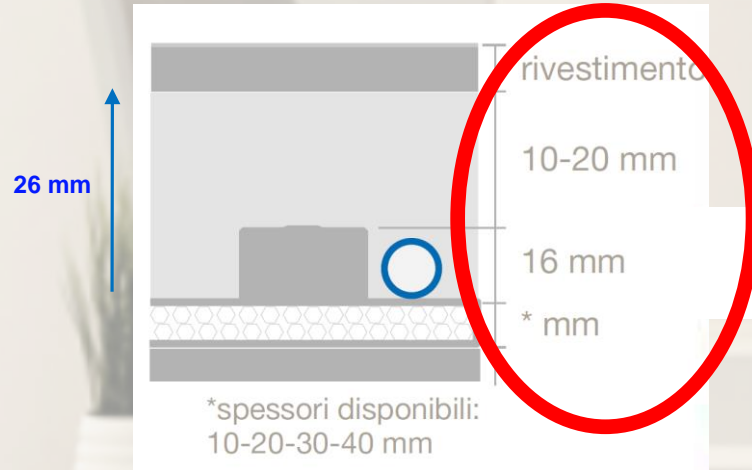


Caratteristiche tecniche pannello Super D

Caratteristiche tecniche (UNI EN 13164)

			PANNELLO SUPER D			
			cod. 1500110	cod. 1500120	cod. 1500130	cod. 1500140
CARATTERISTICHE	Conducibilità termica 10°C	(UNI EN 12667)	0.032 W/(m·K)	0.032 W/(m·K)	0.032 W/(m·K)	0.032 W/(m·K)
	Resistenza alla compressione 10%	(UNI 826)	≥ 500 kPa	≥ 500 kPa	≥ 500 kPa	≥ 500 kPa
	Fattore μ di resistenza alla diffus. del vapore acqueo	(EN 12086)	40-100	40-100	40-100	40-100
	Resistenza termica	(UNI EN 13164)	0.40 (m²·k)/W	0.70 (m²·k)/W	1.05 (m²·k)/W	1.35 (m²·k)/W
	Temperatura limite di utilizzo		70 °C	70 °C	70 °C	70 °C
	Classe di reazione al fuoco	(EN 13501/1)	Euroclasse E	Euroclasse E	Euroclasse E	Euroclasse E
DIMENSIONI	Lunghezza		1200 mm	1200 mm	1200 mm	1200 mm
	Larghezza		640 mm	640 mm	640 mm	640 mm
	Spessore		10 mm	20 mm	30 mm	40 mm
	Imballo confezione		n. pannelli 13 (9.98 m²)	9 (6.91 m²)	7 (5.37 m²)	6 (4.60 m²)

Impianti a pavimento bassa inerzia



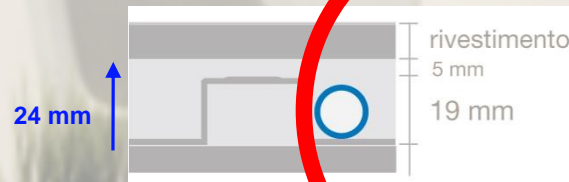
Massetti speciali consigliati

Azienda produttrice	Massetto livellante speciale
LATERLITE	Paris Slim (per sp. 10 mm)
KNAUF	NE 425 Autolivellina (per sp. 10 mm)

Si consiglia di fare comunque riferimento al manuale di installazione in vigore per il sistema Super D e alle schede tecniche dei prodotti suggeriti

Impianti a pavimento bassa inerzia

. Sistema quota Zero AD



Massetto: 5 mm

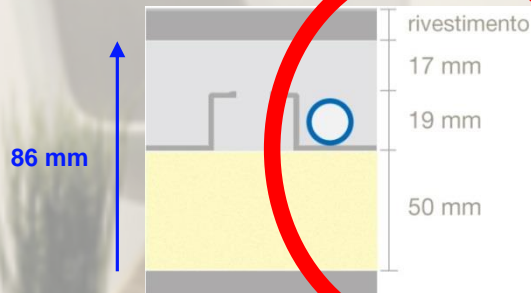
1. Battiscopa
2. Rivestimento pavimento
3. Massetto Novoplan Maxi
4. Tubo PB 12x1,3
5. Cornice perimetrale Slim 5
6. Solaio + getto di livellamento
7. Pannello Quota Zero AD
8. Primer

Assenza isolante



Impianti a pavimento bassa inerzia

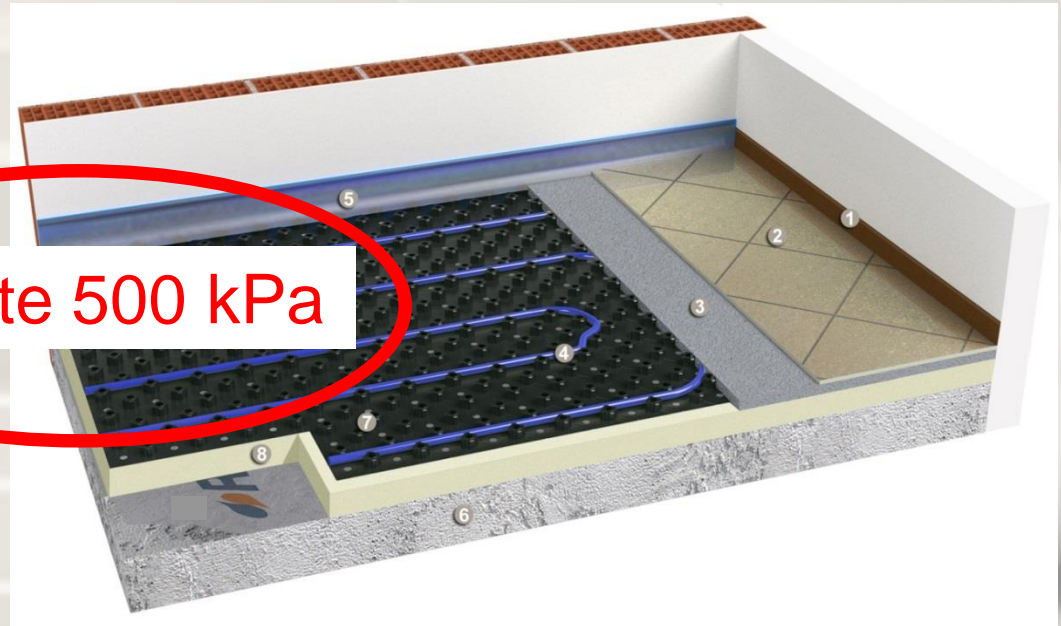
. Sistema quota Zero AD isolato



Massetto: 10÷20 mm

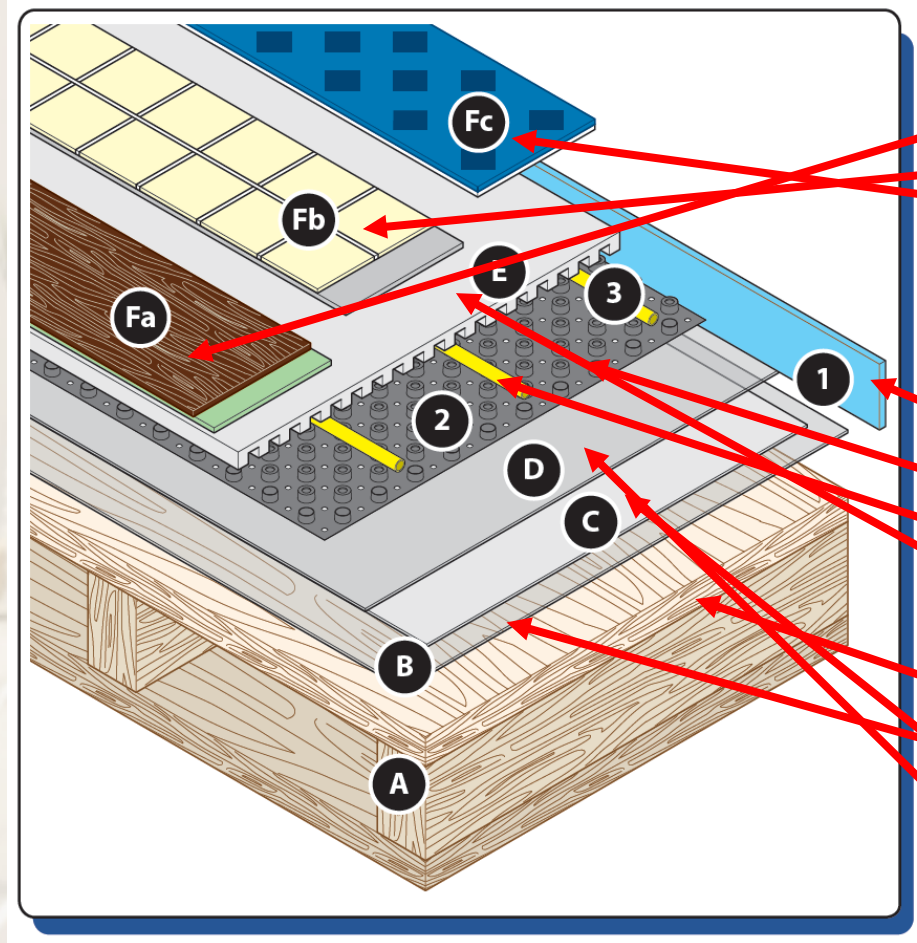
1. Battiscopa
2. Rivestimento pavimento
3. Massetto Novoplan
4. Tubo PB 12x1,3
5. Cornice perimetrale Slim 5
6. Solaio + getto di livellamento
7. Pannello Quota Zero AD
8. Pannello isolante (500kPa)

Isolante 500 kPa



Impianti a pavimento bassa inerzia

Installazione su solai in legno



Fa rivestimento finale in legno
Fb rivestimento finale con piastrelle
Fc rivestimento finale con moquette, linoleum, o rivestimento tessile

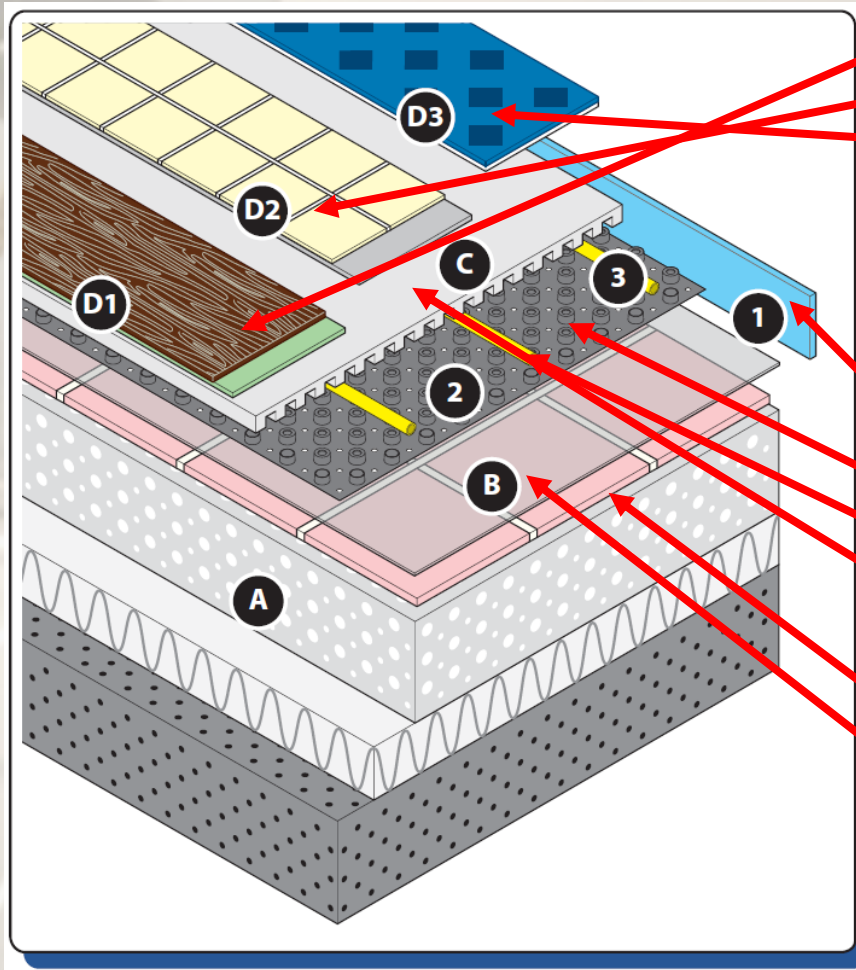
1 cornice perimetrale
2 pannello Quota Zero AD
3 tubo RDZ Klima PB d. 12 mm
E massetto speciale

A solaio con copertura in legno
B strato di primer
C strato aggiuntivo di livellamento
D strato di primer

Se la struttura in legno presenta una superficie irregolare
è necessario effettuare un livellamento aggiuntivo!

Impianti a pavimento bassa inerzia

Installazione su pavimenti esistenti in ceramica



D1 rivestimento finale in legno
D2 rivestimento finale con piastrelle
D3 rivestimento finale con moquette, linoleum, o rivestimento tessile

1 cornice perimetrale
2 pannello Quota Zero AD
3 tubo RDZ Clima PB d. 12 mm
C massetto speciale

A solaio con copertura in piastrelle
B strato di primer

Impianti a pavimento bassa inerzia

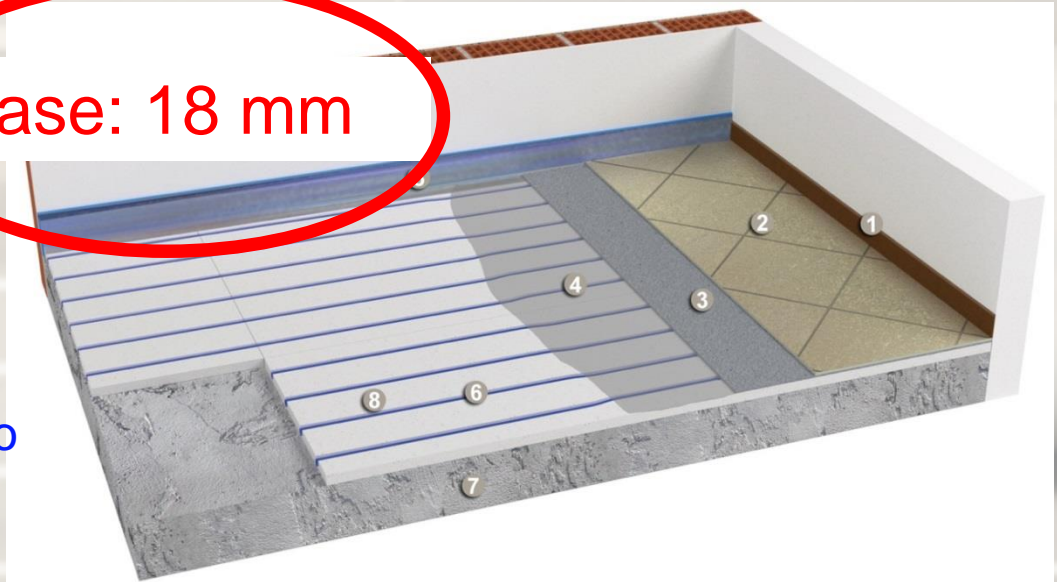
• Sistema Fiber 18



Massetto: 3÷5 mm

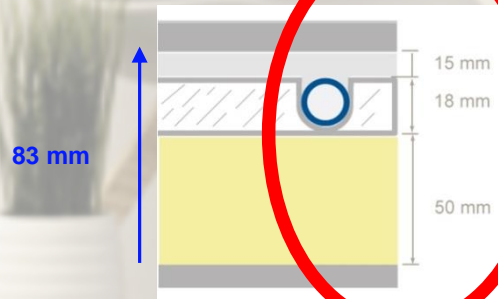
Base: 18 mm

1. Battiscopa
2. Rivestimento pavimento
3. Massetto Novoplan Maxi
4. Primer
5. Cornice perimetrale Slim 5
6. Tubo PB 12x1,3
7. Solaio + getto di livellamento
8. Pannello Fiber 18



Impianti a pavimento bassa inerzia

· Sistema Fiber 18 isolato



Massetto: 5÷15 mm

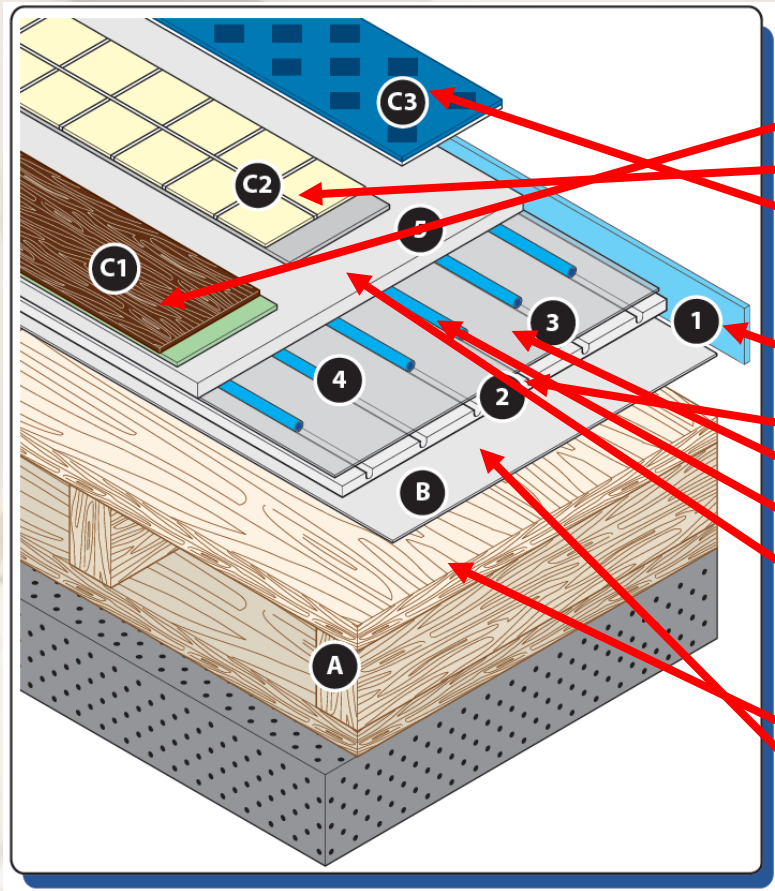
1. Battiscopa
2. Rivestimento pavimento
3. Massetto Novoplan Maxi
4. Primer
5. Cornice perimetrale Slim 5
6. Tubo PB 12x1,3
7. Solaio + getto di livellamento
8. Pannello Fiber 18
9. Pannello isolante (500kPa)

Isolante 500 kPa



Impianti a pavimento bassa inerzia

Installazione su solai in legno



C1 Rivestimento finale in legno

C2 Rivestimento finale con piastrelle

C3 Rivestimento finale con moquette

1 – Cornice perimetrale Slim 5

2 – Pannello radiante in gessofibra

3 – Strato di Primer

4 – Tubo RDZ Clima PB Ø 12 mm

5 – Massetto **min 3 ÷ max 10 mm**

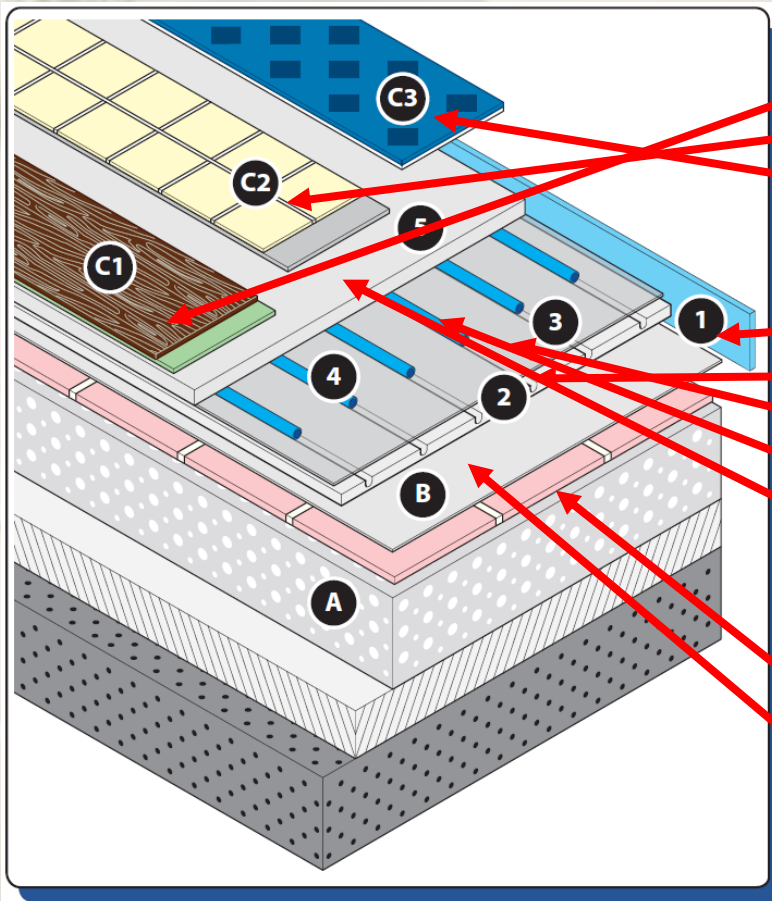
A Solaio con copertura in legno

B Strato aggiuntivo di livellamento

Se la struttura in legno presenta una superficie irregolare
è necessario effettuare un livellamento aggiuntivo!

Impianti a pavimento bassa inerzia

Installazione su pavimenti esistenti in ceramica



C1 Rivestimento finale in legno

C2 Rivestimento finale con piastrelle

C3 Rivestimento finale con moquette

1 – Cornice perimetrale Slim 5

2 – Pannello radiante in gessofibra

3 – Strato di Primer

4 – Tubo RDZ Clima PB Ø 12 mm

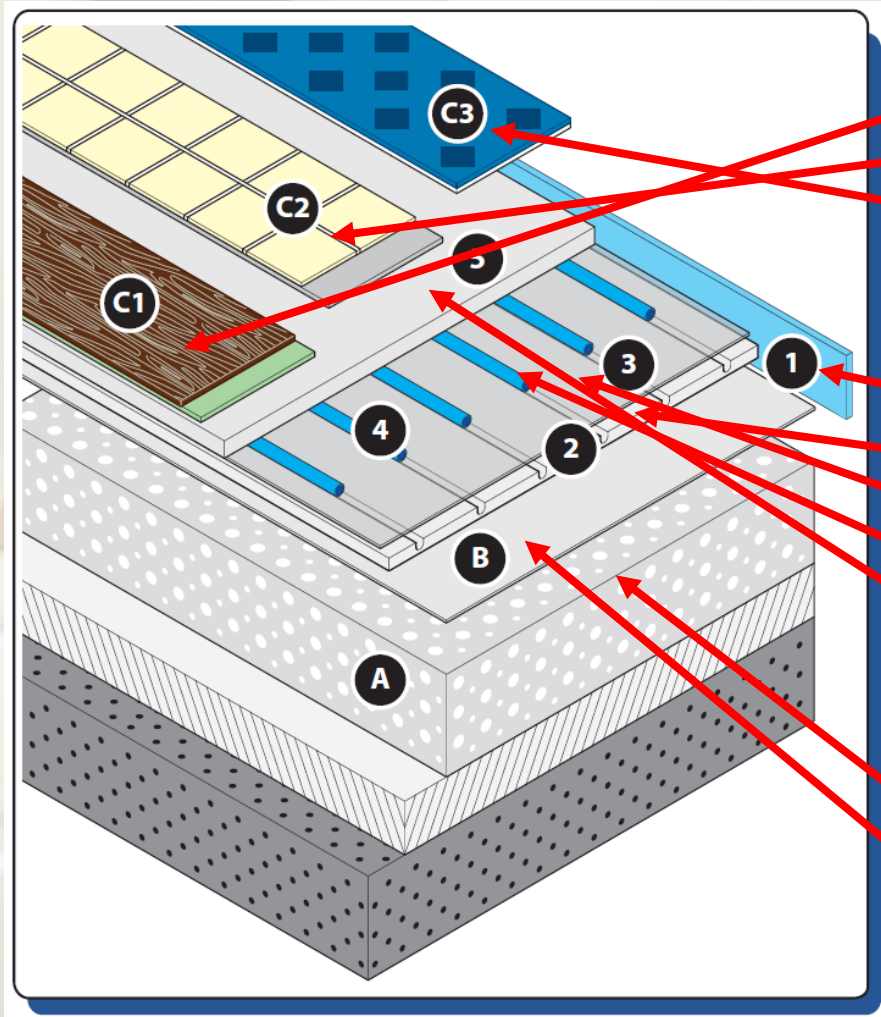
5 – Massetto **min 3 ÷ max 10 mm**

A Solaio con copertura in ceramica

B Strato aggiuntivo di livellamento

Impianti a pavimento bassa inerzia

Installazione su massetto



C1 Rivestimento finale in legno

C2 Rivestimento finale con piastrelle

C3 Rivestimento finale con moquette

1 – Cornice perimetrale Slim 5

2 – Pannello radiante in gessofibra

3 – Strato di Primer

4 – Tubo RDZ Clima PB Ø 12 mm

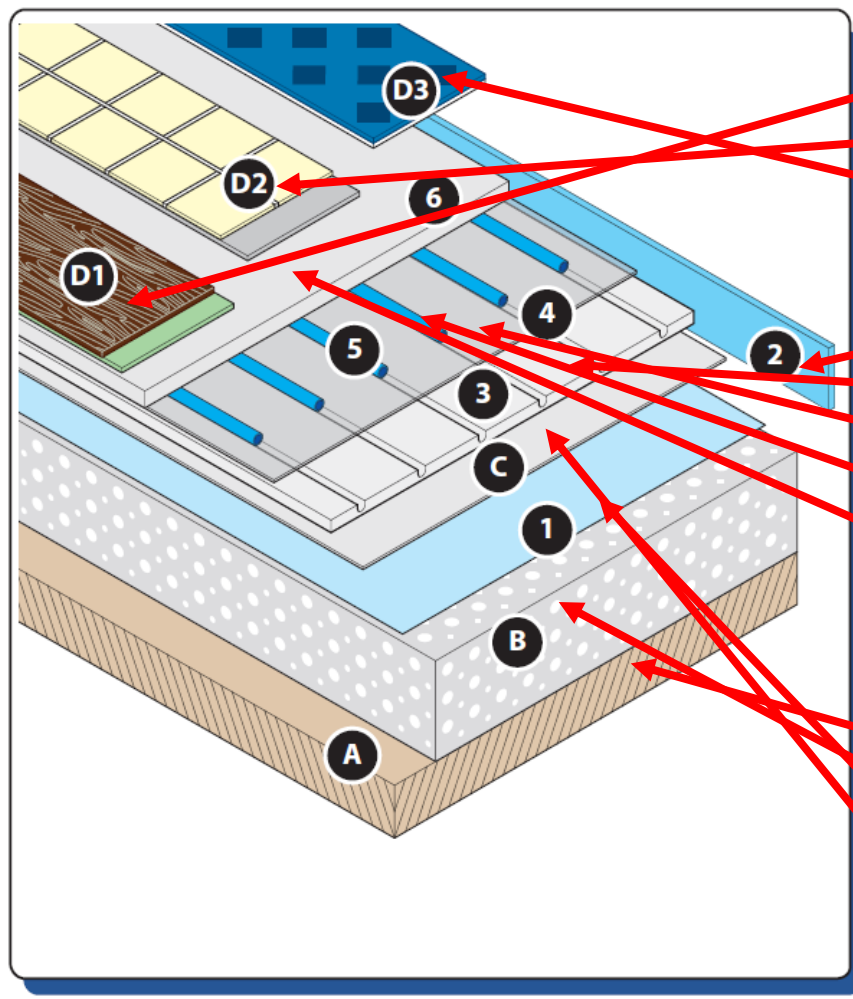
5 – Massetto min 3 ÷ max 10 mm

A Solaio grezzo

B Strato aggiuntivo di livellamento

Impianti a pavimento bassa inerzia

Installazione su terrapieno



D1 Rivestimento finale in legno

D2 Rivestimento finale con piastrelle

D3 Rivestimento finale con moquette

2 – Cornice perimetrale Slim 5

3 – Pannello radiante in gessofibra

4 – Strato di Primer

5 – Tubo RDZ Clima PB Ø 12 mm

6 – Massetto **min 3 ÷ max 10 mm**

A Terrapieno

B Solaio grezzo

1 – Foglio barriera umidità

C Strato aggiuntivo di livellamento

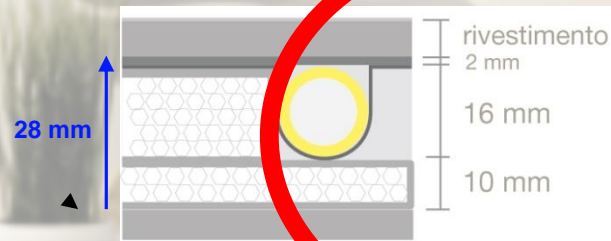
Impianti a pavimento bassa inerzia

**Soluzioni radianti
a secco**



Impianti a pavimento bassa inerzia

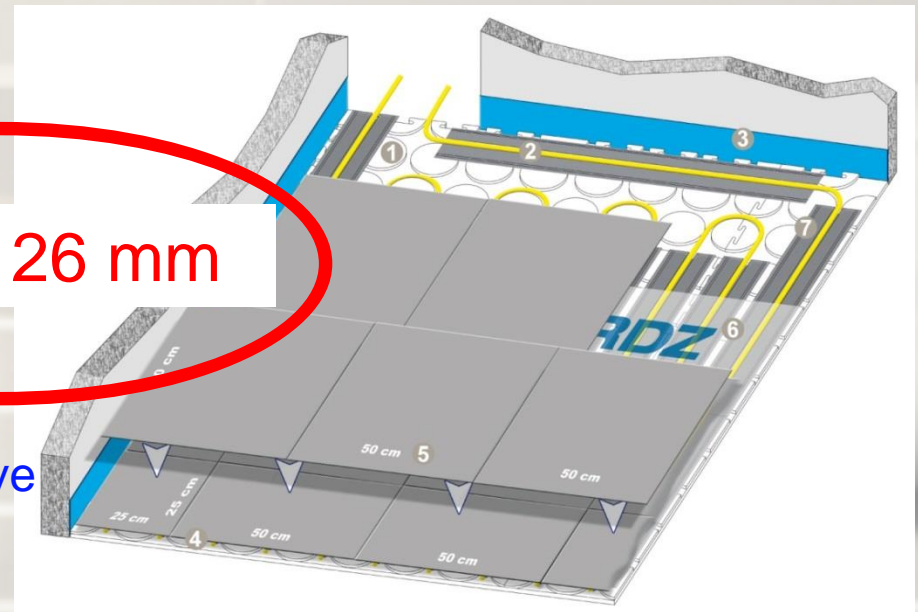
• Sistema Dry



Massetto: 2 mm metallo

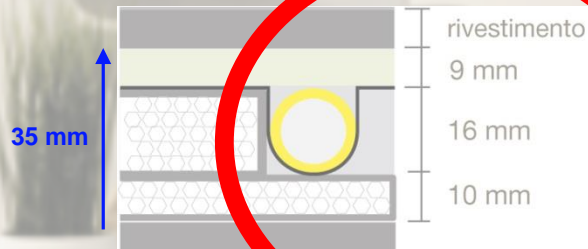
1. Pannello Dry-Tech
2. Tubo PE-Xc 14-10
3. Cornice perimetrale Slim 5
4. 1° Strato di lastre in acciaio
5. 2° Strato di lastre in acciaio adesive
6. Foglio in polietilene
7. Lamelle termoconduttrici

Isolante: 26 mm



Impianti a pavimento bassa inerzia

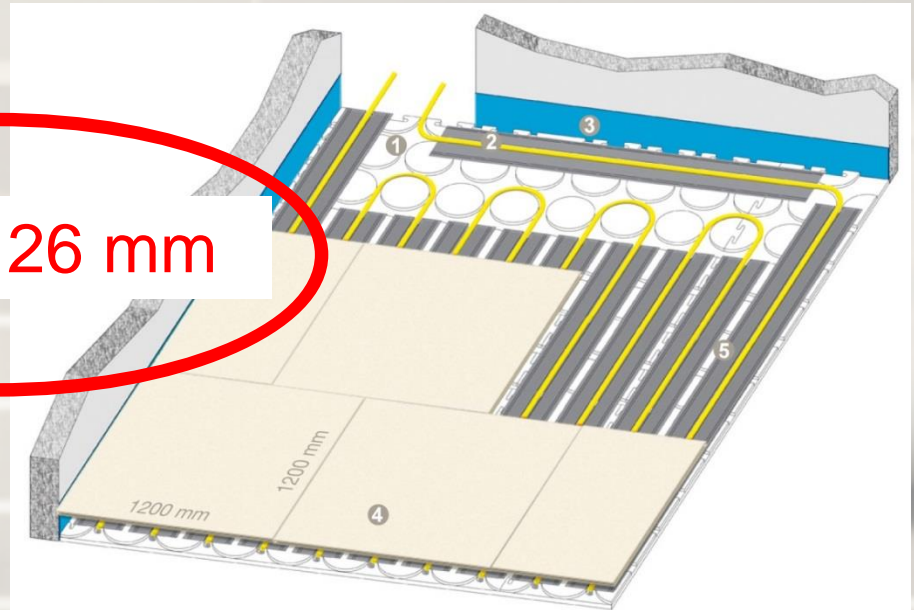
. Sistema Evo Dry



Massetto: 9 mm calciosilicato

1. Pannello Dry-Tech
2. Tubo PE-Xc 14-10
3. Cornice perimetrale Slim 5
4. Ripartitore di carico in calcio silicato
5. Lamelle termoconduttrici

Isolante: 26 mm



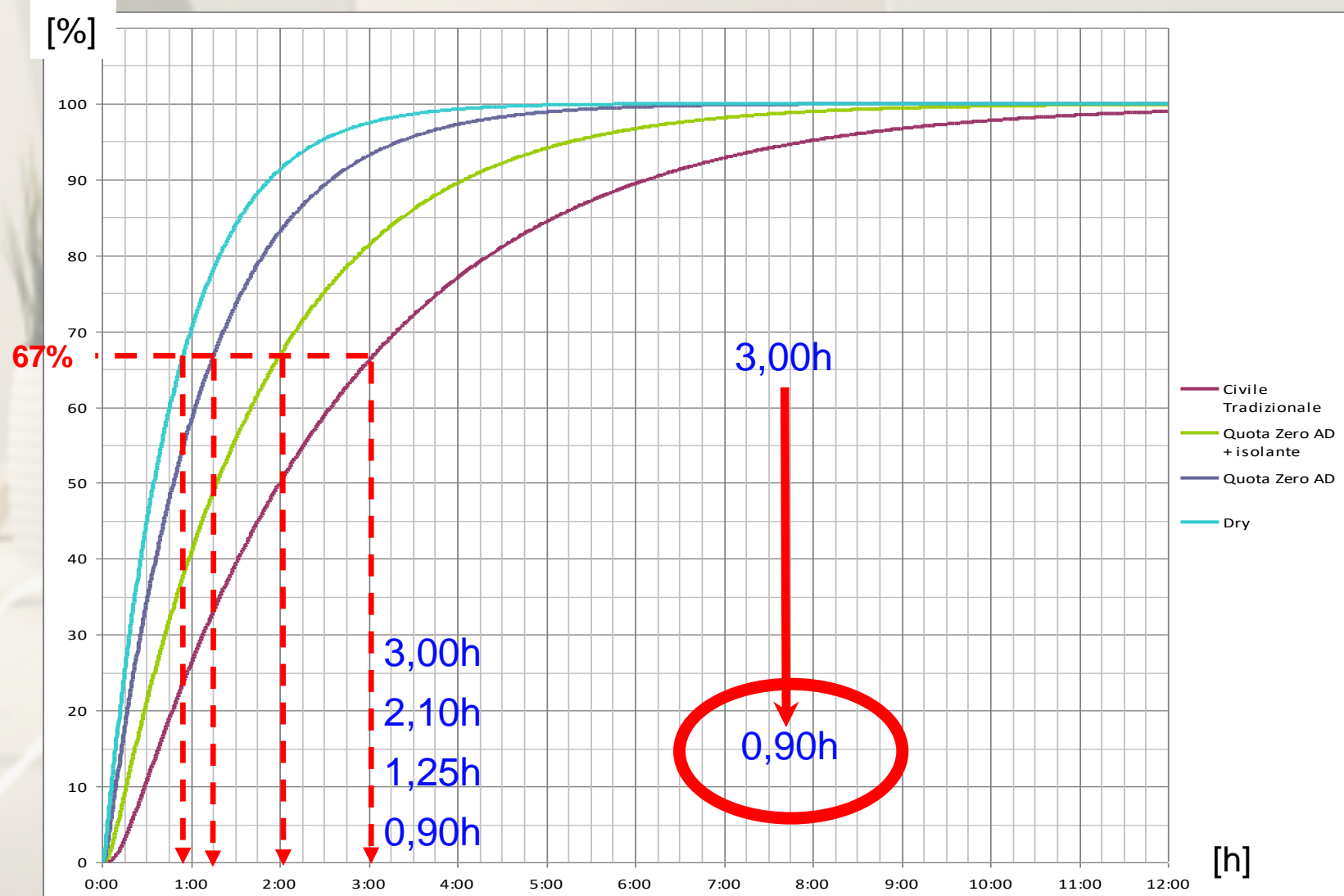
Impianti a pavimento bassa inerzia

Prestazioni



Impianti a pavimento bassa inerzia

Inerzia dei vari sistemi:



Impianti a pavimento bassa inerzia

Remember

Attenzione alla preparazione del cantiere!

- Piano preparato perfettamente, liscio e perfettamente piano
- Sistemi ancorati al sottofondo
- Attenzione all'umidità di risalita

I sistemi «leggeri» hanno
limitate prestazioni acustiche!

Prevedere materassini acustici, tappeti in gomma, guaine desolidarizzanti,...?

Sotto lo strato di livellamento? Sotto l'impianto radiante? Sotto il rivestimento del pavimento?

Soluzioni radianti a basso spessore si scelgono perché...

- Riduzione dell'«**inerzia termica**»
- Riduzione **dell'ingombro**
- Riduzione del **peso** alla struttura
- Per difficoltà «**logistiche**» (per es.:
accesso ai Centri Storici)
- Riduzione **dei tempi di lavoro** (per es.:
posa rapida dei pavimenti)

Pompe di calore

Pompe di calore: cosa sono

Le pompe di calore permettono di utilizzare l'energia presente nell'aria, nell'acqua e nel suolo, consentendo **elevati risparmi di energia primaria** e riducendo notevolmente le emissioni di CO₂.



Pompe di calore

Pompe di calore: cosa sono

I sistemi a pompa di calore hanno una naturale vocazione per la climatizzazione degli ambienti.

D'inverno, portano il calore dall'esterno all'interno.

D'estate, con ciclo contrario, portano il calore dall'interno all'esterno.

Il punto chiave della questione è che la pompa di calore è un sistema che trasporta calore, utilizzando una certa quantità di energia (elettrica, assorbita dal compressore).

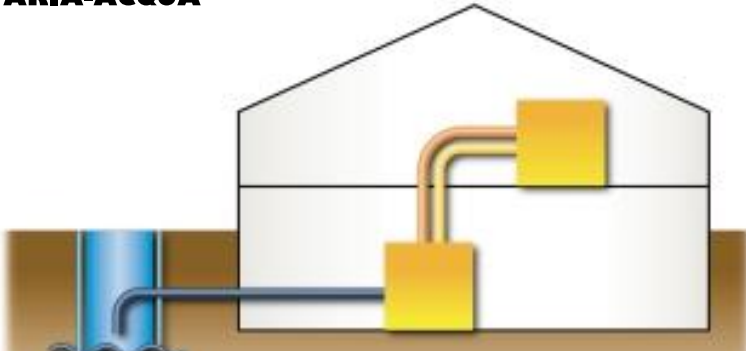
In generale l'energia trasportata da un ambiente a un altro è ben superiore all'energia impiegata per il trasporto.

Nel caso della pompa di calore, si dispone di una macchina che trasporta energia in forma termica utilizzando tipicamente energia che viene fornita dalla rete elettrica.

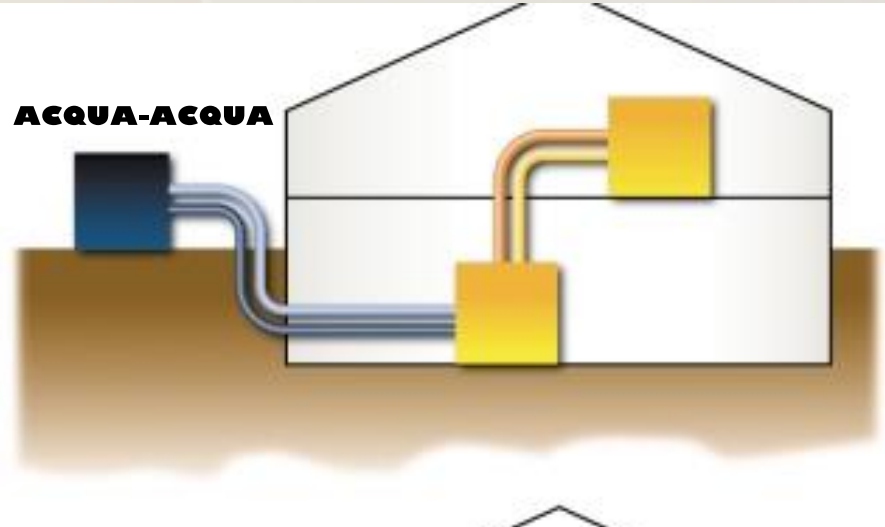
Pompe di calore

Come produce energia?

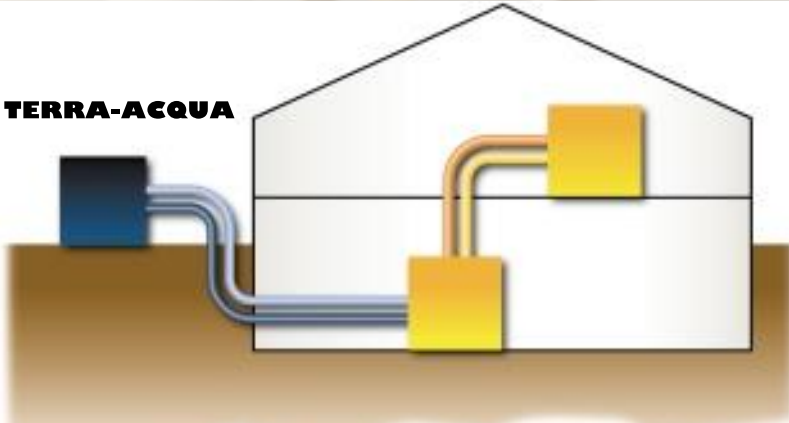
ARIA-ACQUA



ACQUA-ACQUA



TERRA-ACQUA



Tipi di sorgente termica

Aria / Acqua

Acqua / Acqua

Terra / Acqua

Pompe di calore



Valutazioni energetiche

Fabbisogno energia ➡ 10 kWh

1 litro di gasolio ➡ 9,9 kWh

1 m³ di metano ➡ 9,6 kWh

Fattore di conversione energia primaria gasolio: ➡ 1,07

Fattore di conversione energia primaria metano: ➡ 1,05

Fattore di conversione energia primaria elettricità: ➡ 2,42

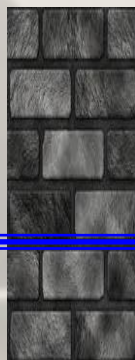
Rendimento stagionale caldaia gasolio: ➡ 80%

Rendimento stagionale caldaia metano: ➡ 90%

Efficienza stagionale PdC (SCOP): ➡ 3,0

Pompe di calore

Valutazioni energetiche

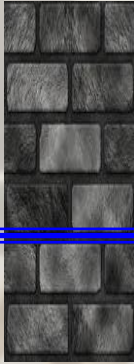


Risultati Fabbisogno energia ➡ 10 kWh

	Energia primaria gasolio	Energia primaria metano	Energia primaria PdC
Fattori di conversione	1,0	1,05	2,42
Rendimento dei generatori	80%	90%	3,0
Energia primaria	13.375	11.667	8.067
Differenza	0,0%	-12,8%	-39,7%

Fare efficienza

Pompe di calore



Valutazioni energetiche COP di pareggio

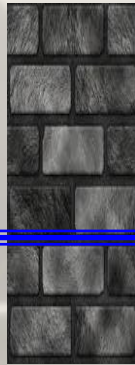
Fattore di conversione energia primaria metano: ➡ 1,05

Fattore di conversione energia primaria elettricità: ➡ 2,42

COP di pareggio: $1,05 * 2,42 = 2,54$ ➡ se COP > **2,54** PdC conveniente

Pompe di calore

Valutazioni economiche



1 litro di gasolio ➡ 1,10 Euro

1 m³ di metano ➡ 0,95 Euro

1 kWh elettrico ➡ 0,22 Euro

Rendimento stagionale caldaia gasolio: ➡ 80%

Rendimento stagionale caldaia metano: ➡ 90%

Efficienza stagionale PdC (SCOP): ➡ 3,0

Fabbisogno di energia dell'edificio: ➡ 10'000 kWh

Pompe di calore

Valutazioni economiche



Fabbisogno di energia dell'edificio: ➡ 10'000 kWh

Risultati

	Costo gestione gasolio (Euro)	Costo gestione metano (Euro)	Costo gestione PdC (Euro)
Costi totali (fabbisogno economico Euro)	1.100	1.100	733
Costi percentuali	100.0%	73.5%	52.8%
Differenza	0,0%	-20,8%	-47,2%

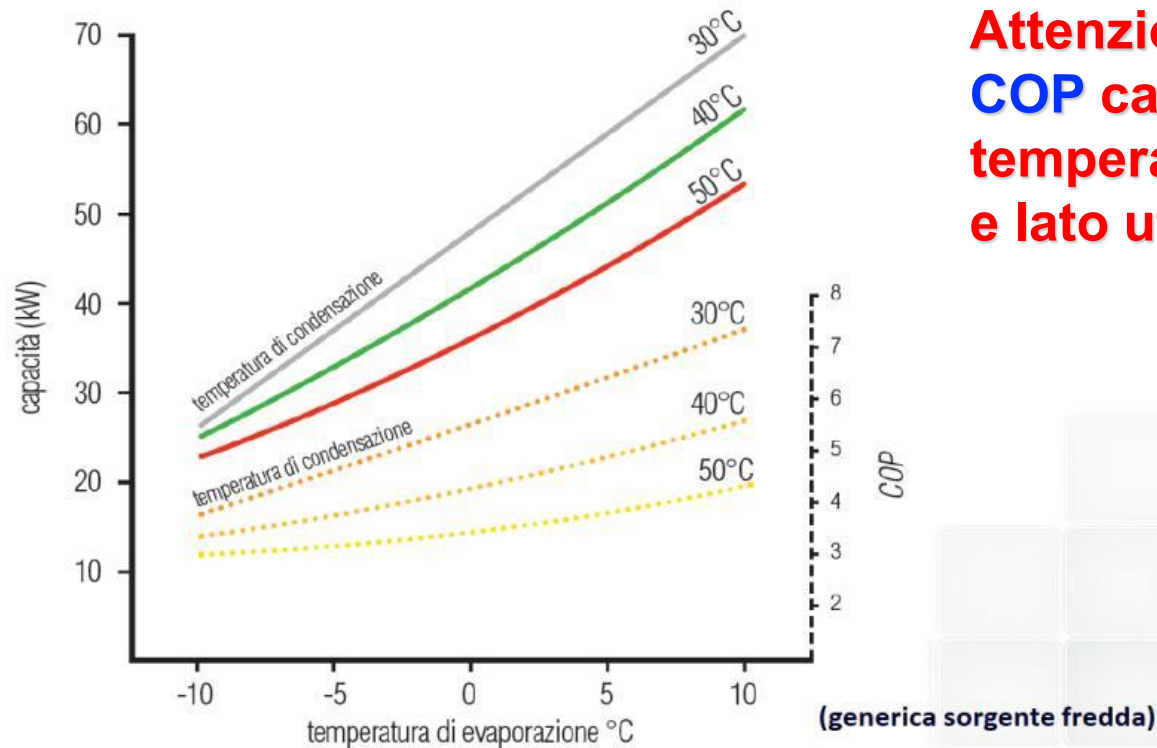
Fare efficienza

Pompe di calore



Attenzione alle temperature!

VARIAZIONI DELLE PRESTAZIONI DI UNA POMPA DI CALORE AL VARIARE DELLE TEMPERATURE DI EVAPORAZIONE E CONDENSAZIONE



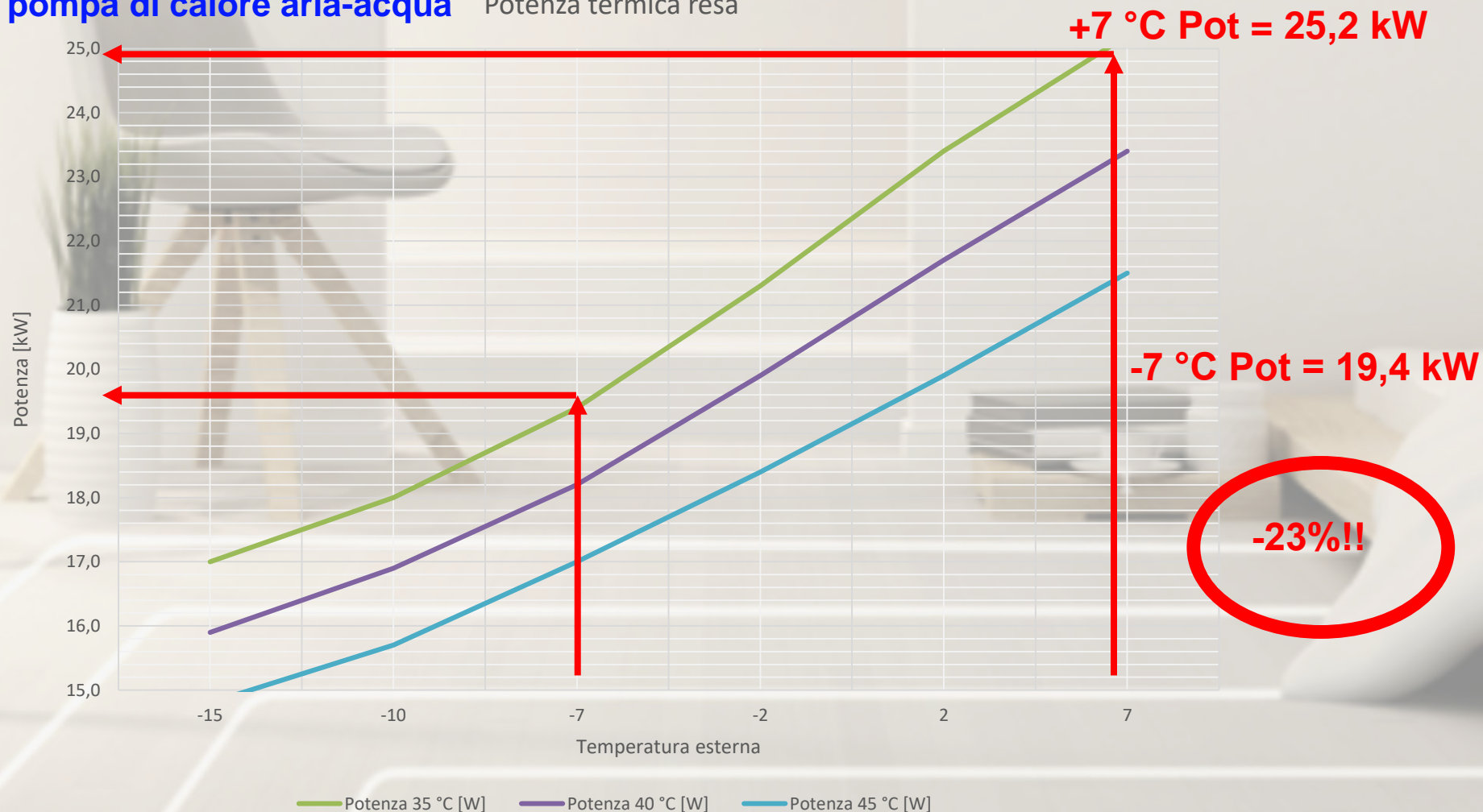
Attenzione: la potenza e il COP cambiano con le temperatura lato sorgente e lato utilizzo

Pompe di calore

Come varia la potenza con la temperatura della sorgente

La pompa di calore aria-acqua

Potenza termica resa

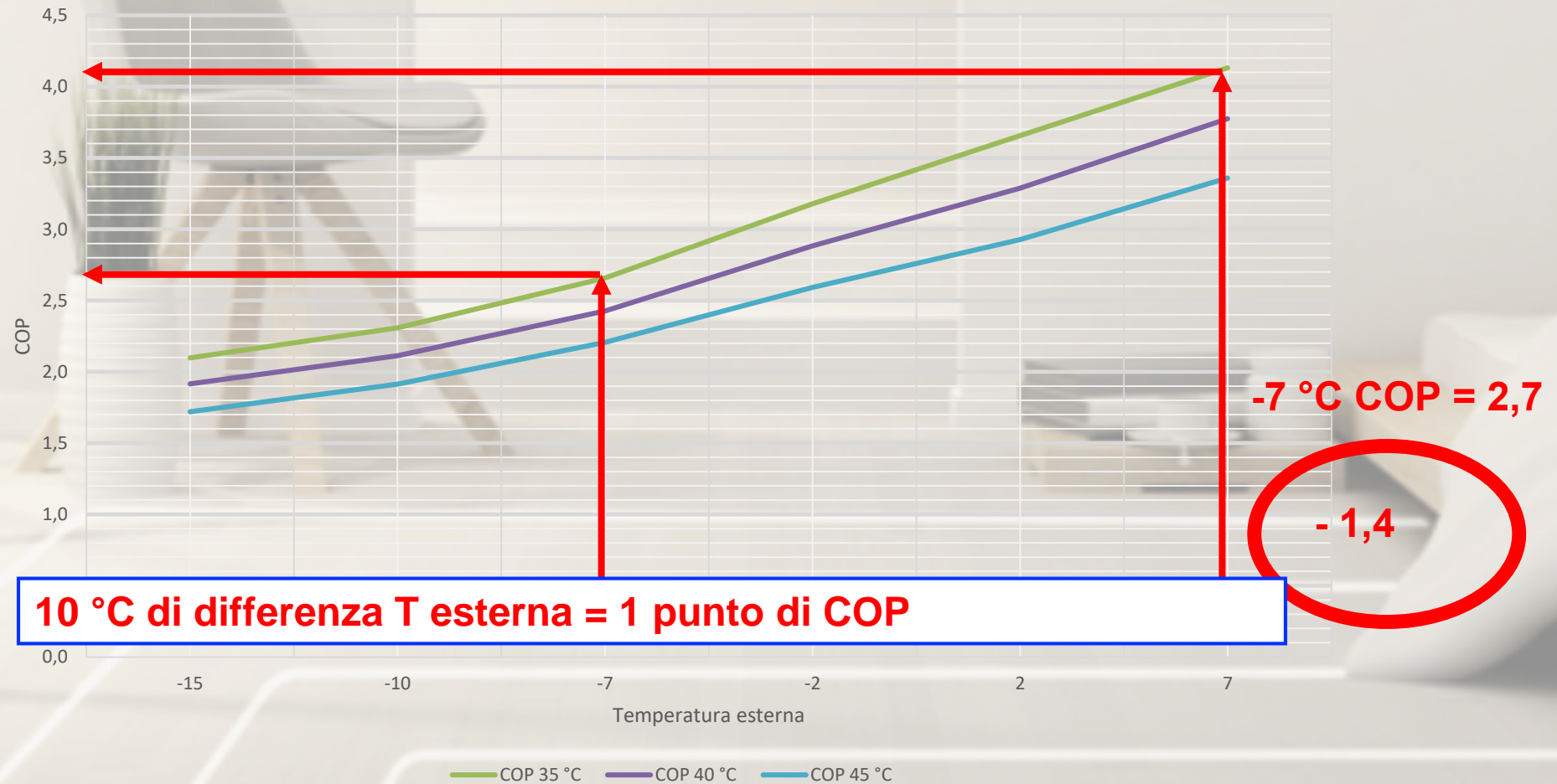


Pompe di calore

Come varia il COP con la temperatura della sorgente

La pompa di calore aria-acqua

Grafico dei COP



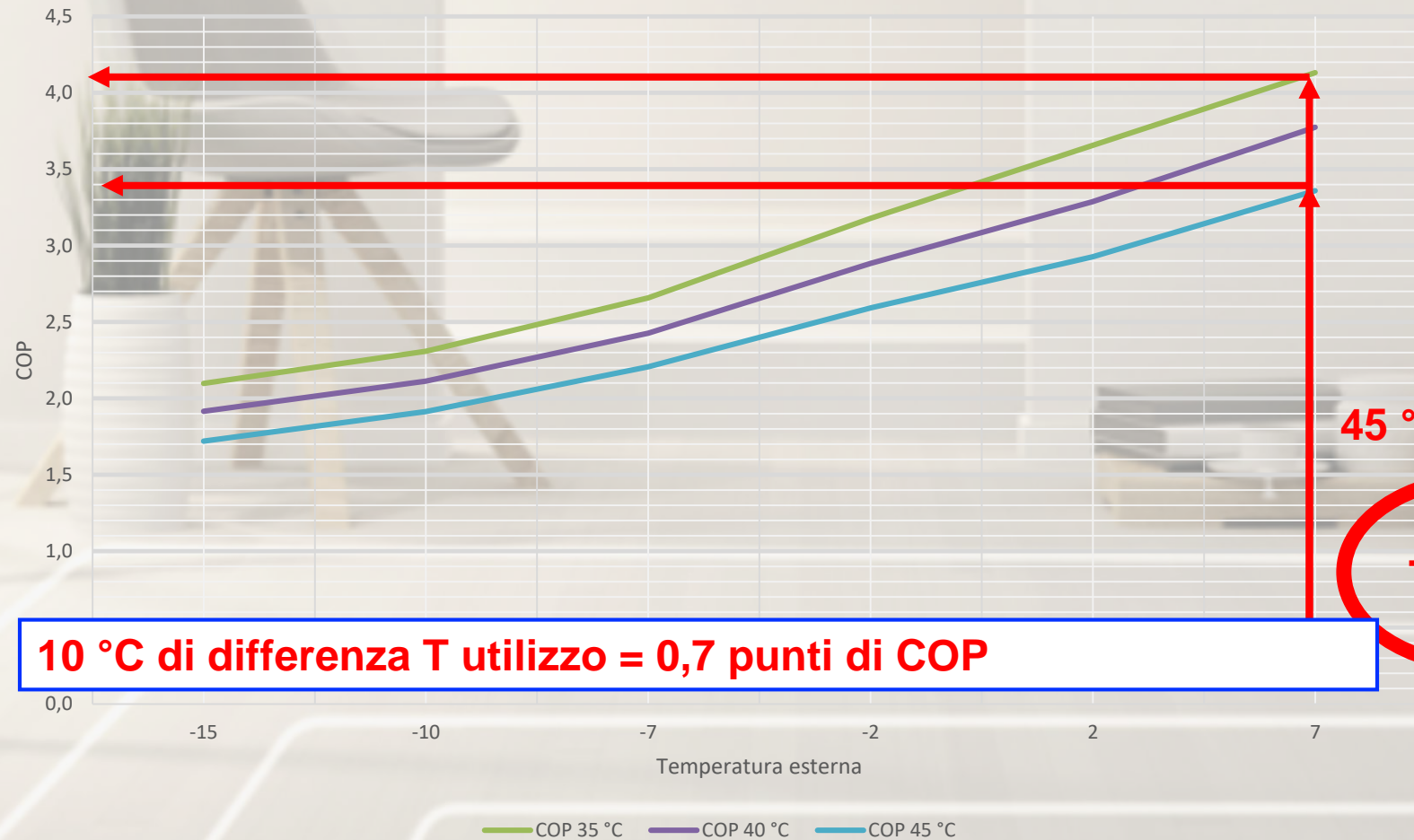
Pompe di calore

Come varia il COP con la temperatura lato **utilizzo**

La pompa di calore aria-acqua

Grafico dei COP

35 °C COP = 4,1





Il clima ideale?

Impianti radianti RDZ.