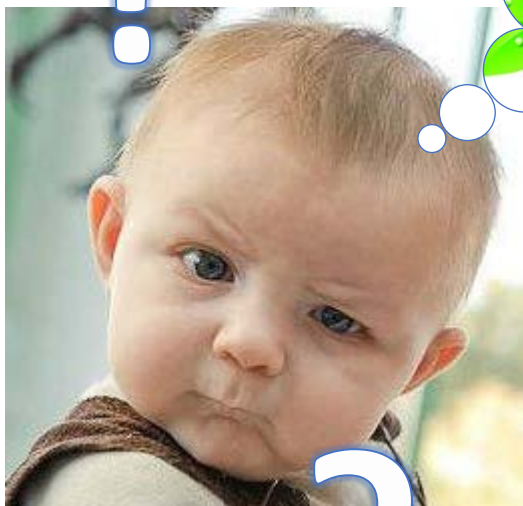




Il contributo dei massetti a basso spessore all'efficientamento energetico dei sistemi di riscaldamento a pavimento.

Ing. Marco Garofalo – KNAUF

MASSETTI & EFFICIENZA ENERGETICA



Per l'Efficienza della mia Casa mi hanno sempre parlato di:

- Cappotto Termico
- Caldaia a Condensazione
 - Pompa di calore
- Impianto Radiante a Pavimento
 - Fotovoltaico
 - Geotermia
 - Vetri Termici

COSA MI PUO' DARE IL MASSETTO?

NORME DI RIFERIMENTO

UNI EN
13813



UNI EN 13813

Massetti e materiali per massetti - Definizioni

Massetto di Supporto: Strato, non strutturale di materiale per massetto posato in cantiere, direttamente sul relativo sottofondo e ad esso aderente o non aderente oppure posato su uno strato intermedio o su uno strato isolante al fine di raggiungere uno o più degli obiettivi sotto specificati:

- ottenere un livello determinato
- ripartire il carico degli elementi sovrastanti
- ricevere la pavimentazione finale



NORME DI RIFERIMENTO



**UNI EN
13813**

UNI EN 13813

Massetti e materiali per massetti - Definizioni

La norma specifica i requisiti per i materiali per massetti da utilizzare nella costruzione di pavimentazioni in interni, ovvero anche quelli utilizzati in caso di pavimenti radianti.

Nel testo non vi è uno specifico richiamo alle applicazioni sui sistemi di riscaldamento a pavimento.

NORME DI RIFERIMENTO

**UNI EN
1264**

UNI EN 1264¹. Sistemi radianti alimentati ad acqua per il riscaldamento e il raffrescamento integrati nelle strutture

Nella norma per i sistemi radianti annegati sono riportate le indicazioni sui massetti all'interno della parte 4 intitolata "Installazione". Nel paragrafo 4.1.2.8.2 sono descritte le prescrizioni per i massetti: un estratto è rappresentato in Figura 1.

The thickness of the screed is calculated according to relevant standard taking into account loading capacity and flexural strength class. National Standards should be used until a European Standard is available.

The nominal thickness above the heating pipes (covering height) shall be, for manufacturing reasons at least three times the maximum grain of the loading material, but at least 30 mm.

Note The above mentioned nominal thickness of 30 mm refers to customary cement screed. Special system screeds may allow lower thickness according to the recommendations of the supplier.

Figura 1. Estratto UNI EN 1264-4. Descrizione caratteristiche massetti.

Lo spessore del massetto dovrà essere calcolato secondo le indicazioni riportate negli standard di riferimento. Qualora non vi siano riferimenti nazionali si potranno utilizzare norme europee.

Lo spessore nominare del massetto sopra le tubazioni dovrà essere di almeno 30 mm.

Nota: Lo spessore di 30 mm si riferisce ai massetti cementizi. Massetti speciali potranno avere spessori inferiori in accordo con le indicazioni del produttore.

NORME DI RIFERIMENTO

UNI TR
11619

La norma UNI/TR 11619:2016

A livello italiano è stata pubblicata nel 2016 la norma UNI/TR 11619:2016 dal titolo “**Sistemi radianti a bassa temperatura - Classificazione energetica**”.

La norma descrive il calcolo dell'indice di efficienza definito RSEE (Radiant System Energy Efficiency), che rappresenta un **indicatore complessivo che coinvolge la stratigrafia, i componenti del sistema radiante, le logiche di regolazione e gli ausiliari.**

Determinazione dell'indice globale RSEE:

1. Valutazione dell'efficienza di **emissione**
2. Valutazione dell'efficienza di **regolazione**
3. Valutazione del bilanciamento e dell'efficienza dei **circolatori**
4. Calcolo dell'indice di efficienza globale del sistema RSEE.

MASSETTI vs SISTEMI RADIANTI

Cosa pensa il Mercato



La mancanza di indicazioni tecniche precise ha creato una **voragine tecnica** ed una **pericolosa generalizzazione**.

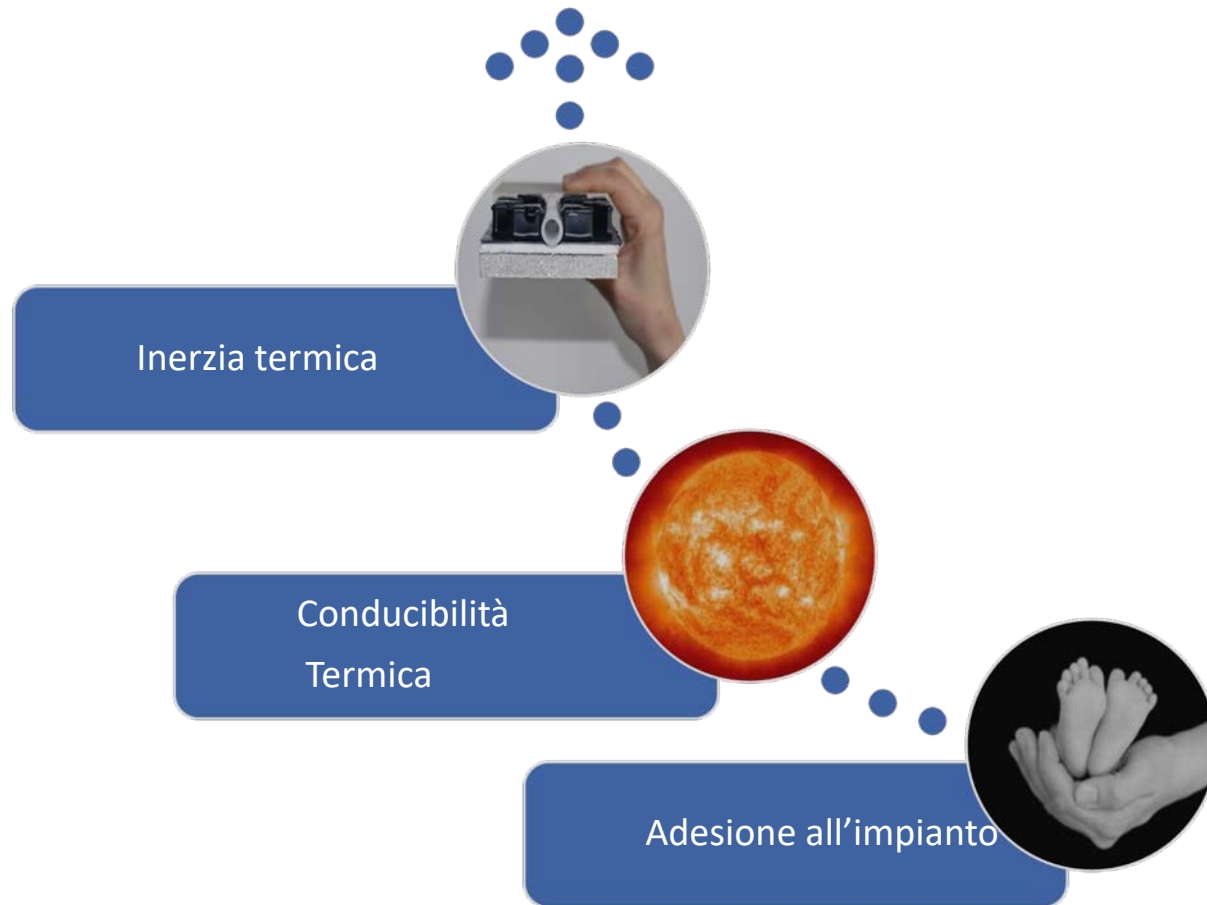
Pensiero comune è...

- Tutti i massetti sono più o meno **idonei** per sistemi radianti
- I Massetti hanno prestazioni **poco «interessanti»**
- Dal massetto **NON** si possa ottenere una **reale prestazione di efficienza**.

MASSETTI vs SISTEMI RADIANTI

La Corretta Scelta del Massetto

Se Teoricamente conosco che determinate prestazioni sono migliori di altre



MASSETTI vs SISTEMI RADIANTI

La Corretta Scelta del Massetto

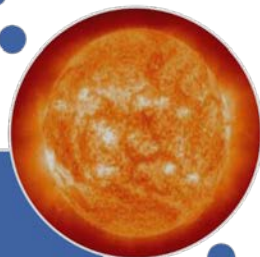
Se Teoricamente conosco che determinate prestazioni sono migliori di altre

Perché una corretta scelta di un Massetto

Inerzia termica



Conducibilità Termica



Adesione all'impianto



*Non dovrebbe garantirmi
Un miglioramento dell'efficiamento
energetico?*



MASSETTI vs SISTEMI RADIANTI

La Corretta Scelta del Massetto

Perché è importante muoversi con attenzione?

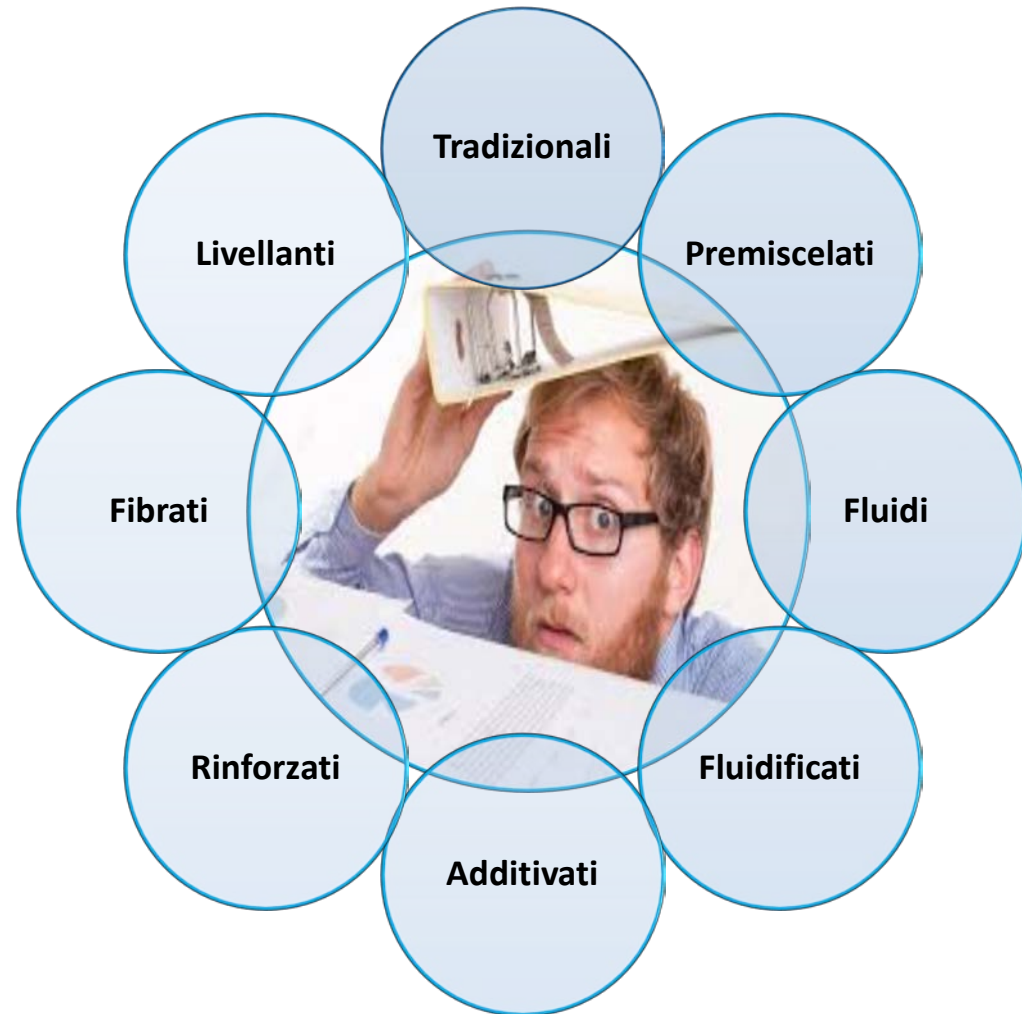


- Perché i **massetti NON sono tutti uguali**.
- Perché il mercato dei massetti è **complesso e nasconde molte «trappole»**
- Perché le **prestazioni** teoriche spesso variano da quelle reali in opera.

LA SCELTA DEL MASSETTO

Un Mercato Complesso

Un mercato molto complesso



MASSETTI vs SISTEMI RADIANTI

La Corretta Scelta del Massetto

Da dove Iniziamo?



Dai Massetti che hanno
«almeno»
una **Scheda Tecnica!!!**

QUALI MASSETTI?

Documentazione Tecnica



Tradizionale realizzato
in cantiere



Tradizionale
Premiscelato



Tradizionale Additivato



Autolivellante
Cementizio



Autolivellante
Anidritico



Livelline

LA SCELTA DEL MASSETTO

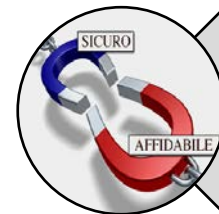
Come valutare le Performance



Il miglior **punto di partenza** per una **Valutazione Tecnica** del massetto da è la valutazione **TEORICA** delle prestazioni tenendo conto di:

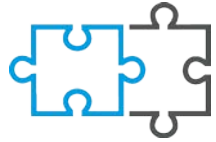


PRESTAZIONI PRINCIPALI



INDICE AFFIDABILITA' DELLE PRESTAZIONI

PRESTAZIONI PRINCIPALI



Capacità adesione all'impianto

Ottimizzare il trasferimento del calore all'interno del tubo vs il massetto e vs l'ambiente



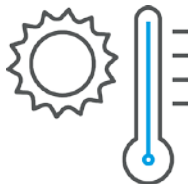
Stabilità dimensionale

Evitare effetto «Curling», ridurre formazione di fessure, garantire durabilità nel tempo



Resistenze meccaniche

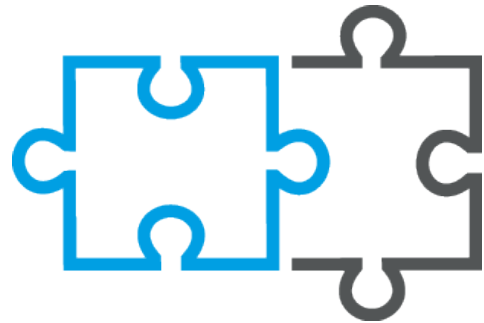
Maggiori resistenza meccaniche = riduzione degli spessori = minore inerzia termica



Conducibilità termica

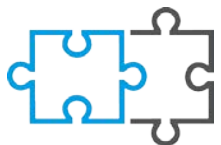
Maggiore velocità nel trasferimento del calore dal massetto all'ambiente

1. CAPACITÀ di ADESIONE all'IMPIANTO



Per verificare la miglior soluzione per garantire una ottimale adesione all'impianto dobbiamo verificare la **modalità di applicazione del massetto:**

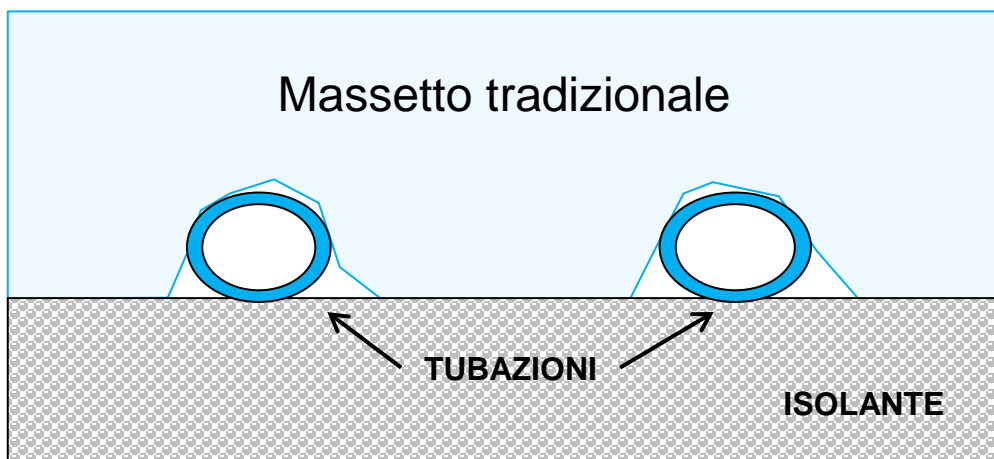
- Massetti ad applicazione TERRA UMIDA
- Massetti AUTOLIVELLANTI



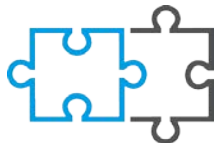
1. CAPACITÀ di ADESIONE all'IMPIANTO

MASSETTO AD APPLICAZIONE «TERRA UMIDA»

- FATTO IN CANTIERE (tradizionale)
- PREMISCELATO (Fibrati, Rinforzati, Fluidificati, Additivati, ecc...)

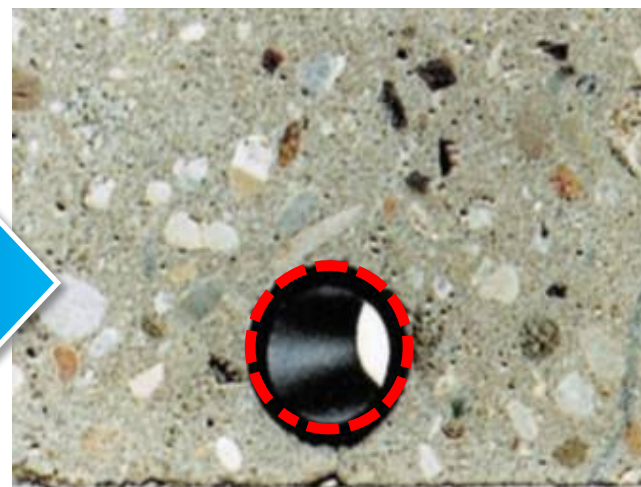
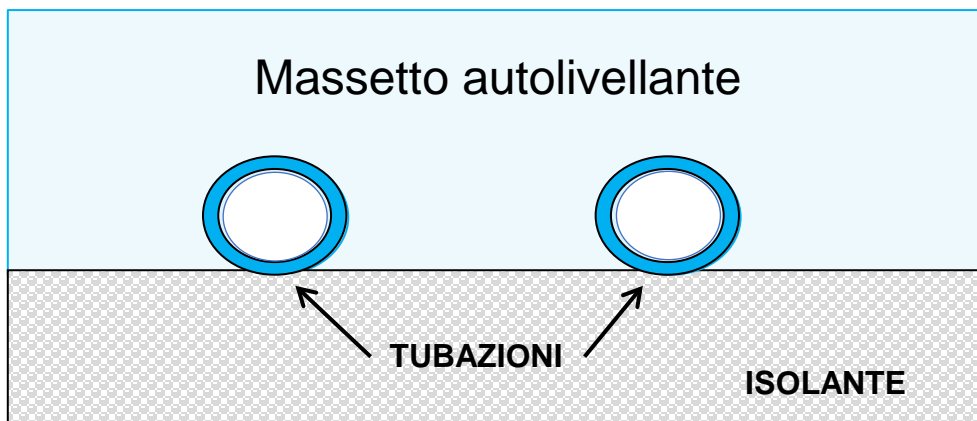


Percentuale adesione < 70%

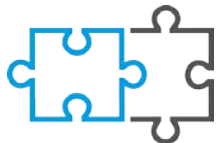


1. CAPACITÀ di ADESIONE all'IMPIANTO

APPLICAZIONE «FLUIDA» AUTOLIVELLANTE



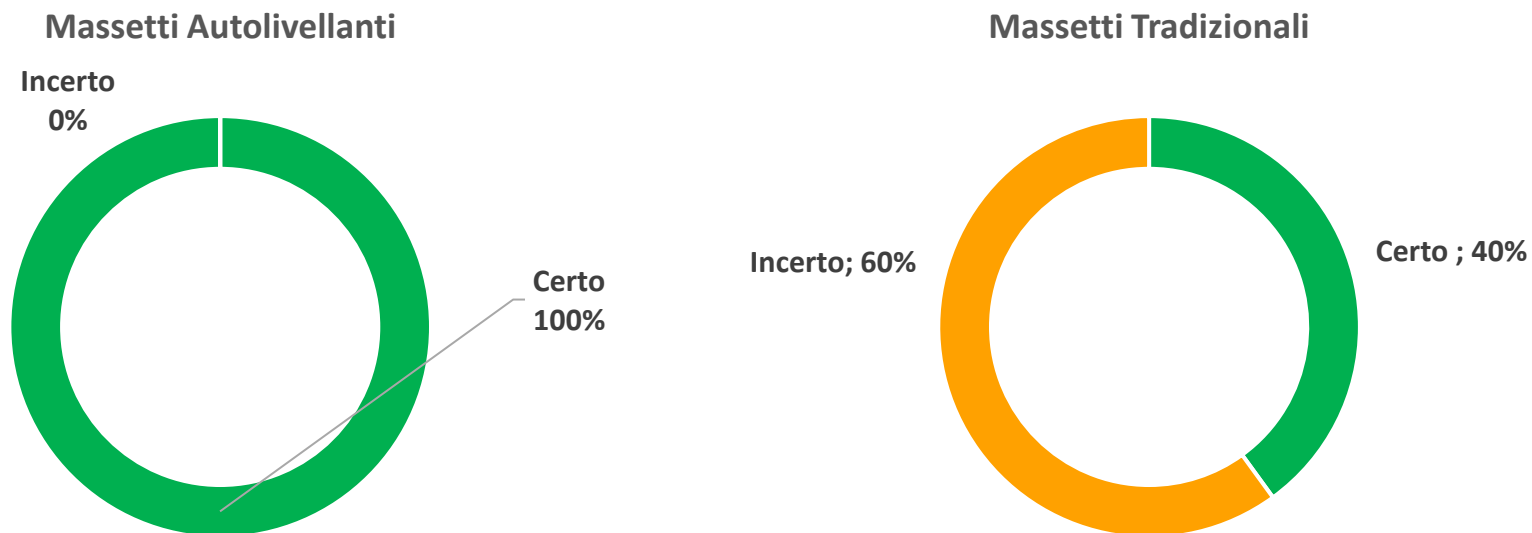
Percentuale adesione 100%



1. CAPACITÀ di ADESIONE all'IMPIANTO

Quale Caratteristica? = **FLUIDITA' & GRANULOMETRIA**

Indice Affidabilità Performance Teorica



2. STABILITA' DIMENSIONALE



Per selezionare la miglior soluzione e garantire una ottimale stabilità dimensionale verificare **la tipologia del legante utilizzato**

- Cemento
- Solfato di calcio



2. STABILITA' DIMENSIONALE

Confronto comportamento In fase di maturazione

CEMENTO

SOLFATO DI CALCIO



2. STABILITA' DIMENSIONALE

Confronto comportamento In fase di maturazione

CEMENTO

Forte ritiro in fase di presa

Rischio fessurazioni elevato

Instabilità dimensionale

Alta sensibilità alle condizioni climatiche

Rischio effetto «scodella»



Necessario utilizzo di rete elettrosaldata, fibre, gel o altro nonché il **sezionamento** del massetto ogni **30-40mq** e sui passaggi porta

SOLFATO DI CALCIO



2. STABILITA' DIMENSIONALE

Confronto comportamento In fase di maturazione

CEMENTO

Forte ritiro in fase di presa

Rischio fessurazioni elevato

Instabilità dimensionale

Alta sensibilità alle condizioni climatiche

Rischio effetto «scodella»



Necessario utilizzo di rete elettrosaldata, fibre, gel o altro nonché il **sezionamento** del massetto ogni **30-40mq** e sui passaggi porta

SOLFATO DI CALCIO

Ritiro nullo

Rischio fessurazioni contenuto

Solidifica in maniera stabile

Sensibilità alle condizioni climatiche contenuta

NO effetto «scodella»



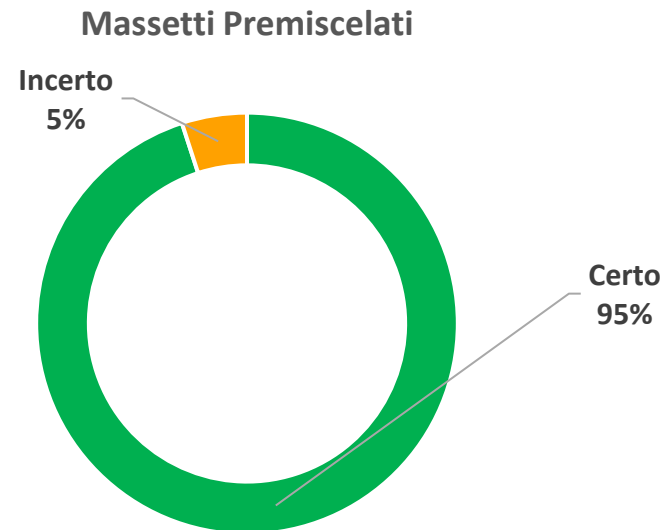
Nessun utilizzo di rete elettrosaldata e/o altri supporti meccanici e eliminazione pressoché totale dei giunti di frazionamento



2. STABILITA' DIMENSIONALE

Quale Caratteristica? = **QUALITA' DEL LEGANTE**

Indice Affidabilità Performance Teorica



3. RESISTENZE MECCANICHE



Avere certezza delle **prestazioni meccaniche** del manufatto «in Opera» per:

- Garantire carichi previsti dalla destinazione d'uso
- Minore spessore possibile=Minore Inerzia termica



3.1 RESISTENZE MECCANICHE



Il Concetto di **Prestazioni Meccaniche** è tra gli **aspetti più complessi e tortuosi** del mercato dei massetti:

La varietà di prodotti, Modi di Applicazione, Leganti utilizzati, ci portano ad avere un **ventaglio molto ampio di Prestazioni «Teoriche»**:

- **MINIME** (**C**10-15 N/mm² ; **F** 2- 3 N/mm²)
- **MEDIE** (**C**15-20 N/mm² ; **F** 3 - 4 N/mm²)
- **ALTE** (**C**20-25 N/mm² ; **F** 4 - 5 N/mm²)
- **MASSIME** (**C**>25 N/mm² ; **F** >5 N/mm²)



3.2 SPESSORE DI APPLICAZIONE



Che il concetto **Prestazione/Spessore** sia abbastanza nebuloso lo si evince dalle informazioni che possiamo trovare nelle schede tecniche di prodotto relativamente agli spessori minimi di applicazione:

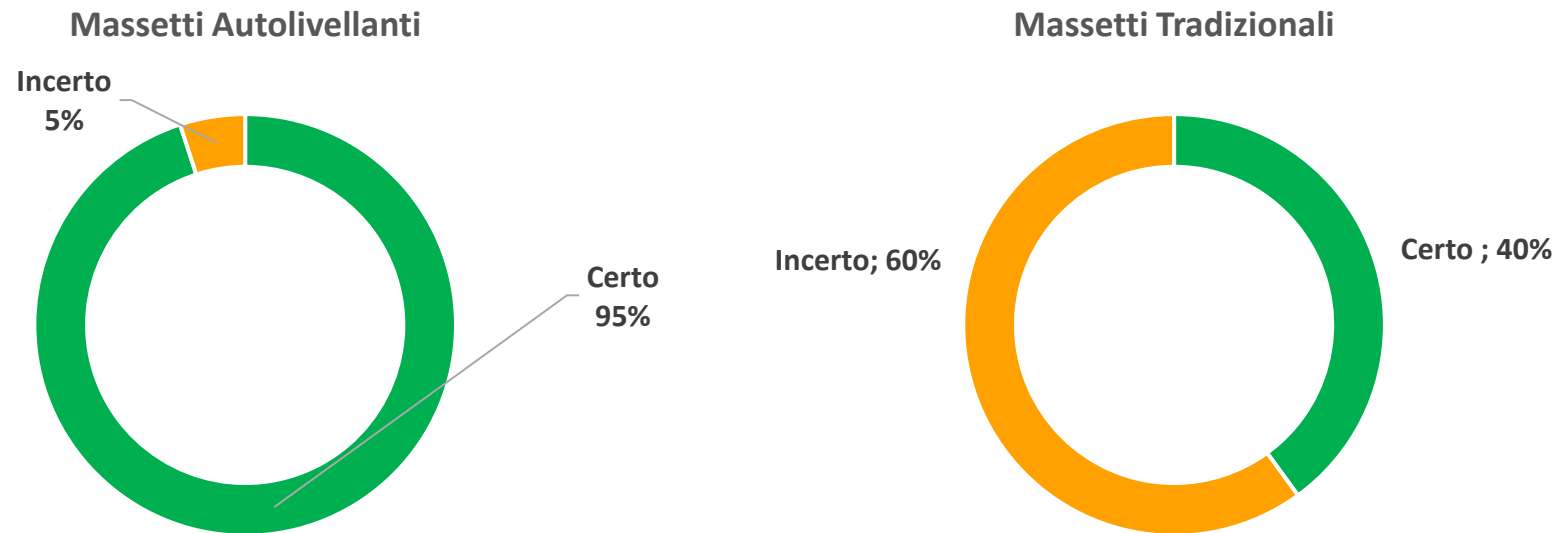
- **Info non chiare**
- **Scarse specifiche sullo spessore dei massetti in funzione del supporto**
- **Scarse informazioni sulle resistenze al carico finali**
- **Pochissime certificazioni di Sistema**



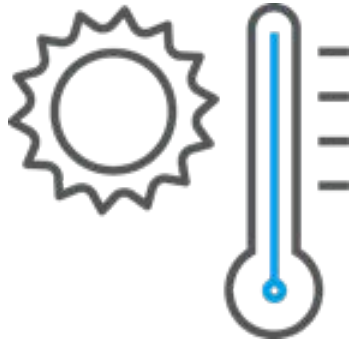
3. RESISTENZE MECCANICHE

Quale Caratteristica? = **RESISTENZE A COMPRESSIONE E FLESSIONE**

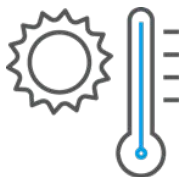
Indice Affidabilità Performance Teorica



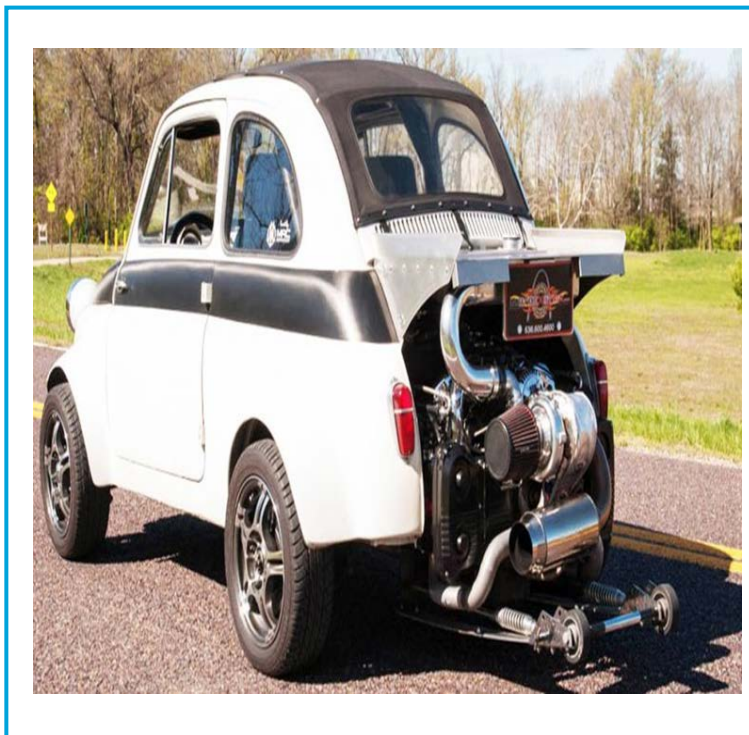
4. CONDUCEBILITA' TERMICA



Ottimizzare l'efficienza del impianto e condurre velocemente il calore prodotto verso l'ambiente



4. CONDUCEBILITA' TERMICA

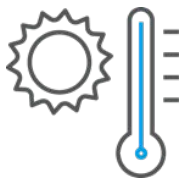


Il Concetto di **Conducibilità Termica** è tra gli **aspetti commerciali più Abusati**.

Spesso si descrivono , senza certificati, prestazioni teoriche (VALORI TABELLARI) che NON trovano riscontro nel risultato finale del prodotto in opera.

- Le Conducibilità Media dei massetti:

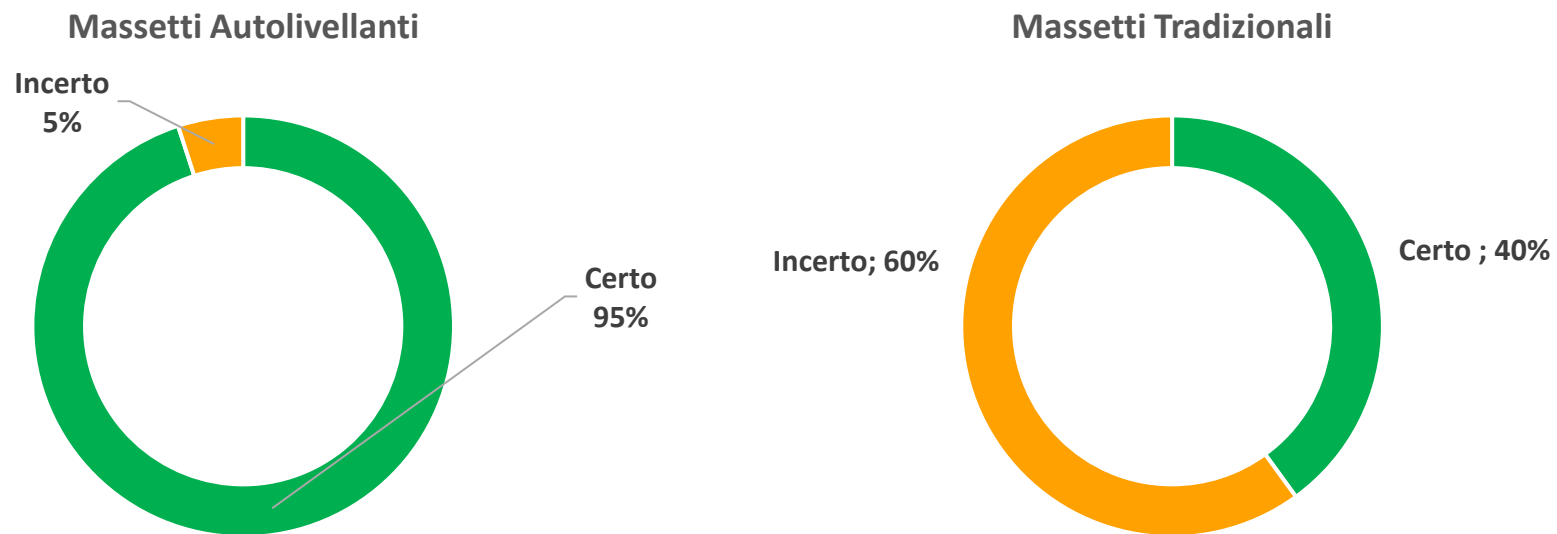
Varia da
< 0,8W/mk
a
>di 1,6W/mk



4. CONDUCIBILITA' TERMICA

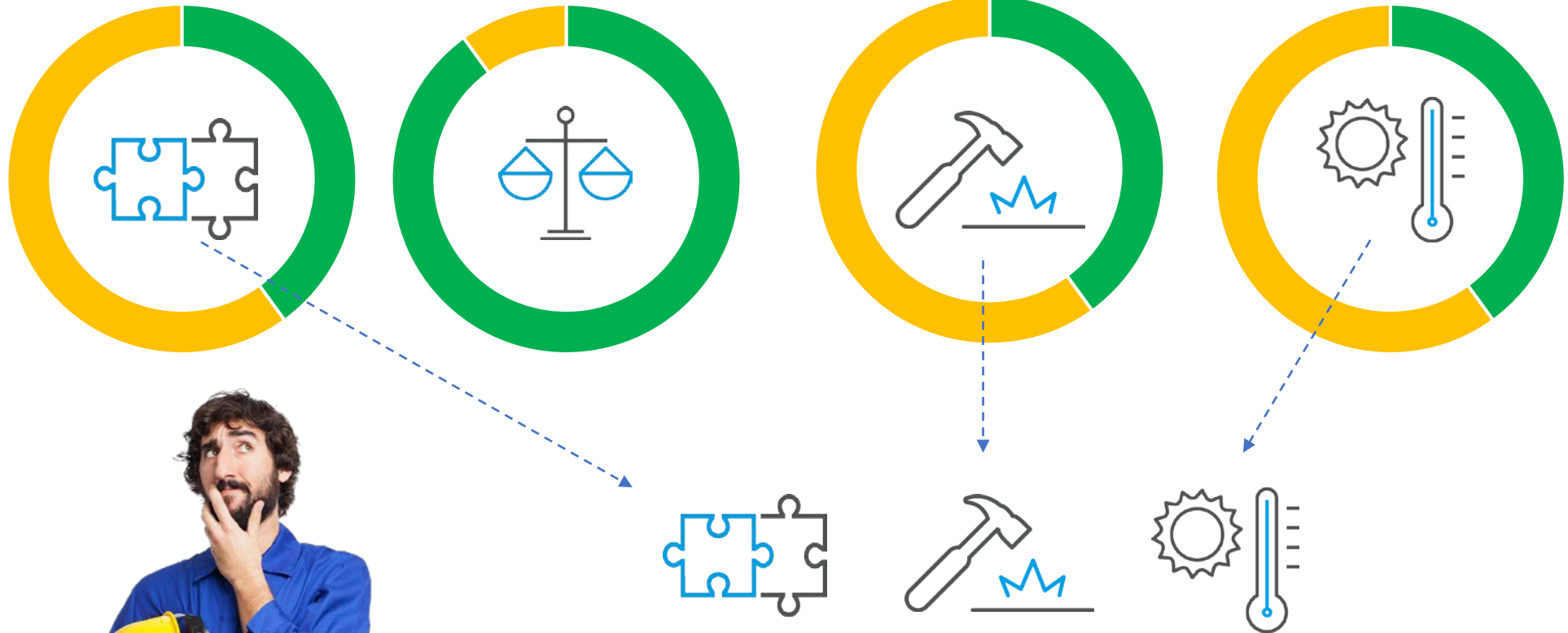
Quale Caratteristica? = **MASSA**

Indice Affidabilità Performance Teorica



MASSETTI TRADIZIONALI

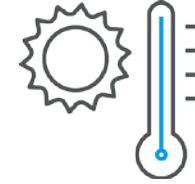
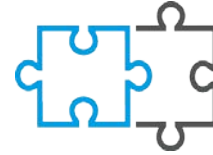
PRESTAZIONI TEORICHE



Perché tanta INCERTEZZA sulle prestazioni dei MASSETTI TRADIZIONALI?

MASSETTI TRADIZIONALI

PRESTAZIONI TEORICHE



Nei Massetti Tradizionali le Prestazioni **TEORICHE** e **REALI** possono differire in maniera significativa a causa delle seguenti attività:



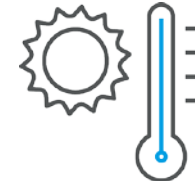
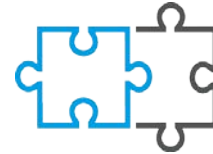
COMPATTAZIONE



ADDITIVAZIONE

MASSETTI TRADIZIONALI

PRESTAZIONI TEORICHE



Nei Massetti Tradizionali le Prestazioni **TEORICHE** e **REALI** possono differire in maniera significativa a causa delle seguenti attività:



COMPATTAZIONE



ADDITIVAZIONE

PRESTAZIONI MASSETTI TRADIZIONALI

Teoria vs Realtà



COMPATTAZIONE

L'attività di compattazione dei massetti tradizionali è **operazione primaria** della loro applicazione, essa incide su:

- **Resistenze Meccaniche**
- **Massa/Peso**
- **Conducibilità termica**

COMPATTAZIONE MASSETTI TRADIZIONALI

Un Dettaglio Fondamentale

Che tale attività sia **fondamentale** e che influisca in maniera netta sul risultato finale è **espressamente indicato** in tutte le pubblicazioni tecniche presenti sul mercato:



**Le Schede tecniche di prodotto specificano
che:**

***I provini destinati alle prove meccaniche sono
realizzati nei nostri laboratori interni secondo
la norma in vigore e seguendo una procedura
che***

***consente il raggiungimento della massima
compattazione possibile***

COMPATTAZIONE MASSETTI TRADIZIONALI

Un Dettaglio Fondamentale

Che tale attività sia **fondamentale** e che influisca in maniera netta sul risultato finale è **espressamente indicato** in tutte le pubblicazioni tecniche presenti sul mercato:



Le Norme di riferimento

La norma vigente è una norma di prodotto, ma il prodotto non è il risultato in opera!

Tanto che le norme in vigore già ci indicano tolleranze e correttivi: DIN 18560

Per spessori < 40 mm

R flessione $\geq 80\%$ Rfl media
R min $\geq 70\%$ classe di resistenza

Per spessori > 40 mm

R compressione $\geq 70\%$ R media
Rc minima $\geq 60\%$ classe di resistenza (EN 13813)

COMPATTAZIONE MASSETTI TRADIZIONALI

Un Dettaglio Fondamentale

Che tale attività sia **fondamentale** e che influisca in maniera netta sul risultato finale è **espressamente indicato** in tutte le pubblicazioni tecniche presenti sul mercato:



Associazioni di Categoria : **CON/PAVIPER**

La marcatura CE si riferisce quindi ai “Materiali per Massetti” e non al massetto inteso come opera. Questo è importante per comprendere che i controlli “di conformità” previsti dalla Norma di prodotto UNI EN 13813 si riferiscono alla “qualifica e verifica interna” delle prestazioni del mix design di un massetto e non vadano confusi con il controllo di accettazione, il controllo in fase di getto e il controllo sui massetti induriti.

10.5 Controllo su massetti induriti in fase di contenzioso

Si evidenzia che non esistono correlazioni dirette attendibili tra le resistenze meccaniche di progetto (nominali) e quelle riscontrabili attraverso l'esecuzione di prove non distruttive, o distruttive, sul manufatto indurito.

COMPATTAZIONE MASSETTI TRADIZIONALI

Un Dettaglio Fondamentale

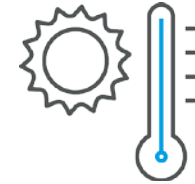
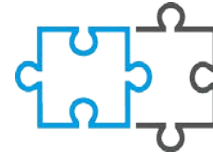
Come posso calcolare il corretto spessore del massetto per ottenere le resistenze al carico puntuale e distribuito previste in cantiere?



UTILIZZO E/O CAMPI D'IMPEGNO	CARICHI DI SERVIZIO in conformità a DIN 18560-2 in conformità a DIN 1033-3		SPESSORI DI APPLICAZIONE del massetto in virtù della categoria e delle resistenze meccaniche		
	CARICO PER UNITÀ DI SUPERFICIE	CARICO UNITARIO	CAF-C25-F5	CAF-C30-F6	CAF-C35-F7
Stanze e corridoi in edifici abitativi, posti letto in ospedali, camere d'albergo, compresi i relativi bagni e cucine	2 kN/m ²		30 mm	30 mm	30 mm
Corridoi in edifici uso uffici, superfici ufficio, ambulatori medici, locali di stazioni, sale comuni, compresi i corridoi, le superfici degli spazi commerciali fino a comprendere superfici di base di 50 m ² in edifici abitativi, in edifici uso uffici e in edifici analoghi	2 kN/m ²	2 kN	40 mm	35 mm	35 mm
Superfici per uffici con carico maggiore	3 kN/m ²	2 kN	45 mm	40 mm	40 mm
Corridoi negli ospedali, negli alberghi, negli ospizi per anziani, nei collegi, ecc.; cucine e locali di cura comprese sale operatorie senza attrezzatura pesante.	3 kN/m ²	3 kN	50 mm	45 mm	45 mm
Superfici con tavoli, ad es. locali scolastici, caffè, ristoranti, refettori, sale di lettura, stanze di ricevimento	4 kN/m ²	3 kN	50 mm	45 mm	45 mm
Superfici con seggiole fisse, ad es. in chiese, teatri, cinema, sale congressi, aule, sale riunione, sale d'aspetto.	4 kN/m ²	4 kN	55 mm	50 mm	50 mm
Superfici liberamente percorribili, ad es. aree museali, spazi espositivi, aree di entrata in edifici pubblici ed alberghi; superfici destinate a grandi assembramenti ad es. in edifici quali le sale concerto, le terrazze e le aree di entrata; superfici di negozi di commercio al dettaglio e grandi magazzini; superfici di fabbriche e di officine con attività leggera.	5 kN/m ²	4 kN	55 mm	55 mm	50 mm

MASSETTI TRADIZIONALI

PRESTAZIONI TEORICHE



Nei Massetti Tradizionali le Prestazioni **TEORICHE** e **REALI** possono differire in maniera significativa a causa delle seguenti attività:



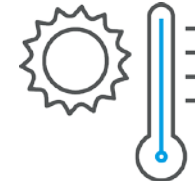
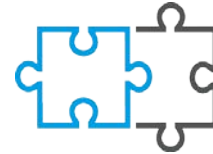
COMPATTAZIONE



ADDITIVAZIONE

MASSETTI TRADIZIONALI

PRESTAZIONI TEORICHE



Nei Massetti Tradizionali le Prestazioni **TEORICHE** e **REALI** possono differire in maniera significativa a causa delle seguenti attività:



COMPATTAZIONE



ADDITIVAZIONE

PRESTAZIONI MASSETTI TRADIZIONALI

Teoria vs Realtà



ADDITIVAZIONE

L'additivazione dei massetti tradizionali avviene spesso in maniera manuale.

Le prestazioni dichiarate però impongono modalità di preparazione molto precise

ADDITIVAZIONE MASSETTI TRADIZIONALI

Sappiamo cosa significa?



VANTAGGI

- Ottima lavorabilità durante la preparazione dell'impasto utilizzando una quantità minima d'acqua;
- Aumento delle caratteristiche di resistenza a trazione e alla compressione;
- Miglioramento della microstruttura del conglomerato con aumento della conducibilità termica;

ADDITIVAZIONE MASSETTI TRADIZIONALI

Sappiamo cosa significa?



VANTAGGI

- Ottima lavorabilità durante la preparazione dell'impasto utilizzando una quantità minima d'acqua;
- Aumento delle caratteristiche di resistenza a trazione e alla compressione;
- Miglioramento della microstruttura del conglomerato con aumento della conducibilità termica;

Lavorazione:

Massetto a struttura composita > 25 mm Massetti galleggianti > 35 mm	400 ml di additivo
Cemento CEM II approvato	62,5 kg
Inerte 0 – 8 (curva granulometrica A/B 0-8)	310 kg

Aggiungere all'acqua 400 ml di additivo. Riempire a metà la miscelatrice con sabbia e 62,5 kg di cemento. Aggiungere la soluzione acquosa di Retanol precedentemente preparata. Aggiungere altra sabbia nella miscelatrice ed eventualmente acqua fino al raggiungimento di una consistenza plastica. Far mescolare per ca. 2 minuti. NOTA: non va mai mescolato ad altri additivi, scuotere la tanica a intervalli regolari. Non aggiungere acqua e non reimpastare quando la malta è già in presa.

NOTA: Una quantità di cemento inferiore a 312 kg non farà agire l'additivo adeguatamente,

ADDITIVAZIONE MASSETTI TRADIZIONALI

Sappiamo cosa significa?



Schede Tecniche di Prodotto:

Esempio di Modalità di utilizzo:

Preparare un bidone con ca. 10 litri d'acqua. Scuotere bene la tanica prima dell'uso.

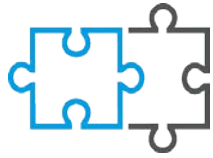
Aggiungere all'acqua **400 ml di additivo**.

Riempire a metà la miscelatrice con sabbia utilizzando inerti con **curva granulometrica A/B 0-8 mm** secondo la normativa in vigore e **62,5 kg** di cemento. Aggiungere la soluzione acquosa di additivo precedentemente preparata con altra sabbia e acqua nella betoniera fino al raggiungimento di una consistenza plastica. Far mescolare per ca. 2 minuti. Ricordarsi **di scuotere la tanica ad intervalli regolari**

Una quantità di cemento **inferiore a 312 kg non farà agire l'additivo**, le resistenze e i tempi di [...]

PRESTAZIONI TEORICHE

La Scelta Ottimale



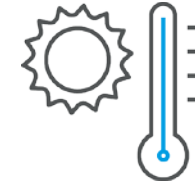
MASSETTI
AUTOLIVELLANTI



SOLFATO
DI CALCIO



> C 25
> F 5

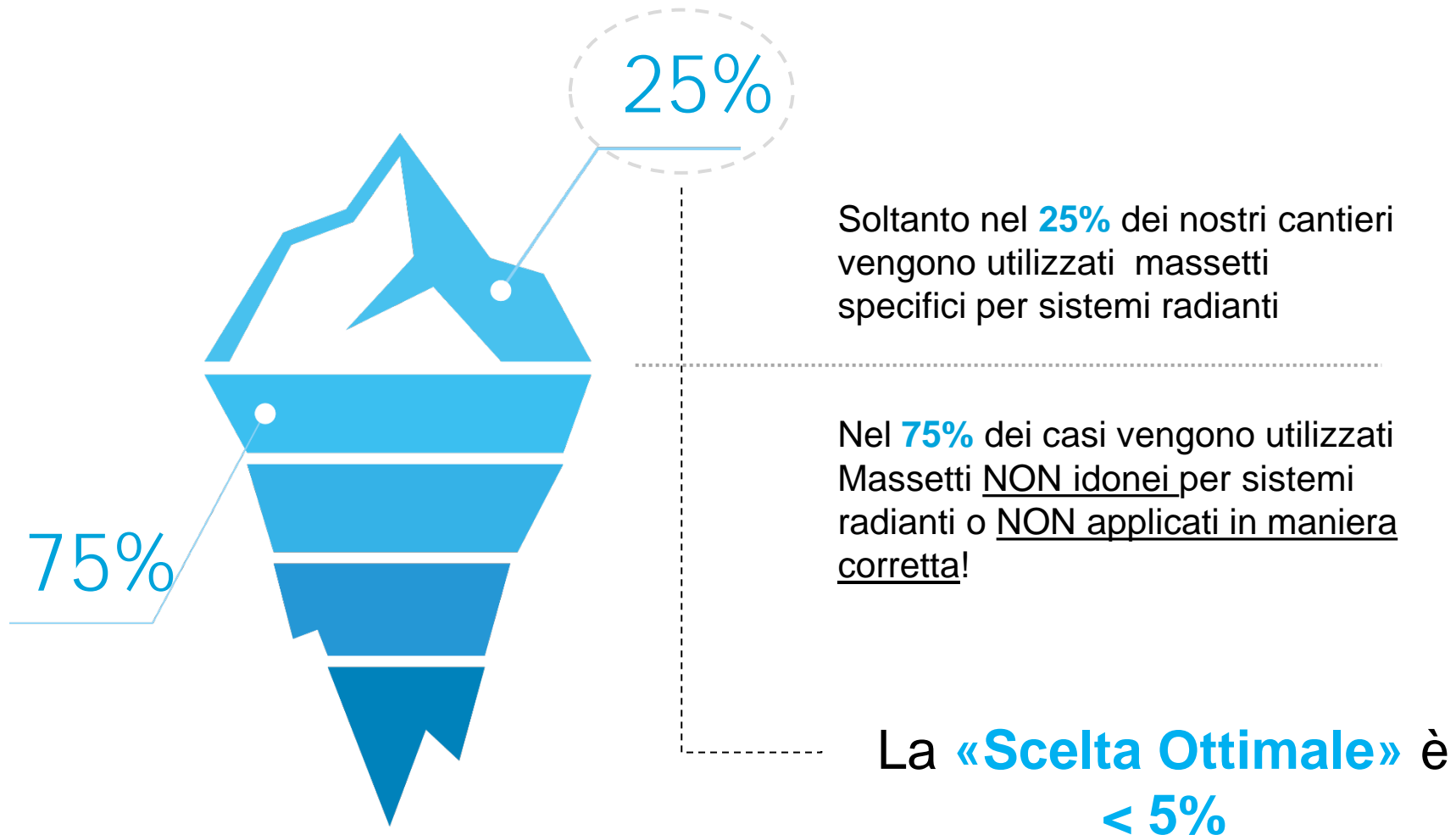


> 1,6 W/mk

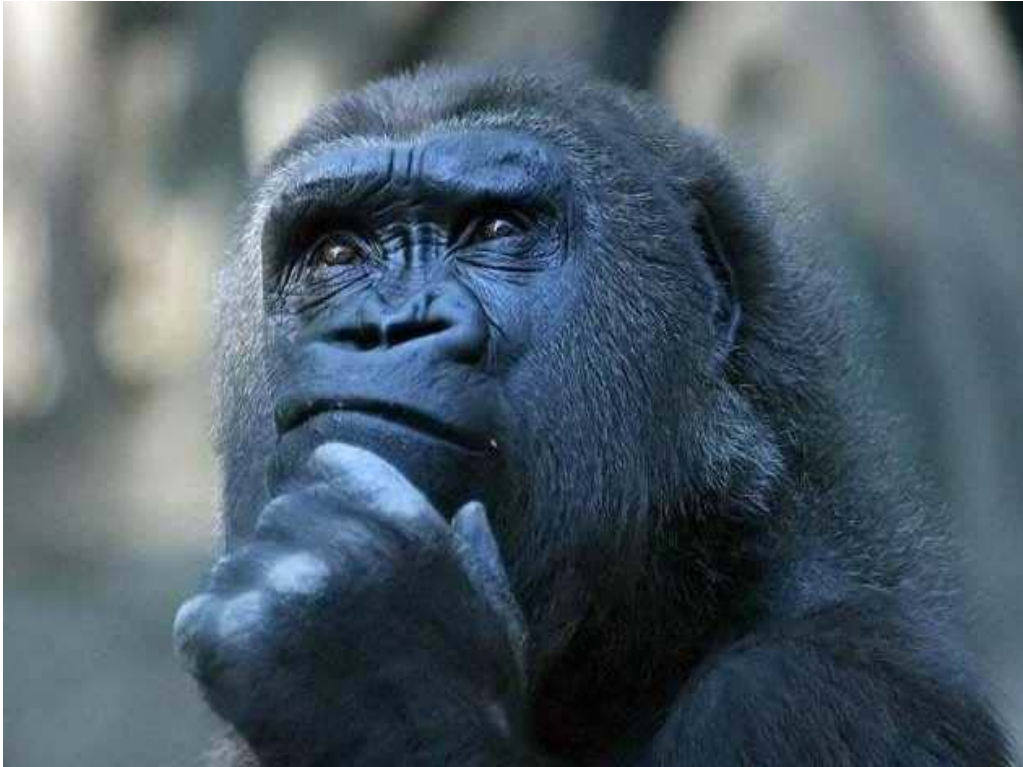
Per i Massetti tradizionali Prestazioni fortemente influenzate dalla fase applicativa

MASSETTI vs SISTEMI RADIANTI

La Situazione Attuale



GARANZIA PRESTAZIONI



Ma come posso avere la **Garanzia della Prestazioni** del massetto che ho scelto?

Cercando di ridurre al minimo tutte le attività che aggiungono variabili al risultato finale del prodotto

GARANZIA PRESTAZIONI



Il Metodo «KNAUF»

Prestazioni e Indicazioni di Applicazioni Certificate in Opera

Esempio di come Knauf certifica gli spessori di Applicazione.

SUPERLIVELLINA NE 499

Lo Spessore del Massetto non è più un problema

GARANZIA PRESTAZIONI

Il metodo «Knauf»

1. Studio della stratigrafia da esaminare



Riproduzione
della **peggior condizione**
possibile di cantiere

GARANZIA PRESTAZIONI

Il «metodo» Knauf

2. Realizzazione in Opera della Stratigrafia



SOTTOFONDO ALLEGGERITO

265Kg/mcubo

Realizzato da azienda di sottofondi

IMPIANTO RADIANTE

Pannello «Bugnato»

Isolante con densità 100 kPa

Installato da Idraulico

MASSETTO

Superlivellina NE 499

10 mm sopra impianto

Applicato da massettista «esterno»

Realizzazione Stratigrafia
Es: SUPERLIVELLINA NE 499

GARANZIA PRESTAZIONI

Il metodo «Knauf»

2. Realizzazione in Opera della Stratigrafia



Applicazione di **SUPERLIVELLINA NE 499** in opera!

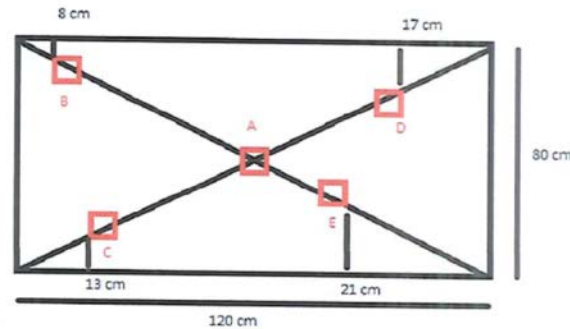
- Prodotto **acquistato in rivendita**
- **Squadra** applicazione **esterna**
- **Lavorazione come in cantiere**
- **Attrezzature** da cantiere

GARANZIA PRESTAZIONI

Il metodo «Knauf»

3. Test Punzonamento su Piastra

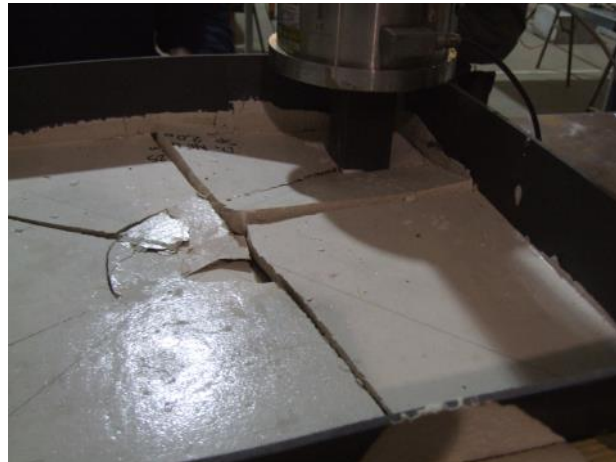
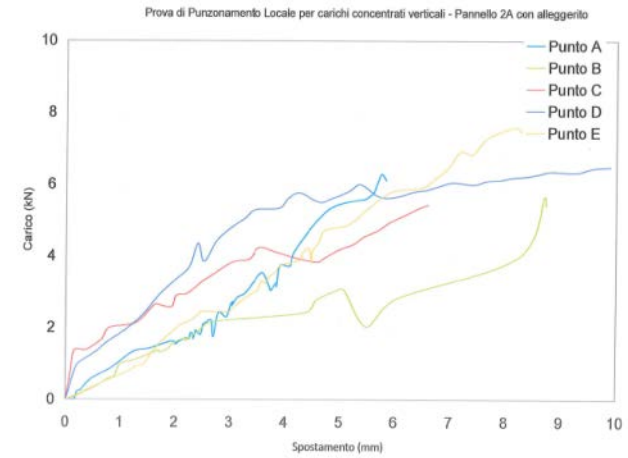
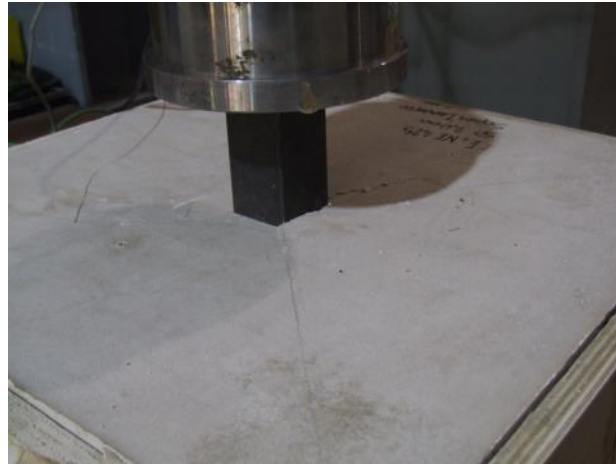
SCHEMA DI CARICO UTILIZZATO



- **12 campioni**
- **5 prove** di punzonamento per campione
- Test di carico **anche sugli angoli**
- **60 Misurazioni**
- Il test si interrompe per:
 - ❖ **Rottura del massetto**
 - ❖ **Flessione > 1 mm/ml**
- **Nessuna misurazione** deve essere al di **sotto il limite** previsto da norma

GARANZIA PRESTAZIONI

Il metodo «Knauf»



GARANZIA PRESTAZIONI

Il metodo «Knauf»

4. Realizzazione Certificato



Il test viene realizzato e **certificato** da un **ente terzo accreditato** dal ministero delle infrastrutture

GARANZIA PRESTAZIONI

Il metodo «Knauf»

5. Pubblicazione Certificato



Le prove hanno evidenziato un **comportamento omogeneo** sia nell'individuazione dei carichi medi di prima fessurazione che **durante la fase di carico** successiva.

Tutti i grafici hanno evidenziato una prima fase lineare fino alla prima fessurazione.

Valori di carico medio di prima fessurazione = 3,30 kN

In base a quanto previsto dalle **NTC 2018** il **sistema rispetta** le prescrizioni stabilite per le seguenti categorie di edifici che prevedono un carico limite concentrato pari a **2 kN**:

- **Cat. A – Ambienti ad uso Residenziale**
- **Cat. B - Uffici**

GARANZIA PRESTAZIONI

Il metodo «Knauf»

5. Pubblicazione Certificato



All'interno del certificato sono **dettagliati i risultati di ogni singola** prova inerenti:

- Misurazioni di **punzonamento per singola prova**
- **Massa nel prodotto** applicato in **opera**
- **Resistenza a Compressione** del prodotto applicato **in opera**
- **Resistenza a Flessione** prodotto applicato **in opera**

GARANZIA PRESTAZIONI

Il metodo «Knauf»

Dettaglio singole misurazioni test di carico

PROVA DI PUNZONAMENTO LOCALE PER CARICHI CONCENTRATI VERTICALI D.M. 14-01-2008				
CAMPIONE	Spessore massetto (mm)	Punto di carico	Carico di prima fessurazione (kN)	Data esecuzione test
Pannello n° 2B	10	A	3,46	21/10/16
	10	B	3,37	21/10/16
	10	C	4,21	21/10/16
	10	D	2,41	21/10/16
	10	E	3,43	21/10/16

Massa e Resistenze meccaniche

DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A FLESSIONE E A COMPRESIONE norma UNI EN 13892-2 ; 2005					
Resistenza a flessione					
Campione n.	Massa volumica (kg/m³)	Dimensioni (mm)	F _f (N)	R _f (N/mm²)	R _f medio (N/mm²)
1	1950	40 x 40 x 160	3388	7,56	8,30
2	1920	40 x 40 x 160	4057	8,58	
3	1880	40 x 40 x 160	4105	8,75	
Resistenza a compressione					
Campione n.		Dimensioni (mm)	F _c (N)	R _c (N/mm²)	R _c medio (N/mm²)
1		40 x 40	51010	31,88	31,89
2		40 x 40	52190	32,62	
3		40 x 40	52970	33,11	
4		40 x 40	50550	31,59	
5		40 x 40	50230	31,39	
6		40 x 40	49200	30,75	

NOTE:

GARANZIA PRESTAZIONI

Il metodo «Knauf»

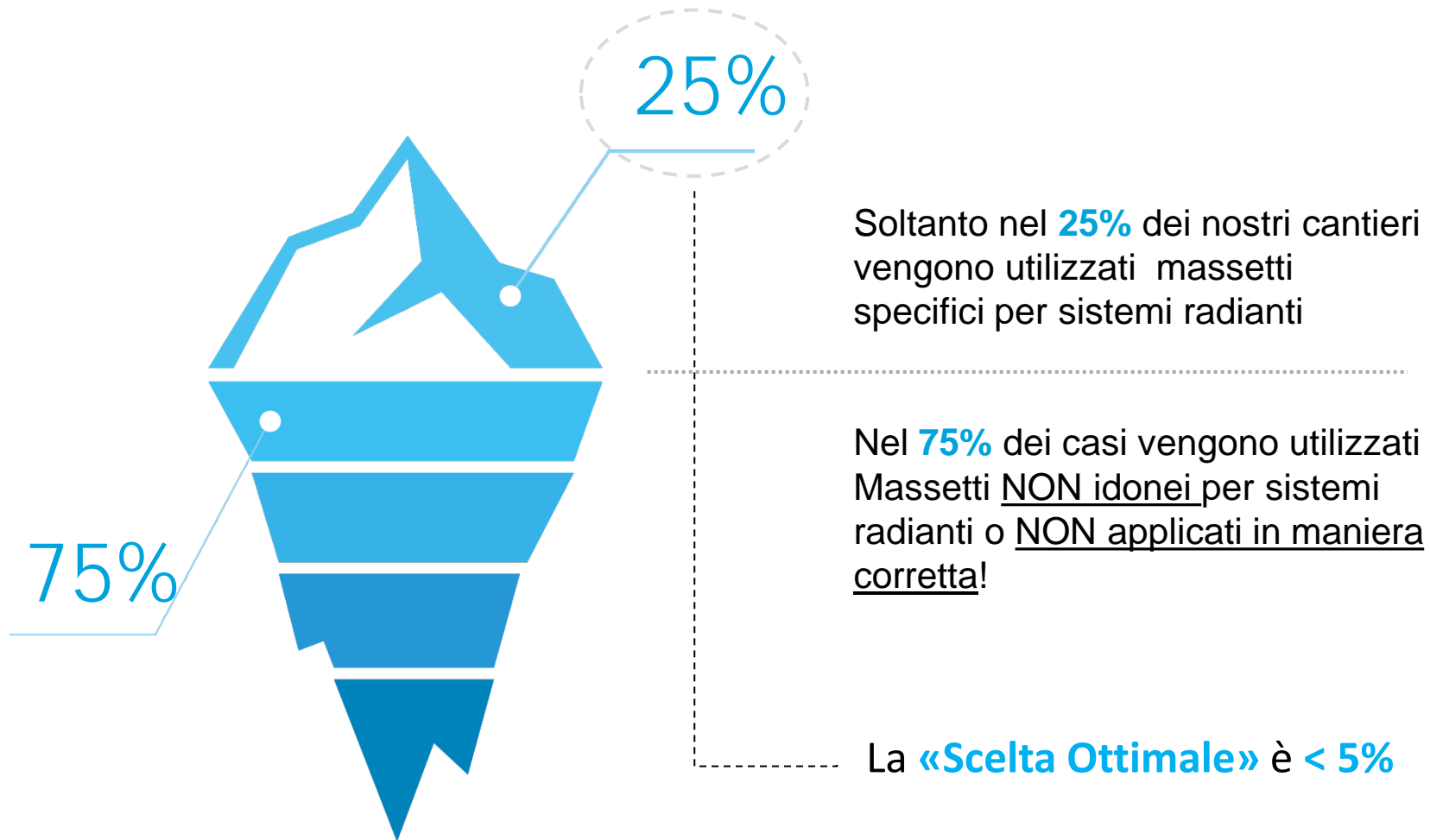


Ogni massetto Knauf è in possesso dei seguenti certificati:

- **Resistenza a compressione**
- **Resistenza a Flessione**
- **Conducibilità Termica**
- **Bio-Compatibilità**
- **Resistenze carichi superficiali**
(Livelline)

MASSETTI vs SISTEMI RADIANTI

La Situazione Attuale



LA CORRETTA SCELTA DEL MASSETTO

Quali Risultati?



Una scelta che darà
risultati sorprendenti

PRESTAZIONE ENERGETICA SISTEMI RADIANTI

Quanto contribuisce la scelta corretta del Massetto



KNAUF



ANIT
Associazione
Nazionale
per l'Isolamento
Termico e acustico

DESCRIZIONE DELLO STUDIO E OBIETTIVI



- **Analisi e confronto delle soluzioni** presenti sul mercato per la posa su impianto radiante in termini di prestazioni
- **Verifica e calibrazione dei risultati** tra prova di campo e calcoli predittivi
- **Determinazione della miglior soluzione di massetto** da applicare sui sistemi radianti e valorizzazione dei benefici in termini di risparmio energetico

SCELTA DEI MASSETTI



Tradizionale
confezionato in
cantiere



Tradizionale
Premiscelato



Tradizionale
Additivato



Autolivellante
Cementizio



Autolivellante
Anidritico



Livelline

APPLICAZIONE DEI MASSETTI



Tradizionale
Premiscelato



Autolivellante
Cementizio



Autolivellante
Anidritico






Livelline

- Utilizzo Acqua come indicato sulla scheda tecnica
- Attrezzature e tempi di miscelazione come indicati sulla scheda tecnica
- Applicazione con le attrezzature indicate sulla scheda tecnica
- **TRADIZIONALE:** Compattazione massima possibile in cantiere con utilizzo di fratazzo apposito.

RICERCA IN CAMPO

Caratteristiche dei Massetti

		Spessori «convenzionali»			«Livelline» Basso Spessore	
		Tipologia di massetto				
						
		Massetto tradizionale	Autolivellante tradizionale	FE 80	NE 425	NE 499
Conduttività termica	W/mK	1.0 - 1.3	1.3	1.9	1.4	1.3
Spessore massetto ¹	m	0.045	0.03	0.03	0.02	0.01
Avvolgimento tubo	%	70%	100%	100%	100%	100%
Calore specifico	J/kgK	1000	1000	1200	1000	1000
Densità	kg/m ³	1600 - 2000	2000	2150	1800	1800

I valori delle caratteristiche termiche dei massetti autolivellanti **Knauf** sono relativi a prodotti premiscelati che consentono di garantire la costanza delle prestazioni certificate da laboratori accreditati. I parametri del massetti tradizionale ed autolivellante sono stati ricavati dalla letteratura.

RICERCA IN CAMPO

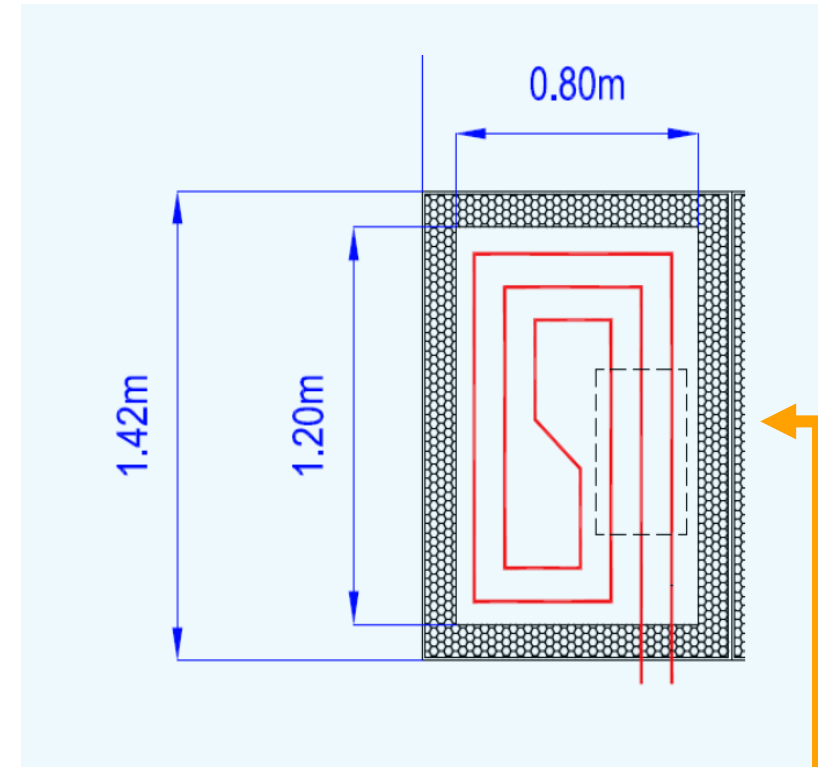
5 campioni realizzati in scala 1:1

Impianto radiante di tipo tradizionale

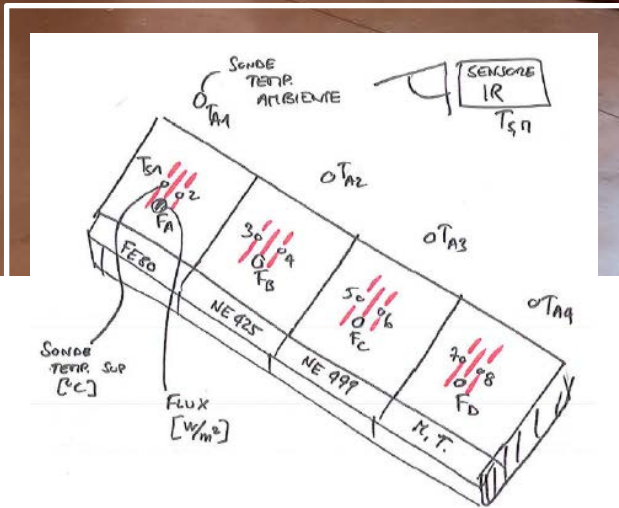
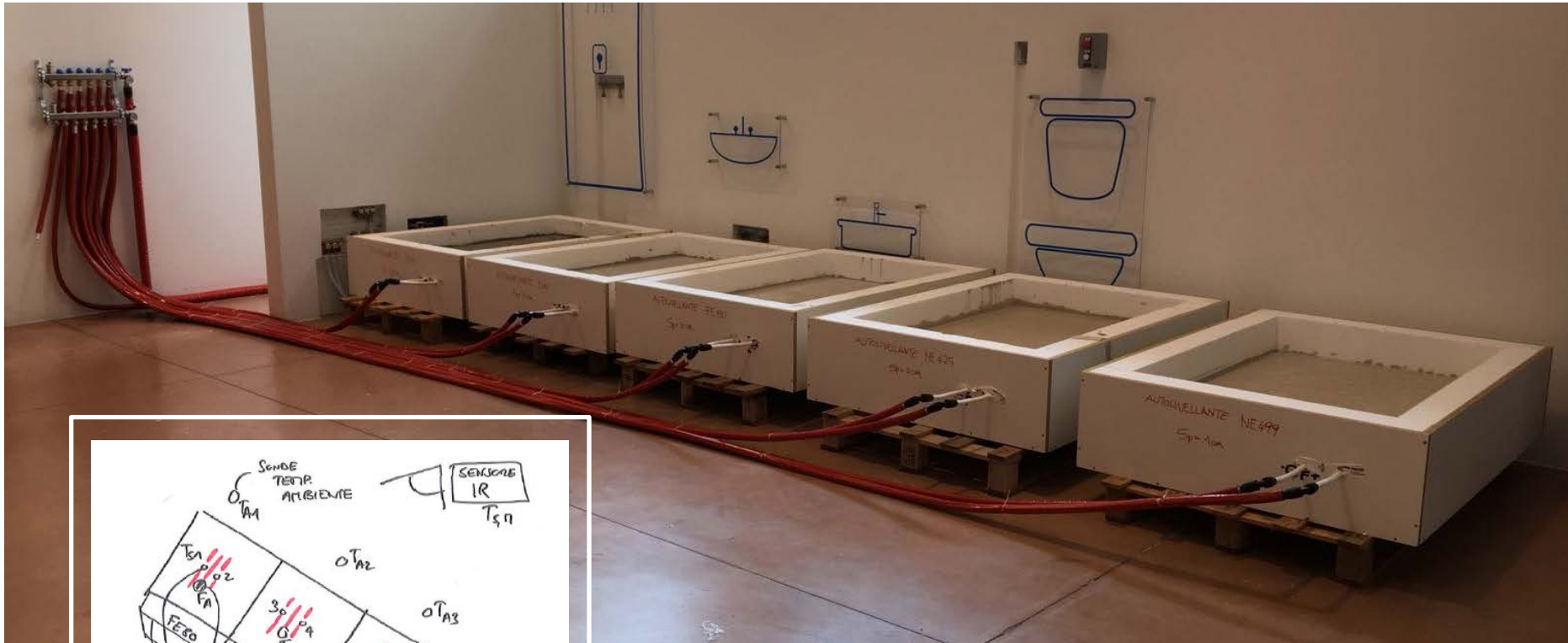
- Generatore Pompa di Calore Aria/Acqua
- Portata: 120 l/mim
- Temperatura Mandata Caldo: 35°C
- Temperatura Mandata Freddo: 15°C

Moduli

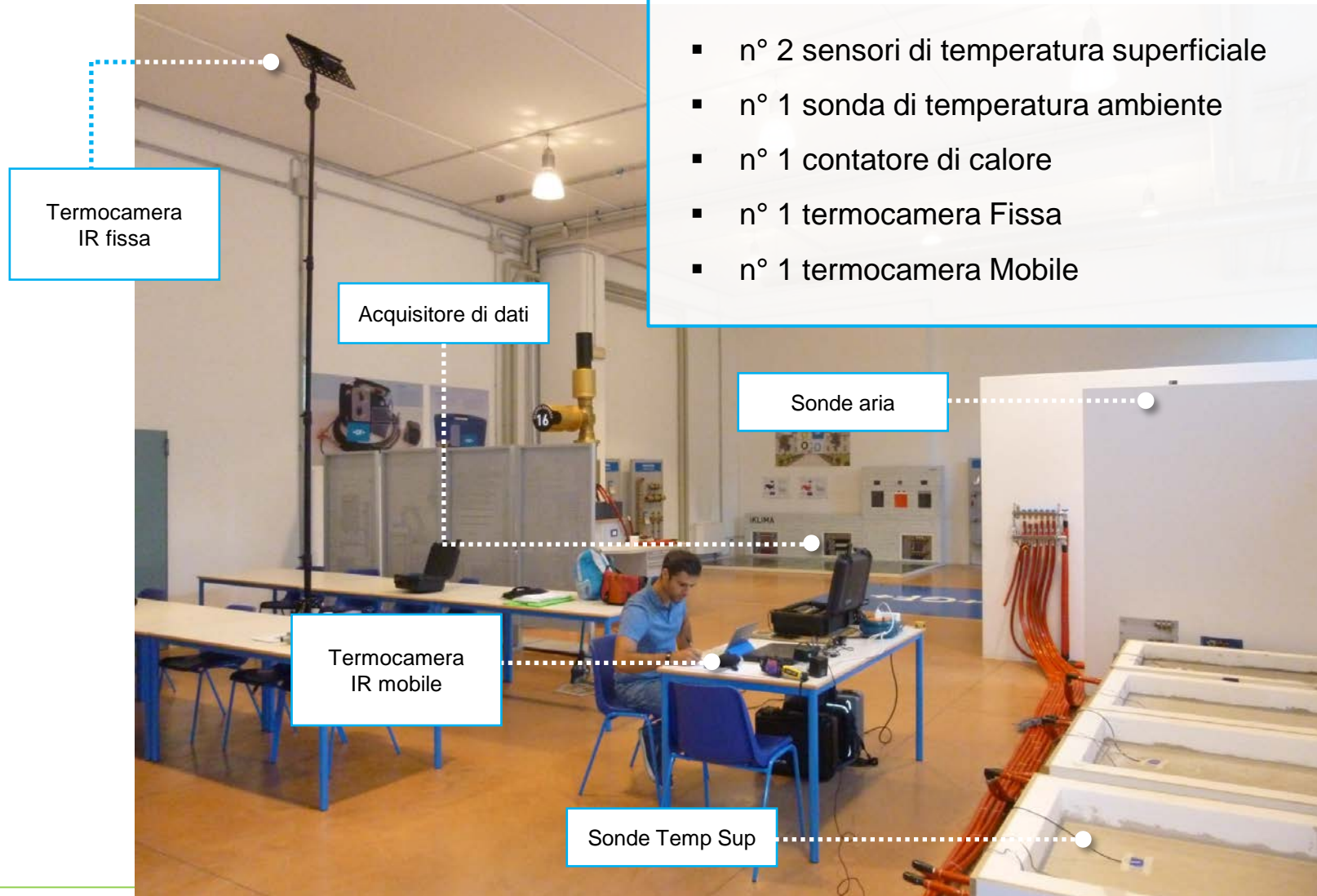
Passo dei tubi 10 cm, anello di guardia in isolamento termico da 10 cm di spessore di altezza pari alla struttura complessiva. Durante la prova è stato necessario riprodurre in superficie l'area di 50x30 individuata in figura per monitorare in modo univoco un'area da correlare ai calcoli agli elementi finiti.



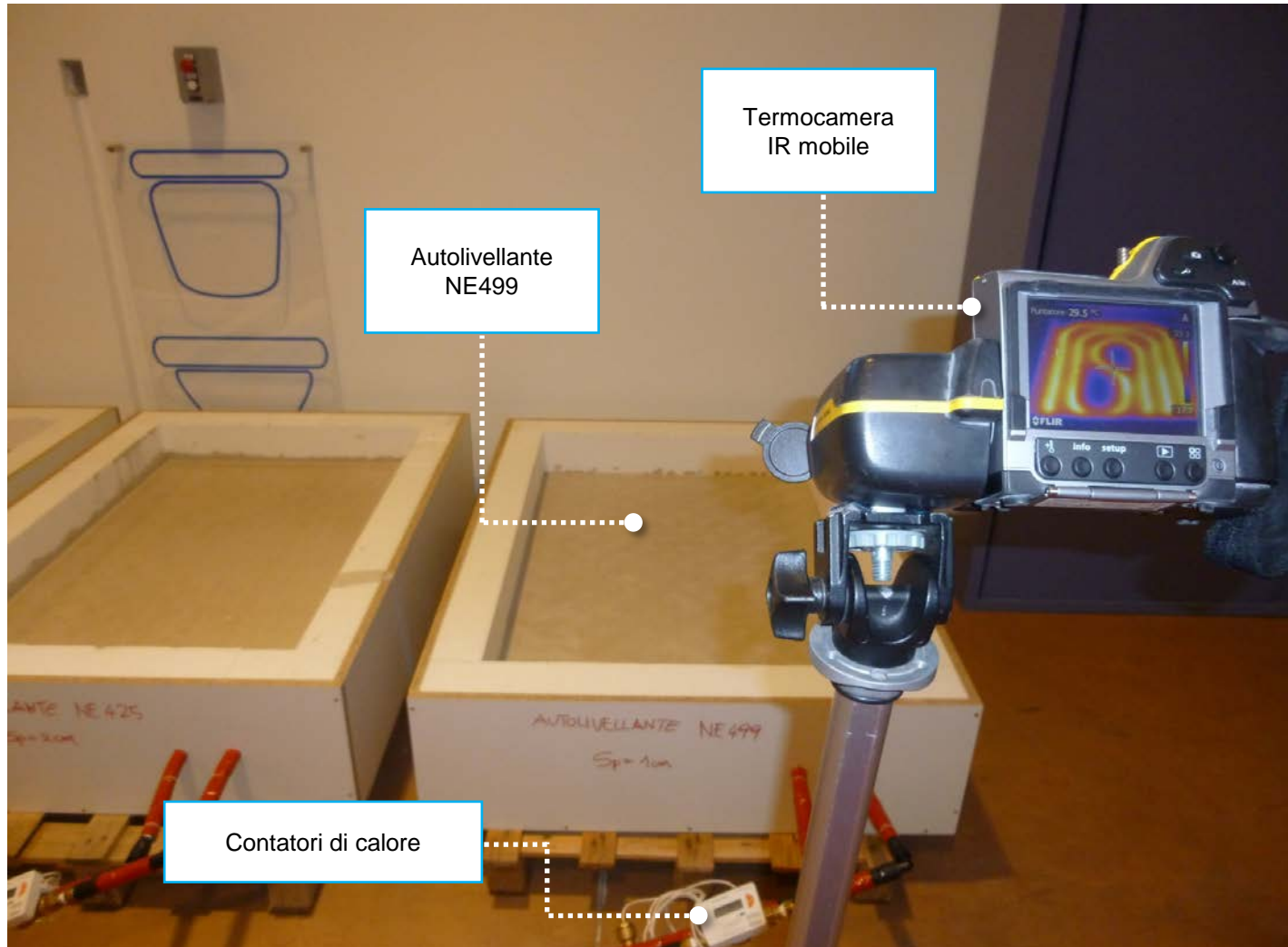
RICERCA IN CAMPO



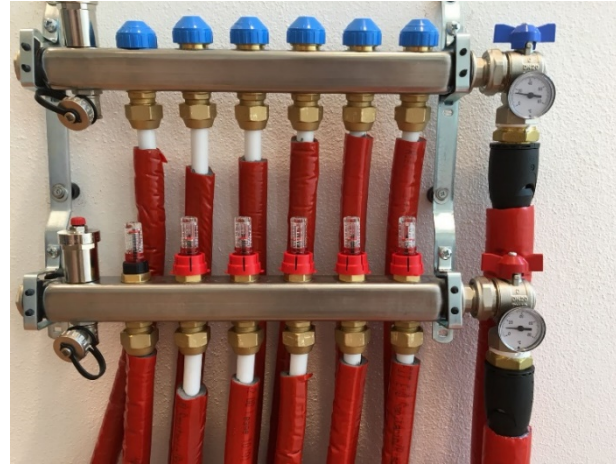
RICERCA IN CAMPO



RICERCA IN CAMPO



RICERCA IN CAMPO

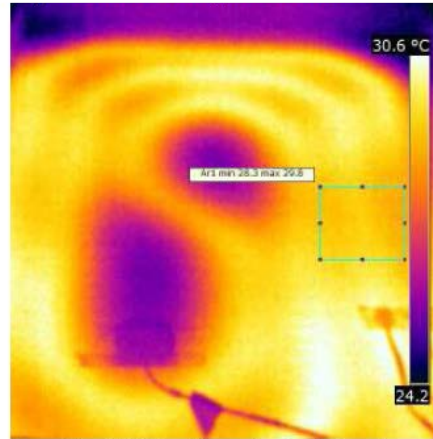


RICERCA IN CAMPO

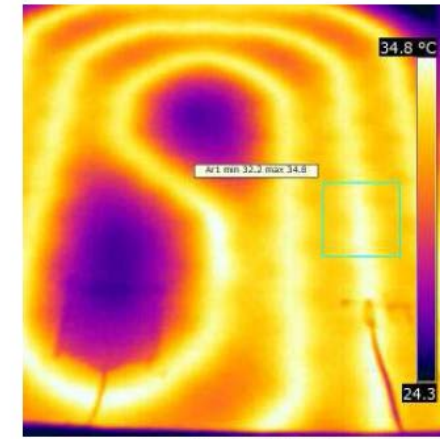
La campagna di misura mostra **evidenti differenze** dei vari campioni in termini di **velocità di riscaldamento e raffreddamento**.

Si riportano i risultati dei dati relativi alla strumentazione termografica che mostra il valore della temperatura media della superficie comprendente area con tubazione e senza come da esempi di immagini termografiche

Esempi di misure termografiche realizzate



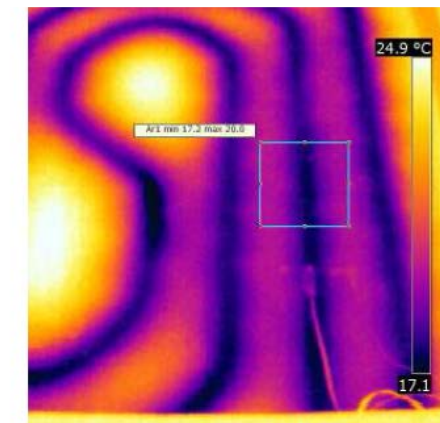
Ore 12:05 - Massetto tradizionale
Temperatura media area = 29,1°C



Ore 12:05 - NE499
Temperatura media area = 33,3°C

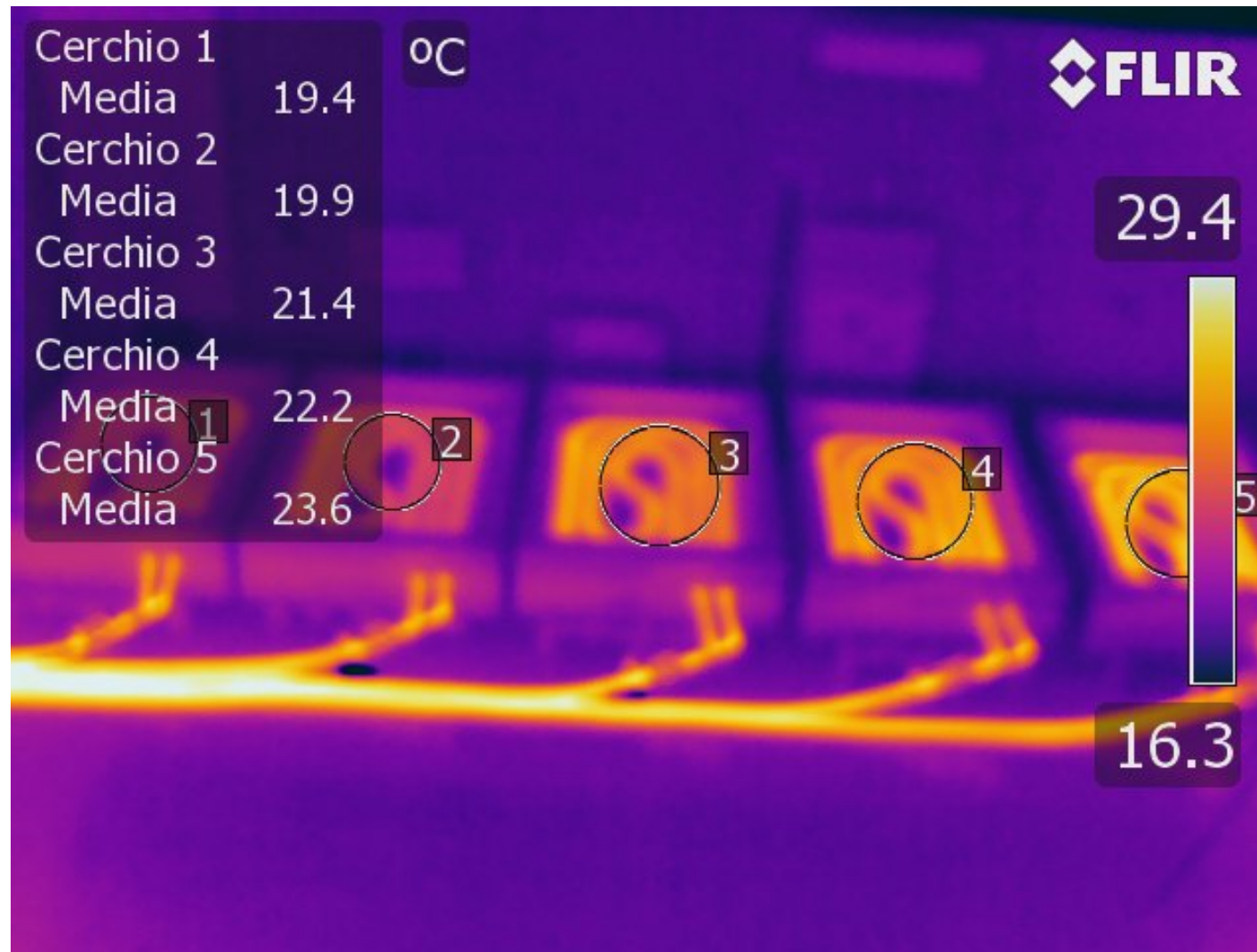


Ore 15:15 - Massetto tradizionale
Temperatura media area = 23,6°C



Ore 15:15 - NE499
Temperatura media area = 18,8°C

RICERCA IN CAMPO

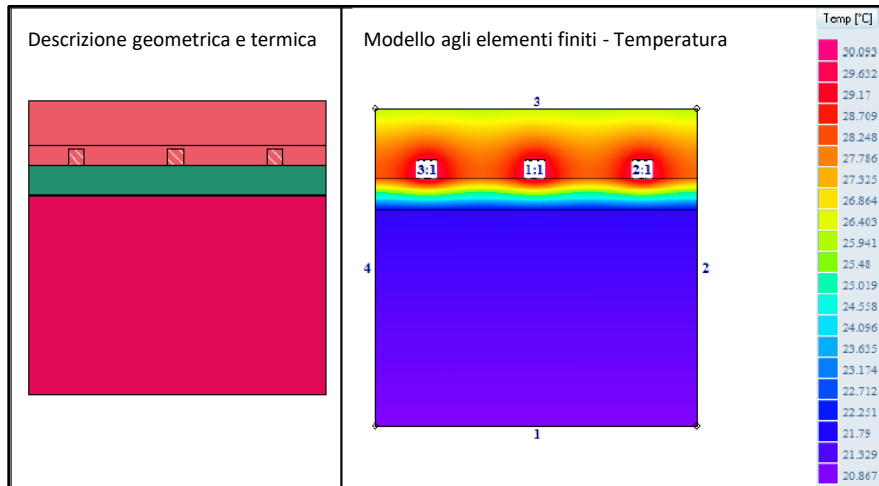


RICERCA IN CAMPO

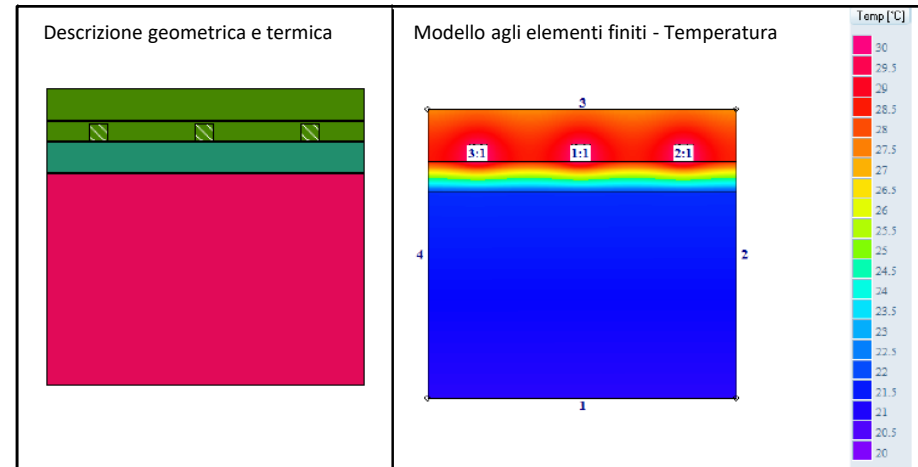


CALCOLI PREDITTIVI

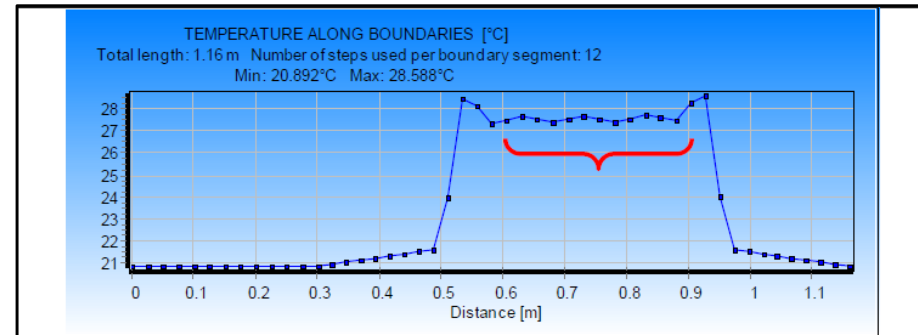
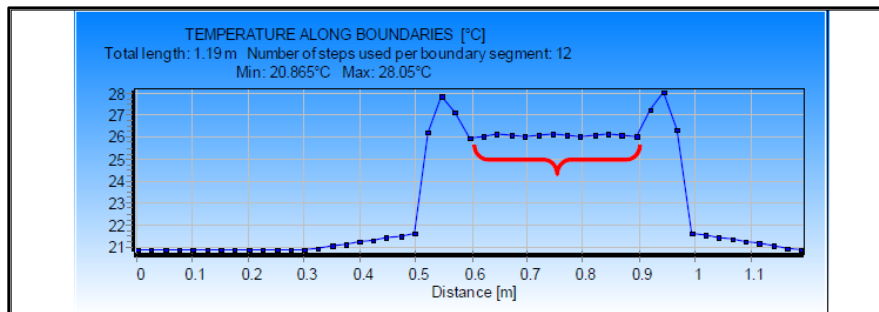
Modello con massetto tradizionale



Modello con FE80

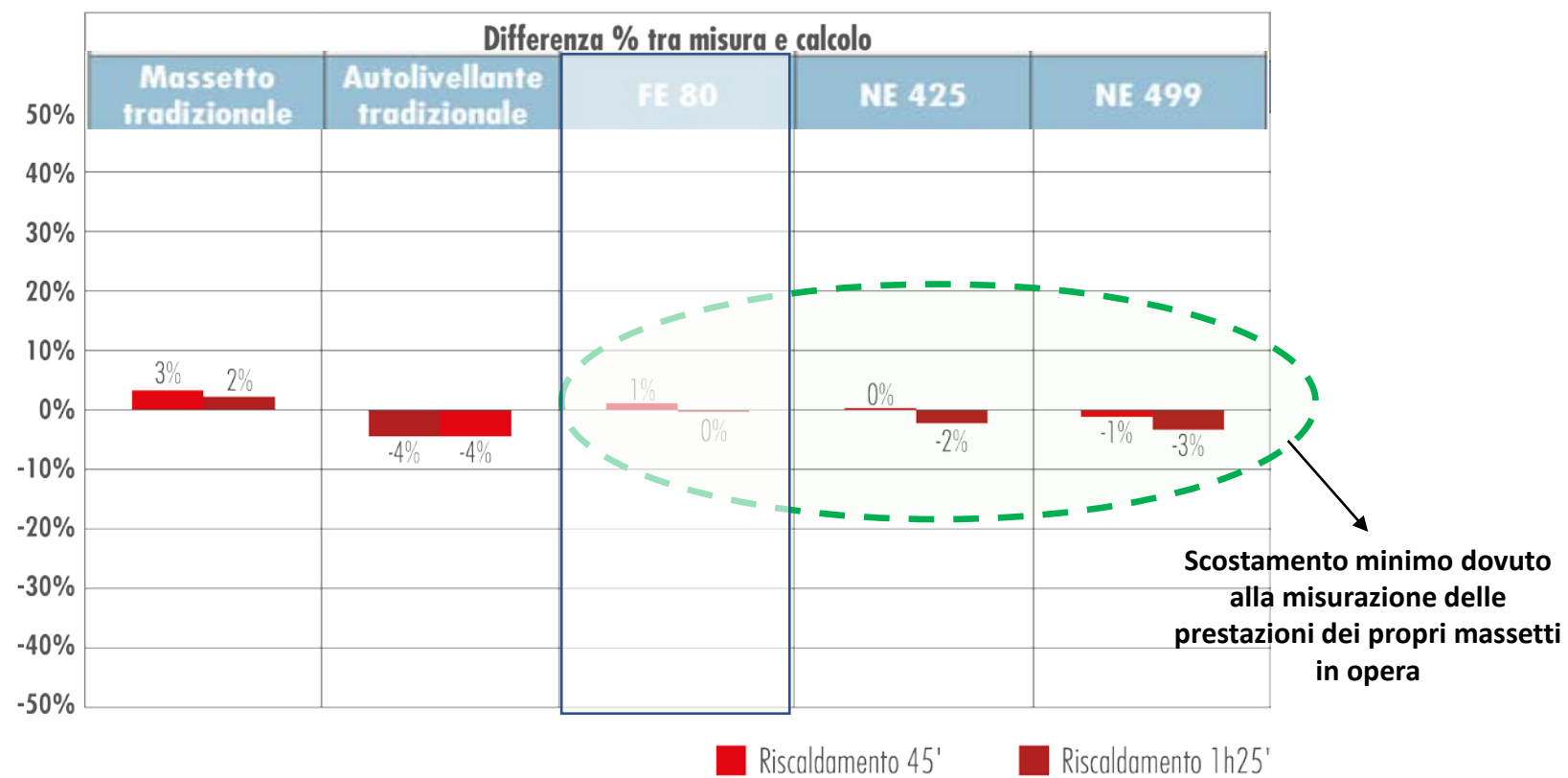


Andamento delle temperature sulla faccia superiore del modello



COERENZA TRA MISURE E CALCOLI

	ΔT_{MT} [%]	ΔT_{AT} [%]	ΔT_{FE80} [%]	ΔT_{NE425} [%]	ΔT_{NE499} [%]
Riscaldamento 45'	3%	-4%	1%	0%	-1%
Riscaldamento 1h25'	2%	-4%	0%	-2%	-3%



RESA TERMICA RISCALDAMENTO

Fino al +26%

Dati di calcolo	
Regime	Stazionario
Tipo di condizionamento	Riscaldamento
Risultato di calcolo	Temperatura superficiale media e flusso
Temperatura di mandata del fluido termovettore	35 - 30 °C
Temperatura ambiente	20 °C

Risultati						Risultati					
Con 35 °C	Massetto tradizionale	Autolivellante tradizionale	FE 80	NE 425	NE 499	Con 30 °C	Massetto tradizionale	Autolivellante tradizionale	FE 80	NE 425	NE 499
Temperatura superficiale media $\sigma_{5,m}$ [°C]	29,1	29,4	31,3	31	31,2	Temperatura superficiale media $\sigma_{5,m}$ [°C]	26,1	26,3	27,5	27,3	27,5
Flusso calcolato q [W/m ²]	101	105	128	125	127	Flusso calcolato q [W/m ²]	65	68	82	79	82
Resa termica in variazione % rispetto al tradizionale		4%	27%	23%	26%	Resa termica in variazione % rispetto al tradizionale		4%	26%	22%	26%

RESA TERMICA RAFFRESCAMENTO

*Fino al
+28%*

Dati di calcolo	
Regime	Stazionario
Tipo di condizionamento	Raffrescamento
Risultato di calcolo	Temperatura superficiale media e flusso
Temperatura di mandata del fluido termovettore	15-20 °C
Temperatura ambiente	26 °C

Risultati						Risultati					
Con 15 °C	Massetto tradizionale	Autolivellante tradizionale	FE 80	NE 425	NE 499	Con 20 °C	Massetto tradizionale	Autolivellante tradizionale	FE 80	NE 425	NE 499
Temperatura superficiale media $\sigma_{5,m}$ [°C]	19,3	19,1	17,6	17,9	17,8	Temperatura superficiale media $\sigma_{5,m}$ [°C]	22,4	22,2	21,4	21,6	21,5
Flusso calcolato q [W/m ²]	72	75	93	89	90	Flusso calcolato q [W/m ²]	37	39	48	46	47
Resa termica in variazione % rispetto al tradizionale		3%	28%	23%	25%	Resa termica in variazione % rispetto al tradizionale		6%	31%	25%	28%

TEMPO di CARICAMENTO



Dati di calcolo	
Regime	Variabile
Tipo di condizionamento	Riscaldamento
Risultato di calcolo	Tempo - ore e minuti
Temperatura dei massetti e delle tubazioni	14°C
Temperatura di mandata del fluido termovettore	35°C
Temperatura ambiente	18°C
Temperatura superficiale obiettivo	25 - 28

Risultati					
	Massetto tradizionale	Autolivellante tradizionale	FE 80	NE 425	NE 499
Tempo con 25°C	1h 15m	1h 10m	35m	25m	15m
Variazione %		-7%	-53%	-67%	-80%
Tempo con 28°C	3h	2h	50m	35m	25m
Variazione %		-33%	-72%	-81%	-86%

RISULTATI

I risultati dello studio hanno mostrato due aspetti dell'efficacia delle soluzioni di massetti a basso spessore per la posa su pannelli radianti a pavimento:



Maggiore resa

Maggiore reattività



MAGGIORE RESA

Maggiore resa (W/m^2) dei pannelli data dalla temperatura superficiale maggiore. A parità di temperatura di mandata nei pannelli la capacità del pannello radiante di trasmettere energia è maggiore con i seguenti benefici:

- **Maggiore potenza termica installabile** a parità di superficie calpestabile
- Possibilità di non coprire parti di superfici oggetto di altri ingombri (letti, armadi, mobilio in genere ecc.)
- Possibilità di **ridurre la temperatura di mandata** (con maggiore efficienza dei generatori a condensazione o in pompa di calore)

La maggiore resa è principalmente un dato legato alla progettazione dell'impianto e quindi il beneficiario è il progettista termotecnico.



MAGGIORE RESA

A titolo di esempio si riportano dei dati tipo di scheda tecnica di pompa di calore per il servizio di riscaldamento aria-acqua per il residenziale di 6 kW di resa termica per evidenziare il beneficio di una riduzione della temperatura di mandata

Tmandata di 35°C				
Carico	100%		30%	
Ta	Hc	COP	Hc	COP
-7	5.38	2.82	1.84	3.12
-2	5.43	3.23	1.86	3.38
2	5.46	3.66	1.87	3.67
7	6.41	4.93	1.97	4.10
12	6.07	6.01	2.04	5.51

Tmandata di 30°C				
Carico	100%		30%	
Ta	Hc	COP	Hc	COP
-7	5.43	3.27	1.98	4.30
-2	5.49	3.71	1.94	4.31
2	5.60	4.00	1.90	4.75
7	6.65	5.99	2.21	5.26
12	6.32	7.35	2.29	7.16

COP: coefficiente di prestazione (Coefficient of Performance)

In pieno utilizzo invernale, con temperatura esterna dell'aria di 2°C poter passare da una temperatura di mandata da 35°C a 30°C per esempio comporta un miglioramento del COP a carico 100% da 3.66 a 4.00 e a carico parziale da 3.67 a 4.75 con un aumento della resa termica.

Un valore di COP più alto comporta minore fabbisogno energetico e quindi minore consumo elettrico.



MAGGIORE REATTIVITA'

Minore inerzia del massetto del sistema radiante e quindi tempi di caricamento e scaricamento estremamente ridotti. I benefici:

- **Maggiore efficienza dell'impianto:** minor consumo di energia poiché le perdite di "regolazione" sono inferiori. Poca energia viene sprecata per contenere la temperatura intorno al valore di set point. Quando l'impianto deve "smettere" di erogare energia è in grado di recepire questa informazione in tempi più rapidi rispetto al tradizionale.
- **Maggiore reattività del sistema radiante:** poco tempo per caricarsi, poco tempo per raffreddarsi. Negli edifici ad uso saltuario e in quelli ben isolati termicamente, la pronta risposta all'esigenza di riscaldamento o raffrescamento rende l'ambiente più confortevole.



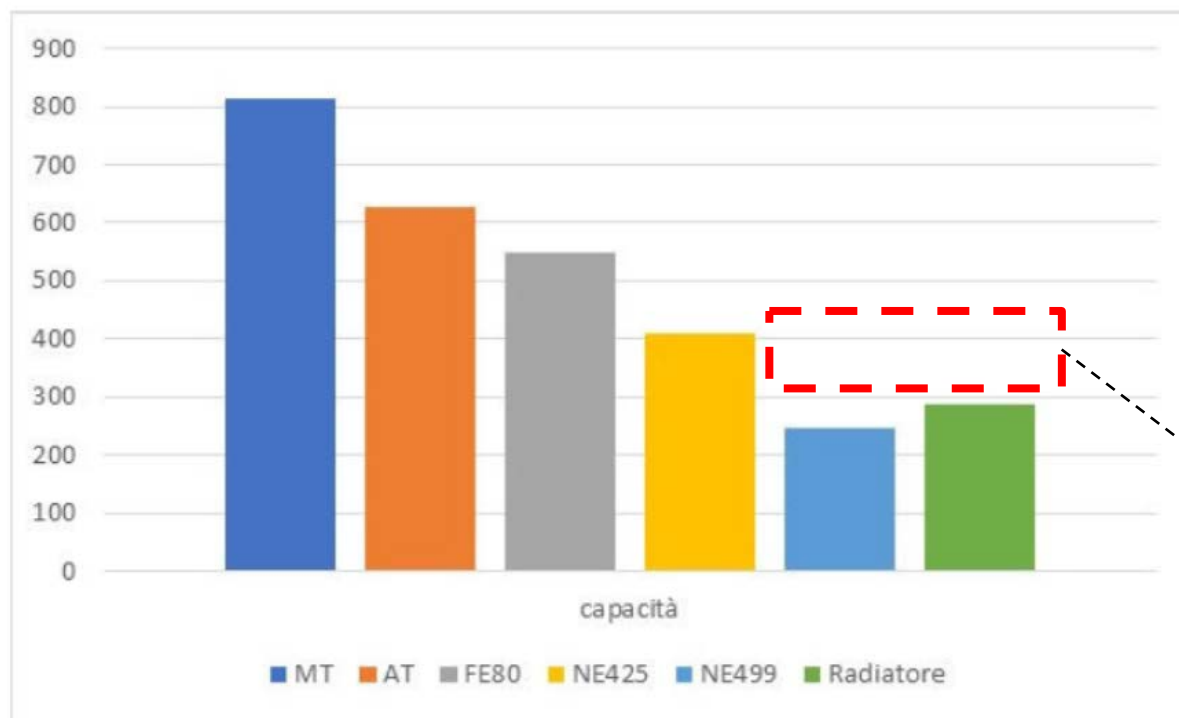
MAGGIORE REATTIVITA'

Rendimenti diregolazione η_{rg}			
Tipo di regolazione	Caratteristiche della regolazione	Sistemi a bassa inerzia	Sistemi ad elevata inerzia
		Radiatori, convettori, ventilconvettori, strisce radianti ed aria calda	Pannelli integranti nelle strutture edilizie e disaccoppiati termicamente
Solo di zona	On off	0.93	0.91
	P banda prop. 2 °C	0.94	0.92
	P banda prop. 1 °C	0.97	0.95
	P banda prop. 0.5 °C	0.98	0.96
Solo per singolo ambiente	On off	0.94	0.92
	P banda prop. 2 °C	0.95	0.93
	P banda prop. 1 °C	0.98	0.97
	P banda prop. 0.5 °C	0.99	0.98
Zona + climatica	On off	0.96	0.94
	P banda prop. 2 °C	0.96	0.95
	P banda prop. 1 °C	0.97	0.96
	P banda prop. 0.5 °C	0.98	0.97
Per singolo ambiente + climatica	On off	0.97	0.95
	P banda prop. 2 °C	0.97	0.96
	P banda prop. 1 °C	0.98	0.97
	P banda prop. 0.5 °C	0.99	0.98

Estratto della tabella dei rendimenti di regolazione. [Fonte: UNI/TS 11300-2, paragrafo 6.3, prospetto 20]



CAPACITA' TERMICA



Confronto

Radiante Bassissimo Spessore
Vs
Radiatore

Valori di capacità termica complessiva [kJ/K]
per una stanza di 9 m² di superficie
e con radiatore di volume complessivo pari a
0,6 m² x 0,08 m

I valori di **rendimento di regolazione** tabellari della norma UNI TS 11300-2 sono riferiti ai sistemi tradizionali dei pannelli radianti. La migliore “reattività” del sistema a basso spessore porta a due passaggi migliorativi:

- cambiamento del tipo di classificazione del sistema, da “ad elevata inerzia” a “**bassa inerzia**”
- possibile contenimento della banda di oscillazione

RIFERIMENTO AL CALCOLO

UNI TS
11300-2

Rendimenti dell'impianto

$$\eta_g = \eta_{gen} \times \eta_{dis} \times \eta_{em} \times \eta_{reg}$$

prospetto 17 Rendimenti di emissione in locali con altezza fino a 4 m

Tipologia di terminale	Carico termico medio annuo ^{a)} [W/m ³]		
	<= 4	4-10	>10
Radiatori su parete esterna isolata ¹⁾	0,98	0,97	0,95
Radiatori su parete interna	0,96	0,95	0,92
Ventilconvettori ²⁾ (valori riferiti a t_{media} acqua = 45°C)	0,96	0,95	0,94
Termoconvettori	0,94	0,93	0,92
Bocchette in sistemi ad aria calda ³⁾	0,94	0,92	0,90
Pannelli annegati a pavimento	0,99	0,98	0,97
Pannelli annegati a soffitto	0,97	0,95	0,93
Pannelli a parete	0,97	0,95	0,93
Riscaldatori ad infrarossi	0,99	0,98	0,97

ESEMPIO CALCOLO SU EDIFICIO

Per contestualizzare i risultati ottenuti e quantificarli in termini di risparmio energetico sono stati modellati 2 edifici in zona climatica E con caratteristiche planimetriche e volumetriche tipiche di un edificio residenziale comune sul territorio italiano.



Prospetto EST

Prospetto SUD



Prospetto OVEST

Prospetto NORD

Fabbricato costituito **da due unita immobiliari** servite da un sistema impiantistico di riscaldamento costituito da un generatore a **pompa di calore aria-acqua** che serve un **impianto a pannelli radianti a pavimento**.

La produzione di acqua calda sanitaria e centralizzata con un collettore solare che serve un accumulo integrato da un generatore a gas.

Le unita immobiliari sono posizionate al piano primo e al piano secondo. Il piano terra, il vano scala e il sottotetto non sono climatizzati. L'edificio e ben isolato termicamente, ma i ponti termici sono stati affrontati in modo superficiale.

ESEMPIO CALCOLO SU EDIFICIO

Caratteristiche termiche dei componenti opachi dell'involucro edilizio			
Destrizione struttura	Massa sup. [kg/m ²]	U [W/m ² K]	C [kJ/m ² K]
M1 Parete	582,5	0,22	57,6
M2 Parete ingresso	0,0	1,80	1,0
M3 Parete	604,0	0,39	15,7
M4 Parete	583,5	1,39	63,4
M5 Parete	583,5	1,58	65,2
P1 solaio verso garage	370,5	0,23	42,1
P2 solaio tra appartamenti	369,5	0,43	42,7
P3 solaio verso sottotetto	228,0	0,23	62,6
P4 copertura in legno	49,6	1,98	17,2
M6 divisori interni	44,2	0,44	22,1

Caratteristiche termiche dei componenti finestrati (serramenti e vetri) dell'involucro edilizio			
Destrizione struttura	Area [m ²]	U [W/m ² K]	g _{gl} [-]
F1	3,5	1,35	0,65
F2	2,1	1,47	0,65
F3	1,8	1,47	0,65
F4	1,1	1,52	0,65
F5	10,5	1,26	0,65
F6	2,2	1,49	0,65

Caratteristiche termiche dei componenti termici analizzati agli elementi finiti			
Codice	Descrizione	ψ _e [W/m ² K]	F _p ponderazione
PT_1	Pianta: parete angolo parete esterno	-0,070	100%
PT_2	Pianta: parete angolo parete interno	0,120	100%
PT_3	Pianta: spalla serramento/spalla serramento	0,310	100%
PT_4	Pianta: spalla serramento/angolo	-0,147	100%
PT_5	Pianta: doppio angolo	-0,039	100%
PT_6	Pianta: spalla porta blindata/spalla porta blindata	0,230	100%
PT_7	Sezione: parete - trave - garage	0,300	100%
PT_8	Sezione: parete - balcone - garage	0,800	100%
PT_9	Sezione: parete - trave - parete	0,010	50%
PT_10	Sezione: parete - balcone - parete	0,750	50%
PT_11	Sezione: parete - trave - copertura	0,300	100%
PT_12	Sezione: soglia - trave - garage	0,322	100%
PT_13	Sezione: veletta serramento	0,250	100%
PT_14	Sezione: soglia - balcone - garage	0,322	100%
PT_15	Sezione: davanzale serramento	0,310	100%
PT_16	Sezione: muricci solaio copertura	0,210	100%
PT_17	Sezione: soglia - balcone - parete	0,720	50%

ESEMPIO CALCOLO SU EDIFICIO



Risultati di calcolo

Sono stati realizzati due scenari in **zona climatica E**.
La valutazione del **COP** medio della pompa di calore è stata realizzata con il metodo di calcolo della UNI TS 11300-4 (riferito a dati orari dell'aria esterna con i bin) e con valutazione ai carichi parziali per mezzo dei valori di scheda tecnica di f_{COP} in accordo con UNI EN 14825.

1° Scenario

edificio ben isolato termicamente ($H'_T = 0.51 \text{ W/m}^2\text{K}$)

2° Scenario

edificio esistente mediamente isolato ($H'_T = 0.97 \text{ W/m}^2\text{K}$)

H'_T : coefficiente globale di scambio Termico

ESEMPIO CALCOLO SU EDIFICIO

zona E	Q _{H,nd}	Q _{H,gn,out}	Q _{H,gn,in}	COP medio
Ben isolato (U_m = 0,51)	kWh	kWh	kWhe	
Impianto tradizionale	12.017	13.052	4.009	3,26
Impianto radiante a bassa inerzia con temperatura di mandata di -2 °C	12.017	12.905	3.723	3,47
Impianto radiante a bassa inerzia con temperatura di mandata di -5 °C	12.017	12.905	3.348	3,85
Riduzione del fabbisogno		-2 °C	286	7,1%
Riduzione del fabbisogno		-5 °C	661	16,5%

Miglioramento del rendimento di regolazione ed abbassamento temperatura di mandata

zona E	Q _{H,nd}	Q _{H,gn,out}	Q _{H,gn,in}	COP medio
Esistente (U_m = 0,97)	kWh	kWh	kWhe	
Impianto tradizionale	27.442	30.110	8.305	3,63
Impianto radiante a bassa inerzia con temperatura di mandata di -2 °C	27.442	29.780	7.715	3,86
Impianto radiante a bassa inerzia con temperatura di mandata di -5 °C	27.442	29.780	6.923	4,30
Riduzione del fabbisogno		-2 °C	590	7,1%
Riduzione del fabbisogno		-5 °C	1.382	16,6%

Miglioramento del rendimento di regolazione ed abbassamento temperatura di mandata

L'uso del massetto «radiante» a basso spessore ha due impatti:

- miglioramento del rendimento di regolazione
- abbassamento della temperatura di mandata del generatore e quindi miglioramento del **COP**

Riduzione del Fabbisogno Energetico dal 7 al 16%

STIMA DI RISPARMIO

Edificio non isolato	U media	0,97	W/m ² K
zona E			
Nr. unità immobiliari		2	
Superficie utile calp.		106	m ²



PdC 	Massetto	Costo del riscaldamento	% di risparmio	Valore di risparmio
	Tradizionale	2.097 €	0	0
	Autolivellante tradizionale	2.097 €	0	0
	FE80	1.786 €	15%	311 €
	NE425	1.860 €	11%	237 €
	NE499	1.817 € - 1.707 €	13% - 19%	280 € - 390 €
	Caldaia a gas 	Massetto	Costo del riscaldamento	% di risparmio
Tradizionale		2.502 €	0	0
Autolivellante tradizionale		2.502 €	0	0
FE80		2.438 €	3%	64 €
NE425		2.388 €	5%	113 €
NE499		2.365 €	6%	137 €

PROSSIMI STUDI

UNI TS
11300-2

$$\eta_g = \eta_{gen} \times \eta_{dis} \times \eta_{em} \times \eta_{reg}$$

prospetto 17 Rendimenti di emissione in locali con altezza fino a 4 m

Tipologia di terminale	Carico termico medio annuo ^{a)} [W/m ³]		
	<= 4	4-10	>10
Radiatori su parete esterna isolata ¹⁾	0,98	0,97	0,95
Radiatori su parete interna	0,96	0,95	0,92
Ventilconvettori ²⁾ (valori riferiti a t_{media} acqua = 45°C)	0,96	0,95	0,94
Termoconvettori	0,94	0,93	0,92
Bocchette in sistemi ad aria calda ³⁾	0,94	0,92	0,90
Pannelli annegati a pavimento	0,99	0,98	0,97
Pannelli annegati a soffitto	0,97	0,95	0,93
Pannelli a parete	0,97	0,95	0,93
Riscaldatori ad infrarossi	0,99	0,98	0,97

SOSTENIBILITA'

In Italia vengono installati circa 9.000.000 di mq di sistemi radianti a pavimento ogni anno

Quanti TIR sono necessari al trasporto dei massetti?

MASSETTI TRADIZIONALI
35.000 TIR



MASSETTI BASSO SPESSORE
17.000 TIR



- **3.300.000 km risparmiati** (tratta da 100km)
- **>2.000 tonnellate di CO₂ risparmiate**

CONCLUSIONI

Fino a ieri la componente Massetto non ha mai rappresentato motivo di valutazione tecnica sulla efficienza di un impianto radiante.

Oggi, invece, possiamo affermare che:

LA VERA EFFICIENZA PASSA DAL MASSETTO

KNAUF



KNAUF



CONTATTI

Ing. Marco Scabini

Email: marco.scabini@knauf.com

Tel: +39 378 30 25 383



Grazie per l'attenzione