



**UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE**  
**FACOLTÀ DI INGEGNERIA**

---

Corso di Laurea in Ingegneria Civile e Ambientale  
Dipartimento di Scienze e Ingegneria della Materia, dell'Ambiente e  
Urbanistica

**Effetto di una finitura multifunzionale innovativa nel migliorare  
il comfort e la salubrità degli ambienti indoor**

**Effect of an innovative and multifunctional finiture to enhance  
the comfort and health of indoor environments**

Relatore:

*Prof.ssa* **Francesca Tittarelli**

Tesi di Laurea di:

**Alessia Cherubini**

Correlatore:

*Dott. Ing.* **Costanzo di Perna**

*Dott.ssa* **Maria Letizia Ruello**

A.A. 2020/2021

<b>1) Introduzione</b> .....	<b>5</b>
<b>2) Obiettivi</b> .....	<b>6</b>
<b>3) Materiali</b> .....	<b>7</b>
3.1) Legante.....	7
3.1.1) La calce idraulica naturale.....	7
3.2) Aggregati.....	8
3.2.1) Ceneri da biomassa.....	8
3.2.1.1) Fly ash.....	8
3.2.1.2) Bottom ash.....	9
3.2.2) Silica gel.....	9
3.3) Premiscelati.....	10
3.3.1) Calce storica.....	10
3.3.2) Diathonite deumix.....	11
3.3.3) Argacem.....	11
3.4) Additivi.....	12
3.4.1) Antiritiro.....	12
3.4.2) Cellulosa.....	12
3.4.3) Fluidificante.....	12
3.4.4) Aerante.....	13
3.4.5) Resina.....	13
3.4.6) Biossido di titanio.....	13
3.4.6.1) Titanio Aeroxide TiO <sub>2</sub> P25 "T1".....	13
3.2.6.2) UNIVPM-Ti-NPs "T2".....	14
3.5) Limepaint.....	14
3.6) Fissativo D20.....	15
<b>4) Miglioramento del getto per finitura UNIVPM con cambiamento della modalità di stesura della malta</b> .....	<b>16</b>
4.1) Cambio modalità di applicazione: applicazione del primo strato di malta.....	16
4.1.1) Materiali e metodi.....	16
4.1.1.1) Materiali.....	16
4.1.1.2) Mix design.....	16
4.1.1.3) Procedura.....	16
4.1.2) Risultati.....	18
4.2) Cambio modalità di applicazione: applicazione del secondo strato di malta.....	19
4.3) Conclusioni.....	25
<b>5) Miglioramento del getto per finitura UNIVPM con aggiunta di additivi</b> .....	<b>26</b>
5.1) Aggiunta di additivi nel getto: applicazione della prima mano di malta.....	26

5.1.1) Materiali e metodi .....	26
5.1.1.1) Materiali.....	26
5.1.1.2) Mix design .....	26
5.1.1.3) Procedura .....	27
5.1.1) Risultati.....	39
5.2) Aggiunta di additivi nel getto: applicazione della seconda mano di malta .....	40
5.2.1) Materiali e metodi.....	40
5.2.1.1) Procedura .....	40
5.2.2) Risultati .....	47
5.3) Conclusioni.....	49
<b>6) Preparazione campioni per prove di riflettanza, emissività ed adsorbimento.....</b>	<b>50</b>
6.1) Preparazione del sottofondo .....	50
6.1.1) Materiali e metodi.....	50
6.1.1.1) Materiali.....	50
6.1.1.2) Procedura .....	50
6.2) Applicazione fissativo e limepaint .....	50
6.2.1) Materiali e metodi.....	50
6.2.1.1) Materiali.....	50
6.2.1.2) Metodi.....	50
6.2.1.3) Procedura .....	51
<b>7) Prova di emittanza .....</b>	<b>55</b>
7.1) Componenti dell'emissometro .....	55
7.2) Tipologie di campioni utilizzati .....	57
7.3) Procedimento .....	58
7.4) Risultati.....	60
7.5) Considerazioni.....	61
<b>8) Prova di riflettanza.....</b>	<b>62</b>
8.1) Principio di funzionamento .....	62
8.2) Tipologie di campioni utilizzati.....	63
8.3) Procedimento.....	65
8.4) Risultati .....	67
8.5) Considerazioni .....	75
<b>9) Determinazione dell'indice di riflessione solare SRI.....</b>	<b>76</b>
9.1) Elaborazione dei risultati .....	76
9.2) Calcolo dell'indice di riflessione solare "SRI" e della temperatura superficiale .....	78
9.3) Conclusioni .....	81

<b>10) Conducibilità termica.....</b>	<b>82</b>
10.1) Principio di funzionamento.....	82
10.2) Tipologie di campioni utilizzati .....	84
10.3) Procedimento.....	85
10.4) Risultati.....	87
10.5) Conclusioni.....	90
<b>11) Conclusioni .....</b>	<b>92</b>
<b>12) Bibliografia .....</b>	<b>94</b>
<b>13) Allegati .....</b>	<b>95</b>



## 1) Introduzione

Al giorno d'oggi, l'inquinamento negli ambienti indoor risulta uno dei problemi più importanti quando si parla di salute e benessere della popolazione.

Nel passare degli anni, gli studi relativi alla salubrità degli ambienti interni hanno acquisito sempre più importanza e la riduzione dell'inquinamento e l'utilizzo di fonti energetiche sostenibili sono gli obiettivi verso cui la politica italiana ed europea sta puntando negli ultimi anni.

Sono infatti state emanate a livello europeo, nazionale e regionale varie leggi e norme relative al risparmio energetico che indicano i criteri per la progettazione di nuove costruzioni o per gli interventi di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente.

Intraprendere interventi di risparmio energetico, adottando per esempio malte indoor con valori di conducibilità termica bassi, significa abbattere la dispersione termica del muro consentendo risparmi di energia che vanno da 20% al 60%. Nonostante gli spessori ridotti, un intonaco può infatti contribuire all'isolamento termico di un edificio, favorendo un innalzamento della temperatura superficiale delle pareti.

[1] In questo modo, vengono diminuiti i rischi di fenomeni di condensa grazie ad un  $\Delta t$  maggiore fra la temperatura della parete e la temperatura di rugiada dell'aria, relativa alle condizioni termo-igrometriche dell'ambiente.

Ciò comporta la riduzione delle spese di condizionamento e riscaldamento, la riduzione del consumo globale di combustibili, nonché la riduzione dell'inquinamento, ma anche il miglioramento del comfort all'interno delle abitazioni, che dipende, a parità di condizioni igrometriche, dal calore scambiato dall'uomo con l'ambiente per convezione ed irraggiamento. Il risparmio energetico e il comfort degli ambienti vanno infatti di pari passo [2].

Nello specifico, l'avvento del nuovo coronavirus (COVID-19) ha posto ancora di più l'attenzione sul benessere termoigrometrico degli ambienti confinati. Quando infatti l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) [3] ha affermato che il COVID-19 stava diffondendo una pandemia, le persone di tutto il mondo si sono affrettate a raggiungere le proprie case. Sebbene, secondo i primi studi effettuati, il coronavirus abbia avuto un effetto indiretto positivo sull'ambiente (gli esperti di clima prevedono che le emissioni periodiche di gas serra potrebbero scendere a livelli mai registrati dalla Seconda Guerra Mondiale, Global Carbon Project, 2020) dovuti al lockdown, la situazione non è altrettanto positiva per quanto riguarda l'inquinamento domestico.

I lunghi periodi di misure di blocco per controllare la pandemia di COVID-19 hanno ulteriormente aggravato gli effetti negativi sulla salute dell'inquinamento atmosferico negli spazi confinati poiché milioni di persone sono stati esposti ad alti livelli di inquinanti atmosferici dannosi per la salute all'interno delle loro abitazioni, negli uffici, nei luoghi di intrattenimento.

Tra gli inquinanti più comunemente rintracciabili a livello domestico possiamo trovare polveri sottili, composti organici volatili (VOC), radon, spore invisibili aero-disperse, muffe superficiali, batteri. La normale areazione dei locali, abitualmente consolidata dall'apertura manuale dei serramenti, rappresenta una

soluzione parziale del problema in quanto comporta sensibili dispersioni di calore e non può garantire ricambi d'aria costanti [4].

Affinchè in un ambiente confinato si possa parlare di comfort termo-igrometrico, sia la temperatura che l'umidità devono mantenersi entro certi limiti. Le due variabili sono interdipendenti, nel senso che è possibile realizzare le condizioni di comfort modificando entro certi limiti, anche solo uno dei due fattori citati. Ad esempio, nei mesi estivi se la temperatura e l'umidità sono alte, si prova la sensazione di caldo eccessivo. Abbassando anche la sola umidità mediante un deumidificatore, senza variare la temperatura è possibile raggiungere le condizioni di comfort. Risulta dunque evidente la necessità di impiegare malte con elevati valori di riflettanza, le quali consentono di riflettere la maggior parte della radiazione solare incidente, riducendo quindi il fabbisogno energetico dell'edificio per il condizionamento dell'aria durante la stagione estiva.[5]

Un altro aspetto rilevante correlato al comfort negli ambienti confinati riguarda infatti la temperatura delle superfici interne dell'edificio, sia del pavimento, che del soffitto e delle pareti, i quali emettono calore radiante [6]. Maggiore è la capacità di una malta di emettere il calore assorbito irradiandolo nuovamente verso l'esterno, minore sarà il surriscaldamento degli edifici causato dalla radiazione solare incidente.

Le caratteristiche termoigrometriche di un qualsiasi intonaco dipendono in larga parte dal tipo di legante e dagli aggregati che compongono il materiale. Basti pensare che il valore del coefficiente di conducibilità termica  $\lambda$  varia considerevolmente, da valori di 0,34 W/mK per il gesso [7], a valori di 1,2 W/mK per il cemento Portland. É quindi fondamentale valutare attentamente la scelta di ogni singolo componente per la formulazione di un intonaco se si vogliono raggiungere buone prestazioni di isolamento, ed elevati valori di emittanza e riflettanza, per il miglioramento del benessere degli ambienti confinati.

## 2) Obiettivi

Lo scopo alla base della nostra sperimentazione è quello di sviluppare una malta leggera base di calce, per la salubrità ed il miglioramento della qualità dell'aria negli ambienti indoor. Per fare questo, sono stati utilizzati aggregati non convenzionali come le ceneri da biomassa, scarto di processi di combustione, e la silica gel, con proprietà adsorbenti, capaci di migliorare il comfort all'interno di un ambiente confinato, senza perdere i requisiti tradizionalmente richiesti da una malta.

Nello specifico, l'obiettivo è quello di andare a modificare la modalità di stesura della malta innovativa, migliorando successivamente la finitura con l'aggiunta ed il confronto di diverse tipologie di additivi. Infine, dopo aver individuato la malta avente le migliori caratteristiche di lavorabilità ed il minor ritiro, verranno confrontati i risultati derivanti dalle prove di riflettanza, emittanza e conducibilità termica, eseguiti sia sulle finiture tradizionali, che sulle finiture innovative oggetto della sperimentazione.

### 3) Materiali

Una malta è un composto che si ottiene dalla miscelazione di acqua, cemento e sabbia. Al contrario del calcestruzzo, la malta viene riservata alle applicazioni in spessore ridotto, in questo caso specifico, per applicazioni indoor. [8]

In questa sperimentazione sono state realizzate e confrontate 5 diverse tipologie di finiture, realizzate con aggregati non convenzionali, ognuna contenente differenti additivi.

#### 3.1) Legante

Il legante è una sostanza che, mescolata con acqua oppure da sola, è atta a fare presa sugli elementi litoidi e laterizi e a diventare dura successivamente, collegandoli in un unico complesso resistente; si distinguono leganti aerei e leganti idraulici, a seconda che la presa e l'indurimento avvengano soltanto in aria o anche in presenza di acqua.[9]

##### 3.1.1) La calce idraulica naturale

È prodotta a partire dalla cottura di rocce calcaree, il cui componente principale è il carbonato di calcio. Il calcare cotto a 1000° si trasforma in ossido di calcio ed anidride carbonica  $\text{CaO} + \text{CO}_2$ . L'ossido di calce rappresenta il legante chiamato calce viva, poiché l'ossido di calce, quando reagisce con l'acqua, forma una reazione fortemente isotermica trasformandosi in idrossido di calce  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . L'idrossido di calce è la calce spenta ed è il legante utilizzato. Difatti, questa reagendo con l'anidride carbonica  $\text{CO}_2$  dell'aria, riforma il carbonato di calcio  $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ . Si ritorna dunque al prodotto di partenza, ma mescolando l'idrossido di calce con l'acqua ho un impasto lavorabile, il quale, man mano che reagisce con la  $\text{CO}_2$  fa presa ed indurisce grazie alla precipitazione di carbonato di calcio. Una malta a base di calce aerea ha modulo elastico compatibile con quello delle murature storiche, avendo un valore più basso rispetto alle malte cementizie.

La calce impiegata in questa sperimentazione è la calce idraulica I.PRO BIANCA NHL 3.5, ITALCEMENTI *figura 3.1*. La scheda tecnica è stata inserita tra gli allegati.



Figura 3.1: Calce idraulica ITALCEMENTI NHL 3.5

## 3.2) Aggregati

Gli aggregati rappresentano lo scheletro portante della malta, occupano i due terzi del volume totale del conglomerato. Sono gli ingredienti più economici e meno reattivi dell'impasto, essendo la pasta il punto debole delle miscele. La scelta degli inerti da impiegare è rintracciabile nella normativa europea UNI 13055:2003. A seconda del diametro delle particelle possiamo classificare gli inerti in filler ( $d < 0,063\text{mm}$ ), inerti fini (sabbia),  $0,063 < d < 4\text{mm}$  ed inerti grossi (ghiaia e ghiaietto)  $d > 4\text{mm}$ .

### 3.2.1) Ceneri da biomassa

Gli inerti "non convenzionali" utilizzati in questa sperimentazione sono costituiti dalla cenere di biomassa, ovvero scarti di processi di combustione, come trucioli o di altre tipologie di rifiuti del legno, per la produzione di energia nelle centrali elettriche. Queste sono una miscela di elementi minerali e componenti organici incombusti. Tra gli elementi che tipicamente compongono le ceneri è possibile rintracciare la silice, il calcio, il potassio, il fosforo, il manganese, il ferro, lo zinco, il sodio e il boro. Tali elementi non si trovano in forma elementare ma sotto forma di ossidi, silicati e nitrati.

Le ceneri possono distinguersi in bottom ash e fly ash in base alla loro densità e quindi alla loro capacità di accumularsi sul fondo della camera di combustione o di allontanarsi da essa sfruttando il flusso dei fumi di combustione. [10]

#### 3.2.1.1) Fly ash

Le ceneri volanti si ottengono come sottoprodotto della combustione di carbone polverizzato nelle centrali termoelettriche e sono costituite dal solido particellare che viene separato dai fumi di combustione per mezzo di filtri elettrostatici o meccanici. [11]



Figura 3.2: Fly ash macinata e setacciata

### 3.2.1.2) Bottom ash

Le ceneri da caldaia si ottengono come sottoprodotto della combustione di carbone polverizzato nelle centrali termoelettriche e sono costituite da particelle più pesanti depositate alla base della caldaia del forno.

La bottom ash utilizzata in questa sperimentazione, essendo un materiale di risulta, presentava una granulometria molto eterogenea con all'interno sassi ed impurità, come pezzi di legno e materiale grossolano. Di conseguenza, al fine di impiegare la bottom ash nelle miscele, sono stati tolti i sassi ed è stata sottoposta a macinatura e setacciatura. La macinazione è stata effettuata utilizzando un mulino a sfere e in seguito il materiale ottenuto è stato sottoposto a setacciatura meccanica per mezzo di un setaccio a maglie con vaglio da 500  $\mu\text{m}$ . Il setaccio è stato posto al di sopra di una pedana basculante meccanica che attraverso l'oscillazione del supporto sposta il contenuto del setaccio favorendo il passaggio delle particelle attraverso le maglie. [12]



Figura 3.3: Trattenuto dalla setacciatura della Bottom Ash

### 3.2.2) Silica gel

Il silica gel ( $\text{SiO}_2$ ) è un polimero del diossido di silicio che ha proprietà disidratanti ed estremamente adsorbenti. Si presenta in cristalli amorfi e la sua elevata igroscopicità è principalmente dovuta alla sua struttura cristallina che presenta internamente un elevato numero di pori. La capacità adsorbente ed essiccante viene spesso sfruttata nel controllo locale dell'umidità poiché le molecole di vapore acqueo hanno la capacità di legarsi alla superficie del gel di silice. La conformazione del gel di silice è, quindi, caratterizzata da un'elevatissima porosità e superficie specifica. [13]

La silica gel impiegata nella sperimentazione è stata precedentemente macinata e setacciata, prima del suo impiego.



Figura 3.4: Silica Gel macinata e setacciata

### 3.3) Premiscelati

I sottofondi impiegati in questa sperimentazione, ovvero la base sulla quale sono stati effettuati di getti (cap. 4 e 5) sono la calce storica, la diathonite deumix e l'argacem.

#### 3.3.1) Calce storica

La calce storica impiegata in questa sperimentazione è una malta da muratura monocomponente premiscelata, priva di cemento, con ottime resistenze meccaniche e di adesione. Questa calce è costituita da calce idraulica naturale NHL 5, calce idrata ed inerti minerali naturali. Il prodotto è ideale per il consolidamento di strutture in muratura, non rilascia sali idrosolubili ed evita la formazione di efflorescenze. La scheda tecnica è stata aggiunta tra gli allegati.

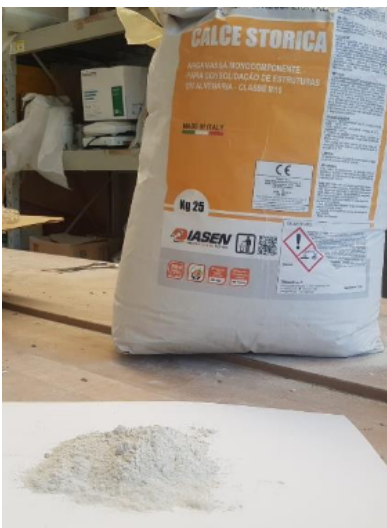


Figura 3.6: Calce storica, confezione da 25 kg.

### 3.3.2) Diathonite deumix

La diathonite deumix è un intonaco alleggerito macroporoso che unisce le proprietà di un intonaco deumidificante e di un rinforzo antisalino. Questo prodotto è studiato per interventi di deumidificazione e, nello stesso tempo, impedisce ai sali di migrare verso la superficie della parete. Il prodotto è composto da materiali naturali come il sughero, l'argilla e la calce idraulica naturale e speciali additivi che migliorano l'adesione e la traspirabilità del prodotto. Le macroporosità che ne caratterizzano la struttura sono in grado di accogliere i sali presenti nelle murature e consentono all'acqua di evaporare. La scheda tecnica è stata aggiunta tra gli allegati.



Figura 3.5 Diathonite Deumix, confezione da 20 kg

### 3.3.3) Argacem

L'argacem utilizzato nella sperimentazione è un rasante di finitura traspirante a base di calce idrata, filler naturali e inerti minerali purissimi di origine calcarea. Tra le sue caratteristiche principali è possibile rintracciare elevate proprietà antibatteriche e di permeabilità al vapore, nonché l'ottima lavorabilità. La scheda tecnica è stata aggiunta agli allegati.



Figura 3.7: Argacem HP, confezione da 25 kg

### 3.4) Additivi

Sono prodotti chimici di natura organica o inorganica che a differenza degli altri ingredienti sono aggiunti in piccolissime quantità nel getto. Questi riescono, anche se dosati in quantità piccole, a modificare di molto le proprietà delle malte, sia allo stato fresco che indurito.

#### 3.4.1) Antiritiro

Gli additivi antiritiro, sono prodotti a base di glicoli e polioli che hanno la capacità di ridurre il ritiro igrometrico. L'antiritiro impiegato nella sperimentazione è METOLAT® P 872 – MUNZING (A).

#### 3.4.2) Cellulosa

L'etere di cellulosa viene aggiunto alla malta come addensante, agente di ritenzione idrica, stabilizzante, disperdente, agente filmogeno. [14]

La cellulosa impiegata nella sperimentazione è HIDROXYPROPYL METHYL CELLULOSE 75HD60.000 SM – QUIMIALMEL (C).

#### 3.4.3) Fluidificante

Gli additivi fluidificanti servono ad aumentare la lavorabilità dell'impasto a parità di contenuto d'acqua. Come effetto collaterale si ha un piccolo ritardo sulla reazione di idratazione della malta, che può essere compensato inserendo nell'impasto un additivo accelerante. Gli additivi fluidificanti e superfluidificanti sono sostanze organiche che ostacolano infatti la reazione di idratazione. Inoltre, essendo sostanze organiche, favoriscono un certo inglobamento d'aria nell'impasto, penalizzando in piccola parte le prestazioni meccaniche della malta. I fluidificanti possono agire:



-mediante repulsione elettrostatica

-per ingombro sterico

L'additivo impiegato nella sperimentazione è MELMENTF10 – NEUCHEM (F).

#### 3.4.4) Aerante

Le malte quando vanno a lavorare in climi freddi possono essere degradate per effetto del gelo disgelo. Gli additivi aeranti sono a base di tensioattivi che formano nella pasta delle microbolle di diametro 100-300  $\mu\text{m}$ , distanziate tra di loro di circa 100  $\mu\text{m}$ . È questa distribuzione geometrica delle microbolle che fa aumentare la durabilità della malta al gelo disgelo perché quando l'acqua gela aumenta il suo volume ma la presenza delle microbolle rappresenta delle valvole di sfogo in cui l'acqua trova spazio e aumenta il suo volume senza indurre sollecitazioni di trazione. Come conseguenza, la resistenza meccanica della finitura si riduce del 20%.

L'aerante impiegato in questa sperimentazione è SILIPON® RN – HERCULES (AIR)

#### 3.4.5) Resina

L'impiego della resina come additivo nell'impasto migliora le proprietà delle malte, specialmente la plasticità e l'aderenza quando sono fresche e la flessibilità e la resistenza una volta indurite. La resina impiegata nei getti è RESINA REDISPERDIBILE QUIMIBOND 313 -QUIMIBOND (R).

#### 3.4.6) Biossido di titanio

Il biossido di titanio è un catalizzatore che è in grado di degradare per ossidazione numerosi composti organici. Il biossido di titanio ( $\text{TiO}_2$ ) è un materiale semiconduttore, utilizzato come fotocatalizzatore o fotopromotore per la degradazione di composti organici o inorganici in soluzione o fase gas sotto irraggiamento UV. La capacità di promuovere tali trasformazioni chimiche lo rendono molto interessante per applicazioni nell'ambito del disinquinamento ambientale e per la purificazione dell'aria.[15]

##### 3.4.6.1) Titanio Aeroxide $\text{TiO}_2$ P25 "T1"

Il biossido di titanio utilizzato è AEROXIDE  $\text{TiO}_2$  P25, biossido di titanio puro, 78% anatasio e 14% rutilo che catalizza la degradazione di molecole organiche e inorganiche quando è irradiato da luce UV. La scheda tecnica è stata inserita negli allegati.

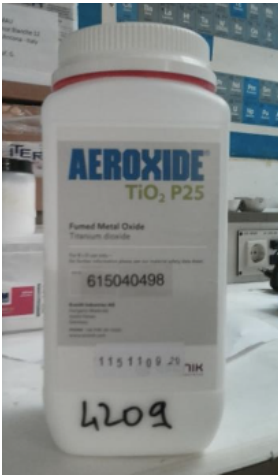


Figura 3.8: TiO2A

### 3.2.6.2) UNIVPM-Ti-NPs “T2”

È un agente fotocatalitico innovativo, sviluppato dalla sintesi di rifiuti vegetali e industriali (figura 3.9). Questo agente fotocatalitico innovativo è stata sviluppato dallo studente Qaisar Maqbool, studente dal secondo anno di Corso del Dottorato in Ingegneria Industriale, pubblicata in Qaisar Maqbool et al., “Transformation of Industrial and Organic Waste into Titanium Doped Activated Carbon - Cellulose Nanocomposite for Rapid Removal of Organic Pollutants”, Journal of Hazardous Materials 423 (2022) 126958.

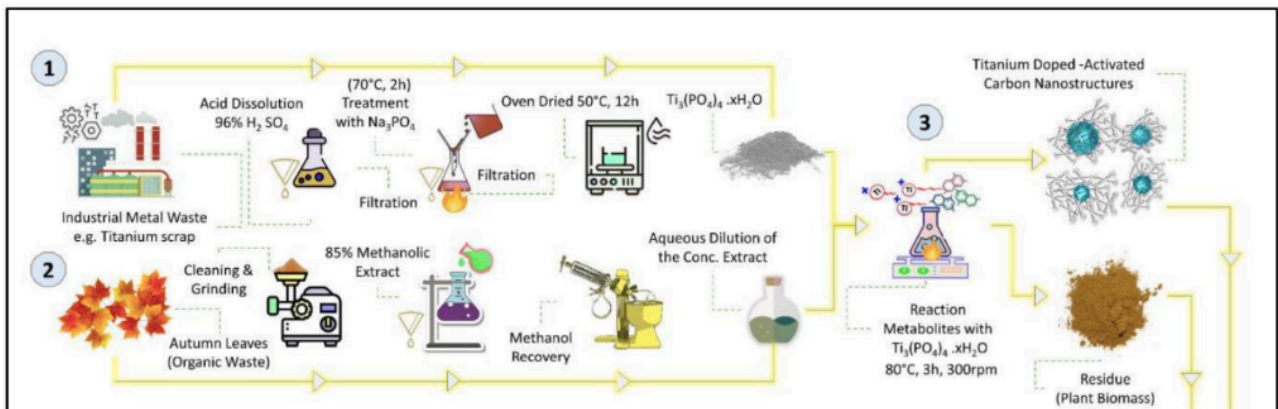


Figura 3.9: Diagramma metodologico della sintesi del nuovo TiO2.

### 3.5) Limepaint

La limepaint utilizzata nella sperimentazione è un'idropittura per interni coprente e altamente traspirante, a base di calce. Tra gli allegati viene riportata la scheda tecnica.



Figura 3.8: Limepaint bianco

### 3.6) Fissativo D20

Il fissativo D20 è un primer a base di resina acrilica all'acqua da usare su nuovi intonaci per migliorare l'adesione e la tenuta nel tempo della finitura da applicare successivamente. Viene riportata la scheda tecnica tra gli allegati.



Figura 3.9: Primer D20

## 4) Miglioramento del getto per finitura UNIVPM con cambiamento della modalità di stesura della malta

Il seguente getto è stato realizzato per migliorare l'applicazione della finitura UNIVPM, che inizialmente prevedeva la stesura a mano unica di uno strato di malta di 5 mm.

### 4.1) Cambio modalità di applicazione: applicazione del primo strato di malta

La nuova stesura prevede al contrario l'applicazione di due strati da 1,5 mm l'uno, posti in opera a distanza di 24 ore.

#### 4.1.1) Materiali e metodi

##### 4.1.1.1) Materiali

- Calce (legante)
- Bottom ash (aggregato)
- Silica gel (aggregato)
- Fly ash (aggregato)
- Acqua

##### 4.1.1.2) Mix design

Il peso degli ingredienti che compongono la miscela finale è stato calcolato considerando che il volume totale di ognuno dei due strati di malta da applicare risulta essere di 0,18L (pannello 35x35 cm per un'altezza di 1,5 mm per ogni getto). Questo volume è stato aumentato del 20% per colmare le perdite di volume che si verificano durante il getto. Dunque, il volume totale effettivo risulta 0,22L.

Tabella 4.1: mix design finitura UNIVPM

VOLUME TOTALE [L]	H2O [g]	BOTTOM ASH [g]	FLY ASH [g]	SILICA GEL [g]	CALCE [g]	ACQUA DA AGGIUNGERE [g]
0,22	105,2	51,5	44,9	44,9	96,1	30,5

##### 4.1.1.3) Procedura

Su un pannello di calce storica di dimensioni 35x35cm, utilizzato come sottofondo, (figura 4.1) accuratamente pulito mediante l'uso di un pennello ed inumidito tramite una spugna, è stato applicato a spatola il primo strato di finitura UNIVPM di spessore 1,5mm.



Figura 4.1: Sottofondo di calce storica



Figura 4.2: Applicazione delle spondine di balsa

Prima della stesura, i vari componenti del primo strato di malta (*tabella 4.1*) sono stati pesati con la bilancia e mescolati tramite l'uso di un mixer, fino a raggiungere la consistenza ottimale. Per controllare lo spessore dello strato applicato, il bordo del pannello è stato contornato da spondine di balsa (*figura 4.2*). In seguito, è stato eseguito il primo getto mediante l'uso di una spatola (*figura 4.3.1 e 4.3.2*). Per garantire la giusta umidità, tutta la superficie del primo strato è stata bagnata mediante l'uso di un frattazzo e di una spugna (*figura 4.4*). Il getto completato (*figura 4.5*) è stato coperto grazie ad una pellicola al fine di evitare l'evaporazione di acqua (*figura 4.6*).

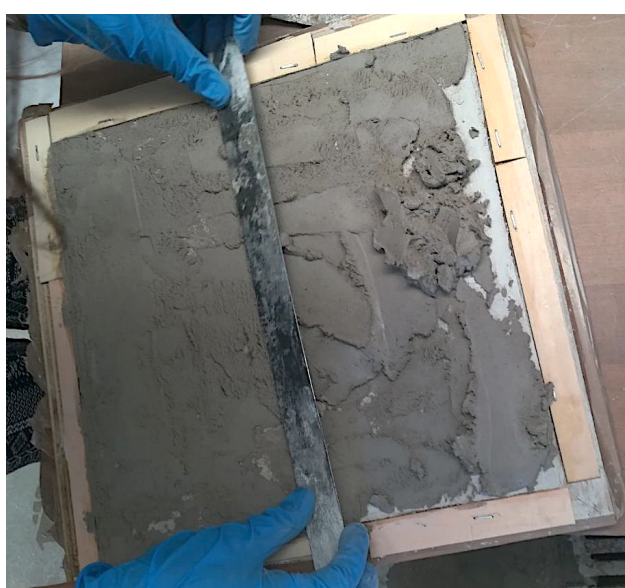


Figura 4.3.1-4.3.2: applicazione a spatola della finitura UNIVPM





Figura 4.4: umidificazione del getto mediante il frattazzo



Figura 4.5: Primo strato di finitura completato



Figura 4.6: Copertura del getto con la pellicola

#### 4.1.2) Risultati

Dopo 1 ora e 30 minuti, sulla superficie del getto si sono manifestati i primi segni di fessurazione, dunque tutta la finitura è stata umidificata nuovamente (*figura 4.7*) mediante l'uso di frattazzo e spugna. Completata l'operazione, tutto il pannello è stato nuovamente chiuso nella pellicola e lasciato stagionare per 24 ore.



Figura 4.7: Getto con primi segni di fessurazione

## 4.2) Cambio modalità di applicazione: applicazione del secondo strato di malta

### 4.2.1) Dati e metodi

Per effettuare la stesura della seconda mano di malta, gli strumenti ed i materiali utilizzati sono gli stessi riportati al paragrafo 4.1. Tuttavia, al fine di aumentare la lavorabilità dell'impasto e di conseguenza agevolare l'operazione di stesura del secondo strato di finitura, sono stati aggiunti ulteriori 11g di acqua (figura 4.8.1 e 4.8.2).

Tabella 4.1: : mix design finitura UNIVPM

VOLUME TOTALE	H2O	BOTTOM ASH	FLY ASH	SILICA GEL	CALCE	ACQUA DA AGGIUNGERE
0,22	105,2	51,5	44,9	44,9	96,1	30,5+11
l	g	g	g	g	g	g



Figura 4.8.1: aggiunta di acqua durante il mescolamento dei materiali



Figura 4.8.2: Impasto dopo l'aggiunta di acqua

#### 4.2.1.1) Procedura

Tutti gli ingredienti sono stati pesati mediante l'uso della bilancia e mescolati insieme grazie ad un mixer ed una cazzuola (figura 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13)



Figura 4.9: Aggiunta di silica gel



Figura 4.10: Pesata della silica gel





Figura 4.11: mescolamento degli ingredienti tramite mixer



Figura 4.12: mescolamento degli ingredienti tramite cazzuola e aggiunta di acqua

Prima dell'applicazione della finitura, il bordo del primo strato di malta è stato nuovamente contornato con delle spondine di balsa per il controllo dello spessore di 1,5 mm (*figura 4.13*). Successivamente la base è stata pulita tramite un pennello ed umidificata leggermente mediante una spugna. Grazie alle spatole è stato infine steso il secondo strato (*figura 4.14*).



Figura 4.13: contornamento del getto con spondine di balsa per il controllo



Figura 4.14: Stesura seconda mano di malta a spatola

Infine, la finitura è stata completata bagnando con delle spugne e il frattazzo la superficie del getto per circa 15 minuti. Ultimata l'operazione, la malta (*figura 4.15*) è stata avvolta con della pellicola per evitare l'evaporazione dell'acqua (*figura 4.16*).



Figura 4.15: secondo strato di finitura precedentemente inumidito con le spugne ed il fratazzo

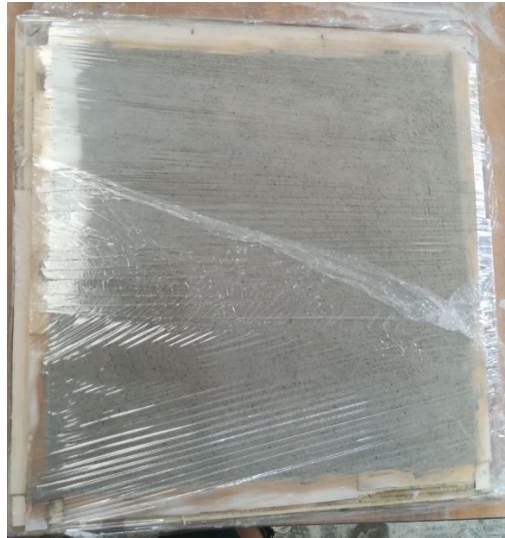


Figura 4.16: Copertura del getto con la pellicola

#### 4.2.2) Risultati

Dopo 1 ora dal getto, la superficie della finitura non presentava segni di fessurazione (*figura 4.17*).



Figura 4.17: Superficie del getto priva di fessure dopo 1 ora dall'applicazione

Dopo 2 ore e 30 dal getto è stata rimossa la pellicola e la finitura è stata nuovamente bagnata mediante l'uso di spugne e fratazzo. La superficie della malta, (*figura 4.18*), è stata ricoperta con un ulteriore strato di pellicola e lasciata stagionare.





Figura 4.18: Getto dopo essere stato bagnato con le spugne ed il frattazzo

Dopo circa 120 ore dal getto, il campione ancora non mostrava segni di fessurazione (*figura 4.19 e 4.20*) dunque è stata tolta la pellicola che lo avvolgeva e si è aspettato ancora un giorno.



Figura 4.19: finitura dopo 120 ore dal getto, priva di fessure



Figura 4.20: Finitura 120 ore dal getto, priva della pellicola

Il giorno successivo, il provino è stato riesaminato e dopo essere stato per 24 ore senza pellicola sono apparse le prime fessure sulla superficie del getto (*figura 4.21 e 4.22*)



Figura 4.21: primi segni di fessurazioni sulla superficie del getto.



Figura 4.22: Dettaglio della fessura

7 giorni dopo la stesura della seconda mano di malta, i segni di fessurazione sulla superficie del getto risultavano essere evidenti. Le fessure interessavano quasi tutta la superficie della malta ad eccezione di un'area in alto a sinistra (*figura 4.23*)



Figura 4.23: Superficie del getto 7 giorni dopo la stesura della seconda mano di malta.

### 4.3) Conclusioni

La malta eseguita con il cambio di modalità di applicazione (2 strati da 1,5mm l'uno) risulta essersi fessurata sia dopo la stesura del primo strato, sia dopo 6 giorni dalla stesura della seconda mano.

La fessurazione della finitura può essere stata causata da diversi fattori, in primis le temperature elevate dell'ambiente esterno (le prove sono state eseguite ad una temperatura esterna di circa 27°C). Inoltre, al fine di migliorare la lavorabilità, è stata aggiunta acqua in più rispetto a quella prevista dal mix design, la quale è risultata eccessiva ed in combinazione con le elevate temperatura ha provocato un elevato ritiro.

Risulta necessario andare ad effettuare un secondo test, mantenendo la modalità di stesura del getto pari a quella descritta nel paragrafo 4.1 e 4.2., ma aggiungendo additivi all'interno dell'impasto.

## 5) Miglioramento del getto per finitura UNIVPM con aggiunta di additivi

### 5.1) Aggiunta di additivi nel getto: applicazione della prima mano di malta

Al fine di evitare la formazione di fessure nella malta UNIVPM sono stati confrontate 5 nuove miscele, aggiungendo nell'impasto diversi tipologie di additivi. Le modalità di applicazione della malta sono le stesse usate per il cambio della modalità di stesura della malta (paragrafo 4.1 e 4.2), ovvero sono stati stesi due strati di malta di altezza 1,5mm l'uno a distanza di 24 ore, senza pellicola che evitasse l'evaporazione dell'acqua, simulando le peggiori condizioni per la messa in opera del getto.

#### 5.1.1) Materiali e metodi

##### 5.1.1.1) Materiali

- Calce (legante)
- Bottom ash (aggregato)
- Silica gel (aggregato)
- Fly ash (aggregato)
- Acqua
- Antiritiro (additivo)
- Cellulosa (additivo)
- Resina (additivo)
- Fluidificante (additivo)
- Aerante (additivo)

##### 5.1.1.2) Mix design

Come per il test per il cambio della modalità di stesura della malta, il peso dei componenti del getto è stato calcolato tenendo presente che il volume totale di ognuno dei due strati di malta da applicare per ciascun getto risulta essere di 0,18L, poiché i sottofondi sono tutti pannelli di dimensioni 35x35 cm e l'altezza di ognuno degli strati di malta da applicare è di 1,5 mm. Il volume totale è stato ancora una volta aumentato del 20% per colmare le perdite di volume che si verificano durante il getto. Di conseguenza, il volume totale effettivo risulta 0,22L.

Ogni getto è stato applicato solo su metà pannello, separando la mezzeria di ogni sottofondo tramite un'asta di legno per controllare la stesura. Di conseguenza, sono stati utilizzati 3 sottofondi di calce storica.

Gli impasti realizzati sono 5 in totale:

- 1- "ALL": contiene tutti gli additivi.



- 2- "A": contiene solo l'antiritiro
- 3- "A-C-R": contiene l'antiritiro, la cellulosa e la resina
- 4- "A-C-F": contiene l'antiritiro, la cellulosa ed il fluidificante
- 5- "A-R-F": contiene l'antiritiro, la resina ed il fluidificante.

Tabella 5.1: mix design finitura UNIVPM primo strato di malta

volume getto		L				
g Effettivi	H2O	BOTTOM ASH	FLY ASH	SILICA GEL	CALCE	H2O aggiunta
g/getto effettivo	g	g	g	g	g	g
ALL	119,16	44,35	38,66	38,66	82,83	27
A	119,16	45,00	39,23	39,23	84,05	16
A-C-R	119,16	44,37	38,68	38,68	82,86	23
A-C-F	119,16	44,68	38,95	38,95	83,44	28
A-R-F	119,16	44,68	38,95	38,95	83,44	17

Tabella 5.2: mix design finitura UNIVPM additivi

	Antiritiro	Cellulosa	Resina	Fluidificante	Areante
	g	g	g	g	g
ALL	1,042	1,459	1,459	0,041	0,041
A	1,042	0	0	0	0
A-C-R	1,042	1,459	1,459	0	0
A-C-F	1,042	1,459	0	0,041	0
A-R-F	1,042	0	1,459	0,041	0

### 5.1.1.3) Procedura

Gli additivi necessari per i getti sono stati pesati in laboratorio mediante l'uso di una bilancia analitica (5 cifre decimali) (*figura 5.1*), mentre tutti gli altri ingredienti sono stati pesati mediante l'uso di una bilancia tecnica con una 1 cifra dopo la virgola.



Figura 5.1: pesata degli additivi con bilancia analitica

Successivamente, i 3 sottofondi di calce storica sono stati puliti mediante l'uso di un pennello e bagnati non a rifiuto con una spugna, al fine di garantire l'adesione tra il pannello di calce (*figura 5.2*) ed il primo strato di finitura. Tutti i perimetri dei pannelli sono stati contornati con delle spondine di balsa al fine di controllare al meglio gli spessori da applicare.



Figura 5.2: sottofondo di calce storica contornato con le spondine di balsa.

Ognuno dei 5 getti è stato realizzato con la medesima procedura. Nessuno dei getti è stato coperto con la pellicola, cercando di simulare le peggiori condizioni possibili per l'evaporazione dell'acqua presente in essi.

### **Getto ALL.**

Gli ingredienti che compongono questa miscela (calce, ceneri volanti, ceneri pesanti, silica gel, acqua, antiritiro, cellulosa, resina, fluidificante, aerante) sono stati mescolati insieme tramite l'uso di un mixer, fino



al raggiungimento della consistenza desiderata (figura 5.3). In particolar modo, per ottenerla, sono stati aggiunti 27 grammi di acqua in più rispetto a quelli previsti nel mix design. Il getto "ALL" è stato eseguito tramite l'uso di una spatola (figura 5.4) e di un frattazzo americano. La superficie del getto (figura 5.5) è stata successivamente inumidita tramite l'uso di una spugna.



Figura 5.3: Consistenza del getto ALL dopo la miscelazione degli ingredienti



Figura 5.4: applicazione della malta mediante la spatola



Figura 5.5: getto ALL dopo la spugnatura

## Getto A

Il getto A, composto da calce, ceneri volanti, ceneri pesanti, silice gel, acqua ed antiritiro è stato miscelato mediante l'uso del mixer (figura 5.6). Per raggiungere la consistenza ideale, sono stati aggiunti 16 grammi di acqua all'impasto. Il getto è stato eseguito grazie ad una spatola ed un frattazzo americano (figura 5.7). In seguito, la superficie della malta è stata bagnata con una spugna (figura 5.8).



Figura 5.6: Miscelazione dell'impasto A.



Figura 5.7: applicazione malta A



Figura 5.8: getto A



### Getto A-C-R

Gli ingredienti di questo getto (bottom ash, fly ash, calce, silica gel, antiritiro, cellulosa, resina) sono stati amalgamati con il mixer (*figura 5.9*) aggiungendo 23 grammi di acqua in più rispetto a quelli previsti inizialmente. Grazie alla spatola (*figura 5.10*) ed al frattazzo americano, il getto (*figura 5.11*) è stato steso e bagnato con una spugna.



Figura 5.9: miscelazione getto ACR



Figura 5.10: stesura del getto ACR mediante spatola



Figura 5.11: Getto ACR

### **Getto A-C-F**

I componenti del getto (calce, fly ash, bottom ash, silica gel, antiritiro, cellulosa, fluidificante, più 28 grammi di acqua aggiuntiva rispetto al mix design) previa miscelazione, sono stati applicati sul supporto di calce storica mediante spatola (*figura 5.13*) e frattazzo americano, uniformemente inumiditi tramite spugna.



Figura 5.12: miscelazione degli ingredienti con il mixer



Figura 5.13: stesura a spatola malta ACF



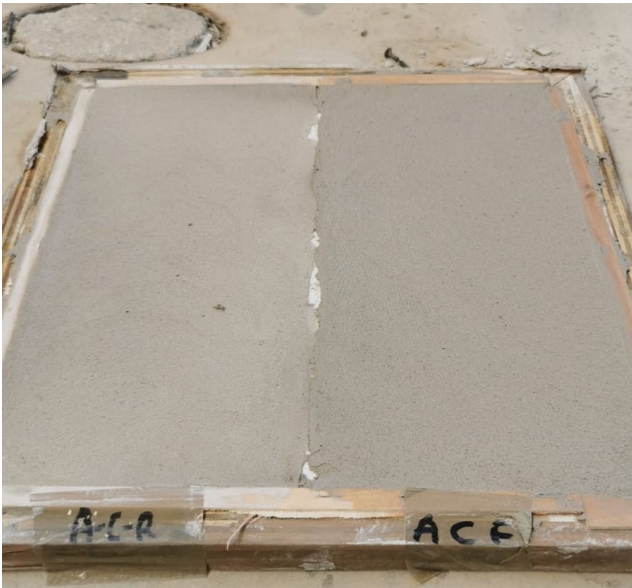


Figura 5.14: getto ACF

### **Getto A-R-F**

Anche questa volta, il getto A-R-F (calce, ceneri volanti, ceneri pesanti, silica gel, antiritiro, resina e fluidificante) è stato applicato sul sottofondo di calce previa miscelazione degli ingredienti mediante il mixer (figura 5.15) ed aggiunta di 17 grammi di acqua. La stesura è avvenuta a spatola, con l'aiuto del frattazzo.



Figura 5.15: getto ARF dopo miscelazione.

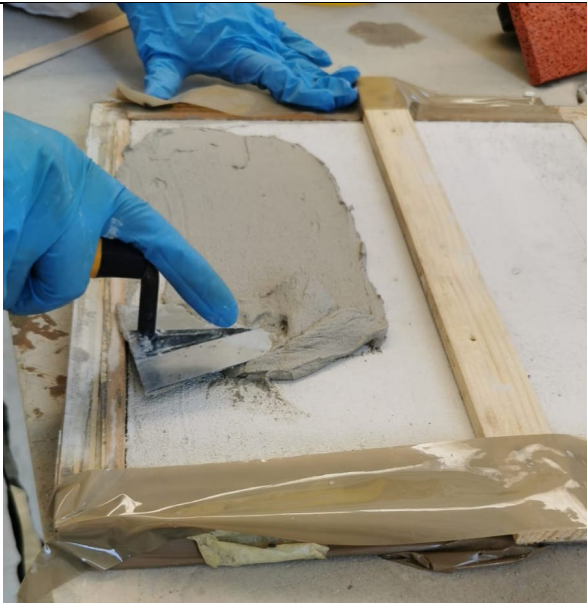


Figura 5.16: stesura della malta ARF a spatola



Figura 5.17: getto ARF

**Confronto tra la lavorabilità degli impasti**

	<b>LAVORABILITA'</b>
 <p data-bbox="165 1624 300 1653">GETTO ALL</p>	<p data-bbox="826 1003 1444 1523">Il getto ALL possiede una buona lavorabilità. Infatti, la presenza dell'additivo fluidificante conferisce proprietà deflocculanti alla malta, che in combinazione con l'additivo aerante (che riduce la densità dell'impasto), l'antiritiro, la cellulosa e la resina, migliora la stesura del getto, che risulta di conseguenza essere facilmente lavorabile. Ad occhio nudo, non risultano essere presenti delle fessure subito dopo l'applicazione della finitura a spatola.</p>



GETTO A

La sola presenza dell'additivo antiritiro, che aggiunto come ingrediente nell'impasto della malta tende a far diminuire l'entità del ritiro, non migliora la lavorabilità dell'impasto. Difatti, durante l'operazione di stesura del getto, per garantire una perfetta aderenza con il supporto, è stato necessario insistere più volte con la spatola ed il frattazzo americano sulla sua superficie, dato si verificava spesso l'asportazione di materiale.



GETTO ACR

Anche in questo caso, l'assenza dell'additivo fluidificante non garantiva la perfetta lavorabilità del getto. Inoltre, la presenza della cellulosa e della resina combinate insieme hanno reso i granuli dell'impasto agglomerati (dettaglio dei coaguli in *figura getto ACR*), influenzando negativamente la stesura del getto.





GETTO ACF

La combinazione di antiritiro, cellulosa e fluidificante ha conferito al getto una buona lavorabilità. Durante l'applicazione a spatola, infatti, non si sono manifestate fessure e la malta non ha opposto resistenza alla stesura.



GETTO ARF

Il getto ARF dispone di una lavorabilità piuttosto bassa. Infatti, una volta che tutti gli ingredienti del getto sono stati mescolati tra di loro, l'acqua non riusciva ad amalgamarsi insieme agli altri componenti, formando una patina sulla superficie della miscela. Di conseguenza, la stesura del getto è stata implementata utilizzando una spugna imbevuta di acqua per facilitare la stesura.



### Getti conclusi

Due ore dopo il primo getto, le malte hanno già lasciato evaporare un importante quantitativo di acqua, dovuto all'assenza di pellicola di rivestimento ed alle elevate temperature dell'ambiente esterno ( $T = 30^{\circ}\text{C}$ , circa).

Il getto A presentava sulla sua superficie i primi segni di fessurazione, dunque tutte le malte sono state bagnate nuovamente con una spugna e lasciate stagionare (figura 5.18).



Figura 5.18: da sinistra verso destra getto ALL, A, ACR, ACF, ARF.

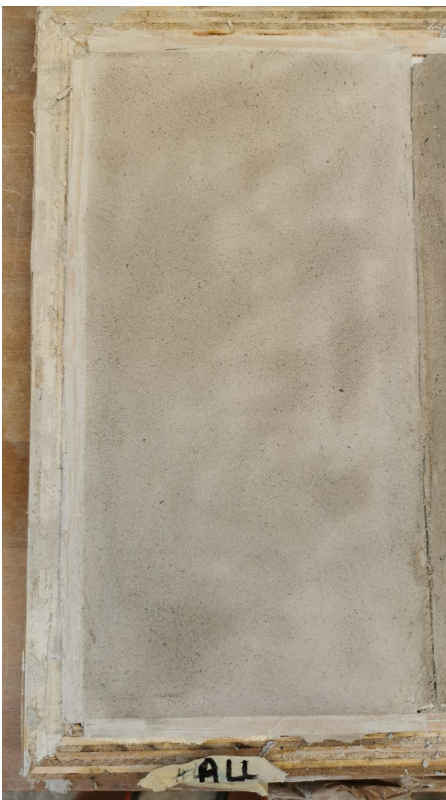


Figura 5.19: dettaglio getto ALL

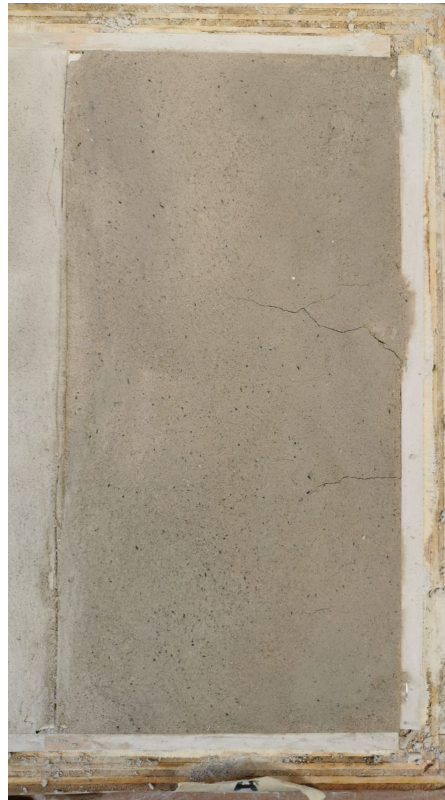


Figura 5.20: dettaglio getto A



Figura 5.21: dettaglio getto ACR



Figura 5.22: dettaglio getto ACF

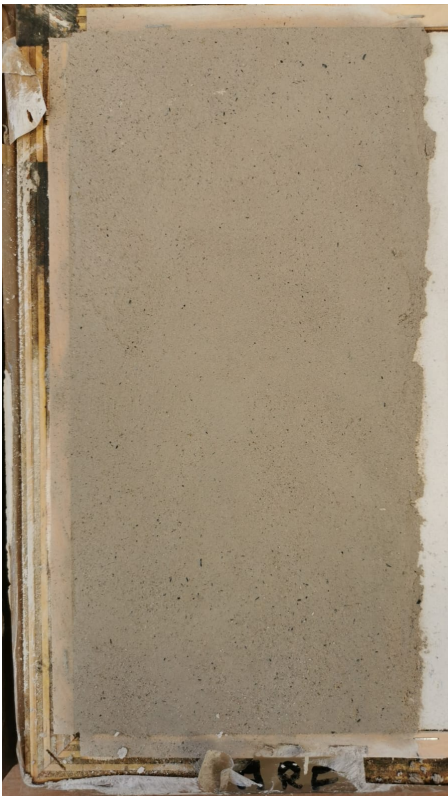


Figura 5.23: dettaglio getto ARF



### 5.1.1) Risultati

Dopo 24 ore dal getto, anche sulla superficie della malta ARF sono comparsi i primi segni di fessurazione (figura 5.24). Le fessure della malta A risultano essere ancora più accentuate (figura 5.25). I getti ALL e ACF presentano al contrario una superficie priva di fessure.



Figura 5.24: getto ARF con presenza di fessurazioni sulla superficie



Figura 5.25: fessure sulla malta A



Figura 5.26: Getti ALL, A, ACR, ACF, ARF dopo 24 ore

## 5.2) Aggiunta di additivi nel getto: applicazione della seconda mano di malta

### 5.2.1) Materiali e metodi

Per eseguire la seconda mano di malta, sono stati impiegati gli stessi materiali dei getti ALL, A, ACR, ACF e ARF (*paragrafo 5.1.1*). Ciò nonostante, il quantitativo di acqua aggiuntiva rispetto a quella prevista dal mix design è stato variato rispetto a quello utilizzato per i primi getti.

volume getto		L				
g Effettivi	H2O	BOTTOM ASH	FLY ASH	SILICA GEL	CALCE	H2O aggiunta
g/getto effettivo	g	g	g	g	g	g
ALL	119,16	44,35	38,66	38,66	82,83	29
A	119,16	45,00	39,23	39,23	84,05	16
A-C-R	119,16	44,37	38,68	38,68	82,86	27
A-C-F	119,16	44,68	38,95	38,95	83,44	30
A-R-F	119,16	44,68	38,95	38,95	83,44	18

Tabella 5.3: mix design finitura UNIVPM secondo strato di malta

	Antiritiro	Cellulosa	Resina	Fluidificante	Aerante
	g	G	g	g	g
ALL	1,042	1,459	1,459	0,041	0,041
A	1,042	0	0	0	0
A-C-R	1,042	1,459	1,459	0	0
A-C-F	1,042	1,459	0	0,041	0
A-R-F	1,042	0	1,459	0,041	0

Tabella 5.4: mix design finitura UNIVPM additivi

#### 5.2.1.1) Procedura

Le procedure impiegate per i getti sono le stesse descritte al *paragrafo 5.1.1*. Di seguito viene riportato un riassunto delle principali operazioni svolte.

Gli additivi utilizzati nel secondo getto (antiritiro, cellulosa, resina, fluidificante, aerante) sono stati pesati in laboratorio mediante una bilancia con precisione di cinque cifre decimali. I leganti, gli aggregati e l'acqua sono stati pesati mediante una bilancia con precisione una cifra decimale dopo la virgola.

Gli strati di malta gettati il giorno precedente sono stati bagnati mediante una spugna ed un frattazzo per garantire l'adesione con il secondo strato di malta. Tutti gli ingredienti delle miscele sono stati mescolati tra

di loro per 5 minuti mediante l'uso di un mixer ed una spatola. Una volta raggiunte le consistenze ottimali, i getti sono stati eseguiti mediante una spatola ed un frattazzo americano. Successivamente, il primo strato di malta è stato umidificato mediante spugne e frattazzo per circa 15 minuti. Una volta terminati tutti i getti, questi sono stati bagnati nuovamente per evitare la repentina evaporazione di acqua. Nessun getto è stato coperto con la pellicola. In figura vengono riportate le foto relative ad ogni getto.

### **Getto ALL**



Figura 5.27: miscelazione mediante mixer getto ALL



Figura 5.28: stesura a spatola getto ALL





Figura 5.29: seconda mano di malta getto ALL

### **Getto A**



Figura 5.30: getto A post miscelazione



Figura 5.31: stesura a spatola seconda mano della malta A



Figura 5.32: malta A prima della bagnatura

### **Getto ACR**



Figura 5.33: miscelazione malta ACR



Figura 5.34: malta ACR prima dell'umidificazione





Figura 5.35: getto ACR post spugnatura

### **Getto ACF**



Figura 5.36: stesura a spatola getto ACF.



Figura 5.37: getto ACF concluso



## Getto ARF



Figura 5.38: primo strato del getto ARF prima dell'applicazione della seconda mano, dettaglio della non uniformità della bagnatura



Fig. 5.39: applicazione a spatola del secondo strato di malta ARF



Figura 5.40: getto ARF spugnato. A destra dell'immagine dettaglio della difficoltà di stesura uniforme dalla malta



Figura 5.41: getti dopo la seconda spugnatura

## 5.2.2) Risultati

Dopo 24 ore dai getti, le malte ALL e ACF non presentano ancora segni di fessurazioni sulla loro superficie.



Figura 5.42: getti dopo 24h



Figura 5.43: getto ALL



Figura 5.44: getto A





Figura 5.45: getto ACR



Figura 5.46: getto ACF



Figura 5.47: getto ARF

Il giorno successivo le fessure sulle superfici dei getti A ed ARF risultano essere ancora più accentuate (fig. 5.48)



Figura 5.48: malte ALL, A, ACR, ACF, ARF dopo 2 giorni dalla stesura della seconda mano di malta.

### 5.3) Conclusioni

Nella tabella in figura 3 vengono riassunti la lavorabilità e la presenza di fessurazioni riscontrati nei getti.

GETTO	LAVORABILITA'	FESSURAZIONE		
		2 ORE DAL 1°GETTO	24 ORE DAL 1°GETTO	24 ORE DAL 2° GETTO
ALL	X			
A		X	X	X
ACR				X
ACF	X			
ARF			X	X

Tabella 5.5: lavorabilità e fessurazioni getti ALL, A, ACR, ACF, ARF

I getti aventi una migliore lavorabilità sono ALL ed ACF, entrambi contenenti l'additivo fluidificante e la cellulosa. Questi due getti, inoltre, sono gli unici dove non sono stati riscontrati segni di fessurazioni né durante la stagionatura della prima mano di malta, né nell'applicazione del secondo strato. Di conseguenza, a parità di lavorabilità ed assenza di ritiro, è stato selezionato il getto ACF come finitura da applicare sui sottofondi commerciali, al fine di eseguite con tali provini le prove di conducibilità termica, riflettanza ed emittanza, nonché la successiva sperimentazione su scala pilota.

## 6) Preparazione campioni per prove di riflettanza, emissività ed adsorbimento

### 6.1) Preparazione del sottofondo

#### 6.1.1) Materiali e metodi

##### 6.1.1.1) Materiali

- Calce storica
- Argacem

##### 6.1.1.2) Procedura

I casseri impiegati (5x5cm) per i getti sono stati puliti mediante l'uso di un pennello e di una spatola per eliminare i residui di polveri contenuti. In seguito, la calce storica è stata applicata a spatola su tre casseri, così come l'argacem è stato applicato sui restanti tre casseri a spatola. Tutti e sei i getti sono infine stati bagnati e lisciati mediante l'uso di una spugna per ottenere la finitura finale. I campioni sono successivamente stati coperti con una pellicola e lasciati stagionare per 10 giorni.

### 6.2) Applicazione fissativo e limepaint

#### 6.2.1) Materiali e metodi

##### 6.2.1.1) Materiali

- Fissativo D20
- Limepaint

##### 6.2.1.2) Metodi

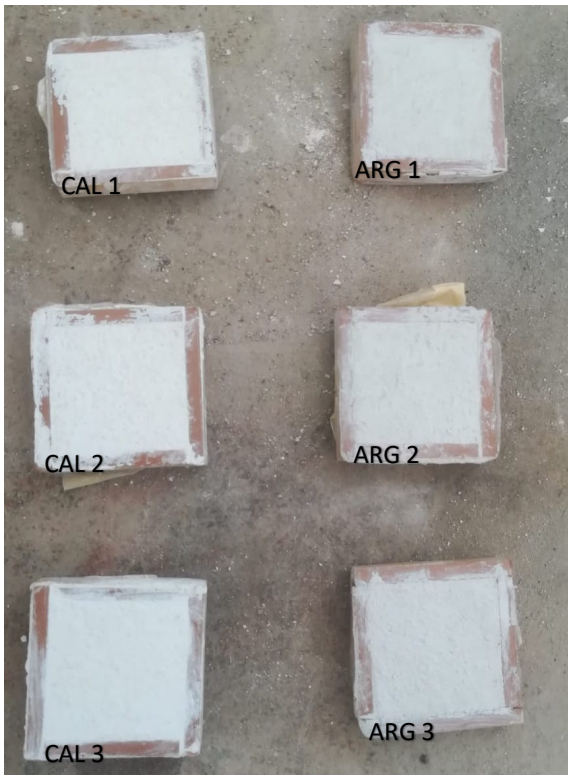
La resa del fissativo D20 da applicare risulta dalla scheda tecnica pari a  $0,15 \text{ l/m}^2$ . Ognuna delle superfici dei getti presenta un'area pari a  $25 \text{ cm}^2$ . Avendo il fissativo una densità pari a  $1 \text{ g/cm}^3$ , la quantità di D20 da applicare su ognuna delle malte è di circa 0,3 grammi per ciascun provino.

Analogamente, la resa della limepaint dalla scheda tecnica risulta pari a  $0,35 \text{ kg/m}^2$ , dunque il quantitativo da applicare su ognuno dei sottofondi risulta pari a 0,88 grammi (0,4 grammi per ognuna delle due applicazioni).



### 6.2.1.3) Procedura

I provini quadrati di calce storica ed argacem (*figura 6.1*) sono stati pesati per la valutazione del quantitativo di fissativo e di limepaint da applicare.



*Figura 6.1: Sottofondi di calce storica e argacem prima dell'applicazione del fissativo*

*Tabella 6.1: peso dei provini di calce storica prima dell'applicazione del fissativo*

CALCE STORICA	
provino	peso [g]
1	24,5
2	23,9
3	25,2

*Tabella 6.2: peso dei provini di argacem prima dell'applicazione del fissativo*

ARGACEM	
provino	peso [g]
1	22,0
2	22,3
3	21,1

Il fissativo è stato applicato tramite un rullo per intonaco (figura 6.2). Prima dell'applicazione, ognuna delle malte è stata pulita con un pennello. Dopo la stesura del fissativo, ognuno dei provini è stato nuovamente pesato per controllare se il peso di ognuno di questi fosse effettivamente aumentato di 0,3g.



Figura 6.2: applicazione del fissativo mediante rullo

Tabella 6.3: peso dei provini di calce storica dopo l'applicazione del fissativo D20

CALCE STORICA	
provino	peso [g]
1	24,8
2	24,2
3	25,5

Tabella 6.4: peso dei provini di argacem dopo l'applicazione del fissativo 20

ARGACEM	
provino	peso [g]
1	22,3
2	22,6
3	21,4

Il giorno successivo, i campioni sono stati nuovamente pesati per regolare l'applicazione della limepaint, dato che le sostanze volatili presenti all'interno del fissativo nelle 24 ore sono evaporativi e, di conseguenza, i provini hanno perso parte del loro peso. La limepaint è stata successivamente stesa in due strati da 0,4 g ad incrocio.

Tabella 6.5: peso dei campioni di calce storica dopo 24 ore dall'applicazione del fissativo, prima della stesura della limepaint.

CALCE STORICA	
provino	peso [g]
1	24,8
2	24
3	25,4

Tabella 6.6: peso dei campioni di argacem dopo 24 ore dall'applicazione del fissativo, prima della stesura della limepaint.

ARGACEM	
provino	peso [g]
1	22,2
2	22,5
3	21,3

Tabella 6.7: peso dei provini di calce storica dopo l'applicazione della prima mano di limepaint

CALCE STORICA	
provino	peso [g]
1	25,2
2	24,4
3	25,8

Tabella 6.8: peso dei provini di argacem dopo l'applicazione della prima mano di limepaint

ARGACEM	
provino	peso [g]
1	22,6
2	22,9
3	21,7

Non appena la prima mano di limepaint si è asciugata (dopo 2 ore dall'applicazione della prima mano), i provini sono stati pesati per l'applicazione dei rimanenti 0,4 g di pittura. Parte della limepaint è infatti evaporata ed i campioni hanno perso da 1 a 2 grammi di peso.

Tabella 6.9: peso delle malte di calce storica dopo 2 ore dall'applicazione della prima mano di limepaint.

CALCE STORICA	
provino	peso [g]
1	25,0
2	24,3
3	25,7

Tabella 6.10: peso delle malte di argacem dopo 2 ore dall'applicazione della prima mano di limepaint.

ARGACEM	
provino	peso [g]
1	22,5
2	22,8
3	21,5

Il peso finale dei campioni subito dopo l'applicazione della seconda mano di limepaint è di seguito descritto in *tabella 6.11 e 6.12*.

Tabella 6.11: peso dei provini di calce storica subito dopo l'applicazione della seconda mano di limepaint

CALCE STORICA	
provino	peso [g]
1	25,4
2	24,7
3	26,1

Tabella 6.12: peso dei provini di argacem subito dopo l'applicazione della seconda mano di limepaint

ARGACEM	
provino	peso [g]
1	22,9
2	23,2
3	21,9

## 7) Prova di emittanza

L'emissometro (*figura 7.1*) è uno strumento che permette di misurare l'**emissività** di un corpo, ovvero la **frazione di energia irradiata da quel materiale rispetto all'energia irradiata da un corpo nero che sia alla stessa temperatura**. [16]

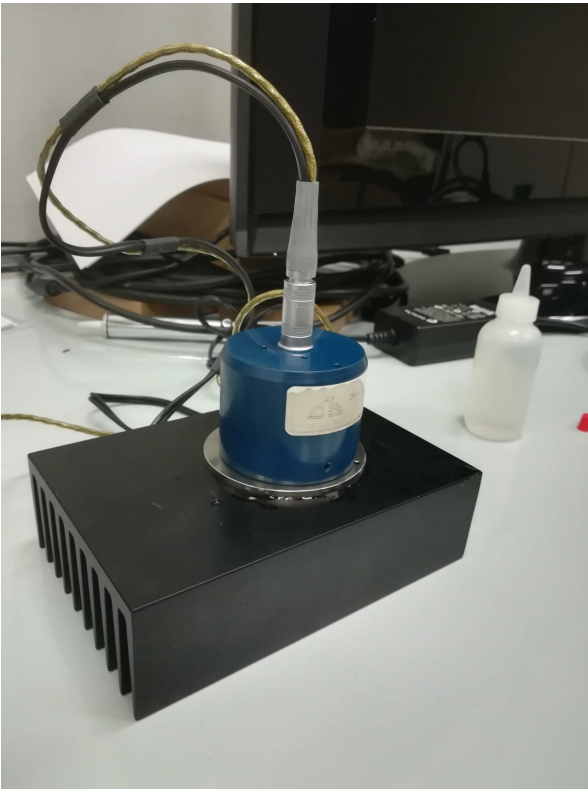


Figura 7.1: Emissometro

### 7.1) Componenti dell'emissometro

Lo strumento è composto da:

- alimentazione
- un voltmetro (display) per l'acquisizione dei dati. Grazie a questo, è possibile leggere l'uscita "variable" ovvero il valore di emissività di un corpo, elaborata direttamente dallo strumento
- Una sonda che trasmette calore al provino alla temperatura di 65°. La sonda acquisisce anche il valore di emissività del corpo
- Un radiatore sul quale si appoggiano i provini standard, capace di rendere il calore emesso dalla sonda uniforme sulla loro superficie. In questo modo, i campioni standard risulteranno avere una temperatura costante su tutta la sua superficie
- Un adattatore per provini aventi bassa conducibilità termica. L'adattatore può essere implementato con un tubo flessibile di collegamento, ideale per le superfici non planari.



*Figura 7.2: sonda e radiatore*



*Figura 7.3: dettaglio della sonda*



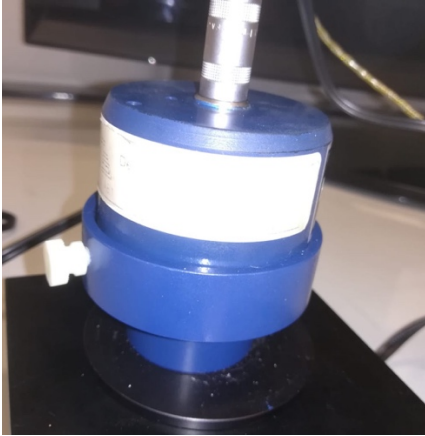


Figura 7.4: adattatore per campioni a bassa conducibilità termica.



Figura 7.5: tubo flessibile per superfici non omogenee

## 7.2) Tipologie di campioni utilizzati

I campioni (diametro 8 cm) sottoposti alla prova di emittanza sono di seguito elencati:

- C
- C+L
- C+UNI
- C+UNIT1
- C+UNIT2
- D
- D+A+L
- D+UNI
- D+UNIT1
- D+UNIT2
- L

La limepaint applicata sul provino "L" è stata applicata a rullo in due strati ad incrocio.



Figura 7.6: campioni impiegati nella prova di emittanza



Figura 7.7: campioni impiegati nella prova, vista dall'alto



Figura 7.8: provino di limepaint su sottofondo di alluminio

### 7.3) Procedimento

Prima di procedere con la misurazione dell'emissività dei provini, tutti i campioni sono stati puliti con aria compressa. Successivamente, è stata collegata la sonda all'alimentazione. La sonda necessita infatti di essere riscaldata per 30 minuti per giungere alla temperatura di 65°C. Una volta raggiunta tale temperatura, l'emissometro deve essere calibrato. Per la calibrazione, è necessario misurare il valore di emittanza di due provini standard, ovvero di un provino con alta emissività  $\epsilon=0,87$ , assimilabile ad un corpo nero ( $\epsilon=1$  per un corpo nero), ed un provino basso emissivo con  $\epsilon=0,05$ . Qualunque oggetto reale, o corpo grigio, ha un valore di emissività compreso tra 0 e 1. Il provino con bassa emissività è capace di riflettere tutte le onde incidenti, infatti il calore che incide sul corpo viene tutto riflesso. La temperatura del provino risulterà di conseguenza più fredda rispetto a quella del provino con  $\epsilon = 0,87$ . La calibrazione dei provini di riferimento deve essere effettuata finché il valore letto sul display non risulta uguale a  $\epsilon=0,87$  per il provino alto emissivo ed  $\epsilon=0,05$  per il provino basso emissivo. Se dopo 5 misurazioni il valore non risulta essere accurato (con una tolleranza

di  $\pm 0,01$ ), bisogna intervenire sull'offset, ruotando sul lato del voltmetro una vite con un giravite, calibrando i campioni di riferimento con il loro effettivo valore di emissività. Una volta verificato l'offset, si può iniziare con la misurazione dei provini. Per migliorare l'accuratezza della misura, si può porre una goccia di acqua distillata tra il radiatore e la superficie inferiore del provino.

Ogni provino è stato sottoposto alla prova di emittanza per 2 volte consecutive, una volta utilizzando solamente l'adattatore (*figura 7.10*), una volta ponendo tra l'adattatore ed il provino il tubo flessibile (*figura 7.11*), con un intervallo di 1 minuto tra una misurazione e la successiva. Il tubo flessibile, durante l'esecuzione della prova, deve sempre poggiare perfettamente sul provino. Di conseguenza, è necessario comprimere manualmente la sonda fino a toccare con la basetta la superficie del provino. Dopo la misurazione di ciascun campione, sono stati nuovamente sottoposti alla prova i campioni standard con  $\epsilon=0,87$  e  $\epsilon=0,05$ , per verificare che lo strumento fosse sempre calibrato in maniera corretta.



Figura 7.9: retro dei campioni di riferimento

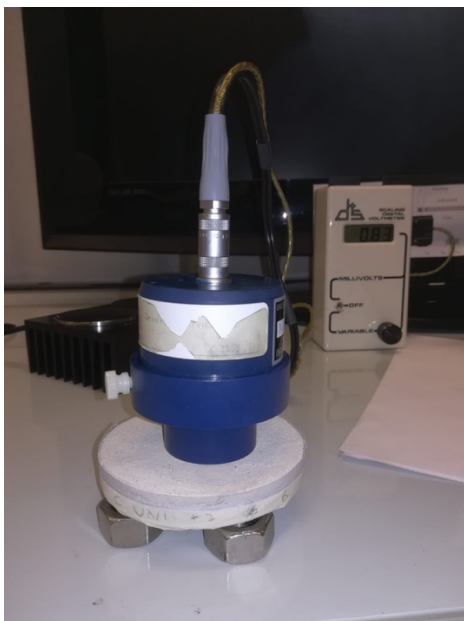


Figura 7.10: misura dell'emissività con adattatore poggiato direttamente sul provino

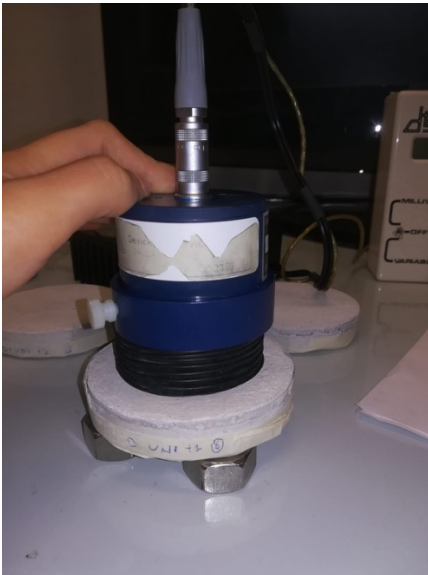


Figura 7.11: misura dell'emissività con tubo flessibile interposto tra il provino e l'adattatore

#### 7.4) Risultati

<b>campione</b>	<b><math>\epsilon_1</math> (solo adattatore) [-]</b>	<b><math>\epsilon_2</math> (adattatore+tubo flessibile) [-]</b>	<b><math>\epsilon</math> medio [-]</b>
L	0,85	0,84	0,85
C	0,92	0,9	0,91
C+L	0,88	0,89	0,89
C+UNI	0,89	0,89	0,89
C+UNI T1	0,89	0,89	0,89
C+UNI T2	0,88	0,9	0,89
D	0,87	0,89	0,88
D+A+L	0,86	0,87	0,87
D+UNI	0,89	0,89	0,89
D+UNI T1	0,87	0,89	0,88
D+UNIT2	0,9	0,88	0,89

Figura 7.12: risultati prova di emissività



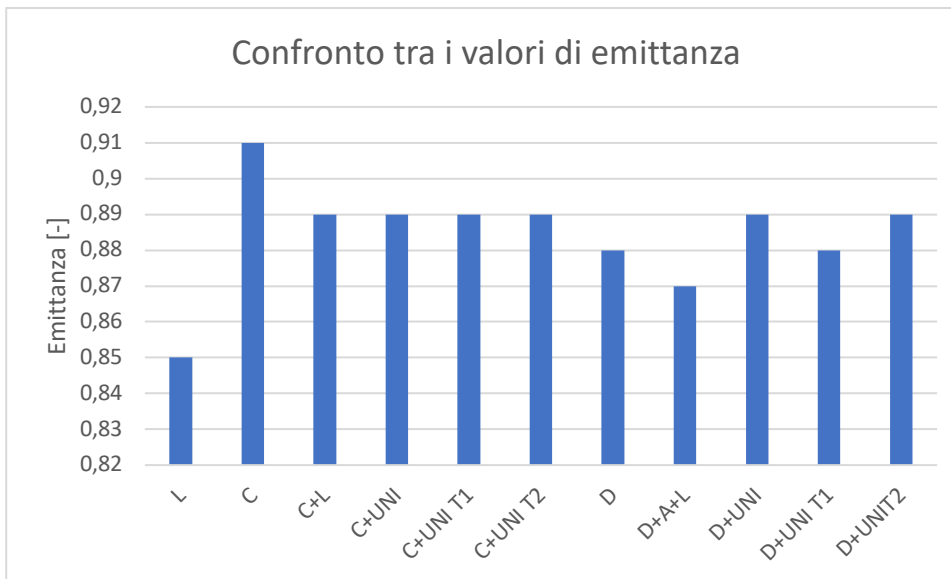


Figura 7.13: confronto tra i valori di emittanza

## 7.5) Considerazioni

I valori di emissività, i quali oscillano intorno al valore 0,88 per tutti i provini analizzati, mostrano l'elevata capacità di tutte le malte di irradiare l'energia posseduta.

La presenza di sottofondi eterogenei, quali calce e diathonite, non ha influenzato la misura dell'emissività della finitura innovativa. Difatti, i campioni C+UNI e D+UNI presentano un  $\Delta=0$  nel valore dell'emissività media, i campioni D+UNI T1 e C+UNI T1 un  $\Delta=0,01$  e i provini D+UNI T2 e C+UNI T2 un  $\Delta=0$ . Tuttavia, l'emissività è un parametro superficiale e dipende anche dalla rugosità superficiale. Il sottofondo influenza la rugosità superficiale del provino e quindi dove tale rugosità è minore mi aspetto emissività minori. Infatti, il provino di limepaint, L, ha minore capacità di emettere energia termica rispetto ai campioni impiegati nella prova, essendo stato posto in opera su di una superficie liscia come l'alluminio.

Rispetto al pacchetto commerciale D+A+L, le finiture D+UNI e D+UNI T1 presentano un valore di emittanza più elevato del 2%, mentre la finitura UNI applicata sul sottofondo di calce, presenta lo stesso valore ( $\epsilon=0,89$ ) del pacchetto commerciale C+L.

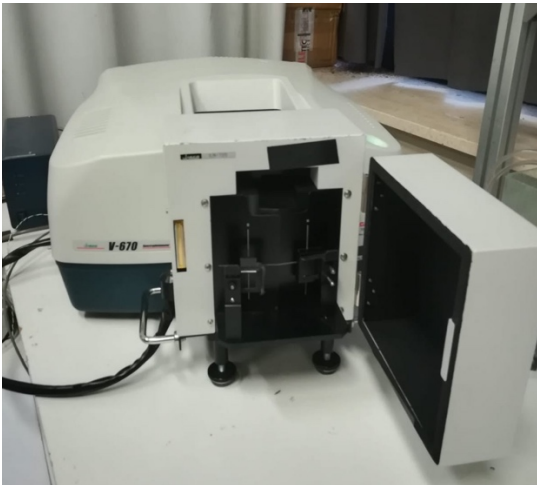
Inoltre, la presenza del tubo flessibile non influisce in maniera significativa sul valore dell'emittanza dei provini. I 2 valori di emissività misurati rispettivamente con solo adattatore ed adattatore combinato con tubo flessibile, si discostano poco tra di loro come nel caso del provino D.

## 8) Prova di riflettanza

### 8.1) Principio di funzionamento

La prova di **riflettanza** consente di valutare la **capacità dei campioni di riflettere la luce monocromatica**.

La prova viene eseguita mediante uno spettroscopio (*figura 8.1*), il quale consente di misurare gli spettri di riflessione dei campioni. Lo spettrofotometro permette di ottenere un grafico per ogni campione analizzato nel quale viene indicato quanto ogni campione riflette ad ogni lunghezza d'onda.



*Figura 8.1: spettrofotometro*

Il principio di misura consiste nella generazione di luce monocromatica che viene divisa in 2 fasci inviati rispettivamente al campione ed al riferimento.

Lo strumento è in grado di coprire un range spettrale dall'UV al vicino infrarosso: 280-2700nm.

Per la misura della riflessione lo spettrofotometro viene integrato con una sfera integratrice.

La componente principale dello spettrofotometro è il monocromatore:

- 1) La luce generata dalla sorgente (policromatica) entra attraverso la fenditura e viene collimata attraverso il reticolo di diffrazione
- 2) Il reticolo separa le componenti spettrali dalla luce incidente ad angoli differenti
- 3) La luce dispersa viene focalizzata verso la fenditura in uscita che seleziona una "sola" lunghezza d'onda (in realtà viene selezionata una banda passante che dipende dalla larghezza della fenditura e da altri fattori non modificabili come la lunghezza focale o le caratteristiche del reticolo di diffrazione).

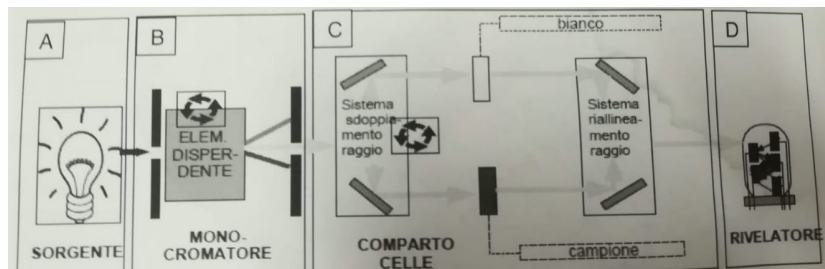


Figura 8.2: principio di funzionamento dello spettrofotometro

## 8.2) Tipologie di campioni utilizzati

I campioni sottoposti alla prova di riflettanza (4x4cm) sono di seguito elencati:

- UNIVPM 1
- UNIVPM 2 (copia di UNIVPM 1)
- A+L 1
- A+L 2 (copia di A+L 1)
- C+L 1
- C+L 2 (copia di C+L1)
- UNI T1 1
- UNI T1 2 (copia di UNI T1)
- UNI T2 1

il campione UNI T2 1 è stato due volte sottoposto alla prova.



Figura 8.3: campione C+L 1 e C+L 2



Figura 8.4: Campione A+L 1 e A+L2



Figura 8.5: Campione UNIVPM 1

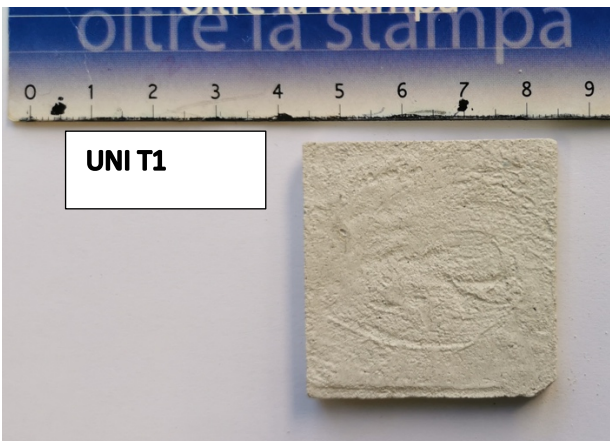


Figura 8.6: Campione UNI T1 1

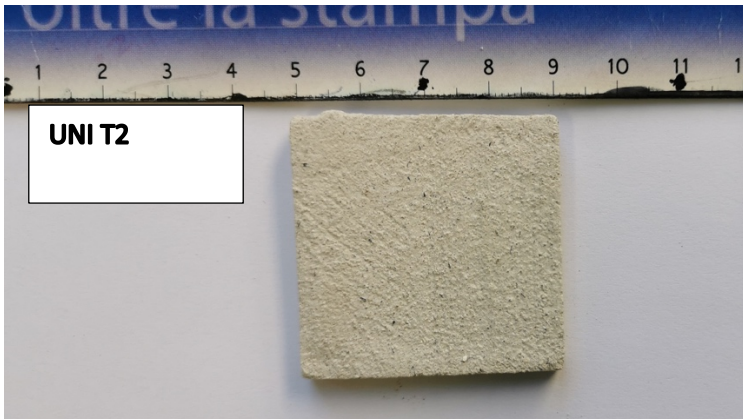


Figura 8.7: Campione UNI T2 1

### 8.3) Procedimento

Prima di cominciare la misura della riflettanza con lo spettrofotometro, tutti i campioni sono stati puliti mediante un pennello ed aria compressa. In seguito, è stata effettuata la calibrazione del macchinario tramite una pastiglia di Spectralon (materiale altamente diffusivo) (figura 8.8).



Figura 8.8: pastiglia di Spectralon

#### 1- Misura della dark

La prima misura da eseguire consente di valutare la risposta del sistema ad un ingresso nullo (dark) ed equivale dunque a misurare il rumore di fondo dello strumento (legato, oltre che alle caratteristiche del sensore, anche all'ingresso di luce all'interno del sistema). La misura della dark viene eseguita utilizzando come raggio di riferimento la pastiglia di Spectralon.

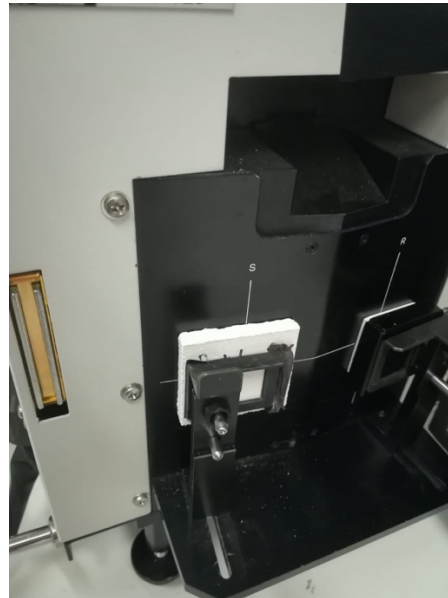
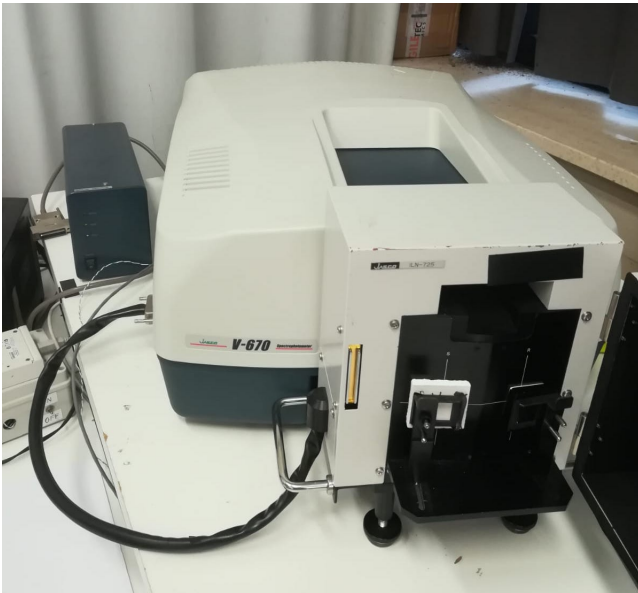


## 2- Misura della baseline

La misura della baseline consente di valutare la risposta del sistema ad un ingresso massimo (100%). Questa misura viene eseguita utilizzando come raggio di riferimento la pastiglia Spectralon.

## 3- Misura del campione

Una volta calibrato lo spettrofotometro con la misura della dark e della baseline, i campioni sono stati inseriti uno alla volta all'interno del macchinario (*figura 8.9 e 8.10*) che è stato successivamente chiuso. La durata della prova per ciascun campione è di circa 7 minuti. Sul monitor del computer collegato allo spettrofotometro sono stati in seguito elaborati gli spettri di riflessione dei campioni, insieme con i valori di riflettanza associata a ciascuna lunghezza d'onda del campione. Il passo impiegato nella prova è di 0,5 nm, con lunghezze d'onda che partono da 280 fino a 2700nm. Dallo spettro di riflessione è dunque possibile ricavare gli indici di riflessione solare, relativi all'UV, al visibile ed all'infrarosso.



*Figura 8.9: dettaglio del campione inserito nello spettrofotometro. Figura 8.10: campione inserito nello spettrofotometro*

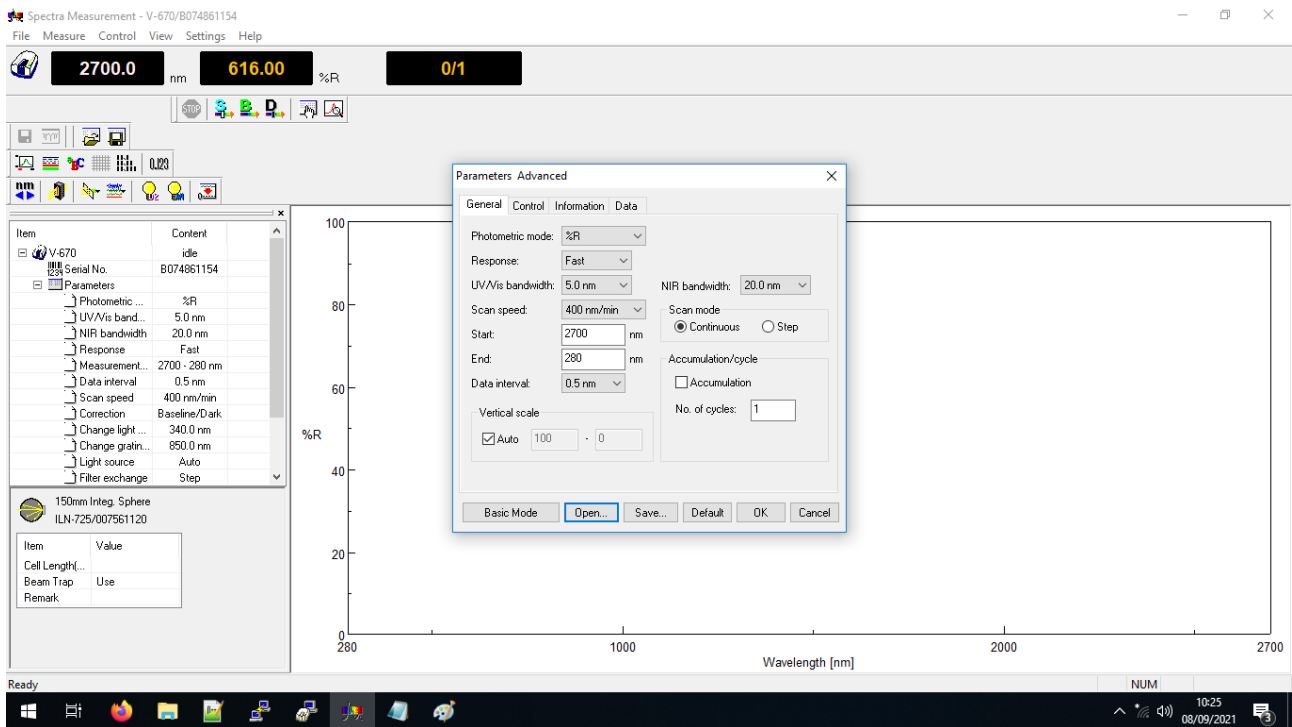


Figura 8.11: Parametri impiegati nella prova

## 8.4) Risultati

Dallo spettrofotometro sono stati ricavati i valori della % di riflettanza dei provini per ogni lunghezza d'onda. Graficando i dati ottenuti sono emersi i seguenti risultati.

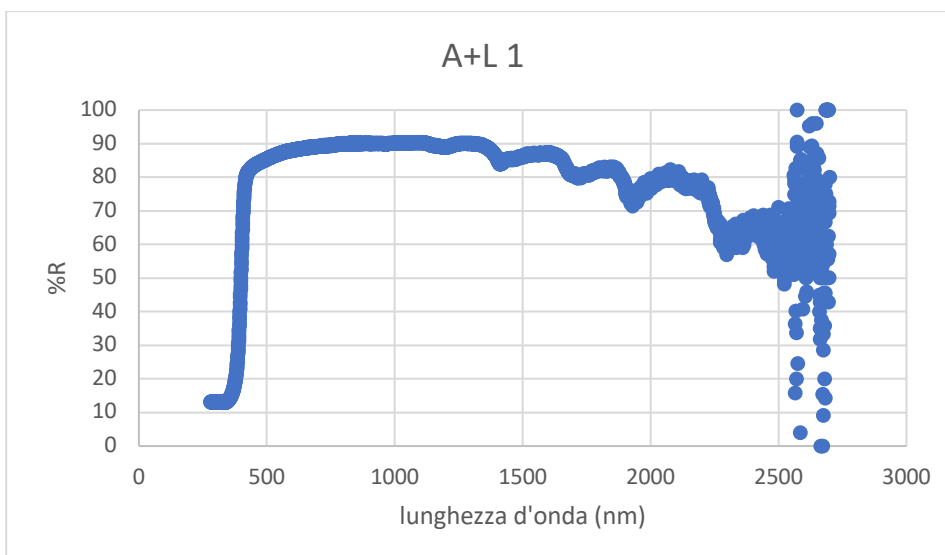


Figura 8.12: grafico A+L1

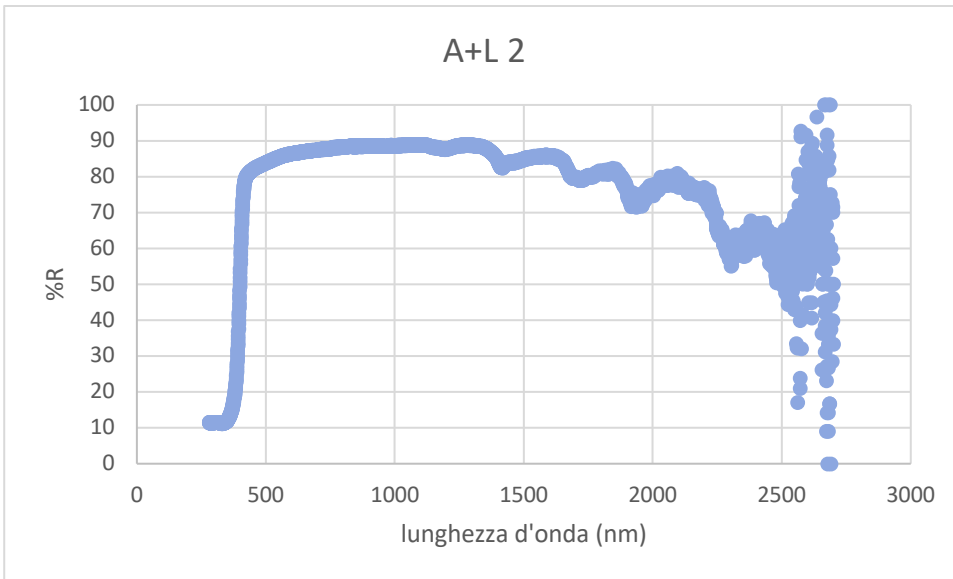


Figura 8.13: Grafico A+L 2

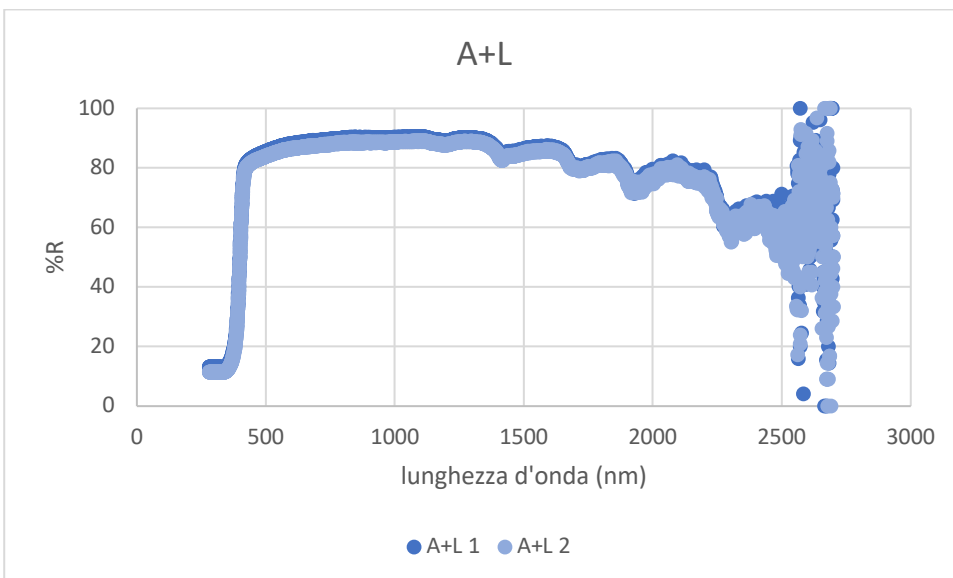


Figura 8.14: Confronto tra i grafici A+L

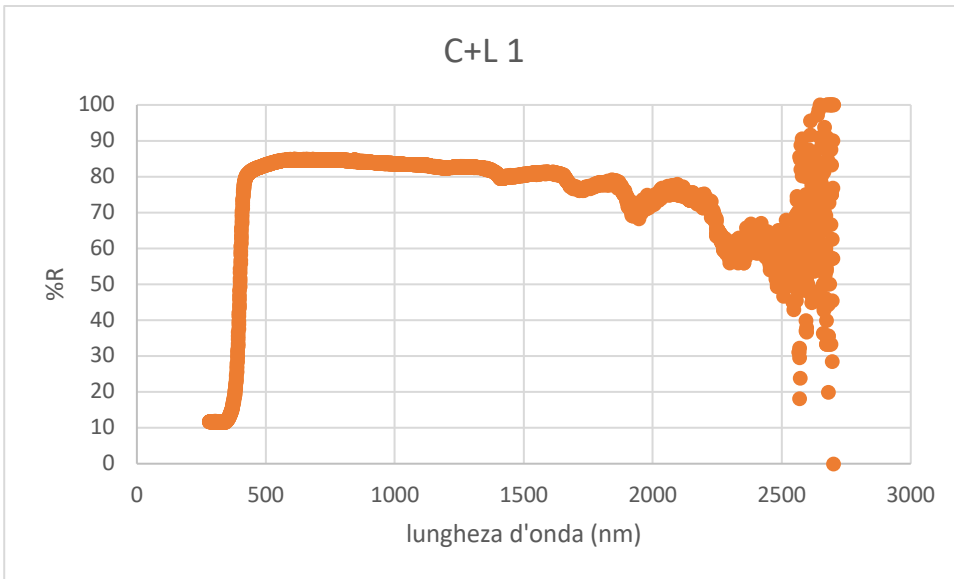


Figura 8.15: Grafico C+L 1



Figura 8.16: Grafico C+L 2

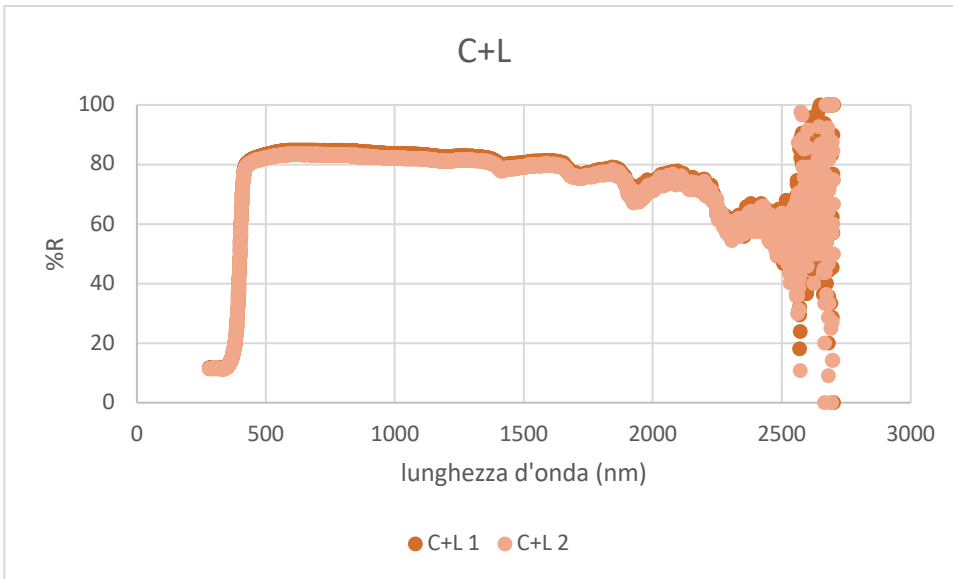


Figura 8.17: Confronto tra i grafici C+L

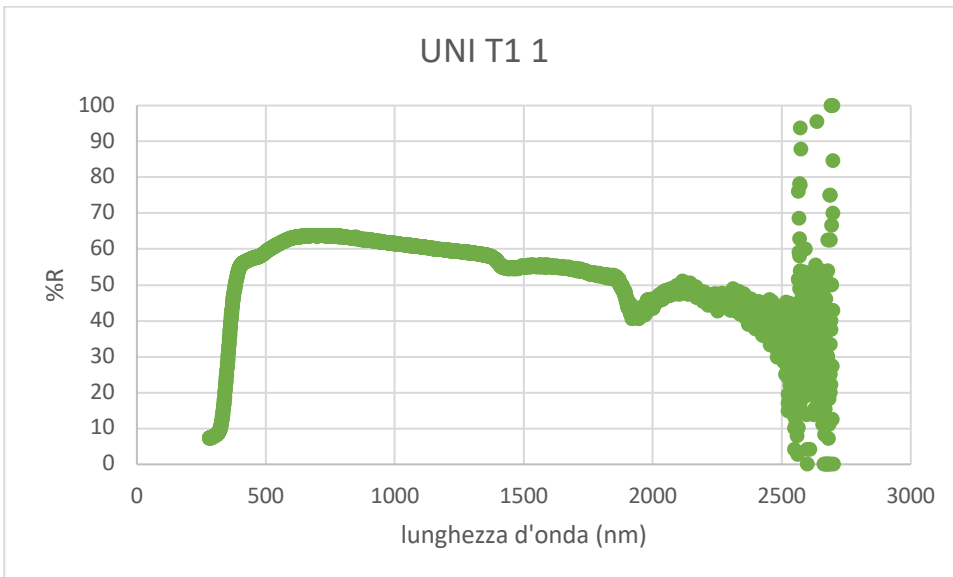


Figura 8.18: grafico UNI T1 1



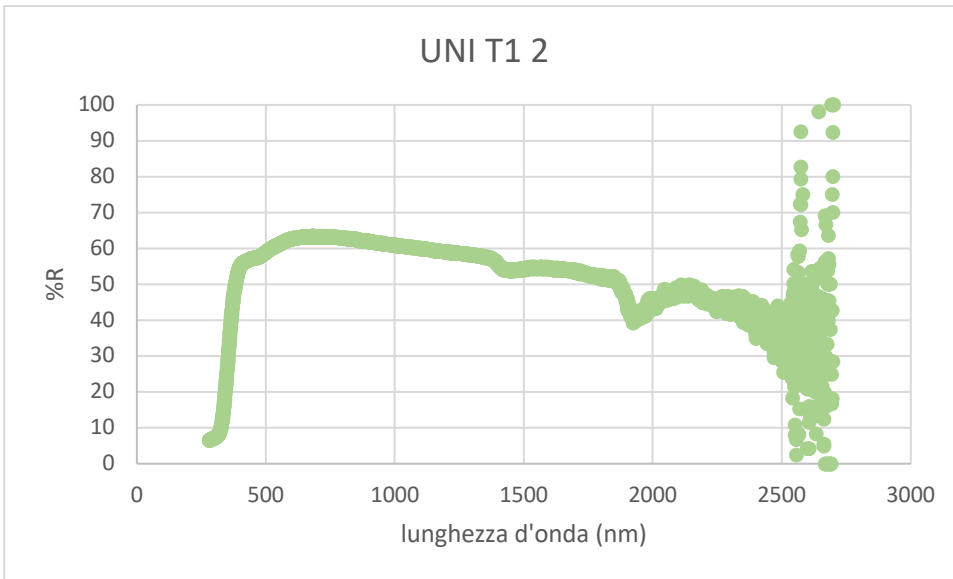


Figura 8.19: Grafico UNI T1 2

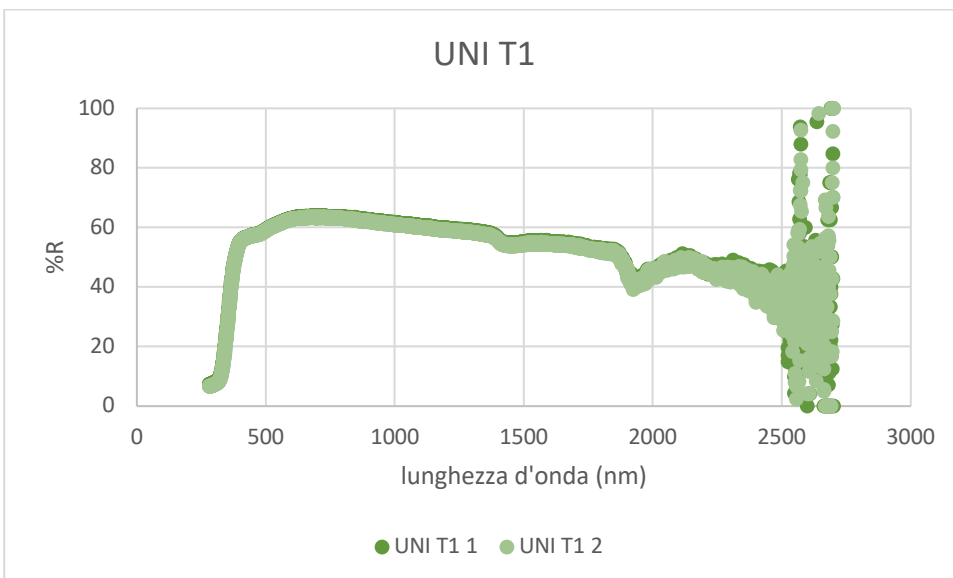


Figura 8.20: Confronto tra i grafici UNI T1

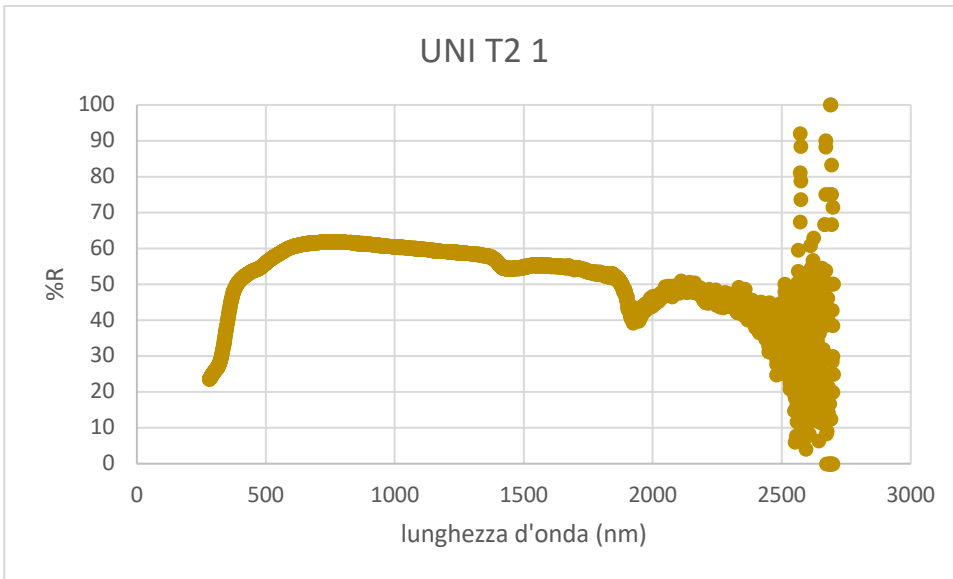


Figura 8.21: Grafico UNI T2 1

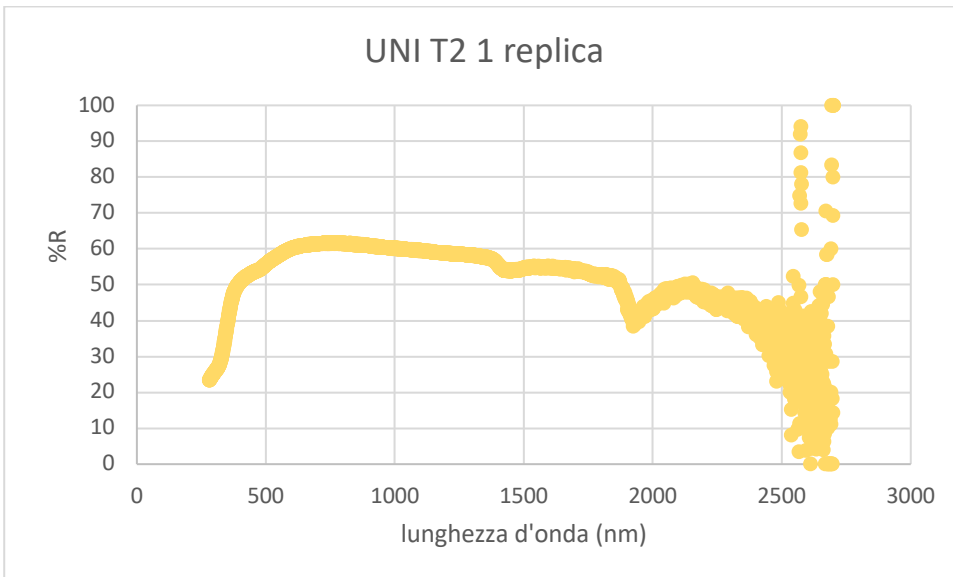


Figura 8.22: Grafico UNI T2 1 replica

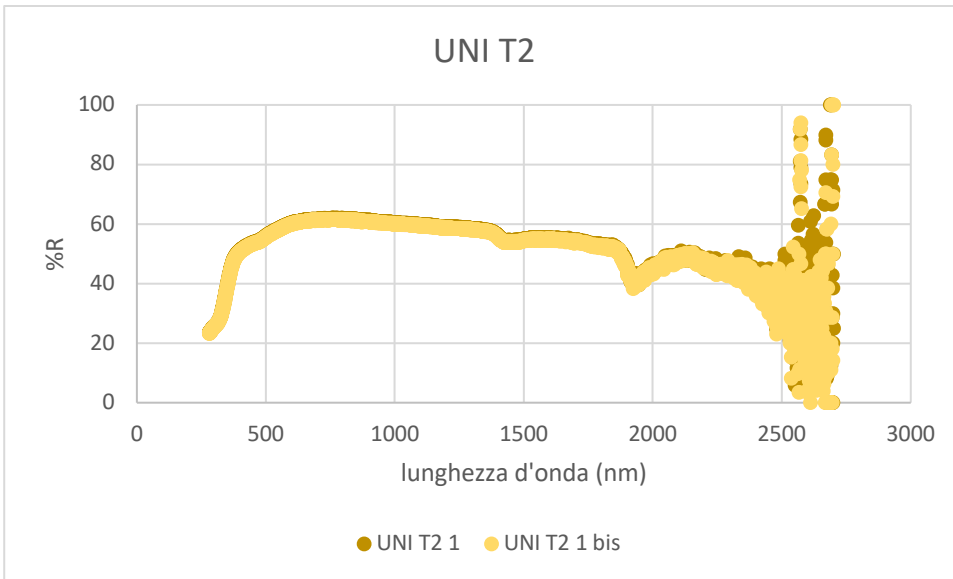


Figura 8.23: confronto tra i grafici UNI T2

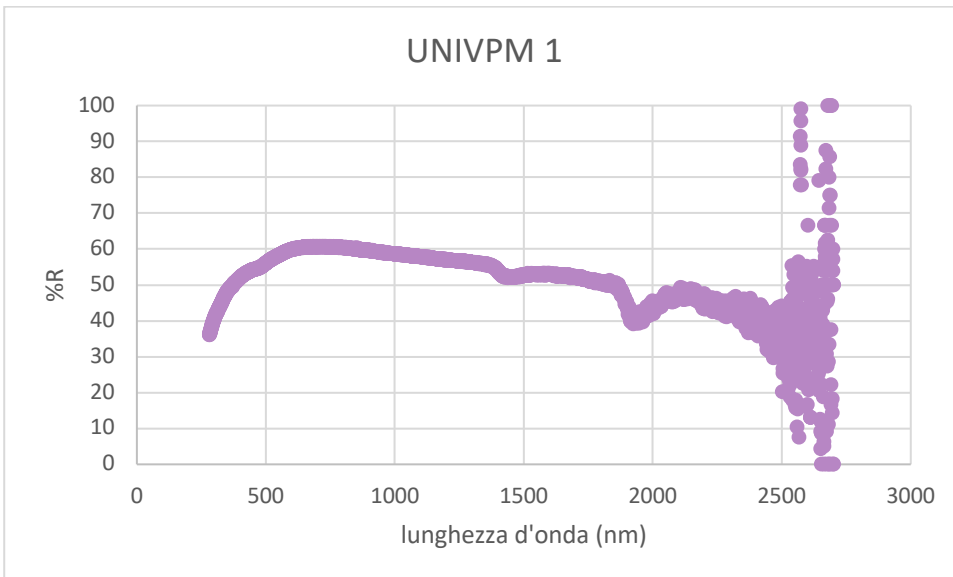


Figura 8.24: Grafico UNIVPM 1

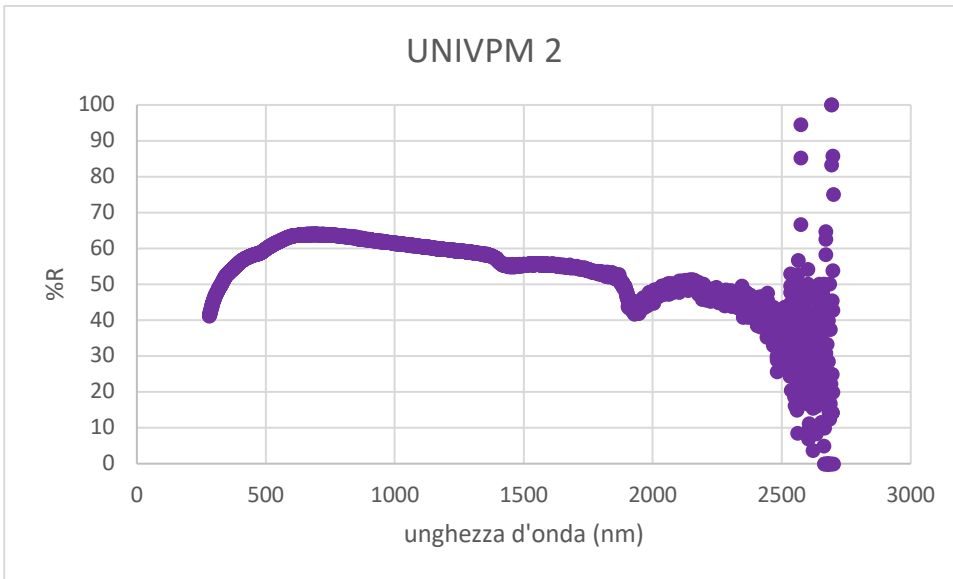


Figura 8.25: Grafico UNIVPM 2

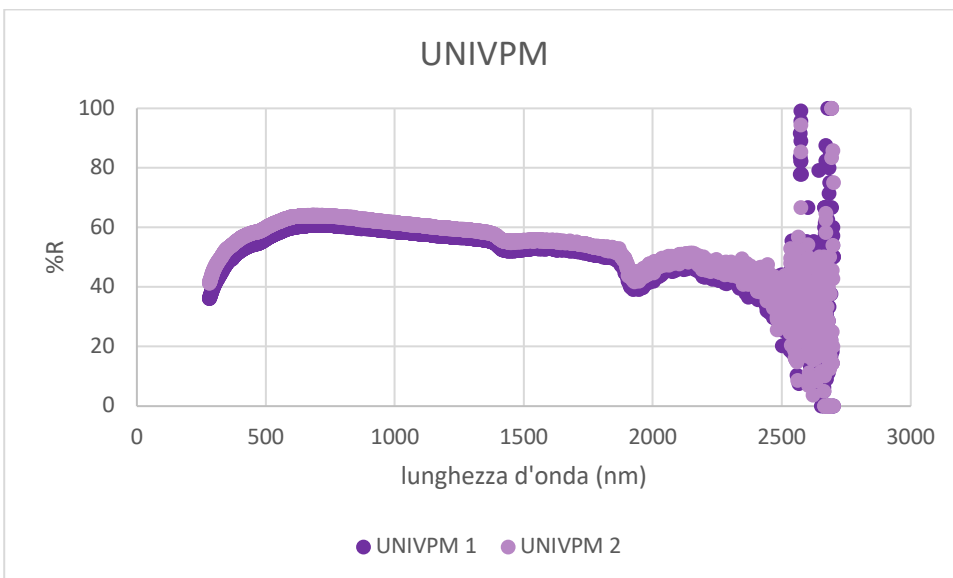


Figura 8.26: Confronto tra i grafici UNIVPM



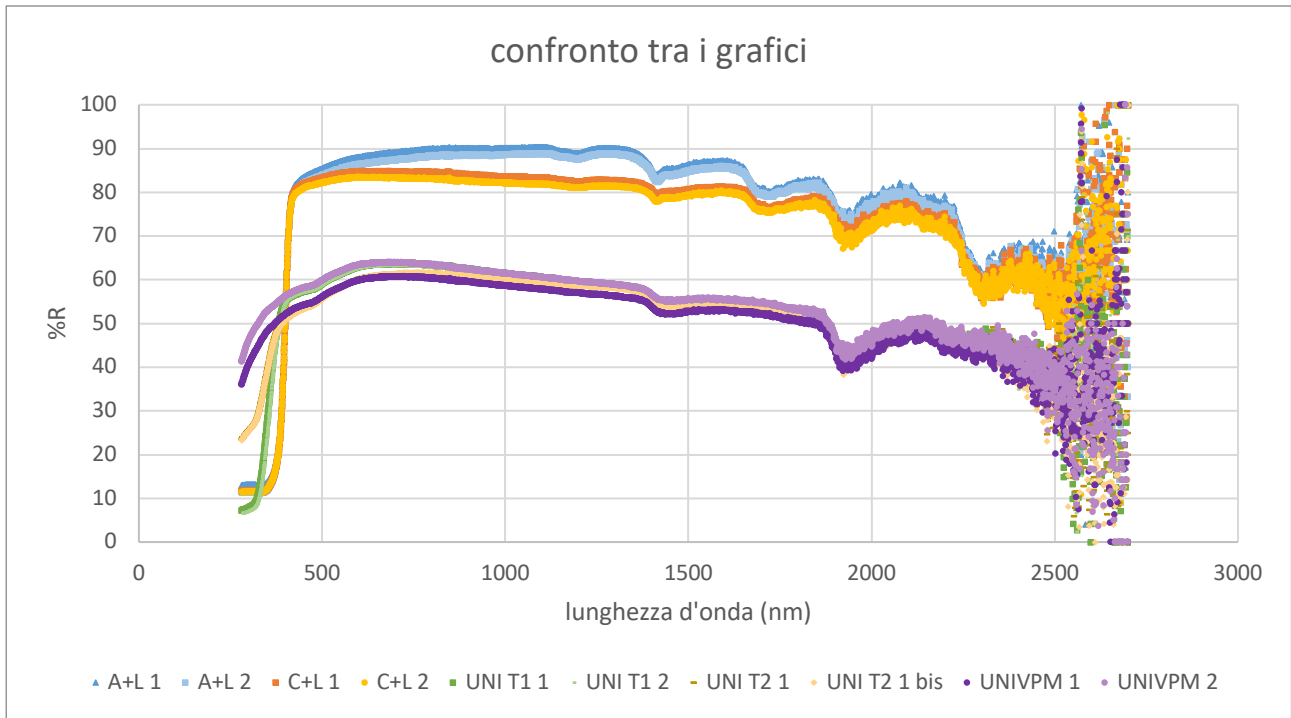


Figura 8.27: confronto tra i grafici A+L, C+L, UNI T1, UNIT2, UNIVPM

### 8.5) Considerazioni

Dai grafici si può osservare che man mano che cresce la lunghezza (in particolar modo dopo i 2300nm), lo strumento risulta essere meno preciso ed i dati risultano essere affetti da errori.

Le finiture UNIVPM presentano un valore di riflettanza più basso per ogni lunghezza d'onda rispetto alle finiture commerciali. Al contrario delle finiture commerciali, rivestite di limepaint, i provini UNIVPM presentano una colorazione più scura, tendente al grigio, ed infatti il colore bianco è in grado di riflettere maggiormente rispetto al grigio la radiazione solare nel campo del visibile. Anche nel campo dell'infrarosso, dove si concentra circa la metà dell'energia solare, la riflettanza solare delle finiture UNIVPM risulta più bassa rispetto ai provini A+L e C+L.

## 9) Determinazione dell'indice di riflessione solare SRI

### 9.1) Elaborazione dei risultati

Dallo spettro sono stati ricavati i valori di riflettanza  $R$  [%] dei provini per ogni lunghezza d'onda (da 280 a 2700nm). Per la misurazione della bontà di una superficie è necessario conoscere l'indice di riflessione solare SRI. L'SRI tiene conto sia di quanto una superficie riflette, sia di quanto una superficie emette. Questo parametro consente di valutare qual è l'apporto termico di una superficie sull'isola di calore. Per la determinazione dell'SRI sono necessarie sia la prova di riflettanza, che la prova di emissività.

I valori ricavati dalla prova di riflettanza sono stati, in primo luogo, ponderati con i valori relativi allo spettro di emissione del sole ETR (figura 9.1) secondo la normativa ASTM G173/3.

ASTM G173-03 Reference Spectra

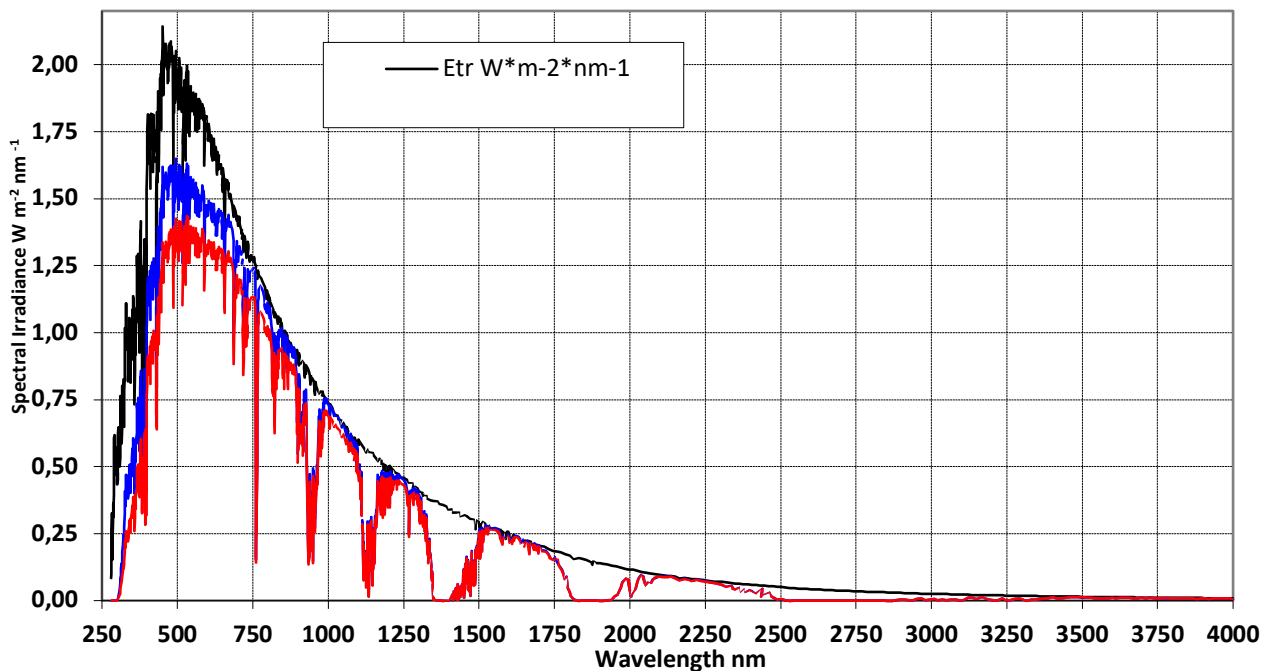


Figura 9.1: spettro di emissione del sole

Ogni valore di  $R$  [%], per ogni lunghezza d'onda, calcolato per ciascun campione, è stato moltiplicato per la curva di emissione solare ETR. I valori di riflettanza dei provini superiori ad una lunghezza d'onda di 2500nm sono stati esclusi dall'analisi poiché superata tale lunghezza d'onda, i valori rintracciati sono affetti da interferenze, come si può notare nelle figure da 8.12 a 8.27. La normativa G173-03 prevede un passo di 0,5nmnm per i valori di lunghezza d'onda relativi allo spettro di emissione solare, da 280 a 350 nm. Il passo diventa poi variabile ed assume valore pari ad 1 da 351 a 1700 nm, vengono poi riportati i valori di ETR per

le lunghezze d'onda pari a 1700, 1702 e 1705nm, infine da 1705 a 2500 nm il passo diventa pari a 5. Il passo utilizzato per la prova di emittanza con lo spettrofotometro è pari a 0,5, dunque per il confronto dell'R% con ETR sono stati eliminati tutti i valori non inclusi nel passo dello spettro solare fornito dalla normativa.

In seguito, è stata calcolata il fattore di riflessione solare medio "pe" facendo la media dei risultati ottenuti moltiplicando R% con ETR per ciascun provino. Il risultato ottenuto è stato diviso per 100 dato che il valore di riflettanza ottenuto dallo spettrofotometro risultava essere in %. Inoltre, si è calcolata la media dei valori pe ottenuti dai provini costituiti dalla stessa finitura, sui quali è stata effettuata due volte la prova di riflettanza.

Tabella 9.2: calcolo del fattore di riflessione solare medio "pe"

provini	A+L1	A+L2	C+L1	C+L2	UNI T1 1	UNI T1 2	UNI T2 1	UNI T2 1 bis	UNIVPM 1	UNIVPM 2
pe	0,61	0,60	0,58	0,57	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,47
	A+L		C+L		UNI T1		UNI T2		UNIVPM	
Media pe	0,605		0,575		0,44		0,44		0,455	

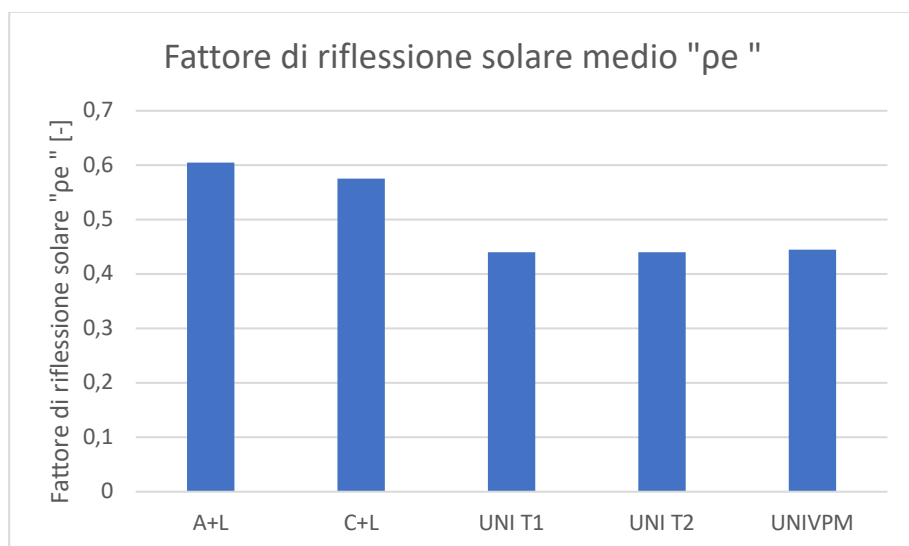


Figura 9.2: fattore di riflessione solare medio

Il fattore di assorbimento solare "αe" è stato determinato mediante la relazione:

$$\alpha e = 1 - pe$$

Equazione 9.1: Calcolo del fattore di assorbimento solare "αe"

Tabella 9.3: Calcolo del fattore di assorbimento solare "αe"

	A+L	C+L	UNI T1	UNI T2	UNIVPM
αe	0,395	0,425	0,56	0,56	0,545

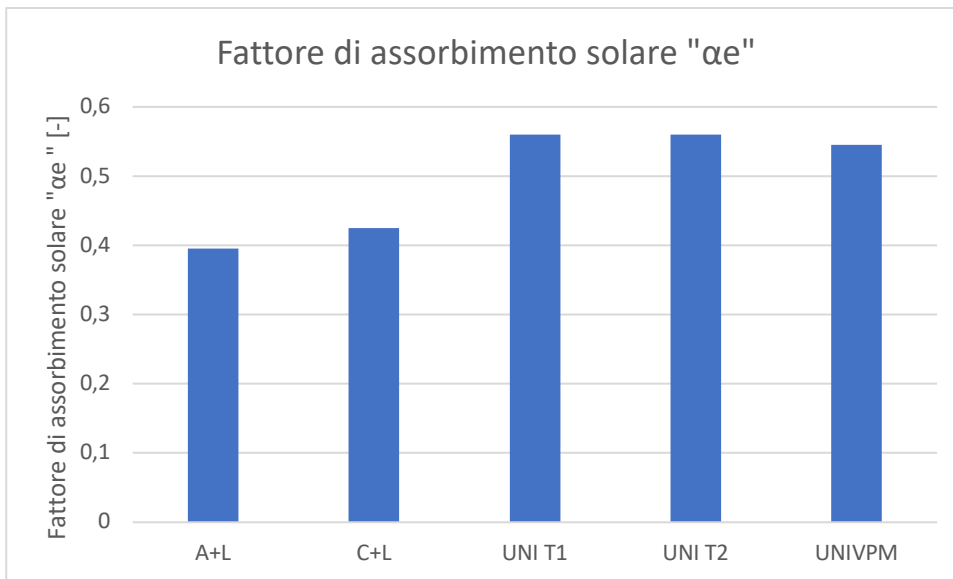


Figura 9.3: fattore di assorbimento solare

## 9.2) Calcolo dell'indice di riflessione solare "SRI" e della temperatura superficiale

La temperatura superficiale stazionaria "Ts" e l'indice di riflessione solare "SRI" sono stati determinati in accordo alla norma ASTM E1980-11 (Approccio 1) in corrispondenza di tre valori per il coefficiente convettivo di scambio termico "hc":

- $hc = 5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  che corrisponde a una velocità dell'aria bassa (da 0 a 2m/s)
- $hc = 12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  che corrisponde ad una velocità dell'aria media (da 2 a 6 m/s)
- $hc = 30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  che corrisponde ad una velocità dell'aria alta (da 6 a 10 m/s)

e in condizioni ambientali e solari standard definite da:

- flusso solare=  $1000 \text{ W}/\text{m}^2$
- temperatura ambiente dell'aria=310 K (pari a 37°C)
- temperatura del cielo= 300K (pari a 27°)

le superfici standard sono così state definite:

- bianco standard: fattore di riflessione solare 0,8 ed emissività 0,9
- nero standard: fattore di riflessione solare di 0,05 ed emissività 0,9

L'indice di riflessione solare "SRI" è stato determinato secondo la seguente formula riportata in ASTM E1980-11 paragrafo 4:

$$SRI = 100(T_b - T_s) / (T_b - T_w)$$

Dove:

$T_w$ = temperatura stazionaria della superficie bianca standard, espressa in K;

$T_b$ = temperatura stazionaria della superficie standard nera, espressa in K;

$T_s$ = temperatura superficiale stazionaria, espressa in K.



Equazione 9.2: calcolo dell'indice di riflessione solare SRI

L'indice di riflessione solare "SRI" rappresenta quindi la temperatura stazionaria di una superficie "Ts", dipendente dal fattore di riflessione solare, dall'emissività termica e dal coefficiente di scambio termico convettivo, valutata rispetto a quella del bianco standard e a quella del nero standard in condizioni ambientali e solari standard.

Tabella 9.4: Calcolo SRI per il provino A+L

A+L	Unità di misura	Bianca standard	Nera standard	Reale	Bianca standard	Nera standard	Reale	Bianca standard	Nera standard	Reale
Coefficiente di riflessione solare		0,8	0,05	0,605	0,8	0,05	0,605	0,8	0,05	0,605
Coefficiente di assorbimento solare		0,2	0,95	0,395	0,2	0,95	0,395	0,2	0,95	0,395
Flusso Solare I	W/mq	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Emissività Totale		0,9	0,9	0,87	0,9	0,9	0,87	0,9	0,9	0,87
Temperatura del cielo	K	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Coefficiente di scambio convettivo	W/mqK	5	5	5	12	12	12	30	30	30
Temperatura dell'aria	K	310	310	310	310	310	310	310	310	310
Temperatura stazionaria superficie	K	322,632	378,636	338,819	318,058	355,926	328,550	313,866	334,370	319,375
	°C	49,482	105,486	65,669	44,908	82,776	55,400	40,716	61,220	46,225
<b>SRI</b>		<b>71,096</b>			<b>72,295</b>			<b>73,130</b>		

Tabella 9.5: calcolo SRI per il provino C+L

C+L	Unità di misura	Bianca standard	Nera standard	Reale	Bianca standard	Nera standard	Reale	Bianca standard	Nera standard	Reale
Coefficiente di riflessione solare		0,8	0,05	0,575	0,8	0,05	0,575	0,8	0,05	0,575
Coefficiente di assorbimento solare		0,2	0,95	0,425	0,2	0,95	0,425	0,2	0,95	0,425
Flusso Solare I	W/mq	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Emissività Totale		0,9	0,9	0,89	0,9	0,9	0,89	0,9	0,9	0,89
Temperatura del cielo	K	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Coefficiente di scambio convettivo	W/mqK	5	5	5	12	12	12	30	30	30
Temperatura dell'aria	K	310	310	310	310	310	310	310	310	310
Temperatura stazionaria superficie	K	322,632	378,636	340,521	318,058	355,926	329,849	313,866	334,370	320,133
	°C	49,482	105,486	67,371	44,908	82,776	56,699	40,716	61,220	46,983
<b>SRI</b>		<b>68,057</b>			<b>68,864</b>			<b>69,436</b>		

Tabella 9.6: Calcolo SRI per il provino C+UNI

C+UNI	Unità di misura	Bianca standard	Nera standard	Reale	Bianca standard	Nera standard	Reale	Bianca standard	Nera standard	Reale
Coefficiente di riflessione solare		0,8	0,05	0,455	0,8	0,05	0,455	0,8	0,05	0,455
Coefficiente di assorbimento solare		0,2	0,95	0,545	0,2	0,95	0,545	0,2	0,95	0,545
Flusso Solare I	W/mq	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Emissività Totale		0,9	0,9	0,89	0,9	0,9	0,89	0,9	0,9	0,89
Temperatura del cielo	K	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Coefficiente di scambio convettivo	W/mqK	5	5	5	12	12	12	30	30	30
Temperatura dell'aria	K	310	310	310	310	310	310	310	310	310
Temperatura stazionaria superficie	K	322,632	378,636	349,710	318,058	355,926	335,996	313,866	334,370	323,436
	°C	49,482	105,486	76,560	44,908	82,776	62,846	40,716	61,220	50,286
<b>SRI</b>		<b>51,650</b>			<b>52,630</b>			<b>53,325</b>		

Tabella 9.7: calcolo SRI per il provino C+UNI T1

C+UNI T1	Unità di misura	Bianca standard	Nera standard	Reale	Bianca standard	Nera standard	Reale	Bianca standard	Nera standard	Reale
Coefficiente di riflessione solare		0,8	0,05	0,44	0,8	0,05	0,44	0,8	0,05	0,44
Coefficiente di assorbimento solare		0,2	0,95	0,56	0,2	0,95	0,56	0,2	0,95	0,56
Flusso Solare I	W/mq	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Emissività Totale		0,9	0,9	0,89	0,9	0,9	0,89	0,9	0,9	0,89
Temperatura del cielo	K	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Coefficiente di scambio convettivo	W/mqK	5	5	5	12	12	12	30	30	30
Temperatura dell'aria	K	310	310	310	310	310	310	310	310	310
Temperatura stazionaria superficie	K	322,632	378,636	350,846	318,058	355,926	336,760	313,866	334,370	323,848
	°C	49,482	105,486	77,696	44,908	82,776	63,610	40,716	61,220	50,698
<b>SRI</b>		<b>49,622</b>			<b>50,615</b>			<b>51,318</b>		

Tabella 9.8: calcolo SRI per il provino C+UNI T2

C+UNI T2	Unità di misura	Bianca standard	Nera standard	Reale	Bianca standard	Nera standard	Reale	Bianca standard	Nera standard	Reale
Coefficiente di riflessione solare		0,8	0,05	0,44	0,8	0,05	0,44	0,8	0,05	0,44
Coefficiente di assorbimento solare		0,2	0,95	0,56	0,2	0,95	0,56	0,2	0,95	0,56
Flusso Solare I	W/mq	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Emissività Totale		0,9	0,9	0,89	0,9	0,9	0,89	0,9	0,9	0,89
Temperatura del cielo	K	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Coefficiente di scambio convettivo	W/mqK	5	5	5	12	12	12	30	30	30
Temperatura dell'aria	K	310	310	310	310	310	310	310	310	310
Temperatura stazionaria superficie	K	322,632	378,636	350,846	318,058	355,926	336,760	313,866	334,370	323,848
	°C	49,482	105,486	77,696	44,908	82,776	63,610	40,716	61,220	50,698
<b>SRI</b>		<b>49,622</b>			<b>50,615</b>			<b>51,318</b>		

Tabella 9.9: calcolo SRI per il provino D+UNI

D+UNI	Unità di misura	Bianca standard	Nera standard	Reale	Bianca standard	Nera standard	Reale	Bianca standard	Nera standard	Reale
Coefficiente di riflessione solare		0,8	0,05	0,455	0,8	0,05	0,455	0,8	0,05	0,455
Coefficiente di assorbimento solare		0,2	0,95	0,545	0,2	0,95	0,545	0,2	0,95	0,545
Flusso Solare I	W/mq	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Emissività Totale		0,9	0,9	0,89	0,9	0,9	0,89	0,9	0,9	0,89
Temperatura del cielo	K	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Coefficiente di scambio convettivo	W/mqK	5	5	5	12	12	12	30	30	30
Temperatura dell'aria	K	310	310	310	310	310	310	310	310	310
Temperatura stazionaria superficie	K	322,632	378,636	349,710	318,058	355,926	335,996	313,866	334,370	323,436
	°C	49,482	105,486	76,560	44,908	82,776	62,846	40,716	61,220	50,286
<b>SRI</b>		<b>51,650</b>			<b>52,630</b>			<b>53,325</b>		

Tabella 9.10: Calcolo SRI per il provino D+UNI T1

D+UNI T1	Unità di misura	Bianca standard	Nera standard	Reale	Bianca standard	Nera standard	Reale	Bianca standard	Nera standard	Reale
Coefficiente di riflessione solare		0,8	0,05	0,44	0,8	0,05	0,44	0,8	0,05	0,44
Coefficiente di assorbimento solare		0,2	0,95	0,56	0,2	0,95	0,56	0,2	0,95	0,56
Flusso Solare I	W/mq	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Emissività Totale		0,9	0,9	0,88	0,9	0,9	0,88	0,9	0,9	0,88
Temperatura del cielo	K	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Coefficiente di scambio convettivo	W/mqK	5	5	5	12	12	12	30	30	30
Temperatura dell'aria	K	310	310	310	310	310	310	310	310	310
Temperatura stazionaria superficie	K	322,632	378,636	351,280	318,058	355,926	336,931	313,866	334,370	323,895
	°C	49,482	105,486	78,130	44,908	82,776	63,781	40,716	61,220	50,745
<b>SRI</b>		<b>48,846</b>			<b>50,163</b>			<b>51,086</b>		

Tabella 9.11: calcolo SRI per il provino D+UNI T2

D+UNI T2	Unità di misura	Bianca standard	Nera standard	Reale	Bianca standard	Nera standard	Reale	Bianca standard	Nera standard	Reale
Coefficiente di riflessione solare		0,8	0,05	0,44	0,8	0,05	0,44	0,8	0,05	0,44
Coefficiente di assorbimento solare		0,2	0,95	0,56	0,2	0,95	0,56	0,2	0,95	0,56
Flusso Solare I	W/mq	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Emissività Totale		0,9	0,9	0,89	0,9	0,9	0,89	0,9	0,9	0,89
Temperatura del cielo	K	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Coefficiente di scambio convettivo	W/mqK	5	5	5	12	12	12	30	30	30
Temperatura dell'aria	K	310	310	310	310	310	310	310	310	310
Temperatura stazionaria superficie	K	322,632	378,636	350,846	318,058	355,926	336,760	313,866	334,370	323,848
	°C	49,482	105,486	77,696	44,908	82,776	63,610	40,716	61,220	50,698
<b>SRI</b>		<b>49,622</b>			<b>50,615</b>			<b>51,318</b>		

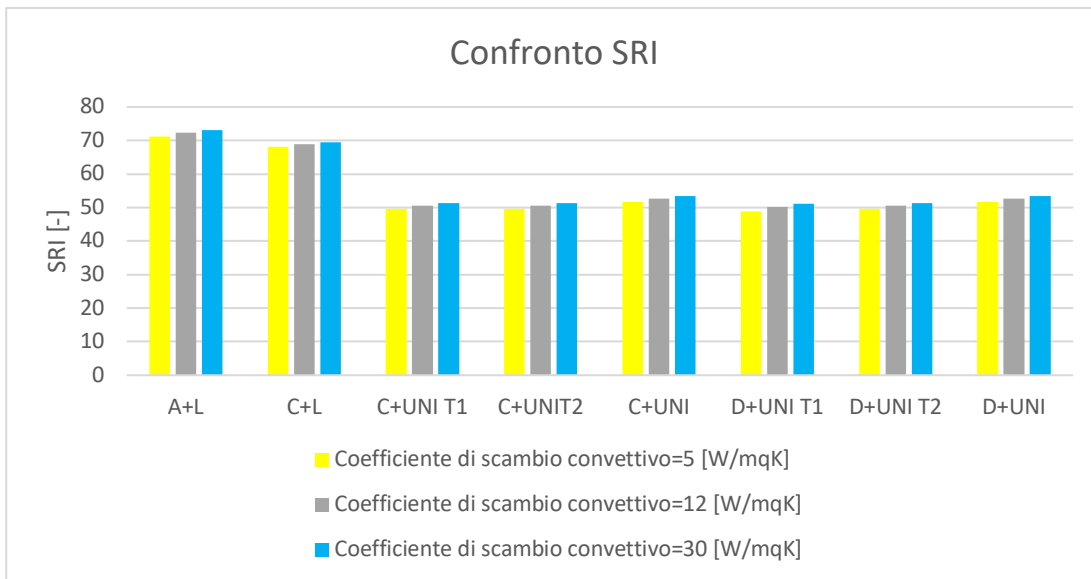


Figura 9.4: confronto SRI

### 9.3) Conclusioni

L'indice di riflettanza solare (SRI) è una misura della riflettanza solare e dell'emissività dei materiali che può essere utilizzata come indicatore di quanto è probabile che diventino caldi quando la radiazione solare incide sulla loro superficie. I valori dell'indice di riflessione solare variano tra 0 e 100. Più basso è l'SRI, più è probabile che un materiale diventi caldo alla luce del sole.

I valori SRI delle finiture UNIVPM risultano essere più bassi rispetto alle finiture commerciali. I valori dei provini C+UNI, D+UNI, C+UNI T1, C+UNI T2, D+UNI T1, D+UNI T2 presentano tutti un SRI che oscilla intorno al valore 50. Ciò significa che d'estate, la malta sarà mediamente in grado di riflettere la radiazione solare incidente, assorbendone solo in parte; l'ambiente interno dell'abitazione resterà meno fresco rispetto all'uso di una finitura commerciale. Al contrario, d'inverno, il contributo dell'assorbimento ed emissione delle onde solari incidenti sulla malta UNIVPM garantirà un ambiente più caldo. Comunque sia per una finitura indoor, un valore SRI=50, anche se non molto elevato, è accettabile e confrontabile con i valori per una malta da interno forniti dalla letteratura.

In applicazioni outdoor invece, finiture con elevato assorbimento solare, non essendo capaci di emettere il calore assorbito irradiandolo nuovamente verso l'esterno, possono causare il surriscaldamento degli edifici e l'innalzamento della temperatura media delle aree urbane, superando quella degli spazi verdi (effetto isola di calore urbana).

## 10) Conducibilità termica

### 10.1) Principio di funzionamento

La conduzione termica è il trasferimento di energia che si verifica per interazione a livello microscopico tra le particelle adiacenti di un corpo. In particolar modo, la **conduttività termica** (indicata con  $\lambda$ ) si riferisce alla capacità intrinseca di un materiale di trasferire o condurre calore ed è anche definita come la **quantità di calore per unità di tempo e per unità di superficie che può essere condotta attraverso una lastra di spessore unitario di un dato materiale, le cui facce della lastra presentano un gradiente di temperatura**. Infatti, il calore si muove lungo un gradiente di temperatura, da un'area ad elevata temperatura ed alta energia molecolare ad un'area con una temperatura più bassa e una minore energia molecolare. Questo trasferimento continuerà fino al raggiungimento dell'equilibrio termico. La velocità con cui il calore viene trasferito dipende dall'entità del gradiente di temperatura e dalle caratteristiche termiche specifiche del materiale.

Per la misura, lo strumento impiegato è un termoflussimetro realizzato nel Dipartimento di Ingegneria Industriale e Scienze Matematiche UNIVPM. Per l'esecuzione della prova, le normative di riferimento sono la UNI 12664 per una resistenza minima di 0,1 m<sup>2</sup>W/K e la UNI 12667 per una resistenza minima di 0,5 m<sup>2</sup>K/W.

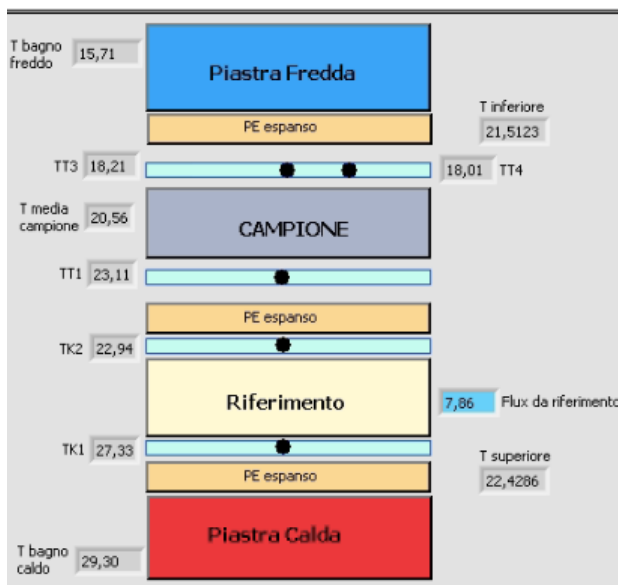


Figura 10.1: schema del funzionamento del termoflussimetro

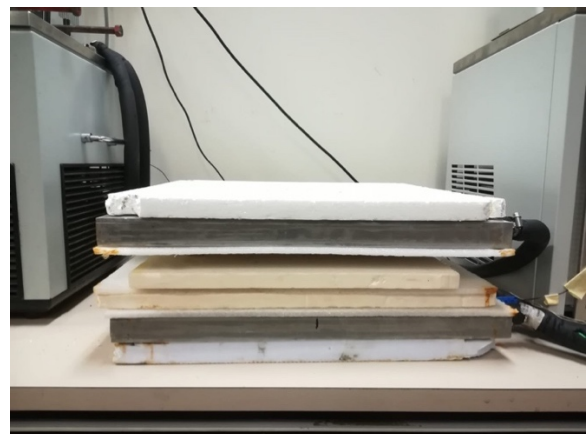


Figura 10.2: termoflussimetro con provino inserito al suo interno

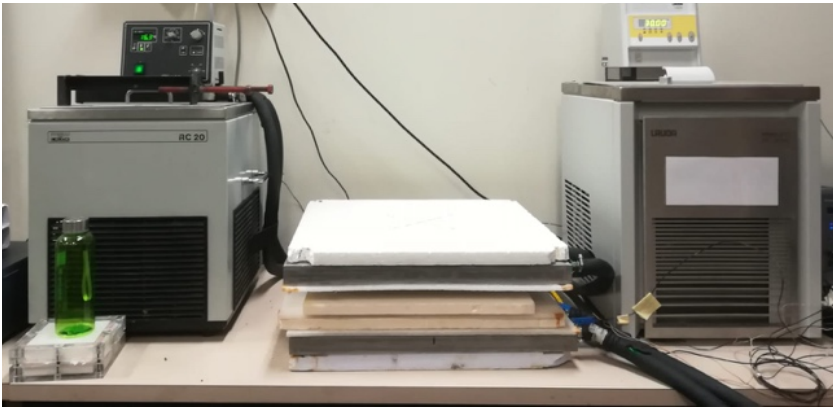


Figura 10.3: termoflussimetro e bagni termostatici

Il termoflussimetro è composto da due piastre, una alla temperatura di 15°C, l'altra alla temperatura di 30°C. Le due piastre generano un gradiente di temperatura, il quale permette il calcolo del flusso termico per la determinazione della capacità del materiale di isolare o meno. Per mantenere le due temperature costanti nella prova, un olio mantenuto a temperatura costante grazie ad un bagno termostatico, viene fatto scorrere all'interno delle piastre. All'interno del flussimetro, è inserito un campione di riferimento, per confrontare i risultati ottenuti con i valori di conducibilità termica nota del riferimento.

Per isolare termicamente il campione è stata inserita della lana di roccia ai lati (figura 10.4) del provino.

Tra le due piastre, il campione ed il riferimento sono stati inseriti pannelli di polietilene. Tutto il sistema è implementato con delle termocoppie TT1 e TT3 e delle termoresistenze inserite tra i pannelli di polietilene, le quali permettono la misura della temperatura.

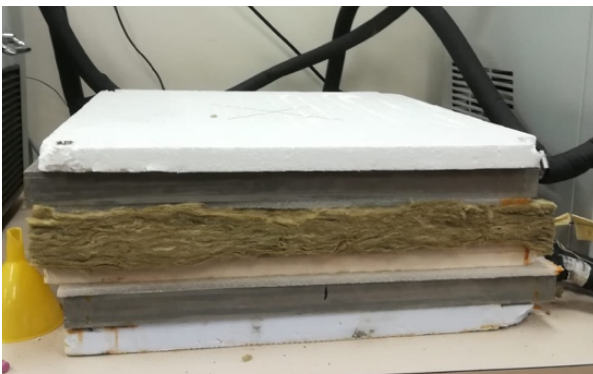


Figura 10.4: lana di roccia inserita nel termoflussimetro



## 10.2) Tipologie di campioni utilizzati

I campioni sottoposti alla prova di conducibilità termica sono di seguito elencati:

- C
- D
- C+L
- D+A+L
- C+UNIVPM
- D+UNIVPM

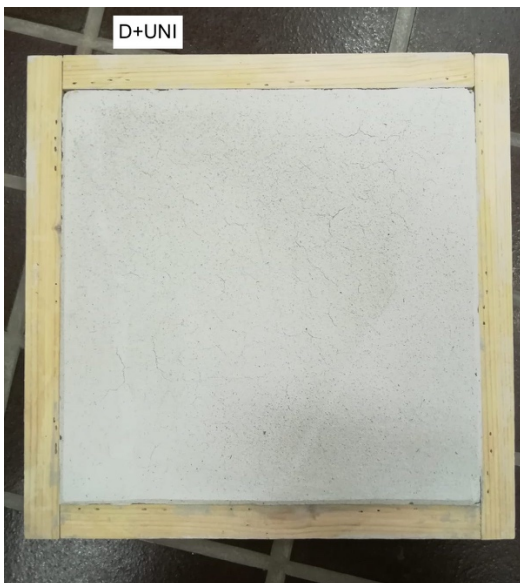


Figura 10.5: provino D+UNI

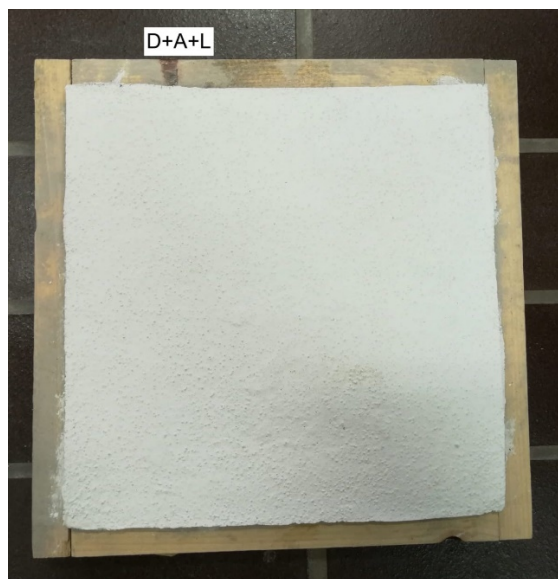


Figura 10.6: provino D+A+L

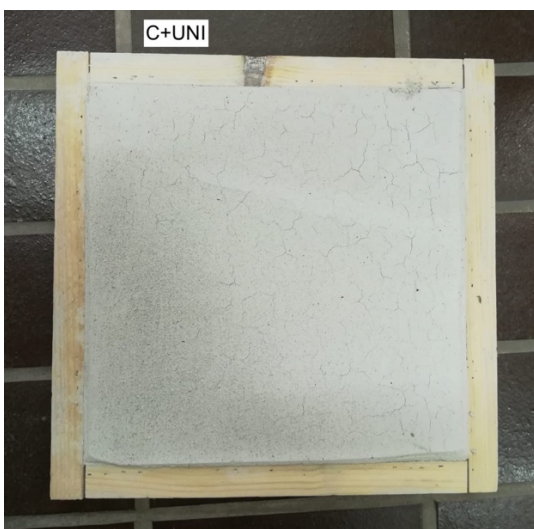


Figura 10.7: provino C+UNI



Figura 10.8: Provino C+L

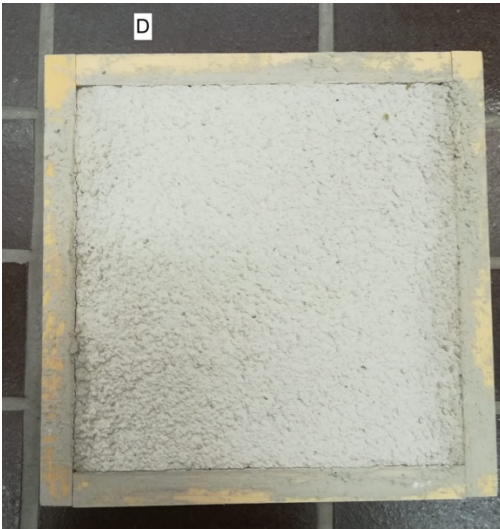


Figura 10.9: provino D

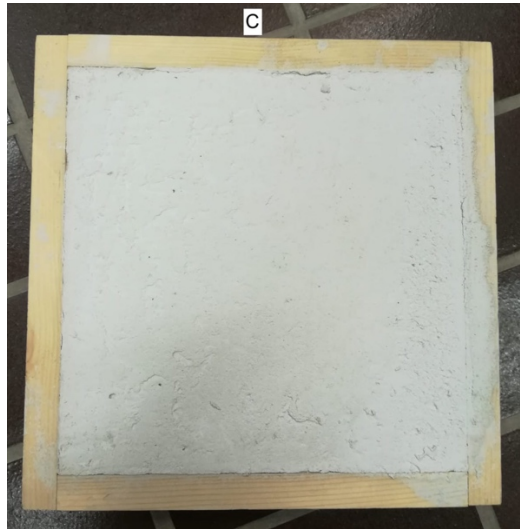


Figura 10.10: provino C

### 10.3) Procedimento

I campioni sottoposti alla prova sono stati inseriti nel termoflussimetro come schematizzato in *figura 10.1 e 10.2*, ovvero tra due termocoppie ed i pannelli di polietilene espanso. I pannelli sono successivamente stati rivestiti lateralmente con lana di roccia al fine di evitare perdite di calore verso l'esterno, concentrando il flusso termico sui provini. Affinchè il flusso termico si stabilizzi, è necessario attendere almeno 24 ore. Ogni provino è rimasto all'interno del termoflussimetro per almeno 48 ore.

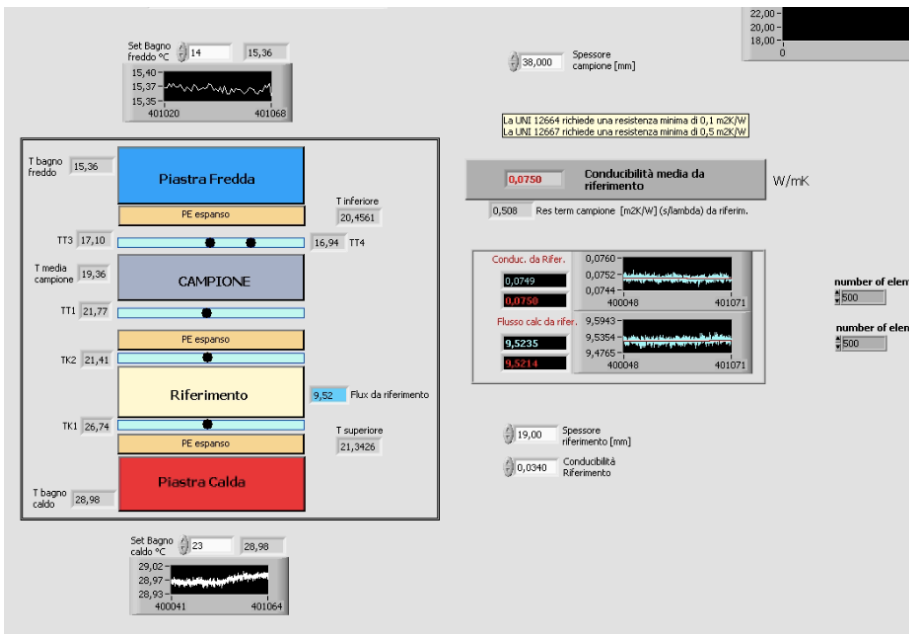


Figura 10.11: schermata di controllo del flusso termico del provino D+A+L durante l'esecuzione della prova



Figura 10.12: pannello rivestito esternamente con lana di roccia

### **Determinazione del lambda ( $\lambda$ )**

Noto il flusso termico che attraversa i provini in analisi e nota la geometria del provino, è possibile ricavare il valore del coefficiente lambda  $\lambda$  grazie alla relazione:

$$\lambda = \frac{Q}{A} \times \frac{L}{\Delta T}$$

Equazione 10.3: calcolo del coefficiente di conducibilità termica

dove

$\lambda$  è la conducibilità termica W/(mK)

$Q/A$  è il flusso termico (W/m<sup>2</sup>)

$L$  è lo spessore del provino (m)

$\Delta T$  è la differenza di temperatura tra la piastra calda e la piastra fredda

Il calcolo del  $\lambda$  è effettuato in automatico dal computer collegato al termoflussimetro.

Valori di  $\lambda$  bassi sono tipici per materiali isolanti, mentre valori elevati di  $\lambda$  sono associati a buoni conduttori di calore.

#### 10.4) Risultati

Di seguito vengono riportati i valori relativi al coefficiente di conducibilità termica  $\lambda$ , nonché i grafici relativi alla temperatura delle termocoppie TT1 e TT3, poste rispettivamente sotto e sopra il campione, in funzione del tempo.

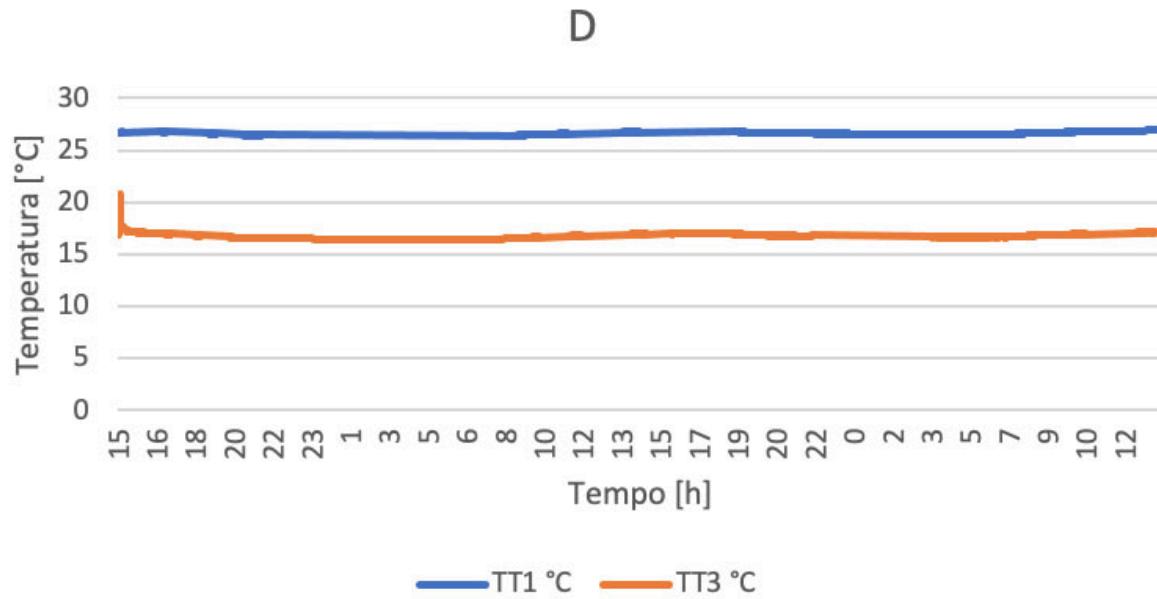


Figura 10.13: Temperatura delle termocoppie TT1 e TT3 del provino D in funzione del tempo.

D						
lato [cm]	spessore [mm]	densità [g/cm <sup>3</sup> ]	TT1 [°C]	TT3 [°C]	$\Delta T$ [°C]	$\lambda$ [W/mk]
30	35	0,68	26,58	16,75	9,83	0,077

Figura 10.14: Risultati conducibilità termica provino D

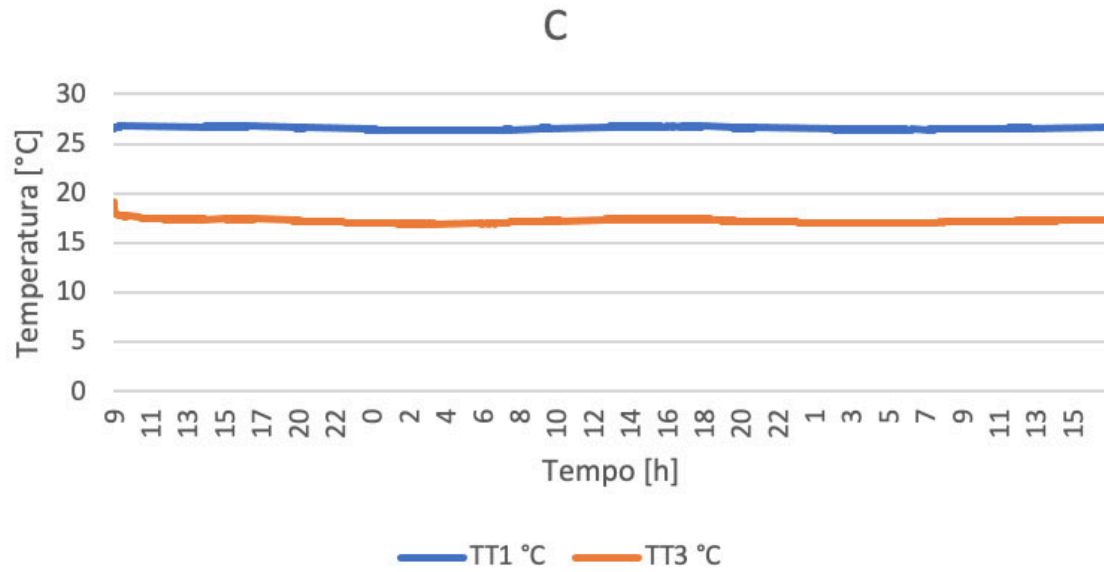


Figura 10.15: Temperatura delle termocoppie TT1 e TT3 del provino C in funzione del tempo.

<b>C</b>						
lato [cm]	spessore [mm]	densità [g/cm <sup>3</sup> ]	TT1 [°C]	TT3 [°C]	ΔT [°C]	λ [W/mk]
30	34	1,71	26,57	17,22	9,35	0,112

Figura 10.16: Risultati conducibilità termica provino C

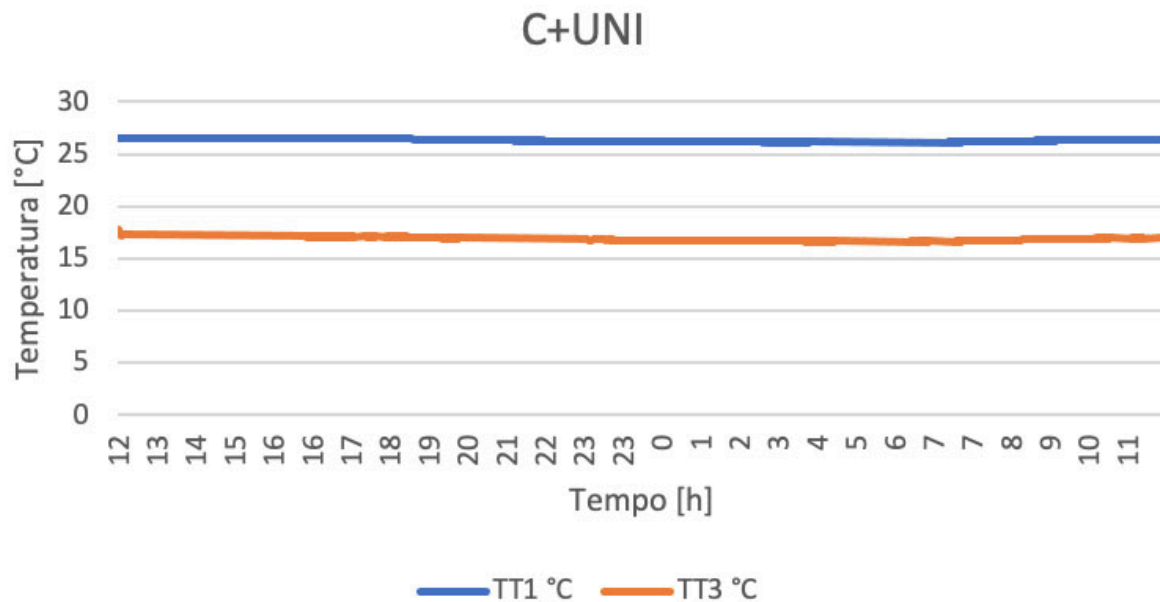


Figura 10.17: Temperatura delle termocoppie TT1 e TT3 del provino C+UNI in funzione del tempo.

<b>C+UNI</b>						
lato [cm]	spessore [mm]	densità [g/cm <sup>3</sup> ]	TT1 [°C]	TT3 [°C]	ΔT [°C]	λ [W/mk]
30	37	1,4	26,3	16,88	9,42	0,123

Figura 10.18: Risultati conducibilità termica provino C+UNI



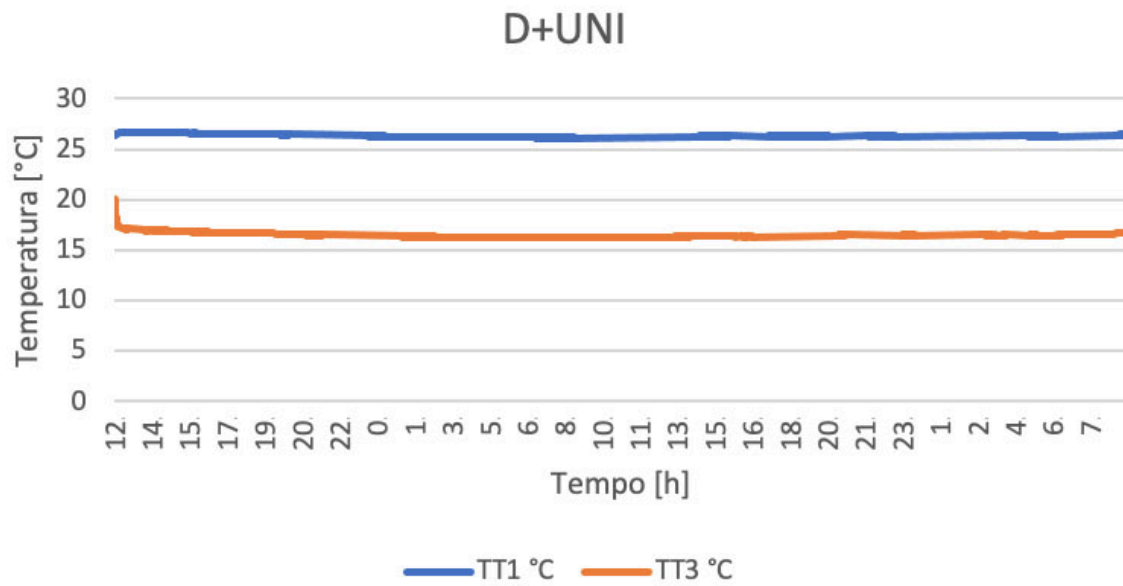


Figura 10.19: Temperatura delle termocoppie TT1 e TT3 del provino D+UNI in funzione del tempo.

D+UNI						
lato [cm]	spessore [mm]	densità [g/cm <sup>3</sup> ]	TT1 [°C]	TT3 [°C]	$\Delta T$ [°C]	$\lambda$ [W/mk]
30	37	0,9	26,33	16,49	9,84	0,086

Figura 10.20: Risultati conducibilità termica provino D+UNI

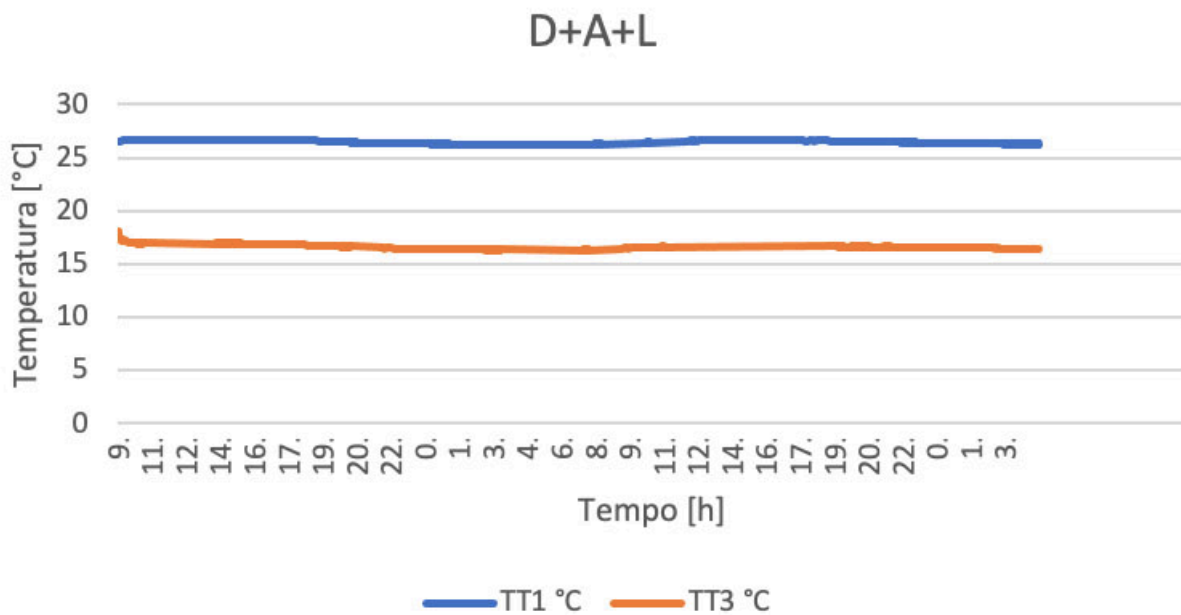


Figura 10.21: Temperatura delle termocoppie TT1 e TT3 del provino D+A+L in funzione del tempo.

D+A+L						
lato [cm]	spessore [mm]	densità [g/cm <sup>3</sup> ]	TT1 [°C]	TT3 [°C]	ΔT [°C]	λ [W/mk]
30	43	1,15	26,46	16,62	9,84	0,101

Figura 10.22: Risultati conducibilità termica provino D+A+L

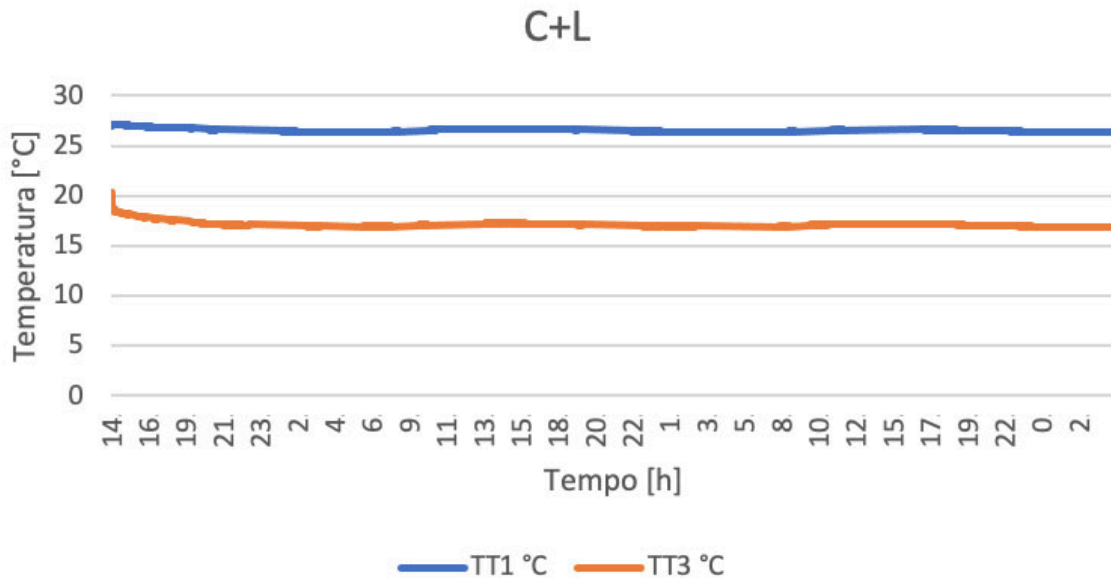


Figura 10.23: Temperatura delle termocoppie TT1 e TT3 del provino C+L in funzione del tempo.

C+L						
lato [cm]	spessore [mm]	densità [g/cm <sup>3</sup> ]	TT1 [°C]	TT3 [°C]	ΔT [°C]	λ [W/mk]
30	34	1,28	26,53	17,1	9,43	0,119

Figura 10.24: Risultati conducibilità termica provino C+L

## 10.5) Conclusioni

Vengono di seguito riassunti i valori relativi al coefficiente di conducibilità termica dei campioni C, D, D+UNI, C+UNI, C+L, D+A+L.

campioni	lato [cm]	spessore [mm]	densità [g/cm <sup>3</sup> ]	TT1 [°C]	TT2 [°C]	ΔT [°C]	λ [W/mk]
D	30	35	0,68	26,58	16,75	9,83	0,077
C	30	34	1,71	26,57	17,22	9,35	0,112
C+UNI	30	37	1,4	26,3	16,88	9,42	0,123
D+UNI	30	37	0,9	26,33	16,49	9,84	0,086
D+A+L	30	43	1,15	26,46	16,62	9,84	0,101
C+L	30	34	1,28	26,53	17,1	9,43	0,119

Figura 10.25: valori medi risultanti dalla prova di conducibilità termica e dalla geometria del campione.

Tra i 2 substrati D ha una conducibilità termica molto più bassa rispetto a C, come aspettato dato la sua notevole leggerezza.

Considerando il sistema completo, con il substrato D la finitura UNI (D+UNI) conferisce una minore conducibilità termica rispetto al pacchetto commerciale D+A+L del 15%. Invece con il substrato C, la finitura UNI (C+UNI) conferisce una conducibilità termica pressochè invariata (+3,5%) rispetto a quella del sistema commerciale (C+L).

Comunque sia, l'effetto della finitura sulla conducibilità termica del sistema, come aspettato, non risulta essere particolarmente significativa a causa dell'esiguo spessore di applicazione.

Inoltre, è da notare che i provini presentano spessori eterogenei tra di loro e per il calcolo del coefficiente di conducibilità termica, come si può notare dall'*equazione 1*, all'aumentare dello spessore del provino, aumenta anche il coefficiente  $\lambda$ . È evidente come il valore di conducibilità termica sia fortemente influenzato dalla densità del materiale in esame, come si evince dal grafico in *figura 10.26*.

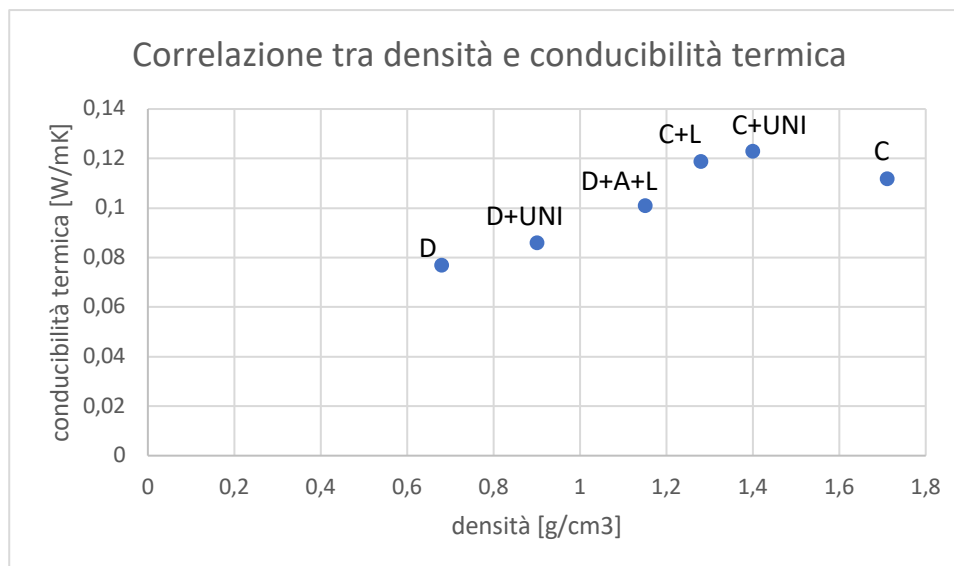


Figura 10.26: confronto tra densità e conducibilità termica

## 11) Conclusioni

Al fine di migliorare la qualità dell'aria e il comfort in maniera passiva di un ambiente confinato, nella presente sperimentazione, sono state realizzate e confrontate diverse tipologie di malte, sulle quali sono state effettuate prove di laboratorio per determinare le proprietà termo-igrometriche e radiative di ciascuna finitura oggetto di sperimentazione.

Inizialmente, è stata testata una nuova modalità di applicazione della finitura innovativa UNIVPM, la quale prevedeva inizialmente la stesura a mano unica di uno strato di malta da 5mm. La nuova modalità di stesura, la quale prevede al contrario l'applicazione di due strati da 1,5 mm l'uno, si è fessurata sia dopo la stesura del primo strato, sia dopo sei giorni dall'applicazione della seconda mano. Le temperature elevate dell'ambiente esterno, in combinazione con un dosaggio eccessivo di acqua, hanno giocato un ruolo fondamentale nella sollecitazione indotta dal ritiro, ragione per la quale è stato effettuato un secondo test, mantenendo la nuova modalità di stesura del getto, ma aggiungendo additivi all'interno dell'impasto.

L'aggiunta di additivi ha comportato la realizzazione di 5 nuove miscele: "A" contenente l'antiritiro, "A-C-R" contenente l'antiritiro, la cellulosa e la resina, "A-C-F" contenete l'antiritiro, la cellulosa ed il fluidificante, "A-R-F" con antiritiro, resina e fluidificante, ed infine "ALL", miscela che contiene al suo interno tutti le tipologie di additivo. Dai risultati della sperimentazione è stato evidenziato che i getti aventi una migliore lavorabilità sono ALL ed ACF, malte sulla cui superficie non sono oltretutto state riscontrate fessurazioni, né durante la stagionatura della prima mano di malta, né nell'applicazione del secondo strato, nonostante i getti non fossero stati coperti con la pellicola, al fine di simulare le peggiori condizioni possibili per la messa in opera delle malte.

Di conseguenza è stato selezionato il getto ACF come finitura da applicare sui sottofondi commerciali, al fine di eseguire con tali provini le prove di conducibilità termica, riflettanza ed emittanza, nonché la successiva sperimentazione su scala pilota.

Le prove di emittanza e riflettanza sono state condotte al fine di determinare l'indice di riflessione solare (SRI) per ogni tipo di finitura (commerciale ed innovativa).

Dall'analisi della prova di emittanza, è stato evidenziato come le finiture UNIVPM abbiano valori confrontabili con le finiture commerciali, come si evince dalla *figura 7.35* (capitolo 7), con emittanza  $\varepsilon=0,88 \pm 0,02$ , segno che tutte malte presentano un'ottima capacità di assorbire ed emettere energia termica.

La prova di riflettanza, condotta solo sulle finiture senza sottofondo, ha messo in luce che le finiture UNIVPM presentano un valore di riflettanza più basso rispetto alle finiture commerciali. Ciò è dovuto in particolar

modo alla colorazione più scura che quest'ultime presentano rispetto alla limepaint, la quale, di conseguenza è in grado di riflettere maggiormente la radiazione solare, come si può notare nella *figura 8.27* (capitolo 8).

Dai risultati della prova di emittanza e riflettanza, è stato possibile ricavare l'indice di riflessione solare (SRI), il quale è una misura della riflettanza solare e dell'emissività dei materiali che può essere utilizzata come indicatore di quanto è probabile che le superfici diventino calde quando la radiazione solare incide su di loro. E' stato di conseguenza rivelato come i valori SRI delle finiture UNIVPM risultano essere più bassi rispetto alle finiture commerciali. I valori dei provini con finitura innovativa presentano tutti un SRI che oscilla intorno al valore 50. Ciò significa che d'estate, la malta sarà mediamente in grado di riflettere la radiazione solare incidente, assorbendone solo in parte; l'ambiente interno dell'abitazione resterà meno fresco rispetto all'uso di una finitura commerciale. Al contrario, d'inverno, il contributo dell'assorbimento ed emissione delle onde solari incidenti sulla malta UNIVPM garantirà un ambiente più caldo.

L'ultima prova eseguita sulle finiture UNIVPM è stata la prova di conducibilità termica, condotta per determinare il coefficiente di conducibilità termica  $\lambda$ . Dai risultati derivanti dalla prova con il termoflussimetro è emerso che, con il substrato D, la finitura UNI (D+UNI) conferisce una minore conducibilità termica rispetto al pacchetto commerciale D+A+L del 15%. Invece con il substrato C, la finitura UNI (C+UNI) conferisce una conducibilità termica pressochè invariata (+3,5%) rispetto a quella del sistema commerciale (C+L).

È evidente come il valore di conducibilità termica sia fortemente influenzato dalla densità del materiale in esame, come si evince dal grafico in *figura 10.26* (Capitolo 10), motivo per il quale i provini costituiti da diathonite, materiale più leggero rispetto alla calce, abbiano prestazioni isolanti migliori.



## 12) Bibliografia

- [1] <http://www.assogesso.it/prodotti-e-soluzioni-per-l-edilizia/prodotti/malte-e-intonaci>
- [2] [https://www.edilportale.com/news/2020/11/focus/intonaco-termoisolante-malta-con-proprieta-isolanti\\_79705\\_67.html](https://www.edilportale.com/news/2020/11/focus/intonaco-termoisolante-malta-con-proprieta-isolanti_79705_67.html)
- [3] R. Singh, WHO Confirms COVID-19 can be Airborne. Retrieved from inventive (2020).
- [4] [https://www.edilportale.com/csmartnews/inquinamento-indoor-come-sconfiggerlo\\_312190.html](https://www.edilportale.com/csmartnews/inquinamento-indoor-come-sconfiggerlo_312190.html)
- [5] <https://www.retealtatecnologia.it/technology-report/sviluppo-di-materiali-cementizi-ad-elevata-riflettanza-superficiale-cool-it>
- [6] <http://www.naturaedesign.eu/benessere-termoigrometrico/>
- [7] C.Macchia, F.Ravetta. "Intonaci. Requisiti, Progettazione, Applicazione", Maggioli Editore, 1997
- [8] M. Collepardi, Il Nuovo Calcestruzzo, quinta edizione.
- [9] AA.VV., Quaderni del Manuale di progettazione edilizia, I materiali e i manufatti in conglomerati cementizi, Milano, Hoepli, 2004.
- [10] S. Maschio, G. Tonello, L. Piani e E. Furlani, «Fly and bottom ashes from biomass combustion as cement replacing components in mortars production: Rheological behaviour of the pastes and materials,» Chemosphere, n. 85, pp. 666-671, 2011.
- [11] M. Minonna, "Effetto di scarti di biomassa sulle prestazioni di finiture multifunzionali per ambienti indoor," Tesi di laurea specialistica, A.A. 2014- 2015.
- [12] M. Beltrán, A. Barbudo, F. Agrela, J. R. Jiménez e J. de Brito, "Mechanical performance of bedding mortars made with olive biomass,»" Construction and Building Materials, n. 112, pp. 699-707, 2016.
- [13] E. Muzi, "Il processo sol-gel per la sintesi del vetro: dalle nanoparticelle al bulk", Tesi di laurea specialistica, A.A. 2017/18.
- [14] <https://www.kimachemical.com/it/news/cellulose-ether-in-ready-mixed-mortar>
- [15] SANIFICAZIONE CON RADIAZIONI UV (ossidazione fotocatalitica del tio<sub>2</sub>, azione virucida e battericida) rev.00 17 set 2020.
- [16] Y.A. Cengel, "Termodinamica e trasmissione del calore", McGraw-Hill Libri Italia srl, 2016.

## 13) Allegati



### Scheda tecnica i.pro CALIX BLANCA NHL 3,5

#### Descrizione

**i.pro CALIX BLANCA NHL 3,5** è la calce idraulica bianca naturale di Italcementi. Prodotta a Izaourt (Francia) dalla consociata Soci, viene ottenuta in forni verticali per calcinazione di calcari mamosi estratti dai banchi naturali presenti nella regione dei Pirenei. Il tradizionale processo produttivo non prevede aggiunta di alcun elemento correttivo che modifichi la composizione naturale delle rocce di partenza. Alla cottura segue un lungo periodo di spegnimento e di maturazione prima di procedere alla macinazione. **i.pro CALIX BLANCA NHL 3,5** è la calce bianca pura di Italcementi, una calce assolutamente naturale prodotta nel pieno rispetto della norma UNI EN 459-1; per via della sua colorazione bianca, è il prodotto più indicato per ottenere malte dai colori chiari o per mettere in evidenza aggregati di particolare pregio.

#### Caratteristiche

Grazie alle sue peculiari caratteristiche **i.pro CALIX BLANCA NHL 3,5** si distingue per la facilità di utilizzo in cantiere nel confezionamento di malte la cui elevata coesività e plasticità sono molto apprezzate per i lavori di intonacatura e di decorazione. Le malte confezionate con **i.pro CALIX BLANCA NHL 3,5** sono facili da porre in opera sia manualmente che con mezzi meccanici. Il lento processo di indurimento rende tali malte duttili e lavorabili per lungo tempo. Le ottime proprietà fisico-meccaniche permettono al prodotto di raggiungere notevoli prestazioni. In particolare si adatta facilmente ai differenti supporti aderendo perfettamente e tollera i piccoli movimenti della costruzione grazie alla sua elasticità.

**i.pro CALIX BLANCA NHL 3,5** è permeabile all'aria e permette ai muri di respirare favorendo lo scambio igrometrico, assorbe e rilascia il vapor d'acqua evitando la condensa pur essendo impermeabile all'acqua.

**i.pro CALIX BLANCA NHL 3,5** risulta inoltre essere un eccellente isolante termico e acustico, contribuendo al comfort abitativo. Le malte confezionate con **i.pro CALIX BLANCA NHL 3,5** hanno un eccellente comportamento al fuoco.

#### Campi d'impiego

**i.pro CALIX BLANCA NHL 3,5** è utilizzata per tutti i tipi di malte, tipo: **malte per costruzioni in bioedilizia** (costruzioni ecocompatibili, intonaci traspiranti, malta da allettamento di murature e massetti di sottofondo isolanti), **malte per intonaci decorativi** interni ed esterni e **malte da restauro** (intonaci deumidificanti, intonaci da risanamento, intonaci alleggeriti, consolidamento di volte e murature), **malte colorate o che evidenzino il colore dell'aggregato**.

#### Consumo

Il dosaggio di **i.pro CALIX BLANCA NHL 3,5** varia da 250 a 450 kg/m<sup>3</sup> in funzione del tipo di malte che si vuole confezionare e del supporto a cui va applicata la malta.

#### Confezione e stoccaggio

**i.pro CALIX BLANCA NHL 3,5** è disponibile in sacchi da 25 kg, su pallets in legno protetti da film estensibile (peso complessivo di 1,4 t circa). Conservare in luogo fresco e asciutto nell'imballo originale. Si consiglia l'utilizzo entro i 6 mesi.

#### Preparazione ed utilizzo

Generalmente tutti i tipi di supporto sono idonei a essere ricoperti con malte a base **i.pro CALIX BLANCA NHL 3,5**. In particolare quelli ai quali verrà poi richiesta una buona traspirabilità, oppure quelli all'interno di lavori di particolare pregio o di restauro conservativo. I supporti devono essere puliti, senza unto e privi di polvere. Si consiglia di procedere miscelando **i.pro CALIX BLANCA NHL 3,5** con



acqua e sabbia di opportuna granulometria, utilizzando una normale betoniera da cantiere o impastando i componenti a mano. La miscelazione deve avvenire per un tempo di almeno 3+5 minuti.

#### Intonaco

In caso di applicazione di corpo d'intonaco si consiglia preventivamente di effettuare un rinzafo al fine di uniformare il supporto e poi di applicare la malta in più strati fino ad ottenere lo spessore desiderato. E' sconsigliabile fare strati di elevato spessore in quanto la malta potrebbe colare. Successivamente si può procedere al livellamento e alla lisciatura dell'intera superficie intonacata. Nel caso sia previsto, si procederà successivamente alla rasatura finale dell'intonaco, confezionando una malta sempre a base di **I.pro CALIX BLANCA NHL 3,5**, acqua e sabbia fine, nelle proporzioni opportune, stendendo e lisciando la stessa con un apposito frattazzo.

#### Malta di allettamento

In caso di utilizzo della malta per l'allettamento di pietre naturali o di laterizi è consigliabile provvedere a bagnare bene quest'ultimi prima di procedere con la posa di uno strato di malta confezionata con **I.pro CALIX BLANCA NHL 3,5**, sabbia e acqua nelle opportune proporzioni. La malta in questione è idonea anche alla messa in opera di blocchi in cemento o di blocchi termici o termoacustici.

#### Certificato di compatibilità ambientale

Il Politecnico di Milano, Dipartimento di Scienza e Tecnologie dell'Ambiente Costruito - BEST, ha rilasciato a Italcementi l'Attestato di Conformità ai Criteri di Compatibilità Ambientale (Attestato CCA) per **I.pro CALIX BLANCA NHL 3,5** dichiarando che: *"Sulla base delle considerazioni esposte, dell'analisi della documentazione tecnica dei prodotti e delle relative schede di sicurezza, delle prove effettuate dal Presidio Multizionale di Igiene e Prevenzione di Milano per conto dell'Istituto di Fisica Generale Applicata dell'Università degli Studi di Milano e del laboratorio Enco, si ritiene che i prodotti sottoposti a valutazione (I.pro CALIX BLANCA NHL 3,5) soddisfino i requisiti stabiliti per il rilascio del Certificato di Compatibilità Ambientale".* **I.pro CALIX BLANCA NHL 3,5** appartiene pertanto a pieno titolo al novero dei prodotti eco-compatibili, ideali per il settore della bioedilizia.

Caratteristiche tecniche			
Proprietà	Unità di misura	Norma UNI EN 459-1	I.pro CALIX NHL 3,5
SO <sub>2</sub>	%	≤ 2,0	1,75
CaO Libera	%	≥ 2,5	41,7
Residuo a 90 µm	%	≤ 15,0	2,6
Residuo a 200 µm	%	≤ 2,0	0,4
Tempo inizio presa	min.	> 60	1053
Tempo fine presa	min.	< 1800	1715
Acqua Libera	%	≤ 2,0	1,15
Res. Compressione 28gg	MPa	≥ 3,5 ≤ 10	6,34
Espansione (Solidità)	mm	< 2	0,3

**Prodotto a uso professionale. L'uso del prodotto dovrà essere basato su ricerche e valutazioni proprie dell'applicatore.**

**Italcementi**  
i.lab (Kilometro Rosso)  
Via Stezzano, 87  
24126 Bergamo - Italia  
Tel. +39 035 396 111  
www.italcementi.it  
www.i-nova.net

**Product Manager**  
Felipe Wenisch  
T +39 335 6423334  
f.wenisch@italcementi.it

Scheda aggiornata a gennaio 2019



RIPRISTINO

# CALCE STORICA

Malta monocomponente per il consolidamento di strutture in muratura classe M15

Malta da muratura monocomponente premiscelata, priva di cemento, con ottime resistenze meccaniche e di adesione. *Calce Storica* è costituita da calce idraulica naturale NHL 5, calce idrata ed inerti minerali naturali (granulometria massima 1,0 mm). Il prodotto è ideale per il consolidamento di strutture in muratura, non rilascia sali idrosolubili ed evita la formazione di efflorescenze. Si applica a cazzuola o a spruzzo.

## VANTAGGI

- Ottima compatibilità con opere in muratura;
- Assenza di cemento;
- Elevate resistenze meccaniche;
- Classe M15 secondo UNI EN 998-2;
- Ecocompatibile;
- Di facile e rapida applicazione;
- Elevata adesione alla muratura;
- Ottime resistenze chimiche;
- Idonea in zona sismica;
- VOC free.

## CAMPI D'IMPIEGO

*Calce Storica* è ideale per il consolidamento di strutture in muratura:

- consolidamento di volte, anche armate con barre in fibra di carbonio o aramide;
- consolidamento di opere nella bioedilizia e nel restauro dell'antico;
- allestimento per fondazioni di opere in muratura che necessitano di malte ad alta resistenza;
- lastre armate;
- giunti armati (rifacimento dei giunti con *Calce Storica* e barre in fibra di carbonio).
- intonaco di consolidamento della superficie muraria.

## RESA

17±10% kg/m<sup>2</sup> per cm di spessore.

## COLORE

Grigio chiaro.

## CONFEZIONE

Sacco di plastica da 15 kg.  
Pallet: 80 sacchi (1200 kg).

## STOCCAGGIO

Il prodotto deve essere conservato in ambienti ben areati, al riparo dalla luce solare, dal gelo e dall'acqua a temperature comprese tra +5°C e +35°C.

Tempo di immagazzinamento 12 mesi.

## PREPARAZIONE DEL SUPPORTO

- Il sottofondo deve essere completamente indurito e dotato di sufficiente resistenza.
- La superficie deve essere accuratamente pulita, senza parti friabili o inconsistenti.
- Nei casi in cui la superficie è nel complesso friabile si consiglia di scarnificarla totalmente fino ad ottenere un buon supporto.
- Se l'intonaco è degradato, va rimosso con martelletti elettrici, aria compressa o scalpello.
- Eliminare le eventuali efflorescenze saline presenti.
- Qualora siano presenti supporti poco uniformi e poco assorbenti, applicare sempre un opportuno strato di *Diathonite Rinzafo* (vedi scheda tecnica), al fine di migliorare l'adesione della malta al supporto.
- La temperatura del supporto deve essere compresa tra +5°C e +35°C.

## MISCELAZIONE

- Miscelare il prodotto utilizzando una betoniera a bicchiere o nel miscelatore della macchina spruzzatrice, aggiungendo gradualmente l'acqua alla polvere.
- Se si utilizza un trapano con frusta è necessario mescolare a bassa velocità, per non favorire l'inglobamento d'aria nella malta.
- *Calce Storica* va miscelata con il 17 - 18% d'acqua pulita, 2,55 - 2,70 l per ogni sacco (15 kg).
- L'acqua specificata è indicativa. È possibile ottenere impasti a consistenza più o meno fluida in base all'applicazione da effettuare (classi di consistenza consigliate S3 - S4: semifluida - fluida).
- Miscelare fino ad ottenere un impasto plastico, omogeneo e privo di grumi.
- Non miscelare l'impasto a mano.
- Non aggiungere mai componenti estranei al prodotto.



Per i video applicativi, la pagina del prodotto, la scheda di sicurezza ed altre informazioni.

## Ripristino

Le indicazioni e le prescrizioni riportate, pur rappresentando la nostra migliore esperienza e conoscenza, sono da ritenersi indicative e dovranno essere confermate da esaurienti applicazioni pratiche. Pertanto, prima di utilizzare il prodotto, l'applicatore deve in ogni caso eseguire delle prove preliminari, atte a verificare la perfetta idoneità ai fini dell'impiego previsto. In caso di incertezze e dubbi contattare l'ufficio tecnico dell'azienda. La presente scheda annulla e sostituisce ogni altra precedente.

1/3

**DIASEN**  
LOW-EMISSION • VOC FREE • LOW TOXIC

## CALCE STORICA

Malta monocomponente per il consolidamento di strutture in muratura classe M15

### Dati Fisici / Tecnici

Dati caratteristici		Unità di misura
<b>Resa</b>	17±10% kg/m <sup>2</sup> per cm di spessore	kg/m <sup>2</sup>
Aspetto	polvere	-
Colore	grigio chiaro	-
Acqua d'impasto	0,17-0,18 2,55-2,70 l per ogni sacco (15 kg)	l - kg
Granulometria massima	1,0	mm
Spessore massimo d'applicazione per strato	2,5	cm
Peso massa anidro (materiale in polvere) (UNI EN 998-2)	1240 ± 20	kg/m <sup>3</sup>
Temperatura di applicazione	+5 /+35	°C
Tempo di asciugatura (T=20°C; U.R. 40%)	8	ore
Conservazione	12 mesi in imballi originali ed in luogo asciutto	mesi
Confezione	sacco di plastica da 15	kg

Prestazioni finali		Unità misura	Normativa	Risultato
Resistenza a compressione dopo 28 gg	17,95	MPa = N/mm <sup>2</sup>	UNI EN 1015-11	classe M15
Resistenza a flessione dopo 28 gg	5,66	MPa = N/mm <sup>2</sup>	UNI EN 1015-11	-
Modulo elastico a compressione dopo 28 gg	19,67	GPa	UNI EN 13412	-
Tempo di lavorabilità a 20°C	60	min	UNI EN 1015-9	-
Conducibilità termica λ	0,124	W/mK	UNI EN 12667	categoria T2
Massa volumica dell'impasto	1700±20	kg/m <sup>3</sup>	UNI EN 1015-6	-
Classi di consistenza malta fresca	158 - 168	mm	UNI EN 1015-3	classe S3 - S4
Massa volumica della malta indurita	1450±20	kg/m <sup>3</sup>	UNI EN 998-2	-

I dati sopra riportati anche se effettuati secondo metodologie di prova normale sono indicativi e possono subire modifiche al variare delle specifiche condizioni di cantiere.

### Ripristino

Le indicazioni e le prescrizioni riportate, pur rappresentando la nostra migliore esperienza e conoscenza, sono da ritenersi indicative e dovranno essere confermate da esaurienti applicazioni pratiche. Pertanto, prima di utilizzare il prodotto, l'applicatore deve in ogni caso eseguire delle prove preliminari, atte a verificare la perfetta idoneità al fine dell'impiego previsto. In caso di incertezze e dubbi contattare l'ufficio tecnico dell'azienda. La presente scheda annulla e sostituisce ogni altra precedente.

2/3





# DIATHONITE DEUMIX<sup>+</sup>

Intonaco deumidificante termico, ecocompatibile e antisalino

Intonaco alleggerito macroporoso che unisce in un unico prodotto le proprietà di un intonaco deumidificante e di un rinzafo antisalino. *Diathonite Deumix<sup>+</sup>* è studiato per interventi di deumidificazione e, nello stesso tempo, impedisce ai sali di migrare verso la superficie della parete. Il prodotto è composto da materiali naturali come il sughero (gran. 0-3 mm), l'argilla e la calce idraulica naturale NHL 5 e speciali additivi che migliorano l'adesione e la traspirabilità del prodotto. Le macroporosità che ne caratterizzano la struttura sono in grado di accogliere i sali presenti nelle murature e consentono all'acqua di evaporare.

## VANTAGGI

- Elevata porosità
- Ottima traspirabilità
- Buon comportamento al fuoco: classe A1. Non brucia e non emette fumo
- Applicabile su murature umide di ogni tipo a mano o con macchina intonacatrice
- Ottime capacità idrorepellenti.
- Grazie alla sua bassa conduttività termica limita i fenomeni di condensazione superficiale e interstiziale, contribuendo all'isolamento termico della parete
- Rispetta l'equilibrio termo-igrometrico del supporto
- Perfetta compatibilità con finiture minerali alla calce e ai silicati
- Ecologico

## CONFEZIONE

Sacchi di carta da 20 kg.

Pallet: n° 60 sacchi (1200 kg).



Diasen srl

Zona Industriale Berbentina, 5 Sassoferrato ANCONA

17

UNI EN 998-1

Specifiche per malte per opere murarie - Parte 1: Malte per intonaci interni ed esterni

Conducibilità termica:	$\lambda = 0,080 \text{ W/mK}$
Resistenza a compressione:	$3,11 \text{ N/mm}^2$ (categoria CS II)
Reazione al fuoco:	classe A1
Coefficiente di permeabilità al vapore:	$\mu=4$
Assorbimento d'acqua per capillarità: categoria W0	
Adesione:	$0,258 \text{ N/mm}^2 - \text{FP: C}$
Massa volumica in mucchio:	$450 (\pm 10\%) \text{ kg/m}^3$
Durabilità (contro il gelo/disgelo):	valutazione basata sulle disposizioni valide nel luogo di utilizzo previsto della malta.

## STOCCAGGIO

Conservare il prodotto negli imballi originali ben chiusi, adeguatamente protetti dal sole, dall'acqua, dal gelo e mantenuti a temperature superiori a +5°C. Tempo d'immagazzinamento 18 mesi.

## CAMPI D'IMPIEGO

Intonaco pronto all'uso per interni ed esterni. Idoneo alla realizzazione d'interventi di deumidificazione anche su murature contro-terra. Il prodotto impedisce ai sali di migrare verso la superficie ed è idoneo per il risanamento delle murature interessate da umidità di risalita capillare. *Diathonite Deumix<sup>+</sup>* risolve le problematiche legate alla presenza di muffe indotte dall'umidità, garantendo un ambiente salubre e un elevato comfort abitativo. L'intonaco è un composto completamente naturale e idoneo laddove siano richiesti materiali ecocompatibili.

## RESA

$4,40 \text{ kg/m}^2 (\pm 10\%)$  per cm di spessore.

## COLORE

Grigio chiaro.



## Isolanti termo acustici - Intonaci

Le indicazioni e le prescrizioni riportate, pur rappresentando la nostra migliore esperienza e conoscenza, sono da ritenersi indicative e dovranno essere confermate da esaurienti applicazioni pratiche. La Diasen non conosce le specificità della lavorazione e tanto meno le determinanti caratteristiche del supporto di applicazione. Pertanto, prima di utilizzare il prodotto, l'applicatore deve in ogni caso eseguire delle prove preliminari, atte a verificare la perfetta idoneità ai fini dell'impiego previsto e, comunque, si assume ogni responsabilità che possa derivare dal suo uso. In caso d'incertezze e dubbi contattare l'ufficio tecnico dell'azienda prima dell'inizio dei lavori, fermo restando che tale supporto costituisce un semplice ausilio per l'applicatore, che dovrà in ogni caso garantire il possesso di adeguate capacità ed esperienza per la posa del prodotto e per l'individuazione delle soluzioni più adeguate. Fare sempre riferimento all'ultima versione aggiornata della scheda tecnica, disponibile sul sito [www.diasen.com](http://www.diasen.com) che annulla e sostituisce ogni altra.

**DIASEN**  
GREEN BUILDING FUTURE

## DIATHONITE DEUMIX<sup>+</sup>

Intonaco deumidificante termico, ecocompatibile e antisalino

### Dati Fisici / Tecnici

Dati caratteristici		Unità di misura
Resa	4,40 kg/m <sup>2</sup> (±10%) per cm di spessore	kg/m <sup>2</sup>
Aspetto	polvere	-
Colore	grigio chiaro	-
Granulometria	0 - 3	mm
Densità	450 (±10%)	kg/m <sup>3</sup>
Acqua d'impasto	0,55 - 0,65 l/kg 11 - 13 l per ogni sacco di 20 kg	l/kg
Consistenza dell'impasto	spruzzabile	-
Temperatura di applicazione	+5 /+30	°C
Tempo di asciugatura (T = 23°C; U.R. 50%)	15	giorni
Conservazione	18	mesi
Confezione	sacco di carta da 20	kg

Prestazioni finali		Unità misura	Normativa	Risultato
Conduttività termica (λ)	0,080	W/mK	UNI EN 1745	-
Resistenza termica (R) per 1 cm di spessore	0,125	m <sup>2</sup> KW	UNI 10355	-
Resistenza alla compressione	3,11	N/mm <sup>2</sup>	UNI EN 1015	categoria CS II
Resistenza al vapore acqueo	μ = 4	-	UNI EN 1015-19	-
Assorbimento d'acqua per capillarità (90 minuti)	-	-	UNI EN 1015-18	categoria W0
Porosità della malta indurita	71,64%	-	-	-
Adesione al supporto (laterizio)	0,258 - rottura di tipo C	N/mm <sup>2</sup>	UNI EN 1015-12	-
Reazione al fuoco	classe A1	-	UNI EN 13501-1	-

\* I dati sopra riportati anche se effettuati secondo metodologie di prova normale sono indicativi e possono subire modifiche al variare delle specifiche condizioni di cantiere.

### PREPARAZIONE DEL SUPPORTO

Il sottofondo deve essere completamente indurito (corretta stagionatura) e dotato di sufficiente resistenza. La superficie deve essere accuratamente pulita, ben consolidata, senza parti friabili e inconsistenti.

Rimuovere tracce di oli, grassi, cere ed eventuali efflorescenze saline presenti.

### Muratura

Se necessario pulire la superficie con idropulitrice o procedere con la spazzolatura.

Controllare lo stato della muratura, riparare i mattoni e le pietre danneggiate o non ben fissate.

Su supporti da regolarizzare utilizzare una malta da riempimento a base calce per mantenere la traspirabilità.

### Isolanti termo acustici - Intonaci

Le indicazioni e le prescrizioni riportate, pur rappresentando la nostra migliore esperienza e conoscenza, sono da ritenersi indicative e dovranno essere confermate da esaurienti applicazioni pratiche. La Diasen non conosce le specificità della lavorazione e tanto meno le determinanti caratteristiche del supporto di applicazione. Pertanto, prima di utilizzare il prodotto, l'applicatore deve in ogni caso eseguire delle prove preliminari, atte a verificare la perfetta idoneità ai fini dell'impiego previsto e, comunque, si assume ogni responsabilità che possa derivare dal suo uso. In caso d'incertezze e dubbi contattare l'ufficio tecnico dell'azienda prima dell'inizio dei lavori, fermo restando che tale supporto costituisce un semplice ausilio per l'applicatore, che dovrà in ogni caso garantire il possesso di adeguate capacità ed esperienza per la posa del prodotto e per l'individuazione delle soluzioni più adeguate. Fare sempre riferimento all'ultima versione aggiornata della scheda tecnica, disponibile sul sito [www.diasen.com](http://www.diasen.com) che annulla e sostituisce ogni altra.



# ARGACEM HP

Rasante di lisciatura minerale altamente traspirante

Rasante di finitura altamente traspirante spugnabile in polvere (gran. 0-0,6 mm) a base di calce idrata, filler naturali e inerti minerali purissimi di origine calcarea. Il giusto assortimento granulometrico e l'impiego di specifici additivi garantiscono un'elevata resa e lavorabilità in fase di stesura, oltreché una corretta spugnatura delle superfici. **Argacem HP** è composto da materie prime naturali, tra i quali la calce idrata che spicca per le sue proprietà antibatteriche e di permeabilità al vapore.

Idoneo per interni ed esterni garantisce un ottimo livello di copertura del sottofondo ed una finitura di tipo "a civile" con frattazzo di spugna o liscia con frattazzo di plastica.

## VANTAGGI

- In abbinamento agli intonaci della linea *Diathonite* garantisce un ottimo comfort termo-igrometrico;
- Applicabile in spessori elevati per ottenere una superficie piana e regolare;
- Ottima traspirabilità e lavorabilità;
- Elevata copertura di eventuali difetti o cavillature del sottofondo;
- Versatilità d'utilizzo;
- Evita la formazione di muffe grazie alla funzione antibatterica della calce;
- Materie prime naturali;
- Ottimo aspetto estetico.

## RESA

1,4 ± 10% kg/m<sup>2</sup> per mm di spessore.

Su intonaci della linea *Diathonite* 4,2 ± 10% kg/m<sup>2</sup> per 3 mm di spessore.



Diasen srl  
Zona Industriale Berbentina, 5 Sassoferrato ANCONA  
14  
EN 998-1

Specifiche per malte per opere murarie - Parte 1: Malte per intonaci interni ed esterni

Conducibilità termica:	≤ 0,2 W/mK (categoria T2)
Massa volumica in mucchio:	1120 ± 10% kg/m <sup>3</sup>
Resistenza a compressione:	3,50 N/mm <sup>2</sup> (categoria CS II)
Reazione al fuoco:	classe A1
Assorbimento d'acqua per capillarità:	categoria W0
Coefficiente di permeabilità al vapore:	μ ≤ 15
Durabilità (contro il gelo/disgelo):	valutazione basata sulle disposizioni valide nel luogo di utilizzo previsto della malta.

## COLORE

Bianco.

## CAMPI D'IMPIEGO

Rasante per interni ed esterni idoneo per la finitura di:

- prodotti della linea intonaci *Diathonite*;
- impermeabilizzanti tipo *WATstop* (vedi scheda tecnica);
- taverne, garage, casolari, saloni, ecc.;
- intonaci nuovi e vecchi;
- pareti e soffitti;
- sottofondi cementizi o a base calce e cemento.

Il prodotto è studiato per ottenere con frattazzo a spugna una finitura di tipo civile.

*Argacem HP* è utilizzabile su tutti i tipi di supporto la cui natura (assorbimento d'acqua, rugosità, omogeneità, presenza di cavillature) non consenta la stesura diretta della finitura.

Grazie all'elevata traspirabilità e alla capacità antibatterica evita la formazione di muffe indotte dall'umidità, garantendo un ambiente salubre e un elevato comfort abitativo. *Argacem HP* è un composto naturale ed è idoneo laddove siano richiesti materiali ecocompatibili.



Per i video applicativi, la pagina del prodotto, la scheda di sicurezza ed altre informazioni.

## Rasanti - malte

Le indicazioni e le prescrizioni riportate, pur rappresentando la nostra migliore esperienza e conoscenza, sono da ritenersi indicative e dovranno essere confermate da esaurienti applicazioni pratiche. La Diasen non conosce le specificità della lavorazione e tanto meno le determinanti caratteristiche del supporto di applicazione. Pertanto, prima di utilizzare il prodotto, l'applicatore deve in ogni caso eseguire delle prove preliminari, atte a verificare la perfetta idoneità ai fini dell'impiego previsto e, comunque, si assume ogni responsabilità che possa derivare dal suo uso. In caso d'incertezze e dubbi contattare l'ufficio tecnico dell'azienda prima dell'inizio dei lavori, fermo restando che tale supporto costituisce un semplice ausilio per l'applicatore, che dovrà in ogni caso garantire il possesso di adeguate capacità ed esperienza per la posa del prodotto e per l'individuazione delle soluzioni più adeguate. Fare sempre riferimento all'ultima versione aggiornata della scheda tecnica, disponibile sul sito [www.diasen.com](http://www.diasen.com) che annulla e sostituisce ogni altra.

## ARGACEM HP

Rasante di lisciatura minerale altamente traspirante

### Dati fisici / tecnici

Dati caratteristici		Unità di misura
<b>Resa</b>	1,4 ± 10% kg/m <sup>2</sup> per mm di spessore. Intonaci della linea <i>Diathonite</i> 4,2 ± 10% kg/m <sup>2</sup> per 3 mm di spessore.	kg/m <sup>2</sup>
Aspetto	polvere premiscelata	-
Colore	bianco	-
Densità	1120 ± 10%	kg/m <sup>3</sup>
Granulometria	0 - 0,6	mm
Acqua d'impasto	0,26 - 0,28 l/kg 6,5 - 7 l per ogni sacco (25 kg)	l/kg
Temperatura di applicazione	+5 / +30	°C
Tempo di riposo dell'impasto	5	minuti
Tempo di inizio presa	60	minuti
Tempo di asciugatura (T=20°C; U.R. 40%)	5 - 7	giorni
Conservazione	12 mesi in imballi originali e in luogo asciutto	mesi
Confezione	sacco di carta da 25 kg	kg

Prestazioni finali		Unità misura	Normativa	Risultato
Coefficiente di permeabilità al vapore	μ ≤ 15	-	UNI EN 1015-19	-
Coefficiente di assorbimento d'acqua per capillarità (C <sub>m</sub> )	categoria W0	-	UNI EN 1015-18	categoria W0
Massa volumica apparente della malta fresca	1550 ± 10%	kg/m <sup>3</sup>	-	-
Massa volumica apparente della malta indurita	1350 ± 10%	kg/m <sup>3</sup>	-	-
Resistenza media a compressione a 28 giorni	≥ 3,50	N/mm <sup>2</sup>	UNI EN 1015-11 UNI EN 1504-3	classe CS IV classe R2
Reazione al fuoco	classe A1	-	UNI EN 13501-1	-
Conducibilità termica (λ)	≤ 0,2	W/mK	UNI EN 12667	Categoria T2

I dati sopra riportati anche se effettuati secondo metodologie di prova normale sono indicativi e possono subire modifiche al variare delle specifiche condizioni di cantiere.

### Rasanti - malte

Le indicazioni e le prescrizioni riportate, pur rappresentando la nostra migliore esperienza e conoscenza, sono da ritenersi indicative e dovranno essere confermate da esaurienti applicazioni pratiche. La Dياسن non conosce le specificità della lavorazione e tanto meno le determinanti caratteristiche del supporto di applicazione. Pertanto, prima di utilizzare il prodotto, l'applicatore deve in ogni caso eseguire delle prove preliminari, atte a verificare la perfetta idoneità al fine dell'impiego previsto e, comunque, si assume ogni responsabilità che possa derivare dal suo uso. In caso d'incertezze e dubbi contattare l'ufficio tecnico dell'azienda prima dell'inizio dei lavori, fermo restando che tale supporto costituisce un semplice ausilio per l'applicatore, che dovrà in ogni caso garantire il possesso di adeguate capacità ed esperienza per la posa del prodotto e per l'individuazione delle soluzioni più adeguate. Fare sempre riferimento all'ultima versione aggiornata della scheda tecnica, disponibile sul sito [www.diasen.com](http://www.diasen.com) che annulla e sostituisce ogni altra.

2/4

**DIASEN**  
IMPIANTI E SERVIZI



# LIMEPAINT

Idropittura per interni coprente e altamente traspirante

Rivestimento liquido altamente coprente e traspirante, a base calce, utilizzato come finitura per pareti interne e soffitti. Il prodotto è studiato per portare a finitura intonaci termo-acustici realizzati in Diathonite, in quanto non occlude le porosità e non altera le caratteristiche di permeabilità.

## VANTAGGI

- Di facile e rapida applicazione;
- Altamente traspirante;
- Rispetta l'equilibrio termo-igrometrico del supporto;
- Antibatterico;
- Atossico;
- Prodotto solvent free.

## CAMPI D'IMPIEGO

Il prodotto è idoneo per:

- la decorazione di pareti interne e soffitti;
- rivestire intonaci deumidificanti realizzati con il sistema deumidificante Diasen;
- la finitura di intonaci acustici realizzati con *Diathonite Acoustix*;
- rivestire intonaci minerali asciutti, compatti, assorbenti e coesi.

## RESA

0,35 kg/m<sup>2</sup>.

## COLORE

Bianco.

Può essere realizzato in qualsiasi colore RAL.

## CONFEZIONE

Secchi di plastica da 20 kg.

Pallet: 48 secchi (960 kg).

## STOCCAGGIO

Conservare il prodotto nelle confezioni integre in ambienti coperti, asciutti, al riparo dalla luce solare, dall'acqua e dal gelo, a temperature comprese tra +5°C e +35°C.

Tempo di immagazzinamento 24 mesi.

## PREPARAZIONE DEL SUPPORTO

- Il sottofondo deve essere completamente indurito, asciutto e dotato di sufficiente resistenza.
- Applicare su supporti sufficientemente stagionati e che abbiano espletato gli adeguati ritiri.
- La superficie deve essere accuratamente pulita, ben consolidata, senza parti friabili o inconsistenti e perfettamente livellata.

- Se il supporto risulta essere già verniciato, asportare eventuali pitture in fase di distacco; quindi stuccare le imperfezioni e carteggiare.
- La temperatura del sub-strato deve essere compresa tra +5°C e +35°C.
- Per evitare la comparsa di fessurazioni, si consiglia di applicare la pittura dopo 30 giorni dal termine della rasatura.

## MISCELAZIONE

Diluire il prodotto con il 30-40% d'acqua. Prima di procedere con la stesura, miscelare il composto con trapano miscelatore. L'acqua specificata è indicativa. È possibile ottenere un prodotto a consistenza più o meno fluida in base all'applicazione da effettuare. Non aggiungere mai componenti estranei al composto.

## APPLICAZIONE

1. Applicare l'impregnante fissativo *D20* a pennello o rullo.
2. A completa asciugatura del fissativo, applicare un primo strato di *Limepaint* a pennello, rullo o airless e attendere la completa asciugatura.
3. Applicare un secondo strato di prodotto fino a totale copertura del fondo. Per un risultato migliore ed un rivestimento più omogeneo si consiglia di incrociare gli strati.

## TEMPI DI ASCIUGATURA

Ad una temperatura di 20°C e umidità relativa del 40% il prodotto asciuga completamente in 6 ore.

- I tempi di asciugatura sono influenzati dall'umidità relativa dell'ambiente e dalla temperatura e possono variare anche in modo significativo.



Per i video applicativi, la pagina del prodotto, la scheda di sicurezza ed altre informazioni.

## Finiture - liquide

Le indicazioni e le prescrizioni riportate, pur rappresentando la nostra migliore esperienza e conoscenza, sono da ritenersi indicative e dovranno essere confermate da esaurienti applicazioni pratiche. Pertanto, prima di utilizzare il prodotto, l'applicatore deve in ogni caso eseguire delle prove preliminari, atte a verificare la perfetta idoneità ai fini dell'impiego previsto. In caso di incertezze e dubbi contattare l'ufficio tecnico dell'azienda. La presente scheda annulla e sostituisce ogni altra precedente.



## LIMEPAINT

Idropittura per interni coprente e altamente traspirante

### Dati Fisici / Tecnici

Dati caratteristici		Unità di misura
Resa	0,35 kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>
Aspetto	semidenso	-
Colore	bianco. Può essere realizzato in qualsiasi colore RAL.	-
Diluizione	30-40% d'acqua	-
Tempo di attesa fra 1a e 2a mano (T=20°C; U.R. 40%)	6	ore
Temperatura di applicazione	+5 /+35	°C
Umidità massima	70%	-
Tempo di asciugatura (T=20°C; U.R. 40%)	6	ore
Conservazione	24 mesi in imballi originali ed in luogo asciutto	mesi
Confezione	secchio di plastica da 20	kg

Prestazioni finali		Unità misura	Normativa	Risultato
Resistenza ai cicli d'invecchiamento accelerato (Weathering Test)	1000 ore (> 5 anni*)	ore / anni	UNI EN ISO 11507	-
Temperatura di filmazione	+5	°C	-	-

\* 1000 ore d'invecchiamento accelerato corrispondono a circa 5 anni. Questa corrispondenza è puramente indicativa e può variare considerevolmente in funzione delle condizioni climatiche del luogo di utilizzo del prodotto.

I dati sopra riportati anche se effettuati secondo metodologie di prova normative sono indicativi e possono subire modifiche al variare delle specifiche condizioni di cantiere.

### INDICAZIONI

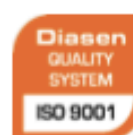
- Non applicare con temperature inferiori a +5°C e superiori a +30°C.
- Durante la stagione estiva applicare il prodotto nelle ore più fresche della giornata.
- Non applicare con umidità relativa superiore al 70%.
- Prodotto per interni, non applicare all'esterno.
- Se utilizzato come finitura della *Diathonite Acoustix*, applicare il *Limepaint* in modo da non occludere le porosità dell'intonaco per non diminuirne la capacità fonoassorbente.

### PULIZIA

L'attrezzatura utilizzata può essere lavata con acqua.

### SICUREZZA

Durante la manipolazione usare mezzi di protezione personale e attenersi a quanto riportato sulla scheda di sicurezza relativa al prodotto.



### Finiture – liquide

DIASEN Srl - Z.I. Berbentina, 5 - 60041 Sassoferrato (AN)  
Tel. +39 0732 9718 - Fax +39 0732 971899  
diasen@diasen.com - www.diasen.com

2/2

**DIASEN**  
GREEN BUILDING FUTURE

Primer a base di resina acrilica all'acqua da usare prevalentemente su nuovi intonaci per migliorare l'adesione e la tenuta nel tempo della finitura colorata da applicare successivamente. Applicabile anche su supporti polverosi.

## VANTAGGI

- Ottima adesione sulla maggior parte degli intonaci assorbenti.
- Pronto all'uso. Facile e veloce da applicare.
- Si applica in un solo strato.
- Asciugatura rapida.
- Prodotto solvent free. Né tossico, né infiammabile.

## CAMPI D'IMPIEGO

Prodotto studiato per migliorare l'adesione delle finiture su rasanti e intonaci nuovi o vecchi. Il prodotto penetra nel sottofondo e garantisce l'adesione degli strati applicati successivamente. D20 è idoneo anche su supporti polverosi in quanto incapsula la polvere. Può essere applicato sia all'interno che all'esterno.

## RESA

0,15 l/ m<sup>2</sup>.

## COLORE

Incolore.

## CONFEZIONE

Secchi di plastica da 5 l  
Pallet: - 20 cartoni (4 secchi da 5 l ognuno – totale 400 l).



## STOCCAGGIO

Conservare il prodotto nei contenitori originali, in ambienti ben areati, al riparo dalla luce solare e dal gelo, a una temperatura compresa tra +5°C e +35°C. Tempo di immagazzinamento 24 mesi.

## PREPARAZIONE DEL SUPPORTO

Il sottofondo deve essere completamente indurito, asciutto e dotato di sufficiente resistenza. La superficie deve essere accuratamente pulita, ben consolidata, senza parti friabili e inconsistenti. Prima dell'applicazione del prodotto, si consiglia di coprire ogni elemento che non debba essere rivestito.

## Intonaci

Assicurarsi che l'intonaco sia consistente e ben adeso al supporto, in caso contrario prevedere la rimozione parziale o totale e il rifacimento dello stesso. Verificare che l'intonaco sia ben staggiato in modo che la superficie rimanga meno grezza, se questo non fosse possibile, applicare preventivamente una mano di rasante Argacem HP o Argatherm (vedi schede tecniche).

## Rasanti

Assicurarsi che il rasante sia consistente e ben adeso al supporto, in caso contrario prevedere la rimozione parziale o totale e il rifacimento dello stesso.

## Intonaci o rasanti pitturati

Data la grande varietà di pitture presenti in commercio, si consiglia di effettuare una prova di adesione su una piccola area per verificare l'idoneità all'applicazione.

Per supporti non presenti in scheda tecnica contattare l'ufficio tecnico Diasen.



Per i video applicativi, la pagina del prodotto, la scheda di sicurezza ed altre informazioni.

## Primer – a base acqua

Le indicazioni e le prescrizioni riportate, pur rappresentando la nostra migliore esperienza e conoscenza, sono da ritenersi indicative e dovranno essere confermate da esaurienti applicazioni pratiche. La Diasen non conosce le specificità della lavorazione e tanto meno le determinanti caratteristiche del supporto di applicazione. Pertanto, prima di utilizzare il prodotto, l'applicatore deve in ogni caso eseguire delle prove preliminari, atte a verificare la perfetta idoneità ai fini dell'impiego previsto e, comunque, si assume ogni responsabilità che possa derivare dal suo uso. In caso d'incertezze e dubbi contattare l'ufficio tecnico dell'azienda prima dell'inizio dei lavori, fermo restando che tale supporto costituisce un semplice ausilio per l'applicatore, che dovrà in ogni caso garantire il possesso di adeguate capacità ed esperienza per la posa del prodotto e per l'individuazione delle soluzioni più adeguate. Fare sempre riferimento all'ultima versione aggiornata della scheda tecnica, disponibile sul sito [www.diasen.com](http://www.diasen.com) che annulla e sostituisce ogni altra.

## D20

Fissativo coadiuvante di adesione per finiture colorate

### Dati Fisici / Tecnici

Dati caratteristici		Unità di misura
Resa	0,15	l/m <sup>2</sup>
Aspetto	liquido	-
Colore	incolore	-
Diluzione	non diluire	-
Temperatura di applicazione	+5 / +35	°C
Tempo di asciugatura (T=20°C; U.R. 40%)	3	ore
Conservazione	24 mesi in imballi originali ed in luogo asciutto	mesi
Confezione	secchio in plastica da 5	l

Prestazioni finali		Unità di misura	Normativa
Permeabilità al vapore acqueo	S <sub>d</sub> = 0,43 m	m	UNI EN ISO 7783
Contenuto in solidi	10%	-	-

I dati sopra riportati anche se effettuati secondo metodologie di prova normative sono indicativi e possono subire modifiche al variare delle specifiche condizioni di cantiere.

### MISCELAZIONE

D20 è monocomponente, pronto all'uso e non è necessario diluirlo. Miscelare il prodotto con trapano miscelatore di tipo professionale fino a ottenere un impasto omogeneo, privo di grumi.

Non aggiungere mai componenti estranei al prodotto.

### APPLICAZIONE

1. D20 va applicato generalmente in un unico strato. Su supporti particolarmente assorbenti potrebbe essere necessario applicare un secondo strato.
2. Applicare D20 con rullo a pelo corto, airless o pennello facendo penetrare bene il prodotto nel supporto e coprendo perfettamente tutta la superficie. In caso di pioggia su prodotto non perfettamente indurito verificare attentamente l'idoneità al successivo ricoprimento.

### TEMPI DI ASCIUGATURA

Ad una temperatura di 20°C e umidità relativa del 40% il prodotto asciuga in circa 3 ore.

- I tempi di asciugatura sono influenzati dall'umidità relativa dell'ambiente e dalla temperatura e possono variare anche in modo significativo.
- Terminato il tempo di asciugatura, è possibile procedere con la stesura della finitura scelta.

### INDICAZIONI

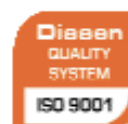
- Non applicare con temperature ambientali e del supporto inferiori a +5°C e superiori a +35°C.
- Durante la stagione estiva applicare il prodotto nelle ore più fresche della giornata, al riparo dal sole.
- Non applicare con imminente pericolo di pioggia o di gelo, in condizioni di forte nebbia o con umidità relativa superiore al 70%.
- Durante la stagione invernale il supporto deve essere perfettamente asciutto. L'umidità può causare sbollamenti e distaccamenti.
- Non bagnare la superficie primerizzata prima dell'applicazione della finitura.

### PULIZIA

L'attrezzatura utilizzata può essere lavata con acqua prima dell'indurimento del prodotto.

### SICUREZZA

Durante la manipolazione usare sempre i dispositivi di protezione individuale e attenersi a quanto riportato sulla scheda di sicurezza relativa al prodotto.



### Primer - a base acqua

DIASEN Srl - Z.I. Berberlina, 5 - 60041 Sassoferrato (AN)  
Tel. +39 0732 9718 - Fax +39 0732 971899  
diasen@diasen.com - www.diasen.com

# AEROXIDE® TiO<sub>2</sub> P 25

## Hydrophilic fumed titanium dioxide

### Characteristic physico-chemical data

Properties and test methods	Unit	Value
Specific surface area (BET)	m <sup>2</sup> /g	35 - 65
pH value in 4% dispersion		3.5 - 4.5
Loss on drying* 2 hours at 105 °C	%	≤ 1.5
Tamped density*	g/l	100 - 180
Titanium dioxide based on ignited material	%	≥ 99.50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> content based on ignited material	%	≤ 0.300
SiO <sub>2</sub> content based on ignited material	%	≤ 0.200
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> content based on ignited material	%	≤ 0.010
HCl content based on ignited material	%	≤ 0.300
Sieve residue (by Mocker, 45µm)	%	≤ 0.050

\* ex plant  
The data represents typical values (no product specification)

### Registrations (substance or product components)

#### AEROXIDE® TiO<sub>2</sub> P 25

CAS-No.	13463-67-7
REACH (Europe)	registered
TSCA (USA) DSL (Canada)	registered
ENCS (Japan) IECSC (China) KECI (Korea)	registered
AICS (Australia)	registered

AEROXIDE® TiO<sub>2</sub> P 25 is a fine-particulate, pure titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) with high specific surface area and marked aggregate and agglomerate structure. Because of its high purity, high specific surface area, and unique combination of anatase and rutile crystal structure, the product is suitable for many catalytic and photocatalytic applications. Its structure also makes it suitable for use as an effective UV filter.

### Applications and properties

#### Properties

- High specific surface area and high purity
- Crystalline TiO<sub>2</sub> with predominantly anatase structure
- Very good thermal and chemical stability
- Outstanding catalytic and photocatalytic efficiency
- Photoactive under UV-B radiation
- Heat-stabilizing effect in silicone elastomers through the influence of titanium dioxide on redox processes
- 

#### Applications

- Raw material for catalyst substrates with high thermal and hydrothermal stability
- Efficient catalyst substrate with good thermal and hydrothermal stability
- Efficient photocatalyst for formulation of self-cleaning construction materials, such as concrete or mineral plasters
- Suitable for the construction of efficient dye-sensitized solar cells
- Efficient and overdyable heat stabilizer for silicone vulcanizates at process temperatures to more than 200 °C
- Improvement of the flammability protection of silicone vulcanizates
- Additive and raw material for ceramic and metal materials as bonding agent, sintering additive, or structural component
- Dry coating of cathode materials in Li-ion batteries to increase performance and life-time



## Packaging and storage

AEROXIDE® TiO<sub>2</sub> P 25 is supplied in multiple layer 10 kg bags. We recommend to store the product in closed containers under dry conditions and to protect the material from volatile substances. AEROXIDE® TiO<sub>2</sub> P 25 should be used within 2 years after production.

## Safety and handling

Information concerning the safety of this product is listed in the corresponding Safety Data Sheet, which will be sent with the first delivery or upon updating. Such information is also available from Evonik Operations, Product Safety Department, E-MAIL [sds-im@evonik.com](mailto:sds-im@evonik.com) We recommend to read carefully the safety data sheet prior to the use of our product.

This information and any recommendations, technical or otherwise, are presented in good faith and believed to be correct as of the date prepared. Recipients of this information and recommendations must make their own determination as to its suitability for their purposes. In no event shall Evonik assume liability for damages or losses of any kind or nature that result from the use of or reliance upon this information and recommendations. EVONIK EXPRESSLY DISCLAIMS ANY REPRESENTATIONS AND WARRANTIES OF ANY KIND, WHETHER EXPRESS OR IMPLIED, AS TO THE ACCURACY, COMPLETENESS, NON-INFRINGEMENT, MERCHANTABILITY AND/OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE (EVEN IF EVONIK IS AWARE OF SUCH PURPOSE) WITH RESPECT TO ANY INFORMATION AND RECOMMENDATIONS PROVIDED. Reference to any trade names used by other companies is neither a recommendation nor an endorsement of the corresponding product, and does not imply that similar products could not be used. Evonik reserves the right to make any changes to the information and/or recommendations at any time, without prior or subsequent notice.

### Customer Service

#### Europe/ Middle-East/ Africa/ Latin America

##### Evonik Operations GmbH

Business Line Silica  
PB 010-A410  
Rodenbacher Chaussee 4  
63457 Hanau-Wolfgang  
Germany  
PHONE +49 6181 59 12532  
FAX +49 6181 59 712532  
[aerosil@evonik.com](mailto:aerosil@evonik.com)  
[www.silica-specialist.com](http://www.silica-specialist.com)

#### North America

##### Evonik Corporation

Business Line Silica  
299 Jefferson Road  
Parsippany, NJ 07054-0677  
USA  
PHONE +1 800-233-8052  
FAX +1 973-929-8502  
[aerosil@evonik.com](mailto:aerosil@evonik.com)  
[www.silica-specialist.com](http://www.silica-specialist.com)

#### Asia (excluding Japan)

##### Evonik (SEA) Pte. Ltd.

Business Line Silica  
3 International Business Park  
Nordic European Centre, #07-18  
Singapore 609927  
PHONE +65 6809-6877  
FAX +65 6809-6677  
[aerosil@evonik.com](mailto:aerosil@evonik.com)  
[www.silica-specialist.com](http://www.silica-specialist.com)

#### Japan

##### NIPPON AEROSIL CO., LTD.

Marketing & Sales Division  
P.O. Box 7015  
Shinjuku Monolith 13F  
3-1, Nishi-Shinjuku 2-chrome  
Shinjuku-ku, Tokyo  
163-0913 Japan  
PHONE +81 3 3342-1789  
FAX +81 3 3342-1761  
[inonac@evonik.com](mailto:inonac@evonik.com)  
[www.aerosil.jp](http://www.aerosil.jp)

### Technical Service

#### Europe/ Middle-East/ Africa/ Latin America

##### Evonik Operations

Business Line Silica  
HPC 911-221 A  
Rodenbacher Chaussee 4  
63457 Hanau-Wolfgang  
Germany  
PHONE +49 6181 59-3936  
FAX +49 6181 59 4489  
[technical.service.aerosil@evonik.com](mailto:technical.service.aerosil@evonik.com)  
[www.silica-specialist.com](http://www.silica-specialist.com)

#### North America

##### Evonik Corporation

Business Line Silica  
2 Turner Place  
Piscataway, NJ 08855-0365  
USA  
PHONE +1 888 SILICAS  
PHONE +1 732 981-5000  
FAX +1 732 981-5275  
[technical.service.aerosil@evonik.com](mailto:technical.service.aerosil@evonik.com)  
[www.silica-specialist.com](http://www.silica-specialist.com)

#### Asia (excluding Japan)

##### Evonik Specialty Chemicals (Shanghai) Co.,Ltd

Business Line Silica  
55 Chundong Road  
Xinzhuan Industry Park  
Shanghai 201108  
P.R. China  
PHONE +86 21 6119-1151  
FAX +86 21 6119-1075  
[technical.service.aerosil@evonik.com](mailto:technical.service.aerosil@evonik.com)  
[www.silica-specialist.com](http://www.silica-specialist.com)

#### Japan

##### NIPPON AEROSIL CO., LTD.

Applied Technology Group  
3 Mita-Cho  
Yokkaichi, Mie  
510-0841 Japan  
PHONE +81 59 345-5270  
FAX +81 59 346-4657  
[inonac@evonik.com](mailto:inonac@evonik.com)  
[www.aerosil.jp](http://www.aerosil.jp)