

**UNIVERSITÀ
DEL SALENTO**

Prof. Maria Antonietta Aiello

**PRESTAZIONI MECCANICHE E DURABILITÀ NEL
RINFORZO STRUTTURALE
ESPERIENZE SU MURATURA IN PIETRA CALCAREA**

TECNICHE DI RINFORZO STRUTTURALE DI EDIFICI ESISTENTI CON MATERIALI COMPOSITI
Bari 26 OTTOBRE 2016



Chi parla?



Francesco Micelli

Professore Associato di Tecnica delle Costruzioni

Facoltà di Ingegneria – Università del Salento

Dip.to di Ingegneria dell’Innovazione - Edificio “La Stecca” piano 2°

Insegnamenti:

Complementi di Tecnica delle Costruzioni

Progetto di Strutture

(CdL Magistrale in Ingegneria Civile)

Conservazione e Recupero Strutturale

(CdL Magistrale in Scienze per la Conservazione ed il Restauro - BB.CC.)

Contatti:

(+39) 0832 297 380

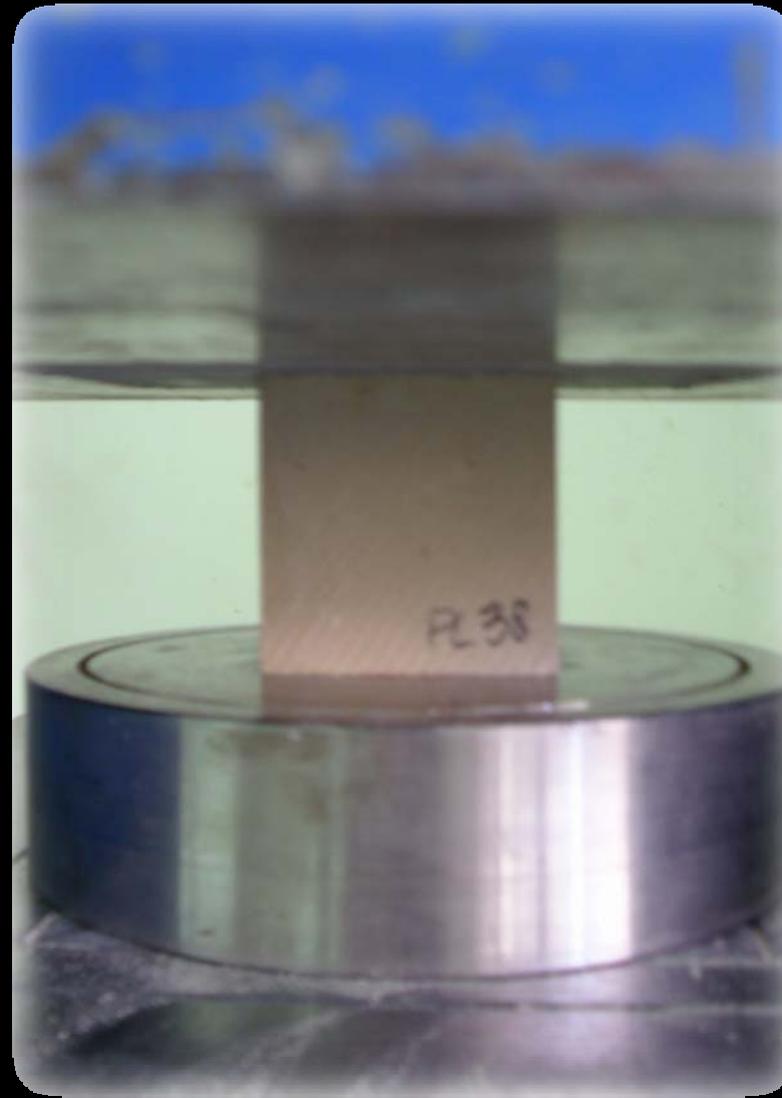
francesco.micelli@unisalento.it

LA MURATURA IN BLOCCHI LAPIDEI QUADRATI

Tabella 7.8.II – *Requisiti geometrici delle pareti resistenti al sisma.*

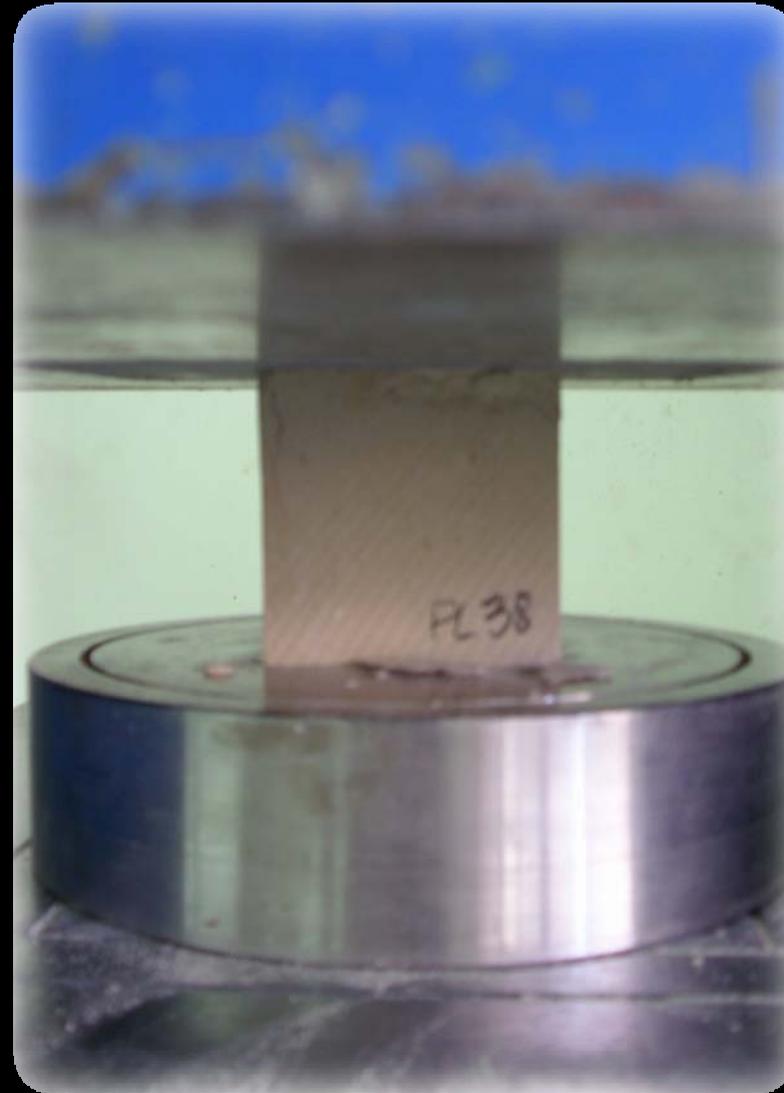
Tipologie costruttive	t_{\min}	$(\lambda=h_o/t)_{\max}$	$(l/h')_{\min}$
Muratura ordinaria, realizzata con elementi in pietra squadrata	300 mm	10	0,5
Muratura ordinaria, realizzata con elementi artificiali	240 mm	12	0,4
Muratura armata, realizzata con elementi artificiali	240 mm	15	Qualsiasi
Muratura ordinaria, realizzata con elementi in pietra squadrata, in siti ricadenti in zona 3 e 4	240 mm	12	0,3
Muratura realizzata con elementi artificiali semipieni, in siti ricadenti in zona 4	200 mm	20	0,3
Muratura realizzata con elementi artificiali pieni, in siti ricadenti in zona 4	150 mm	20	0,3

**Modalità di rottura di provino in pietra leccese (cubo 70 mm)
soggetto a prova di compressione centrata uniassiale**



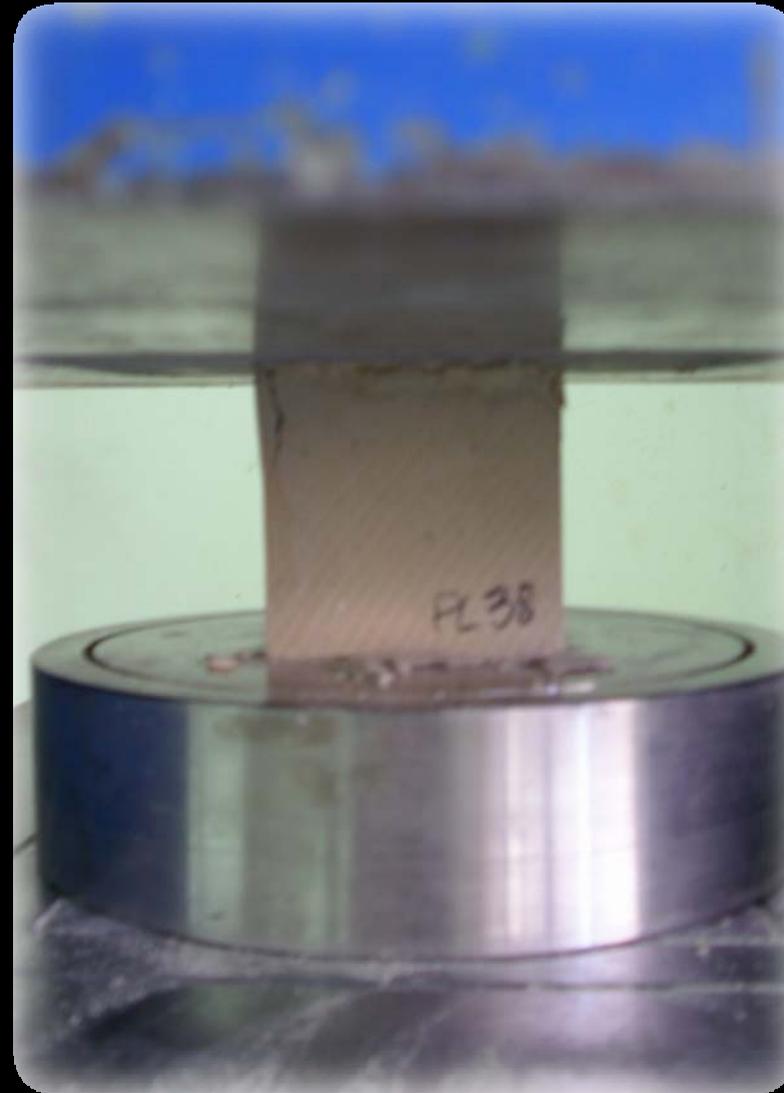
Inizio della fase di carico

**Modalità di rottura di provino in pietra leccese (cubo 70 mm)
soggetto a prova di compressione centrata uniassiale**



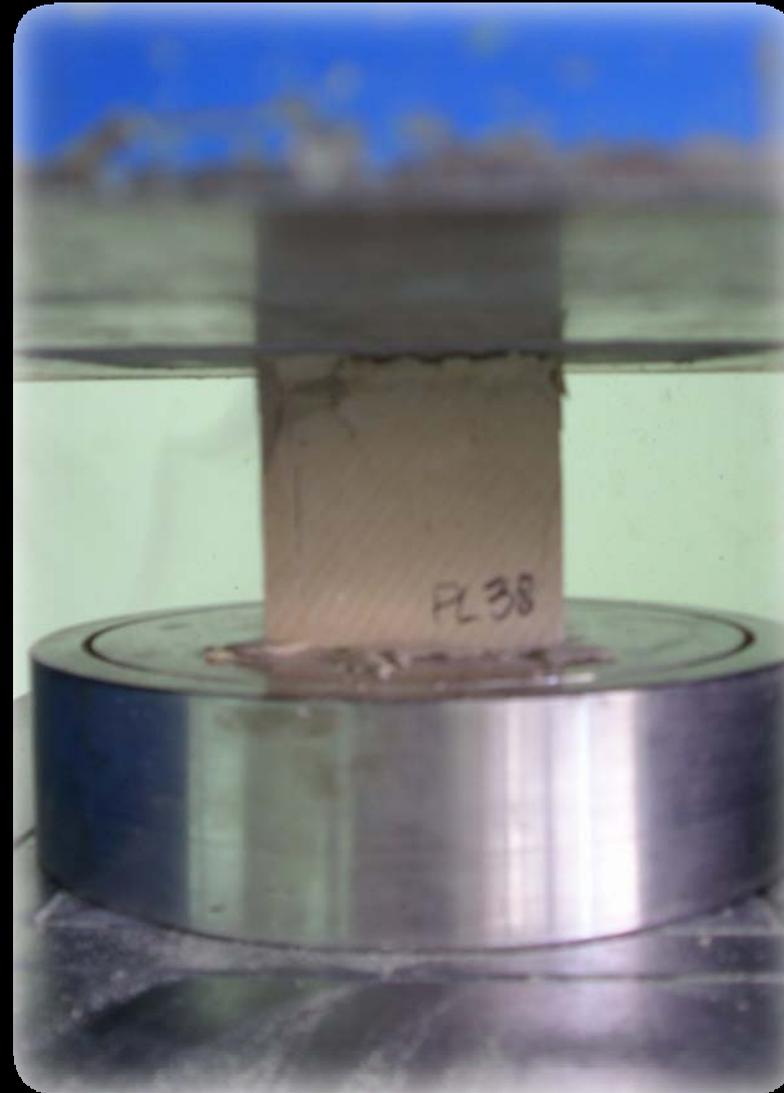
Iniziale frattura del provino in corrispondenza dei bordi superiori

**Modalità di rottura di provino in pietra leccese (cubo 70 mm)
soggetto a prova di compressione centrata uniassiale**



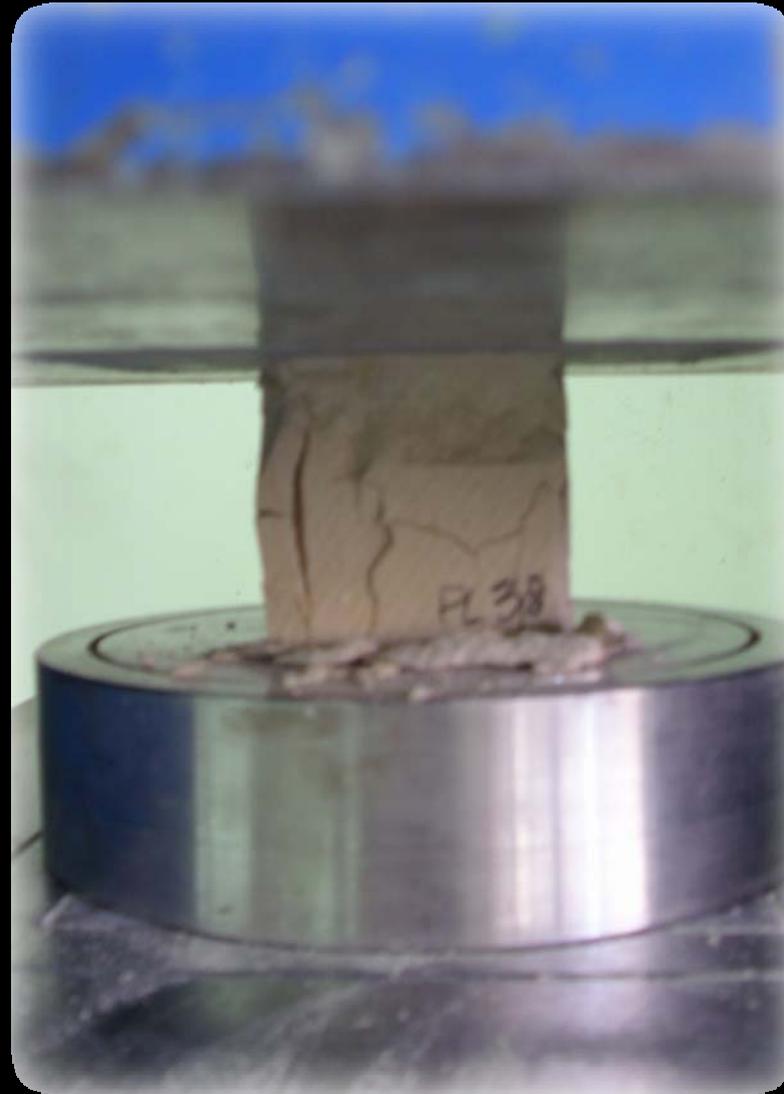
Iniziali segni di frattura verticale

**Modalità di rottura di provino in pietra leccese (cubo 70 mm)
soggetto a prova di compressione centrata uniassiale**



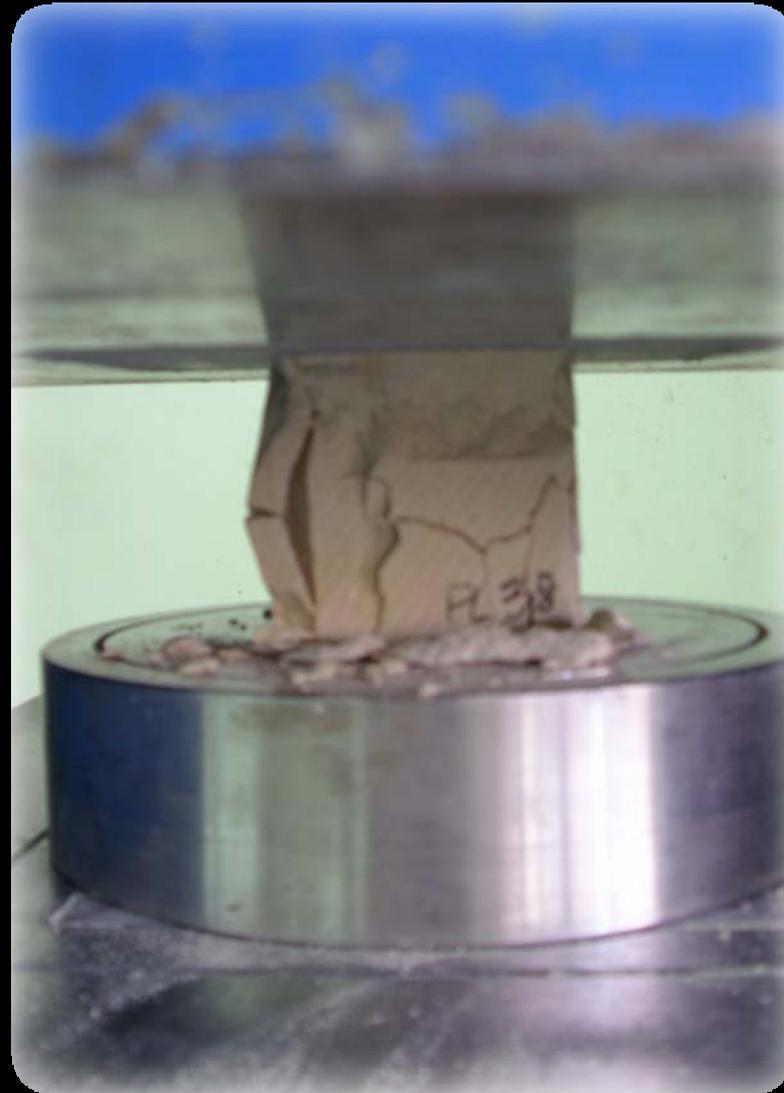
Avanzamento continuo del danno e comparsa delle prime lesioni diffuse

**Modalità di rottura di provino in pietra leccese (cubo 70 mm)
soggetto a prova di compressione centrata uniassiale**



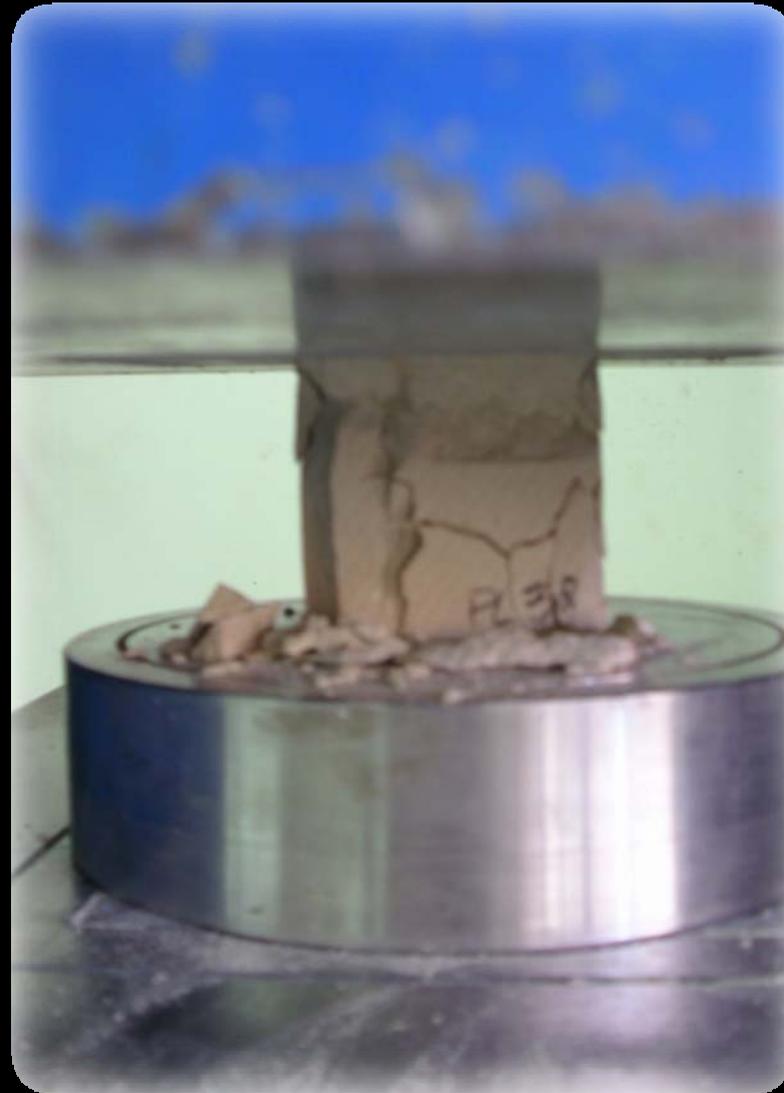
Iniziale sintomo di "spandimento" del provino

**Modalità di rottura di provino in pietra leccese (cubo 70 mm)
soggetto a prova di compressione centrata uniassiale**



“Spanciamento” evidente con progressivo e globale collasso

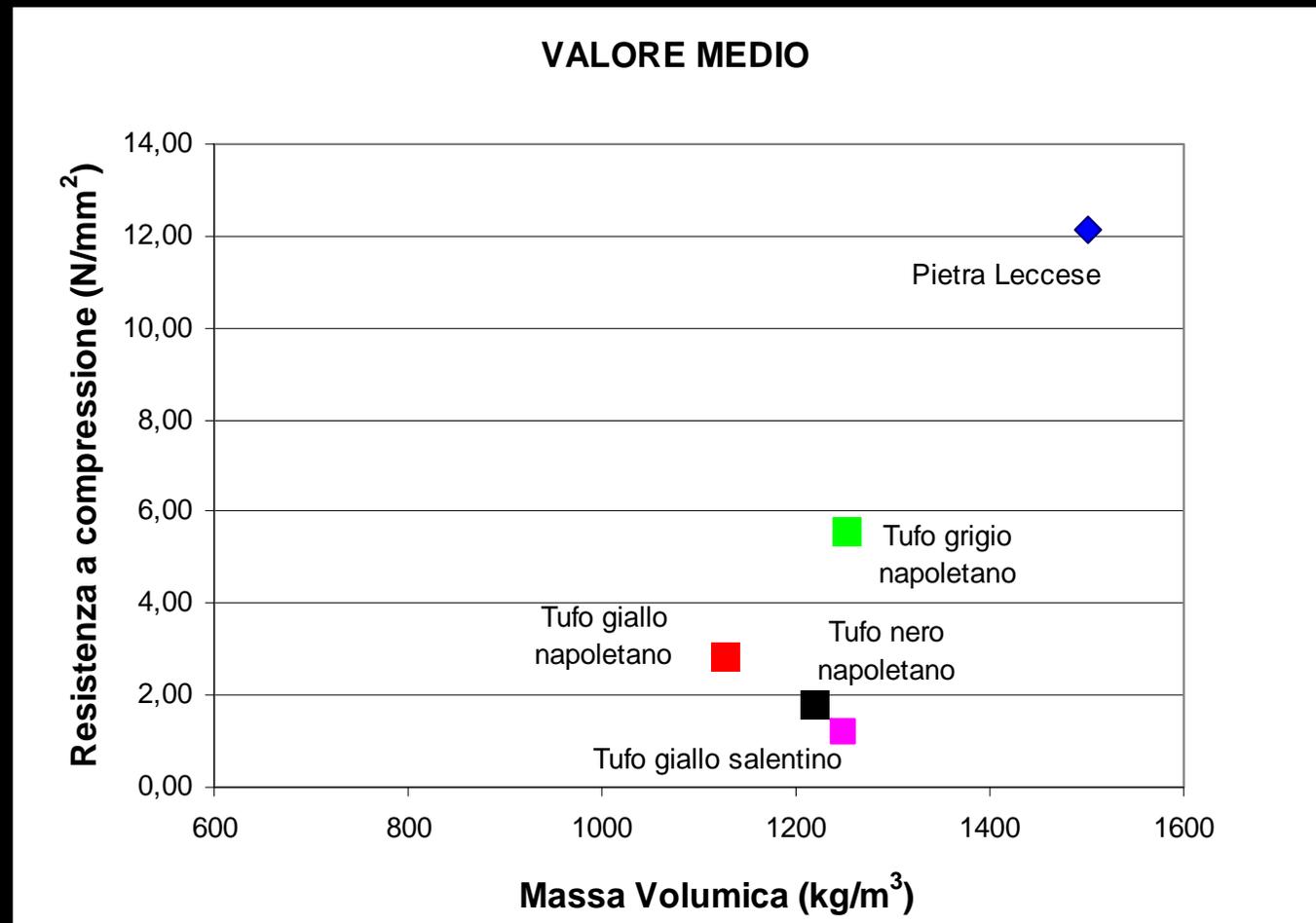
**Modalità di rottura di provino in pietra leccese (cubo 70 mm)
soggetto a prova di compressione centrata uniassiale**



Il provino è giunto a rottura

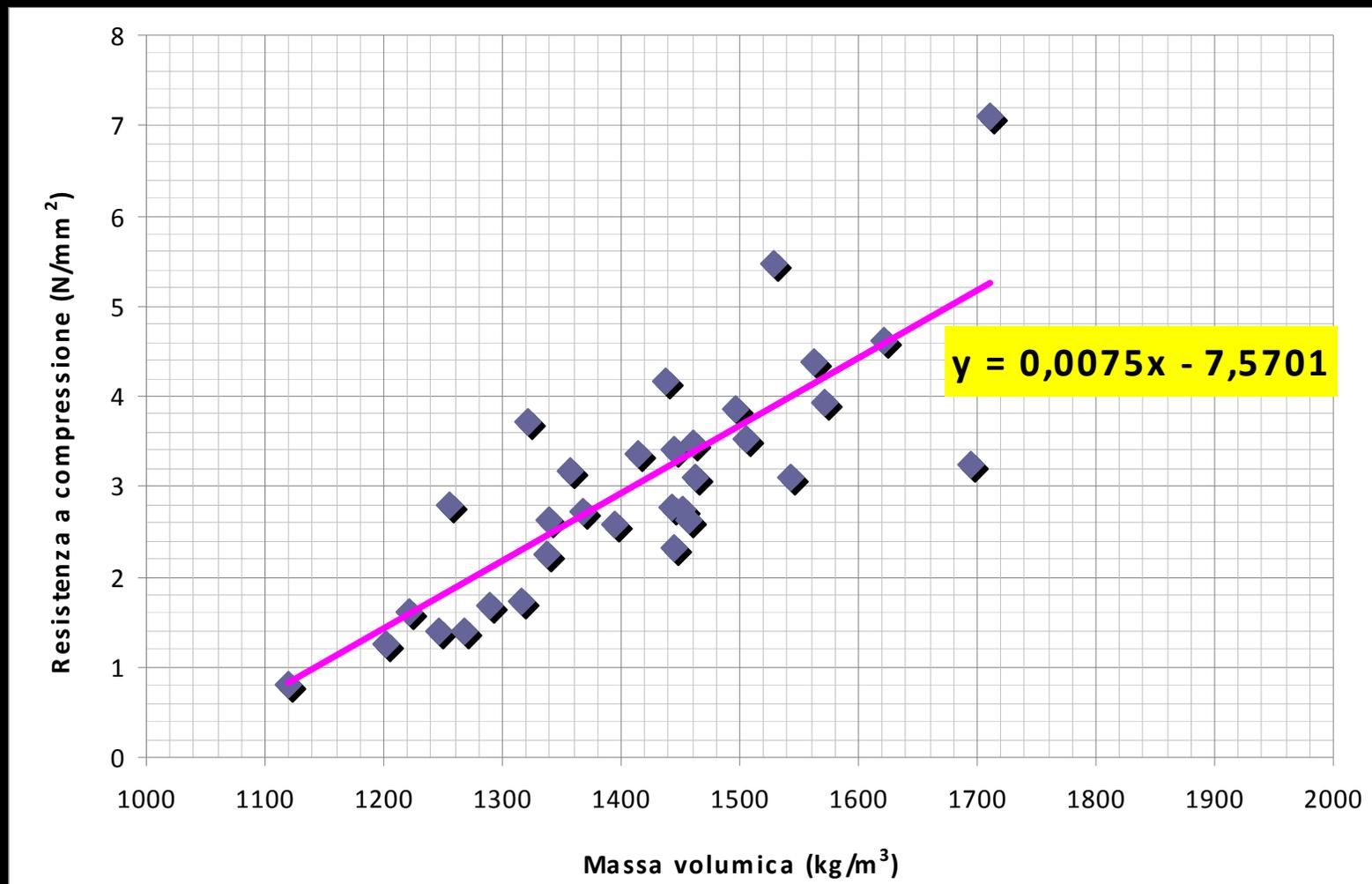
LA MURATURA IN BLOCCHI LAPIDEI QUADRATI

PROVE DI COMPRESSIONE SU PIETRA A NATURALE CORRELAZIONE TRA RESISTENZA E PESO SPECIFICO (UNISALENTO)



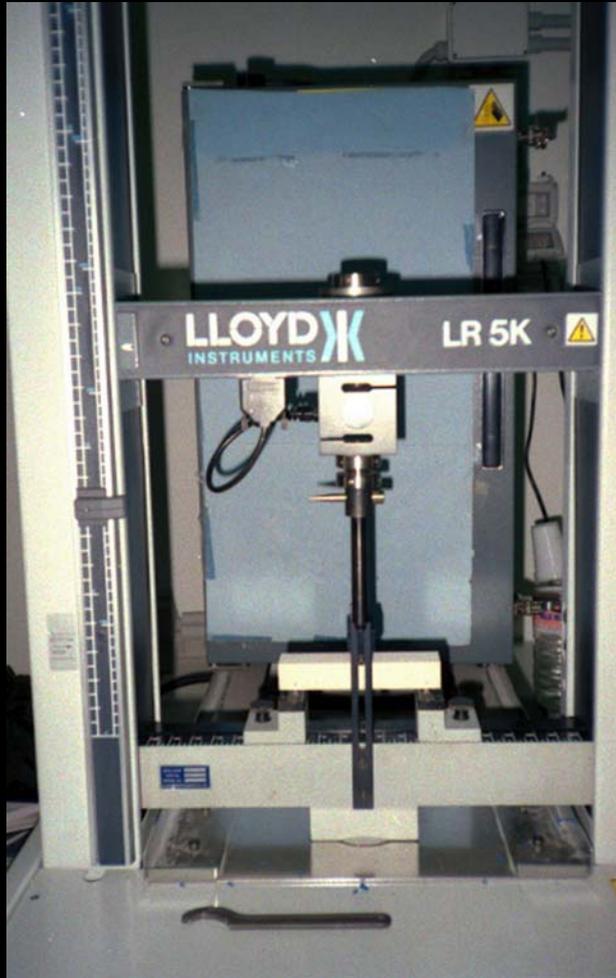
LA MURATURA IN BLOCCHI LAPIDEI QUADRATI

PROVE DI COMPRESSIONE SU PIETRA NATURALE CAVE PUGLIESI
CORRELAZIONE TRA RESISTENZA E PESO SPECIFICO (CNR)



LA MURATURA IN BLOCCHI LAPIDEI SQUADRATI

PROVE DI FLESSIONE SU PIETRA LECCESE (UNISALENTO)



<i>Provino N°</i>	<i>Carico a rottura N</i>	<i>Resistenza a flessione MPa</i>
1	426.7	5.3
2	479.0	6.0
3	534.0	6.7
4	487.6	6.1
5	497.0	6.2
<i>Media [MPa]</i>		6.0
<i>Deviazione Standard [MPa]</i>		0,5
<i>Coefficiente di variazione [%]</i>		8

LA MURATURA IN BLOCCHI LAPIDEI QUADRATI

DETERMINAZIONE DEL MODULO "ELASTICO" - PIETRA LECCESE (UNISALENTO)



<i>Provino N°</i>	<i>Modulo Elastico [MPa]</i>
1	5393,00
2	2870,00
3	6025,00
4	5621,00
<i>Media: modulo elastico [MPa]</i>	4977,25
<i>Deviazione standard : modulo elastico [MPa]</i>	1429,93
<i>Coefficiente di variazione [%]</i>	28,70

LA MURATURA IN BLOCCHI LAPIDEI QUADRATI

Tabella 11.10.VII- Resistenza caratteristica a taglio in assenza di tensioni normali f_{vk0} (valori in N/mm^2)

Tipo di elemento resistente	Resistenza caratteristica a compressione f_{bk} dell'elemento	Classe di malta	f_{vk0} (N/mm^2)
Laterizio pieno e semipieno	$f_{bk} > 15$	$M10 \leq M \leq M20$	0,30
	$7,5 < f_{bk} \leq 15$	$M5 \leq M < M10$	0,20
	$f_{bk} \leq 7,5$	$M2,5 \leq M < M5$	0,10
Calcestruzzo; Silicato di calcio; Cemento autoclavato; Pietra naturale squadrata.	$f_{bk} > 15$	$M10 \leq M \leq M20$	0,20
	$7,5 < f_{bk} \leq 15$	$M5 \leq M < M10$	0,15
	$f_{bk} \leq 7,5$	$M2,5 \leq M < M5$	0,10

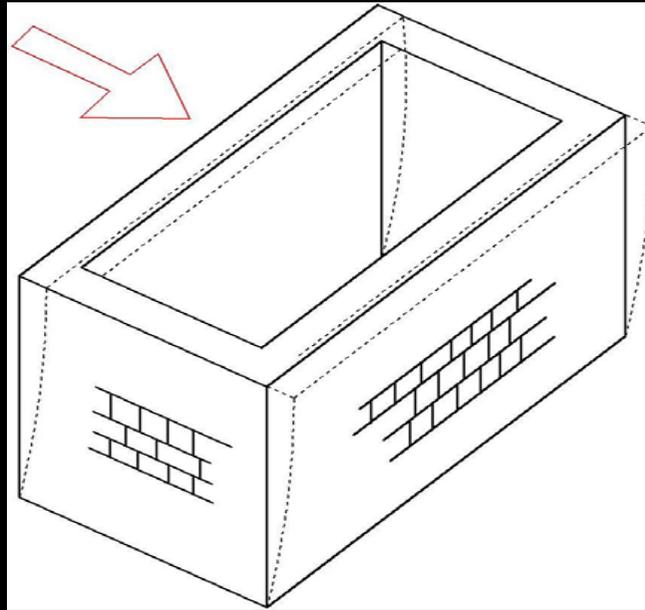
Edilizia storica

LA MURATURA IN BLOCCHI LAPIDEI QUADRATI

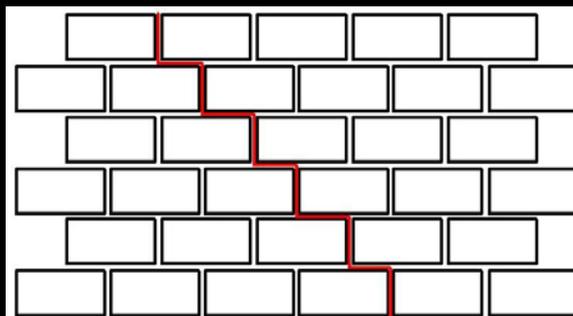
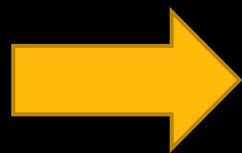
**Edilizia storica
(Lecce, Ex Caserma Roasio – oggi Rettorato)**



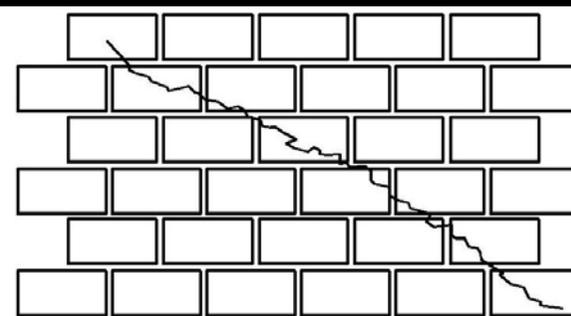
LA MURATURA IN BLOCCHI LAPIDEI SQUADRATI



Malte di scarse
proprietà fisico
meccaniche



Fessurazione diagonale con giunti deboli

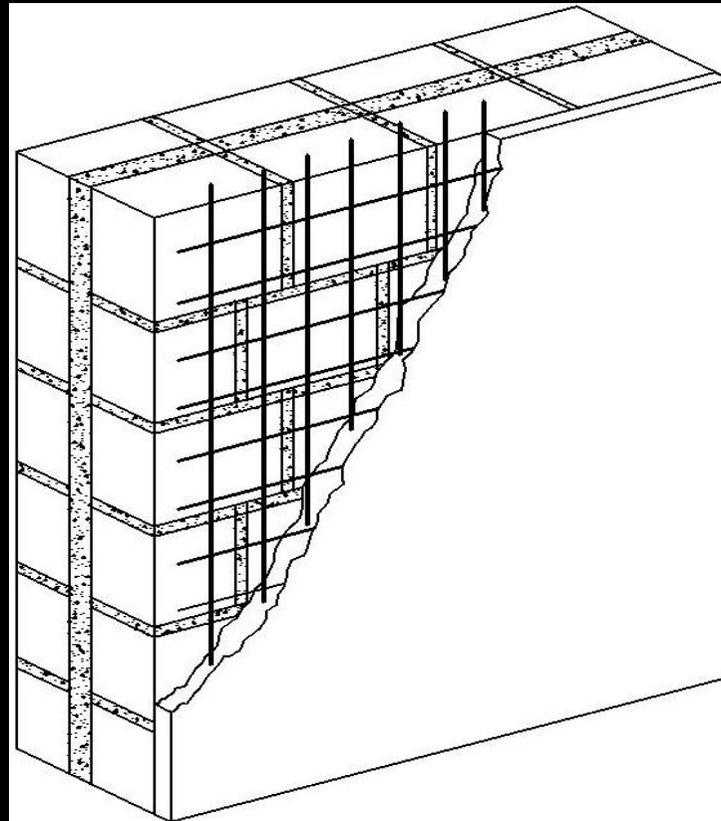


Fessurazione diagonale con giunti resistenti

LA MURATURA IN BLOCCHI LAPIDEI SQUADRATI

TECNICHE DI RINFORZO TRADIZIONALI

Intonaco armato



LA MURATURA IN BLOCCHI LAPIDEI QUADRATI

MATERIALI INNOVATIVI

FRP

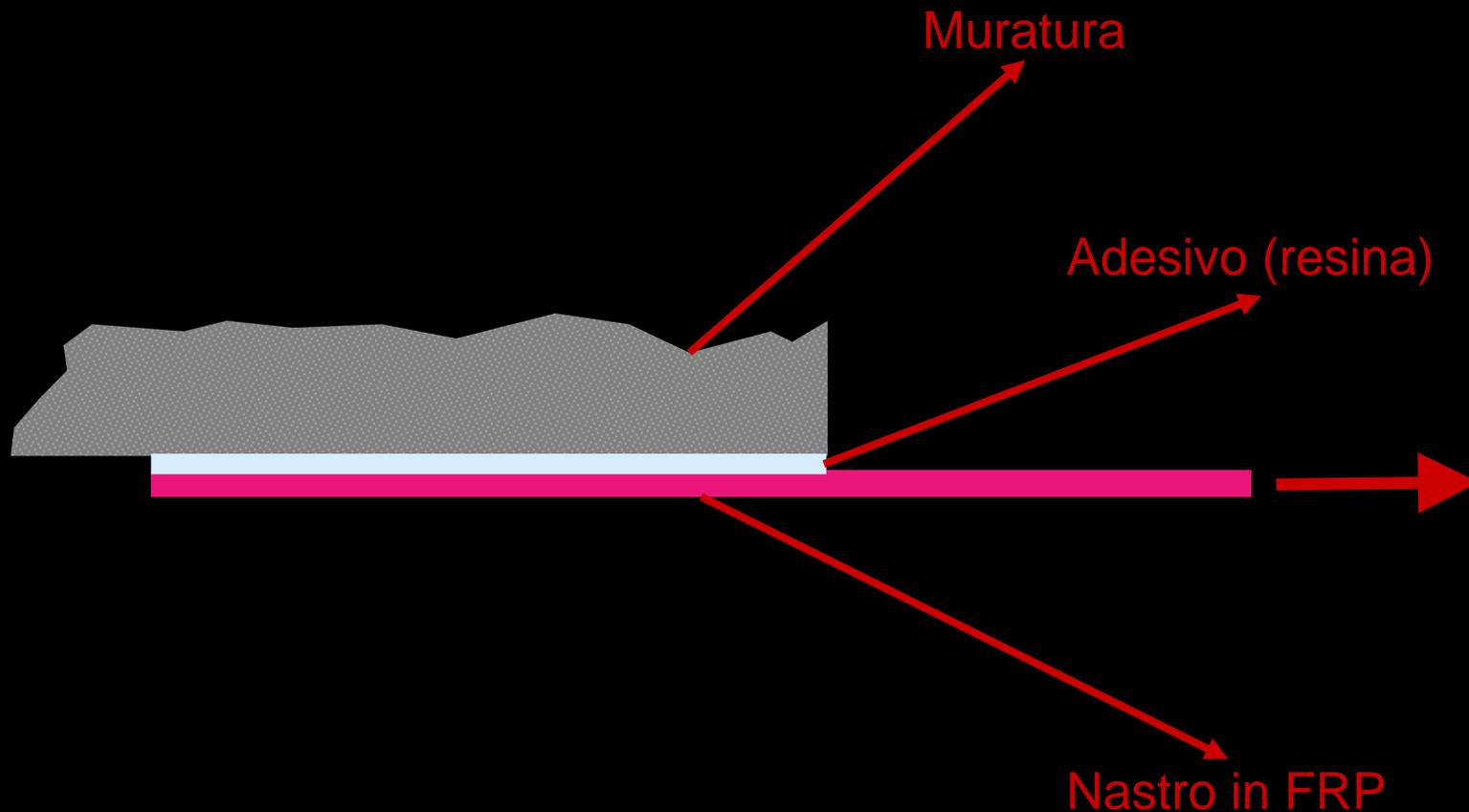


MANUFATTI SOTTO TUTELA BB.CC.
NO ADESIVO POLIMERICO

LA MURATURA IN BLOCCHI LAPIDEI QUADRATI

MATERIALI INNOVATIVI - FRP

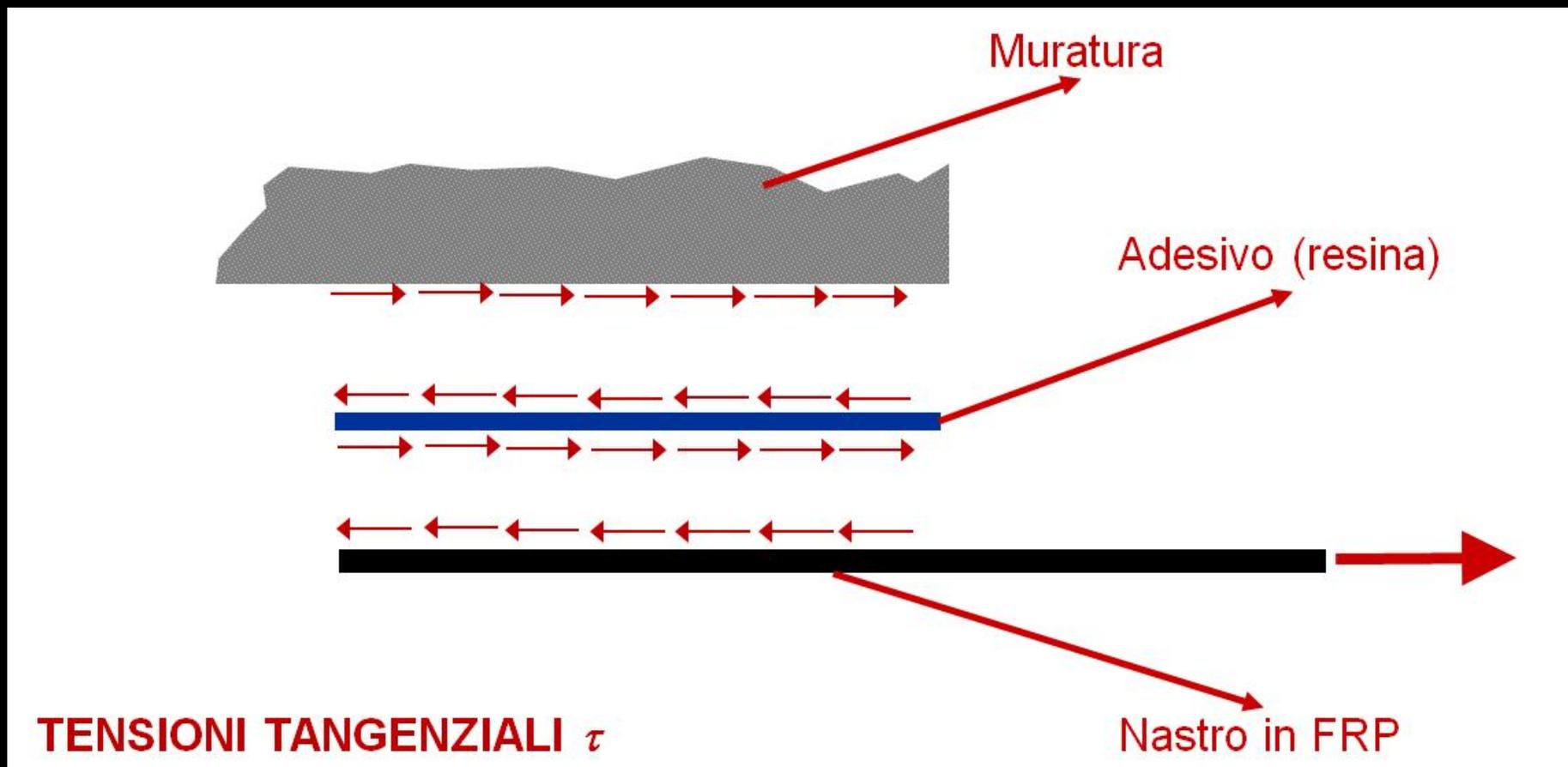
Problema dell'aderenza



LA MURATURA IN BLOCCHI LAPIDEI SQUADRATI

MATERIALI INNOVATIVI - FRP

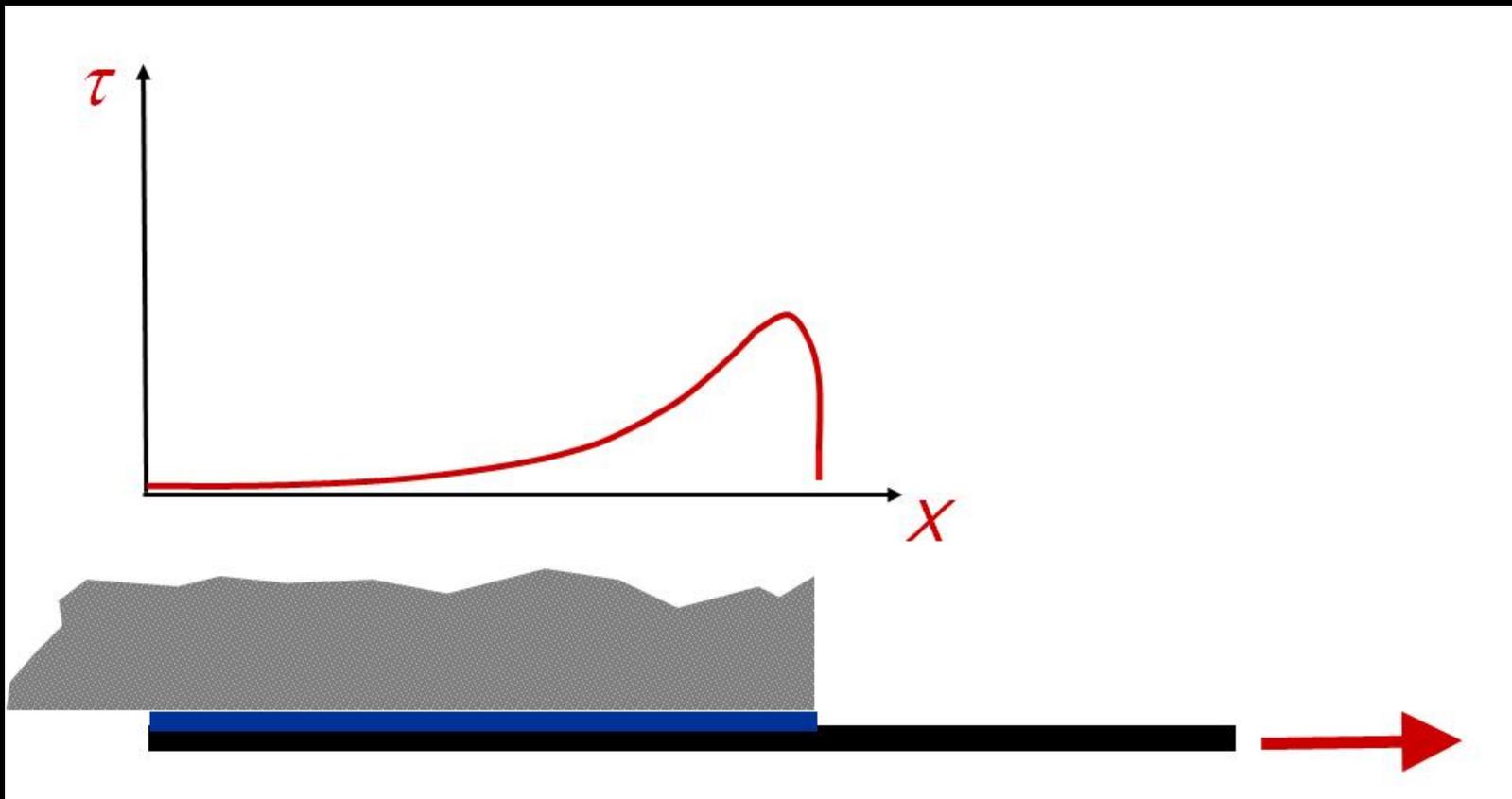
Problema dell'aderenza



LA MURATURA IN BLOCCHI LAPIDEI QUADRATI

MATERIALI INNOVATIVI - FRP

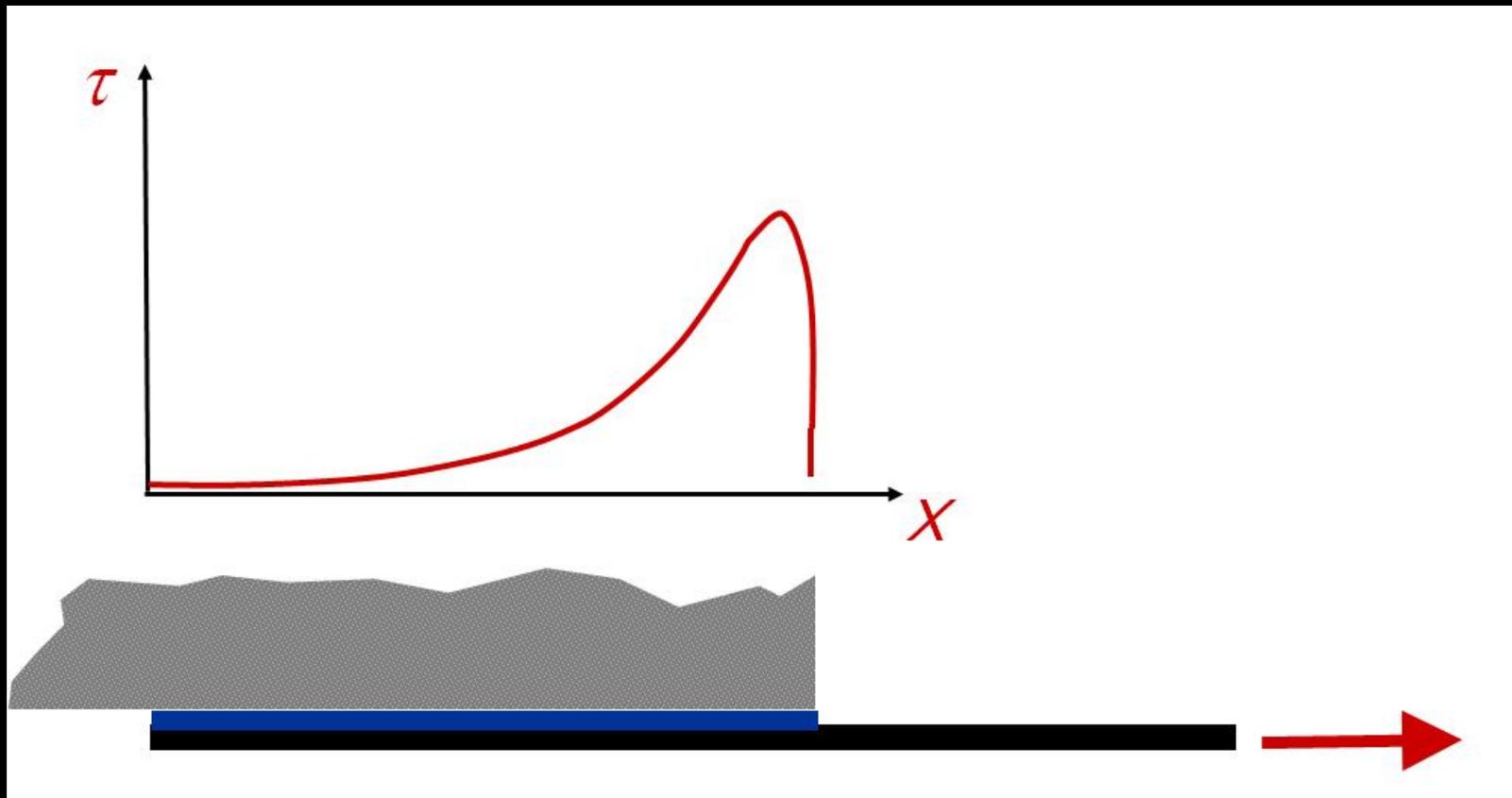
Problema dell'aderenza



LA MURATURA IN BLOCCHI LAPIDEI QUADRATI

MATERIALI INNOVATIVI - FRP

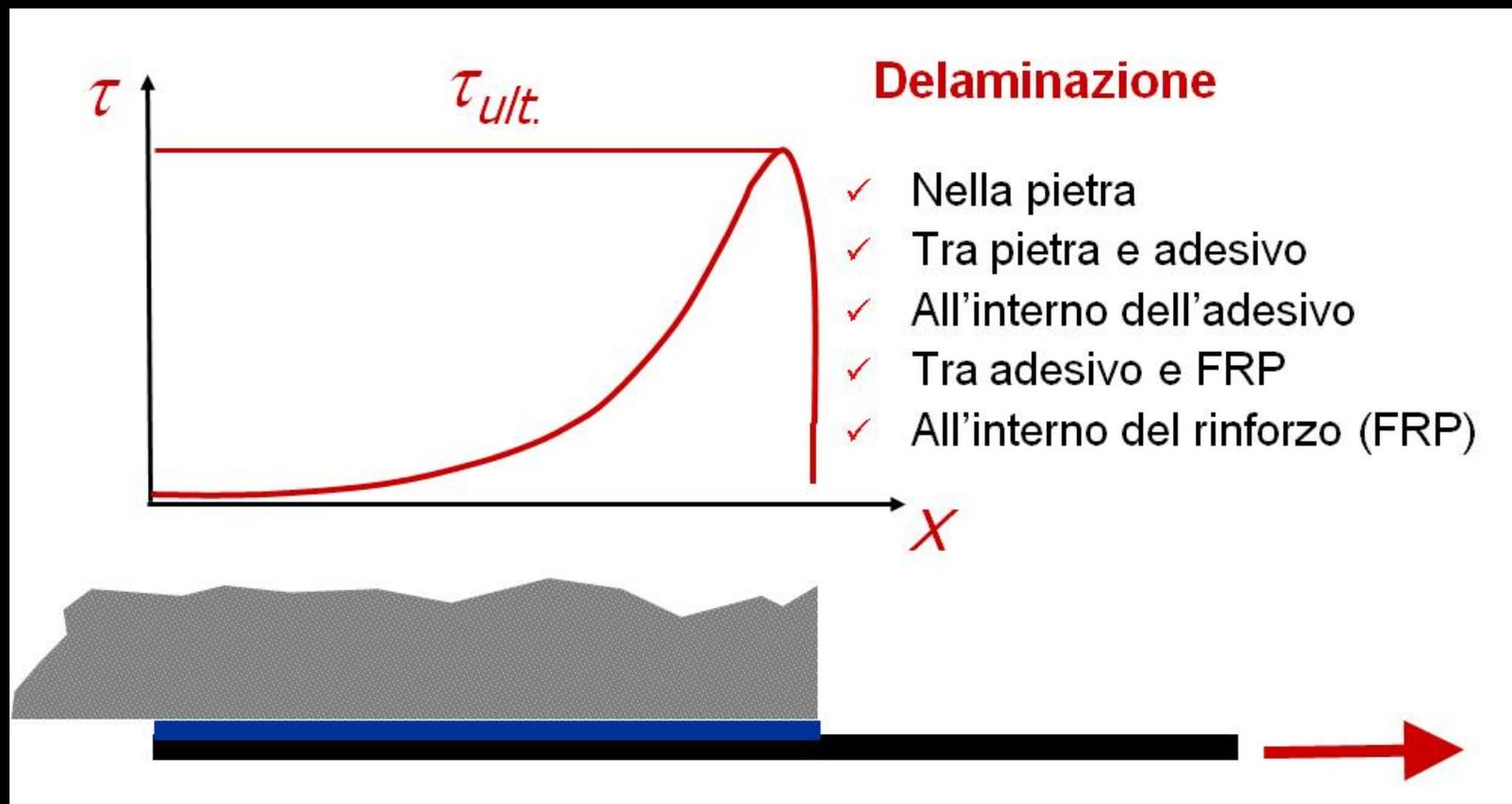
Problema dell'aderenza



LA MURATURA IN BLOCCHI LAPIDEI QUADRATI

MATERIALI INNOVATIVI - FRP

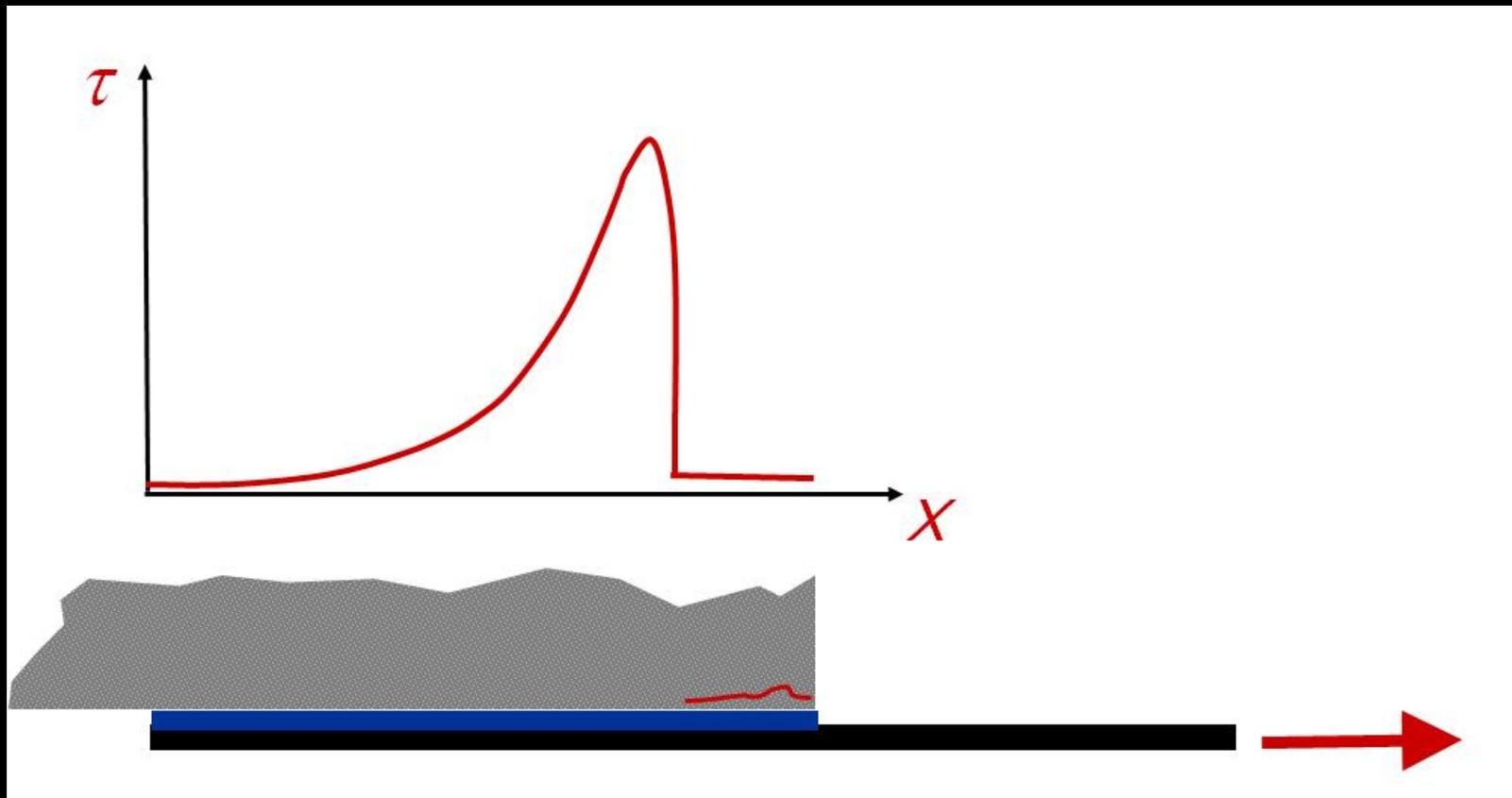
Problema dell'aderenza



LA MURATURA IN BLOCCHI LAPIDEI QUADRATI

MATERIALI INNOVATIVI - FRP

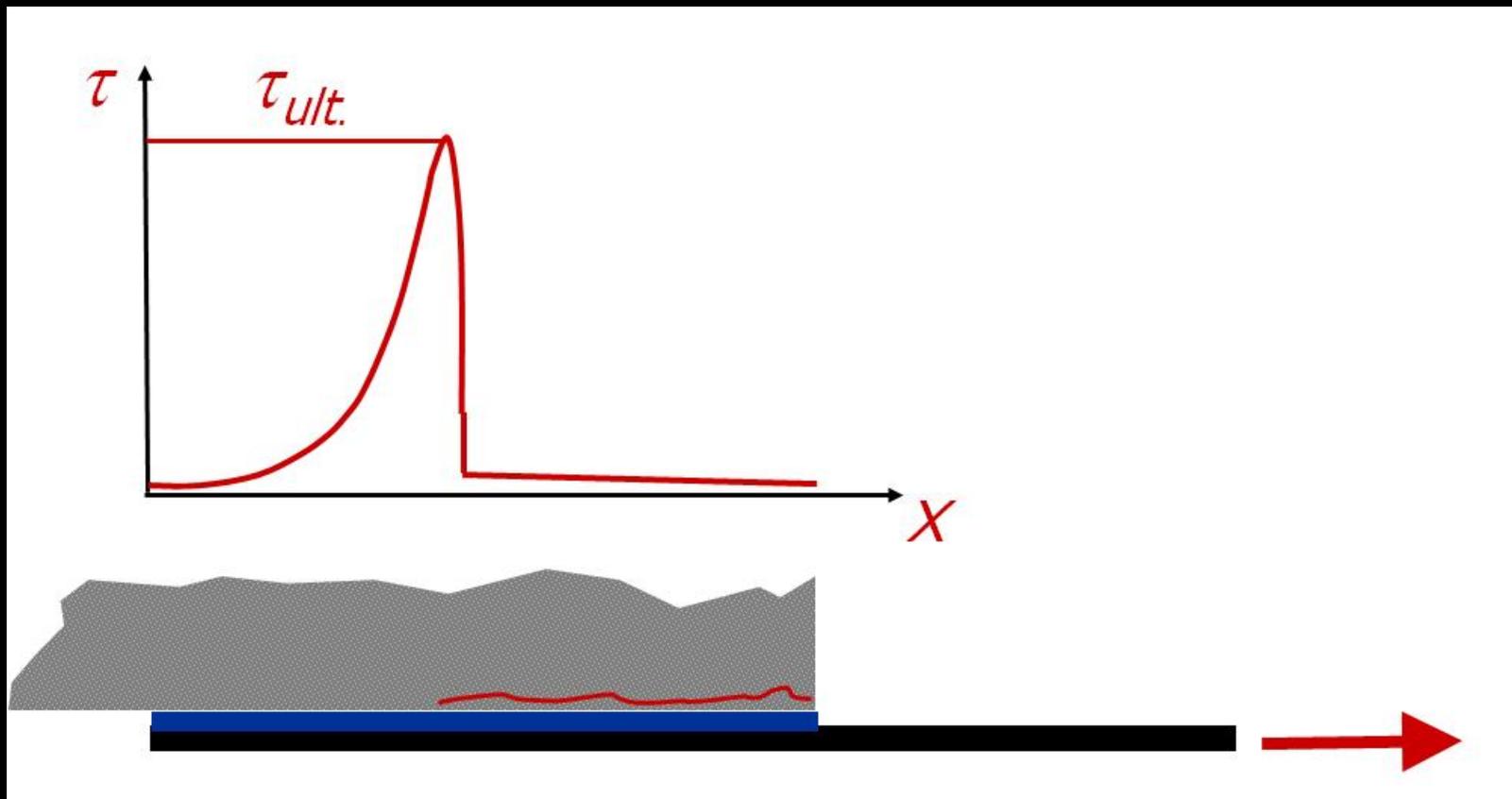
Problema dell'aderenza



LA MURATURA IN BLOCCHI LAPIDEI QUADRATI

MATERIALI INNOVATIVI - FRP

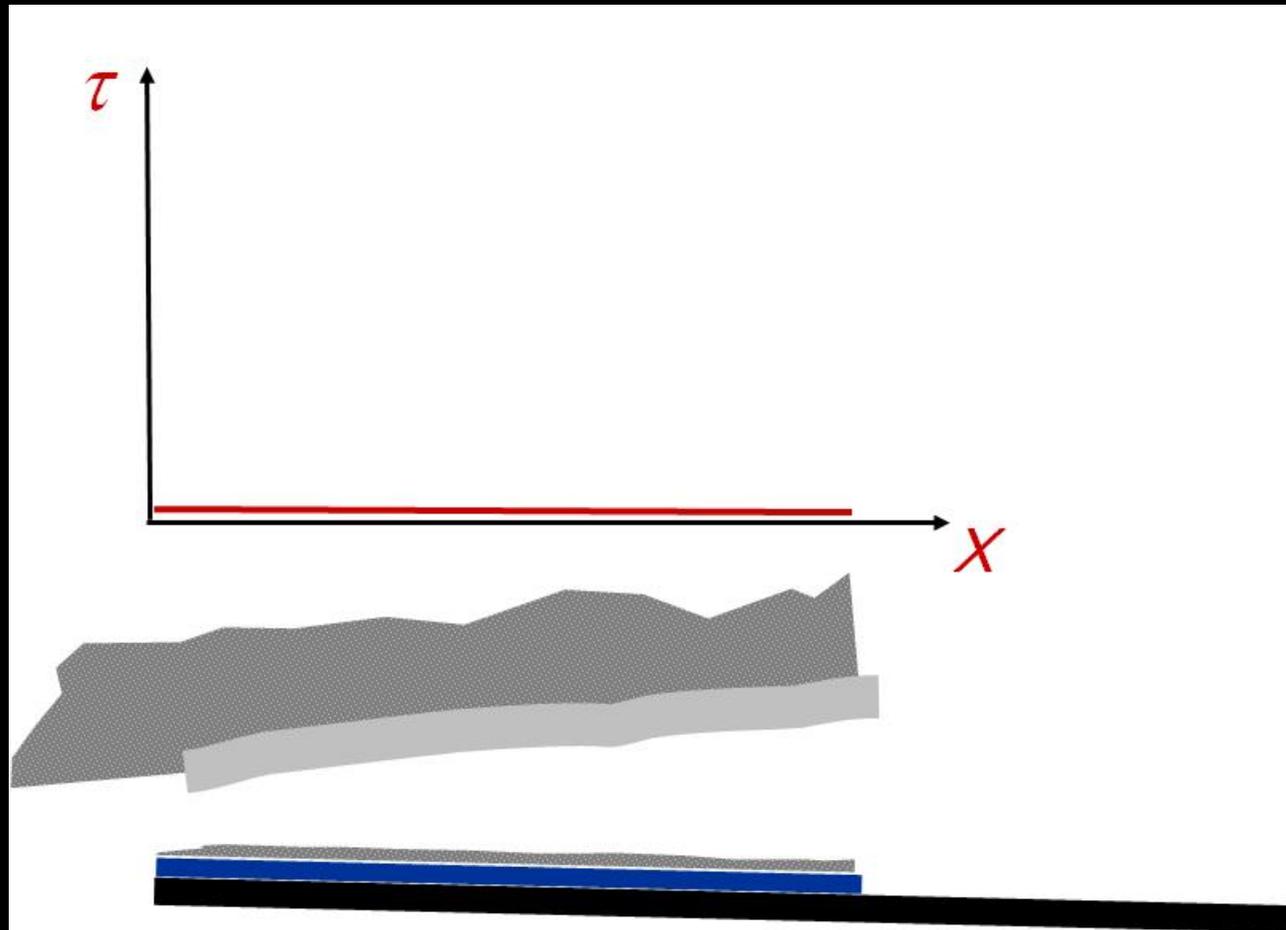
Problema dell'aderenza



LA MURATURA IN BLOCCHI LAPIDEI QUADRATI

MATERIALI INNOVATIVI - FRP

Problema dell'aderenza



LA MURATURA IN BLOCCHI LAPIDEI QUADRATI

MATERIALI INNOVATIVI - FRM (Fiber Reinforced Mortar)

Nuove soluzioni tecnologiche basate sul principio di applicare un rinforzo esterno diffuso costituito da fibre lunghe immerse in una matrice non epossidica (malte/cementi).

**Rinforzo fibroso sottoforma di:
maglia bidirezionale (foglio secco)
rete pre-curata (FRP)**

**Matrice sotto forma di:
Intonaco cementizio
Intonaco a base calce
Rasanti polimerici su base cementizia
Rasanti polimerici su base calce**

LA MURATURA IN BLOCCHI LAPIDEI QUADRATI

MATERIALI INNOVATIVI - FRM (Fiber Reinforced Mortar)

Rinforzo fibroso sottoforma di:
rete pre-curata (FRP)



LA MURATURA IN BLOCCHI LAPIDEI QUADRATI

MATERIALI INNOVATIVI - FRM (Fiber Reinforced Mortar)

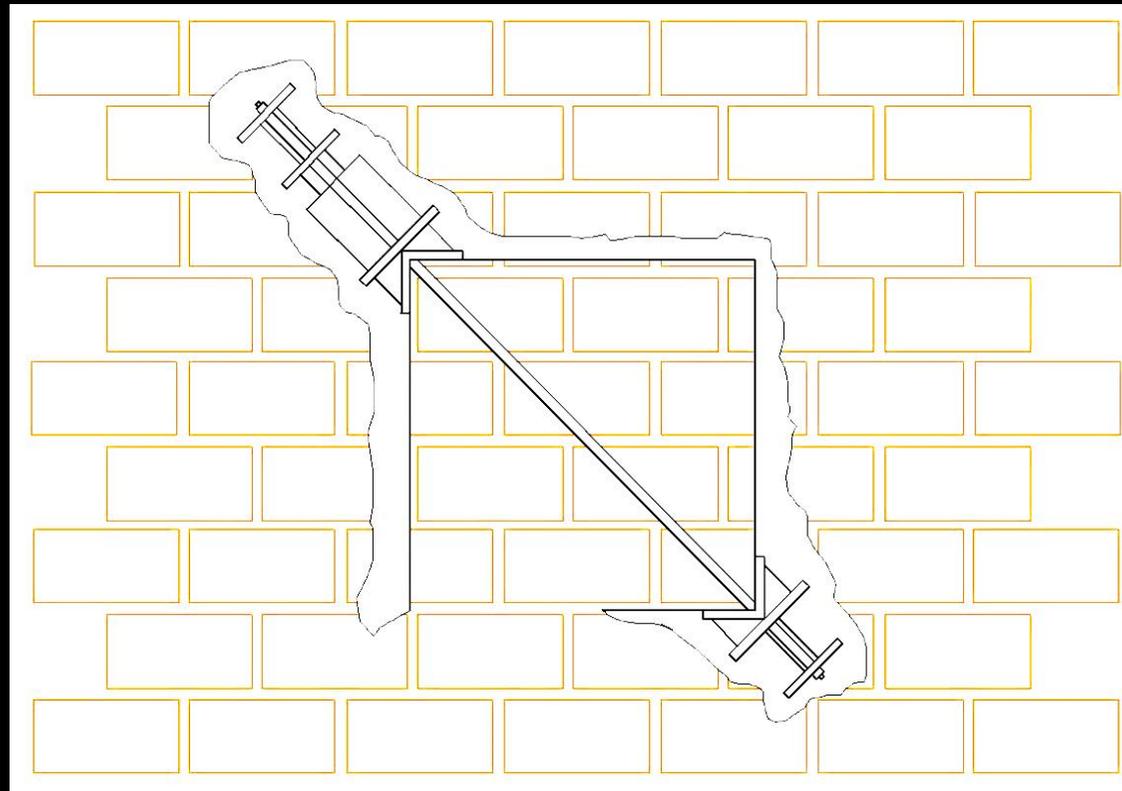
Rinforzo fibroso sottoforma di:
maglia bidirezionale (foglio secco)



LA MURATURA IN BLOCCHI LAPIDEI QUADRATI

MATERIALI INNOVATIVI - FRM

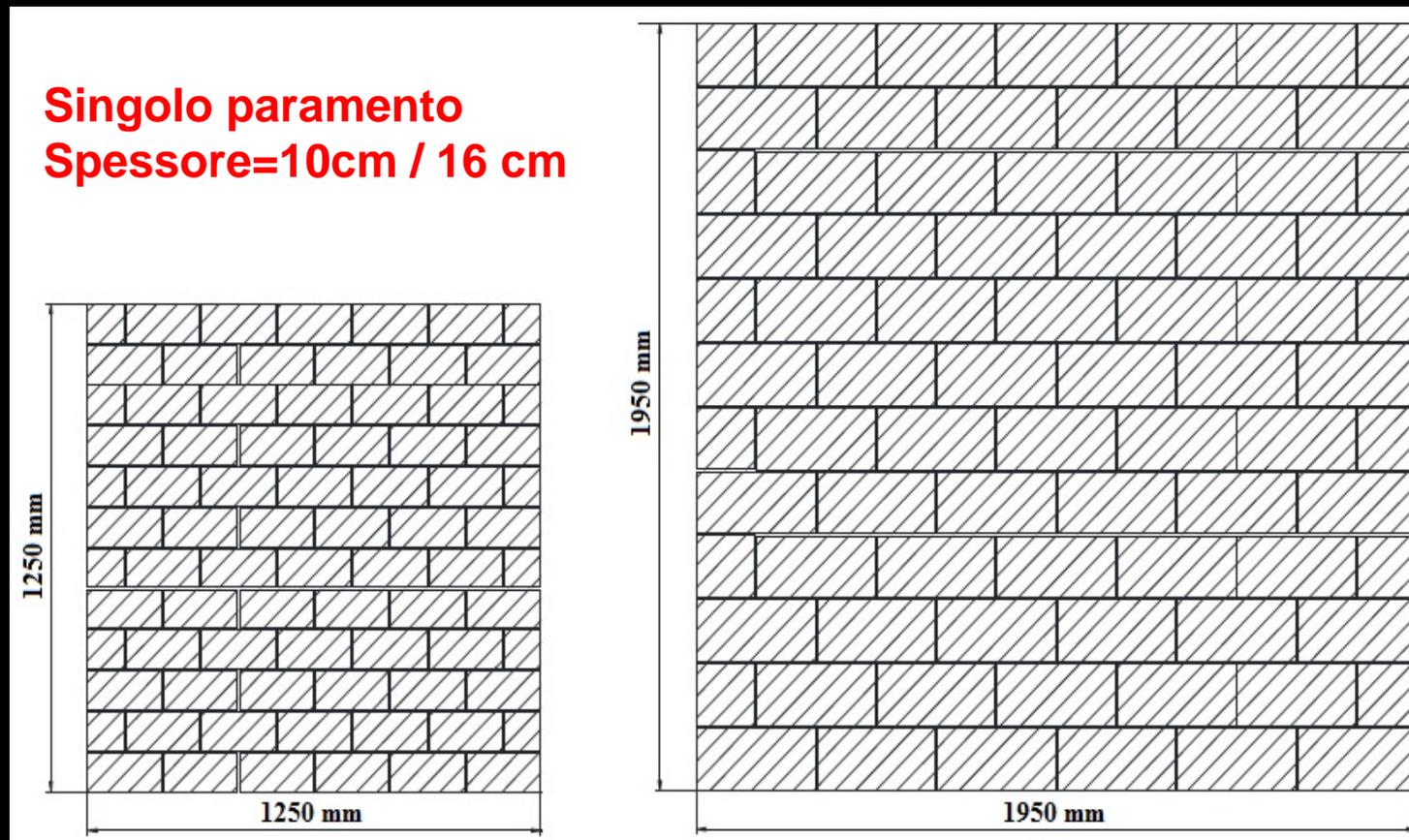
PROVE DI TAGLIO DIAGONALE SU MURATURA RINFORZATA
MEDIANTE INTONACO ARMATO GFRP



LA MURATURA IN BLOCCHI LAPIDEI QUADRATI

MATERIALI INNOVATIVI - FRM

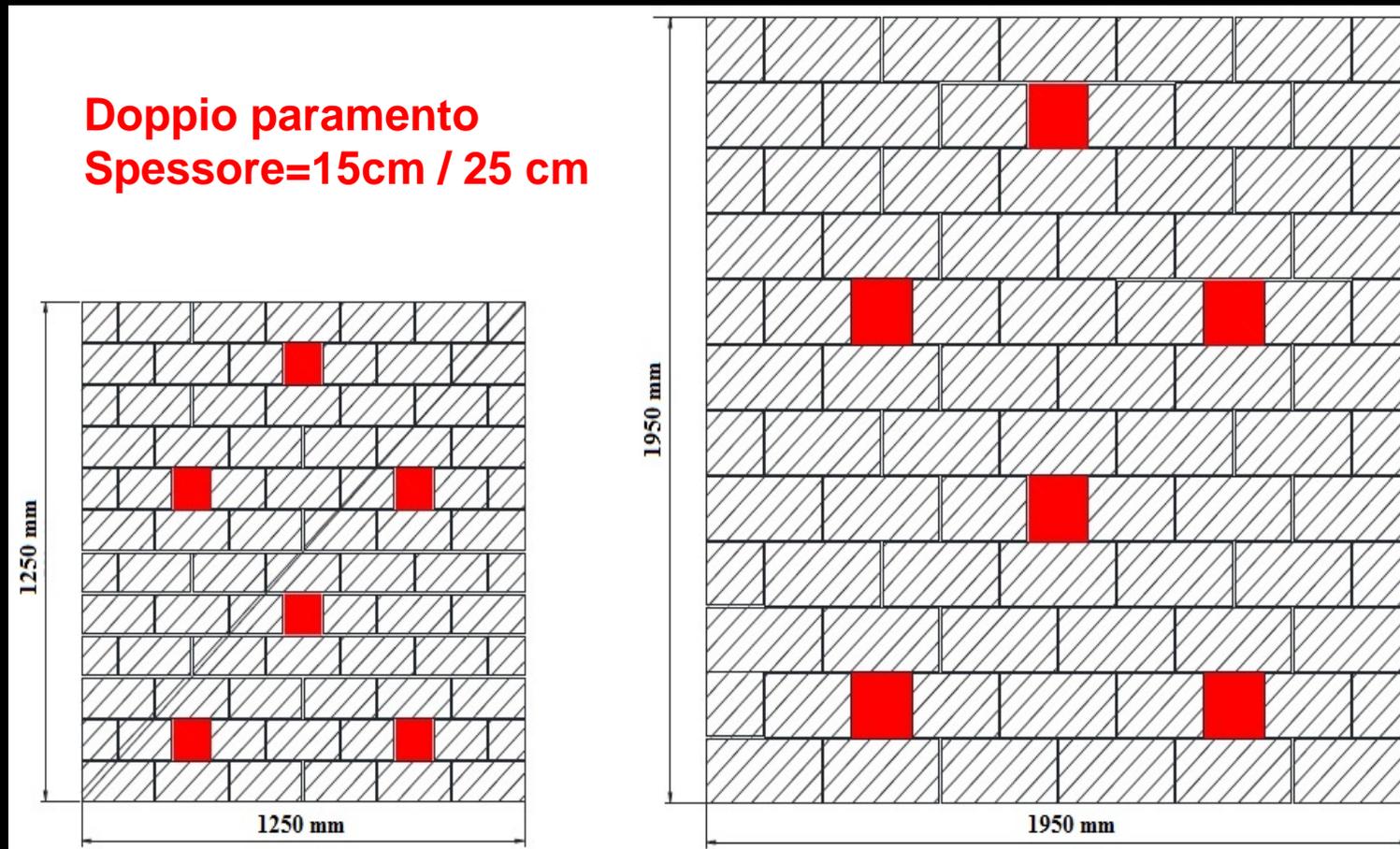
PROVE DI TAGLIO DIAGONALE SU MURATURA RINFORZATA
MEDIANTE INTONACO ARMATO GFRP



LA MURATURA IN BLOCCHI LAPIDEI QUADRATI

MATERIALI INNOVATIVI - FRM

PROVE DI TAGLIO DIAGONALE SU MURATURA RINFORZATA
MEDIANTE INTONACO ARMATO GFRP



LA MURATURA IN BLOCCHI LAPIDEI QUADRATI

MATERIALI INNOVATIVI - FRM

PROVE DI TAGLIO DIAGONALE SU MURATURA RINFORZATA
MEDIANTE INTONACO ARMATO GFRP



LA MURATURA IN BLOCCHI LAPIDEI SQUADRATI

MATERIALI INNOVATIVI - FRM

PROVE DI TAGLIO DIAGONALE SU MURATURA RINFORZATA
MEDIANTE INTONACO ARMATO GFRP

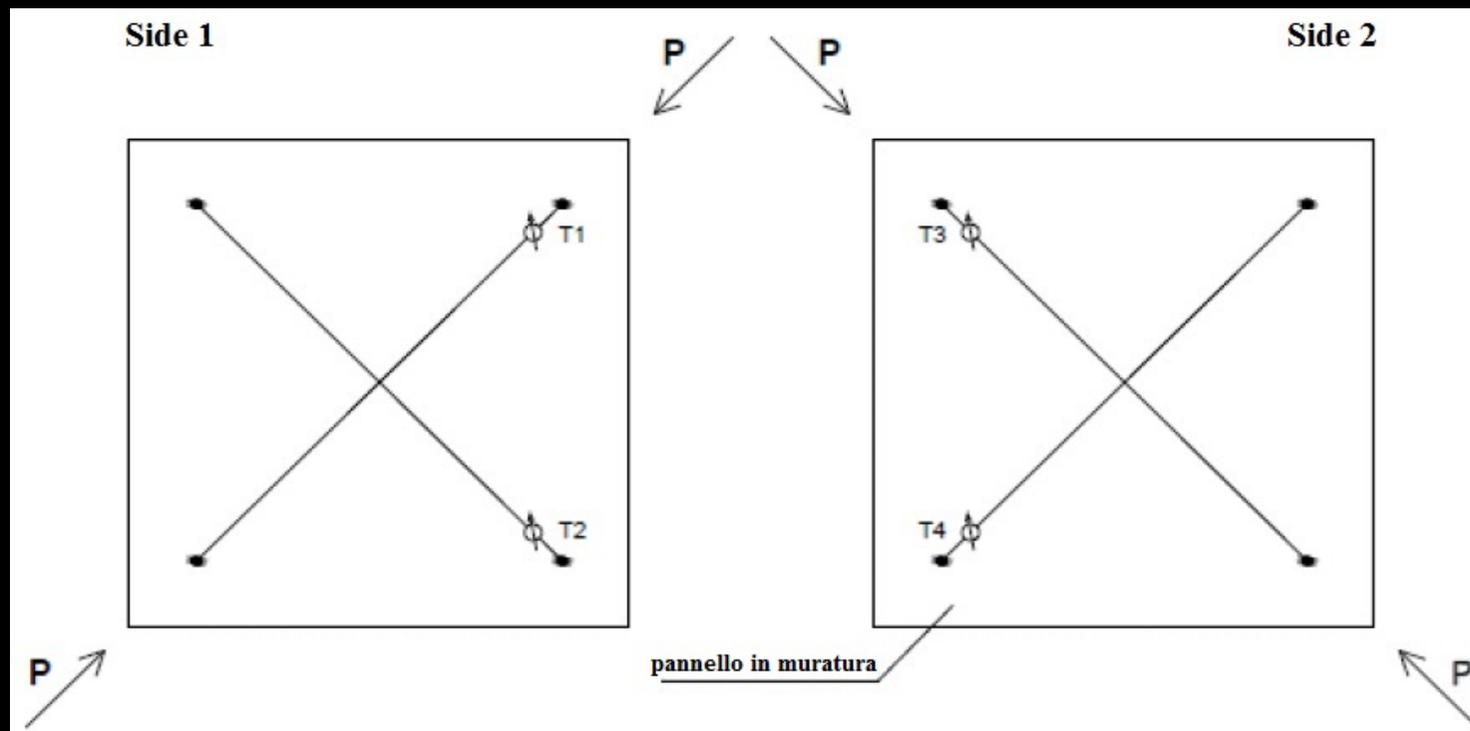


LA MURATURA IN BLOCCHI LAPIDEI QUADRATI

MATERIALI INNOVATIVI - FRM

PROVE DI TAGLIO DIAGONALE SU MURATURA RINFORZATA
MEDIANTE INTONACO ARMATO GFRP

TRASDUTTORI DI SPOSTAMENTO

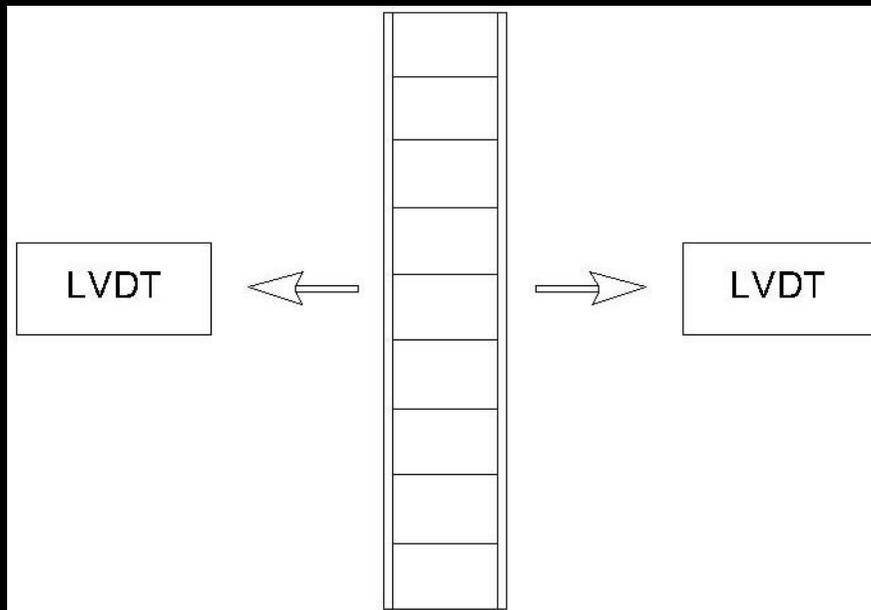


LA MURATURA IN BLOCCHI LAPIDEI QUADRATI

MATERIALI INNOVATIVI - FRM

PROVE DI TAGLIO DIAGONALE SU MURATURA RINFORZATA
MEDIANTE INTONACO ARMATO GFRP

TRASDUTTORI DI SPOSTAMENTO



LA MURATURA IN BLOCCHI LAPIDEI QUADRATI

MATERIALI INNOVATIVI - FRM

**PROVE DI TAGLIO DIAGONALE SU MURATURA RINFORZATA
MEDIANTE INTONACO ARMATO GFRP**

MODALITA' DI RAGGIUNGIMENTO DELLO SLU

CAMPIONI NON RINFORZATI





























PIRELLA
GÖTTSCHE
LOWE
Gruppo internazionale di lavoro di consulenza globale
in servizio al cliente italiano (SRL)
Comparto
S2-NR-1

4
701
↓ LE







LA MURATURA IN BLOCCHI LAPIDEI QUADRATI

MATERIALI INNOVATIVI - FRM

**PROVE DI TAGLIO DIAGONALE SU MURATURA RINFORZATA
MEDIANTE INTONACO ARMATO GFRP**

MODALITA' DI RAGGIUNGIMENTO DELLO SLU

CAMPIONI RINFORZATI

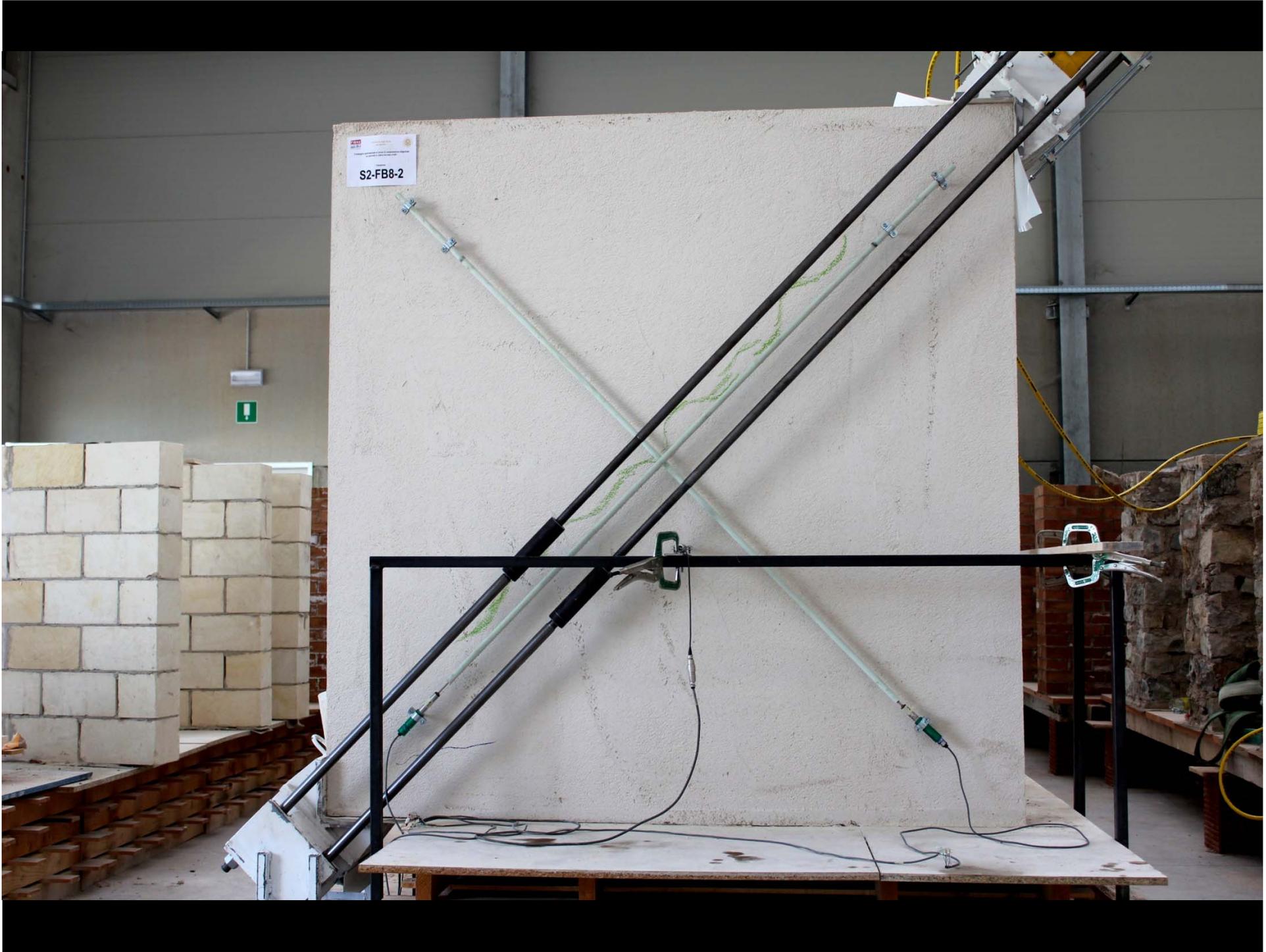


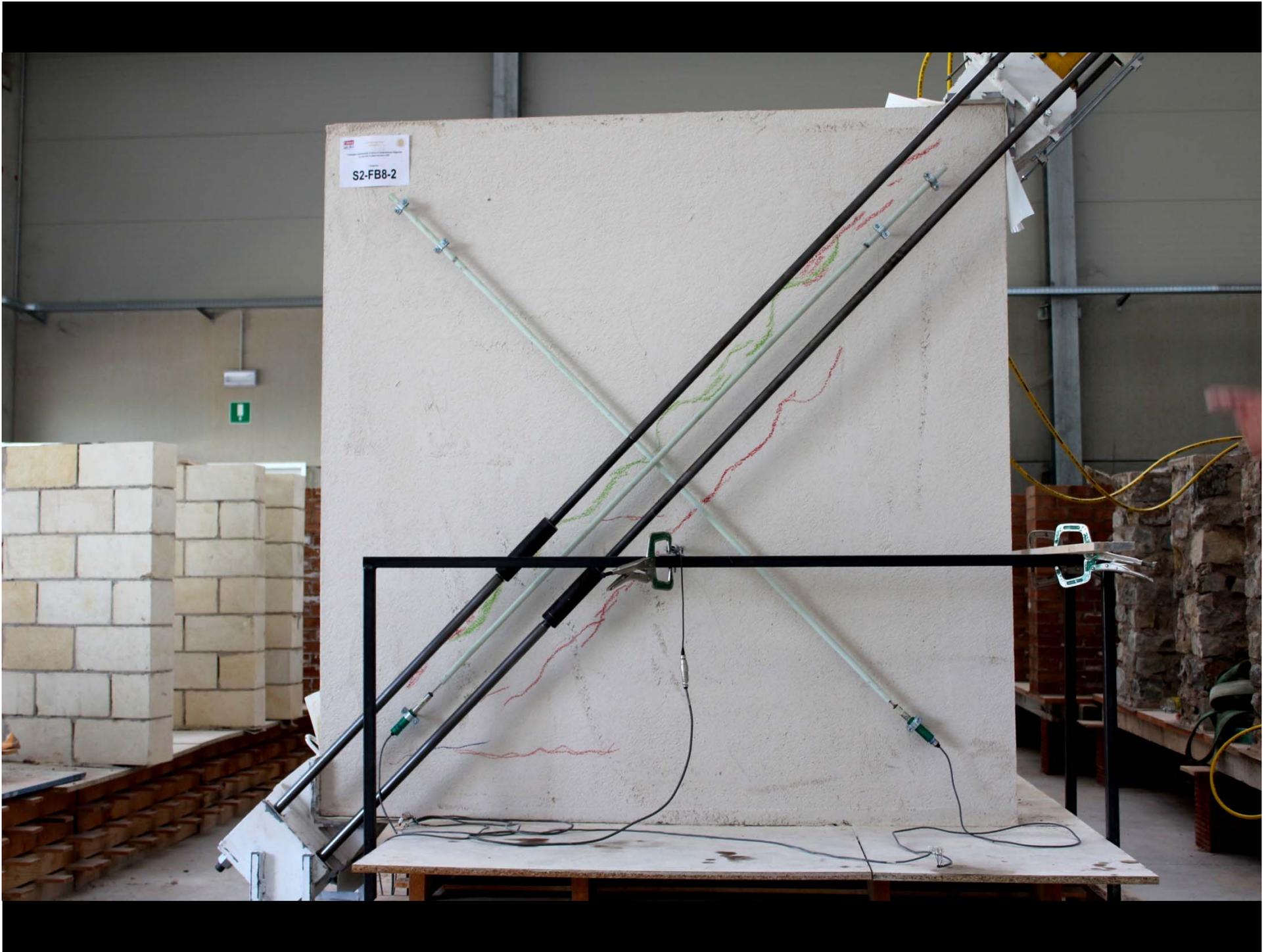
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE
CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE
SPECIMENE S1-FB13-1

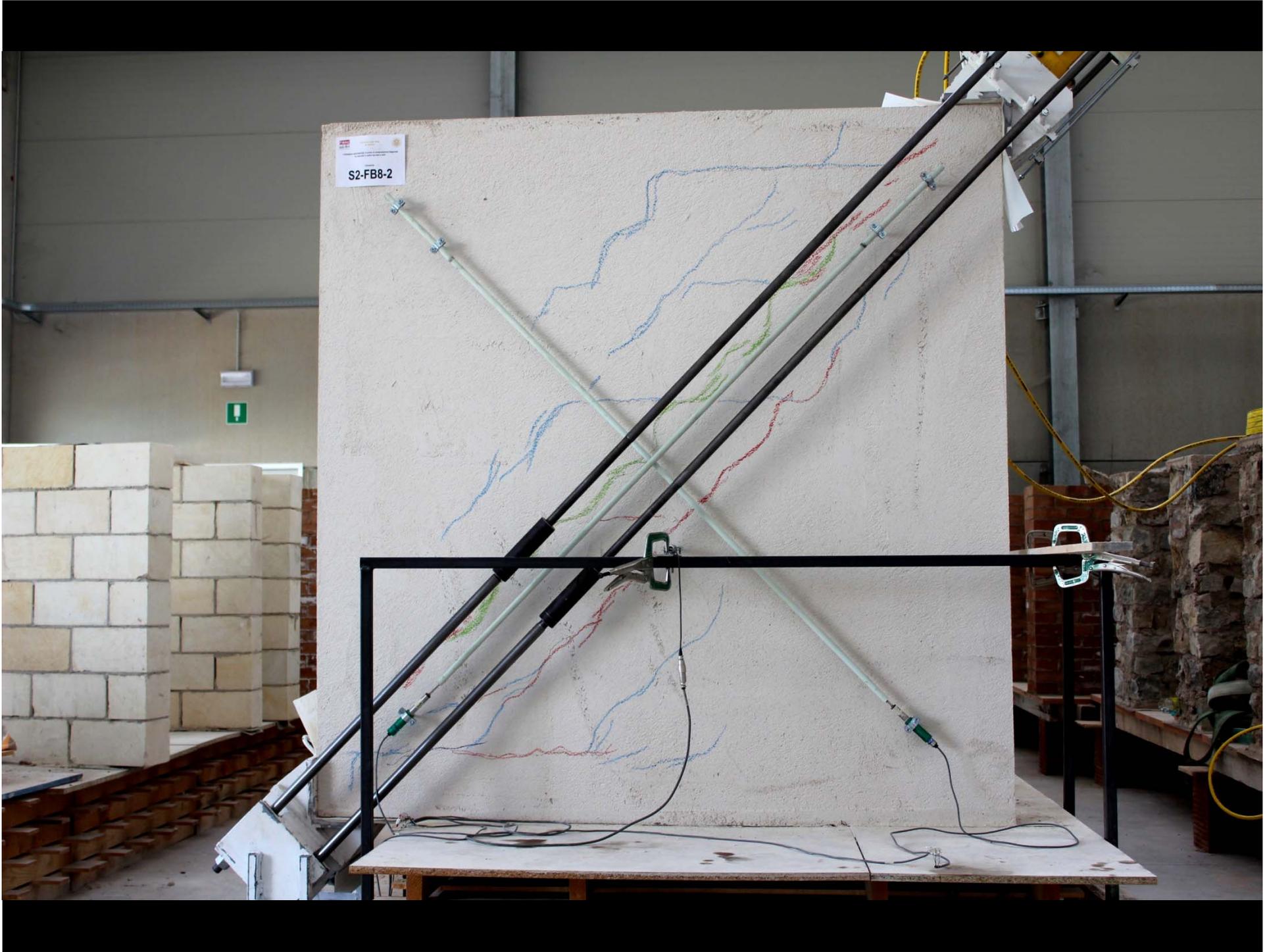
S1-FB13-1

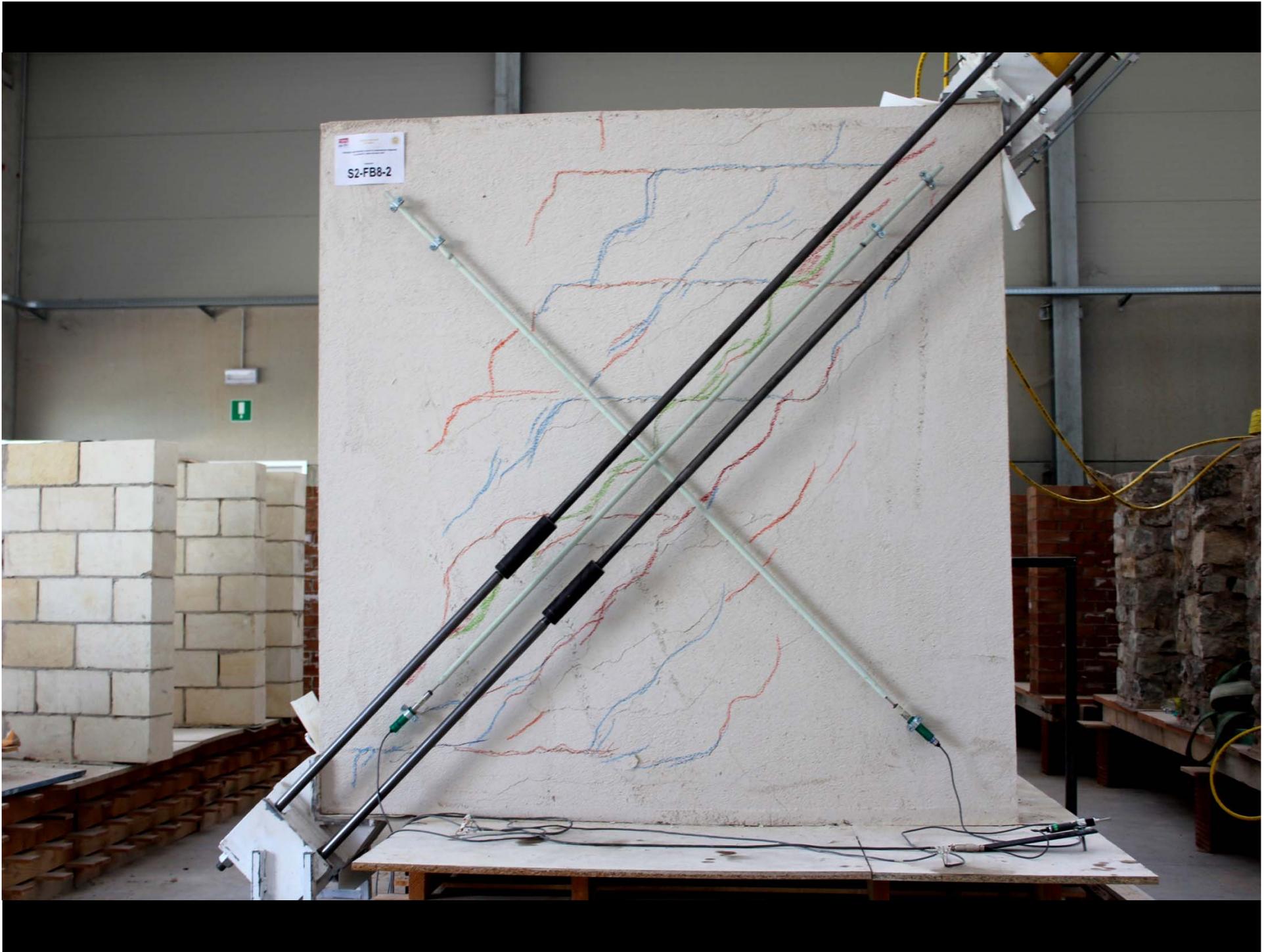




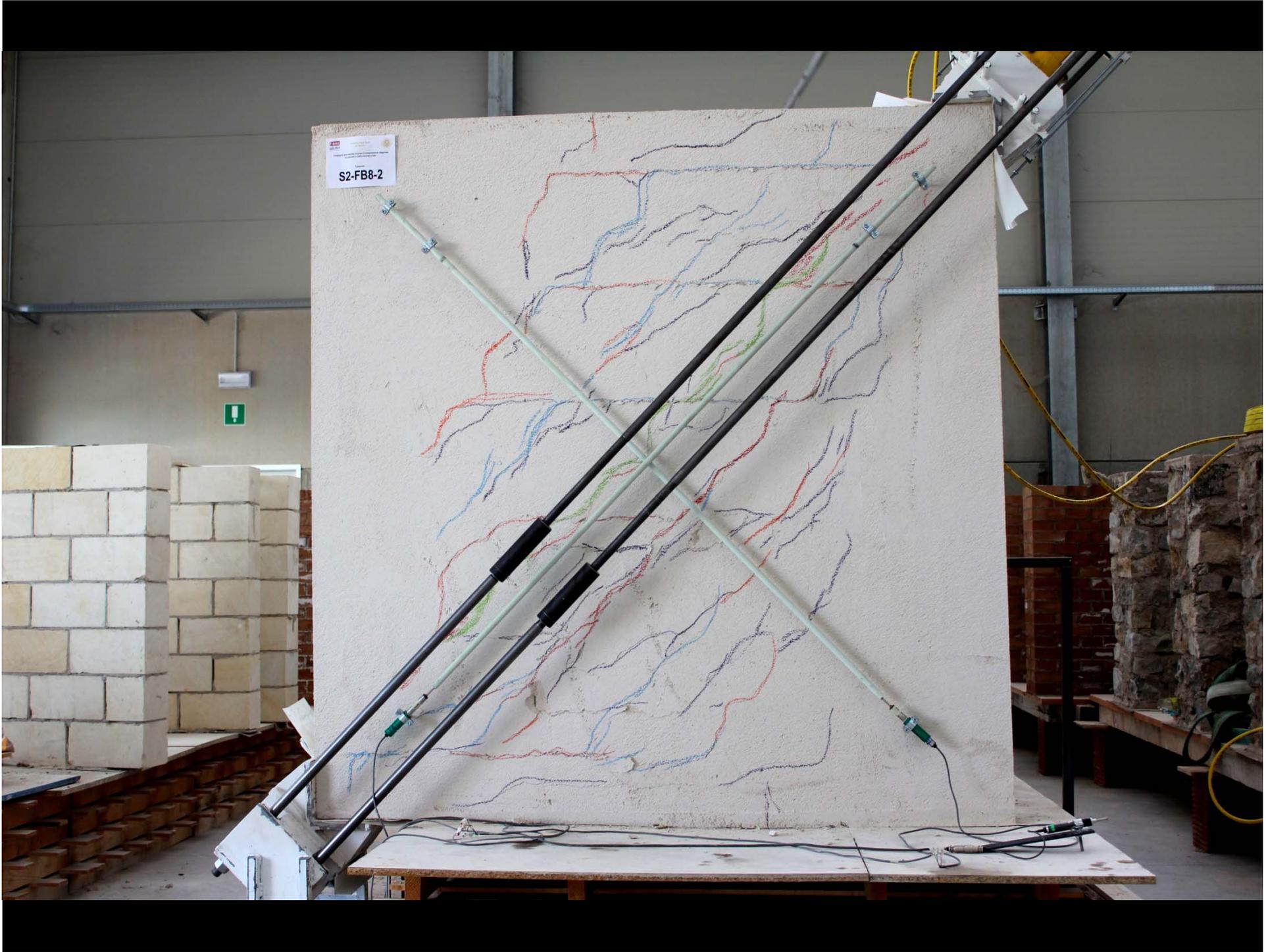




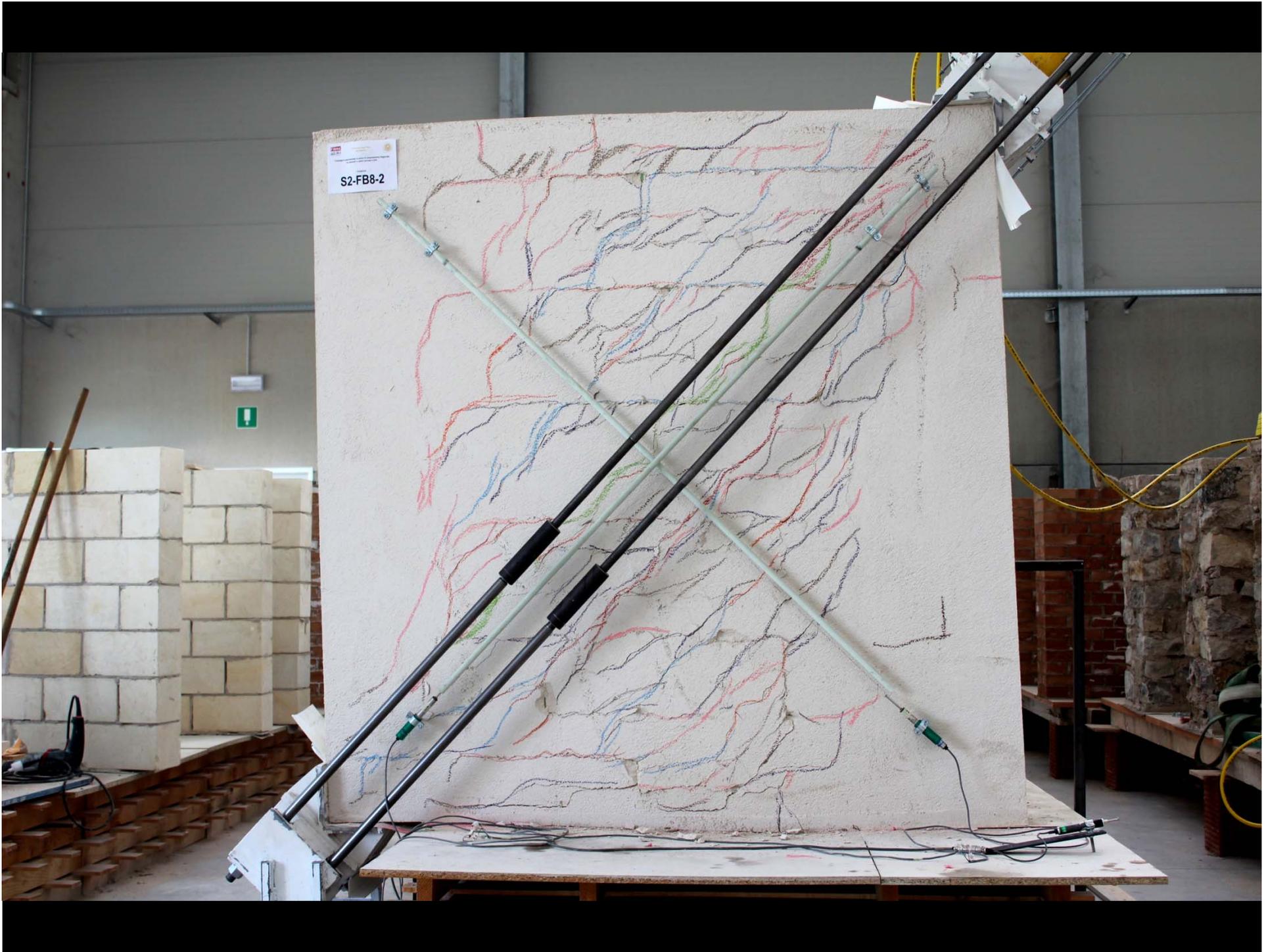




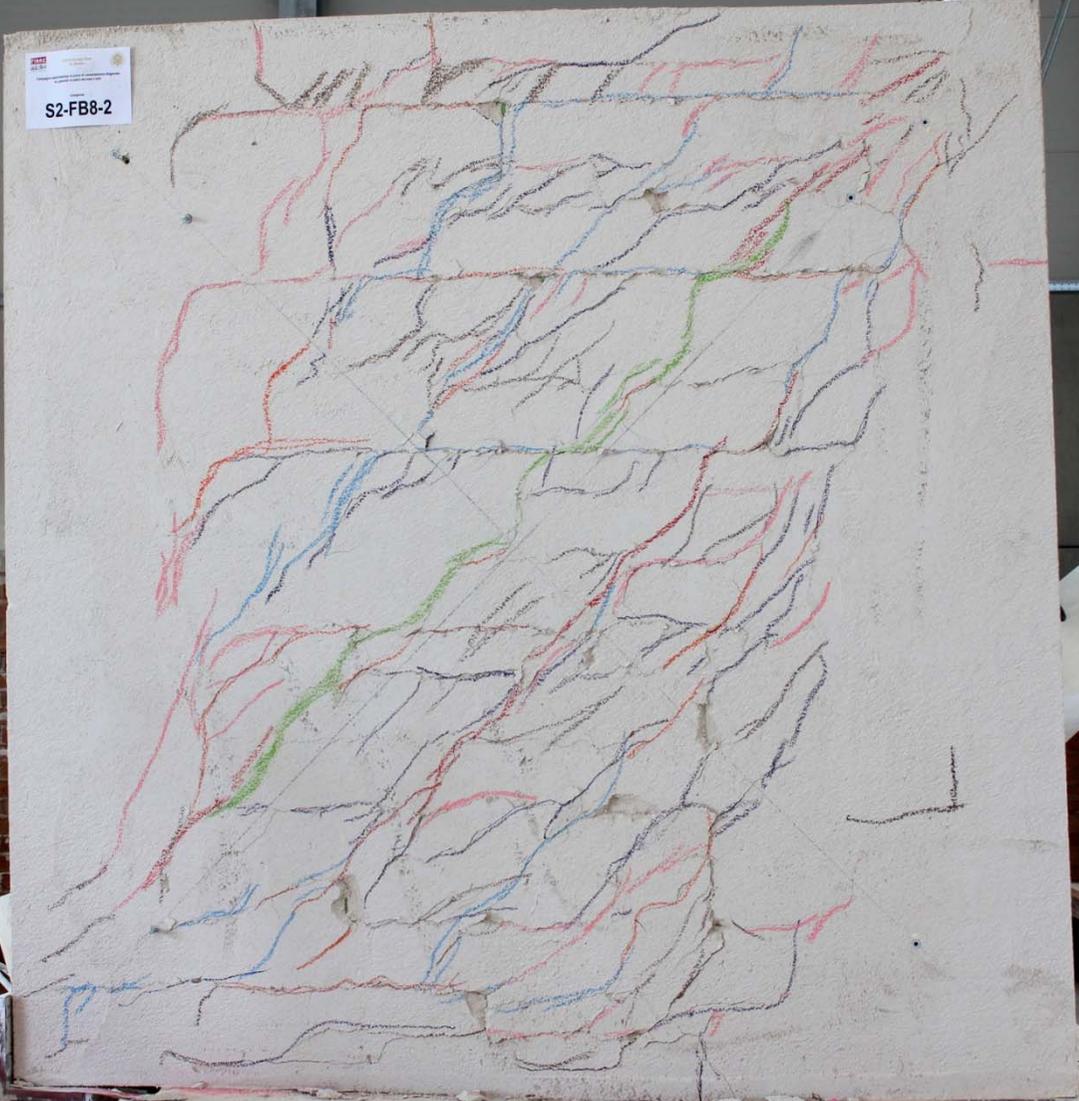
S2-FB8-2







S2-FB8-2





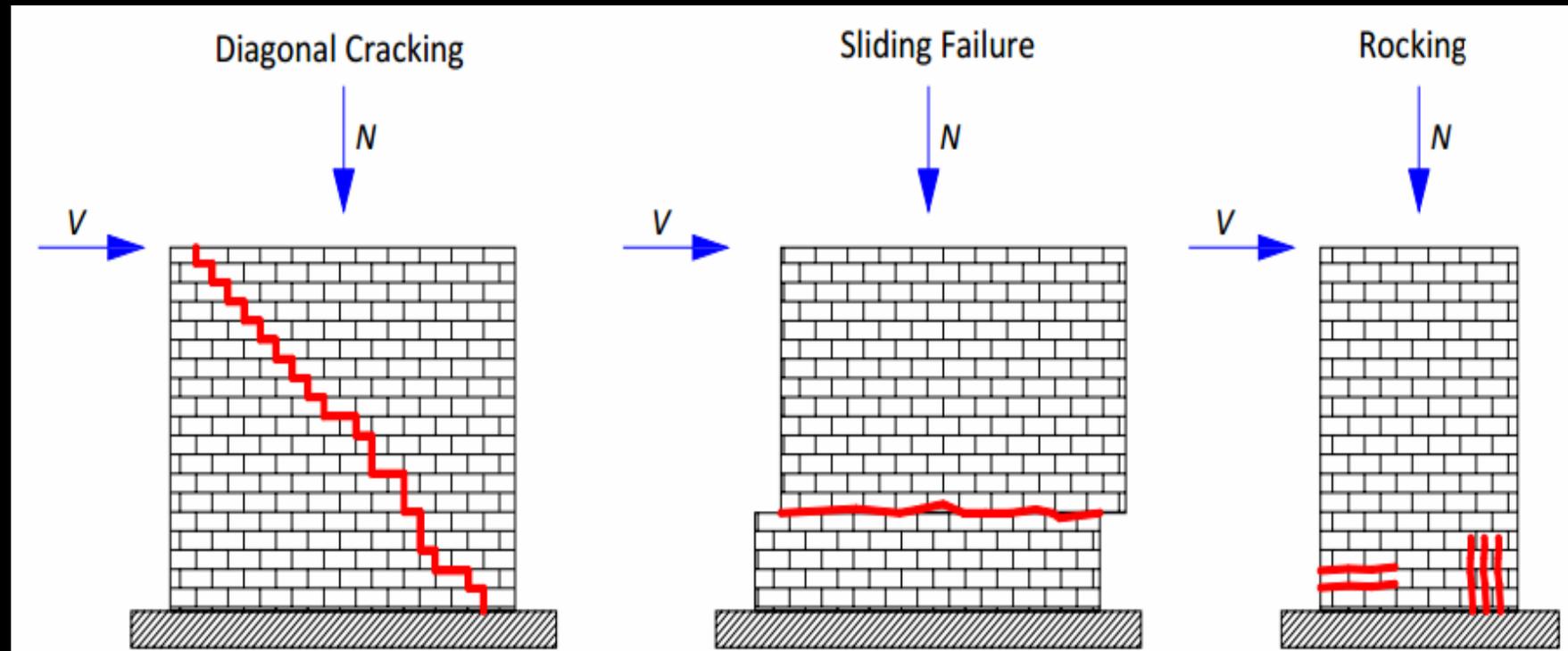




COMPORTAMENTO MODIFICATO DAL SISTEMA FRM

VULNERABILITÀ PER SFORZI DI TAGLIO

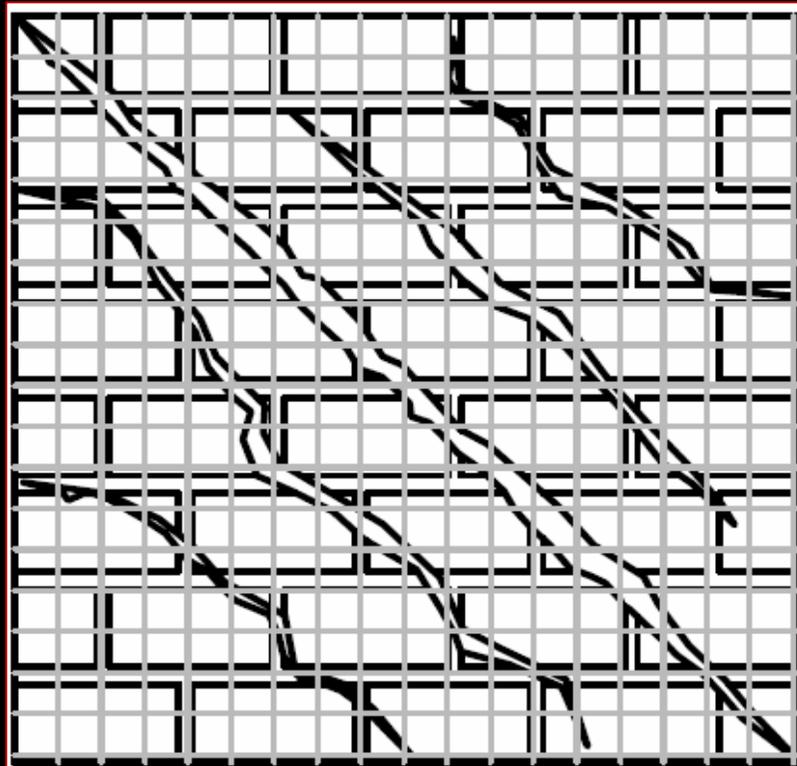
TIPICA ROTTURA A TAGLIO DEI PARAMENTI NON RINFORZATI



COMPORTAMENTO MODIFICATO DAL SISTEMA FRM

VULNERABILITÀ PER SFORZI DI TAGLIO

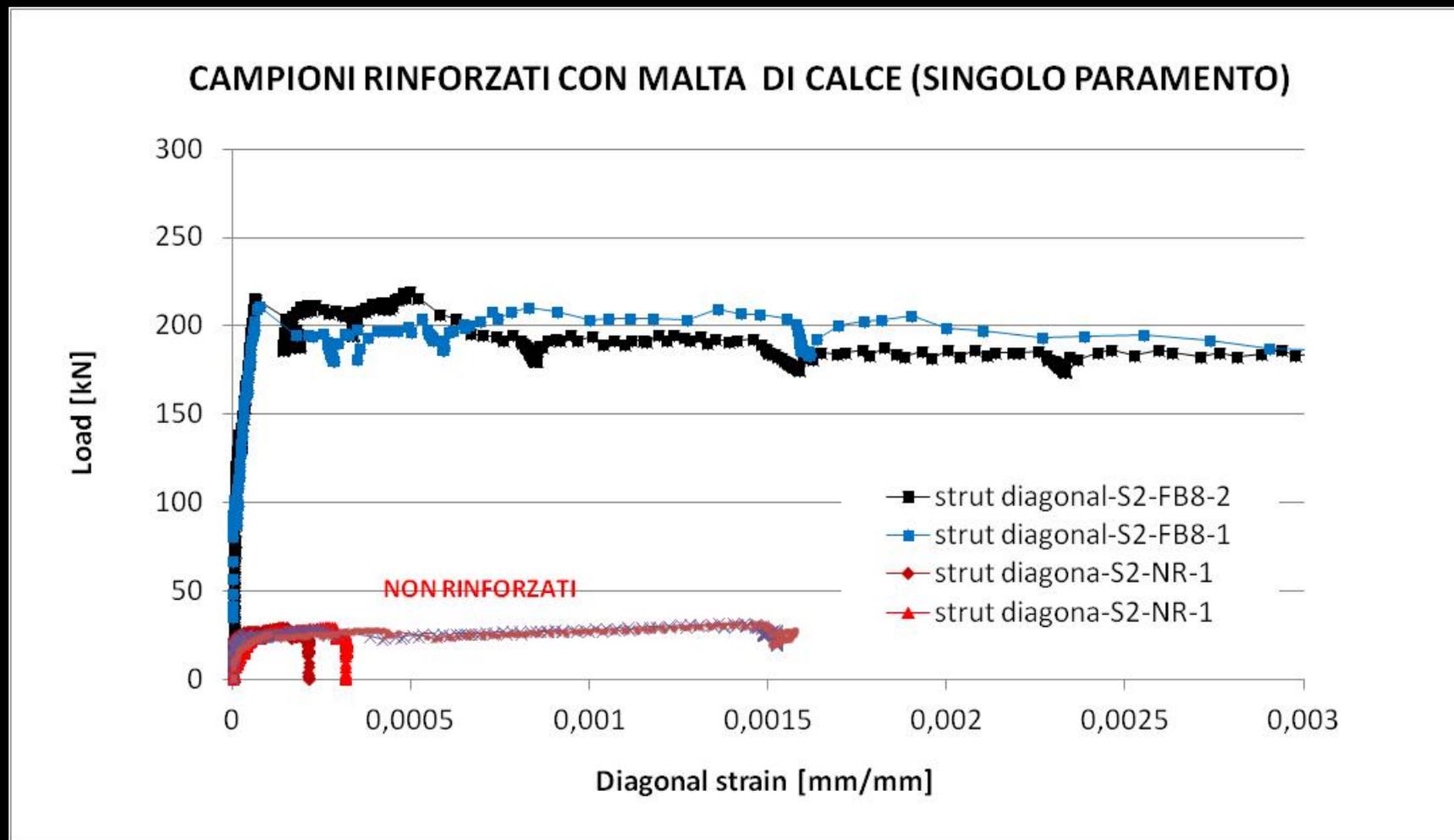
TIPICA ROTTURA A TAGLIO DEI PARAMENTI
RINFORZATI CON INTONACO FRM



LA MURATURA IN BLOCCHI LAPIDEI QUADRATI

MATERIALI INNOVATIVI - FRM

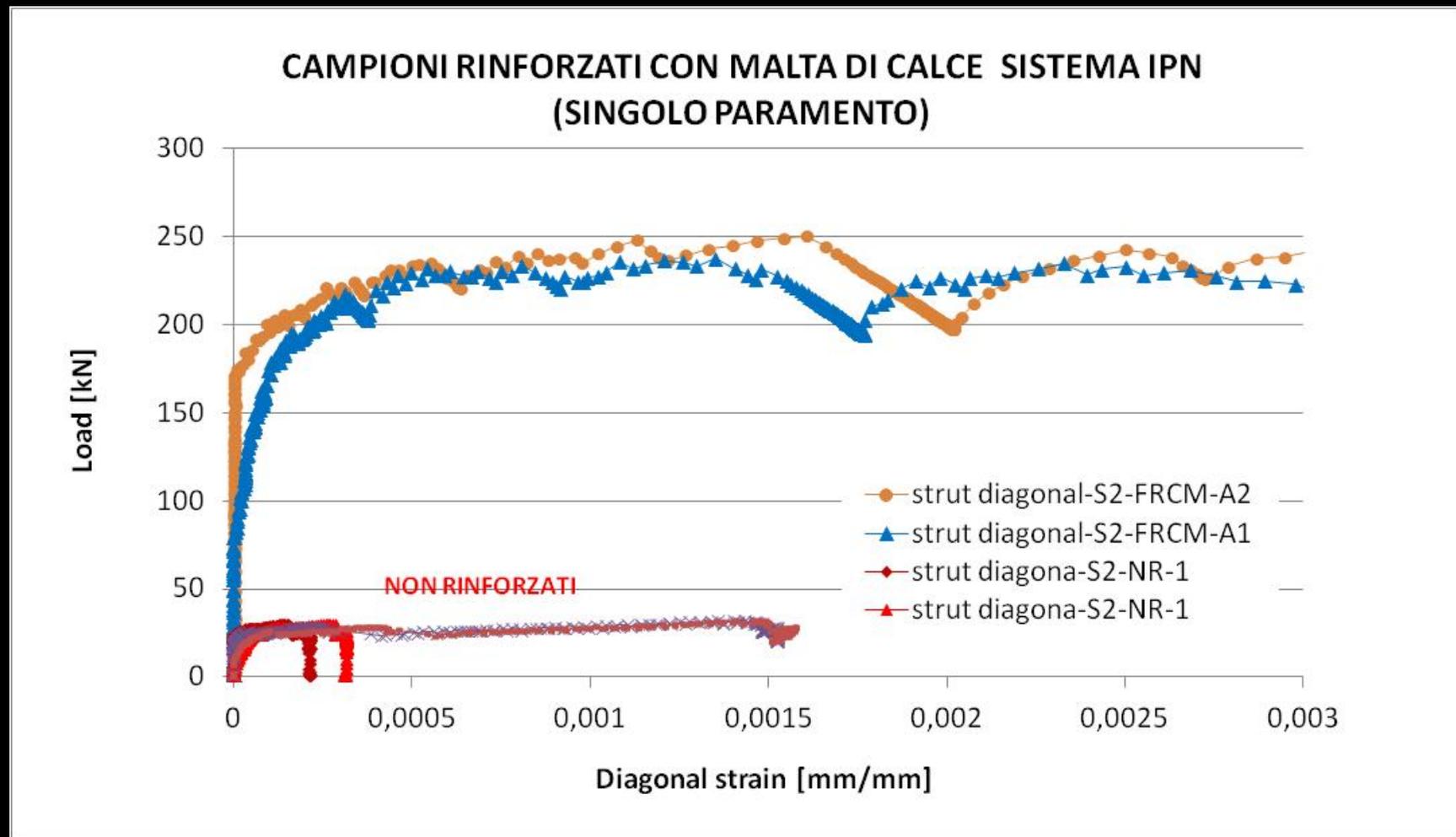
PROVE DI TAGLIO DIAGONALE SU MURATURA RINFORZATA MEDIANTE INTONACO ARMATO GFRP – COMPORTAMENTO MECCANICO E CONFRONTI



LA MURATURA IN BLOCCHI LAPIDEI QUADRATI

MATERIALI INNOVATIVI - FRM

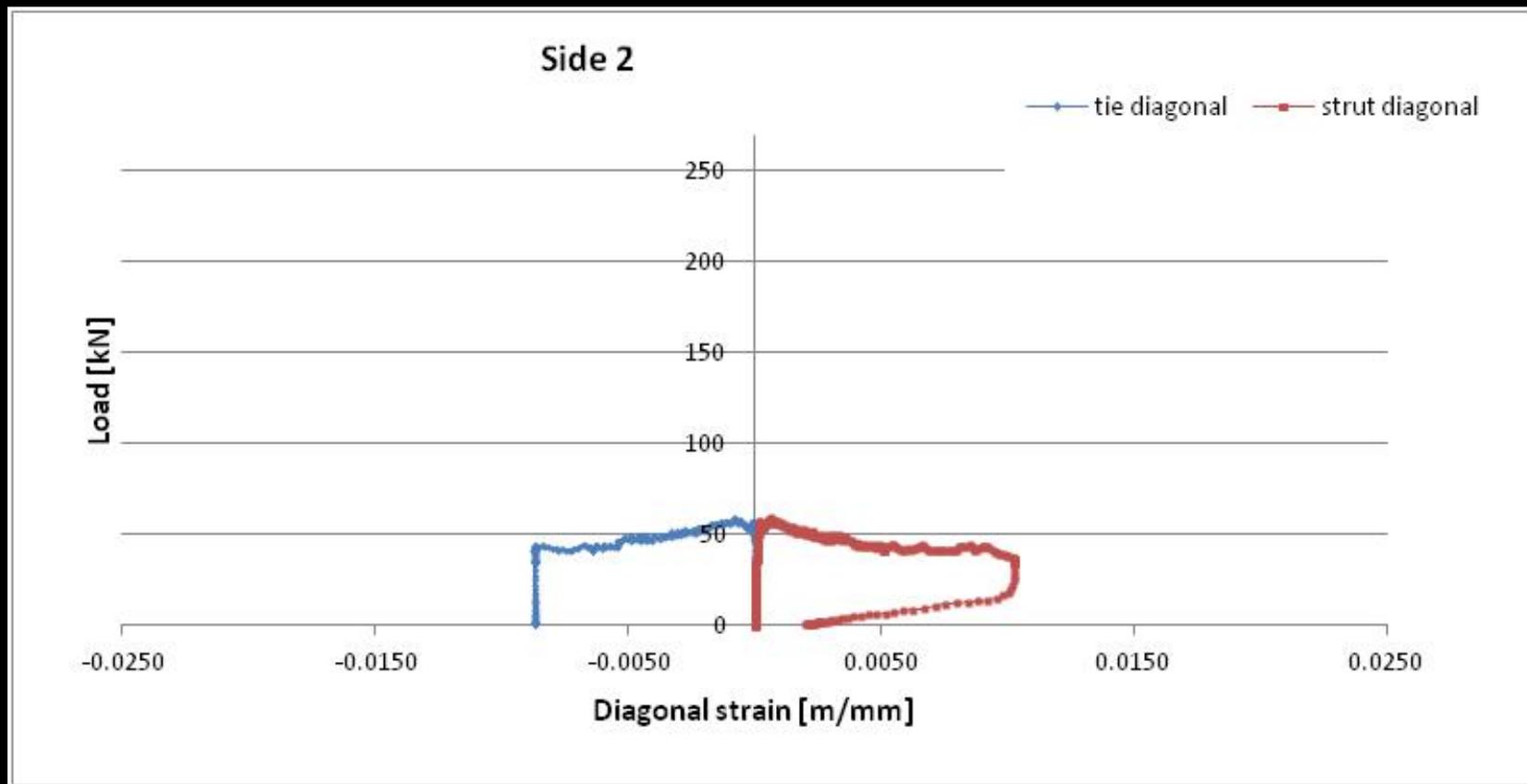
PROVE DI TAGLIO DIAGONALE SU MURATURA RINFORZATA MEDIANTE INTONACO ARMATO GFRP – COMPORTAMENTO MECCANICO E CONFRONTI



LA MURATURA IN BLOCCHI LAPIDEI QUADRATI

MATERIALI INNOVATIVI - FRM

PROVE DI TAGLIO DIAGONALE SU MURATURA RINFORZATA MEDIANTE INTONACO ARMATO GFRP – COMPORTAMENTO MECCANICO E CONFRONTI

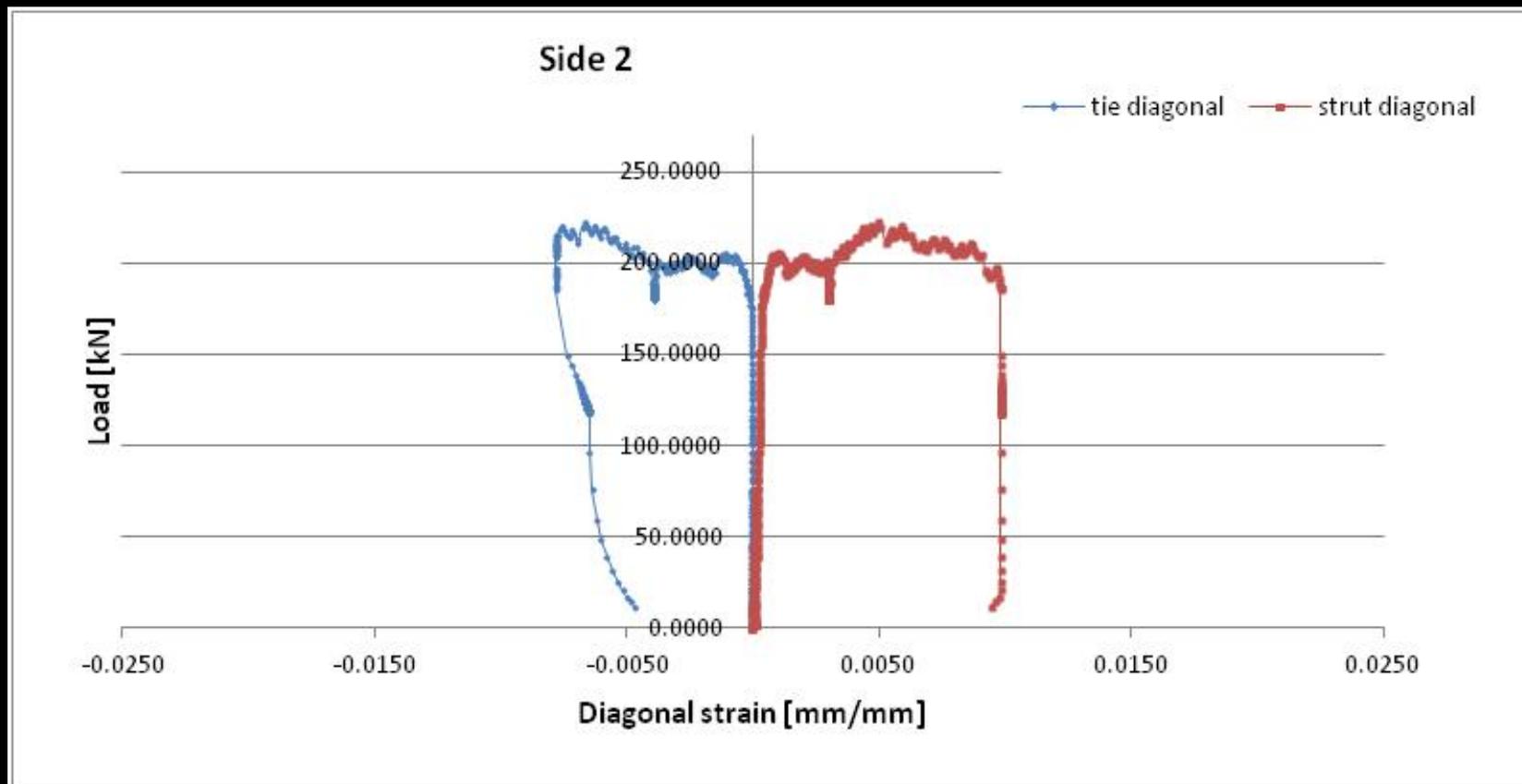


CAMPIONI DOPPIO PARAMENTO NON RINFORZATI

LA MURATURA IN BLOCCHI LAPIDEI QUADRATI

MATERIALI INNOVATIVI - FRM

PROVE DI TAGLIO DIAGONALE SU MURATURA RINFORZATA MEDIANTE INTONACO ARMATO GFRP – COMPORTAMENTO MECCANICO E CONFRONTI

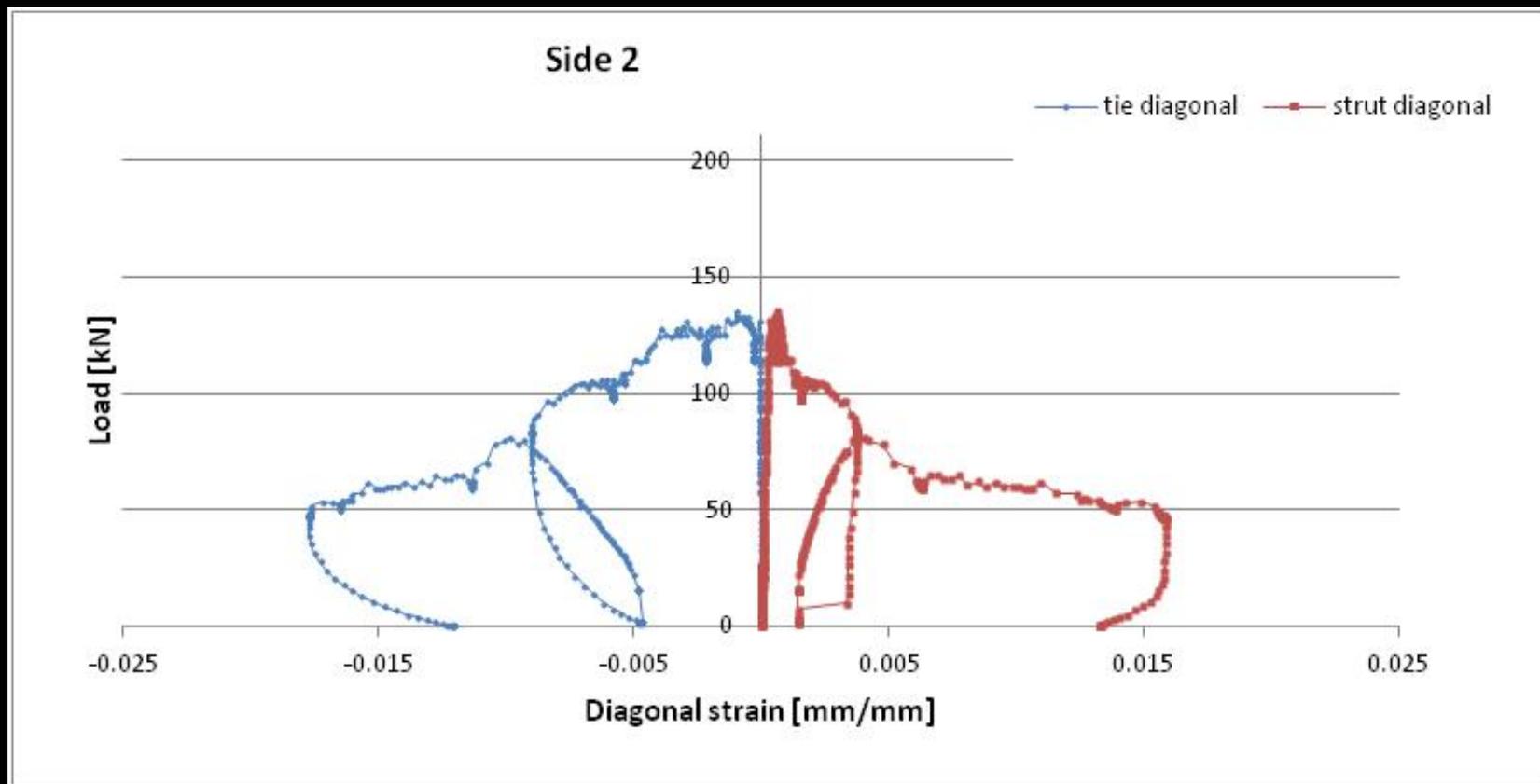


CAMPIONI DOPPIO PARAMENTO RINFORZATI

LA MURATURA IN BLOCCHI LAPIDEI QUADRATI

MATERIALI INNOVATIVI - FRM

PROVE DI TAGLIO DIAGONALE SU MURATURA RINFORZATA MEDIANTE INTONACO ARMATO GFRP – COMPORTAMENTO MECCANICO E CONFRONTI



**CAMPIONI SINGOLO PARAMENTO RINFORZATI
MALTA ECOSOSTENIBILE CON FILLER DA SCARTI DI LAVORAZIONE DELLA PIETRA**

PREVISIONE TEORICA DA NORMATIVE

MURATURA RINFORZATA

RESISTENZA A TAGLIO NOMINALE FORNITA DALLA MURATURA SECONDO L' APPROCCIO REINFORCED	
BS 5628:2005 [16]	$V_{RdM} = (0,35 + 0,6 \frac{V_{Ed}}{V_{RdM}}) V_{RdM}$
CSA S304.1-04 [17]	$V_{RdM} = V_{RdM} (1 + 0,25 \cdot \frac{V_{Ed}}{V_{RdM}}) V_{RdM}$
EC6 [18]	$V_{RdM} = \frac{V_{RdM}}{V_{RdM}} V_{RdM}$ $V_{RdM} = V_{RdM} + 0,4 V_{RdM}$ <p>or</p> $V_{RdM} = 0,65 V_{RdM}$
FEMA 356 [12]	$V_{RdM} = \left(4 - 1,75 \frac{V_{Ed}}{V_{RdM}} \right) V_{RdM} \sqrt{\frac{V_{Ed}}{V_{RdM}}} + 0,25 V_{RdM}$
MSJC [13]	$V_{RdM} = \left(4 - 1,75 \frac{V_{Ed}}{V_{RdM}} \right) V_{RdM} \sqrt{\frac{V_{Ed}}{V_{RdM}}} + 0,25 V_{RdM}$
NZS 4230 [19]	$V_{RdM} = V_{RdM} V_{RdM}$ $V_{RdM} = V_{RdM} + V_{RdM}$ $V_{RdM} = (V_{RdM} + V_{RdM}) V_{RdM}$ $V_{RdM} = 0,9 \frac{V_{RdM}}{V_{RdM}} V_{RdM}$
UBC WSD [20]	$V_{RdM} = V_{RdM} V_{RdM} \sqrt{\frac{V_{Ed}}{V_{RdM}}} \leq 63 \cdot V_{RdM} V_{RdM}$

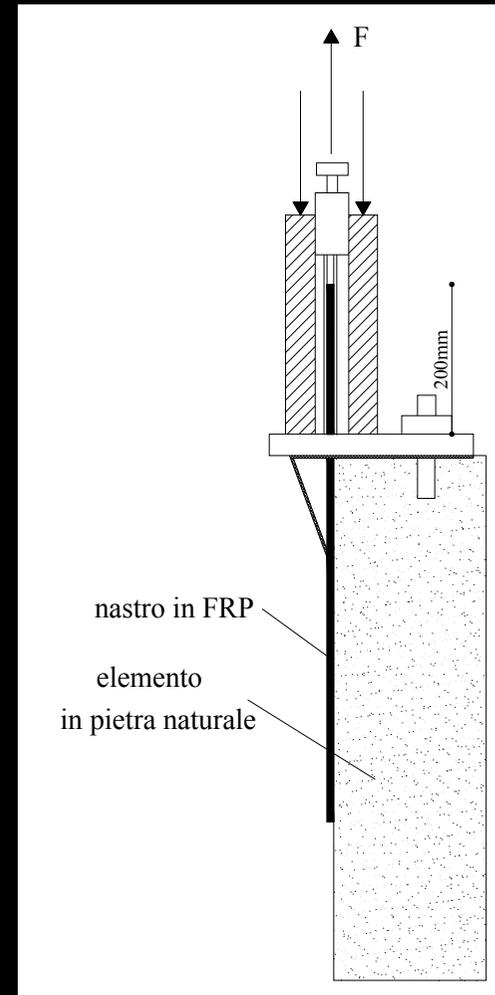
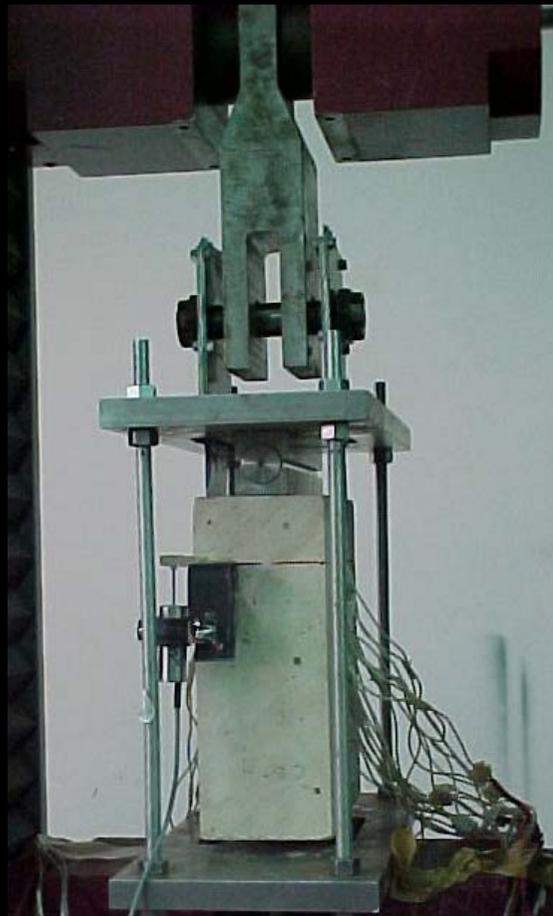
IL PROBLEMA DELLA DURABILITA'

MATERIALI INNOVATIVI - FRP / FRM



IL PROBLEMA DELLA DURABILITA'

MATERIALI INNOVATIVI - FRP INFLUENZA DEL CONDIZIONAMENTO SUL LEGAME DI ADERENZA GFRP , CFRP – Substrato in TUFO / PIETRA TENERA



IL PROBLEMA DELLA DURABILITA'

MATERIALI INNOVATIVI - FRP INFLUENZA DEL CONDIZIONAMENTO SUL LEGAME DI ADERENZA GFRP , CFRP – Substrato in TUFO / PIETRA TENERA

permanenza per cinque mesi in camera climatica, in condizioni di umidità pari a 90% e temperatura di 40°C

Campioni non condizionati



Campioni condizionati

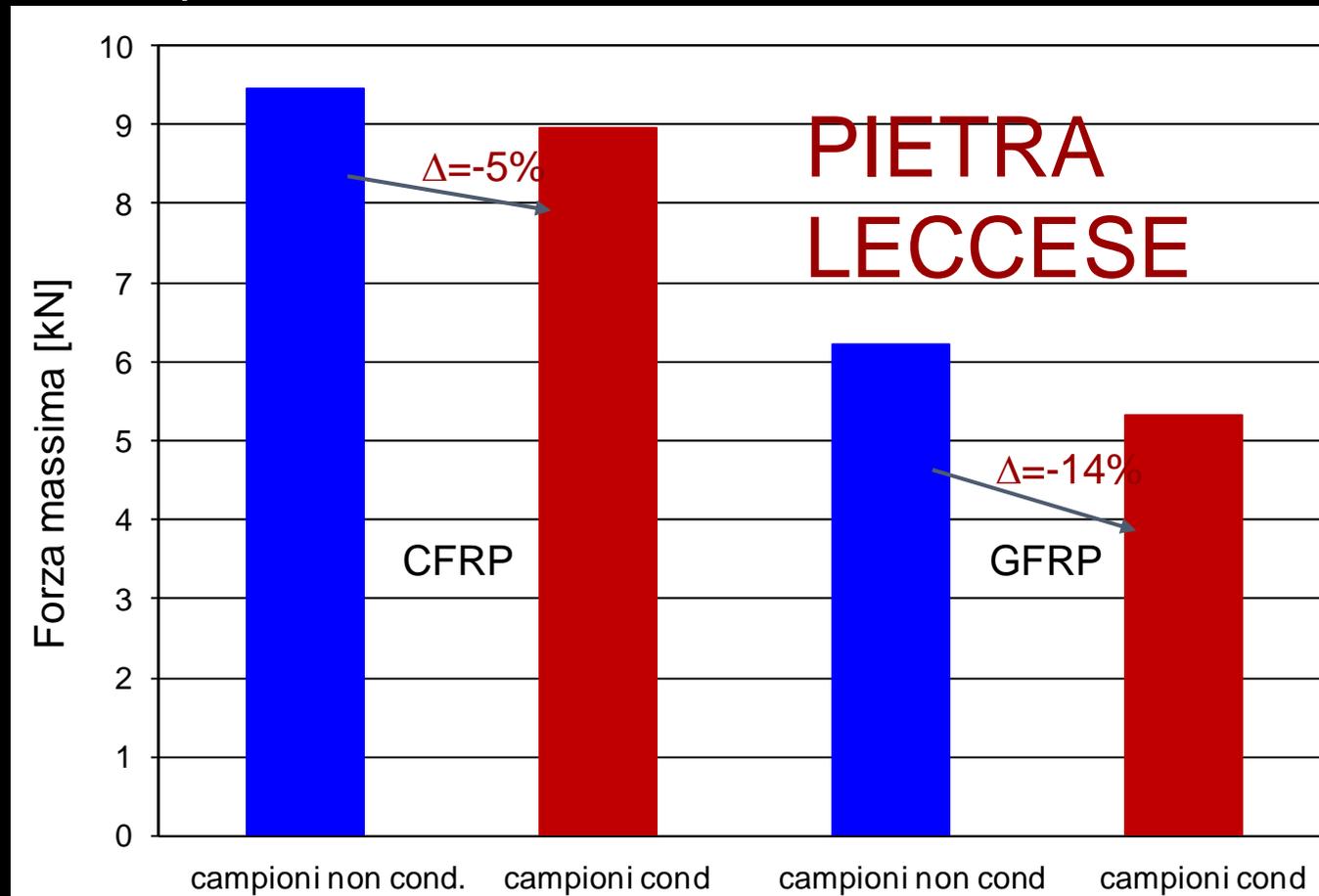


IL PROBLEMA DELLA DURABILITA'

MATERIALI INNOVATIVI - FRP

INFLUENZA DEL CONDIZIONAMENTO SUL LEGAME DI ADERENZA GFRP , CFRP – Substrato in TUFO / PIETRA TENERA

permanenza per cinque mesi in camera climatica, in condizioni di umidità pari a 90% e temperatura di 40°C – PIETRA LECCESE

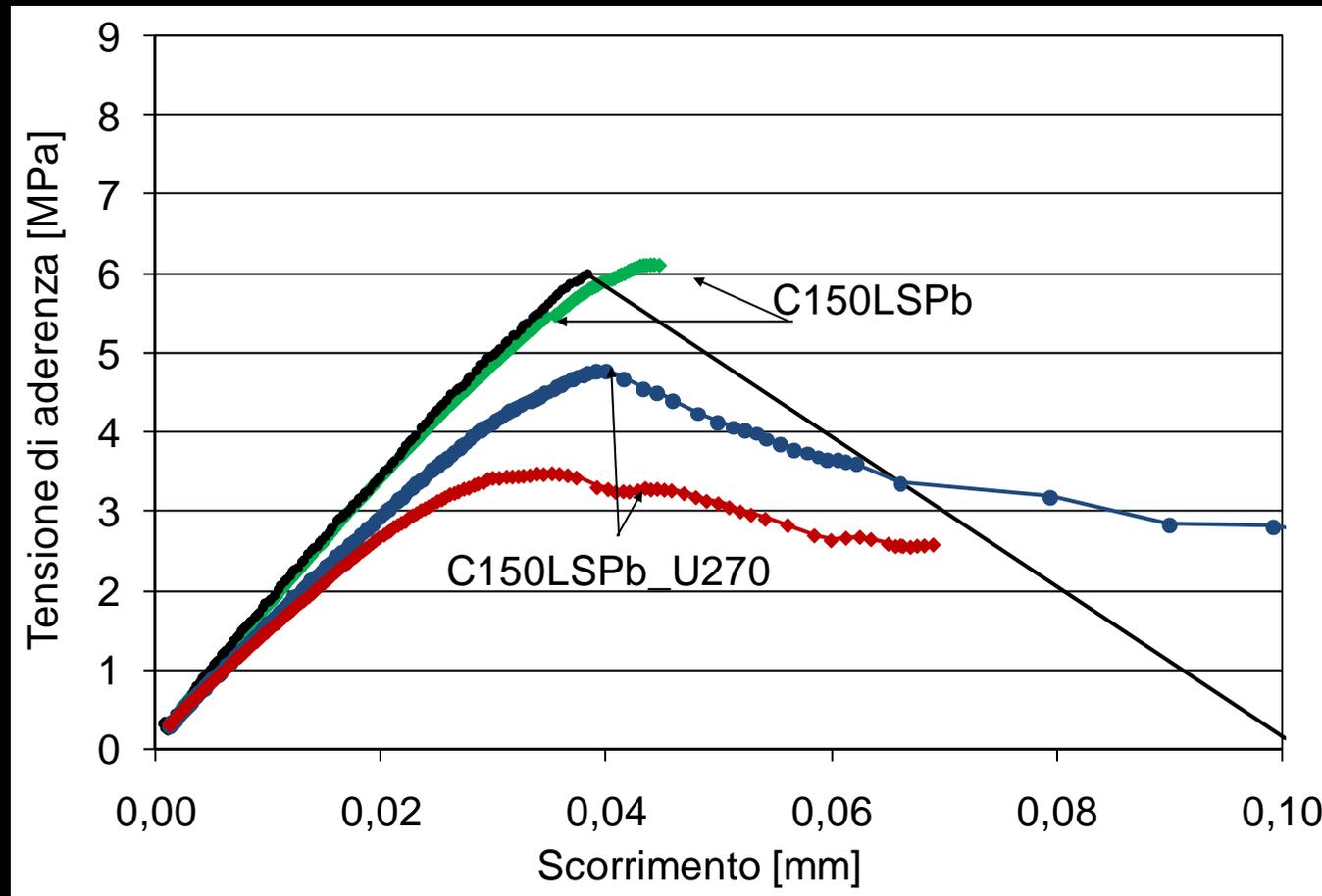


IL PROBLEMA DELLA DURABILITA'

MATERIALI INNOVATIVI - FRP

INFLUENZA DEL CONDIZIONAMENTO SUL LEGAME DI ADERENZA GFRP , CFRP – Substrato in TUFO / PIETRA TENERA

permanenza per cinque mesi in camera climatica, in condizioni di umidità pari a 90% e temperatura di 40°C – PIETRA LECCESE

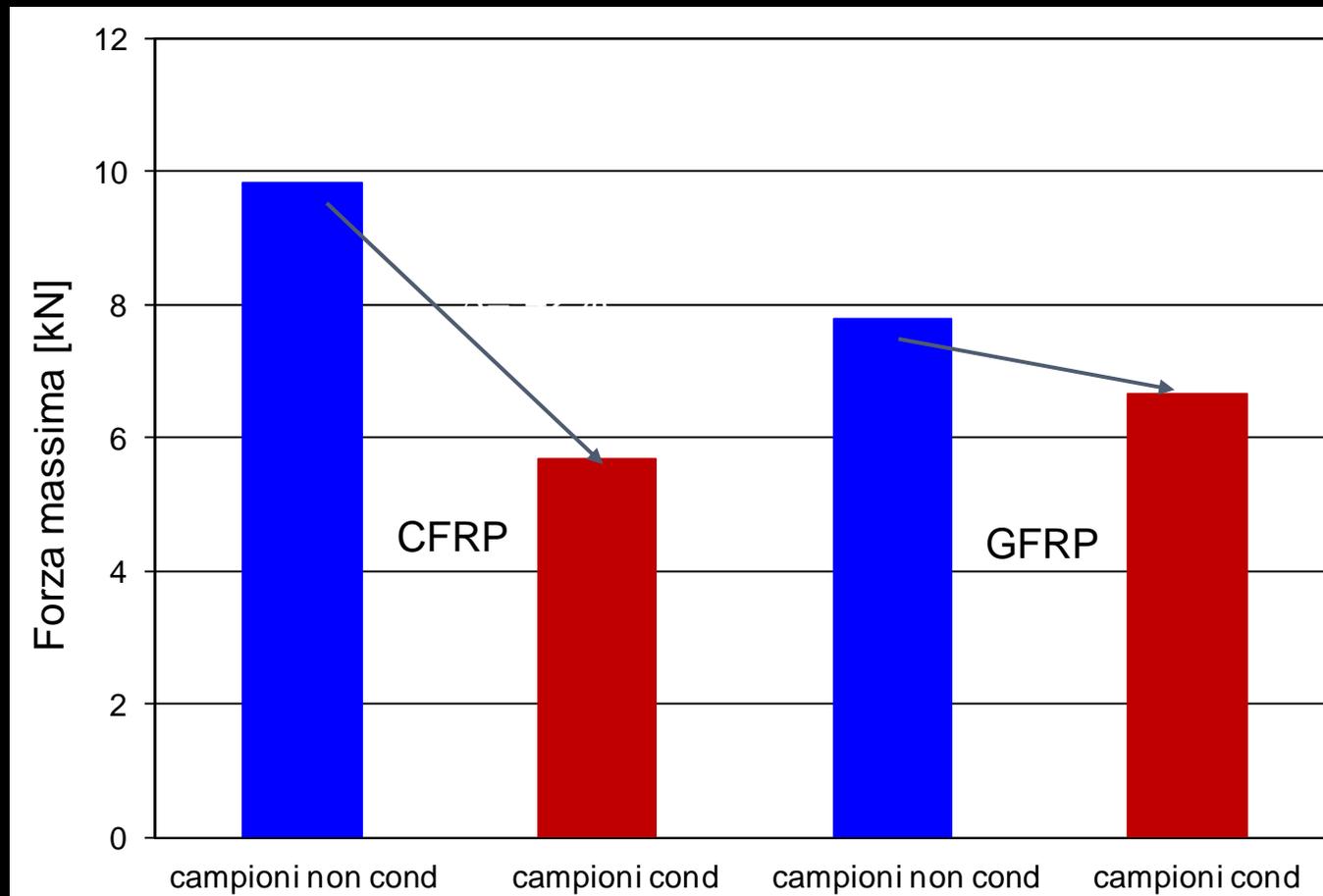


IL PROBLEMA DELLA DURABILITA'

MATERIALI INNOVATIVI - FRP

INFLUENZA DEL CONDIZIONAMENTO SUL LEGAME DI ADERENZA GFRP , CFRP – Substrato in TUFO / PIETRA TENERA

permanenza per cinque mesi in camera climatica, in condizioni di umidità pari a 90% e temperatura di 40°C – TUFO GIALLO DI NAPOLI

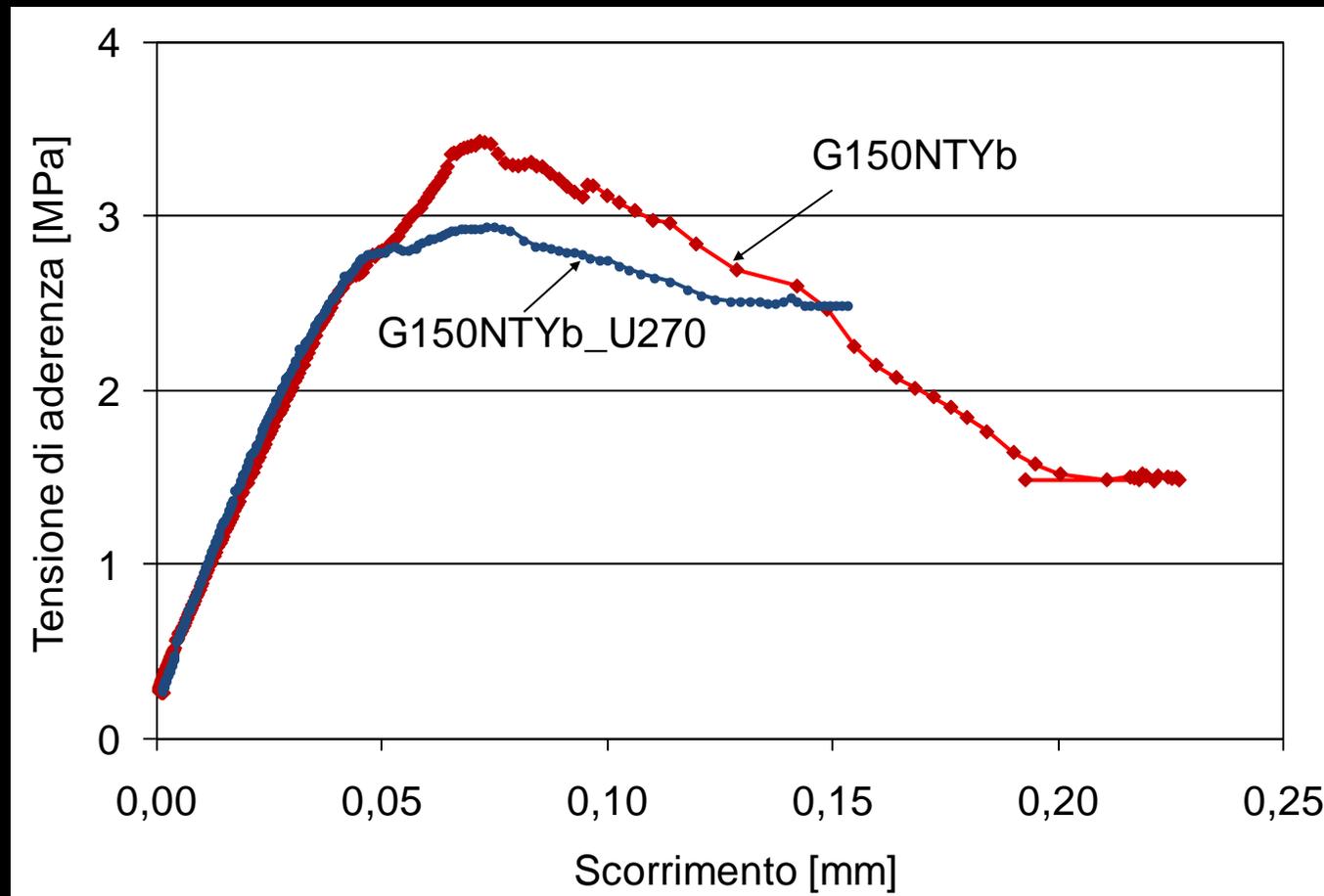


IL PROBLEMA DELLA DURABILITA'

MATERIALI INNOVATIVI - FRP

INFLUENZA DEL CONDIZIONAMENTO SUL LEGAME DI ADERENZA GFRP , CFRP – Substrato in TUFO / PIETRA TENERA

permanenza per cinque mesi in camera climatica, in condizioni di umidità pari a 90% e temperatura di 40°C – TUFO GIALLO DI NAPOLI



IL PROBLEMA DELLA DURABILITA'

MATERIALI INNOVATIVI - FRP INFLUENZA DEL CONDIZIONAMENTO SUL LEGAME DI ADERENZA GFRP , CFRP – Substrato in TUFO / PIETRA TENERA

Immersione in acqua 50 gg e 176gg– PIETRA LECCESE

	$P_{max}(COV\%)$	$\tau_{med}(COV\%)$	$\tau_{max}(COV\%)$	$L_e(COV\%)$
	kN	MPa	MPa	mm
C150LSa	9,52(8)	0,79(8)	3,00(24)	129(11)
C150LSa_I50	7,58(2)	0,63(2)	2,34(23)	127(17)
C150LSa_I176	7,28(3)	0,61(4)	2,07(8)	104(6)

$-\Delta=23\%$

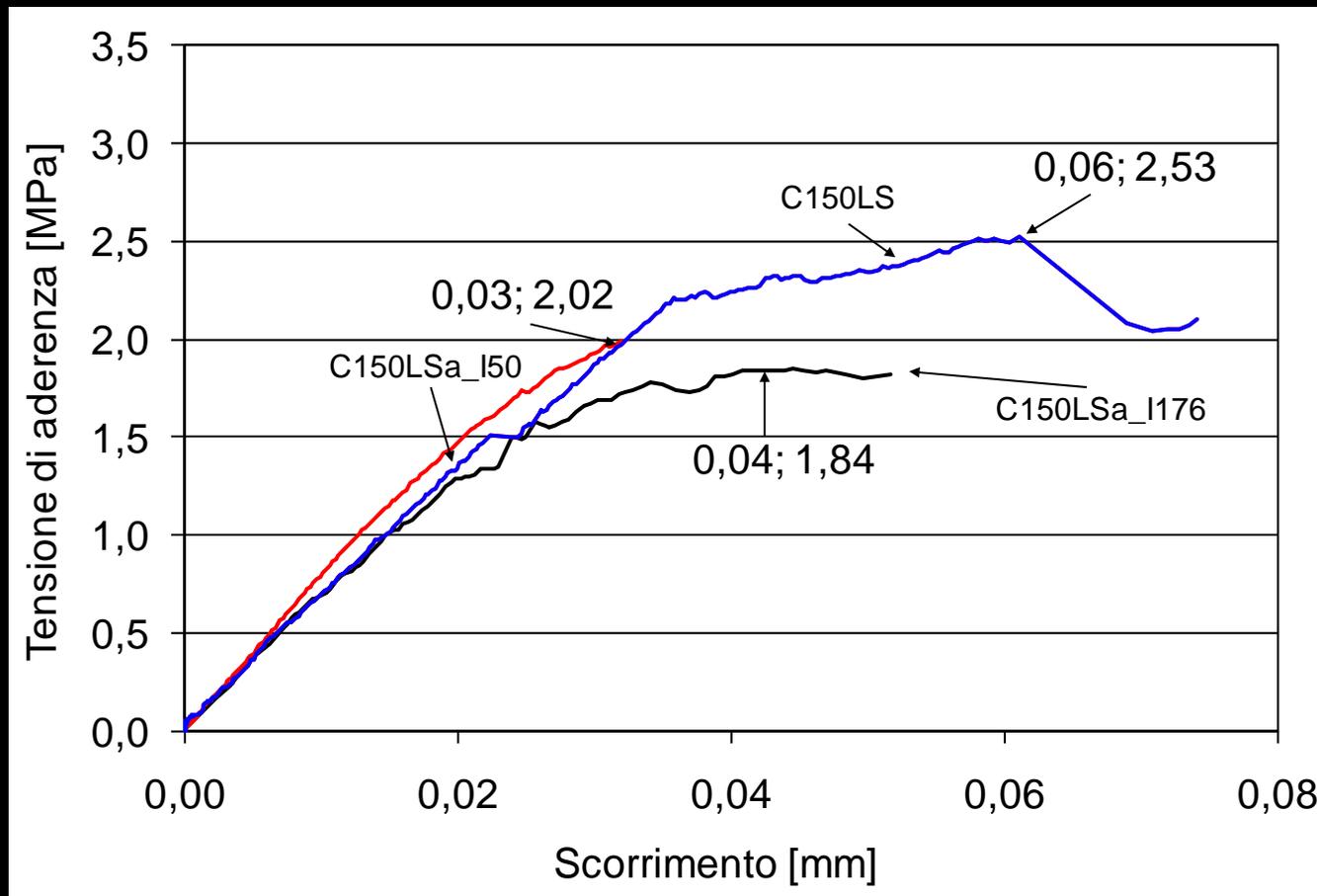
$-\Delta=31\%$

IL PROBLEMA DELLA DURABILITA'

MATERIALI INNOVATIVI - FRP

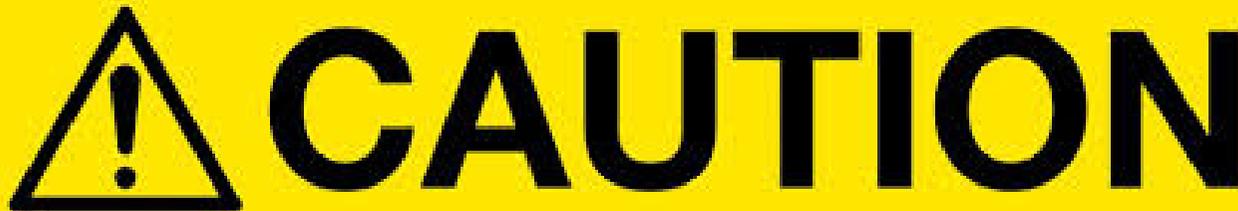
INFLUENZA DEL CONDIZIONAMENTO SUL LEGAME DI ADERENZA
GFRP , CFRP – Substrato in TUFO / PIETRA TENERA

Immersione in acqua 50 gg e 176gg– PIETRA LECCESE



IL PROBLEMA DELLA DURABILITA'

**MATERIALI INNOVATIVI - FRM
INTERAZIONE FIBRA MATRICE (CALCE / CEMENTIZIA)**



**IN MOLTI CASI LE FIBRE SI TROVANO DIRETTAMENTE ESPOSTE
ALL'AMBIENTE AGGRESSIVO IN QUANTO NON VI E' LA PROTEZIONE
DELLA RESINA**

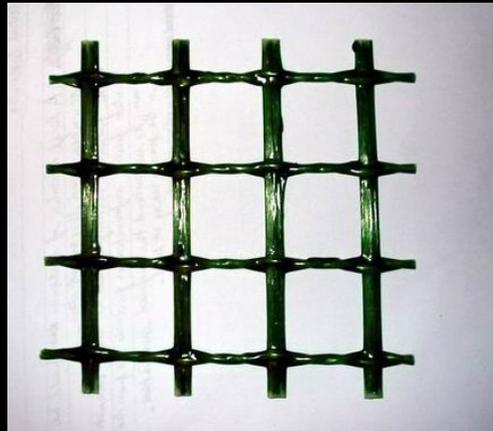
**LA SUSCETTIBILITA' AL DEGRADO CHIMICO-FISICO DELLE FIBRE
DIPENDE DALLA NATURA DELLA FIBRA STESSA**

COME STUDIARE LA DURABILITA' ?

MATERIALI INNOVATIVI - FRM INTERAZIONE FIBRA MATRICE (CALCE / CEMENTIZIA)

Differenti tipologie di fibre e di sistemi

- Fibra di vetro AR
- Fibra di vetro EC-R
- Fibra di vetro E
- Fibra di carbonio
- Fibra di basalto
- Fibra di PBO
- Fibra di acciaio
- Fibra aramidica
- Fibra di Twaron
- Fibra di poliestere
- Fibre naturali
 - canapa
 - lino
 - bamboo o altro



IL PROBLEMA DELLA DURABILITA'

MATERIALI INNOVATIVI - FRM INTERAZIONE FIBRA MATRICE (CALCE / CEMENTIZIA)

L'ambiente alcalino provoca un sensibile degrado chimico delle fibre di vetro *E-glass*, pertanto un numero elevato di ricerche è stato dedicato allo studio di questo problema. Si è visto che la presenza di soluzioni alcaline, che si formano naturalmente all'interno dei leganti cementizi ($\text{pH} \approx 13.5$), riduce sensibilmente nel tempo l'efficacia del rinforzo con in fibra di vetro E a causa di un infragilimento delle fibre di vetro e di un danneggiamento all'interfaccia fibra-matrice.

IL PROBLEMA DELLA DURABILITA'

MATERIALI INNOVATIVI - FRM INTERAZIONE FIBRA MATRICE (CALCE / CEMENTIZIA)

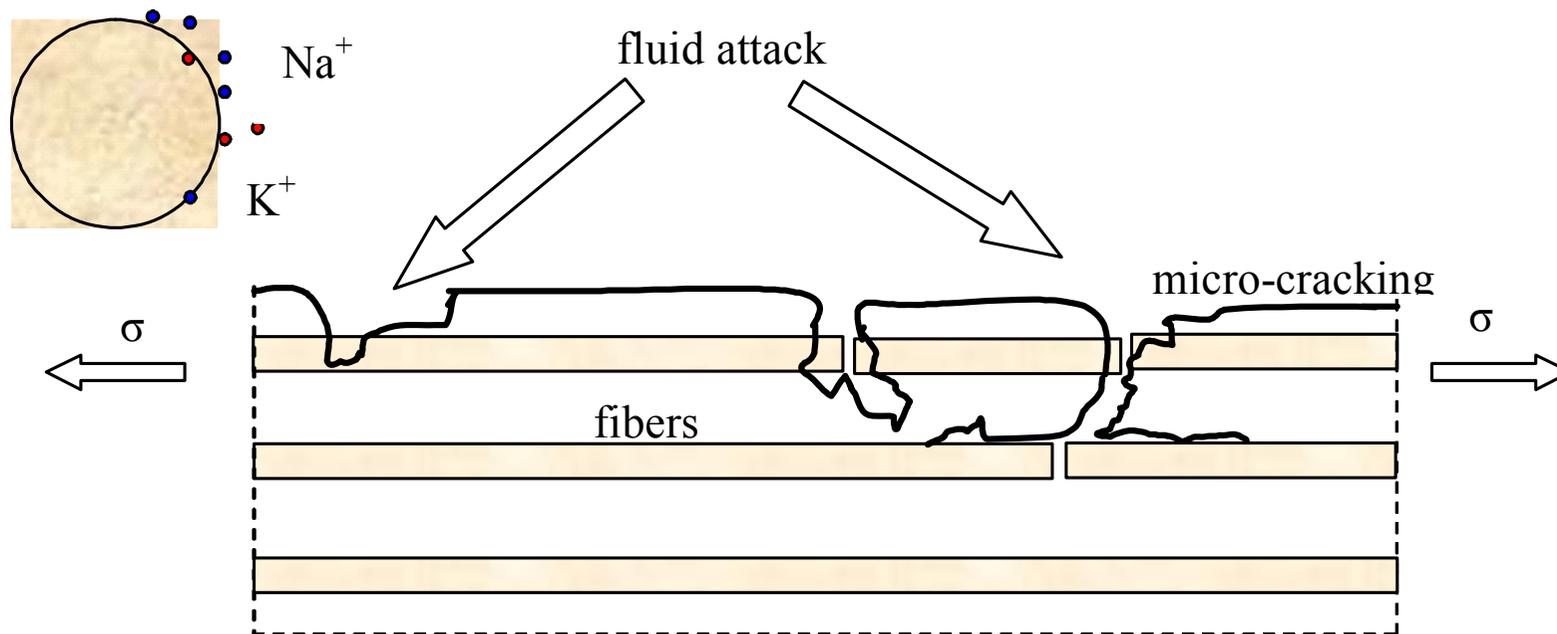
L'infragilimento delle fibre è legato alla nucleazione di particelle di Ca(OH)_2 sulla superficie, inoltre la presenza degli ioni Na^+ e K^+ provoca ulteriori meccanismi di dissoluzione delle fibre di vetro con formazione di silicati (Na_2SiO_3 ad es.) come osservato da Adams (1984).

Il risultato che emerge come più importante conseguenza di questi fenomeni di idrolisi è la sensibile perdita di proprietà meccaniche che può arrivare fino al 70% dopo prolungata esposizione a soluzioni alcaline

IL PROBLEMA DELLA DURABILITA'

MATERIALI INNOVATIVI - FRM INTERAZIONE FIBRA MATRICE (CALCE / CEMENTIZIA)

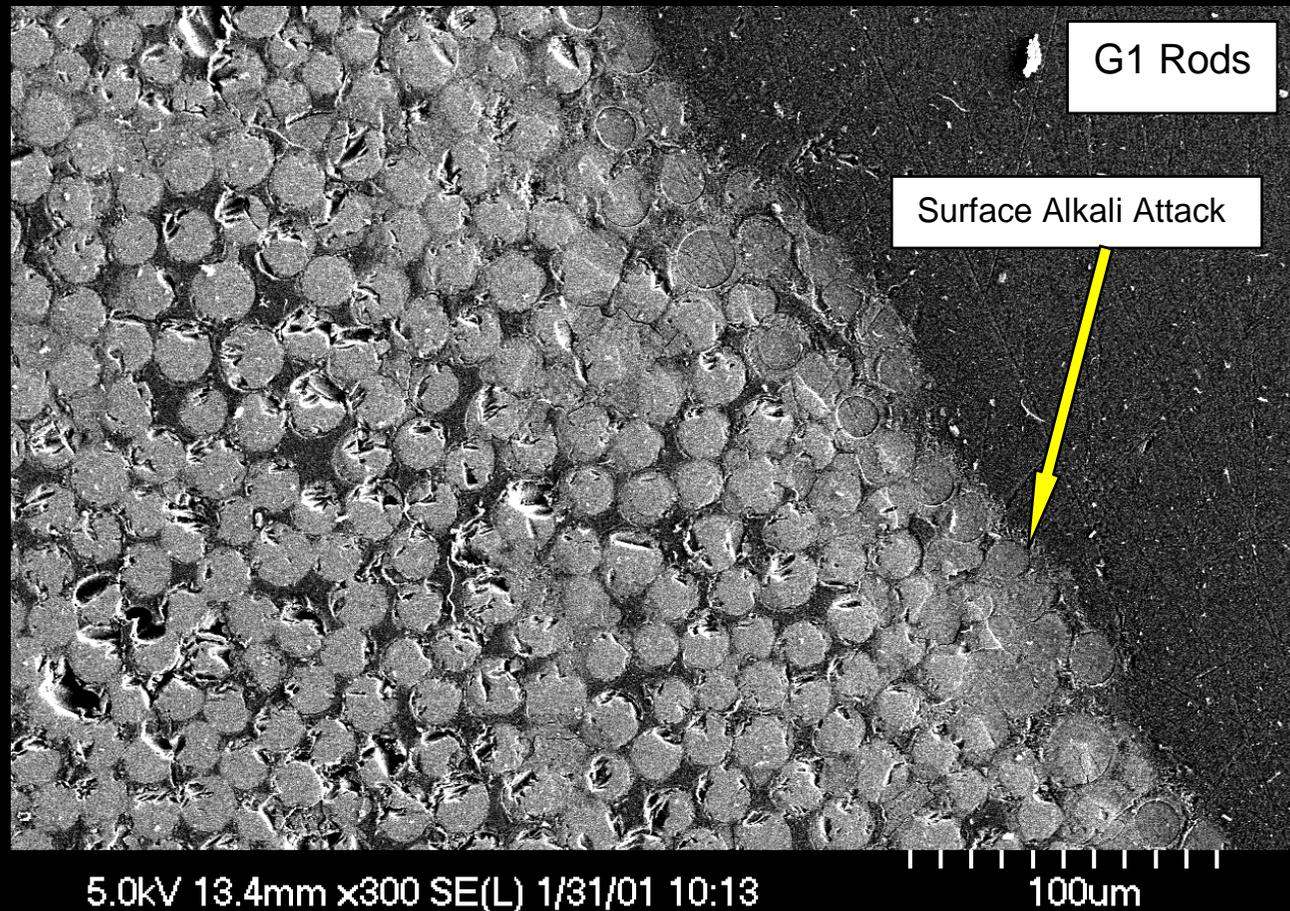
Compositi in fibra di vetro E in ambiente alcalino



IL PROBLEMA DELLA DURABILITA'

MATERIALI INNOVATIVI - FRM INTERAZIONE FIBRA MATRICE (CALCE / CEMENTIZIA)

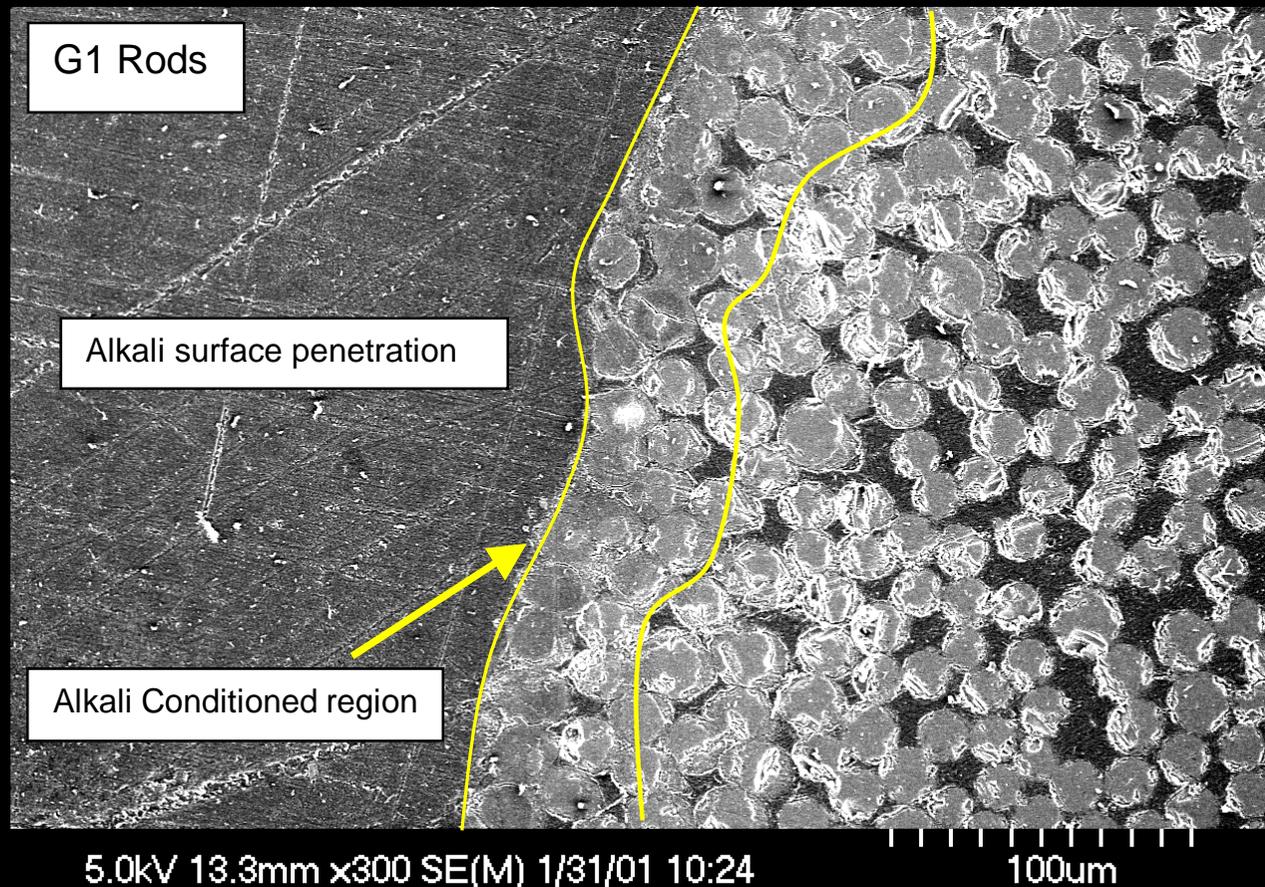
Compositi in fibra di vetro E in ambiente alcalino –
BUONA protezione della resina



IL PROBLEMA DELLA DURABILITA'

MATERIALI INNOVATIVI - FRM INTERAZIONE FIBRA MATRICE (CALCE / CEMENTIZIA)

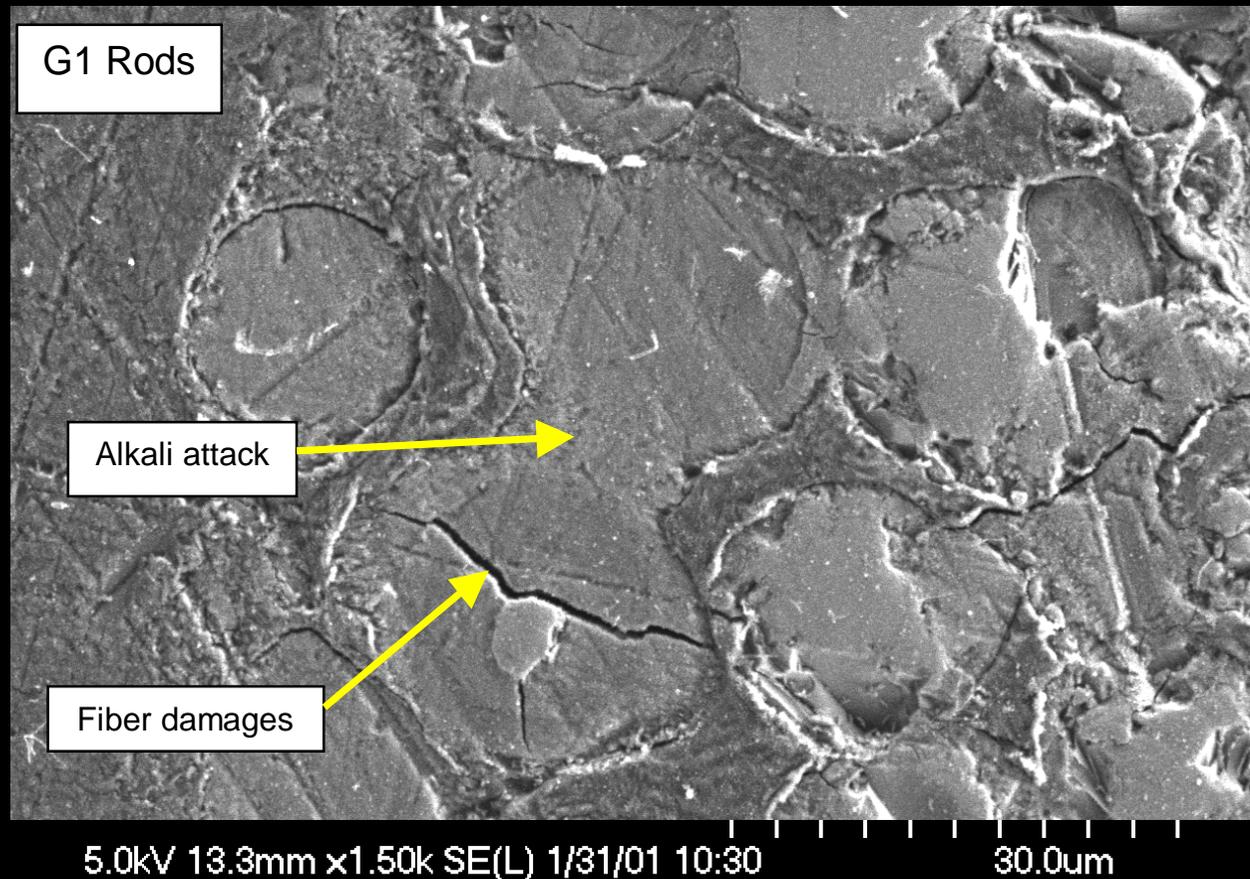
Compositi in fibra di vetro E in ambiente alcalino –
BUONA protezione della resina



IL PROBLEMA DELLA DURABILITA'

MATERIALI INNOVATIVI - FRM INTERAZIONE FIBRA MATRICE (CALCE / CEMENTIZIA)

Compositi in fibra di vetro E in ambiente alcalino –
BUONA protezione della resina



IL PROBLEMA DELLA DURABILITA'

MATERIALI INNOVATIVI - FRM INTERAZIONE FIBRA MATRICE (CALCE / CEMENTIZIA)

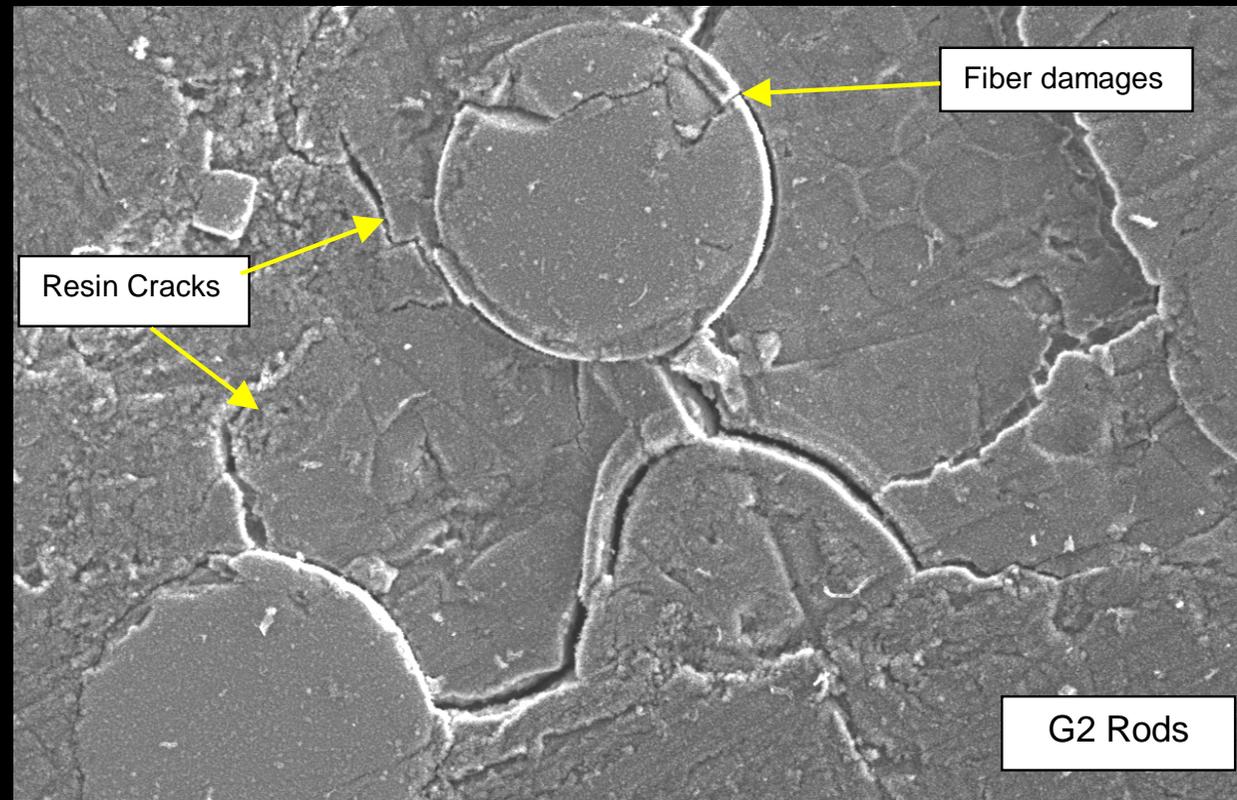
Compositi in fibra di vetro E in ambiente alcalino –
BUONA protezione della resina



IL PROBLEMA DELLA DURABILITA'

MATERIALI INNOVATIVI - FRM INTERAZIONE FIBRA MATRICE (CALCE / CEMENTIZIA)

Compositi in fibra di vetro E in ambiente alcalino –
SCARSA protezione della resina



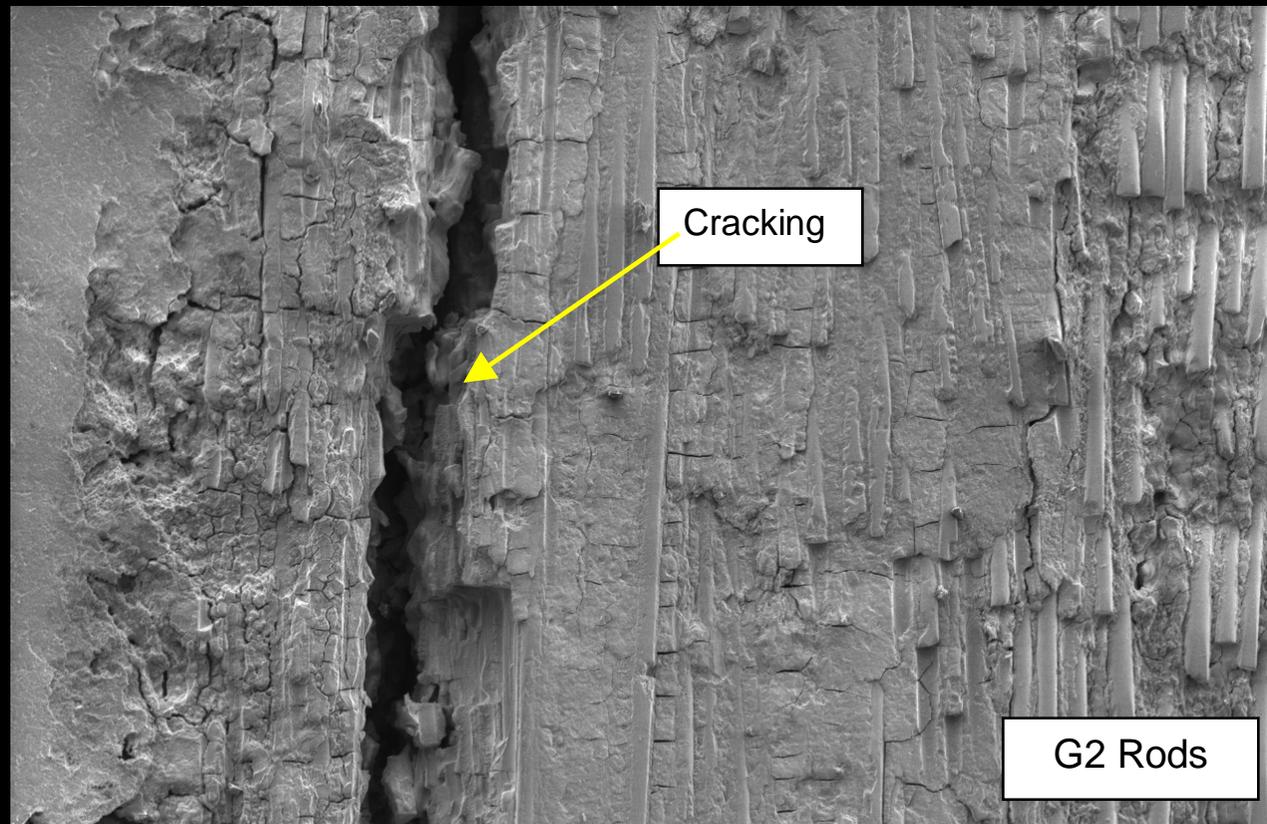
5.0kV 12.8mm x1.50k SE(M) 2/5/01 10:02

30.0um

IL PROBLEMA DELLA DURABILITA'

MATERIALI INNOVATIVI - FRM INTERAZIONE FIBRA MATRICE (CALCE / CEMENTIZIA)

Compositi in fibra di vetro E in ambiente alcalino –
SCARSA protezione della resina



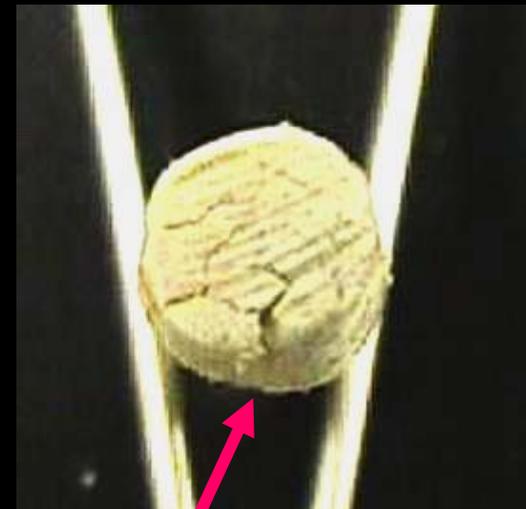
5.0kV 18.1mm x90 SE(M) 2/5/01 11:14

500um

IL PROBLEMA DELLA DURABILITA'

MATERIALI INNOVATIVI - FRM INTERAZIONE FIBRA MATRICE (CALCE / CEMENTIZIA)

Compositi in fibra di vetro E in ambiente alcalino –
SCARSA protezione della resina

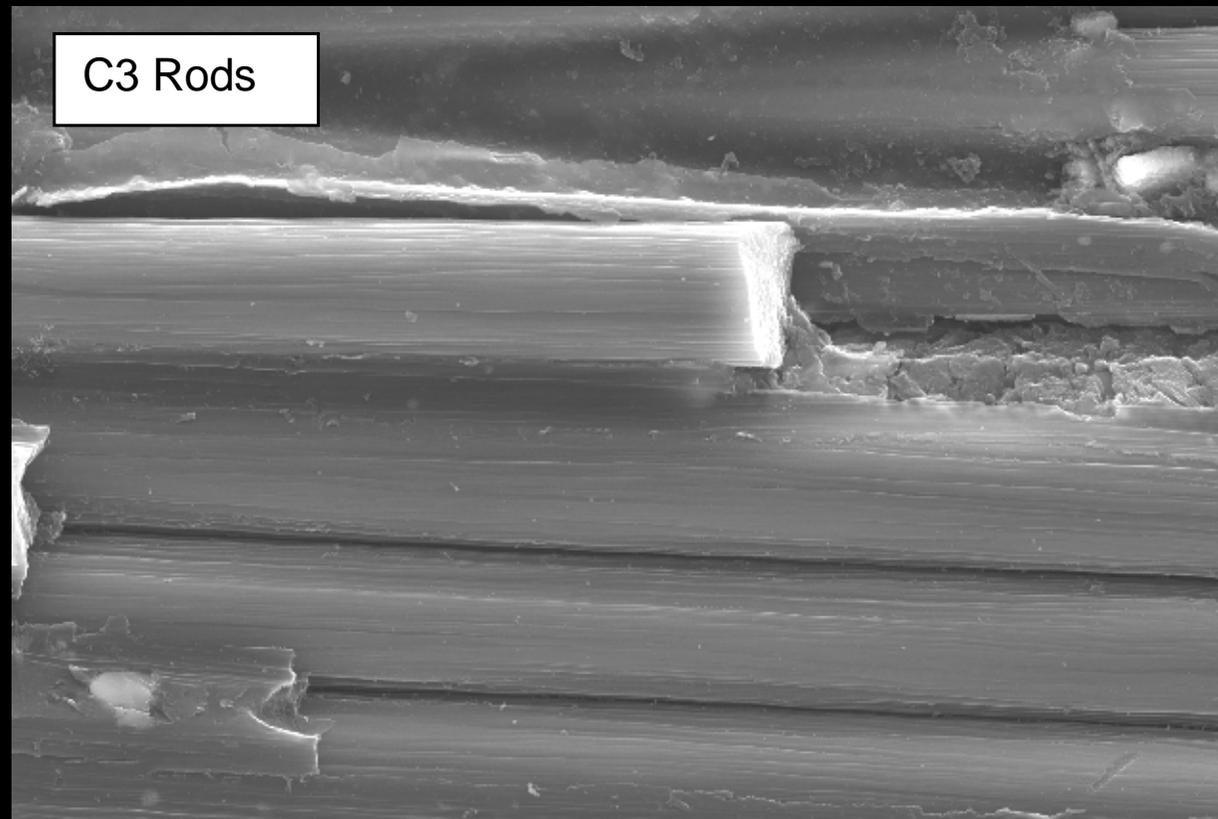


Danneggiamento

IL PROBLEMA DELLA DURABILITA'

MATERIALI INNOVATIVI - FRM INTERAZIONE FIBRA MATRICE (CALCE / CEMENTIZIA)

Compositi in fibra di carbonio in ambiente alcalino –
SCARSA sensibilità e **OTTIMA** durabilità'



10µm 1500X

COME STUDIARE LA DURABILITA' ?

MATERIALI INNOVATIVI - FRM INTERAZIONE FIBRA MATRICE (CALCE / CEMENTIZIA)

Ambiente alcalino, quali prove accelerate?



COME STUDIARE LA DURABILITA' ?

MATERIALI INNOVATIVI - FRM INTERAZIONE FIBRA MATRICE (CALCE / CEMENTIZIA)

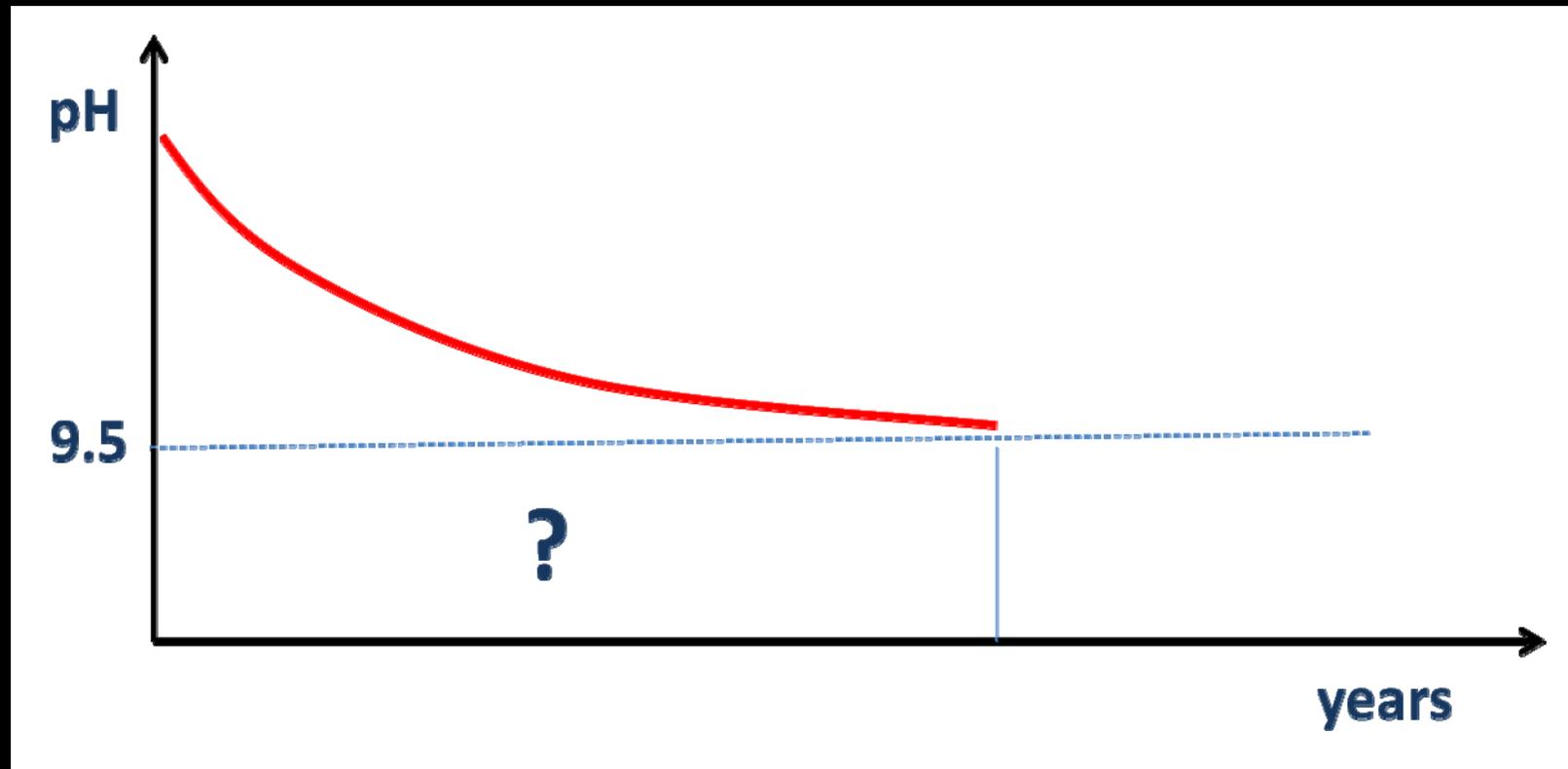
Ambiente alcalino, quali prove accelerate?



COME STUDIARE LA DURABILITA' ?

MATERIALI INNOVATIVI - FRM INTERAZIONE FIBRA MATRICE (CALCE / CEMENTIZIA)

Ambiente alcalino, quali prove accelerate?

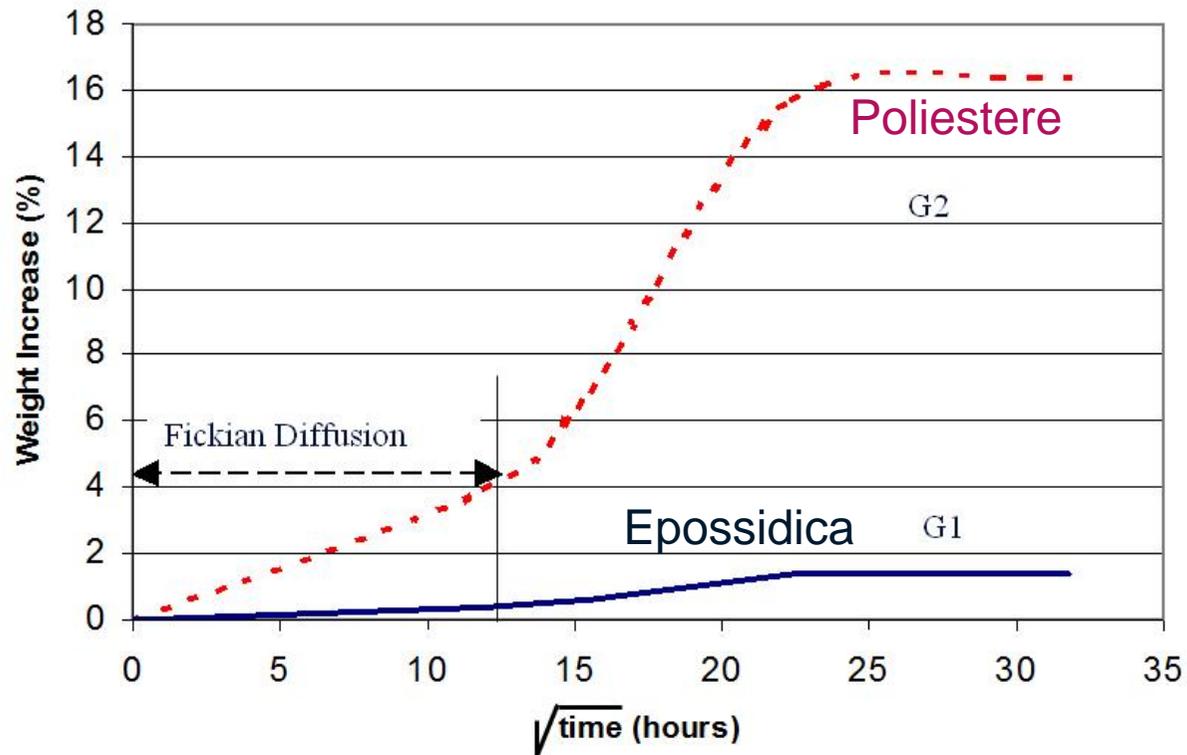


COME STUDIARE LA DURABILITA' ?

MATERIALI INNOVATIVI - FRM INTERAZIONE FIBRA MATRICE (CALCE / CEMENTIZIA)

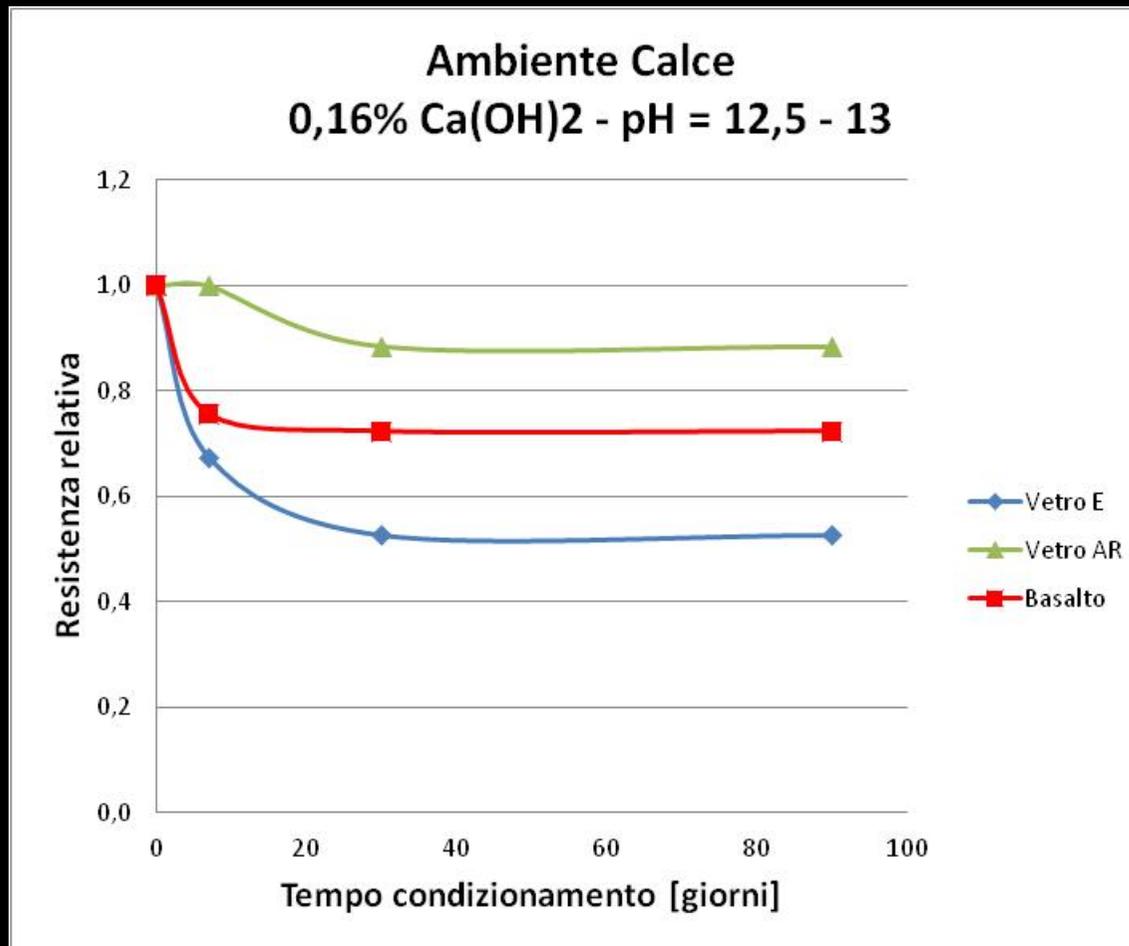
Ambiente alcalino, quali prove accelerate?

La protezione offerta dalla resina nei sistemi curati FRP



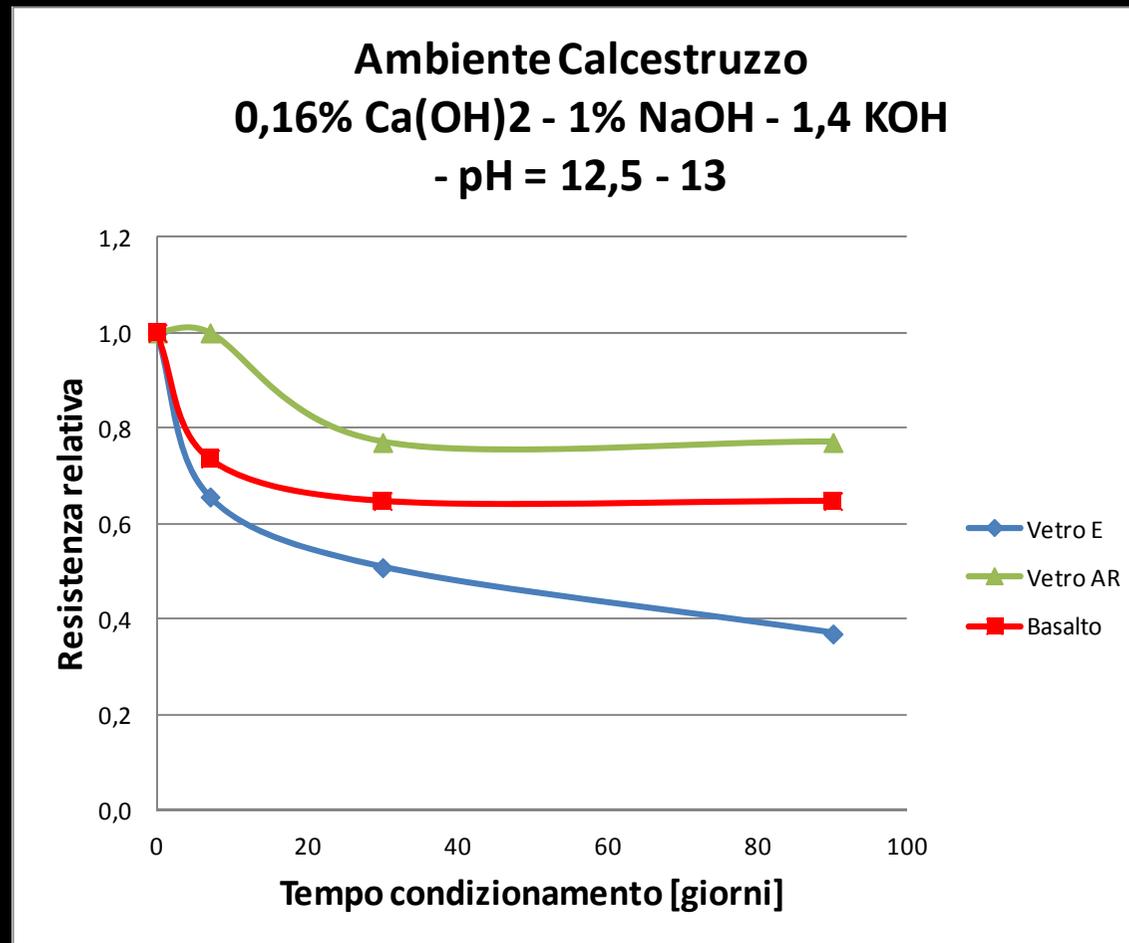
RESISTENZA RESIDUA A CONFRONTO

PROVE SU FIBRE NON IMPREGNATE RESISTENZA A TRAZIONE RESIDUA



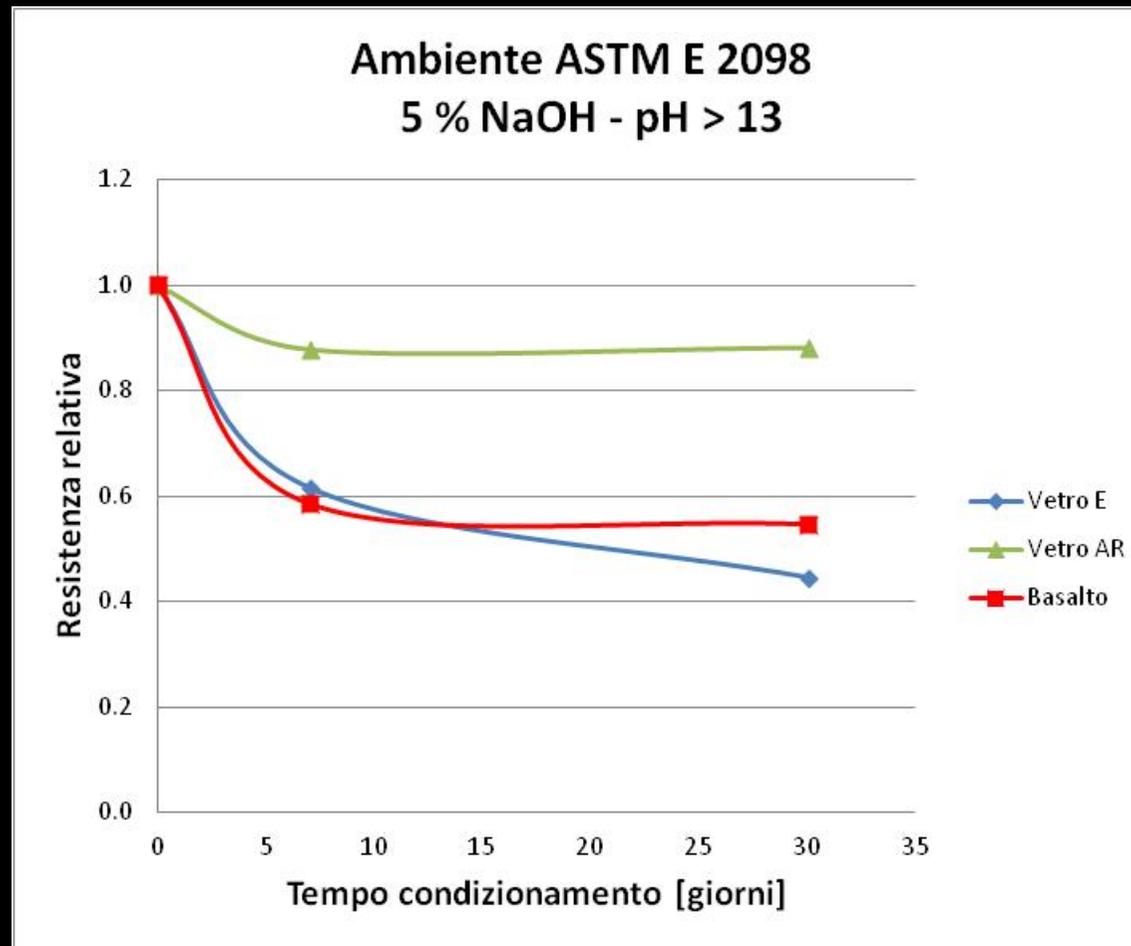
RESISTENZA RESIDUA A CONFRONTO

PROVE SU FIBRE NON IMPREGNATE RESISTENZA A TRAZIONE RESIDUA



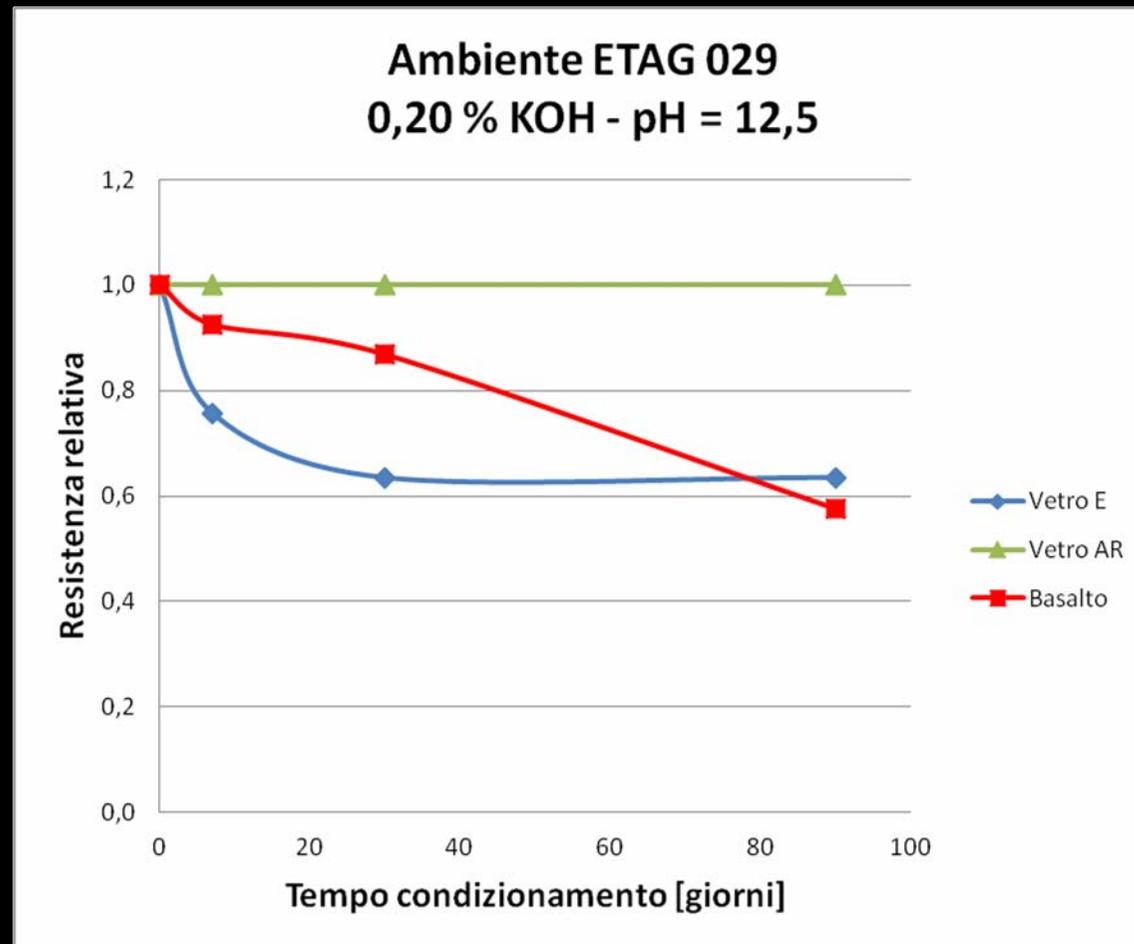
RESISTENZA RESIDUA A CONFRONTO

PROVE SU FIBRE NON IMPREGNATE RESISTENZA A TRAZIONE RESIDUA



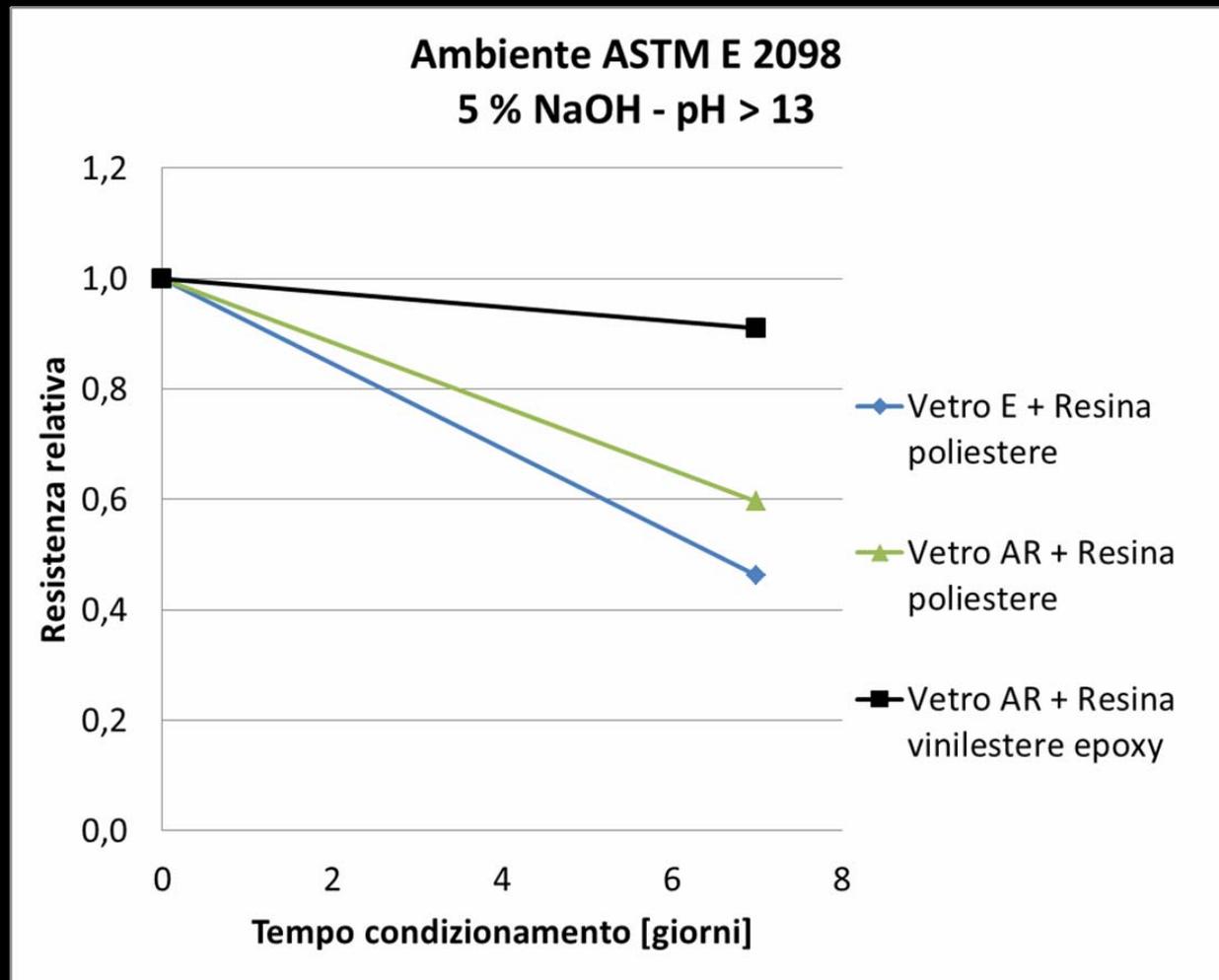
RESISTENZA RESIDUA A CONFRONTO

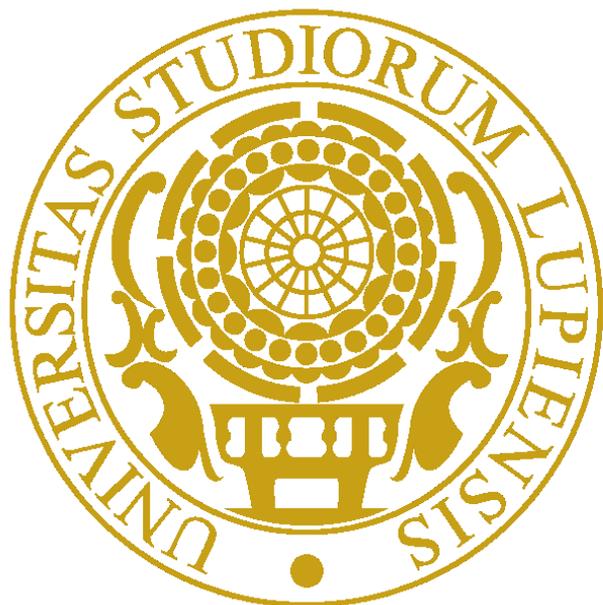
PROVE SU FIBRE NON IMPREGNATE RESISTENZA A TRAZIONE RESIDUA



RESISTENZA RESIDUA A CONFRONTO

PROVE SU FIBRE IMPREGNATE RESISTENZA A TRAZIONE RESIDUA





UNIVERSITÀ DEL SALENTO

francesco.micelli@unisalento.it

