

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Chimica e dei Materiali

***Relazione per la prova finale  
«Guaine Liquide Impermeabilizzanti  
e modifica a base di Silani»***

Tutor universitario: Prof. Alessandro Gandin

Tutor aziendale: Nicola Salandin

Laureando: *Matteo Vanoni*

Padova, 19/09/2023

Matco è un'azienda nata nel 1988 e, da allora, è leader nello sviluppo di tecnologie innovative, nella ricerca di nuovi prodotti e nello studio di nuovi sistemi per l'impermeabilizzazione, al fine ultimo di proteggere le infrastrutture dagli agenti atmosferici, allungandone la durata e mantenendo così il loro valore.

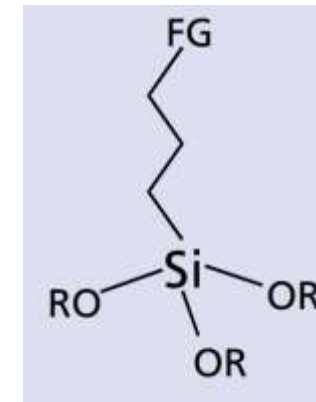
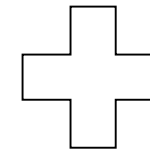


L'obiettivo di questo elaborato è quello di appurare se l'aggiunta di un composto silanico (SILANIL 533) alla composizione di determinate membrane impermeabilizzanti ne migliora le proprietà tecnico-meccaniche ricercate.

Lo studio è stato svolto analizzando le proprietà principali quali:

- l'adesività;
- la resistenza meccanica;
- l'impermeabilità.

Le proprietà della guaina sono state analizzate sperimentalmente e confrontate con i prodotti non modificati per valutare la creazione di nuovi prodotti.

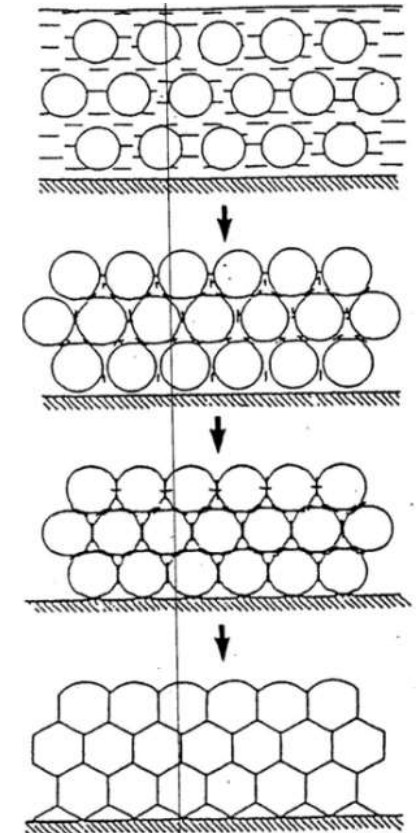


Le guaine, o membrane liquide, sono prodotti dalla composizione complessa e varia che si presentano come un liquido più o meno viscoso.

Queste vengono distese direttamente su determinate superfici di supporto e per una serie di trasformazioni chimico-fisiche quali essiccazione ed indurimento, diventano un film aderente che acquisisce azione decorativa, impermeabilizzante e quindi protettiva.



- **Leganti in emulsione (40-45%):** determinano le proprietà della guaina;
- **Solvente (7-10%):** permette l'interazione tra i diversi componenti in soluzione;
- **Cariche (35%):** aumentano la viscosità e donano «coprenza»;
- **Disperdenti:** permettono la massima dispersione degli elementi;
- **Bagnanti:** permettono la reazione tra disperdenti e plastificanti non idrosolubili;
- **Agenti Antischiuma:** evitano l'assimilazione di bolle d'aria;
- **Coalescenti:** favoriscono la coalescenza ed abbassano la temperatura di «filmazione»;
- **Pigmenti:** sono l'elemento cromatico e donano «coprenza»;
- **Stabilizzanti:** alzano il pH, aumentando la conservazione del prodotto;
- **Biocida:** evita la formazione e la proliferazione di microrganismi e muffe;
- **Addensanti:** permettono il controllo della viscosità e donano tissotropia.



Fenomeno della coalescenza



## Idrogum

- Policril (22%): resina acrilica carbossilica
- Acrilem (22%): resina stirolo-acrilica
- Acqua (12%)
- Filler (40%)

## Hybrid PUR

- Lubrizol (45%): resina poliuretana mista stirolo acrilica
- Acrilem (25%)
- Acqua (6%)
- Filler (15%) di cui 15% quarzo

## Idrogum Plus

- Bianco
  - Sintiacril (45%)
  - Acqua (7%)
  - Filler (40%)
- Grigio
  - Lubrizol (45%)
  - Acqua (7%)
  - Filler (38%) di cui quarzo

## Fybro HP

- Sintiacril (45%) resina silanizzata stirolo-acrilica
- Acqua (3%)
- Filler (40%) di cui fibre di poliacrilonitrile

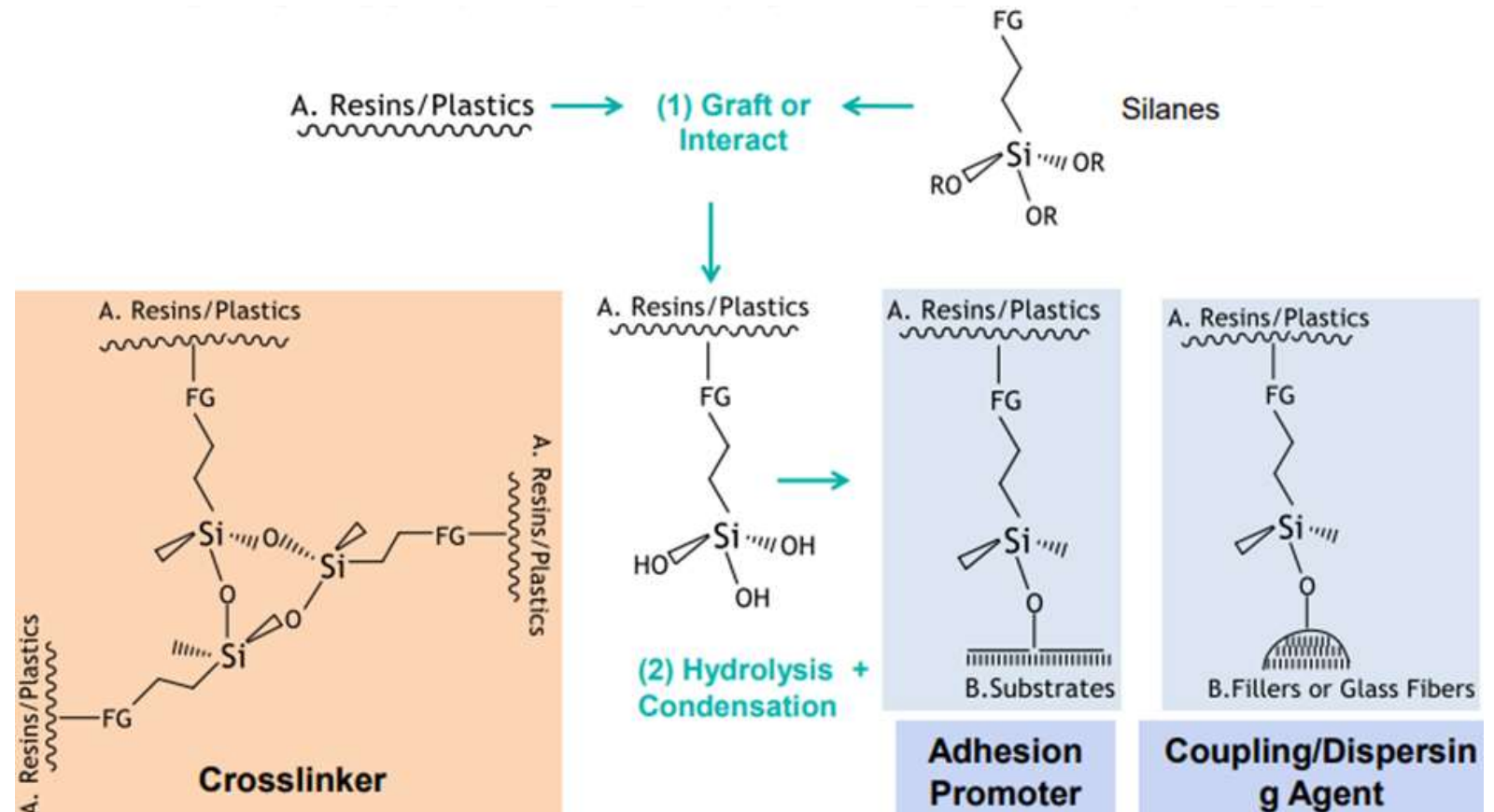


I composti silanici sono presenti particolarmente nel campo industriale per i loro molteplici utilizzi come:

- Promotori di adesione
- Reticolanti
- Agenti di accoppiamento
- Modificatori di superficie

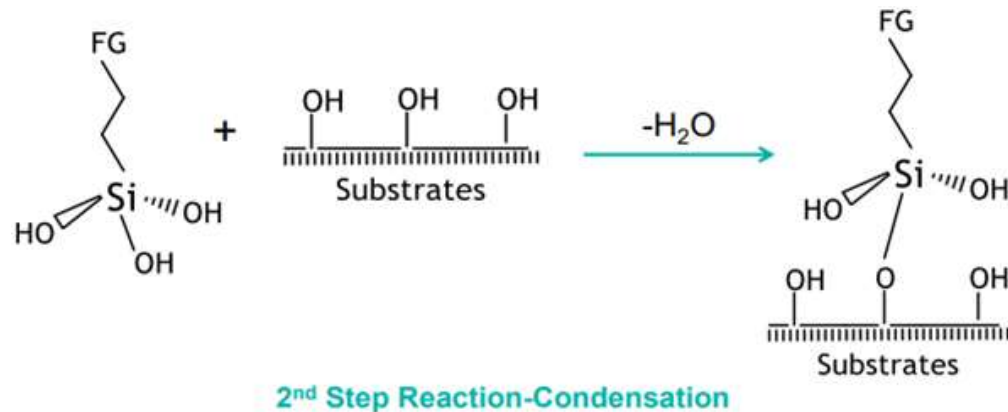
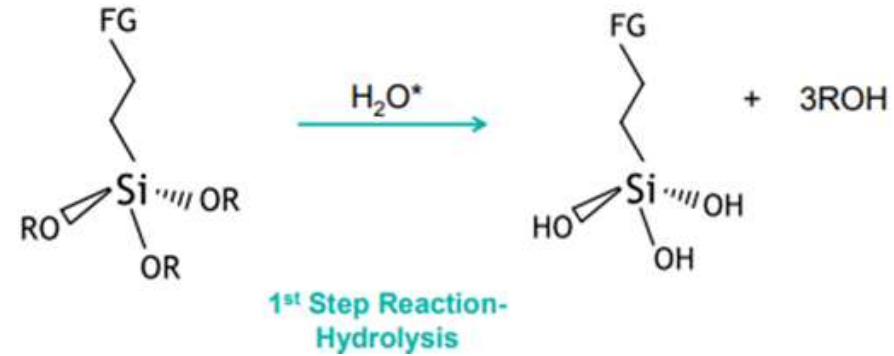
Il silano è una sostanza chimica reattiva che contiene tipicamente gruppi alcossilici che si legano al materiale inorganico ed un gruppo funzionale, utile per formare legami con le resine ed incrementarne le proprietà.

I cui gruppi sostituenti influiscono sulla reattività e sui tempi di reazione.



Il meccanismo di reazione dei gruppi alcossilici con le componenti inorganiche avviene in due fasi:

**La prima fase** consiste nell'idrolisi del Silano con l'umidità, dove -Si-OR (gruppo alcossilico) diventa -Si-OH (gruppo silanolo) e sarà quindi pronto a legare a supporti o riempitivi.



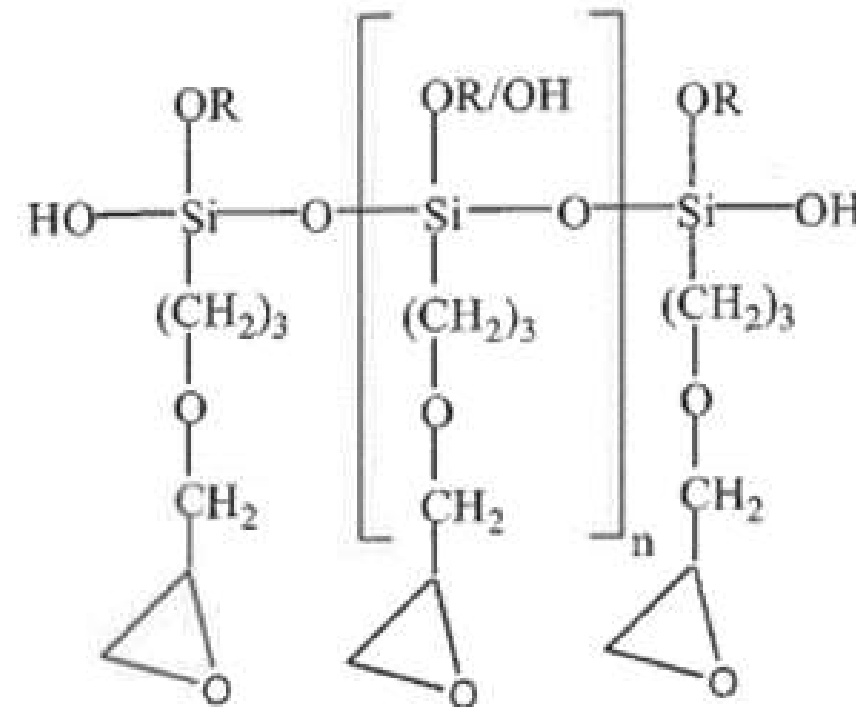
**La seconda fase** della reazione è la condensazione, dove i gruppi silanoli si legano facilmente ai substrati o cariche contenenti gruppi idrossilici o altri gruppi reattivi.



Il **SILANIL 533** È un oligomero di silano epossidico bifunzionale contenente gruppi glicidici e gruppi metossici ed è uno dei pochi prodotti adatti a composizioni a base acquosa.

Alcune caratteristiche principali del composto sono:

- Nome commerciale: Glycidoxypropyltrimethoxysilane
- Formula:  $(CH_3O)_3 Si-(CH_2)_3 OCH_2-C_2H_3O$
- Apparenza: liquido giallo trasparente
- pH: 7
- Punto di infiammabilità: 122°C
- Temperatura di ebollizione: 190°C
- Densità: 1,17g/ml



- **Viscosità** (UNI EN ISO-3219): si misura la reologia del materiale mediante un viscosimetro rotazionale;
- **pH** (ISO 2431): un pH-metro misura la acidità o basicità di una soluzione;
- **Residuo secco** (UNI EN ISO 3251): si determinano le sostanze volatili vaporizzate in una stufa a 120°C;
- **Peso Specifico** (ISO 2811-1): con un picnometro si determina il rapporto tra il peso ed il volume di un campione.



Viscosimetro



pH-Metro



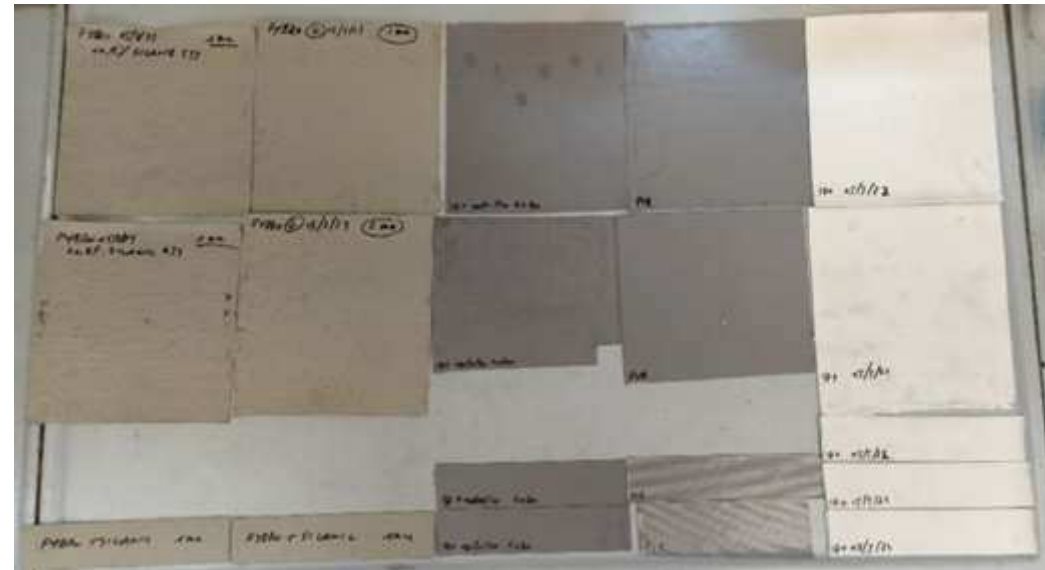
Picnometro

## PROCEDIMENTO

- Posare la guaina liquida tra due sbarre di metallo dell'altezza di 1 millimetro e distanziate di 30 centimetri;
- Appiattirla mediante l'utilizzo di una spatola;
- Attendere cinque giorni a temperatura ambiente per permette una totale asciugatura;
- Verificare che il provino sia pronto all'uso: la superficie della guaina è lucida, non appiccicosa ed inodore;
- Prelevare i provini delle specifiche dimensioni richieste dalle normative che regolano le differenti prove.



Stesura di una guaina liquida



Esempi di provini

- **Prove di Trazione** (UNI EN 12311-1): un dinamometro determina il carico e l'allungamento a rottura di un provino;
- **Identazione Statica** (EOTA): un penetratore statico misura il carico massimo perpendicolare sopportabile da una guaina;
- **Flessibilità a freddo** (UNI EN ISO 8402): la membrana viene sottoposta a flessione a tre punti in fluido gelido;
- **Assorbimento acqueo** (UNI EN 1062-3:2008): si misura l'impermeabilità di una guaina impermeabilizzante;
- **Pull-off**: (EN 24624): un aderometro misura l'adesività della membrana come la pressione necessaria a staccare il provino.



Dinamometro



Penetratore

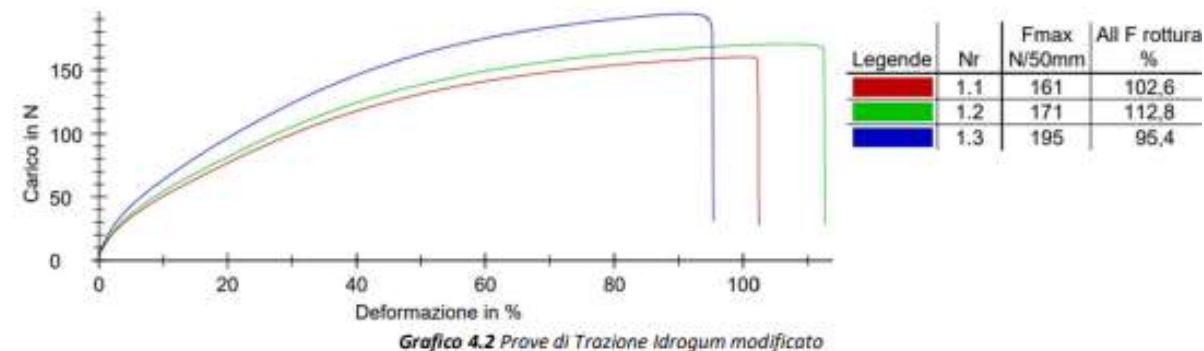
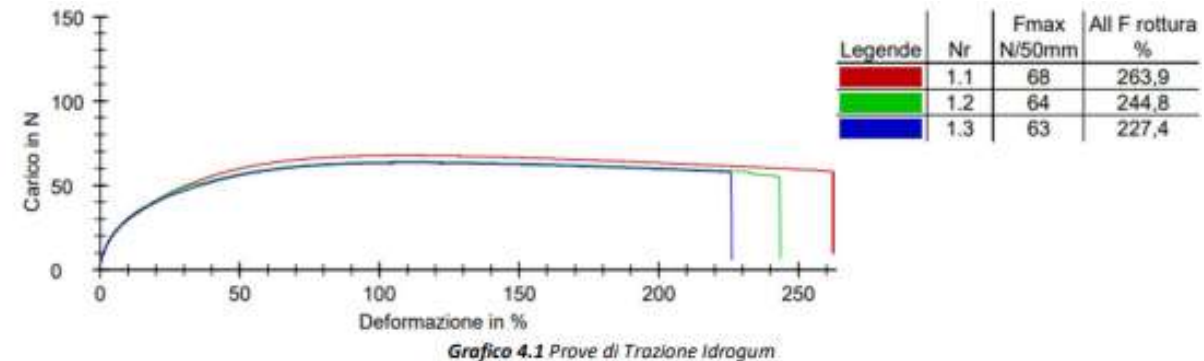


Flessione a tre punti in bagnomaria



Aderometro Manuale

Prodotto	Idrogum	Con 0,5% SILANIL 533
Viscosità (2,5 RPM)(cP)	191928	131699
Viscosità (5 RPM)(cP)	132877	101250
pH (22,8°C)	7,8	7,9
Peso Specifico (g/cm <sup>3</sup> )	1,43	1,43
Residuo secco % (120°C)	71,15	71,15
Flessibilità a freddo (°C)	-20	-20
Identazione statica (Kg)	<7	15
Assorbimento acqueo %	17,29	6,77
Adesività (Mpa)	0,62	0,78
Carico a rottura (N/50mm)	65	175
Allungamento a rottura %	245	104



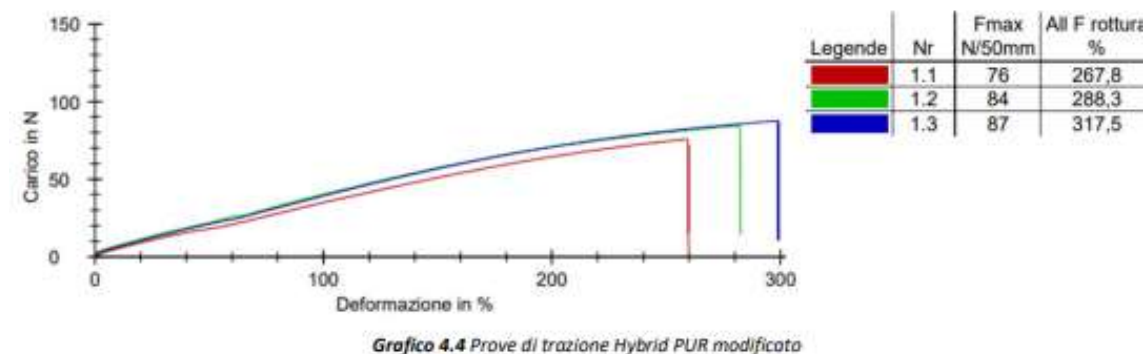
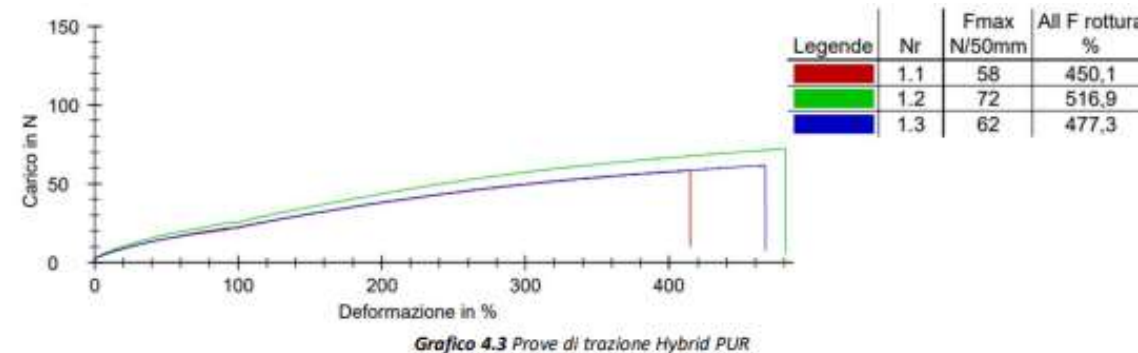
## MISURE SU GUAINA LIQUIDA

- Le misure sono pressappoco invariate;
- La **viscosità** diminuisce del 46% nel caso 2,5 RPM e del 32% circa nel caso a 5 RPM;
- Il **pH** subisce una leggera basificazione.

## MISURE SU MEMBRANA STESA

- La **flessibilità** rimane costante;
- La **resistenza al punzonamento** è più che raddoppiata;
- L'**adesività** e l'**impermeabilità** aumentano;
- Aumento del **carico massimo a trazione** del 170%, cui corrisponde una **diminuzione dell'allungamento** medio del 136%.

Prodotto	Hybrid PUR	Con 0,5% SILANIL 533
Viscosità (2,5 RPM)(cP)	168011	147410
Viscosità (5 RPM)(cP)	115753	101250
pH (22,8°C)	7,5	7,6
Peso Specifico (g/cm <sup>3</sup> )	1,22	1,22
Residuo secco % (120°C)	57,86	57,86
Flessibilità a freddo (°C)	-15	-20
Identazione statica (Kg)	<7	7
Assorbimento acqueo %	13,74	11,45
Adesività (Mpa)	0,35	0,52
Carico a rottura (N/50mm)	64	82
Allungamento a rottura %	481	291



## MISURE SU GUAINA LIQUIDA

- Le misure sono pressappoco invariate;
- La **viscosità** subisce una leggera diminuzione di circa il 12% in entrambi i casi di miscelazione;
- Il **pH** subisce una leggera basificazione.

## MISURE SU MEMBRANA STESA

- Aumentano **flessibilità, resistenza all'identazione, adesività ed impermeabilità**;
- **L'allungamento a rottura** subisce una diminuzione del 65%, cui corrisponde un aumento del **carico a rottura** del 28%.

Prodotto	FybRO HP	Con 0,5% SILANIL 533
Viscosità (2,5 RPM)(cP)	127699	109993
Viscosità (5 RPM)(cP)	75866	61933
pH (22,8°C)	8,5	8,5
Peso Specifico (g/cm <sup>3</sup> )	1,36	1,36
Residuo secco % (120°C)	73	73
Flessibilità a freddo (°C)	-10	-10
Identazione statica (Kg)	10	25
Assorbimento acqueo %	8,01	3,30
Adesività (Mpa)	0,66	1,56
Carico a rottura (N/50mm)	198	270
Allungamento a rottura %	91,4	47

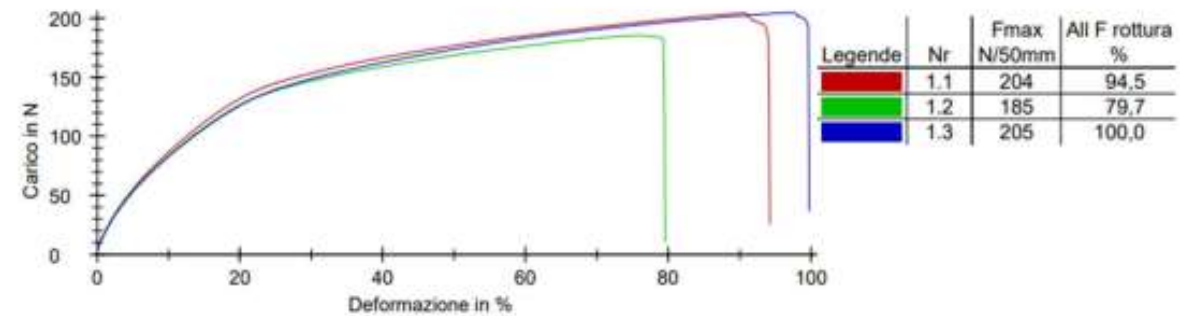


Grafico 4.5 Prove di trazione FybRO HP

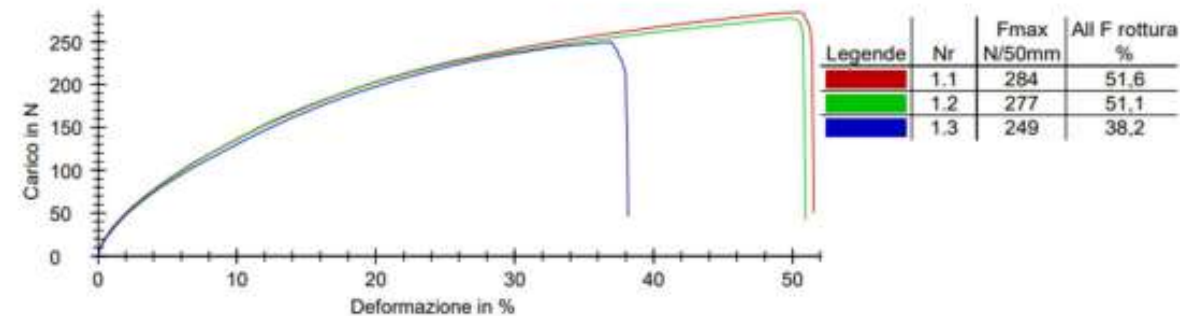


Grafico 4.6 Prove di trazione FybRO HP modificato

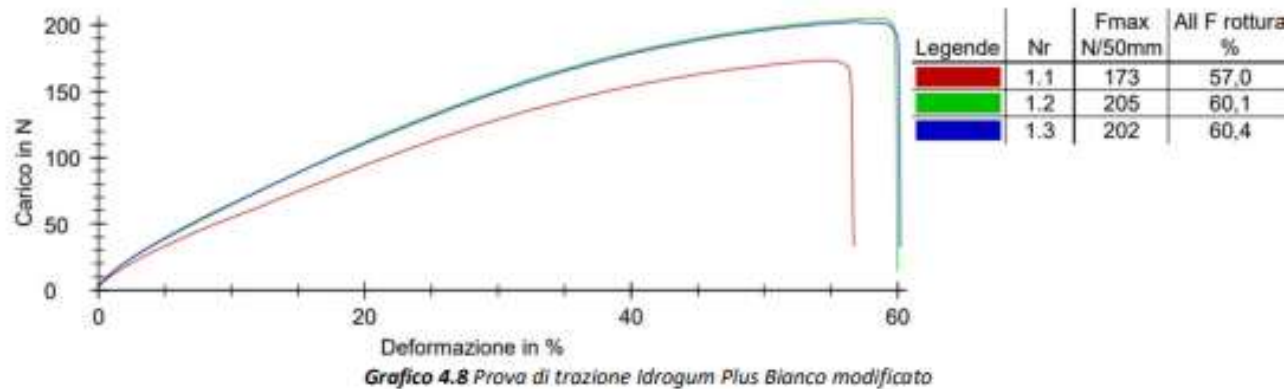
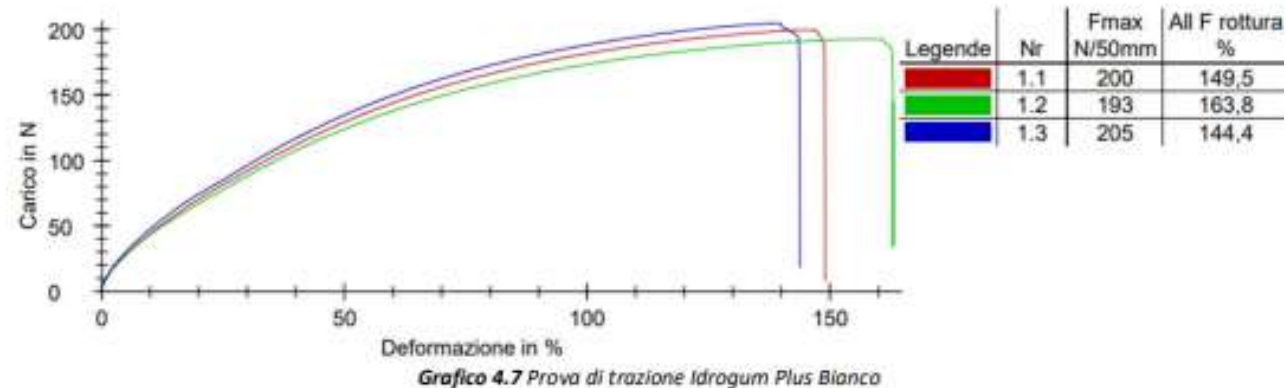
## MISURE SU GUAINA LIQUIDA

- Le misure sono pressappoco invariate;
- La **viscosità** diminuisce di circa il 15% in entrambi in casi di miscelazione.

## MISURE SU MEMBRANA STESA

- La **resistenza meccanica** aumenta visibilmente, l'**identazione** più che raddoppia il suo valore ed il **carico a rottura** incrementa del 36%;
- All'incremento di carico corrisponde una diminuzione dell'allungamento massimo;
- L'**adesività** aumenta di molto, del 136% circa;
- L'**assorbimento acqueo** diminuisce a meno della metà del suo valore iniziale.

Prodotto	Idrogum Plus Bianco	Con 0,5% SILANIL 533
Viscosità (2,5 RPM)(cP)	254792	238319
Viscosità (5 RPM)(cP)	152575	135287
pH (22,8°C)	7,8	7,9
Peso Specifico (g/cm <sup>3</sup> )	1,32	1,32
Residuo secco % (120°C)	70	70
Flessibilità a freddo (°C)	-15	-10
Identazione statica (Kg)	7	20
Assorbimento acqueo %	5,33	5,94
Adesività (Mpa)	0,47	0,73
Carico a rottura (N/50mm)	199	194
Allungamento a rottura %	153	59



## MISURE SU GUAINA LIQUIDA

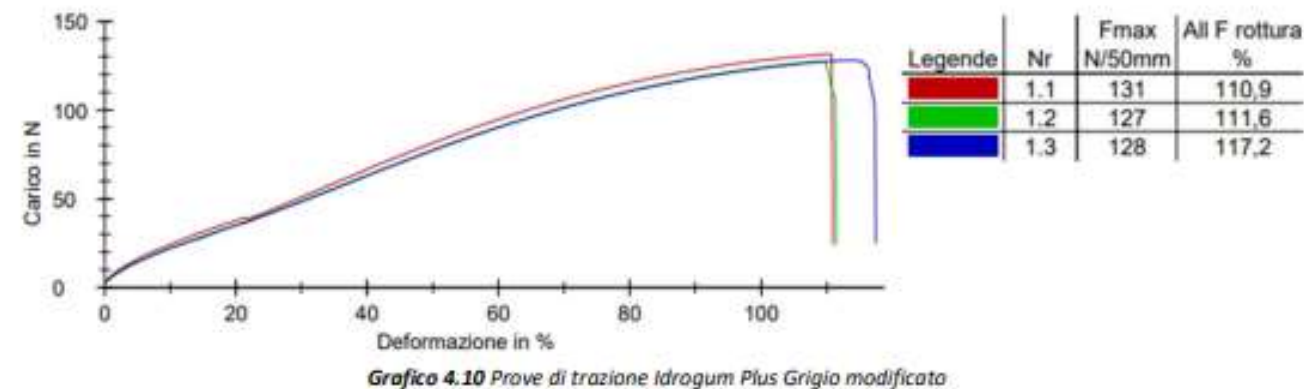
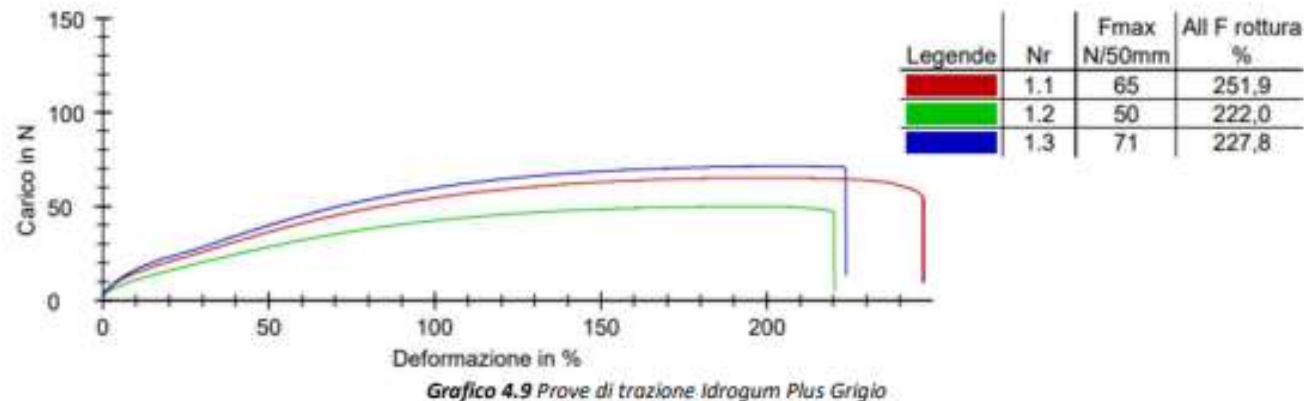
- Le misure sono pressoché invariate;
- La **viscosità** diminuisce di circa il 10% in entrambi i casi di miscelazione;
- Il **pH** subisce una leggera basificazione.

## MISURE SU MEMBRANA STESA

- Si notano miglioramenti importanti nella prova di **punzonamento statico** e nell'**adesività**;
- La **flessibilità** diminuisce e con essa l'**impermeabilità**;
- Il **carico a rottura** medio mantiene un valore costante ma insolitamente l'**allungamento a rottura** diminuisce comunque.



Prodotto	Idrogum Plus Grigio	Con 0,5% SILANIL 533
Viscosità (2,5 RPM)(cP)	231587	209217
Viscosità (5 RPM)(cP)	123058	114124
pH (22,8°C)	7,7	7,7
Peso Specifico (g/cm <sup>3</sup> )	1,32	1,32
Residuo secco % (120°C)	67,89	67,89
Flessibilità a freddo (°C)	-25	-25
Identazione statica (Kg)	<7	7
Assorbimento acqueo %	5,45	3,95
Adesività (Mpa)	0,48	0,78
Carico a rottura (N/50mm)	62	129
Allungamento a rottura %	234	113



## MISURE SU GUAINA LIQUIDA

- Le misure sono pressoché invariate;
- La **viscosità** diminuisce in entrambi i casi di miscelazione.

## MISURE SU MEMBRANA STESA

- diminuisce l'**assorbimento di acqua** ed aumenta l'**adesività**;
- Aumenta la resistenza, definita nella prova di resistenza **d'identazione statica** e nella prova di **resistenza a trazione**, dove il carico sopportato risulta raddoppiato.

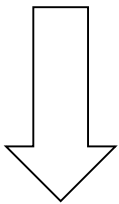
## La modifica a base di SILANIL 533 porta ad un generale aumento delle performance delle guaine:

### Risultati sulle guaine liquide:

- La viscosità diminuisce
- Peso Specifico e Residuo Secco rimangono pressoché invariati;
- Il pH subisce una leggera basificazione.

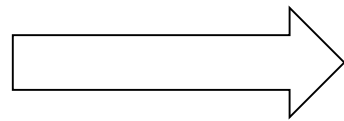
### Idrogum Plus Bianco invece:

- non incrementa il carico a rottura;
- diminuisce impermeabilità e flessibilità;
- contiene Sintiacril (resina silanizzata).

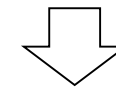


### Fybro HP:

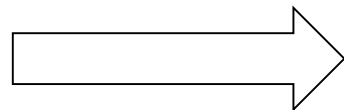
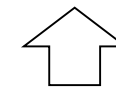
- ha contiene Sintiacril;
- le sue performance aumentano.



Sopra una certa concentrazione, i silani **risaltano le caratteristiche negative** della guaina.



Si consiglia di effettuare ulteriori ricerche per determinare la concentrazione che massimizza le performance.



La presenza di  **fibre di poli-acrilonitrile**  viene risaltata dall'aggiunta di SILANIL 533.

# *GRAZIE DELL'ATTENZIONE*

