



# **Test di compressione su idrogel a base di Sodio Alginato e Gelatina per Bioprinting**

Candidato: Riccardo Monti

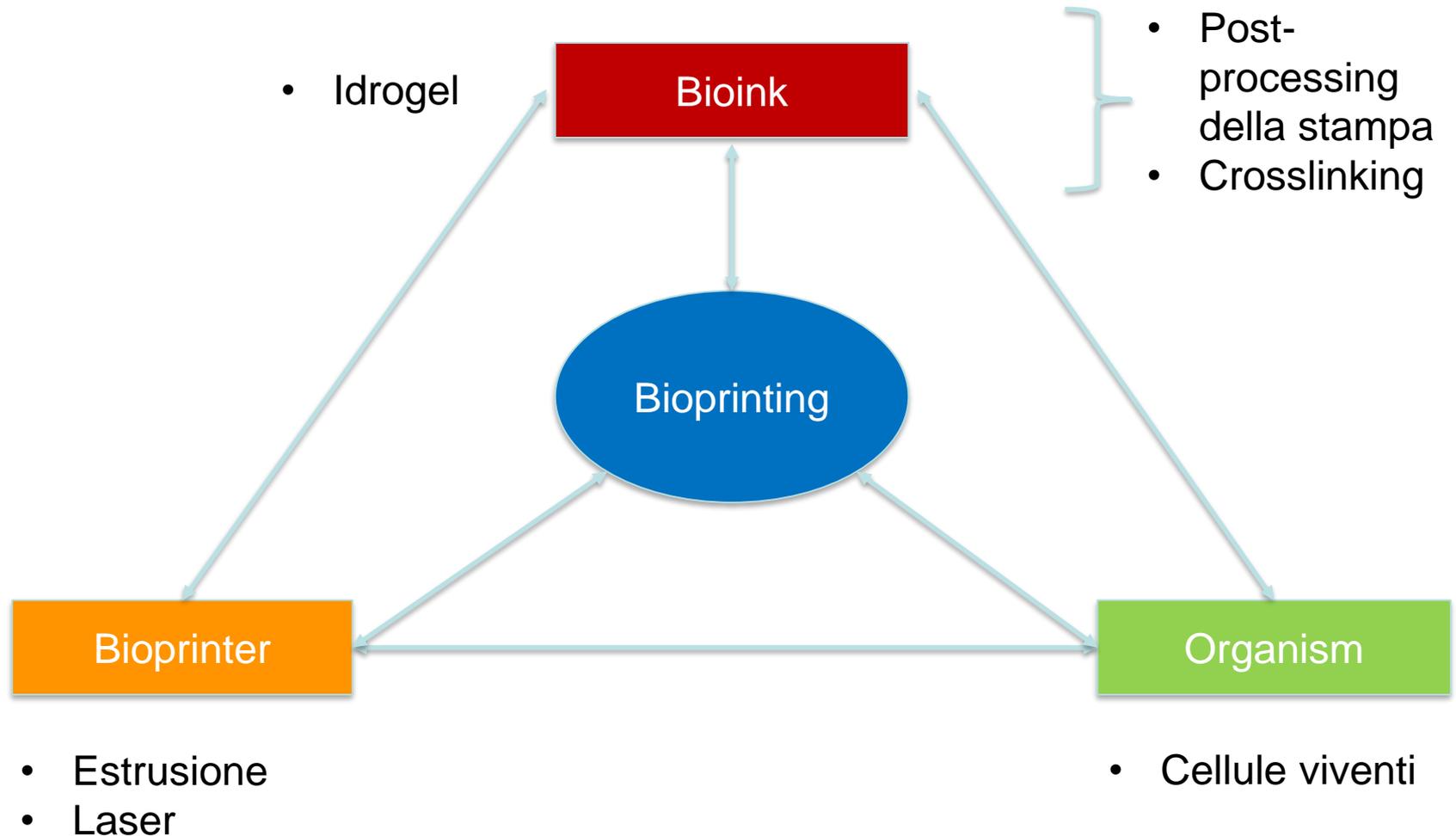
Relatore: Prof. Michele Conti

Correlatore: Ing. Franca Scocozza

Pavia, 23 Ottobre 2019

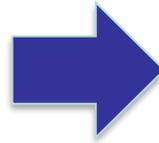
# Bioprinting: che cos'è ?

- Depositare strato per strato materiali biocompatibili durante la stampa per creare costrutti cellulari
- **Imitare** le condizioni fisiologiche dei tessuti viventi



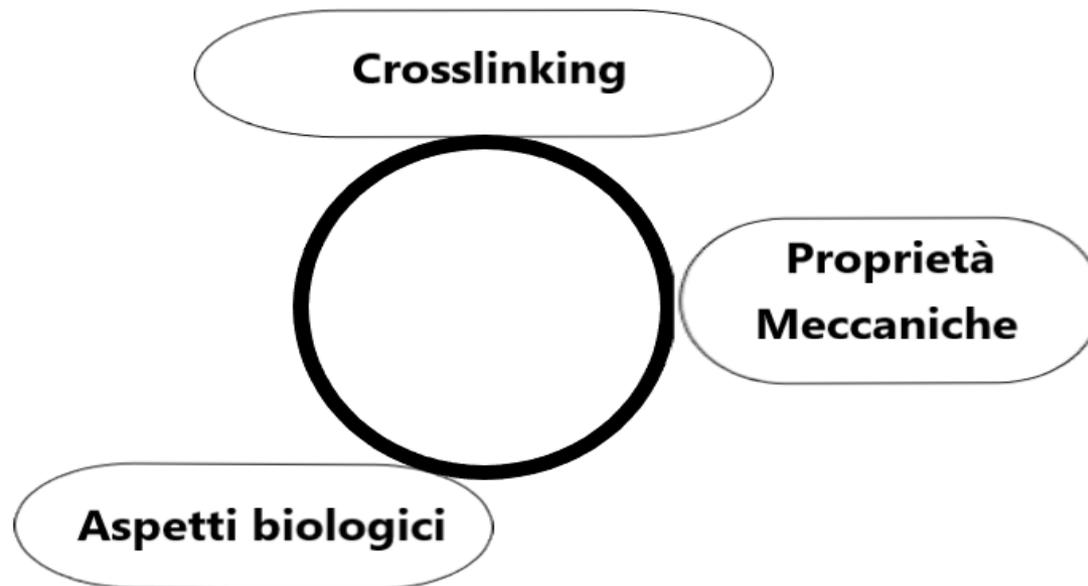
# Crosslinking: ciò che tiene uniti

- Tecnica che sfrutta legami che si formano tra le catene polimeriche mediante specifici agenti chimici, gli **agenti reticolanti**
- In base alle concentrazioni del reagente si possono avere prodotti con maggiore o minore **rigidezza**



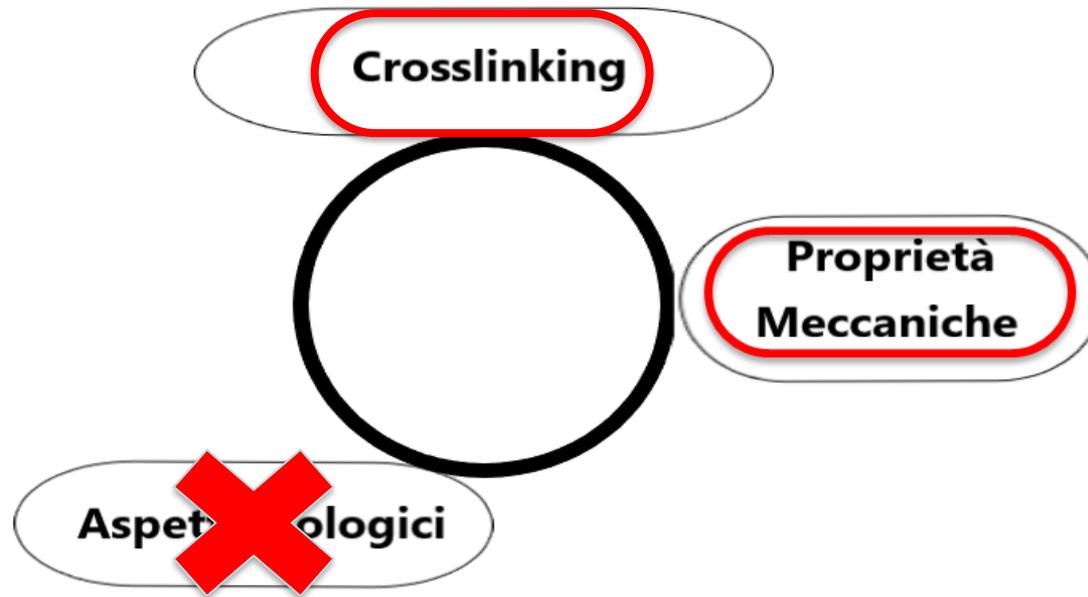
# Obiettivo

Caratterizzare la rigidezza dell'idrogel in base a diverse composizioni di crosslinker

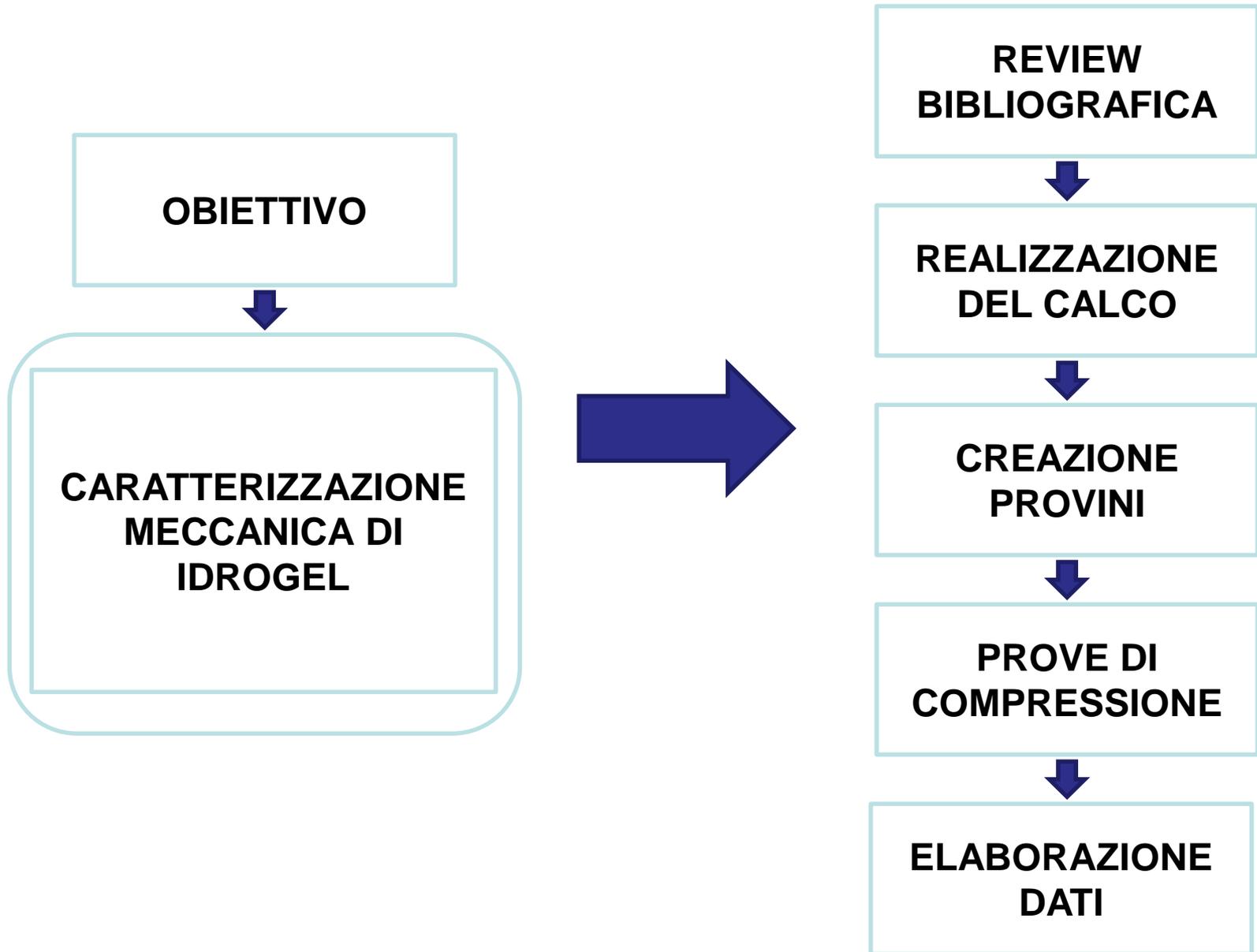


# Obiettivo

Caratterizzare la rigidità dell'idrogel in base a diverse composizioni di crosslinker



# Workflow



# Review letteratura

Autore	Anno	Materiale	# campioni	Geometria
Tronci	2014	GMA	--	Disco (d= 0.8 cm)
Yue	2015	GelMA	--	Varia
Kundanati	2016	Seta	5	--
Di Giuseppe	2017	Alg-Gel	9	Cilindro (h=5 mm, d=10 mm)
Cacopardo	2018	PAAm	12	Cilindro (h=8 mm, d=13mm)
Vahedi	2018	Gelatina di suino e di bovino	--	Cilindro

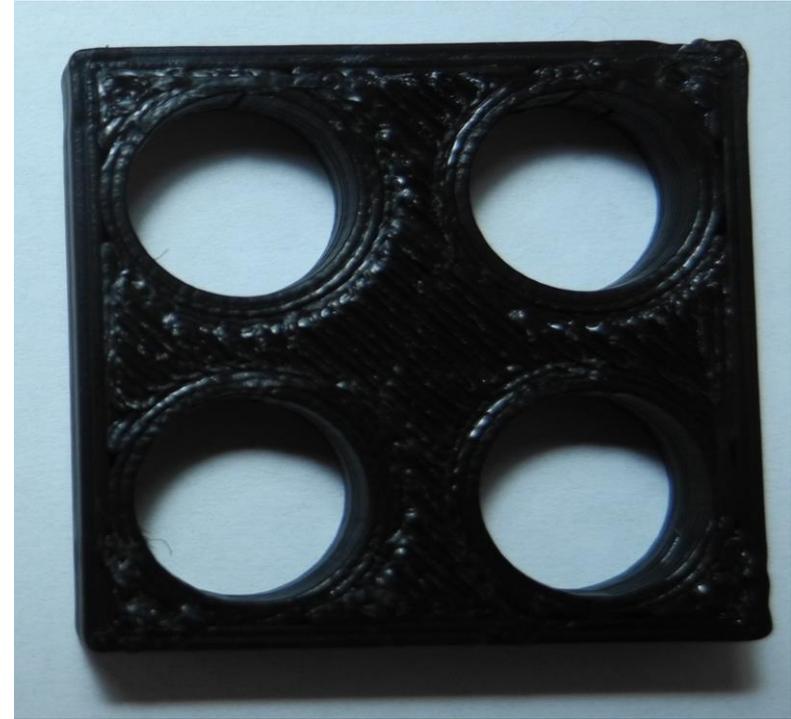
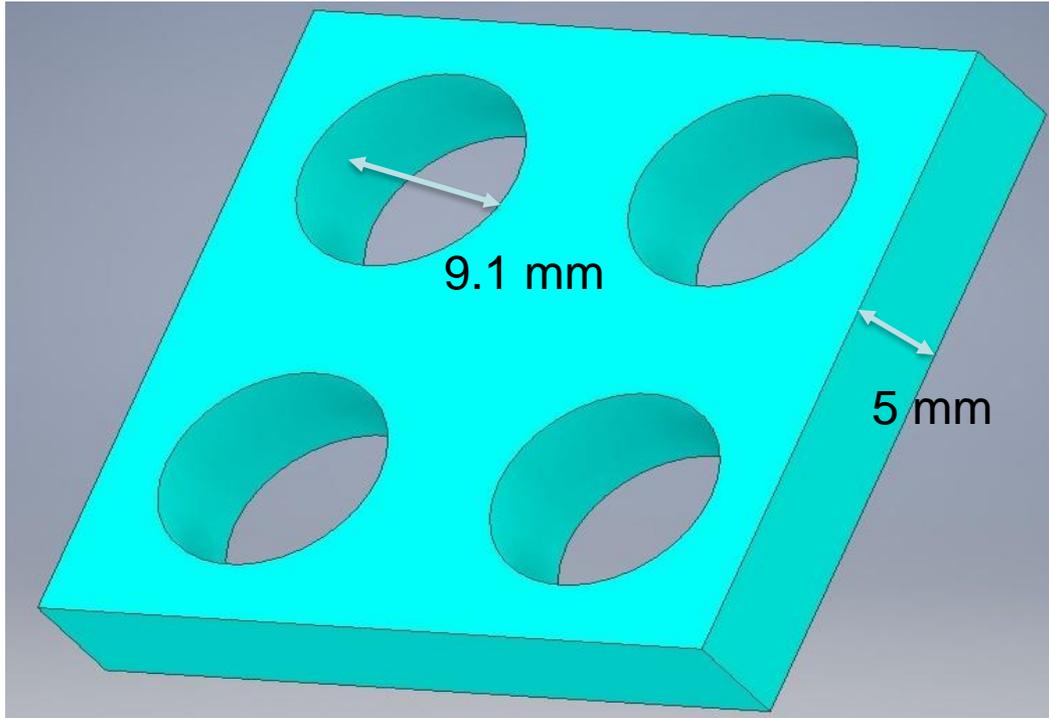
*Sources: PubMed, Google Scholar*

# Review letteratura

Autore	Anno	Materiale	# campioni	Geometria
Tronci	2014	GMA	--	Disco (d= 0.8 cm)
Yue	2015	GelMA	--	Varia
Kundanati	2016	Seta	5	--
Di Giuseppe	2017	Alg-Gel	9	Cilindro (h=5 mm, d=10 mm)
Cacopardo	2018	PAAm	12	Cilindro (h=8 mm, d=13mm)
Vahedi	2018	Gelatina di suino e di bovino	--	Cilindro

Sources: PubMed, Google Scholar

# Realizzazione del calco



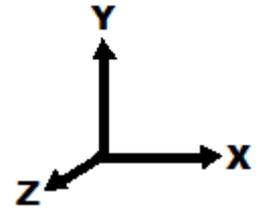
# Crosslinking induce cambiamenti di forma

## Idrogel

➤ 6% Sodio Alginato (SA) e 4% Gelatina (Gel)

## Crosslinking

➤ Calcio cloruro ( $\text{CaCl}_2$ ) al 2% e 5%



Pre crosslinking

2%  $\text{CaCl}_2$

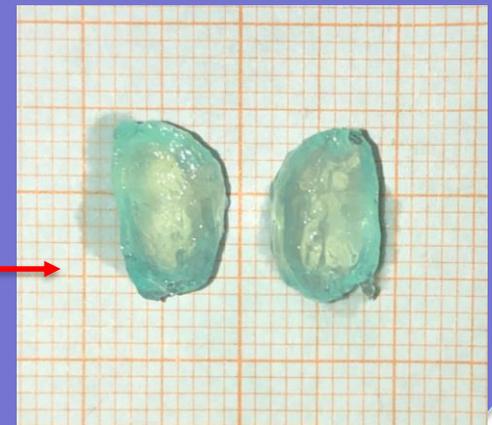
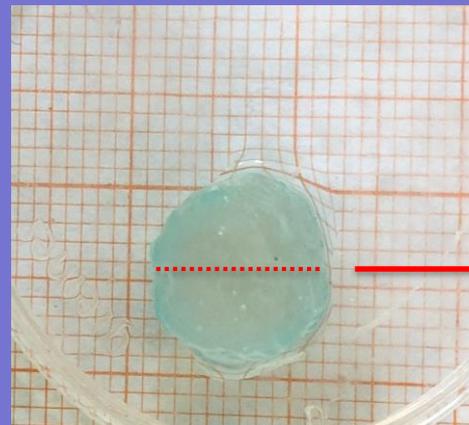
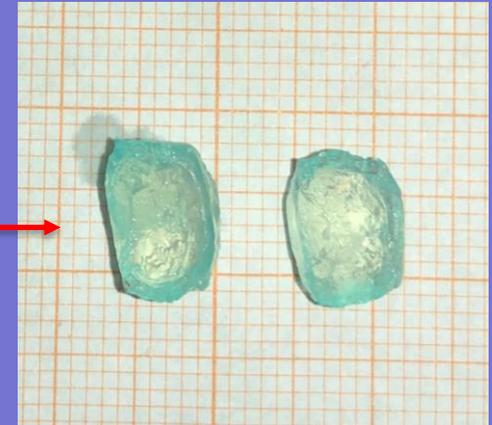
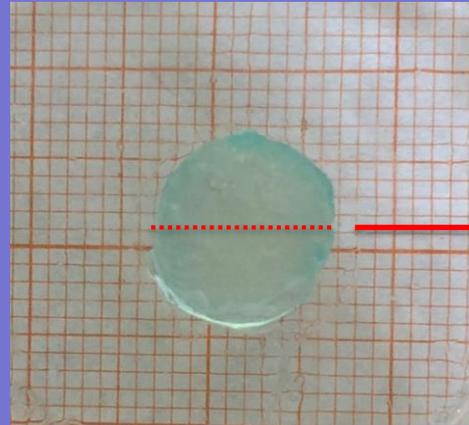


5%  $\text{CaCl}_2$



Post crosslinking

Section



# Test di compressione



Prove di compressione uniassiale

MTS Insight, 250 N cella di carico

6 provini per ogni concentrazione di  $\text{CaCl}_2$

Precarico di 0.03 N

Velocità di compressione 0.01 mm/s

Spostamento massimo 2.5 mm

# Elaborazione dati

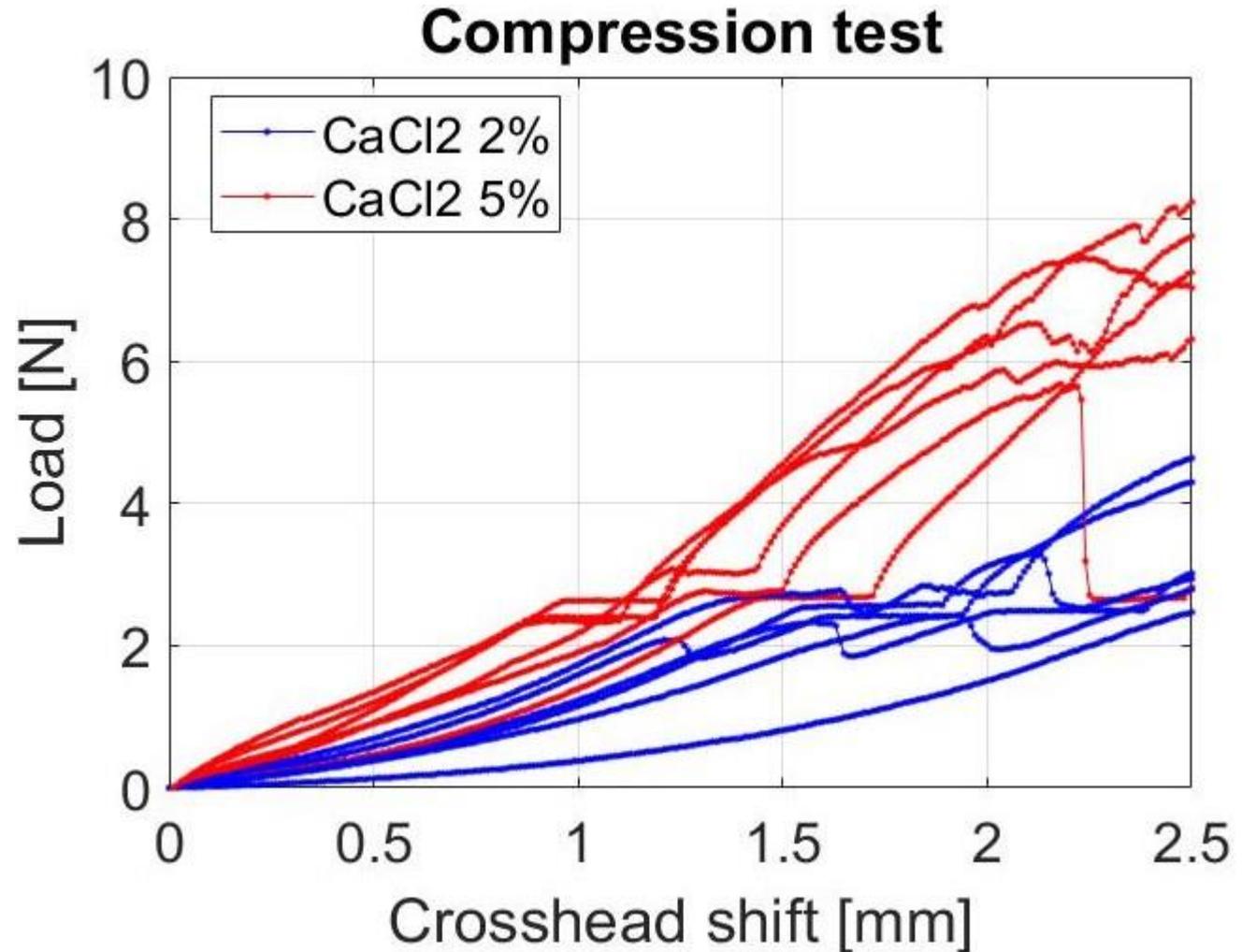


Raw data

Calcolo stress/strain

Fitting

Modulo elastico



# Elaborazione dati

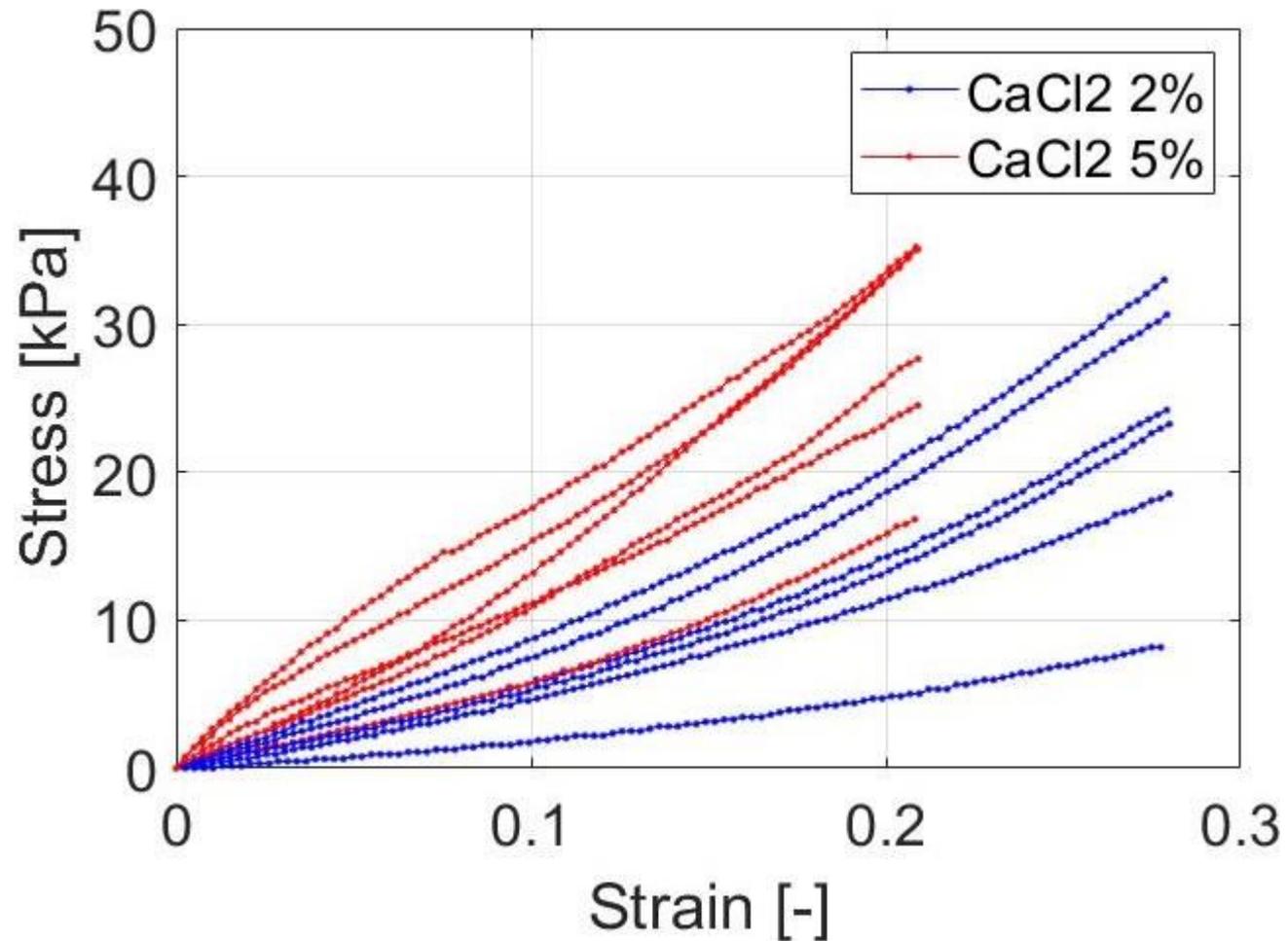


Raw data

Calcolo stress/strain

Fitting

Modulo elastico



# Elaborazione dati

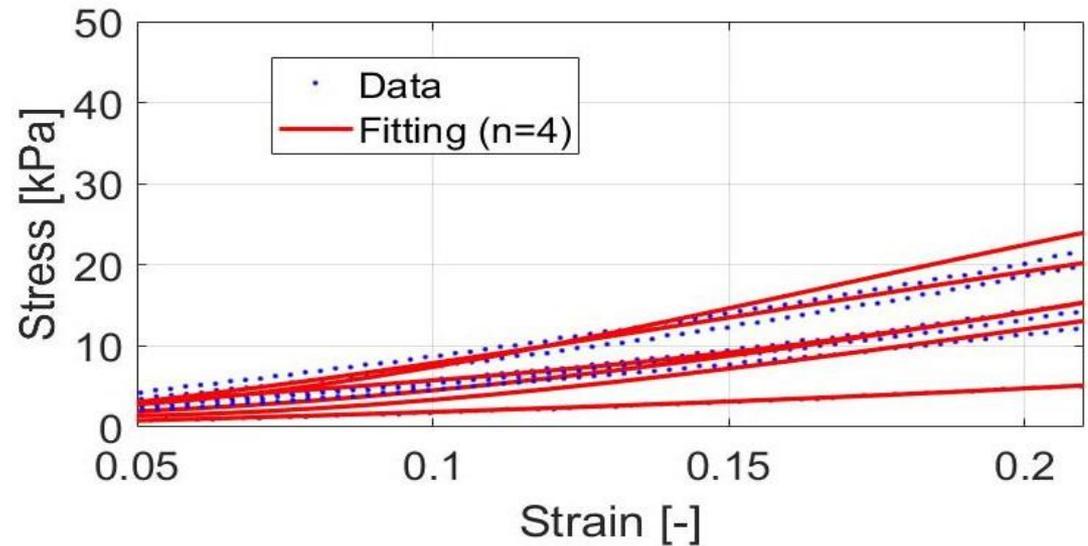
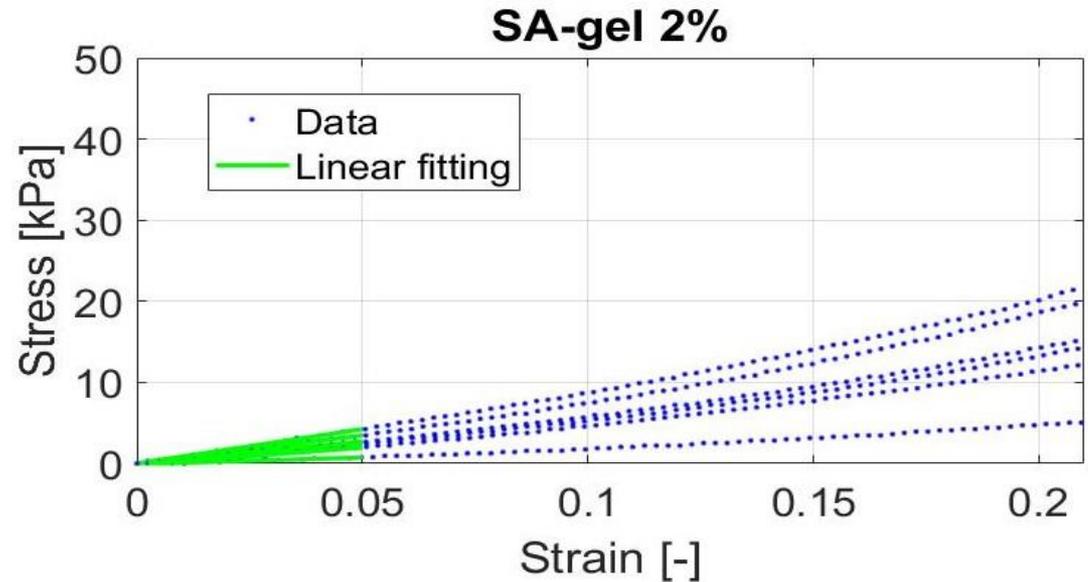


Raw data

Calcolo stress/strain

Fitting

Modulo elastico



# Elaborazione dati

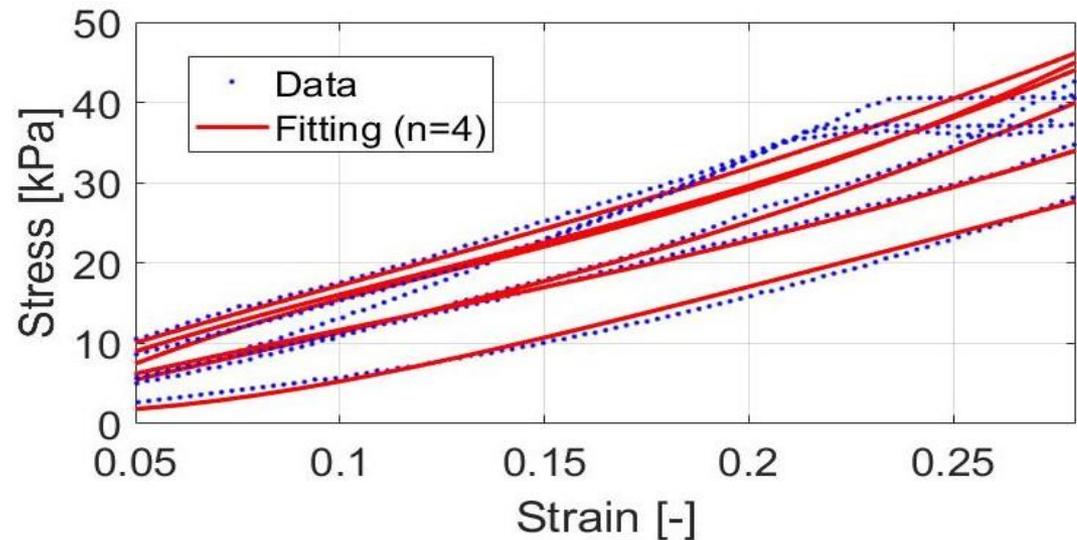
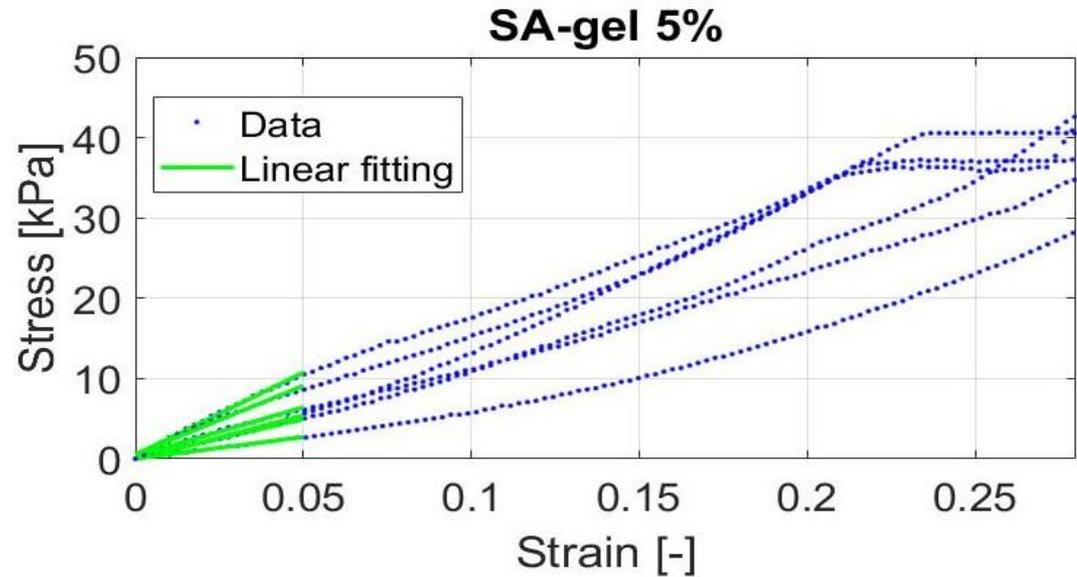


Raw data

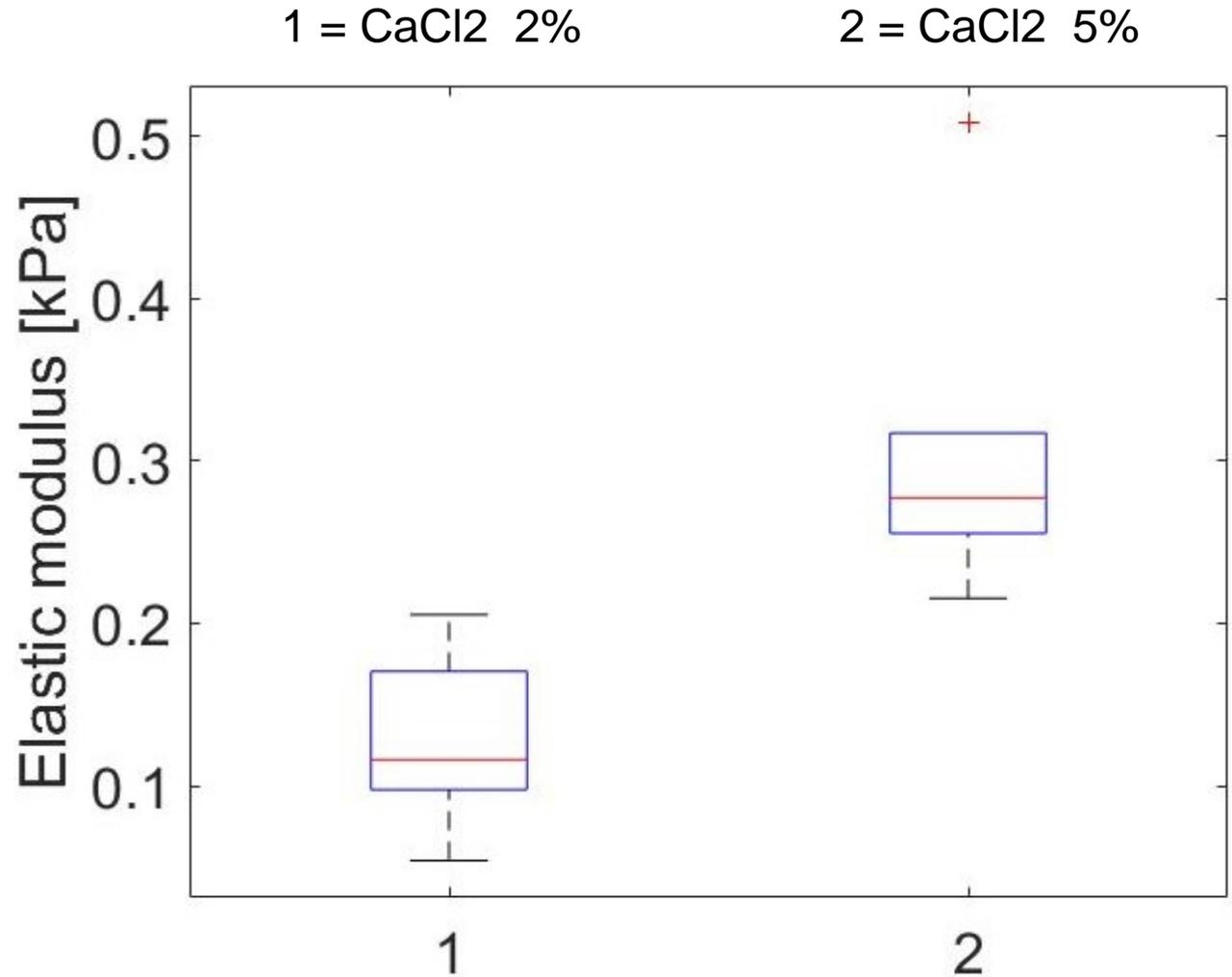
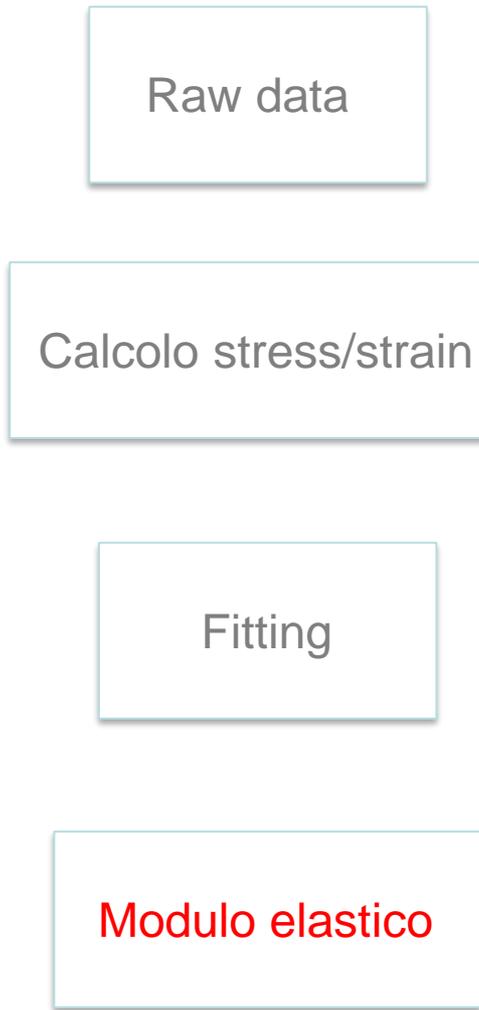
Calcolo stress/strain

Fitting

Modulo elastico



# Risultati



# Conclusioni

- Statistiche significative di E (in kPa) riassunte in tabella:

Concentrazioni	Piccole deformazioni	Grandi deformazioni	SD per piccole deformazioni	SD per grandi deformazioni
<b>CaCl<sub>2</sub> 2%</b>	52.26	126.6	0.0235	0.1470
<b>CaCl<sub>2</sub> 5%</b>	215.9	308.6	0.0539	0.1039

- Aumentando la concentrazione di agente reticolante CaCl<sub>2</sub>, aumenta il modulo elastico e, quindi, la rigidità dell'idrogel
- Sviluppi futuri: svolgere altre prove con diverse concentrazioni di crosslinker e anche di gel, possibilmente aumentando anche il numero di campioni

# Bibliografia

[1] Giuseppe Tronci, Colin A. Grant, Neil H. Thomson, Stephen J. Russel and David J. Wood, Multi-scale mechanical characterization of highly swollen photo-activated collagen hydrogels, 2014.

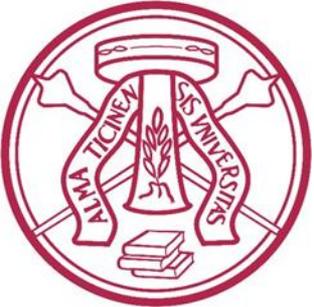
[2] Kan Yue, Grissel Trujillo-de Santiago, Mario Moises Alvarez, Ali Tamayol, Nasim Annabi, Ali Khademhosseini, *Synthesis, properties and biomedical applications of gelatin methacryoyl (GelMa) hydrogels*, 2015.

[3] Lakshminath Kundanati, Saket K. Singh, Biman B. Mandal, Tejas G. Murthy, Namrata Gundiah and Nicola M. Pugno, *Fabrication and Mechanical Characterization of Hydrogel Infused Network Silk Scaffolds*, 2016.

[4] Michael Di Giuseppe, Nicholas Law, Braeden Webb, Ryley A. Macrae, Lawrence J. Liew, Timothy B. Sercombe, Rodney J. Dilley, Barry J. Doyle, *Mechanical behaviour of alginate-gelatin hydrogels for 3D bioprinting*, 2017.

[5] Ludovica Cacopardo, Nicole Guazzelli, Roberta Nossa, Giorgio Mattei, Arti Ahluwalia, *Engineering hydrogel viscoelasticity*, 2018.

[6] Mohammad Vahedi, Jalal Barzin and Parvin Shokrollahi, *Self-Healing, Injectable Gelatin Hydrogels Cross-Linked by Dynamic Schiff Base Linkages Support Cell Adhesion and Sustained Release of Antibacterial Drugs*, 2018.



**Grazie per l'attenzione**

Candidato: Riccardo Monti

Relatore: Prof. Michele Conti

Co-relatore: Ing. Franca Scocozza

Pavia, 23 Ottobre 2019