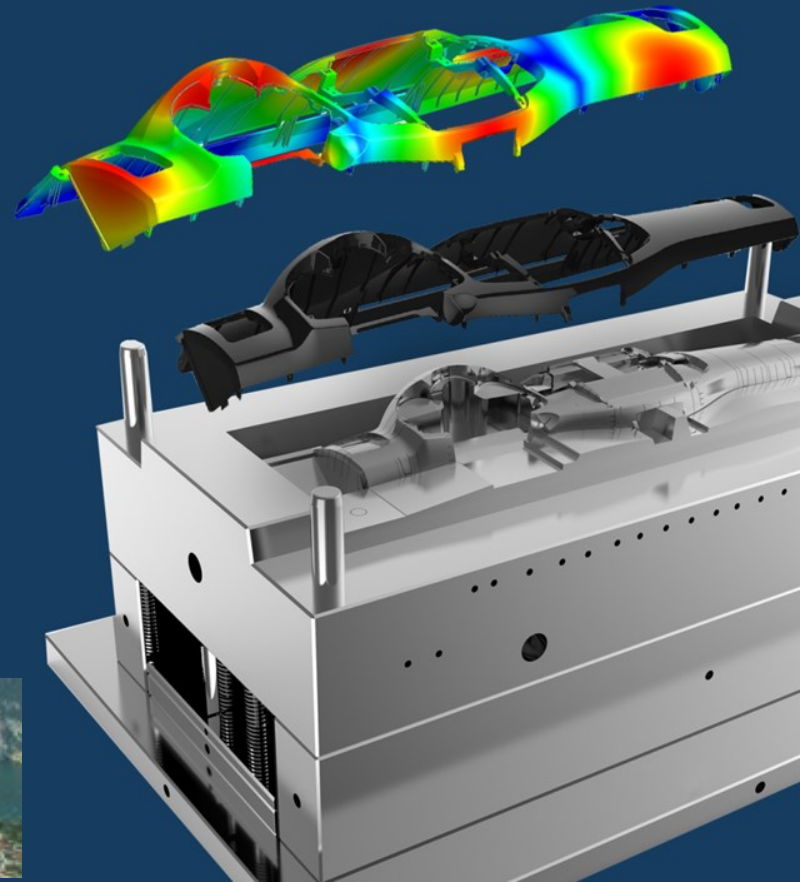


# Moldex3D

## Titolo: SIMULAZIONE DI MATERIALI NANOCOMPOSITI Effetto delle condizioni di processo sulle proprietà elettriche

Azienda: Proplast  
Relatore: Andrea Romeo  
Marta Palenzona

Logo aziendale:



MID Molding Innovation Day 2018, Italy

14 June, 2018

Hotel dei Parchi del Garda, Lazise, Italy

# Our Premises



C/O Politecnico di Torino  
sede di Alessandria  
Academic training (Politecnico di Torino)

proplast  
SERVIZI  
specialistic training  
lifelong training  
personnel recruitment

proplast  
basic and fundamental research  
(performed in cooperation with Universities)



Sedi in Provincia di Palermo  
(S. Flavia e Bagheria)

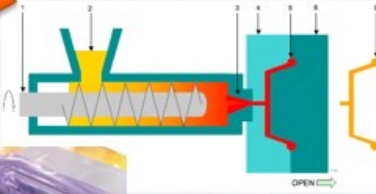
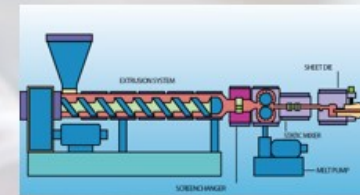
proplast  
basic and fundamental research  
(performed in cooperation with Universities)



Mission



**Proplast**  
private European Innovation Pole,  
R&D centre,  
organized as a consortium,  
representing the «actors» of  
polymer and composite materials and  
processing industry

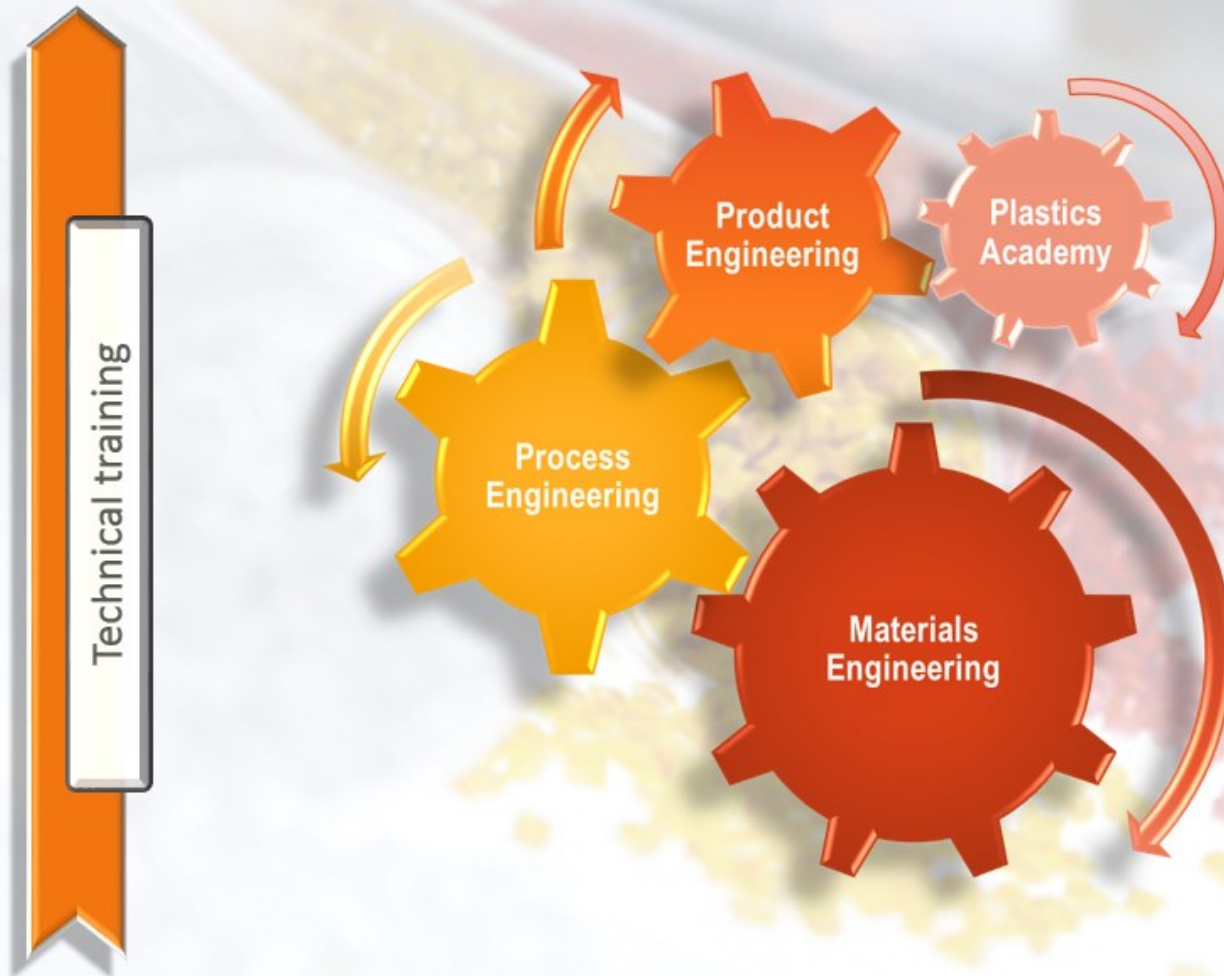


To know more about partner companies see: <http://www.proplast.it/en-us/Members/Detail>

More than 200 members



## *Our activities in Product Innovation project*

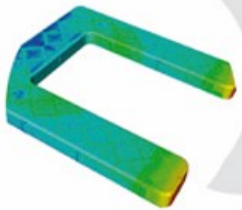


# Some Proplast Solutions:

TIME CYCLE REDUCTION UP TO -25%



DEDICATED DESIGN  
PRESERIES



COST REDUCTION  
UP TO -40%



LIGHTWEIGHTING UP TO -55%

HIGH MECHANICAL PERFORMANCE UP TO +60%



BEST AESTHETIC  
PERFORMANCE



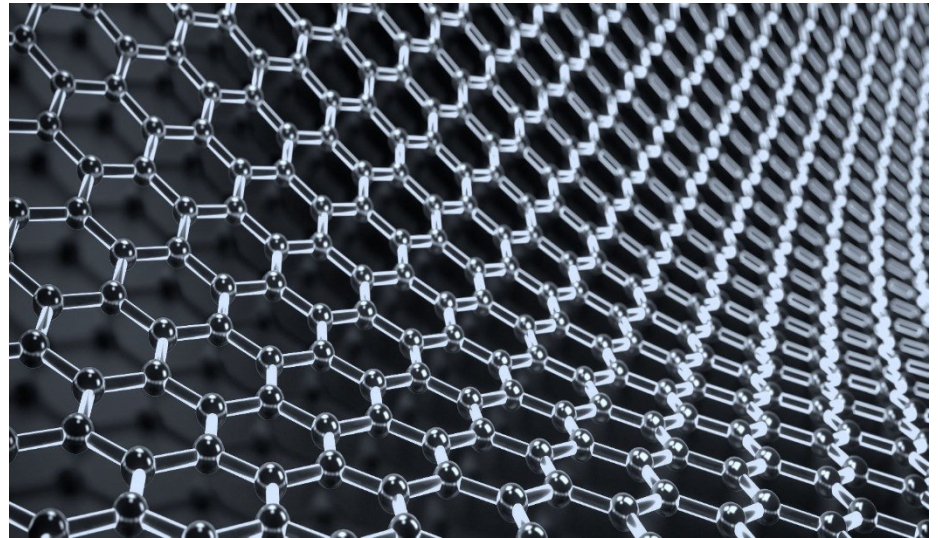
METAL  
REPLACEMENT



# I NANOCOMPOSITI

# GRAFENE: il materiale delle meraviglie

- > un foglio di spessore di un solo atomo
- > quasi trasparente
- > 200 volte più forte dell' acciaio
- > madre di tutte le nanostrutture grafiteche



Alexander Parkes  
*Primo materiale plastico semisintetico*

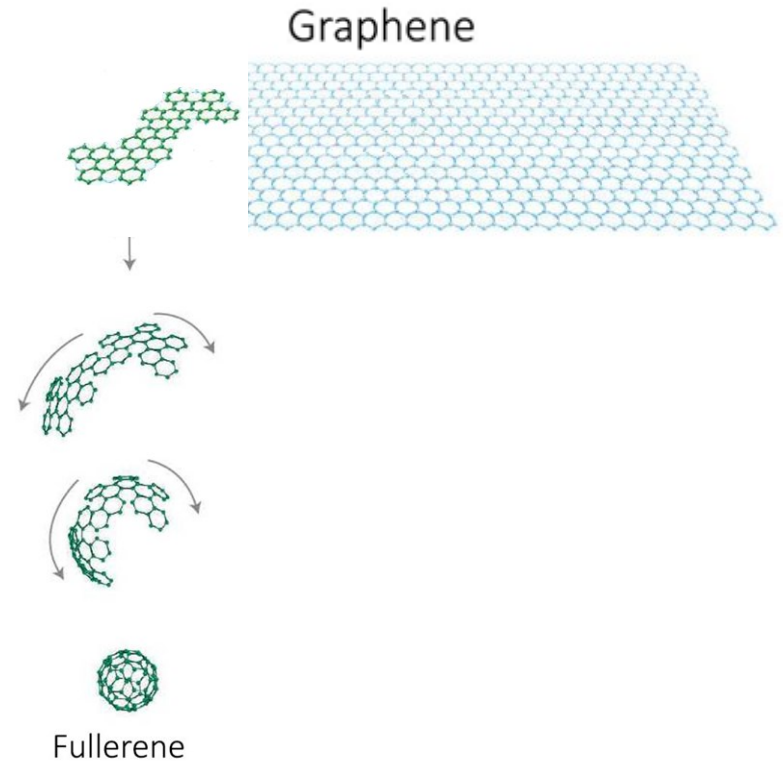
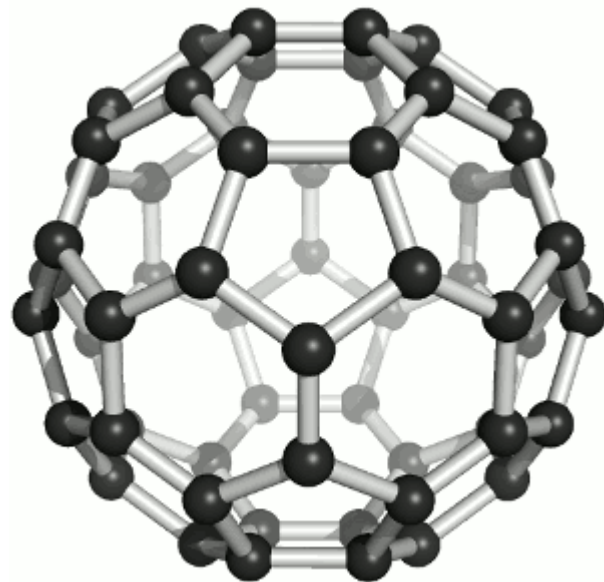
1861/1862

Andre Geim e Konstantin Novoselov  
*Sintesi del grafene*

2004

# GRAFENE: il materiale delle meraviglie

> Avvolgimento → FULLERENE



Studiosi della Rice University  
*Scoperta del fullerene*

Alexander Parkes  
*Primo materiale plastico semisintetico*

Andre Geim e Konstantin Novoselov  
*Sintesi del grafene*

1861/1862

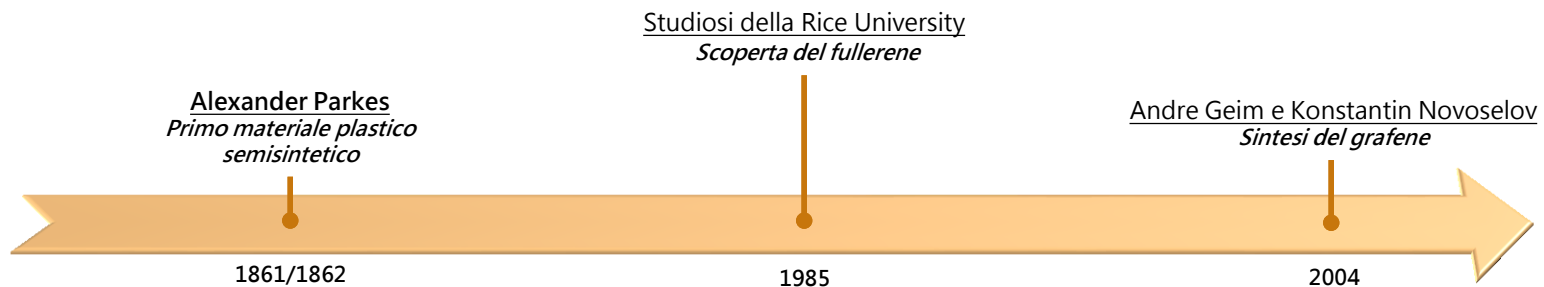
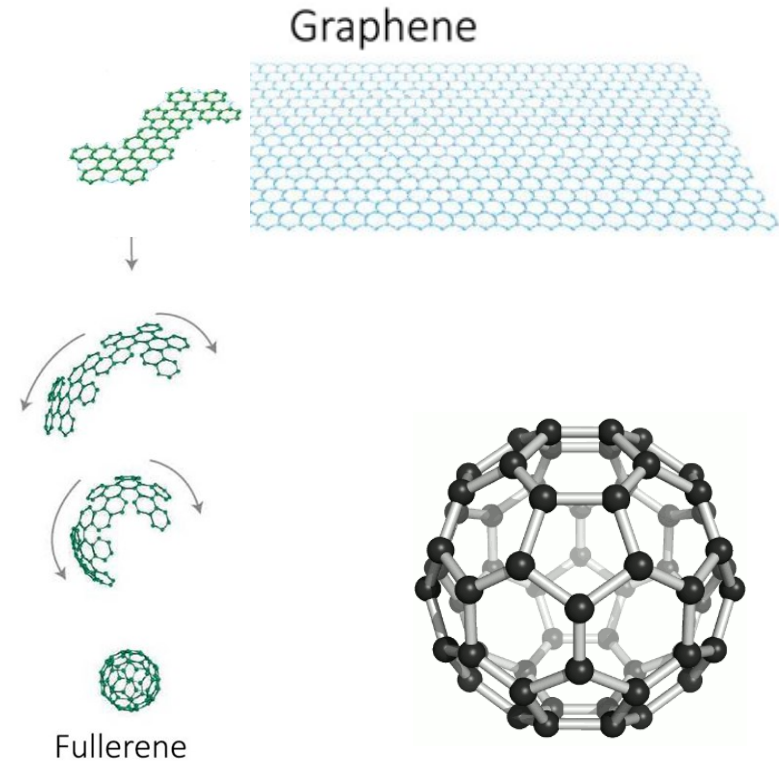
1985

2004



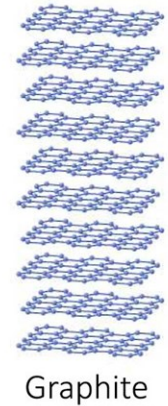
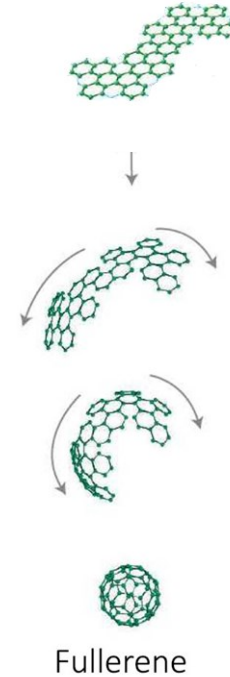
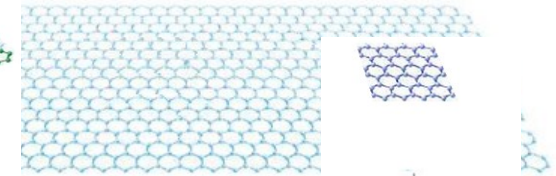
# GRAFENE: il materiale delle meraviglie

- > Avvolgimento → FULLERENE
- > La struttura molecolare assume la forma di una sfera vuota e densa
- > Eccellente capacità di trasporto della carica
- > Impiego: celle fotovoltaiche polimeriche

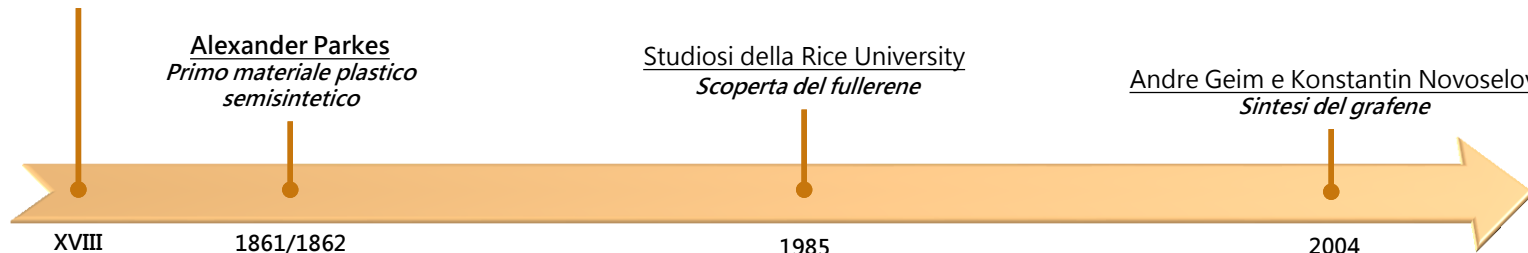
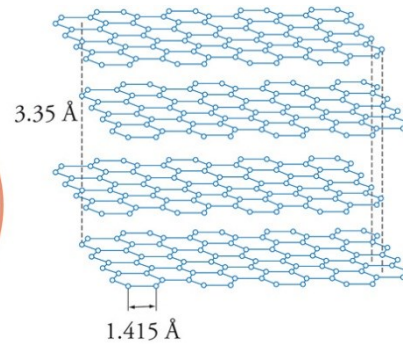
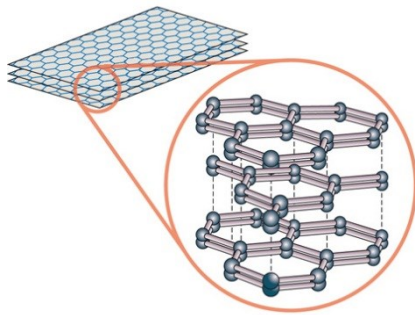


# GRAFENE: il materiale delle meraviglie

Graphene

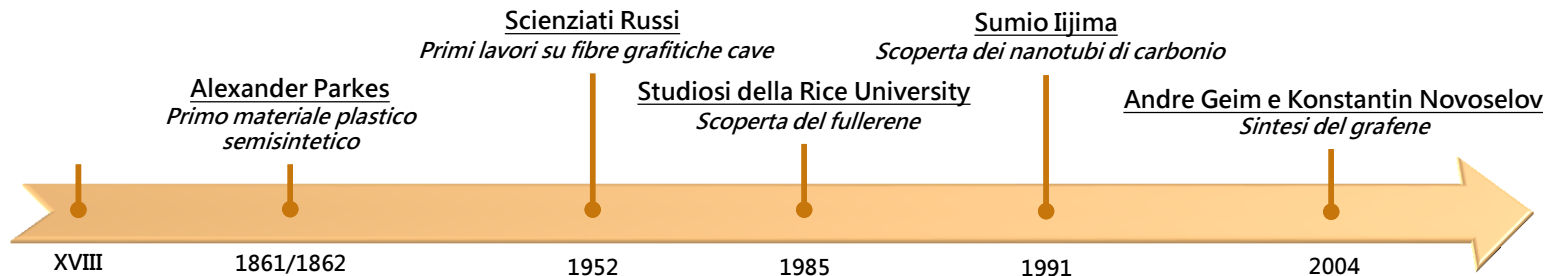
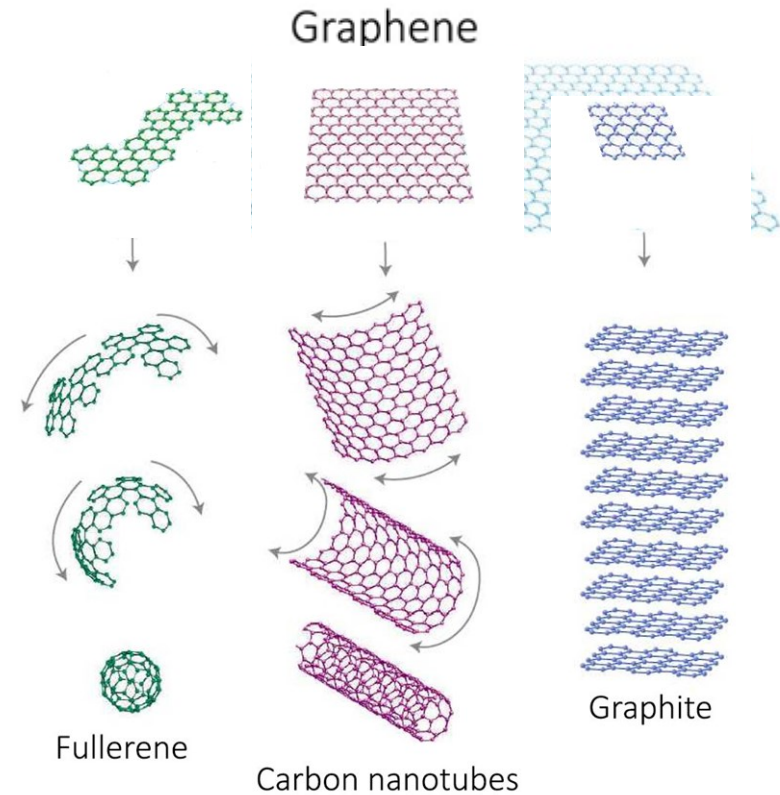
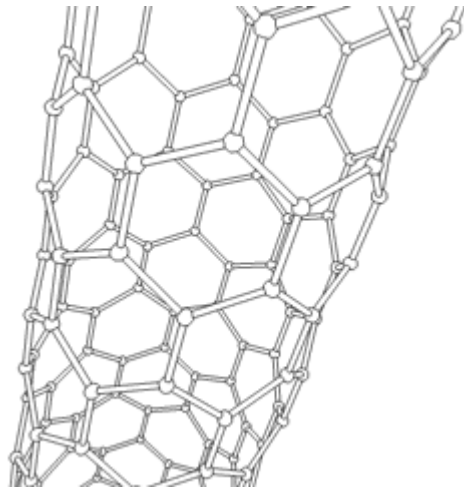


> Impilamento → GRAFITE



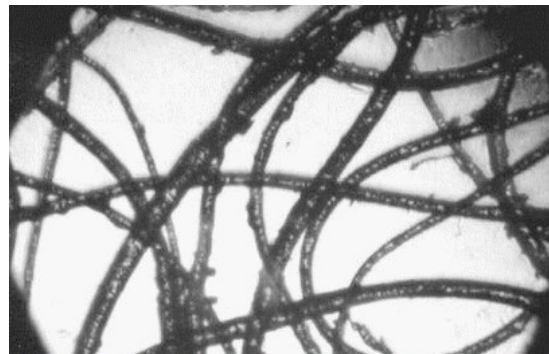
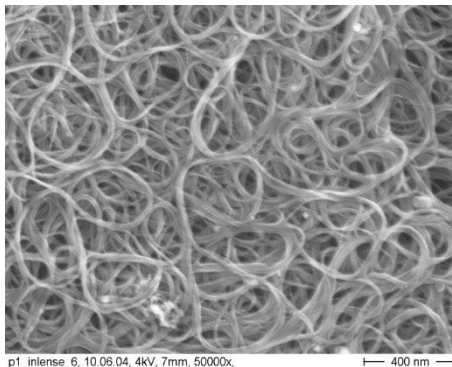
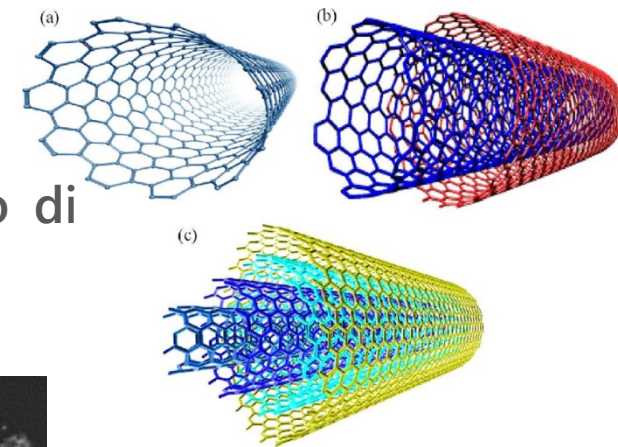
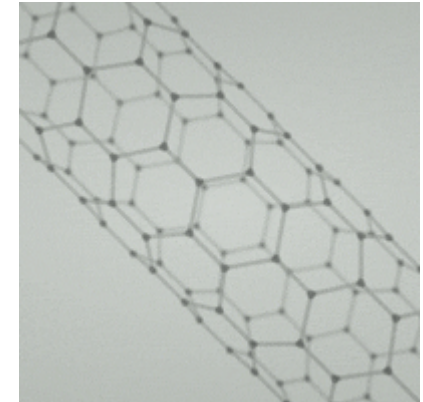
# GRAFENE: il materiale delle meraviglie

> Arrotolamento → NANOTUBI DI CARBONIO



# I NANOTUBI DI CARBONIO

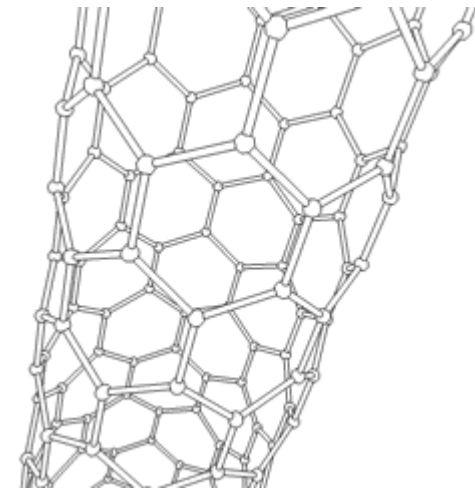
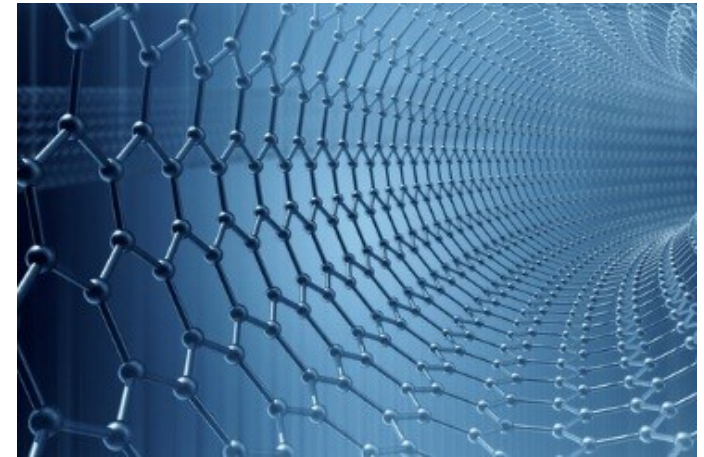
- > Strutture cilindriche dalla forma tubolare con diametro di pochi nanometri ( $0.7 \text{ nm} \div 10 \text{ nm}$ ) e lunghi quanto il diametro di un capello, chiusi alle estremità.
- > Classificati in base al numero di fogli di grafene arrotolati
  - CNT a parete singola (SWCNT)
  - CNT a doppia parete (DWCNT)
  - CNT a parete multipla (MWCNT)
- > Al microscopio appaiono come un groviglio di fibre





# I NANOTUBI DI CARBONIO

- > Le loro proprietà dipendono da:
  - disposizione atomica
  - diametro
  - lunghezza
- > La curvatura circolare gli conferisce:
  - resistenza meccanica
  - conducibilità termica ed elettrica
  - capacità di essere biologicamente e chimicamente attivi
- > Impieghi: meccanico, elettronico e biomedico; additivati alle materie plastiche permettono di ottenere materiali capaci di condurre calore ed elettricità.



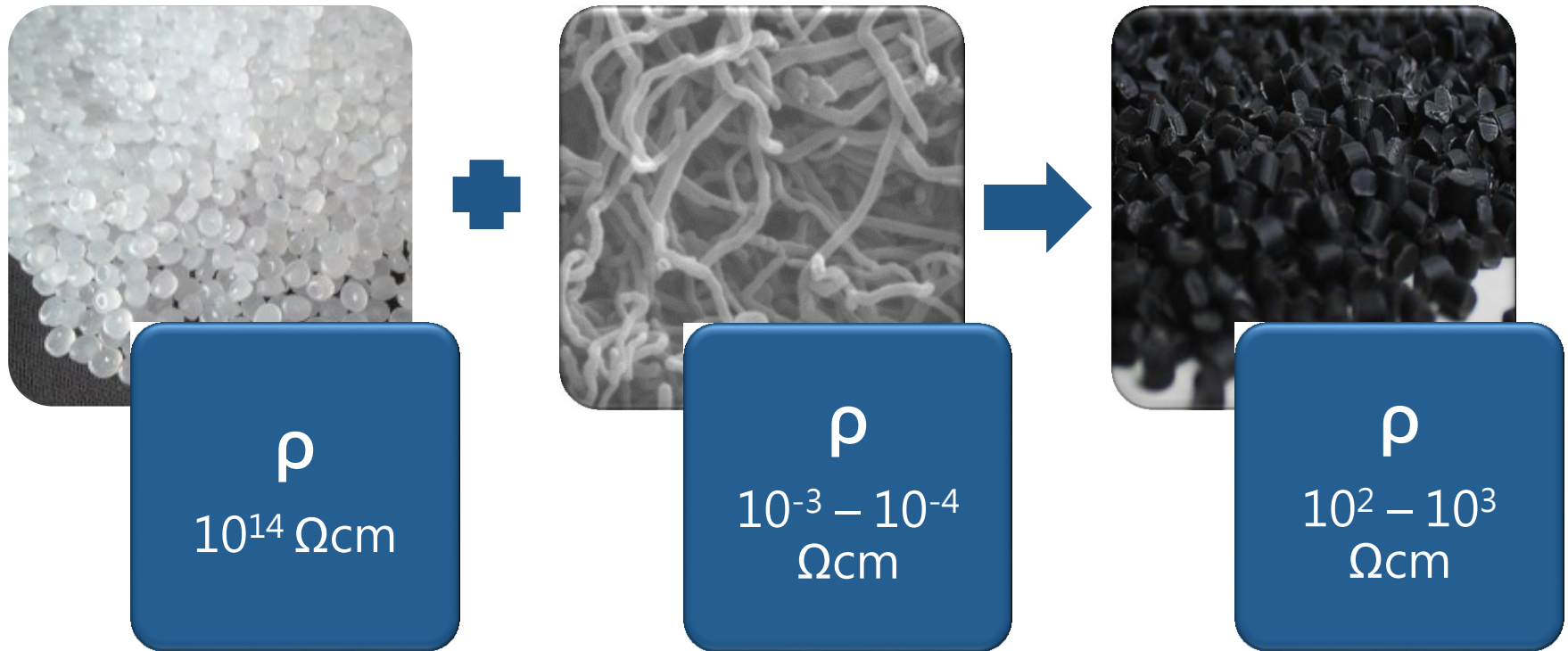
## I NANOTUBI DI CARBONIO – *il progetto*

- > Studio sulla correlazione tra il comportamento elettrico e il comportamento morfologico anisotropico dei nanocompositi PP/MWCNTs stampati a iniezione condotto dalla collega Dott.ssa Marta Zaccone, sotto la supervisione del Dr. Alberto Frache.
- > Collaborazione con l' area di Ingegneria di Processo di Proplast, e con il supporto Moldex3D per la validazione virtuale dei risultati ottenuti.
- > Applicazione dello studio ad un manufatto plastico: una penna capacitiva per schermi touch screen



# PP/MWCNT: COMPONENTI STAMPATI A INIEZIONE

*Studio analitico delle proprietà elettriche e della morfologia*



> PP + 3% CNTs = FORMULAZIONE ELETTRICAMENTE CONDUTTIVA

Matrice: PP Moplen RP 348 R prodotto da Lyondell Basell,

Filler: multi-walled carbon nanotubes (MWCNTs), diametro 10 nm, lunghezza 1.5  $\mu\text{m}$ , percentuale di carbonio del 90%.



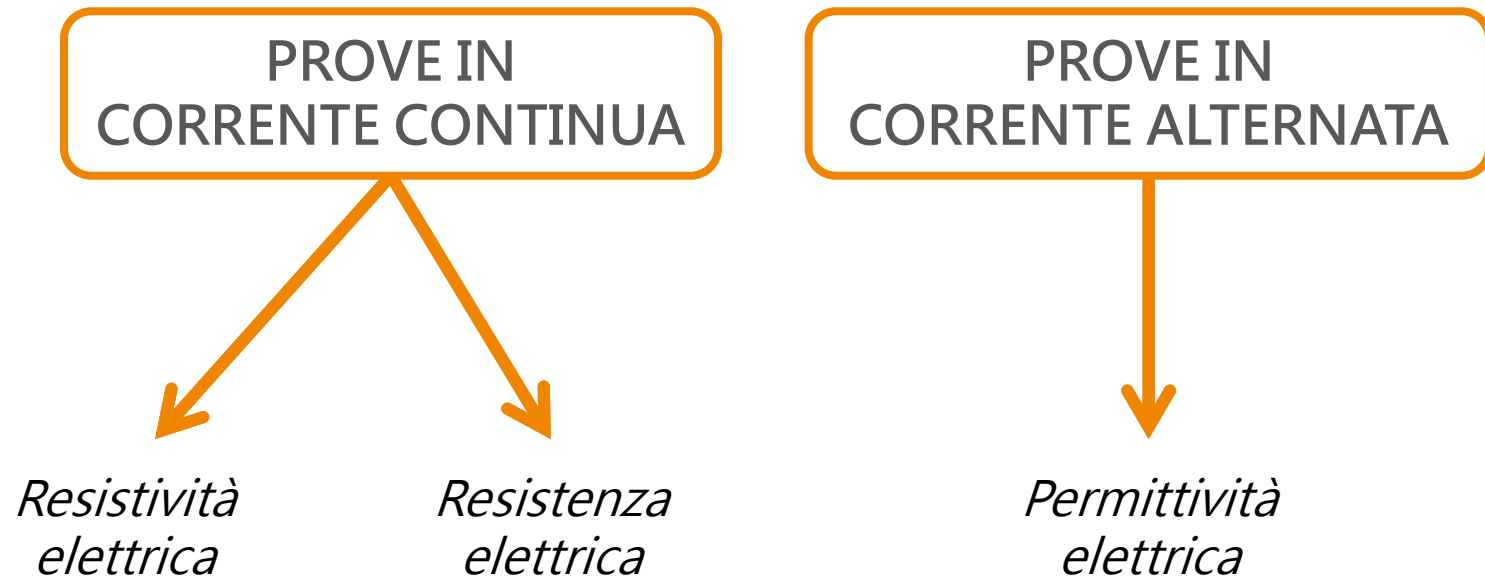


- > Stampaggio a iniezione di provini rettangolari per successiva caratterizzazione

Pressa a iniezione: Engel VC 500/120, con diametro della vite di 40 mm  
Dimensioni del provino: 100x140x2 mm

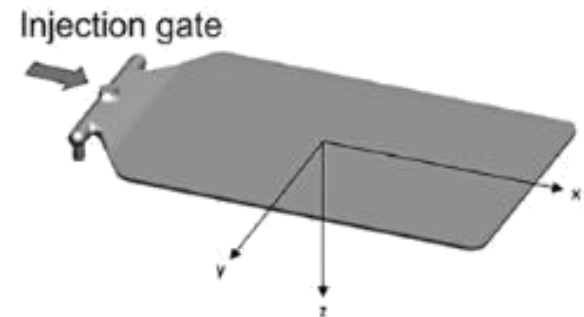


# PROPRIETÀ ELETTRICHE



# PROPRIETÀ ELETTRICHE – DC

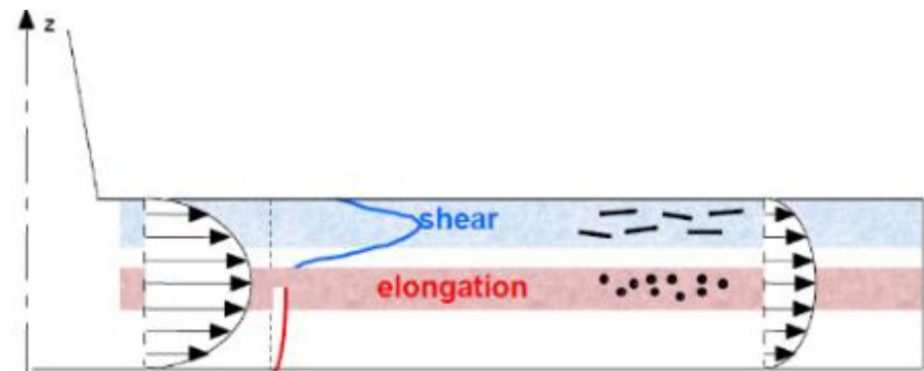
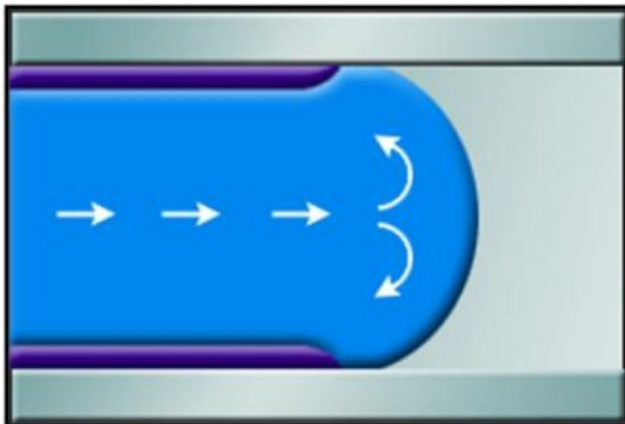
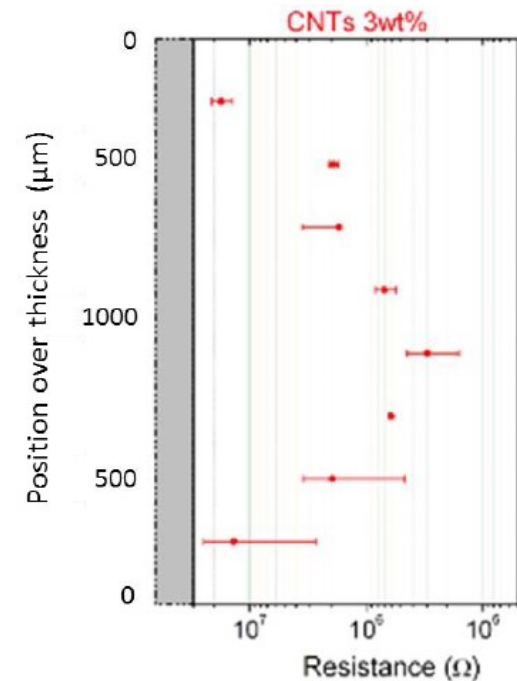
- > Resistività misurata secondo le tre direzioni
  - X – longitudinale al flusso
  - Y – trasversale al flusso
  - Z – lungo lo spessore
  
- > Variazione della proprietà, anche di diversi ordini di grandezza, a seconda della direzione:  $10^1 \Omega \text{ cm}$  (lungo X e Y) e  $10^6 \Omega \text{ cm}$  (in Z).





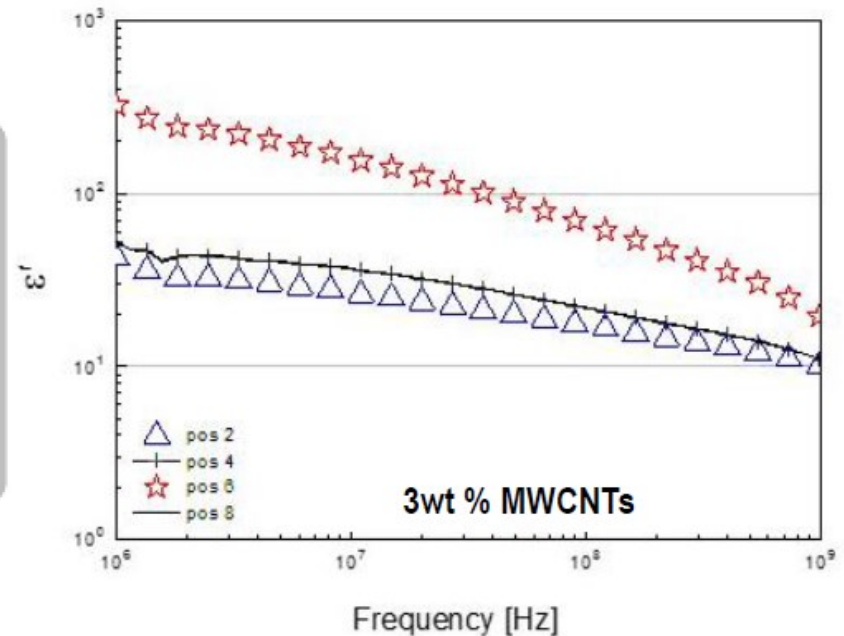
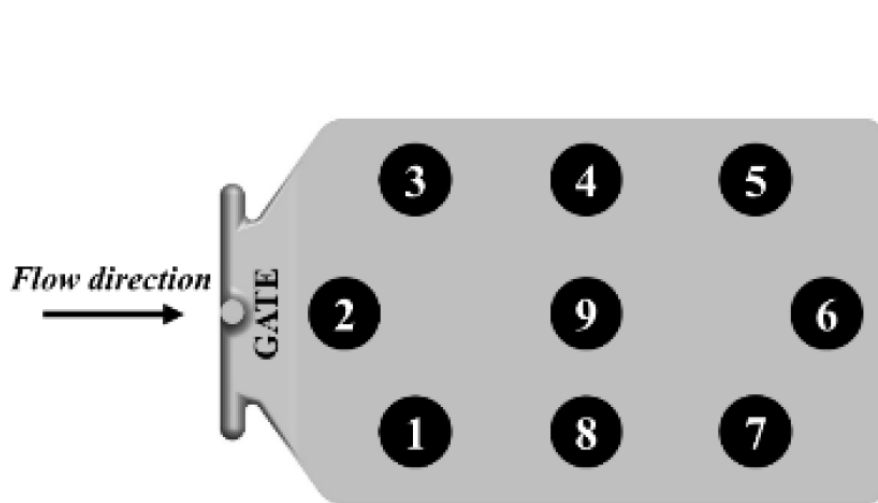
# PROPRIETÀ ELETTRICHE – DC

- > Resistenza elettrica misurata lungo una sezione trasversale
- > Si osservano una regione interna più conduttiva (cuore) e due aree esterne a conduttività minore (pelle).
- > La resistenza elettrica segue un andamento parabolico, in linea con l' effetto «fountain flow» ( $10^5 \Omega$  al cuore e di  $10^7 \Omega$  sulle pelli).



# PROPRIETÀ ELETTRICHE – AC

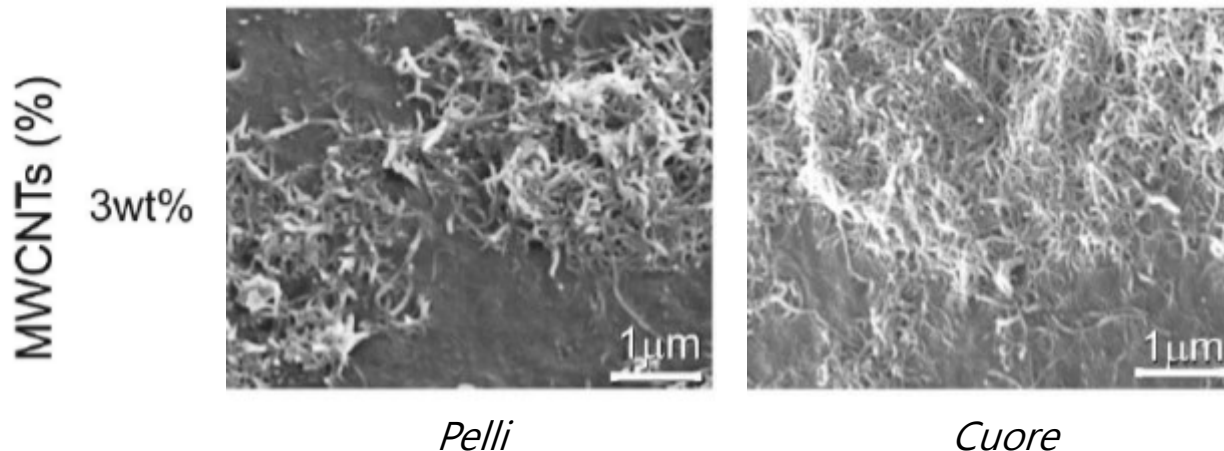
- > Comportamento studiato in direzione Z, misurato in 9 posizioni.



- > Punto più vicino al gate (2) è il meno conduttivo mentre, alla massima distanza dall' iniezione (6) si ha conduttività più alta.

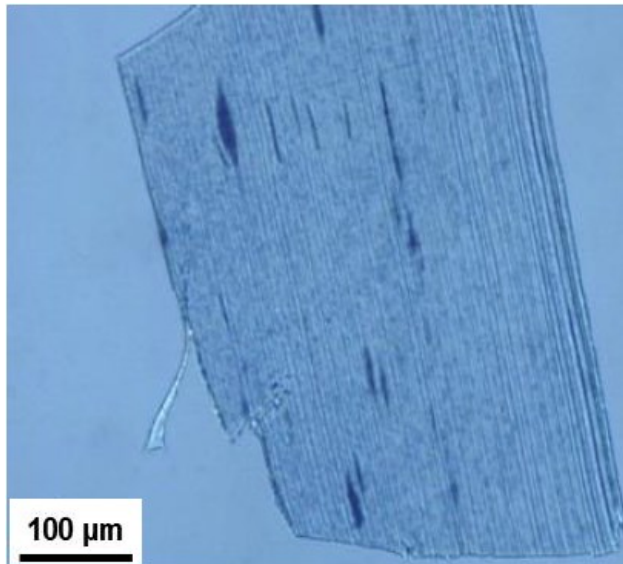
## MORFOLOGIA – analisi ottica

- > Caratterizzazione morfologica mediante microscopio elettronico a scansione (SEM).
- > Distribuzione non omogenea dei MWCNTs lungo lo spessore:  
al cuore → area ricca di nanotubi, con agglomerati ben impregnati dalla matrice polimerica  
sulle pelli → concentrazione di nanotubi minore
- > Diversa dispersione e distribuzione dei nanoriempitivi = diverso comportamento elettrico

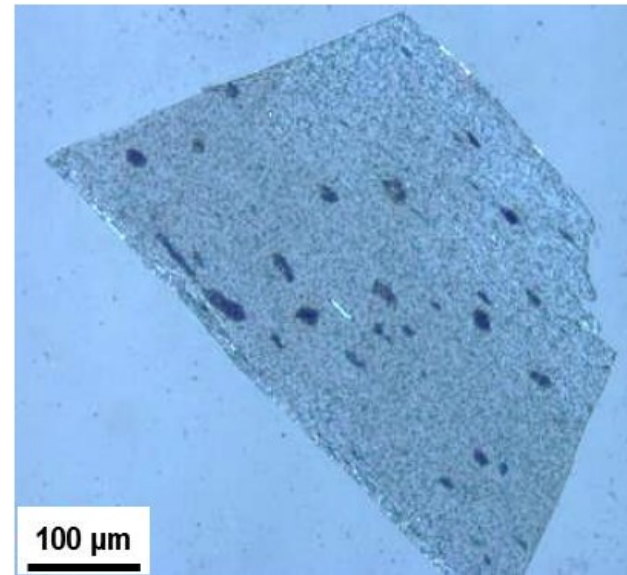


## MORFOLOGIA – analisi ottica

- > Diversa morfologia degli agglomerati:  
 sulle pelli → MWCNTs dalla forma allungata e orientata rispetto al flusso  
 al cuore → MWCNTs organizzati in aggregati non orientati dalla forma sferica.



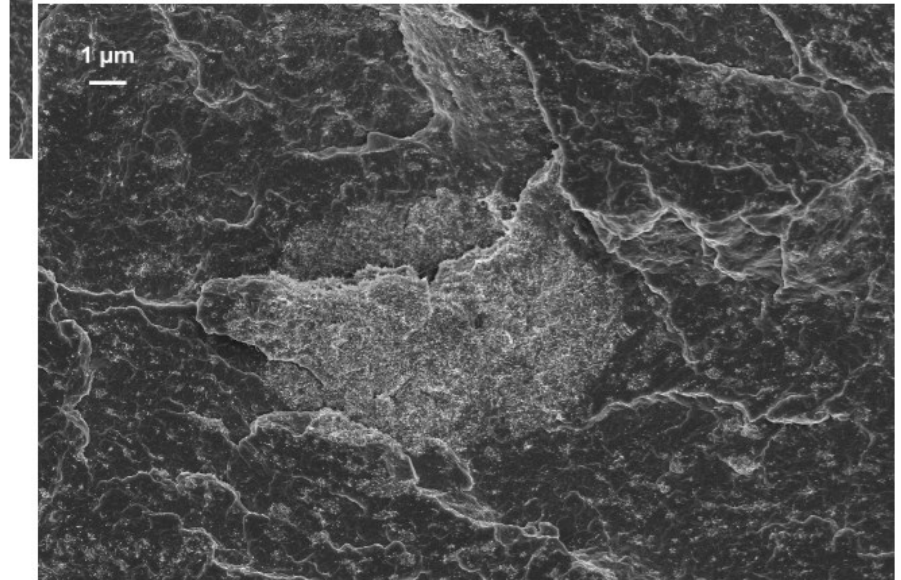
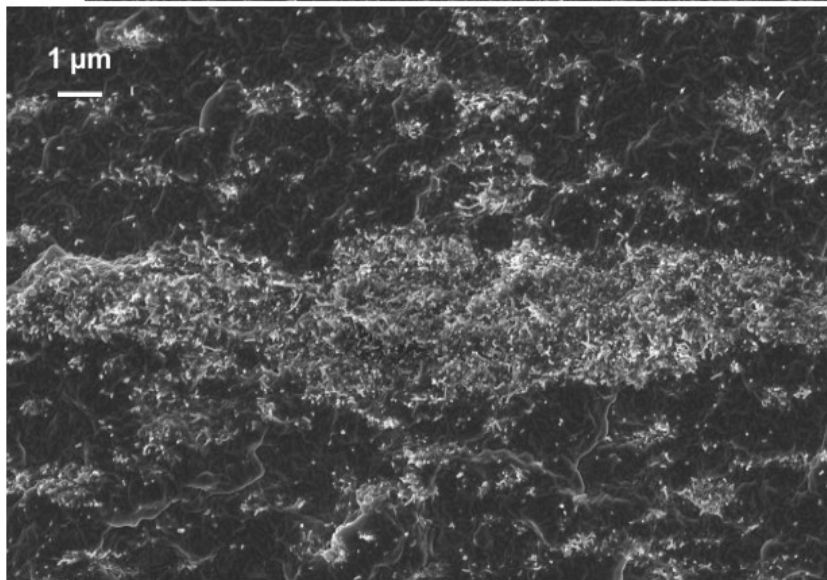
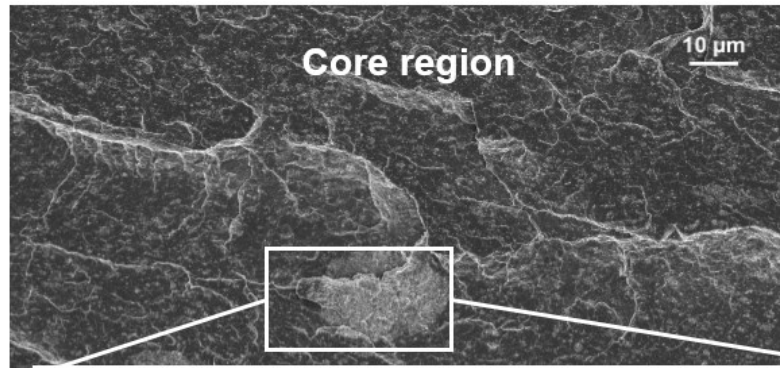
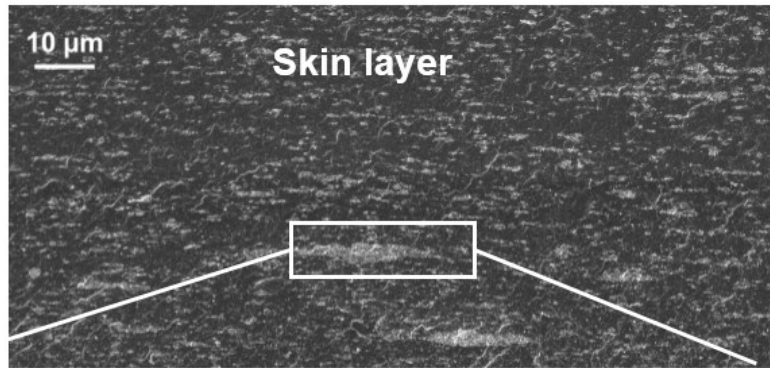
*Pelli*



*Cuore*



# MORFOLOGIA – analisi ottica





# PARAMETRI DI PROCESSO

> Studiate l' influenza di tre parametri di processo:

Temperatura del fuso

Temperatura dello stampo

Velocità di iniezione

# PARAMETRI DI PROCESSO – temperatura del fuso

- > Resistività superficiale ( $R_s$ ) e la resistività al cuore, nelle direzioni Z e X (rispettivamente  $\rho_z$  e  $\rho_x$ )

MWCNT content [wt%]	Injection moulding Conditions			$R_s$ [ $\Omega/sq$ ]	$\rho_z$ [ $\Omega \cdot cm$ ]	$\rho_x$ [ $\Omega \cdot cm$ ]
	T mould [ $^{\circ}C$ ]	Injection rate [ $cm^3/s$ ]	T <sub>melt</sub> [ $^{\circ}C$ ]			
4	30	70	200	6.50E+06	3.30E+07	1.04E+03
	30	70	+20	6.50E+06	2.30E+06	1.01E+03

- > Nessuna sostanziale alterazione; solo per quanto riguarda la resistività in direzione Z si ha una riduzione un po' più marcata, pari a un ordine di grandezza.

# PARAMETRI DI PROCESSO – temperatura dello stampo

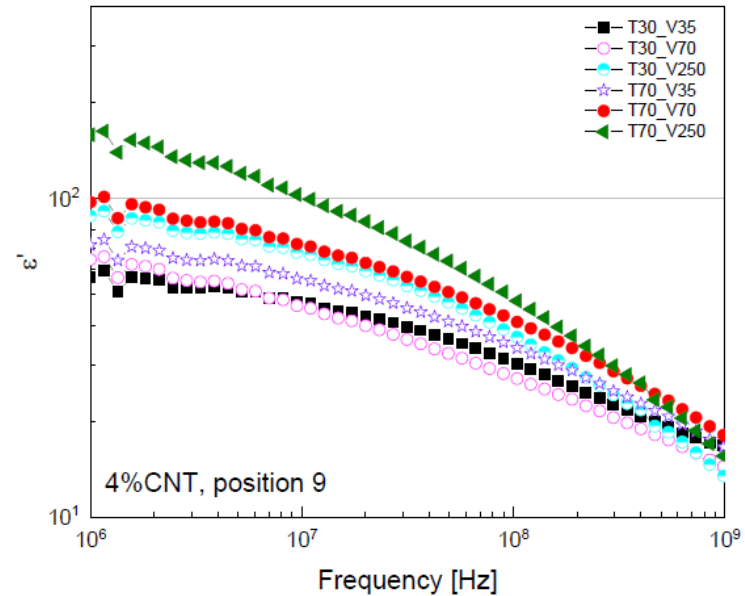
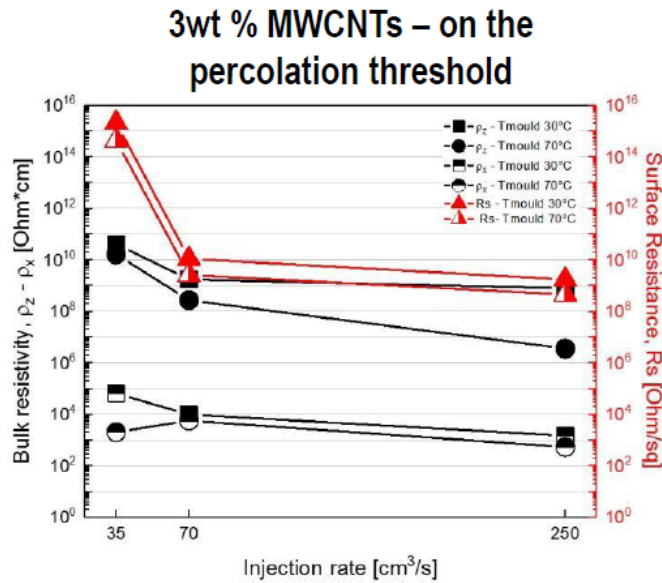
- > Caratterizzazione elettrica in DC; indagate la variazione di resistività a livello superficiale ( $R_s$ ) e a cuore ( $\rho_z$  e  $\rho_x$ )

$\rho_z$ [ $\Omega\text{m}\cdot\text{cm}$ ]				$\rho_x$ [ $\Omega\text{m}\cdot\text{cm}$ ]				$R_s$ [ $\Omega/\square$ ]			
		MWCNT content [wt%]				MWCNT content [wt%]				MWCNT content [wt%]	
$T_{\text{mould}}$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	2	3	4	$T_{\text{mould}}$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	2	3	4	$T_{\text{mould}}$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	2	3	4
30	8.40 E+14	1.36 E+12	1.26 E+07	30	5.51 E+05	2.53 E+05	1.87 E+03	30	7.80 E+12	1.13 E+11	5.35 E+06
70	4.26 E+14	2.13 E+08	1.12 E+06	70	9.48 E+05	3.23 E+04	5.98 E+02	70	2.69 E+13	3.36 E+07	4.09 E+06
100	3.06 E+06	3.84 E+06	3.83 E+05	100	3.63 E+02	4.27 E+02	2.01 E+02	100	5.41 E+06	3.71 E+06	1.93 E+05

- > Effetti più evidenti; le nanocariche si riorganizzano in strutture più elettroconduttive anche dopo aver raggiunto le pareti dello stampo

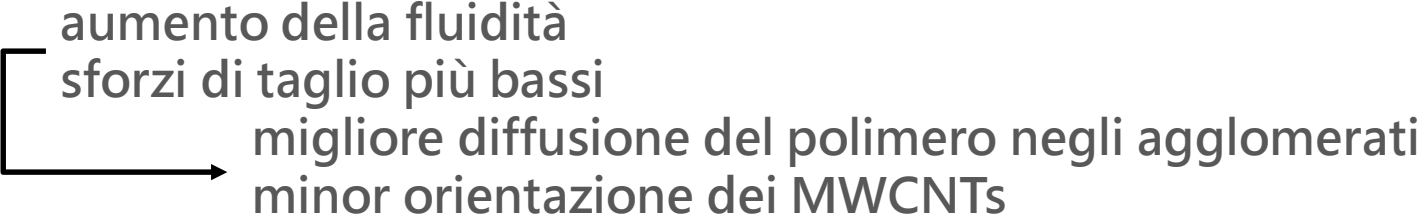
# PARAMETRI DI PROCESSO – velocità di iniezione

- > Caratterizzazione elettrica in AC e DC



- > Notevole decremento, pari a 4-5 ordini di grandezza, della resistività a cuore e superficiale, con passaggio da comportamento isolante a conduttivo.
- > Più contenuta la variazione della permittività elettrica, influenzata dalla velocità di iniezione e dalla temperatura stampo.

## DEDUZIONI

- > Evidente dipendenza delle caratteristiche finali dalla morfologia e dalle condizioni di processo.
- > In corrispondenza della superficie dello stampo, il materiale congela e i MWCNTs non hanno il tempo di organizzarsi in maniera efficiente . A cuore il materiale fuso resta fuso più a lungo e i MWCNTs originano configurazioni sferiche dalle qualità superiori.
- > La differenza morfologica messa in luce dall' analisi SEM conferma e legittima il comportamento elettrico anisotropo
- > Temperatura del fuso, temperatura stampo e velocità di iniezione influenzano la viscosità del polimero; si riscontra:
  - 

aumento della fluidità  
 sforzi di taglio più bassi  
 migliore diffusione del polimero negli agglomerati  
 minor orientazione dei MWCNTs
- > Risultato: temperatura più alta del fronte di flusso e minori sforzi di taglio garantiscono migliori proprietà elettriche del prodotto finale.



# PP/MWCNT: COMPONENTI STAMPATI A INIEZIONE

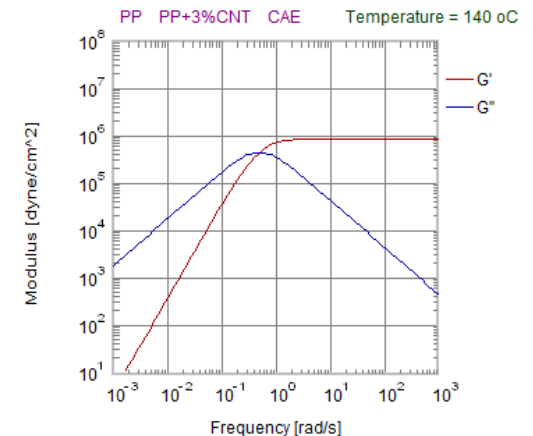
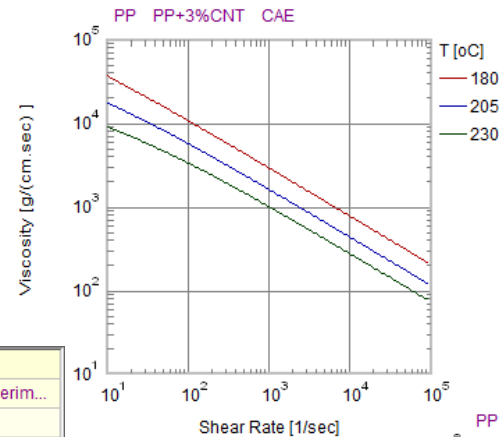
*Validazione dei dati con Moldex3D*

## IL MATERIALE

- > Lo stampaggio dei provini ha permesso la caratterizzazione elettrica del manufatto stampato ad iniezione, e la caratterizzazione fisico meccanica del materiale.
- > Essenziale la collaborazione con il supporto Moldex3D: definizione del materiale, elaborando un file ad hoc per effettuare le simulazioni di testing del modello e di validazione con i dati sperimentali.

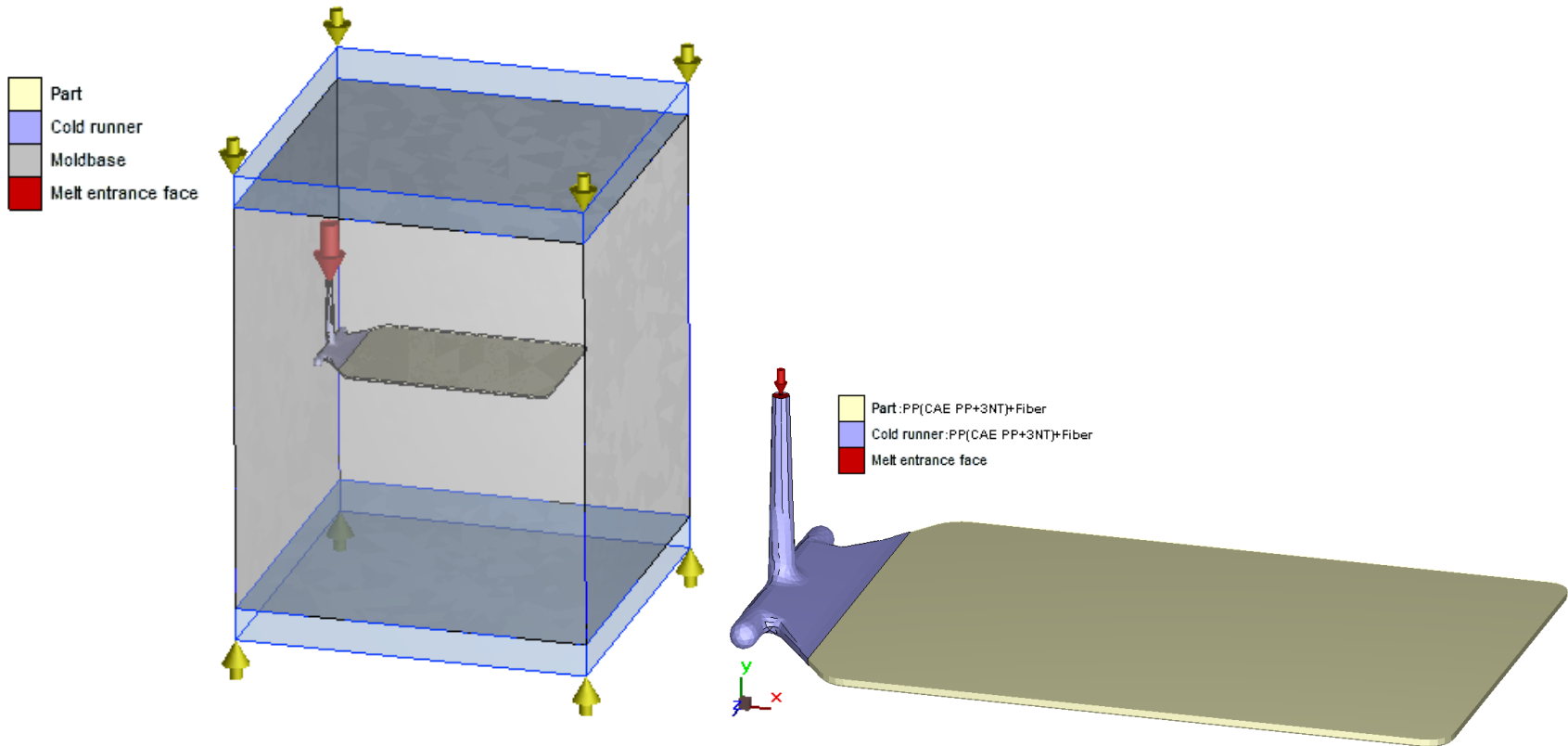
Polymer	PP
Grade Name	PP+3%CNT
Producer	CAE
Comment	
Last modified date	2018/02/07
Process condition	Process condition
Melt temperature (minimum)	180 °C
Melt temperature (normal)	200 °C
Melt temperature (maximum)	230 °C
Mold temperature (minimum)	20 °C
Mold temperature (normal)	40 °C
Mold temperature (maximum)	60 °C
Ejection temperature	100 °C
Freeze temperature	120 °C

Polymer   Grade Name   Producer	PP   PP+3%CNT   CAE
Mechanical Properties	Fiber-filled polymer - Experim...
Poisson's ratio v12	0.38 (-)
Poisson's ratio v23	0.38 (-)
Modulus E1 (fiber direction)	1.303e+010 (dyne/cm <sup>2</sup> )
Modulus E2 (transverse direction)	1.253e+010 (dyne/cm <sup>2</sup> )
Shear Modulus G	8.7e+009 (dyne/cm <sup>2</sup> )
CLTE a1 (fiber direction)	2e-005 (1/K)
CLTE a2 (transverse direction)	7e-005 (1/K)
Fiber Length/Diameter (LD)	158 (-)
Interaction coefficient	0.01 (-)
Fiber weight percentage	3 (%)



# IL MODELLO

- > Il manufatto, l' iniezione e lo stampo sono stati discretizzati in ottemperanza delle matematiche reali, utilizzando il «*boundary layer mesh mode*»



# PARAMETRI DI PROCESSO

- > I parametri di processo sono stati impostati seguendo fedelmente quanto indicato nelle schede di stampaggio del campione.
- > Due scenari, per confronto con i campioni reali

$$\begin{aligned} T_{\text{stampo}} &= 30 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ t_{\text{iniezione}} &= 0.94 \text{ s} \end{aligned}$$

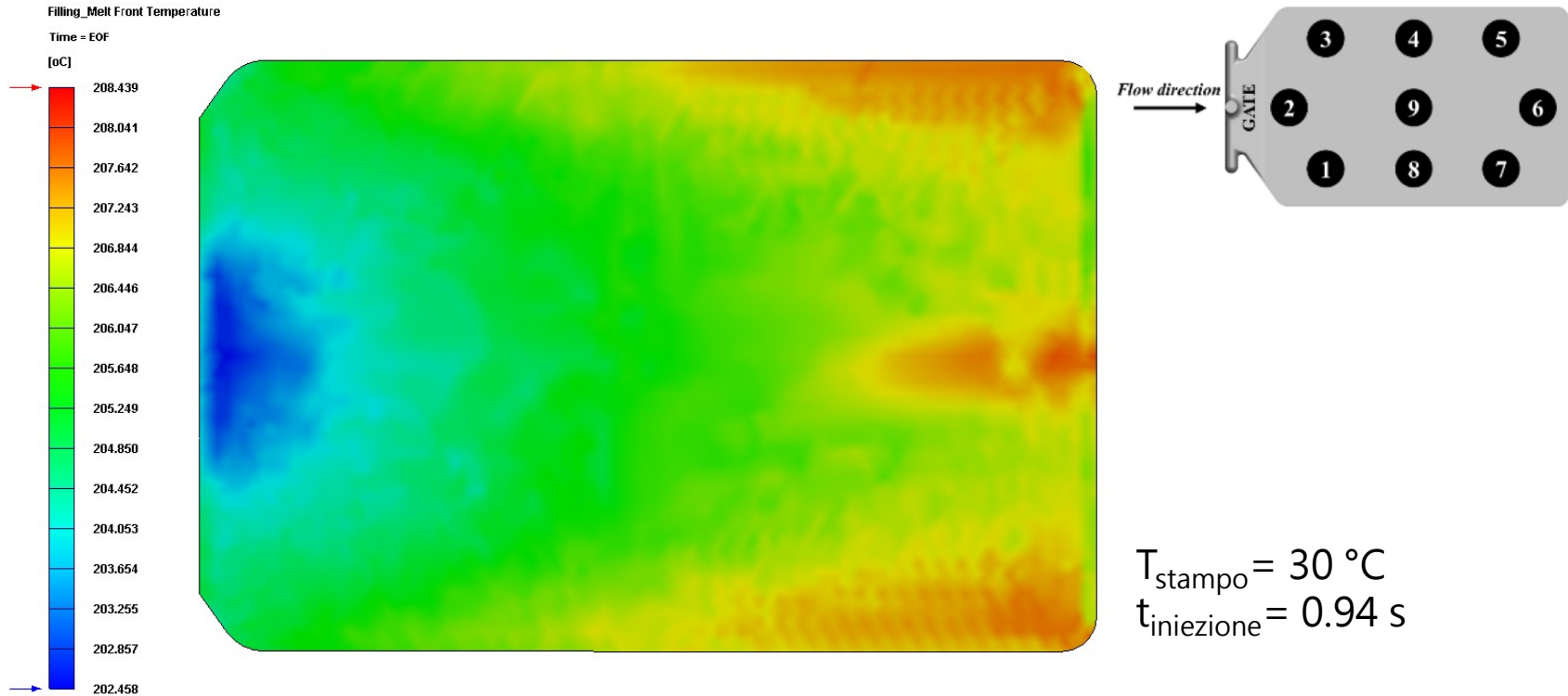
$$\begin{aligned} T_{\text{stampo}} &= 70 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ t_{\text{iniezione}} &= 0.75 \text{ s} \end{aligned}$$

- > Due ulteriori scenari, per meglio determinare l' influenza delle due variabili di processo

$$\begin{aligned} T_{\text{stampo}} &= 30 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ t_{\text{iniezione}} &= 0.75 \text{ s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{\text{stampo}} &= 70 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ t_{\text{iniezione}} &= 0.94 \text{ s} \end{aligned}$$

# RISULTATI – Melt Front Temperature



- > Prove in AC. La maggior conduttività del punto 6 rispetto al punto 2 corrisponde ad una temperatura del fronte di flusso più elevata nel punto con risposta elettrica migliore.

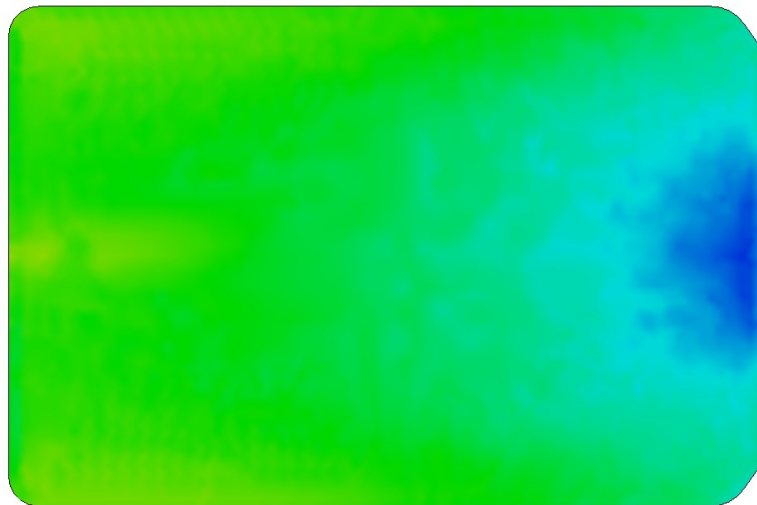
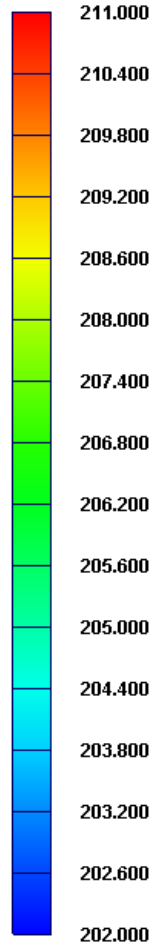


# RISULTATI – Melt Front Temperature

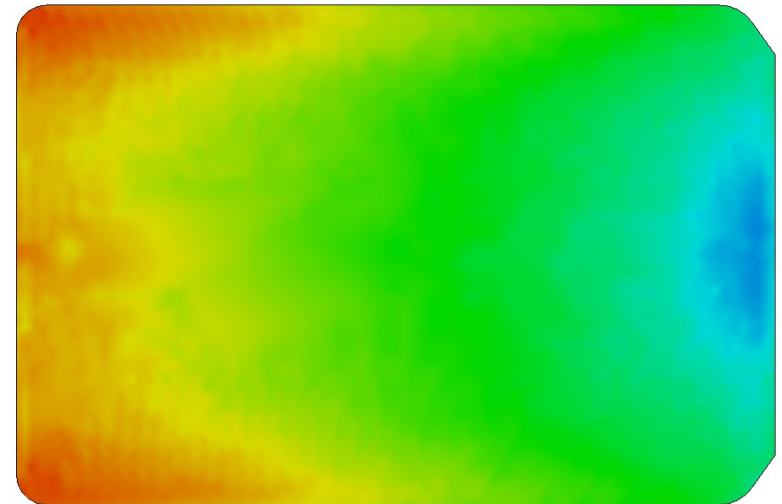
Filling\_Melt Front Temperature

Time = EOF

[°C]



$T_{\text{stampo}} = 30 \text{ °C}$   
 $t_{\text{iniezione}} = 0.94 \text{ s}$



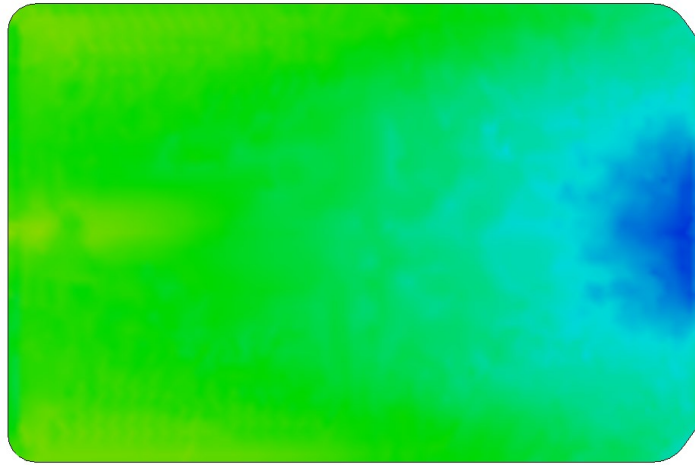
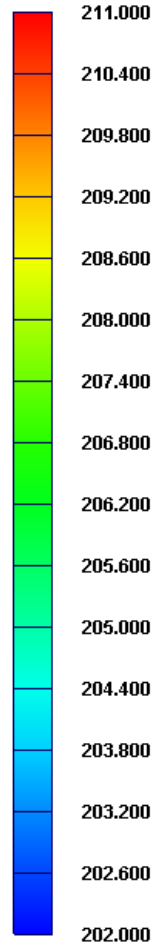
$T_{\text{stampo}} = 70 \text{ °C}$   
 $t_{\text{iniezione}} = 0.75 \text{ s}$

# RISULTATI – Melt Front Temperature

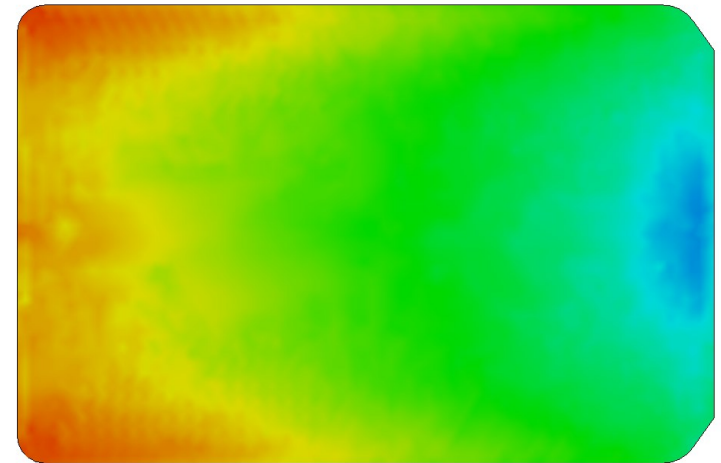
Filling\_Melt Front Temperature

Time = EOF

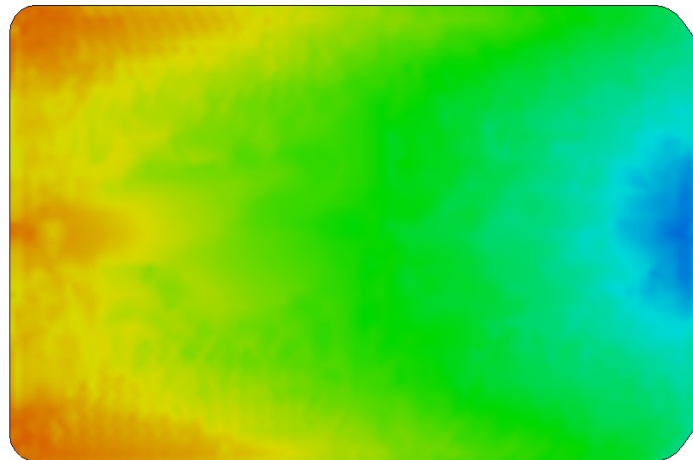
[oC]



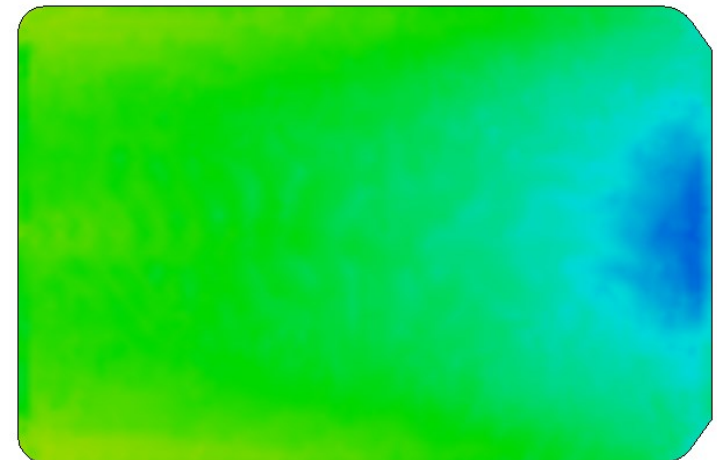
$T_{\text{stampo}} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$   
 $t_{\text{iniezione}} = 0.94 \text{ s}$



$T_{\text{stampo}} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$   
 $t_{\text{iniezione}} = 0.75 \text{ s}$



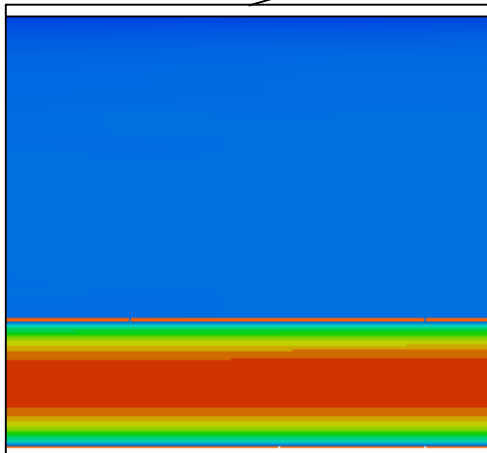
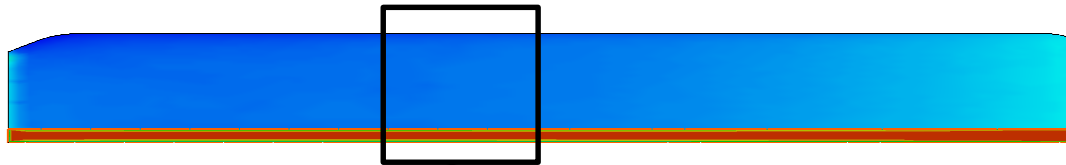
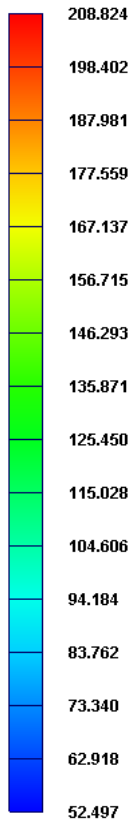
$T_{\text{stampo}} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$   
 $t_{\text{iniezione}} = 0.75 \text{ s}$



$T_{\text{stampo}} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$   
 $t_{\text{iniezione}} = 0.94 \text{ s}$

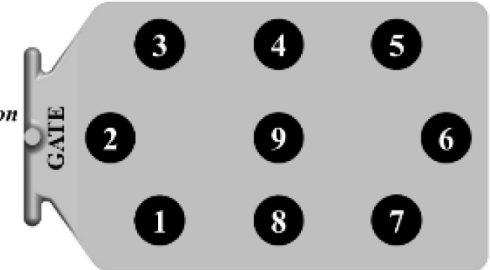
# RISULTATI – Temperature (EOF)

Filling\_Temperature  
Time = EOF  
[°C]



$T_{\text{stampo}} = 30\text{ °C}$   
 $t_{\text{iniezione}} = 0.94\text{ s}$

Flow direction



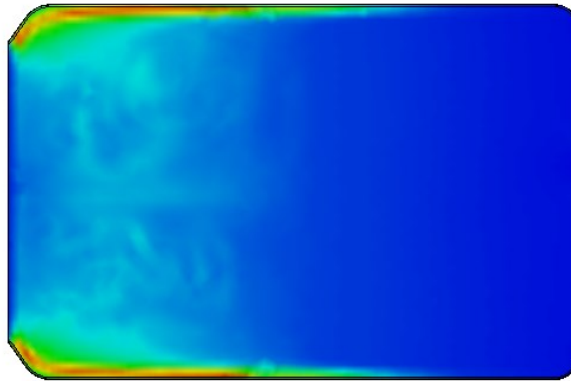
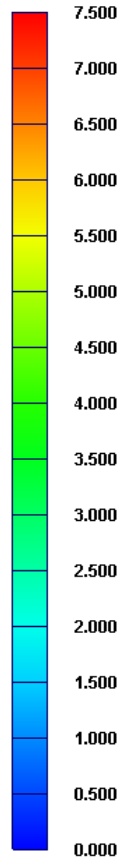
	2		6	
	cuore	pelle	cuore	pelle
$T_{\text{stampo}} = 30\text{ °C}$ $t_{\text{iniezione}} = 0.94\text{ s}$	203.6 °C	71 °C	208.3 °C	87 °C
$T_{\text{stampo}} = 70\text{ °C}$ $t_{\text{iniezione}} = 0.75\text{ s}$	204 °C	101 °C	209.6 °C	113 °C
$T_{\text{stampo}} = 30\text{ °C}$ $t_{\text{iniezione}} = 0.75\text{ s}$	204 °C	71 °C	210 °C	86 °C
$T_{\text{stampo}} = 70\text{ °C}$ $t_{\text{iniezione}} = 0.94\text{ s}$	203.8 °C	101 °C	207.6 °C	113.5 °C

# RISULTATI – Shear Stress

Filling\_Shear Stress

Time = EOF

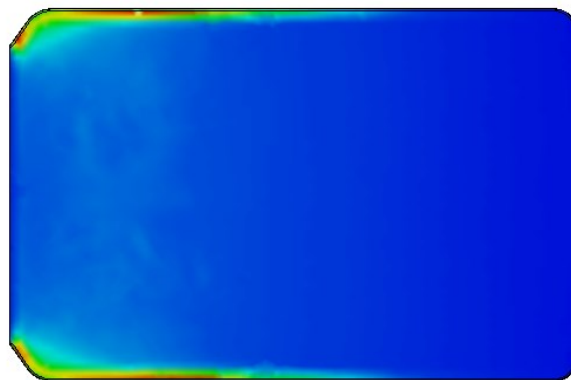
[MPa]



$T_{\text{stampo}} = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$   
 $t_{\text{iniezione}} = 0.94\text{ s}$  Max. Shear stress=7.8 MPa



$T_{\text{stampo}} = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$   
 $t_{\text{iniezione}} = 0.75\text{ s}$  Max. Shear stress=1.5 MPa



$T_{\text{stampo}} = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$   
 $t_{\text{iniezione}} = 0.75\text{ s}$  Max. Shear stress=7.8 MPa

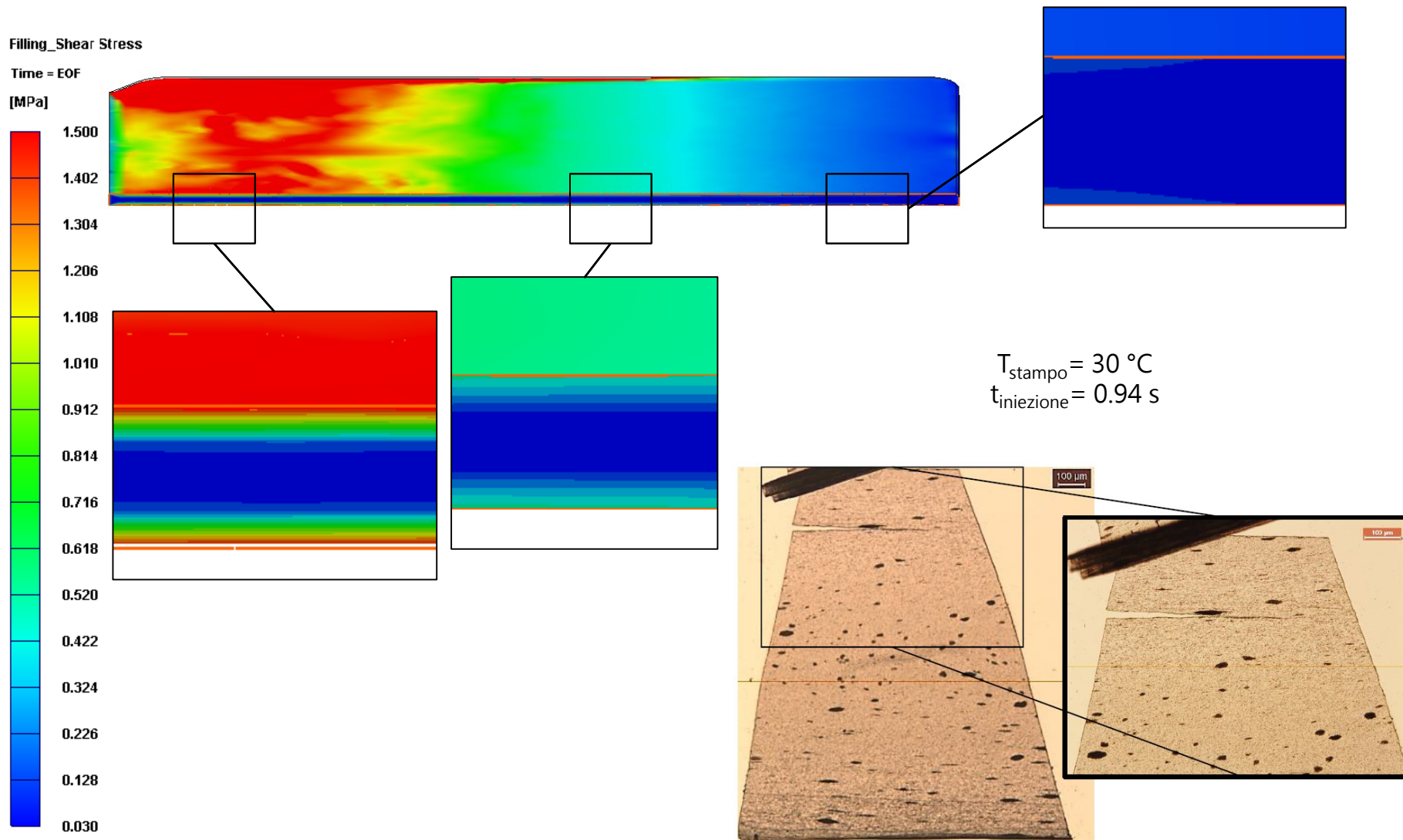


$T_{\text{stampo}} = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$   
 $t_{\text{iniezione}} = 0.94\text{ s}$  Max. Shear stress=1.95 MPa

- > Gli shear stress sono responsabili della morfologia degli agglomerati. Temperature stampo elevate migliorano gli stress totali.

# RISULTATI – Shear Stress

> Differenza tra shear stress sulla pelle e a cuore





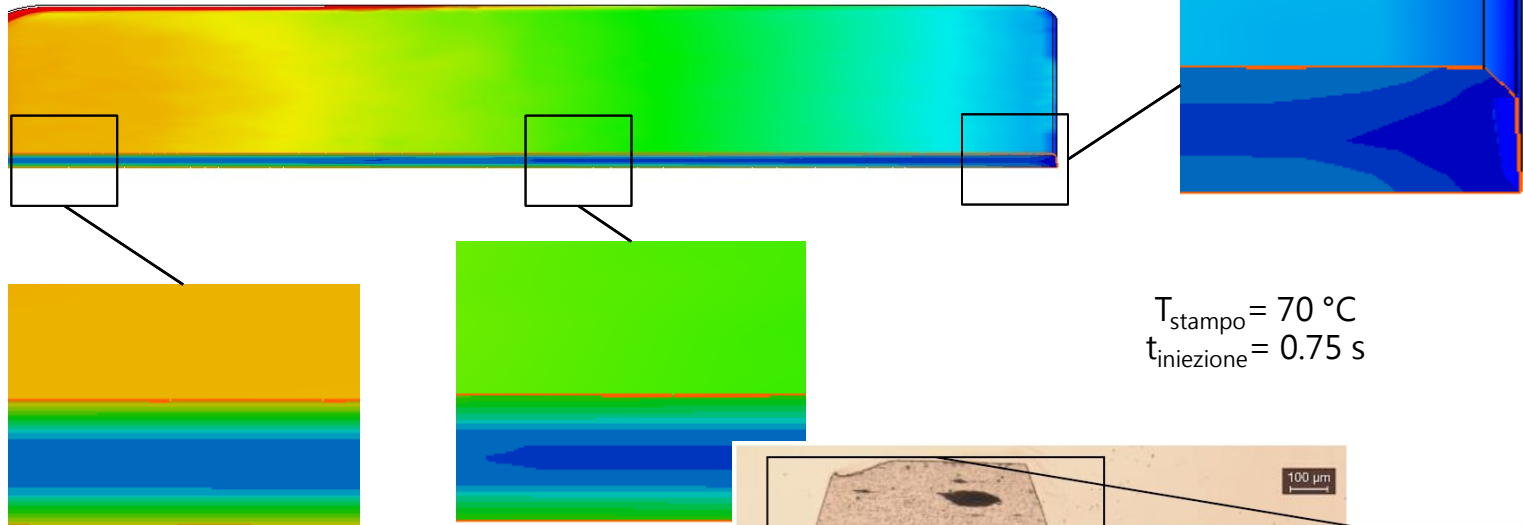
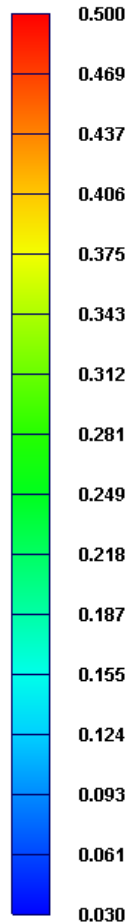
# RISULTATI – Shear Stress

> Differenza tra shear stress sulla pelle e a cuore

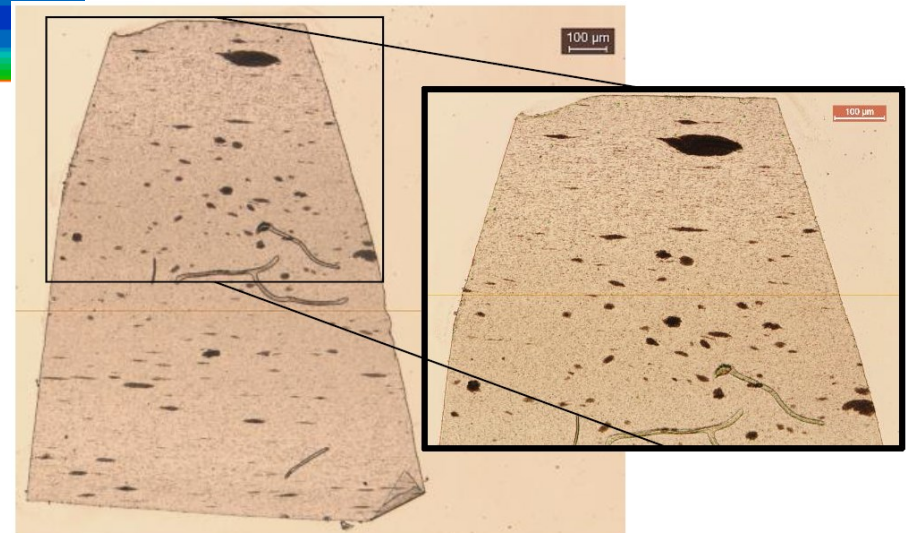
Filling\_Shear Stress

Time = EOF

[MPa]



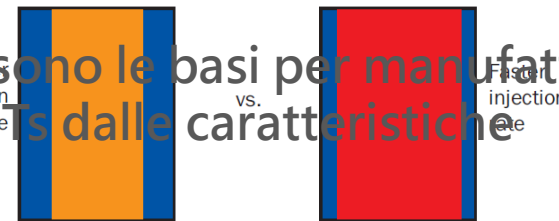
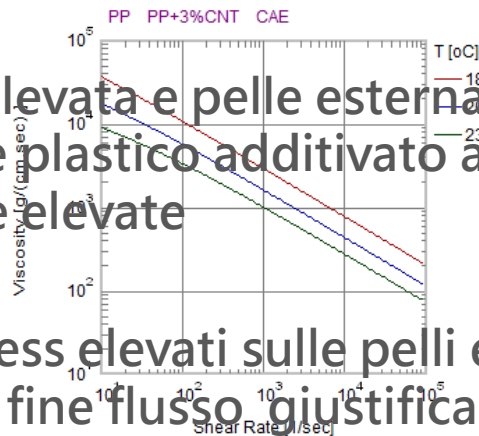
$T_{\text{stampo}} = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$   
 $t_{\text{iniezione}} = 0.75\text{ s}$



# DEDUZIONI

- > Secondo i precetti dello stampaggio a iniezione temperature elevate + alte velocità di iniezione = materiale più fluido  
T\_stampo elevata e alta velocità di iniezione = pelle esterna sottile

- > Fluidità elevata e pelle esterna sottile sono le basi per manufatti in materiale plastico additivato a MWCNTs dalle caratteristiche elettriche elevate



- > Shear stress elevati sulle pelli e bassi al cuore con temperature più elevate a fine flusso giustifica e avalla la teoria secondo la quale nelle pelli si formano agglomerati dalle proprietà elettriche inferiori rispetto a quelli formatisi a cuore.



- > I risultati virtuali si dimostrano congruenti con quelli sperimentali e forniscono nuove prospettive di interpretazione.

# PP/MWCNT: COMPONENTI STAMPATI A INIEZIONE

*Caso di studio – Stylus Pen*

# IL MANUFATTO

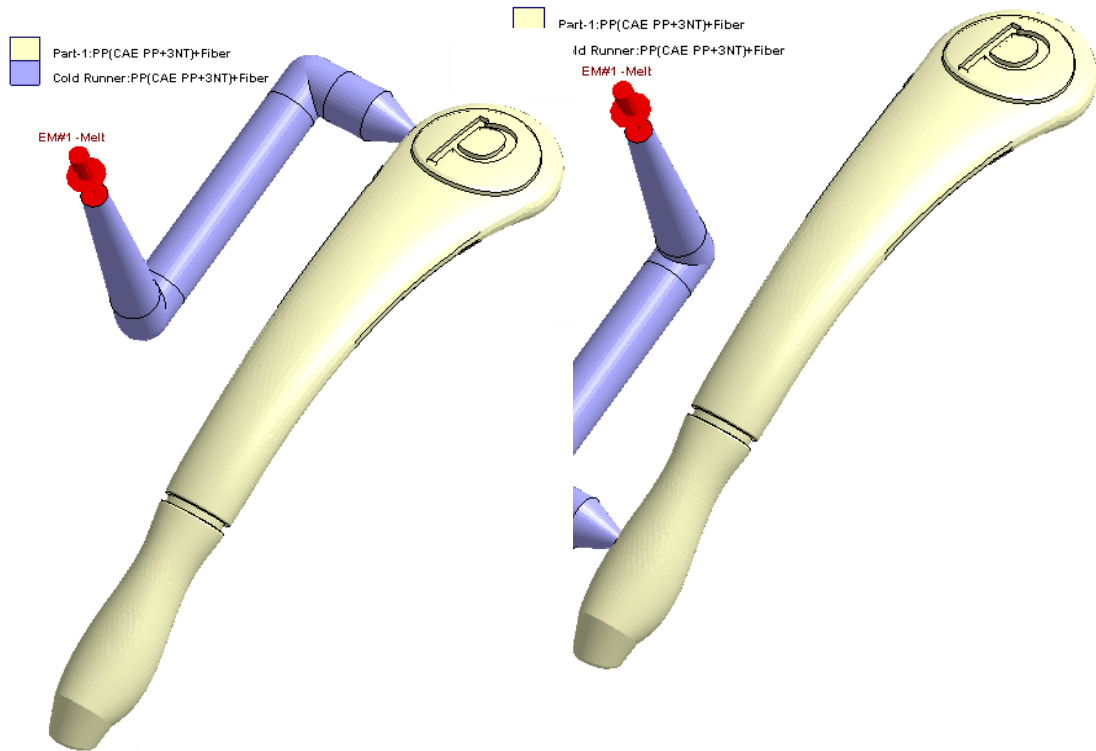
- > Modello 3D di penna capacitiva per touch screen
- > Pensata per essere interamente stampata ad iniezione
- > Indagati:

PUNTO DI INIEZIONE  
OTTIMALE

PARAMETRI DI  
PROCESSO IDEALI

- > Obiettivo: garantire la formazione di aggregati sferici nella zona della punta





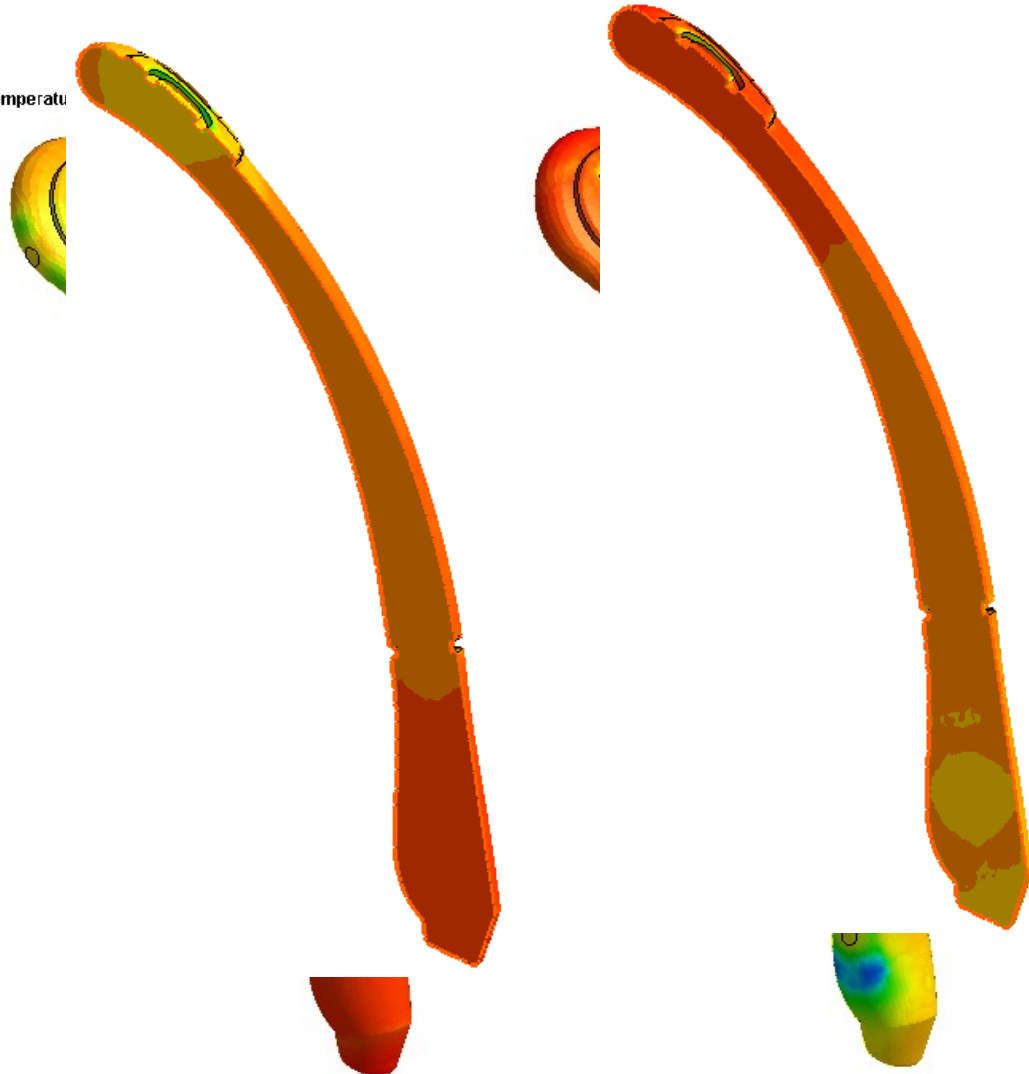
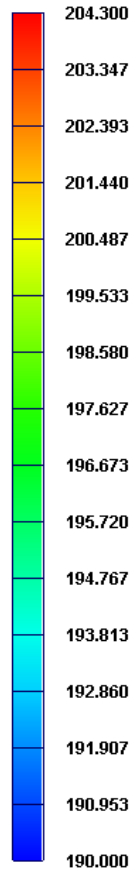
- > Due differenti punti di iniezione
- > Medesimi parametri di processo  
tempo d' iniezione = 1.3 s  
Temperatura stampo = 40°C  
Temperatura fuso= 200 °C
- > Temperature impostate seguendo i parametri di processo consigliati

# RISULTATI – Melt Front Temperature

Filling\_Melt Front Temperatu

Time = EOF

[°C]



> Le temperature più elevate si riscontrano a fine flusso

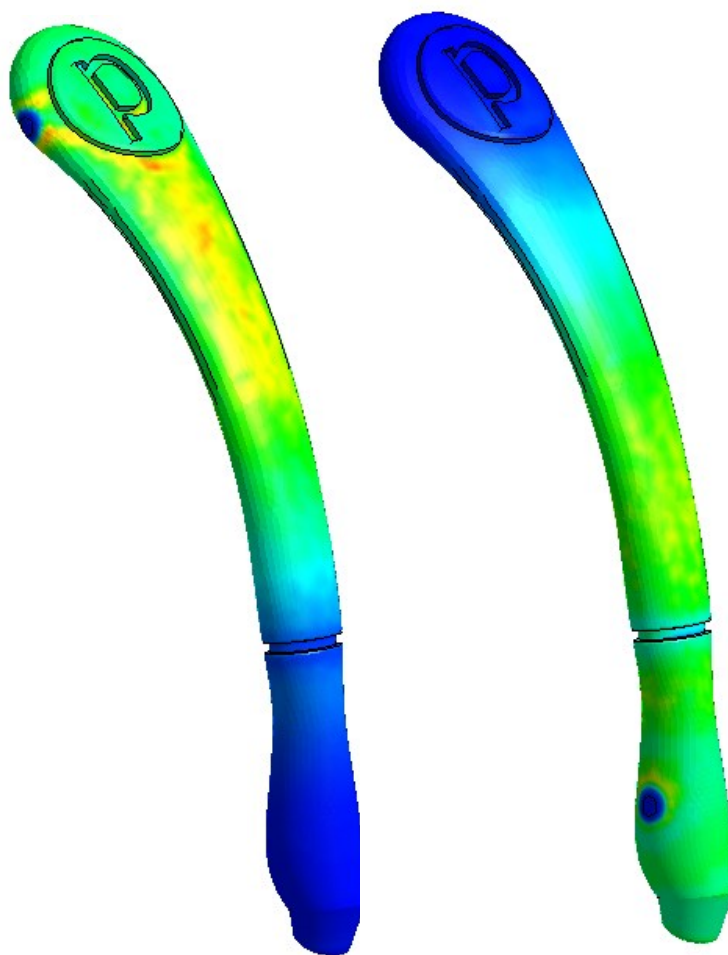
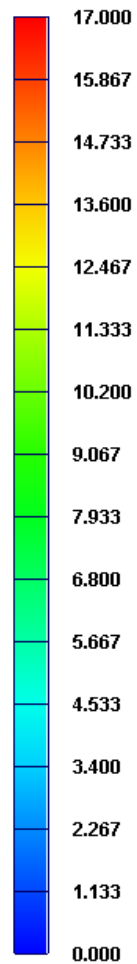


# RISULTATI – Shear Stress

Filling\_Shear Stress

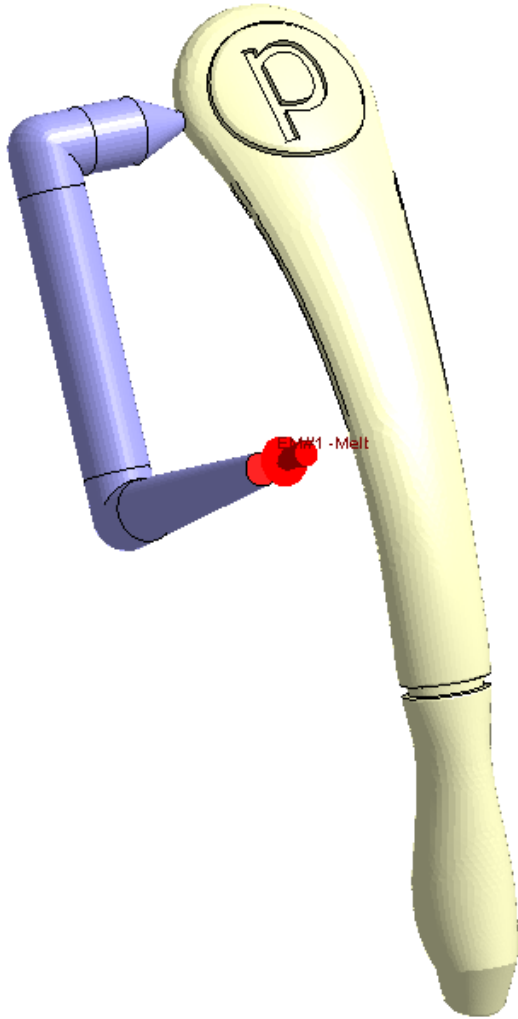
Time = EOF

[MPa]



> Anche gli shear stress si dimostrano più bassi a fine flusso

# IL MANUFATTO – punto d'iniezione



- > Risultati in linea con le prove analitiche
- > Migliore conduttività a fine flusso
- > Posizione ottimale del gate: in testa

# IL MANUFATTO – parametri di processo

> Studiati tre scenari per definire l' influenza dei parametri di processo

1

VELOCITÀ D' INIEZIONE

$t_{iniezione} = 1.3 \text{ s}$   
 $T_{stampo} = 40 \text{ °C}$   
 $T_{fuso} = 200 \text{ °C}$

$t_{iniezione} = 0.9 \text{ s}$   
 $T_{stampo} = 40 \text{ °C}$   
 $T_{fuso} = 200 \text{ °C}$

$t_{iniezione} = 0.9 \text{ s}$   
 $T_{stampo} = 20 \text{ °C}$   
 $T_{fuso} = 200 \text{ °C}$

2

TEMPERATURA STAMPO

$t_{iniezione} = 0.9 \text{ s}$   
 $T_{stampo} = 40 \text{ °C}$   
 $T_{fuso} = 200 \text{ °C}$

$t_{iniezione} = 0.9 \text{ s}$   
 $T_{stampo} = 60 \text{ °C}$   
 $T_{fuso} = 200 \text{ °C}$

3

TEMPERATURA FUSO

$t_{iniezione} = 0.9 \text{ s}$   
 $T_{stampo} = 60 \text{ °C}$   
 $T_{fuso} = 200 \text{ °C}$

$t_{iniezione} = 0.9 \text{ s}$   
 $T_{stampo} = 60 \text{ °C}$   
 $T_{fuso} = 230 \text{ °C}$

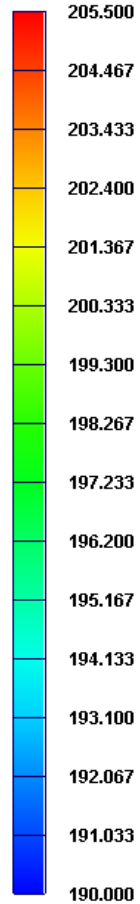
# RISULTATI (1) – Melt Front Temperature

VELOCITÀ  
D' INIEZIONE

Filling\_Melt Front Temperature

Time = EOF

[°C]



$t_{iniezione} = 1.3 \text{ s}$   
 $T_{stampo} = 40 \text{ °C}$   
 $T_{fuso} = 200 \text{ °C}$

$t_{iniezione} = 0.9 \text{ s}$   
 $T_{stampo} = 40 \text{ °C}$   
 $T_{fuso} = 200 \text{ °C}$

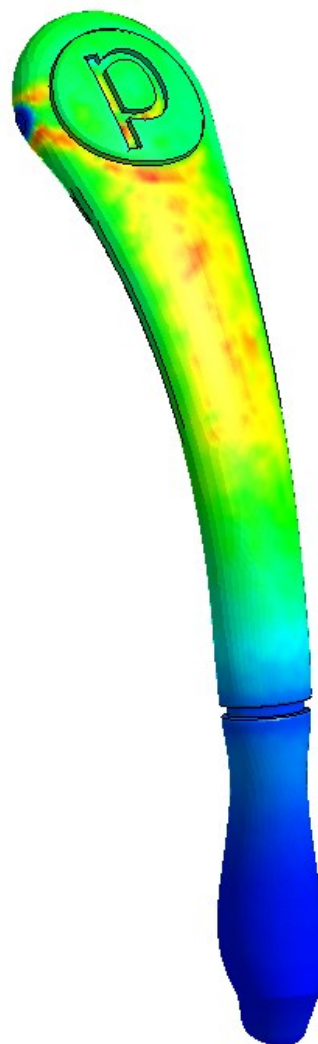
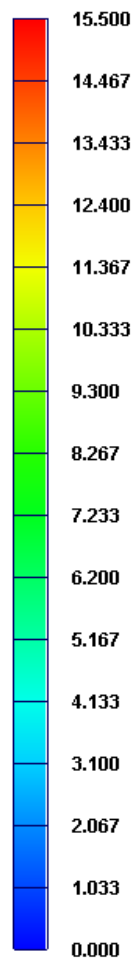
> Maggiore velocità di iniezione, maggiore temperature a fine flusso

# RISULTATI (1) – Shear Stress

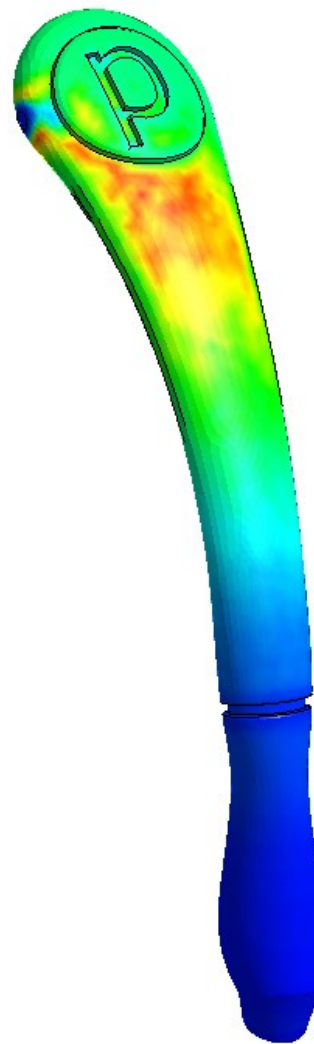
Filling\_Shear Stress

Time = EOF

[MPa]



$t_{iniezione} = 1.3 \text{ s}$   
 $T_{stampo} = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$   
 $T_{fuso} = 200 \text{ }^{\circ}\text{C}$



$t_{iniezione} = 0.9 \text{ s}$   
 $T_{stampo} = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$   
 $T_{fuso} = 200 \text{ }^{\circ}\text{C}$

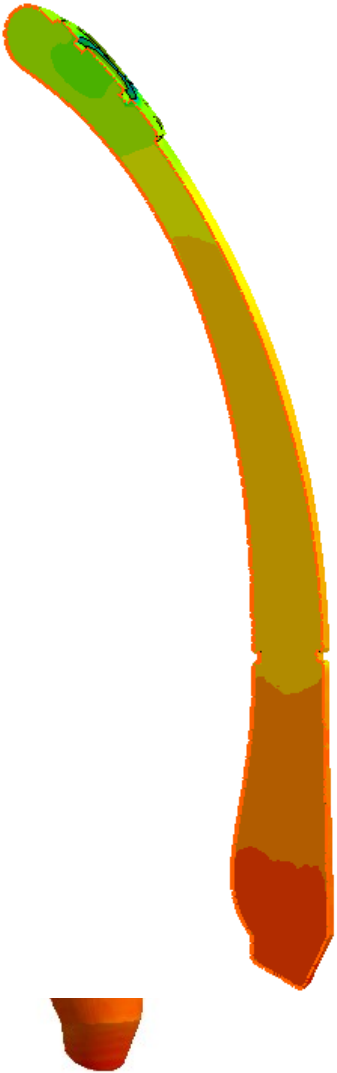
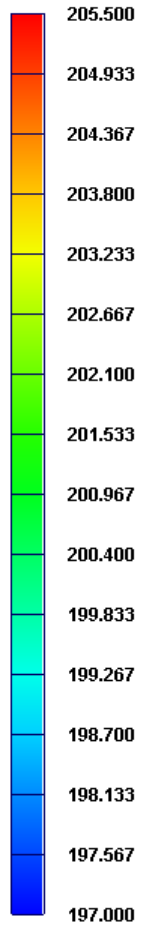
# RISULTATI (2) – Melt Front Temperature

TEMPERATURA STAMPO

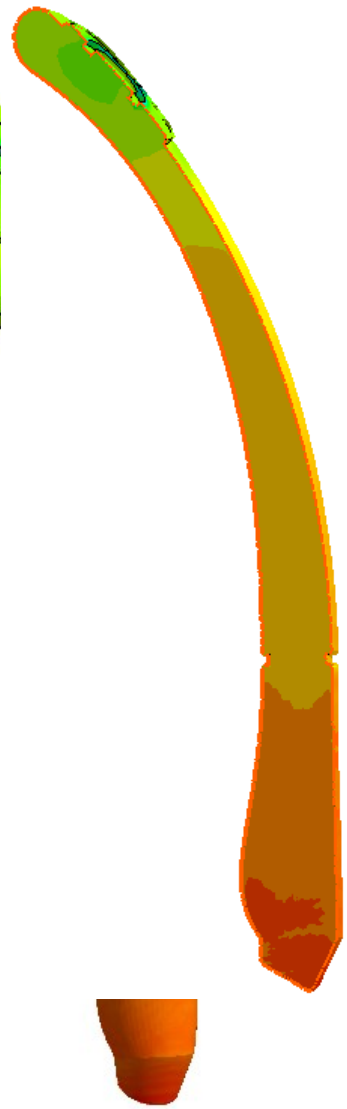
Filling\_Melt Front Temperature

Time = EOF

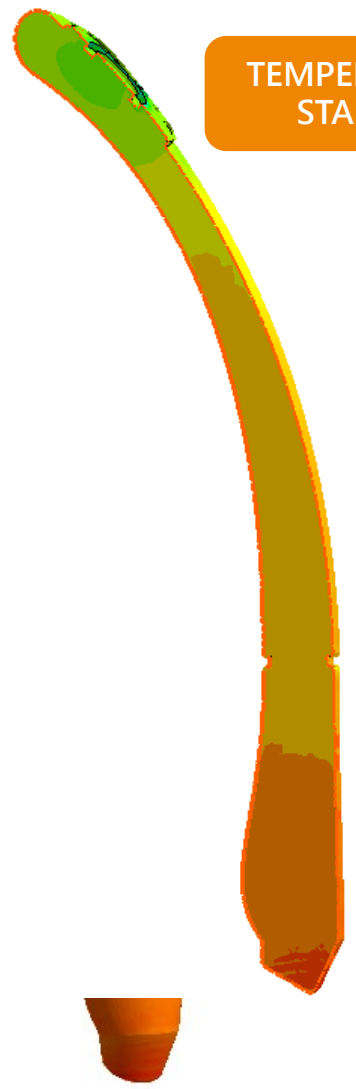
[oC]



$t_{iniezione} = 0.9 \text{ s}$   
 $T_{stampo} = 20 \text{ °C}$   
 $T_{fuso} = 200 \text{ °C}$



$t_{iniezione} = 0.9 \text{ s}$   
 $T_{stampo} = 40 \text{ °C}$   
 $T_{fuso} = 200 \text{ °C}$



$t_{iniezione} = 0.9 \text{ s}$   
 $T_{stampo} = 60 \text{ °C}$   
 $T_{fuso} = 200 \text{ °C}$

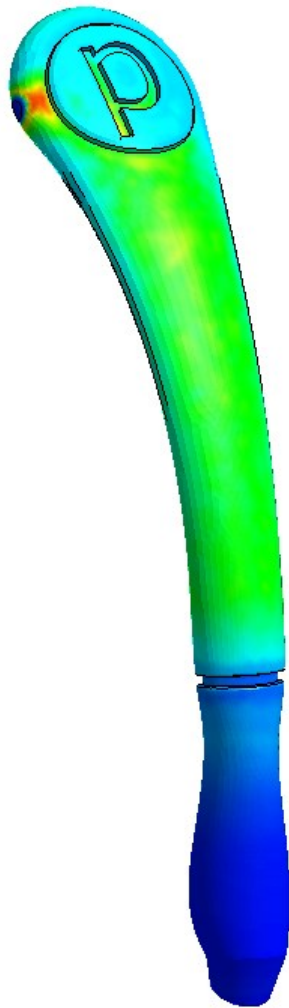
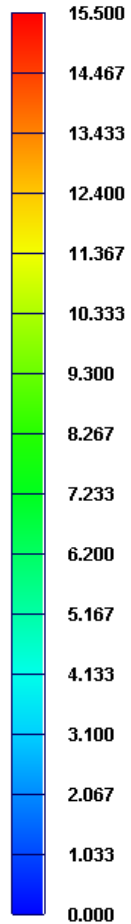


# RISULTATI (2) – Shear Stress

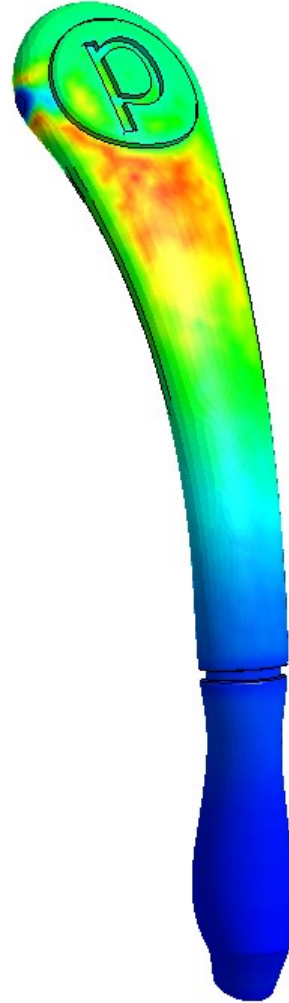
Filling\_Shear Stres

Time = EOF

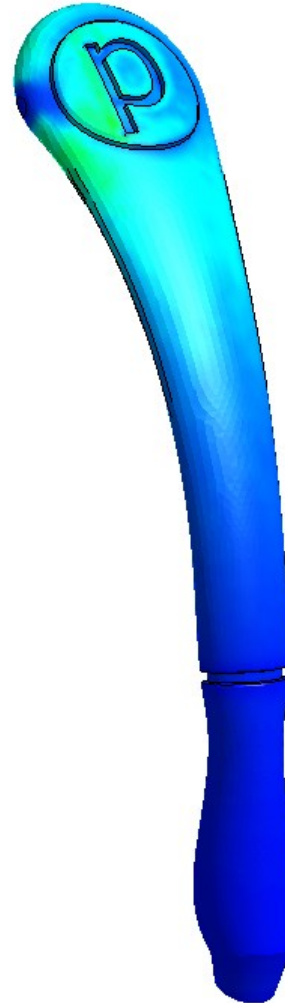
[MPa]



$t_{iniezione} = 0.9 \text{ s}$   
 $T_{stampo} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$   
 $T_{fuso} = 200 \text{ }^\circ\text{C}$



$t_{iniezione} = 0.9 \text{ s}$   
 $T_{stampo} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$   
 $T_{fuso} = 200 \text{ }^\circ\text{C}$



$t_{iniezione} = 0.9 \text{ s}$   
 $T_{stampo} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$   
 $T_{fuso} = 200 \text{ }^\circ\text{C}$

> Evidenti miglioramenti a livello di stress apportati da una temperatura stampo più alta

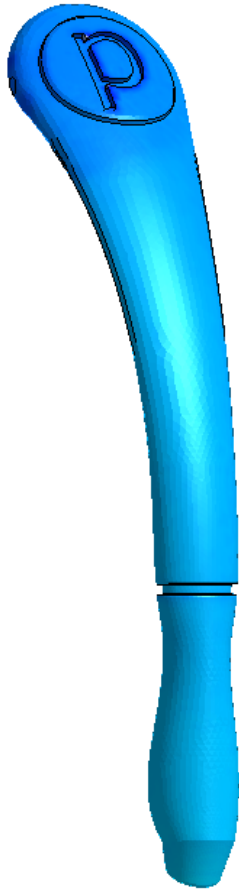
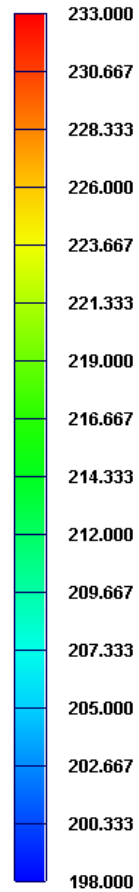
# RISULTATI (3) – Melt Front Temperature

TEMPERATURA FUSO

Filling\_Melt Front Temperature

Time = EOF

[oC]

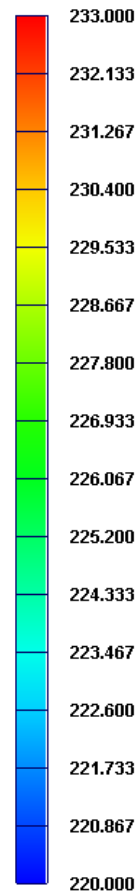


$t_{iniezione} = 0.9 \text{ s}$   
 $T_{stampo} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$   
 $T_{fuso} = 200 \text{ }^\circ\text{C}$

Filling\_Melt Front Temperature

Time = EOF

[oC]



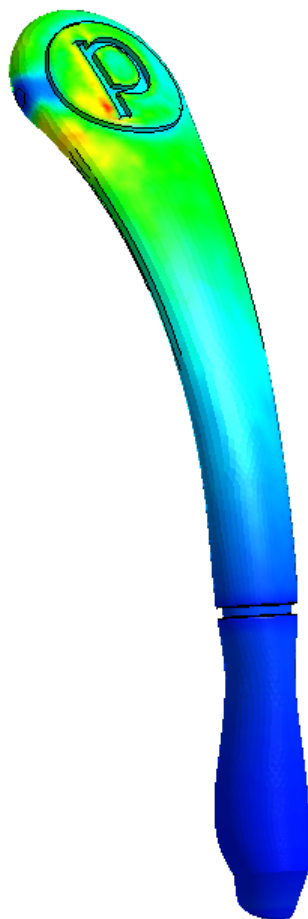
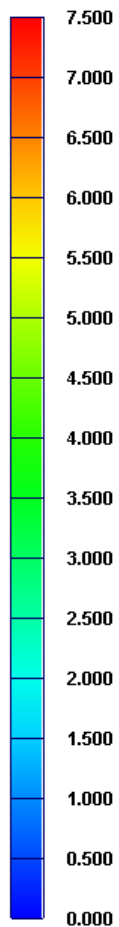
$t_{iniezione} = 0.9 \text{ s}$   
 $T_{stampo} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$   
 $T_{fuso} = 230 \text{ }^\circ\text{C}$

# RISULTATI (3) – Shear Stress

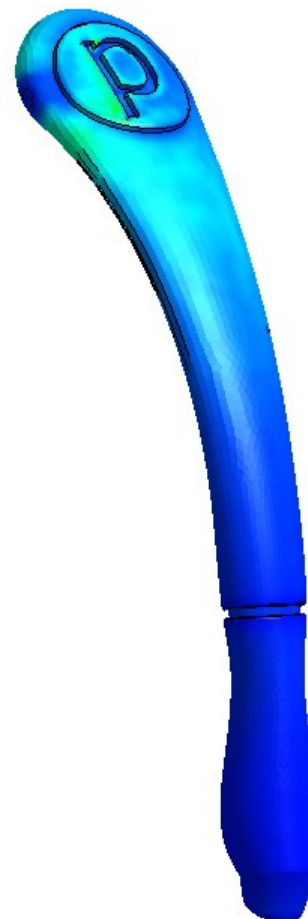
Filling\_Shear Stress

Time = EOF

[MPa]



$t_{\text{iniezione}} = 0.9 \text{ s}$   
 $T_{\text{stampo}} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$   
 $T_{\text{fuso}} = 200 \text{ }^\circ\text{C}$



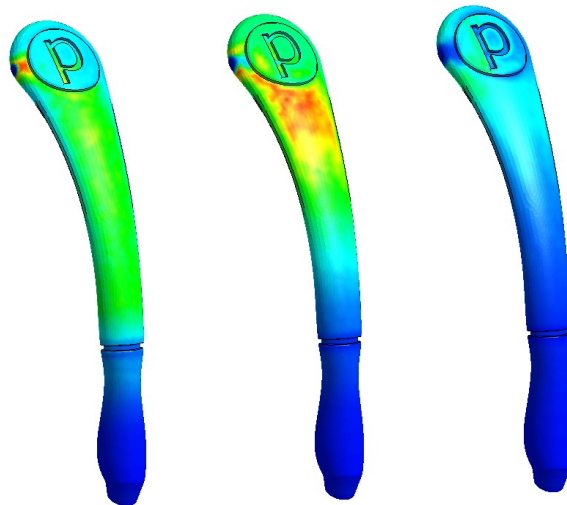
$t_{\text{iniezione}} = 0.9 \text{ s}$   
 $T_{\text{stampo}} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$   
 $T_{\text{fuso}} = 230 \text{ }^\circ\text{C}$

# CONCLUSIONI

- > Lo studio analitico e la validazione dei dati sperimentali hanno permesso di definire i parametri che influenzano le caratteristiche elettriche dei manufatti stampati ad iniezione con nanocompositi
- > Dalle deduzioni precedenti è stata determinata la disposizione ottimale del gate e i migliori parametri di processo al fine di ottenere una penna per touch screen con concentrazione di agglomerati sferici nella zona della punta
- > Dal caso di studio applicato alla Stylus Pen emerge una marcata influenza della temperatura del fuso sia sulle temperature del fronte di flusso sia sugli shear stress.

# CONCLUSIONI

- > La temperatura stampo si dimostra influente solo dal punto di vista degli shear stress a livello del corpo della penna. In tutti e tre gli scenari considerati la punta presenta shear stress sufficientemente contenuti.
- > Il caso di studio della Stylus Pen ha permesso di applicare virtualmente i principi alla base della conducibilità dei materiali nanocompositi considerati e ha dimostrato una notevole sensibilità del metodo di calcolo sia all' andamento del flusso che ai parametri di iniezione





# Thank You

**Andrea Romeo**

Consorzio Proplast

Head of Engineering Dept

[andrea.romeo@proplast.it](mailto:andrea.romeo@proplast.it)

+39 01311859743

[www.proplast.it](http://www.proplast.it)

## Moldex3D

[www.moldex3d.com](http://www.moldex3d.com)

Copyright © 2018 Moldex3D. All rights reserved.