



Progettazione e sviluppo di soluzioni applicative per l'innovazione industriale

Adelaide Nespoli

Sede Secondaria di Lecco

La Sede di Lecco è in grado di ricoprire tutte le attività della filiera produttiva che riguarda le **Leghe a Memoria di Forma (SMA)**



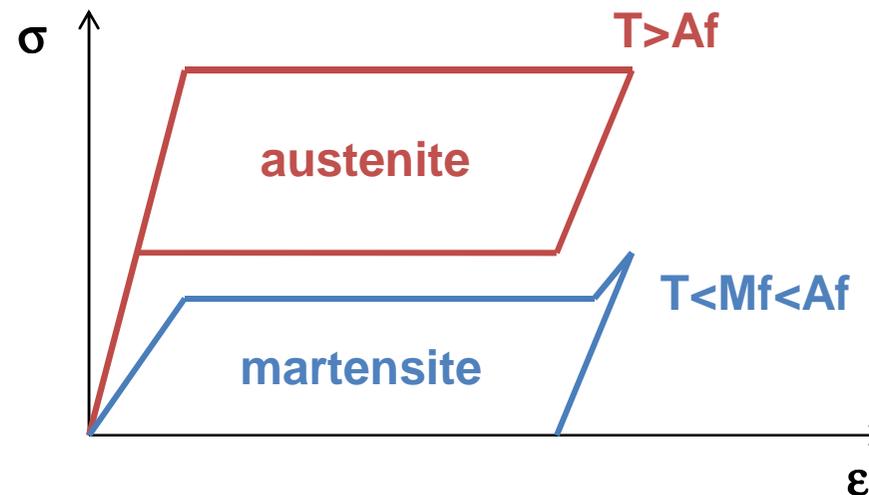
Come ultimo step di questa filiera c'è il prodotto attuatore, inteso sia come elemento SMA pronto per essere integrato in un sistema complesso, sia come dispositivo comprendente l'elemento SMA



Nei laboratori della sede di Lecco sono stati sviluppati numerosi dispositivi (dimostratori/prototipi) a base SMA, all'interno di progetti, collaborazioni scientifiche e Conto Terzi

CARATTERISTICA PRINCIPALE LEGHE SMA

coesistenza di due fasi solide nello stesso materiale, stabili a due temperature differenti, profondamente diverse tra di loro sia dal punto di vista microstrutturale che funzionale



Queste curve sono specifiche della lega, della storia termomeccanica e del trattamento termico di formatura

La temperatura di utilizzo T è un parametro chiave nella progettazione di un dispositivo SMA

CARATTERISTICA PRINCIPALE LEGHE SMA

coesistenza di due fasi solide nello stesso materiale, stabili a due temperature differenti, profondamente diverse tra di loro sia dal punto di vista microstrutturale che funzionale



REQUISITI DI PROGETTAZIONE DISPOSITIVO SMA

- **T di lavoro**
 - **Forze in gioco**
 - **Corse ed ingombri**
- *lega, cold working, TT*
 - *geometria*
-
- **energie disponibili (se attivo)**
 - **No. Cicli di funzionamento**

CONTENUTI

Verrà presentato il principio base dell'attuazione SMA attraverso tre esempi reali che mettono in luce le peculiarità del funzionamento delle leghe a memoria di forma

- Es1 la pseudoelasticità
- Es2 la memoria di forma
- Es3 memoria di forma + pseudoelasticità

- Altri esempi

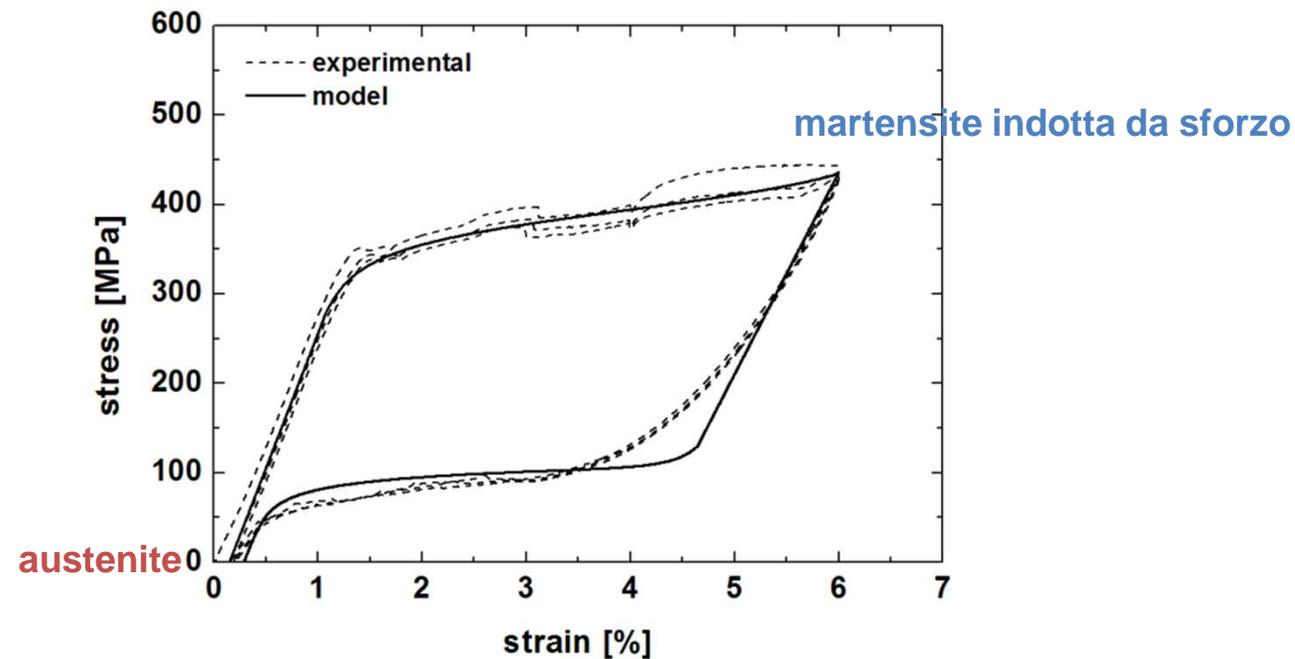
ES1: LA PSEUDOELASTICITA': ATTUATORE PASSIVO

DAMPER PER USO CIVILE (pr. INTEGRATE – AQ Regione Lombardia & CNR)

REQUISITI DI PROGETTAZIONE	
Tipo di movimento e bidirezionalità	<i>lineare, secondo la direzione principale e nei due versi preferenziali</i>
Ingombro	<i>inferiore a 40cm</i>
Forze massime	<i>200Kg (c.a.)</i>
Ricentraggio	√
Innovazione	√

ES1: LA PSEUDOELASTICITA': ATTUATORE PASSIVO

DAMPER PER USO CIVILE (pr. INTEGRATE – AQ Regione Lombardia & CNR)



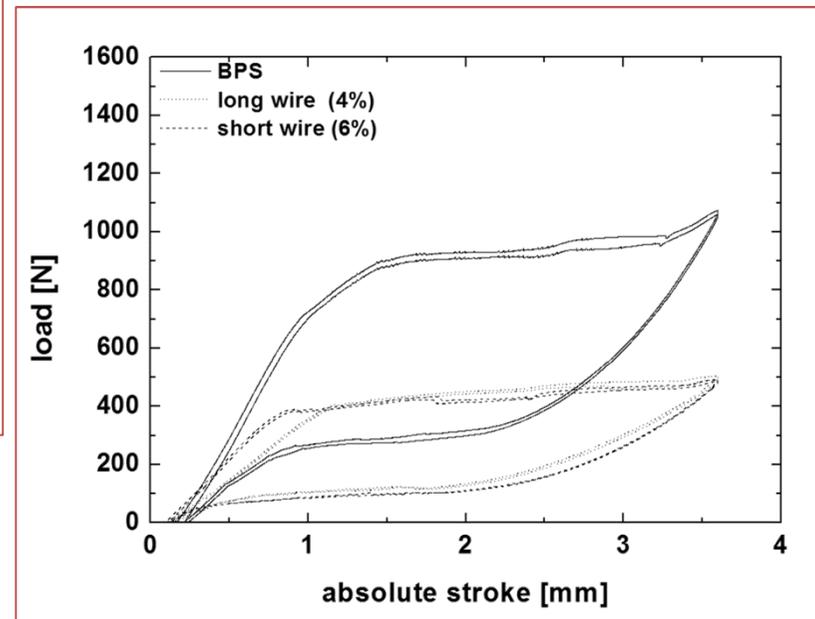
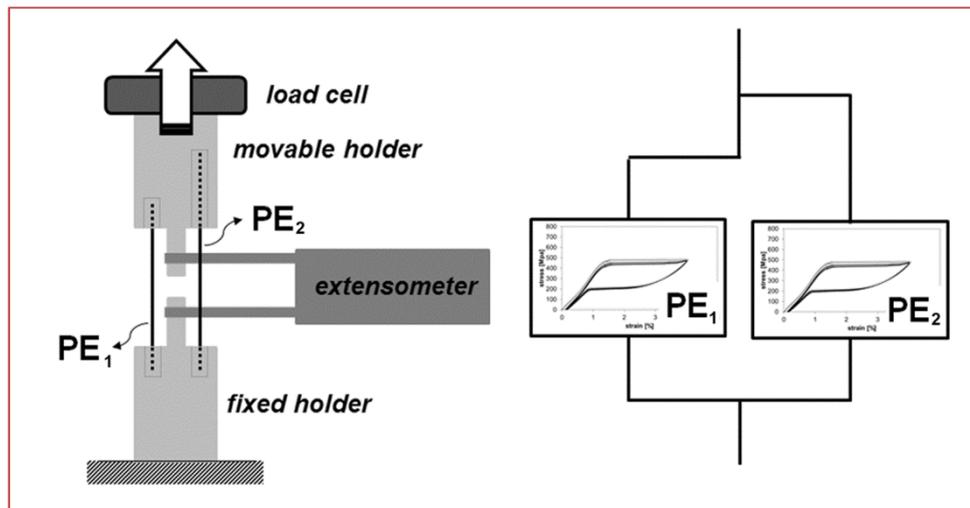
- elemento SMA: filo dia. 1,2mm
- T utilizzo > $A_f \sim 20^\circ\text{C}$
- obiettivo: ampliare e modulare la risposta del filo singolo

ES1: LA PSEUDOELASTICITA': ATTUATORE PASSIVO

DAMPER PER USO CIVILE (pr. INTEGRATE – AQ Regione Lombardia & CNR)

Soluzione: N fili di lunghezza diversa che lavorano in parallelo

Schematizzazione con due fili

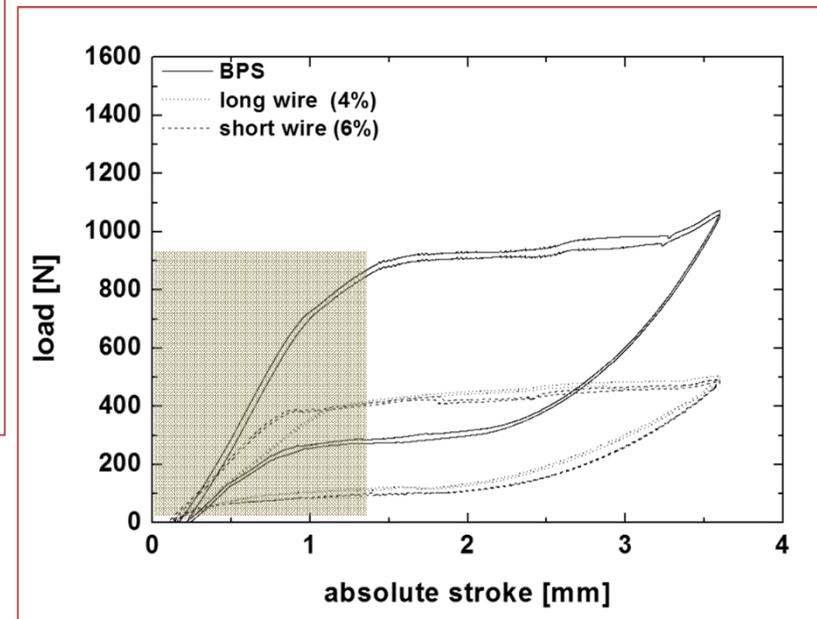
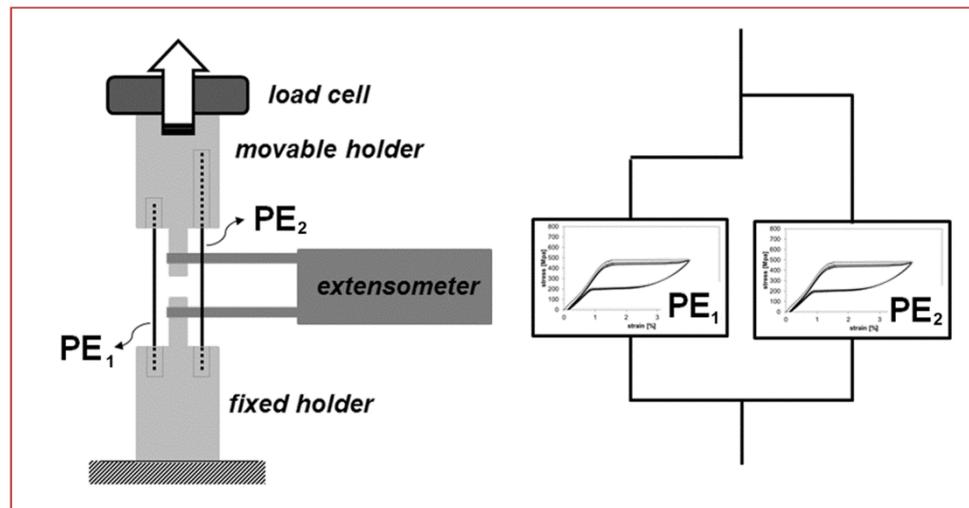


ES1: LA PSEUDOELASTICITA': ATTUATORE PASSIVO

DAMPER PER USO CIVILE (pr. INTEGRATE – AQ Regione Lombardia & CNR)

Soluzione: N fili di lunghezza diversa che lavorano in parallelo

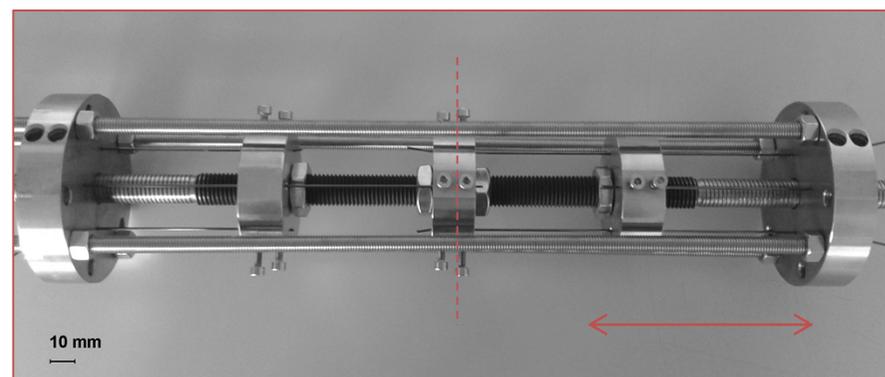
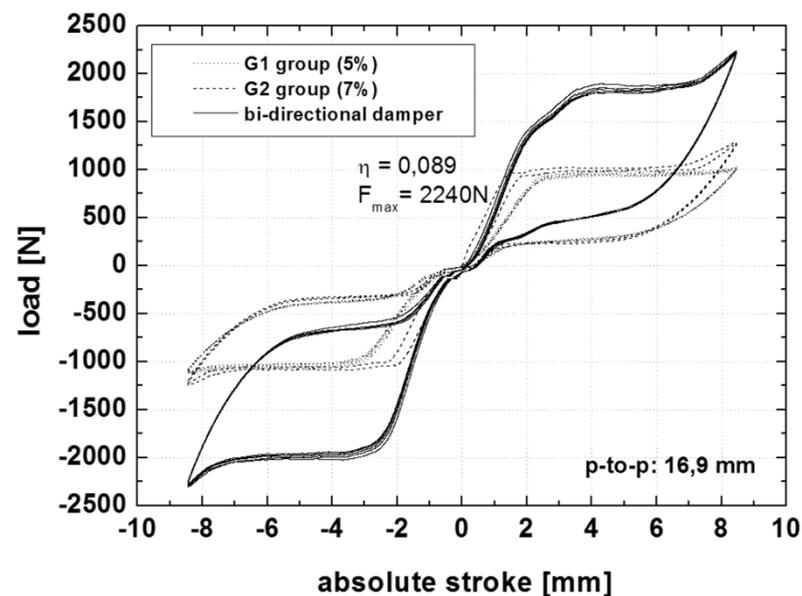
Schematizzazione con due fili



ES1: LA PSEUDOELASTICITA': ATTUATORE PASSIVO

DAMPER PER USO CIVILE (pr. INTEGRATE – AQ Regione Lombardia & CNR)

CARATTERIZZAZIONE STATICA



strain of bi-directional system (two groups of NiTi wires) [%]	Damping capacity	energy dissipated per cycle [Nmm]	Fmax [N]
group 1: 3% group 2: 5%	0.081	3855	2170
group 1: 3% group 2: 6%	0.086	4639	2344
group 1: 4% group 2: 6%	0.085	5550	2153
group 1: 5% group 2: 7%	0.089	7461	2240

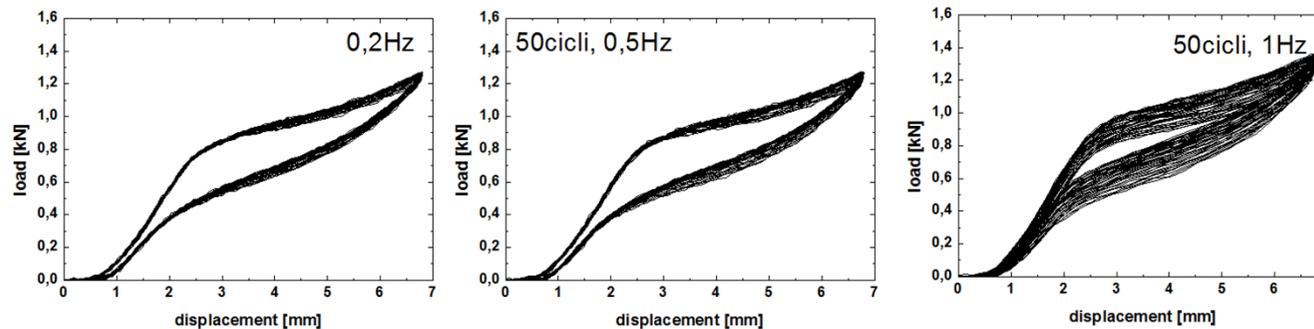
ES1: LA PSEUDOELASTICITA': ATTUATORE PASSIVO

DAMPER PER USO CIVILE (pr. INTEGRATE – AQ Regione Lombardia & CNR)

OGGI:

CARATTERIZZAZIONE DINAMICA *collaborazione scientifica con la Sede IENI di Milano*

- studiare i requisiti di letteratura
- studiare i requisiti da Norma
(DM1401-2008 *Norme tecniche di costruzione*, EN 15129-2010 *Anti-seismic devices*)



MODELLAZIONE NUMERICA *dottorato di ricerca in collab. con il dip. di Tecnologie Aerospaziali del Politecnico di Milano e l'INAF-OAB di Merate*

- simulare il comportamento di sistemi più complessi

ES2: LA MEMORIA DI FORMA: ATTUATORE ATTIVO

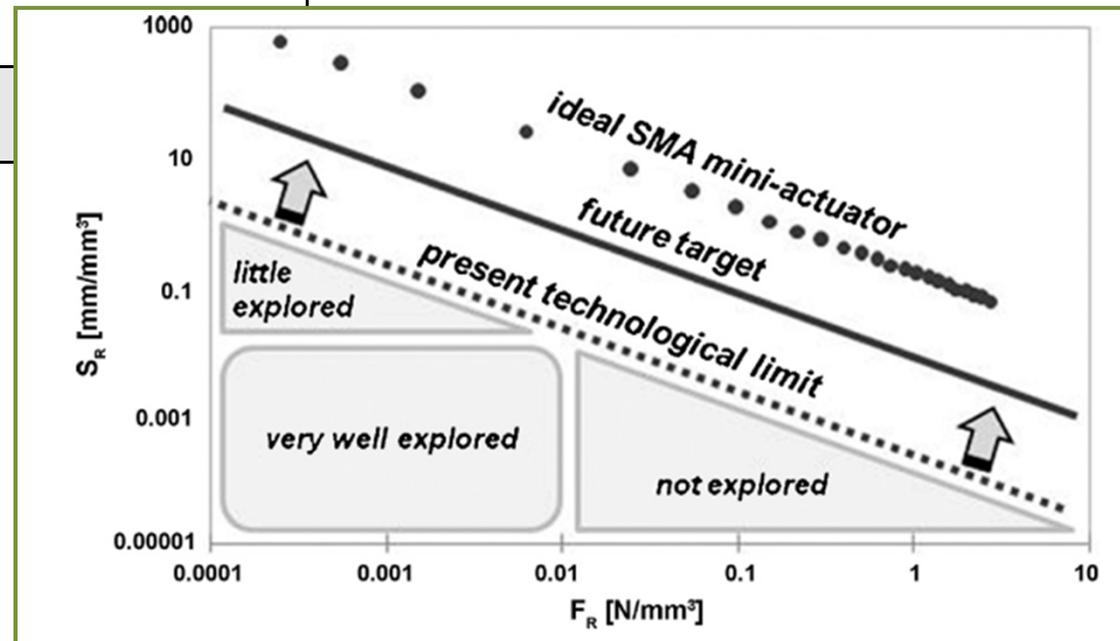
ATTUATORE SNAKE-LIKE MINIATURIZZATO (pr. MINDinITALY – AQ Regione Lombardia & CNR)

REQUISITI DI PROGETTAZIONE

Tipo di movimento e bidirezionalità	Rotazionale e nei due versi preferenziali
--	---

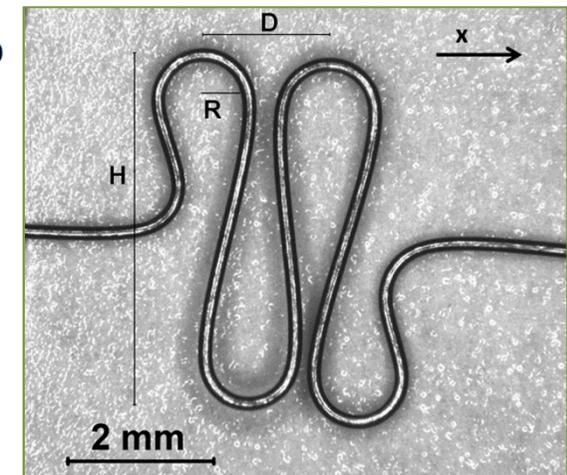
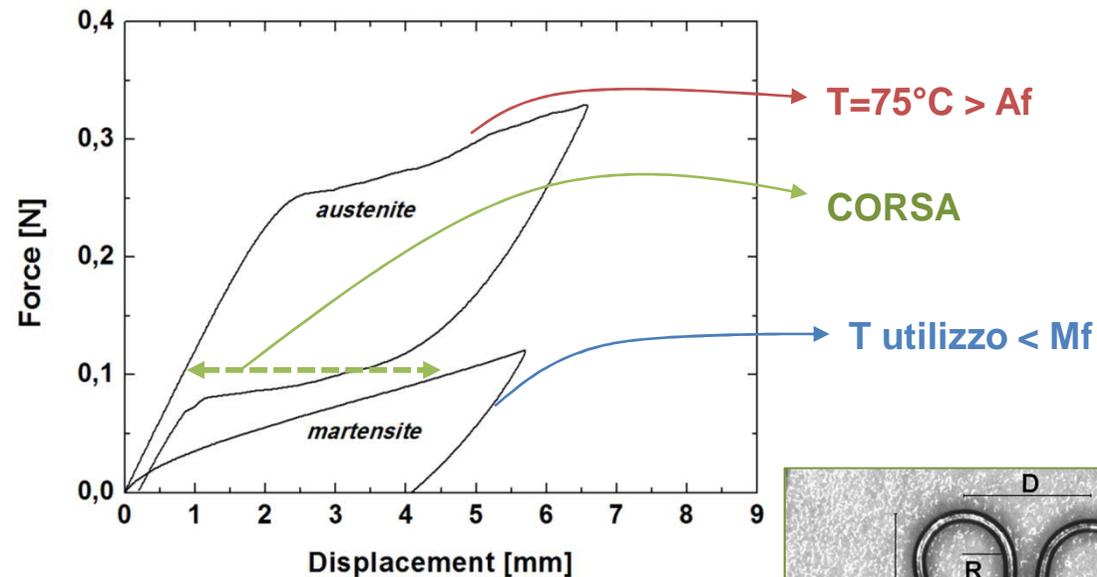
Ingombro	Max 1 cm ³
-----------------	-----------------------

Innovazione	√
--------------------	---



ES2: LA MEMORIA DI FORMA: ATTUATORE ATTIVO

ATTUATORE SNAKE-LIKE MINIATURIZZATO (pr. MINDinITALY – AQ Regione Lombardia & CNR)



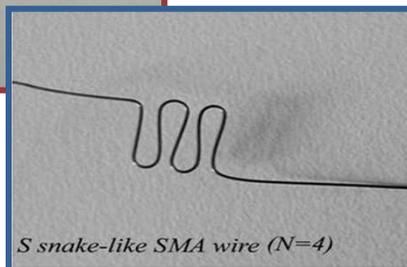
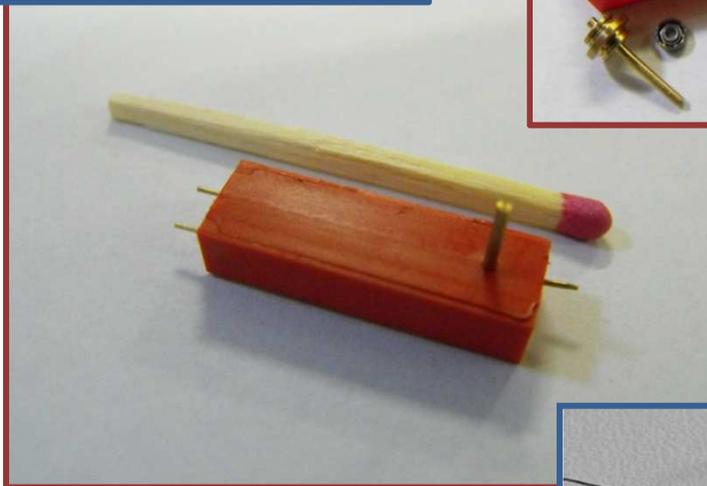
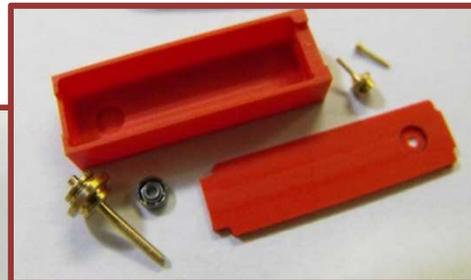
- elemento SMA: filo dia. 0,2mm con geometria *snake-like*
- $T \text{ utilizzo} \sim 20^{\circ}\text{C}$

ES2: LA MEMORIA DI FORMA: ATTUATORE ATTIVO

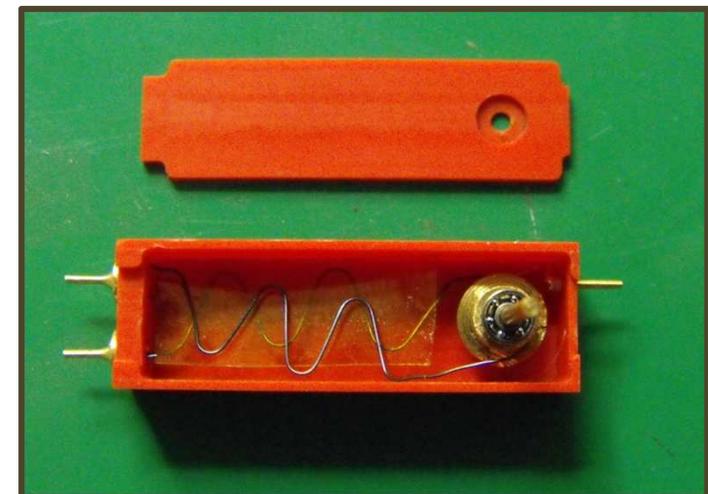
ATTUATORE SNAKE-LIKE MINIATURIZZATO (pr. MINDinITALY – AQ Regione Lombardia & CNR)

Attuatore rotazionale miniaturizzato

$V=1\text{cm}^3$ ($8\times 25\times 5\text{mm}^3$)
 $w=1.13\text{g}$

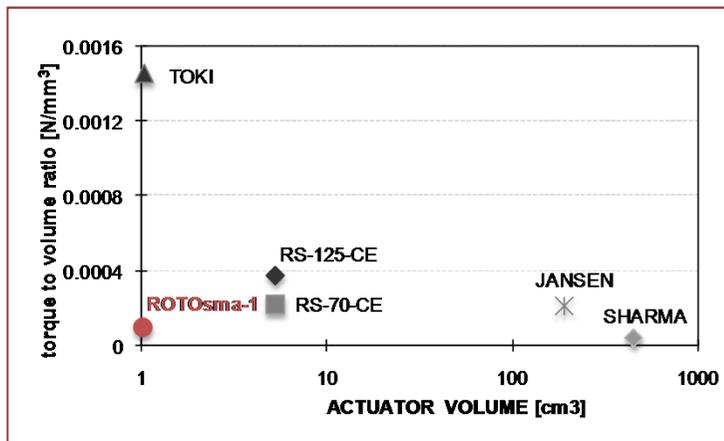
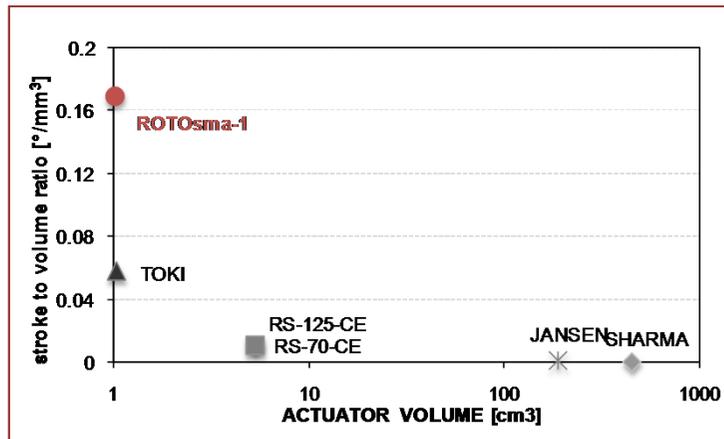


ROTOsma-1

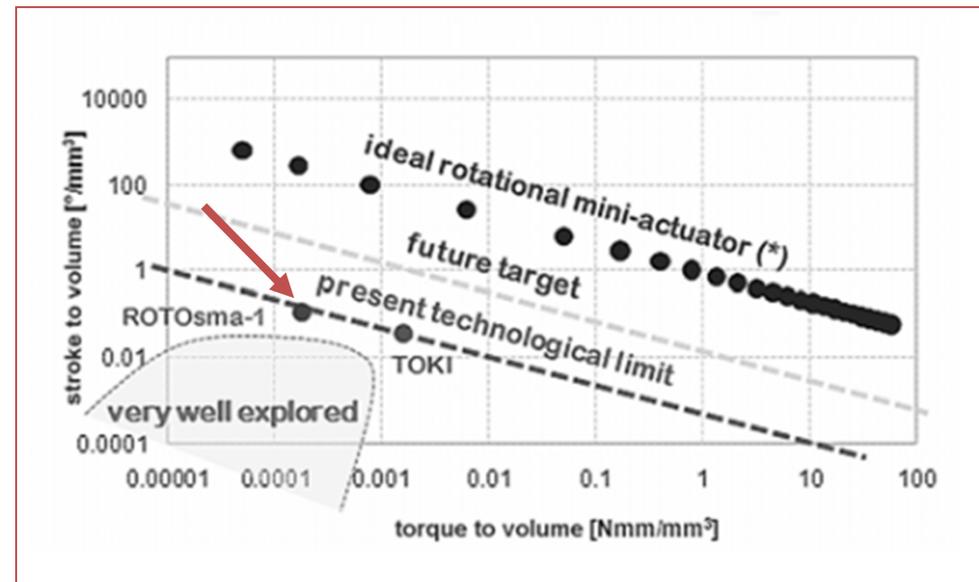


ES2: LA MEMORIA DI FORMA: ATTUATORE ATTIVO

ATTUATORE SNAKE-LIKE MINIATURIZZATO (pr. MINDinITALY – AQ Regione Lombardia & CNR)



Attuatore rotazionale miniaturizzato



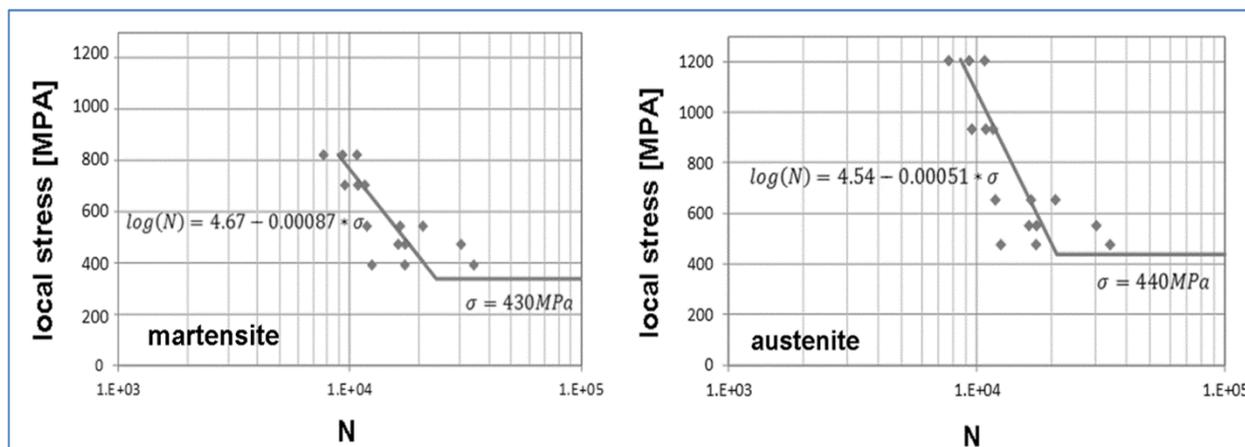
ES2: LA MEMORIA DI FORMA: ATTUATORE ATTIVO

ATTUATORE SNAKE-LIKE MINIATURIZZATO (pr. MINDinITALY – AQ Regione Lombardia & CNR)

OGGI:

INDAGINE GEOMETRIA SNAKE *tesi di laurea in collab. con il Politecnico di Milano dip. di Ingegneria Civile e Ambientale*

- *Ottimizzazione tempi di attuazione*
- *Studio a fatica*



ULTERIORE MINIATURIZZAZIONE MEDIANTE TECNOLOGIA DI TAGLIO LASER *tesi di laurea in collab. Con il dip. Di Meccanica del Politecnico di Milano*

ES3: MEMORIA DI FORMA + PSEUDOELASTICITA'

SUTURA SMA (COLLABORAZIONE SCIENTIFICA CON IL NEUROCHIRURGO VILLIAM DALLOLIO)

**Dispositivo nato da una precisa esigenza medica:
agevolare la sutura mini-invasiva in campi operatori profondi e ristretti**

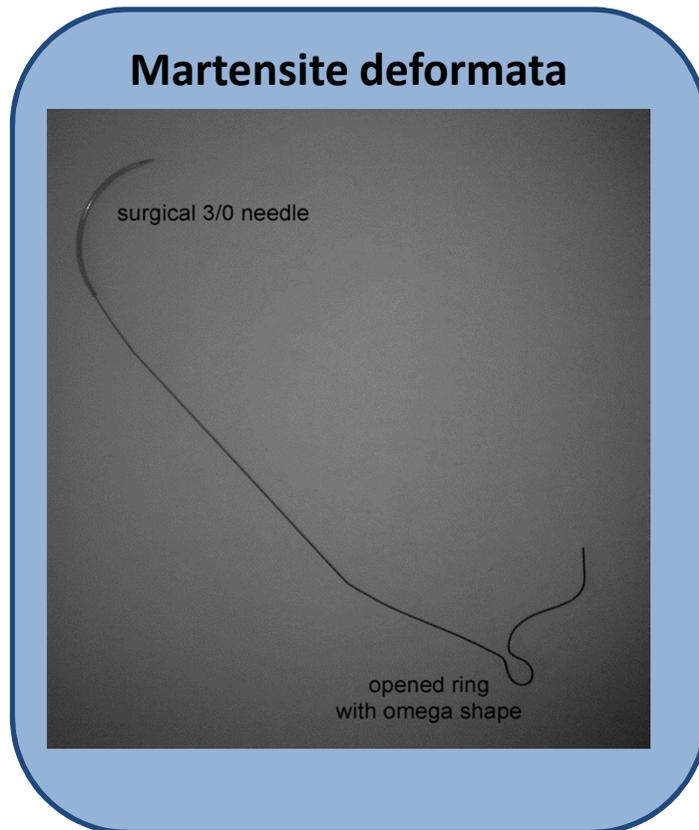
- E' stato sviluppato un tipo di sutura a base SMA (a singolo punto)
- Il nuovo dispositivo è composto da: un filo NiTi preparato in modo da recuperare la forma di anello a singola spira; all'estremità del filo è fissato un ago da sutura 'standard' Il tipo di sutura è a punti separati
- Procedura chirurgica: il medico riceve il singolo punto in conformazione di martensite deformata; dispone il punto tra i lembi da suturare; taglia le estremità del filo NiTi; scalda il punto fino a completo recupero della forma (*austenite*)

ES3: MEMORIA DI FORMA + PSEUDOELASTICITA'

SUTURA SMA (COLLABORAZIONE SCIENTIFICA CON IL NEUROCHIRURGO VILLIAM DALLOLIO)

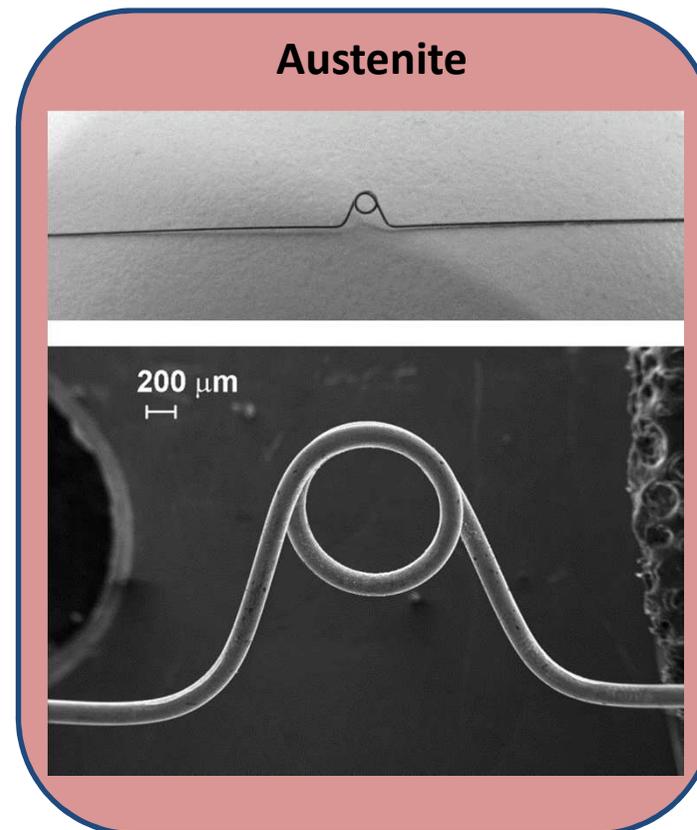
T = 20°C (c.a)

Martensite deformata



T = 38°C (c.a)

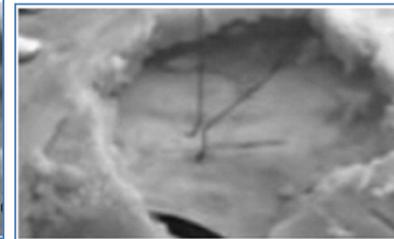
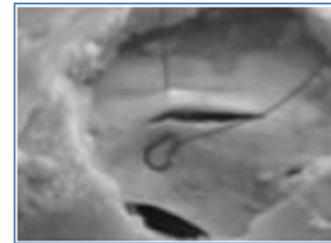
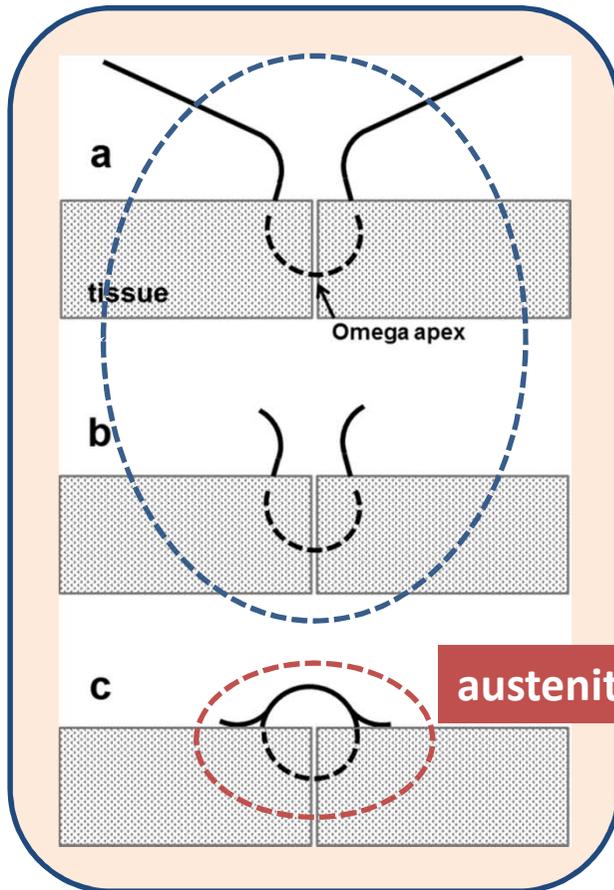
Austenite



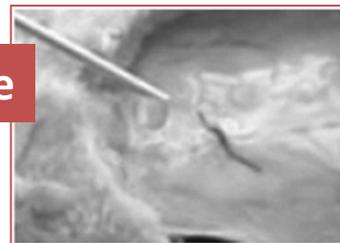
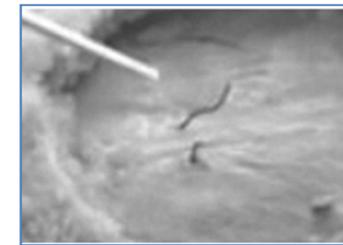
ES3: MEMORIA DI FORMA + PSEUDOELASTICITA'

SUTURA SMA (COLLABORAZIONE SCIENTIFICA CON IL NEUROCHIRURGO VILLIAM DALLOLIO)

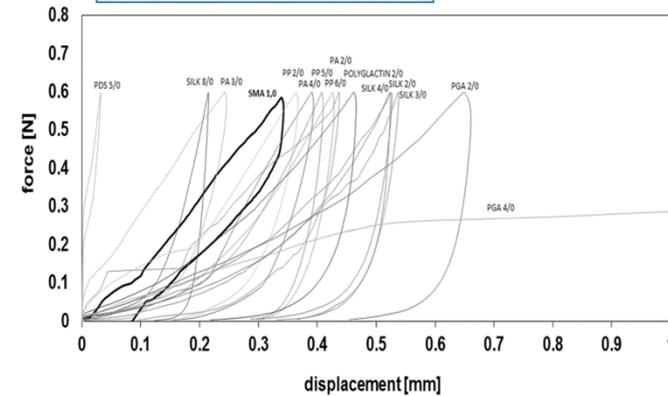
Schema recupero di forma per mezzo di riscaldamento



martensite



austenite



ES3: MEMORIA DI FORMA + PSEUDOELASTICITA'

SUTURA SMA (COLLABORAZIONE SCIENTIFICA CON IL NEUROCHIRURGO VILLIAM DALLOLIO)

Tessuto animale in
pressione (32cmH₂O)
suturato con 4 punti NiTi



Confronto con sutura in
Nylon



ES3: MEMORIA DI FORMA + PSEUDOELASTICITA'

SUTURA SMA (COLLABORAZIONE SCIENTIFICA CON IL NEUROCHIRURGO VILLIAM DALLOLIO)

OGGI:

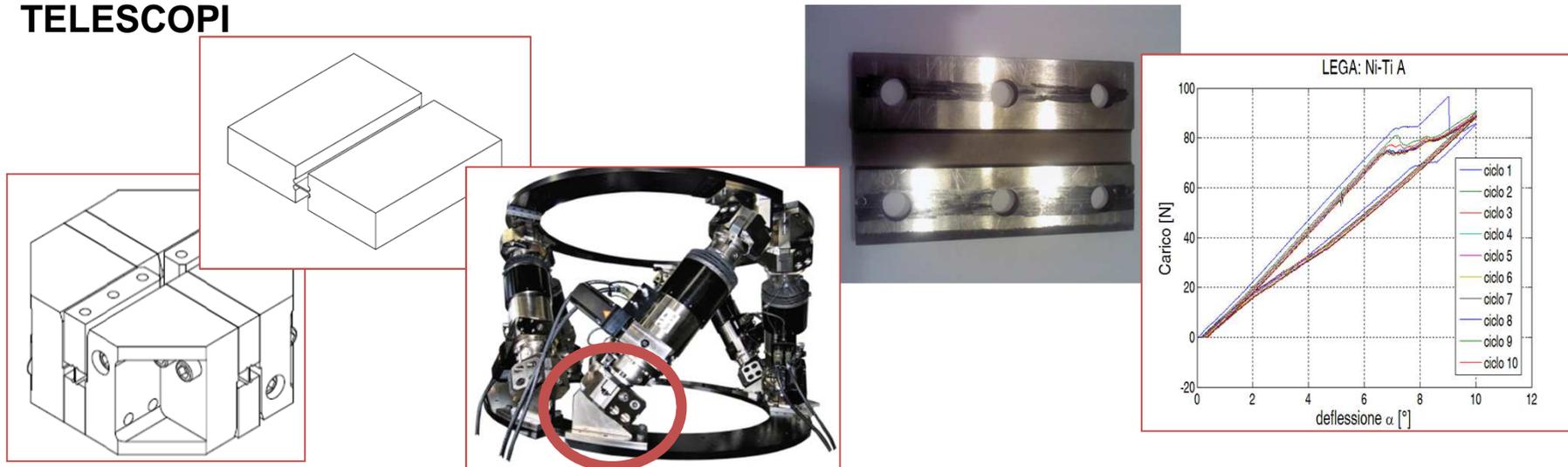
Il dispositivo verrà industrializzato dalla Bettini s.p.a

- *trasferimento tecnologico per 'industrializzazione del prodotto*
- *supporto tecnico-scientifico nella fase di marcatura CE*
- *sviluppo di un ulteriore dispositivo*

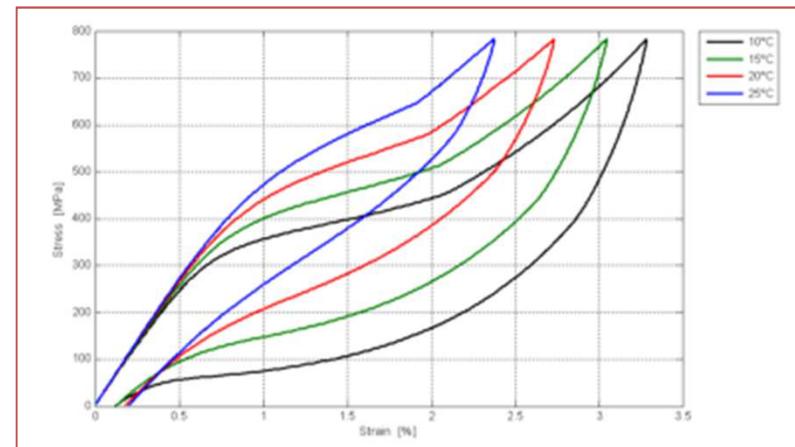
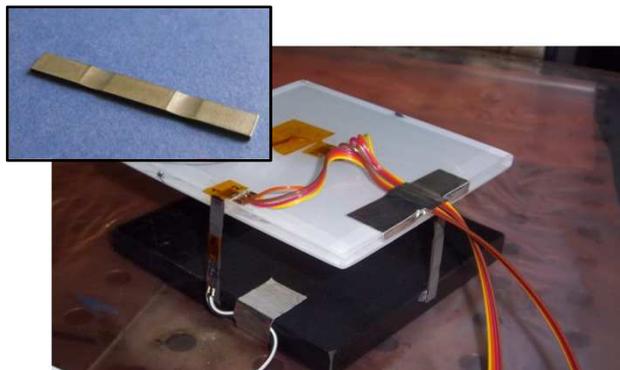
ATTUATORI PASSIVI

Giunti e supporti pseudoelastici *in collab. con l'INAF-OAB di Merate*

GIUNTO FLESSIBILE PER L'ORIENTAZIONE DEGLI SPECCHI SECONDARI DI GRANDI TELESCOPI

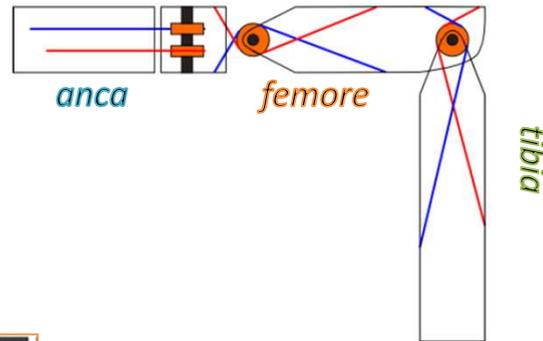


SUPPORTI PSEUDOELASTICI PER OTTICHE: *isolamento ottica da movimenti e stress statici - dinamici - termici*

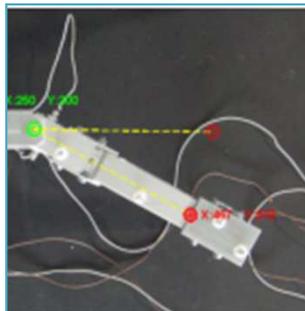


ATTUATORI ATTIVI

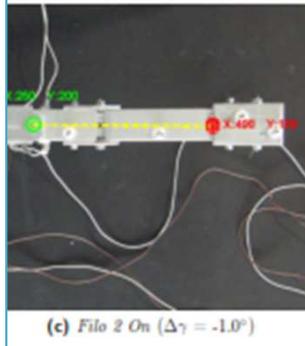
ROVER N.E.Me.Sys in collab. con il Dip. di Scienze e Tecnologie Aerospaziali (POLIMI)



anca

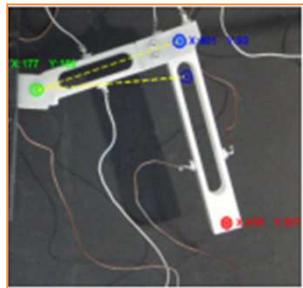


(a) Filo 1 On ($\Delta\gamma = 28.0^\circ$)

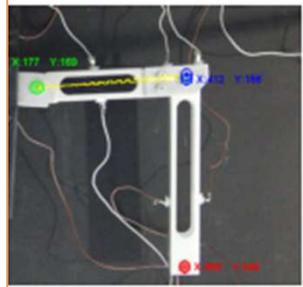


(c) Filo 2 On ($\Delta\gamma = -1.0^\circ$)

femore

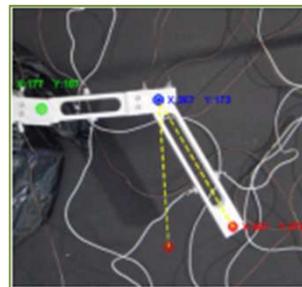


(a) Filo 1 On ($\Delta\beta = 14.1^\circ$)

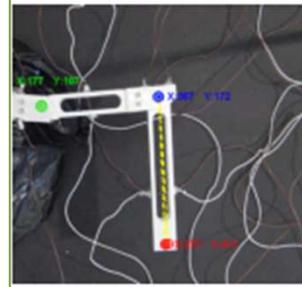


(c) Filo 2 On ($\Delta\beta = -1.8^\circ$)

tibia

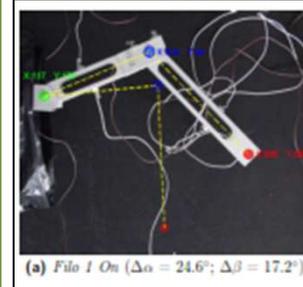


(a) Filo 1 On ($\Delta\alpha = 27.8^\circ$)

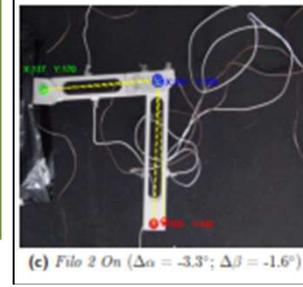


(c) Filo 2 On ($\Delta\alpha = -1.5^\circ$)

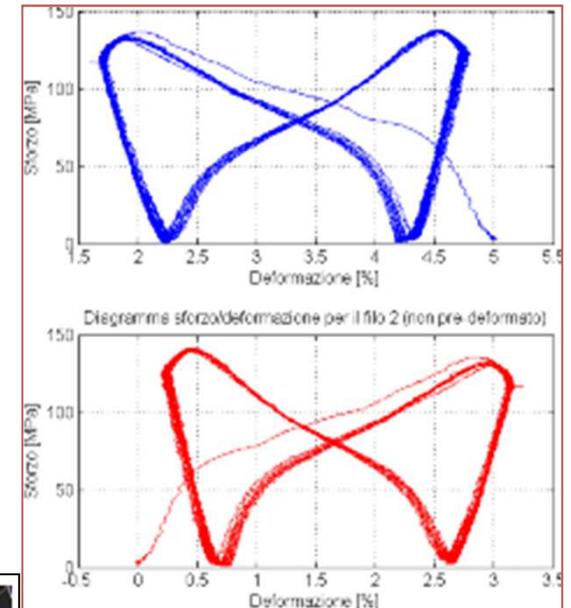
alzata combinata



(a) Filo 1 On ($\Delta\alpha = 24.6^\circ$; $\Delta\beta = 17.2^\circ$)

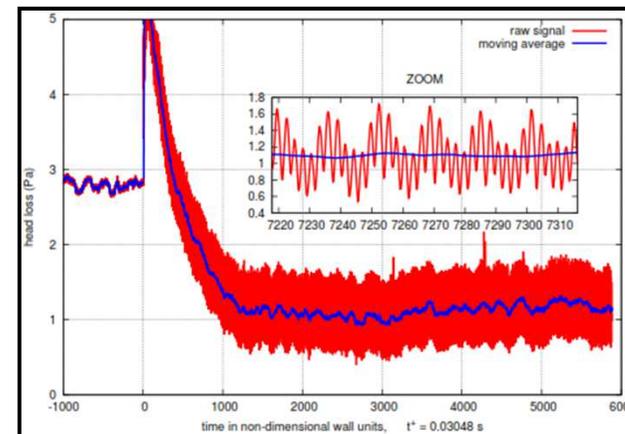
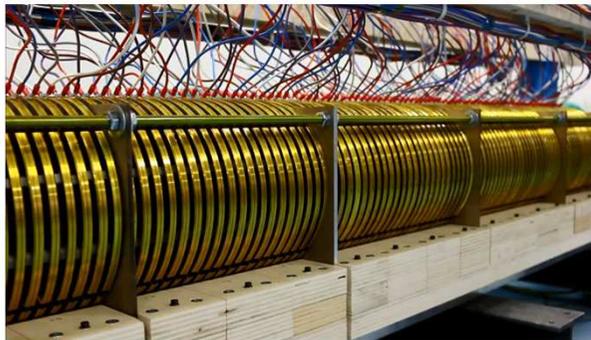
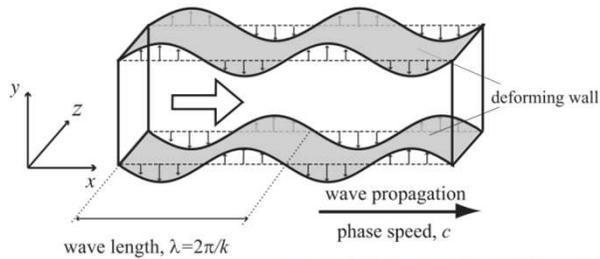
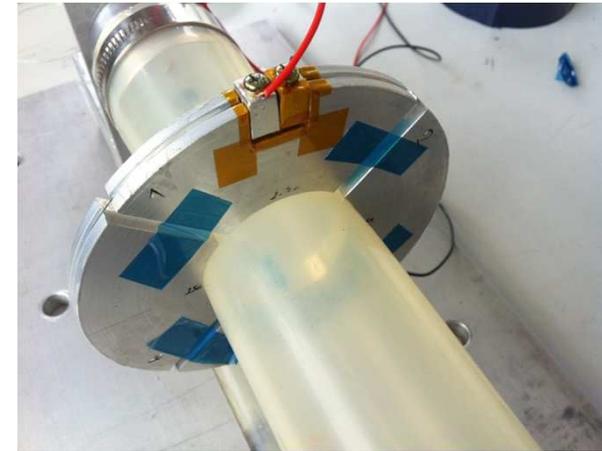
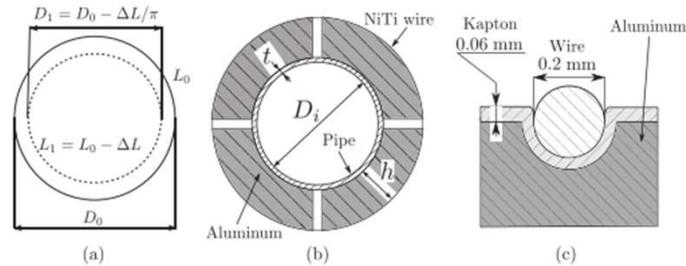


(c) Filo 2 On ($\Delta\alpha = -3.3^\circ$; $\Delta\beta = -1.6^\circ$)



ATTUATORI ATTIVI

Attuatore peristaltico – fili SMA per la ri-laminazione del moto turbolento *in collab. con il Dip. di Scienze e Tecnologie Aerospaziali (POLIMI)*



LE AZIENDE

Agusta Westland:

Sviluppo sistema di de-icing per elicotteri di classe leggera a base di leghe NiTi.

Maggi Catene:

Progettazione e sviluppo di un accessorio a base di leghe NiTi che ottimizzi la tenuta sul pneumatico della catena da neve durante l'utilizzo e in diverse condizioni di temperatura.

LE AZIENDE

ODE

Ideazione e sviluppo di soluzioni innovative a base di leghe NiTi per sistemi di apertura di circuiti idrici: dimensionamenti dell'elemento attivo in NiTi adattabili a tutte le condizioni operative di pressione da 4 a 10 bar, ottenuti da filo NiTi con diametri nel range 0,1-0,2 mm

Technosprings, Promev

Sistemi di fissaggio di opercoli cranici

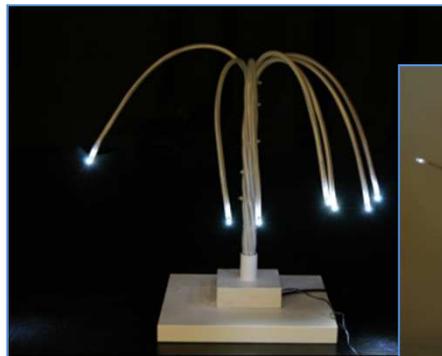
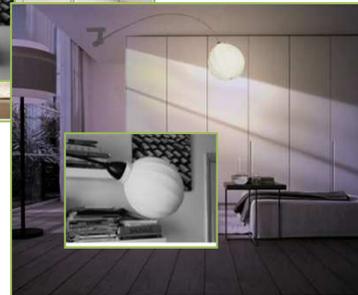
BTC

Sviluppo di un dispositivo biomedicale in NiTi associato ad un elettrobisturi per applicazioni nel settore della gastroenterologia.

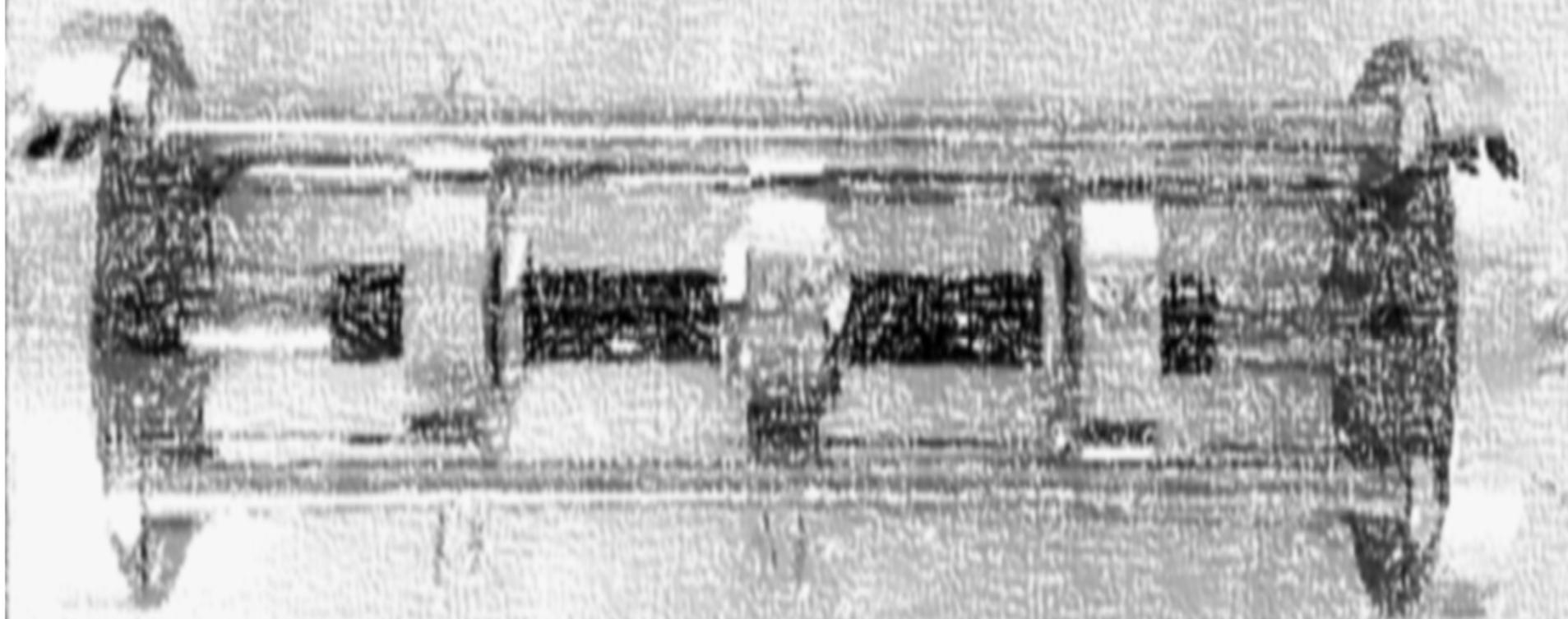
Alvimedica, Epygon, Cormove, Medtronic-Invatec, Kephalyos

Attività di consulenza e caratterizzazione specifica, con anche set up sperimentali sviluppati ad hoc, per la valutazione e l'ottimizzazione delle performance funzionali di dispositivi biomedicali nel settore vascolare a base di leghe NiTi e CoCr

IL DESIGN



Adelaide Nespoli
a.nespoli@ieni.cnr.it



grazie per l'attenzione.

1971