

Milano, 9 settembre 2021

INAIL

SICUREZZA & TRANSIZIONE 4.0

La nuova Rivoluzione Industriale e gli impatti sugli ingegneri della Sicurezza I & II modulo

*L'innovazione tecnologica di Inail per la Sicurezza 4.0
nel settore industriale*

Carlo De Petris; [Patrizia Agnello](#)

Istituto Nazionale Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro



Ente pubblico non economico per la tutela dei lavoratori contro gli infortuni e le malattie professionali



Riduzione il fenomeno infortunistico

Assicurare i lavoratori che svolgono attività a rischio

Garantire il reinserimento degli infortunati sul posto di lavoro

Realizzare ricerca, controllo e verifica in materia di prevenzione e sicurezza.

PARTNER INTERNAZIONALI

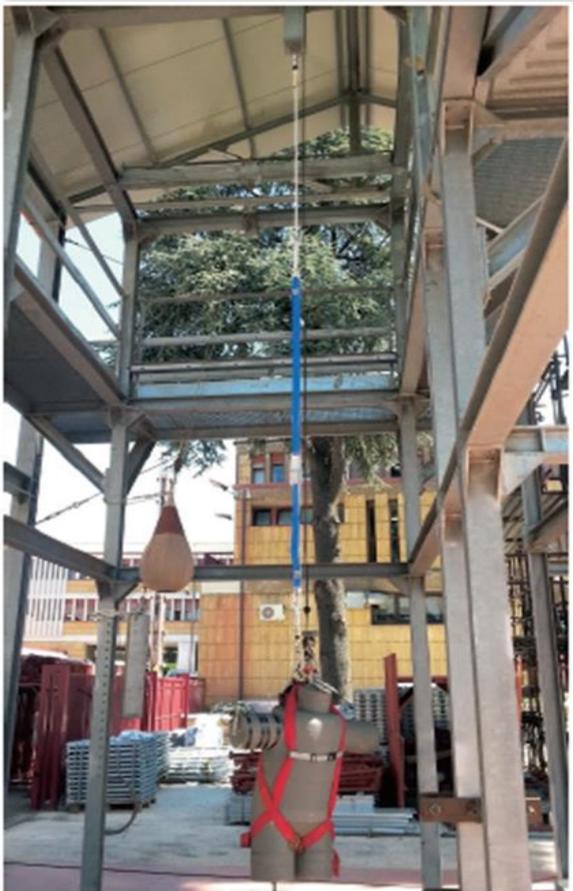


Focal point per l'Italia
presso l' Agenzia
Europea per la salute e la
sicurezza sul lavoro



DIPARTIMENTO INNOVAZIONI TECNOLOGICHE E SICUREZZA DEGLI IMPIANTI PRODOTTI ED INSEDIAMENTI ANTROPICI

Studio, ricerca e attività sperimentale



**Sviluppo e validazione di buone pratiche, metodi,
procedure di gestione e valutazione del rischio**



Prodotti per la sicurezza dei lavoratori e salvaguardia ambientale

ORGANIZZAZIONE E FUNZIONI

DIPARTIMENTO INNOVAZIONI TECNOLOGICHE E SICUREZZA DEGLI IMPIANTI, PRODOTTI ED INSEDIAMENTI ANTROPICI

LABORATORI

SEZIONI

**Unità Operative
Territoriali**

ORGANIZZAZIONE: LABORATORI

Qualificazione dei sistemi per la sicurezza

Sicurezza delle attività di produzione e degli insediamenti antropici

Biotecnologie

Impianti a pressione e stabilimenti a rischio d'incidente rilevante

Valutazione e gestione del rischio

Tecnologie diagnostiche per la sicurezza

Cantieri temporanei o mobili

Apparecchiature ed impianti elettrici ed elettronici

Macchine e attrezzature da lavoro

Attrezzature e insiemi a pressione

ORGANIZZAZIONE: SEZIONI

Segreteria tecnico-scientifica e monitoraggio delle attività

Supporto alla prevenzione

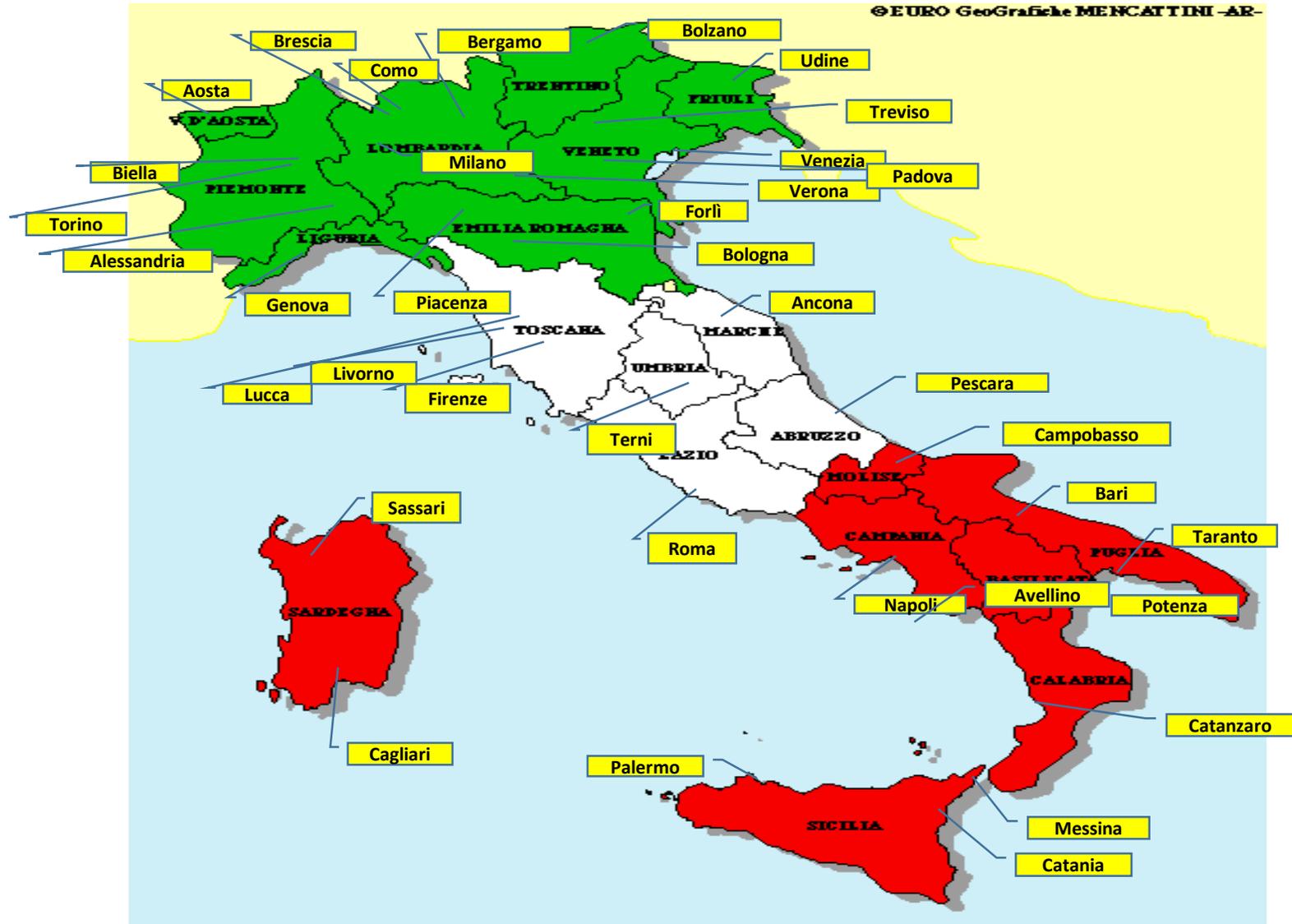
Trasferibilità delle attività di ricerca

Accertamenti tecnici

Organismo notificato per le direttive europee

Coordinamento, supporto e monitoraggio tecnico-scientifico delle Unità Operative Territoriali per attività di controllo e verifica su attrezzature, macchine e impianti

ORGANIZZAZIONE: UNITA' OPERATIVE TERRITORIALI





PARTNER UNIVERSITARI



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO



POLITECNICO
DI TORINO



UNIMORE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI
MODENA E REGGIO EMILIA



UNIVERSITÀ
DI PAVIA



Politecnico di Bari



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PERUGIA



UNIVERSITÀ
DI SIENA
1240



Università degli
Studi di Messina



UNICUSANO
Università degli Studi Niccolò Casano - Telematica Roma



UNIVERSITÀ DI PISA



UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

INAIL

Dipartimento innovazioni tecnologiche e sicurezza degli impianti prodotti e insediamenti antropici

ALTRE STRUTTURE DI RICERCA



ISTITUTO
ITALIANO DI
TECNOLOGIA



Consiglio Nazionale delle Ricerche



ISTITUTO NAZIONALE
DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA



FONDAZIONE IRCCS CA' GRANDA
OSPEDALE MAGGIORE POLICLINICO

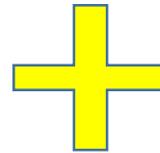
INAIL

DIT - PARTNER INTERNAZIONALI



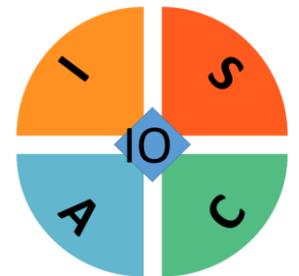
SMARTBENCH: la visione della Sicurezza 4.0 negli impianti industriali di processo

Unmanned vehicles
Augmented
BIG Data Vision
Industry 4.0
Nanotechnology
Rapid Prototyping
Cyber-physical Systems
Cloud Computing
Emerging Technologies
Smart Devices
Real-time Analytics
IOT INTERNET OF THINGS
Artificial Intelligence
Predictive Analytics
SMART Working



Process safety
work environment
work safety
workplace hazards
health
INDUSTRIAL SAFETY
Seveso
Quantitative Risk Assessment
Control of Major Hazard
Accident Hazard
protection
employee
safety procedures
inspector
allergens
workplace violence
biological agents
electrocution
helmet
safety glasses
burns
occupational stress
safety regulations
injury
accident
harsh conditions
occupational stress
safety glasses
occupational stress
burns
loss

INDUSTRIAL SAFETY 4.0



SMARTBENCH: la visione della Sicurezza 4.0 negli impianti industriali di processo

- Il progetto di ricerca **Smartbench** compendia la visione Inail della **Sicurezza 4.0** nella gestione degli impianti industriali di processo.
- Ha la finalità di aggregare sistemi funzionali all'esercizio in sicurezza delle attrezzature che compongono l'impianto attraverso una piattaforma logica basata su approcci ontologici.
- La piattaforma **SmartBench** integra quattro verticalizzazioni (soluzioni proposte) dedicate specificatamente a:
 1. individuare attrezzature critiche: **"Etichette intelligenti"**
 2. monitorare l'integrità delle attrezzature: **"Ascoltare"** *i materiali, prevenire il degrado*
 3. valutare l'invecchiamento degli Impianti a rischio: **"Vedere"** *gli impianti che invecchiano in sicurezza*
 4. assistere i lavoratori impegnati in attività ricognitive: **"Non lasciare soli i lavoratori"** *in ambienti difficili*

Sensori SmartBench



EA

Monitoraggio
integrità con
Emissioni Acustiche



ET

Etichette intelligenti
Attrezzature di
lavoro



SI

Sensore Software
Invecchiamento
impianti



LO

Lavoro sicuro in
ambienti ostili

Sensori sviluppati in altri progetti:



SV

Sollevamento merci
pericolose



EM

Interventi
emergenza



DPI

Corretto utilizzo DPI



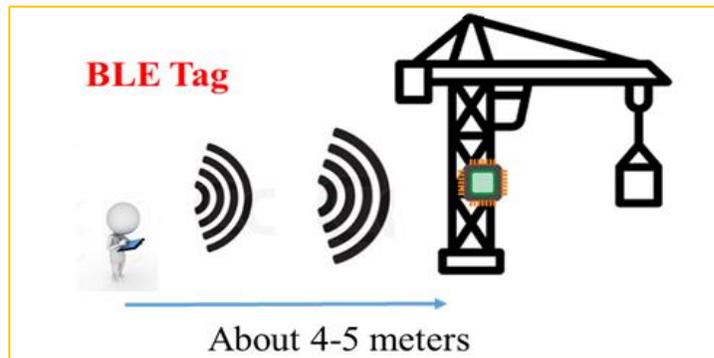
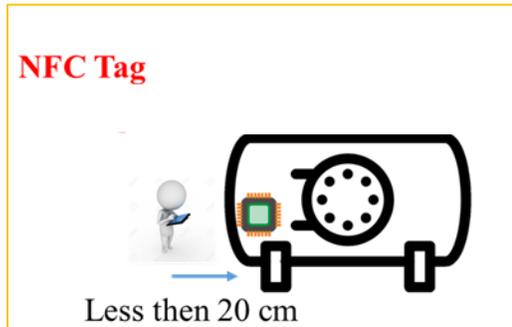
INAIL

Etichette si, ma intelligenti

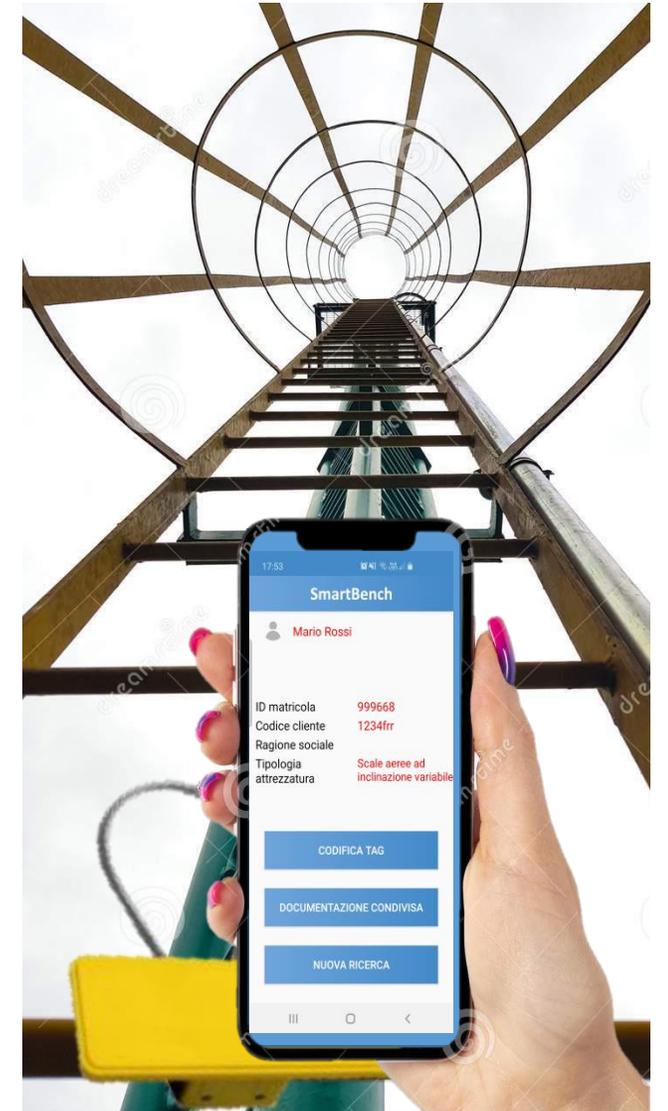


SMARTBENCH: etichette intelligenti

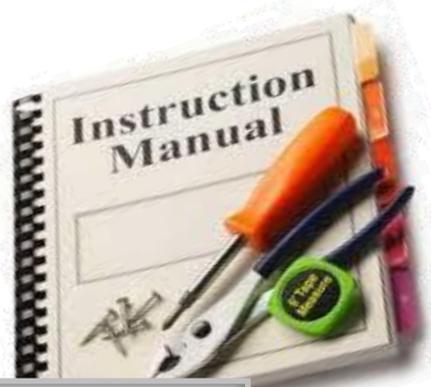
Uso di sensori NFC per realizzare un sistema di etichettatura delle attrezzature soggette a verifiche di legge, che consenta il tracciamento lungo l'intero ciclo di vita.



...gestione di attrezzature soggette ad obblighi di certificazione e verifica



SMARTBENCH: etichette intelligenti



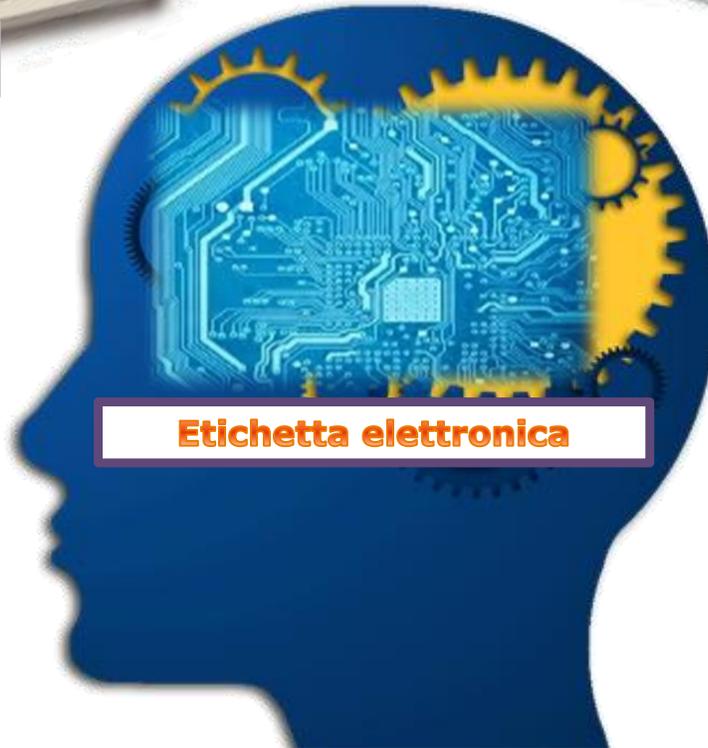
Istruzioni per l'uso



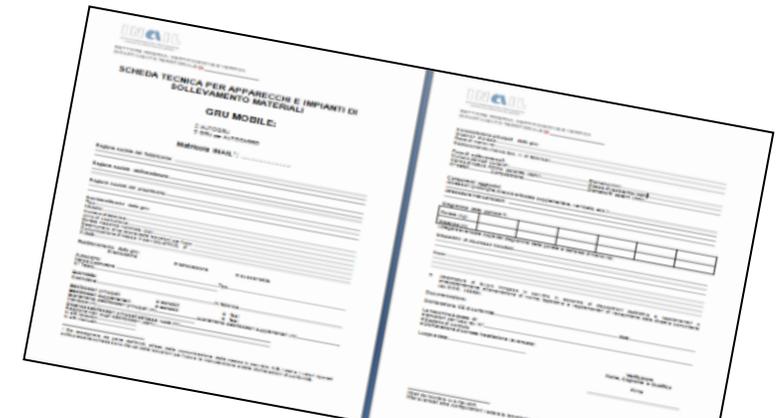
Rapporti di controllo e
ispezione



Dichiarazione di conformità
CE



Etichetta elettronica



Documentazione tecnica

SMARTBENCH: smart tag (etichetta intelligente), le principali funzionalità

Collegamento fisico tag/macchinario



Collegamento virtuale (scrittura) fisico tag/macchinario



Gestione documenti durante attività di verifica



Carica Documentazione

ID Matricola (*)

Dichiarazione CE (*)
Scegli file Nessun file selezionato

Dichiarazione di corretta installazione
Scegli file Nessun file selezionato

Istruzioni (*)
Scegli file Nessun file selezionato

Richiesta messa in servizio
Scegli file Nessun file selezionato

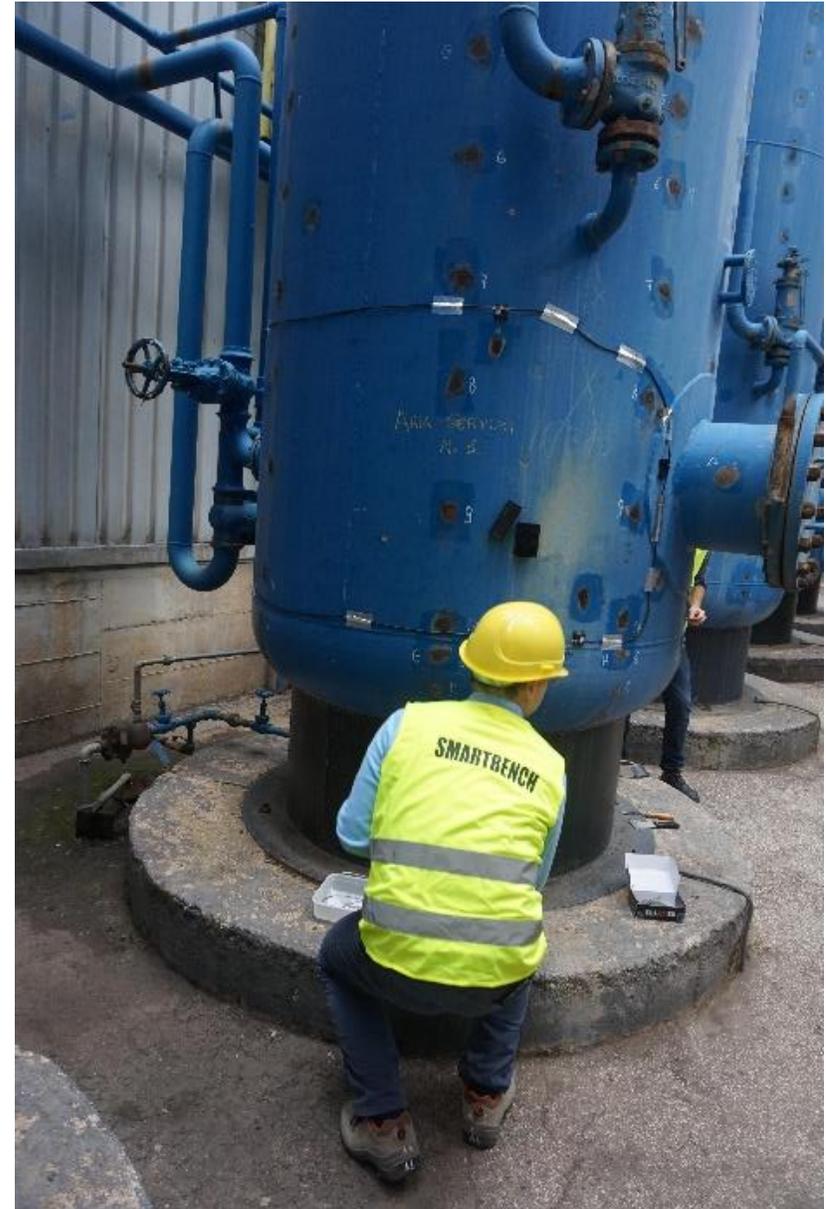


Inserimento «anagrafica» macchinario

Gestione attività manutenzione/verifiche

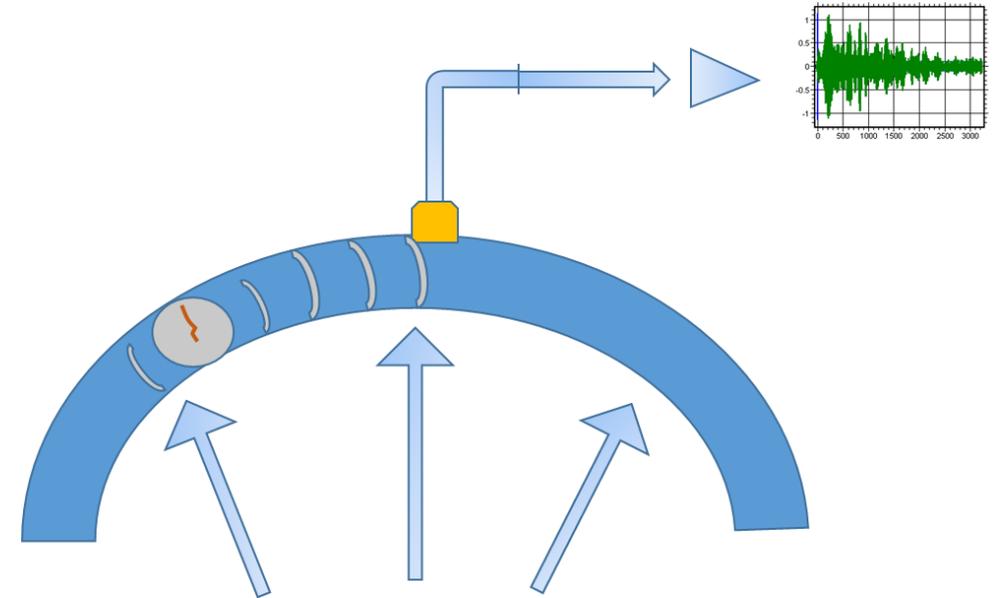
SMARTBENCH: monitoraggio emissioni acustiche

Ascoltare il materiale, prevenire il deterioramento

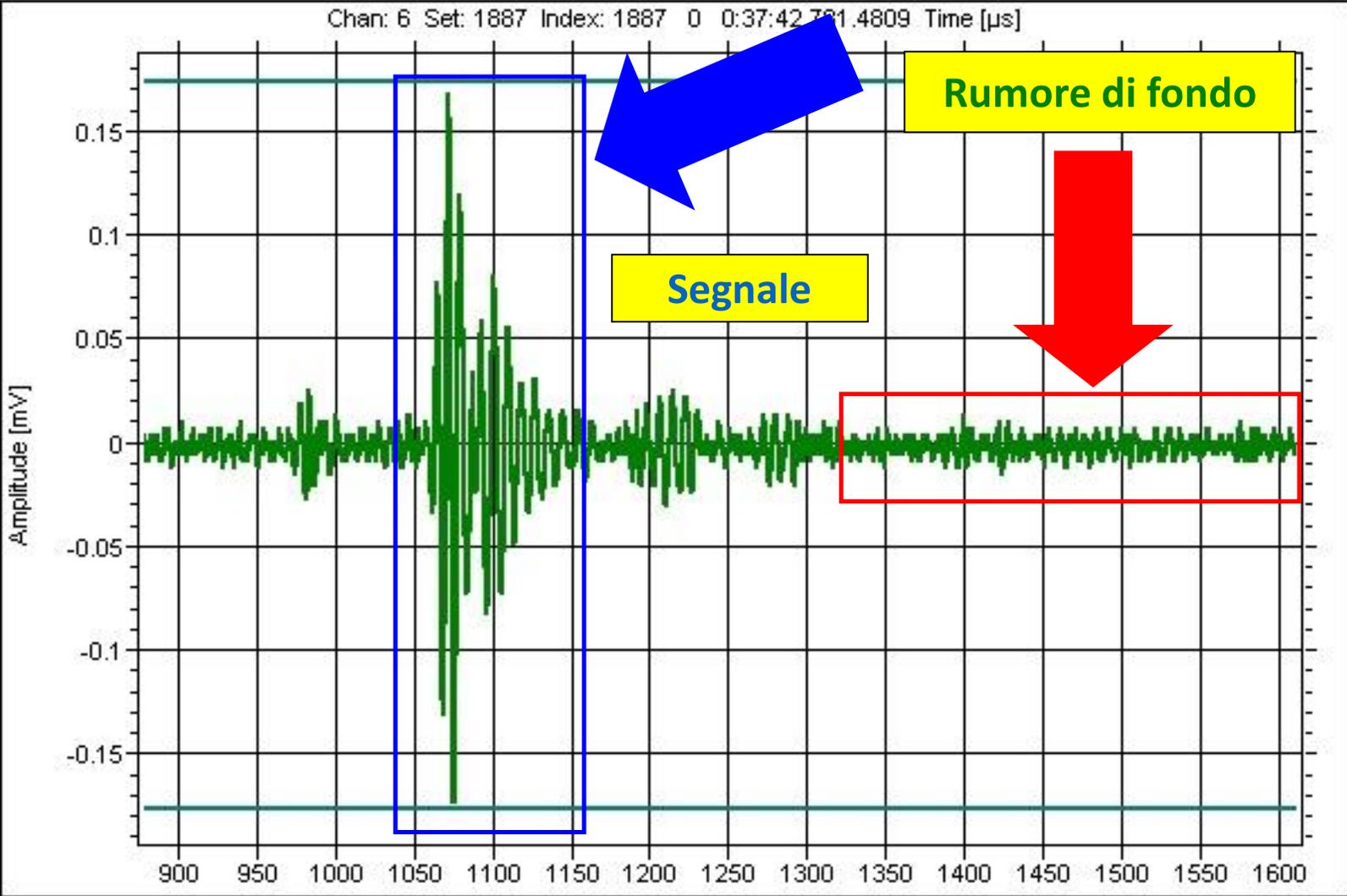


SMARTBENCH: ascoltare i materiali per prevenire il degrado

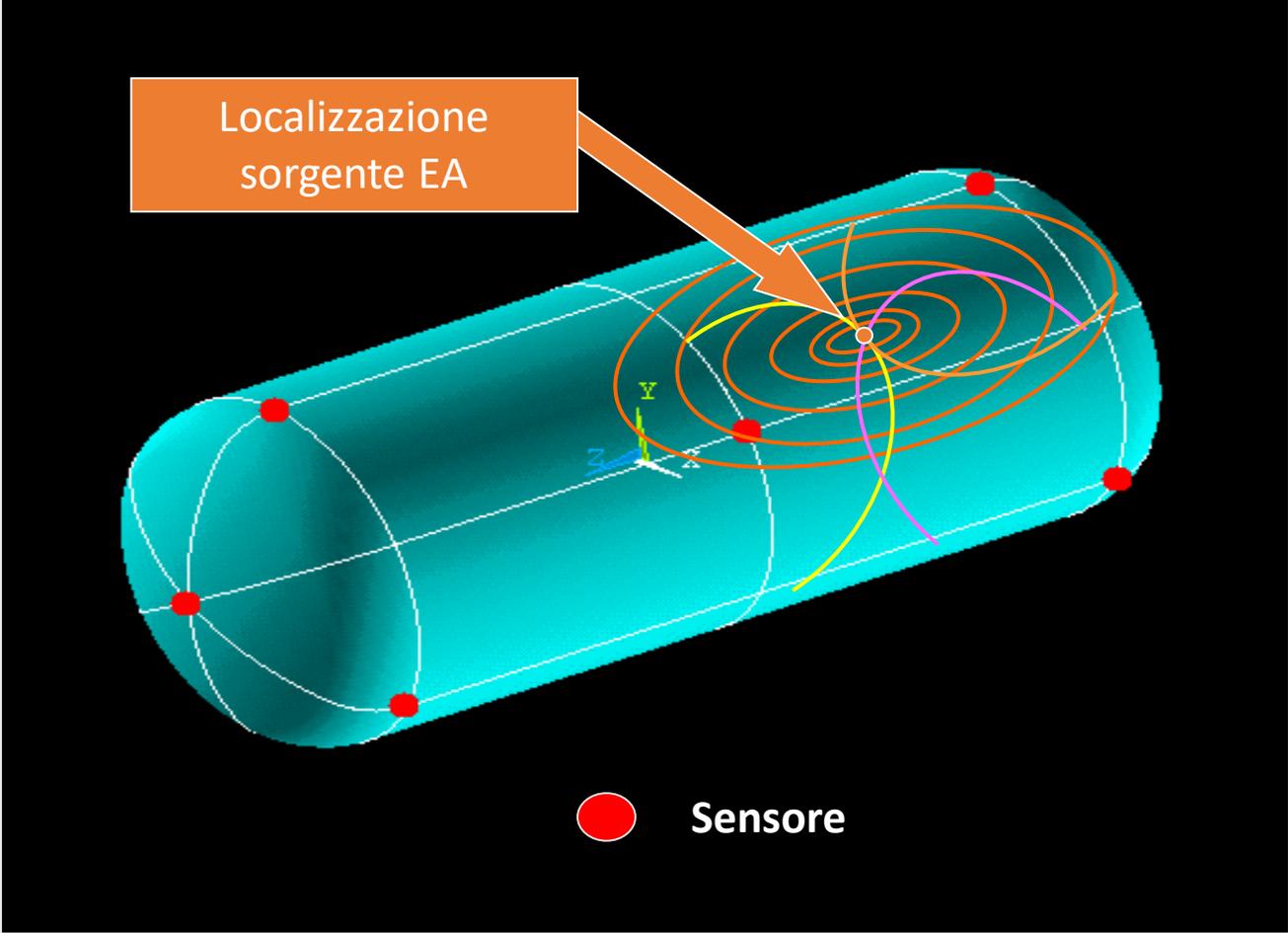
L'Emissione Acustica è un metodo di controllo non distruttivo basato sull'acquisizione di segnali ultrasonici, tipicamente tra 100 kHz e 1 MHz, associati a rilascio spontaneo di energia elastica da materiali sollecitati e attribuibili a meccanismi di danneggiamento irreversibili (cricche) o degrado (corrosione) rilevabili durante il test.



SMARTBENCH: fisica del metodo di emissioni acustiche



SMARTBENCH: monitoraggio emissioni acustiche



Test EA *one shot*

- Misurazioni spot per brevi periodi
- Sensibilità alle condizioni meteo e ambientali
- Post-processamento dei dati

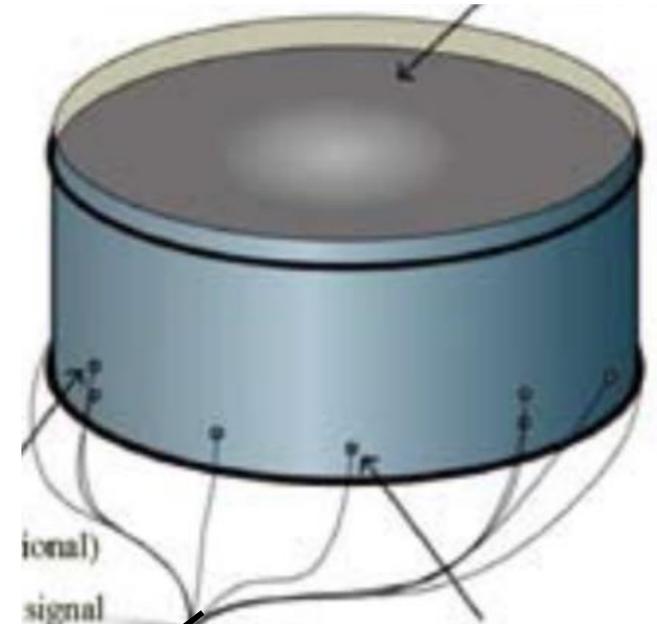


Sistema EA commerciale

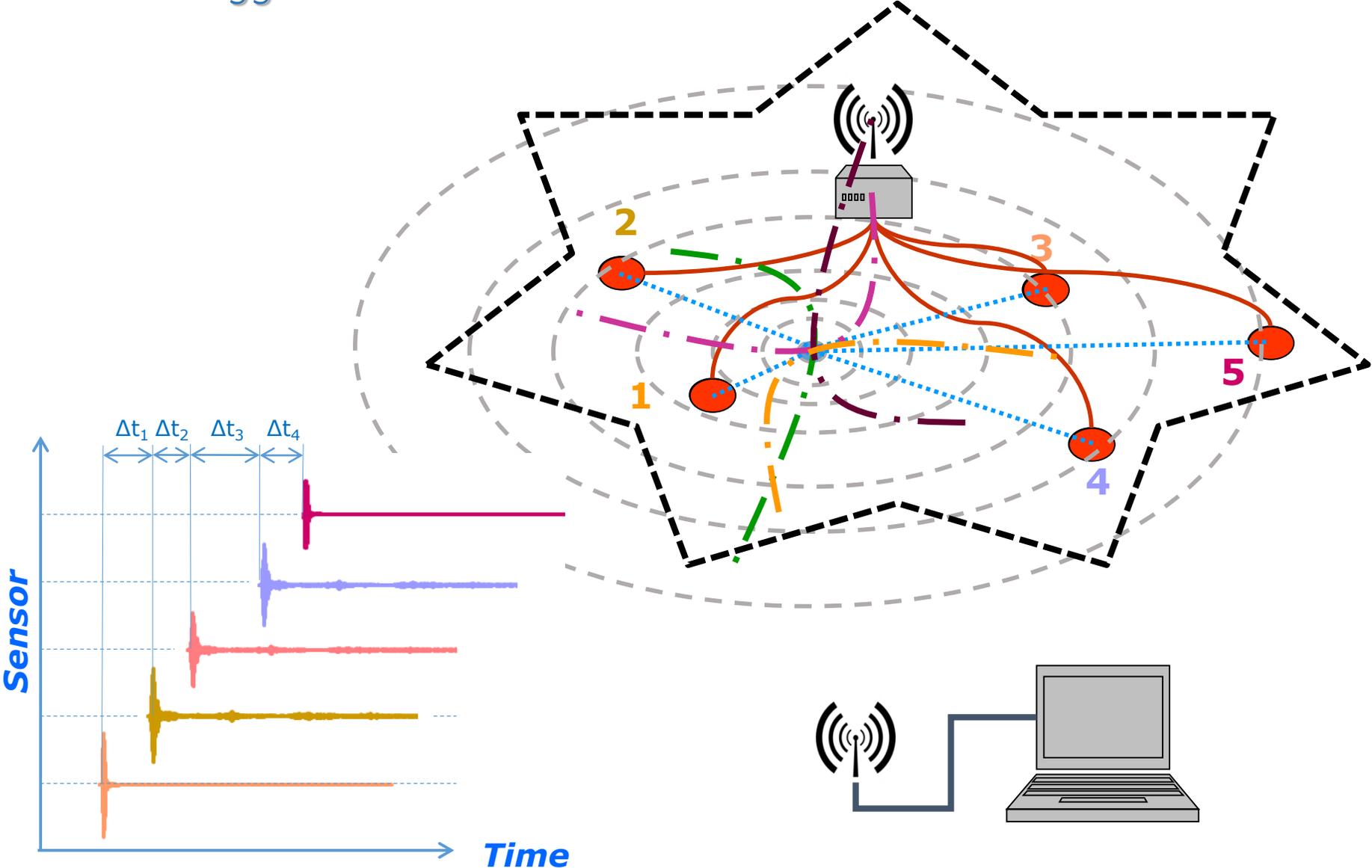
- 16 channels @ 10Msps
- volume: 37600cm³
- peso: 17kg
- Potenza di alimentazione: 342VA

Monitoraggio EA

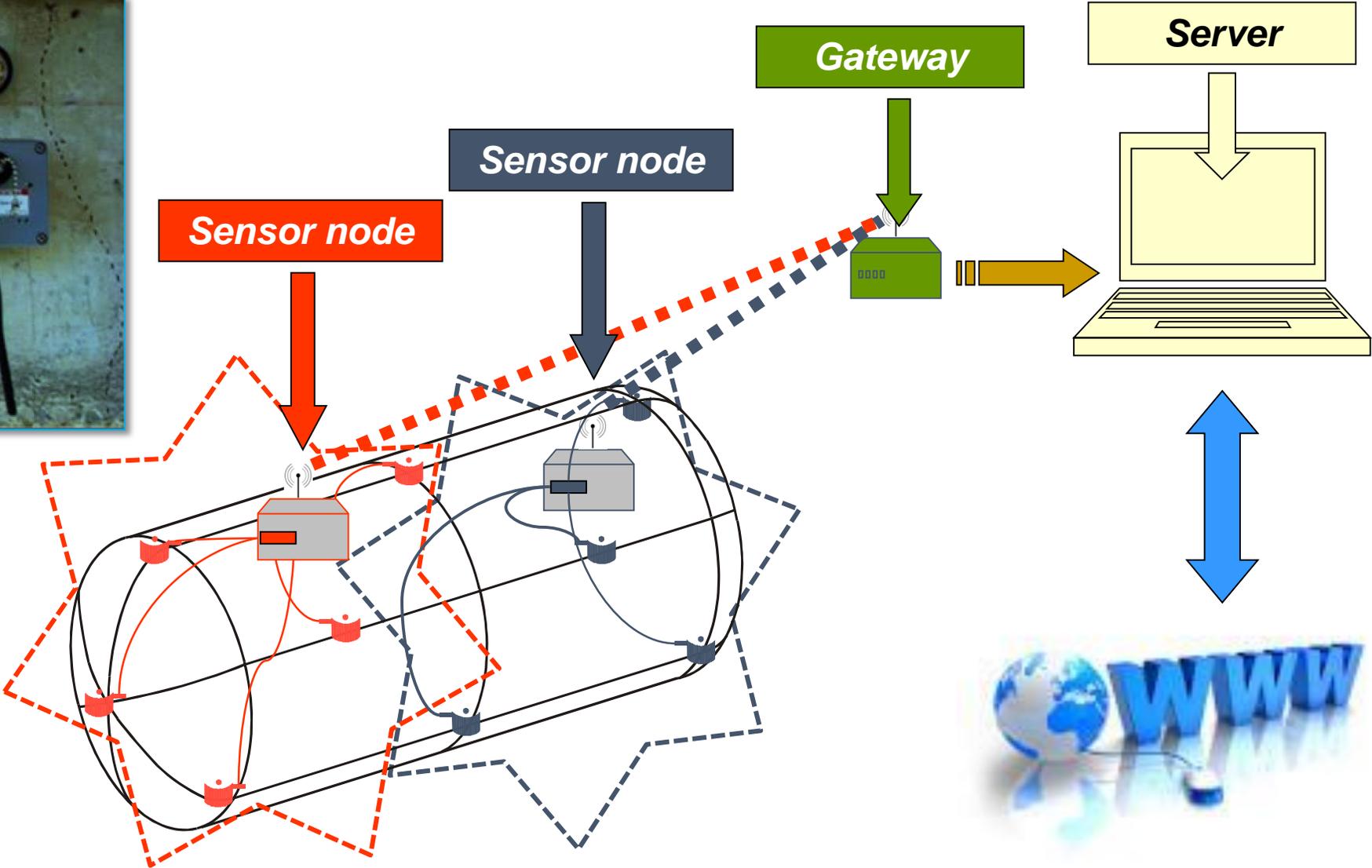
- Monitoraggio in continuo per lunghi periodi
- Tecnologia adatta per prove in esterno
- Risposta in tempo reale



SMARTBENCH: monitoraggio emissioni acustiche



SMARTBENCH: monitoraggio emissioni acustiche



SMARTBENCH: test di emissioni acustiche



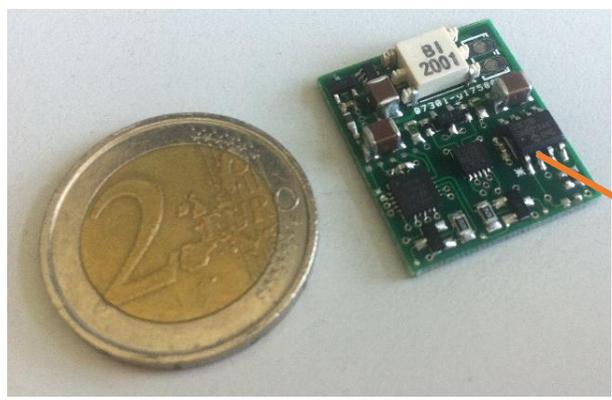
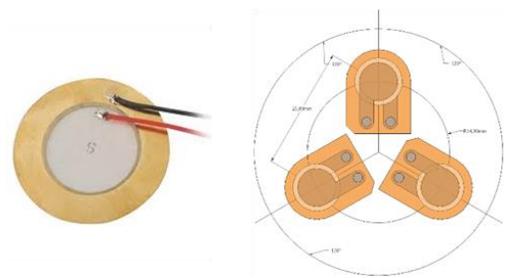
OGGI



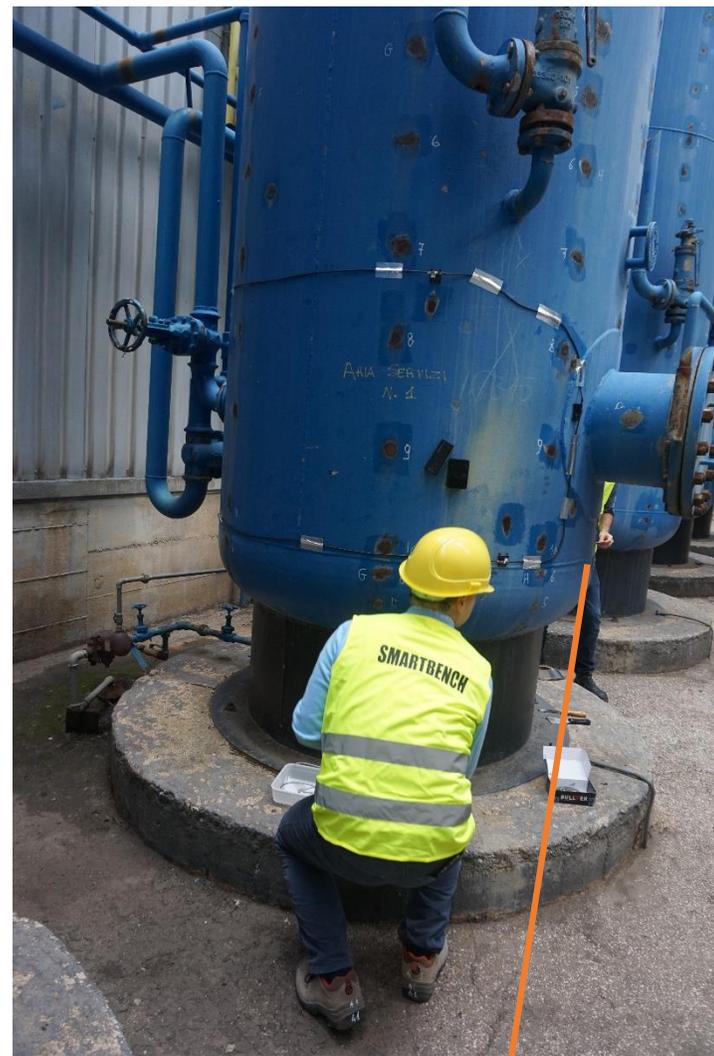
Batteria

Punto di accesso wireless

Rilevazione e localizzazione di Emissioni e Impatti: PZT



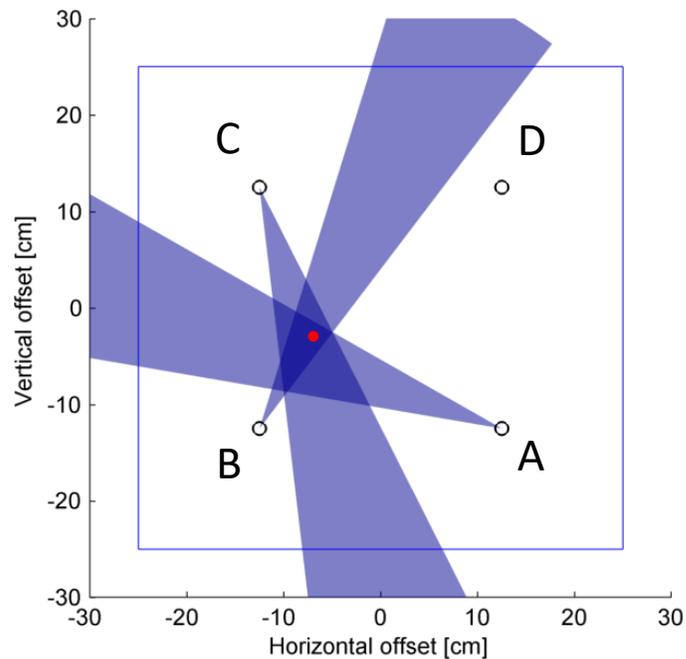
Nodo sensore



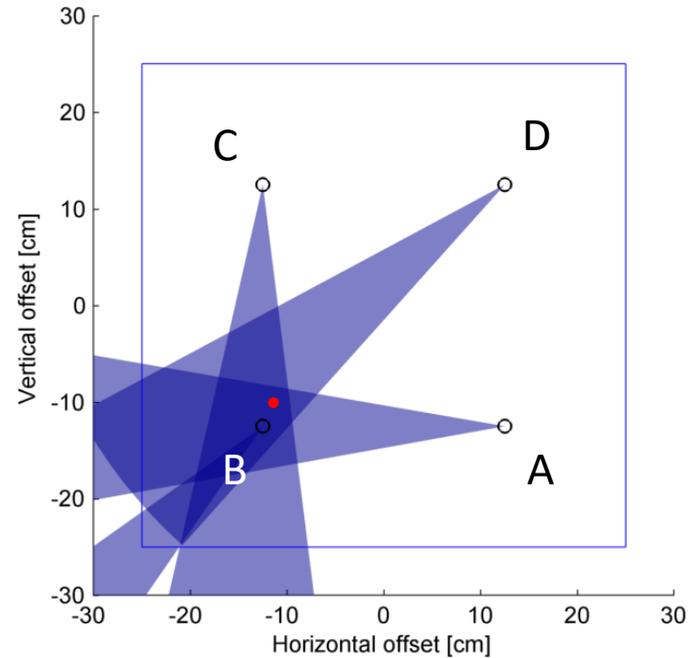
Singolo cavo



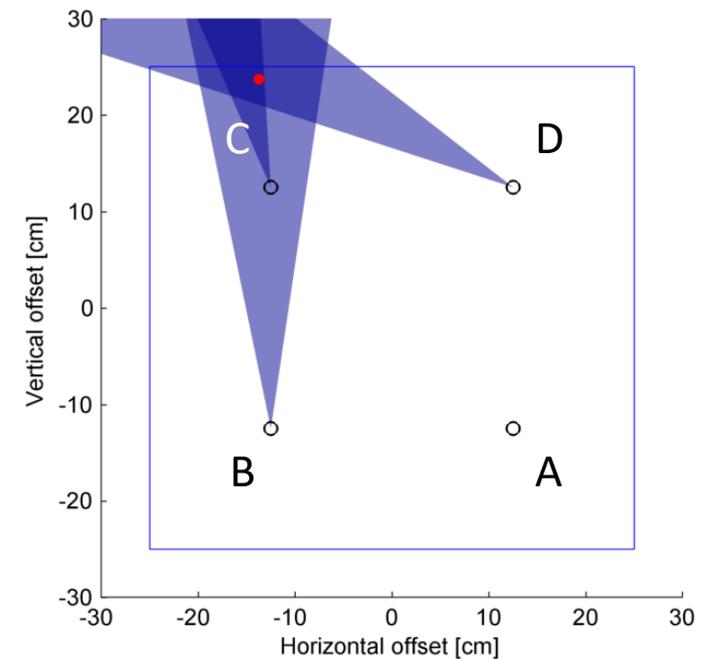
SMARTBENCH: localizzazione delle sorgenti EA



Entro il perimetro



Prossimo ad un sensore



Prossimo ad un bordo

- La rete di sensori localizza la sorgente EA su CFRP (matrice composito) anche nel caso in cui un *node sensor* non sia in grado di rilevare l'evento EA.
- Incertezza: $\pm 10^\circ$ su CFRP, $\pm 1.7^\circ$ su alluminio

Vedere l'invecchiamento degli impianti



Valutare le condizioni di un'attrezzatura e fornire una stima affidabile della sua vita utile in sicurezza...

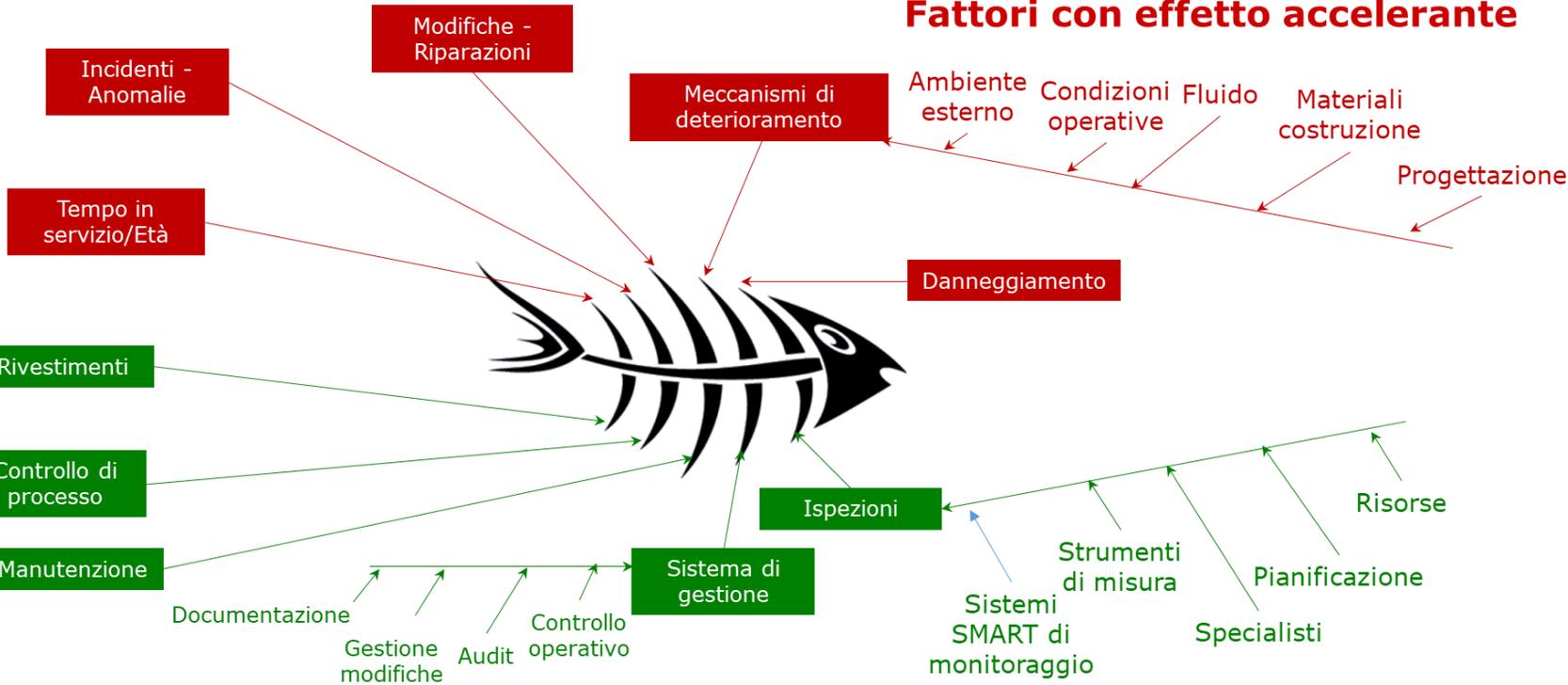


Metodi & Tecnologie

Obiettivo: mettere a punto una soluzione in grado di interpretare modelli predittivi e utilizzare tecnologie innovative per la valutazione e la gestione dell'invecchiamento delle attrezzature

Modello a spina di pesce dell'invecchiamento

Fattori con effetto accelerante



Fattori con effetto decelerante



$$I_a = \text{mean}(a_i)$$

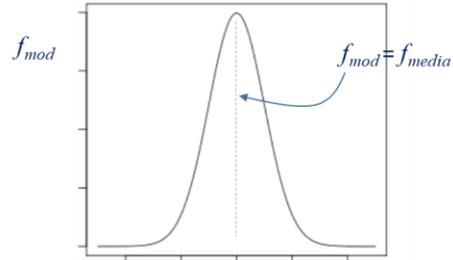
$$I_l = \text{mean}(l_j)$$

$$I_{\text{overall}} = I_l + I_a$$

SMARTBENCH: gestione dell'invecchiamento

Frequenza di guasto

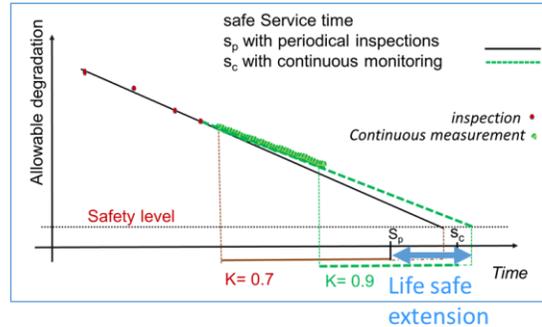
$$\log f_{mod} = \log f_{media} + \sum_{i=1}^n \frac{w_{ai}x_{ai}}{100} + \sum_{j=1}^n \frac{w_{lj}x_{lj}}{100}$$



Tempo di vita residuo (RUL) da EEMUA:159

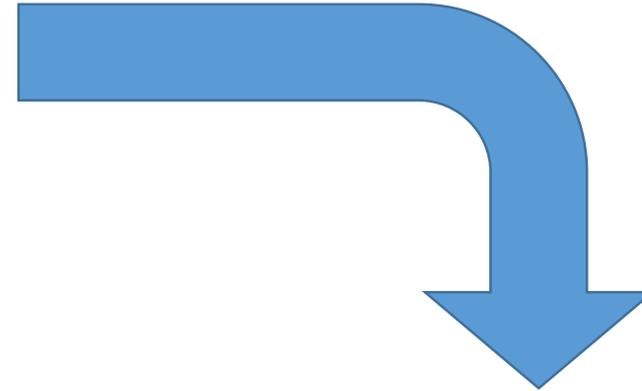
$$RUL = A_{degradation} / R_{degradation}$$

$$\Delta t_{inspection} = K \cdot RUL$$



dai modelli predittivi dell'invecchiamento

alle tecnologie innovative di visione e monitoraggio



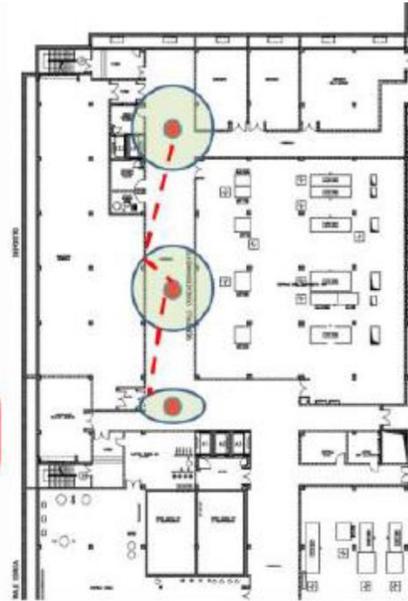
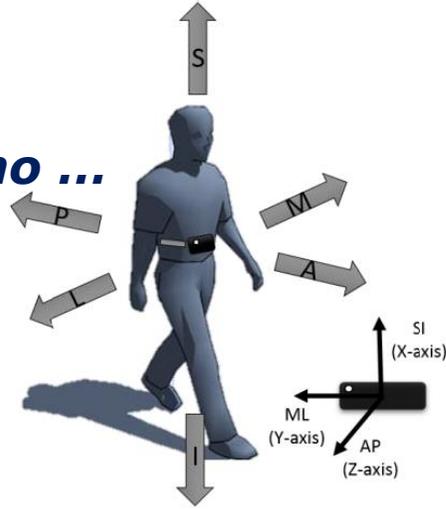
Non lasciare soli i lavoratori negli ambienti difficili



SMARTBENCH: non lasciare soli i lavoratori, interventi di emergenza

Interventi in emergenza

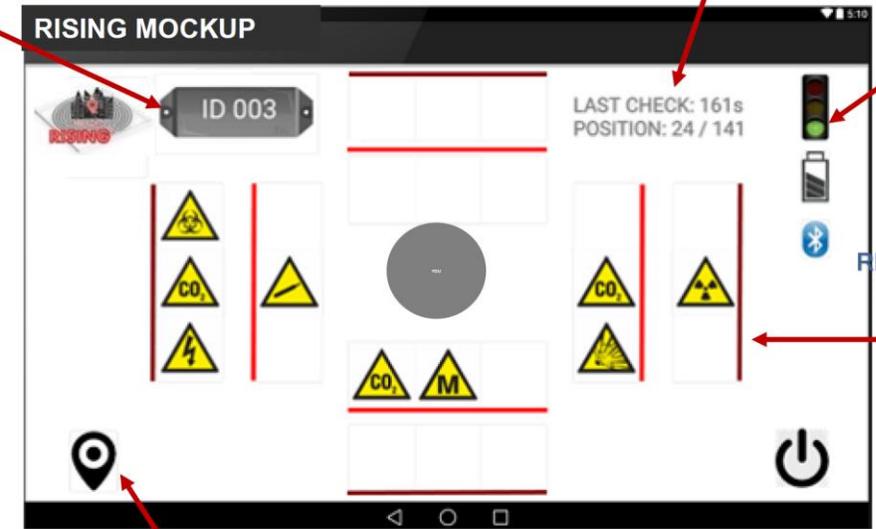
Vedere anche in mezzo al fumo ...



TAG ID

LAST TAG DETECTION

INFO UPDATE STATUS

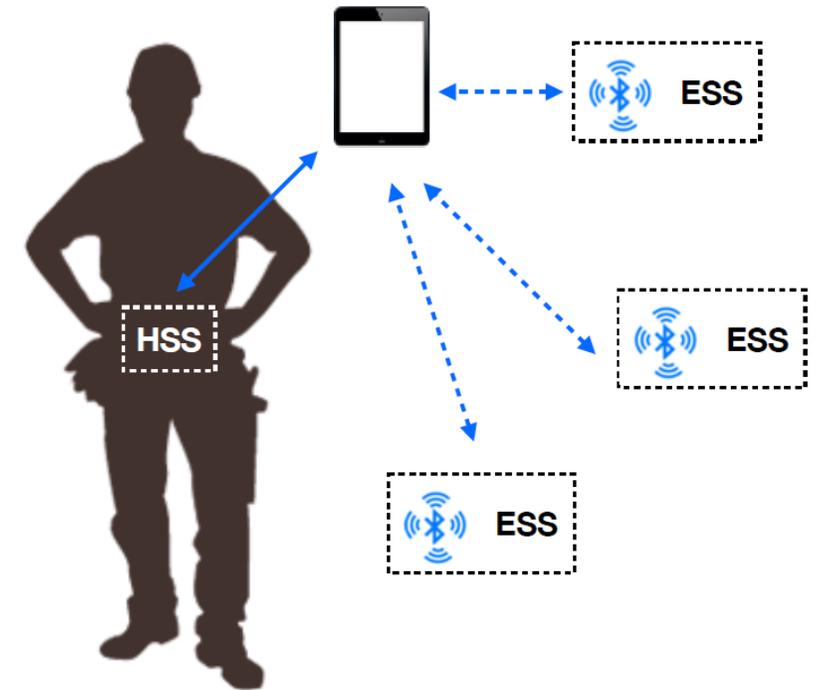


LOCAL RESOURCES HAZARDS

TAG ABSOLUTE CARTESIAN COORDINATE

SMARTBENCH: non lasciare soli i lavoratori, manutenzione

Sensoristica ambientale ed indossabile per la sicurezza degli operatori in ambienti industriali, anche senza copertura di rete.



EN

STM32 Nucleo

- Temperature Sensor
- Pressure
- Co,CO2 Sensor
- Humidity

- BLE Module



HN

STM32 Nucleo

- Temperature Sensor
- Co,CO2 Sensor
- Pressure
- Humidity

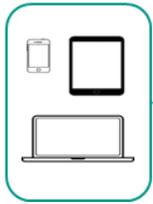
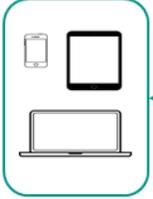
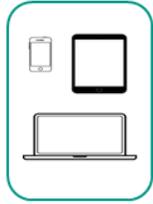
- Inertial Platform
 - Gyroscope
 - Magnetometer
 - Accelerometer

- BLE Module



SMARTBENCH: architettura della piattaforma

SmartBench Users

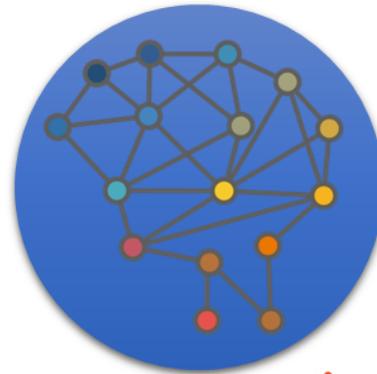


Plant Risk
Surveillance
Designer

Real Time
Risk
Monitor

Batch
Risk
Analyzer

SmartBench Ontology



GraphDB

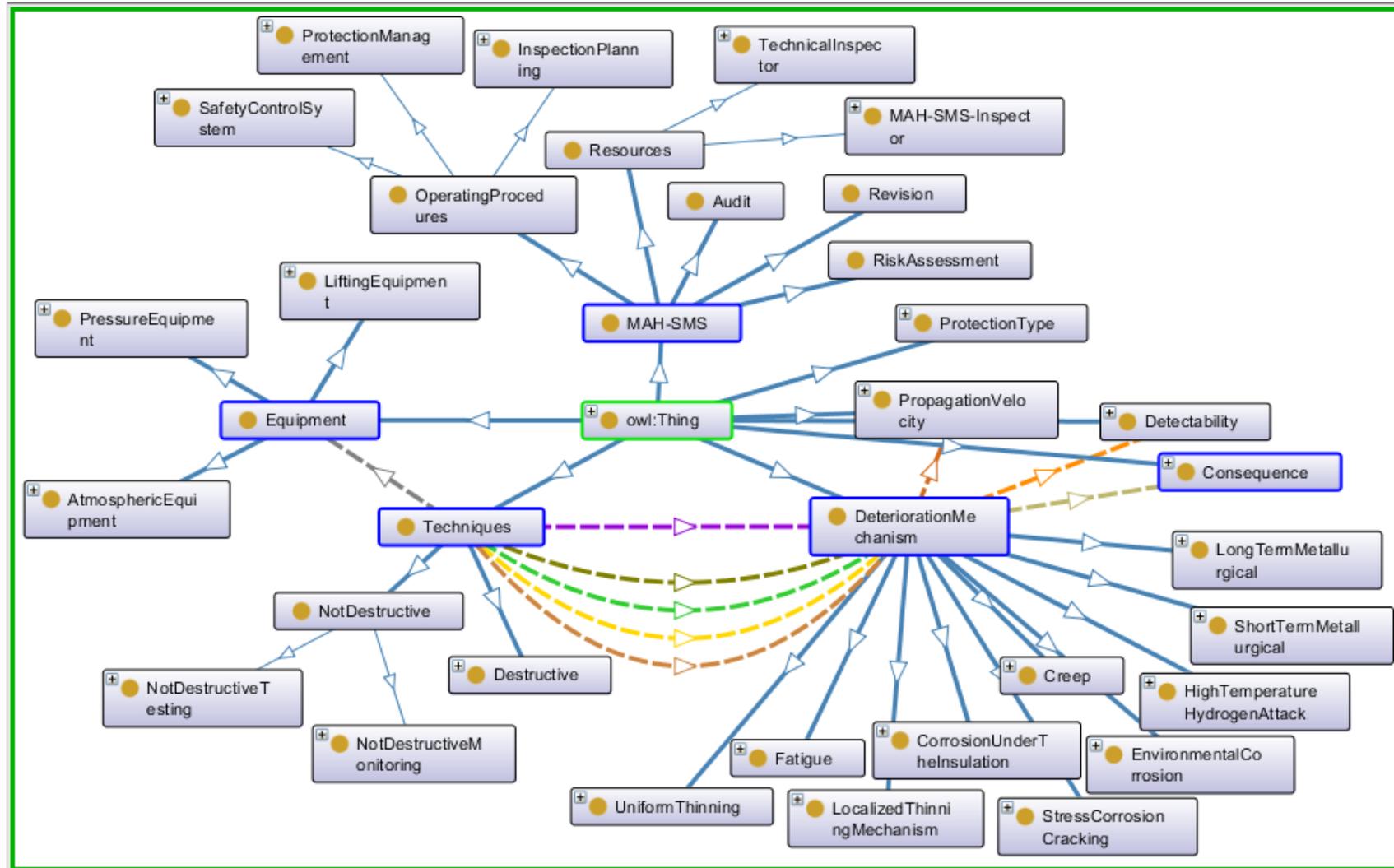
IoT Data
Intaker

Independent
IoT Device
Controller

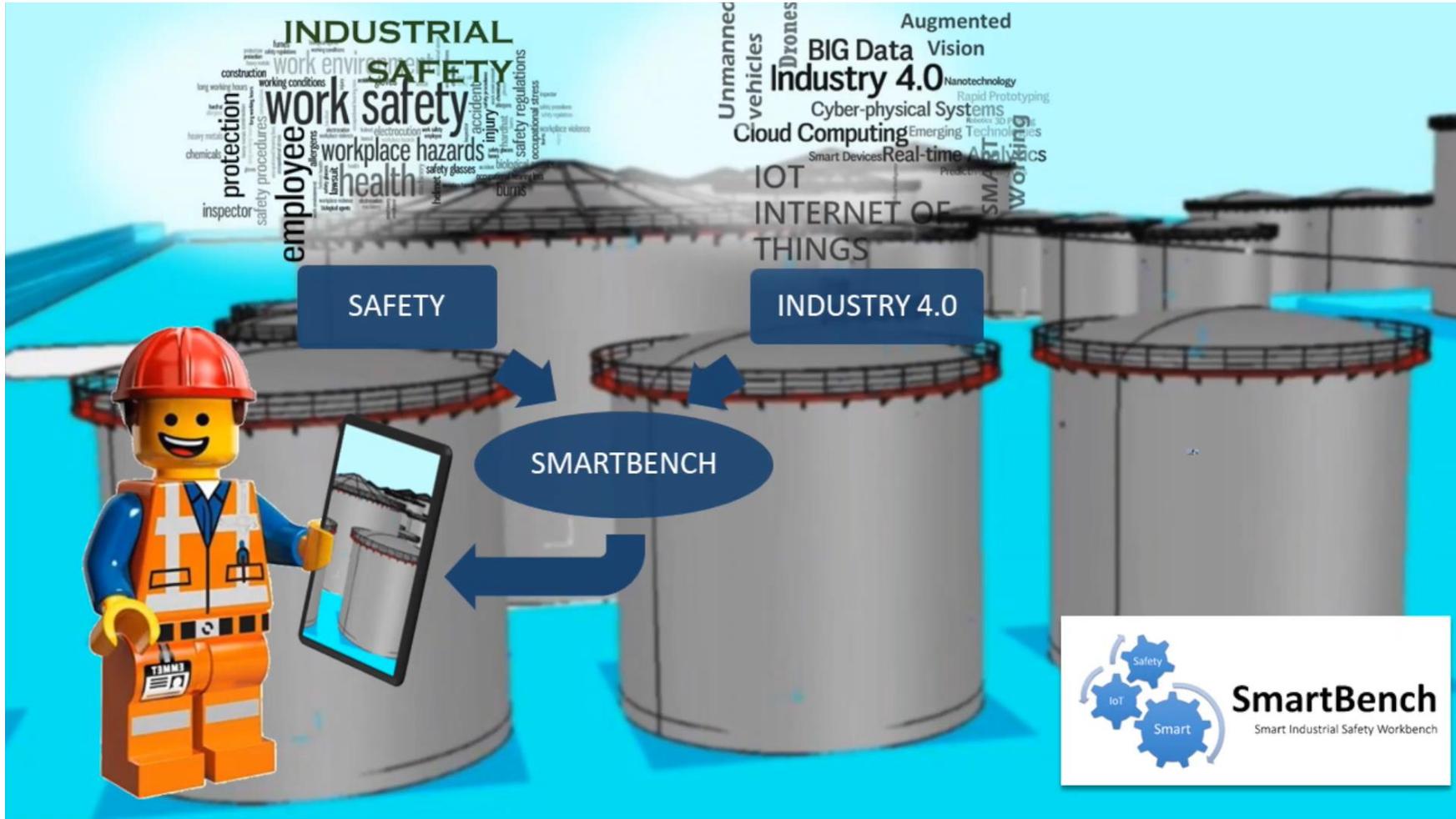
IoT Devices



SMARTBENCH: logica della piattaforma basata un approccio ontologico



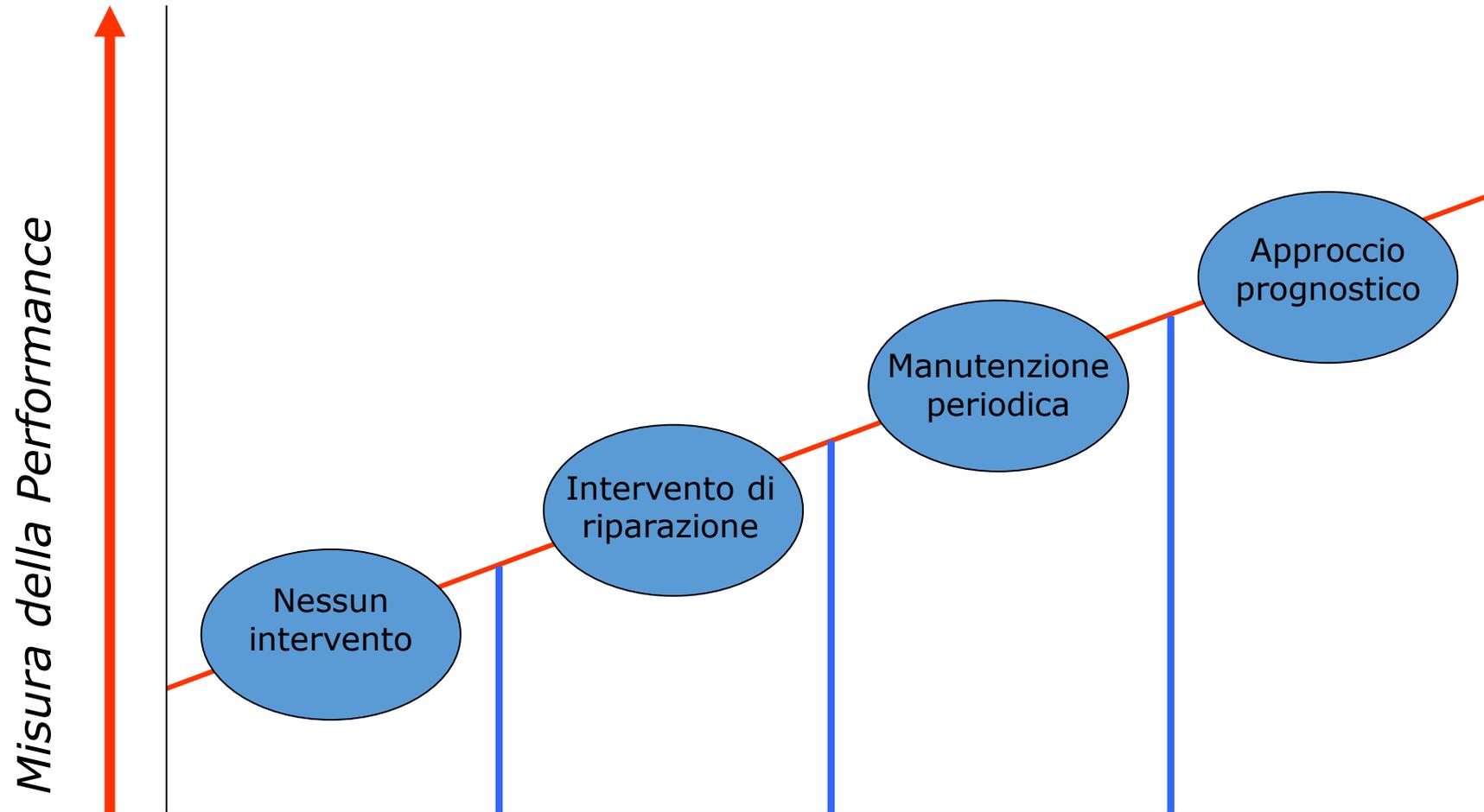
SMARTBENCH in sintesi.....



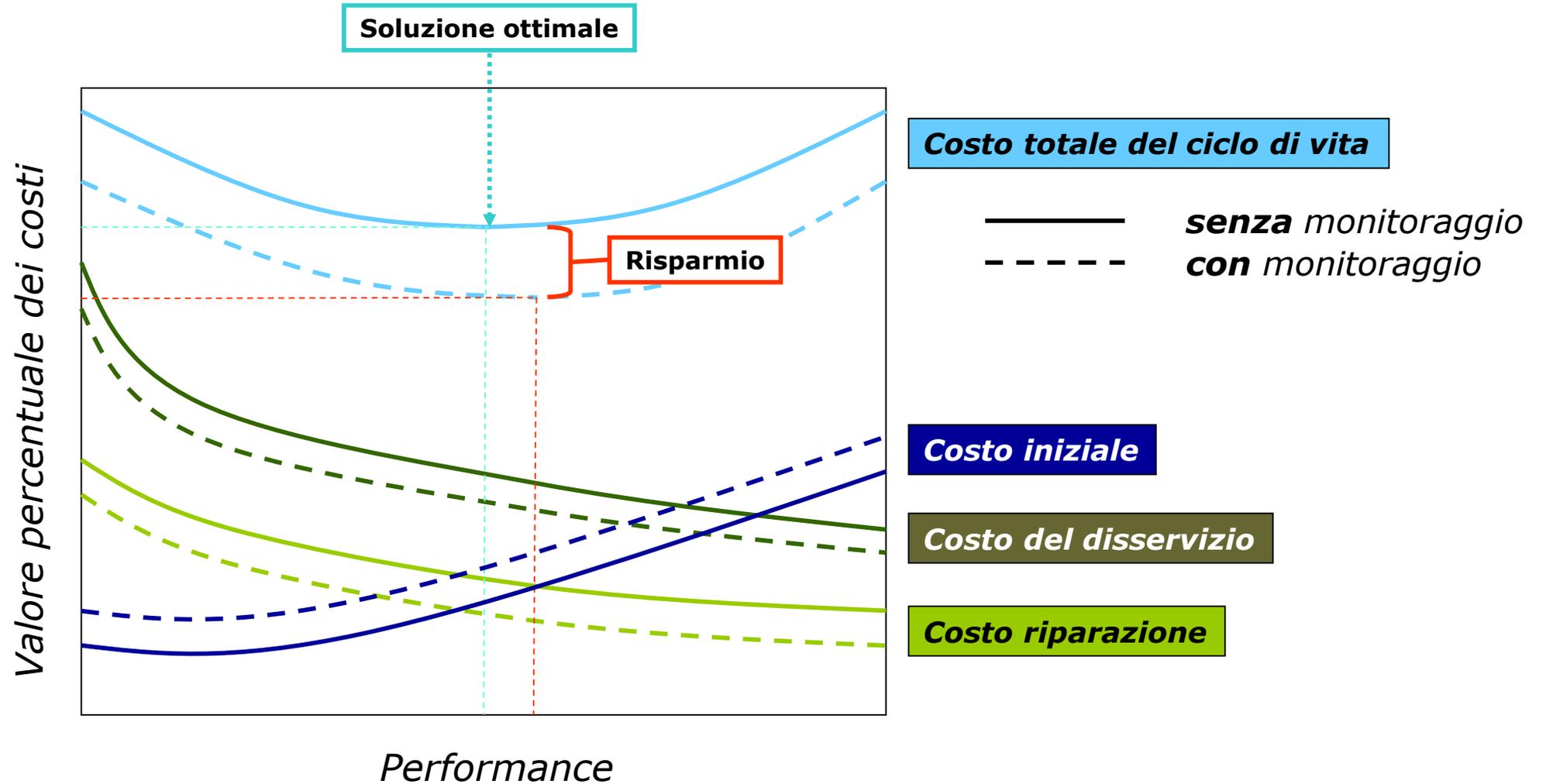
MAC4PRO: manutenzione intelligente di impianti industriali e opere civili mediante tecnologie di monitoraggio 4.0 e approcci prognostici



MAC4PRO: manutenzione intelligente di impianti industriali e opere civili mediante tecnologie di monitoraggio 4.0 e approcci prognostici

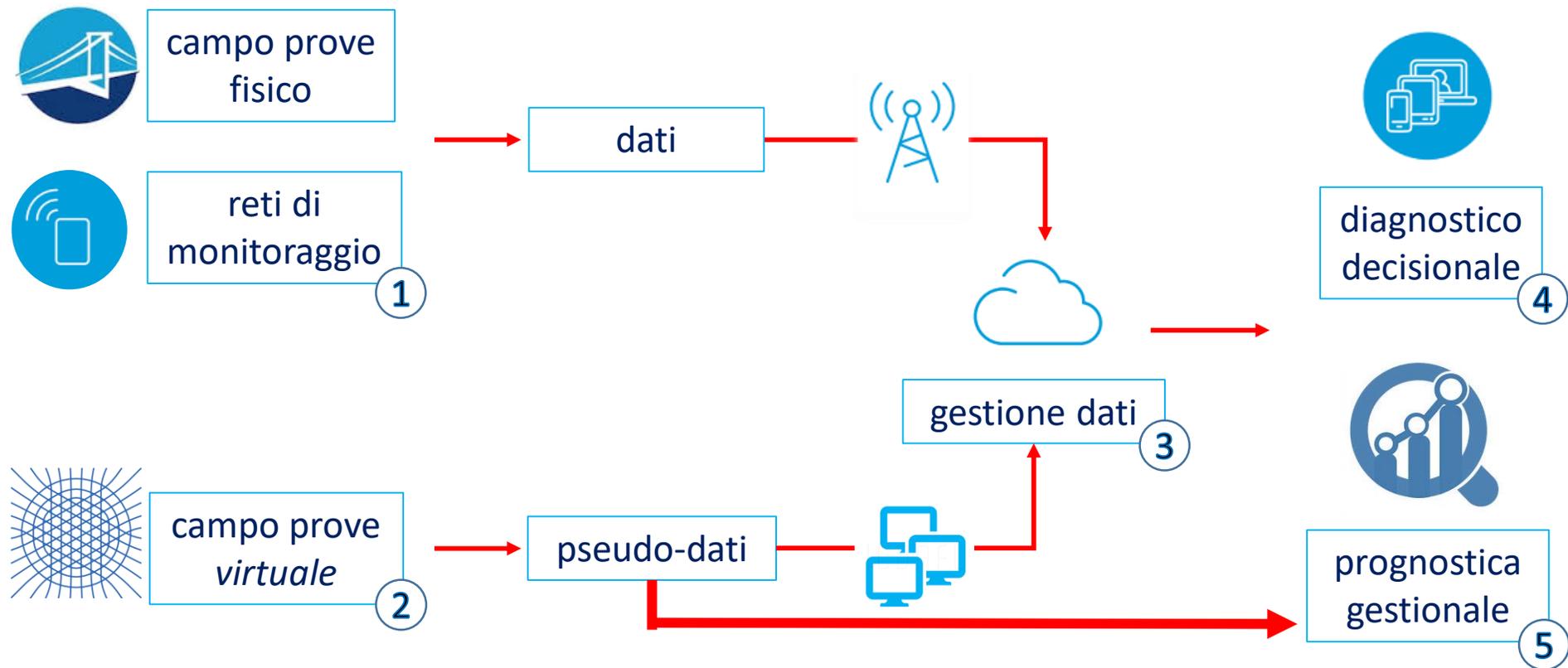


MAC4PRO: manutenzione intelligente di impianti industriali e opere civili mediante tecnologie di monitoraggio 4.0 e approcci prognostici



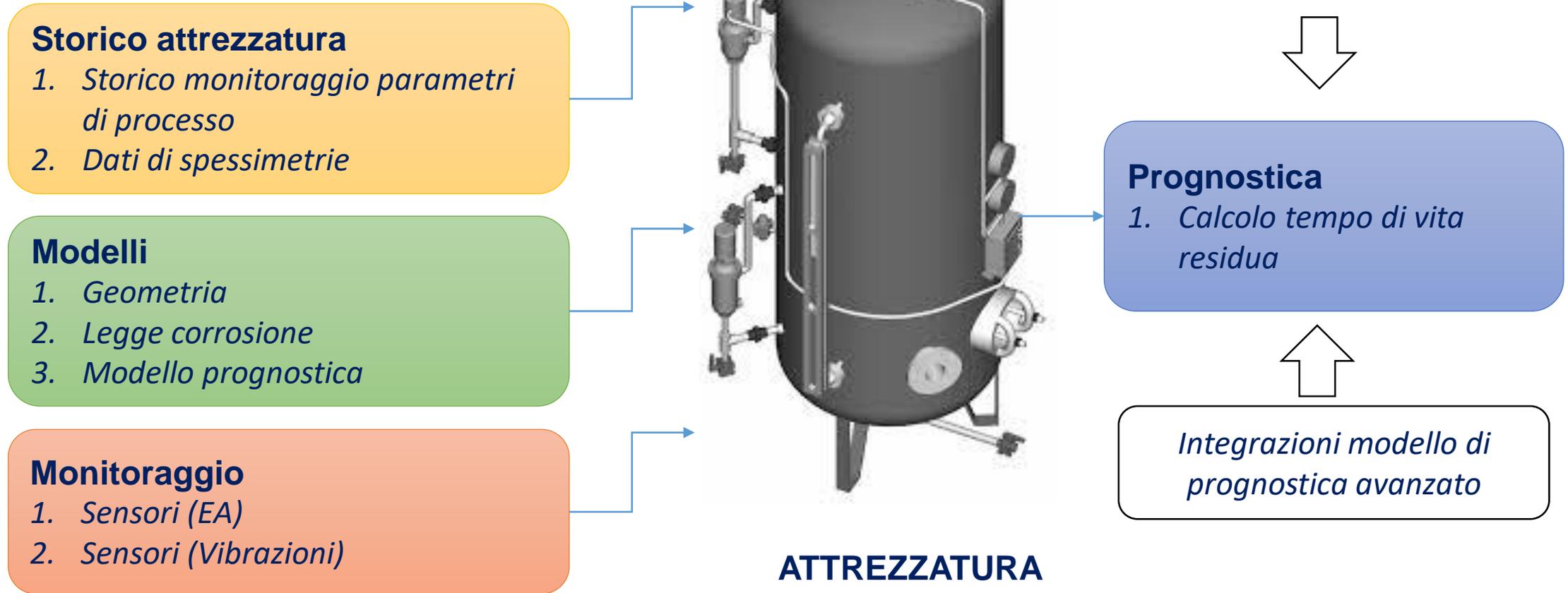
Frangopol and Liu, 2007

MAC4PRO: obiettivi



- ① • customizzazione e ottimizzazione per i diversi casi studio
- ② • comprensione fisica, supporto al monitoraggio, flessibilità tempi, «*data augmentation*»
- ③ • gestione dati eterogenei, data fusion, «*data augmentation*»
- ④ • monitoraggio continuo mediante EA e ACC (validazione sui campi prove)
- ⑤ • prognostica (validazione sui campi prove)

MAC4PRO: sviluppo di un sistema software e hardware per la realtà aumentata

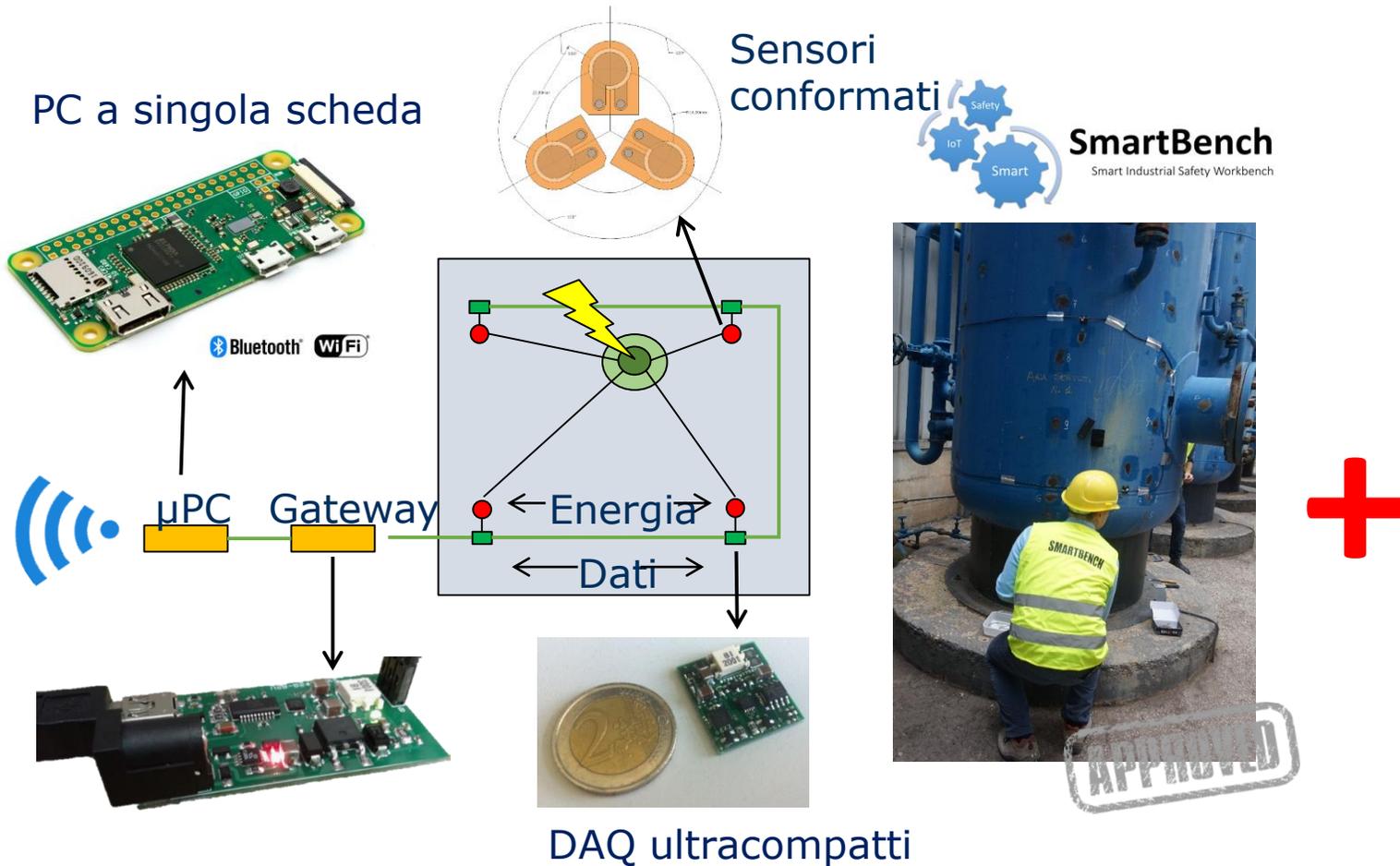


MAC4PRO: campo prove reale

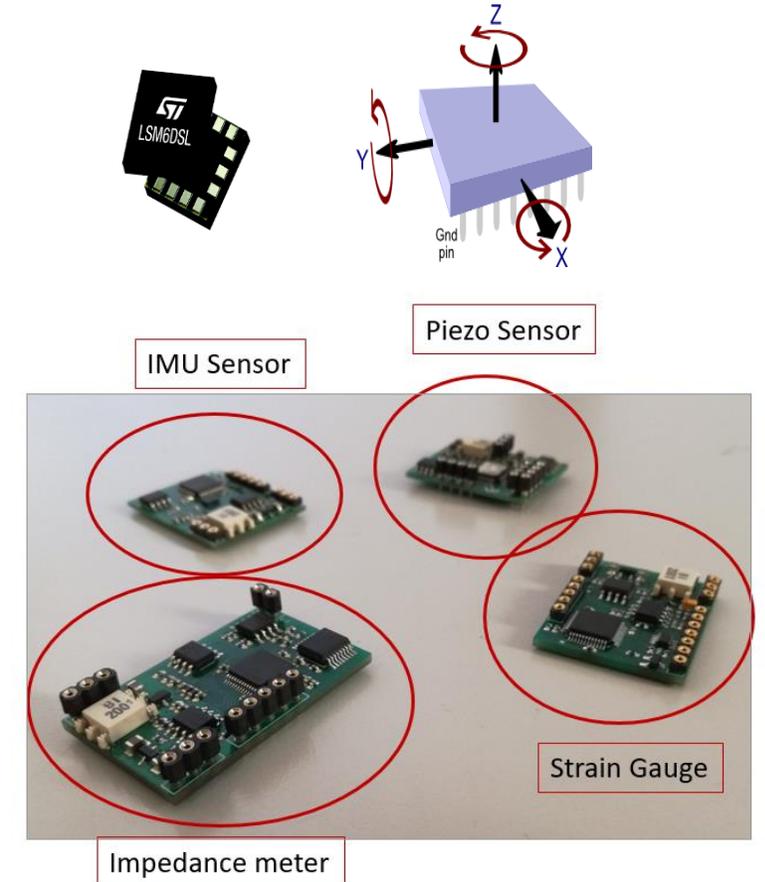


MAC4PRO: sensoristica smart a basso costo per monitoraggio

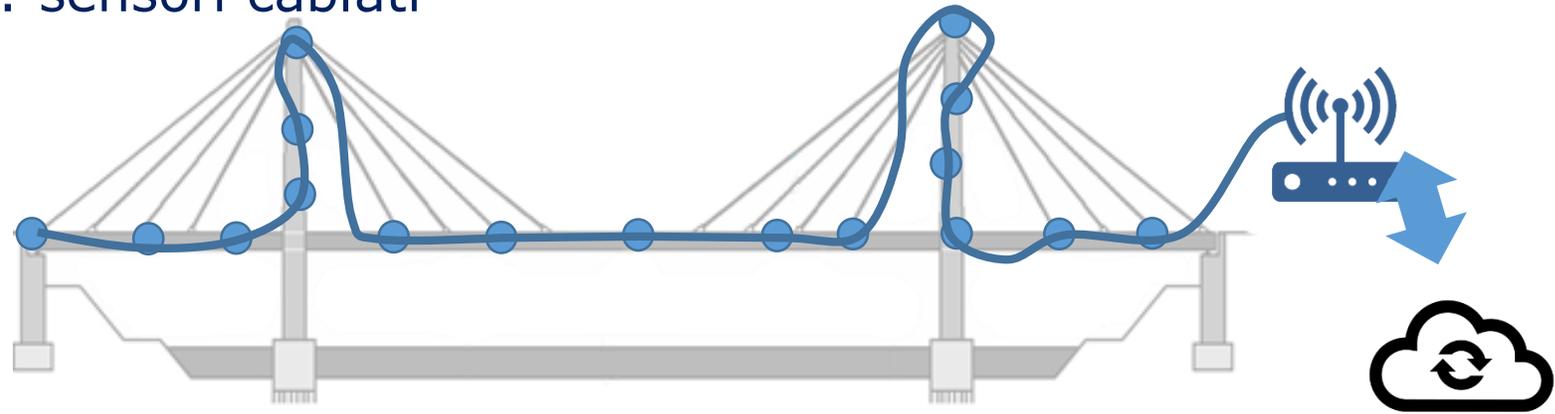
Progetto di sensori avanzati e a basso costo: tecnologie più accessibili e sensoristica pervasiva



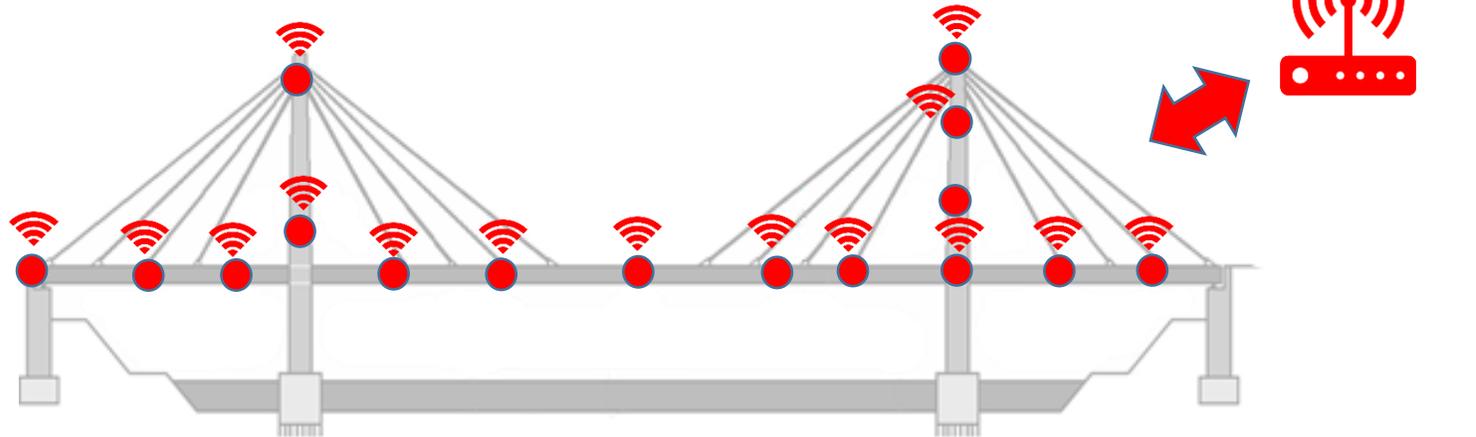
Vibrazioni: IMU basata su MEMS



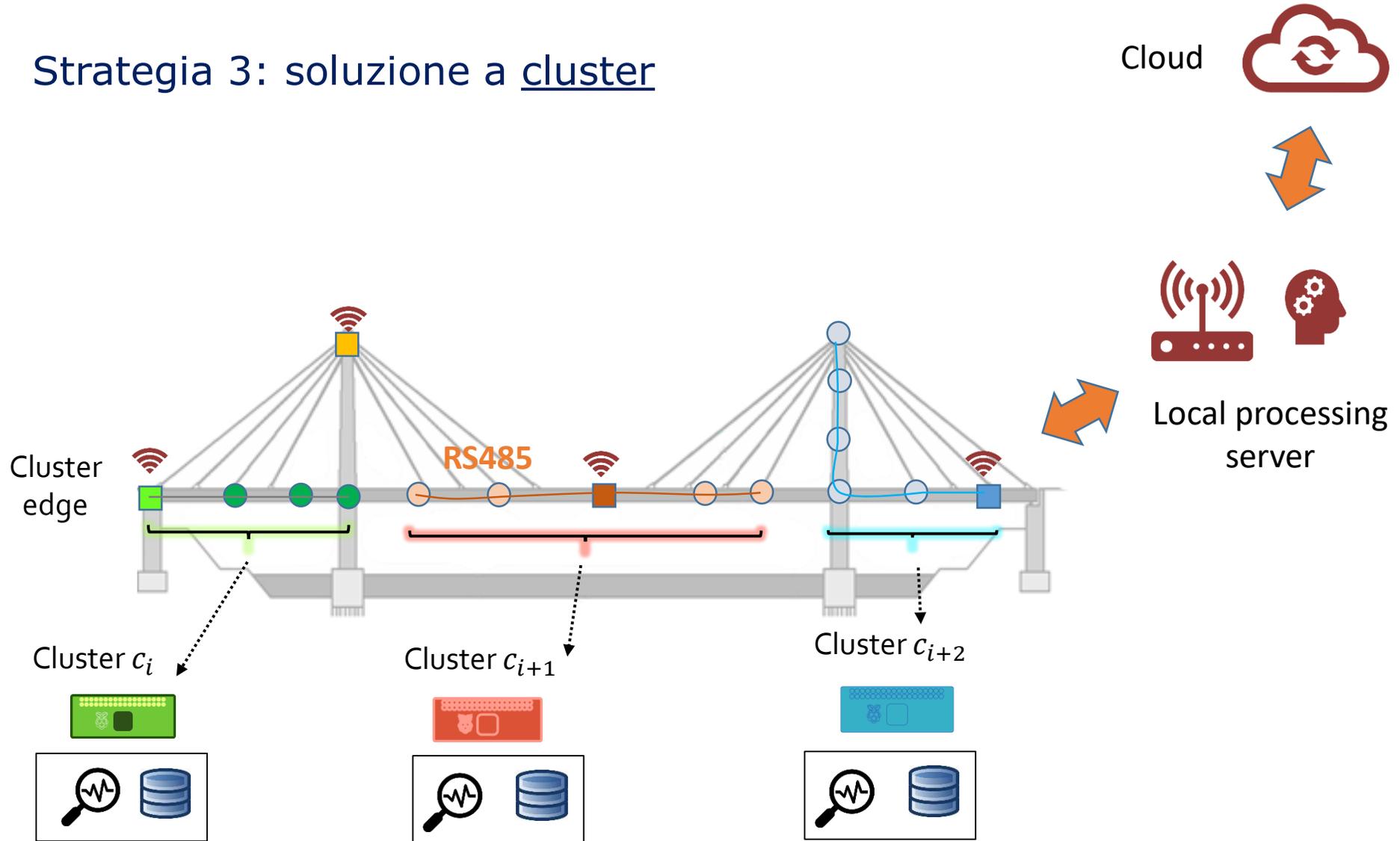
Strategia 1: sensori cablati



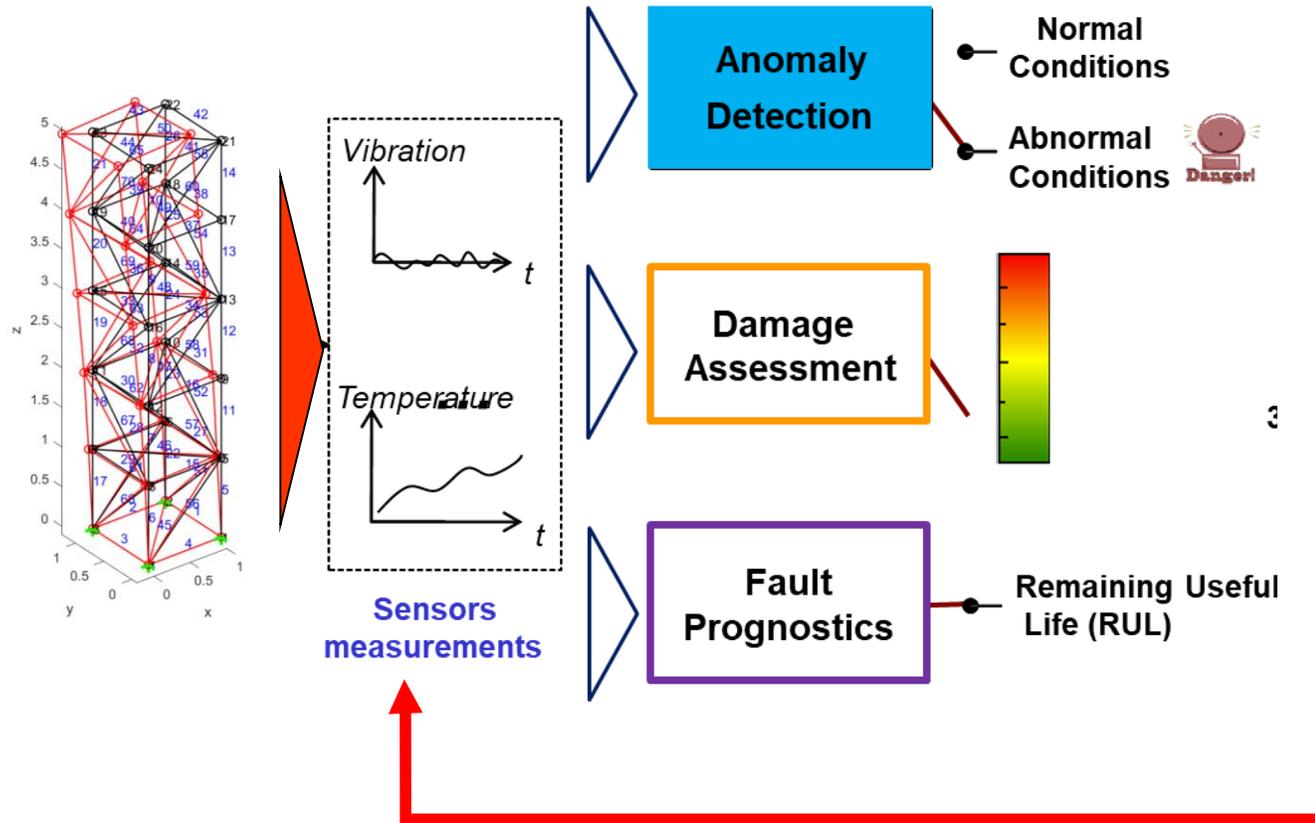
Strategia 2: sensori wireless



Strategia 3: soluzione a cluster



MAC4PRO: prognostica e gestione della sicurezza



Challenges

- from Lab Data to Field Data
- Incomplete Information:
 - Few Run-To-Failure Trajectories
 - Unknown True Damage

Sensor Placement

SISOM&SOPHOS-MS, SODYRA: progetto interazione uomo-macchina



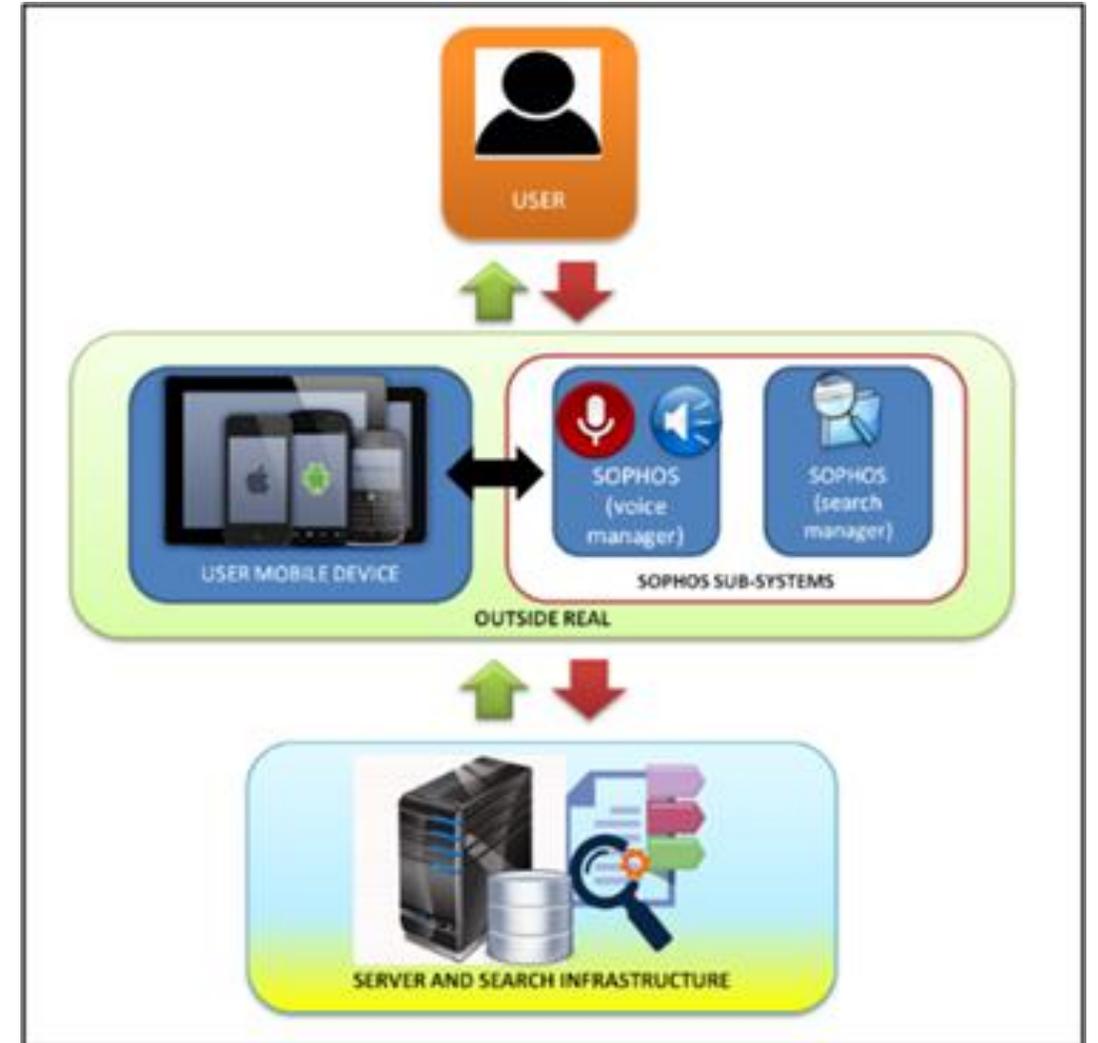
SISOM App



I contenuti di Realtà Aumentata possono essere fruiti su dispositivi mobili come tablet, smartphone, smart glasses e caschi.

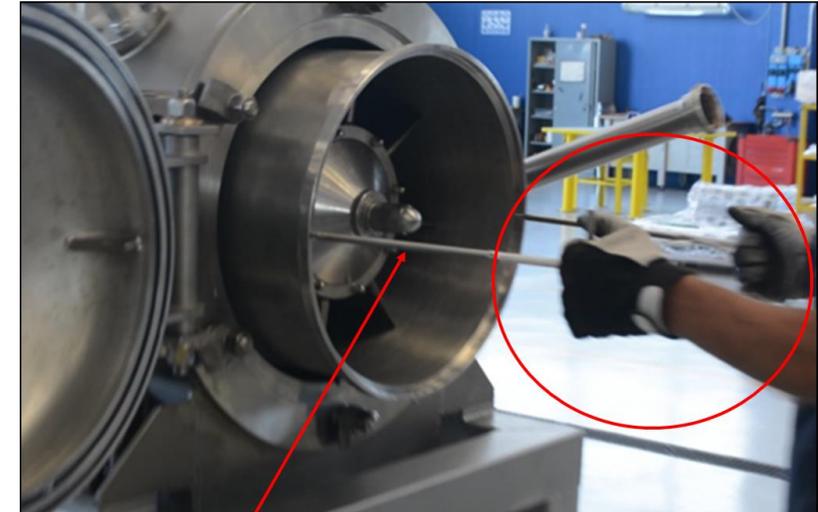
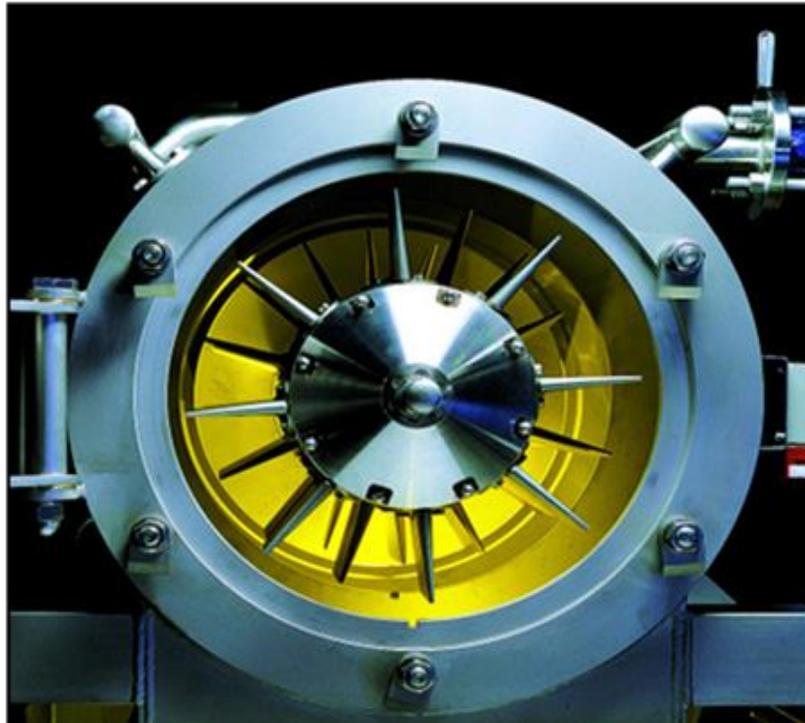
L'assistente personale SOPHOS-MS è in grado di comprendere e rispondere alle domande orali.

SISOM è in grado di monitorare i livelli di produttività e l'organizzazione della produzione.



Caso studio: pulizia di un setaccio per spremitura di pomodoro

Due aste filettate con impugnatura vengono avvitate in appositi punti creati sui setacci per tenere l'operatore distante dagli elementi caldi e al contempo devono essere indossati i dispositivi di protezione individuale (DPI), come i guanti, per lo svolgimento di questa operazione.



Aste filettate

Guanti



Il video su dispositivo mobile è più efficace e funzionale

SISOM App riconosce un marcatore installato sulla macchina in prossimità del pannello di controllo.

Dopo il riconoscimento del TAG, un sottosistema di voce manager avvia ed elabora la richiesta dell'utente convertendo sia la richiesta vocale in testo che la risposta testuale in forma vocale.



SODYRA: Smart Objects a supporto di una DYNamic Risk Analysis in ambienti di lavoro intelligenti

tag BLE



+



+



+



comunicazione BLE



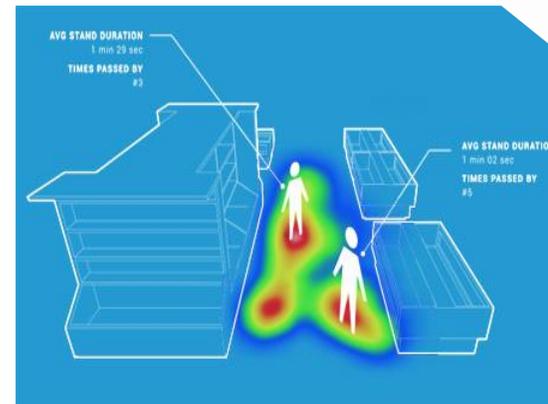
comunicazione BLE



LAN



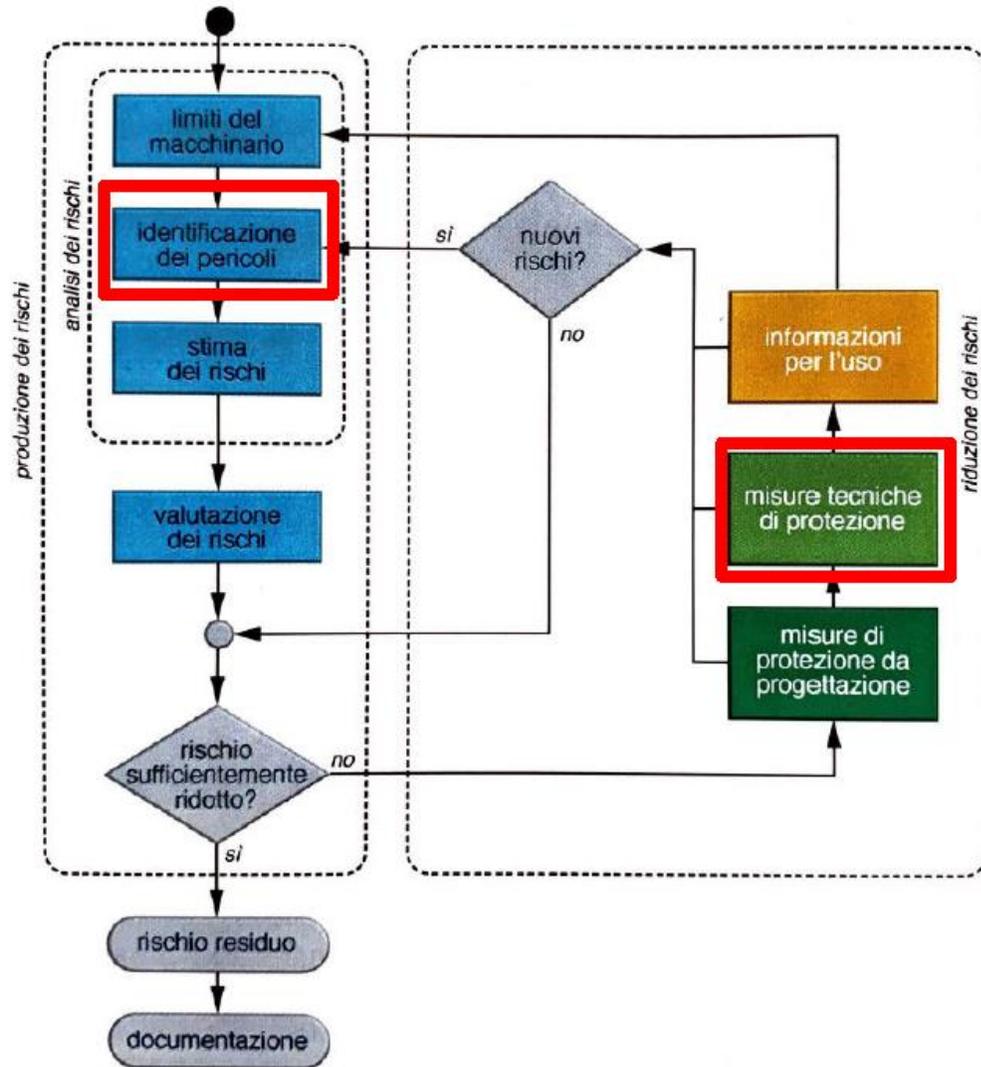
Sistemi BLE (Bluetooth Low Energy) costo ridotto e flessibilità



SODYRA: progetto interazione uomo-macchina



INTERAZIONE FISICA UOMO – MACCHINA: aspetti di sicurezza



Per compiere l'analisi e valutazione dei rischi secondo ISO 12100:2010 è necessario valutare velocità, forza e energia cinetica nelle varie fasi operative

Questi dati sono utili in fase di identificazione dei pericoli e di valutazione delle misure tecniche di protezione

I dati possono essere ottenuti per tutte le attività previste da un modello matematico del robot e dei *tool* installati

INTERAZIONE FISICA UOMO – MACCHINA: aspetti di sicurezza

Lo stesso modello permette di verificare se i dati relativi all'applicazione che si sta studiando rientrano nei limiti di forza e pressione previsti dalla specifica tecnica ISO/TS 15066:2016

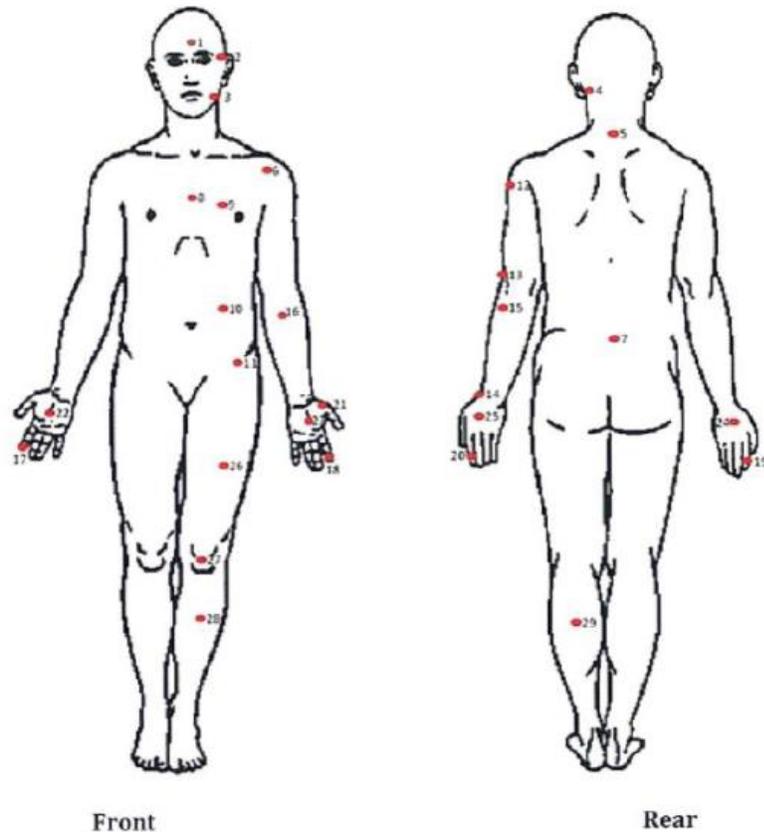


Figure A.1 — Body model

Table A.2 — Biomechanical limits

Body region	Specific body area	Quasi-static contact		Transient contact	
		Maximum permissible pressure ^a P_S N/cm ²	Maximum permissible force ^b N	Maximum permissible pressure multiplier ^c P_T	Maximum permissible force multiplier ^c F_T
Skull and forehead ^d	1 Middle of forehead	130	130	not applicable	not applicable
	2 Temple	110		not applicable	not applicable
Face ^d	3 Masticatory muscle	110	65	not applicable	not applicable
Neck	4 Neck muscle	140	150	2	2
	5 Seventh neck muscle	210		2	2
Back and shoulders	6 Shoulder joint	160	210	2	2
	7 Fifth lumbar vertebra	210		2	2
Chest	8 Sternum	120	140	2	2
	9 Pectoral muscle	170		2	2
Abdomen	10 Abdominal muscle	140	110	2	2
Pelvis	11 Pelvic bone	210	180	2	2
Upper arms and elbow joints	12 Deltoid muscle	190	150	2	2
	13 Humerus	220		2	2
Lower arms and wrist joints	14 Radial bone	190	160	2	2
	15 Forearm muscle	180		2	2
	16 Arm nerve	180		2	2

^a These biomechanical values are the result of the study conducted by the University of Mainz on pain onset levels. Although this research was performed using state-of-the-art testing techniques, the values shown here are the result of a single study in a subject area that has not been the basis of extensive research. There is anticipation that additional studies will be conducted in the future that could result in modification of these values. Testing was conducted using 100 healthy adult test subjects on 29 specific body areas, and for each of the body areas, pressure and force limits for quasi-static contact were established evaluating onset of pain thresholds. The maximum permissible pressure values shown here represent the 75th percentile of the range of recorded values for a specific body area. They are defined as the physical quantity corresponding to when pressures applied to the specific body area create a sensation corresponding to the onset of pain. Peak pressures are based on averages with a resolution size of 1 mm². The study results are based on a test apparatus using a flat (1,4 × 1,4) cm (metal) test surface with 2 mm radius on all four edges. There is a possibility that another test apparatus could yield different results. For more details of the study, see Reference [5].

^b The values for maximum permissible force have been derived from a study carried out by an independent organization (see Reference [6]), referring to 188 sources. These values refer only to the body regions, not to the more specific areas. The maximum permissible force is based on the lowest energy transfer criteria that could result in a minor injury, such as a bruise, equivalent to a severity of 1 on the Abbreviated Injury Scale (AIS) established by the Association for the Advancement of Automotive Medicine. Adherence to the limits will prevent the occurrence of skin or soft tissue penetrations that are accompanied by bloody wounds, fractures or other skeletal damage and to be below AIS 1. They will be replaced in future by values from a research more specific for collaborative robots.

^c The multiplier value for transient contact has been derived based on studies which show that transient limit values can be at least twice as great as quasi-static values for force and pressure. For study details, see References [2], [3], [4] and [7].

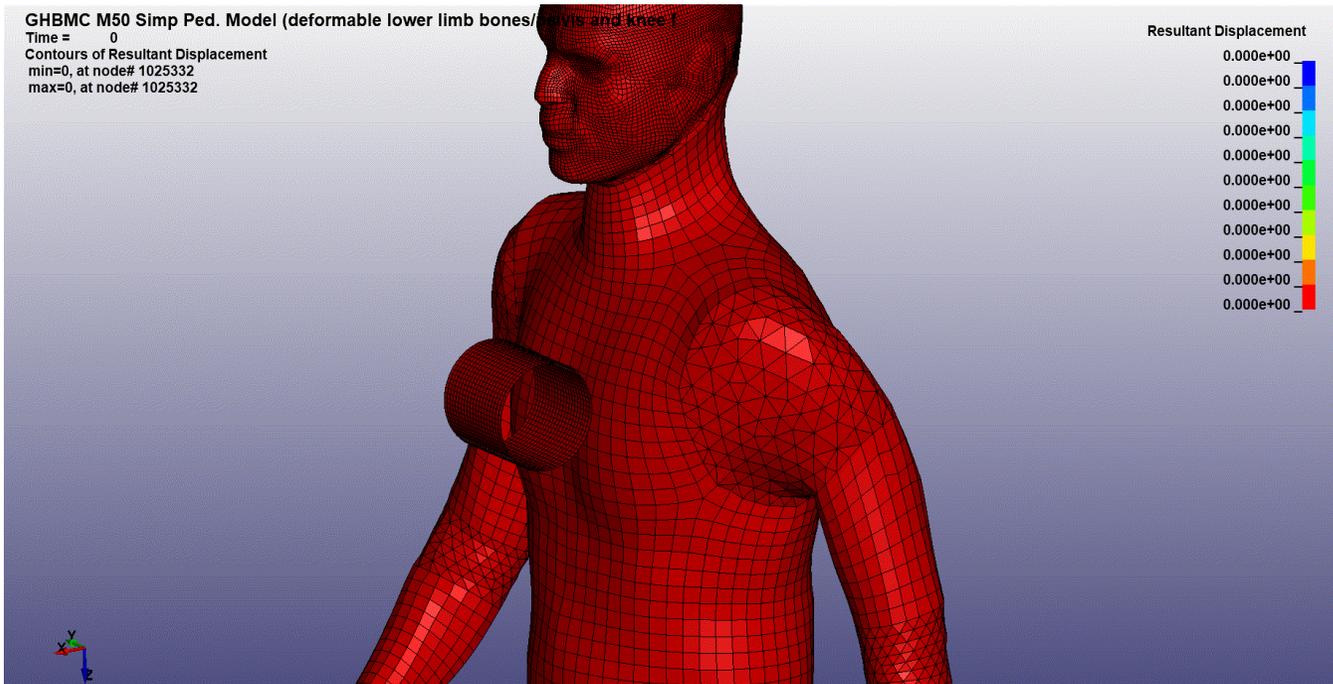
^d Critical zone (italicized)

INTERAZIONE FISICA UOMO – MACCHINA:

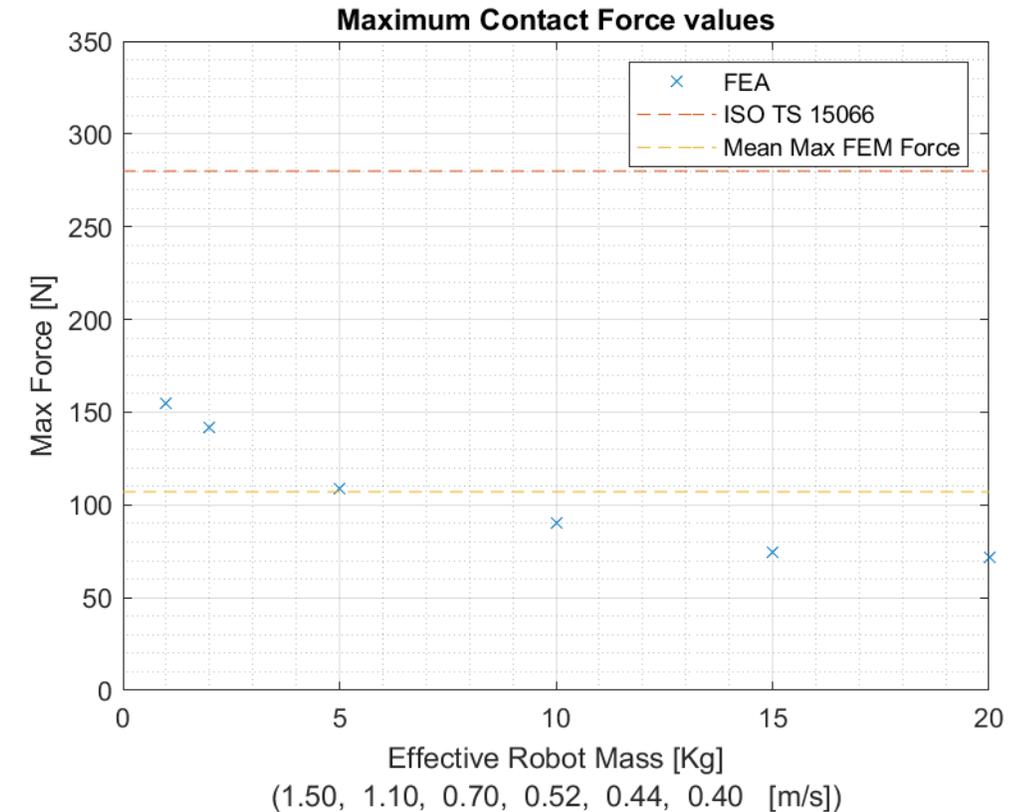
utilizzo modello FEM per la verifica dei valori da normativa ISO/TS 15066:2016

☑ Principali risultati ottenuti:

- Massima forza sviluppata ed energia assorbita decisamente minori rispetto a quella predetta da normativa;
- Eventuale possibilità di utilizzare velocità operative del robot più alte senza rischi.

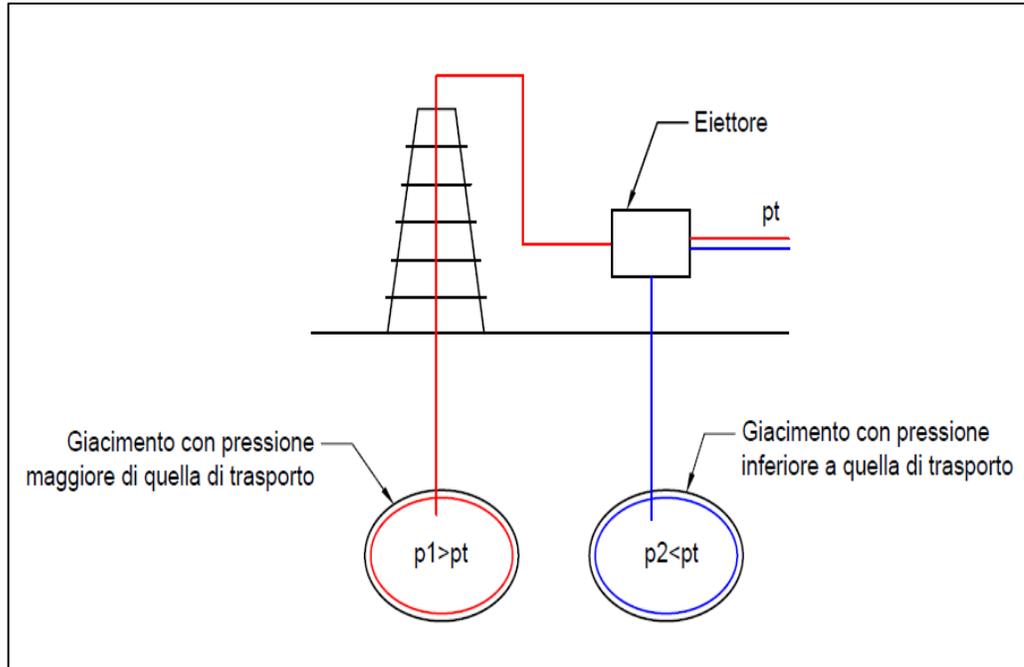


Risultati del caso di studio di impatto tra oggetto e uomo effettuato in LS-DYNA con i modelli sviluppati e implementati



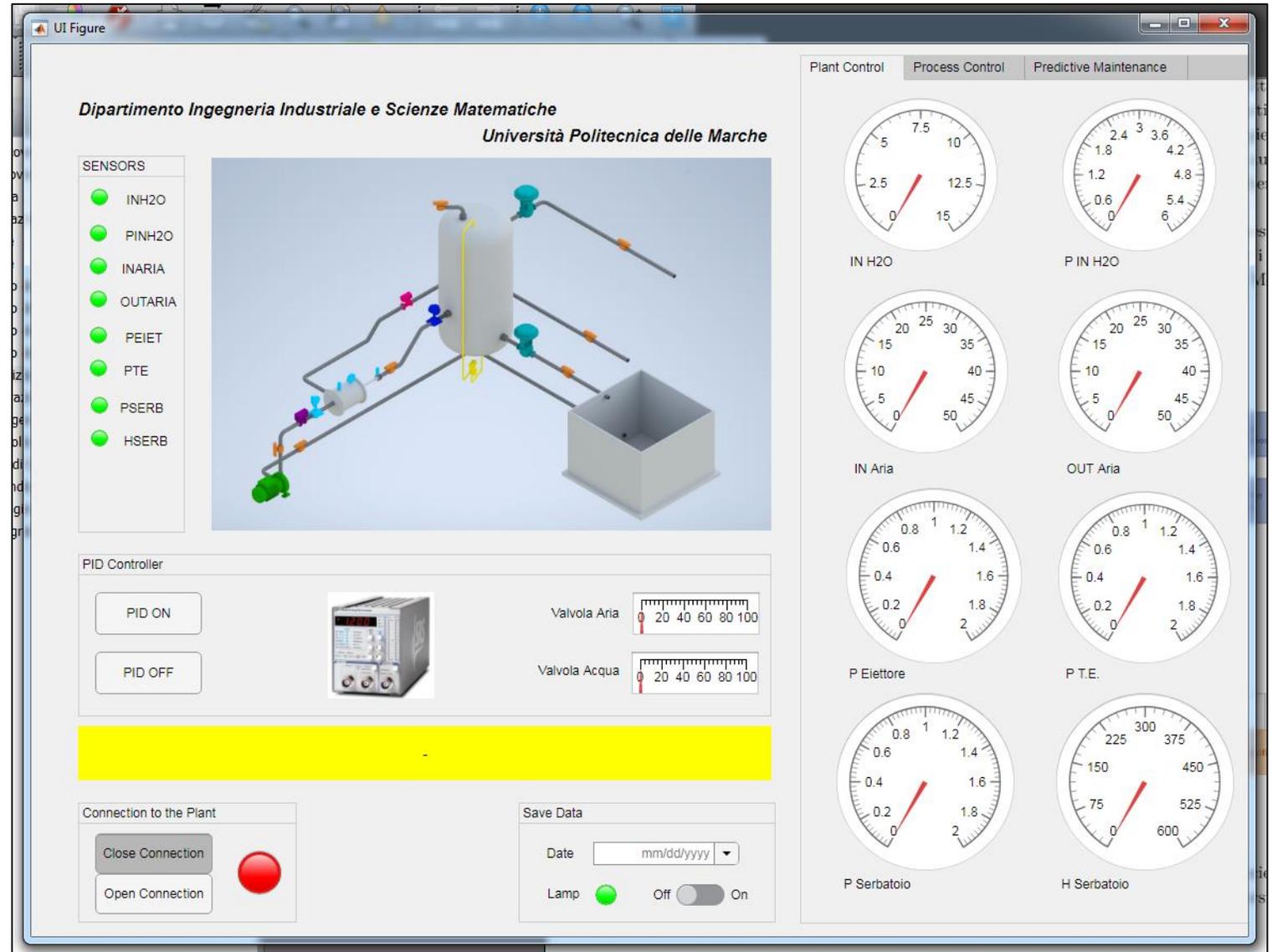
INTERAZIONE FISICA UOMO – MACCHINA: modellazione digital twin

L'impianto simula una classica situazione che si presenta nei processi di estrazione, cioè quella di sfruttare la pressione di un giacimento la cui pressione è più alta di quella di trasporto per creare un'aspirazione su un giacimento la cui pressione non è sufficientemente alta per il trasporto sulla linea.

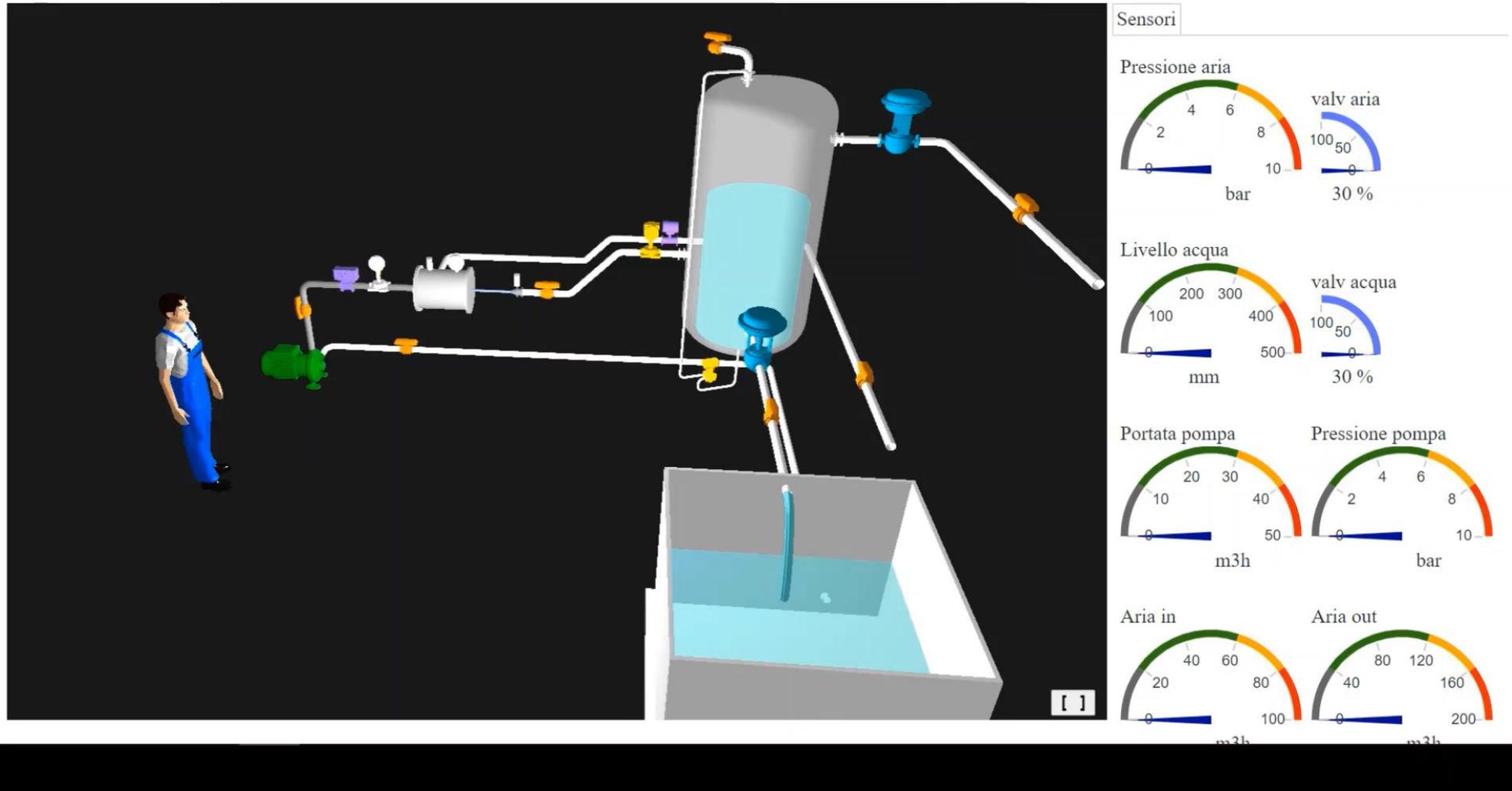


INTERAZIONE FISICA UOMO – MACCHINA: monitoraggio da remoto

Tramite una interfaccia di controllo remota è possibile accedere alle letture sensoristiche in ingresso dall'impianto reale anche da computer esterni al dipartimento tramite connessione internet e comunicazione **WebSocket**.



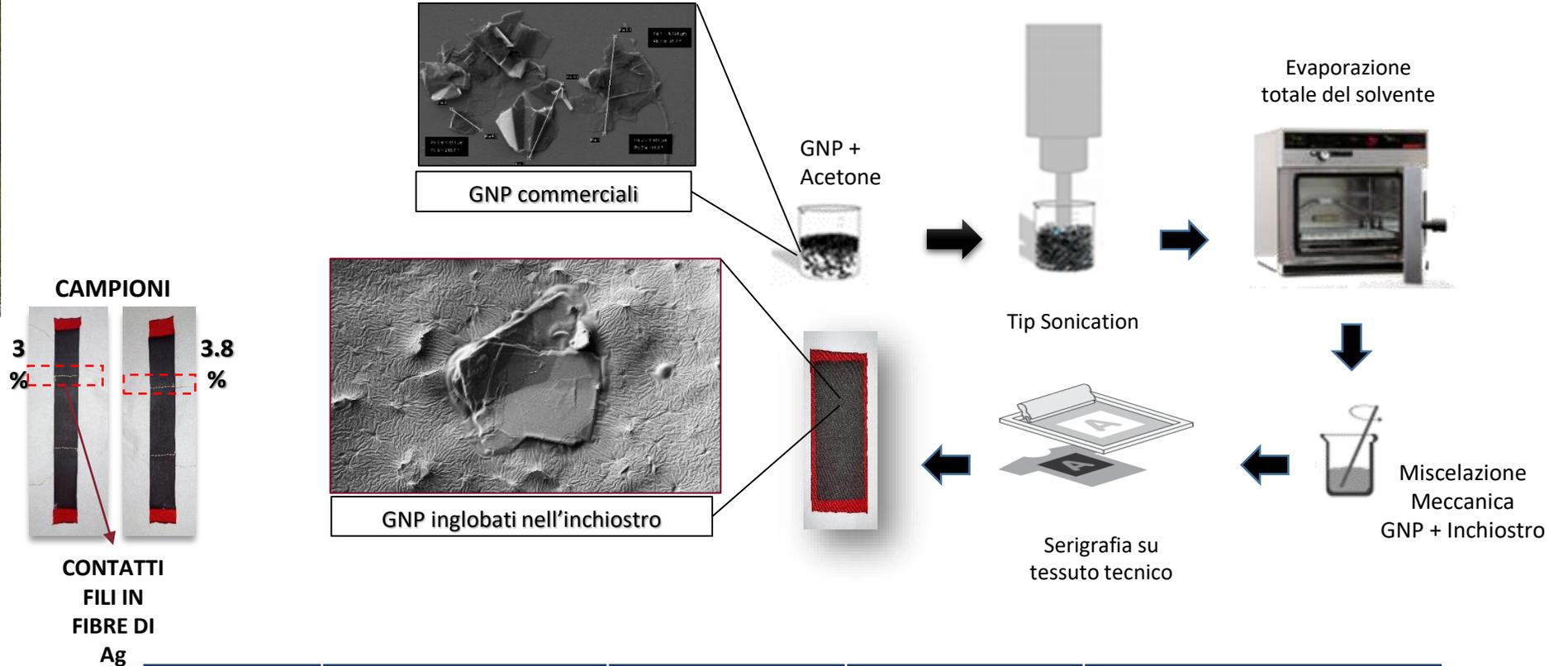
INTERAZIONE FISICA UOMO – MACCHINA: modellazione digital twin



SENSE RISC: abiti intelligenti

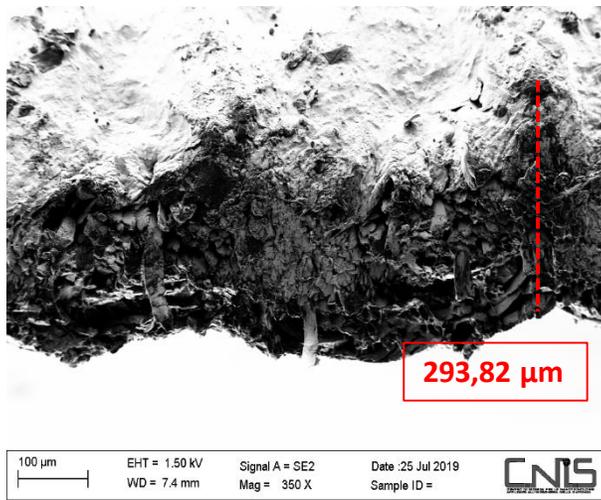
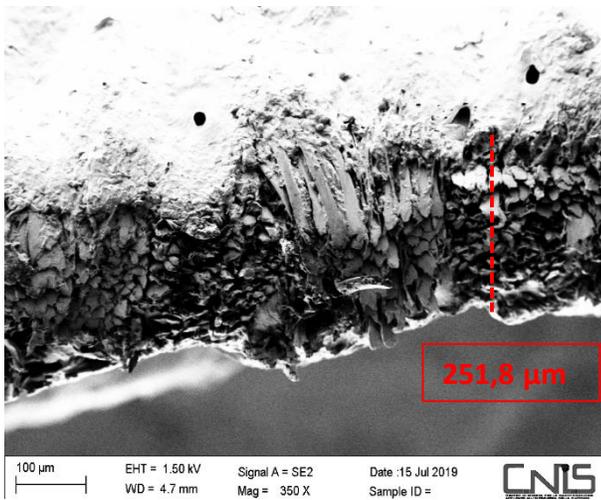
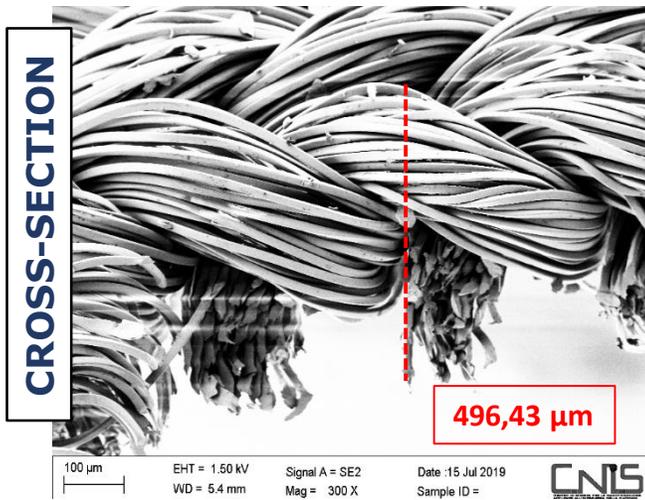
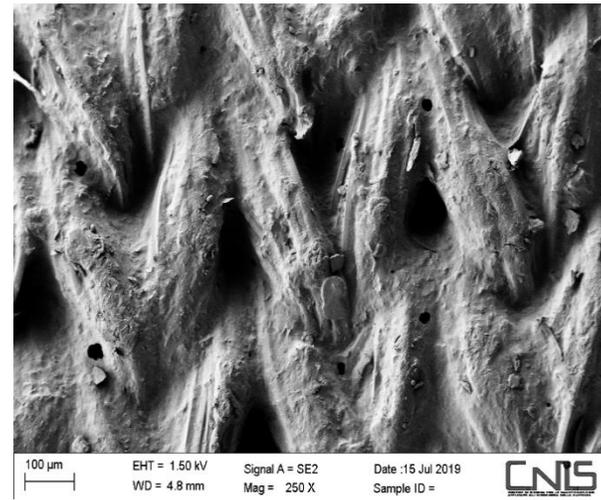
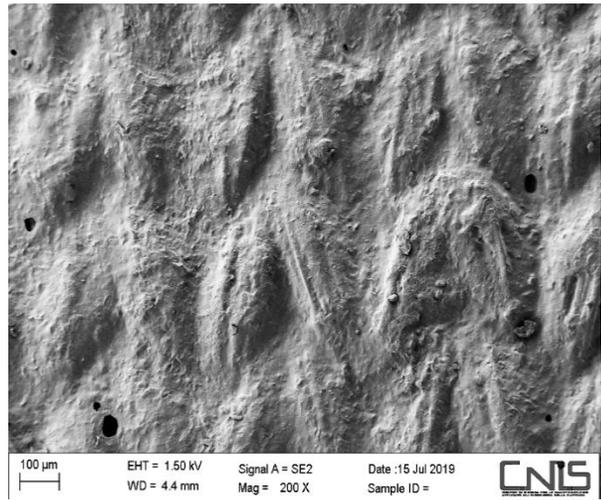
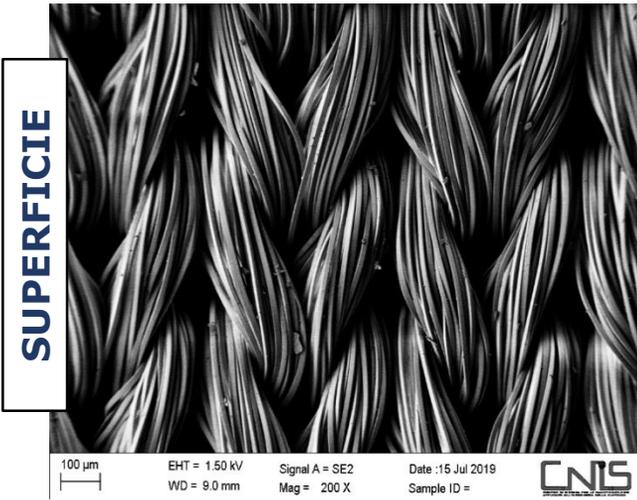


SENSE RISC: sensori piezoresistivi a base grafene serigrafati su tessuto



Campione	%wt. GNP in 3g di inchiostro	#Layers serigrafati	Resistenza elettrica [kΩ]	Dimensioni		
				S [μm]	L [mm]	W [mm]
A	3	4	~ 10	252,8	150	25
B	3.8	3	~ 3	293,8	150	25

SENSE RISC: immagini al FEGSEM

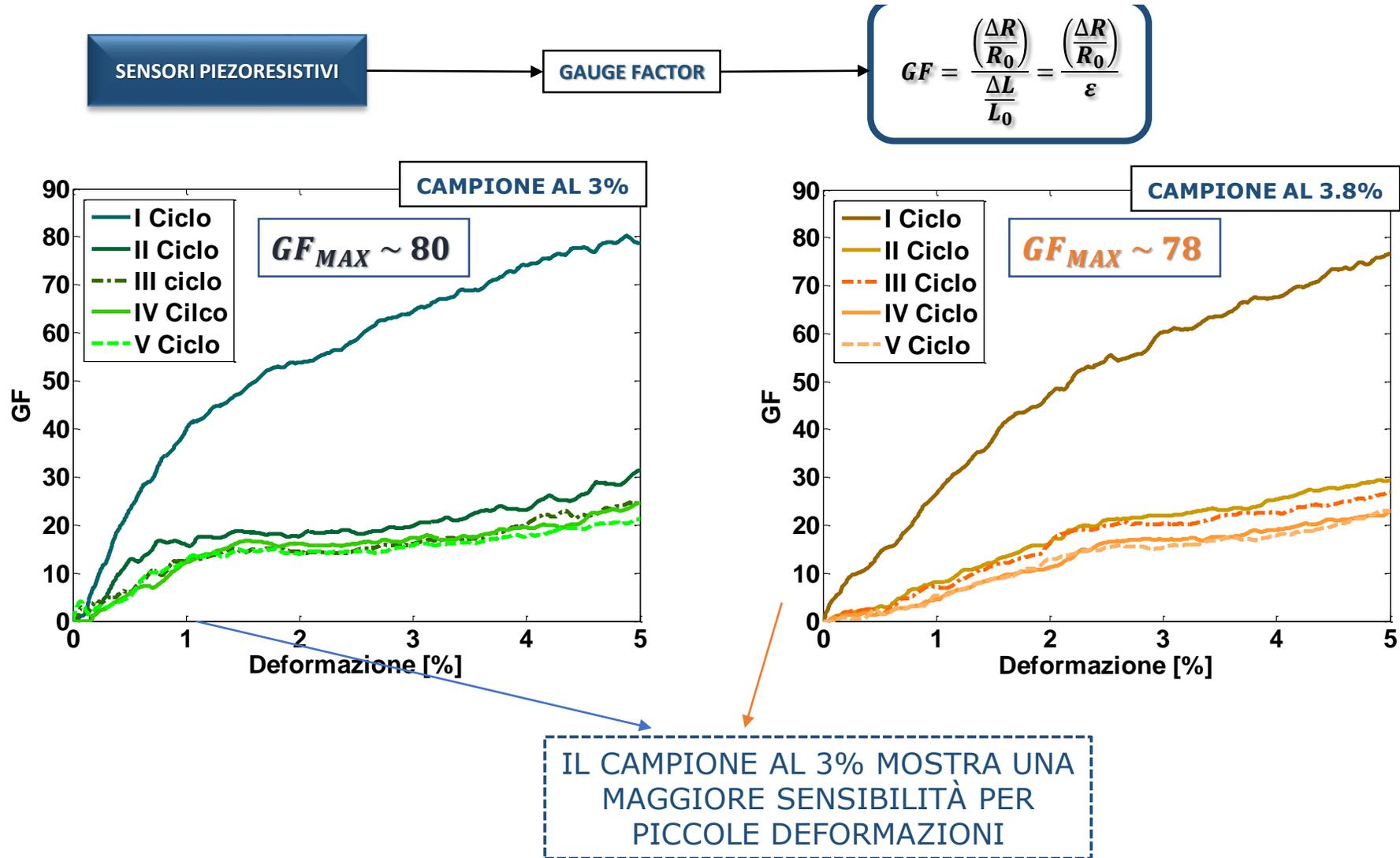


TESSUTO NEUTRO

CAMPIONE 3%

CAMPIONE 3.8%

SENSE RISC: capacità di sensing



SENSE RISC: prove di trazione uniassiale

ASTM D 882 "Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting"

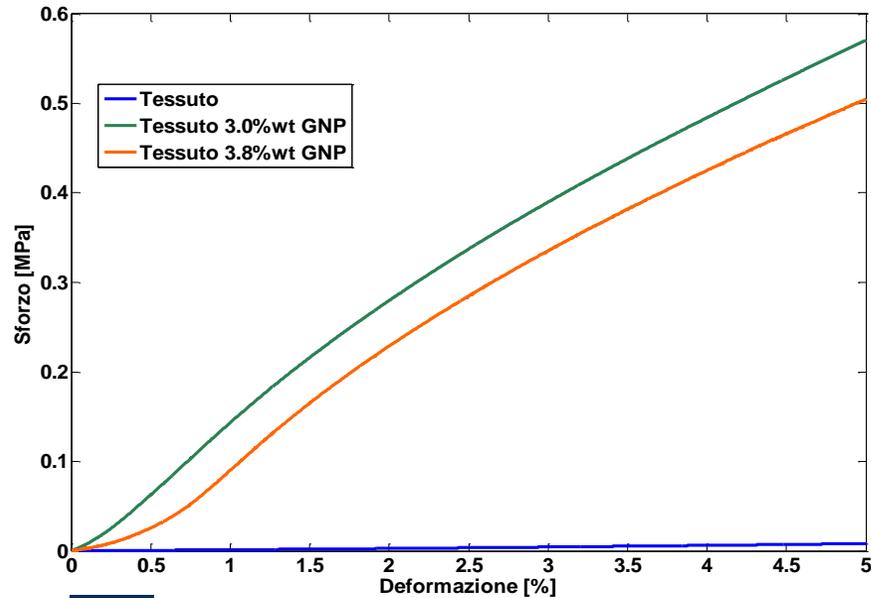
Parametri Meccanici

- Tratto utile: 60 mm;
- Velocità della traversa: 2 mm/min;
- Pre-carico: 0.01 N;
- Deformazione massima: 5%;

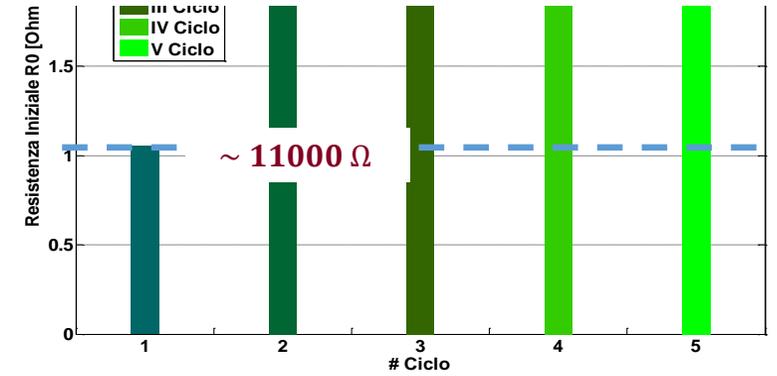


Parametri Elettrici

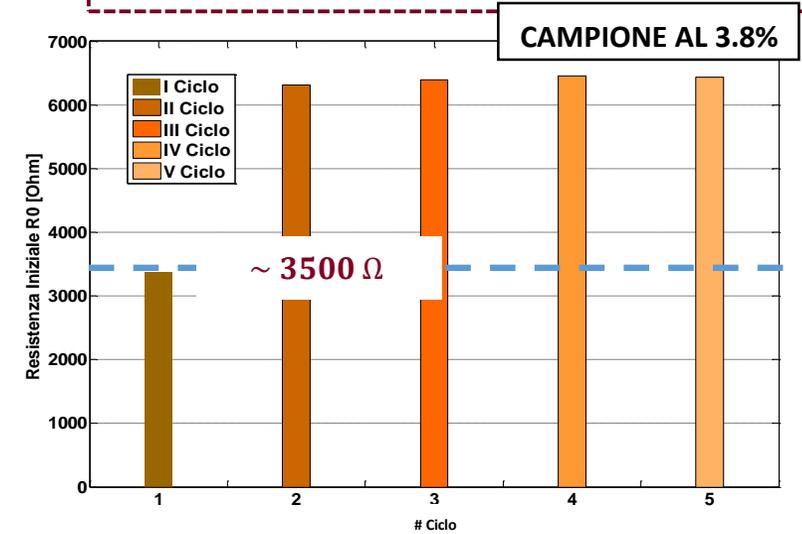
Corrente: 10-6 A
Tensione: 1 V



Sorgente di corrente CC/CA
Nano-Volmetro



RESISTENZA ELETTRICA INZIALE DI ENTRAMBI I CAMPIONI RADDOPPIANO E SI STABILIZZA SUBITO DOPO IL PRIMO CICLO



Parametri Meccanici

Velocità della traversa:

0.83 mm/min – 12 respiri/minuto

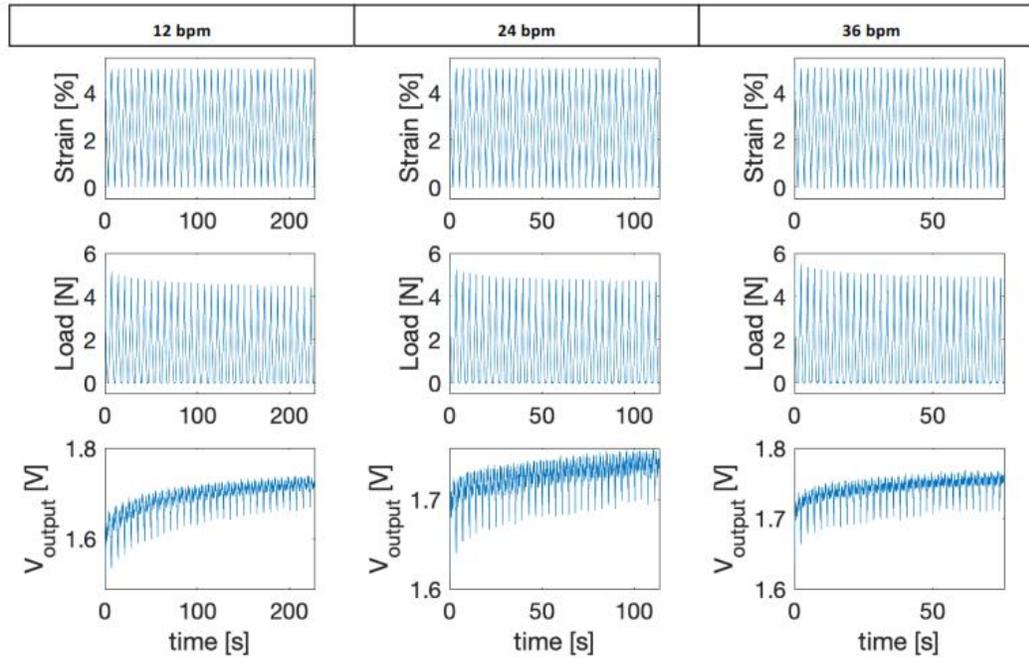
1.66 mm/min – 24 respiri/minuto

2.5 mm/min – 36 respiri/minuto

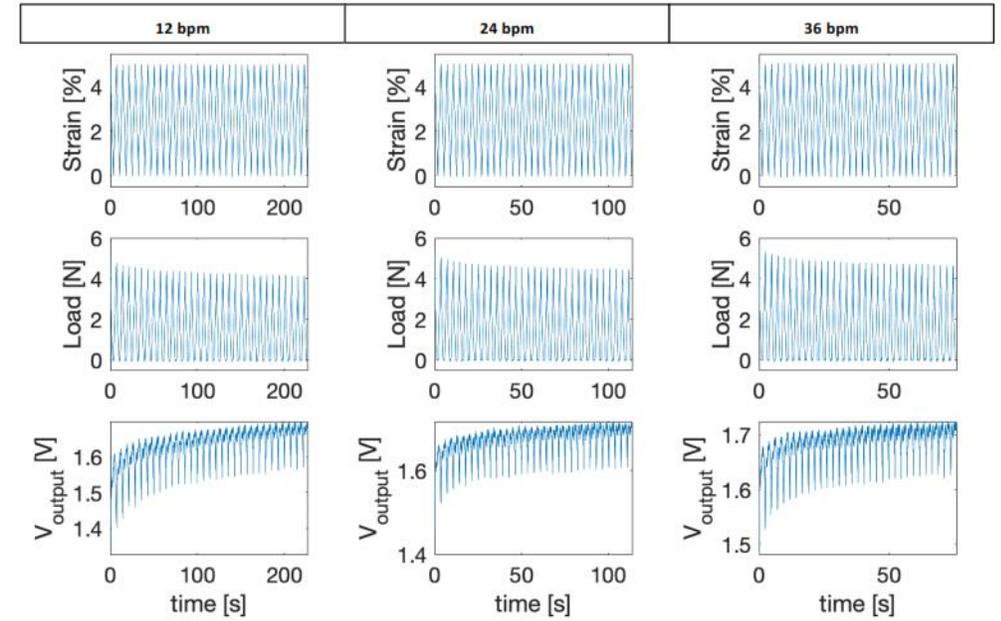
Deformazione massima: 5%

Numero Cicli: 30

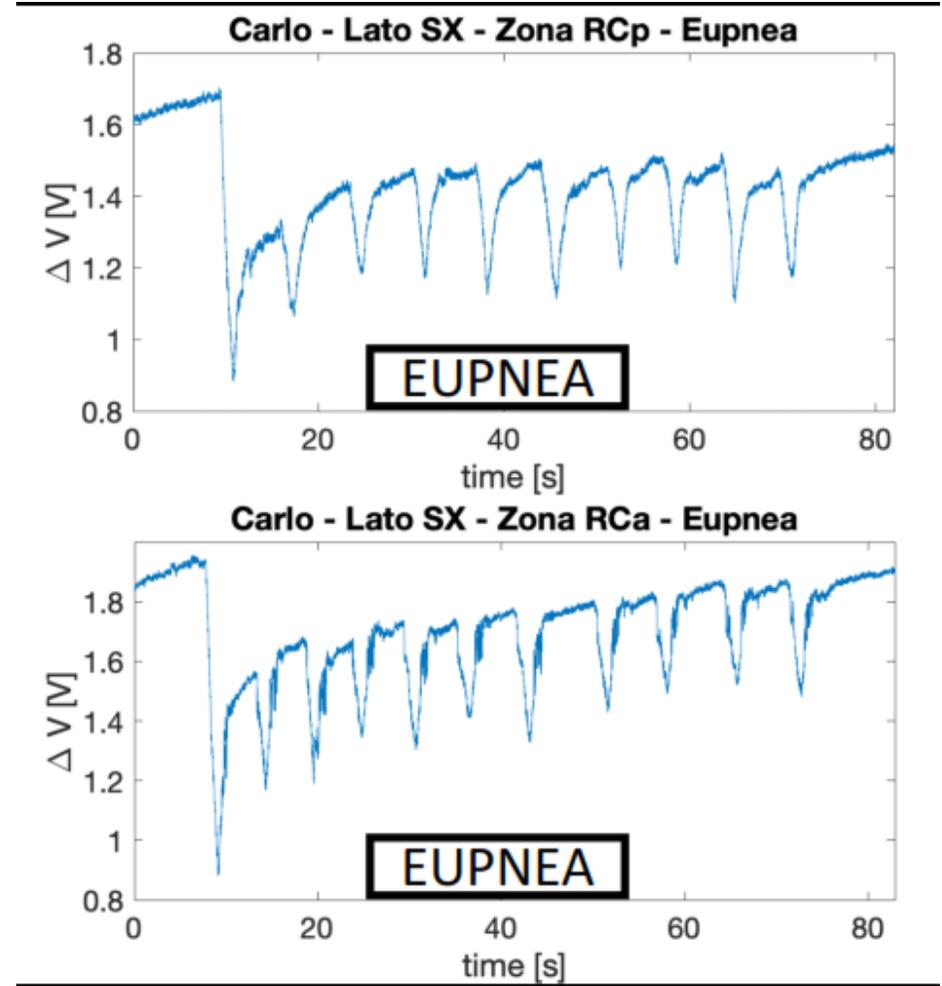
Campione 3.8%



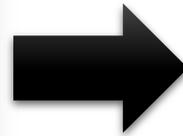
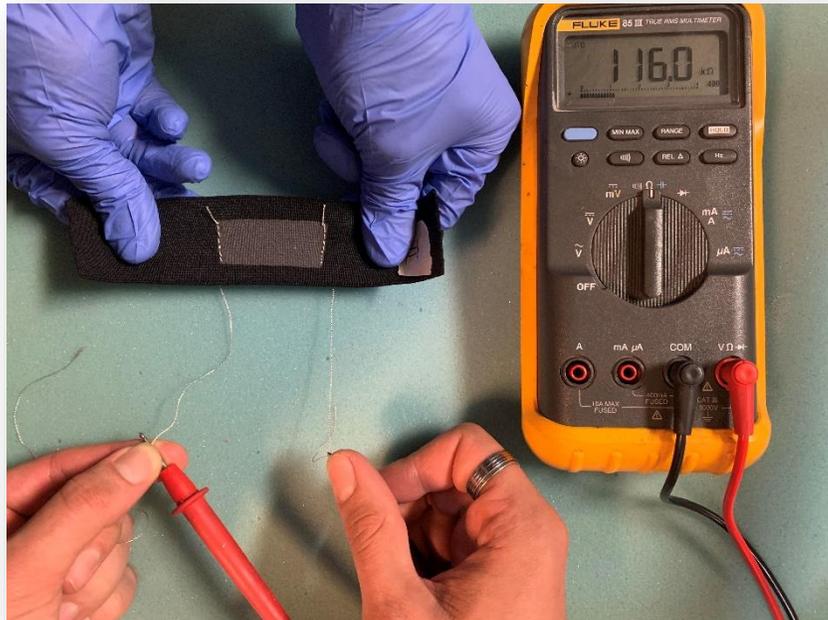
Campione 3%



SENSE RISC: prove reali



SENSE RISC: ottimizzazione del sensore su fascia elastica



**Prototipo di Maglia Sensorizzata
per l'Evento We Run**

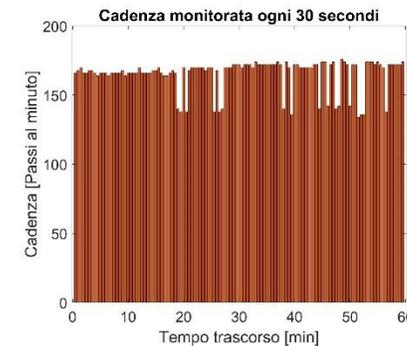
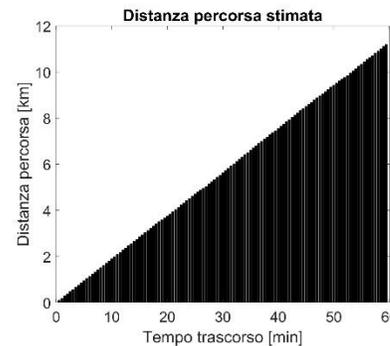
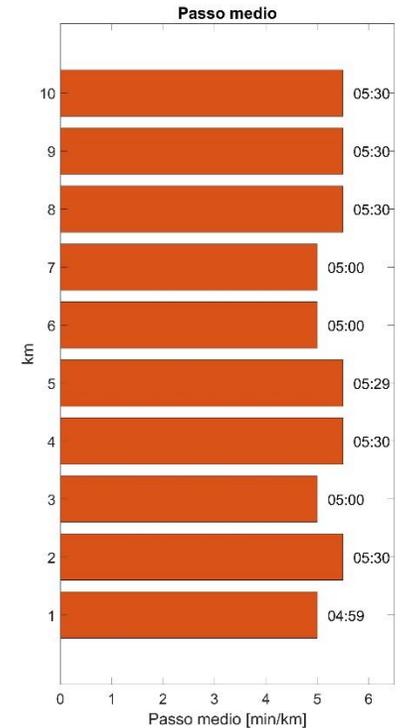
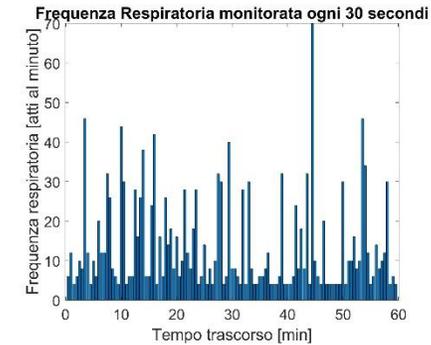
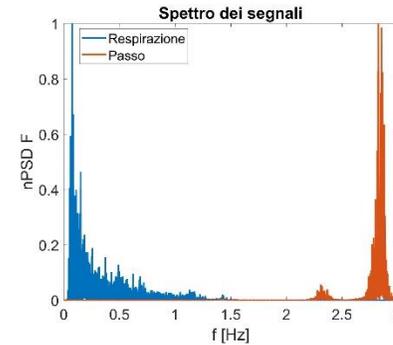


SENSE RISC: We Run Rome, ottimizzazione del sensore



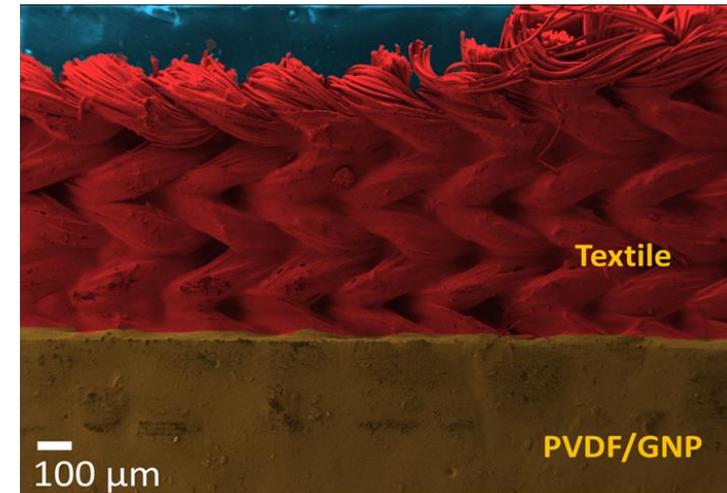
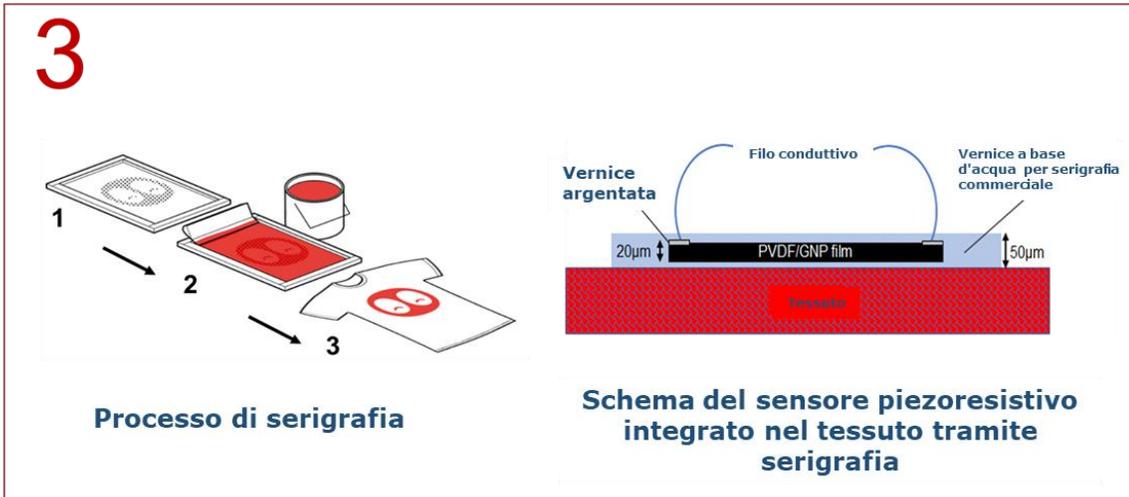
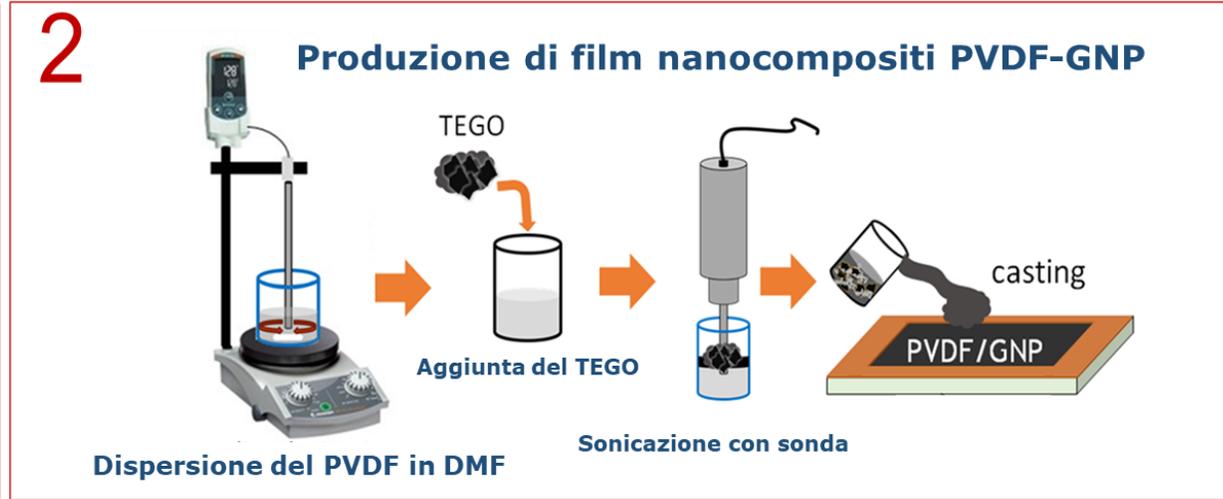
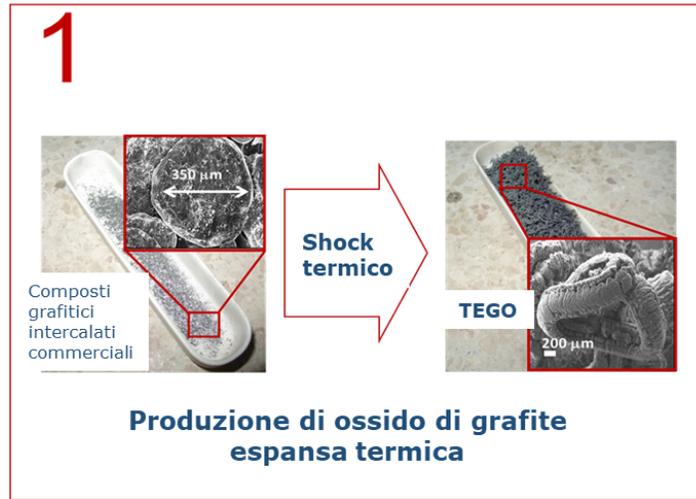
SENSE RISC: risultati sperimentali acquisiti nell'ambito di We Run Rome

Distanza percorsa: 11.2093 km
Tempo esercizio: 59.691 min
Passo medio: 5.3251 min/km
Numero respiri medio: 13 respiri/min
Cadenza di corsa max: 176 passi/min
Cadenza di corsa media: 165 passi/min
Numero respiri totale: 805
Numero passi totale: 19665

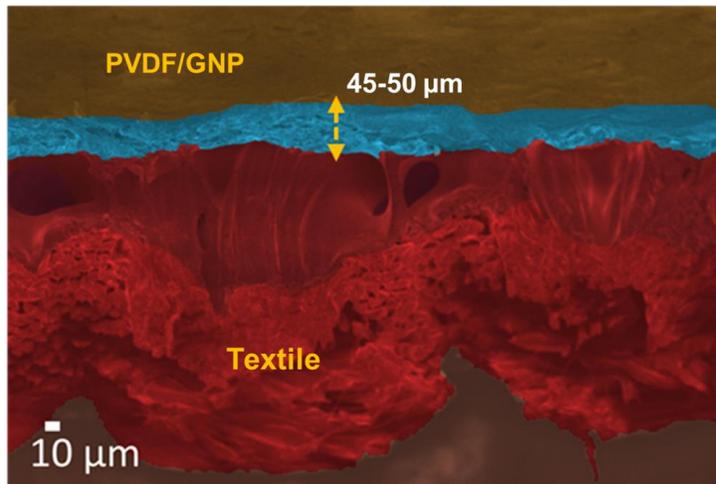
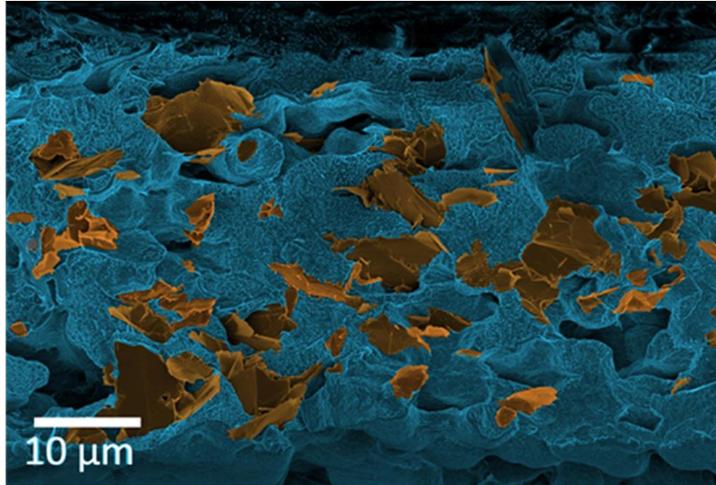


SENSE RISC: tessuto piezoresistivo

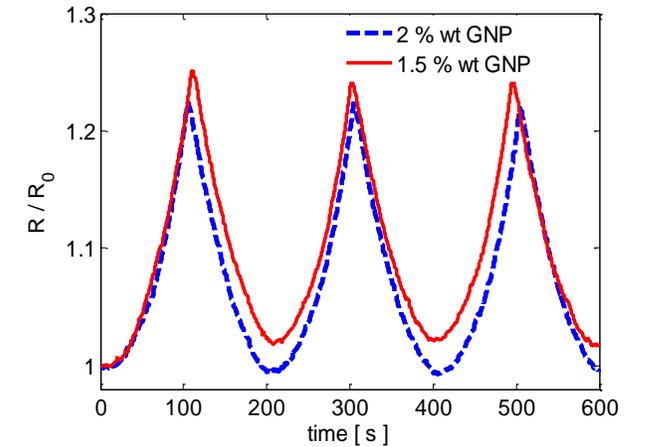
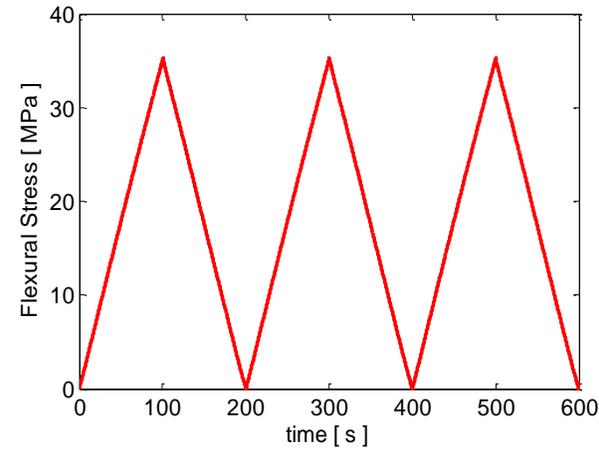
Incorporazione di film di nanocomposito di PVDF (fluoruro di polivinilidene) - grafene nel tessile tramite tecnica di serigrafia



Caratterizzazione morfologica

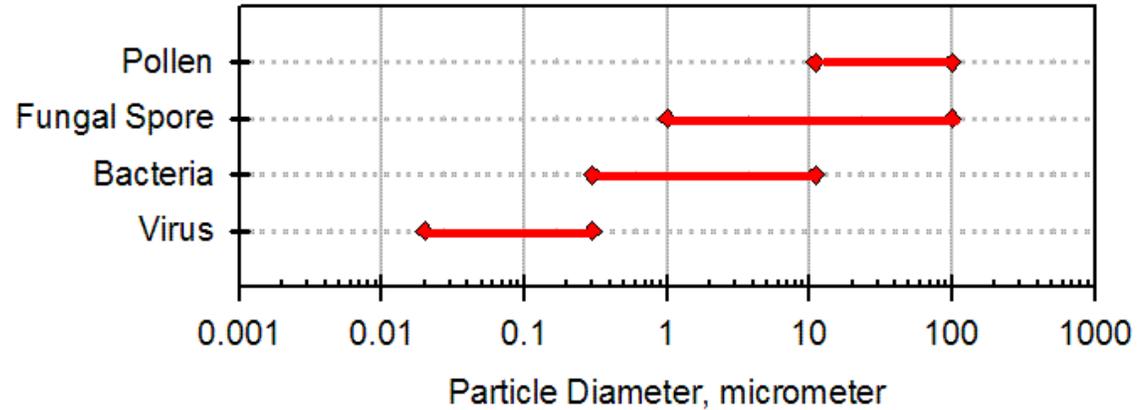


Caratterizzazione piezoresistiva



La variazione di resistenza è ripetibile e coerente con lo sforzo di flessione applicato

Bioaerosol



Effetti sulla salute umana:

- Infezioni virali e batteriche
- Micosi
- Allergie
- Afezioni respiratorie

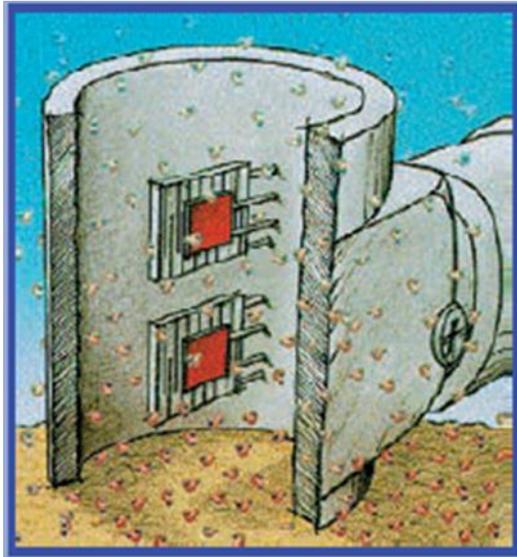
Fattori che influenzano:

- Stagione (Inverno/estate)
- Condizioni meteo
- Vento
- Umidità

Agenti biologici	Specie	Cl		Agenti biologici	Specie	Cl	
Batteri	Clostridium tetani	2	V	Virus	Virus dell'epatite A	2	V
	Enterococcus spp.	2			Enterovirus	2	
	Escherichia coli	2			Rotavirus	2	
	Klebsiella pneumoniae	2			Adenovirus	2	
	Leptospira interrogans	2			Coxsackievirus A e B	2	
	Pseudomonas spp.	2			Poliovirus	2	V
	Salmonella paratyphi	2	V	Parassiti	Ascaris lumbricoides	2	A
	Salmonella typhi	3**	V		Tenie spp.	2	
	Shigella spp.	2			Entamoeba histolytica	2	
	Staphylococcus spp.	2			Giardia lamblia	2	
Streptococcus spp.	2		Echinococcus spp.		3**		
Vibrio spp.	2		Balantidium	2			
Funghi	Candida spp.	2		Ancylostoma duodenale	2		

A = possibili effetti allergici
 Cl = classe
 V = disponibilità di vaccini efficaci
 D = l'elenco dei lavoratori che hanno operato con detti agenti deve essere conservato per almeno 10 anni dalla cessazione dell'ultima attività che ha comportato rischio di esposizione
 ** = agenti infettivi con rischio di infezione limitato perché normalmente non veicolati dall'aria

SENSE RISC: multisensore per la valutazione dello stress fisico del lavoratore



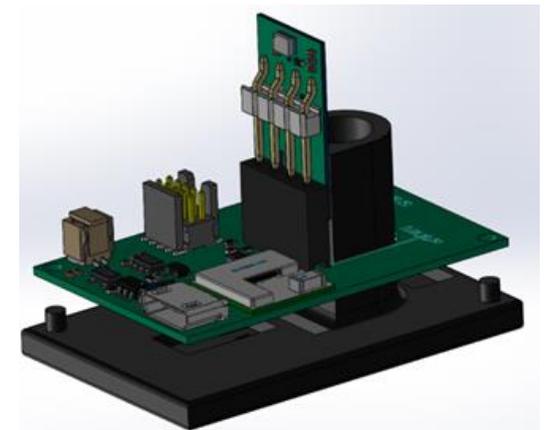
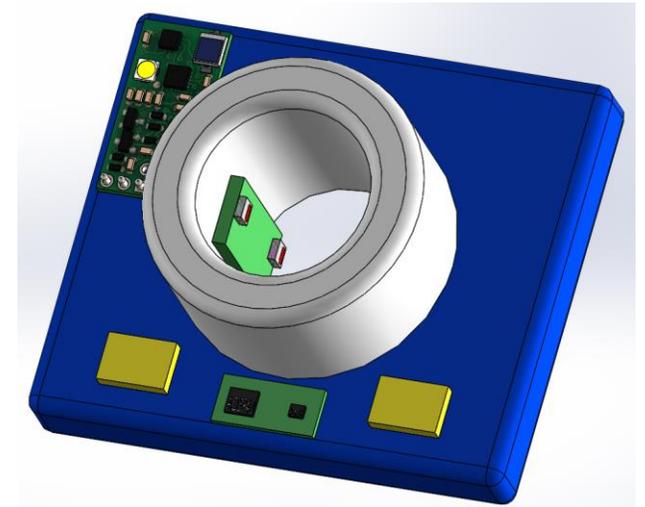
$$F = D' \partial p / \partial x$$

$$p = rh \cdot p_{sat}$$

Misura continuativa di:

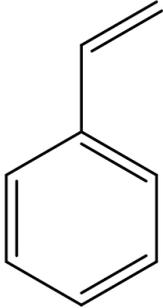
- Temperatura corporea
- Temperatura ambientale
- Tasso di sudorazione,
- Perdita di calore
- Esposizione ai raggi UV
- Bioimpedenza

Trasmissione dei dati al cellulare
tramite connessione Bluetooth



SENSE RISC: dosimetro per la sicurezza dei lavoratori dei cantieri navali

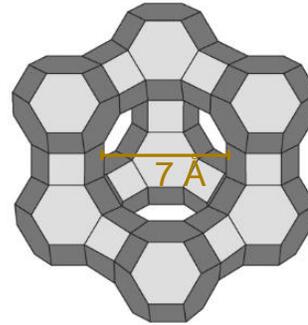
Lo stirene è stato riconosciuto dall' International Agency for Research on Cancer (IARC) come **probabile cancerogeno** per l'uomo (classe 2A).



C₈H₈

Limiti negli ambienti di lavoro

- TLV - STEL: **40 ppmV**
- TLV - TWA: **20 ppmV**



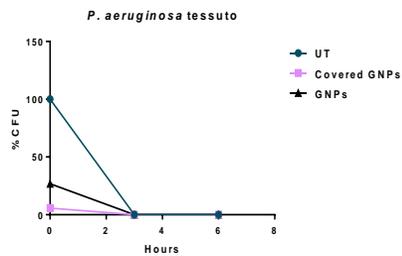
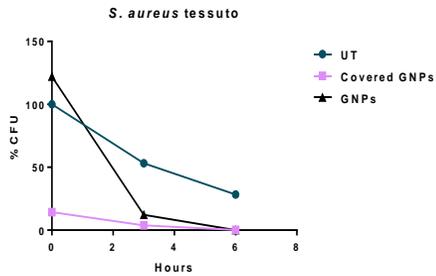
E' stato sviluppato un dosimetro colorimetrico indossabile che quantifica l'esposizione al composto da parte di un lavoratore durante il turno lavorativo.

Lo stirene nei cantieri navali è rilasciato durante la lavorazione della vetroresina utilizzata per la costruzione degli scafi

In fase di copertura brevettuale

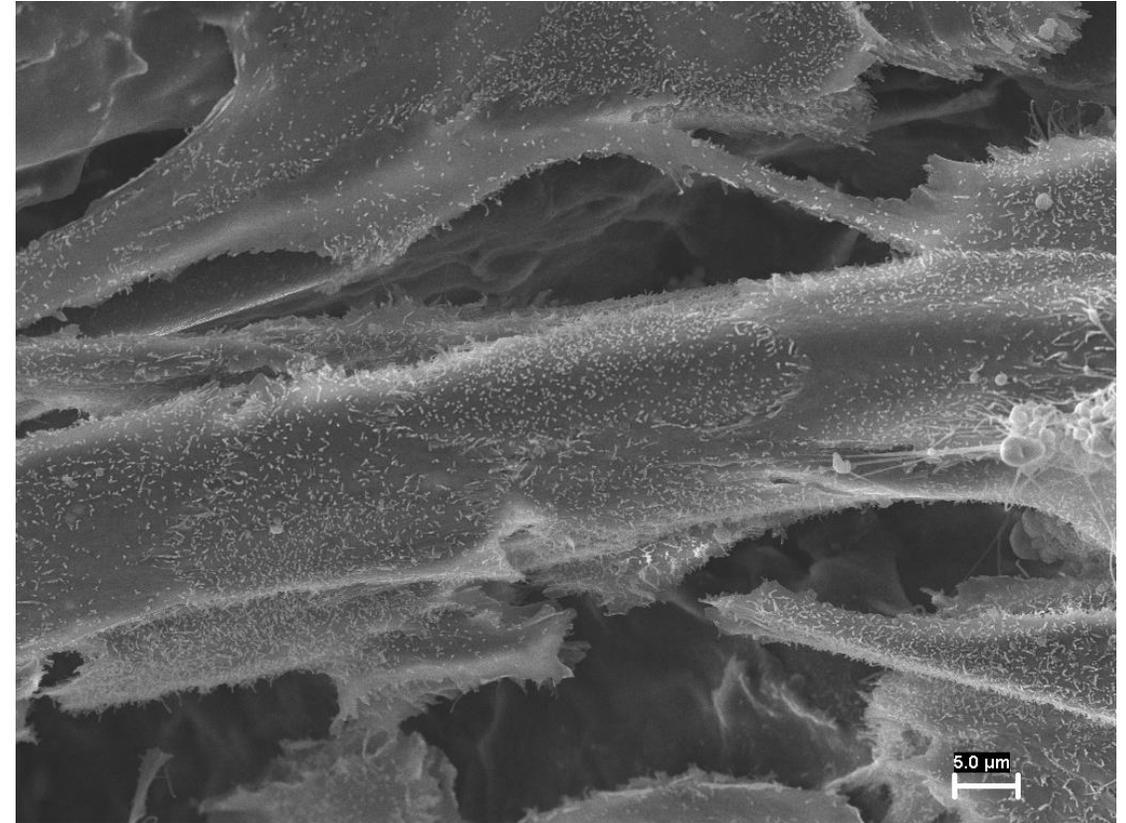
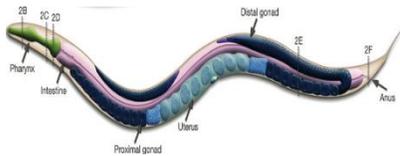
SENSE RISC: valutazione di tossicità

➔ Analisi su tessuto con GNPs nudi e GNPs coperti
Test antimicrobici

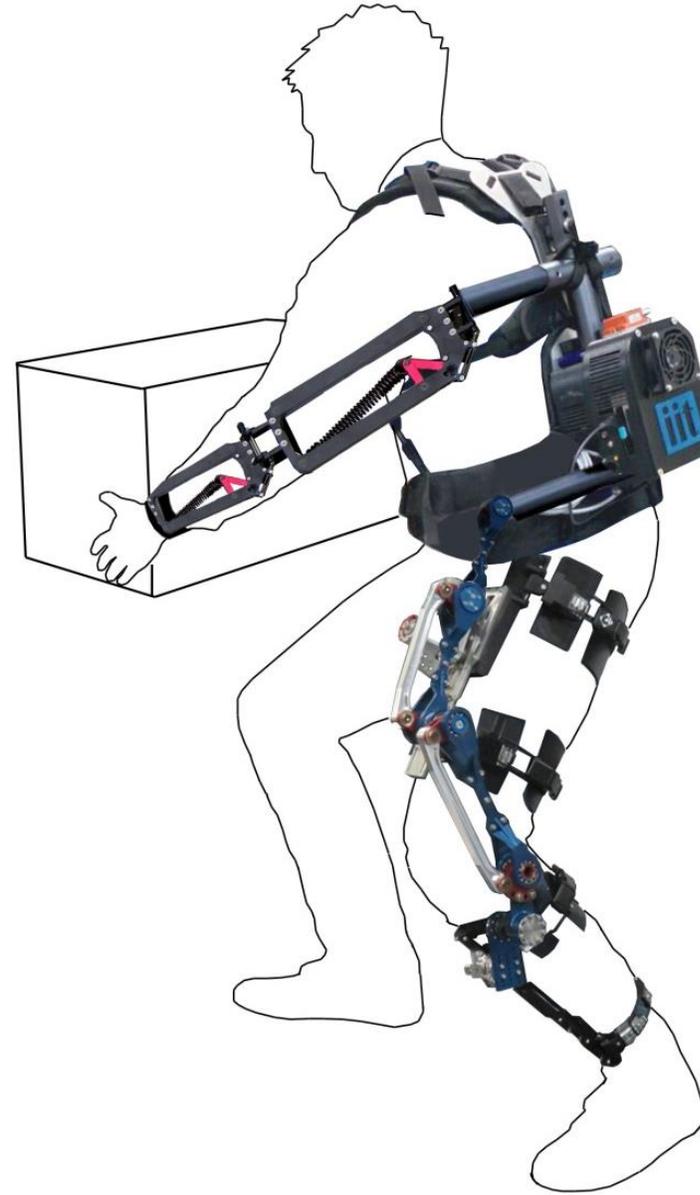


Saggi di tossicità

Caenorhabditis elegans

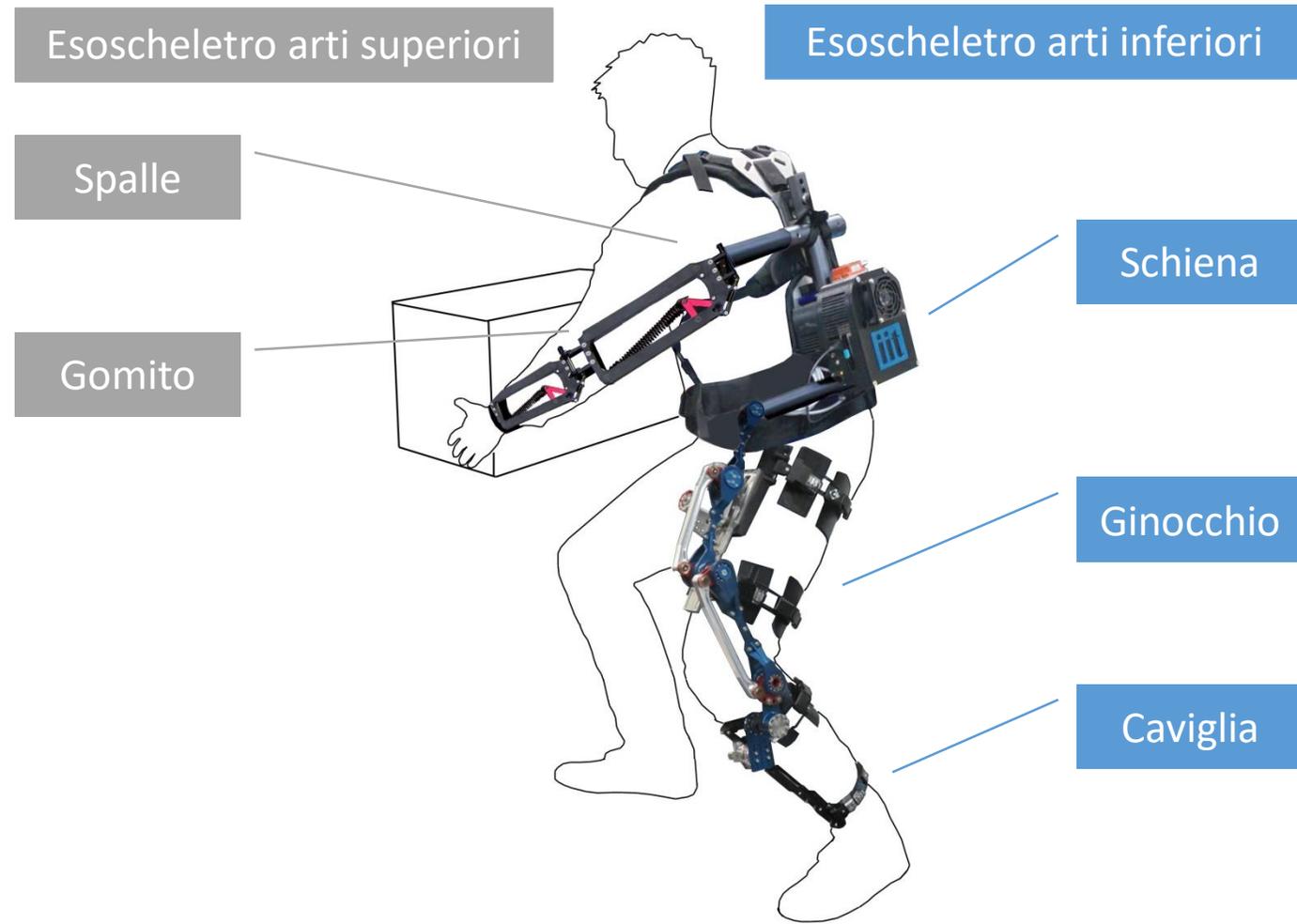
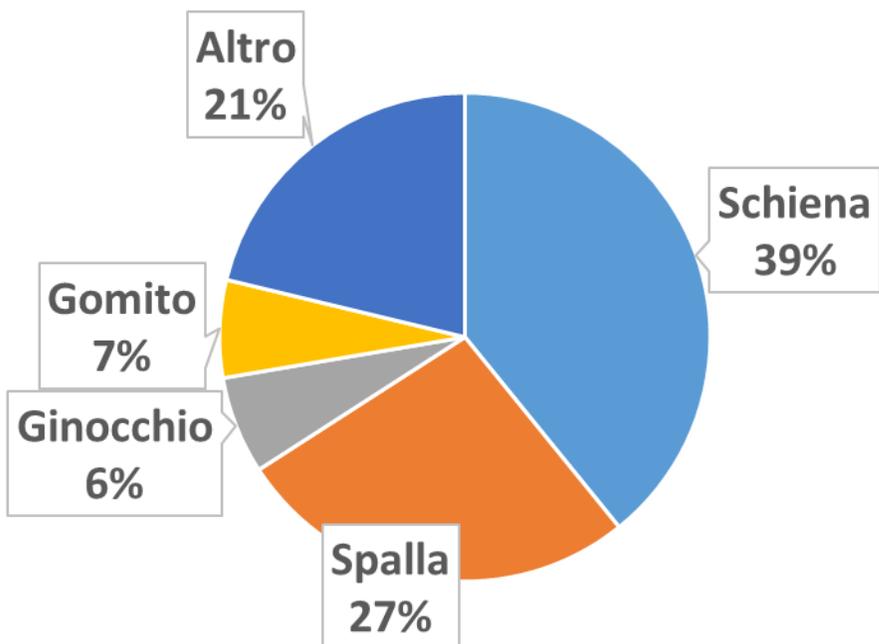


Immagini al SEM di cheratinociti cresciuti sul tessuto sensorizzato



Le malattie osteomuscolari costituiscono, nel novero di quelle professionali, il 68,46 % del totale

Problemi osteomuscolari in attività lavorative



ESOSCHELETRO COLLABORATIVO: movimentazione dei carichi



sollevare



trasportare



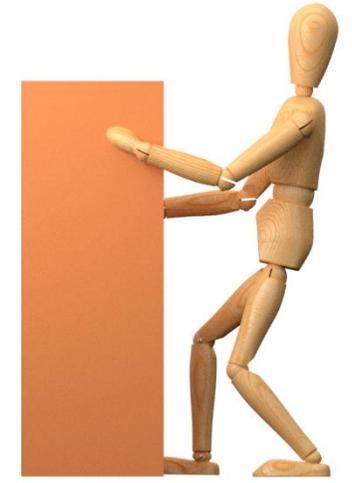
flettere



sospendere

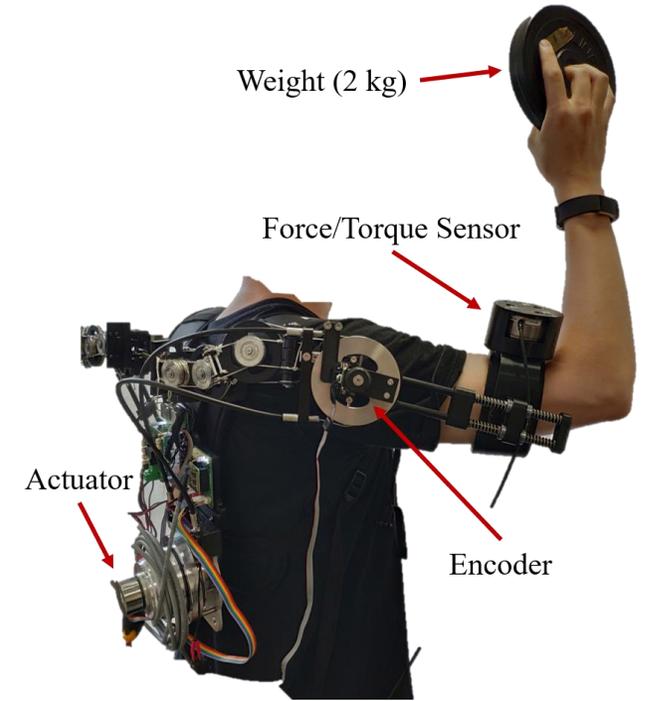
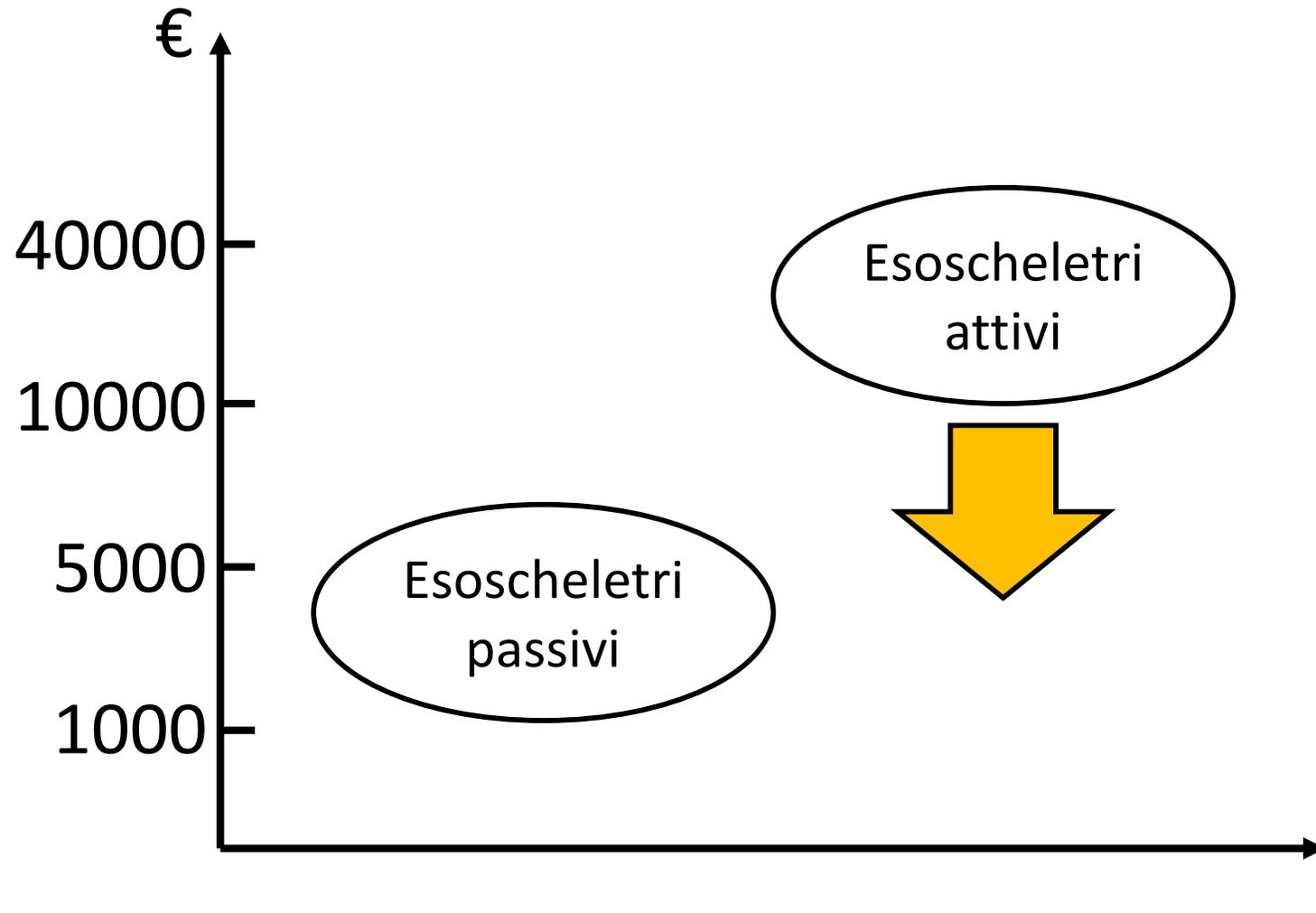


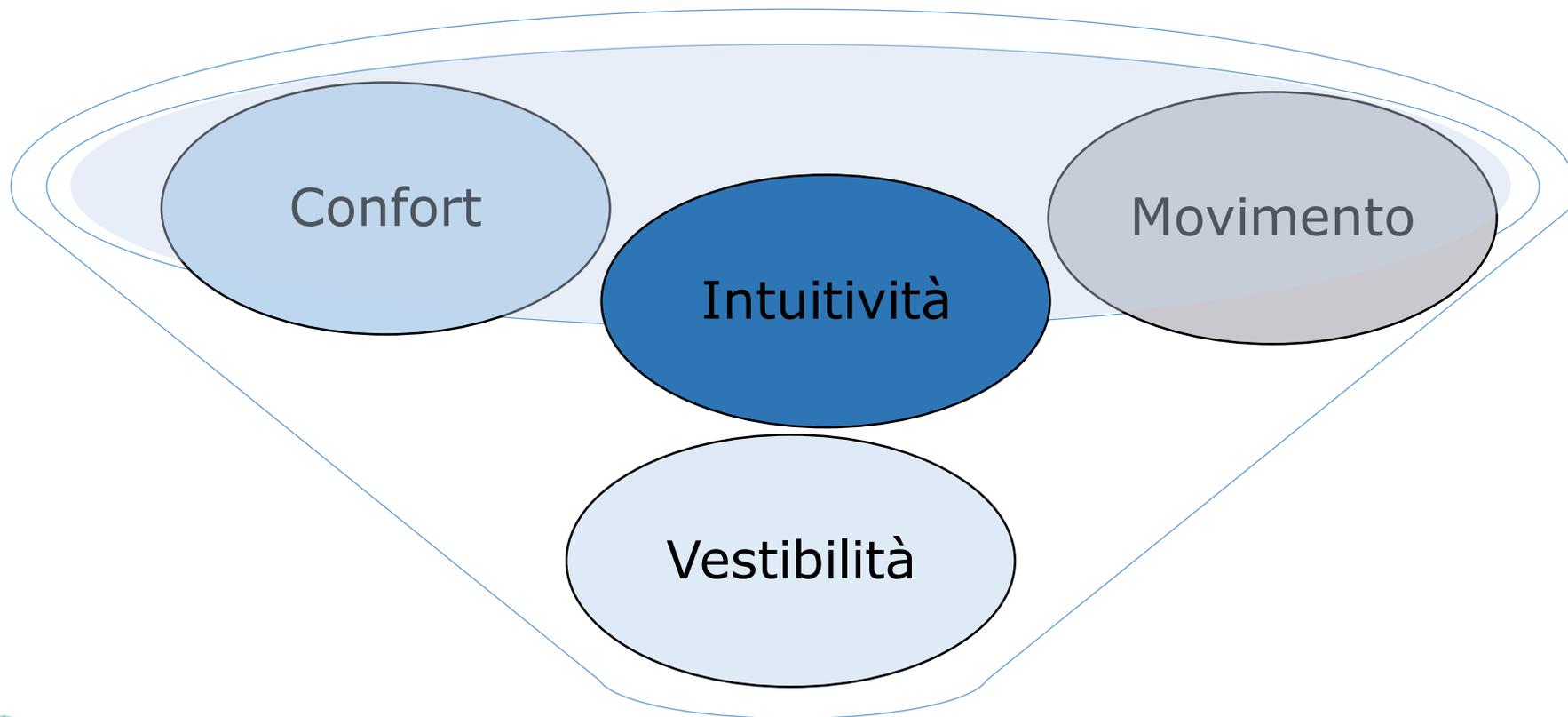
spingere



tirare

ESOSCHELETRO COLLABORATIVO: costi per passivi e attivi





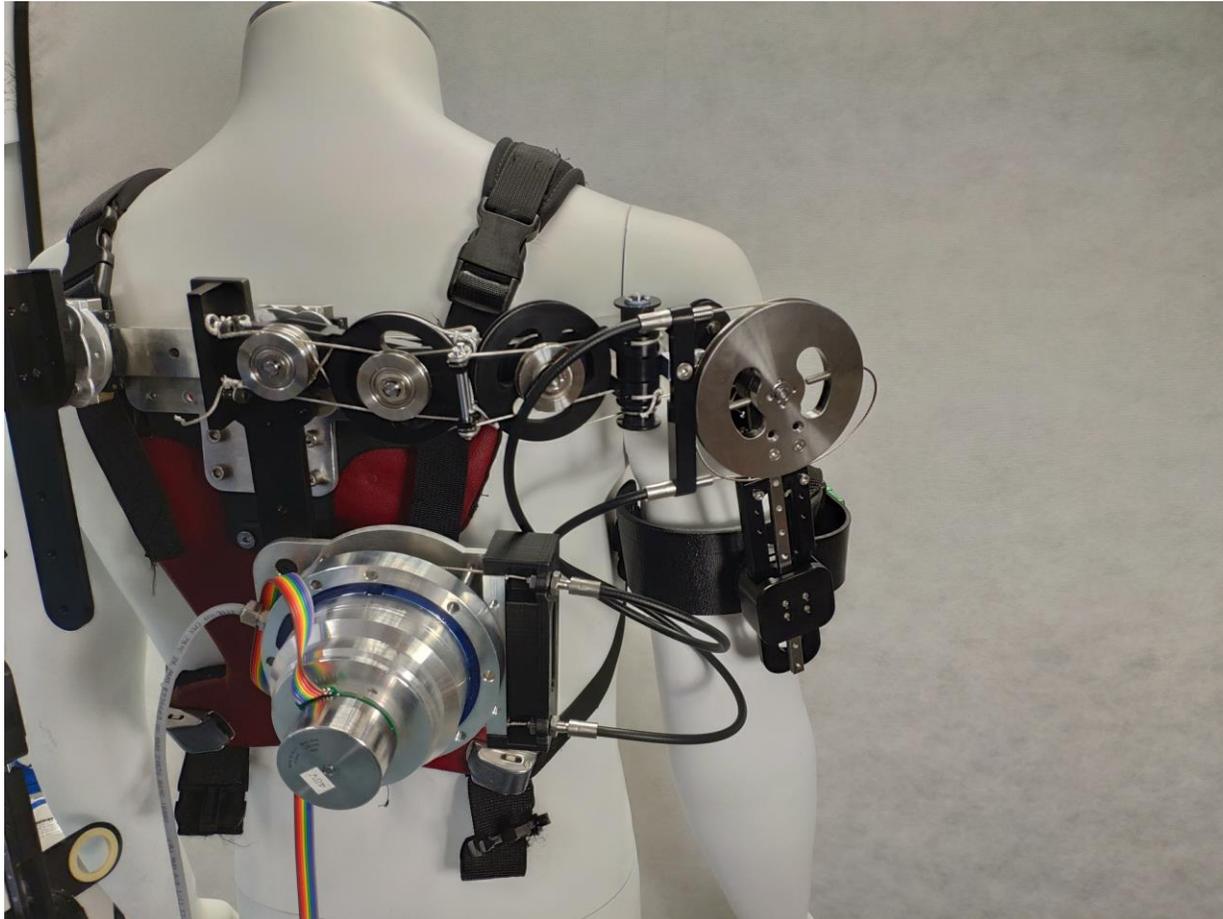
Esoscheletro

ESOSCHELETRO COLLABORATIVO: attivo – Xo Trunk

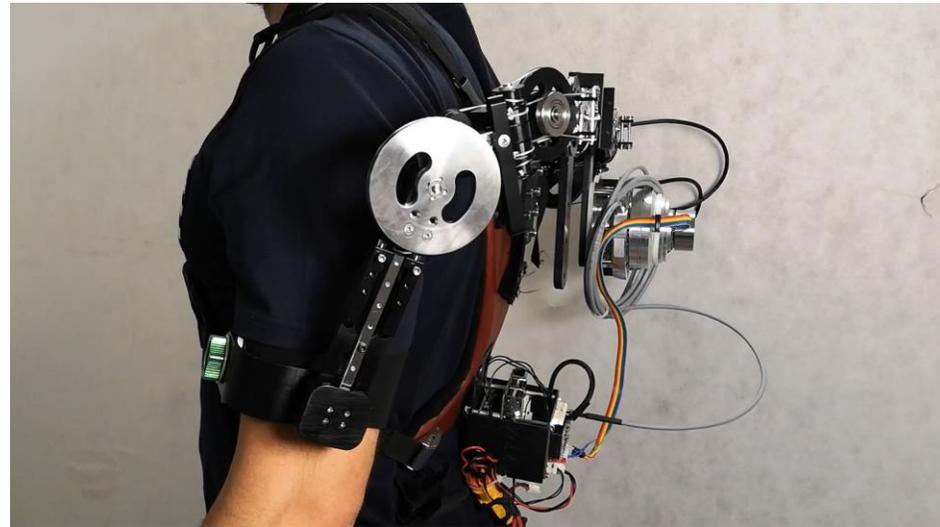




ESOSCHELETRO COLLABORATIVO: attivo – Xo Arms

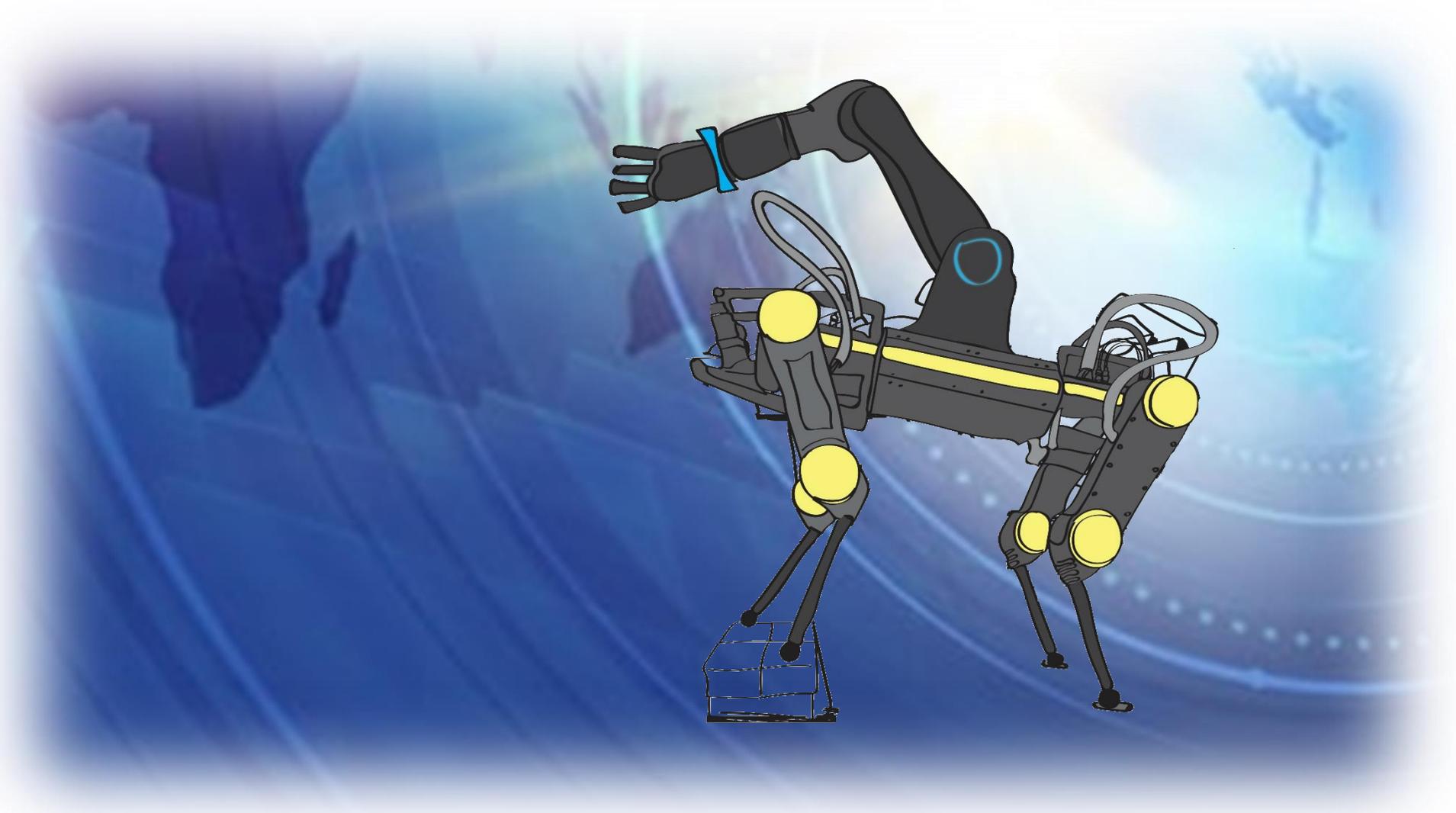


ESOSCHELETRO COLLABORATIVO: attivo



ESOSCHELETRO COLLABORATIVO: passivo – FleXo





ROBOT TELEOPERATIVO: scenari applicativi



Terremoto



Decontaminazione



Fuga gas tossici

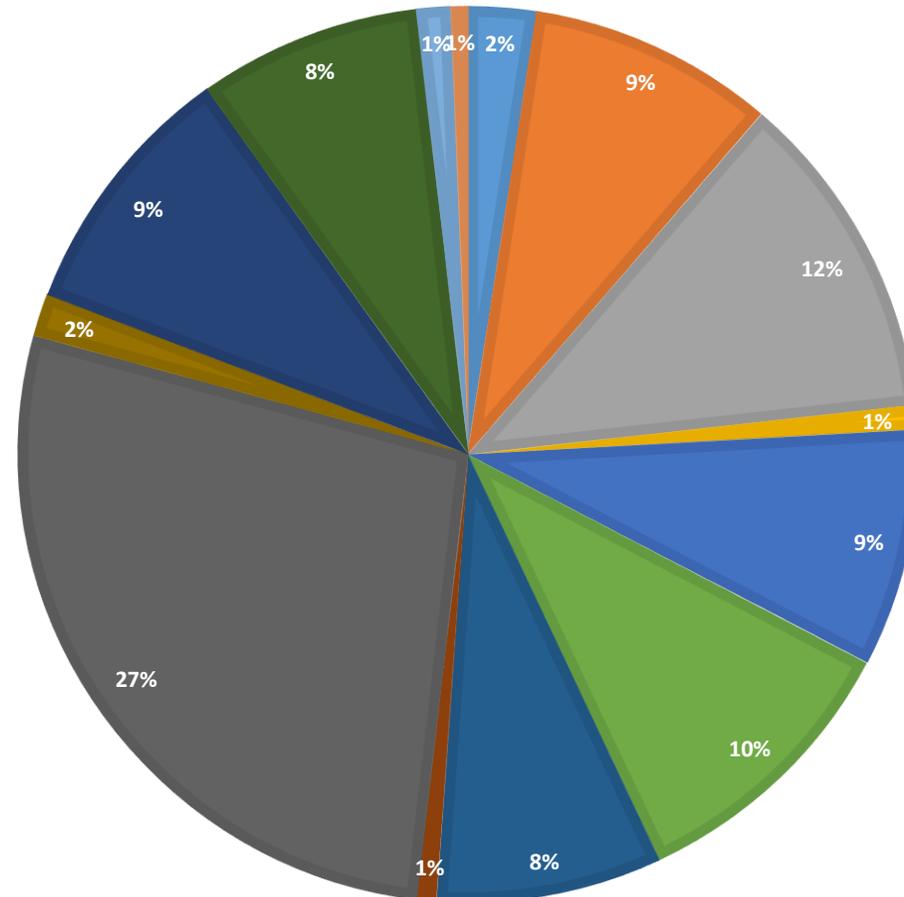
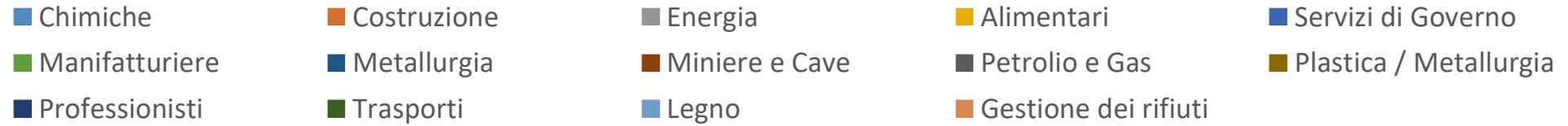


Spazi confinati

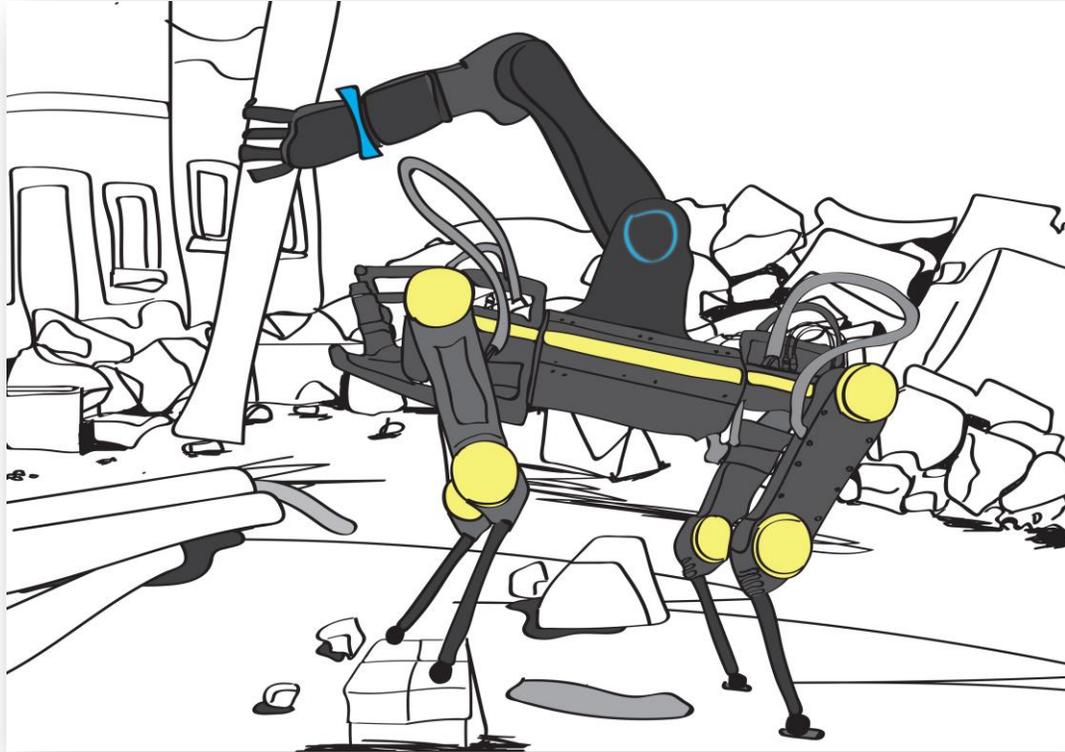


Industria siderurgica

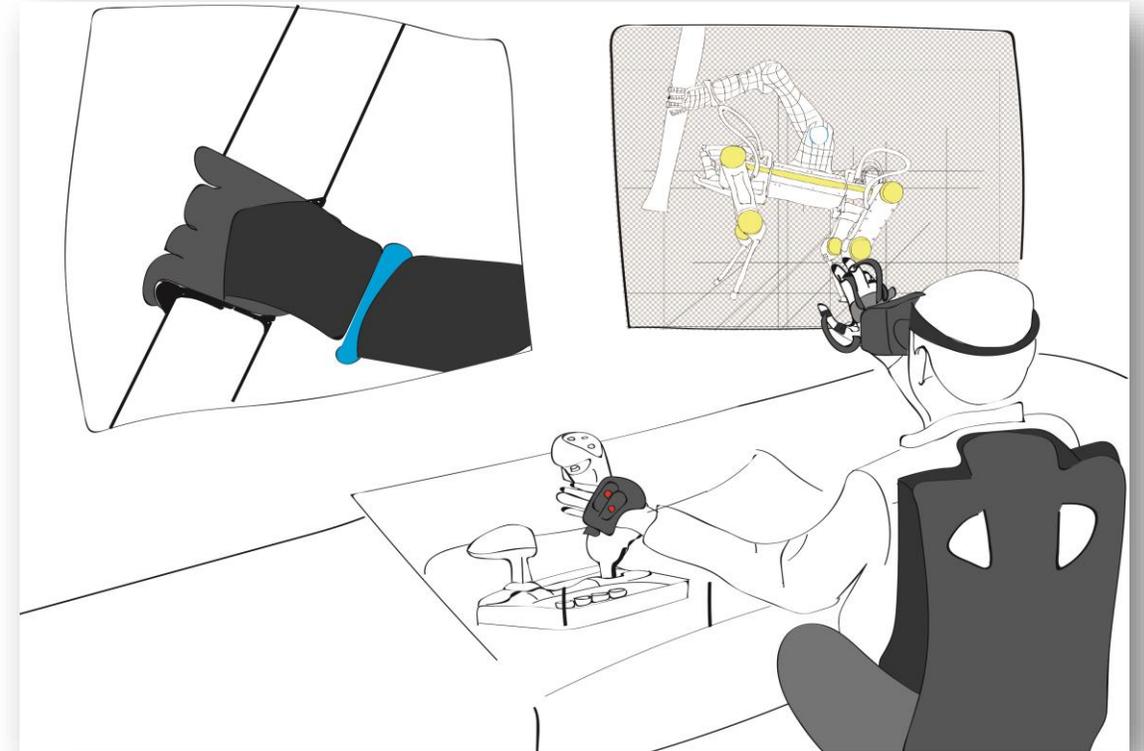
ROBOT TELEOPERATIVO: analisi delle probabilità di esposizione del lavoratore



ROBOT TELEOPERATIVO: sistemi robotici che surrogano la presenza umana

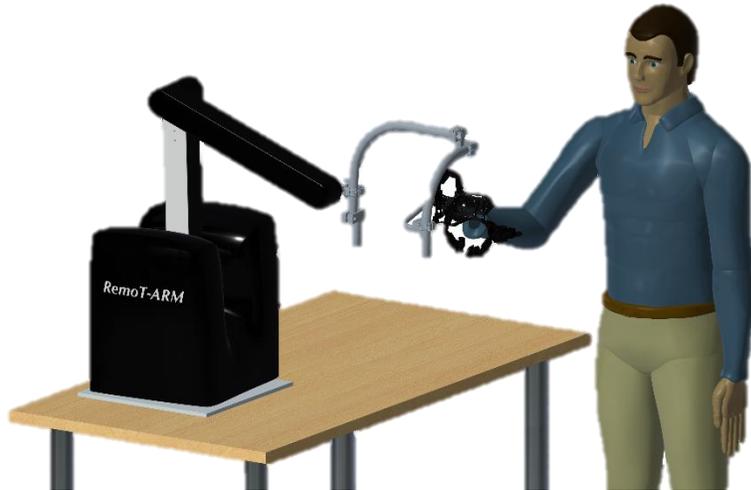


IN FIELD TELEOPERATIVE SYSTEM

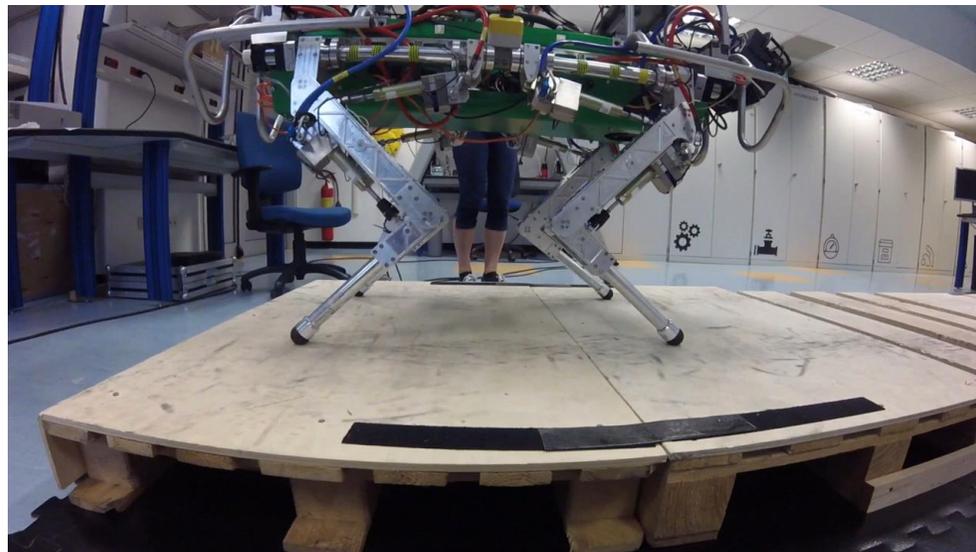
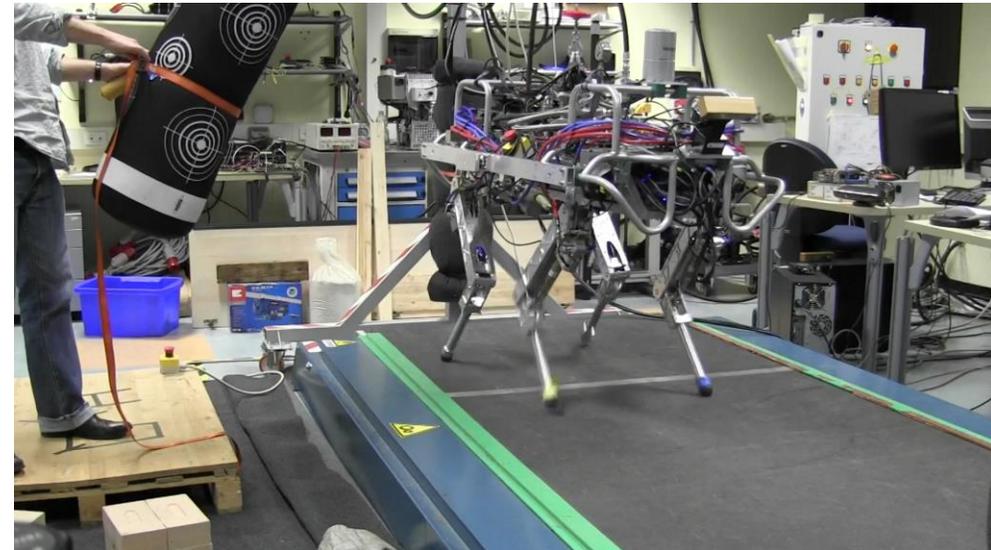
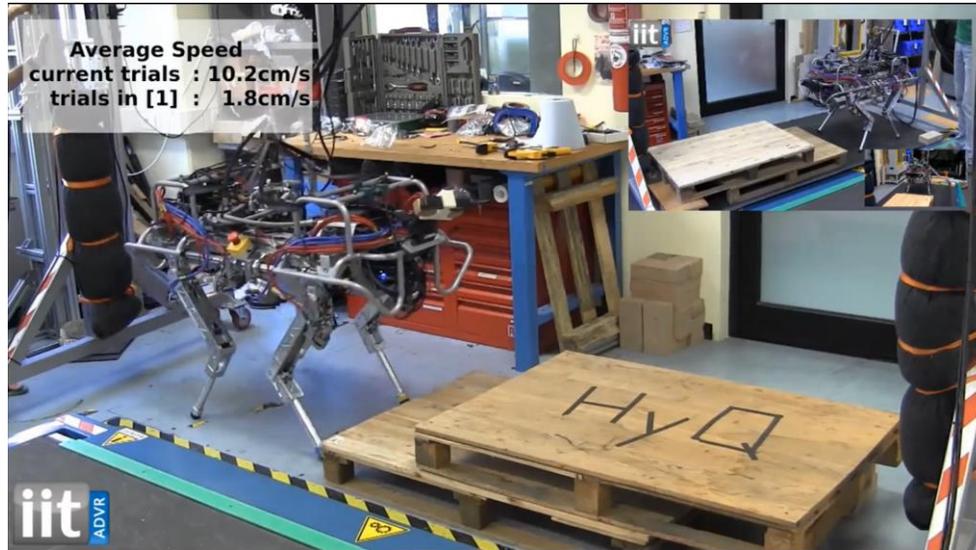


REMOTE CONTROL STATION

ROBOT TELEOPERATIVO: integrazione dei singoli sistemi



ROBOT TELEOPERATIVO : esperienze di locomozione



ROBOT TELEOPERATIVO : esperienze di locomozione



Piaggio P180 Avanti

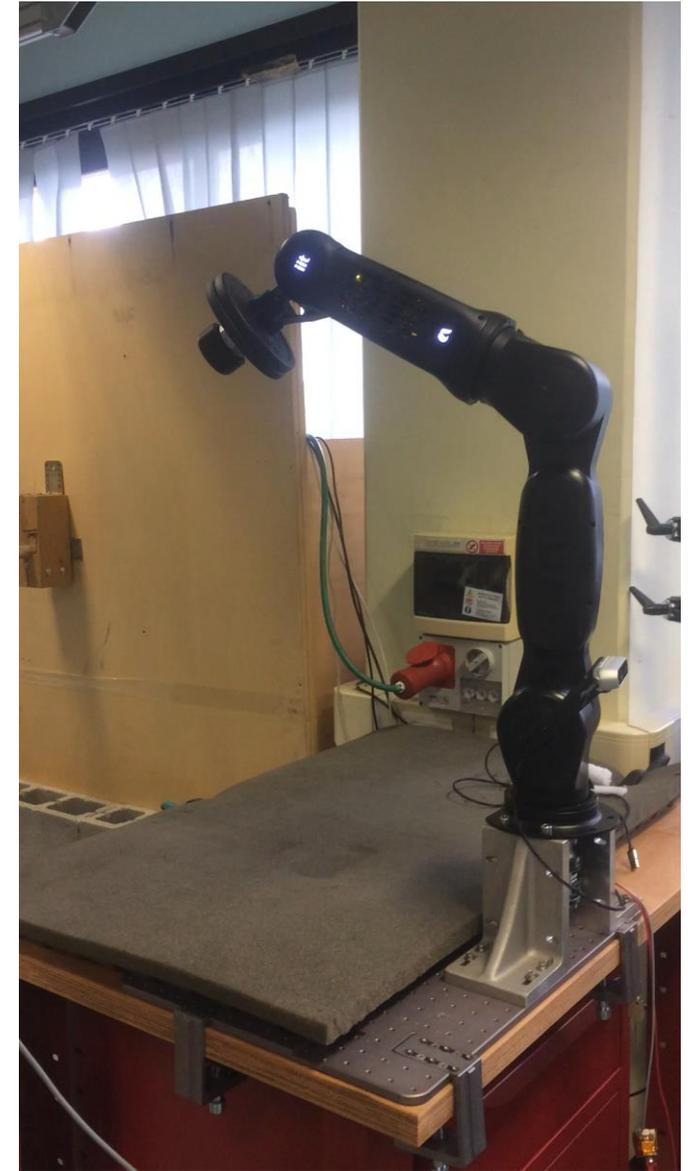
weighr: 3300kg

lenght: 14.4m

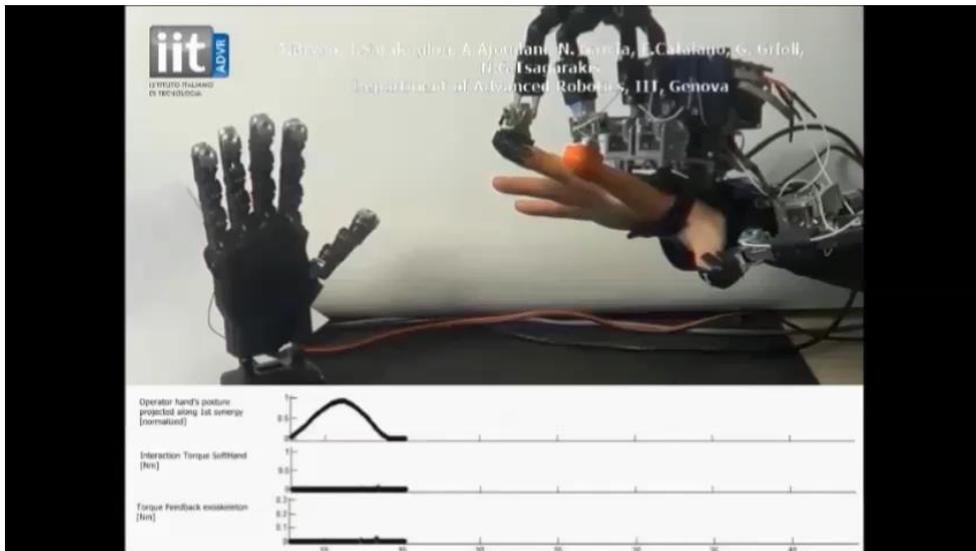
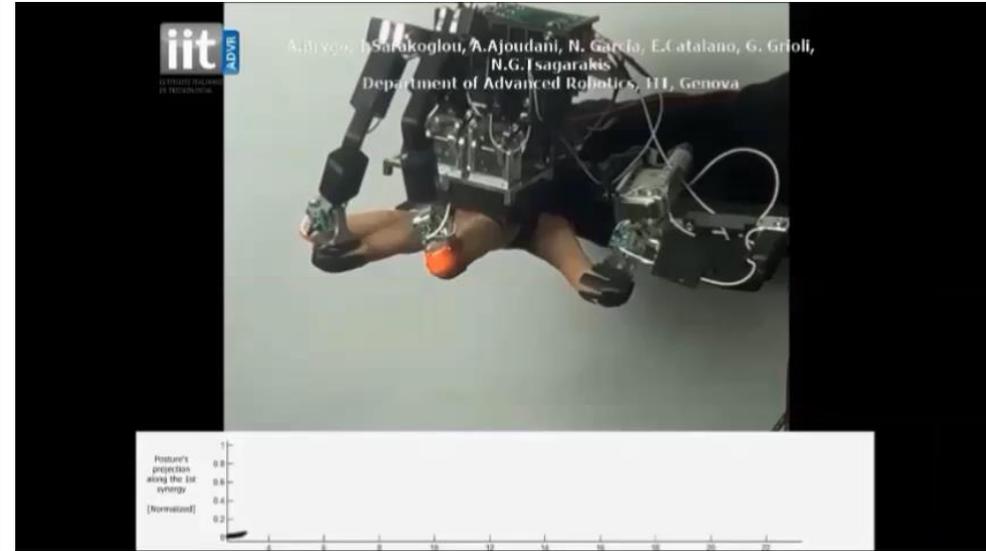
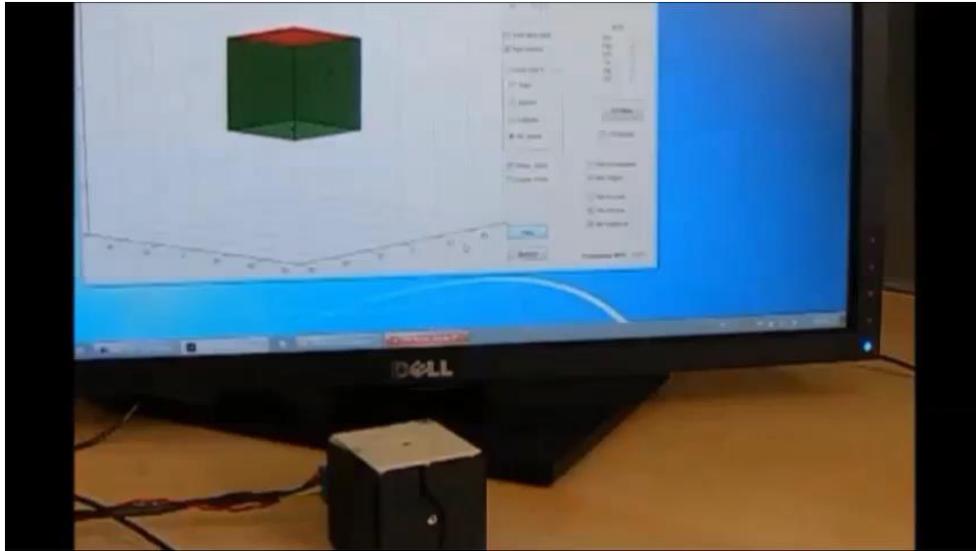
INAIL



ROBOT TELEOPERATIVO : esperienze di manipolazione



ROBOT TELEOPERATIVO: esperienze di manipolazione e interfaccia aptica

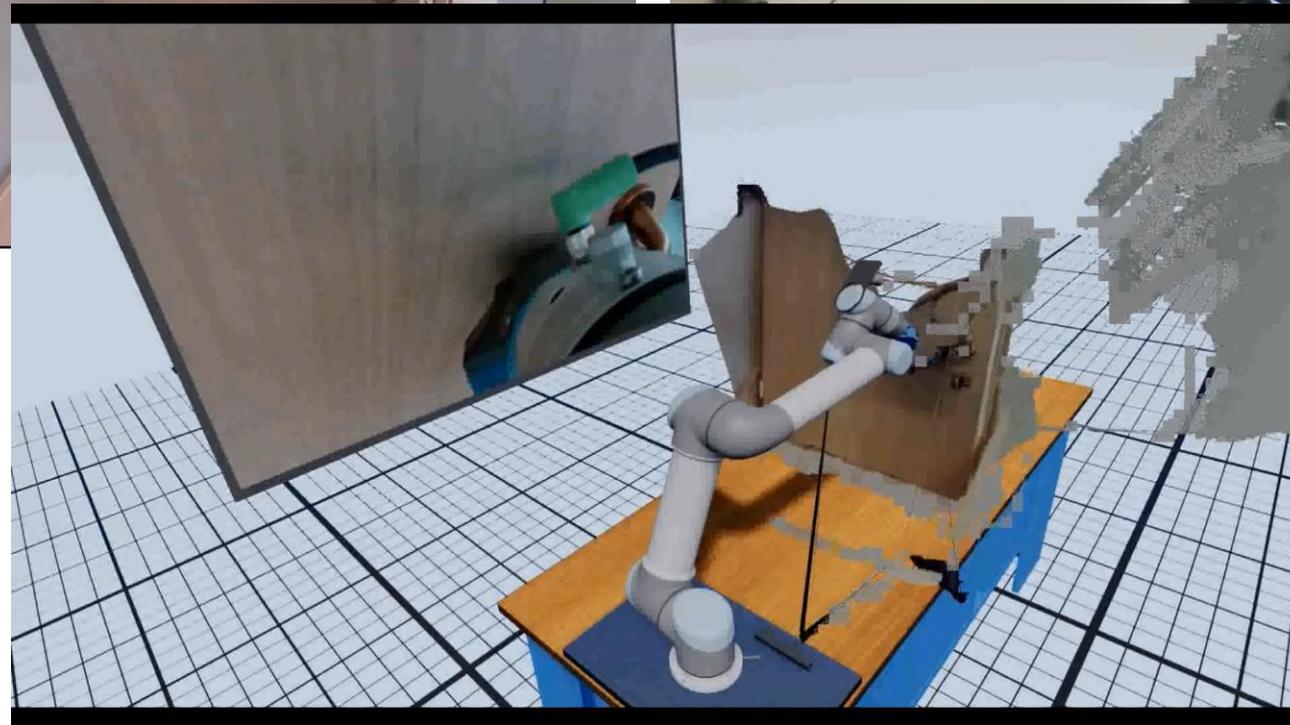


ROBOT TELEOPERATIVO: esperienze di manipolazione e interfaccia aptica

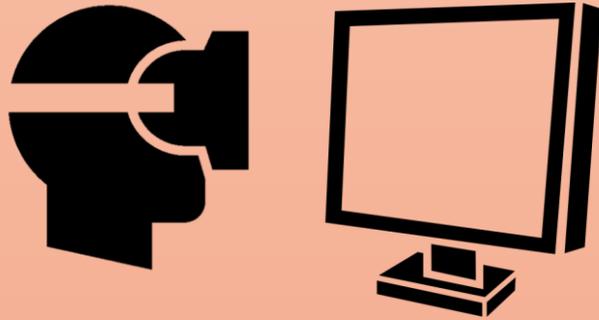


(Maker Faire Roma 2019)

ROBOT TELEOPERATIVO: esperienze di interfaccia utente



Display & perception



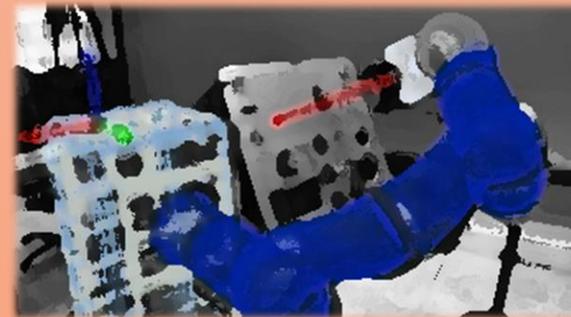
Virtual reality



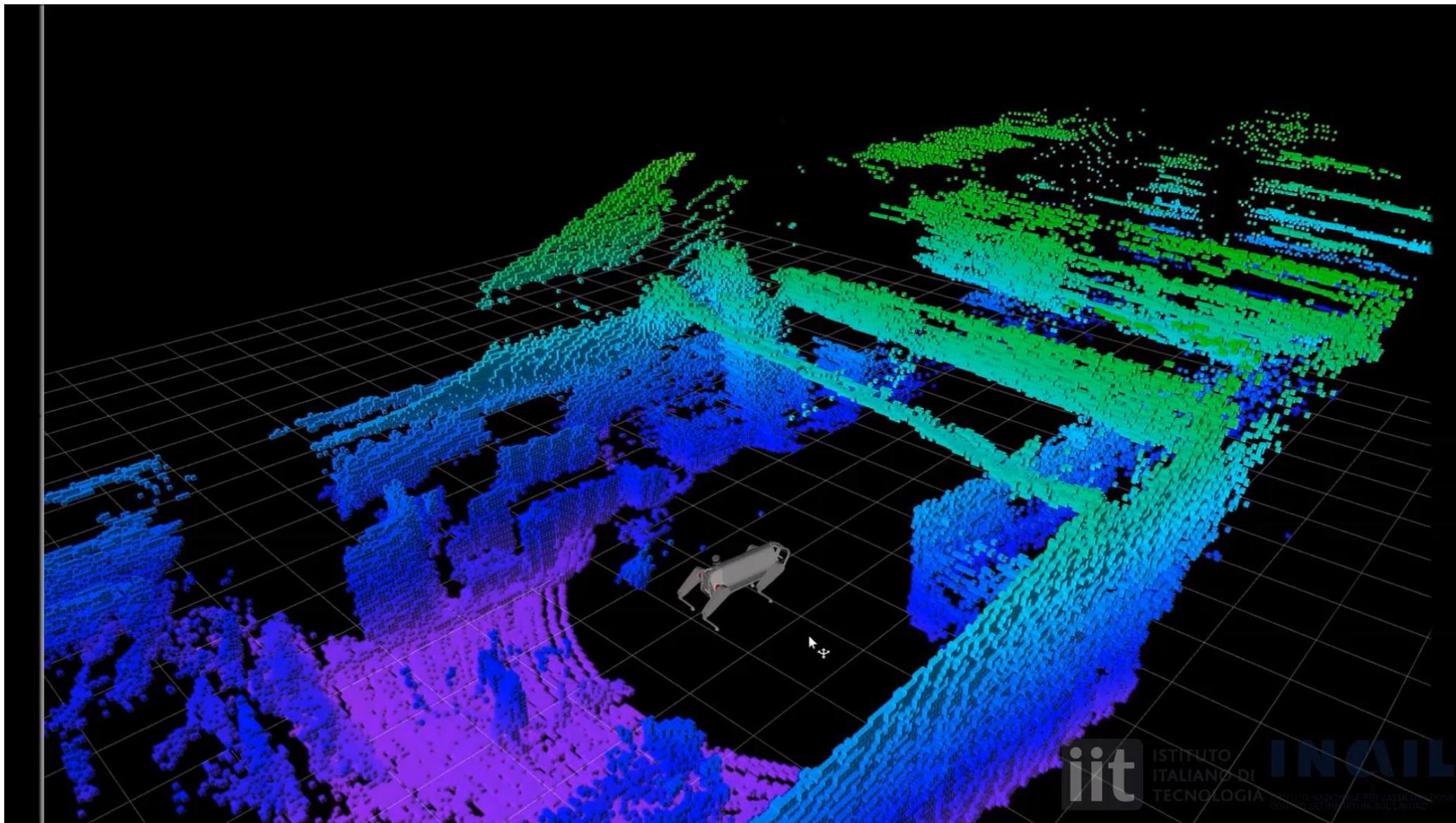
Tele-navigation



Augmented reality



ROBOT TELEOPERATIVO: lo stato di avanzamento.....oggi



INAIL

Dipartimento innovazioni tecnologiche e sicurezza degli impianti prodotti e insediamenti antropici

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

