

## SENS i-Lab

**Responsabile Scientifico:**

Prof. Massimiliano MASULLO

**Responsabile dell'attività didattica e di ricerca in laboratorio (R.a.d.o.r.):**

Prof. Massimiliano MASULLO (proposta di nomina approvata nel CdD del 13 febbraio 2020)

**Ubicazione:**

Il laboratorio è ubicato presso la sede del Dipartimento di Architettura e Disegno Industriale, Abazia di San Lorenzo, Aversa, al piano terra.

**Principali Attività del Laboratorio:**

SENS-i Lab è un laboratorio human centred, multi-fisico e multi-purpose per la creazione, lo sviluppo, la prototipazione e l'interazione dell'uomo con prodotti e sistemi fisici e virtuali. Il laboratorio si configura come Centro Sperimentale di Smart Design & Assessment. in linea con le priorità di investimento di lungo periodo della Strategia Nazionale di Specializzazione Intelligente (SNSI) e col Piano Nazionale Industria 4.0. Acquisendo le informazioni derivanti dalle fasi di misura/rilievo e concettualizzazione/modellazione, per testare, *in vivo* o *in virtuale*, l'esperienza umana di prodotti, manufatti architettonici, ambienti urbani/rurali o industriali, possono essere valutate tutte le fasi di sviluppo dei progetti misurando al contempo le reazioni psico-fisiologiche e comportamentali.

Aspetto chiave di SENS i-Lab è la possibilità di rendere l'esperienza olistica, attraverso la stimolazione multipla di diversi canali sensoriali ed un'interazione naturale con l'ambiente sperimentale.

Dal punto di vista didattico, è possibile allestire scenari dimostrativi per lo sviluppo di metodologie basate sui concetti del learning by doing e dell'action learning. Nell'ambito dell'architettura i progetti relativi a diverse soluzioni architettoniche possono essere valutati con esperienze dirette e immersive dei progettisti, o in co-design, per sviluppare tecniche di retrofitting durante le prime fasi della progettazione. Con lo stesso approccio, grazie ai diversi stimoli fisici riproducibili nella Test Room, possono essere studiati svantaggi e vantaggi dell'utilizzo di tecniche di progettazione tradizionali ed innovative. È altresì possibile lo studio e lo sviluppo di flussi di lavoro per il Design 4.0 di prodotti per l'Industria, la Moda e per la Comunicazione.

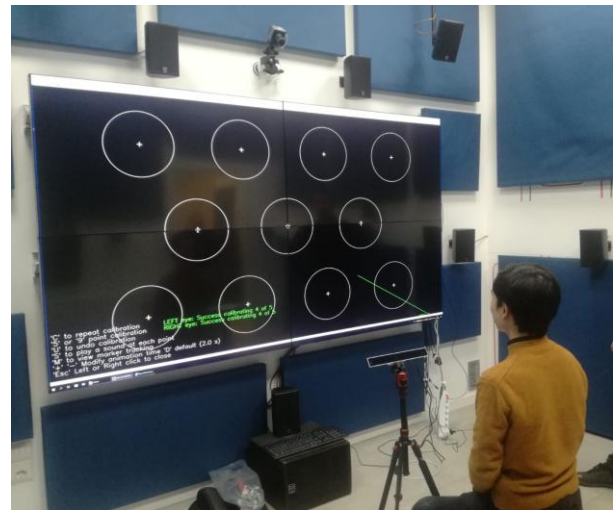
Oltre all'utilizzo per fini didattici il laboratorio vuole rappresentare lo spazio di sviluppo e sperimentazione per filoni di ricerca scientifica di differenti discipline, tra cui:

- Sviluppo di modelli di Co-Design / Progettazione partecipativa;
- Sviluppo di nuovi paradigmi di valutazione di progetti a scala architettonica ed urbana;
- Studio dell'interazione tra individui e variabili fisiche di manufatti;
- Prototipazione;
- Sviluppo di protocolli di smart design;
- Studi sul comfort ambientale degli individui;

- Sviluppo di protocolli di Valutazione di Impatto uomo/ambiente multisensoriali in scenari esistenti/di progetto a scala territoriale o a scala urbana;
- Progettazione di scenari (virtuali/reali) di rilevante interesse culturale o ambientale;
- Determinazione di modelli di risposta soggettiva ambientale, ai fini della determinazione del comfort globale (termo-igrometrico, IAQ, acustico, vibrazionale, visivo e luminoso) all'interno di ambienti confinati, mezzi di trasporto ed all'esterno;
- Caratterizzazione prestazionale e sviluppo di modelli di simulazione di terminali d'impianto aeraulici ed idronici al variare delle condizioni operative;
- Caratterizzazione sperimentale di componenti e sistemi al fine dello sviluppo e applicazione di logiche di manutenzione predittiva basate sull'utilizzo di modelli di simulazione dinamica e reti neurali per l'individuazione, analisi e correzione delle anomalie di funzionamento di impianti di climatizzazione;
- Caratterizzazione sperimentale della qualità dell'aria di ambienti confinati in termini di concentrazioni di CO, CO<sub>2</sub>, VOC, nonché di massa e dimensione di PM<sub>1</sub>, PM<sub>2.5</sub> e PM<sub>10</sub>;
- Studi sull'interazione fra stimoli fisici e movimenti oculari per Design di prodotti, Marketing e modelli complessi.

### Principali Attrezzature:

Multisensory Test room composta dai seguenti principali sistemi e componenti:



### Sistema Audio 3D

Astro Spatial Audio (ASA). Il sistema combina la tecnologia Spatial Sound Wave (SSW) sviluppata dall'Istituto Fraunhofer per la tecnologia dei media digitali IDMT e concesso in licenza ad ASA, con l'intelligenza e la potenza del SARA II Premium Rendering Engine. Il risultato è la principale soluzione indipendente per scalabili e audio immersivo completamente basato su oggetti. Il sistema è composto da:

- n.1 - SARA II Premium Rendering Engine;
- n.1 - Amplificatore Innosonix MA32/D 32;

- n.25 - Adorn A55 Martin Audio - Ultra-compact passive two-way system, front ported bass reflex, freq. resp. 90Hz-17kHz  $\pm$  3dB, driver LF: 5.25" /1" high-temp voice coil, HF: 0.75" silk dome, neodymium motor, 50W AES, 200W peak, max SPL 113dB peak;
- n.2 - Sx110 Martin Audio - slimline subwoofer, freq. resp. 50-150 Hz  $\pm$  3dB, driver 1x10"/2" voice coil, 250W AES, 1000W peak, maximum SPL 121dB continuous, 127dB peak (half space);
- Dante Virtual Soundcard;
- Dante Controller Software;
- Astro Spatial Audio Suite: Playout application, Production application, Enhanced production editor, Automation manager, Cue manager, RSM Pro application;

### **Videowall**

Sistema composto da:

- n.4 pannelli LCD KVD5521B risoluzione Full HD (1920 x 1080) da 55" ad alte prestazioni, luminosità di livello medio (500 cd/m<sup>2</sup> nominali), contrasto 1400:1 e sistema di calibrazione automatica di colore e luminosità;
- n.1 controller NSD410 basato su architettura IP dotato di 4 ingressi DVI e 4 output DP;
- Processore Intel I7 6800K 12-core 3,40 GHz, scheda video NVIDIA Quadro M4000.

### **Lighting**

Il sistema è composto da 6 apparecchi di illuminazione a LED montati a soffitto (potenza elettrica lampada: 50 W e flusso luminoso lampada: 4600 lm). Gli apparecchi sono dimmerabili (garantendo un livello di illuminamento al centro del laboratorio variabile tra 50 lux e 800 lux su di un piano di riferimento posto a 0,75 m rispetto al pavimento) e consentono di variare la temperatura correlata di colore della luce emessa tra 3000 K e 5800 K. Il sistema integra anche un sensore di presenza e due sensori di illuminamento. Oltre al controllo manuale, gli apparecchi di illuminazione sono collegati ad un sistema di controllo automatico del flusso luminoso per il mantenimento di un fissato livello di illuminamento all'interno del laboratorio.

### **Microclima**

**Impianto di condizionamento ad acqua** che permette il controllo della temperatura di bulbo asciutto nella test room nell'intervallo 15 °C÷35 °C e della temperatura media radiante della test room. Il sistema risulta così composto e strumentato:

- n.1 pompa di calore a compressione di vapore elettrica con compressore scroll e ventilatore assiale con una potenza termica nominale di 13,7 kW;
- n.1 macchina frigorifera a compressione di vapore elettrica con compressore scroll e ventilatore assiale con una potenza frigorifera nominale di 13,7 kW;
- n.2 serbatoi di accumulo di energia termica sensibile da 300 litri con due scambiatori interni;
- n.1 pavimento radiante della test room con piastra di diffusione termica in acciaio zincato;
- n.2 pareti verticali della test room con pannelli radianti a tubi capillari;
- n.1 fan-coil con potenza di riscaldamento massima pari a 11,2 kW e potenza frigorifera massima di 8,1 kW;
- n.2 circolatori a portata variabile continua fino a 12 m<sup>3</sup>/h per l'alimentazione dei pannelli radianti e del fan-coil;

- n.2 misuratori di portata volumetrica con range di misura da 0 a 1,5 m<sup>3</sup>/h con un'incertezza tra 0,25% e 0,7% del valore letto;
- n.1 misuratore di portata volumetrica con range di misura da 0 a 10 m<sup>3</sup>/h con un'incertezza tra 0,25% e 1,4% del valore letto;
- n.12 termo-resistenze Pt100 ad immersione (classe di incertezza 1/10 DIN) con range di misura 0 °C÷100 °C;
- n.1 sonda voltamperometrica per la misurazione della tensione alternata fino a 280 V e della corrente alternata fino a 2 A;
- n.1 trasduttore di pressione differenziale con range di misura da 0 a 250 mbar con incertezza tra 0,075% e 0,15% del valore letto.

**Impianto di climatizzazione a tutt'aria** che permette il controllo all'interno della test room della temperatura di bulbo asciutto nell'intervallo tra 15 °C e 35 °C, dell'umidità relativa tra il 25% e il 95%, la qualità e la velocità dell'aria, con una portata volumetrica d'aria di immissione massima di 600 m<sup>3</sup>/h. L'unità di trattamento aria è così composta e strumentata:

- n. 2 filtri aria pieghettati in classe di efficienza G4;
- n. 1 filtro aria a sacco in classe di efficienza F9;
- n. 1 batteria alettata di pre-riscaldamento da 4,1 kW alimentata da una pompa di calore a compressione di vapore elettrica con potenza termica nominale di 13,7 kW;
- n. 1 batteria alettata di raffreddamento e deumidificazione da 5,0 kW alimentata da una macchina frigorifera a compressione di vapore elettrica con potenza frigorifera nominale di 13,7 kW;
- n. 1 batteria di post-riscaldamento da 5,0 kW alimentata da una pompa di calore a compressione di vapore elettrica con potenza termica nominale di 13,7 kW;
- n. 1 umidificatore da 3,7 kW in grado di produrre fino 5,0 kg/h di vapore acqueo;
- n. 2 sonde di temperatura e umidità relativa, con range di misura della temperatura da 0 °C a 100 °C (incertezza di ±1 °C) e dell'umidità relativa da 0 a 100% (incertezza di ±5%) per caratterizzare la corrente d'aria umida di immissione e di ripresa;
- n. 2 sonde di temperatura con range di misura da - 50 °C a + 50 °C (incertezza di 0,9 °C) per la misura della temperatura dell'aria umida esterna e in uscita dalla batteria di raffreddamento e deumidificazione.

### **Motion tracking**

Sistema di Motion Tracking Vicon. Il sistema rientra nella categoria dei sistemi di tracciamento ottico con ausilio di marker passivi. Le ottiche sono installate in modo da riuscire a tracciare i marcatori in ogni punto dello spazio praticabile all'interno della Testing Room. Con questo sistema è possibile tracciare con estrema precisione gli spostamenti di ogni singolo marker e di conseguenza i movimenti dei corpi cui i marker sono attaccati, siano essi di natura umana o corpi rigidi. Grazie a elementi indossabili quali tute, guanti, ginocchiere ed elmetto è possibile mappare completamente il corpo di un utente e crearne il relativo sistema di nodi che ne configura lo scheletro virtuale. I dati acquisiti possono essere registrati per successive analisi, possono essere caricati su avatar, o trasferiti in real-time a piattaforme di sviluppo di applicativi VR. Il sistema è composto da:

- n.8 Telecamere optoelettroniche Vicon Vero 2.2, 2.2 MP 2048x1088;
- n. 2 Telecamere Vicon Vue, 2.1 MP 1920x1080 RGB;

- Set di Marker Sferici riflettenti composto da oltre 100 unità;
- Un elaboratore/server che riceve le immagini dalle videocamere, estrae i marker dalle immagini e ne ricostruisce le posizioni tridimensionali;
- Software Vicon Nexus;
- Software Vicon Tracker.

### **Acustica e Vibrazioni**

- Fonometro integratore Fusion + kit esterno;
- HSU III.2 – Testa artificiale per registrazioni sonore binaurali;
- SQobold – Sistema portatile a 4 canali per la registrazione e la riproduzione sonora;
- Binaural headphones BHS II;
- Lab P2 – Equalizzatore per cuffie binaurali con interfaccia USB;
- HD CL II.1 Cuffie elettrodinamiche per riproduzione binaurale;
- Sistema di acquisizione ed analisi della risposta all'impulso 3d per l'acustica architettonica;
- Sorgente sonora dodecaedrica amplificata AMPLI12.



### **VR Head Mounted Display**

- Visori HTC Vive Pro e Pro Eye;
- Visori Oculus Rift-S e Go.

### **Misure sull'individuo e biofeedback**

- Eye tracker da desktop Gaze Point;
- Eye tracker glasses portatile Pupil lab;
- Visore HTC Vive Pro Eye;
- Sistema indossabile di biosensori Equival per la misura della Galvanic Skin Response (GSR), battito cardiaco (ECG) e frequenza respiratoria;

- DSI 24 Wearable Sensing EEG Headset;
- Naso Elettronico portatile. Cyranose 320;
- Sistema per la misura della temperatura superficiale;
- Sistema per la misura della temperatura, umidità relativa e velocità dell'aria in prossimità del corpo (Candlestick Sensor prodotte dalla Advanced Thermal Solutions, Inc.).

## IAQ

La strumentazione per la caratterizzazione della qualità dell'aria interna è costituita dalle seguenti attrezzature:

- n.1 TSI Q-TRAK modello 7575 con sonda 982 per la misura della concentrazione di CO e CO<sub>2</sub>, temperatura di bulbo asciutto ed umidità relativa. Lo strumento presenta le seguenti caratteristiche:  
Range: 0÷500 ppm CO, 0÷5000 ppm CO<sub>2</sub>, 5÷95% RH, -10÷60°C;  
Incertezza: ±3% del valore letto e al massimo pari a ±3 ppm CO; ±3% del valore letto e al massimo pari a ±50 ppm CO<sub>2</sub>; ±3% RH; ±0.5°C;  
Risoluzione: 0,1 ppm CO; 1 ppm CO<sub>2</sub>; 0,1% RH; 0,1°C.
- n.1 TSI Q-TRAK model 7575 con sonda 984 per la misura della concentrazione di VOC e della temperatura tra -10°C e +60 °C. Lo strumento presenta le seguenti caratteristiche:  
Range: 10÷20,000 ppb, -10÷60°C;  
Incertezza: ±0.5°C;  
Risoluzione: 10 ppb; 0,1°C.
- n.1 TSI DUSTTRAK™ DRX modello 8533 per la misura simultanea di massa e dimensione di PM1, PM2.5 e PM10. Lo strumento presenta le seguenti caratteristiche:  
Dimensione delle particelle: 0.1÷15 µm;  
Risoluzione: ±0.1% del valore letto e al massimo pari a 0,001 mg/m<sup>3</sup>.

## Altre Attrezzature

- Misuratori di Radiazione Netta LP NET14 a 4 componenti (0.3µm - 45 µm);
- Stampante 3D.

## Software:

- Origin Pro 2026, Stata 17;
- Artemis Suite 14.3, dB Trait 6, dB Inside 2, Iris 1.4;
- SoundPlan 9.1;
- Matlab 2026a;
- Lab Chart 8 AD Instrument;
- LabVIEW Suite: LabVIEW Full Development System 2019 SP1, LabVIEW Application Builder 2019 SP1, Vision Acquisition 2019, LabVIEW Real-Time Module 2019, LabVIEW FPGA Development Module 2019, Sound and Vibration Assistant 1.0, Sound and Vibration Measurement Suite 2019, Sound and Vibration NXG Measurement Suite 2.0, Sound and Vibration Toolkit 2019;
- EyeCAD VR;
- Rhinoceros 6.

### Gruppi di Ricerca Collegati

- ACOUVI - Acustica, Vibrazioni e Interazioni Multisensoriali;
- E3 - Efficienza Energetica ed Ambiente;

### Settore Scientifico-Disciplinare di riferimento:

- Fisica Tecnica Ambientale (IIND-07/B) - GSD: 09/IIND-07 - FISICA TECNICA E INGEGNERIA NUCLEARE

### Categorie ISI WEB di riferimento:

- Computer Science, Software Engineering;
- Engineering, Environmental;
- Engineering, Multidisciplinary;
- Acoustics;
- Physics, Multidisciplinary;
- Engineering, Manufacturing;
- Psychology Multidisciplinary;
- Public, Environmental & Occupational Health;
- Computer Science, Artificial Intelligence;
- Computer Science, Hardware & Architecture;
- Computer Science, Interdisciplinary Applications;
- Urban Studies;
- Education & Educational Research;
- Multidisciplinary Sciences.

### Categorie ERC di riferimento:

- PE6\_7 Artificial intelligence, intelligent systems, multi agent systems
- PE6\_8 Computer graphics, computer vision, multi media, computer games
- PE6\_9 Human computer interaction and interface, visualisation and natural language processing
- PE6\_11 Machine learning, statistical data processing and applications using signal processing (e.g. speech, image, video)
- PE6\_12 Scientific computing, simulation and modelling tools
- PE7\_3 Simulation engineering and modelling
- LS5\_4 Sensation and perception (e.g. sensory systems, sensory processing, pain)
- LS7\_9 Environmental health, occupational medicine
- LS7\_10 Health services, health care research, medical ethics
- SH2\_6 Sustainability sciences, environment and resources
- SH2\_7 Environmental and climate change, societal impact and policy
- SH2\_8 Energy, transportation and mobility
- SH2\_9 Urban, regional and rural studies
- SH2\_10 Land use and regional planning
- SH5\_12 Computational modelling and digitisation in the cultural sphere
- SH4\_2 Personality and social cognition; emotion
- SH4\_5 Attention, perception, action, consciousness

**Parole Chiave:**

Progettazione multisensoriale; Co-Design; Smart Design; Valutazione d'impatto ambientale; Virtualizzazione; Sicurezza dei lavoratori; Addestramento in virtuale; lavoratori; Patrimonio Culturale; Ambiente; Psicoacustica; Illuminotecnica; Odori; Percezione multisensoriale; Comfort; Qualità sonora del prodotto; Eye tracking; Bio-feedback; Rumore; Manutenzione predittiva; Valutazione della qualità dell'aria interna; Caratterizzazione termo-igrometrica degli ambienti; Caratterizzazione delle emissioni di una sorgente; Modellazione e simulazione di component di impianti di climatizzazione; Architettura: Sostenibilità; Urbanistica; Edificio.