



IoStructures

#sensethestructures

**Structural and seismic monitoring
system for buildings and
infrastructures**

**WE
CREATE
SYSTEM**



SISTEMA PER IL MONITORAGGIO STRUTTURALE CONTINUO

Il sistema per il monitoraggio strutturale continuo di **IoStructures Srl** è composto dall'unione di *dispositivi in grado di catturare tutti i movimenti e le deformazioni* della struttura su cui sono installati e una *piattaforma web* per la visualizzazione e analisi dei dati misurati.

Grazie all'utilizzo dei nostri sistemi è possibile monitorare continuamente i parametri fondamentali della struttura e verificarne la stabilità nel tempo. È inoltre possibile comprendere l'ampiezza dello spostamento dinamico, eventuali vibrazioni sismiche e monitorarne il rischio nel tempo.



Il sistema di monitoraggio proprietario di **IoStructures Srl** è stato progettato appositamente per infrastrutture, strutture tradizionali e strutture isolate sismicamente, oltre ad includere accelerometri per lo studio modale, il sistema è dotato di misuratori laser che, campionando a frequenze elevate, permettono di conoscere il reale movimento della struttura anche con basse accelerazioni tipiche degli edifici isolati sismicamente.



Il sistema può essere inoltre dotato di molti altri tipi di sensore come inclinometri, strain gauge (misurazione della deformazione di elementi), estensimetri, sensori di temperatura, celle di carico, ecc.



CARATTERISTICHE DEL SISTEMA

- Sistema totalmente autonomo, ogni dispositivo è totalmente indipendente da altri dispositivi rendendo il sistema ridondante e robusto nel tempo.
- Sistema pronto all'uso *Plug & Play*
- Monitoraggio continuo a base e alte frequenze di campionamento
- Comunicazione a lungo raggio
- Sistema modulare *sincronizzato*. In caso di installazione di più dispositivi il sistema porta i dispositivi a sincronizzarsi con precisione di 5 millisecondi
- Gestione completa dei dati rilevati con notifiche da remoto mediante email  e Telegram 
- Aggiornamenti da remoto mediante procedura OTA (*Over The Air*)
- Sistema *auto livellante* per compensare errori nell'installazione del dispositivo
- Sistema *totalmente personalizzabile*
- Sistema idoneo per acquisizione dati per analisi OMA (Operational Modal Analysis) di lunga durata, ad elevata frequenza di campionamento con sincronizzazione compatibile.
- Analisi di confronto storie di accelerazione di diversi sensori installati sulla stessa struttura.
- Analisi dei dati con algoritmi avanzati tipo FFT (*Fast Fourier Transform*), PSD (*Power Spectral Density*) smorzamento strutturale, analisi statistica ecc.
- Case in *alluminio IP67* di elevata qualità per una lunga durata nel tempo nelle due versioni loS_case1 e loS_case2
- Sistema privo di manutenzione grazie alla alta qualità della manifattura e delle componenti prodotti.
- Sistema di backup dati interno di grande capacità su SD industriale.
- Sistema integrabile con molti sensori per ottenere un sistema All in one.
- Sistema di autodiagnosi, di correzione degli errori, di automatico aggiornamento ed integrato con la piattaforma WEB.



GRANDEZZE MISURABILI

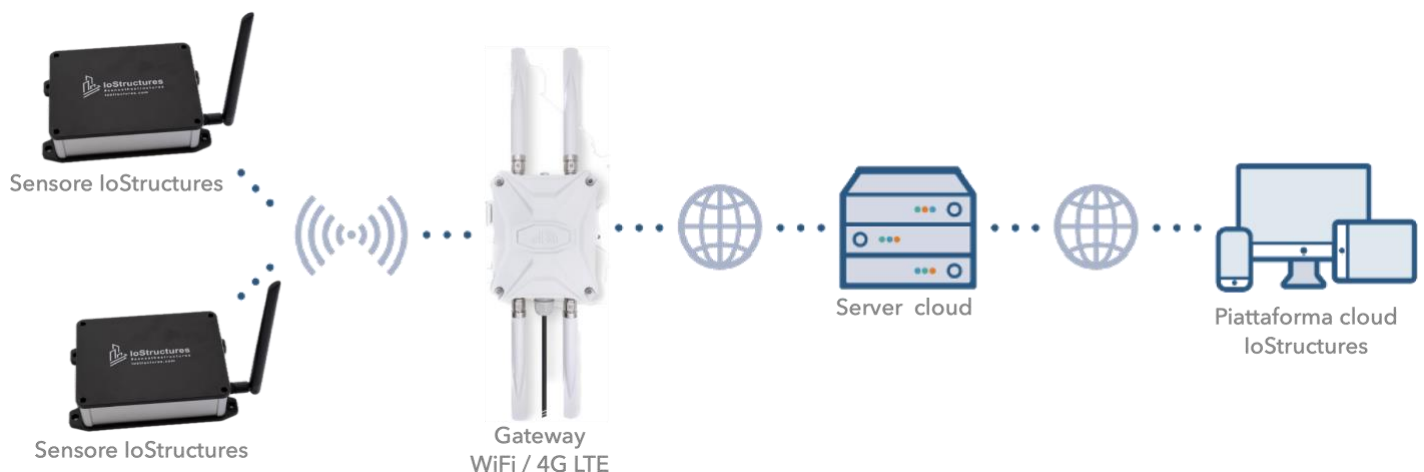
- Monitoraggio degli spostamenti mediante misuratori Laser Sx e Sy
- Monitoraggio delle accelerazioni triassiali Ax, Ay e Az
- Monitoraggio temperatura, umidità e parametri ambientali
- Monitoraggio di parametri di deformazione, tensione, pressione, velocità del vento ecc.
- Analisi modale di tutte le tipologie di strutture: strutture rigide mediante impiego delle accelerazioni e strutture flessibili mediante impiego degli spostamenti
- Monitoraggio dell'inclinazione della struttura Rx, Ry e Rz
- Analisi dell'ampiezza di spostamento dinamico

COME FUNZIONA

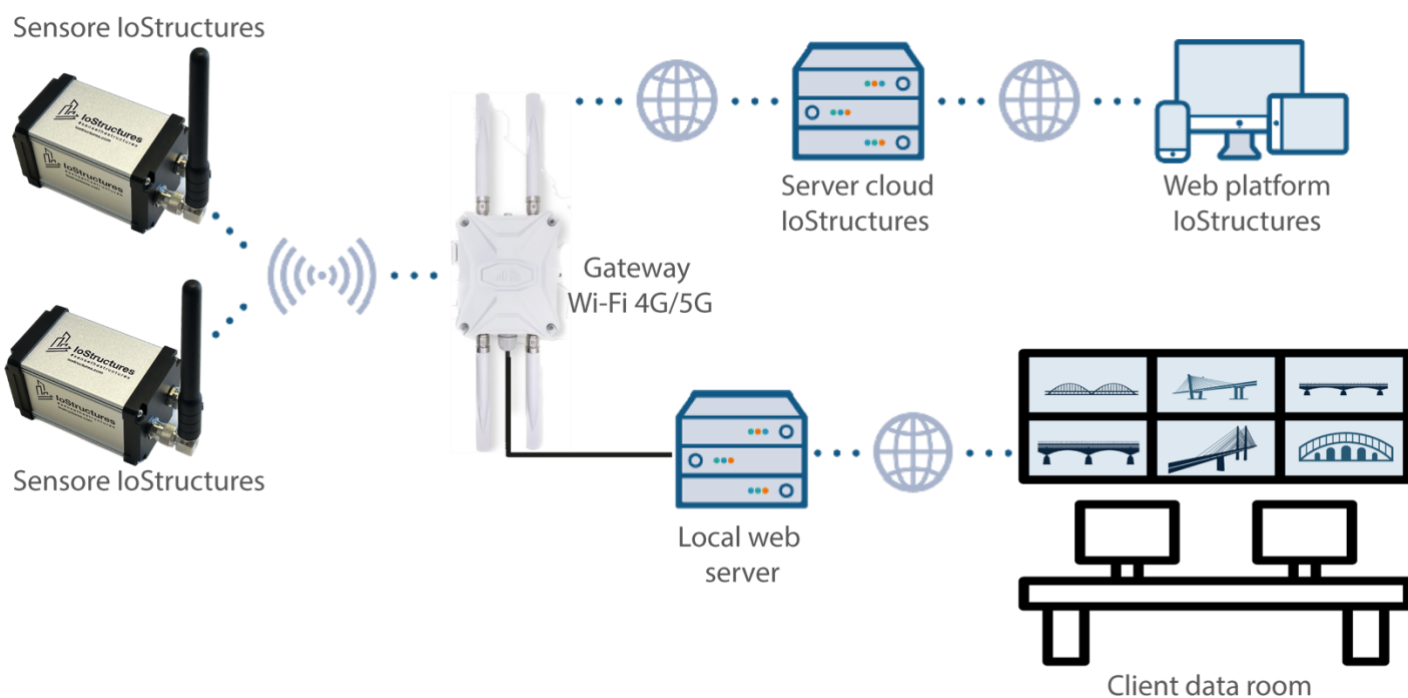
Il sistema sviluppato da **IoStructures Srl** è composto da dispositivi wireless e una piattaforma Web per la visualizzazione dei dati e la gestione dei dispositivi da remoto. Una volta che i dispositivi e il gateway di sistema sono stati installati in loco, sono pronti per rilevare i dati dei sensori e inviarli al server cloud.

È possibile visualizzare tutti i dati in tempo reale tramite l'applicazione **IoStructures Srl**, un'interfaccia Web che consente agli utenti di monitorare da remoto l'edificio o l'infrastruttura. L'utente può impostare diversi parametri per ogni singolo sensore, tra cui frequenze di campionamento, soglie di notifica di superamento/allarme, attivazione e molto altro.

Il sistema di monitoraggio **IoStructures™** garantisce accuratezza, sicurezza e affidabilità e una significativa riduzione dei costi complessivi di monitoraggio.



Per i gestori di infrastrutture dotati di un proprio sistema globale di raccolta dati è possibile inserire un server locale che permette al cliente di gestire in completa autonomia tutti i sensori installati nell'opera.



VANTAGGI

- Monitoraggio remoto di strutture di difficile accesso
- Facilità di installazione e utilizzo del sistema
- Elaborazione dei dati per ottimizzare le operazioni di controllo, manutenzione ecc.
- Facile aggiunta di sensori per estendere l'area monitorata
- Riduzione dei costi grazie alla assenza di manutenzione
- Conseguente risparmio di manodopera
- Riduzione del rischio e alta affidabilità
- Ridondanza del sistema



L'UNITA' PRINCIPALE IOT

Ogni unità principale IOT, è stata interamente progettata e realizzata sia nell'hardware che nel software, è dotata da un microcontrollore estremamente potente e da un accelerometro triassiale di elevata qualità in grado di misurare l'accelerazione del punto in cui è installato,



indispensabile per effettuare uno studio modale della struttura (identificazione delle frequenze principali, dei modi, dello smorzamento strutturale ecc.).

Tutti i dispositivi utilizzano il protocollo di comunicazione wireless Wi-Fi o 4G a seconda delle necessità. *Più dispositivi si possono integrare tra loro grazie ad una sincronizzazione a 5 ms per consentire lo studio complessivo del manufatto (edificio civile, industriale, infrastruttura viaria, ponte ecc.).*

Ogni unità acquisisce i dati accelerometrici su tre assi e quelli dei vari sensori, che possono essere collegati, con una frequenza di campionamento fino a 1000 Hz con impiego di opportuni filtri.

L'accelerometro acquisisce in continuo ma invia i dati alla piattaforma WEB se viene superato un determinato valore di soglia che può essere modificato da remoto tramite l'aggiornamento OAT (Over-the-Air). Grazie alla sincronizzazione tra sensori è possibile estrapolare le forme e frequenze modali della struttura. Allo stesso modo è possibile confrontare anche tutti i valori restituiti dagli altri sensori collegati alle unità.

Ad ogni unità principale è possibile collegare vari tipi di sensore, come sensori laser di elevata qualità per la misura degli spostamenti, sensore di temperatura e umidità, sensori come strain gauge, celle di carico, sensori ambientali ecc. Questi sensori possono essere attivati al superamento di soglia impostata per l'accelerometro (misura di un evento) ed effettuare letture ad orari prestabiliti (misure pianificate).



Le soglie di attivazione, la durata di misura dopo l'evento, le misure pianificate e le relative notifiche sono configurabili da remoto tramite la Piattaforma Web prevista nel servizio.

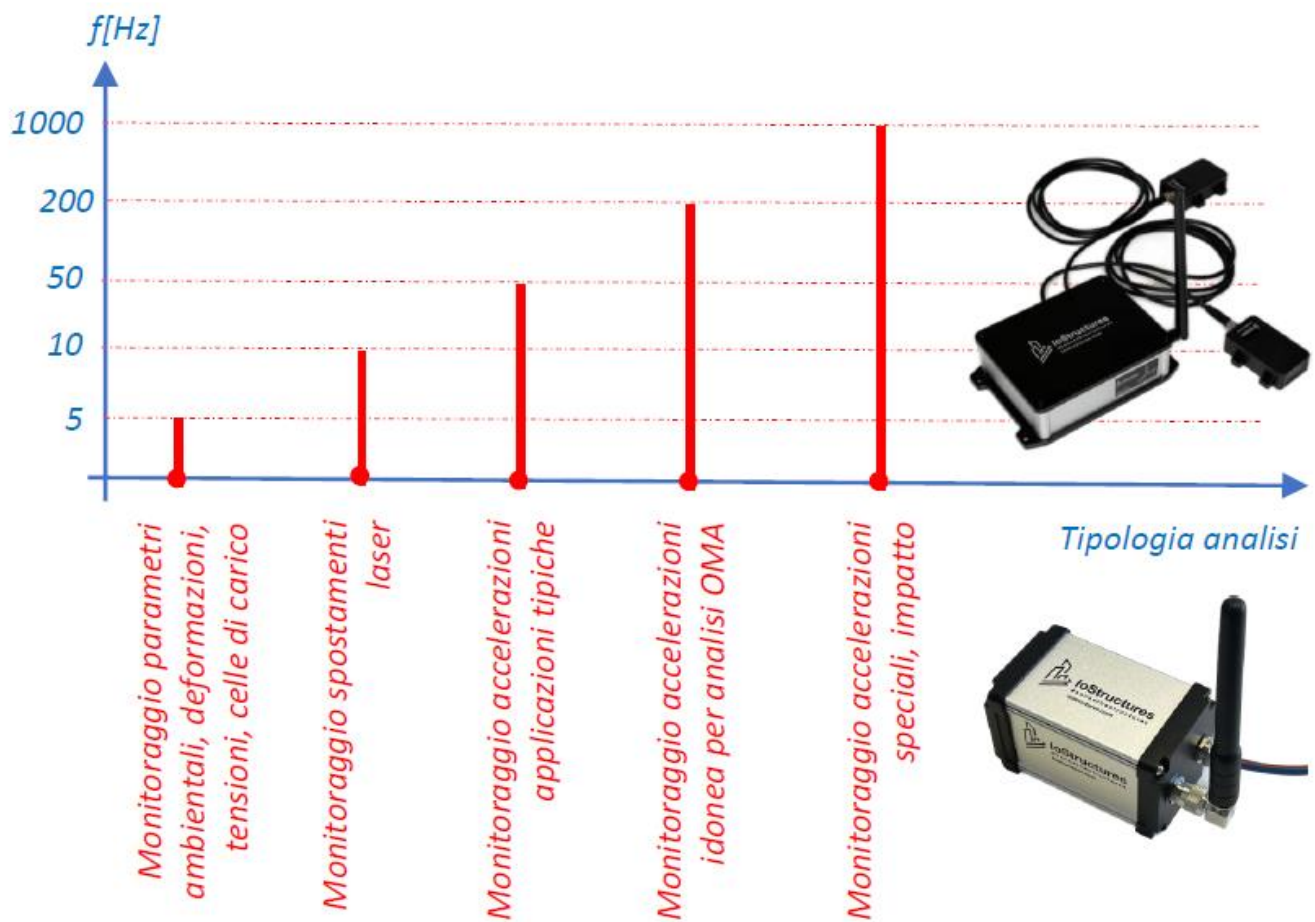
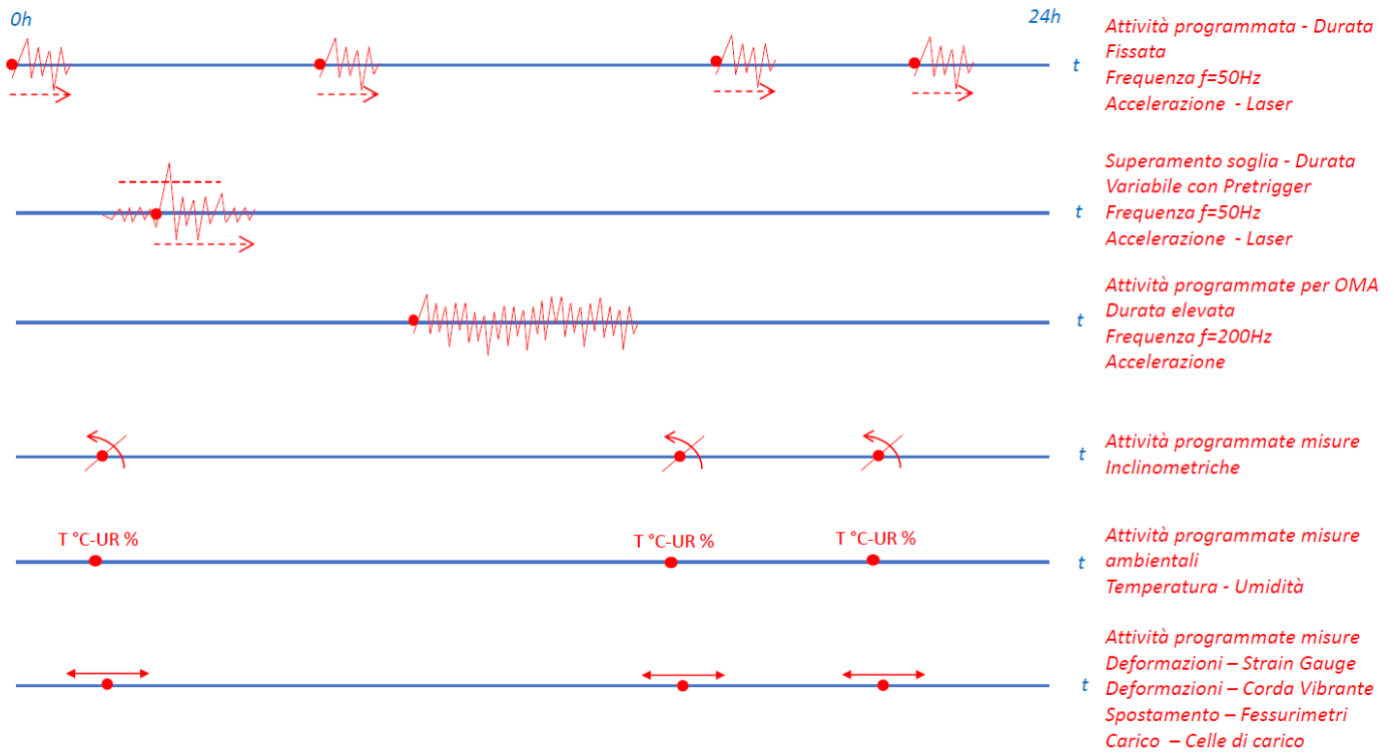
Schema di funzionamento del sistema di acquisizione dinamico continuo IoStructures:

Procedura funzionamento	Descrizione								
Auto livellamento del singolo dispositivo di monitoraggio	Sistema automatico di valutazione dell'inclinazione del sistema accelerometrico e correzione delle accelerazioni.								
Sincronizzazione dei dispositivi di monitoraggio	Sincronizzazione fino ad 5 ms dei dispositivi. Sincronizzazione funzione della frequenza di campionamento impostata nella piattaforma WEB.								
Watchdog e sistemi di manutenzione	Sistema software di autodiagnosi e di riavvio automatico in caso di necessita e di manutenzione all'orario impostato mediante piattaforma WEB.								
Frequenza di campionamento	<p>Possibilità di modificare la frequenza di campionamento mediante piattaforma WEB. Frequenza di campionamento settabile fino a 1000 Hz per gli accelerometri, 10 Hz per i laser di misura della distanza o in funzione del sensore installato.</p> <p>Frequenza preimpostata:</p> <p>30-50 Hz per applicazioni standard;</p> <p>100-200 Hz per applicazioni speciali;</p> <p>fino a 1000 Hz per applicazioni straordinarie.</p>								
Capacità di acquisizione in memoria	<p>Elevata capacità di memorizzazione dei dati acquisiti.</p> <p>Frequenza e capacità di campionamento continuo:</p> <table> <tr> <td>50 Hz</td> <td>33 min;</td> </tr> <tr> <td>100 Hz</td> <td>17 min;</td> </tr> <tr> <td>200 Hz</td> <td>8 min;</td> </tr> <tr> <td>1000 Hz</td> <td>100 s;</td> </tr> </table>	50 Hz	33 min;	100 Hz	17 min;	200 Hz	8 min;	1000 Hz	100 s;
50 Hz	33 min;								
100 Hz	17 min;								
200 Hz	8 min;								
1000 Hz	100 s;								
Capacità di acquisizione e backup dei dati campionati per operational modal analysis OMA	<p>Capacità di campionamento ad elevata frequenza per lunghi periodi con memorizzazione su SD industriale per invio WiFi successivo.</p> <table> <tr> <td>Campionamento fino:</td> <td>200 Hz</td> </tr> <tr> <td>Tempo di acquisizione:</td> <td>1 h</td> </tr> <tr> <td>Istanti temporali acquisiti:</td> <td>720000.</td> </tr> </table>	Campionamento fino:	200 Hz	Tempo di acquisizione:	1 h	Istanti temporali acquisiti:	720000.		
Campionamento fino:	200 Hz								
Tempo di acquisizione:	1 h								
Istanti temporali acquisiti:	720000.								
Modalità di acquisizione									
1. Acquisizione con superamento di soglia delle accelerazioni	<p>Acquisizione delle accelerazioni triassiali a_x, a_y e a_z a seguito di un superamento dell'accelerazione di piano $\sqrt{a_x^2 + a_y^2} \geq a_{Ref}$ del valore di riferimento settato mediante la piattaforma WEB.</p> <p>Acquisizione contemporanea delle accelerazioni a_x, a_y e a_z, delle distanze S_x e S_y, dei parametri ambientali di temperatura, umidità, ecc..</p>								
2. Acquisizione pianificata a. Accelerazioni									



<p>b. Inclinazioni</p> <p>c. Ambientali</p> <p>d. Deformazione, spostamento, carico, tensione.</p>	<p>Acquisizione pianificata delle accelerazioni a_x, a_y e a_z, degli spostamenti S_x e S_y e dei dati ambientali ecc. in determinati momenti della giornata settai mediante la sessione <i>schedule ricorsivo</i>.</p> <p>Impostazione mediante piattaforma WEB <i>schedule ricorsivo</i>:</p> <p>Esempio ogni 2 ore (0:00 02:00 04:00 06:00);</p> <p>Esempio ogni 6 ore (0:00 06:00 12:00 18:00);</p> <p>Esempio ad orario fissato (9:00 17:00).</p> <p>Acquisizione pianificata delle inclinazioni R_x, R_y e R_z, in determinati momenti della giornata settai mediante la sessione <i>schedule ricorsivo</i>. Acquisizioni pianificate non sovrapponibili con acquisizioni pianificate accelerometriche.</p> <p>Acquisizione pianificata dei parametri ambientali T °C – UR %, in determinati momenti della giornata settai mediante la sessione <i>schedule ricorsivo</i>.</p> <p>Acquisizione pianificata dei parametri di deformazione $\mu\epsilon$ (strain gauge, corda vibrante, ecc.), di spostamento (fessurimetri.), di carico (celle di carico) ec.. in determinati momenti della giornata settai mediante la sessione <i>schedule ricorsivo</i>.</p> <p>Impostazione mediante piattaforma WEB <i>schedule ricorsivo</i> come per le accelerazioni sopra riportate:</p>
<p>3. Acquisizione di lunga durata per analisi OMA</p>	<p>Acquisizione pianificata delle accelerazioni a_x, a_y e a_z, in determinati momenti della giornata settai mediante la sessione <i>schedule ricorsivo</i> per lo sviluppo dell'analisi OMA</p> <p>Impostazione mediante piattaforma WEB <i>schedule ricorsivo</i>:</p> <p>Esempio:</p> <p>OMA ogni 2 giorni 1 h acquisizione 100 hz campionamento</p>
<p>4. Acquisizione con superamento di soglia e pianificata</p>	<p>Acquisizione composta dall'unione delle varie modalità operative sopra riportate: acquisizione con superamento di soglia + acquisizione pianificata.</p>





Specifiche tecniche accelerometro triassiale:

Elemento, parametro	Descrizione
Tecnologia	MEMS technology – Triaxial a basso rumore.
Parametro acquisito	Accelerazioni triassiali X, Y e Z
Risoluzione	20 Bits
Noise density	22.5 $\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$
Range di misura	$\pm 2 \text{ g}$
Frequenza di campionamento	Maggiore di 1000 Hz

Specifiche tecniche inclinometro triassiale:

Elemento, parametro	Descrizione
Tecnologia	MEMS technology – Biaxial a basso rumore.
Parametro acquisito	rotazioni triassiali RX, RY e RZ
Risoluzione	20 Bits
Noise density	22.5 $\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ - 0.0014$^\circ/\sqrt{\text{Hz}}$
Resolution	0.0002 $^\circ$
Bias drift	0.00057 $^\circ$
Accuracy	0.005 $^\circ$
Maximum tilt error vs temperature	0.0085 $^\circ/\text{C}^\circ$

Specifiche tecniche case unità principale:

Elemento, parametro	Descrizione
Resistenza all'ambiente	IP67
Temperatura operativa	-40 $^\circ\text{C}/+85^\circ\text{C}$
Dimensioni	200 x 150 x 50 mm 120 x 85 x 850 mm
Materiale	Alloy GD-ALSi12
Peso	1.1 kg
Metodo di installazione	Viti poste su 4 punti M3x30 mm
Resistenza alla corrosione	>1000 hours in salt spray
Nome del sistema	IoStructures – Box 01-2022
Metodo di installazione	Viti poste su 4 punti M4x30 mm
Posizione di installazione	Tutte le posizioni sulla staffa IoStructures – Staffa 01-2022



SENSORI INTEGRABILI

Ogni unità di acquisizione **IoStructures™** può essere integrata con più sensori con comunicazione I2C, SPI, RS232 ecc. creando un sistema completo di monitoraggio strutturale *All-In-One*. Sfruttando la piattaforma Web di visualizzazione dei risultati. In particolare si possono integrare sensori per la misura di:

- Misuratori laser di spostamento.
- Sensori ambientali di temperatura e umidità.
- Sensori di deformazione a corda vibrante.
- Sensori di deformazione tipo strain gauges.
- Sensore di spostamento tipo fessurimetro.
- Sensori ambientali.



Misuratore laser di spostamento

Per poter ottenere il valore dello spostamento relativo tra fabbricato/infrastruttura e target è possibile aggiungere all'unità principale dei sistemi di misurazione laser dello spostamento ad alta risoluzione.

Posizionando una coppia di laser in ogni posizione desiderata sarà possibile ottenere una fedele ricostruzione degli spostamenti relativi del fabbricato nonché conoscere eventuali deformazioni residue.

Mediante gli spostamenti è possibile eseguire uno studio modale di strutture flessibili e con periodi elevati di vibrazione. Per tali strutture le analisi basate solo sugli accelerometri perdono di significato. Il monitoraggio dello spostamento rappresenta una caratteristica unica del sistema di monitoraggio sviluppato **IoStructures™**.



Specifiche tecniche sensore di misura laser delle distanze e del case di installazione

Elemento, parametro	Descrizione
Tecnologia	Modulo di misura laser
Parametro acquisito	Distanza



Risoluzione	± 1 mm
Acuratezza	± (1 mm + D * 5%), "D" is distance.
Range di misura	0.05 m a 40 m
Frequenza di campionamento	fino 10 Hz
Resistenza all'ambiente	IP67
Temperatura operativa	-10°C/+55°C
Dimensioni	76 x 60 x 21 mm
Connessione	Aviation Connector
Peso	0.021 kg
Metodo di installazione	Viti poste su 4 punti M3x30 mm
Posizione di installazione	Tutte le posizioni sulla staffa IoStructures – Staffa 01-2022

Sensore ambientale di umidità e/o temperatura

La misura delle condizioni ambientali di temperatura ed umidità **IoStructures** implementa sensori di elevata qualità per garantire la qualità della misura e la durata nel tempo.

Il sensore collegato al sistema di unità principale consente di eseguire tutte le misure necessarie coordinate con il sensore accelerometrico e di distanza laser.



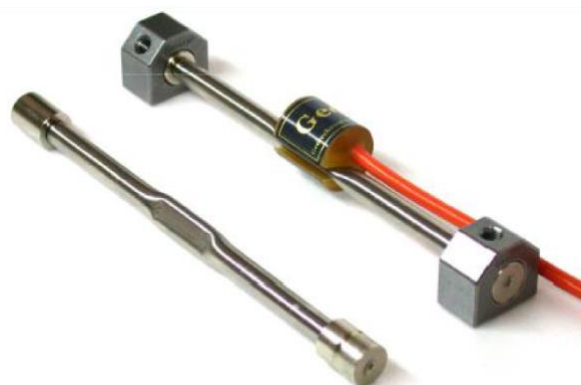
Specifiche tecniche sensore di misura ambientale

Elemento, parametro	Descrizione	Descrizione
Tecnologia	Sensore di misura digitale ambientale	Sensore waterproof
Parametro acquisito	Temperatura [°C], Umidità [%RH]	Temperatura [°C],
Risoluzione	± 0.1 °C, ± 0.1 %RH	
	16 bit, 16bit	12 bit t
Accuratezza	± 1 °C, ± 2 %RH	± 0.5 °C
Range di misura	-40 ÷ +125 °C	-55 ÷ +125 °C
Frequenza di campionamento	Fino 2 Hz	Fino 2 Hz



Estensimetro a corda vibrante

I sensori a corda vibrante sono strumenti che vengono utilizzati in vari settori per misurare la deformazione dei materiali. Sono ampiamente utilizzati in settori come quello aerospaziale, automobilistico, edile e manifatturiero.



Nel settore edile in particolare vengono impiegati per rilevare le deformazioni in elementi strutturali come ad esempio: pali di fondazione, solette, travi, diaframmi, paratie, dighe, rivestimenti gallerie o più in generale su strutture portanti.

Un sensore a corda vibrante è un tipo di strumento che misura la variazione di frequenza di vibrazione di un trefolo in acciaio teso tra due punti ed eccitato mediante una bobina elettromagnetica.

Questo dispositivo lavora indifferentemente sia a trazione che a compressione ed essendo a tenuta stagna (grado di protezione IP68 e realizzati in acciaio inossidabile), può essere applicato esternamente alle strutture oppure annegato in getti di calcestruzzo per le misure delle sollecitazioni.

La bobina elettromagnetica (separabile dal sensore) collocata in mezzeria della corda, induce delle vibrazioni che sono poi convertite in segnali elettrici la cui frequenza è legata alla tensione della corda.

Le variazioni della lunghezza della corda, dovute al carico o deformazione cui è soggetto l'elemento della struttura in esame, modificano la frequenza del segnale la cui misurazione avviene direttamente dai dispositivi IoStructures disposti nella struttura. Le variazioni della lunghezza, resistenza o temperatura del cavo di collegamento hanno un effetto trascurabile sul segnale, consentendo di aumentare le lunghezze dei cavi che vanno dal sensore ai dispositivi IoStructures.



Questo tipo di sensore è caratterizzato da:

- Elevata durabilità anche per monitoraggi prolungati nel tempo;
- Elevata accuratezza e risoluzione;
- Sensore di temperatura integrato;
- Grado di protezione IP68;
- Resistente alle sovratensioni;
- Possibilità di trasmettere il segnale anche su lunghe distanze (immunità ai disturbi EM esterni).

Specifiche tecniche sensore di misura a corda vibrante

Elemento, parametro	Descrizione	Descrizione
Misura	$\mu\epsilon = \Delta L/L \times 10^{-3}$	$\mu\epsilon = \Delta L/L \times 10^{-3}$
Tipologia di installazione	Ancorato con resina o saldato	Annegato nel calcestruzzo
Lunghezza corda vibrante asse	153 mm	150 mm
Dimensioni globali ancoraggio	165 mm terminali 20 x 12.5 mm Ancoraggi 25x22 mm	155 mm terminali 5 x 25 mm
Campo di misura	3000 $\mu\epsilon$	3000 $\mu\epsilon$
Risoluzione	1 $\mu\epsilon$	1 $\mu\epsilon$
Stabilità a lungo termine	<0.1%FS	<0.1%FS
Frequenza tipica	840 Hz	1570 Hz
Resistenza della bobina	$\pm 180 \Omega$	$\pm 180 \Omega$
Resistenza Termistore integrato	NTC 3 K Ω	NTC 3 K Ω
Temperatura esercizio	-20 ÷ +80 °C	-20 ÷ +80 °C
Grado di protezione	Inox ed IP67	Inox ed IP68
Parametro G	0.004065 $\mu\epsilon/Hz^2$	0.003304 $\mu\epsilon/Hz^2$
Parametro C	1	1



Estensimetro tipo strain gauge

Uno strain gauge è un dispositivo di misurazione utilizzato per rilevare le deformazioni o le tensioni in un materiale. È costituito da un sottile filamento metallico o una griglia di filamenti disposti in un pattern specifico su un substrato flessibile.



Il principio di funzionamento dello strain gauge si basa sul fatto che la resistenza elettrica di un filamento metallico cambia proporzionalmente alla sua deformazione e alla sua sezione trasversale. Quando un materiale subisce una deformazione lo strain gauge si deforma in modo corrispondente, causando una variazione nella lunghezza dei filamenti. Di conseguenza, la resistenza elettrica del gauge varia.

Per misurare la deformazione il gauge viene applicato sulla superficie del materiale o sul componente da monitorare. Una volta applicato, il gauge viene collegato ad un dispositivo IoStructures che applica una corrente elettrica al filamento. La variazione della resistenza del gauge causa una variazione di tensione proporzionale che viene rilevata dal circuito di misurazione.

Le applicazioni degli strain gauge sono diverse e si trovano in settori come l'ingegneria strutturale, l'ingegneria meccanica, l'aerospaziale e molte altre. Sono ampiamente utilizzati per misurare tensioni e deformazioni in strutture, come ponti, edifici, veicoli, turbine e macchinari. Inoltre, possono essere utilizzati per misurare il carico su componenti meccanici, come assi, giunti, supporti e molle.

Grazie alla loro sensibilità e precisione, gli strain gauge forniscono informazioni importanti sul comportamento dei materiali e delle strutture sotto stress. Sono strumenti fondamentali per il monitoraggio delle condizioni di funzionamento e la valutazione delle prestazioni e della sicurezza dei componenti e dei sistemi.



I sensori sono condizionati ed amplificati in segnale in modo integrato con l'unità di acquisizione IoStructures.

Specifiche tecniche sensore strain gauge

Elemento, parametro	Descrizione
Configurazione	¼ , ½, a ponte intero
Posizione	A seconda del dato da misurare (trazione, flessione, taglio)
Dimensioni	Maggiori o minori a seconda della grana del materiale base
Grado di protezione	Protezione con ricopertura in materiale idoneo. La durabilità non è stimabile

Fessurimetro potenziometrico

Il fessurimetro è un dispositivo utilizzato per misurare l'ampiezza delle fessure in vari materiali, tra cui cemento armato, muratura, legno e metallo.

Il dispositivo è comunemente utilizzato nei progetti di costruzione e ingegneria per monitorare la stabilità delle strutture e rilevare eventuali problemi.

Il fessurimetro è uno strumento prezioso per garantire la sicurezza e la longevità di strutture, misurando con precisione l'ampiezza delle fessure nel tempo, si possono identificare potenziali problemi prima che diventino seri e intraprendere azioni correttive. Questo aiuta a prevenire costose riparazioni e garantisce che le strutture rimangano sicure per l'uso. Viene tipicamente impiegato nel monitoraggio di selle gerber e strutture di appoggio di ponti.

Questo tipo di sensore è caratterizzato da:

- Elevata durabilità anche per monitoraggi prolungati nel tempo;
- Elevata accuratezza e risoluzione;



- Possibilità di trasmettere il segnale anche su lunghe distanze (immunità ai disturbi EM esterni).

Specifiche tecniche sensore fessurimetro potenziometro

Elemento, parametro	Descrizione
Stabilità nel tempo	±0.05%
Resistenza	5 KΩ
Risoluzione	0.01mm
Massima velocità	5m/S
Temperatura esercizio	-20°C~+100°C
Materiale corpo	Anodised aluminium
Materiale stelo	Stainless steel
Grado di protezione	IP65
Stroke	100

Unità di Calcolo Locale UCL

L'unità di calcolo locale IoStructures UCL consente di creare la piattaforma locale totalmente autosufficiente per poter memorizzare tutti i dati rilevati dalle diverse unità di acquisizione, settare tutti i parametri di configurazione, settare i parametri di notifica ecc.. L'UCL può essere settata in modo da essere sincronizzata con la piattaforma cloud di IoStructures Srl e può essere gestita da remoto mediante comandi API/HTTPS/MQTT.

Specifiche tecniche UCL

Elemento, parametro	Descrizione
Sistema operativo e applicativo	Distribuzione Linux e applicativo IoStructures UCL
Capacità di calcolo	Variabile e configurabile da 4 Core a n core
Memoria	Variabile e configurabile da 8 GB a n GB
Archiviazione	Disco a stato solido SSD variabile e configurabile da 250 a 1000 GB
Scheda di supporto avvio	Scheda SD da 32 GB



Resistenza all'ambiente	IP67
Temperatura operativa	-40°C/+85°C
Materiale	Alloy GD-AISI12
Peso	1.4 kg
Resistenza alla corrosione	>1000 hours in salt spray
Nome del sistema	IoStructures – Box UCL
Posizione di installazione	Tutte le posizioni sulla staffa IoStructures – Staffa 01-2022

Ulteriori sensori integrabili

L'elevata flessibilità del sistema sviluppato da IoStructures consente inoltre l'integrazione di numerosi altri sensori, tra cui:

- Celle di carico ultra piatte;
- Sistemi di pesatura dinamica;
- Misuratori di velocità e direzione del vento, illuminazione, pioggia ecc.;
- Sensori ambientali per la rilevazione di:
 - o Pressione atmosferica;
 - o Concentrazione Etanolo C_2H_6O ;
 - o Concentrazione Nonossido di Carbonio CO
 - o Concentrazione anidride carbonica CO_2 ;
 - o Concentrazione formaldeide CH_2O ;
 - o Concentrazione ammoniacca NH_3 ;
 - o Concentrazione biossido di azoto NO_2 ;
 - o Concentrazione ozono NO_2 ;
 - o Concentrazione particelle PM2.5 – PM10;
 - o Raggi Ultra Violetti;
 - o Concentrazione TVOC (Total volatile organic compounds).

Applicazioni avanzate - Machine Learning

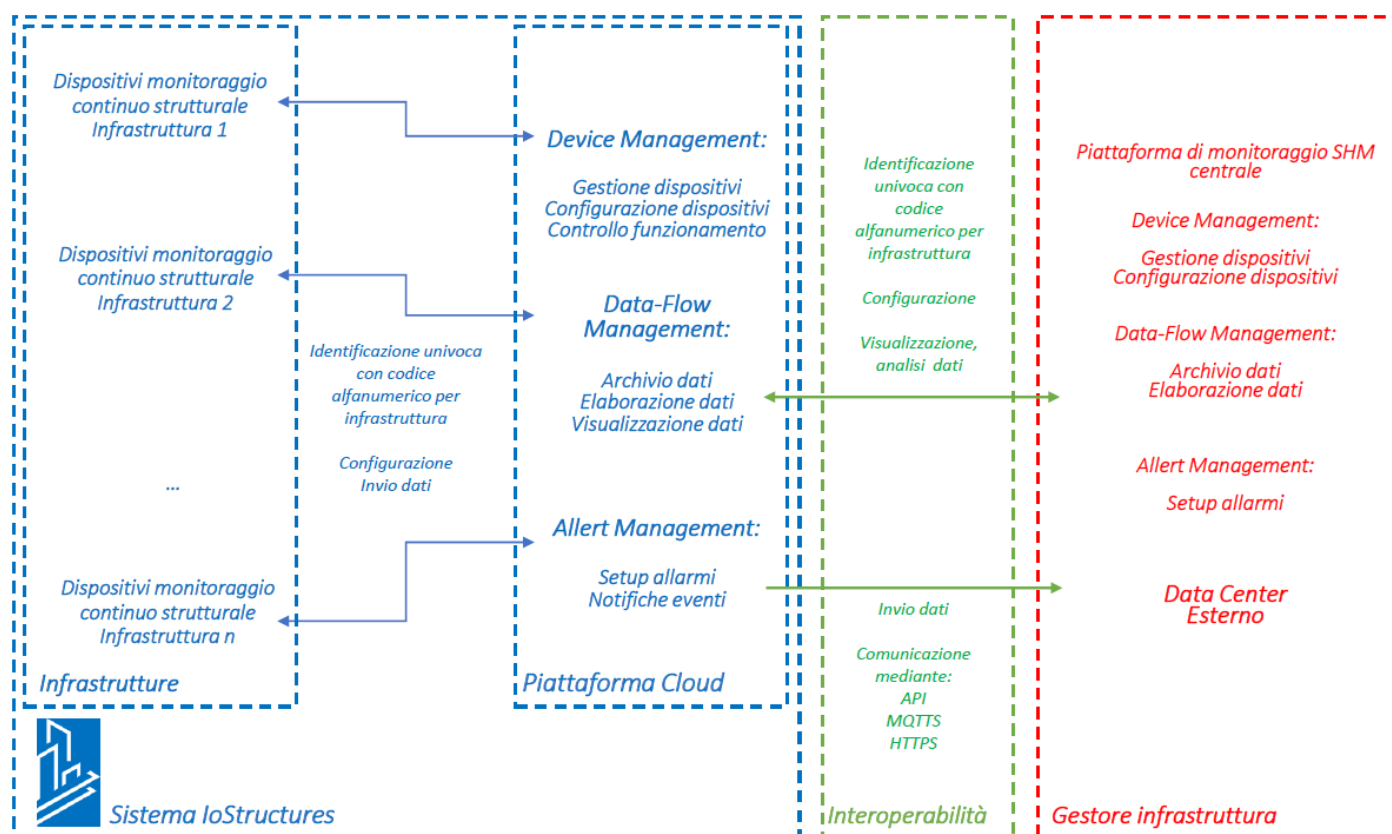
Grazie alla potenza del microcontrollore impiegato in tutti i dispositivi **IoStructures™** e alla compatibilità con il software Tensorflow Lite potranno essere sviluppate applicazioni basate sul Machine Learning. L'impiego del Machine Learning sarà volto allo studio ed analisi di strutture esistenti.



Interfacciamento con piattaforme esterne

Il sistema permette l'interconnessione dati tra piattaforma Web IoStructures con altri Data Center del gestore / proprietario dell'infrastruttura mediante API/HTTPS/MQTTS.

Il Data Center del gestore/proprietario potrà interrogare la piattaforma Cloud IoStructures e recuperare i dati rilevati dai sensori ed archivarli nel proprio sistema data center globale.

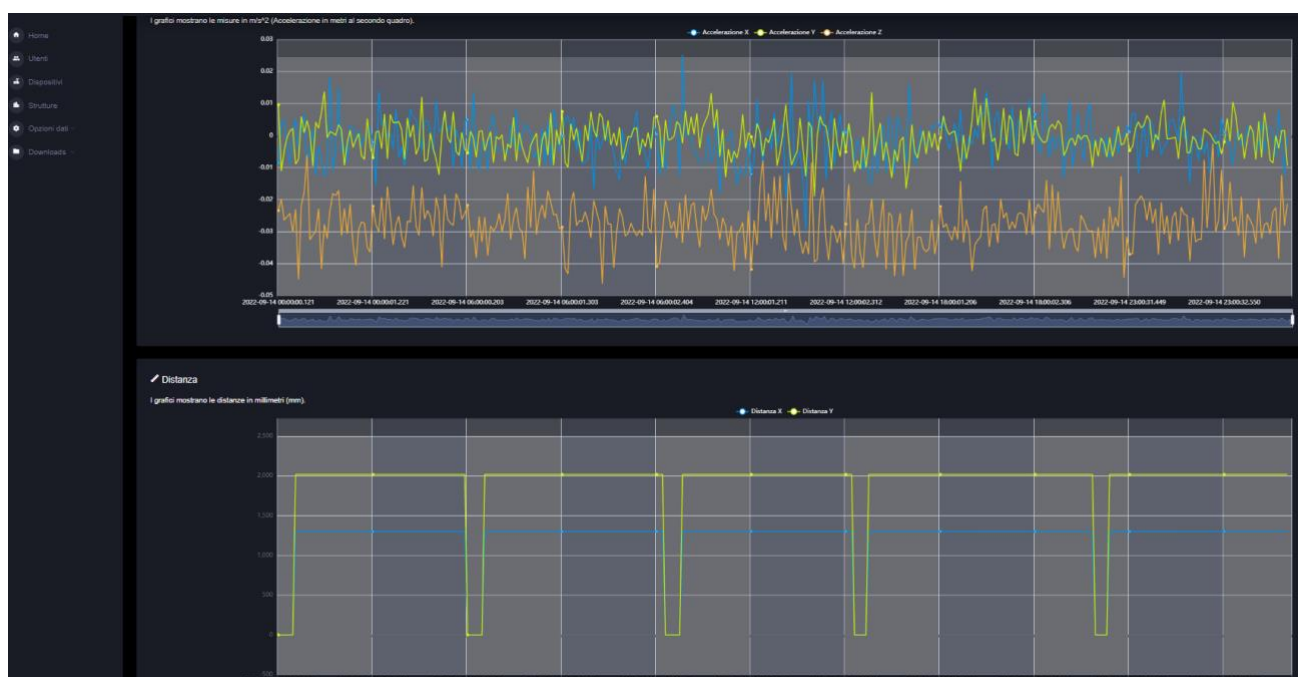
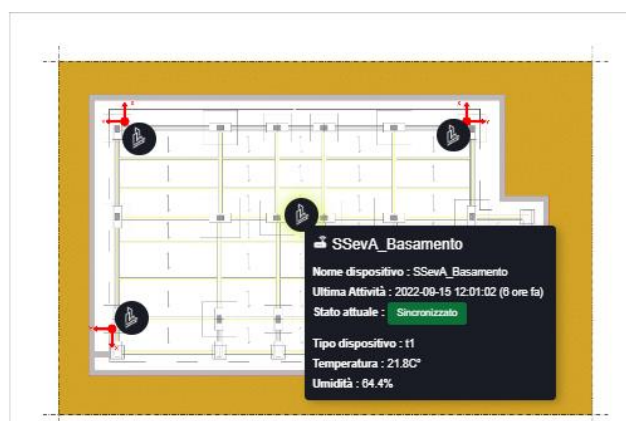
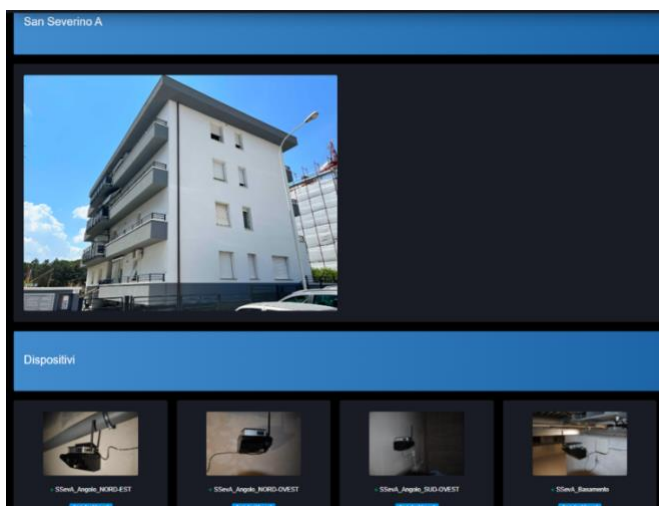


Piattaforma WEB IoStructures

Il sistema di monitoraggio è dotato di una piattaforma WEB proprietaria che consente di gestire da remoto i dispositivi e visualizzare tutti i dati acquisiti dal sistema di monitoraggio. La piattaforma WEB è stata sviluppata integralmente da **IoStructures™** e rappresenta uno strumento flessibile e personalizzabile.

Tramite la visualizzazione in pianta e sezione della struttura (edificio, viadotto, ponte ecc.) è possibile visualizzare la posizione dei sensori ed interrogarli direttamente mediante un click.

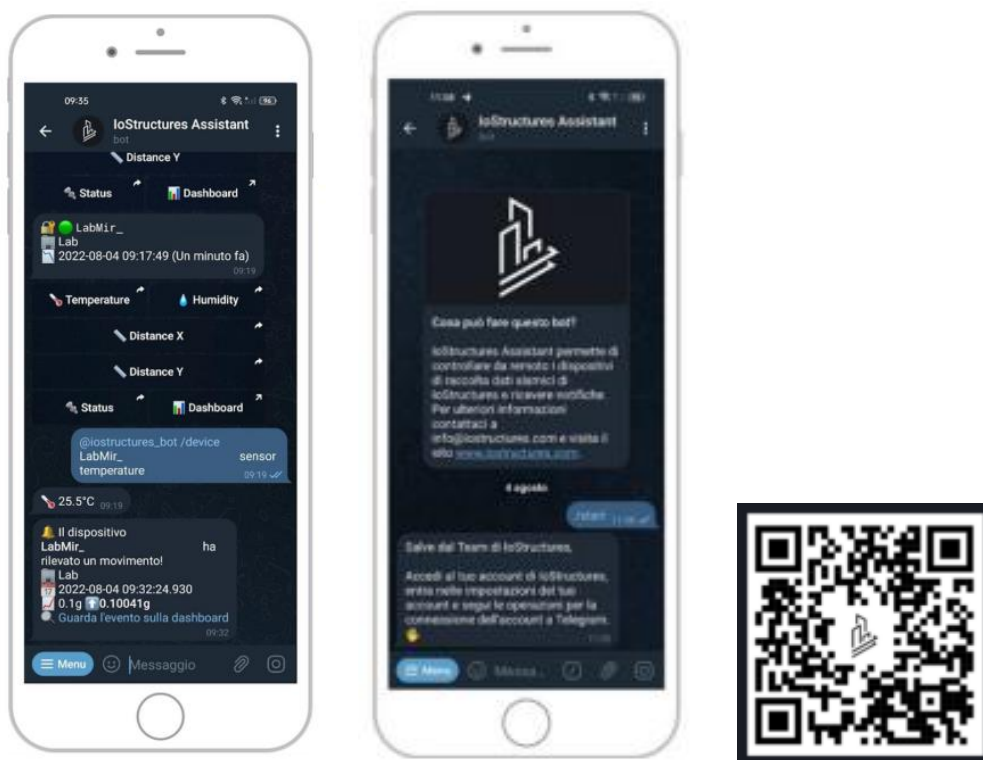




In caso di evento significativo (superamento del valore di soglia) si possono ricevere notifiche mediante email e/o Telegram.

Sempre mediante Telegram ed i Bot implementati è possibile interrogare la piattaforma WEB per ottenere i dati di misura e la necessaria assistenza.





Gestione dei dispositivi da remoto con aggiornamento OTA

Di seguito sono riportati i parametri di settaggio tipicamente usati per applicazioni standard. Tutti i parametri possono essere personalizzati mediante la piattaforma WEB e possono essere inviati ai dispositivi che aggiornano la propria configurazione di monitoraggio.

Elemento, parametro	Descrizione
Sito WEB per la visualizzazione del monitoraggio	https://cloud.iostructures.com/login/
Utente	XXXXX
Password	XXXXX
Email di assistenza	assistenza@iostructures.com
Dati conservati su data base	6 / 12 / 24 / 48 mesi

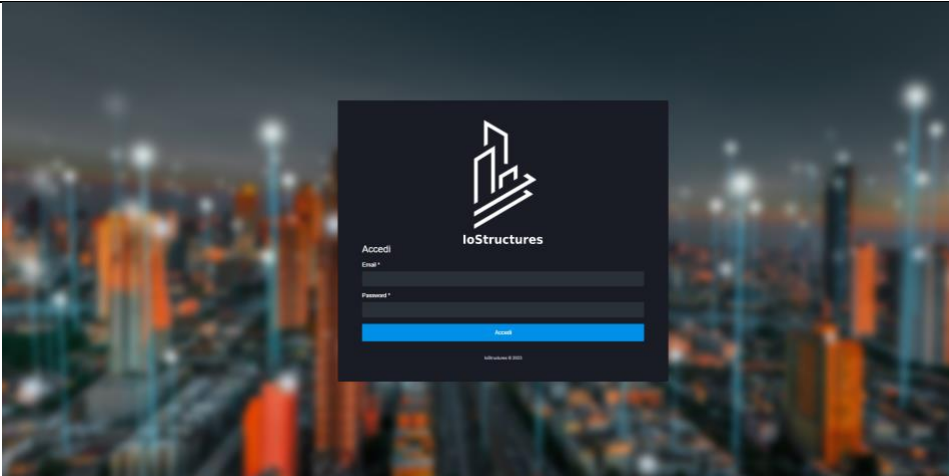
Elemento, parametro	Descrizione
---------------------	-------------



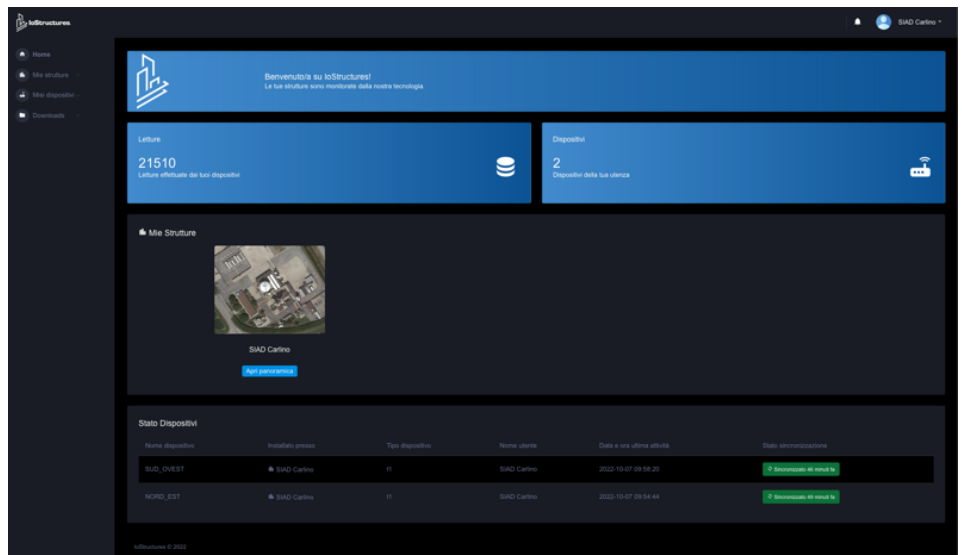
Rete wifi	IoStructures
Frequenza di campionamento	30 Hz
Soglia di attivazione acquisizione	0.1 g
Tempo di misura dopo superamento di soglia	2 s
Tempo di misura evento di verifica	2 s
Verifica accelerazioni, distanza programmate	00:00 06:00 12:00 18:00
Verifica ambientale temp. Umidità programmate	00:00 12:00
Riavvio programmato per manutenzione sistema	23:00



Visualizzazione dei dati di monitoraggio direttamente dalla piattaforma WEB

Elemento, parametro	Descrizione
Collegamento al sito: https://cloud.iostructures.com/ mediante: Utente Password	

Pagina principale di visualizzazione del monitoraggio:



Posizione Alto SX

Home: home page del monitoraggio;

Miei dispositivi: se cliccata riporta l'elenco dei dispositivi presenti nel sistema;

Mie strutture: se cliccata riporta l'elenco delle strutture presenti nel monitoraggio;

Posizione Alto centro

Letture eseguite dai dispositivi;

Numero dei dispositivi;

Posizione Centro

Stato dei dispositivi con indicato:



IoStructures Srl

Via Lazzaretto 7/ter, 35025 Cartura (PD)

www.iostructures.com

info@iostructures.com

+39 334 9582383

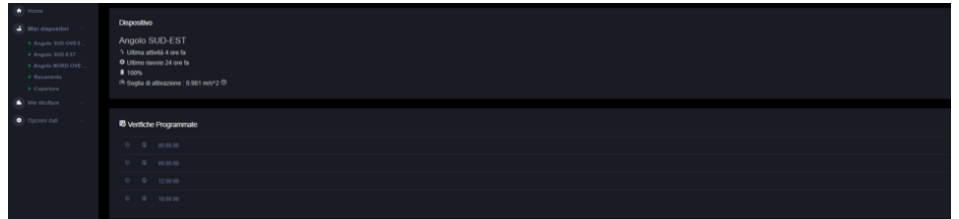
Nome dispositivo;

Ultima attività:

Posizione Bassa

Piante interattive con posizione dei dispositivi con indicate le principali caratteristiche ed interrogabili

Pagina di monitoraggio per singolo dispositivo



Posizione Alta centrale

Sono riportati i principali dati del dispositivo:

Nome del dispositivo

Ultima attività in ore

Ultimo riavvio in ore

Soglia di attivazione in m/s^2 o in g

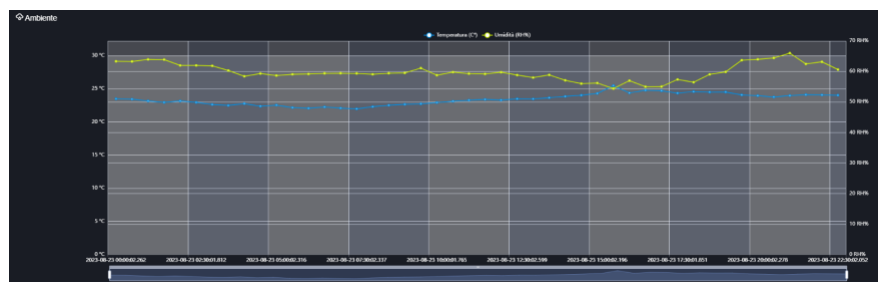
Posizione centrale

Diagramma giornaliero. Successione delle attività di misura giornaliera programmate e di superamento di soglia con pre trigger e post trigger impostato.

I diagrammi riportati dipendono dai sensori collegati all'unità di acquisizione.

Temperatura e/o umidità:

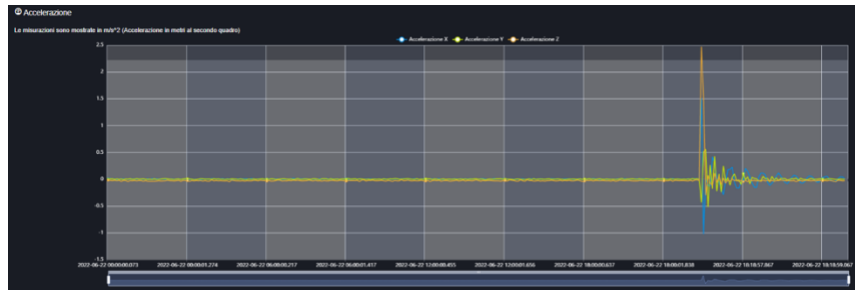
[°C – RH%] – tempo [anno-mese-giorno ora:minuti:secondi.millesimi];



Accelerazione:



[m/s²] - tempo [anno-mese-giorno]

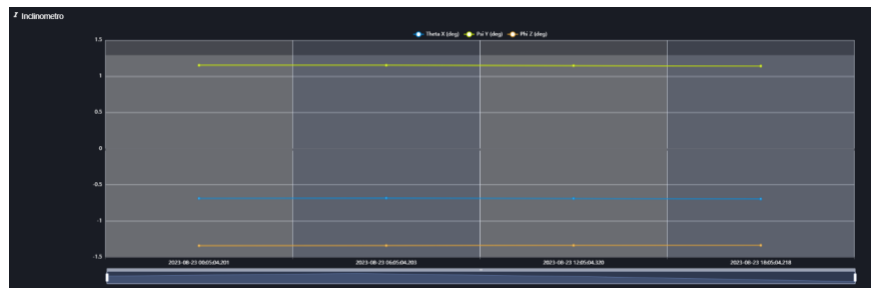


ora:minuti:secondi.millesimi];

Inclinometro:

[°grad] - tempo [anno-mese-giorno]

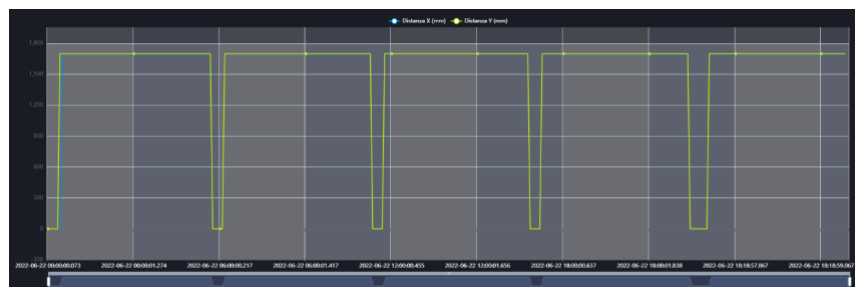
ora:minuti:secondi.millesimi];



Spostamento con misura laser / fessurimetro potenziometro:

[mm] - tempo [anno-mese-giorno]

ora:minuti:secondi.millesimi];



Digramma delle distanze con evidenziata fase di attivazione dei laser e misura dei laser X e Y (attivazione dei laser variabile tra



100 – 150 ms, tempo di misura in funzione ai dati impostati nella configurazione).

Deformazione con misura con corda vibrante:

[$\mu\epsilon$] – tempo [anno-mese-giorno ora:minuti:secondi.millesimi];

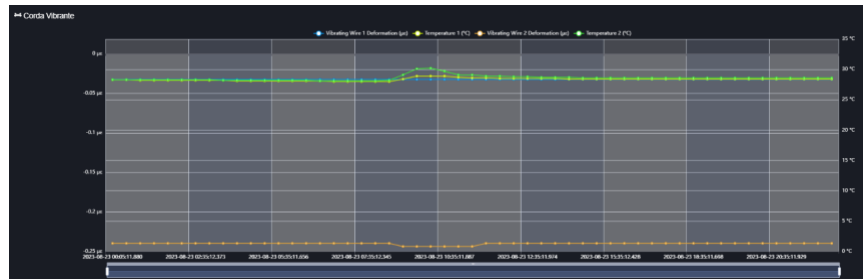
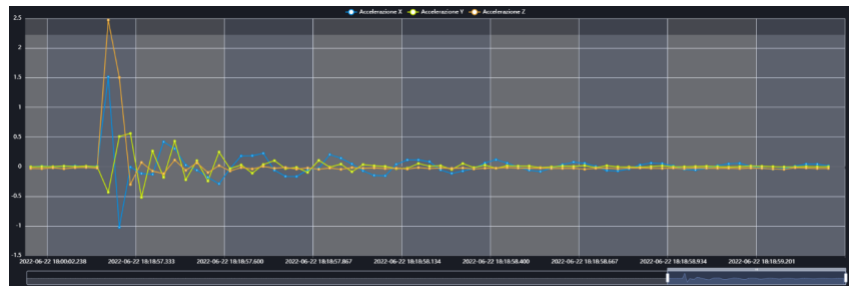
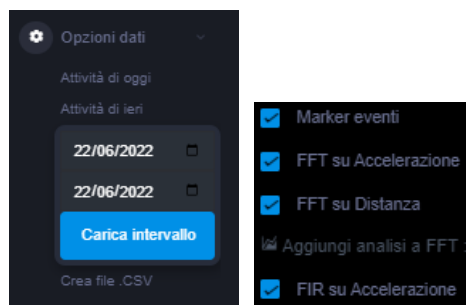


Diagramma con attivazione/disattivazione specifico segnale mediante click sulla leggenda (Accelerazione X, Accelerazione Y, Accelerazione Z – Distanza X, Distanza Y – Deformazione 1, Deformazione 2, ecc.), selezione finestra dati mediante barra inferiore



Posizione Alta SX

Possibilità di scegliere dati da visualizzare, da esportare e sviluppare analisi:



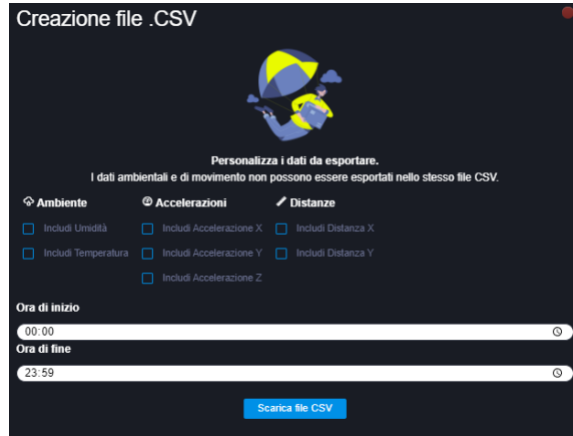
Attività di Oggi

Attività di ieri



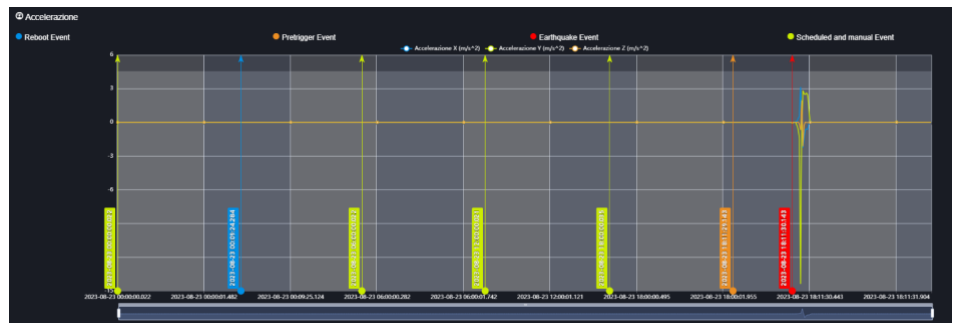
Periodo di visualizzazione inizio e fine intervallo

Esportazione dati CSV mediante scelta dei parametri da esportare.



Attivazione marker eventi:

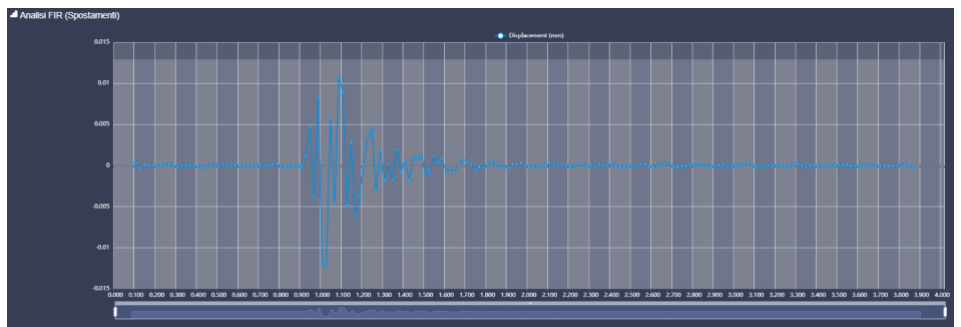
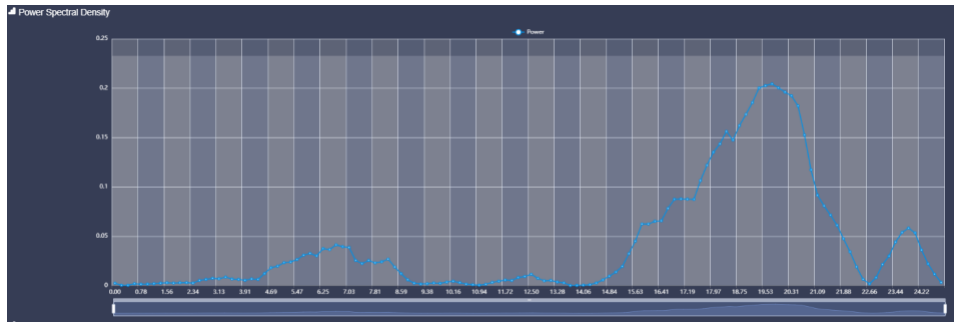
Blu – riavvio, Arancione – pretrigger, Rosso – Evento, Verde – attività programmata



Analisi dati:

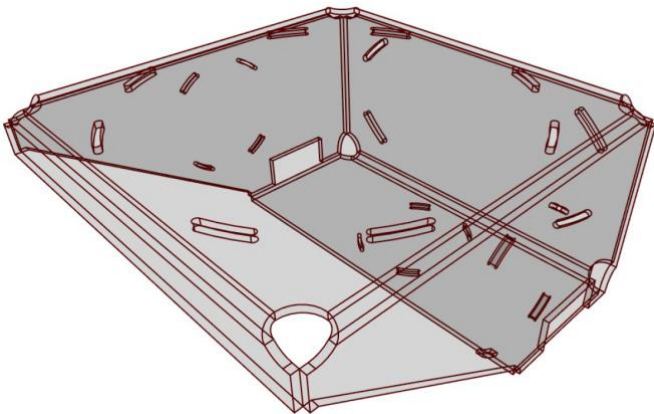
Analisi FFT sui dati accelerometrici Ampiezza/Potenza – Frequenza [Hz], Analisi FFT sui dati distanziometrici Ampiezza/Potenza – Frequenza [Hz], Analisi FIR con filtro per integrazione delle accelerazioni per la valutazione dello spostamento dinamico.





Staffe di installazione e alimentazione solare

Ogni dispositivo di **IoS_case1 IoStructures** può essere installato su staffe in acciaio verniciato a caldo progettate e realizzate ad hoc per consentire l'installazione dei dispositivi di monitoraggio ed integrare i sensori di misura laser. I dispositivi **IoS_case2 IoStructures** possono essere dotati di opportune staffe in tutte le direzioni +X, -X, +Y, -Y, +Z e -Z ideali per l'installazione su ponti e viadotti.



Caso IoS_case1 IoStructures con staffa metallica



Caso IoS_case2 IoStructures con staffa metallica



Caso studio – esempio scosse rilevate

scossa del 16/04/2023 a Camerino provincia di Macerata

scossa del 13/09/2023 Costa Marchigiana Anconetana

A. Di seguito si riporta l'esempio di una rilevazione avvenuta su un edificio di 4 piani a San Severino Marche (MC) a seguito delle accelerazioni sismiche per l'evento del 16/04/2023 alle 1:17:22 rilevato da INGV a Camerino in provincia di Macerata.

Epicentro: rilevato dal INGV Camerino alle 1:17:22 magnitudo 2.4 ad una profondità di 13 km.

Un terremoto di magnitudo **ML 2.4** è avvenuto nella zona: **4 km SE Camerino (MC)**, il

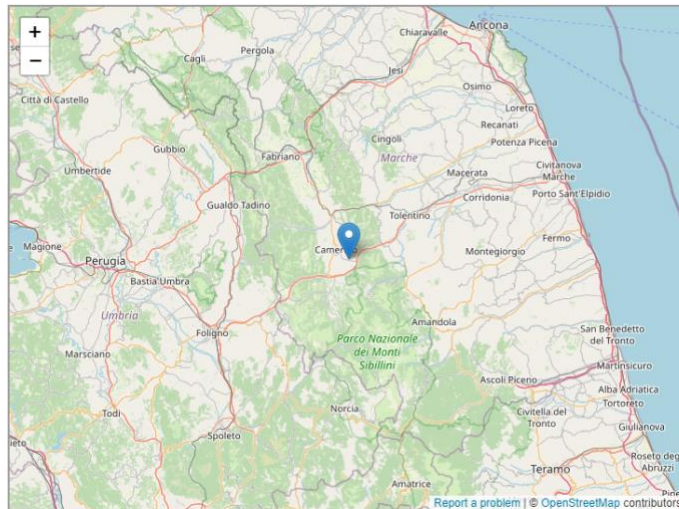
- 15-04-2023 23:17:22 (UTC) *un giorno fa*
- 16-04-2023 01:17:22 (UTC +02:00) *ora italiana*

con coordinate geografiche (lat, lon) **43.1140, 13.1030** ad una profondità di **13 km**.

Il terremoto è stato localizzato da: **Sala Sismica INGV-Roma**.

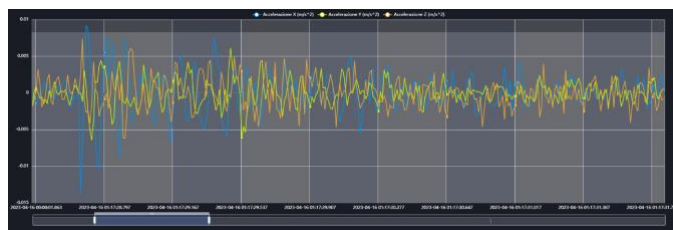
Ricerca terremoti: **Qualsiasi nel raggio di 30 km**

I valori delle coordinate ipocentrali e della magnitudo rappresentano la migliore stima con i dati a disposizione. Eventuali nuovi dati o analisi potrebbero far variare tali stime.



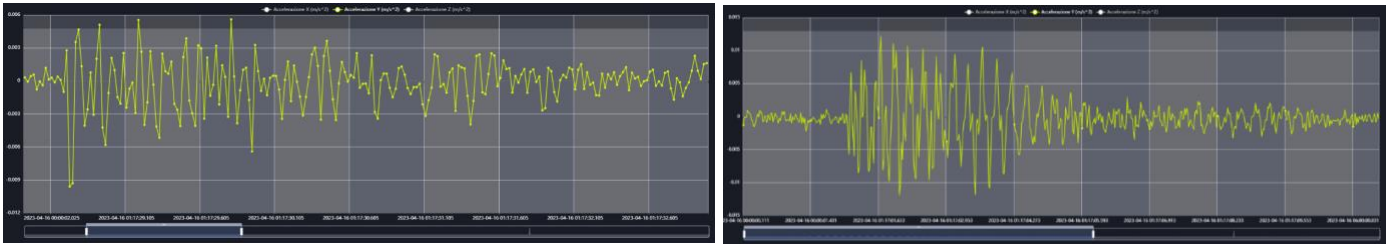
Edificio monitorato: a San Severino Marche a 15 km dall'epicentro.

Sistema di monitoraggio installato: IoStructures con accelerometri, inclinometri, laser, sensori ambientali.

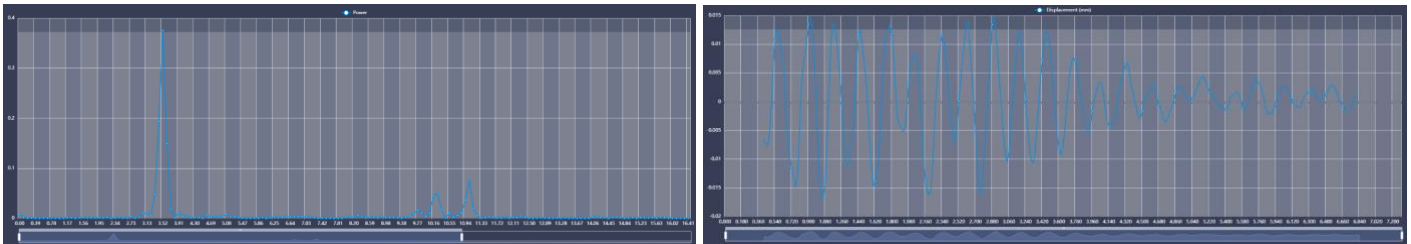


Accelerazione Ax, Ay e Az [m/s²] alla base dell'edificio



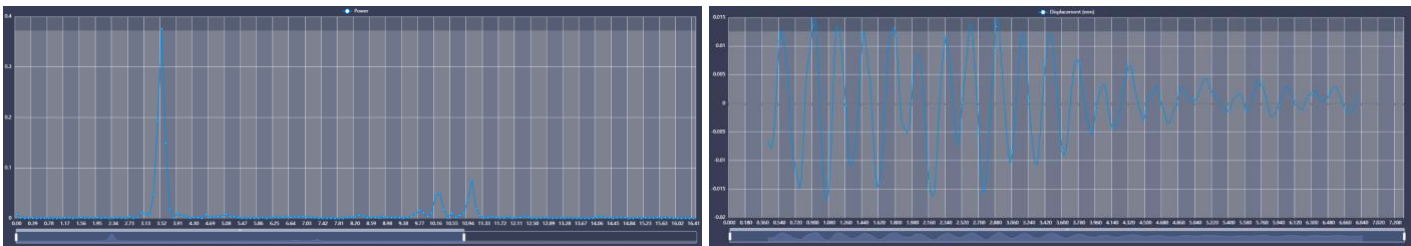


Accelerazione A_y [m/s^2] sopra il piano di isolamento e in copertura dell'edificio. Accelerazioni massime $A_x = 0.04 m/s^2$, $A_y = 0.01 m/s^2$, $A_z = 0.015 m/s^2$ corrispondenti al 0.4% di g



PSD accelerazioni A_x copertura ed integrazione dinamica.

Frequenza principale in X pari a 3.5 Hz. Spostamento dinamico 0.017 mm

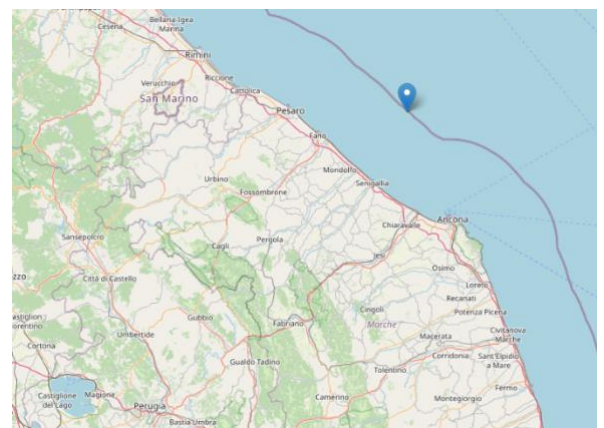


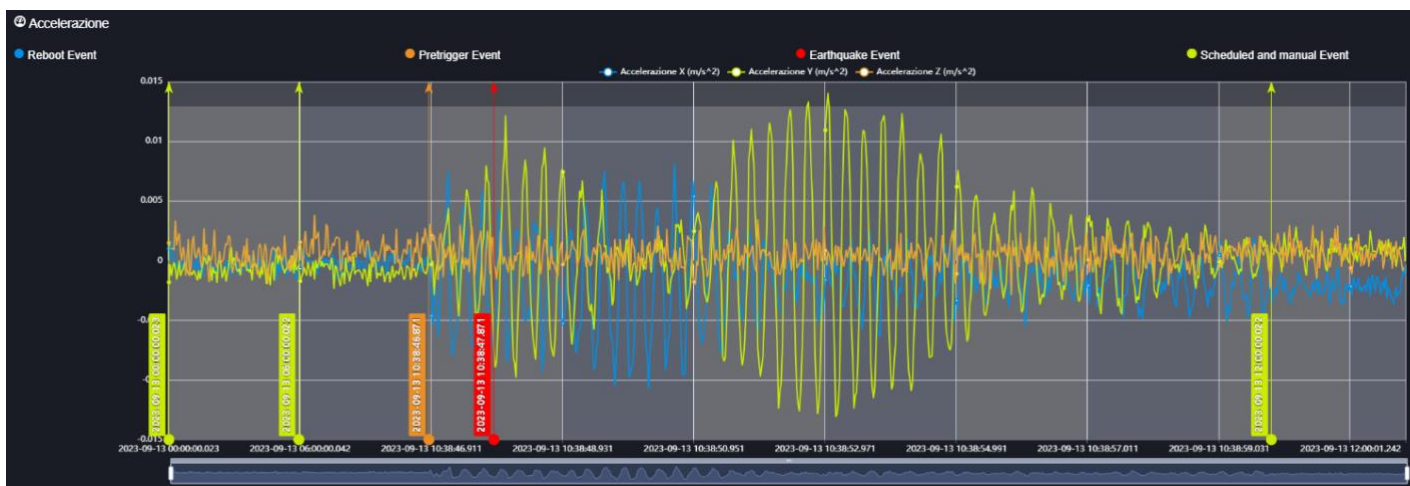
PSD accelerazioni A_y copertura ed integrazione dinamica.

Frequenza principale in X pari a 3.5 Hz. Spostamento dinamico 0.015 mm

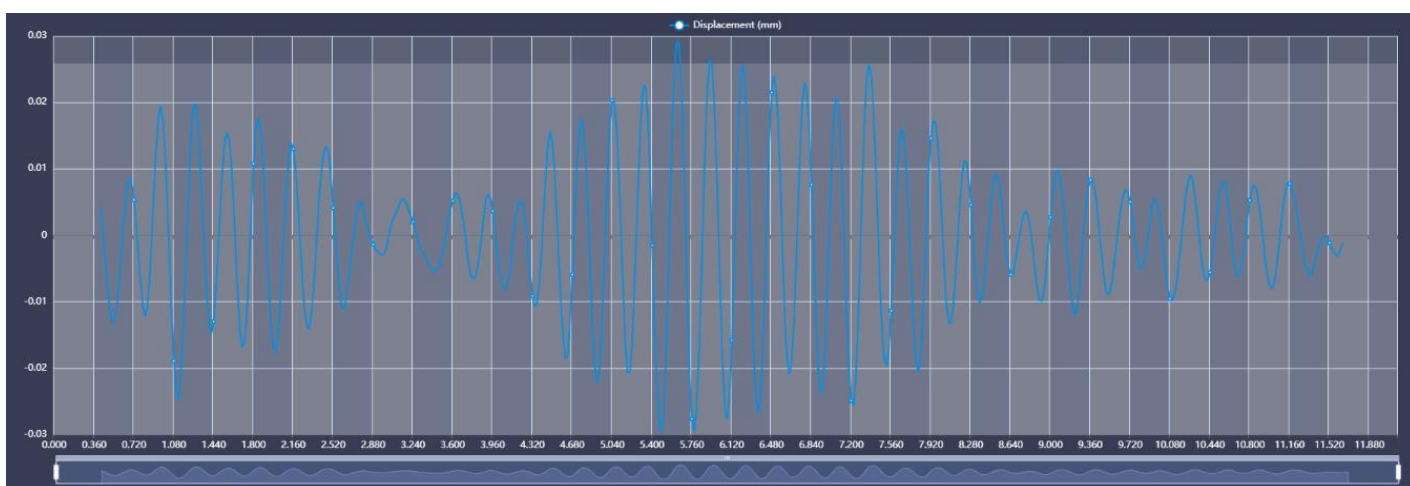
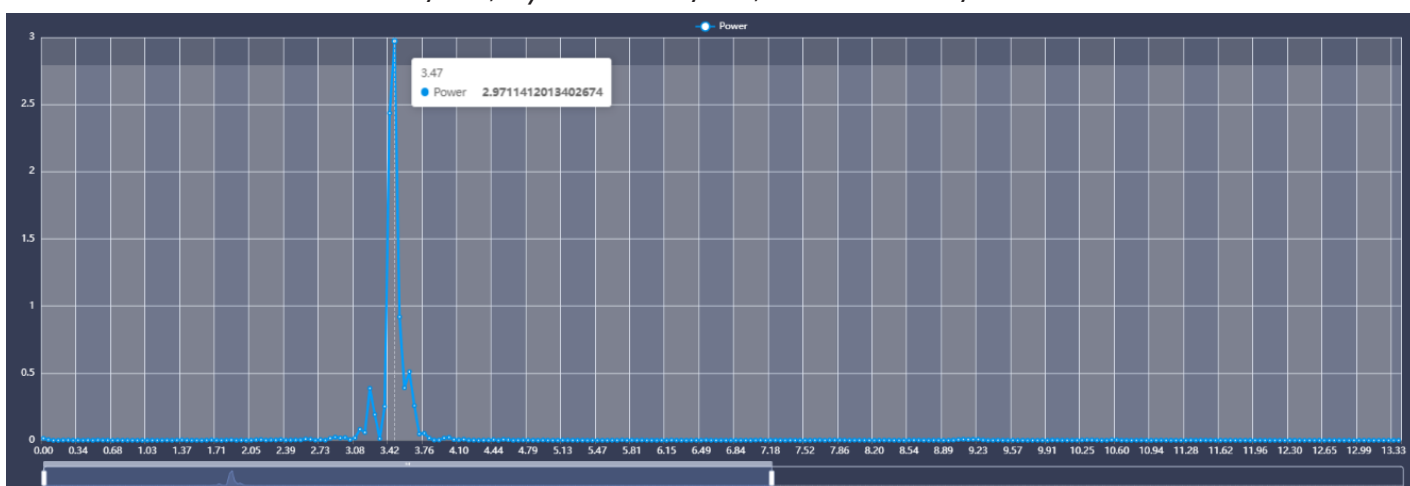
B. Di seguito si riporta l'esempio di una rilevazione avvenuta su un edificio di 4 piani a San Severino Marche (MC) a seguito delle accelerazioni sismiche per l'evento del 13/09/2023 alle 10:38:16 rilevato da INGV nella costa Marchigiana Anconetana.

Epicentro: rilevato dal INGV 10:38:16 magnitudo 4.0 ad una profondità di 6 km.





Accelerazione Ax, Ay e Az [m/s²] in copertura dell'edificio. Accelerazioni massime Ax = 0.008 m/s², Ay = 0.015 m/s², Az = 0.004 m/s²



PSD accelerazioni Ay copertura ed integrazione dinamica.
Frequenza principale in Y pari a 3.47 Hz. Spostamento dinamico 0.025 mm

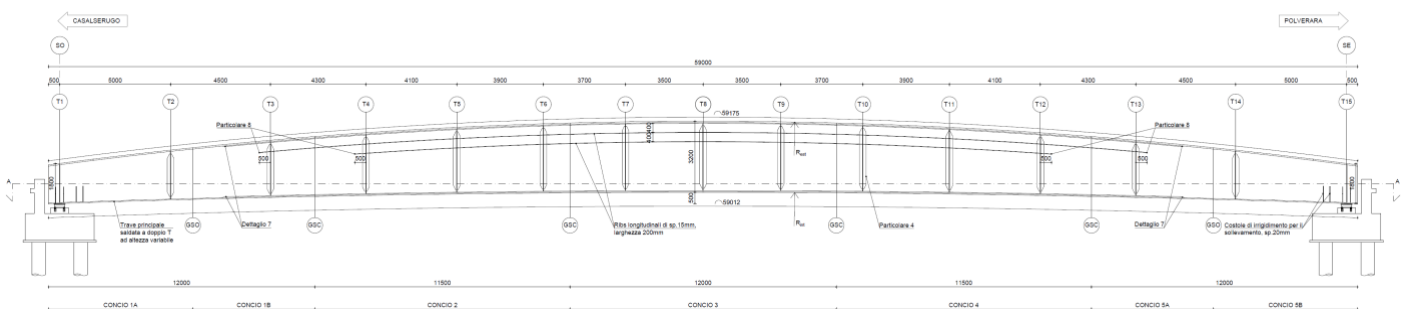


Il sistema di monitoraggio IoStructures ha consentito di monitorare l'accelerazione sismica anche se di bassa intensità evidenziando l'elevata qualità del sistema di monitoraggio sismico sviluppato. Le accelerazioni misurate in caso di evento sismico maggiore sarebbero state confrontate con quelle di progetto per SLO e quelle impiegate per il progetto di adeguamento/miglioramento sismico. Si è potuto verificare inoltre come per tale azione sismica gli isolatori non si siano attivati e l'uguale frequenza di vibrazione dell'edificio nelle due direzioni X e Y.

Caso studio – Ponte in carpenteria identificazione mediante OMA

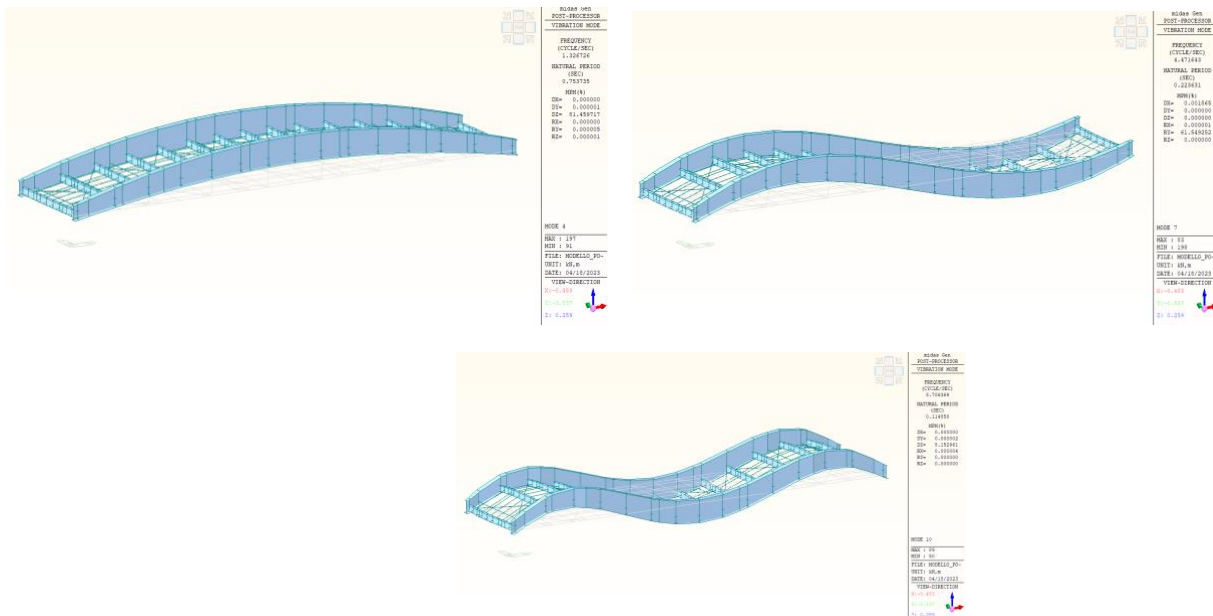
Di seguito si riporta l'esempio di una ponte identificato mediante OMA realizzato in provincia di Padova .

Ponte: carpenteria metalli con trave a geometria variabile di luce 58 m e soletta in calcestruzzo armato disposto su isolatori sismici.



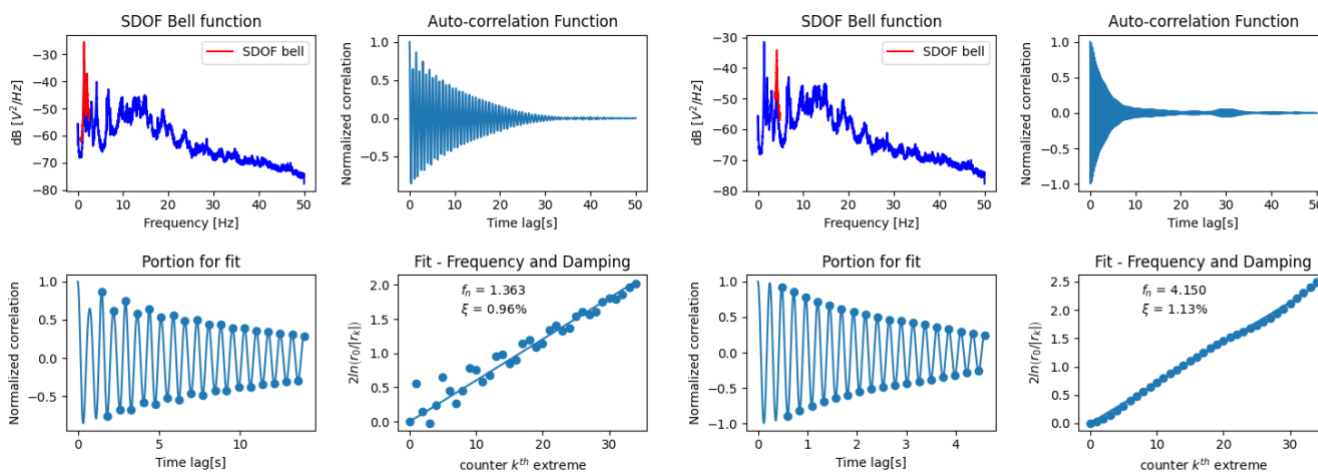
Ponte monitorato mediante 3 unità di acquisizione IoStructures accelerometriche Ax, Ay e Az poste a circa $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ e $\frac{3}{4}$ della luce su unica trave a monte. L'acquisizione dei dati per la OMA è caratterizzata da durata di 1 h e frequenza di campionamento di 200 Hz con eccitazione ambientale operativa.

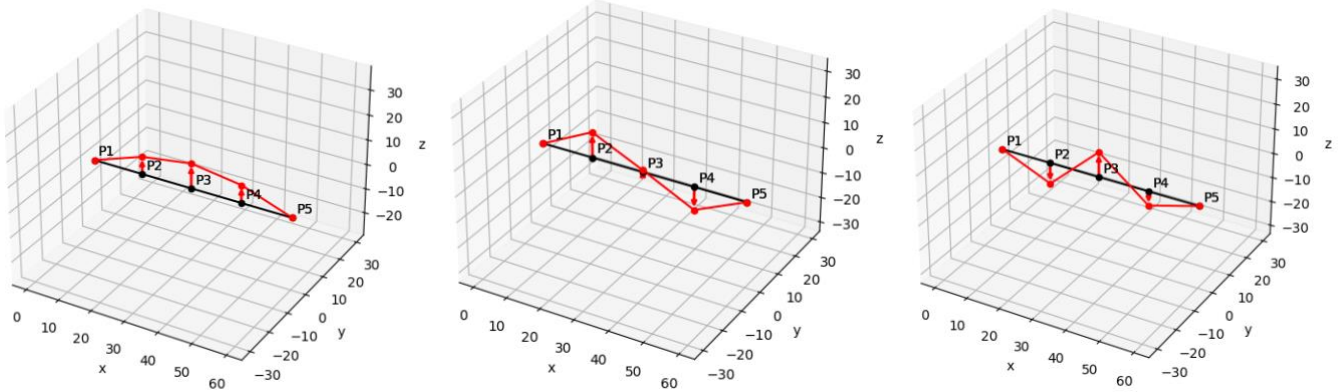
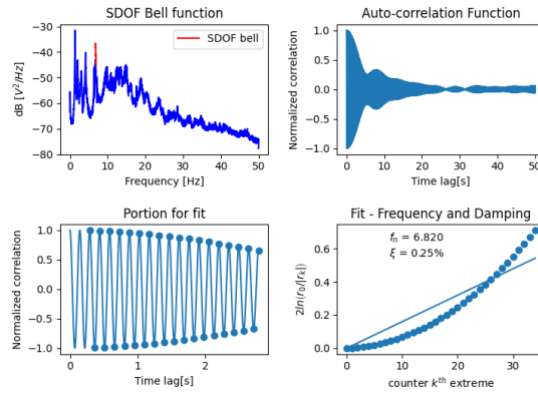
Di seguito i primi tre modi verticali di vibrazione ottenuti da modello FEM Midas GEN.



Frequenze FEM: $f_1 = 1.33$ Hz, $f_2 = 4.47$ Hz, $f_3 = 8.70$ Hz

Di seguito l'identificazione mediante procedure OMA dei segnali registrati dai dispositivi di acquisizione. Le procedure OMA applicate sono la FDD, EFDD e FSDD





	FDD			EFDD			FSDD		
Frequenza	1.36	4.16	6.78	1.36	4.15	6.83	1.36	4.15	6.82
smorzamento	-	-	-	0.7%	1.2%	0.2%	0.9%	1.13%	0.2%

Identificazione dei modi di vibrazione mediante OMA con tecnica FDD, EFDD e FSDD: forma modale, frequenza e smorzamento.

Dall'identificazione OMA si può osservare:

- i modi di vibrare sono ricostruiti in modo corretto (simmetrico, antisimmetrico, Il simmetrico ecc.);
- le frequenze di vibrazione sono in ottimo accordo tra quelle numeriche (modello FEM) e quelle sperimentali;
- lo smorzamento strutturale di circa 1% per la struttura è in buon accordo con i valori ricavati da letteratura.



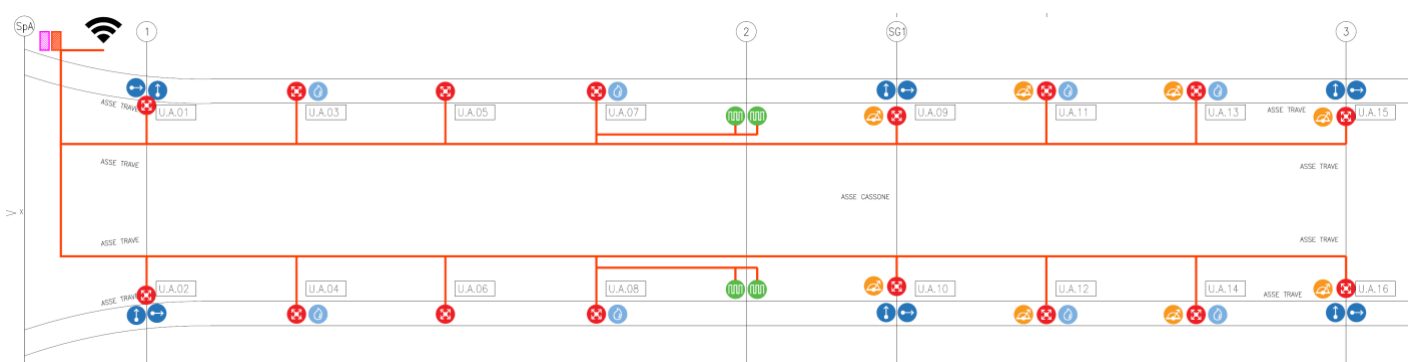
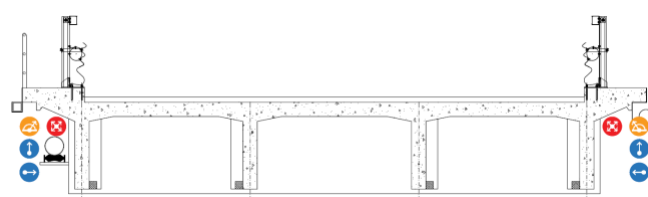
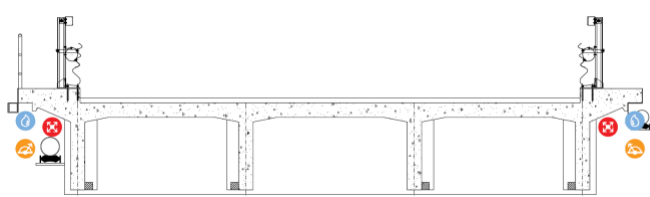
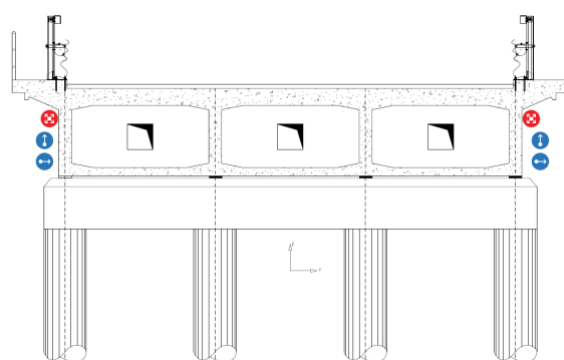
Caso studio – Ponte sul Brenta a Chioggia

Di seguito si riporta il caso di installazione del sistema di monitoraggio IoStructures Srl di tipo continuo per il ponte ANAS SS309 Romea sul Brenta a Chioggia (VE).

I sensori previsti ed installati sono dotati di accelerometri Ax, Ay e Az, inclinometri Rx, Ry e Rz, sensori di temperatura T, sensori di spostamento (potenziometri) Sx e Sy e di deformazione (corde vibranti) ϵ_x e ϵ_y .

Obiettivo del sistema di monitoraggio è quello di monitorare le campate degradare mediante gli accelerometri ed inclinometri (analisi OMA), le selle Gerber e gli appoggi delle travi mediante i sensori di spostamento e gli stati tensionali sopra pila mediante la misura di deformazione.

SIMBOLO	DESCRIZIONE
	IoS_T2 Unità di acquisizione dotata di Accelerometro MEMS 3axial per monitoraggio dinamico impalcati ed Inclinometro 3axial per misura rotazione.
	IoS_Misuratore Lineare – Fessurimetro elettrico per misura spostamento ai giunti tra testa trave e pialino – Codice EP_PA.DG.245
	IoS_ECV estensimetro a corda vibrante per misura deformazione – n.1 per estensimetro
	Sensore di Temperatura e umidità – n.1 per campata – Tale punto di misura dovrà acquisire, in modalità continua, i valori di temperatura con periodicità variabili tra n.1 valore / minuto ad 1 valore/ora.
	IoS_WebConnect Gateway modem con SIM dati per collegamento con server.





Gateway 4G – Wifi 2.4GHz

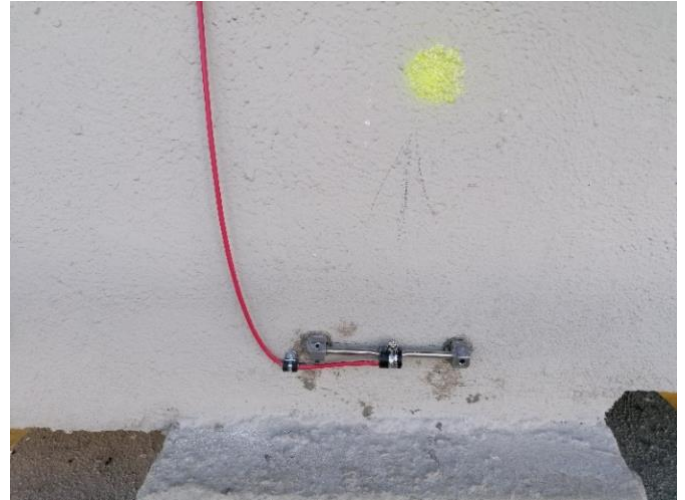


Unità di acquisizione con sensore di temperatura.



Unità di acquisizione con sensori di deformazione e di spostamento.





Corde vibranti in soletta e alla base di appoggio.



Unità di acquisizione con sensori di spostamento e temperatura.





Il sistema di monitoraggio è completato e controllato dalla piattaforma IoStructures Cloud Web.



IoStructures Srl

Via Lazzaletto 7/ter, 35025 Cartura (PD)

www.iostructures.com

info@iostructures.com

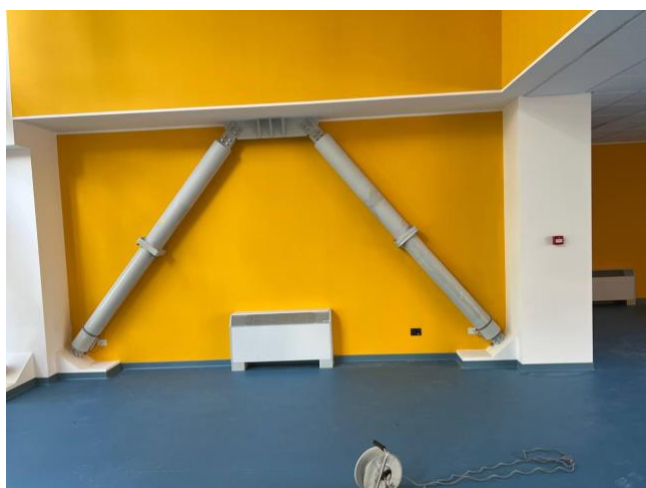
+39 334 9582383

Caso studio – Scuola Jacopo Pirona a Dignano

Di seguito si riporta il caso dell'installazione di un sistema di monitoraggio IoStructures Srl di tipo continuo per la scuola Jacopo Pirona. La scuola è stata adeguata sismicamente mediante l'impiego di controventi dissipativi BRAD.

I sensori previsti ed installati sono dotati di accelerometri Ax, Ay, Az, e sensori di spostamento (potenziometri) Sx e Sy installati nei dissipatori.

Obiettivo del sistema di monitoraggio è quello di monitorare il ciclo isteretico del BRAD durante un evento sismico.



Campo controventato dissipativo monitorato e unità di acquisizione.



Misuratore di spostamento (potenziometro) ancorato ai dissipatori BRAD.





Il sistema di monitoraggio è completato e controllato dalla piattaforma IoStructures Cloud Web.



IoStructures Srl

Via Lazzaretto 7/ter, 35025 Cartura (PD)

www.iostructures.com

info@iostructures.com

+39 334 9582383



IoStructures

#sensethestructures



IoStructures Srl

Via Lazzaretto 7/ter, 35025 Cartura (PD)

www.iostructures.com

info@iostructures.com

+39 334 9582383