

# SICUREZZA STATICA DEI FABBRICATI

## Monitoraggio Strutturale con Fibre Ottiche

### Palazzo Mannetti - centro Storico di L' Aquila

report del 24 agosto 2016 al 30 ottobre 2016



## Premessa

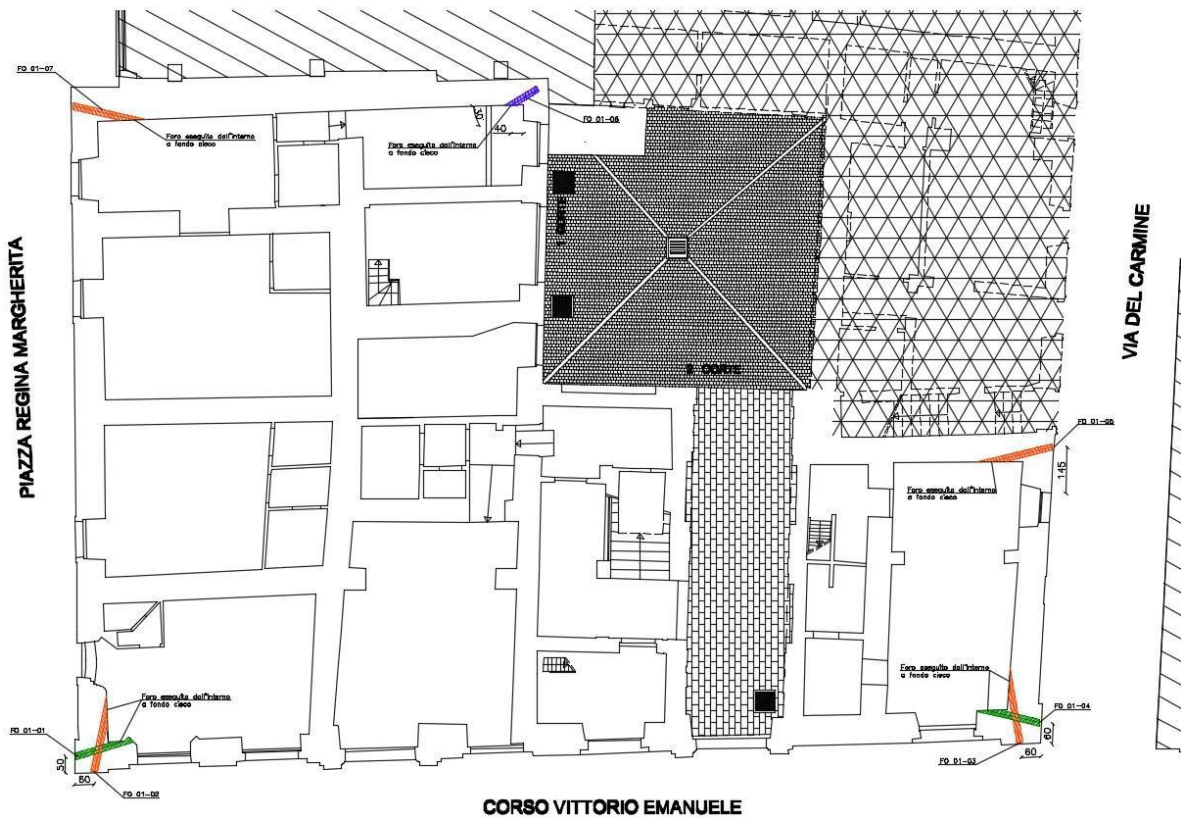
Il presente report costituisce il primo documento di analisi interpretativa, redatto da **INGEGNERIA INTEGRATA** di ing diego dell'erba e **SISMLAB** srl. ( spin- off della **UNIVERSITA' della CALABRIA** ) per conto della **Impresa Mancini S.r.l.**, con le acquisizioni dei campi di spostamento rilevati sui sensori a fibra ottica installati all'interno dei maschi murari di Palazzo Mannetti e aggiornate alla data attuale. I valori di spostamento rilevati periodicamente partono dalla data del **16 Ottobre 2015** data relativa alla messa a dimora dei sensori e al collaudo funzionale degli stessi. Le rilevazioni effettuate successivamente, a seguito della maturazione delle malte di iniezione, possono essere considerate come misure di riferimento per la valutazione delle variazioni

dei regimi di deformazione, in particolare, quella del 26 Novembre 2015 per i sensori del I Livello e quella del 25 Novembre 2015 per i sensori del II e III Livello. Il presente rapporto sperimentale include pertanto, utili valori numerici con la finalità di fornire elementi di valutazione sulle variazioni dei regimi di deformazione e quindi di tensione, indotte dalle recenti perturbazioni ambientali nell'ambito del processo di monitoraggio avviato. In particolare, le misure effettuate in data 10 Novembre 2016 consentono **di fornire valutazioni tecniche circa eventuali danneggiamenti occorsi all'edificio a seguito delle azioni sismiche del 24 Agosto 2016 e del 30 Ottobre 2016 registrate in aree prossime alla città dell'Aquila.** Il documento è sostanzialmente costituito da tre parti, una descrittiva delle attrezzature utilizzate e identificativa dei rilevatori interrogati periodicamente. La seconda, prettamente sperimentale, dove vengono trasferiti i valori di spostamento acquisiti fino alla data attuale, supportati da grafici esplicativi, infine alla terza con le conclusioni.

## Descrizione del sistema di monitoraggio

Con riferimento al progetto del sistema di monitoraggio statico redatto per l'edificio in oggetto, con il quale mediante l'ausilio di rilevatori a fibra ottica sono stati monitorati i maschi murari del primo, secondo e terzo ordine, di seguito, per rendere più agevole la lettura del presente documento, in **Figura 1, 2 e 3** sono riprodotti i disegni, relativi alle posizioni planimetriche dei sensori.

PIANO TERRA  
UBICAZIONE PUNTI DI INSTALLAZIONE SENSORI



CORSO VITTORIO EMANUELE

Figura 1

Pianta Piano Terra

Maschi murari del 1° ordine monitorati: Posizione sensori

PIANO PRIMO  
UBICAZIONE PUNTI DI INSTALLAZIONE SENSORI

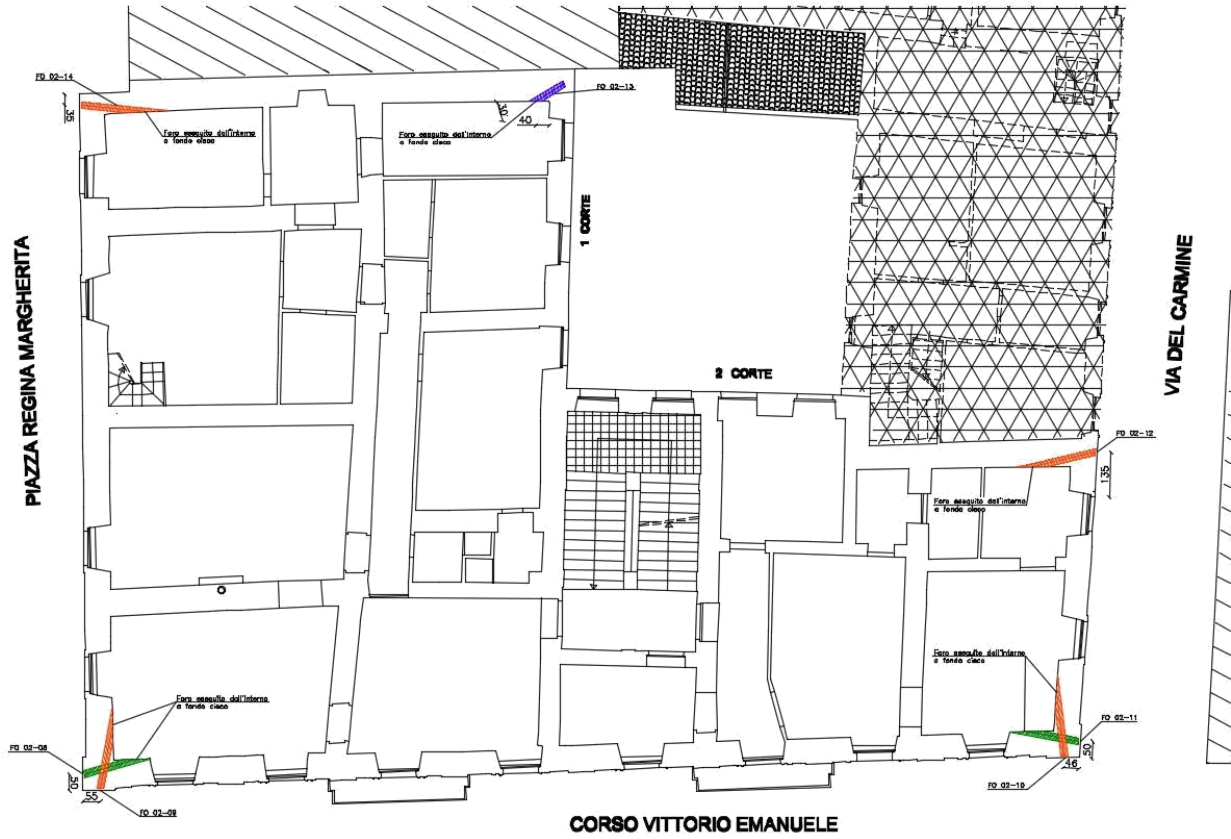
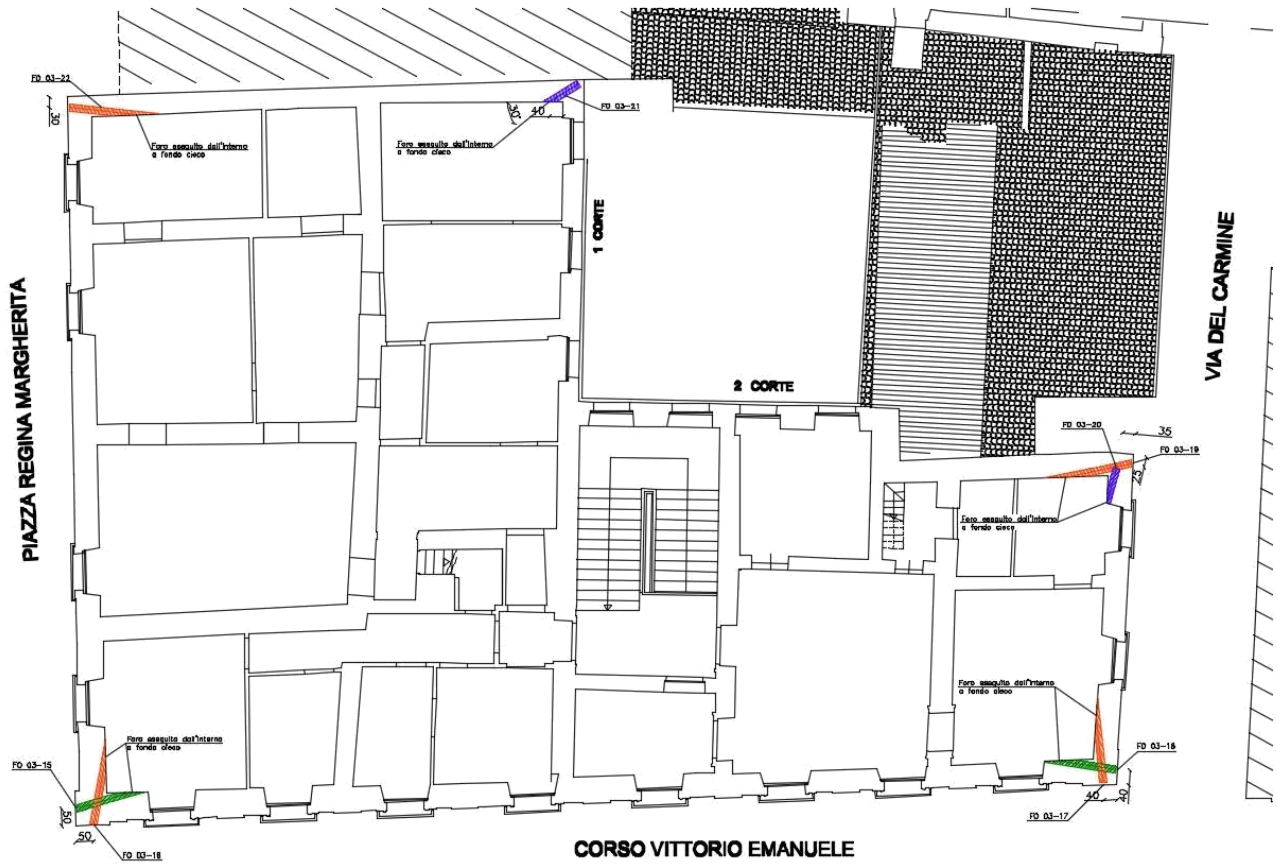


Figura 2

Pianta Piano Primo

Maschi murari del 2° ordine monitorati: Posizione sensori

PIANO SECONDO  
UBICAZIONE PUNTI DI INSTALLAZIONE SENSORI

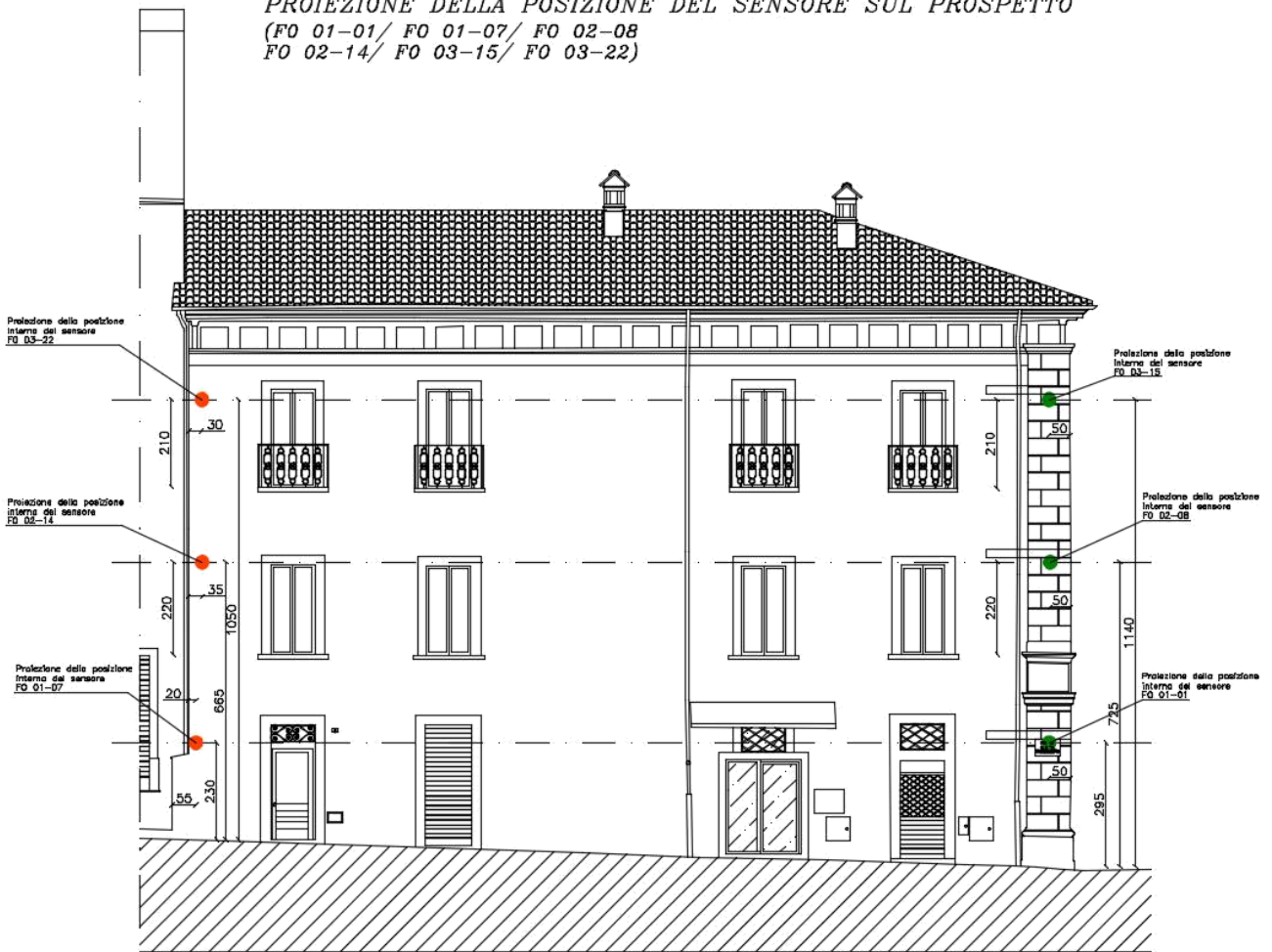


*Figura 3*  
Pianta Piano Secondo  
*Maschi murari del 3° ordine monitorati: Posizione sensori*

Nelle figure invece, (4, 5, 6, 7 e 8) sono restituite le posizioni altimetriche degli stessi rilevatori.



PROIEZIONE DELLA POSIZIONE DEL SENSORE SUL PROSPETTO  
 (FO 01-01/ FO 01-07/ FO 02-08  
 FO 02-14/ FO 03-15/ FO 03-22)

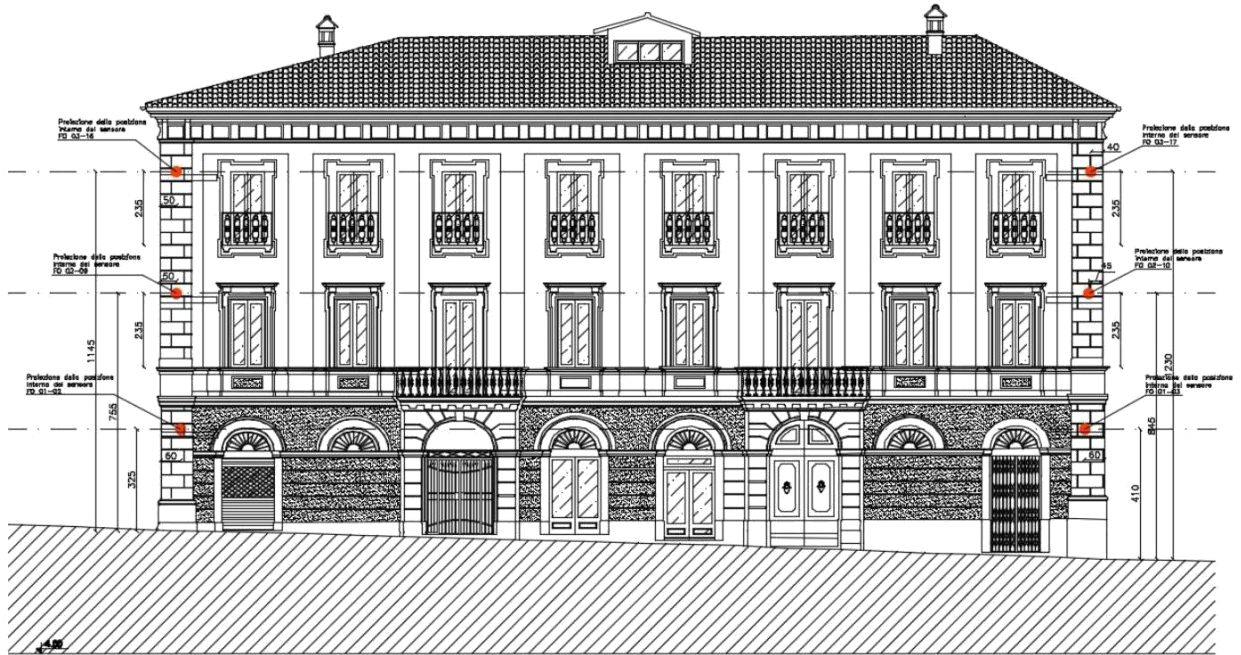


**PIAZZA REGINA MARGHERITA**

*Figura 4*

*Proiezione della posizione dei sensori  
 sul Prospetto Piazza Regina Margherita*

PROIEZIONE DELLA POSIZIONE DEL SENSORE SUL PROSPETTO  
 (FO 01-02/ FO 01-03/ FO 02-09  
 FO 02-10/ FO 03-16/ FO 03-17)

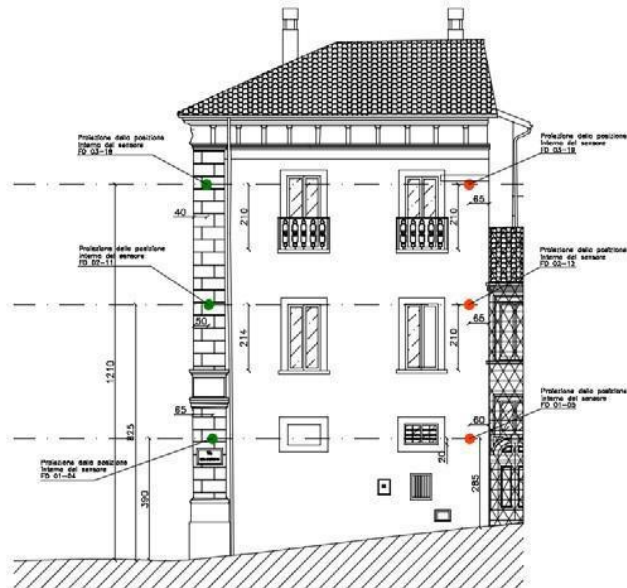


**CORSO VITTORIO EMANUELE**

Figura 5

Proiezione della posizione dei sensori  
 sul Prospetto Corso Vittorio Emanuele

PROIEZIONE DELLA POSIZIONE DEL SENSORE SUL PROSPETTO  
 (FO 01-04/ FO 01-05/ FO 02-11  
 FO 02-12/ FO 03-18/ FO 03-19)

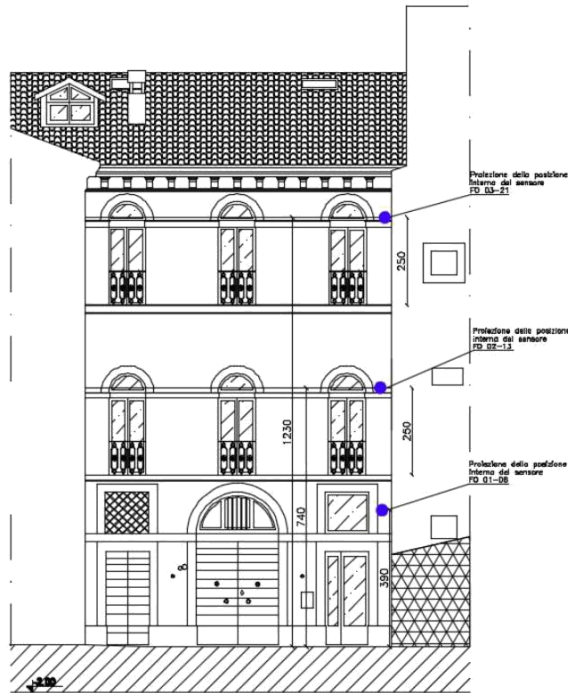


**VIA DEL CARMINE**

Figura 6

Proiezione della posizione dei sensori  
 sul Prospetto Via del Carmine

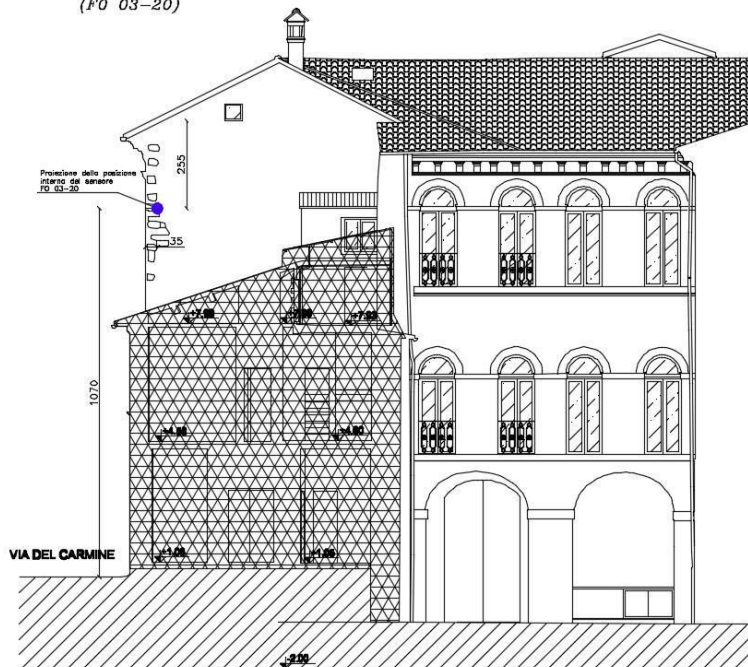
PROIEZIONE DELLA POSIZIONE DEL SENSORE SUL PROSPETTO  
(FO 01-06/ FO 02-13/ FO 03-21)



**1 CORTE**  
**Figura 7**

*Proiezione della posizione dei sensori  
sul Prospetto 1 Corte*

PROIEZIONE DELLA POSIZIONE DEL SENSORE SUL PROSPETTO  
(FO 03-20)



**2 CORTE**  
**Figura 8**

*Proiezione della posizione dei sensori  
sul Prospetto*



Ogni singolo sensore sia nei documenti di progetto che nei rapporti di installazione è univocamente identificato attraverso un numero d'ordine e secondo l'SN di fabbrica, per come riportato in tabella:

<b>IDENTIFICAZIONE SENSORI E CARATTERISTICHE GEOMETRICHE</b>					
<b>SENSORI</b>	<b>N° SENSORE</b>	<b>UBICAZIONE</b>	<b>CODICE IDENTIFICATIVO SN</b>	<b>LA (CM)</b>	<b>LP (CM)</b>
1	FO-01-01	MASCHI 1° ORDINE	8655	30	3000
2	FO-01-02	MASCHI 1° ORDINE	8656	30	3000
3	FO-01-03	MASCHI 1° ORDINE	8657	30	3000
4	FO-01-04	MASCHI 1° ORDINE	8658	30	3000
5	FO-01-05	MASCHI 1° ORDINE	8659	30	3000
6	FO-01-06	MASCHI 1° ORDINE	8660	30	3000
7	FO-01-07	MASCHI 1° ORDINE	8661	30	3000
8	FO-02-08	MASCHI 2° ORDINE	13255	30	2500
9	FO-02-09	MASCHI 2° ORDINE	13256	30	2500
10	FO-02-10	MASCHI 2° ORDINE	13257	30	2500
11	FO-02-11	MASCHI 2° ORDINE	13258	30	2500
12	FO-02-12	MASCHI 2° ORDINE	13259	30	2500
13	FO-02-13	MASCHI 2° ORDINE	13260	30	2500
14	FO-02-14	MASCHI 2° ORDINE	13261	30	2500
15	FO-03-15	MASCHI 3° ORDINE	13262	30	2500
16	FO-03-16	MASCHI 3° ORDINE	13263	30	2500
17	FO-03-17	MASCHI 3° ORDINE	13264	30	2500
18	FO-03-18	MASCHI 3° ORDINE	13265	30	2500
19	FO-03-19	MASCHI 3° ORDINE	13266	30	2500
20	FO-03-20	MASCHI 3° ORDINE	13267	30	2500
21	FO-03-21	MASCHI 3° ORDINE	13268	30	2500
22	FO-03-22	MASCHI 3° ORDINE	13269	30	2500

*TABELLA 1*

Identificazione mediante SN dei sensori installati sulle barre

Con riferimento alle posizioni plano-altimetriche dei rilevatori e ai relativi codici identificativi, nella sezione successiva verranno sinteticamente descritte le fasi e le componenti usate per le acquisizioni nonchè restituiti i valori sperimentali.

## Campagna sperimentale

Le fase sperimentali di acquisizione dei campi di spostamento, sui rilevatori a fibra ottica, sono state prodotte con l'ausilio delle seguenti attrezzature:

- a) Computer portatile;
- b) Centralina di acquisizione;

E' bene precisare che la prima acquisizione effettuata e cioè quella del 16 Ottobre 2015 e restituita nel rapporto di installazione già consegnato, non ha alcuna prerogativa di misura con valenza tecnica, ma attesta esclusivamente la funzionalità dei 22 sensori. Le rilevazioni effettuate, invece, nelle date successive e cioè il 25 e 26 Novembre 2015, il 18 Febbraio 2016 e il 10 Novembre 2016 sono da considerarsi come utili per effettuare i primi screening sullo stato di conservazione dell'immobile.

Nelle tabelle che seguono è possibile riscontrare che per alcuni rilevatori non sono restituite, in specifiche date, le misure di spostamento per indisponibilità delle aree, in quanto all'epoca della esecuzione delle misure gli spazi erano oggetto dei lavori di completamento delle opere secondarie. E' opportuno ricordare che, per come già segnalato, il sensore n° 7 (SN 8661 FO 07-07) in data 18 Febbraio 2016, è stato ritrovato con il terminale divelto, mentre su altri rilevatori le attività di finitura hanno prodotto polvere e sporczia che con interventi successivi i tecnici Sismlab stanno rimuovendo, ripristinandone la piena funzionalità.

## SENSORI I LIVELLO

N° SENSORE	IDENTIFICAZIONE SENSORE	DL <sub>F</sub>	16/10/2015	26/11/2015	18/02/2016	10/11/2016
1	SN 8655 FO 01-01	38.148	38.520	38.431	Misure non eseguite per indisponibilità delle aree lavori in corso	38.449
2	SN 8656 FO 01-02	37.278	37.682	37.700	Misure non eseguite per indisponibilità delle aree lavori in corso	37.678
3	SN 8657 FO 01-03	38.895	38.960	39.040	Misure non eseguite per indisponibilità delle aree lavori in corso	39.042
4	SN 8658 FO 01-04	37.563	37.682	37.675	Misure non eseguite per indisponibilità delle aree lavori in corso	37.675
5	SN 8659 FO 01-05	38.145	38.447	38.367	Misure non eseguite per indisponibilità delle aree lavori in corso	38.365
6	SN 8660 FO 01-06	38.430	38.526	38.673	Misure non eseguite per indisponibilità delle aree lavori in corso	Terminale sporco Tracce di intonaco e calce segnalazione del 18-02-2016
7	SN 8661 FO 01-07	38.813	38.301	38.479	Terminale danneggiato Segnalazione del 18-02-2016	Terminale danneggiato Segnalazione del 18-02-2016
<b>TEMPERATURA DI CANTIERE</b>			12°	5°	-	14°

TABELLA 2

*Valori di spostamento per il controllo periodico – I Livello*



## SENSORI II LIVELLO

N° SENSORE	IDENTIFICAZIONE SENSORE	DL <sub>F</sub>	16/10/2015	25/11/2015	18/02/2016	10/11/2016
8	SN 13255 FO 02-08	12.665	12.649	12.665	Terminale sporco Tracce di intonaco e calce segnalazione del 18-02 2016	Terminale sporco Tracce di intonaco e calce segnalazione del 18-02 2016
9	SN 13256 FO 02-09	12.629	12.831	Misure non eseguite. Terminale sporco	Terminale sporco Tracce di intonaco e calce segnalazione del 18-02 2016	11,812
10	SN 13257 FO 02-10	12.778	12.513	12.544	12.531	Terminale sporco Tracce di intonaco e calce segnalazione del 18-02 2016
11	SN 13258 FO 02-11	13.041	13.279	13.295	13.280	13.271
12	SN 13259 FO 02-12	13.213	13.195	13.178	13.168	13.156
13	SN 13260 FO 02-13	13.398	13.566	13.745	13.739	13.719
14	SN 13261 FO 02-14	13.850	14.093	14.250	14.240	14.232
<b>TEMPERATURA DI CANTIERE</b>			14°	12°	12°	14°

TABELLA 3

*Valori di spostamento per il controllo periodico – II Livello*



## SENSORI III LIVELLO

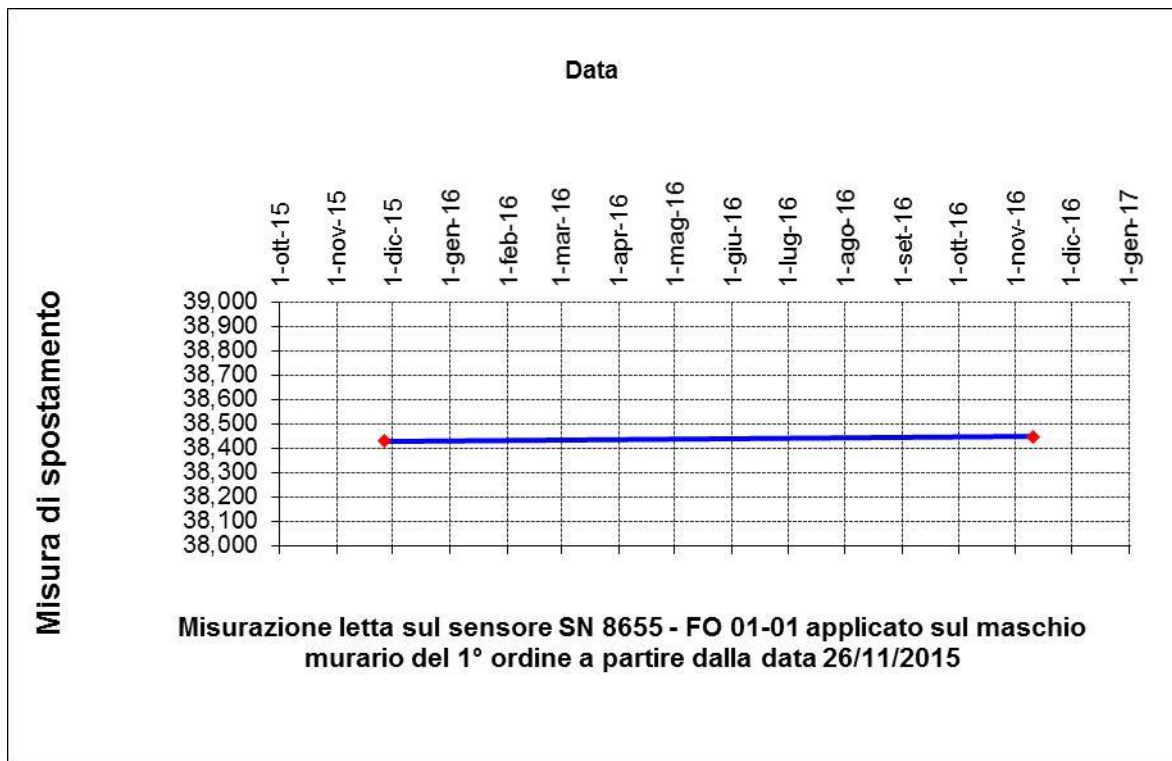
N° SENSORE	IDENTIFICAZIONE SENSORE	DL <sub>F</sub>	16/10/2015	25/11/2015	18/02/2016	10/11/2016
15	SN 13262 FO 03-15	12.924	13.308	13.481	13.473	13.464
16	SN 13263 FO 03-16	12.921	13.181	13.306	13.297	13.292
17	SN 13264 FO 03-17	13.689	13.650	13.796	13.786	13.774
18	SN 13265 FO 03-18	12.995	13.159	13.266	13.252	13.242
19	SN 13266 FO 03-19	13.465	13.617	13.694	13.687	13.672
20	SN 13267 FO 03-20	12.532	12.767	12.920	12.911	12.908
21	SN 13268 FO 03-21	11.756	11.574	11.654	11.642	Terminale sporco Tracce di intonaco e calce segnalazione del 18-02 2016
22	SN 13269 FO 03-22	12.562	12.812	13.070	13.061	Terminale sporco Tracce di intonaco e calce segnalazione del 18-02 2016
<b>TEMPERATURA DI CANTIERE</b>			14°	12°	14°	14°

*TABELLA 4*

Valori di spostamento per il controllo periodico – *III Livello*

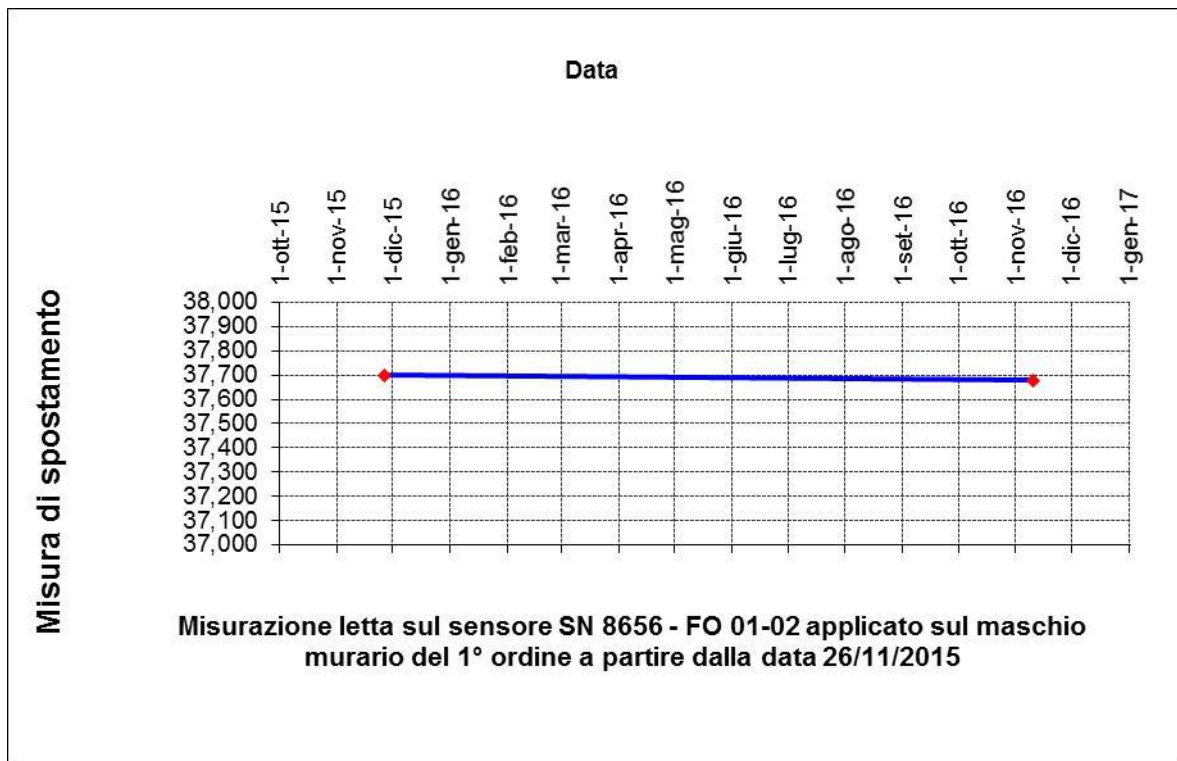
Al fine di consentire una più agevole interpretazione dei valori sperimentali, per alcuni sensori, di seguito, sono stati portati in grafico i valori degli spostamenti acquisiti in modo da apprezzare visivamente le contenute variazioni in termini di deformazione e di tensione registrate sui punti monitorati.

## Sensore n° 1



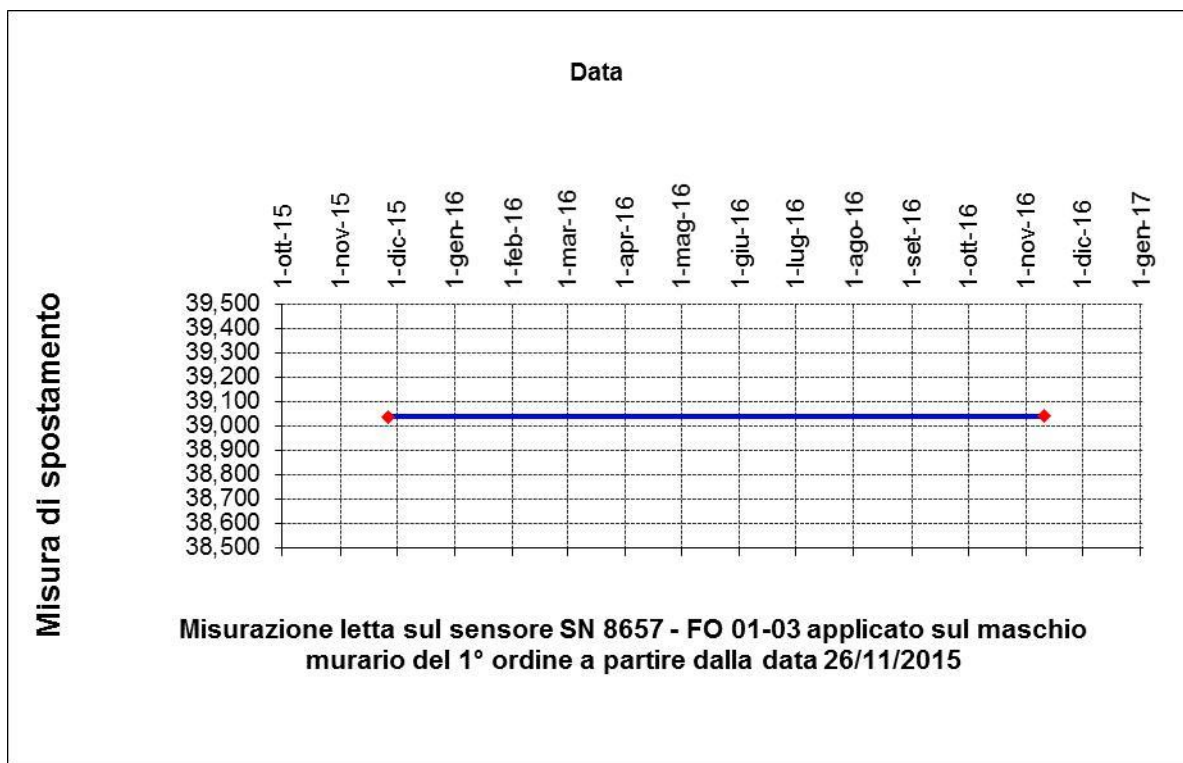
<b>Maschi murari del I ordine - Sensore n° 1</b>					
<b>SN 8655 FO 01-01 dlf = 38.148</b>					
Data	Misurazione	Deformazione	Temperatura in corrispondenza del box di misura	variazione di tensione kg/cm <sup>2</sup>	Note
16/10/16	38.520	-	12	-	(Installazione)
26/11/15	38.431	-	5	-	(Misura di riferimento)
10/11/16	38.449	0,000060	14	126	(lavori terminati)

## Sensore n° 2



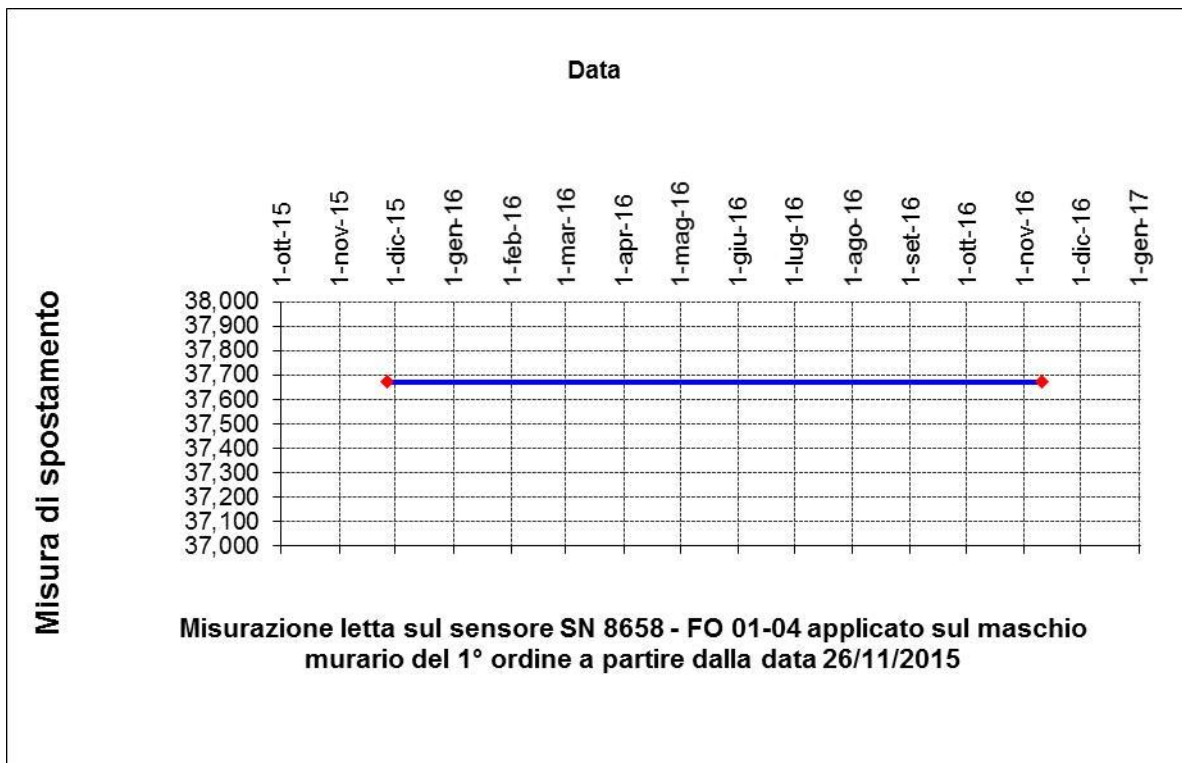
<b>Maschi murari del I ordine - Sensore n° 2</b>					
<b>SN 8656 FO 01-02 dlf = 37.278</b>					
Data	Misurazione	Deformazione	Temperatura in corrispondenza del box di misura	variazione di tensione kg/cm <sup>2</sup>	Note
16/10/16	37.682	-	12	-	(Installazione)
26/11/15	37.700	-	5	-	(Misura di riferimento)
10/11/16	37.678	0,000073	14	154	(lavori terminati)

### Sensore n° 3



<b>Maschi murari del I ordine - Sensore n° 3</b>					
<b>SN 8657 FO 01-03 dlf = 38.895</b>					
Data	Misurazione	Deformazione	Temperatura in corrispondenza del box di misura	variazione di tensione kg/cm <sup>2</sup>	Note
16/10/16	38.960	-	12	-	(Installazione)
26/11/15	39.040	-	5	-	(Misura di riferimento)
10/11/16	39.042	0,000007	14	14	(lavori terminati)

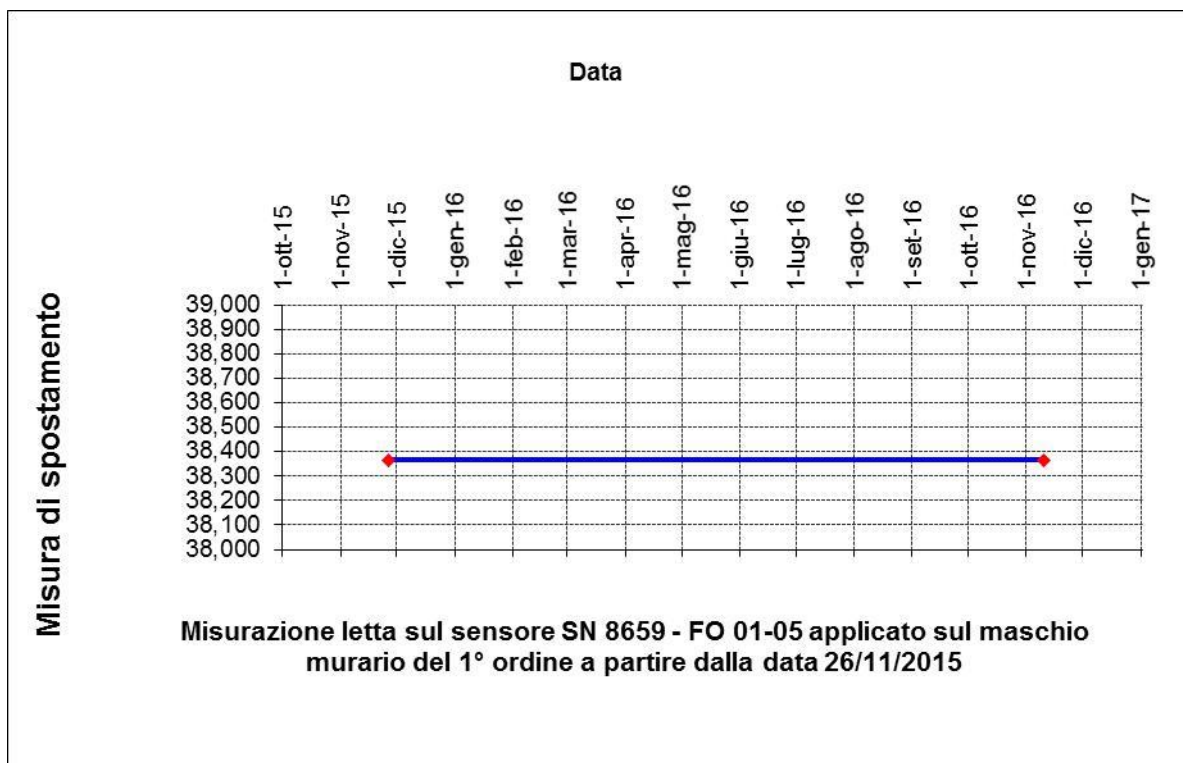
Sensore n° 4



<b>Maschi murari del I ordine - Sensore n° 4</b>					
<b>SN 8658 FO 01-04 dlf = 37.563</b>					
Data	Misurazione	Deformazione	Temperatura in corrispondenza del box di misura	variazione di tensione kg/cm <sup>2</sup>	Note
16/10/16	37.682	-	12	-	(Installazione)
26/11/15	37.675	-	5	-	(Misura di riferimento)
10/11/16	37.675	0,000000	14	0	(lavori terminati)

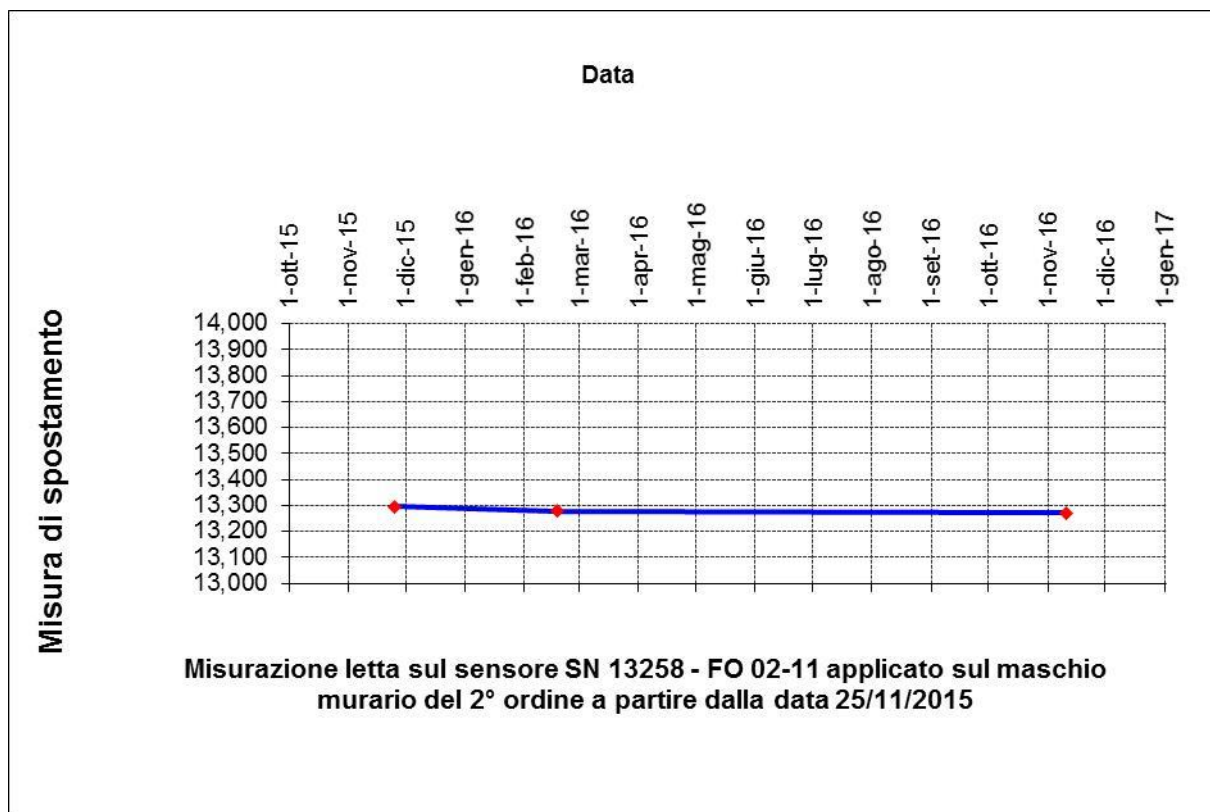


## Sensore n° 5



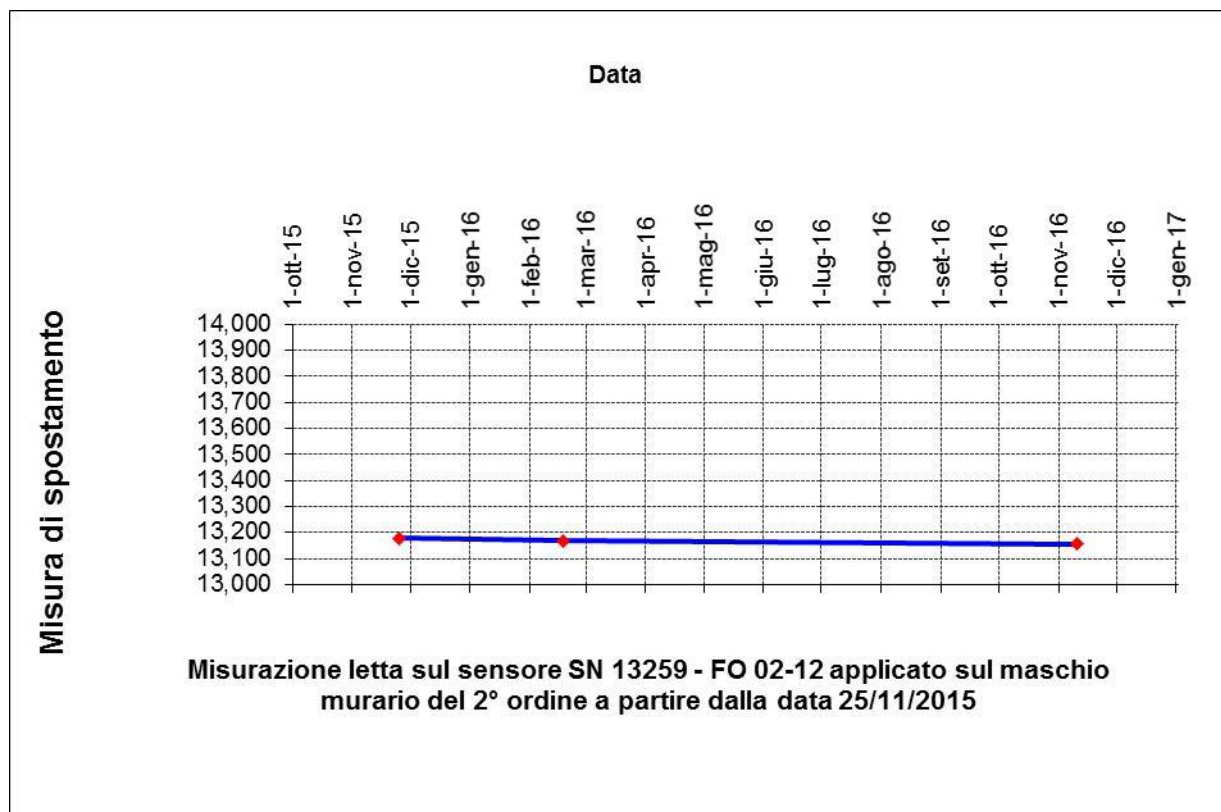
<b>Maschi murari del I ordine - Sensore n° 5</b>					
<b>SN 8659 FO 01-05 dlf = 38.145</b>					
Data	Misurazione	Deformazione	Temperatura in corrispondenza del box di misura	variazione di tensione kg/cm <sup>2</sup>	Note
16/10/16	38.447	-	12	-	(Installazione)
26/11/15	38.367	-	5	-	(Misura di riferimento)
10/11/16	38.365	0,000007	14	14	(lavori terminati)

## Sensore n° 11



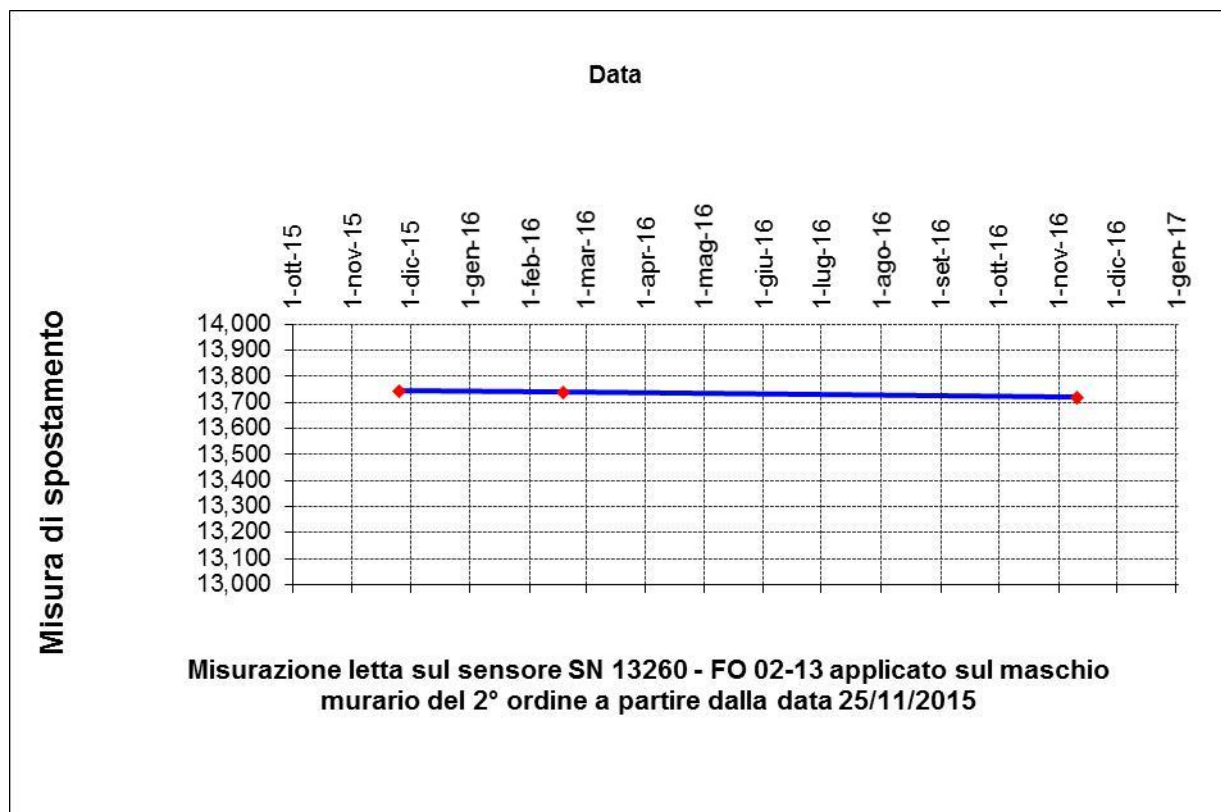
<b>Maschi murari del II ordine - Sensore n° 11 SN 13258 FO 02-11 dlf = 13.041</b>					
Data	Misurazione	Deformazione	Temperatura in corrispondenza del box di misura	variazione di tensione kg/cm <sup>2</sup>	Note
16/10/16	13.279	-	14	-	(Installazione)
25/11/15	13.295	-	12	-	(Misura di riferimento)
18/02/16	13.280	0,000050	12	105	(intonaci e massetti finiti)
10/11/16	13.271	0,000080	14	168	(lavori terminati)

## Sensore n° 12



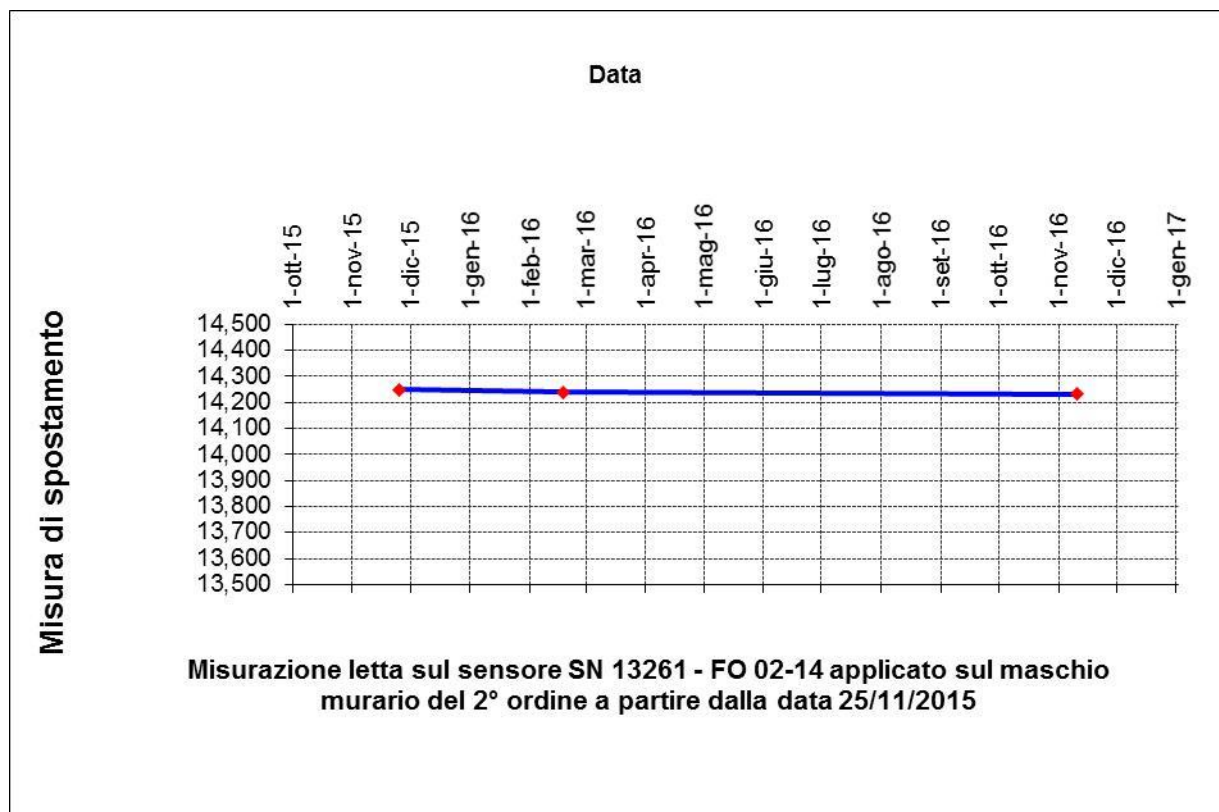
<b>Maschi murari del II ordine - Sensore n° 12 SN 13259 FO 02-12 dlf = 13.213</b>					
Data	Misurazione	Deformazione	Temperatura in corrispondenza del box di misura	variazione di tensione kg/cm <sup>2</sup>	Note
16/10/16	13.195	-	14	-	(Installazione)
25/11/15	13.178	-	12	-	(Misura di riferimento)
18/02/16	13.168	0,000033	12	70	(intonaci e massetti finiti)
10/11/16	13.156	0,000073	14	154	(lavori terminati)

## Sensore n° 13



<b>Maschi murari del II ordine - Sensore n° 13 SN 13260FO 02-13dlf = 13.398</b>					
Data	Misurazione	Deformazione	Temperatura in corrispondenza del box di misura	variazione di tensione kg/cm <sup>2</sup>	Note
16/10/16	13.566	-	14	-	(Installazione)
25/11/15	13.745	-	12	-	(Misura di riferimento)
18/02/16	13.739	0,000020	12	42	(intonaci e massetti finiti)
10/11/16	13.719	0,000087	14	182	(lavori terminati)

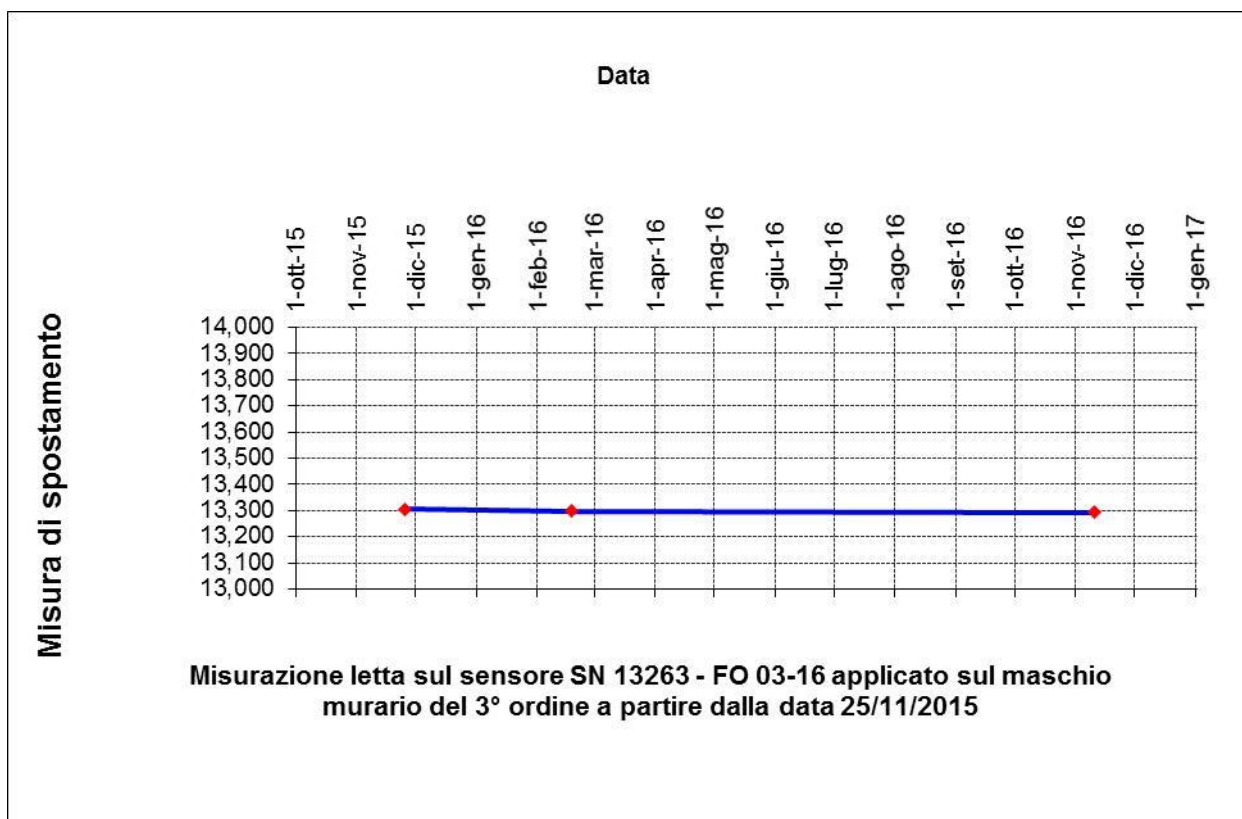
## Sensore n° 14



<b>Maschi murari del II ordine - Sensore n° 14 SN 13261 FO 02-14 dlf = 13.850</b>					
Data	Misurazione	Deformazione	Temperatura in corrispondenza del box di misura	variazione di tensione kg/cm <sup>2</sup>	Note
16/10/16	14.093	-	14	-	(Installazione)
25/11/15	14.250	-	12	-	(Misura di riferimento)
18/02/16	14.240	0,000033	12	70	(intonaci e massetti finiti)
10/11/16	14.232	0,000060	14	126	(lavori terminati)

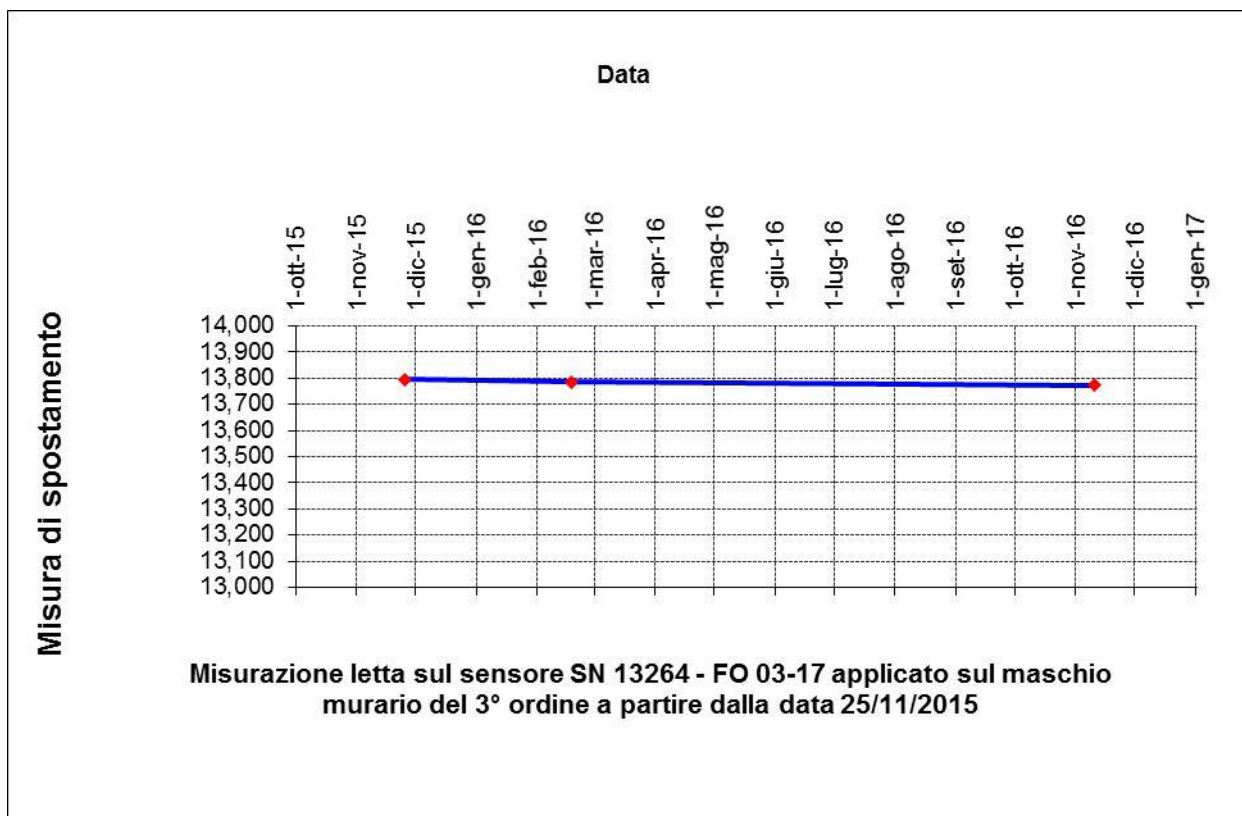


## Sensore n° 16



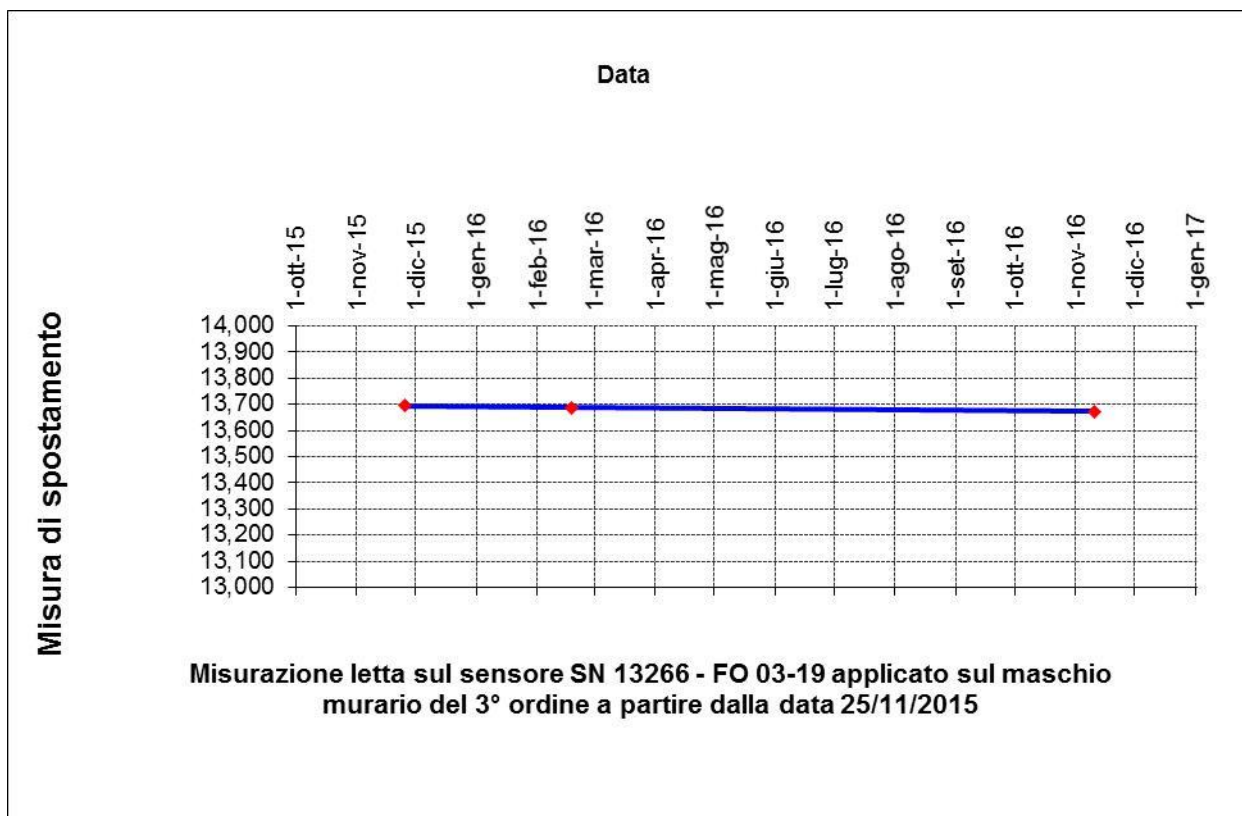
<b>Maschi murari del III ordine - Sensore n° 16 SN 13263 FO 02-16 dlf = 12.921</b>					
Data	Misurazione	Deformazione	Temperatura in corrispondenza del box di misura	variazione di tensione kg/cm <sup>2</sup>	Note
16/10/16	13.181	-	14	-	(Installazione)
25/11/15	13.306	-	12	-	(Misura di riferimento)
18/02/16	13.297	0,000030	14	63	(intonaci e massetti finiti)
10/11/16	13.292	0,000047	14	98	(lavori terminati)

## Sensore n° 17



<b>Maschi murari del III ordine - Sensore n° 17 SN 13264 FO 02-17 dlf = 13.689</b>					
Data	Misurazione	Deformazione	Temperatura in corrispondenza del box di misura	variazione di tensione kg/cm <sup>2</sup>	Note
16/10/16	13.650	-	14	-	(Installazione)
25/11/15	13.796	-	12	-	(Misura di riferimento)
18/02/16	13.786	0,000033	14	70	(intonaci e massetti finiti)
10/11/16	13.774	0,000073	14	154	(lavori terminati)

## Sensore n° 19



<b>Maschi murari del III ordine - Sensore n° 19 SN 13266 FO 02-19 dlf = 13.465</b>					
Data	Misurazione	Deformazione	Temperatura in corrispondenza del box di misura	variazione di tensione kg/cm <sup>2</sup>	Note
16/10/16	13.617	-	14	-	(Installazione)
25/11/15	13.694	-	12	-	(Misura di riferimento)
18/02/16	13.687	0,000023	14	49	(intonaci e massetti finiti)
10/11/16	13.672	0,000073	14	154	(lavori terminati)

## **Conclusioni**

Come già anticipato precedentemente, le ultime misure effettuate assumono un'importanza notevole in quanto permettono di calcolare le variazioni dello stato tensionale nei punti singolari monitorati e capire se **gli eventi sismici del 24 Agosto, e del 30 Ottobre 2016, hanno provocato danni alle membrature resistenti dell'immobile.**

Dalle misure restituite e dai relativi grafici sulla quasi totalità dei sensori si rilevano scarse variazioni di spostamento con associati ridotti incrementi di deformazione. Le deformazioni rilevate a loro volta restituiscono incrementi di tensione sugli acciai molto contenute paragonabili a quelle stagionali di natura termica.

**Pertanto, si può concludere che, visti i valori sperimentali acquisiti, effettuate le verifiche visive sulle aree critiche che risultano prive di qualsiasi quadro fessurativo, l'edificio Palazzo Mannetti alla date del 10 Novembre 2016 non presenta danneggiamenti sulle aree monitorate.**

## **Allegato 1**

---

### **DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**











## le centraline di acquisizione dati

