

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE



## PROGETTO ESECUTIVO

# LINEA FERROVIARIA MILANO - NAPOLI NODO DI FIRENZE - PENETRAZIONE URBANA LINEA AV

Passante AV

## POZZO COSTRUTTIVO E DI VENTILAZIONE NORD Relazione di monitoraggio

IL PROGETTISTA



Infrarail Firenze srl - IFR Firenze  
sede legale: Via Circondaria, 32-34 - 50127 Firenze  
PEC: infrarail.pec@legalmail.it  
Codice fiscale e n. iscr. al Registro Imprese: 06956550484

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO	DISCIPLINA	PROGR.	REV.
NF1W	00	E	ZZ	RH	GN1100	001	A

REV.	DESCRIZIONE	REDATTO	DATA	VERIFICATO	DATA	APPROVATO	DATA
A	Emissione	Ing. Ziller	11/2020	Ing. Cucino	11/2020	Ing. Sorbello	11/2020

File NF1W.00.E.ZZ.RH.GN1100.001.A.doc

n. Elab.:

## SOMMARIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUZIONE</b> .....	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>ELABORATI DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>2</b>
<b>3.</b>	<b>CRITERI DI PROGETTO</b> .....	<b>3</b>
3.1	MONITORAGGIO DEL POZZO COSTRUTTIVO NORD .....	3
3.2	MONITORAGGIO EDIFICIO 177 “EX CENTRALE DEL LATTE” .....	4
<b>4.</b>	<b>DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO</b> .....	<b>4</b>
4.1	POZZO NORD .....	4
4.2	EDIFICIO 177 “EX CENTRALE DEL LATTE” .....	6
<b>5.</b>	<b>FREQUENZA DELLE MISURE</b> .....	<b>8</b>
<b>6.</b>	<b>VALORI DI SOGLIA PER I PRINCIPALI PARAMETRI MONITORATI</b> .....	<b>9</b>
6.1	POZZO NORD .....	9
6.2	EDIFICIO 177.....	10
6.2.1	Margine di sicurezza della struttura .....	11
6.2.2	Definizione delle nuove soglie.....	11
<b>7.</b>	<b>RIPRISTINO DEGLI STRAIN GAUGE DANNEGGIATI</b> .....	<b>13</b>
7.1	PREMESSA .....	13
7.1.1	Fasi costruttive.....	15
7.2	ANALISI DEI RISULTATI LIVELLO 1 - CENTINA D .....	15
7.2.1	Contrasto diagonale ovest.....	15
7.2.2	Contrasto ovest – estremo nord .....	17
7.2.3	Contrasto ovest – estremo sud .....	18
7.2.4	Contrasto est – estremo nord.....	19
7.2.5	Contrasto est – estremo sud .....	20
7.2.6	Contrasto diagonale est .....	21
7.3	LIVELLO 2 – CENTINA C .....	22
7.3.1	Contrasto diagonale ovest.....	22
7.3.2	Contrasto ovest – estremo nord .....	23
7.3.3	Contrasto ovest – estremo sud .....	24
7.3.4	Contrasto est – estremo nord.....	25
7.3.5	Contrasto est – estremo sud .....	26
7.3.6	Contrasto diagonale est .....	27
7.4	INDIVIDUAZIONE DEI VALORI DI RIPRISTINO .....	28
7.4.1	Criteri per il ripristino della continuità delle misure.....	28
7.4.2	Criteri di sostituzione adottati.....	29
7.4.3	Tabelle di sostituzione dei valori.....	30

---

7.5	CONCLUSIONI.....	38
-----	------------------	----

## 1. INTRODUZIONE

La “Convenzione” stipulata il 28 maggio 2007 tra RFI S.p.A. e il Contraente Generale “Nodavia”, comprendeva, tra le varie prestazioni, anche la progettazione esecutiva e la realizzazione del Passante Ferroviario Alta Velocità del Nodo di Firenze e della Nuova Stazione Alta Velocità di Belfiore, opere ricadenti nel cosiddetto “Lotto 2”.

In data 25/02/2010, conclusesi le attività di verifica e l’iter autorizzativo da parte degli enti preposti, RFI ha approvato il progetto esecutivo del Lotto 2 e, in data 10/03/2010, ha consegnato i relativi lavori.

Tra gli anni 2010 e 2018 sono state realizzate soltanto alcune parti d’opera previste contrattualmente, in particolare:

- Nuova stazione AV di Belfiore: paratie a protezione dei manufatti intorno alla Stazione, diaframmi del Camerone, pali di fondazione, gli scavi di approfondimento e la realizzazione del primo solaio;
- Passante AV: pozzo avvio scavo meccanizzato, trincea di approccio, prima fase delle gallerie artificiali, aria di triage nord;
- Deposito Definitivo ex miniera di S. Barbara: terminal ferroviario di Bricchette, piazzole per la caratterizzazione del materiale proveniente dagli scavi, area logistica, viabilità di accesso alle piazzole;

Dal 2018 i lavori oggetto di convenzione risultano di fatto sospesi, in quanto l’Appaltatore ad aprile di tale anno ha presentato richiesta di concordato preventivo, successivamente accettata. Ciò ha portato, in data 27/05/2020, RFI e l’Appaltatore alla risoluzione della Convenzione anzidetta.

A seguito di questi eventi, RFI, al fine di riavviare al più presto i lavori di costruzione del c.d. “Lotto 2” e mettere in esercizio la linea AV, ha affidato alla propria società Infrarail Firenze (di seguito “IFR”) le attività necessarie a mettere a disposizione la documentazione progettuale da porre a base di appalto della sola esecuzione delle opere ancora da realizzare.

In ragione di questo affidamento, IFR ha, quindi, avviato le attività di revisione degli elaborati del progetto esecutivo già approvato, al fine di renderli coerenti con lo stato attuale delle opere già realizzate e le attività finora eseguite. Inoltre gli elaborati progettuali sono stati revisionati ed aggiornati, per le parti d’opera ancora da realizzare, in coerenza con le vigenti norme di riferimento e con il manuale di progettazione di RFI, ma, soprattutto, al fine di garantire l’interoperabilità delle linee transeuropee ai sensi della direttiva 2008/57/CE. Nel contempo sono state recepite le prescrizioni impartite in sede di approvazione del Progetto Esecutivo redatto dal Contraente Generale.

Si evidenzia che le attività di revisione progettuale sono state svolte nel rispetto degli indirizzi e delle autorizzazioni ottenute, pertanto sono stati inseriti, per completezza documentate, nella documentazione costituente il progetto esecutivo revisionato anche gli elaborati già approvati dagli enti competenti, con particolare riferimento all’Osservatorio Ambientale a suo tempo nominato, e che, come tali, sono stati di riferimento per la revisione ed aggiornamento delle soluzioni progettuali al fine di garantire la validità delle autorizzazioni già espresse.

La presente relazione descrive il piano monitoraggio previsto per il pozzo costruttivo da completare a nord della nuova Stazione A.V.

Tale sistema di monitoraggio ha lo scopo di monitorare la risposta tenso-deformativa dell’ammasso durante le operazioni di scavo, di analizzare il comportamento delle strutture in corso di realizzazione e di controllare gli eventuali effetti sulle strutture preesistenti, che nel caso specifico l’edificio 177, ex Centrale del latte ed edificio vincolato.

## 2. ELABORATI DI RIFERIMENTO

- [1.] POZZO COSTRUTTIVO NORD – Monitoraggio - Planimetria e sezioni con schemi di posizionamento strumentazione NF1W.00.E.ZZ.PZ.GN1100.005.A
- [2.] POZZO COSTRUTTIVO NORD – Fase di scavo- Posizionamento strumentazione per il monitoraggio centine – Pianta e sezione NF1W.00.E.ZZ.PZ.GN1100.002.A
- [3.] Relazione tecnica di calcolo paratie di diaframmi NF1W.00.E.ZZ.CL.GN1100.002.A
- [4.] FASE DI SCAVO - CENTINE METALLICHE – Relazione di calcolo NF1W.00.E.ZZ.CL.GN1100.004.A
- [5.] POZZO COSTRUTTIVO NORD – Edificio n. 177 ex Centrale del latte – Analisi strutturale dell’edificio NF1W.00.E.ZZ.CL.GN1100.006.A
- [6.] GALLERIE NATURALI ESEGUITE CON SISTEMA MECCANIZZATO - MONITORAGGIO ESTERNO – Relazione di monitoraggio NF1W.00.E.ZZ.RH.GN0300.002.A
- [7.] Specifiche tecniche monitoraggio – Scavo meccanizzato NF1W.00.E.ZZ.SP.GN0300.001.A
- [8.] Specifica tecnica sui requisiti della piattaforma di monitoraggio NF1W.00.E.ZZ.RH.GN0300.006.A

### 3. CRITERI DI PROGETTO

La costruzione del pozzo prevede le seguenti fasi:

- realizzazione di diaframmi perimetrali
- realizzazione, in vista del passaggio della fresa di zone di terreno consolidato, due sul lato nord del pozzo ed una sul lato sud, quest'ultima parzialmente interferente con l'edificio 177;
- posa di un primo livello di centine in prossimità della sommità dell'opera cui segue una fase di scavo fino alla quota del secondo livello di centine;
- ripetizione della procedura per la posa di ulteriori 3 livelli di centine e successivo scavo:
- getto del solettone di fondo
- realizzazione della struttura interna definitiva.

Tale procedura è rimasta interrotta dopo lo scavo fino alla quota della seconda centina e prima della sua posa in opera per il fermo generale dei lavori.

Il piano di monitoraggio prevede di monitorare i movimenti delle paratie e le deformazioni indotte dallo scavo del pozzo sull'edificio. In particolare di monitorare le seguenti grandezze:

- cedimenti del fabbricato adiacente all'area di lavoro;
- pressione interstiziale alla base delle paratie
- spostamenti orizzontali della testa delle paratie
- carichi agenti sulle centine

Per valutare tali grandezze verranno utilizzate sei tipologie di strumenti di seguito elencate:

- Miniprismi/Target per monitoraggio topografico (spostamenti piano altimetrici)
- Piezometri elettrici (pressioni interstiziali)
- Inclinatori (spostamenti orizzontali del diaframma)
- Strain gauge (sforzi trasmessi ai puntoni)
- Sensore di temperatura in corrispondenza di alcuni degli strain gauge

I sistemi di monitoraggio sopra descritti sono stati installati prima dell'inizio delle operazioni di scavo del pozzo.

Per le misure topografiche sono state effettuate n. 2 misure di zero, ciascuna con poligonale di andata e ritorno.

Per le misure inclinometriche si è parimenti effettuata una doppia misura di zero, a sua volta ciascuna effettuata, utilizzando sonda con sensore bidirezionale, sia sulla coppia di guide A che sulle guide B (le guide A sono quelle direzionate nel piano perpendicolare a quello del diaframma e pertanto nella direzione delle deformazioni attese).

Per strain gauges e piezometri si è effettuata una successione di 4 misure per verificare la stabilità della misura del sensore.

#### 3.1 MONITORAGGIO DEL POZZO COSTRUTTIVO NORD

Per il monitoraggio del pozzo costruttivo Nord sono state installate mire ottiche sulla trave di coronamento della paratia perimetrale, ad una distanza reciproca di 5 m per un totale di 20 capisaldi.

Il pozzo è stato strumentato su tre lati con un inclinometro ed un piezometro. La deformazione orizzontale in corrispondenza della testa degli inclinometri può essere controllata mediante confronto con i capisaldi posizionati lungo la trave di coronamento.

Gli inclinometri sono stati installati direttamente nel diaframma predisponendo il tubo guida legato alle barre di armatura prima del getto dell'elemento strutturale.

I piezometri sono stati installati in perforazioni spinte fino alla base delle paratie per rilevare la pressione interstiziale al piede dei diaframmi.

Ognuno dei quattro livelli di centine sarà sottoposto al monitoraggio dell'azione esercitata sulla paratia mediante l'utilizzo di un sistema di 4 strain gauges saldati su sezioni particolari in maniera simmetrica in prossimità dei 4 spigoli della struttura di contrasto. Le sezioni monitorate sono individuate nella tavola di cui al rif. [2.]

### **3.2 MONITORAGGIO EDIFICIO 177 "EX CENTRALE DEL LATTE"**

Per valutare eventuali deformazioni indotte dalle operazioni di scavo dei pozzi e dei trattamenti di consolidamento del terreno sull'edificio si è previsto il ricorso ad un monitoraggio topografico di precisione.

Lungo il perimetro dell'edificio sono stati installati riscontri topografici (target) per misure 3D che consentono di valutare i movimenti in tutte le loro componenti, non soltanto verticale. Le misure vengono riferite a punti fissi disposti all'esterno delle aree potenzialmente soggette a movimenti.

Nel corso delle misure occorrerà sempre verificare la stabilità di tali punti fissi mediante poligoni che li colleghino reciprocamente e rispetto a punti fissi predisposti per aree adiacenti non interessate dai lavori, così come peraltro indicato nella relazione di monitoraggio esterno (rif. [6.]).

## **4. DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO**

### **4.1 POZZO NORD**

Per il monitoraggio del pozzo nord è stata installata la seguente strumentazione geotecnica:

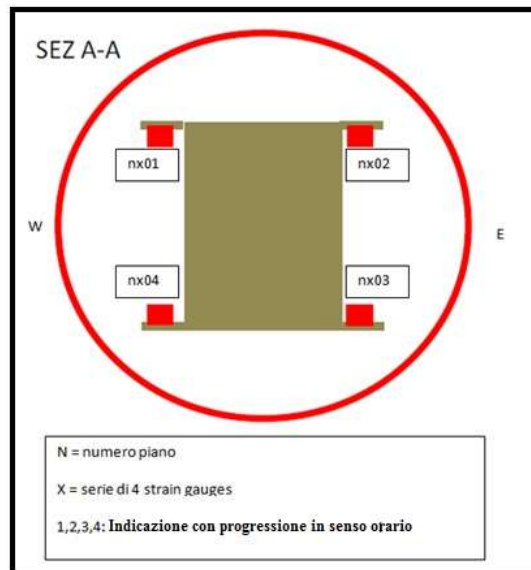
- n. 20 target disposti ogni 5 m lungo la trave di coronamento
- n. 3 inclinometri inseriti nel corpo del diaframma stesso fino alla base, di cui 2 posizionati al centro dei due lati minori, est ed ovest, ed 1 nella mezzeria del lato maggiore meridionale;
- n. 3 piezometri a corda vibrante posizionati alla quota della base della paratia e disposti all'esterno del diaframma in corrispondenza della posizione degli inclinometri

Durante lo scavo all'interno del diaframma vengono installate a contrasto delle spinte delle centine metalliche. Sono previsti n. 4 livelli di centine ciascuno dei quali ha come elementi di contrasto n. 4 travi scatolari disposte perpendicolarmente ai lati maggiori e n. 4 travi scatolari di dimensioni inferiori disposte diagonalmente ai 4 spigoli del pozzo a pianta rettangolare. Le 4 travi principali, perpendicolari ai lato maggiori in prossimità delle estremità presentano degli elementi secondari divaricati a 45° per distribuire il contrasto su un tratto più ampio della trave di ripartizione.

Come monitoraggio strutturale, per ciascuno dei quattro livelli il progetto prevede il monitoraggio di:

- n. 2 delle travi principali, ciascuna su due sezioni in prossimità della sezione ove la trave si divarica; su ogni sezione strumentata sono stati disposti in posizione simmetrica n. 4 strain gauge a corda vibrante disposti come nello schema di figura 4.1;
- n. 2 delle travi diagonali su spigoli opposti monitorate in una sezione centrale con disposizione degli strumenti secondo il medesimo schema

Pertanto il sistema prevede n. 24 strain gauge per ciascun livello di centine. Attualmente il monitoraggio è stato realizzato sui primi due livelli di centine mentre le due centine più profonde devono ancora essere installata. Sugli strain gauge installati in ogni sezione è stata effettuata la misura della temperatura solo su 2 dei 4 strumenti posizionati su una medesima diagonale



**figura 4.1: Schema di installazione strain gauge**

Gli strain gauge sono stati letti nelle fasi di lavoro precedenti in modalità manuale secondo uno schema che prevedeva, dopo la misura di zero alla installazione sulla centina, misure settimanali fino al termine della fase di scavo propedeutica alla installazione di una nuova centina e così via fino al fondo scavo mentre non erano previste letture durante le fasi di sosta. Ciò non ha costituito un serio problema durante l'attività del cantiere in quanto le fasi si sviluppavano in successione abbastanza rapida e la struttura rimaneva praticamente sempre sotto controllo. L'improvvisa interruzione dei lavori nel marzo 2013 ha lasciato la struttura del tutto sguarnita. Un successivo controllo effettuato nel luglio e ripetuto all'inizio di ottobre 2016 ha fatto rilevare che una significativa parte degli strain gauge, il cui impiego era previsto durare pochi mesi, non era funzionante. Fra il 12 e 18 ottobre 2016 è stato possibile accedere con un carrello ad ispezionare e sostituire la massima parte degli strain gauge danneggiati, che era ormai una porzione considerevole di quelli installati, praticamente una gran parte di quelli posti sul lembo inferiore delle travi di contrasto.

Per questo motivo, ed anche per aver fatto esperienza dell'importanza in queste misure degli effetti termici, si è deciso di utilizzare in questa fase un sistema di misura automatico, che da una parte rende più semplice correlare le variazioni di sollecitazione alle variazioni di temperatura, quanto meno osservando le variazioni riscontrabili fra notte e giorno, dall'altra permette di individuare molto più rapidamente anomalie riconducibili ad un malfunzionamento dello strumento. Inoltre si è prevista la lettura della temperatura in corrispondenza di ciascuno strain gauge.

Per quanto riguarda le cause del danno agli strain gauge è apparso chiaro al momento in cui fu possibile l'ispezione, che nella parte di trave ripulita dalla vernice protettiva per l'installazione degli strumenti e non ben protetta nuovamente, forse in considerazione della breve durata dell'utilizzo previsto, al contatto fra l'acciaio inossidabile degli strain gauge e l'acciaio delle travi si era sviluppato uno strato di ruggine che aveva sollevato in maniera decisamente irregolare una o entrambe le estremità dello strumento, provocando così rotazioni e conseguenti allontanamenti/avvicinamenti fra le due parti.

Dopo la sostituzione degli strumenti si è provveduto ad effettuare una nuova lettura di zero sui nuovi strumenti. Nel capitolo 0 è riportata una analisi che cerca di attribuire, in base alla contemporanea lettura degli strain gauge ancora funzionanti nella medesima sezione, un presunto valore di sollecitazione agente in quel momento nelle travi e definire un nuovo valore di zero di riferimento per proseguire senza perdita di dati il monitoraggio dell'opera.



## 4.2 EDIFICIO 177 “EX CENTRALE DEL LATTE”

L’edificio per il quale sussiste l’eventualità del manifestarsi di effetti indotti dalle operazioni di realizzazione del Pozzo Nord è l’edificio vincolato n° 177 su via Circondaria, ex Centrale del latte. Qui sotto si riporta una vista dall’alto che raffigura l’inserimento della struttura di cui è previsto il monitoraggio.



*figura 4.2: Edificio 177 – vista dall’alto*

L’edificio presenta l’asse longitudinale parallelo alla via Circondaria e perpendicolare quindi all’asse delle gallerie, ed è situato in corrispondenza del tratto di galleria a doppio binario, fra la stazione AV ed il pozzo costruttivo e di ventilazione nord.

Esso è costituito da un corpo principale con struttura portante metallica, e tamponamenti in mattoni, con sviluppo longitudinale parallelo a Via Circondaria, ed è completato da una parte in muratura (facciata di ingresso lato Ovest). Le due porzioni hanno le seguenti dimensioni in pianta:

- Dimensioni corpo principale (struttura portante metallica):  $B \times L = 20 \times 35 \text{ m}$ ;
- Dimensioni porzione in muratura:  $B \times L = 20 \times 6 \text{ m}$ ;

La porzione caratterizzata da struttura portante metallica è costituita da n° 8 portali disposti con allineamento Nord-Sud parallelamente ai lati corti dell’edificio, posizionati ad un interasse pari a 5,0 m. Ciascun portale è caratterizzato da:

- Capriata centrale di ingombro trasversale pari a 9,0 m, sostenuta da due pilastri in ghisa di altezza pari ad 8,0 m circa; l’altezza al colmo della capriata centrale è di circa 9,60 m;
- Due strutture laterali di ingombro trasversale pari a 5,20 m, sostenute sul lato esterno da un pilastro in ghisa di altezza pari a circa 5,0 m, e sul lato interno, connessa alla capriata centrale alla quota di 6,70 m rispetto al piano campagna.



*figura 4.3: Edificio n°177 – Vista prospetto Ovest (porzione in muratura)*

L'edificio è già stato monitorato mediante mire ottiche disposte sulle pareti perimetrali, a 2.5÷3.0 m di altezza dal p.c. in corrispondenza dei pilastri per la parte di struttura a telaio, mentre nella parte in muratura sono stati installati n. 2 target su ciascuno dei due tratti laterali (6 m) agli estremi del tratto e n. 7 target sul fronte principale disposti simmetricamente. Complessivamente il sistema di monitoraggio prevede su questo edificio n. 33 punti di misura 3D.

Il presente progetto prevede, in luogo del rilievo manuale dei target disposti lungo il perimetro della struttura la sostituzione, nella medesima posizione, dei target con miniprismi adatti alla lettura mediante stazioni totali automatiche (rif. [1.]). Ciò sia perché l'edificio, per quanto assai lesionato e deteriorato, è pur sempre un edificio storico vincolato, ma soprattutto per l'impatto che su di lui hanno avuto gli interventi di consolidamento del terreno fra l'edificio ed il pozzo nord. Questi infatti hanno interessato parzialmente anche il terreno al di sotto dell'impronta dell'edificio ed hanno ridotto, come viene spiegato più avanti, i margini di deformazione accettabili dalla struttura. In proposito si sottolinea che l'edificio dovrà essere sottopassato dalla fresa durante lo scavo della galleria canna pari e successivamente interessato dai lavori di allargamento della galleria per la realizzazione del tratto a doppio binario. Ciò ha portato ad una analisi strutturale dell'edificio per verificarne le attuali condizioni di sicurezza e con ciò alla definizione di nuove soglie di attenzione e di allarme per i cedimenti. Tale argomento è trattato nel successivo paragrafo 6.2.

La posizione prevista per le stazioni totali automatiche è riportata nella già citata tavola di cui al rif. [1.].

Si precisa che il ricorso alle misure automatiche è previste necessariamente solo in concomitanza con il passaggio della fresa, in entrambe le gallerie da scavare, ma potrà ovviamente essere utilizzato anche nelle altre fasi di lavoro che interesseranno questo edificio.

## 5. FREQUENZA DELLE MISURE

La strumentazione installata sul pozzo nord e sull'edificio 177 sarà letta con le seguenti frequenze:

	Fase operativa	Tipologia di rilievo	Frequenza delle misure
Fase 1	Consolidamento terreno	misure 3D edificio 177	una misura al giorno
	Scavo	capisaldi 3D Pozzo	una misura al giorno
		Inclinometri Piezometri elettrici misure 3D edificio 177	una misura alla settimana
	Soste montaggio centine	capisaldi 3D Pozzo Inclinometri Piezometri elettrici misure 3D edificio 177	una misura la prima settimana durante la pausa per montaggio centina, poi sospensione fino a ripresa scavo
	Mese successivo al completamento solettone	capisaldi 3D Pozzo Inclinometri Piezometri elettrici misure 3D edificio 177	una misura alla settimana
	Smontaggio centine	capisaldi 3D Pozzo Inclinometri Piezometri elettrici misure 3D edificio 177	una misura prima ed una dopo lo smontaggio di ciascuna centina su tutta la strumentazione
	Tutte le fasi	strain gauge	una misura ogni ora
Fase 2	preparazione per scavo gallerie	misure 3D edificio 177	una misura al giorno durante le fasi di consolidamento delle gallerie (perforazioni, iniezioni, congelamento)
	passaggio fresa	miniprismi a lettura automatica	una misura ogni 30' finché il fronte di scavo è a meno di 30 m dal fronte sud e nord dell'edificio

*tabella 5-1: Frequenza delle misure nelle diverse fasi di lavoro*

## 6. VALORI DI SOGLIA PER I PRINCIPALI PARAMETRI MONITORATI

### 6.1 POZZO NORD

I parametri ritenuti significativi per l'individuazione e la gestione delle soglie e monitorati sono:

- spostamento massimo dei diaframmi;
- spostamento massimo dei cordoli;
- sforzo esercitato sui puntoni;

Sulla base dei risultati delle analisi condotte (si veda la "Relazione tecnica di calcolo paratie di diaframmi". rif. [3.]) e con riferimento a dati deformativi riscontrati in corso d'opera in contesti analoghi sono stati definiti gli intervalli dei valori attesi di tali parametri.

Per ciascun parametro viene indicata la "soglia di attenzione", definito con una percentuale prossima al 75 % del valore atteso (così come scaturito dalle analisi), il superamento della quale deve condurre ad un'analisi dei fenomeni in atto.

Viene inoltre definita una "soglia di allarme" individuata come pari al 125 % del valore atteso, sempre che le analisi condotte a seguito del superamento della soglia di attenzione non suggeriscano un valore diverso più cautelativo. La soglia indicata mantiene le sollecitazioni in tutte le membrature interessate all'interno dei valori ammissibili, segnatamente rispetto ai problemi di instabilità elastica.

I valori attesi, le soglie di attenzione e di allarme dei parametri sopra descritti sono riassunti nella tabella 6-1 e tabella 6-2

seguenti:

Valori di attenzione spostamenti e falda		
Deformata diaframma		quota falda (m s.l.m.)
$s_{h\ max}(cm)$	Quota da testa diaframma (m)	
2.0	-	41.70

Valori di attenzione strain gauge centine $p$ [ $\mu m/m$ ]				
	Centina D, la più elevata	Centina C	Centina B	Centina A, la più bassa
Centina ovest	160	315	295	300
Centina est	275	315	470	480
Diagonale	390	665	600	635

tabella 6-1: Valori soglie di attenzione

<i>Soglia di allarme spostamenti e falda</i>		
<i>Deformata diaframma</i>		<i>quota falda (m s.l.m.)</i>
<i><math>s_{h\ max}(cm)</math></i>	<i>Quota da testa diaframma (m)</i>	
3.2	-	41.70

<i>Valori di attenzione strain gauge centine <math>p</math> [<math>\mu m/m</math>]</i>				
	<i>Centina D, la più elevata</i>	<i>Centina C</i>	<i>Centina B</i>	<i>Centina A, la più bassa</i>
<i>Centina ovest</i>	260	520	490	500
<i>Centina est</i>	455	520	780	800
<i>Diagonale</i>	640	1110	980	1050

**tabella 6-2: Valori soglie di allarme**

Si precisa che i valori relativi agli strain gauge si intendono valori medi delle misure su ciascuna sezione. Si chiarisce inoltre che gli strain gauge a corda vibrante, pur restituendo valori corrispondenti a microstrain in realtà forniscono valori proporzionali alla sollecitazione (alla variazione di sollecitazione rispetto al momento della misura di zero). Ciò in quanto, essendo lo strumento stesso, e la corda vibrante che ne è l'elemento sensibile, in acciaio subisce esso stesso gli effetti delle dilatazioni termiche. Pertanto, ad esempio, in condizioni di dilatazione impedita della trave cui lo strumento è installato a fronte di un aumento di temperatura la trave, impedita di dilatarsi, subisce un aumento di sollecitazione. Lo strumento, vincolato alla trave non subisce movimenti relativi fra i due estremi, ma il filo che ne costituisce l'elemento sensibile si dilata tanto quanto si sarebbe dilatata la trave se fosse stata libera. Questa dilatazione appare al sistema di misura dello strumento una contrazione che corrisponde esattamente alla contrazione impedita della trave e quindi all'aumento effettivo di sollecitazione.

Ciò implica che gli strumenti ci permettono di conoscere esattamente le variazioni di sollecitazione nella trave ma, per confrontare i risultati delle misure rispetto ai valori attesi tenere conto del valore della temperatura al momento dello zero negli strain gauge. Infatti gli effetti termici vanno a sommarsi, o a sottrarsi a secondo del loro segno, agli effetti delle spinte del terreno.

Al momento le misure sono al di sotto della soglia di attenzione, ma bisogna considerare che lo scavo, giunto nel marzo 2013 fino alla profondità cui era prevista la posa del terzo livello di centine, è rimasto a quella quota senza che la centina venisse posta in opera. Inoltre lo scavo era ormai giunto circa 10 m sotto il livello della falda e nel frattempo, per evitare il riempimento dello scavo si è provveduto ad aggotare l'acqua che penetrava dal basso. Non sembra possibile che questo duraturo processo di filtrazione verso l'alto non abbia prodotto un rigonfiamento e conseguente rammollimento del terreno racchiuso fra le paratie, sia nella parte ancora da scavare che in quella sotto la quota di fondo scavo. Pertanto è possibile che le future misure possano evidenziare deformazioni e sollecitazioni superiori a quelle predette dal progetto.

## 6.2 EDIFICIO 177

Come già anticipato, a seguito dei lavori condotti con la tecnica del Jet-Grouting per consolidare il terreno nell'area dove è previsto l'ingresso della fresa nel pozzo nord, l'edificio in questione ha subito deformazioni di innalzamento disuniformi che hanno destato preoccupazione. A seguito dei suddetti innalzamenti si è deciso di completare il consolidamento del terreno con un'altra tecnica, meno invasiva (Pali tipo Trelicon), e prima della

ripresa delle attività sono state definite nuove soglie di spostamento ammissibili per i punti di misura posti sull'edificio.

Per fare ciò è stata condotta una dettagliata analisi strutturale dell'edificio, riportata nel documento "Edificio n°177 – ex Centrale del Latte – Analisi strutturale dell'edificio" (rif. [5.]).

Alla luce di tali analisi possono essere determinati gli spostamenti differenziali massimi verticali entro i quali la struttura portante metallica non manifesta problematiche di natura strutturale.

Si precisa ancora, che tale modellazione atta a determinare lo spostamento residuo massimo possibile, è stata condotta secondo margini progettuali coerenti con quanto previsto all'epoca della costruzione dell'edificio stesso.

### 6.2.1 Margine di sicurezza della struttura

L'analisi strutturale ha determinato che il massimo spostamento ammissibile verso l'alto per la colonna corrispondente al target A24, ipotizzando fermo al valore di 1,35 mm la colonna posta all'altra estremità del portale e corrispondente al target A04, è pari a 37.23 mm, con un incremento di 7.45 mm rispetto alla configurazione raggiunta il 12 ottobre 2011 e di 13.03 mm rispetto alla configurazione attuale (al 27 febbraio 2013 (+20.24 mm)). Ciò corrisponde ad un differenziale massimo rispetto alla colonna posta all'altra estremità del medesimo portale di 35.88 mm.

Analogamente considerando il portale di estremità si verifica che lo spostamento differenziale massimo ammissibile per la colonna corrispondente al target A20 è pari a 17.76 mm rispetto al target A08 posto sulla colonna all'altra estremità del medesimo portale.

Dall'analisi strutturale dell'edificio risulta chiaro che i valori limite per la struttura comportano spostamenti differenziali limite fra le due colonne opposte del medesimo portale, in termini assoluti rispetto alla misura di zero iniziale, compresi fra:

35.8 mm per i portali centrali

17.7 mm per il portale di estremità

### 6.2.2 Definizione delle nuove soglie

Sulla base di quanto emerso dall'analisi strutturale dell'edificio, con due valori limite differenti per i portali posti al centro dell'edificio e per quello al margine della parte di edificio intelaiata, si è previsto di interpolare linearmente il limite per i portali intermedi. Si sono quindi assunti i limiti per le soglie di attenzione e di allarme per i diversi portali quali riportati nella seguente tabella 6-3:

Miniprismi estremi portale	Soglia di attenzione	Soglia di allarme
MP04-MP24 MP05-MP23	30 mm	35 mm
MP03-MP25 MP06-MP22	24 mm	29 mm
MP02-MP26 MP07-MP21	18 mm	23 mm
MP01-MP27 MP08-MP20	12 mm	17 mm

*tabella 6-3: Soglie di attenzione ed allarme per i cedimenti differenziali nei portali*

Per quanto riguarda l'estremità ovest dell'edificio, il portale di ingresso in muratura poco coinvolto dai sollevamenti prodotti dai trattamenti jet grouting, valgono le medesime soglie già fissate per gli edifici in muratura nella relazione di monitoraggio relativa al monitoraggio di superficie (rif. [6.]), e cioè:

PARAMETRO DI RIFERIMENTO	DEFINIZIONE VALORE	VALORE
Rapporto di inflessione (-) $\Delta/L$	valore atteso	$\leq \pm 1/2000$
	valori di attenzione	$> \pm 1/2000$ e $\leq \pm 1/1000$
	valori di allarme	$> \pm 1/1000$

*tabella 6-4: Valori attesi, di attenzione e di allarme del rapporto di inflessione*



## 7. RIPRISTINO DEGLI STRAIN GAUGE DANNEGGIATI

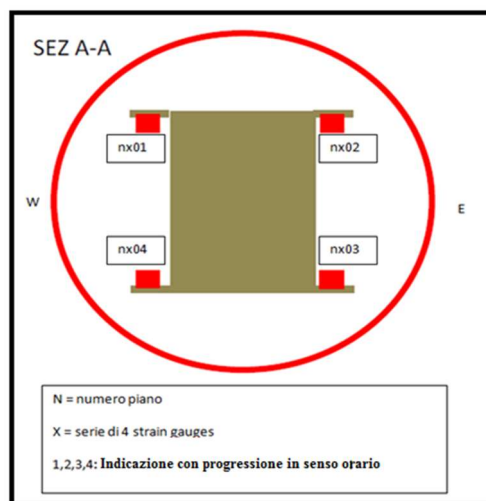
### 7.1 PREMESSA

Come già anticipato, un elevato numero di strain gauge ha evidenziato, già dopo poco più che 3 anni dalla interruzione delle misure, valori non riconducibili a reali stati di deformazione delle strutture di contrasto su cui erano applicati. Alla ispezione diretta per la sostituzione degli strumenti, è risultato che la struttura metallica in corrispondenza dei punti di saldatura degli strumenti era stata fortemente aggredita dalla ruggine.

Sostituiti gli strumenti si è posto il problema del ripristino della continuità dei dati in modo da proseguire correttamente il monitoraggio una volta che le attività di realizzazione del pozzo nord venissero riprese. In questo capitolo si espongono i criteri all'epoca seguiti per questa attività di ripristino e si precisano i valori di sollecitazione a tale scopo indicati.

Si deve però innanzitutto evidenziare alcune particolarità.

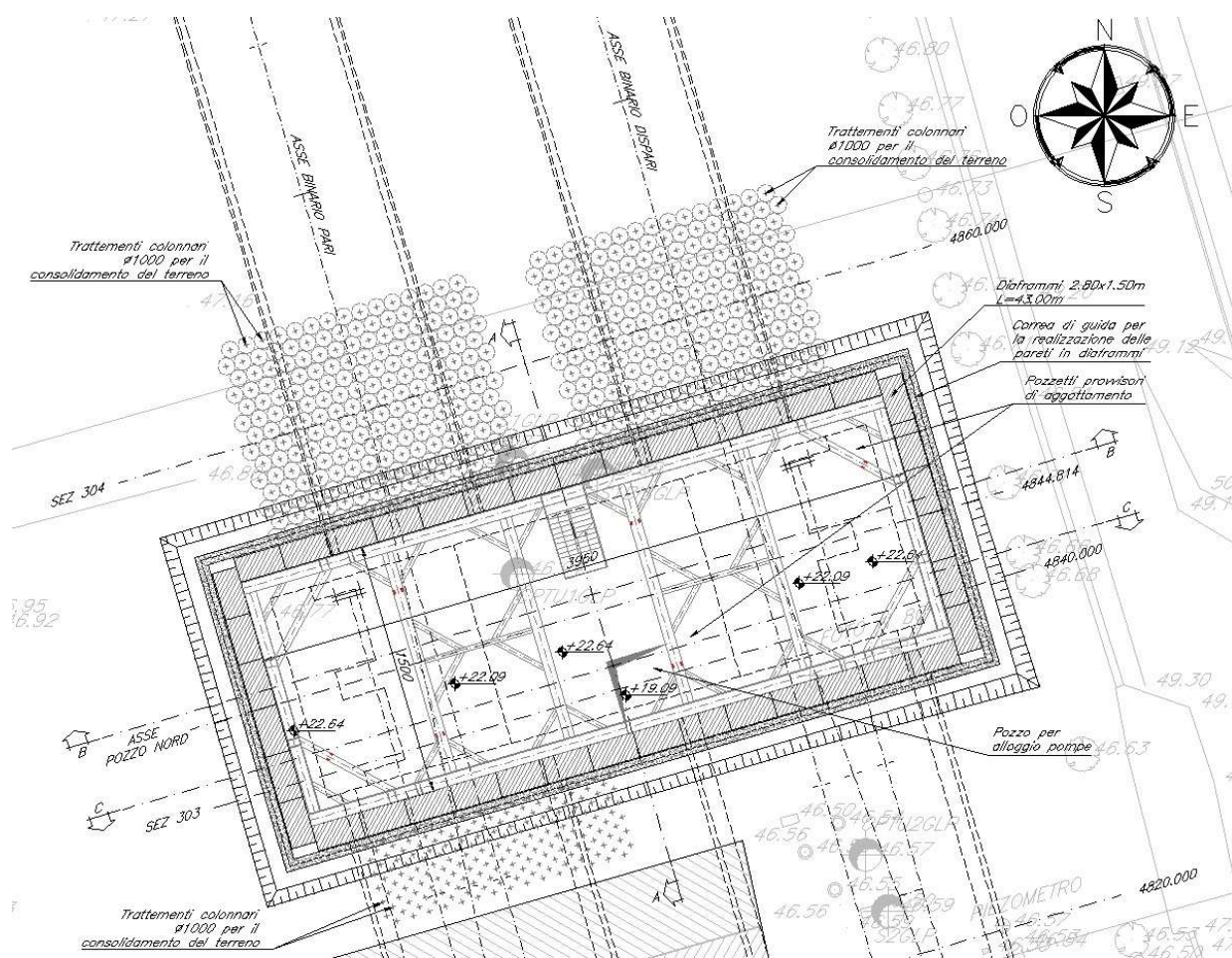
Nella figura 7.1, già presentata nei capitoli precedenti, è schematicamente rappresentata la generica sezione di misura con la posizione dei 4 strain gauge utilizzati per la determinazione del carico assiale agente. La relazione di calcolo delle centine (rif. [4.]) oggetto del monitoraggio evidenzia che, a causa dei momenti flettenti agenti non solo nel piano verticale, dovuti al peso proprio della stessa struttura di contrasto, ma anche nel piano orizzontale, questi ultimi anche di entità più rilevante, le sollecitazioni previste nei 4 punti di misura sono tutt'altro che uniformi. Al contrario, passando da un punto all'altro nella sezione, le sollecitazioni si presentano variabili dalla compressione alla trazione. Pertanto nel determinare il valore di partenza da attribuire allo strumento sostitutivo al fine di mantenere una corretta continuità delle misure ai fini del monitoraggio dell'opera si deve tenere conto di tale circostanza.



*figura 7.1: Schema posizione strain gauge nella sezione*

Un secondo aspetto da considerare è che le condizioni al contorno reali sono molto diverse da quelle necessariamente semplificate utilizzate nella relazione di calcolo. Lungo il contorno della struttura sono stati infatti realizzati interventi di consolidamento del terreno funzionali al previsto ingresso ed uscita della fresa nel pozzo nord. Come si vede dalla pianta in figura 7.2, sul lato nord del pozzo sono presenti due aree molto estese interessate da interventi colonnari  $\phi$  1000 mm profondi ben 29 m. Sul lato sud è presente una sola area di intervento con analoghi trattamenti colonnari posta sul tracciato della galleria pari. Questa in pianta si presenta di estensione più limitata rispetto alle altre per la presenza di un edificio, ma essendo le perforazioni in questo caso inclinate, l'effetto di questo trattamento può considerarsi analogo a quello degli interventi presenti sul lato nord.





**figura 7.2: pianta pozzo nord con le aree trattate con elementi colonnari**

Questa configurazione reale produce certamente effetti molto diversi, e soprattutto fortemente disomogenei, rispetto alla configurazione di calcolo che cautelativamente trascura la presenza di questi consolidamenti ed ipotizza un contributo delle spinte uniforme lungo tutto il perimetro dell'opera.

Un ulteriore elemento che aumenta la complessità del processo di interpretazione e ricostruzione dei dati è la circostanza che, a causa dei noti problemi connessi con lo smaltimento delle terre, il materiale di scavo è stato per lungo tempo accatastato in prossimità del lato nord della struttura, e parzialmente in prossimità del lato est. La presenza di questo carico, non previsto nella analisi di calcolo, e della cui movimentazione nel tempo non si hanno informazioni, anche in presenza dei trattamenti colonnari non può comunque non avere introdotto ulteriori elementi di complessità in una situazione già di per sé notevolmente complicata.

Queste premesse hanno fortemente condizionato i criteri utilizzati per definire i valori iniziali di sollecitazione da assegnare a ciascuno dei nuovi sensori installati. Tali criteri possono riassumersi in:

- A. invarianza dei momenti nel piano verticale; essendo questi determinati unicamente dal peso proprio della struttura, e quindi invariati nel periodo di sosta degli scavi, si può ritenere che la differenza di sollecitazione fra strain gauge posti sulla stessa verticale della sezione, sia uguale alla differenza di sollecitazione fra strain gauge posti sulla verticale opposta;
- B. la sollecitazione assiale media negli elementi di contrasto, considerate le caratteristiche di simmetria della sezione e del posizionamento dei sensori di misura, può essere determinata, anche se con minore precisione, anziché dalla media dei quattro sensori, dalla media fra sensori posti sulla medesima diagonale, cioè la media fra i sensori 01 – 03 oppure fra i sensori 02 – 04;
- C. criterio di cautela: nell'analisi della situazione pregressa, in presenza di incongruenze nelle misure si è dato maggior credito a quelle che massimizzano le sollecitazioni di compressione, che costituiscono il principale effetto dello scavo, e sono stati generalmente penalizzati gli strumenti che successivamente

sono risultati danneggiati, in quanto non è possibile determinare in che misura vi fosse già un effetto dovuto alla presenza di ruggine in corrispondenza dei punti di saldatura degli strumenti.

Si precisa che nel seguito si farà riferimento alle sollecitazioni più che alla deformazione unitaria, che è la misura restituita dallo strumento. Nel caso in esame, dato il tipo di strumento utilizzato, a corda vibrante, ciò è del tutto corretto. Infatti, come già precisato nel paragrafo 6.1, lo strumento in questione restituisce valori direttamente proporzionali alla sollecitazione e non alle deformazioni. Ciò a differenza degli strain gauge elettrici per i quali, per passare dalle deformazioni unitarie alle sollecitazioni agenti occorre tenere conto delle variazioni termiche.

### **7.1.1 Fasi costruttive**

Qui di seguito si sintetizzano le date che hanno scandito le successive fasi costruttive sviluppate fino ad oggi:

14.06.2012	Installazione e misura di zero strain gauge sul 1° livello di contrasti (centina D)
31.08.2012	inizio scavo al di sotto del 1° contrasto (sotto quota 45.0 m s.l.m.)
22.11.2012	termine scavo a quota 35.40 m s.l.m.
30.11.2012	Installazione e misura di zero strain gauge sul 2° livello di contrasti (centina C)
03.12.2012	inizio scavo sotto quota 35.40 m s.l.m.
12.03.2013	fine scavo a quota 29.00 m s.l.m.

Il 12/03/2013 è stata effettuata l'ultima misura sugli strain gauge dei due ordini di contrasti installati, in attesa di riprendere le misure dopo l'installazione del terzo ordine di contrasti, centina B, e la successiva prosecuzione degli scavi. In seguito sono state effettuate ulteriori due misure

Le successive misure sono state effettuate nel luglio e poi ad ottobre 2016 subito prima della sostituzione degli strain gauge fuori uso.

## **7.2 ANALISI DEI RISULTATI LIVELLO 1 - CENTINA D**

### **7.2.1 Contrasto diagonale ovest**

Nella seguente figura 7.3 si riportano i valori delle sollecitazioni lette sugli strain gauge installati sul puntone diagonale posto in corrispondenza della estremità ovest del Pozzo nord. Qui come nel prosieguo le indicazioni "Serie1, Serie2, ..." indicano rispettivamente i sensori "01, 02, ..." disposti nella sezione nell'ordine quale indicato nella figura 7.1. Si precisa che l'ordine con cui sono stati denominati i sensori presuppone di osservare la figura sempre verso nord, ad entrambe le estremità dei puntoni centrali.

Le sollecitazioni sono state calcolate semplicemente moltiplicando la deformazione unitaria rispetto allo zero per il modulo elastico dell'acciaio assunto pari a 206'000 MPa.

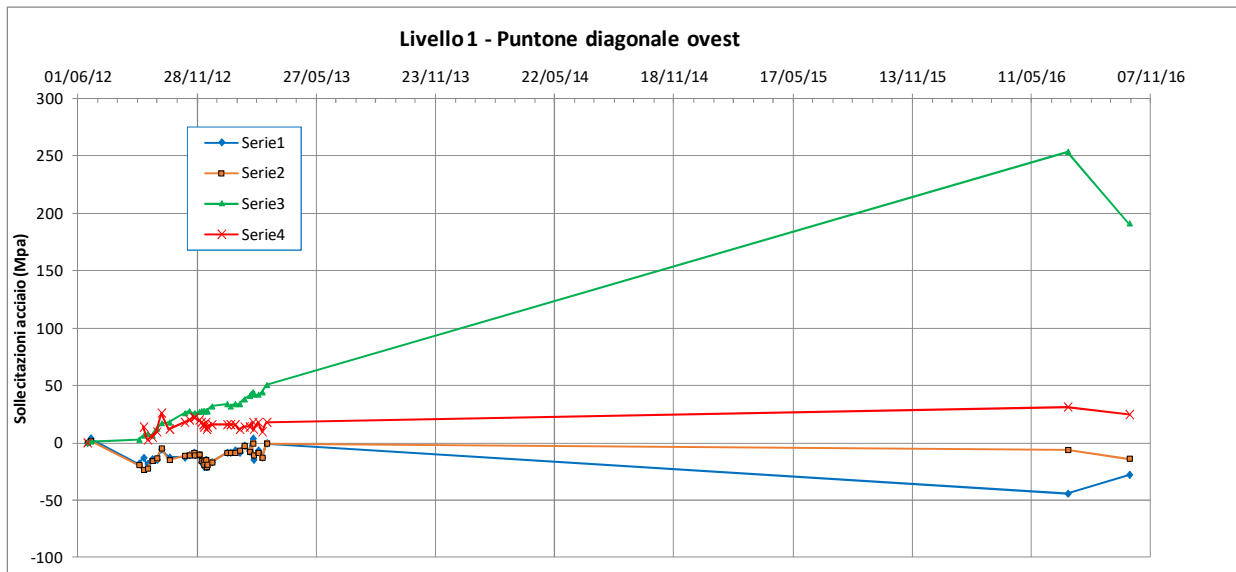


figura 7.3: Puntone diagonale ovest – diagramma delle sollecitazioni dei singoli strain gauge

Lo strain gauge 03 presenta valori di epsilon, nel grafico tradotti nelle corrispondenti sollecitazioni, che non risultano congruenti nell’ambito della sezione in quanto appaiono ben distanti dal soddisfare il principio della conservazione delle sezioni piane su cui si basano le analisi di progetto. Questo sensore, risultato a seguito della ispezione fortemente interessato da ruggine in corrispondenza dei punti di saldatura, è stato successivamente sostituito. Al riguardo si nota tuttavia che già dal dicembre 2012 sembra presentare tracce del successivo distacco dai valori di deformazione letti dagli altri sensori nella sezione.

Nella successiva figura si riportano i diagrammi della media delle sollecitazioni valutata sui 4 sensori e sulle coppie di sensori simmetricamente disposti rispetto al baricentro della sezione. Qui come nel seguito si ha; “Media 1” = media sensori 01-03; “Media 2” = media sensori 02-04. Per maggior chiarezza di lettura il diagramma è limitato al periodo di attività dello scavo.

Si precisa che i segni delle sollecitazioni seguono la convenzione classica per cui agli sforzi di compressione sono associati valori negativi e valori positivi corrispondono a sforzi di trazione.

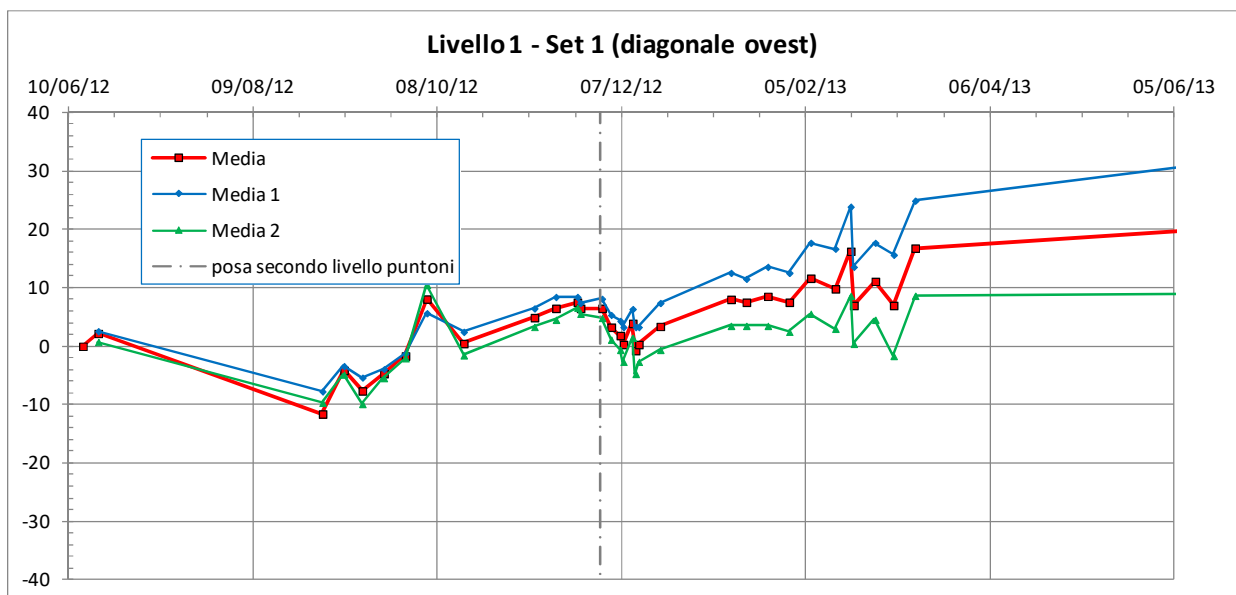


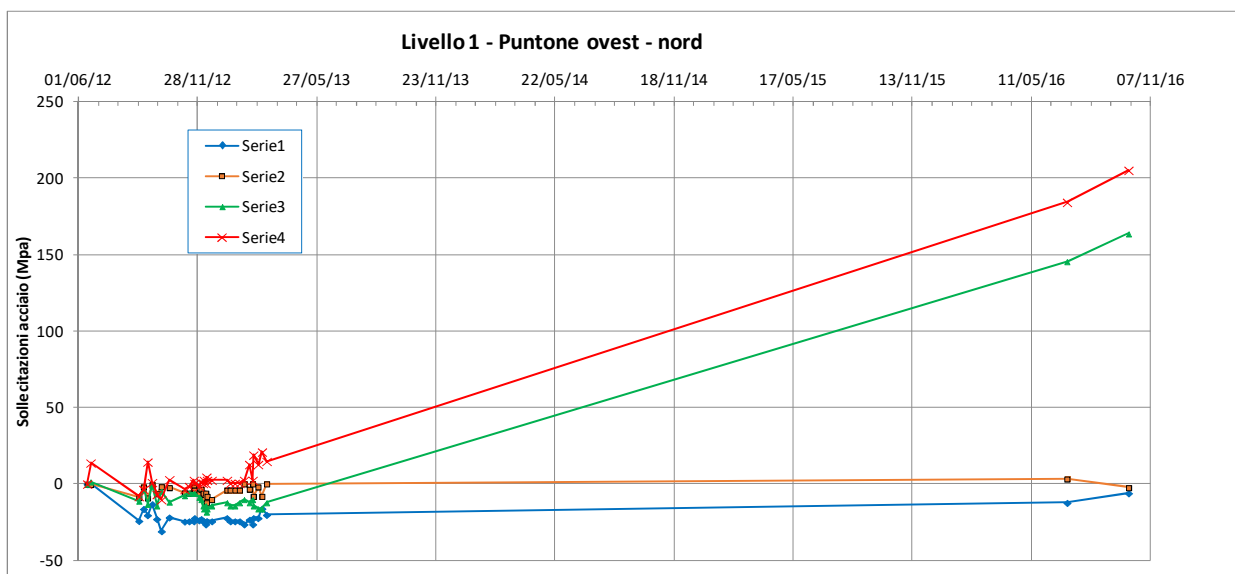
figura 7.4: Puntone diagonale ovest – Medie valutate sui 4 sensori e sulle coppie di sensori

I diagrammi della figura 7.4 mostrano un andamento fra loro coerente delle tre medie fino al dicembre 2012, dopo di che divergono sensibilmente. Ciò si ritiene attribuibile al difetto riscontrato poi nel sensore 03 e che ha portato alla sua sostituzione.

Si nota altresì che dopo un andamento iniziale di aumento della compressione nel contrasto, a partire dalla fine di settembre 2012 si ha una inversione della tendenza tanto che i grafici terminano in zona di trazione. Ciò appare spiegabile per il concomitante effetto di due cause: da una parte la ridotta entità delle spinte reali, a causa della presenza dei trattamenti colonnari nel terreno a monte dei diaframmi, dall'altra la variazione di temperatura che, come risulta dalle parallele misure termometriche in corrispondenza dei sensori 01 e 03, si è abbassata fino ad oltre 30° centigradi al di sotto del valore rilevato al momento della effettuazione della misura di zero nel dicembre 2012 rimanendo poi costantemente al di sotto di tale valore iniziale di almeno una quindicina di gradi. L'accorciamento conseguente del contrasto, unito ad un impedimento alla contrazione prodotto dal pur modesto vincolo prodotto dal peso proprio del contrasto stesso può avere dato luogo alla leggera tensione registrata. Ovviamente tale considerazione si riferisce in particolare al diagramma individuato come "Media 2" in quanto, come si è già detto, la media e la Media 1 sono inficiate dal non corretto funzionamento del sensore 03. Questo effetto di trazione viene ulteriormente incrementato dopo la posa e l'entrata in funzione del secondo livello di contrasto in quanto il procedere dello scavo tende a fare gravare la sia pur ridotta spinta del terreno sul contrasto più basso alleggerendo l'azione su quello superiore.

### 7.2.2 Contrasto ovest – estremo nord

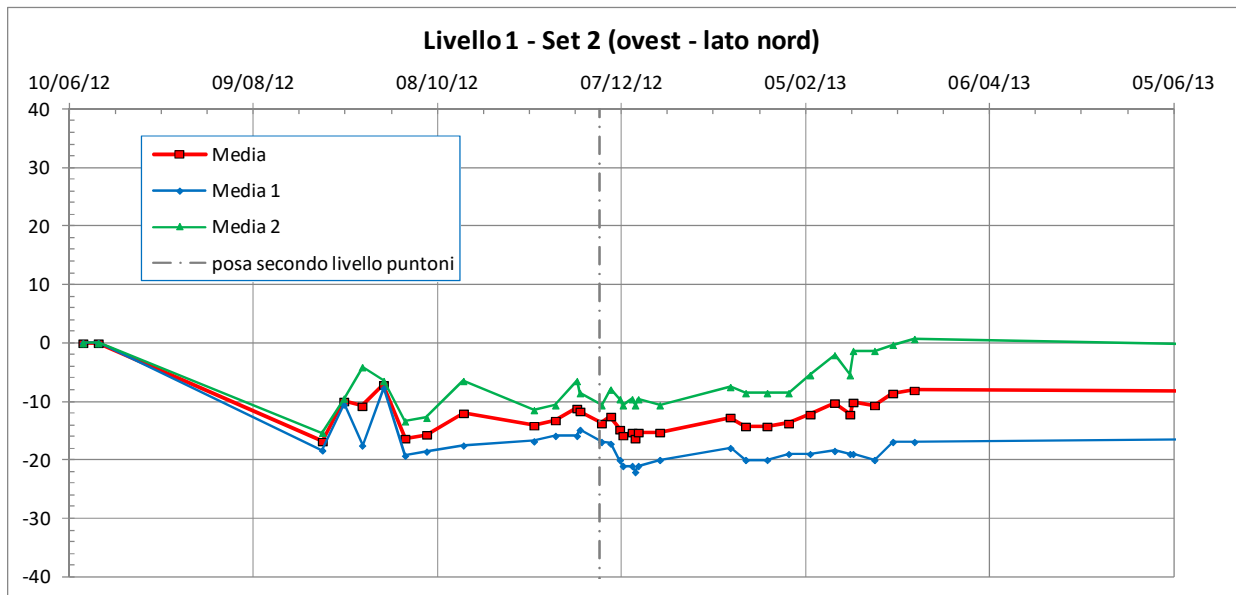
Nella figura seguente sono rappresentate le sollecitazioni lette sulla sezione di misura.



**figura 7.5: Puntone ovest – estremità nord - diagramma delle sollecitazioni dei singoli strain gauge**

In questo caso si riscontra che ben due sensori, entrambi posizionati sulla piattabanda inferiore, presentano valori di deformazione, qui tradotta in sollecitazione, non compatibili con un possibile stato tensionale reale. Entrambi i sensori sono stati sostituiti.

Nella figura successiva si riportano i diagrammi della media delle sollecitazioni valutata sui 4 sensori e sulle coppie di sensori simmetricamente disposti rispetto al baricentro della sezione.

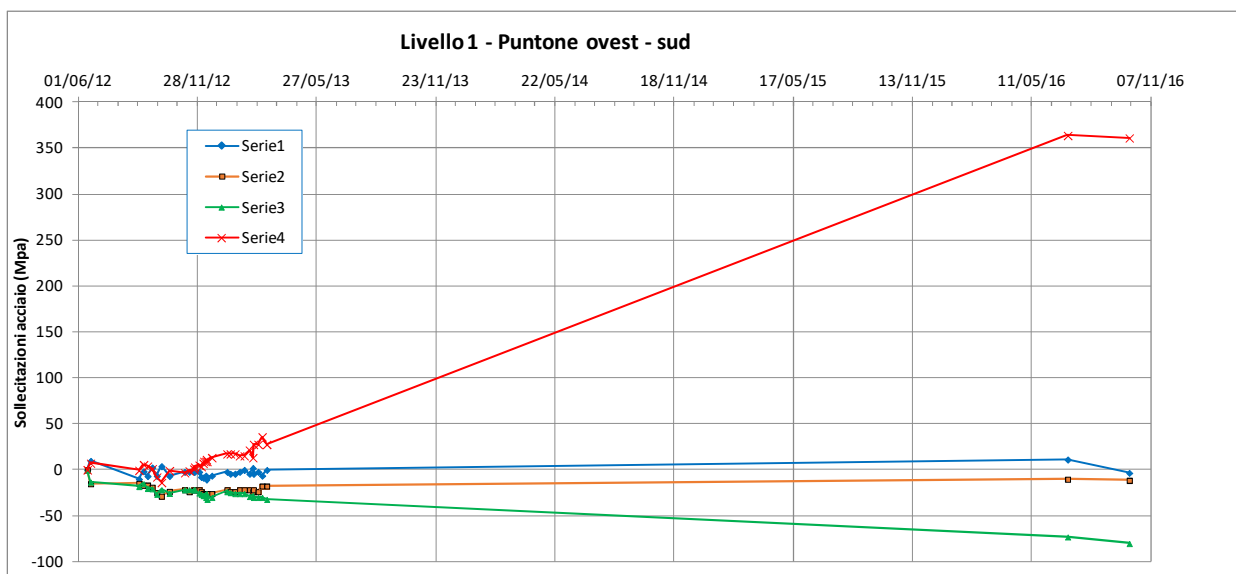


*figura 7.6: Puntone ovest – estremità nord - Medie valutate sui 4 sensori e sulle coppie di sensori*

In questo caso le sollecitazioni restano costantemente di compressione, anche se si attenuano nel tratto terminale dei diagrammi. Questa riduzione della compressione può dipendere, come accennato nel paragrafo precedente, ad una riduzione della spinta sul contrasto superiore una volta che entra in funzione il contrasto sottostante.

### 7.2.3 Contrasto ovest – estremo sud

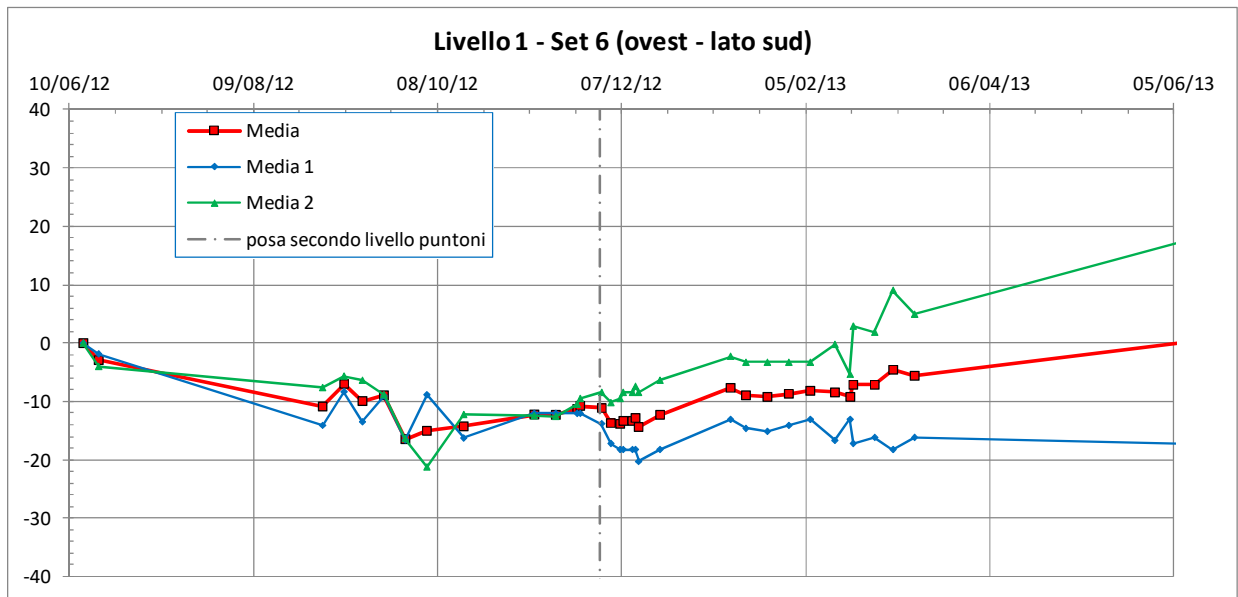
Le sollecitazioni lette sono riportate in grafico nella seguente figura 7.7.



*figura 7.7: Puntone ovest – estremità sud - diagramma delle sollecitazioni dei singoli strain gauge*

Dalla figura si evidenzia come il sensore 04 risulti evidentemente incoerente nei valori misurati nel corso dello stato di consistenza. Si è anche in questo caso riscontrato un problema di ruggine in corrispondenza dei punti di saldatura ed è stato sostituito. Dall’andamento del diagramma a partire dalla fine del novembre 2012 si può ipotizzare che già in detta fase fossero iniziati fenomeni di attacco della ruggine.

E’ stato inoltre sostituito il sensore 03, anche se forniva dati coerenti, in quanto accidentalmente danneggiato nel corso dell’attività di ripristino.

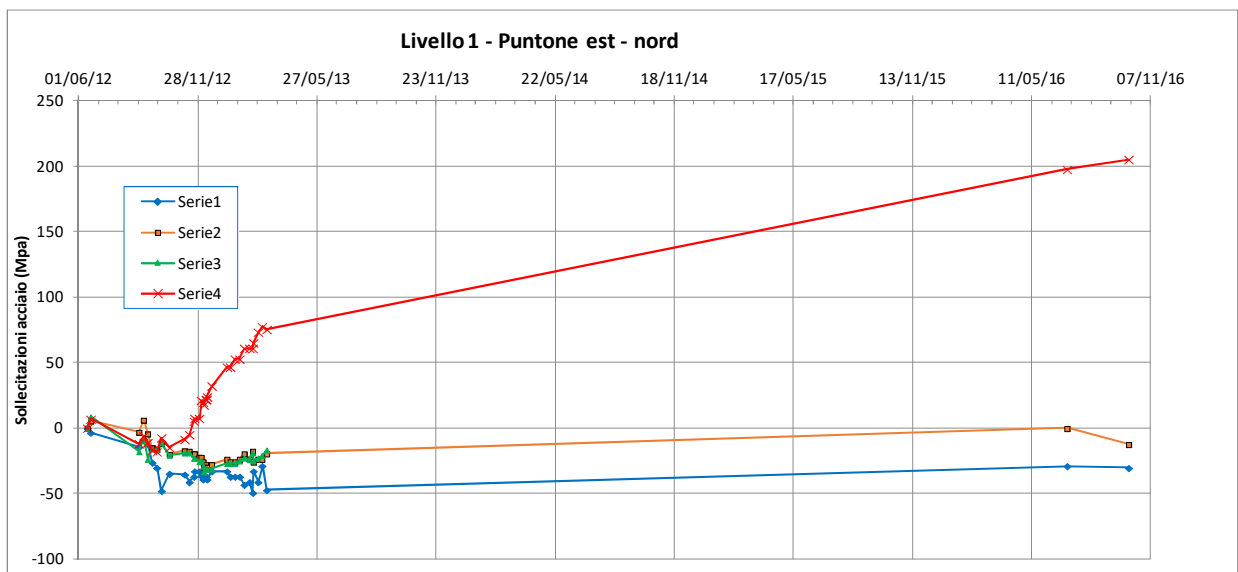


*figura 7.8: Puntone ovest – estremità sud - Medie valutate sui 4 sensori e sulle coppie di sensori*

L’andamento delle medie sembra confermare l’ipotesi che a partire dal mese di dicembre 2012 le misure sul sensore 04 siano affette da errore; infatti a partire da tale momento le tre medie divergono, con la Media 2 che si sviluppa verso la zona della trazione a differenza della Media 1 che rimane su valori di compressione pressoché costanti.

### 7.2.4 Contrasto est – estremo nord

Le sollecitazioni lette sono riportate in grafico nella seguente figura 7.9:



*figura 7.9: Puntone est – estremità nord - diagramma delle sollecitazioni dei singoli strain gauge*

Dalla figura si evidenzia la deviazione del grafico relativa al sensore 04, poi sostituito, già a partire dalla fine di novembre 2012.

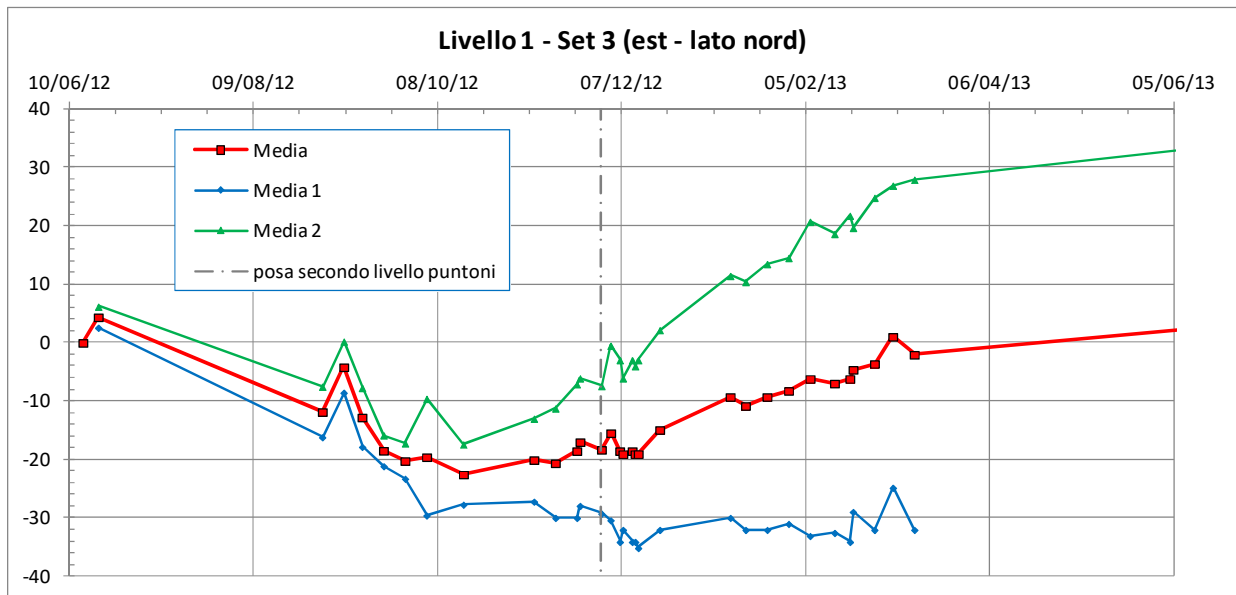


figura 7.10: Puntone est – estremità nord - Medie valutate sui 4 sensori e sulle coppie di sensori

L’andamento delle medie conferma il cattivo funzionamento del sensore 04 a partire dal novembre 2012. Si farà pertanto riferimento alla sola Media 2 al fine di stabilire la continuità delle misure.

### 7.2.5 Contrasto est – estremo sud

I diagrammi delle sollecitazioni sono rappresentati nella seguente figura 7.11

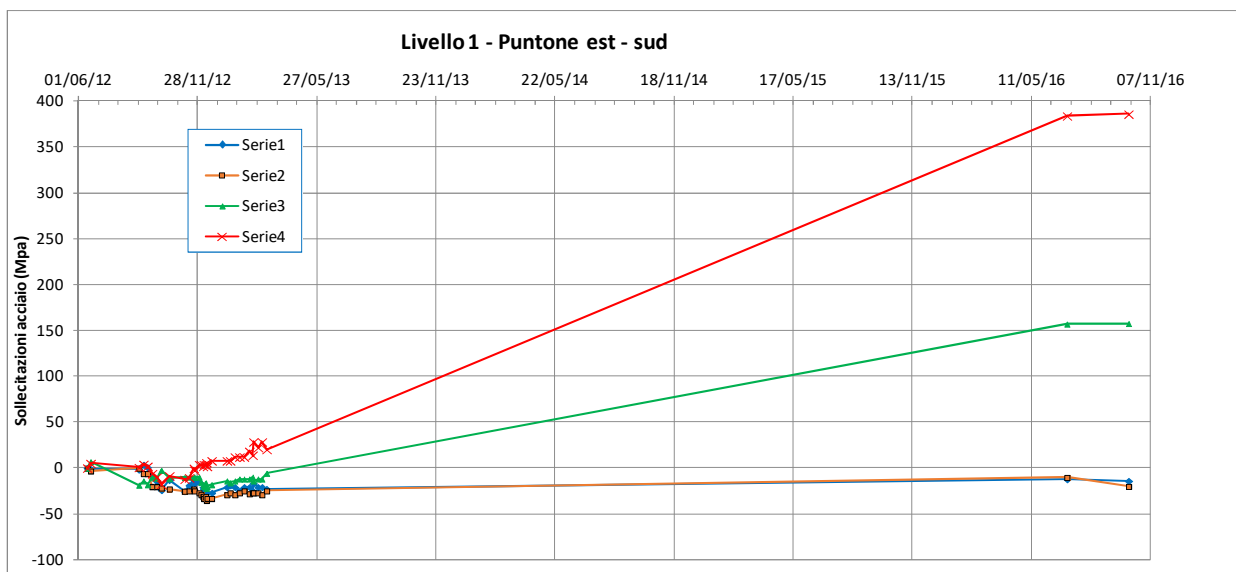


figura 7.11: Puntone est – estremità sud - diagramma delle sollecitazioni dei singoli strain gauge

I sensori 04 e 03 risultano entrambi danneggiati, il primo forse già a partire dalla fine del 2012.

Nella figura 7.12 sono rappresentate le medie delle sollecitazioni.



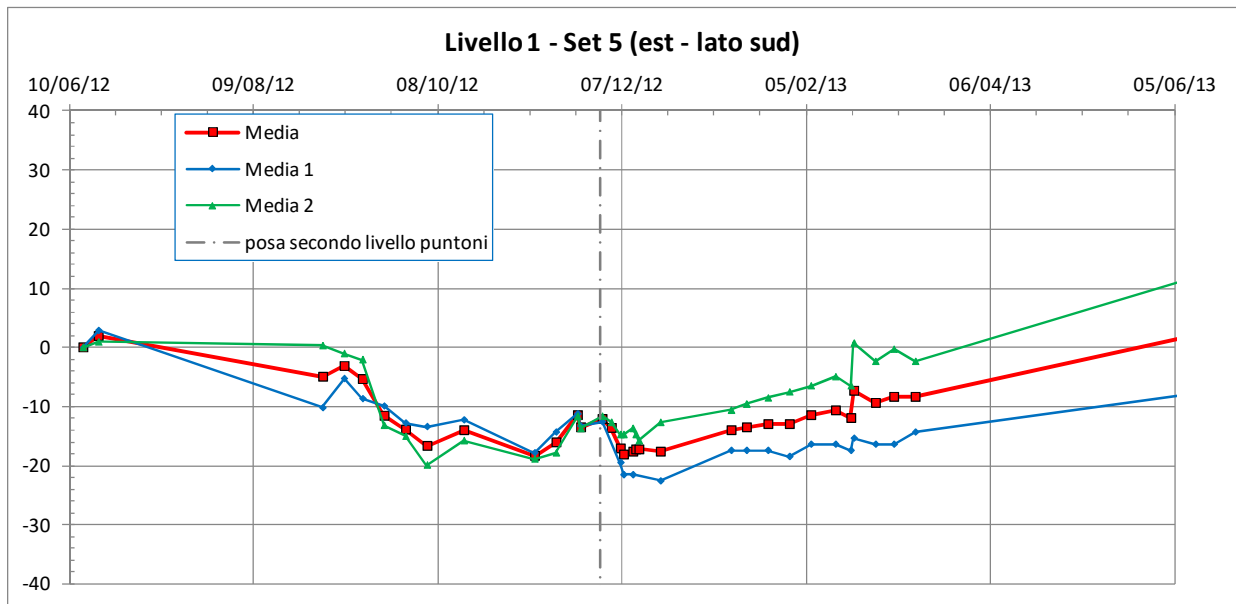


figura 7.12: Puntone est – estremità sud - Medie valutate sui 4 sensori e sulle coppie di sensori

La Media 1 risulta più attendibile della Media 2 che, come si evinceva dalla figura precedente, per effetto del sensore 04 divergeva precocemente verso poco plausibili valori di trazione.

### 7.2.6 Contrasto diagonale est

I valori di deformazione, tradotti qui nelle equivalenti sollecitazioni, sono rappresentati nella seguente figura 7.13.

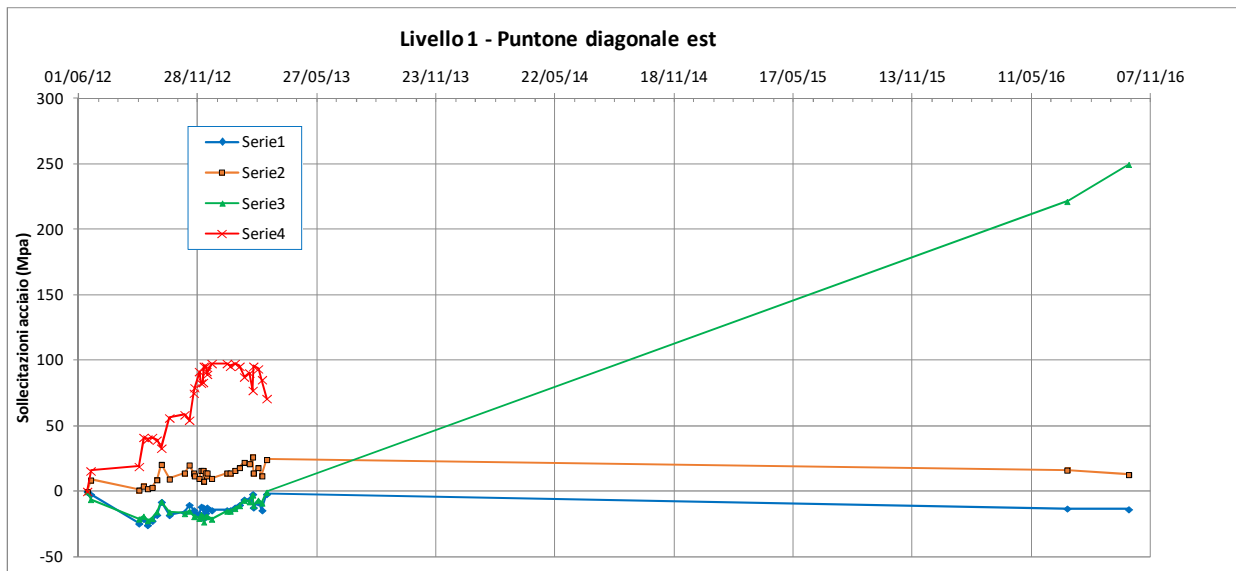


figura 7.13: Puntone diagonale est – diagramma delle sollecitazioni dei singoli strain gauge

Dal diagramma si evidenzia come il sensore 04 fin dall’origine presentasse misure distanti dalle previsioni. Il sensore 03 viceversa ha fornito risultati congruenti con quello dei sensori adiacenti nel periodo di misure attive ed è risultato danneggiato solo nel corso del recente stato di consistenza. Si fa presente che ai fini della determinazione delle medie si è fatto riferimento come valore di zero non alla prima serie di misure del 14/06/2012 ma alla successiva del 16/06/2012. Ciò in quanto il grosso salto presente fra la misura di zero e la successiva, prima ancora che fossero davvero iniziate le attività di scavo fanno ritenere possa trattarsi di una ancora non perfetto contatto fra la struttura di contrasto e la paratia di diaframmi.



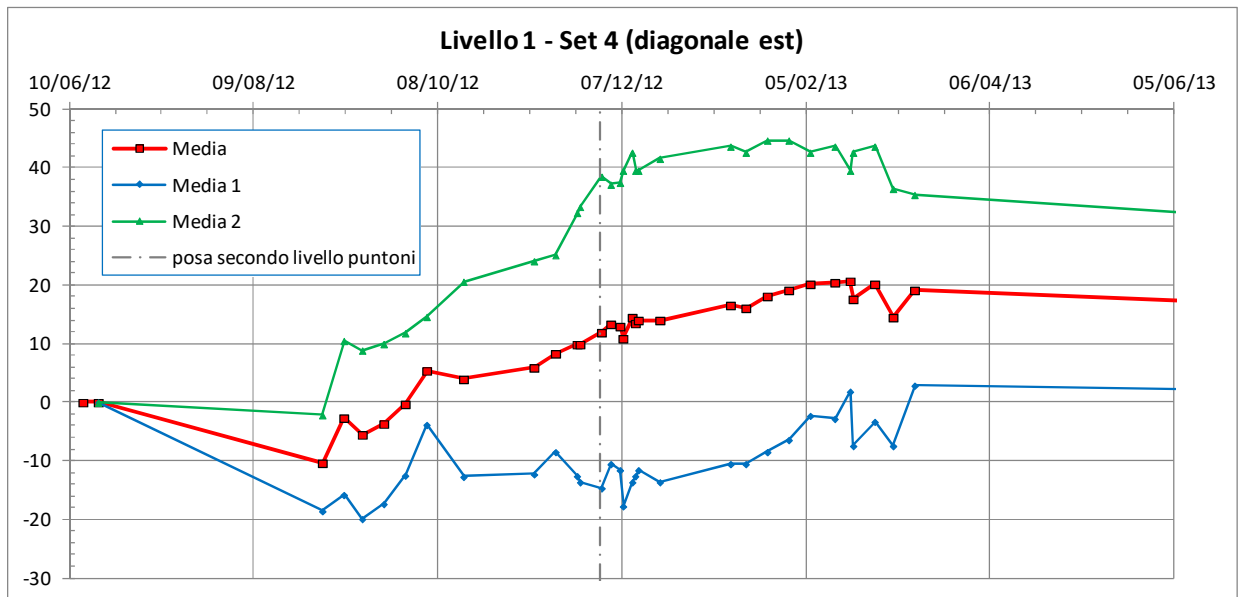


figura 7.14: Puntone diagonale est - Medie valutate sui 4 sensori e sulle coppie di sensori

Il grafico Media 2, per effetto del cattivo funzionamento del sensore 04, e di conseguenza anche la media dei 4 sensori, risultano non compatibili con la situazione reale a differenza della Media 1, basata sui sensori 01 e 03 che, tranne forse nell’ultima parte del diagramma, fornisce valori credibili e coerenti con quelli riscontrati nelle altre sezioni.

### 7.3 LIVELLO 2 – CENTINA C

#### 7.3.1 Contrasto diagonale ovest

I valori delle sollecitazioni sul contrasto diagonale posto alla estremità ovest del secondo livello di contrasti sono riportati nella seguente figura 7.15.

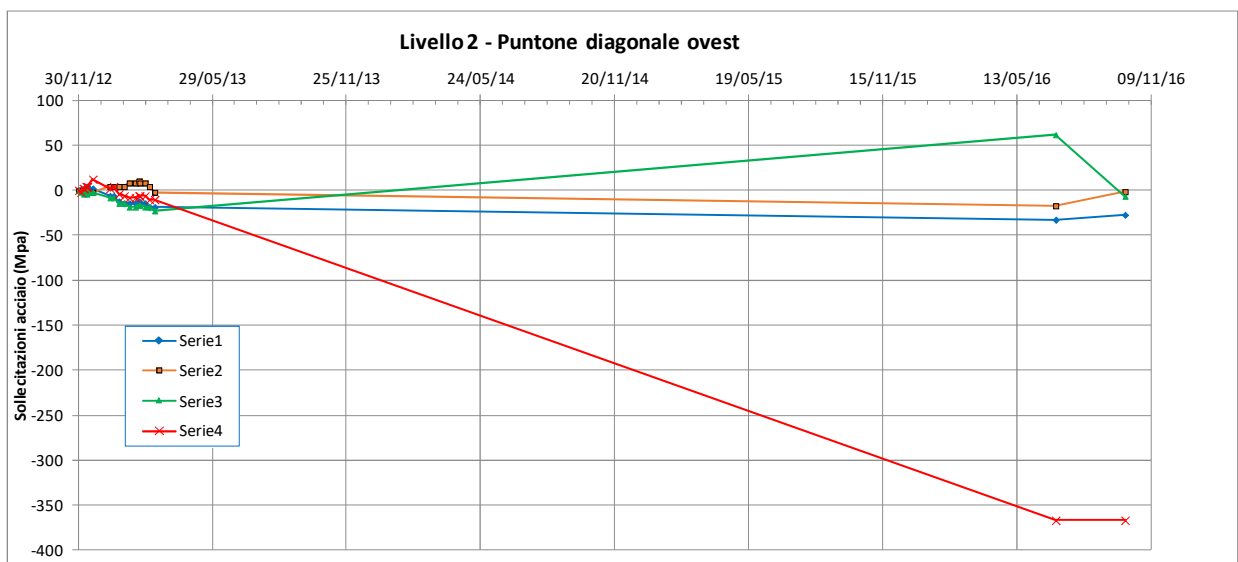
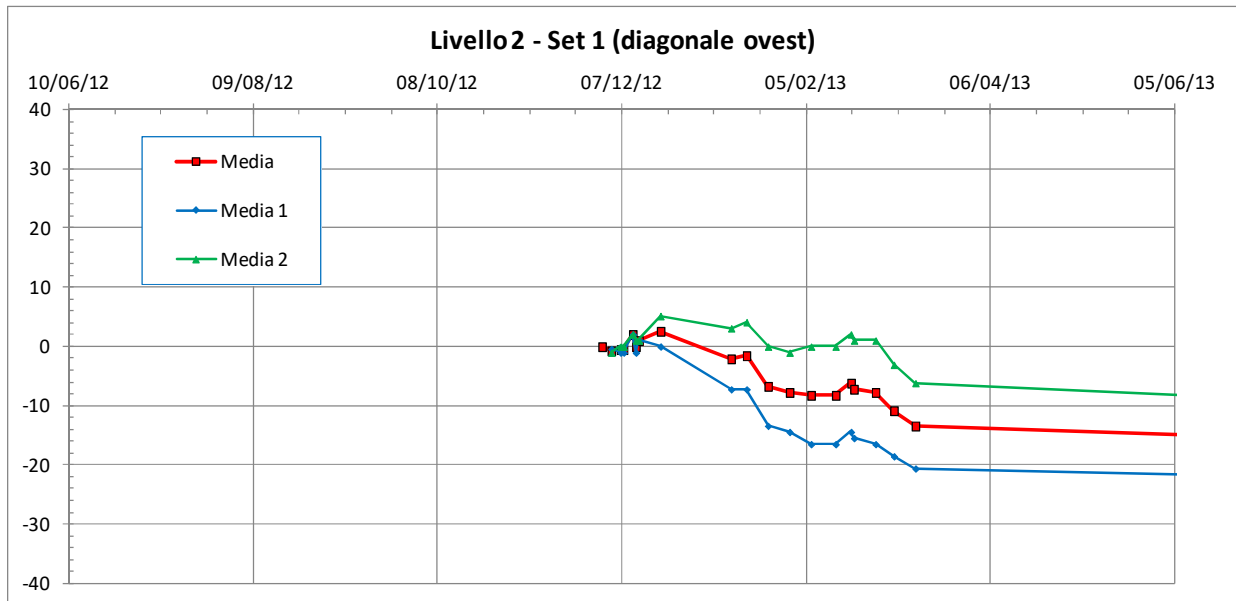


figura 7.15: Puntone diagonale ovest – diagramma delle sollecitazioni dei singoli strain gauge

Dalla figura risulta evidente il non funzionamento del sensore 04, risultato allo stato di consistenza affetto da problemi di ruggine nei punti di collegamento alla struttura. Viceversa il sensore 03, che ha presentato un andamento coerente nel corso della fase di attività delle misure, ha fatto registrare solo in concomitanza della misura del luglio 2016 un valore anomalo ed in controtendenza rispetto ai precedenti valori. Nella successiva

misura del 5 ottobre il valore misurato è risultato del tutto coerente con i rimanenti dati del medesimo sensore e degli altri funzionanti correttamente. Qui di seguito si riporta il grafico con i valori delle medie. Per facilitare il confronto con i dati relativi agli strain gauge del primo livello si è mantenuta la medesima scala grafica, e pertanto i grafici partono circa a metà dell'asse dei tempi.

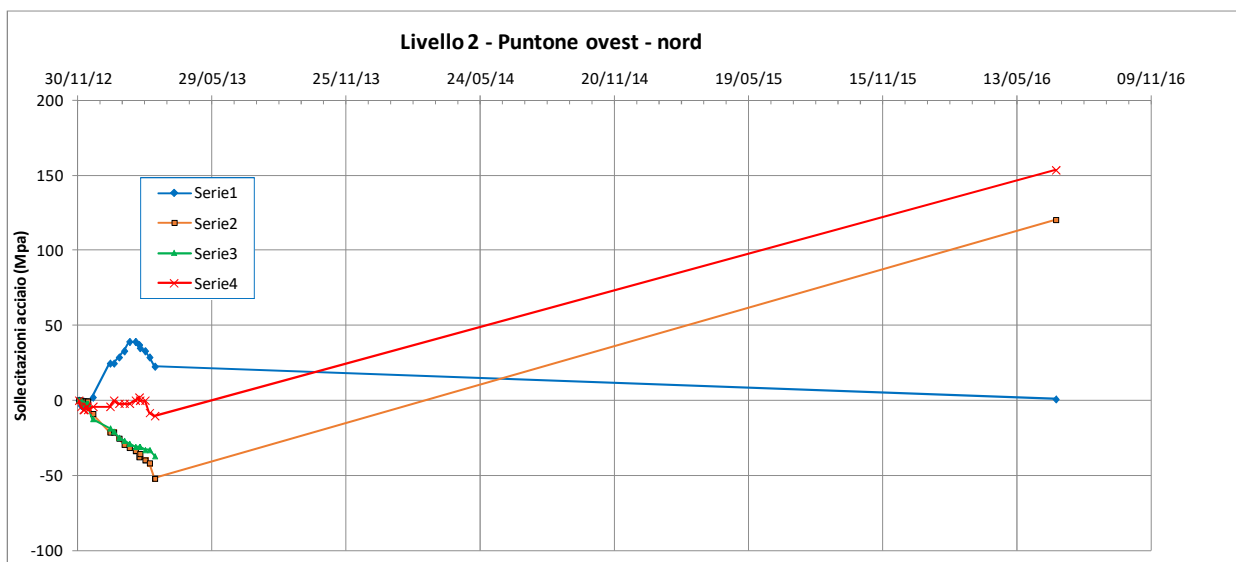


*figura 7.16: Puntone diagonale ovest – Medie valutate sui 4 sensori e sulle coppie di sensori*

Considerata la divergenza fra le diverse medie si farà riferimento alla sola Media 1, che non considera il sensore 04 sostituito a seguito del recente stato di consistenza, in quanto evidentemente più attendibile e congruente. Nell'ambito di tale media si è trascurata la misura anomala del luglio 2016.

### 7.3.2 Contrasto ovest – estremo nord

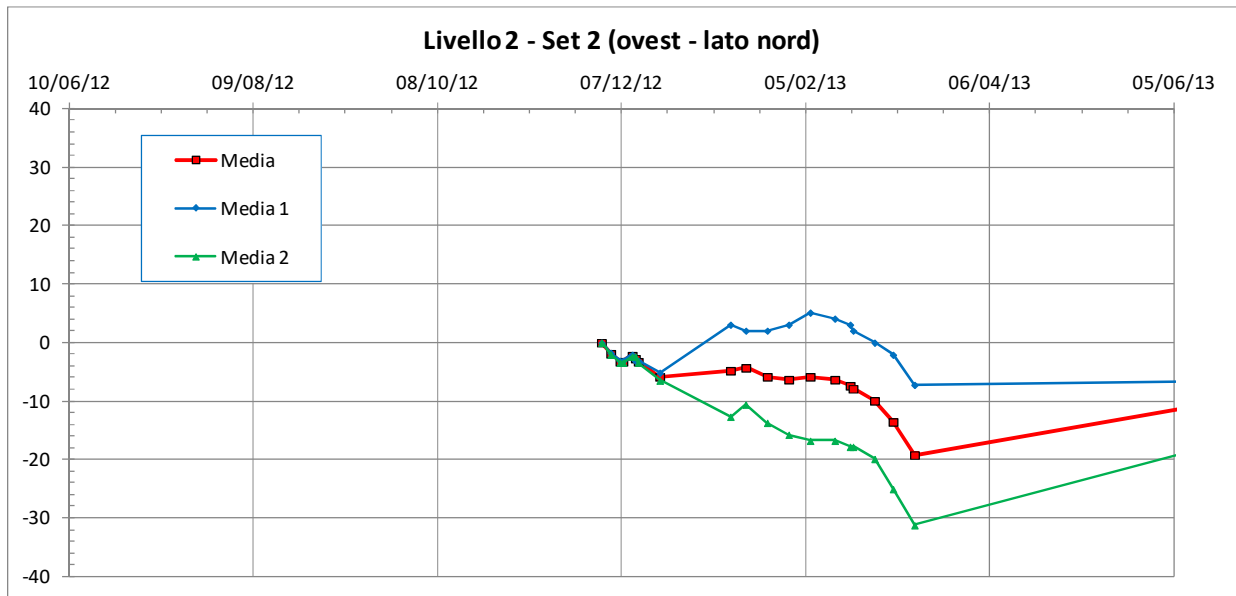
Le sollecitazioni registrate sulla sezione sono riportate nella seguente figura 7.17.



*figura 7.17: Puntone ovest – estremità nord - diagramma delle sollecitazioni dei singoli strain gauge*

I sensori 02 e 04 appaiono nel lungo termine danneggiati mentre le misure precedenti appaiono corrette. Lo stesso dicasi per il sensore 03 che però nel corso dell'ultimo stato di consistenza non ha fornito nessuna misura risultando pertanto danneggiato. Il sensore 01, pur presentando una misura corretta in concomitanza con lo

stato di consistenza del luglio 2016 presenta nel corso della fase attiva delle misure valori di trazione poco compatibili con le condizioni al contorno e con i valori rilevati nei rimanenti sensori.

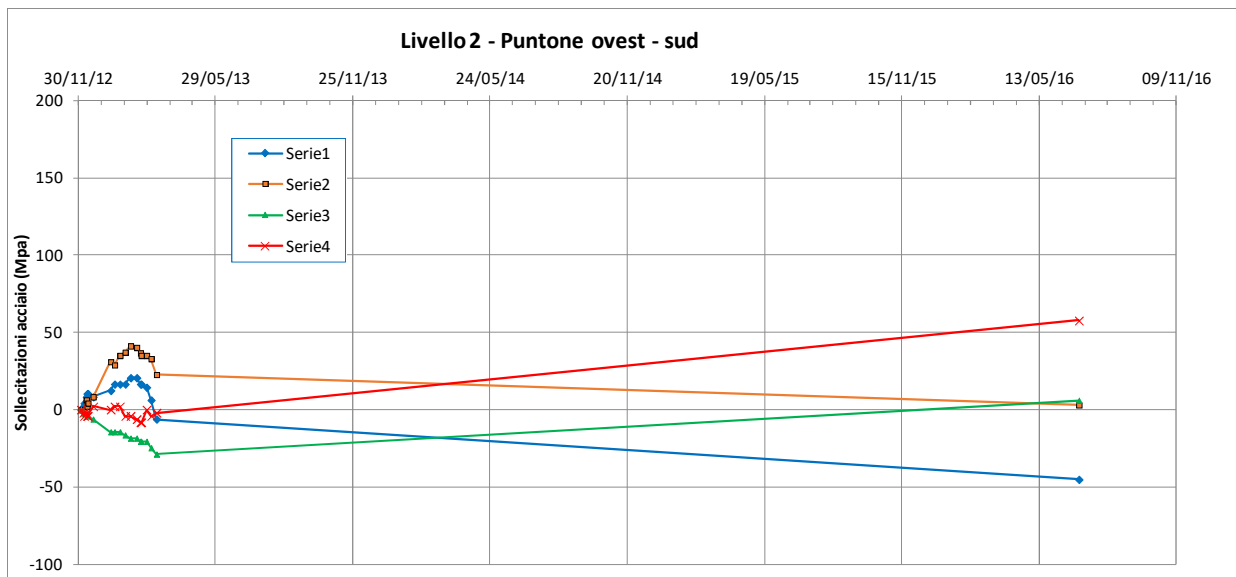


*figura 7.18: Puntone ovest – estremità nord - Medie valutate sui 4 sensori e sulle coppie di sensori*

Pertanto si ritiene di fare affidamento per tutta la fase precedente la sospensione dei lavori sui sensori 02, 03 e 04, e specificamente per determinare lo stato di compressione del contrasto sulla media basata sui sensori 02 e 04. Per lo stato sollecitazione attuale si farà riferimento ai valori di sforzo assiale rilevati sul medesimo contrasto in corrispondenza della estremità sud.

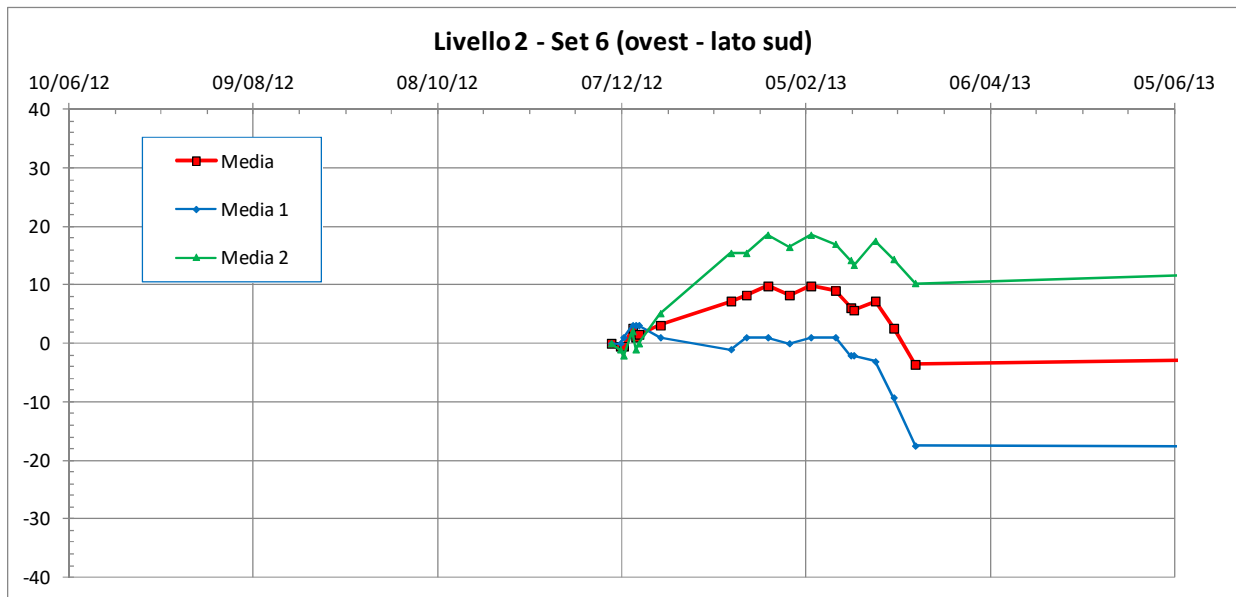
### 7.3.3 Contrasto ovest – estremo sud

I valori delle sollecitazioni rilevati sulla sezione lato sud del contrasto ovest sono riportati nella seguente figura 7.19.



*figura 7.19: Puntone ovest – estremità sud - diagramma delle sollecitazioni dei singoli strain gauge*

La figura mostra come i risultati appaiano all’interno dei valori attesi anche se, nel lungo periodo presentano una evoluzione talvolta in controtendenza con gli andamenti precedenti.

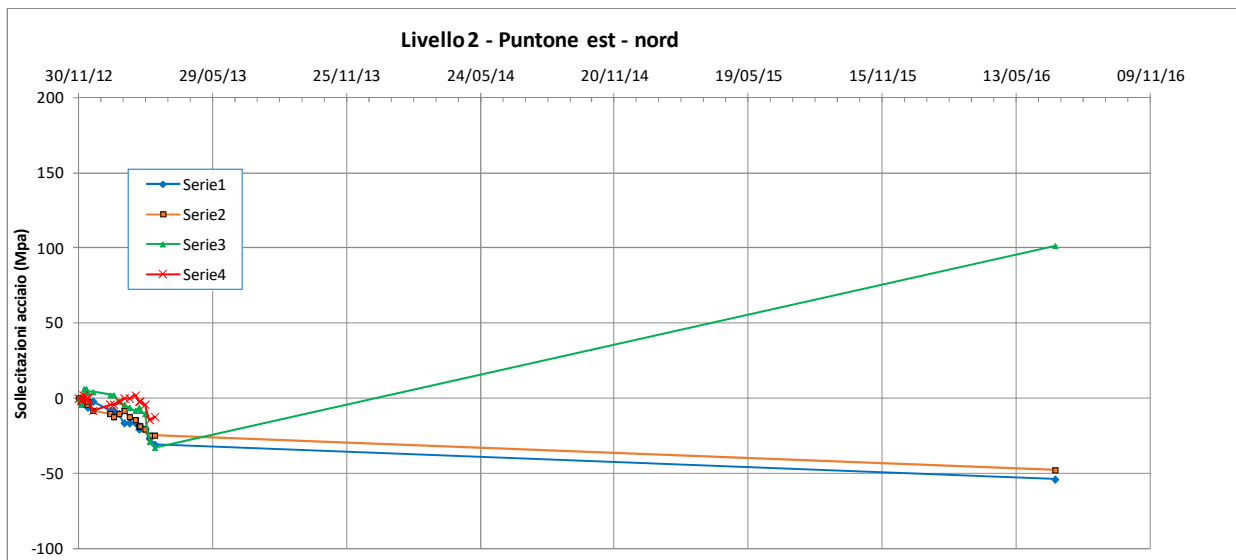


*figura 7.20: Puntone ovest – estremità sud - Medie valutate sui 4 sensori e sulle coppie di sensori*

Il grafico delle medie evidenzia la presenza di valori di trazione poco attendibili sulla diagonale 02-04. Pertanto per la continuità delle misure si farà riferimento ai valori che risultano dalla media dei sensori 01 e 03. Il corrispondente valore di compressione assiale si attribuirà anche ai sensori installati sulla sezione alla estremità nord del medesimo contrasto.

### 7.3.4 Contrasto est – estremo nord

I diagrammi delle sollecitazioni rilevate sono riportati nella seguente figura 7.21



*figura 7.21: Puntone est – estremità nord - diagramma delle sollecitazioni dei singoli strain gauge*

Il sensore 04, che non ha presentato nel corso dell'attività di monitoraggio, alcuna anomalia, è risultato non leggibile nel corso dell'ultimo stato di consistenza. Il sensore 02, regolarmente funzionante durante tutta l'attività di monitoraggio, è stato invece sostituito in quanto è stato accidentalmente danneggiato.

Il sensore 03, che all'esame effettuato in loco per lo stato di consistenza non appariva affetto da problemi, presenta tuttavia una misura al luglio 2016 decisamente anomala e non congruente con gli altri valori registrati sulla medesima sezione. Si ritiene pertanto che vada anch'esso sostituito.

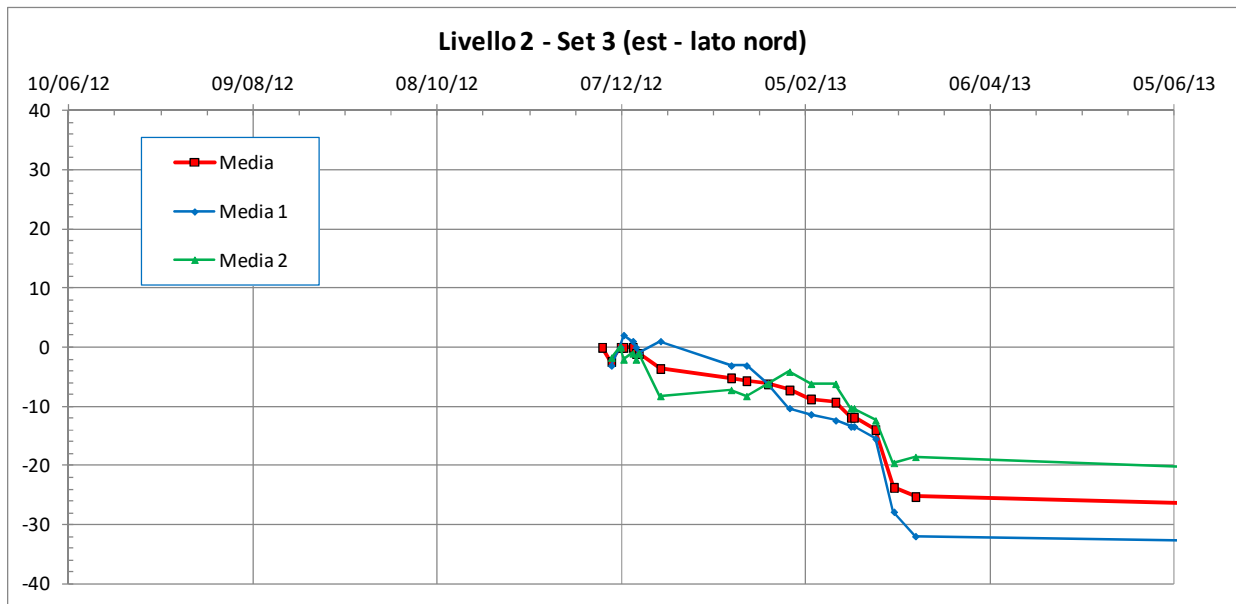


figura 7.22: Puntone est – estremità nord - Medie valutate sui 4 sensori e sulle coppie di sensori

L’andamento delle medie conferma l’andamento congruente delle misure sui diversi sensori nel corso del periodo di attività.

### 7.3.5 Contrasto est – estremo sud

I valori registrati nelle misure sono riportati nella seguente figura 7.23.

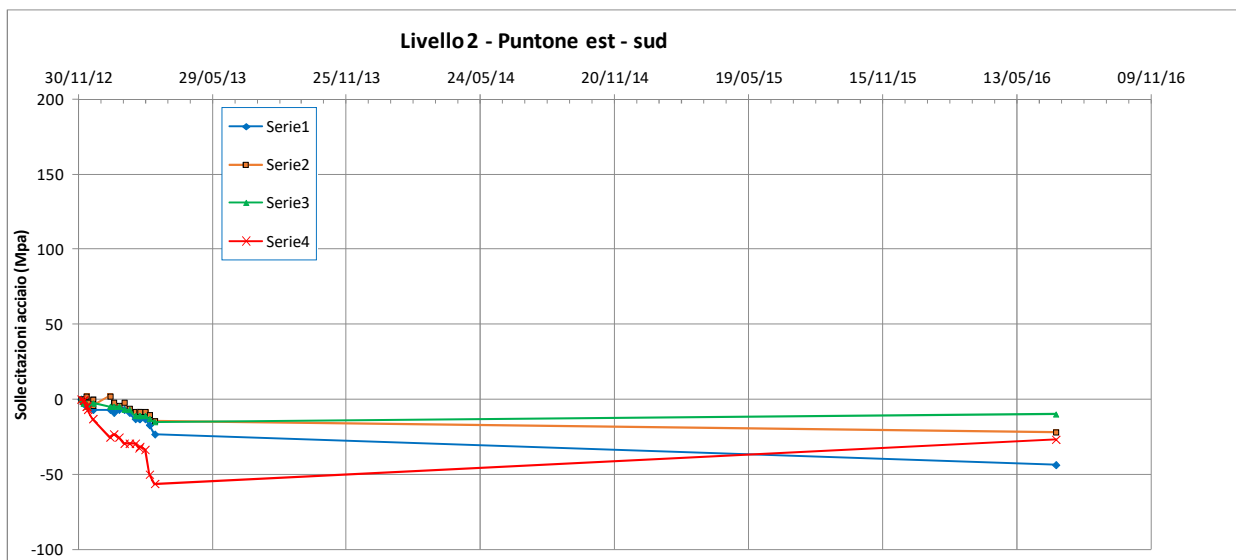


figura 7.23: Puntone est – estremità sud - diagramma delle sollecitazioni dei singoli strain gauge

I valori registrati appaiono tutti coerenti. Si fa presente che il sensore 03 è stato accidentalmente danneggiato mentre il sensore 04 è stato sostituito, presumibilmente erroneamente.

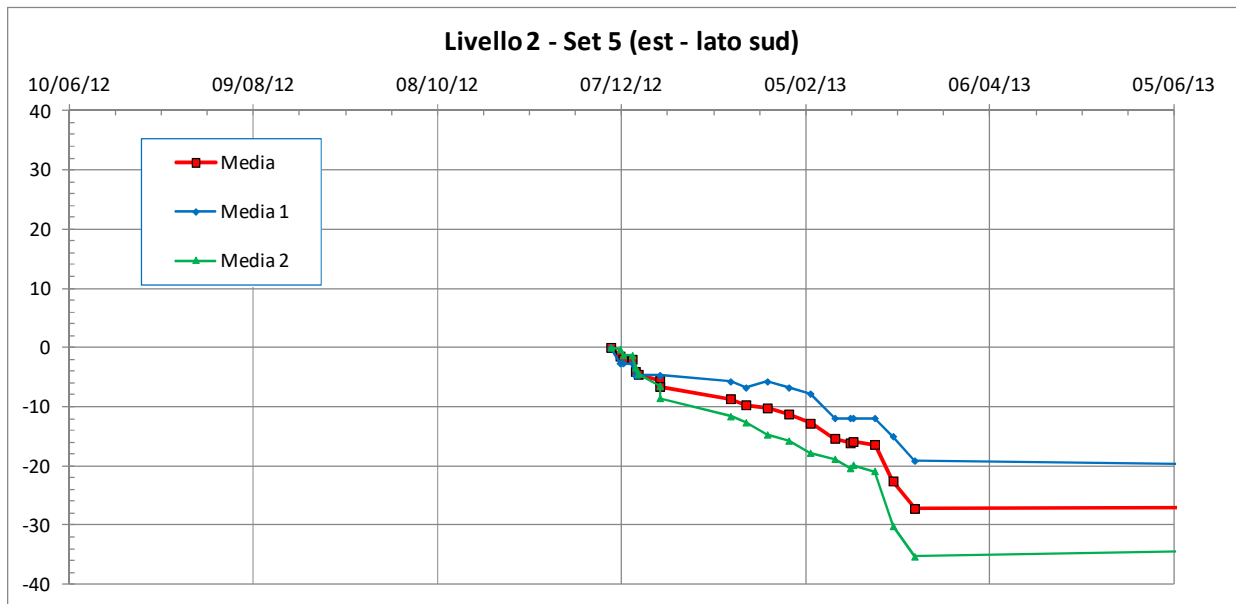


figura 7.24: Puntone est – estremità sud - Medie valutate sui 4 sensori e sulle coppie di sensori

I risultati appaiono congruenti fra loro e congruenti con i risultati rilevati alla estremità opposta del medesimo contrasto.

### 7.3.6 Contrasto diagonale est

I valori delle sollecitazioni sul contrasto diagonale posto alla estremità ovest del secondo livello di contrasti sono riportati nella seguente figura 7.25.

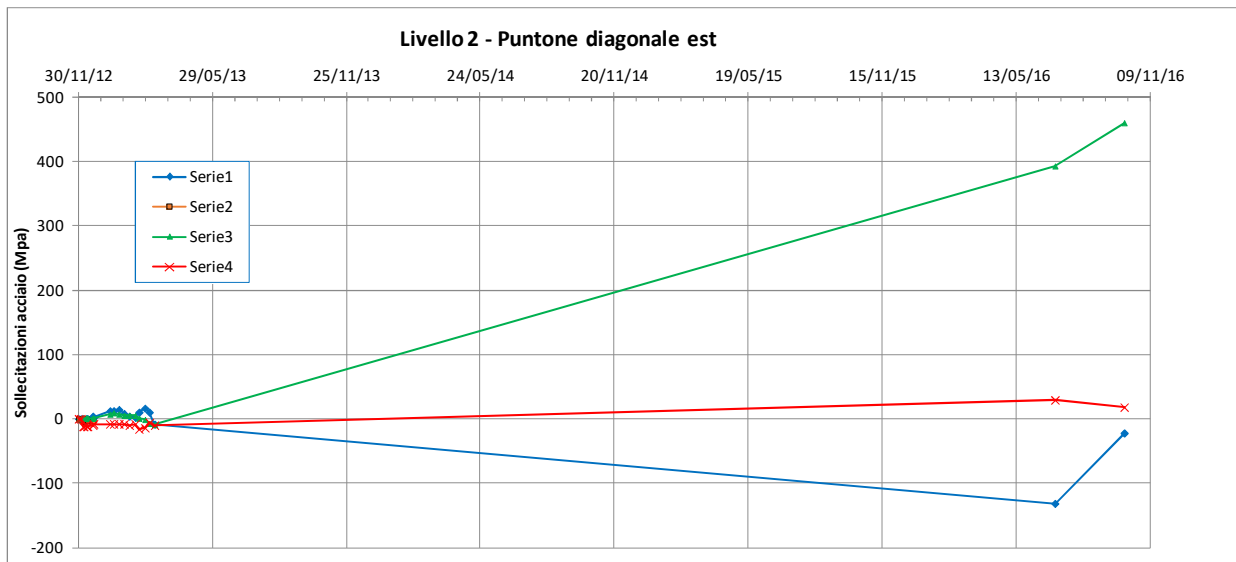
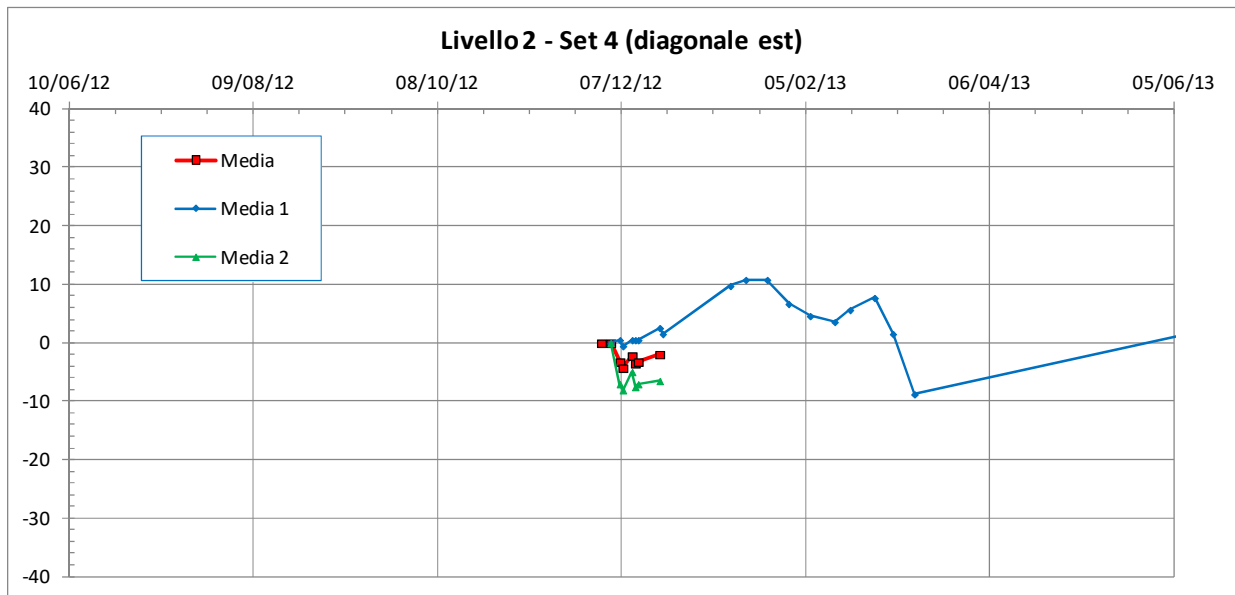


figura 7.25: Puntone diagonale ovest – diagramma delle sollecitazioni dei singoli strain gauge

Il sensore 02 ha smesso improvvisamente di funzionare a partire dal 20 dicembre 2012; il sensore 03 nelle misure effettuate in concomitanza dello stato di consistenza ha fatto registrare valori anomali. Entrambi sono stati sostituiti. E' stato sostituito anche il sensore 01.



*figura 7.26: : Puntone diagonale ovest - Medie valutate sui 4 sensori e sulle coppie di sensori*

Poiché le misure sul sensore 02 si interrompono dopo il 20/12/2012, perdono significato sia la Media 1 che la media su tutti i sensori.

## 7.4 INDIVIDUAZIONE DEI VALORI DI RIPRISTINO

### 7.4.1 Criteri per il ripristino della continuità delle misure

**Criterio 1:** nei casi in cui si disponga di misure affidabili di tre sensori su 4 il dato mancante può ricavarsi in base alla considerazione già esposta che lo sforzo assiale medio nella sezione, grazie alla disposizione simmetrica dei sensori rispetto al baricentro della sezione, può essere dedotto sia dalla media dei 4 sensori, ma anche dalla media fra i sensori posti su una diagonale passante per il centro della sezione. Si ha cioè:

$$N = E \times (01 + 03) / 2 = E \times (02 + 04) / 2$$

in cui con 01, 02, 03 e 04 si indicano i valori di epsilon rilevati sui corrispondenti sensori ed E è il modulo elastico dell'acciaio. Da questa uguaglianza discende la più immediata:

$$01 + 03 = 02 + 04$$

da cui si può quindi ricavare il valore di epsilon mancante.

**Criterio 2:** nella generalità dei casi sono due i sensori non disponibili e pertanto la soluzione indicata non può essere immediatamente applicata. In questo caso si ricorre alla considerazione che il momento verticale agente sui contrasti, essendo dovuto unicamente al peso proprio della struttura, non può essere cambiato durante il lungo periodo di interruzione delle misure. A parità di momento flettente verticale le variazioni prodotte da variazioni di carico assiale o di momento orizzontale agiscono nella medesima misura su entrambi i sensori posti sullo stesso lato della sezione considerata; in altri termini si ha che la variazione di sollecitazione sul sensore 01 è la medesima che si ha sul sensore 04, e lo stesso vale per i sensori 02 e 03. Pertanto, nei casi in cui allo stato di consistenza sono risultati danneggiati entrambi gli strain gauge 03 e 04, si è considerato quello dei due strumenti con la successione di misure precedente più affidabile e si è ricavata la misura mancante come:

$$\text{strain gauge 03: } 03_i = 03_{(i-1)} + 02_i - 02_{(i-1)}$$

$$\text{strain gauge 04: } 04_i = 04_{(i-1)} + 01_i - 01_{(i-1)}$$

Determinata una delle due misure mancanti, l'altra si ricaverà con il primo metodo esposto (criterio 1).

**criterio 3:** Nell'unico caso in cui è stato necessario sostituire, a causa di un precedente danneggiamento, tre strain gauge, in assenza di criteri alternativi validi si è preferito confermare i valori dell'ultima misura valida effettuata il 13 marzo 2013.

#### 7.4.2 Criteri di sostituzione adottati

Nelle seguenti tabella 7-1 e tabella 7-2 vengono indicati i criteri seguiti per ripristinare la continuità delle misure rispettivamente nella centina D e C (livello 1 e livello 2).

In allegato si riportano le tabelle complete delle misure fin qui registrate e con i valori da attribuire agli strumenti già sostituiti o da sostituire.

SET	Codice	Criterio
1	1103	Criterio 1
2	1203	Criterio 2
	1204	Criterio 1
3	1303	Criterio 2
	1304	Criterio 1
4	1403	Criterio 2
	404	Criterio 1
5	1503	Criterio 2
	1504	Criterio 1
6	1603	Criterio 2
	1604	Criterio 1

*tabella 7-1: Centina D - Criteri per il ripristino della continuità delle misure*

SET	Codice	Criterio
1	2103	Criterio 1 (solo sulla misura del 4/07/2016)
	2104	Criterio 2
2	2201	Criterio 2 (a partire dalla misura dell'11/01/'13)
	2201 ÷ 2204	Criterio 3 (per la misura del 4/07/2016)
3	2303	Criterio 1
	2304	Criterio 2
4	2402	Criterio 1 (a partire dalla misura del 20/12/'12)
	2241 ÷ 2244	Criterio 3 (per le misure del 4/07 e 5/10/2016)
5	2503	Si confermano le misure precedenti
	2504	Si confermano le misure precedenti
6	2602	Criterio 1 (a partire dalla misura del 19/12/'12)

*tabella 7-2: Centina C - Criteri per il ripristino della continuità delle misure*



### 7.4.3 Tabelle di sostituzione dei valori

Qui di seguito si riportano le tabelle con tutti i valori di epsilon delle misure effettuate; i valori evidenziati in giallo sono i valori che devono essere sostituiti ai valori attualmente presenti in piattaforma o, per i sensori ancora da sostituire, i valori di sostituzione da adottare.

Si intende che i valori indicati rappresentano la deformazione acquisita dall'inizio delle misure, e pertanto sono i valori che devono comparire in piattaforma al netto del valore di zero.

	5004611101	5004611102	5004611103	5004611104
14/06/12	0	0	0	0
19/06/12	19	7	6	
31/08/12	-88	-94	13	
07/09/12	-64	-114	31	67
13/09/12	-89	-109	37	13
20/09/12	-69	-77	31	24
27/09/12	-72	-66	60	46
04/10/12	-28	-24	83	126
16/10/12	-62	-73	86	58
08/11/12	-62	-55	125	87
15/11/12	-52	-53	134	97
22/11/12	-42	-43	124	107
23/11/12	-52	-53	124	107
30/11/12	-52	-50	131	97
03/12/12	-82	-76	134	87
06/12/12	-92	-83	134	77
07/12/12	-102	-93	134	67
10/12/12	-72	-73	134	87
11/12/12	-102	-103	134	57
12/12/12	-102	-93	134	67
19/12/12	-82	-83	154	77
11/01/13	-42	-43	164	77
16/01/13	-42	-43	154	77
23/01/13	-32	-43	164	77
30/01/13	-42	-33	164	57
06/02/13	-12	-13	184	67
14/02/13	-37	-38	199	67
19/02/13	18	-3	214	87
20/02/13	-72	-53	204	57
27/02/13	-32	-43	204	87
05/03/13	-62	-63	214	47
12/03/13	-2	-3	244	87
04/07/16	-215	-30	337	152
05/10/16	-136	-67	188	120

tabella 7-3: Centina D – Set 1 – Diagonale ovest

	5004611201	5004611202	5004611203	5004611204
14/06/12	0	0	0	0
19/06/12	0	-1	7	67
31/08/12	-117	-43	-54	-40
07/09/12	-79	-9	-16	-17
13/09/12	-99	-44	-64	70
20/09/12	-64	-2	-4	5
27/09/12	-111	-31	-69	-33
04/10/12	-150	-8	-23	-50
16/10/12	-106	-11	-57	14
08/11/12	-119	-28	-37	-17
15/11/12	-118	-29	-29	-8
22/11/12	-118	-9	-29	12
23/11/12	-108	-19	-29	2
30/11/12	-115	-29	-42	-8
03/12/12	-111	-16	-49	5
06/12/12	-118	-29	-69	2
07/12/12	-118	-49	-79	12
10/12/12	-128	-29	-69	2
11/12/12	-118	-59	-89	22
12/12/12	-118	-39	-79	12
19/12/12	-118	-49	-69	12
11/01/13	-108	-19	-59	12
16/01/13	-118	-19	-69	2
23/01/13	-118	-19	-69	2
30/01/13	-118	-19	-59	2
06/02/13	-128	1	-49	12
14/02/13	-113	-16	-59	62
19/02/13	-128	1	-49	12
20/02/13	-108	-39	-69	92
27/02/13	-108	-9	-79	62
05/03/13	-78	-39	-79	102
12/03/13	-98	1	-59	72
04/07/16	-60	16	-44	-120
05/10/16	-29	-11	-71	-89

*tabella 7-4: Centina D – Set 2 – Contrasto ovest – estremo nord*

	5004611301	5004611302	5004611303	5004611304
14/06/12	0	0	0	0
19/06/12	-17	27	42	33
31/08/12	-70	-15	-87	-58
07/09/12	-46	30	-37	-28
13/09/12	-58	-21	-115	-54
20/09/12	-128	-73	-77	-81
27/09/12	-147	-79	-79	-88
04/10/12	-233	-57	-54	-36
16/10/12	-169	-97	-100	-72
08/11/12	-172	-84	-92	-42
15/11/12	-200	-85	-91	-24
22/11/12	-180	-95	-111	26
23/11/12	-160	-95	-111	36
30/11/12	-160	-108	-124	36
03/12/12	-177	-108	-118	103
06/12/12	-190	-125	-141	96
07/12/12	-150	-145	-161	86
10/12/12	-180	-135	-151	106
11/12/12	-180	-145	-151	106
12/12/12	-190	-145	-151	116
19/12/12	-160	-135	-151	156
11/01/13	-160	-115	-131	226
16/01/13	-180	-125	-131	226
23/01/13	-180	-125	-131	256
30/01/13	-180	-115	-121	256
06/02/13	-210	-95	-111	296
14/02/13	-200	-115	-116	296
19/02/13	-240	-85	-91	296
20/02/13	-160	-125	-121	316
27/02/13	-200	-115	-111	356
05/03/13	-140	-115	-101	376
12/03/13	-230	-95	-81	366
04/07/16	-141	-1	13	-127
05/10/16	-148	-61	-47	-134

*tabella 7-5: Centina D – Set 3 – Contrasto est – estremo nord*

	5004611401	5004611402	5004611403	5004611404
14/06/12	0	0	0	0
19/06/12	0	0	0	0
31/08/12	-108	-37	-72	16
07/09/12	-91	-22	-62	124
13/09/12	-114	-32	-79	118
20/09/12	-98	-27	-70	124
27/09/12	-76	1	-45	114
04/10/12	-28	58	-9	84
16/10/12	-77	4	-46	196
08/11/12	-67	26	-52	208
15/11/12	-39	56	-43	188
22/11/12	-59	26	-63	288
23/11/12	-69	16	-63	308
30/11/12	-72	6	-70	368
03/12/12	-46	36	-56	325
06/12/12	-49	36	-63	328
07/12/12	-89	-4	-83	388
10/12/12	-69	26	-63	388
11/12/12	-59	16	-63	368
12/12/12	-49	26	-63	358
19/12/12	-59	6	-73	398
11/01/13	-59	26	-43	398
16/01/13	-59	26	-43	388
23/01/13	-49	36	-33	398
30/01/13	-39	46	-23	388
06/02/13	-19	66	-3	348
14/02/13	-19	61	-8	363
19/02/13	1	86	17	298
20/02/13	-49	26	-23	388
27/02/13	-29	46	-3	378
05/03/13	-59	16	-13	338
12/03/13	1	76	27	268
04/07/16	-53	37	-12	-102
05/10/16	-55	20	-29	-104

*tabella 7-6: Centina D – Set 4 – Diagonale est<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> I valori in tabella sono riferiti alla misura del 19/06/2012

	5004611501	5004611502	5004611503	5004611504
14/06/12	0	0	0	0
19/06/12	-5	-15	33	24
31/08/12	-8	0	-91	3
07/09/12	17	-29	-68	19
13/09/12	4	-29	-88	9
20/09/12	-45	-98	-51	-30
27/09/12	-69	-98	-55	-48
04/10/12	-117	-106	-13	-87
16/10/12	-63	-111	-56	-42
08/11/12	-123	-123	-50	-60
15/11/12	-91	-121	-48	-52
22/11/12	-61	-111	-48	-2
23/11/12	-81	-121	-48	-12
30/11/12	-74	-131	-48	18
03/12/12		-141	-75	18
06/12/12	-101	-151	-88	8
07/12/12	-111	-161	-98	18
10/12/12	-131	-151	-78	18
11/12/12		-171	-108	28
12/12/12		-161	-98	8
19/12/12	-131	-161	-88	38
11/01/13	-101	-141	-68	38
16/01/13	-91	-131	-78	38
23/01/13	-101	-141	-68	58
30/01/13	-121	-131	-58	58
06/02/13	-101	-121	-58	58
14/02/13	-101	-136	-58	88
19/02/13	-121	-131	-48	68
20/02/13	-81	-131	-68	138
27/02/13	-101	-131	-58	108
05/03/13	-101	-141	-58	138
12/03/13	-111	-121	-28	98
04/07/16	-59	-50	43	34
05/10/16	-68	-97	-4	25

*tabella 7-7: Centina D – Set 5 – Contrasto est – estremo sud*

	5004611601	5004611602	5004611603	5004611604
14/06/12	0	0	0	0
19/06/12	47	-74	-65	35
31/08/12	-49	-71	-88	-3
07/09/12	-8	-82	-73	27
13/09/12	-33	-81	-98	19
20/09/12	12	-92	-100	6
27/09/12	-32	-121	-129	-38
04/10/12	19	-139	-105	-67
16/10/12	-33	-114	-125	-5
08/11/12	-11	-105	-106	-16
15/11/12	-11	-116	-106	-6
22/11/12	-11	-106	-106	4
23/11/12	-11	-106	-106	14
30/11/12	-11	-106	-123	24
03/12/12	-38	-116	-129	17
06/12/12	-41	-126	-136	34
07/12/12	-41	-126	-136	44
10/12/12	-31	-126	-146	44
11/12/12	-51	-126	-126	54
12/12/12	-41	-126	-156	44
19/12/12	-31	-126	-146	64
11/01/13	-11	-106	-116	84
16/01/13	-21	-116	144	84
23/01/13	-21	-116	-126	84
30/01/13	-11	-106	-126	74
06/02/13	-1	-106	-126	74
14/02/13	-21	-106	-141	104
19/02/13	9	-116	-136	64
20/02/13	-21	-106	-146	134
27/02/13	-11	-116	-146	134
05/03/13	-31	-86	-146	174
12/03/13	-1	-86	-156	134
04/07/16	54	-50	-120	-16
05/10/16	-16	-56	-126	-86

*tabella 7-8: Centina D – Set 5 – Contrasto est – estremo sud*

	5004612101	5004612102	5004612103	5004612104
30/11/12	0	0	0	0
03/12/12	3	0	-7	-10
06/12/12	0	-10	-10	10
07/12/12	10	-10	-20	10
10/12/12	20	0	0	20
11/12/12	10	-10	-20	20
12/12/12	20	-10	-10	20
19/12/12	10	-10	-10	60
11/01/13	-30	20	-40	10
16/01/13	-30	20	-40	20
23/01/13	-60	20	-70	-20
30/01/13	-70	20	-70	-30
06/02/13	-70	40	-90	-40
14/02/13	-70	40	-90	-40
19/02/13	-60	50	-80	-30
20/02/13	-70	40	-80	-30
27/02/13	-70	40	-90	-30
05/03/13	-90	20	-90	-50
12/03/13	-90	-10	-110	-50
04/07/16	-158	-84	-184	-258
05/10/16	-132	-7	-32	-157

*tabella 7-9: Centina C – Set 1 – Diagonale ovest*

	5004612201	5004612202	5004612203	5004612204
30/11/12	0	0	0	0
03/12/12	-17	0	0	-20
06/12/12	-20	-3	-10	-30
07/12/12	-20	-3	-10	-30
10/12/12	-10	-3	-10	-20
11/12/12	-20	-3	-10	-20
12/12/12	-20	-3	-10	-30
19/12/12	10	-43	-60	-20
11/01/13	-33	-103	-90	-20
16/01/13	-3	-103	-100	0
23/01/13	-13	-123	-120	-10
30/01/13	-23	-143	-130	-10
06/02/13	-23	-153	-140	-10
14/02/13	-13	-163	-150	0
19/02/13	-23	-183	-150	10
20/02/13	-23	-173	-150	0
27/02/13	-33	-193	-160	0
05/03/13	-83	-203	-160	-40
12/03/13	-123	-253	-180	-50
04/07/16	-123	-253	-180	-50

*tabella 7-10: Centina C – Set 2 – Contrasto ovest – estremo nord*

	5004612301	5004612302	5004612303	5004612304
30/11/12	0	0	0	0
03/12/12	-10	-10	-20	-7
06/12/12	-10	-10	10	10
07/12/12	-10	-20	30	0
10/12/12	-20	-10	30	0
11/12/12	-20	-20	20	0
12/12/12	-30	-10	20	0
19/12/12	-10	-40	20	-40
11/01/13	-40	-50	10	-20
16/01/13	-40	-60	10	-20
23/01/13	-50	-50	-10	-10
30/01/13	-80	-40	-20	0
06/02/13	-80	-60	-30	0
14/02/13	-80	-70	-40	10
19/02/13	-100	-90	-30	-10
20/02/13	-90	-90	-40	-10
27/02/13	-100	-100	-50	-20
05/03/13	-130	-120	-140	-70
12/03/13	-150	-120	-160	-60
04/07/16	-262	-232	-142	-172

*tabella 7-11: Centina C – Set 3 – Contrasto est – estremo nord*

	5004612401	5004612402	5004612403	5004612404
30/11/12	0	0	0	0
03/12/12	0	0	0	0
06/12/12	0	-10	5	-58
07/12/12	-10	-20	5	-58
10/12/12	0	0	5	-48
11/12/12	0	-15	5	-58
12/12/12	0	-10	5	-58
19/12/12	20	-15	5	-48
20/12/12	10	53	5	-38
11/01/13	60	133	35	-38
16/01/13	60	143	45	-38
23/01/13	70	143	35	-38
30/01/13	40	103	25	-38
06/02/13	20	93	25	-48
14/02/13	10	73	25	-38
19/02/13	50	133	5	-78
27/02/13	80	143	-5	-68
05/03/13	50	43	-35	-28
12/03/13	-40	-37	-45	-48
04/07/16	-40	-37	-45	-48
05/10/16	-40	-37	-45	-48

*tabella 7-12: Centina C – Set 4 – Diagonale est*



	5004612501	5004612502	5004612503	5004612504
03/12/12	0	0	0	0
06/12/12	-13	0	-13	-3
07/12/12	-13	-10	-13	-3
10/12/12	-13	10	-13	-23
11/12/12	-23	-10	-23	-23
12/12/12	-23	-10	-23	-33
19/12/12	-33	0	-13	-63
19/12/12	-33	-20	-13	-63
11/01/13	-33	10	-23	-123
16/01/13	-43	-10	-23	-113
23/01/13	-33	-20	-23	-123
30/01/13	-33	-10	-33	-143
06/02/13	-43	-30	-33	-143
14/02/13	-63	-40	-53	-143
19/02/13	-63	-40	-53	-158
20/02/13	-63	-40	-53	-153
27/02/13	-63	-40	-53	-163
05/03/13	-83	-50	-63	-243
12/03/13	-113	-70	-73	-273
04/07/16	-212	-106	-48	-130

*tabella 7-13: Centina C – Set 5 – Contrasto est – estremo sud<sup>2</sup>*

	5004612601	5004612602	5004612603	5004612604
03/12/12	0	0	0	0
06/12/12	10	0	-10	-10
07/12/12	20	0	-10	-20
10/12/12	40	30	-10	-10
11/12/12	50	10	-20	-20
12/12/12	50	20	-20	-20
19/12/12	40	0	-30	10
11/01/13	60	-10	-70	0
16/01/13	80	0	-70	10
23/01/13	80	0	-70	10
30/01/13	80	20	-80	-20
06/02/13	100	30	-90	-20
14/02/13	100	40	-90	-30
19/02/13	80	20	-100	-40
20/02/13	80	20	-100	-40
27/02/13	70	-30	-100	0
05/03/13	30	-70	-120	-20
12/03/13	-30	-160	-140	-10
04/07/16	-219	-470	29	280

*tabella 7-14: Centina C – Set 6 – Contrasto ovest – estremo sud*

## 7.5 CONCLUSIONI

Qui di seguito si elencano gli strain gauge sostituiti e quelli tuttora da sostituire.

<sup>2</sup> Nessuna modifica su questo set

Codice strumento	sostituito	da sostituire
5004611103	X	
5004611203	X	
5004611204	X	
5004611303	X	
5004611304	X	
5004611403	X	
5004611404	X	
5004611503	X	
5004611504	X	
5004611603	X	
5004611604	X	
5004612104	X	
5004612201		X
5004612202		X
5004612203	X	
5004612204	X	
5004612302	X	
5004612303		X
5004612304	X	
5004612401	X	
5004612402	X	
5004612403	X	
5004612404		X
5004612503	X	
5004612504	X	
5004612602		X