

**ANDAMENTO DELLE GRANDEZZE MISURATE E
ANALISI DATI NEL PERIODO**

01/10/2009 – 31/12/2009

NOTA INTRODUTTIVA

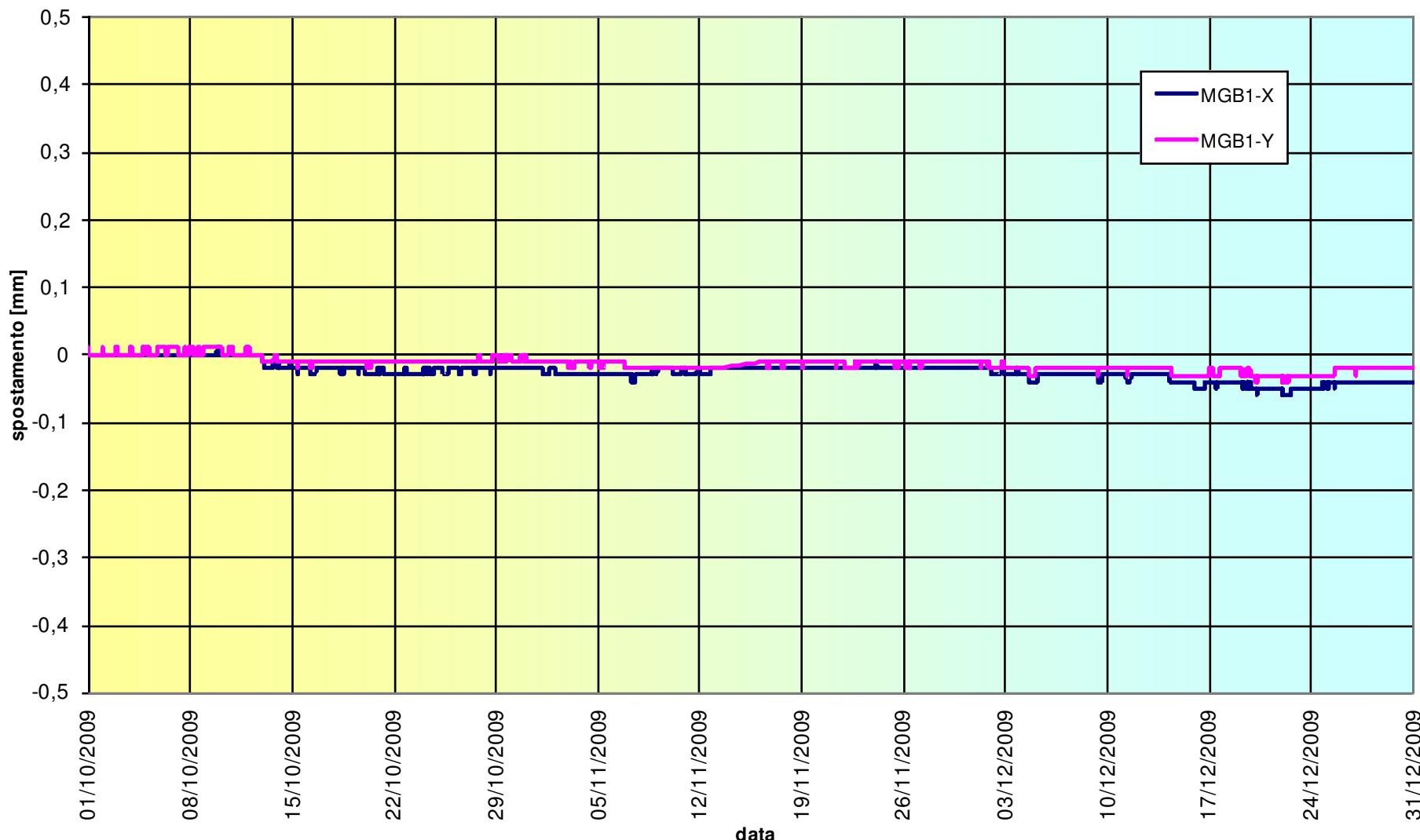
I primi rapporti riassuntivi sui dati del sistema di monitoraggio comprendevano diagrammi ed analisi circa le misure compiute dalla data di installazione a quella del rapporto.

Vista però la rapida crescita del numero di misure e l'appesantirsi dei files era stato presto deciso di continuare ad analizzare e commentare gli andamenti delle misure in considerazione di tutta la loro evoluzione ma di includere, in ogni rapporto trimestrale, i soli diagrammi riguardanti il trimestre di riferimento.

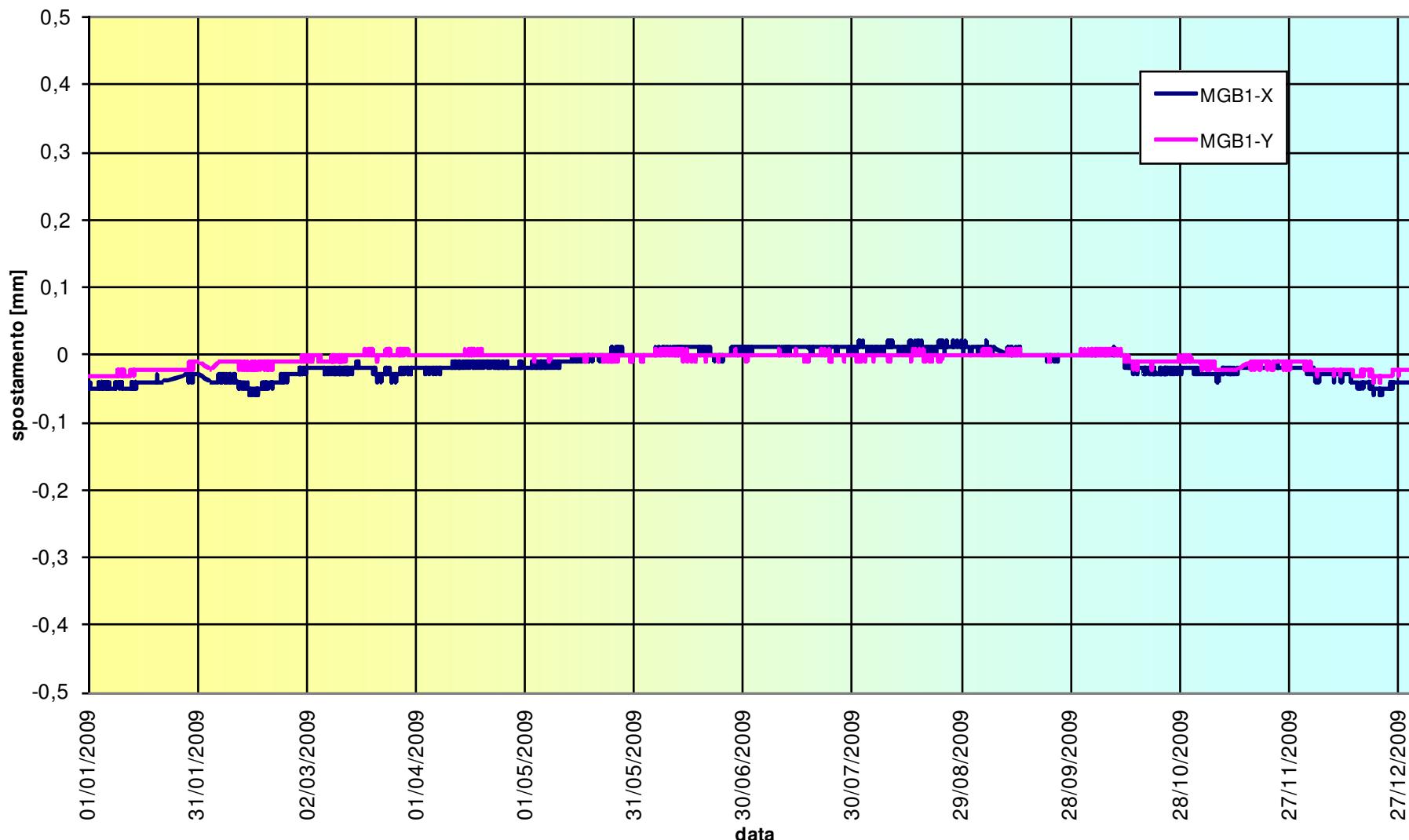
Questo però troppo spesso richiedeva il confronto fra differenti rapporti per poter effettuare le corrette analisi sull'andamento dei sensori.

Come suggerito dall'arch. Cadignani si è quindi portata una ulteriore modifica alla presentazione dei grafici del rapporto: a differenza dei precedenti rapporti si presentano di seguito gli andamenti delle misure nell'ultimo anno oltre ai consueti grafici riferiti all'ultimo trimestre.

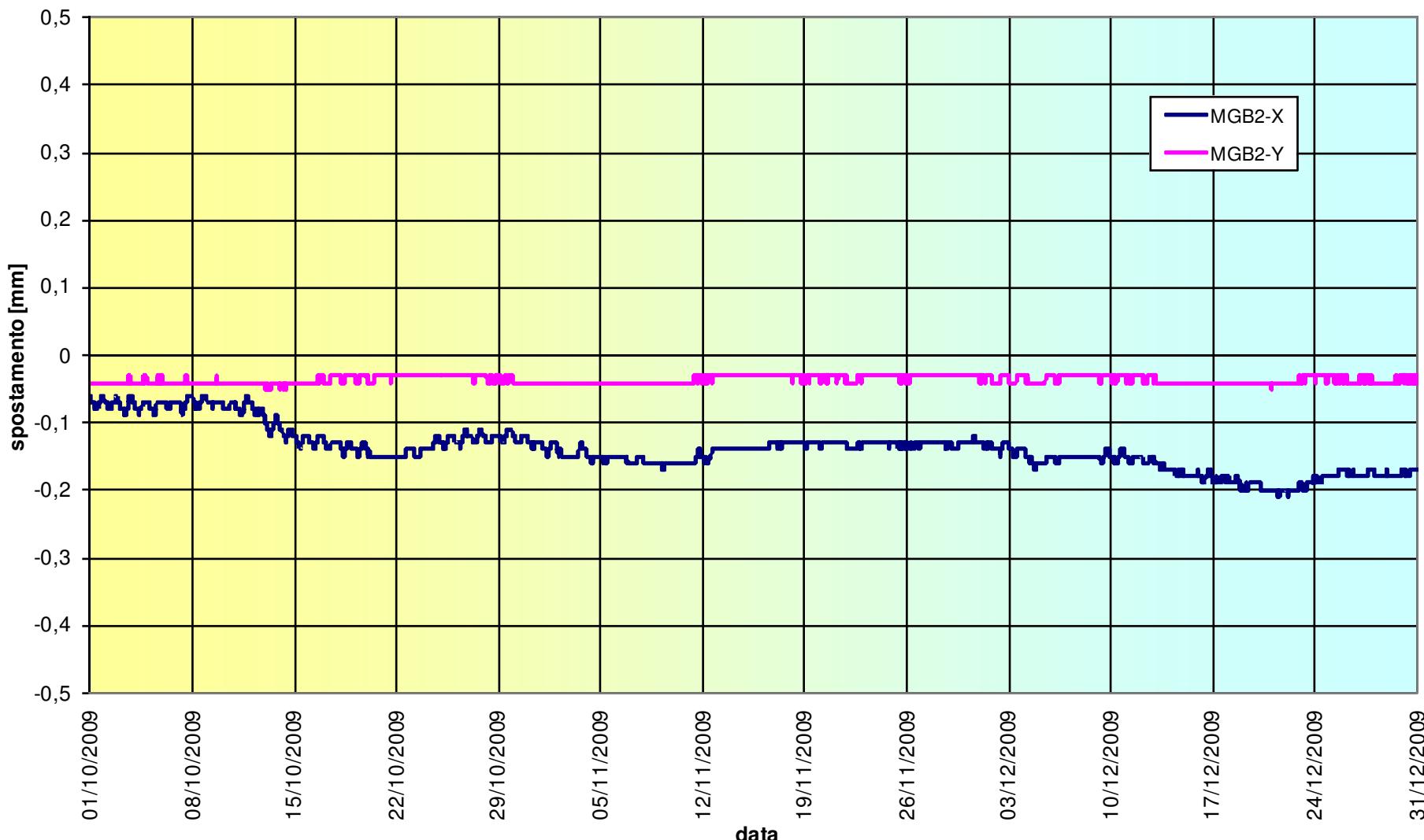
**Misuratore di giunti biassiale
MGB1 - ultimo trimestre**



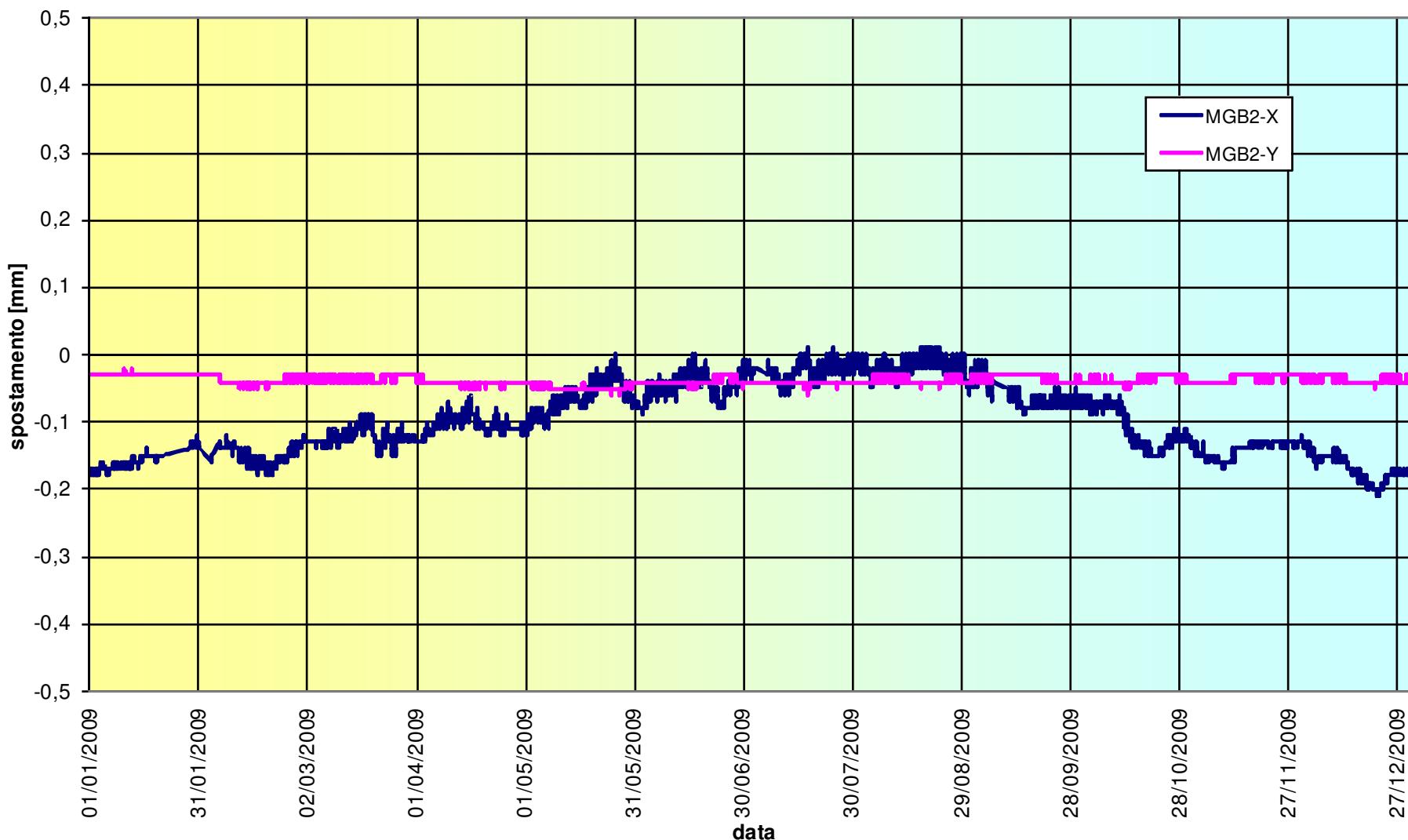
**Misuratore di giunti biassiale
MGB1 - ultimo anno**



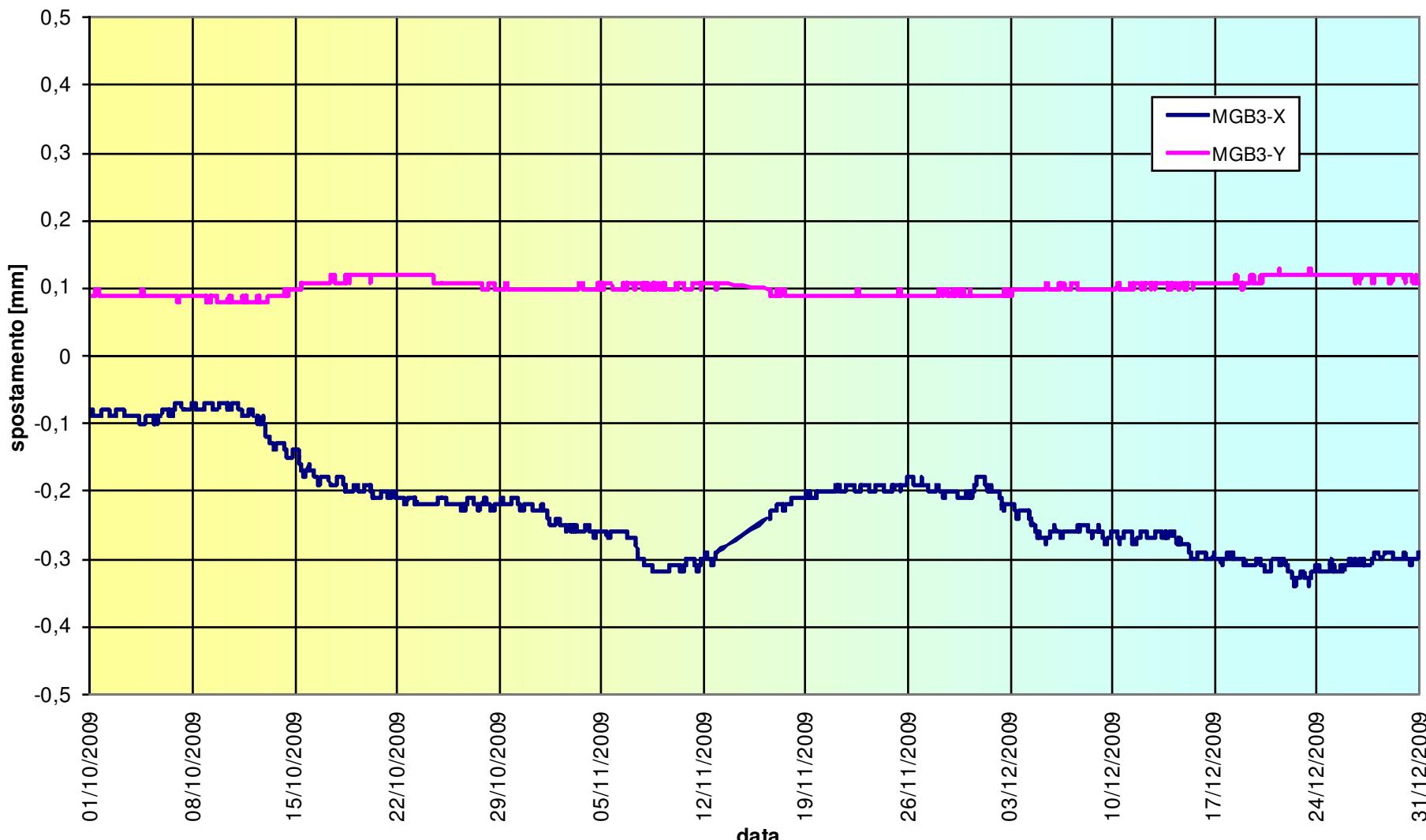
**Misuratore di giunti biassiale
MGB2 - ultimo trimestre**



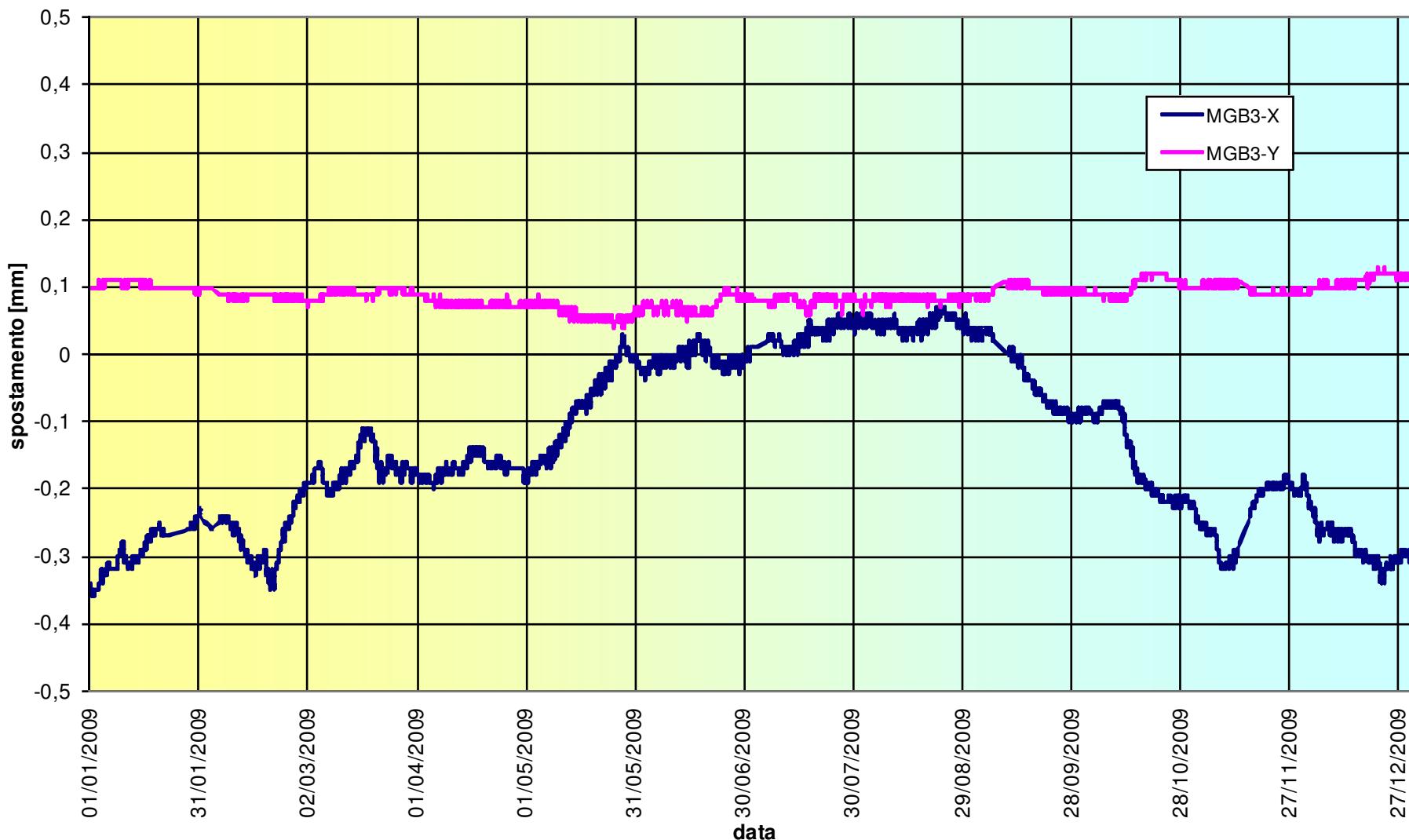
**Misuratore di giunti biassiale
MGB2 - ultimo anno**



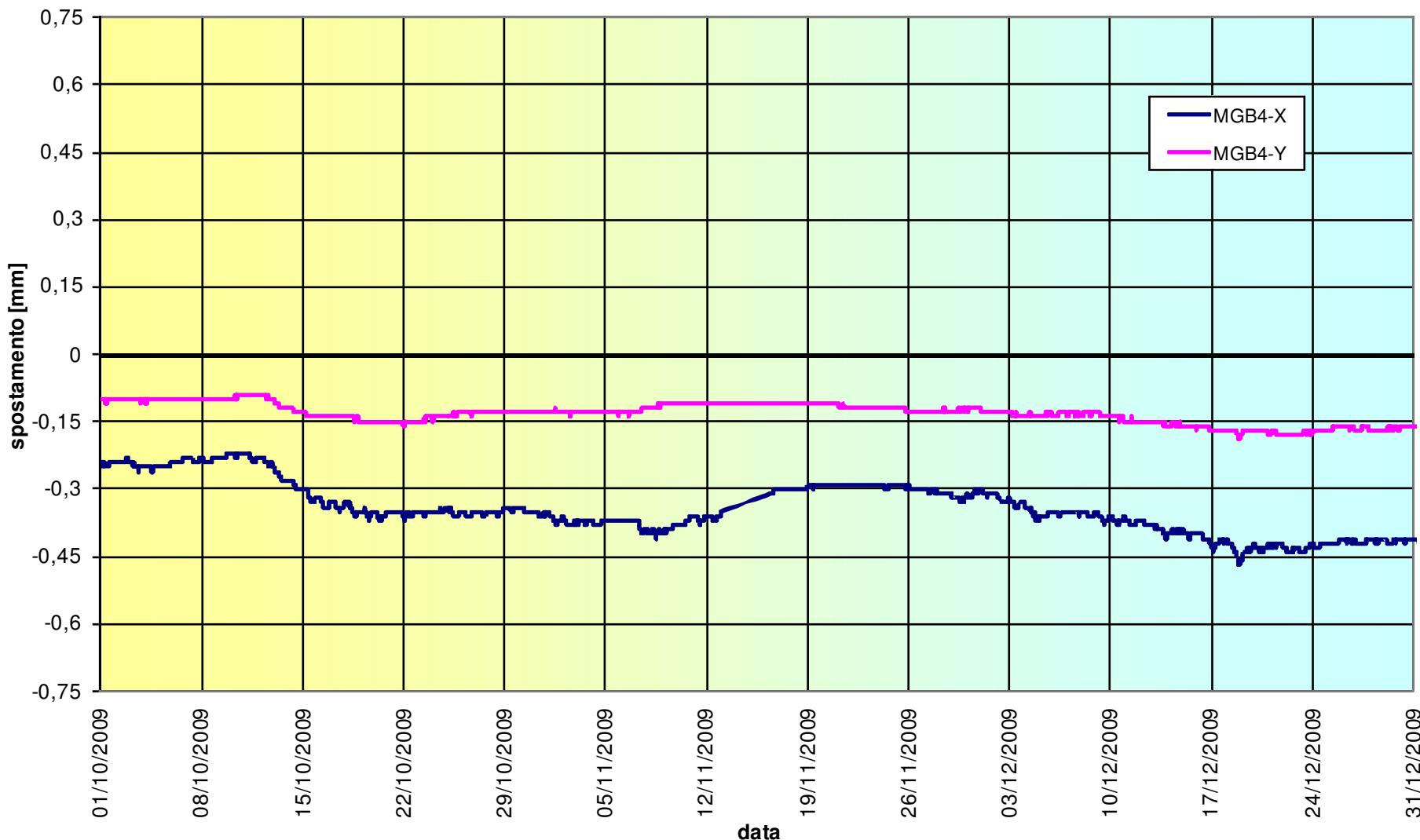
**Misuratore di giunti biassiale
MGB3 - ultimo trimestre**



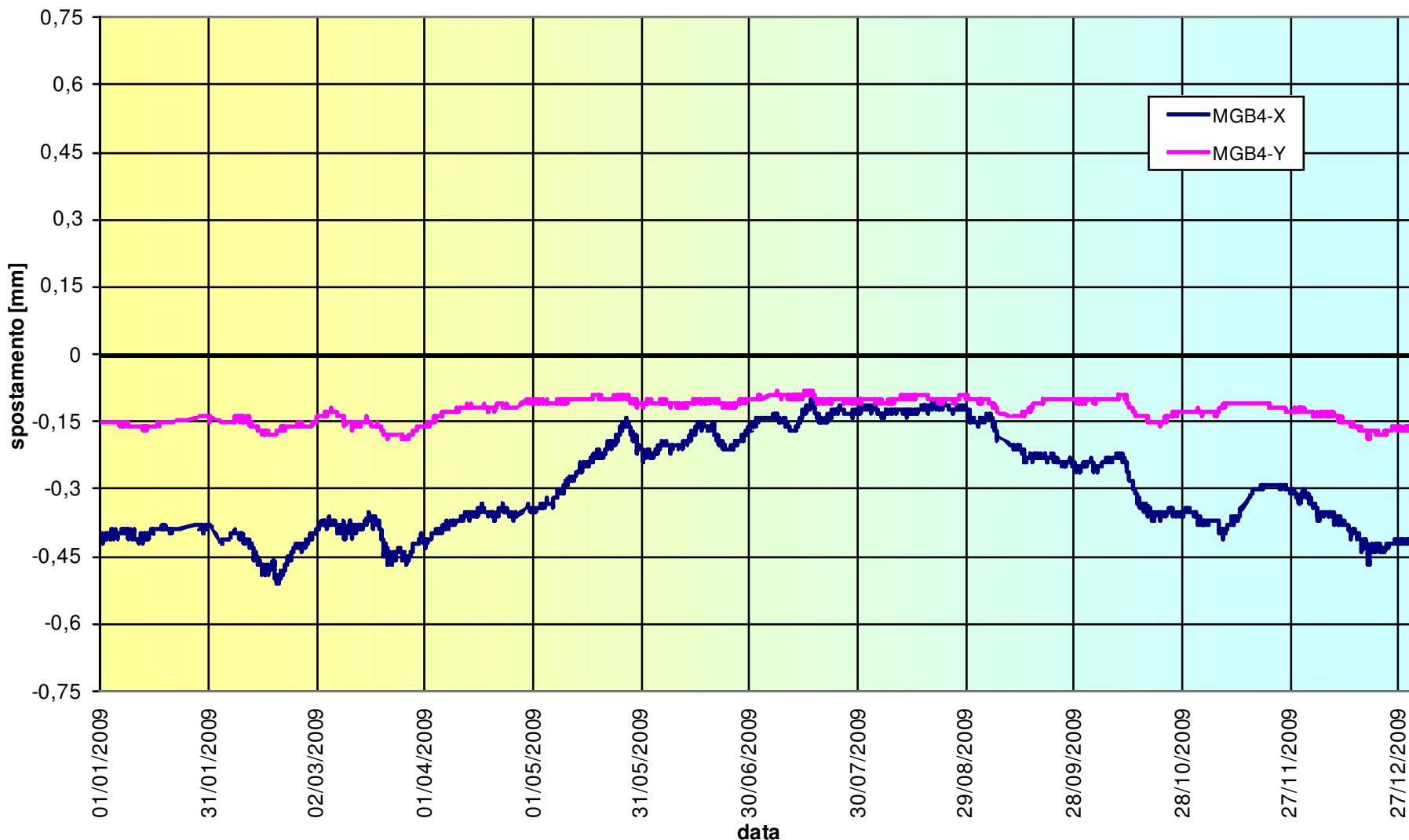
Misuratore di giunti biassiale MGB3 - ultimo anno



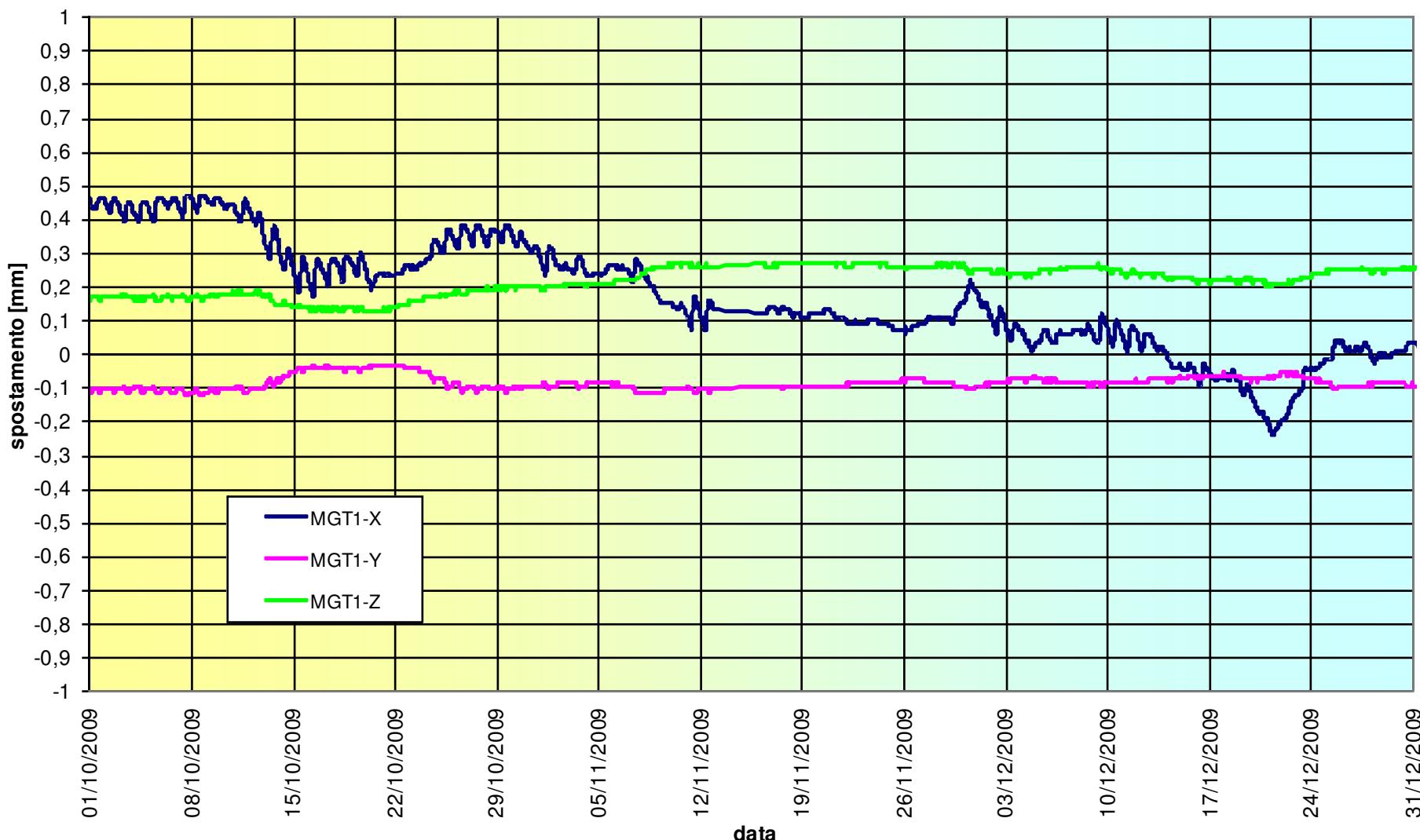
**Misuratore di giunti biassiale
MGB4 - ultimo trimestre**



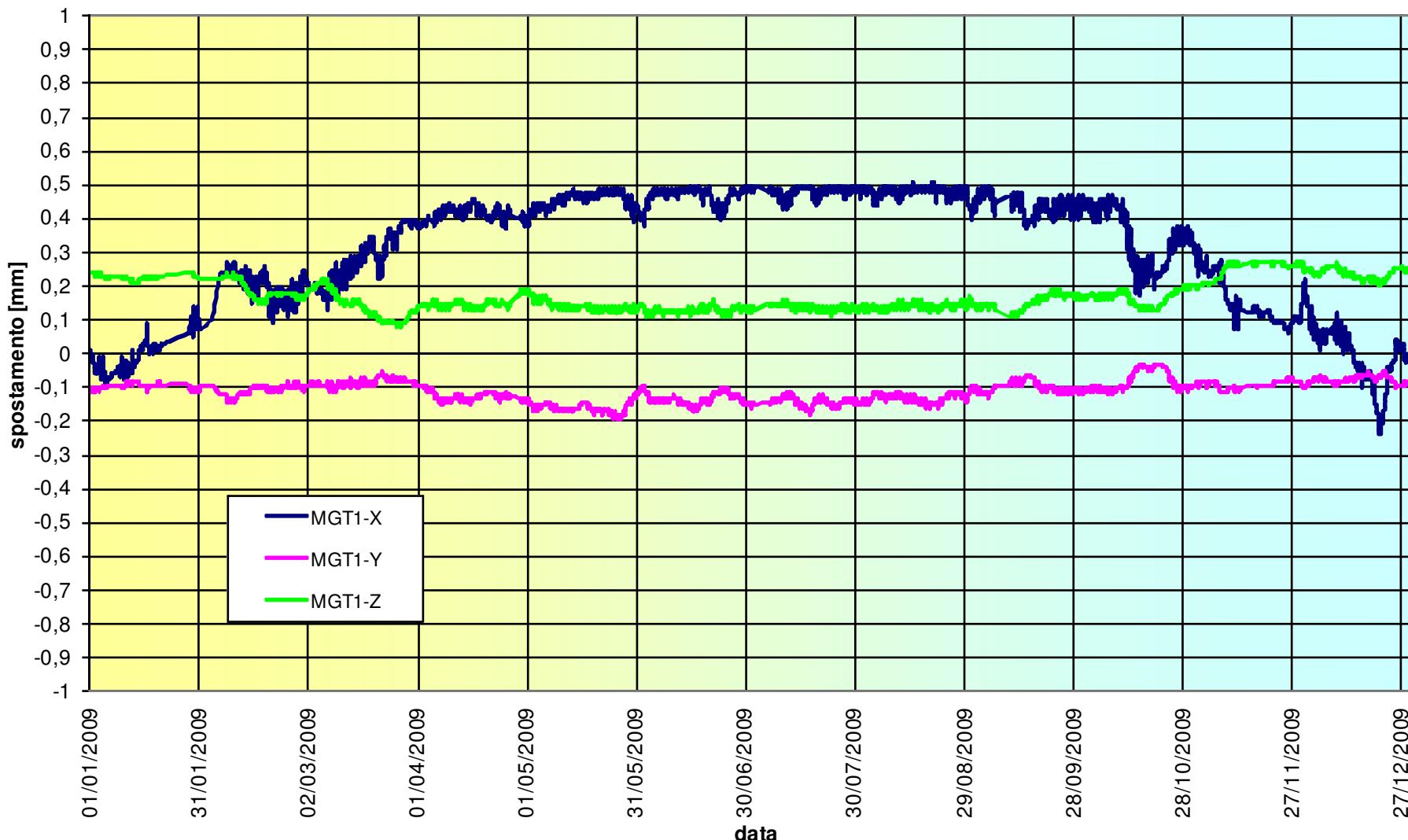
**Misuratore di giunti biassiale
MGB4 - ultimo anno**



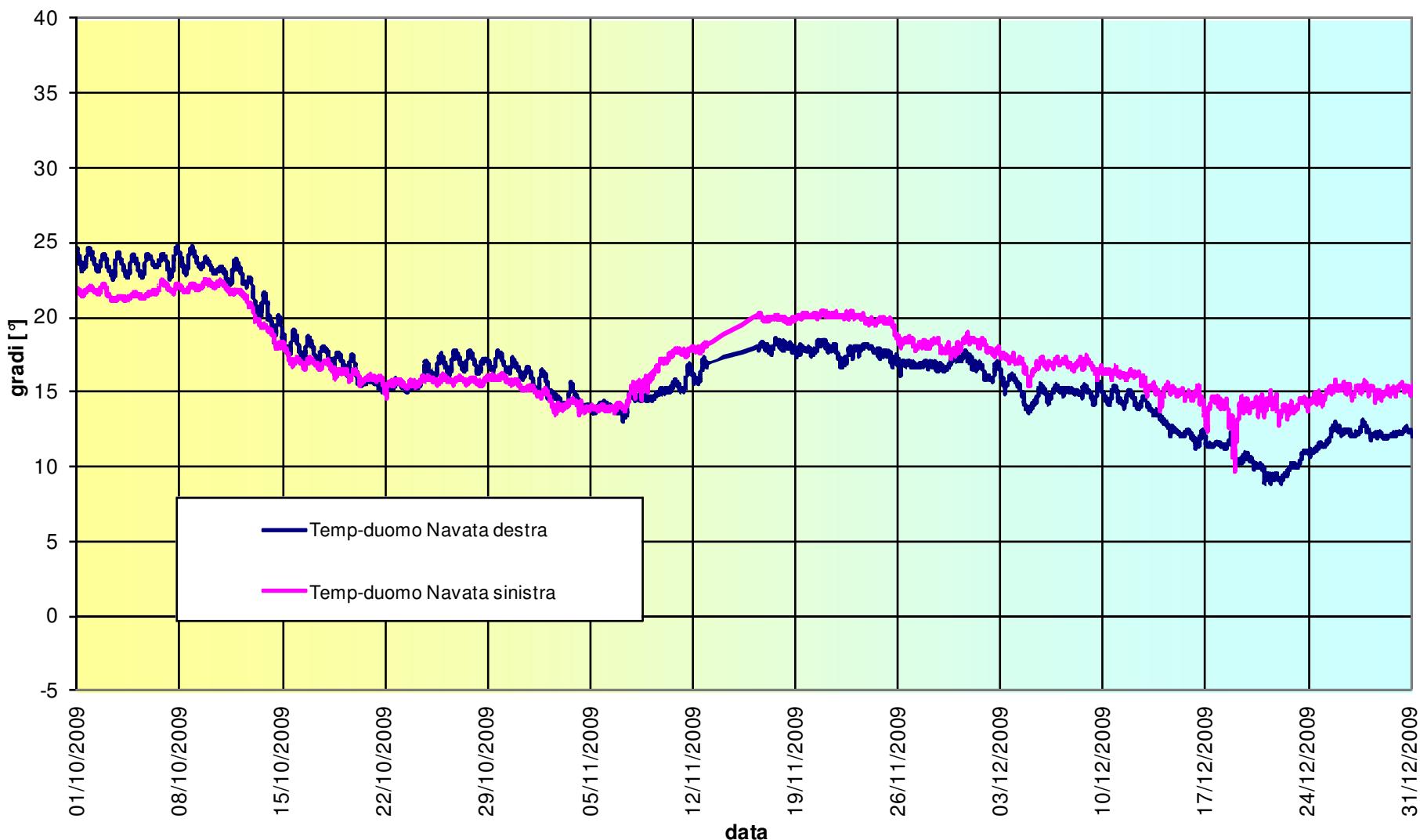
**Misuratore di giunti triassiale
MGT1 - ultimo trimestre**



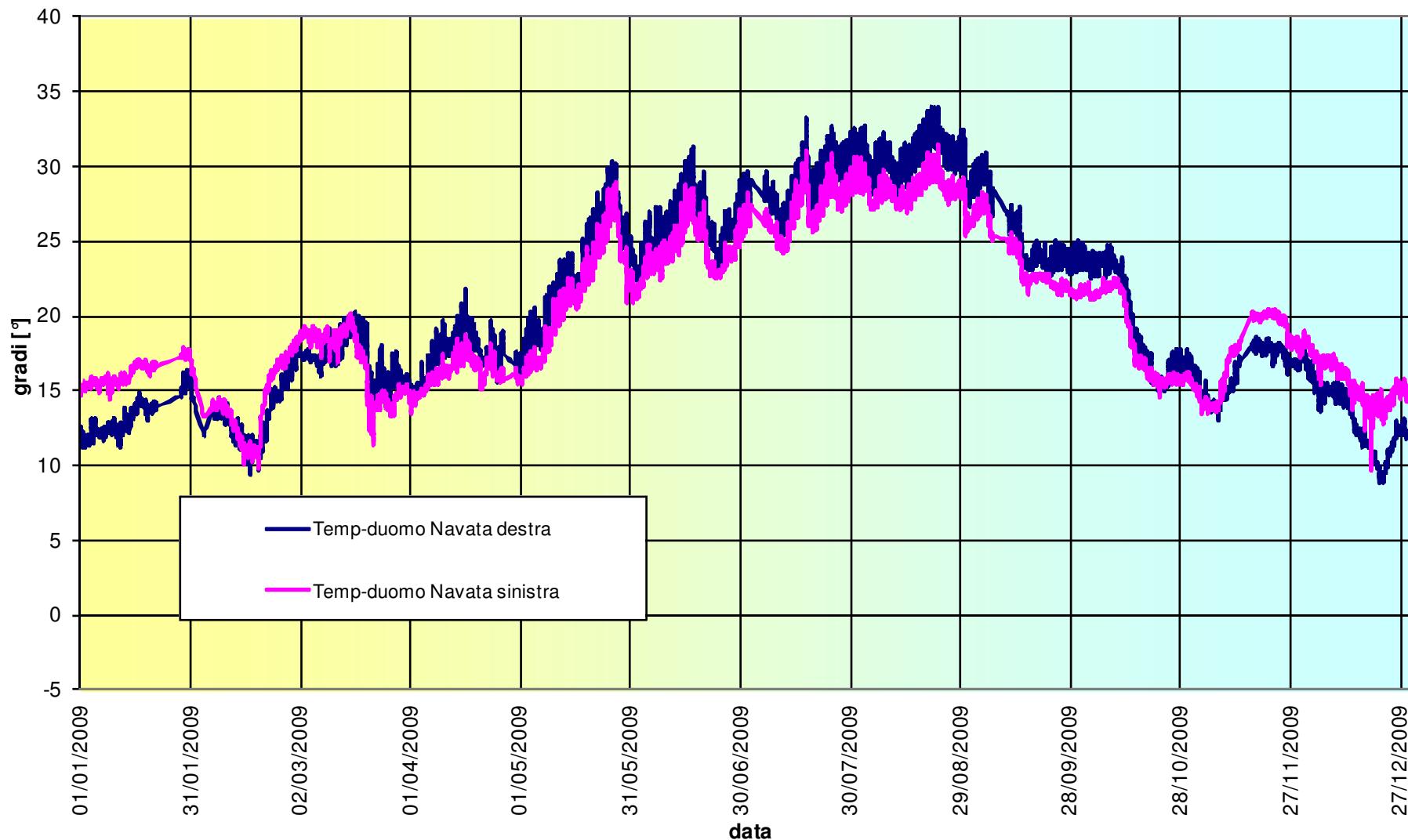
**Misuratore di giunti triassiale
MGT1 - ultimo anno**



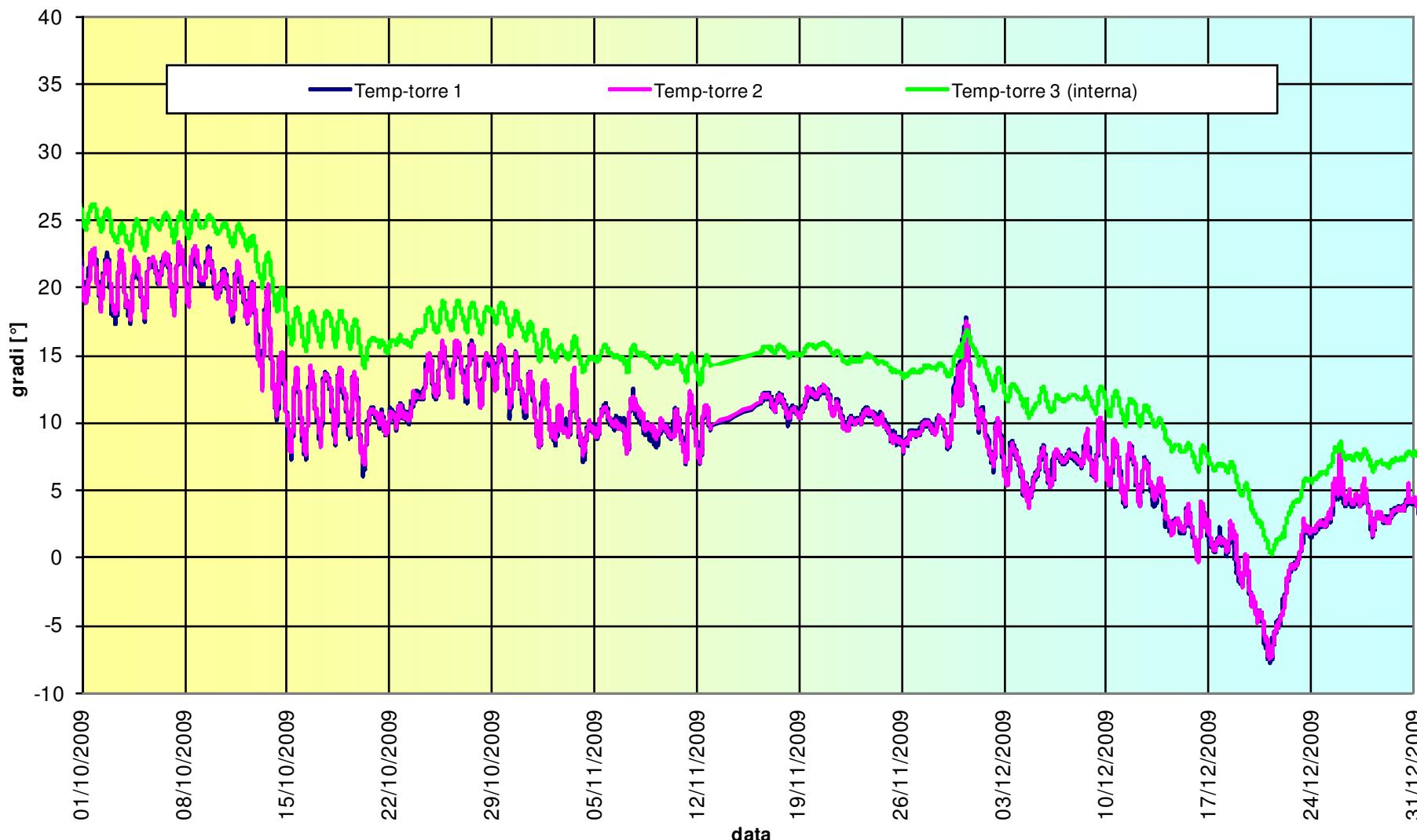
**Sensori di temperatura
DUOMO - ultimo trimestre**



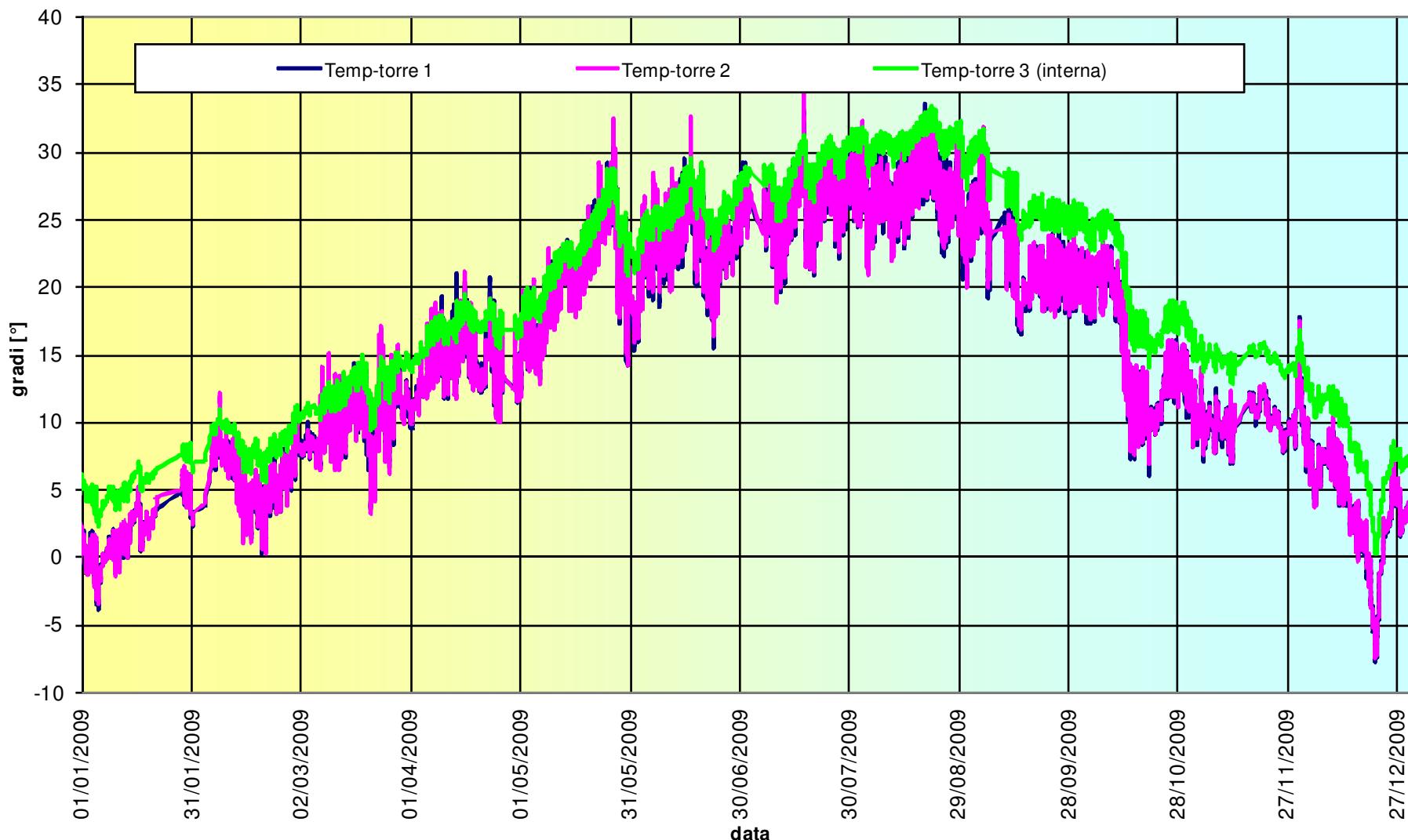
**Sensori di temperatura
DUOMO - ultimo anno**



**Sensori di temperatura
TORRE DELLA GHIRLANDINA
ultimo trimestre**



**Sensori di temperatura
TORRE DELLA GHIRLANDINA
ultimo anno**



Sistema di controllo del Duomo di Modena e della Torre della Ghirlandina

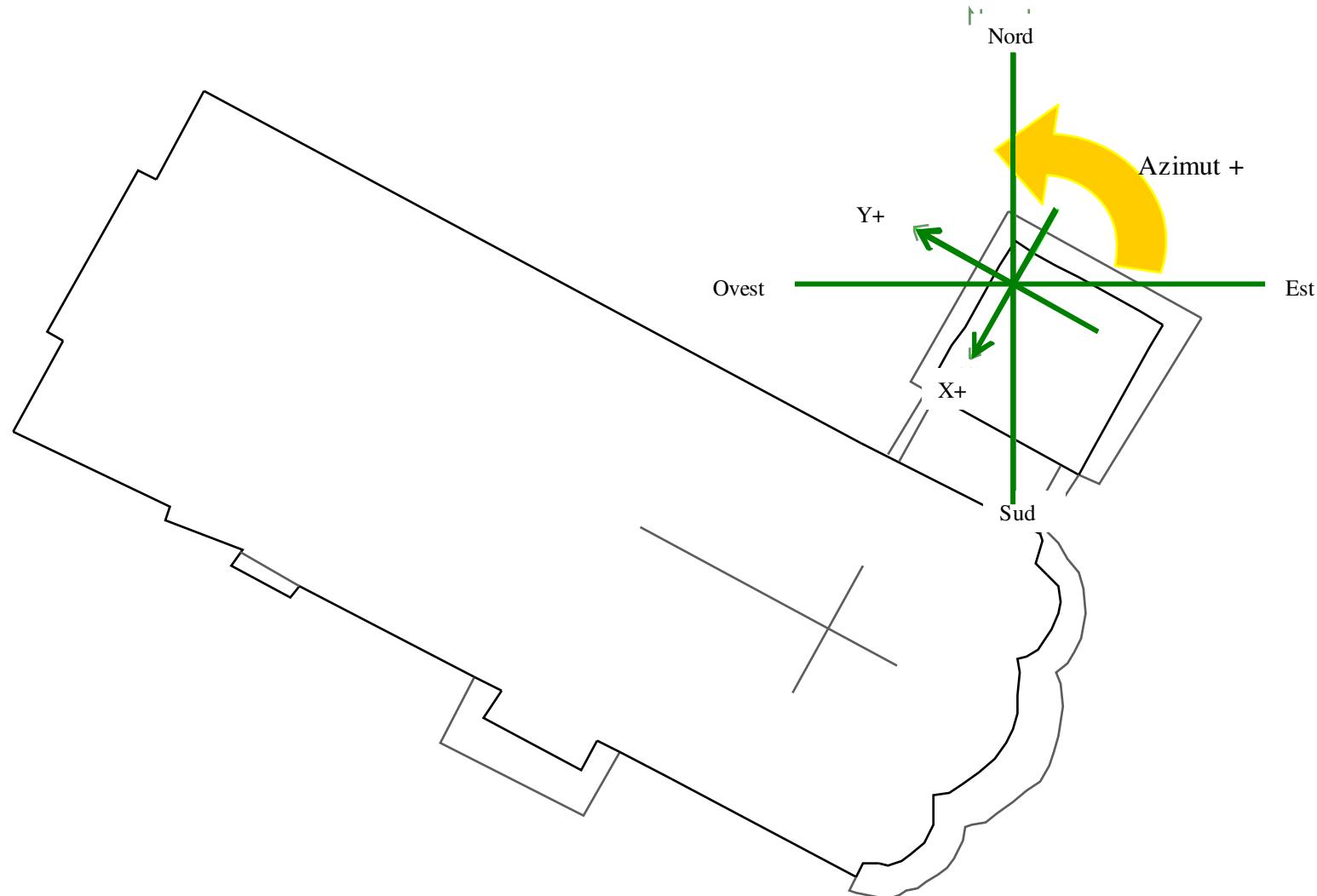
Vengono di seguito riportati i diagrammi dei dati del pendolo.

La prima figura mostra quali sono le convenzioni di segno adottate, di seguito vengono mostrati i diagrammi del modulo e dell'azimut dell'ultimo trimestre.

Si ricorda che l'origine degli assi di misura è il punto d'origine delle misure del sistema di monitoraggio, ossia è la posizione iniziale del filo a piombo nell'ottobre del 2003, o, in altre parole, la misura di zero.

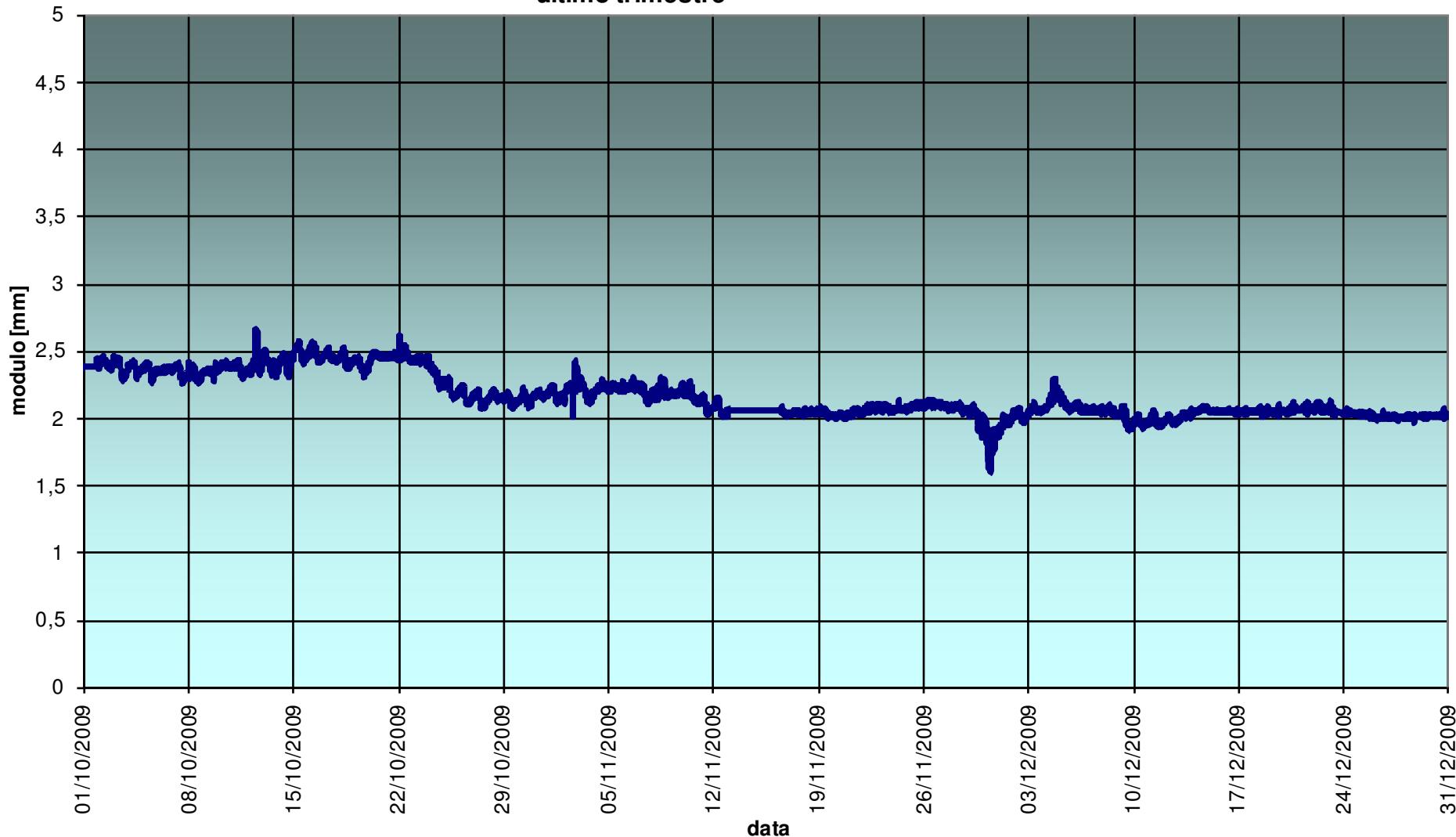
L'origine degli assi non rappresenta pertanto la posizione verticale della torre ma solo la sua inclinazione nell'ottobre del 2003.

Sistema di controllo del Duomo di Modena e della Torre della Ghirlandina



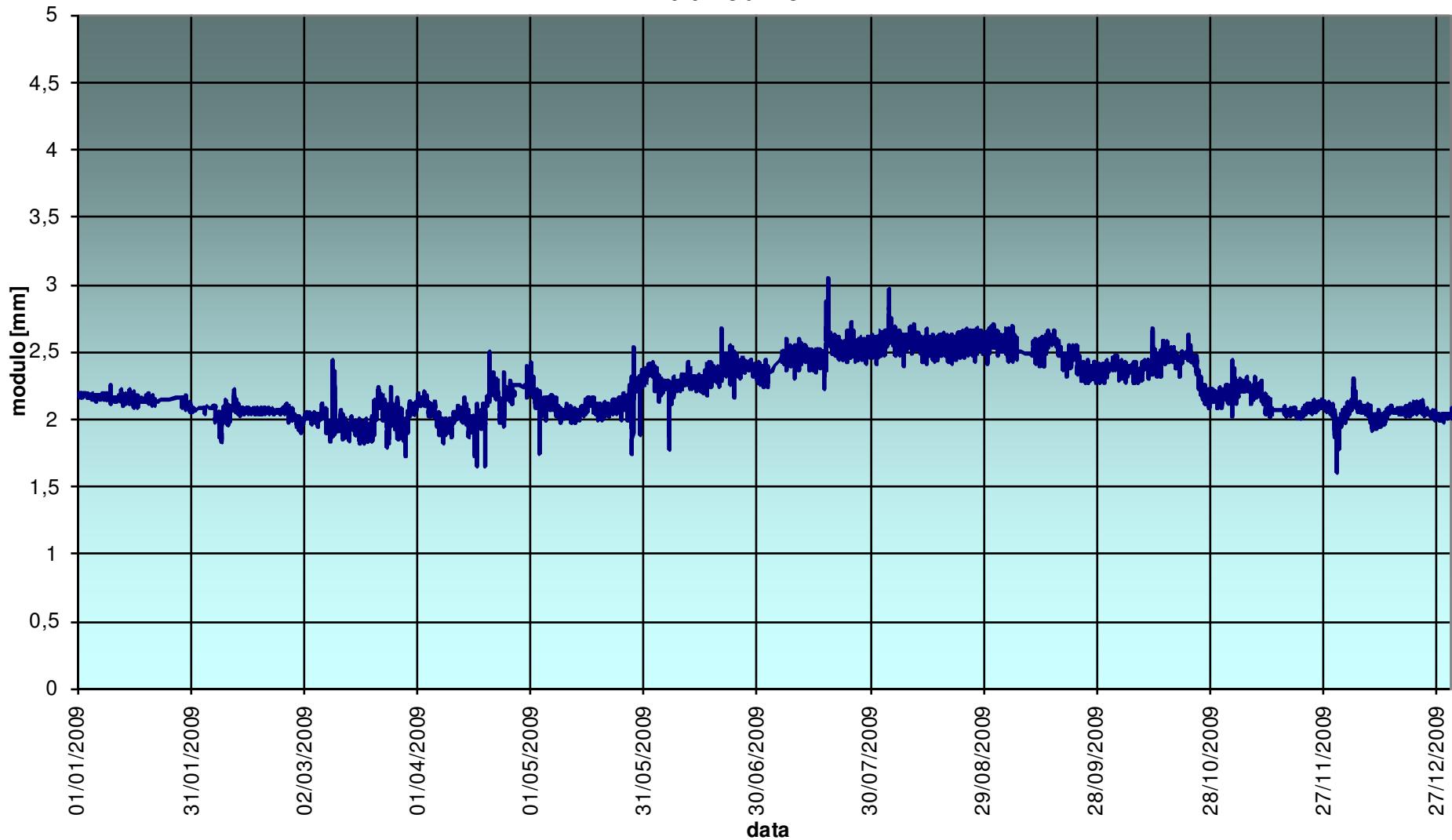
Sistema di controllo del Duomo di Modena e della Torre della Ghirlandina

**Pendolo diritto
Modulo del filo a piombo
ultimo trimestre**



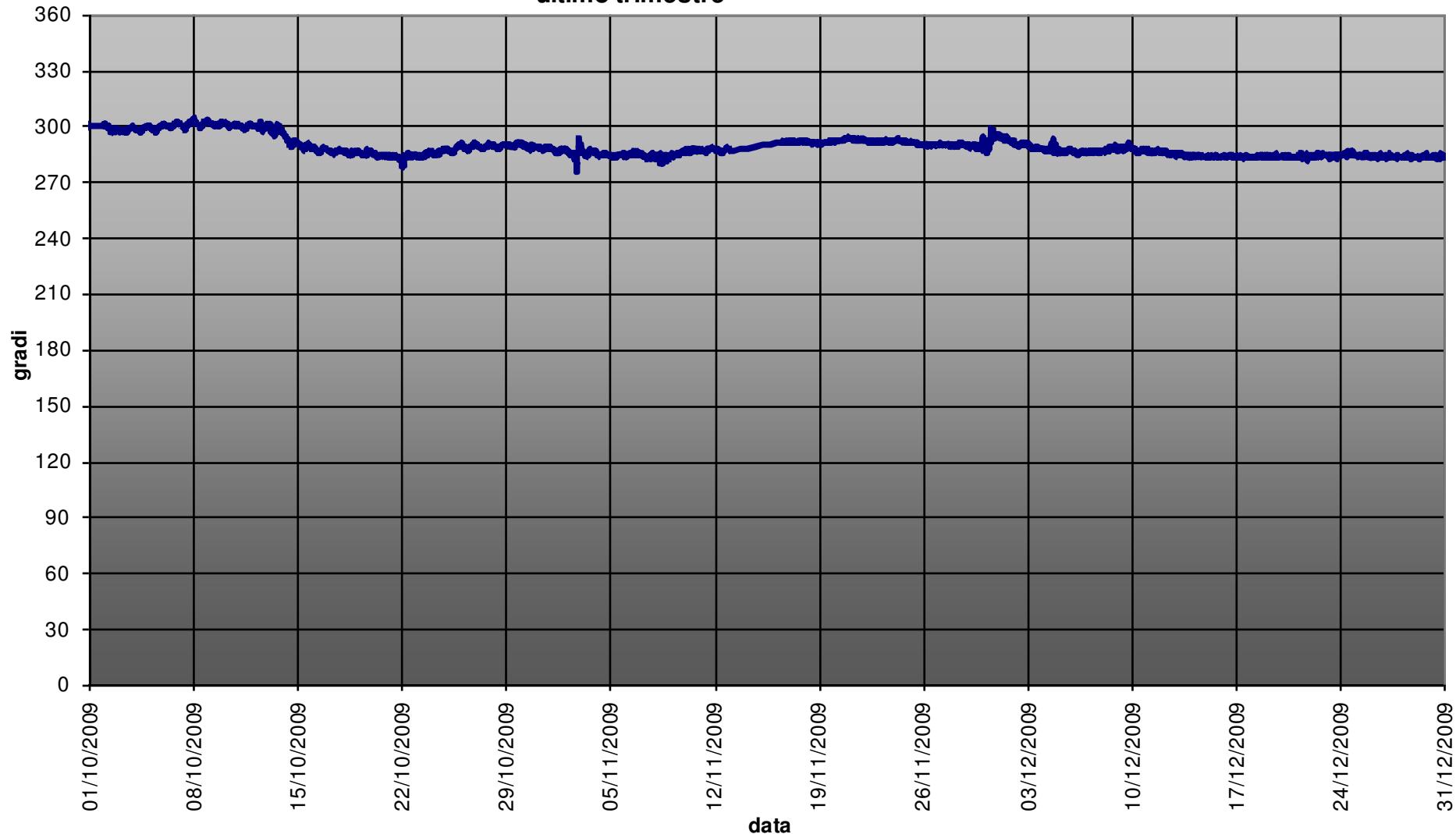
Sistema di controllo del Duomo di Modena e della Torre della Ghirlandina

**Pendolo diritto
Modulo del filo a piombo.
ultimo anno**



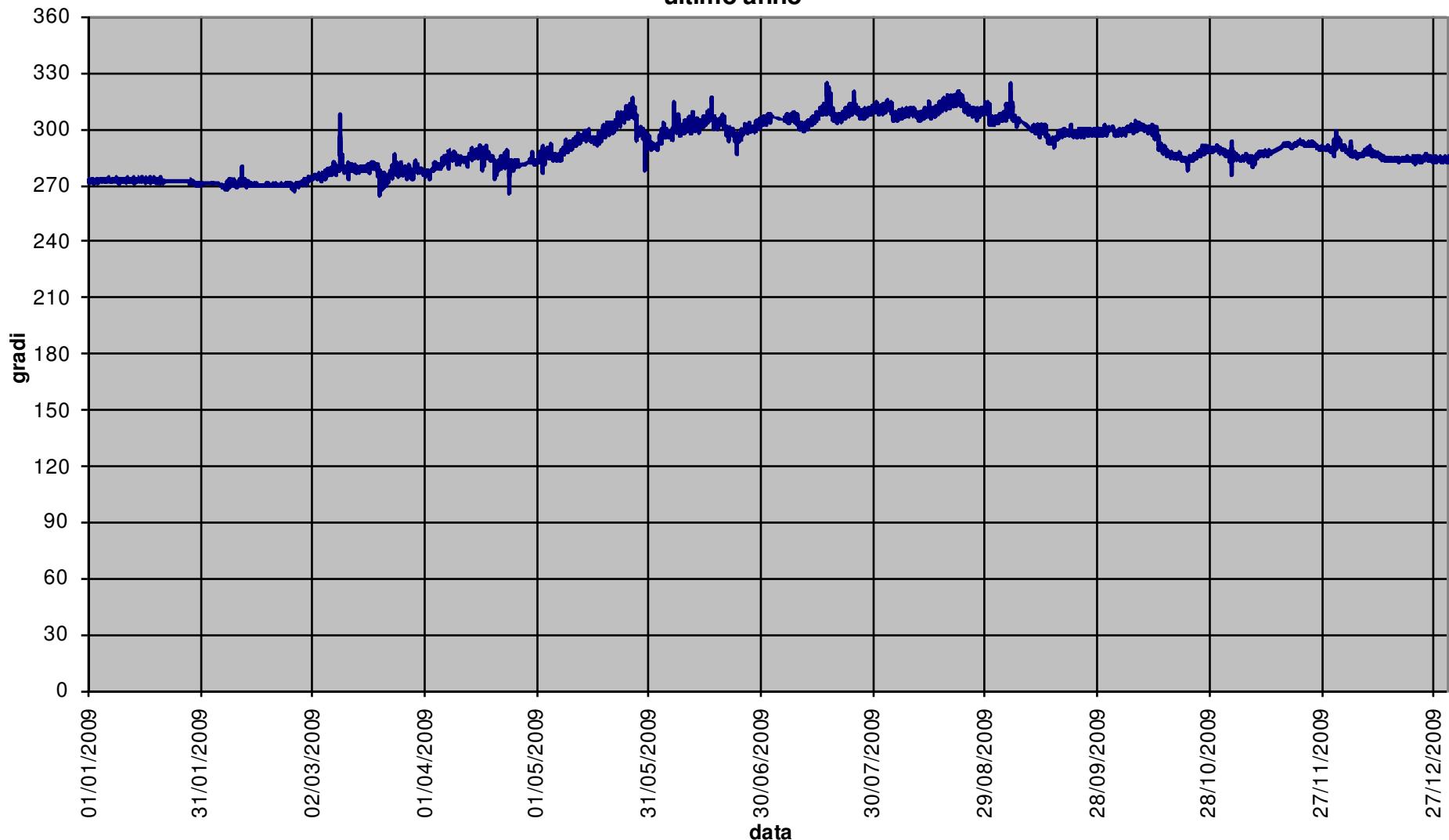
Sistema di controllo del Duomo di Modena e della Torre della Ghirlandina

**Pendolo diritto
Azimut del filo a piombo
ultimo trimestre**



Sistema di controllo del Duomo di Modena e della Torre della Ghirlandina

**Pendolo diritto
Azimut del filo a piombo.
ultimo anno**



Sistema di controllo del Duomo di Modena e della Torre della Ghirlandina

Di seguito vengono riportati i diagrammi delle misure degli estensimetri a base lunga e dei piezometri.

Tutti questi sensori, ubicati all'interno di pozzetti nelle adiacenze del duomo o della torre, trasmettono da progetto originale automaticamente le misure al sistema di monitoraggio attraverso l'impiego di dispositivi radio.

I radiotrasmettitori sono ubicati nei pozzetti mentre le radio riceventi sono installate in corrispondenza di alcune feritoie della torre.

In data 04/09/2008 si è effettuato un intervento per porre soluzione, almeno parziale, alla perdita di dati causata dall'installazione del ponteggio intorno alla torre che costituisce una gabbia metallica di schermo per le comunicazioni radio.

In detta occasione i sensori E2 e PZ2 sono stati, come specificato in dettaglio nel rapporto di cantiere fornito, collegati via cavo direttamente con l'unità di acquisizione dati centrale in torre. Da tale data si sono raccolti nuovamente le misure di tali sensori, in modo continuativo, come dimostrato dai diagrammi mostrati.

Ad oggi solo il sensore estensimetrico E5 risulta non letto dal sistema integrato di monitoraggio.

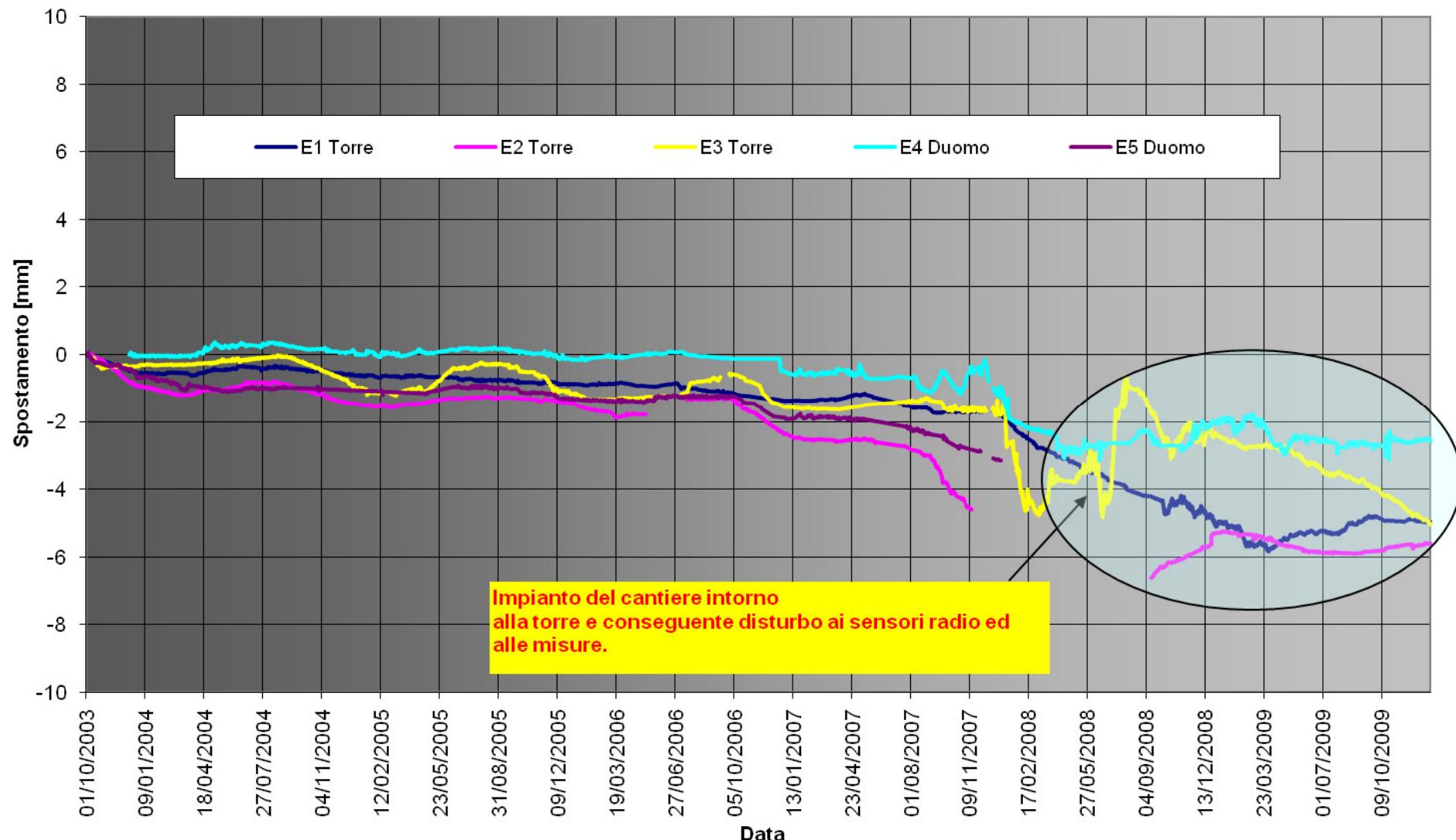
I dati dei sensori E1 ed E3 vengono letti regolarmente anche se gli inevitabili disturbi causati dalla presenza del ponteggio compromettono la pulizia di alcuni blocchi e causano quindi, saltuariamente, la perdita di alcune misure.

È stata presentata un'offerta per il collegamento via cavo anche di questi due sensori, almeno temporaneamente per la durata del ponteggio.

Per quanto concerne il sensore PZ1 è invece stato riscontrato che, sopra il pozetto ospitante lo strumento, vengano spesso posate lastre metalliche che compromettono la trasmissione del dato ai ricevitori sulla torre.

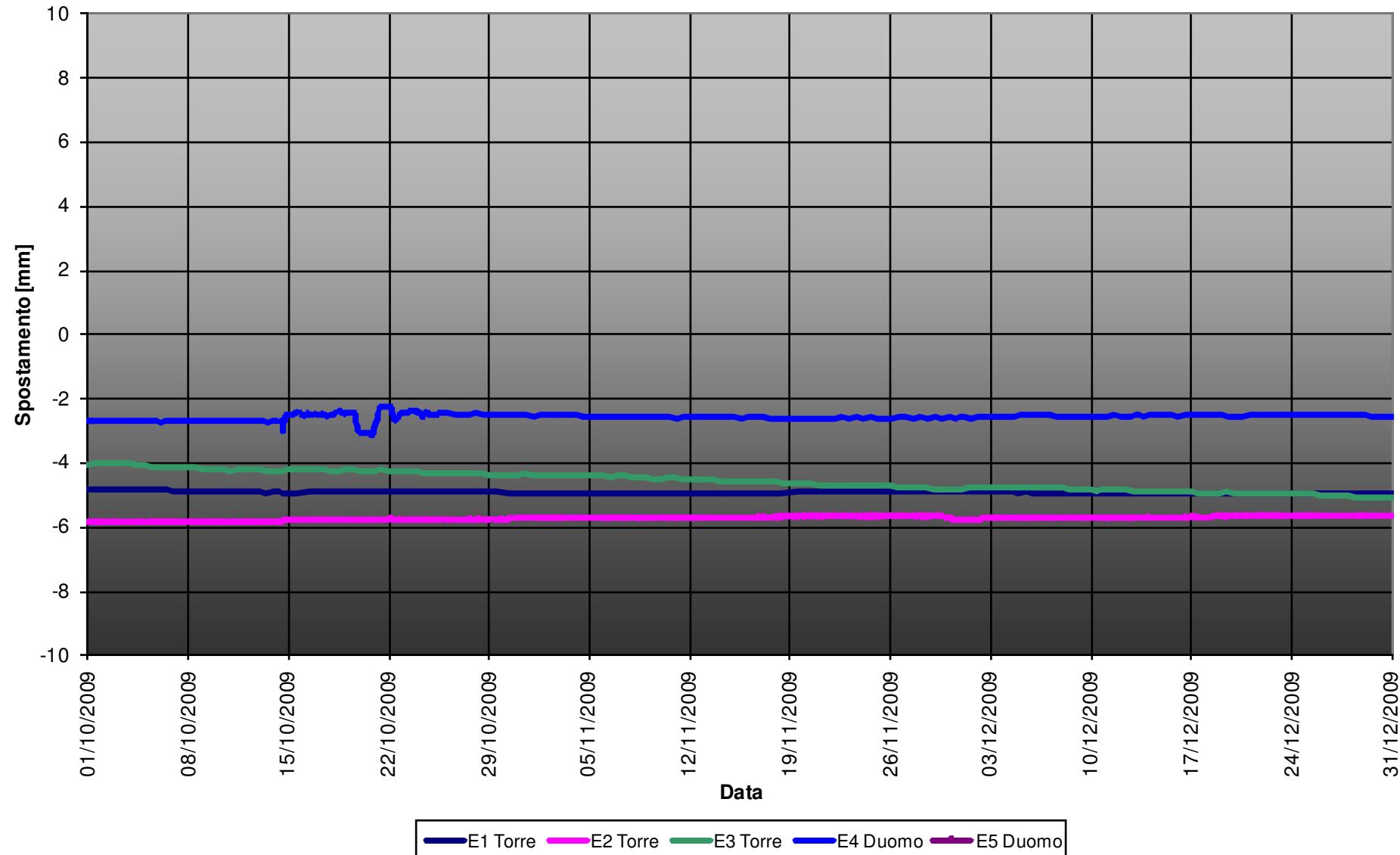
Sistema di controllo del Duomo di Modena e della Torre della Ghirlandina

ESTENSIMETRIA BASE LUNGA



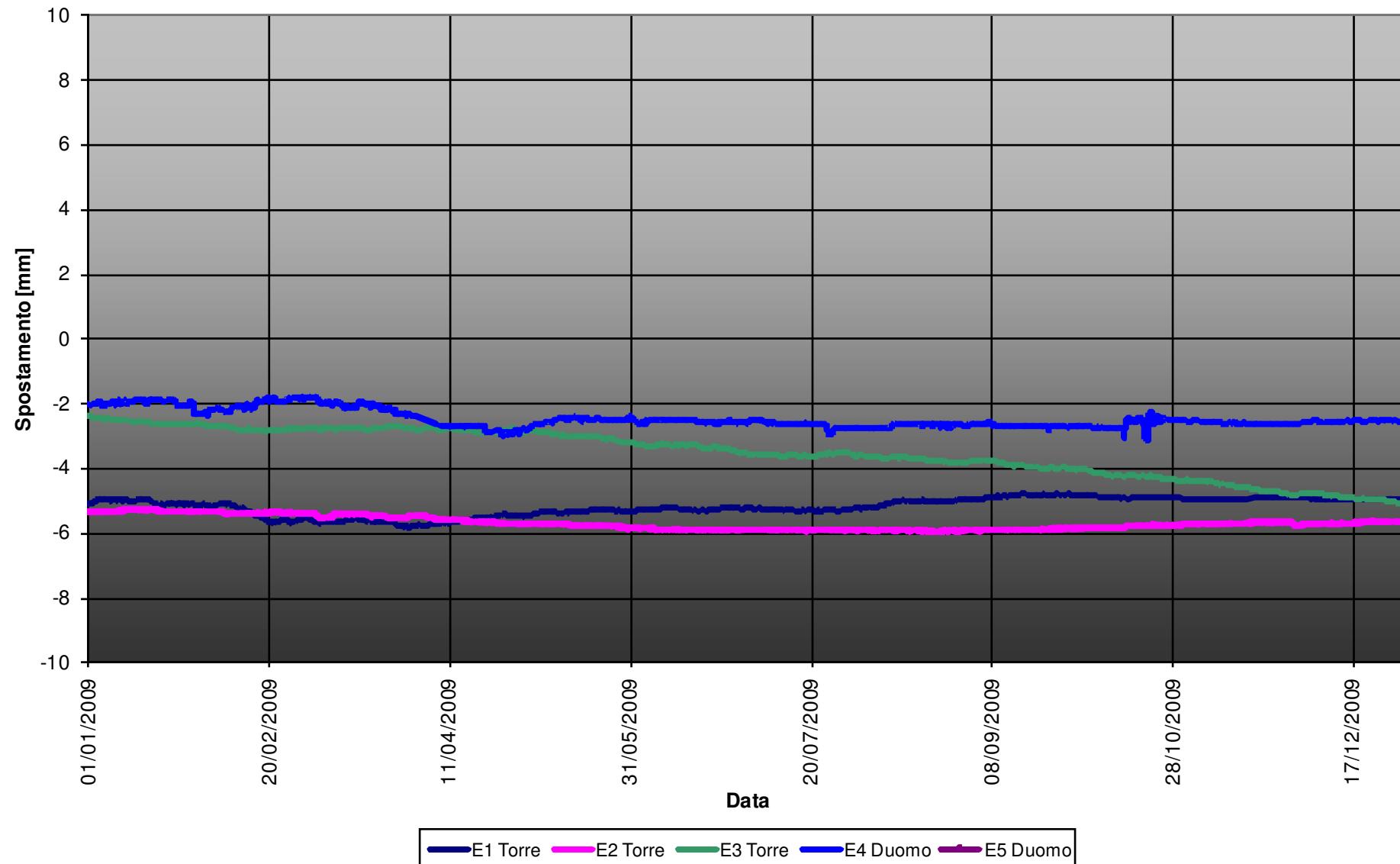
Sistema di controllo del Duomo di Modena e della Torre della Ghirlandina

Estensimetri a base lunga
Ultimo trimestre

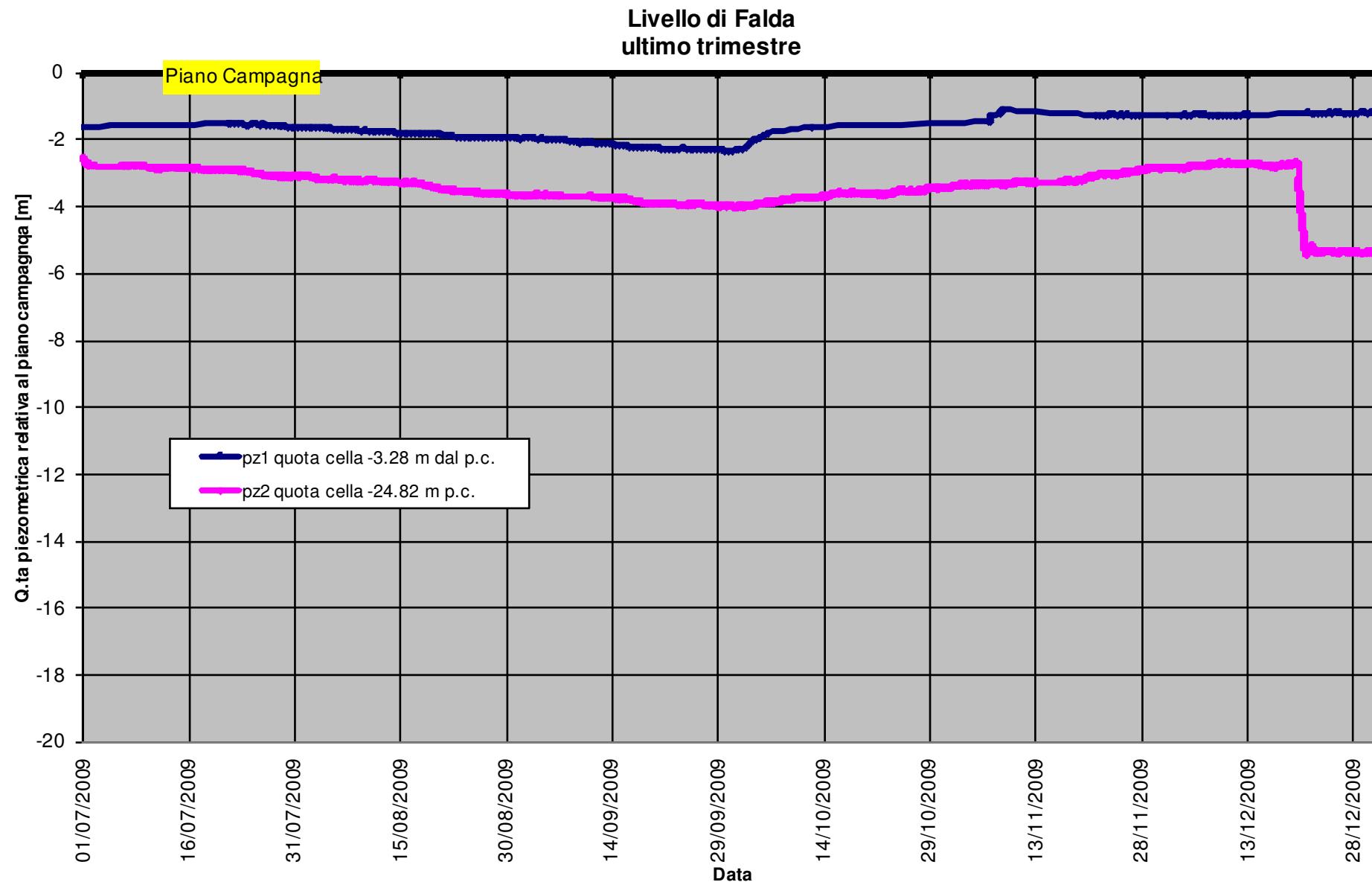


Sistema di controllo del Duomo di Modena e della Torre della Ghirlandina

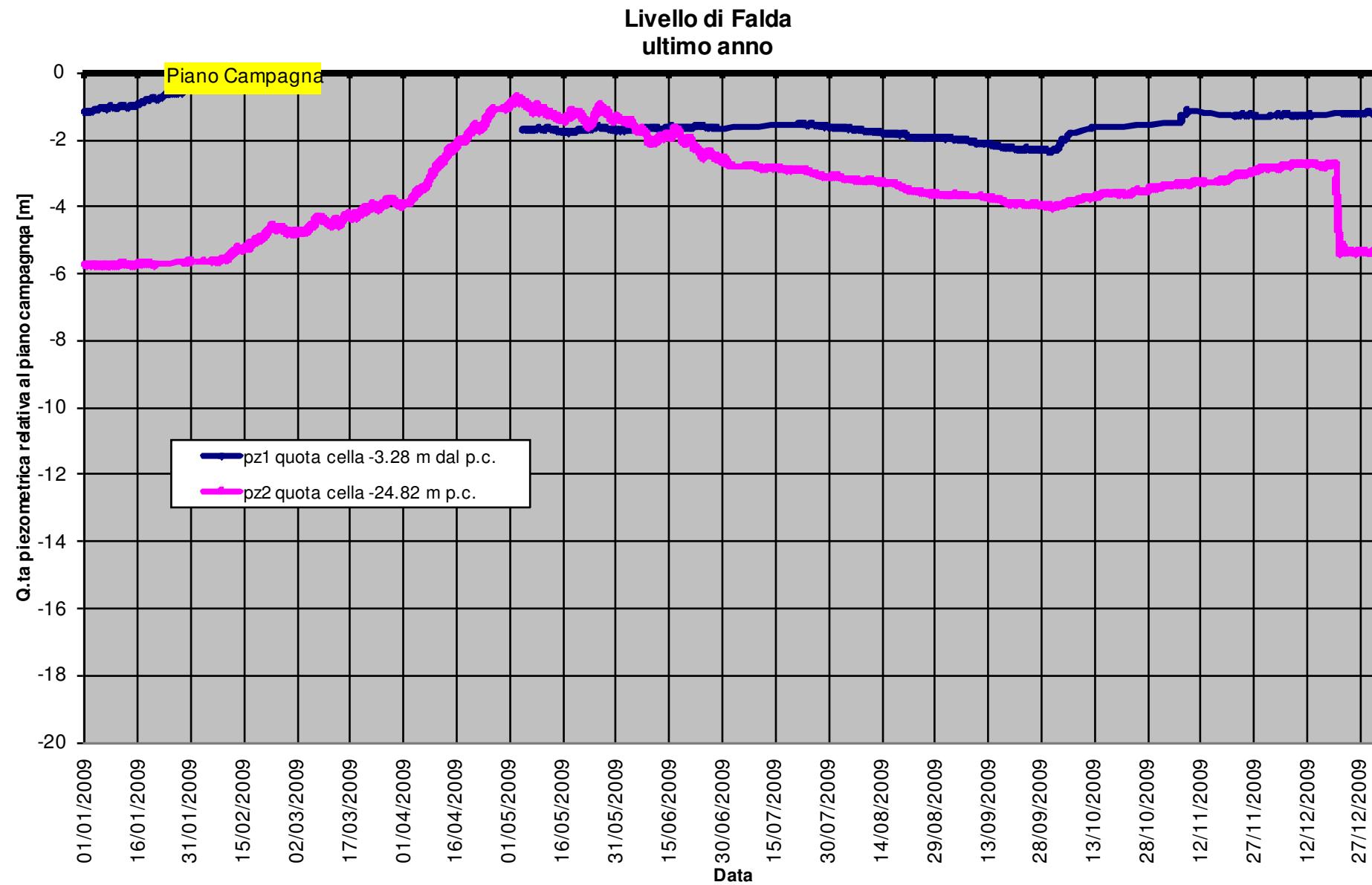
**Estensimetri a base lunga
ultimo anno.**



Sistema di controllo del Duomo di Modena e della Torre della Ghirlandina



Sistema di controllo del Duomo di Modena e della Torre della Ghirlandina



Sistema di controllo del Duomo di Modena e della Torre della Ghirlandina

RISULTATI DEL MONITORAGGIO

La strumentazione, e tutto il sistema di controllo, hanno iniziato la fase operativa nel mese di Ottobre 2003.

Tutte le misure, al 31/12/2009, sono state regolarmente effettuate e memorizzate dal sistema. Da lì, mediante collegamento in rete Internet, i dati sono stati scaricati dalla sede dell'Agisco per essere elaborati e rappresentati sotto forma di diagrammi.

Durante il trimestre appena trascorso non si sono verificate anomalie di funzionamento del sistema.

Il sistema risulta, ad oggi, perfettamente funzionante in tutte le sue componenti ad eccezione di alcune misure mancanti provenienti da alcuni dispositivi radio.

I motivi di tali mancanze sono stati descritti in precedenza e, in ogni caso, non pregiudicano la possibilità di verificare il corretto funzionamento della strumentazione e l'andamento delle grandezze monitorate.

Il database di misure a disposizione ha superato i 6 anni completi.

L'analisi dei dati durante l'ultimo trimestre non porta in ogni caso a conclusioni sostanzialmente differenti da quanto già dedotto nei rapporti precedenti.

Le fessure monitorate dai misuratori di giunto, in stretta correlazione con l'andamento della temperatura, non hanno presentato movimenti di apertura o chiusura di rilievo ma una sostanziale costanza di valori.

Il misuratore di giunto triassiale MGT1 installato a cavallo della fessura in corrispondenza dell'appoggio della Torre sulla struttura del Duomo continua a presentare una leggera tendenza alla chiusura in conseguenza della spinta della Torre che, tramite i contrafforti, si "appoggia" sul Duomo.

Il fenomeno, anche se continuo e persistente, è di entità molto piccola, decisamente correlato con la temperatura e tale da non destare alcuna preoccupazione.

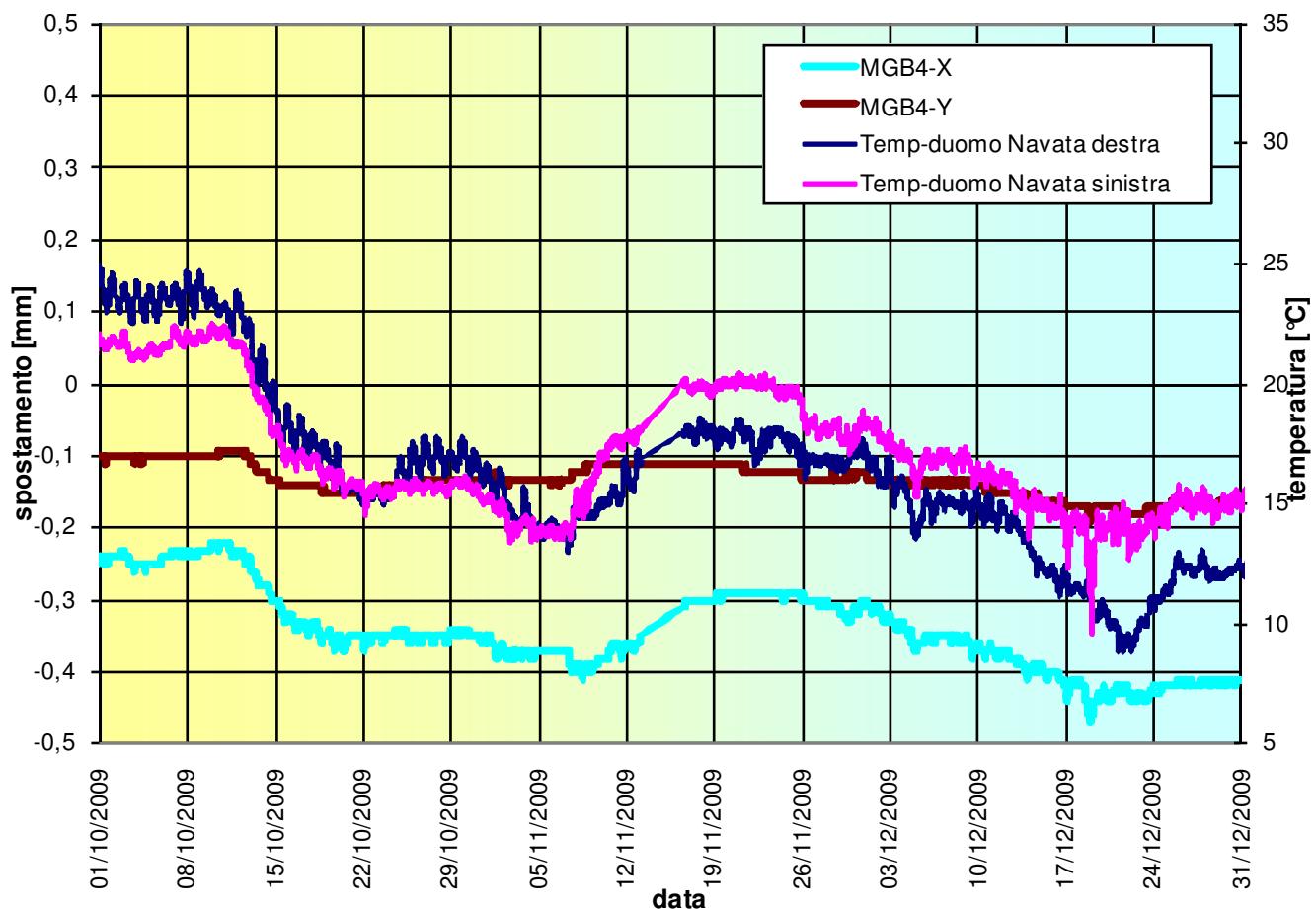
La Torre è tenuta sotto controllo mediante gli estensimetri a base lunga ed il pendolo.

Il fenomeno di rotazione della torre misurato attraverso il pendolo, coerentemente con i dati di temperatura registrati nel trimestre, ha evidenziato una sostanziale costanza nei valori rilevati.

I dati estensimetrici dell'ultimo trimestre evidenziano una sostanziale stabilità delle strutture oggetto del monitoraggio rilevata coerentemente da tutta la strumentazione installata e quindi da riferirsi all'intero sito di studio.

Sistema di controllo del Duomo di Modena e della Torre della Ghirlandina

**Andamento del Misuratore di giunto biassiale 4 e
della Temperatura relativa**



L'analisi del diagramma delle misure dal 2003 ad oggi mostra in maniera abbastanza evidente come però la presenza del cantiere e del ponteggio abbia provocato movimenti eccezionali rispetto a quanto visto durante gli anni precedenti.

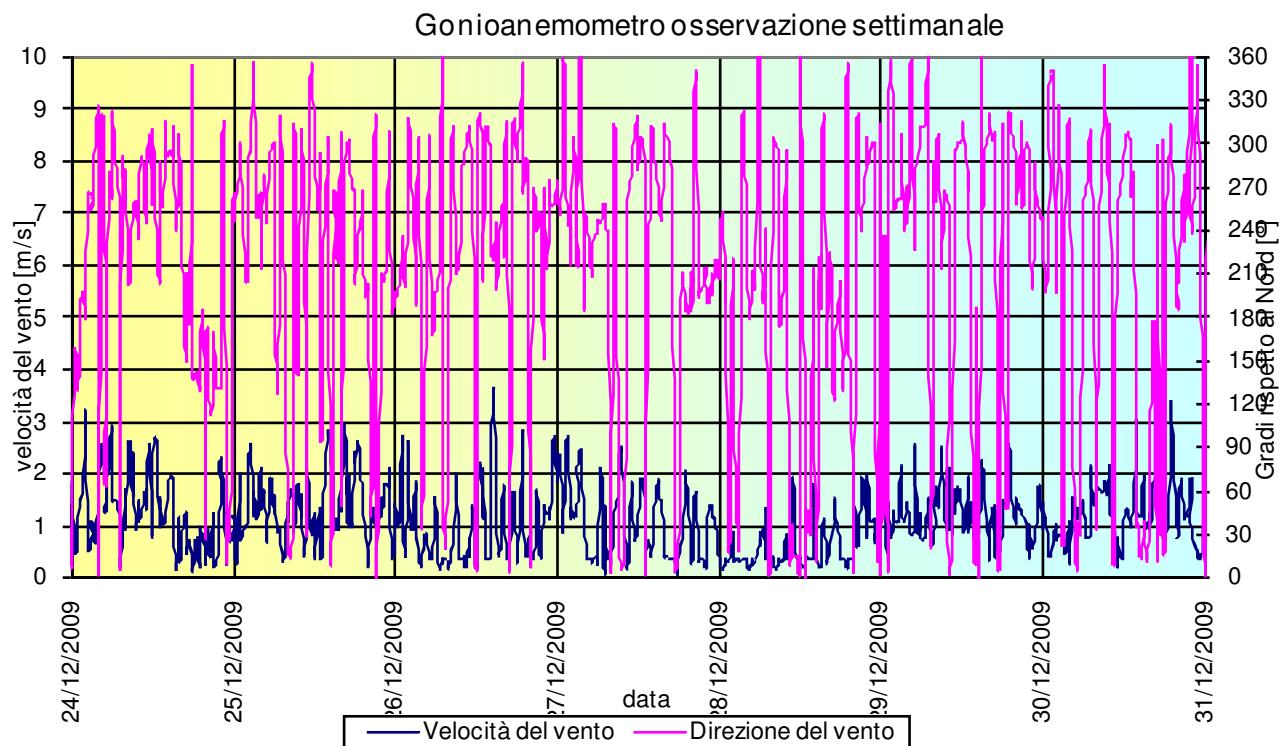
Le misure mostrano comunque coerenza ed i sensori sono stati tutti verificati più volte e da ritenersi strumentalmente funzionanti.

I dati piezometrici disponibili mostrano sostanziale coerenza fra i valori rilevati.

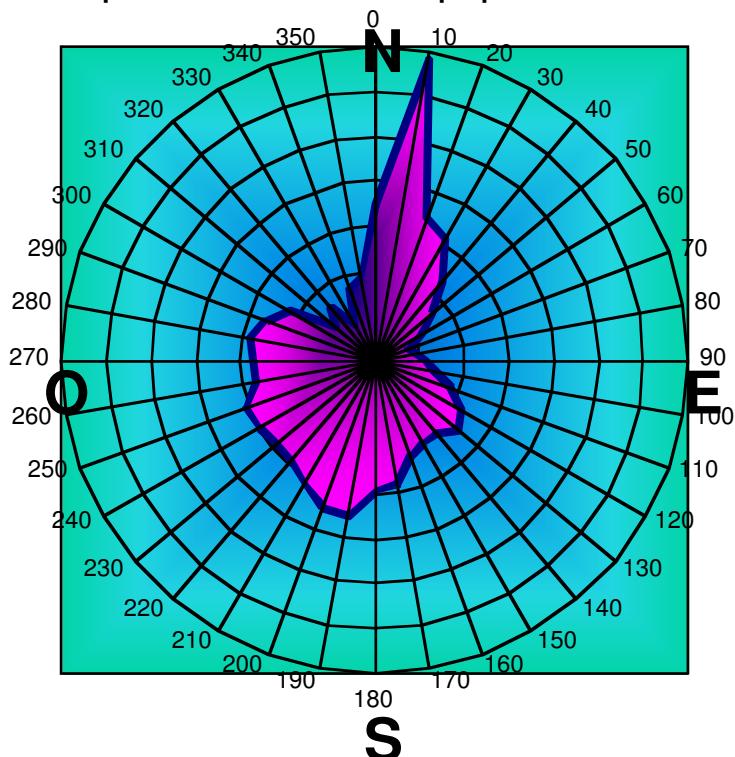
Il piezometro PZ2 presenta una variazione repentina del livello intorno al 21/12, è comunque stato verificato e si può considerare correttamente funzionante.

Si riporta una registrazione settimanale del gonoanemometro ed un diagramma polare riportante le direzioni del vento registrate con modulo proporzionale al numero di letture avvenute con quel particolare azimut. Il secondo diagramma tiene conto delle 38603 registrazioni effettuate dal primo gennaio 2007 al 31 dicembre del 2009. Si riportano inoltre i diagrammi polari con le misurazioni dei venti dell'ultimo trimestre e quello con le medie annuali.

Sistema di controllo del Duomo di Modena e della Torre della Ghirlandina

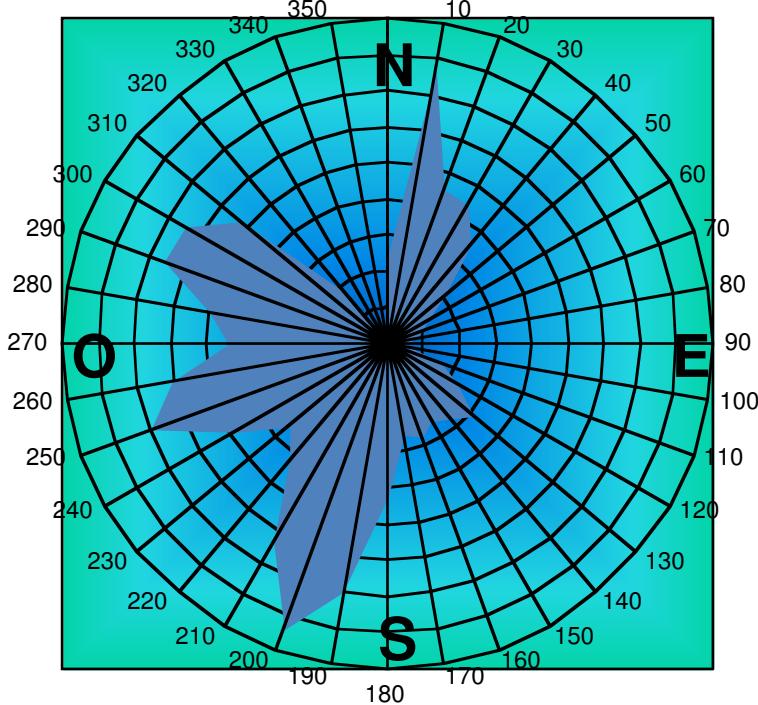


direzioni prevalenti vento - modulo proporzionale al numero di eventi.

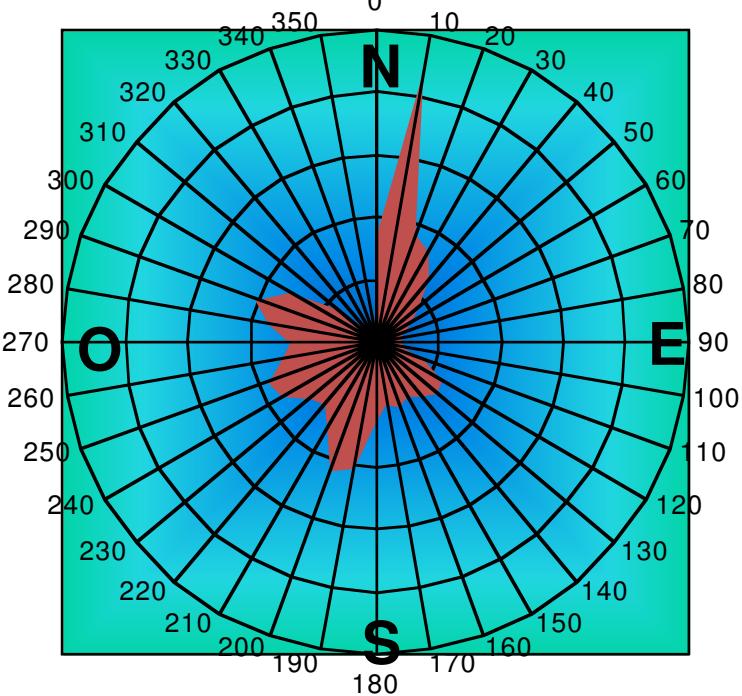


Sistema di controllo del Duomo di Modena e della Torre della Ghirlandina

**direzioni prevalenti vento - modulo proporzionale al numero di eventi.
ultimi 3 mesi**



**direzioni prevalenti vento - modulo proporzionale al numero di
eventi. ultimo anno**



Sistema di controllo del Duomo di Modena e della Torre della Ghirlandina

CONCLUSIONI

Si conferma la bontà e l'affidabilità dell'insieme di misure sulle quali possono essere fatte successive elaborazioni ed interpretazioni più approfondite.

Il periodo di osservazione complessivo va dall'ottobre 2003 a dicembre 2009 con una banca dati disponibile che supera sei anni completi.

La banca dati raccolta costituisce una valida base in continua crescita per un'analisi strutturale del complesso duomo-contrafforti-torre al fine di determinarne e comprenderne le evoluzioni nel tempo e la sua affidabilità è comprovata dalla durata delle osservazioni automatiche e dalla coerenza delle misure registrate.

Dato il riscontro di fenomeni permanenti si considera di primaria importanza continuare lo studio dell'evoluzione temporale delle misure.

La possibilità di correlare differenti misure tra loro costituisce una risorsa preziosa per chi ha il compito di analizzare ed interpretare i fenomeni oggetto del monitoraggio.

È in fase di sviluppo un progetto di implementazione del sistema che integri i dati già registrati con altre misure quali controlli estensimetrici e piezometrici a profondità superiori, misure di carico sopportato dai contrafforti ed analisi del comportamento della struttura anche da un punto di vista dinamico.