

Monitoraggio geotecnico e strutturale di opere allo scoperto ed in ambito urbano

2. Gestione e Interpretazione delle grandezze misurate

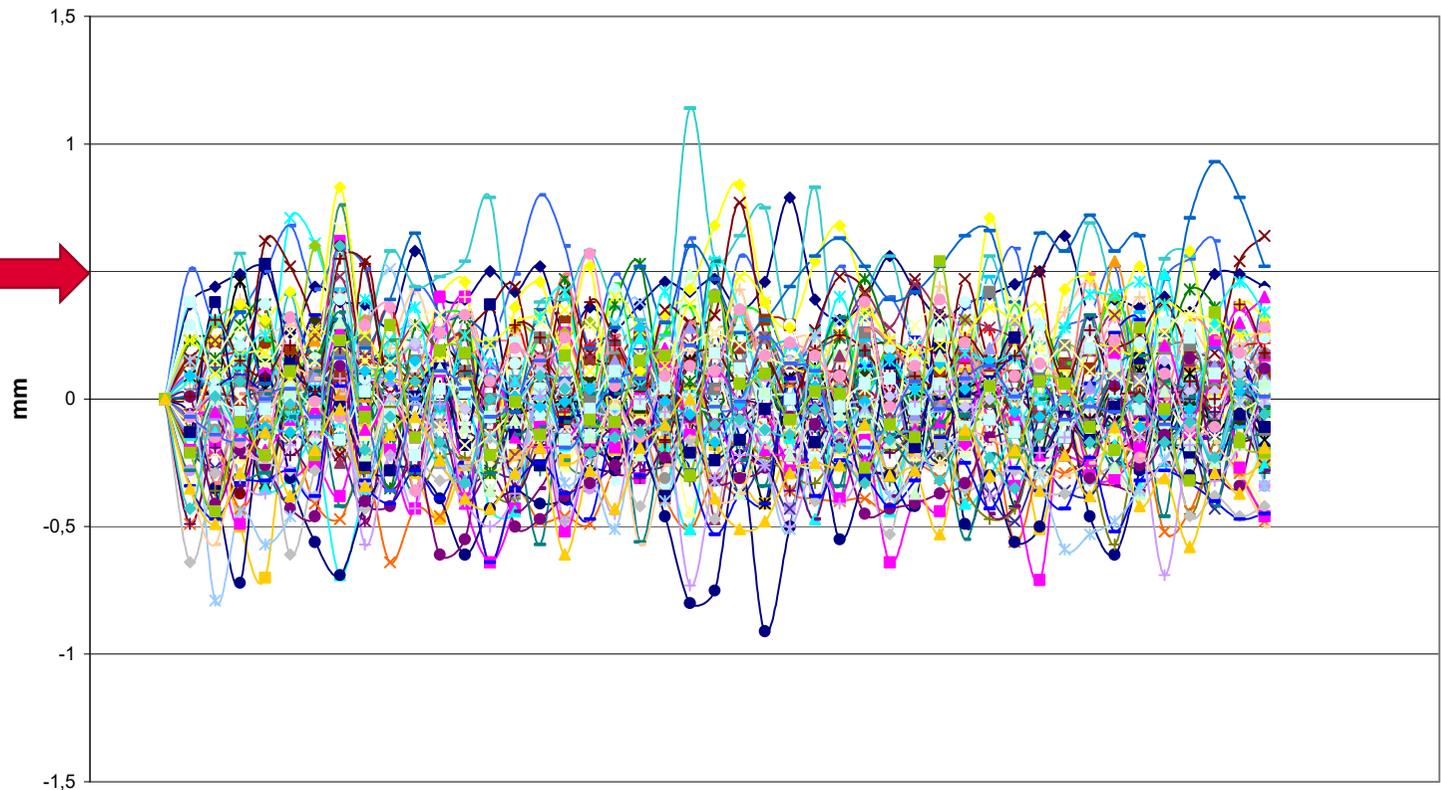


Gestione del monitoraggio

Per le opere in ambito urbano o comunque dove ci possono essere strutture sensibili è evidente che sia da privilegiare un sistema automatico che permetta di effettuare letture ravvicinate e permettano di «intercettare» immediatamente eventuali effetti indesiderati.

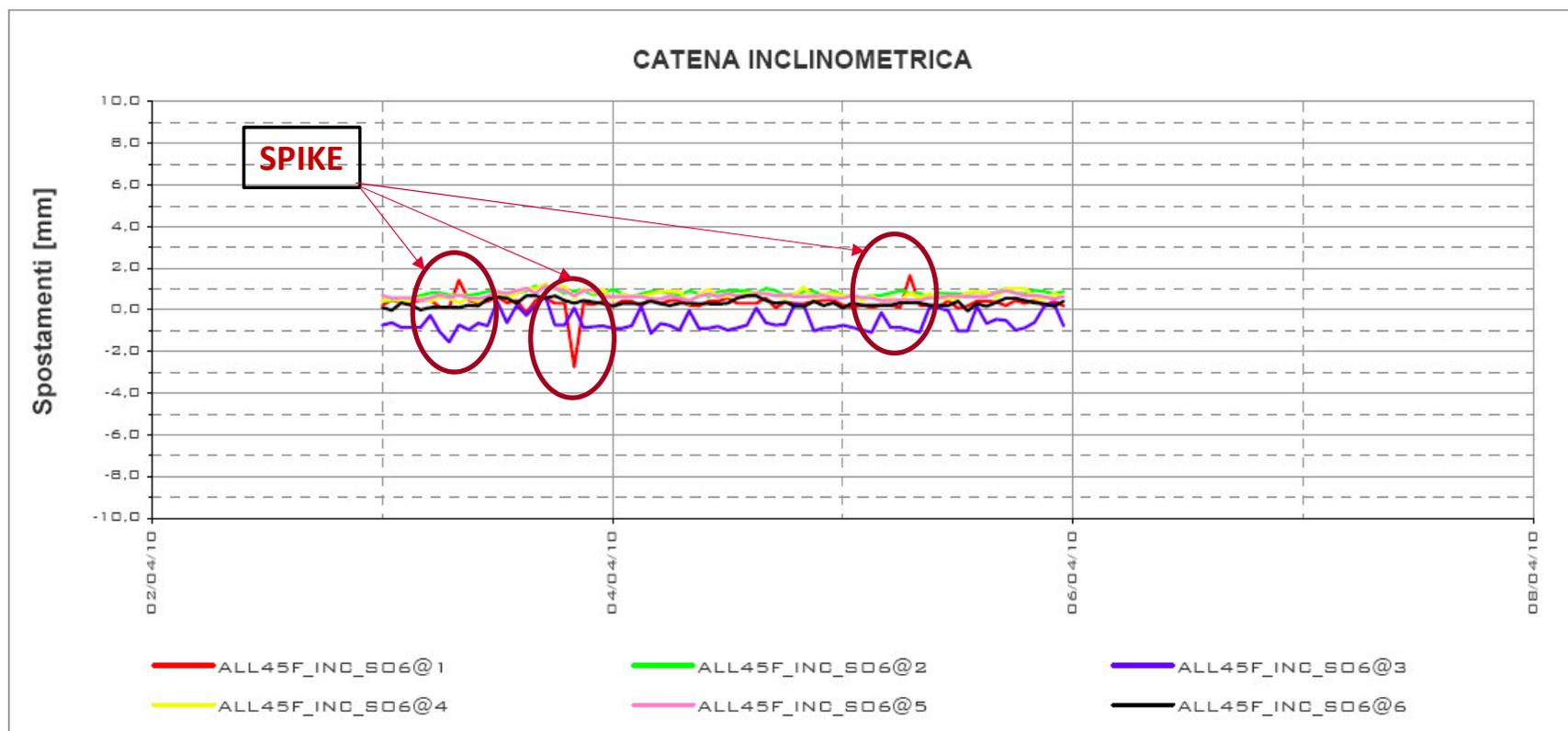
Prima dell'inizio delle lavorazioni occorre verificare la precisione della lettura (ovvero l'errore strumentale) che si ha in condizione reale e vedremo gli effetti degli errori stocastici

Registrazione delle misure di una catena inclinometrica per un periodo significativo in assenza di lavorazioni



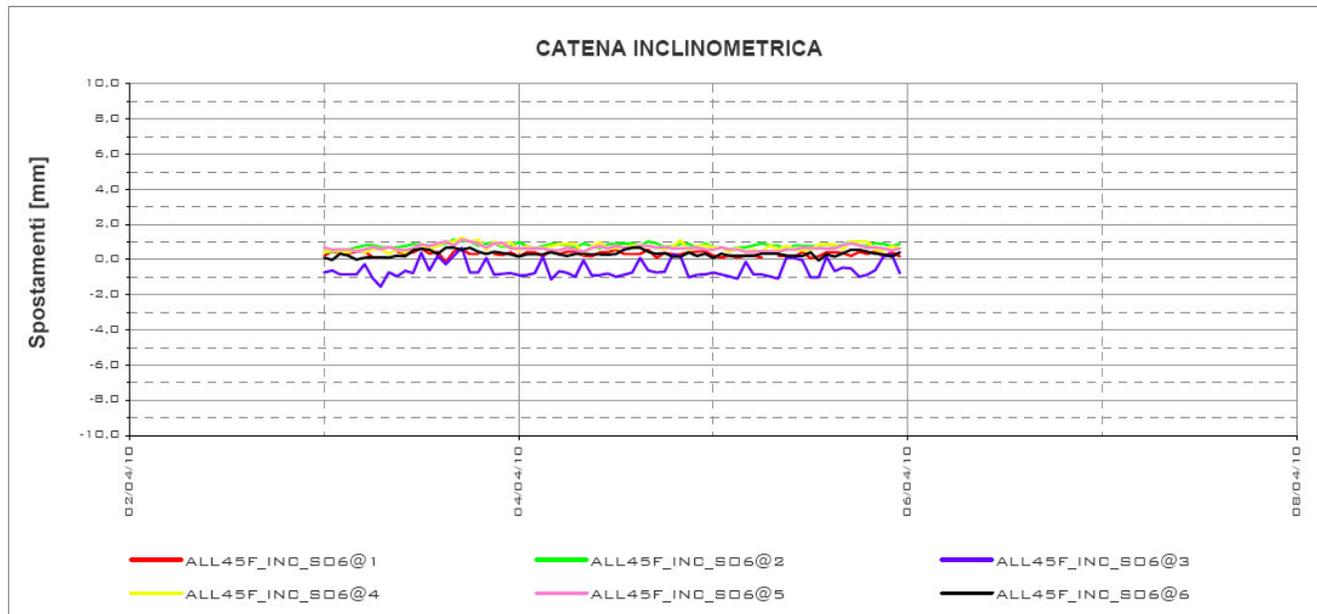
Gestione della strumentazione – un esempio: una catena inclinometrica

Nel grafico (con scala diversa) il grafico delle letture di un'altra catena inclinometrica, in assenza di lavorazioni e prima del processo di validazione, si osservano oltre alle oscillazioni delle letture delle anomalie (spike) che devono essere eliminati, in quanto privi di significato



Gestione della strumentazione – un esempio: una catena inclinometrica

Lo stesso grafico dopo l'eliminazione degli spikes



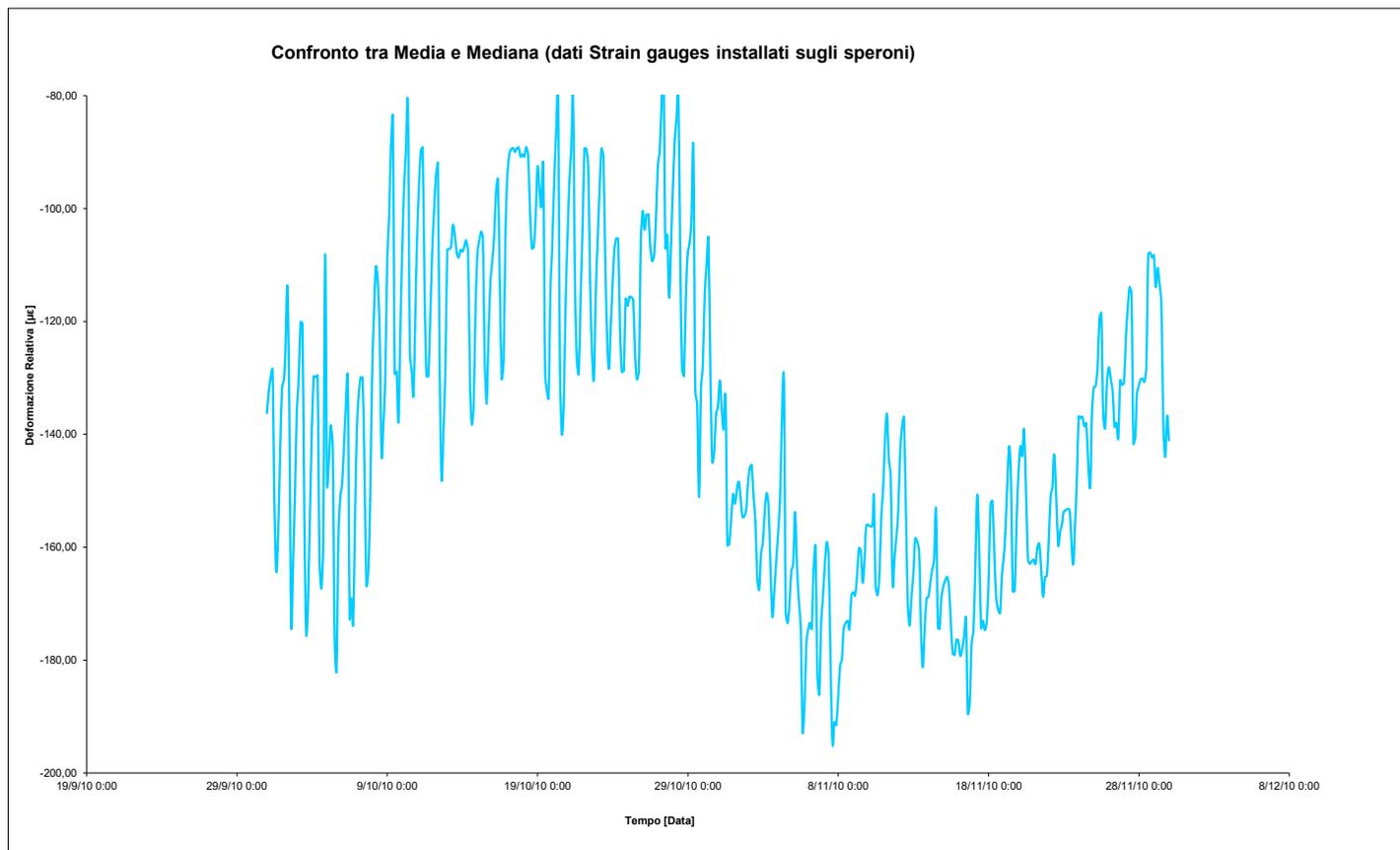
Gestione e analisi dei dati

Operazione completata

Dati Riassuntivi Generali		
Totale strumenti: 2699		Totale letture: 7963983
MONITORAGGIO GEOTECHNICO		
Nr. Strumenti: 2278 - Letture nr.: 7743674		
Tipo strumento	Nr.	Letture nr.
Celle di Carico	36	122552
Estensimetri Multibase	100	307889
Estensimetri Multibase New	72	407957
Elettrolivelle	121	1135464
Elettrolivelle Speroni	93	125550
Inclinometri	111	617
Catene inclinometriche Camerone	126	502502
Catene inclinometriche Camerone Aggiuntive	132	161748
Catene inclinometriche	192	1758637
Piezometri Elettrici	105	646938
Strain Gauges Camerone	206	231402
Strain Gauges	432	1099584
Strain Gauges Camerone Aggiuntivi	242	505786
Assestimetri BRS	9	
Termistori Camerone	78	114715
Termistori Camerone Aggiuntivi	113	215813
Termistori	96	311745
UAD	14	94775
MONITORAGGIO TOPOGRAFICO		
Nr. Strumenti: 421 - Letture nr.: 220309		
Tipo strumento	Nr.	Letture nr.
Testa Inclinometri	29	229
Livellazioni Digitali	108	5510
Prismi Ottici Speroni	33	
Quote Testa Strumenti	43	215
Stazioni Robotizzate	120	17935
Stazioni Robotizzate New	69	196124
Testa Estensimetri	15	201
Target	4	95

Gestione e analisi dei dati

Quando le letture si protraggono per lunghi periodi e si hanno letture frequenti si ottengono grafici di questo tipo



Da una prima analisi si può osservare come ci sia una ciclicità delle letture con cadenza giornaliera, settimanale e stagionale

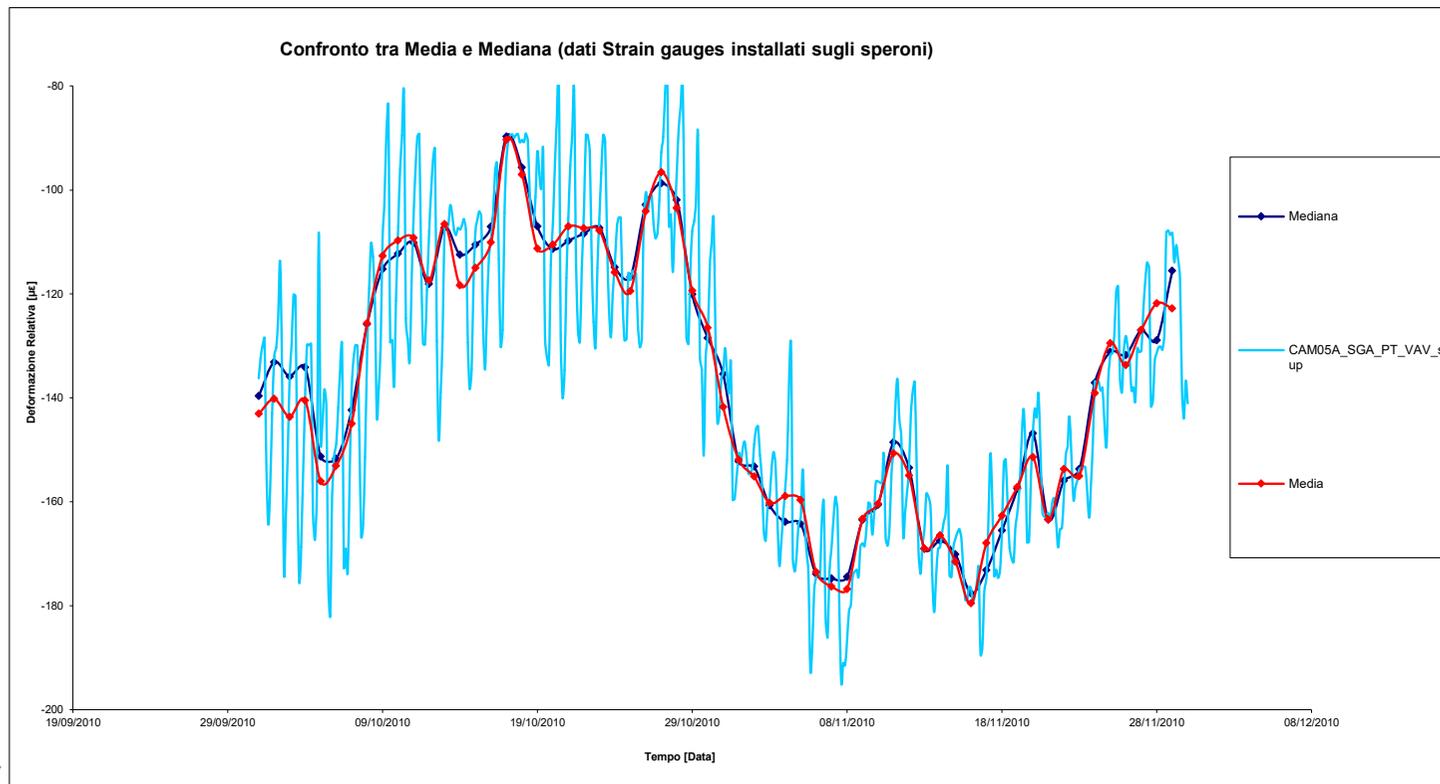
Nel lungo periodo gli archivi diventavano ingestibili e per fare una analisi di lungo periodo bastavano molti meno dati significativi

Inoltre, dovendo spesso confrontarsi sui dati con soggetti esterni, istituzioni, cittadini ecc. si pone il problema di come spiegare ad esempio l'eliminazione degli spike

Gestione e analisi dei dati

Quindi la scelta è se utilizzare elaborazioni matematiche (come le regressioni) e lavorare su dati ottenuti con calcolo o lavorare su dati letti

Il confronto sui metodi da utilizzare per alleggerire gli archivi e l'eliminazione degli spike è stato sviluppato tra la media e la mediana



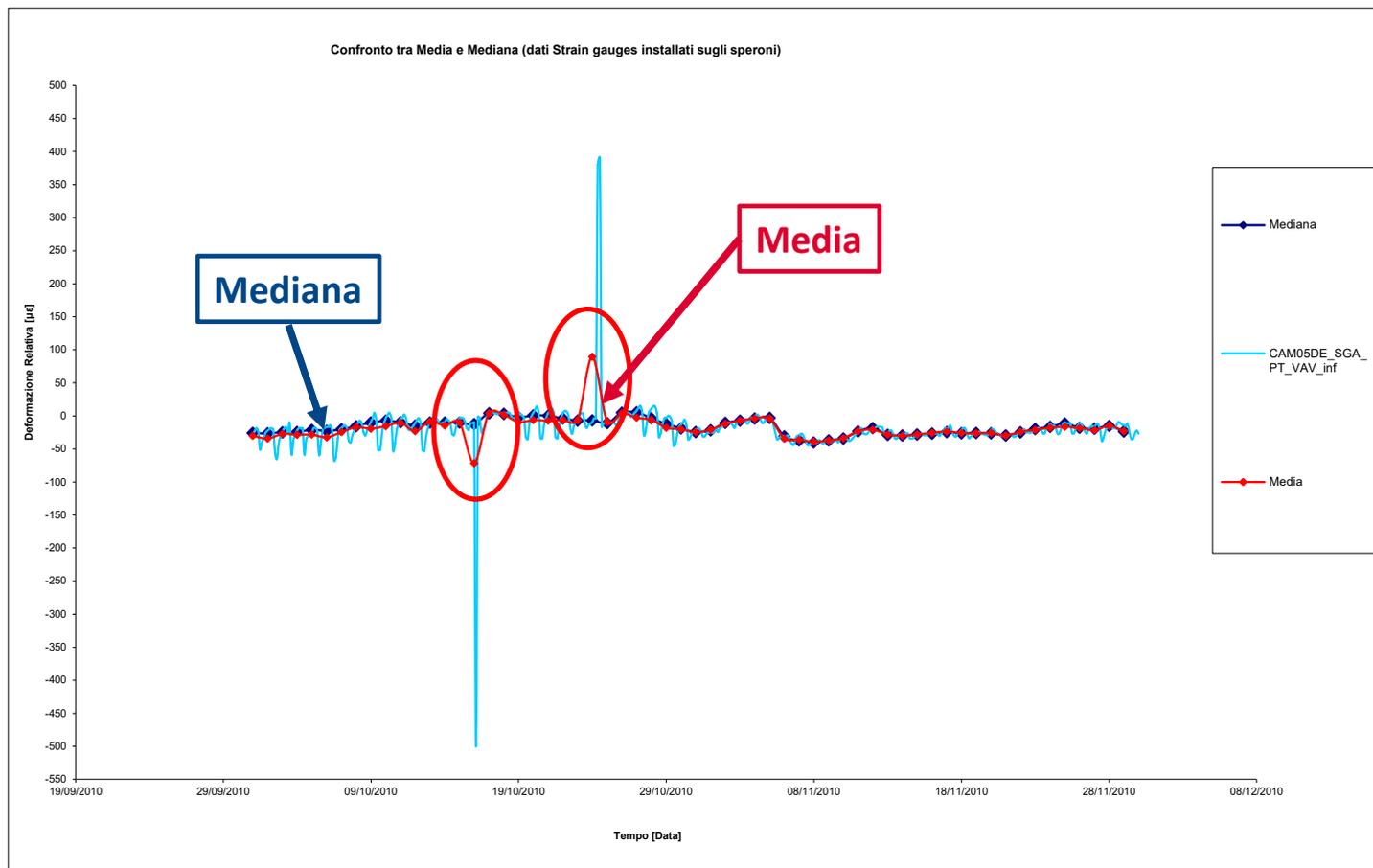
In questo esempio i risultati sono confrontabili

Rimaneva però il problema degli spike



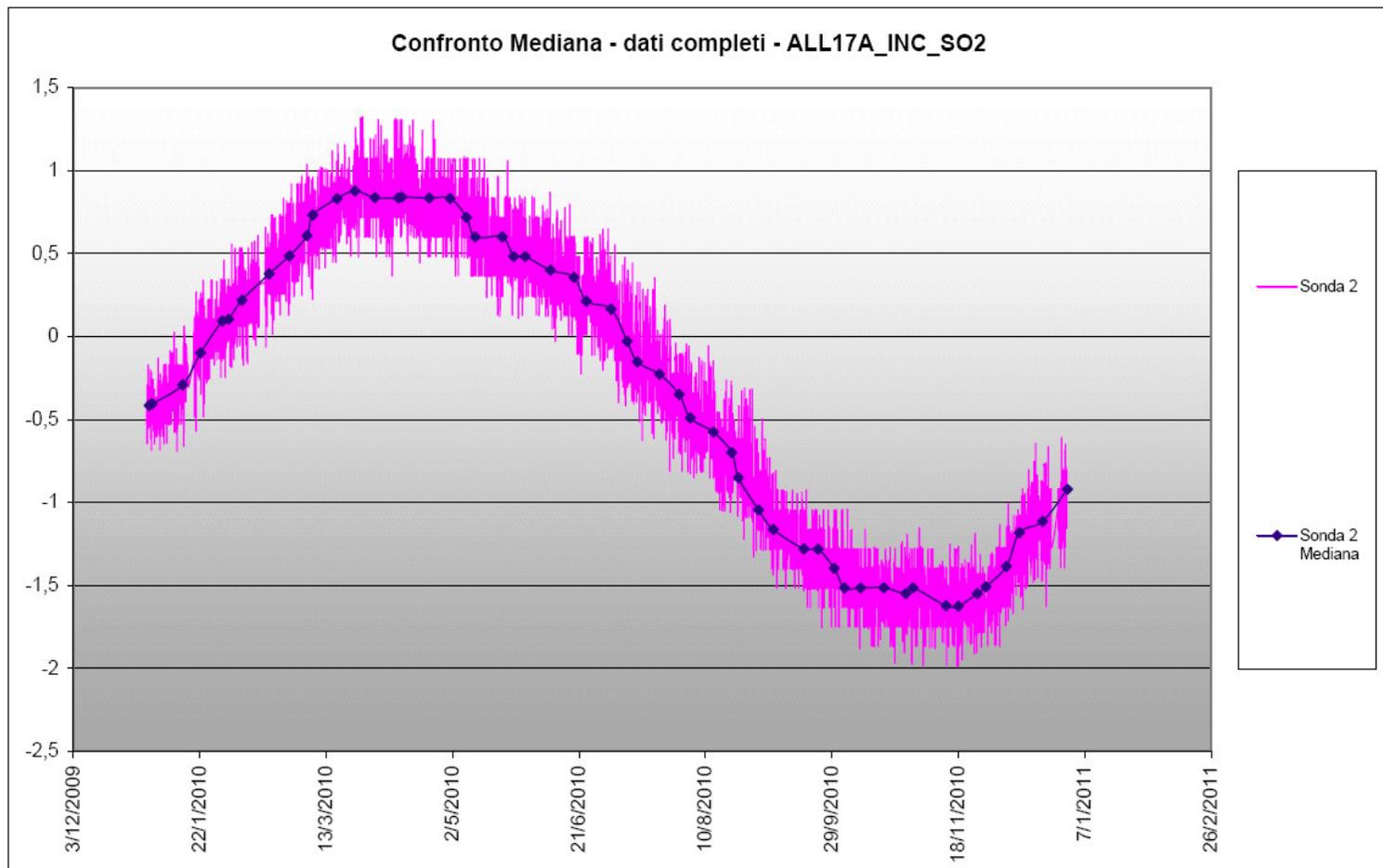
Gestione e analisi dei dati

Applicando ai dati grezzi (prima dell'eliminazione degli spikes) si osserva:

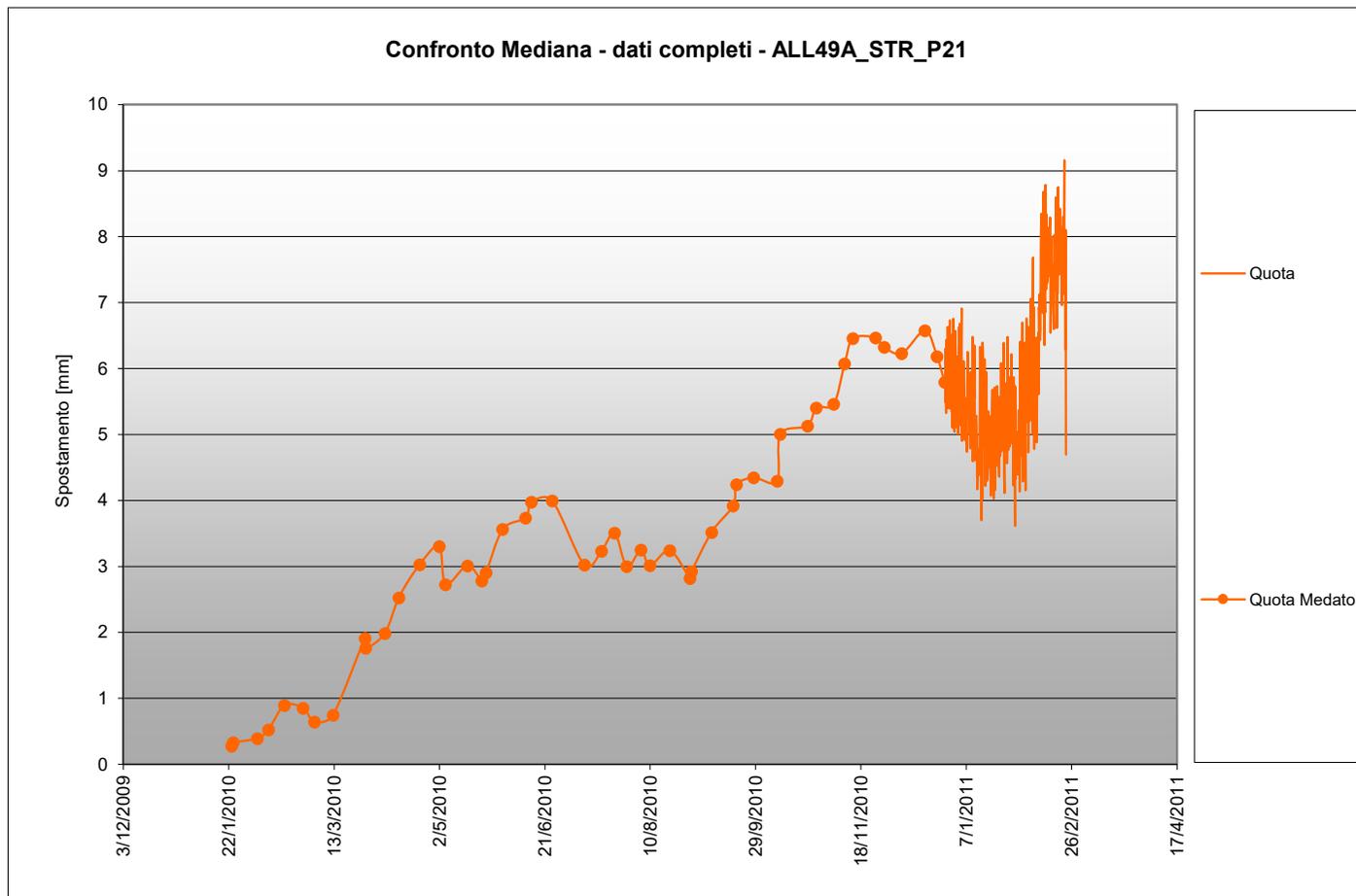


La media evidenzia chiaramente gli spikes

Gestione e analisi dei dati – la mediana



Gestione e analisi dei dati – la mediana



Gestione delle soglie di allarme

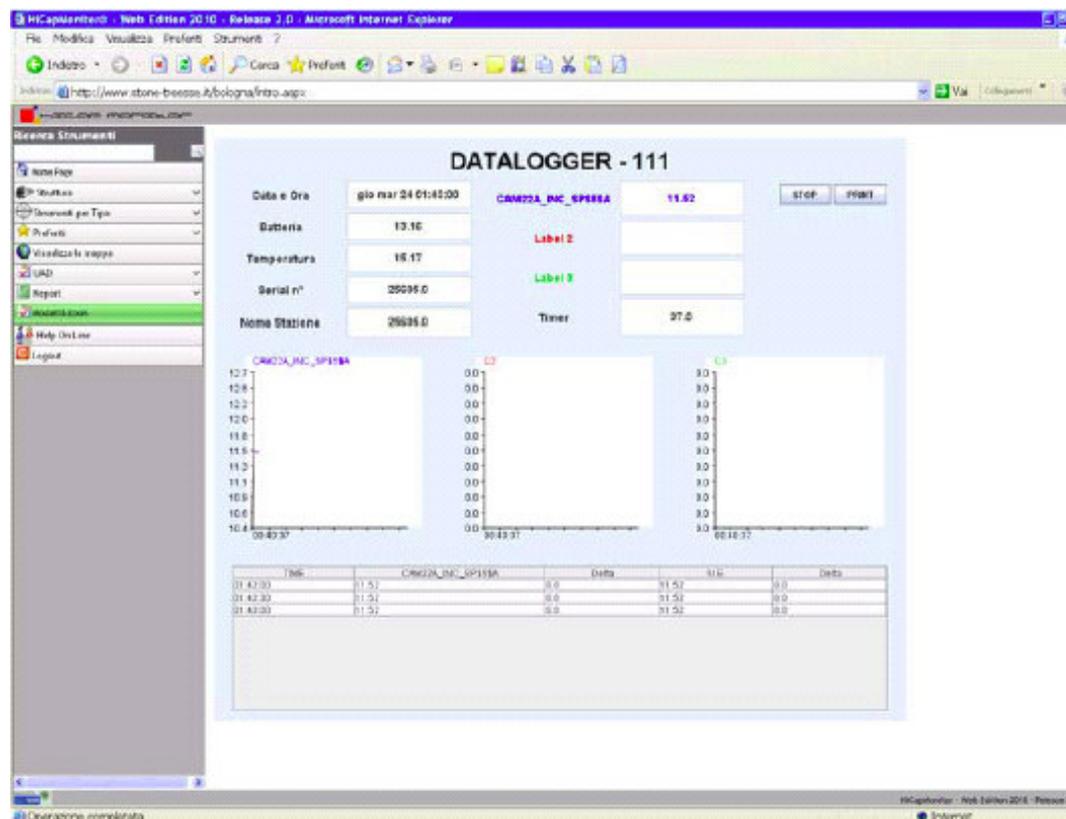
Se gli strumenti sono state associate delle soglie e questi valori sono dello stesso ordine di grandezza dell'errore strumentale o addirittura inferiori agli spikes il gestore del monitoraggio deve verificare la sua veridicità prima di applicare il protocollo previsto

Per questa ragione nel progettare il monitoraggio della stazione di Bologna è stata richiesta di inserire nella piattaforma di gestione dei dati una speciale funzione che permettesse di interrogare lo strumento che aveva segnalato l'allarme e quelli complementari

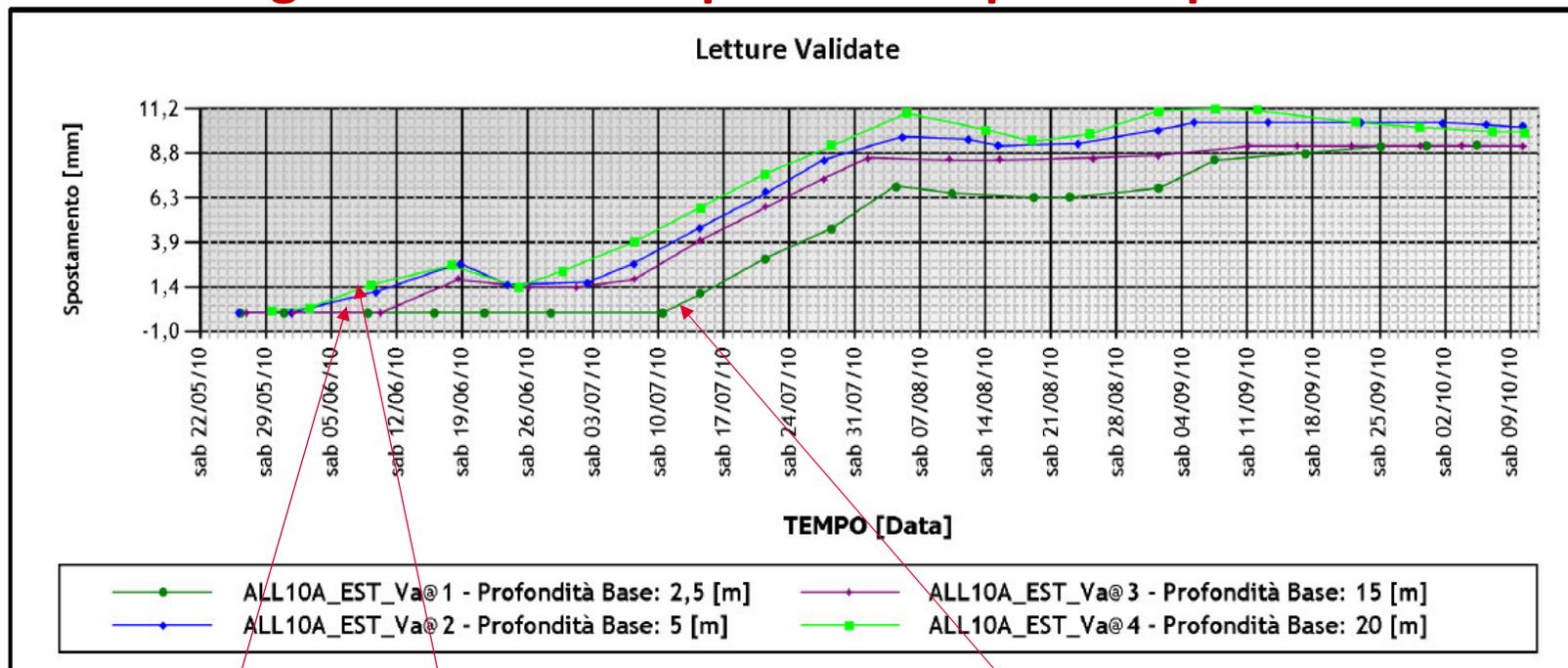
La richiesta veniva lanciata da questa interfaccia sullo strumento in allarme e su altri 2 complementari; Venivano effettuate una serie di 5 letture ravvicinate (circa 1 al minuto).

Se si trattava di uno spike, chiaramente, non leggevamo movimenti sugli altri strumenti e le letture dello stesso strumento tornavano ad allinearsi.

In caso contrario partiva la procedura prevista per il superamento della soglia



Utilizzo degli strumenti complementari per comprendere i fenomeni in corso



Ipotesi di lettura:

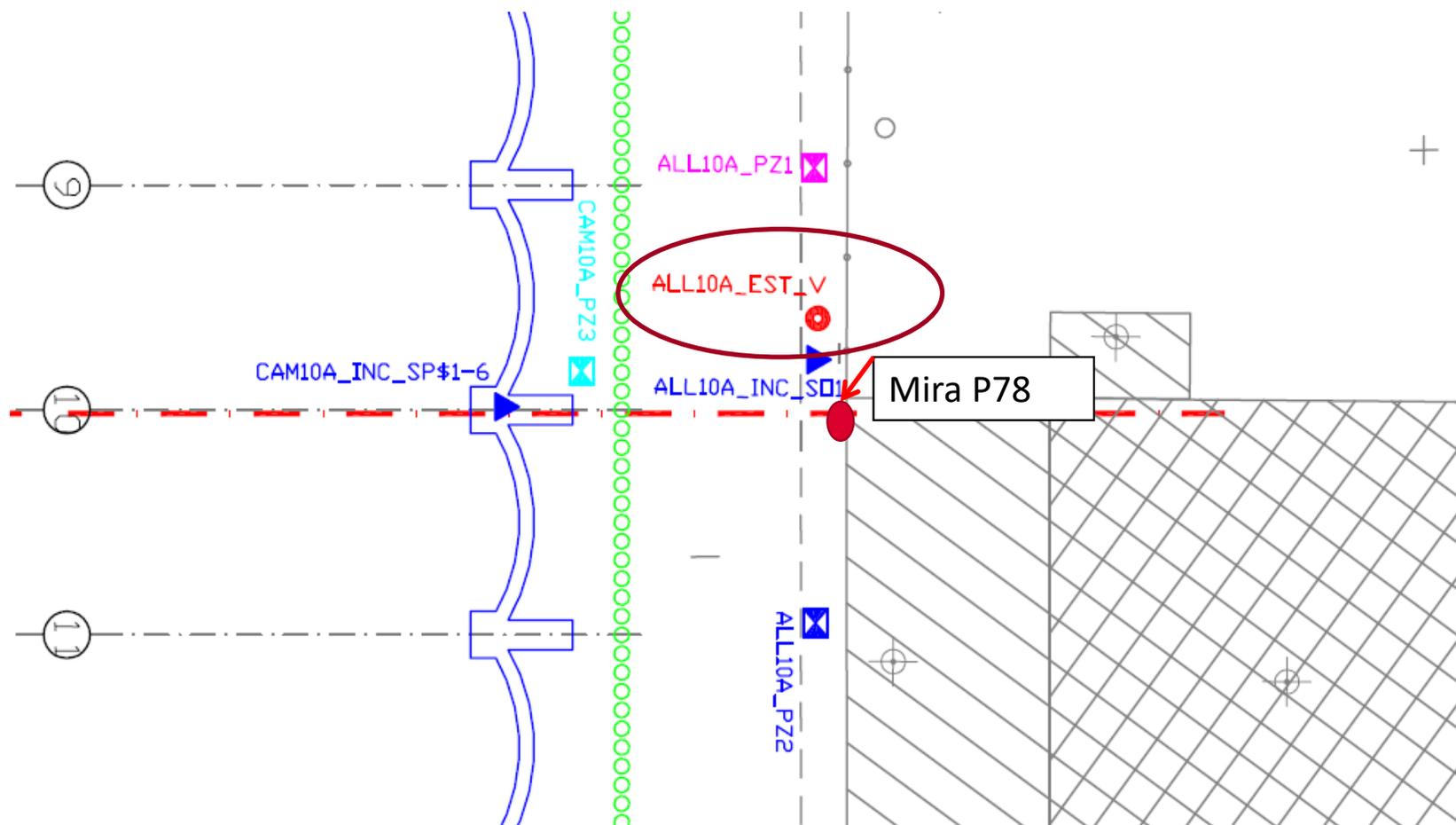
I valori negativi (-) indicano un allungamento del trasduttore di spostamento (trazione ipotizzando la base più profonda come fissa). I valori positivi (+) indicano un accorciamento (compressione ipotizzando la base più profonda come fissa).

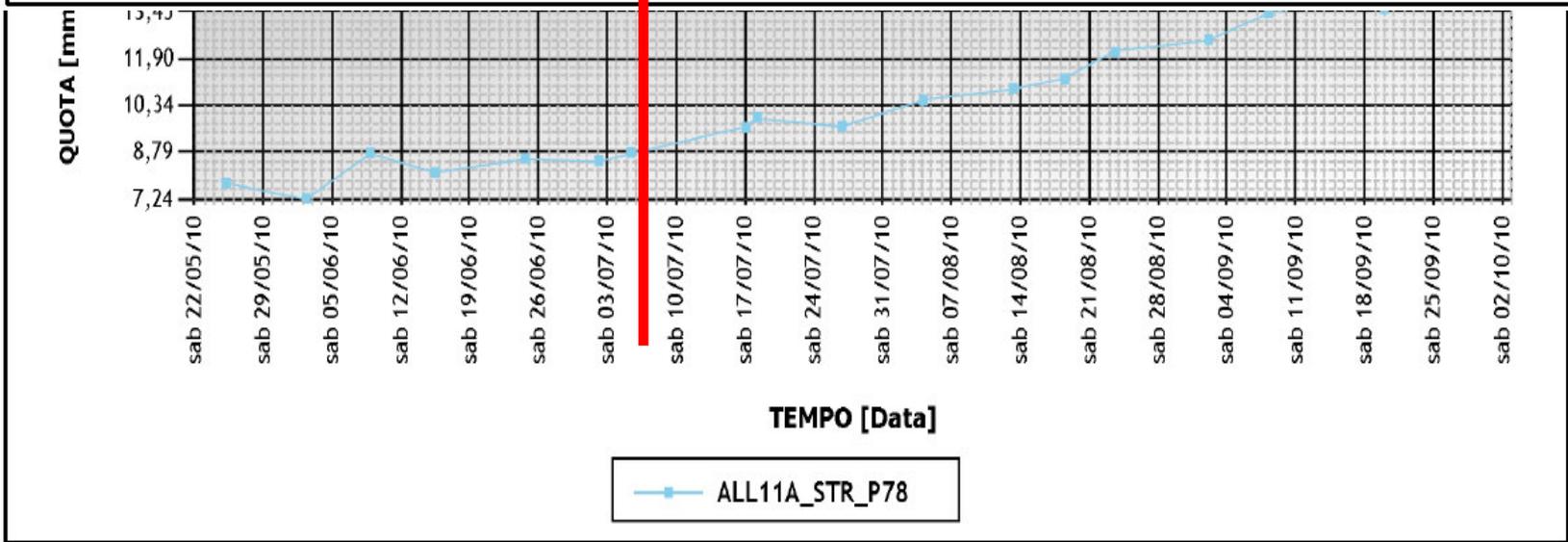
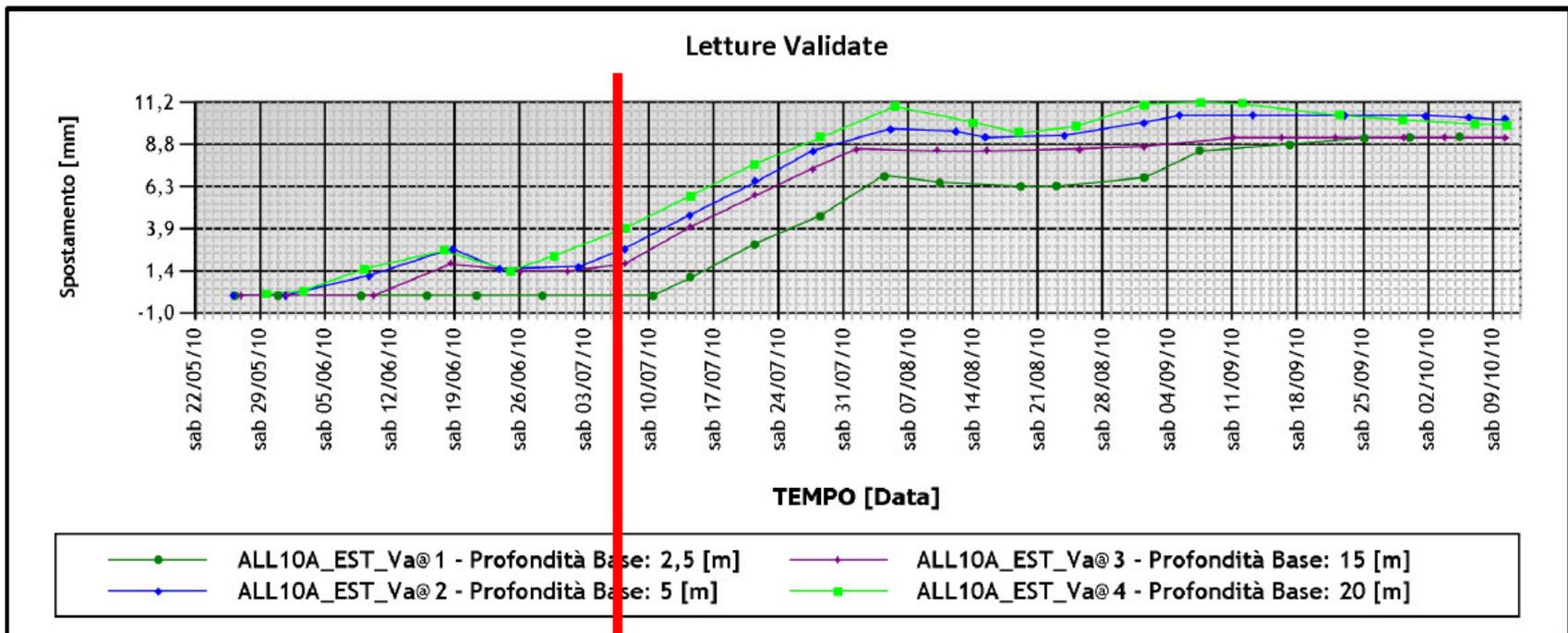
Nella figura il grafico di un estensimetro multibase che evidenzia, considerando che la base più profonda fosse stata, come da ipotesi fissa, un cedimento, ma se il cedimento fosse stato superficiale avrebbe dovuto accorciarsi il trasduttore immediatamente sopra, ipotizzando che il cedimento fosse dalla superficie verso il basso, ma questo non avveniva

Infine dopo 5 settimane anche la base più superficiale andava in compressione e successivamente, si registrava una analoga compressione su tutti i trasduttori

Utilizzo degli strumenti complementari per comprendere i fenomeni in corso

Confrontando le letture dell'estensimetro con quelli della mira ottica installata sul fabbricato adiacente si è potuto osservare



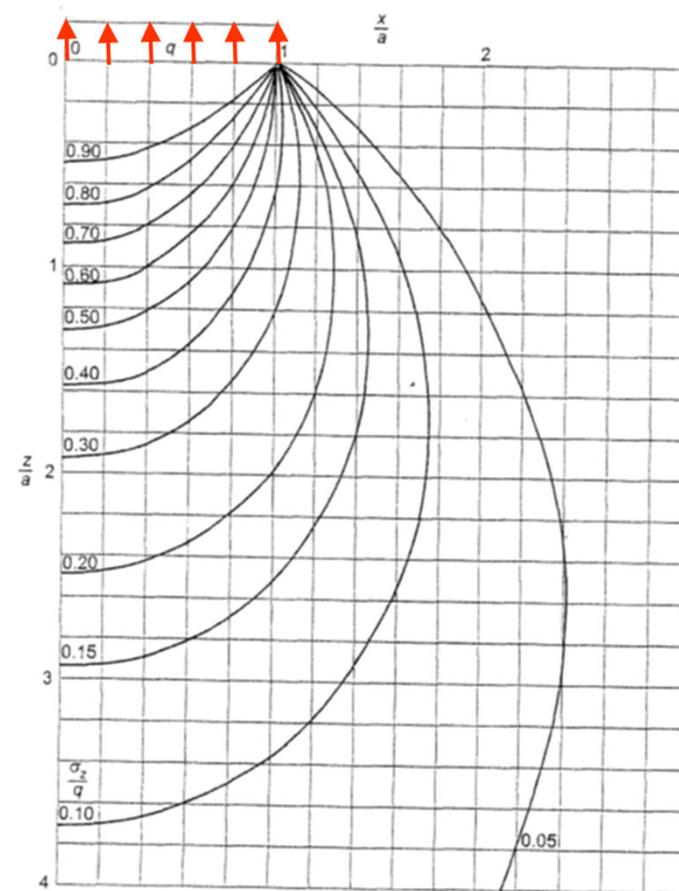


Utilizzo degli strumenti complementari per comprendere i fenomeni in corso

Facendo la verifica con altri strumenti in cui la base più profonda era realmente ferma (ma più profonda di oltre 20 metri) era la testa che rimaneva ferma perché il fabbricato impediva il sollevamento del piano campagna

Quando la pressione della spinta dal basso ha fatto sollevare anche il fabbricato le registrazioni di movimenti dell'estensimetro multibase

In sintesi è l'applicazione della teoria di Boussinesq applicata al contrario di come siamo normalmente abituati ad utilizzarla



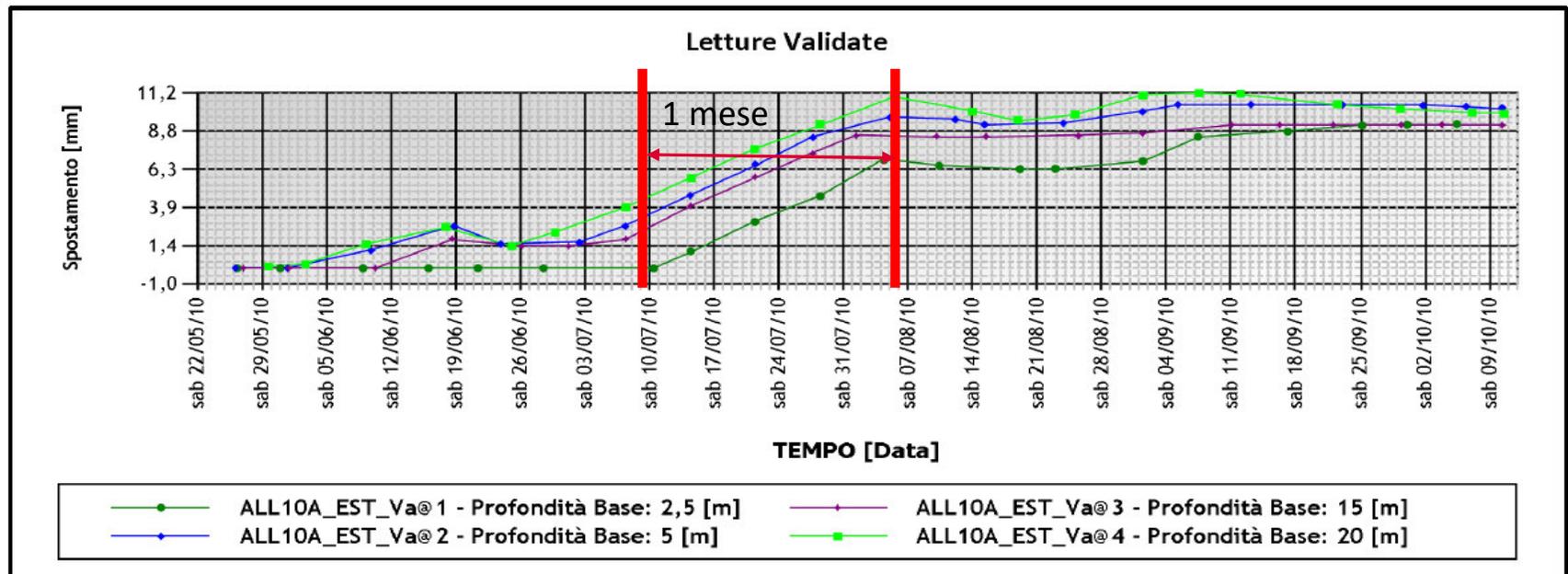
Raggiungimento delle soglie



Nello studiare le azioni da mettere in campo in caso di raggiungimento delle soglie dobbiamo tener conto di 2 aspetti:

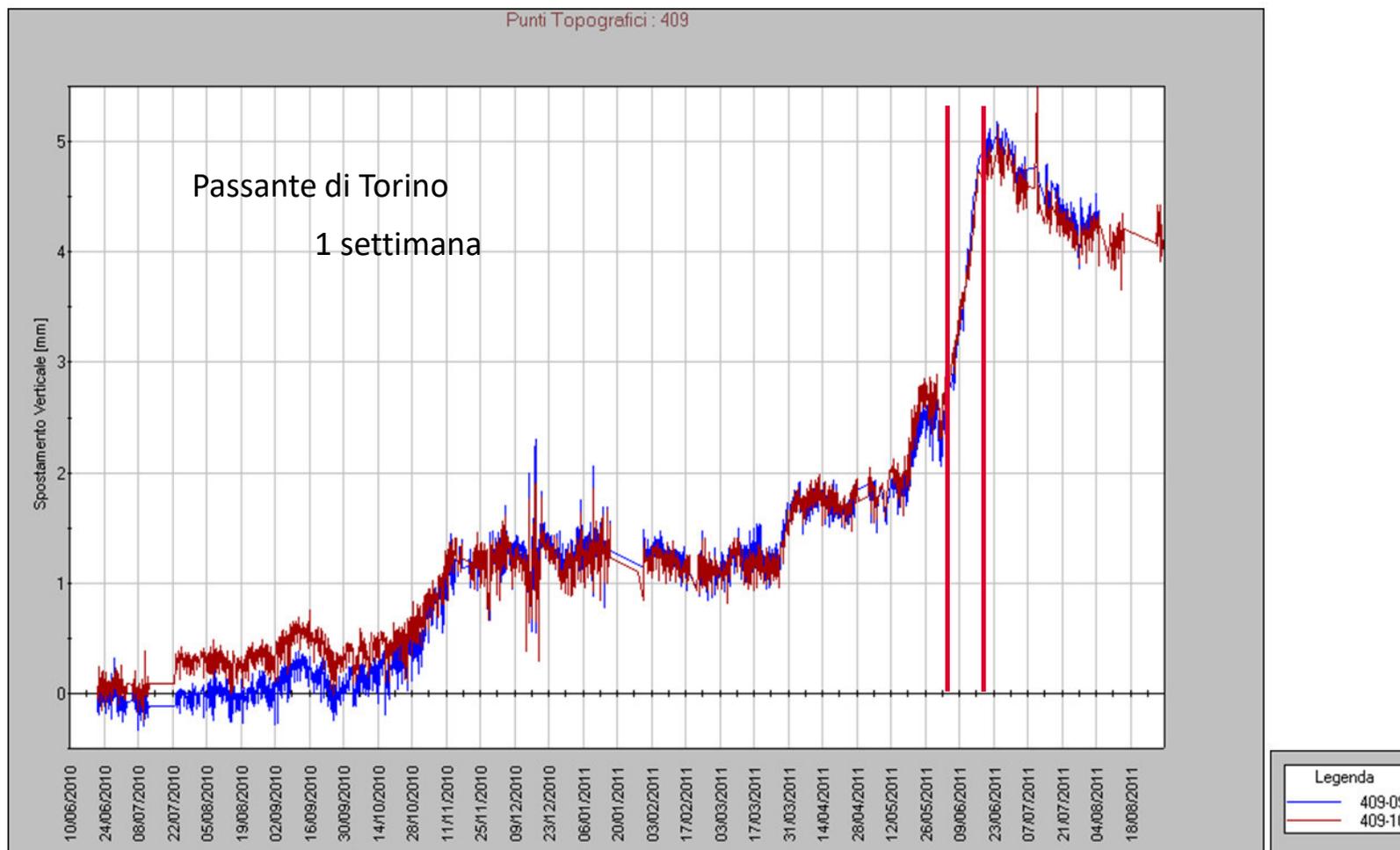
- La causa (lavorazione) che sta generando il fenomeno
- Le caratteristiche geotecniche del terreno e quindi il tempo tra l'azione e il fenomeno

Nella stazione di Bologna il fenomeno che avevamo registrato era conseguente dello scavo iniziato oltre 2 mesi prima che l'evento fosse registrato ed era terminato poco prima che iniziasse il sollevamento del fabbricato ed è continuato per circa un altro mese



Interventi al raggiungimento delle soglie

A Torino, in presenza di terreni elastici gli effetti sono stati praticamente immediati



A questo punto inizierà il Monitoraggio



Si tenga comunque presente che..... ➔

Progetto Monitoraggio

...“misurare“ non vuole dire “cercare di indovinare” il comportamento di un’opera...



e che non è sempre necessario spendere molto e disporre delle tecnologie più sofisticate, perchè lo strumento più affidabile è sempre...

Progetto Monitoraggio

.....l'uomo, con le sue conoscenze, le sue esperienze, la sua volontà e capacità di capire e risolvere i problemi !!!



Progetto Monitoraggio - Conclusioni

“An instrument too often overlooked in our technical world is a human eye connected to the brain of an intelligent human being”

Ralph Peck

Grazie per l'attenzione

27/01/2012