



PROVE IN SITO - LABORATORIO PROVE MATERIALI

4 EMME SERVICE S.p.A. - Via L. Zuegg, 20 - 39100 BOLZANO  
Tel. 0471/543111 - Fax 0471/543110 - info@4emme.it - www.4emme.it



# MONITORAGGIO

**XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX**

**XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX - XXXX'**

**PROVA n. 244/AA**

Committente: **XXXXXXXXXXXXXXXXXX Spa**

Resp. Procedimento: **ing. XXXXXX XXXXXXXX**

Relatore: **ing. Settimo Martinello**



**XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX**

Rif.: 244/AA

Bolzano, 30 giugno 2004



## INDICE

<b>1. PREMESSA</b>	<b>pag. 2</b>
<b>2. DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA</b>	<b>pag. 3</b>
<b>3. DESCRIZIONE DEL MONITORAGGIO</b>	<b>pag. 4</b>
<b>4. IL SOFTWARE DI GESTIONE</b>	<b>pag. 15</b>

### 1. PREMESSA

La Società *4 EMME Service Spa*, specializzata nell'esecuzione di indagini sperimentali su strutture in sito, è stata incaricata dalla *Xxxxxxxx Xxxxxxxx Spa*, di fornire le attrezzature per il monitoraggio del viadotto *Xxxxxxxx* sito sulla linea *xxxxxxxxxxx Xxxxxx - Xxxx*.

Lo scopo del monitoraggio è il controllo costante del movimento delle prime tre pile e del comportamento nel tempo degli appoggi.

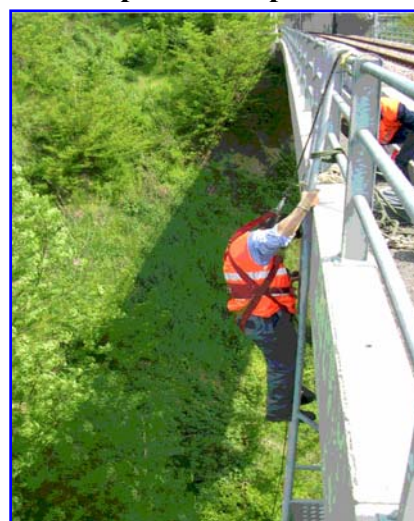
Il monitoraggio vuole esercitare un'opera di prevenzione allo scopo di limitare gli interventi postumi mantenendo intatto il grado di sicurezza dell'opera e la continuità del servizio.

Allo scopo è stata prevista una strumentazione in grado di:

- monitorare lo spostamento nella direzione dell'impalcato della testa delle pile;**
- verificare il corretto comportamento degli appoggi scorrevoli;**
- controllare l'evoluzione della deformata permanente della prima campata.**

L'installazione dei sensori e della strumentazione di acquisizione è stata completata il **3.06.2004** ed il primo dato è stato memorizzato alle ore **19.00**.

Il montaggio della strumentazione è stato eseguito dal personale della *4 Emme Service Spa* nelle persone del p.i. F. Debiasi, p.i. K Abram; la preparazione della strumentazione dal p.i. X. Xxxxxxxx, p.i. F. Debiasi, il software dall'ing. A. Papaleo, l'organizzazione generale dall'ing. R. Bruson, la Direzione Lavori è stata svolta dall'ing. S. Martinello.



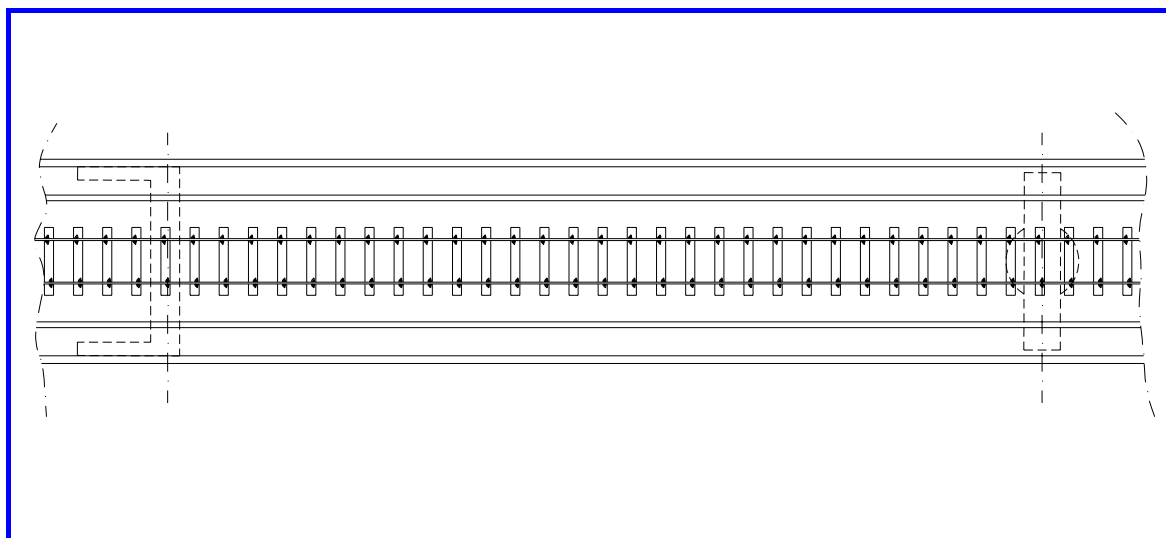


## 2. DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

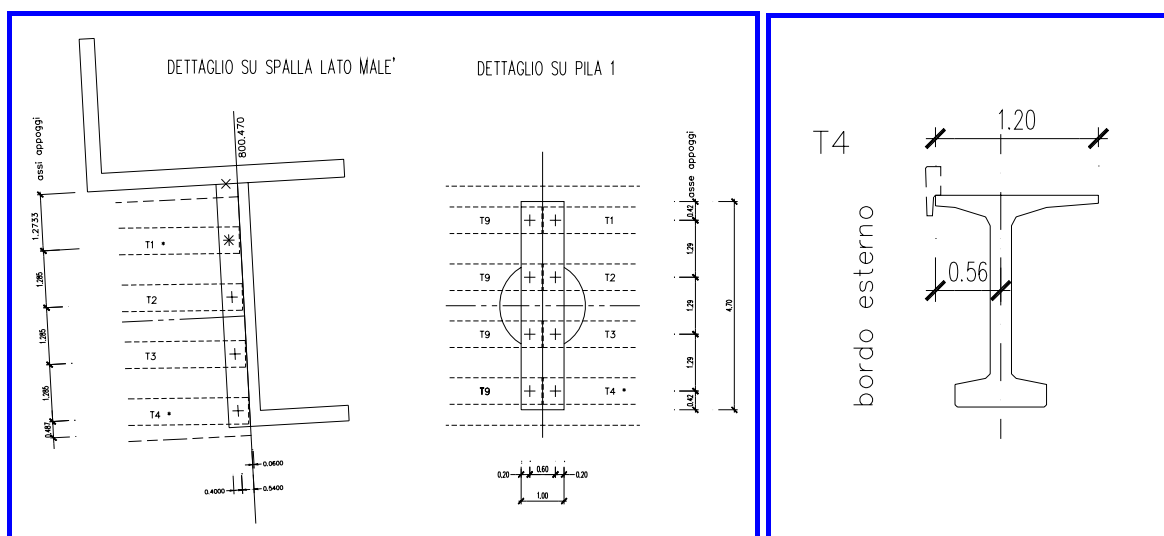
Il viadotto XXXXXXXX è costituito da 19 campate uguali, semplicemente appoggiate, di luce 23,45 m costituite da 4 travi accostate in cemento armato precompresso.

Le principali caratteristiche del viadotto sono:

- lunghezza totale: **456,0 m**;
- luce campate: **23,45 m**;
- larghezza totale dell'impalcato: **5,12 m**;
- larghezza dei sentieri di camminamento: **0,75 m**.



*Planimetria 1 campata da Xxxx*



*Particolari degli appoggi*

*Sezione trasversale trave "T4"*



### 3. DESCRIZIONE DEL MONITORAGGIO

Il sistema di monitoraggio consiste in un'unità di acquisizione computerizzata che controlla e gestisce una serie di sensori. La strumentazione è collegata telematicamente col nostro centro di elaborazione dati di Bolzano ed ai computer degli uffici tecnici della XXXXXXXX XXXXXXXX Spa.

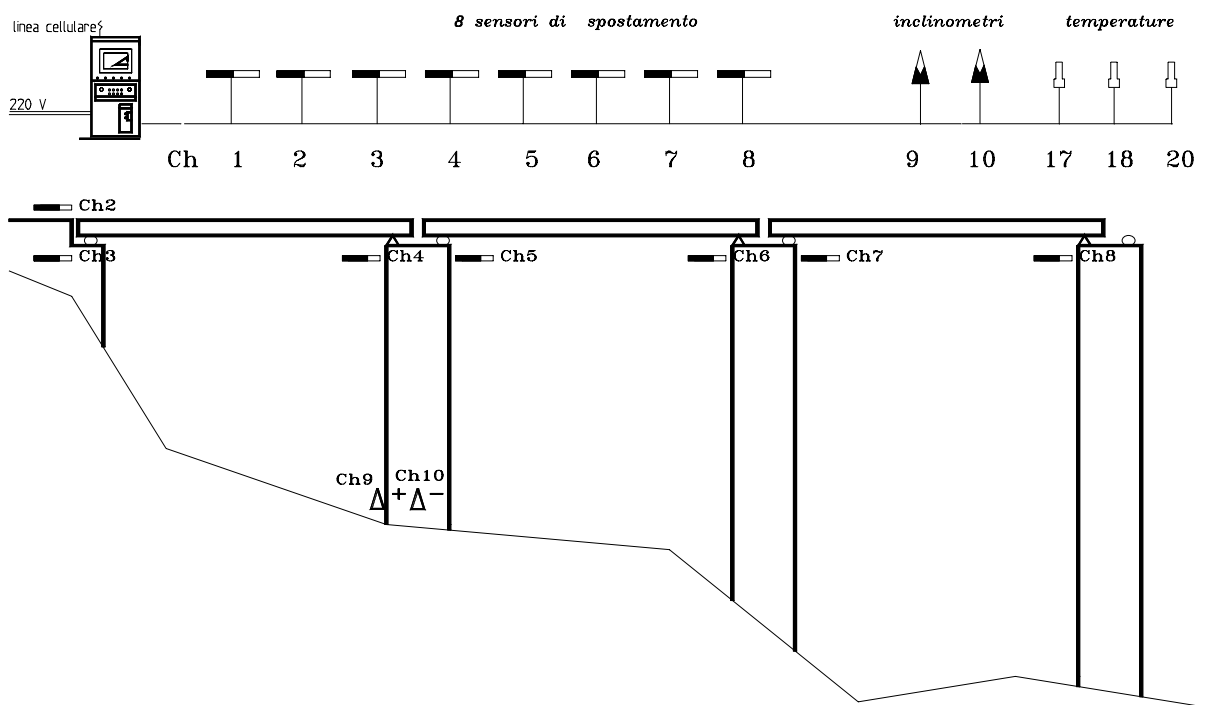
La configurazione è costituita da:

- 1 unità di acquisizione computerizzata;
- 1 gruppo di continuità;
- 8 sensori di spostamento;
- 2 sensori inclinometrici;
- 3 sonde di temperatura;
- 1 telefono cellulare;
- 1 software per l'acquisizione remota.



*Unità in contenitore IP 65*

#### SCHEMA LOGICO DEL MONITORAGGIO





### 3.1 Caratteristiche dei sensori – posizione

Nella tabella a seguito si riportano le caratteristiche e la posizione dei sensori.

<p><b>Ch 1</b></p>	<p>Sensore di spostamento          Tipo potenziometrico          Mod. Sfernice 50L2/IP65          F.S. 30 mm          Risoluzione <math>\pm 0,01</math> mm</p> <p>Sensore di riferimento posto sulla spalla</p>	
<p><b>Ch 2</b></p>	<p>Sensore di spostamento          Tipo potenziometrico          Mod. Sfernice 50L2/IP65          F.S. 30 mm          Risoluzione <math>\pm 0,01</math> mm</p> <p>Sensore posto tra impalcato e trave a 1,12 m dal sensore di linea Ch3.</p>	
<p><b>Ch 3</b></p>	<p>Sensore di spostamento          Tipo potenziometrico          Mod. Sfernice 50L2/IP65          F.S. 30 mm          Risoluzione <math>\pm 0,01</math> mm</p> <p>Sensore di linea per la misura dello spostamento delle pile. Posto sulla spalla.</p>	
<p><b>Ch 4</b></p>	<p>Sensore di spostamento          Tipo potenziometrico          Mod. Sfernice 50L2/IP65          F.S. 30 mm          Risoluzione <math>\pm 0,01</math> mm</p> <p>Sensore di linea per la misura dello spostamento delle pile. Posto tra I campata e I pila.</p>	




<p><b>Ch 5</b></p>	<p>Sensore di spostamento          Tipo potenziometrico          Mod. Sfernice 50L2/IP65          F.S. 30 mm          Risoluzione <math>\pm 0,01</math> mm</p> <p>Sensore di linea per la          misura dello spostamento          delle pile. Posto tra II          campata e I pila.</p>	
<p><b>Ch 6</b></p>	<p>Sensore di spostamento          Tipo potenziometrico          Mod. Sfernice 50L2/IP65          F.S. 30 mm          Risoluzione <math>\pm 0,01</math> mm</p> <p>Sensore di linea per la          misura dello spostamento          delle pile. Posto tra II          campata e II pila.</p>	
<p><b>Ch 7</b></p>	<p>Sensore di spostamento          Tipo potenziometrico          Mod. Sfernice 50L2/IP65          F.S. 30 mm          Risoluzione <math>\pm 0,01</math> mm</p> <p>Sensore di linea per la          misura dello spostamento          delle pile. Posto tra III          campata e II pila.</p>	
<p><b>Ch 8</b></p>	<p>Sensore di spostamento          Tipo potenziometrico          Mod. Sfernice 50L2/IP65          F.S. 30 mm          Risoluzione <math>\pm 0,01</math> mm</p> <p>Sensore di linea per la          misura dello spostamento          delle pile. Posto tra III          campata e III pila.</p>	



<p><b>Ch 9</b></p>	<p>Sensore inclinometrico Mod. PMP – 5TH - ZI F.S. <math>\pm 4^\circ</math> Risoluzione <math>\pm 0,001^\circ</math> Grado sessagesimale/1000</p>	
<p><b>Ch 10</b></p>	<p>Sensore inclinometrico Mod. PMP – 5TH - ZI F.S. <math>\pm 4^\circ</math> Risoluzione <math>\pm 0,001^\circ</math> Grado sessagesimale/1000</p>	
<p><b>Ch 17</b></p>	<p>Temperatura interna al contenitore dell'acquisitore. Mod. XXXXXXXX XXXXXXXX F.S. <math>-30 + 120^\circ\text{C}</math> Risoluzione <math>\pm 0,1^\circ\text{C}</math></p>	
<p><b>Ch 18</b></p>	<p>Temperatura ambiente Mod. XXXXXXXX XXXXXXXX F.S. <math>-30 + 120^\circ\text{C}</math> Risoluzione <math>\pm 0,1^\circ\text{C}</math></p>	



<b>Ch 20</b>	Temperatura del calcestruzzo. Mod. XXXXXXXX XXXXXXXX F.S. -30 + 120 °C Risoluzione ± 0,1 °C Posto sotto il cavalcaferrovia	
--------------	--	--

### 3.2 Conversione dei dati

L'unità di acquisizione aggiorna i dati con periodicità di 1 secondo e li memorizza internamente ogni 40 secondi. I dati sono memorizzati nel file di aggiornamento con cadenza di **1 ora** dove il valore memorizzato rappresenta la media dell'ora precedente. La cadenza di memorizzazione può essere modificata via telematica.

Il monitoraggio fornisce diversi tipi di risposta.

#### a) Spostamento nella direzione dell'impalcato della testa delle prime tre pile

Lo spostamento in direzione longitudinale della testa delle pile può essere controllato attraverso la combinazione delle misure dei sensori Ch3, 4, 5, 6, 7, 8 considerando la spalla quale punto di riferimento.

I sensori allungandosi emettono un segnale positivo che indica l'eventuale movimento della testa delle pile verso XXXXXXXX. La somma dei valori deve essere depurata dal sensore di riferimento termico Ch1.

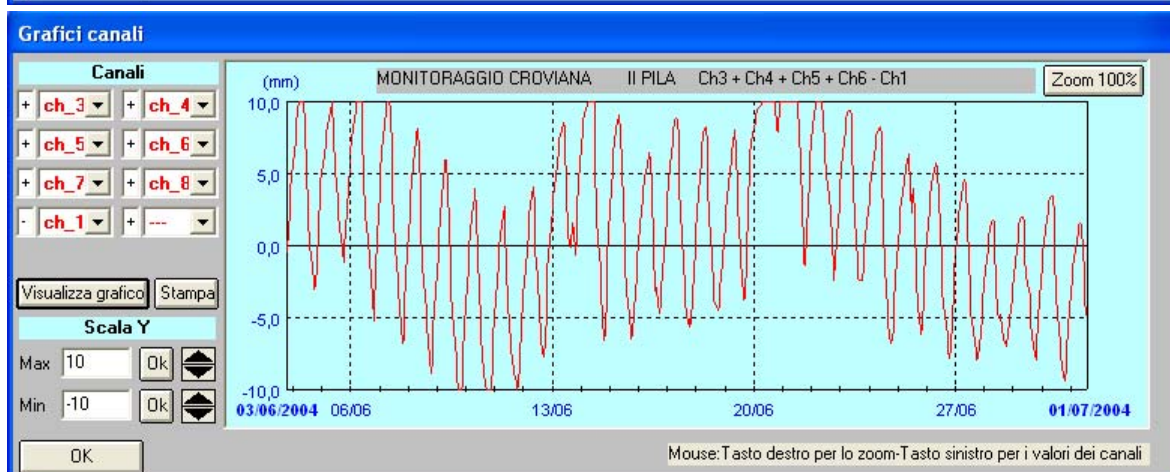
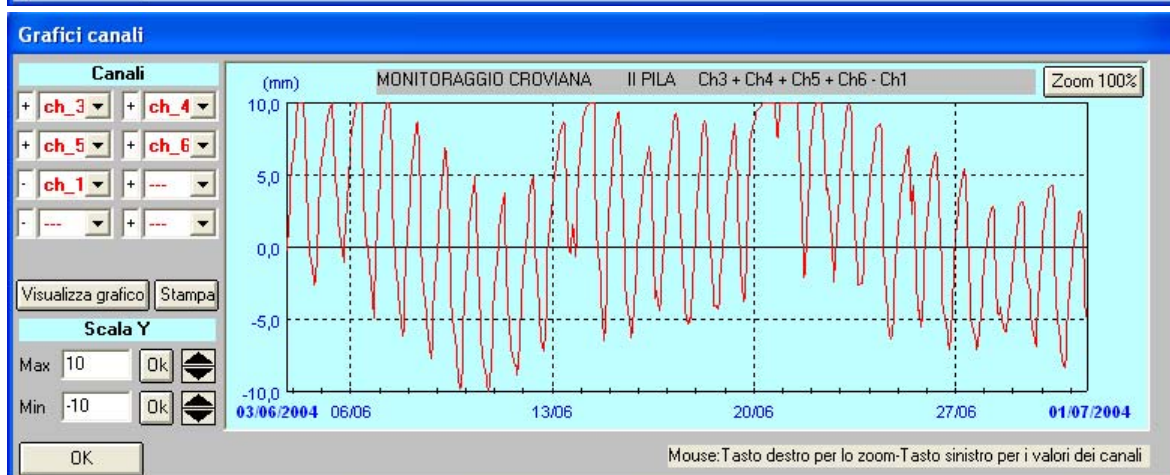
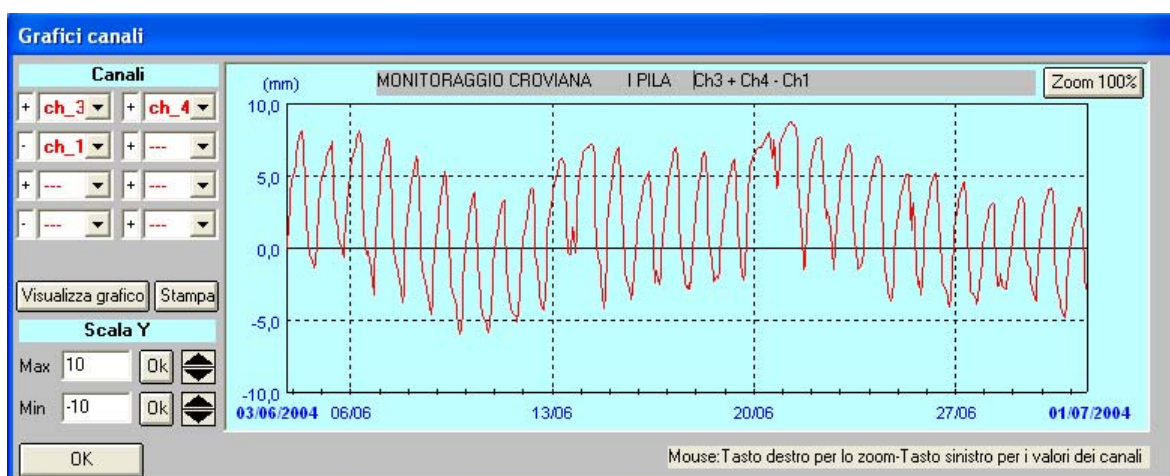
Spostamento longitudinale testa I pila:  $S_I = Ch3 + Ch4 - Ch1$

Spostamento longitudinale testa II pila:  $S_{II} = Ch3 + Ch4 + Ch5 + Ch6 - Ch1$

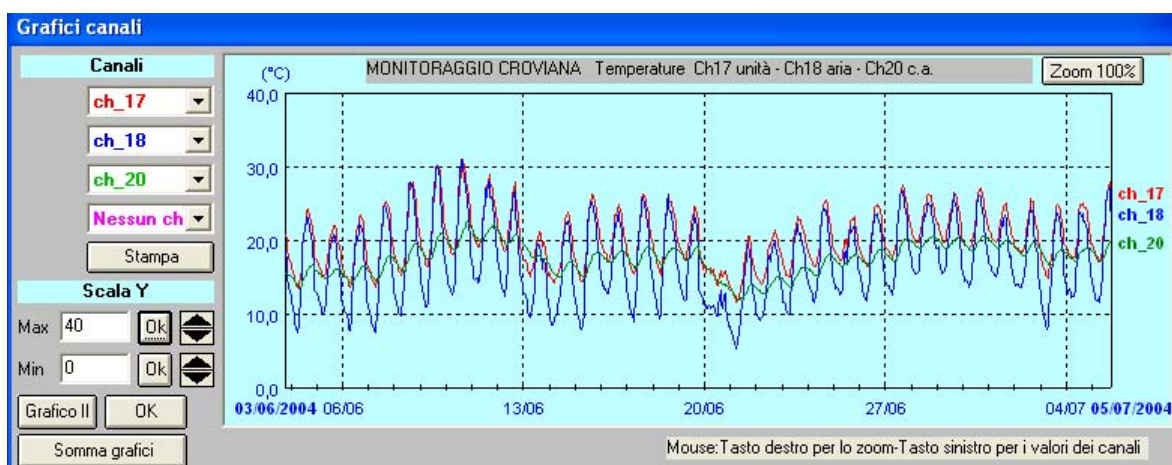
Spostamento longitudinale testa III pila:  $S_{III} = Ch3 + Ch4 + Ch5 + Ch6 + Ch7 + Ch8 - Ch1$

I grafici riportano l'andamento di queste differenze tra il 3.6.04 ed il 1.7.04.





Va tenuto però conto della dilatazione dell'impalcato causato dal salto termico. In generale adottando un coefficiente di dilatazione termica lineare pari a  $0,000011$  e considerando che la campata è lunga  $23,45$  m si ottiene una dilatazione di  $0,23$  mm/°C.



Possiamo osservare che il salto termico del calcestruzzo, Ch20, nella settimana tra il 6.6.04 ed il 13.6.04, raggiunge i 4 °C ad indicare una dilatazione di circa 1,0 mm per ogni campata.

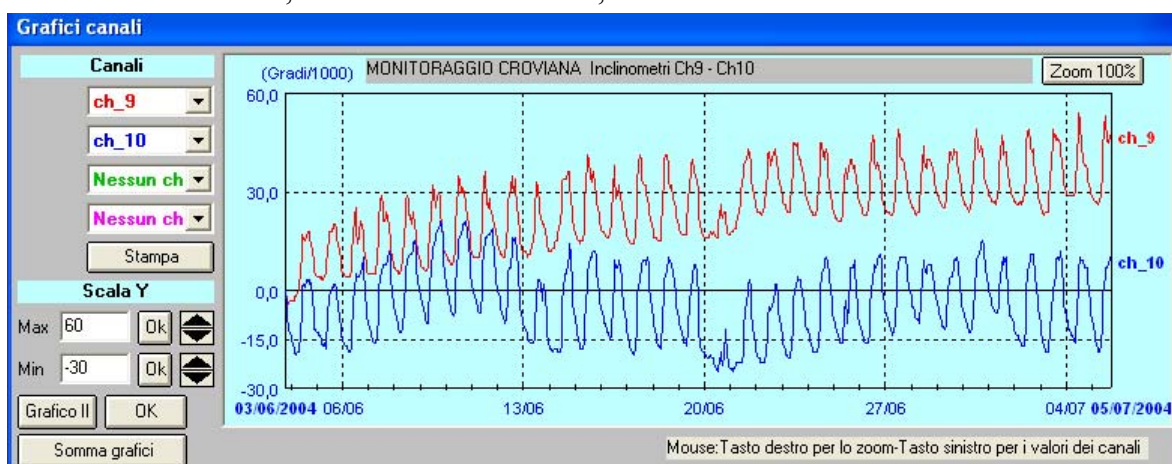
Si osservi come l'andamento della temperatura è in opposizione di fase con l'andamento degli spostamenti S, ad indicare, giustamente, che quando la temperatura scende l'impalcato accorciandosi determina un effetto allungamento dei sensori. La dilatazione va quindi depurata dai movimenti indicati. In linea di massima, nella settimana considerata, lo spostamento massimo della testa delle pile è:

$$S_{It} = S_I - 0,94 \approx 12 - 1 = 11 \text{ mm}$$

$$S_{II t} = S_{II} - 2 \times 1 \approx 16 - 2 = 14 \text{ mm}$$

$$S_{III t} = S_{III} - 3 \times 1 \approx 18 - 3 = 15 \text{ mm}$$

Osservando il comportamento dei due inclinometri, notiamo che le rotazioni, nella settimana considerata, hanno valori di circa 0,030° .





Ipotizzando una rotazione rigida, questo valore comporta uno spostamento di 5,2 mm ogni 10 m di altezza di pila. Valore che corrisponde ai valori calcolati dai sensori di spostamento tenuto conto che le pile hanno altezze variabili tra i 15 e 25 m.

Interessante è notare che tra i due andamenti della inclinazione c'è un leggero sfasamento, alcune ore. Questo fenomeno deriva dalla rotazione del sole che provoca una variazione di dilatazione tra la parte soleggiata e quella in ombra, provocando la rotazione della testa della pila. In particolare, l'inclinometro Ch10, che misura la rotazione in direzione dell'asse longitudinale dell'impalcato, con segno positivo verso Xxxx, raggiunge il suo apice positivo verso sera, quando il sole si trova ad ovest e, dilatando la superficie ovest della pila, determina una rotazione verso est, Xxxx, positiva.

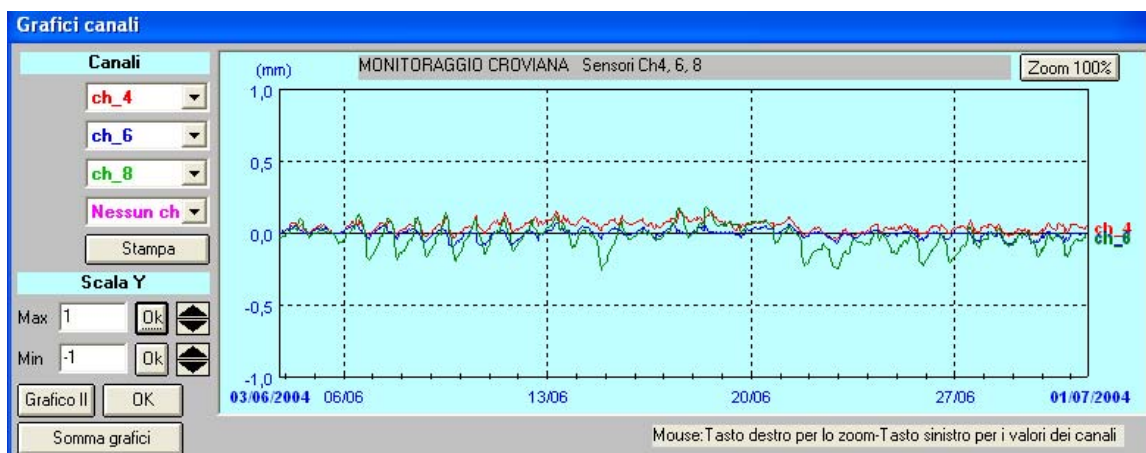
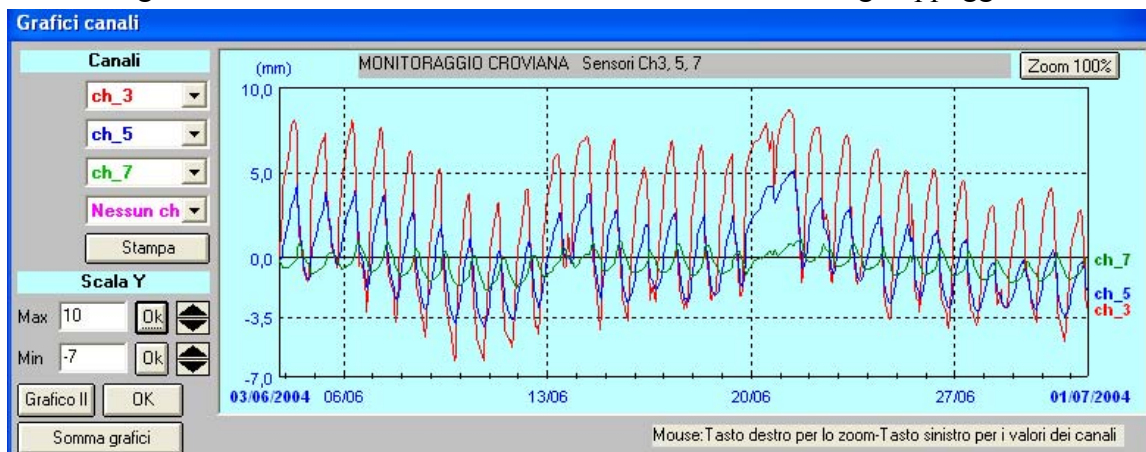
Nella fase di raffreddamento notturna, che ha il suo apice verso le 5 del mattino, l'effetto di ritorno della pila da est (Xxxx) verso ovest (Xxxxxxxx), si somma con l'accorciamento massimo dell'impalcato, provocando una sovrapposizione positiva degli effetti con il massimo allungamento dei sensori Ch3, 5, 7.



## b) Il comportamento degli appoggi scorrevoli

Il monitoraggio ha tra i suoi scopi quello di verificare nel tempo il comportamento degli appoggi. Ogni impalcato ha un appoggio scorrevole in corrispondenza dei sensori Ch3, 5, 7 e fisso sul lato dei Ch4, 6, 8.

I due grafici successivi mostrano il corretto funzionamento degli appoggi.

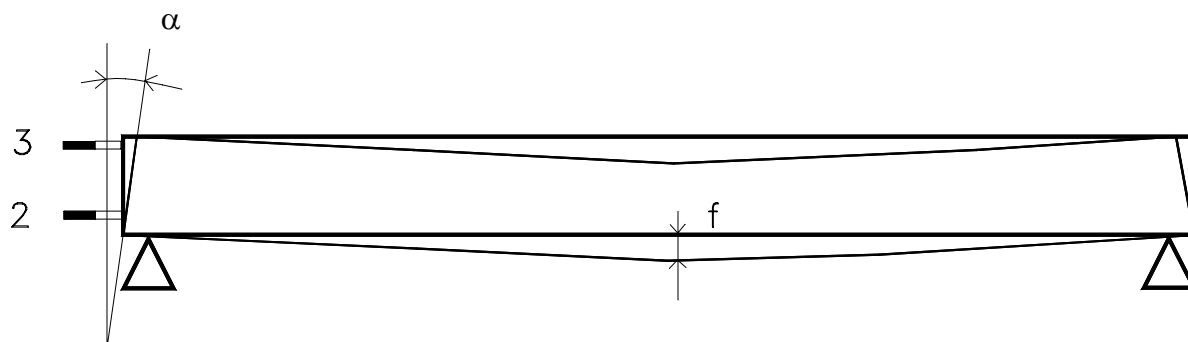


Si nota come è il Ch3, corrispondente all'appoggio tra spalla e primo impalcato, si deforma con valori nettamente maggiori; questo indica che assorbe, con i propri movimenti, i fenomeni dilatatori e lo spostamento della testa delle pile anche dei tratti di struttura più interni al viadotto.



### c) Misura della freccia permanente nella mezzeria della prima campata

Si ottiene attraverso la determinazione della rotazione “ $\alpha$ ” calcolata dalla differenza tra i sensori Ch2 e Ch3 posti a 1,12 m tra loro.



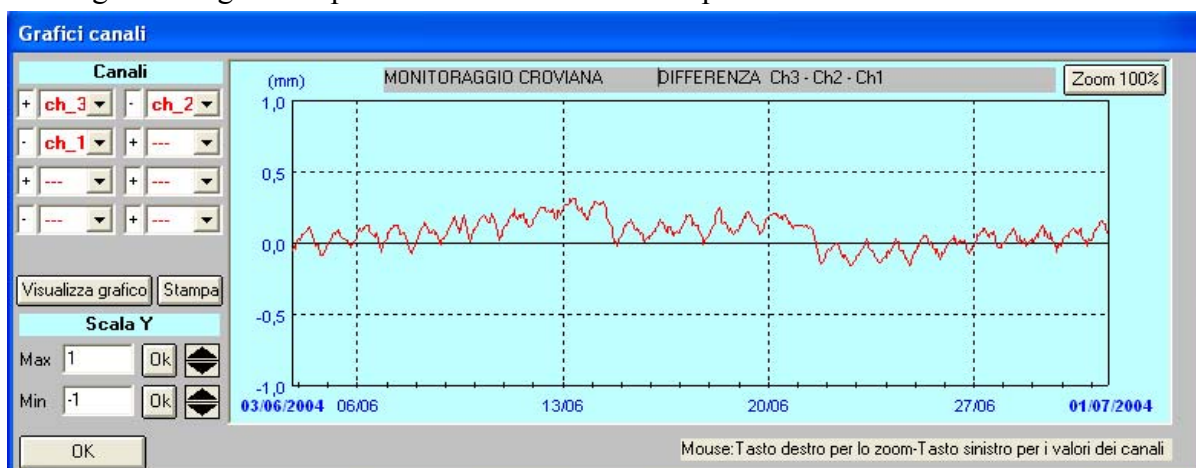
Il calcolo può essere effettuato nell'ipotesi di semplice appoggio e deformata simmetrica.

Si calcola la tangente dell'angolo  $\alpha$  attraverso la differenza dei valori del Ch2 e Ch3 depurati dagli effetti termici di Ch1 e ponendo tangente “zero” in mezzeria si ottengono i valori di freccia riportati in tabella.

$\Delta s(\text{mm})$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	2,0
$f(\text{mm})$	0,51	1,02	1,53	2,04	2,65	3,16	3,67	4,18	4,69	5,20	7,86	10,41

Dove:  $\Delta s = \text{Ch3} - \text{Ch2} - \text{Ch1}$  (mm) e  $f$  rappresenta la freccia in mezzeria.

Il grafico seguente riporta l'andamento di  $\Delta s$  nel periodo tra il 3.6.04 ed il 1.7.04.

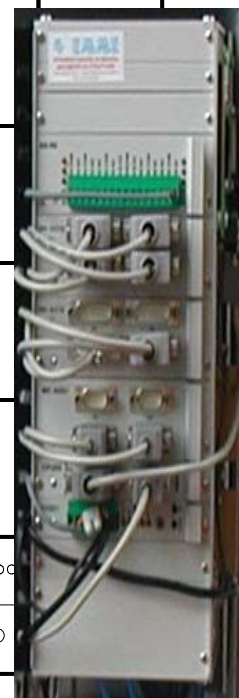
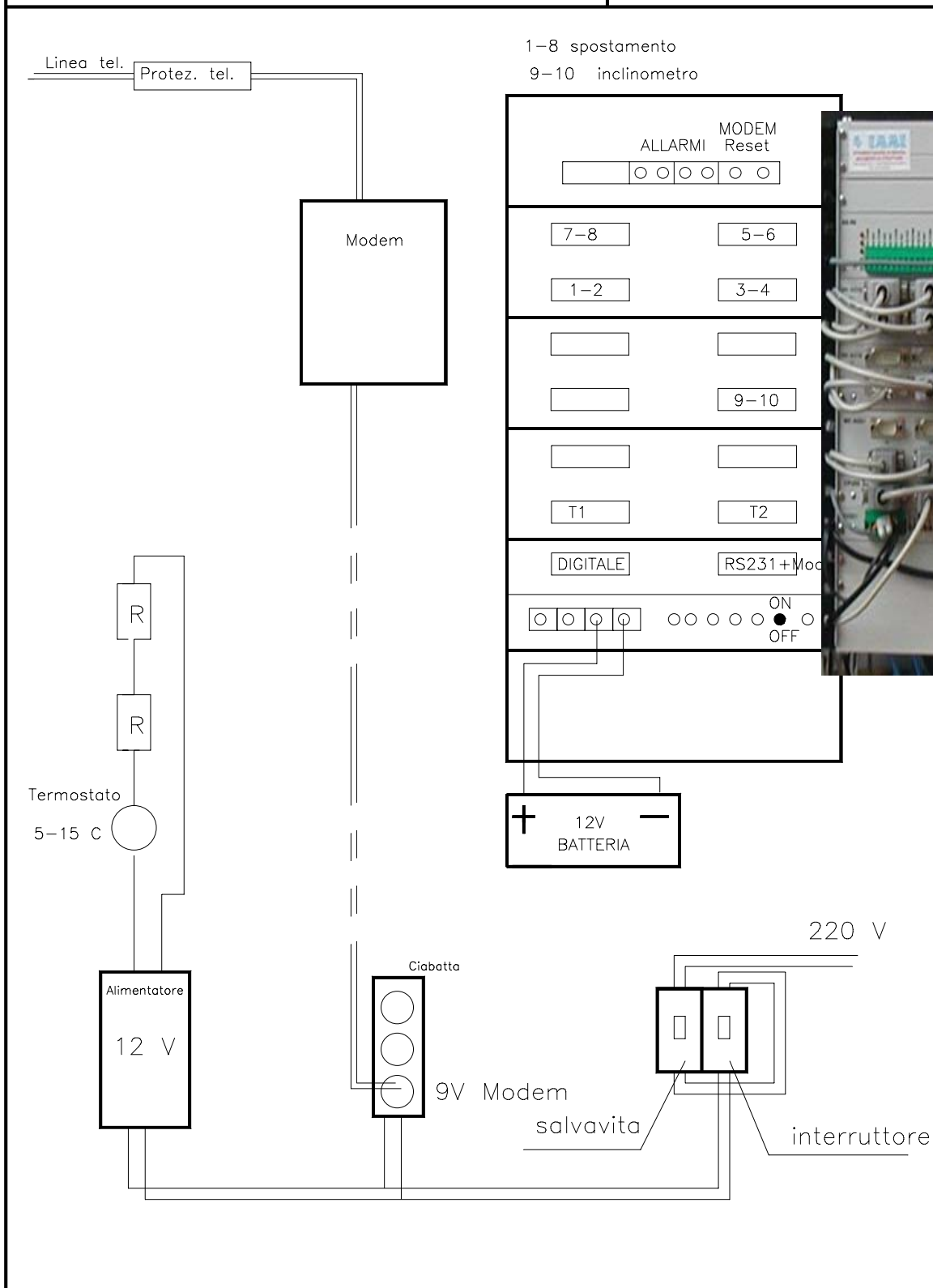


Dalla tabella e dal grafico risulta che la freccia permanente ruota attorno allo “zero” con valori di circa 1 mm.





# SCHEMA ACQUISITORE





#### 4. IL SOFTWARE DI GESTIONE

Di seguito è presentato il software gestionale.

Dallo schermo principale si sceglie il monitoraggio che si vuole analizzare, nell'esempio il *Xxxxxxxx*.

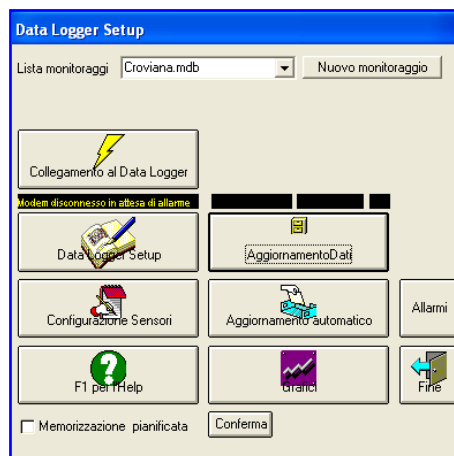
Dopo che sarà stata effettuata l'apertura della porta del modem, appare la scritta:

*"Modem disconnesso in attesa di allarme"*.

Si procede attivando il tasto:



#### MENU GENERALE



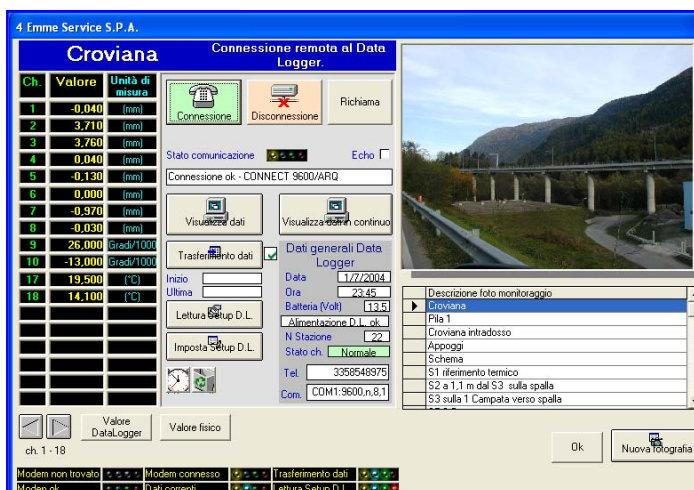
Dalla nuova finestra, attivando la **Connessione**, appare la scritta: *Connessione OK CONNECT 9600/ARQ*.

Attivando il tasto **Visualizza Dati** appaiono i parametri sotto monitoraggio espressi nelle unità di misura scelti nella Configurazione dei sensori.

I tasti con l'opzione *ch 1-18* consentono di visualizzare eventuali canali oltre il diciottesimo.

Da questa pagina operativa si può:

- attivare il **Trasferimento dei dati** memorizzati (operazione da eseguirsi almeno una volta ogni 2 mesi);
- attivare la **Lettura Setup D.L.** che consente di aggiornarsi sulla configurazione attiva (il trasferimento avviene tramite parola d'ordine);
- attivare l'**Impostazione Setup D.L.** che consente di trasferire un'eventuale nuova configurazione per il controllo degli allarmi e dei numeri di telefono di collegamento;
- col tasto **orologio**, aggiornare l'ora del Data Logger facendola corrispondere a quella del computer collegato;
- col tasto **Valore Data Logger**, visualizzare il set dati senza la trasformazione nel valore fisico dell'unità di misura;
- vedere la situazione generale dell'unità di acquisizione ed inserire nuove foto descrittive.









Attiva la pagina che consente di modificare tutti i parametri gestionali del modem.

Si può modificare il numero telefonico del Data Logger attualmente impostato con 335-8548975.

Nella stessa pagina sono inseribili i numeri telefonici, riferiti a modem di computer, che il Data Logger chiamerà in caso di Preallarme o Allarme, inviando un messaggio che indica sia il monitoraggio chiamante sia il/i canali che hanno superato le soglie.

Per ricevere il messaggio è necessario che il programma sia attivo.



Dal Menù Generale, attiva la pagina data-base di tutti gli allarmi ricevuti.



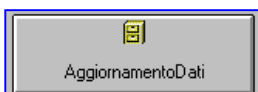
Attiva la pagina che consente di modificare le soglie di Preallarme o Allarme.

Le soglie, col loro segno, devono essere espresse secondo l'unità di misura usata per la taratura (unità individuata nella pagina delle configurazioni). Se ad esempio un sensore di spostamento ha l'unità di taratura in centesimi di millimetro (mm/100) e si volesse introdurre una soglia di 3 mm, sarà necessario impostare il numero 300.

Canale	Unità di misura	K conversione	Commento	Soglia sup. allarme	Soglia inf. allarme	Soglia sup. preallarme	Soglia inf. preallarme
1	(mm)	0,01	Sensore termico di riferimento	32000	-32000	32000	-32000
2	(mm)	0,01	(mm/100) in. lat.	32000	-32000	32000	-32000
3	(mm)	0,01	da 1 a 8 potenziometri	32000	-32000	32000	-32000
4	(mm)	0,01		32000	-32000	32000	-32000
5	(mm)	0,01		32000	-32000	32000	-32000
6	(mm)	0,01		32000	-32000	32000	-32000
7	(mm)	0,01		32000	-32000	32000	-32000
8	(mm)	0,01	Termico	32000	-32000	32000	-32000
9	(grad/1000)	1	Inclinometro	32000	-32000	32000	-32000
10	(grad/1000)	1	Inclinometro	32000	-32000	32000	-32000
11	-	1		32000	-32000	32000	-32000
12	-	1		32000	-32000	32000	-32000
13	-	1		32000	-32000	32000	-32000
14	-	1		32000	-32000	32000	-32000
15	-	1		32000	-32000	32000	-32000
16	-	1		32000	-32000	32000	-32000
17	(°C)	0,1	Temperatura interna				
18	(°C)	0,1	Temperatura ambiente				
19	-	-					
20	(°C)	0,1	Temperatura materiale				
21	Force	1	Force				
22	-	-					
23	-	-					
24	-	-					
25	-	-					
26	-	-					

Col tasto **Password Setup D.L.** si può inserire la parola d'ordine che dovrà essere utilizzata per il trasferimento della configurazione al Data Logger.

Il tasto **Edit Sensori** non è attivabile in quanto consentirebbe di modificare i coefficienti di taratura di tutta la strumentazione (la parola d'ordine necessaria è trasmessa agli utilizzatori al termine del periodo di garanzia).



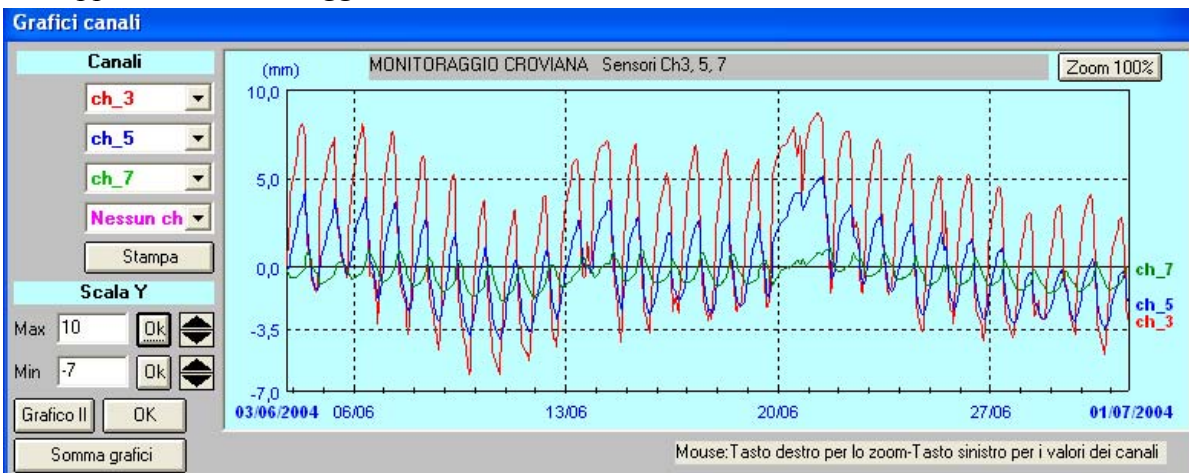
Attiva la pagina che consente di aggiornare il data-base dati con gli ultimi set dati ricevuti dal Data Logger.

L'operazione si esegue col tasto **Aggiornamento dati** (attivabile anche dal Menù Generale col tasto **Aggiornamento automatico**).

Attivandolo inizia l'operazione che trasferisce i set di dati, visualizzati nella finestra *Blocco dati disponibili per l'aggiornamento*, in coda ai dati già immagazzinati. La stessa operazione

N°set	Data	Ora	ch. 1	ch. 2	ch. 3	ch. 4	ch. 5	ch. 6	ch. 7
1	03/06/2004	19:00	0	9.999999E-02	0.05	0	0.22	0	0.1
2	03/06/2004	20:00	0	1.65	1.63	0	-0.02	0	-0.1
3	03/06/2004	21:00	0.02	2.74	2.72	0.01	9.999999E-02	0.01	-0.1
4	03/06/2004	22:00	0.02	3.9	3.9	0.01	0.5	0.02	-0.1
5	03/06/2004	23:00	0.01	4.95	4.57	0.01	0.5	0.01	-0.1
6	04/06/2004	00:00	0.02	4.9	4.95	0.02	1.3	0.02	-0.1
7	04/06/2004	01:00	0.03	5.3	5.35	0.03	1.66	0.03	-0.1
8	04/06/2004	02:00	0.03	5.81	5.88	0.03	2.03	0.02	-0.1
9	04/06/2004	03:00	0.03	6.39	6.48	0.04	2.38	0.03	-0.1
10	04/06/2004	04:00	0.04	7.01	7.11	0.05	2.74	0.03	-0.1
11	04/06/2004	05:00	0.05	7.54	7.66	0.07	3.04	0.05	-0.1
12	04/06/2004	06:00	0.05	7.87	8	0.07	3.25	0.04	-0.1
13	04/06/2004	07:00	0.06	7.98	8.13	0.07	3.41	0.05	-0.1
14	04/06/2004	08:00	0.06	7.68	7.83	0.07	4.03	0.05	-0.1
15	04/06/2004	09:00	0.05	7.16	7.32	0.05	4.29	0.04	-0.1
16	04/06/2004	10:00	0.03	4.05	4.16	0.04	3.81	0.03	0.4

consente di modificare l'unità di misura voluta ed inserita nella scheda di configurazione sensori. E' importante attendere pazientemente che l'operazione sia completata al cento per cento, come visibile nell'apposita casella *% aggiornamento*.



Col tasto **Grafici**, attivabile anche dal Menù Generale, si entra in un programma che consente la visualizzazione grafica dei dati.

Nella colonna di sinistra si può selezionare il canale desiderato fino ad un massimo di 4 canali contemporanei.

E' possibile modificare la scala delle ordinate inserendo altri valori *Max* e *Min* e confermandoli con *Ok*.

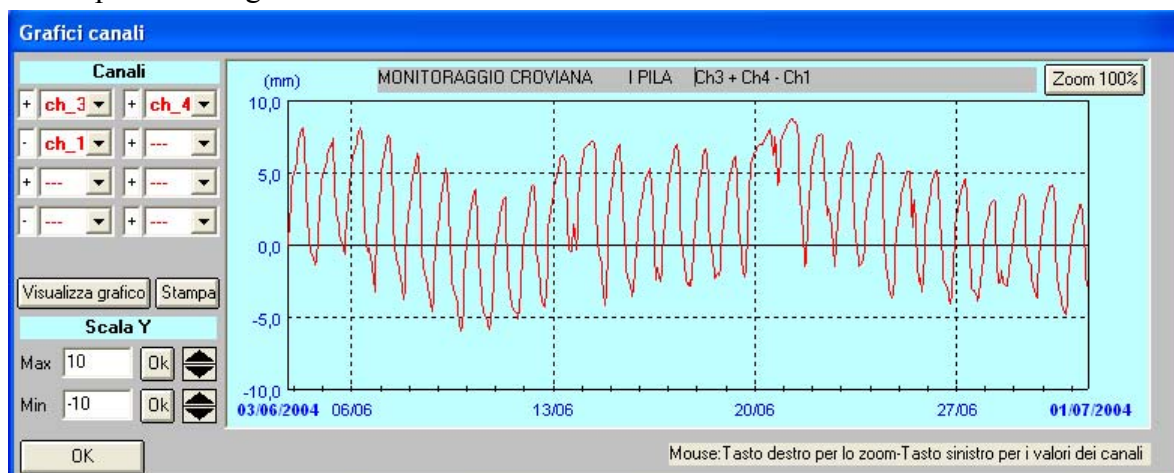
Si può restringere la finestra temporale delle ascisse utilizzando il tasto destro del mouse; col tasto sinistro si attiva un cursore che individua la posizione esatta dell'ascissa.

Col tasto **Zoom %** si ritorna alla lunghezza temporale massima del data-base.

Col tasto **Grafico II** si attiva un secondo grafico che permette l'elaborazione di altri 4 canali.



Il tasto **Somma grafici** permette di attivare un programma che consente di effettuare delle operazioni algebriche tra diversi canali.



Nell'esempio si è eseguita l'operazione di somma algebrica dei canali  $ch_3 + ch_4 - ch_1$ .

Nella riga posta sopra il grafico si può introdurre l'intestazione voluta che apparirà nella **Stampa** del grafico.

FINE

