

Courmayeur 16 giugno 2005 – 4° Convegno su impianti di produzione idroelettrica

ANALISI DELLO STATO TENSIONALE E PROGRAMMI DI MONITORAGGIO DI UNA CONDOTTA FORZATA IN ZONA FRANOSA

Luigi Papetti

Studio Frosio - Brescia

L'OGGETTO DELL'INDAGINE ovvero L'INDAGATO: IL VERTICE 15



I SUOI FRATELLI: gli altri blocchi (ovvero il V15 da piccolo)



I SUOI FRATELLI: gli altri blocchi



LA LUNGA STORIA

- Anni '60: la condotta inizia a muoversi
- 1971: inizio del monitoraggio e dei consolidamenti
 - Spostamenti della condotta e del versante
 - Prospezioni geofisiche delle zone di accumulo di frana
 - Prove colorimetriche per stabilire l'andamento delle correnti sotterranee
 - Sondaggi meccanici

1974: LA GRANDE (e coraggiosa) SVOLTA

- Liberazione dei vertici dal 9 al 14
- Rinforzo dei vertici 8 e 15



ESITO: il V15 continua a muoversi (e con lui la condotta)



ALLA RICERCA DI UNA SOLUZIONE

- 1.500 m di micropali
- Tiranti sub-orizzontali in roccia
- Intasamento del detrito di falda sotto il blocco 15 con iniezioni di boiaccia
- Strumentazione per effettuare misure inclinometriche

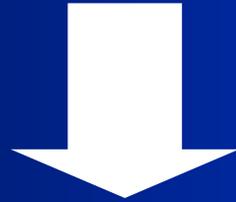
ESITO 2

- Il blocco e la condotta non si fermano



ULTIMO ATTO (1999)

- Se la montagna non si ferma, corriamole dietro (ovvero se non posso vincerla, assecondiamola)



- Montaggio di un giunto sferico a monte del V15



LA GRANDE IDEA

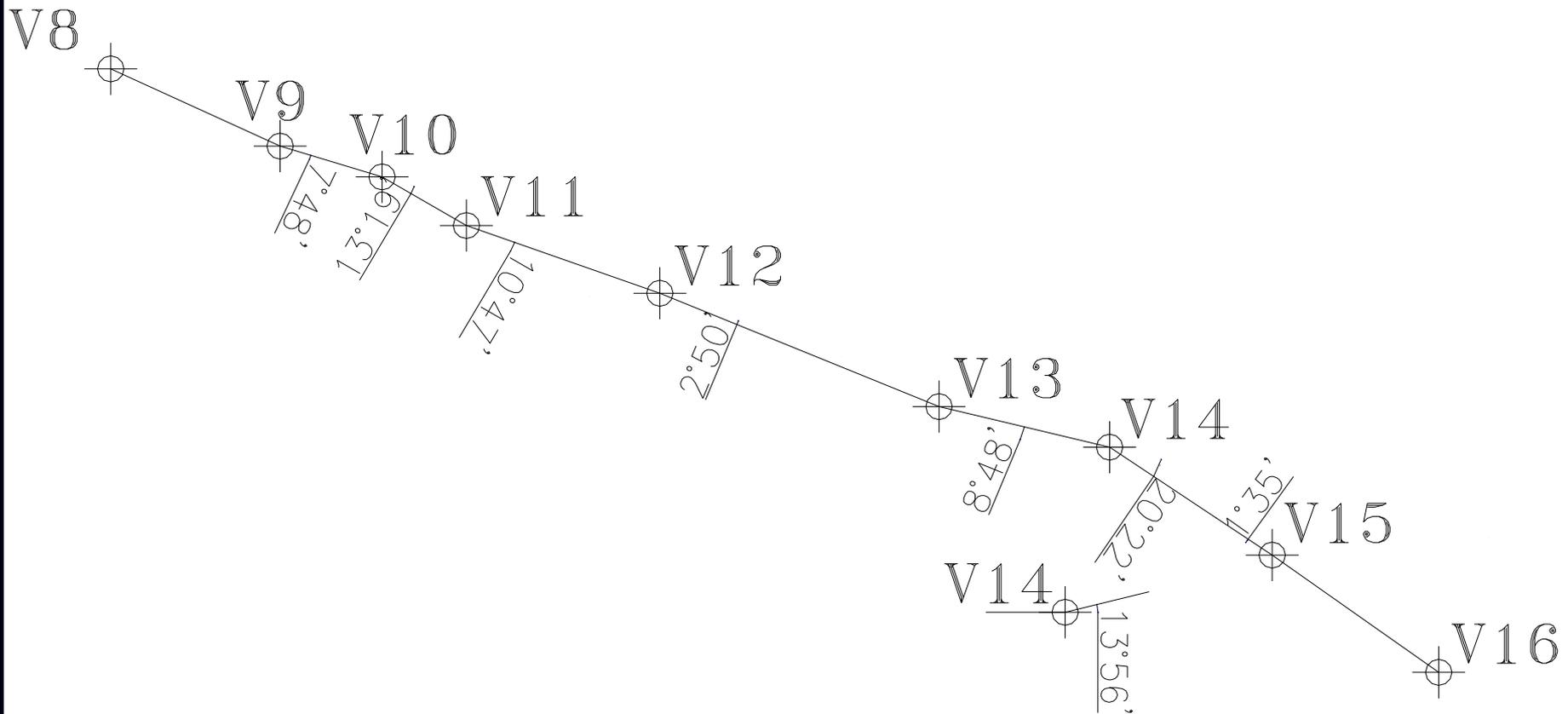
- E se ci sbarazzassimo del V15?



LA RISPOSTA

SUCCEDE POCO

IL PROFILO



MODELLO DELLA CONDOTTA

PROBLEMI:

Monodimensionale o tridimensionale?

Tridimensionale

- oltre 11.000 elementi a 6 gradi di libertà
- Circonferenza = poligonale a 24 lati

MODELLO DELLA CONDOTTA

ALTRI PROBLEMI:

Vincoli

- Blocchi non incastri perfetti
- Selle dalle quali la condotta può alzarsi
- Simulazione dell'attrito sulle selle

MODELLO DELLA CONDOTTA

CONDIZIONI DI CARICO

Niente di nuovo:

- Peso proprio di acqua e condotta
- Pressione interna dell'acqua
- ΔT termico: $\pm 10^\circ \text{C}$ piena, $\pm 30^\circ \text{C}$ vuota

MODELLI DELLA CONDOTTA

- 1) Prima dello svincolo V9-V14
- 2) Dopo lo svincolo (situazione attuale)
- 3) Liberazione del V15

SPOSTAMENTI DI PROGETTO

TRASCURABILI

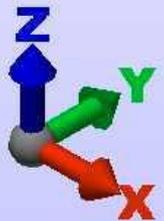
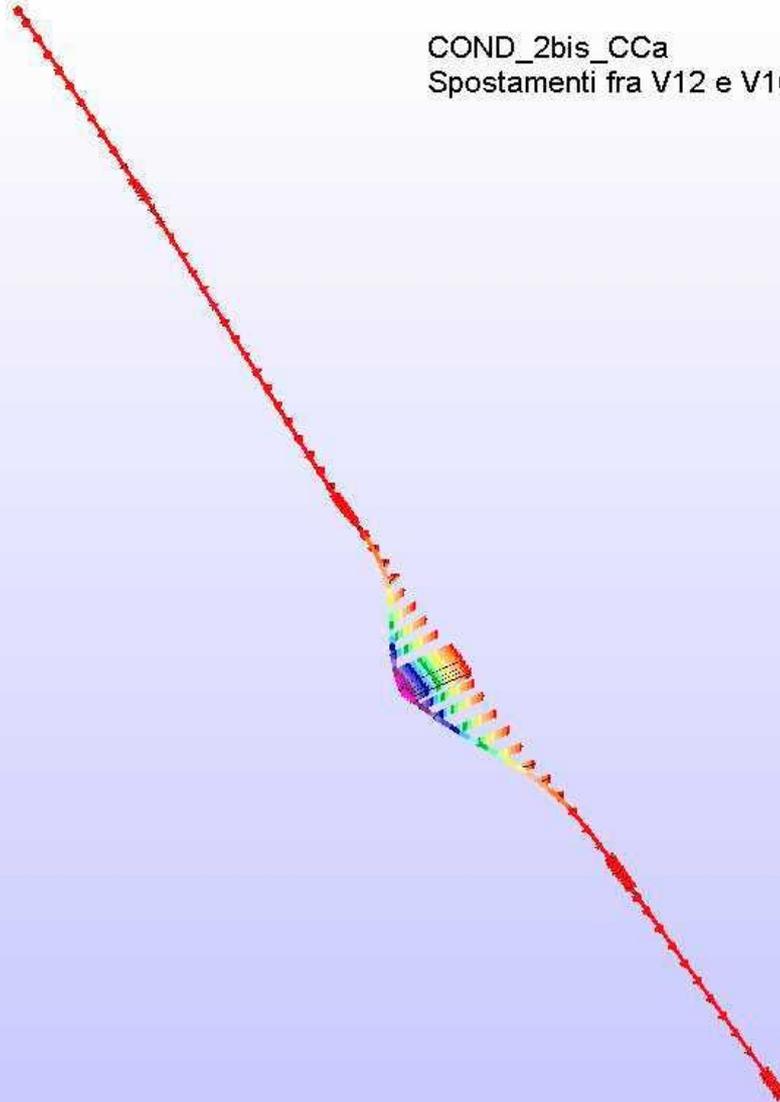
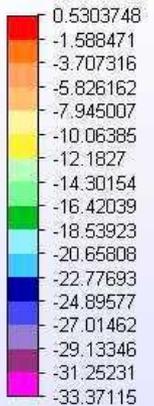
SPOSTAMENTI ATTUALI

Condotta vuota: ~33 cm



COND_2bis_CCa
Spostamenti fra V12 e V16

Nodal Displacement
Y Component
cm



Load Case: 1 of 1

Maximum Value: 0.530375 cm

Minimum Value: -33.3712 cm

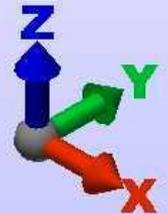
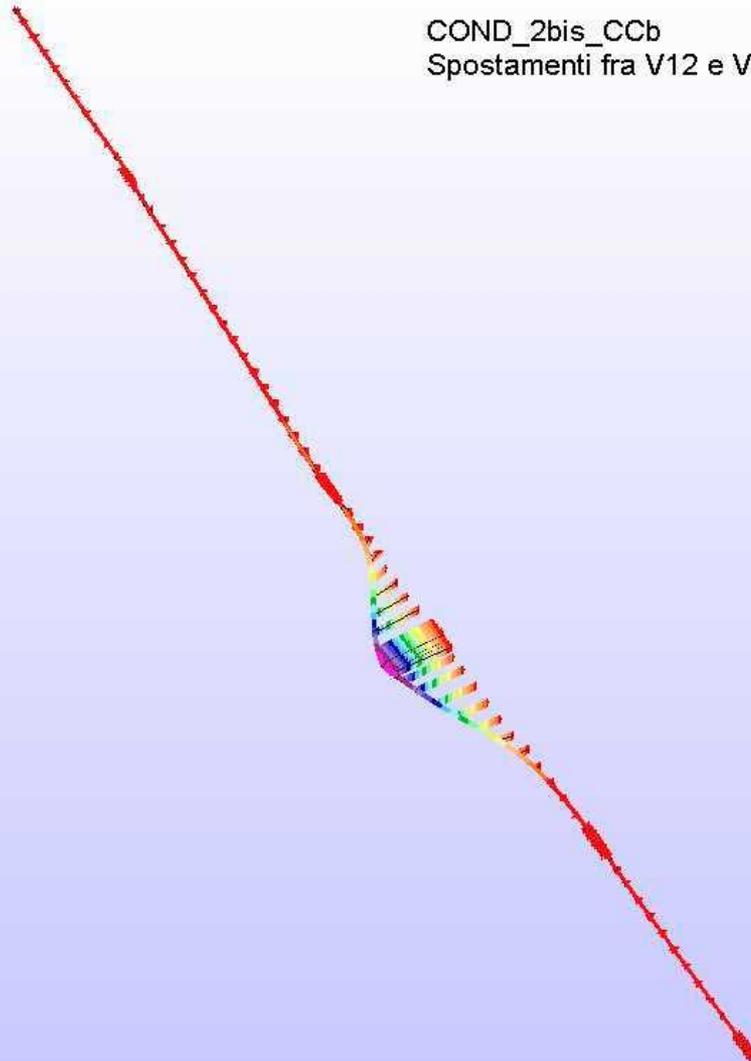
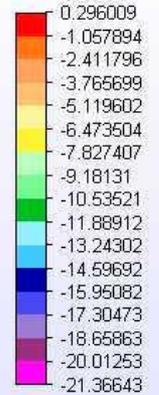
SPOSTAMENTI ATTUALI

Condotta piena: ~21 cm



COND_2bis_CCb
Spostamenti fra V12 e V16

Nodal Displacement
Y Component
cm



Load Case: 1 of 1

Maximum Value: 0.296009 cm

Minimum Value: -21.3664 cm

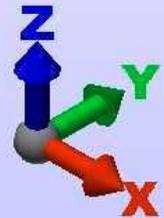
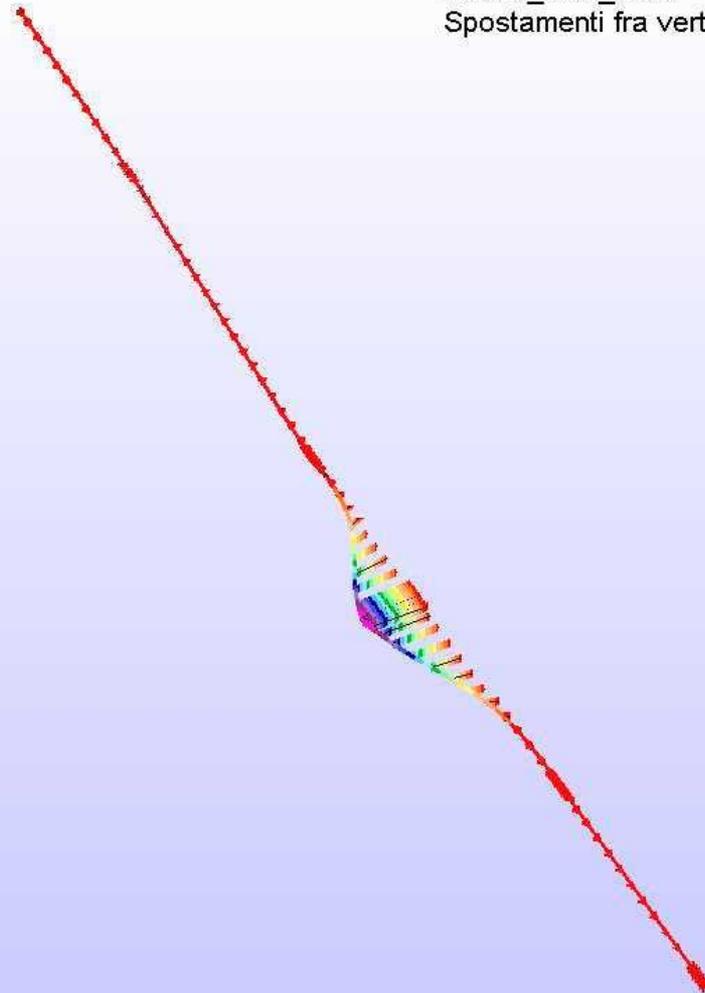
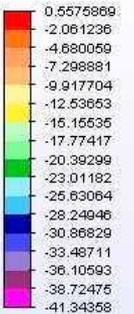
SPOSTAMENTI FUTURI

Condotta vuota: ~41 cm

ALGOR.
Superview

COND_3bis_CCa
Spostamenti fra vertivi V12 e V16

Nodal Displacement
Y Component
cm



Load Case: 1 of 1

Maximum Value: 0.557587 cm

Minimum Value: -41.3436 cm

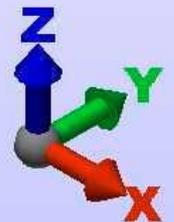
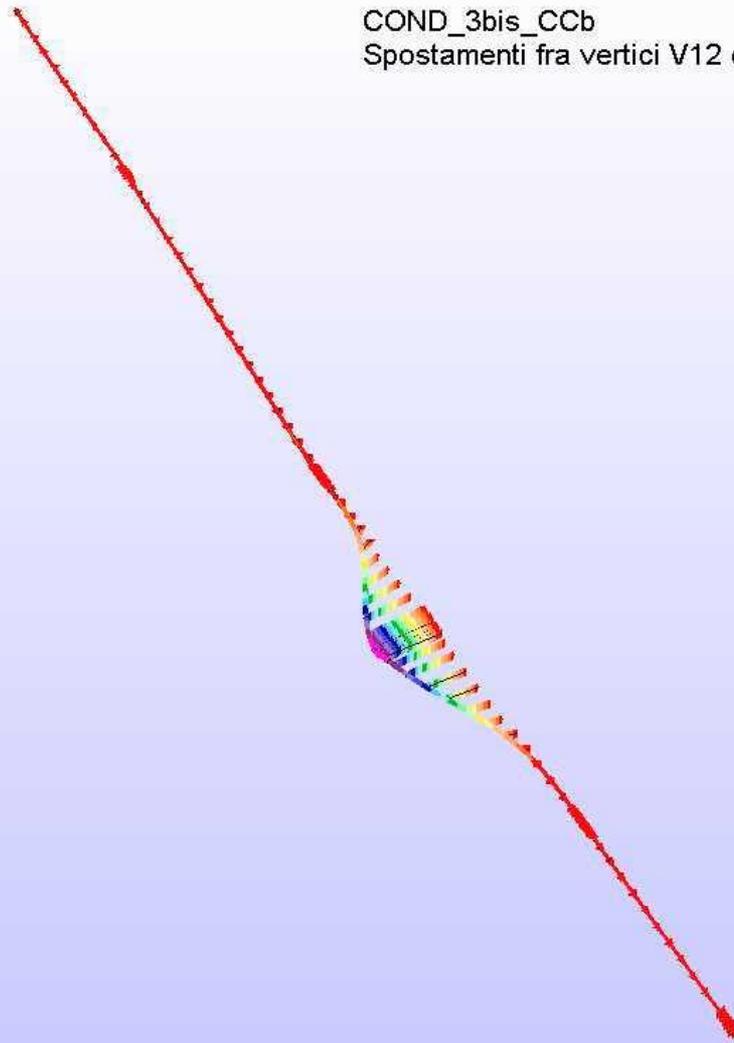
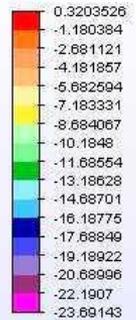
SPOSTAMENTI FUTURI

Condotta piena: ~24 cm

ALGOR.
Superview

COND_3bis_CCb
Spostamenti fra vertici V12 e V16

Nodal Displacement
Y Component
cm



Load Case: 1 of 1

Maximum Value: 0.320353 cm

Minimum Value: -23.6914 cm

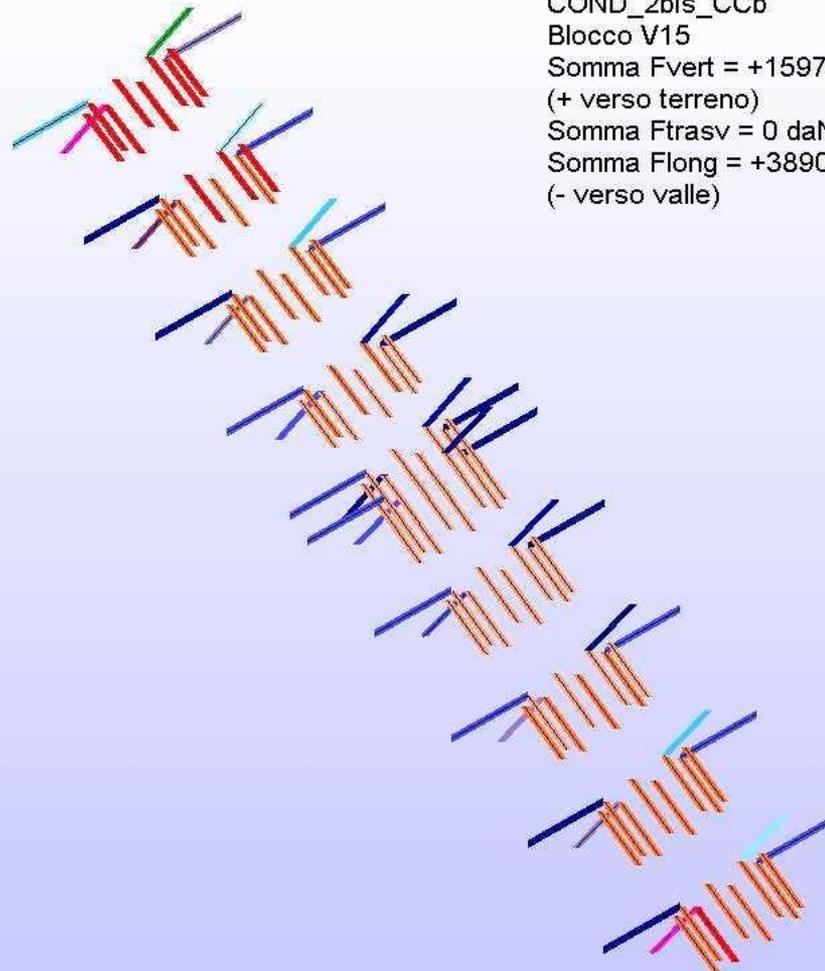
SFORZI

MODELLO	COMBINAZIONE CARICHI	POSIZIONE LETTURA VALORI	SFORZI σ_{11} CIRCONFERENZIALI	SFORZI σ_{22} LONGITUDINALI
PROGETTO_a	$g_1 + \Delta T = 30^\circ$	V14-V15	~ 0 daN/cm ²	~ 0 daN/cm ²
		V15-V16	~ 0 daN/cm ²	~ 0 daN/cm ²
ATTUALE_a	$g_1 + \Delta T = 30^\circ$	V14-V15	~ 0 daN/cm ²	545 daN/cm ²
		V15-V16	~ 0 daN/cm ²	~ 0 daN/cm ²
FUTURO_a	$g_1 + \Delta T = 30^\circ$	V14-V15	~ 0 daN/cm ²	670 daN/cm ²
		V15-V16	~ 0 daN/cm ²	150 daN/cm ²
PROGETTO_c	$g_1 + H_2O + \Delta T = -10^\circ$	V14-V15	660 daN/cm ²	~ 0 daN/cm ²
		V15-V16	670 daN/cm ²	~ 0 daN/cm ²
ATTUALE_c	$g_1 + H_2O + \Delta T = 10^\circ$	V14-V15	653 daN/cm ²	1200 daN/cm ²
		V15-V16	670 daN/cm ²	~ 0 daN/cm ²
FUTURO_c	$g_1 + H_2O + \Delta T = 10^\circ$	V14-V15	660 daN/cm ²	1300 daN/cm ²
		V15-V16	660 daN/cm ²	440 daN/cm ²

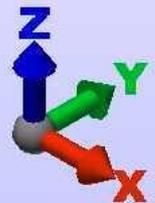
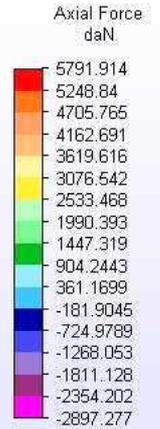
CARICHI SUI BLOCCHI

	Condizione	V15		V16	
		FV	Flong	FV	Flong
PROGETTO	Piena- ΔT	10.009		12.530	
	Piena	10.938	-26.156	12.625	-48.754
ATTUALE	Piena- ΔT	14.837	371.478	12.530	878
	Piena	15.977	389.050	12.625	-48.754
FUTURA	Piena- ΔT			12.621	42.428
	Piena			12.526	83.931

CARICHI SUI BLOCCHI



COND_2bis_CCb
Blocco V15
Somma Fvert = +15977 daN
(+ verso terreno)
Somma Ftrasv = 0 daN
Somma Flong = +389050 daN
(- verso valle)



Load Case: 1 of 1

Maximum Value: 5791.91 daN

Minimum Value: -2897.28 daN

COMMENTI E CONCLUSIONI FINALMENTE.....

- condotte forzate a vertici liberi, se oculatamente progettate, presentano maggiori sollecitazioni nel tubo, ma semplificazioni nelle opere civili dovute all'assenza o, meglio, alla riduzione del numero dei blocchi d'ancoraggio ed una maggior capacità di adattamento della struttura a situazioni locali, quali quelle d'un versante in frana, altrimenti difficilmente affrontabili;

ANCORA CONCLUSIONI

- condotte forzate a vertici liberi non inducono necessariamente maggiori carichi sui blocchi d'ancoraggio i quali comunque devono esserci: ciò vale solo se si sceglie oculatamente il profilo plano-altimetrico della condotta forzata e la posizione dei blocchi in modo da bilanciare l'effetto della componente del peso della condotta forzata con quello delle spinte aggiuntive che si generano nei vertici liberi

SEMPRE CONCLUSIONI

- talvolta tentare un approccio rovesciato ai problemi può contribuire a risolverli e la storia del vertice V15 ne è un buon esempio: per decenni s'è insistito nel tentare invano di vincolarlo saldamente al suolo, scoprendo poi che il suo completo svincolo poteva essere fatto a cuor assai più leggero che non quello di vertici svincolati in passato e assai più cimentati staticamente

Courmayeur 16 giugno 2005 – 4° Convegno su impianti di produzione idroelettrica

FINE

Luigi Papetti

Studio Frosio - Brescia