



CUNACCIA BRUNO S.r.l.

VIA AL MOLINO, 14 - 38080 STREMBO (TN)

MINIERA DI GIUSTINO (TN)

**SISTEMA DI MONITORAGGIO
DELLA MINIERA**

**COMMENTO AI DATI DI MISURA
RAPPORTO DI SINTESI - LUGLIO 2012**

RL. 1158
Agosto 2012
Comm. 07512

DISTRIBUZIONE

*n. 5 Copie - **Cunaccia Bruno S.r.l.***
Strembo (TN)

*n. 1 Copia - **GEODES S.r.l.***
Torino

INDICE

1. PREMESSA.....	1
2. SISTEMA DI MONITORAGGIO ESISTENTE	2
3. AGGIORNAMENTO DELLE MISURE	4
3.1 Estensimetri multibase alla progressiva 7536 m	4
3.2 Estensimetri multibase alla progressiva 7575 m	4
3.3 Estensimetri multibase alla progressiva 7650 m	6
3.4 Misuratori di convergenza alle progressive 7536, 7575, 7612 e 7650 m.....	6
3.5 Estensimetro multibase a quota 820 m.....	6
3.6 Misure topografiche di superficie	7
3.7 Misure pluviometriche.....	8
3.8 Misure di portata uscente dalla galleria ENEL	10
4. INTERPRETAZIONE DEI DATI DI MONITORAGGIO	12
4.1 Misure pluviometriche.....	12
4.2 Misure di portata.....	15
4.3 Misure di deformazione	16
4.3.1 Misure estensimetriche alla progressiva 7575 m	17
4.3.2 Misure estensimetriche alla progressiva 7536 m	18
4.3.3 Misure topografiche di superficie	18
4.4 Correlazione tra precipitazioni piovose e spostamenti	19
4.5 Correlazione tra portata e spostamenti	21
4.6 Ulteriori osservazioni sulla risposta deformativa del versante Est.....	22
5. OSSERVAZIONI CONCLUSIVE.....	24

TABELLE

- Tabella 3.1 - Stazione pluviometrica Pinzolo Prà Rodont. Valori di precipitazione cumulata annua e massima precipitazione giornaliera rilevati nel periodo 1976-2011
- Tabella 3.2 - Stazione pluviometrica Pinzolo città. Valori di precipitazione cumulata annua e massima precipitazione giornaliera rilevati nel periodo 1991-2011

FIGURE

- Figura 2.1 - Sistema di monitoraggio. Ubicazione della strumentazione geotecnica in sotterraneo. Scala 1:2000
- Figura 2.2 - Sistema di monitoraggio. Ubicazione delle stazioni meteorologiche utilizzate nelle elaborazioni. Scala 1:10000
- Figura 2.3 - Sistema di monitoraggio. Ubicazione delle mire topografiche. Scala 1:2000
- Figura 3.1 - Sistema di monitoraggio. Estensimetri multibase nella galleria ENEL dismessa alla progressiva 7536 m - Spostamenti
- Figura 3.2 - Sistema di monitoraggio. Estensimetri multibase nella galleria ENEL dismessa alla progressiva 7575 m - Spostamenti
- Figura 3.3 - Sistema di monitoraggio. Estensimetri multibase nella galleria ENEL dismessa alla progressiva 7650 m - Spostamenti
- Figura 3.4 - Sistema di monitoraggio. Misuratori di convergenza nella galleria ENEL dismessa alle progressive 7536, 7575, 7612 e 7650 m - Convergenza calcolata
- Figura 3.5 - Sistema di monitoraggio. Estensimetro multibase nella galleria mineraria a quota 820 m - Spostamenti riferiti alla base a 85 m
- Figura 3.6 - Sistema di monitoraggio. Misure topografiche sulle mire di superficie - Componente di spostamento Est calcolata
- Figura 3.7 - Sistema di monitoraggio. Misure topografiche sulle mire di superficie - Componente di spostamento Nord calcolata
- Figura 3.8 - Sistema di monitoraggio. Misure topografiche sulle mire di superficie - Componente di spostamento verticale calcolata
- Figura 3.9 - Sistema di monitoraggio. Misure topografiche sulle mire di superficie - Spostamenti planimetrici calcolati
- Figura 3.10 - Spostamenti delle nuove mire topografiche di superficie al 18/07/2012. Scala 1:2000
- Figura 3.11 - Dati pluviometrici: precipitazioni giornaliere. Stazione Pinzolo (rete IASMA) - Località Prà Rodont. Quota 1500 m s.l.m.
- Figura 3.12 - Dati pluviometrici: precipitazioni giornaliere. Stazione Pinzolo (rete PAT - T0175). Località Pinzolo - Lat: 46.15672742 Long: 10.75777561 Elev. 755 m s.l.m.
- Figura 3.13 - Dati pluviometrici. Precipitazioni giornaliere. Stazione Giustino (rete PAT - T0426). Località Giustino (frana) - Lat: 46.14748645 Long: 10.77548671 Elev. 877 m s.l.m.
- Figura 3.14 - Stazione pluviometrica Pinzolo Prà Rodont. Valori di precipitazione cumulata annua confrontati con il valore medio
- Figura 3.15 - Stazione pluviometrica Pinzolo città. Valori di precipitazione cumulata annuale confrontati con il valore medio
- Figura 3.16 - Stazione pluviometrica Pinzolo Prà Rodont. Valori di precipitazione cumulata mensile confrontati con il valore medio

- Figura 3.17 - Stazione pluviometrica Pinzolo città. Valori di precipitazione cumulata mensile confrontati con il valore medio
- Figure 3.18 - Sistema di monitoraggio. Misure di portata uscente dalla galleria Enel dismessa - ramo Sud rilevata con stramazzo calibrato (fino a 01/04/2012)
- Figure 3.19 - Sistema di monitoraggio. Misure di portata uscente dalla galleria Enel dismessa - ramo Sud rilevata con stramazzo calibrato (a partire da 01/04/2012)
- Figura 4.1 - Esame degli eventi meteorici nei riguardi dell'innescio dei fenomeni deformativi del fronte Est
- Figura 4.2 - Sistema di monitoraggio. Portata uscente dalla galleria Enel dismessa - ramo Sud - Precipitazioni giornaliere ed eventi meteorici, Stazione di Pinzolo
- Figura 4.3 - Spostamenti delle mire topografiche. Componente planimetrica al 18/07/2012 riferita alla lettura del 02/05/2012. Scala 1:2000
- Figura 4.4 - Spostamenti delle mire topografiche. Componente verticale al 18/07/2012 riferita alla lettura del 02/05/2012. Scala 1:2000
- Figura 4.5 - Spostamenti totali delle mire topografiche al 18/07/2012 riferiti alla lettura del 02/05/2012. Scala 1:2000
- Figura 4.6 - Sistema di monitoraggio. Confronto tra misure topografiche di superficie (Est) e misure estensimetriche
- Figura 4.7 - Estensimetri multibase alla progressiva 7536 m. Valori di velocità di spostamento tangente correlati agli eventi meteorici significativi
- Figura 4.8 - Estensimetri multibase alla progressiva 7575 m. Valori di velocità di spostamento tangente correlati agli eventi meteorici significativi
- Figura 4.9 - Estensimetri multibase alla progressiva 7536 m. Valori di velocità di spostamento tangente correlati agli eventi meteorici significativi. Dettaglio dal giugno 2005 in poi
- Figura 4.10 - Estensimetri multibase alla progressiva 7575 m. Valori di velocità di spostamento tangente correlati agli eventi meteorici significativi. Dettaglio dal giugno 2005 in poi
- Figura 4.11 - Sistema di monitoraggio. Misure topografiche sulle mire di superficie. Velocità tangente di spostamento planimetrico calcolata
- Figura 4.12 - Sistema di monitoraggio. Misure di portata uscente dalla galleria Enel dismessa - ramo Sud - Spostamenti di basi estensimetriche - Spostamenti di alcune mire topografiche
- Figura 4.13 - Sistema di monitoraggio. Misure di portata uscente dalla galleria Enel dismessa - ramo Sud e velocità di spostamento di alcune mire topografiche
- Figura 4.14 - Esame dello stato deformativo del versante Est. Vettori spostamento delle basi estensimetriche e deformata della galleria sovrapposti all'andamento degli spostamenti planimetrici di superficie
- Figura 4.15 - Sistema di monitoraggio. Misure topografiche sulle mire di superficie. Inclinazione del vettore spostamento totale

Figura 4.16 - Spostamenti delle mire topografiche. Inclinazione del vettore di spostamento totale (18/07/2012). Scala 1:2000

TAVOLE

Tavola 1 - Raccolta dei dati di monitoraggio dal 1985 ad oggi e correlazione con i dati pluviometrici

Tavola 2 - Evoluzione dello stato deformativo del fronte Est. Misure estensimetriche e pluviometriche confrontate su base annuale

1. PREMESSA

La presente relazione è stata redatta per conto della società Cunaccia Bruno S.r.l. di Strembo (TN) e costituisce il rapporto di sintesi e commento delle misure raccolte dal sistema di monitoraggio della Miniera di Giustino aggiornate sino al:

- 12/07/2012 per la strumentazione presente nella galleria ENEL dismessa e nella galleria a quota 820 m, collegata al sistema di acquisizione automatico
- 18/07/2012 per le mire topografiche
- 24/07/2012 per le misure di portata uscente dal ramo Sud della galleria ENEL dismessa
- 30/07/2012 per le stazioni pluviometriche di Pinzolo Prà Rodont, Pinzolo città e Giustino (frana).

Le misure della strumentazione in galleria non sono state aggiornate successivamente al 12/07/2012 a seguito della rottura del sistema di acquisizione dati, causata da una scarica elettrica in occasione di un forte temporale avvenuto in zona. Attualmente il sistema è ancora fuori uso, in quanto il datalogger è in riparazione.

Nel seguito i dati di misura sono stati elaborati ed interpretati al fine di fornire un quadro di sintesi dello stato deformativo del fronte Est della miniera, ricercando le possibili correlazioni tra le grandezze misurate.

2. SISTEMA DI MONITORAGGIO ESISTENTE

Il sistema di monitoraggio della miniera si compone di 4 macroelementi:

- un sistema di monitoraggio degli spostamenti all'interno del versante, costituito da tutta la strumentazione installata nella galleria ENEL dismessa e nella galleria mineraria a quota 820 m e collegata ad un acquisitore automatico di dati
- 3 stazioni pluviometriche, di cui 2 appartenenti alla rete di stazioni meteorologiche provinciali e una alla rete delle stazioni della Fondazione Edmund Mach - Istituto Agrario S. Michele all'Adige, i cui dati sono resi disponibili sui rispettivi siti Internet dei gestori
- un sistema di monitoraggio di tipo topografico degli spostamenti di superficie
- un sistema automatico di misura della portata uscente dal ramo Sud della galleria ENEL dismessa, installato nell'aprile del 2011. Fino al gennaio 2010, la misura della portata veniva eseguita manualmente con cadenza mensile; nel periodo gennaio 2010-aprile 2011 le misure sono cessate in quanto l'ENEL ha interdetto l'entrata in galleria a causa del grave stato fessurativo del rivestimento della galleria stessa.

Il sistema di monitoraggio degli spostamenti interni al versante comprende:

- 3 coppie di estensimetri multibase in fori orizzontali, perforati dalla galleria ENEL dismessa sia verso valle, sia verso monte
- 4 misuratori di convergenza nella galleria ENEL
- 1 estensimetro multibase in foro orizzontale, installato sul fronte della galleria di miniera, alla quota 820 m
- un sistema automatico di acquisizione dei dati programmabile, cui sono collegati i trasduttori elettrici degli estensimetri multibase e dei misuratori di convergenza, ubicato all'esterno della galleria di finestra e controllato a distanza mediante collegamento via modem telefonico.

Tutti i trasduttori elettrici installati sugli estensimetri multibase e sui misuratori di convergenza sono del tipo a corda vibrante e il sistema di acquisizione dei dati automatico, modello Micro10 della Geokon Ltd, è in funzione dal 15/07/1993. Attualmente il sistema è programmato in modo da raccogliere 4 misure giornaliere (alle ore 6.00, 12.00, 18.00 e 23.00) su tutti gli strumenti collegati.

L'ubicazione della strumentazione attiva in sotterraneo è riportata sulla planimetria della miniera (Figura 2.1), aggiornata al 10/02/2010, e per gli estensimetri multibase sono indicate anche le profondità delle diverse basi di misura.

Lo stato di funzionamento dei trasduttori elettrici collegati al sistema di acquisizione automatico è riepilogato nella tabella che segue, con l'indicazione dell'anno di installazione di ciascuno strumento. Va comunque segnalato, come sarà più avanti commentato, che alcuni strumenti, pur funzionando dal punto di vista elettrico, risultano ormai inutilizzabili in quanto le basi profonde e/o le loro aste di collegamento si sono scollegate dal trasduttore.

Galleria ENEL dismessa				
Prog. (m)	Data install.	Strumento		Stato funzionamento
7536	27/02/1998	Estensimetro multibase di valle	20 m	In uso
			40 m	Fuori uso dal 29/03/2010
			68 m	Fuori uso dal 29/03/2010
		Estensimetro multibase di monte	10 m	In uso
			20 m	In uso
			40 m	In uso
7536	27/02/1998	Misuratore di convergenza	-	In uso
7575	16/04/1987	Estensimetro multibase di valle	9 m	In uso
			39 m	Fuori uso dal 28/03/2011
			69 m	In uso
		Estensimetro multibase di monte	10 m	Fuori uso dal 09/10/2011
			30 m	In uso
			50 m	In uso
7575	16/04/1987	Misuratore di convergenza	-	In uso
7612	16/04/1987	Misuratore di convergenza	-	In uso
7650	15/07/1993	Estensimetro multibase di valle	10 m	In uso
			40 m	In uso
			70 m	In uso
		Estensimetro multibase di monte	10 m	In uso
			20 m	In uso
			35 m	In uso
7650	15/07/1993	Misuratore di convergenza	-	In uso
Galleria mineraria a quota 820 m				
-	08/09/2005	Estensimetro multibase	20 m	In uso
			50 m	In uso
			70 m	In uso
			85 m	In uso

In Figura 2.2 sono localizzate le stazioni meteorologiche di Pinzolo città (quota 755 m s.l.m.) e Giustino (frana) (quota 877 m s.l.m.), collegate alla rete della Provincia Autonoma di Trento, e di Pinzolo Prà Rodont (quota 1500 m s.l.m.), collegata alla rete IASMA.

Il sistema di monitoraggio degli spostamenti superficiali comprende 30 mire ottiche, di cui 28 installate sul fronte Est nella zona in movimento e 2 mire fisse installate una all'imbocco della finestra ENEL e una sulla strada a quota 913 m sul fronte Sud (Figura 2.3). Le mire sono collimate mediante una stazione totale collocata sul fronte di S. Giovanni e le misure hanno cadenza circa mensile; a partire dall'8/06/2011, il punto di stazione è stato spostato dalla posizione S1 a quella S2, da cui è possibile collimare tutte le nuove mire installate nei mesi di maggio e giugno 2011.

3. AGGIORNAMENTO DELLE MISURE

L'aggiornamento delle misure riportato nel seguito si riferisce a:

- estensimetri multibase e misuratori di convergenza installati nella galleria ENEL abbandonata ⁽¹⁾
- estensimetro multibase installato nella galleria mineraria di quota 820 m s.l.m.
- misure di precipitazione giornaliera, rilevate dalla stazione di Pinzolo città
- misure di precipitazione giornaliera, rilevate dalla stazione di Pinzolo Prà Rodont
- misure di precipitazione giornaliera, rilevate dalla stazione di Giustino (frana)
- misure topografiche del versante
- misure della portata uscente dal ramo Sud della galleria ENEL dismessa.

Le diverse misure sono aggiornate alle seguenti date:

- | | |
|--|-------------|
| • strumentazione collegata al sistema automatico | 12/07/2012 |
| • misure topografiche superficiali | 18/07/2012 |
| • misure pluviometriche | 30/07/2012 |
| • misure di portata | 24/07/2012. |

Per ciascun estensimetro multibase installato nella galleria ENEL dismessa, le misure sono state elaborate rispetto alla testa del singolo strumento e valori positivi di spostamento indicano un allontanamento tra la singola base e la testa stessa, ovvero una distensione dell'ammasso roccioso compreso tra questi due punti. Per l'estensimetro multibase installato al fondo della galleria mineraria a quota 820 m, le misure vengono invece riferite alla base più profonda (85 m), che viene quindi presa come riferimento fisso per il calcolo degli spostamenti.

3.1 Estensimetri multibase alla progressiva 7536 m

La Figura 3.1 riporta gli spostamenti nel tempo, riferiti alle teste, delle 4 basi leggibili dei 2 estensimetri installati alla progressiva 7536 m della galleria ENEL dismessa. Già da tempo questi estensimetri, pur funzionando elettricamente, non forniscono dati significativi di spostamento.

3.2 Estensimetri multibase alla progressiva 7575 m

In Figura 3.2 si riporta l'andamento nel tempo degli spostamenti registrati dagli estensimetri installati alla progressiva 7575 m, la cui messa in opera risale al 1987. Le velocità di spostamento, calcolate su base annuale, nei periodi 1 gennaio – 31 dicembre

(¹) La strumentazione installata alla progressiva 7536 m, continuando a restituire dei valori anomali di spostamento se confrontati con quelli registrati dagli estensimetri alla progressiva 7575 m, è stata considerata non più affidabile e l'interpretazione delle sue misure è stata interrotta; tuttavia è stato deciso di continuare ad aggiornarne le letture riferite alle teste e a rappresentarle graficamente.

degli anni 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 e tra 1 gennaio e 12 luglio del 2012 sono riportate nello specchio sottostante.

Base	M50	M30	M10	V9	V39	V69
v₂₀₁₂ (mm/anno)	1.37	0.04	-	7.98	-	9.63
v₂₀₁₁ (mm/anno)	3.17	0.06	41.15	30.56	54.67	24.48
v₂₀₁₀ (mm/anno)	4.26	-6.22	63.68	77.84	68.99	33.45
v₂₀₀₉ (mm/anno)	3.17	26.27	30.68	36.36	59.43	27.58
v₂₀₀₈ (mm/anno)	2.30	28.70	29.31	28.56	31.80	15.16
v₂₀₀₇ (mm/anno)	0.72	8.79	8.34	7.86	7.89	4.86
v₂₀₀₆ (mm/anno)	1.11	14.42	7.88	12.53	0.08	8.00

(N.B. Le velocità sono state calcolate su base annua, tra l'1 gennaio e il 31 dicembre di ogni anno, ad eccezione dell'ultima annualità che è stata calcolata tra 1 gennaio e 12 luglio 2012. In alcune annualità, per certune basi, si è fatto riferimento a periodi di misura differenti a causa dell'assenza di letture nelle date 1 gennaio e/o 31 dicembre.

Dai valori riportati nella tabella e dall'analisi della Figura 3.2 risulta evidente come l'ultima annualità abbia espresso velocità di spostamento più modeste rispetto agli ultimi anni.

Analizzando il comportamento degli estensimetri nel breve termine (ultimo anno) si nota ancora una leggera diminuzione delle velocità di spostamento di tutte le basi leggibili, segno di un rallentamento dei fenomeni deformativi, come si evince dal prospetto seguente:

Base	M50	M30	M10	V9	V39	V69
v_{7gg} (mm/anno)	2.09	0.00	-	6.26	-	11.47
V_{30gg} (mm/anno)	1.95	0.00	-	9.61	-	14.36
V_{365gg} (mm/anno)	1.45	0.05	-	7.11	-	10.43

Si nota che la base a 39 m di valle, da sempre ritenuta particolarmente significativa, in quanto ha sempre registrato velocità di spostamento superiori rispetto a quella più prossima alla superficie, a 69 m di distanza dalla testa, non risulta più leggibile dal 28/03/2011. Ad essa si è aggiunta la base a 10 m di monte, non più leggibile dal 09/10/2011.

3.3 Estensimetri multibase alla progressiva 7650 m

Questi estensimetri non mostrano spostamenti significativi già da lungo tempo (Figura 3.3).

3.4 Misuratori di convergenza alle progressive 7536, 7575, 7612 e 7650 m

Tra i misuratori di convergenza (Figura 3.4), solo lo strumento alla progressiva 7612 m presenta spostamenti significativi, mentre i restanti strumenti alle progressive 7536, 7575 e 7650 m sono pressoché fermi. Il misuratore alla progressiva 7612 m continua ad esibire dei valori positivi di velocità di spostamento, ad indicare un'apertura della cavità, seppur di modesta entità, come si evince dal prospetto seguente:

Progressiva (m)	7612
v_{799} (mm/anno)	0.52
V_{3099} (mm/anno)	3.04
v_{36599} (mm/anno)	1.36
v_{2011} (mm/anno)	0.92
v_{2010} (mm/anno)	4.46
v_{2009} (mm/anno)	8.36
v_{2008} (mm/anno)	1.00
v_{2007} (mm/anno)	0.17
v_{2006} (mm/anno)	-0.55

(Le velocità nel periodo 2006-2011 sono state calcolate su base annua nell'intervallo 1 gennaio-31 dicembre di ciascun anno).

Questo misuratore si trova in prossimità del secondo punto di “cerniera” della galleria dismessa; tali punti sono localizzati in prossimità delle progressive 7520 m e 7630 m e delimitano la zona centrale della galleria ENEL dismessa che si sposta, rispetto alle estremità di monte e di valle che sono ferme.

3.5 Estensimetro multibase a quota 820 m

Come detto in precedenza, le misure dell'estensimetro a quota 820 m sono state riferite alla base più profonda, installata a 85 m di profondità. Sino ad oggi le misure hanno mostrato spostamenti di entità massima dell'ordine di 27 mm (27.08 mm) di segno positivo (Figura 3.5), con un allontanamento delle basi di misura dall'ancoretta più profonda.

Quantificando il fenomeno registrato dallo strumento in termini di velocità media su base annuale e nel breve termine, si perviene al seguente prospetto riassuntivo:

Base	Testa	20 m	50 m	70 m
v_{79g} (mm/anno)	-0.52	2.09	0.00	0.00
V_{30gg} (mm/anno)	-1.46	1.70	0.24	0.12
v_{365gg} (mm/anno)	-0.09	1.88	0.32	0.43
v_{2011} (mm/anno)	0.04	5.28	-	1.45
v_{2010} (mm/anno)	-0.06	6.52	-	1.48
v_{2009} (mm/anno)	-0.06	5.68	2.36	2.18
v_{2008} (mm/anno)	0.14	3.70	2.41	1.59
v_{2007} (mm/anno)	-0.09	1.15	0.64	0.65
v_{2006} (mm/anno)	-0.17	2.21	1.29	1.80

(La base a 50 m ha esibito valori di spostamento anomali, dovuti ad un errore strumentale, nel periodo 2010-2011 ed è stato deciso di non considerare i valori di spostamento di tale base nel periodo in questione).

Anche questo strumento, come gli estensimetri alla progressiva 7575 m della galleria ENEL, evidenzia una diminuzione della velocità di spostamento nell'ultima annualità e la fase di rallentamento è tuttora in atto.

3.6 Misure topografiche di superficie

Sul fronte Est della miniera sono state ubicate, nel settembre 2009, 23 mire topografiche di superficie, cui si sono aggiunte ulteriori 7 mire messe in opera tra il maggio e il giugno 2011. La loro posizione e quella dei capisaldi, utilizzati per le letture, sono visibili nella planimetria di Figura 2.3.

Le misure sono effettuate ad intervallo di 10-15 giorni, attualmente di circa 1 mese, e sono quindi calcolati gli spostamenti per ogni mira, secondo un sistema di riferimento locale, dopo di che i dati ottenuti sono convertiti in coordinate geografiche (Nord - Est) e quote. Per riuscire a collimare anche la mira 29, messa in opera il giorno 08/06/2011 e non visibile dal punto di stazione S1 fino ad allora utilizzato, la stazione totale, lo stesso giorno, è stata spostata ad una quota maggiore, dal punto S1 al punto S2 (Figura 2.3), variando di conseguenza l'origine e la direzione degli assi del sistema di riferimento locale utilizzato.

Il punto S2 è dunque diventato, dall'08/06/2011, il nuovo punto di stazione e le misure delle mire vengono ad esso riferite, per il successivo calcolo delle coordinate Est e Nord geografiche e della quota. L'ultima lettura elaborata è stata eseguita il 18/07/2012.

Le misure topografiche sono elaborate calcolando gli spostamenti delle mire nelle tre direzioni Est, Nord e quota, con riferimento alla lettura di zero del 08/09/2009, per le letture antecedenti il giorno 08/06/2011, data di spostamento della stazione totale dal punto S1 al punto S2. Successivamente a tale data, gli spostamenti sono ottenuti con riferimento alla lettura di zero del 08/06/2011, sommando gli spostamenti già accumulati dalle mire in precedenza. In questo modo si è mantenuta la continuità delle misure per le mire installate nel 2009.

I valori di spostamento positivi indicano un movimento delle mire nelle direzioni Est e Nord oppure un innalzamento di quota; osservando la direzione degli assi geografici rispetto alla topografia della miniera, si nota che valori negativi delle tre componenti di spostamento indicano spostamenti dei punti verso valle e abbassamenti di quota.

Le Figure 3.6÷3.8 riportano gli andamenti degli spostamenti nel tempo, rispettivamente nella direzione Est, Nord e Z (quote). Le mire 11, 14, 15 e 21 sono quelle soggette ai massimi spostamenti di segno negativo lungo l'asse Est-Ovest, si spostano cioè verso Ovest, ovvero verso valle. Lungo la direzione Nord-Sud gli incrementi sono più modesti: il valore maggiore si ha per la mira 21 e risulta pari a 105.86 mm, verso Nord.

Per quanto riguarda le variazioni di quota (Figura 3.8), la mira 16 è quella che subisce il maggiore abbassamento: -172.05 mm, seguita dalla mira 15 con -110.0 mm; le mire 4 e 13 sono quelle che invece manifestano il massimo innalzamento, rispettivamente +14.91 mm e +20.57 mm.

Si osserva, nell'ultimo periodo, la presenza di una fase di rallentamento degli spostamenti sia in direzione Ovest sia in direzione Nord per la maggior parte delle mire. Al contrario persiste una fase di crescita dei cedimenti verticali, comune a tutte le mire.

Nella Figura 3.9 sono rappresentati gli spostamenti planimetrici delle mire nel tempo e nella Figura 3.10 è riportata la planimetria dell'area della miniera con indicazione delle mire topografiche e dei corrispondenti vettori di spostamento planimetrico, aggiornati al 18/07/2012. Gli spostamenti maggiori si hanno nella parte più alta del fronte Est, in corrispondenza delle mire 11, 14, 15 e 21, seguite dalle mire 10 e 16. Gli spostamenti planimetrici evidenziano bene l'attuale fase di rallentamento del fenomeno franoso.

3.7 Misure pluviometriche

Le misure di precipitazione giornaliera registrate sulla stazione meteorologica di Pinzolo Prà Rodont, collegata alla rete IASMA e ubicata a 1500 m s.l.m., sono periodicamente scaricate dal sito Internet della Fondazione Edmund Mach-Istituto Agrario di San Michele all'Adige. Le misure registrate sulla stazione di Pinzolo città, ubicata a 755 m s.l.m., e Giustino (frana), ubicata a quota 877 m s.l.m., sono scaricate dal sito della Pro-

vincia Autonoma di Trento. Per tutte le stazioni, le misure sono aggiornate al 30/07/2012. Si sottolinea che le misure relative alla stazione Pinzolo Prà Rodont, la cui registrazione, a parte brevi periodi, si era interrotta tra l'ottobre 2010 e il maggio 2011, sono di nuovo interamente disponibili.

Nelle Figure 3.11÷3.13 sono riportati rispettivamente l'istogramma della precipitazione giornaliera per la stazione di Pinzolo Prà Rodont, a partire dal 1/10/2000, l'istogramma della precipitazione giornaliera per la stazione di Pinzolo città a partire dall'11/12/2004 e l'istogramma delle precipitazioni giornaliere della stazione Giustino (frana) a partire dal 28/12/2011.

Gli andamenti delle piogge nei primi 7 mesi del 2012, confrontate con le medie mensili calcolate per le stazioni di Pinzolo Prà Rodont e Pinzolo città per le quali si dispone di un lungo periodo di misura, per tutte e tre le stazioni sono riportate nello specchietto sottostante.

Stazione	Pra Rodont		Pinzolo città		Giustino (frana)
Mese	2012 (mm/mese)	media (mm/mese)	2012 (mm/mese)	media (mm/mese)	2012 (mm/mese)
Gennaio	40.0	51.03	30.4	50.11	23.8
Febbraio	18.0	39.21	8.6	31.69	7.6
Marzo	58.0	65.84	40.6	53.89	37.2
Aprile	285.0	110.09	173.0	94.47	210.6
Maggio	117.0	107.36	100.8	94.64	116.6
Giugno	79.8	98.15	80.2	101.71	94.6
Luglio	100.8	78.44	117.2	111.49	158.0
Cumulata	698.6	550.12	550.8	538.0	648.4

Si osserva che i primi 7 mesi del 2012 presentano una precipitazione cumulata superiore a quella media calcolata su base almeno ventennale sulle due stazioni di Pinzolo Prà Rodont e Pinzolo città. I mesi che maggiormente hanno contribuito a raggiungere tale risultato sono stati quelli di aprile, maggio e luglio; in particolare, in aprile le piogge sono state quasi doppie rispetto alla media del mese.

Nella Figura 3.14 sono riportati, per la stazione di Pinzolo Prà Rodont, i valori di precipitazione cumulata annua per gli anni compresi tra il 1976 ed il 2011 ⁽²⁾, confrontati con il valore medio dello stesso periodo (pari a 1080.7 mm/anno), da cui emerge che gli anni dal 2003 al 2009, compreso, presentano precipitazioni annue inferiori alla media. Il dato del 2010 è riferito al solo periodo 01/01/2010 - 17/10/2010 e mancano completamen-

⁽²⁾ Il dato annuo è stato inserito per tutti gli anni, mentre nel calcolo del valore medio della precipitazione cumulata si è tenuto conto solo degli anni per cui si disponeva di una copertura delle misure pari o superiore al 95% dei giorni (almeno 347 giorni).

te i dati delle abbondanti piogge autunnali. Il dato del 2011 è riferito al solo periodo 14/05/2011- 31/12/2011.

Nella Tabella 3.1 sono riportati, per la stazione di Prà Rodont, i valori di precipitazione cumulata annua e la massima precipitazione giornaliera, oltre al numero di giorni di precipitazione registrati nel corso di ciascun anno, a partire dal 1976.

Per la stazione di Pinzolo città, i dati annui disponibili coprono il periodo 1991-2010, con numerosi ed importanti buchi (mancano completamente le misure negli anni 2001, 2002, 2003, 2004, 2008 e 2009; sono parziali le misure dei seguenti anni: 1991, 2000, 2005 e 2007). La distribuzione delle precipitazioni cumulate annue è riportata nella Figura 3.15, insieme al valore medio calcolato (pari a 1061.6 mm/anno). Esaminando questi dati si ha la possibilità di osservare come l'anno 2010, con 1565.1 mm, risulti tra i più piovosi dell'ultimo ventennio; si deve infatti risalire al 1996 per osservare una precipitazioni cumulate annua simile. Anche l'anno 2011 mostra un valore di precipitazione cumulata annua superiore alla media.

Nella Tabella 3.2 sono riportati, per la stazione di Pinzolo città, i valori di precipitazione cumulata annua e la massima precipitazione giornaliera, oltre al numero di giorni di precipitazione registrati nel corso di ciascun anno, a partire dal 1991.

Un dettaglio di come si distribuiscano le piogge nel corso dell'anno è fornito dalle Figure 3.16 e 3.17, dove sono riportati i valori di precipitazione cumulata mensile per il periodo 1985-2011 e 1991-2011, rispettivamente per la stazione di Prà Rodont e per quella di Pinzolo città. Sono evidenti i picchi stagionali (aprile-giugno e ottobre-novembre) di precipitazione, con una sostanziale equivalenza tra i due periodi piovosi per la stazione Prà Rodont ed una prevalenza del periodo autunnale per la stazione Pinzolo città, per la quale tuttavia il numero di dati è inferiore. Su entrambe le figure sono segnalati i singoli mesi più piovosi del periodo considerato e si può osservare che vi è concordanza tra le segnalazioni, quando entrambe le stazioni risultano in funzione.

3.8 Misure di portata uscente dalla galleria ENEL

Con l'installazione di uno stramazzo calibrato dotato di misuratore automatico di livello è partito, il 22/04/2011 ore 16, il monitoraggio in continuo delle portate uscenti dalla galleria ENEL, ramo Sud, misurate in precedenza manualmente con cadenza mensile.

Le misure di portata (Figure 3.18 e 3.19), aggiornate al 24/07/2012, mostrano alcune anomalie, dopo l'interruzione delle letture avvenuta tra il 09/06/2011 e il 25/06/2011, legate ad interventi fatti sullo stramazzo, tra cui il posizionamento di un sensore per le prove con traccianti eseguite dal Servizio Geologico della PAT, avvenuto il giorno

30/06/2011 e manifestatosi con un salto netto nelle misure di portata, e la sua estrazione il giorno 04/08/2011.

A partire dal 05/11/2011, in corrispondenza dell'inizio dell'evento meteorico rilevato dalla stazione pluviometrica di Pinzolo città dal 04/11/2011 al 23/11/2011, le portate hanno subito un rapido incremento, facendo registrare un salto di circa 1.3 l/s nell'arco di dieci giorni.

Successivamente le portate hanno iniziato a diminuire, sino ad un minimo di 1.3 l/s nel mese di marzo 2012; a partire dall'inizio di aprile le portate hanno subito un incremento sino ad un massimo di 4.5 l/s a inizio maggio. È quindi iniziata una fase di diminuzione, interrotta localmente da un nuovo incremento tra il 22 e il 26/05. Attualmente la portata è ancora in fase di calo e le ultime misure sono intorno a 2 l/s.

4. INTERPRETAZIONE DEI DATI DI MONITORAGGIO

Dall'interpretazione delle misure eseguite sul fronte Est, a partire dal 1985, emerge che, con l'autunno 2000, l'evoluzione del fenomeno deformativo che coinvolge tale versante segue cicli di durata circa annuale in stretta connessione con l'andamento delle precipitazioni piovose e nevose. Si è infatti rilevato che si susseguono fasi di accelerazione degli spostamenti, seguite da fasi di smorzamento, e che l'innescio delle accelerazioni si registra in concomitanza dei periodi di maggiore piovosità (mesi autunnali o primaverili) o, talvolta, dei periodi di disgelo (tarda primavera).

L'analisi delle misure della portata uscente dalla galleria ENEL ha permesso inoltre di individuare l'esistenza di una correlazione tra queste e le misure pluviometriche giornaliere, aggiungendo delle ulteriori informazioni utili per la comprensione esaustiva del fenomeno deformativo.

Nel seguito viene esaminata la correlazione tra fenomeni meteorici e deformazione del versante Est della miniera, passando attraverso lo studio delle misure di portata, ritenuta un rilevatore significativo del grado di saturazione del bacino sotterraneo.

4.1 Misure pluviometriche

In linea con le elaborazioni illustrate nelle precedenti relazioni semestrali, si è proceduto alla definizione dei nuovi *eventi meteorici*, calcolandone durata, precipitazione cumulata e precipitazione media giornaliera. Vale ricordare che per *evento meteorico* si intende un periodo continuo di tempo, o al più con un solo giorno di interruzione, nel quale perdurano le precipitazioni piovose.

La stazione pluviometrica di riferimento è attualmente quella di Pinzolo città, avendo mostrato una continuità delle misure per tutto il 2011 e il 2012, a differenza della stazione di Pinzolo Prà Rodont, i cui dati nei primi mesi del 2011 non sono interamente disponibili. Fino al 30/09/2010 sono stati utilizzati sempre i dati della stazione di Pinzolo Prà Rodont.

Il diagramma relativo agli eventi meteorici della Tavola 1 riporta i valori calcolati di precipitazione cumulata e media dell'evento, per ciascun caso individuato, a partire dall'anno 1985. Nel seguente prospetto vengono riepilogati i dati caratteristici degli eventi meteorici rilevanti per cumulata e/o per intensità e di quelli ritenuti significativi per una corretta interpretazione del fenomeno.

Evento	Data di fine	Durata (d)	Cumulata (mm)	Media giornaliera (mm/d)
1	21/04/1989	22	267.8	12.17
2	24/10/1993	35	549.0	15.69
3	22/11/1996	13	303.6	23.35

Evento	Data di fine	Durata (d)	Cumulata (mm)	Media giornaliera (mm/d)
4	21/09/2000	3	105.6	35.20
5	25/11/2000	27	536.4	19.87
6	16/07/2001	2	76.3	38.15
7	05/05/2002	4	163.1	40.78
8	26/11/2002	14	367.6	26.26
9	01/11/2003	4	141.4	35.35
10	08/10/2005	7	139.2	19.98
11	26/11/2007	6	135.4	22.57
12	22/04/2008	16	183.8	11.49
13	17/06/2008	21	148.8	7.09
14	10/11/2010	20	198.0	9.90
15	10/12/2010	28	293.8	10.49
16	21/02/2011	7	44.6	6.37
17	19/03/2011	7	85.4	12.2
18	23/11/2011	20	138.2	6.91
19	28/05/2012	9	74.8	8.31

Esaminando gli effetti degli eventi meteorici individuati sulle deformazioni del versante, rappresentate attraverso le curve di spostamento delle basi estensimetriche alle progressive 7536 e 7575 m della galleria ENEL dimessa, riportate in Tavola 1 e riferite tutte alla base più profonda di ciascun estensimetro di monte ⁽³⁾, si osserva che:

- l'evento 1 ha dato luogo a modeste deformazioni sull'estensimetro a 7575 m, evidenti solo sulle basi più vicine alla superficie del pendio
- gli eventi 2 e 6 non hanno avuto effetti evidenti sugli spostamenti
- l'evento 3 ha avuto effetti significativi sull'andamento degli spostamenti delle basi estensimetriche a 7575 m e tali effetti sono stati risentiti anche dalle basi in profondità
- gli eventi 4 e 5 si sono sommati producendo effetti rilevanti sull'andamento degli spostamenti di tutte le basi estensimetriche
- gli eventi 7, 8, 9 e 10 hanno avuto effetti molto rilevanti sull'andamento degli spostamenti degli estensimetri, anche in profondità all'interno del versante
- l'evento 11 ha innescato spostamenti contenuti
- l'evento 12 ha innescato spostamenti significativi anche sulle basi profonde nel versante
- l'evento 13 si è sovrapposto agli effetti dell'evento precedente, amplificandone le conseguenze
- l'evento 14 ha innescato spostamenti importanti
- l'evento 15 si è sovrapposto all'evento 14, mantenendo elevata la velocità di spostamento
- gli eventi 16 e 17, poco significativi come eventi meteorici in sé, pur non innescando spostamenti significativi mantengono una considerevole velocità di spostamento: essi

⁽³⁾ Si noti che l'aggiornamento delle misure riferite alla base più profonda per gli estensimetri alla progressiva 7536 m è stato interrotto in quanto, come esplicitato in precedenza, tale strumentazione è stata considerata non più affidabile. Le misure riportate nella Tavola 1 sono aggiornate al luglio 2011.

si collocano infatti in coda agli effetti deformativi legati alle ingenti piogge tardo autunnali del 2010 e ne riattivano ulteriormente gli effetti

- l'evento 18, ritenuto indubbiamente correlato all'incremento di portata registrato tra il 05/11/2011 e il 15/11/2011 non ha innescato spostamenti importanti
- l'evento 19 ha innescato un modesto incremento degli spostamenti e potrebbe essere correlato all'incremento di portata uscente dalla galleria registrato a fine maggio 2012.

Diagrammando il valore di precipitazione cumulata e di precipitazione media di ciascun evento meteorico, calcolato per la stazione di Pinzolo Prà Rodont dal 1985 a fine settembre 2010 e per la stazione Pinzolo città dall'ottobre 2010 ad oggi, rispetto alla durata del medesimo, si ottengono i diagrammi riportati in Figura 4.1.

Nella figura sono stati evidenziati con un cerchietto rosso gli eventi meteorici a seguito dei quali si sono innescati spostamenti delle basi estensimetriche; lo spessore del cerchietto indica anche se tali spostamenti sono stati modesti (cerchietto sottile) o rilevanti (cerchietto spesso). È così possibile riconoscere 3 zone, distinte con diversi colori sulla Figura 4.1 ⁽⁴⁾:

- la prima zona (verde) è caratterizzata da eventi meteorici che non hanno prodotto spostamenti
- la seconda zona (arancione) si presenta come una fascia di transizione all'interno della quale si situano sia eventi meteorici che hanno innescato spostamenti, sia eventi meteorici che non ne hanno prodotti
- la terza zona (rossa) identifica gli eventi che hanno prodotto spostamenti significativi.

L'analisi delle misure dell'ultimo semestre ha confermato le osservazioni elaborate nella precedente relazione semestrale relativamente al rapporto tra pluviometria e deformazioni: i limiti tra le 3 zone (Figura 4.1) sono stati pertanto mantenuti inalterati.

Le correlazioni individuate tra le grandezze in gioco sono le seguenti:

- correlazione tra precipitazione cumulata y (espressa in mm) e durata dell'evento x (espressa in giorni)
 - limite tra prima e seconda zona (limite di innesco dei fenomeni): $y = 38.79x^{0.5055}$
 - limite tra seconda e terza zona: $y = 50.36x^{0.5629}$
- correlazione tra precipitazione media giornaliera y (espressa in mm/d) e durata dell'evento x (espressa in giorni)
 - limite tra prima e seconda zona (limite di innesco dei fenomeni): $y = 38.78x^{-0.4944}$
 - limite tra seconda e terza zona: $y = 50.36x^{-0.4371}$.

Come si è detto, la seconda zona comprende al proprio interno sia eventi che hanno prodotto deformazioni sia eventi che non hanno avuto influenza sull'andamento degli

⁽⁴⁾ Si nota che l'evento 13, preso come riferimento per il tracciamento del limite tra seconda e terza zona, compare nella zona verde: esso, pur avendo fatto registrare delle accelerazioni di spostamento significative, non ha infatti dato luogo a degli spostamenti particolarmente importanti, in quanto i suoi effetti si sono esauriti rapidamente.

spostamenti del versante Est. Essa rappresenta quindi una zona di transizione tra condizioni pluviometriche prive di effetto e condizioni pluviometriche che innescano significative deformazioni nell'ammasso roccioso.

La presenza di questa zona di transizione è molto interessante e può avere molteplici cause:

- alcuni eventi primaverili, che hanno determinato deformazioni significative, potrebbero risentire non solo delle precipitazioni dirette del periodo, ma anche dello scioglimento della neve invernale ed il dato della fusione del manto nevoso e del valore di precipitazione nevosa non è disponibile per tutti gli anni del periodo considerato
- gli eventi che non hanno prodotto spostamenti, inclusi nella seconda zona, sono stati registrati negli anni compresi tra il 1986 ed il 1993; vale al riguardo ricordare che nel 1993 sono ripresi gli scavi al piede del fronte Est, per l'approfondimento della miniera sino a quota 770 m s.l.m. e dal 1998 è ripresa la riprofilatura dall'alto del fronte Est stesso. Questo potrebbe significare che, pur avendo la strumentazione evidenziato una modesta influenza degli scavi sull'andamento degli spostamenti del fronte Est (pochi millimetri all'anno), il detensionamento dell'ammasso roccioso causato dallo scavo ha reso il versante più "sensibile" agli effetti delle precipitazioni.

4.2 Misure di portata

Nella Tavola 1 è rappresentato l'andamento delle misure di portata, monitorate in continuo a partire dal 22/04/2011. Le misure di portata, riferendosi, come è evidente, ad un periodo molto limitato di tempo se confrontato con quello della restante strumentazione, non rendono ancora possibile l'elaborazione di analisi definitive; si sottolinea pertanto il carattere del tutto preliminare delle osservazioni che seguono.

Come già esplicitato in precedenza, l'analisi delle misure della portata uscente dalla galleria ENEL ha permesso di individuare l'esistenza di una correlazione tra queste e le misure pluviometriche giornaliere, evidente nella Figura 4.2, in cui sono rappresentati nello stesso grafico il dato di portata ed il dato pluviometrico, presentato sia come pioggia giornaliera sia come pioggia cumulata e pioggia media per evento meteorico. Il periodo di riferimento va dal 01/01/2011 alla data dell'ultimo aggiornamento delle misure di portata.

Dall'analisi di tale grafico si evincono le seguenti osservazioni:

- gli incrementi localizzati sono provocati chiaramente dagli eventi meteorici
- la risposta del bacino alle sollecitazioni degli eventi meteorici avviene in tempi rapidi (il picco di portata si presenta infatti con un tempo di ritardo che va da qualche giorno ad una settimana rispetto all'ultimo giorno significativamente piovoso appartenente all'evento che l'ha determinato)
- lo svuotamento del bacino richiede tempi più lunghi rispetto al suo riempimento

- la stima di una correlazione matematica tra significatività dell'evento meteorico, per intensità o cumulata, ed entità dell'incremento di portata è per il momento di difficile valutazione.

Rispetto a quest'ultimo punto, tuttavia, l'analisi dell'incremento di portata registrato tra il 05/11/2011 e il 15/11/2011 rende possibile una prima interpretazione del fenomeno seppur ancora provvisoria: più eventi temporalmente "vicini" tra loro e particolarmente significativi sono in grado di provocare un forte incremento di portata, superiore ad 1 l/s. In particolare, affinché vi sia una tale risposta da parte del bacino, gli effetti del primo evento non devono ancora esseri conclusi quando si verifica il secondo, mentre rimane ancora difficile da individuare una scala di significatività per gli eventi meteorici. Nel caso in esame si tratta dell'evento 18 e dell'evento che lo precede: come si può notare l'evento 18 prende avvio quando l'incremento di portata provocato dall'evento precedente non si è ancora esaurito del tutto.

Un'analogia situazione si è presentata con l'evento 19, che segue un periodo di prolungate precipitazioni, che hanno portato ad un mese di aprile 2012 abbondantemente più piovoso della media dell'ultimo ventennio, seppure senza singoli eventi di particolare significato. Il cumulo degli effetti delle piogge di aprile e di quelle di maggio ha provocato, forse unitamente agli effetti del disgelo della neve in quota (probabilmente non abbondante, viste le scarse nevicate), un incremento della portata uscente dalla galleria ed un "impulso" alle velocità di spostamento del versante Est.

4.3 Misure di deformazione

Nella Tavola 1 sono raccolti i diagrammi relativi alle misure della strumentazione profonda più significativa ancor oggi in funzione, costituita dagli estensimetri multibase alle progressive 7536 ⁽³⁾ e 7575 m installati nella galleria ENEL dismessa, e quello relativo alle misure topografiche, correlati agli eventi meteorici individuati nel precedente paragrafo e alle misure di portata.

Come già detto sopra, in questi diagrammi gli andamenti spostamento-tempo relativi alle misure estensimetriche sono stati ottenuti riferendo le letture di ciascuna base a quella più profonda dell'estensimetro di monte, ipotizzando quest'ultima ancorata in una porzione di versante non soggetta a deformazioni. Inoltre gli spostamenti degli estensimetri di valle sono stati legati a quelli di monte imponendo un egual spostamento alle teste di ciascuna coppia di strumenti. I diagrammi così ottenuti forniscono un'idea immediata del livello di deformazione del fronte Est.

Oltre alle misure estensimetriche, sono stati anche diagrammati gli spostamenti planimetrici in direzione Est-Ovest, ottenuti dalle misure topografiche superficiali del versante Est, riprese nel settembre 2009.

4.3.1 Misure estensimetriche alla progressiva 7575 m

La particolare importanza che riveste la sezione strumentata alla progressiva 7575 m è legata al suo lungo periodo di attività ed al fatto che è stata la prima a essere dotata di estensimetri di lunghezza tale da poter cogliere in profondità lo sviluppo delle deformazioni del versante.

Come già osservato nei precedenti rapporti di aggiornamento delle misure, gli estensimetri alla progressiva 7575 m non hanno esibito spostamenti significativi sino al settembre 2000. A partire da allora, si sono manifestate periodicamente brusche accelerazioni di spostamento, correlabili ad eventi meteorici particolarmente importanti (Paragrafo 4.1).

Il diagramma degli spostamenti delle diverse basi, riferiti alla base a 50 m di profondità dell'estensimetro di monte (Tavola 1), mette in luce la chiara influenza degli eventi meteorici sullo stato deformativo del versante, con intensità crescente sulle basi via via più prossime alla superficie del pendio. A tale proposito si osserva che la base più superficiale, installata a 69 m in direzione di valle, rappresenta un'anomalia, risultando i suoi spostamenti inferiori rispetto a quelli delle basi più interne (9 m e 39 m di distanza dalla galleria). Tale condizione è tuttavia dettata anche dall'assenza di misure di questa base per un lungo periodo, tra il 1193 e il 1998, che ha impedito di ottenere l'effettiva entità dello spostamento subito dal punto di misura.

Attualmente gli spostamenti sono in una fase di rallentamento, come mostra la tabella sottostante che evidenzia i valori delle velocità di spostamento calcolati su base annuale (periodo 1 gennaio – 31 dicembre di ogni anno) e relativamente all'ultima settimana.

Base	M30	M10.9	testa	V9	V39	V69
v₇₉₉ (mm/anno)	2.09	-	2.09	8.34	-	13.56
v₂₀₁₁ (mm/anno)	3.11	-	3.17	33.73	-	27.65
v₂₀₁₀ (mm/anno)	-	-	4.26	-	73.25	37.71
v₂₀₀₉ (mm/anno)	-	-	3.17	-	62.60	30.76
v₂₀₀₈ (mm/anno)	-24.55	26.96	2.30	30.86	34.09	17.45
v₂₀₀₇ (mm/anno)	-9.58	-7.63	0.72	8.58	-	5.58
v₂₀₀₆ (mm/anno)	-	-	1.11	13.64	-	9.11
v₂₀₀₅ (mm/anno)	-	-	1.84	23.23	15.50	15.02

4.3.2 *Misure estensimetriche alla progressiva 7536 m*

Gli estensimetri presenti alla progressiva 7536 m sono stati installati nel febbraio 1998; a partire da tale data e sino al gennaio 2000, sono rimasti pressoché fermi (Tavola 1). Successivamente, gli strumenti esibiscono spostamenti assai ridotti, pari a 1 mm/anno, nel periodo di osservazione compreso tra gennaio e settembre 2000, cui segue una fase di brusca accelerazione, inequivocabilmente correlata agli eventi pluviometrici 4 e 5, verificatisi in stretta successione.

Da allora, gli strumenti hanno risposto a tutti gli eventi pluviometrici significativi individuati, ad eccezione dell'evento 6. Come già sottolineato nei precedenti rapporti di aggiornamento, in occasione dell'evento 8, tutte le basi di valle, comprese le teste dei due estensimetri, hanno esibito la massima accelerazione registrata durante tutta l'attività di monitoraggio del fronte Est, con un incremento di spostamento di oltre 50 mm in soli 11 mesi.

Come per gli estensimetri alla progressiva 7575 m, anche in questo caso la base più vicina alla superficie del pendio, installata a 68 m in direzione di valle, rappresenta un'anomalia, dal momento che registra spostamenti inferiori rispetto a quella immediatamente più interna (40 m) e, nell'ultimo periodo (metà aprile 2009 circa - fine marzo 2010), anche rispetto a quella a 20 m di profondità.

4.3.3 *Misure topografiche di superficie*

In Tavola 1 sono state riportate le elaborazioni delle misure topografiche di superficie, in termini di spostamenti planimetrici Est-Ovest, riferiti al periodo di tempo compreso tra l'08/09/2009 e il 18/07/2012.

Nel grafico è possibile notare come gli spostamenti planimetrici maggiori avvengano in direzione Ovest (segno negativo), ovvero verso valle. Alla data attuale, il valore massimo si ha in corrispondenza della mira 15 e risulta pari a 474.23 mm, con un rallentamento dei fenomeni deformativi.

Le misure topografiche di superficie riguardano un periodo molto limitato di tempo, se paragonato a quello relativo alle misure estensimetriche; tuttavia, si individua chiaramente un progressivo spostamento delle mire verso valle, specialmente nella parte medio-alta del fronte Est, dove, in corrispondenza delle mire 10, 11, 14, 15, 16 e 21, si hanno gli spostamenti maggiori (si veda la Figura 3.10). Nelle zone più basse, invece, i fenomeni deformativi sono meno evidenti, se non del tutto assenti.

Nelle Figure 4.3÷4.5 sono riportate le mappe a isolinee degli spostamenti planimetrici, di quelli verticali e degli spostamenti totali, ottenute prendendo in considerazione tut-

te le mire, comprese quelle installate nel 2011. Al fine di tenere in conto anche di queste nuove mire, tutti gli spostamenti sono stati riferiti alla lettura di zero di queste ultime (02/05/2011), in modo da poter mappare la deformazione di tutta l'area monitorata.

Dalla Figura 4.3 emerge che la mira 11 è quella che ha preso il maggior spostamento (96.1 mm) a partire dal maggio 2011 e che l'area in cui si concentrano i massimi degli spostamenti planimetrici si trova immediatamente a valle della sezione di galleria strumentata alla progressiva 7575 m. La deformazione si estende a ricomprendere anche le nuove mire 22 e 26

Per quanto concerne gli spostamenti verticali (Figura 4.4), il massimo dei cedimenti si registra intorno alle mire 24 e 28 (-92 e -100 mm, rispettivamente), che si trovano sul limite dell'area in movimento, quella segnata dalle fratture di trazione rilevate nella primavera 2011. Tutta la zona di piede del fronte Est monitorata evidenzia cedimenti nulli o addirittura sollevamenti di ordine millimetrico.

La mappa degli spostamenti totali (Figura 4.5) presenta 3 massimi intorno alle mire 11, 24 e 28, legati, il primo, a significativi valori di spostamento orizzontale e, i secondi due, agli elevati cedimenti verticali.

La Figura 4.6 mette in luce come le mire topografiche si spostino con un andamento del tutto simile a quello delle basi estensimetriche di valle della progressiva 7575 m, con entità degli spostamenti ben superiore. È assai evidente che le mire topografiche, pur con una misura discontinua, proprio per effetto dei maggiori spostamenti misurati, amplificano gli effetti deformativi rilevati dalle basi estensimetriche e sono pertanto in grado di sostituire validamente le misure estensimetriche, ove queste venissero a mancare a causa dell'obsolescenza della strumentazione e delle condizioni di ammaloramento della galleria ENEL dismessa.

4.4 Correlazione tra precipitazioni piovose e spostamenti

Nella Tavola 2 sono riportati gli andamenti su base annua degli spostamenti delle singole basi di valle degli estensimetri alle progressive 7536 ⁽⁶⁾ e 7575 m, messi in relazione alle curve di precipitazione piovosa cumulata, calcolate secondo cicli annuali che partono dal 1 ottobre di ciascun anno e terminano al 30 settembre dell'anno successivo.

Il periodo che va da ottobre 2010 a settembre 2011 è risultato essere il più piovoso degli ultimi undici anni insieme al periodo ottobre 2000-settembre 2001; in particolare so-

⁽⁶⁾ Si noti che l'aggiornamento delle misure riferite alla base più profonda per gli estensimetri alla progressiva 7536 m è stato interrotto in quanto, come esplicitato in precedenza, tale strumentazione è stata considerata non più affidabile. Le misure riportate nella Tavola 2 sono aggiornate al luglio 2011.

no stati particolarmente piovosi i primi mesi fino a gennaio, mentre i restanti mesi hanno mostrato dei valori di precipitazioni in linea con quelli degli altri periodi.

Il periodo che va da ottobre 2011 a luglio 2012 presenta un livello di piovosità complessivamente nella media degli anni considerati.

Dall'analisi degli spostamenti cumulati riferiti alla conclusione del ciclo annuale ottobre 2010-settembre 2011 e all'attuale ciclo annuale ottobre 2011-luglio 2012 emerge che per lo strumento posto alla progressiva 7575 m si hanno dei valori molto modesti di spostamento, segno del rallentamento del fenomeno deformativo in atto e della presenza di una corrispondenza poco marcata tra gli spostamenti delle basi e gli eventi meteorici occorsi tra luglio 2011 e luglio 2012.

Nelle Figure 4.7 e 4.8 sono riportate, rispettivamente per gli estensimetri alla progressiva 7536 m ⁽⁶⁾ e per quelli a 7575 m, le velocità di spostamento tangente nel tempo, a partire dal maggio 1999, in modo da evidenziare l'ordine di grandezza delle velocità di spostamento ante eventi piovosi del 2000 e la successiva evoluzione delle stesse. Gli eventi piovosi principali segnalati sono ben evidenziati dai dati di velocità di spostamento, che presentano picchi facilmente riconoscibili, con valori di velocità in rapida crescita consistenti tra le diverse basi. Valori di velocità elevati e sporadici su singole basi sono invece indice di irregolarità di misura sullo strumento ⁽⁷⁾ e sono da ritenersi poco significativi.

Si evidenziano inoltre alcuni picchi di velocità cui non corrisponde un evento meteorico riconosciuto; in particolare, si tratta dei picchi di aprile-maggio 2009, dicembre 2009 e maggio 2010, periodi in corrispondenza dei quali non sono stati segnalati eventi piovosi di particolare significatività (Figure 4.9 e 4.10, dettaglio del periodo temporale 01/05/2005-12/07/2012 delle Figure 4.7 e 4.8).

Già nel precedente rapporto, per i picchi primaverili (aprile-maggio 2009 e maggio 2010) è stata ipotizzata una correlazione con lo scioglimento delle nevi, sui cui effetti si sono sommati quelli di piogge non particolarmente intense e/o prolungate, mentre il picco di velocità del dicembre 2009 è da collegarsi ad un periodo di piovosità abbastanza prolungata, manifestatosi con due eventi significativi, ma non eccezionali, come mostra lo specchio sottostante:

Data fine evento	Durata (d)	Precipitazione cumulata (mm)	Precipitazione media (mm/d)	Precipitazione massima (mm)
12/12/2009	17	110.2	6.48	57.2
01/01/2010	11	108.6	9.87	52.4

⁽⁶⁾ Si noti che l'aggiornamento delle misure riferite alla base più profonda per gli estensimetri alla progressiva 7536 m è stato interrotto in quanto, come esplicitato in precedenza, tale strumentazione è stata considerata non più affidabile. Le misure di velocità riportate nelle Figure 4.7 e 4.9 sono aggiornate al luglio 2011.

⁽⁷⁾ Nel processo di selezione e validazione dei dati sono stati scartati solo i dati di misura palesemente incongruenti, non potendo giudicare a priori l'irregolarità delle singole letture.

Attualmente le velocità risultano assestate intorno a valori inferiori a 20 mm/anno.

Anche per le mire topografiche sono state valutate le velocità di spostamento che stanno evidenziando una fase di rallentamento della deformazione del versante, dopo un ripresa degli spostamenti a seguito delle piogge primaverili (Figura 4.11).

4.5 Correlazione tra portata e spostamenti

Nella Figura 4.12 sono riportati nello stesso grafico l'andamento delle misure di portata e i diagrammi di spostamento di alcune basi estensimetriche e di alcune mire topografiche; per il confronto sono state scelte le basi a 9 m e a 69.5 m di profondità dell'estensimetro di valle alla progressiva 7575 m e le mire topografiche M11 e M15, che risultano tra quelle con i maggiori spostamenti.

Come si può notare esiste una correlazione tra le misure di portata e le misure di spostamento, come era evidente aspettarsi, avendo già riscontrato una connessione tra portata e precipitazioni piovose e tra precipitazione piovose e spostamenti.

Dall'analisi della Figura 4.12 e della Figura 4.8, che riporta le velocità di spostamento tangente nel tempo per gli estensimetri alla progressiva 7575, si evince che la risposta del versante al rilevante e repentino incremento di portata registrato tra il 05/11/2011 e il 15/11/2011 e conseguente alla sovrapposizione dei due principali eventi meteorici di ottobre e novembre 2011, è molto modesta, in termini sia di spostamento sia di velocità di spostamento.

Il fatto che un incremento di portata di siffatta entità (circa 1.3 l/s), nel contesto di un fenomeno deformativo strettamente correlato al grado di saturazione del bacino sotterraneo, che ne rappresenta la causa scatenante, non abbia determinato una risposta significativa del versante, porta alla luce un ulteriore aspetto del fenomeno, per il momento non ancora studiato con la dovuta attenzione. Si tratta della dipendenza tra lo spostamento del versante e il grado di saturazione del bacino sotterraneo presente al momento dell'avvio dell'incremento della portata: dalle analisi dei dati a disposizione sembrerebbe che ad incrementi significativi di portata non conseguano altrettanto significativi incrementi di spostamento se in quel momento il bacino presenta un basso livello di saturazione.

Questa osservazione risulta confermata dall'osservazione della risposta deformativa al picco primaverile di portata registrato nel maggio di quest'anno. Il rapido incremento di oltre 3 l/s ha determinato una risposta deformativa del versante, ma questa ha preso forza in un tempo più lungo, mentre già si registrava un calo delle portate.

Il raffronto tra l'andamento delle velocità di spostamento delle mire 11 e 15 (che sono tra quelle che registrano i maggiori spostamenti) e quello delle portate uscenti dalla

galleria (Figura 4.13), avendo per la prima volta un ciclo annuale completo senza disturbi da esaminare, evidenzia bene quanto sopra affermato: la crescita delle portate è più rapida dell'accelerazione degli spostamenti e il rallentamento dei questi ultimi avviene quando le portate sono già da tempo in diminuzione.

4.6 Ulteriori osservazioni sulla risposta deformativa del versante Est

Nella Figura 4.14 sono stati sovrapposti:

- l'andamento della deformata di superficie, ricavata dagli spostamenti planimetrici calcolati sulla base delle misure topografiche delle mire, nel periodo compreso tra il 2/05/2011 e il 18/07/2012
- la deformata planimetrica della galleria ENEL dismessa, ottenuta dalle misure topografiche eseguite in sotterraneo tra il 29/04/1985 e l'11/06/2004
- il vettore di spostamento della testa dell'inclinometro verticale installato nella galleria ENEL dismessa alla progressiva 7575 m, ottenuto nel periodo 24/07/1998 - 21/06/2004
- i vettori di spostamento delle basi estensimetriche nella galleria ENEL dismessa, ottenuti imponendo fissa la base di monte più interna al versante di ciascuna coppia estensimetrica e calcolati nei seguenti periodi:
 - estensimetri alla progressiva 7536, 27/02/1998 - 11/07/2011,
 - estensimetri alla progressiva 7575, 16/04/1987 - 12/07/2012,
 - estensimetri alla progressiva 7650, 15/07/1993 - 12/07/2012
- i vettori di spostamento delle basi estensimetriche nella galleria mineraria a quota 820 m dismessa, ottenuti imponendo fissa la base a 85 m di profondità e calcolati nel periodo 08/09/2005 - 12/07/2012.

L'insieme dei dati, pur non omogeneo come periodo di misura, fornisce un quadro rappresentativo dello stato deformativo del versante Est della miniera, che mette in luce come gli spostamenti siano concentrati nell'intorno delle vecchie coltivazioni sotterranee e nella zona di monte e di tetto richiamata dai vuoti minerari.

Il punto di massima deformata planimetrica della galleria ENEL corrisponde anche alla zona di massimo spostamento planimetrico di superficie; la direzione di spostamento della testa dell'inclinometro alla progressiva 7575 m è perfettamente coerente con la direzione degli spostamenti planimetrici delle mire di superficie, presenti sul versante prospiciente la galleria.

La coerenza tra i dati ottenuti da metodi e tecniche di misura diversi riveste notevole importanza perché garantisce l'affidabilità di ciascuna metodica di controllo, sia nella determinazione dell'andamento temporale degli spostamenti, sia nella rilevazione della loro distribuzione areale.

É poi interessante osservare il rapporto tra componente verticale dello spostamento e componente orizzontale, espresso in termini di angolo di inclinazione del vettore spostamento totale. La variazione nel tempo di tale rapporto, calcolato solo per le mire che mostrano spostamenti effettivi ⁽⁸⁾, è riportata in Figura 4.15, dove valori positivi dell'angolo di inclinazione indicano spostamenti verticali diretti verso l'alto, mentre valori negativi corrispondono a spostamenti verso il basso.

Dopo una fase iniziale di estrema variabilità dell'angolo di inclinazione, dovuta ai piccoli valori di spostamento disturbati dall'errore di misura, tutte le mire installate nel 2009 esibiscono variazioni sincrone dell'angolo di inclinazione ed ognuna di esse tende ad assestarsi su un determinato valore di angolo, rivelando una ormai raggiunta stabilizzazione della direzione di spostamento sul piano verticale. In particolare le mire 3, 4, 9 e 13 presentano un angolo positivo, ad indicare un innalzamento in senso verticale, mentre le restanti basi hanno valori negativi, compresi tra 0 e -15°, ad eccezione della mira 16 che presenta un'inclinazione del vettore di circa -25°.

Le mire installate nel 2011, presentano inizialmente una marcata variazione dell'angolo di inclinazione del vettore di spostamento totale, dovuta alla forte incidenza su di esse dell'errore di misura; successivamente, si presenta una fase in cui alcune mire (le mire 23, 24, 27 e 28) mostrano una tendenza all'assestamento dell'angolo, seguita da un'altra, ancora in corso, in cui i vettori di spostamento totale tendono ad esibire valori di angolo progressivamente più bassi.

Nella Figura 4.16 è riportata la mappa a isolinee dell'inclinazione del vettore spostamento totale, ottenuta prendendo in considerazione tutte le mire a disposizione, comprese quelle installate nel 2011.

Questa mappa permette di delineare la zona del versante in movimento, che risulta contenuta entro le fessurazioni rilevate tra il marzo e l'aprile 2011 e mostrate nella stessa figura, con l'eccezione rappresentata dall'area compresa tra le mire 28 e 29, di dubbia affidabilità data la marcata variazione nel tempo dell'angolo di inclinazione del vettore spostamento totale per la mira 29 causata dai piccoli spostamenti misurati, affetti da errore strumentale.

La stessa mappa, mostrando una variazione progressiva dell'angolo di inclinazione dello spostamento, da elevati valori negativi registrati nei punti più alti del versante a bassi valori positivi riscontrati in corrispondenza del piede, permette di dare ulteriore conferma all'ipotesi, già avanzata sulla base delle osservazioni sul posto e delle misure fornite dal sistema di monitoraggio nel corso del tempo, che il fenomeno deformativo in atto stia evolvendo verso un potenziale scivolamento rotazionale.

⁽⁸⁾ Sono state escluse dal calcolo le mire 1, 2, 5, 17, 18, 19, 20, 25, 29 e 30 perché presentano valori di spostamento nettamente più bassi.

5. OSSERVAZIONI CONCLUSIVE

La relazione di sintesi è l'occasione per rinnovare l'esame a più ampia scala degli aspetti che caratterizzano l'evoluzione dei fenomeni deformativi del fronte Est della miniera, sulla base dei dati forniti dal sistema di monitoraggio.

Attualmente si assiste ad un rallentamento del fenomeno deformativo, comunque ancora in atto e sempre correlato agli eventi meteorici, alla loro distribuzione nel tempo e alla sovrapposizione dei loro effetti, come è dimostrato dalla sensibilità esibita dal versante in termini di deformazione nei confronti degli eventi piovosi 16 e 17, del febbraio e del marzo 2011, non certo rilevanti per quantità totale di pioggia caduta o per intensità, ma che hanno seguito un precedente periodo di intensa piovosità.

Il fenomeno deformativo in atto non risente del riempimento della miniera in corso, nonostante ormai quest'ultimo risulti prossimo alla configurazione finale prevista dal progetto di chiusura del sito minerario autorizzato. Ciò è conseguenza del fatto che tale riempimento riguarda quote inferiori (818-819 m s.l.m.: quota prevista dal progetto di ripristino) rispetto a quelle della zona in deformazione.

Come più volte sottolineato nelle precedenti relazioni di sintesi, pur avendo riconosciuto lo stretto legame tra precipitazioni e spostamenti, non è possibile stabilire correlazioni univoche tra loro, individuando leggi di variazione dello spostamento in funzione delle precipitazioni. E' verosimile che ciò sia legato al sovrapporsi dei diversi meccanismi di alimentazione dell'acquifero sotterraneo ed alla complessità del modello idrogeologico del versante in esame, sostanzialmente poco noto.

L'analisi delle misure dell'ultimo semestre ha confermato le osservazioni elaborate nella precedente relazione semestrale ⁽⁹⁾ relativamente al rapporto tra pluviometria e deformazioni: i limiti tra le 3 zone (Figura 4.1) che identificano la transizione tra eventi pluviometrici privi di effetti deformativi e quelli che, al contrario, hanno effetti rilevanti sull'andamento delle deformazioni, sono stati pertanto mantenuti inalterati.

Le correlazioni individuate tra le grandezze in gioco sono le seguenti:

- correlazione tra precipitazione cumulata y (espressa in mm) e durata dell'evento x (espressa in giorni)
 - limite tra prima e seconda zona (limite di innesco dei fenomeni): $y = 38.79x^{0.5055}$
 - limite tra seconda e terza zona: $y = 50.36x^{0.5629}$
- correlazione tra precipitazione media giornaliera y (espressa in mm/d) e durata dell'evento x (espressa in giorni)
 - limite tra prima e seconda zona (limite di innesco dei fenomeni): $y = 38.78x^{-0.4944}$
 - limite tra seconda e terza zona: $y = 50.36x^{-0.4371}$

⁽⁹⁾ "Miniera di Giustino (TN). Sistema di monitoraggio della miniera. Analisi delle misure strumentali. Rapporto di sintesi – Gennaio 2012", RL. 1145.

Si ribadisce che queste correlazioni matematiche tra le grandezze che caratterizzano un evento meteorico (durata, precipitazione cumulata e precipitazione media giornaliera) sono un elemento di controllo della situazione in tempo reale (ovvero durante le normali operazioni di monitoraggio), ma non costituiscono affatto uno strumento di previsione del futuro comportamento deformativo del versante e della sua evoluzione nel tempo. Sono tuttavia un valido strumento per valutare il grado di attenzione da prestare al fenomeno, in caso di allarme meteo diramato dalla Protezione Civile della Provincia di Trento.

L'insieme dei dati sinora raccolti fornisce un quadro consistente, riconfermato nel tempo, della risposta deformativa del versante, da cui emerge il ruolo fondamentale, nel determinare le modalità ed evoluzione del fenomeno, delle vecchie coltivazioni in sotterraneo. Peraltro, come già richiamato sopra, emerge con tutta evidenza come il riempimento di fondo scavo sinora effettuato, in linea con la configurazione geometrica prevista per la sistemazione finale della miniera, non abbia significative ricadute sulla stabilizzazione del fenomeno.

In merito al sistema di monitoraggio esistente, si deve nuovamente sottolineare la crescente fragilità del sistema di misura interno alla galleria ENEL dismessa, legata all'età dei diversi componenti e alla storia deformativa intercorsa. In relazione a ciò, pur funzionando i trasduttori elettrici, le misure sulle basi dell'estensimetro alla progressiva 7536 m sono da ritenersi prive di significato fisico.

Si conferma nuovamente il positivo riscontro tra le misure delle basi estensimetriche funzionanti e quelle del sistema di monitoraggio topografico di superficie, come emerge dall'osservazione della Figura 4.6, che mette a confronto la componente Est degli spostamenti delle mire ottiche con gli spostamenti delle basi estensimetriche alle progressive 7536 e 7575 m: è evidente come l'andamento degli spostamenti delle mire rifletta quello delle basi estensimetriche all'interno del versante, seguendo anche i diversi gradienti di crescita che si osservano nel periodo di misura esaminato.

L'elaborazione delle misure topografiche in termini di curve di livello dell'inclinazione del vettore spostamento totale (Figura 4.16), ottenuta prendendo in considerazione tutte le mire a disposizione, comprese quelle installate nel 2011, ha permesso di delineare la zona del versante in movimento, che risulta contenuta entro le fessurazioni rilevate tra il marzo e l'aprile 2011.

L'andamento delle curve di livello dell'inclinazione del vettore spostamento consente inoltre di confermare l'ipotesi, già avanzata sulla base delle osservazioni sul posto e delle misure fornite dal sistema di monitoraggio nel corso del tempo, che il fenomeno deformativo in atto stia evolvendo verso un potenziale scivolamento di tipo rotazionale.

Un primo significativo riscontro tra l'andamento delle misure di portata uscente dalla galleria ENEL dismessa e la velocità delle mire esterne, grazie ad un primo ciclo annuale

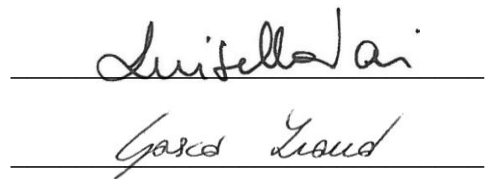
completo di misure senza disturbi, apre alla possibilità di approcciare il problema del legame tra precipitazioni e deformazione del versante, attraverso il legame precipitazioni → portate → deformazioni.

In quest'ottica risultano di fondamentale importanza le misure topografiche di superficie, sia per la possibilità di mantenere sotto controllo un'areale più ampio rispetto alle misure estensimetriche, sia per la più evidente risposta deformativa superficiale alle sollecitazioni meteoriche.

GEODES S.r.l.

Dott. Ing. Luisella Vai

Dott. Ivano Gasco



Handwritten signature of Luisella Vai on a horizontal line.

Handwritten signature of Ivano Gasco on a horizontal line.

TABELLE

TABELLA 3.1

Stazione pluviometrica Pinzolo Prà Rodont
Valori di precipitazione cumulata annua e massima precipitazione giornaliera
rilevati nel periodo 1976 – 2011

Anno	N. dati registrati	N. giorni piovosi	Precipitazione annua (mm)	Precipitazione giornaliera max (mm/d)
1976	335	136	1348	112
1977	362	147	1449.8	60.6
1978	351	127	841.4	72.6
1979	359	158	1616.8	75.0
1980	366	116	969.6	80.4
1981	365	113	1449.4	93.4
1982	365	138	1127.8	51.6
1983	284	104	954.2	69.4
1984	355	144	1243.6	53.0
1985	358	133	1133.8	63.6
1986	330	116	813.6	69.2
1987	332	53	495.6	52.0
1988	350	121	1061.2	72.8
1989	364	125	1046.8	51.6
1990	365	119	1008.8	74.0
1991	365	129	1026	58.8
1992	366	147	1574.3	76.6
1993	365	124	1146	103.6
1994	365	114	883.4	47.0
1995	365	136	837.8	45.6
1996	366	143	1214.2	53.2
1997	310	66	399.8	40.8
1998	365	52	576.8	50.7
1999	365	143	1185	94.2
2000	366	127	1295.5	94.2
2001	365	125	1005.6	61.6
2002	365	140	1363.3	83.2
2003	365	120	965.2	78.2
2004	328	112	807.6	55.4

TABELLA 3.1 - segue

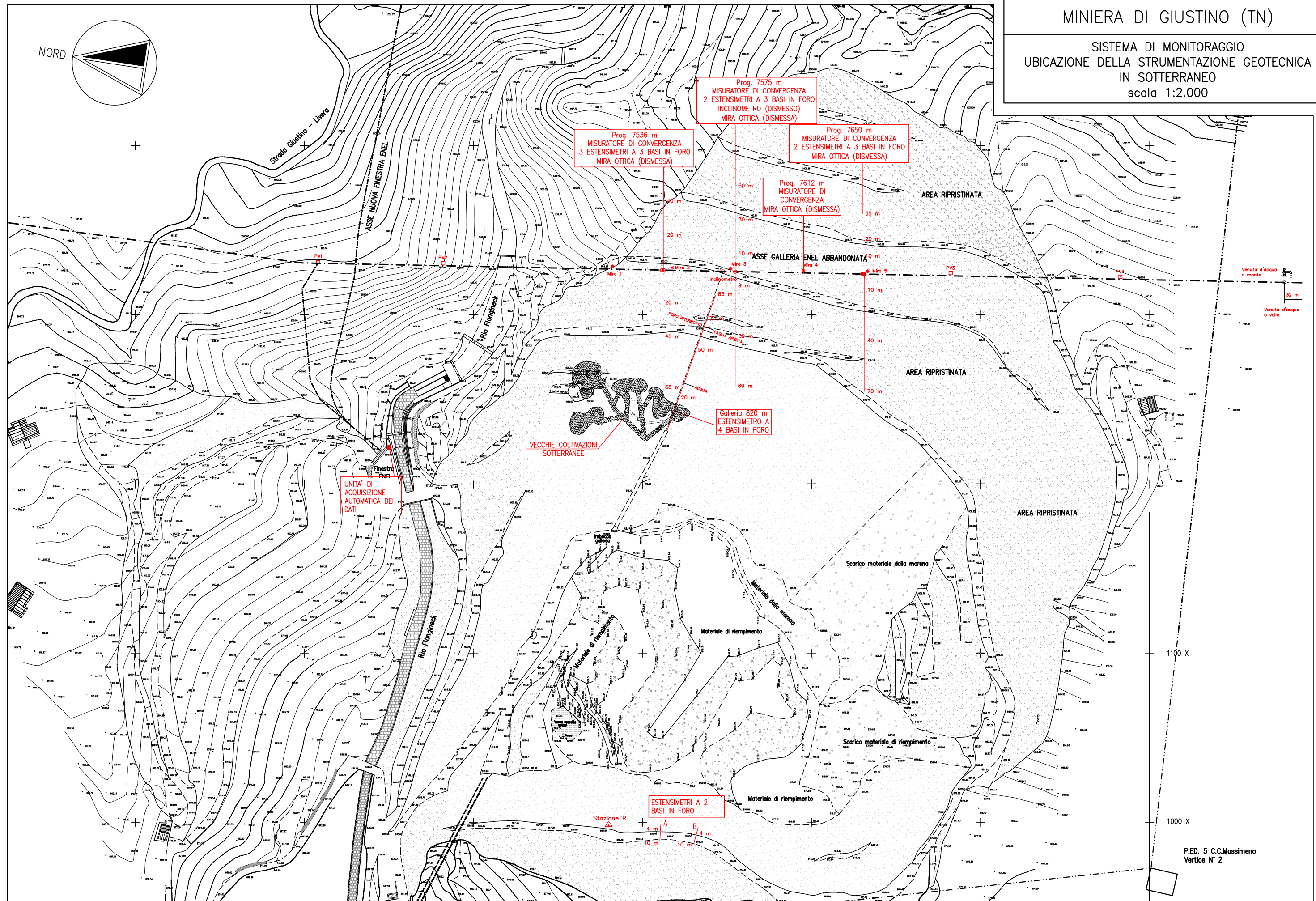
Anno	N. dati registrati	N. giorni piovosi	Precipitazione annua (mm)	Precipitazione giornaliera max (mm/d)
2005	365	84	582.0	56.6
2006	364	124	844.6	57.0
2007	365	133	867.8	60.4
2008	366	144	906.8	47.8
2009	365	165	1035.6	57.2
2010	283	122	761.0	43.4
2011	267	94	904.8	74.4

TABELLA 3.2

Stazione pluviometrica Pinzolo città
Valori di precipitazione cumulata annua e massima precipitazione giornaliera
rilevati nel periodo 1991 – 2011

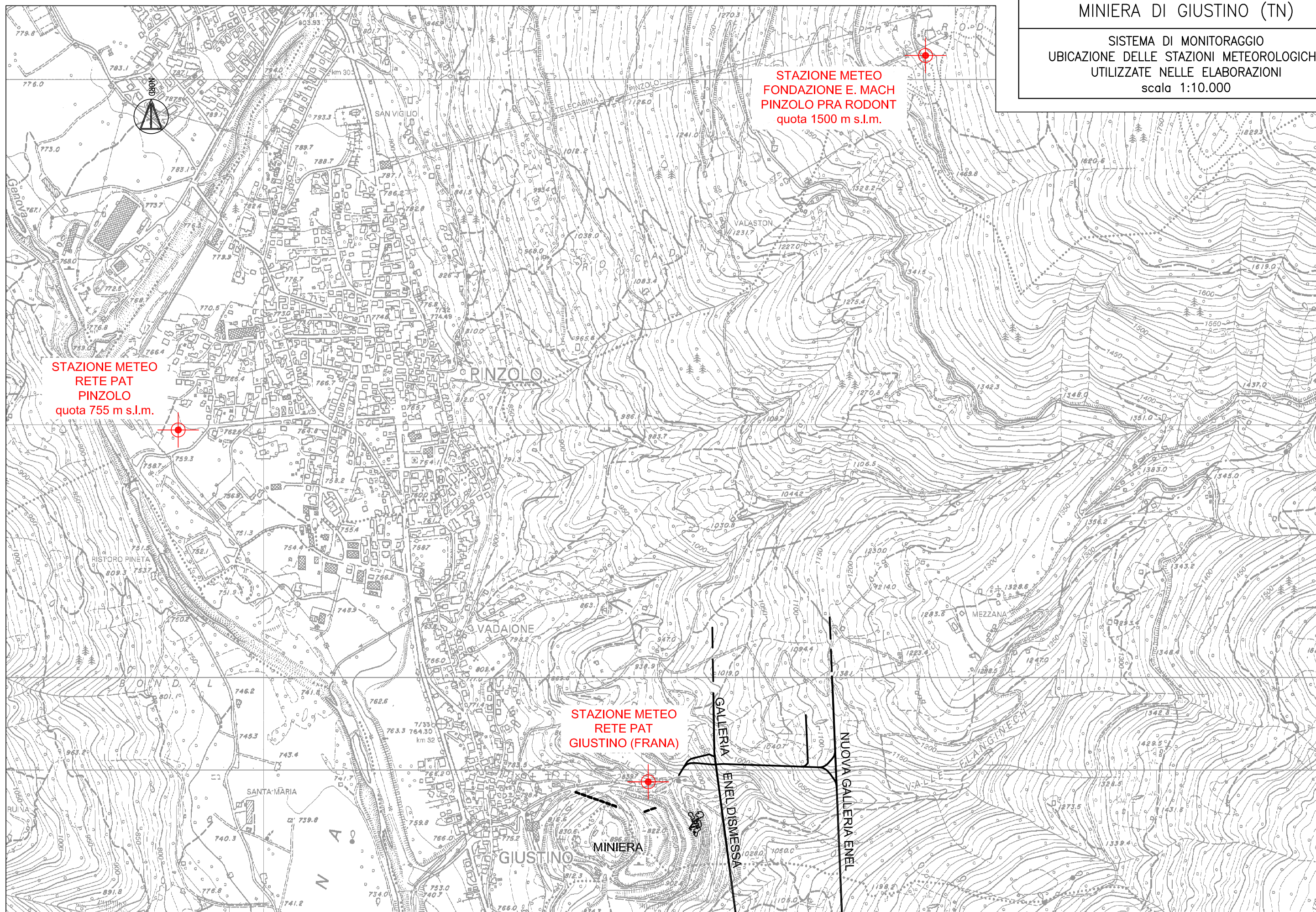
Anno	N. dati registrati	N. giorni piovosi	Precipitazione annua (mm)	Precipitazione giornaliera max (mm/d)
1991	365	49	421	56.4
1992	365	137	1325.8	63
1993	365	130	1214.2	91.6
1994	365	137	1054.2	62.6
1995	365	163	832.8	41.2
1996	365	207	1370.6	55.4
1997	363	161	1266.4	91.2
1998	365	148	972	49.6
1999	365	158	1119.2	109
2000	211	71	511.2	39.8
2001	-			
2002	-			
2003	-			
2004	20	1	0.2	0.2
2005	365	100	553.2	56.4
2006	365	78	327	40.6
2007	125	35	198.4	44.8
2008	-			
2009	-			
2010	353	176	1565.1	65.8
2011	362	162	1137.4	90.2

FIGURE



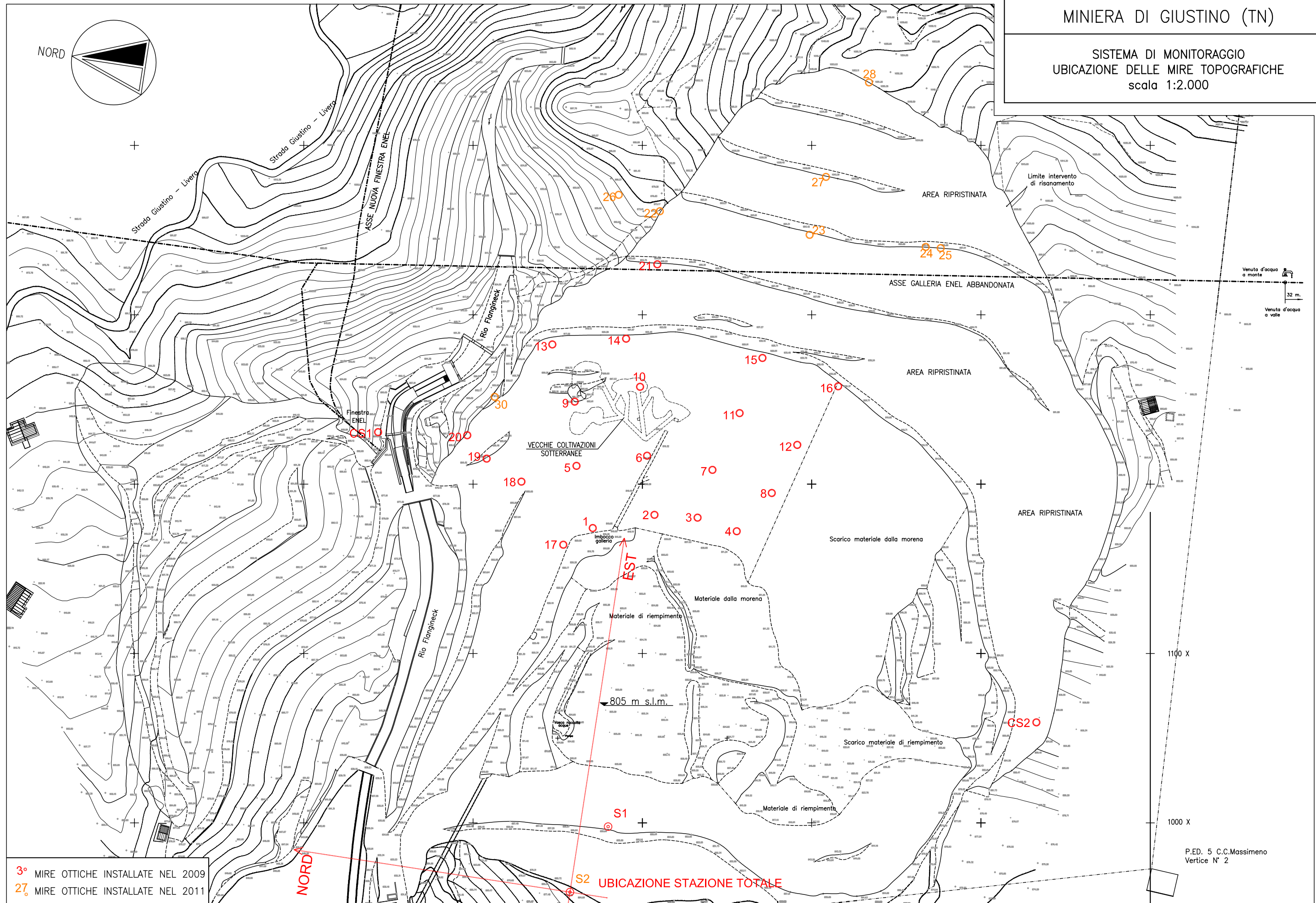
RL. 1158 – FIGURA 2.2
MINIERA DI GIUSTINO (TN)

SISTEMA DI MONITORAGGIO
UBICAZIONE DELLE STAZIONI METEOROLOGICHE
UTILIZZATE NELLE ELABORAZIONI
scala 1:10.000



RL. 1158 – FIGURA 2.3
MINIERA DI GIUSTINO (TN)

SISTEMA DI MONITORAGGIO
UBICAZIONE DELLE MIRE TOPOGRAFICHE
scala 1:2.000



REDATTO AP

VISTO LV

DATA 07/12

COMMESSA 07512

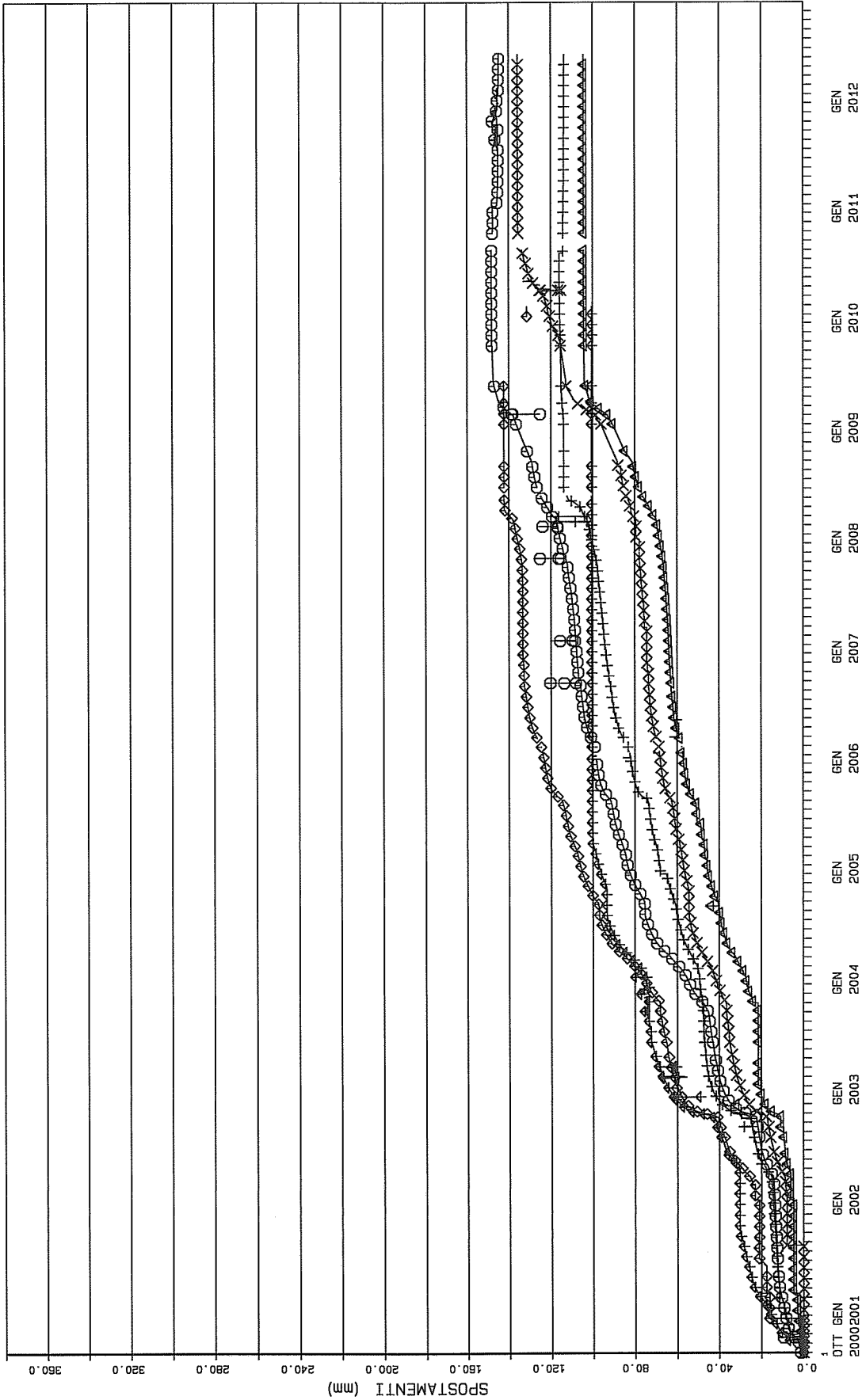
* CUNACCIA BRUNO S.R.L. *

MINIERA DI GIUSTINO (TN)

Sistema di monitoraggio
Estensimetri multibase nella galleria ENEL dismessa
alla progressiva 7536 m - SPOSTAMENTI

VALORI NEGATIVI: Avvicinamento testa-base
VALORI POSITIVI: Allontanamento testa-base

- base monte a 10 m
- △ base monte a 20 m
- + base monte a 40 m
- × base valle a 20 m
- ◇ base valle a 40 m
- ⋈ base valle a 68 m



REDATTO AP

VISTO LV

DATA 07/12

COMMESSA 07512

* CUNACCIA BRUNO S.R.L. *

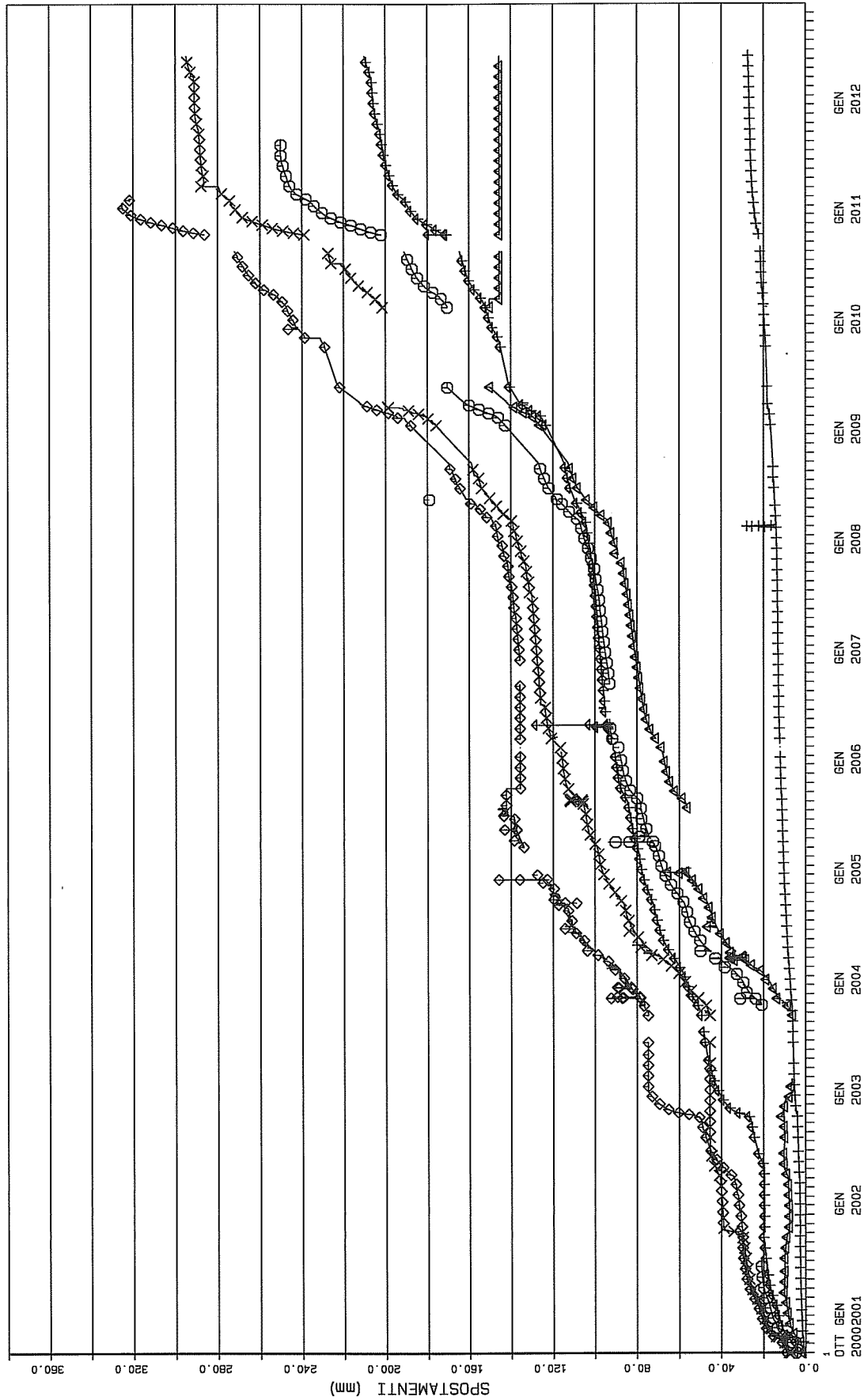
MINIERA DI GIUSTINO (TN)

Sistema di monitoraggio

Estensimetri multibase nella galleria ENEL dismesa

alla progressiva 7575 m - SPOSTAMENTI

VALORI NEGATIVI: Avvicinamento testa-base
VALORI POSITIVI: Allontanamento testa-base



REDATTO AP

VISTO LV

DATA 07/12

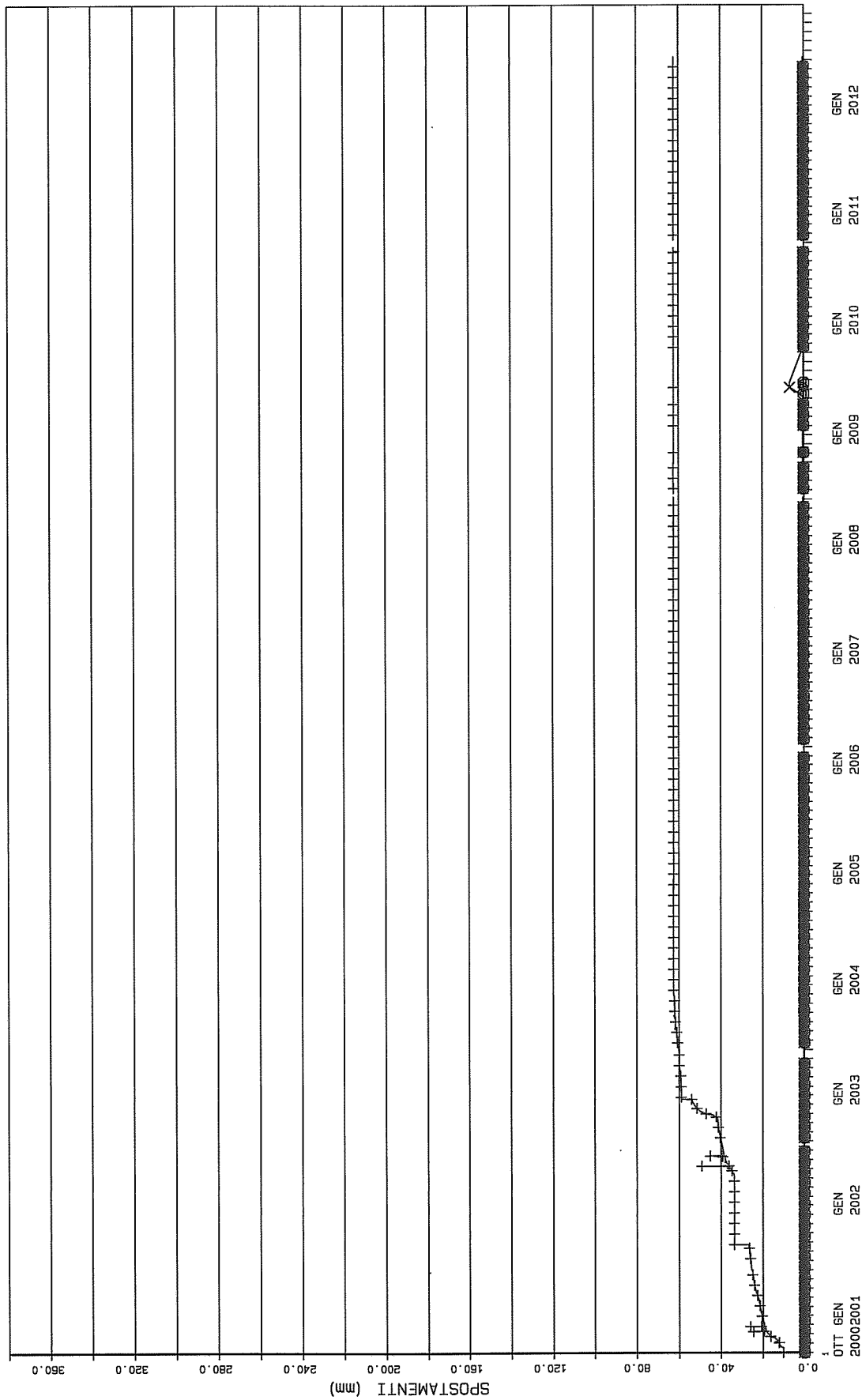
CONMESSA 07512

* CUNACCIA BRUNO S.r.l. *

MINIERA DI GIUSTINO (TN)

Sistema di monitoraggio
Estensimetri multibase nella galleria ENEL dismessa
alla progressiva 7650 m - SPOSTAMENTI

VALORI NEGATIVI: Avvicinamento testa-base
VALORI POSITIVI: Allontanamento testa-base



REDATTO AP

VISTO LV

DATA 07/12

COMMESSA 07512

* CUNACCIA BRUNO S.R.L. *

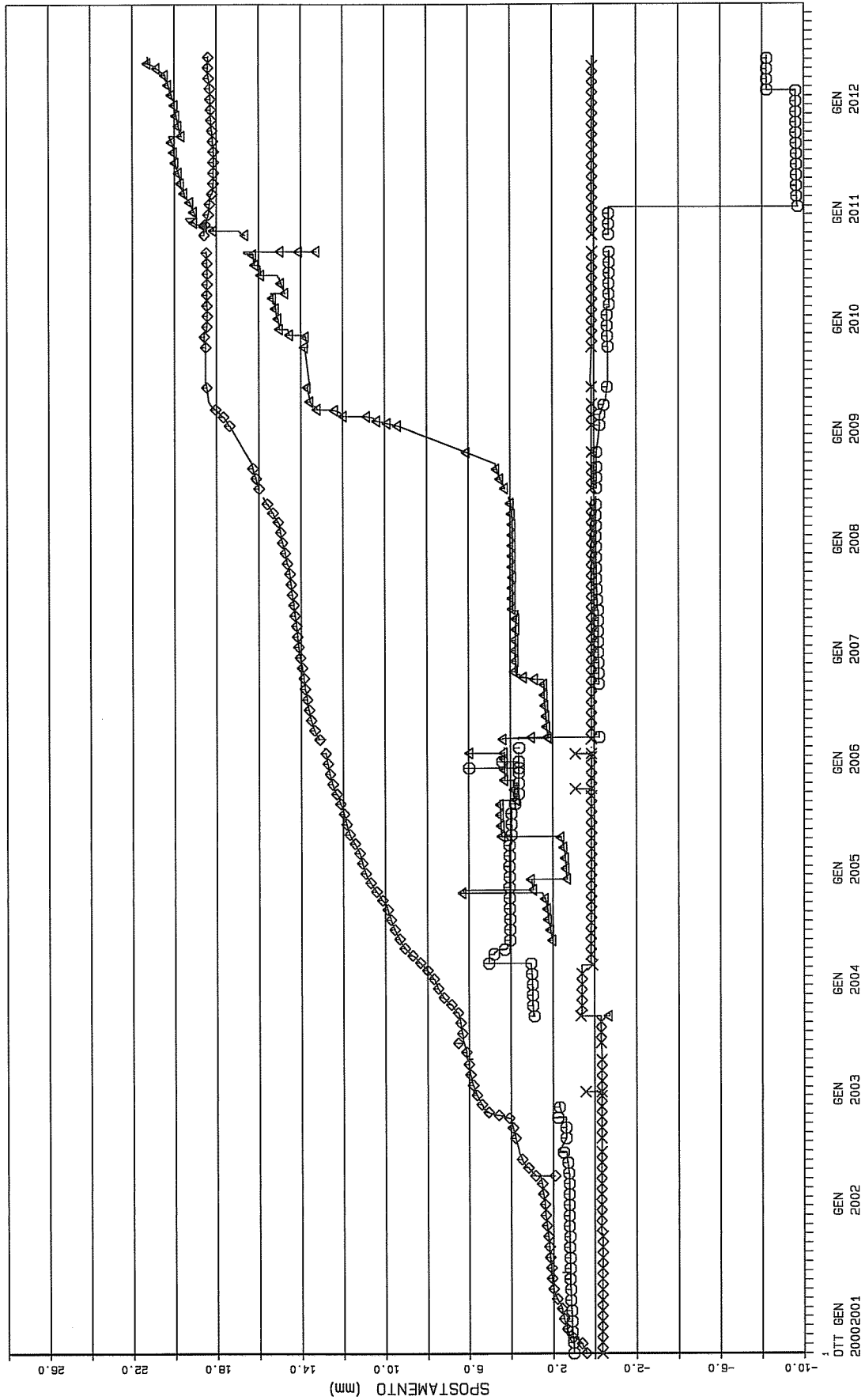
MINIERA DI GIUSTINO (TN)

Sistema di monitoraggio

Misuratori di convergenza nella galleria ENEL dismessa
alle progressive 7536, 7575, 7612 e 7650 m - CONVERGENZA CALCOLATA

VALORI NEGATIVI: convergenza
VALORI POSITIVI: apertura

○ progressiva 7575 m
△ progressiva 7612 m
× progressiva 7650 m
◇ progressiva 7536 m



REDATTO AP

VISTO LV

DATA 07/12

COMMESSA 07512

* CUNACCIA BRUNO S.R.L. *

MINIERA DI GIUSTINO (TN)

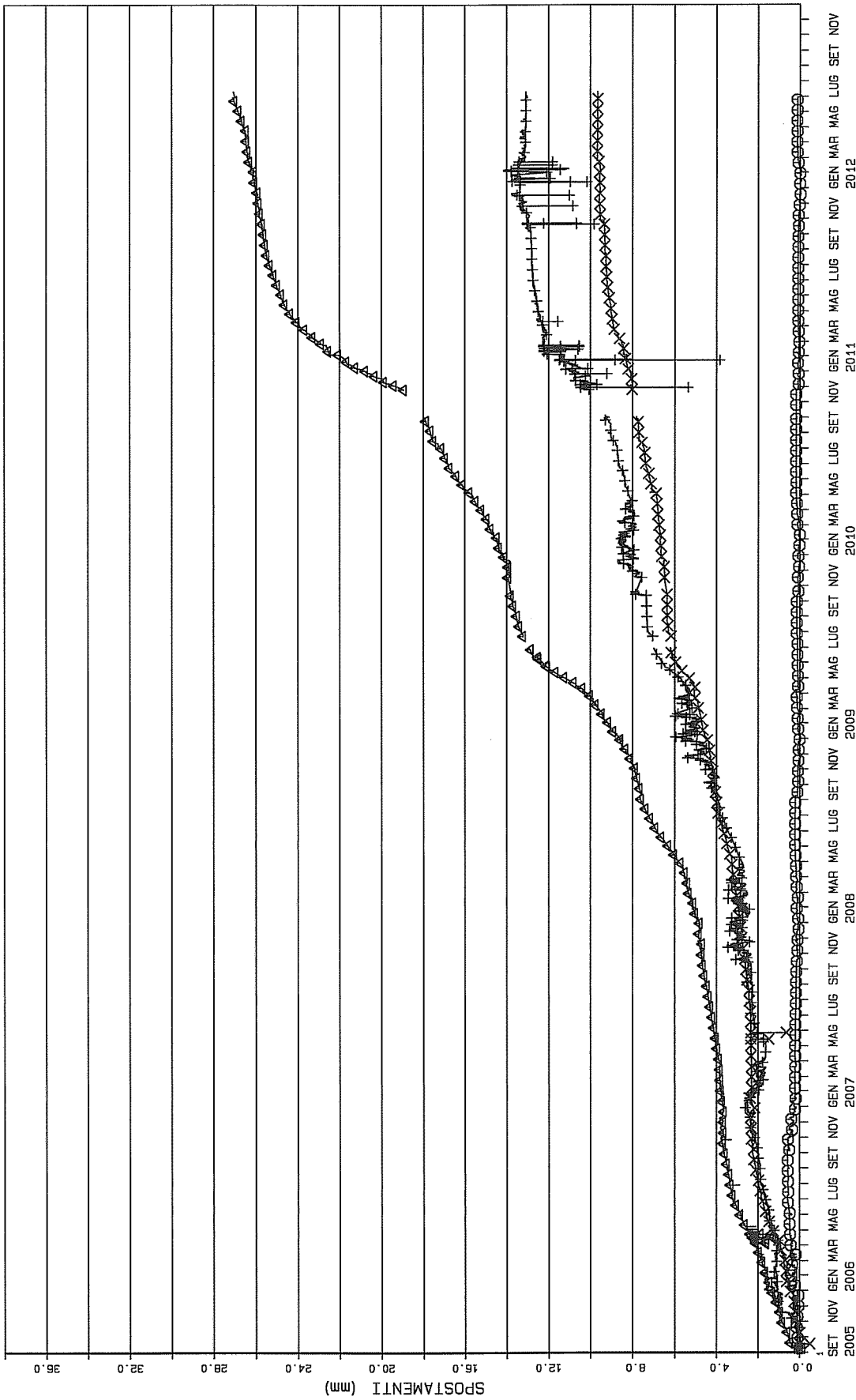
Sistema di monitoraggio

Estensimetro multibase nella galleria mineraria a quota 820 m

SPOSTAMENTI RIFERITI ALLA BASE A 85 m

VALORI NEGATIVI: Avvicinamento alla base profonda
VALORI POSITIVI: Allontanamento dalla base profonda

○ testa
▲ base a 20 m
+ base a 50 m
x base a 70 m



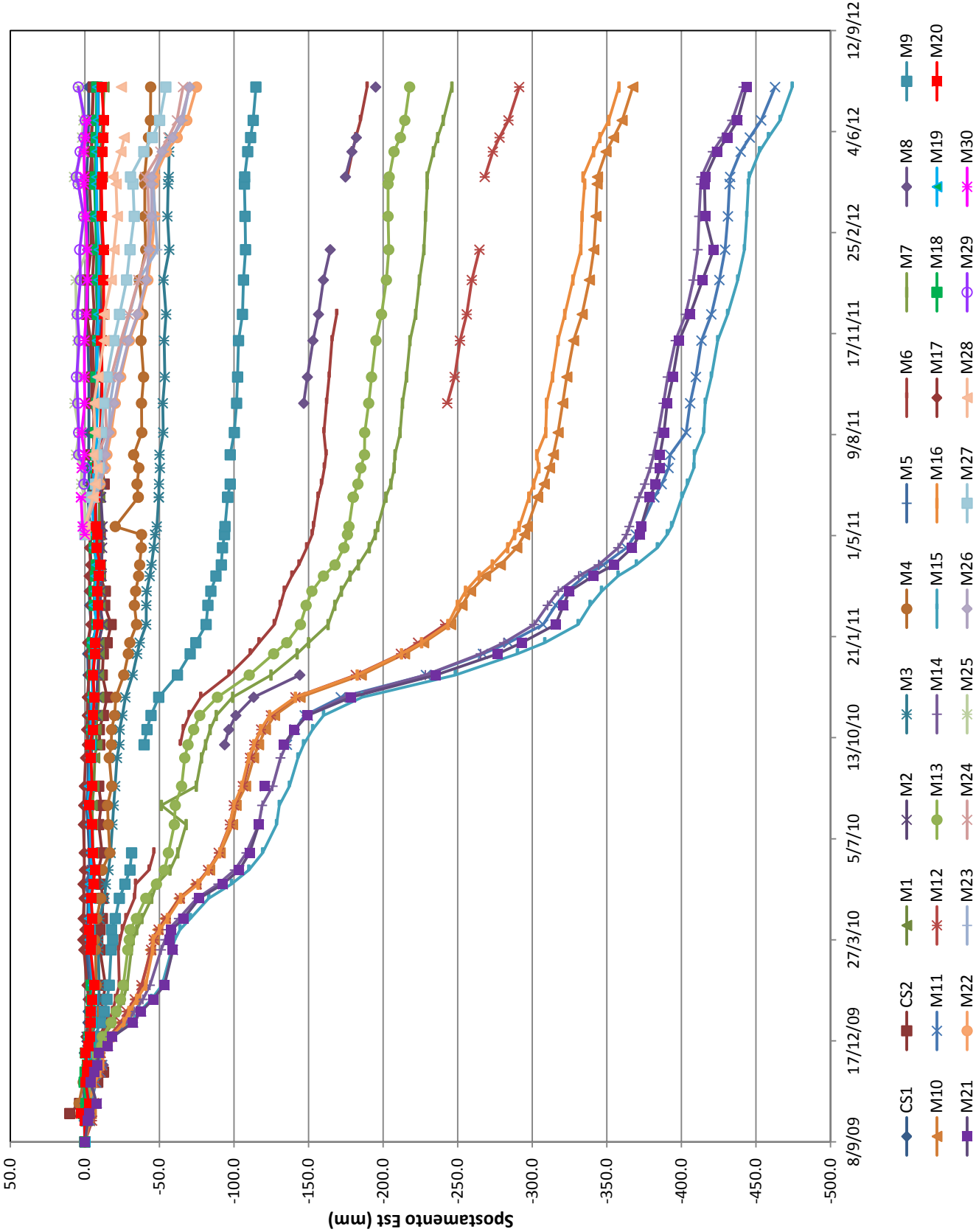
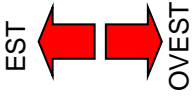
MINIERA DI GIUSTINO (TN)
SISTEMA DI MONITORAGGIO
MISURE TOPOGRAFICHE SULLE MIRE DI SUPERFICIE
COMPONENTE DI SPOSTAMENTO EST CALCOLATA

COMMESSA: 07512

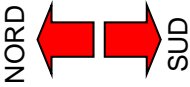
DATA: 07/12

VISTO: LV

REDATTO: AP



MINIERA DI GIUSTINO (TN)
SISTEMA DI MONITORAGGIO
MISURE TOPOGRAFICHE SULLE MIRE DI SUPERFICIE
COMPONENTE DI SPOSTAMENTO NORD CALCOLATA

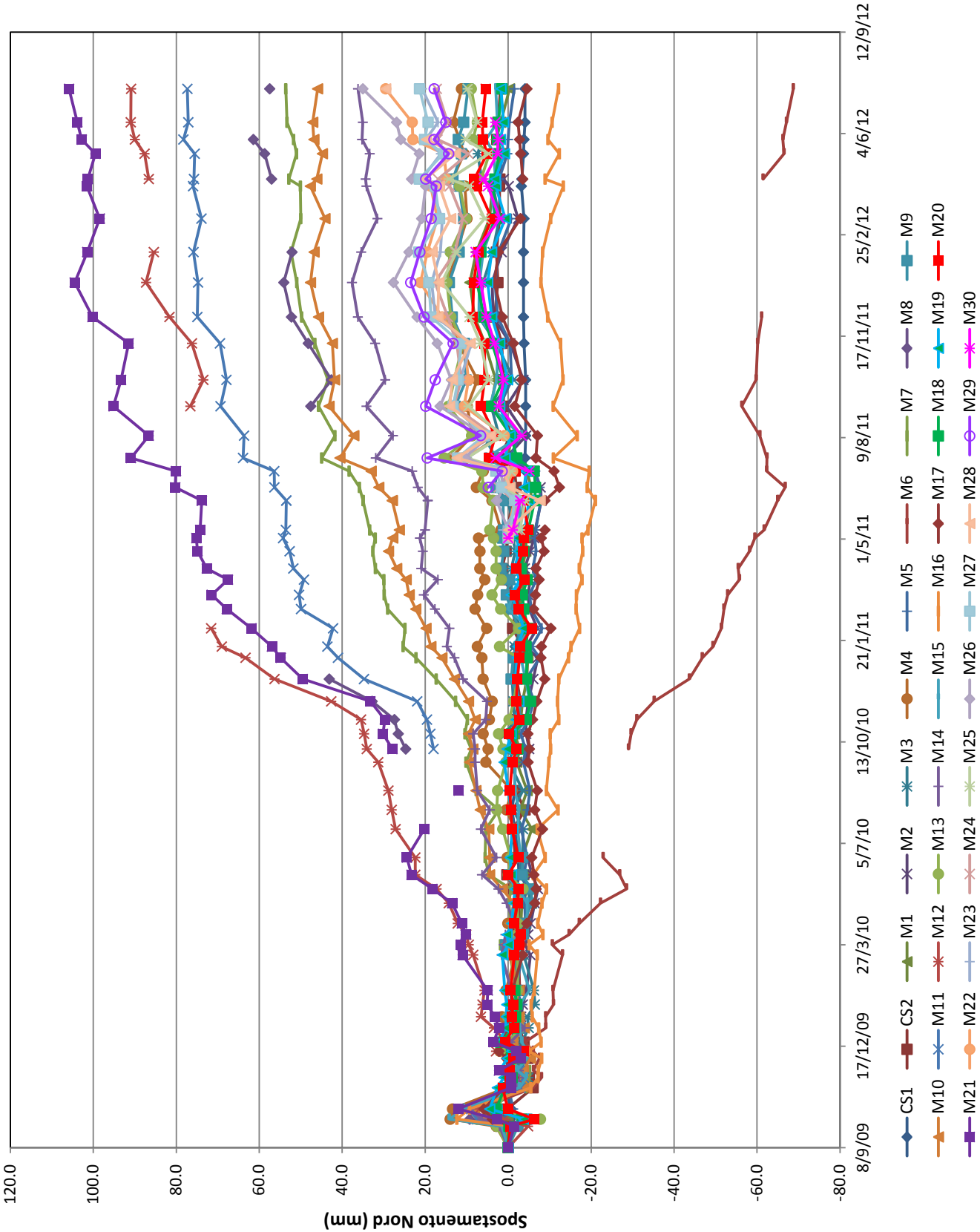


COMMESSA: 07512

DATA: 07/12

VISTO: LV

REDATTO: AP



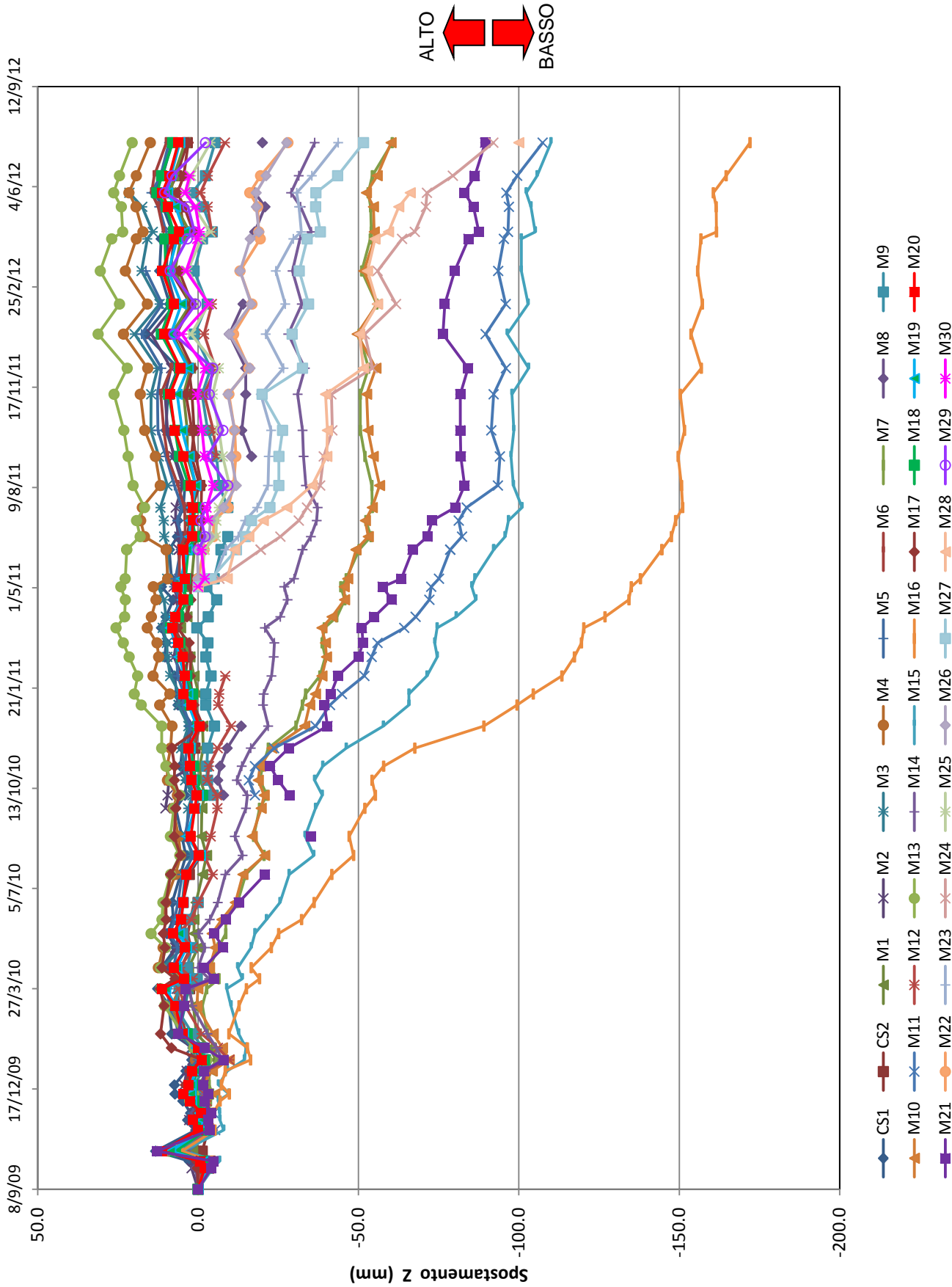
MINIERA DI GIUSTINO (TN)
SISTEMA DI MONITORAGGIO
MISURE TOPOGRAFICHE SULLE MIRE DI SUPERFICIE
COMPONENTE DI SPOSTAMENTO VERTICALE CALCOLATA

COMMESSA: 07512

DATA: 07/12

VISTO: LV

REDATTO: AP



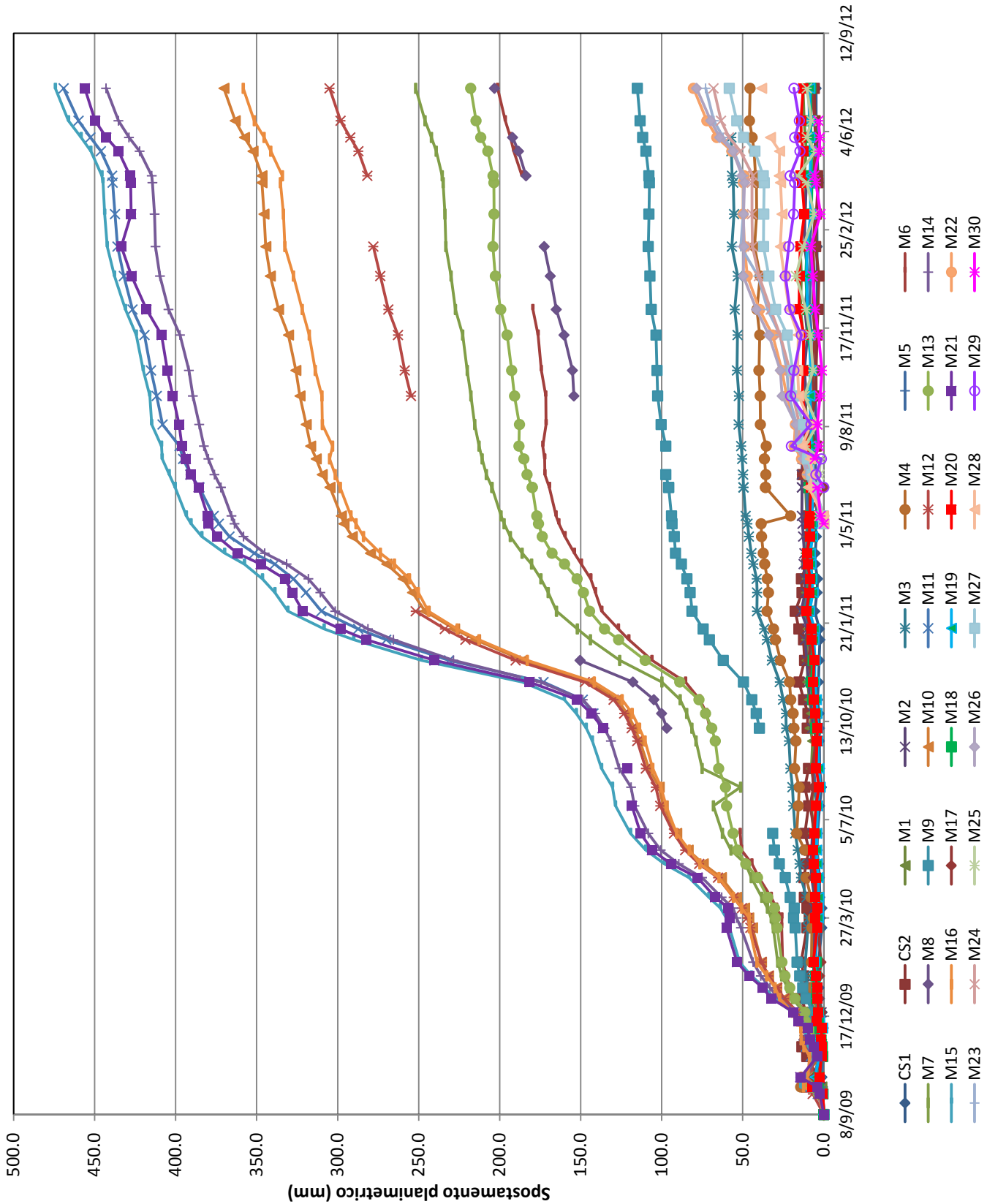
MINIERA DI GIUSTINO (TN)
SISTEMA DI MONITORAGGIO
MISURE TOPOGRAFICHE SULLE MIRE DI SUPERFICIE
SPOSTAMENTI PLANIMETRICI CALCOLATI

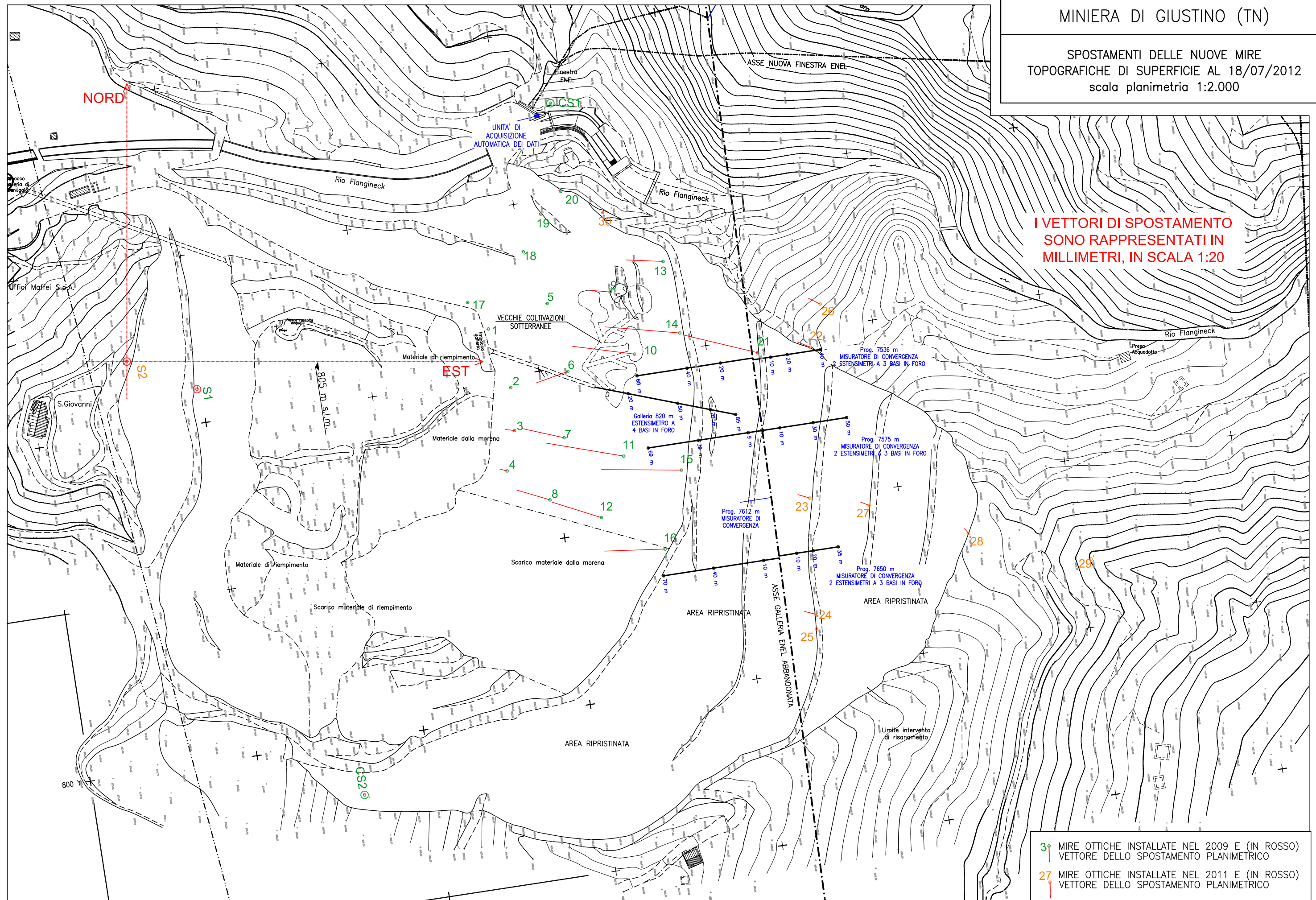
COMMESSA: 07512

DATA: 07/12

VISTO: LV

REDATTO: AP





REDDATTO AP

REDATTO AP

VISTO LV

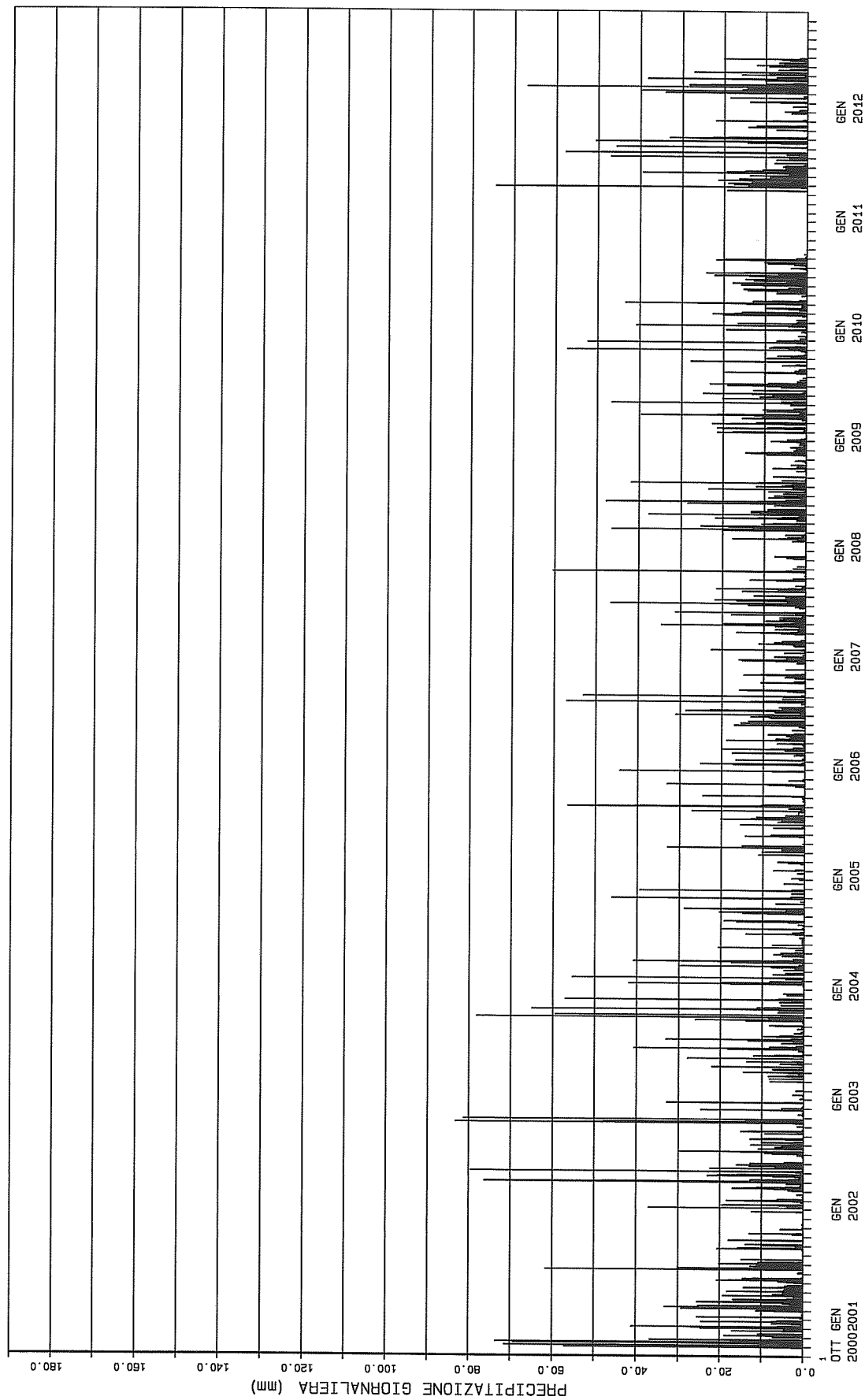
DATA 08/12

COMMESSA 07512

* CUNACCIA BRUNO S.r.l. *

MINIERA DI GIUSTINO

DATI PLUVIOMETRICI: precipitazioni giornaliere
PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO - STAZIONE PINZOLO (RETE IASMA)
Località: Pra Rodot - Quota 1500 m s.l.m.



REDATTO AP

VISTO LV

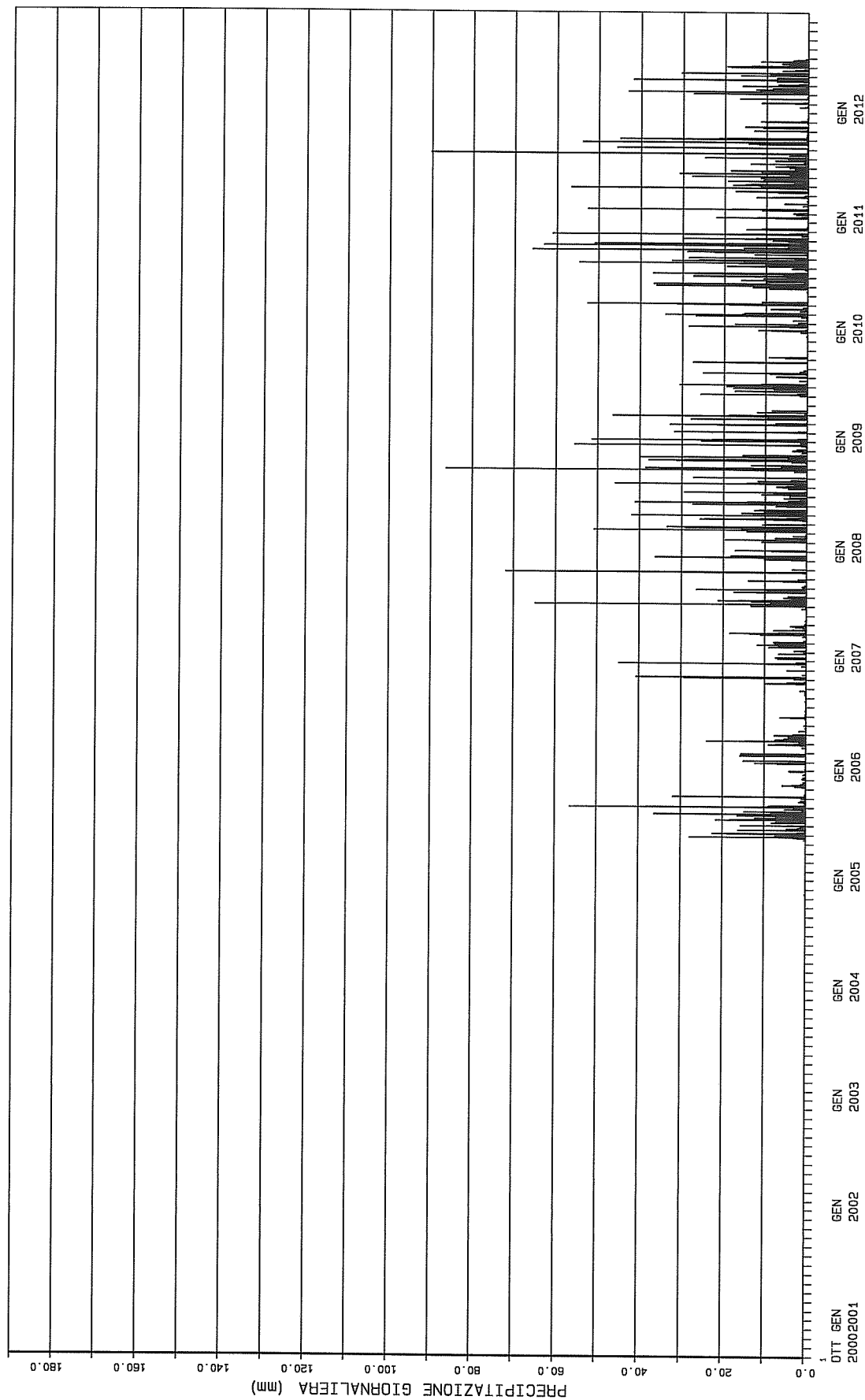
DATA 08/12

COMMESSA 07512

* CUNACCIA BRUNO S.r.l. *

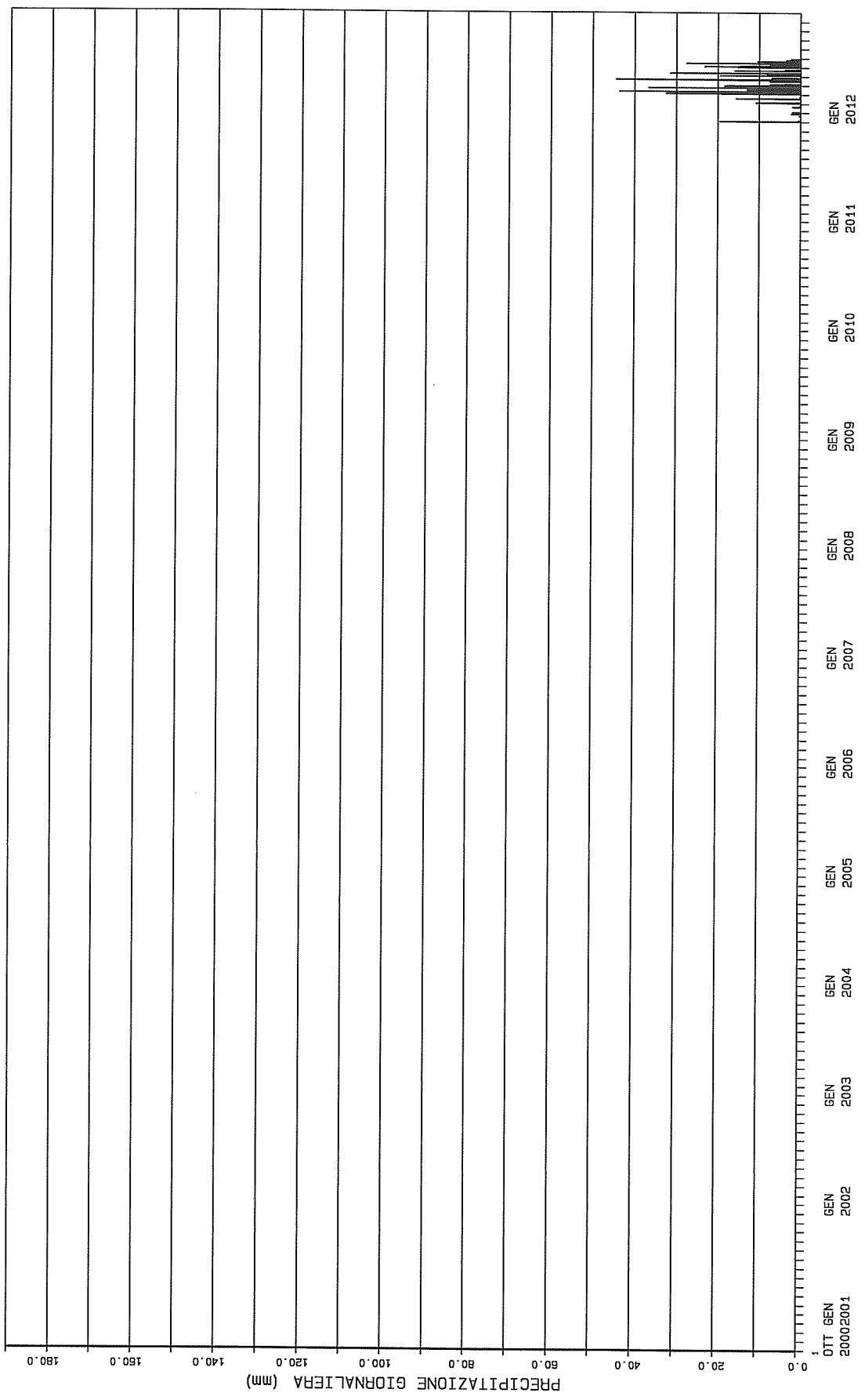
MINIERA DI GIUSTINO

DATI PLUVIOMETRICI: precipitazioni giornaliere
PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO - STAZIONE PINZOLO (RETE PAT - T0175)
Localita' Pinzolo - Lat: 46.15647979 Long: 10.7574828 Elev: 760 m s.l.m.



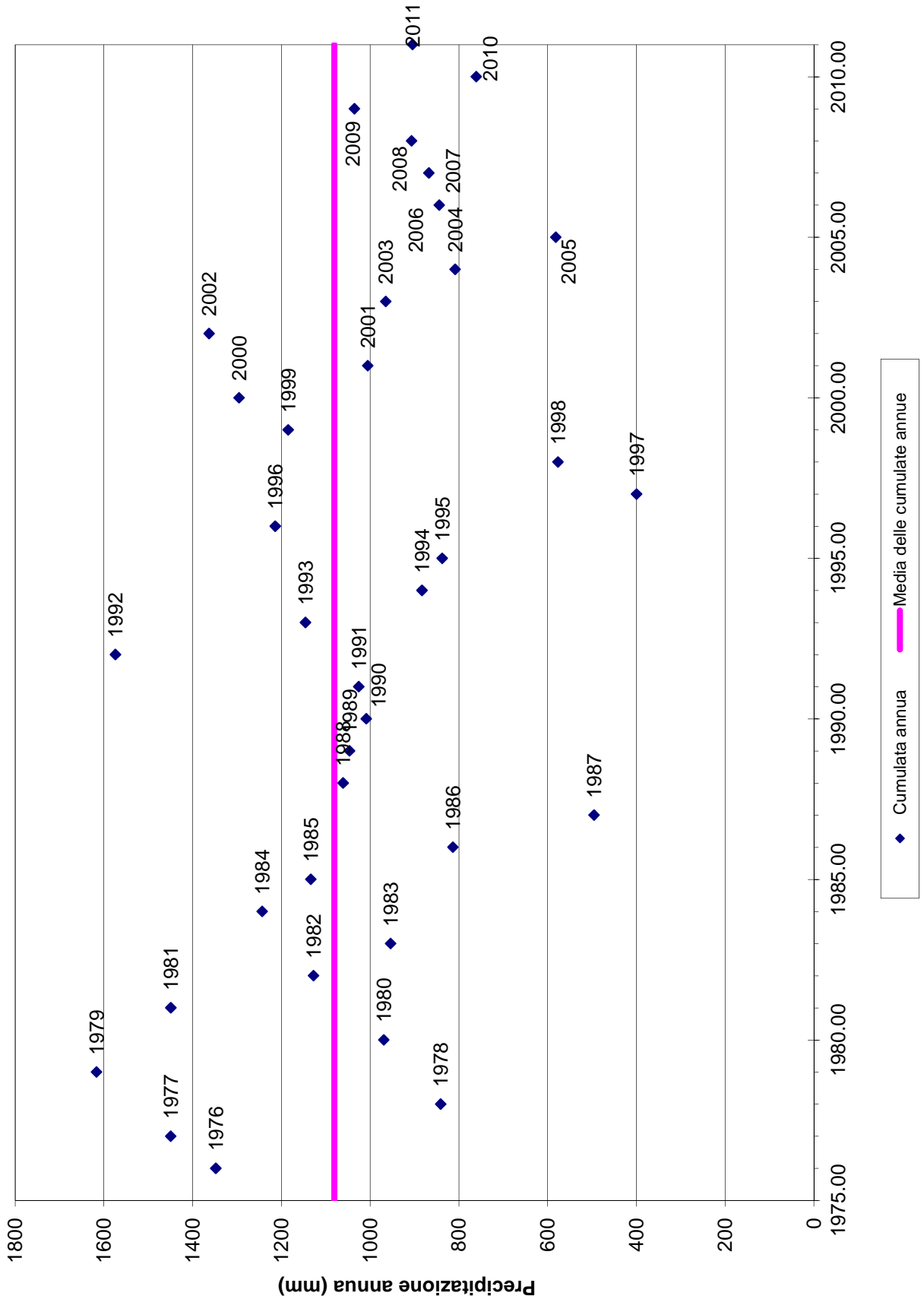
* CUNACCIA BRUNO S.r.l. *
MINIERA DI GIUSTINO

DATI PLUVIOMETRICI: precipitazioni giornaliere
PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO - STAZIONE GIUSTINO (RETE PAT - T0426)
Localita' Giustino (frana) - Lat: 46.14748645 Long: 10.77548671 Elev: 877 m s.l.m.



MINIERA DI GIUSTINO (TN)
STAZIONE PLUVIOMETRICA PINZOLO PRA RODONT
VALORI DI PRECIPITAZIONE CUMULATA ANNUA CONFRONTATI CON IL VALORE MEDIO

REDATTO: AP VISTO: LV DATA: 08/12 COMMESSA: 07512



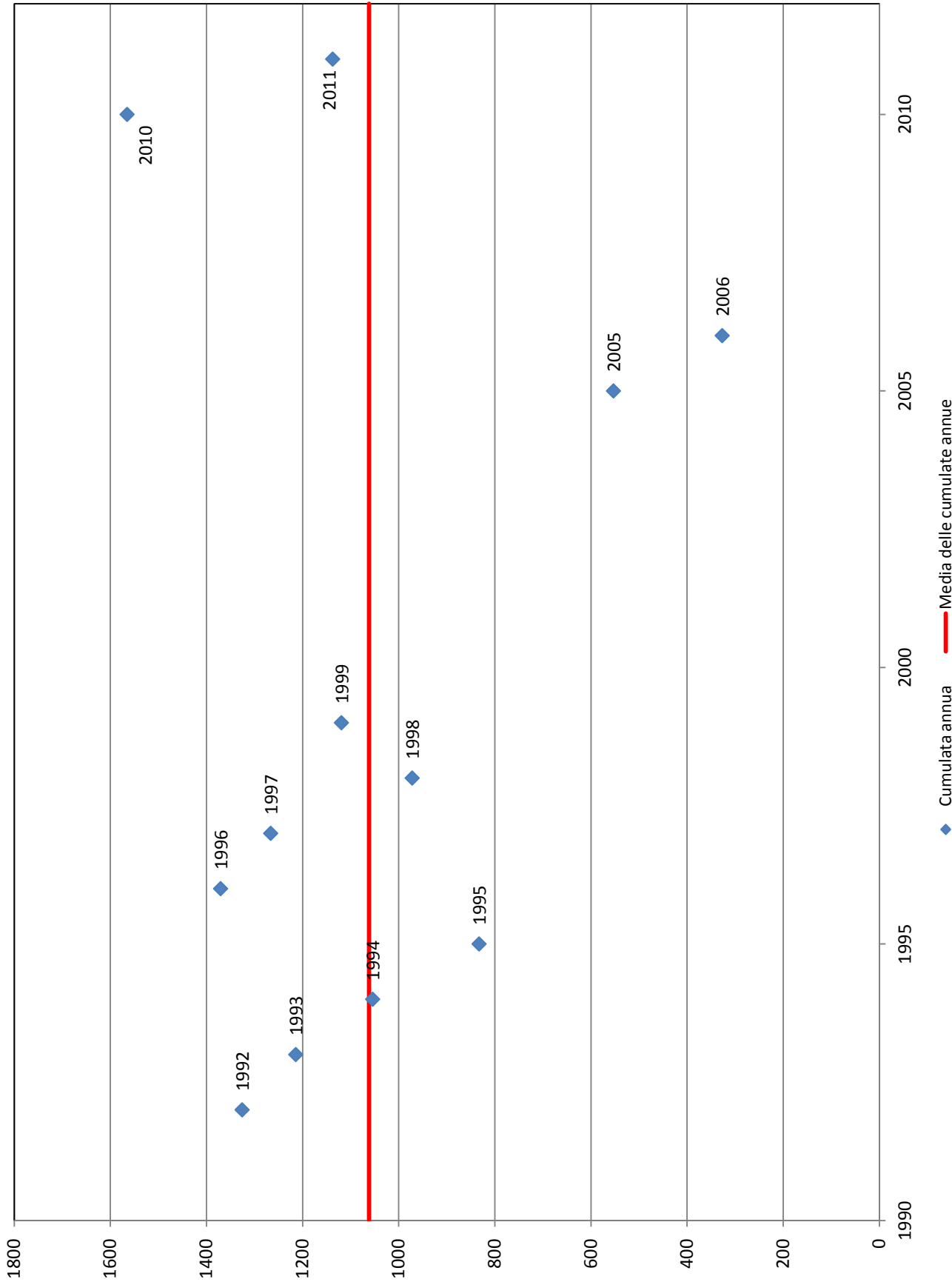
MINIERA DI GIUSTINO (TN)
STAZIONE PLUVIOMETRICA PINZOLO CITTA'
VALORI DI PRECIPITAZIONE CUMULATA ANNUALE CONFRONTATI CON IL VALORE MEDIO

COMMESSA: 07512

DATA: 08/12

VISTO: LV

REDATTO: AP



REDATTO: AP

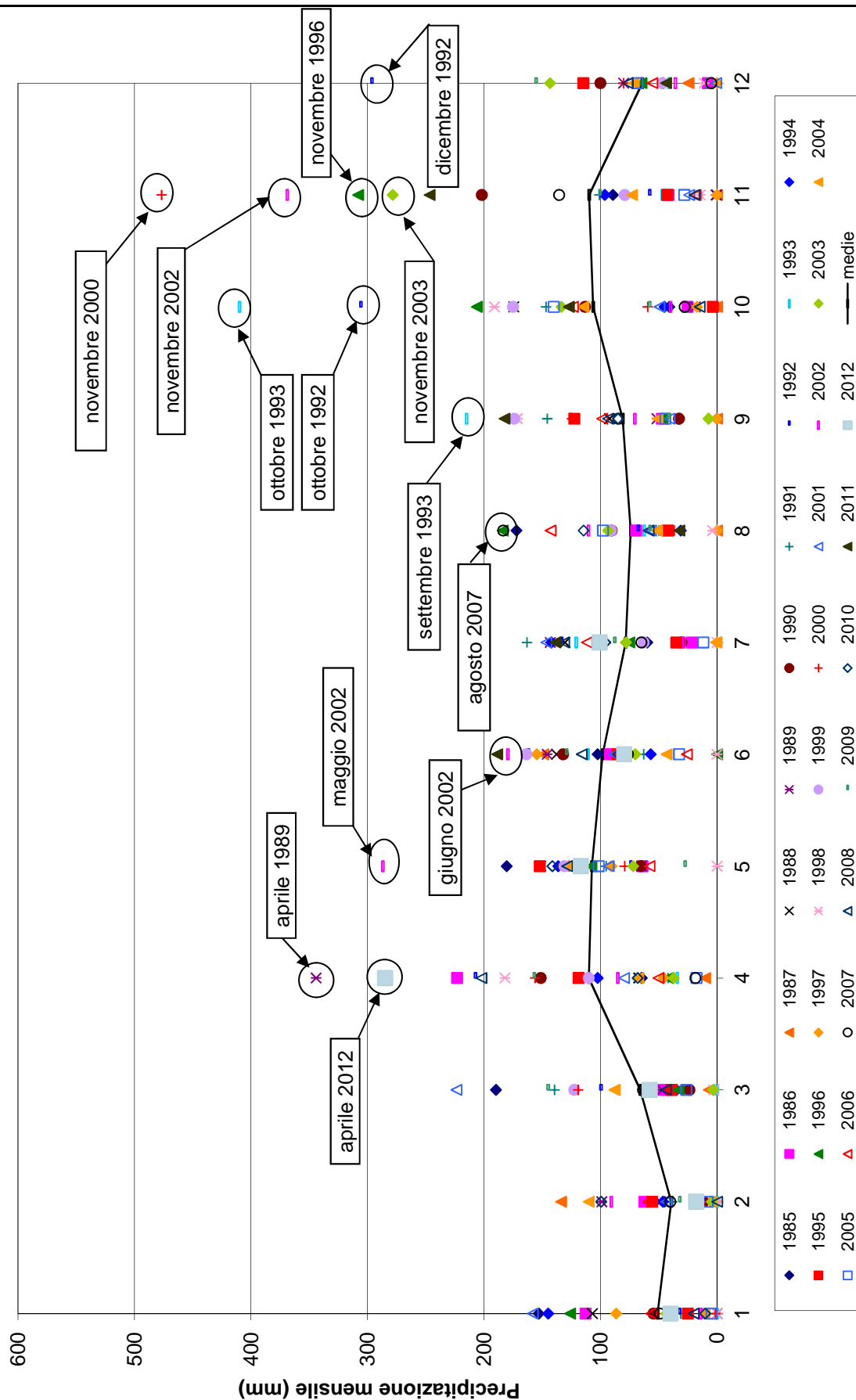
VISTO: LV

DATA: 08/12

COMMESSA: 07512

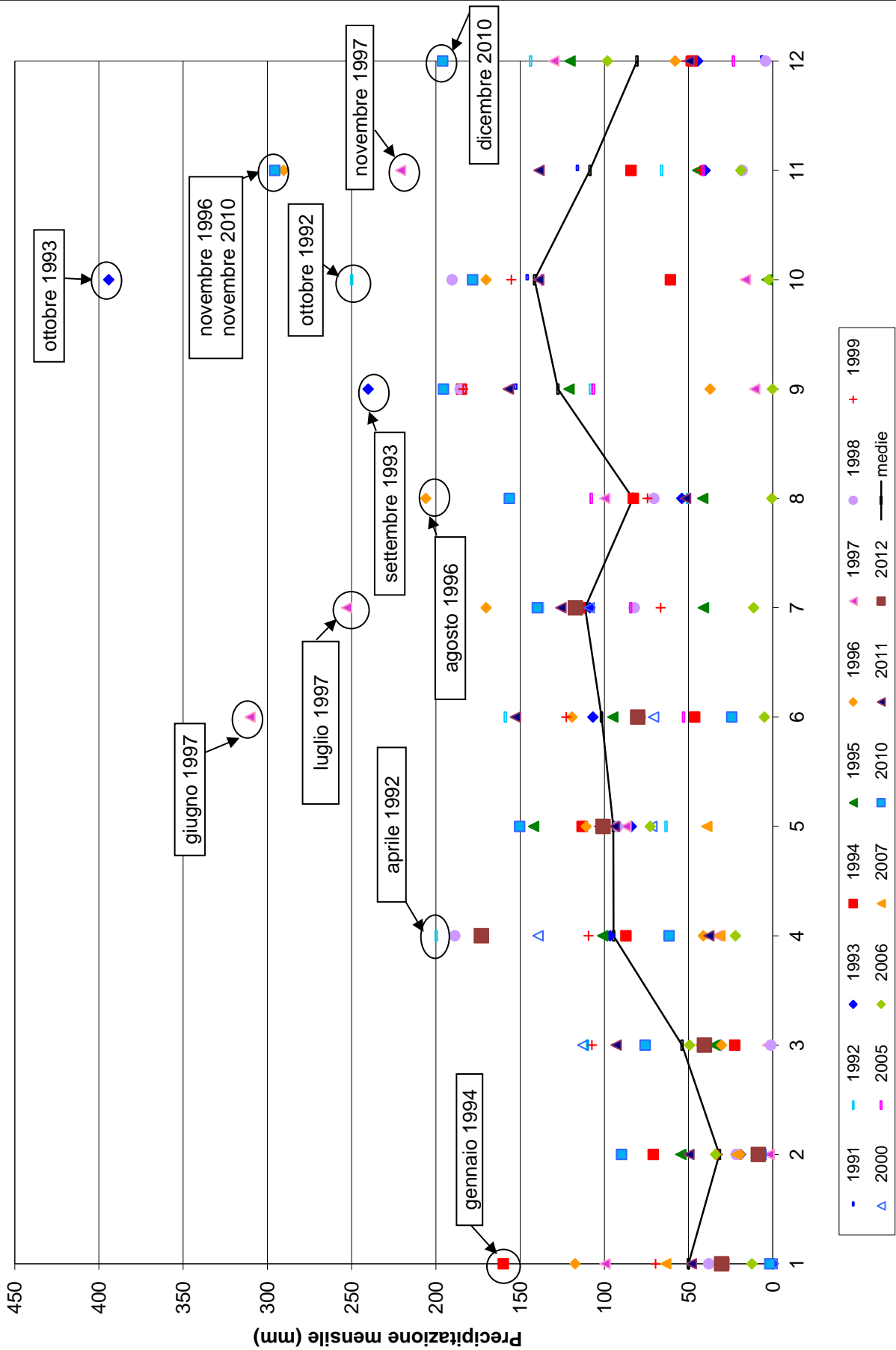
RL. 1158 - FIGURA 3.16

MINIERA DI GIUSTINO (TN)
STAZIONE PLUVIOMETRICA PINZOLO PRA RODONT
VALORI DI PRECIPITAZIONE CUMULATA MENSILE CONFRONTATI CON IL VALORE MEDIO



MINIERA DI GIUSTINO (TN)
STAZIONE PLUVIOMETRICA PINZOLO CITTA'
VALORI DI PRECIPITAZIONE CUMULATA MENSILE CONFRONTATI CON IL VALORE MEDIO

REDATTO: AP VISTO: LV DATA: 08/12 COMMESSA: 07512



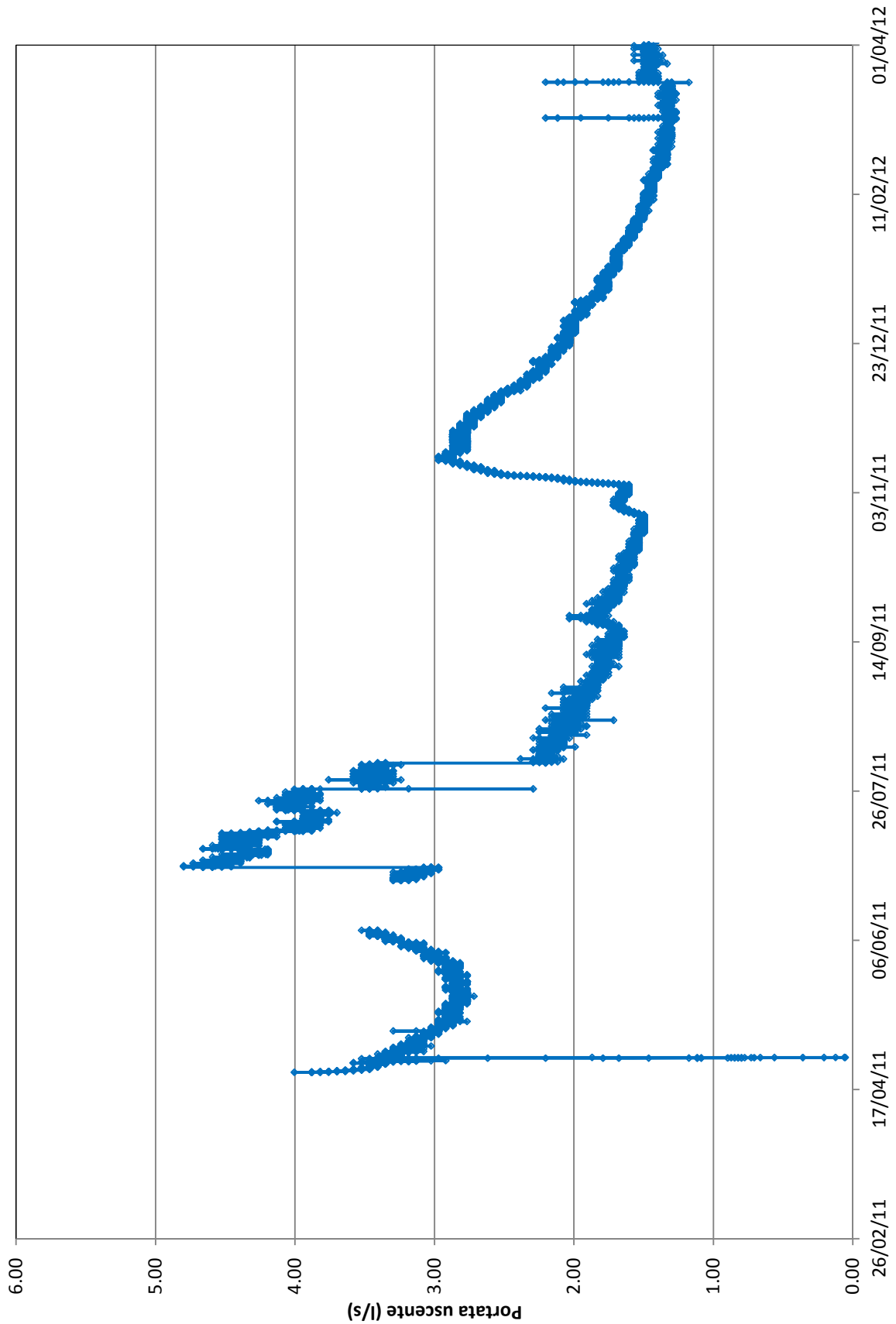
MINIERA DI GIUSTINO (TN)
SISTEMA DI MONITORAGGIO
MISURE DI PORTATA USCENTE DALLA GALLERIA ENEL DISMESSA - RAMO SUD
RILEVATA CON STRAMAZZO CALIBRATO

COMMESSA: 07512

DATA: 08/12

VISTO: LV

REDATTO: AP

Portata (litri/s)

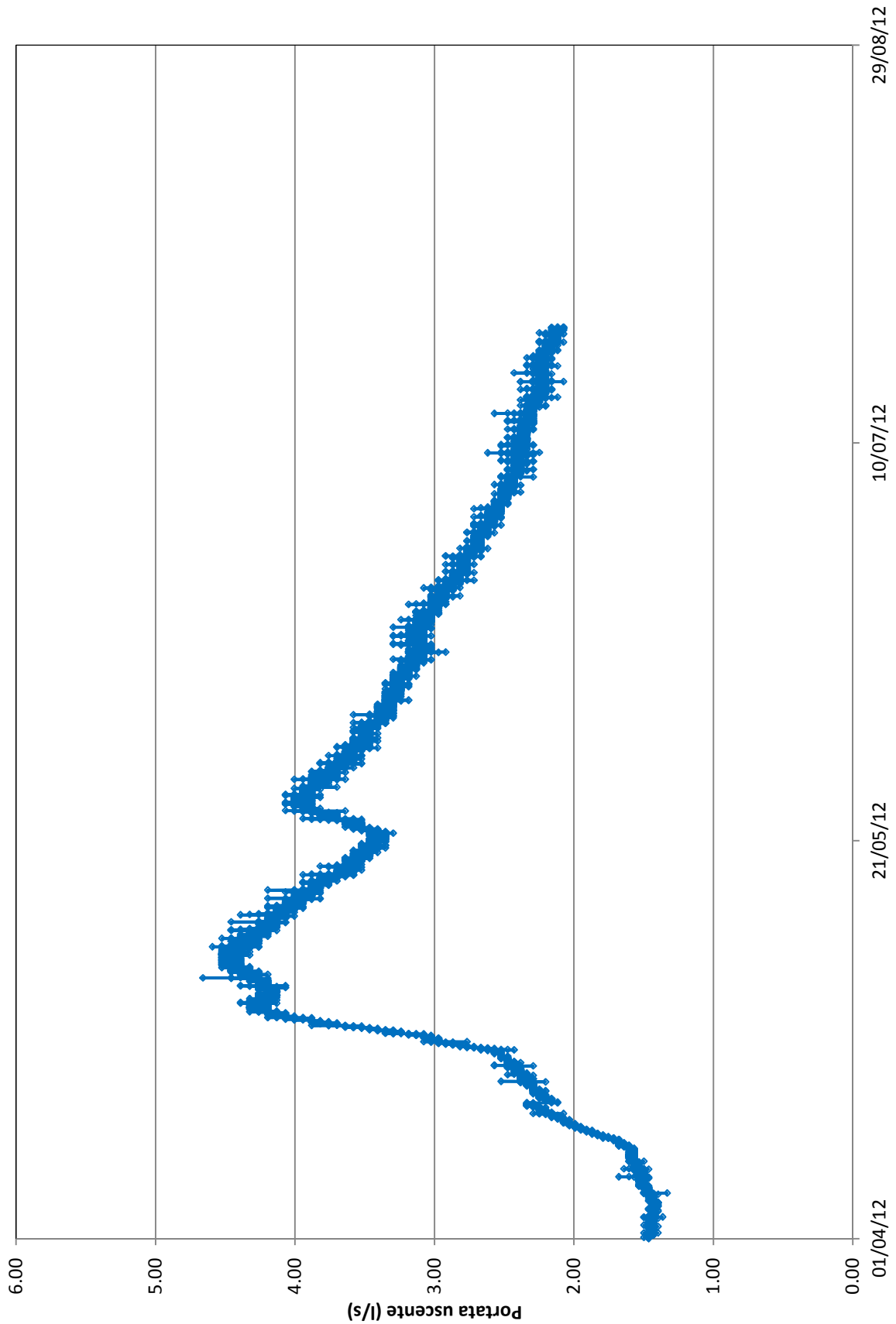
MINIERA DI GIUSTINO (TN)
SISTEMA DI MONITORAGGIO
MISURE DI PORTATA USCENTE DALLA GALLERIA ENEL DISMESSA - RAMO SUD
RILEVATA CON STRAMAZZO CALIBRATO

COMMESSA: 07512

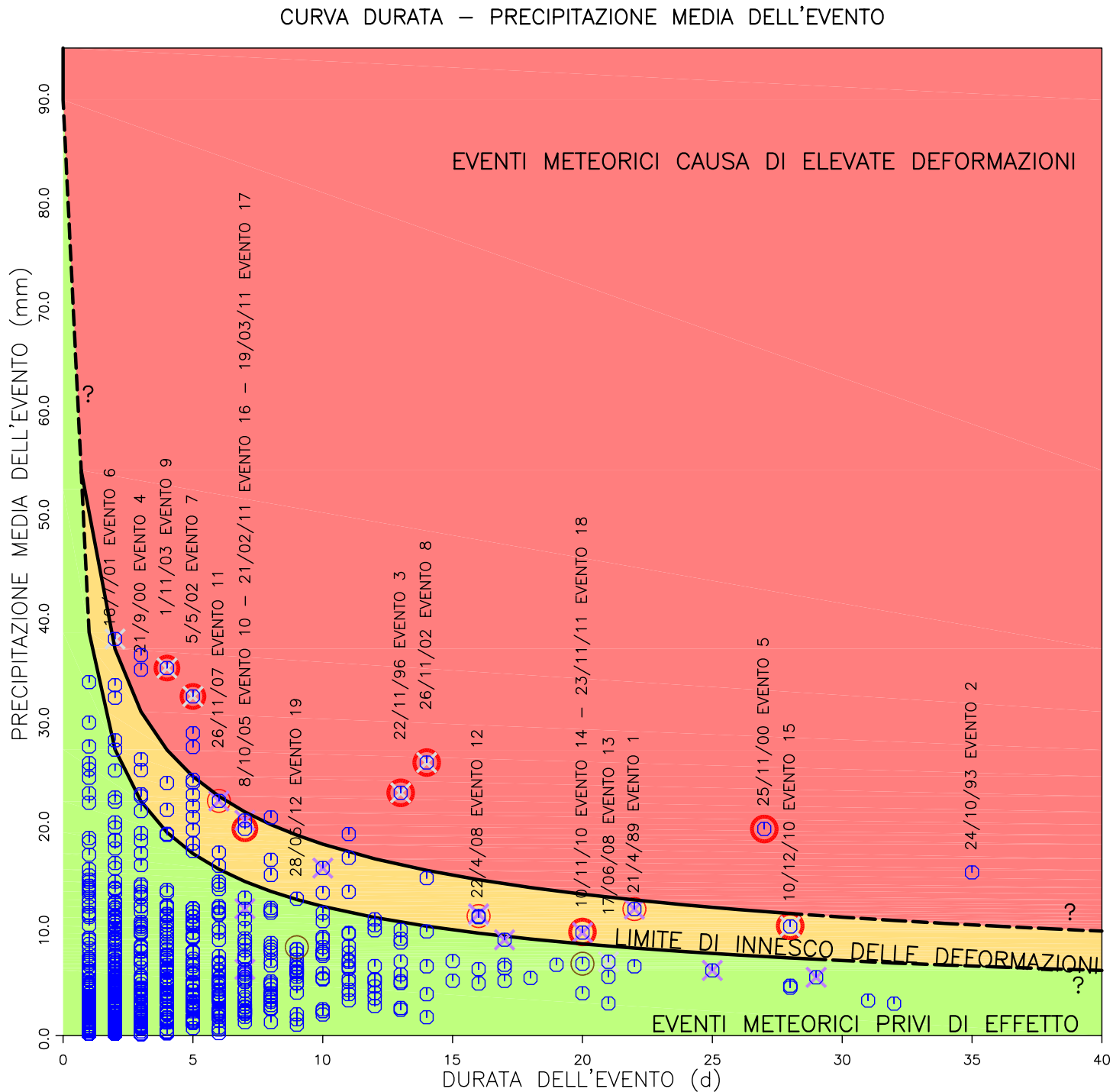
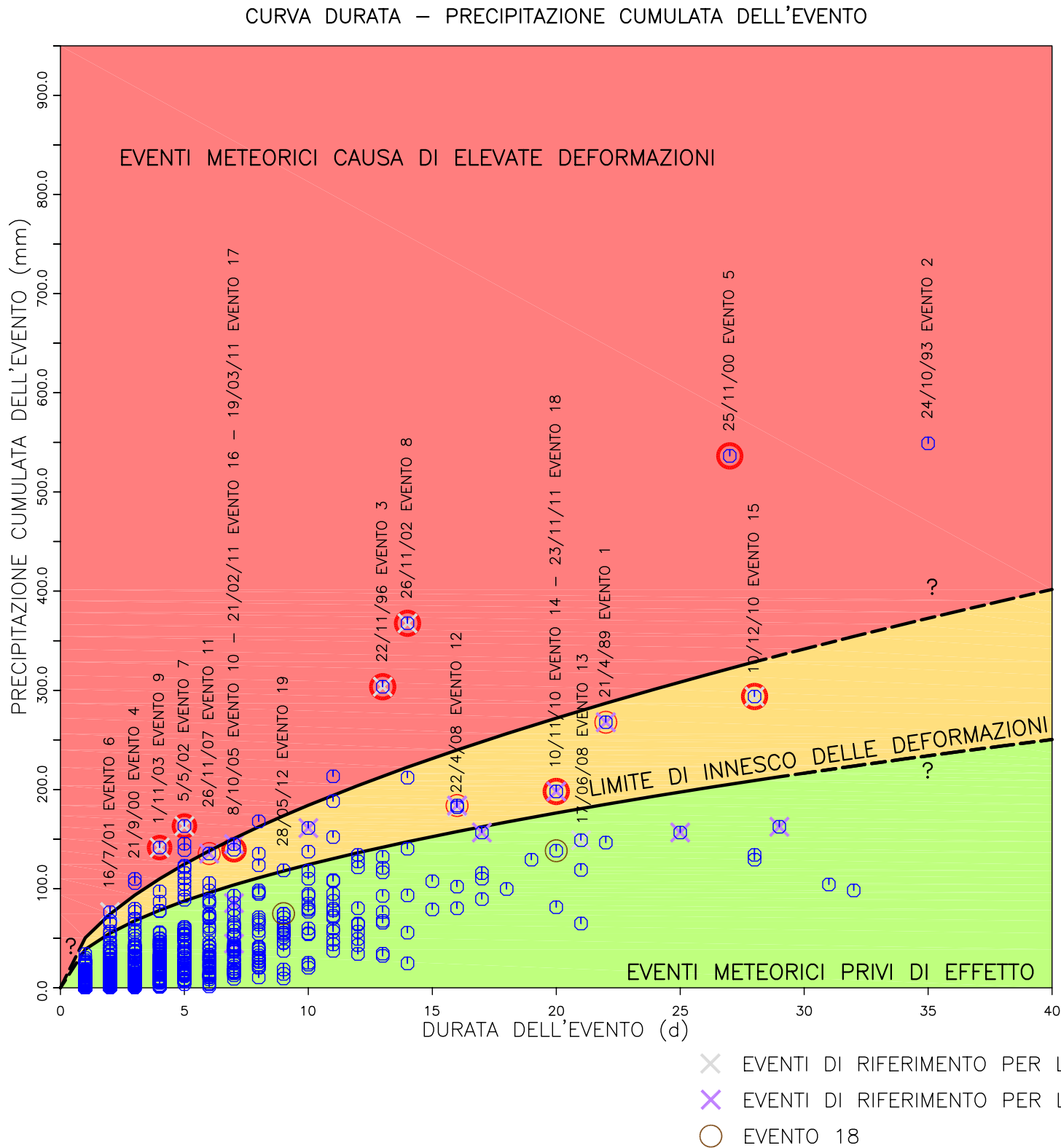
DATA: 08/12

VISTO: LV

REDATTO: AP

Portata (litri/s)

STAZIONE METEOROLOGICA PINZOLO PRA' RODONT (*)

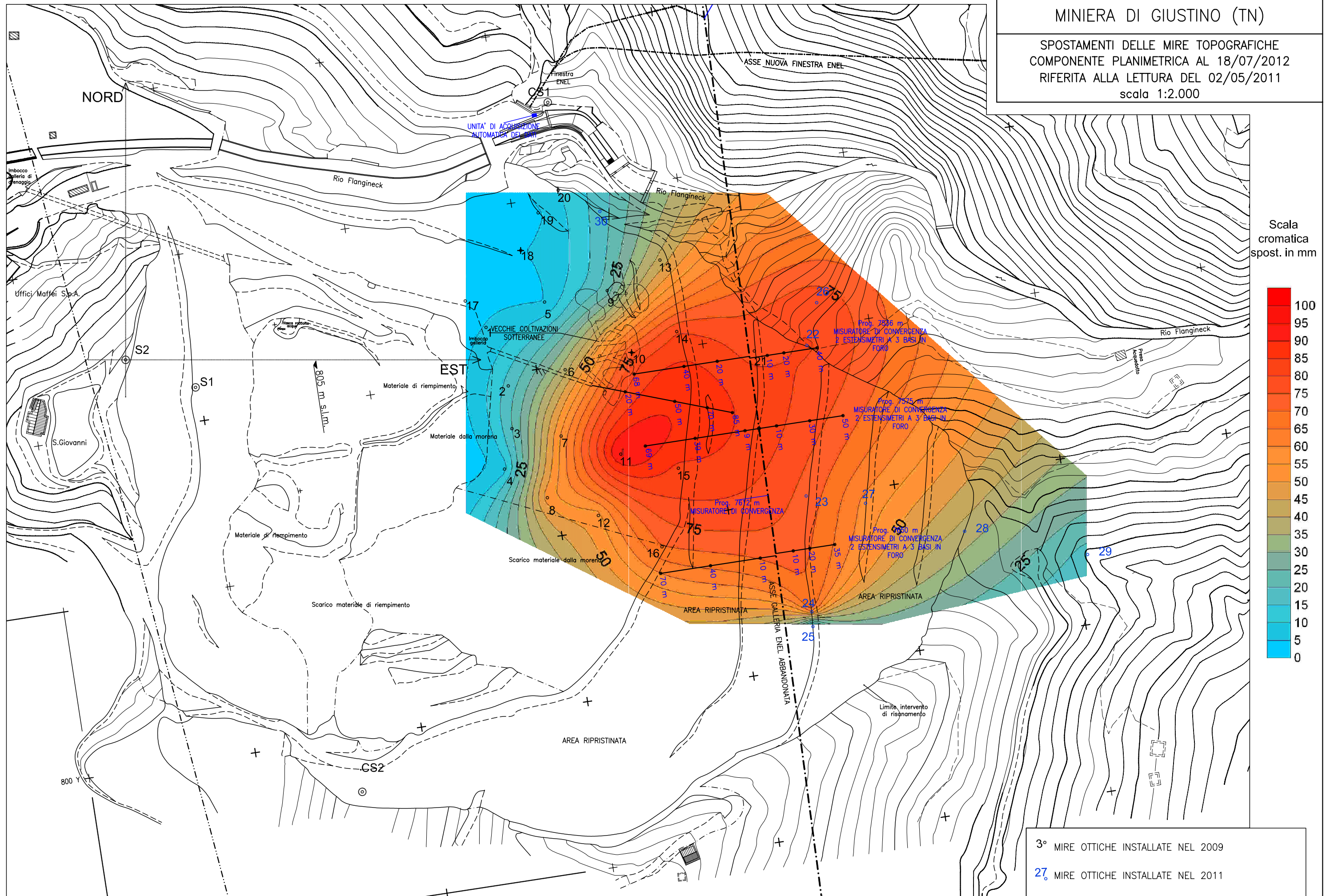


(*) A partire dal 01-10-2010 si sono utilizzati i dati relativi alla stazione di Pinzolo città (755 m s.l.m.)

Portata vs Pioggia Pinzolo



SPOSTAMENTI DELLE MIRE TOPOGRAFICHE
COMPONENTE PLANIMETRICA AL 18/07/2012
RIFERITA ALLA LETTURA DEL 02/05/2011
scala 1:2.000



3° MIRE OTTICHE INSTALLATE NEL 2009
27° MIRE OTTICHE INSTALLATE NEL 2011

MINIERA DI GIUSTINO (TN)

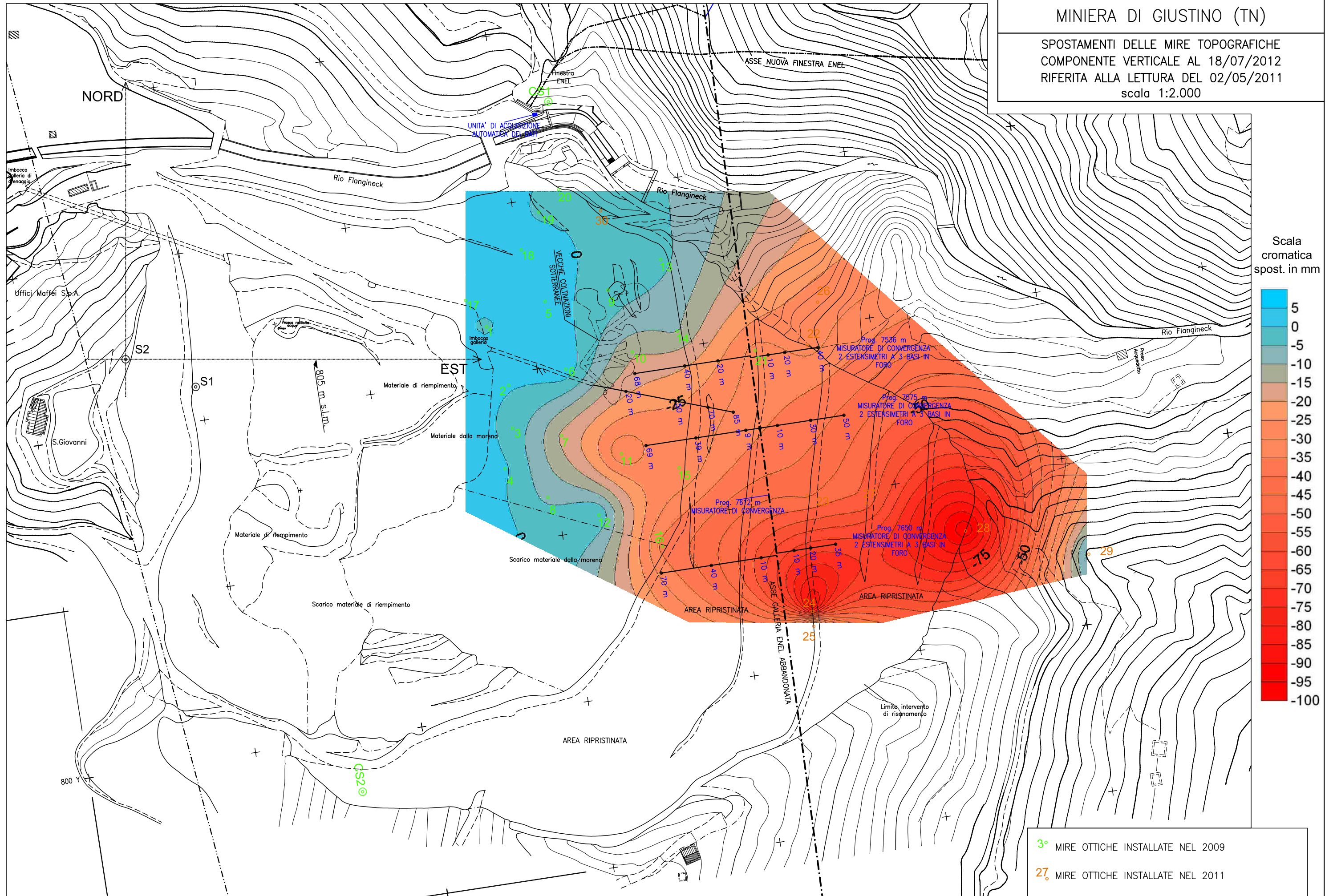
SPOSTAMENTI DELLE MIRE TOPOGRAFICHE
COMPONENTE VERTICALE AL 18/07/2012
RIFERITA ALLA LETTURA DEL 02/05/2011
scala 1:2.000

COMMESSA 07512

DATA 08/12

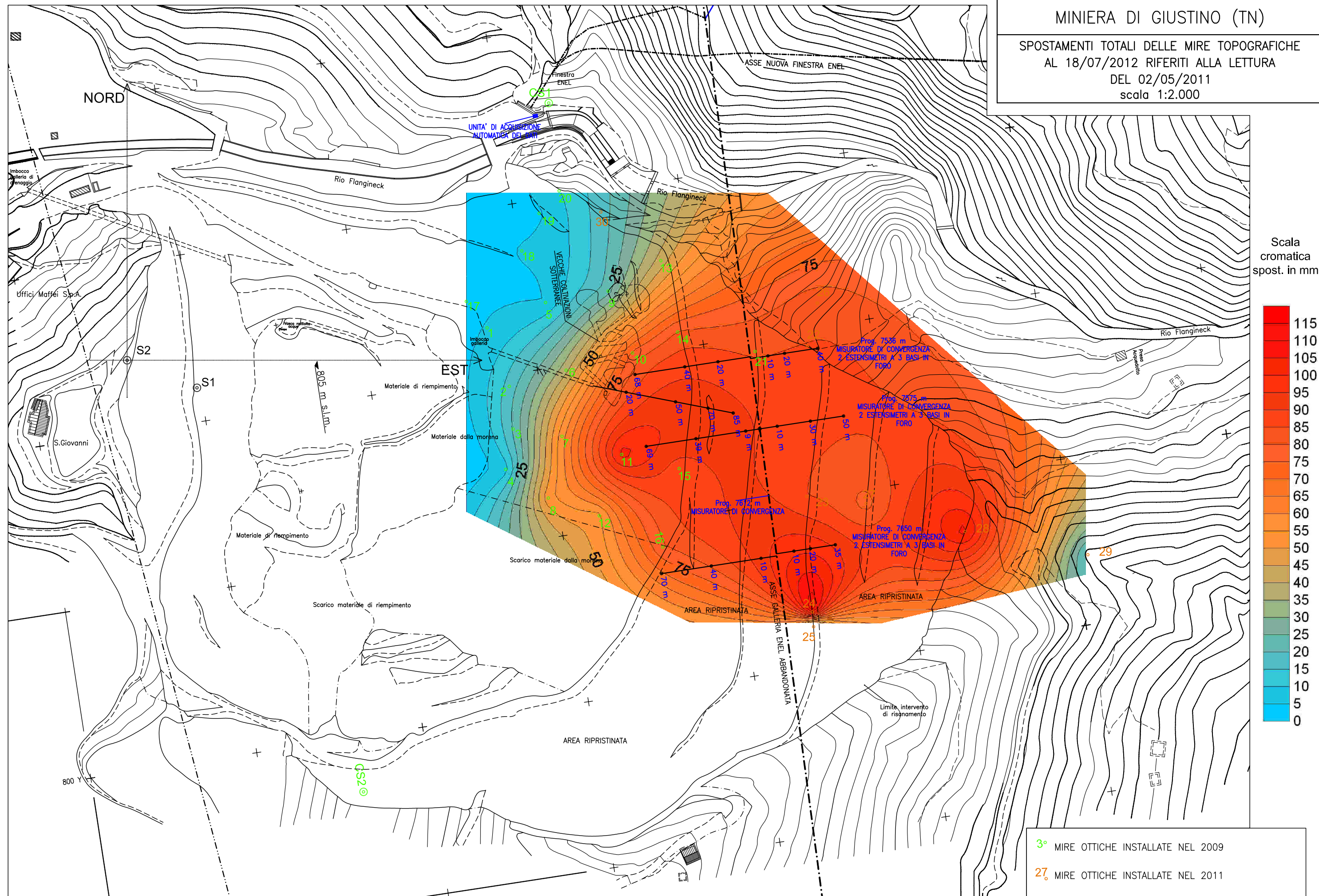
VISTO LV

REDATTO AP



MINIERA DI GIUSTINO (TN)

SPOSTAMENTI TOTALI DELLE MIRE TOPOGRAFICHE
AL 18/07/2012 RIFERITI ALLA LETTURA
DEL 02/05/2011
scala 1:2.000



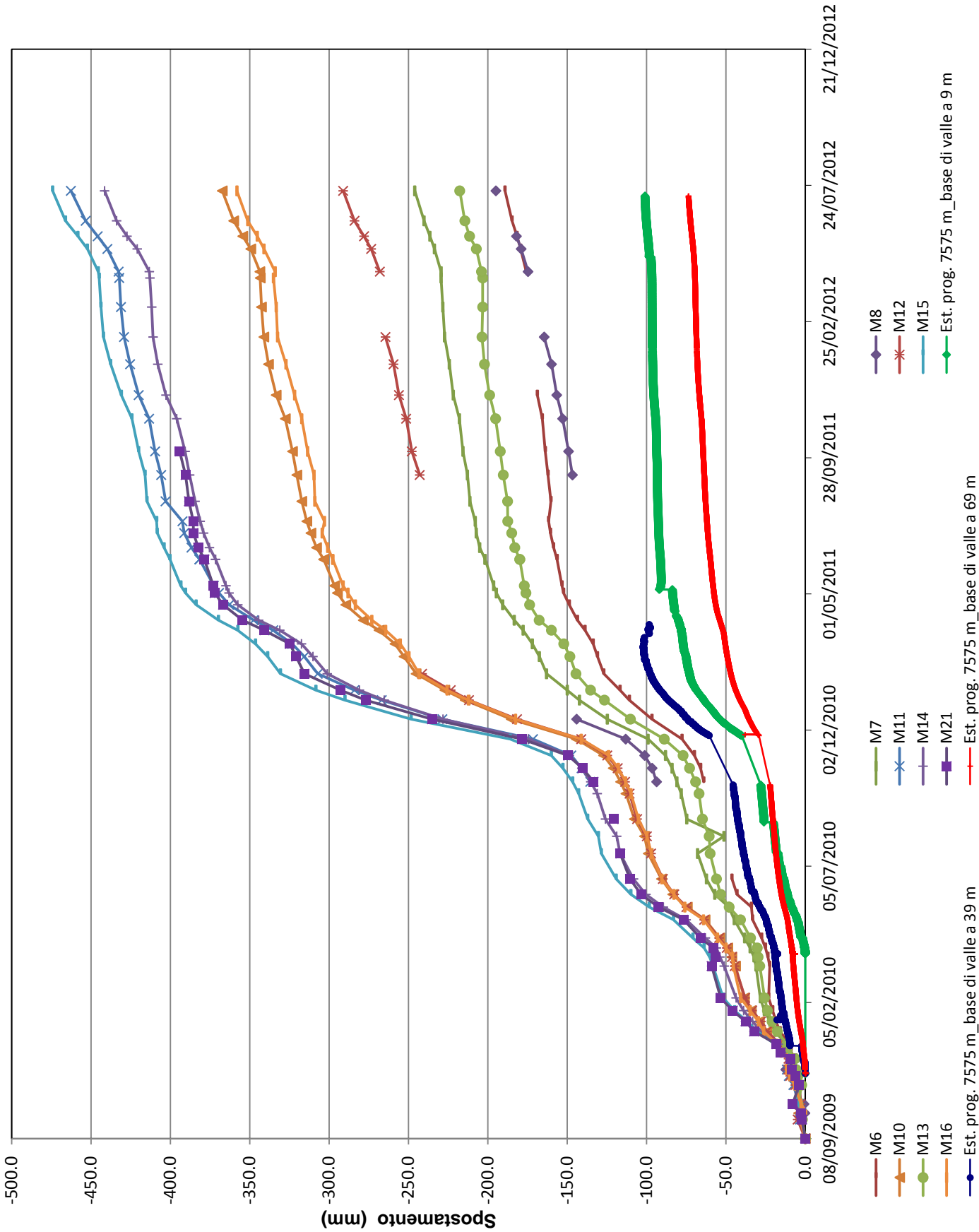
MINIERA DI GIUSTINO (TN)
SISTEMA DI MONITORAGGIO
CONFRONTO TRA MISURE TOPOGRAFICHE DI SUPERFICIE (EST) E MISURE ESTENSIMETRICHE

COMMESSA: 07512

DATA: 07/12

VISTO: LV

REDATTO: AP



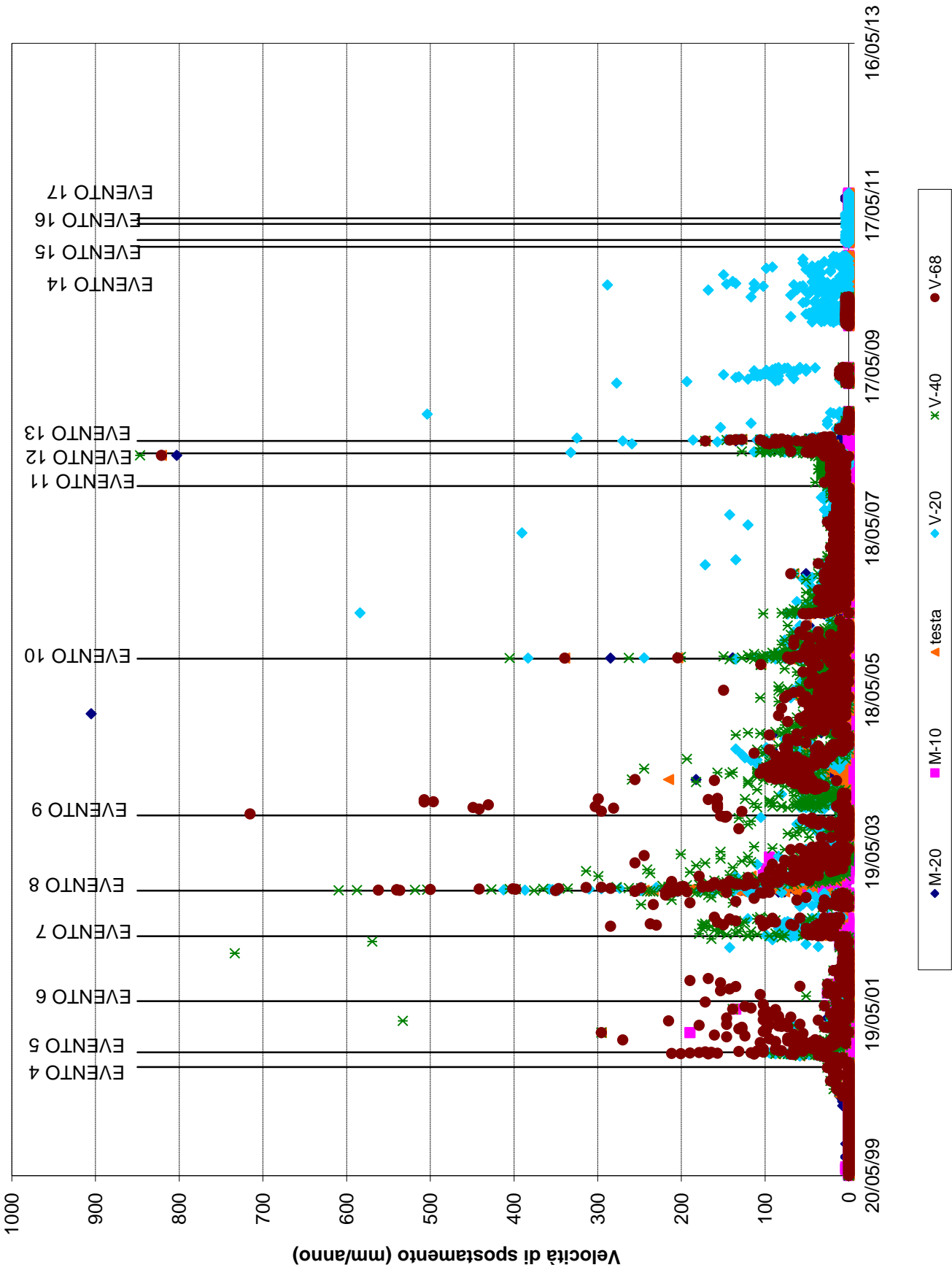
COMMESSA: 07512

DATA: 07/11

VISTO: LV

REDATTO: AP

MINIERA DI GIUSTINO (TN)
ESTENSIMETRI MULTIBASE ALLA PROGRESSIVA 7536 m
VALORI DI VELOCITA' DI SPOSTAMENTO TANGENTE CORRELATI AGLI EVENTI METEORICI SIGNIFICATIVI



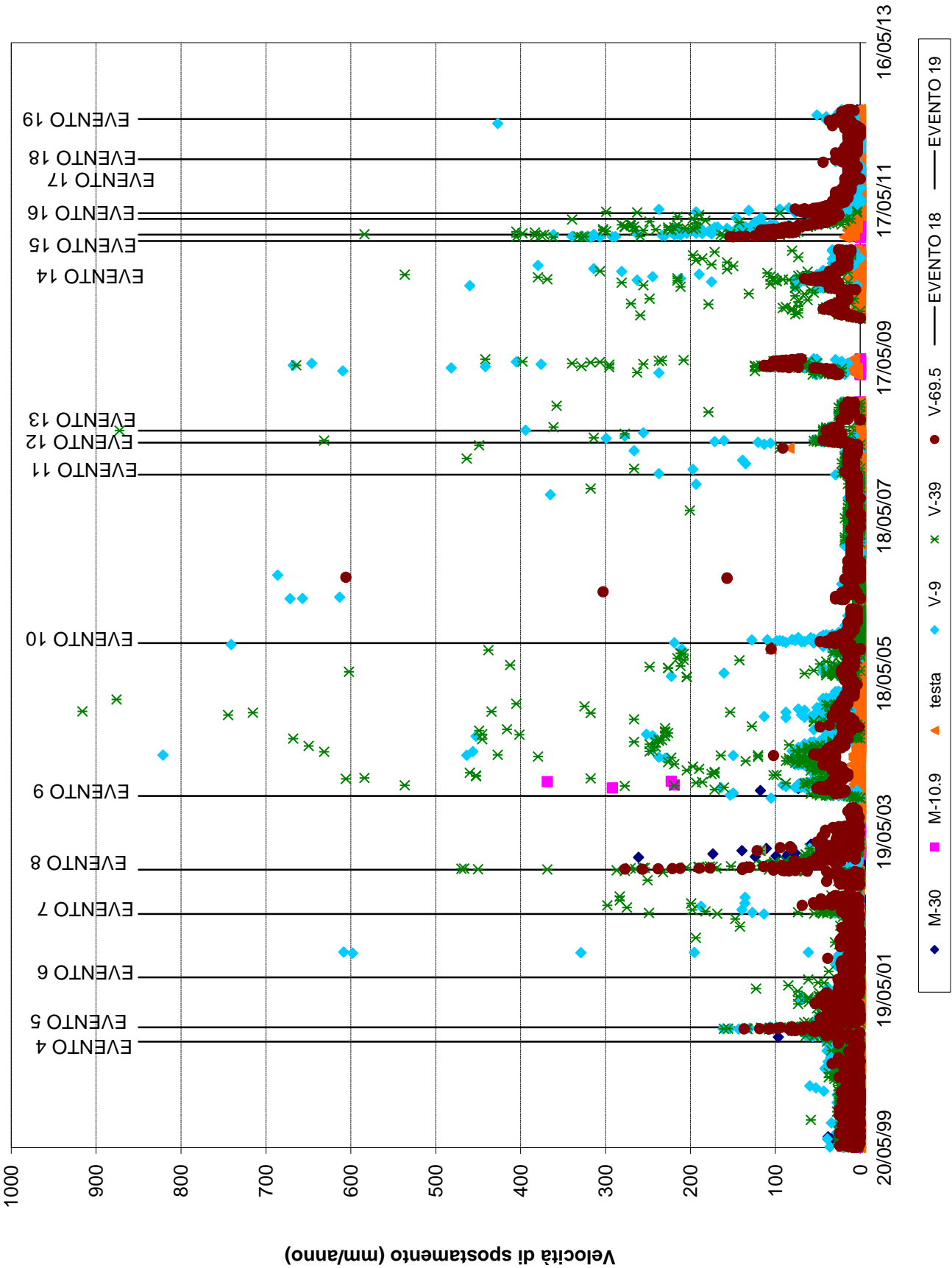
MINIERA DI GIUSTINO (TN)
ESTENSIMETRI MULTIBASE ALLA PROGRESSIVA 7575 m
VALORI DI VELOCITA' DI SPOSTAMENTO TANGENTE CORRELATI AGLI EVENTI METEORICI SIGNIFICATIVI

COMMESSA: 07512

DATA: 07/12

VISTO: LV

REDATTO: AP



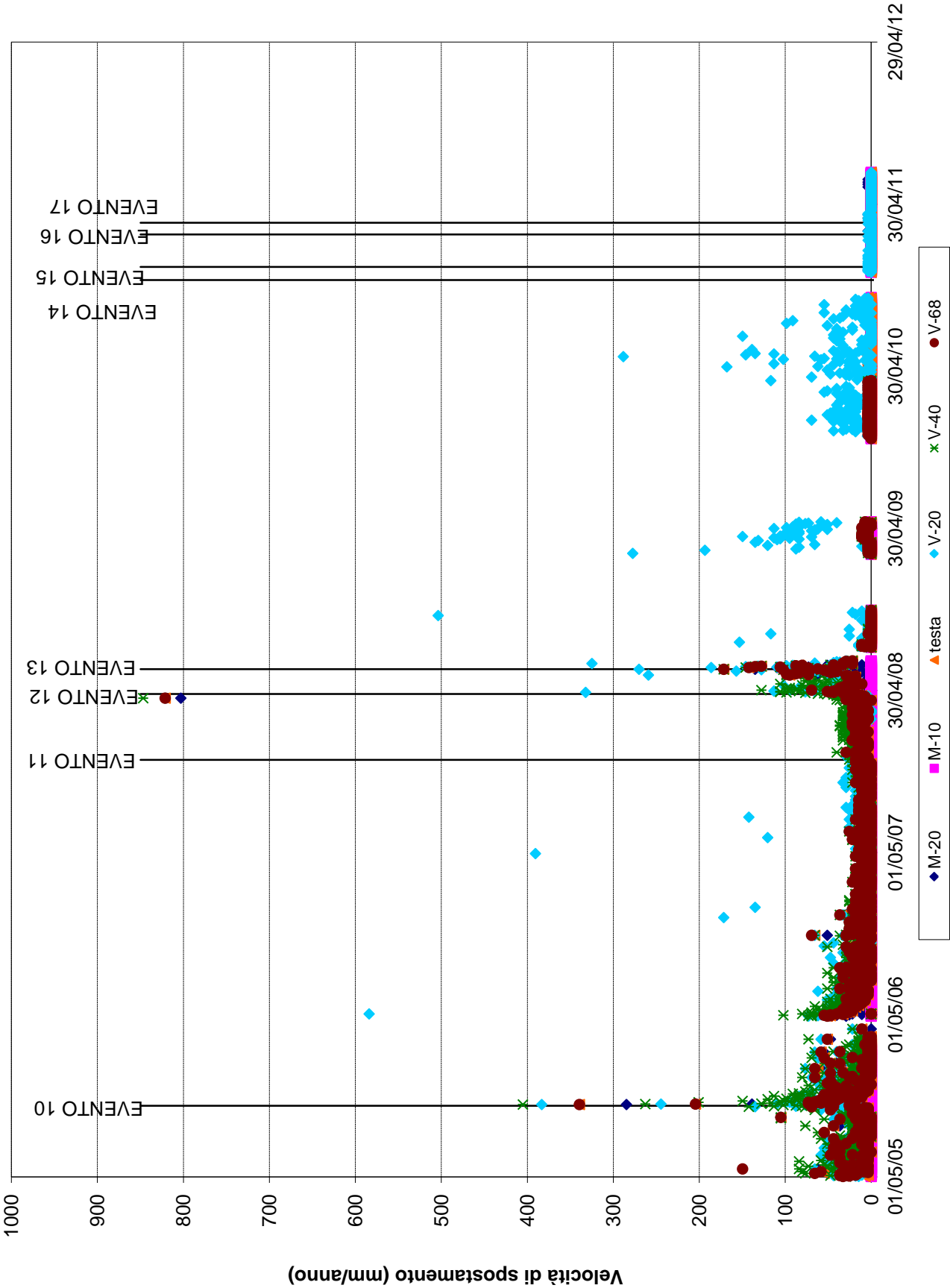
MINIERA DI GIUSTINO (TN)
ESTENSIMETRI MULTIBASE ALLA PROGRESSIVA 7536 m
VALORI DI VELOCITA' DI SPOSTAMENTO TANGENTE CORRELATI AGLI EVENTI METEORICI SIGNIFICATIVI
DETTAGLIO DAL GIUGNO 2005 IN POI

COMMESSA: 07512

DATA: 07/11

VISTO: LV

REDATTO: AP



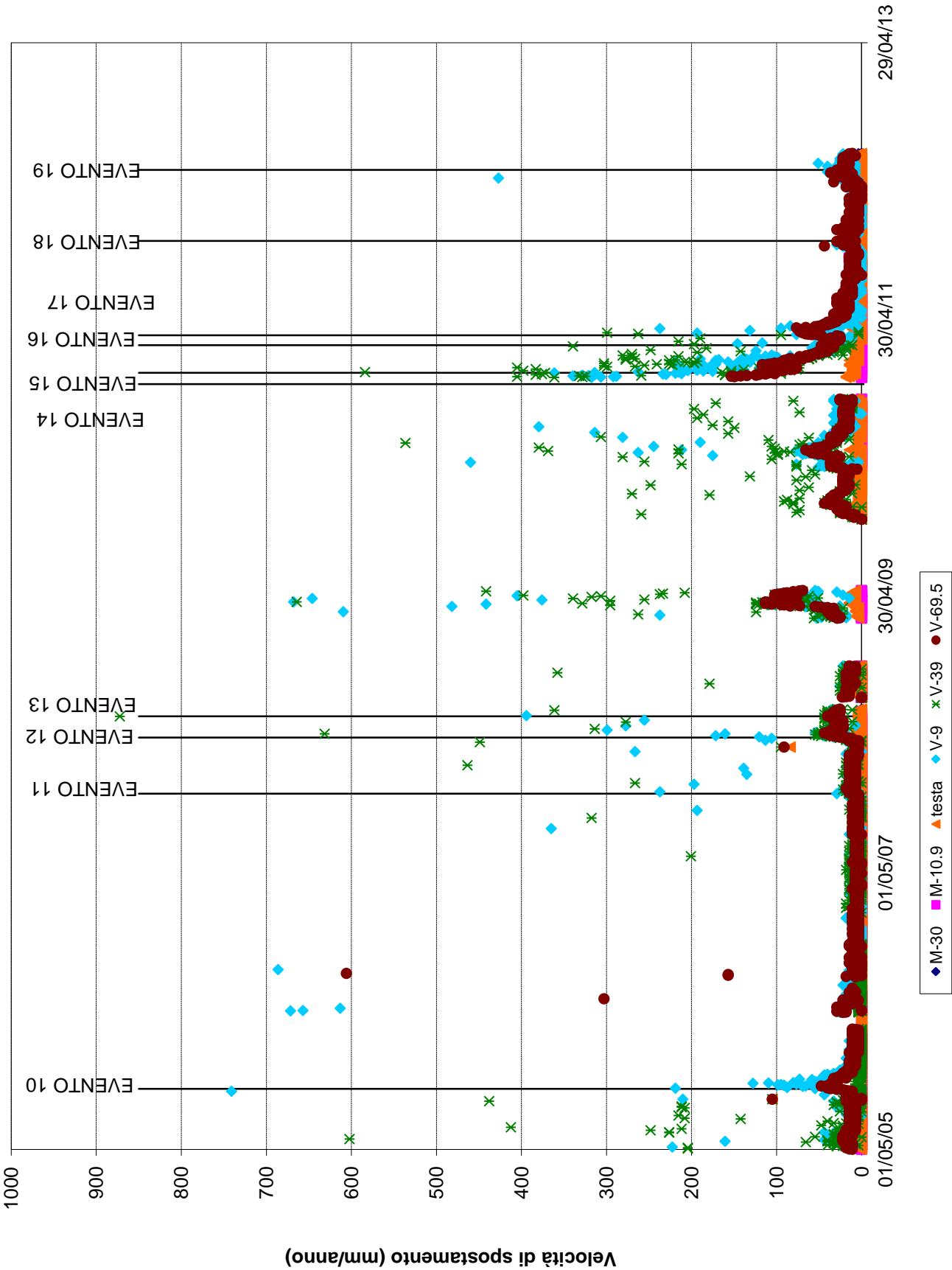
MINIERA DI GIUSTINO (TN)
ESTENSIMETRI MULTIBASE ALLA PROGRESSIVA 7575 m
VALORI DI VELOCITA' DI SPOSTAMENTO TANGENTE CORRELATI AGLI EVENTI METEORICI SIGNIFICATIVI
- DETTAGLIO DA 1/05/2005

COMMESSA: 07512

DATA: 07/12

VISTO: LV

REDATTO: AP



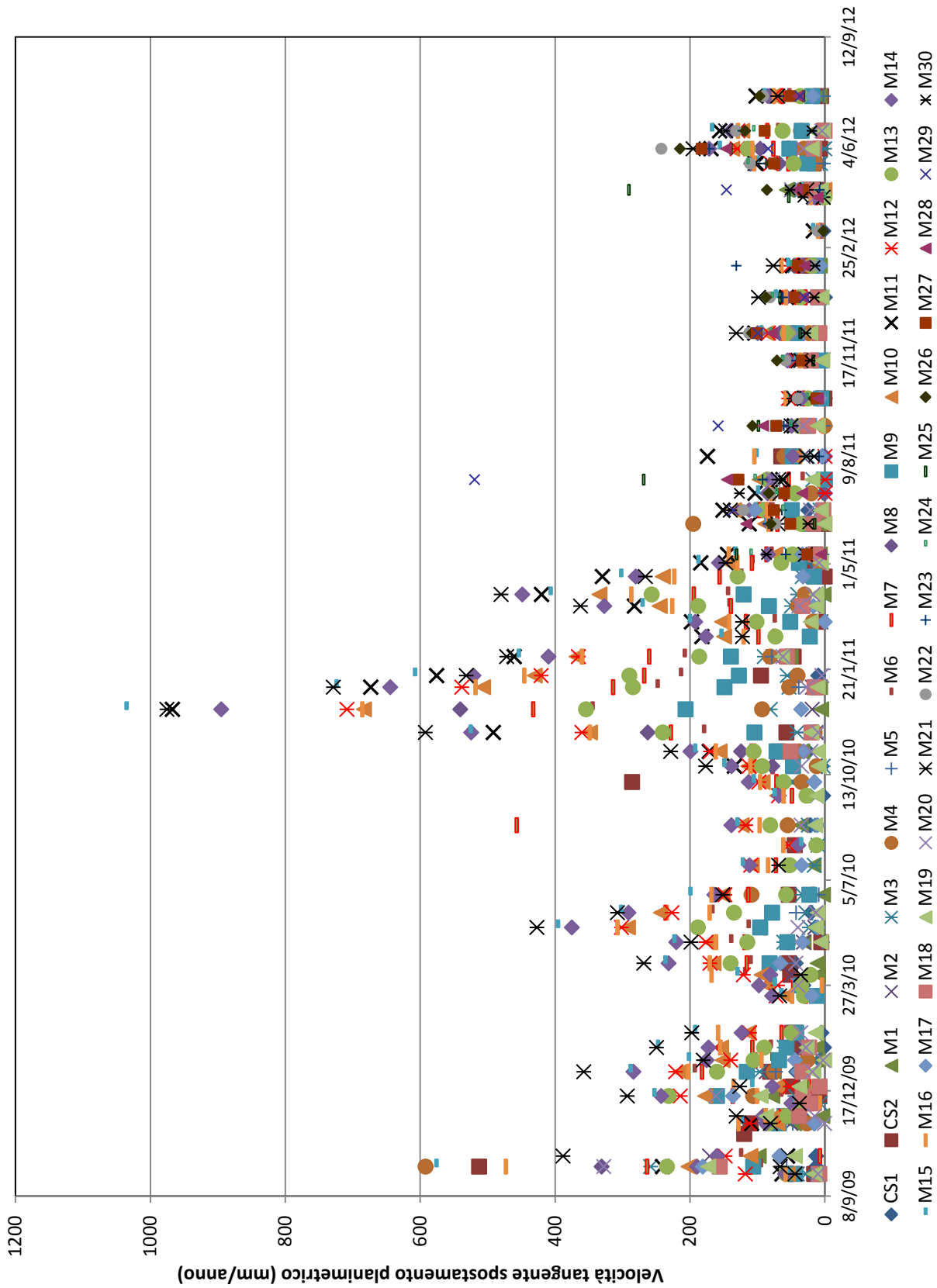
MINIERA DI GIUSTINO (TN)
SISTEMA DI MONITORAGGIO
MISURE TOPOGRAFICHE SULLE MIRE DI SUPERFICIE
VELOCITA' TANGENTE DI SPOSTAMENTO PLANIMETRICO CALCOLATA

COMMESSA: 07512

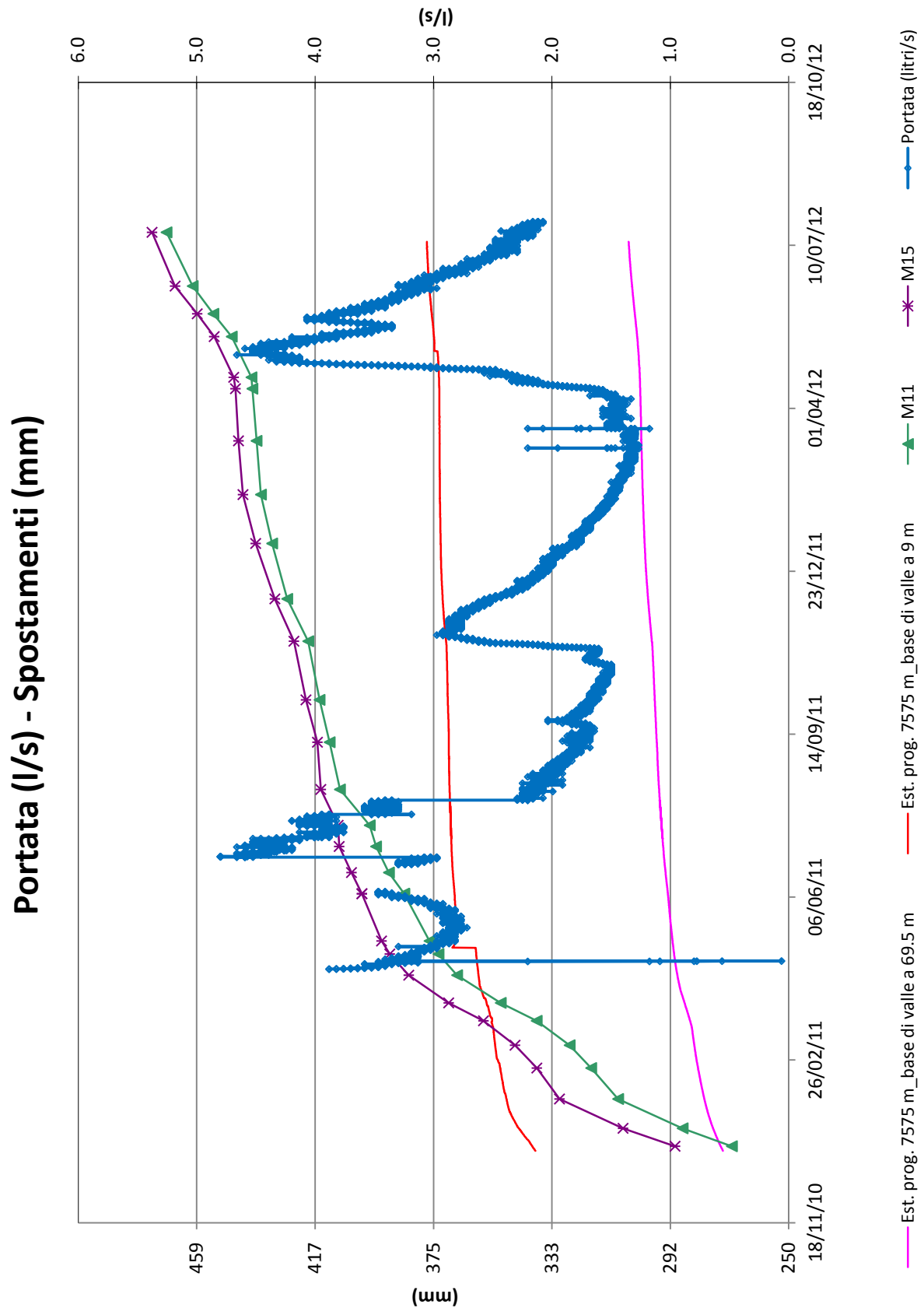
DATA: 07/12

VISTO: LV

REDATTO: AP



MINIERA DI GIUSTINO (TN)
SISTEMA DI MONITORAGGIO
MISURE DI PORTATA USCENTE DALLA GALLERIA ENEL DISMESSA - RAMO SUD
SPOSTAMENTI DI BASI ESTENSIMETRICHE
SPOSTAMENTI DI ALCUNE MIRE TOPOGRAFICHE



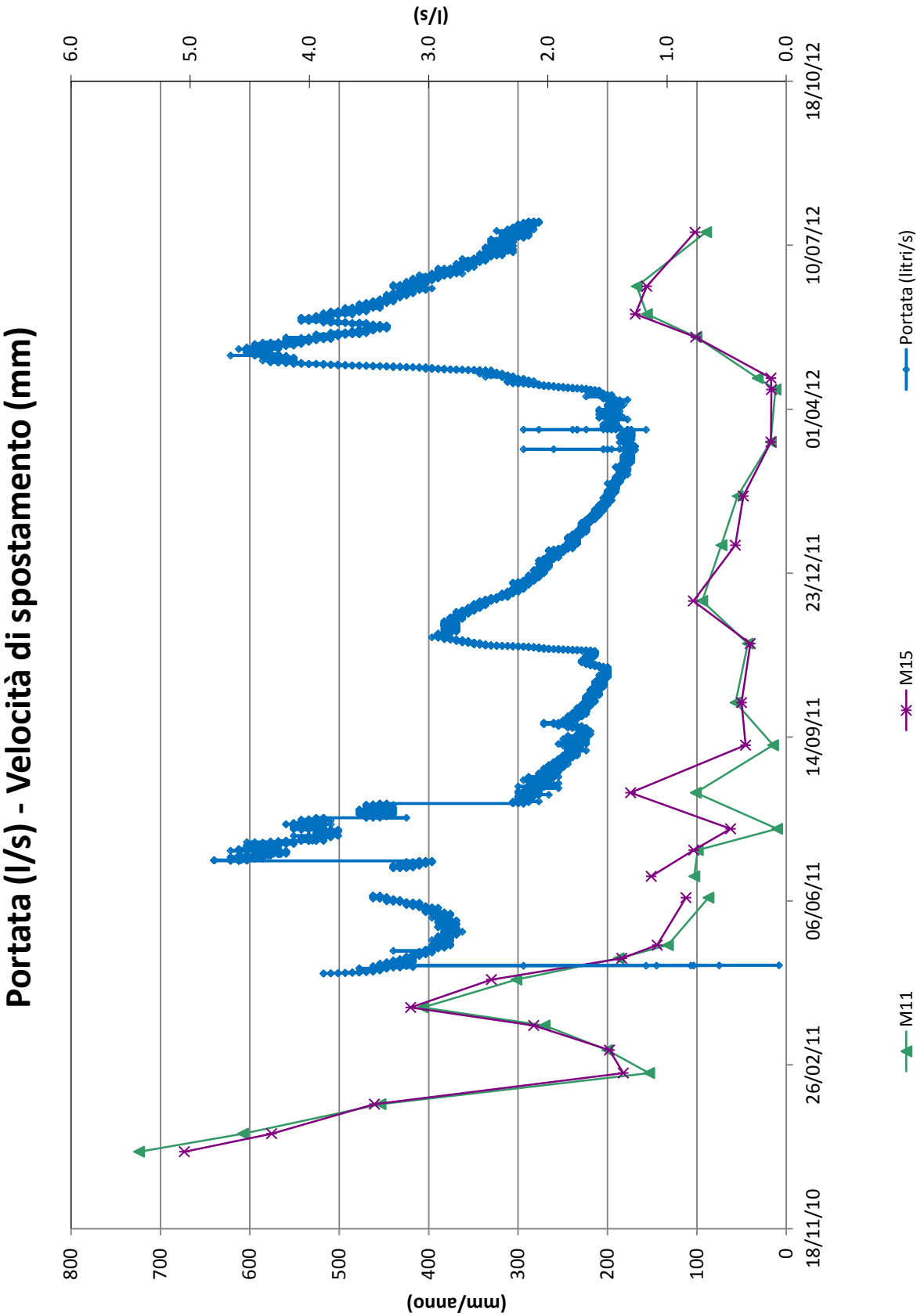
MINIERA DI GIUSTINO (TN)
SISTEMA DI MONITORAGGIO
MISURE DI PORTATA USCENTE DALLA GALLERIA ENEL DISMESSA - RAMO SUD
E VELOCITA' DI SPOSTAMENTO DI ALCUNE MIRE TOPOGRAFICHE

COMMESSA: 07512






DATA: 08/12

VISTO: LV

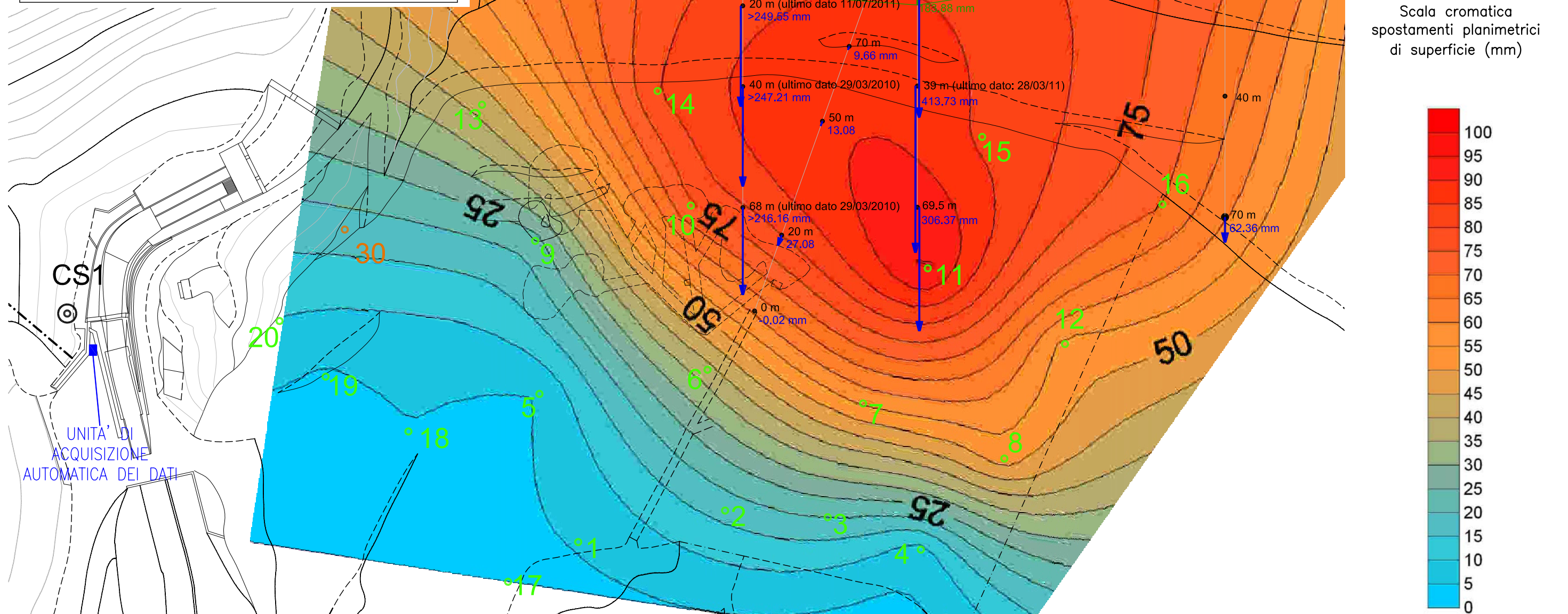
REDATTO: AP



LEGENDA

 160.93 mm	Sigla mira topografica, vettori spostamento e deformata planimetrica della galleria, derivata dalle misure topografiche in galleria. Misura di zero: 29.04.1985 Ultima lettura: 11.06.2004
 70 m 114.12 mm	Sigla base estensimetrica e vettori spostamento delle basi degli estensimetri, riferiti alla base più profonda di monte. Sezione alla prog. 7536 m: misura di zero: 27.02.1998; ultima lettura: 11.07.2011 Sezione alla prog. 7575 m: misura di zero: 16.04.1987; ultima lettura: 12.07.2012 Sezione alla prog. 7650 m: misura di zero: 15.07.1993; ultima lettura: 12.07.2012 Galleria mineraria 820 m misura di zero: 08.09.2005; ultima lettura: 12.07.2012
 149.80 mm	Vettore spostamento della testa dell'inclinometro (az=266.26°) Misura di zero: 24.07.1998 Ultima lettura: 21.06.2004
 21	Mira ottica installata nel 2009 (posizione e sigla), con isolinee e bande di colore è rappresentato l'andamento degli spostamenti planimetrici Misura di riferimento utilizzata: 02.05.2011 Ultima lettura: 18.07.2012
 22	Mira ottica installata nel 2011 (posizione e sigla), con isolinee e bande di colore è rappresentato l'andamento degli spostamenti planimetrici Misura di zero: 02.05.2011 Ultima lettura: 18.07.2012

ESAME DELLO STATO DEFORMATIVO DEL VERSANTE EST
VETTORI SPOSTAMENTO DELLE BASI ESTENSIMETRICHE
E DEFORMATA DELLA GALLERIA SOVRAPPOSTI
ALL'ANDAMENTO DEGLI SPOSTAMENTI PLANIMETRICI
DI SUPERFICIE



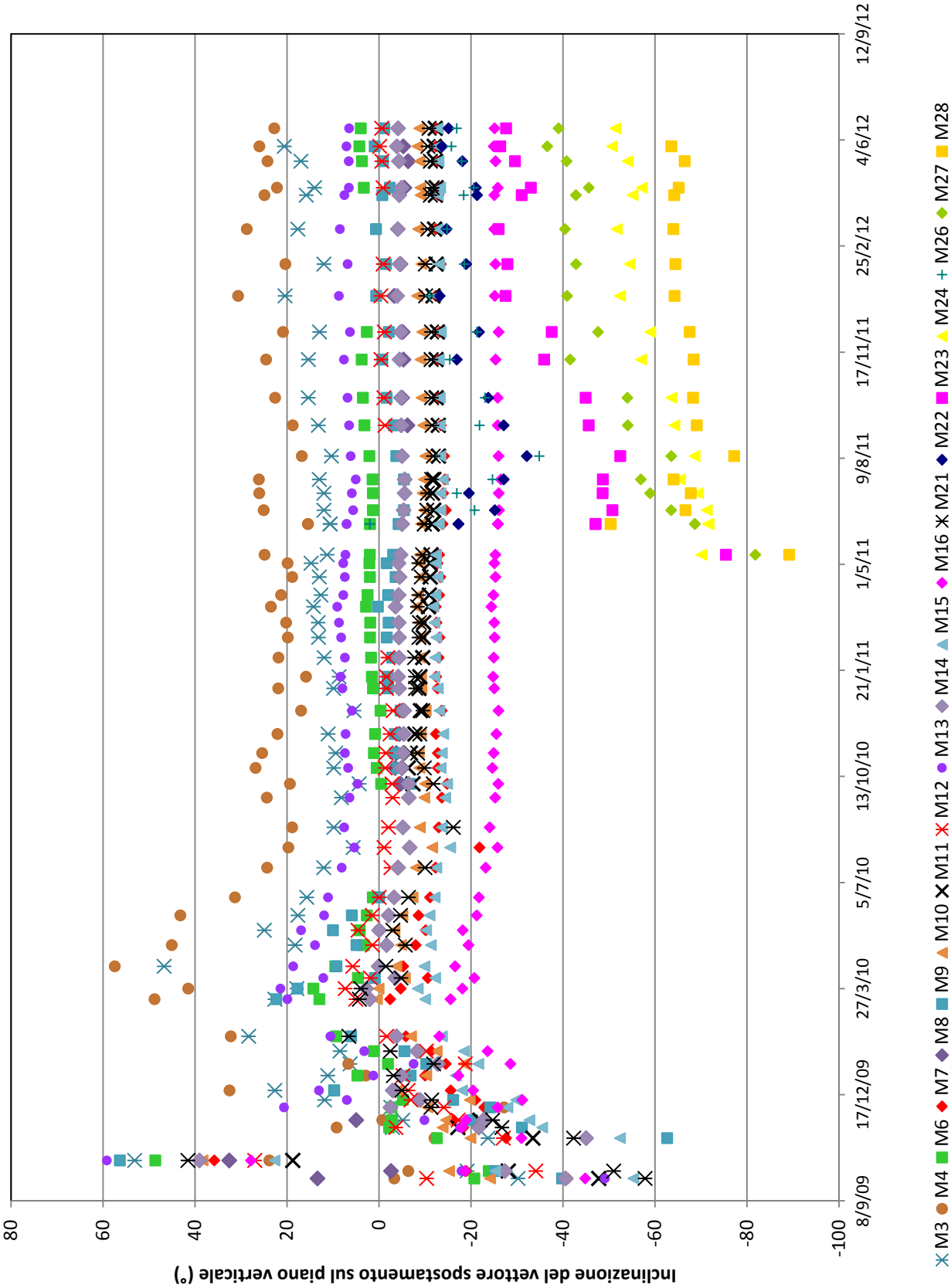
COMMESSA: 07512

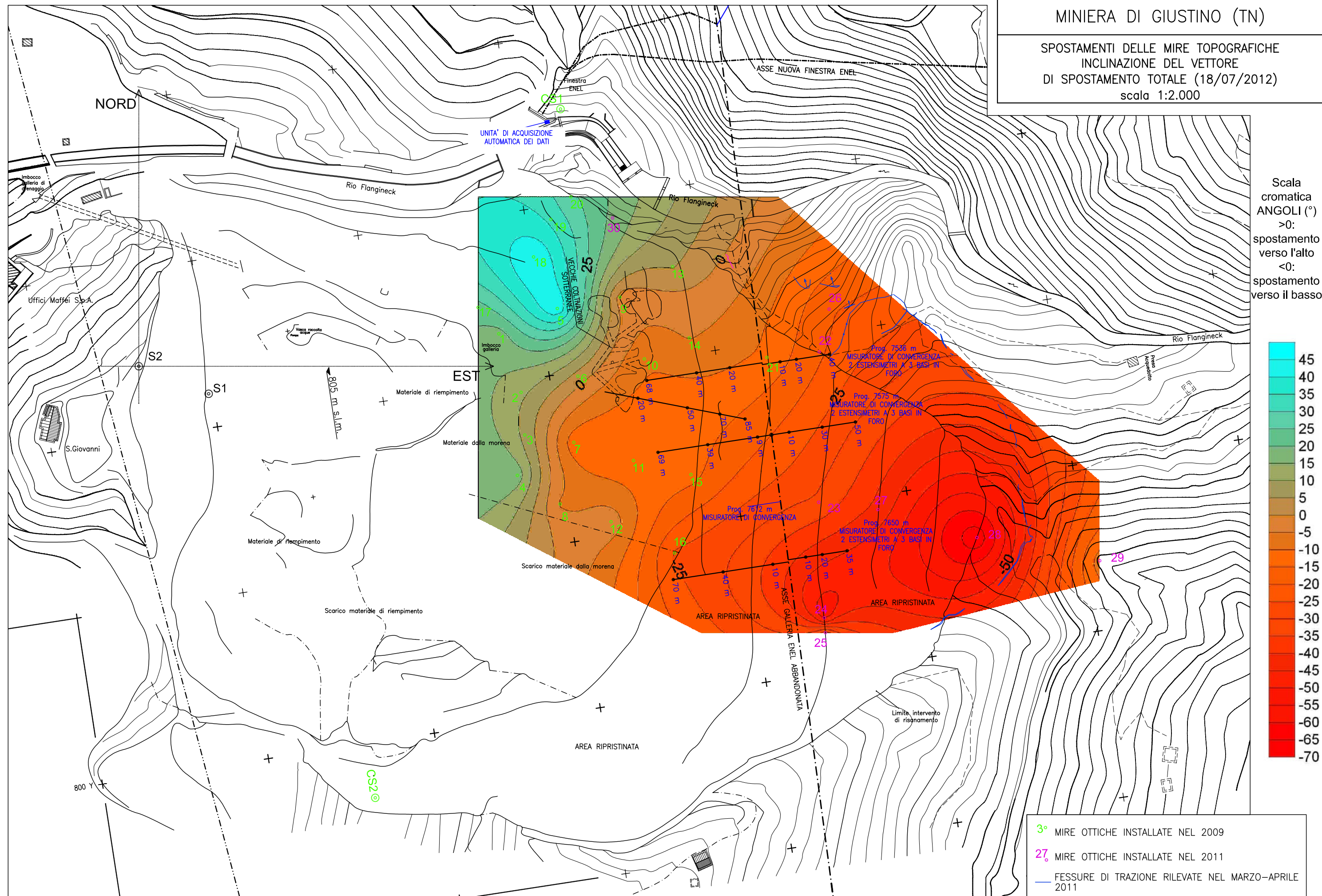
DATA: 07/12

VISTO: LV

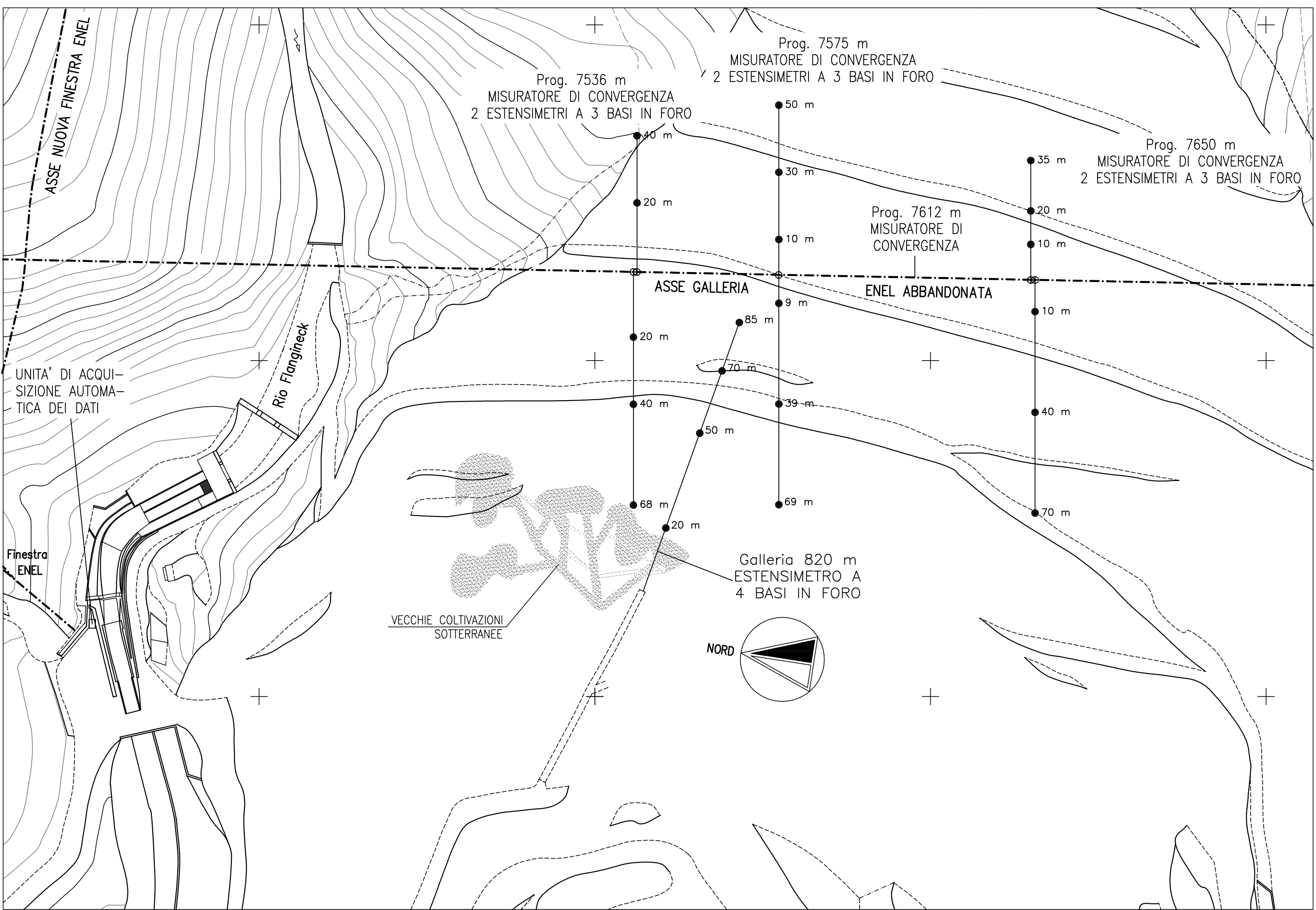
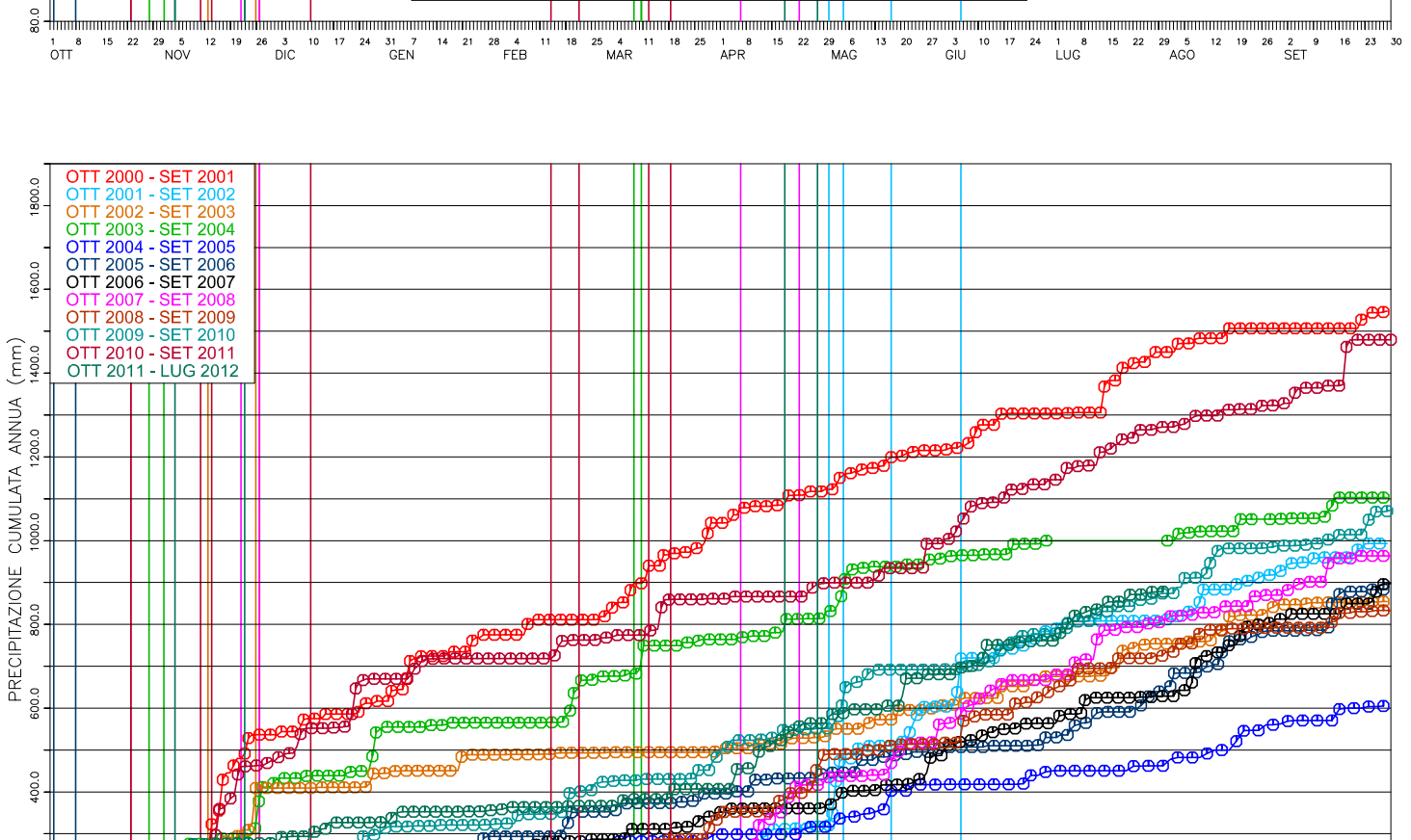
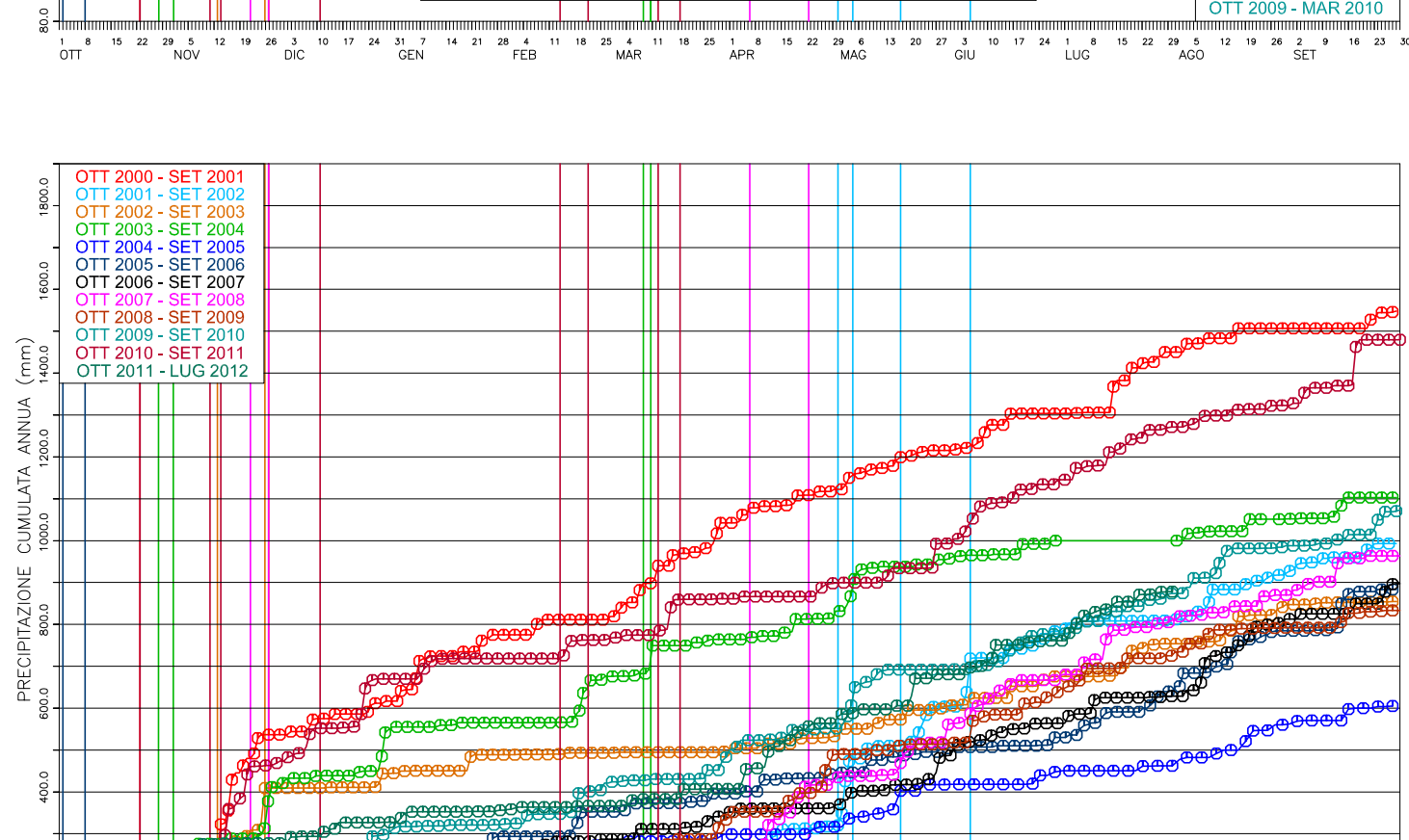
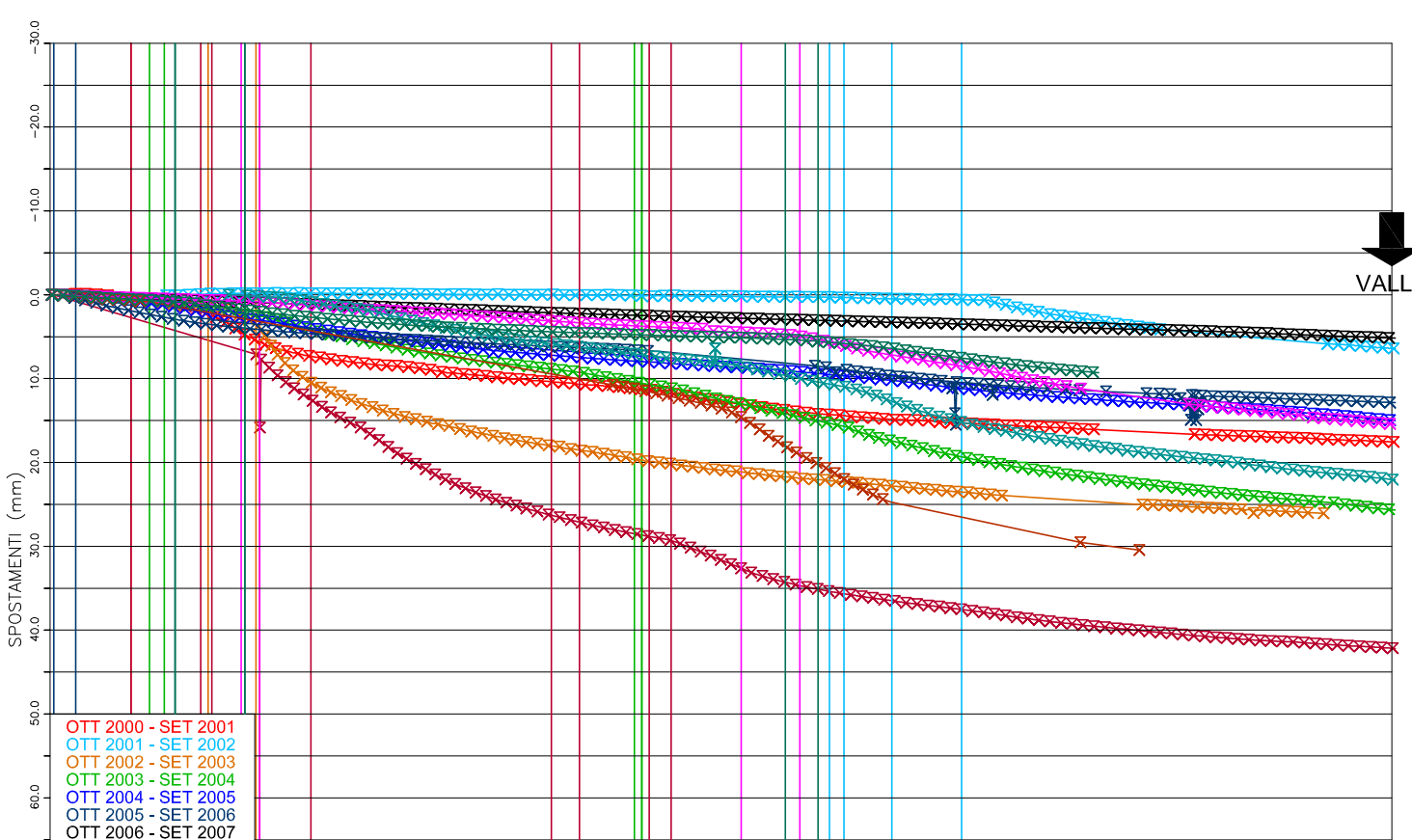
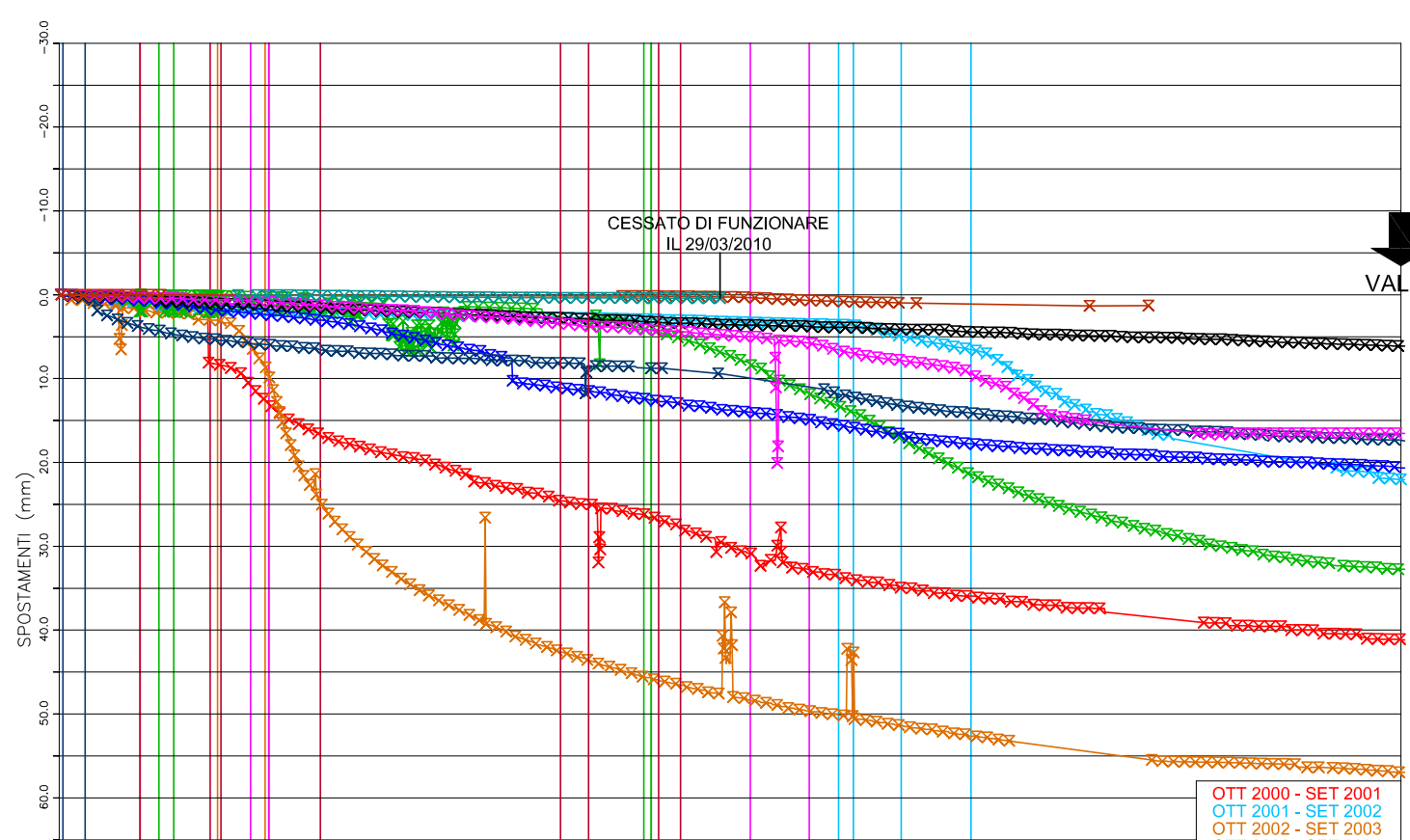
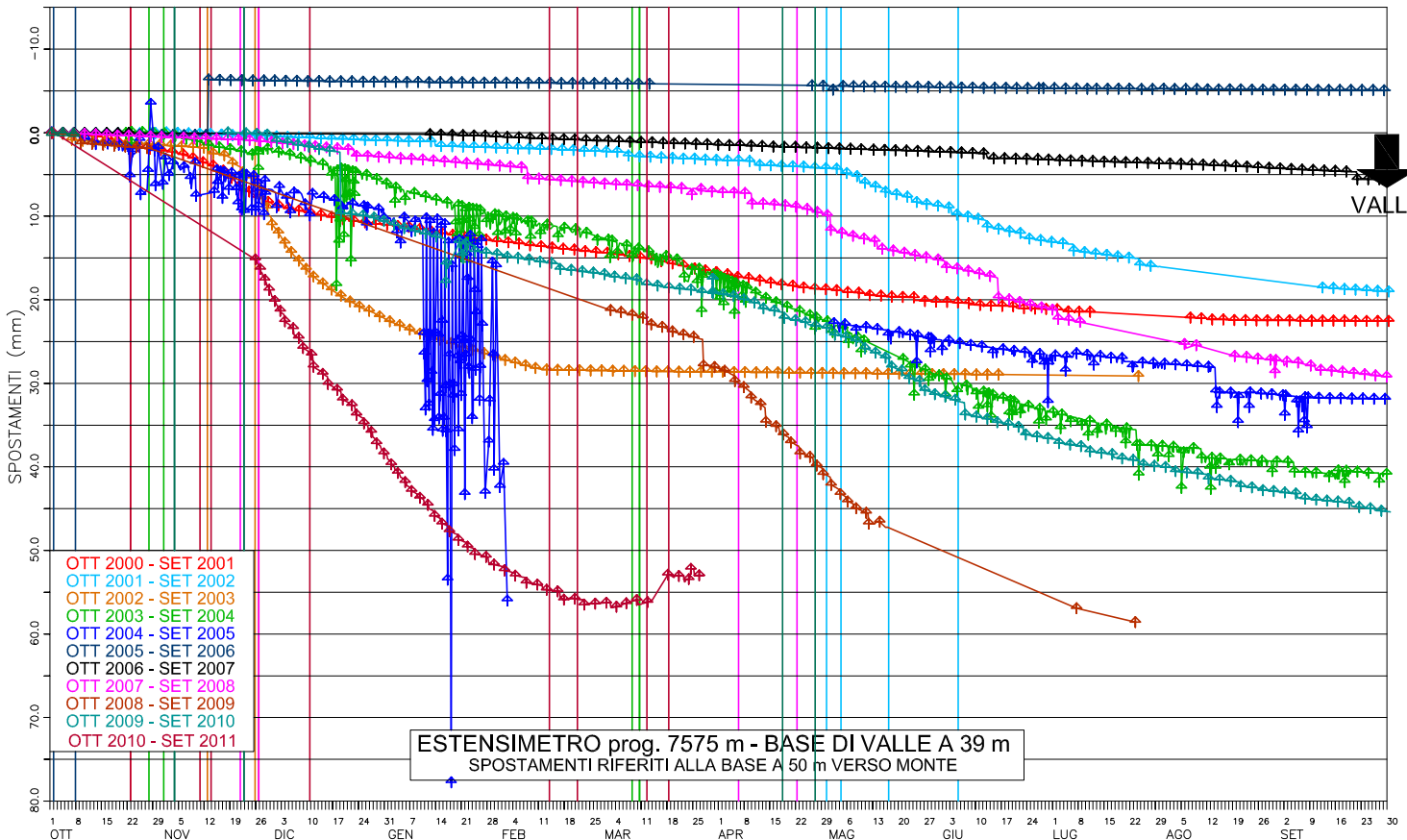
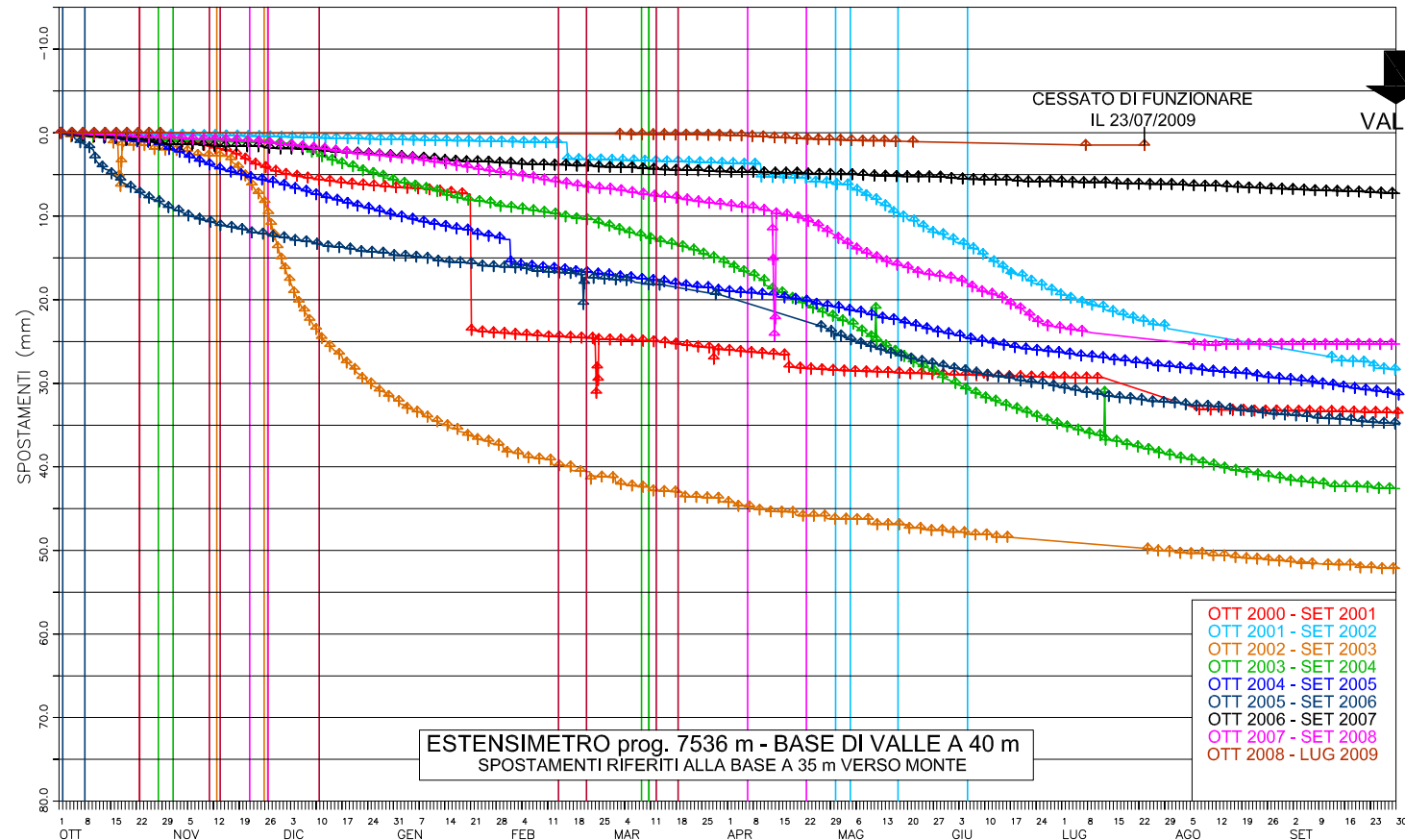
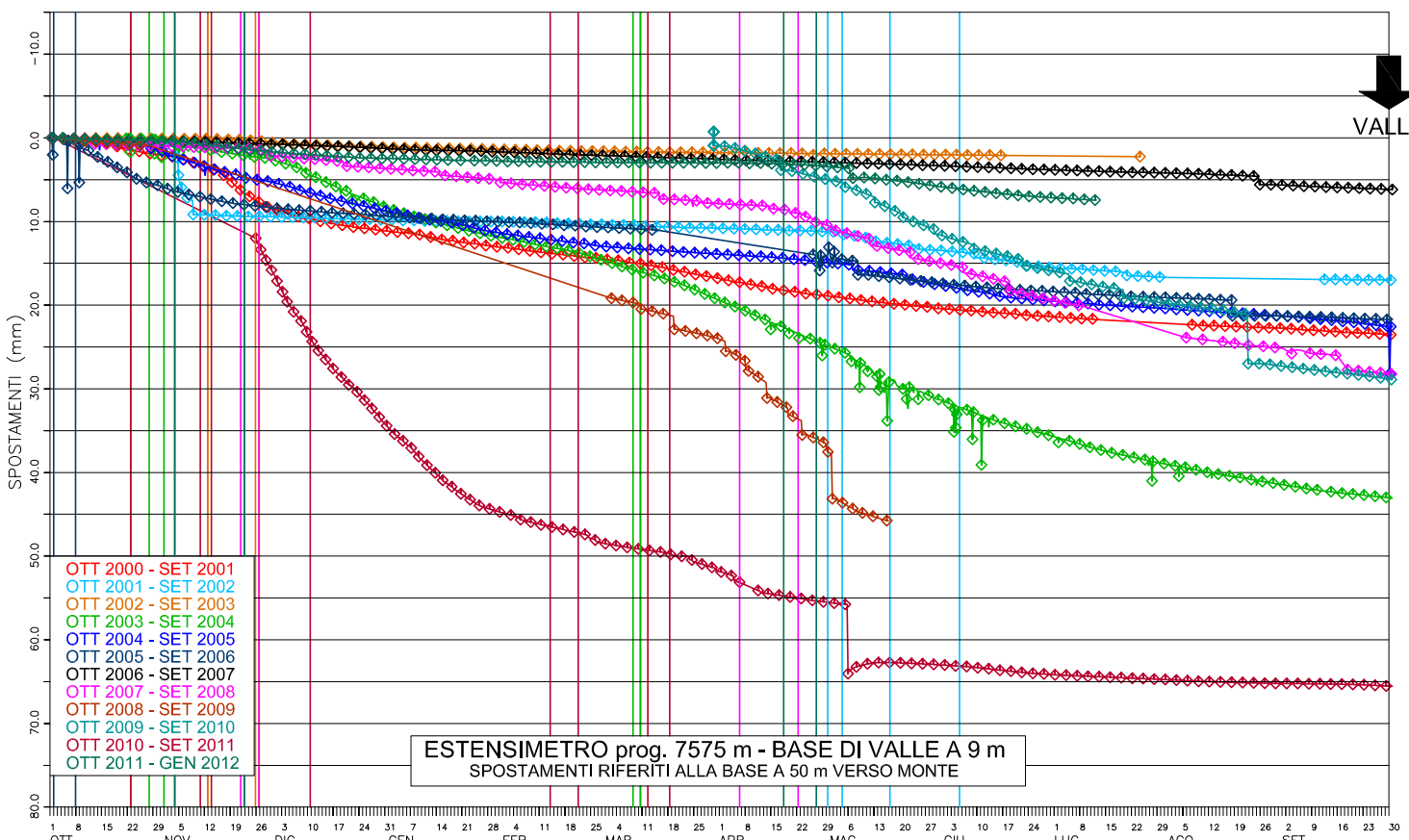
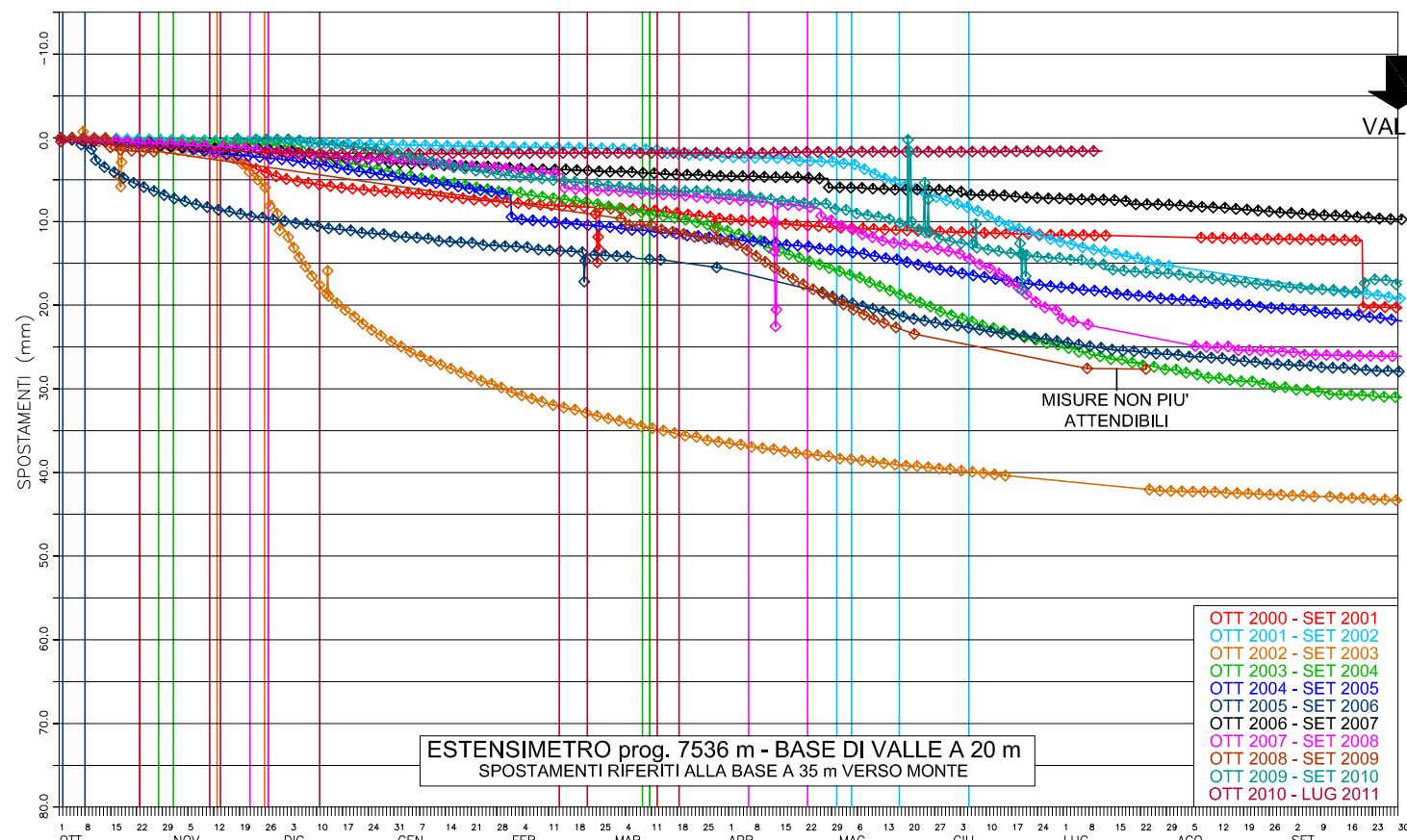
REDATTO: AP

MINIERA DI GIUSTINO (TN)
SISTEMA DI MONITORAGGIO
MISURE TOPOGRAFICHE SULLE MIRE DI SUPERFICIE
INCLINAZIONE DEL VETTORE SPOSTAMENTO TOTALE





TAVOLE



CUNACCIA BRUNO S.r.l.
VIA AL MOLINO, 14 – 38080 STREMO (TN)

MINIERA DI GIUSTINO (TN)

SISTEMA DI MONITORAGGIO

COMMENTO AI DATI DI MISURA

OGGETTO				
EVOLUZIONE DELLO STATO DEFORMATIVO DEL FRONTE EST MISURE ESTENSIMETRICHE E PLUVIOMETRICHE CONFRONTATE SU BASE ANNUALE				
SCALA	TAVOLA	REVISIONE	DATA	NOTE
1:1.000	2			
DATA				
AGOSTO 2012				
COMMESSA	RELAZIONE	DISEGNATO		APPROVATO
07512	1158	AP		LV