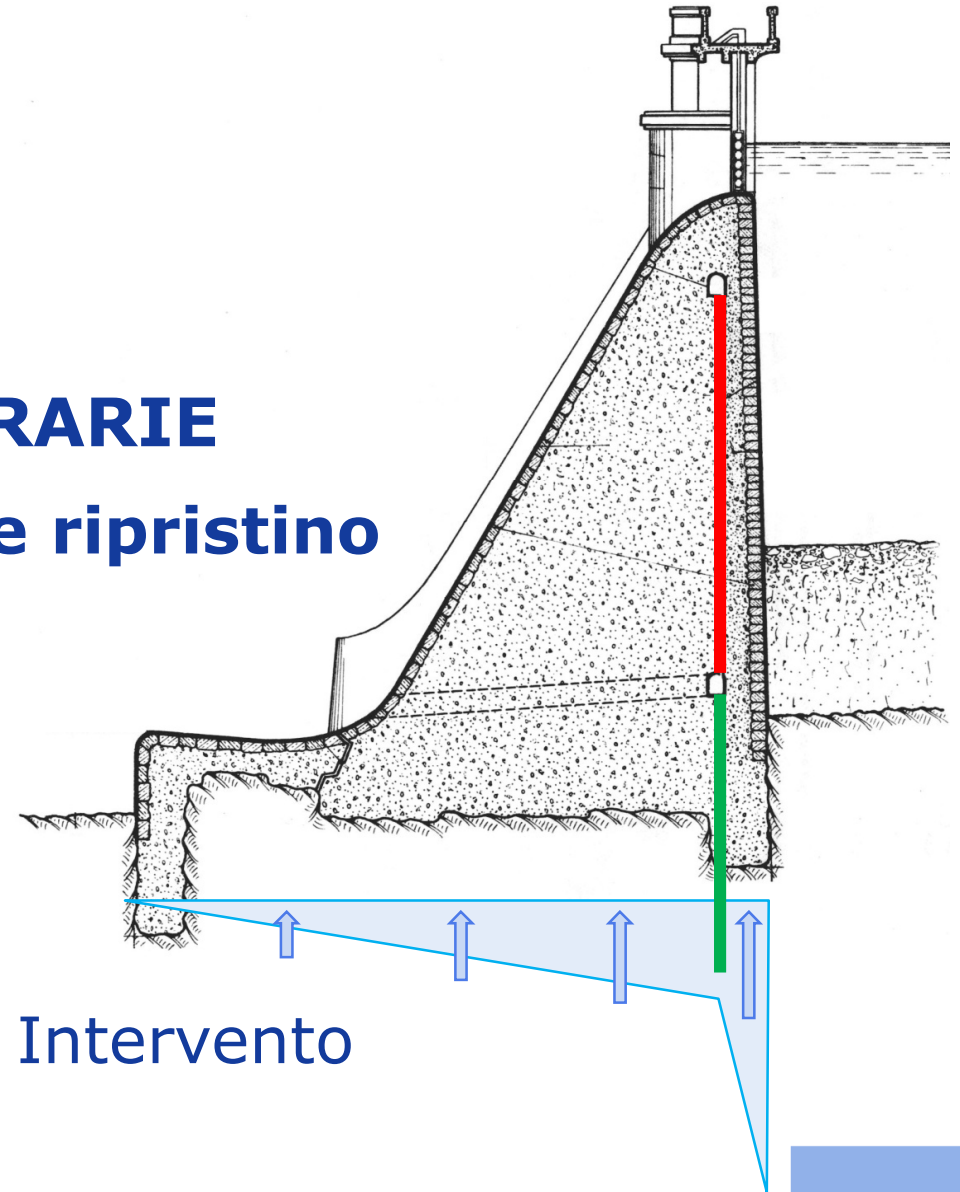


DRENAGGI NELLE DIGHE MURARIE

- ❑ **Tipologie, deterioramento e ripristino**
- ❑ **Sottopressioni**



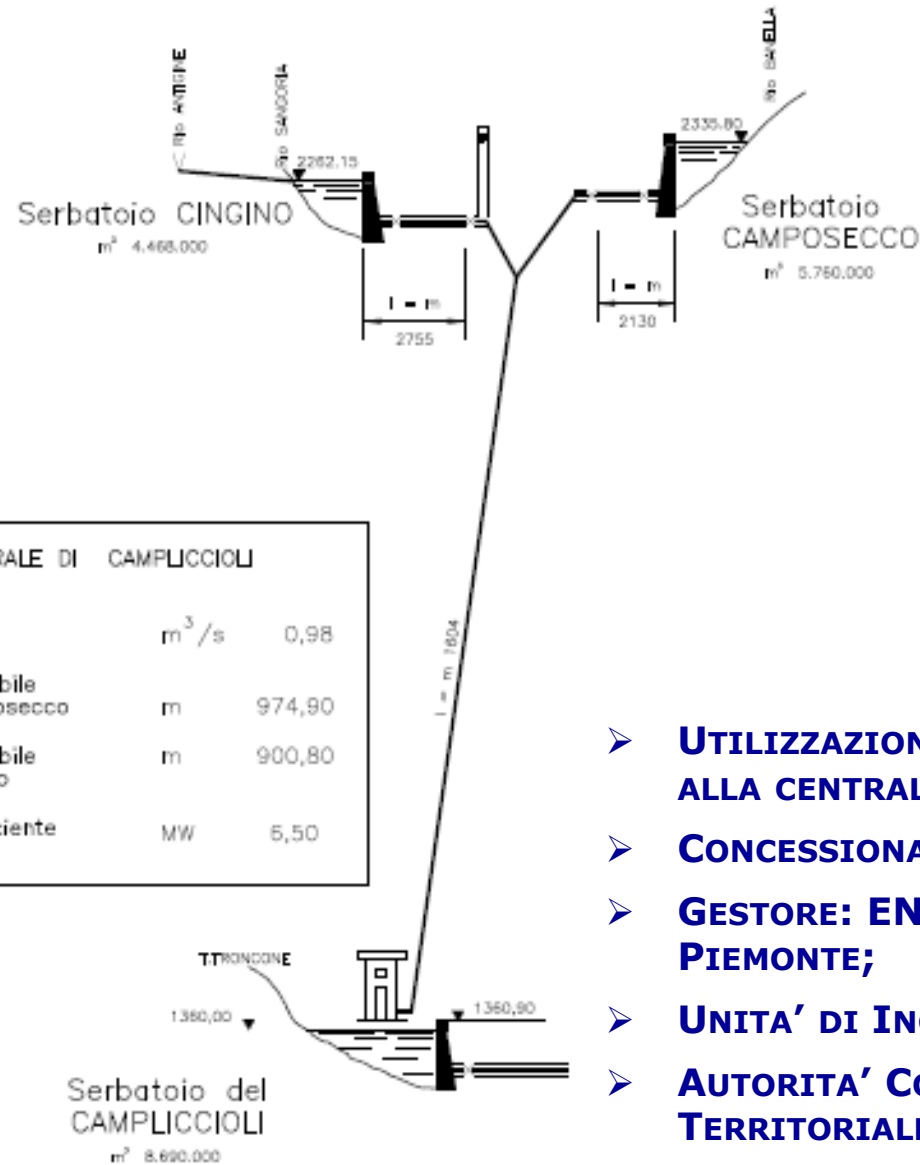
Diga di Cingino: Monitoraggio VS Intervento

INSERIMENTO TERRITORIALE DELLA DIGA DI CINGINO



- **LOCALITA': ALTA VALLE ANTRONA;**
- **COMUNE: ANTRONA SCHIERANCO;**
- **PROVINCIA: VERBANIA;**
- **CORSO D'ACQUA: RIO SANGORIA (AFFLUENTE DEL TORRENTE TRONCONE);**
- **BACINO PRINCIPALE: FIUME PO (SOTTOBACINO FIUME TOCE);**
- **BACINO IMBRIFERO: COMPRENDE UNA CONCA DI ORIGINE GLACIALE INCISA NEGLI GNEISS DELLA VARIETA' DENOMINATA "SERIZZO GHIANDONE". IL BACINO DIRETTAMENTE SOTTESO HA UNA FORMA COMPATTA AD ANFITEATRO CHE SI ESTENDE FINO AL CONFINE SVIZZERO DELLO STATO FEDERATO DI VALAIS.**

INSERIMENTO IMPIANTISTICO DELLA DIGA DI CINGINO



- **UTILIZZAZIONE DEL SERBATOIO: PRODUZIONE IDROELETTRICA ALLA CENTRALE DI CAMPLICCIOLI;**
- **CONCESSIONARIO: ENEL S.P.A.;**
- **GESTORE: ENEL PRODUZIONE S.P.A. – UB HYDRO PIEMONTE;**
- **UNITA' DI INGEGNERIA: ICI- SDOI TO**
- **AUTORITA' COMPETENTE: DIREZIONE DIGHE – UFFICIO TERRITORIALE DI TORINO.**

SINTESI DELLE CARATTERISTICHE DELLA DIGA: DESCRIZIONE DELL'OPERA



LA DIGA E' A GRAVITA' MASSICIA, PLANIMETRICAMENTE ARCUATA CON RAGGIO DI 250,00 M E SVILUPPO COMPLESSIVO DI 152,00 M, COSTRUITA IN MURATURA DI PIETRAME E MALTA CEMENTIZIA; LO SPESSORE DELL'OPERA AL CORONAMENTO E' PARI A 4,70 M.

IL CORPO DELLA DIGA E' IN BLOCCHI DI GNEISS GROSSOLANAMENTE SQUADRATI E POSATI SU LETTO DI MALTA DI CEMENTO.

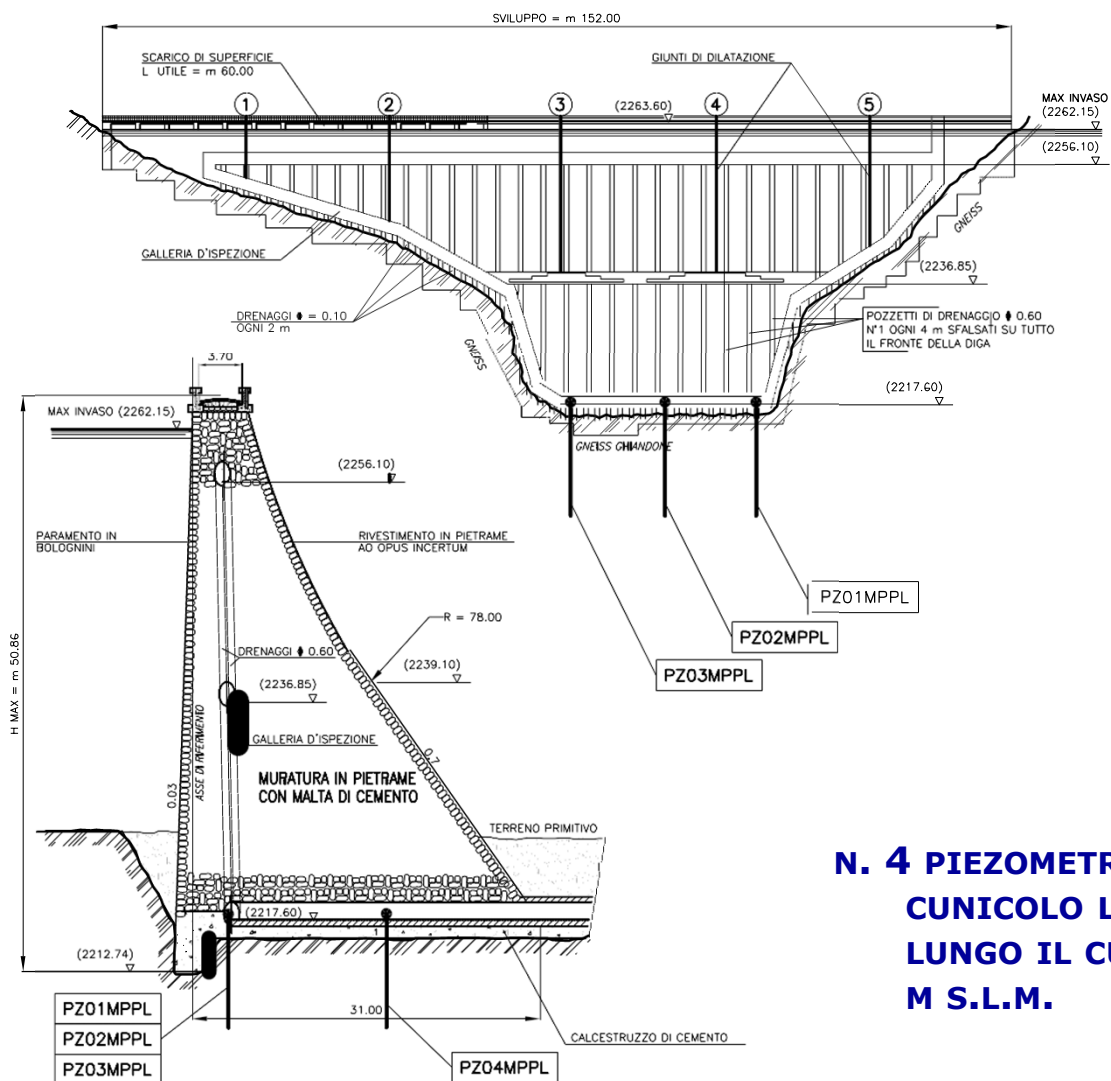
LA FONDAZIONE, COMPRESA TRA LA SUPERFICIE DELLA ROCCIA DI IMPOSTA E LA SOPRSTANTE STRUTTURA IN MURATURA DI PIETRAME, E' IN CALCESTRUZZO.

IL PARAMENTO DI MONTE HA INCLINAZIONE PARI A 0,03 ED E' REALIZZATO IN BOLOGNINI DI GNEISS CON GIUNTI STILATI CON MALTA DI CEMENTO. NEL 1968 IL PARAMENTO E' STATO OGGETTO DI INTERVENTO MANUTENTIVO PER L'IMPERMEABILIZZAZIONE MEDIANTE APPLICAZIONE DI UN RIVESTIMENTO METALLICO (SPESSORE 3 MM).

I DRENAGGI DEL CORPO DIGA SONO COSTITUITI DA UNA SERIE DI CANNE DEL DIAMETRO DI 60 CM AD INTERASSE DI 4,00 M TRA LA GALLERIA DI ISPEZIONE A QUOTA MINIMA (2217,60 M S.L.M.), CHE CORRE LUNGO LE FONDAZIONI, E LA GALLERIA SUPERIORE A QUOTA 2256,10 S.L.M.

PER QUANTO RIGUARDA IL DRENAGGIO DELLE FONDAZIONI, NON SONO PRESENTI CANNE DRENANTI ALL'INTERNO DI ESSE.

SINTESI DELLE CARATTERISTICHE DELLA DIGA: DATI F.C.E.M. E UBICAZIONE PIEZOMETRI



- **ALTEZZA DELLA DIGA (AI SENSI DEL D.M. 82): 50,86 m ;**
- **ALTEZZA DELLA DIGA (AI SENSI DELLA L. 584/94): 46,00 m ;**
- **ALTEZZA DI MASSIMA RITENUTA: 38,20 m ;**
- **QUOTA CORONAMENTO: 2363,60 m S.L.M.;**
- **QUOTA MASSIMO INVASO: 2262,15 m S.L.M.;**
- **QUOTA MASSIMA REGOLAZIONE: 2261,75 m S.L.M.;**
- **QUOTA MINIMA REGOLAZIONE: 2210,00 m S.L.M.;**
- **VOLUME TOTALE D'INVASO (AI SENSI D.M. 82): 4,52 x 10⁶ m³;**
- **VOLUME TOTALE D'INVASO (AI SENSI L. 584/94): 4,14 x 10⁶ m³.**

N. 4 PIEZOMETRI: 3 DEI QUALI UBICATI LUNGO IL CUNICOLO LONGITUDINALE INFERIORE E 1 UBICATO LUNGO IL CUNICOLO TRASVERSALE A QUOTA 2217,60 M S.L.M.

DENSITA' PIEZOMETRICA: 1PIEZ./ 12 M

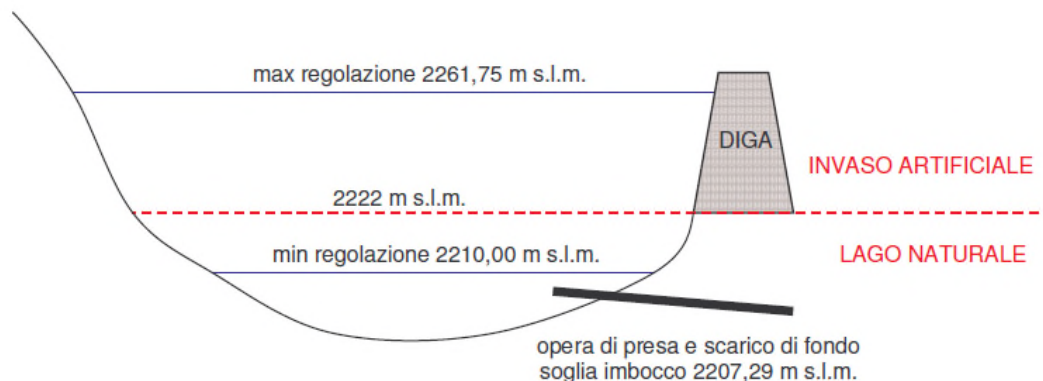
SINTESI DELLE CARATTERISTICHE DELLA DIGA: DATI F.C.E.M. (SCARICHI) E REGOLE DI ESERCIZIO



PORTATA ESITATA CON LIVELLO NEL SERBATOIO ALLA QUOTA 2262,15 M S.L.M.:

- **DALLO SCARICO DI SUPERFICIE: 25,00 m³/s;**
- **DALLO SCARICO DI ALLEGGERIMENTO: 42,50 m³/s;**
- **DALLO SCARICO DI FONDO: 12,00 m³/s;**

NEL PERIODO INVERNALE VIENE NORMALMENTE SOSPESA LA GUARDIANIA, MANTENENDO IL LIVELLO DELL'INVASO SOTTO LA QUOTA 2218 M S.L.M., RICADENTE NELLA PORZIONE NATURALE DEL LAGO, MOLTO AL DI SOTTO DEL PUNTO PIU' DEPRESSO DEL PARAMENTO DI MONTE, POSTO A QUOTA 2222 M S.L.M.



RICHIESTA DA PARTE D.D. DI MIGLIORAMENTO SISTEMA CONTROLLO PIEZOMETRIE IN FONDAZIONE E RISPOSTA ENEL

RICHIESTA DA PARTE D.D., DIV. V – COOR. CONTROLLO DIGHE IN ESERCIZIO:

"[...] AL RIGUARDO (PIEZOMETRIA, N.D.R.) NELL'ISTRUTTORIA CONDOTTA DALL'UFFICIO SPECIALISTICO VENNE SEGNALATA L'ESIGENZA DI MIGLIORARE IL MONITORAGGIO DELLE SOTTOPRESSIONI, INCREMENTANDO LA STRUMENTAZIONE PIEZOMETRICA, ATTUALMENTE CONSISTENTE NEI 4 PIEZOMETRI A TUBO APERTO INSTALLATI NELLA PARTE INFERIORE DEL CUNICOLO PERIMETRALE E NEL CUNICOLO RADIALE ALLA BASE DELLA STRUTTURA; CIO' NATURALMENTE ALLO SCOPO DI AVERE UN QUADRO PIU' COMPLETO DELLO STATO PIEZOMETRICO.

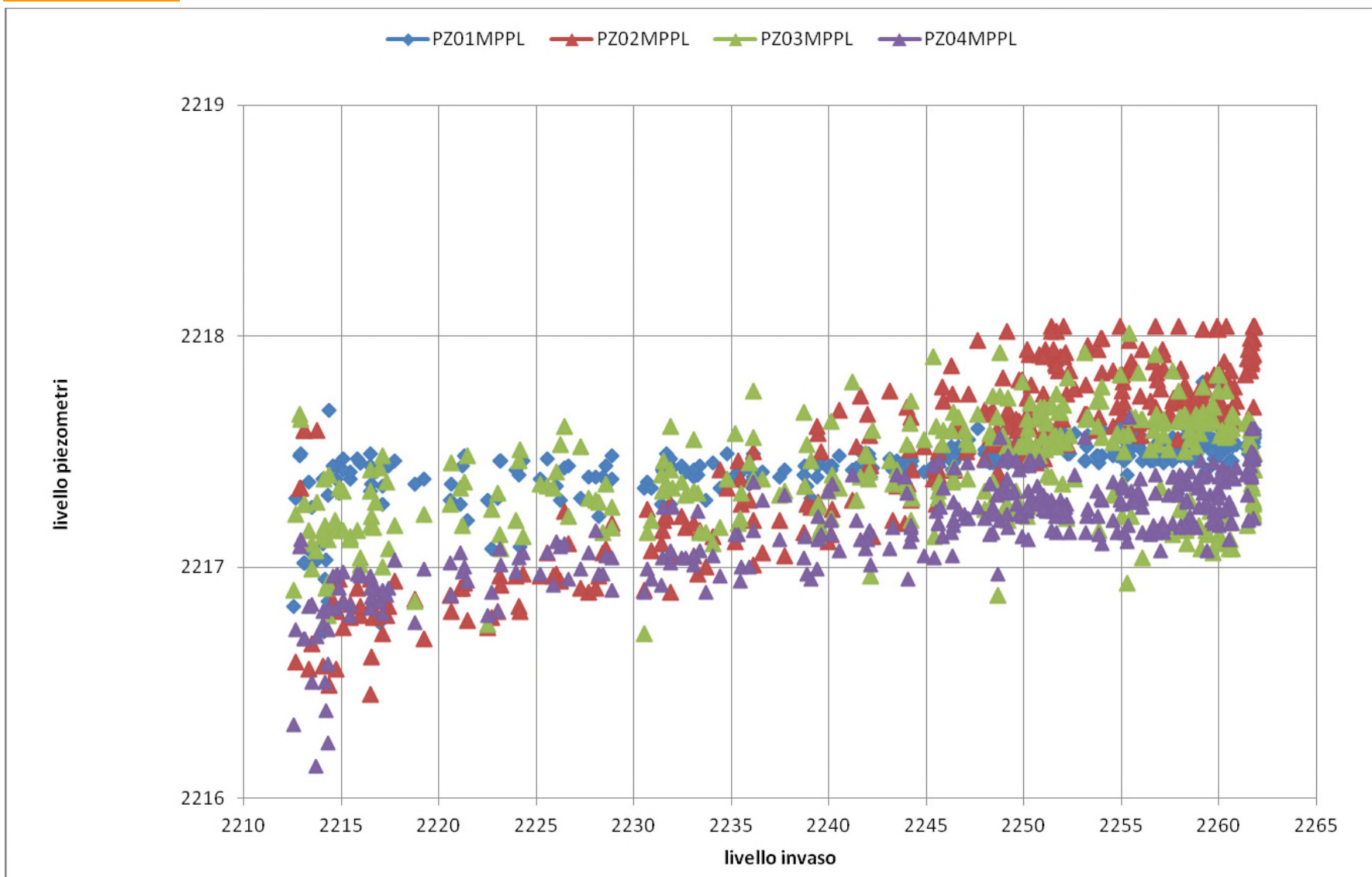
PERTANTO, IN ANALOGIA E COERENTEMENTE A QUANTO GIA' ATTUATO NEL CASO DELLA DIGA DI CAMPOSECCO, SI INVITA CODESTO CONCESSIONARIO A PRESENTARE CON URGENZA, NON OLTRE IL TERMINE DI 60 GIORNI DALLA PRESENTE, IL PROGRAMMA PER L'INSTALLAZIONE DEGLI ULTERIORI STRUMENTI PIEZOMETRICI, EVIDENZIANDONE LE CARATTERISTICHE DI REALIZZAZIONE E FUNZIONAMENTO, DOCUMENTANDO ALTRESI' SU ELABORATO GRAFICO IL RELATIVO POSIZIONAMENTO, TENUTO CONTO SOPRATTUTTO DELL'ESIGENZA DI UN'ADEGUATA DIFFUSIONE DEI NUOVI PUNTI DI MISURA SULL'INTERO SVILUPPO LONGITUDINALE".

RISPOSTA ENEL:

"[...] COME SI DESUME DAI DIAGRAMMI (ALLEGATO 1) DELL'ULTIMA ASSEVERAZIONE, NON SI RISCOVRANO MAI INNALZAMENTI FREQUENTATIVI TALI DA METTERE IN PRESSIONE I SENSORI ANCHE SE SI RISCOVRA UNA DEBOLE VARIABILITA' CORRELATA AL LIVELLO INVASO (ALLEGATO 2). A NOSTRO GIUDIZIO IL SISTEMA APPARE COERENTE E SUFFICIENTE E NON SI RAVVEDE LA NECESSITA' DI UN INFITTIMENTO DI TALE COMPLESSO STRUMENTALE. [...]

STANTI LE SUDDETTE CONDIZIONI RITENIAMO CHE LA STRUMENTAZIONE PIEZOMETRICA SIA SUFFICIENTEMENTE DIFFUSA AL FINE DI MONITORARE L'ANDAMENTO DELLE SOTTOPRESSIONI AGENTI E CHE NON SI SIANO EVIDENZIATI GUASTI STRUMENTALI CHE METTANO IN DUBBIO LE RILEVAZIONI FIN QUI ACQUISITE. [...]

CONDIZIONI A SUPPORTO RISPOSTA ENEL: ANDAMENTI PIEZOMETRICI TEMPORALI

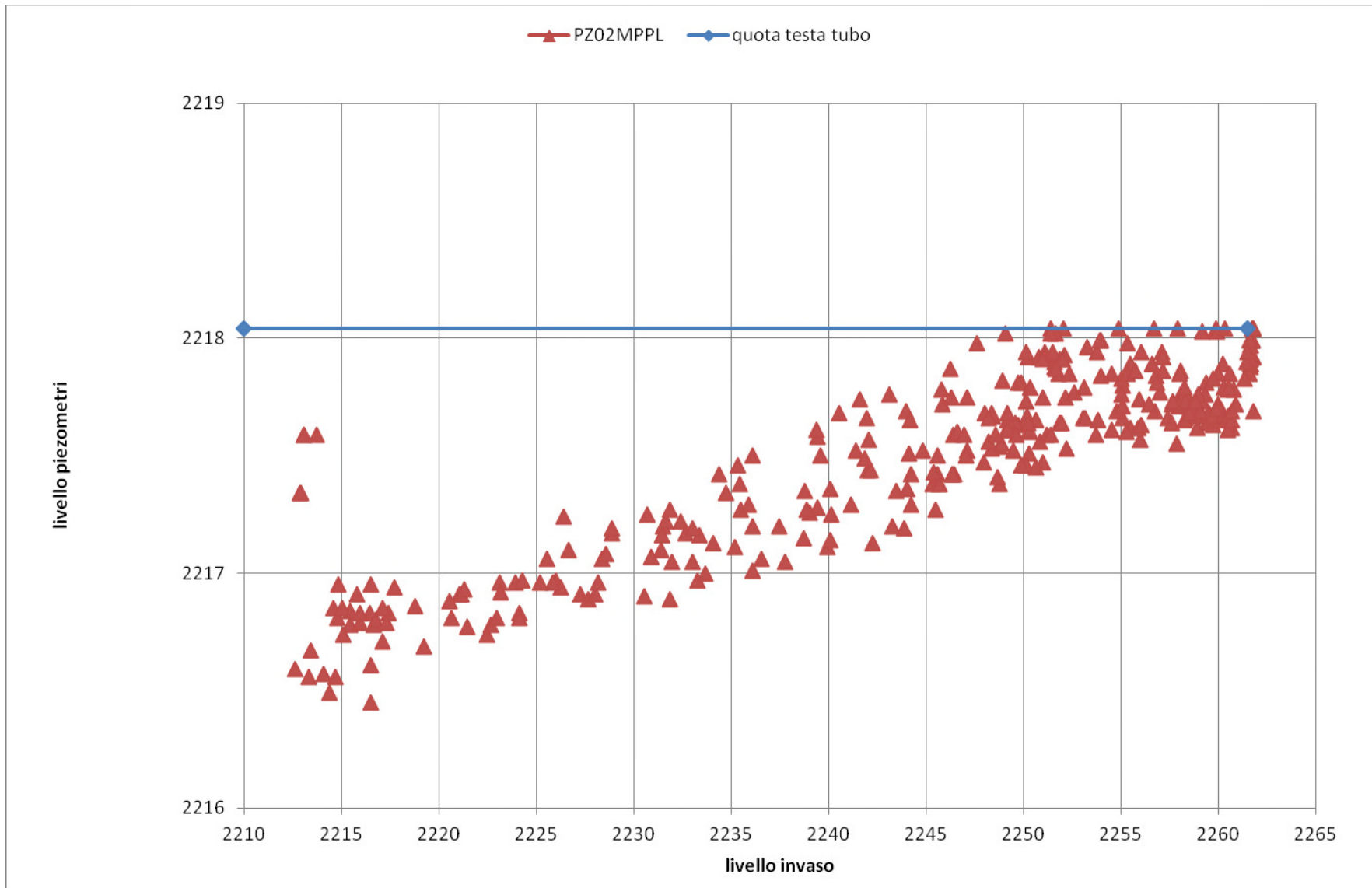


CORRELAZIONE LIVELLO PIEZOMETRI – LIVELLO INVASO

L' AUMENTO DEL LIVELLO PIEZOMETRICO E' LEGATO ALL' AUMENTO DEL LIVELLO INVASO

DATI IN M S.L.M.

CONDIZIONI A SUPPORTO RISPOSTA ENEL: ANDAMENTI PIEZOMETRICI TEMPORALI



CORRELAZIONE LIVELLO PIEZOMETRI – LIVELLO INVASO

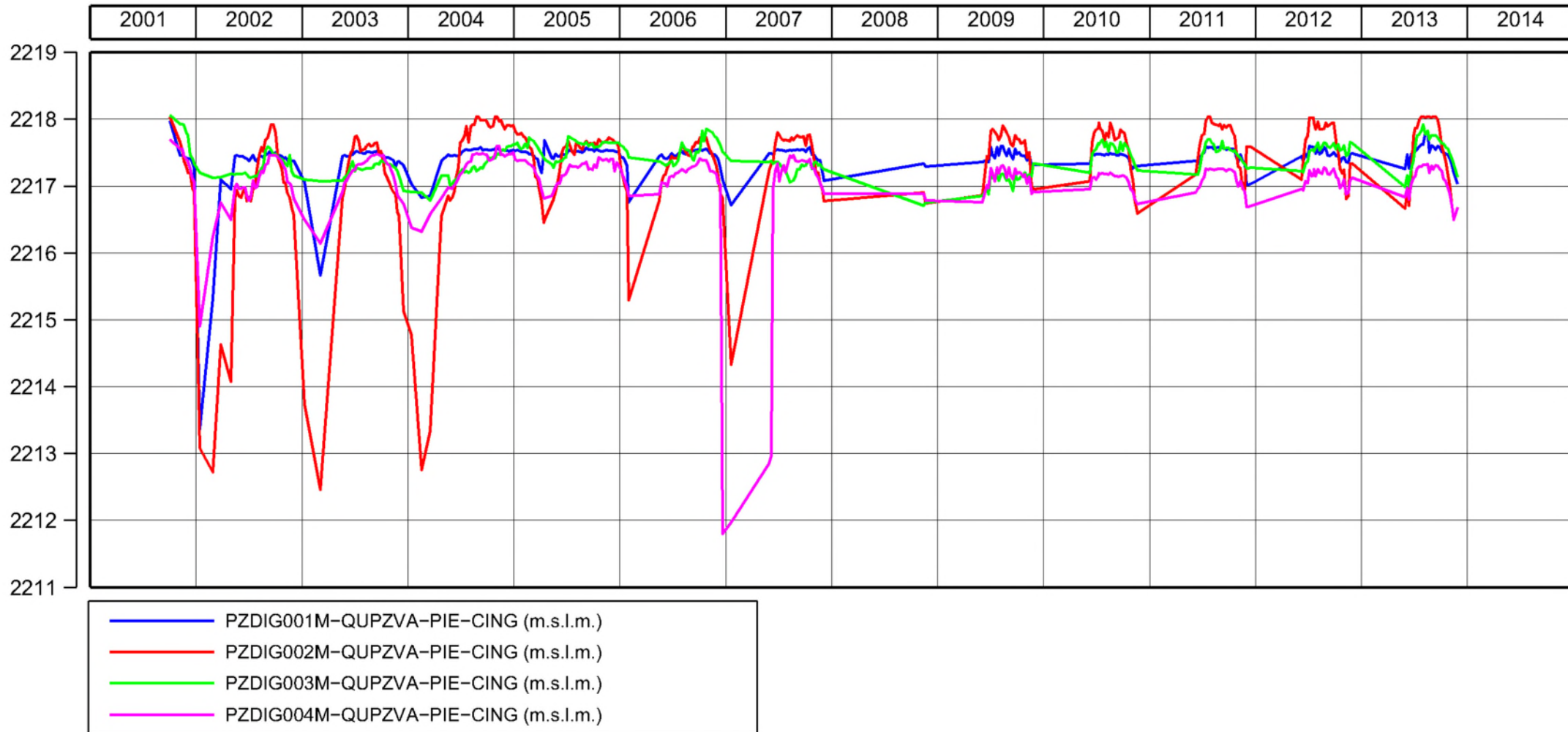
PIEZOMETRO N.2: E' QUELLO CHE RISENTE MAGGIORMENTE DELL'ESCURSIONE DEL LIVELLO INVASO, PER QUESTO E' STATA PREVISTA L'INSTALLAZIONE DI UN MANOMETRO IN SUA CORRISPONDENZA

DATI IN M S.L.M.

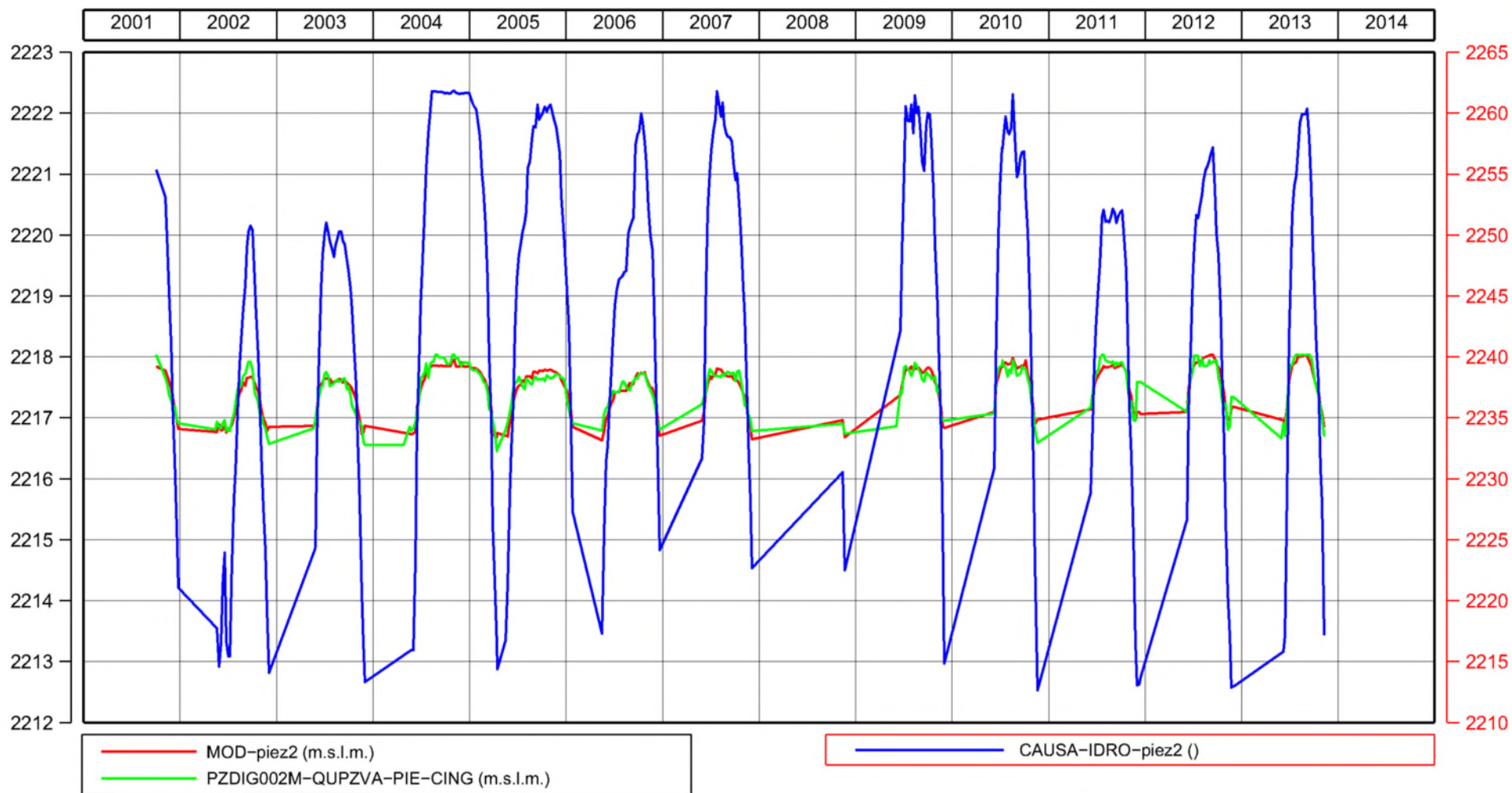
Giornata di formazione ICI



CONDIZIONI A SUPPORTO RISPOSTA ENEL: ANDAMENTI PIEZOMETRICI TEMPORALI

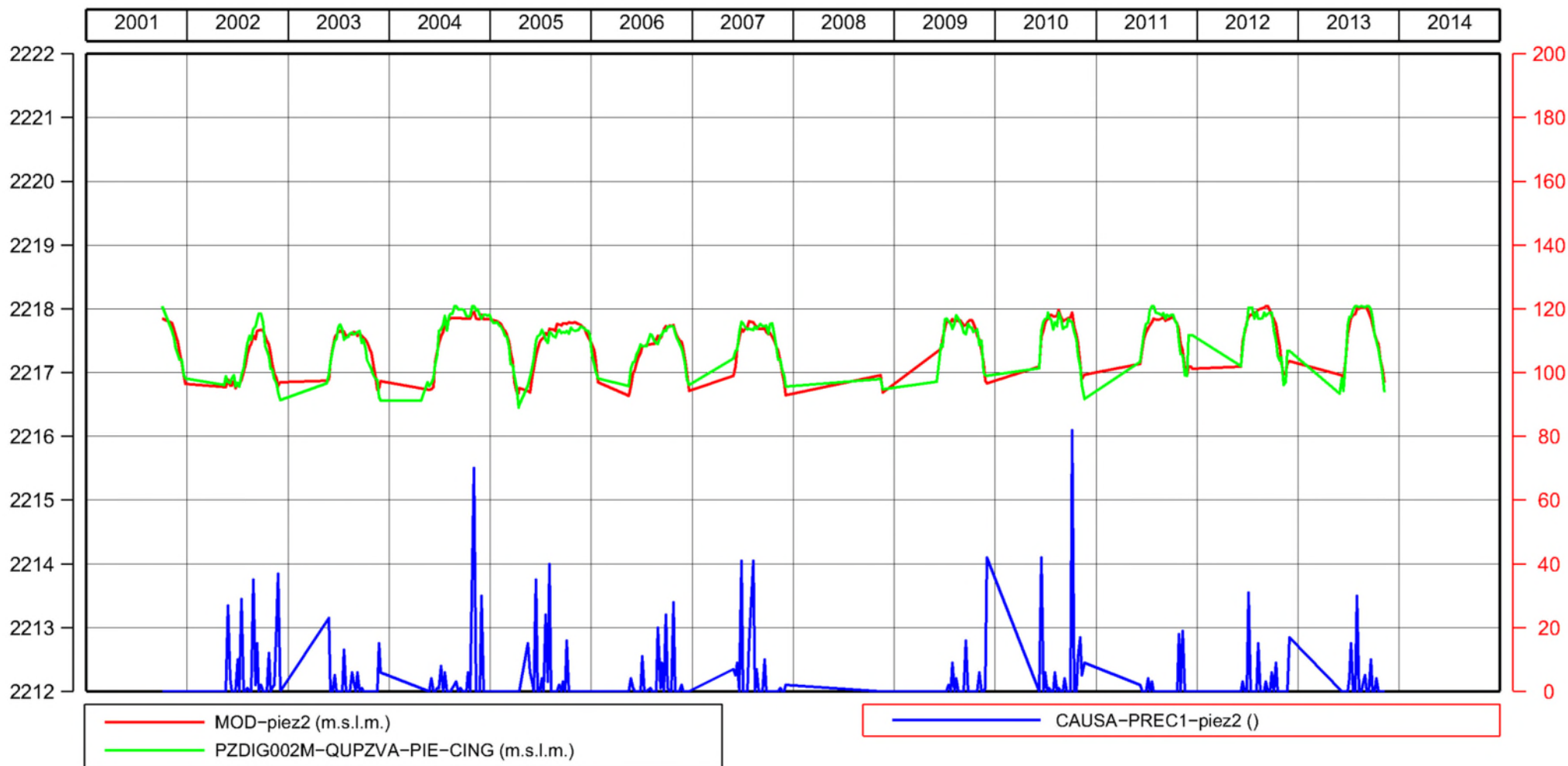


CONDIZIONI A SUPPORTO RISPOSTA ENEL: ANDAMENTI PIEZOMETRICI TEMPORALI



MODELLO MOST + ANDAMENTO PIEZOMETRO N.2 → ANDAMENTO MOLTO INFLUENZATO DALLA CAUSA IDRO...

CONDIZIONI A SUPPORTO RISPOSTA ENEL: ANDAMENTI PIEZOMETRICI TEMPORALI

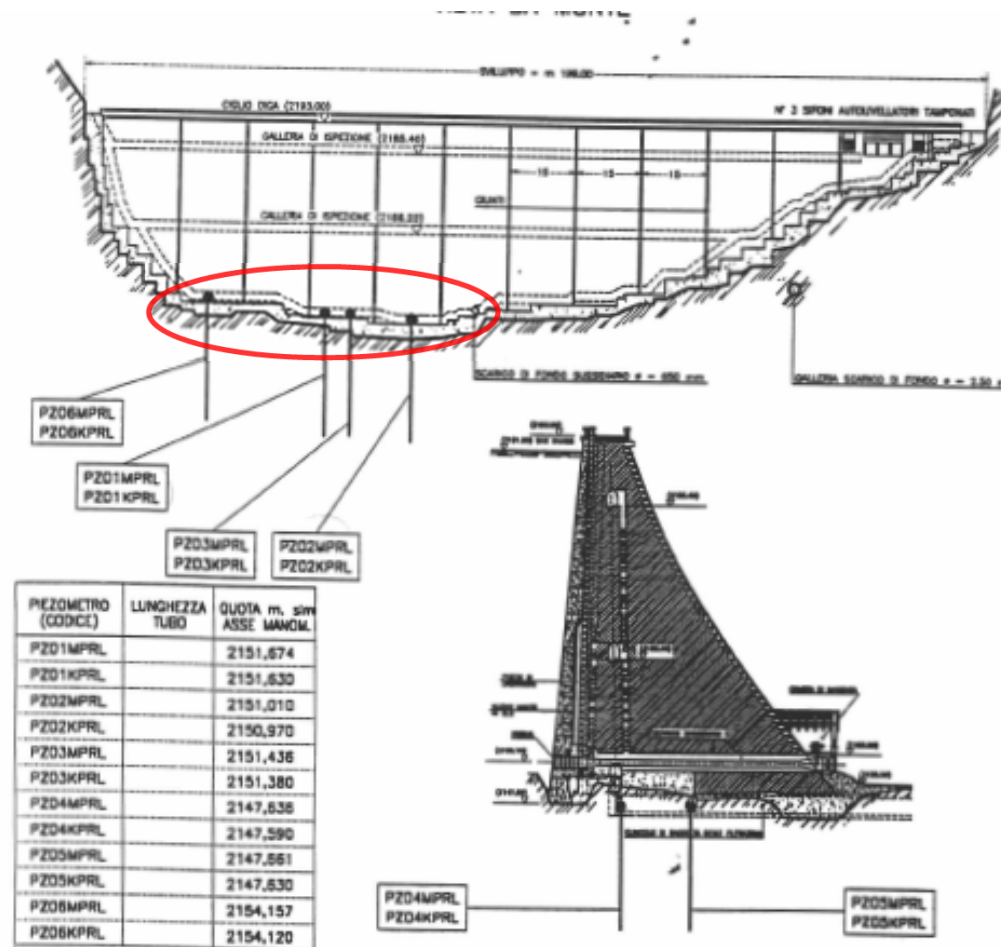


...MA C'E' SICURAMENTE ANCHE UN'INFLUENZA DELLA CAUSA PRECIPITAZIONE METEORICA...

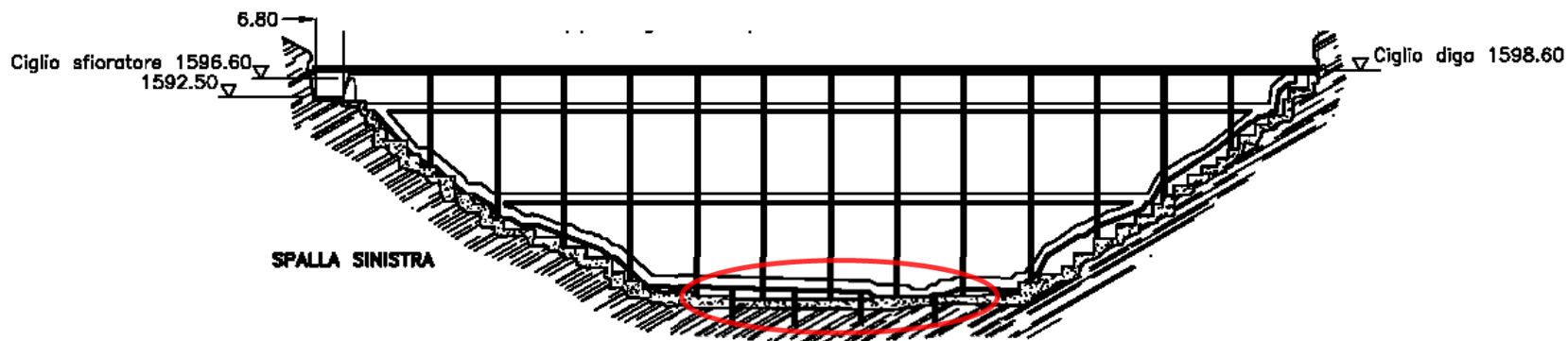
CONDIZIONI A SUPPORTO RISPOSTA ENEL: CONFRONTO CON ALTRE DIGHE IN MURATURA DI PIETREME E MALTA

DIGA VALTOGGIA (VB)

- SVILUPPO CORONAMENTO: 199 M
- ZONA PIÙ DEPRESSA: 120 M
- PIEZOMETRI: 4 + 2
- DENSITÀ PIEZ. CUNICOLO PERIM: 1 P. / 30 M

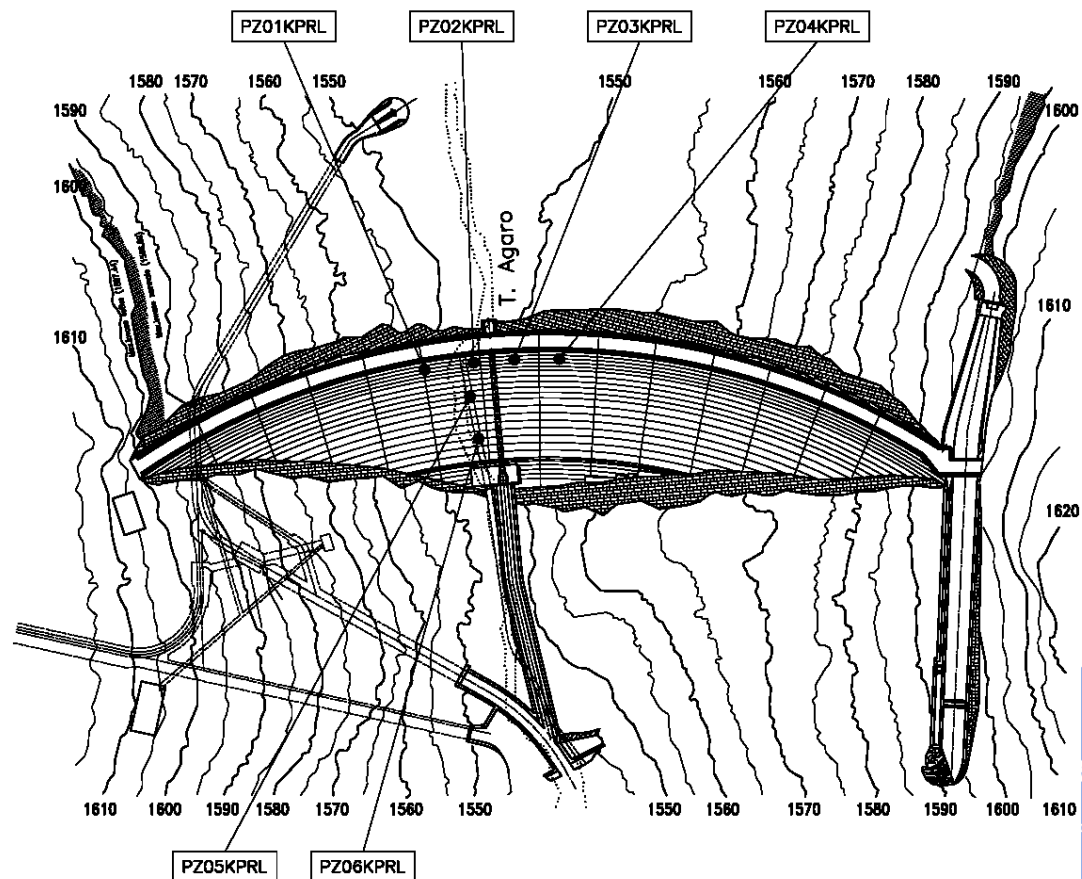


CONDIZIONI A SUPPORTO RISPOSTA ENEL: CONFRONTO CON ALTRE DIGHE IN MURATURA DI PIETREME E MALTA



DIGA AGARO (VB)

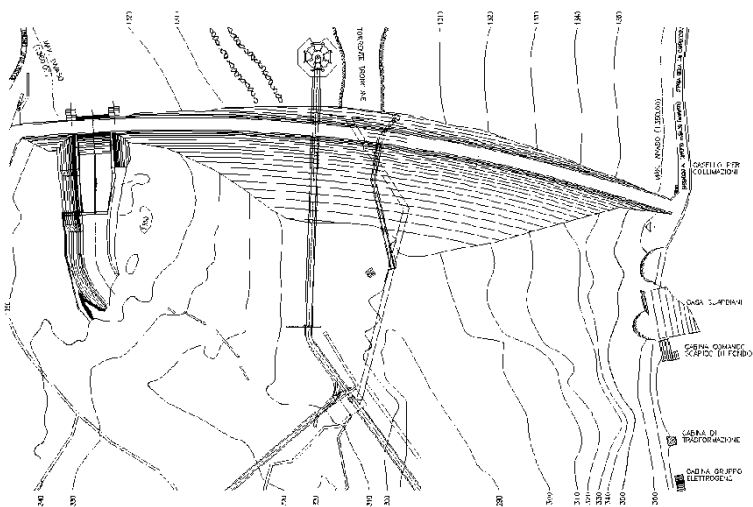
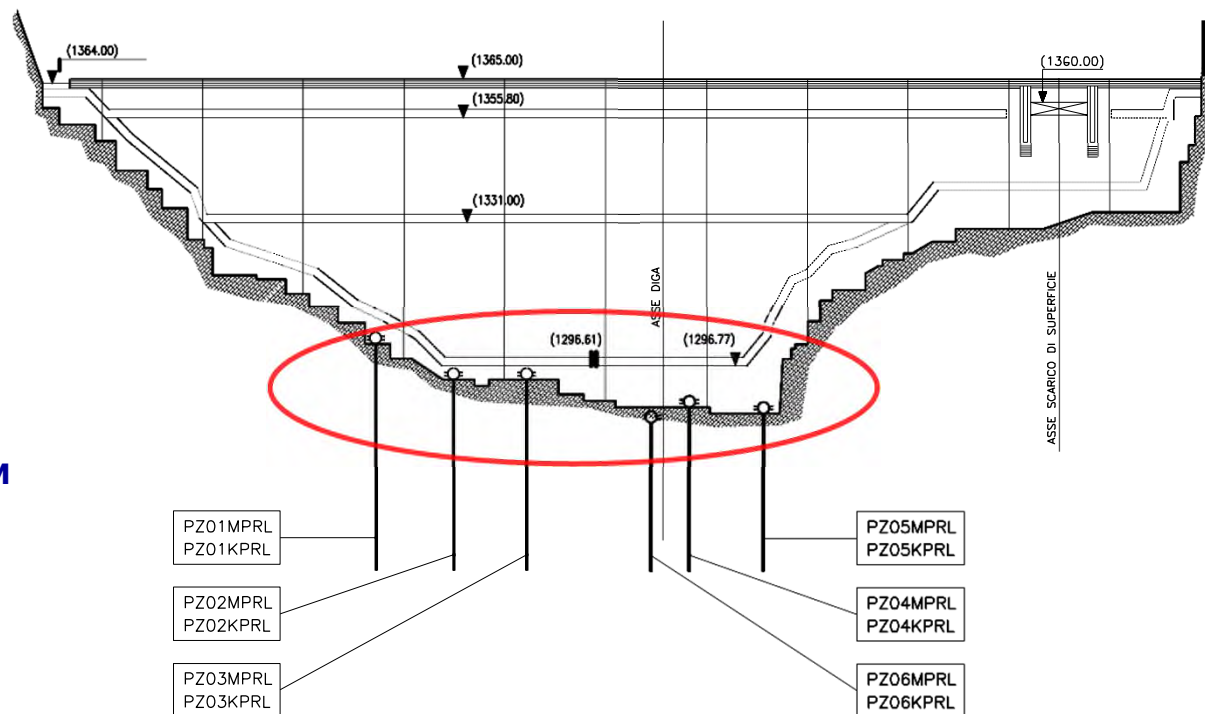
- SVILUPPO CORONAMENTO: 243 M
- ZONA PIÙ DEPRESSA: 80 M
- PIEZOMETRI: 4 + 2
- DENSITÀ PIEZ. CUNICOLO PERIM.: 1 P. / 20 M



CONDIZIONI A SUPPORTO RISPOSTA ENEL: CONFRONTO CON ALTRE DIGHE IN MURATURA DI PIETREME E MALTA

DIGA CAMPLICCIOLI (VB)

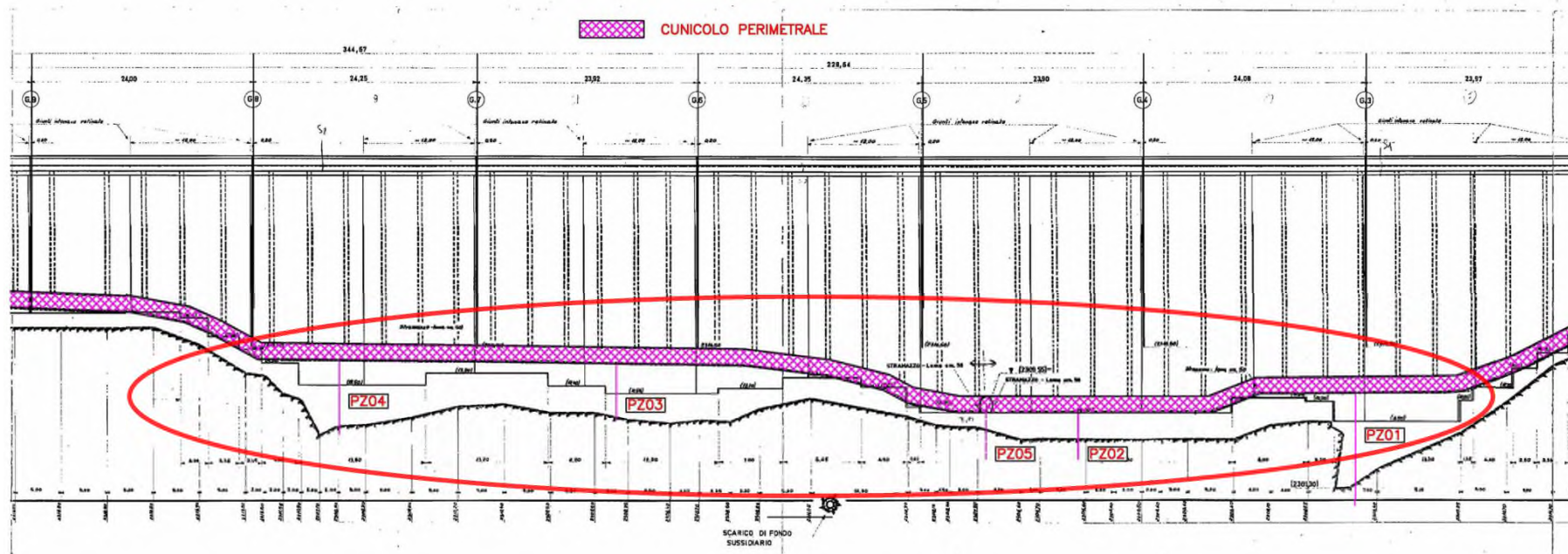
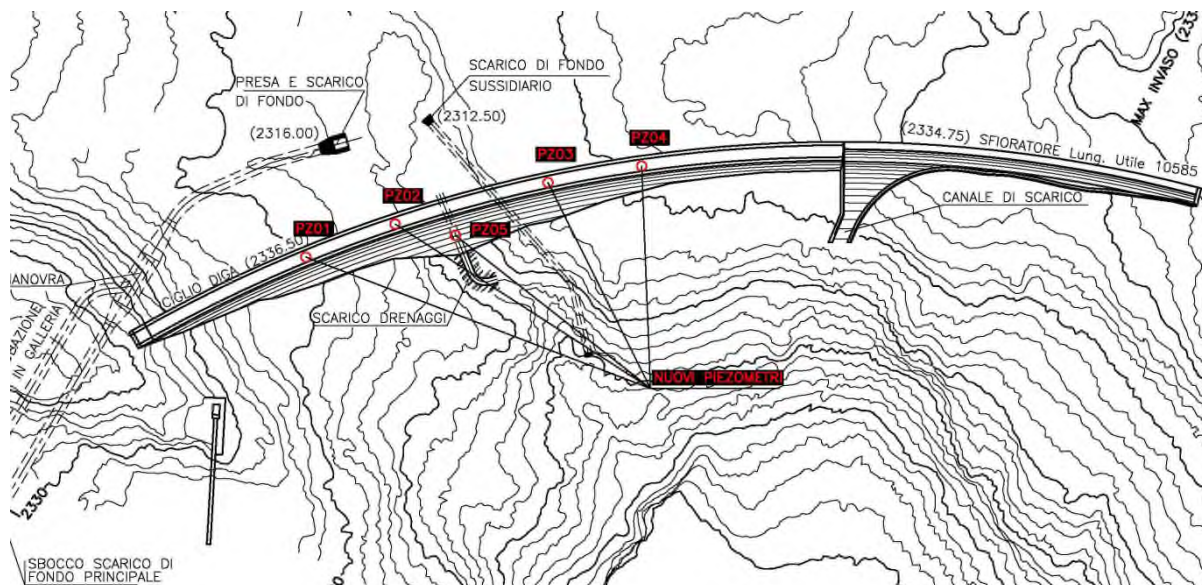
- SVILUPPO CORONAMENTO: 278,20 M
- ZONA PIÙ DEPRESSA: 92 M
- PIEZOMETRI: 5 + 1
- DENSITÀ PIEZ. CUNICOLO INF: 1 P. / 18,4 M



CONDIZIONI A SUPPORTO RISPOSTA ENEL: CONFRONTO CON ALTRE DIGHE IN MURATURA DI PIETREME E MALTA

DIGA CAMPOSECCO (VB)

- SVILUPPO CORONAMENTO: 347,50 M
- ZONA PIÙ DEPRESSA: 120 M
- PIEZOMETRI: 4 + 1
- DENSITÀ PIEZ. CUNICOLO PERIM: 1 P. / 30 M



MONITORAGGIO PERDITE VS. INTERVENTO SU PARAMENTO DI MONTE

DETERIORAMENTO DIFFUSO DEL PARAMENTO DI MONTE METALLICO, DA IMPUTARSI A FENOMENI CORROSIVI, SOLLECITAZIONE A FATICA DEL METALLO, MA ANCHE AZIONE DEL GELO ED AGENTI ATMOSFERICI (IN SEGUITO ALLE REGOLE DI ESERCIZIO CHE COMPORTANO LO SVASO NEL PERIODO INVERNALE).



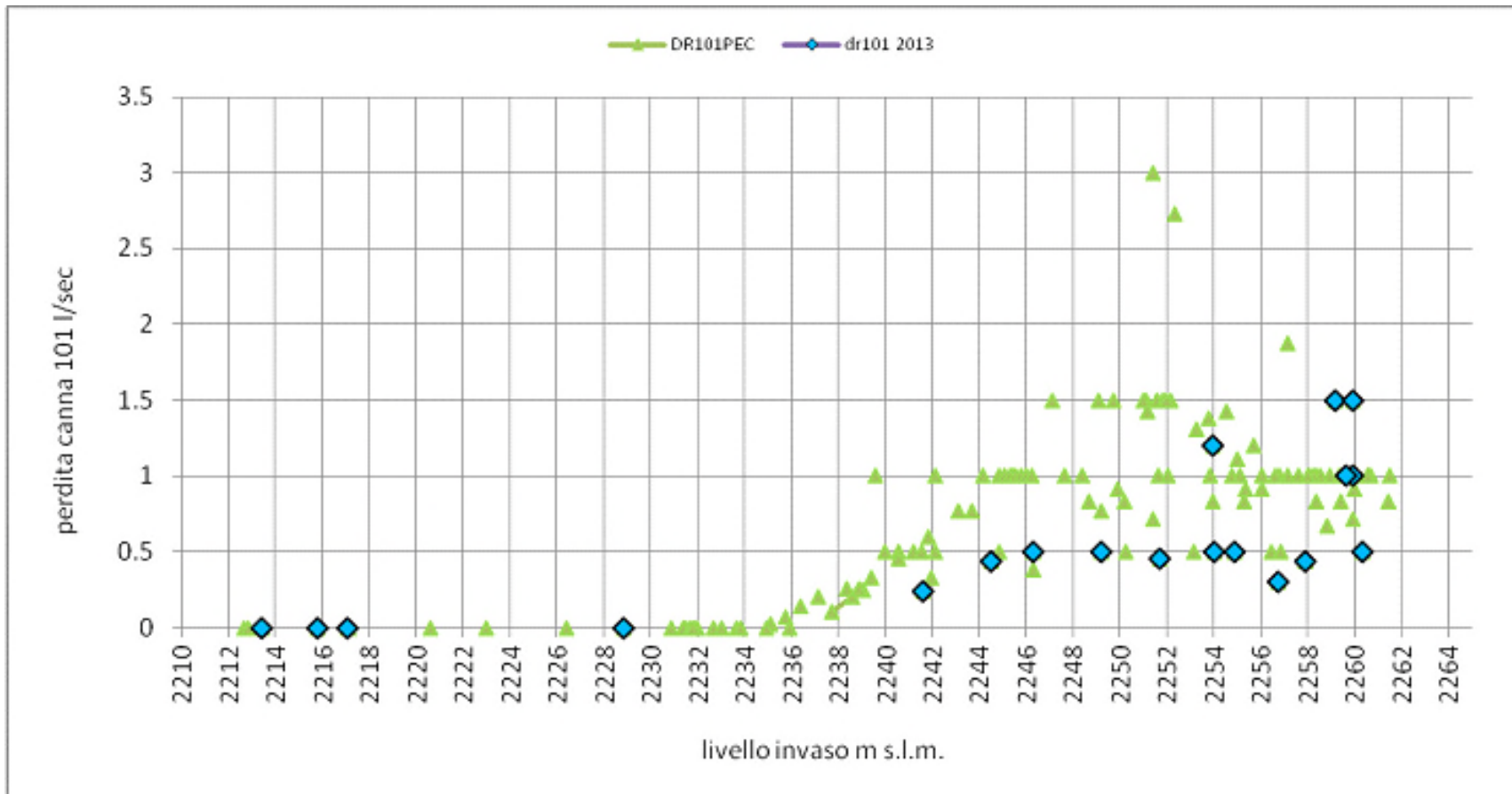
NEL 2008 ESEGUITO PRIMO INTERVENTO DI IMPERMEABILIZZAZIONE DEL PARAMENTO METALLICO.

SUCCESSIVO INTERVENTO ESEGUITO NEL 2013: SIGILLATURA DEI FORI PRESENTI SUL RIVESTIMENTO IN LAMIERA DEL PARAMENTO DI MONTE IN SPONDA SINISTRA.

PERSISTONO TUTTAVIA ALCUNE AREE CON PERDITE SIGNIFICATIVE: SITUAZIONE DI DIFFICILE RIPARAZIONE A CAUSA DELL'ESTENSIONE DEL FENOMENO CORROSIVO.

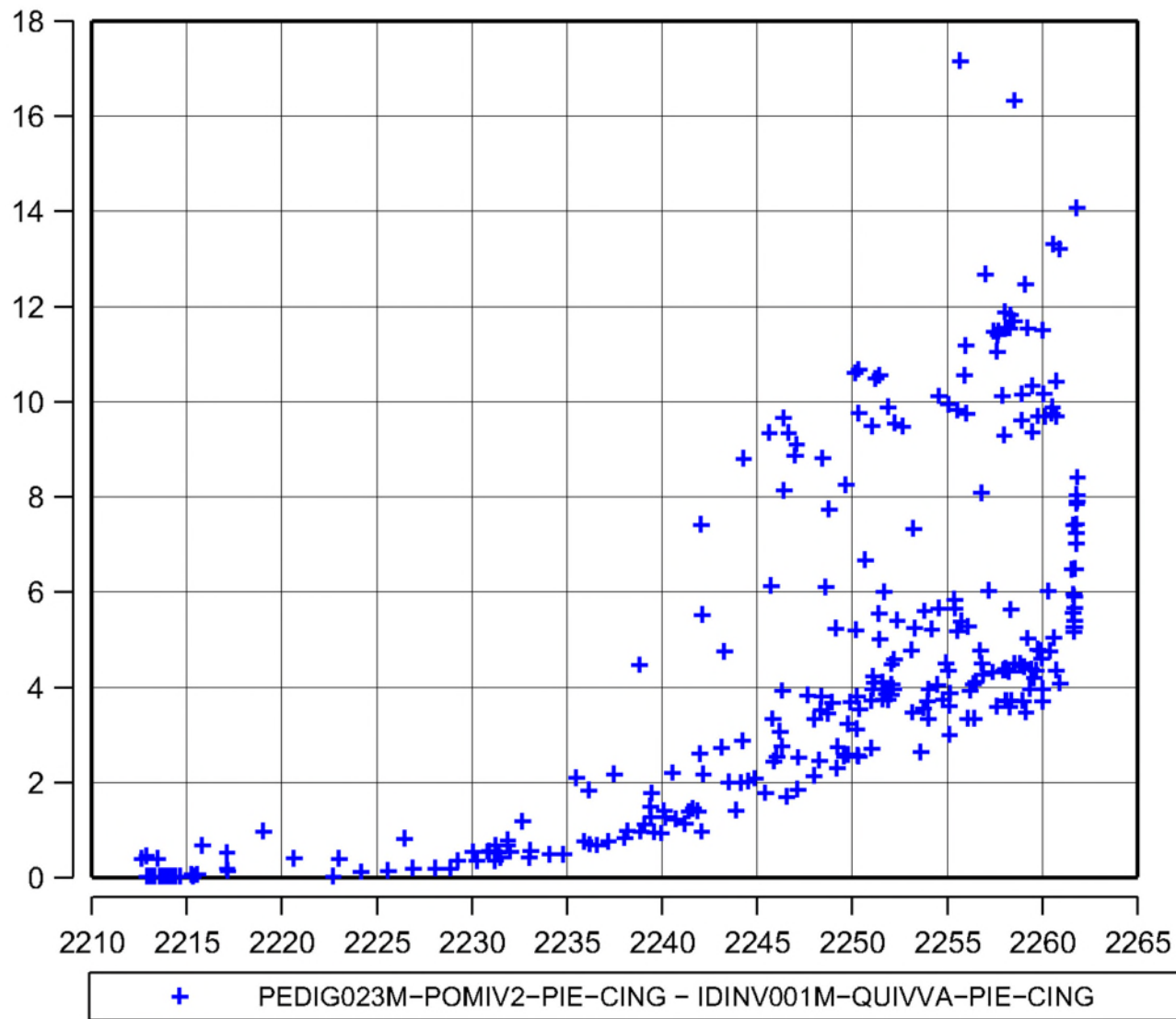
SOLUZIONE RADICALE → PROGETTO NUOVO PARAMENTO DI MONTE

MONITORAGGIO PERDITE VS. INTERVENTO SU PARAMENTO DI MONTE



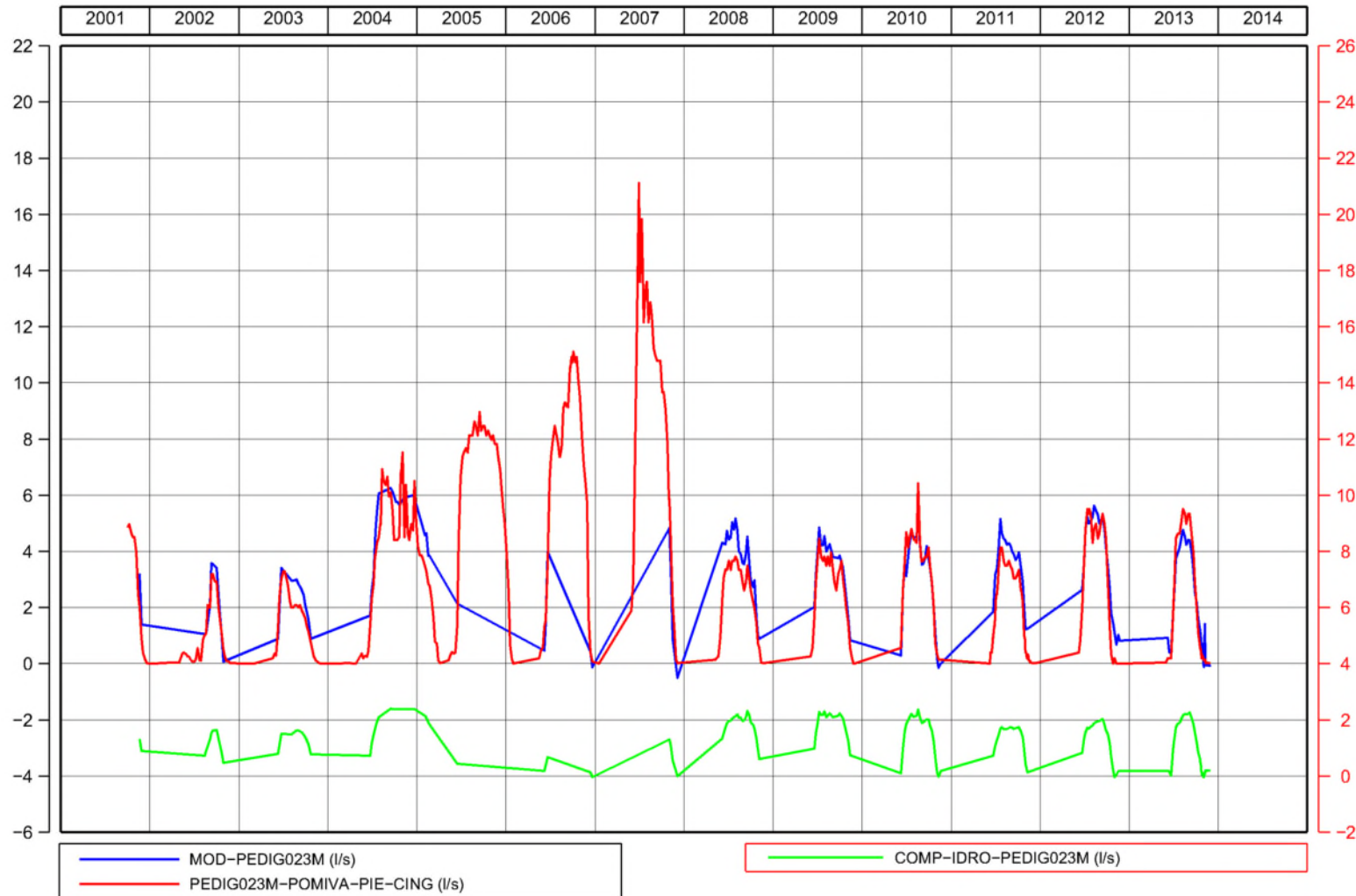
E' STATO NOTATA UNA PERDITA CONCENTRATA PIUTTOSTO RILEVANTE IN CORRISPONDENZA DELLA CANNA DRENANTE N.101, LA CUI QUOTA DI INNESCO IPOTETICA E' PARI A 2238,10 M S.L.M.

MONITORAGGIO PERDITE VS. INTERVENTO SU PARAMENTO DI MONTE



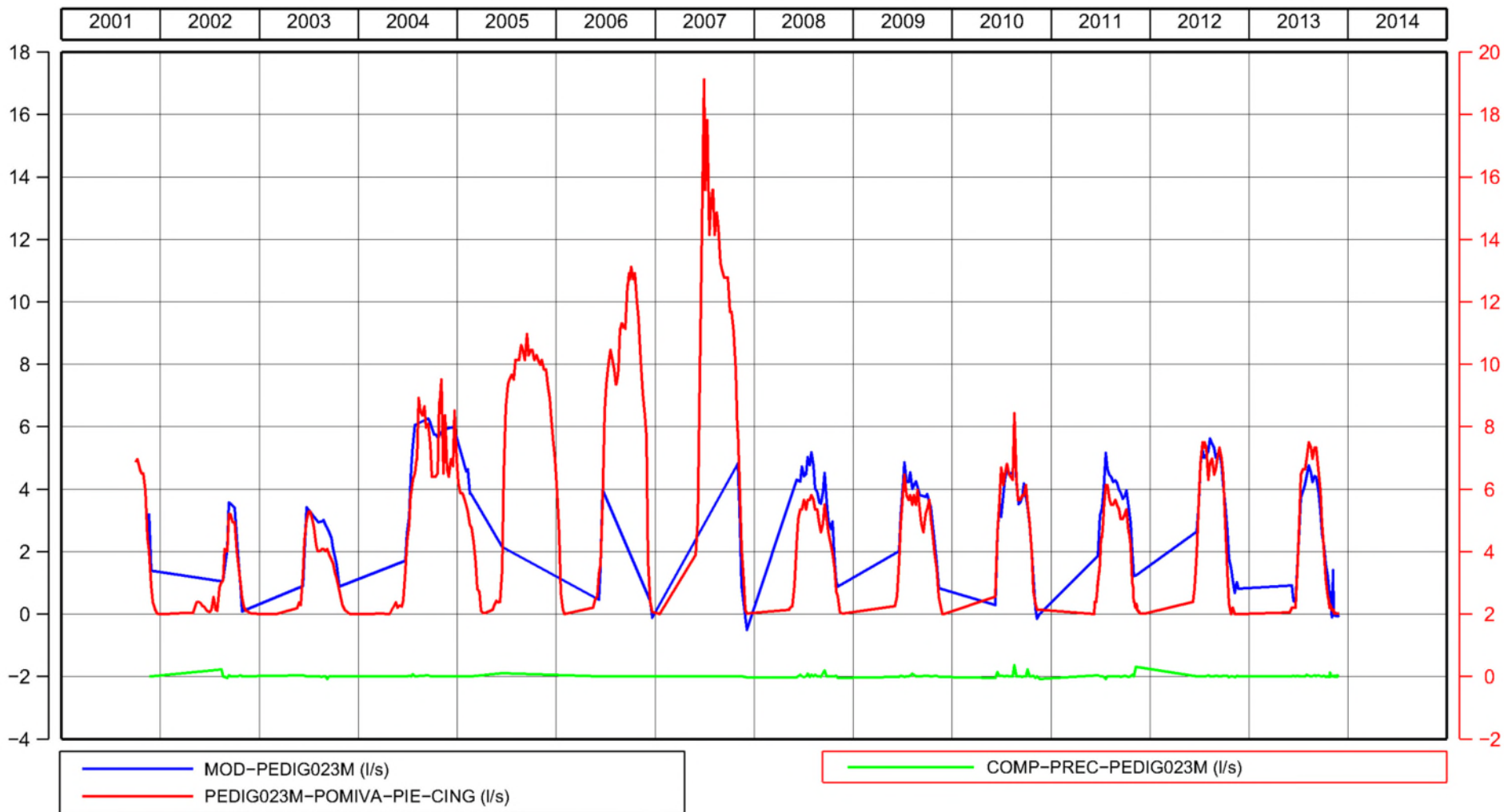
PERDITA TOTALE DIGA: SI RISPONDE A UN SIGNIFICATIVO AUMENTO ALL'AUMENTARE DEL LIVELLO INVASO...

MONITORAGGIO PERDITE VS. INTERVENTO SU PARAMENTO DI MONTE



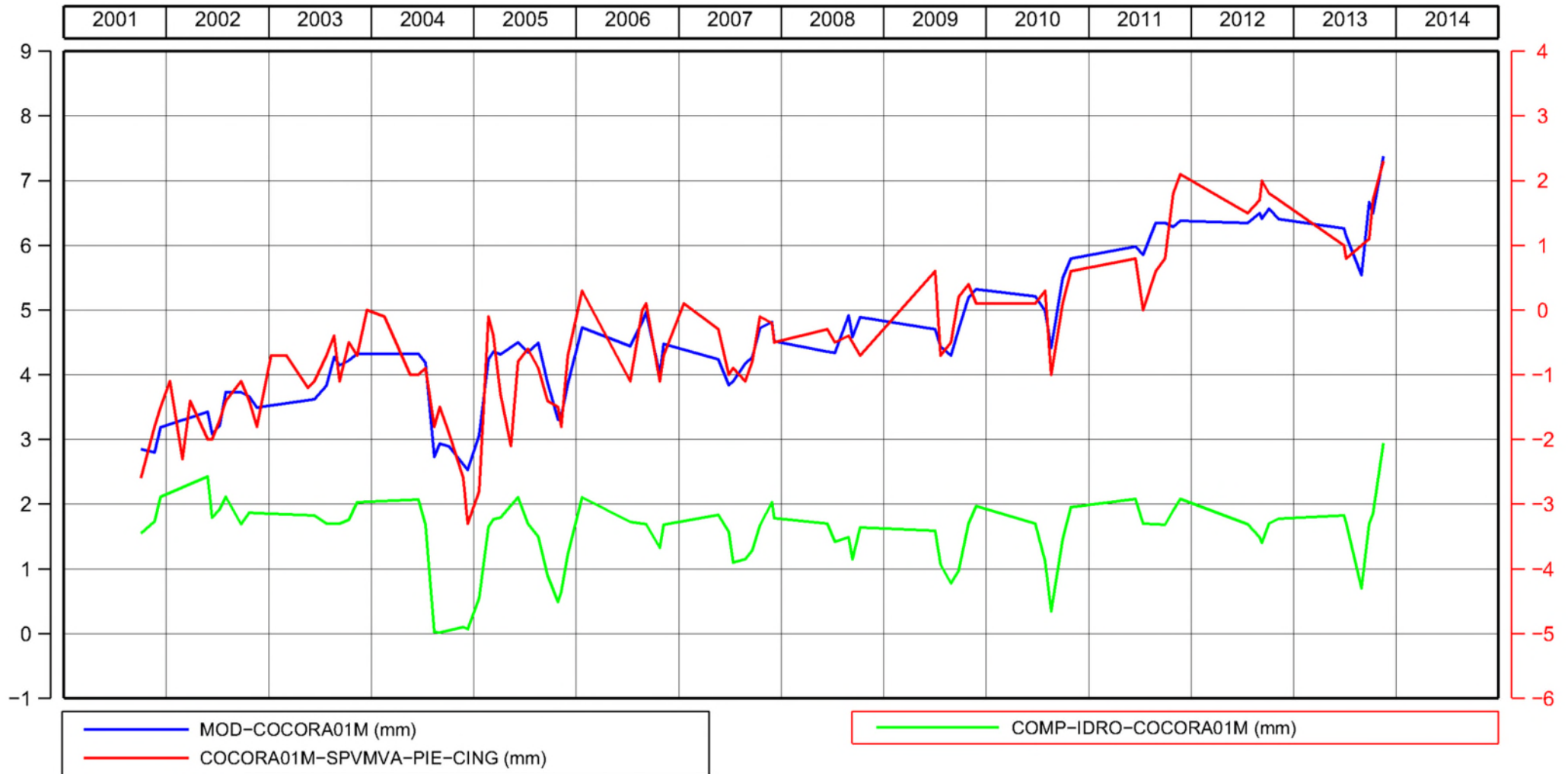
PERDITA TOTALE DIGA: MODELLO MOST + ANDAMENTO: IL MODELLO NON RILEVA ALCUNI PICCHI, TUTTAVIA SI RISCONTRA UNA SIGNIFICATIVA CORRELAZIONE ALLA CAUSA IDRO...

MONITORAGGIO PERDITE VS. INTERVENTO SU PARAMENTO DI MONTE



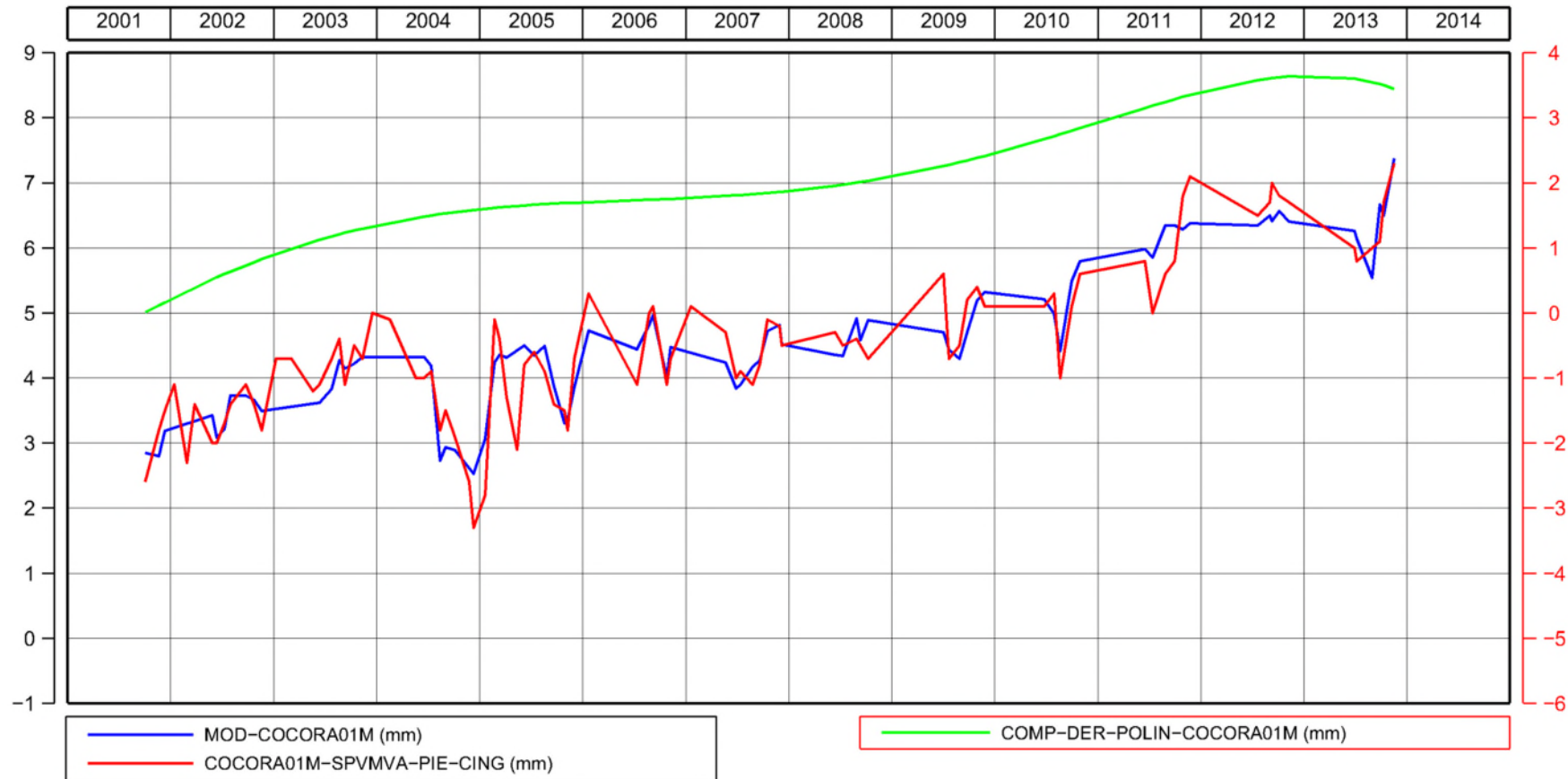
PERDITA TOTALE DIGA: MODELLO MOST + ANDAMENTO: SCARSA INFLUENZA DELLA COMPONENTE PRECIPITAZIONE METEORICA SUL MODELLO...

ALTRI ELEMENTI DEL MONITORAGGIO: COLLIMAZIONI



COLLIMAZIONE MIRA A: MODELLO MOST + ANDAMENTO: SI NOTA UN'INFLUENZA DELLA COMPONENTE IDRO...

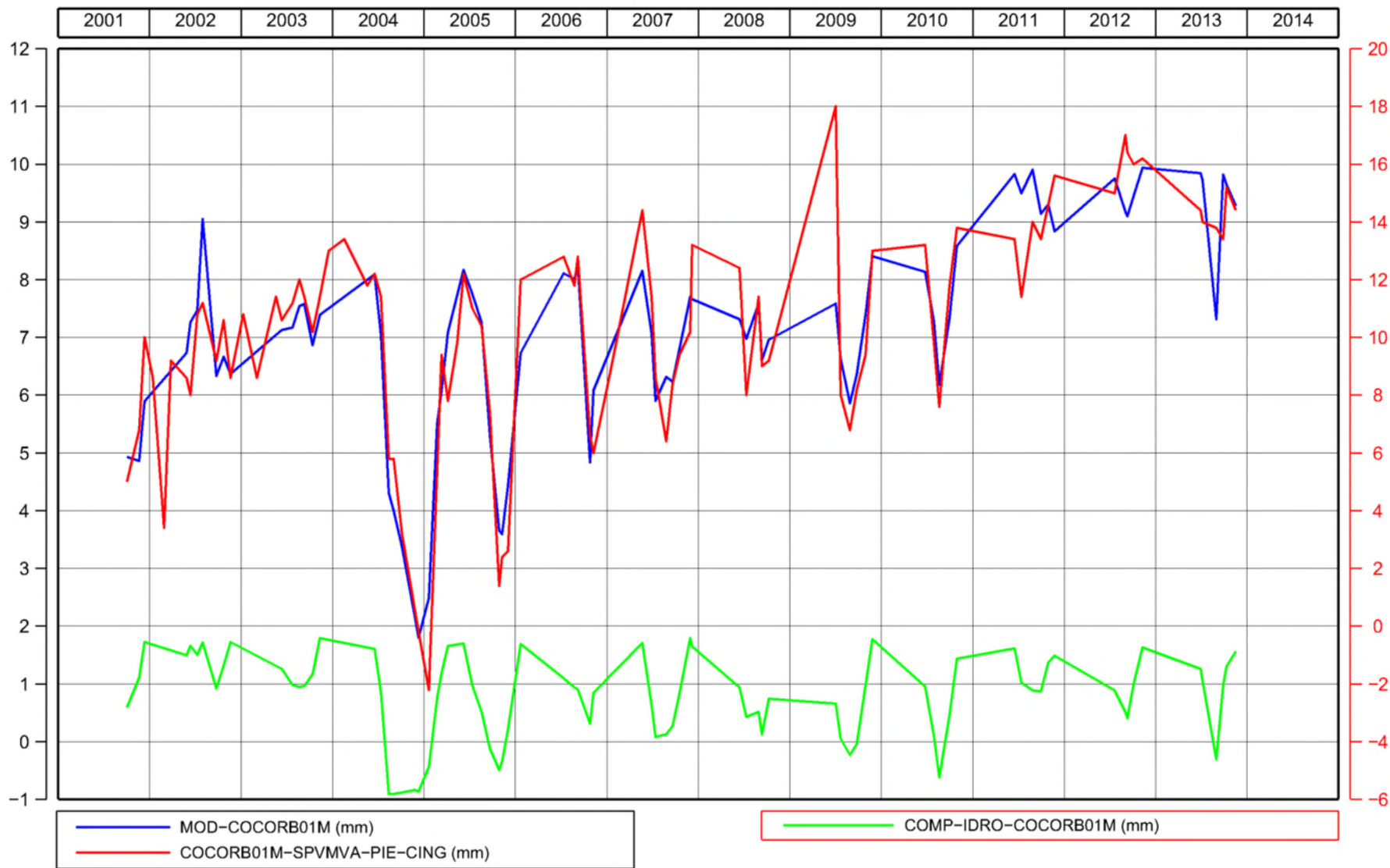
ALTRI ELEMENTI DEL MONITORAGGIO: COLLIMAZIONI



COLLIMAZIONE MIRA A: MODELLO MOST + ANDAMENTO: SI NOTA UNA PIU' MARCATA INFLUENZA DELLA DERIVA VERSO MONTE. LE CAUSE DI QUESTA DERIVA SONO IPOTIZZABILI IN:

- **1) MINOR SPINTA IDROSTATICA NEI PERIODI DI INVASO BASSO;**
- **2) EFFETTO TERMICO (DILATAZIONE) NEI MESI ESTIVI IN PRESENZA DI INVASO BASSO, DEFORMAZIONE NON DEL TUTTO REVERSIBILE CHE SI TRADUCE IN DERIVA**

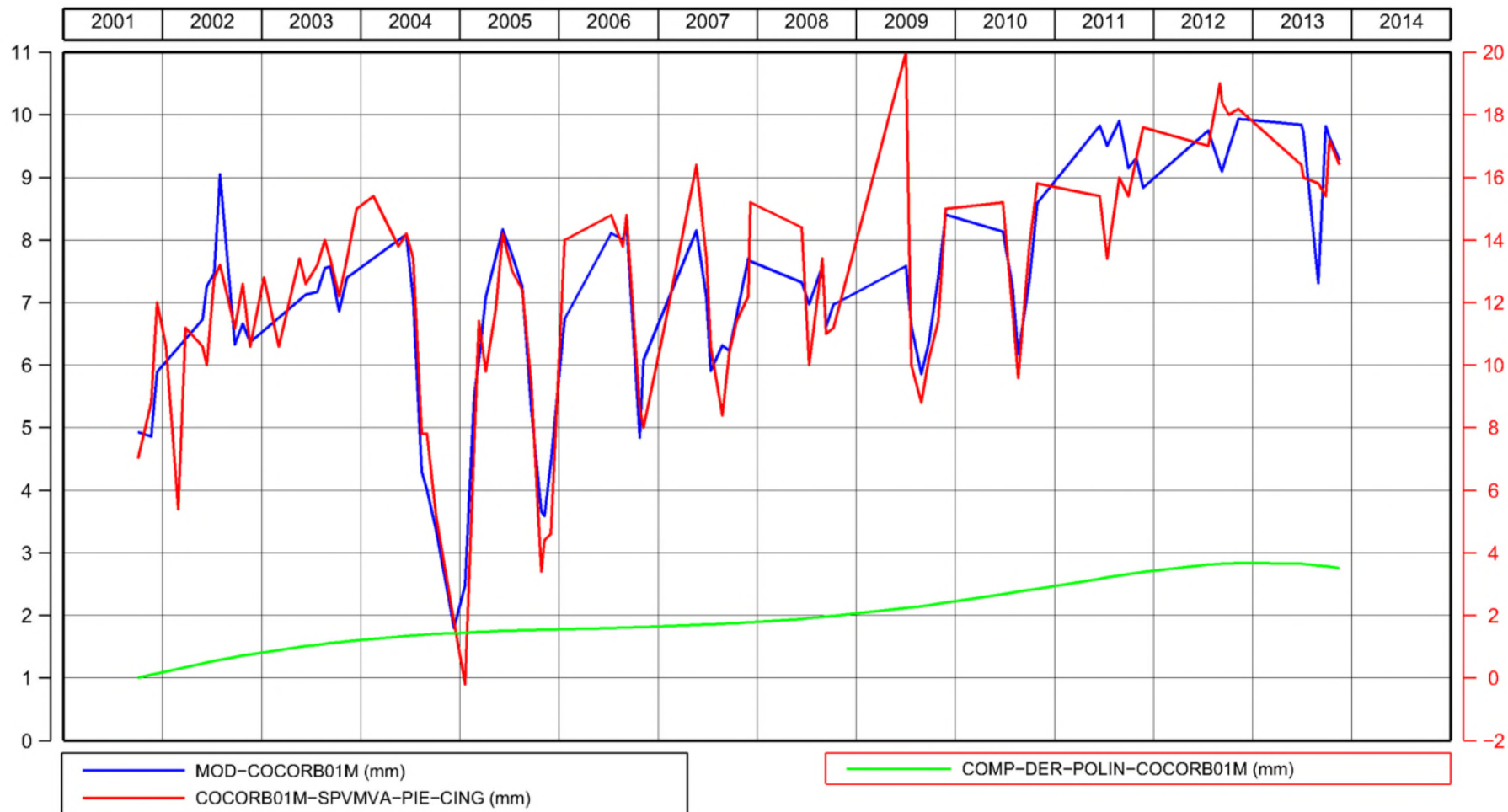
ALTRI ELEMENTI DEL MONITORAGGIO: COLLIMAZIONI



COLLIMAZIONE MIRA B: MODELLO MOST + ANDAMENTO: SI NOTA UN'INFLUENZA DELLA COMPONENTE IDRO...



ALTRI ELEMENTI DEL MONITORAGGIO: COLLIMAZIONI

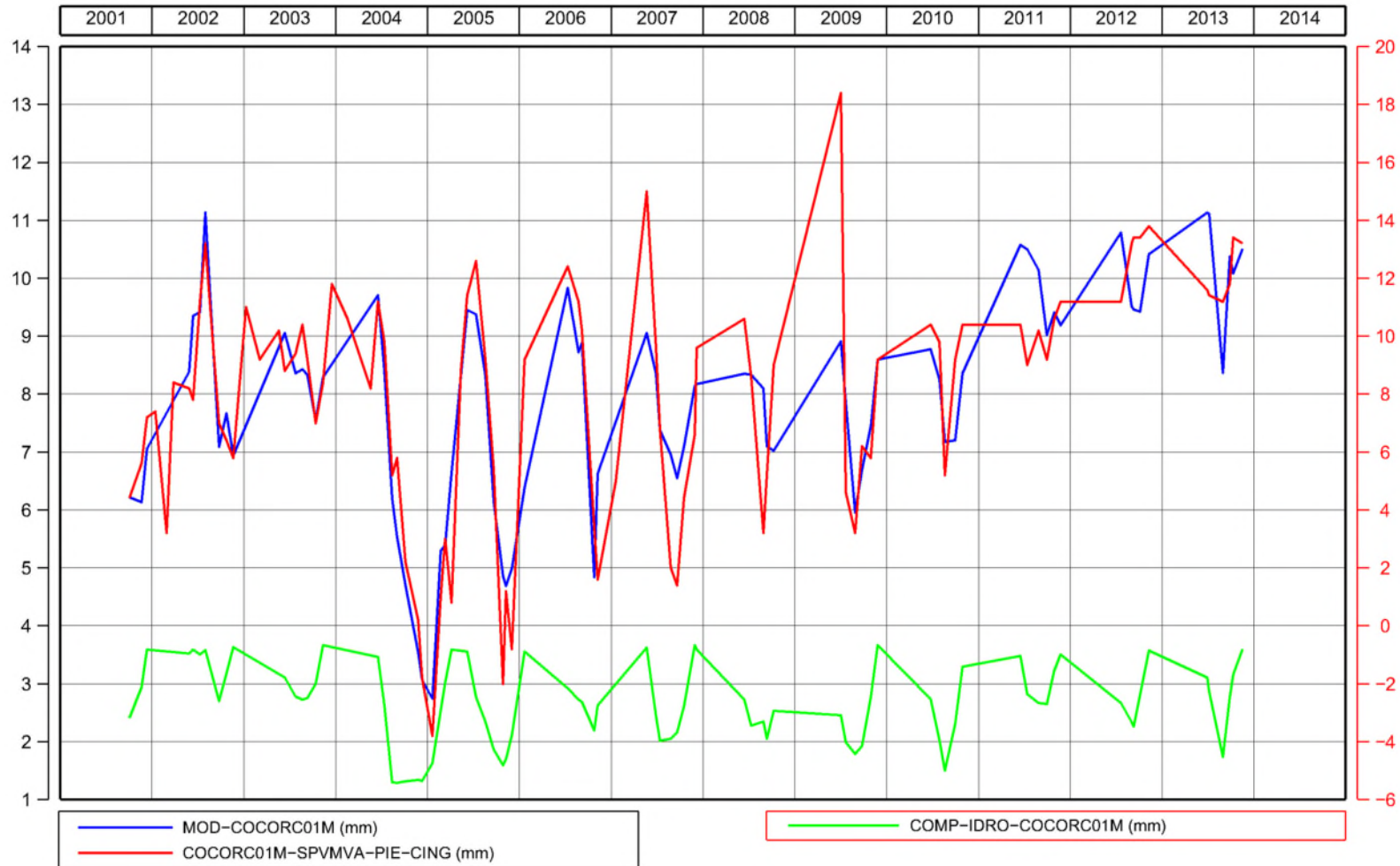


COLLIMAZIONE MIRA B: MODELLO MOST + ANDAMENTO: SI NOTA UNA PIU' MARCATA INFLUENZA DELLA DERIVA VERSO MONTE. LE CAUSE DI QUESTA DERIVA SONO IPOTIZZABILI IN:

- **1) MINOR SPINTA IDROSTATICA NEI PERIODI DI INVASO BASSO;**
- **2) EFFETTO TERMICO (DILATAZIONE) NEI MESI ESTIVI IN PRESENZA DI INVASO BASSO, DEFORMAZIONE NON DEL TUTTO REVERSIBILE CHE SI TRADUCE IN DERIVA**

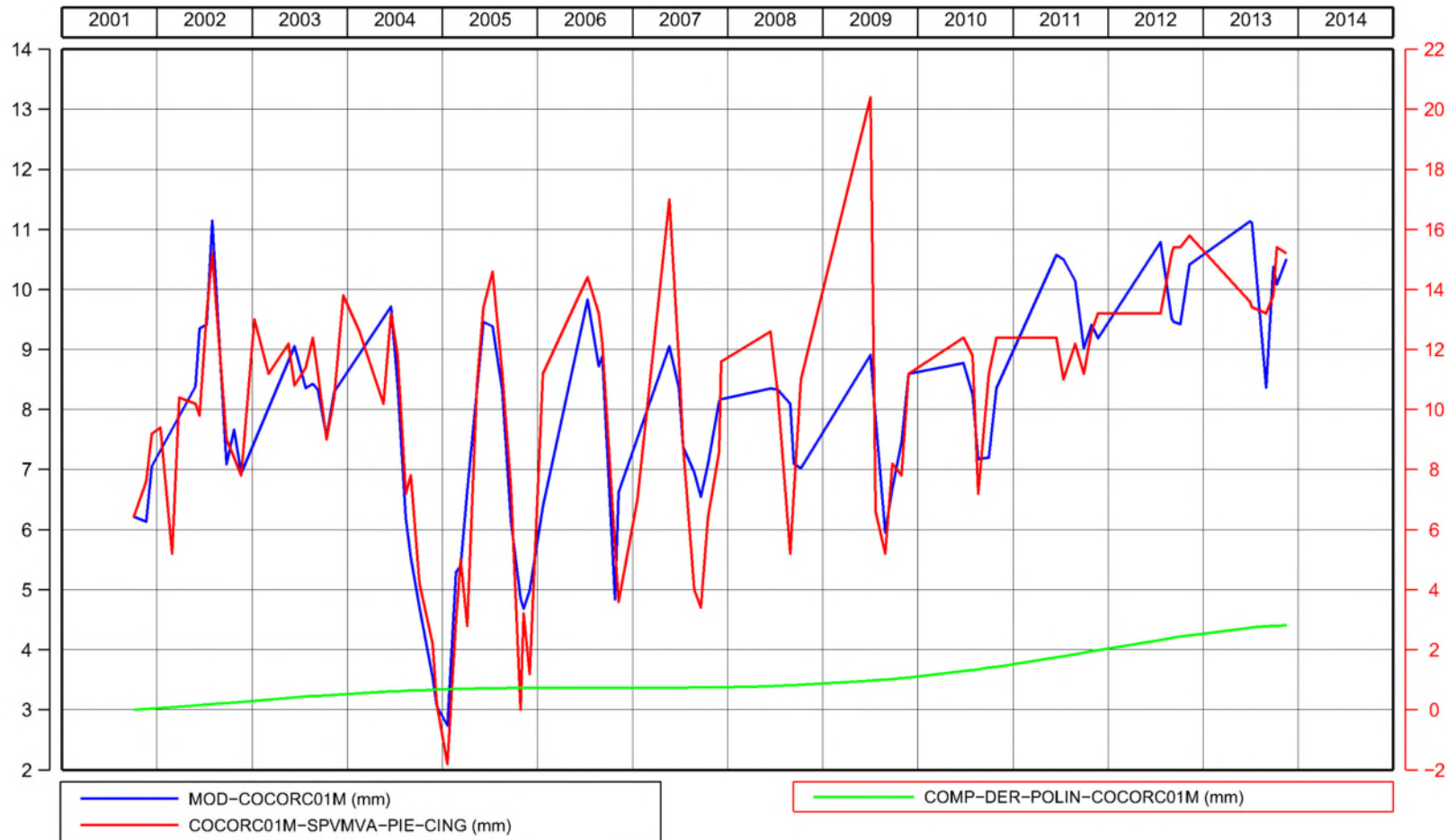


ALTRI ELEMENTI DEL MONITORAGGIO: COLLIMAZIONI



COLLIMAZIONE MIRA C: MODELLO MOST + ANDAMENTO: SI NOTA UN'INFLUENZA DELLA COMPONENTE IDRO...

ALTRI ELEMENTI DEL MONITORAGGIO: COLLIMAZIONI



COLLIMAZIONE MIRA C: MODELLO MOST + ANDAMENTO: SI NOTA UNA PIU' MARCATA INFLUENZA DELLA DERIVA VERSO MONTE, ANCHE SE MINORE RISPETTO ALLE ALTRE MIRE. LE CAUSE DI QUESTA DERIVA SONO IPOTIZZABILI:

- **1) MINOR SPINTA IDROSTATICA NEI PERIODI DI INVASO BASSO;**
- **2) EFFETTO TERMICO (DILATAZIONE) NEI MESI ESTIVI IN PRESENZA DI INVASO BASSO, DEFORMAZIONE NON DEL TUTTO REVERSIBILE CHE SI TRADUCE IN DERIVA**

**GRAZIE A TUTTI
PER LA CORTESE ATTENZIONE**