



**petroleum  
engineering  
group**

A graphic element consisting of three horizontal red bars stacked vertically, positioned below the word "group" in the logo.

**POLITECNICO DI TORINO**  
**DITAG - Dipartimento di Ingegneria del Territorio,  
dell'Ambiente e delle Geotecnologie**

CONTRATTO DI RICERCA TRA IL POLITECNICO DI  
TORINO E LA SOCIETÀ STOGIT "STUDI DI GIACIMENTO  
PER LO STOCCAGGIO SOTTERRANEO DEL GAS  
NATURALE"

## **CAMPO DI SERGNANO**

**Revisione del modello dinamico  
e ottimizzazione della gestione  
operativa**

**FIGURE**

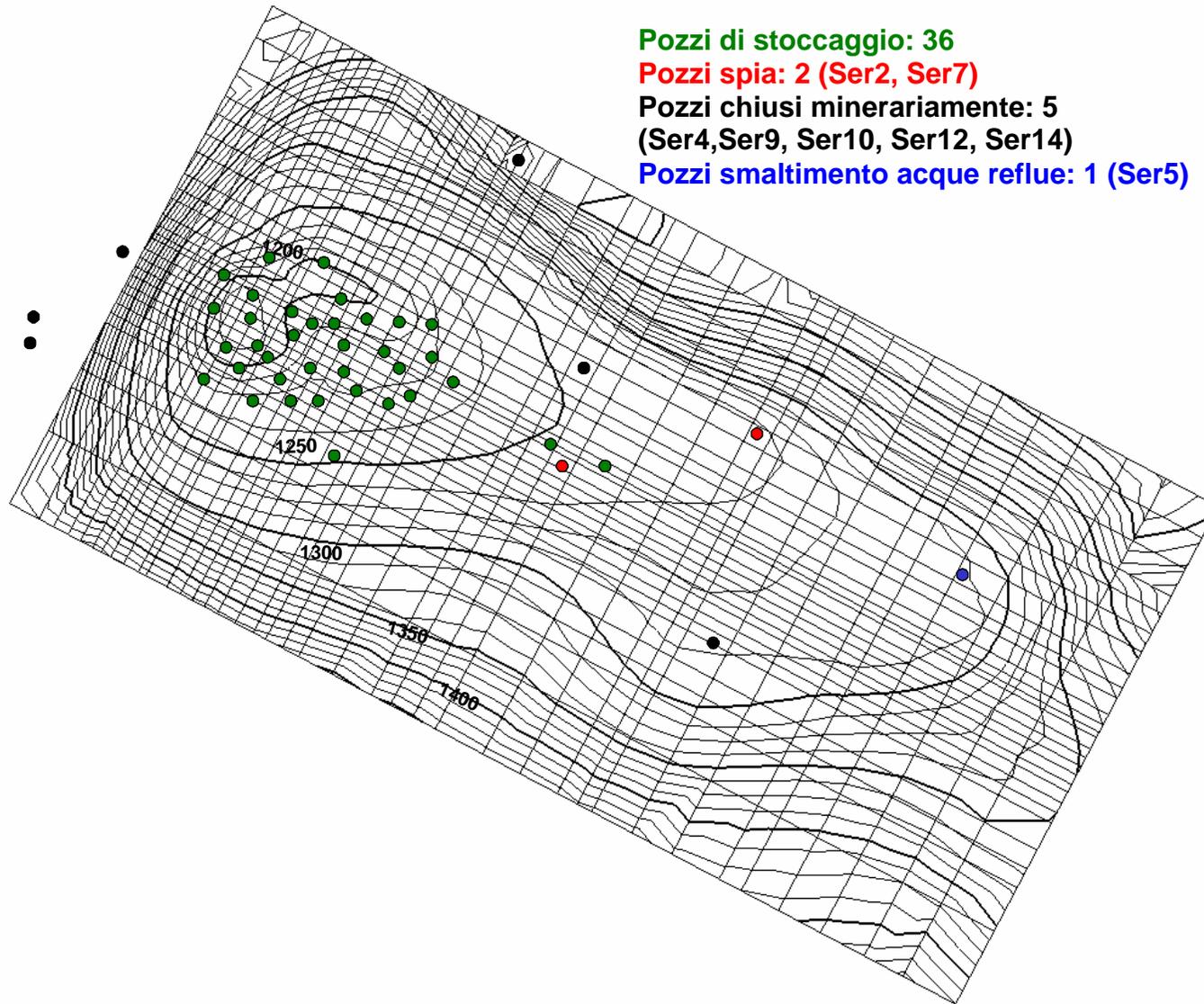


Fig. 1 - Rappresentazione in pianta della mappa del *top* del livello A e posizione indicativa dei pozzi del Campo di Sergnano

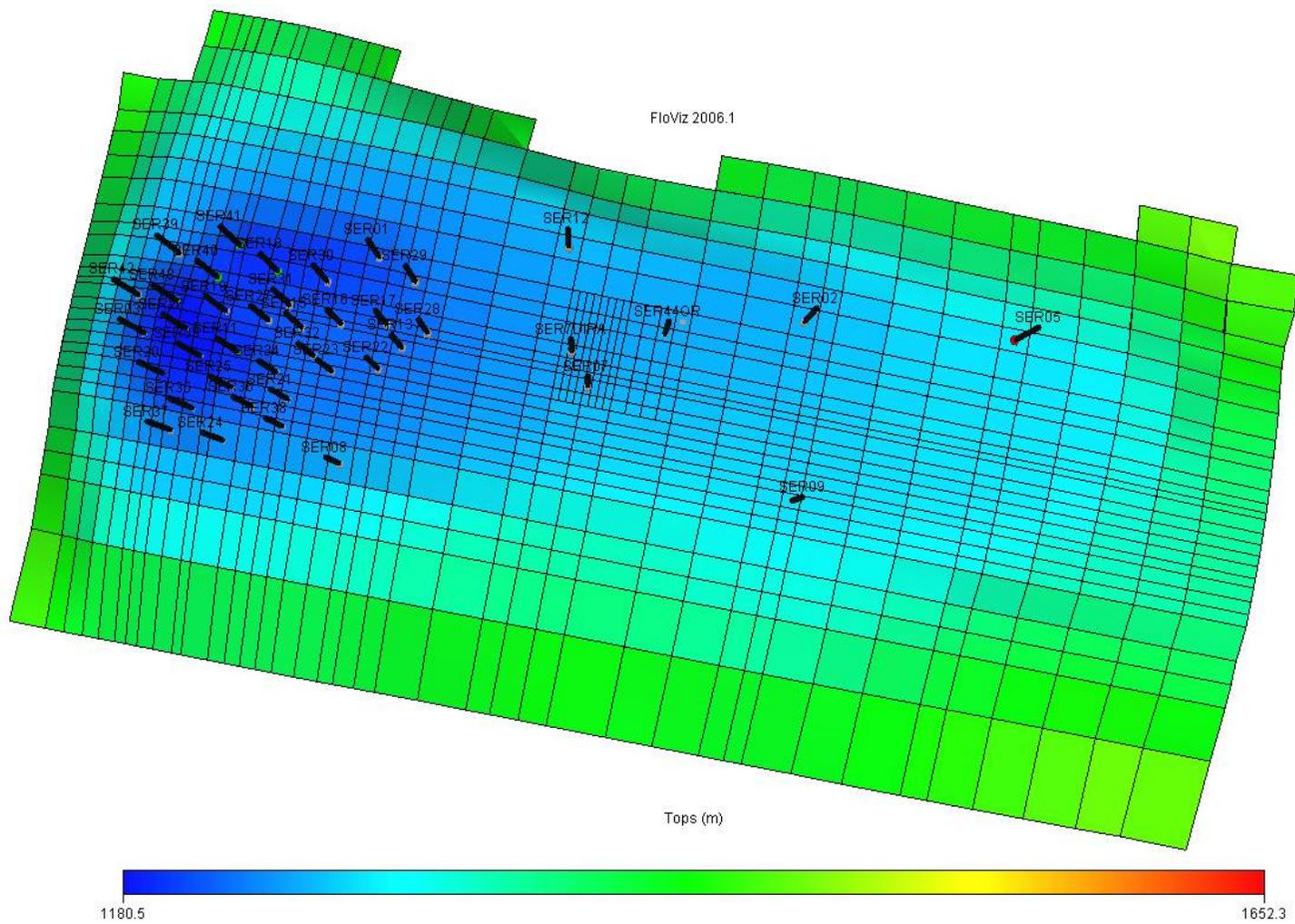


Fig. 2 - Rappresentazione del *grid* del modello 3D con la distribuzione di profondità dei *top* delle celle

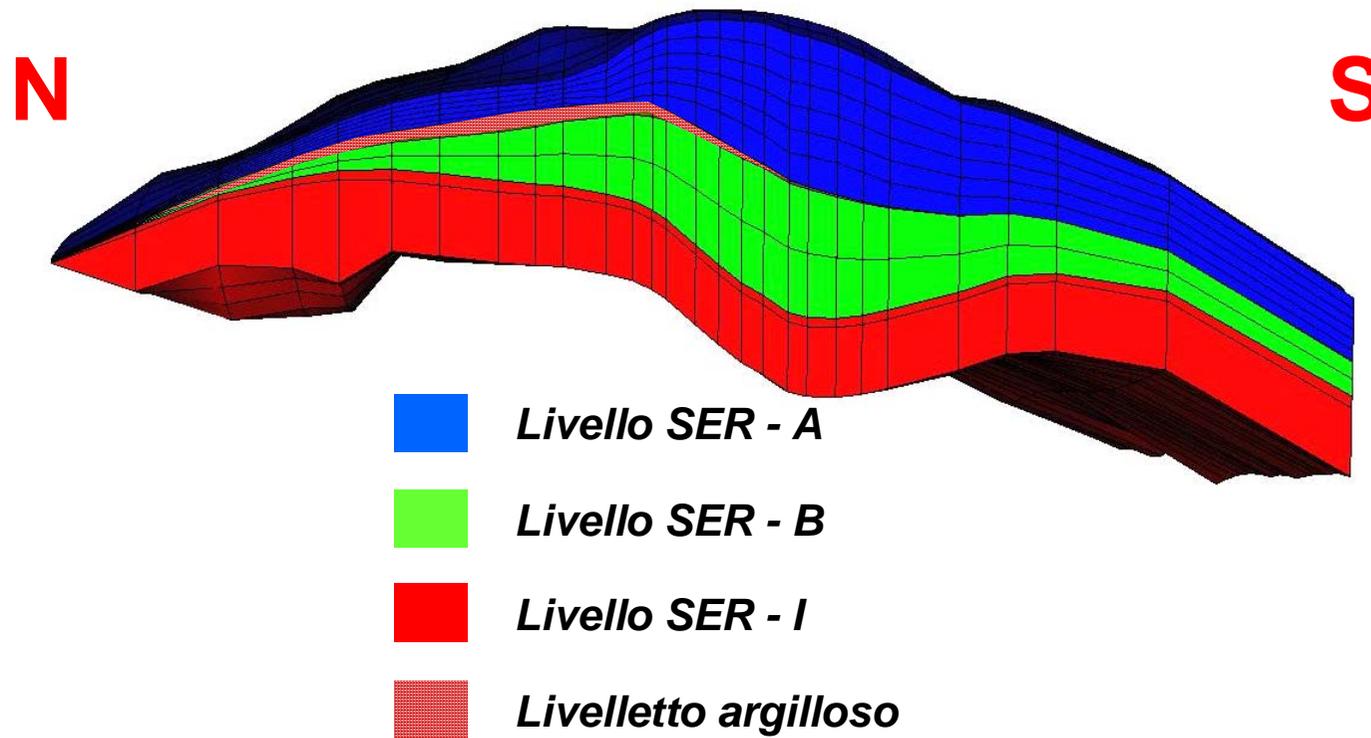


Fig. 3 - Sezione del modello 3D lungo l'asse trasversale del campo con livelli mineralizzati e *interlayer* di separazione

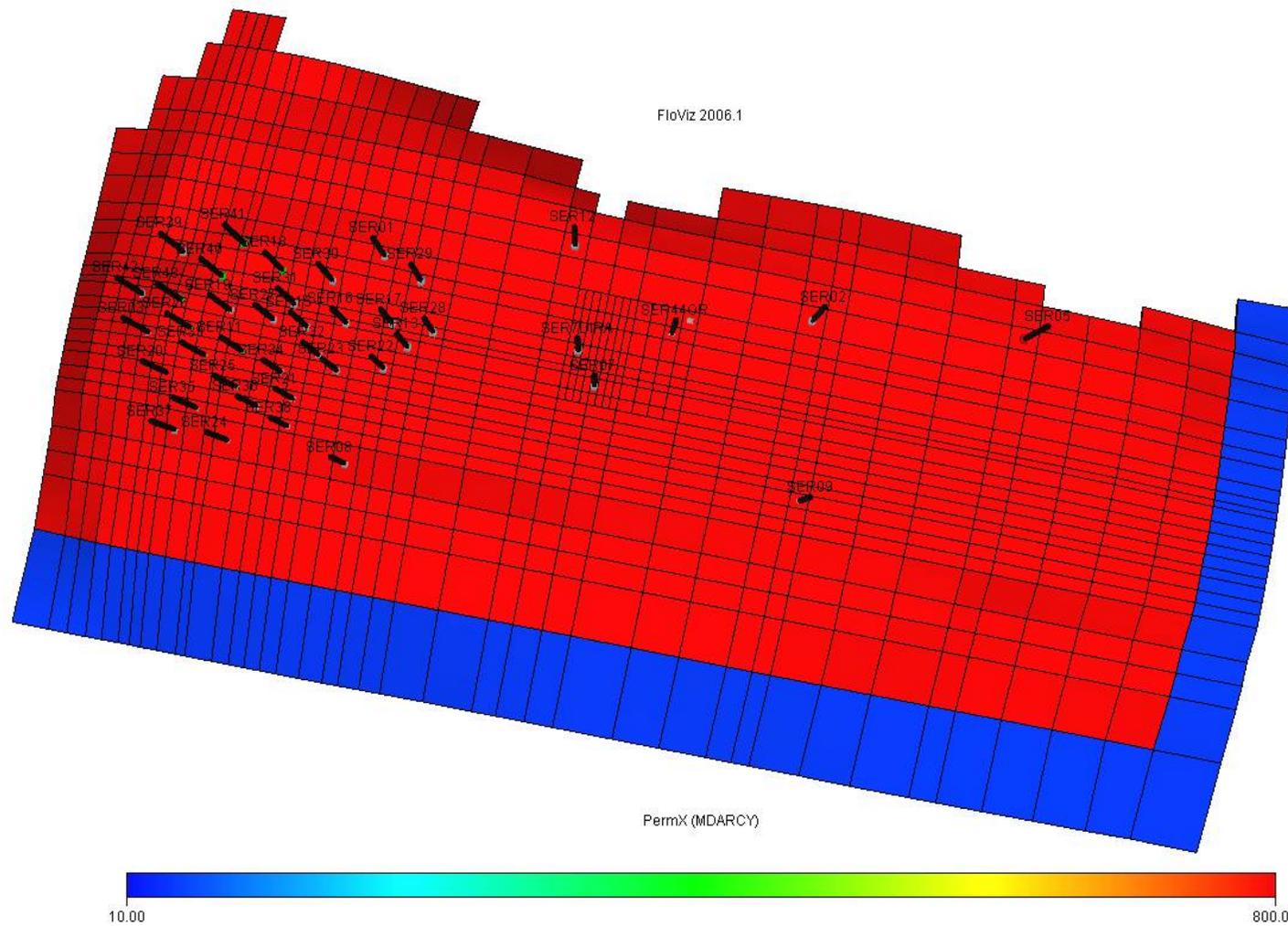
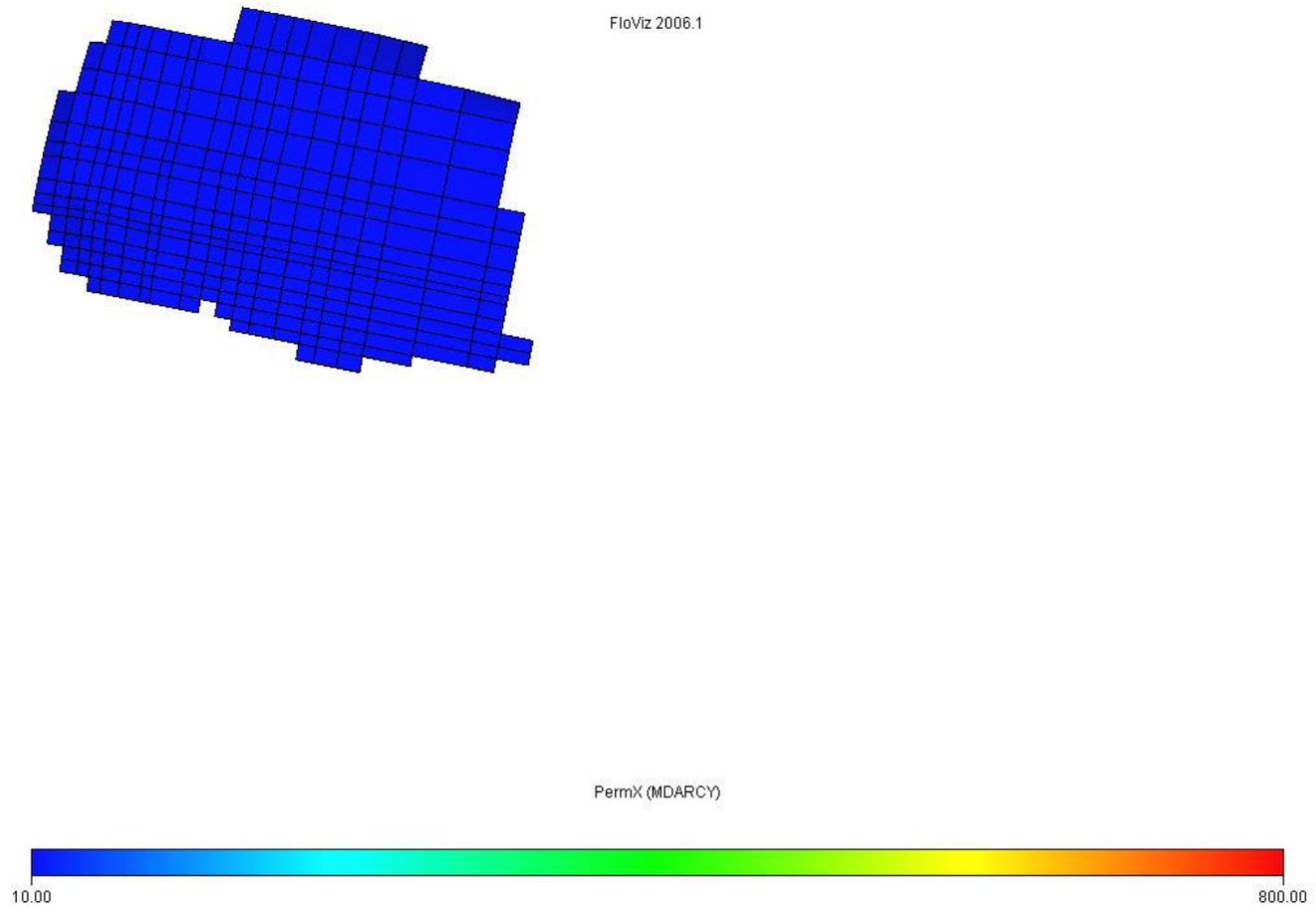
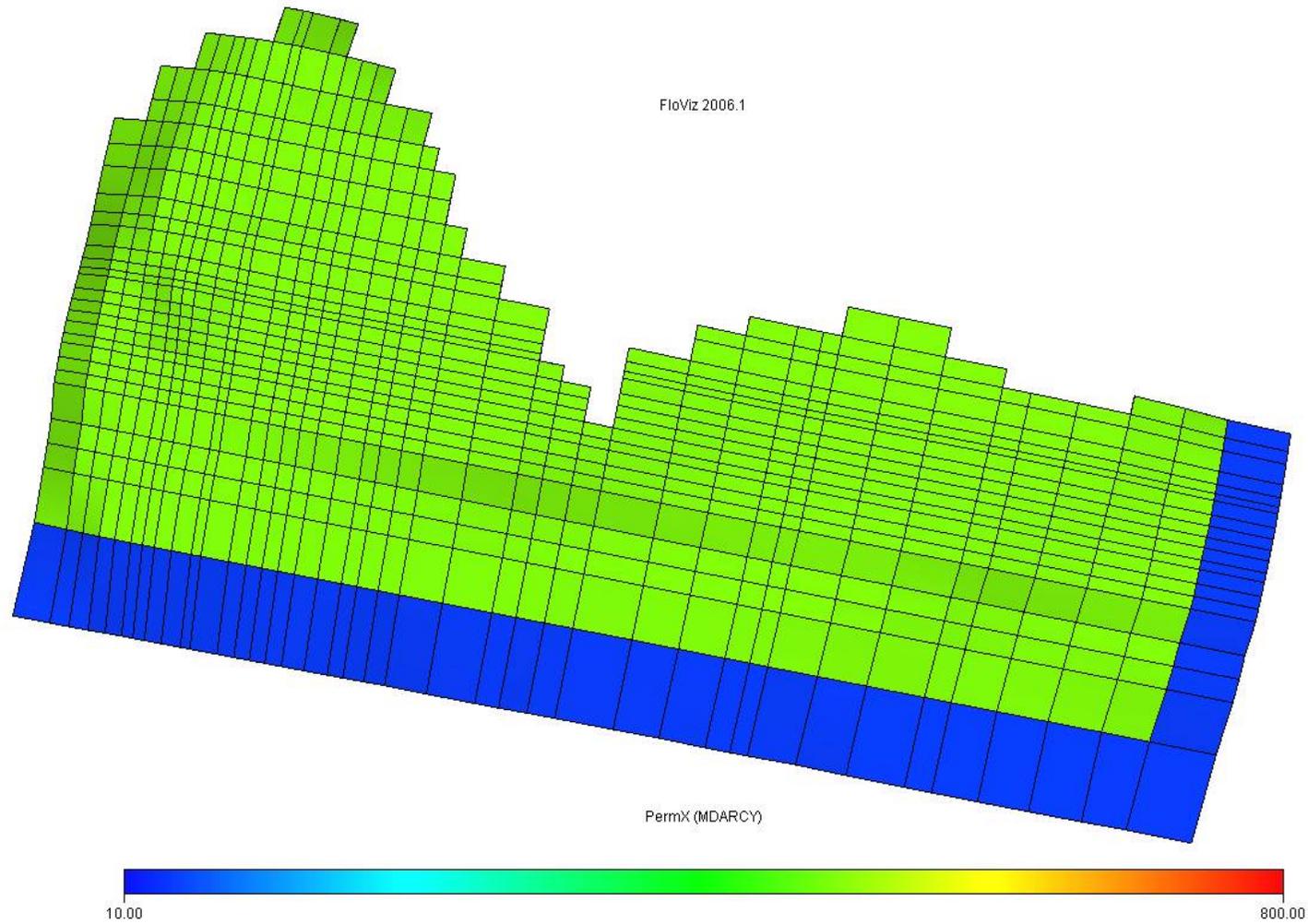


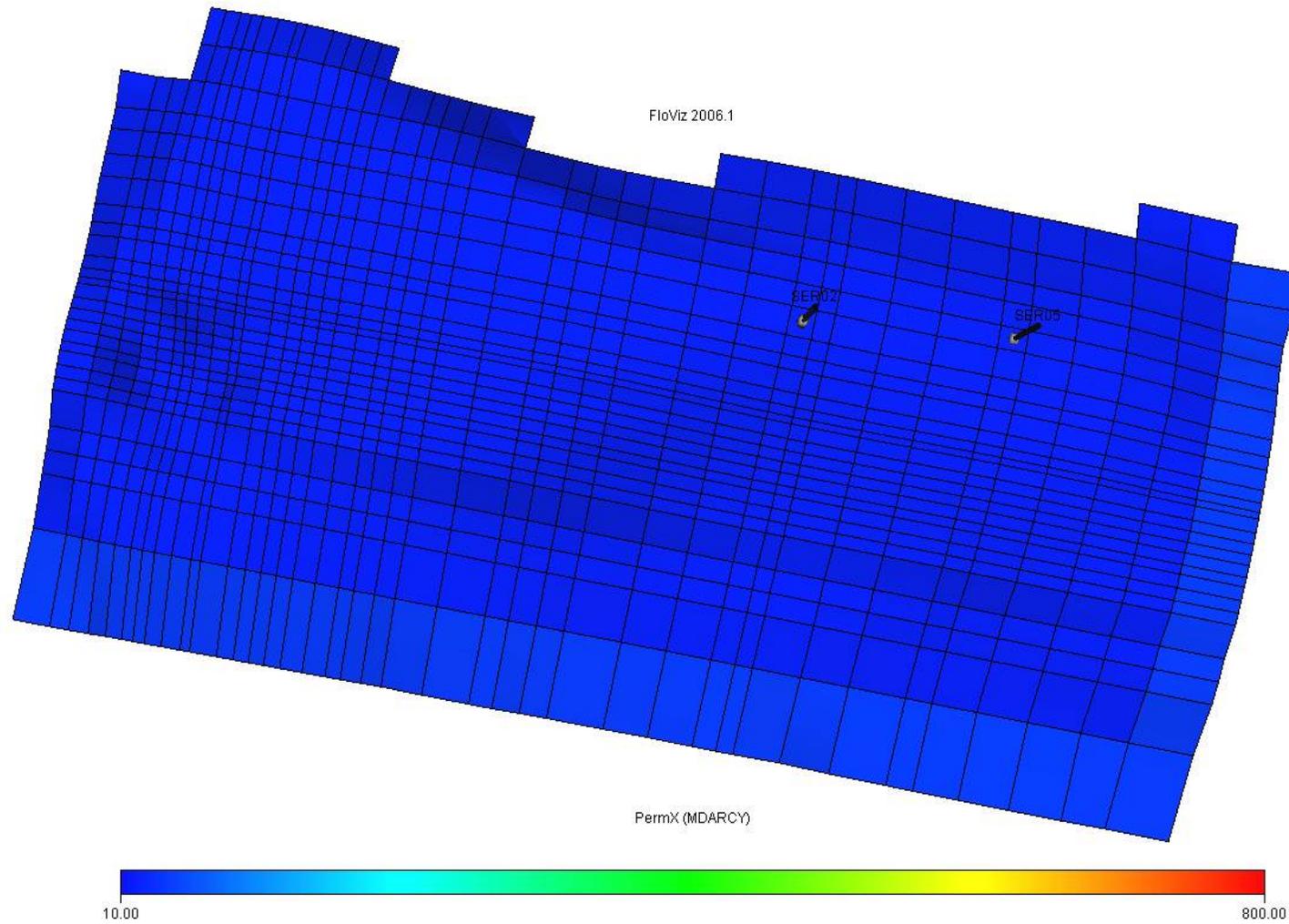
Fig. 4 - Mappa di distribuzione in pianta della permeabilità assoluta orizzontale nel livello SER-A (*layers 1 - 6*)



**Fig. 5 - Mappa di distribuzione in pianta della permeabilità assoluta orizzontale nel livelletto argilloso (*layer 7*)**



**Fig. 6 -** Mappa di distribuzione in pianta della permeabilità assoluta orizzontale nel livello SER-B (*layers 8 - 9*)



**Fig. 7 - Mappa di distribuzione in pianta della permeabilità assoluta orizzontale nel livello SER-I (layers 10 - 11)**

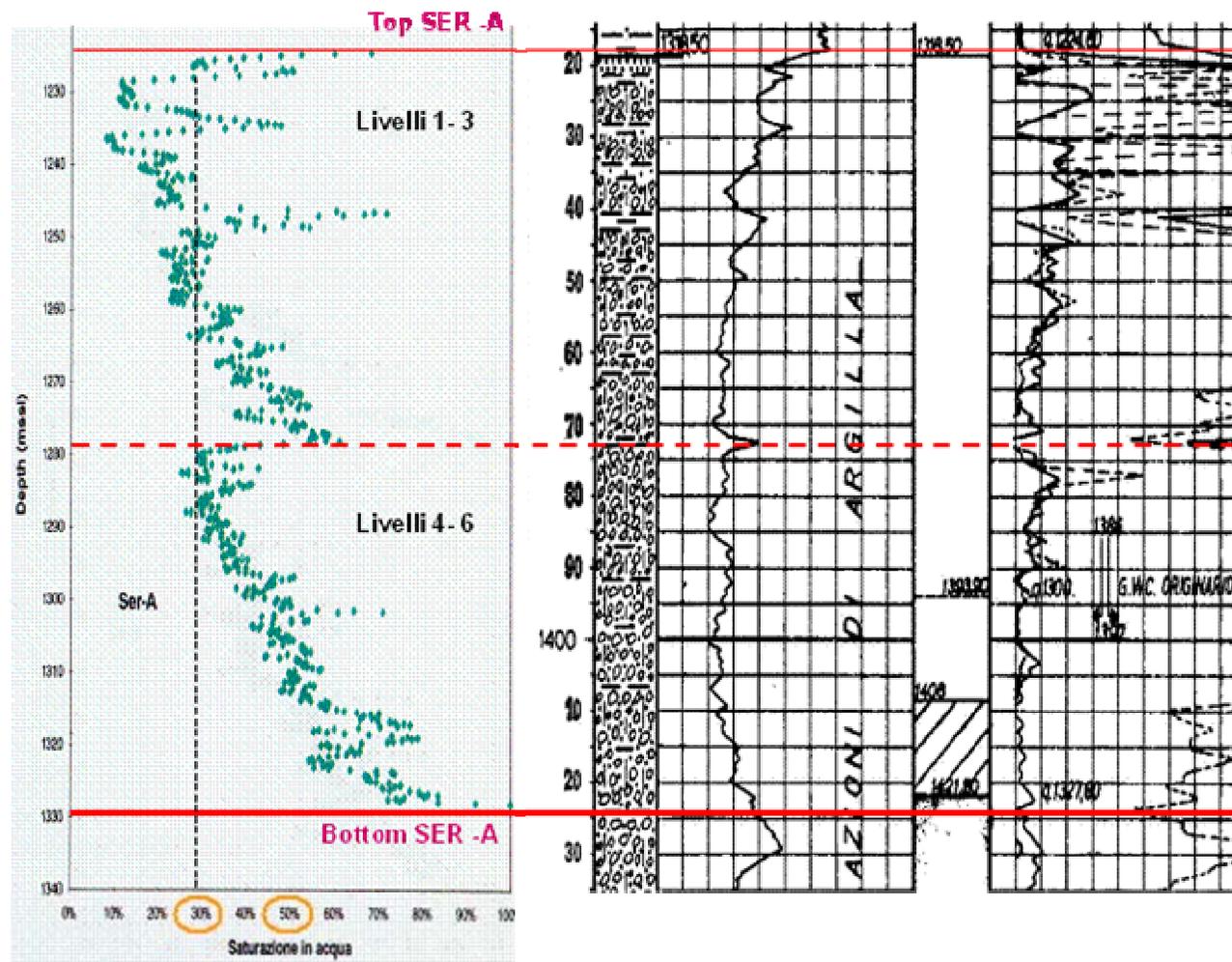


Fig. 8 - Pozzo Sergnano 36 – Saturazione in acqua del livello SER-A

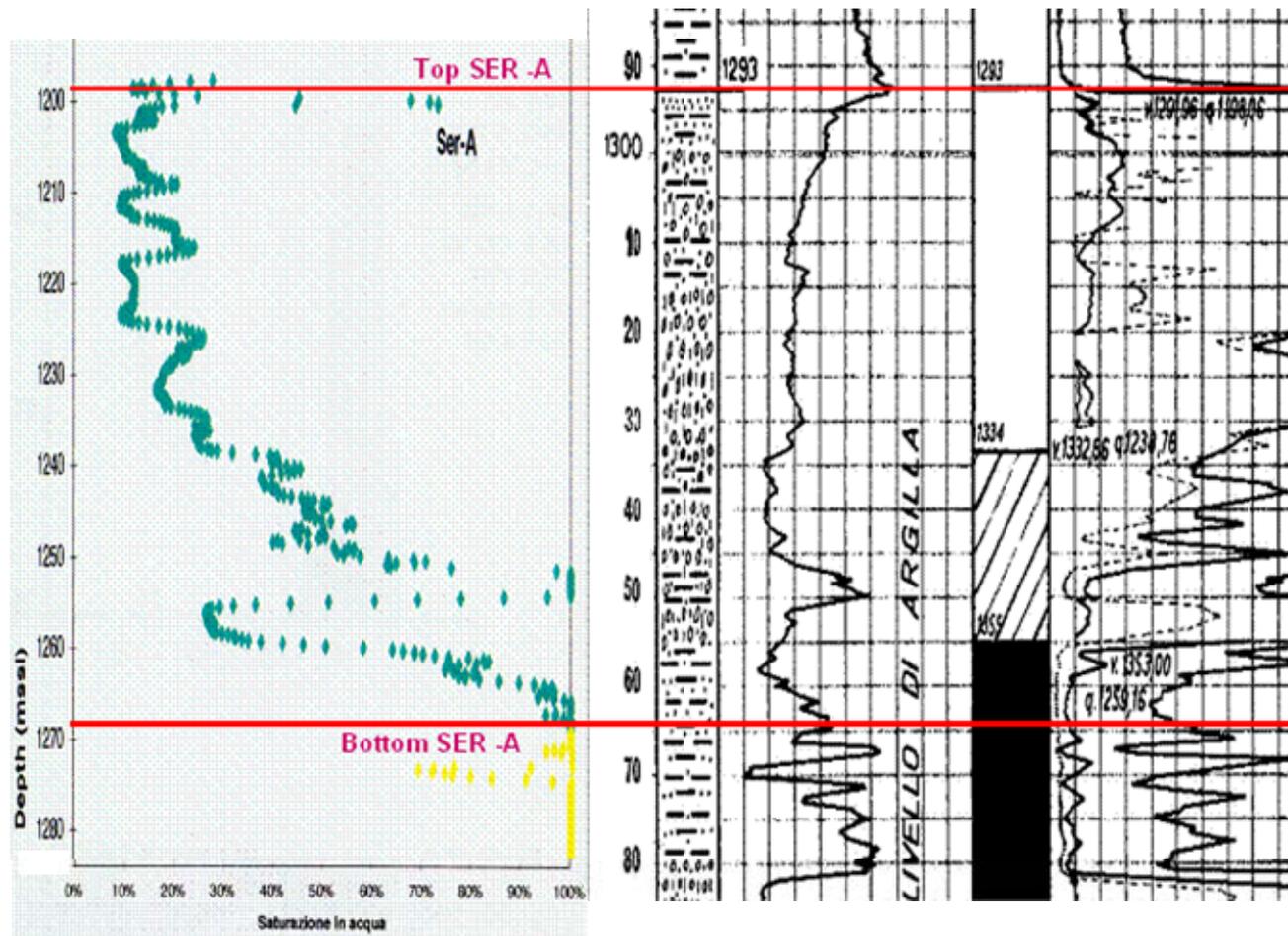


Fig. 9 - Pozzo Sergnano 40 – Saturazione in acqua del livello SER-A

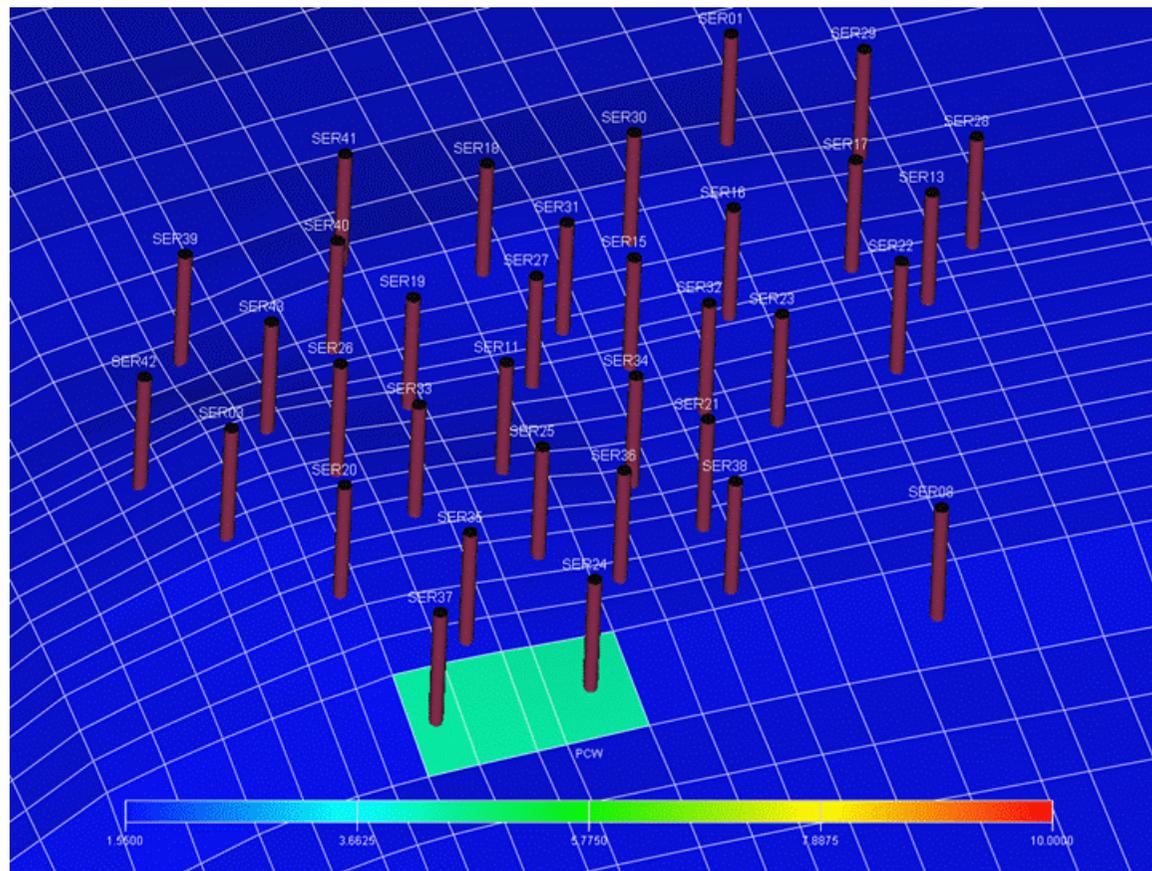


Fig. 10 - Pressioni capillari del Campo di Sergnano (zona di culmine) – Livello SER-A (layer 1)

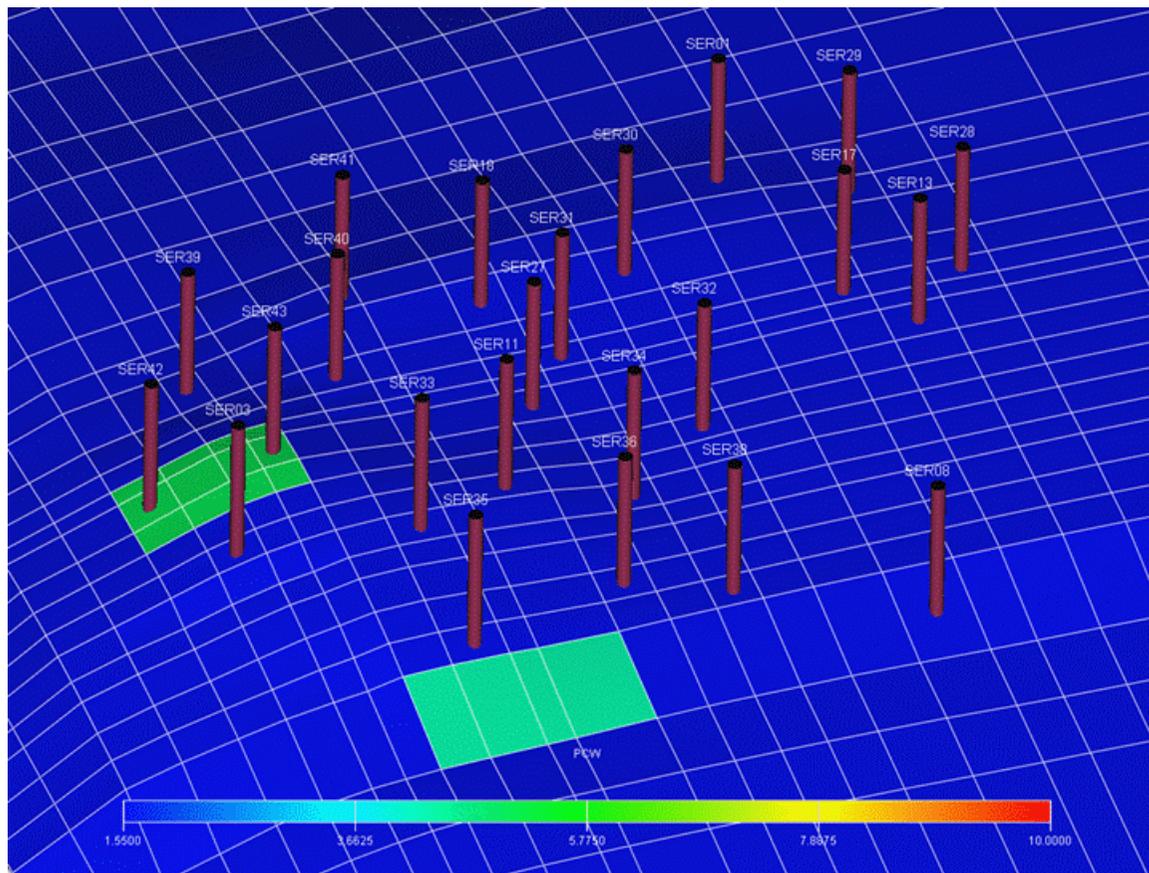


Fig. 11 - Pressioni capillari del Campo di Sergnano (zona di culmine) – Livello SER-A (layer 2)

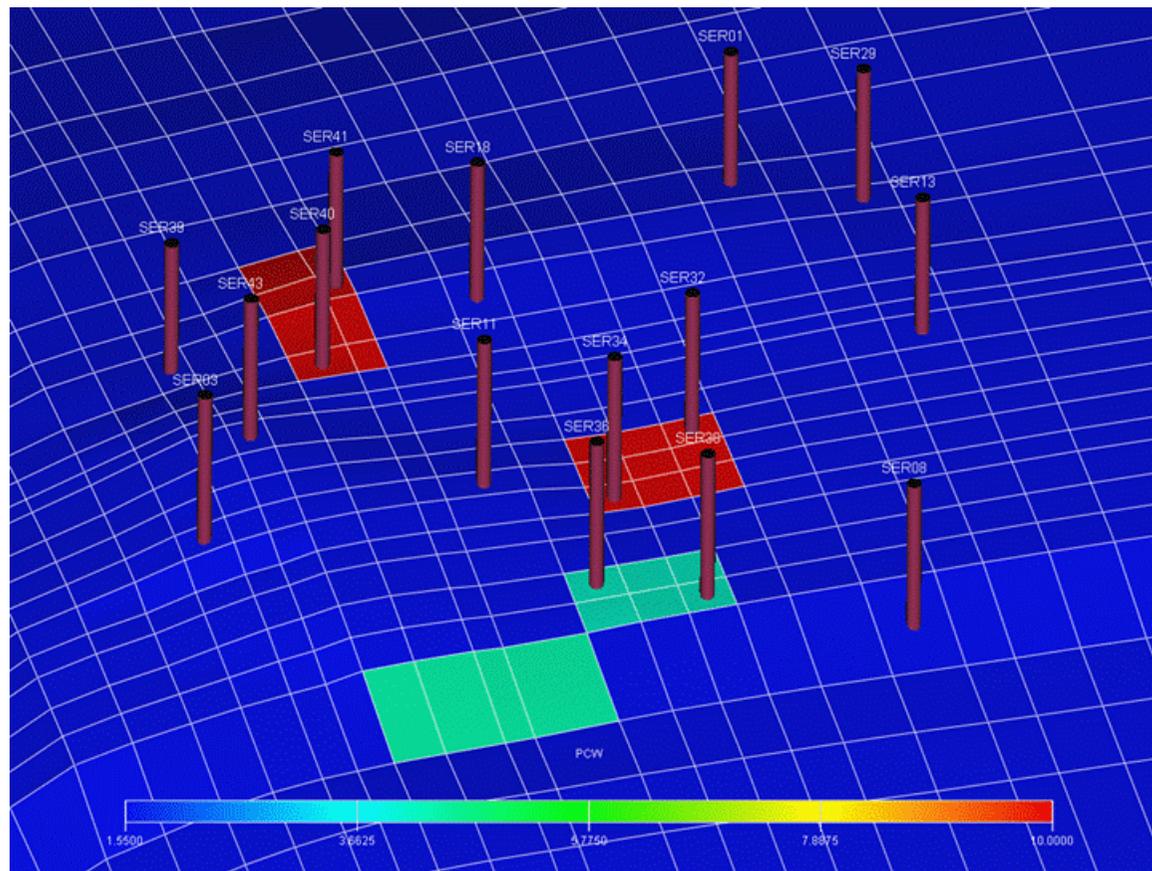
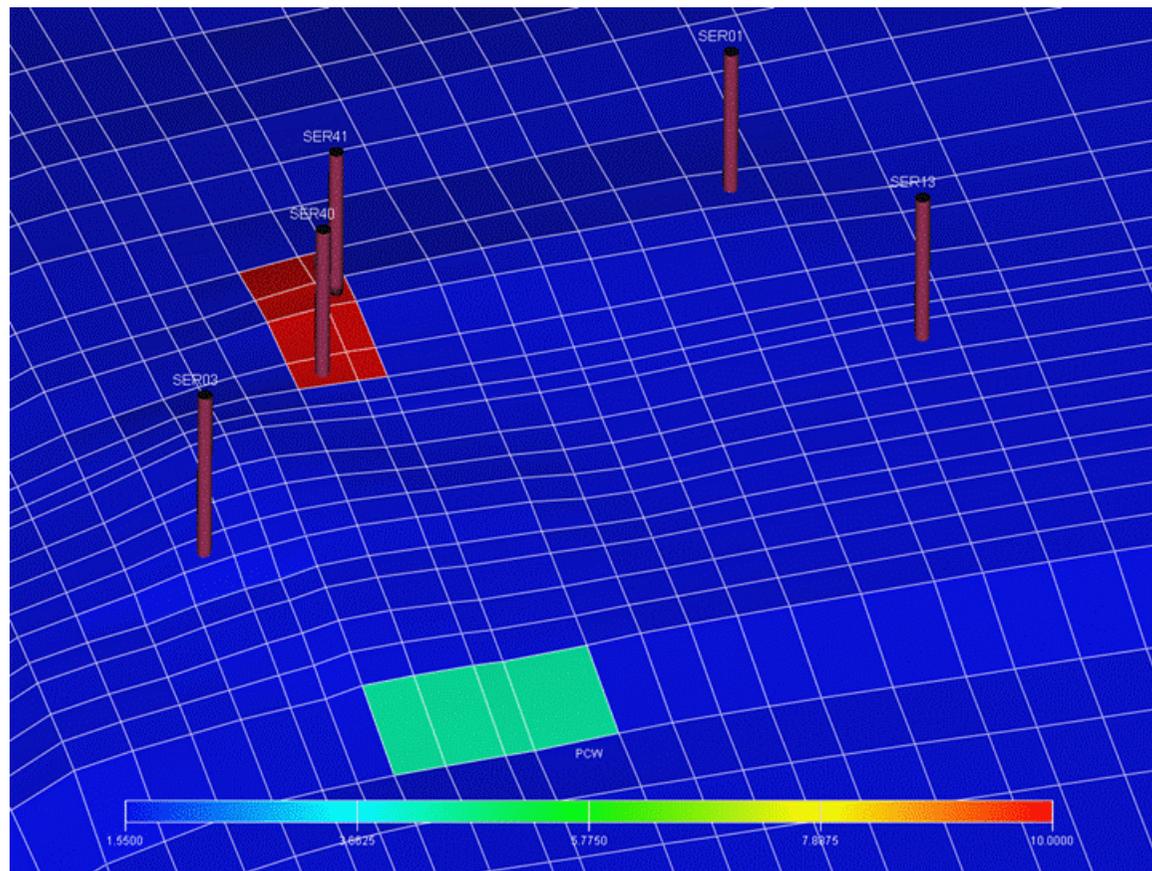


Fig. 12 - Pressioni capillari del Campo di Sergnano (zona di culmine) – Livello SER-A (*layer 3*)



**Fig. 13 - Pressioni capillari del Campo di Sergnano (zona di culmine) – Livello SER-A (layer 4)**

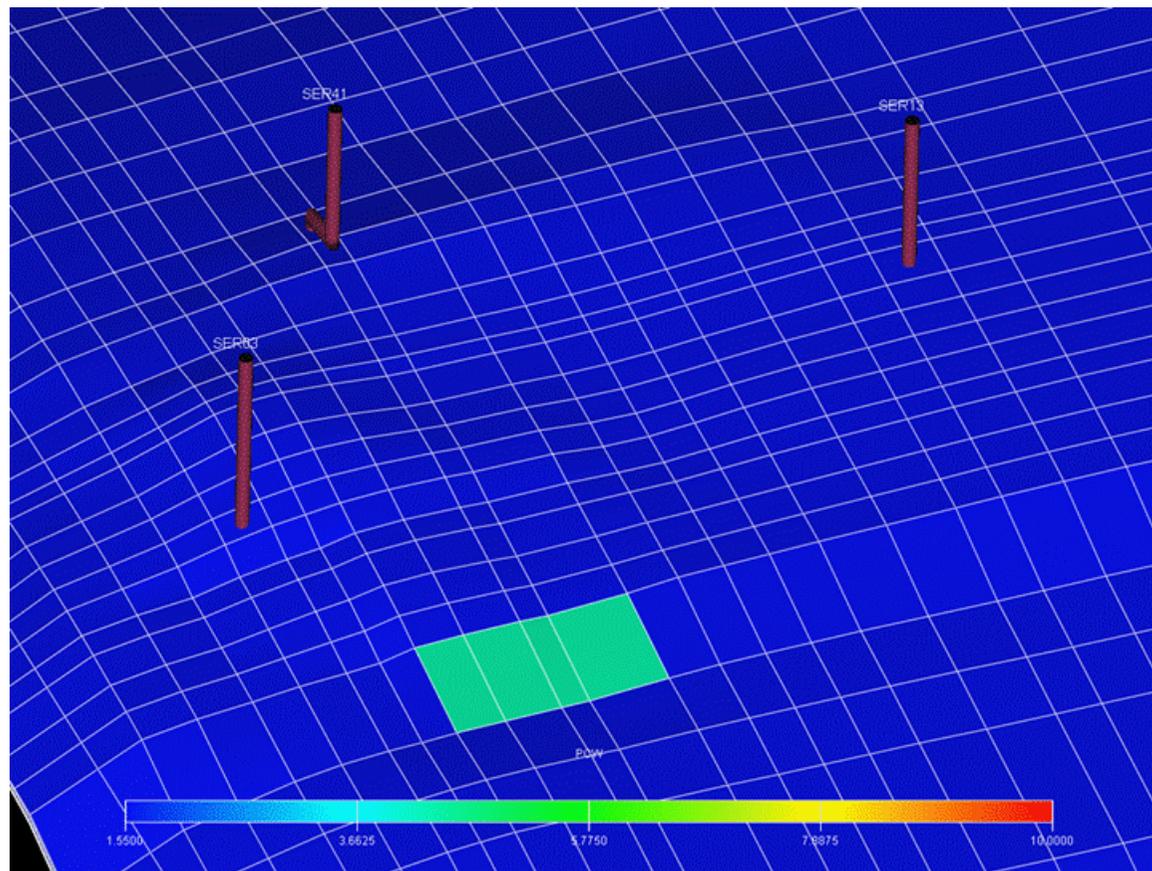
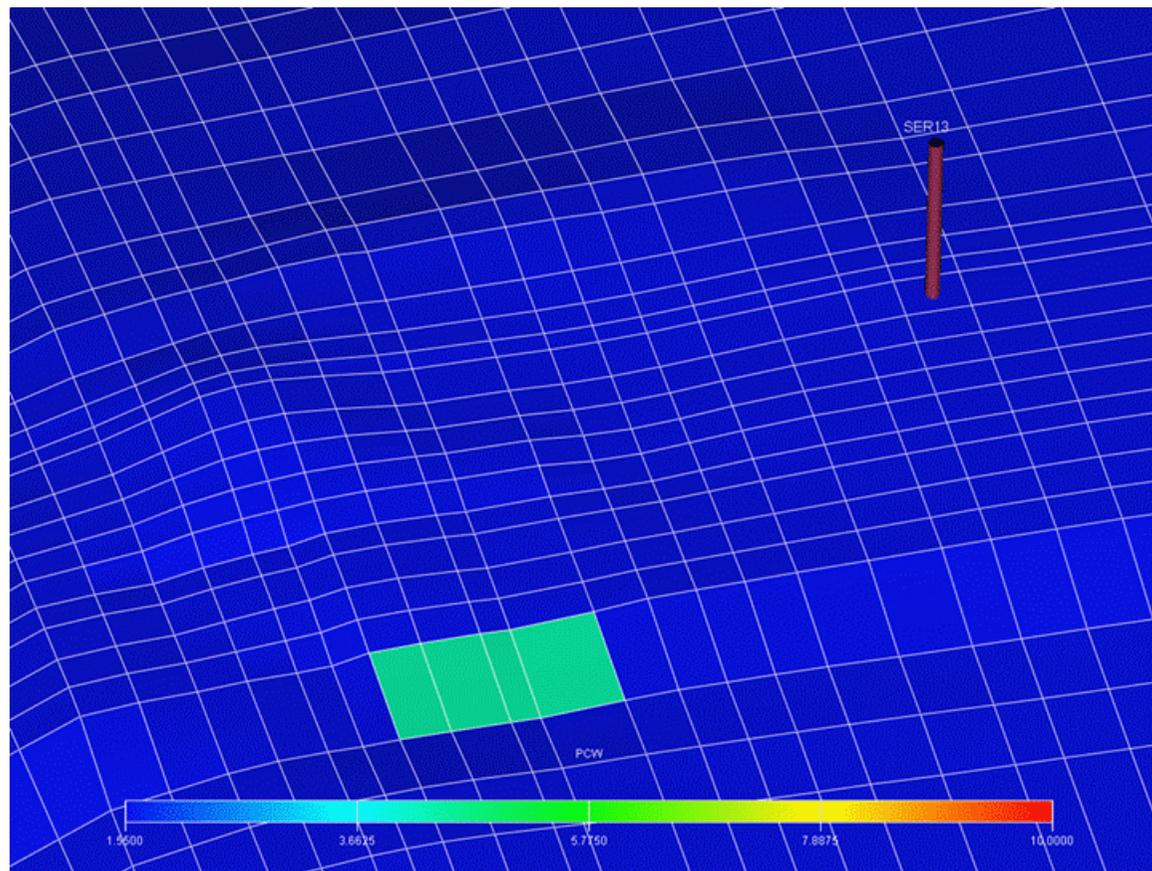


Fig. 14 - Pressioni capillari del Campo di Sergnano (zona di culmine) – Livello SER-A (layer 5)



**Fig. 15 - Pressioni capillari del Campo di Sergnano (zona di culmine) – Livello SER-A (layer 6)**

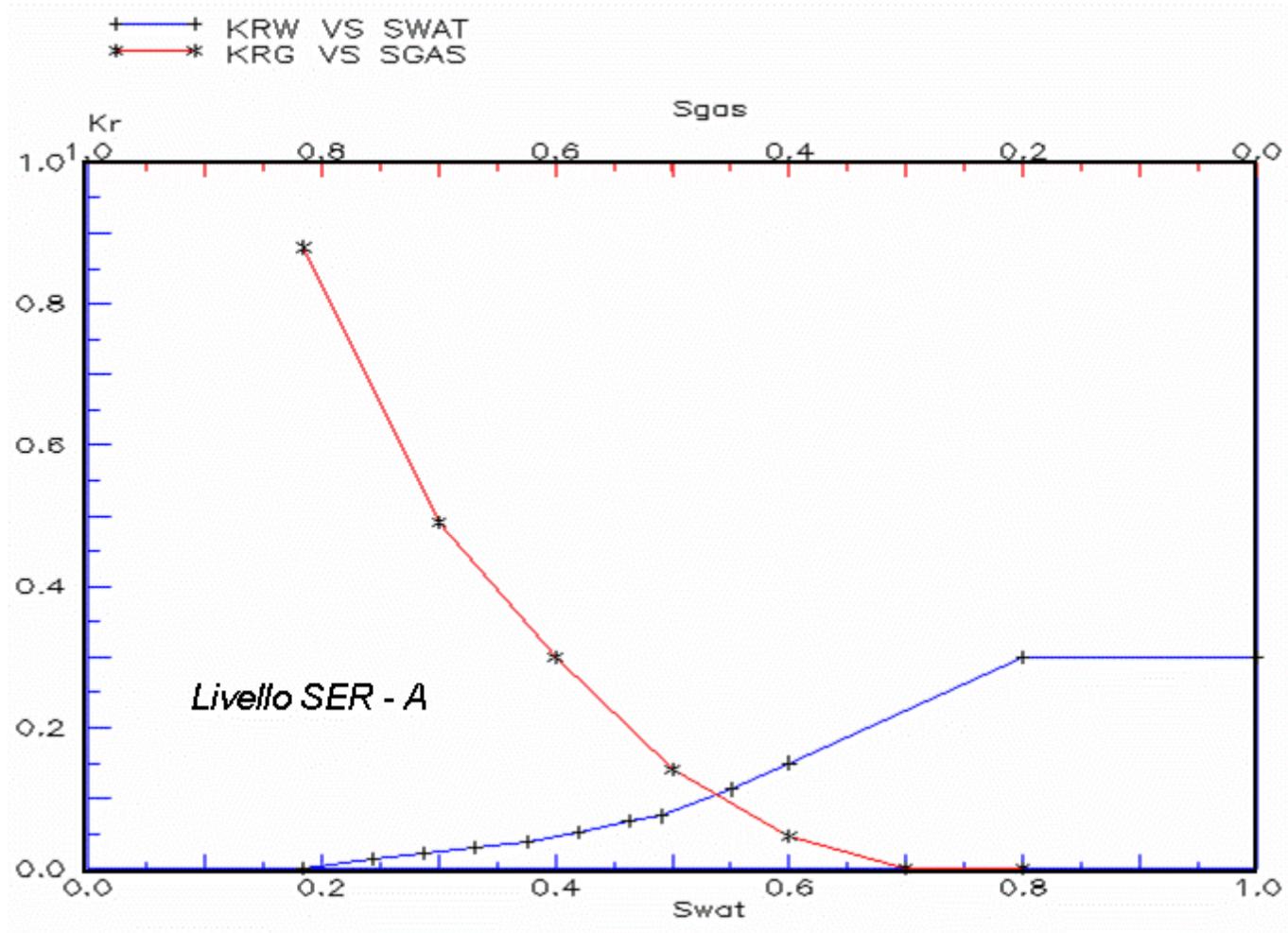


Fig. 16 - Curve di permeabilità relativa all'acqua e al gas ( $k_{r,g}$  e  $k_{r,w}$ ) per il livello SER-A

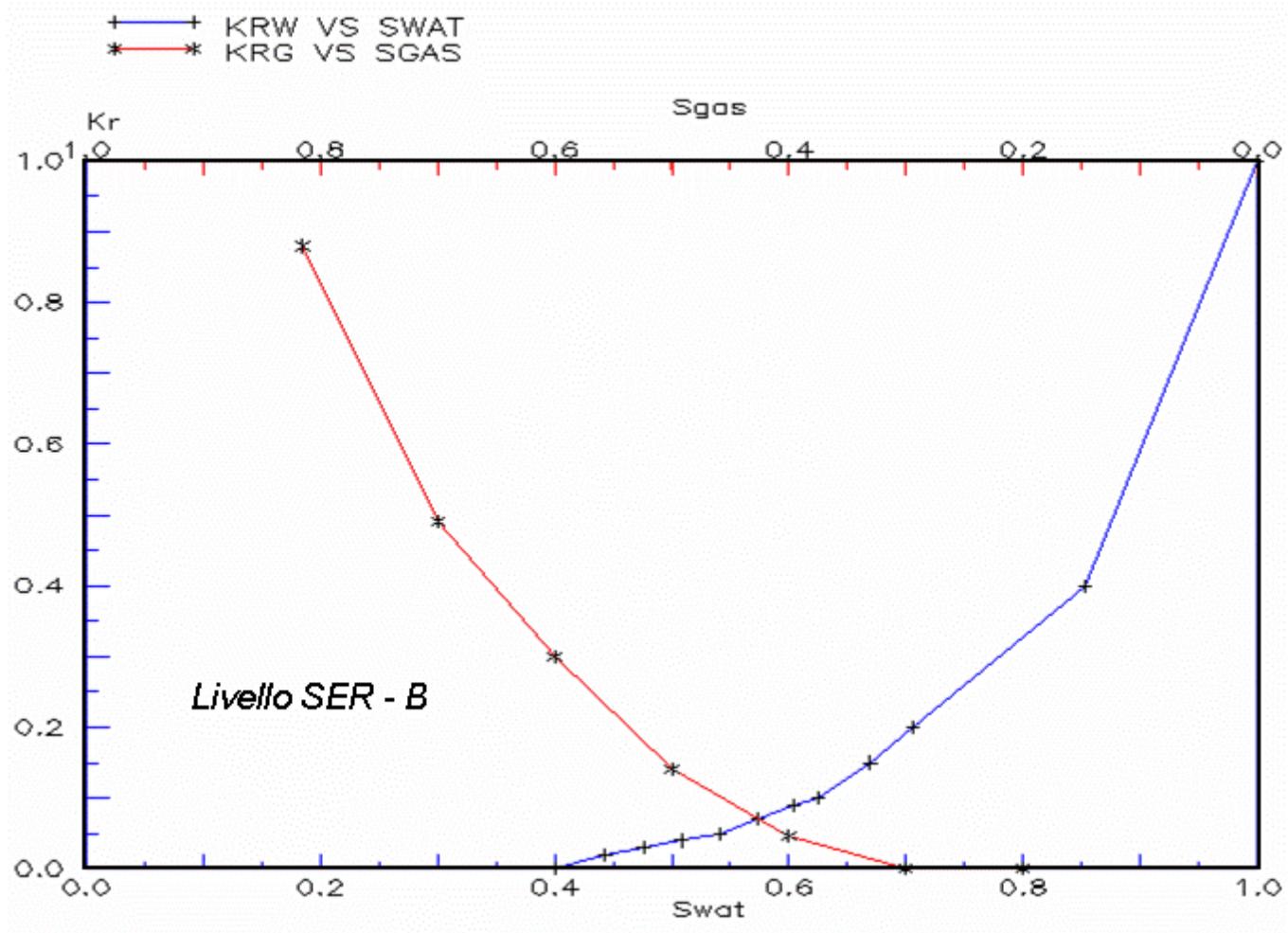


Fig. 17 - Curve di permeabilità relativa all'acqua e al gas ( $k_{r,g}$  e  $k_{r,w}$ ) per il livello SER-B

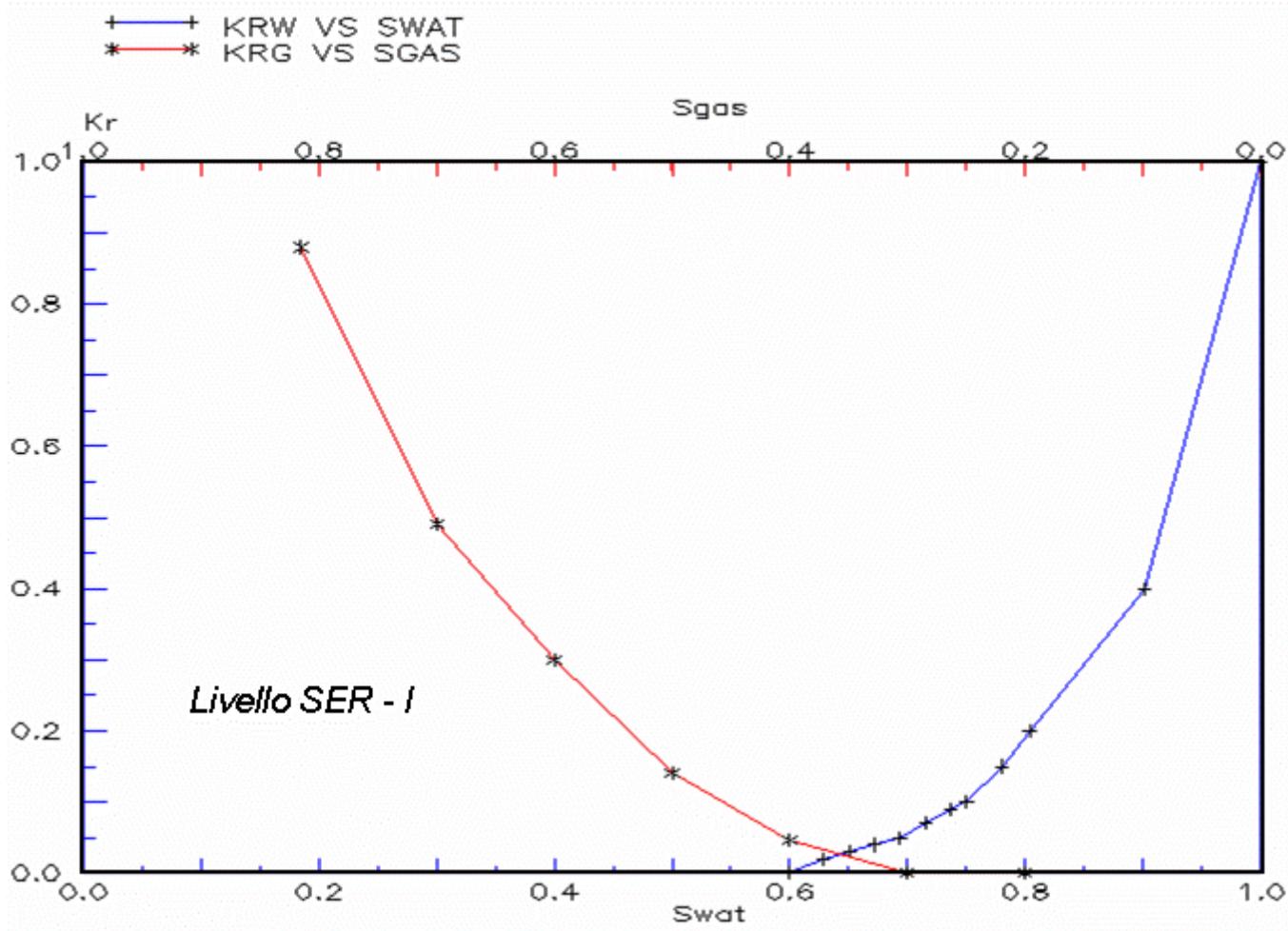


Fig. 18 - Curve di permeabilità relativa all'acqua e al gas ( $k_{r,g}$  e  $k_{r,w}$ ) per il livello SER-I

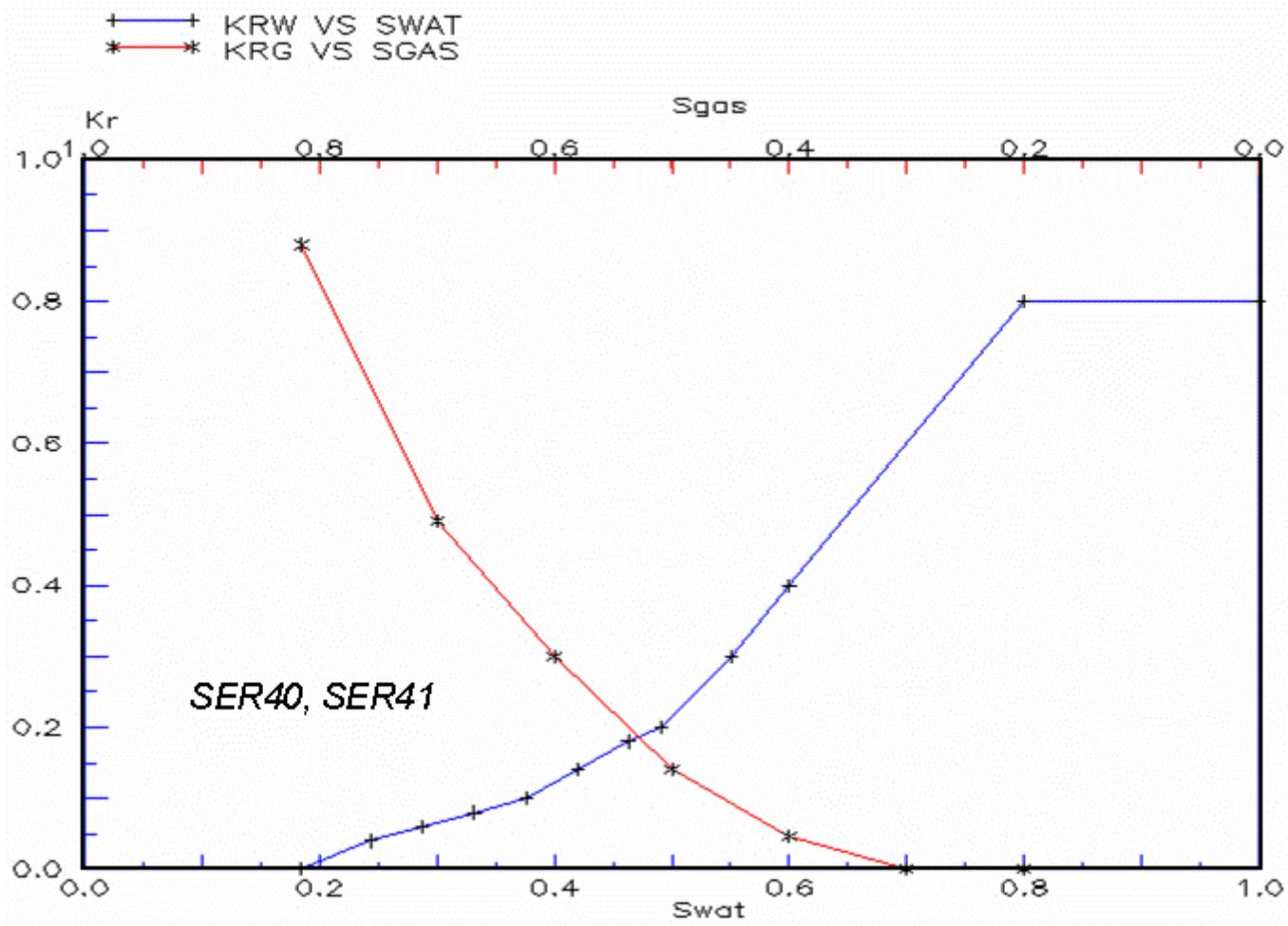


Fig. 19 - Curve di permeabilità relativa all'acqua e al gas ( $k_{r,g}$  e  $k_{r,w}$ ) per i pozzi SER40 e SER41

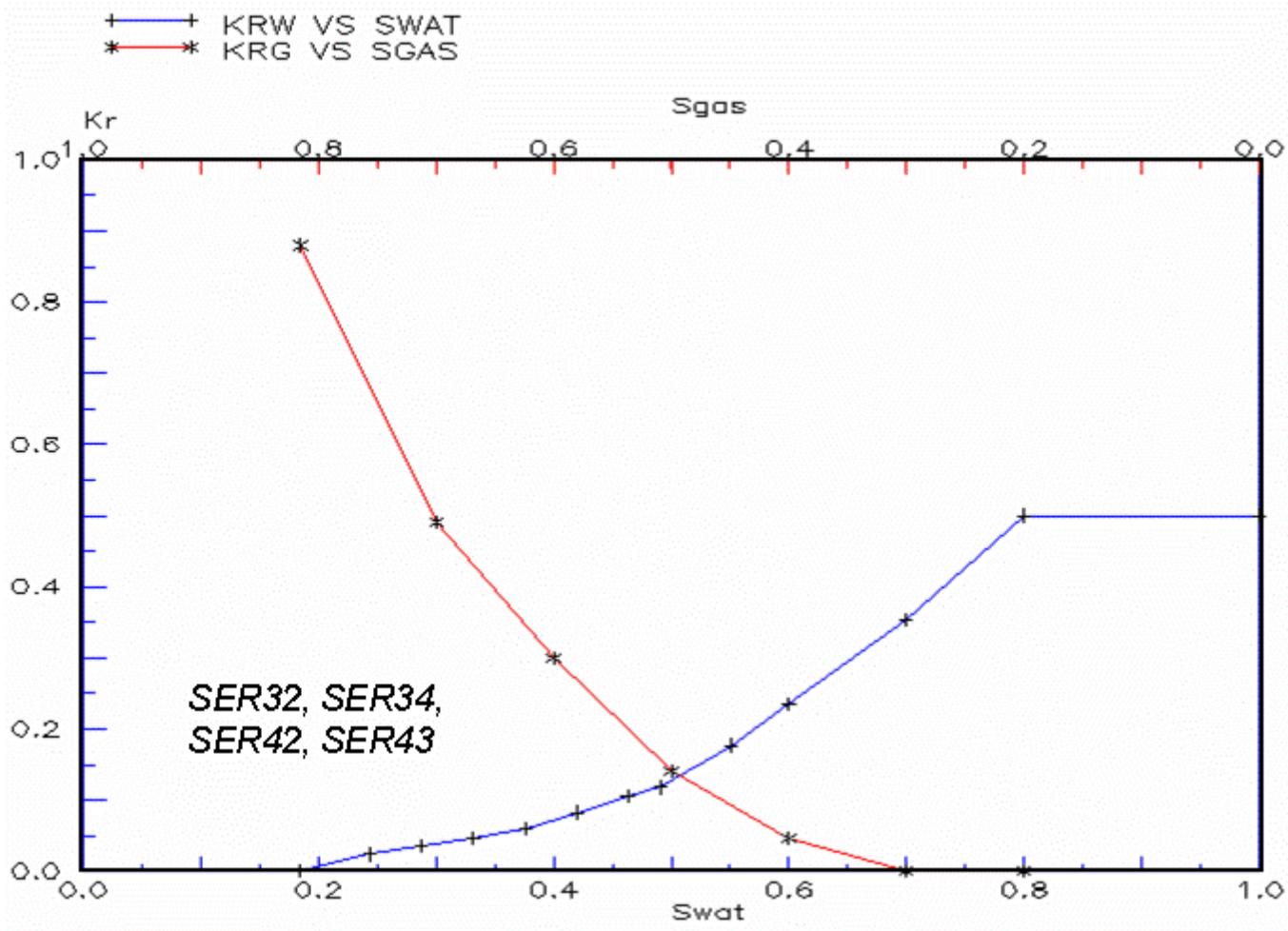


Fig. 20 - Curve di permeabilità relativa all'acqua e al gas ( $k_{r,g}$  e  $k_{r,w}$ ) per i pozzi SER32, SER34, SER42 e SER43

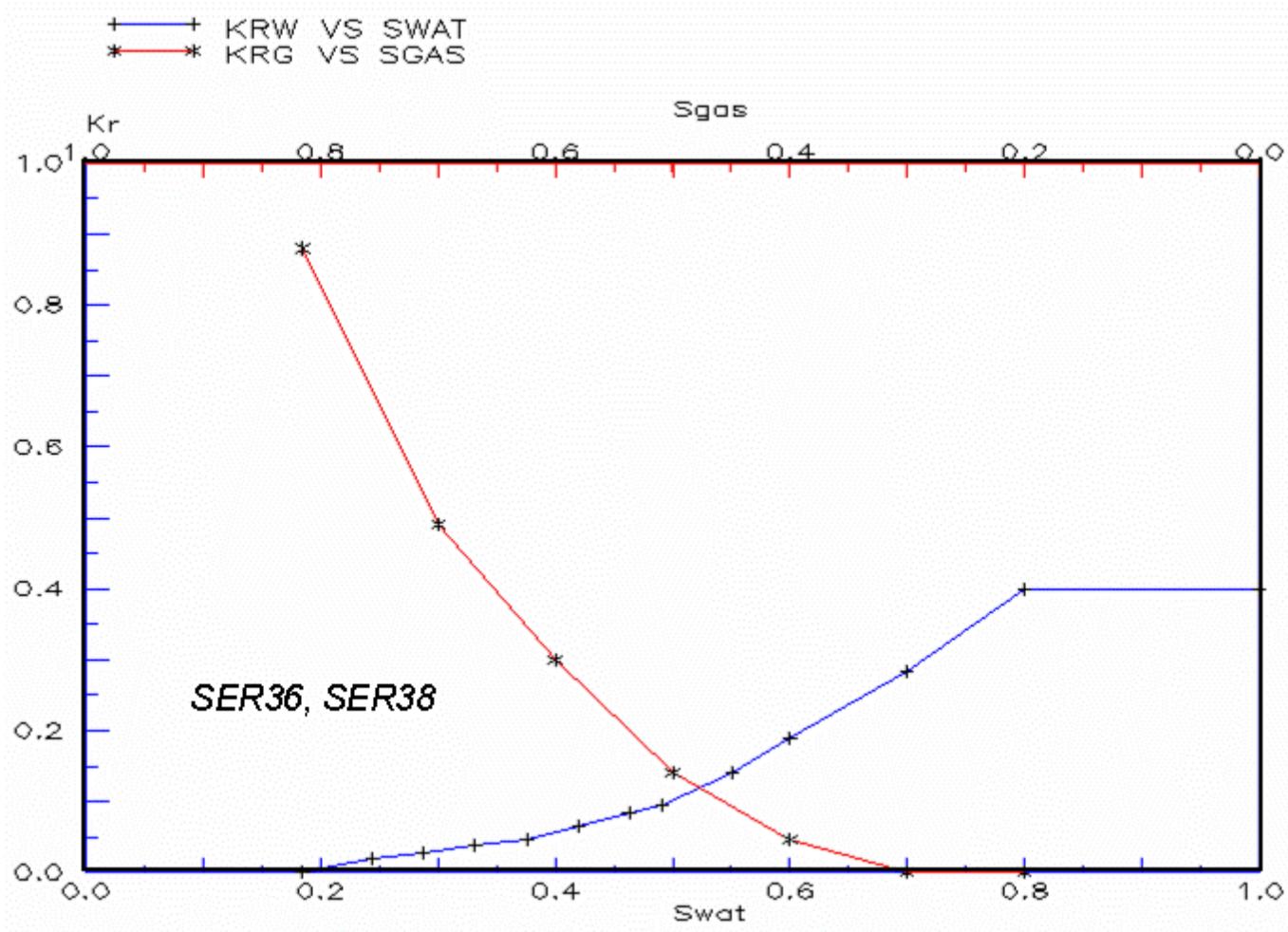


Fig. 21 - Curve di permeabilità relativa all'acqua e al gas ( $k_{r,g}$  e  $k_{r,w}$ ) per i pozzi SER36 e SER38

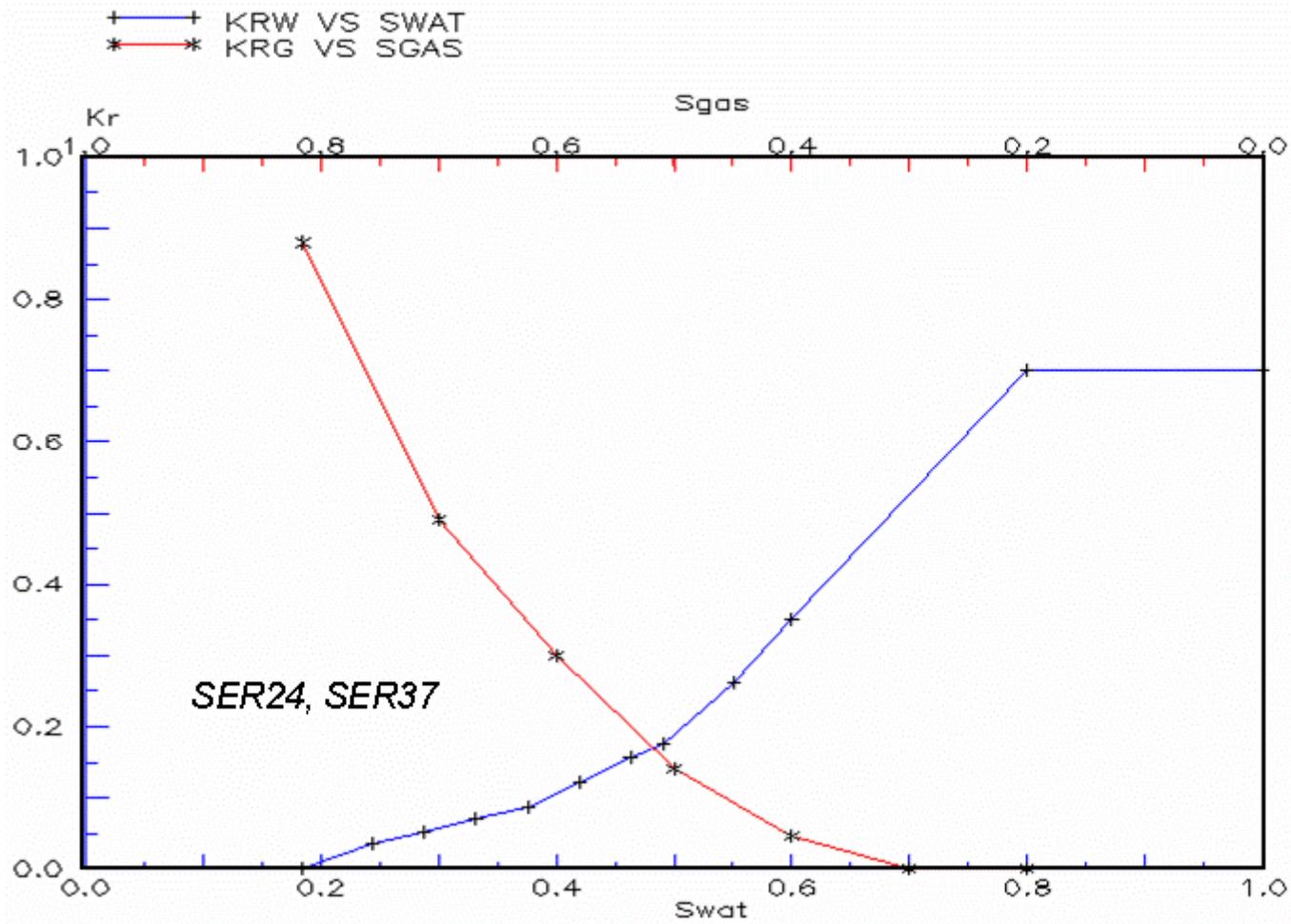


Fig. 22 - Curve di permeabilità relativa all'acqua e al gas ( $k_{r,g}$  e  $k_{r,w}$ ) per i pozzi SER24 e SER37

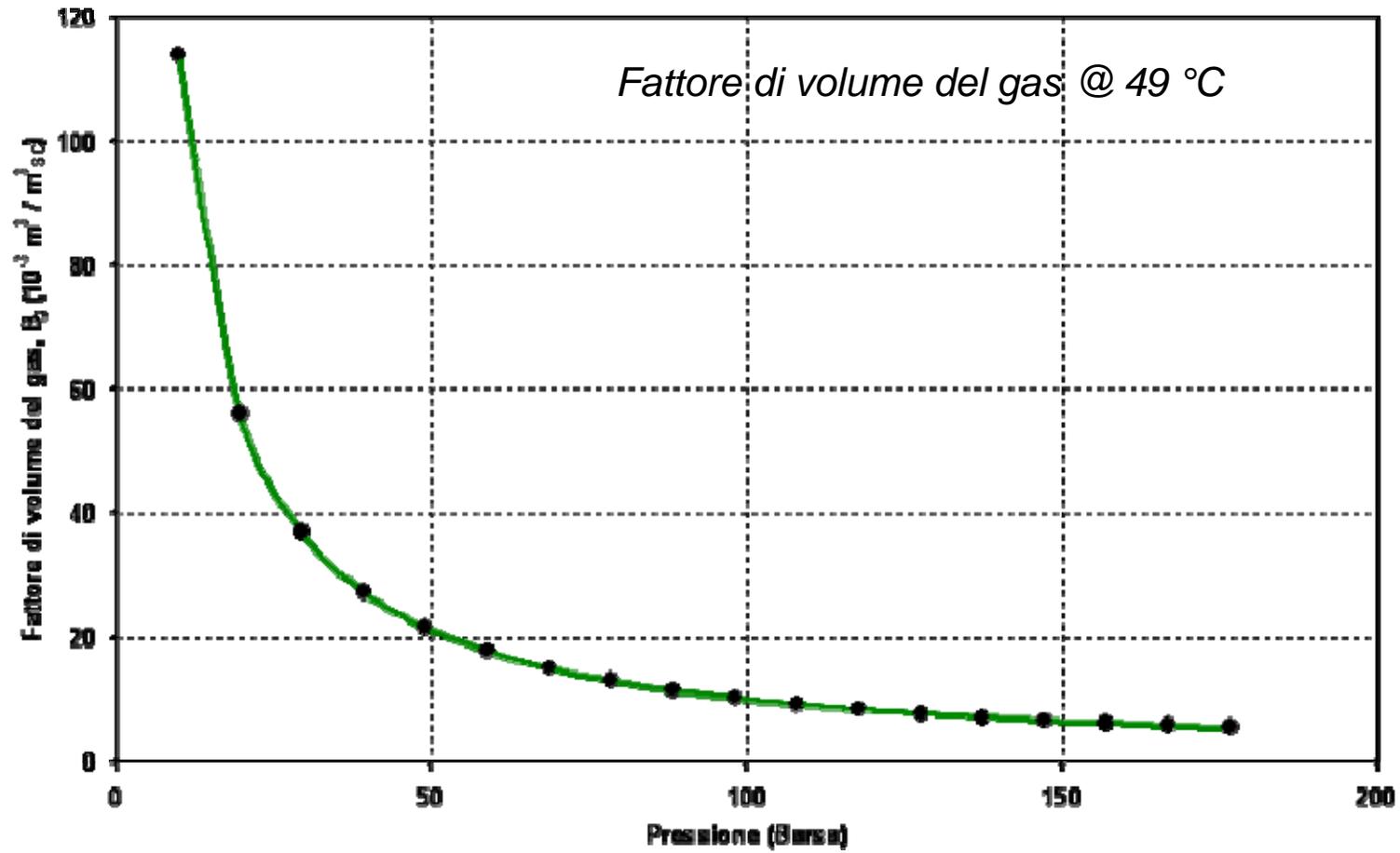


Fig. 23 - Andamento del fattore di volume del gas ( $B_g$ ) in funzione della pressione

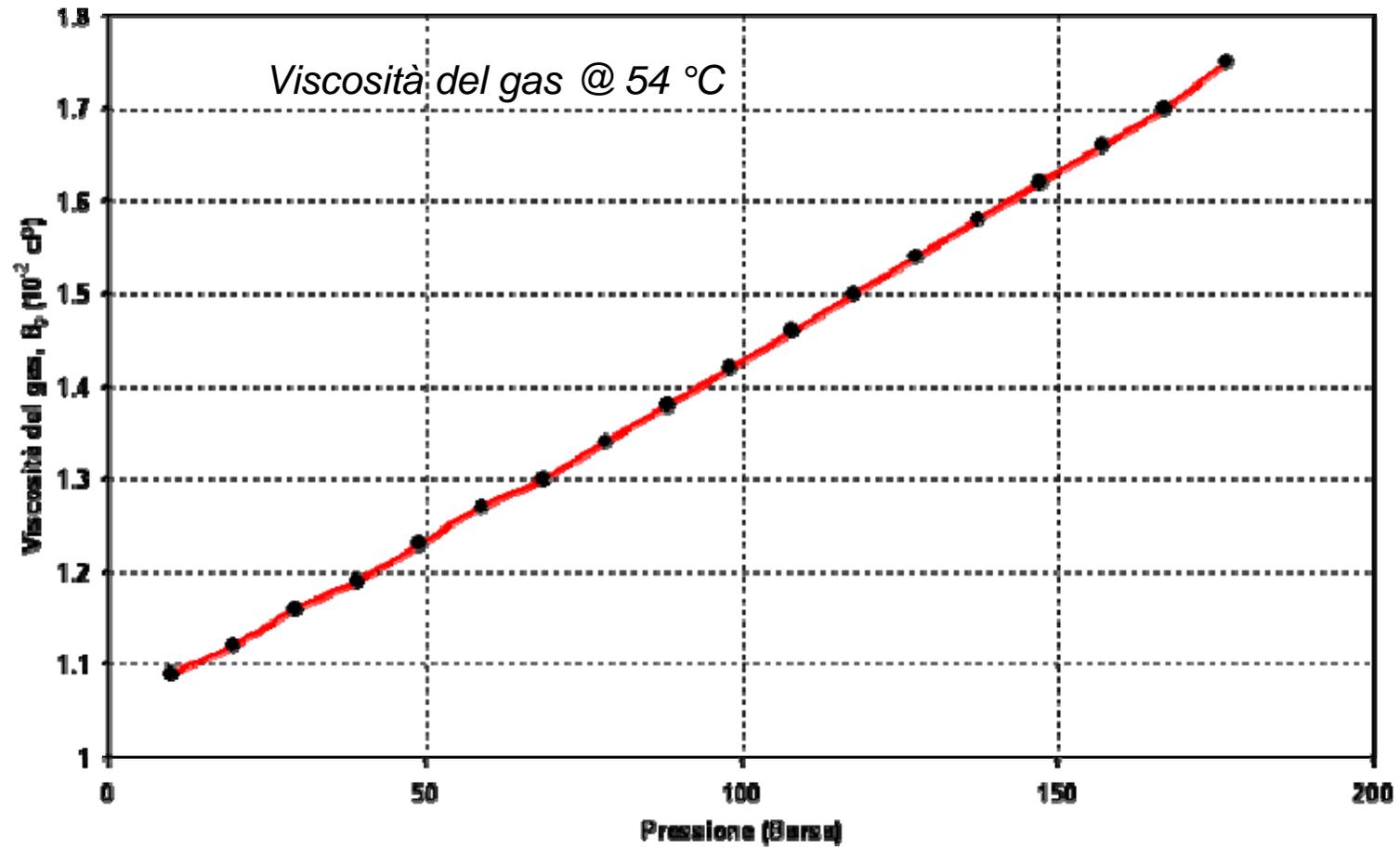


Fig. 24 - Andamento della viscosità del gas ( $\mu_g$ ) in funzione della pressione

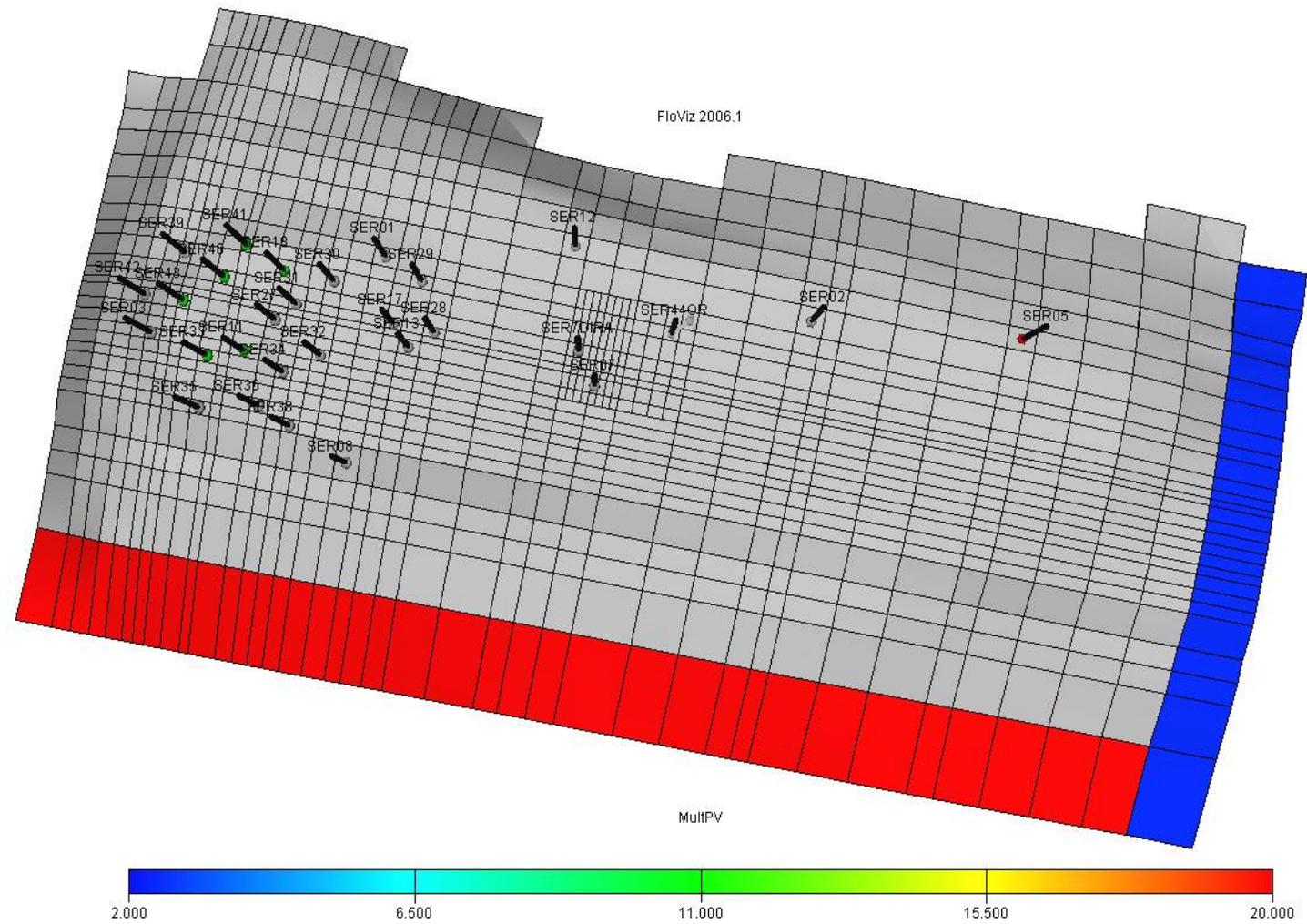


Fig. 25 - Rappresentazione in pianta del *grid* del modello dinamico con indicazione della posizione dell'acquifero

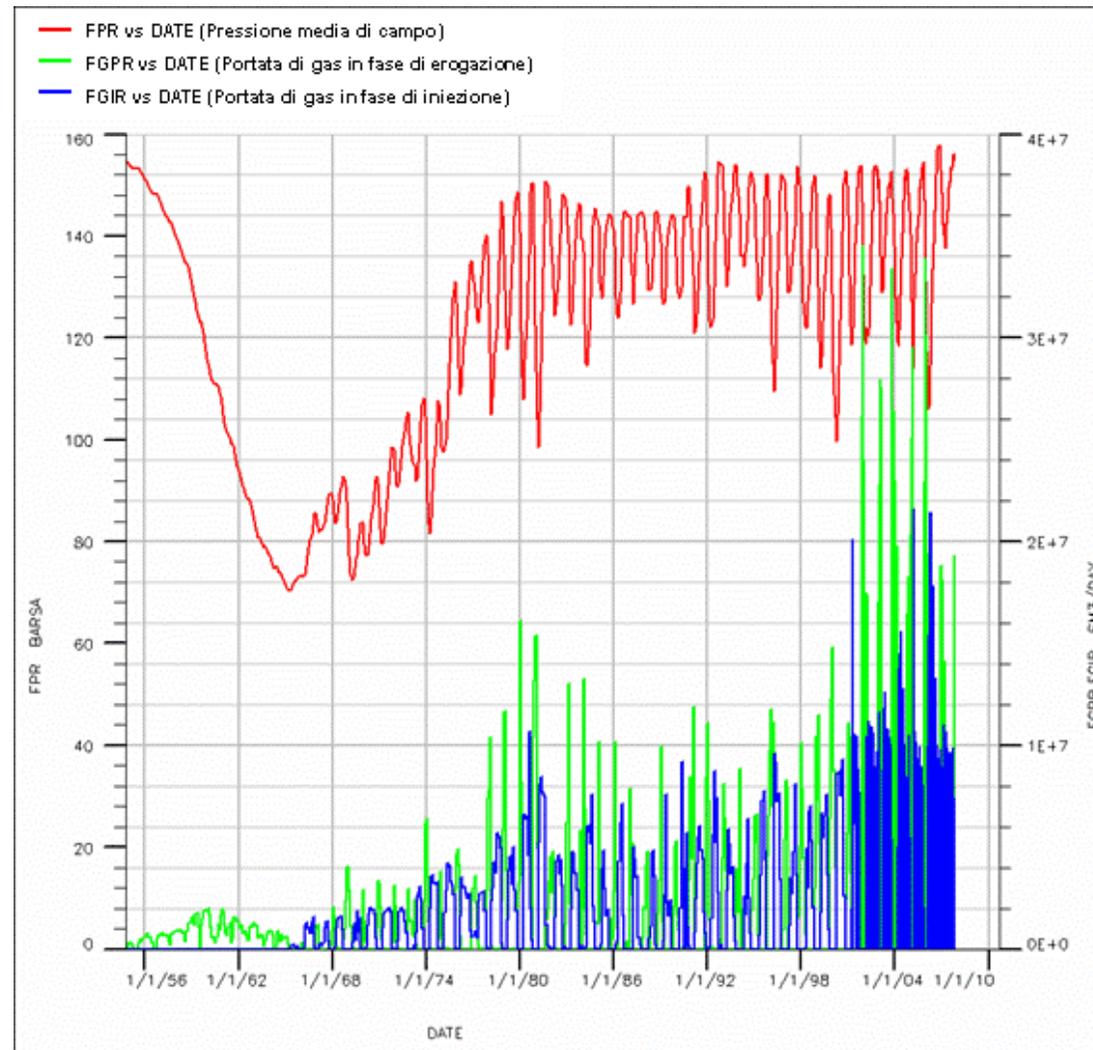


Fig. 26 - Andamento della pressione media e delle portate di gas in fase di produzione e di iniezione del Campo di Sergnano

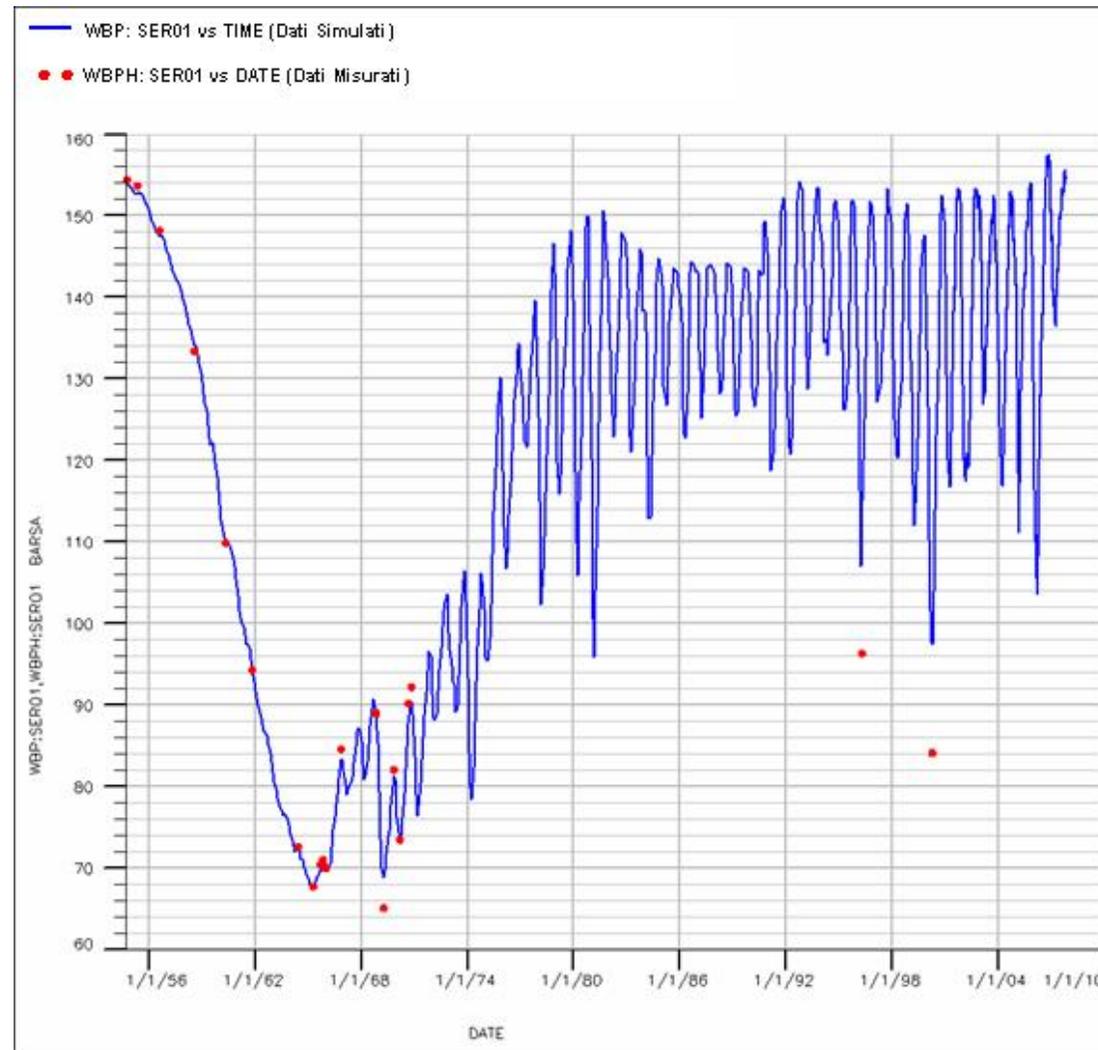


Fig. 27 - Pozzo SERGNANO 1 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

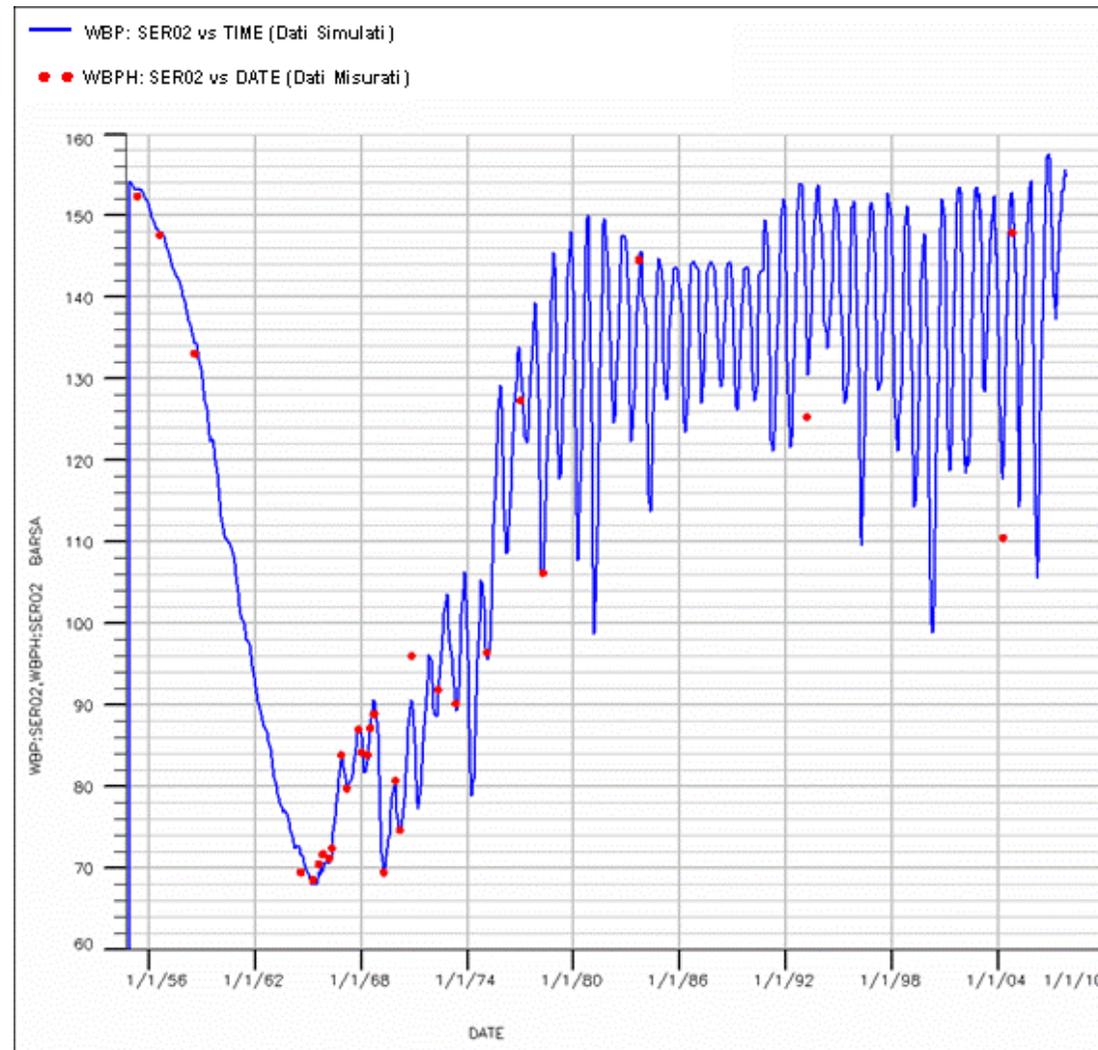


Fig. 28 - Pozzo SERGNANO 2 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

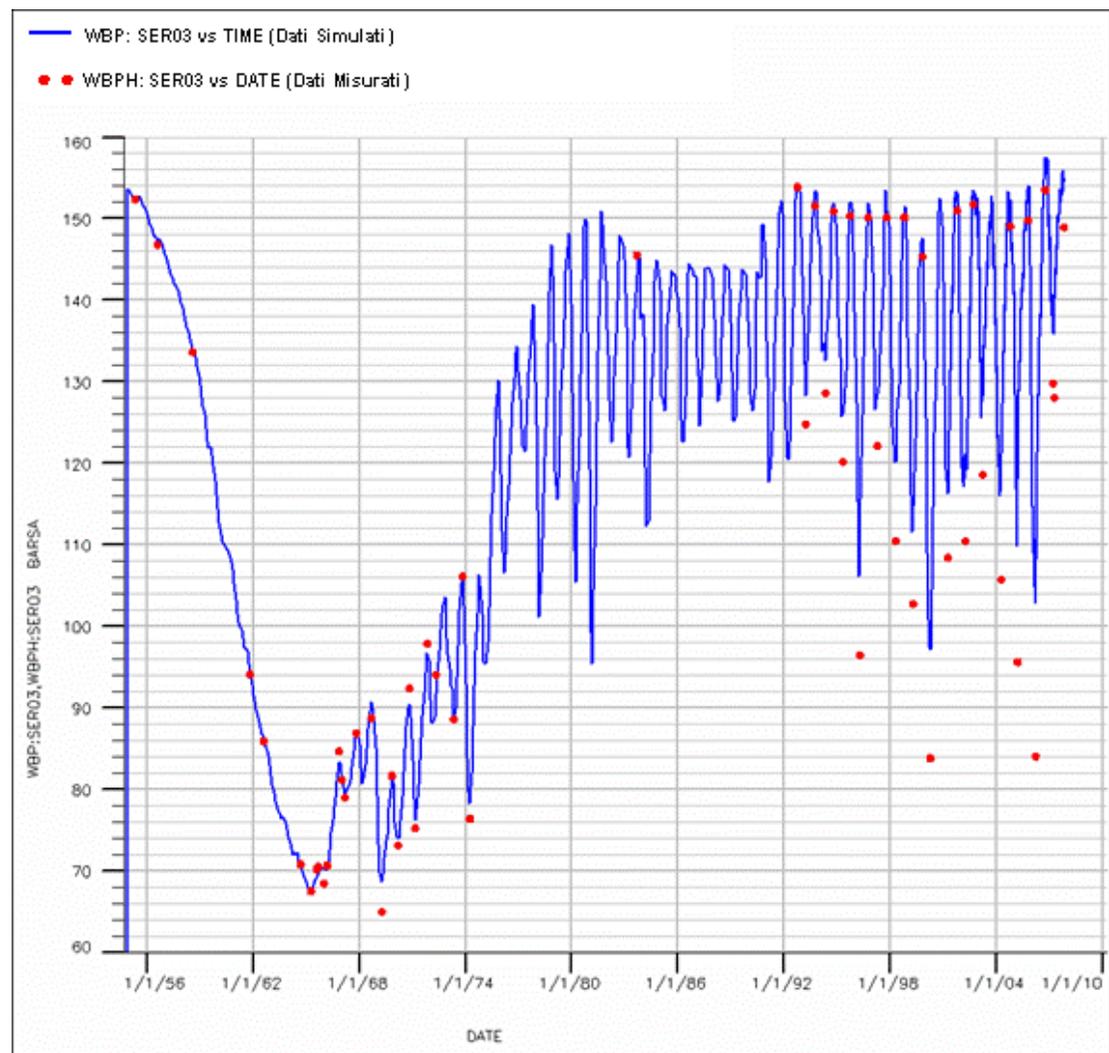


Fig. 29 - Pozzo SERGNANO 3 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

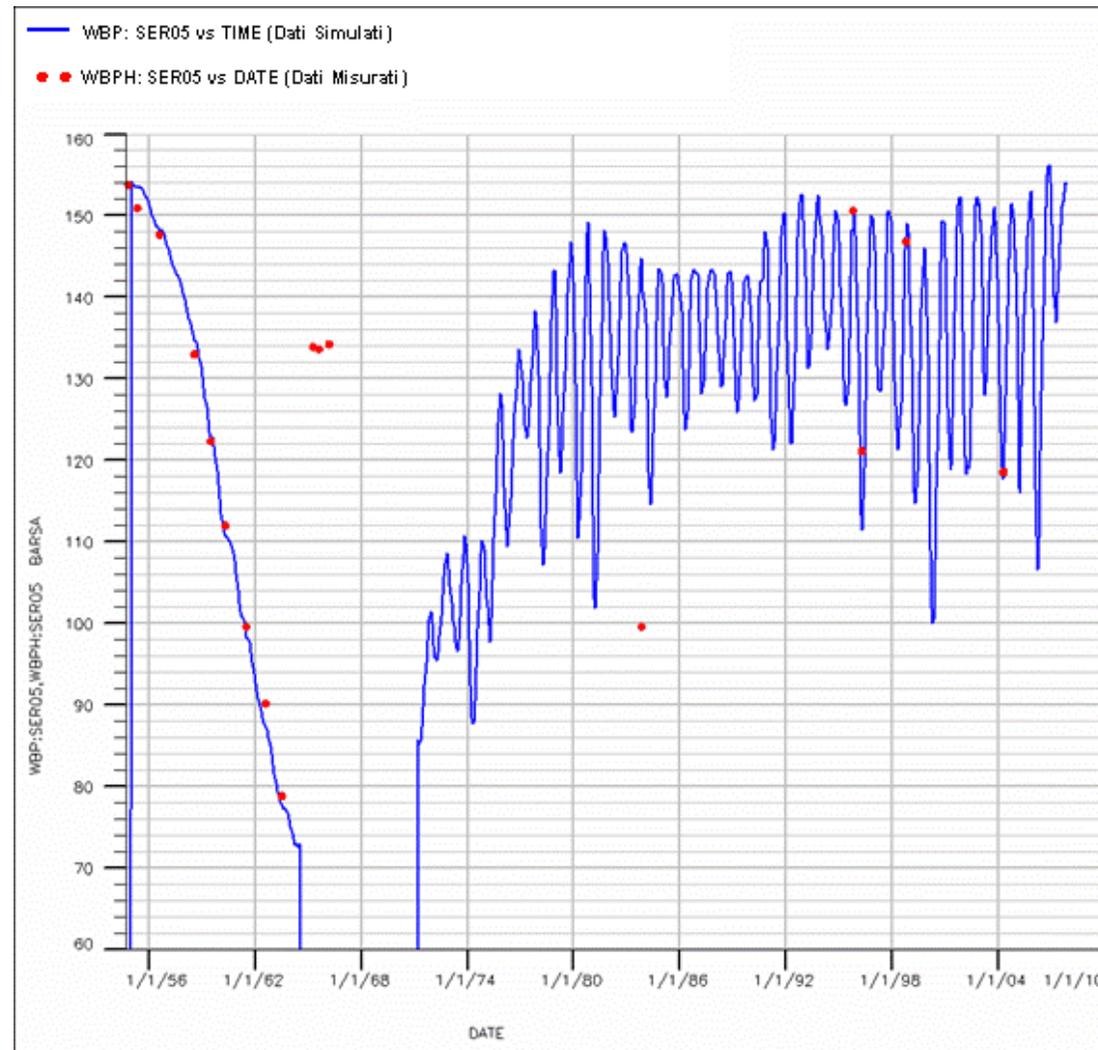


Fig. 30 - Pozzo SERGNANO 5 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)



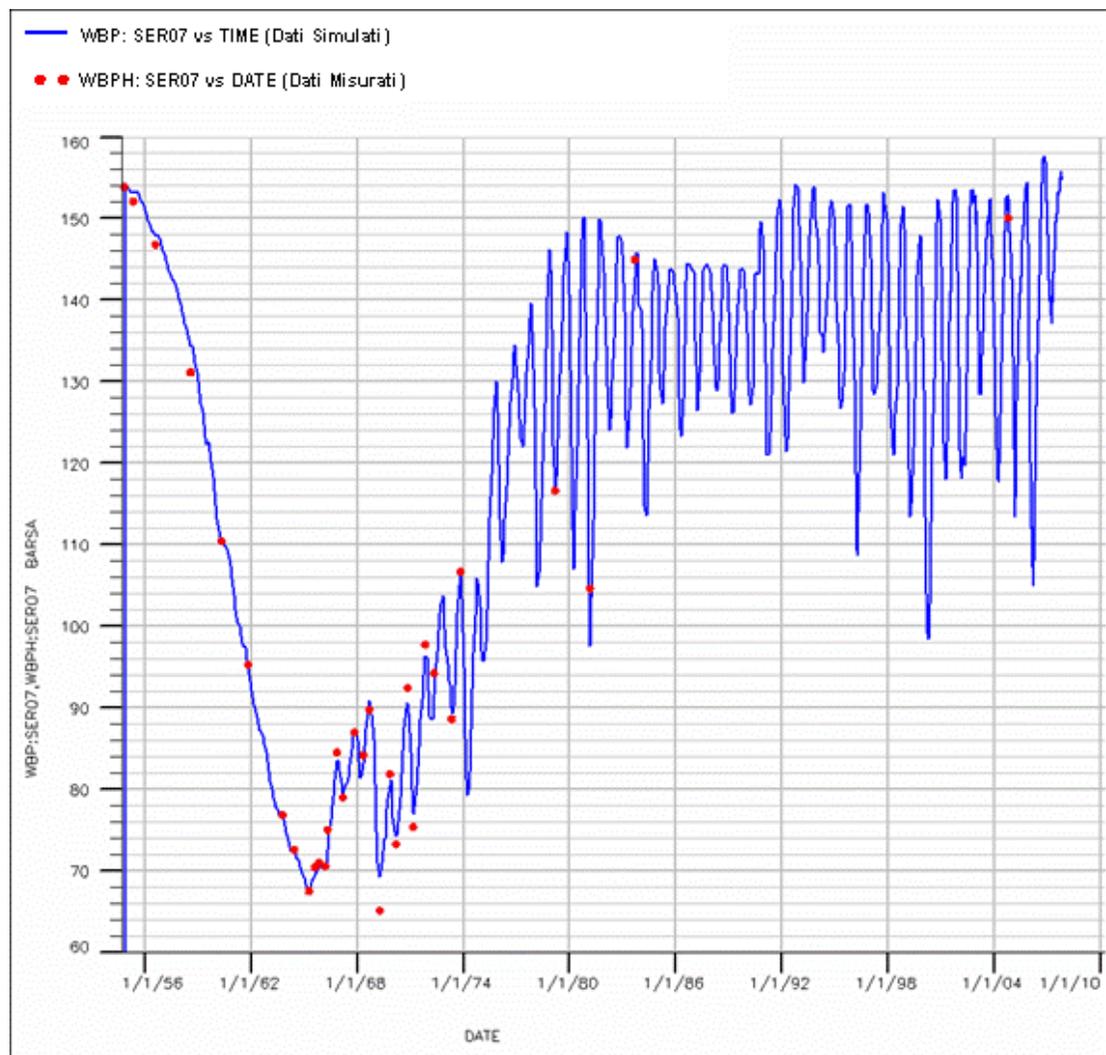


Fig. 32 - Pozzo SERGNANO 7 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

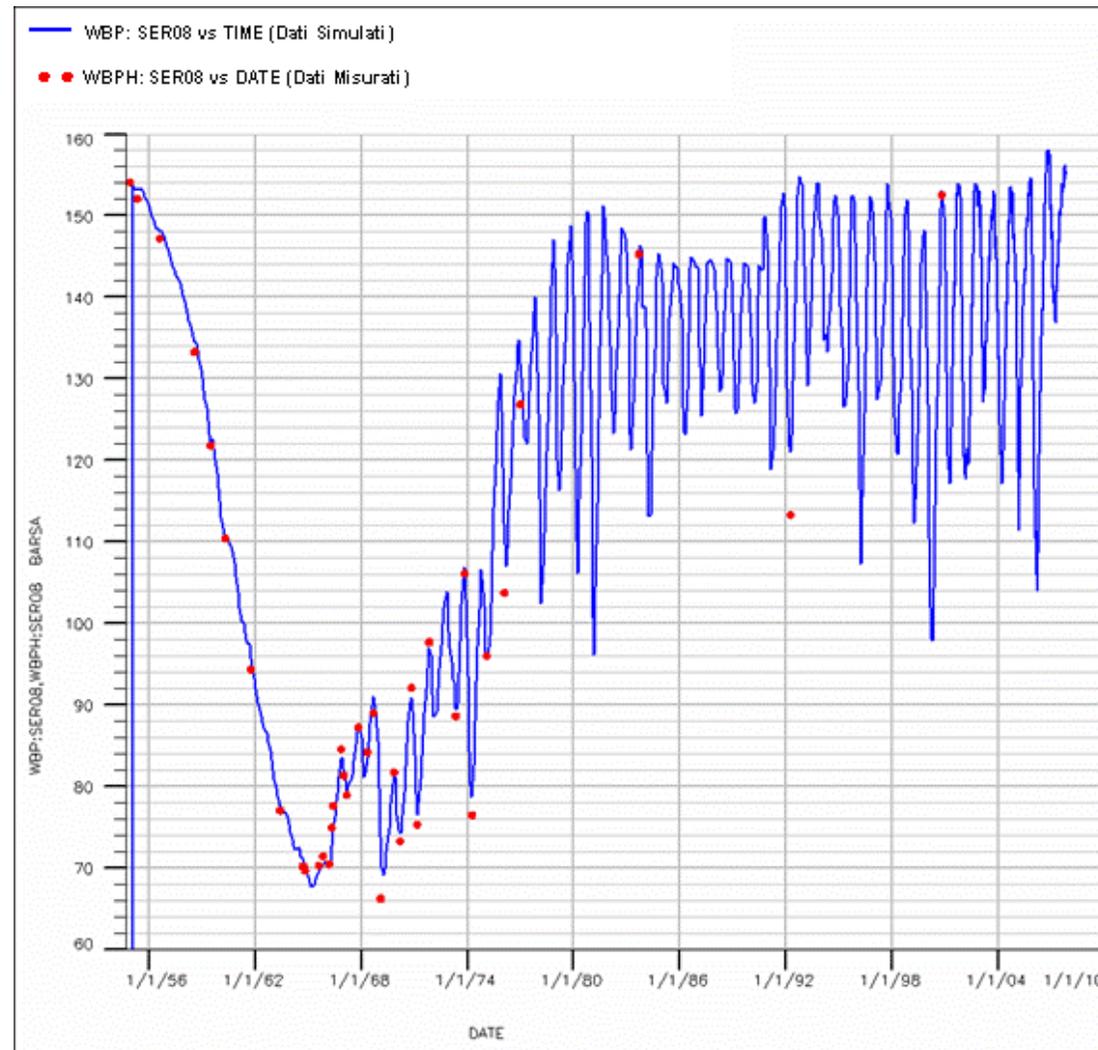


Fig. 33 - Pozzo SERGNANO 8 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

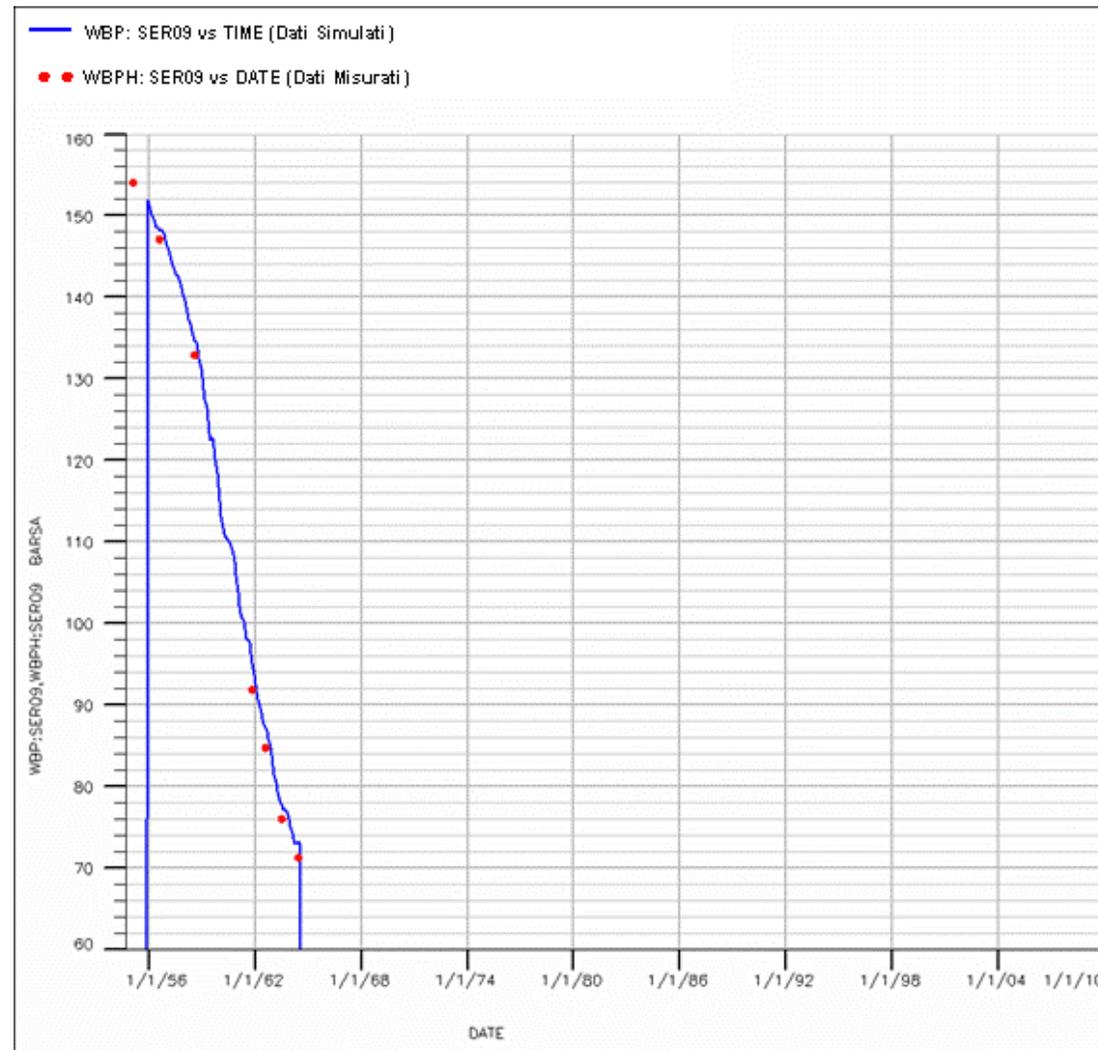


Fig. 34 - Pozzo SERGNANO 9 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

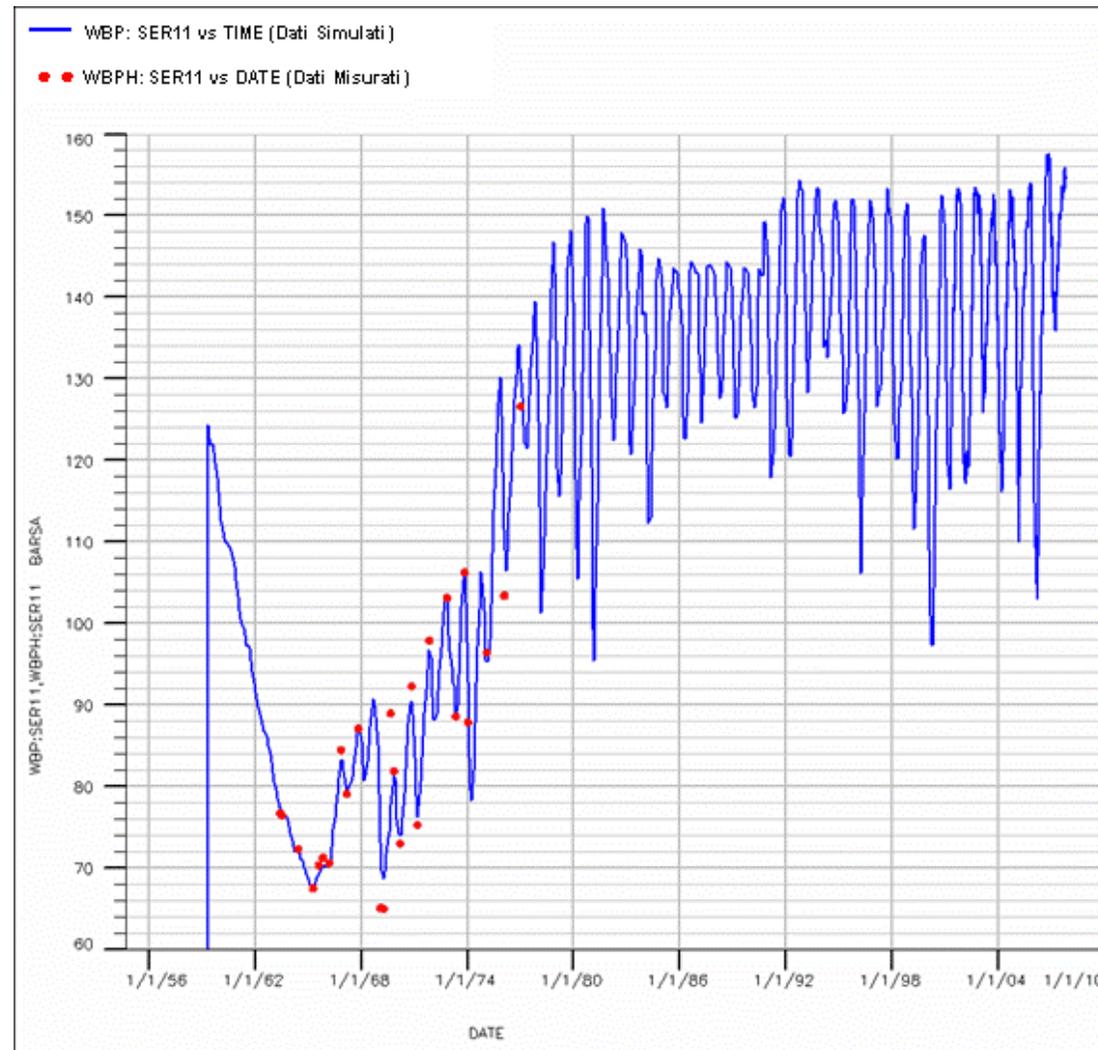


Fig. 35 - Pozzo SERGNANO 11 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

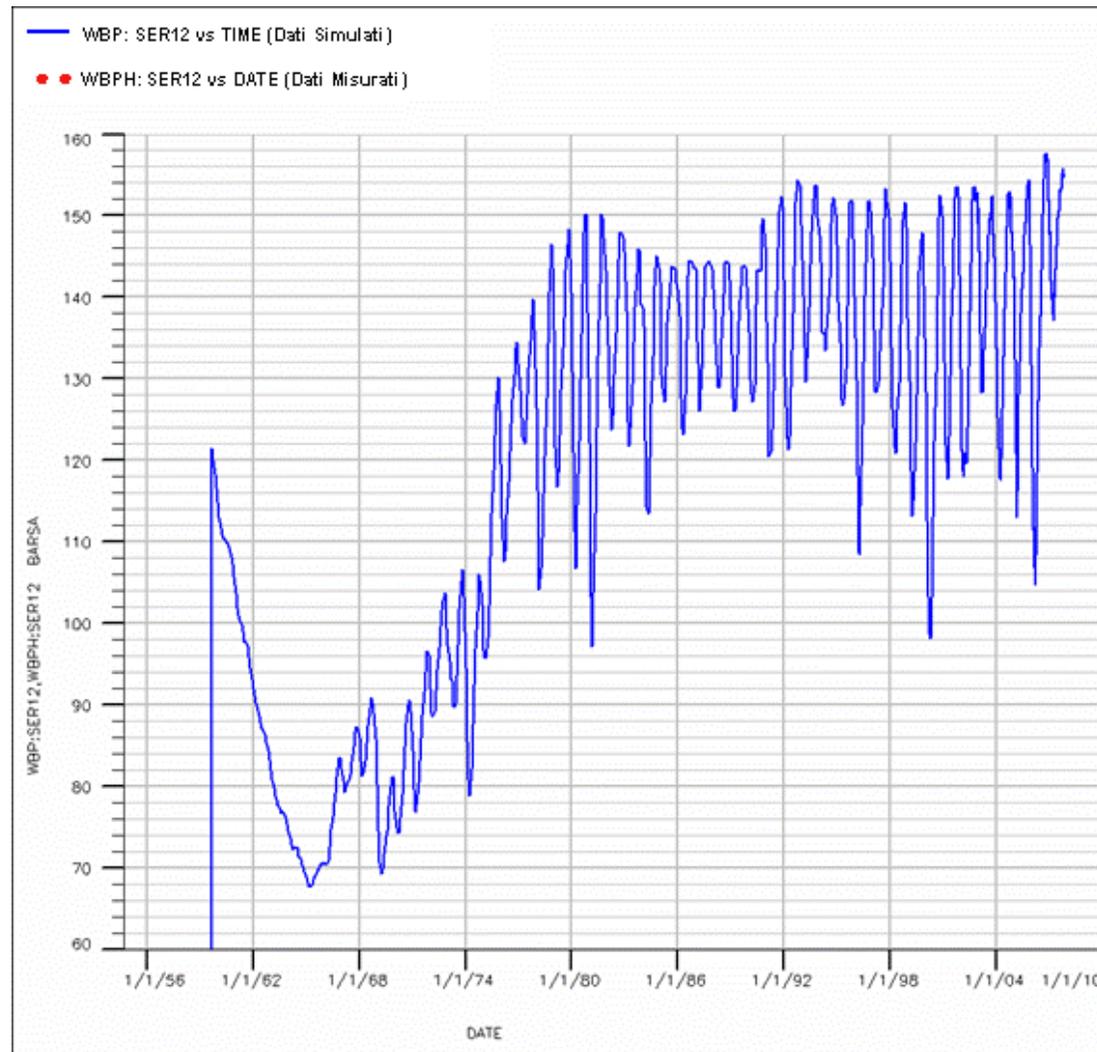


Fig. 36 - Pozzo SERGNANO 12 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

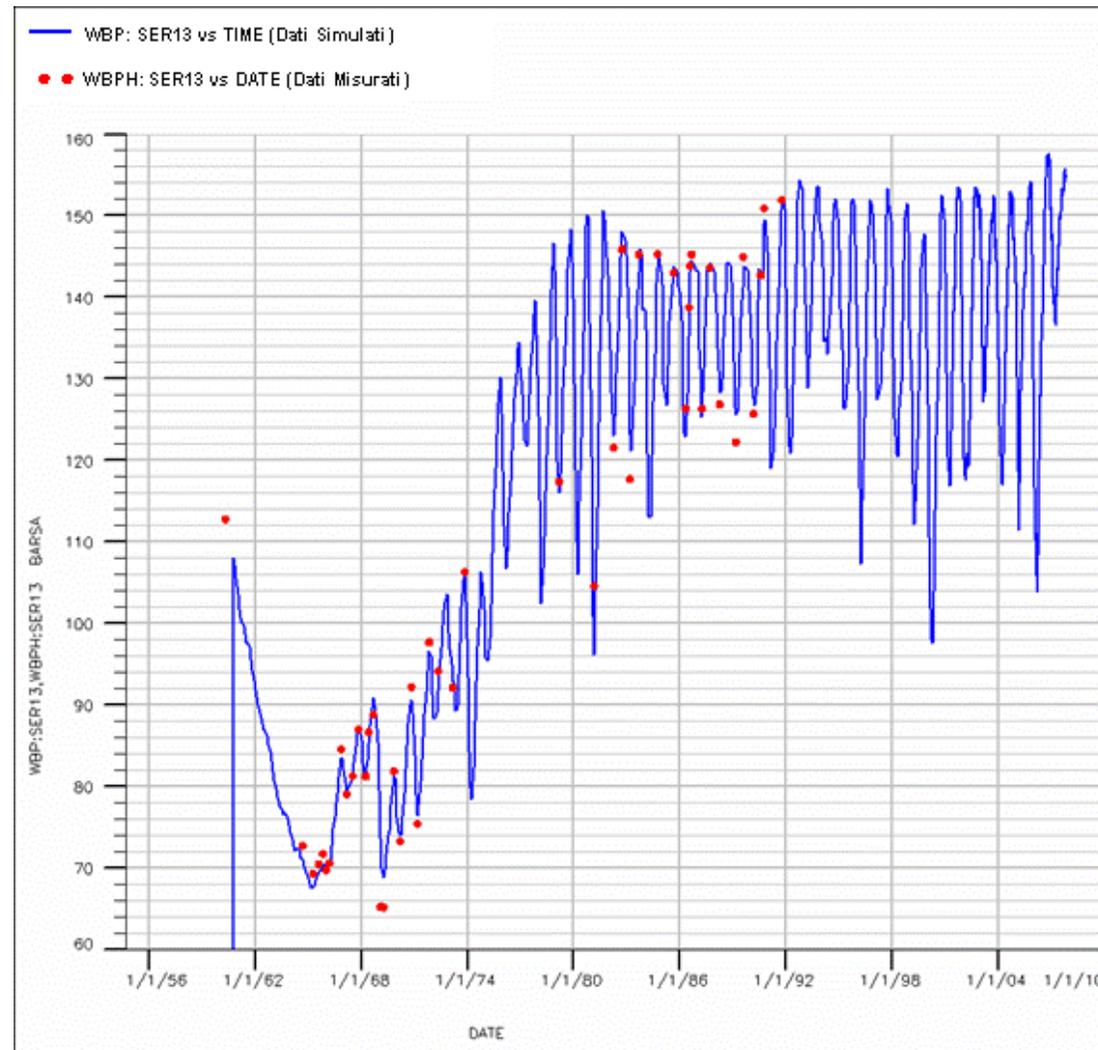


Fig. 37 - Pozzo SERGNANO 13 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

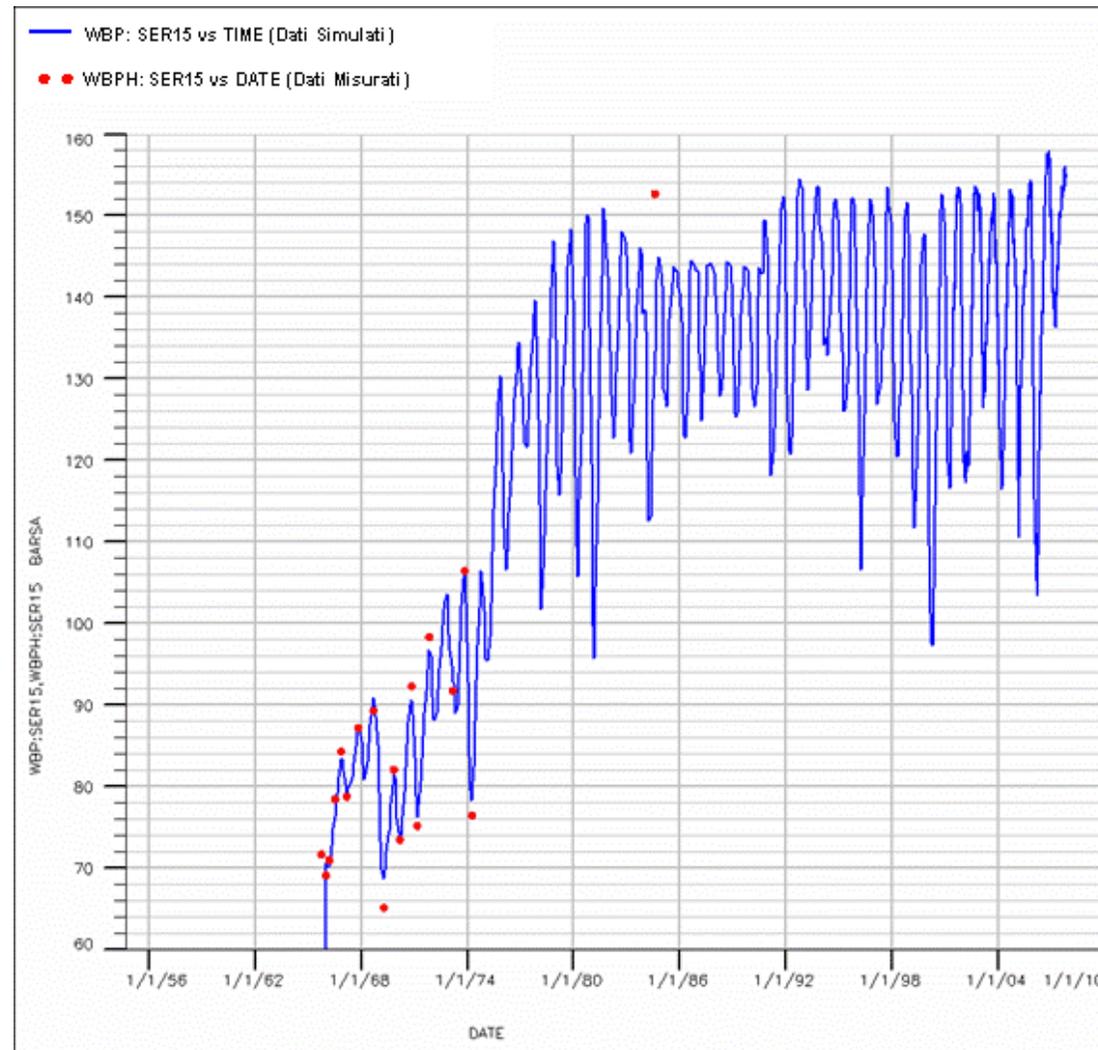


Fig. 38 - Pozzo SERGNANO 15 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

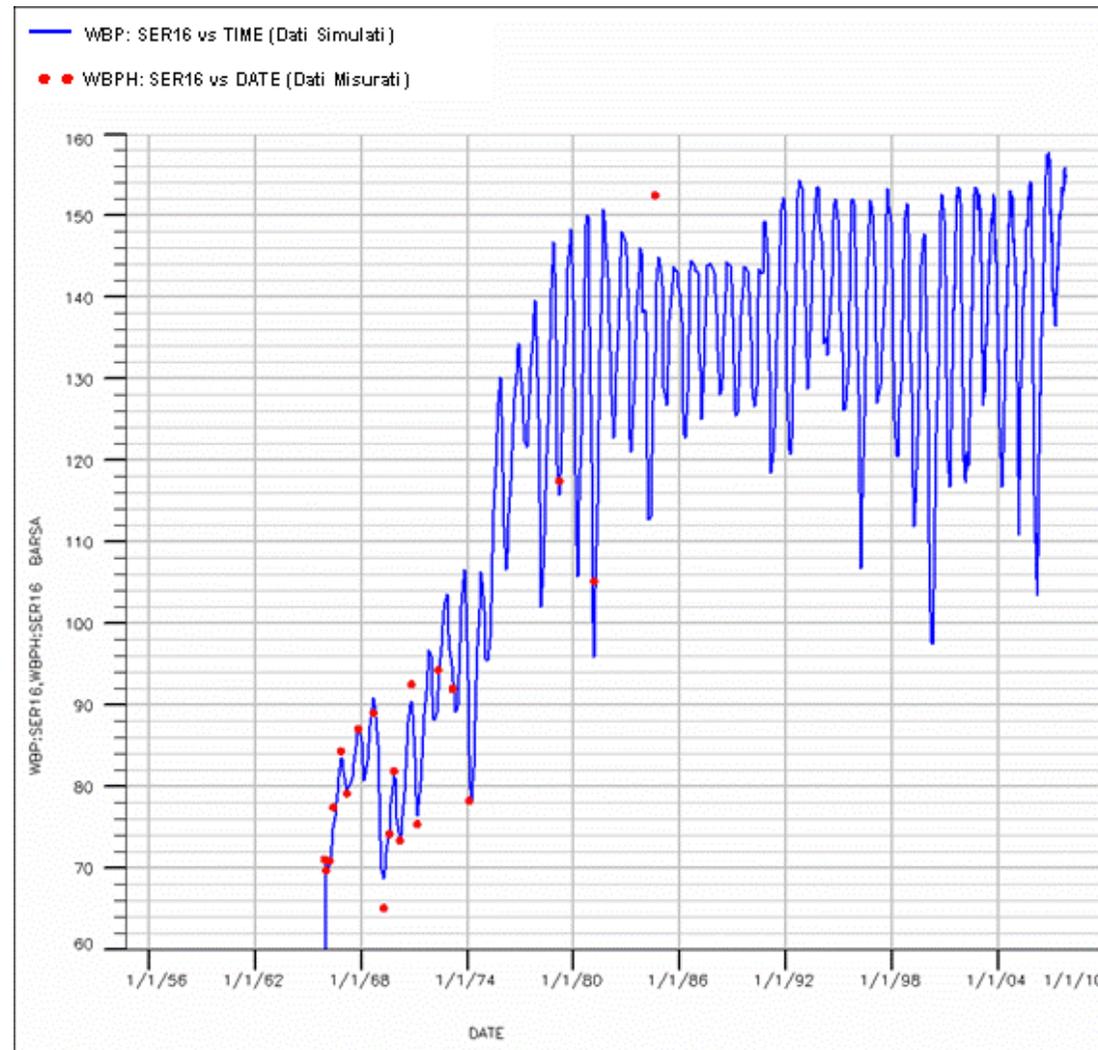


Fig. 39 - Pozzo SERGNANO 16 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

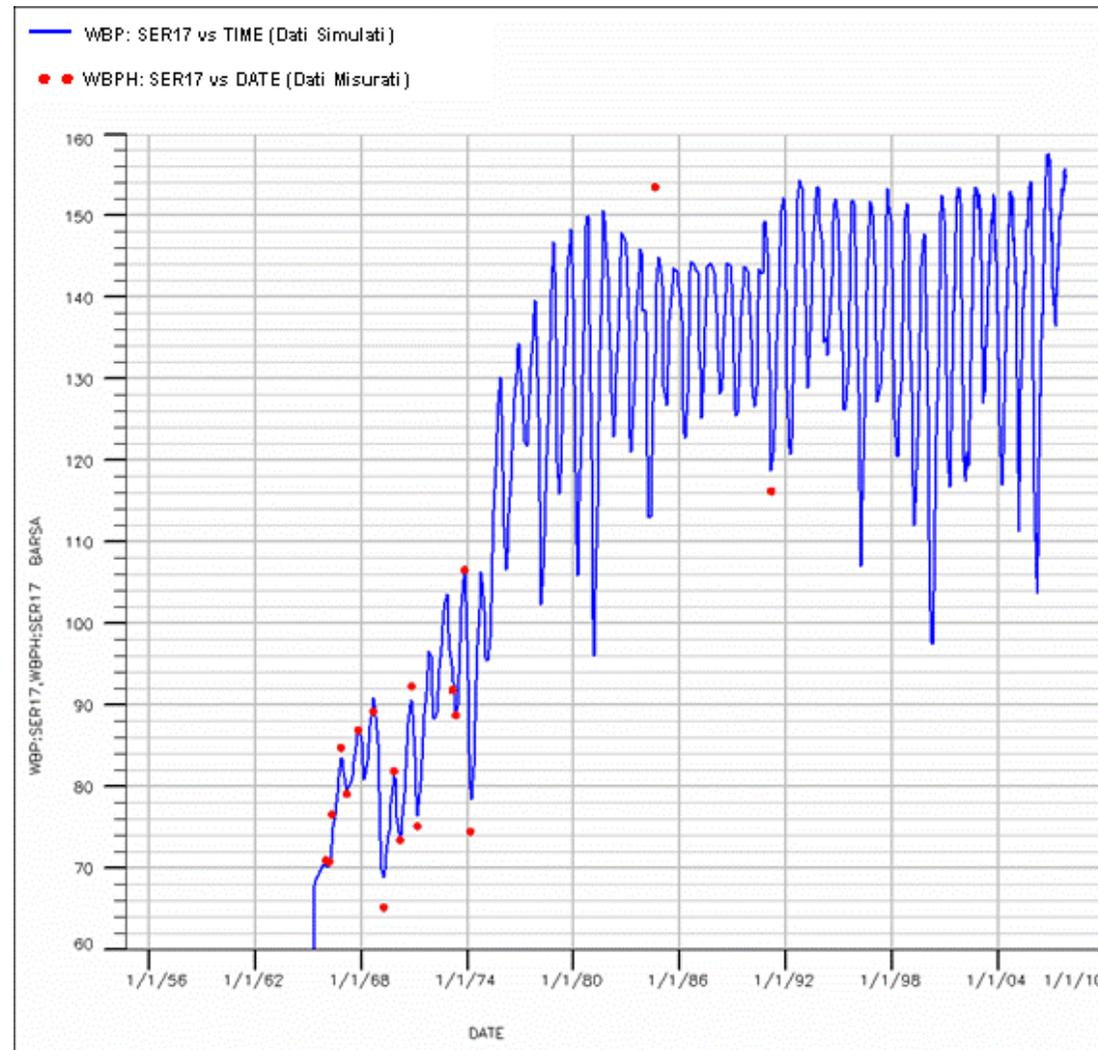


Fig. 40 - Pozzo SERGNANO 17 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

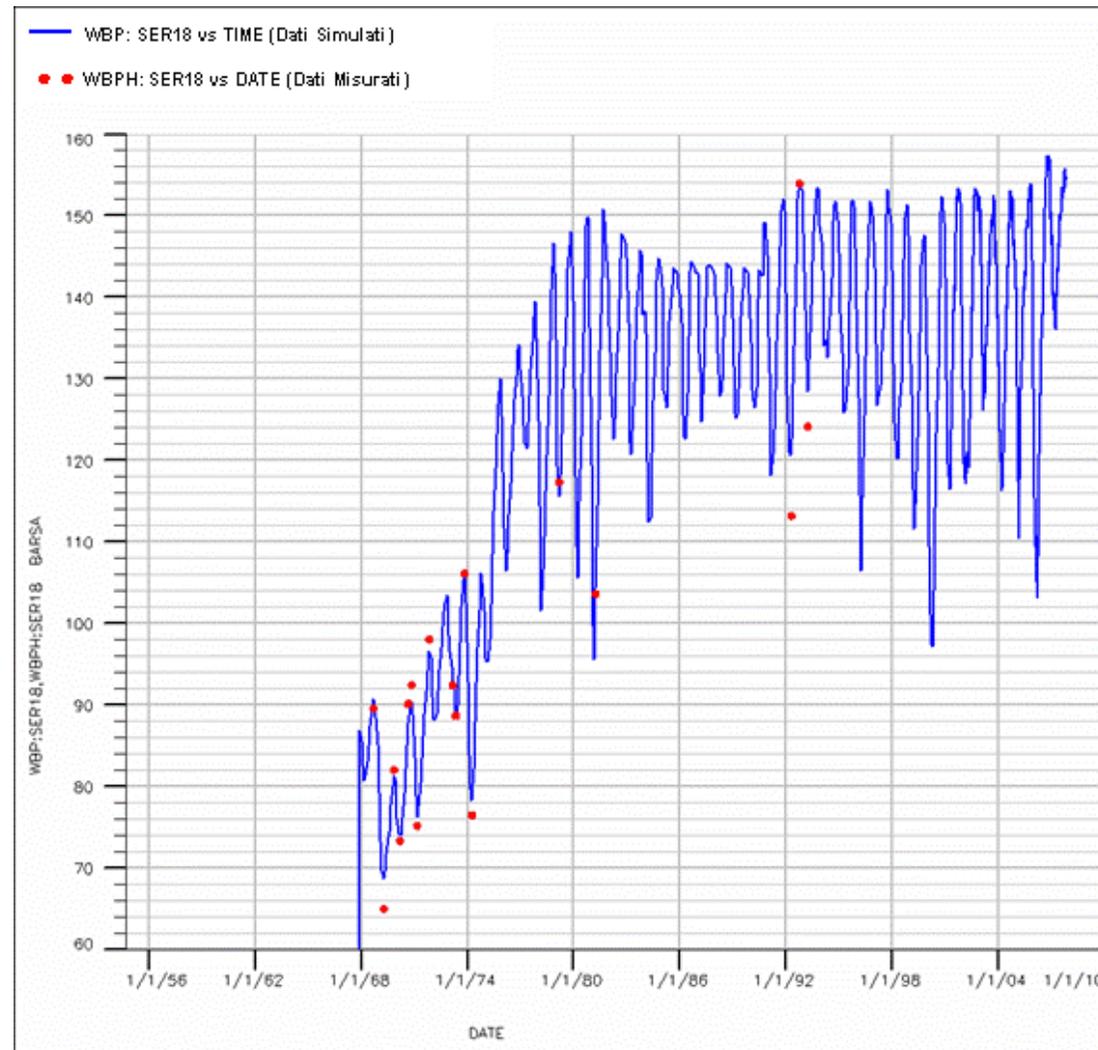


Fig. 41 - Pozzo SERGNANO 18 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

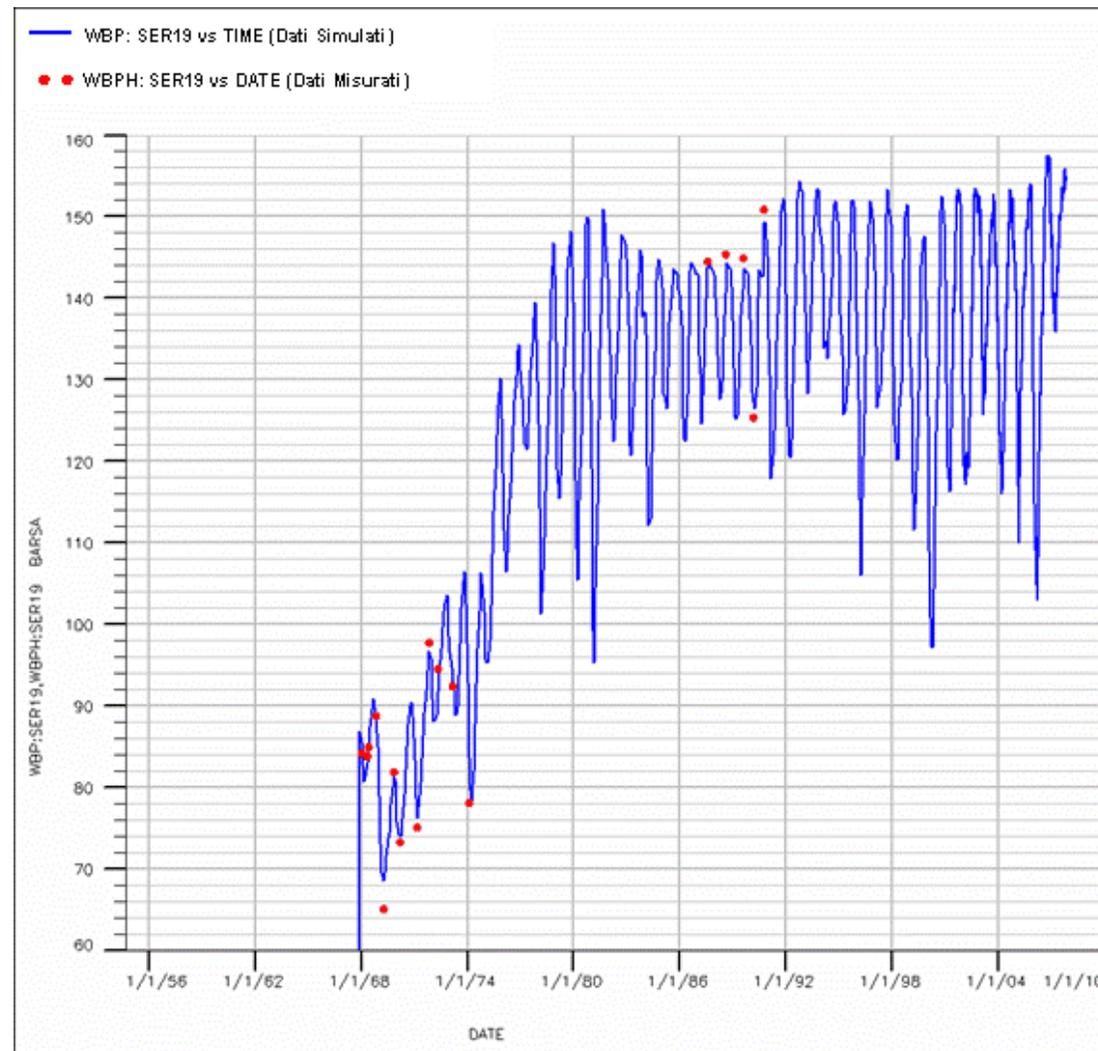


Fig. 42 - Pozzo SERGNANO 19 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

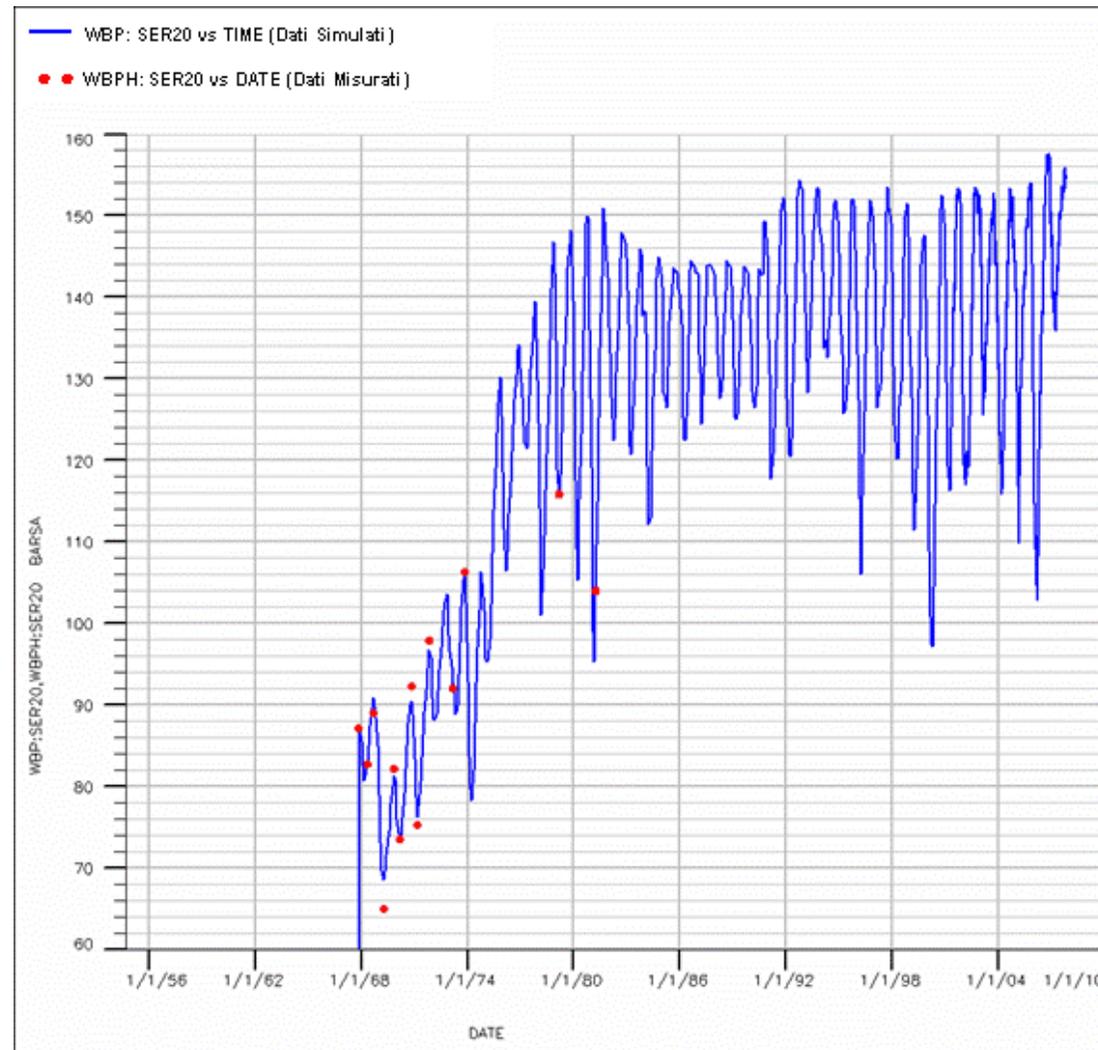


Fig. 43 - Pozzo SERGNANO 20 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

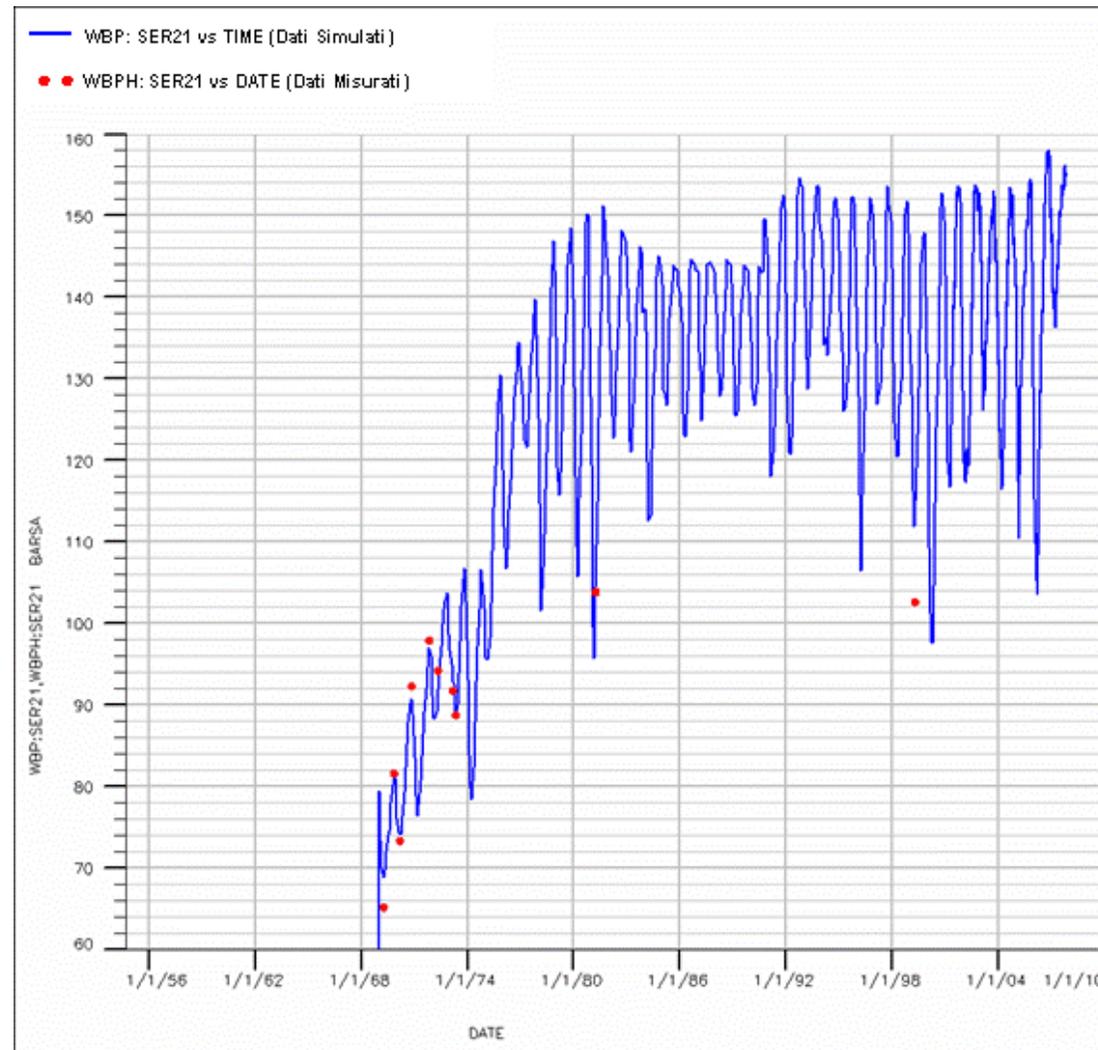


Fig. 44 - Pozzo SERGNANO 21 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

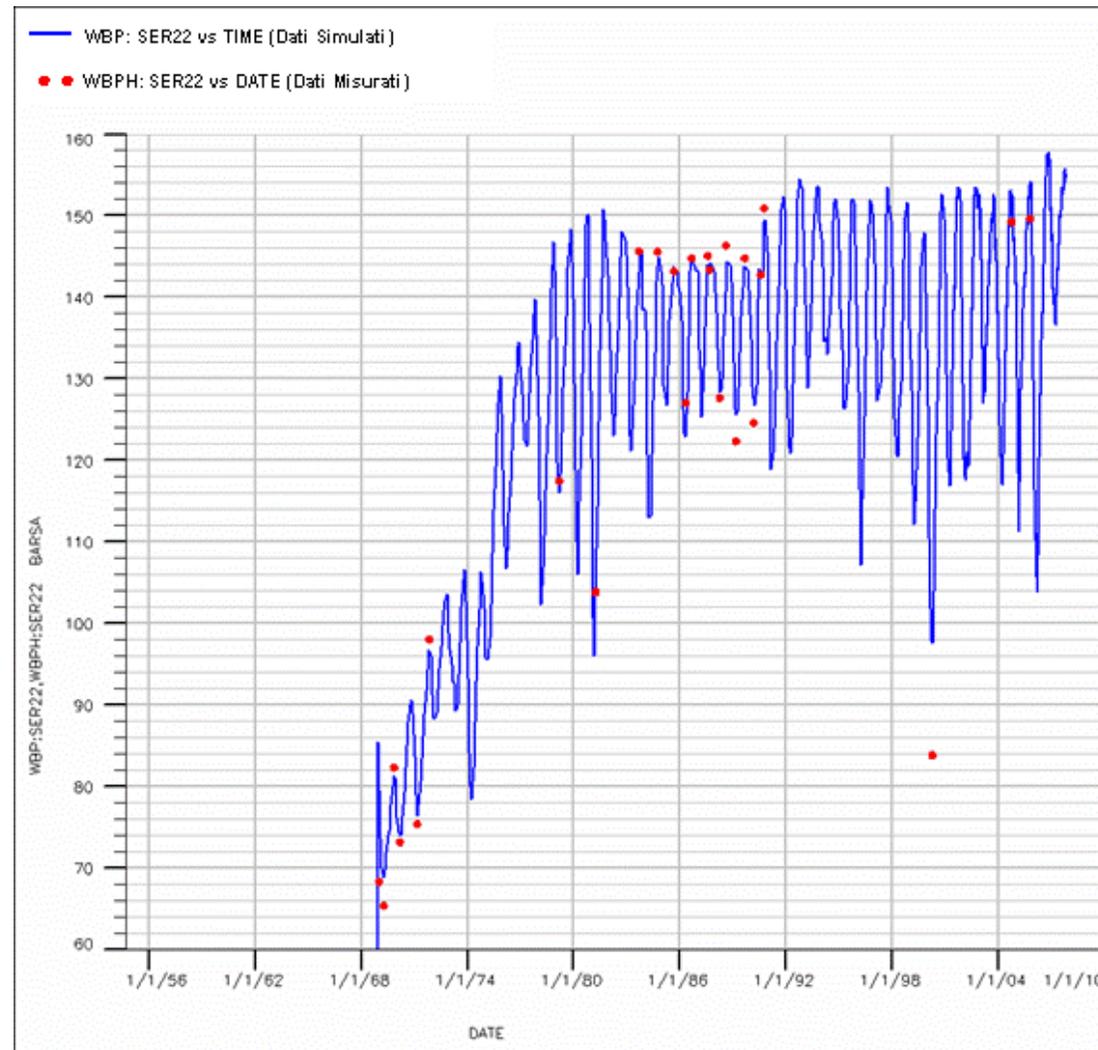


Fig. 45 - Pozzo SERGNANO 22 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

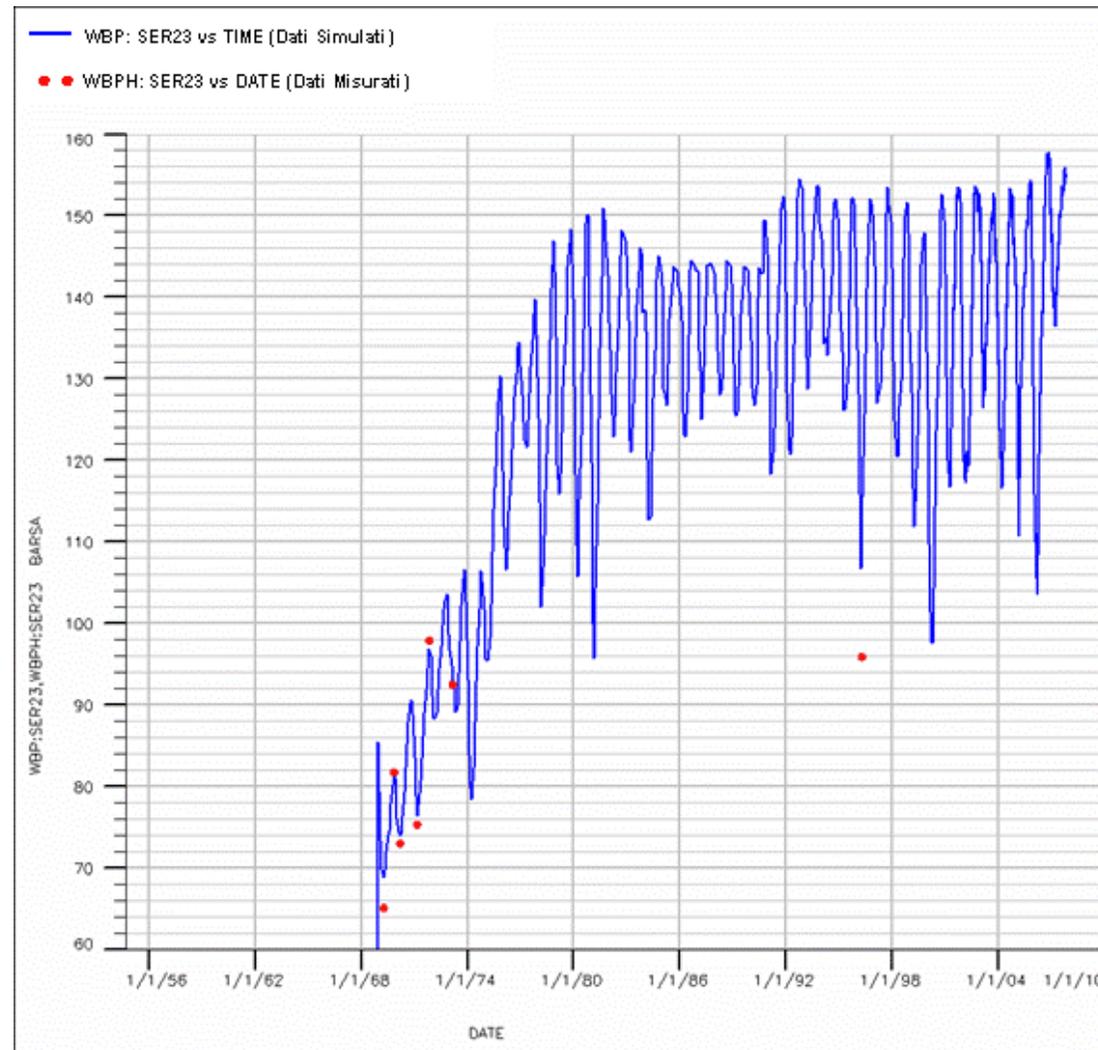


Fig. 46 - Pozzo SERGNANO 23 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

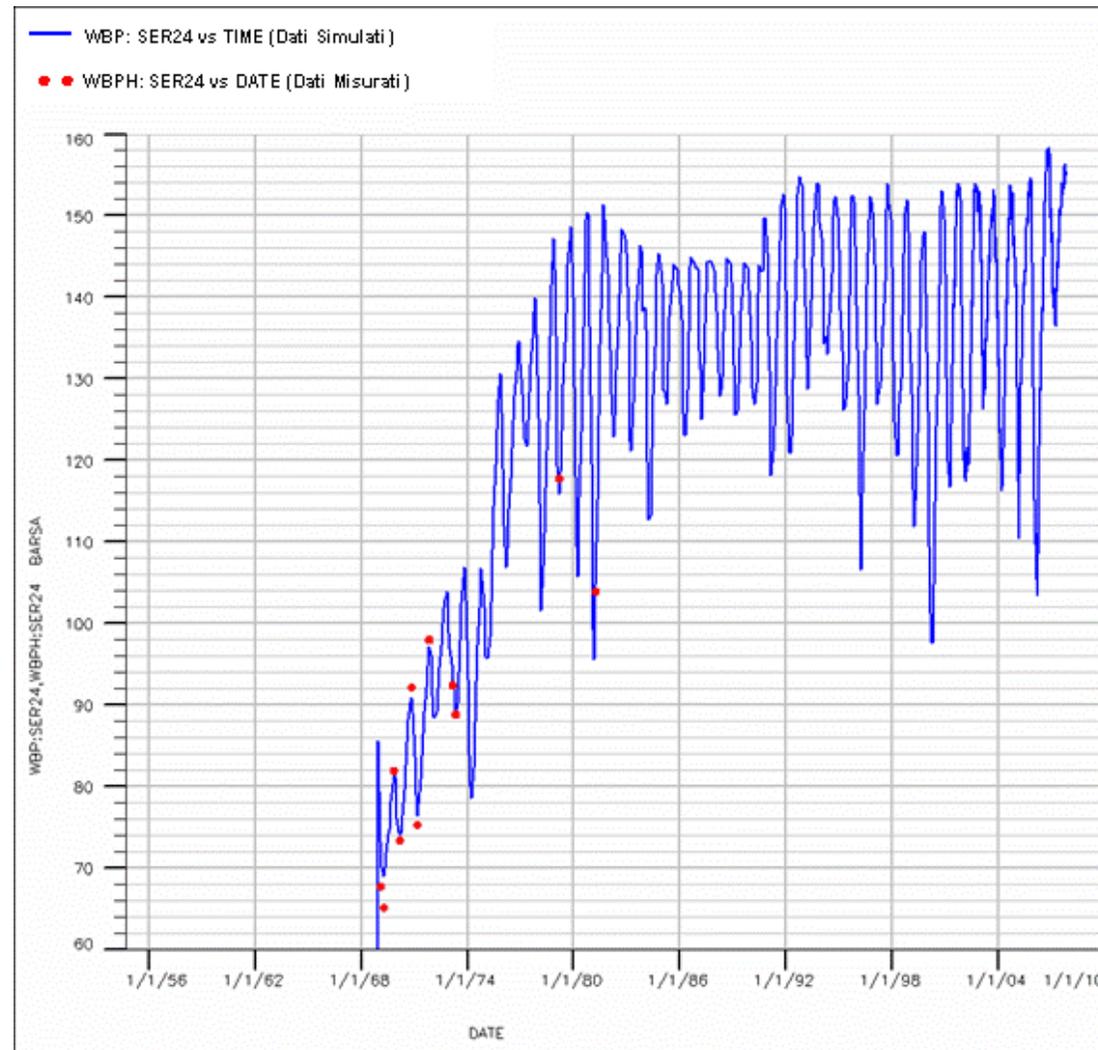


Fig. 47 - Pozzo SERGNANO 24 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

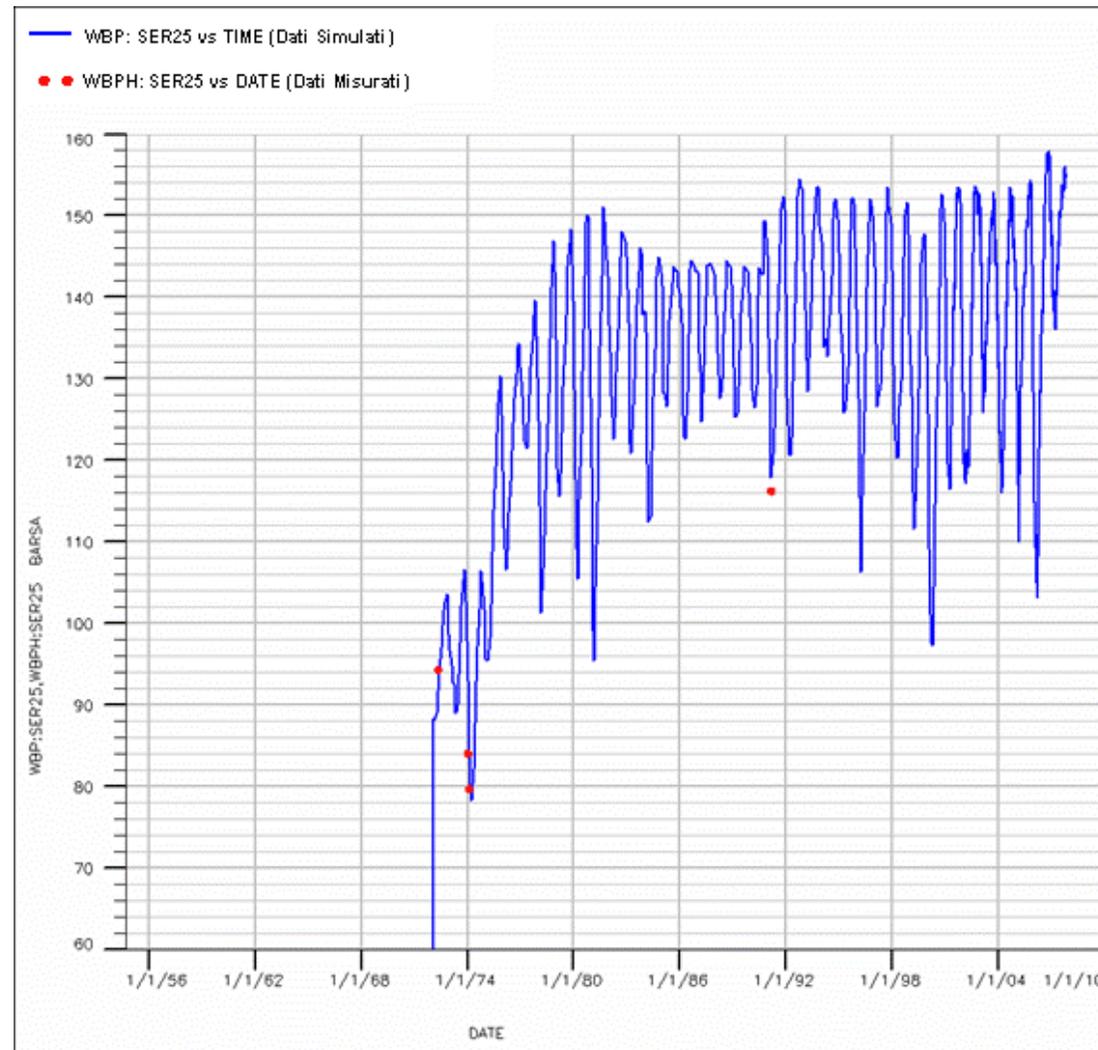


Fig. 48 - Pozzo SERGNANO 25 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

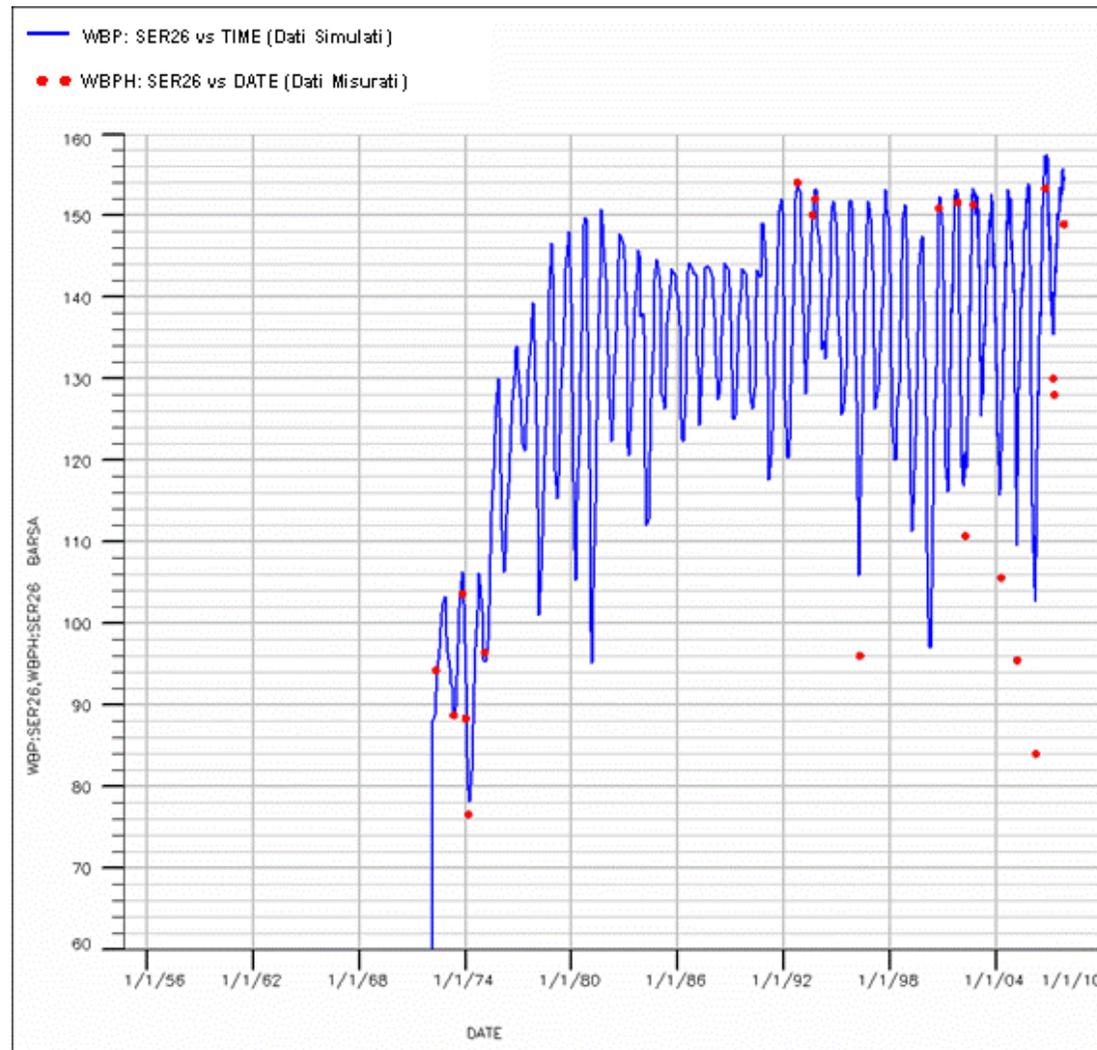


Fig. 49 - Pozzo SERGNANO 26 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

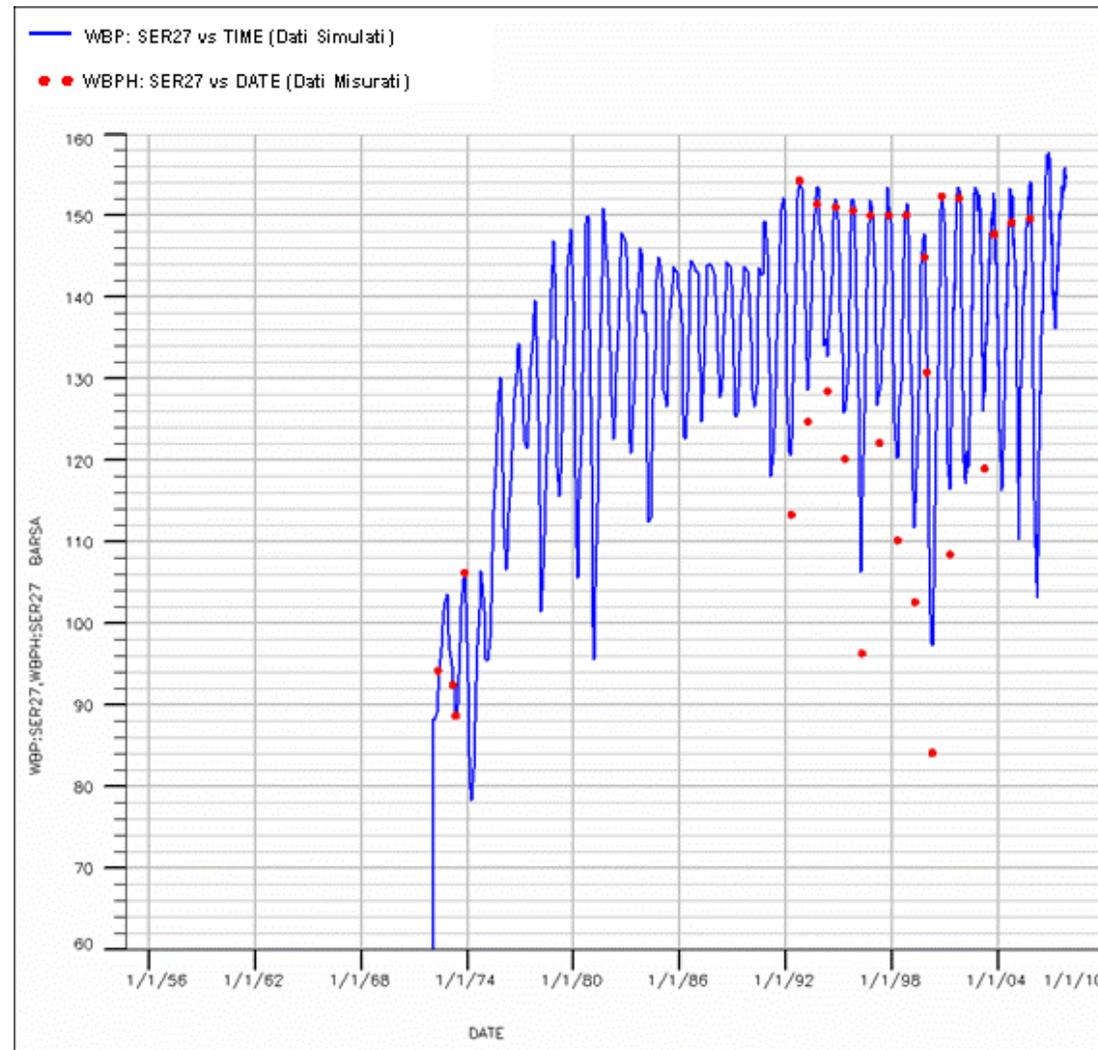


Fig. 50 - Pozzo SERGNANO 27 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

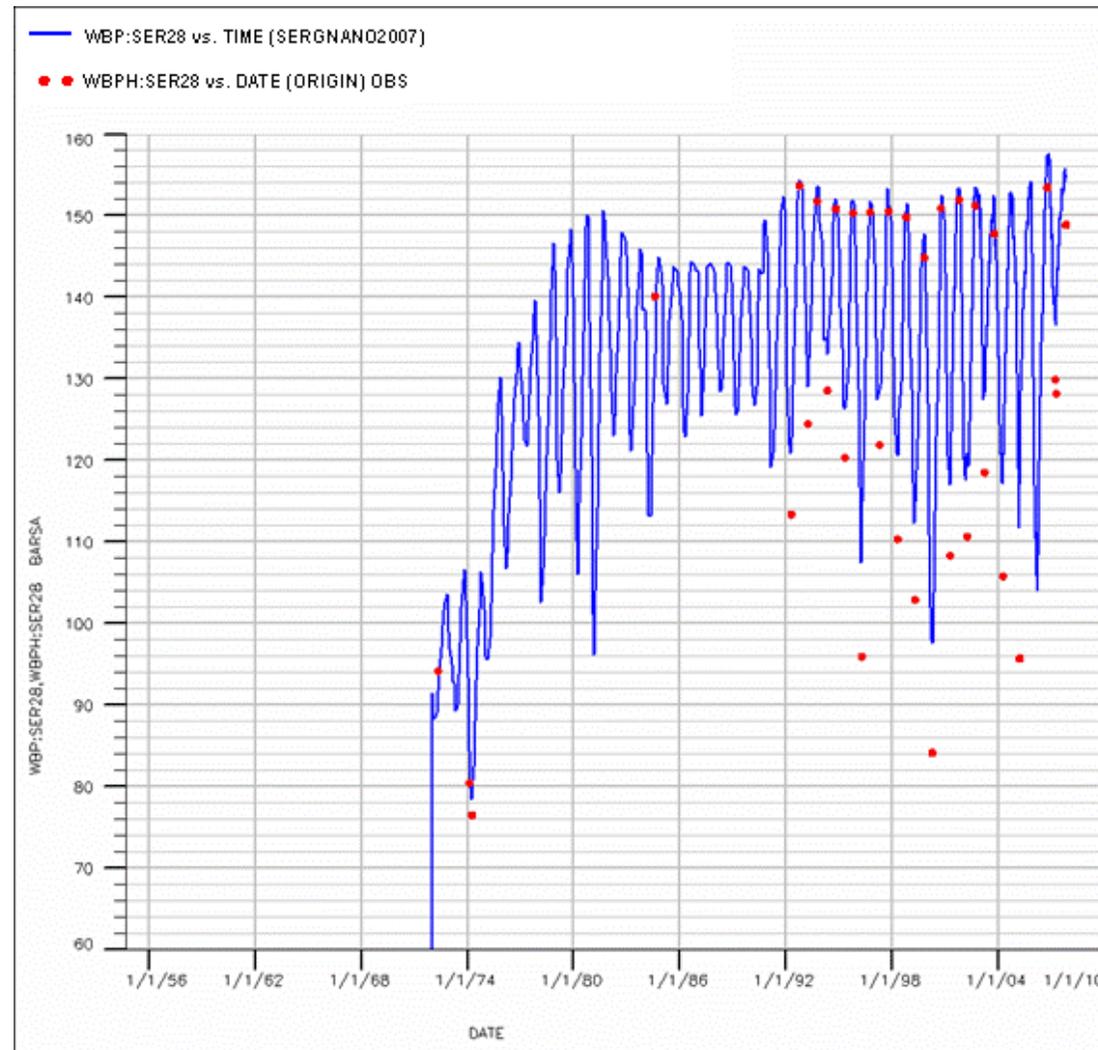


Fig. 51 - Pozzo SERGNANO 28 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

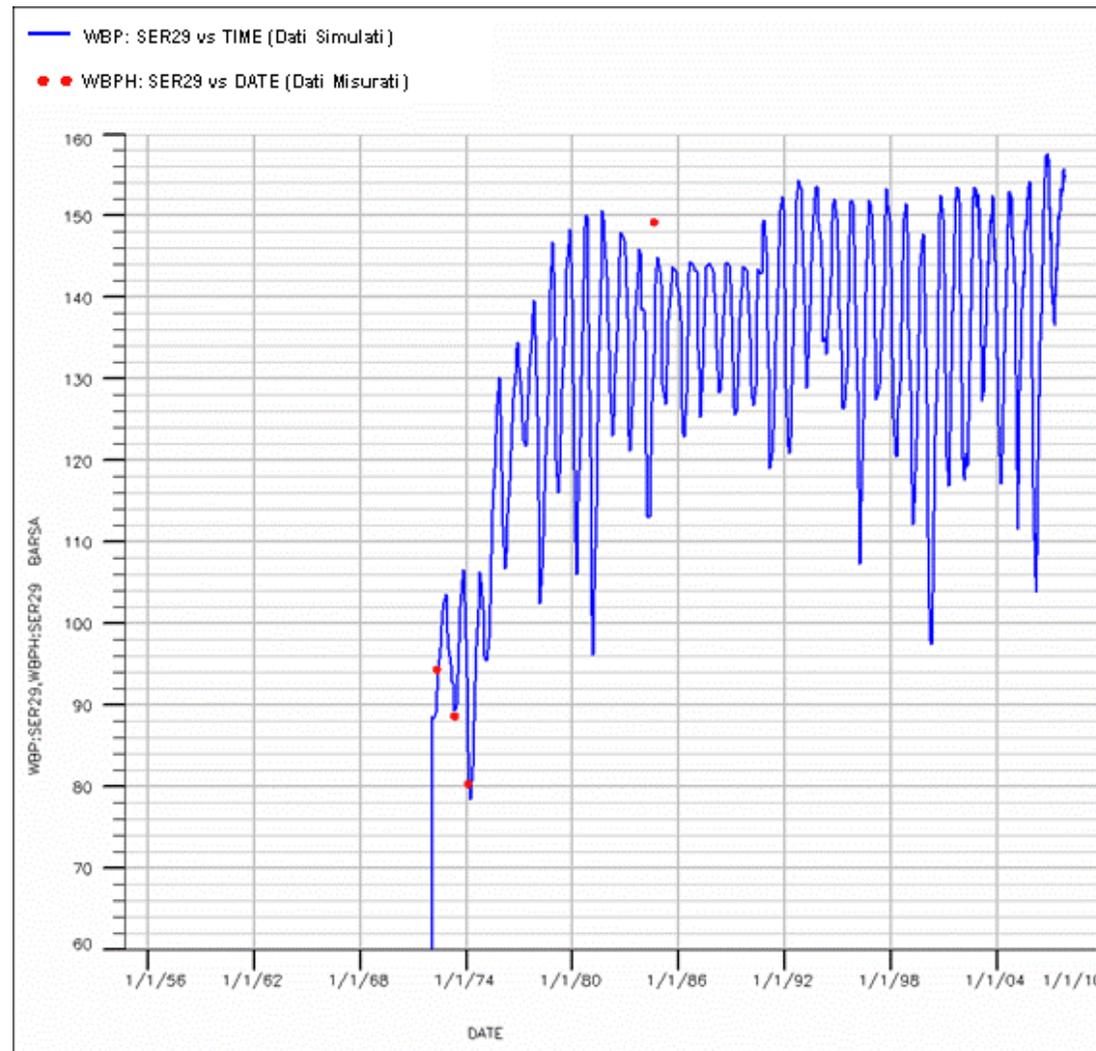


Fig. 52 - Pozzo SERGNANO 29 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

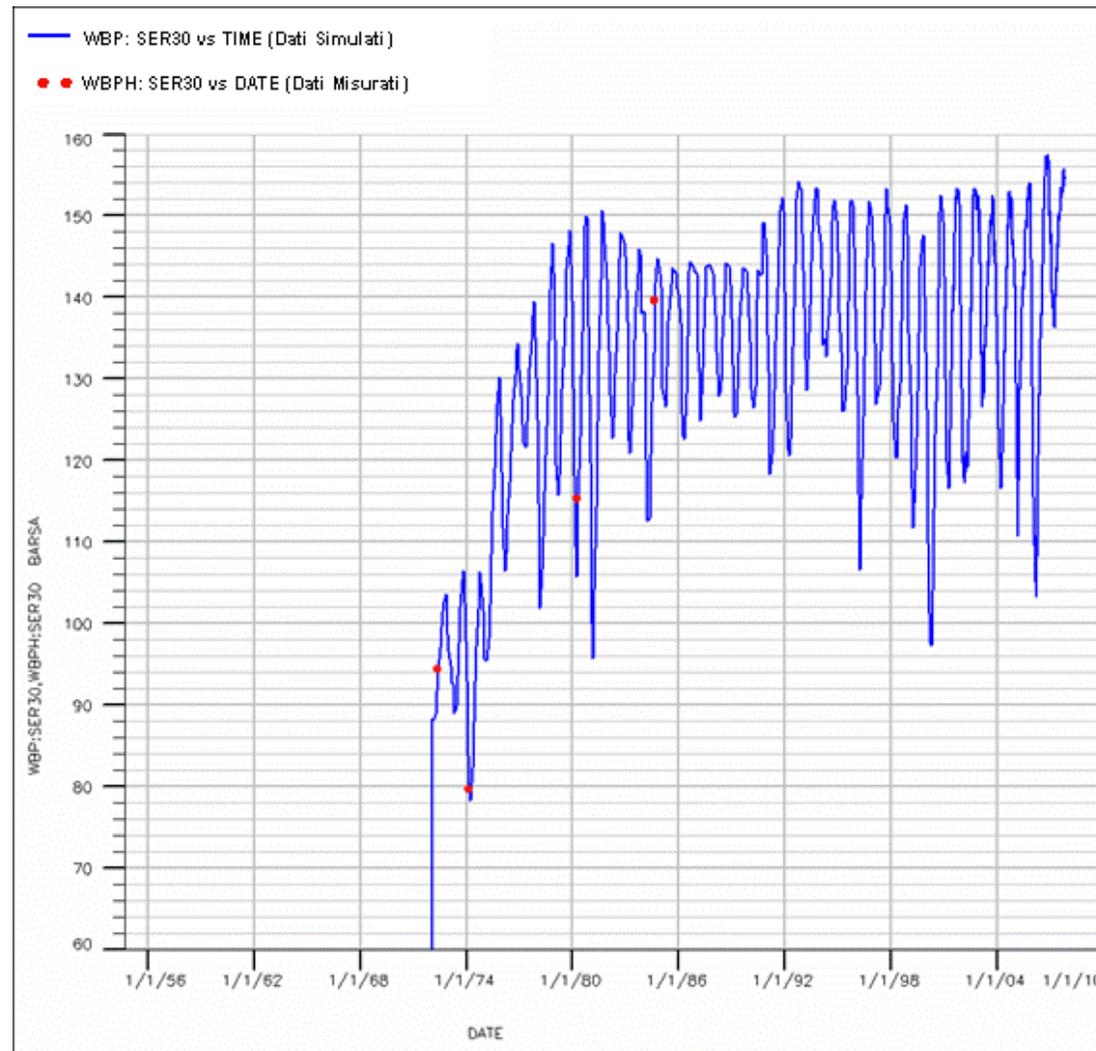


Fig. 53 - Pozzo SERGNANO 30 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

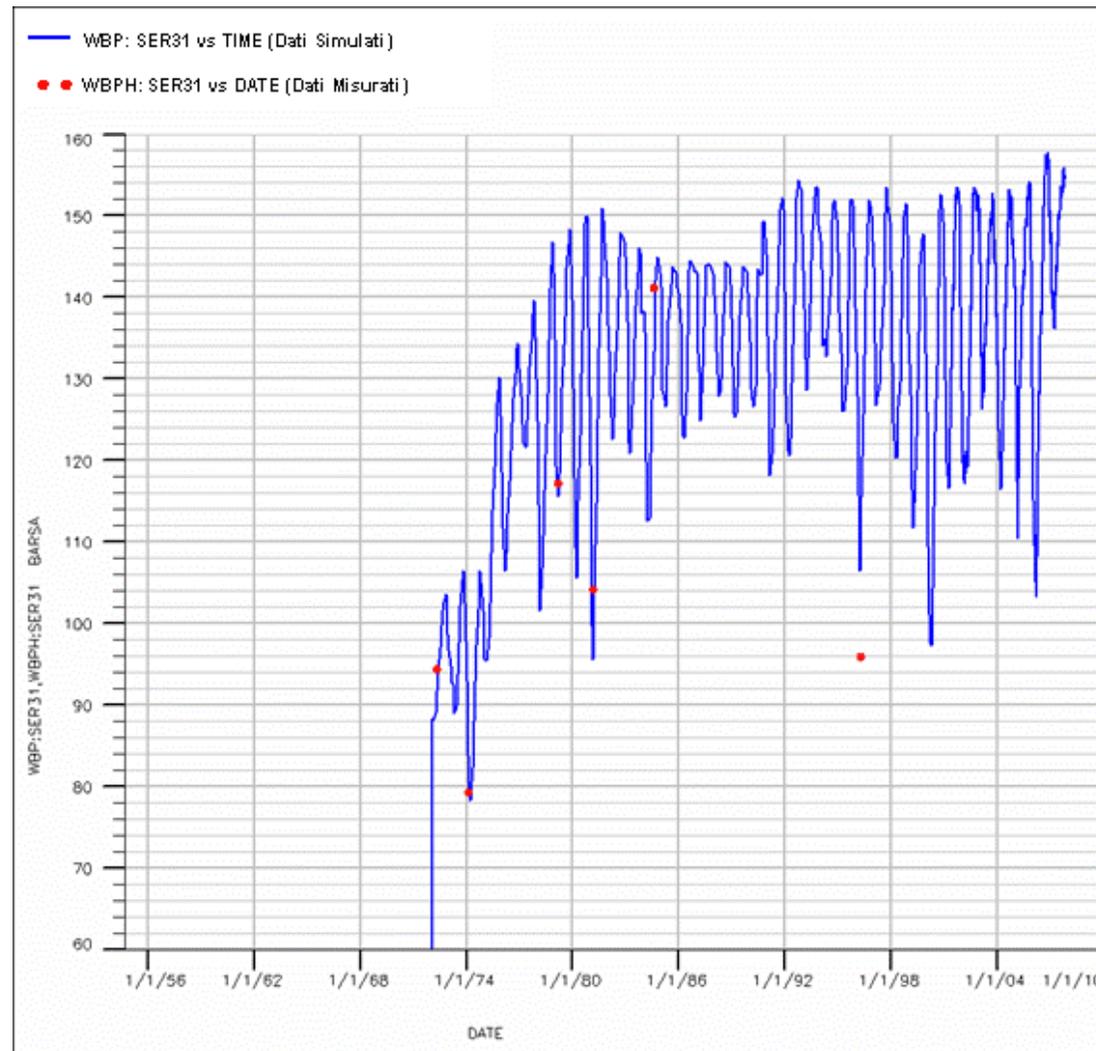


Fig. 54 - Pozzo SERGNANO 31 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

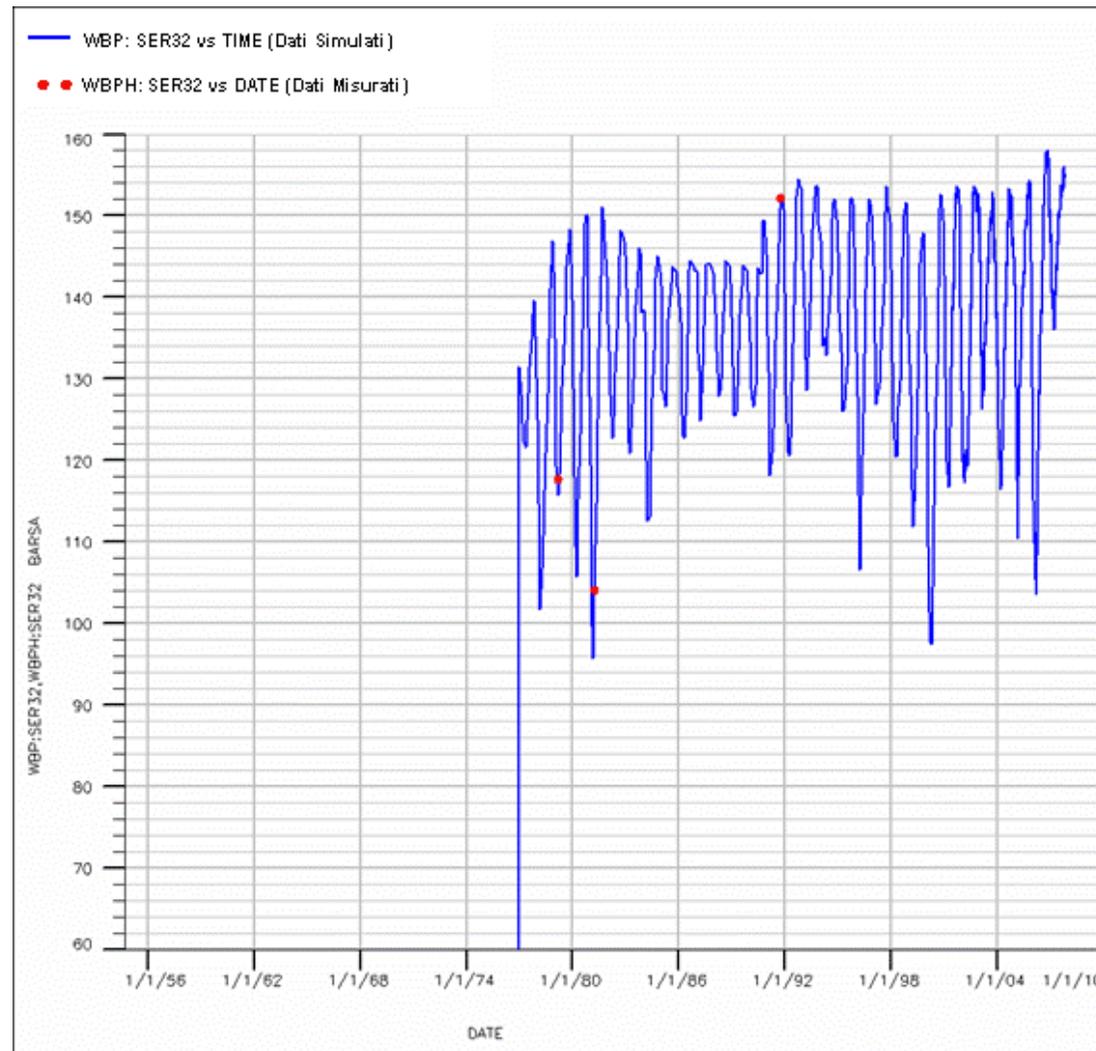


Fig. 55 - Pozzo SERGNANO 32 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

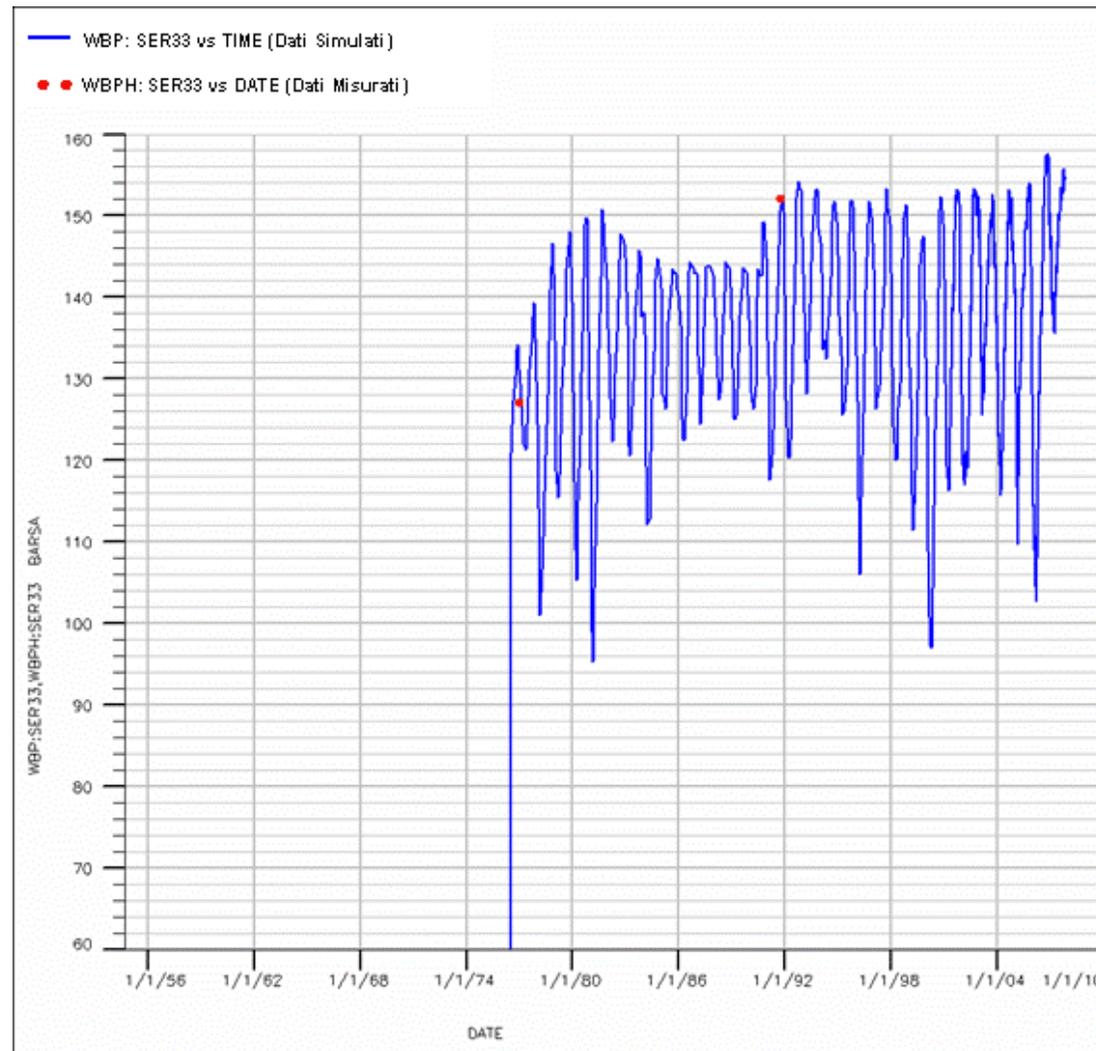


Fig. 56 - Pozzo SERGNANO 33 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

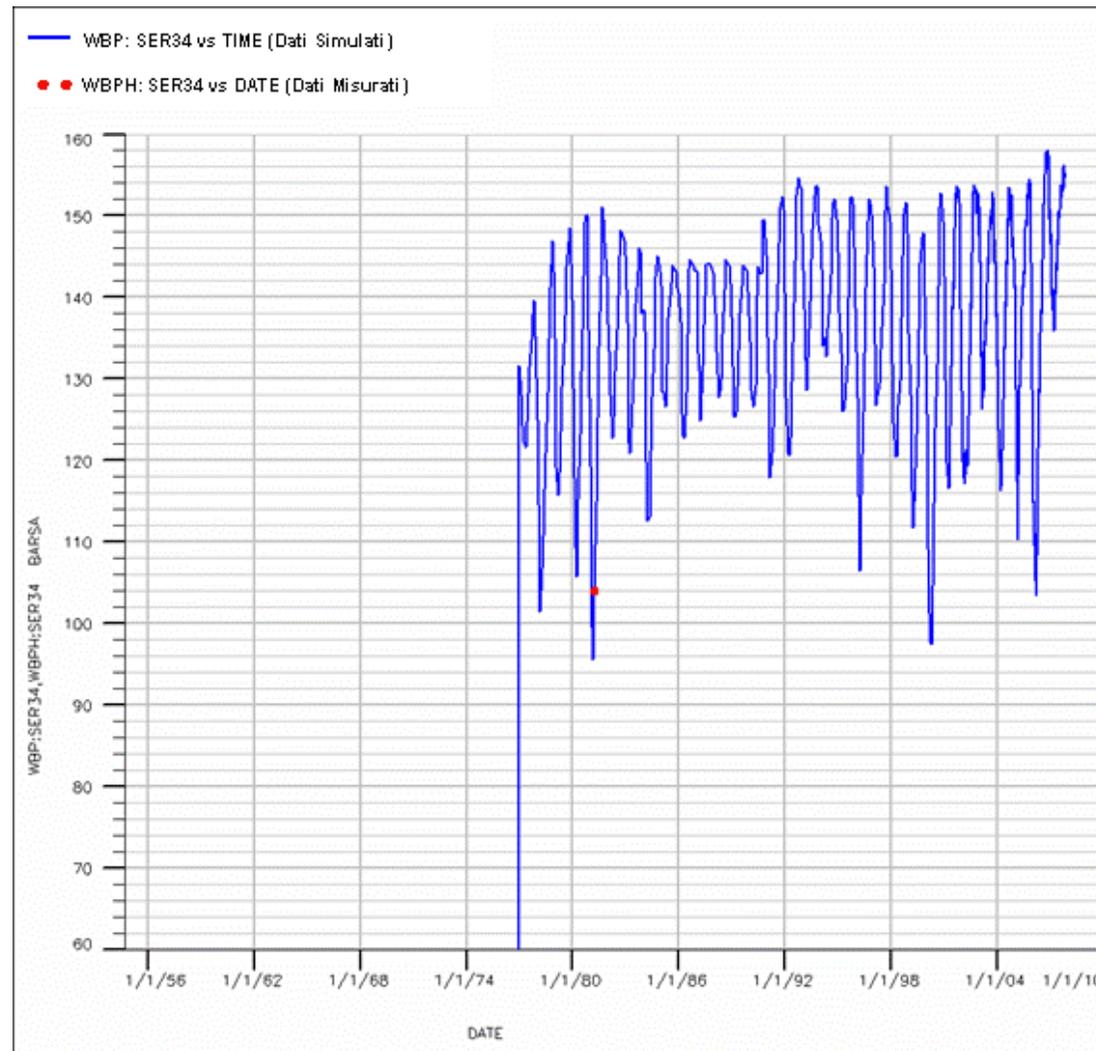


Fig. 57 - Pozzo SERGNANO 34 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

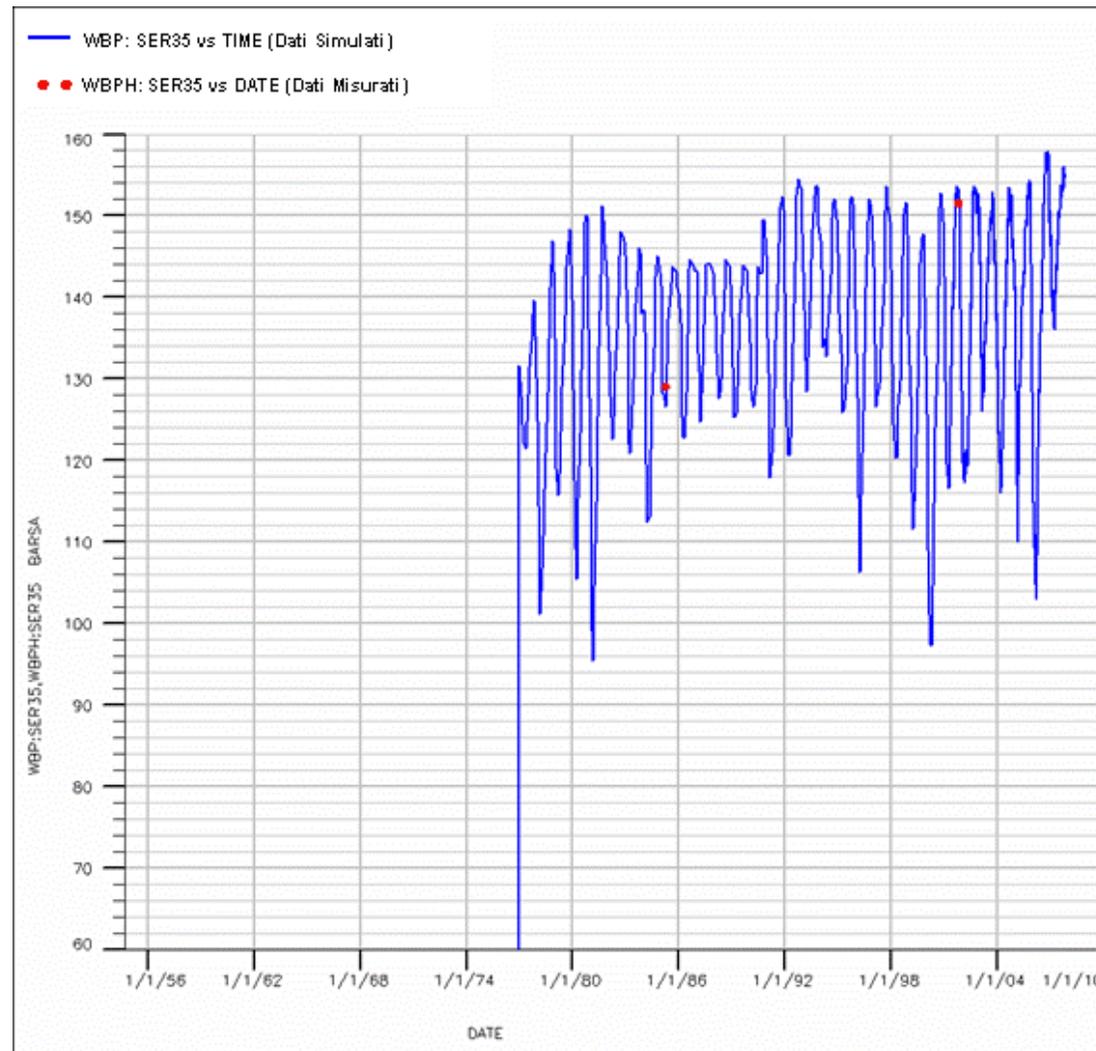


Fig. 58 - Pozzo SERGNANO 35 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

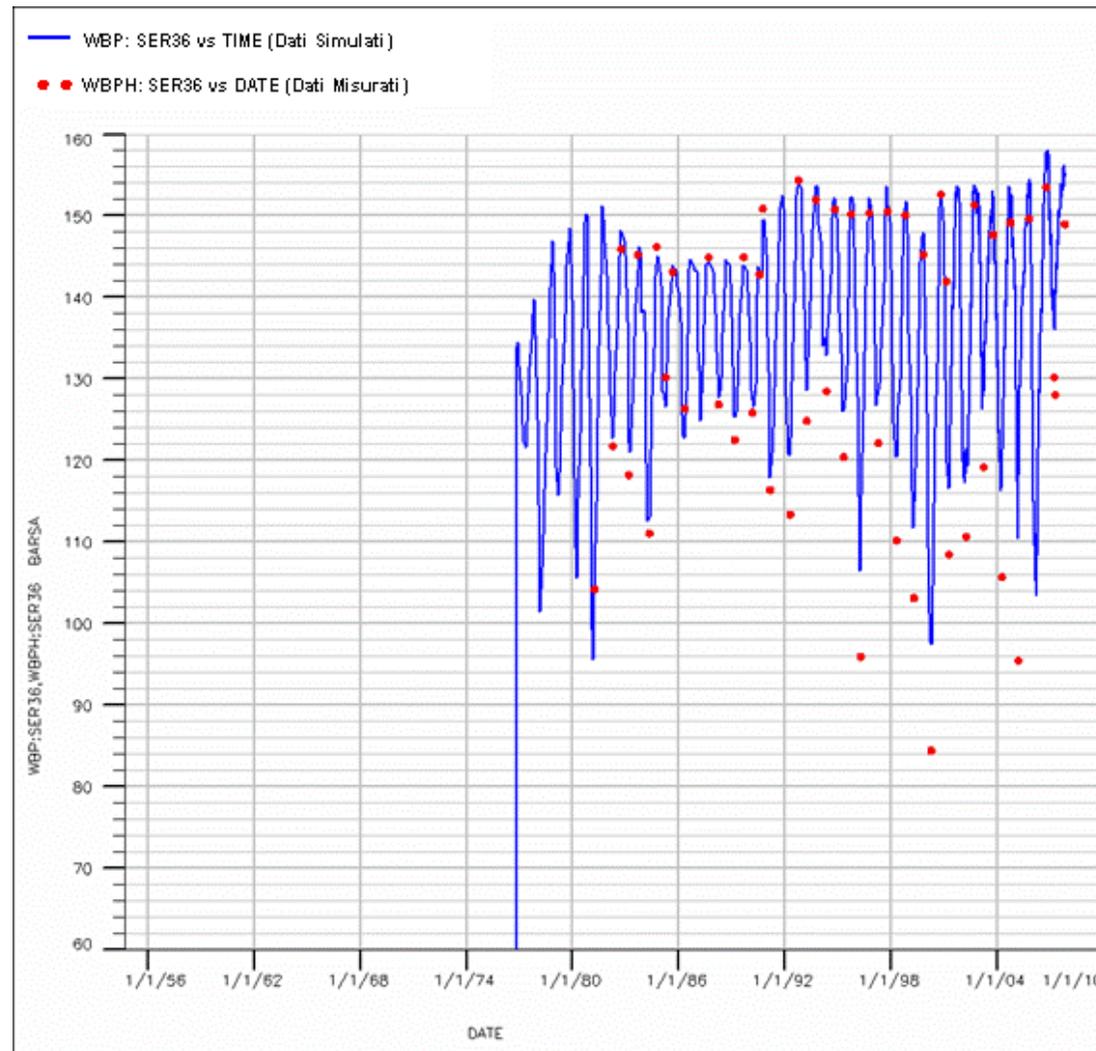


Fig. 59 - Pozzo SERGNANO 36 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

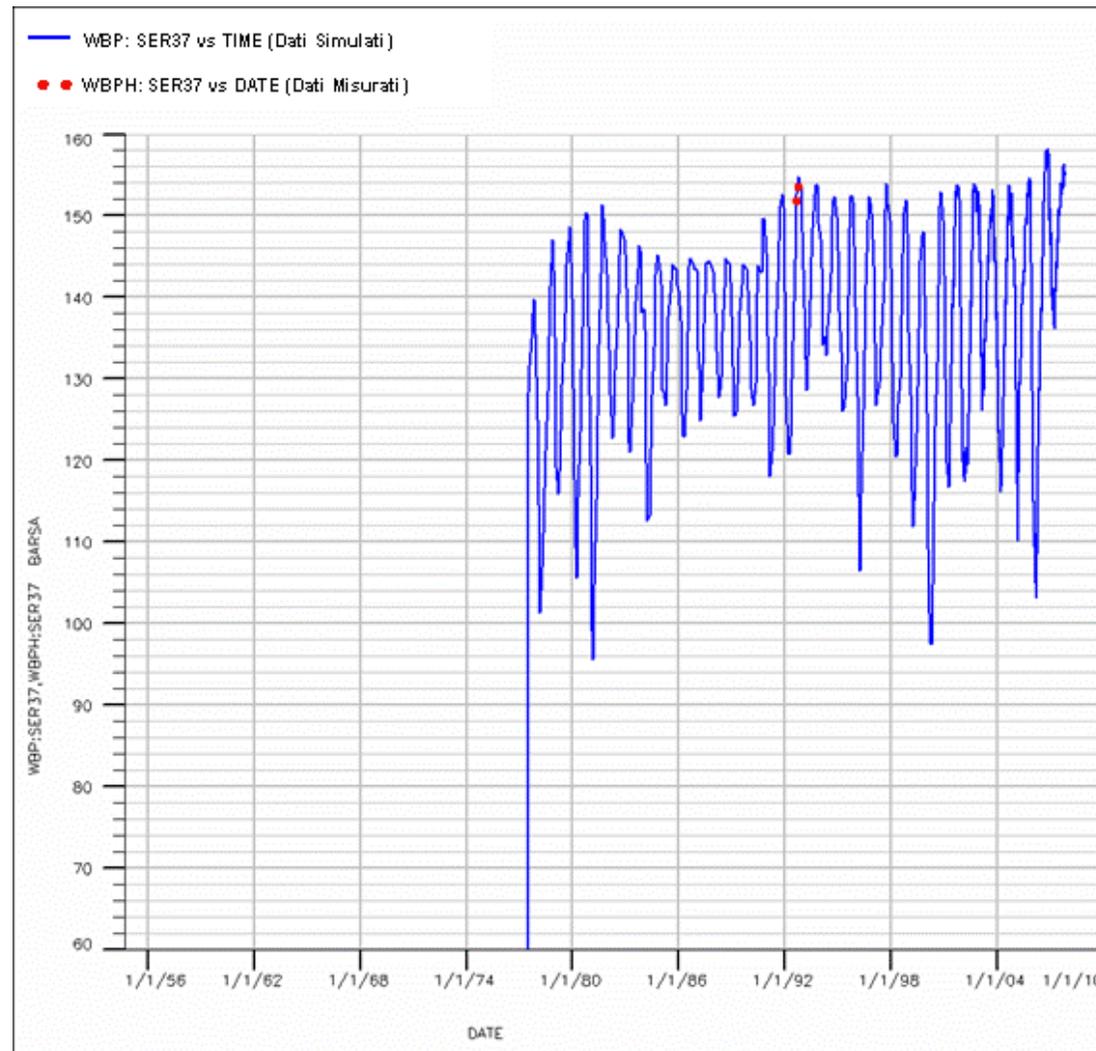


Fig. 60 - Pozzo SERGNANO 37 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

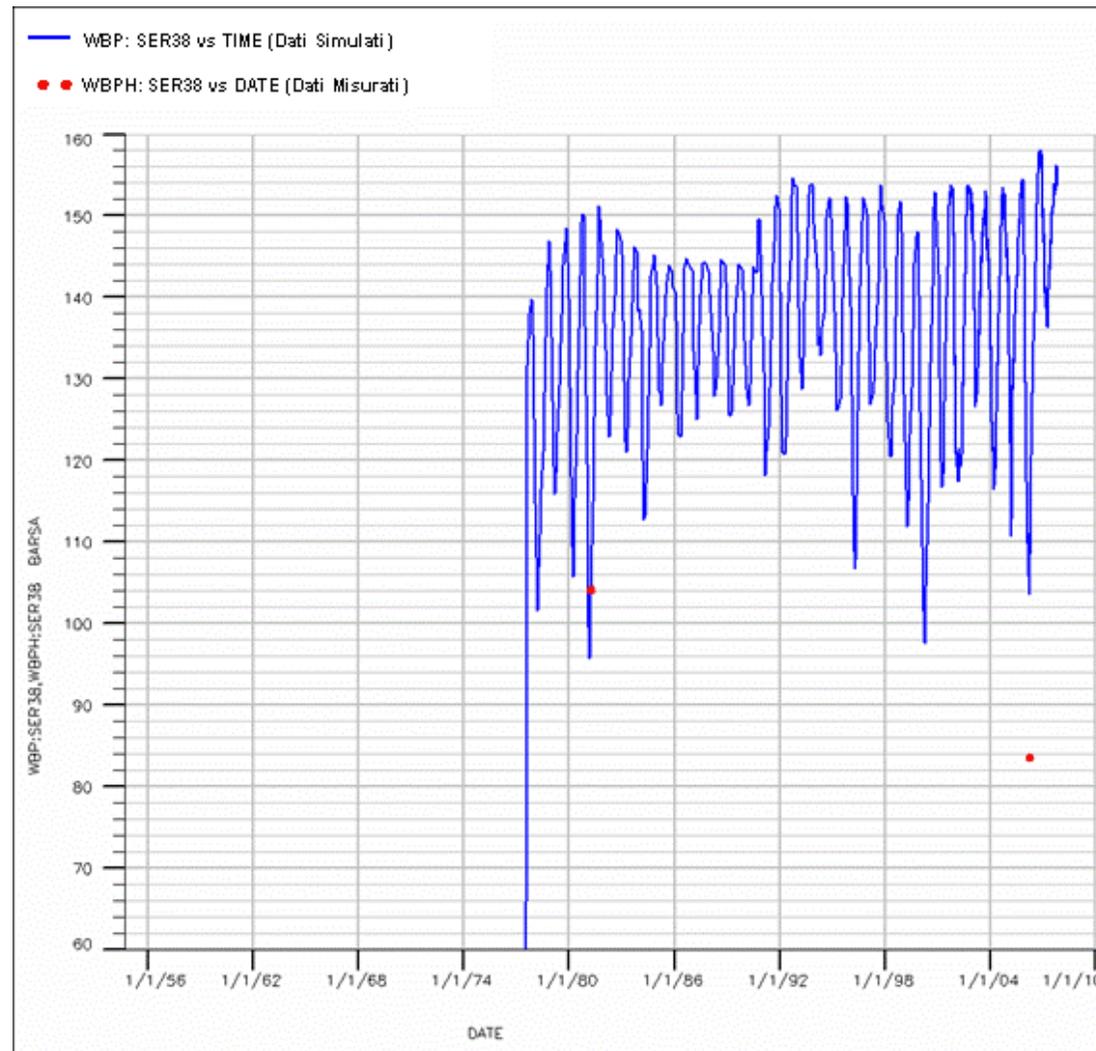


Fig. 61 - Pozzo SERGNANO 38 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

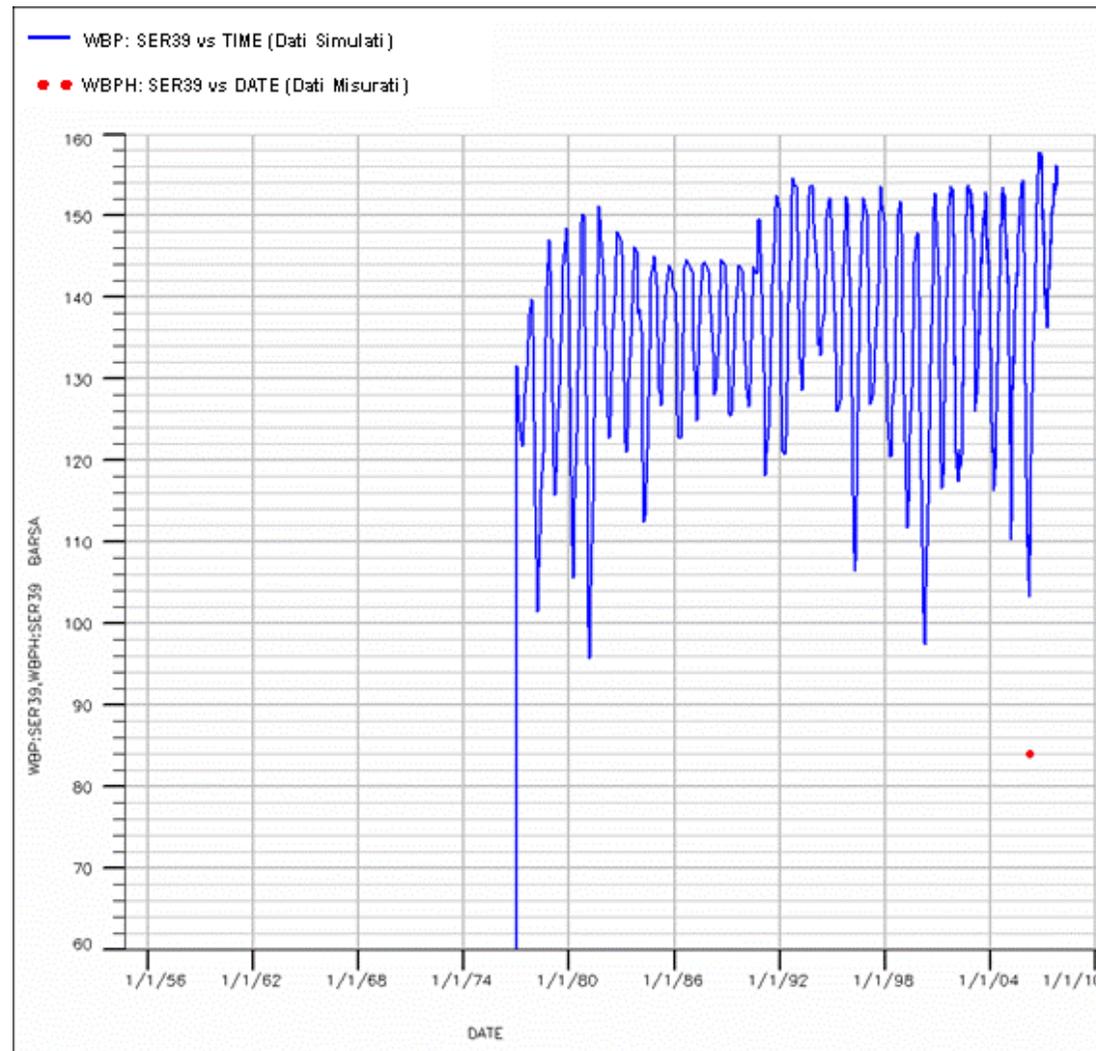


Fig. 62 - Pozzo SERGNANO 39 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

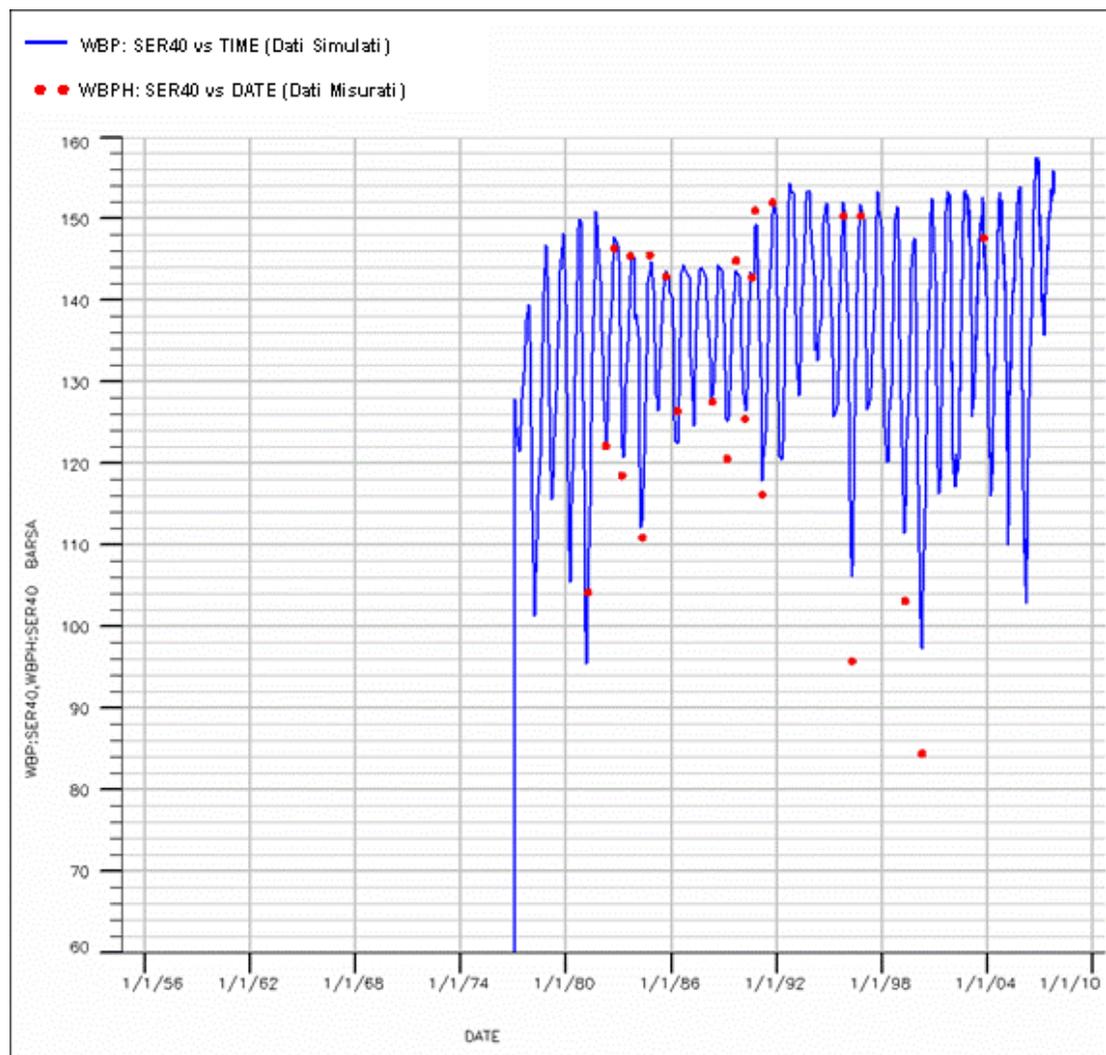


Fig. 63 - Pozzo SERGNANO 40 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

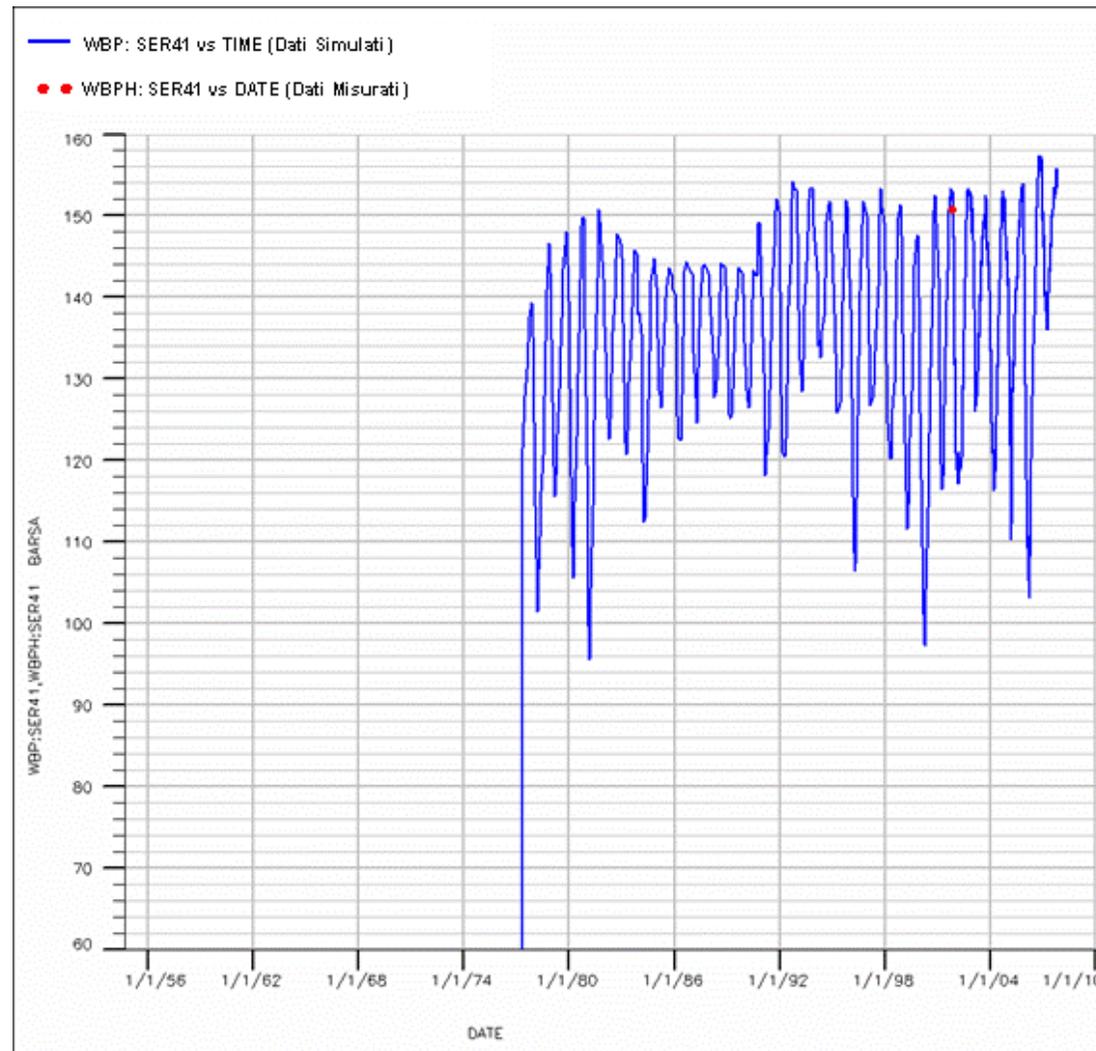


Fig. 64 - Pozzo SERGNANO 41 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

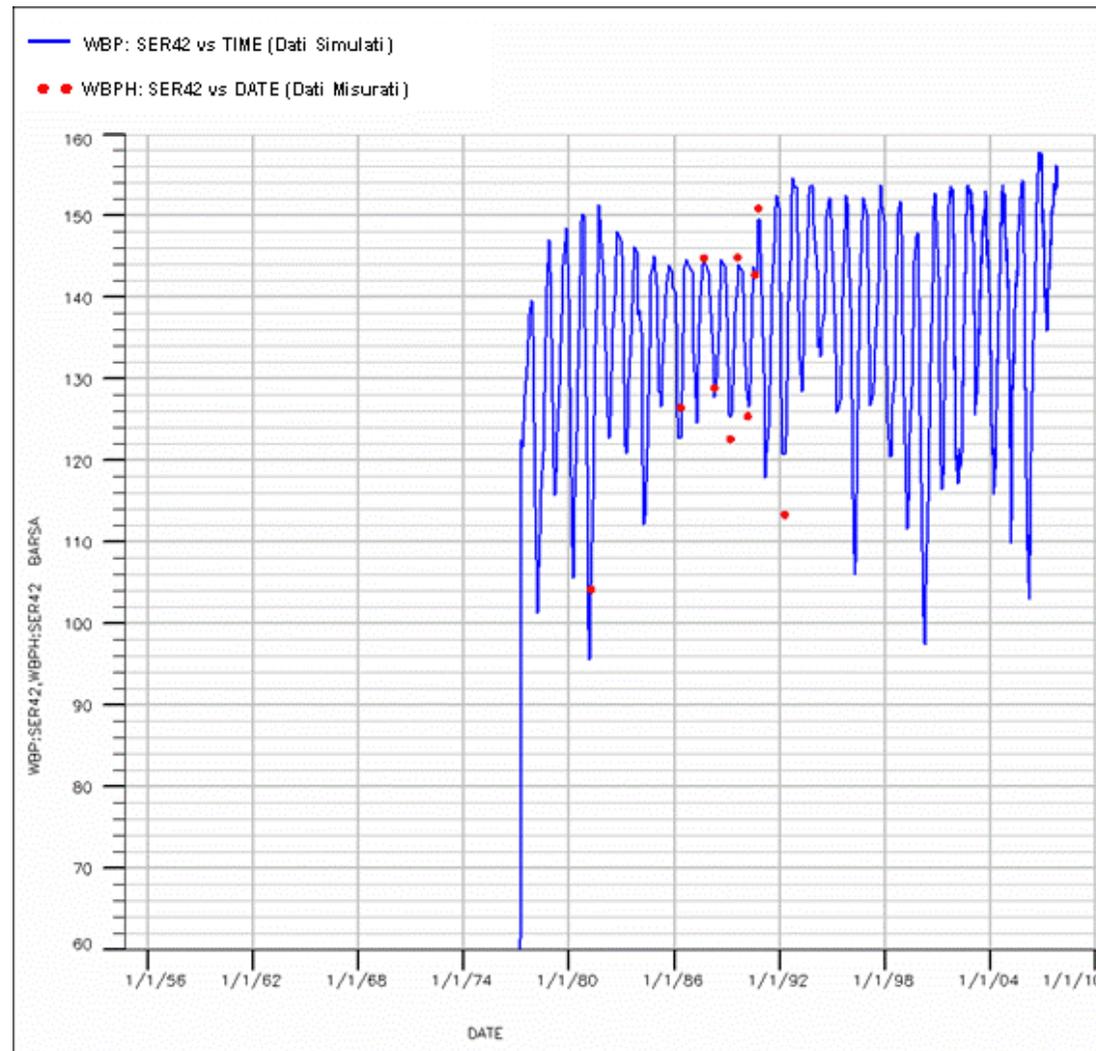


Fig. 65 - Pozzo SERGNANO 42 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

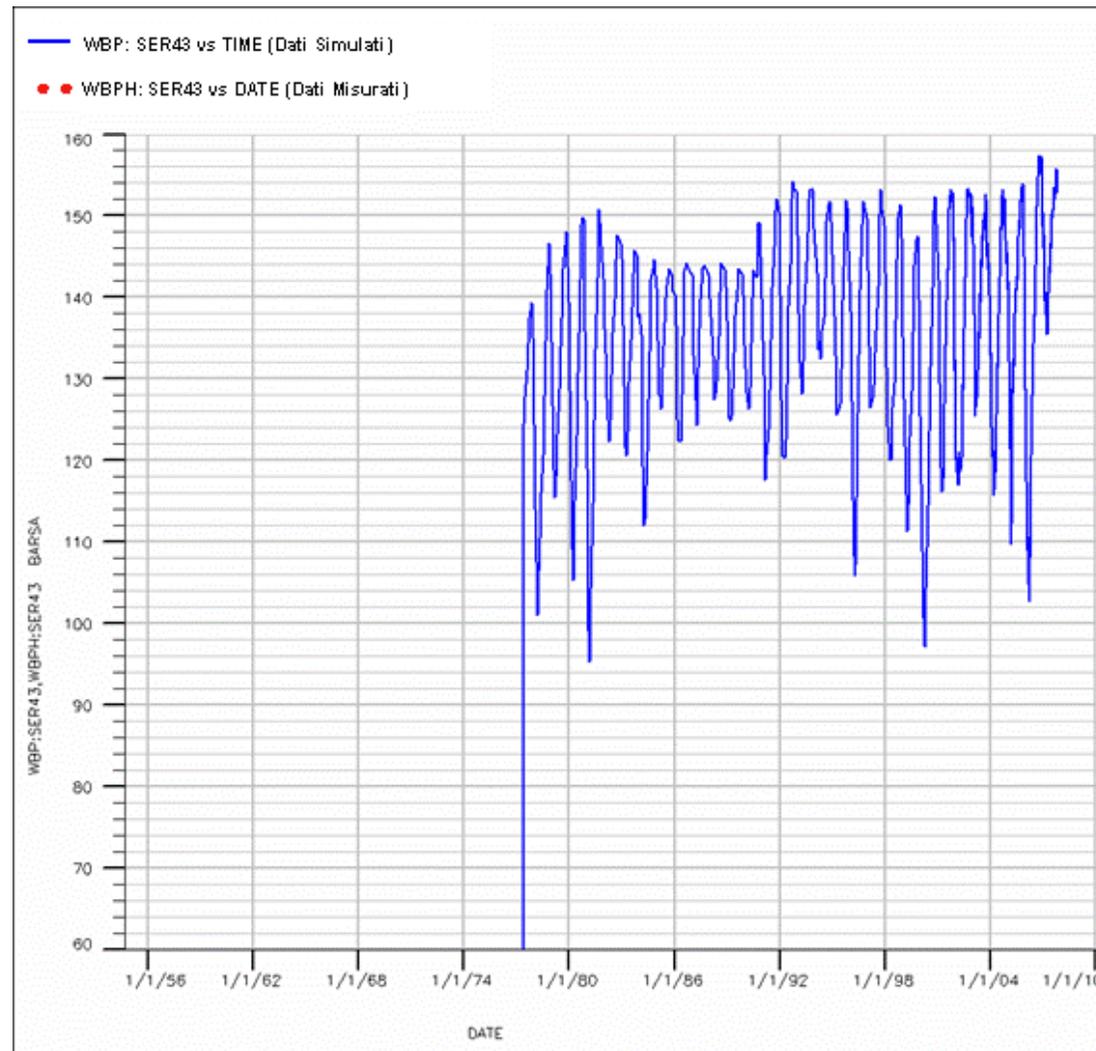


Fig. 66 - Pozzo SERGNANO 43 – Confronto tra pressione di fondo pozzo simulata (WBP) e pressione misurata (WBPH)

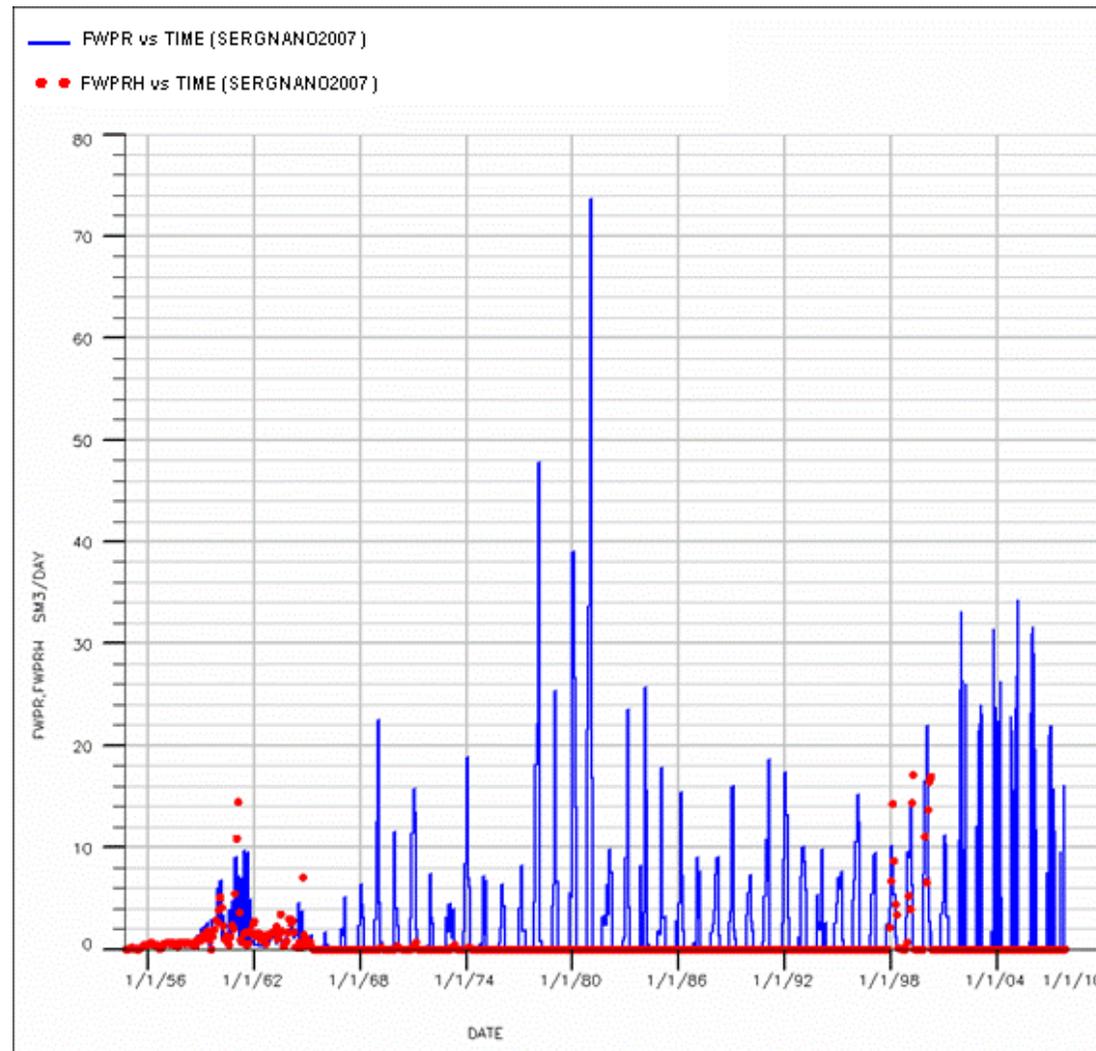


Fig. 67 - Confronto tra portata di acqua simulata in fase di erogazione (FWPR) e portata misurata (FWPRH) a livello di campo

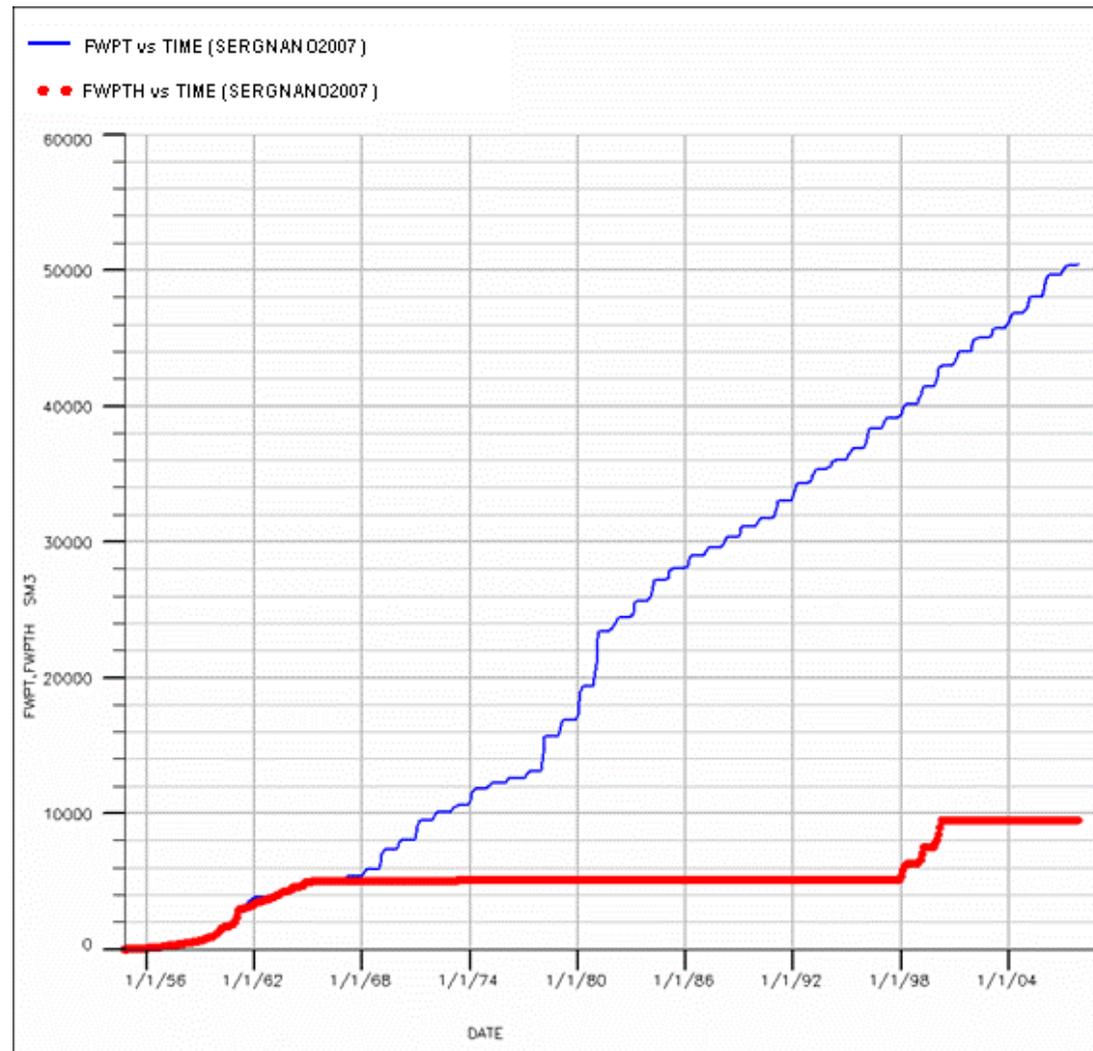


Fig. 68 - Confronto tra portata cumulativa di acqua simulata in fase di erogazione (FWPT) e portata misurata (FWPTH) a livello di campo

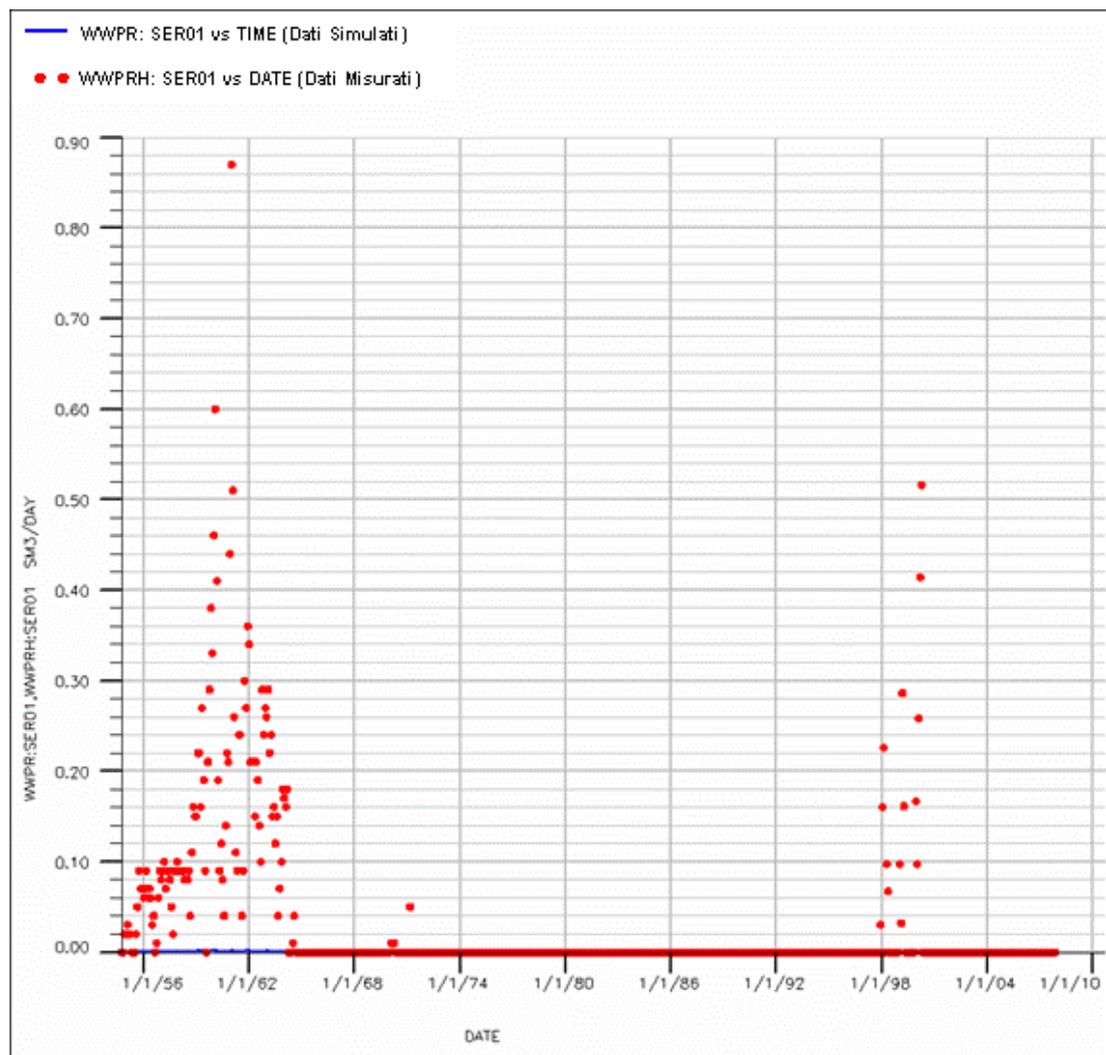


Fig. 69 - Pozzo SERGNANO 1 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)

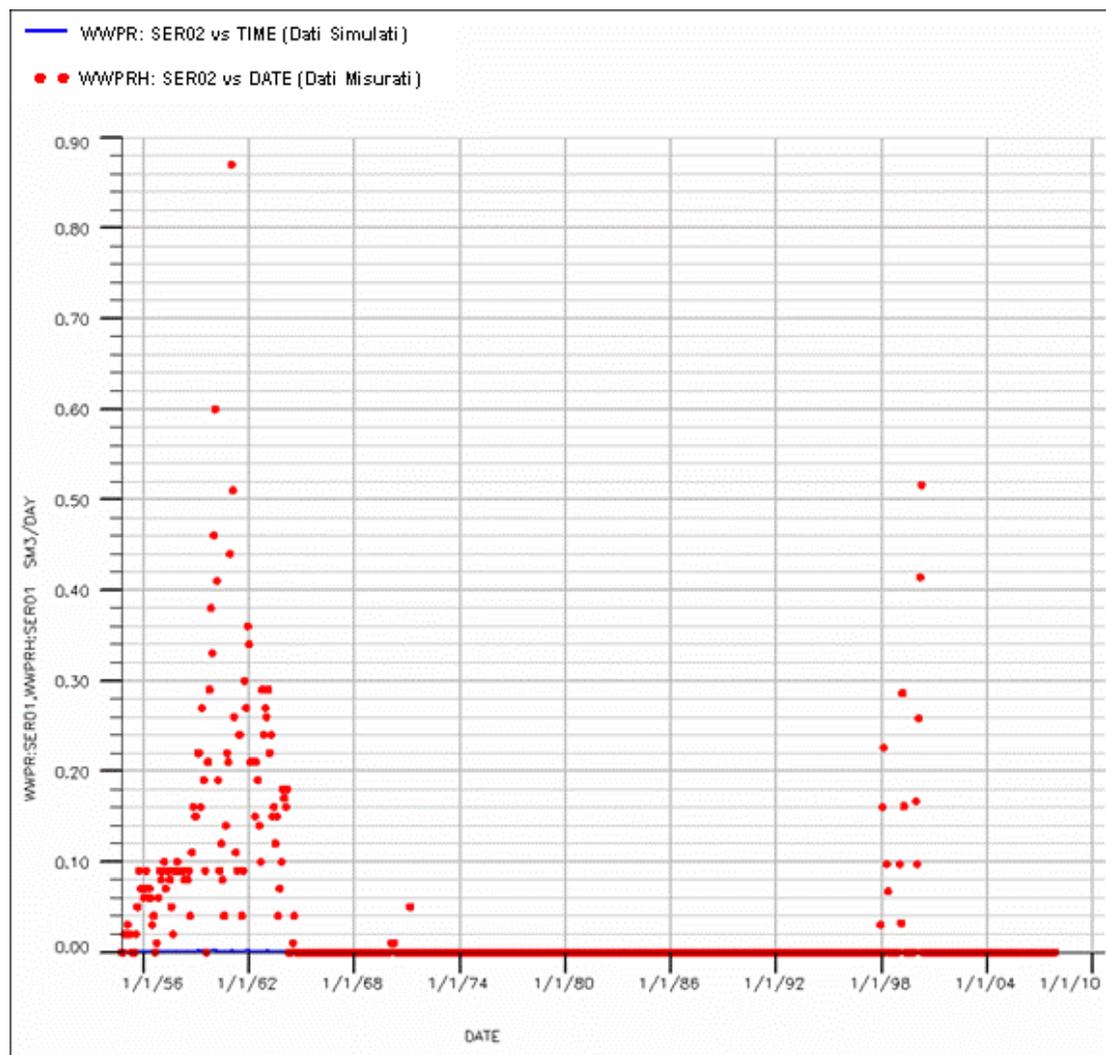


Fig. 70 - Pozzo SERGNANO 2 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)

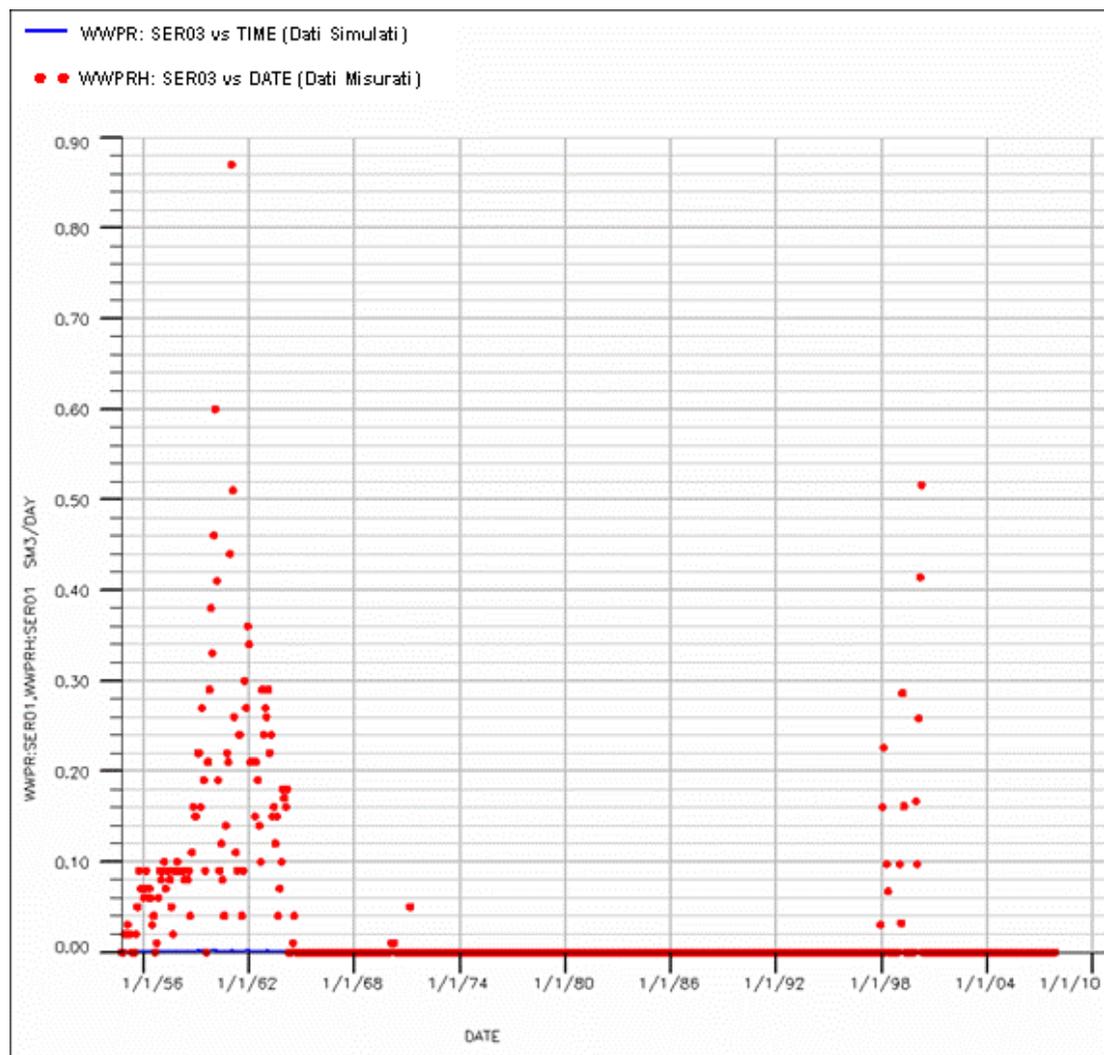


Fig. 71 - Pozzo SERGNANO 3 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)

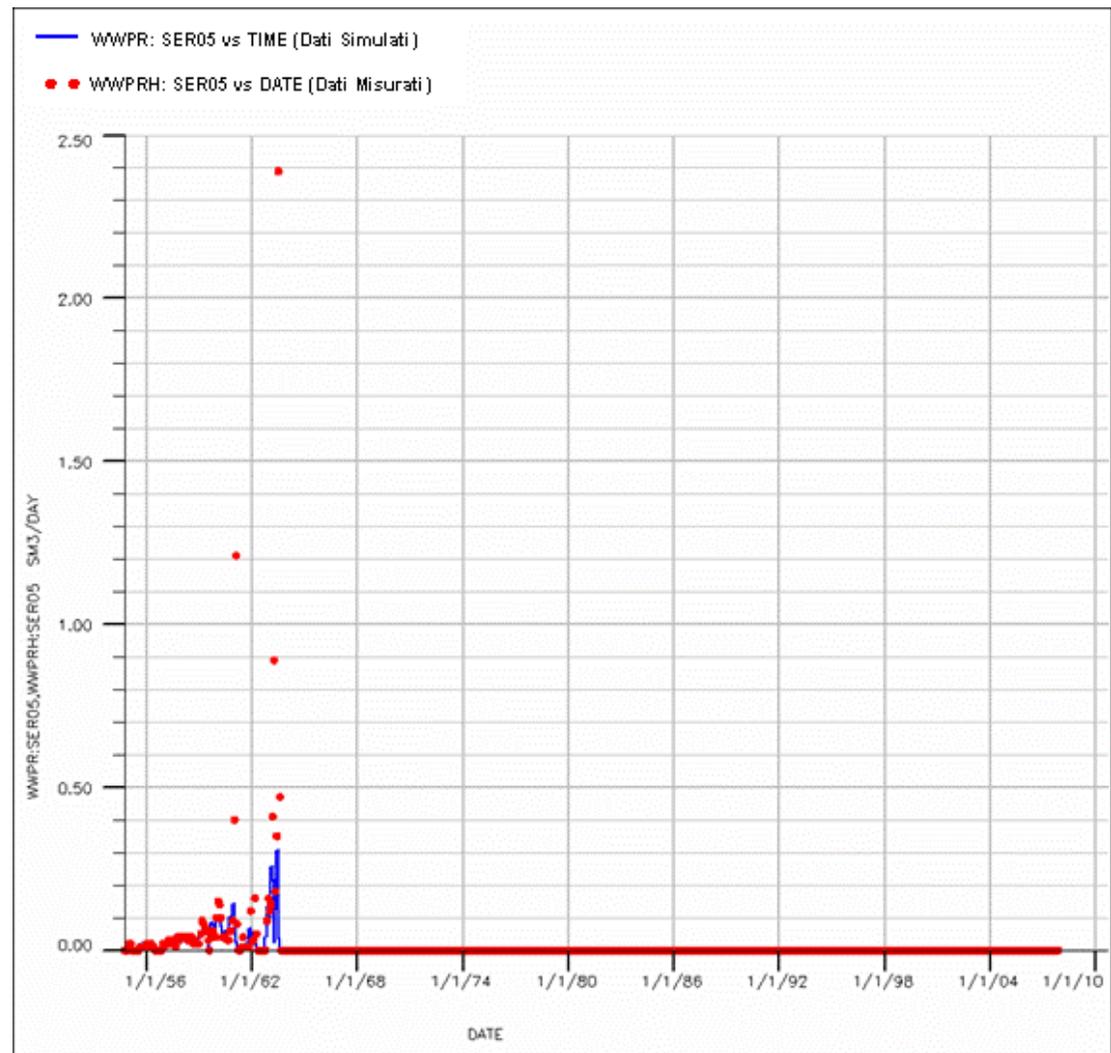


Fig. 72 - Pozzo SERGNANO 5 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)]

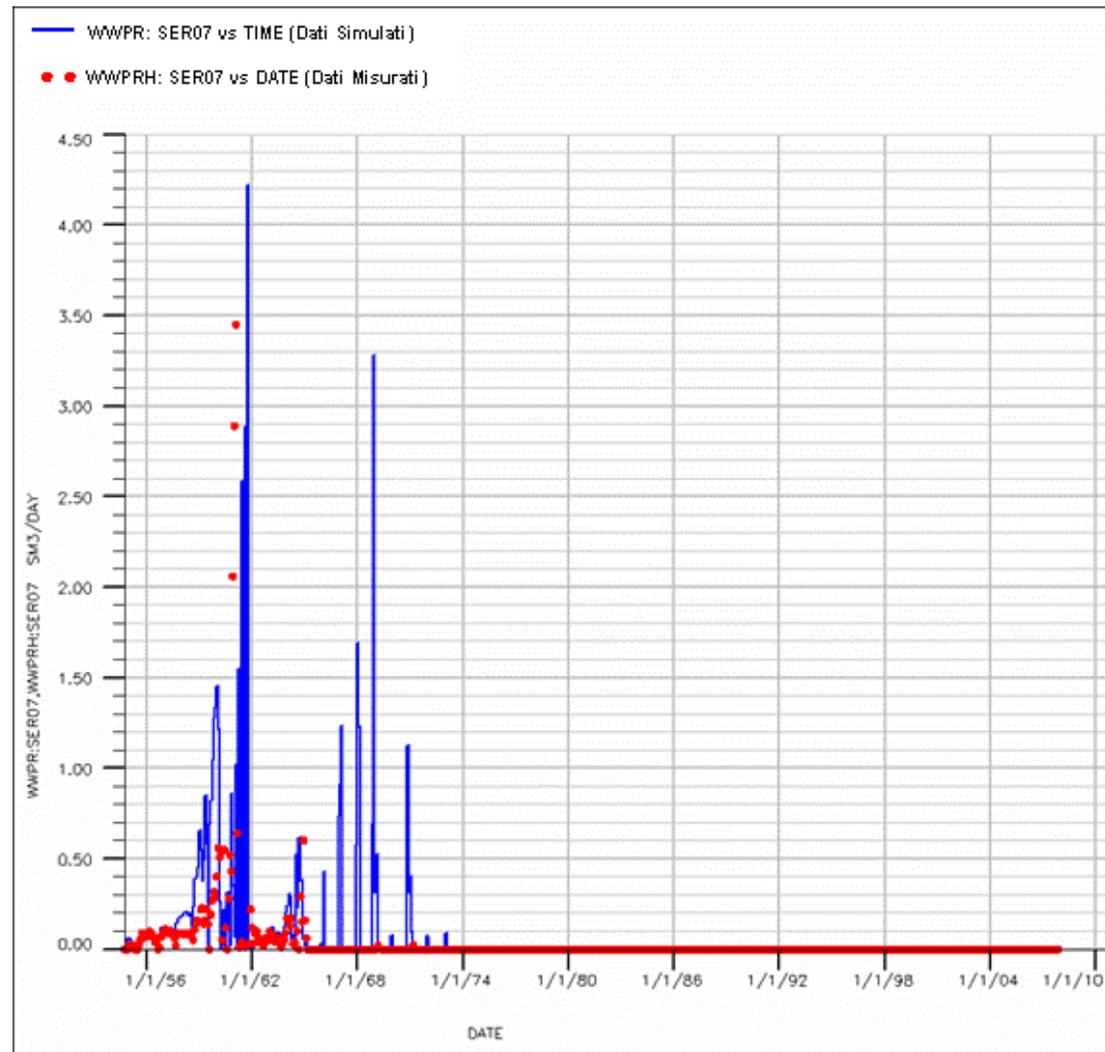


Fig. 73 - Pozzo SERGNANO 7 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)

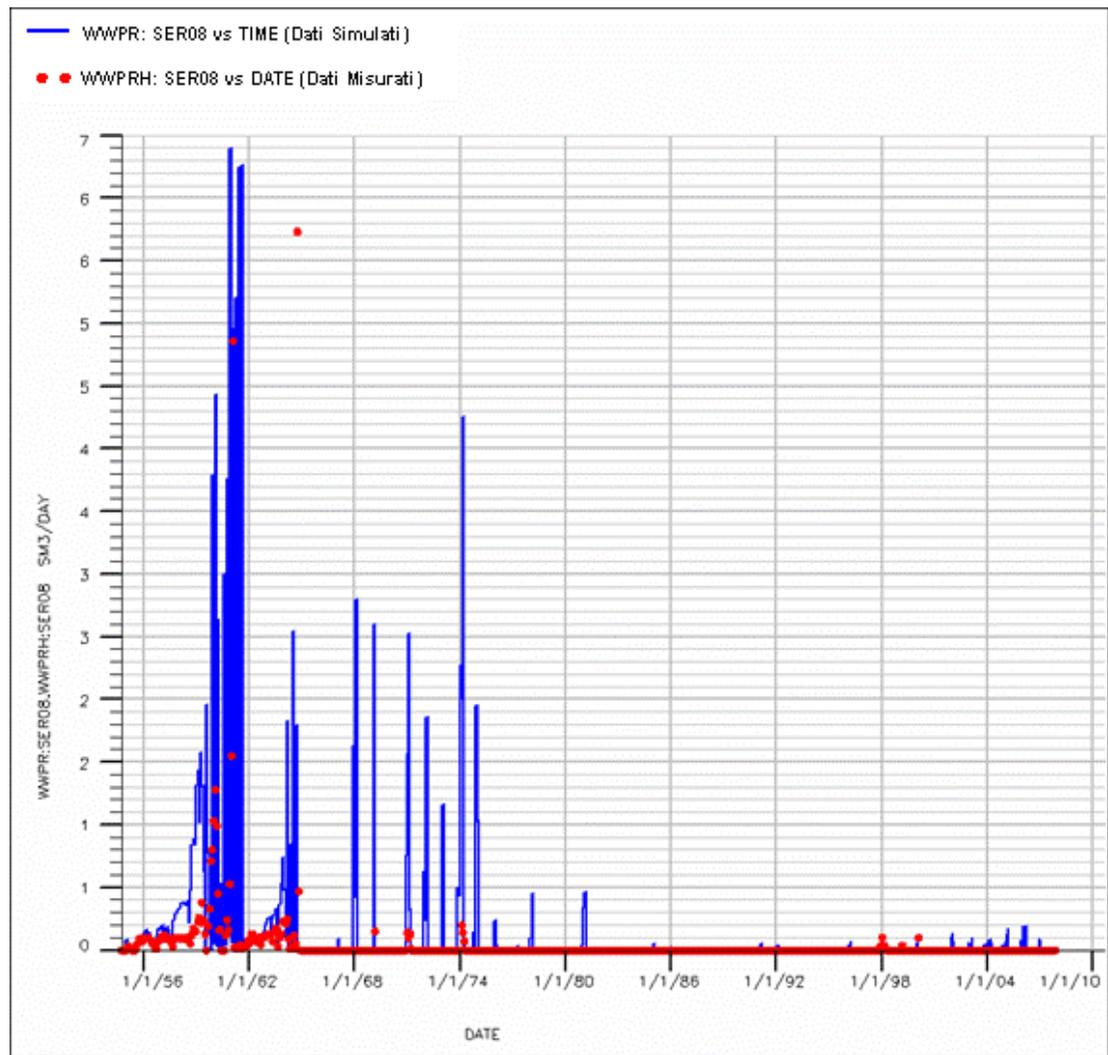


Fig. 74 - Pozzo SERGNANO 8 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)

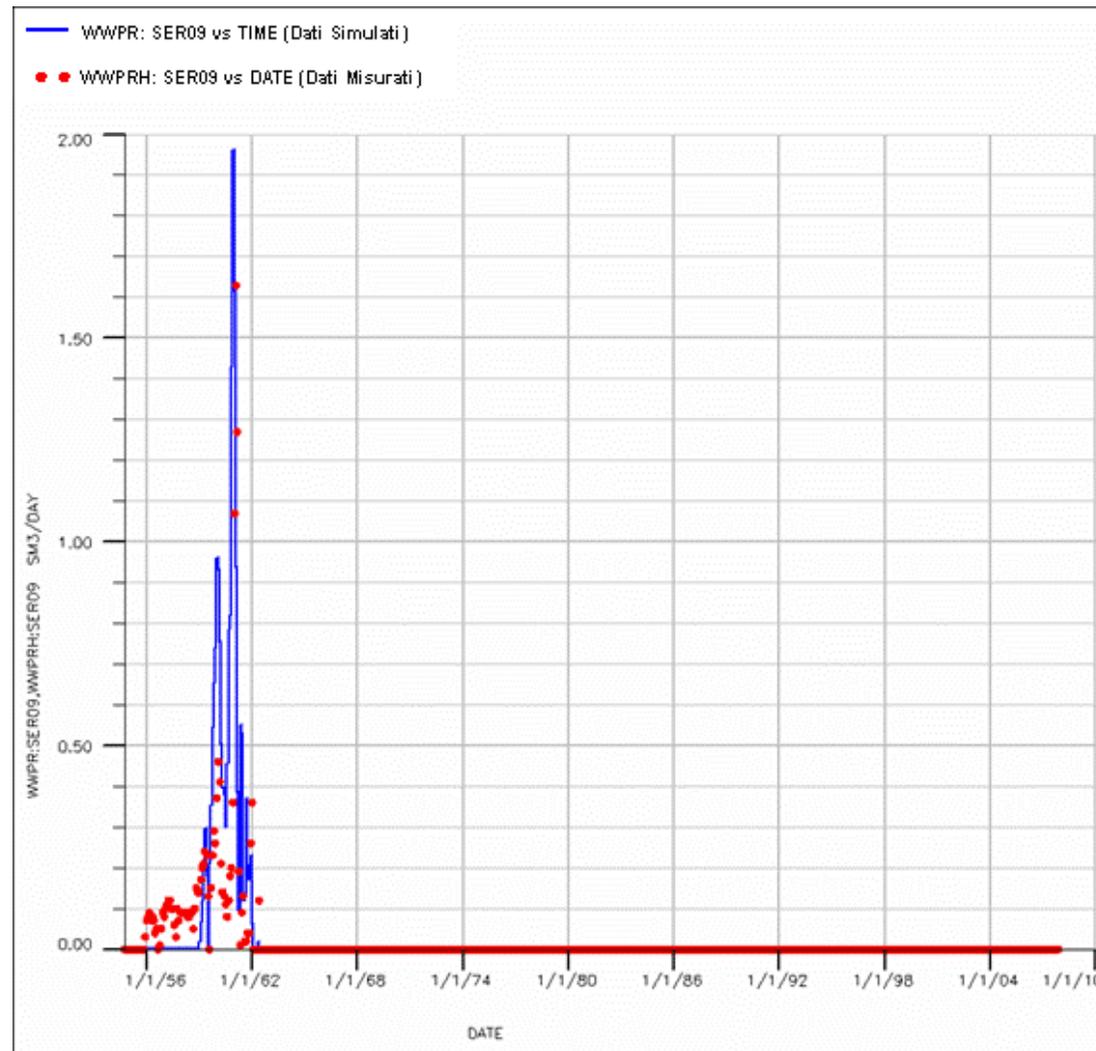


Fig. 75 - Pozzo SERGNANO 9 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)

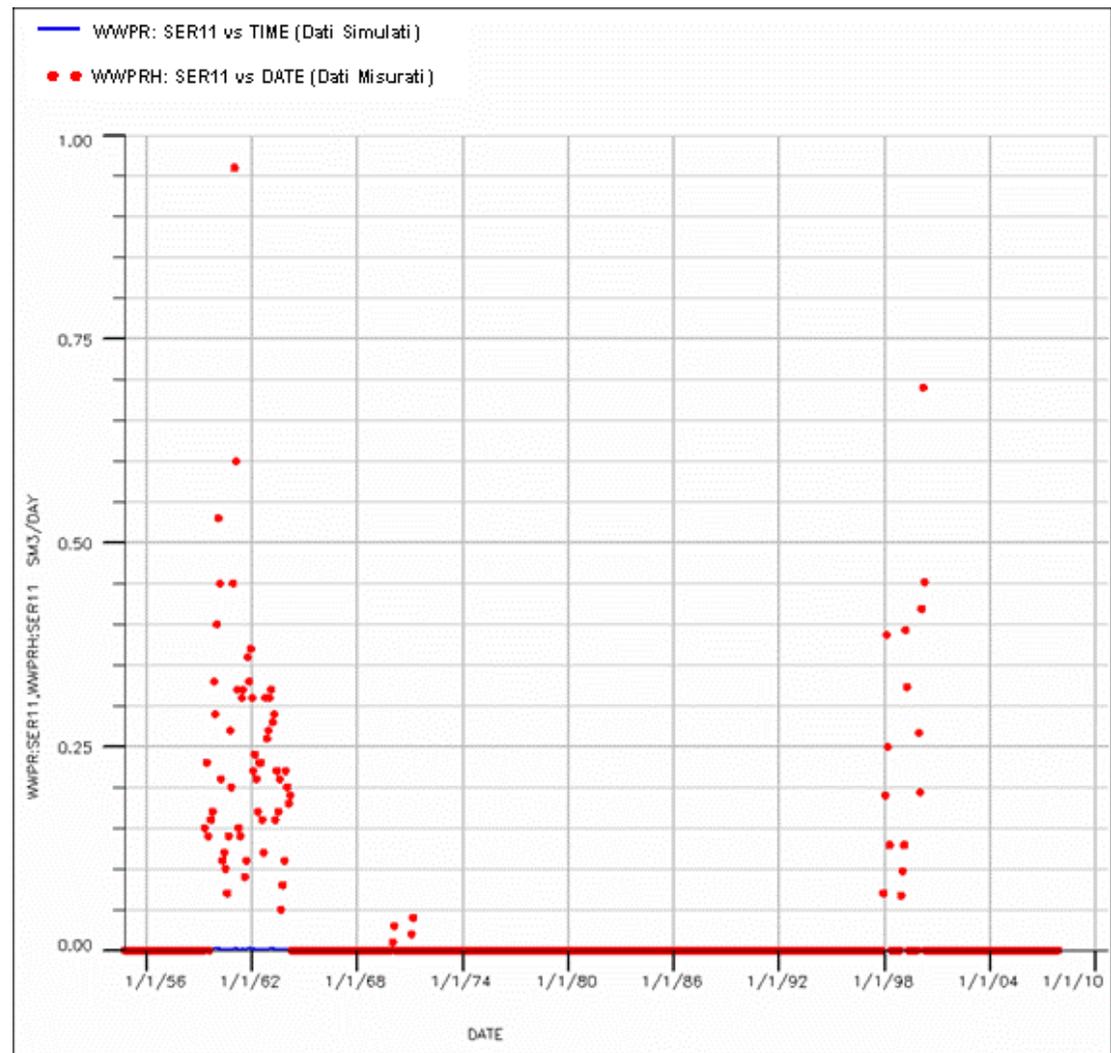


Fig. 76 - Pozzo SERGNANO 11 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)

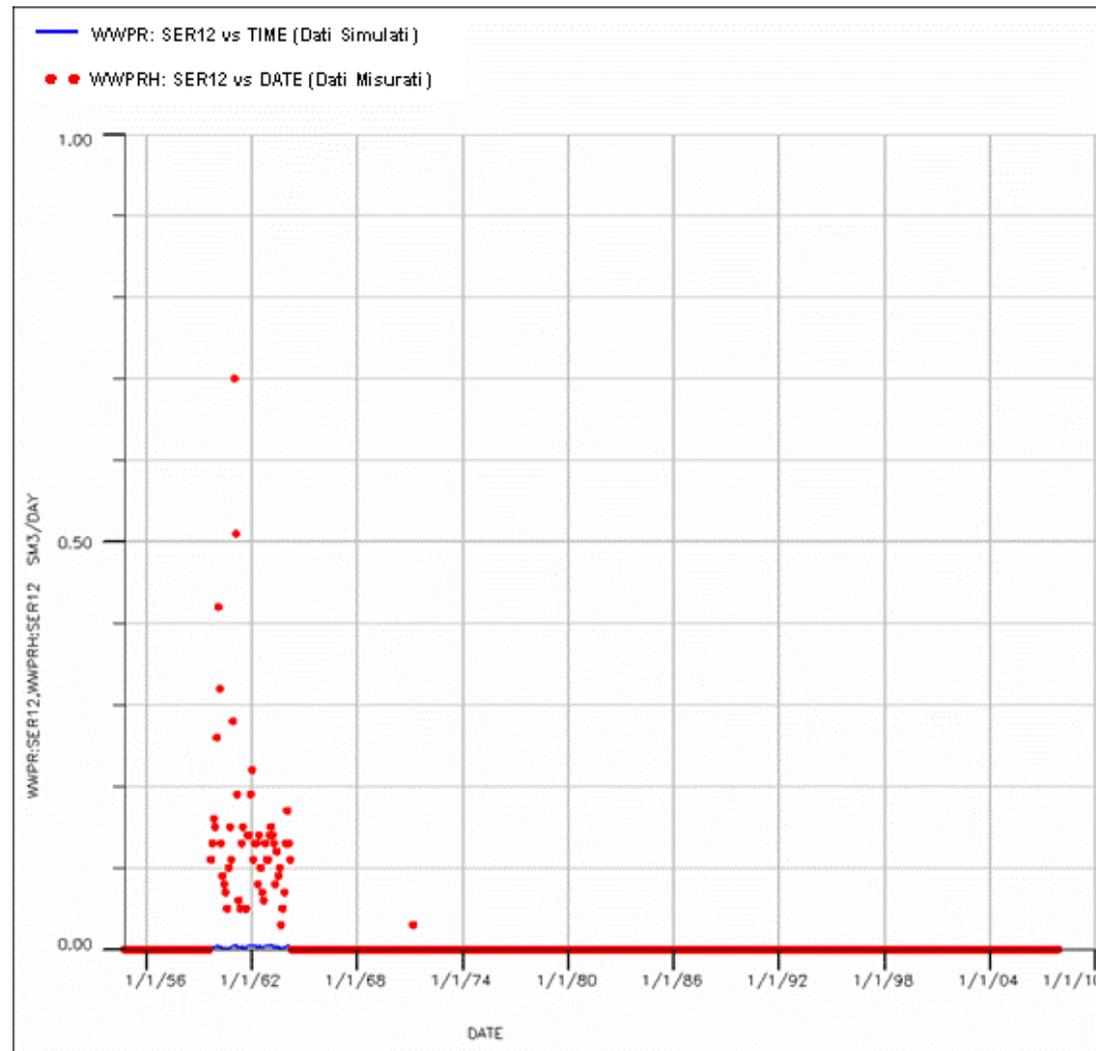


Fig. 77 - Pozzo SERGNANO 12 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)

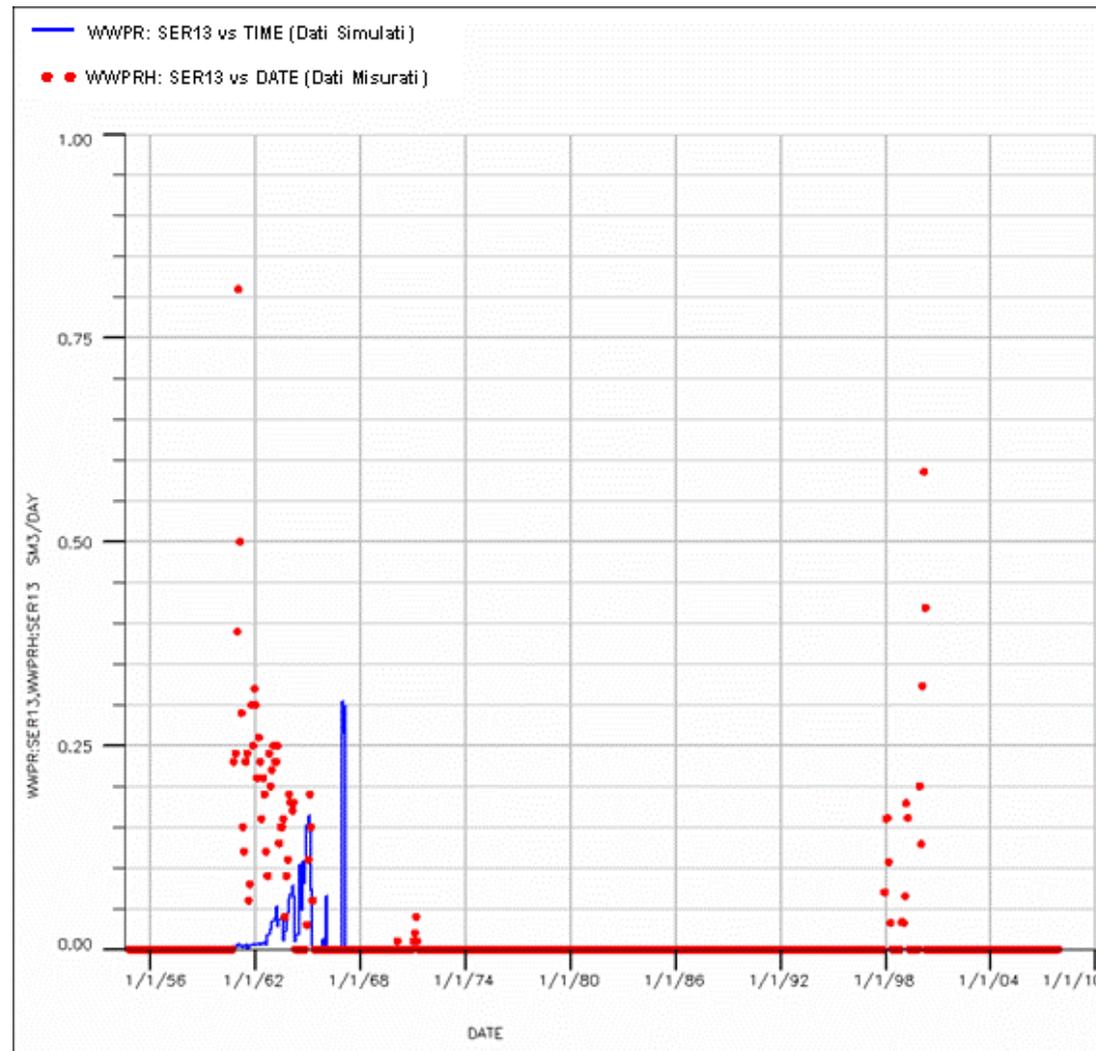


Fig. 78 - Pozzo SERGNANO 13 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)

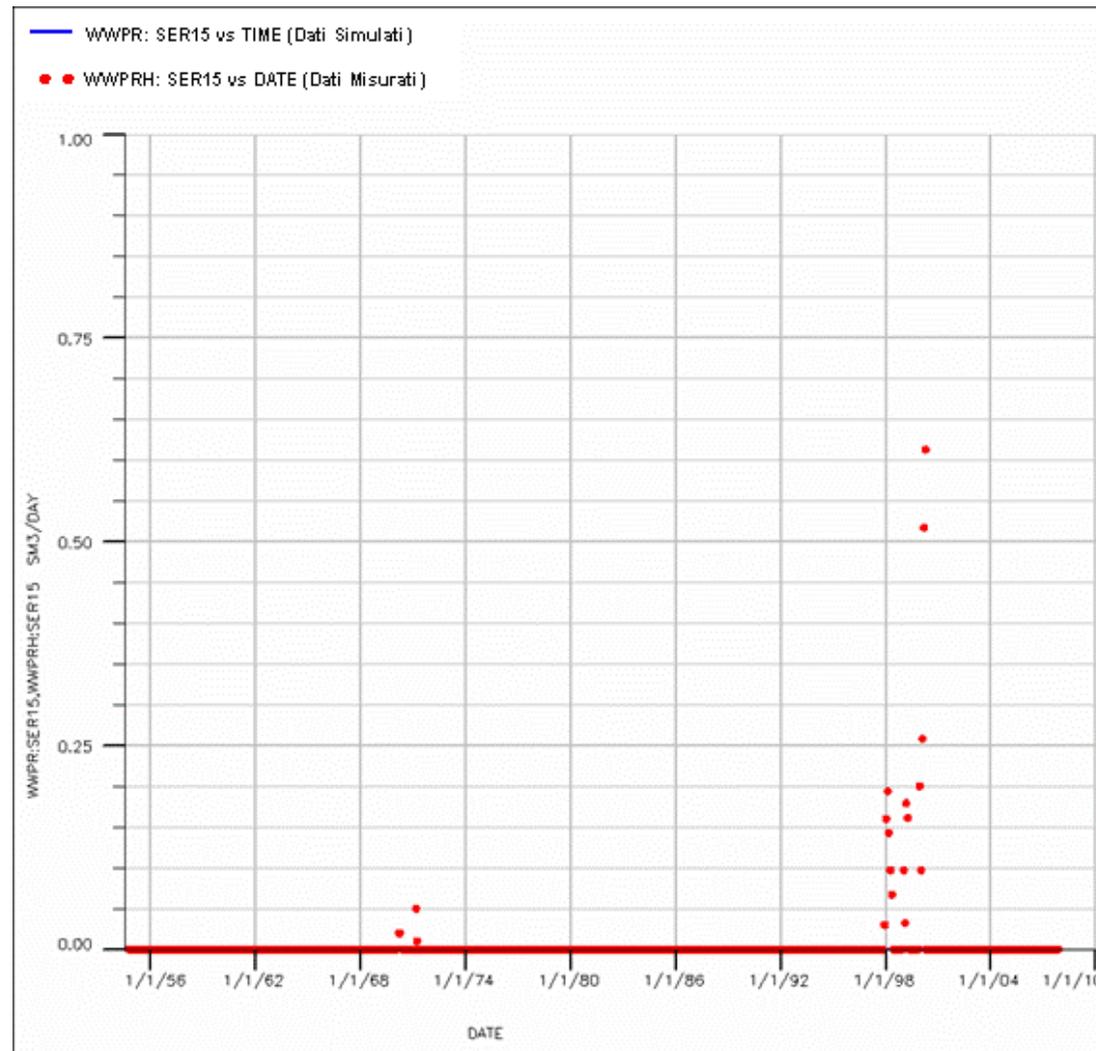


Fig. 79 - Pozzo SERGNANO 15 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)

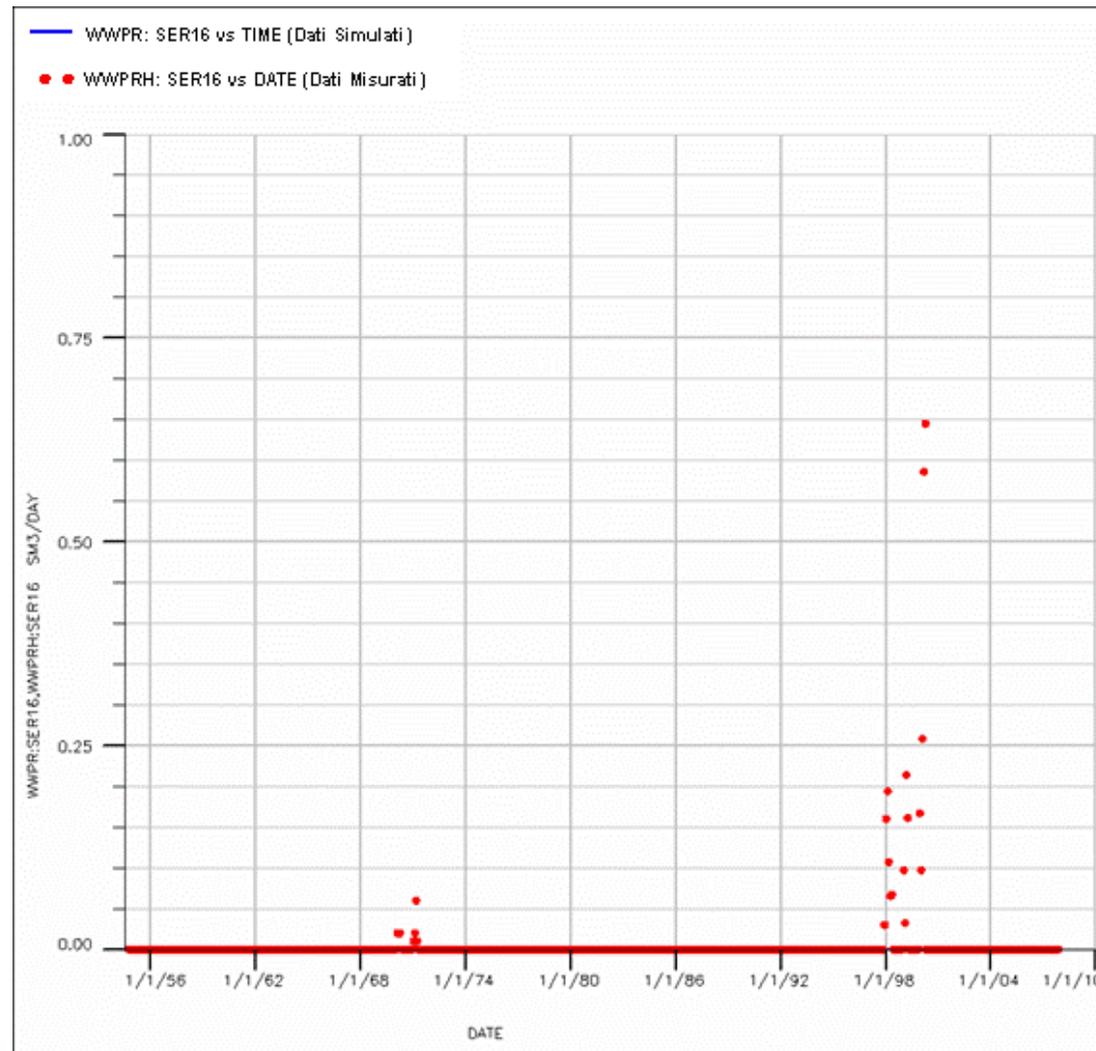


Fig. 80 - Pozzo SERGNANO 16 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)

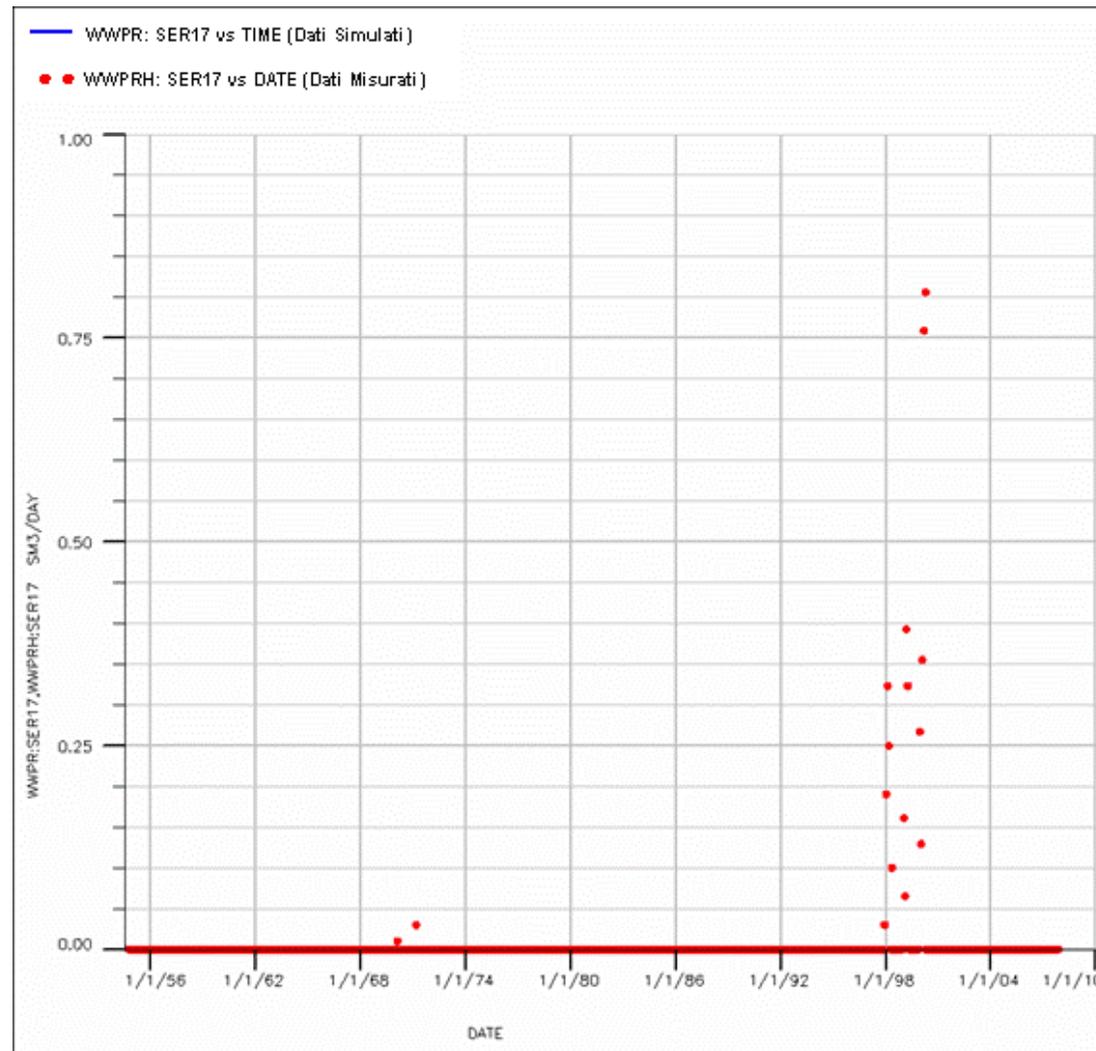


Fig. 81 - Pozzo SERGNANO 17 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)

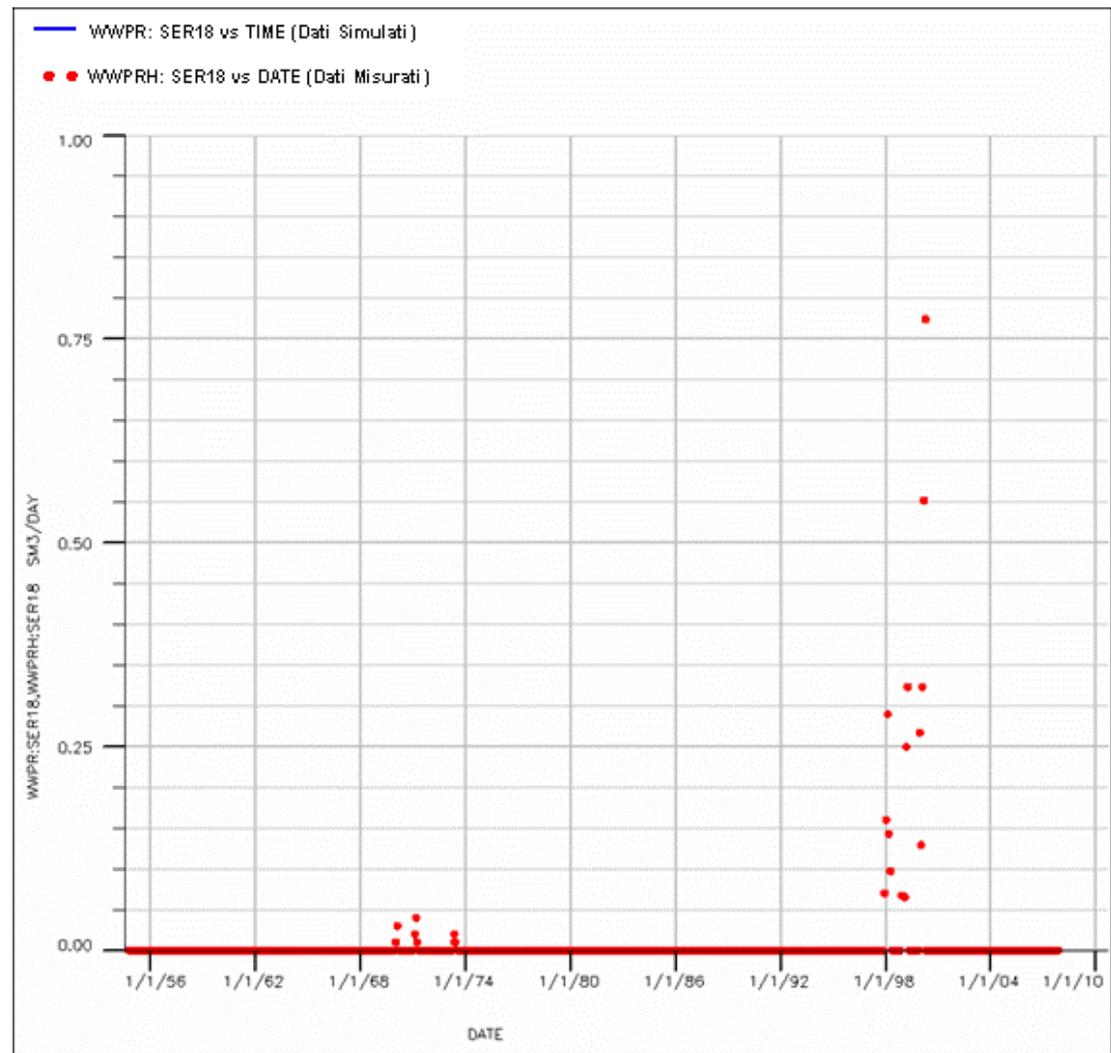


Fig. 82 - Pozzo SERGNANO 18 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)

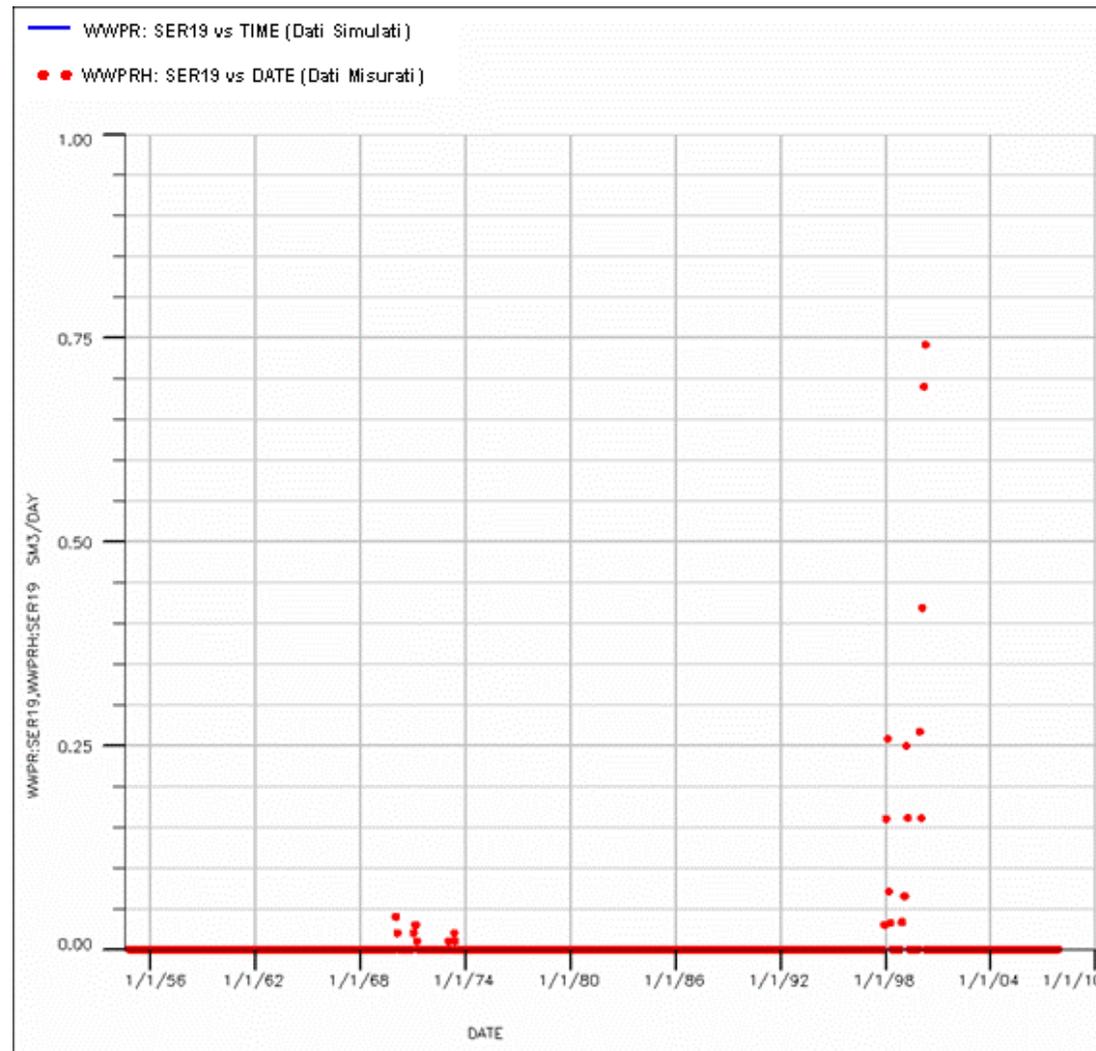


Fig. 83 - Pozzo SERGNANO 19 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)

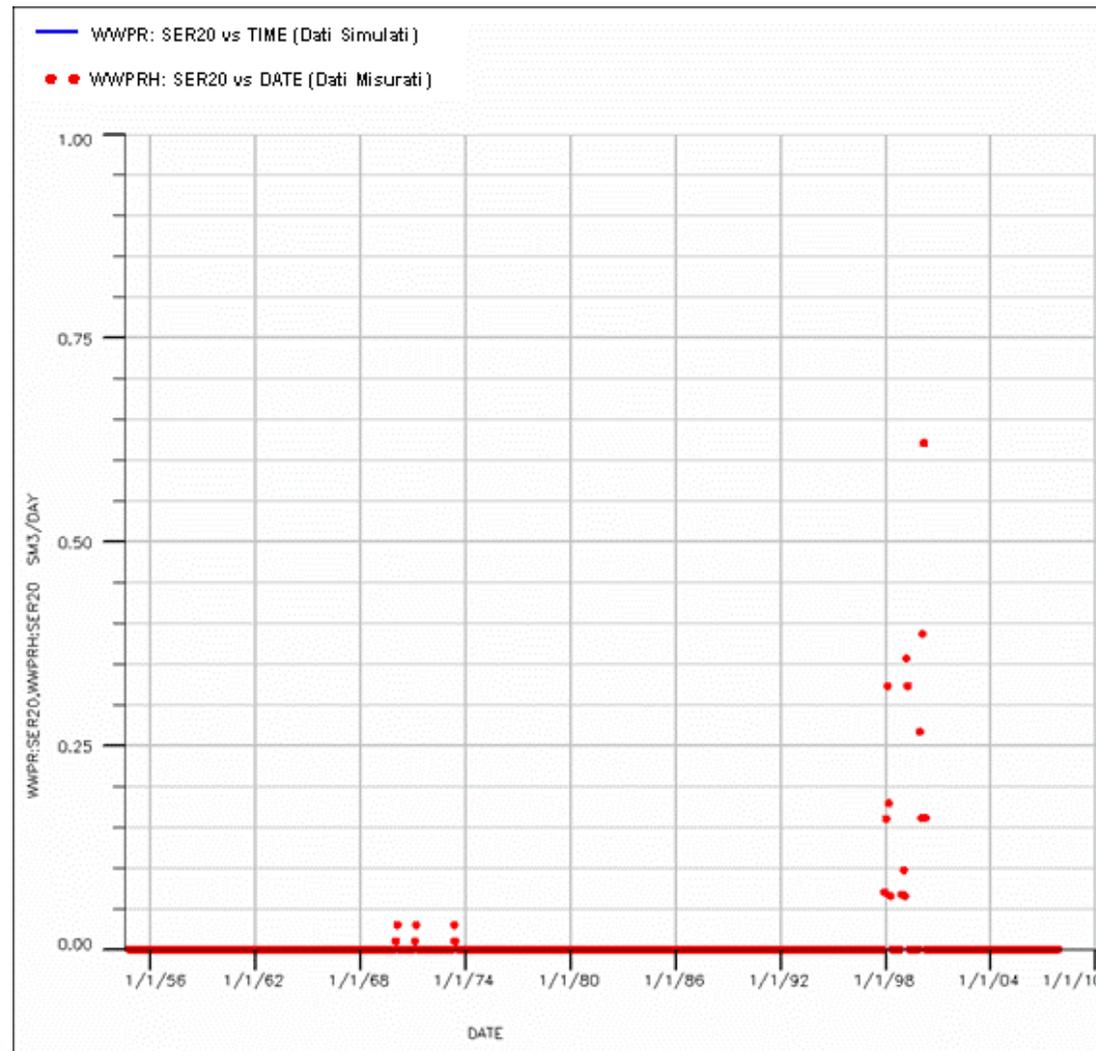


Fig. 84 - Pozzo SERGNANO 20 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)



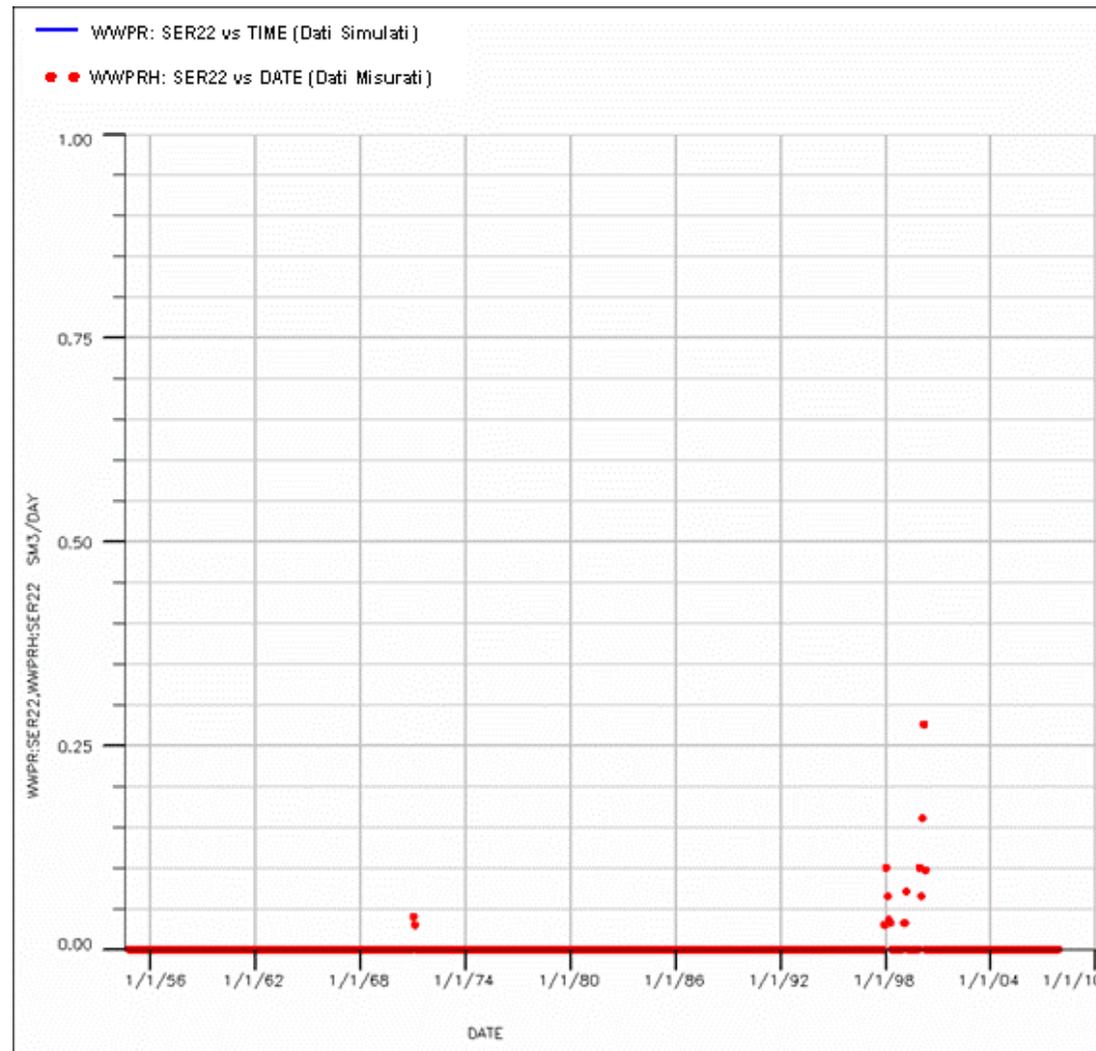


Fig. 86 - Pozzo SERGNANO 22 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)

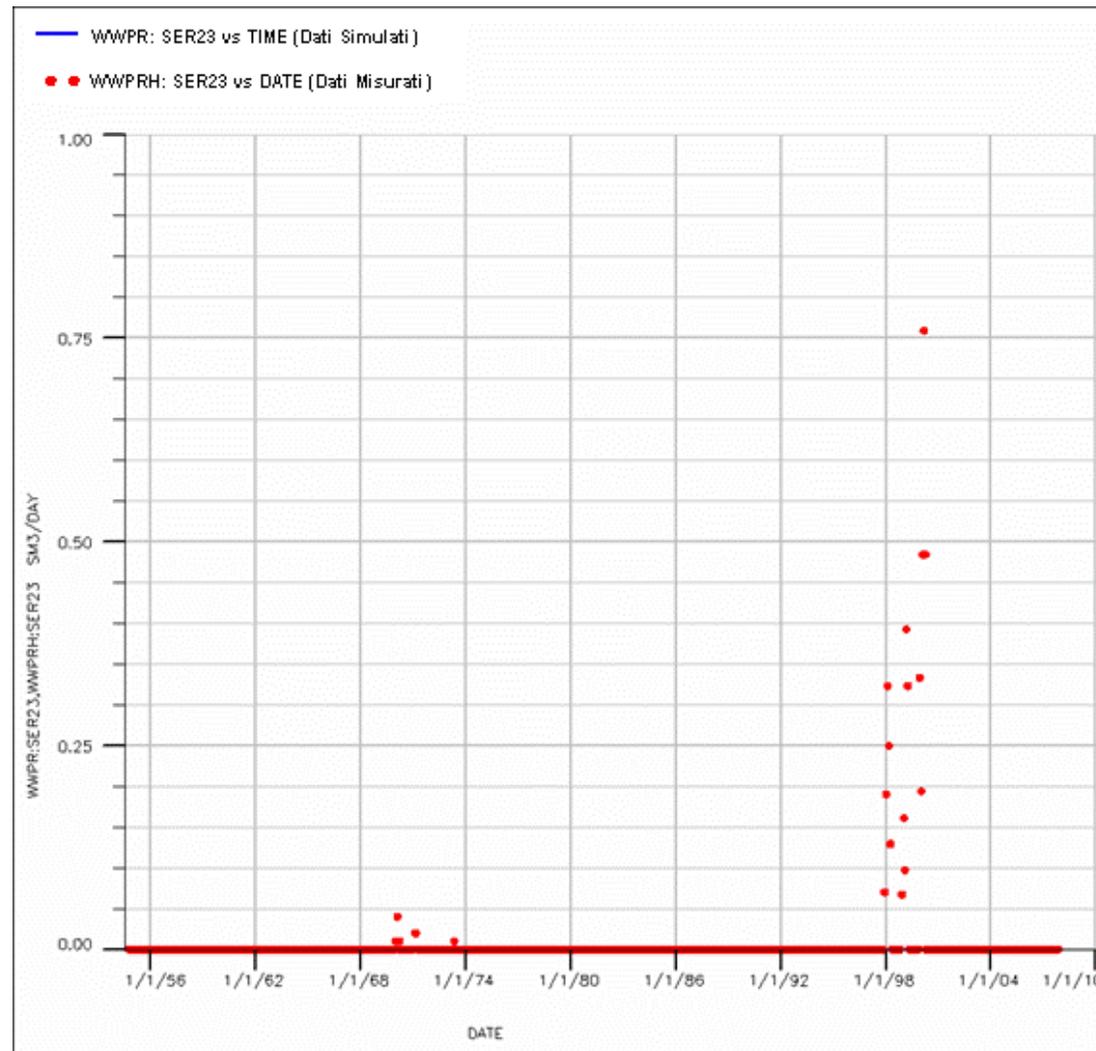


Fig. 87 - Pozzo SERGNANO 23 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)

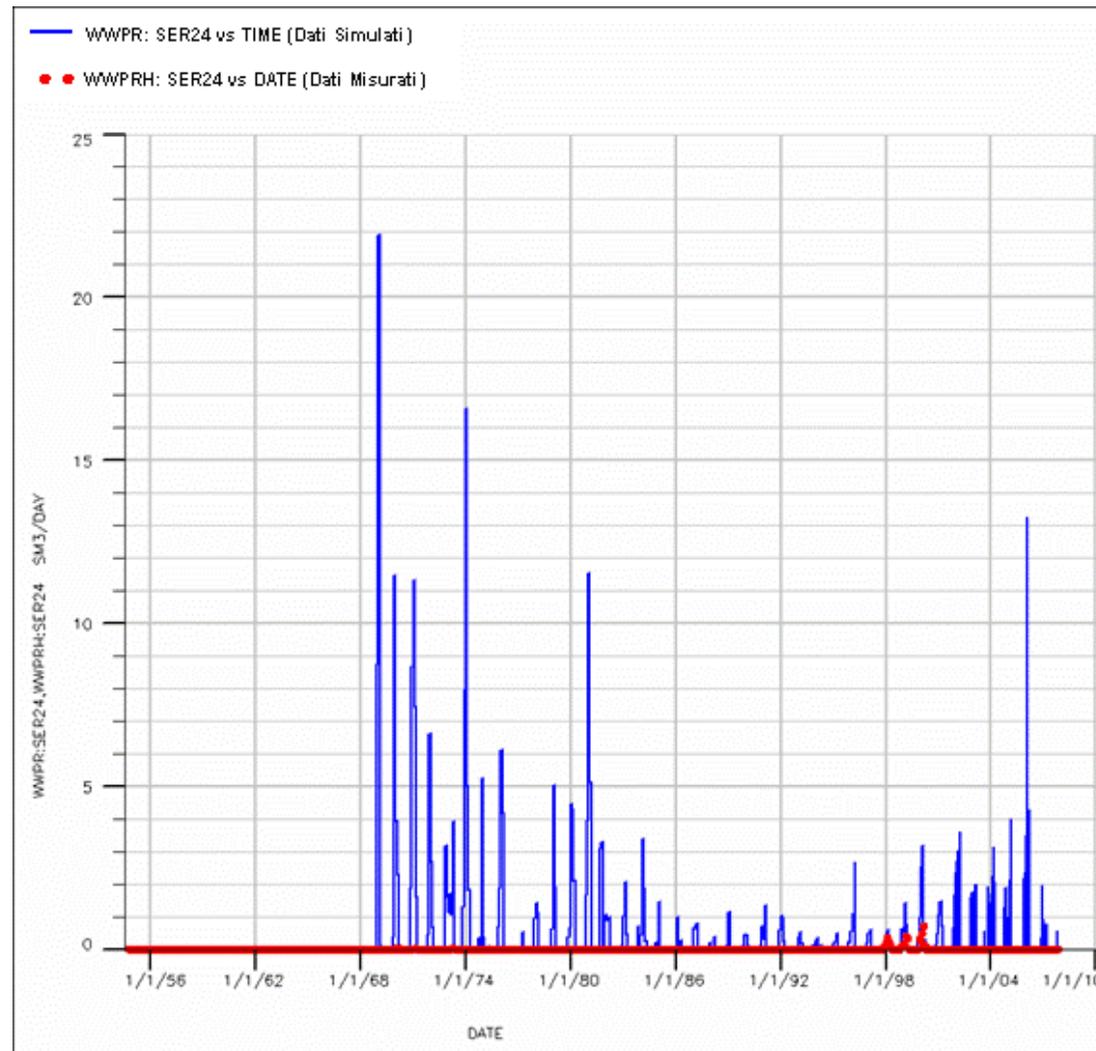


Fig. 88 - Pozzo SERGNANO 24 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)

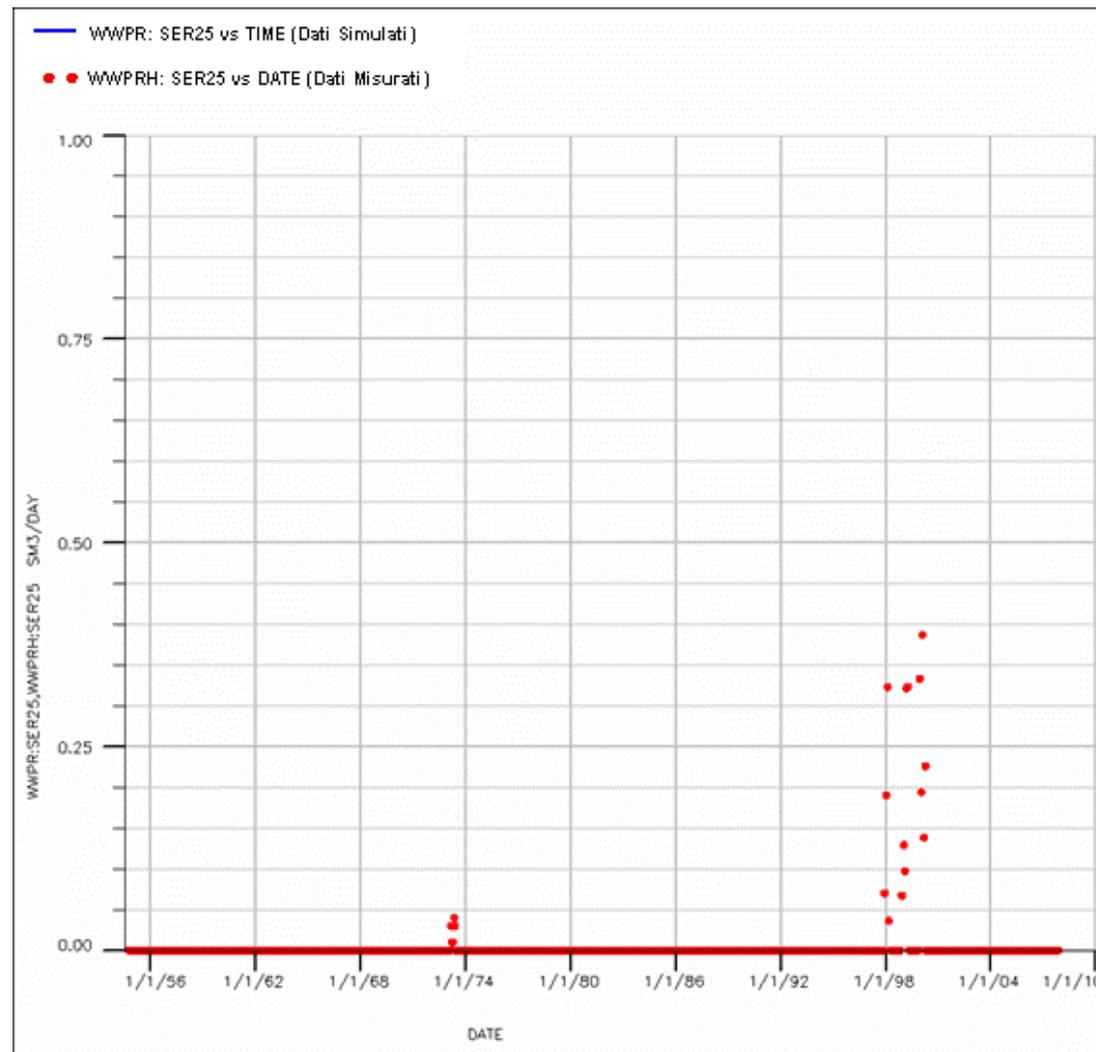


Fig. 89 - Pozzo SERGNANO 25 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)

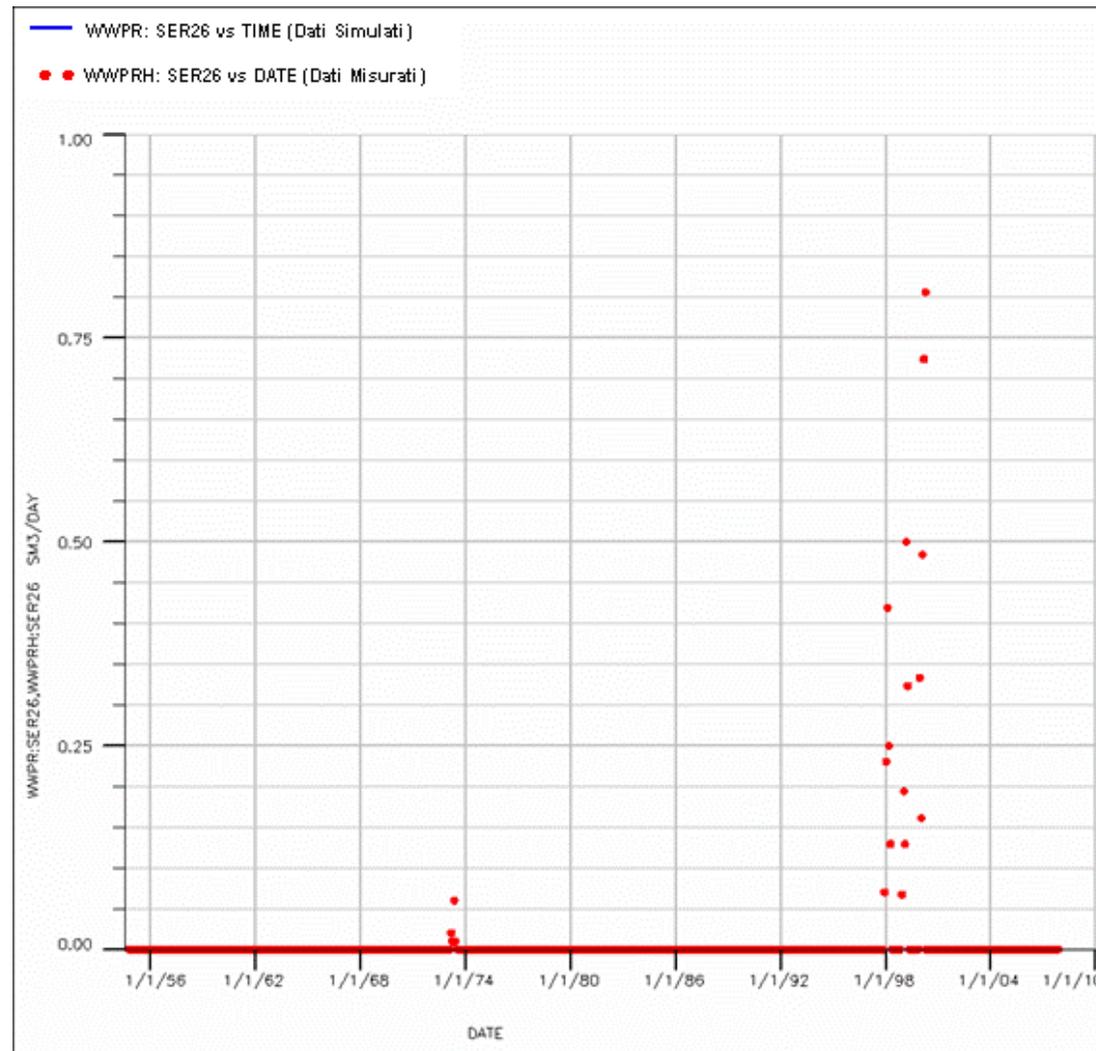


Fig. 90 - Pozzo SERGNANO 26 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)

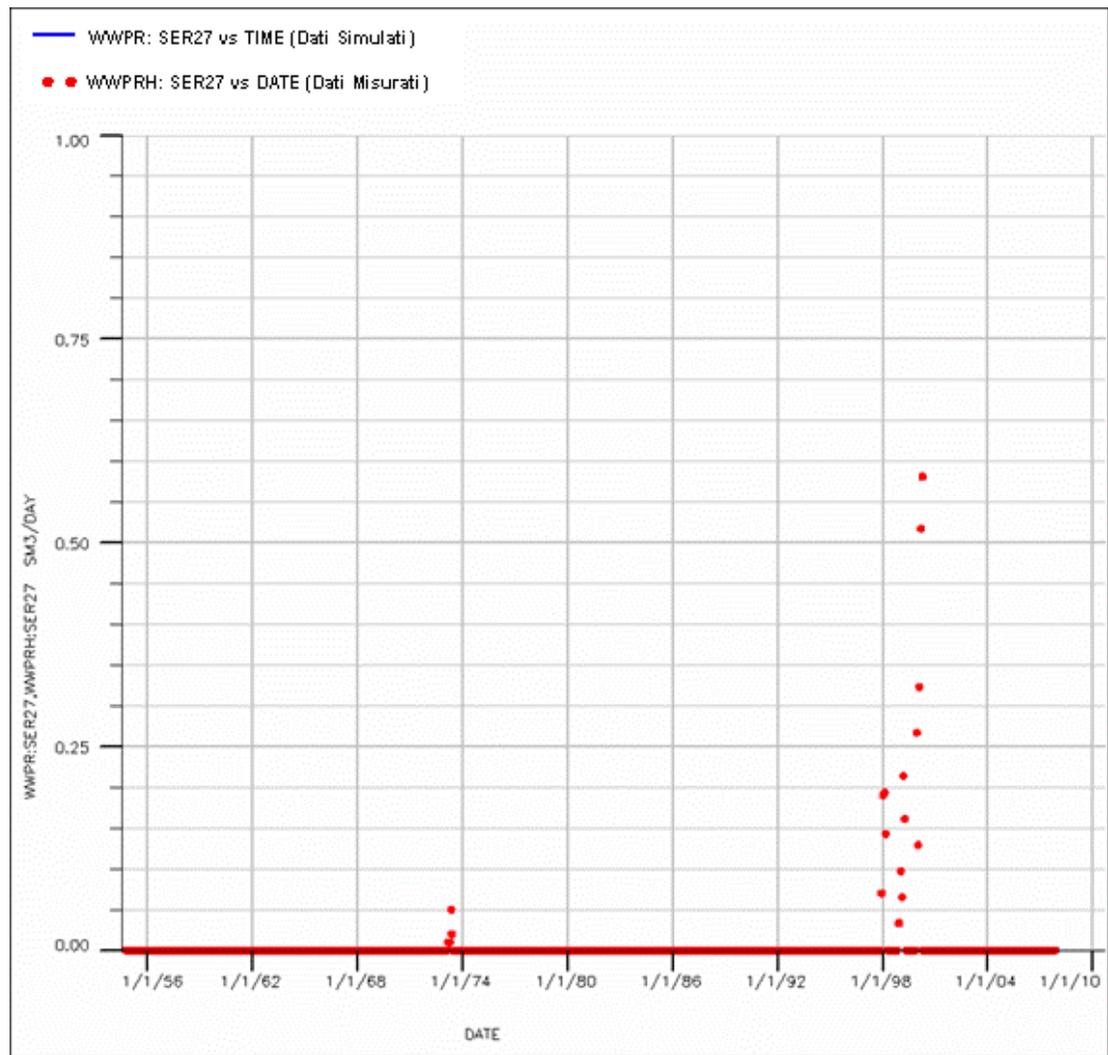


Fig. 91 - Pozzo SERGNANO 27 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)

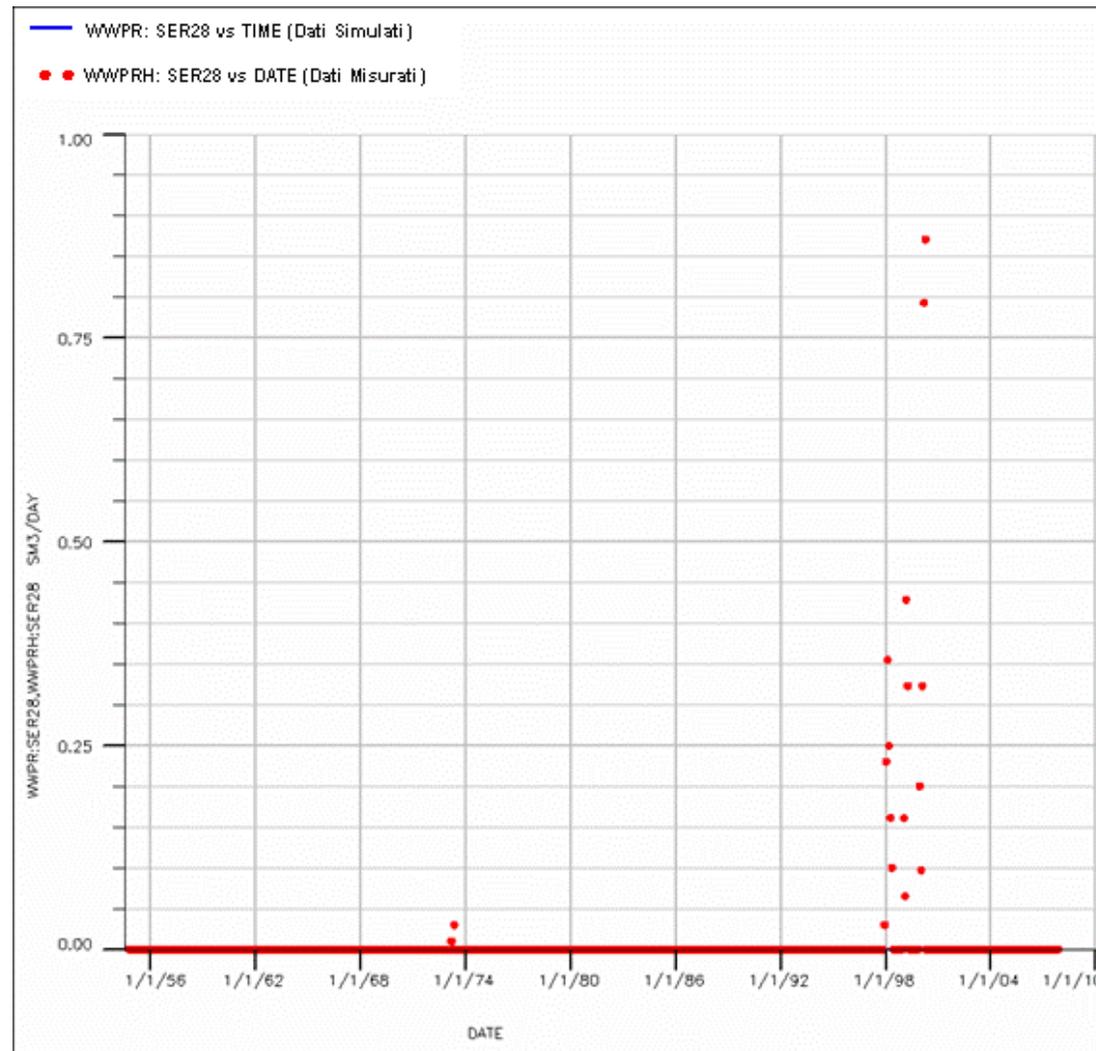


Fig. 92 - Pozzo SERGNANO 28 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)

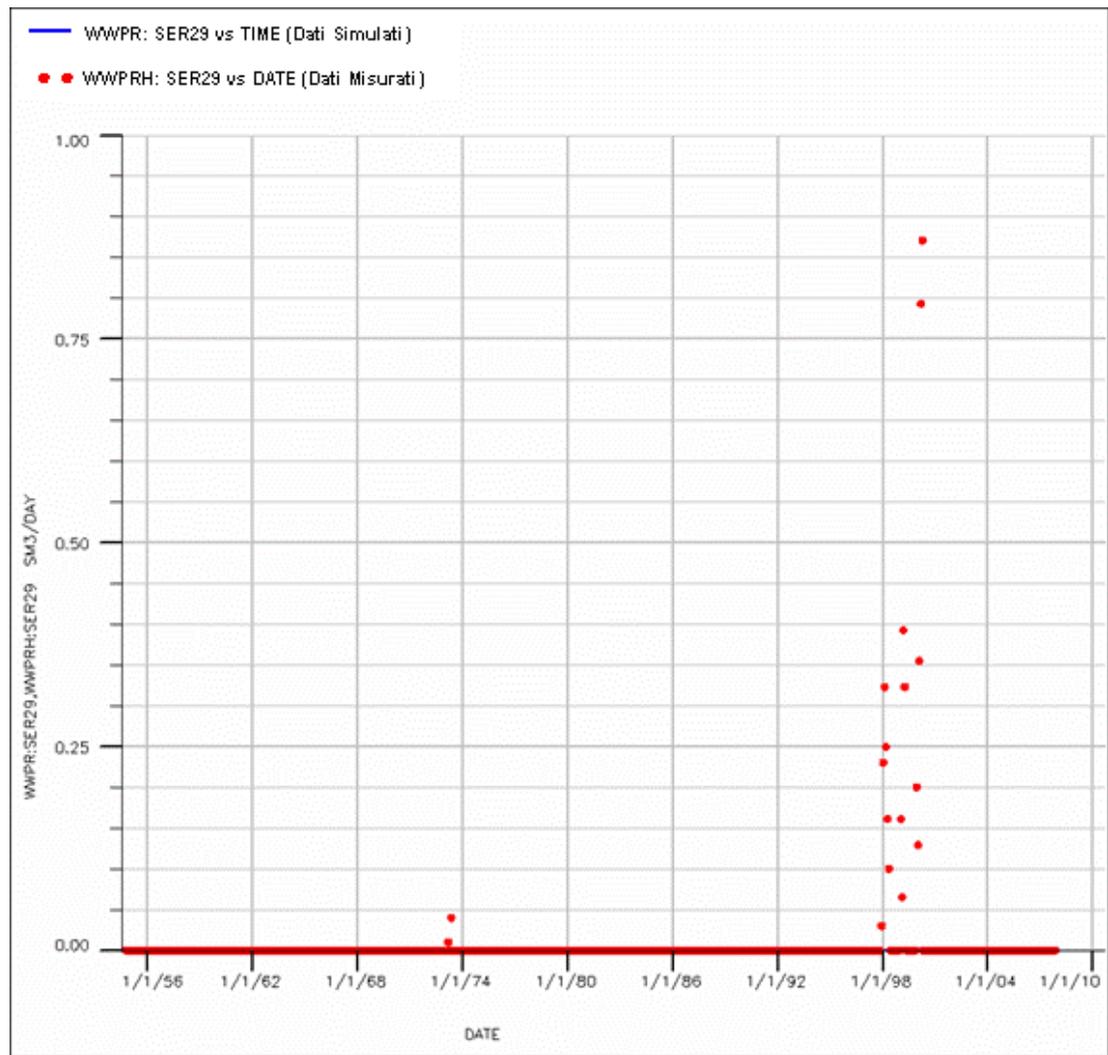


Fig. 93 - Pozzo SERGNANO 29 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)

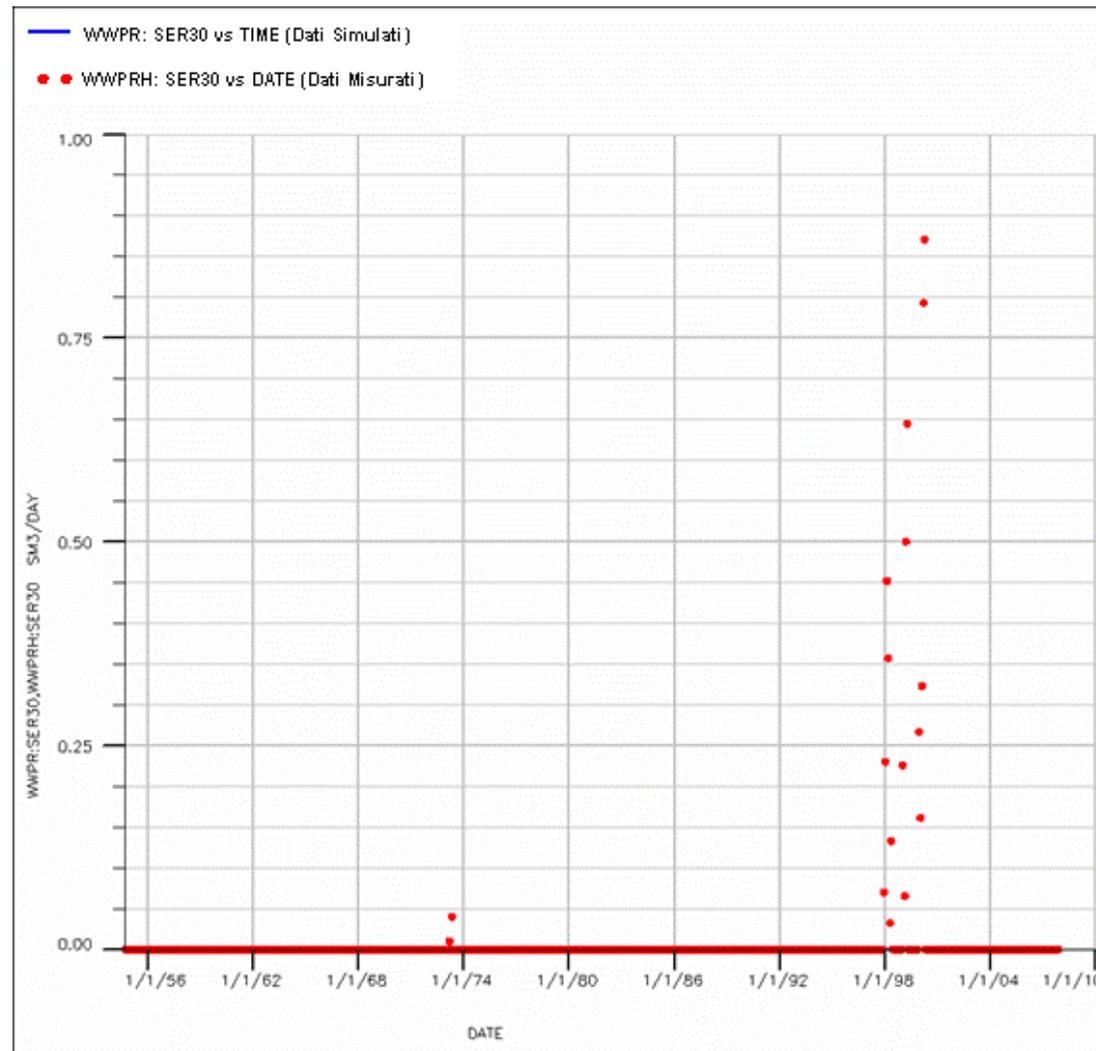


Fig. 94 - Pozzo SERGNANO 30 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)

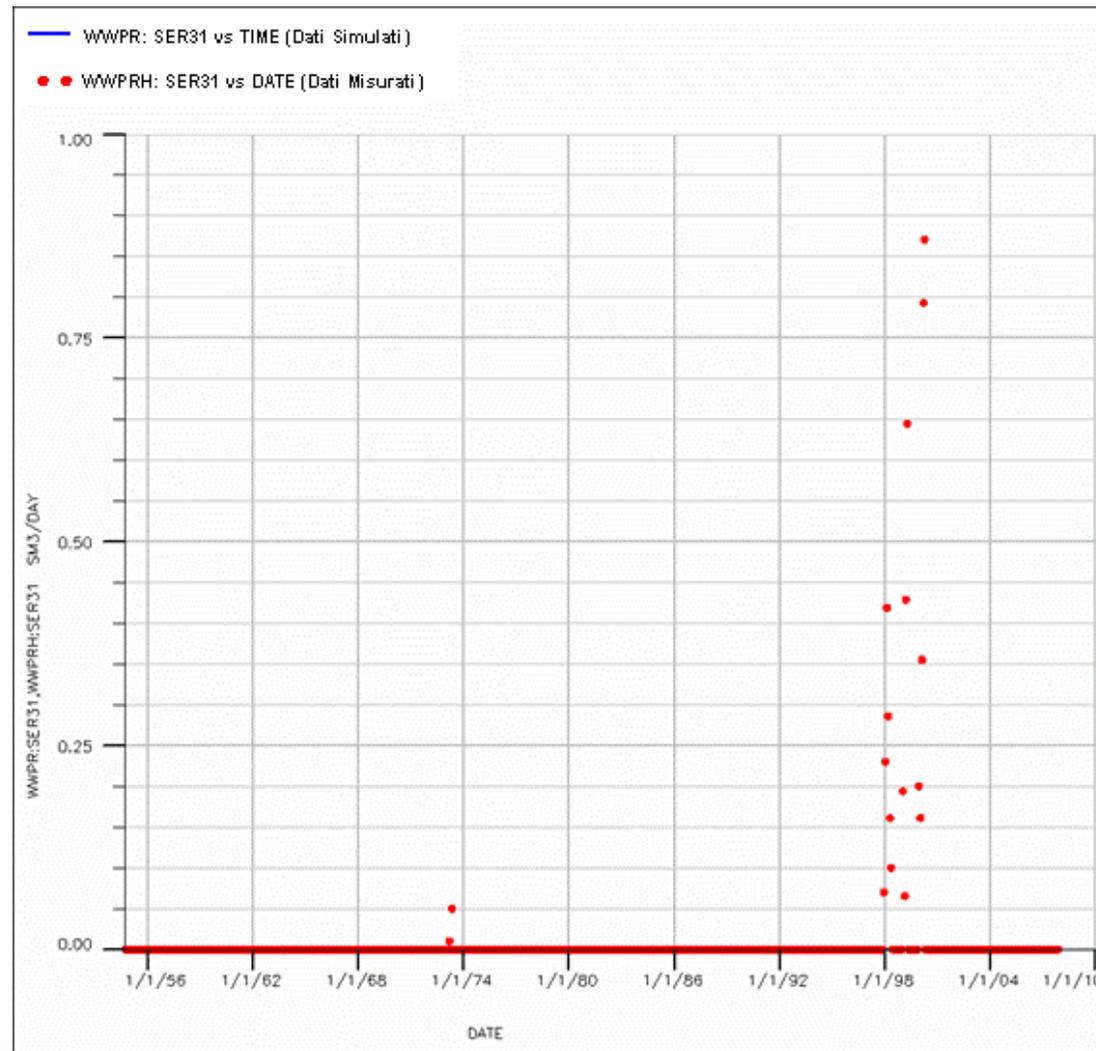


Fig. 95 - Pozzo SERGNANO 31 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)

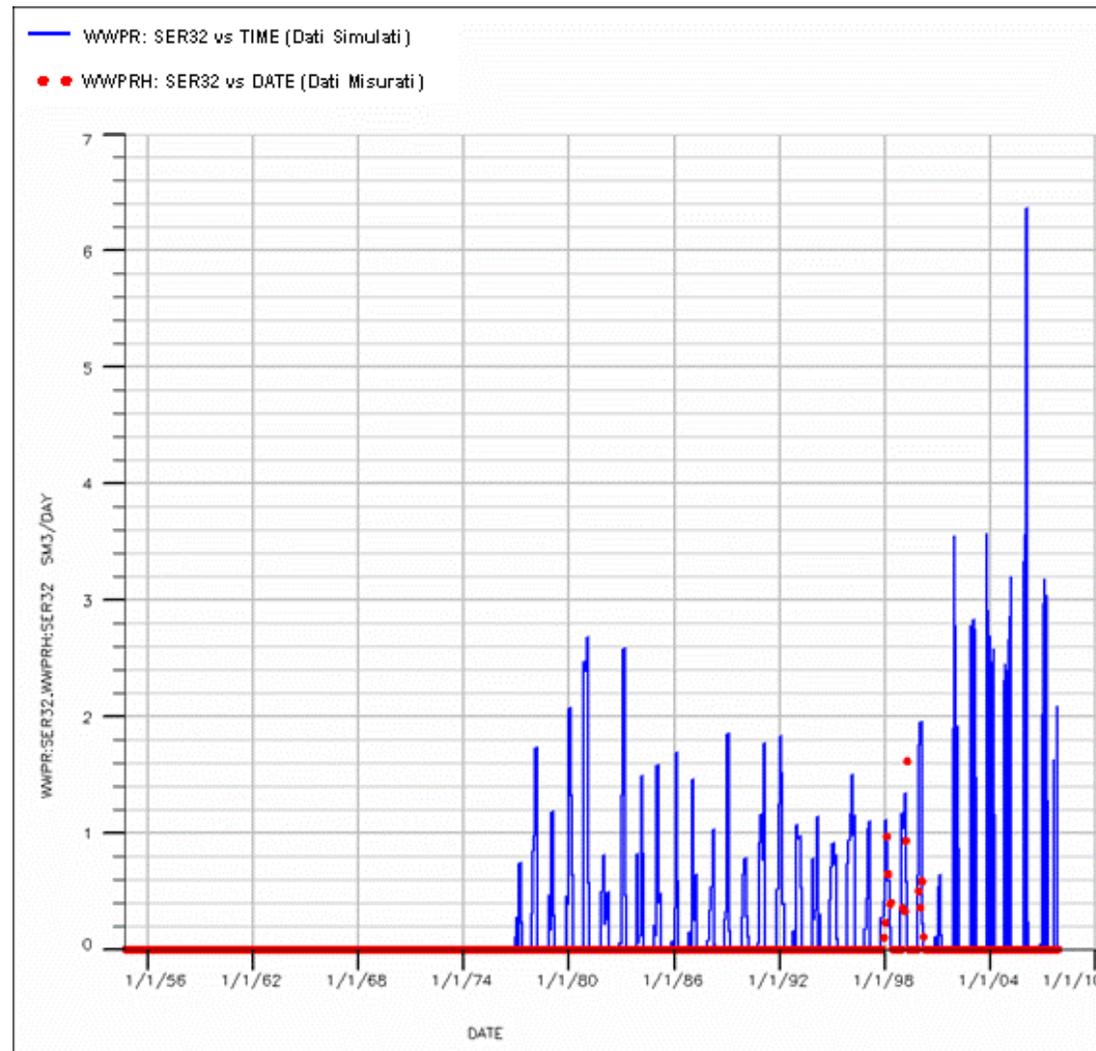


Fig. 96 - Pozzo SERGNANO 32 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)



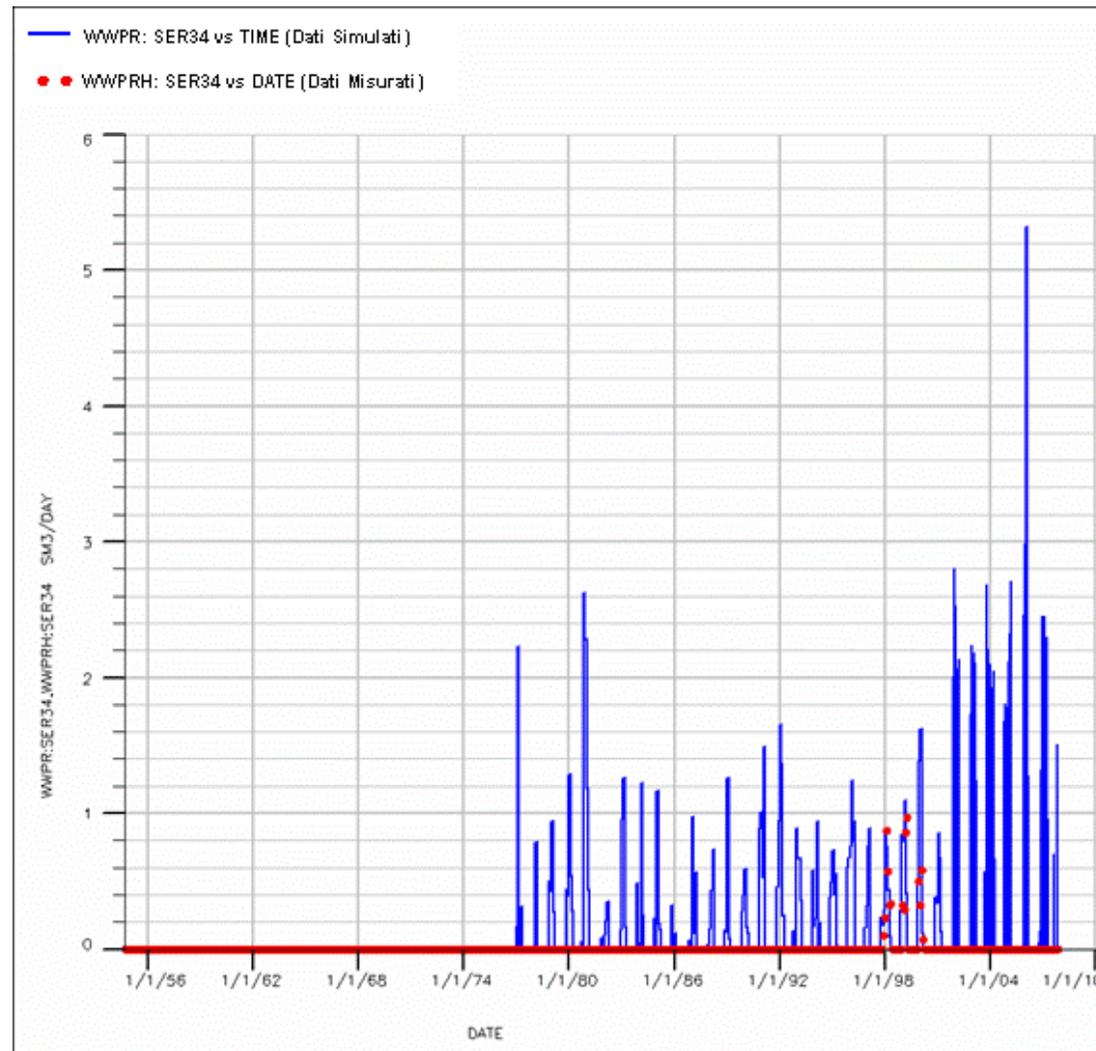


Fig. 98 - Pozzo SERGNANO 34 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)]

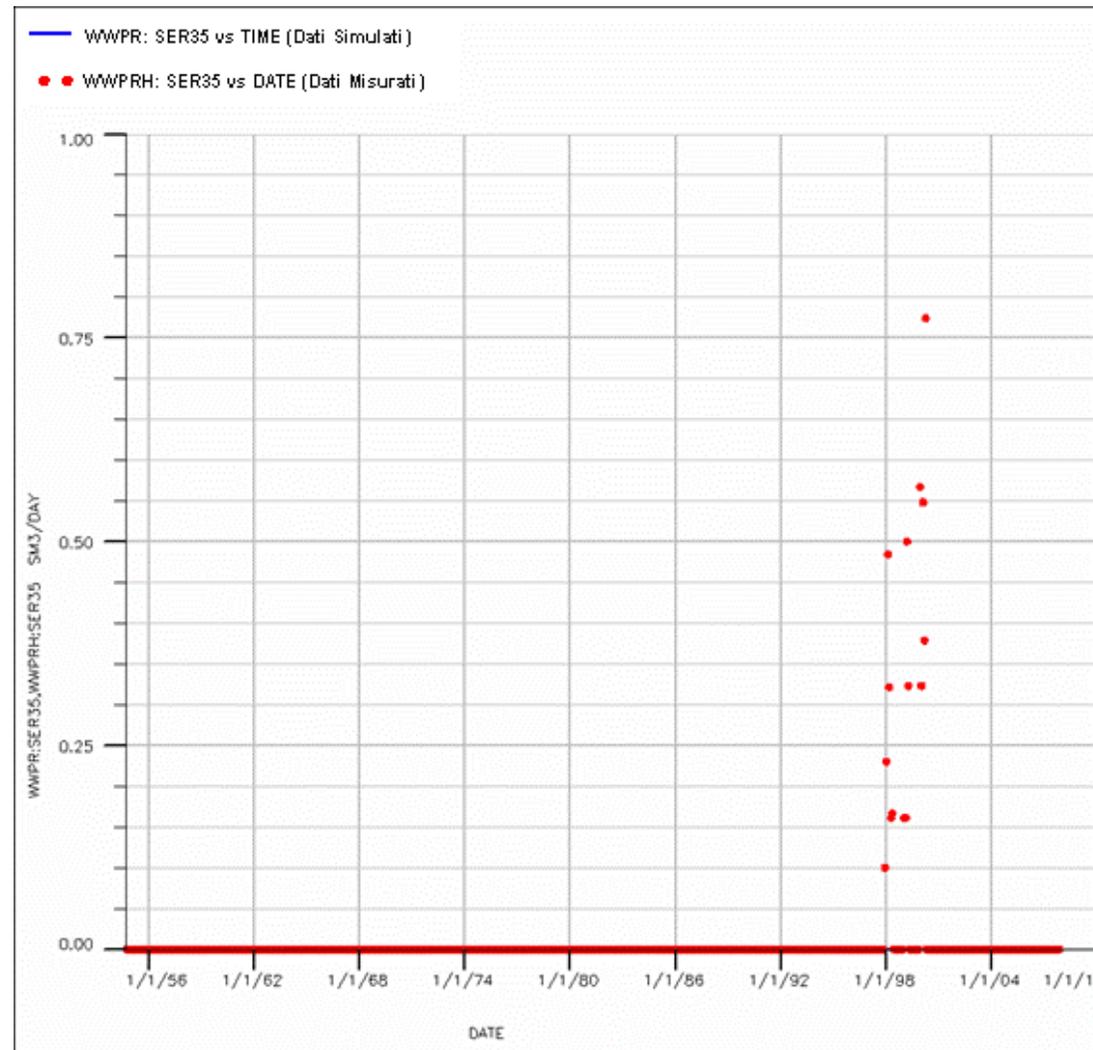


Fig. 99 - Pozzo SERGNANO 35 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)

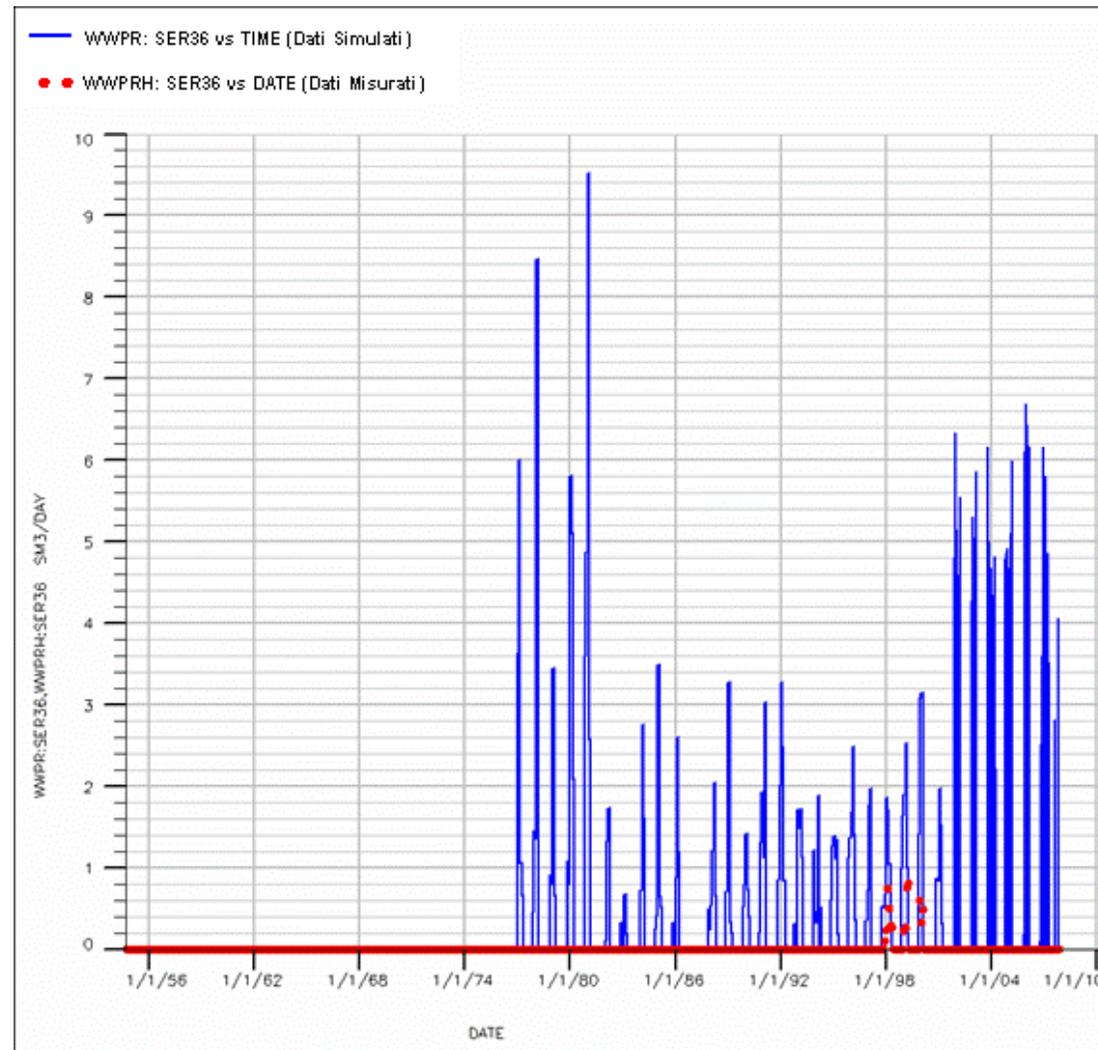


Fig. 100 - Pozzo SERGNANO 36 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)

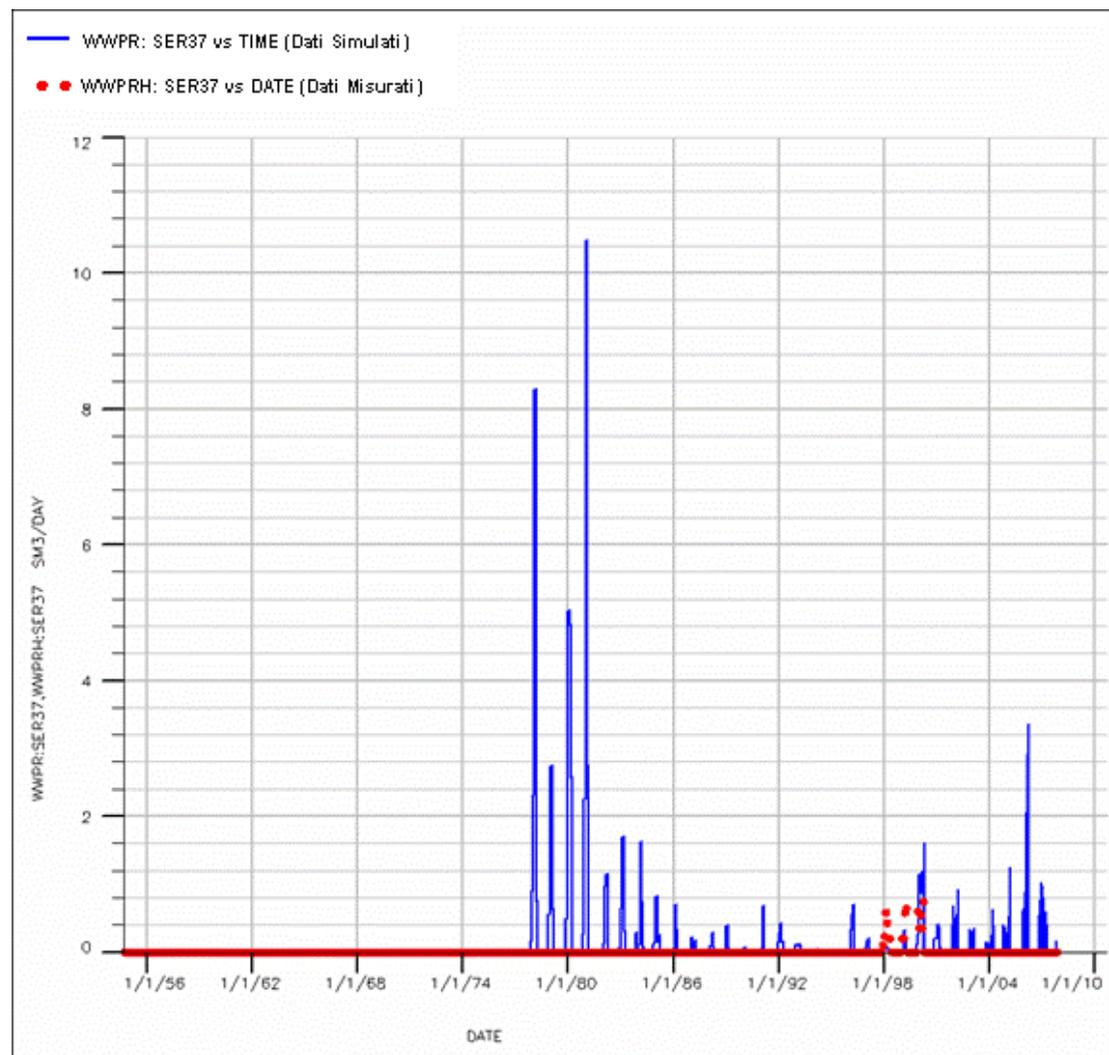


Fig. 101 - Pozzo SERGNANO 37 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)

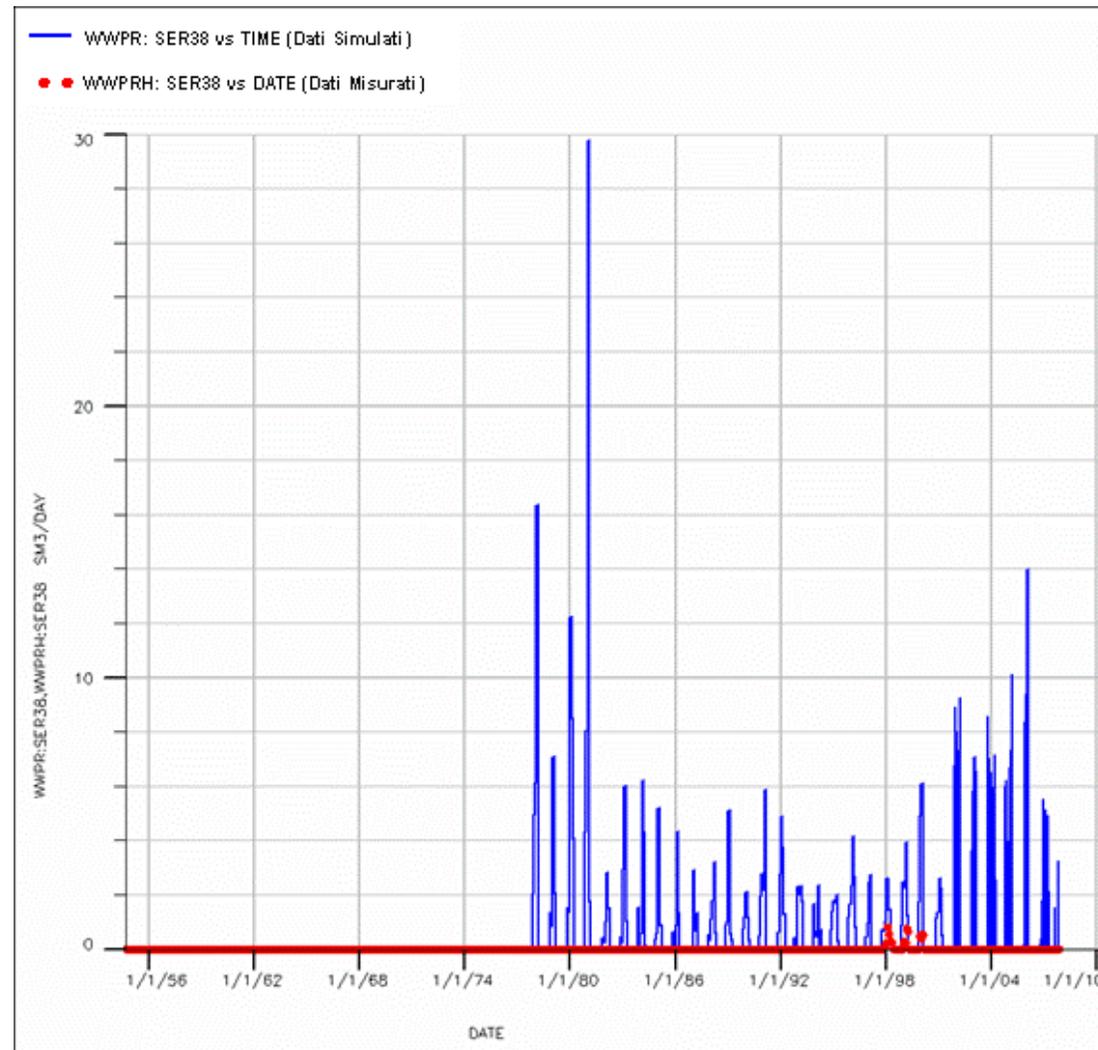


Fig. 102 - Pozzo SERGNANO 38 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)

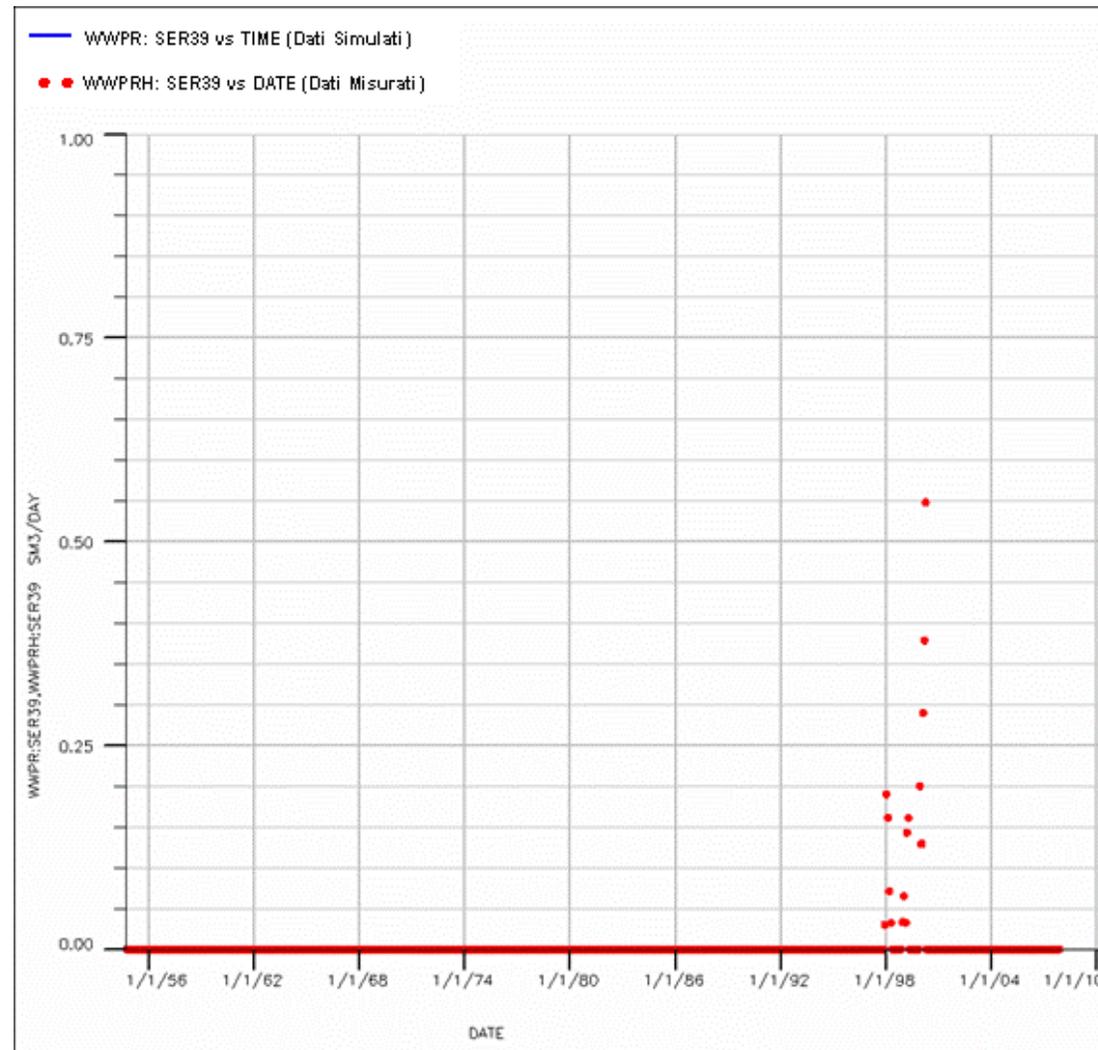


Fig. 103 - Pozzo SERGNANO 39 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)

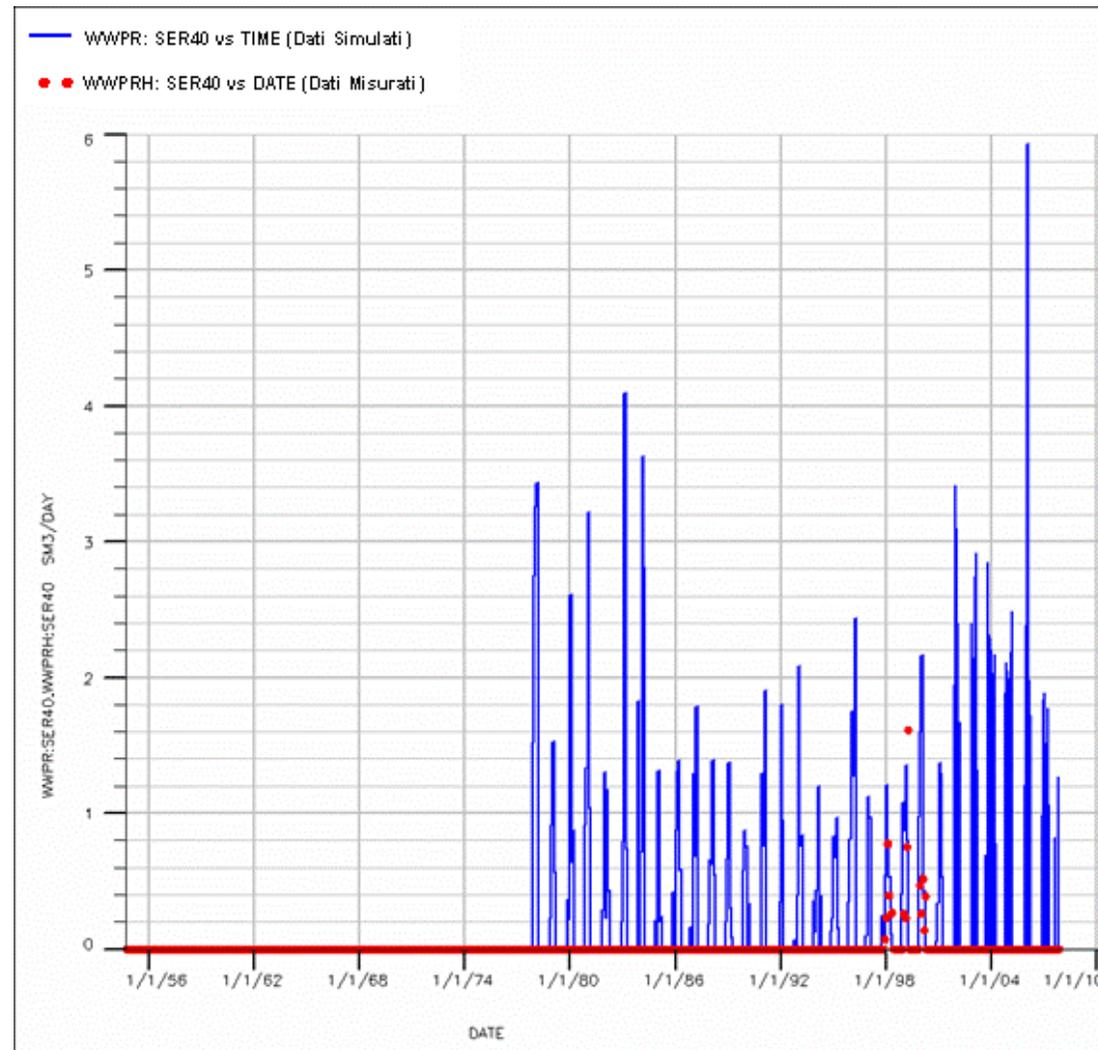


Fig. 104 - Pozzo SERGNANO 40 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)

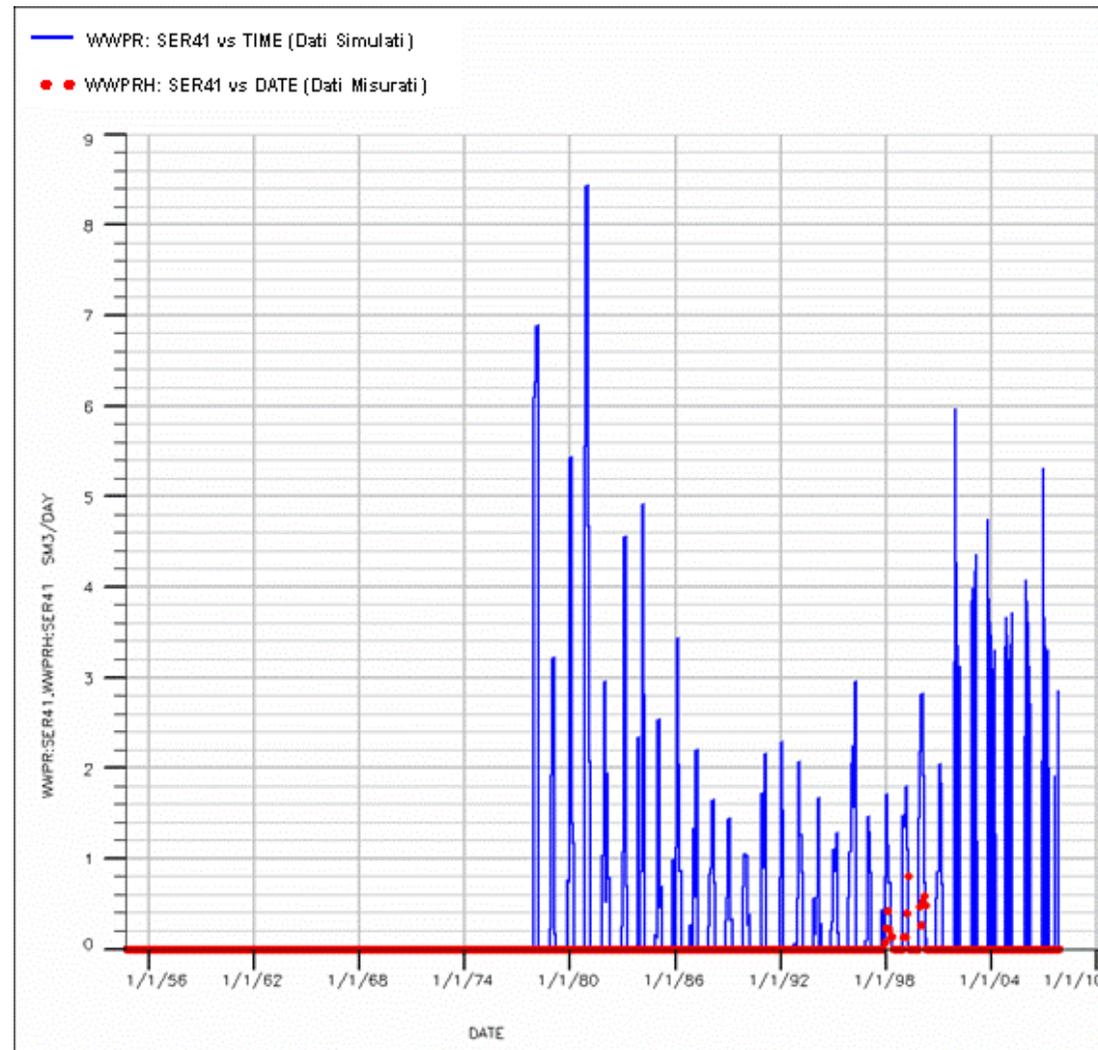


Fig. 105 - Pozzo SERGNANO 41 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)

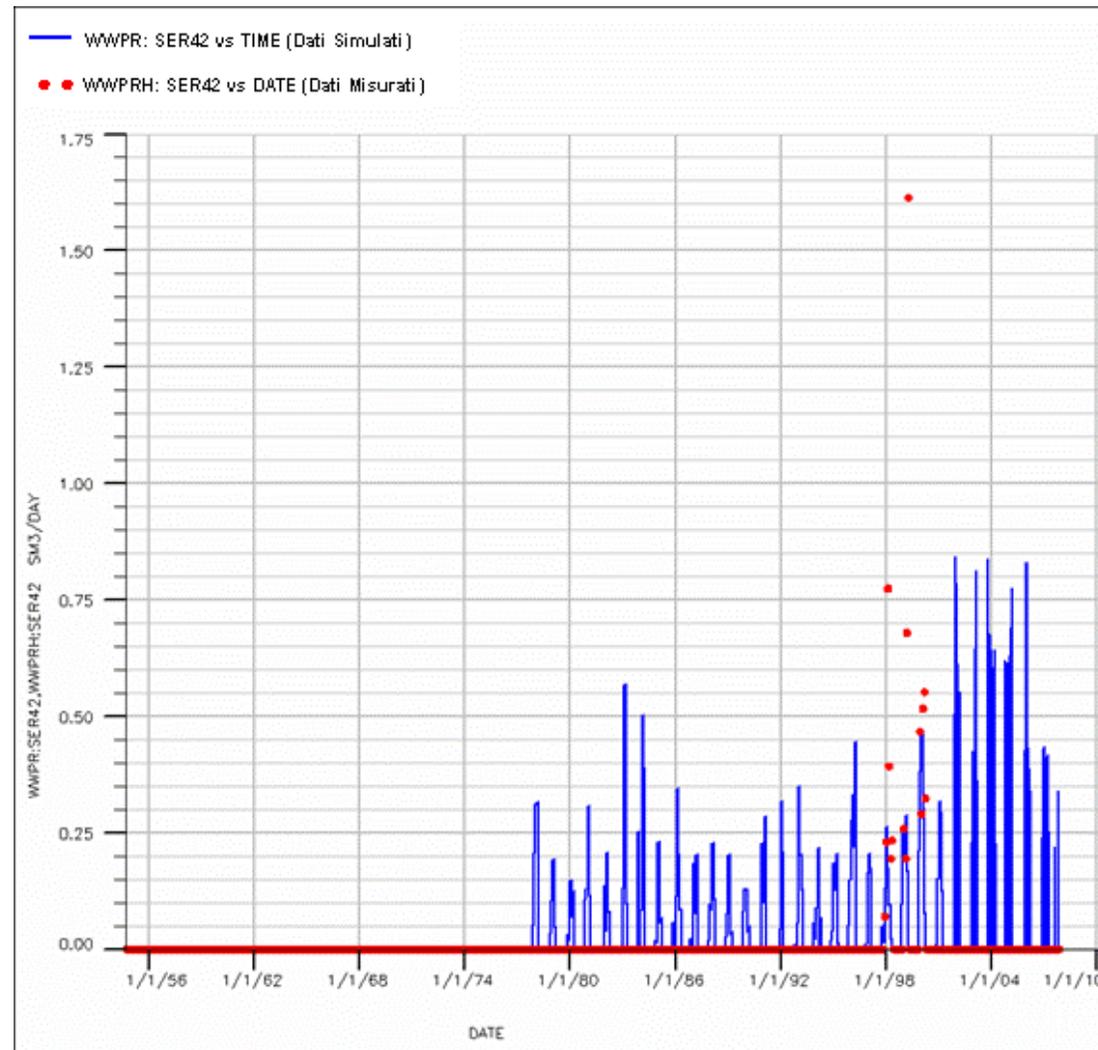


Fig. 106 - Pozzo SERGNANO 42 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)

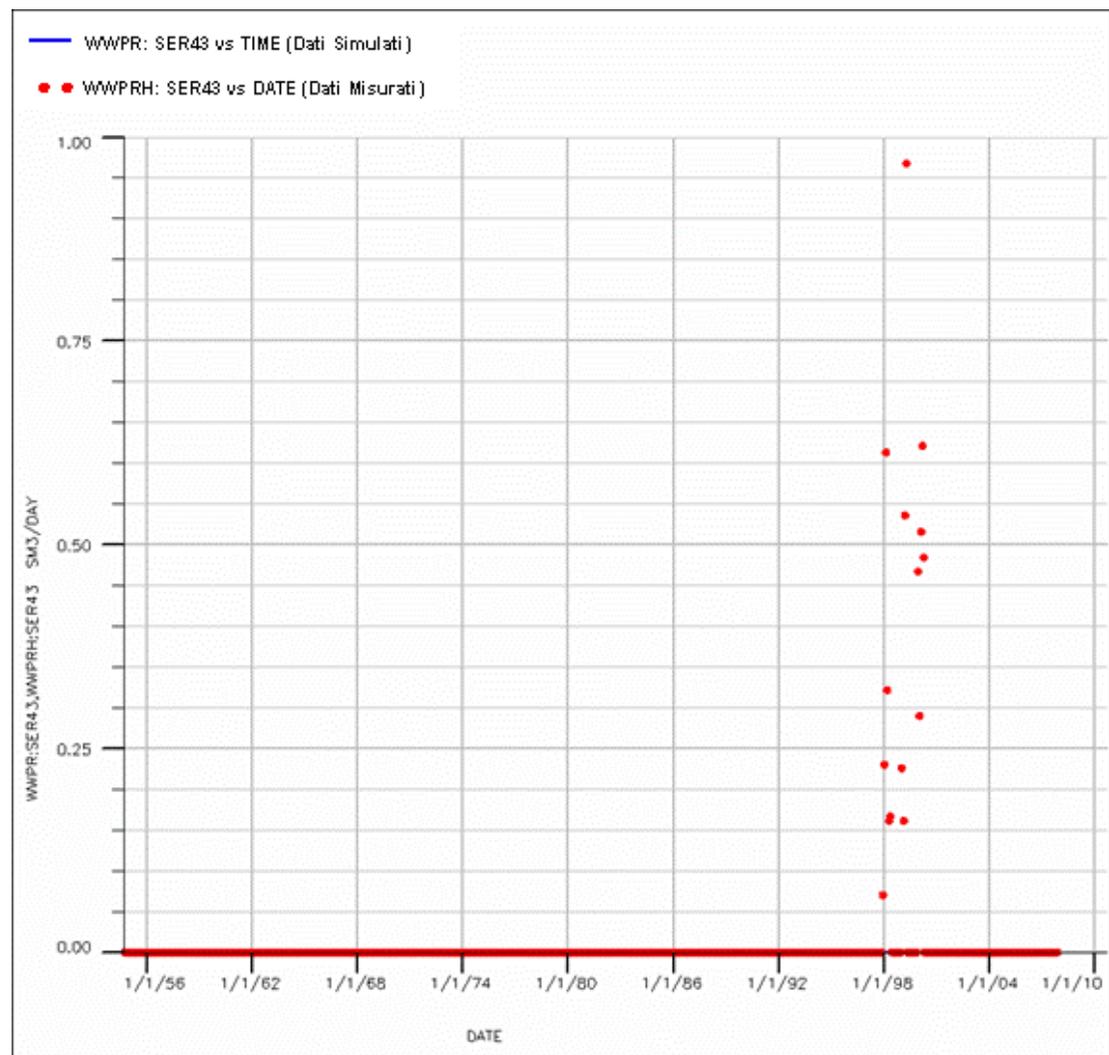
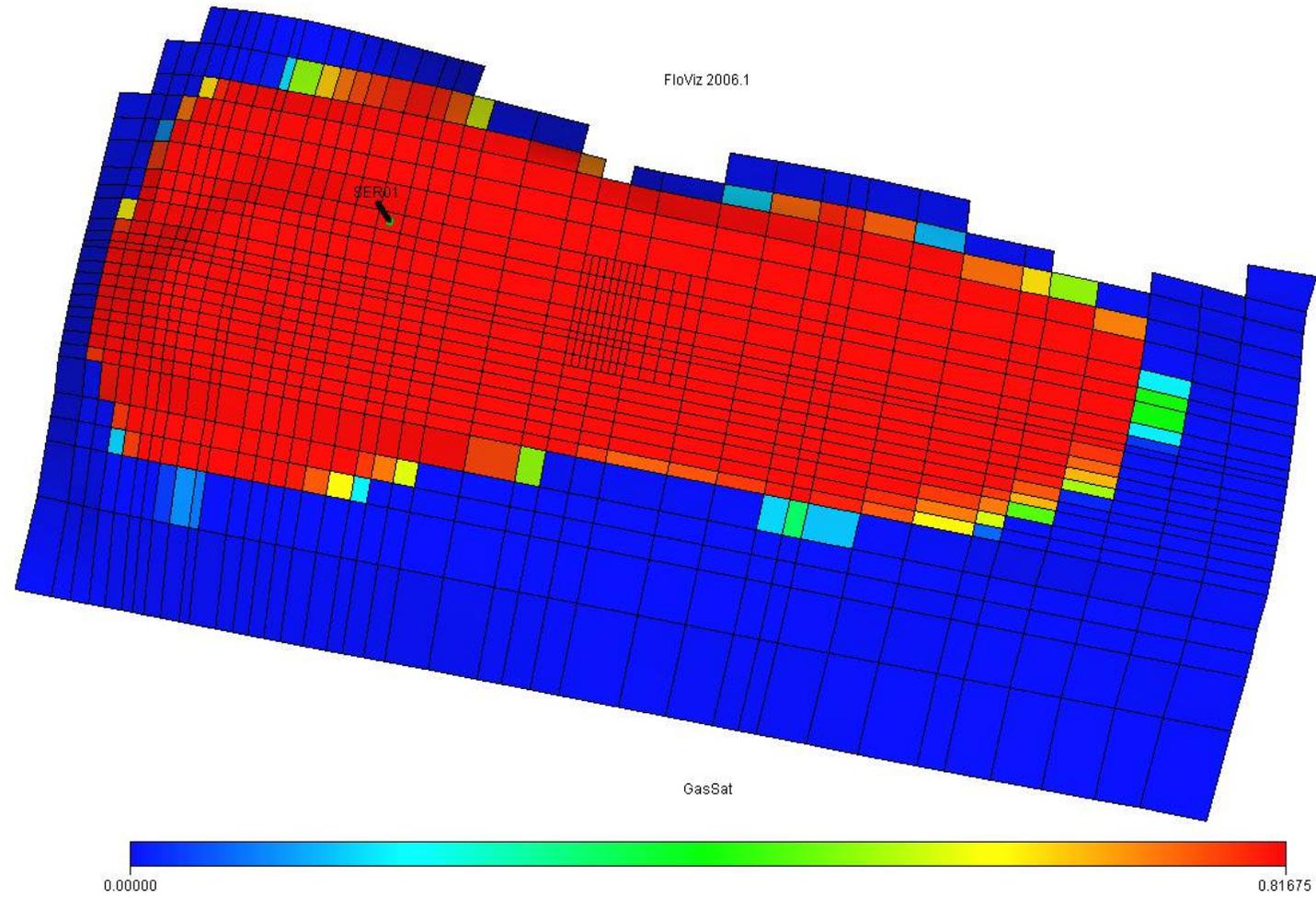
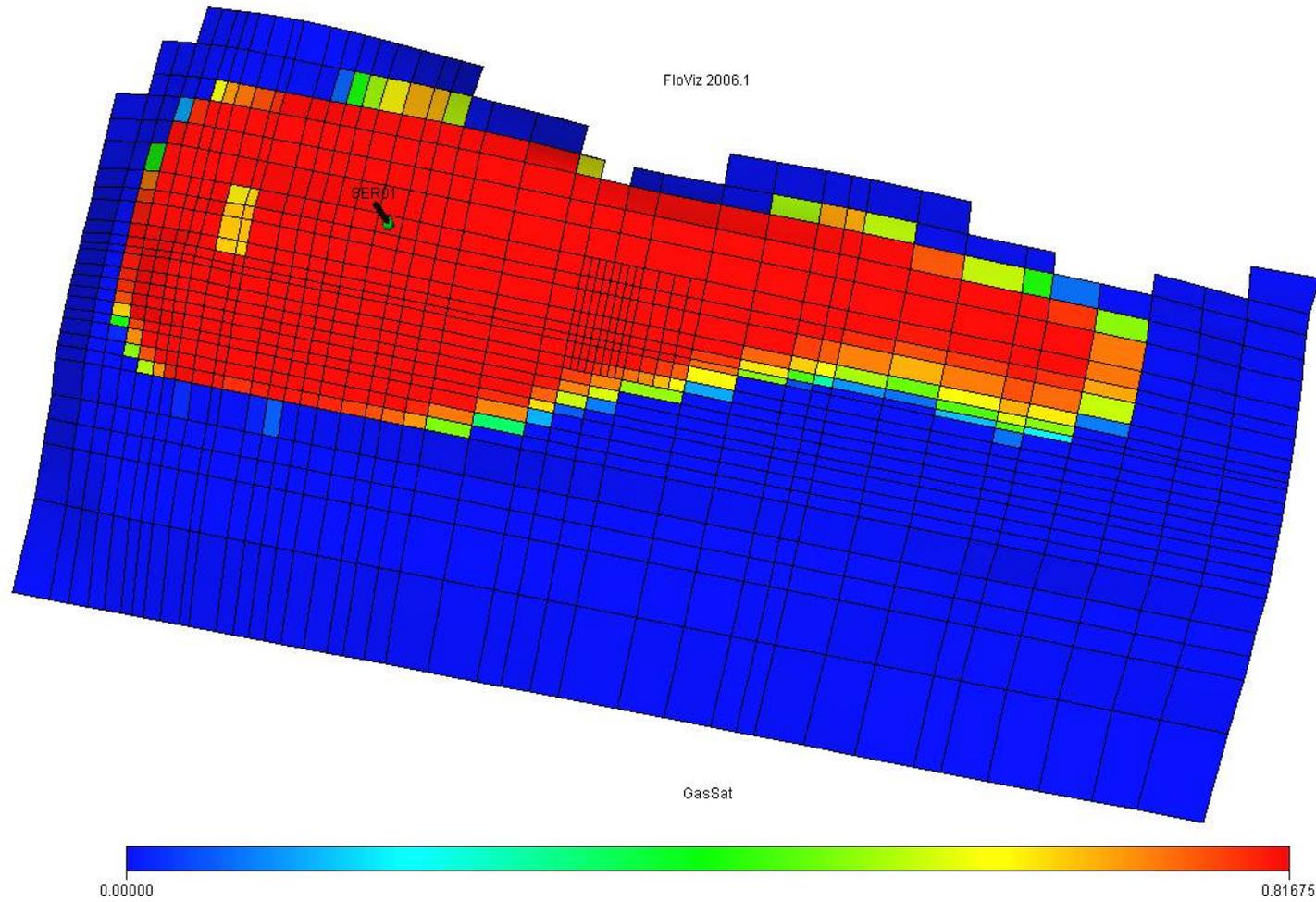


Fig. 107 - Pozzo SERGNANO 43 – Confronto tra portata di acqua simulata (WWPR) e portata misurata (WWPRH)



**Fig. 108 -** Mappa di distribuzione in pianta della saturazione in gas alle condizioni iniziali nel livello SER – A (*layer 1*)



**Fig. 109 -** Mappa di distribuzione in pianta della saturazione in gas alle condizioni iniziali nel livello SER – A (*layer 4*)

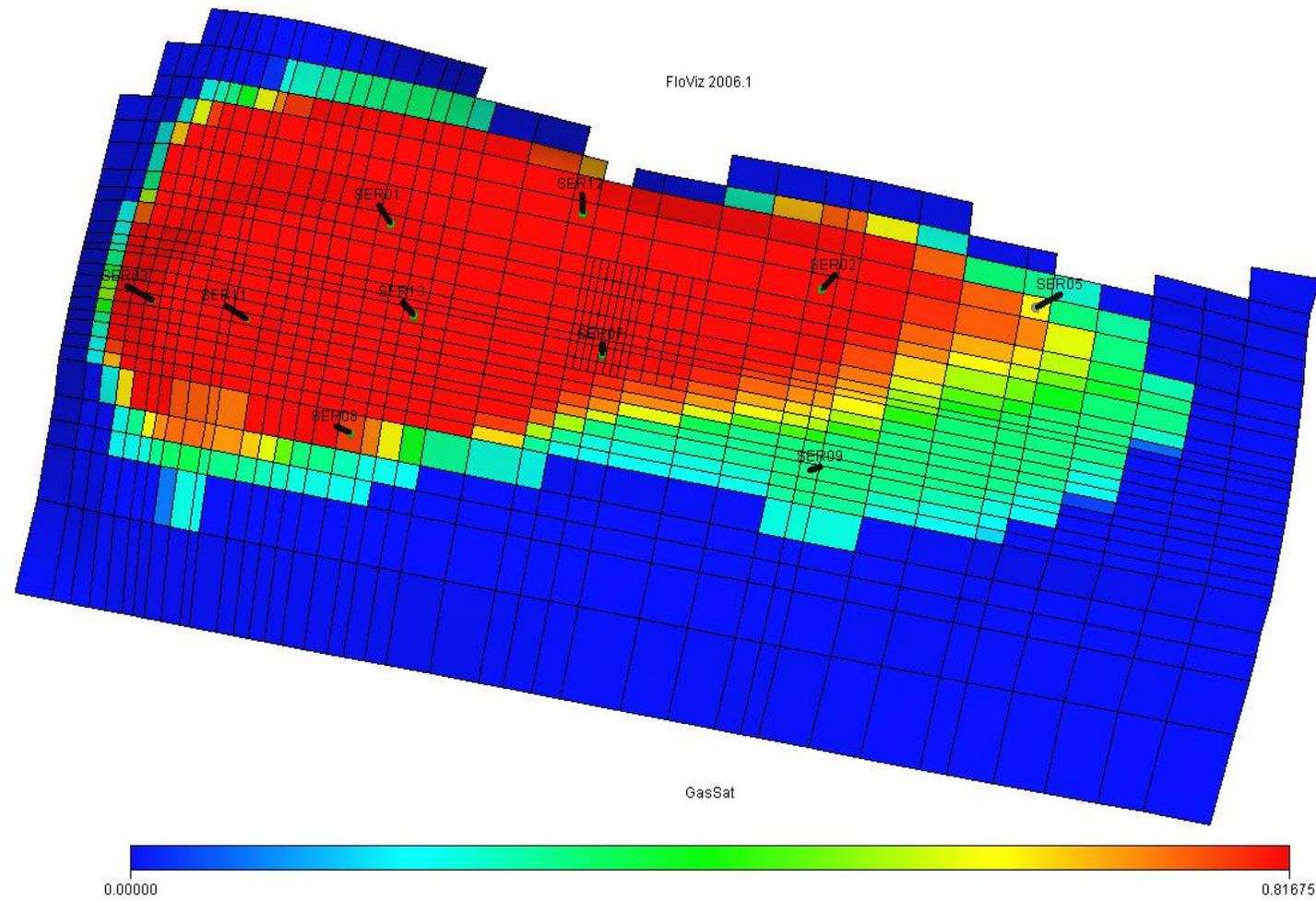


Fig. 110 - Mappa di distribuzione in pianta della saturazione in gas a inizio stoccaggio nel livello SER – A (*layer 1*)

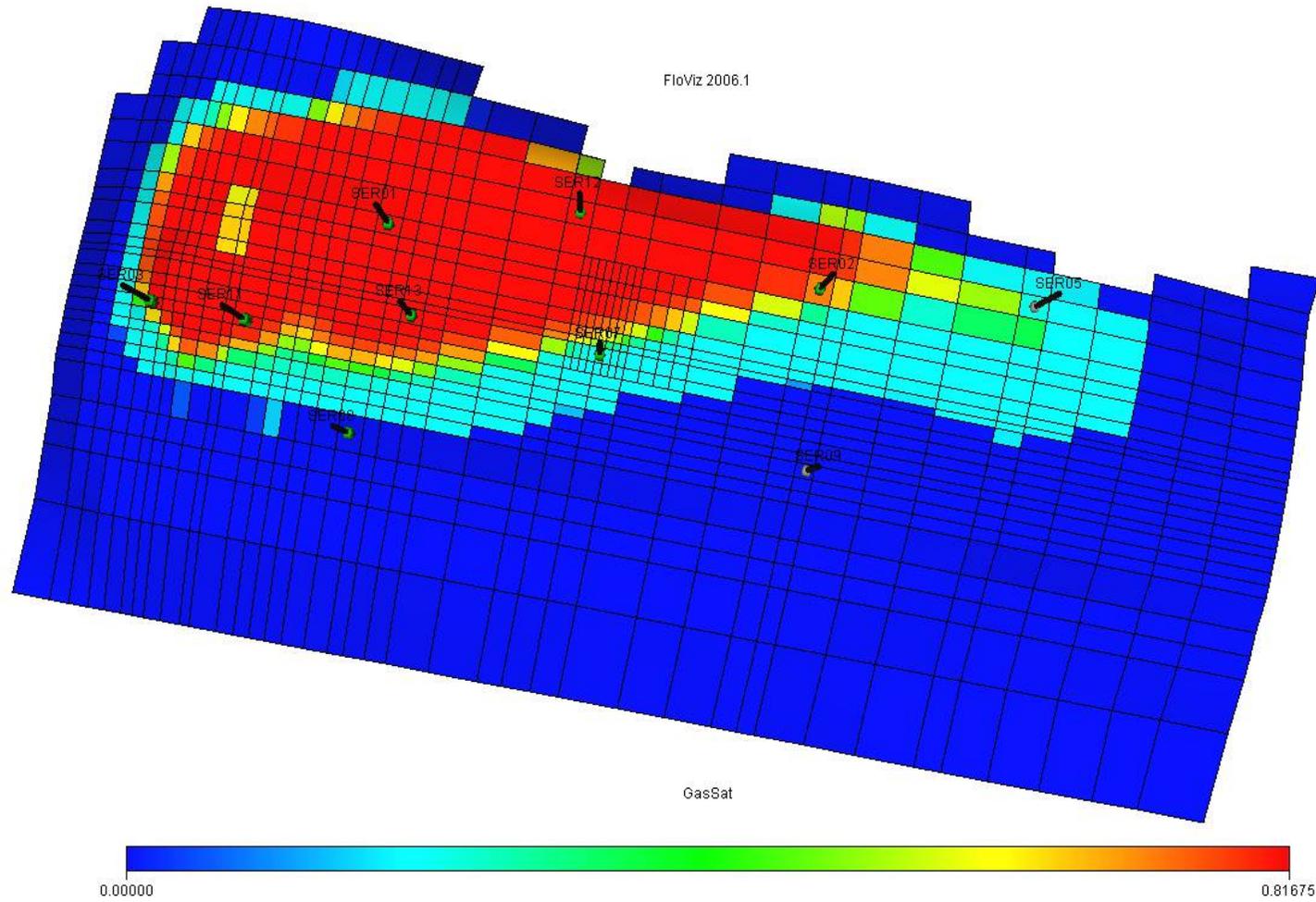


Fig. 111 - Mappa di distribuzione in pianta della saturazione in gas a inizio stoccaggio nel livello SER - A (layer 4)

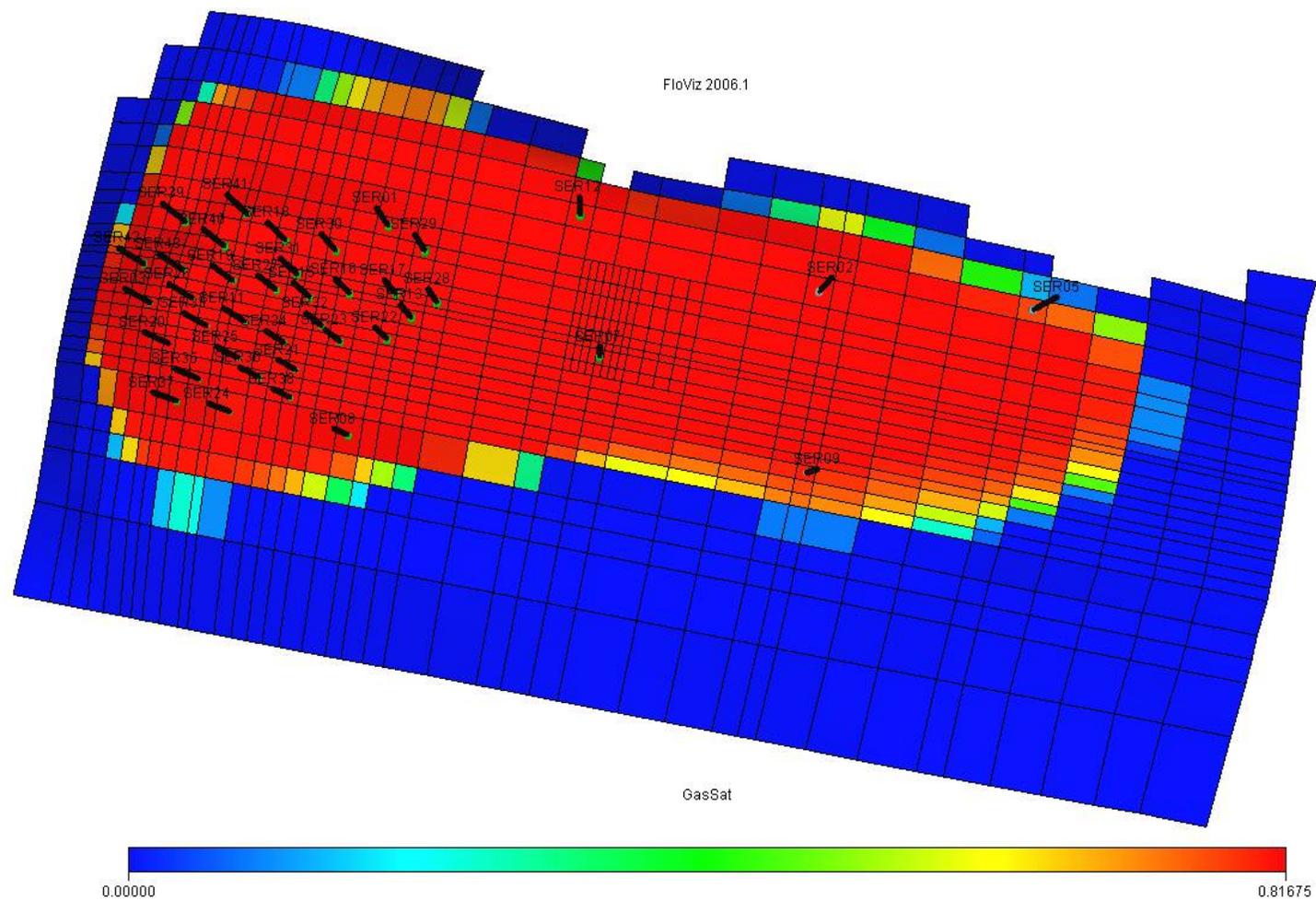


Fig. 112 - Mappa di distribuzione in pianta della saturazione in gas a Novembre 2007 nel livello SER - A (layer 1)

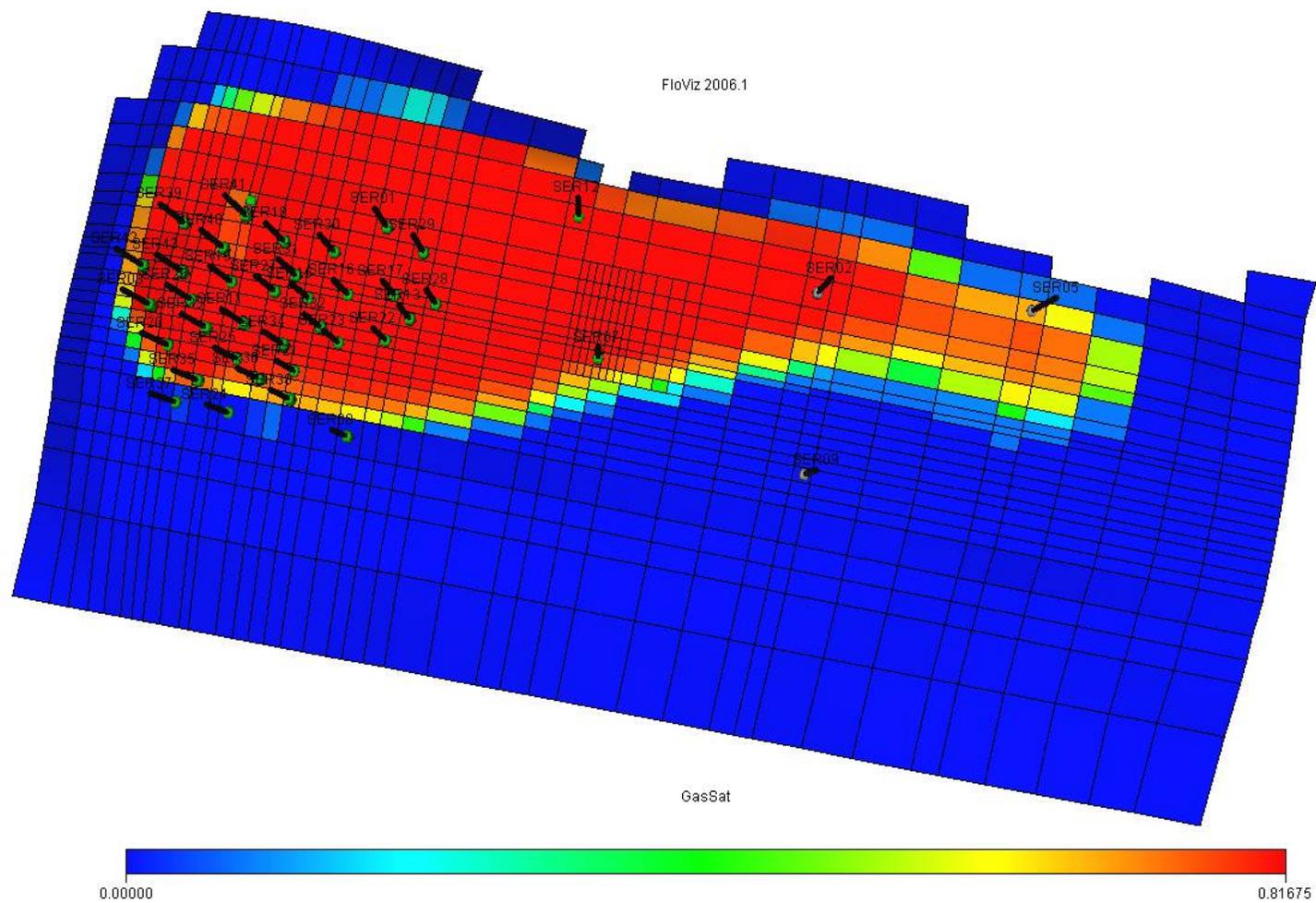


Fig. 113 - Mappa di distribuzione in pianta della saturazione in gas a Novembre 2007 nel livello SER-A (*layer 1*)

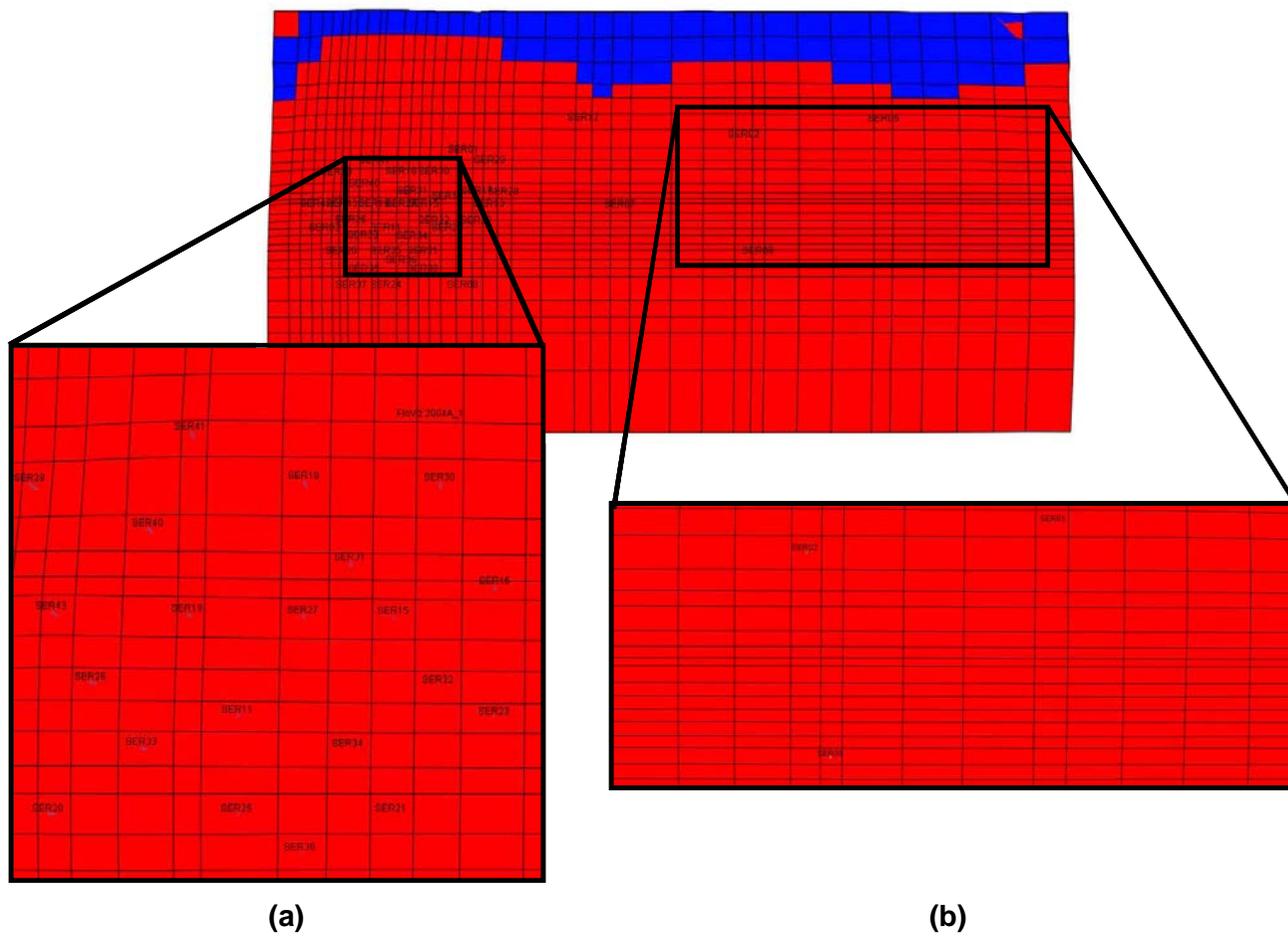
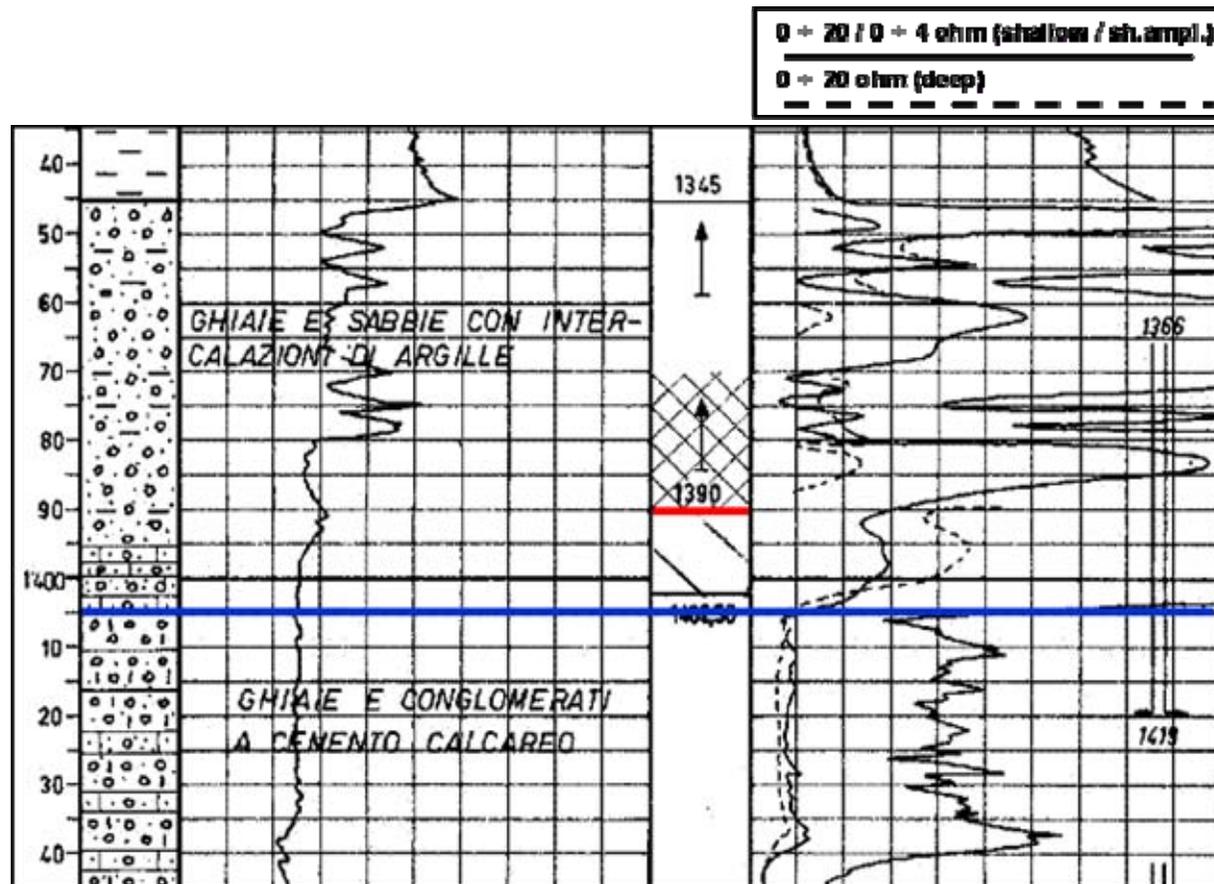


Fig. 114 - Definizione delle celle del grid del campo di Sergnano nella zona di culmine (a) e nella zona periferica (b)



GWC 1403 m MDRT, 1310 m TVD ss (revisione 2005)

GWC 1390 m MDRT, 1297 mMD ssl, 1297 m TVD (studio 1980)

Fig. 115 - Interpretazione del log del pozzo Serignano 8 secondo lo studio 1980 (linea rossa) e secondo lo studio 2005 (linea blu)

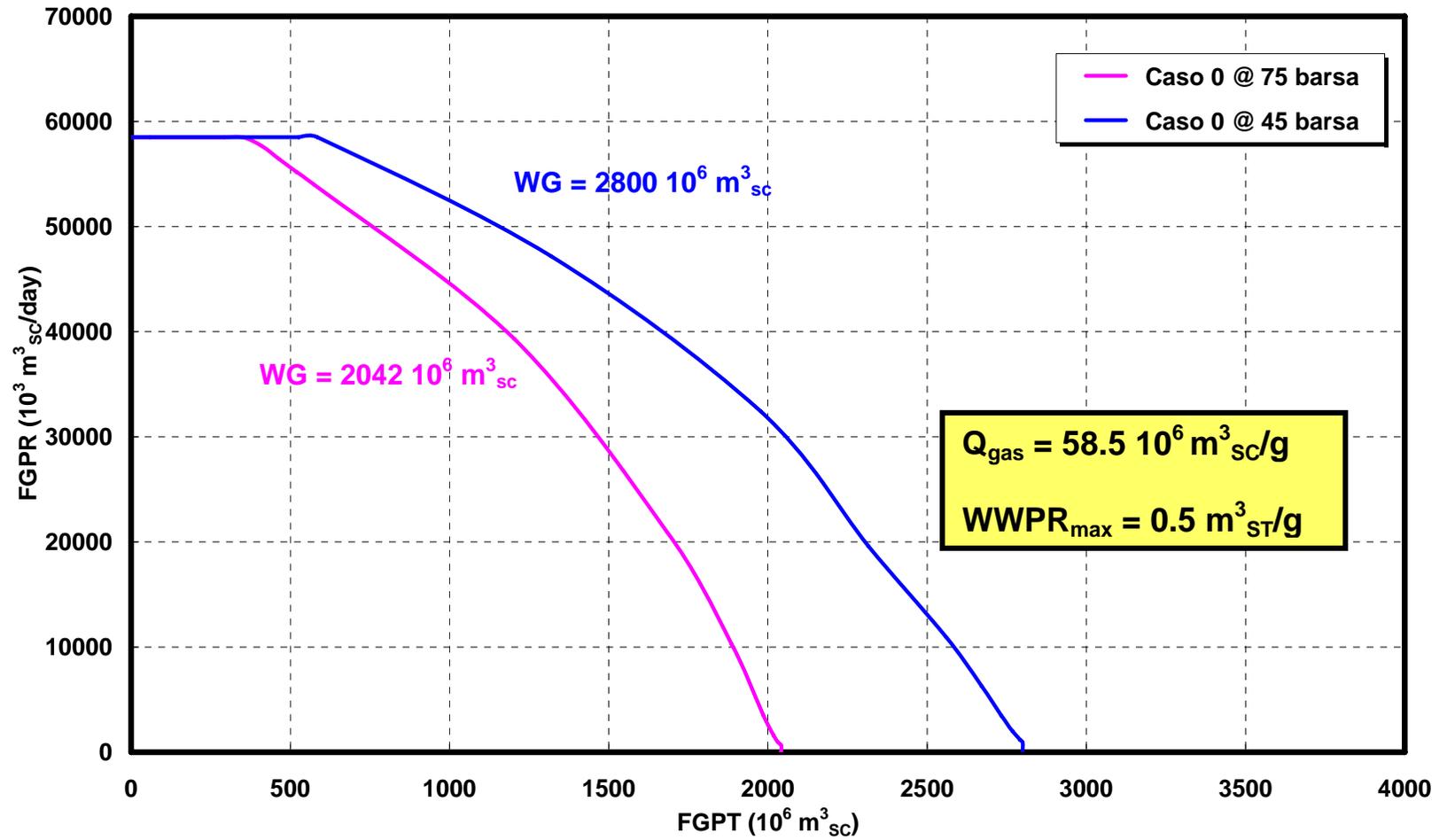


Fig. 116 - Confronto tra le curve di erogabilità del caso 0 a  $FTHP_{\text{min}} = 75 \text{ Barsa}$  e  $FTHP_{\text{min}} = 45 \text{ Barsa}$

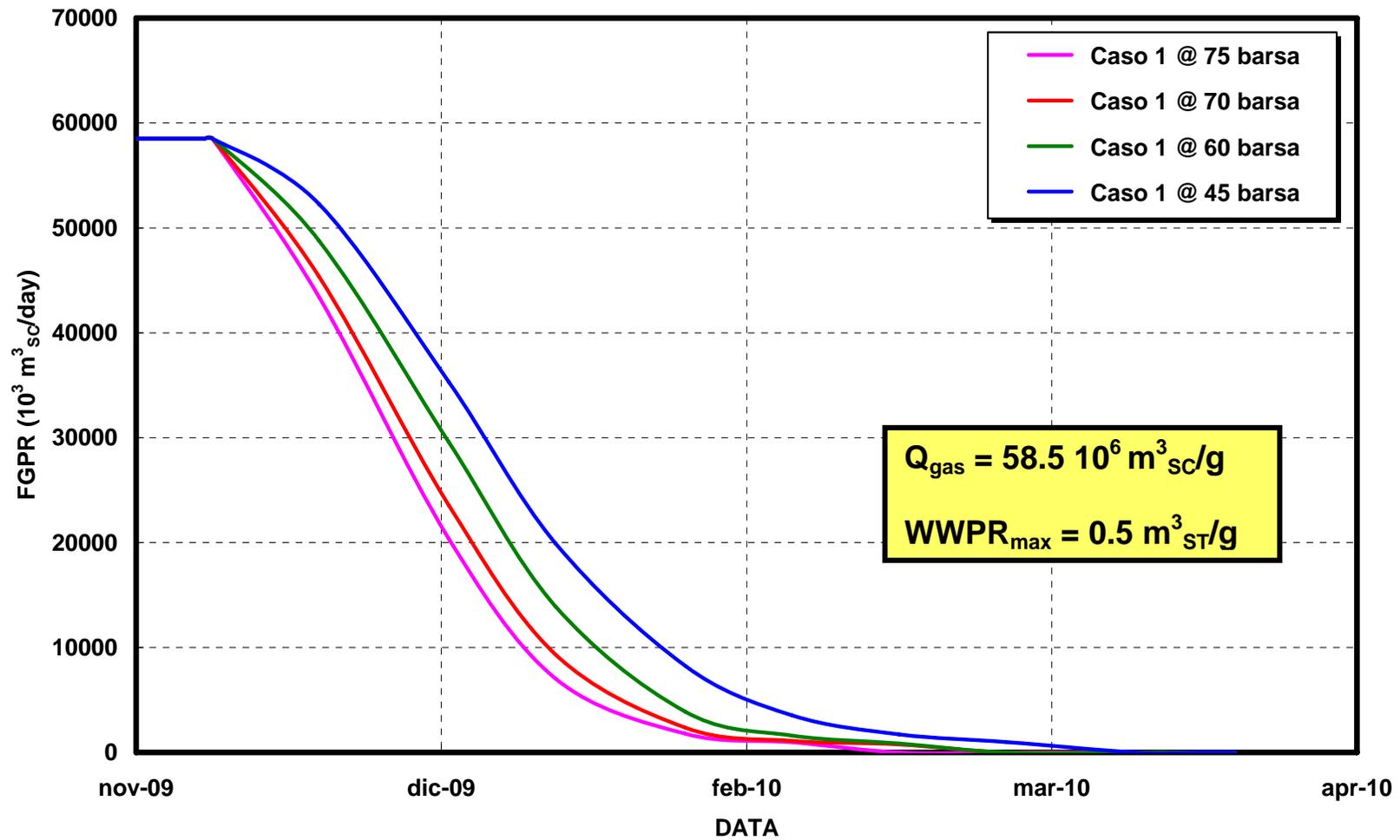


Fig. 117 - Andamento nel tempo della portata di gas prodotta a livello di campo per il caso 1 alle diverse  $FTHP_{\text{min}}$  (75, 70, 60 e 45 Barsa)

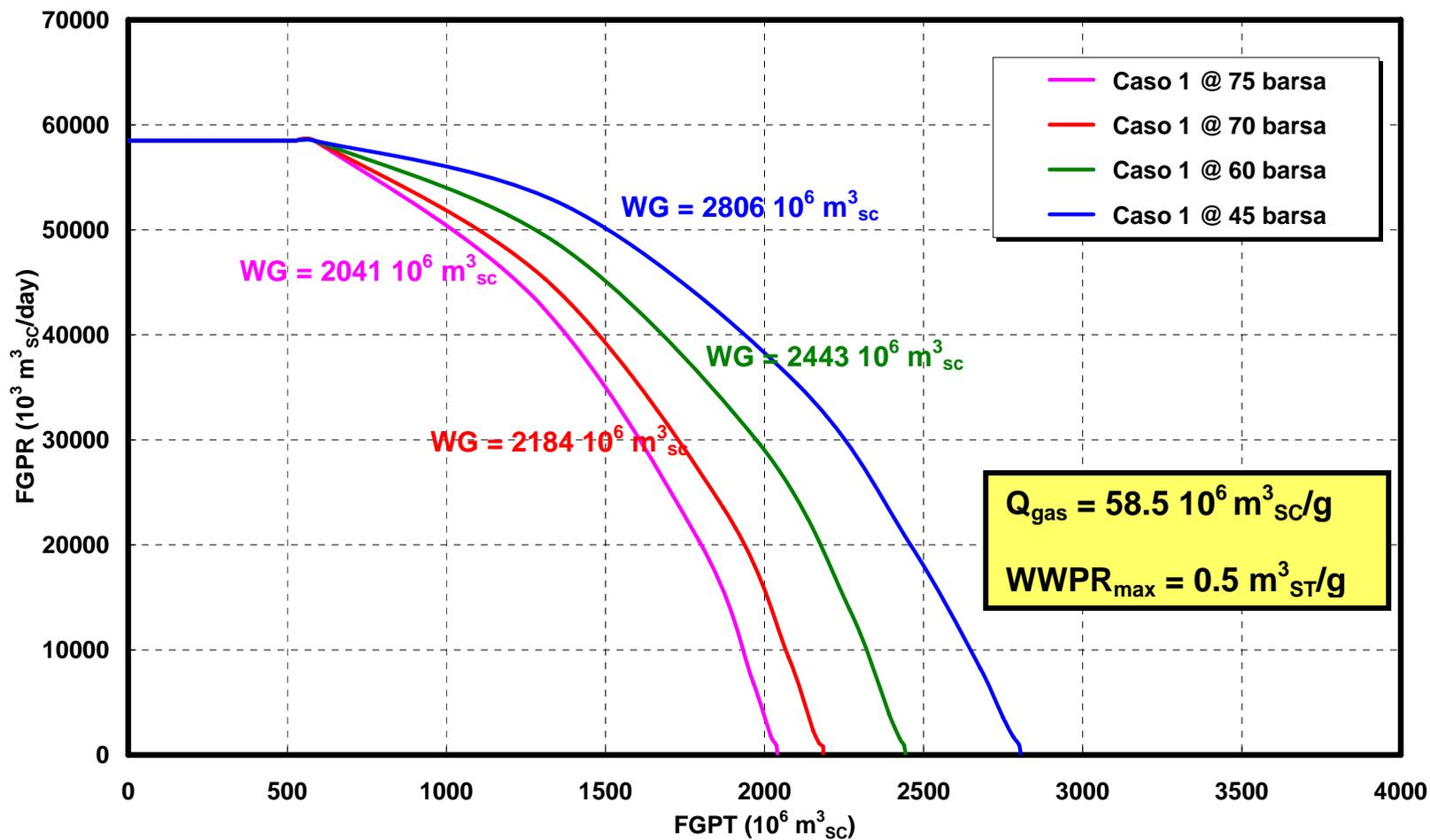


Fig. 118 - Confronto tra le curve di erogabilità del caso 1 alle diverse FTHP<sub>min</sub> (75, 70, 60 e 45 Barsa)

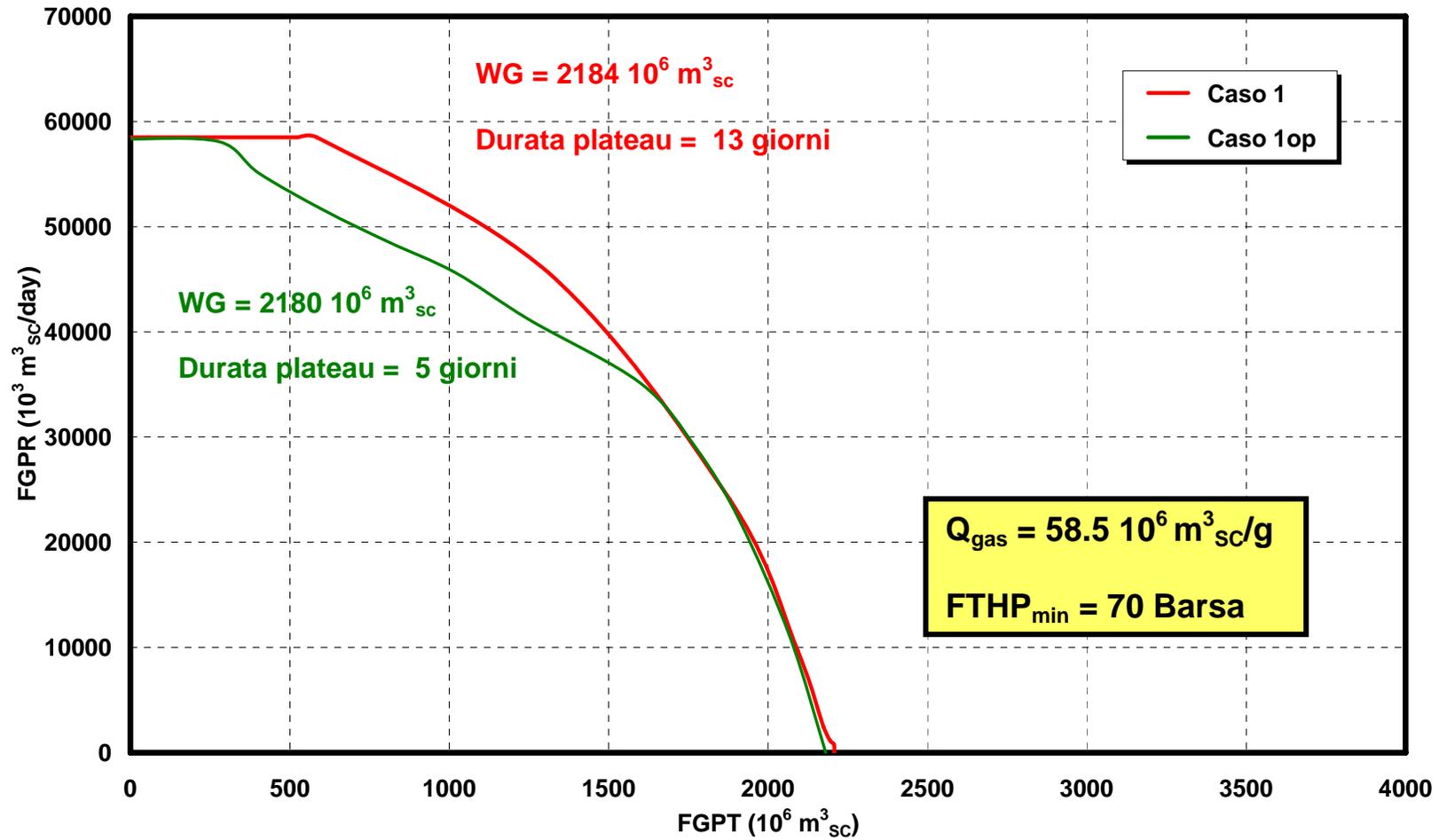


Fig. 119 - Confronto tra le curve di erogabilità del caso 1 e del caso 1op (operativo) a  $\text{FTHP}_{\text{min}} = 70 \text{ Barsa}$

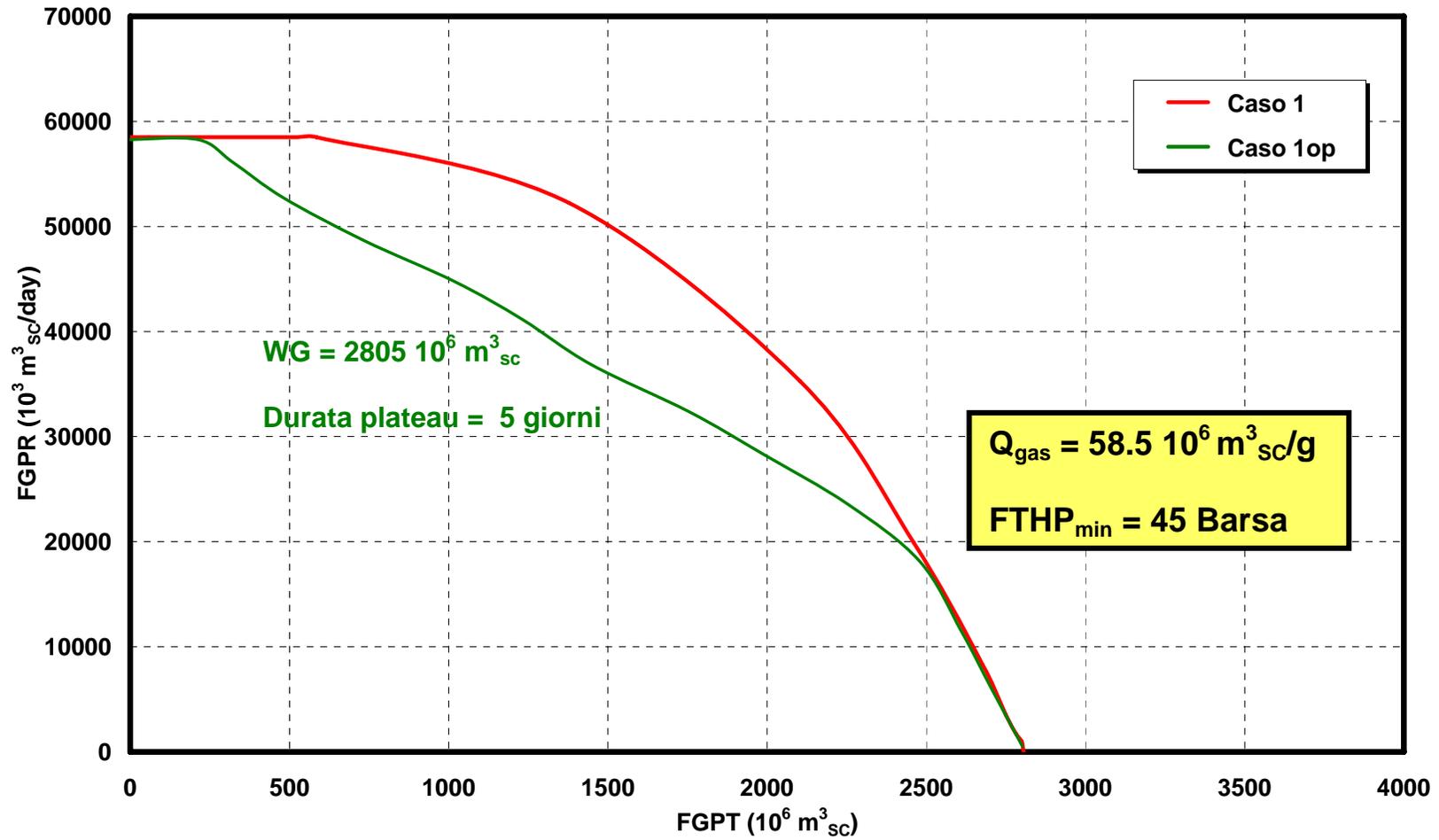


Fig. 120 - Confronto tra le curve di erogabilità del caso 1 e del caso 1op (operativo) a  $FTHP_{min} = 45 \text{ Barsa}$

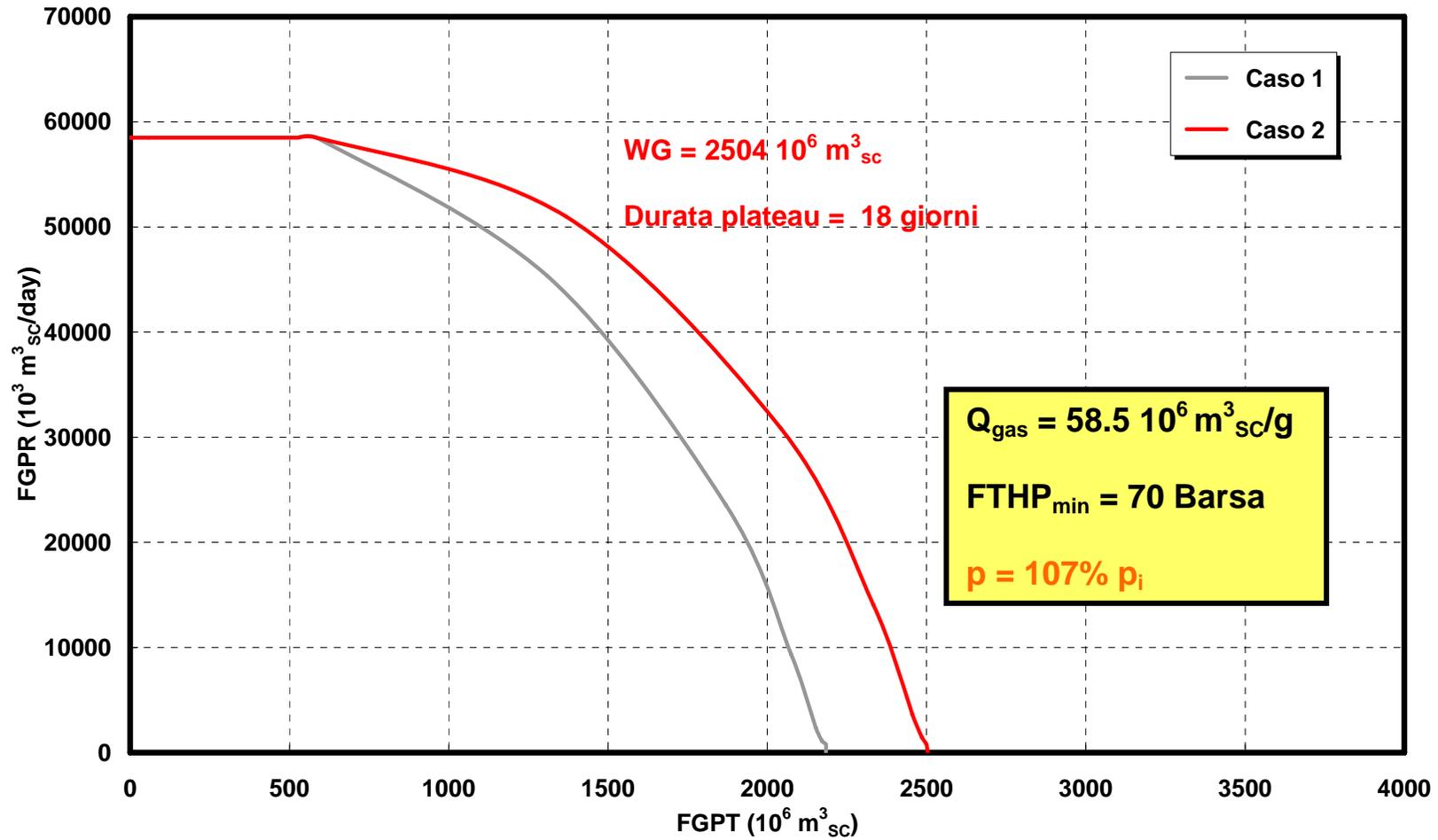


Fig. 121 - Confronto tra le curve di erogabilità dei casi 1 e 2 a  $\text{FTHP}_{\text{min}} = 70 \text{ Barsa}$

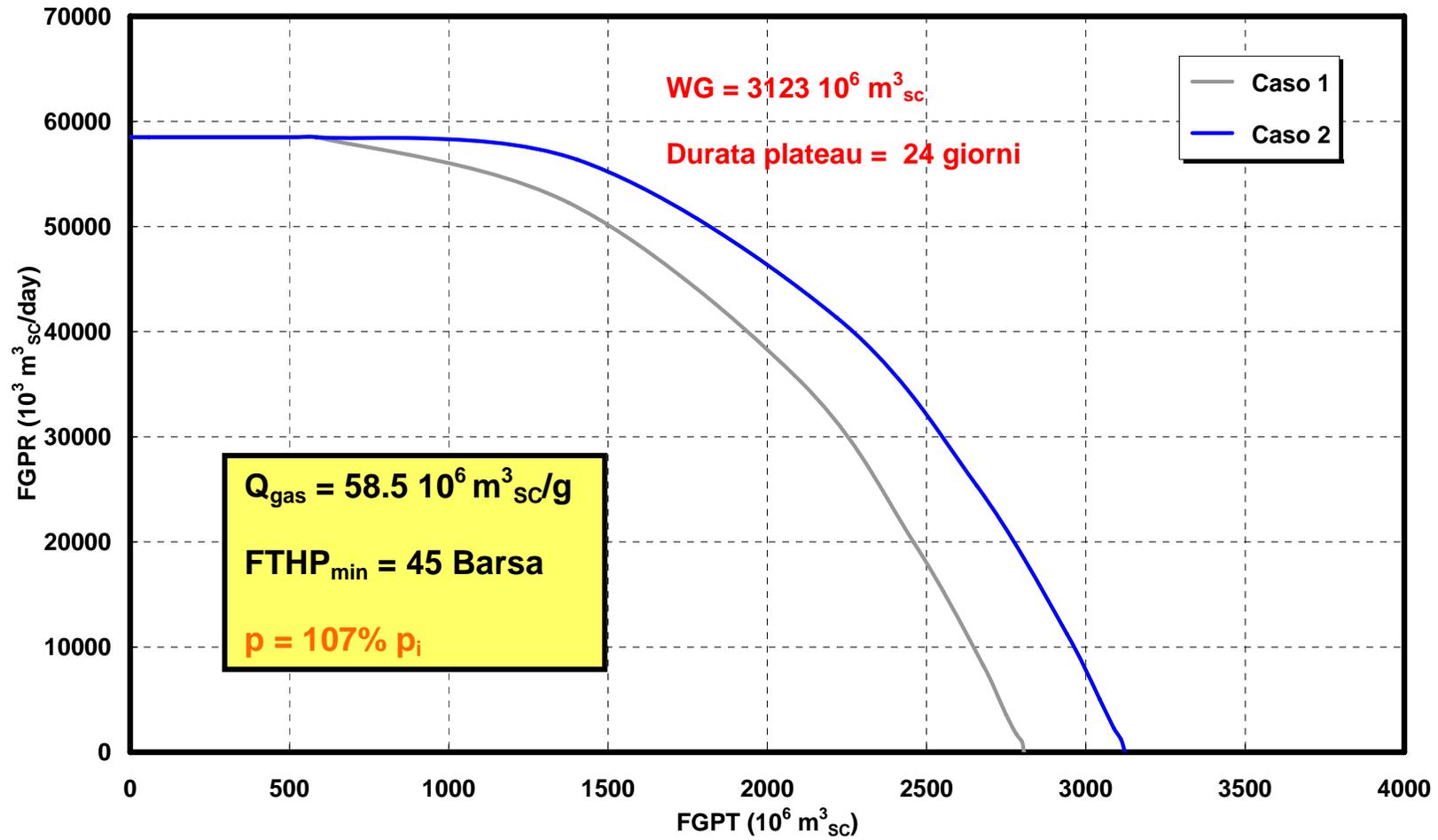


Fig. 122 - Confronto tra le curva di erogabilità dei casi 1 e 2 a FTHP<sub>min</sub> = 45 Barsa

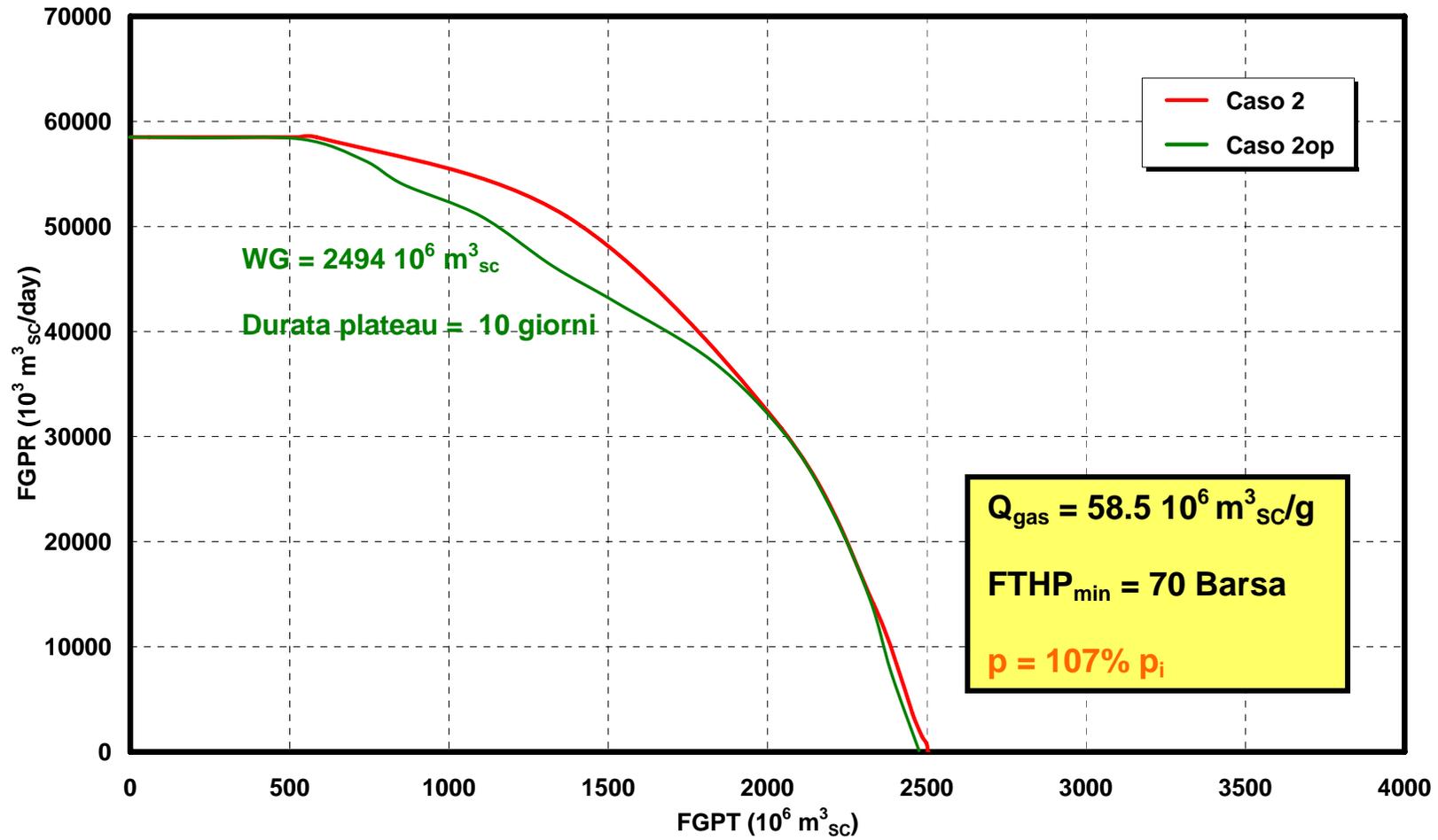


Fig. 123 - Confronto tra le curve di erogabilità del caso 2 e del caso 2op (operativo) a  $\text{FTHP}_{\text{min}} = 70 \text{ Barsa}$

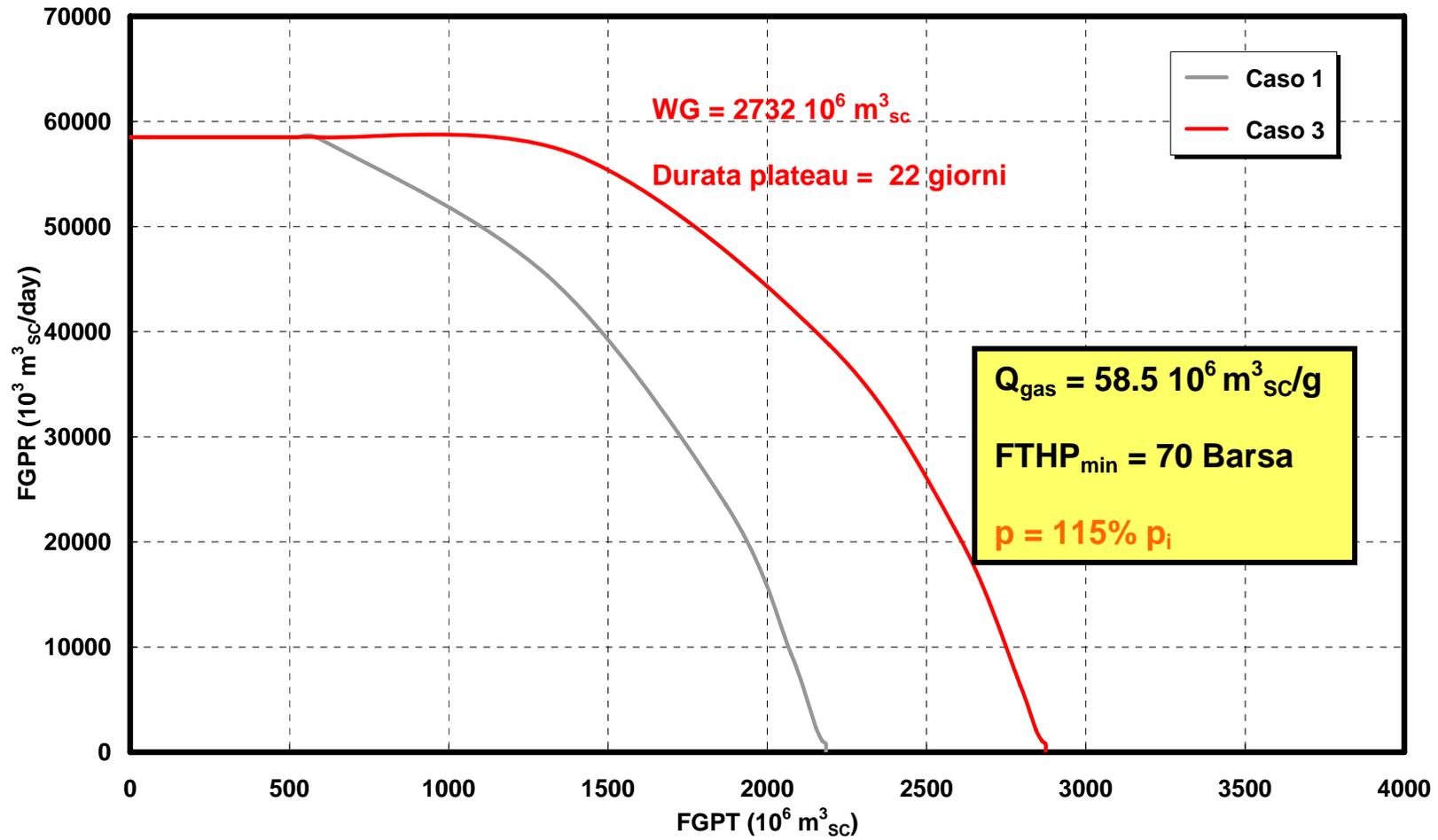


Fig. 124 - Confronto tra le curva di erogabilità dei casi 1 e 3 a  $\text{FTHP}_{\text{min}} = 70 \text{ Barsa}$

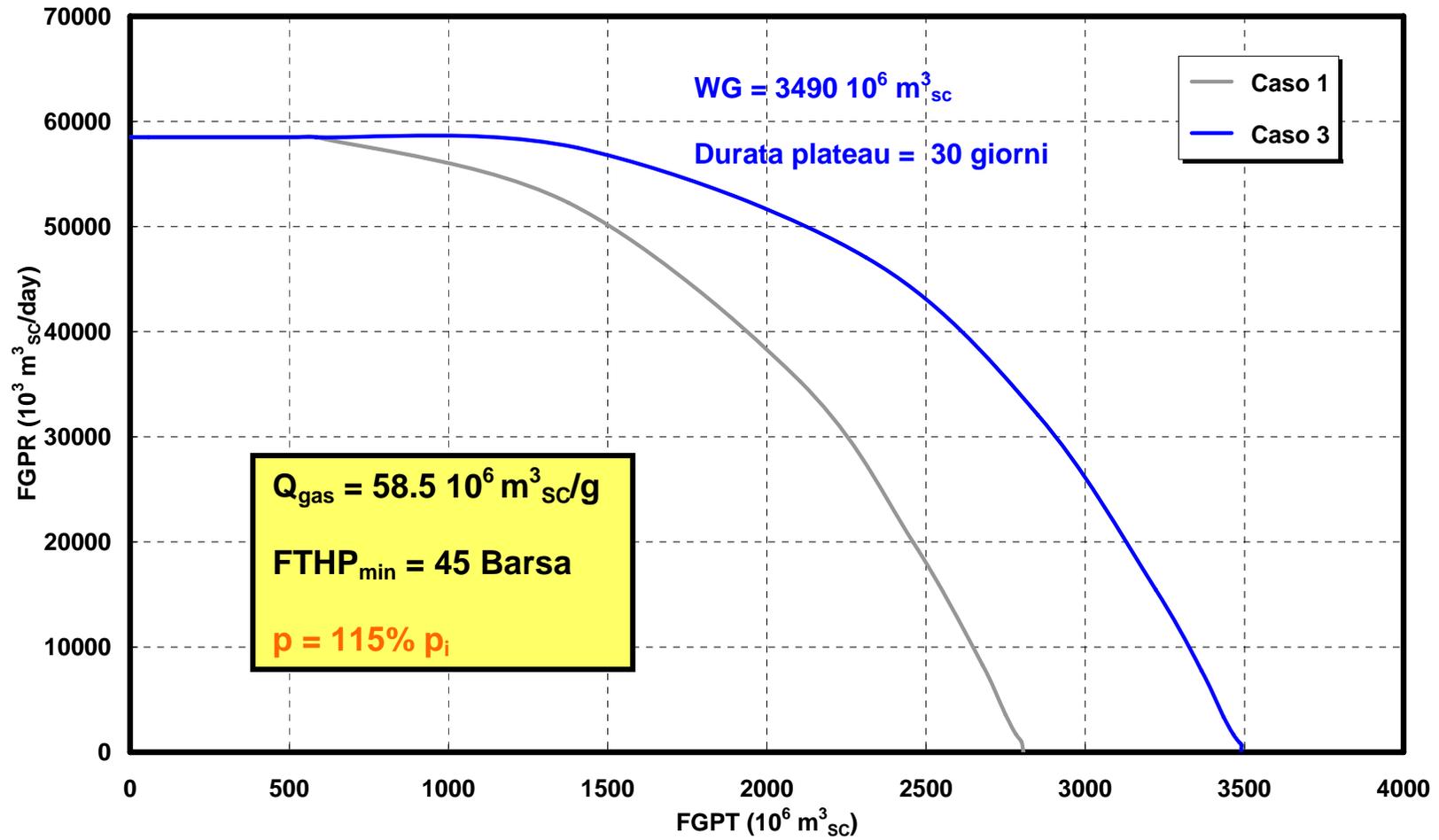


Fig. 125 - Confronto tra le curva di erogabilità dei casi 1 e 3 a FTHP<sub>min</sub> = 45 Barsa

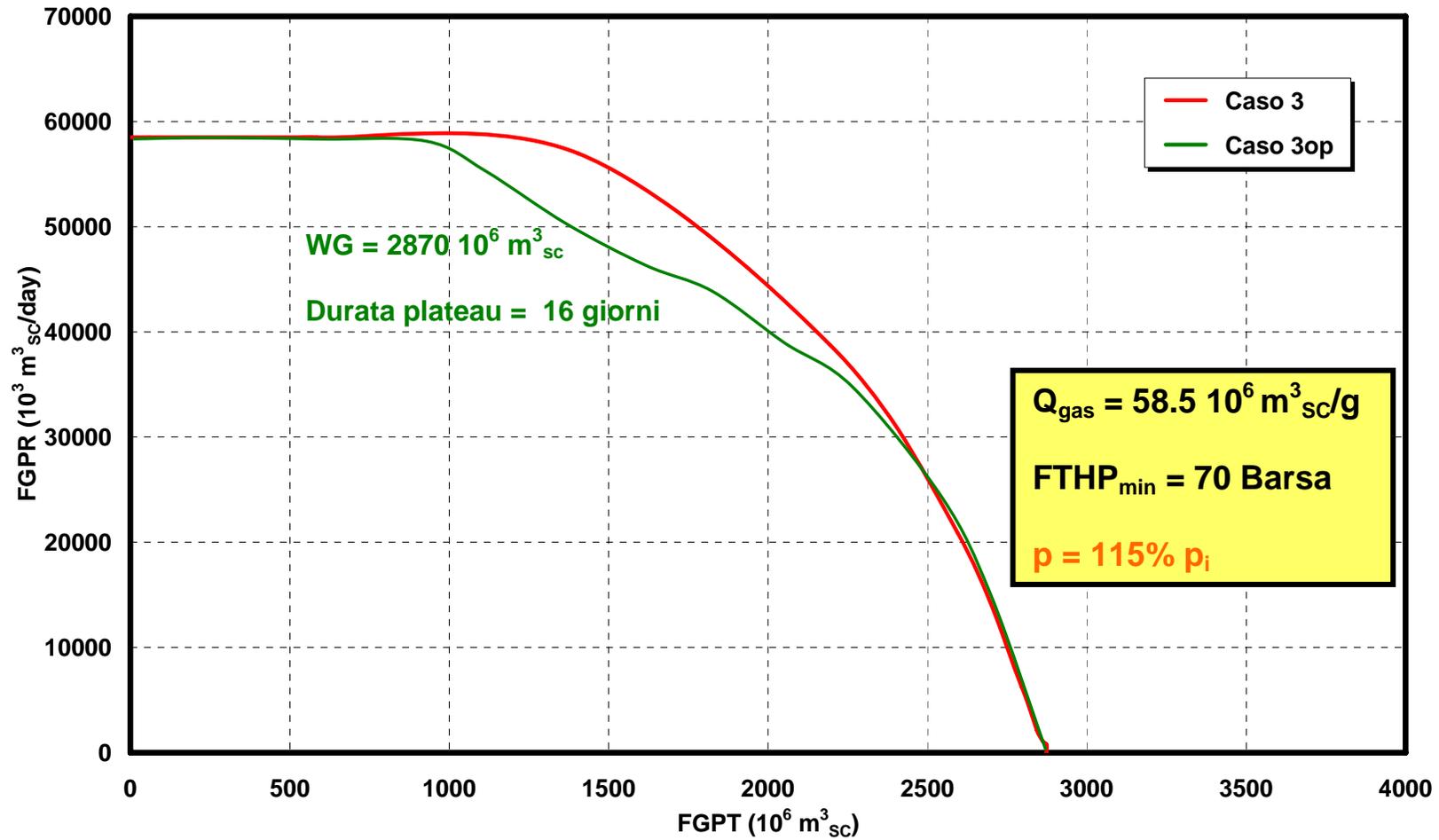


Fig. 126 - Confronto tra le curve di erogabilità del caso 3 e del caso 3op (operativo) a  $\text{FTHP}_{\text{min}} = 70 \text{ Barsa}$

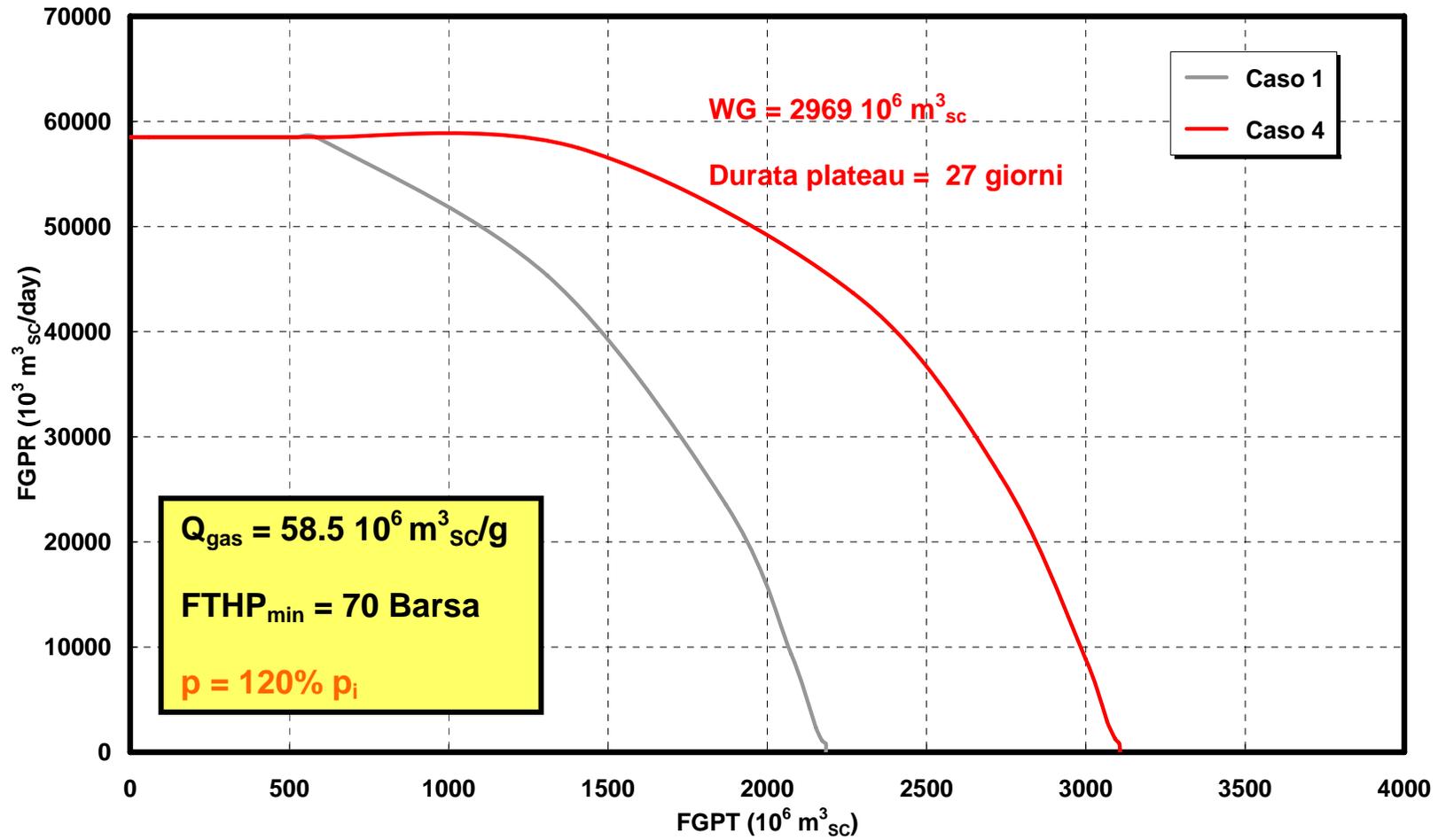


Fig. 127 - Confronto tra le curva di erogabilità dei casi 1 e 4 a FTHP<sub>min</sub> = 70 Barsa

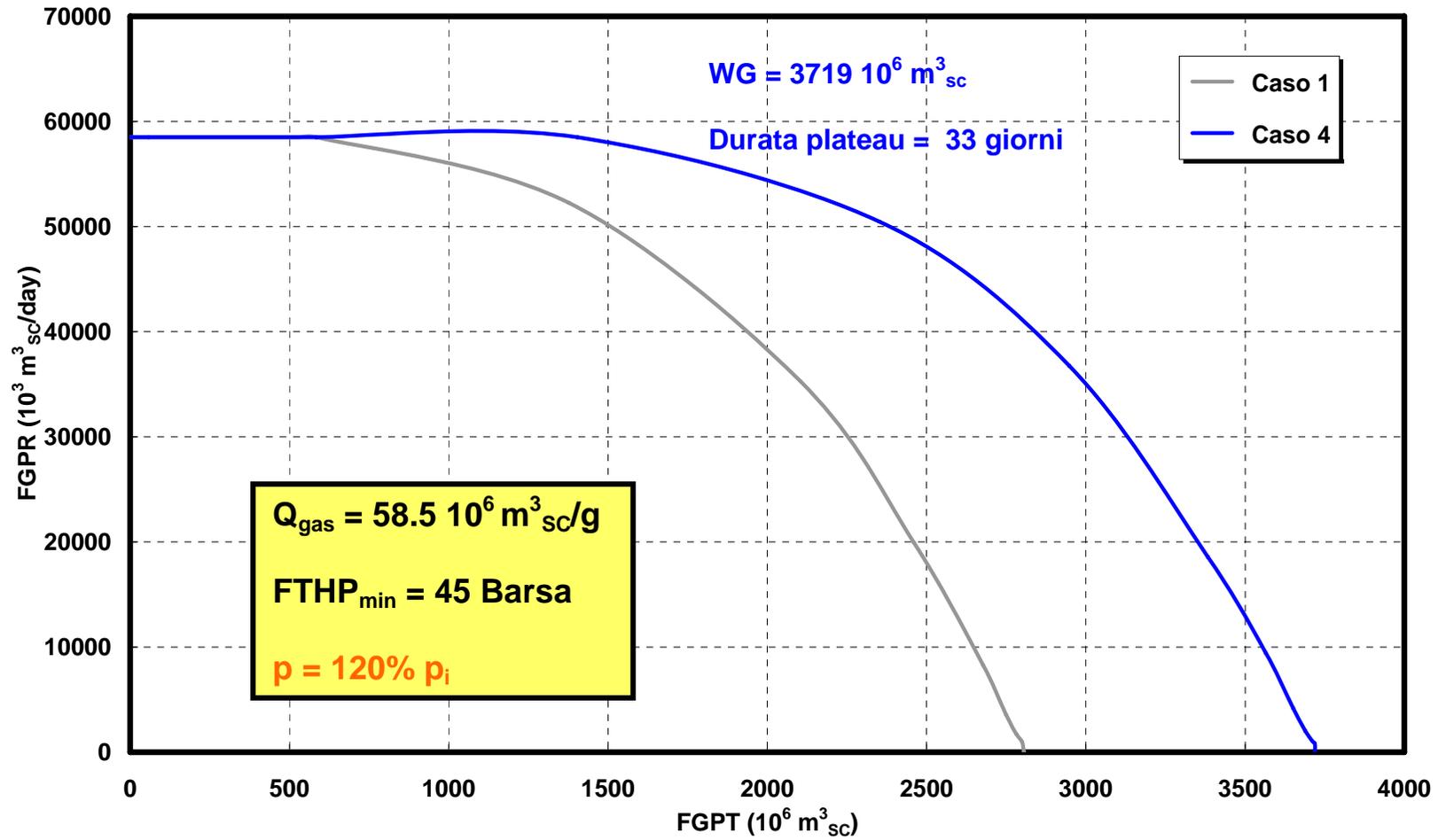


Fig. 128 - Confronto tra le curva di erogabilità dei casi 1 e 4 a FTHP<sub>min</sub> = 45 Barsa

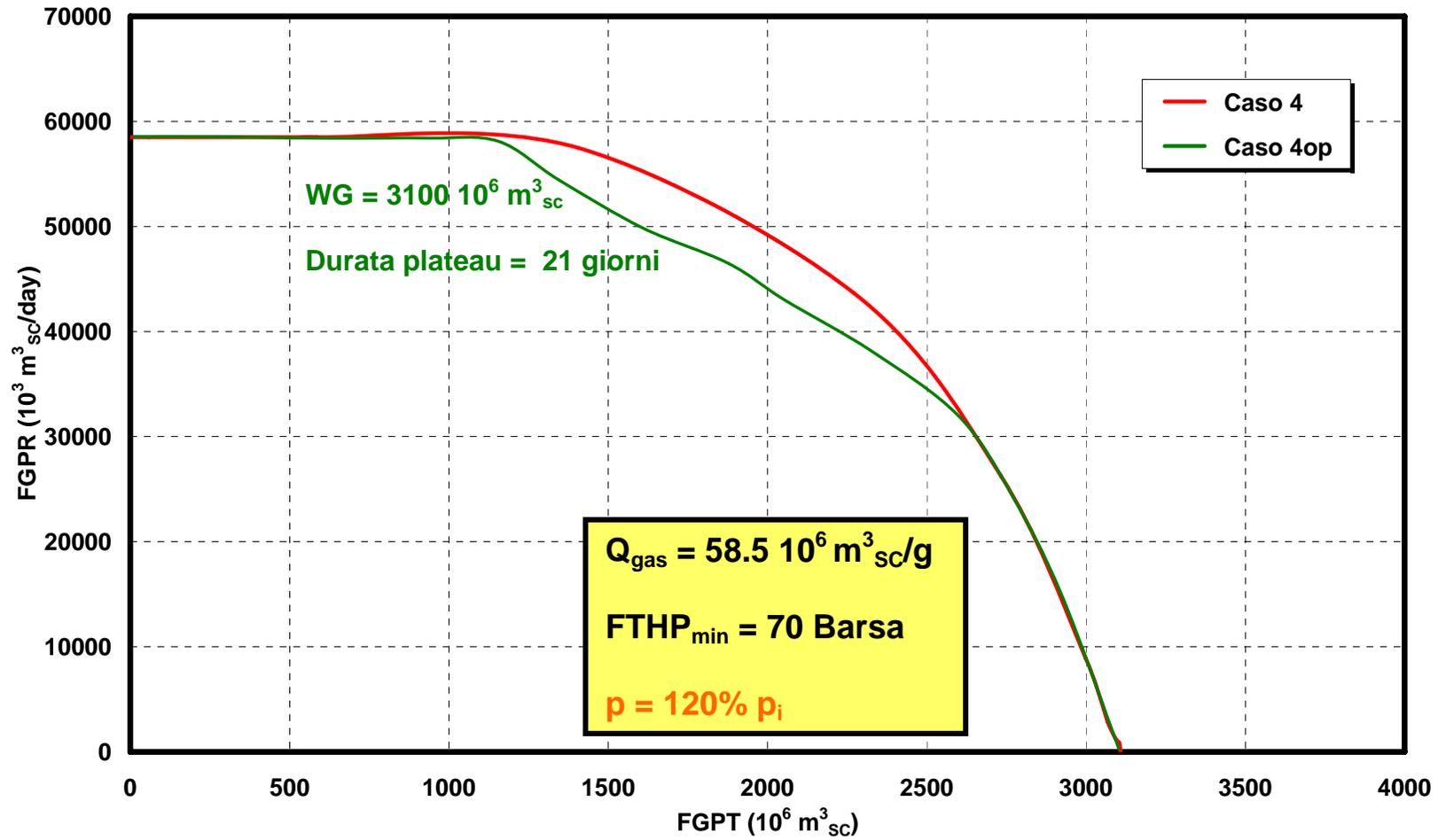


Fig. 129 - Confronto tra le curve di erogabilità del caso 4 e del caso 4op (operativo) a FTHP<sub>min</sub> = 70 Barsa

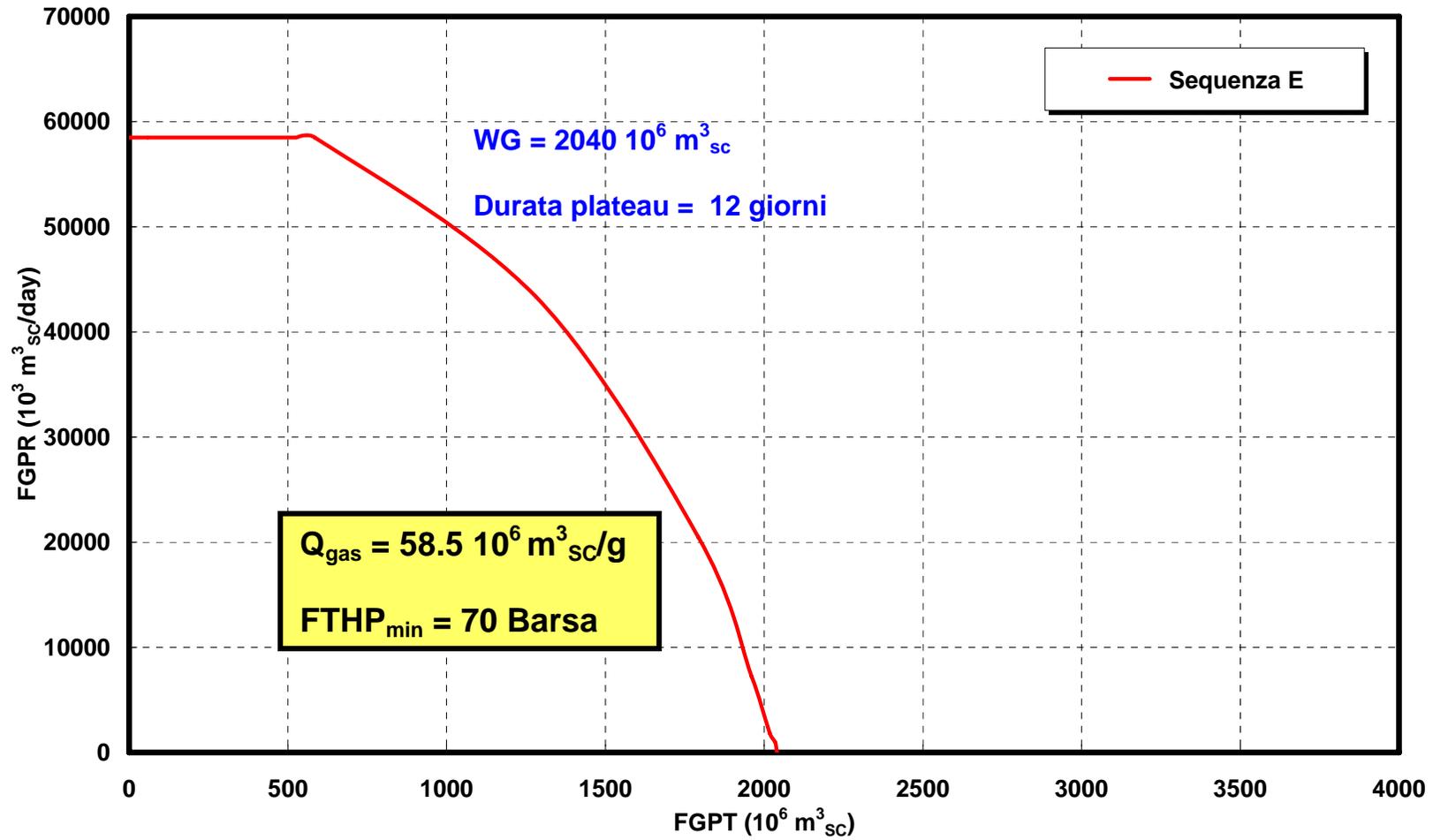


Fig. 130 - Curva di erogabilità della Sequenza E