

INTERVENTI PREVISTI DAL PROGRAMMA DI ATTUAZIONE DEL PNRR

MISSIONE 2, COMPONENTE 4, INVESTIMENTO 3.3 “RINATURAZIONE DELL’AREA DEL PO” FINANZIATO DALL’UNIONE EUROPEA – NEXTGENERATIONEU

SCHEDE DI PRIORITÀ 2A E 2B

PROGETTISTI:

A.T.I.

TECHNITAL S.p.A.
(Capogruppo mandataria)



Mandanti:



STAZIONE APPALTANTE:

Agenzia Interregionale per il Fiume Po
Strada G. Garibaldi n.75 - 43121 Parma (PR)

RESPONSABILE UNICO DEL PROGETTO:

Ing. Mirella Vergnani

RESPONSABILE DELL' INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI
SPECIALISTICHE:

Ing. Alberto Marchi



PROGETTO ESECUTIVO

TITOLO ELABORATO:

RELAZIONE IDRAULICA GENERALE

RESPONSABILE DELL'ELABORATO:

TECHNITAL S.p.A.

Ing. Alberto Marchi

CODICE ELABORATO:

II209P-E20-00-GEN-RG-02-0

Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
REV 0	06/2025	PRIMA EMISSIONE	A. Marchi	A. Cacciatori	A. Marchi

INTERVENTI PREVISTI DAL PROGRAMMA DI ATTUAZIONE DEL PNRR
MISSIONE 2, COMPONENTE 4, INVESTIMENTO 3.3 “RINATURAZIONE DELL’AREA DEL PO”
FINANZIATO DALL’UNIONE EUROPEA – NEXTGENERATIONEU

SCHEDE DI PRIORITÀ 2A E 2B

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE IDRAULICA GENERALE

Giugno 2025

INDICE

1. PREMESSA	21
2. COSTRUZIONE DEL DTM	22
2.1. BASE TOPOGRAFICA	22
2.2. INTEGRAZIONE DEI DATI BATIMETRICI	23
2.3. CONFRONTO DTM	33
3. COSTRUZIONE DEL MODELLO	40
3.1. DOMINIO DI CALCOLO	40
3.2. DEFINIZIONE DELLE STRUTTURE	42
3.2.1. ARGINI GOLENALI	42
3.2.2. PONTI	42
3.2.3. TRAVERSE	43
4. CALIBRAZIONE DEL MODELLO	48
4.1. DEFINIZIONE DELLE PORTATE PER LA CALIBRAZIONE DEL MODELLO	49
4.2. TRATTO CARIGNANO – S. MAURO TORINESE	52
4.2.1. IDROMETRO DI CARIGNANO	53
4.2.2. IDROMETRO DI MONCALIERI	56
4.2.3. IDROMETRO DI TORINO	62
4.2.4. CONFRONTO PICCHETTAMENTO PIENA 2016	68
4.3. TRATTO TORINO – VALENZA	70
4.3.1. IDROMETRO DI TORINO	70
4.3.2. IDROMETRO DI S. SEBASTIANO PO	74
4.3.3. IDROMETRO DI CRESCENTINO	80
4.3.4. IDROMETRO DI CASALE MONFERRATO	86
4.3.5. IDROMETRO DI VALENZA	92
4.3.6. CONFRONTO PICCHETTAMENTO PIENA 2016	95
4.3.7. CONFRONTO PICCHETTAMENTO PIENA 2019	102
4.4. TRATTO CASALE MONFERRATO – SS35	107
4.4.1. IDROMETRO DI CASALE MONFERRATO	107
4.4.2. IDROMETRO DI VALENZA	111
4.4.3. IDROMETRO DI ISOLA S. ANTONIO	117
4.4.4. CONFRONTO PICCHETTAMENTO PIENA 2016	123
4.4.5. CONFRONTO PICCHETTAMENTO PIENA 2019	126
4.5. TRATTO ISOLA S. ANTONIO – PIACENZA	129
4.5.1. IDROMETRO DI ISOLA S. ANTONIO	129
4.5.2. IDROMETRO DI CASEI GEROLA	132
4.5.3. IDROMETRO DI PONTE BECCA	135
4.5.4. IDROMETRO DI SPESSA	138

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.3
			Relazione idraulica generale	

4.5.5.	IDROMETRO DI PIACENZA	144
4.6.	TRATTO SPESSA – BORGOFORTE	147
4.6.1.	IDROMETRO DI SPESSA	148
4.6.2.	IDROMETRO DI PIACENZA	151
4.6.3.	IDROMETRO DI CREMONA	157
4.6.4.	IDROMETRO DI ISOLA PESCAROLI	163
4.6.5.	IDROMETRO DI CASALMAGGIORE	165
4.6.6.	IDROMETRO DI BORETTO	168
4.6.7.	IDROMETRO DI BORGOFORTE	174
4.6.8.	CONFRONTO PICCHETTAMENTO PIENA 2014	177
4.6.9.	CONFRONTO PICCHETTAMENTO PIENA 2016	184
4.6.10.	CONFRONTO PICCHETTAMENTO PIENA 2019	185
4.7.	TRATTO BORETTO – PONTELAGOSCURO	194
4.7.1.	IDROMETRO DI BORETTO	194
4.7.2.	IDROMETRO DI BORGOFORTE	196
4.7.3.	IDROMETRO DI REVERE	203
4.7.4.	IDROMETRO DI SERMIDE	205
4.7.5.	IDROMETRO DI FICAROLO	212
4.7.6.	IDROMETRO DI PONTELAGOSCURO	218
4.7.7.	CONFRONTO PICCHETTAMENTO PIENA 2014	224
4.7.8.	CONFRONTO PICCHETTAMENTO PIENA 2019	230
4.8.	SCABREZZE DEFINITE	236
4.9.	CALIBRAZIONE INTERO TRATTO	261
4.9.1.	EVENTO MAGGIO 2013	261
4.9.2.	EVENTO NOVEMBRE – DICEMBRE 2014	278
4.9.3.	EVENTO NOVEMBRE 2018	295
4.9.4.	EVENTO NOVEMBRE 2019	312
5.	<u>MODELLAZIONE A FONDO MOBILE</u>	<u>329</u>

INDICE DELLE FIGURE

Figura 2.1 – Esempio di un tratto di alveo mal rappresentato nel DTM (sopra), definizione delle linee di interpolazione (linea tratteggiata nera) e del buffer (linea continua blu) per un collegamento lineare tra alveo interpolato e DTM originale (sotto).	25
Figura 2.2 – DTM originale (sopra) e con l’inserimento dell’alveo e della lanca interpolati dalle sezioni di rilievo (sotto).	26
Figura 2.3 – Confronto DTM in corrispondenza della confluenza Staffora: 2004 (sopra) 2021-2022 (sotto).	27
Figura 2.4 – Sopra, alveo di Po in corrispondenza di foce Enza si nota come l’interpolazione tra Lidar e MultiBeam abbia generato un “cuneo” che mal rappresenta la reale conformazione. Sotto, alveo di Po a valle di Boretto, l’interpolazione in questo tratto appare più regolare.	28
Figura 2.5 – Differenza [m] tra batimetria 2010 e batimetria 2021-2022 tra Cremona e foce Parma	29
Figura 2.6 – Sezione idrometro Cremona	30
Figura 2.7 – Sezione km 378	30
Figura 2.8 – Sezione km 382	30
Figura 2.9 – Sezione km 388	31
Figura 2.10 – Sezione km 395	31
Figura 2.11 – Sezione idrometro Isola Pescaroli	31
Figura 2.12 – Sezione km 403	32
Figura 2.13 – Sezione km 409	32
Figura 2.14 – Sezione km 413	32
Figura 2.15 – Confronto DTM 2021-2022 e 2003-2004 (Murazzi_Spessa) in corrispondenza dell’argine golendale a foce Sesia	34
Figura 2.16 – Confronto DTM 2021-2022 e 2003-2004 (Murazzi_Spessa) in corrispondenza dell’argine golendale a foce Ticino	35
Figura 2.17 – Confronto DTM 2021-2022 e 2003-2004 (Murazzi_Spessa) in corrispondenza dell’argine golendale a Isola Serafini	36
Figura 2.18 – Confronto DTM 2021-2022, DTM 2015 e 2003-2004 (Spessa_Delta) in corrispondenza dell’argine maestro a foce Oglio	37
Figura 2.19 – Confronto DTM 2021-2022 e profili arginali 2014 (poligono pieno) in corrispondenza di un argine golendale in foce Taro	38
Figura 2.20 – Confronto DTM 2021-2022 e profili arginali 2014 (poligono pieno) in corrispondenza di un argine golendale della golena chiusa S_013 (Gussola, CR)	39
Figura 3.1 – Denominazione del dominio di calcolo delle golene chiuse	40
Figura 3.2 – Definizione della mesh mediante breaklines	41
Figura 3.3 – Denominazione delle SA/2D Connection che definiscono le arginature golenali	42
Figura 3.4 – Traversa di derivazione a La Loggia (TO)	44
Figura 3.5 – Schematizzazione della traversa di La Loggia all’interno del modello	44
Figura 3.6 – Ponte Traversa del Pascolo	45
Figura 3.7 – Schematizzazione della traversa del Pascolo all’interno del modello	45
Figura 3.8 – Traversa a San Mauro Torinese	45
Figura 3.9 – Traversa di derivazione a San Mauro Torinese	46
Figura 3.10 – Schematizzazione della traversa di San Mauro Torinese all’interno del modello	46
Figura 3.11 - Schematizzazione della traversa di Isola Serafini all’interno del modello	46

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.5
			Relazione idraulica generale	

Figura 4.1 – Confronto dei livelli, su zero idrometrico, del Po a Casalmaggiore e del Taro a San Secondo per la piena del 2019. Risulta evidente l'effetto di rigurgito all'idrometro di San Secondo della piena di Po	52
Figura 4.2 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Carignano per l'evento di piena 2013	53
Figura 4.3 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Carignano per l'evento di piena 2014	54
Figura 4.4 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Carignano per l'evento di piena 2016	54
Figura 4.5 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Carignano per l'evento di piena 2018	55
Figura 4.6 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Carignano per l'evento di piena 2019	55
Figura 4.7 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Moncalieri per l'evento di piena 2013	57
Figura 4.8 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Moncalieri per l'evento di piena 2014	57
Figura 4.9 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Moncalieri per l'evento di piena 2016	58
Figura 4.10 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Moncalieri per l'evento di piena 2018	58
Figura 4.11 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Moncalieri per l'evento di piena 2019	59
Figura 4.12 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Moncalieri per l'evento di piena 2013	59
Figura 4.13 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Moncalieri per l'evento di piena 2014	60
Figura 4.14 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Moncalieri per l'evento di piena 2016	60
Figura 4.15 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Moncalieri per l'evento di piena 2018	61
Figura 4.16 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Moncalieri per l'evento di piena 2019	61
Figura 4.17 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2013	63
Figura 4.18 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2014	63
Figura 4.19 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2016	64
Figura 4.20 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2018	64
Figura 4.21 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2019	65
Figura 4.22 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2013	65
Figura 4.23 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2014	66
Figura 4.24 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2016	66
Figura 4.25 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2018	67
Figura 4.26 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2019	67
Figura 4.27 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l'evento di piena 2016 tra La Loggia e Moncalieri	68
Figura 4.28 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento, tratto La Loggia – Moncalieri, sponda sinistra	69
Figura 4.29 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento, tratto La Loggia – Moncalieri, sponda destra	69
Figura 4.30 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Torino ponte Regina Margherita per l'evento di piena 2013	71
Figura 4.31 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Torino ponte Regina Margherita per l'evento di piena 2014	72
Figura 4.32 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Torino ponte Regina Margherita per l'evento di piena 2016	72
Figura 4.33 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Torino ponte Regina Margherita per l'evento di piena 2018	73
Figura 4.34 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Torino ponte Regina Margherita per l'evento di piena 2019	73
Figura 4.35 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di S. Sebastiano per l'evento di piena 2013	75

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.6
			Relazione idraulica generale	

Figura 4.36 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di S. Sebastiano per l'evento di piena 2014	75
Figura 4.37 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di S. Sebastiano per l'evento di piena 2016	76
Figura 4.38 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di S. Sebastiano per l'evento di piena 2018	76
Figura 4.39 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di S. Sebastiano per l'evento di piena 2019	77
Figura 4.40 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di S. Sebastiano per l'evento di piena 2013	77
Figura 4.41 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di S. Sebastiano per l'evento di piena 2014	78
Figura 4.42 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di S. Sebastiano per l'evento di piena 2016	78
Figura 4.43 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di S. Sebastiano per l'evento di piena 2018	79
Figura 4.44 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di S. Sebastiano per l'evento di piena 2019	79
Figura 4.45 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2013	81
Figura 4.46 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2014	81
Figura 4.47 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2016	82
Figura 4.48 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2018	82
Figura 4.49 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2019	83
Figura 4.50 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2013	83
Figura 4.51 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2014	84
Figura 4.52 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2016	84
Figura 4.53 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2018	85
Figura 4.54 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2019	85
Figura 4.55 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2013	87
Figura 4.56 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2014	87
Figura 4.57 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2016	88
Figura 4.58 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2018	88
Figura 4.59 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2019	89
Figura 4.60 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2013	89
Figura 4.61 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2014	90
Figura 4.62 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2016	90
Figura 4.63 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2018	91

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.7
			Relazione idraulica generale	

Figura 4.64 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2019	91
Figura 4.65 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2013	92
Figura 4.66 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2014	93
Figura 4.67 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2016	93
Figura 4.68 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2018	94
Figura 4.69 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2019	94
Figura 4.70 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l'evento di piena 2016 a Crescentino	95
Figura 4.71 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2016, a Crescentino, sponda sinistra	96
Figura 4.72 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2016, a valle Crescentino, sponda sinistra	96
Figura 4.73 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2016, Piagera, sponda destra	97
Figura 4.74 – Individuazione del tracciato del profilo di picchettatura per l'evento di piena 2016 a Trino	97
Figura 4.75 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2016, Trino, sponda sinistra	98
Figura 4.76 – Individuazione del tracciato del profilo di picchettatura per l'evento di piena 2016 a Morano	98
Figura 4.77 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2016, Morano, sponda sinistra	99
Figura 4.78 – Individuazione del tracciato del profilo di picchettatura per l'evento di piena 2016 a Casale Monferrato	99
Figura 4.79 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2016, a Casale Monferrato	100
Figura 4.80 – Individuazione del tracciato del profilo di picchettatura per l'evento di piena 2016 a monte di Valenza	101
Figura 4.81 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2016, a monte di Valenza, sponda destra	102
Figura 4.82 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l'evento di piena 2019 a Crescentino	103
Figura 4.83 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, valle Crescentino 1, sponda sinistra	103
Figura 4.84 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, valle Crescentino 2, sponda sinistra	104
Figura 4.85 – Individuazione del tracciato del profilo di picchettatura per l'evento di piena 2019 a Casale Monferrato	104
Figura 4.86 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, a Casale Monferrato	105
Figura 4.87 – Individuazione del tracciato del profilo di picchettatura per l'evento di piena 2019 a monte di Valenza	106
Figura 4.88 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, a monte di Valenza	107
Figura 4.89 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2013	108

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.8
			Relazione idraulica generale	

Figura 4.90 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2014	109
Figura 4.91 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2016	109
Figura 4.92 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2018	110
Figura 4.93 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2019	110
Figura 4.94 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2013	112
Figura 4.95 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2014	112
Figura 4.96 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2016	113
Figura 4.97 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2018	113
Figura 4.98 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2019	114
Figura 4.99 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2013	114
Figura 4.100 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2014	115
Figura 4.101 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2016	115
Figura 4.102 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2018	116
Figura 4.103 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2019	116
Figura 4.104 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2013	118
Figura 4.105 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2014	118
Figura 4.106 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2016	119
Figura 4.107 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2018	119
Figura 4.108 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2019	120
Figura 4.109 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2013	120
Figura 4.110 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2014	121
Figura 4.111 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2016	121
Figura 4.112 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2018	122
Figura 4.113 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2019	122
Figura 4.114 – Individuazione del tracciato del profilo di picchettatura per l'evento di piena 2016 a Casale Monferrato	123
Figura 4.115 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2016, a Casale Monferrato	124
Figura 4.116 – Individuazione del tracciato del profilo di picchettatura per l'evento di piena 2016 a monte di Valenza	125
Figura 4.117 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2016, a monte di Valenza	126

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.9
			Relazione idraulica generale	

Figura 4.118 – Individuazione del tracciato del profilo di picchettatura per l’evento di piena 2019 a Casale Monferrato	127
Figura 4.119 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, a Casale Monferrato	127
Figura 4.120 – Individuazione del tracciato del profilo di picchettatura per l’evento di piena 2019 a monte di Valenza	128
Figura 4.121 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, a monte di Valenza	128
Figura 4.122 – Risultati calibrazione sui livelli all’idrometro di Isola S. Antonio per l’evento di piena 2013	130
Figura 4.123 – Risultati calibrazione sui livelli all’idrometro di Isola S. Antonio per l’evento di piena 2014	130
Figura 4.124 – Risultati calibrazione sui livelli all’idrometro di Isola S. Antonio per l’evento di piena 2016	131
Figura 4.125 – Risultati calibrazione sui livelli all’idrometro di Isola S. Antonio per l’evento di piena 2018	131
Figura 4.126 – Risultati calibrazione sui livelli all’idrometro di Isola S. Antonio per l’evento di piena 2019	132
Figura 4.127 – Risultati calibrazione sui livelli all’idrometro di Casei Gerola per l’evento di piena 2013	133
Figura 4.128 – Risultati calibrazione sui livelli all’idrometro di Casei Gerola per l’evento di piena 2014	133
Figura 4.129 – Risultati calibrazione sui livelli all’idrometro di Casei Gerola per l’evento di piena 2016	134
Figura 4.130 – Risultati calibrazione sui livelli all’idrometro di Casei Gerola per l’evento di piena 2018	134
Figura 4.131 – Risultati calibrazione sui livelli all’idrometro di Casei Gerola per l’evento di piena 2019	135
Figura 4.132 – Risultati calibrazione sui livelli all’idrometro di Ponte Becca per l’evento di piena 2013	136
Figura 4.133 – Risultati calibrazione sui livelli all’idrometro di Ponte Becca per l’evento di piena 2014	136
Figura 4.134 – Risultati calibrazione sui livelli all’idrometro di Ponte Becca per l’evento di piena 2016	137
Figura 4.135 – Risultati calibrazione sui livelli all’idrometro di Ponte Becca per l’evento di piena 2018	137
Figura 4.136 – Risultati calibrazione sui livelli all’idrometro di Ponte Becca per l’evento di piena 2019	138
Figura 4.137 – Risultati calibrazione delle portate all’idrometro di Spessa per l’evento di piena 2013	139
Figura 4.138 – Risultati calibrazione delle portate all’idrometro di Spessa per l’evento di piena 2014	140
Figura 4.139 – Risultati calibrazione delle portate all’idrometro di Spessa per l’evento di piena 2016	140
Figura 4.140 – Risultati calibrazione delle portate all’idrometro di Spessa per l’evento di piena 2018	141
Figura 4.141 – Risultati calibrazione delle portate all’idrometro di Spessa per l’evento di piena 2019	141
Figura 4.142 – Risultati calibrazione sui livelli all’idrometro di Spessa per l’evento di piena 2013	142
Figura 4.143 – Risultati calibrazione sui livelli all’idrometro di Spessa per l’evento di piena 2014	142
Figura 4.144 – Risultati calibrazione sui livelli all’idrometro di Spessa per l’evento di piena 2016	143
Figura 4.145 – Risultati calibrazione sui livelli all’idrometro di Spessa per l’evento di piena 2018	143

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.10
			Relazione idraulica generale	

Figura 4.146 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2019	144
Figura 4.147 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2013	145
Figura 4.148 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2014	145
Figura 4.149 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2016	146
Figura 4.150 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2018	146
Figura 4.151 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2019	147
Figura 4.152 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2013	149
Figura 4.153 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2014	149
Figura 4.154 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2016	150
Figura 4.155 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2018	150
Figura 4.156 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2019	151
Figura 4.157 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2013	152
Figura 4.158 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2014	153
Figura 4.159 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2016	153
Figura 4.160 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2018	154
Figura 4.161 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2019	154
Figura 4.162 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2013	155
Figura 4.163 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2014	155
Figura 4.164 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2016	156
Figura 4.165 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2018	156
Figura 4.166 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2019	157
Figura 4.167 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2013	158
Figura 4.168 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2014	159
Figura 4.169 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2016	159
Figura 4.170 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2018	160
Figura 4.171 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2019	160
Figura 4.172 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2013	161
Figura 4.173 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2014	161
Figura 4.174 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2016	162
Figura 4.175 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2018	162
Figura 4.176 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2019	163
Figura 4.177 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Isola Pescaroli per l'evento di piena 2016	164
Figura 4.178 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Isola Pescaroli per l'evento di piena 2018	164
Figura 4.179 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Isola Pescaroli per l'evento di piena 2019	165
Figura 4.180 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Casalmaggiore per l'evento di piena 2013	166
Figura 4.181 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Casalmaggiore per l'evento di piena 2014	166

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.11
			Relazione idraulica generale	

Figura 4.182 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Casalmaggiore per l'evento di piena 2016	167
Figura 4.183 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Casalmaggiore per l'evento di piena 2018	167
Figura 4.184 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Casalmaggiore per l'evento di piena 2019	168
Figura 4.185 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2013	169
Figura 4.186 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2014	170
Figura 4.187 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2016	170
Figura 4.188 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2018	171
Figura 4.189 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2019	171
Figura 4.190 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2013	172
Figura 4.191 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2014	172
Figura 4.192 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2016	173
Figura 4.193 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2018	173
Figura 4.194 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2019	174
Figura 4.195 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2013	175
Figura 4.196 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2014	175
Figura 4.197 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2016	176
Figura 4.198 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2018	176
Figura 4.199 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2019	177
Figura 4.200 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l'evento di piena 2014 tra Spessa e Piacenza	178
Figura 4.201 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2014, tra Spessa e Piacenza (sponda sinistra)	179
Figura 4.202 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2014, tra Spessa e Piacenza (sponda destra)	179
Figura 4.203 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l'evento di piena 2014 tra Piacenza e Cremona	180
Figura 4.204 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2014, tra Piacenza e Cremona (sponda destra)	180
Figura 4.205 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l'evento di piena 2014 tra Cremona e Isola Pescaroli	181
Figura 4.206 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2014, tra Cremona e Isola Pescaroli (sponda destra)	181
Figura 4.207 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l'evento di piena 2014 tra Isola Pescaroli e Casalmaggiore	182
Figura 4.208 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2014, tra Isola Pescaroli e Casalmaggiore (sponda destra)	182
Figura 4.209 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l'evento di piena 2014 tra Casalmaggiore e Boretto	183

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.12
			Relazione idraulica generale	

Figura 4.210 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2014, tra Casalmaggiore e Boretto (sponda sinistra)	183
Figura 4.211 – Individuazione del tracciato del profilo di picchettatura per l’evento di piena 2016 tra confluenza Lambro e Isola Serafini	184
Figura 4.212 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2016, tra Lambro e Isola Serafini (sponda sinistra)	185
Figura 4.213 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l’evento di piena 2019 tra Spessa e Piacenza	186
Figura 4.214 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Spessa e Piacenza (sponda sinistra)	187
Figura 4.215 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Spessa e Piacenza (sponda destra)	187
Figura 4.216 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l’evento di piena 2019 tra Piacenza e Cremona	188
Figura 4.217 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Piacenza e Cremona (sponda sinistra)	188
Figura 4.218 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Piacenza e Cremona (sponda destra)	189
Figura 4.219 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l’evento di piena 2014 tra Cremona e Isola Pescaroli	189
Figura 4.220 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Cremona e Isola Pescaroli (sponda sinistra)	190
Figura 4.221 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Cremona e Isola Pescaroli (sponda destra)	190
Figura 4.222 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l’evento di piena 2014 tra Isola Pescaroli e Casalmaggiore	191
Figura 4.223 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Isola Pescaroli e Casalmaggiore (sponda sinistra)	191
Figura 4.224 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Isola Pescaroli e Casalmaggiore (sponda destra)	192
Figura 4.225 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l’evento di piena 2014 tra Casalmaggiore e Boretto	192
Figura 4.226 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Isola Pescaroli e Casalmaggiore (sponda sinistra)	193
Figura 4.227 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Isola Pescaroli e Casalmaggiore (sponda destra)	193
Figura 4.228 – Risultati calibrazione sui livelli all’idrometro di Boretto per l’evento di piena 2016	195
Figura 4.229 – Risultati calibrazione sui livelli all’idrometro di Boretto per l’evento di piena 2019	196
Figura 4.230 – Risultati calibrazione delle portate all’idrometro di Borgoforte per l’evento di piena 2013	198
Figura 4.231 – Risultati calibrazione delle portate all’idrometro di Borgoforte per l’evento di piena 2014	198
Figura 4.232 – Risultati calibrazione delle portate all’idrometro di Borgoforte per l’evento di piena 2016	199
Figura 4.233 – Risultati calibrazione delle portate all’idrometro di Borgoforte per l’evento di piena 2018	199

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.13
			Relazione idraulica generale	

Figura 4.234 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2019	200
Figura 4.235 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2013	200
Figura 4.236 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2014	201
Figura 4.237 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2016	201
Figura 4.238 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2018	202
Figura 4.239 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2019	202
Figura 4.240 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Revere per l'evento di piena 2014	203
Figura 4.241 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Revere per l'evento di piena 2016	204
Figura 4.242 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Revere per l'evento di piena 2018	204
Figura 4.243 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Revere per l'evento di piena 2019	205
Figura 4.244 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2013	207
Figura 4.245 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2014	207
Figura 4.246 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2016	208
Figura 4.247 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2018	208
Figura 4.248 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2019	209
Figura 4.249 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2013	209
Figura 4.250 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2014	210
Figura 4.251 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2016	210
Figura 4.252 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2018	211
Figura 4.253 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2019	211
Figura 4.254 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2013	213
Figura 4.255 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2014	213
Figura 4.256 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2016	214
Figura 4.257 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2018	214
Figura 4.258 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2019	215
Figura 4.259 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2013	215
Figura 4.260 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2014	216
Figura 4.261 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2016	216
Figura 4.262 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2018	217
Figura 4.263 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2019	217
Figura 4.264 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2013	219
Figura 4.265 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2014	219
Figura 4.266 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2016	220
Figura 4.267 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2018	220
Figura 4.268 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2019	221
Figura 4.269 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2013	221
Figura 4.270 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2014	222
Figura 4.271 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2016	222

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.14
			Relazione idraulica generale	

Figura 4.272 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2018	223
Figura 4.273 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2019	223
Figura 4.274 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l'evento di piena 2014 tra Boretto e Borgoforte	224
Figura 4.275 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2014, tra Boretto e Borgoforte (sponda sinistra)	225
Figura 4.276 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2014, tra Boretto e Borgoforte (sponda destra)	225
Figura 4.277 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l'evento di piena 2014 tra Borgoforte e Revere	226
Figura 4.278 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2014, tra Borgoforte e Revere (sponda sinistra)	226
Figura 4.279 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2014, tra Borgoforte e Revere (sponda destra)	227
Figura 4.280 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l'evento di piena 2014 tra Revere e Ficarolo	227
Figura 4.281 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2014, tra Revere e Ficarolo (sponda sinistra)	228
Figura 4.282 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2014, tra Revere e Ficarolo (sponda destra)	228
Figura 4.283 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l'evento di piena 2014 tra Ficarolo e Pontelagoscuro	229
Figura 4.284 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2014, tra Ficarolo e Pontelagoscuro (sponda sinistra)	229
Figura 4.285 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l'evento di piena 2019 tra Boretto e Borgoforte	230
Figura 4.286 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Boretto e Borgoforte (sponda sinistra)	231
Figura 4.287 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Boretto e Borgoforte (sponda destra)	231
Figura 4.288 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l'evento di piena 2019 tra Borgoforte e Revere	232
Figura 4.289 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Borgoforte e Revere (sponda sinistra)	232
Figura 4.290 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Borgoforte e Revere (sponda destra)	233
Figura 4.291 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l'evento di piena 2019 tra Revere e Ficarolo	233
Figura 4.292 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Revere e Ficarolo (sponda sinistra)	234
Figura 4.293 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Revere e Ficarolo (sponda destra)	234
Figura 4.294 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l'evento di piena 2019 tra Ficarolo e Pontelagoscuro	235

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.15
			Relazione idraulica generale	

Figura 4.295 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Ficarolo e Pontelagoscuro (sponda sinistra)	235
Figura 4.296 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Ficarolo e Pontelagoscuro (sponda destra)	236
Figura 4.297 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 1 di 21	240
Figura 4.298 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 2 di 21	241
Figura 4.299 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 3 di 21	242
Figura 4.300 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 4 di 21	243
Figura 4.301 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 5 di 21	244
Figura 4.302 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 6 di 21	245
Figura 4.303 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 7 di 21	246
Figura 4.304 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 8 di 21	247
Figura 4.305 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 9 di 21	248
Figura 4.306 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 10 di 21	249
Figura 4.307 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 11 di 21	250
Figura 4.308 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 12 di 21	251
Figura 4.309 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 13 di 21	252
Figura 4.310 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 14 di 21	253
Figura 4.311 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 15 di 21	254
Figura 4.312 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 16 di 21	255
Figura 4.313 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 17 di 21	256
Figura 4.314 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 18 di 21	257
Figura 4.315 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 19 di 21	258
Figura 4.316 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 20 di 21	259
Figura 4.317 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 21 di 21	260
Figura 4.318 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2013	262
Figura 4.319 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2013	263
Figura 4.320 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di S. Sebastiano per l'evento di piena 2013	263
Figura 4.321 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di S. Sebastiano per l'evento di piena 2013	264
Figura 4.322 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2013	264
Figura 4.323 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2013	265
Figura 4.324 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2013	265
Figura 4.325 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2013	266
Figura 4.326 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2013	266
Figura 4.327 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2013	267
Figura 4.328 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2013	267
Figura 4.329 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2013	268
Figura 4.330 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Casei Gerola per l'evento di piena 2013	268

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.16
			Relazione idraulica generale	

Figura 4.331 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Ponte Becca per l'evento di piena 2013	269
Figura 4.332 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2013	269
Figura 4.333 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2013	270
Figura 4.334 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2013	270
Figura 4.335 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2013	271
Figura 4.336 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2013	271
Figura 4.337 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2013	272
Figura 4.338 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Casalmaggiore per l'evento di piena 2013	272
Figura 4.339 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2013	273
Figura 4.340 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2013	273
Figura 4.341 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2013	274
Figura 4.342 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2013	274
Figura 4.343 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2013	275
Figura 4.344 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2013	275
Figura 4.345 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2013	276
Figura 4.346 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2013	276
Figura 4.347 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2013	277
Figura 4.348 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2013	277
Figura 4.349 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2014	279
Figura 4.350 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2014	279
Figura 4.351 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di S. Sebastiano per l'evento di piena 2014	280
Figura 4.352 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di S. Sebastiano per l'evento di piena 2014	280
Figura 4.353 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2014	281
Figura 4.354 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2014	281
Figura 4.355 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2014	282
Figura 4.356 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2014	282
Figura 4.357 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2014	283
Figura 4.358 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2014	283
Figura 4.359 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2014	284
Figura 4.360 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2014	284
Figura 4.361 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Casei Gerola per l'evento di piena 2014	285
Figura 4.362 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Ponte Becca per l'evento di piena 2014	285

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.17
			Relazione idraulica generale	

Figura 4.363 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2014	286
Figura 4.364 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2014	286
Figura 4.365 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2014	287
Figura 4.366 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2014	287
Figura 4.367 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2014	288
Figura 4.368 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2014	288
Figura 4.369 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Casalmaggiore per l'evento di piena 2014	289
Figura 4.370 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2014	289
Figura 4.371 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2014	290
Figura 4.372 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2014	290
Figura 4.373 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2014	291
Figura 4.374 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Revere per l'evento di piena 2014	291
Figura 4.375 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2014	292
Figura 4.376 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2014	292
Figura 4.377 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2014	293
Figura 4.378 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2014	293
Figura 4.379 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2014	294
Figura 4.380 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2014	294
Figura 4.381 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2018	296
Figura 4.382 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2018	296
Figura 4.383 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di S. Sebastiano per l'evento di piena 2018	297
Figura 4.384 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di S. Sebastiano per l'evento di piena 2018	297
Figura 4.385 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2018	298
Figura 4.386 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2018	298
Figura 4.387 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2018	299
Figura 4.388 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2018	299
Figura 4.389 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2018	300
Figura 4.390 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2018	300
Figura 4.391 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2018	301
Figura 4.392 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2018	301
Figura 4.393 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Casei Gerola per l'evento di piena 2018	302
Figura 4.394 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Ponte Becca per l'evento di piena 2018	302
Figura 4.395 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2018	303

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.18
			Relazione idraulica generale	

Figura 4.396 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2018	303
Figura 4.397 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2018	304
Figura 4.398 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2018	304
Figura 4.399 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2018	305
Figura 4.400 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2018	305
Figura 4.401 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Isola Pescaroli per l'evento di piena 2018	306
Figura 4.402 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Casalmaggiore per l'evento di piena 2018	306
Figura 4.403 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2018	307
Figura 4.404 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2018	307
Figura 4.405 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2018	308
Figura 4.406 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2018	308
Figura 4.407 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Revere per l'evento di piena 2018	309
Figura 4.408 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2018	309
Figura 4.409 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2018	310
Figura 4.410 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2018	310
Figura 4.411 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2018	311
Figura 4.412 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2018	311
Figura 4.413 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2018	312
Figura 4.414 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2019	313
Figura 4.415 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2019	314
Figura 4.416 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2019	314
Figura 4.417 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2019	315
Figura 4.418 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2019	315
Figura 4.419 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2019	316
Figura 4.420 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2019	316
Figura 4.421 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2019	317
Figura 4.422 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2019	317
Figura 4.423 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2019	318
Figura 4.424 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Casei Gerola per l'evento di piena 2019	318
Figura 4.425 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Ponte Becca per l'evento di piena 2019	319
Figura 4.426 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2019	319
Figura 4.427 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2019	320
Figura 4.428 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2019	320
Figura 4.429 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2019	321

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.19
			Relazione idraulica generale	

Figura 4.430 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2019	321
Figura 4.431 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2019	322
Figura 4.432 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Isola Pescaroli per l'evento di piena 2019	322
Figura 4.433 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Casalmaggiore per l'evento di piena 2019	323
Figura 4.434 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2019	323
Figura 4.435 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2019	324
Figura 4.436 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2019	324
Figura 4.437 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2019	325
Figura 4.438 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Revere per l'evento di piena 2019	325
Figura 4.439 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2019	326
Figura 4.440 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2019	326
Figura 4.441 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2019	327
Figura 4.442 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2019	327
Figura 4.443 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2019	328
Figura 4.444 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2019	328

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 4-1 - Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Carignano	53
Tabella 4-2 – Sintesi risultati portata al colmo all'idrometro di Moncalieri	56
Tabella 4-3 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Moncalieri	56
Tabella 4-4 – Sintesi risultati portata al colmo all'idrometro di Torino	62
Tabella 4-5 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Torino	62
Tabella 4-6 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Torino	71
Tabella 4-7 – Sintesi risultati portata al colmo all'idrometro di S. Sebastiano Po	74
Tabella 4-8 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di S. Sebastiano Po	74
Tabella 4-9 – Sintesi risultati portata al colmo all'idrometro di Crescentino	80
Tabella 4-10 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Crescentino	80
Tabella 4-11 – Sintesi risultati portata al colmo all'idrometro di Casale Monferrato	86
Tabella 4-12 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Casale Monferrato	86
Tabella 4-13 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Casale Monferrato	92
Tabella 4-14 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Casale Monferrato	108
Tabella 4-15 – Sintesi risultati portata al colmo all'idrometro di Valenza	111
Tabella 4-16 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Valenza	111
Tabella 4-17 – Sintesi risultati portata al colmo all'idrometro di Isola S. Antonio	117
Tabella 4-18 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Isola S. Antonio	117
Tabella 4-19 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Isola S. Antonio	129
Tabella 4-20 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Casei Gerola	132
Tabella 4-21 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Ponte Becca	135
Tabella 4-22 – Sintesi risultati portata al colmo all'idrometro di Spessa	138

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.20
			Relazione idraulica generale	

Tabella 4-23 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Spessa	139
Tabella 4-24 – Sintesi risultati portata al colmo all'idrometro di Piacenza	144
Tabella 4-25 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Spessa	148
Tabella 4-26 – Sintesi risultati portata al colmo all'idrometro di Piacenza	151
Tabella 4-27 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Piacenza	152
Tabella 4-28 – Sintesi risultati portata al colmo all'idrometro di Cremona	157
Tabella 4-29 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Cremona	158
Tabella 4-30 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Isola Pescaroli	163
Tabella 4-31 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Cremona	165
Tabella 4-32 – Sintesi risultati portata al colmo all'idrometro di Boretto	169
Tabella 4-33 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Boretto	169
Tabella 4-34 – Sintesi risultati portata al colmo all'idrometro di Borgoforte	174
Tabella 4-35 – Sintesi risultati portata al colmo all'idrometro di Borgoforte	197
Tabella 4-36 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Borgoforte	197
Tabella 4-37 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Revere	203
Tabella 4-38 – Sintesi risultati portata al colmo all'idrometro di Sermide	206
Tabella 4-39 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Sermide	206
Tabella 4-40 – Sintesi risultati portata al colmo all'idrometro di Ficarolo	212
Tabella 4-41 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Ficarolo	212
Tabella 4-42 – Sintesi risultati portata al colmo all'idrometro di Pontelagoscuro	218
Tabella 4-43 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Pontelagoscuro	218
Tabella 4-44 – Valori di scabrezza assegnati nel modello	236
Tabella 4-45 – Coefficienti di riduzione delle scabrezze tra Pontelagoscuro e l'incile del delta	238
Tabella 4-46 – Coefficienti di riduzione delle scabrezze tra Revere e Sermide	238
Tabella 4-47 – Coefficienti di riduzione delle scabrezze tra Sermide e confluenza Ficarolo	238
Tabella 4-48 – Coefficienti di riduzione delle scabrezze tra Ficarolo e confluenza Panaro	238
Tabella 4-49 – Coefficienti di riduzione delle scabrezze tra confluenza Panaro e Pontelagoscuro	239
Tabella 4-50 – Confronto portate livelli misurati e calcolati per l'evento di piena del maggio 2013	261
Tabella 4-51 – Confronto portate livelli misurati e calcolati per l'evento di piena del novembre-dicembre 2014	278
Tabella 4-52 – Confronto portate livelli misurati e calcolati per l'evento di piena del novembre 2018	295
Tabella 4-53 – Confronto portate livelli misurati e calcolati per l'evento di piena del novembre 2019	312

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.21
			Relazione idraulica generale	

1. PREMESSA

Il **Programma d'Azione** per la Rinaturazione dell'Area del Po redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale del Po d'intesa con le Regioni Piemonte, Lombardia, Emilia-Romagna e Veneto declina sul territorio la **linea di investimento 3.3 del PNRR e fa parte della Misura 2 del Piano**, che ha l'obiettivo di accelerare la transizione ecologica, attraverso diverse azioni. La **Componente 4**, in cui ricade il progetto, punta a migliorare la gestione delle risorse idriche congiuntamente all'incremento della biodiversità del territorio, attraverso soluzioni che favoriscano l'integrazione tra queste finalità (*nature based solutions*).

Nel caso dell'Investimento 3.3 questo approccio trova attuazione in un ampio sistema di interventi di ricostruzione morfologica e restauro ecologico che coinvolge l'intera asta fluviale del più grande fiume italiano, interessato - soprattutto negli ultimi decenni – da processi di antropizzazione e artificializzazione del corso d'acqua e delle sue zone rivierasche, che non hanno comunque pregiudicato la permanenza di una dimensione ecologica e ambientale di eccezionale interesse.

Il Programma di Azione, nel suo complesso, trasferisce le tipologie di intervento individuate su 56 schede, distribuite lungo il corso del Po, dall'area torinese alla foce.

La compatibilità degli interventi è stata verificata con modellazione a fondo fisso che copra l'intera asta di Po, da Casalgrasso (CN) alla progressiva Po km 79 a Pontelagoscuro (FE) alla progressiva km 564 e con modellazione a fondo mobile nei tratti in cui è presente la maggiore concentrazione degli interventi.

La presente relazione descrive la metodologia che è stata adottata nella implementazione dei modelli sopracitati, recepiti dalla progettazione del PFTE.

Le modellazioni eseguite, nella presente fase di progettazione esecutiva, a supporto della progettazione degli interventi previsti nelle **Schede di priorità 2A e 2B**, sono state derivate dal modello generale di asta e, in alcuni casi, realizzate ad-hoc.

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.22
			Relazione idraulica generale	

2. COSTRUZIONE DEL DTM

2.1. Base topografica

La base per la costruzione è il DTM 2021-2022, dell'Autorità di Distretto del Fiume Po, che copre interamente la zona di analisi per le parti fuori acqua, ed in alcuni tratti è già integrato con rilievi batimetrici recenti. La parte in acqua è attualmente oggetto di rilievo ma i dati non sono stati resi disponibili per la realizzazione del modello implementato.

Pertanto, per coprire le parti esterne e per la definizione degli alvei sono stati utilizzati DTM e sezioni idrauliche che, tratto per tratto, costituiscono l'informazione più recente disponibile e sono:

- DTM 2015 da Cremona al mare, Autorità di Distretto del Fiume Po;
- DTM 2004-2005 da Casalgrasso all'incile del Po di Goro, Autorità di Distretto del Fiume Po;
- DTM 2010 dell'alveo Po ottenuto con MultiBeam tra ponte SP 412, Pieve Porto Morone (PV) – Castel San Giovanni (PC), e l'incile del Po di Goro, integrato nel DTM 2004-2005, AIPo;
- DTM del Ministero dell'Ambiente, 2008;
- DTM 2021 dell'alveo Po ottenuto con MultiBeam, AIPo;
- DTM Maira, AIPo 2017;
- DTM Taro, AIPo 2019;
- Sezioni Po 2013 tra Casalgrasso e Moncalieri;
- Sezioni Po 2004 tra Casalgrasso e confluenza Dora Baltea;
- Sezioni Po 2021 tra confluenza Dora Baltea e confluenza Sesia;
- Sezioni Po 2004 tra confluenza Sesia e ponte SP 412, Pieve Porto Morone (PV) – Castel San Giovanni (PC);
- Sezioni 2004 meandro Isola Serafini;
- Sezioni Dora Baltea 2001;
- Sezioni Sesia 2003;
- Sezioni Tanaro 2007;
- Sezioni Scrivia 2008;
- Sezioni Ticino 2004;
- Sezioni Adda 2004;
- Sezioni Taro 2019;
- Sezioni Parma 2017;
- Sezioni Enza 2018;
- Sezioni Oglio 2003;
- Sezioni Secchia 2015;
- Sezioni Panaro 2017.

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.23
			Relazione idraulica generale	

Tali informazioni sono state integrate in un unico DTM che costituisce la base topografica del modello.

Resta fin da ora inteso il fatto che, quando verrà messa a disposizione la batimetria più recente dell'asta di Po e sarà processato il DTM in grado di integrare le parti sommerse in questione, questo potrà sostituire quello ottenuto integrando le diverse informazioni senza dover modificare la schematizzazione del modello. Andrà verificata la calibrazione eseguita precedentemente per confermare o modificare i parametri di scabrezza adottati.

2.2. Integrazione dei dati batimetrici

I diversi DTM delle parti fuori acqua, riportati nell'elenco del paragrafo precedente, sono stati tra loro integrati assumendo in ogni area i valori del DTM più recente che la copre.

Per le parti in acqua, dove non sia presente il dato MultiBeam già integrato nel DTM, è stata realizzata l'interpolazione tra le sezioni in ambiente GIS tramite il software XS Interpolator^[1].

Viene descritto di seguito ed a grandi linee il processo di interpolazione del dato lidar con quello batimetrico. Il primo passo consiste nell'individuazione dei tratti mal rappresentati dal rilievo lidar, che appaiono nel DTM come superfici con livello pressoché costante o coperte da linee di interpolazione evidentemente errate (Figura 2.1 - sopra). Nella parte di alveo individuata da questi tratti è effettuata l'interpolazione seguendo le linee che in sezioni successive collegano punti con le stesse caratteristiche (Figura 2.1 - sotto), tenendo conto della presenza di rami secondari dell'alveo e di barre emerse rilevanti. XS Interpolator permette di effettuare un'interpolazione tra le sezioni considerando le variazioni presenti tra due sezioni rilevate, siano esse dovute a restringimenti, allargamenti o cambiamenti di direzione del corso d'acqua permettendo di generare un DTM dell'alveo che rappresenta più correttamente la reale geometria. Per raccordare il DTM dell'alveo con quello di base viene creato un buffer, all'interno del quale è eseguita un'interpolazione lineare tra i due DTM (Figura 2.1 - sotto). Nella Figura 2.2 è riportato il confronto tra il DTM ottenuto dal lidar e quello modificato con l'inserimento dell'alveo interpolato.

È da notare inoltre che in alcuni tratti di Po la conformazione d'alveo cambiata radicalmente tra il periodo di acquisizione del DTM 2021-2022 e il periodo in cui sono state rilevate le sezioni; si veda ad esempio il tratto in corrispondenza della confluenza dello Staffora nella Figura 2.3 .

L'interpolazione tra le sezioni è stata sempre effettuata all'interno dell'alveo definito dal DTM 2021-2022, adattando le sezioni di rilievo a questa conformazione, mantenendo il talweg rilevato. Tale procedura non è a rigore corretta, modificandosi il talweg concordemente con la larghezza e sinuosità dell'alveo, ma è l'unica applicabile in mancanza di rilievi recenti, che sono presenti solamente nel tratto di Po tra confluenza Dora Baltea e confluenza Sesia, in cui le sezioni rilevate sono concordi con il DTM. Nel tratto coperto dal MultiBeam 2010 sono state estratte le sezioni in punti caratteristici e poi sono state interpolate con la stessa procedura. Per evitare il più possibile discontinuità all'interno del DTM sono stati considerati buffer di interpolazione tra i dati da fonti diverse in modo da avere una variazione graduale.

Anche nel DTM 2021-2022 fornito da AIPo, dove c'è stata l'integrazione tra Lidar e MultiBeam,

¹ <https://shop.m3eweb.com/home/32-xs-interpolator.html>

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.24
			Relazione idraulica generale	

esistono aree di buffer in cui è stata eseguita un'interpolazione tra le 2 fonti di dati (Figura 2.4).

Nelle prime fasi di calibrazione sono risultati anomali i risultati in corrispondenza dell'idrometro di Cremona. Il confronto tra le batimetrie d'alveo del 2010 e 2021-2022 (Figura 2.5 e seguenti) ha evidenziato delle differenze da monte di Cremona fino alla chilometrica 413, non imputabili all'evoluzione morfologica, ma ad un errore o nell'integrazione MultiBeam Lidar o nel settaggio della quota di riferimento all'atto del rilievo MultiBeam. In questo tratto è pertanto stata sostituita la batimetria 2021-2022 con quella 2010.

Per tenere traccia delle diverse informazioni di base utilizzate per la realizzazione del DTM è stato realizzato uno shape "*composizione_DTM*" che in ogni area definisce l'informazione utilizzata.

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.25
			Relazione idraulica generale	

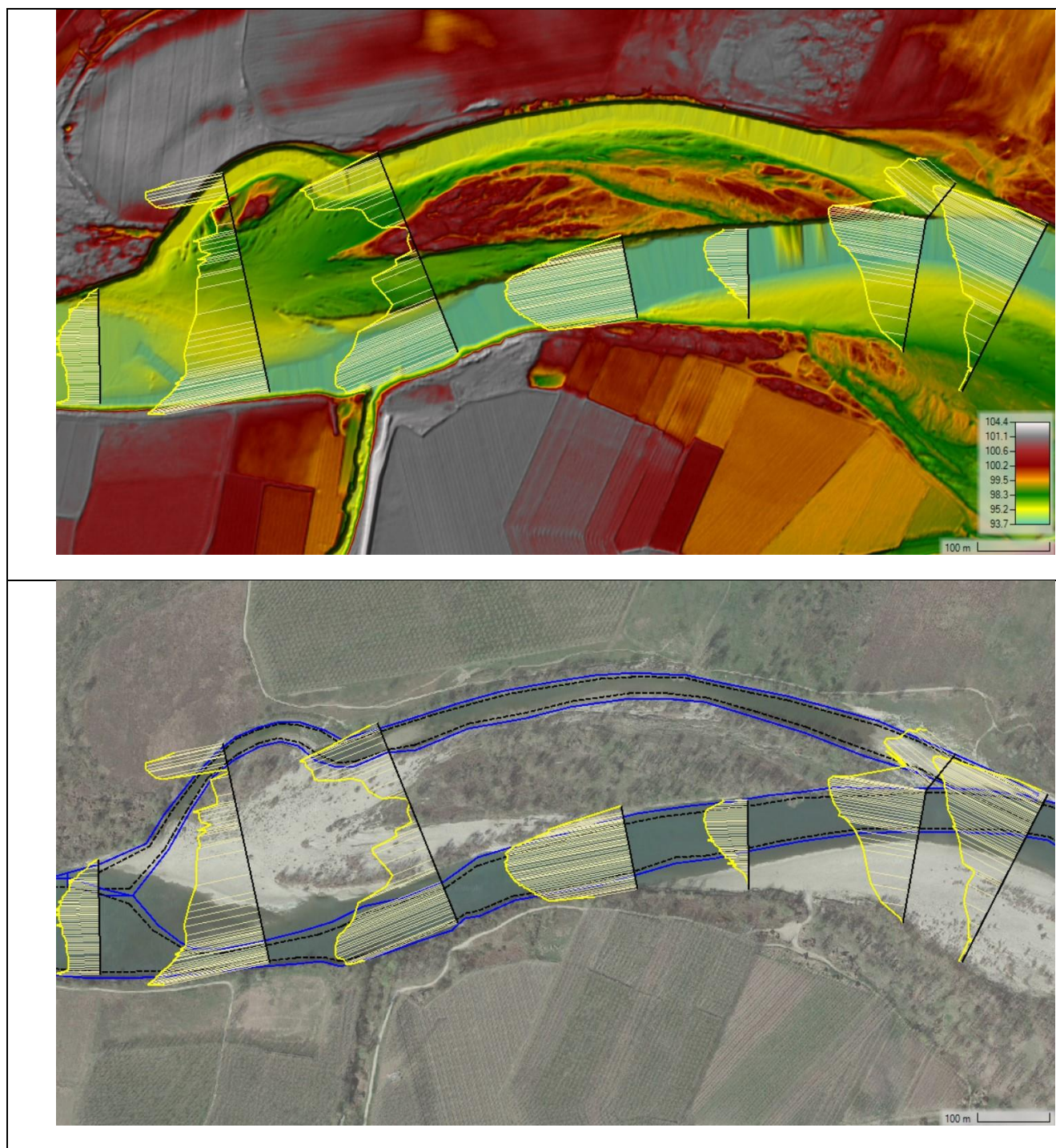


Figura 2.1 – Esempio di un tratto di alveo mal rappresentato nel DTM (sopra), definizione delle linee di interpolazione (linea tratteggiata nera) e del buffer (linea continua blu) per un collegamento lineare tra alveo interpolato e DTM originale (sotto).

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.26
			Relazione idraulica generale	

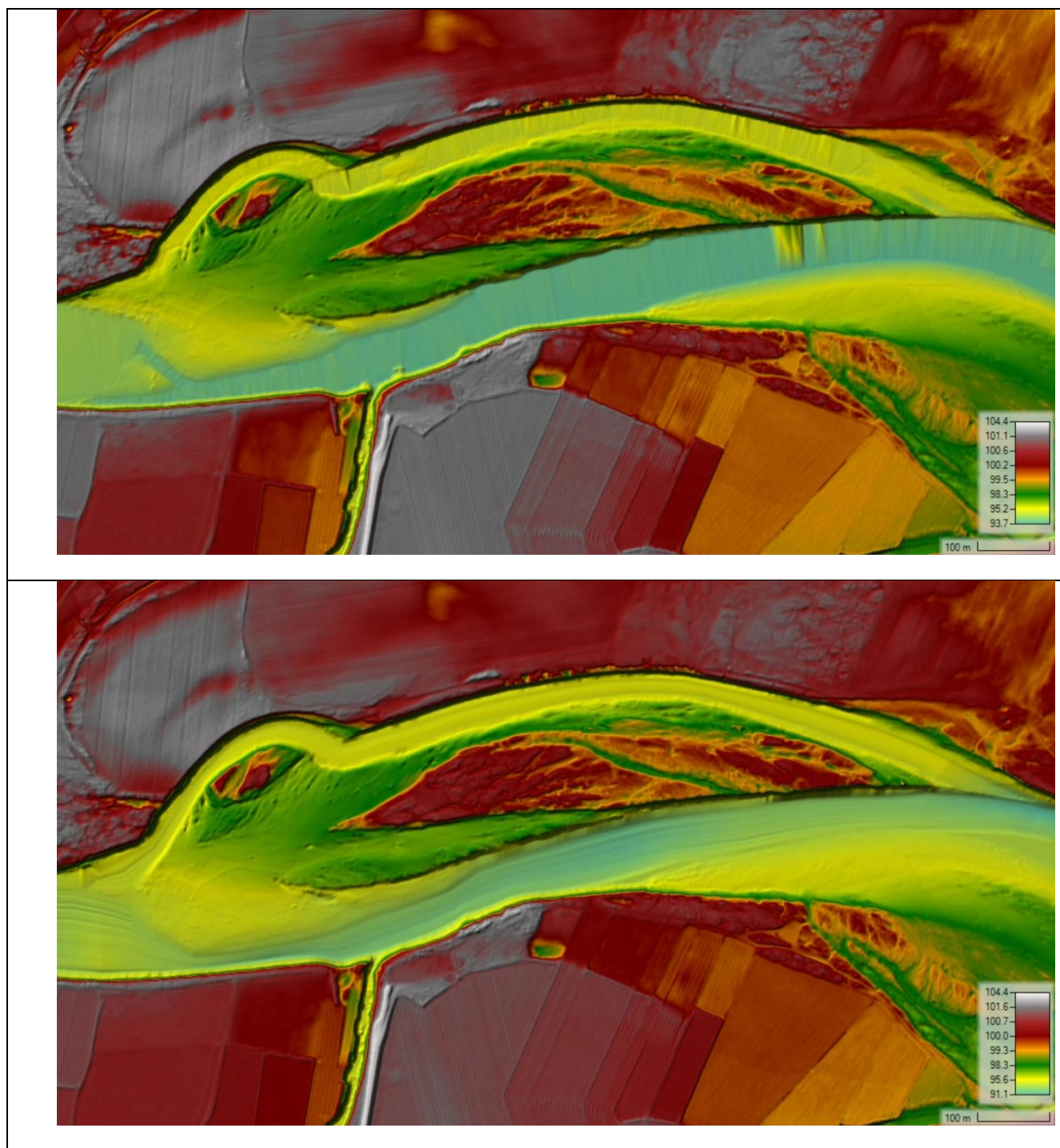


Figura 2.2 – DTM originale (sopra) e con l’inserimento dell’alveo e della lanca interpolati dalle sezioni di rilievo (sotto).

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.27
			Relazione idraulica generale	

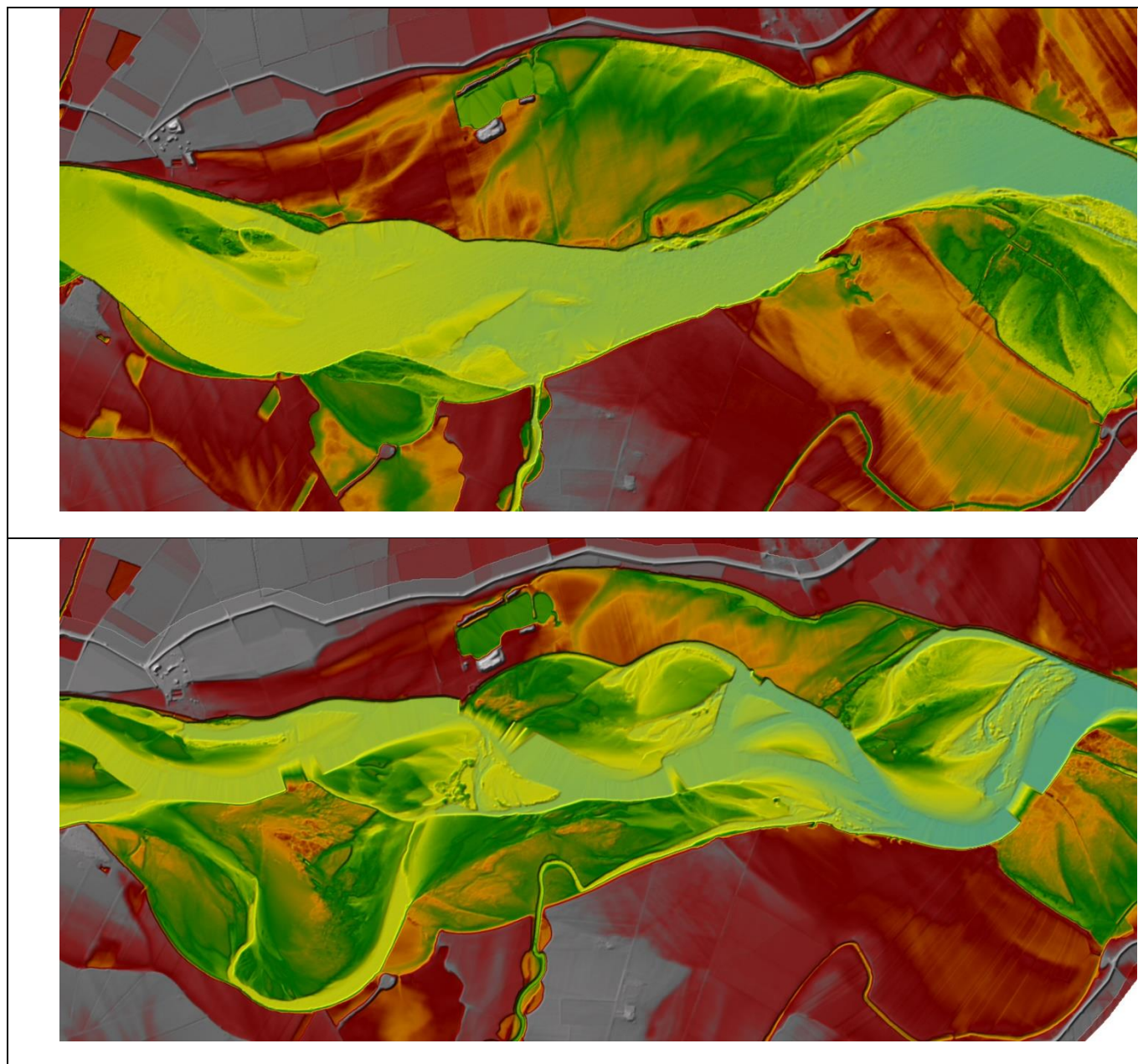


Figura 2.3 – Confronto DTM in corrispondenza della confluenza Staffora: 2004 (sopra) 2021-2022 (sotto).

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.28
			Relazione idraulica generale	

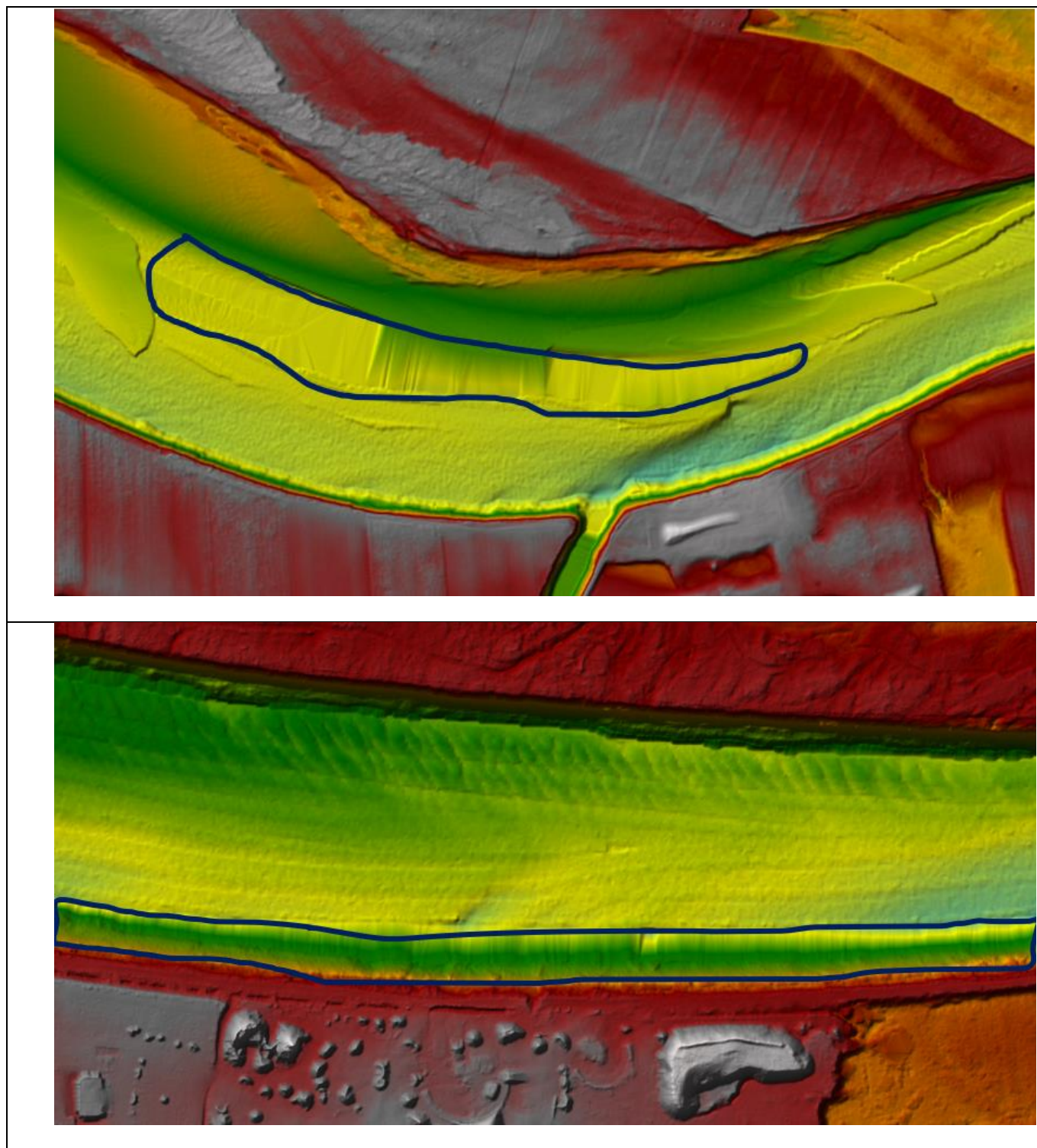


Figura 2.4 – Sopra, alveo di Po in corrispondenza di foce Enza si nota come l’interpolazione tra Lidar e MultiBeam abbia generato un “cuneo” che mal rappresenta la reale conformazione. Sotto, alveo di Po a valle di Boretto, l’interpolazione in questo tratto appare più regolare.

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.29
			Relazione idraulica generale	

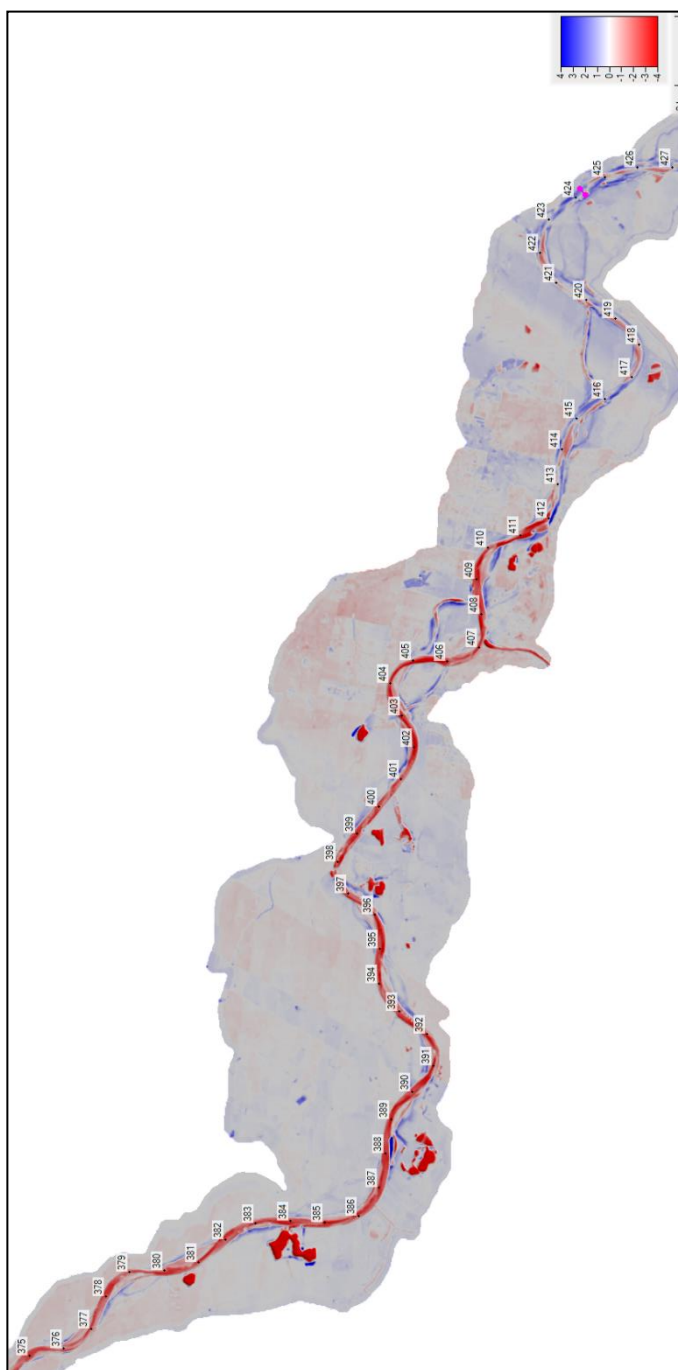


Figura 2.5 – Differenza [m] tra batimetria 2010 e batimetria 2021-2022 tra Cremona e foce Parma

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.30
			Relazione idraulica generale	

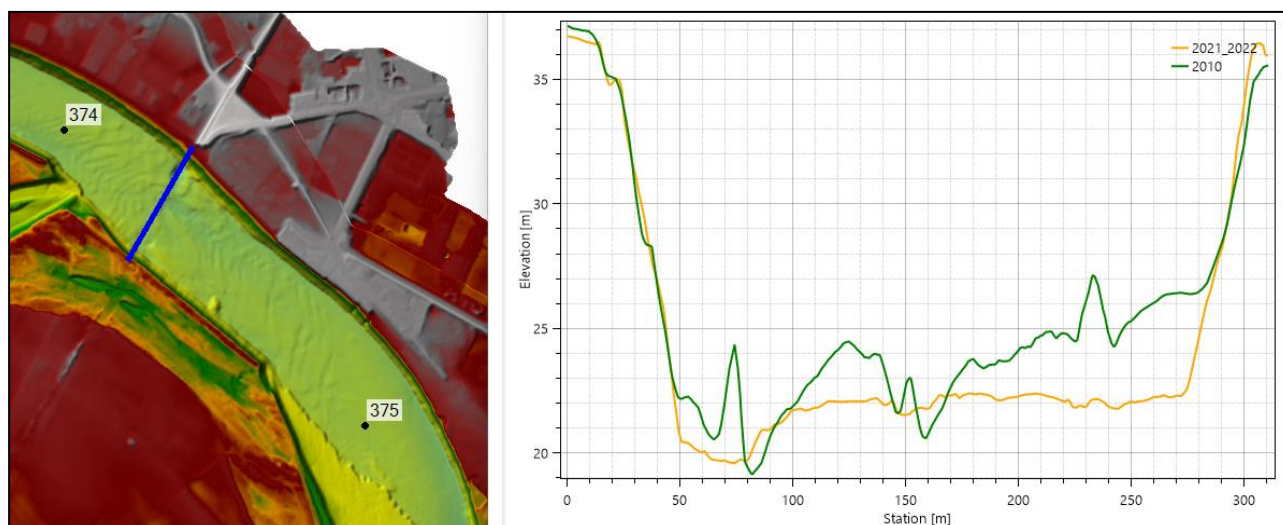


Figura 2.6 – Sezione idrometro Cremona

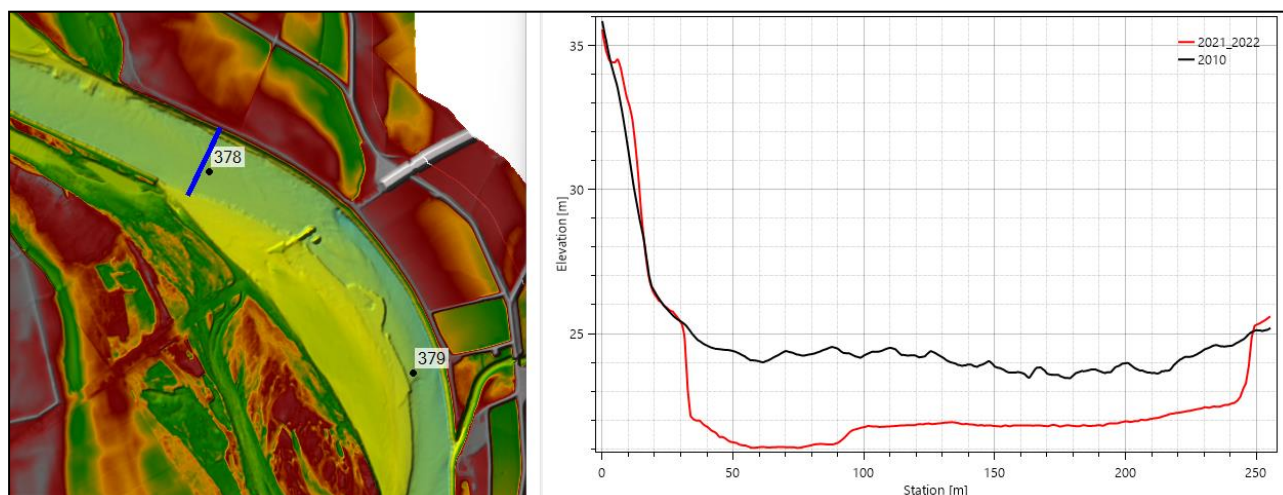


Figura 2.7 – Sezione km 378

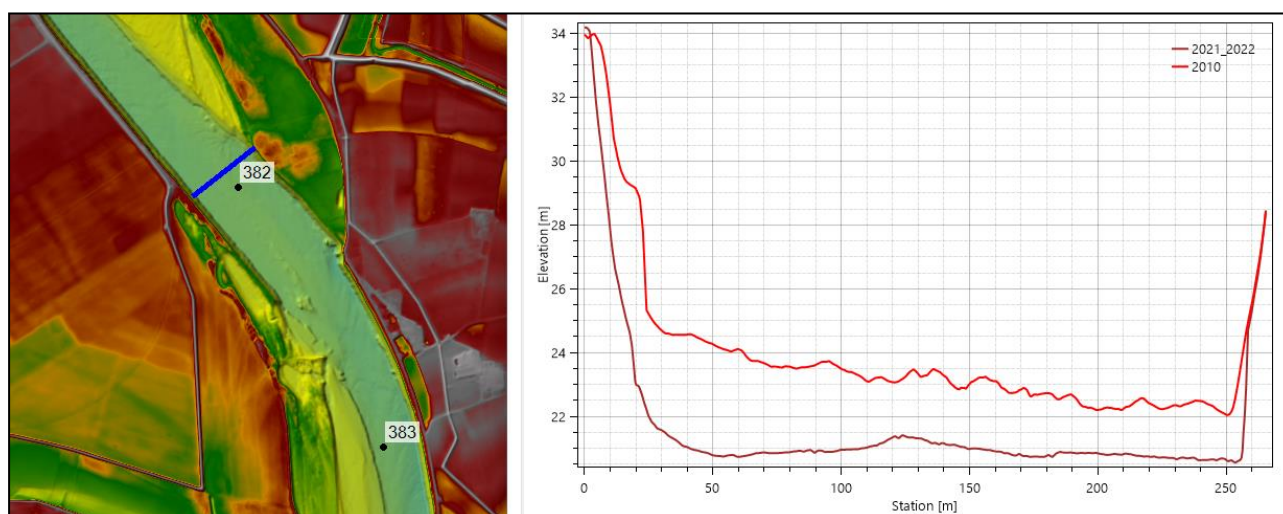


Figura 2.8 – Sezione km 382

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.31
			Relazione idraulica generale	

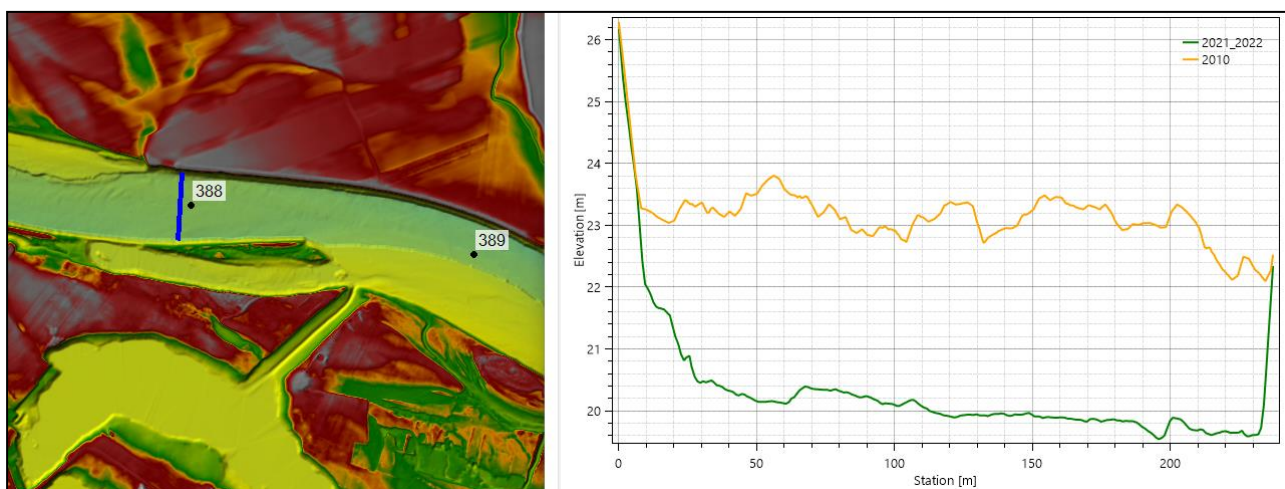


Figura 2.9 – Sezione km 388

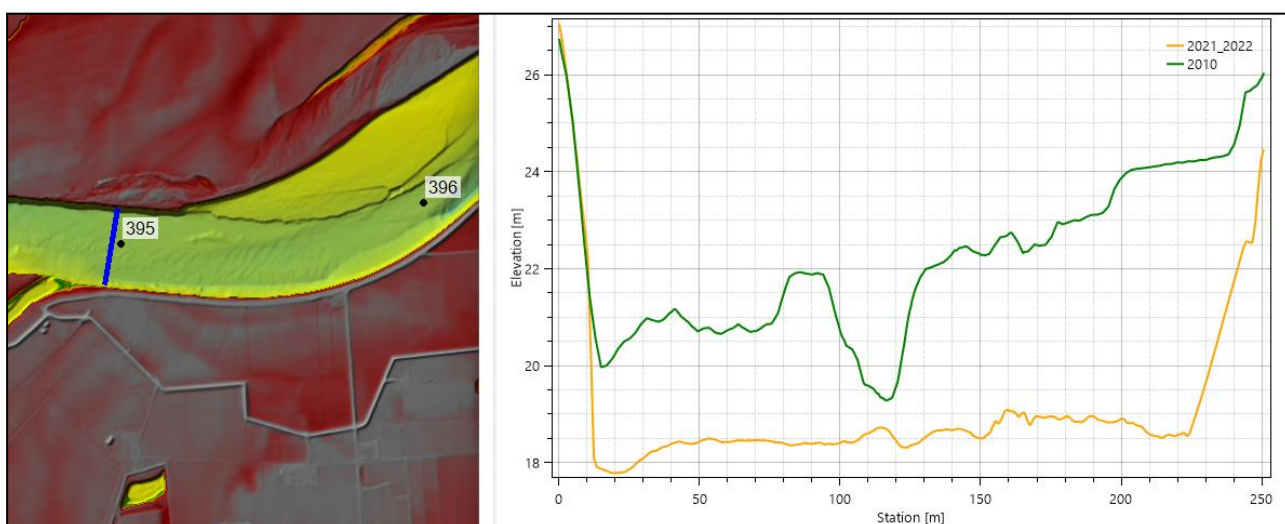


Figura 2.10 – Sezione km 395

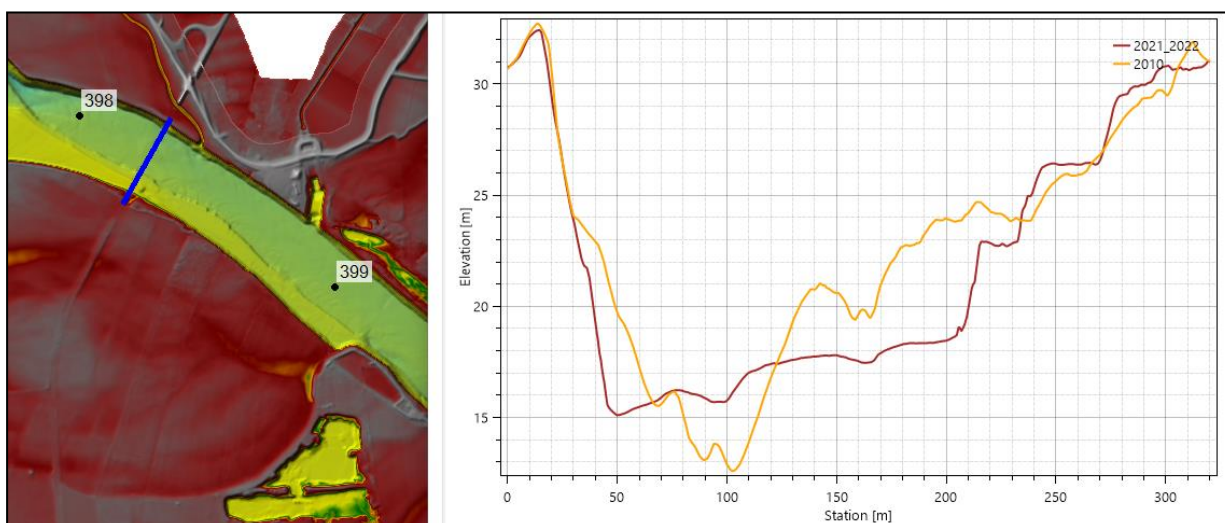


Figura 2.11 – Sezione idrometro Isola Pescaroli

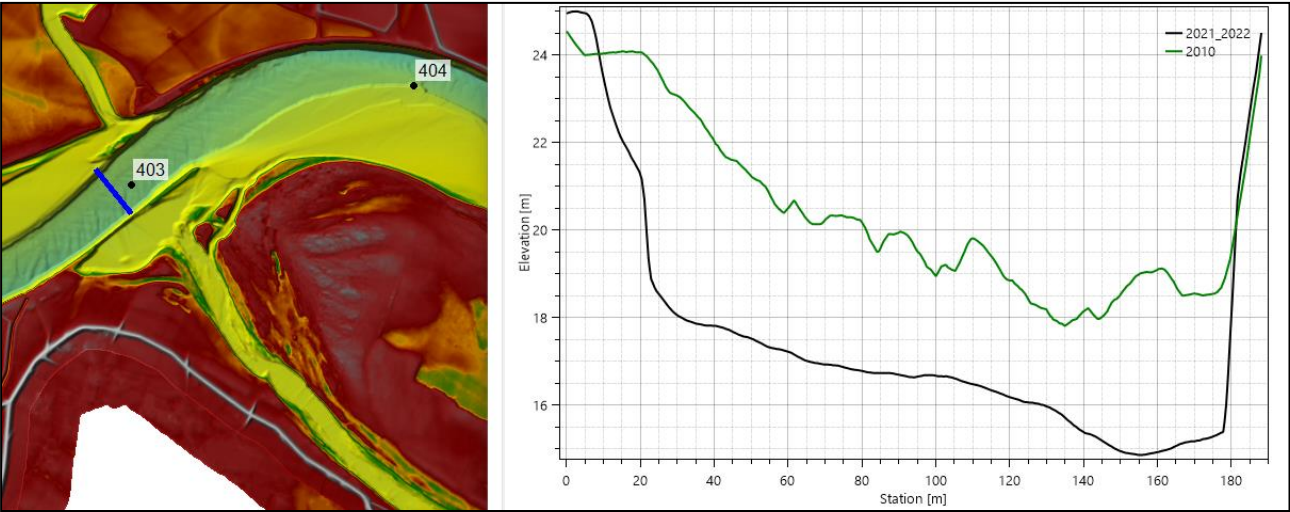


Figura 2.12 – Sezione km 403

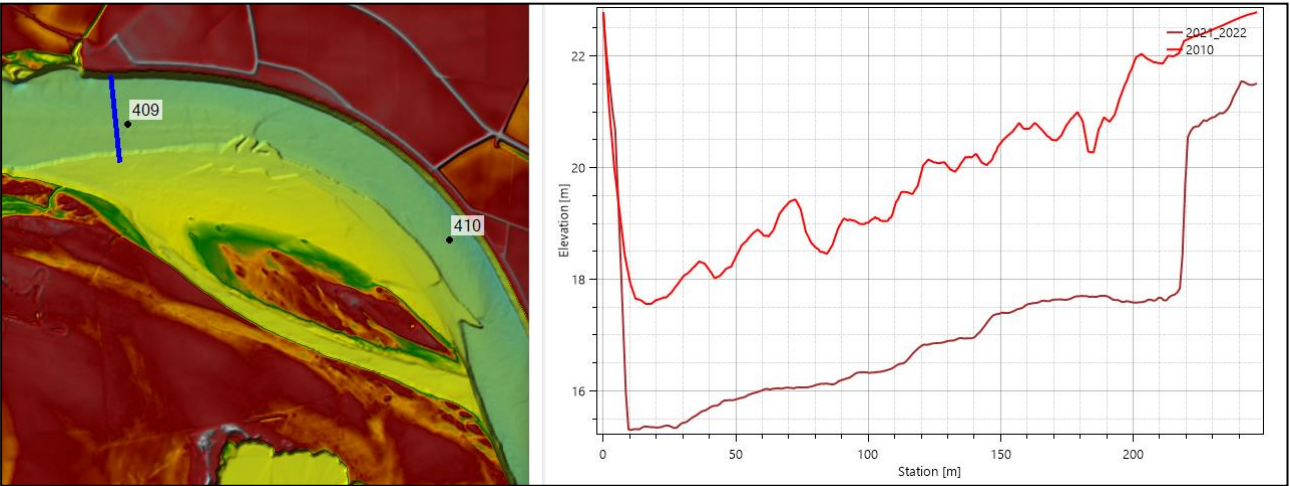


Figura 2.13 – Sezione km 409

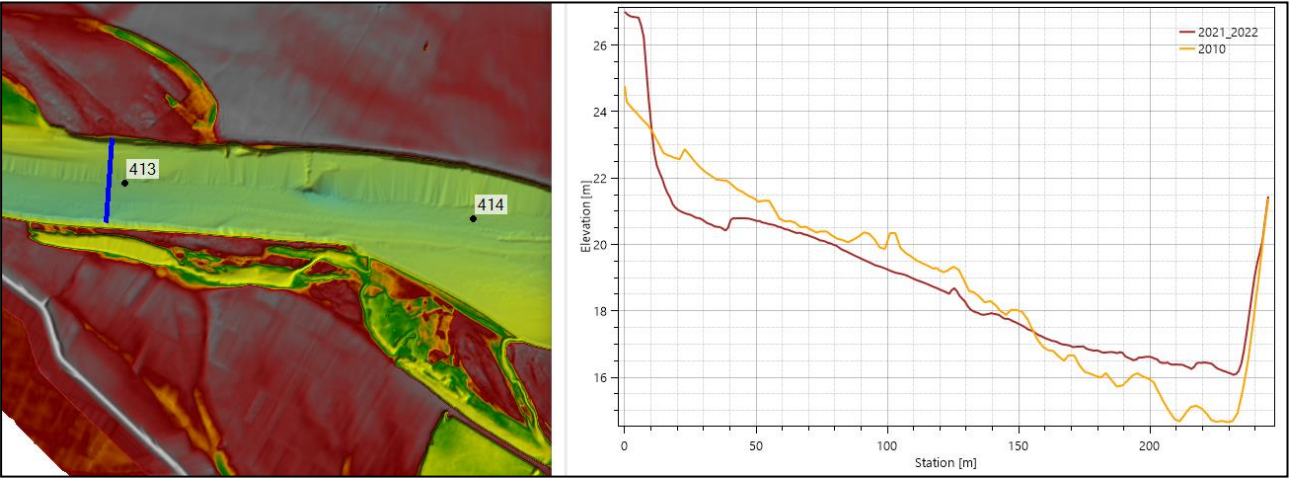


Figura 2.14 – Sezione km 413

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.33
			Relazione idraulica generale	

2.3. Confronto DTM

Al fine di verificare la congruenza tra DTM rilevati in periodi diversi, è stato effettuato un confronto tra questi.

Nella Figura 2.15 è riportato un confronto tra i DTM 2021-2022 e DTM 2003-2004 in corrispondenza di foce Sesia. L'analisi, nel tratto in questione, evidenzia una differenza dell'ordine dei 40 cm. I punti quotati estratti dal DTM 2003-2004 nel tratto Murazzi-Spessa risultano mediamente più alti di 30-40 cm rispetto agli stessi punti estratti dal DTM 2021-2022.

Nella Figura 2.16 il confronto sugli stessi DTM è fatto nella zona di foce Ticino. In questo caso, il confronto evidenzia come le scarpate dell'argine siano praticamente identiche, ma nella sommità il rilievo più recente è 20 cm più basso di quello 2003-2004.

La stessa differenza, 20 cm, si nota anche nell'argine golenale di Isola Serafini, Figura 2.17.

Praticamente identici si rilevano essere i 3 DTM (2021-2022, 2015 e 2003-2004) in corrispondenza dell'argine maestro a valle di foce Oglio, Figura 2.18.

Rispetto ai profili arginali rilevati da AIPo nel 2014, il DTM 2021-2022 risulta essere più alto di circa 20 cm in corrispondenza degli argini golenali in prossimità di foce Taro (Figura 2.19) e della golenale chiusa S_013 nei pressi di Gussola, CR (Figura 2.20).

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.34
			Relazione idraulica generale	

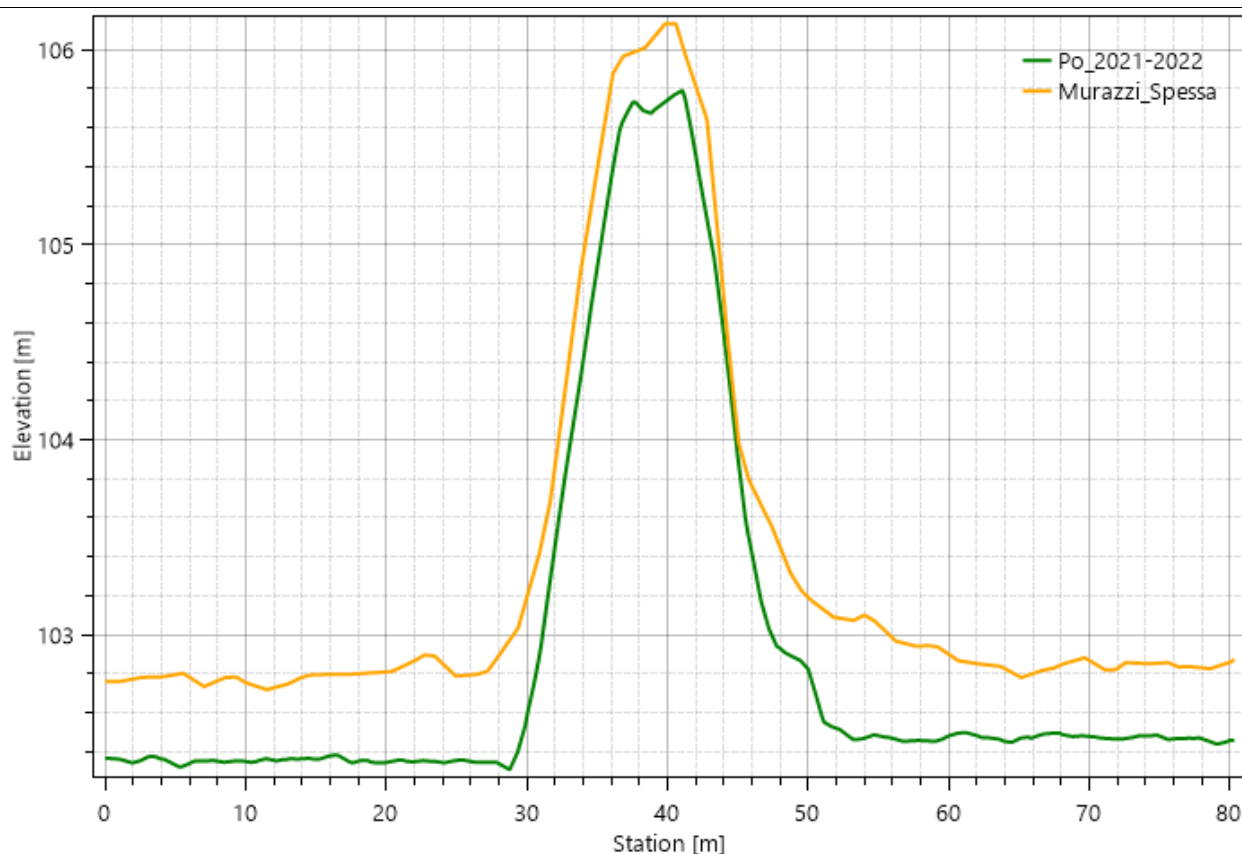
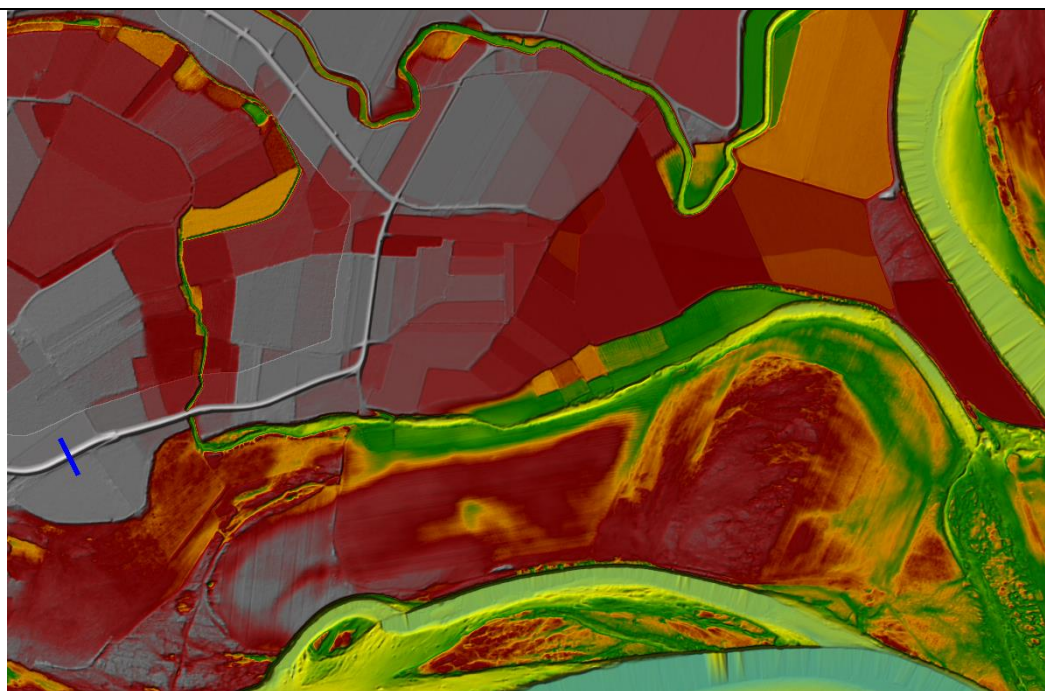


Figura 2.15 – Confronto DTM 2021-2022 e 2003-2004 (Murazzi_Spessa) in corrispondenza dell'argine golenale a foce Sesia

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.35
			Relazione idraulica generale	

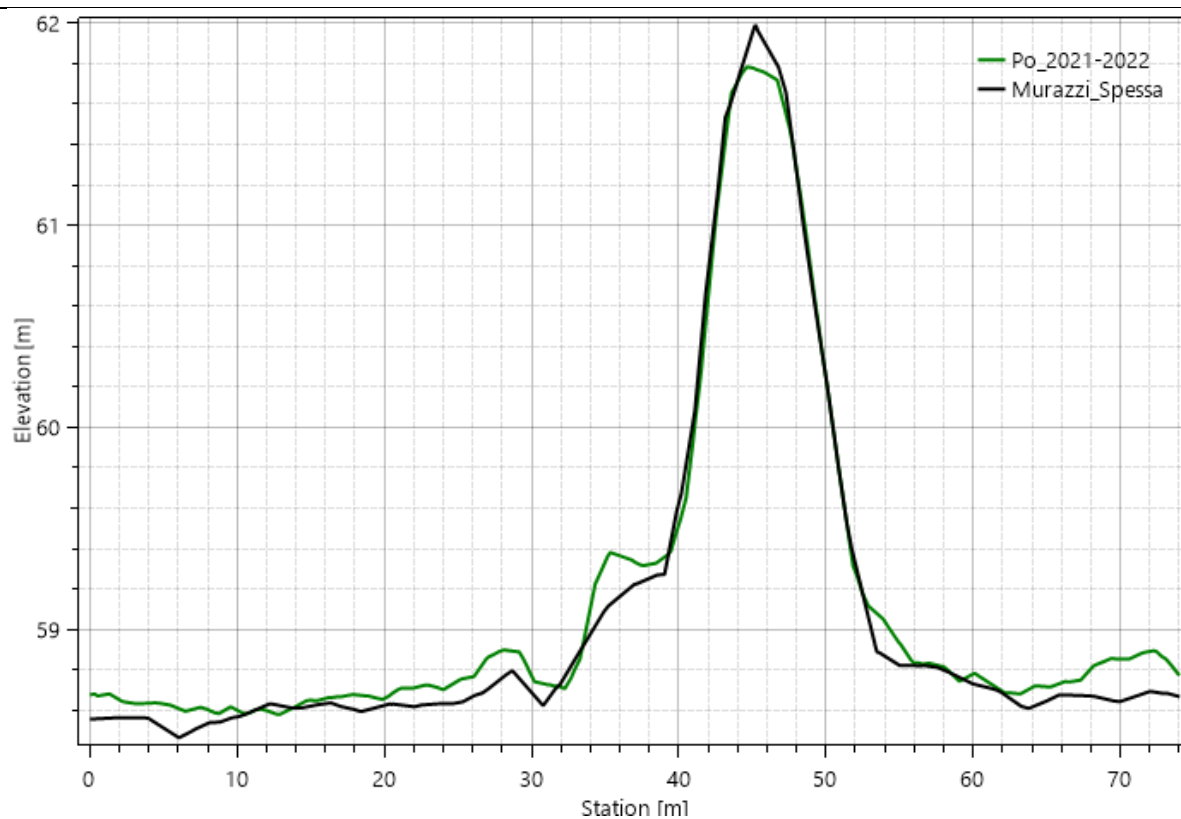
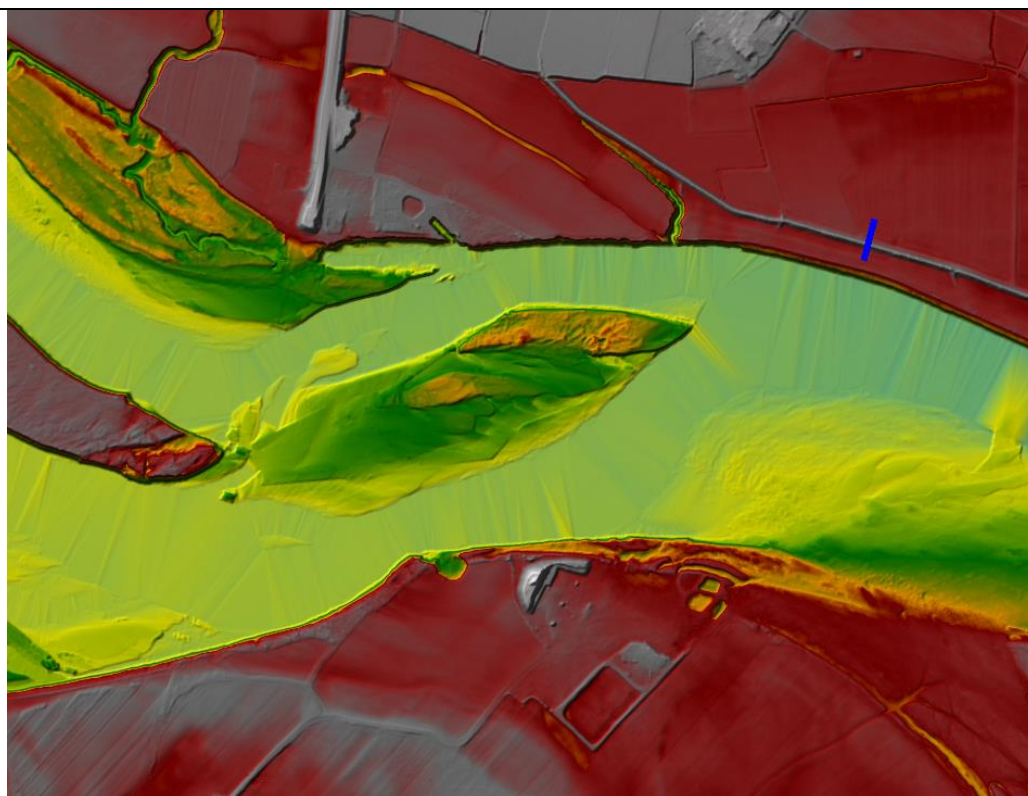


Figura 2.16 – Confronto DTM 2021-2022 e 2003-2004 (Murazzi_Spessa) in corrispondenza dell'argine golenale a foce Ticino

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.36
			Relazione idraulica generale	

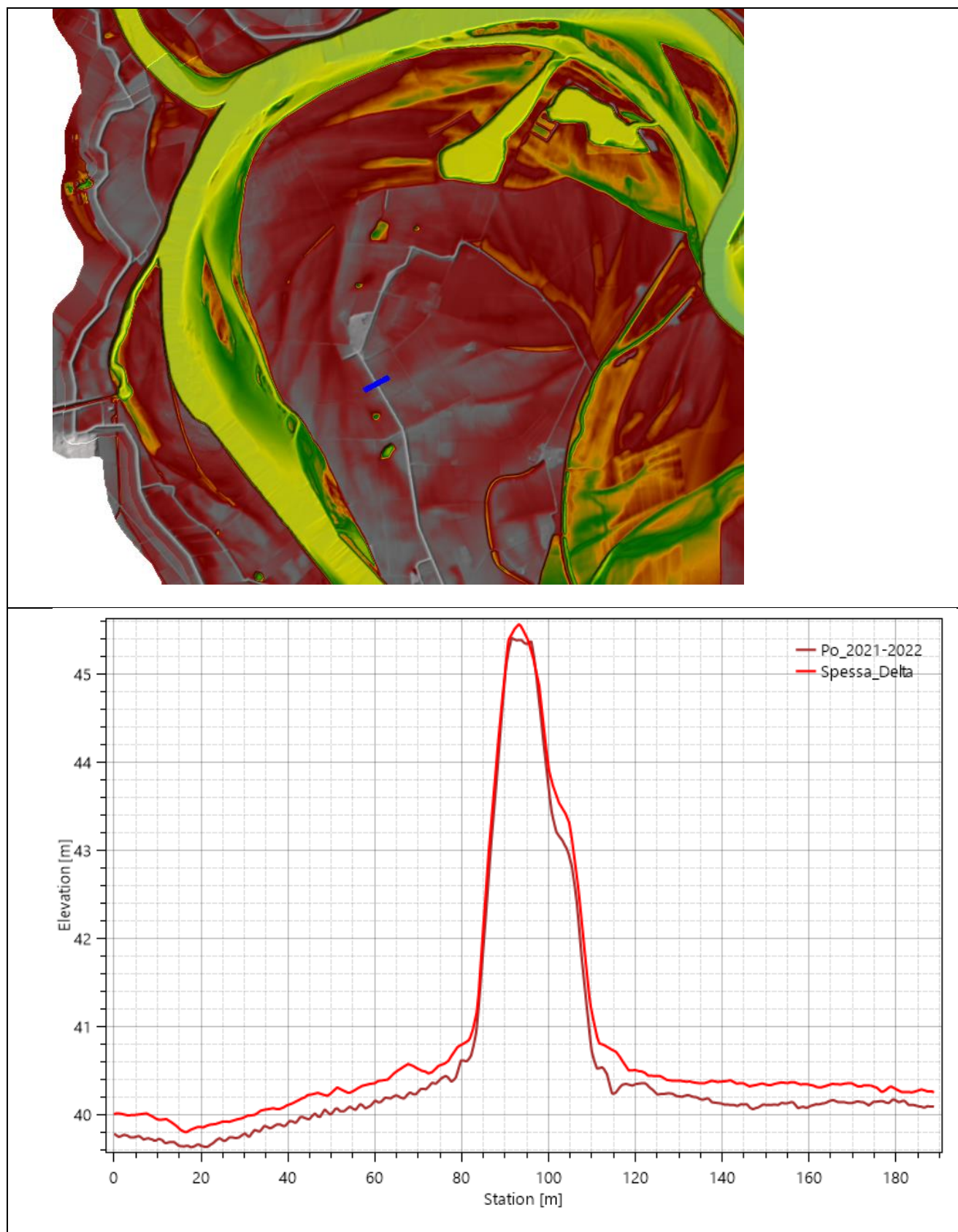


Figura 2.17 – Confronto DTM 2021-2022 e 2003-2004 (Murazzi_Spessa) in corrispondenza dell’argine golendale a Isola Serafini

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.37
			Relazione idraulica generale	

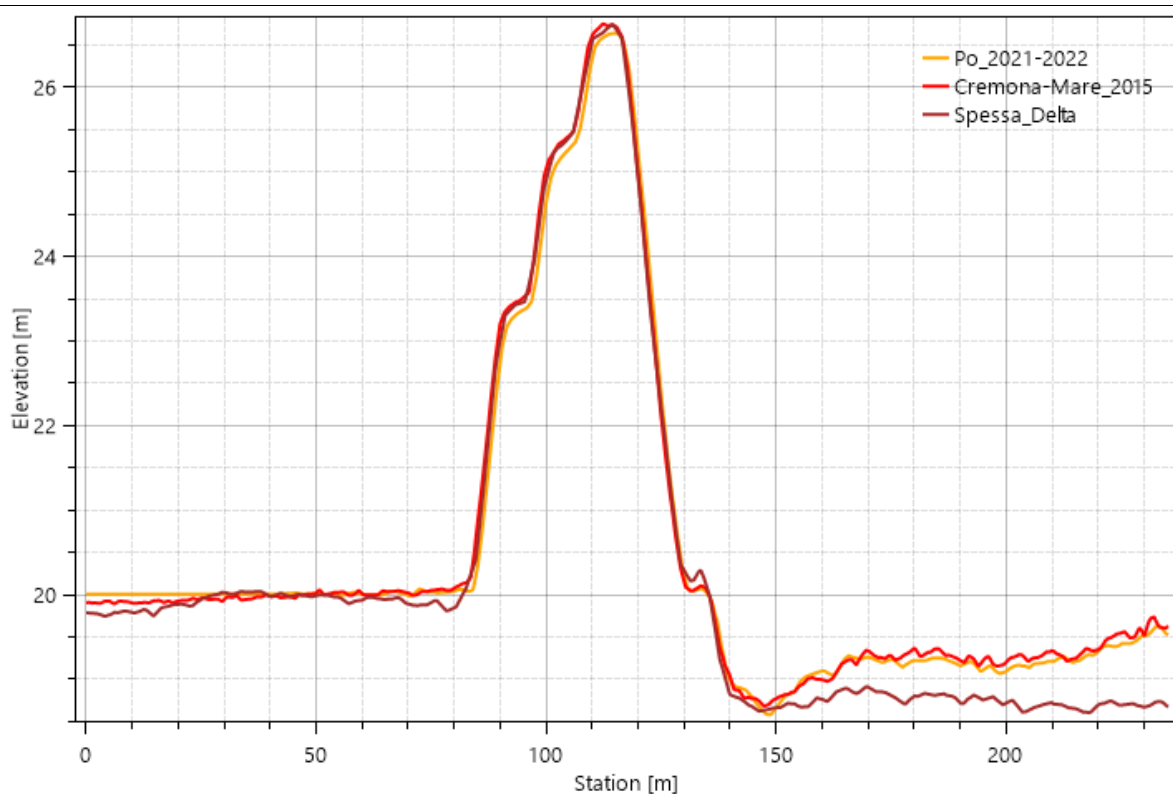
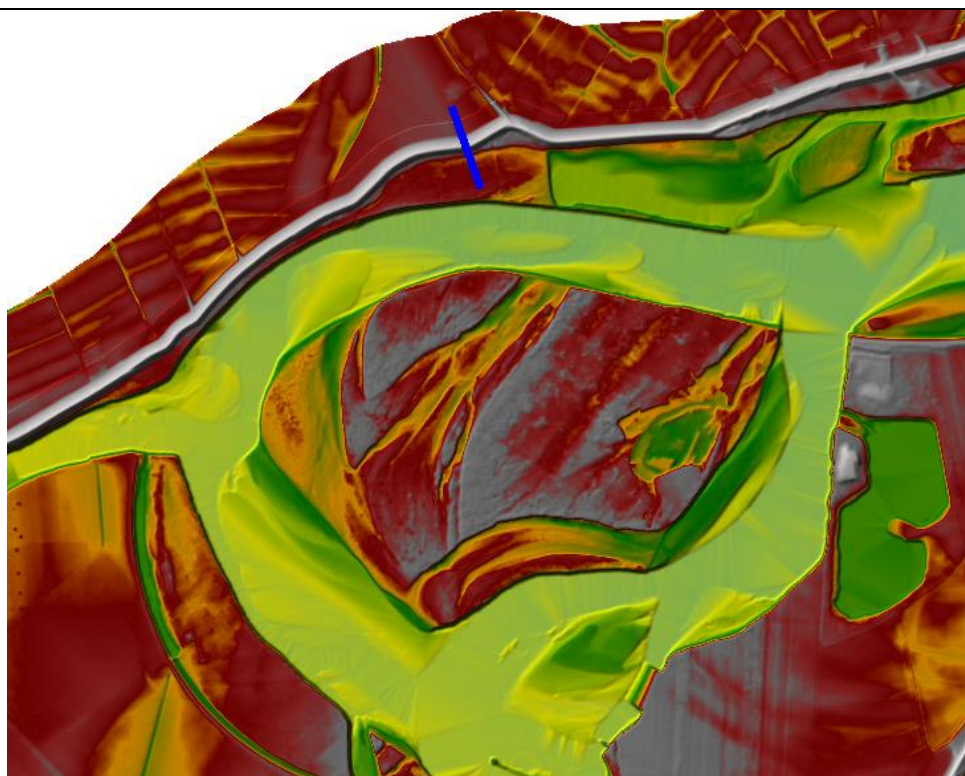


Figura 2.18 – Confronto DTM 2021-2022, DTM 2015 e 2003-2004 (Spessa_Delta) in corrispondenza dell'argine maestro a foce Oglio

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.38
			Relazione idraulica generale	

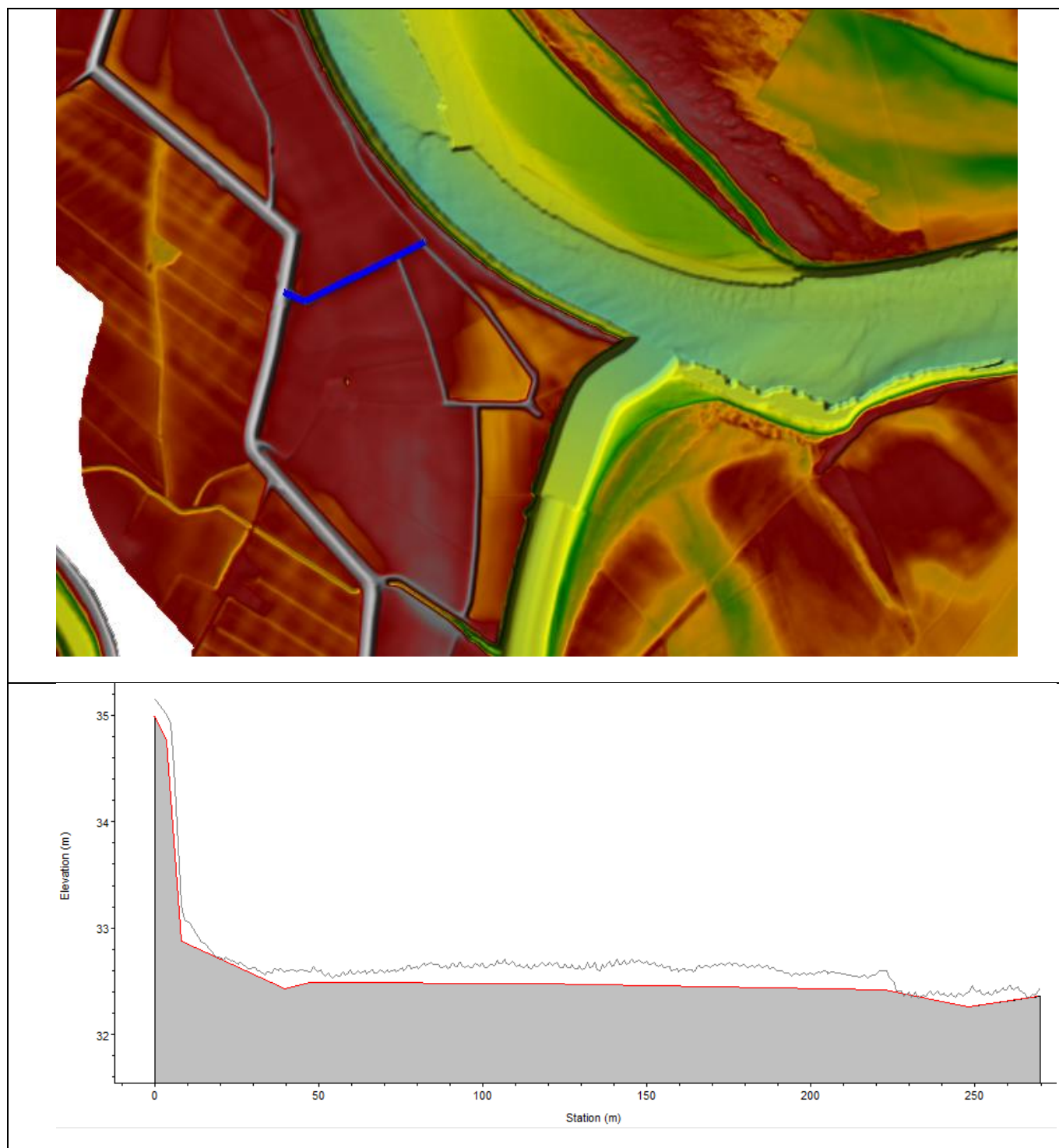


Figura 2.19 – Confronto DTM 2021-2022 e profili arginali 2014 (poligono pieno) in corrispondenza di un argine golenale in foce Taro

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.39
			Relazione idraulica generale	

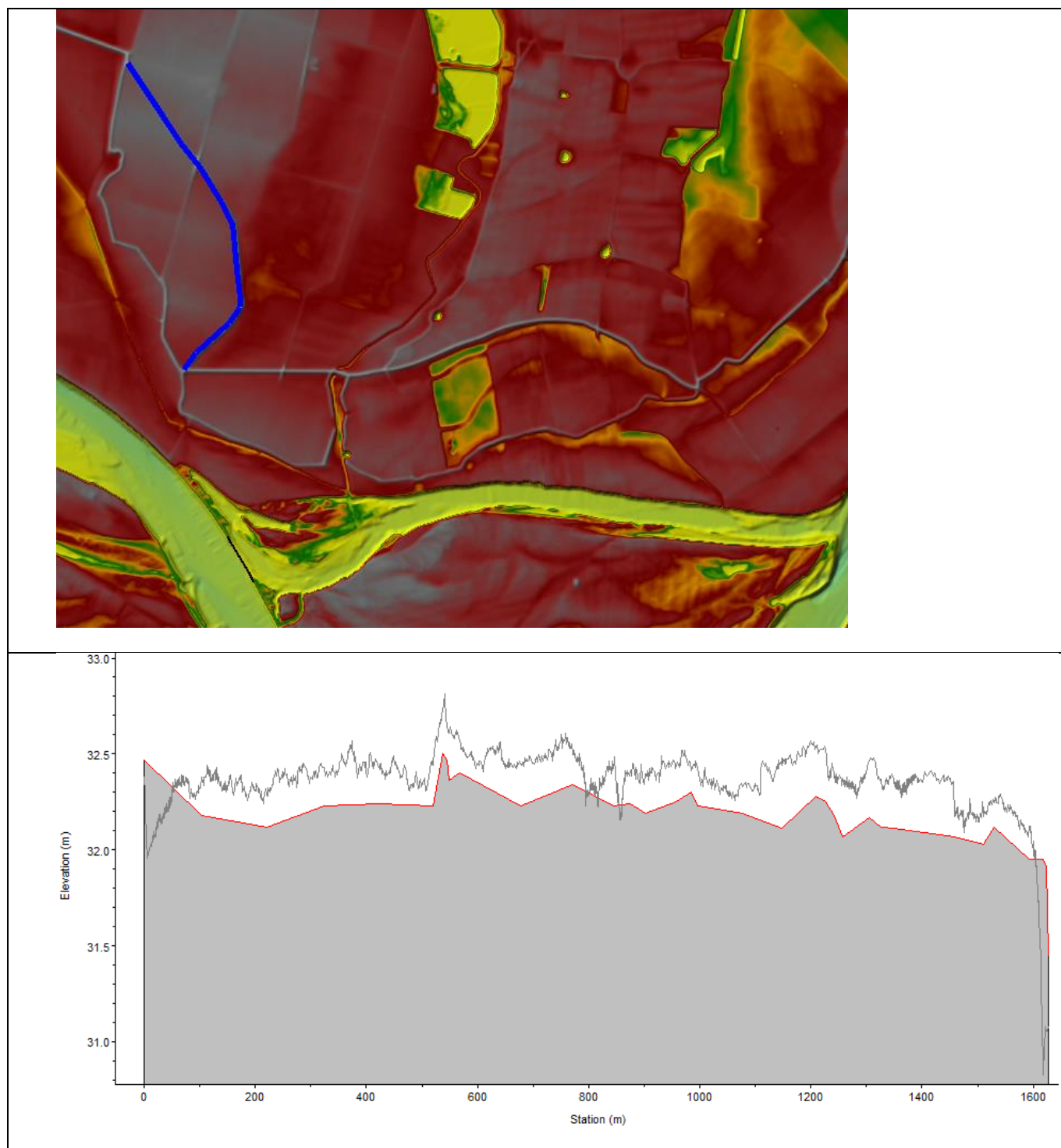


Figura 2.20 – Confronto DTM 2021-2022 e profili arginali 2014 (poligono pieno) in corrispondenza di un argine golenale della golenia chiusa S_013 (Gussola, CR)

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.40
			Relazione idraulica generale	

3. COSTRUZIONE DEL MODELLO

Il modello è stato realizzato con il codice di calcolo HEC-RAS 6.4.1² nella sua versione bidimensionale.

3.1. Dominio di calcolo

Il dominio di calcolo del modello complessivo è stato suddiviso tra la parte che copre gli alvei e le golene aperte (unico dominio) e le golene chiuse (un dominio per ogni gola o gruppo di golene chiuse).

Per i nomi dei domini delle golene chiuse sono stati utilizzati i nomi definiti nel rilievo dei profili arginali 2014. Per quelle non identificate nel suddetto rilievo, sono stati utilizzati dei nomi che ne identifichino la posizione (es. ConflTaro).

Il dominio alvei, golene aperte è risolto con le equazioni complete (Full Momentum).

Il dominio delle golene chiuse è risolto con le equazioni semplificate (Diffusion Wave).

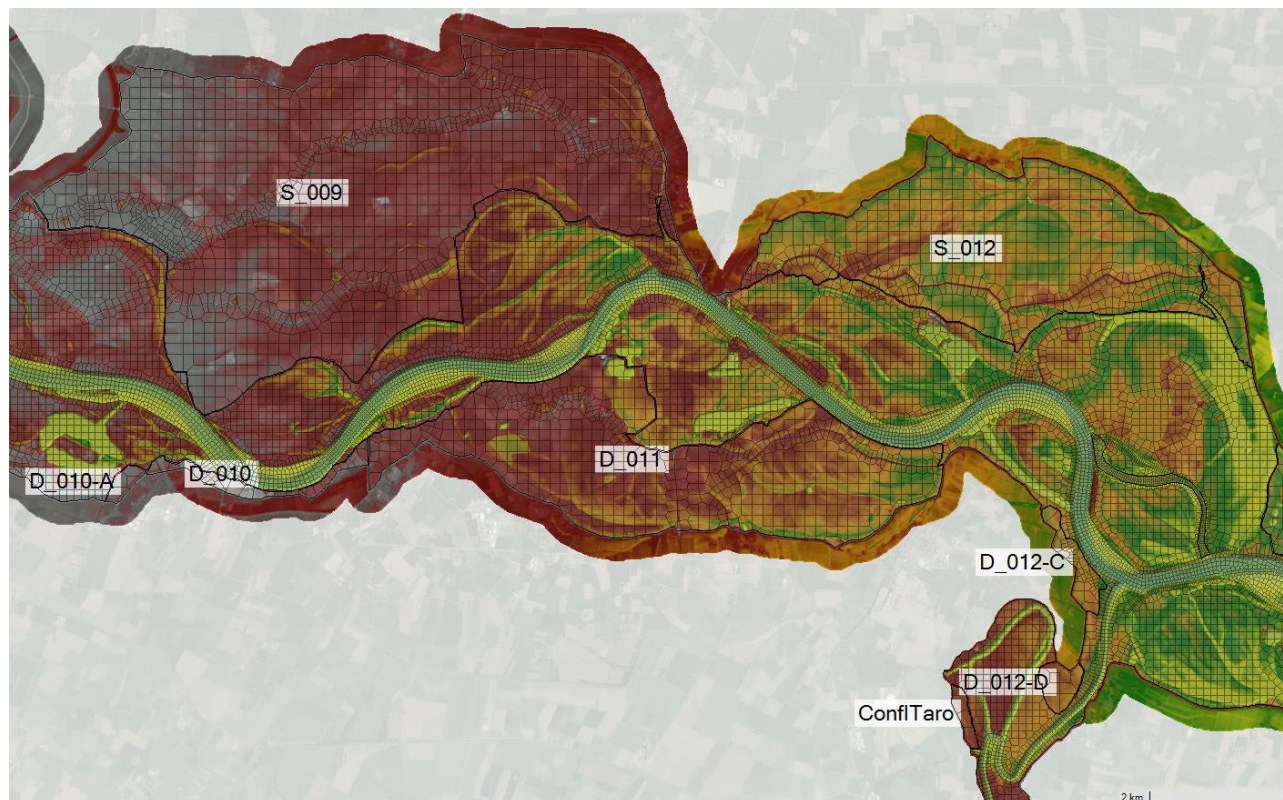


Figura 3.1 – Denominazione del dominio di calcolo delle golene chiuse

Il dominio di calcolo del modello complessivo è stato inizialmente suddiviso con una griglia di calcolo di 100×100 m, successivamente le celle di calcolo in corrispondenza dell'alveo sono state allineate con la direzione principale del flusso schematizzando l'alveo trasversalmente con 6-7 celle (come suggerito

² <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.41
			Relazione idraulica generale	

dall'HEC). Mediante l'utilizzo delle breaklines sono state definite tutte le discontinuità che influenzano la dinamica di deflusso (pennelli, argini, strade ecc.), Figura 2.12.

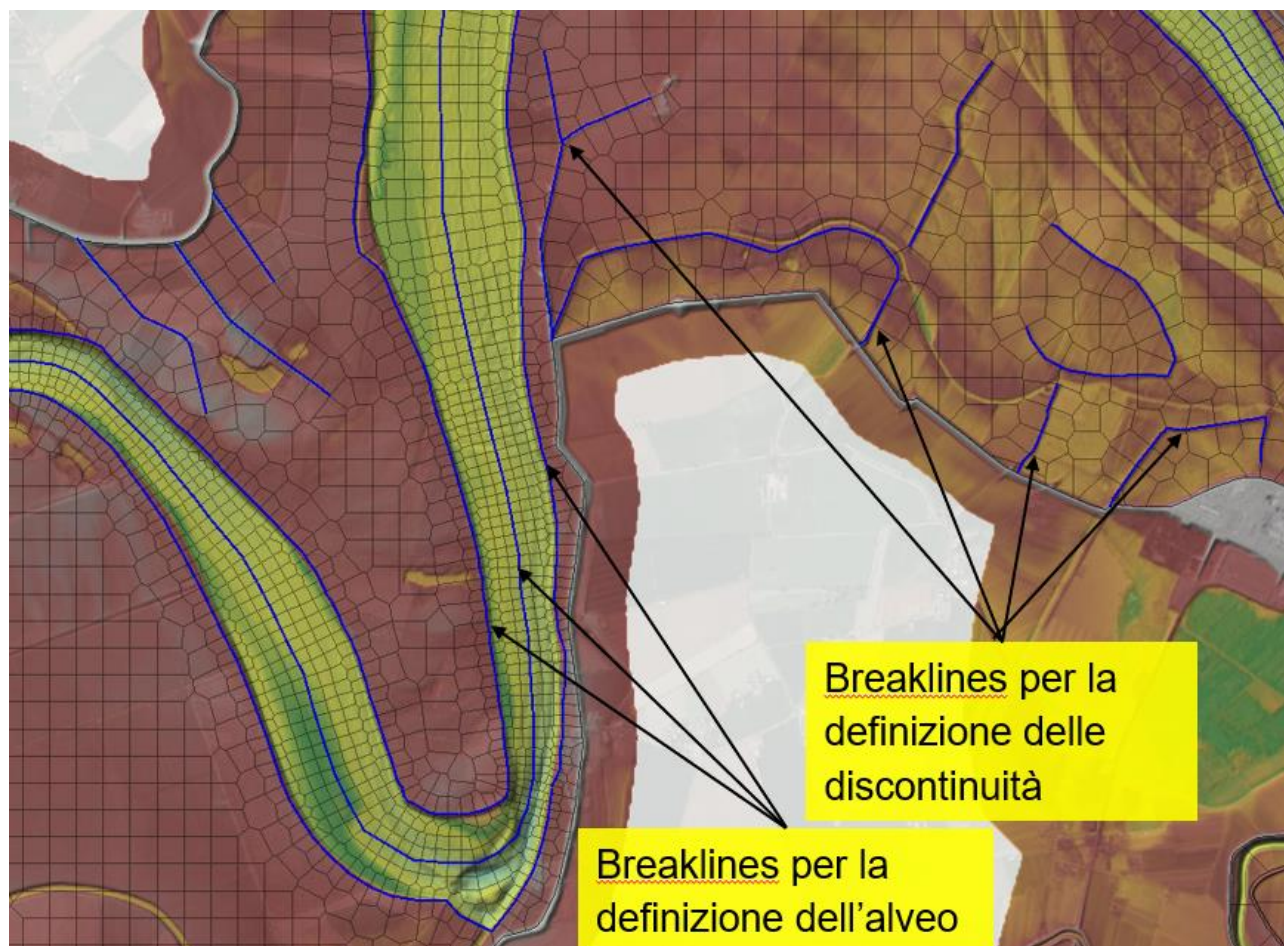


Figura 3.2 – Definizione della mesh mediante breaklines

Una delle peculiarità del codice di calcolo HEC-RAS nella sua versione bidimensionale è quella di considerare nel calcolo un'informazione topografica, che deriva dal DTM, più dettagliata rispetto alla griglia di calcolo che utilizza. Pur mantenendo un solo punto di calcolo all'interno di ogni cella della griglia e quindi calcolando un solo livello, il pre-processore del software determina, per ogni cella, sulla base del DTM sotteso dalla cella:

- la relazione livello-area di deflusso per ogni contorno di scambio tra 2 celle, che utilizza nella soluzione dell'equazione del moto;
- la relazione livello-volume invasato nella cella, che utilizza nella soluzione dell'equazione di continuità.

Pertanto, le discontinuità definite mediante breaklines, che impongono il contorno cella a posizionarsi esattamente, per esempio, sulla sommità di un pennello, fanno sì che il deflusso sopra al pennello avvenga solo quando il livello è superiore alla quota del pennello. Questa tecnica consente di schematizzare elementi più piccoli della dimensione della cella, purché siano definiti dal DTM.

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.42
			Relazione idraulica generale	

3.2. Definizione delle strutture

All'interno del dominio di calcolo sono presenti 3 tipi di strutture: argini golenali, ponti e traverse.

3.2.1. Argini golenali

La definizione degli argini golenali, di collegamento tra i vari domini o all'interno dello stesso dominio, è stata implementata attraverso il tool *SA/2D Connection*.

Se l'arginatura è presente nel rilievo AIPo profili arginali 2014, le quote di sfioro sono definite sulla base del rilievo e anche il nome è congruente con quello del rilievo **Gxx-Txx**.

Se l'arginatura non è presente nel rilievo, e quindi lo sfioro è derivato dal DTM, il nome indica che è derivato da DTM e la golena chiusa che collega (es. **DTM D_010**).

In tutti gli argini così definiti è possibile definire delle rotture durante le simulazioni.

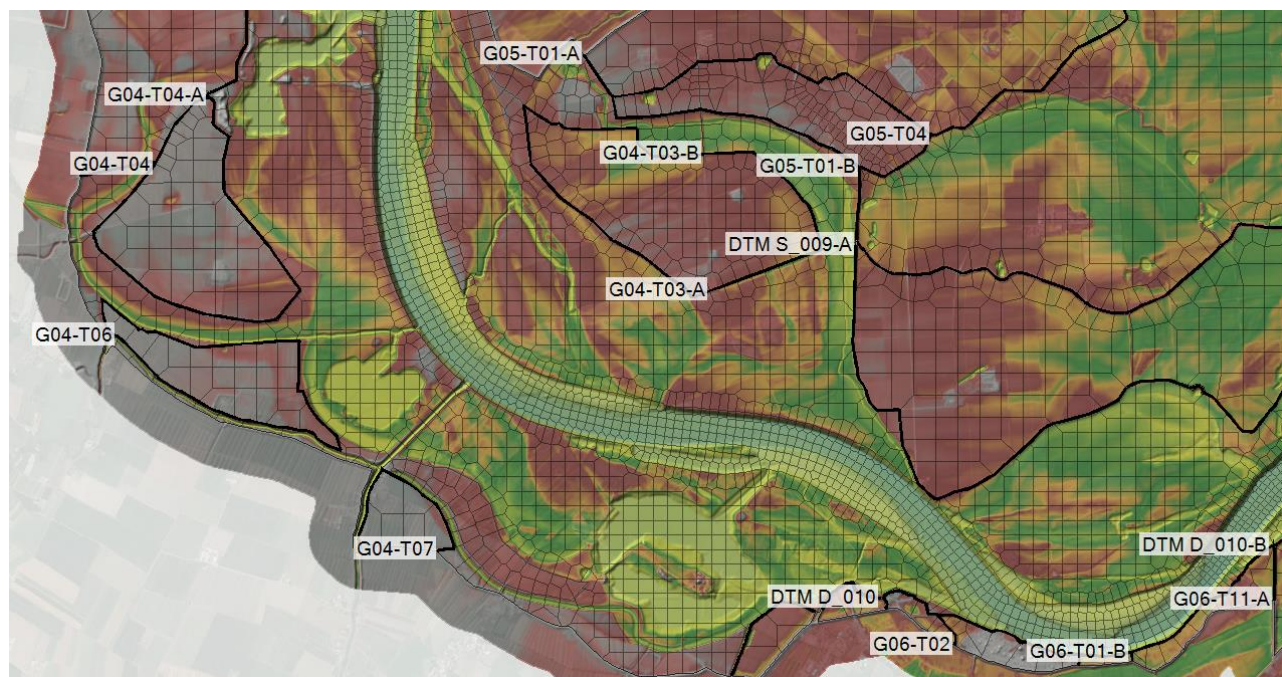


Figura 3.3 – Denominazione delle SA/2D Connection che definiscono le arginature golenali

3.2.2. Ponti

I ponti sono stati inseriti come SA/2D Connection Structure Type Bridge, dei ponti di cui è disponibile il rilievo sono stati inseriti quelli che maggiormente interferiscono con il deflusso. Di seguito l'elenco dei ponti inseriti nel modello:

- Ponte Balbis, Torino (sezione S06H)
- Ponte Isabella, Torino (sezione S06G)
- Ponte Umberto I, Torino (sezione S06F)
- Ponte Vittorio Emanuele I, Torino (sezione S06E)

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.43
			Relazione idraulica generale	

- Ponte Regina Margherita, Torino (sezione S06D) Idrometro Torino
- Ponte di Sassi, già ponte dei Principi di Piemonte, Torino (sezione S06C)
- Ponte Vecchio, San Mauro Torinese (sezione S05B2)
- Ponte SP92, Castiglione Torinese (sezione S05B1)
- Ponte FS Chivasso-Asti, San Sebastiano Po inserite pile approssimativamente
- Ponte di Crescentino, Verrua di Savoia (sezione S03B2) Idrometro
- Ponte SP32/SP7, Trino - Camino (sezione S03-1)
- Ponte SP455, Pontestura (sezione S02A1)
- Ponte SP31, Casale Monferrato (sezione S02-1) Idrometro
- Ponte FS, Casale Monferrato (sezione S01D2)
- Ponte di Ferro, Valenza (sezione S01A) Idrometro
- Ponte SS211, Pieve del Cairo – Isola S. Antonio (sezione S00B1) Idrometro

3.2.3. Traverse

Le traverse sono definite, nel modello, mediante le quote di sfioro imposte sul DTM e non come *weir*; l'inserimento della struttura potrebbe potenzialmente aumentare i tempi di calcolo, senza modificare in modo apprezzabile i livelli. Solitamente, definire la struttura sul DTM, anziché schematizzarla all'interno del modello come un *weir*, comporta livelli leggermente più bassi immediatamente a monte della struttura. Ovviamente servirebbero delle misure specifiche per riuscire a calibrare i coefficienti di un eventuale *weir*.

Devono, peraltro, essere definite come weir, le strutture che presentano argani mobili la cui apertura/chiusura viene regolata in funzione dei livelli raggiunti a monte del manufatto (si pensi alle fasi di piena), con regole più o meno fisse e quindi implementabili nel modello.

Di seguito sono descritte le traverse con organi mobili definite all'interno del modello.

Traversa La Loggia

La traversa di La Loggia deriva in sinistra idraulica portate utilizzate per il raffreddamento della centrale termoelettrica di Moncalieri.

Le paratoie sono regolate in modo da mantenere, finché possibile, un livello a monte pari a 222.50 m s.m.m., regola che è stata inserita nel modello mediante *Rules*. Non è stata considerata la derivazione.

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.44
			Relazione idraulica generale	

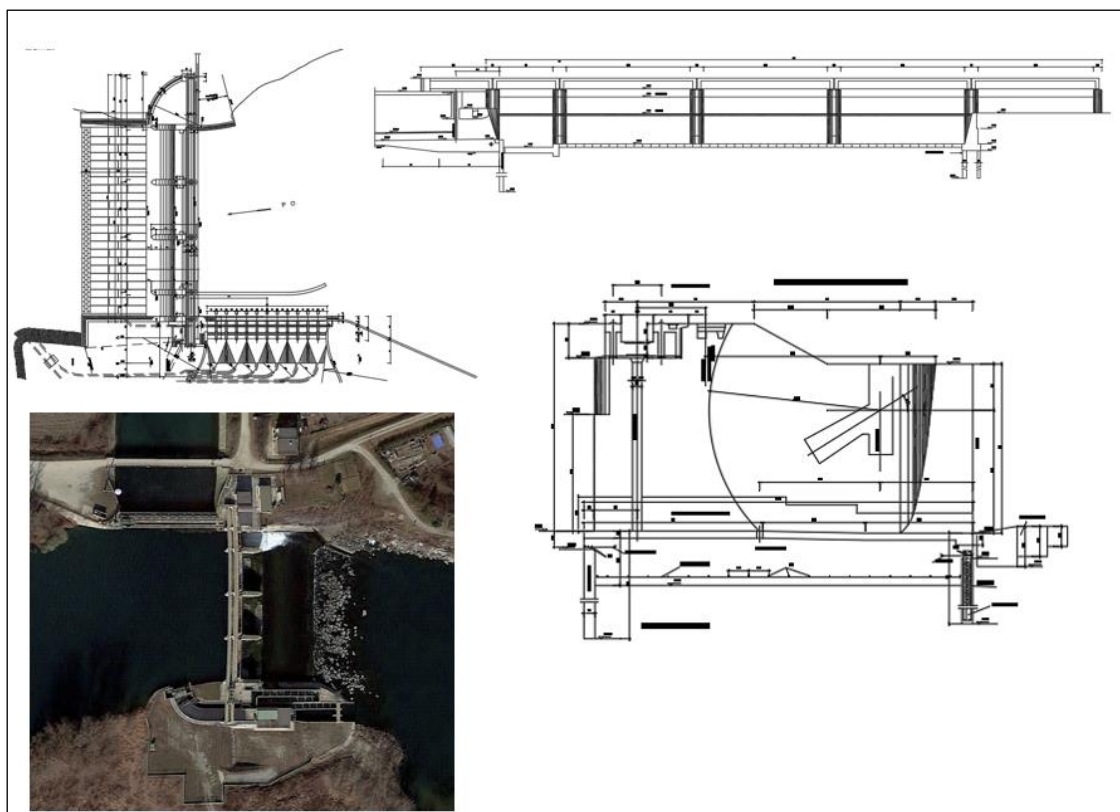


Figura 3.4 – Traversa di derivazione a La Loggia (TO)

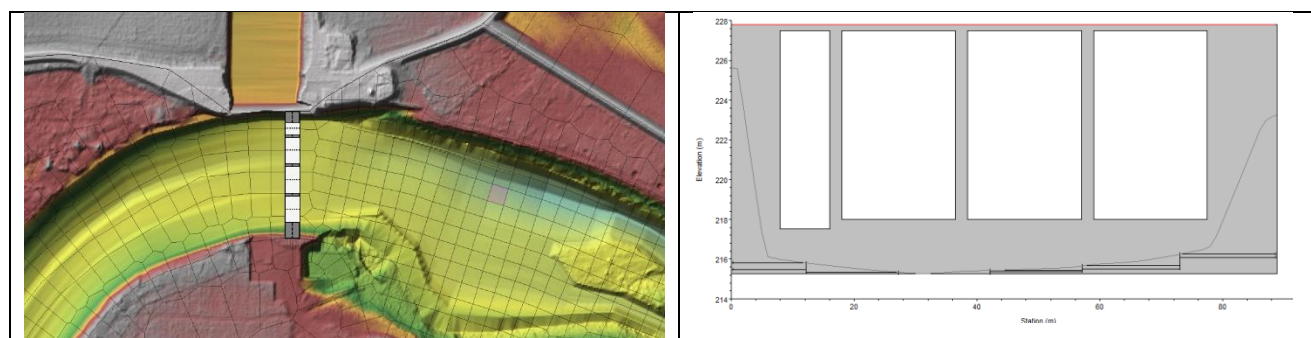


Figura 3.5 – Schematizzazione della traversa di La Loggia all'interno del modello

Ponte Traversa del Pascolo

La traversa del Pascolo deriva in sinistra per alimentare la centrale idroelettrica Bertolla.

Le paratoie sono regolate in modo da mantenere, finché possibile, un livello a monte pari a 209.80 m s.m.m., regola che è stata inserita nel modello mediante *Rules*. Non è stata considerata la derivazione.

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.45
			Relazione idraulica generale	

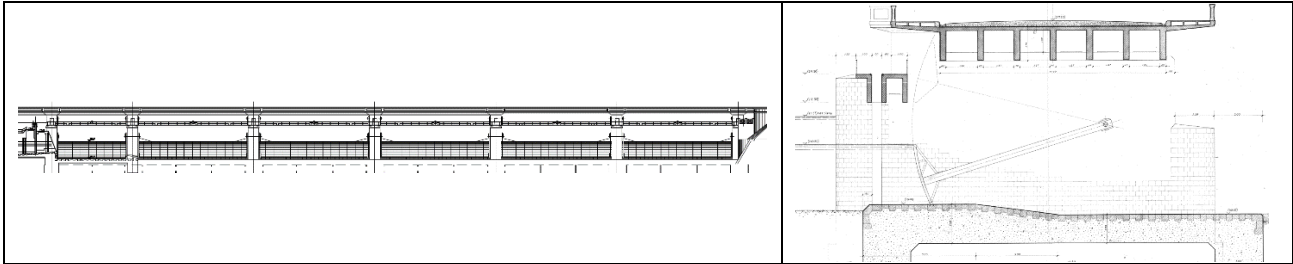


Figura 3.6 – Ponte Traversa del Pascolo

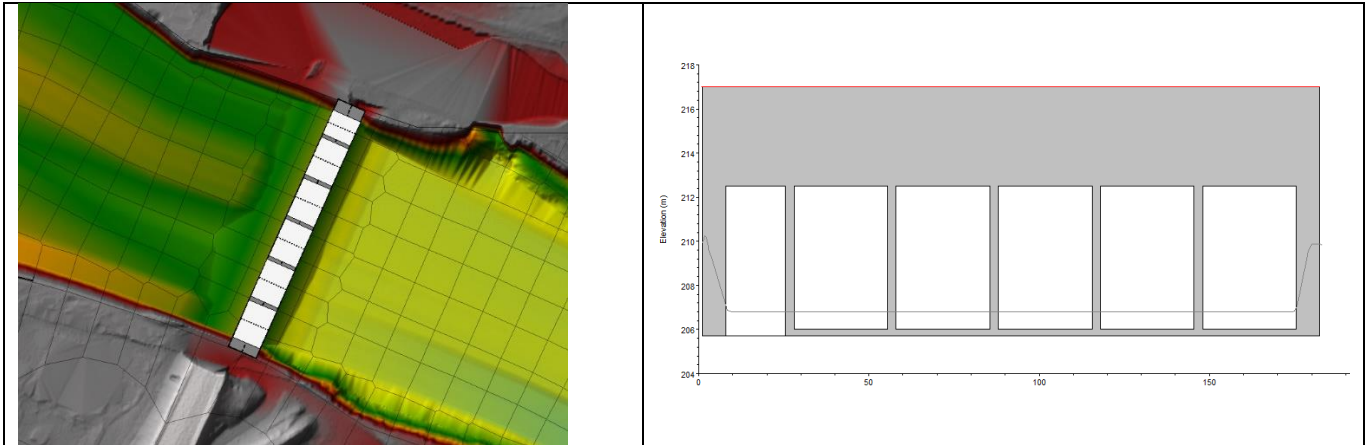


Figura 3.7 – Schematizzazione della traversa del Pascolo all’interno del modello

Traversa San Mauro Torinese

La traversa di San Mauro Torinese deriva in destra per alimentare la centrale idroelettrica di Cimena.



Figura 3.8 – Traversa a San Mauro Torinese

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.46
			Relazione idraulica generale	

Le paratoie sono regolate in modo da mantenere, finché possibile, un livello a monte pari a 201.90 m s.m.m., regola che è stata inserita nel modello mediante *Rules*. Non è stata considerata la derivazione.

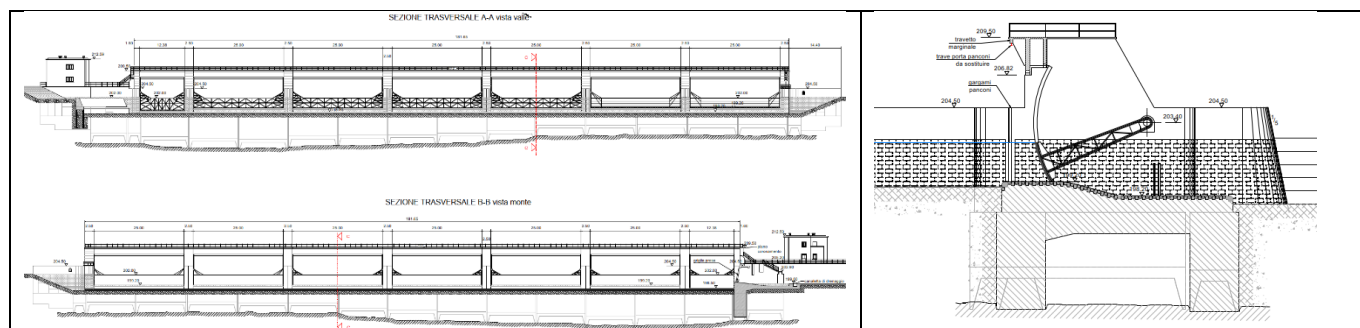


Figura 3.9 – Traversa di derivazione a San Mauro Torinese

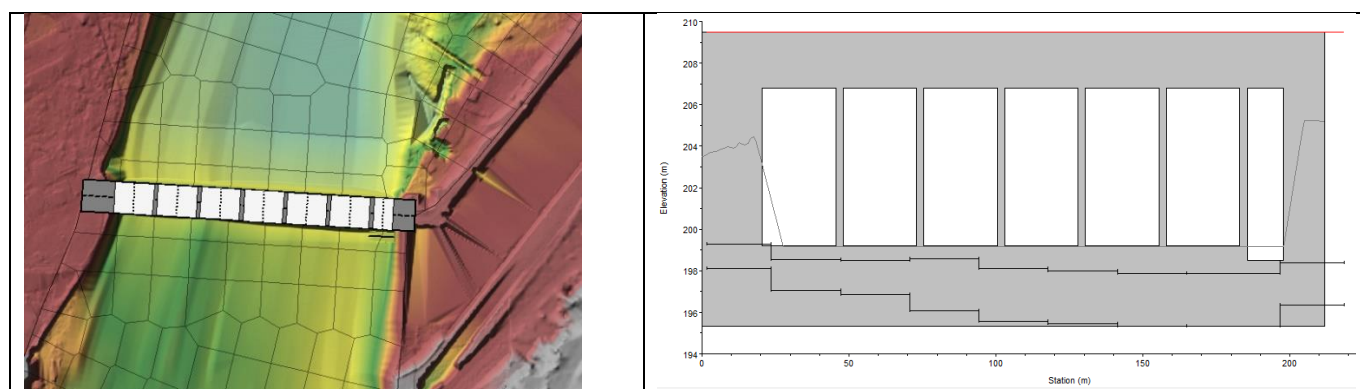


Figura 3.10 – Schematizzazione della traversa di San Mauro Torinese all'interno del modello

Traversa Isola Serafini

La traversa di Isola Serafini deriva in destra per alimentare la centrale idroelettrica che sfrutta il salto idraulico tra monte e valle del meandro in cui confluisce il fiume Adda.

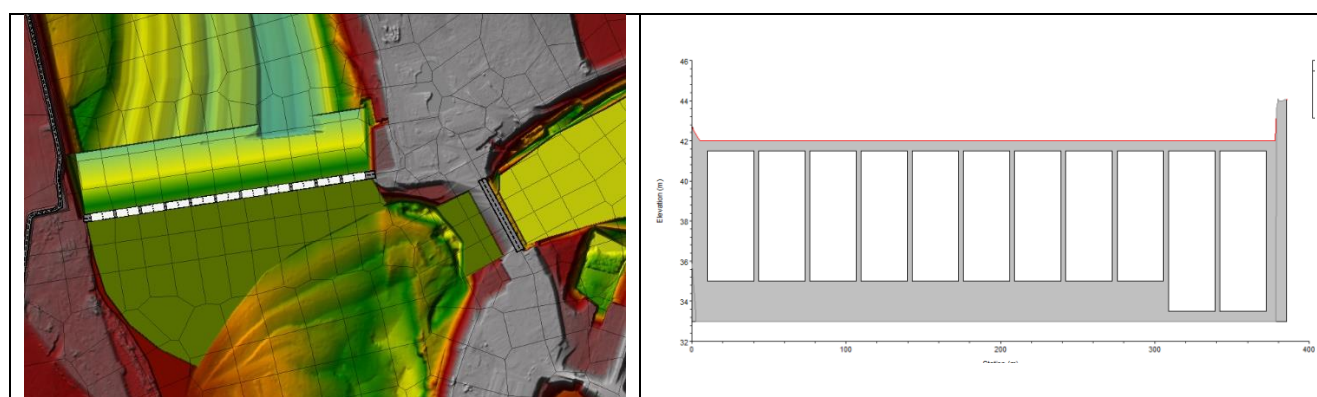


Figura 3.11 - Schematizzazione della traversa di Isola Serafini all'interno del modello

Le regole imposte, mediante *Rules* di RAS, al modello sono:

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.47
			Relazione idraulica generale	

- La centrale deriva $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ finché la portata a monte è inferiore $2500 \text{ m}^3/\text{s}$ poi viene chiusa. Per portate a monte inferiori a $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ si considera di derivarne il 90%;
- La struttura di regolazione mantiene, finché possibile, il livello a monte a quota costante 41.00 m s.m.m. Nella regola è possibile attivare anche la totale apertura delle paratoie al di sopra di una portata definita.

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.48
			Relazione idraulica generale	

4. CALIBRAZIONE DEL MODELLO

Per la calibrazione il modello complessivo è stato suddiviso in tratti, sia per rendere più gestibili le simulazioni in termini di tempo di calcolo, sia per poter utilizzare come portate di input sull'asta Po le portate stimate da ARPA e quindi non accumulare gli inevitabili errori di stima del modello. Le simulazioni con modello complessivo sono poi state realizzate con le scabrezze definite nella fase di calibrazione dei diversi tratti (paragrafo 4.9).

La suddivisione in tratti è la seguente:

- **Carignano – S. Mauro Torinese**
- **Torino – Valenza**
- **Casale Monferrato – SS35** (circa 10 km a monte di ponte Becca)
- **Isola S. Antonio – Piacenza**
- **Spessa – Borgoforte**
- **Boretto – Pontelagoscuro (2D) – Delta (1D)**
- **Boretto – Revere (2D) – Delta (1D)**

Il primo tratto non parte da Casalgrasso non essendoci un idrometro, per cui la portata dovrebbe essere stimata sulla base degli idrometri di Villafranca (Po), Villafranca (Pellice) e Polonghera (Varaita). Nella fase di calibrazione si è preferito partire dall'idrometro di Carignano, assegnando poi al tratto di monte le scabrezze definite nel modello 1D di FEWS.

Il modello è stato calibrato sulle seguenti piene:

- Maggio 2013
- Novembre-Dicembre 2014
- Novembre 2016
- Novembre 2018
- Novembre 2019

La taratura è avvenuta principalmente sull'evento 2016 nel tratto piemontese, dove la piena ha fatto registrare i valori al colmo più elevati degli ultimi 20 anni. Nel tratto emiliano-lombardo si è invece considerata principalmente la piena del novembre 2019 che ha fatto registrare i massimi livelli degli ultimi 20 anni nel tratto Spessa-Casalmaggiore e con valori di poco inferiori a quelli della piena 2014 nel tratto più a valle.

I risultati dei modelli sono stati verificati sulla base dei valori rilevati agli idrometri di:

- Carignano
- Moncalieri
- Torino ponte Regina Margherita
- S. Sebastiano Po
- Crescentino

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.49
			Relazione idraulica generale	

- Casale Monferrato
- Valenza
- Isola S. Antonio
- Casei Gerola
- Ponte Becca
- Spessa
- Piacenza
- Cremona
- Isola Pescaroli
- Casalmaggiore
- Boretto
- Borgoforte
- Sermide
- Ficarolo
- Pontelagoscuro

Per le piene 2014, 2016 e 2019 sono disponibili anche i picchettamenti effettuati sulle tracce di piena rilevate sulle arginature post-evento. Ovviamente tali informazioni hanno un'attendibilità inferiore alle misurazioni fatte agli idrometri, essendo stime a posteriori, ed infatti in alcuni casi i livelli rilevati sono in contraddizione tra loro, ma rimangono importanti informazioni utili alla calibrazione dei modelli.

La calibrazione è avvenuta modificando principalmente i valori di scabrezza in alveo; le zone golenali sono state suddivise, sulla base delle immagini satellitari, in quattro categorie. La copertura delle golene chiuse non è stata particolarmente dettagliata, la dinamica del loro riempimento è dettata essenzialmente dallo sfioro sopra le arginature golenali.

4.1. Definizione delle portate per la calibrazione del modello

Per la definizione delle portate sull'asta di Po si è fatto riferimento agli idrometri sopra menzionati, ad eccezione di:

- Casei Gerola
- Ponte Becca
- Isola Pescaroli
- Casalmaggiore

in cui ARPA fornisce solo i livelli ma non le portate.

Nei sottomodelli è stato considerato solo il dominio 2D, per cui, in alcuni casi, le portate degli affluenti sono state traslate, con i modelli FEWS, fino alla sezione di inizio del dominio 2D. I corsi d'acqua considerati sono:

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.50
			Relazione idraulica generale	

- **Banna:** sono state considerate le portate definite da ARPA Piemonte all'idrometro di Santena, traslandole temporalmente di 1 ora (il Banna non è schematizzato nel dominio 2D; la portata è considerata come condizione al contorno interna all'alveo di Po).
- **Chisola:** sono state considerate le portate definite da ARPA Piemonte all'idrometro di La Loggia per gli eventi 2013 e 2014; per gli eventi 2016, 2018 e 2019, mancando i dati ARPA, sono stati considerati i risultati di FEWS.
- **Sangone:** sono state considerate le portate definite da ARPA Piemonte all'idrometro di Torino per gli eventi 2013 e 2014; per gli eventi 2016, 2018 e 2019, mancando i dati ARPA, sono stati considerati i risultati di FEWS.
- **Dora Riparia:** sono state considerate le portate definite da ARPA Piemonte all'idrometro di Torino.
- **Stura di Lanzo:** sono state considerate le portate definite da ARPA Piemonte all'idrometro di Torino.
- **Malone:** le portate definite da ARPA Piemonte all'idrometro di Brandizzo sono state ritenute sovrastimate e sono stati considerati i risultati di FEWS.
- **Orco:** traslazione, con modello FEWS, delle portate definite da ARPA Piemonte all'idrometro di S. Benigno fino alla sezione ingresso modello 2D.
- **Dora Baltea:** sono state considerate le portate definite da ARPA Piemonte all'idrometro di Verolengo.
- **Sesia:** traslazione, con modello FEWS, delle portate definite da ARPA Piemonte all'idrometro di Palestro fino alla sezione ingresso modello 2D.
- **Tanaro:** traslazione, con modello FEWS, delle portate definite da ARPA Piemonte all'idrometro di Montecastello fino alla sezione ingresso modello 2D. Nella traslazione come livelli a valle sono stati considerati i livelli di Po definiti con una correlazione lineare, desunta dai risultati FEWS, tra i livelli registrati all'idrometro di Isola S. Antonio e quelli alla confluenza del Tanaro.
- **Scrivia:** sono state considerate le portate definite da ARPA Piemonte all'idrometro di Guazzora.
- **Agogna:** traslazione, con modello FEWS, dei valori all'idrometro di Lomello, fino alla sezione ingresso modello 2D. Nella traslazione come livelli a valle sono stati considerati i livelli di Po all'idrometro di Casei Gerola. ARPA Lombardia fornisce i valori di portata solo per l'evento del 2013. Sulla base dei valori della piena 2013 è stata definita una scala di deflusso con cui si sono definite le portate per gli eventi 2014, 2016 e 2018 sulla base dei livelli registrati. Per l'evento 2019 i livelli non sono disponibili, per cui sono stati utilizzati i risultati FEWS.
- **Staffora:** traslazione, con modello FEWS, delle portate definite da ARPA Lombardia all'idrometro di Voghera fino alla sezione ingresso modello 2D. Per l'evento del 2019 ARPA non ha definito le portate che sono state quindi valutate a partire dai livelli registrati costruendo una scala di deflusso basata sull'evento del 2018.
- **Ticino:** è stata definita una scala di deflusso all'idrometro di Vigevano sulla base del modello FEWS, calcolando le portate sulla base dei livelli registrati all'idrometro. È stata verificata la congruenza con le portate alla Miorina. Traslazione con modello FEWS fino a Pavia, sezione di ingresso al modello 2D, considerando come condizione al contorno di valle livello all'idrometro di Becca. Sono stati verificati i livelli in corrispondenza dell'idrometro di Pavia.

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.51
			Relazione idraulica generale	

- **Lambro:** l'idrometro di Orio Litta di ARPA Lombardia risulta rigurgitato durante le piene di Po, pertanto sono stati utilizzati i risultati di FEWS. Per l'evento del 2014 i risultati di FEWS forniscono una portata al picco superiore a quella definita da ARPA.
- **Trebbia:** traslazione, con modello FEWS, delle portate definite da ARPA Emilia-Romagna all'idrometro di Rivergaro fino alla sezione ingresso modello 2D.
- **Nure:** traslazione, con modello FEWS, delle portate definite da ARPA Emilia-Romagna all'idrometro di Pontenure fino alla sezione ingresso modello 2D.
- **Adda:** è stata definita una scala di deflusso all'idrometro di Pizzighettone a partire dal modello FEWS, calcolando le portate sulla base dei livelli registrati all'idrometro. Le portate così definite sono state traslate con modello FEWS. Nella traslazione come livelli a valle sono stati considerati i livelli di Po definiti con una correlazione lineare, desunta dai risultati FEWS, tra i livelli registrati all'idrometro di Cremona e quelli alla confluenza Adda.
- **Taro:** l'idrometro di San Secondo risulta rigurgitato da Po (cfr. Figura) e quindi non affidabile. È stata definita una scala di deflusso all'idrometro di Parma Ovest sulla base del modello RAS di FEWS. Con la scala di deflusso definita sono state calcolate le portate per gli eventi 2013, 2014 e 2019. Per gli eventi 2016 e 2018 i livelli misurati non risultano affidabili, per cui sono stati utilizzati i risultati di FEWS. **Stirone:** è stata definita una scala di deflusso all'idrometro di Castellina Soragna, tarando il modello RAS sulle misure di ARPA Emilia-Romagna, e quindi convertendo le misure di livello registrati in portate. Le portate di Taro e Stirone sono state traslate con modello FEWS fino alle sezioni di ingresso al modello 2D. Nella traslazione come livelli a valle sono stati considerati i livelli di Po definiti con una correlazione lineare, desunta dai risultati FEWS, tra i livelli registrati all'idrometro di Casalmaggiore e quelli alla confluenza Taro.
- **Parma:** traslazione, con modello FEWS, delle portate definite da ARPA Emilia-Romagna all'idrometro di Ponte Verdi fino alla sezione ingresso modello 2D, considerando come condizione al contorno di valle i livelli alla confluenza in Po calcolati con funzione lineare dei livelli registrati all'idrometro di Casalmaggiore.
- **Enza:** è stata definita una scala di deflusso all'idrometro di Sorbolo sulla base del modello FEWS, calcolando le portate sulla base dei livelli registrati all'idrometro. Con il modello FEWS sono state traslate le portate fino alla sezione in ingresso modello 2D, considerando come condizione al contorno di valle il livello alla confluenza in Po calcolato con funzione lineare dei livelli registrati all'idrometro di Boretto.
- **Oglio:** sono state utilizzate le portate definite da ARPA Lombardia all'idrometro di Ostiano. Le portate non sono definite per gli eventi 2013 e 2014 e sono state definiti sulla base dei livelli registrati e della scala di deflusso ottenuta sui valori della piena 2018. **Chiese,** sono state utilizzate le portate definite da ARPA Lombardia all'idrometro di Asola Idro. Le portate sono state traslate, con modello FEWS, fino alla sezione ingresso modello 2D, considerando come condizione al contorno di valle il livello alla confluenza in Po con funzione lineare dei livelli registrati all'idrometro di Borgoforte.
- **Secchia:** traslazione, con modello FEWS, delle portate definite da ARPA Emilia-Romagna all'idrometro di Ponte Bacchello fino alla sezione ingresso modello 2D, considerando come condizione al contorno di valle i livelli alla confluenza in Po calcolati con funzione lineare dei livelli registrati all'idrometro di Borgoforte.
- **Panaro:** traslazione, con modello FEWS, delle portate definite da ARPA Emilia-Romagna

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.52
			Relazione idraulica generale	

all'idrometro di Bomporto fino alla sezione ingresso modello 2D, considerando come condizione al contorno di valle i livelli alla confluenza in Po calcolati con funzione lineare dei livelli registrati all'idrometro di Ficarolo.

Le portate degli altri affluenti sono state ritenute trascurabili ai fini della piena di Po.

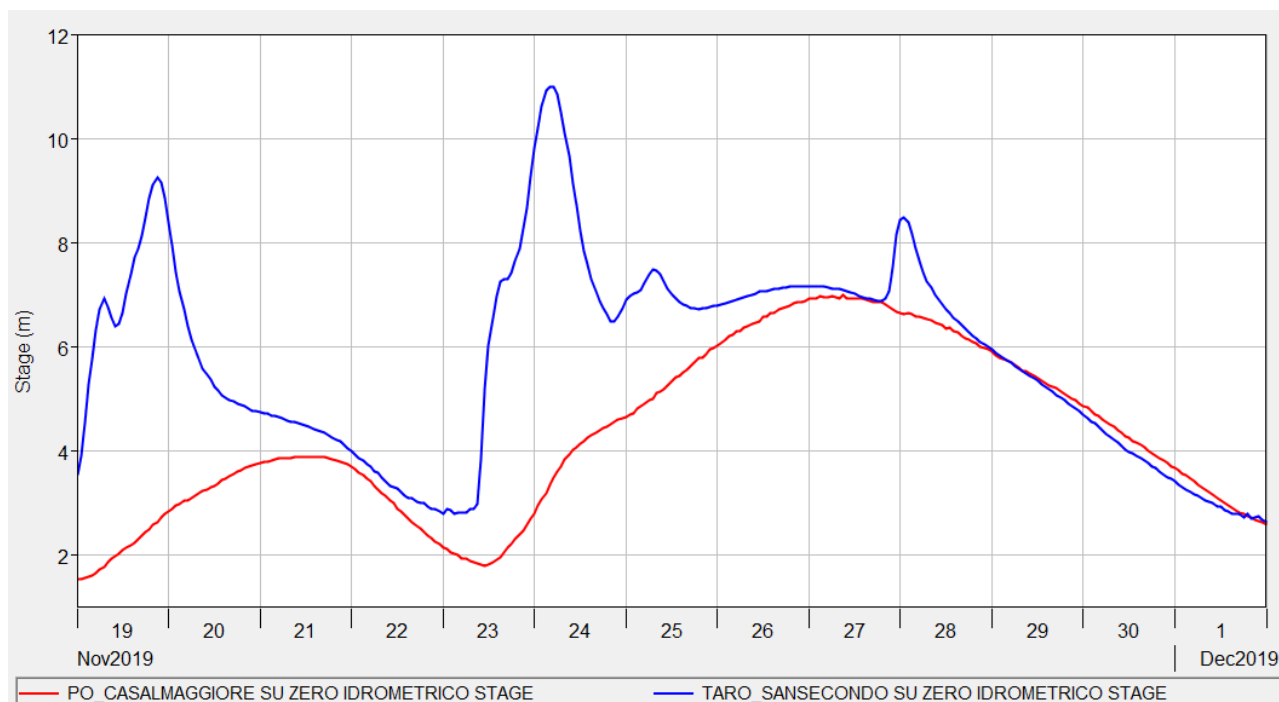


Figura 4.1 – Confronto dei livelli, su zero idrometrico, del Po a Casalmaggiore e del Taro a San Secondo per la piena del 2019. Risulta evidente l'effetto di rigurgito all'idrometro di San Secondo della piena di Po

4.2. Tratto Carignano – S. Mauro Torinese

Nel tratto considerato sono presenti gli idrometri di:

- Carignano
- Moncalieri
- Torino ponte Regina Margherita

Gli affluenti nel tratto sono:

- Banna
- Chisola
- Sangone
- Dora Riparia
- Stura di Lanzo

Come input è stato considerato l'idrogramma definito da ARPA Piemonte all'idrometro di Carignano

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.53
			Relazione idraulica generale	

mentre gli affluenti sono stati definiti come descritto nel paragrafo 4.1.

Nell'evento 2019 è stata effettuata delle riduzioni nelle portate del Chisola per meglio rappresentare le portate stimate a Moncalieri. È stato applicato un coefficiente di riduzione pari a 0,5.

4.2.1. Idrometro di Carignano

L'idrometro di Carignano è la condizione di monte del modello, per cui le portate sono esattamente quelle definite da ARPA Piemonte.

Nella Tabella 4-1 sono sintetizzati i risultati per i livelli al colmo delle piene considerate. Il modello a Carignano sovrastima i colmi di oltre 30 cm, tranne che per la piena 2016 in cui il livello è sottostimato di circa 30 cm. Dai grafici seguenti si nota come il modello sottostimi i livelli fino alla quota di circa 224.5 m s.m.m. (corrispondente a circa 300 m³/s) per sovrastimarli sopra questa soglia. L'evento 2016, per cui si ha la sottostima al colmo, è il più gravoso registrato, con una portata al colmo di circa 1000 m³/s in più rispetto al secondo evento che è quello del 2019.

Tabella 4-1 - Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Carignano

Piena	Misurato [m s.m.m.]	Calcolato [m s.m.m.]	Differenza [m]
2013	225.36	225.68	+0.32
2014	225.74	226.05	+0.31
2016	228.36	228.07	-0.29
2018	226.14	226.50	+0.36
2019	226.78	227.10	+0.32

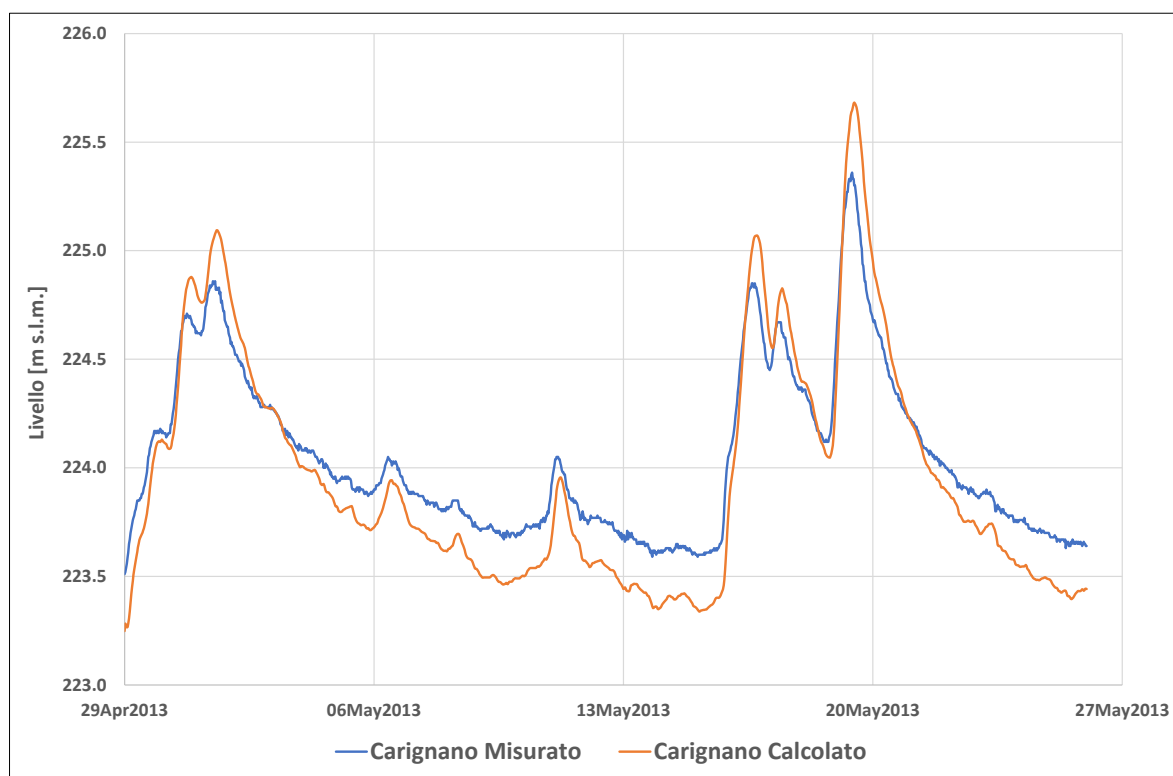


Figura 4.2 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Carignano per l'evento di piena 2013

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.54
			Relazione idraulica generale	

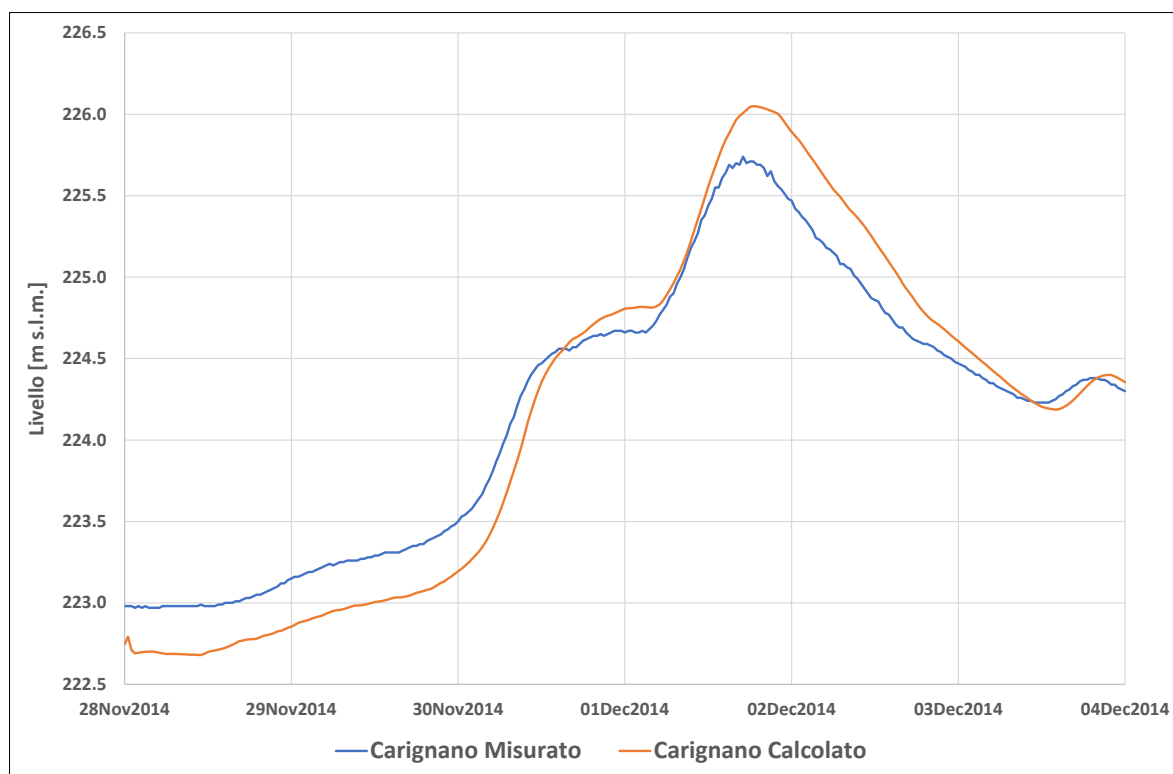


Figura 4.3 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Carignano per l'evento di piena 2014

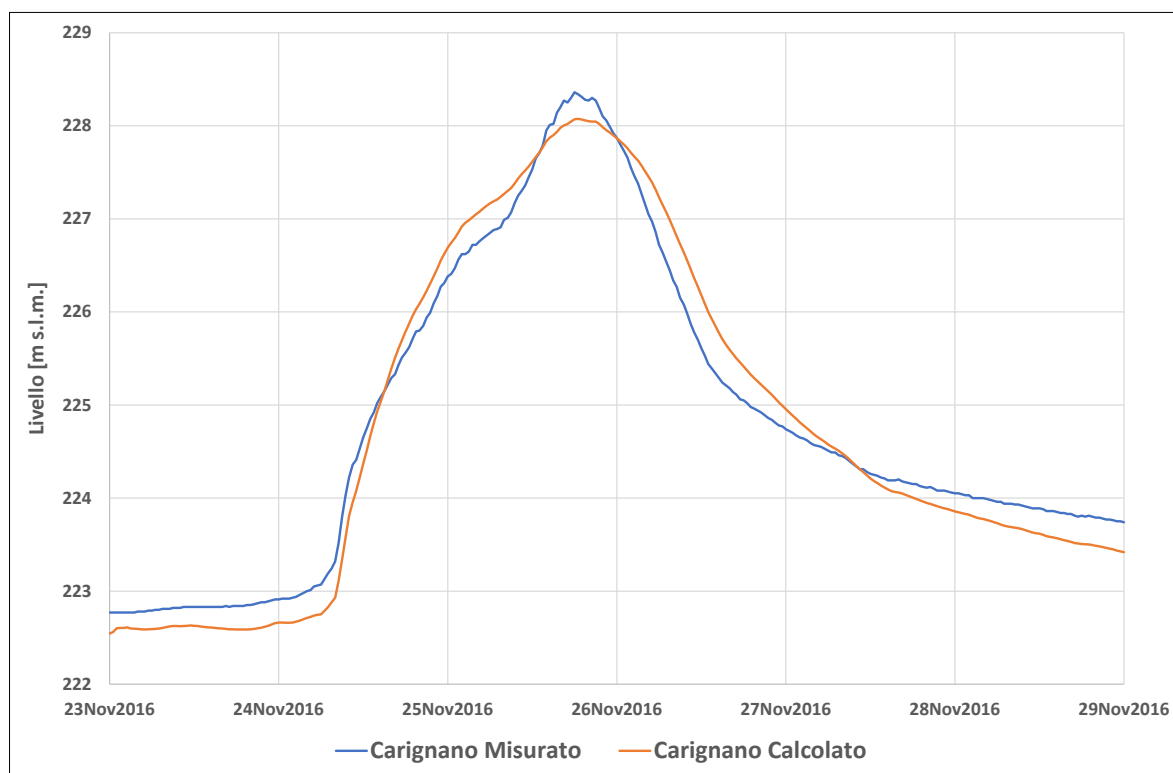


Figura 4.4 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Carignano per l'evento di piena 2016

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.55
			Relazione idraulica generale	

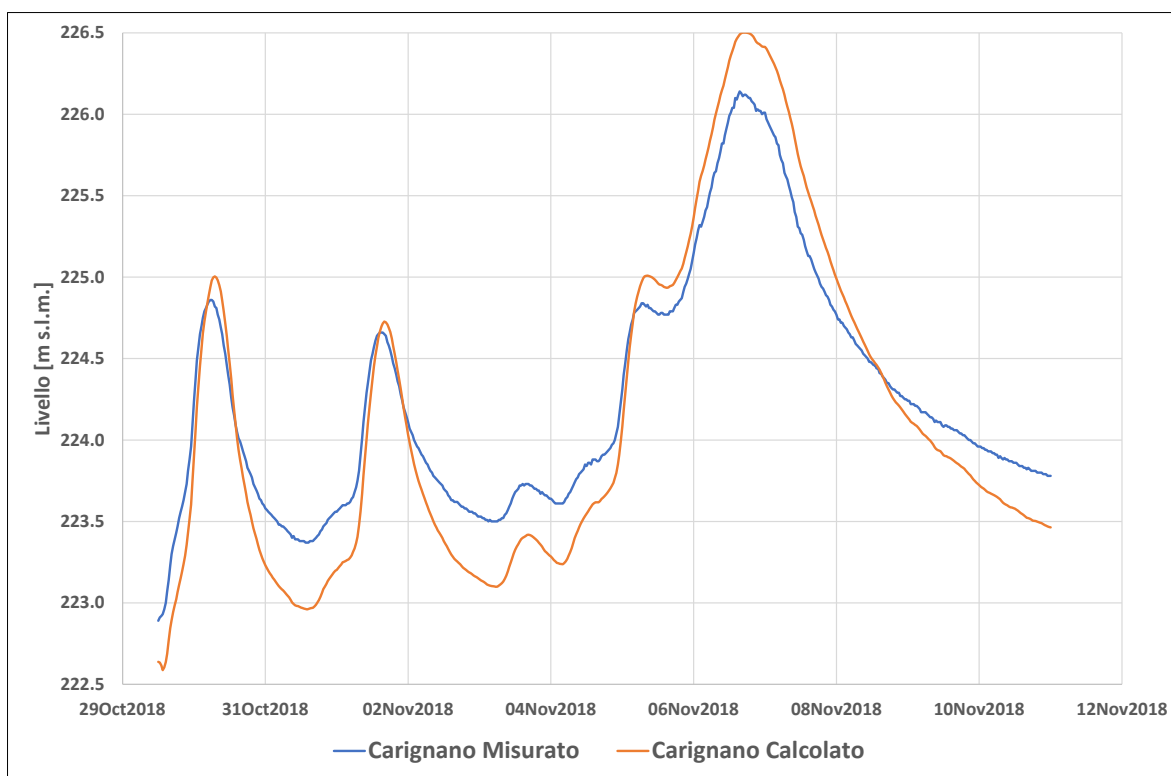


Figura 4.5 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Carignano per l'evento di piena 2018

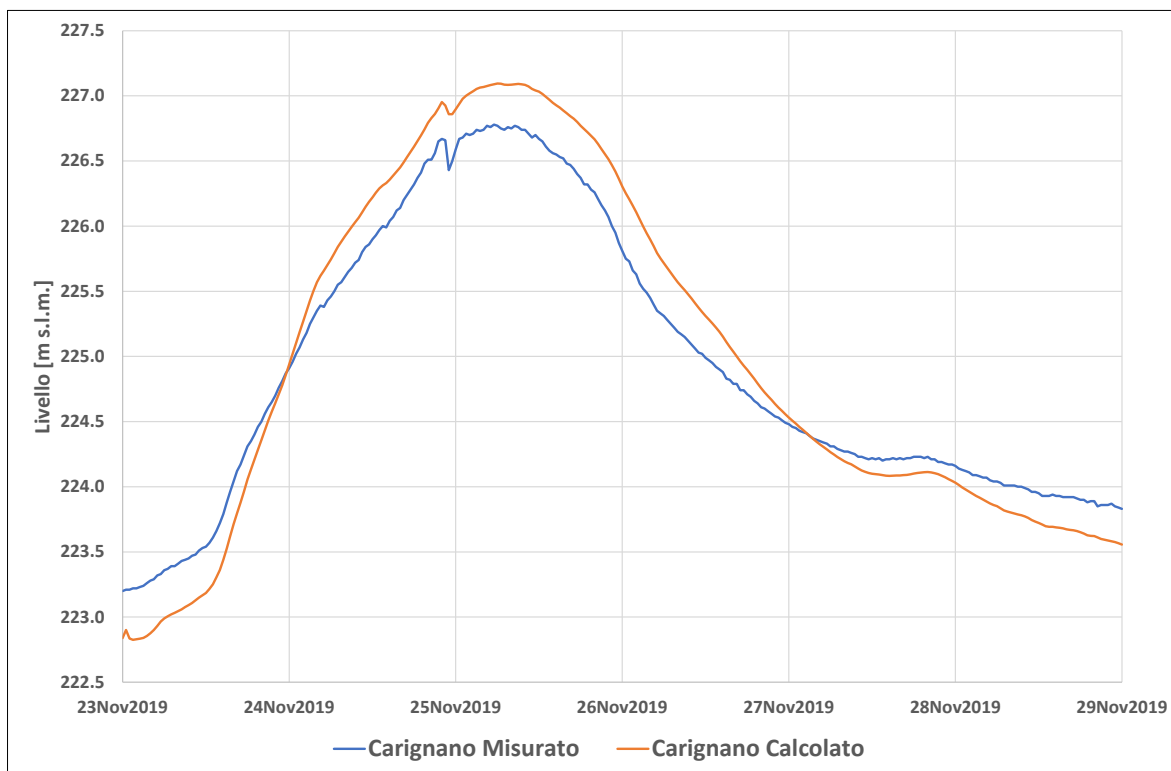


Figura 4.6 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Carignano per l'evento di piena 2019

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.56
			Relazione idraulica generale	

4.2.2. Idrometro di Moncalieri

Nella Tabella 4-2 sono riportati in sintesi i risultati all'idrometro di Moncalieri in termini di portate al colmo, mentre nella Tabella 4-3 sono riportati i risultati in termini di livelli.

Il modello sottostima di circa il 20% le piene 2013 e 2014, in entrambi i casi però la portata al colmo definita a Torino da ARPA è inferiore a quella di Moncalieri, nonostante la confluenza del Sangone e al fatto che il tratto non si presta particolarmente alla laminazione.

Per l'evento maggiore, 2016, il modello rappresenta bene i valori al colmo a Moncalieri (+1%), ma nella fase crescente c'è una notevole sottostima del volume (Figura 4.9). Tale volume dovrebbe derivare dal contributo del Chisola che, mancando le registrazioni ARPA, è stato determinato dal modello FEWS. Nel 2016 è inoltre da registrare una rotta nella parte terminale del Chisola, avvenuta in concomitanza con il colmo di Po.

A Moncalieri si ha sempre una sovrastima del livello con un massimo di +51 cm per la piena del 2016, per ottenere questi risultati nel tratto Moncalieri-Torino si è imposta una scabrezza $n=0.025$, che non è stata utilizzata nemmeno nel tratto del medio-basso Po, per cui si è ritenuto di non abbassare ulteriormente tale parametro. In questo tratto l'alveo è definito sulla base del rilievo del 2004; anche se il tratto è molto regolare e non dovrebbe essersi modificato particolarmente, l'aggiornamento del rilievo risulta indispensabile per meglio calibrare sull'idrometro di Moncalieri.

Tabella 4-2 – Sintesi risultati portata al colmo all'idrometro di Moncalieri

Piena	Misurato [m³/s]	Calcolato [m³/s]	Differenza [%]
2013	1019	840	-18%
2014	1155	953	-18%
2016	2347	2367	+1%
2018	1017	943	-7%
2019	1328	1377	+4%

Tabella 4-3 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Moncalieri

Piena	Misurato [m s.m.m.]	Calcolato [m s.m.m.]	Differenza [m]
2013	217.98	218.06	+0.08
2014	218.34	218.46	+0.12
2016	221.29	221.8	+0.51
2018	218.45	218.63	+0.18
2019	219.61	219.76	+0.15

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.57
			Relazione idraulica generale	

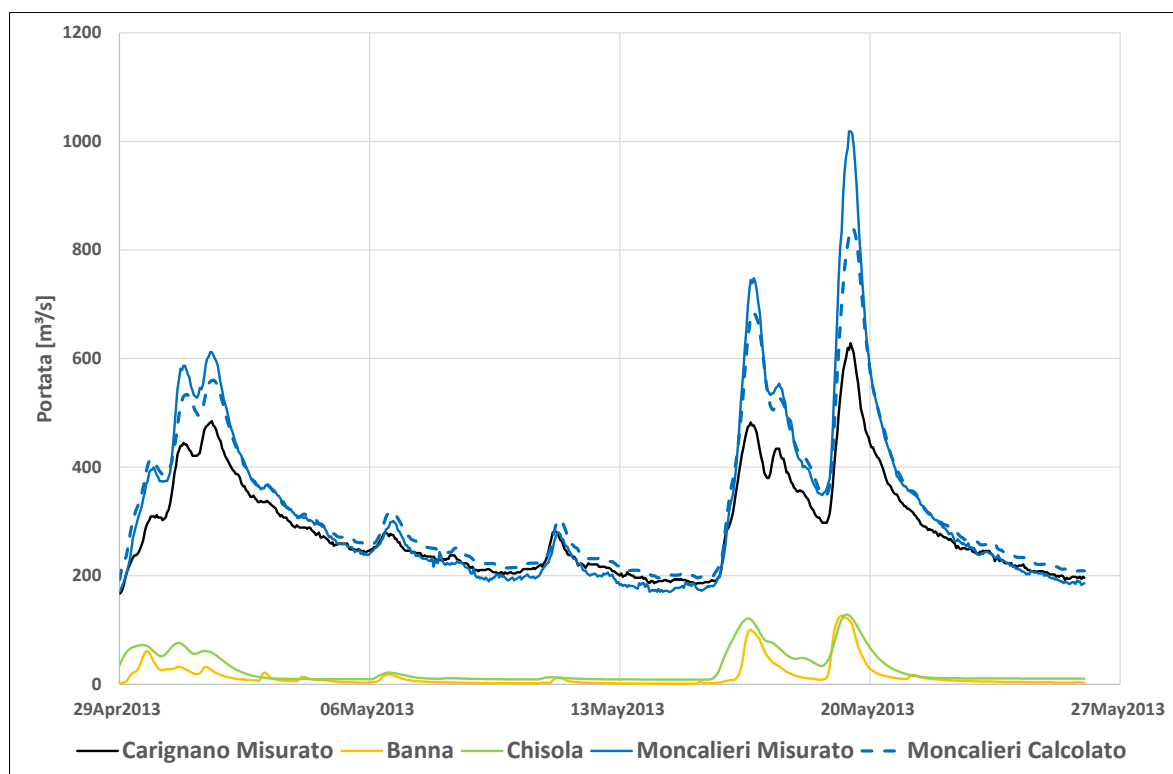


Figura 4.7 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Moncalieri per l'evento di piena 2013

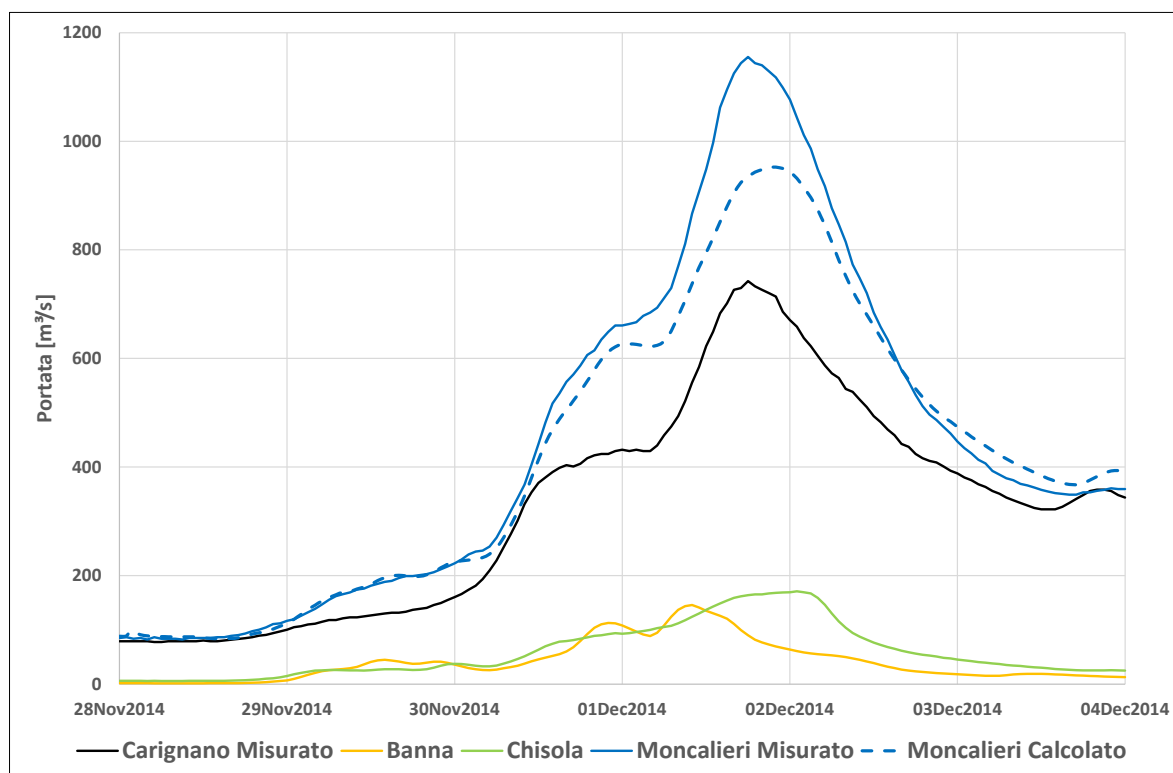


Figura 4.8 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Moncalieri per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.58
			Relazione idraulica generale	

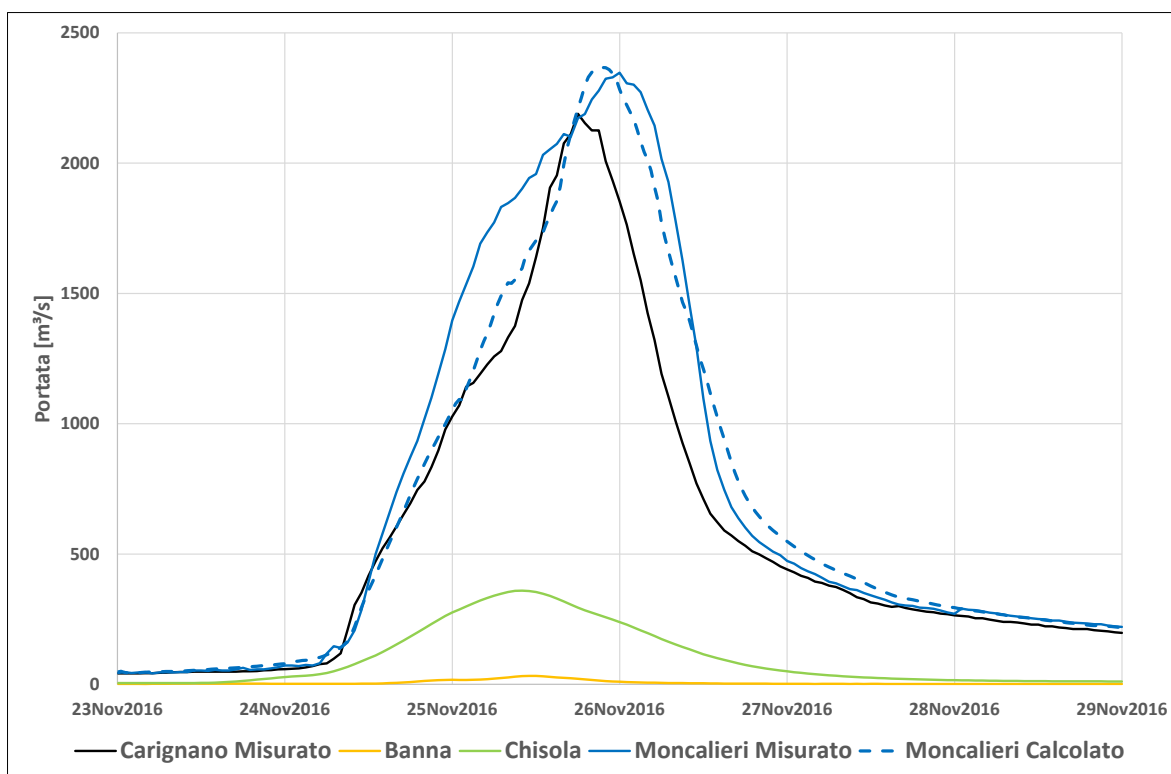


Figura 4.9 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Moncalieri per l'evento di piena 2016

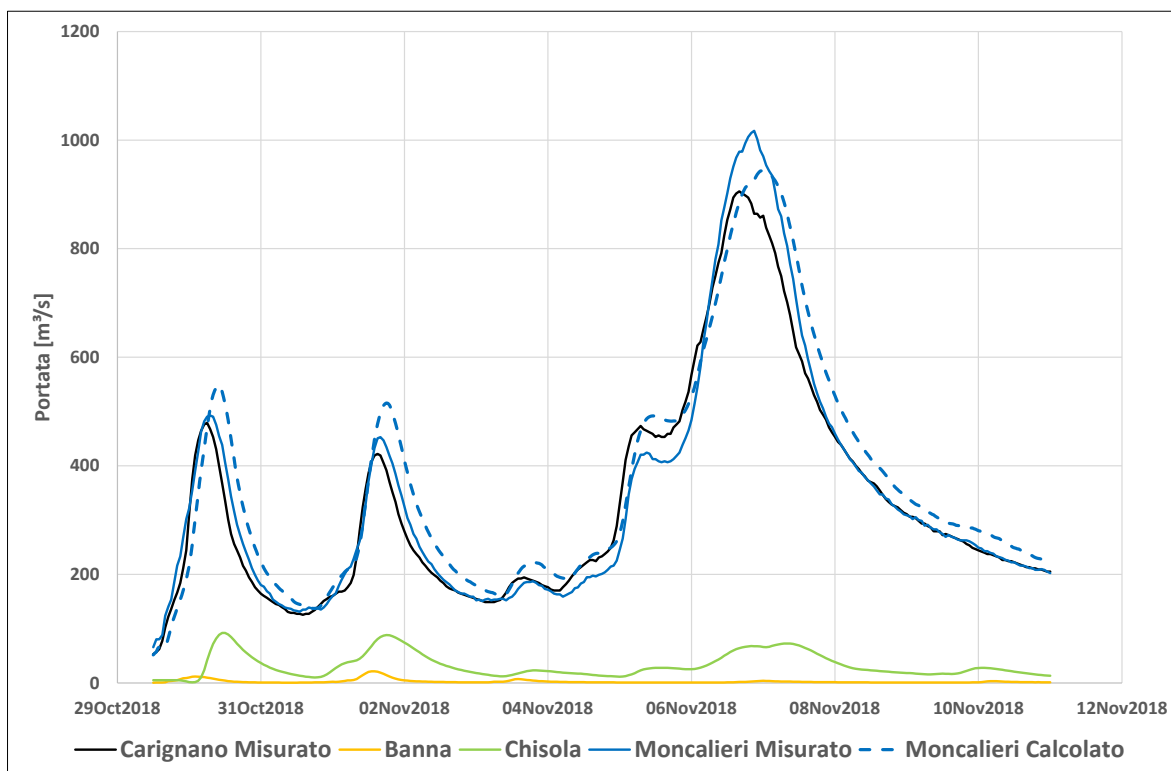


Figura 4.10 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Moncalieri per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.59
			Relazione idraulica generale	

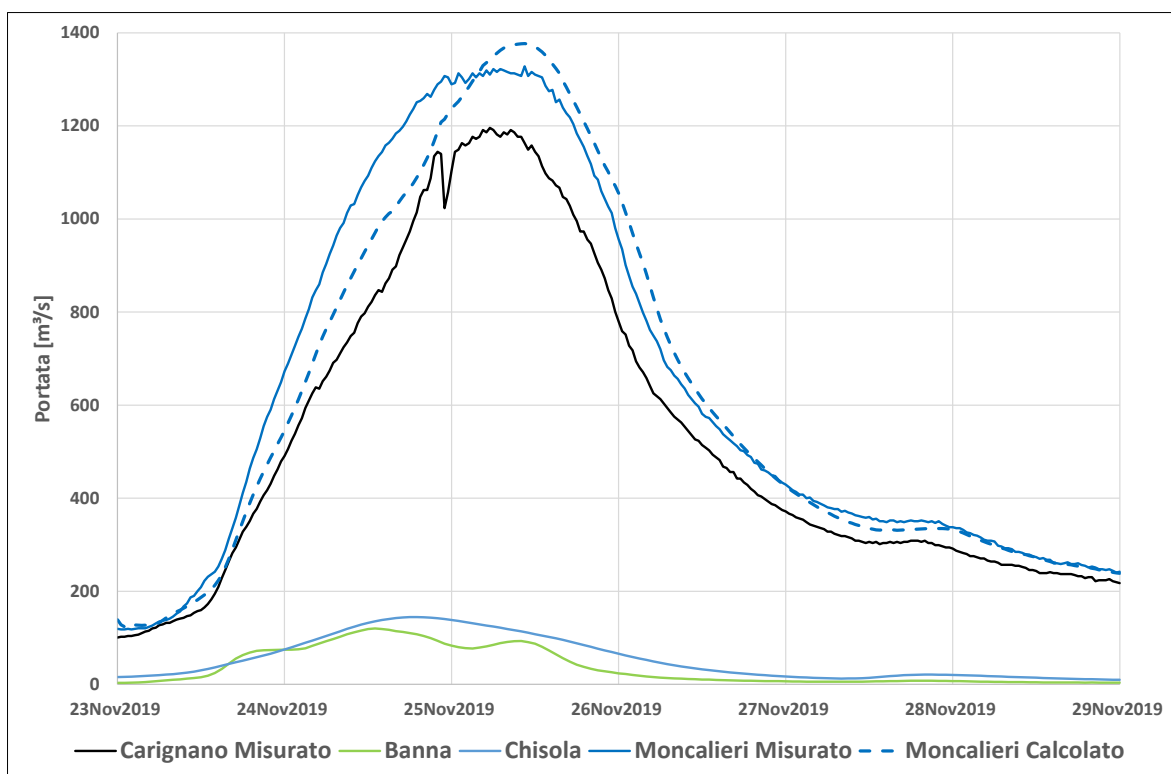


Figura 4.11 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Moncalieri per l'evento di piena 2019

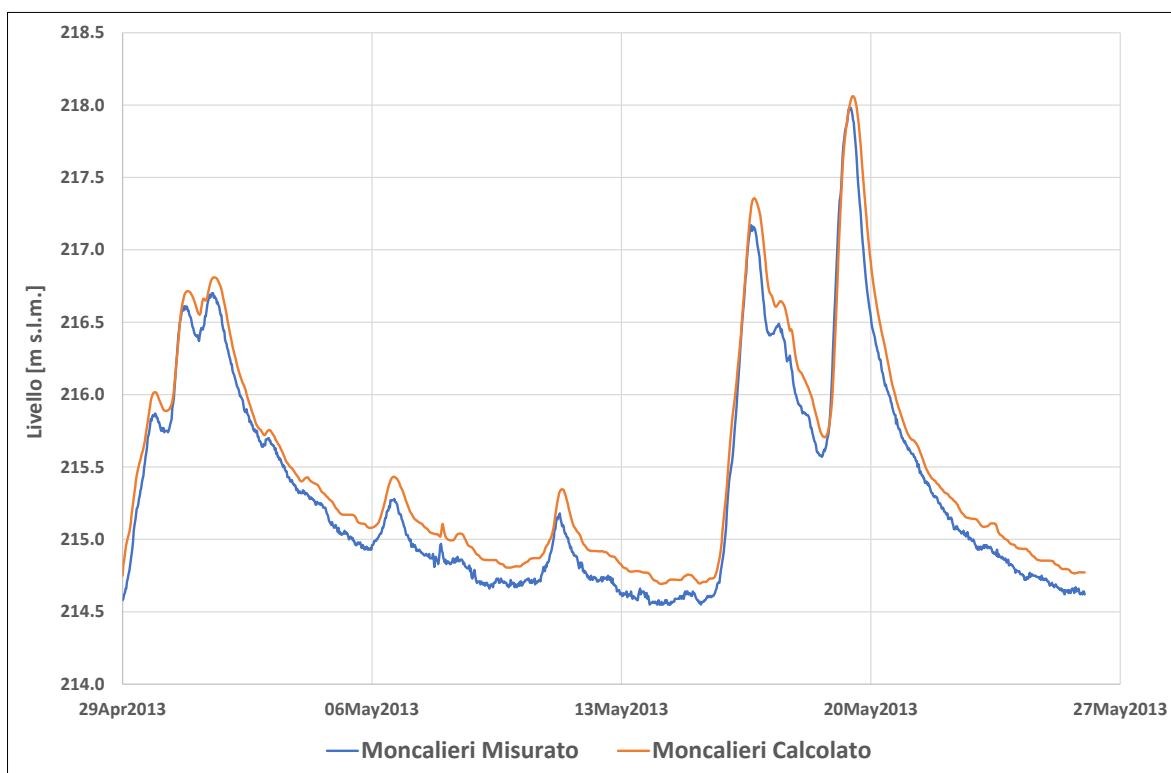


Figura 4.12 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Moncalieri per l'evento di piena 2013

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.60
			Relazione idraulica generale	

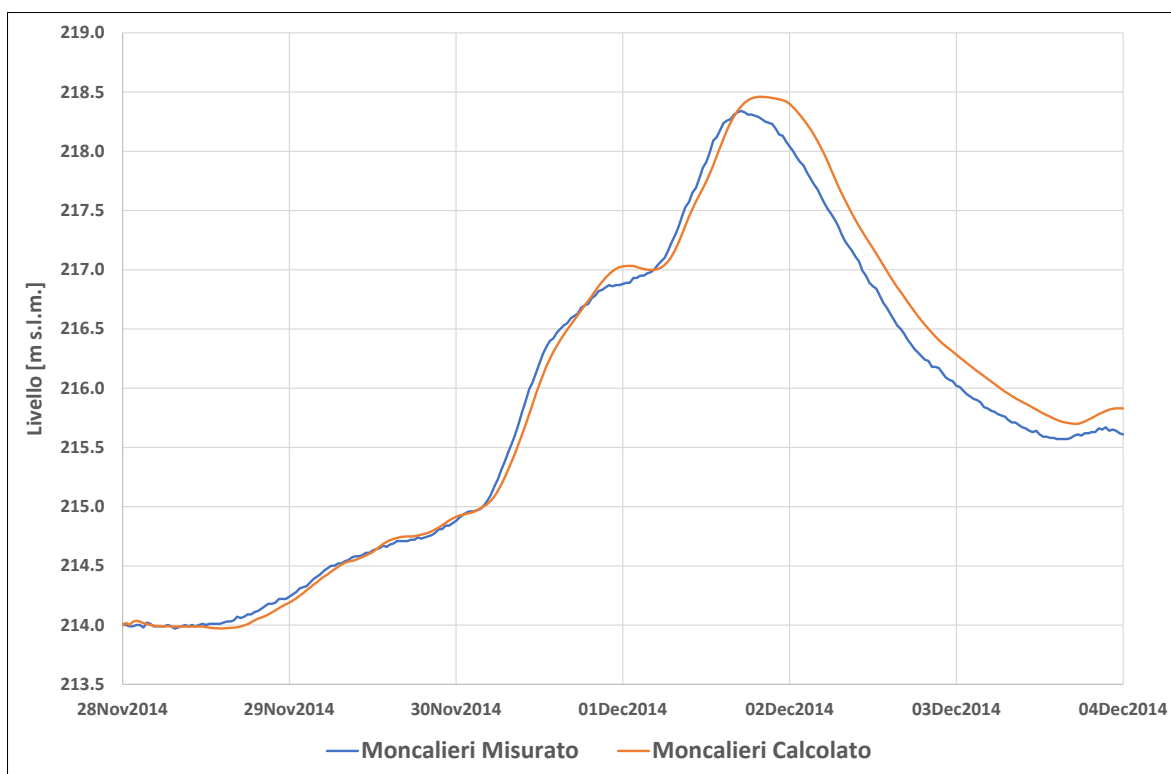


Figura 4.13 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Moncalieri per l'evento di piena 2014

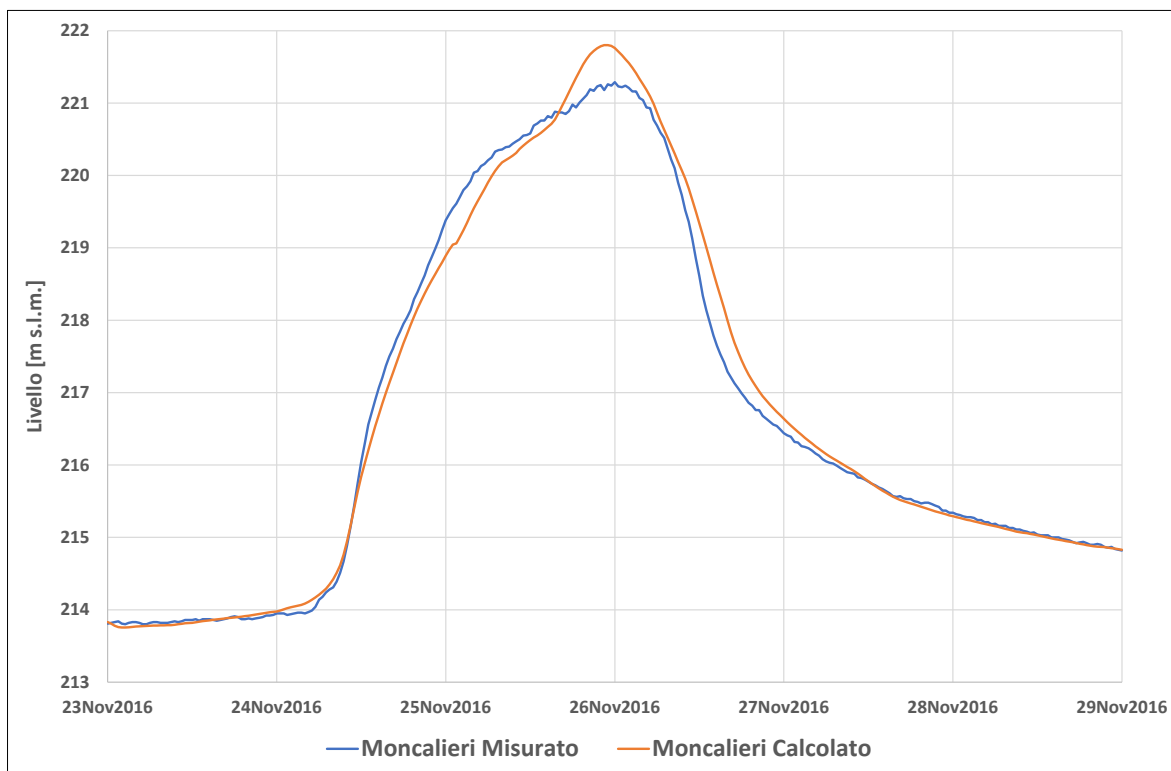


Figura 4.14 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Moncalieri per l'evento di piena 2016

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.61
			Relazione idraulica generale	

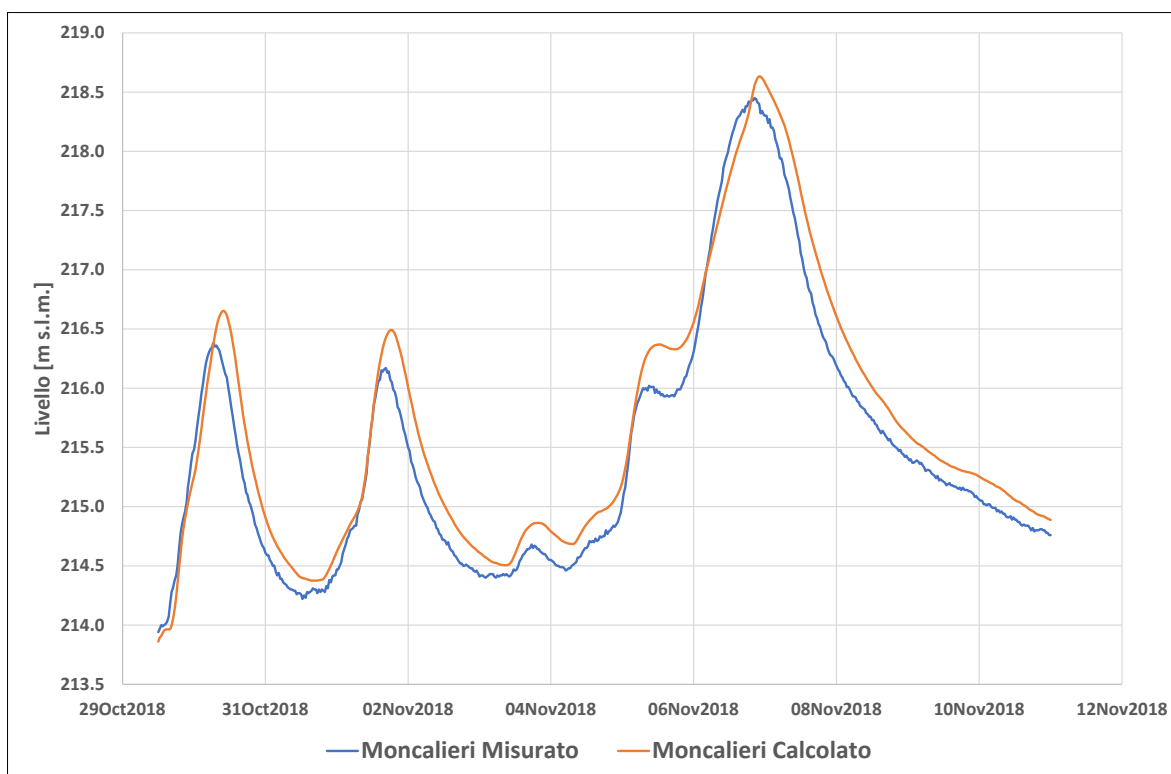


Figura 4.15 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Moncalieri per l'evento di piena 2018

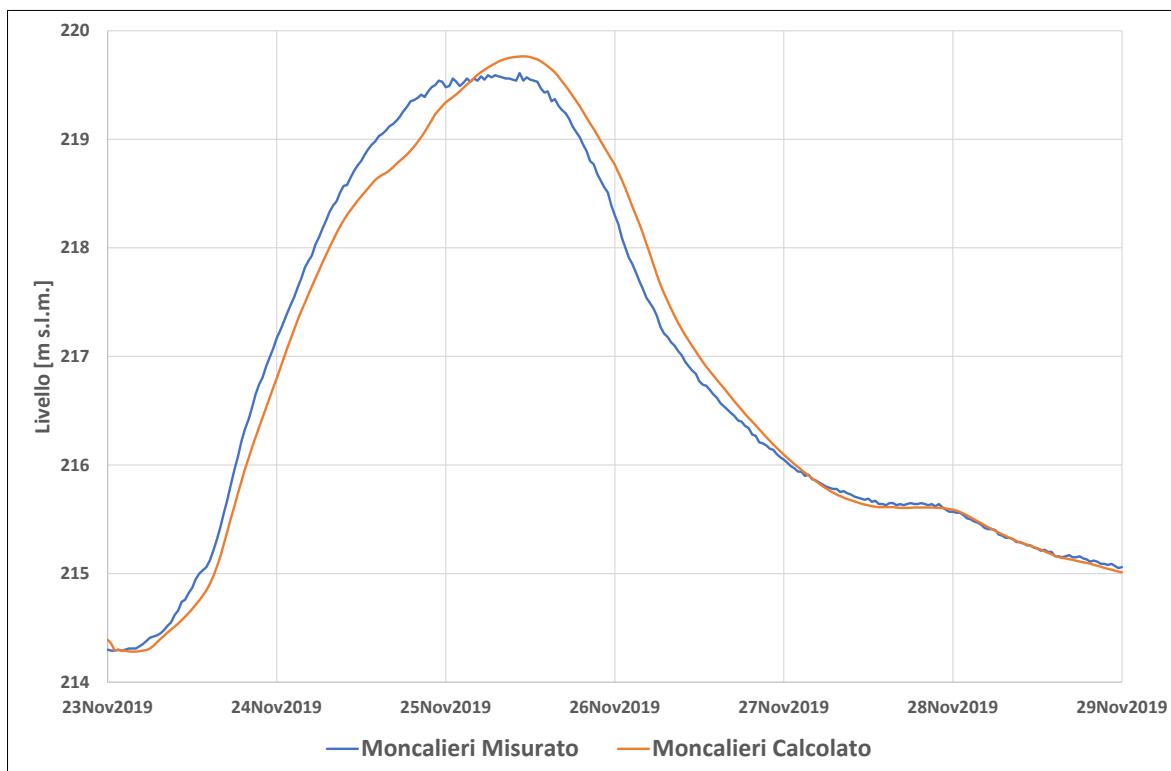


Figura 4.16 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Moncalieri per l'evento di piena 2019

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.62
			Relazione idraulica generale	

4.2.3. Idrometro di Torino

Il confronto delle portate al colmo misurate e calcolate all'idrometro del ponte Regina Margherita a Torino è riportato nella Tabella 4-4. La Tabella 4-5 riporta invece i risultati in termini di livello.

I colmi sono riprodotti fedelmente con errori sempre inferiori al 10%, ma sempre sottostimati. Negli eventi 2016 (Figura 4.19) e 2019 (Figura 4.21) rimane evidente la mancanza di volume rispetto all'idrogramma misurato.

I livelli al colmo calcolati generalmente sottostimano gli eventi misurati, conseguenza soprattutto della sottostima delle portate. Unica eccezione l'evento 2016 che sovrastima di 18 cm nonostante una leggera sottostima della portata al colmo (-1%). La calibrazione del tratto a valle dell'idrometro è avvenuta nel modello successivo (cfr. paragrafo 4.3) in cui l'idrometro costituisce la condizione di monte e le portate considerate sono esattamente quelle definite da ARPA Piemonte.

Tabella 4-4 – Sintesi risultati portata al colmo all'idrometro di Torino

Piena	Misurato [m³/s]	Calcolato [m³/s]	Differenza [%]
2013	989	946	-4%
2014	1128	1053	-7%
2016	2418	2395	-1%
2018	1180	1121	-5%
2019	1559	1454	-7%

Tabella 4-5 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Torino

Piena	Misurato [m s.m.m.]	Calcolato [m s.m.m.]	Differenza [m]
2013	213.41	213.26	-0.15
2014	213.76	213.53	-0.23
2016	216.01	216.19	+0.18
2018	213.81	213.71	-0.10
2019	214.60	214.43	-0.17

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.63
			Relazione idraulica generale	

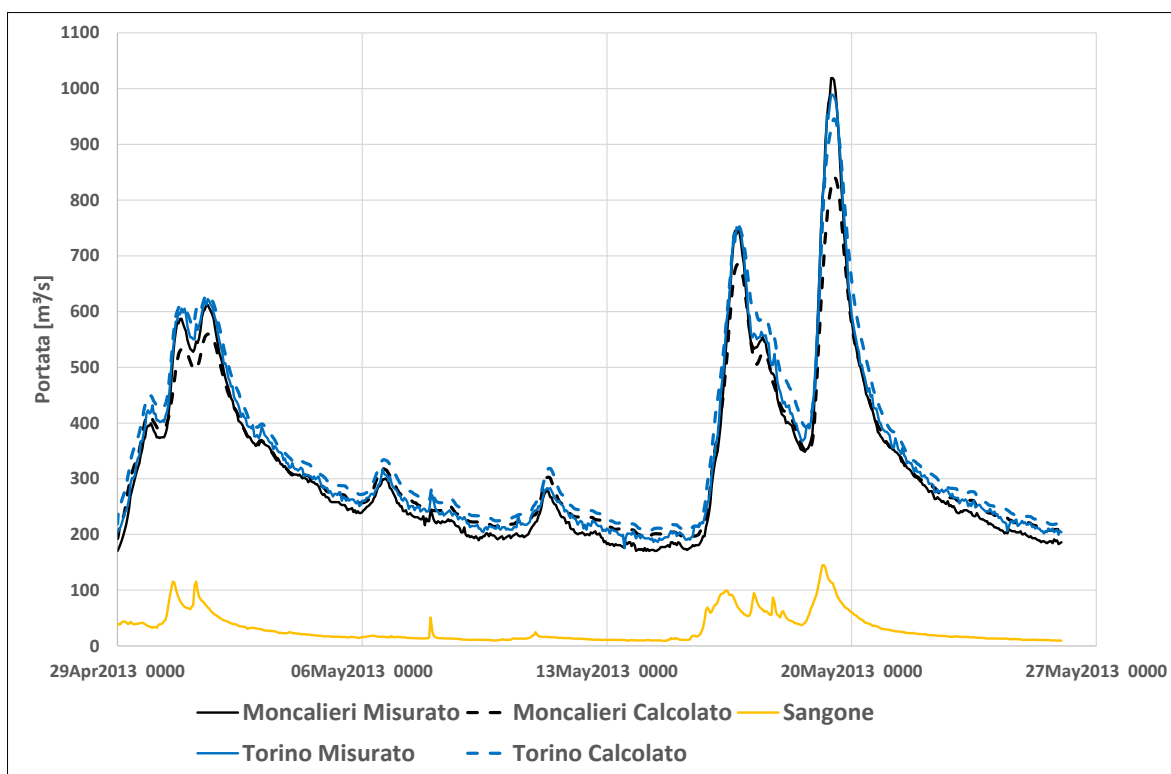


Figura 4.17 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2013

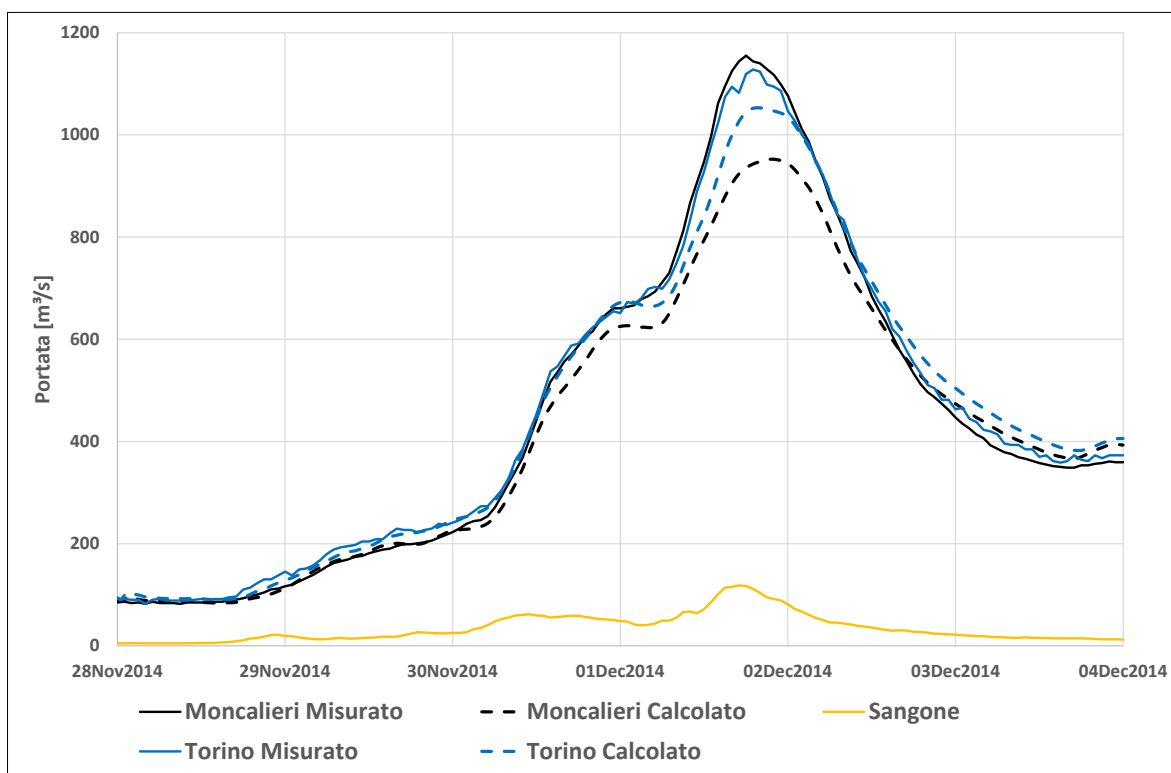


Figura 4.18 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.64
			Relazione idraulica generale	

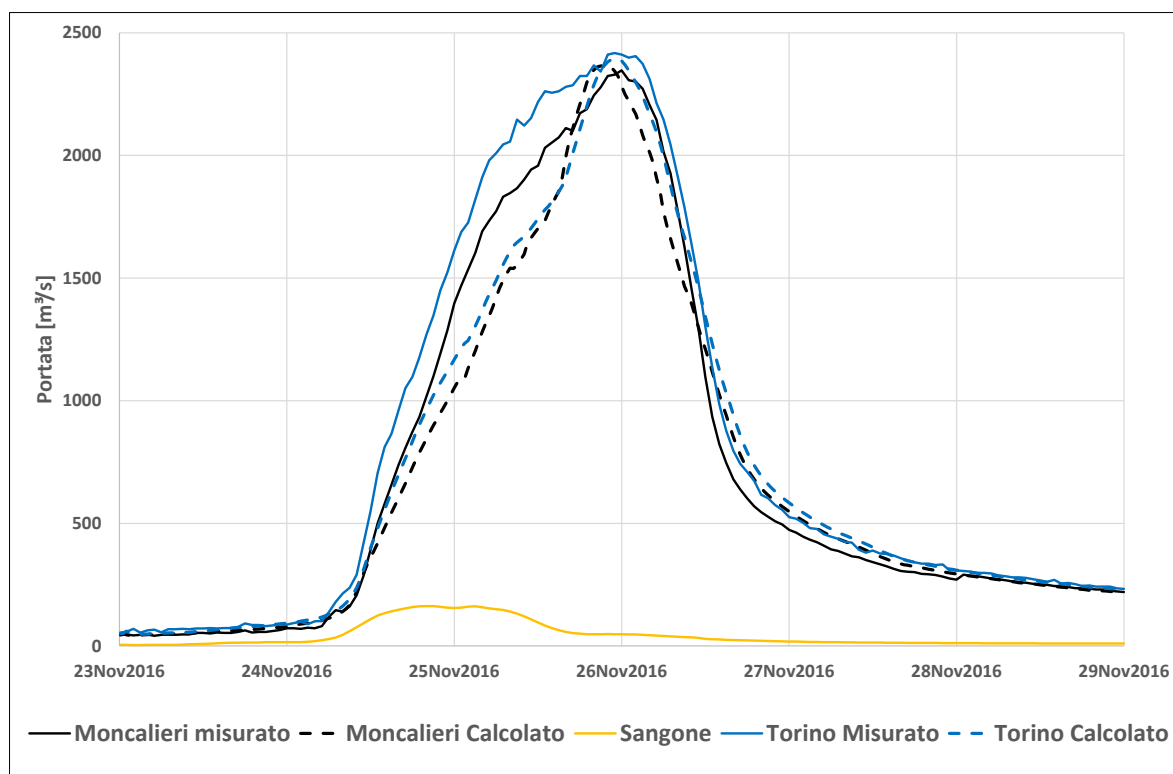


Figura 4.19 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2016

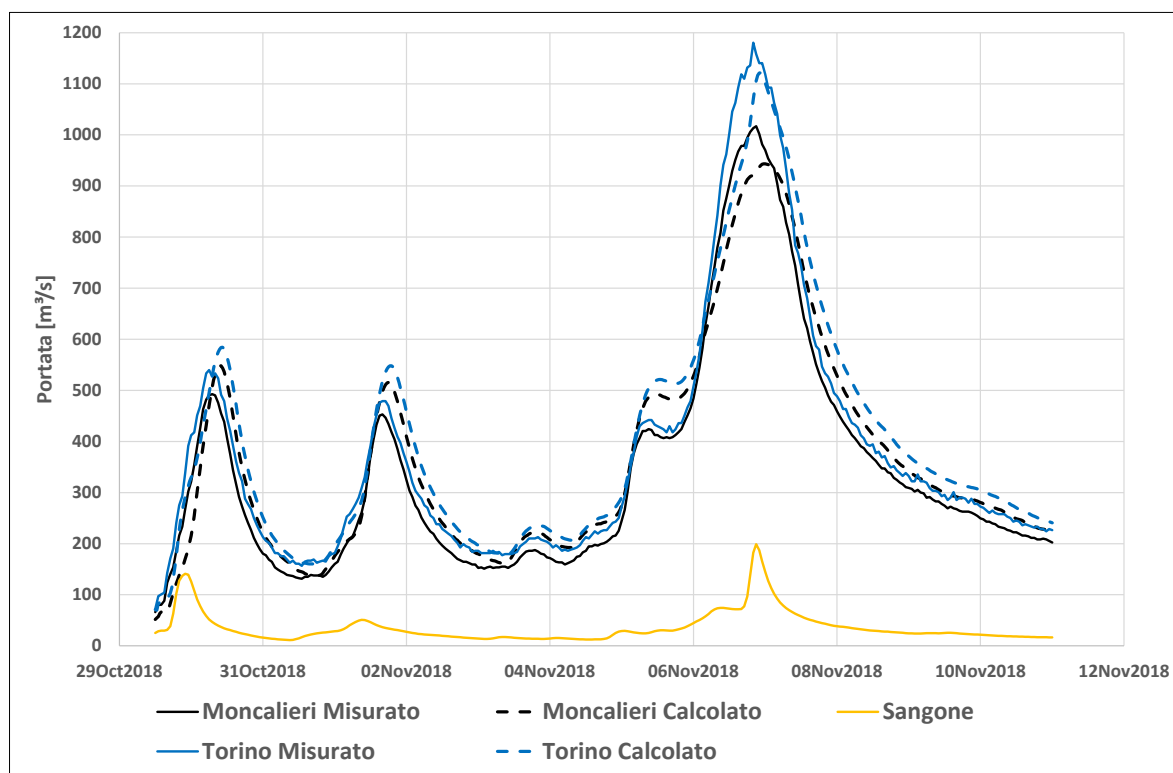


Figura 4.20 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.65
			Relazione idraulica generale	

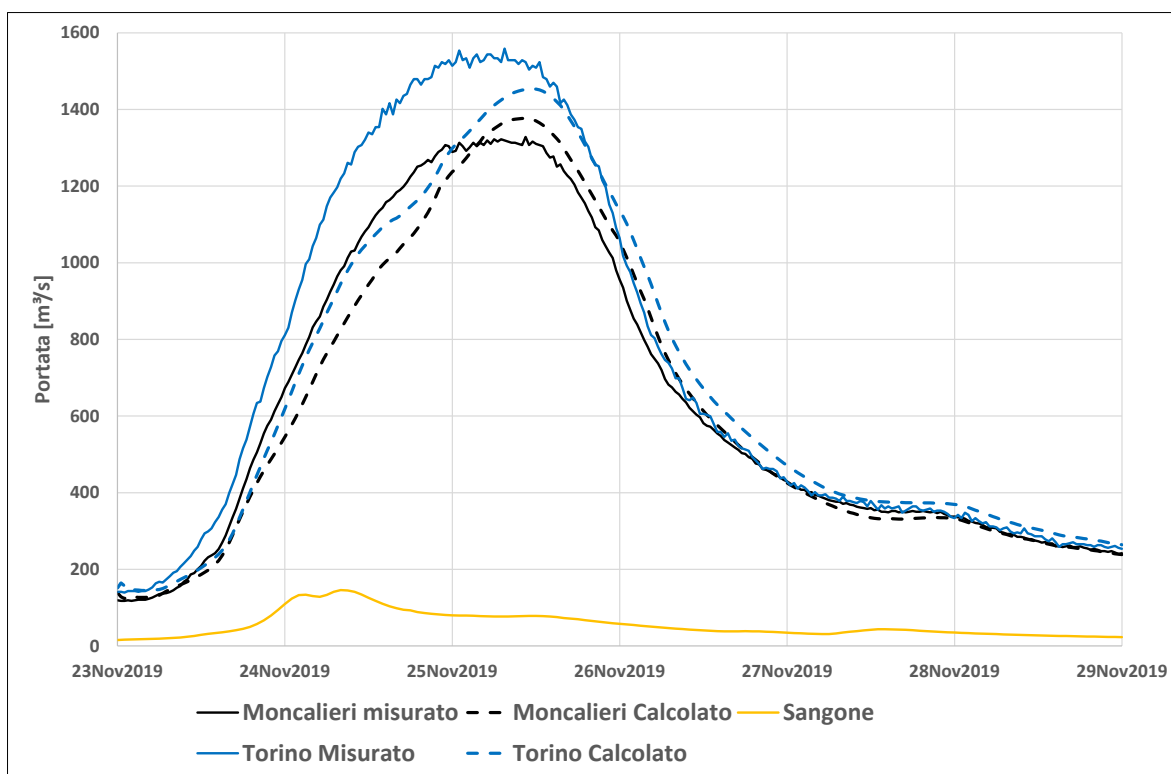


Figura 4.21 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2019

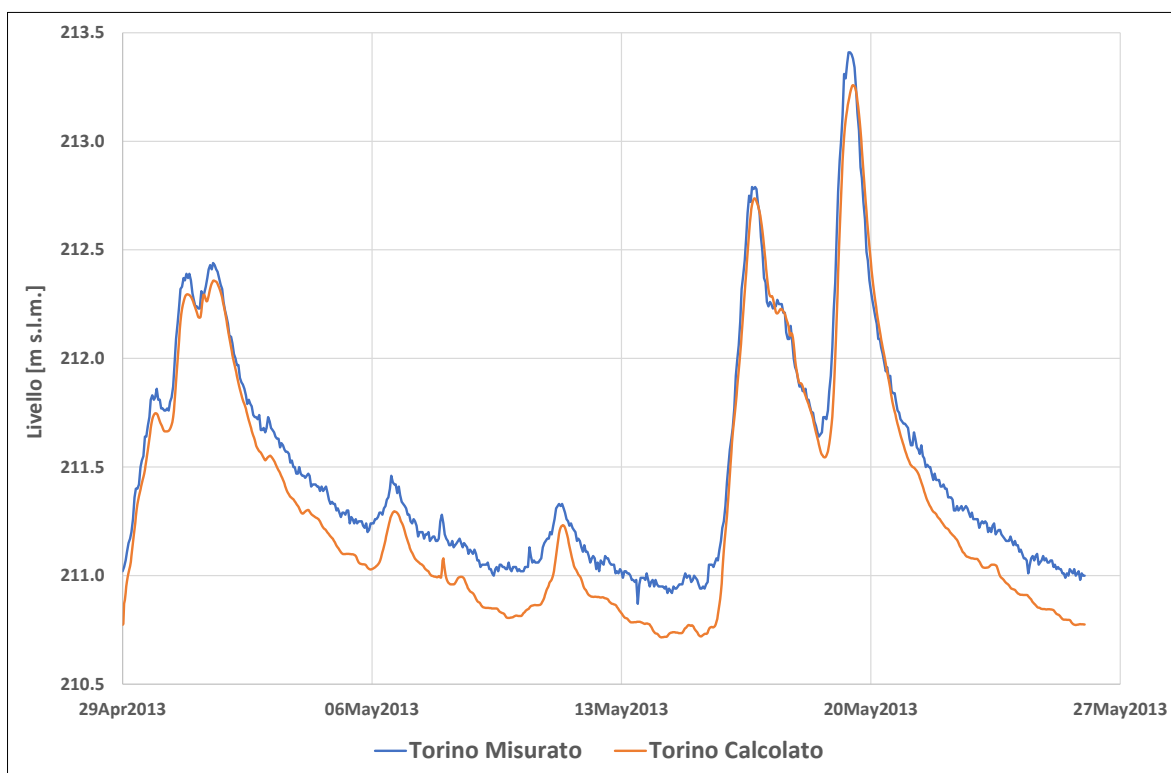


Figura 4.22 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2013

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.66
			Relazione idraulica generale	

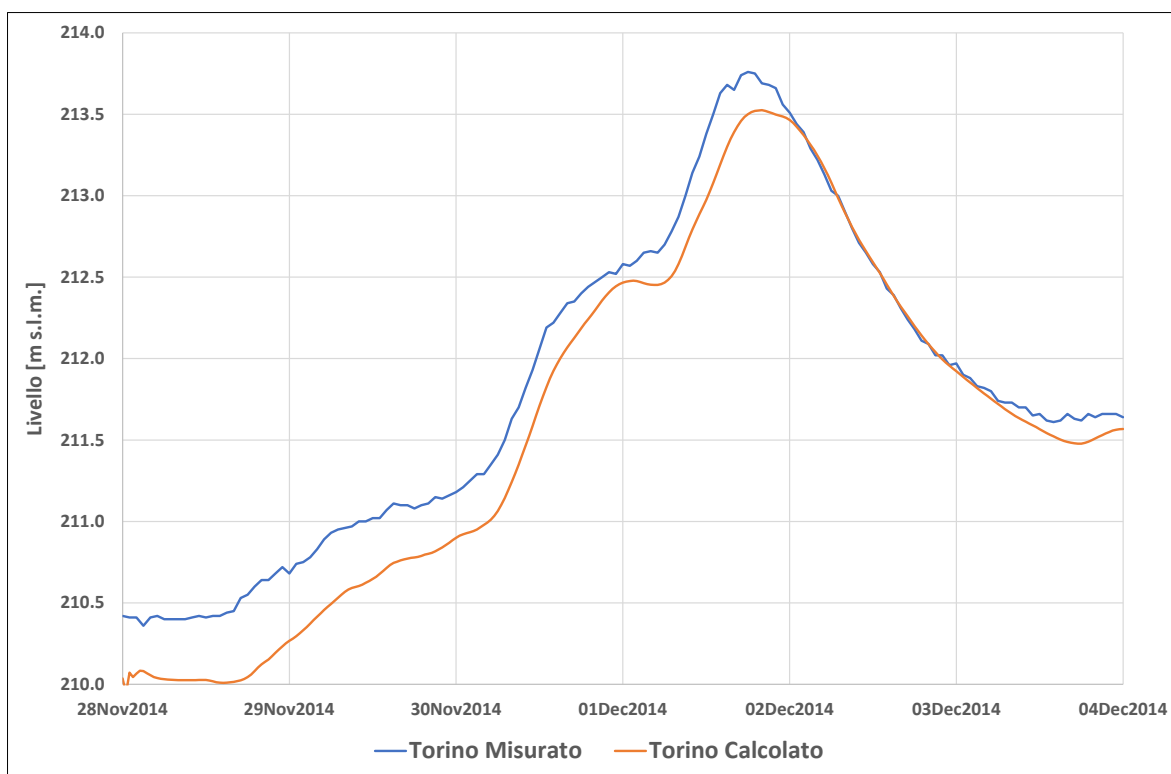


Figura 4.23 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2014

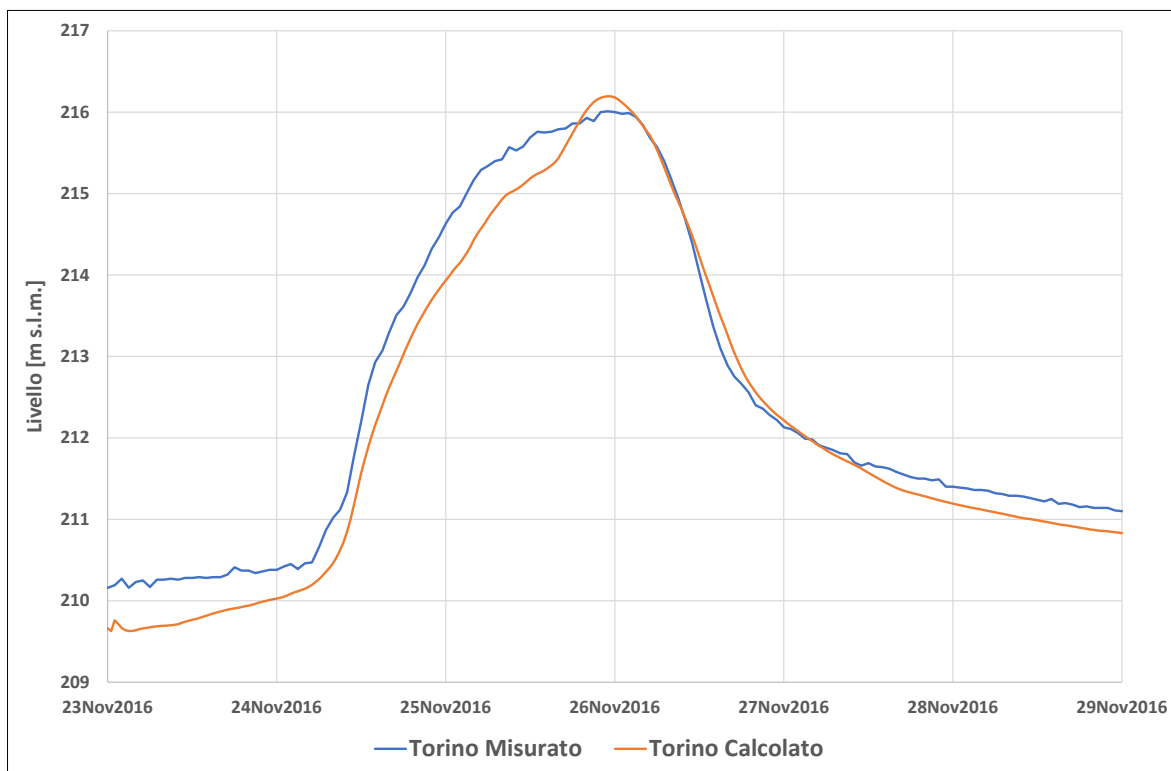


Figura 4.24 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2016

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.67
			Relazione idraulica generale	

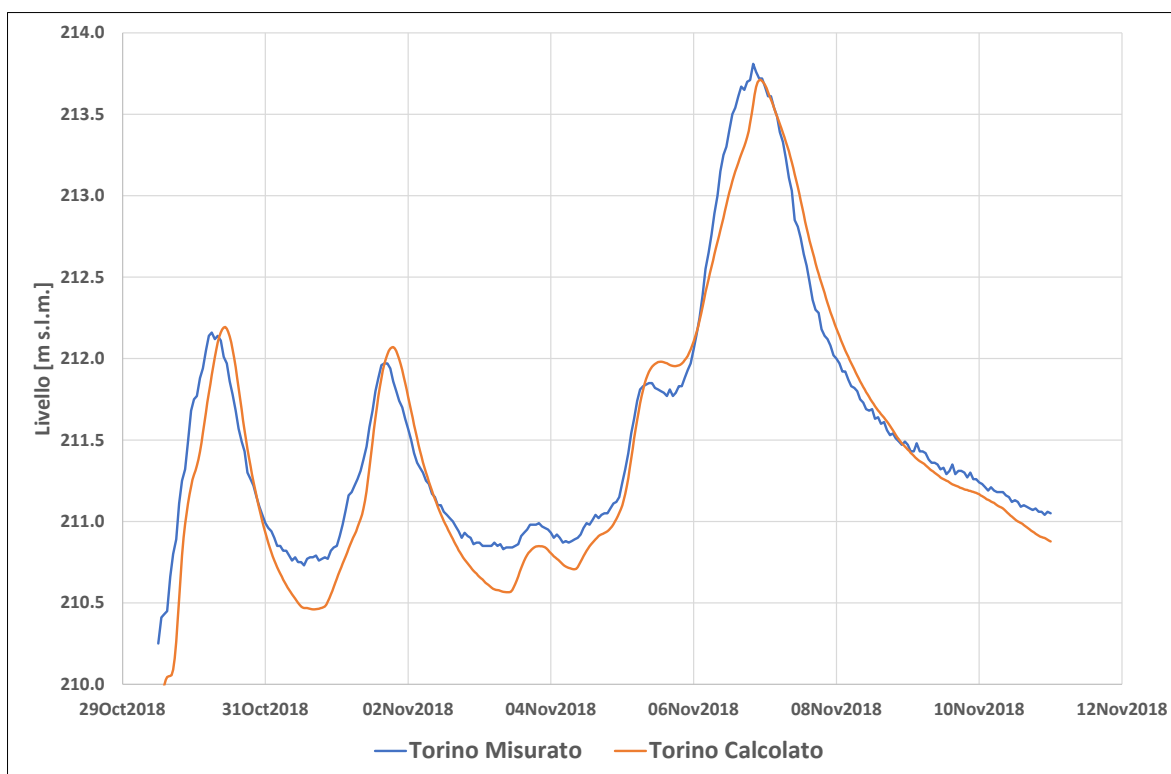


Figura 4.25 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2018

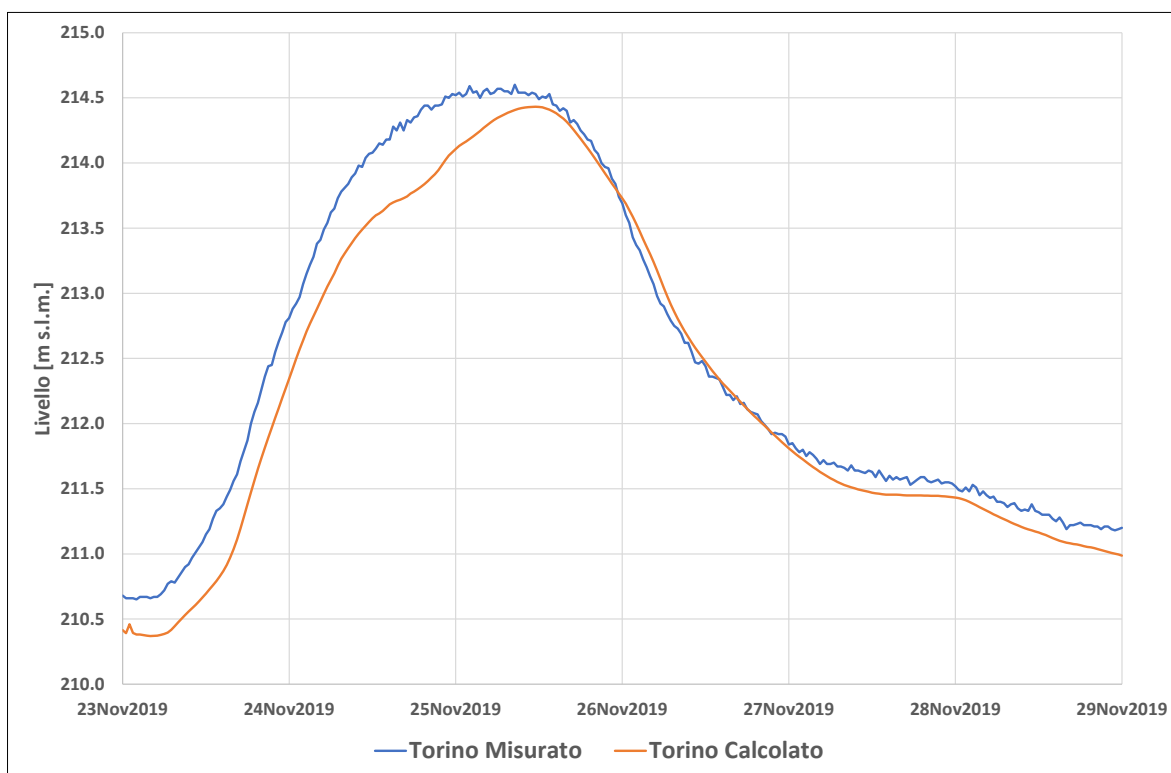


Figura 4.26 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2019

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.68
			Relazione idraulica generale	

4.2.4. Confronto picchettamento piena 2016

Per la piena del 2016 è stato effettuato un picchettamento sulle tracce di piena nel tratto La Loggia Moncalieri, come riportato nella Figura 4.27. Il confronto tra le quote rilevate e i profili ottenuti con il modello sono riportati in Figura 4.28 e Figura 4.29.

I valori picchettati rivelano delle incongruenze dovute all'insita imprecisione con cui le informazioni sono raccolte. In ogni caso, i profili calcolati risultano sovrastimare le tracce rilevate: assumendo che siano corretti i valori rilevati maggiori, la sovrastima è dell'ordine dei 30-50 cm, pari a quella che si ha all'idrometro di Moncalieri (cfr. paragrafo 4.2.2).

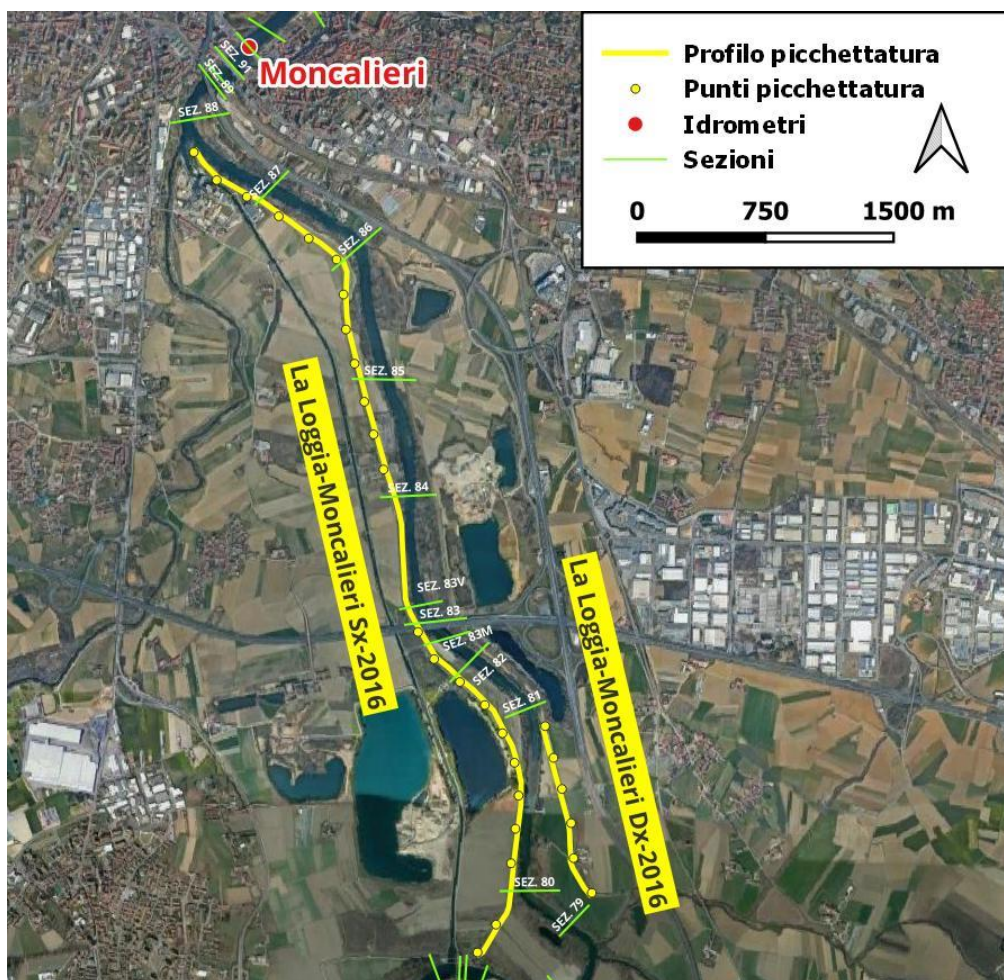


Figura 4.27 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l'evento di piena 2016 tra La Loggia e Moncalieri

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.69
			Relazione idraulica generale	

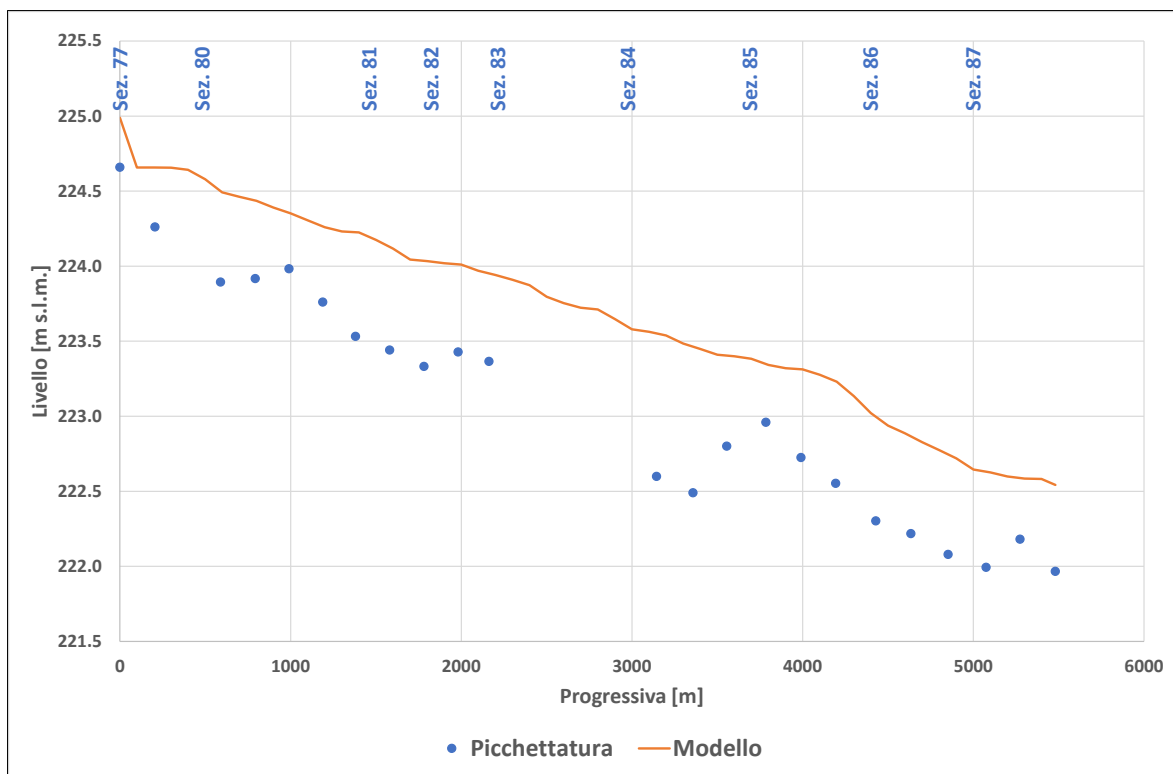


Figura 4.28 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento, tratto La Loggia – Moncalieri, sponda sinistra

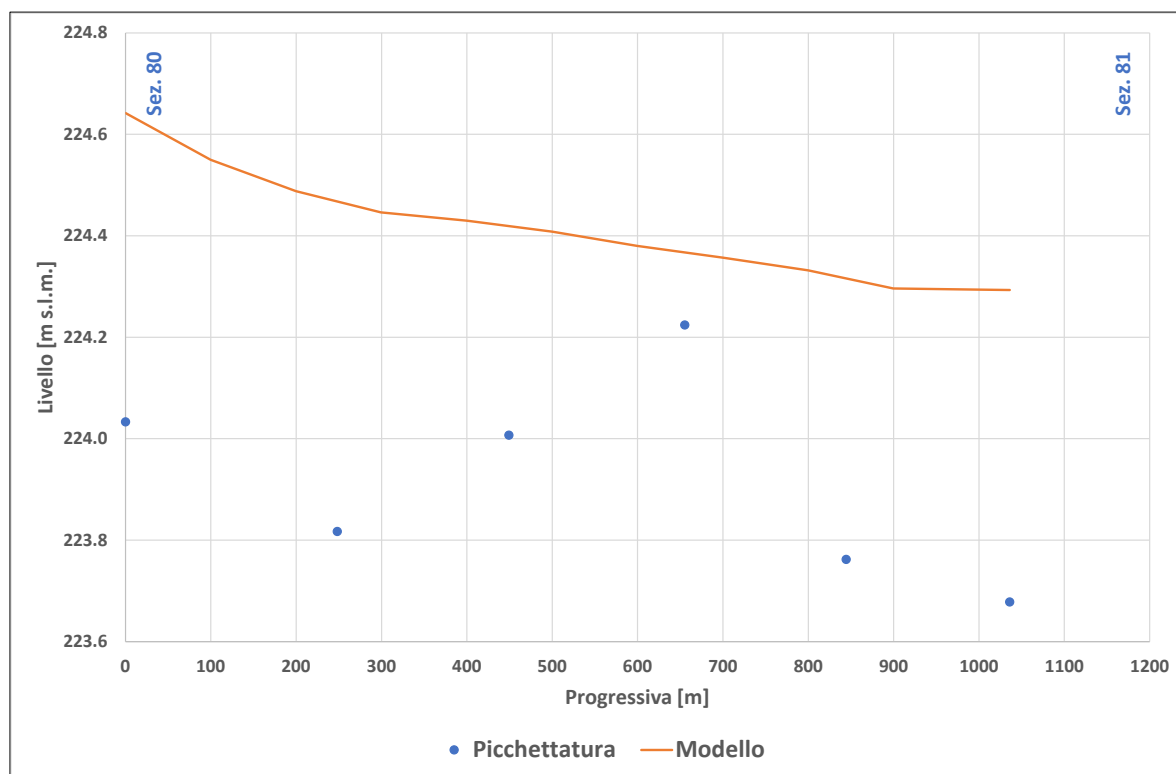


Figura 4.29 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento, tratto La Loggia – Moncalieri, sponda destra

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.70
			Relazione idraulica generale	

4.3. Tratto Torino – Valenza

Nel tratto considerato sono presenti gli idrometri di:

- Torino ponte Regina Margherita
- S. Sebastiano Po
- Crescentino
- Casale Monferrato
- Valenza

Gli affluenti nel tratto sono:

- Dora Riparia
- Stura di Lanzo
- Malone
- Orco
- Dora Baltea
- Sesia

Come input è stato considerato l'idrogramma definito da ARPA Piemonte all'idrometro di Torino mentre gli affluenti sono stati definiti come descritto nel paragrafo 4.1.

Nell'evento 2016 sono state effettuate delle riduzioni nelle portate degli affluenti per meglio rappresentare le portate stimate agli idrometri Po. È stato applicato un coefficiente di riduzione per i seguenti affluenti:

- Dora Riparia, coefficiente 0.7
- Malone, coefficiente 0.7
- Orco, coefficiente 0.7
- Dora Baltea, coefficiente 0.8
- Sesia, coefficiente 0.8

4.3.1. Idrometro di Torino

L'idrometro di ponte Regina Margherita a Torino è la condizione di monte del modello, per cui le portate sono esattamente quelle definite da ARPA Piemonte.

Nella Tabella 4-6 sono sintetizzati i risultati per i livelli al colmo delle piene considerate.

Il modello rappresenta molto bene i colmi di piena con un errore massimo inferiore a 10 cm per la piena maggiore. Dall'analisi degli idrogrammi riprodotti nelle figure seguenti si rileva come il modello tenda a sottostimare i livelli per valori inferiori a circa 212.0 m s.m.m. che corrisponde ad una portata di circa 500 m³/s.

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.71
			Relazione idraulica generale	

Tabella 4-6 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Torino

Piena	Misurato [m s.m.m.]	Calcolato [m s.m.m.]	Differenza [m]
2013	213.41	213.38	-0.03
2014	213.76	213.70	-0.06
2016	216.06	216.15	+0.09
2018	213.81	213.83	+0.02
2019	214.60	214.63	+0.03

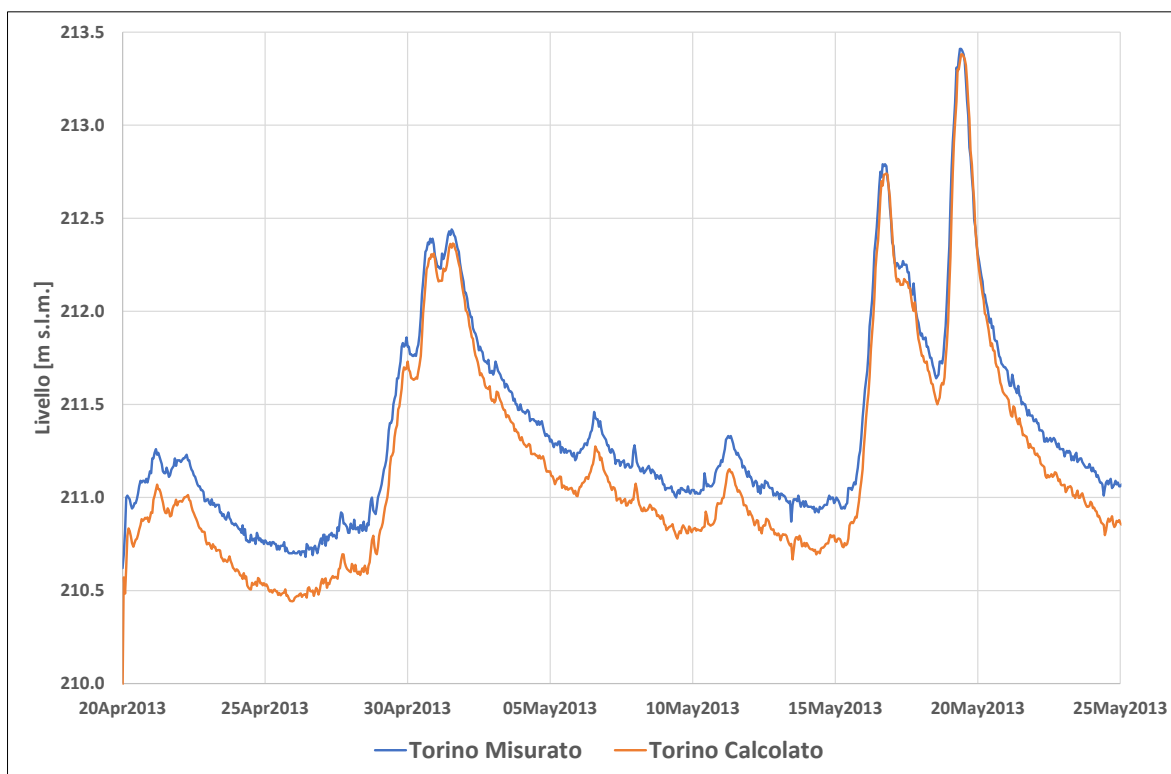


Figura 4.30 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Torino ponte Regina Margherita per l'evento di piena 2013

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.72
			Relazione idraulica generale	

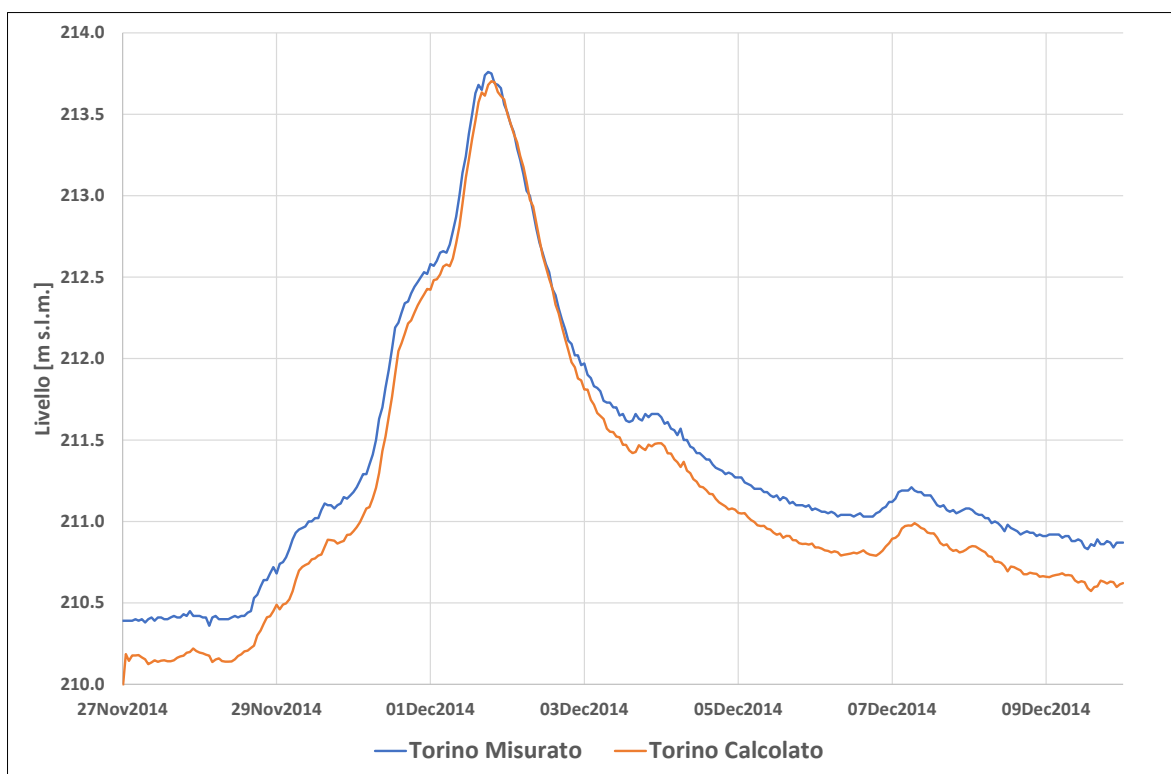


Figura 4.31 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Torino ponte Regina Margherita per l'evento di piena 2014

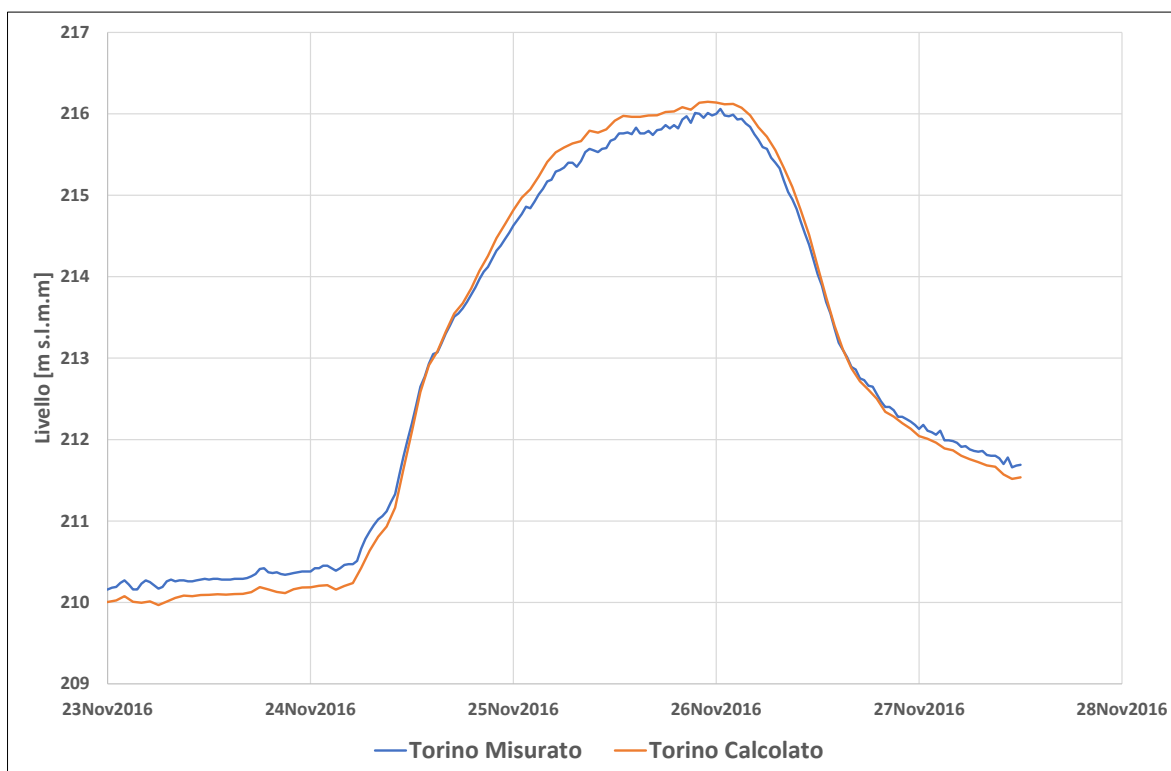


Figura 4.32 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Torino ponte Regina Margherita per l'evento di piena 2016

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.73
			Relazione idraulica generale	

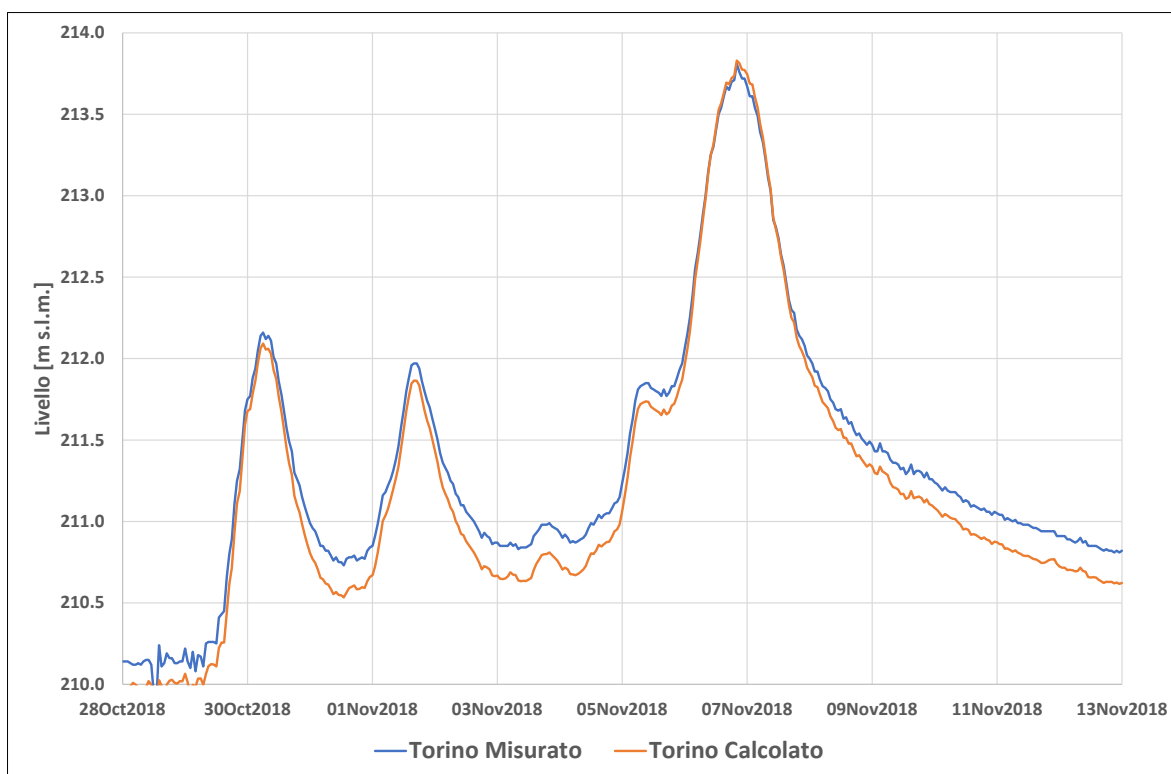


Figura 4.33 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Torino ponte Regina Margherita per l'evento di piena 2018

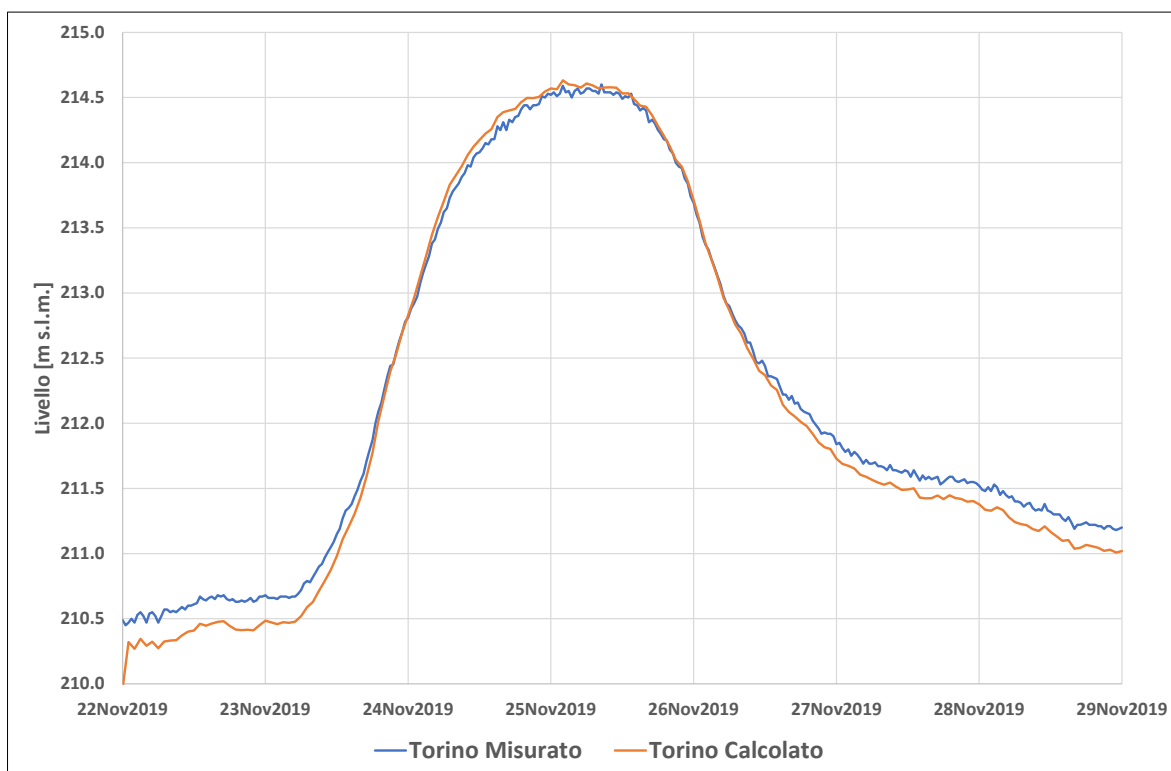


Figura 4.34 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Torino ponte Regina Margherita per l'evento di piena 2019

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.74
			Relazione idraulica generale	

4.3.2. Idrometro di S. Sebastiano Po

I valori al colmo all'idrometro di S. Sebastiano Po in termini di portate e livelli sono riportati rispettivamente in Tabella 4-7 e in Tabella 4-8.

I colmi delle portate sono ben riprodotti, con errori sempre inferiori al 10%, per l'evento 2016 anche grazie alle modifiche apportate agli idrogrammi degli affluenti.

Gli idrogrammi dei livelli sono generalmente sovrastimati di circa 40 cm, non solo al colmo. L'unico valore sottostimato è quello dell'evento del 2016, che però è il più importante, con valore al colmo circa 1500 m³/s superiore a quello del 2019 (stimato dal modello perché non esiste la registrazione al colmo dell'evento) che risulta il secondo per importanza. Per tale motivo si è scelto di non diminuire la scabrezza del tratto, che porterebbe ad una maggiore sottostima delle piene maggiori.

Tabella 4-7 – Sintesi risultati portata al colmo all'idrometro di S. Sebastiano Po

Piena	Misurato [m³/s]	Calcolato [m³/s]	Differenza [%]
2013	2297	2151	-6%
2014	2120	1963	-7%
2016	4426	4522	+2%
2018	2781	2723	-2%
2019		3015	

Tabella 4-8 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di S. Sebastiano Po

Piena	Misurato [m s.m.m.]	Calcolato [m s.m.m.]	Differenza [m]
2013	169.72	170.16	+0.44
2014	169.50	169.95	+0.45
2016	171.84	171.79	-0.05
2018	170.26	170.73	+0.47
2019		170.97	

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.75
			Relazione idraulica generale	

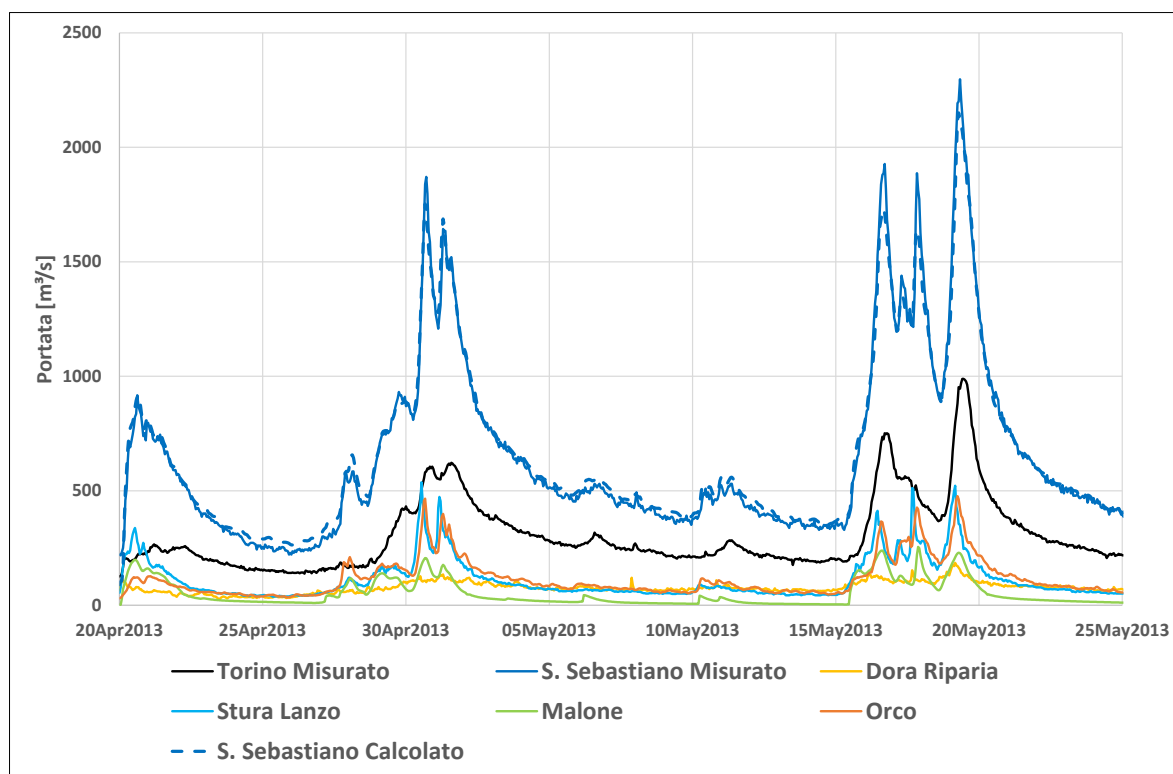


Figura 4.35 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di S. Sebastiano per l'evento di piena 2013

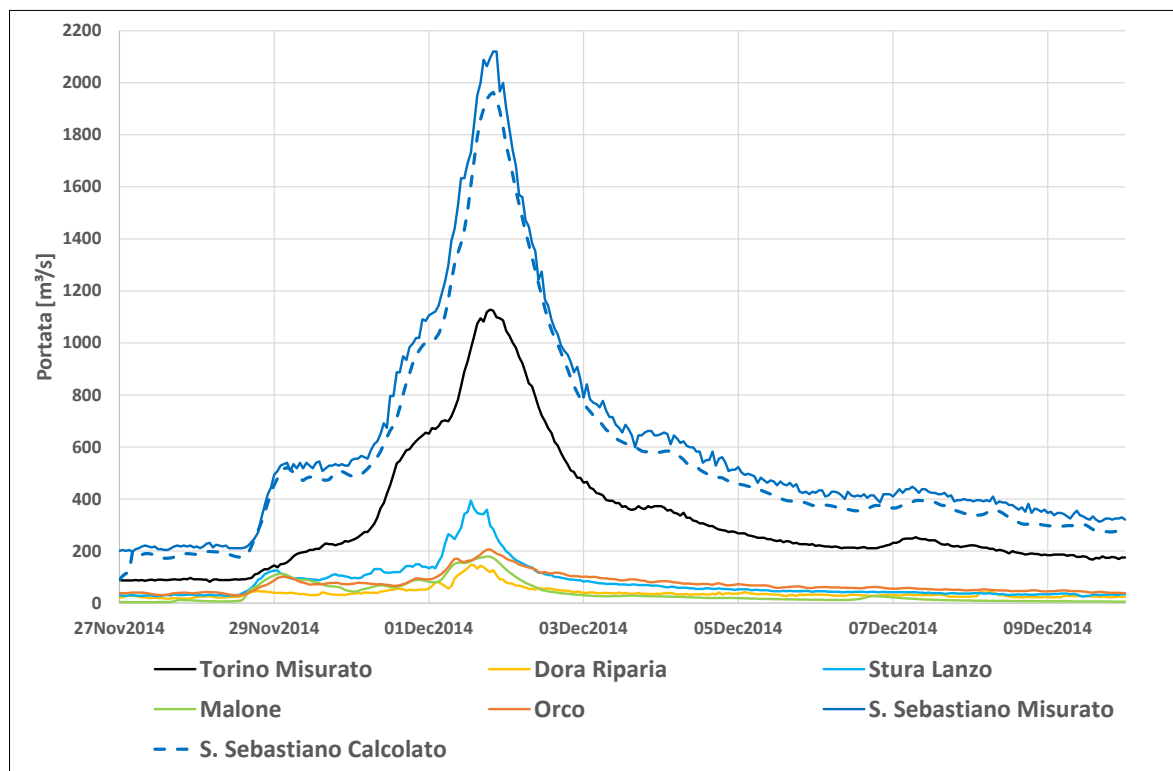


Figura 4.36 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di S. Sebastiano per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.76
			Relazione idraulica generale	

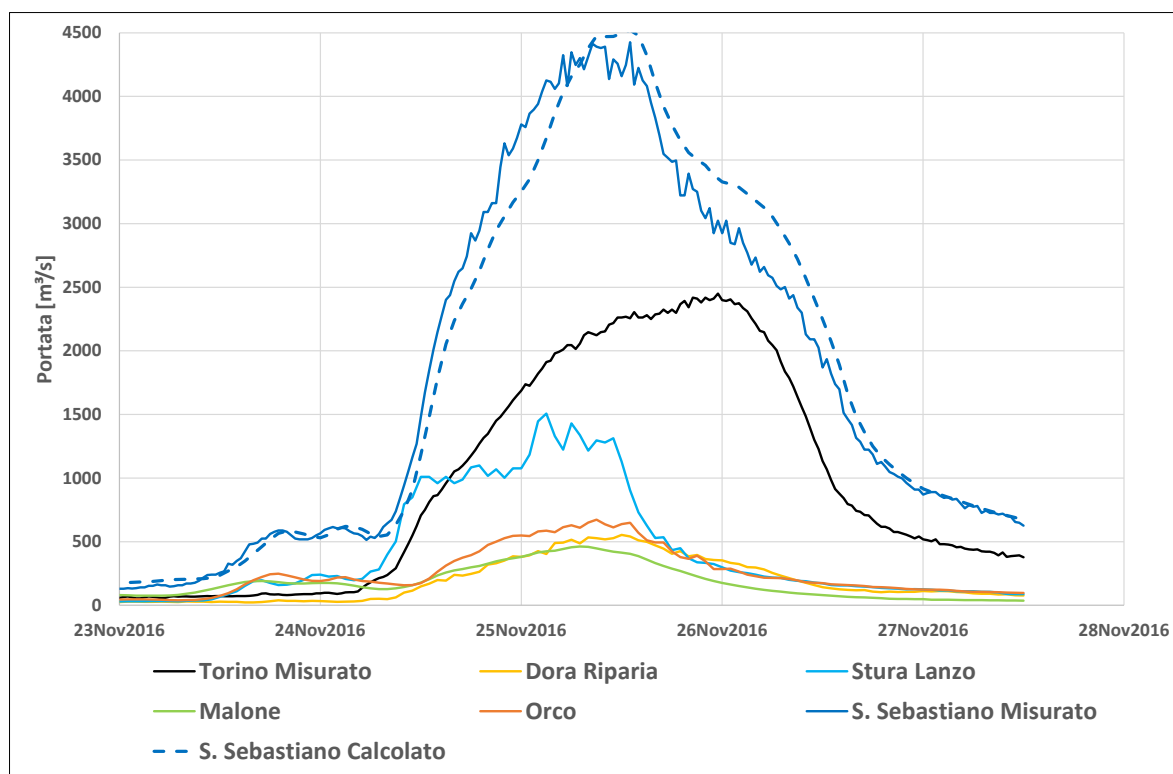


Figura 4.37 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di S. Sebastiano per l'evento di piena 2016

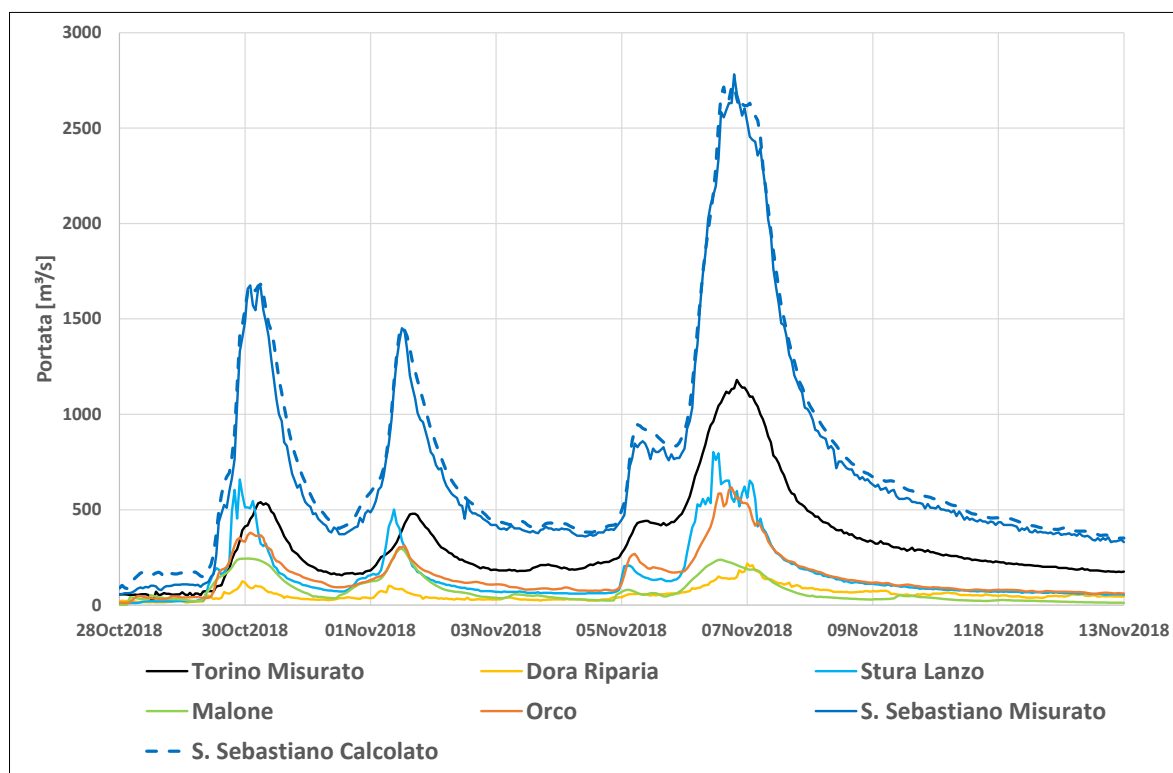


Figura 4.38 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di S. Sebastiano per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.77
			Relazione idraulica generale	

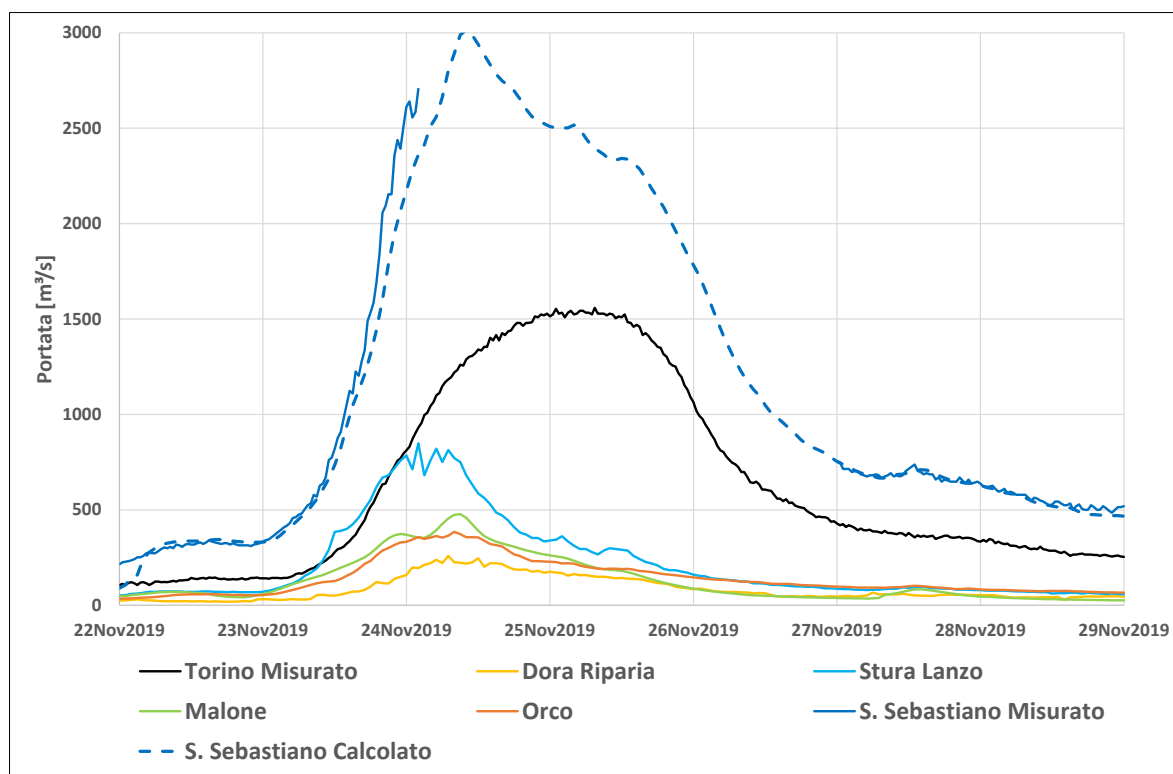


Figura 4.39 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di S. Sebastiano per l'evento di piena 2019

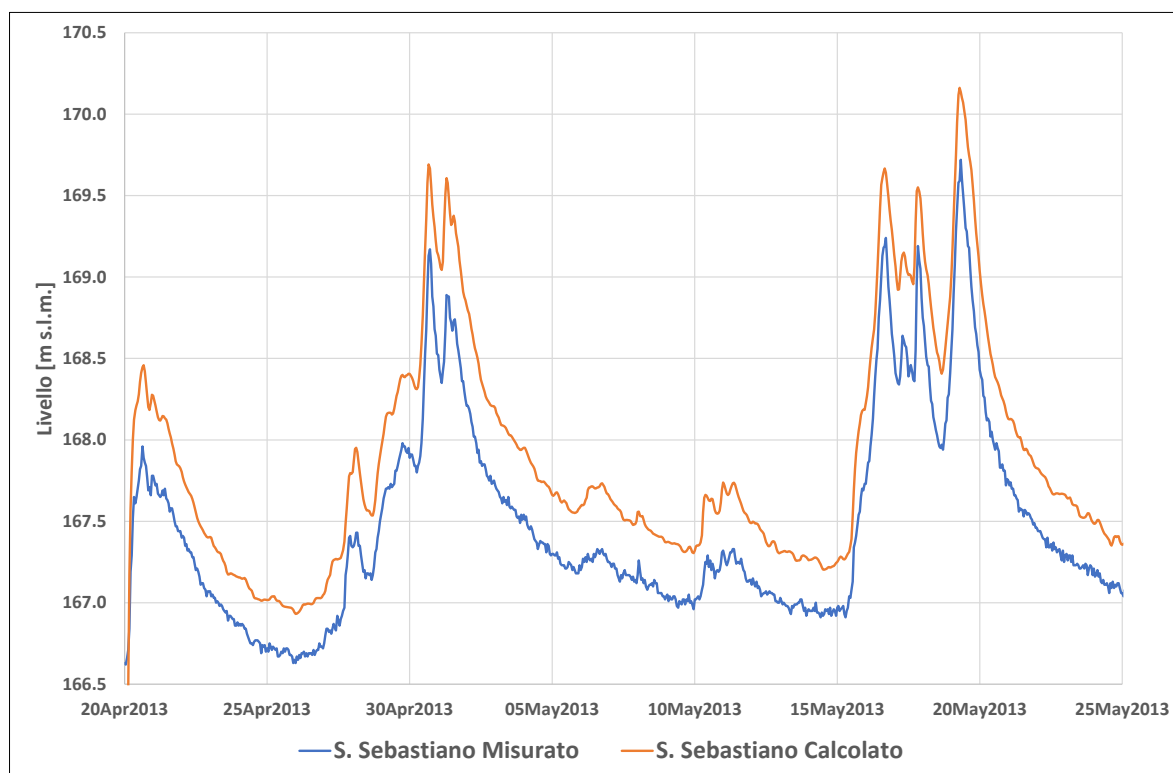


Figura 4.40 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di S. Sebastiano per l'evento di piena 2013

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.78
			Relazione idraulica generale	

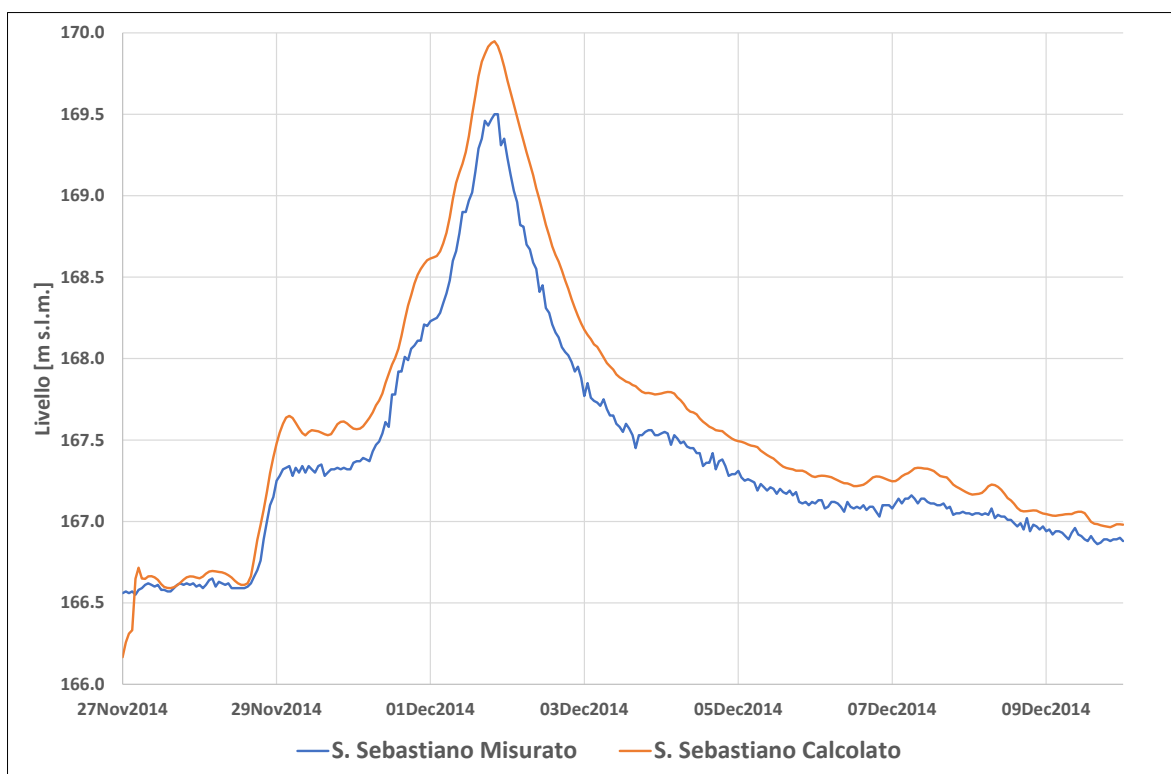


Figura 4.41 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di S. Sebastiano per l'evento di piena 2014

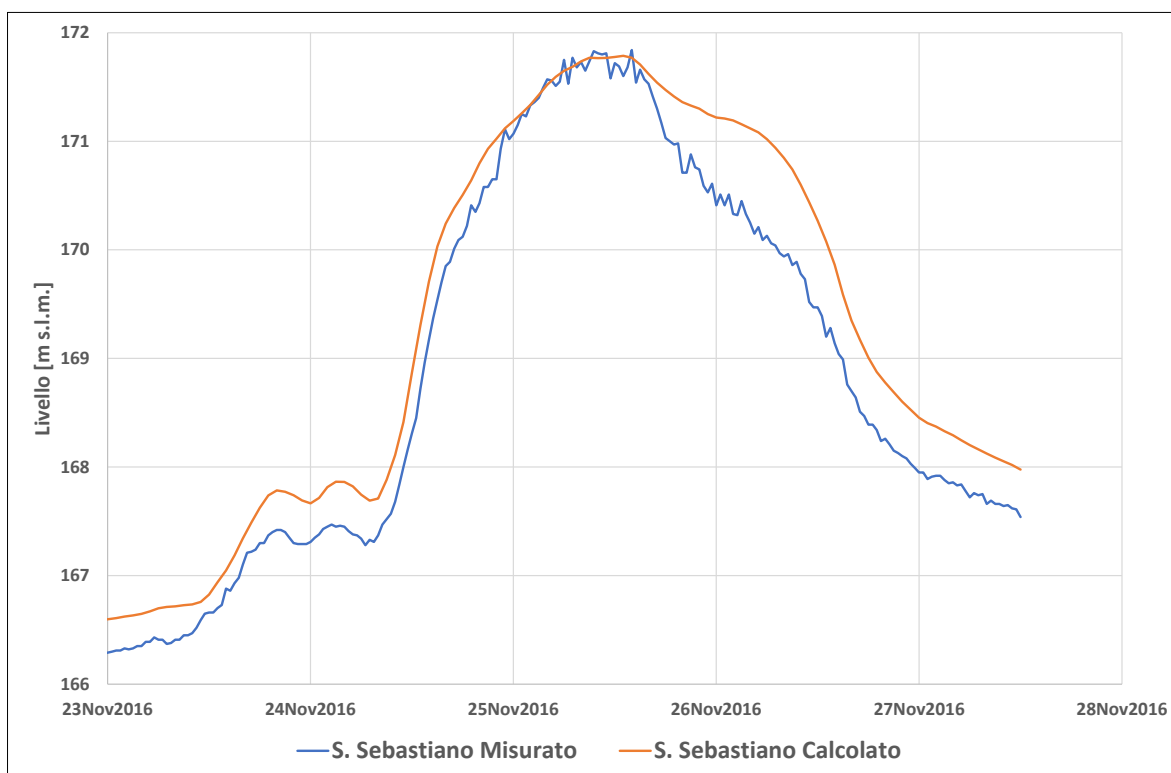


Figura 4.42 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di S. Sebastiano per l'evento di piena 2016

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.79
			Relazione idraulica generale	

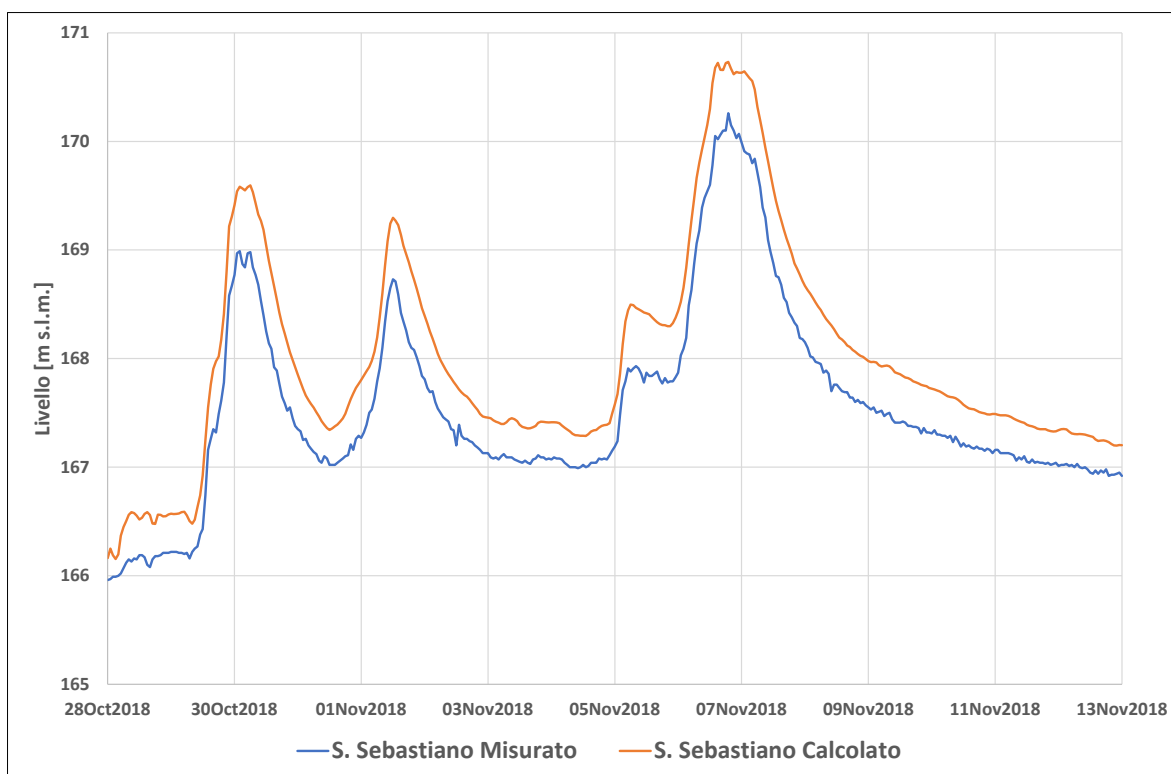


Figura 4.43 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di S. Sebastiano per l'evento di piena 2018

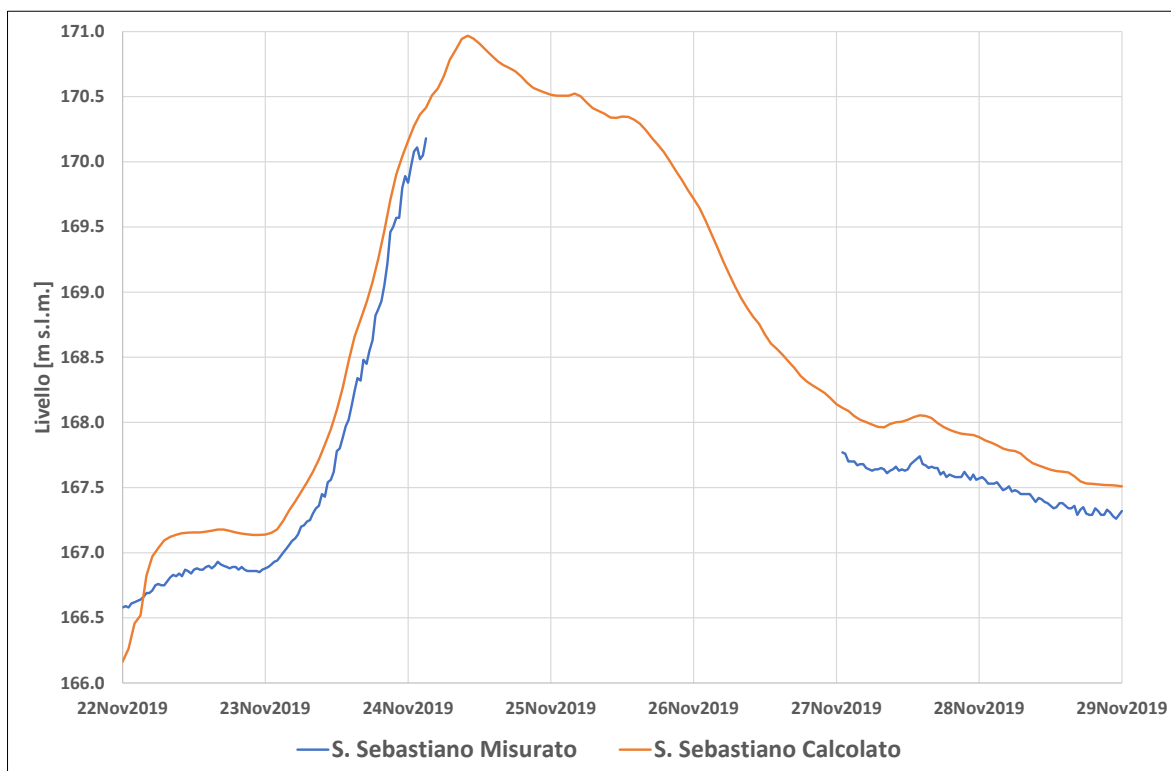


Figura 4.44 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di S. Sebastiano per l'evento di piena 2019

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.80
			Relazione idraulica generale	

4.3.3. Idrometro di Crescentino

La Tabella 4-9 riporta il confronto dei valori al colmo delle portate per gli eventi simulati. Apparentemente il modello sottostima i colmi a Crescentino, con l’eccezione dell’evento 2016, in cui sono stati modificati i contributi degli affluenti. In realtà, dal confronto con i colmi registrati a Casale Monferrato (cfr. Tabella 4-10), si nota come si abbia una consistente riduzione del colmo tra questi due idrometri, laminazione che il modello non riproduce, mantenendo all’incirca costante il valore al colmo. Per l’evento 2018, in cui si ha la maggiore sottostima, il colmo tra Crescentino e Casale si riduce di circa 1500 m³/s (Figura 4.48).

Nonostante le sottostime dei valori di portata i livelli sono costantemente sottostimati di circa 40 cm (Tabella 4-10). Anche in questo caso (cfr. paragrafo 4.3.2) si è preferito non ridurre la scabrezza visto che l’evento maggiore, 2016, risulta sottostimato e l’evento 2018, con portata nel modello simile a quella del 2019 risulta sovrastimato di soli 5 cm.

Tabella 4-9 – Sintesi risultati portata al colmo all’idrometro di Crescentino

Piena	Misurato [m³/s]	Calcolato [m³/s]	Differenza [%]
2013	2924	2696	-8%
2014	2356	2177	-8%
2016	4990	5068	+2%
2018	4521	3463	-23%
2019	3994	3537	-11%

Tabella 4-10 – Sintesi risultati livelli al colmo all’idrometro di Crescentino

Piena	Misurato [m s.m.m.]	Calcolato [m s.m.m.]	Differenza [m]
2013	149.98	150.40	+0.42
2014	149.65	150.03	+0.38
2016	151.68	151.58	-0.10
2018	150.80	150.85	+0.05
2019	150.54	150.93	+0.39

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.81
			Relazione idraulica generale	

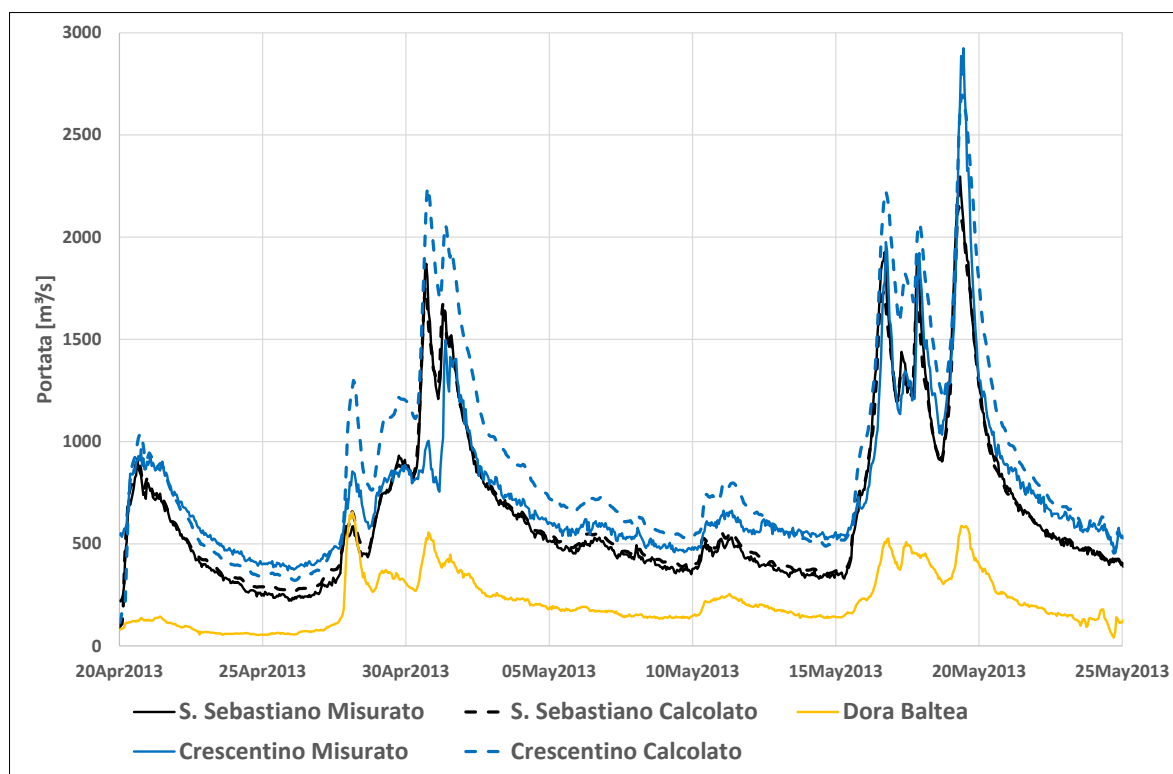


Figura 4.45 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2013

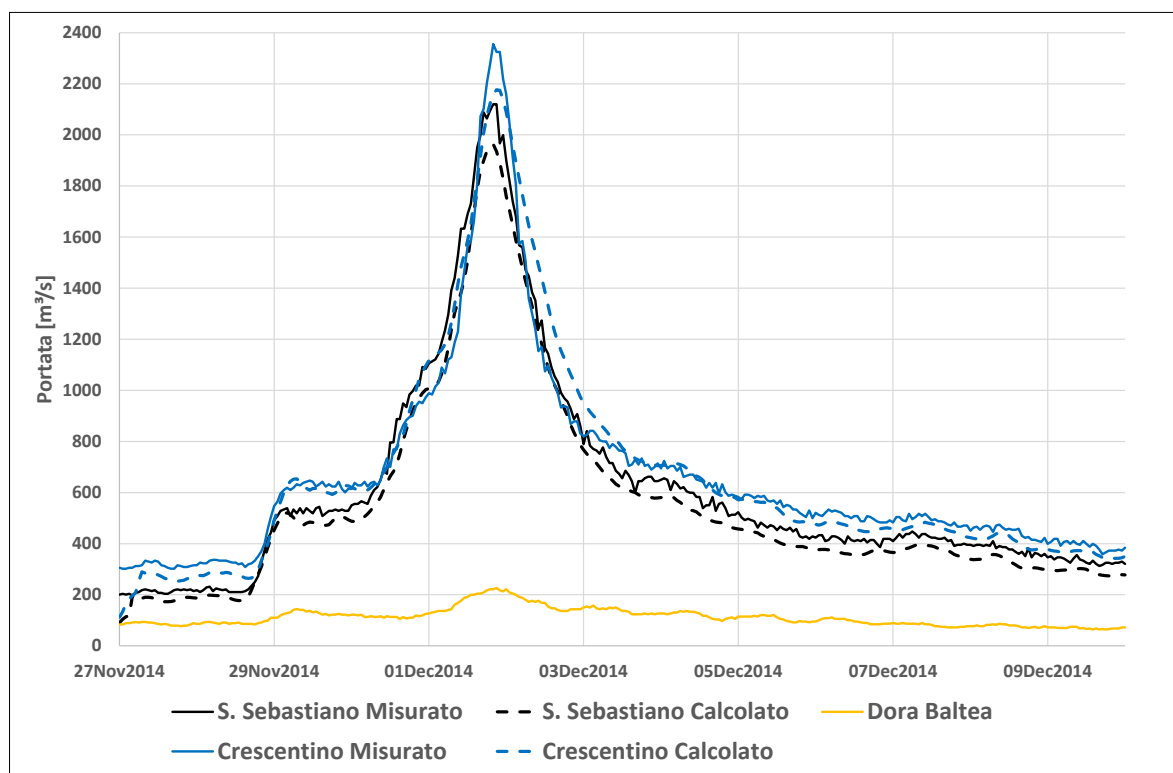


Figura 4.46 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.82
			Relazione idraulica generale	

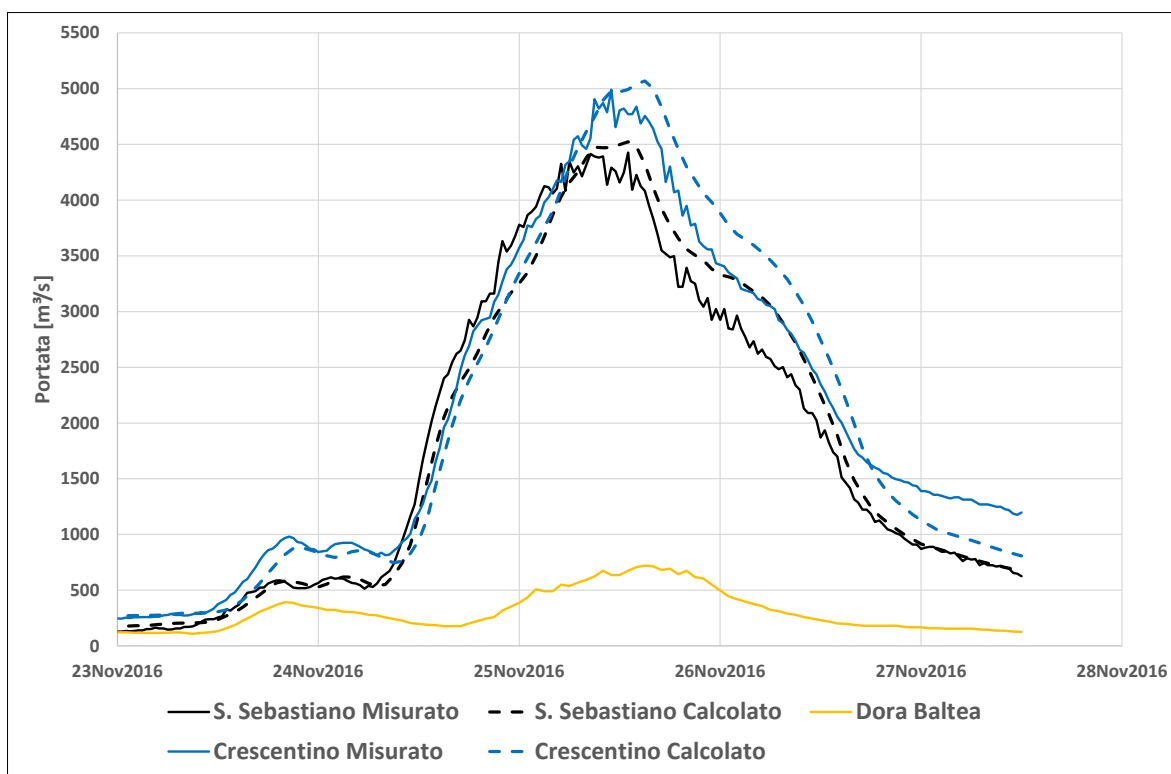


Figura 4.47 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2016

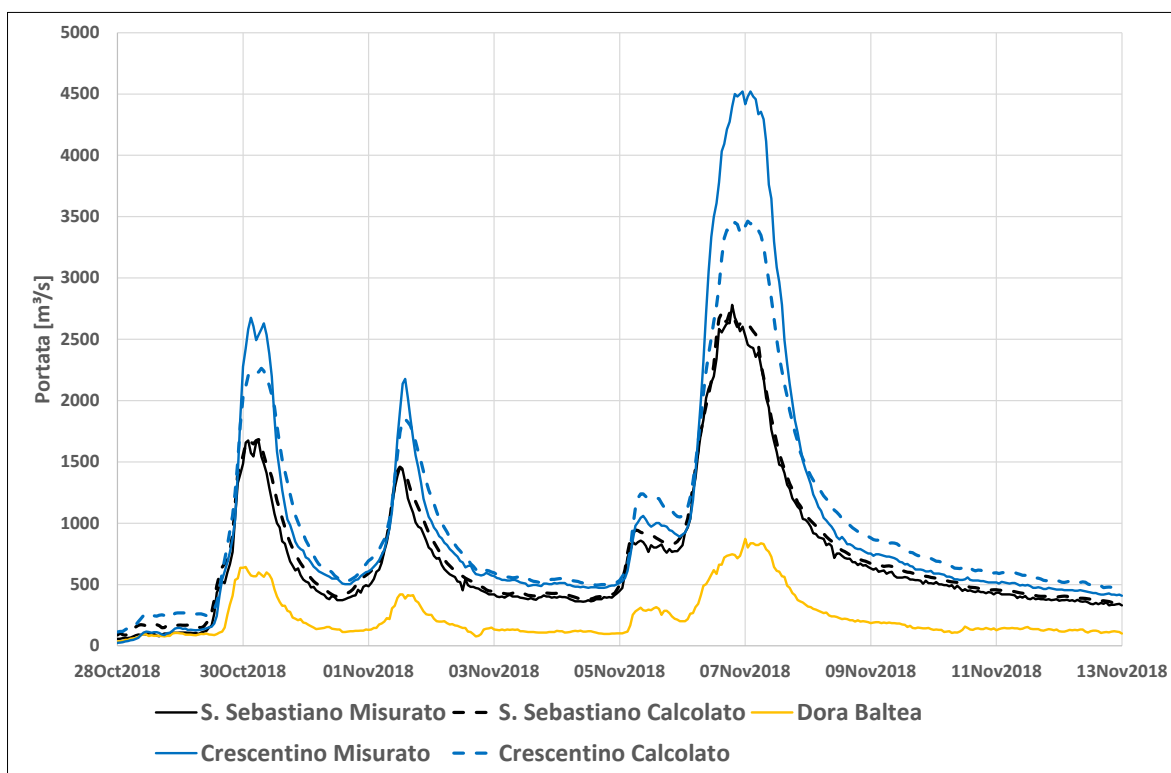


Figura 4.48 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.83
			Relazione idraulica generale	

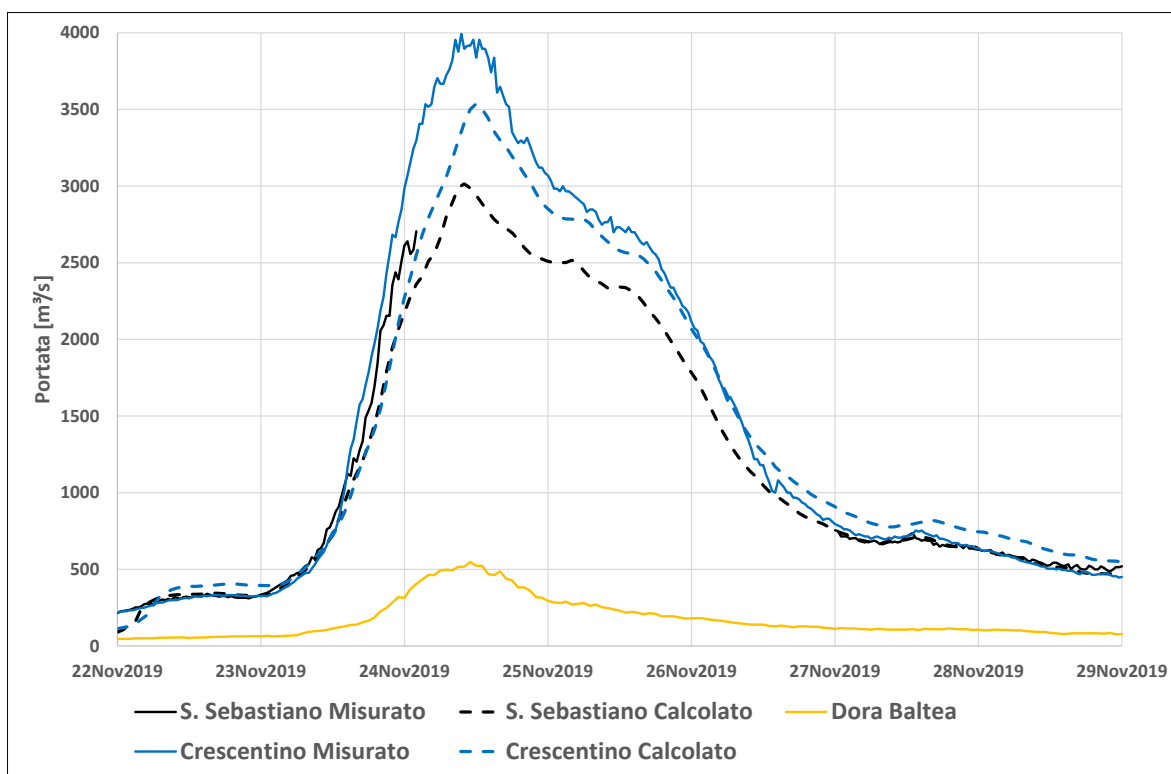


Figura 4.49 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2019

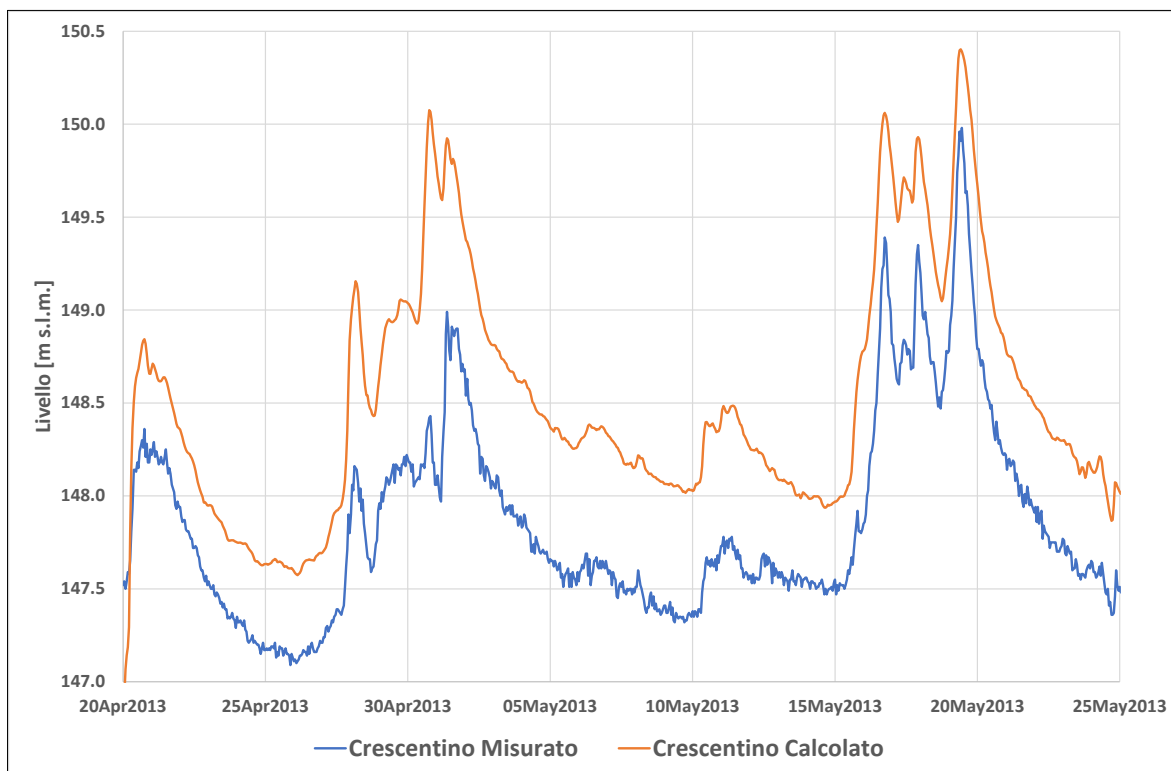


Figura 4.50 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2013

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.84
			Relazione idraulica generale	

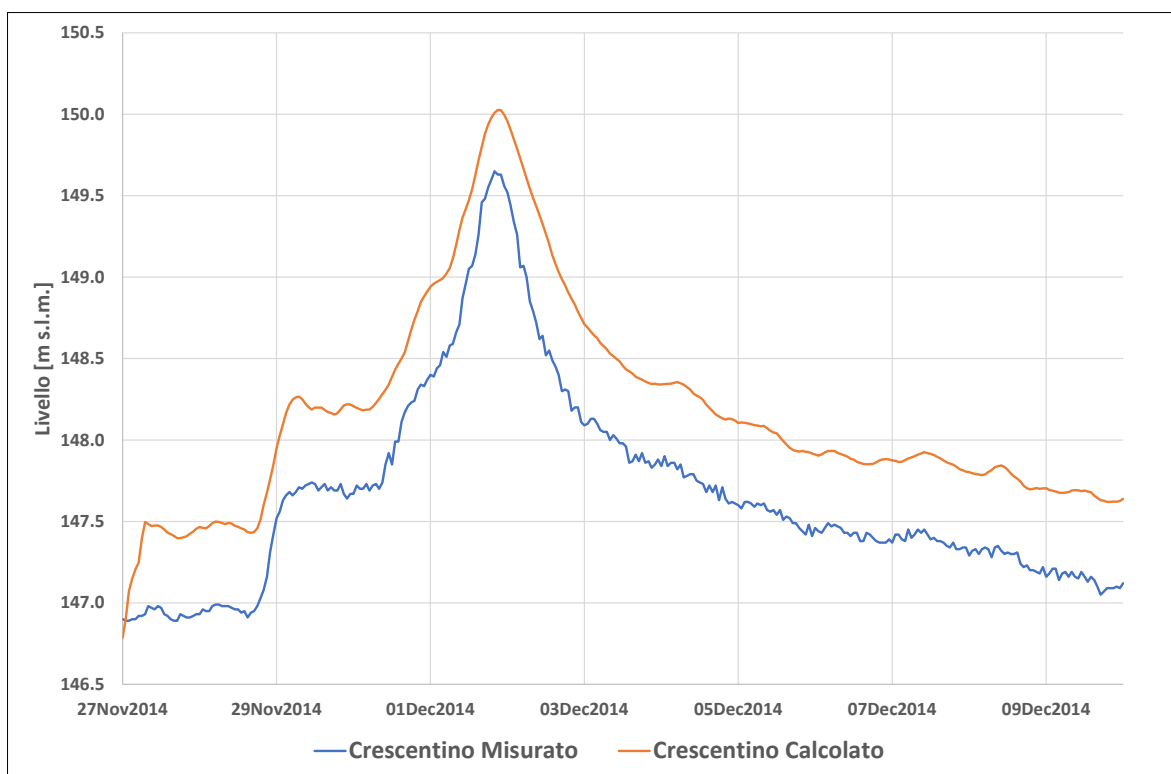


Figura 4.51 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2014

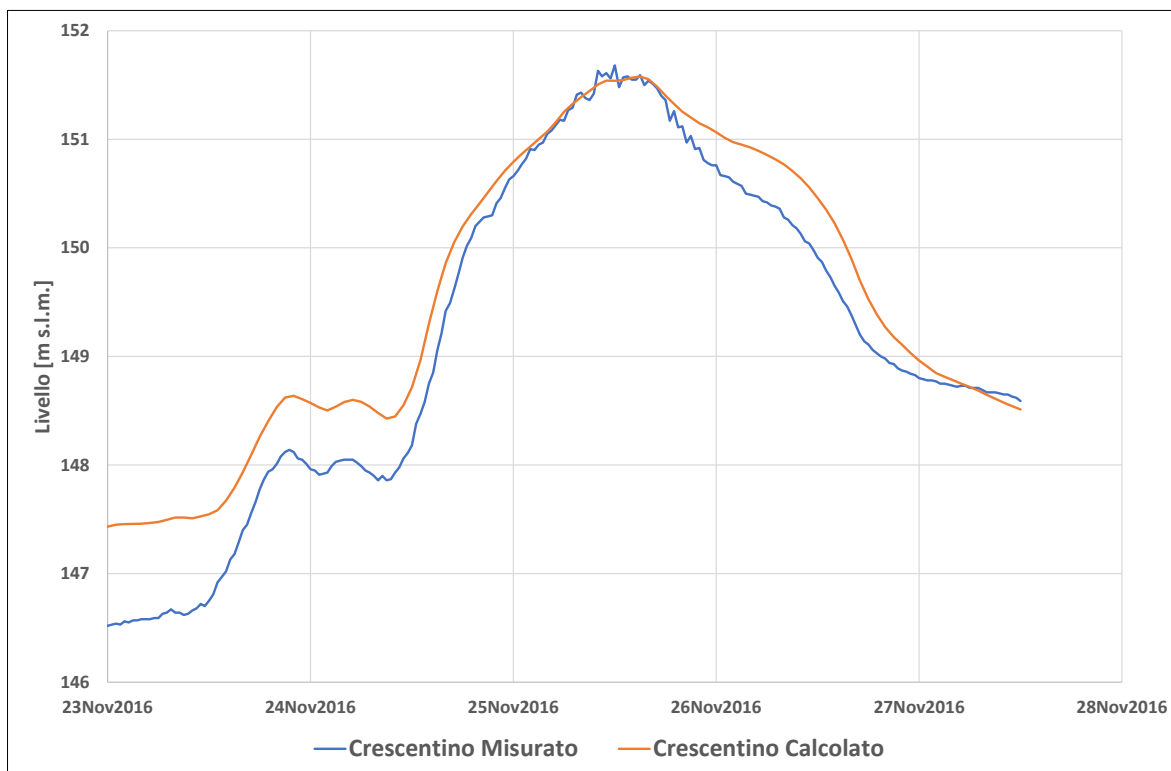


Figura 4.52 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2016

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.85
			Relazione idraulica generale	

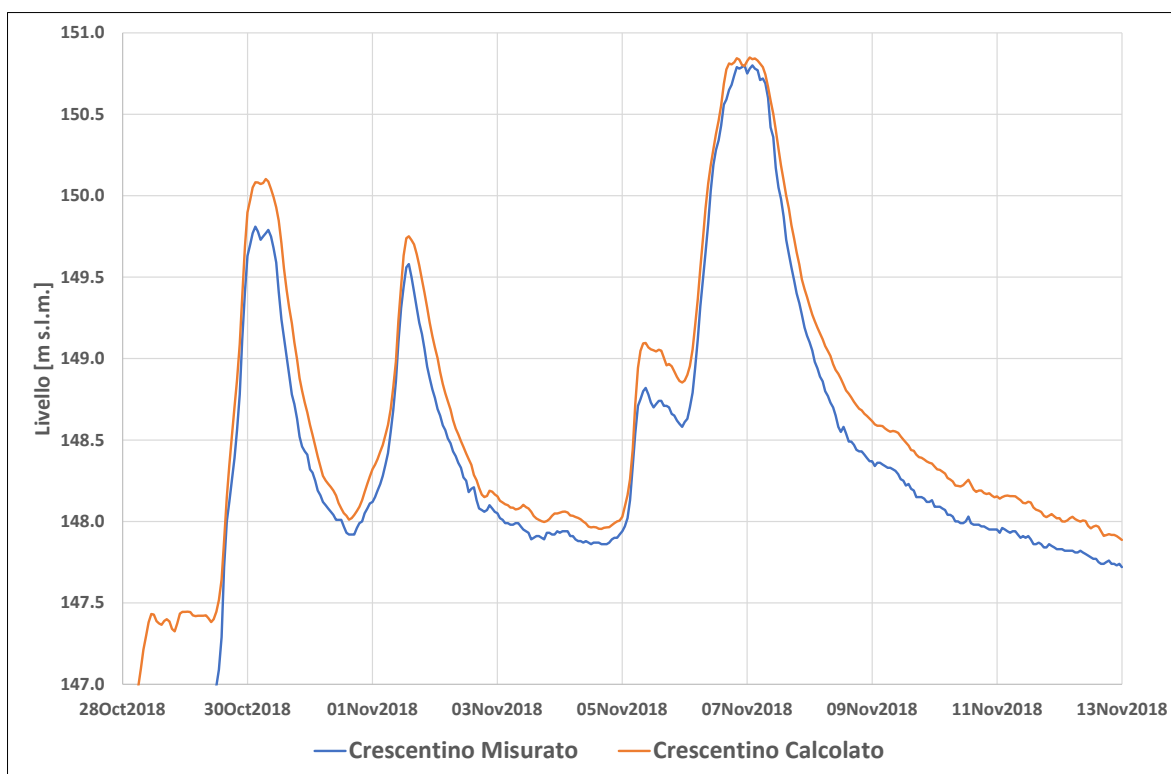


Figura 4.53 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2018

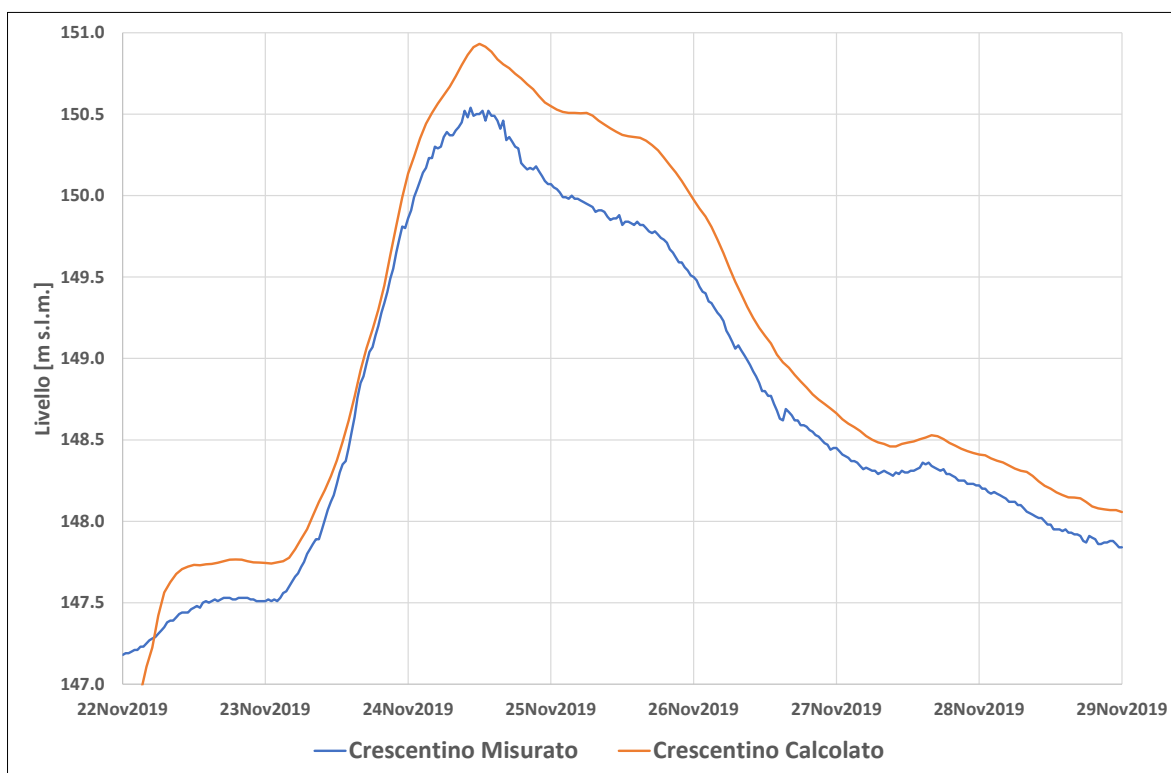


Figura 4.54 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2019

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.86
			Relazione idraulica generale	

4.3.4. Idrometro di Casale Monferrato

Come già accennato nel paragrafo precedente, si hanno delle forti riduzioni al colmo tra gli idrometri di Crescentino e di Casale Monferrato per gli eventi 2013, 2018 e 2019 rispettivamente Figura 4.55, Figura 4.58 e Figura 4.59. Queste riduzioni sembrano attribuibili più ad imprecisioni di stima a Crescentino che a reali effetti di laminazione. La stima del modello dei valori di colmo risulta soddisfacente, Tabella 4-11, anche se per due eventi l'errore è superiore al 10%.

Anche per l'idrometro di Casale si ha una costante sottostima dei livelli per le portate basse, con una tendenza a sovrastimare i colmi, Tabella 4-12. La calibrazione del tratto a valle dell'idrometro è avvenuta nel modello successivo (cfr. paragrafo 4.4) in cui l'idrometro costituisce la condizione di monte e le portate considerate sono esattamente quelle definite da ARPA Piemonte.

Tabella 4-11 – Sintesi risultati portata al colmo all'idrometro di Casale Monferrato

Piena	Misurato [m³/s]	Calcolato [m³/s]	Differenza [%]
2013	2423	2643	+9%
2014	2432	2144	-12%
2016	4883	5032	+3%
2018	3044	3442	+13%
2019	3504	3492	-0%

Tabella 4-12 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Casale Monferrato

Piena	Misurato [m s.m.m.]	Calcolato [m s.m.m.]	Differenza [m]
2013	107.69	108.05	+0.36
2014	107.26	107.23	-0.03
2016	110.57	110.45	-0.12
2018	108.52	109.14	+0.62
2019	109.03	109.19	+0.16

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.87
			Relazione idraulica generale	

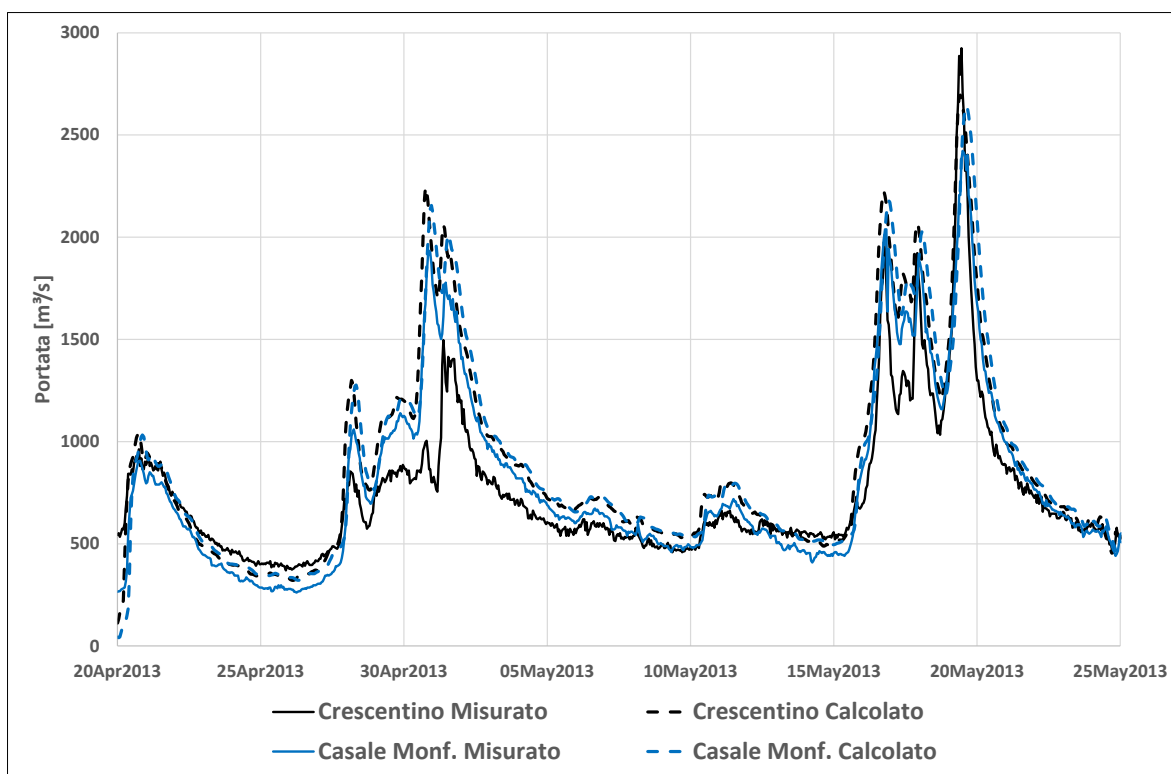


Figura 4.55 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2013

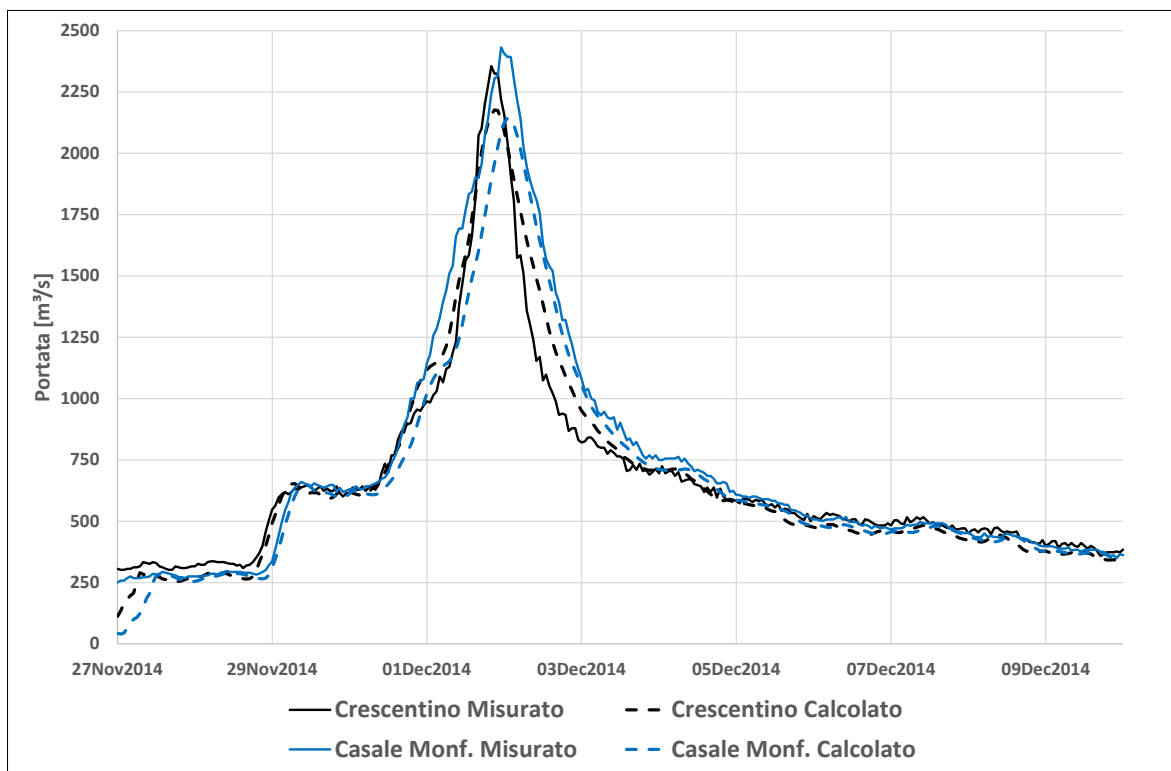


Figura 4.56 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.88
			Relazione idraulica generale	

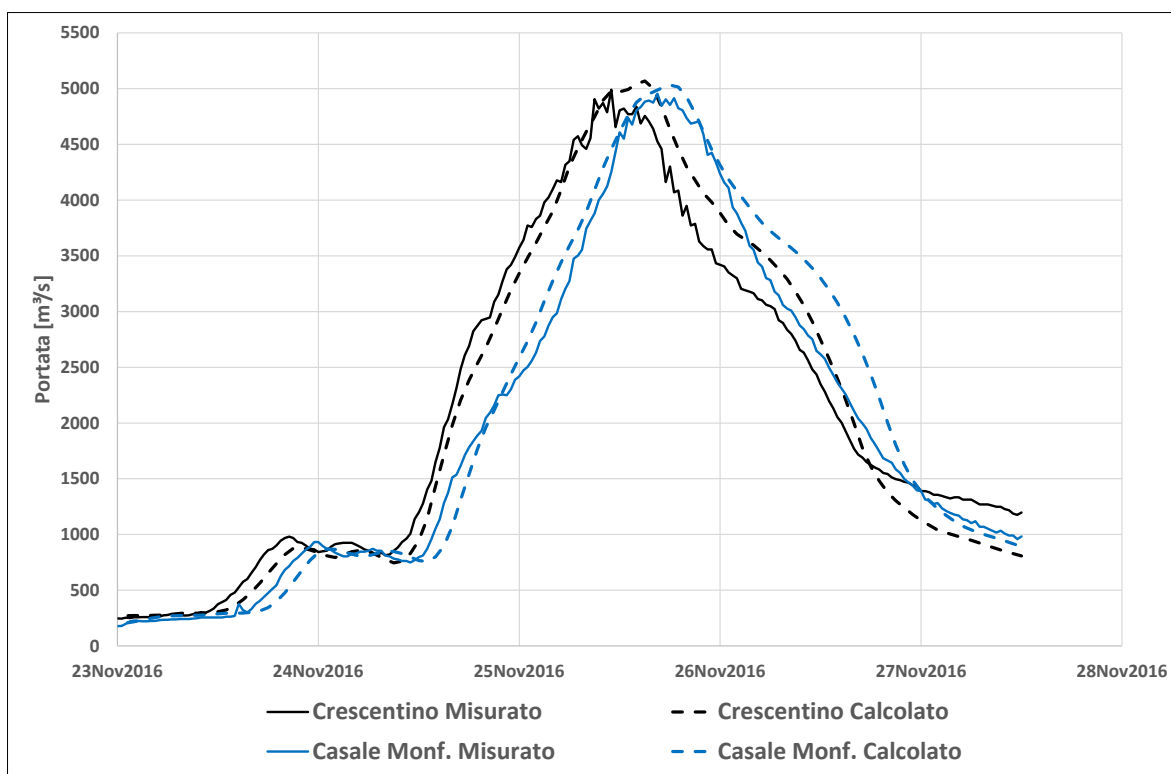


Figura 4.57 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2016

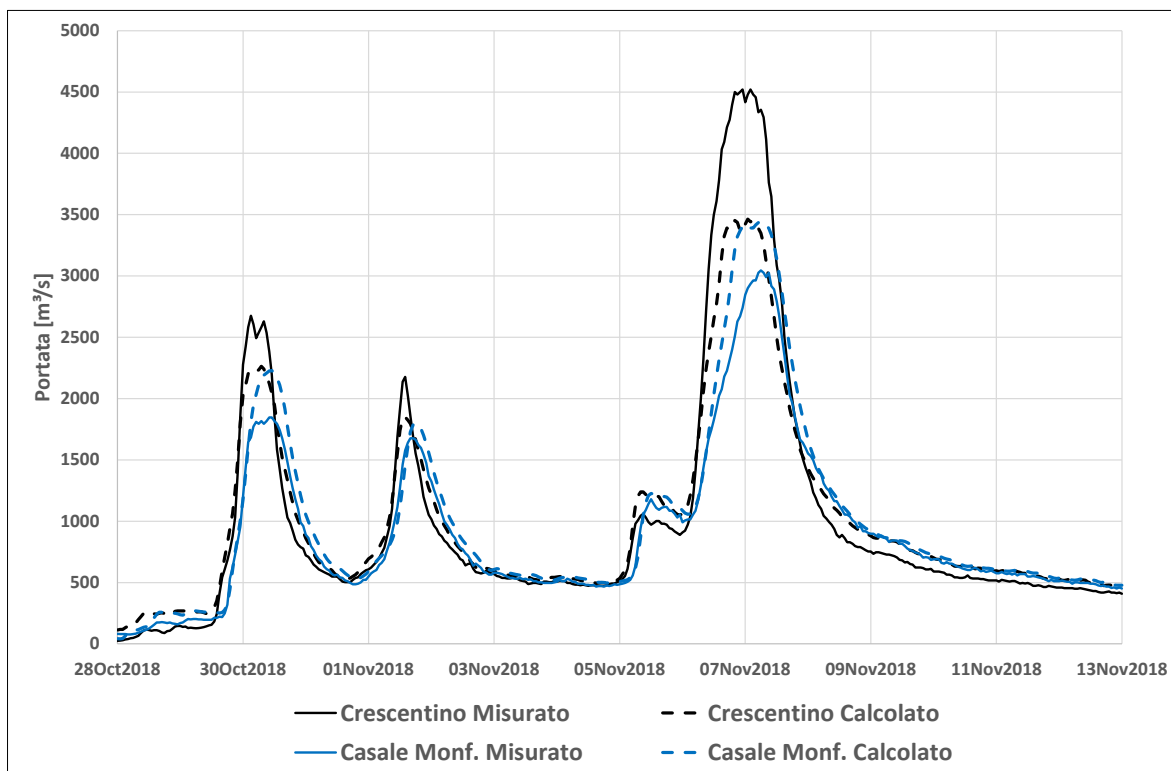


Figura 4.58 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.89
			Relazione idraulica generale	

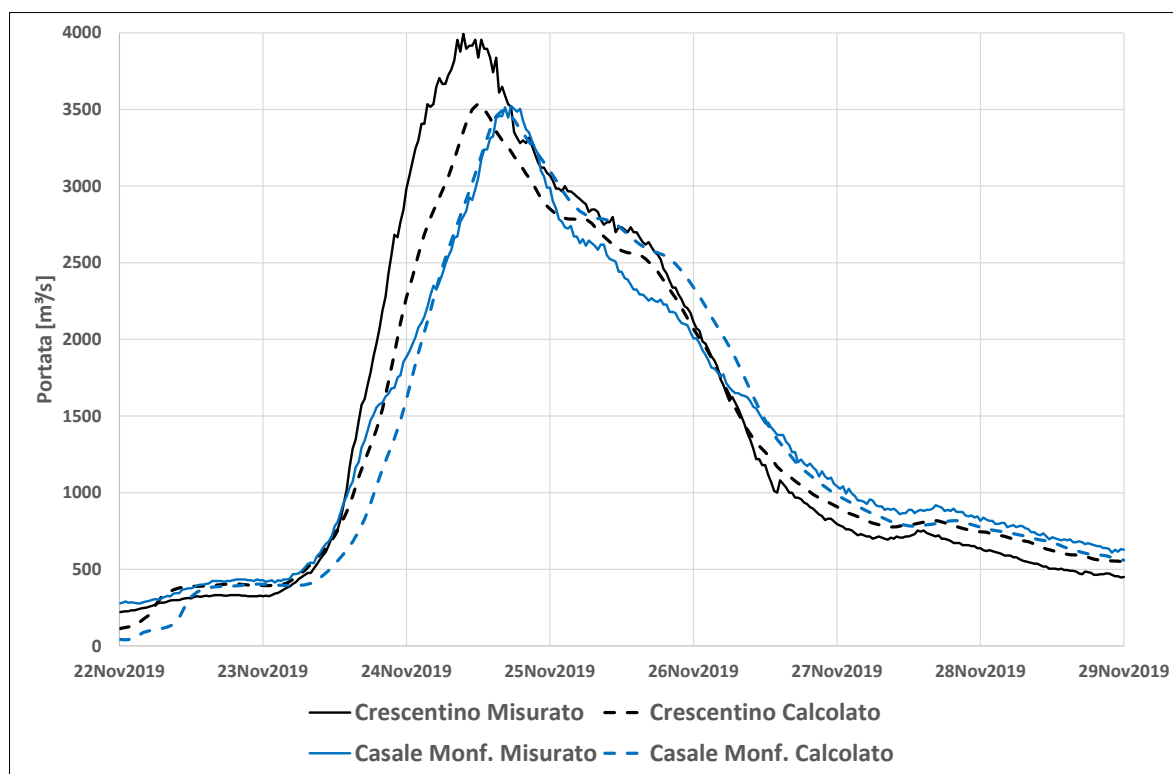


Figura 4.59 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2019

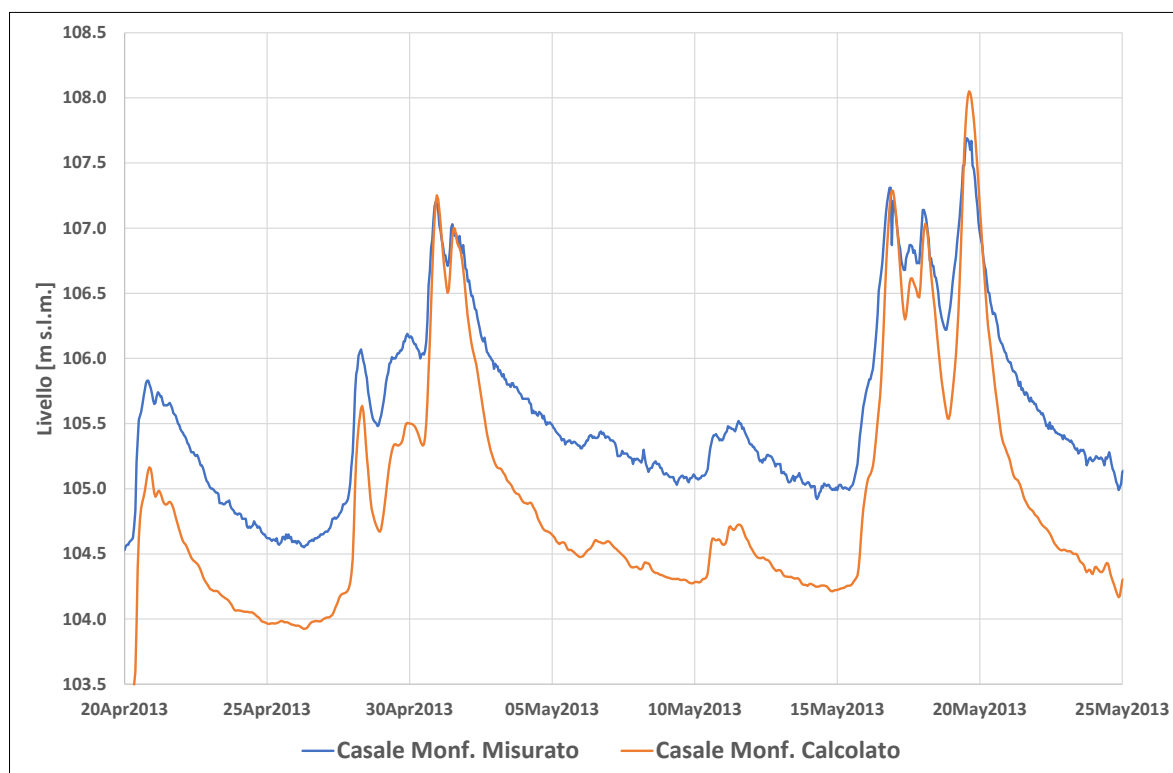


Figura 4.60 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2013

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.90
			Relazione idraulica generale	

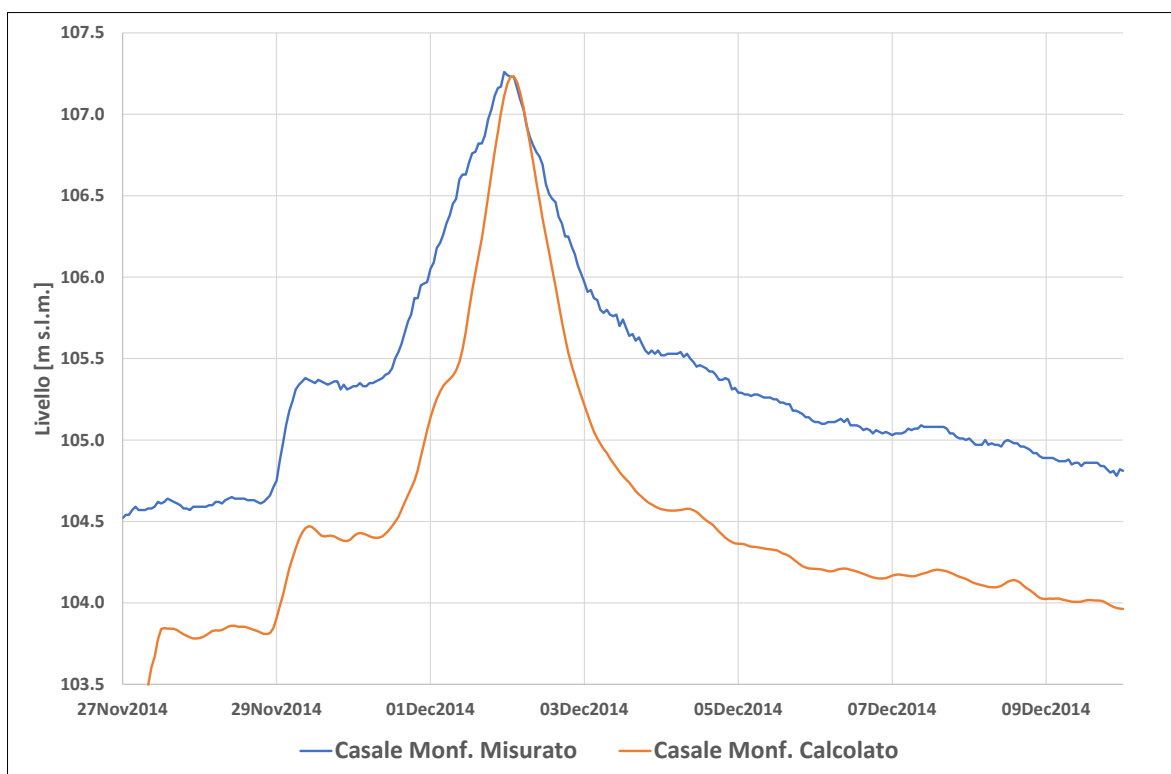


Figura 4.61 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2014

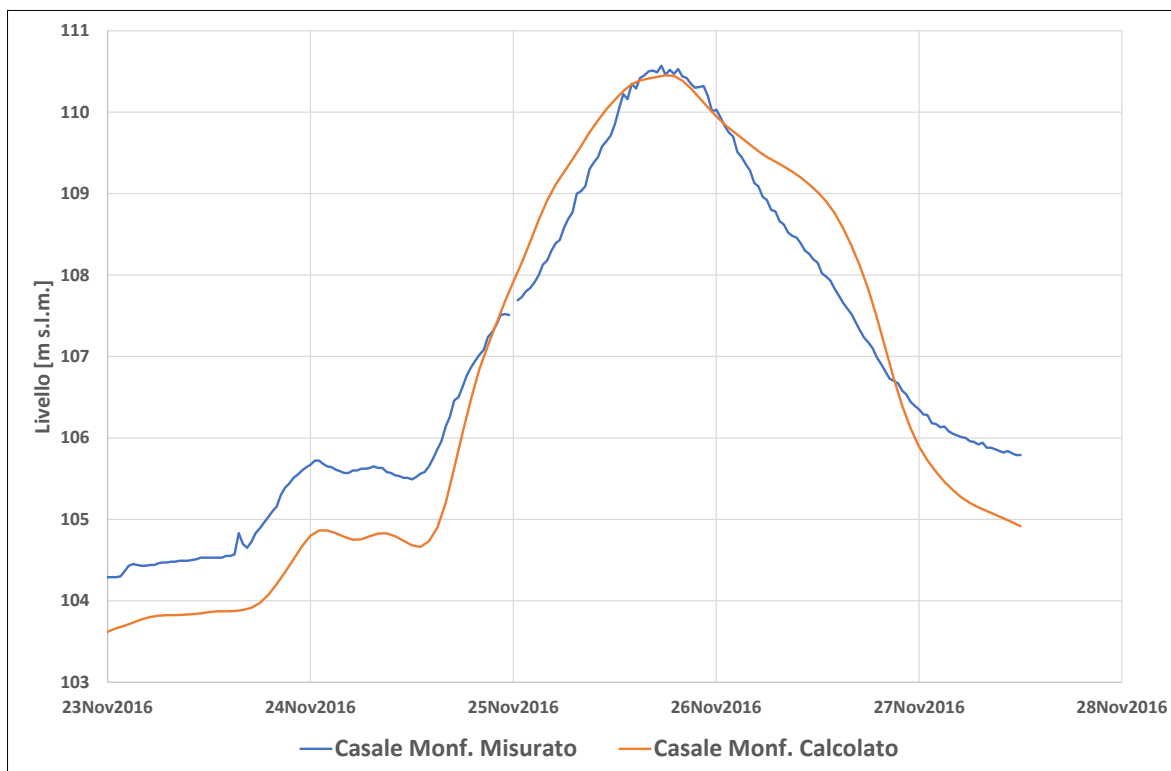


Figura 4.62 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2016

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.91
			Relazione idraulica generale	

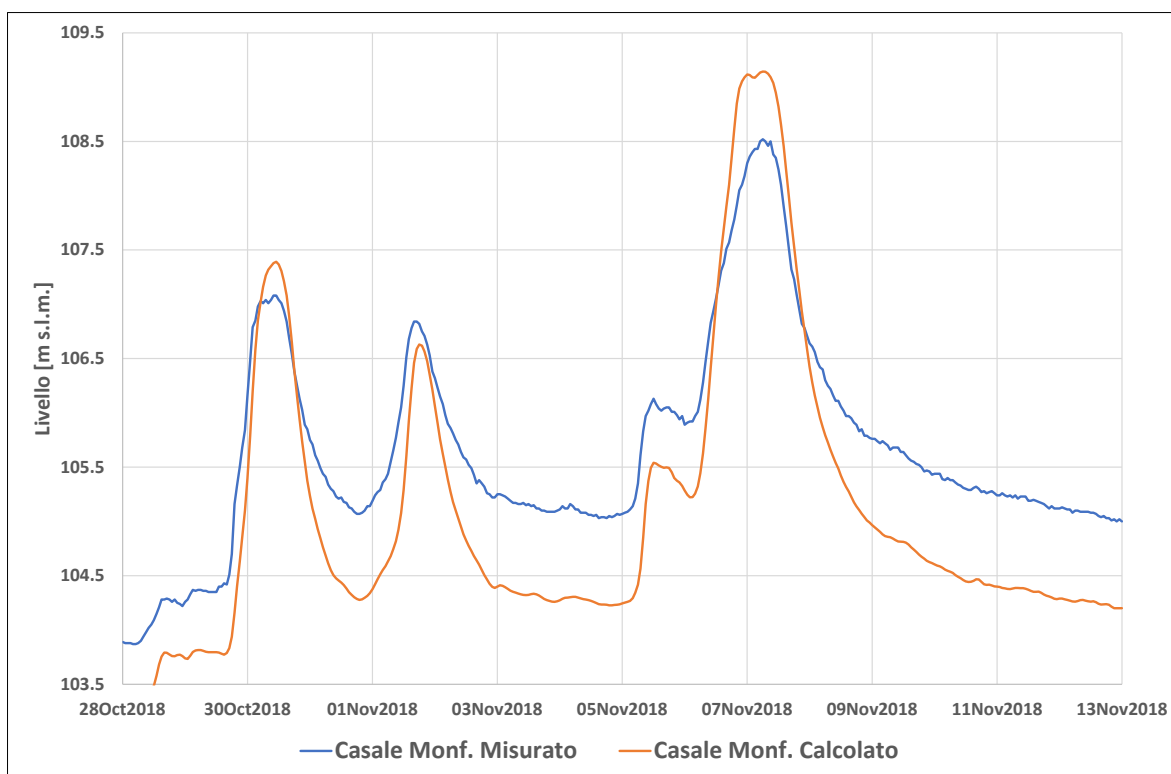


Figura 4.63 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2018

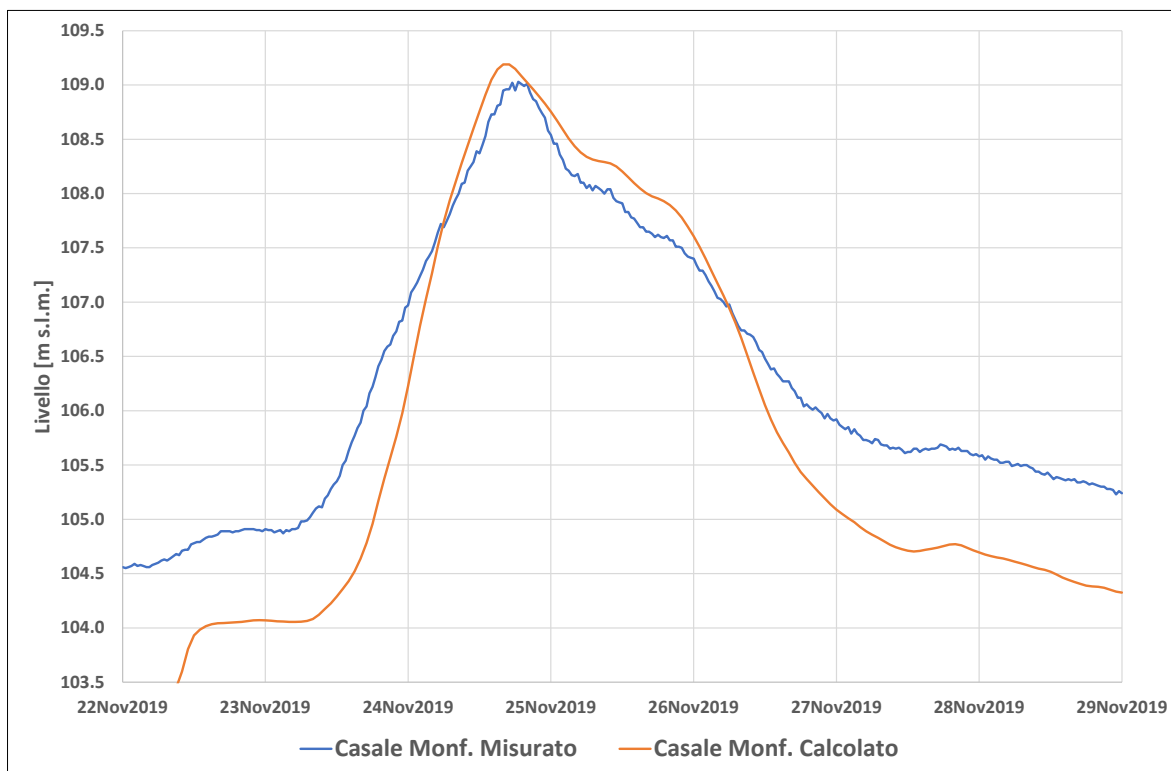


Figura 4.64 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2019

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.92
			Relazione idraulica generale	

4.3.5. Idrometro di Valenza

All'idrometro di Valenza è posta la condizione al contorno di valle del modello come scala di deflusso, pertanto, i livelli stimati sono in diretta correlazione con le portate, per questo motivo i risultati sui livelli saranno valutati nel modello successivo (cfr. paragrafo 4.4.2). Da sottolineare come la piena del 2014 considerata in questo tratto è quella di dicembre, mentre nel tratto successivo è quella di novembre, perché, grazie al contributo del Sesia, è quella che ha il colmo maggiore.

I risultati in termini di valori al colmo delle portate sono sintetizzati nella Tabella 4-13. La stima delle portate risulta ottima, tranne la sovrastima dell'evento 2018 con quasi un +20%.

Tabella 4-13 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Casale Monferrato

Piena	Misurato [m³/s]	Calcolato [m³/s]	Differenza [%]
2013	3816	3952	+4%
2014	2746	2624	-4%
2016	6116	6272	+3%
2018	4648	5506	+18%
2019	4956	5268	+6%

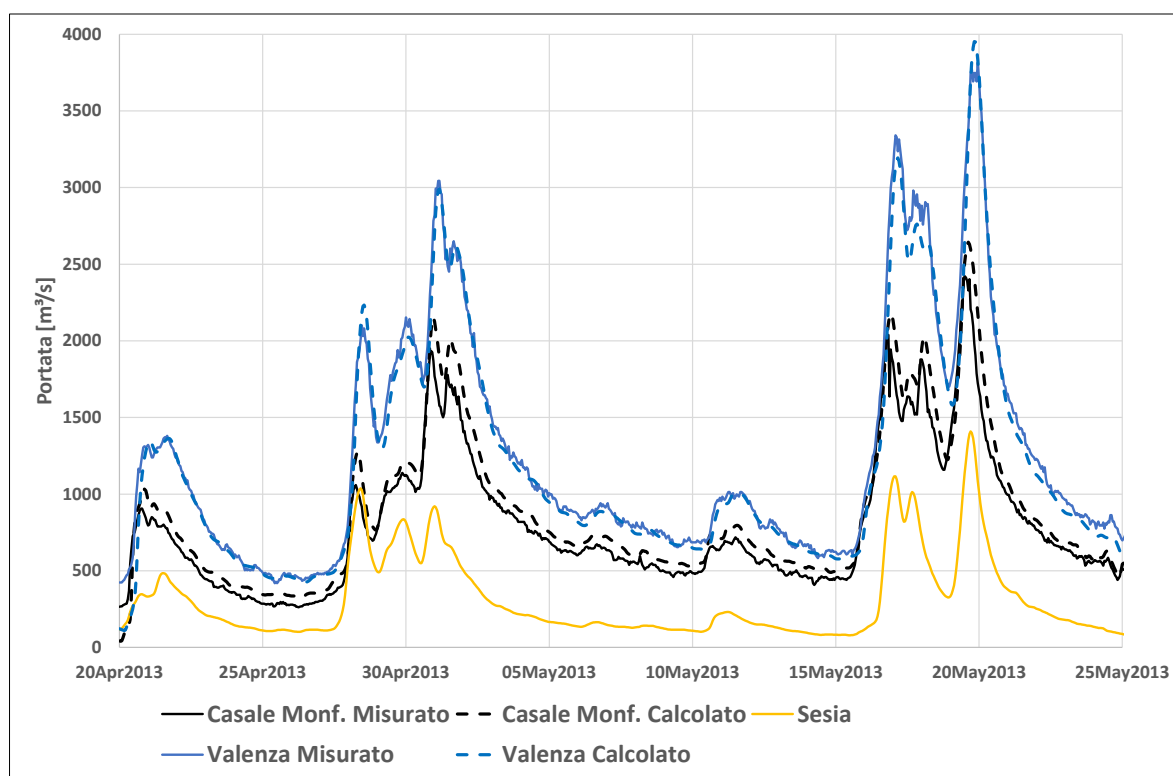


Figura 4.65 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2013

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.93
			Relazione idraulica generale	

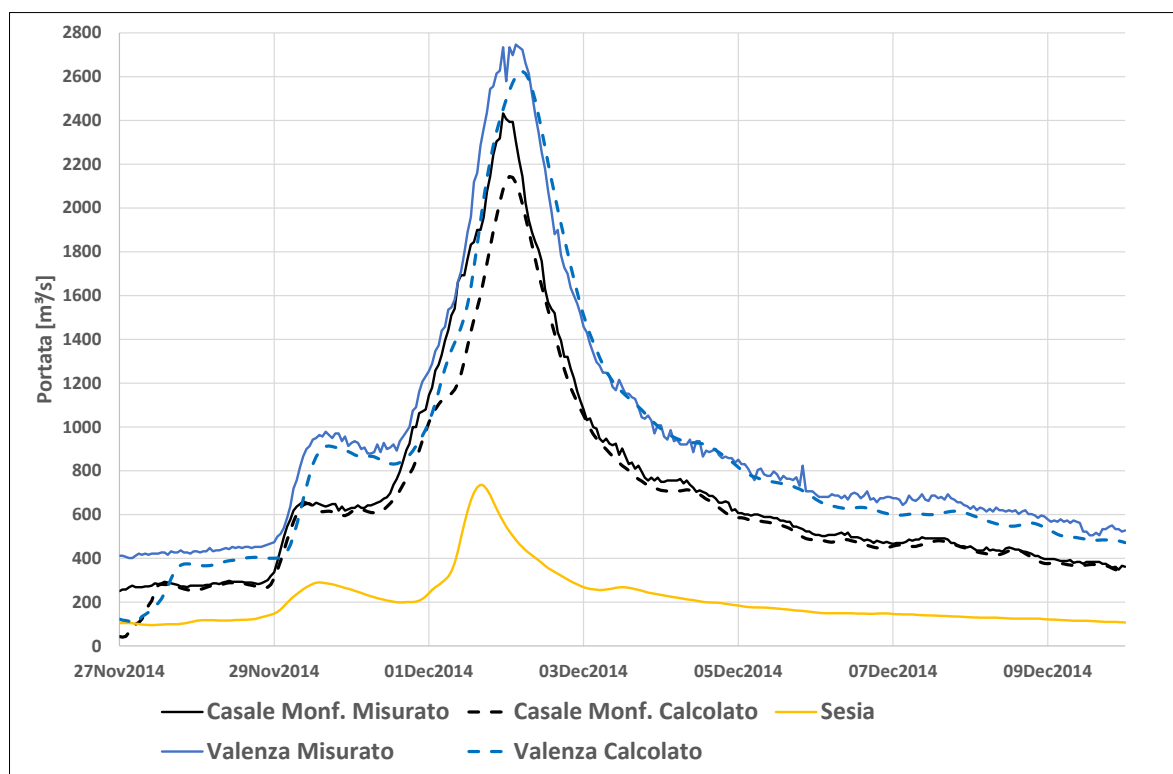


Figura 4.66 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2014

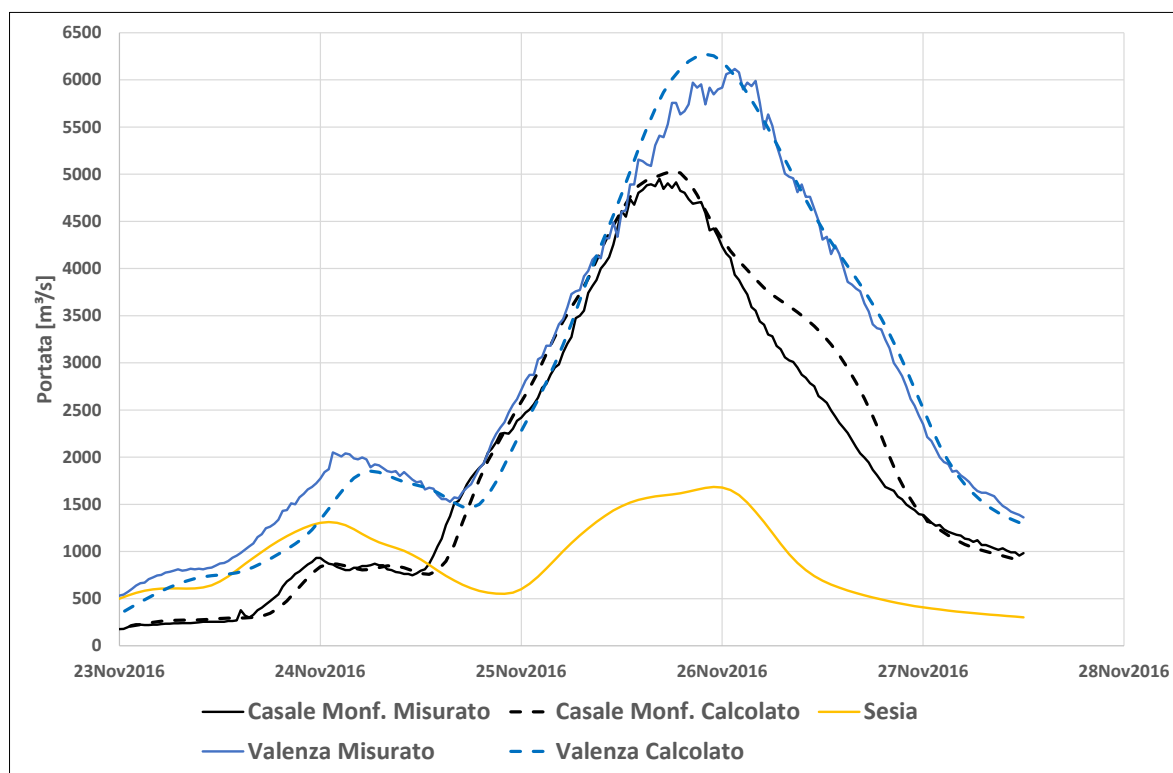


Figura 4.67 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2016

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.94
			Relazione idraulica generale	

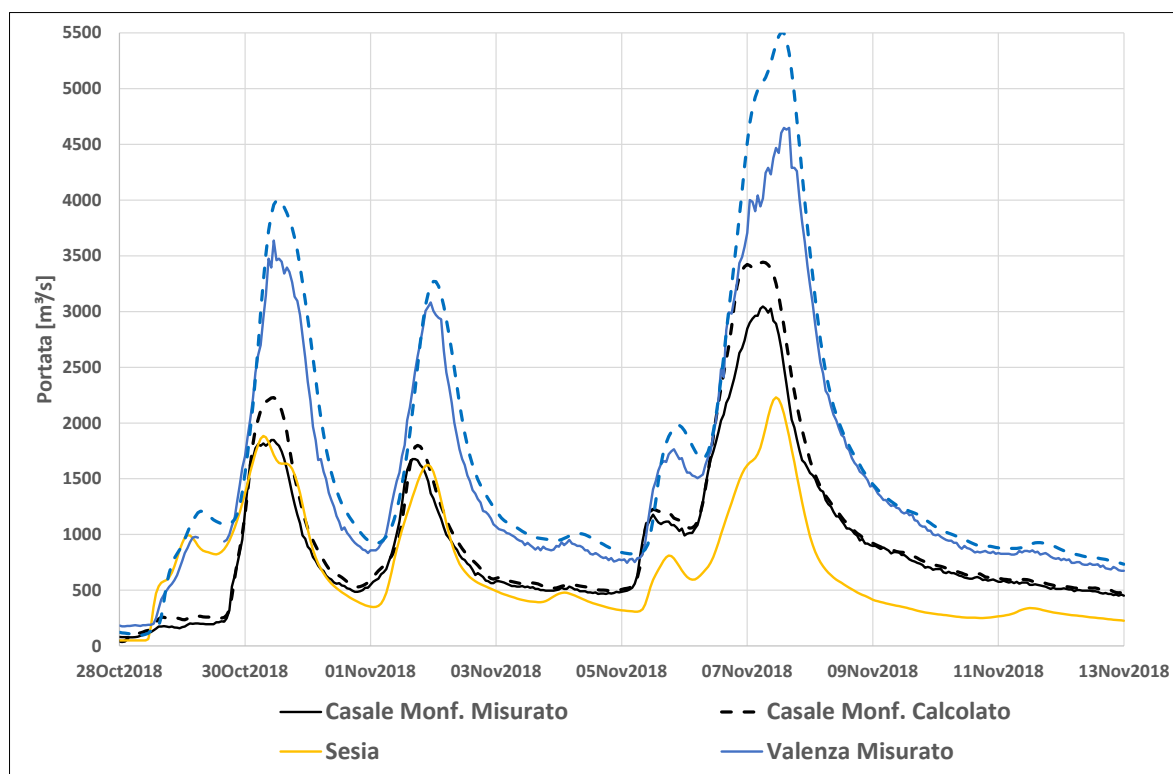


Figura 4.68 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2018

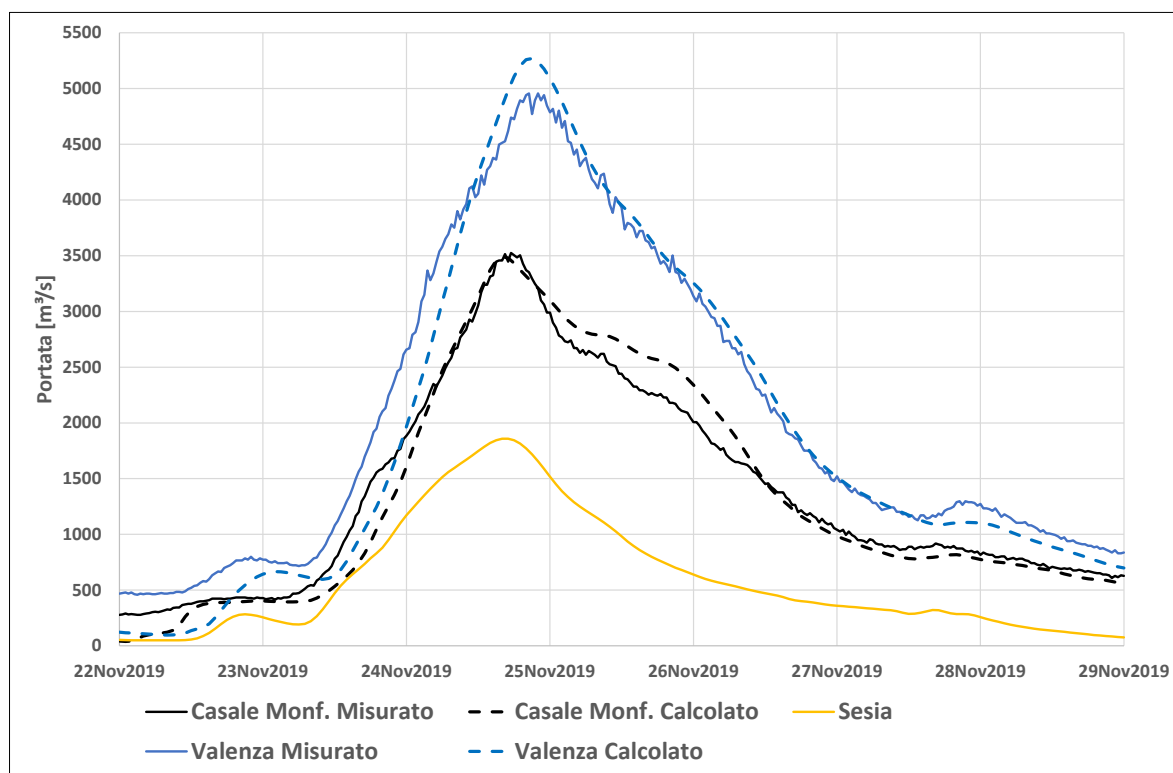


Figura 4.69 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2019

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.96
			Relazione idraulica generale	

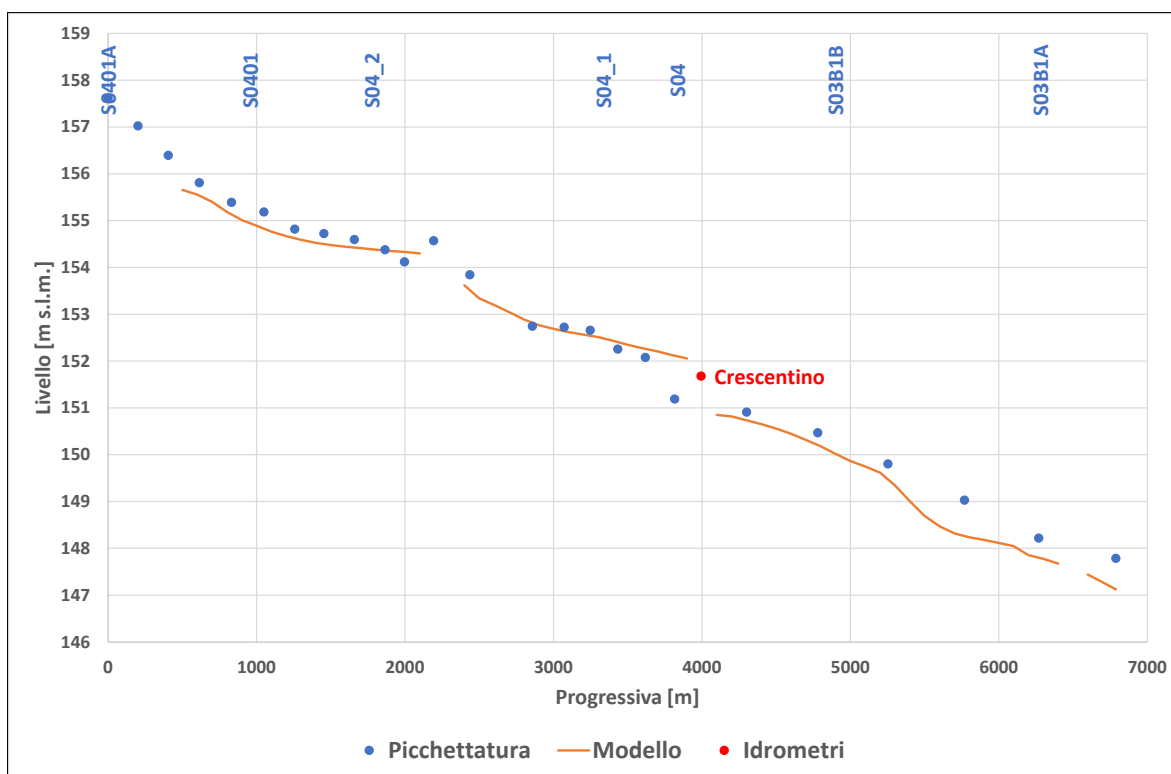


Figura 4.71 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2016, a Crescentino, sponda sinistra

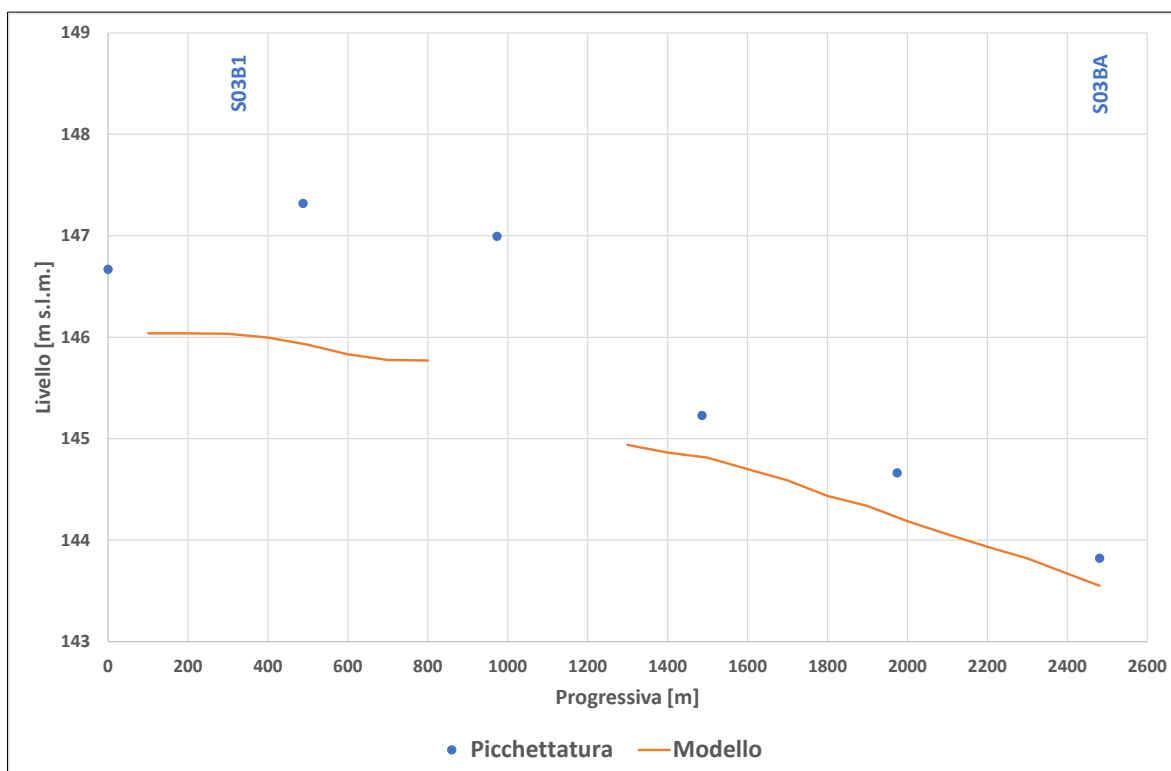


Figura 4.72 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2016, a valle Crescentino, sponda sinistra

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.97
			Relazione idraulica generale	

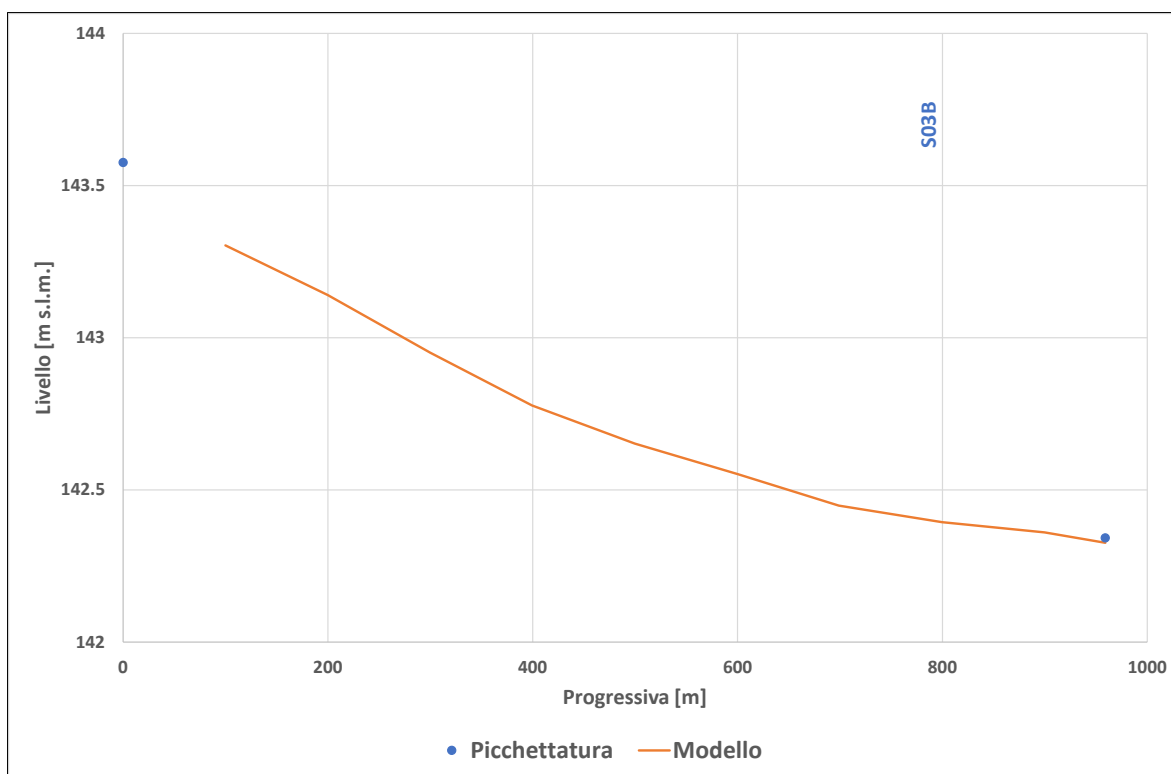


Figura 4.73 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2016, Piagera, sponda destra

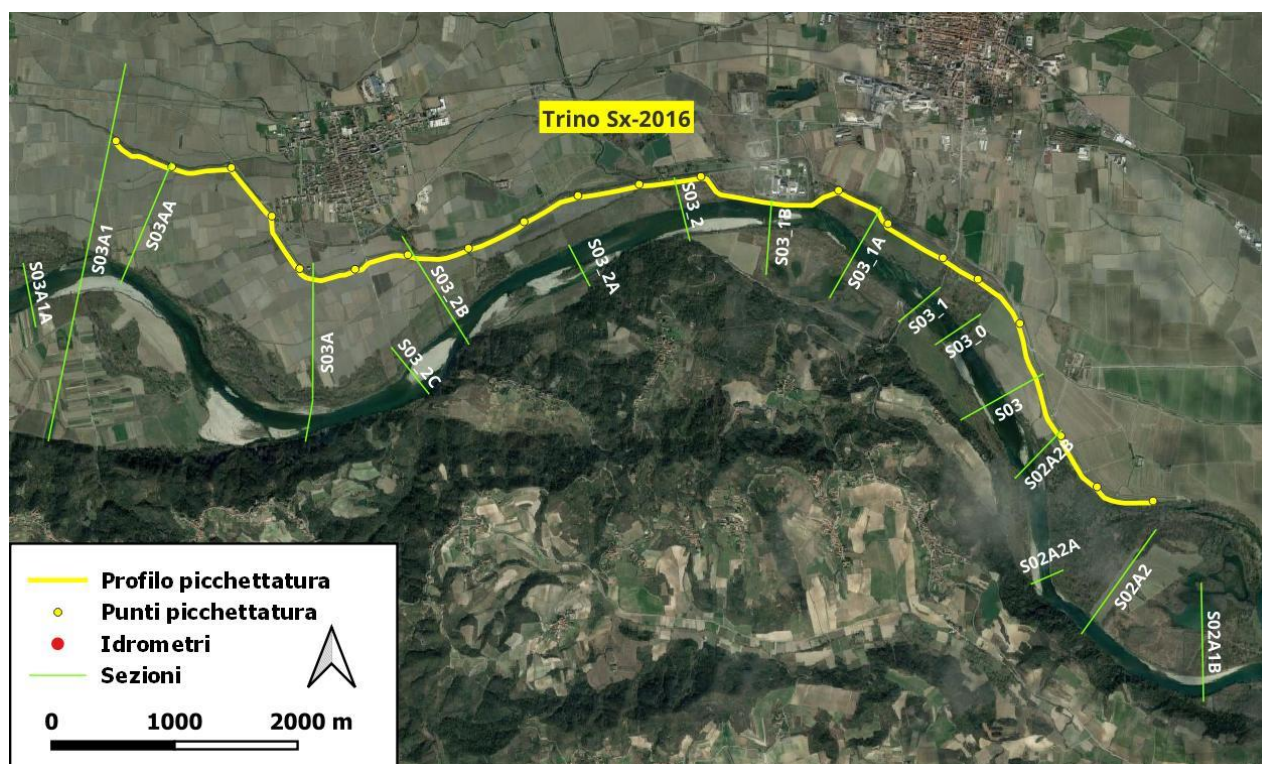


Figura 4.74 – Individuazione del tracciato del profilo di picchettatura per l'evento di piena 2016 a Trino

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.98
			Relazione idraulica generale	

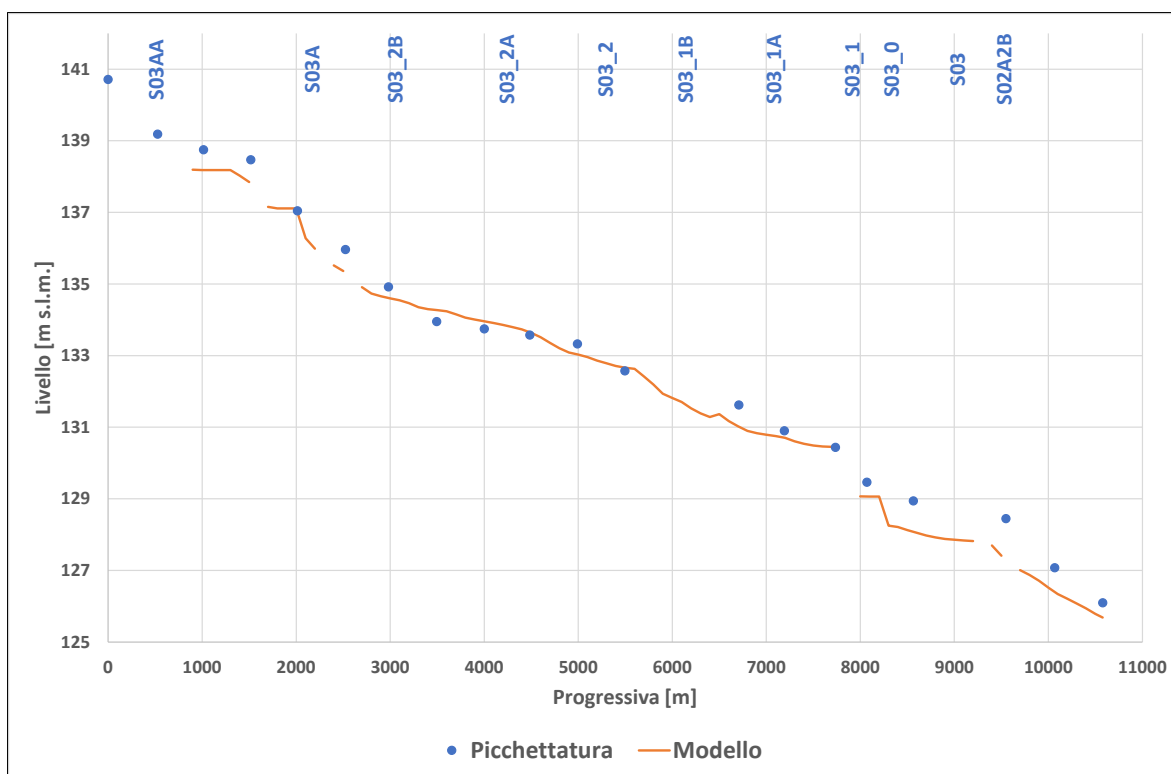


Figura 4.75 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2016, Trino, sponda sinistra

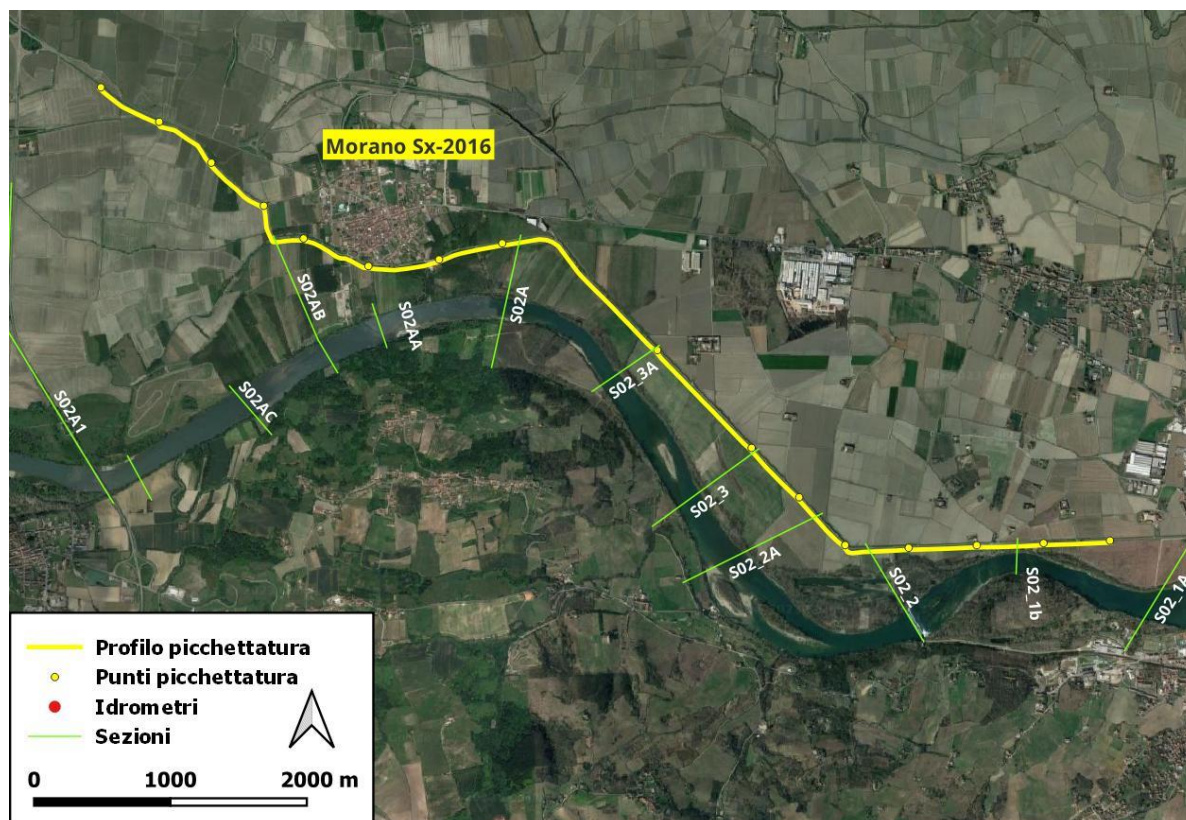


Figura 4.76 – Individuazione del tracciato del profilo di picchettatura per l'evento di piena 2016 a Morano

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.99
			Relazione idraulica generale	

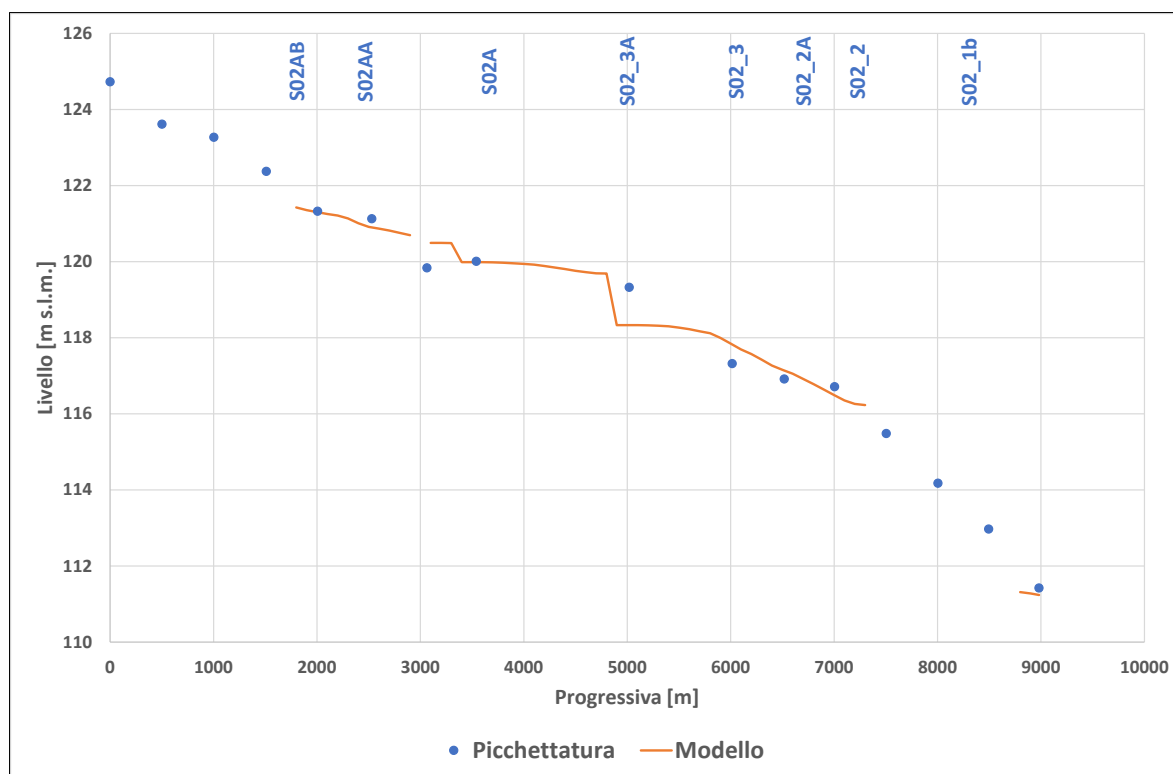


Figura 4.77 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2016, Morano, sponda sinistra

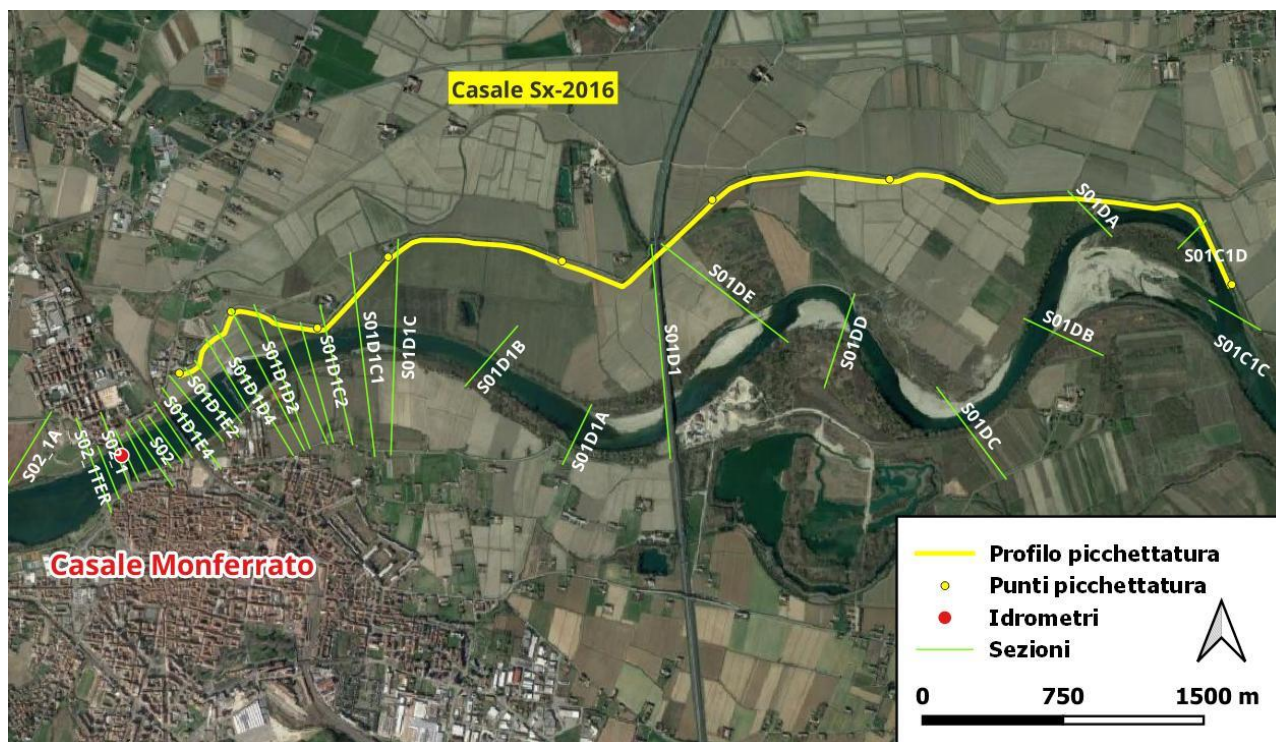


Figura 4.78 – Individuazione del tracciato del profilo di picchettatura per l'evento di piena 2016 a Casale Monferrato

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.100
			Relazione idraulica generale	

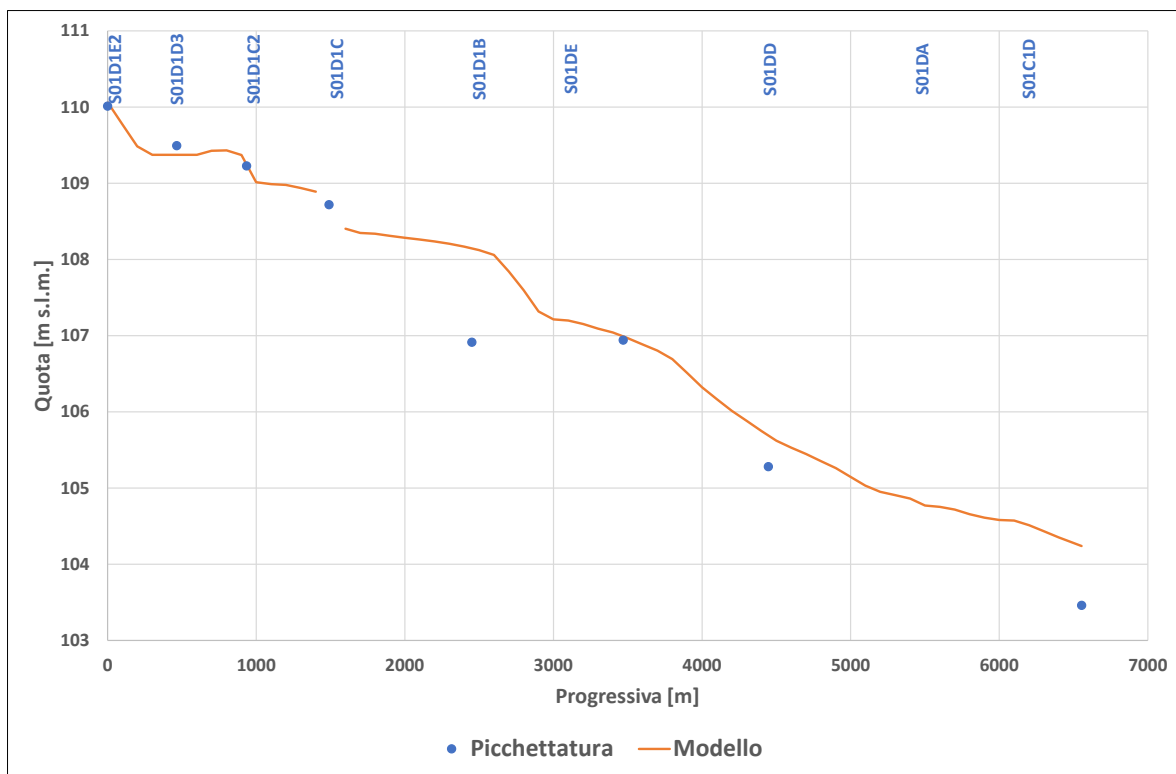


Figura 4.79 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2016, a Casale Monferrato

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.101
			Relazione idraulica generale	

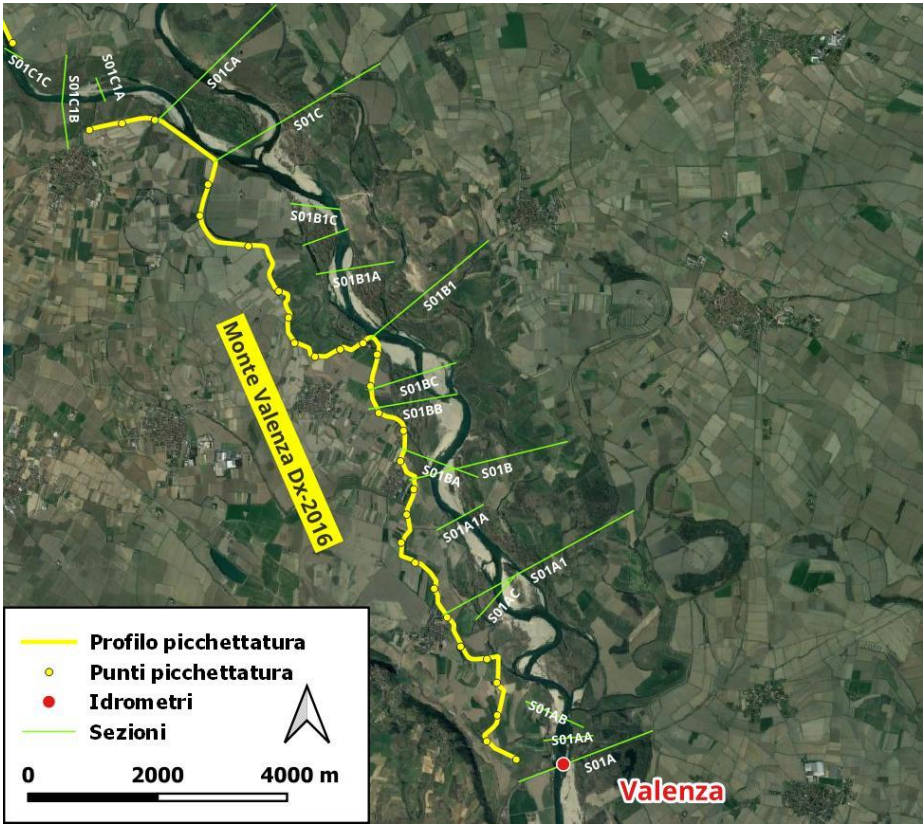


Figura 4.80 – Individuazione del tracciato del profilo di picchettatura per l’evento di piena 2016 a monte di Valenza

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.102
			Relazione idraulica generale	

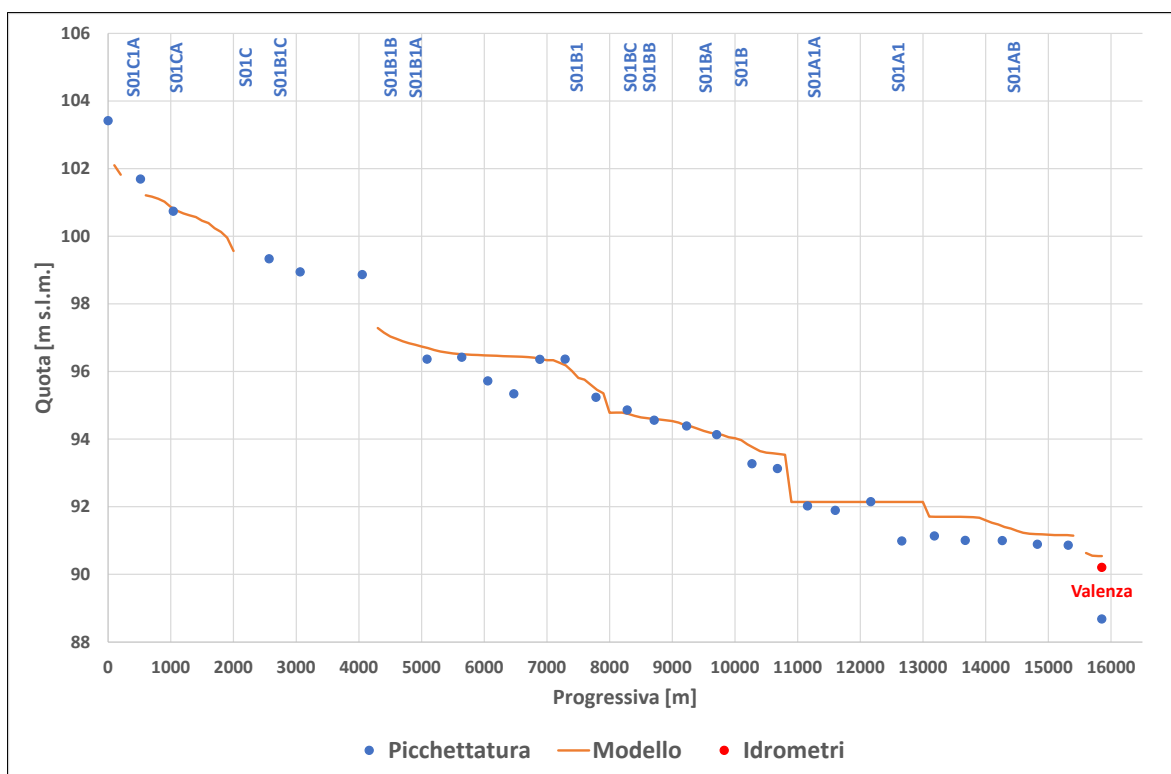


Figura 4.81 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2016, a monte di Valenza, sponda destra

4.3.7. Confronto picchettamento piena 2019

Per la piena del 2019 è stato effettuato un picchettamento sulle tracce di piena nei tratti di: Crescentino (Figura 4.82), Casale Monferrato (Figura 4.85) e a monte di Valenza (Figura 4.87).

I due profili a valle di Crescentino (Figura 4.83 e Figura 4.84) risultano sottostimare le tracce di piena rilevate, ma l'errore è quasi sempre inferiore ai 50 cm.

Il profilo a valle di Casale Monferrato (Figura 4.86) risulta sottostimato benché il modello sovrastimi in corrispondenza dell'idrometro (cfr. Tabella 4-12). L'errore nella parte centrale è dell'ordine dei 30 cm, ma aumenta nella parte terminale, in cui però la quota rilevata nel penultimo picchetto è incongruente con quella rilevata a monte.

Il profilo a monte Valenza è ben riprodotto nella sua seconda metà (Figura 4.88), con livelli del modello che praticamente coincidono con quelli delle tracce di piena. Nella prima metà del profilo invece il modello fornisce livelli inferiori a quelli individuati dalle tracce di piena, sono peraltro evidenti alcune incongruenze del rilievo.

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.103
			Relazione idraulica generale	

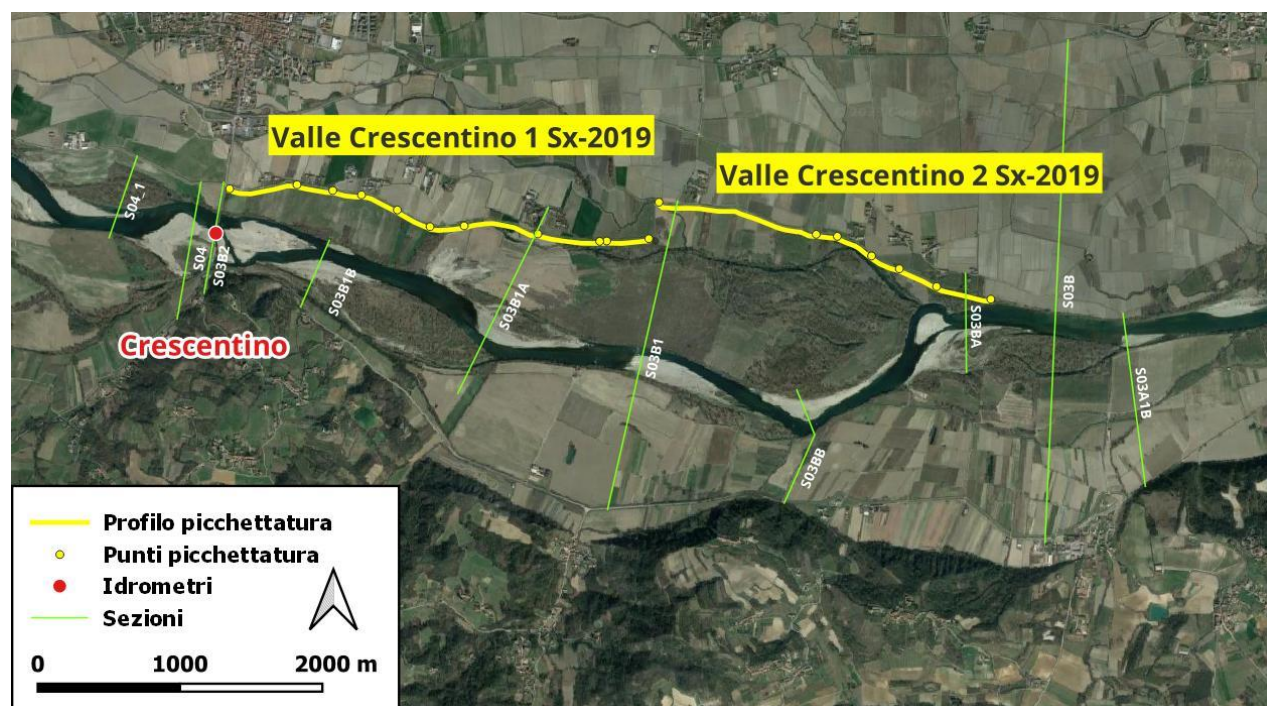


Figura 4.82 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l'evento di piena 2019 a Crescentino

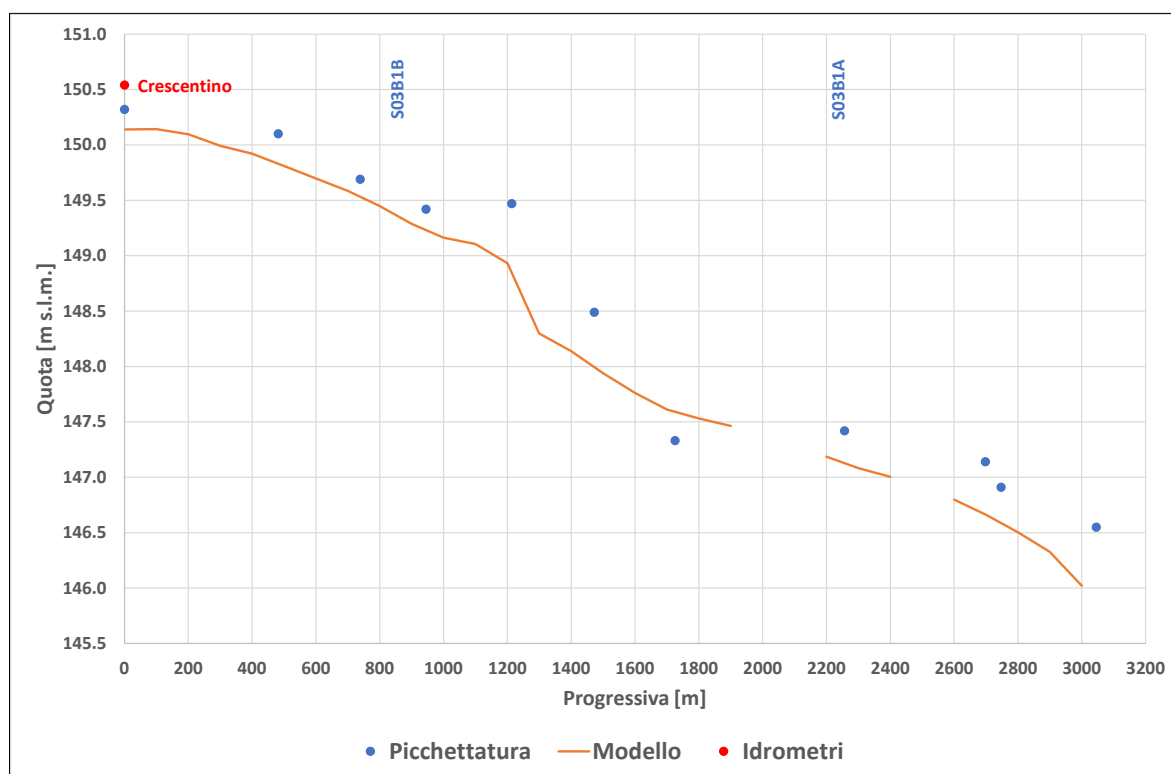


Figura 4.83 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, valle Crescentino 1, sponda sinistra

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.104
			Relazione idraulica generale	

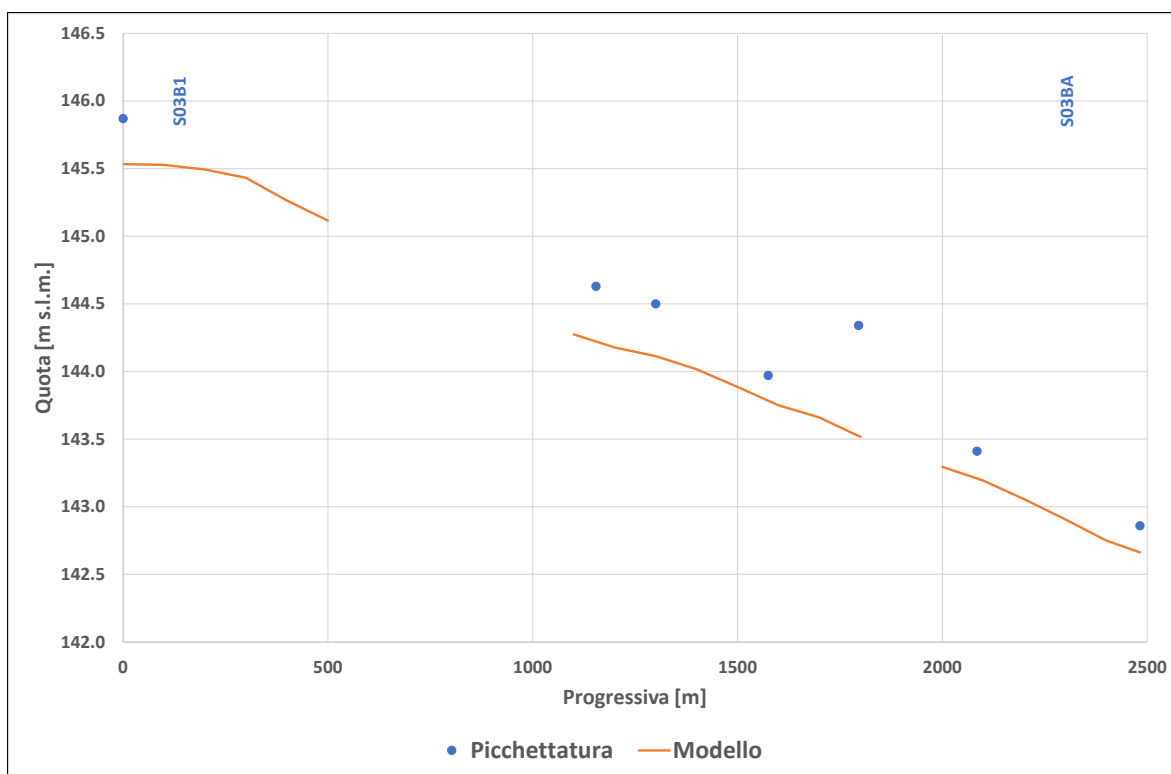


Figura 4.84 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, valle Crescentino 2, sponda sinistra

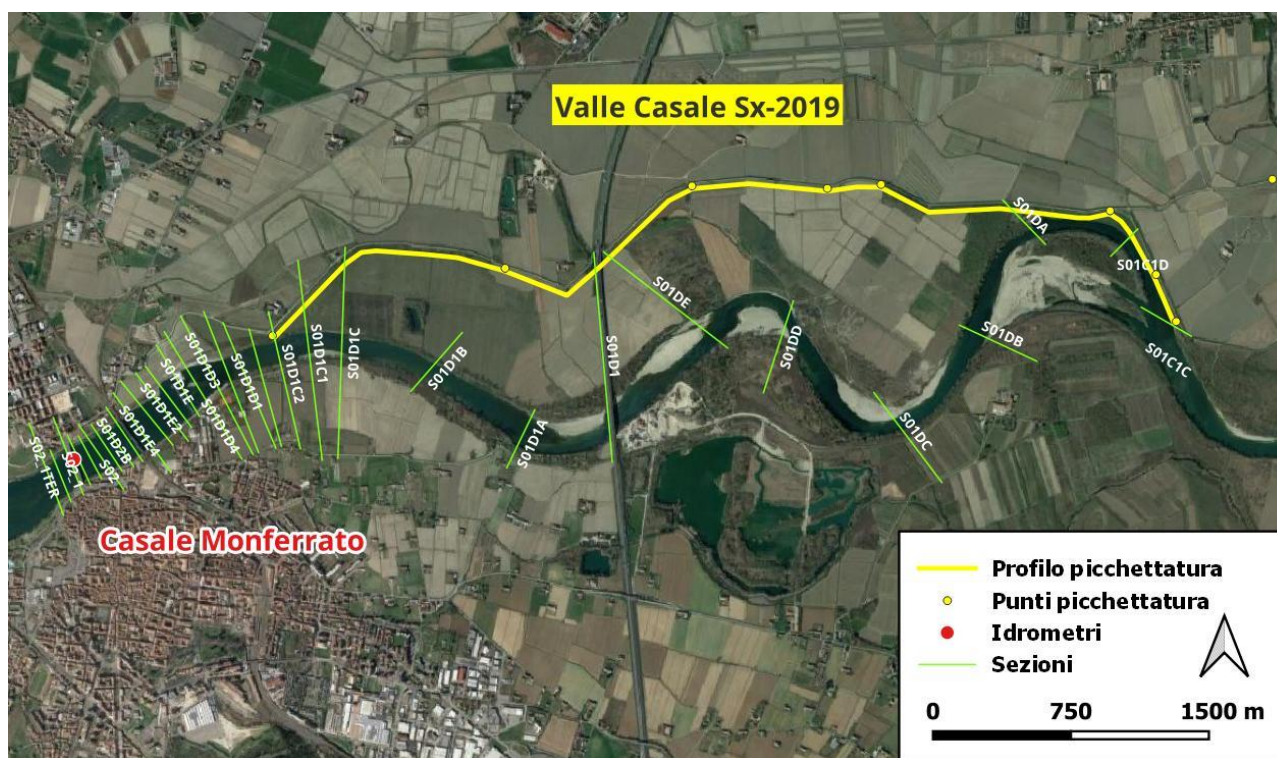


Figura 4.85 – Individuazione del tracciato del profilo di picchettatura per l'evento di piena 2019 a Casale Monferrato

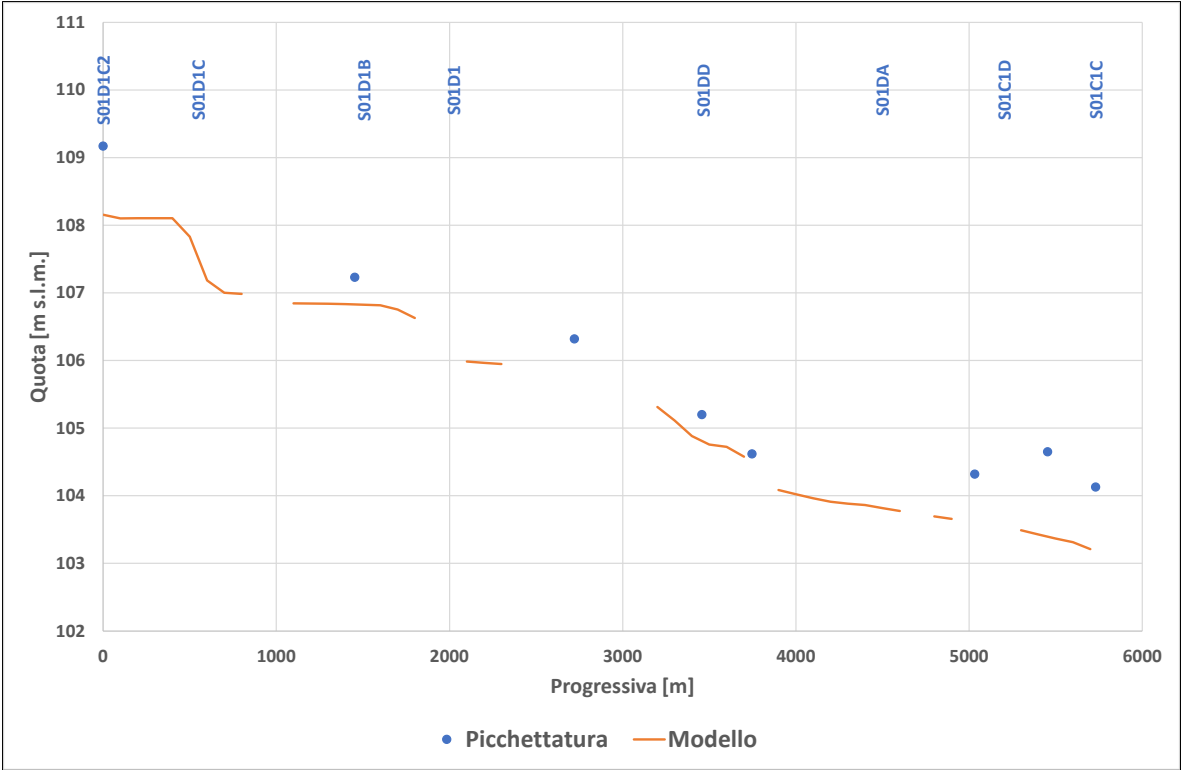


Figura 4.86 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, a Casale Monferrato

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.106
			Relazione idraulica generale	

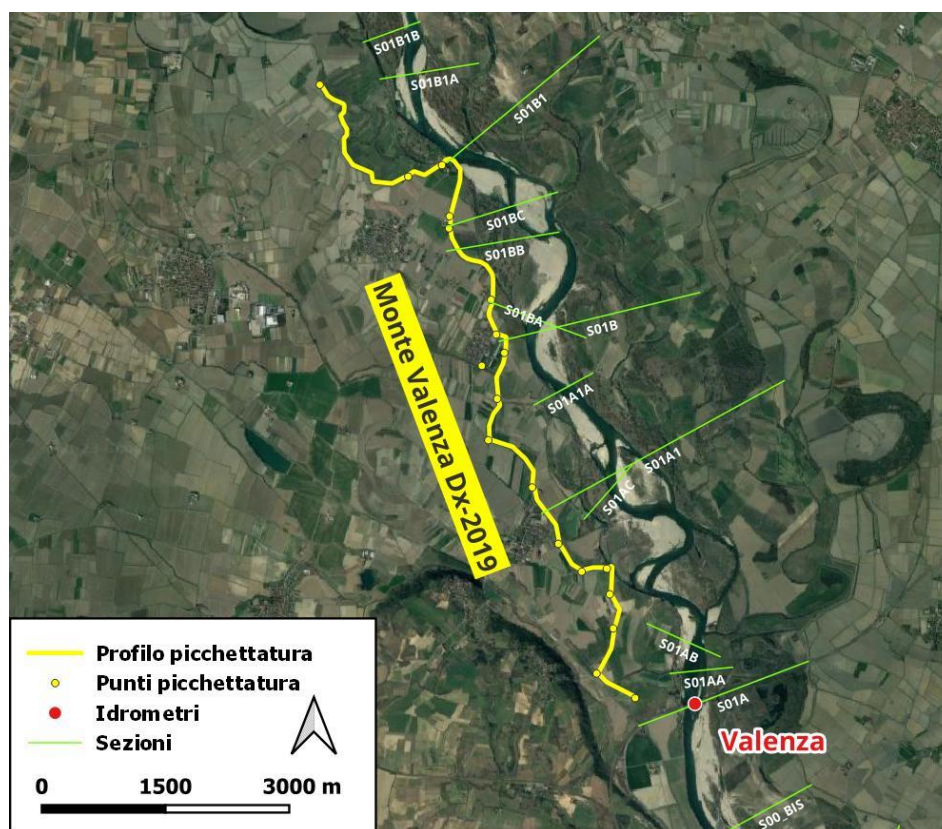


Figura 4.87 – Individuazione del tracciato del profilo di picchettatura per l’evento di piena 2019 a monte di Valenza

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.107
			Relazione idraulica generale	

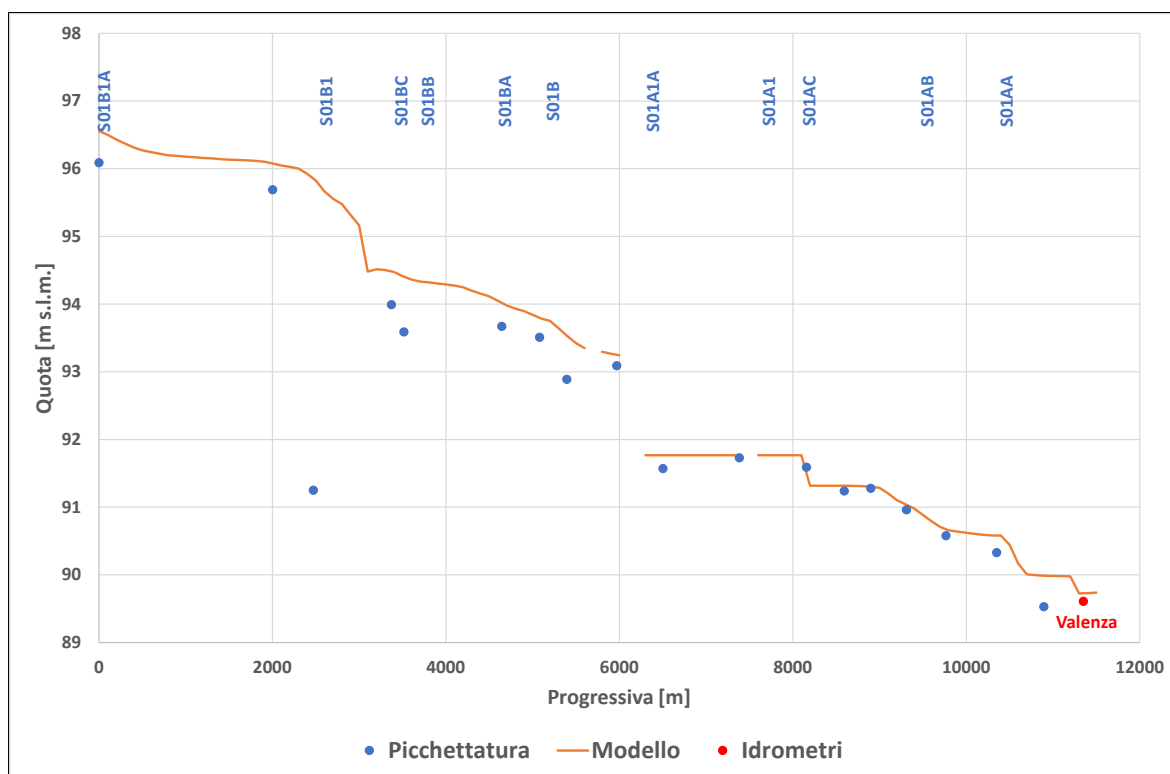


Figura 4.88 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, a monte di Valenza

4.4. Tratto Casale Monferrato – SS35

Nel tratto considerato sono presenti gli idrometri di:

- Casale Monferrato
- Valenza
- Isola S. Antonio

Gli affluenti nel tratto sono:

- Sesia
- Tanaro
- Scrivia

Come input è stato considerato l'idrogramma definito da ARPA Piemonte all'idrometro di Casale Monferrato e gli affluenti sono stati definiti come descritto nel paragrafo 4.1.

Nell'evento 2014, per migliorare la stima della portata a Valenza il colmo dell'idrogramma del Sesia è stato ridotto da circa 3200 m³/s a circa 2800 m³/s.

4.4.1. Idrometro di Casale Monferrato

L'idrometro di Casale Monferrato è la condizione di monte del modello, per cui le portate sono esattamente quelle definite da ARPA Piemonte.

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.108
			Relazione idraulica generale	

Nella Tabella 4-14 sono sintetizzati i risultati per i livelli al colmo delle piene considerate.

Il modello sottostima di circa 50 cm i livelli per le portate basse, riducendo questo errore per quote attorno ai 107.0 m s.m.m. che corrispondono circa alla portata di 2000 m³/s. I livelli al colmo risultano sottostimati solo per la piena del 2016, che è però la maggiore che si sia verificata negli ultimi 20 anni. La sovrastima per gli altri eventi è trascurabile nel 2013 e 2014 (+6 e +3 cm), invece più apprezzabile per gli eventi 2018 e 2019 (+17 e +26 cm).

Tabella 4-14 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Casale Monferrato

Piena	Misurato [m s.m.m.]	Calcolato [m s.m.m.]	Differenza [m]
2013	107.69	107.75	+0.06
2014	106.87	106.90	+0.03
2016	110.57	110.42	-0.15
2018	108.52	108.69	+0.17
2019	109.03	109.28	+0.25

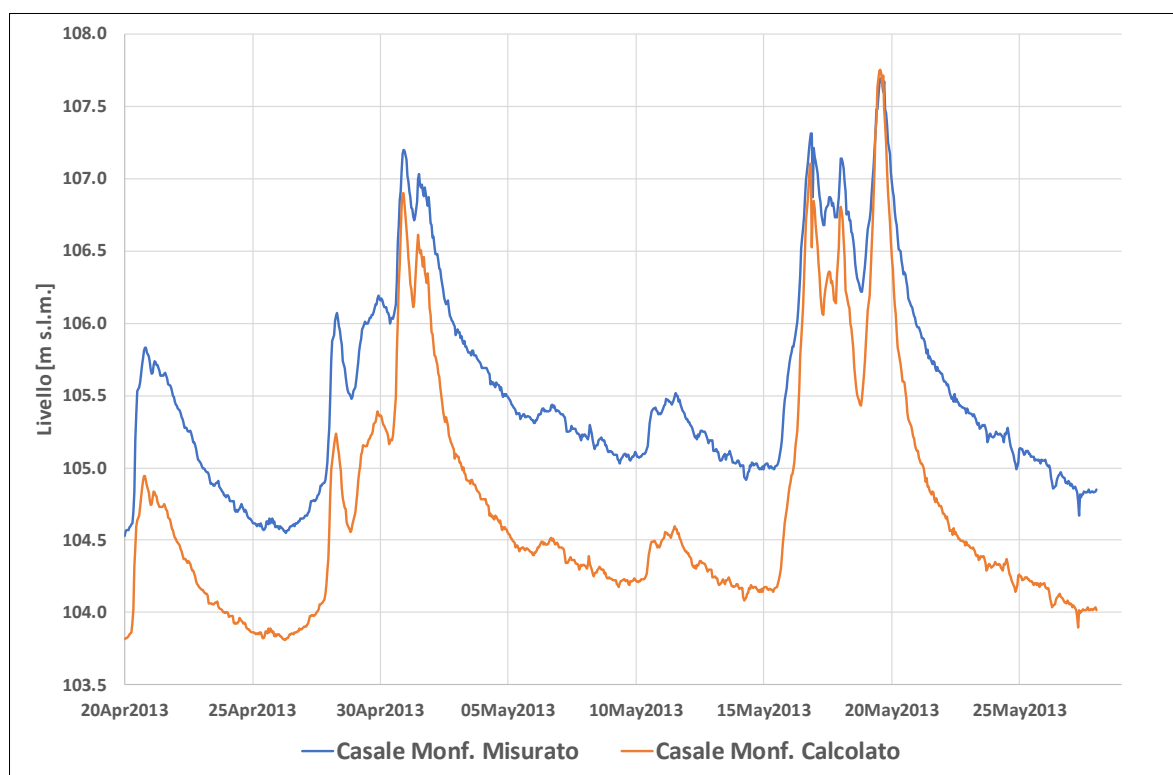


Figura 4.89 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2013

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.109
			Relazione idraulica generale	

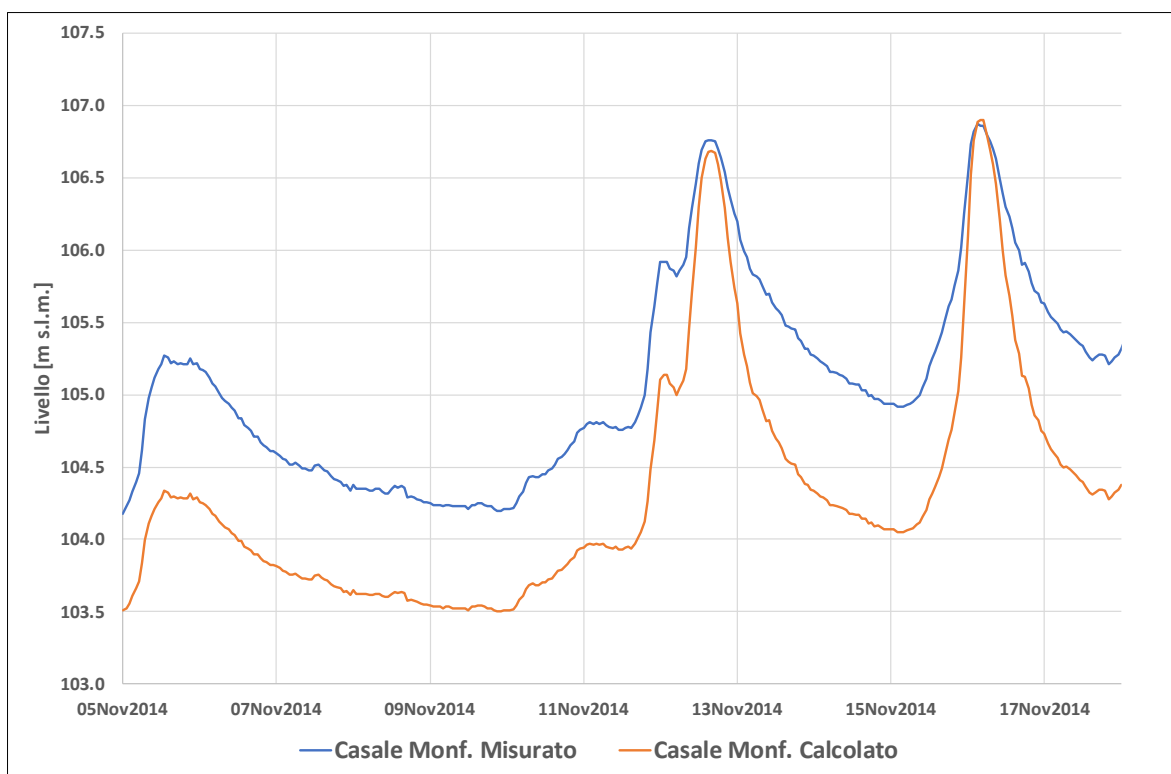


Figura 4.90 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2014

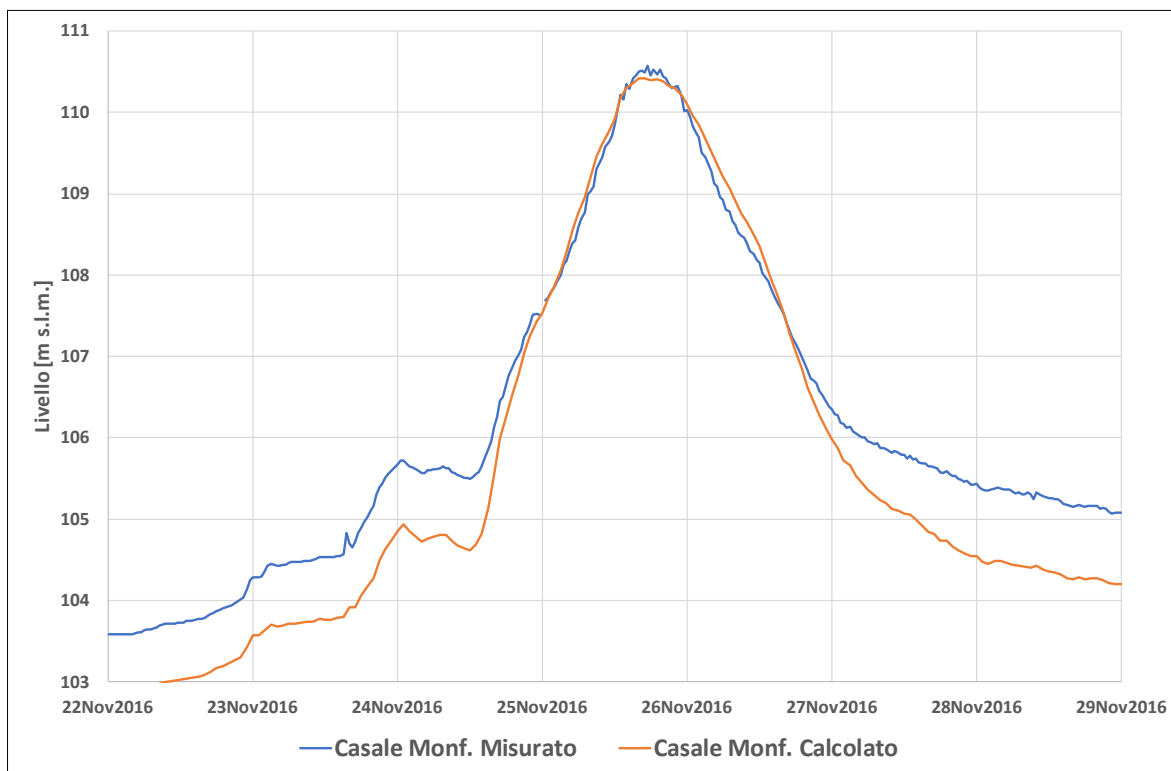


Figura 4.91 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2016

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.110
			Relazione idraulica generale	

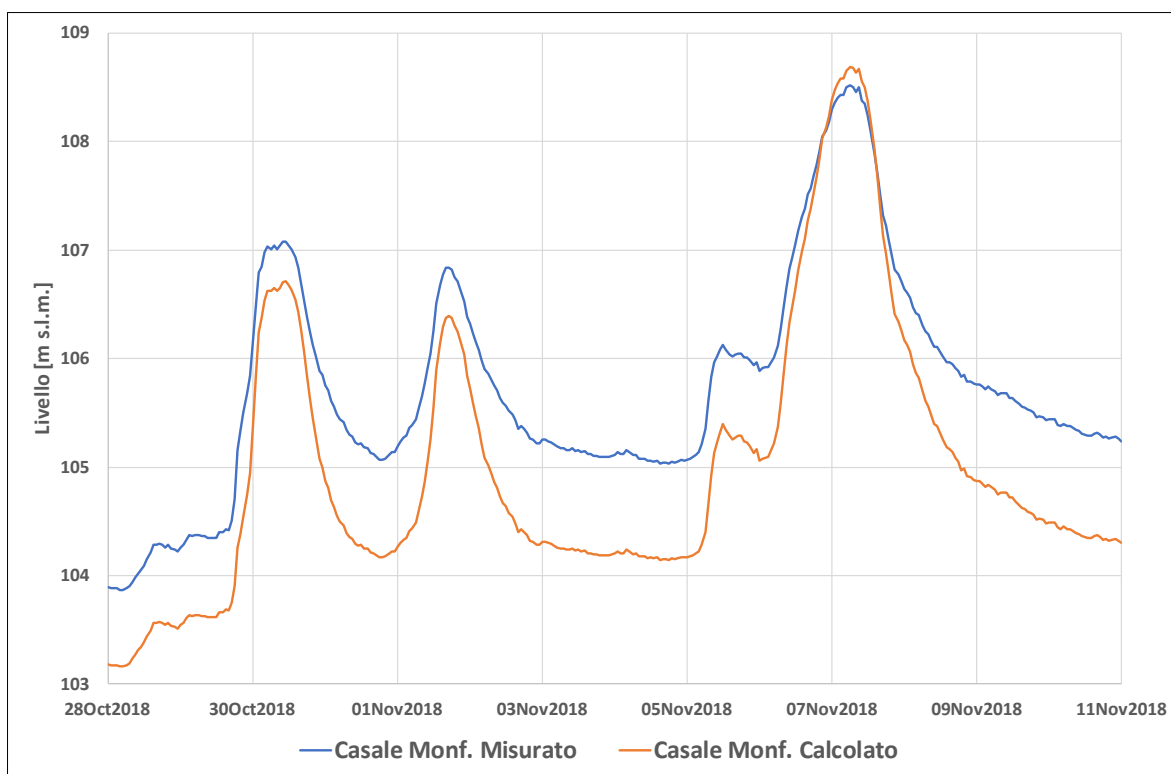


Figura 4.92 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2018

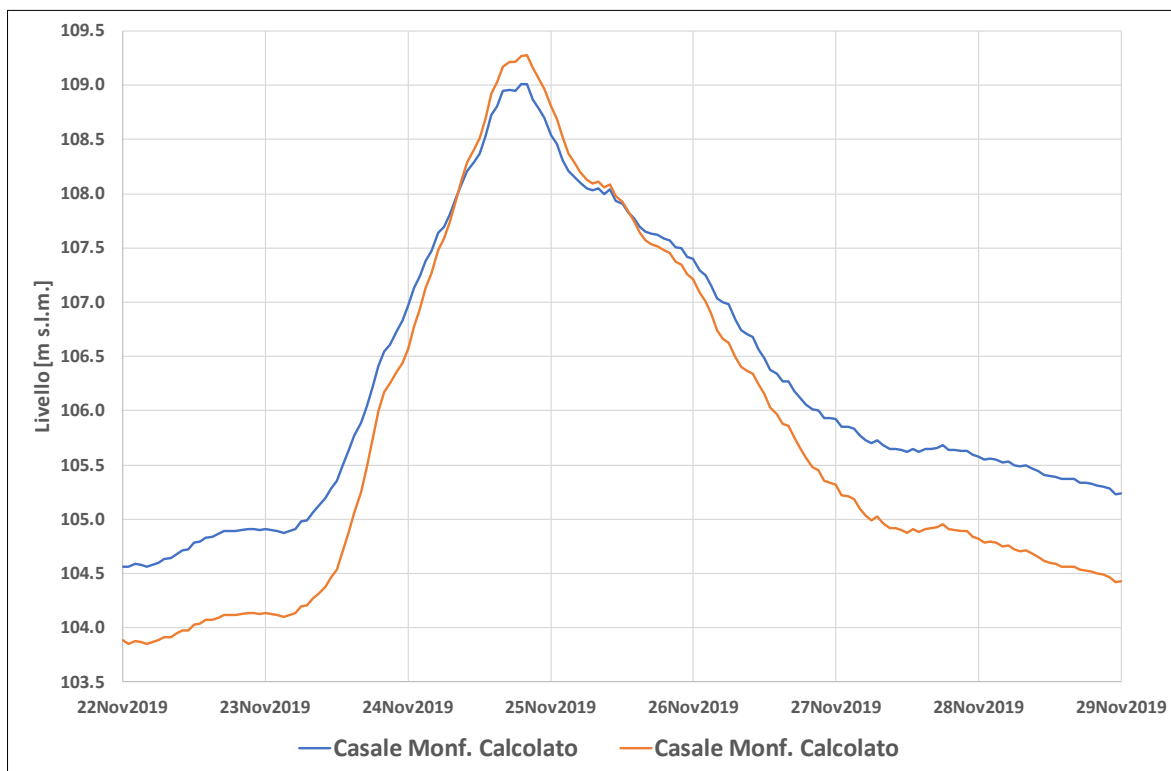


Figura 4.93 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2019

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.111
			Relazione idraulica generale	

4.4.2. Idrometro di Valenza

La Tabella 4-15 sintetizza i risultati delle portate al colmo all'idrometro di Valenza, evidenziando una stima accurata. Solo la piena 2013 risulta sottostimata e con l'errore maggiore: 9%. Le altre piene, tutte maggiori di quella del 2013, risultano leggermente sovrastimate.

I livelli massimi, riportati nella Tabella 4-16, sono ben rappresentati con un'alternanza di sovrastima e sottostima, con massimi di -22 cm per la piena del 2016 e +18 cm per la piena del 2014. Analizzando gli idrogrammi dei livelli riportati nelle figure seguenti, si evince che il modello sottostima i livelli a quota inferiore a circa 86.0 m s.m.m. che corrispondono all'incirca alla portata di 1500 m³/s

Tabella 4-15 – Sintesi risultati portata al colmo all'idrometro di Valenza

Piena	Misurato [m³/s]	Calcolato [m³/s]	Differenza [%]
2013	3816	3484	-9%
2014	3957	4143	+5%
2016	6079	6173	+2%
2018	4648	4889	+5%
2019	4956	5041	+2%

Tabella 4-16 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Valenza

Piena	Misurato [m s.m.m.]	Calcolato [m s.m.m.]	Differenza [m]
2013	88.84	88.76	-0.08
2014	88.94	89.12	+0.18
2016	90.21	89.99	-0.22
2018	89.41	89.45	+0.05
2019	89.61	89.53	-0.09

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.112
			Relazione idraulica generale	

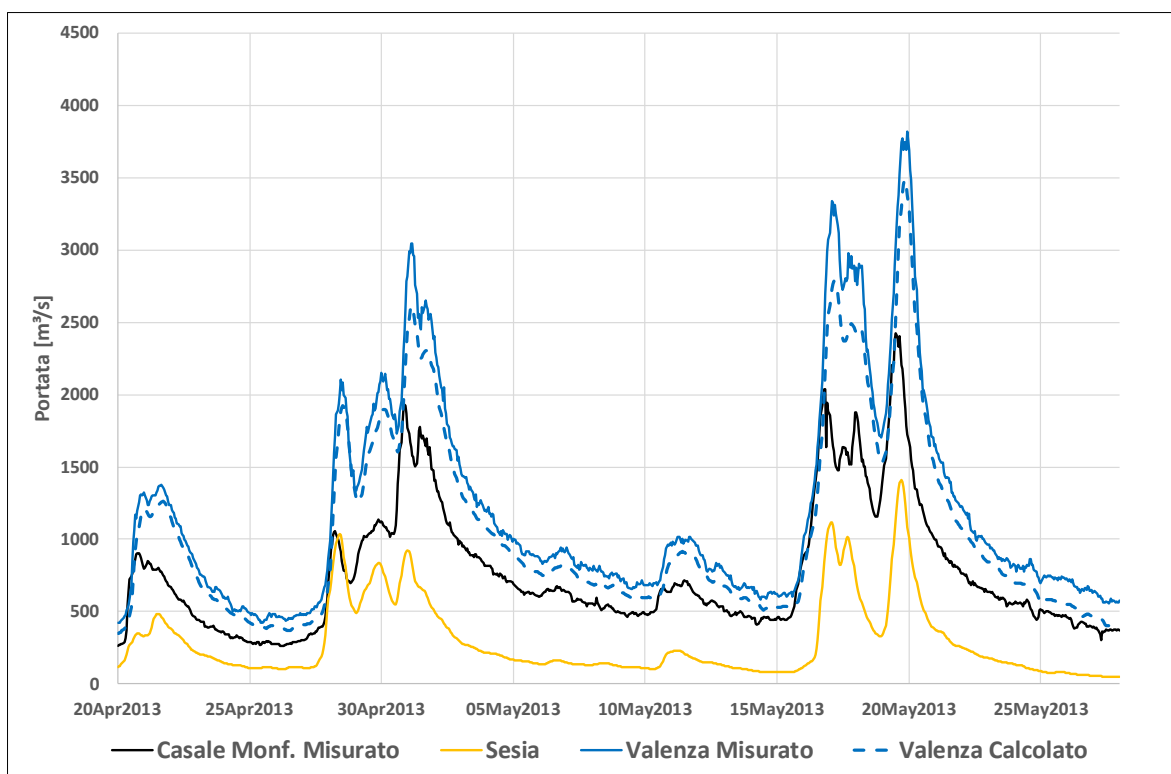


Figura 4.94 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2013

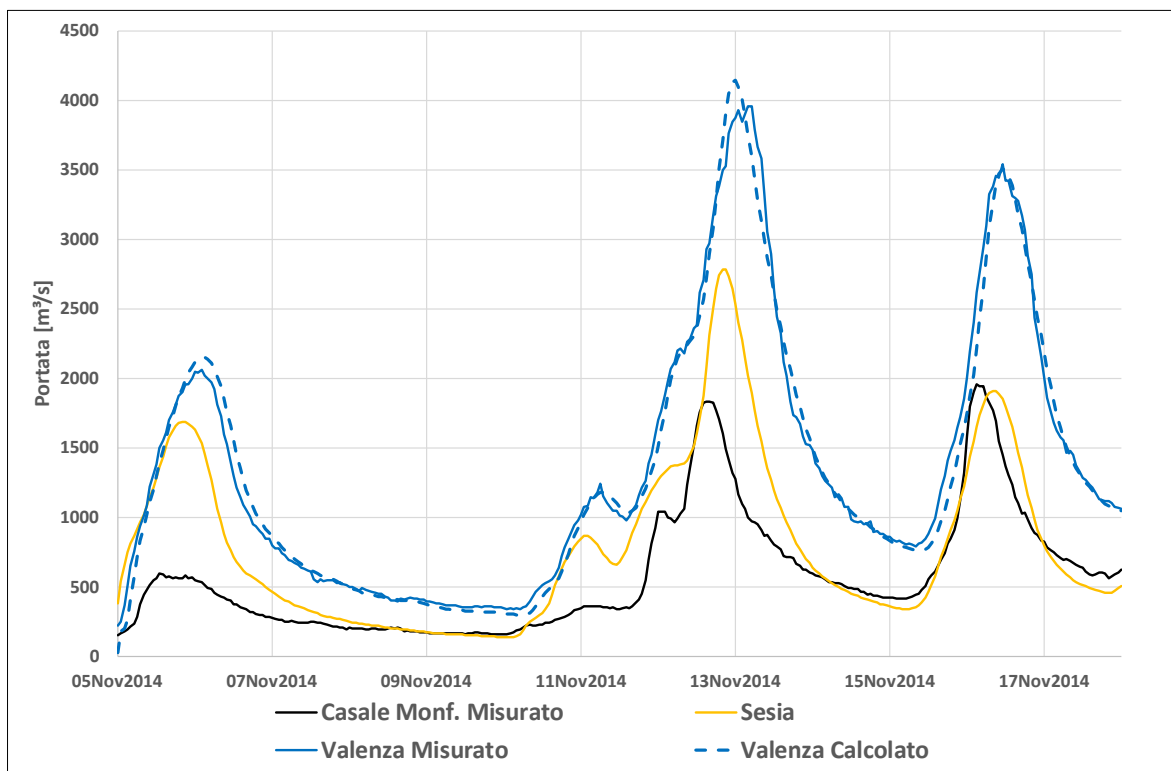


Figura 4.95 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.113
			Relazione idraulica generale	

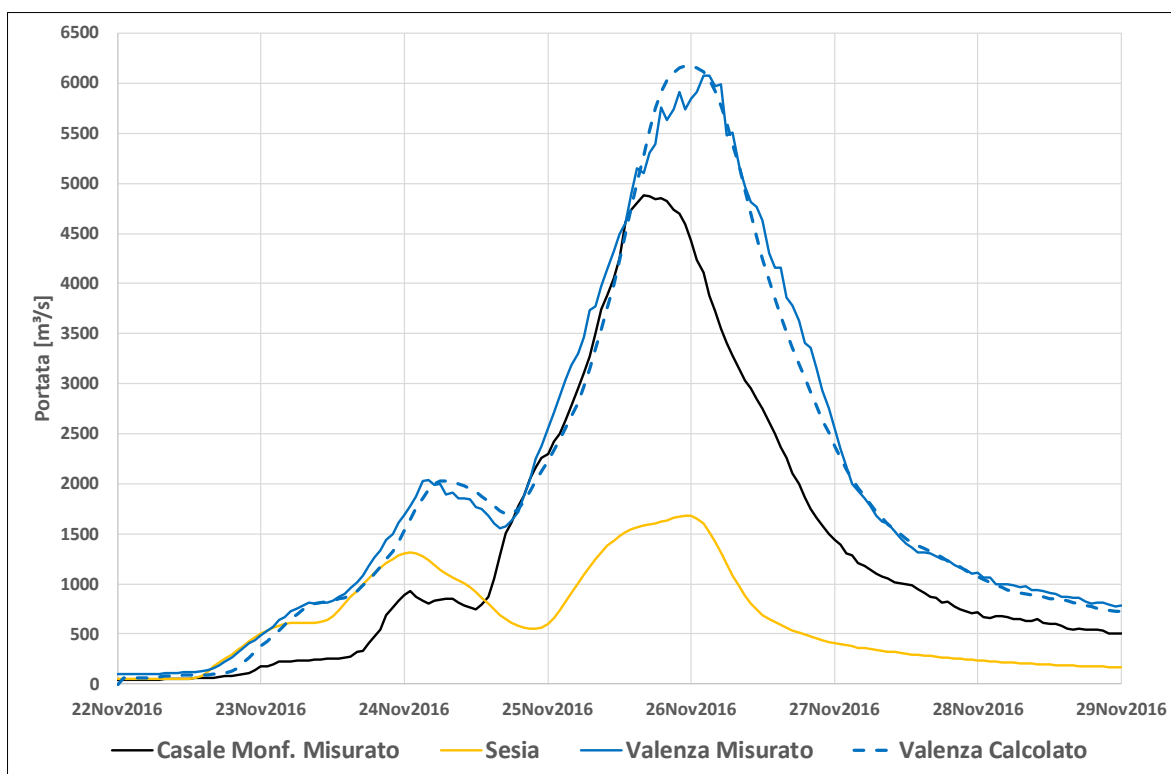


Figura 4.96 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2016

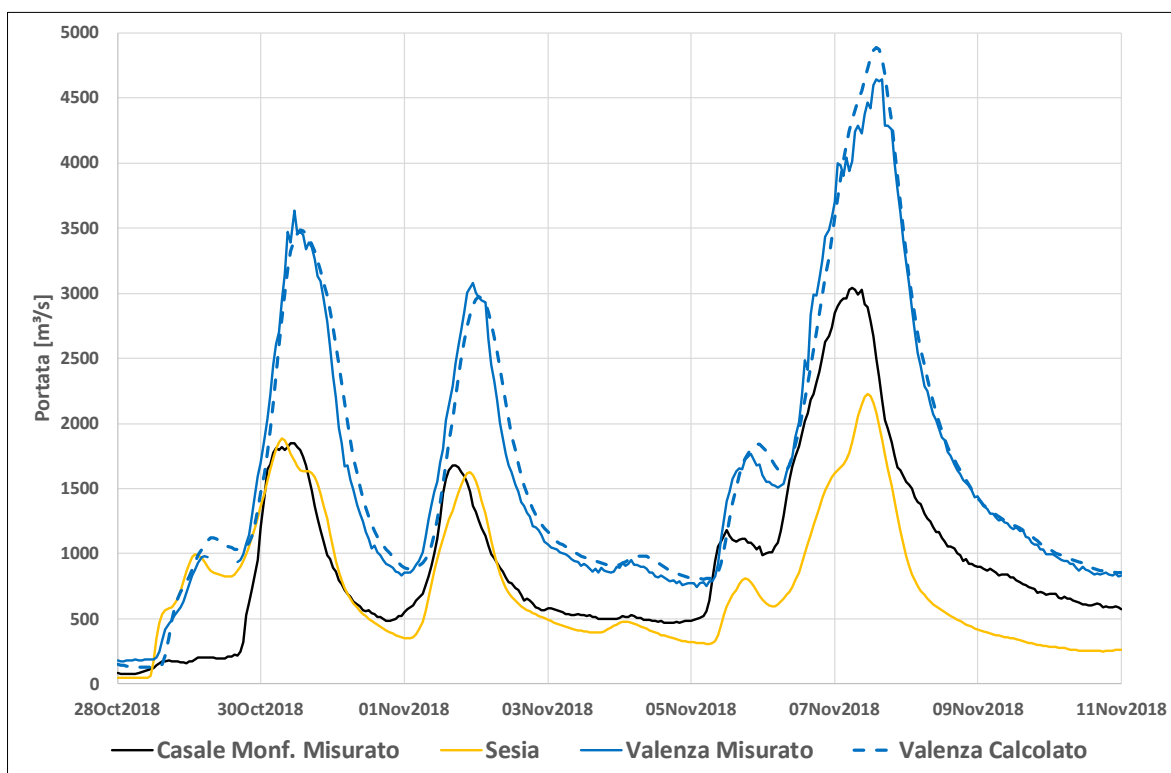


Figura 4.97 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.114
			Relazione idraulica generale	

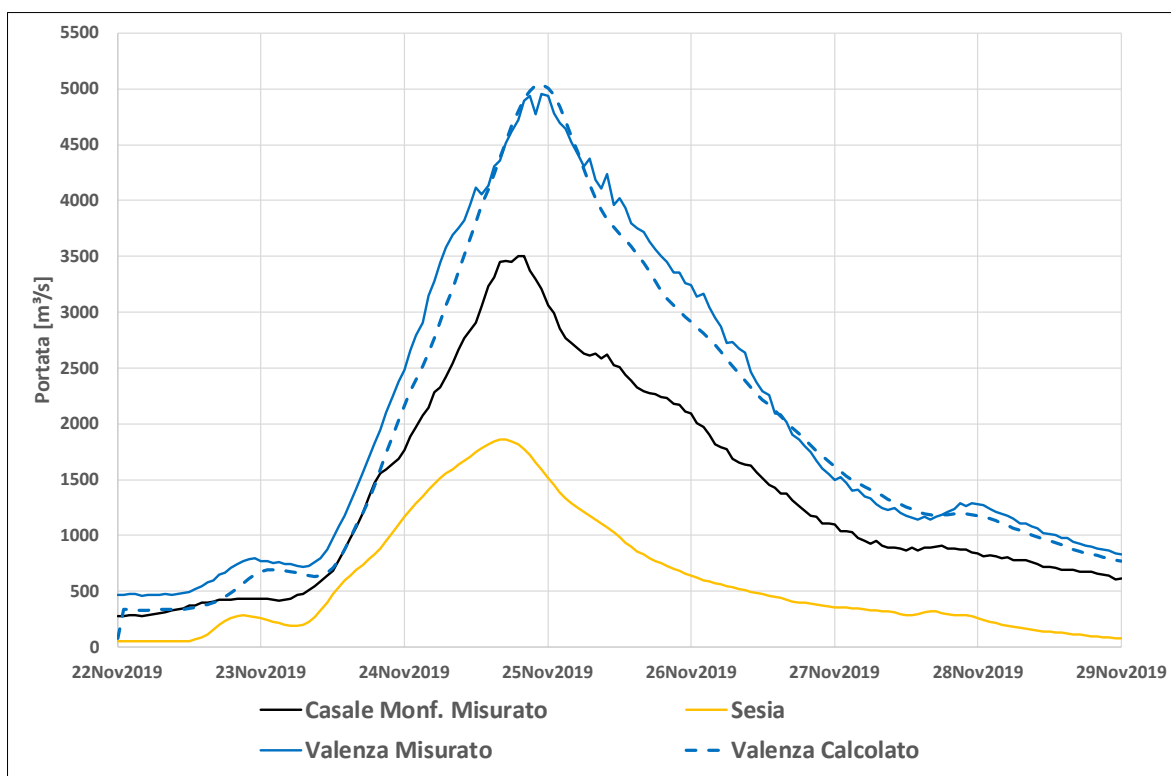


Figura 4.98 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2019

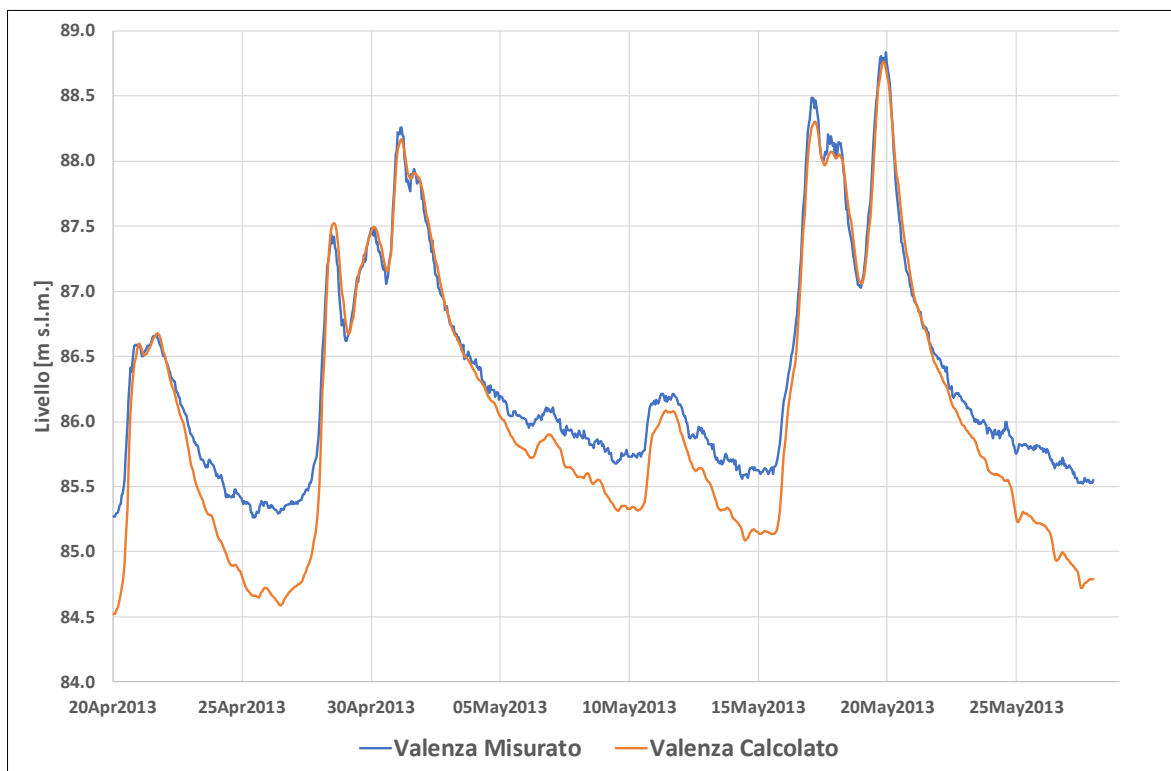


Figura 4.99 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2013

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.115
			Relazione idraulica generale	

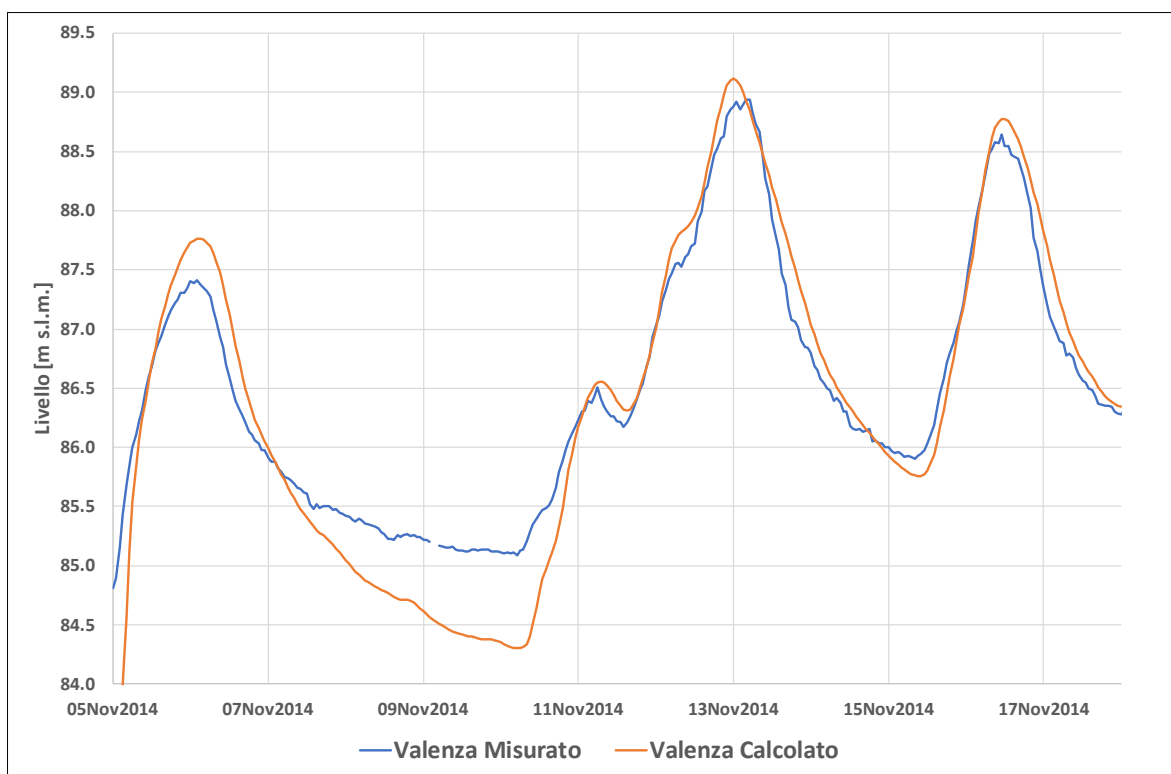


Figura 4.100 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2014

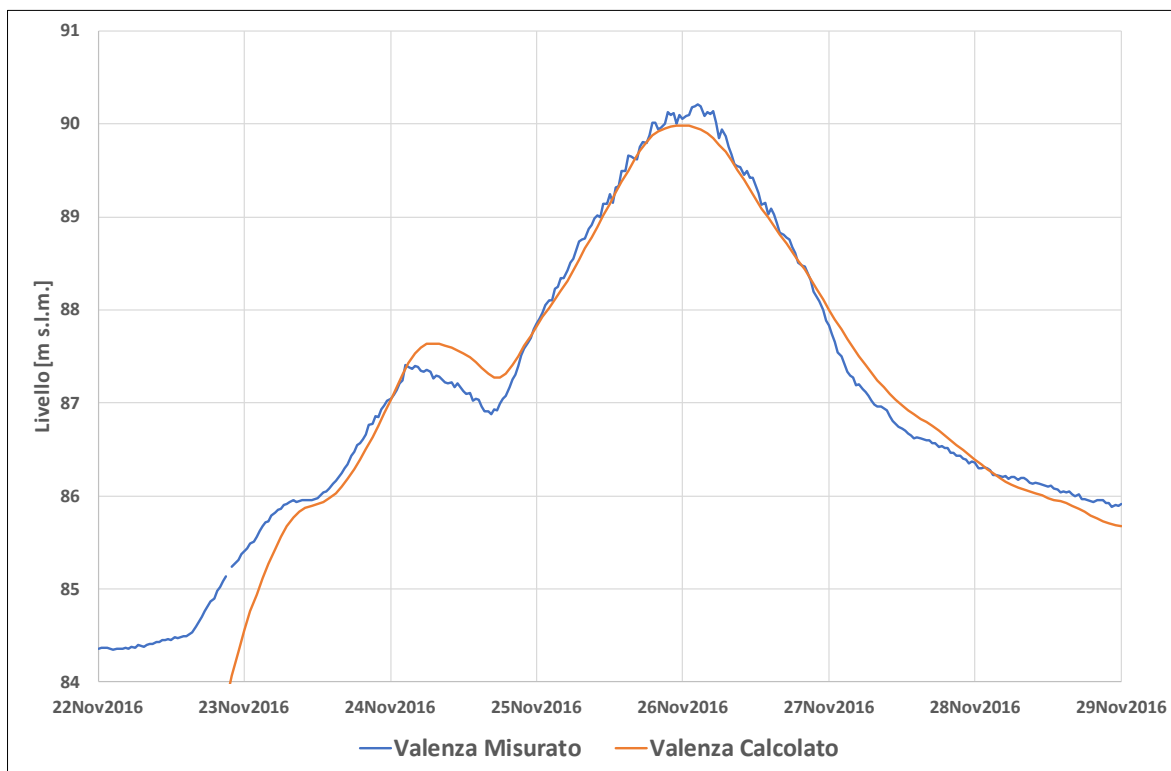


Figura 4.101 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2016

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.116
			Relazione idraulica generale	

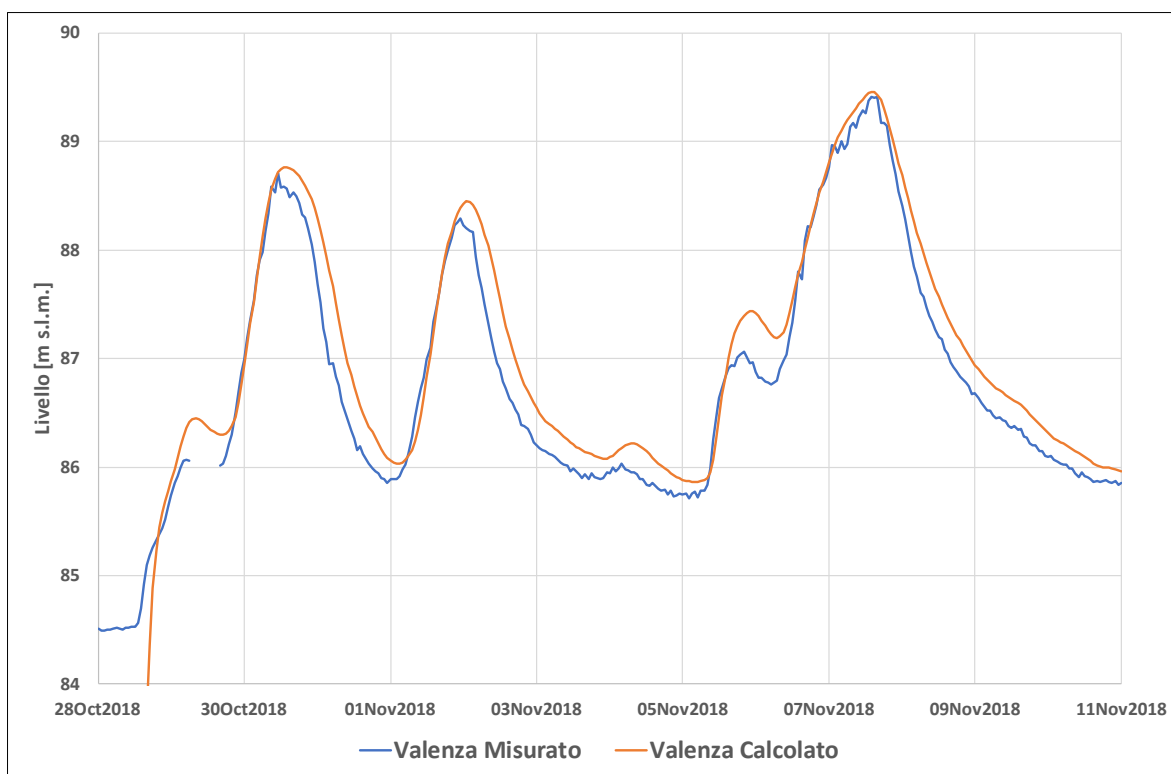


Figura 4.102 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2018

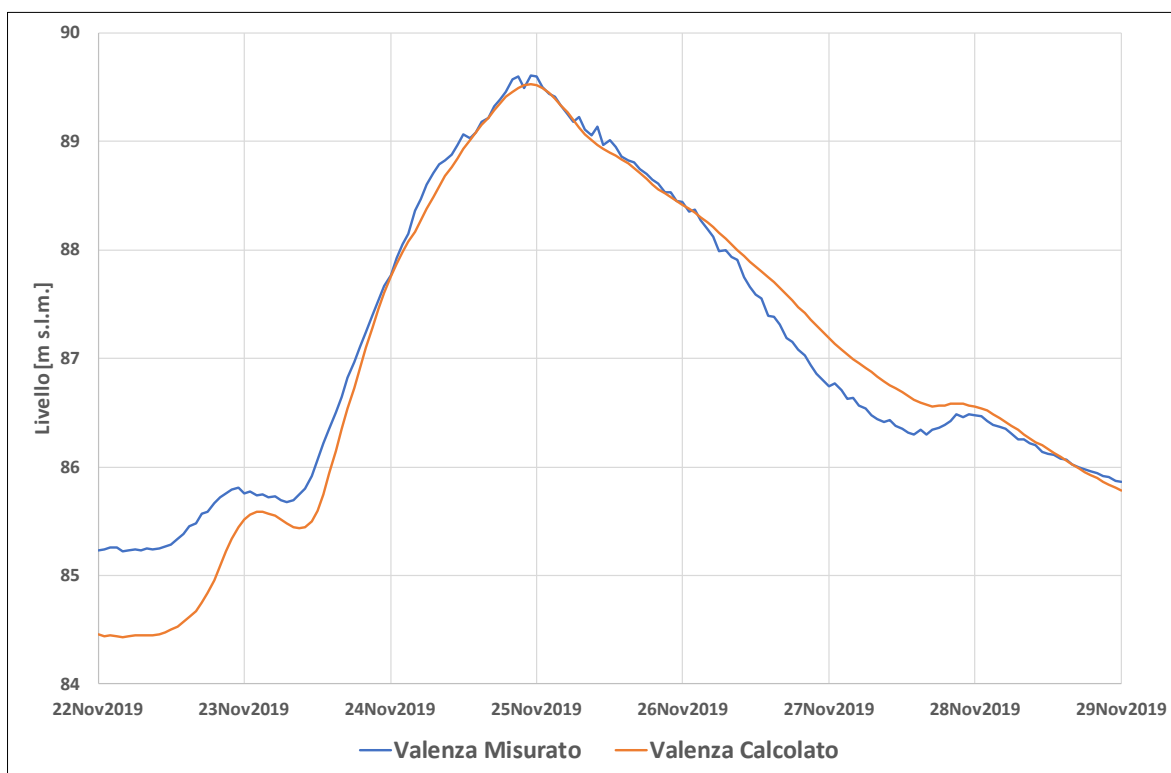


Figura 4.103 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2019

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.117
			Relazione idraulica generale	

4.4.3. Idrometro di Isola S. Antonio

Il modello riproduce bene i colmi di portata all'idrometro di Isola S. Antonio (Tabella 4-17), anche se li sovrastima tutti, con un massimo del 9% nel 2014 (che è l'evento minore tra quelli analizzati).

Anche i livelli risultano costantemente sovrastimati. La calibrazione del tratto a valle dell'idrometro si è però principalmente realizzata con il modello Isola S. Antonio - Piacenza (cfr. paragrafo 4.5) in cui la portata all'idrometro risulta quella definita da ARPA Piemonte.

Tabella 4-17 – Sintesi risultati portata al colmo all'idrometro di Isola S. Antonio

Piena	Misurato [m³/s]	Calcolato [m³/s]	Differenza [%]
2013	5168	5347	+3%
2014	4996	5429	+9%
2016	9893	10054	+2%
2018	5761	5788	+0%
2019	8411	8623	+3%

Tabella 4-18 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Isola S. Antonio

Piena	Misurato [m s.m.m.]	Calcolato [m s.m.m.]	Differenza [m]
2013	74.59	74.85	+0.26
2014	74.50	74.90	+0.40
2016	76.61	76.65	+0.04
2018	74.73	75.04	+0.31
2019	76.05	76.31	+0.26

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.118
			Relazione idraulica generale	

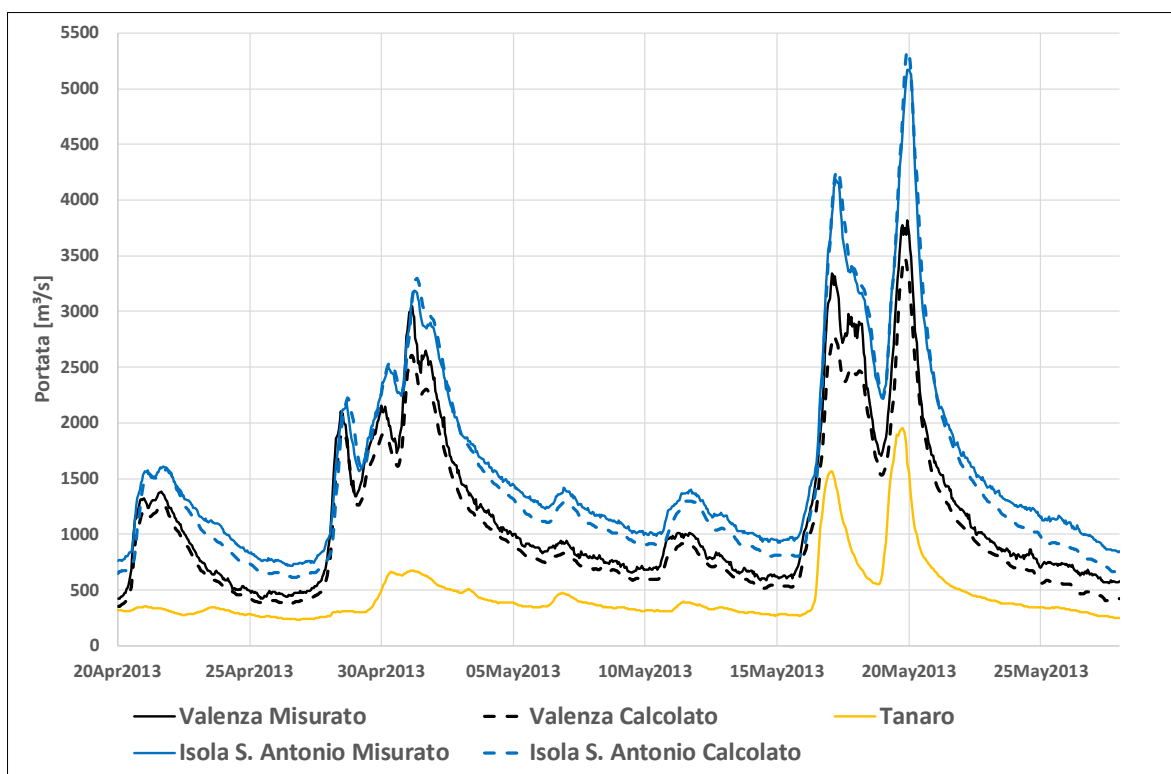


Figura 4.104 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2013

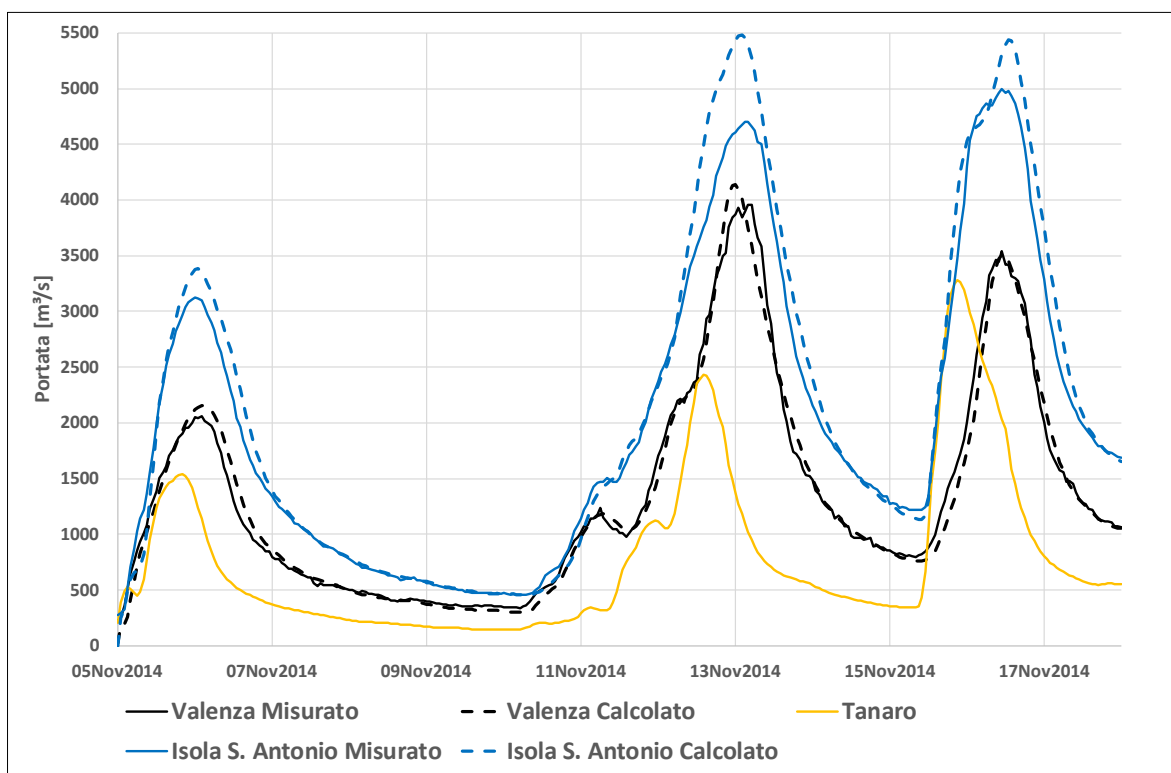


Figura 4.105 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.119
			Relazione idraulica generale	

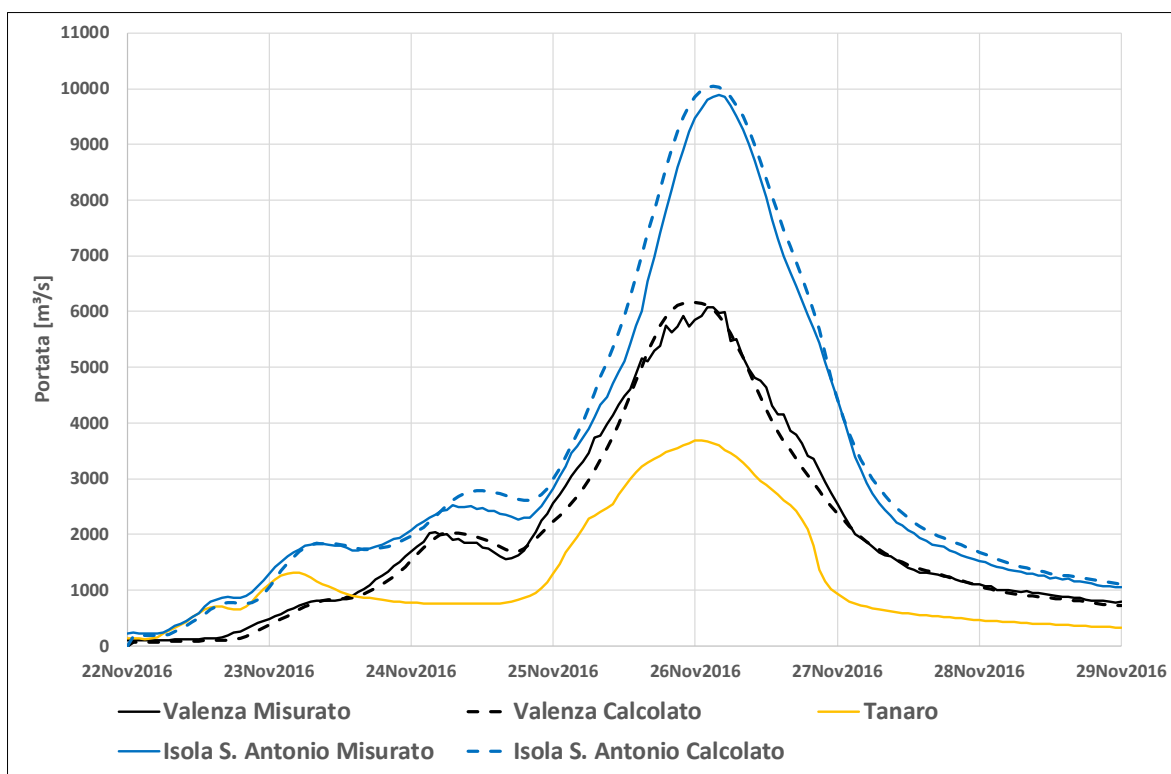


Figura 4.106 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2016

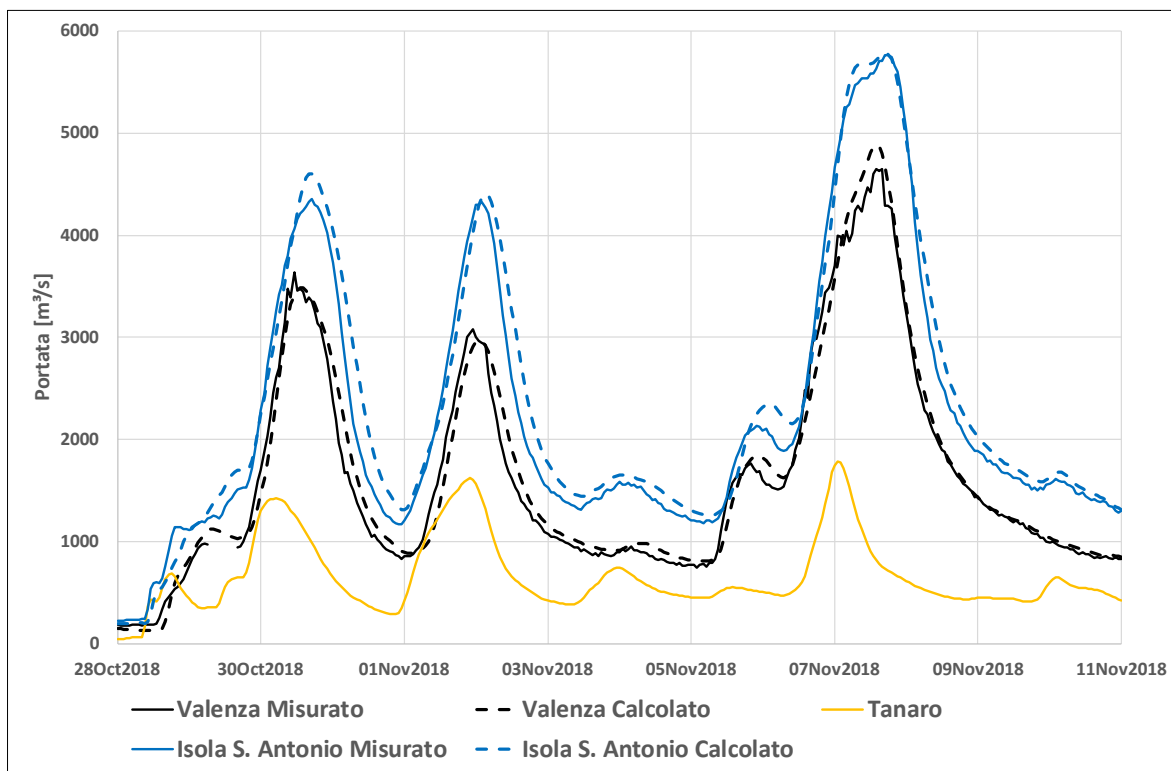


Figura 4.107 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.120
			Relazione idraulica generale	

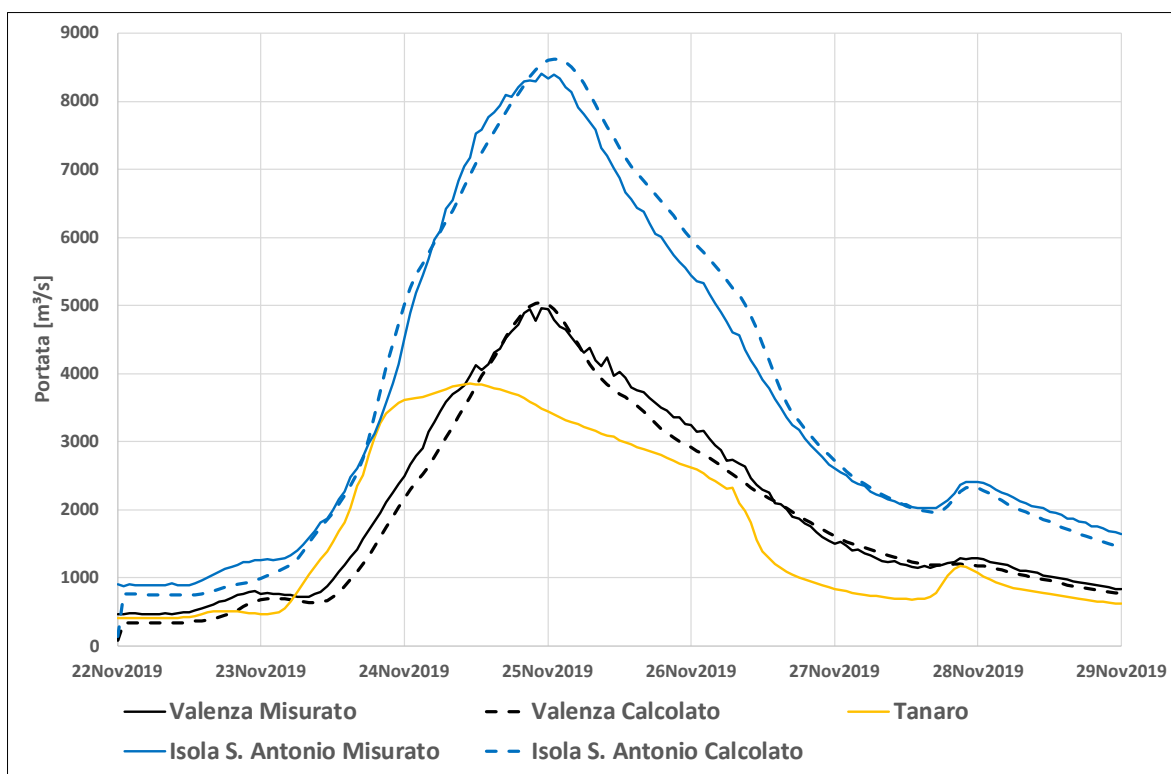


Figura 4.108 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2019

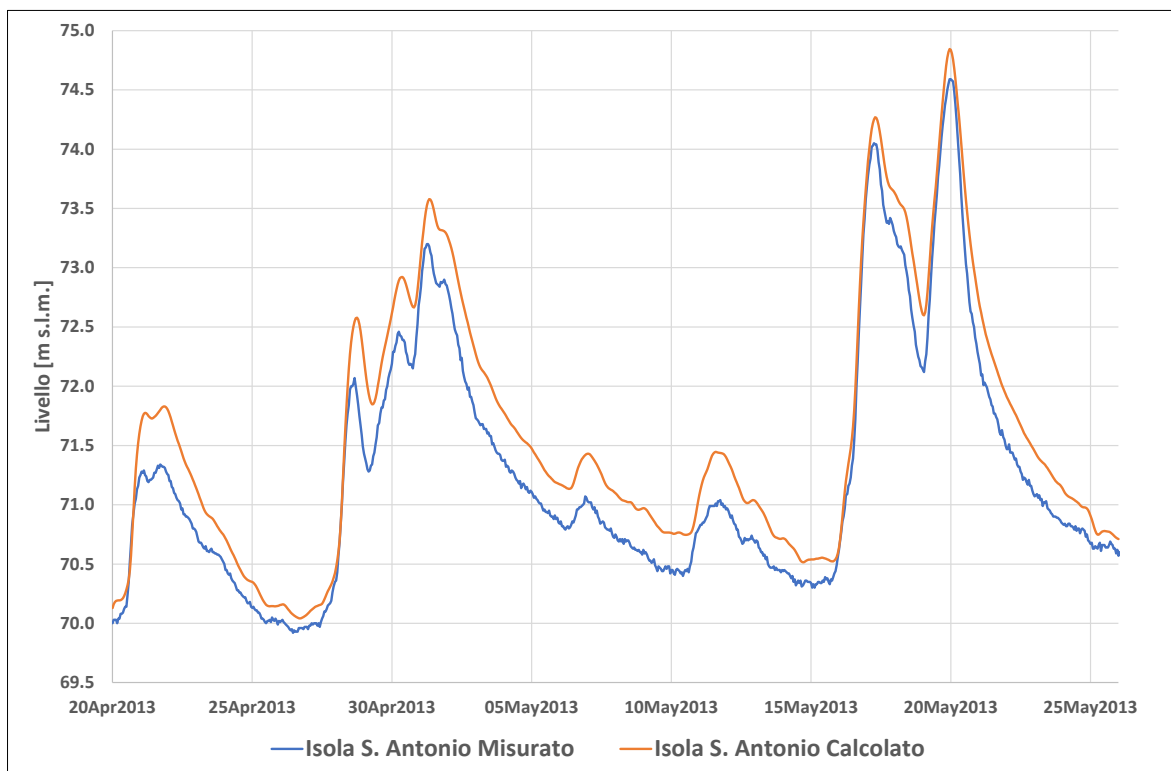


Figura 4.109 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2013

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.121
			Relazione idraulica generale	

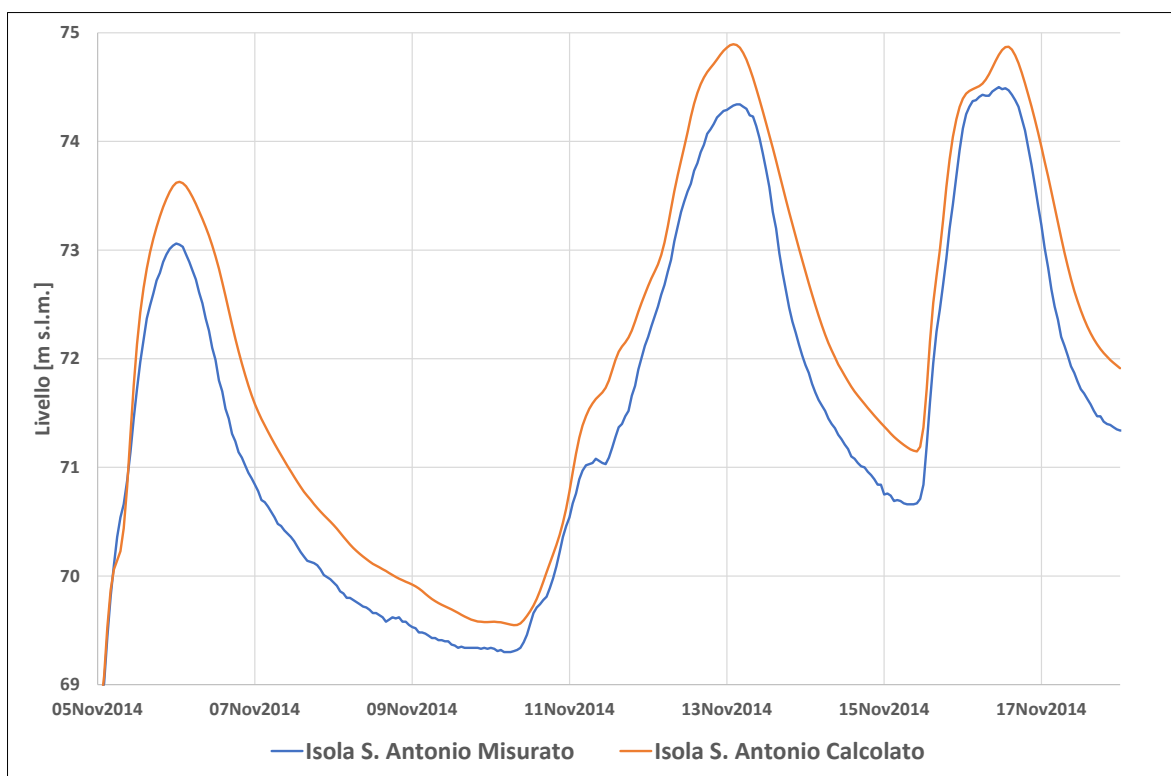


Figura 4.110 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2014

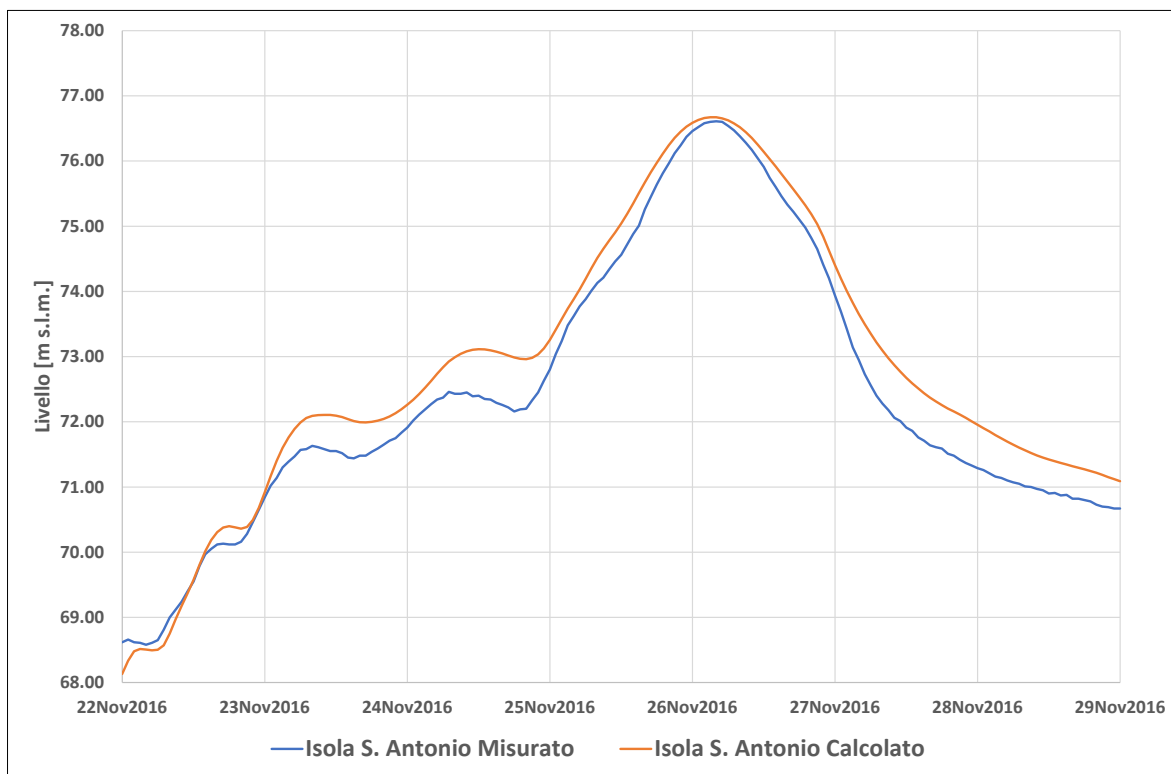


Figura 4.111 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2016

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.122
			Relazione idraulica generale	

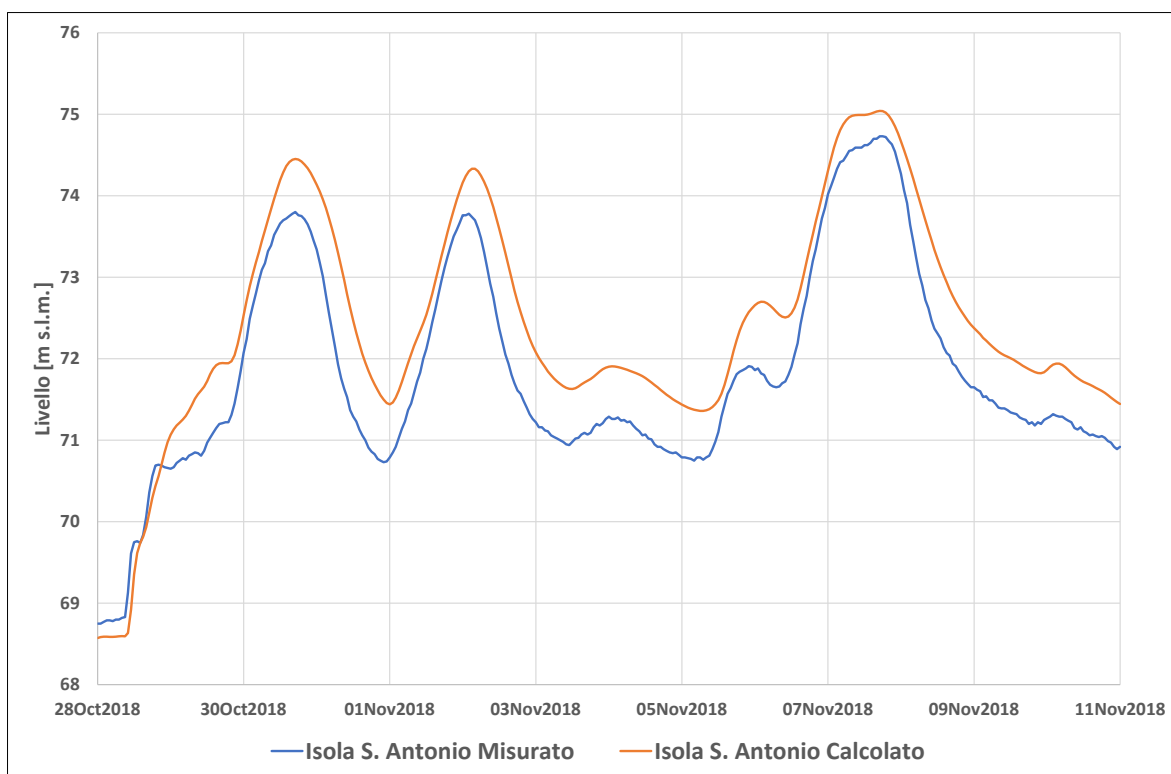


Figura 4.112 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2018

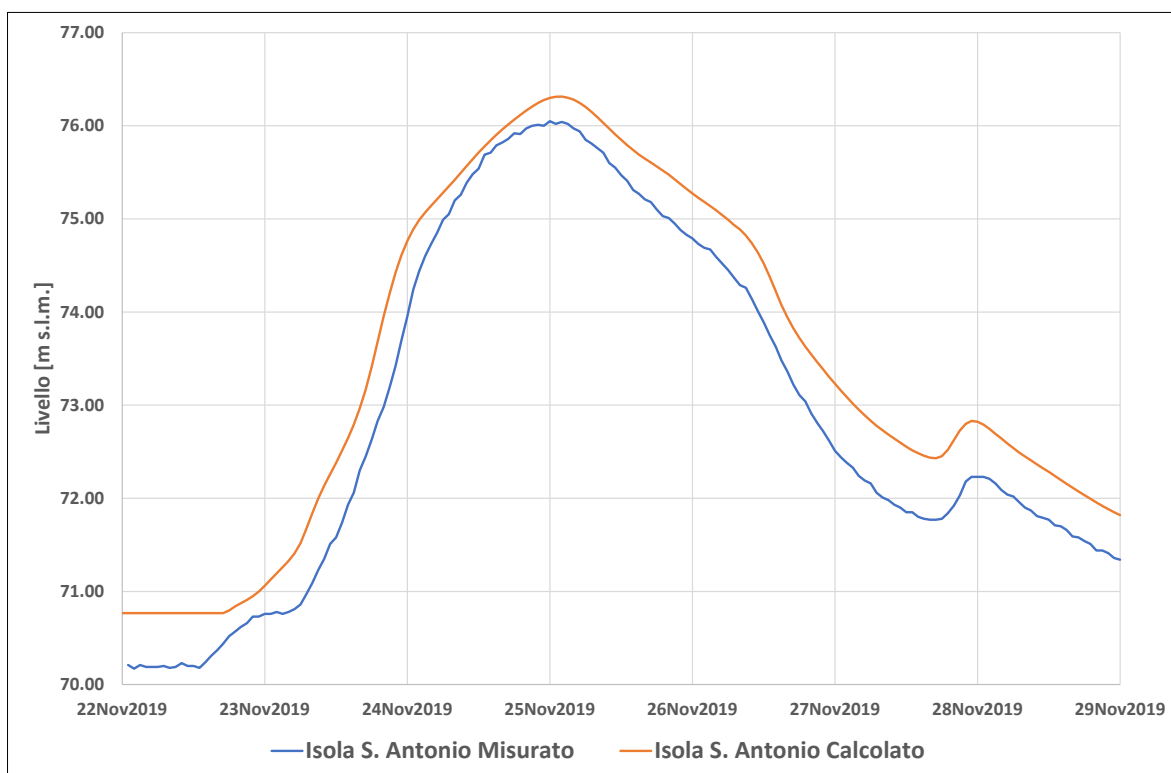


Figura 4.113 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2019

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.123
			Relazione idraulica generale	

4.4.4. Confronto picchettamento piena 2016

Per la piena del 2016 è stato effettuato un picchettamento sulle tracce di piena nel tratto di Casale Monferrato (Figura 4.114) e a monte di Valenza (Figura 4.116).

Il profilo riprodotto da modello a valle di Casale è in buon accordo con i valori risultanti dalle tracce di piena (Figura 4.115). In corrispondenza del primo picchetto non si ha il valore del modello perché l'area risulta asciutta, in corrispondenza dell'idrometro di Casale il modello sottostima di 15 cm (cfr. paragrafo 4.4.1), ma i tre picchetti successivi sono bene riprodotti. Il valore rilevato al picchetto della sezione S01D1B è chiaramente incompatibile con quello immediatamente successivo, a valle della A26, in cui l'errore è dell'ordine dei 20 cm. Nei due picchetti più a valle l'errore è rispettivamente di circa 50 cm e di circa 1 m.

Il modello riproduce sostanzialmente bene anche il profilo a monte di Valenza, considerando anche la non totale affidabilità delle tracce rilevate post piena (Figura 4.117). Il modello fornisce livelli generalmente più elevati di quelli rilevati dalle tracce di piena, ma con un andamento sostanzialmente simile. Si noti come il livello calcolato in corrispondenza dell'idrometro di Valenza, ma in corrispondenza dell'argine destro non in alveo, sia circa 30 cm superiore a quello all'idrometro (in corrispondenza dell'idrometro, quindi in alveo, il modello sottostima di circa 20 cm, cfr. paragrafo 4.4.2) mentre la traccia rilevata è 1.5 m più bassa del valore all'idrometro. In quel punto il rilevato ferroviario impone al flusso in golena di riportarsi l'alveo ed il modello correttamente stima un livello in golena superiore a quello in alveo.

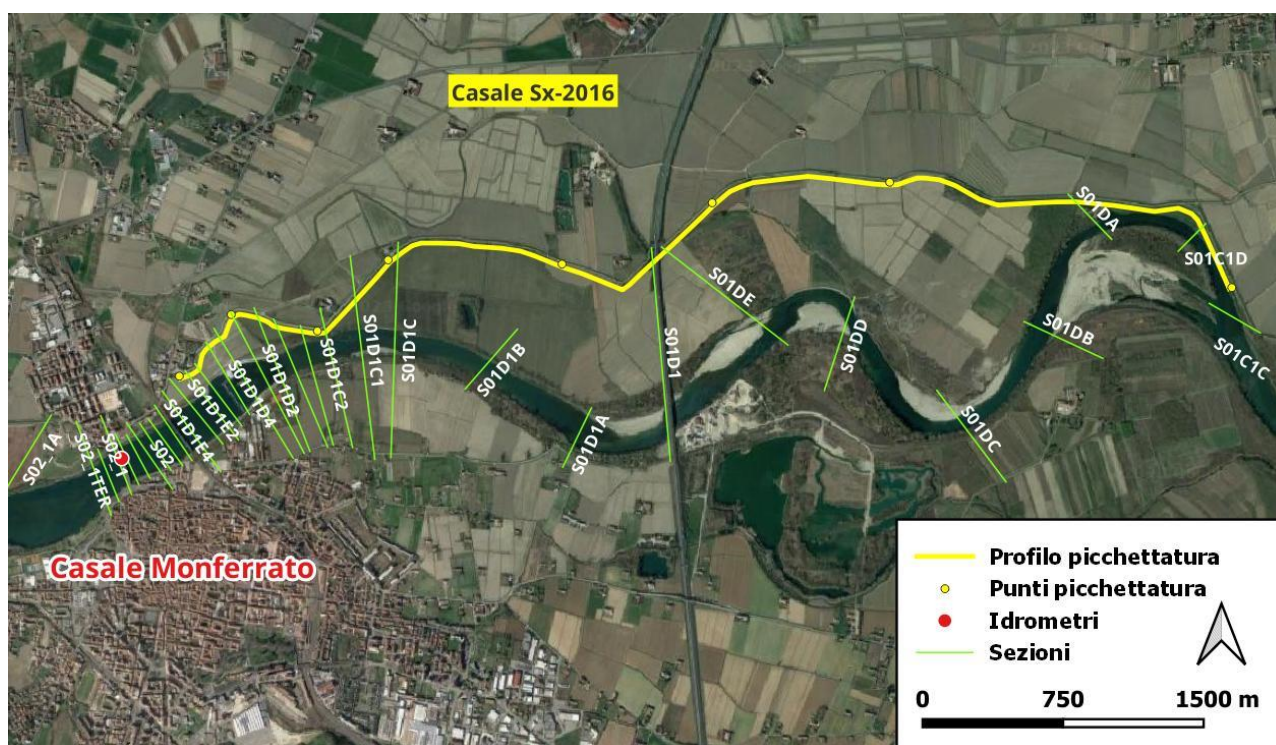


Figura 4.114 – Individuazione del tracciato del profilo di picchettatura per l'evento di piena 2016 a Casale Monferrato

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.124
			Relazione idraulica generale	

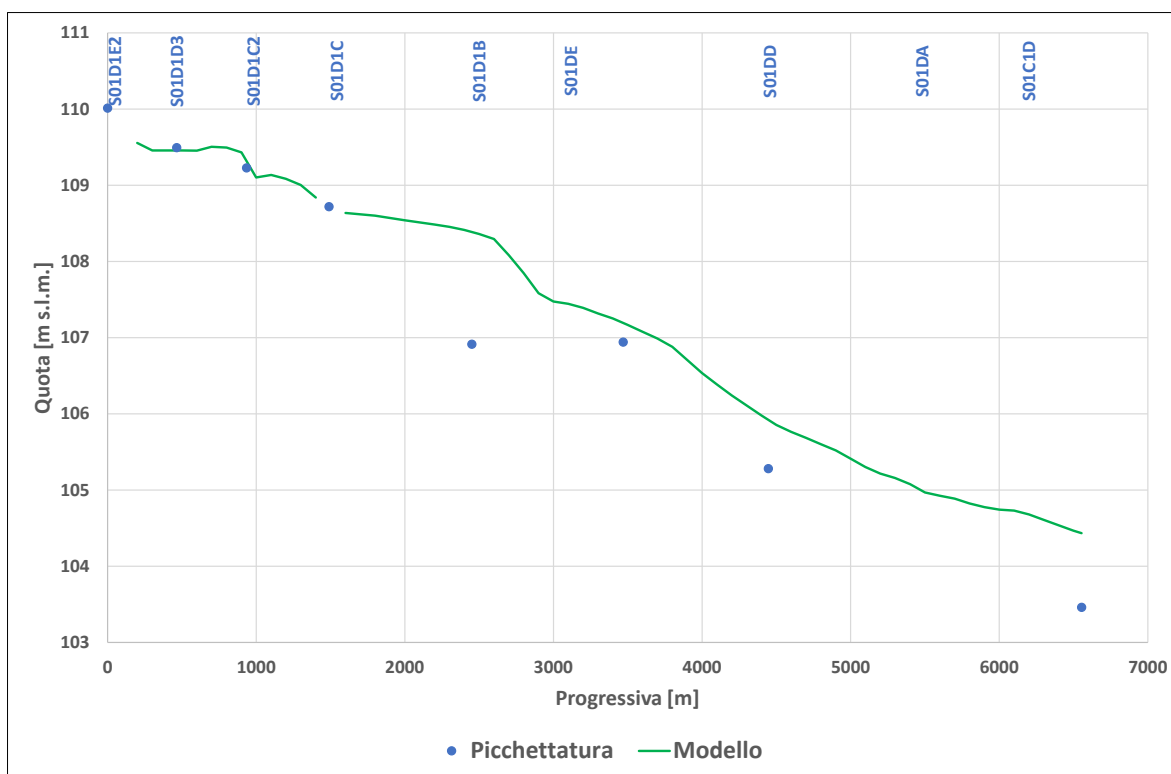


Figura 4.115 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2016, a Casale Monferrato

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.125
			Relazione idraulica generale	

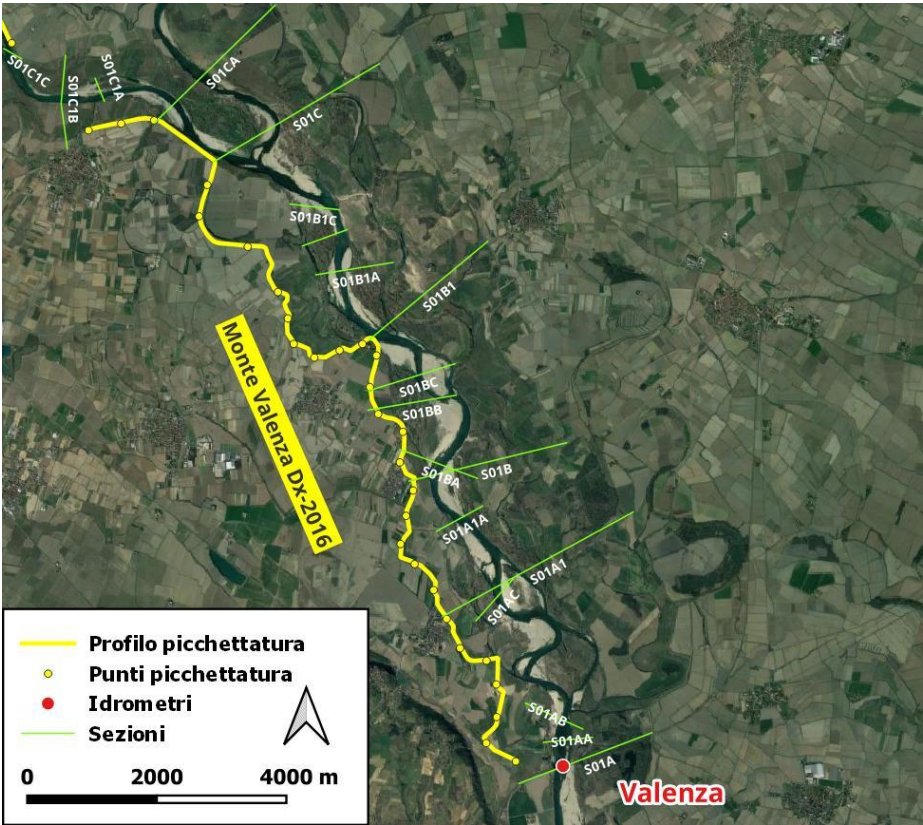


Figura 4.116 – Individuazione del tracciato del profilo di picchettatura per l’evento di piena 2016 a monte di Valenza

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.126
			Relazione idraulica generale	

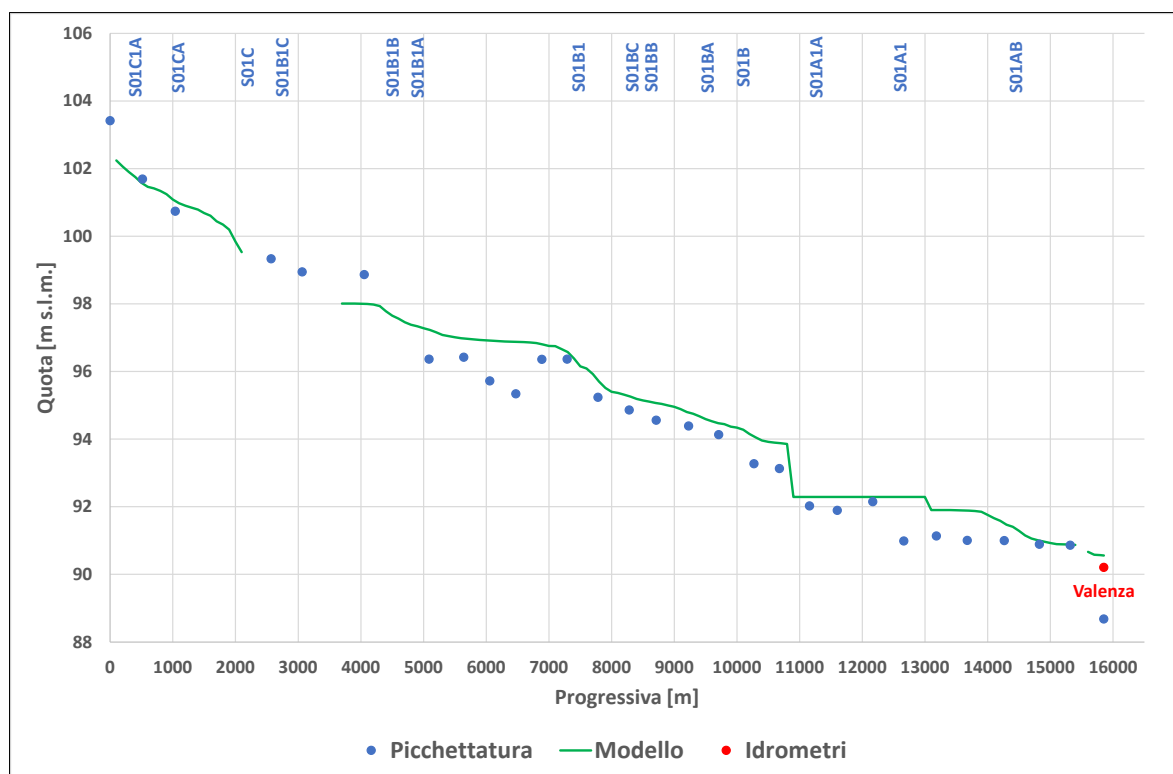


Figura 4.117 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2016, a monte di Valenza

4.4.5. Confronto picchettamento piena 2019

Anche per la piena del 2019 è stato effettuato un picchettamento sulle tracce di piena nel tratto di Casale Monferrato (Figura 4.118) e a monte di Valenza (Figura 4.120).

Il profilo a valle di Casale Monferrato è ben riprodotto dal modello (Figura 4.119). Il primo picchetto appare sottostimato, nonostante il modello sovrastimi di quasi 30 cm il livello all'idrometro (cfr. Paragrafo 4.4.1). Nella parte centrale del profilo le differenze sono inferiori ai 30 cm, mentre nella parte terminale si ha una sottostima tra i 50 e i 70 cm, escludendo il penultimo picchetto che riporta livelli incongruenti con i valori immediatamente a monte.

Il profilo a monte Valenza è ben riprodotto nella sua seconda metà (Figura 4.121), con livelli del modello che praticamente coincidono con quelli delle tracce di piena. Nella prima metà del profilo invece il modello fornisce livelli inferiori a quelli individuati dalle tracce di piena.

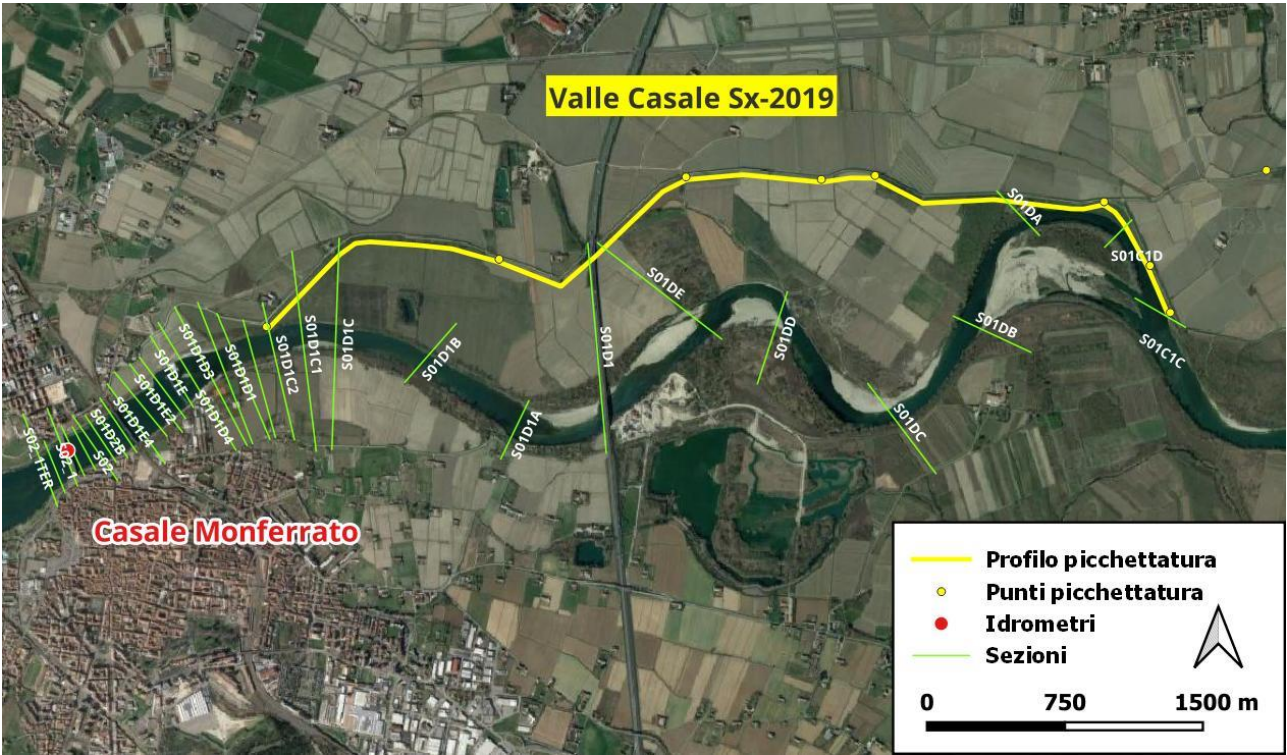


Figura 4.118 – Individuazione del tracciato del profilo di picchettatura per l’evento di piena 2019 a Casale Monferrato

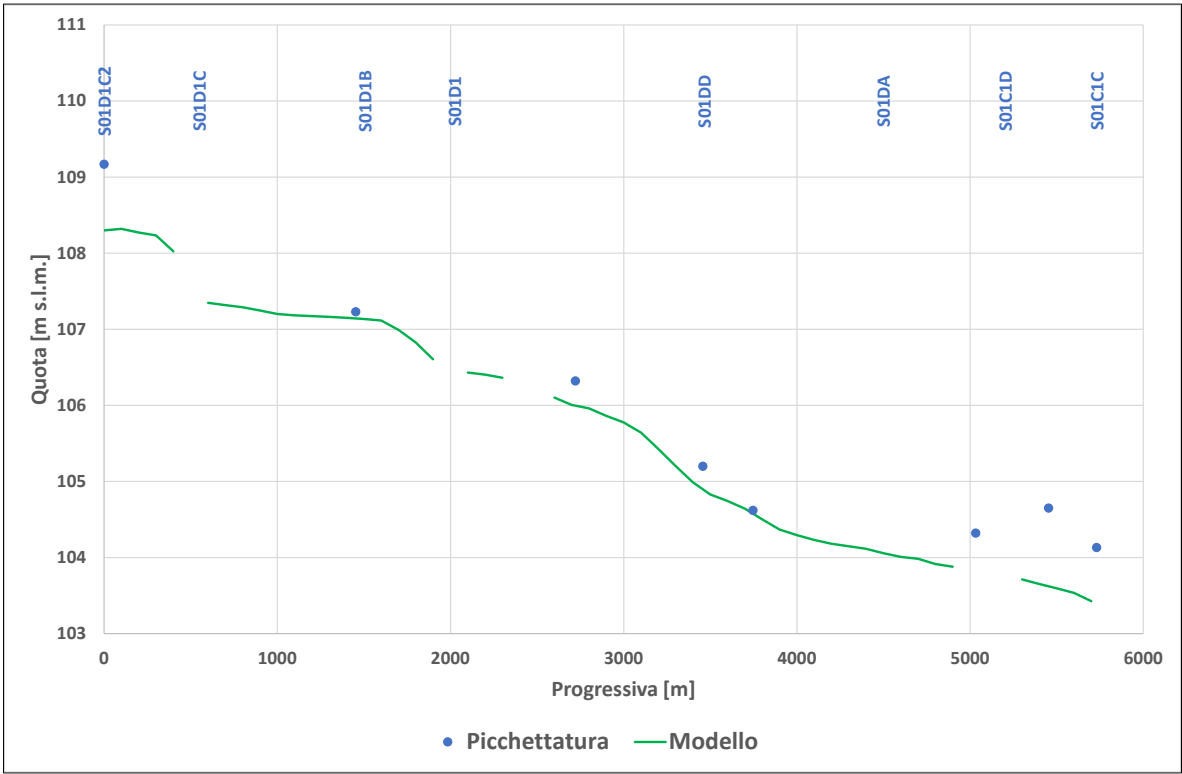


Figura 4.119 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, a Casale Monferrato

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.128
			Relazione idraulica generale	

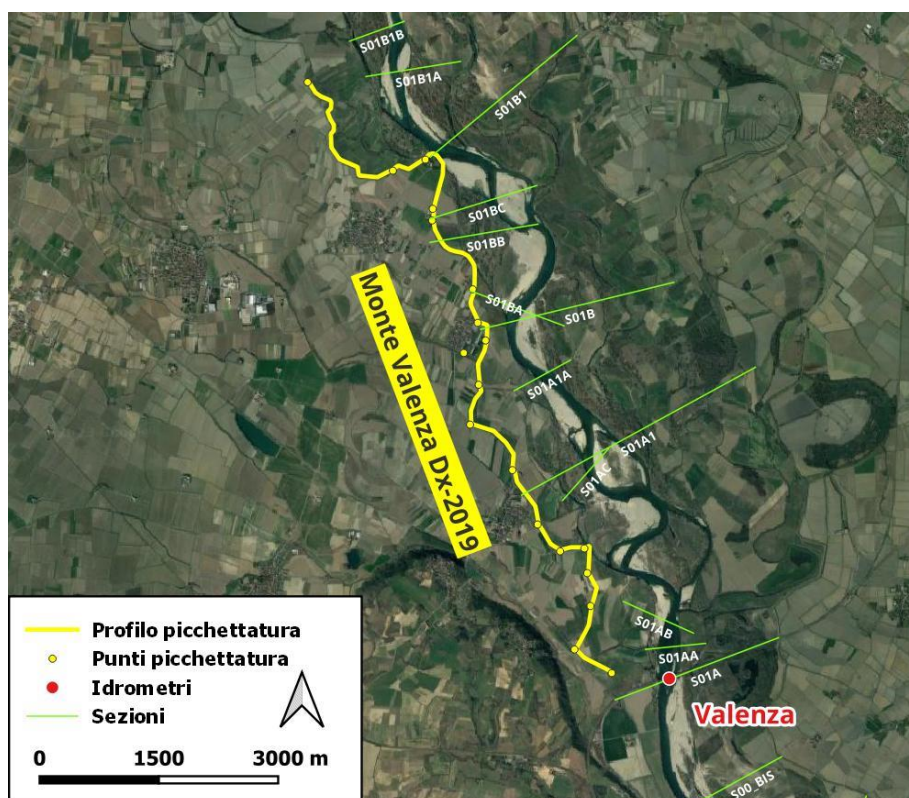


Figura 4.120 – Individuazione del tracciato del profilo di picchettatura per l’evento di piena 2019 a monte di Valenza

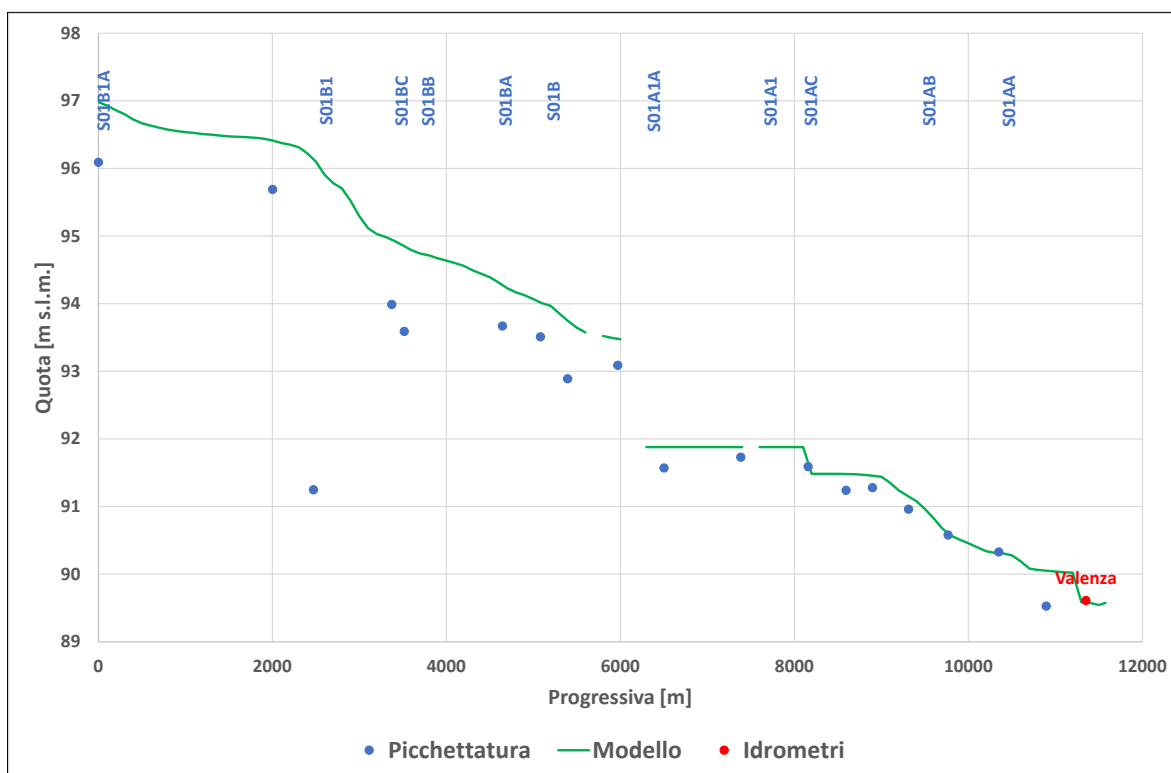


Figura 4.121 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, a monte di Valenza

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.129
			Relazione idraulica generale	

4.5. Tratto Isola S. Antonio – Piacenza

Nel tratto considerato sono presenti gli idrometri di:

- Isola S. Antonio
- Casei Gerola (solo livelli)
- Ponte Becca (solo livelli)
- Spessa
- Piacenza

Gli affluenti nel tratto sono:

- Scrivia
- Agogna
- Ticino
- Tidone
- Lambro
- Trebbia

Come input è stato considerato l'idrogramma definito da ARPA Piemonte all'idrometro di Isola S. Antonio e gli affluenti sono stati definiti come descritto nel paragrafo 4.1.

4.5.1. Idrometro di Isola S. Antonio

L'idrometro di Isola S. Antonio è la condizione di monte del modello, per cui le portate sono esattamente quelle definite da ARPA Piemonte.

Nella Tabella 4-19 sono sintetizzati i risultati per i livelli al colmo delle piene considerate.

Il modello sottostima i due eventi maggiori (2016 e 2019) e sovrastima quelli minori. Da sottolineare che questi risultati sono stati ottenuti considerando una scabrezza delle aree golenali immediatamente a valle dell'idrometro pari a $n=0.12 \text{ sm}^{-1/3}$ (cfr. Figura 4.304). Probabilmente il problema è più legato alla batimetria che non è aggiornata; per questo motivo il coefficiente di scabrezza non è stato forzato per ottenere migliori risultati sulle piene 2016 e 2019. Il modello sottostima di circa 50 cm i livelli per le portate basse, riducendo questo errore per quote attorno ai 73.0 m s.m.m. che corrispondono circa alla portata di $2800 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tabella 4-19 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Isola S. Antonio

Piena	Misurato [m s.m.m.]	Calcolato [m s.m.m.]	Differenza [m]
2013	74.59	74.66	+0.07
2014	74.50	74.57	+0.07
2016	76.61	76.50	-0.11
2018	74.73	75.01	+0.28
2019	76.05	76.03	-0.02

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.130
			Relazione idraulica generale	

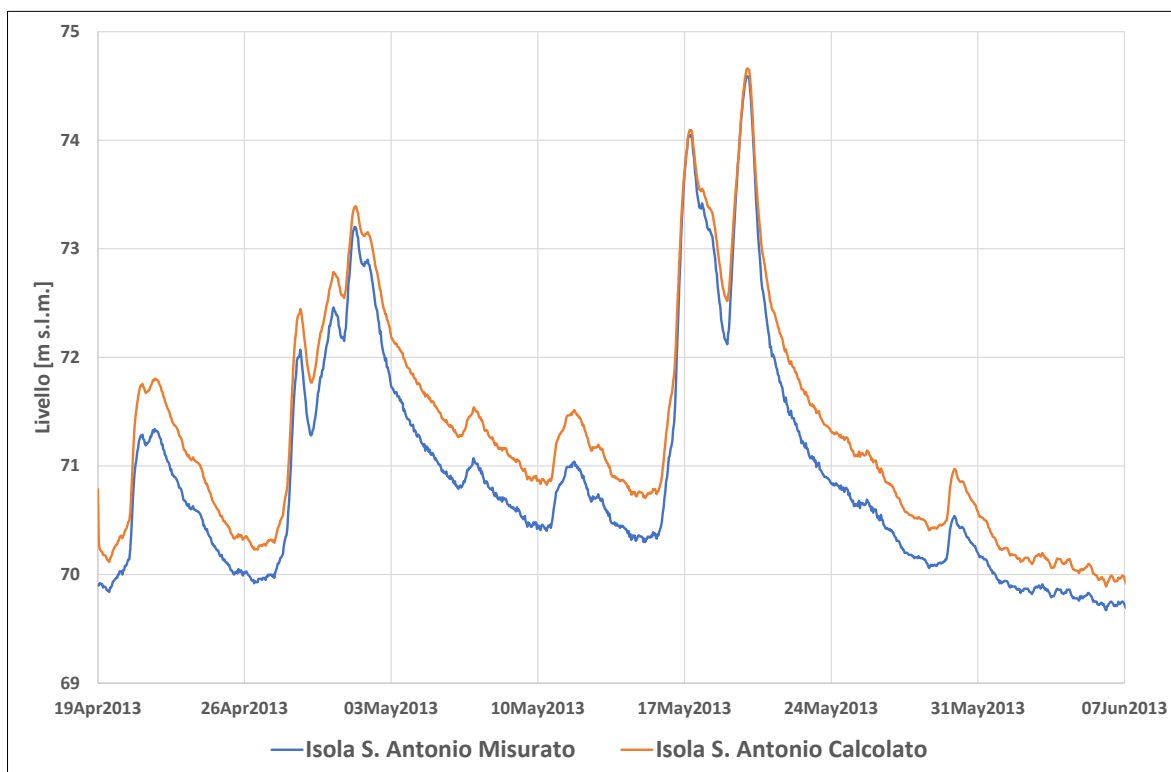


Figura 4.122 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2013

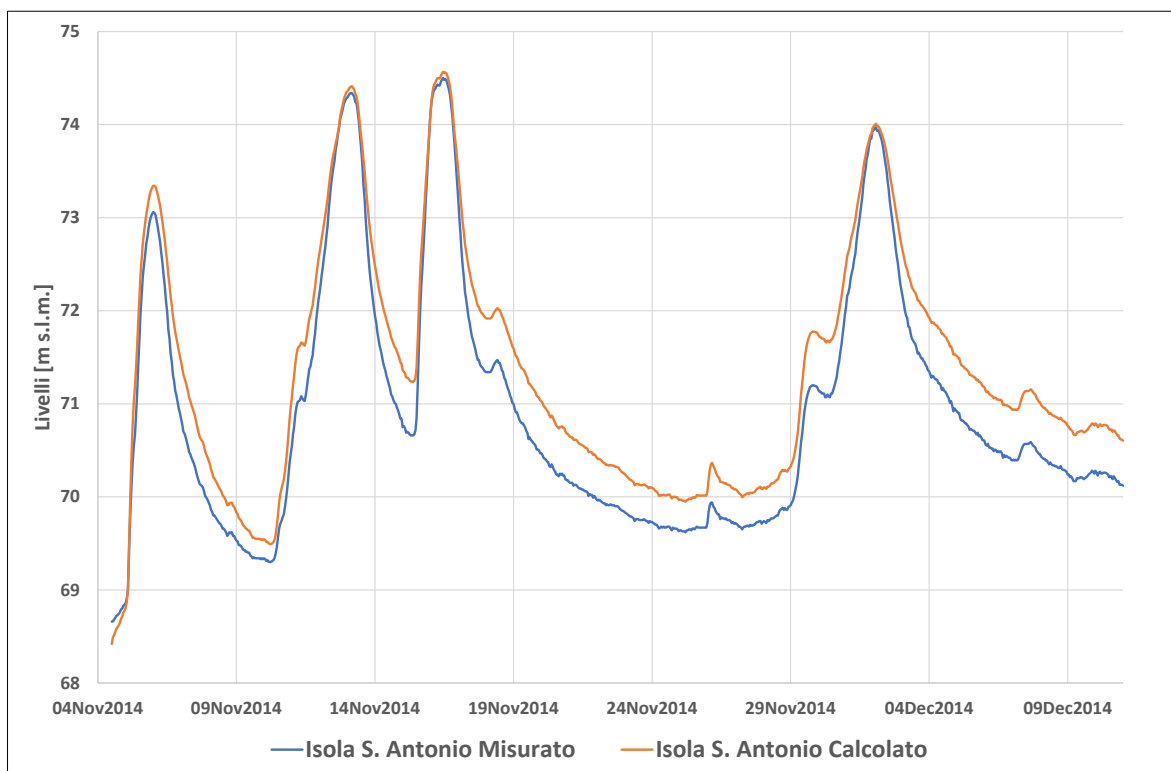


Figura 4.123 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.131
			Relazione idraulica generale	

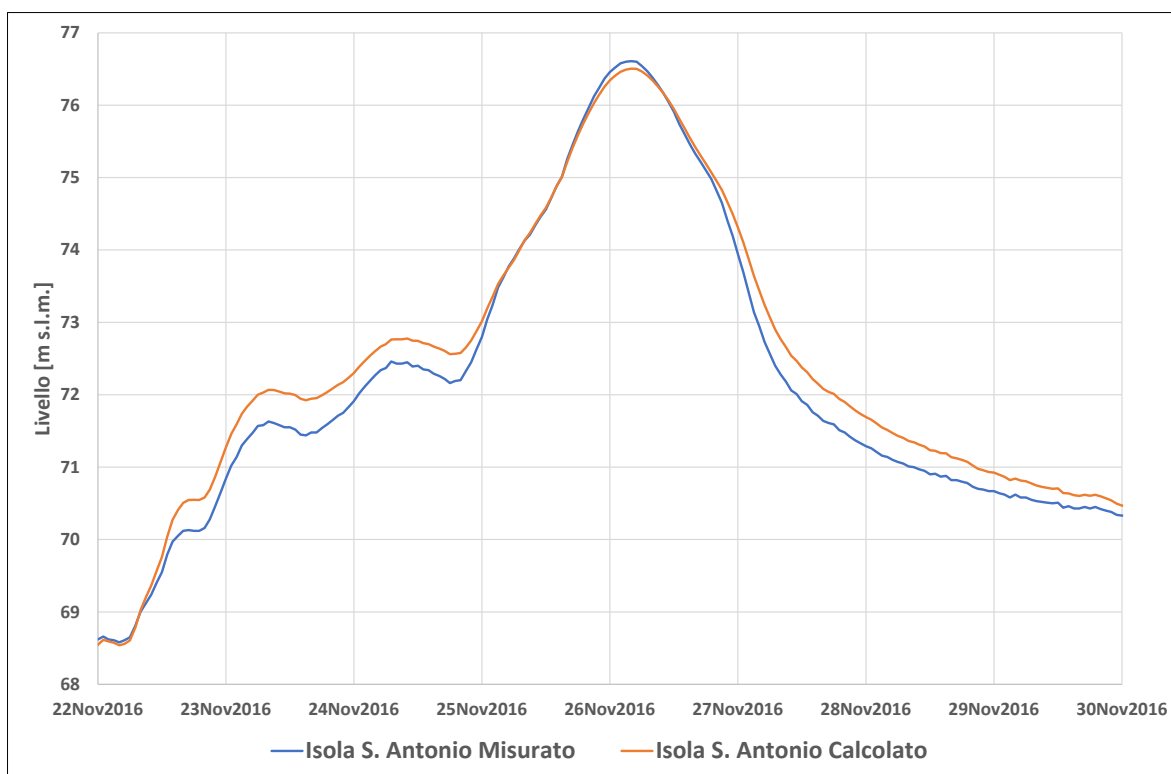


Figura 4.124 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2016

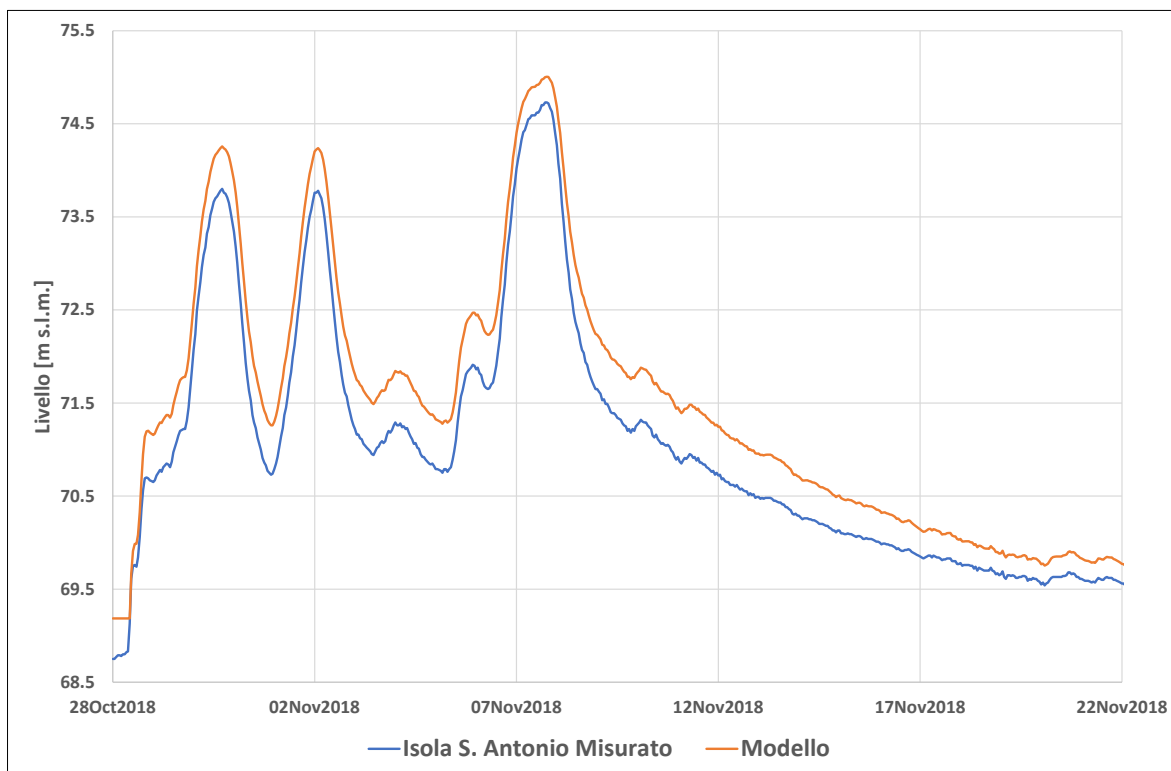


Figura 4.125 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.132
			Relazione idraulica generale	

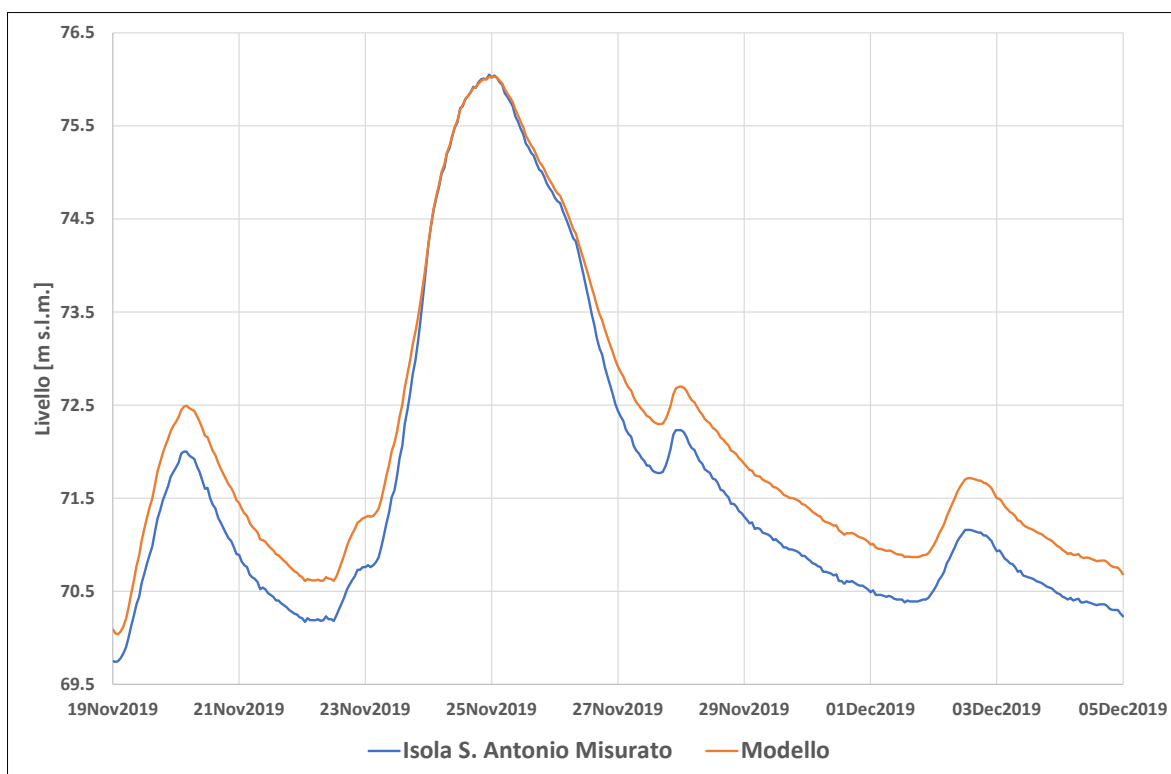


Figura 4.126 – Risultati calibrazione sui livelli all’idrometro di Isola S. Antonio per l’evento di piena 2019

4.5.2. Idrometro di Casei Gerola

L’idrometro di Casei Gerola è mal posizionato e rileva solo i livelli superiori a circa 67 m s.m.m. (circa 2000 m³/s). La Tabella 4-20 riporta la sintesi dei risultati al colmo, sovrastime e sottostime sono bilanciate. Anche per questo idrometro le piene maggiori risultano sottostimate.

Tabella 4-20 – Sintesi risultati livelli al colmo all’idrometro di Casei Gerola

Piena	Misurato [m s.m.m.]	Calcolato [m s.m.m.]	Differenza [m]
2013	69.08	69.31	+0.23
2014	69.58	69.38	-0.20
2016	71.27	71.01	-0.26
2018	69.22	69.53	+0.31
2019	70.72	70.61	-0.11

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.133
			Relazione idraulica generale	

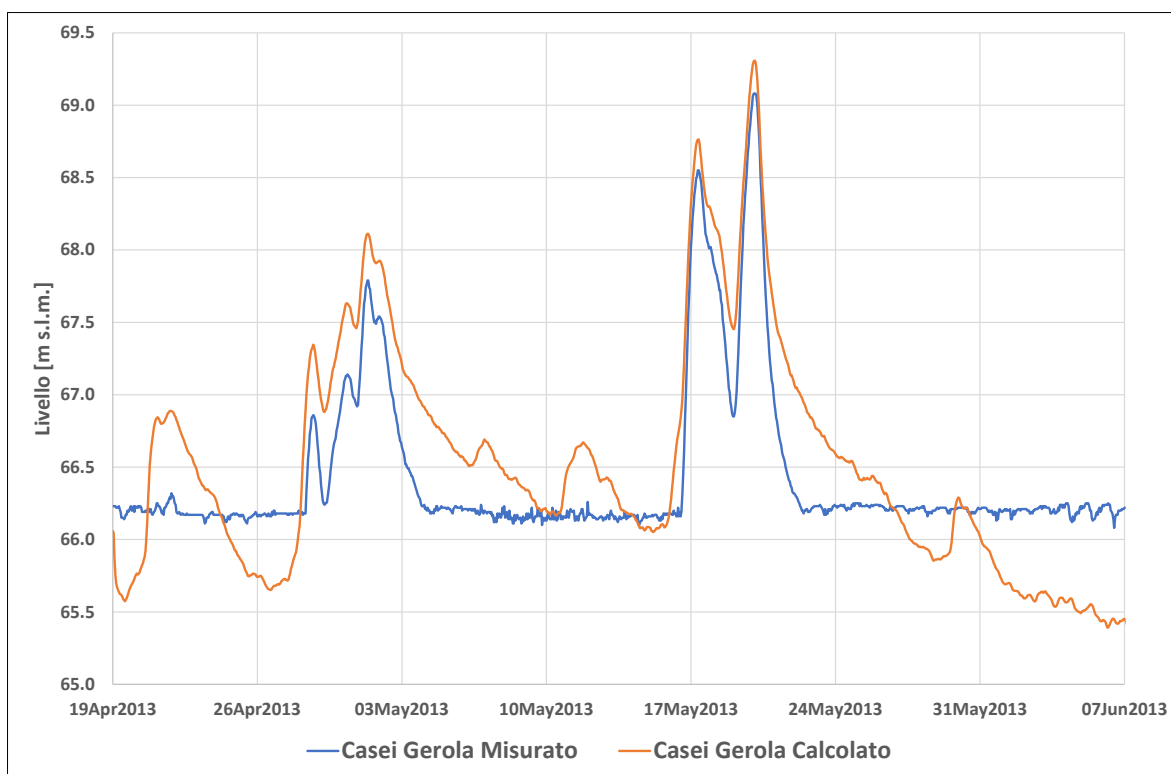


Figura 4.127 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Casei Gerola per l'evento di piena 2013

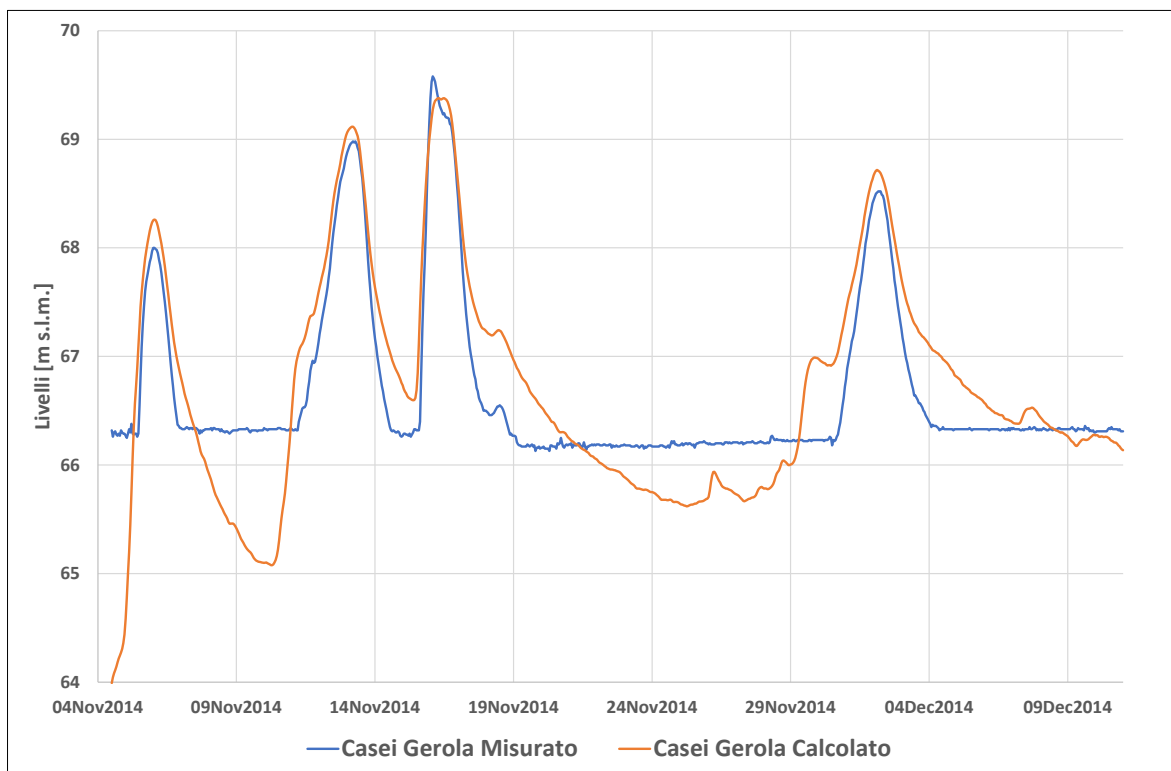


Figura 4.128 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Casei Gerola per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.134
			Relazione idraulica generale	

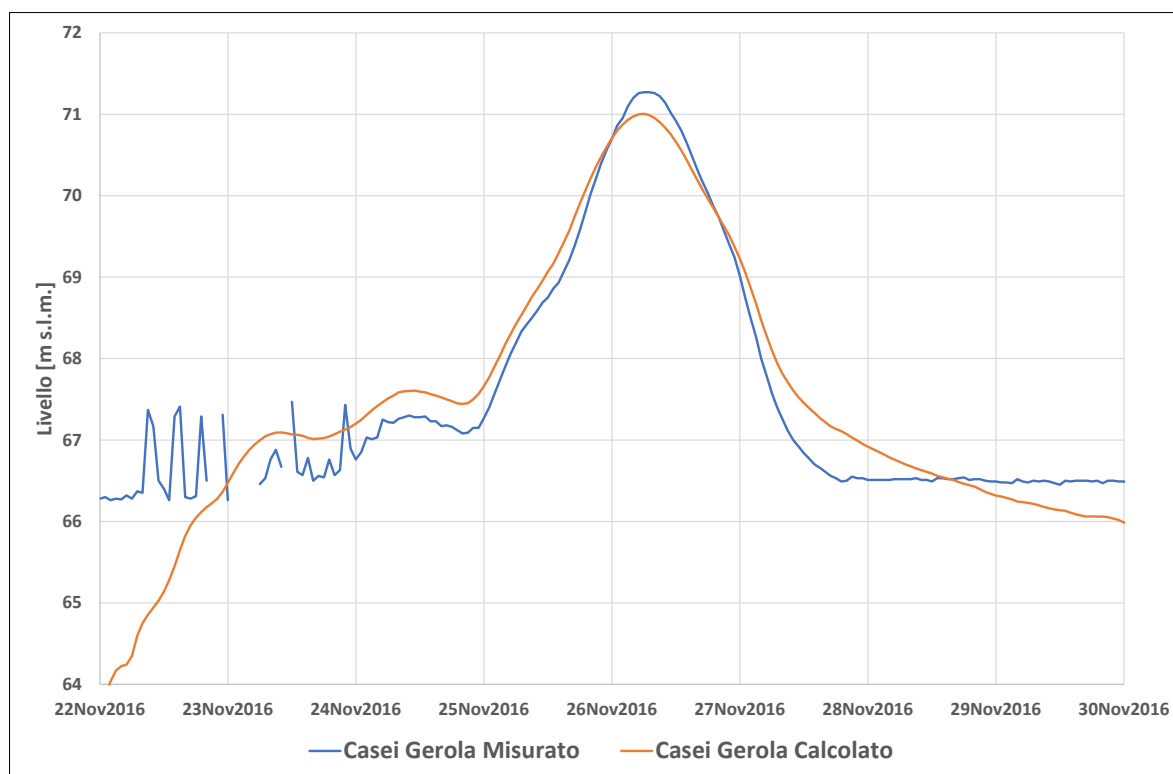


Figura 4.129 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Casei Gerola per l'evento di piena 2016

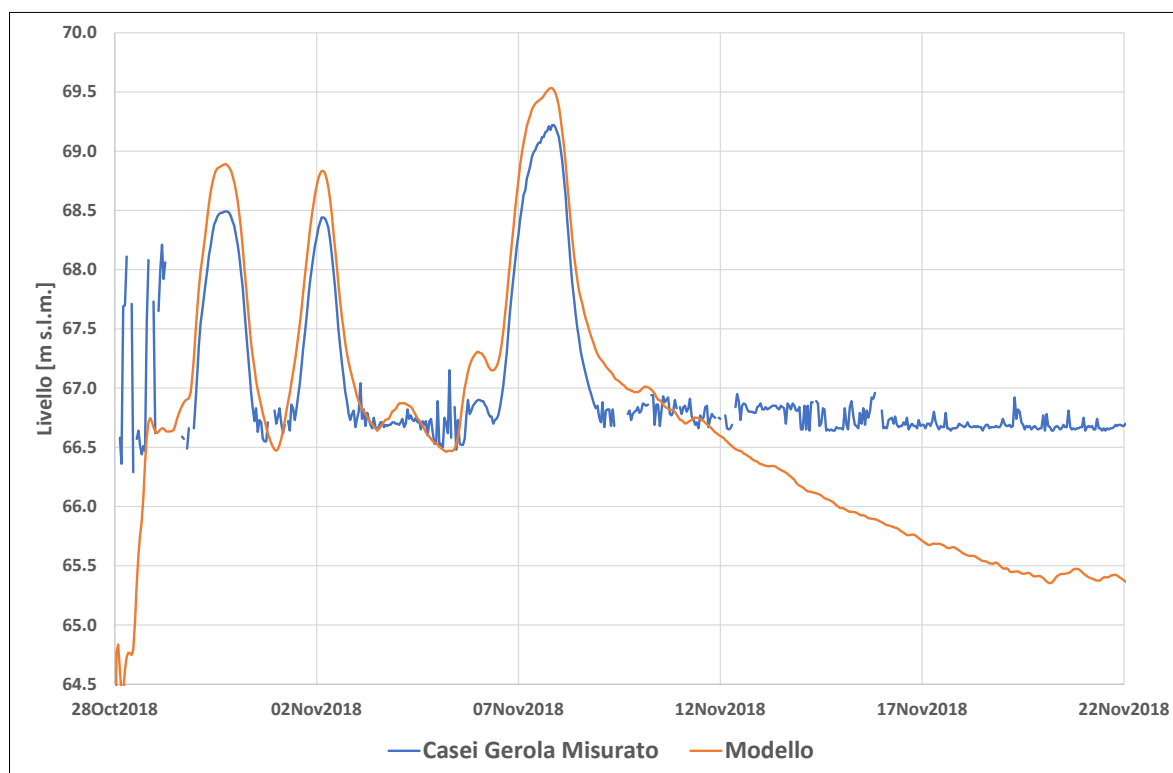


Figura 4.130 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Casei Gerola per l'evento di piena 2018

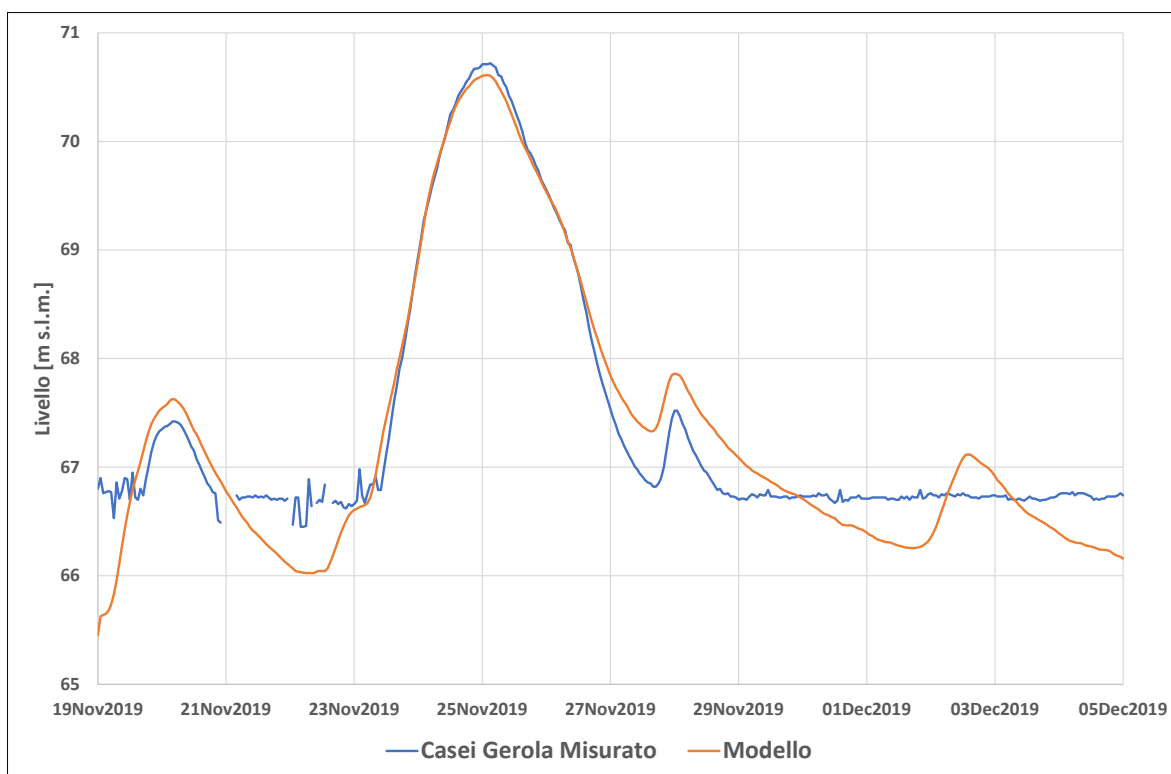


Figura 4.131 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Casei Gerola per l'evento di piena 2019

4.5.3. Idrometro di Ponte Becca

All'idrometro di Ponte Becca il modello tende a sovrastimare i livelli, Tabella 4-21 e figure seguenti, sovrastima sui colmi principalmente legata alla sovrastima delle portate (cfr. Tabella 4-22).

Tabella 4-21 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Ponte Becca

Piena	Misurato [m s.m.m.]	Calcolato [m s.m.m.]	Differenza [m]
2013	59.49	59.67	+0.18
2014	60.43	60.52	+0.09
2016	60.96	61.43	+0.47
2018	59.72	60.18	+0.46
2019	59.02	59.29	+0.27

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.136
			Relazione idraulica generale	

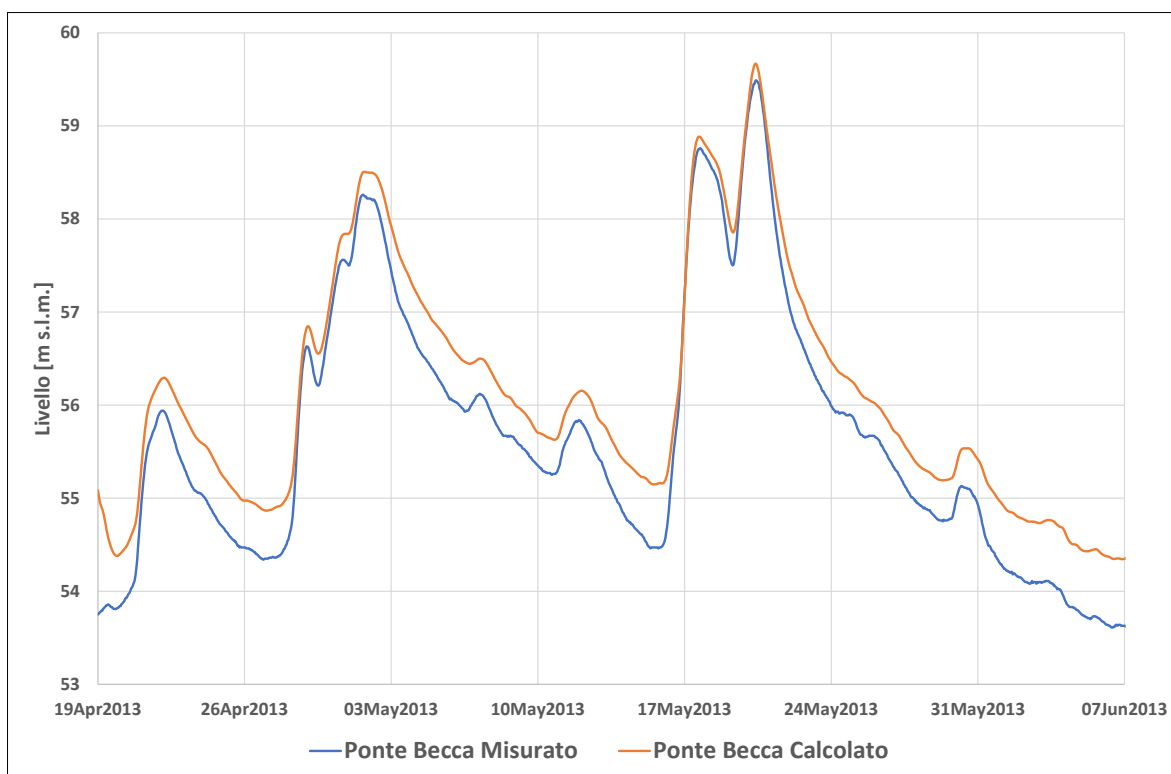


Figura 4.132 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Ponte Becca per l'evento di piena 2013

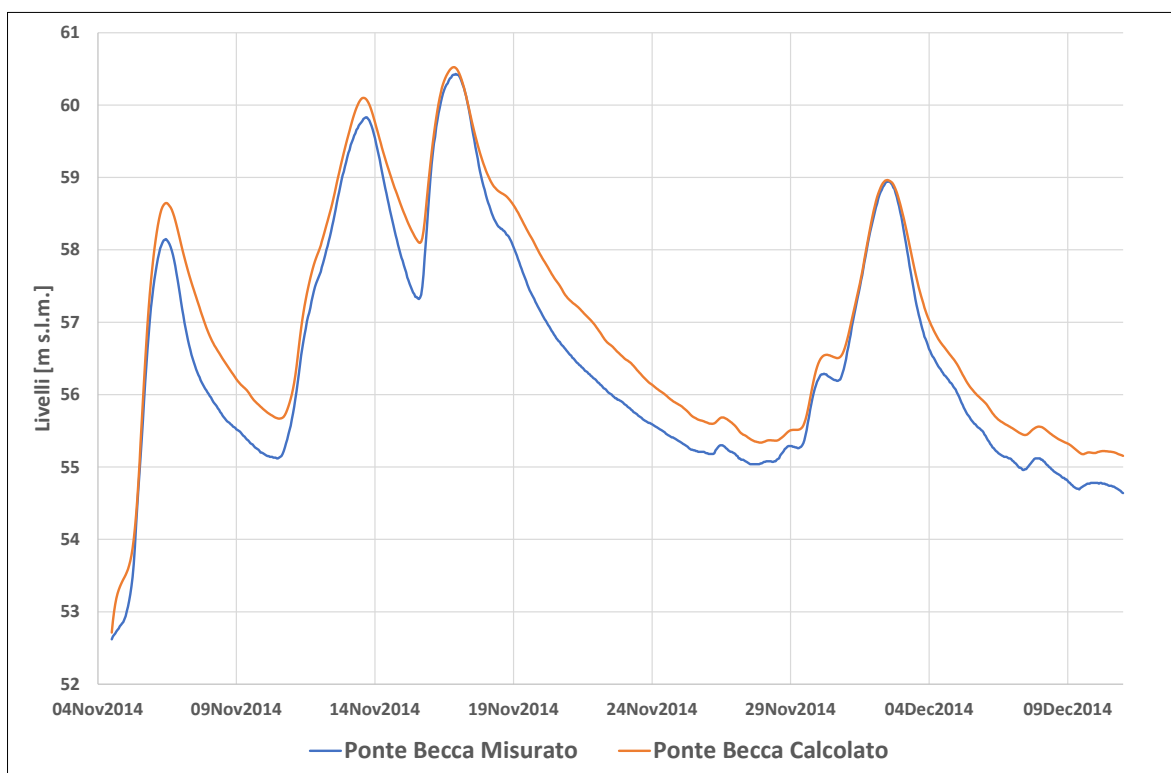


Figura 4.133 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Ponte Becca per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.137
			Relazione idraulica generale	

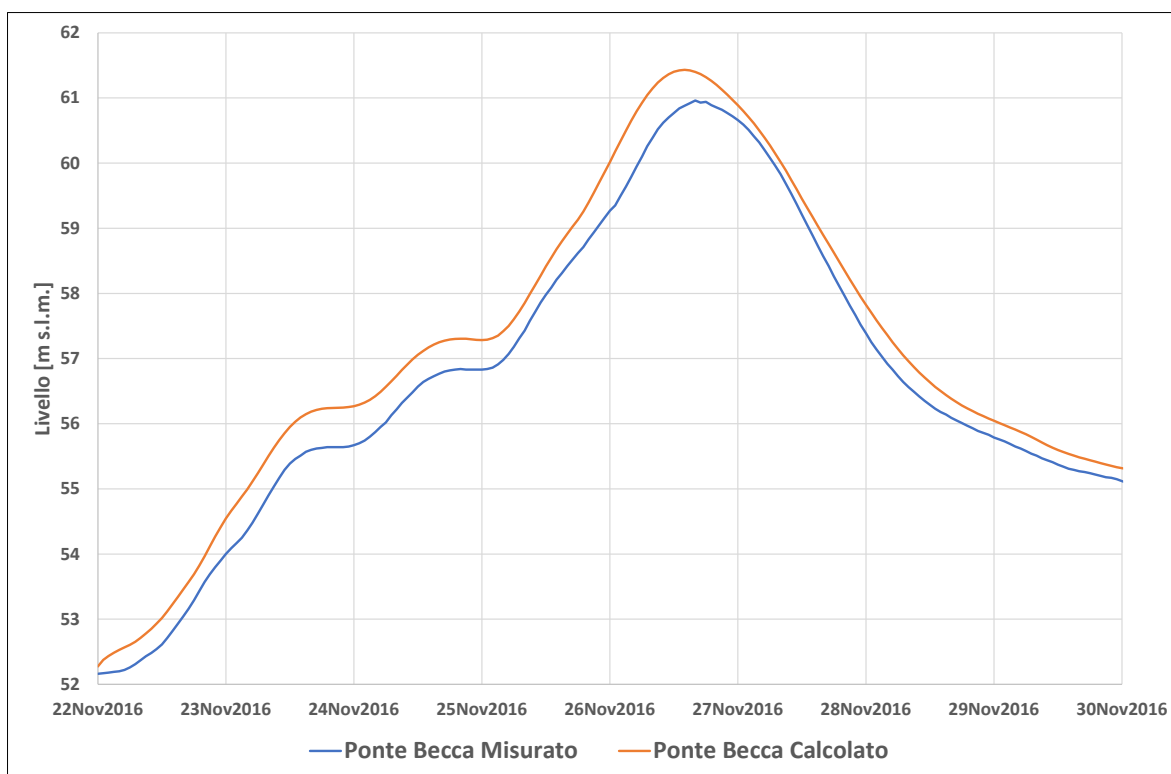


Figura 4.134 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Ponte Becca per l'evento di piena 2016

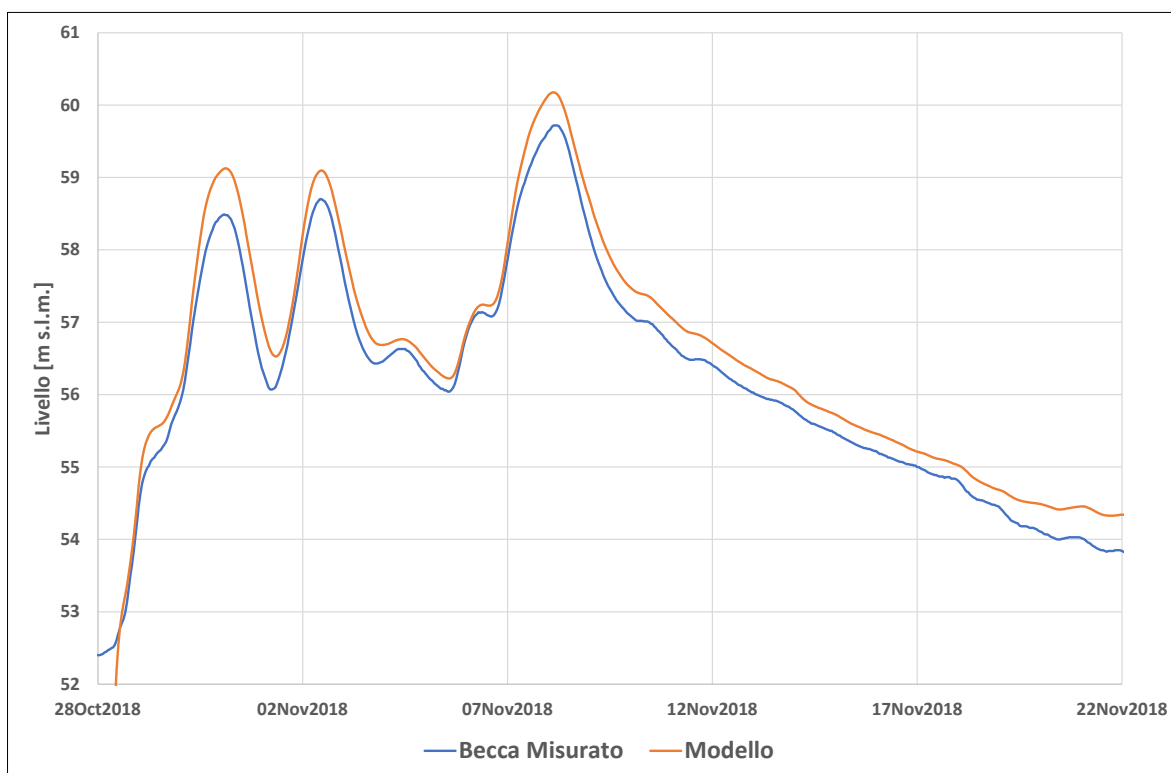


Figura 4.135 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Ponte Becca per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.138
			Relazione idraulica generale	

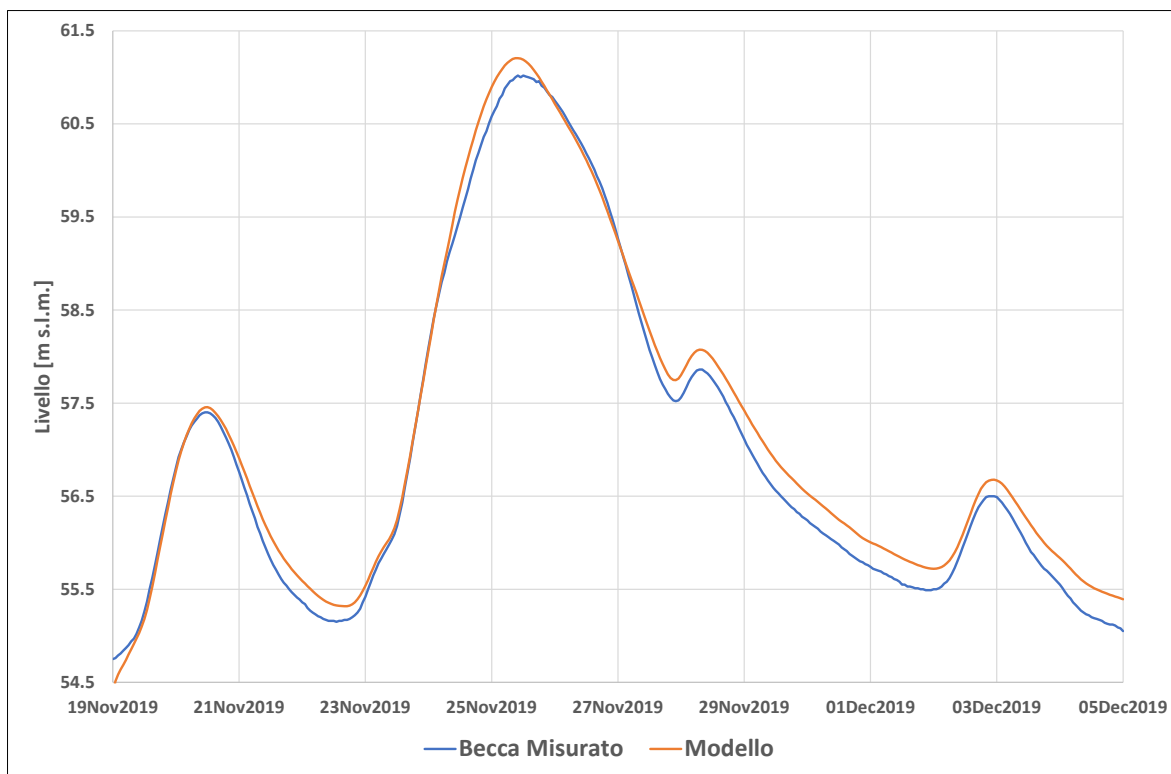


Figura 4.136 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Ponte Becca per l'evento di piena 2019

4.5.4. Idrometro di Spessa

La stima delle portate al colmo a Spessa è legata anche alla stima del contributo del Ticino che, come descritto nel paragrafo 4.1, deriva da una stima all'idrometro di Vigevano. Dalla Tabella 4-22 si evince una buona concordanza delle portate al colmo a Spessa che, a parte l'evento 2016, ha errori inferiori al 10%. La piena del 2016 risulta abbastanza particolare con una riduzione del colmo da Isola S. Antonio a Spessa di circa 2000 m³/s, nonostante il contributo del Ticino. Tale dinamica non è riproducibile con il modello e l'evento è stato analizzato anche con i tecnici di AIPO, senza però giungere ad una plausibile spiegazione del fenomeno che non sembra riconducibile ad errori di misura. L'anomalia della piena 2016 è rilevabile anche nel tratto Spessa - Borgoforte. Da sottolineare come il contributo stimato del Ticino sia inferiore a 1000 m³/s, per cui anche il totale azzeramento di tale contributo fornirebbe una sovrastima a Spessa.

I livelli al colmo (Tabella 4-23) risultano sovrastimati anche in relazione alla sovrastima delle portate. La calibrazione del tratto a valle dell'idrometro si è però principalmente realizzata con il modello Spessa - Borgoforte (cfr. paragrafo 4.6) in cui la portata all'idrometro risulta quella definita da ARPA.

Tabella 4-22 – Sintesi risultati portata al colmo all'idrometro di Spessa

Piena	Misurato [m ³ /s]	Calcolato [m ³ /s]	Differenza [%]
2013	5967	5764	-3%
2014	7651	7641	-0%
2016	8106	10013	+24%

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.139
			Relazione idraulica generale	

Piena	Misurato [m ³ /s]	Calcolato [m ³ /s]	Differenza [%]
2018	6452	6806	+5%
2019	8577	9377	+9%

Tabella 4-23 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Spessa

Piena	Misurato [m s.m.m.]	Calcolato [m s.m.m.]	Differenza [m]
2013	57.25	57.35	+0.10
2014	58.45	58.49	+0.04
2016	58.76	59.51	+0.75
2018	57.62	58.03	+0.41
2019	59.02	59.29	+0.27

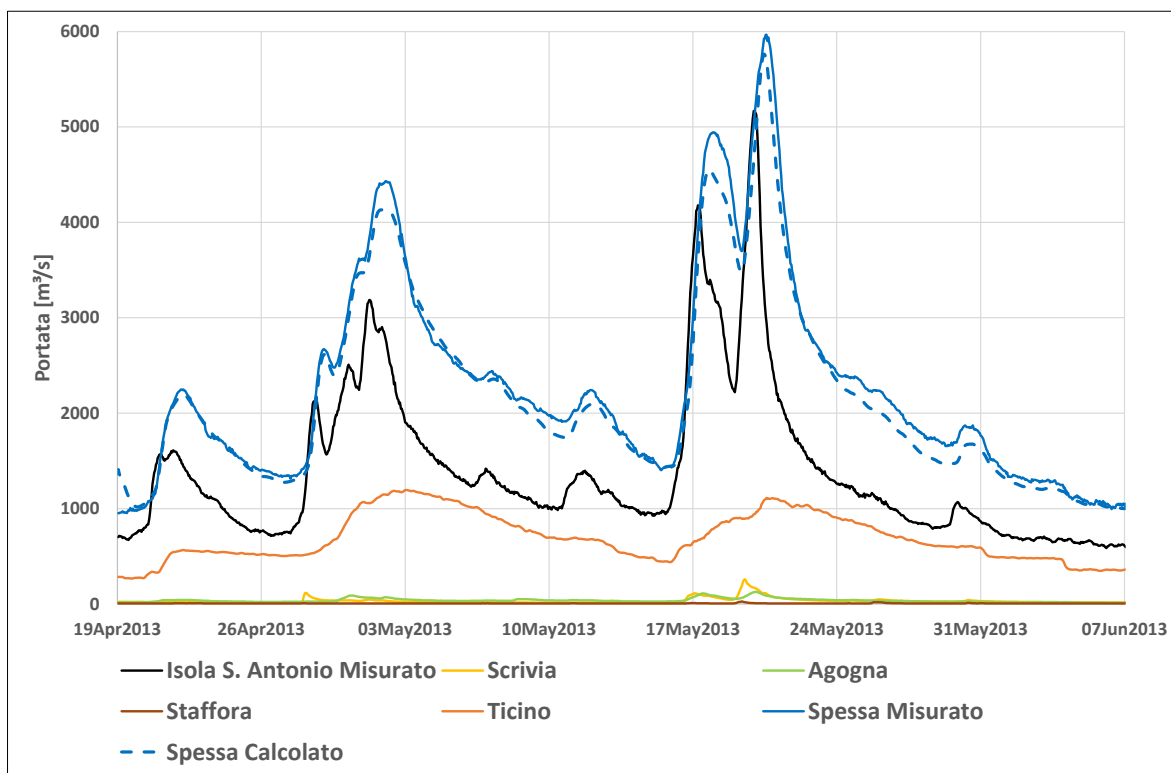


Figura 4.137 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2013

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.140
			Relazione idraulica generale	

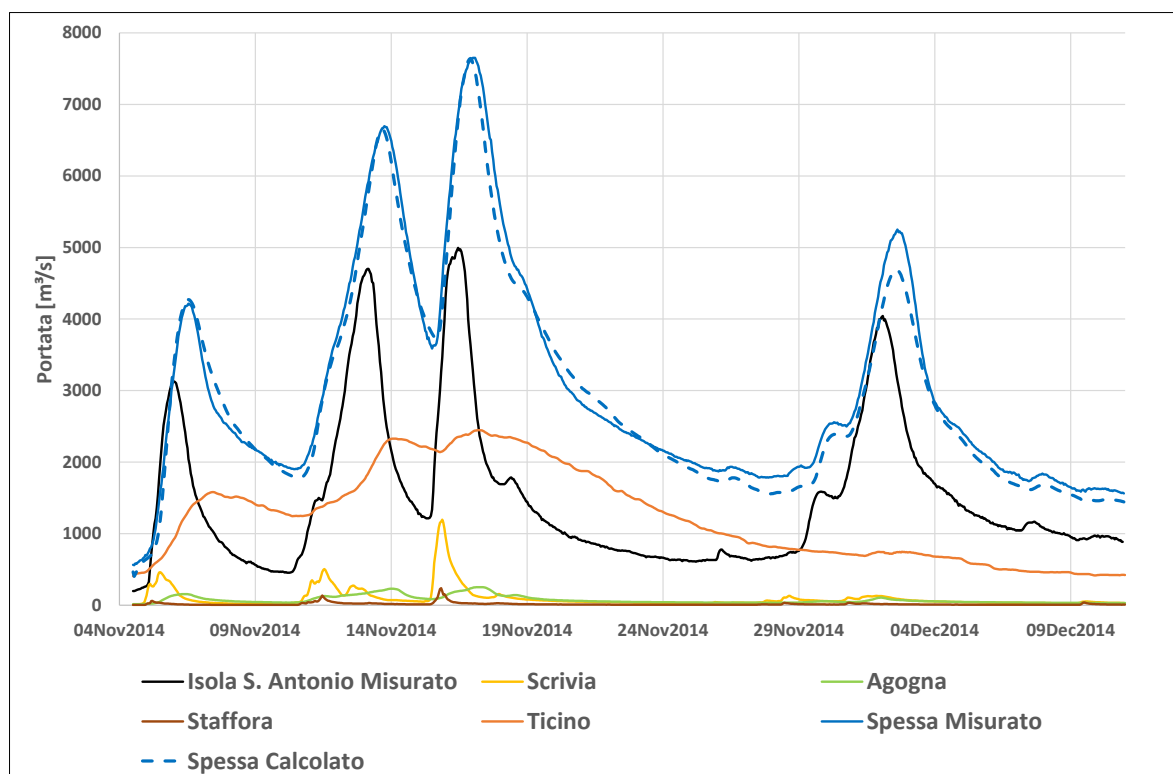


Figura 4.138 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2014

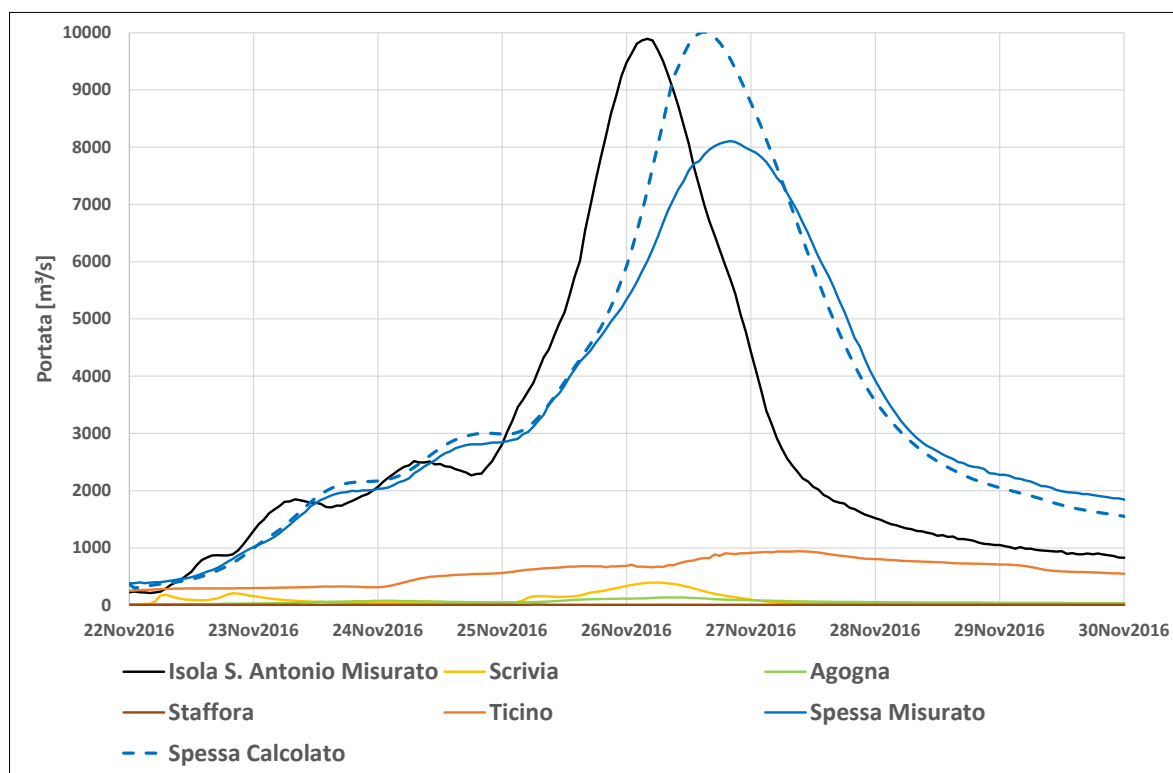


Figura 4.139 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2016

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.141
			Relazione idraulica generale	

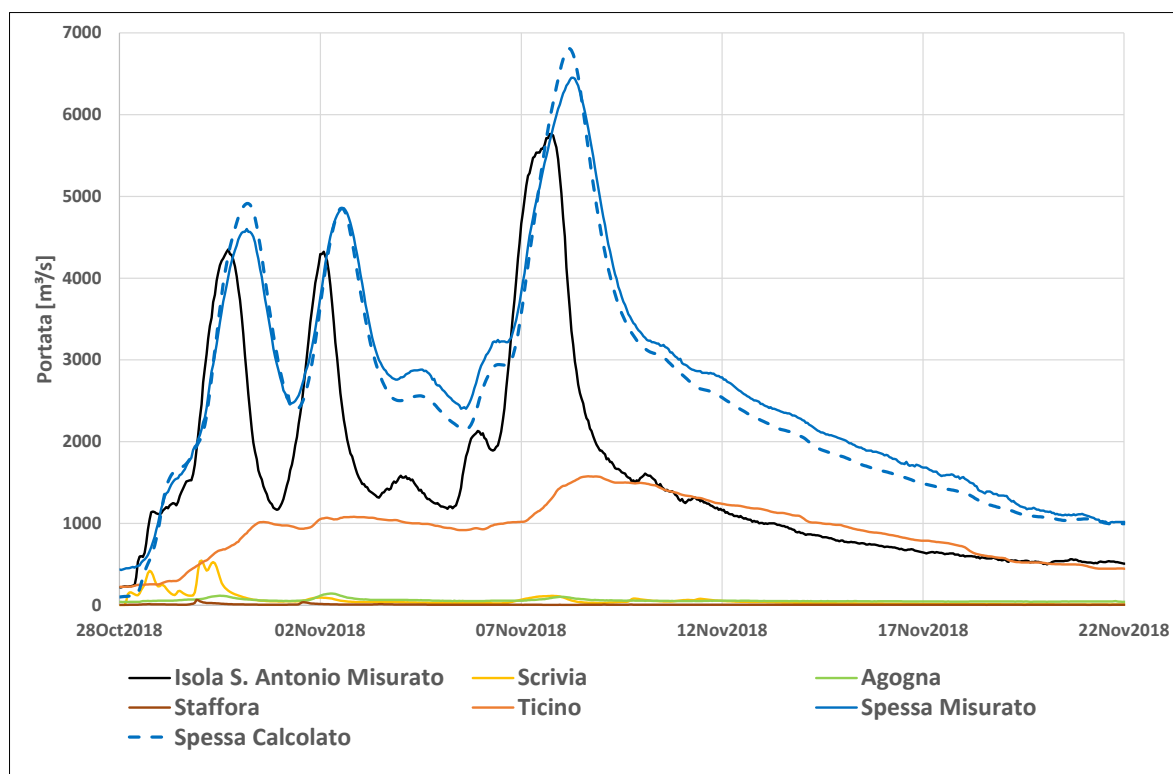


Figura 4.140 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2018

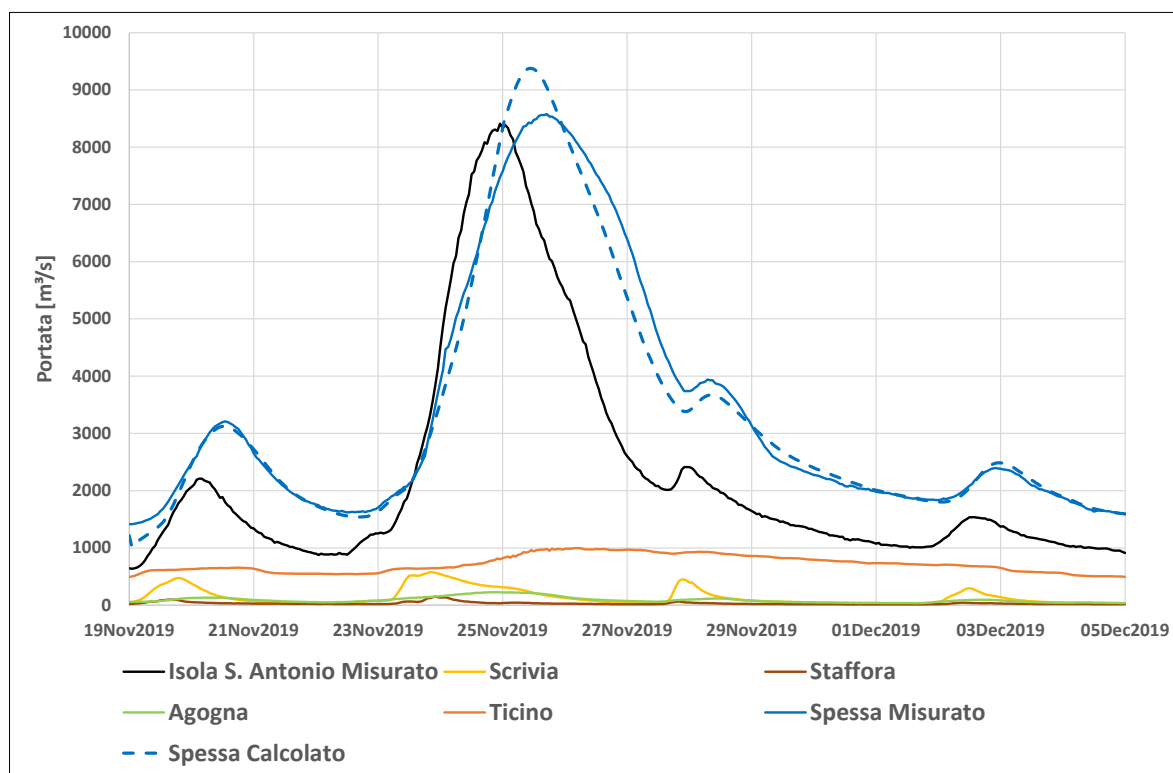


Figura 4.141 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2019

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.142
			Relazione idraulica generale	

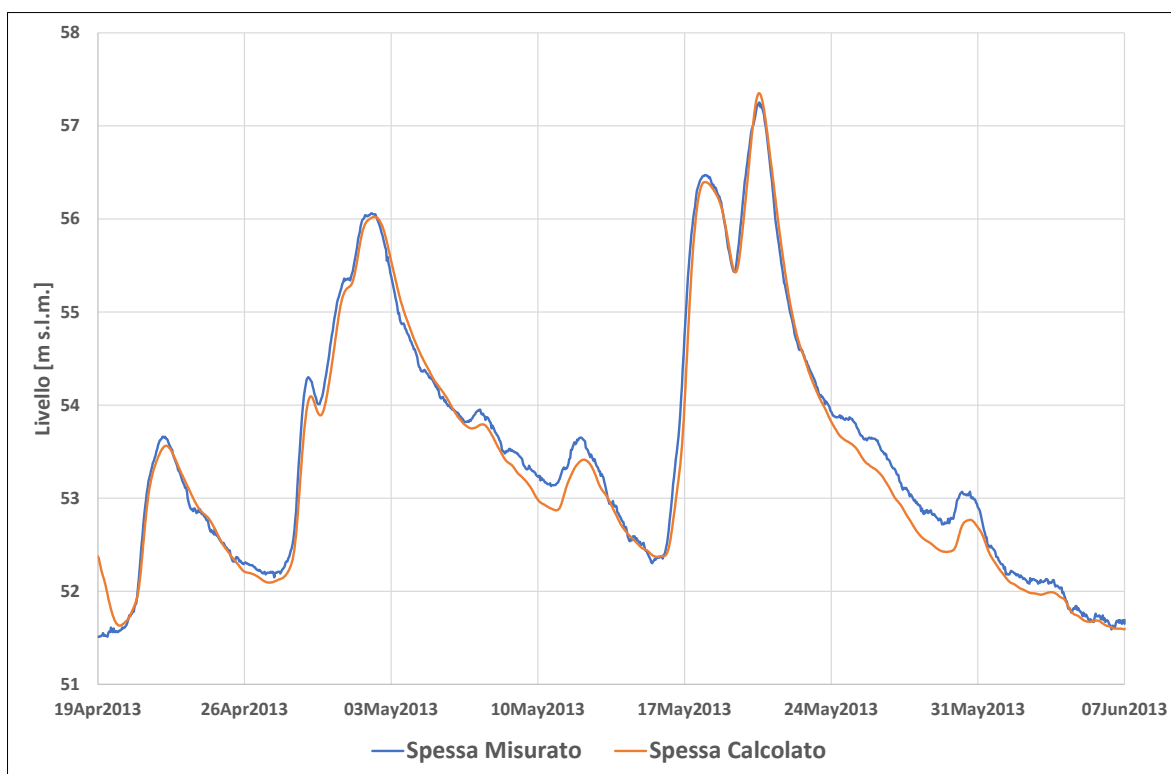


Figura 4.142 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2013

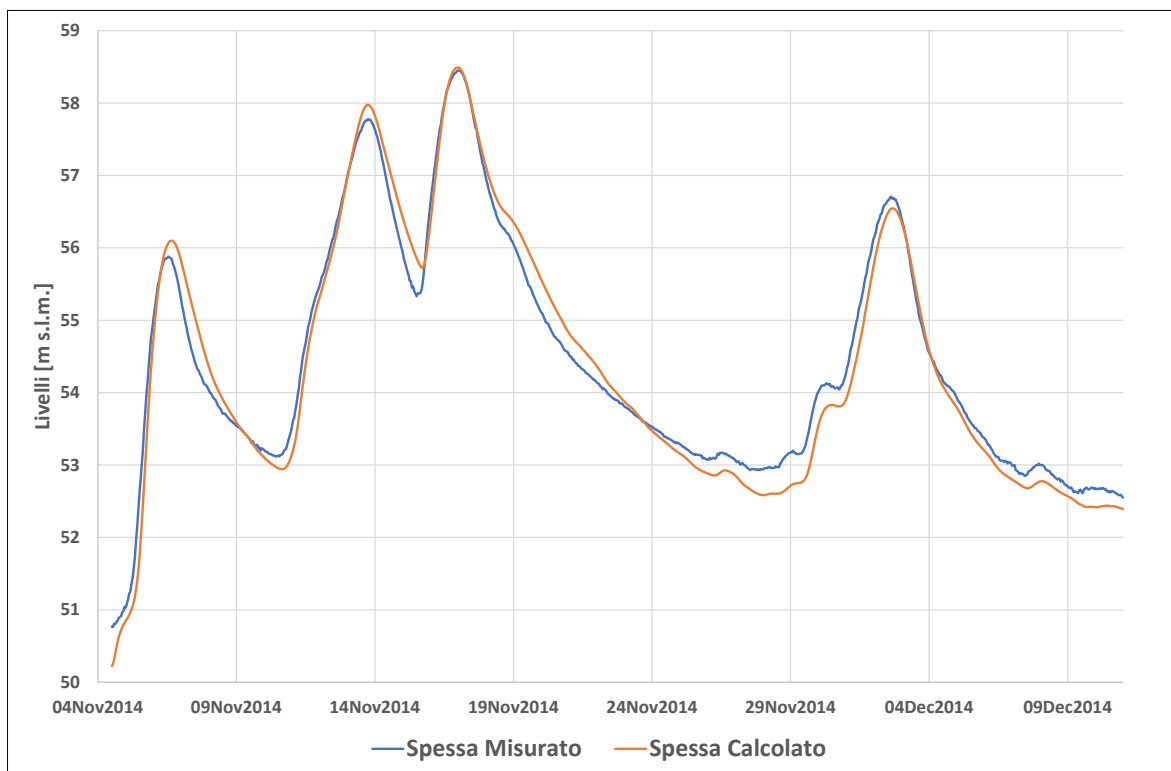


Figura 4.143 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.143
			Relazione idraulica generale	

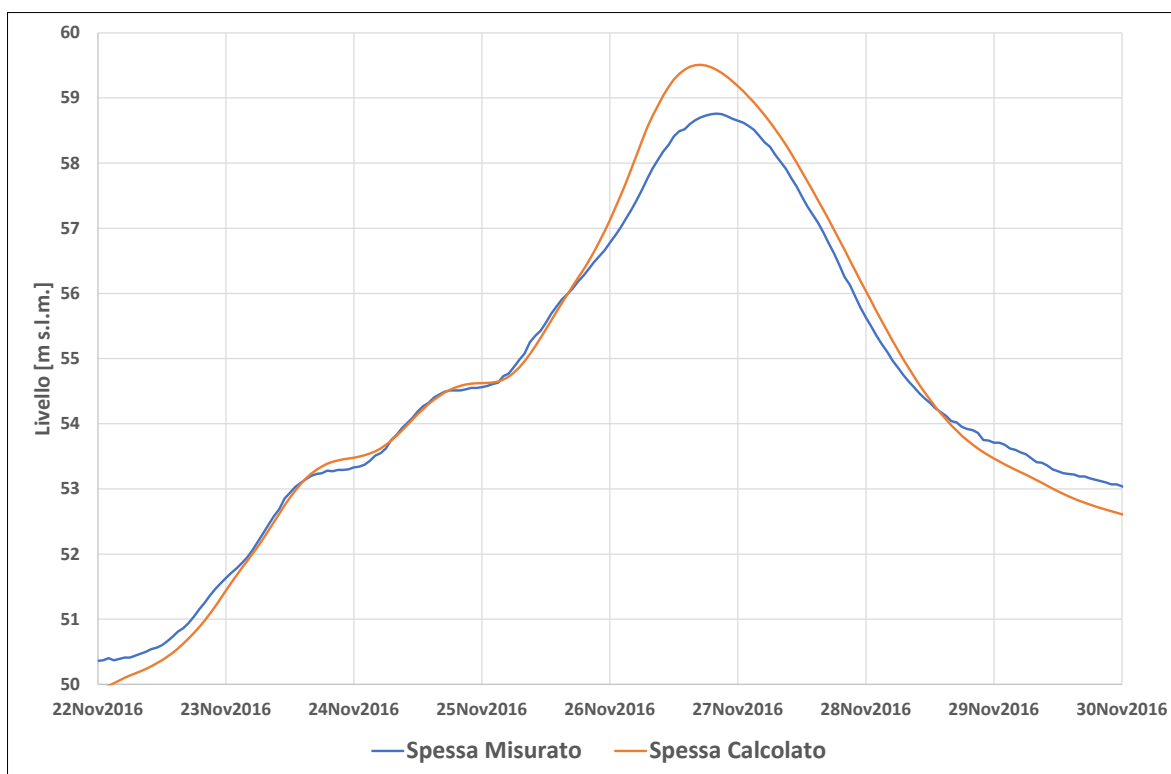


Figura 4.144 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2016

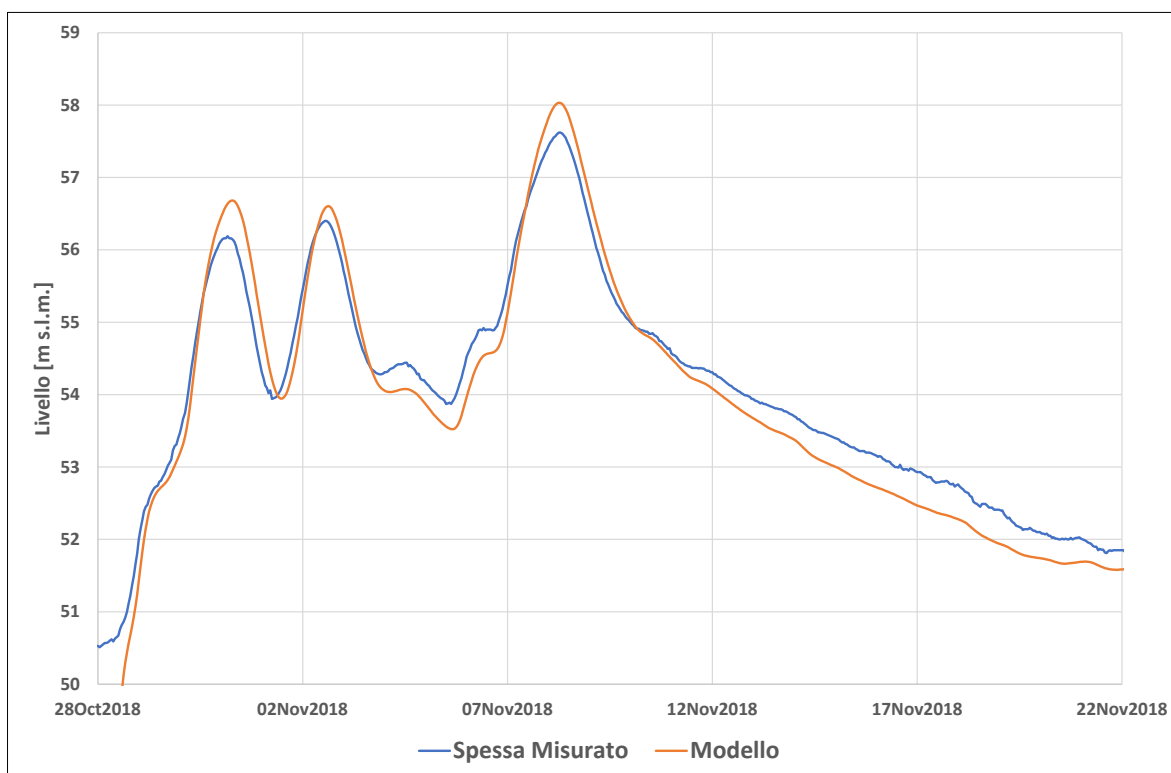


Figura 4.145 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.144
			Relazione idraulica generale	

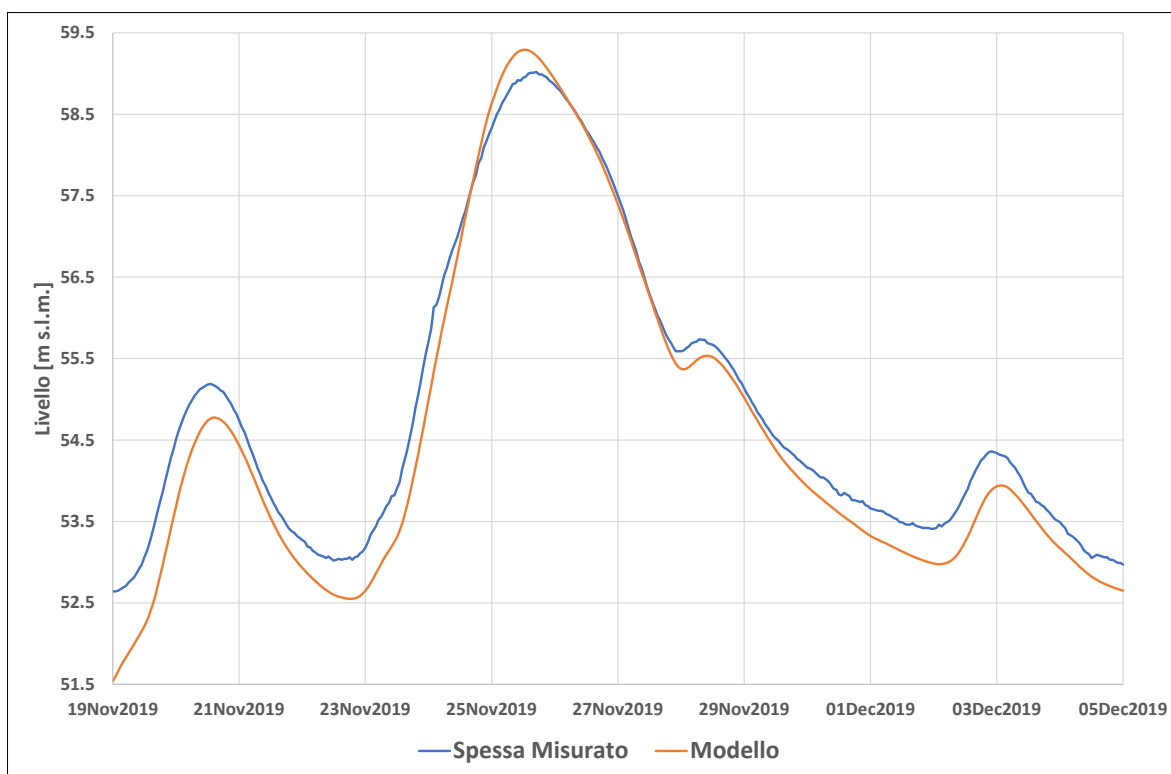


Figura 4.146 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2019

4.5.5. Idrometro di Piacenza

All'idrometro di Piacenza è posta la condizione al contorno di valle del modello come scala di deflusso, pertanto, i livelli stimati sono in diretta correlazione con le portate, per questo motivo i risultati sui livelli saranno valutati nel modello successivo (cfr. paragrafo 4.6.2).

I risultati in termini di valori al colmo delle portate sono sintetizzati nella Tabella 4-24. Sostanzialmente gli errori di stima del modello replicano quelli evidenziati a Spessa (cfr. Tabella 4-23).

Tabella 4-24 – Sintesi risultati portata al colmo all'idrometro di Piacenza

Piena	Misurato [m³/s]	Calcolato [m³/s]	Differenza [%]
2013	5988	5691	-5%
2014	7439	7630	+3%
2016	7464	9067	+21%
2018	6069	6615	+9%
2019	8192	8986	+10%

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.145
			Relazione idraulica generale	

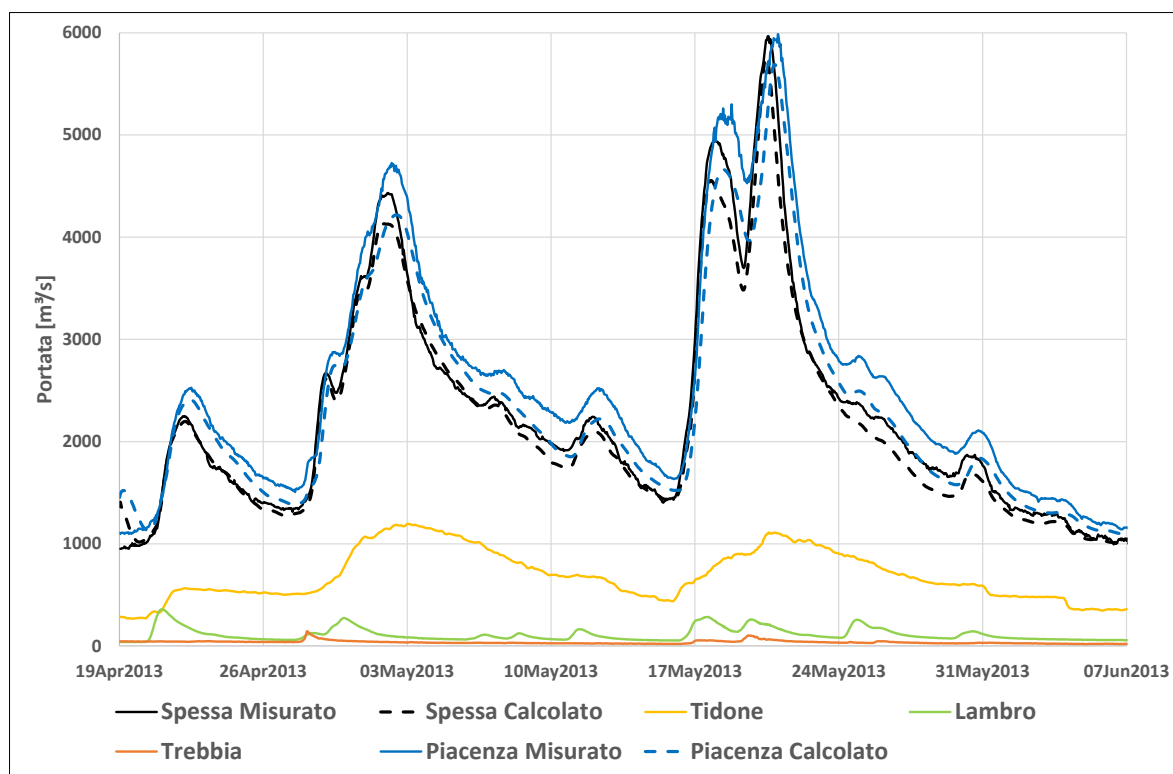


Figura 4.147 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2013

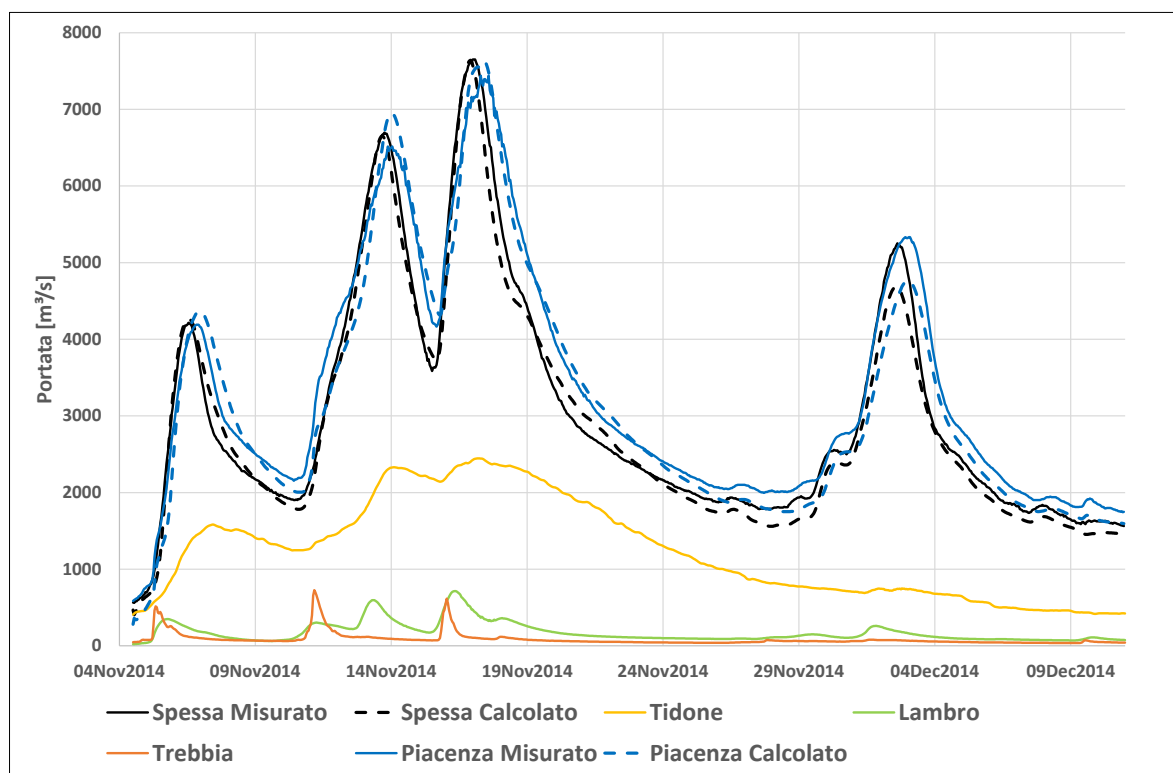


Figura 4.148 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.146
			Relazione idraulica generale	

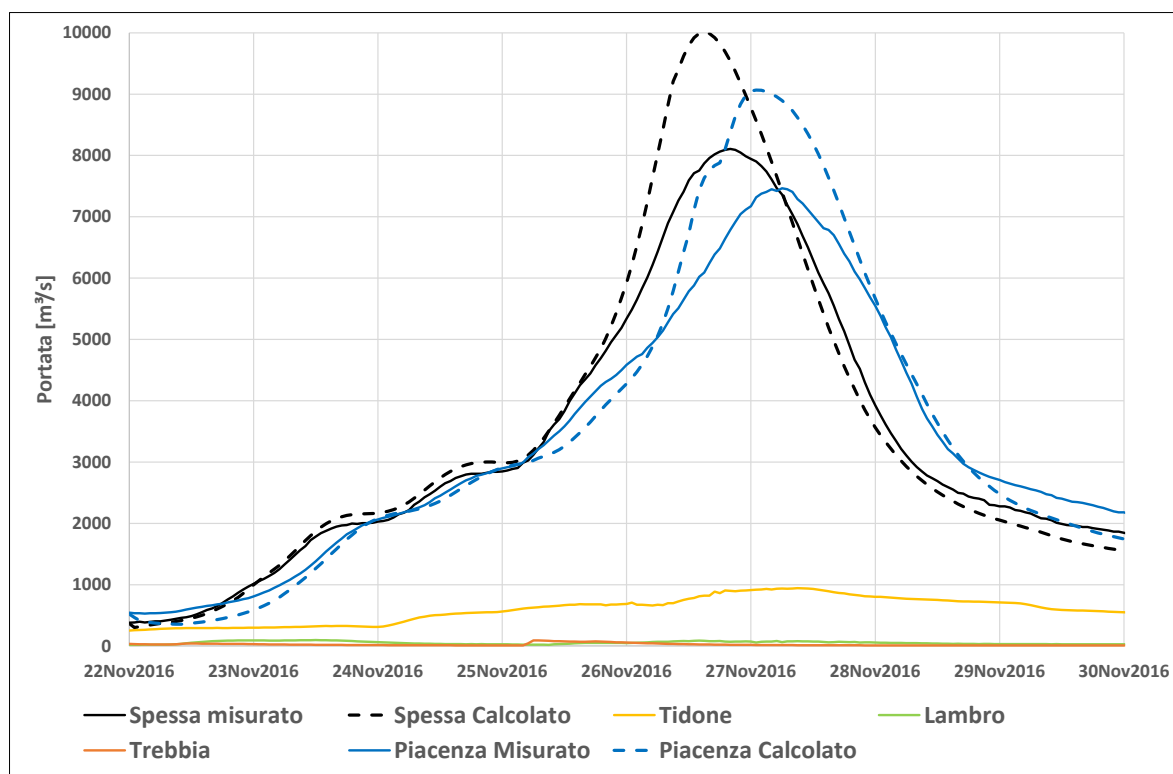


Figura 4.149 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2016

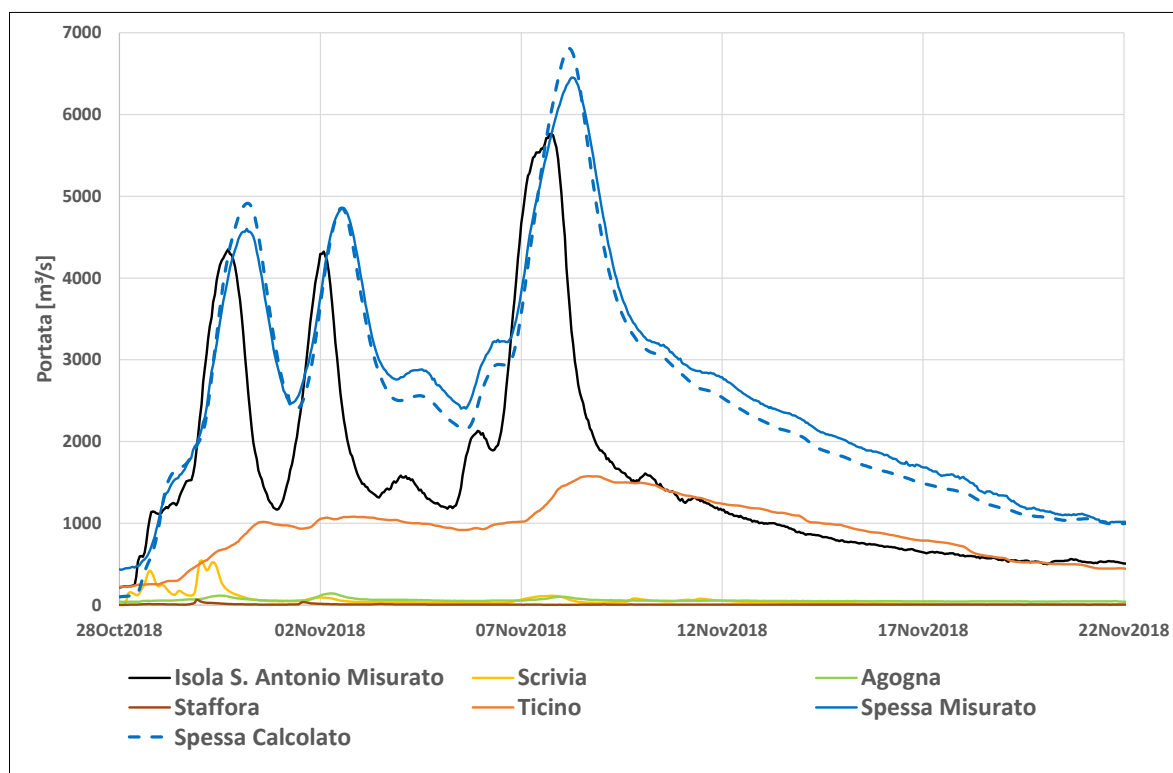


Figura 4.150 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.147
			Relazione idraulica generale	

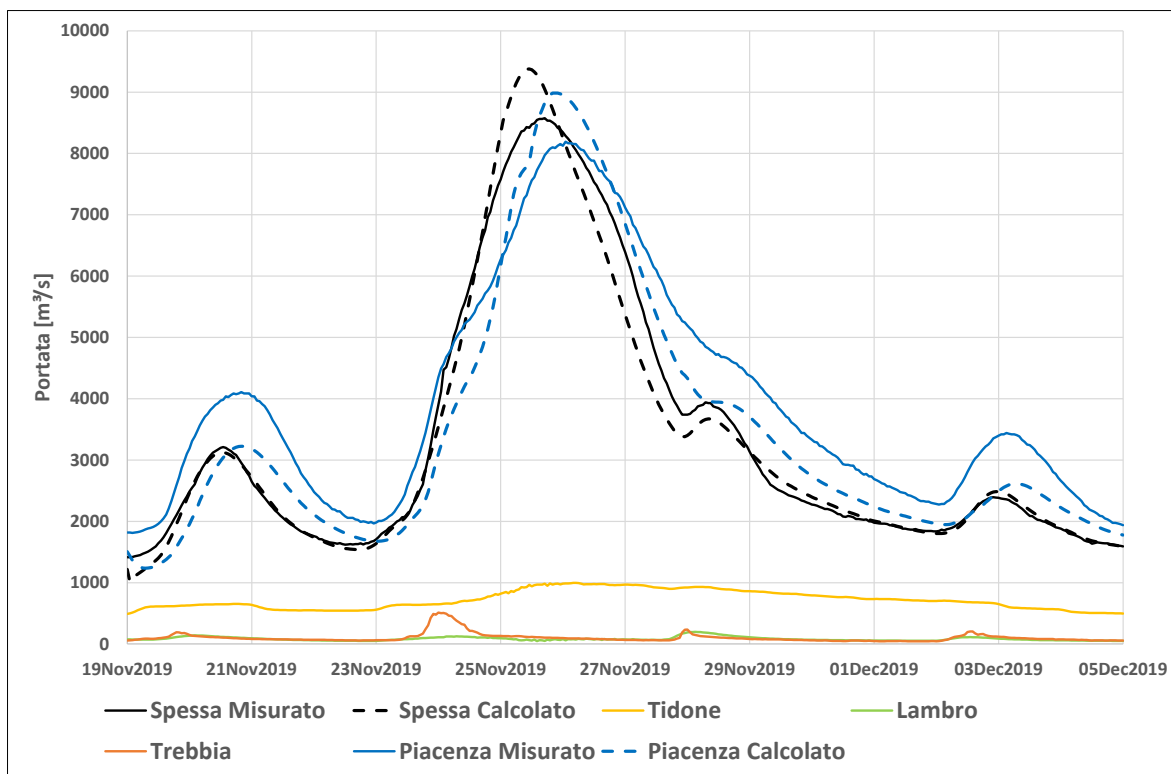


Figura 4.151 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2019

4.6. Tratto Spessa – Borgoforte

Nel tratto considerato sono presenti gli idrometri di:

- Spessa
- Piacenza
- Cremona
- Isola Pescaroli (solo livelli)
- Casalmaggiore (solo livelli)
- Boretto
- Borgoforte

Gli affluenti nel tratto sono:

- Lambro
- Trebbia
- Nure
- Adda
- Taro - Stirone
- Parma
- Enza

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.148
			Relazione idraulica generale	

- Oglio

Come input è stato considerato l'idrogramma definito da ARPA all'idrometro di Spessa e gli affluenti sono stati definiti come descritto nel paragrafo 4.1.

Per l'evento 2019 sono state inserite 4 rotte identificate dal confronto dei DTM 2015 e 2021-2022 e dalle immagini di Google Earth precedenti e successive alla piena. Le golene chiuse relativamente alle quali è stata considerata la rottura arginale sono:

- D_008-B, in destra idraulica poco a valle di Cremona;
- D_018, in destra idraulica a monte della confluenza Crostolo;
- D_019, in destra idraulica a Luzzara;
- S_023, in sinistra idraulica a monte foce Oglio.

4.6.1. Idrometro di Spessa

L'idrometro di Spessa è la condizione di monte del modello, per cui le portate sono esattamente quelle definite da ARPA.

Nella Tabella 4-25 sono sintetizzati i risultati per i livelli al colmo delle piene considerate.

Il modello sottostima i colmi dei due eventi maggiori, 2016 e 2019, sovrastimando gli altri. Dai grafici degli idrogrammi nelle figure seguenti si rileva come i livelli siano ben rappresentati durante tutti gli eventi. Per gli eventi 2016 e 2019 risulta evidente il ritardo del picco legato al fatto che l'idrogramma delle portate calcolato da ARPA con scala di deflusso fa coincidere colmo delle portate con colmo dei livelli, ma per l'effetto del cappio di piena il colmo dei livelli è successivo al colmo delle portate.

Tabella 4-25 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Spessa

Piena	Misurato [m s.m.m.]	Calcolato [m s.m.m.]	Differenza [m]
2013	57.25	57.52	+0.27
2014	58.45	58.50	+0.05
2016	58.76	58.70	-0.06
2018	57.62	57.83	+0.21
2019	59.02	58.93	-0.09

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.149
			Relazione idraulica generale	

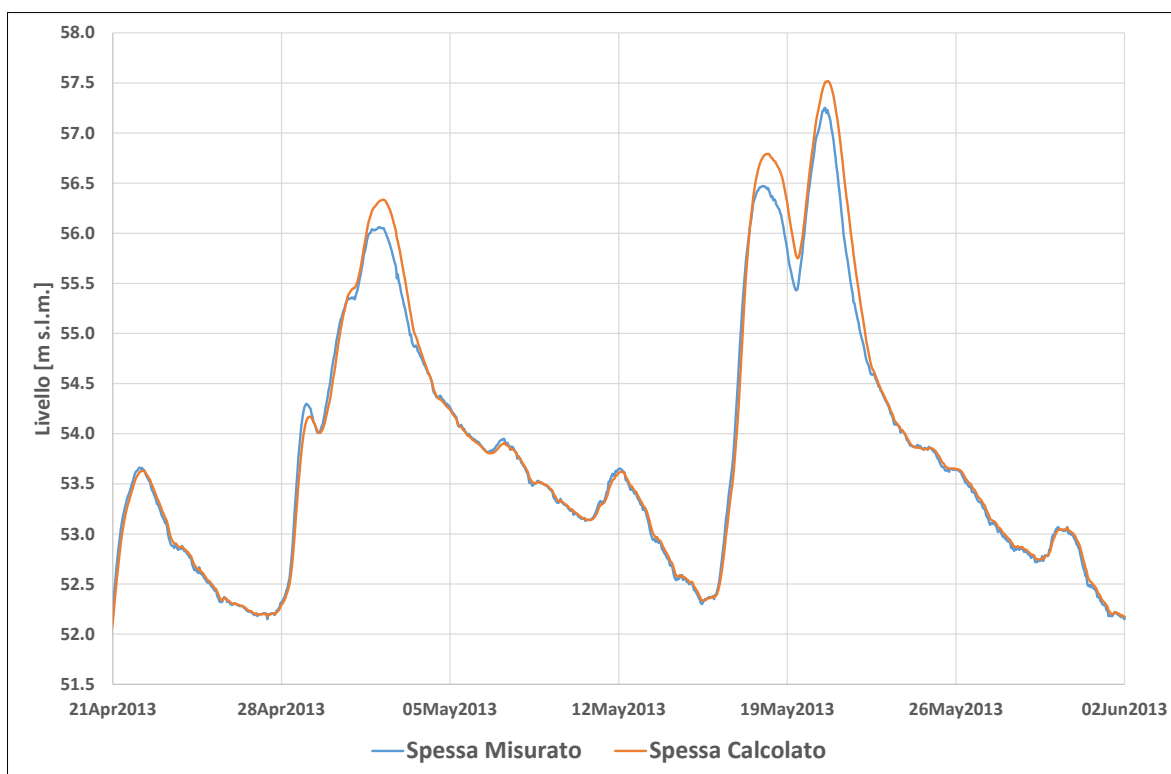


Figura 4.152 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2013

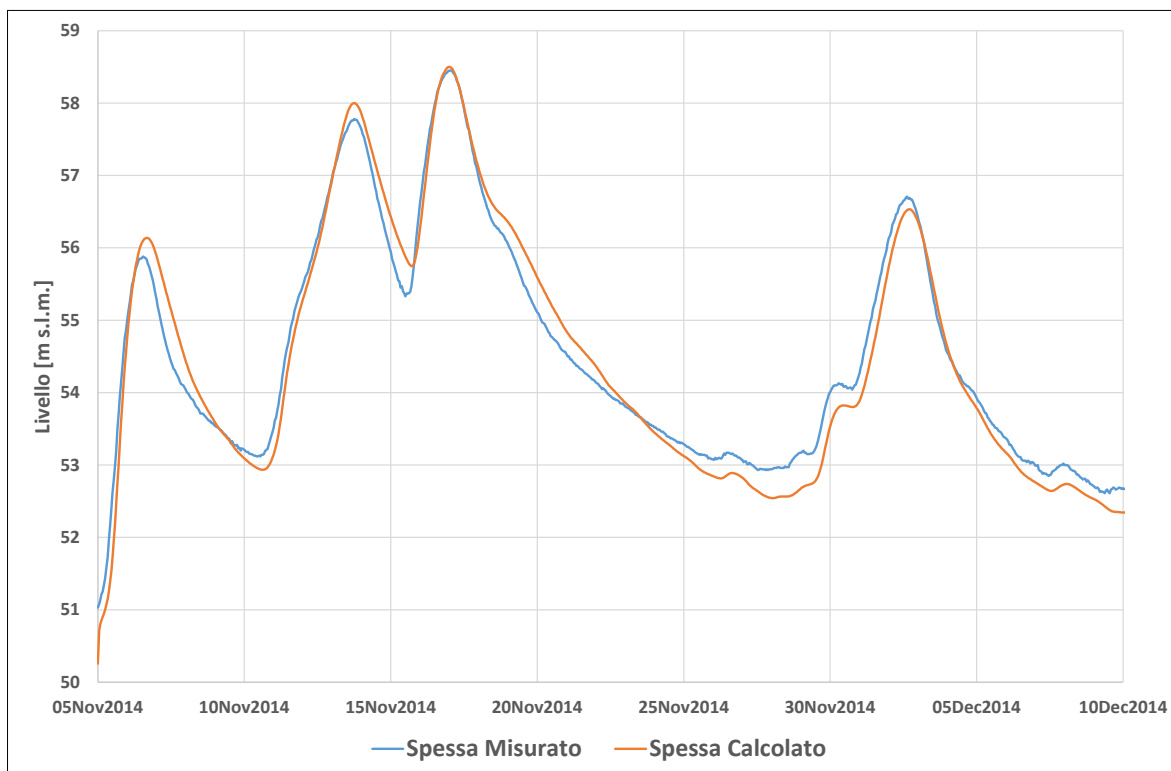


Figura 4.153 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.150
			Relazione idraulica generale	

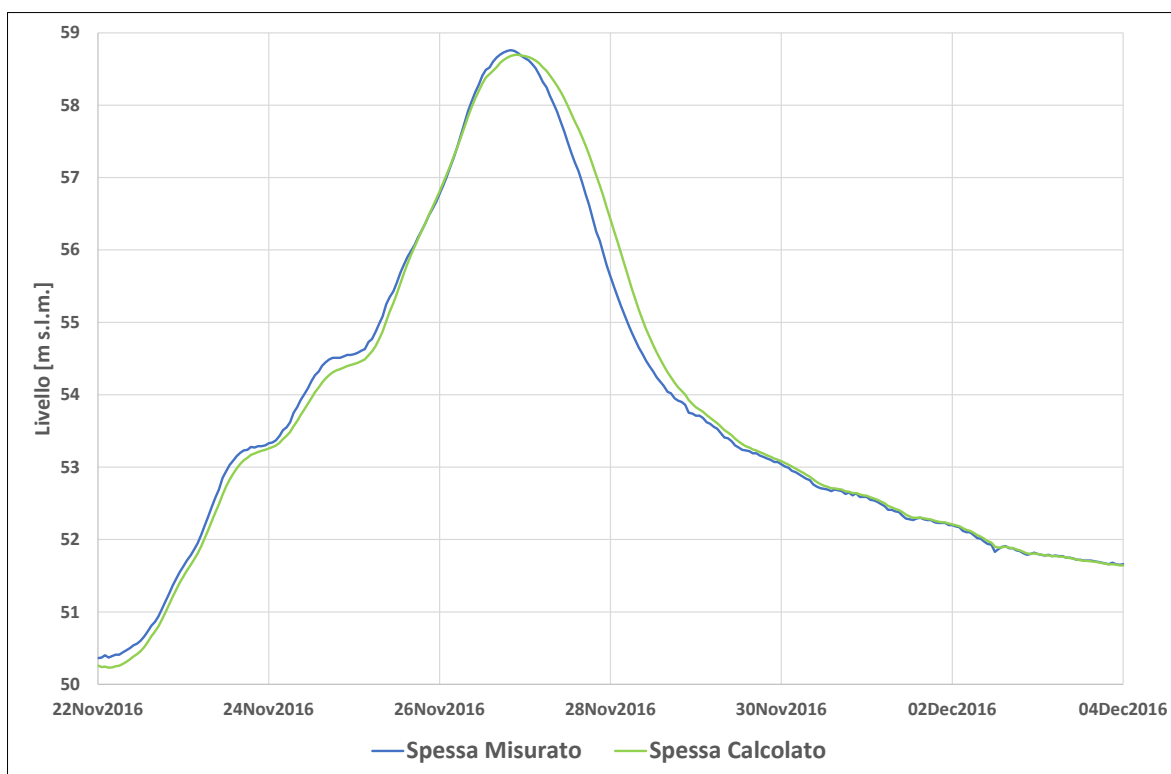


Figura 4.154 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2016

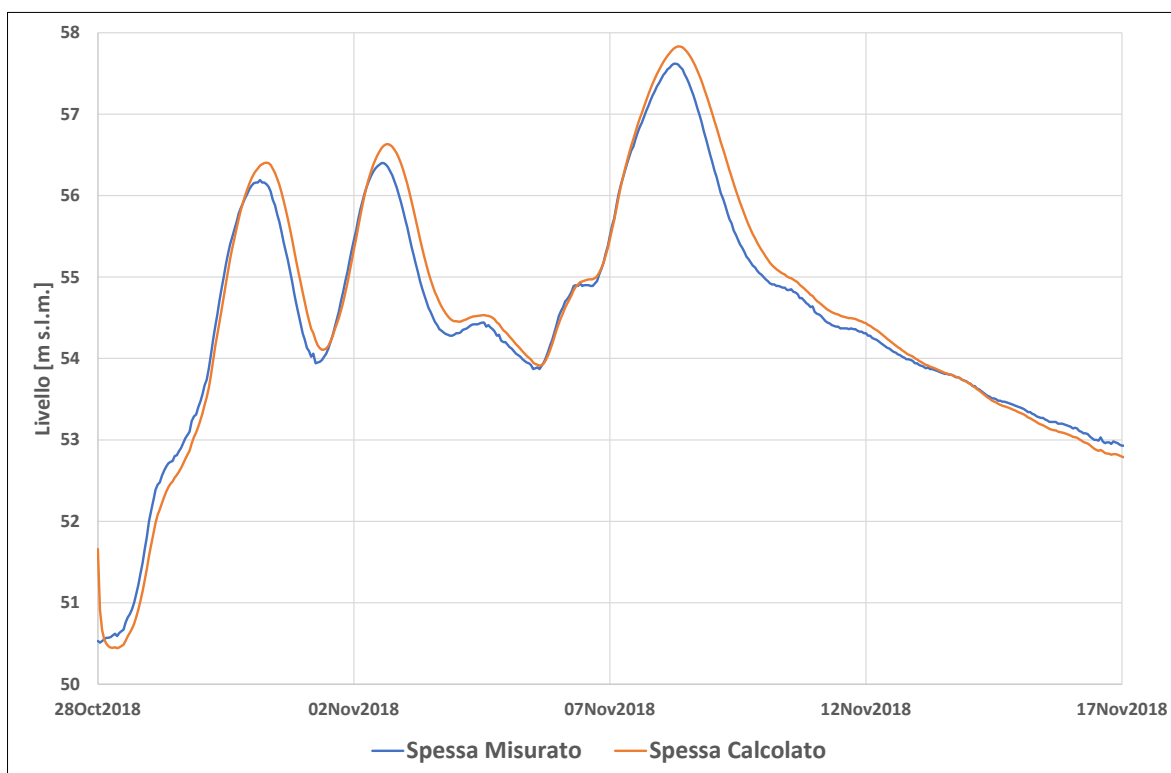


Figura 4.155 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.151
			Relazione idraulica generale	

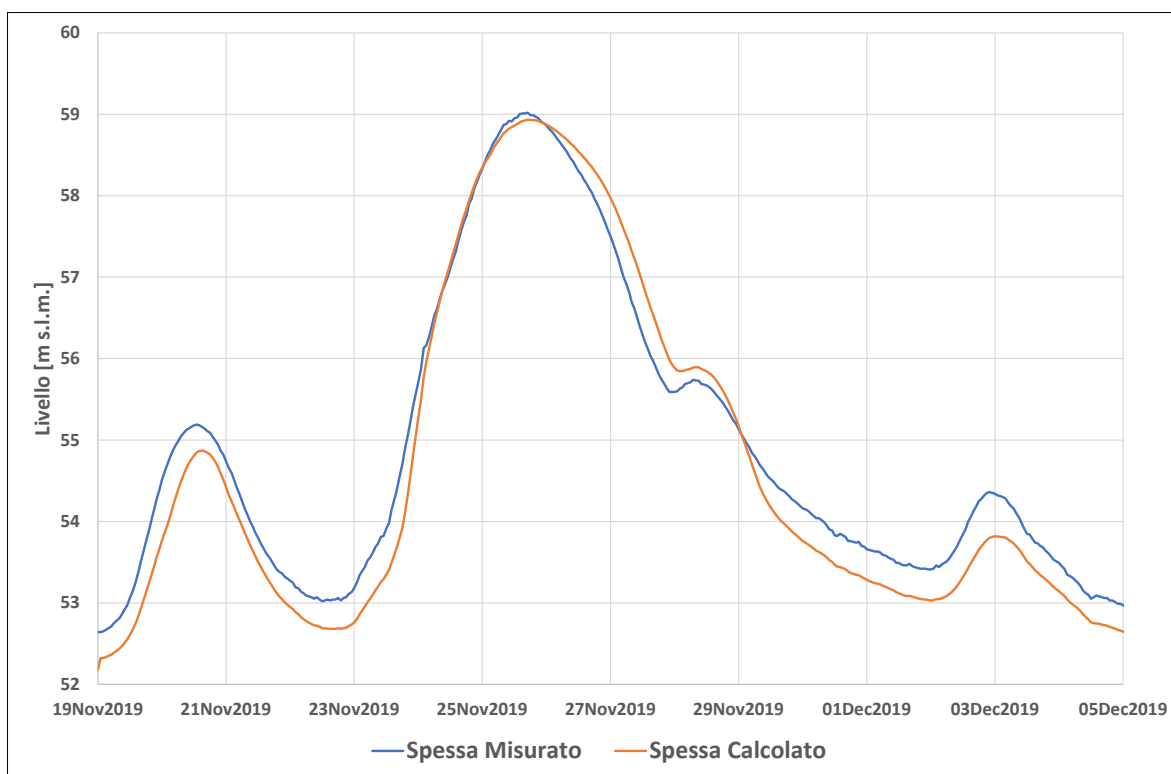


Figura 4.156 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2019

4.6.2. Idrometro di Piacenza

I valori di portata al colmo all'idrometro di Piacenza, sintetizzati nella Tabella 4-26, sono in buon accordo con quelli definiti da ARPA ER. La differenza maggiore si ha per l'evento 2014, per il quale le misure indicano una riduzione tra Spessa e Piacenza (cfr. Tabella 4-22 per i valori a Spessa), mentre per il modello si ha un aumento del valore di colmo, dovuto al contributo del Lambro. Come indicato nel paragrafo 4.1 l'apporto del Lambro è stato definito sulla base dei risultati del modello FEWS, che per questo evento sembra sovrastimare il contributo dell'affluente. Per gli altri eventi il contributo degli affluenti risulta apprezzabile solo per il 2013, per questo evento si ha perfetta congruenza tra i valori al colmo stimato e calcolato, con valori praticamente identici tra Spessa e Piacenza. Per gli eventi 2016, 2018 e 2019 la riduzione del colmo dalle stime di ARPA ER tra Spessa e Piacenza è sempre significativamente superiore a quello calcolato dal modello, questa differenza porta alla sovrastima di circa il 5% dei valori al colmo.

I livelli al colmo, Tabella 4-27, sono mediamente sovrastimati di 35 cm, ma per l'evento maggiore, 2019, si ha una sottostima di 12 cm. Dall'analisi dei grafici dei livelli riportati nelle figure seguenti, si nota come il modello riproduca in modo più fedele i rami ascendenti delle piene.

Tabella 4-26 – Sintesi risultati portata al colmo all'idrometro di Piacenza

Piena	Misurato [m³/s]	Calcolato [m³/s]	Differenza [%]
2013	5988	5995	+0%

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.152
			Relazione idraulica generale	

Piena	Misurato [m ³ /s]	Calcolato [m ³ /s]	Differenza [%]
2014	7439	7966	+7%
2016	7464	7756	+4%
2018	6069	6353	+5%
2019	8192	8524	+4%

Tabella 4-27 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Piacenza

Piena	Misurato [m s.m.m.]	Calcolato [m s.m.m.]	Differenza [m]
2013	48.37	48.72	+0.35
2014	49.39	49.69	+0.30
2016	49.41	49.64	+0.23
2018	48.44	48.91	+0.47
2019	50.07	49.95	-0.12

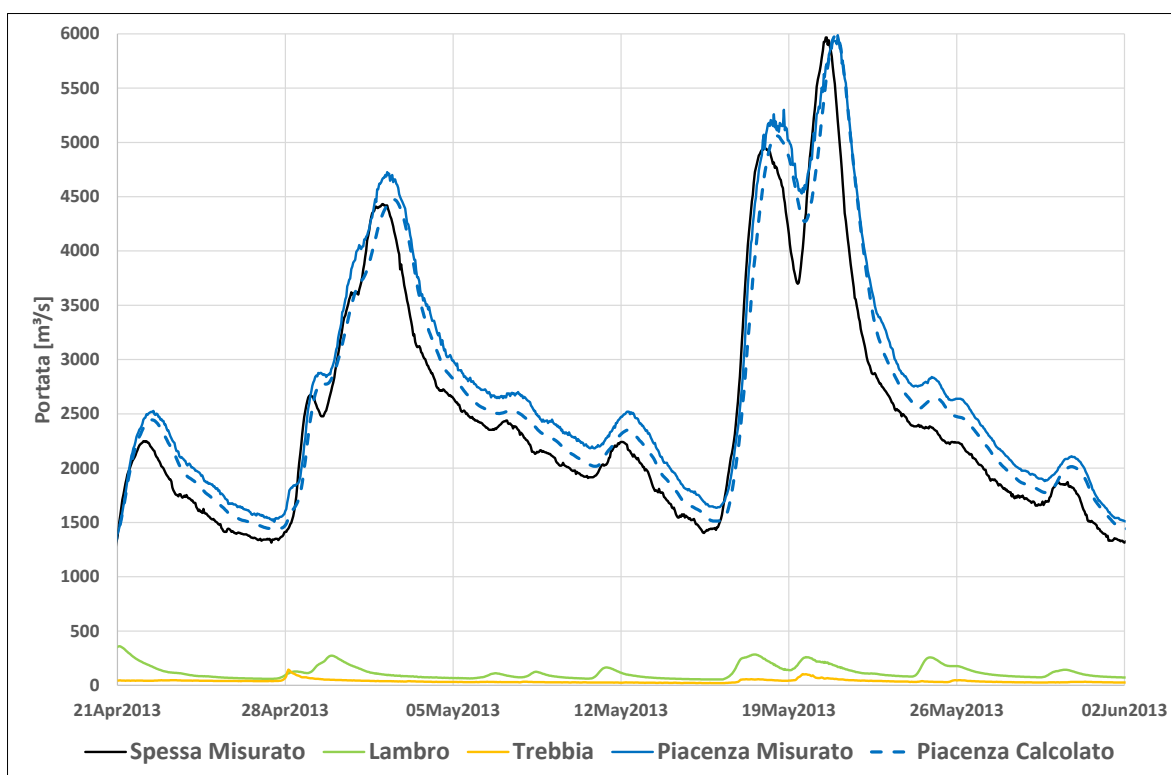


Figura 4.157 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2013

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.153
			Relazione idraulica generale	

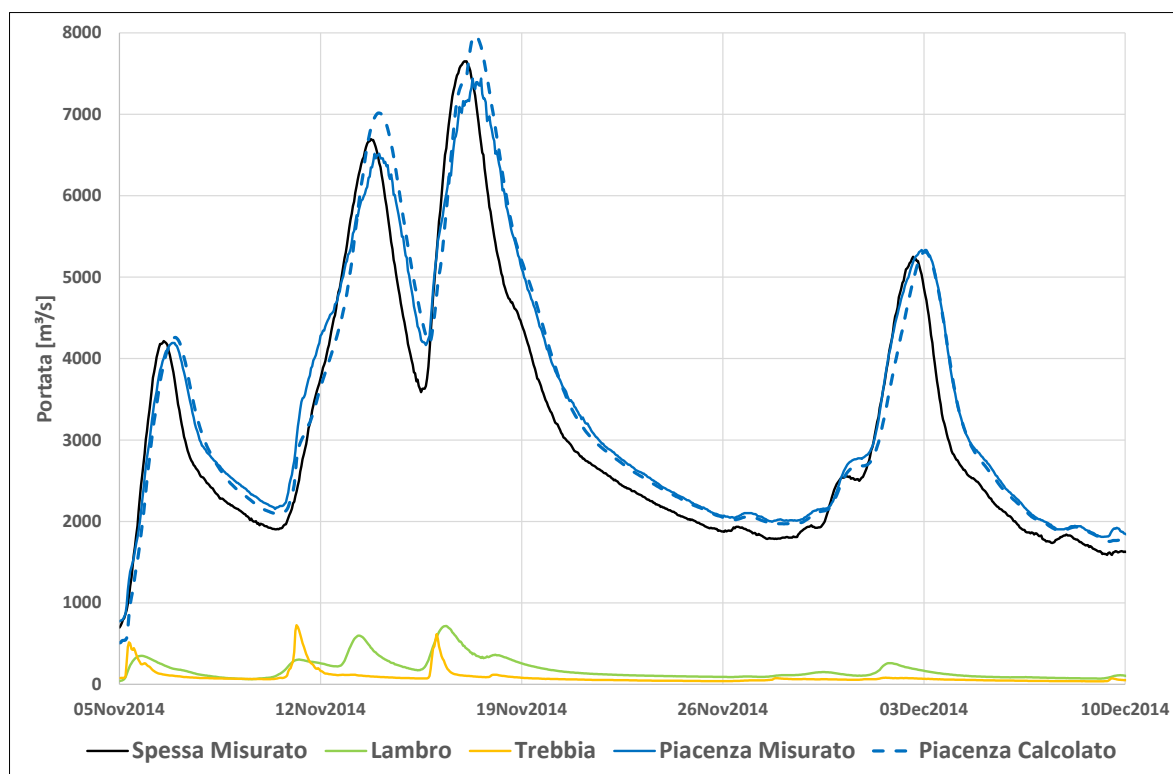


Figura 4.158 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2014

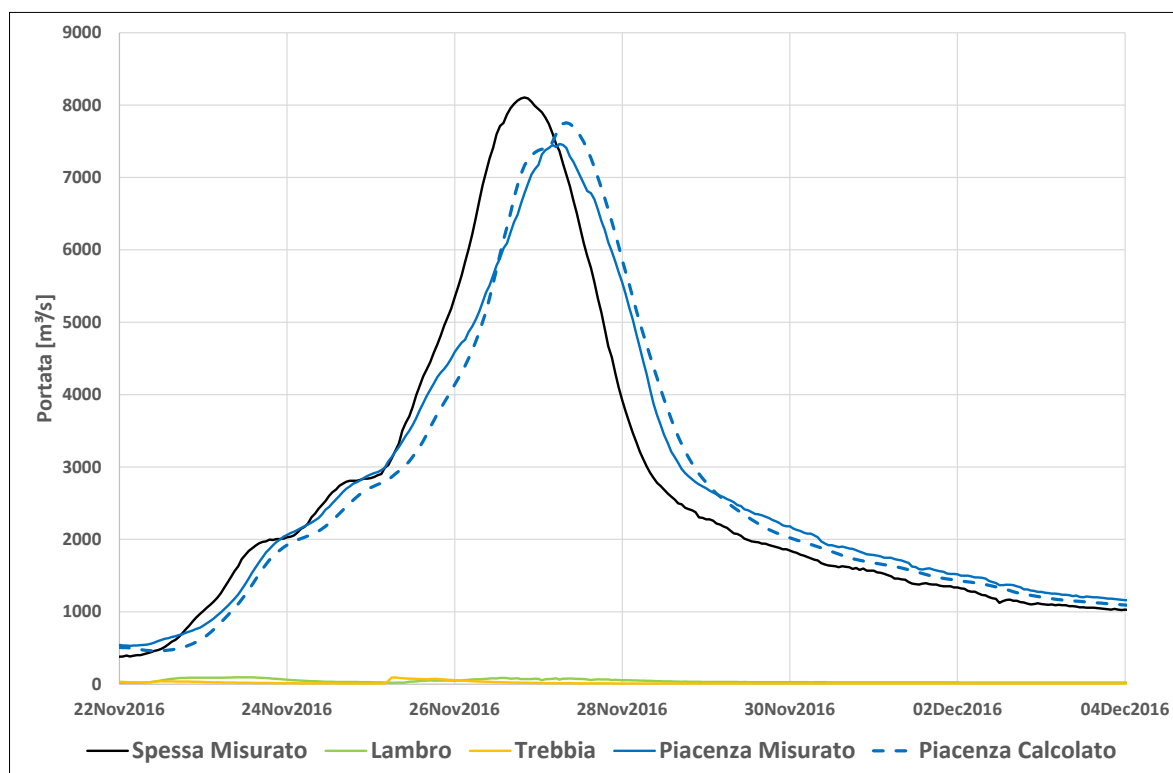


Figura 4.159 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2016

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.154
			Relazione idraulica generale	

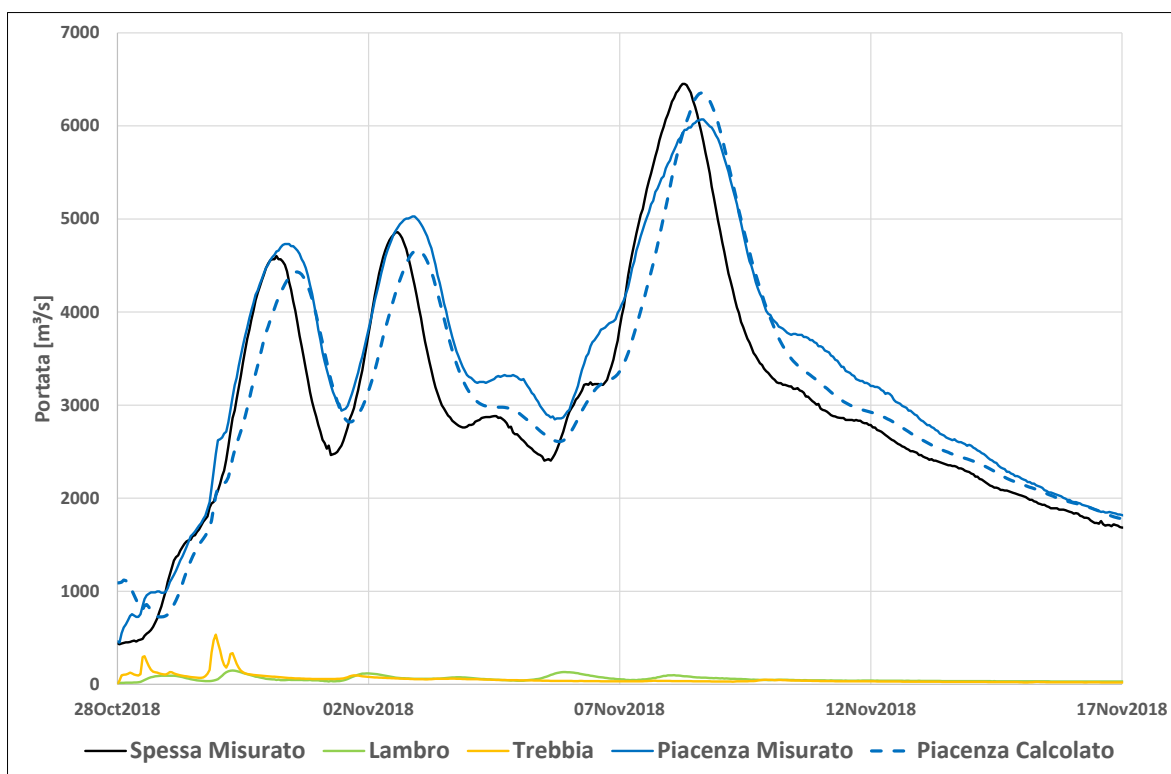


Figura 4.160 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2018

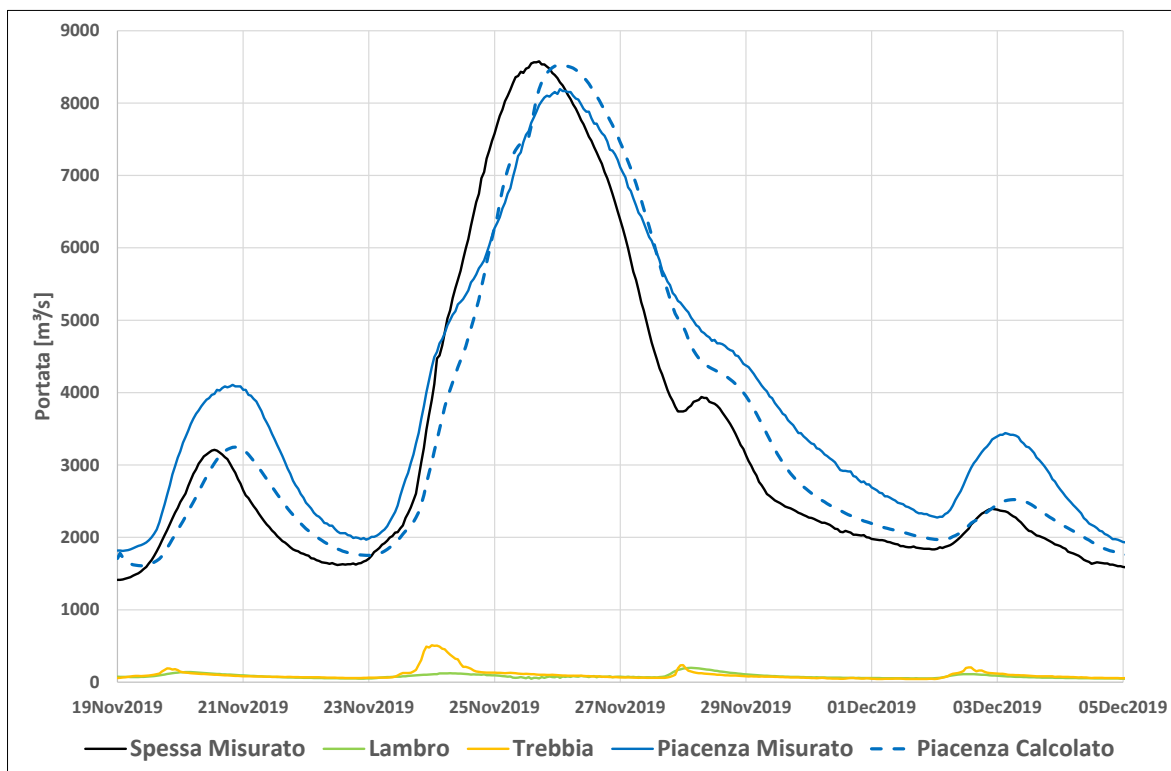


Figura 4.161 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2019

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.155
			Relazione idraulica generale	

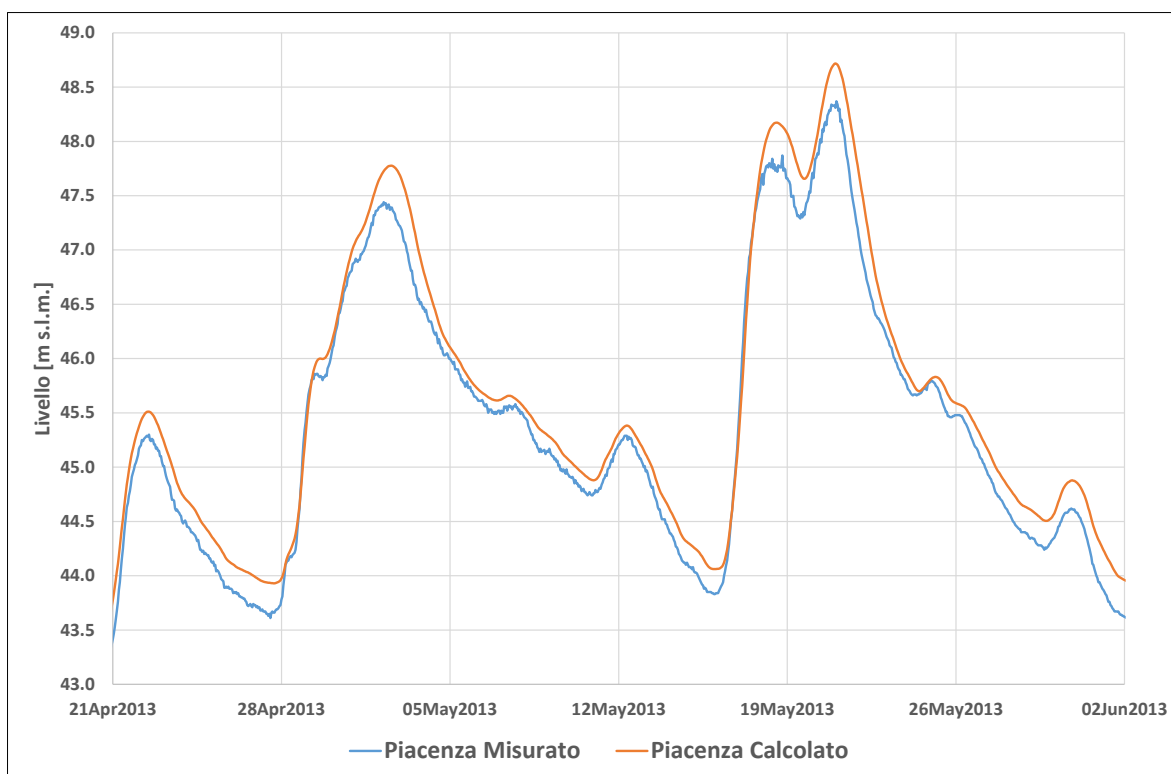


Figura 4.162 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2013

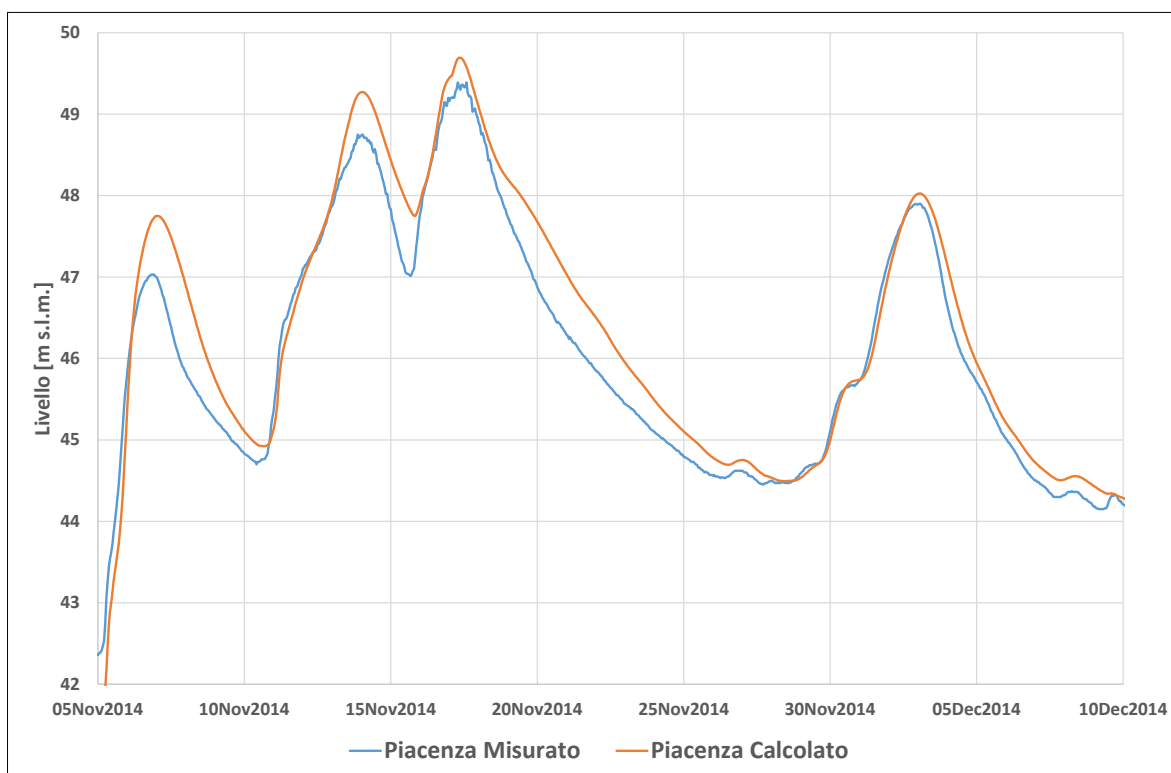


Figura 4.163 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.156
			Relazione idraulica generale	

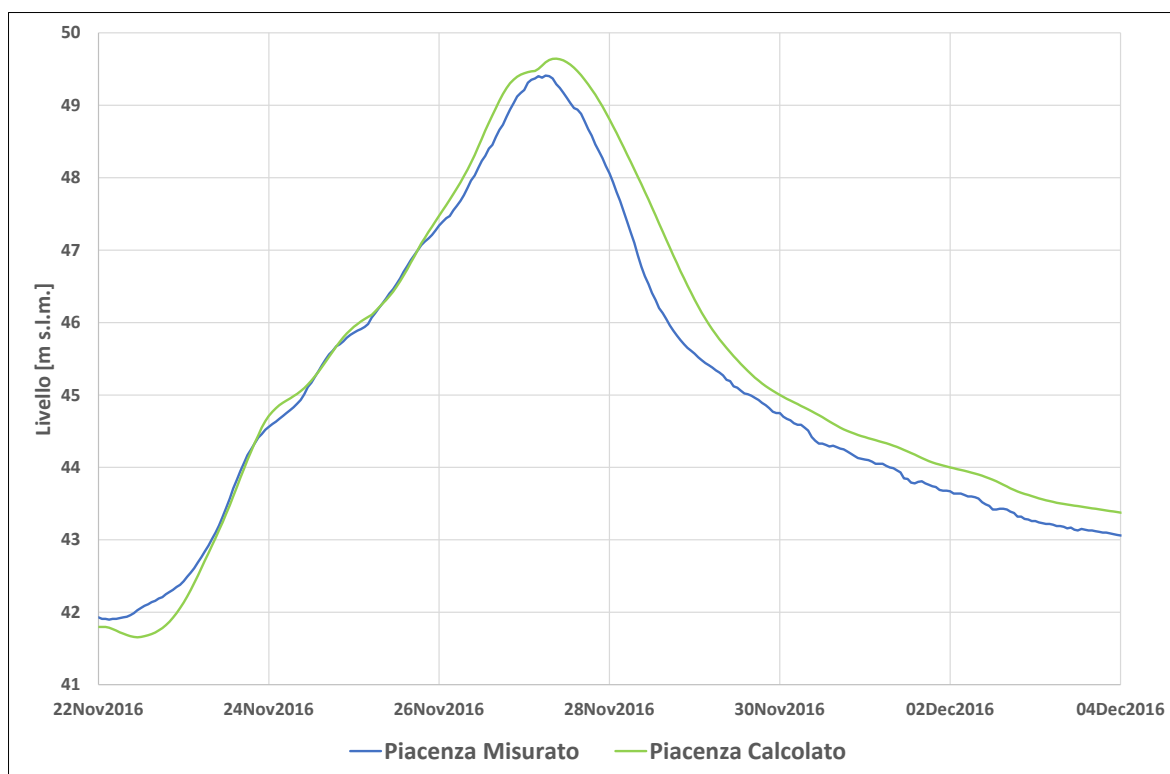


Figura 4.164 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2016

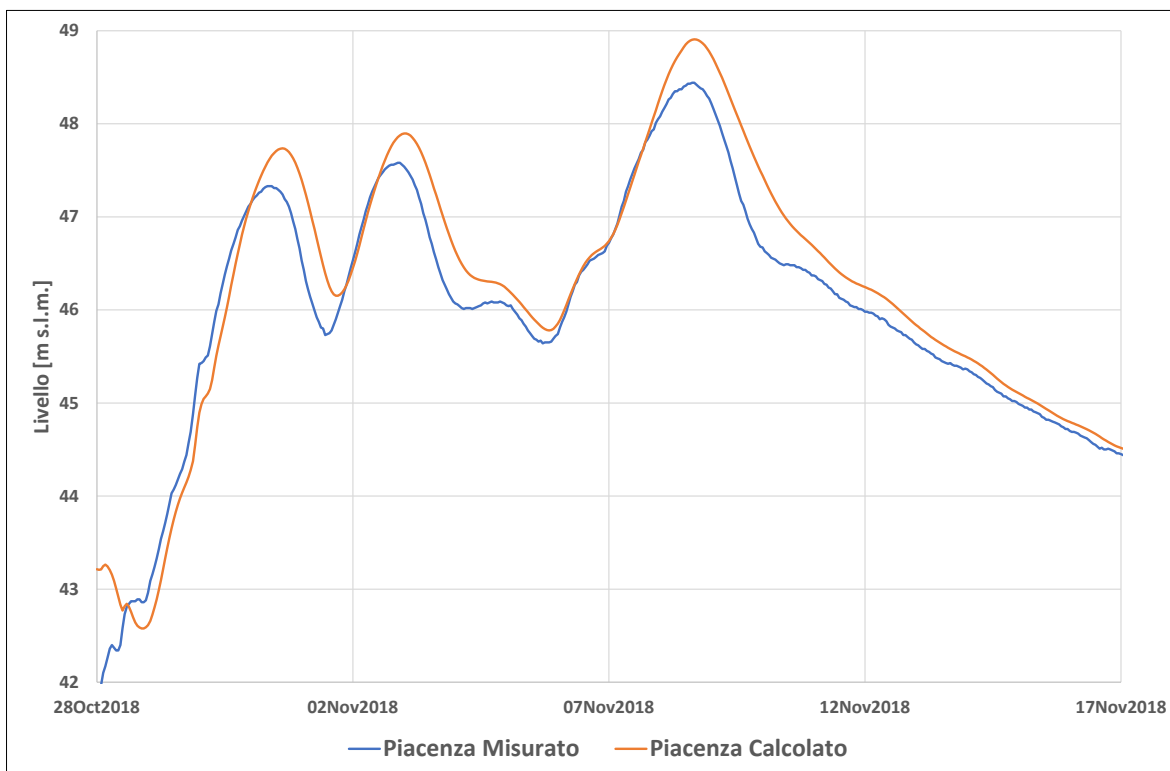


Figura 4.165 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.157
			Relazione idraulica generale	

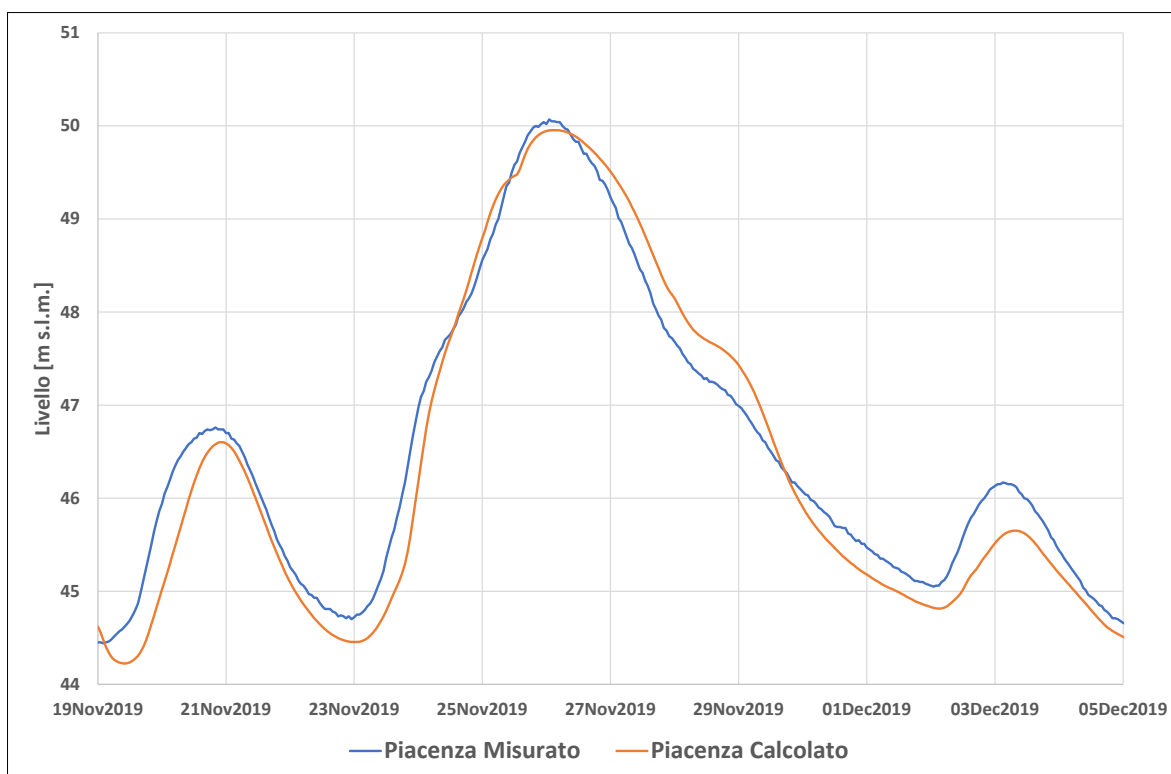


Figura 4.166 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2019

4.6.3. Idrometro di Cremona

I valori al colmo di portata a Cremona, il confronto è riportato nella Tabella 4-28, sono legati anche al contributo dell'Adda, che risulta sempre non trascurabile. I valori calcolati risultano sempre sovrastimati, tranne per il 2019 dove misurato e calcolato praticamente coincidono. Gli errori sono dell'ordine del 5%, solo per la piena 2016 risulta superiore al 10%. Come si vede dalla Figura 4.169, il problema non è legato solo al valore al colmo ma all'intera fase di colmo con una sovrastima dei volumi. Come già evidenziato nella traslazione Isola S. Antonio - Spessa la piena 2016 risulta anomala.

I livelli al colmo, Tabella 4-29, risultano ben rappresentati, soprattutto per le due piene maggiori: 2014 e 2019. Per le piene 2013 e 2014 (Figura 4.172 e Figura 4.173) risulta ben rappresentato l'intero idrogramma dei livelli.

Tabella 4-28 – Sintesi risultati portata al colmo all'idrometro di Cremona

Piena	Misurato [m³/s]	Calcolato [m³/s]	Differenza [%]
2013	6272	6643	+6%
2014	8636	9092	+5%
2016	6961	7749	+11%
2018	6572	6761	+3%
2019	9115	9106	-0%

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.158
			Relazione idraulica generale	

Tabella 4-29 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Cremona

Piena	Misurato [m s.m.m.]	Calcolato [m s.m.m.]	Differenza [m]
2013	37.10	37.05	-0.05
2014	38.60	38.59	-0.01
2016	37.56	37.77	+0.21
2018	36.90	37.12	+0.22
2019	38.53	38.61	+0.08

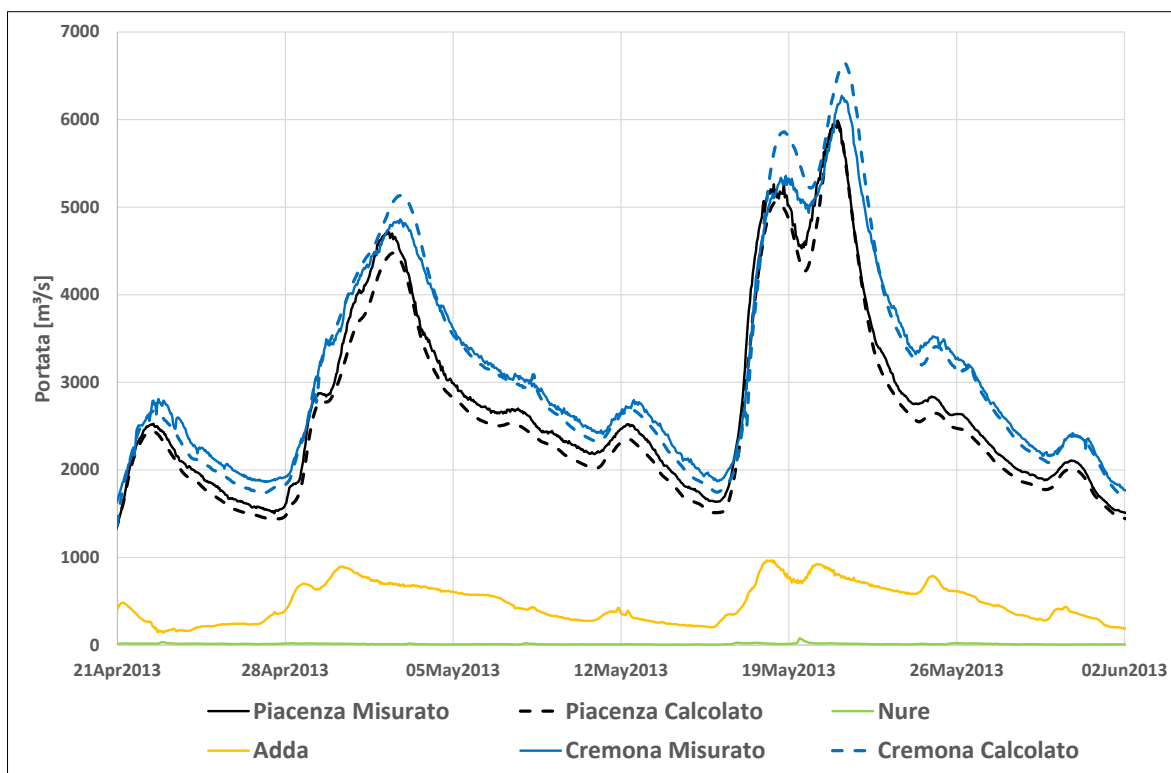


Figura 4.167 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2013

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.159
			Relazione idraulica generale	

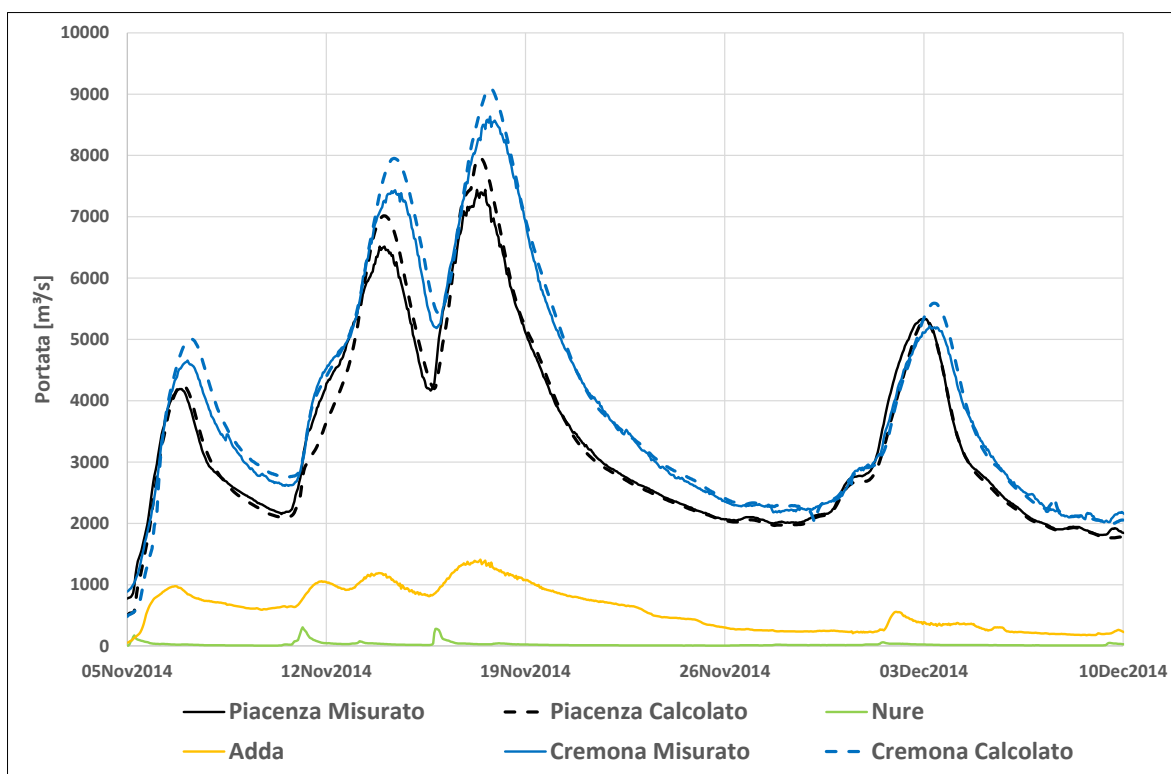


Figura 4.168 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2014

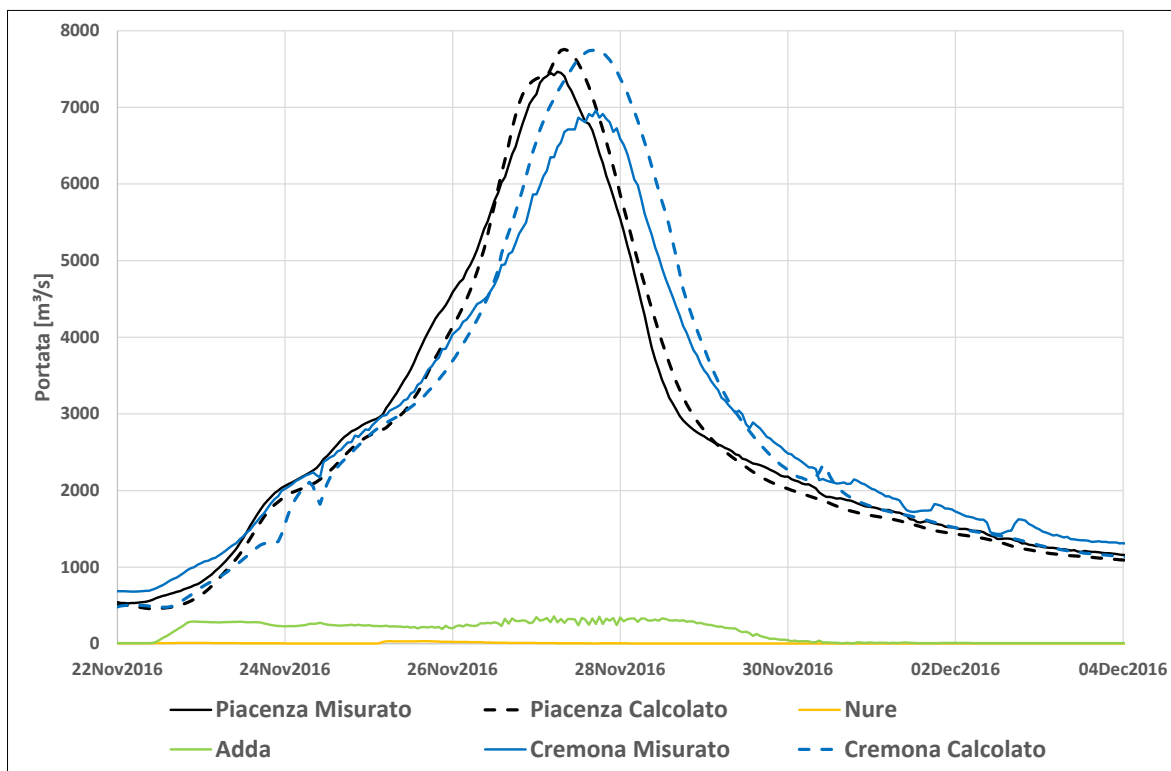


Figura 4.169 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2016

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.160
			Relazione idraulica generale	

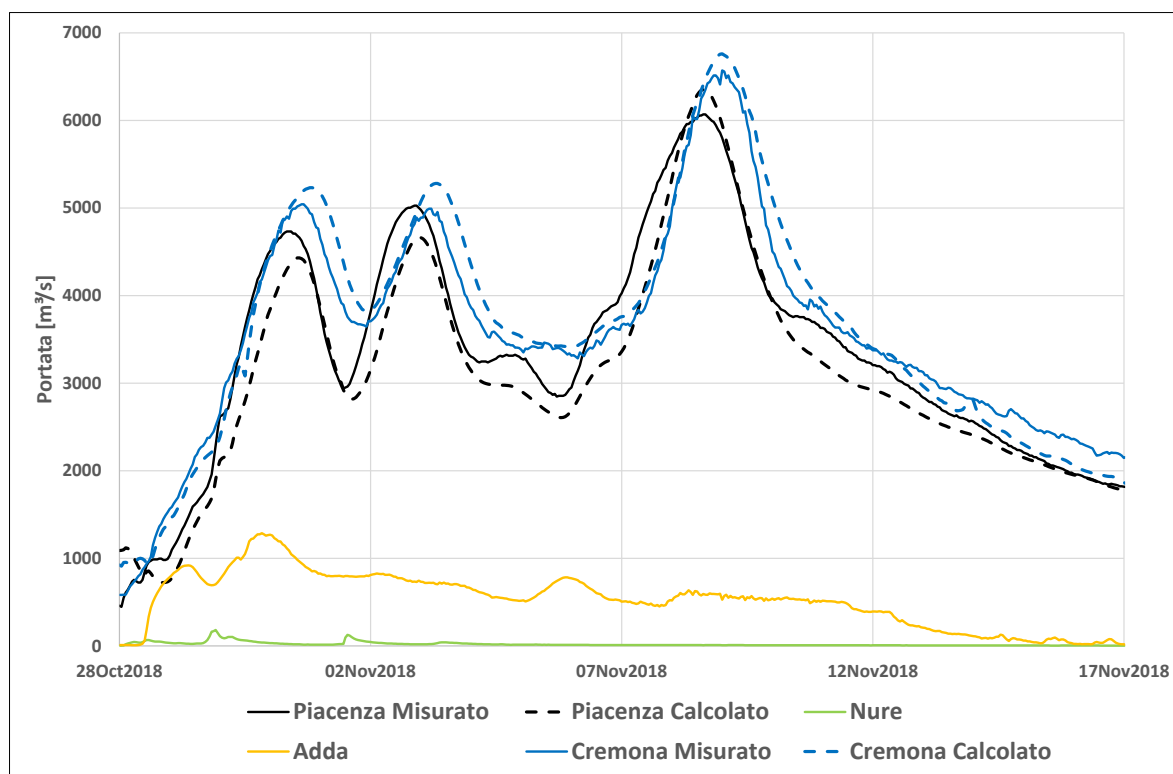


Figura 4.170 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2018

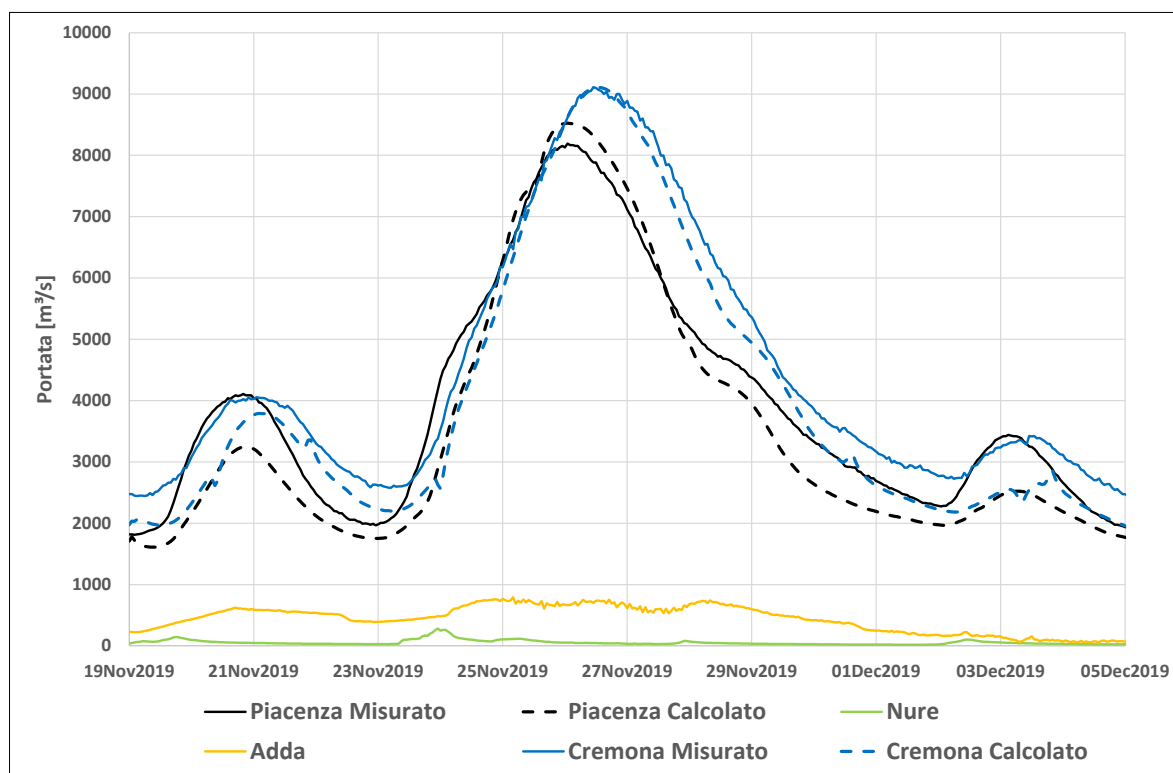


Figura 4.171 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2019

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.161
			Relazione idraulica generale	

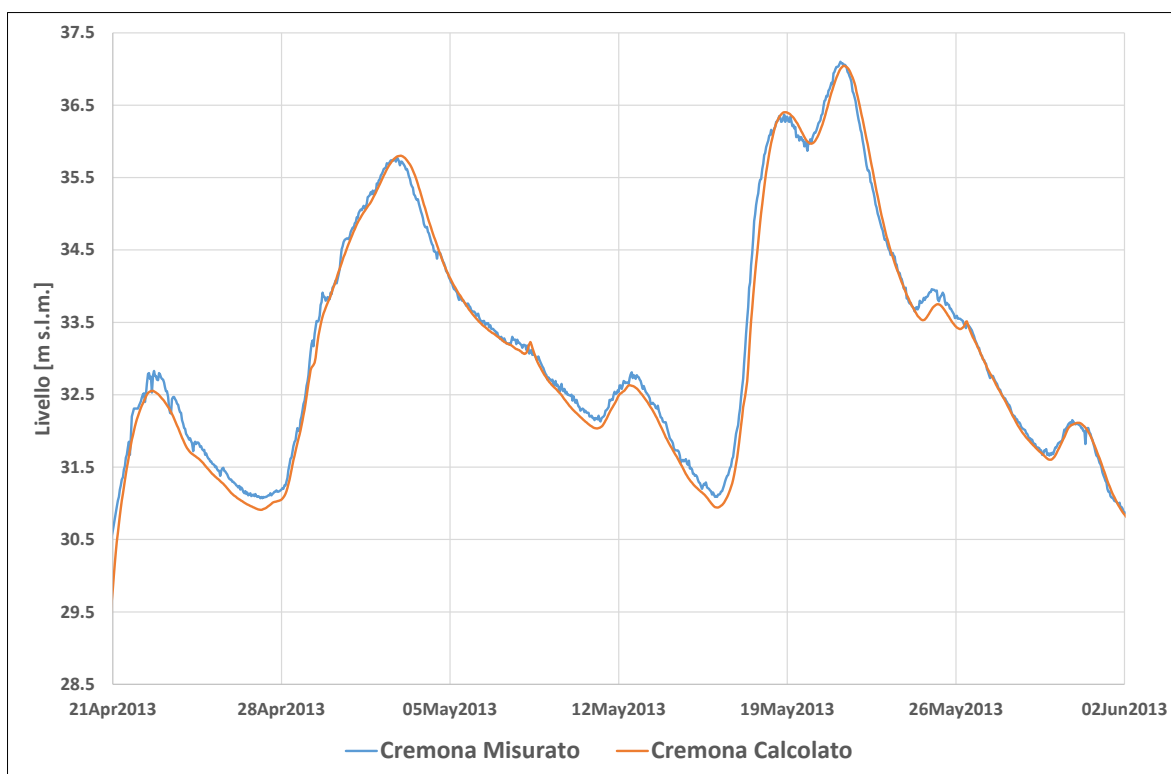


Figura 4.172 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2013

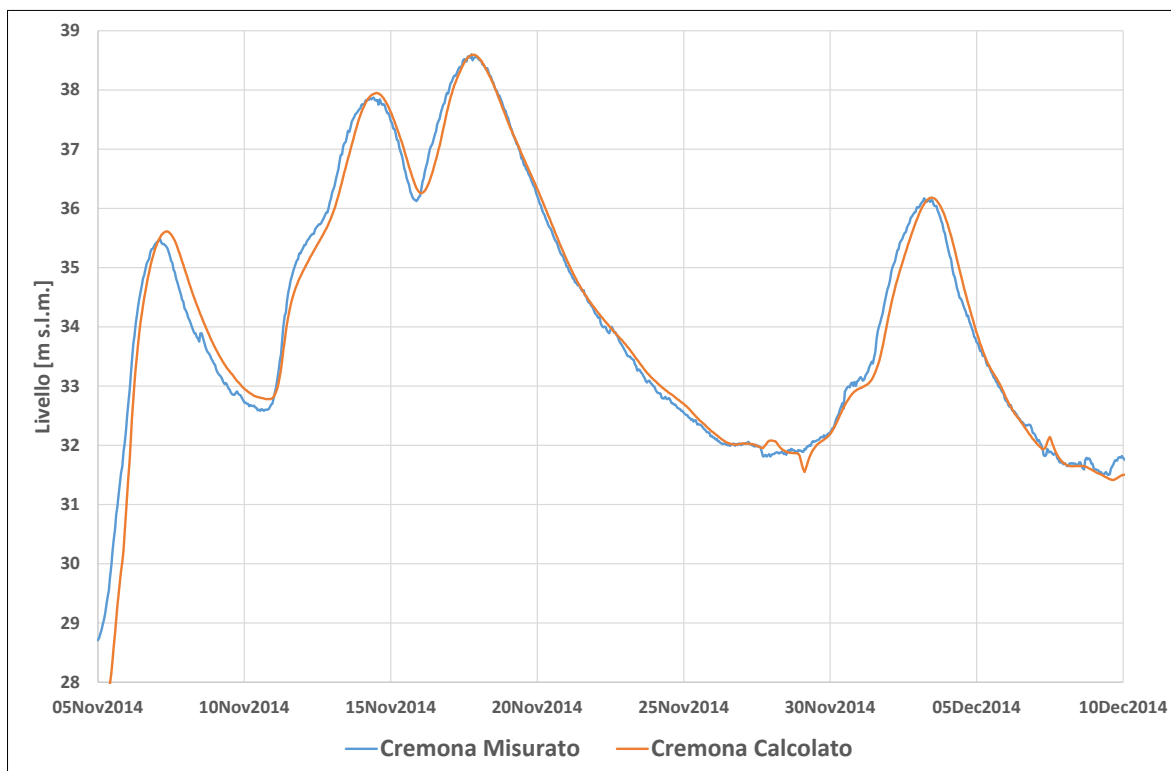


Figura 4.173 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.162
			Relazione idraulica generale	

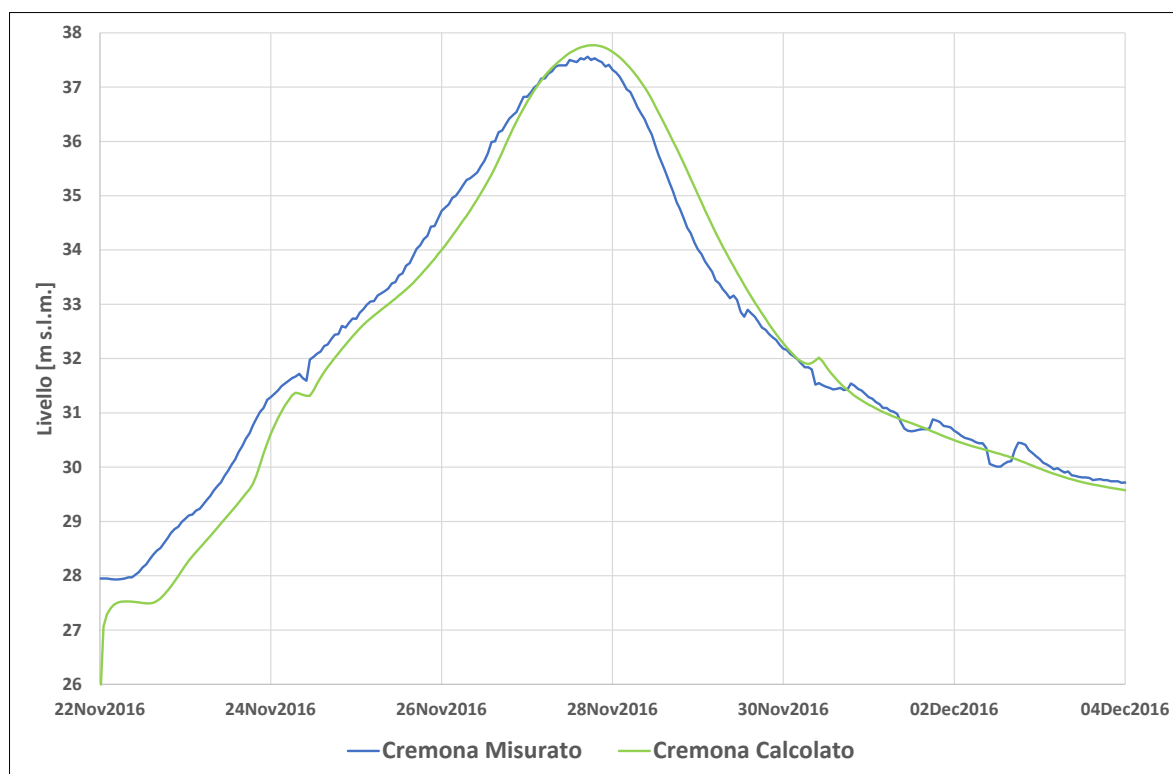


Figura 4.174 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2016

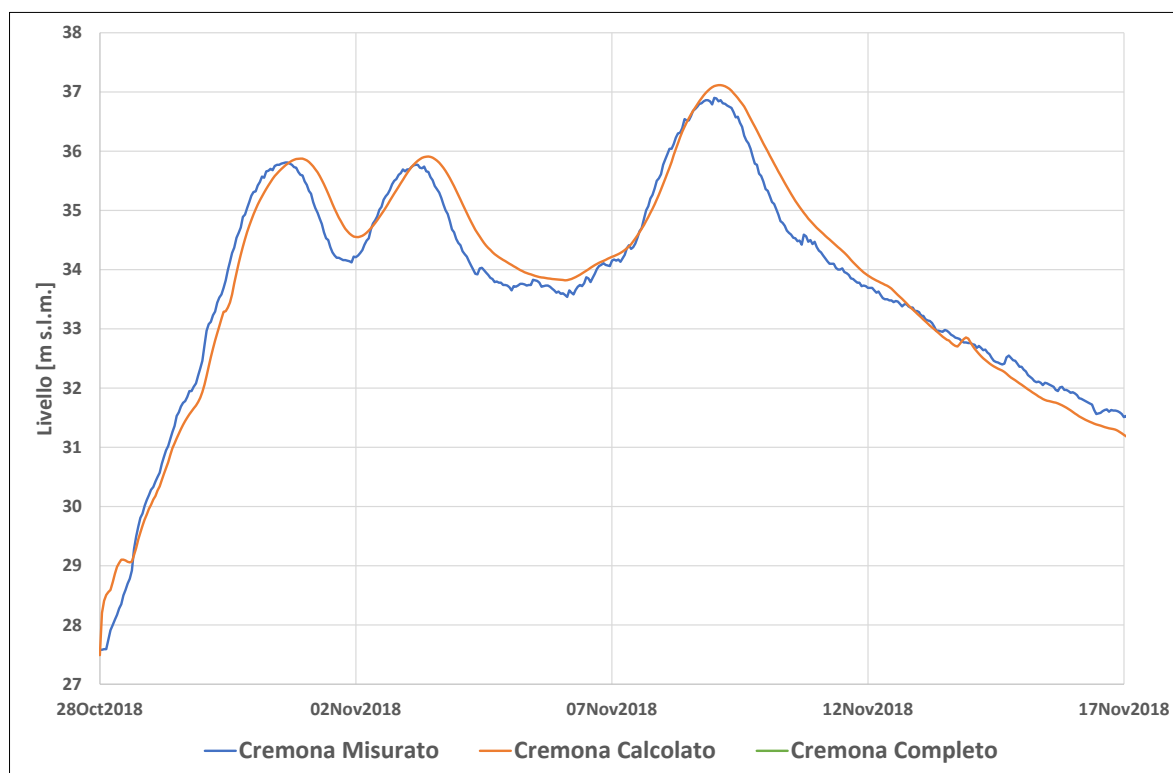


Figura 4.175 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.163
			Relazione idraulica generale	

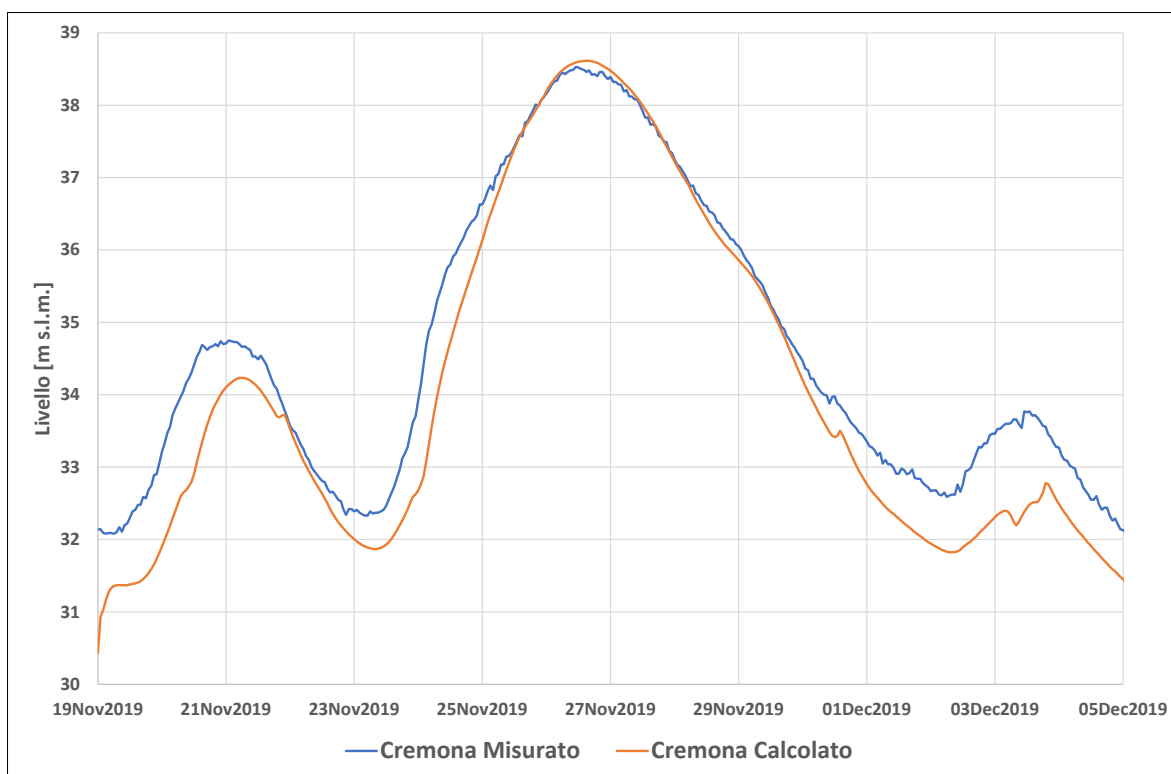


Figura 4.176 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2019

4.6.4. Idrometro di Isola Pescaroli

All'idrometro di Isola Pescaroli sono presenti solo le misure dei livelli per gli eventi 2016, 2018 e 2019, Tabella 4-30. L'evento 2016 è sovrastimato al colmo, errore principalmente legato alla sovrastima della portata, ma in tutta la fase ascendente i livelli risultano sottostimati. I livelli nella piena 2018 (Figura 4.178) appaiono ben rappresentati, è evidente un ritardo complessivo dell'idrogramma calcolato. I livelli per l'evento 2019 risultano sottostimati nel loro complesso (Figura 4.179), ma con una buona rappresentazione della fase di colmo e di discesa.

Tabella 4-30 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Isola Pescaroli

Piena	Misurato [m s.m.m.]	Calcolato [m s.m.m.]	Differenza [m]
2016	32.89	33.51	+0.62
2018	32.54	33.01	+0.47
2019	34.09	34.14	+0.05

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.164
			Relazione idraulica generale	

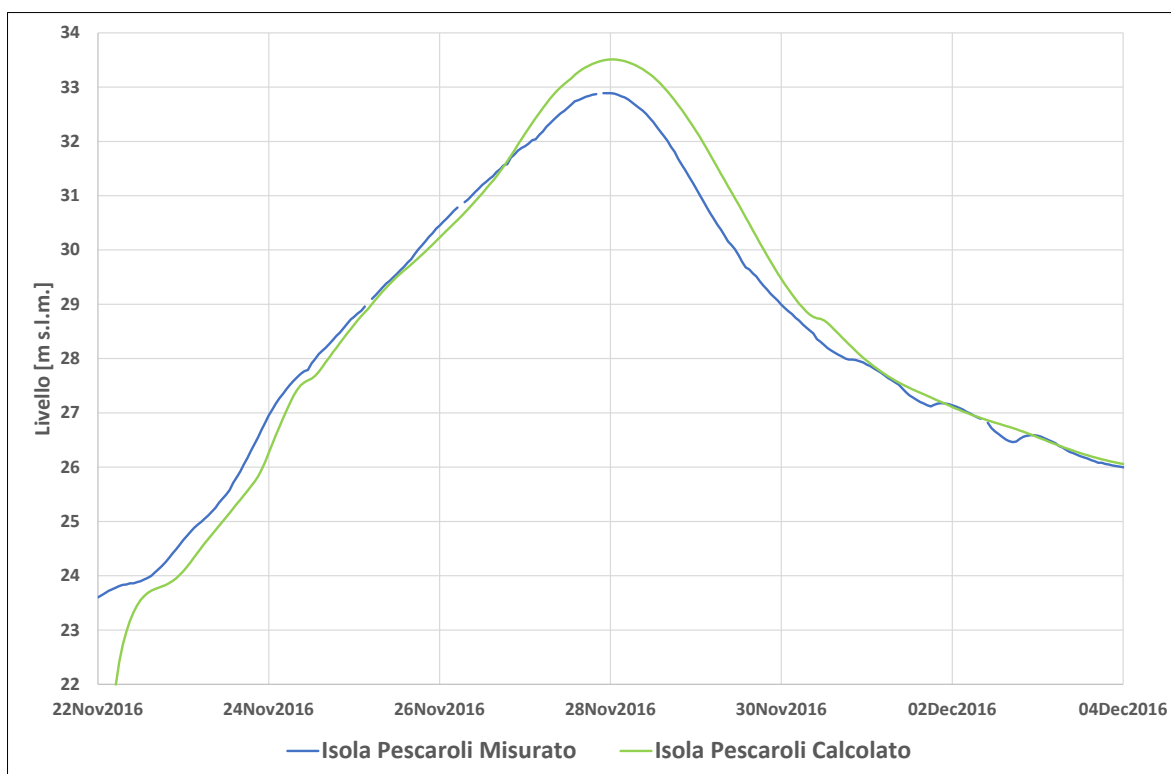


Figura 4.177 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Isola Pescaroli per l'evento di piena 2016

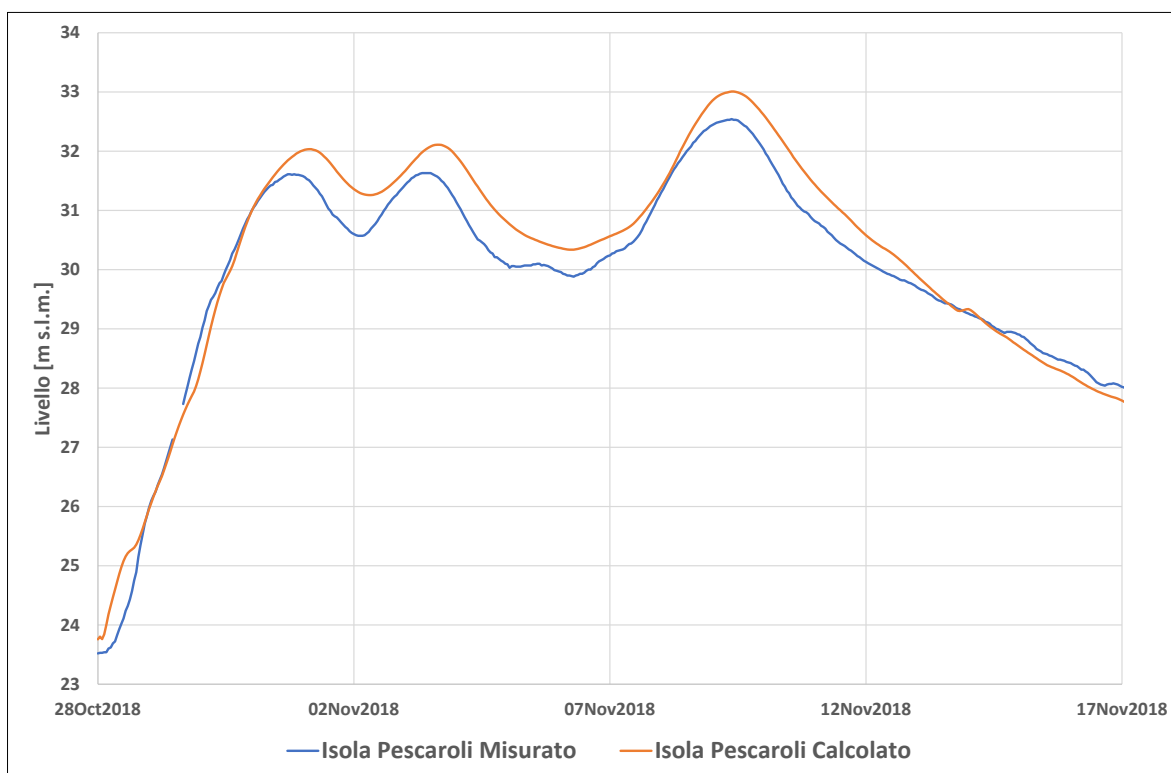


Figura 4.178 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Isola Pescaroli per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.165
			Relazione idraulica generale	

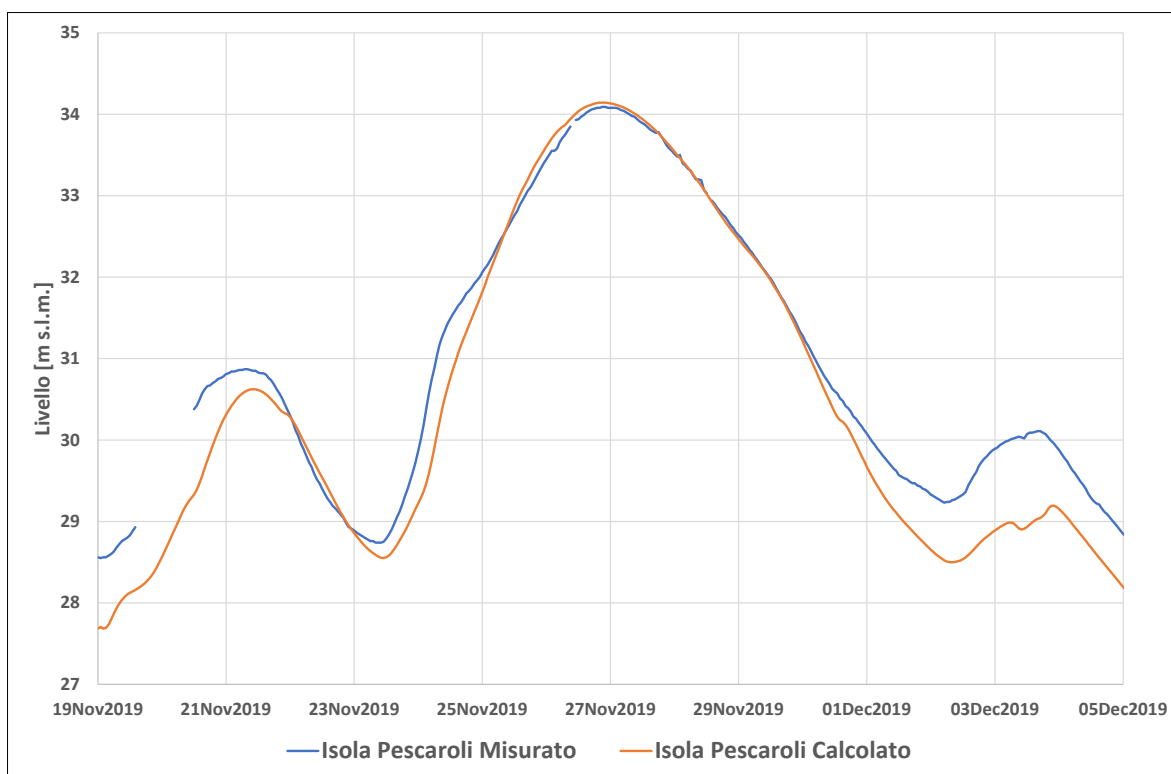


Figura 4.179 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Isola Pescaroli per l'evento di piena 2019

4.6.5. Idrometro di Casalmaggiore

All'idrometro di Casalmaggiore esistono le misure dei livelli ma non sono stimate le portate. Il confronto sui valori al colmo riportati nella Tabella 4-31 indica che sono ben rappresentate le piene maggiori (2014 e 2019) e sono sovrastimate le altre, in particolare quella del 2016 risente anche della sovrastima delle portate. Per le piene 2014 e 2019 sono ben rappresentati non solo i colmi, ma anche l'intero sviluppo delle piene (Figura 4.181 e Figura 4.184).

Tabella 4-31 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Cremona

Piena	Misurato [m s.m.m.]	Calcolato [m s.m.m.]	Differenza [m]
2013	28.78	29.13	+0.35
2014	30.22	30.18	-0.04
2016	28.79	29.50	+0.71
2018	28.51	29.09	+0.58
2019	30.20	30.30	+0.10

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.166
			Relazione idraulica generale	

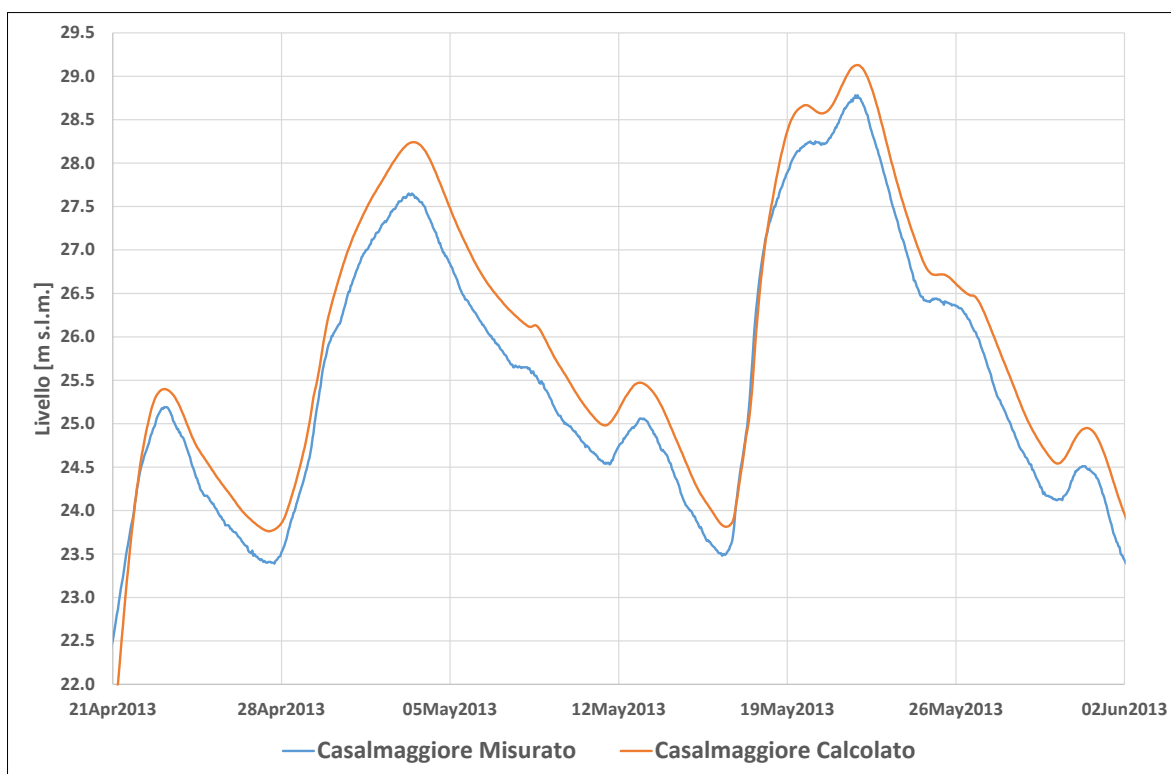


Figura 4.180 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Casalmaggiore per l'evento di piena 2013

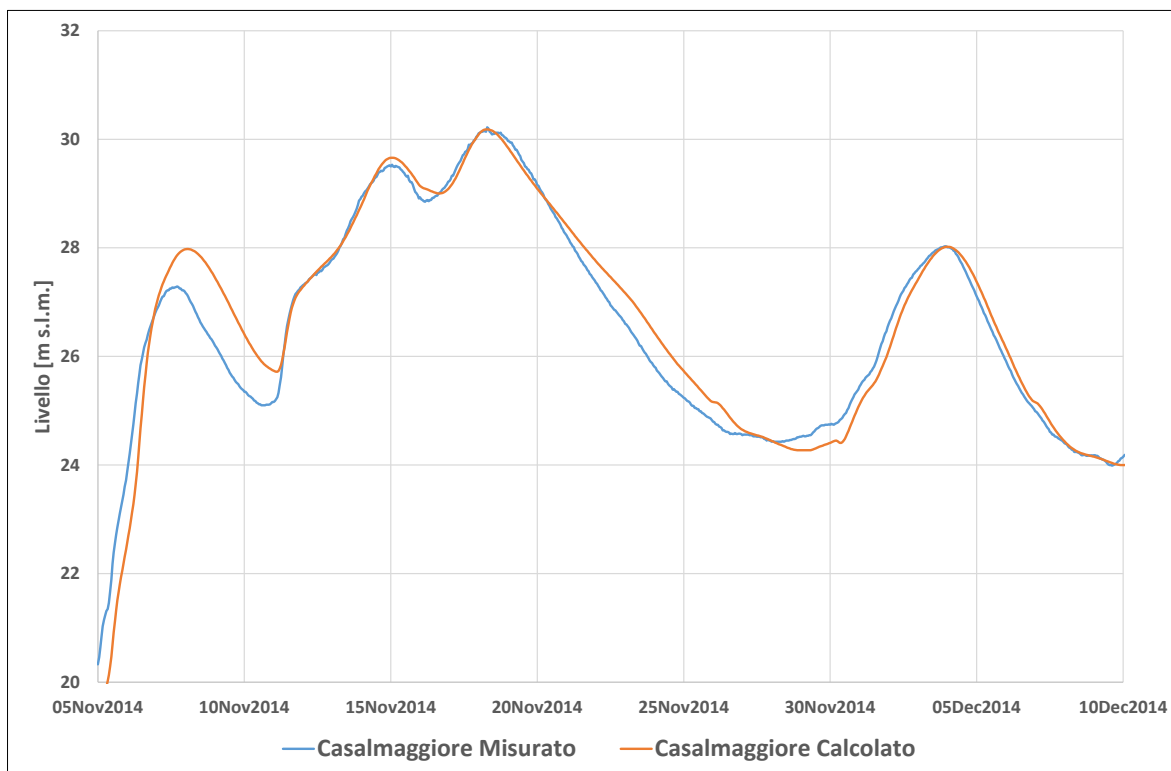


Figura 4.181 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Casalmaggiore per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.167
			Relazione idraulica generale	

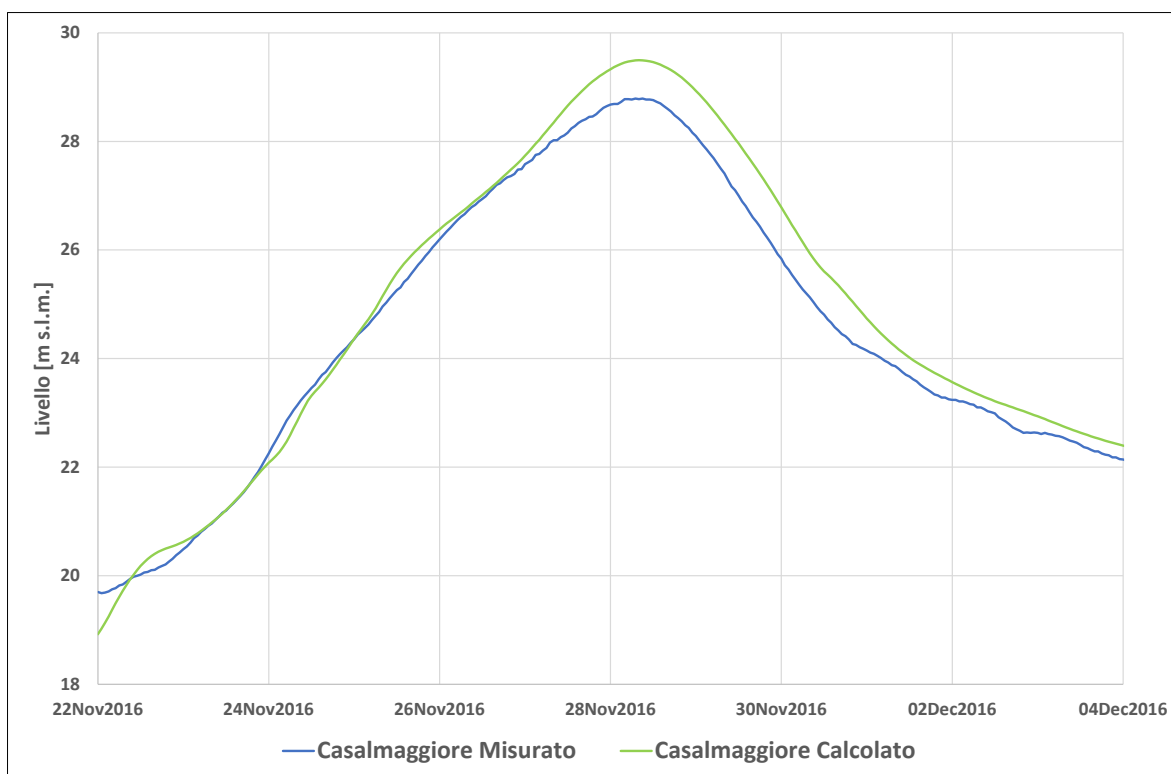


Figura 4.182 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Casalmaggiore per l'evento di piena 2016

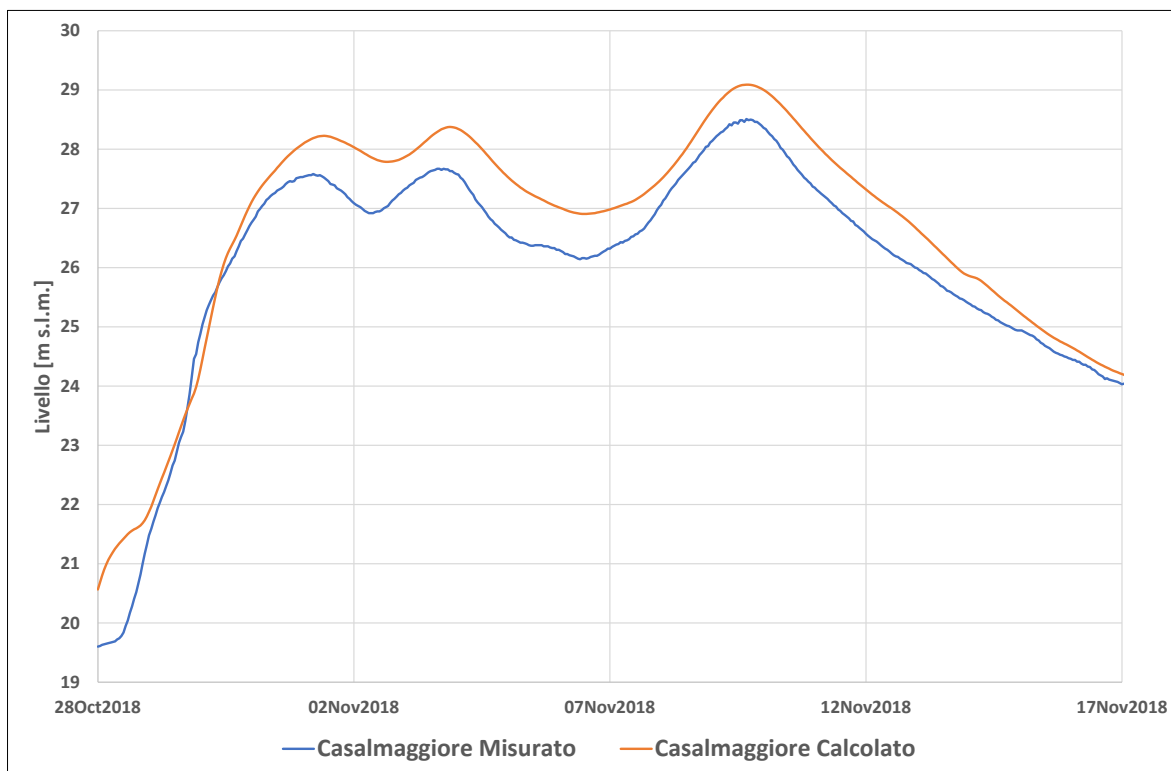


Figura 4.183 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Casalmaggiore per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.168
			Relazione idraulica generale	

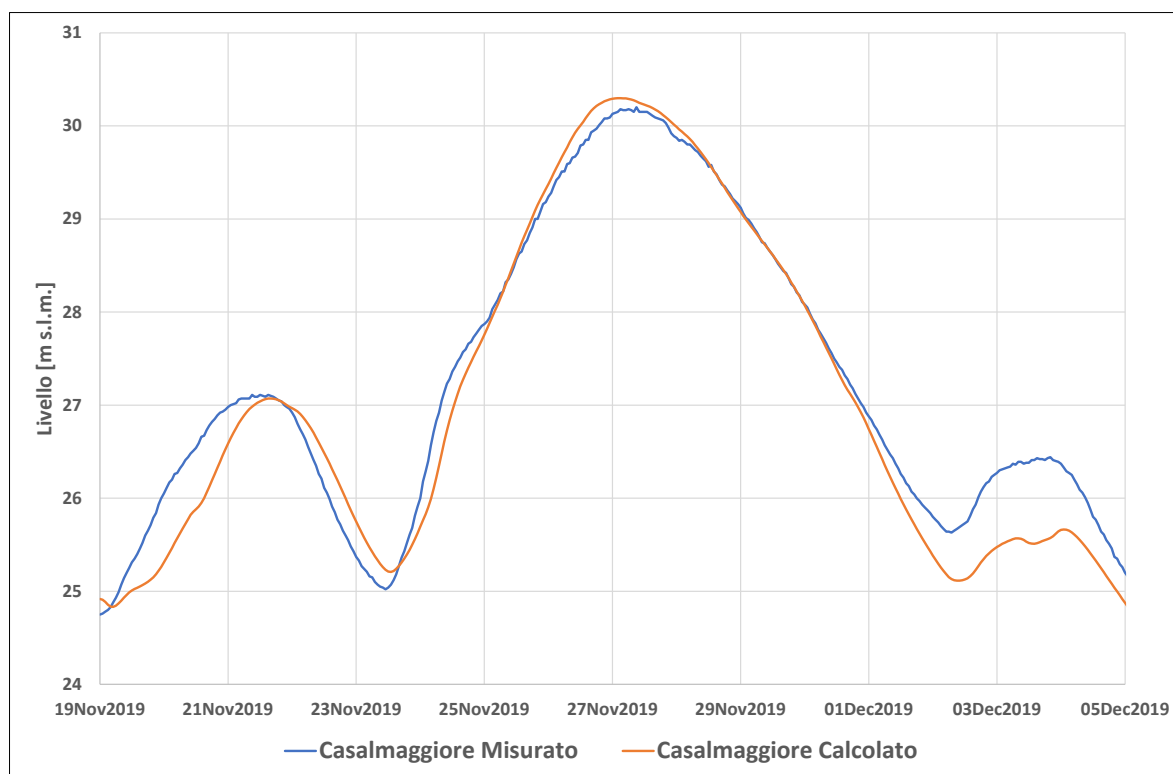


Figura 4.184 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Casalmaggiore per l'evento di piena 2019

4.6.6. Idrometro di Boretto

I valori delle portate al colmo a Boretto sono sintetizzati nella Tabella 4-32. Come già sottolineato precedentemente la piena 2016 è mal rappresentata per tutta la fase di colmo. Il colmo della piena 2013 risulta sottostimato di circa $800 \text{ m}^3/\text{s}$, ma dal confronto con le portate a Cremona (Tabella 4-28) si nota che per le stime ARPA ER il contributo degli affluenti dovrebbe incrementare il valore al colmo tra Cremona e Boretto di circa $1000 \text{ m}^3/\text{s}$, mentre il modello indica un effetto di laminazione che riduce il valore al colmo di circa $200 \text{ m}^3/\text{s}$. Probabilmente è la stima del valore al colmo a Boretto che risulta sovrastimato, l'idrogramma dei livelli calcolato con il modello è in buon accordo con quello misurato (Figura 4.190). Le altre piene hanno valori al colmo ben rappresentati, analizzando gli idrogrammi complessivi si nota una sottostima della fase calante, che però potrebbe essere legata alla sovrastima che deriva dall'utilizzo di scale di deflusso monotone crescenti in sezioni dove l'effetto del cappio di piena è sensibile.

Anche i livelli risultano rappresentati sufficientemente bene (Tabella 4-33). L'evento 2014 (Figura 4.191) risulta sottostimato nella fase di colmo, ma l'andamento riproduce bene quello misurato. Analoga buona rappresentazione dell'andamento si ha per la piena 2018, ma in questo caso il modello sovrastima i livelli (Figura 4.193). Nell'idrogramma simulato per l'evento 2019 (Figura 4.194) si vede l'effetto delle rotture arginali, anche se non coincide con quello rilevabile dalle misurazioni, tempistica e dimensioni delle brecce non sono note e la loro precisa rappresentazione è al di fuori dello scopo del presente lavoro. La fase crescente dell'idrogramma principale è ben rappresentata, mentre nella fase discendente si ha una sottostima, probabilmente legata ad una sottostima del volume della piena.

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.169
			Relazione idraulica generale	

Tabella 4-32 – Sintesi risultati portata al colmo all'idrometro di Boretto

Piena	Misurato [m ³ /s]	Calcolato [m ³ /s]	Differenza [%]
2013	7204	6412	-11%
2014	9030	8701	-4%
2016	5799	7153	+23%
2018	6106	6324	+4%
2019	8386	8838	+5%

Tabella 4-33 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Boretto

Piena	Misurato [m s.m.m.]	Calcolato [m s.m.m.]	Differenza [m]
2013	26.53	26.50	-0.03
2014	28.06	27.52	-0.54
2016	26.23	26.81	+0.58
2018	25.98	26.42	+0.44
2019	27.66	27.54	-0.12

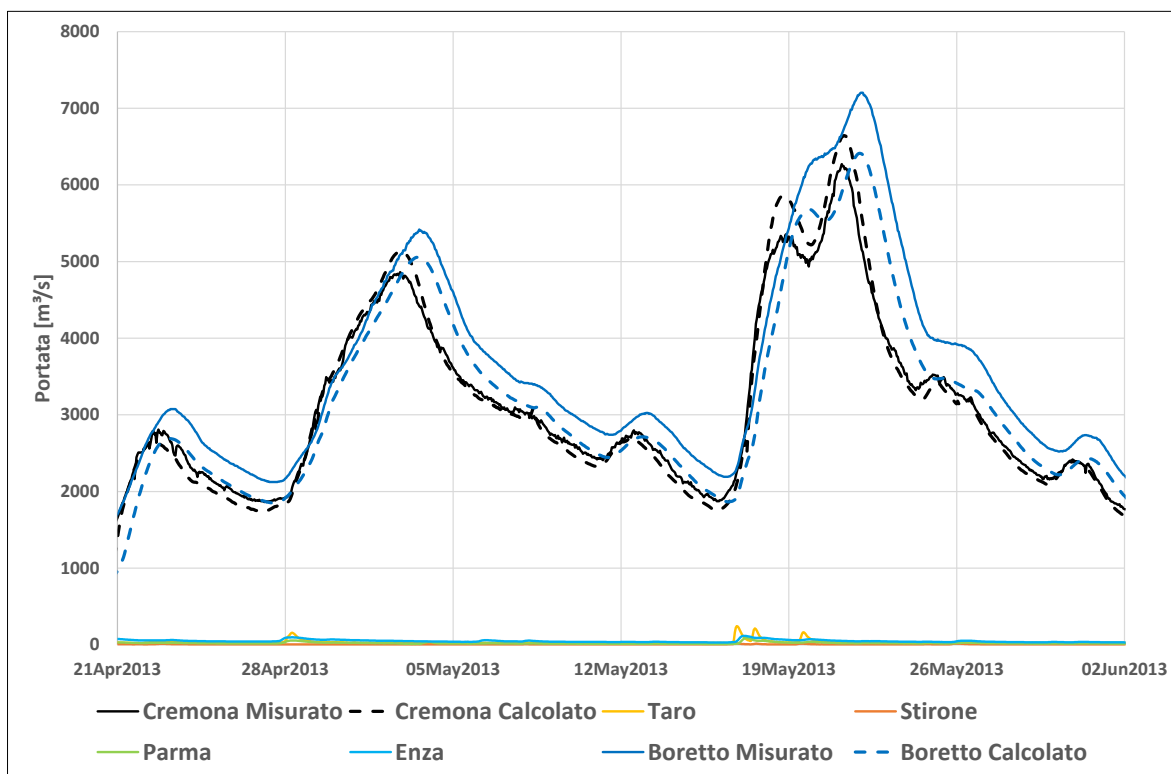


Figura 4.185 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2013

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.170
			Relazione idraulica generale	

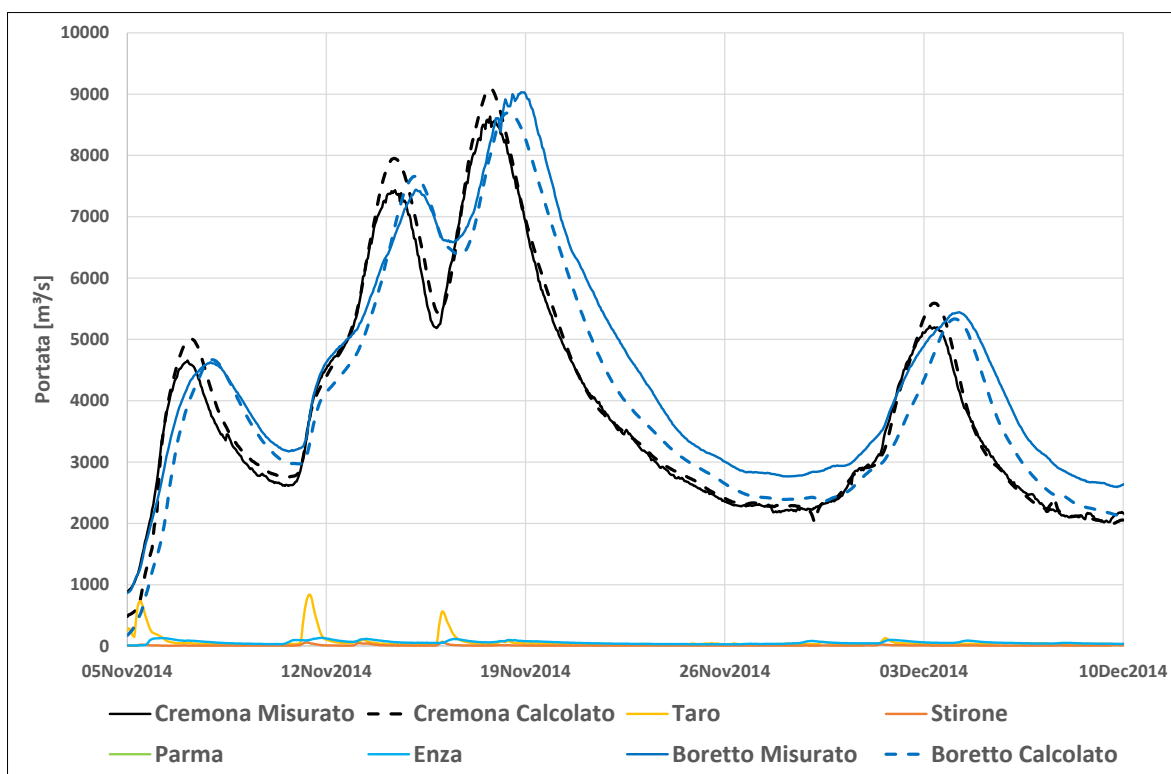


Figura 4.186 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2014

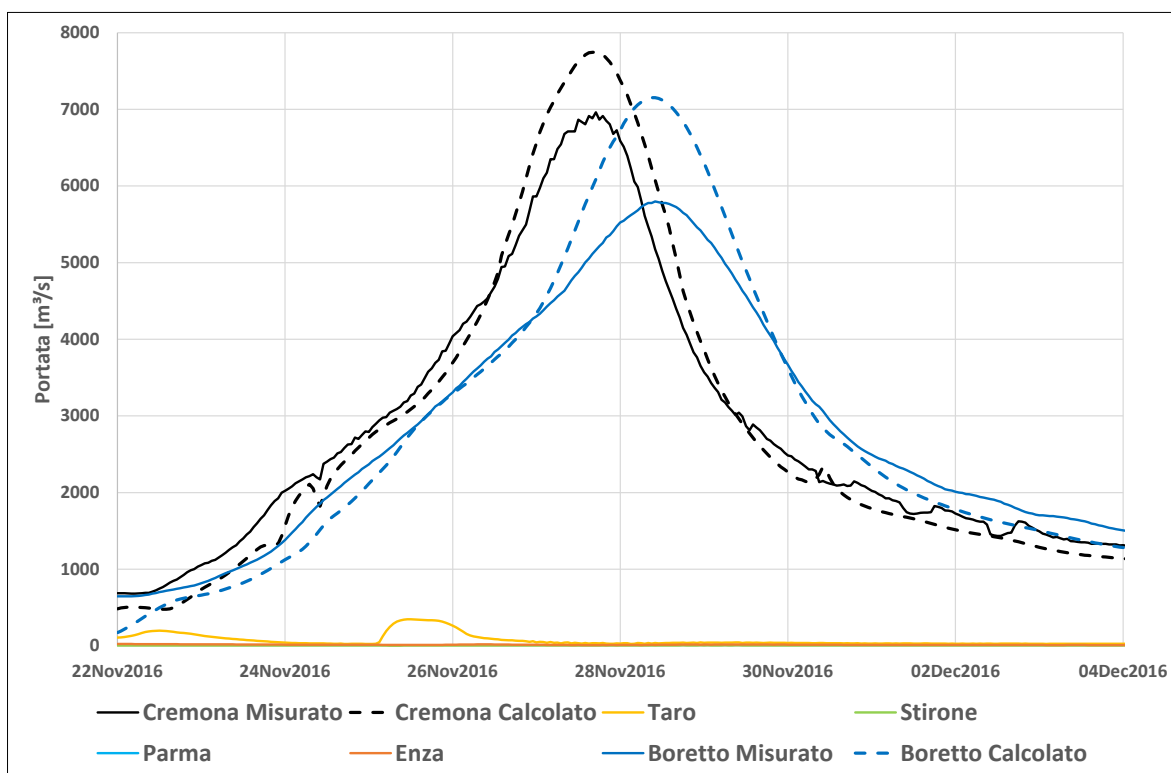


Figura 4.187 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2016

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.171
			Relazione idraulica generale	

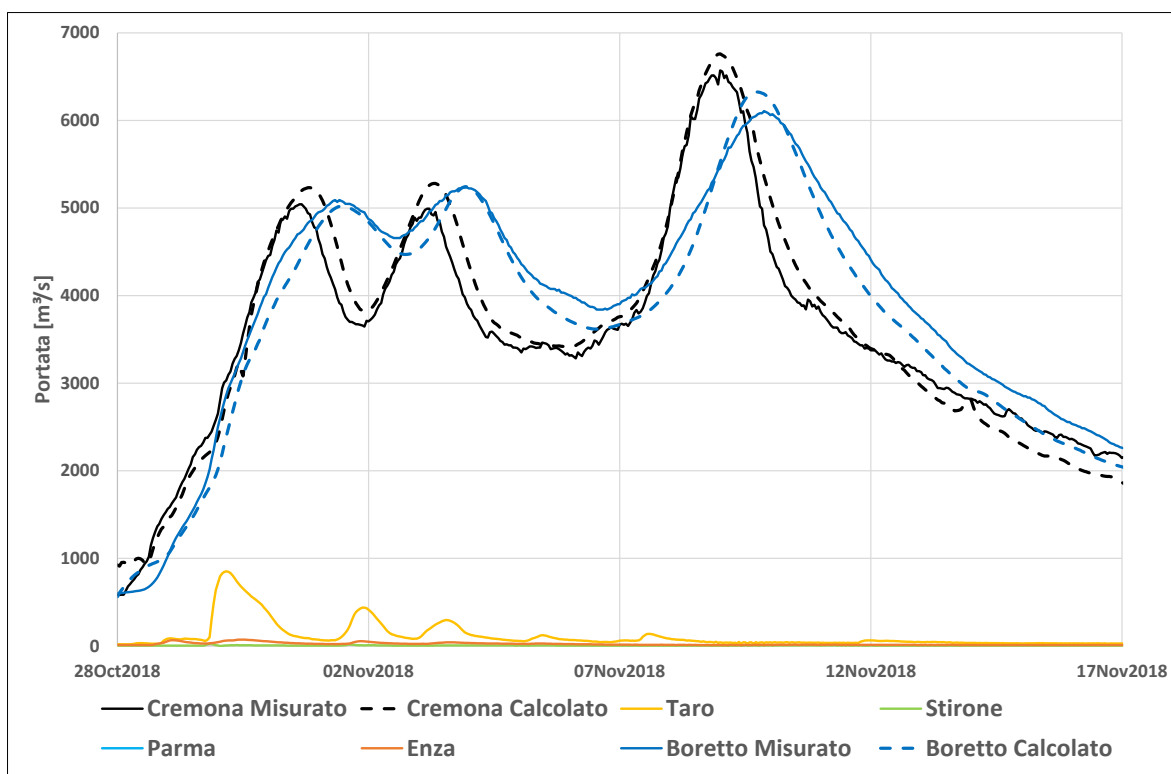


Figura 4.188 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2018

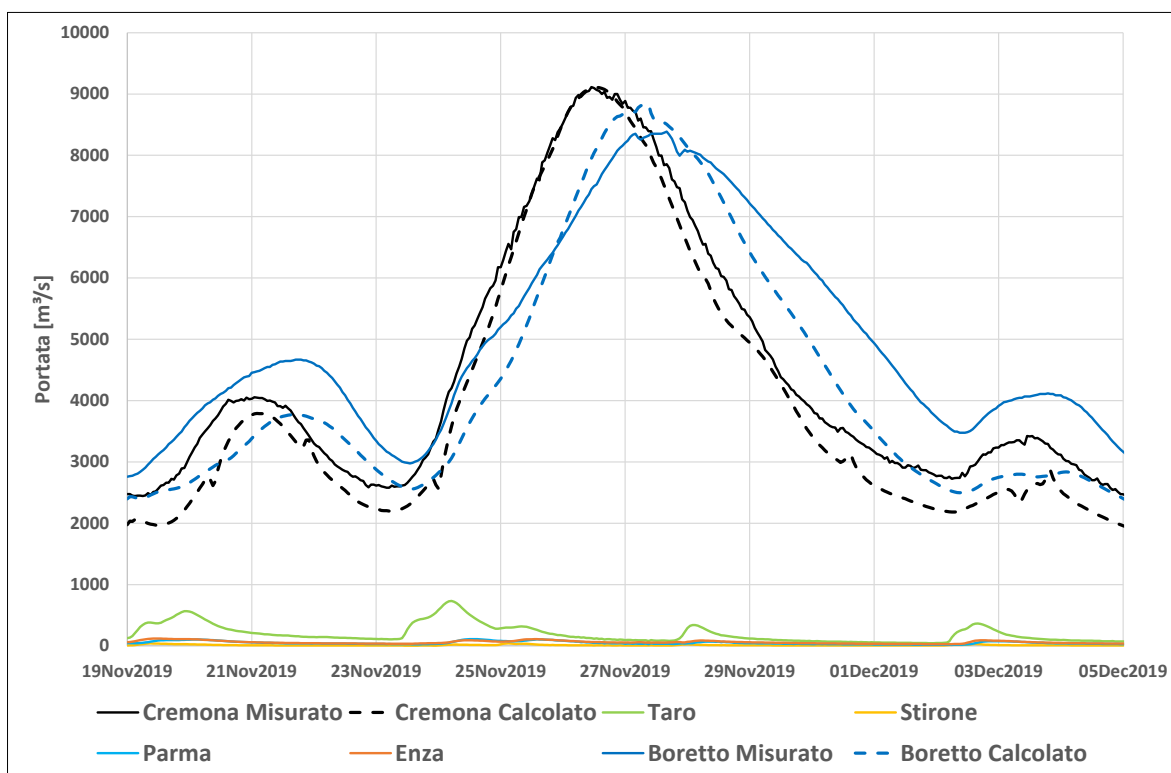


Figura 4.189 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2019

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.172
			Relazione idraulica generale	

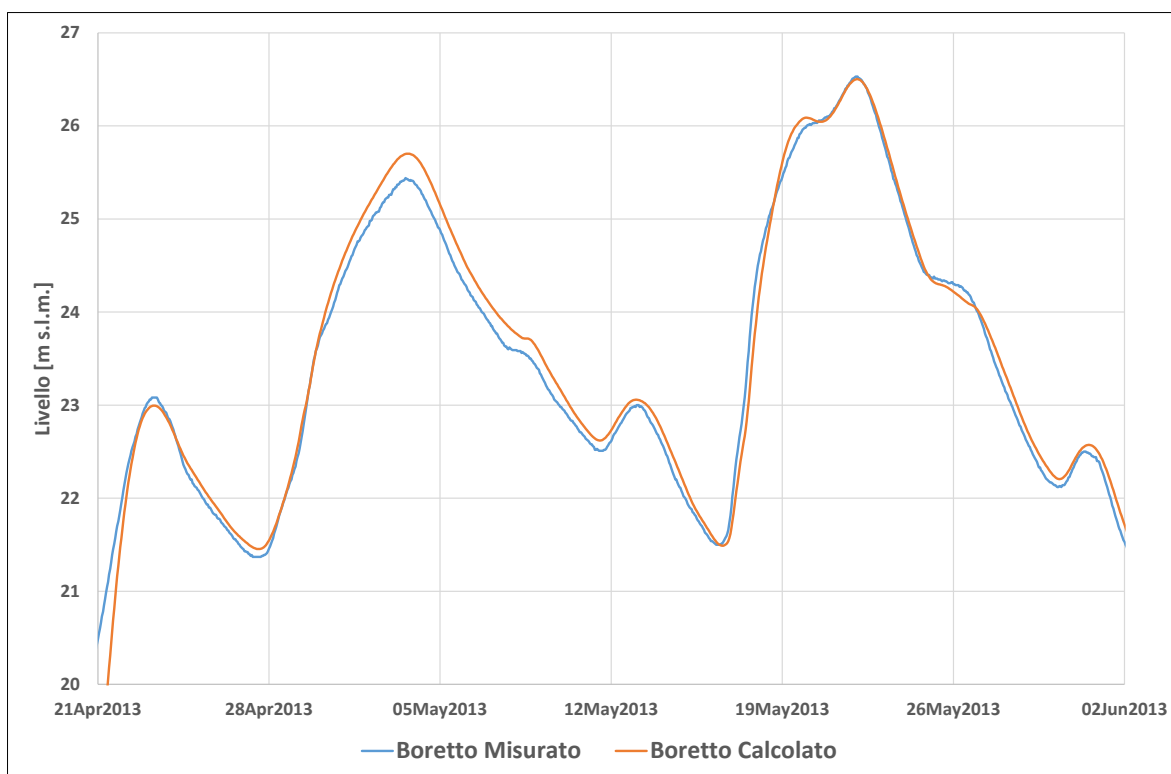


Figura 4.190 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2013

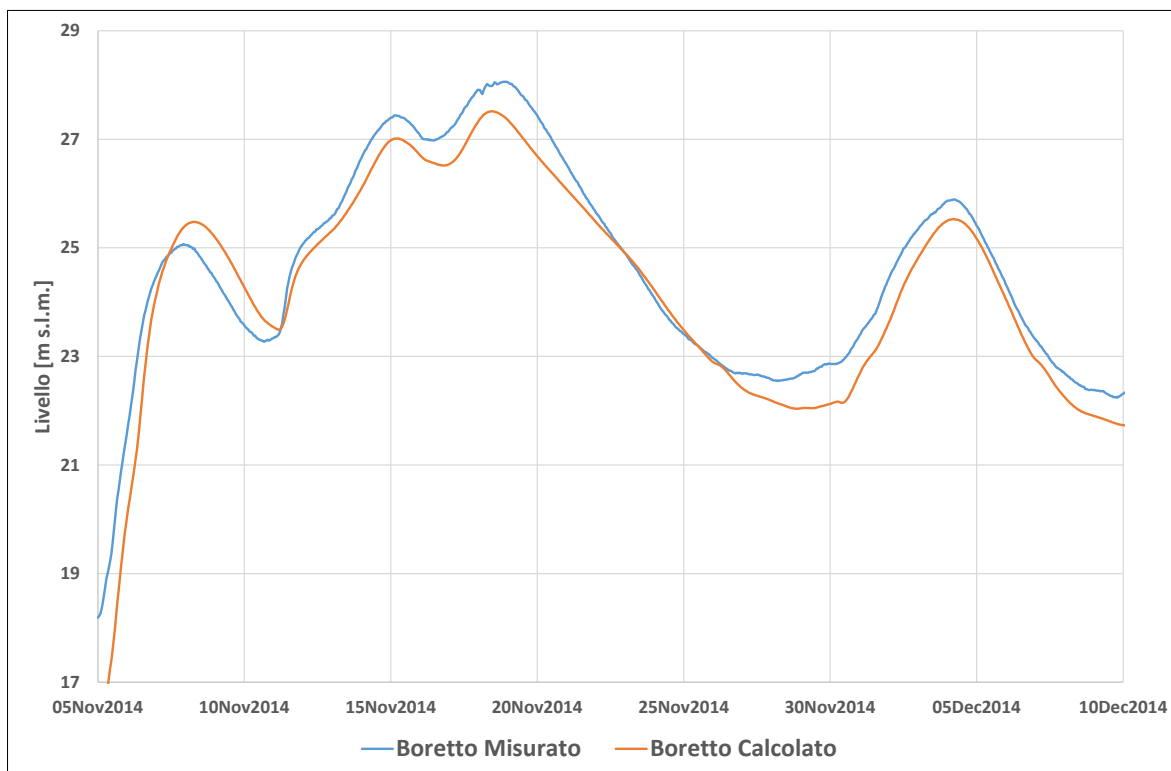


Figura 4.191 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.173
			Relazione idraulica generale	

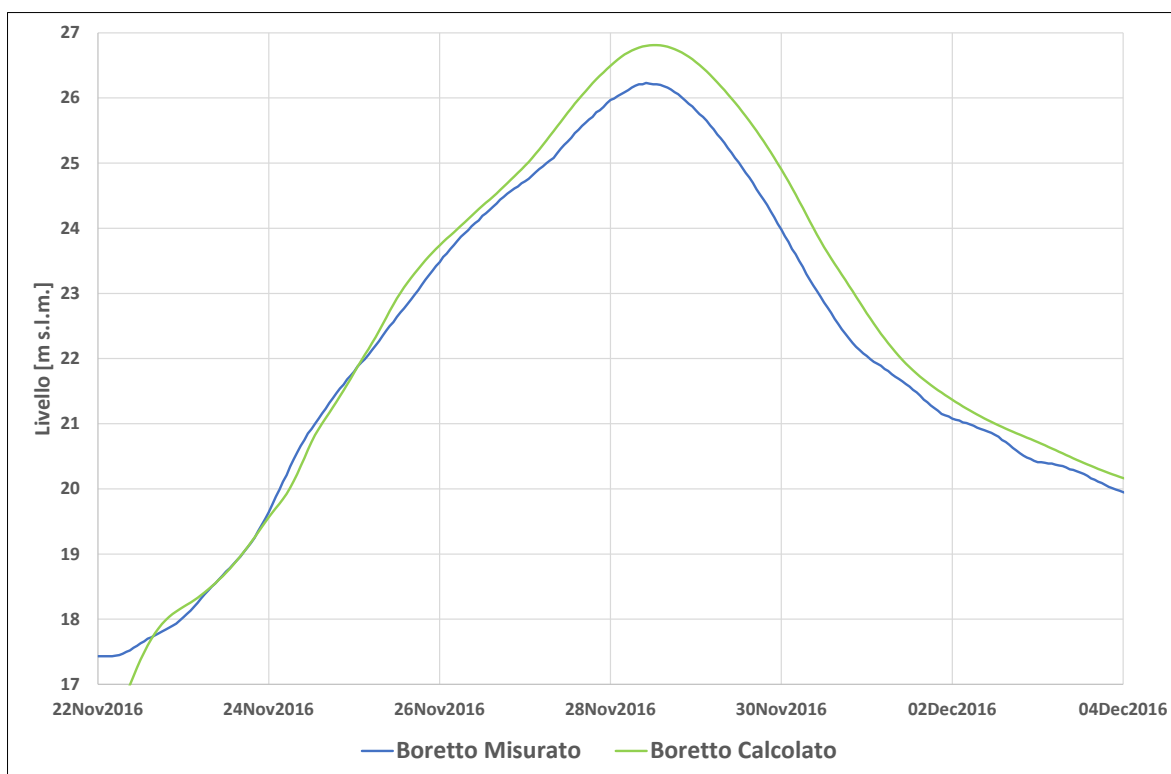


Figura 4.192 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2016

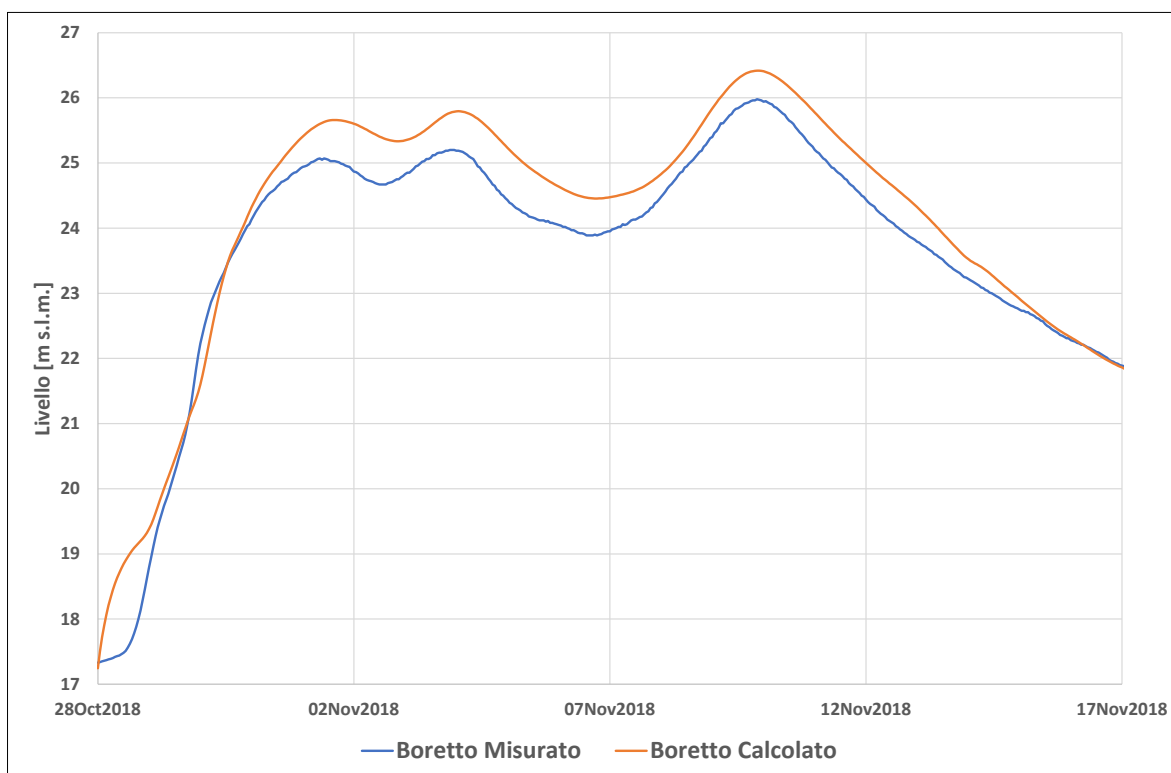


Figura 4.193 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.174
			Relazione idraulica generale	

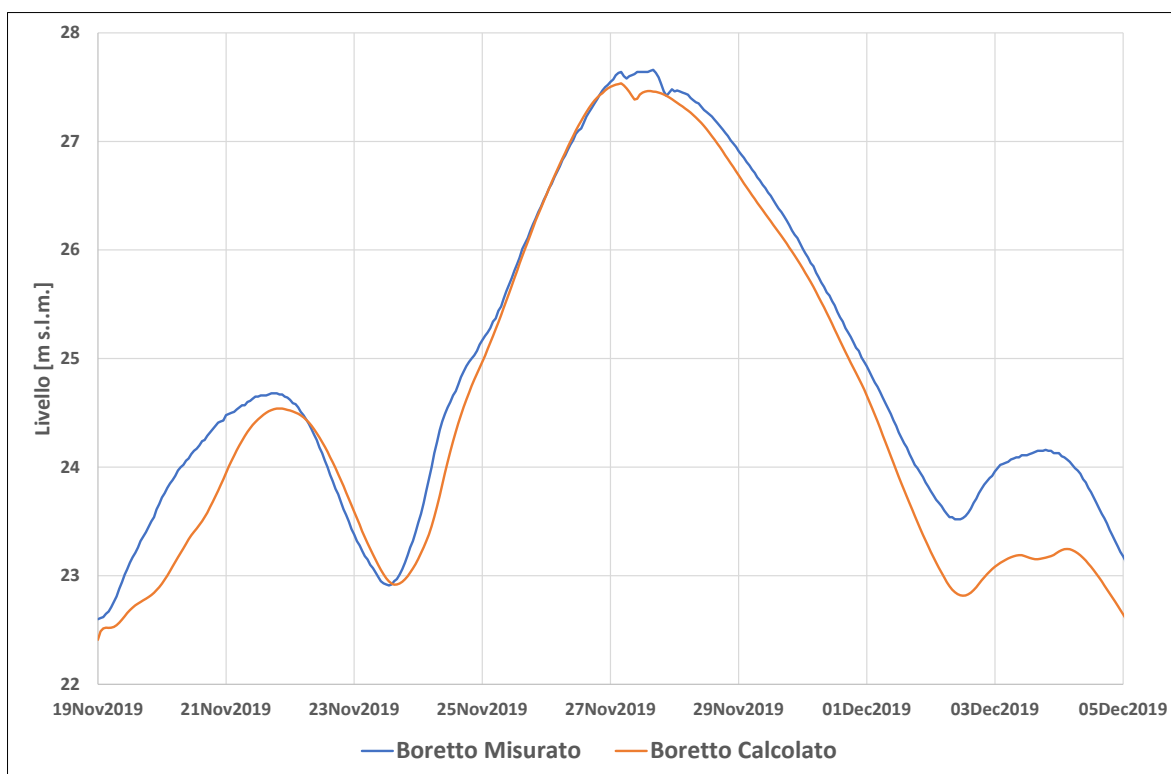


Figura 4.194 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2019

4.6.7. Idrometro di Borgoforte

All'idrometro di Borgoforte è posta la condizione al contorno di valle del modello come scala di deflusso, pertanto, i livelli stimati sono in diretta correlazione con le portate, per questo motivo i risultati sui livelli saranno valutati nel modello successivo (cfr. paragrafo 4.7.2).

I risultati in termini di valori al colmo delle portate sono sintetizzati nella Tabella 4-34. Si noti come la stima del colmo della piena 2013 sia molto buono, contrariamente all'idrometro di Boretto (cfr. Tabella 4-32), indicazione che probabilmente è la stima a Boretto a non essere corretta. Aumenta invece la sottostima dell'evento 2014, che è legata ad una probabile sottostima del contributo dell'Oglio. L'evento 2016 continua ad essere fortemente sovrastimato. L'evento 2018 risulta leggermente sovrastimato, mentre il 2019 praticamente coincide nel valore di colmo, ma è sottostimato come volume, in particolare nella fase decrescente, in cui però incide anche l'errore di stima legato al cappio di piena.

Tabella 4-34 – Sintesi risultati portata al colmo all'idrometro di Borgoforte

Piena	Misurato [m ³ /s]	Calcolato [m ³ /s]	Differenza [%]
2013	6806	6698	-2%
2014	9410	8867	-6%
2016	5897	6939	+18%
2018	6069	6354	+5%
2019	8540	8624	+1%

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.175
			Relazione idraulica generale	

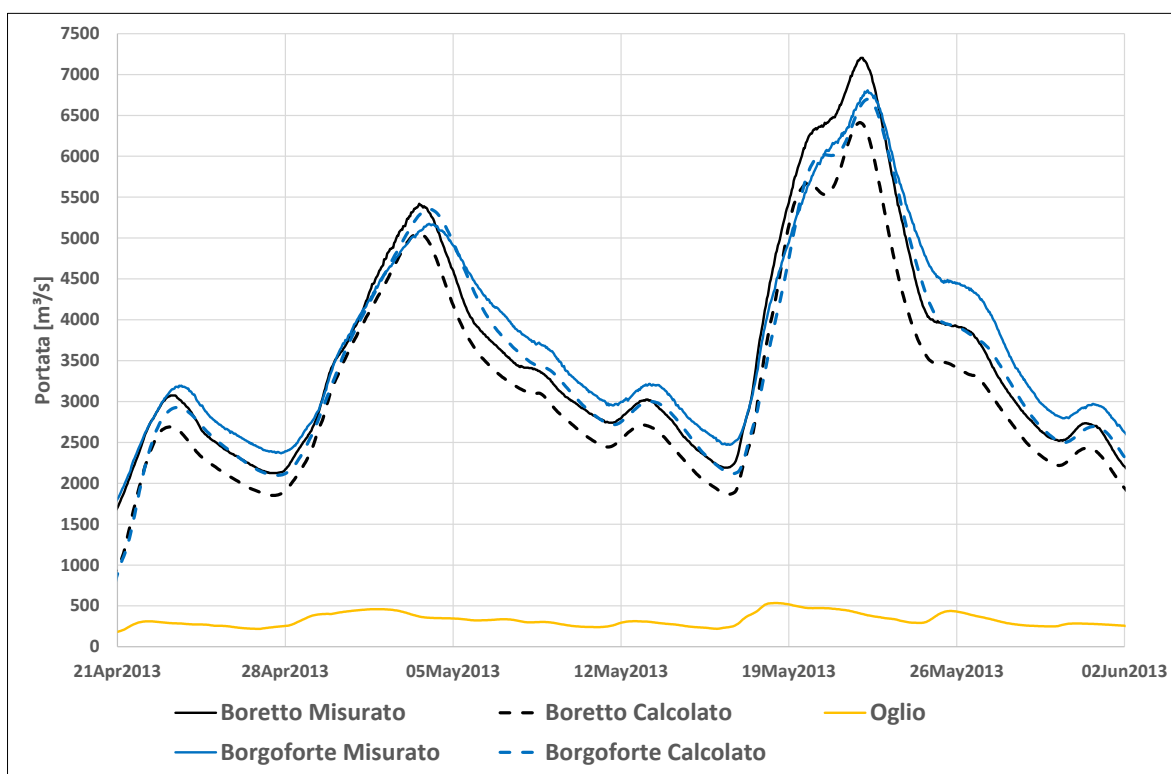


Figura 4.195 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2013

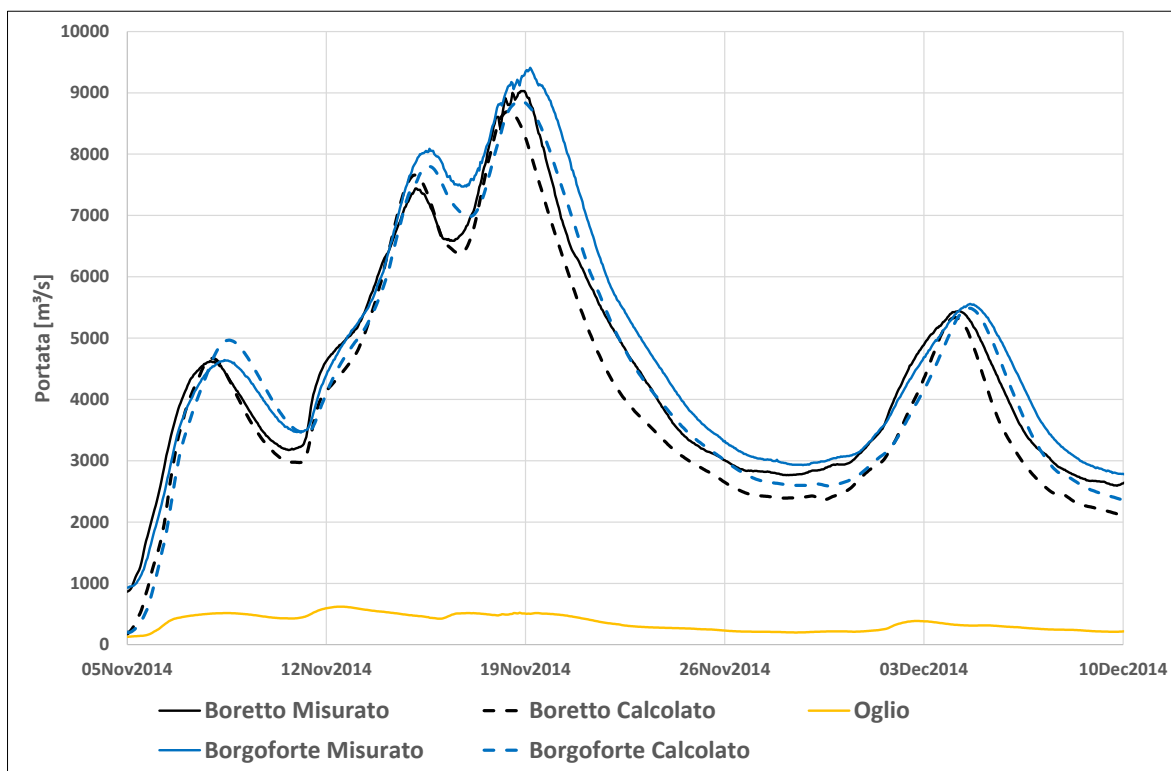


Figura 4.196 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.176
			Relazione idraulica generale	

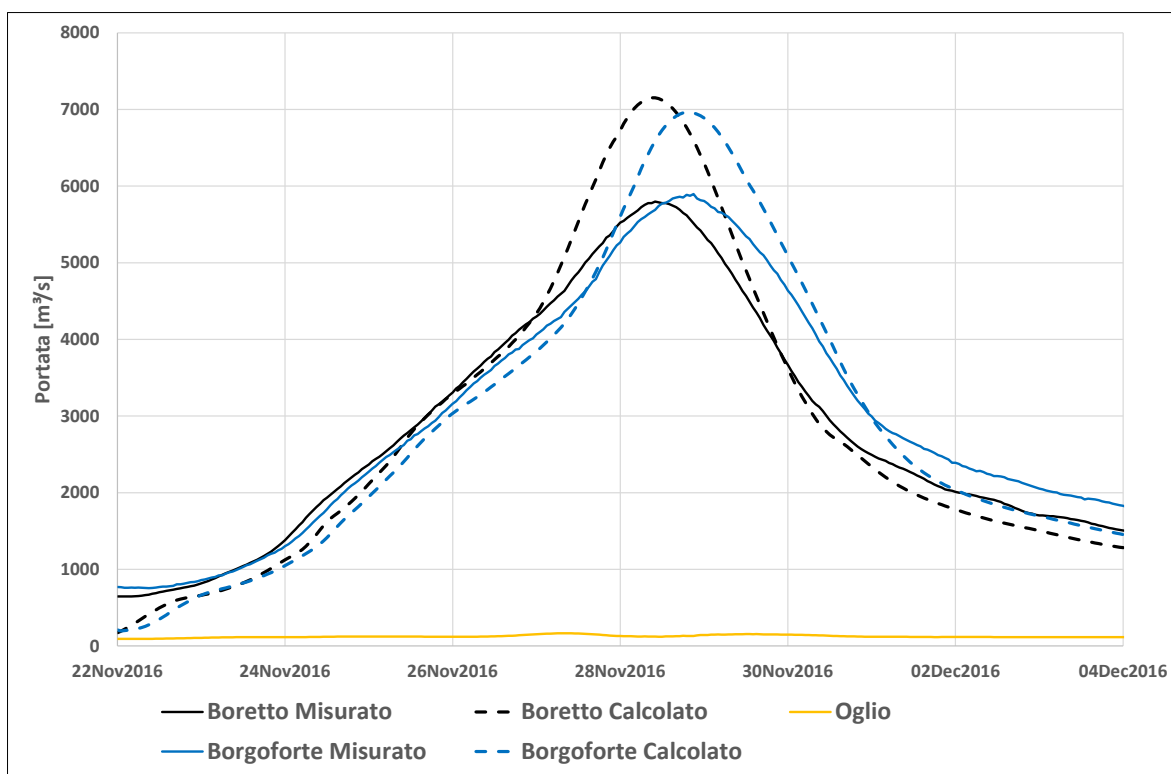


Figura 4.197 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2016

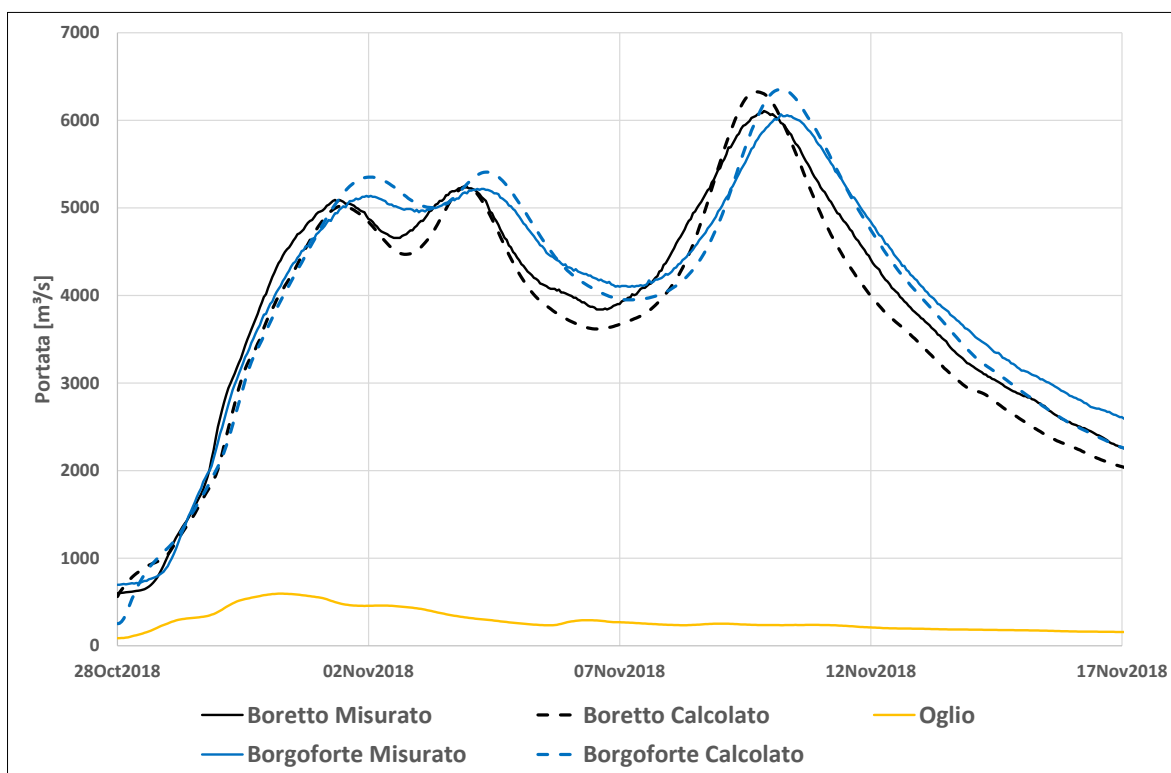


Figura 4.198 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.177
			Relazione idraulica generale	

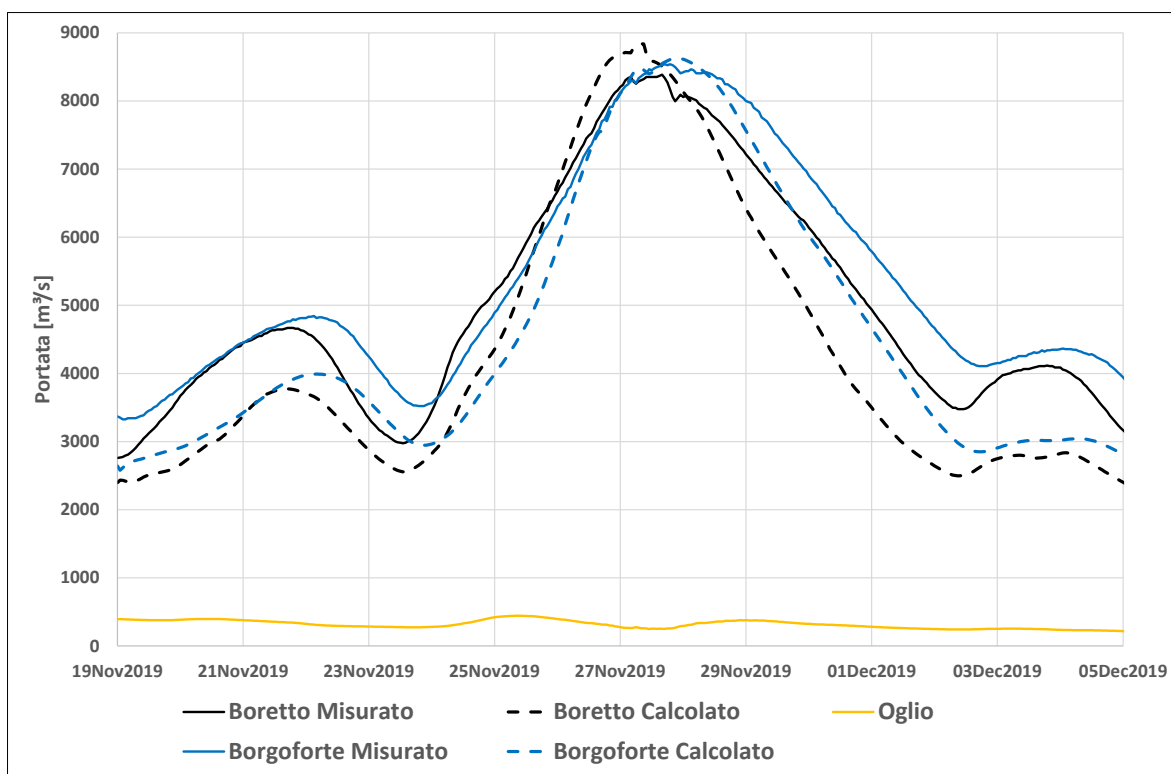


Figura 4.199 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2019

4.6.8. Confronto picchettamento piena 2014

Per la piena 2014 è stato effettuato un picchettamento dei livelli raggiunti in corrispondenza degli argini tra Spessa e Pontelagoscuro. In questo paragrafo sono riportati i risultati fino a Boretto, il confronto tra Boretto e Pontelagoscuro è riportato nel paragrafo 4.7.7.

Nelle figure seguenti sono riportati i tracciati del picchettamento ed i grafici di confronto tra livelli picchettati e calcolati con il modello.

Lungo l'arginatura sinistra tra Spessa e Piacenza le tracce di piena sono state individuate fino alla confluenza con il Lambro (S13), Figura 4.201. Si ha una buona corrispondenza solo alla sezione di Spessa, i tre punti a valle risultano sovrastimati, ma appaiono non congruenti con il livello registrato dall'idrometro di Spessa. Anche i quattro livelli stimati a monte della confluenza con il Lambro sembrano in contrasto tra loro, i risultati de modello di fatto mediano tra i valori stimati.

Migliori risultati si hanno in sponda destra, Figura 4.202. Tra l'idrometro di Spessa e la sezione S13 si ha una buona concordanza tra livelli calcolati e livelli stimati, al netto delle incongruenze di questi ultimi tra loro. In corrispondenza della sezione S13 si ha un brusco abbassamento dei livelli legato alla presenza del meandro in cui confluisce il Lambro, di fatto l'argine destro "taglia" il meandro. A valle della S13 il modello riproduce molto bene i livelli stimati, ma con una tendenza alla sovrastima nel tratto di Piacenza.

I livelli lungo l'argine destro tra Piacenza e Cremona (Figura 4.204) risultano sovrastimati dal modello fino all'inizio del meandro di Isola Serafini (S24), ma sono praticamente identici nei due punti rilevati

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.178
			Relazione idraulica generale	

a monte della traversa. Anche nel tratto tra le sezioni S25 (canale di restituzione della centrale) e la S26 (valle di Cremona) il modello rappresenta molto bene i livelli rilevati.

Il modello rappresenta bene anche i livelli stimati lungo l'argine destro tra Cremona e Isola Pescaroli, Figura 4.206. Il brusco abbassamento dei livelli calcolati a monte di Isola Pescaroli è dovuto al fatto che il profilo incrocia un argine golenale e nel modello il livello all'interno della golenia chiusa risulta più basso ed in linea con il tratto di valle. I tre punti in cui è stato stimato il livello si trovano all'interno della golenia chiusa.

Nel tratto Isola Pescaroli Casalmaggiore il picchettamento, sempre lungo l'argine destro, è stato effettuato solo fino alla sezione S33A, Figura 4.207. Esclusi i valori palesemente errati, il modello rappresenta bene i livelli stimati, con una tendenza alla sottostima nel primo tratto e di sovrastima nel secondo.

Tra Casalmaggiore e Boretto i livelli sono stati rilevati solo in corrispondenza dell'argine sinistro a partire dalla sezione S35E, Figura 4.209. I livelli calcolati dal modello risultano sovrastimati anche se in corrispondenza dell'idrometro il modello sottostima di oltre 50 cm il livello massimo registrato (cfr. Figura 4.210). Solo per il picchetto a valle di Boretto si ha una buona concordanza tra livello stimato e livello calcolato.

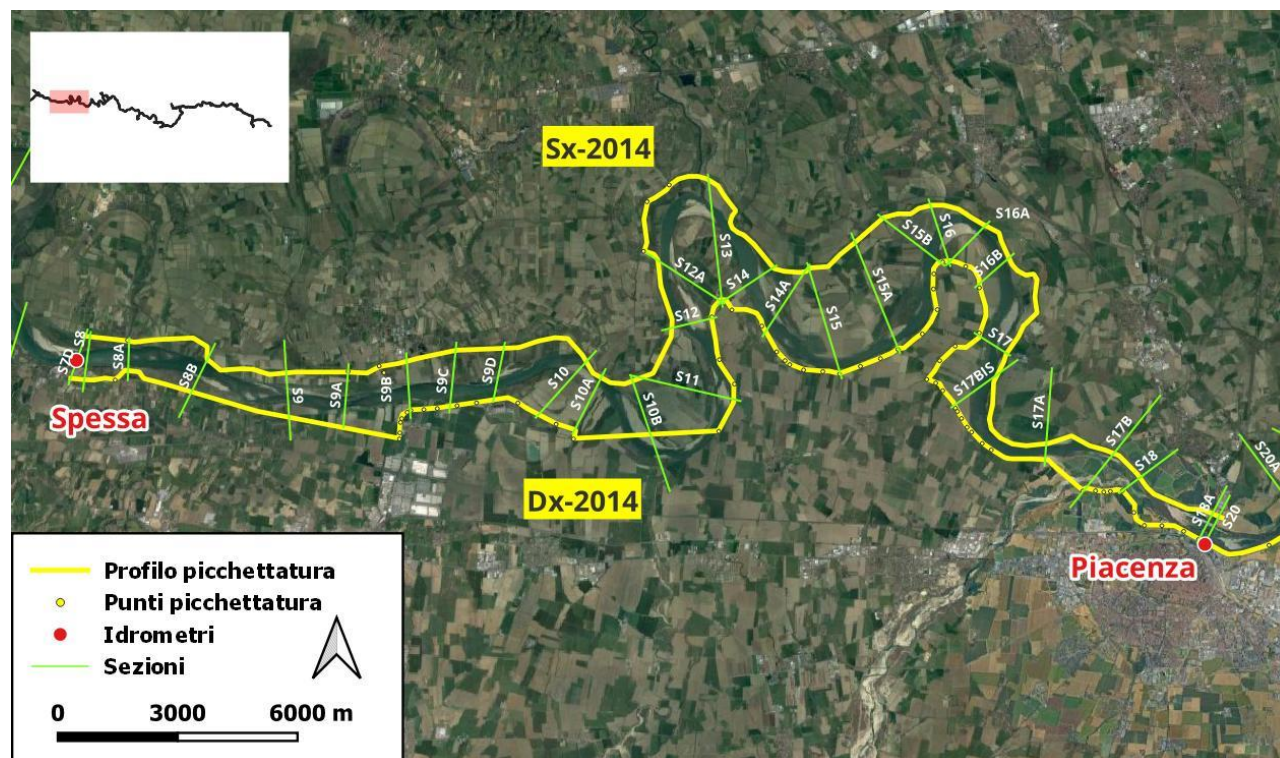


Figura 4.200 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l'evento di piena 2014 tra Spessa e Piacenza

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.179
			Relazione idraulica generale	

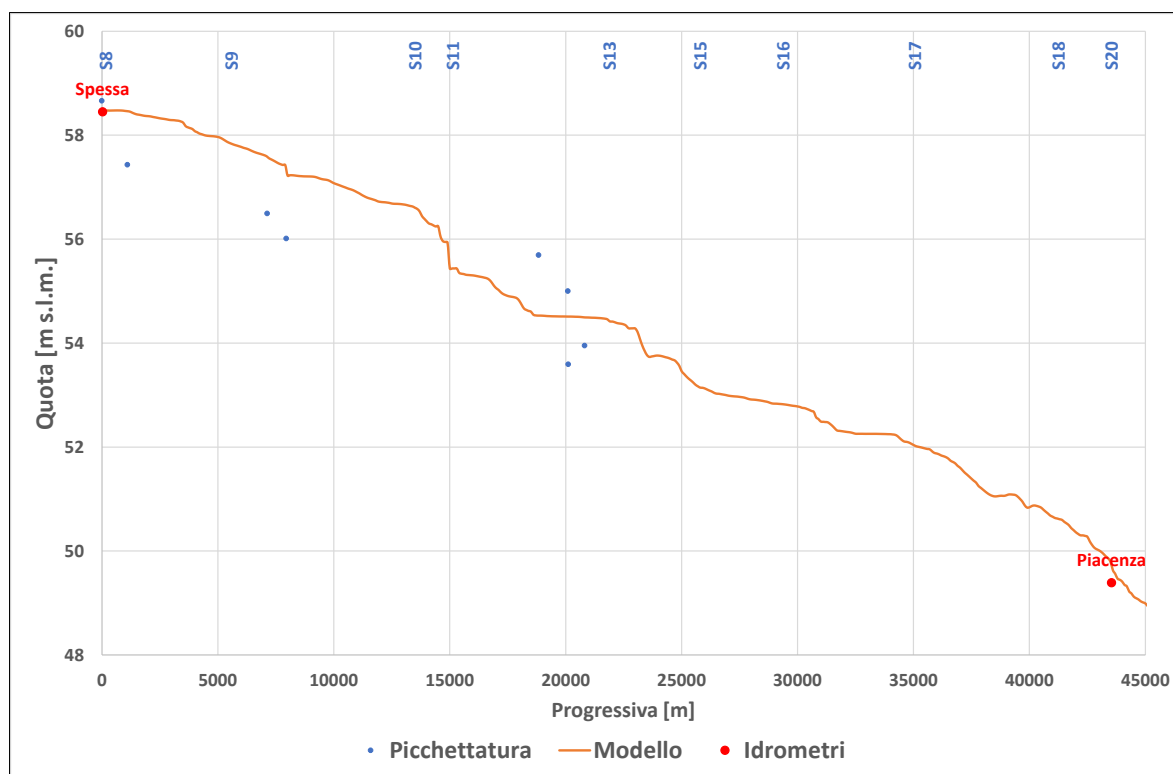


Figura 4.201 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2014, tra Spessa e Piacenza (sponda sinistra)

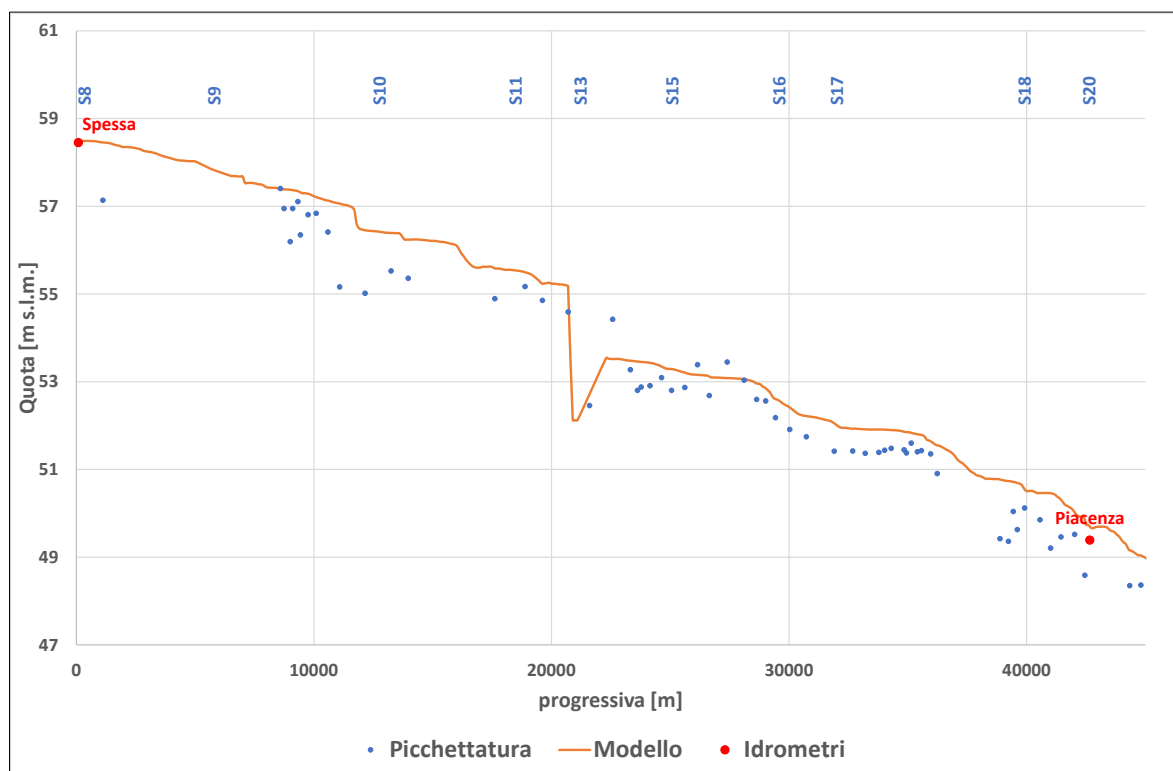


Figura 4.202 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2014, tra Spessa e Piacenza (sponda destra)

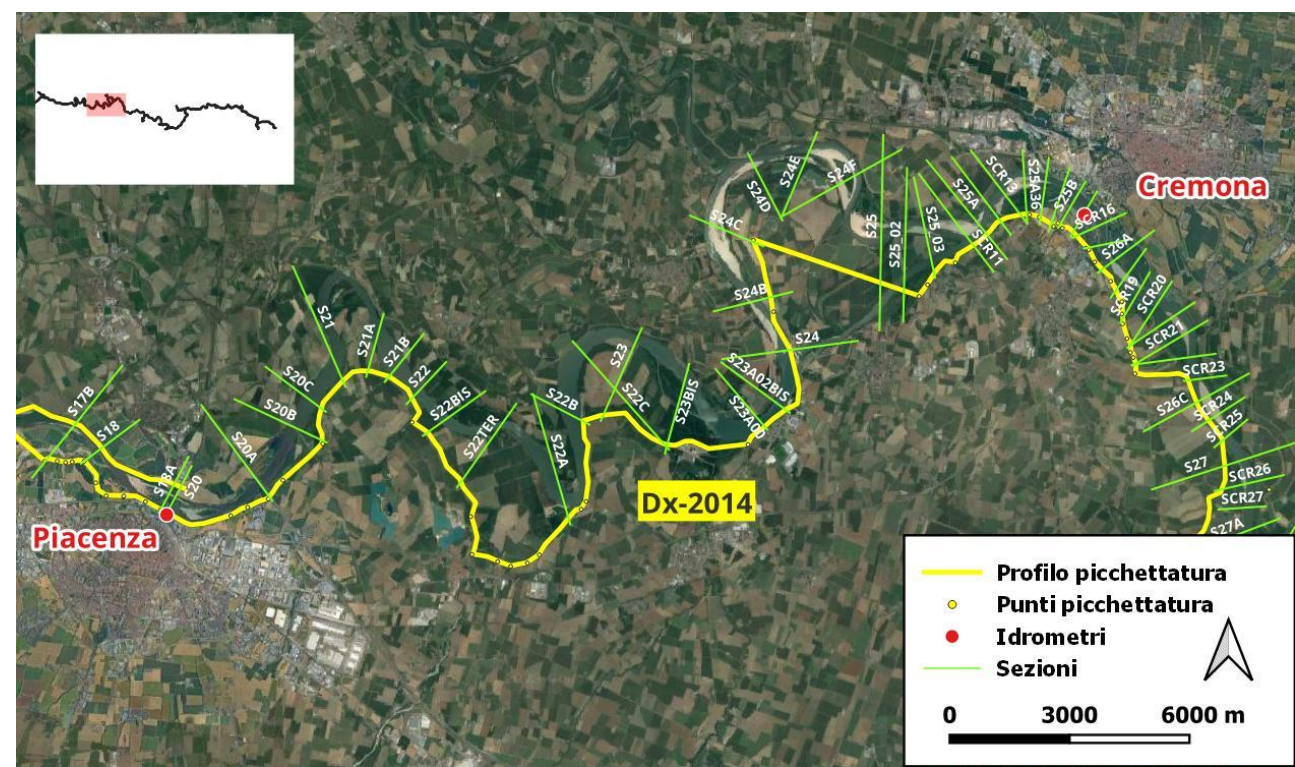


Figura 4.203 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l’evento di piena 2014 tra Piacenza e Cremona

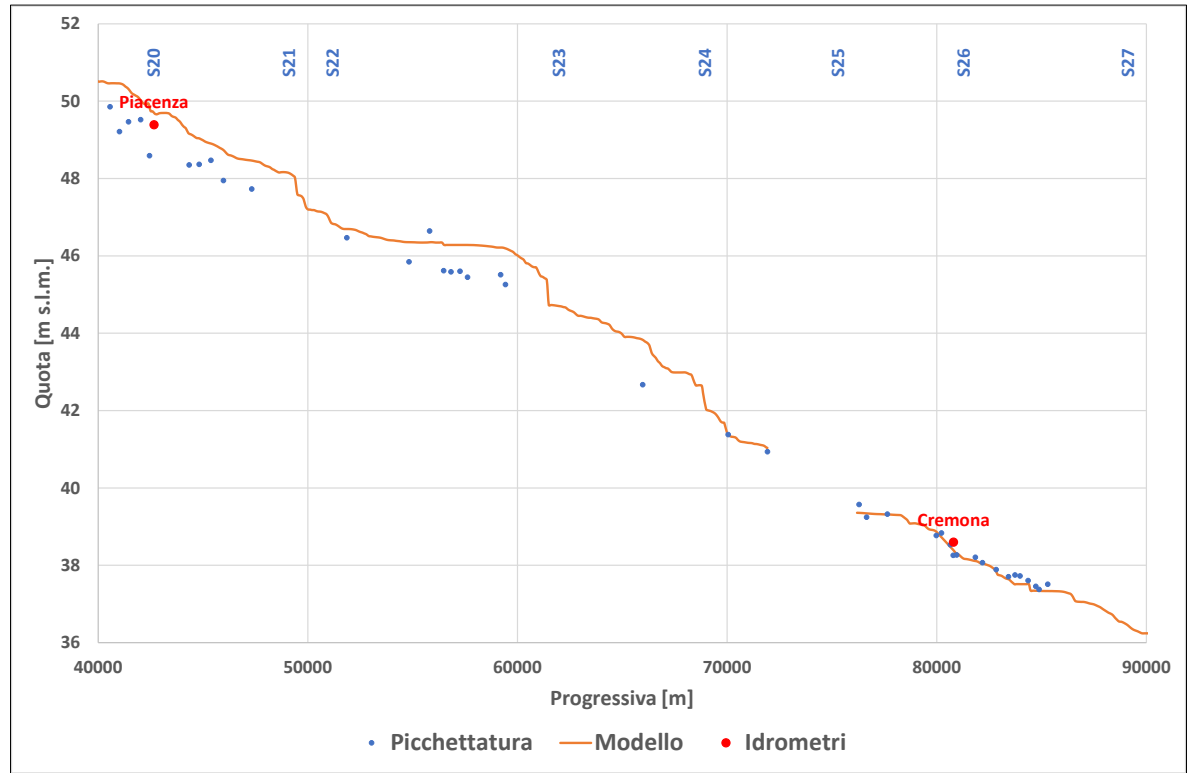


Figura 4.204 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2014, tra Piacenza e Cremona (sponda destra)

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.181
			Relazione idraulica generale	

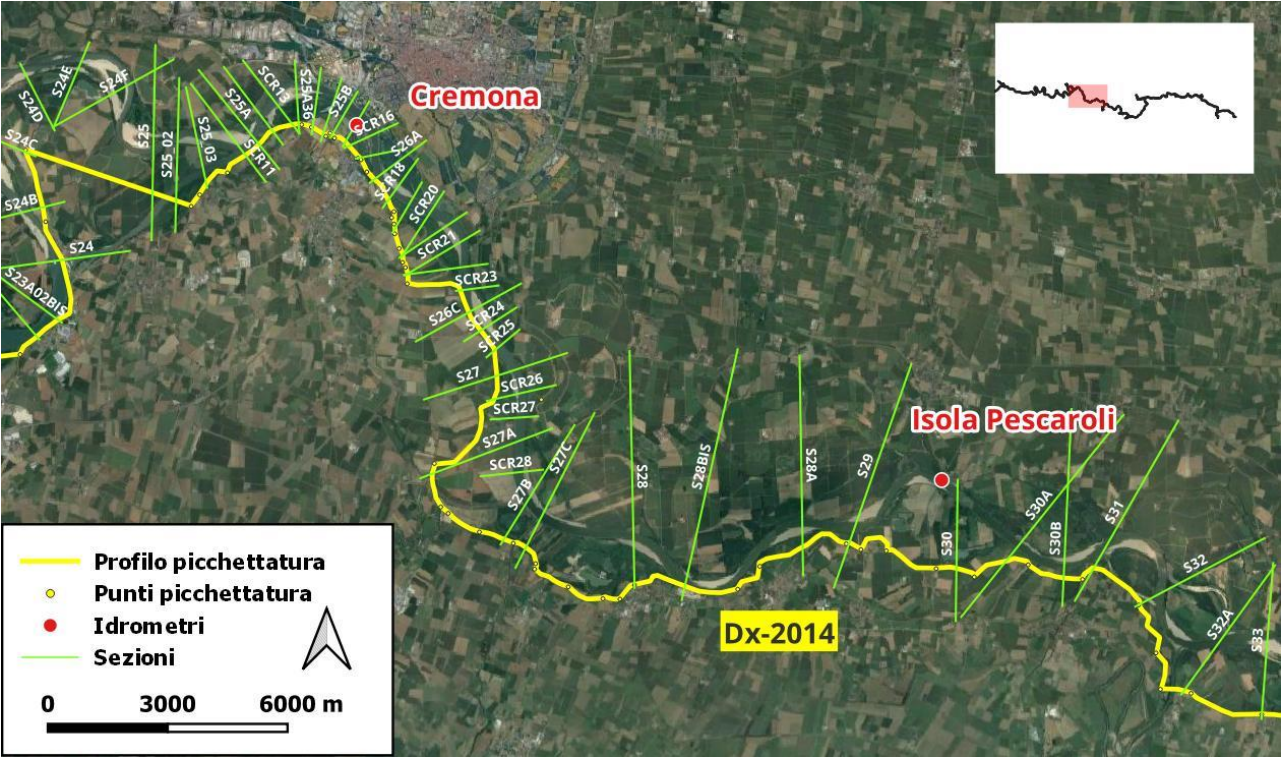


Figura 4.205 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l’evento di piena 2014 tra Cremona e Isola Pescaroli

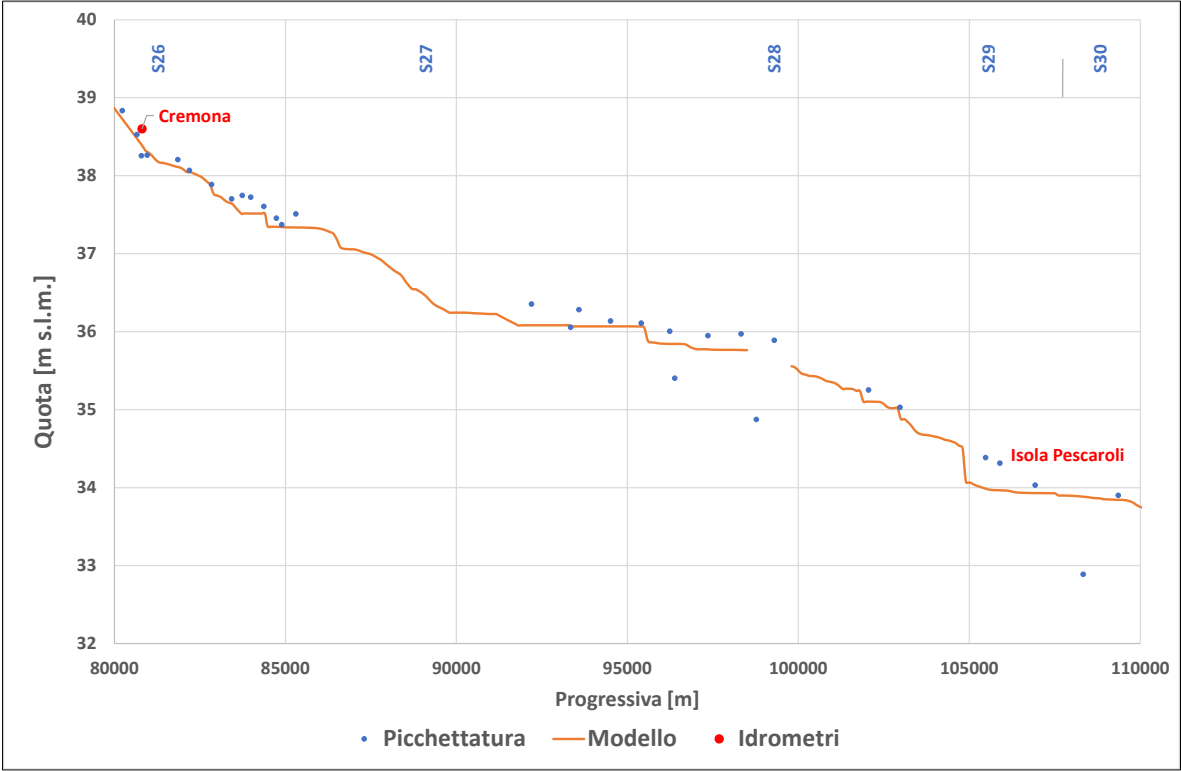


Figura 4.206 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2014, tra Cremona e Isola Pescaroli (sponda destra)

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.182
			Relazione idraulica generale	

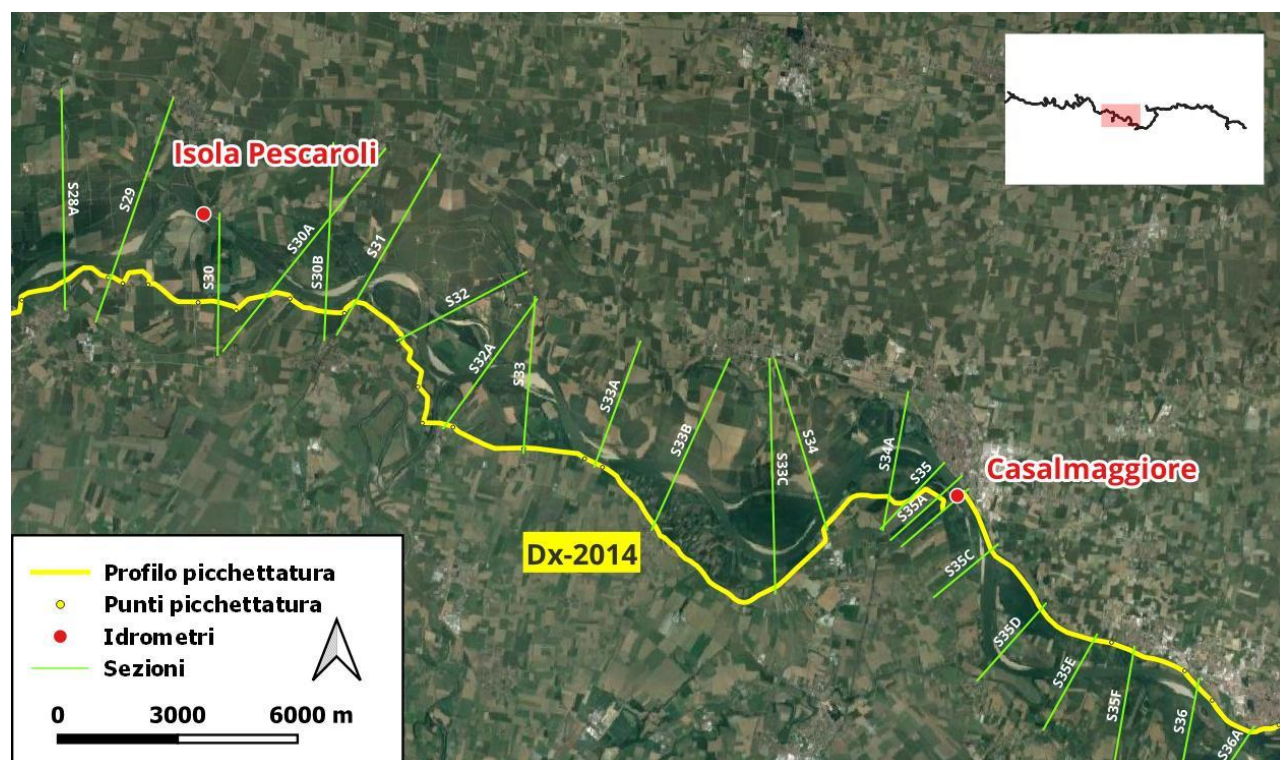


Figura 4.207 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l’evento di piena 2014 tra Isola Pescaroli e Casalmaggiore

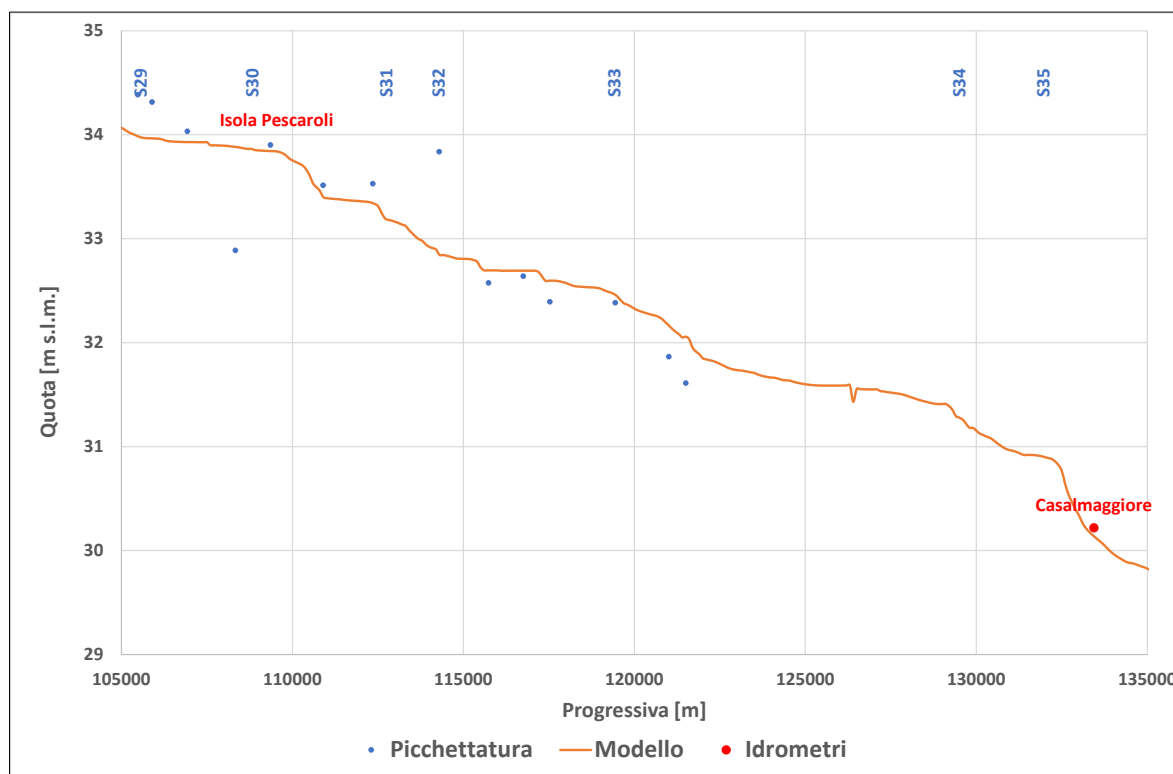


Figura 4.208 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2014, tra Isola Pescaroli e Casalmaggiore (sponda destra)

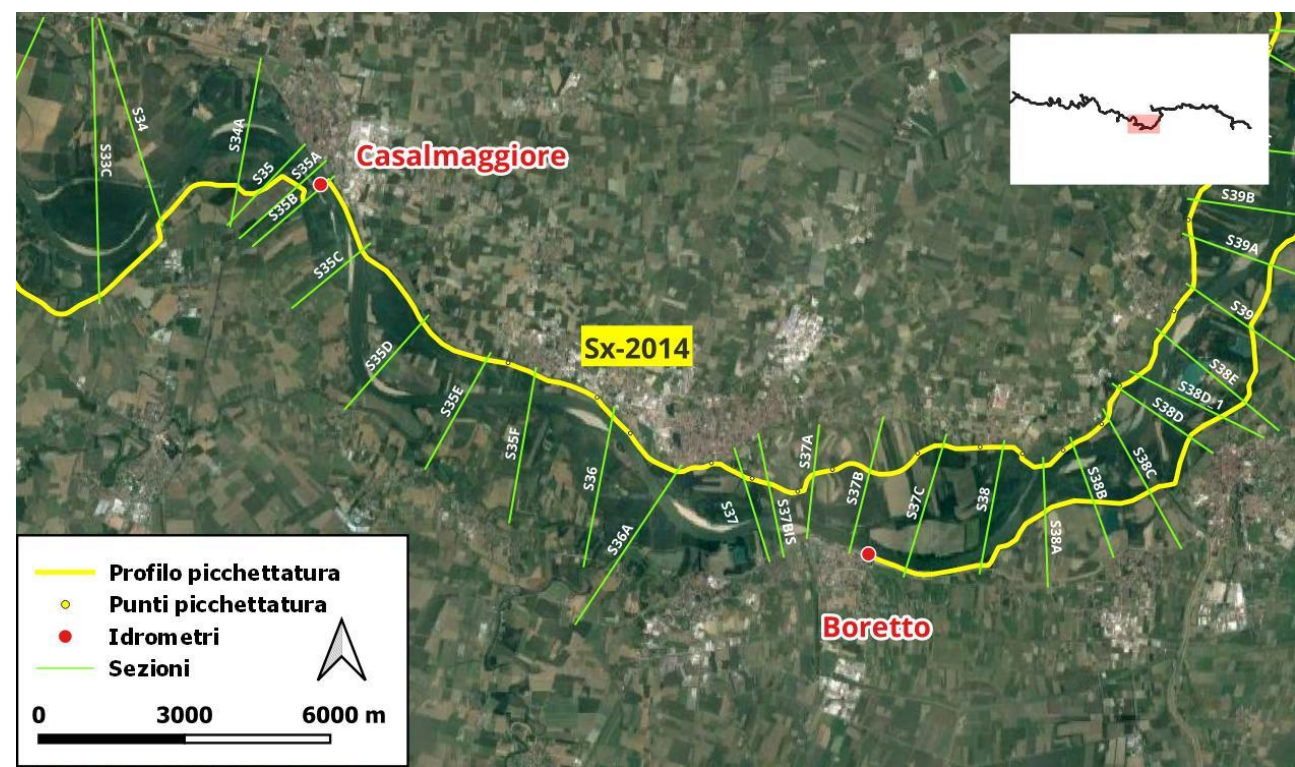


Figura 4.209 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l’evento di piena 2014 tra Casalmaggiore e Boretto

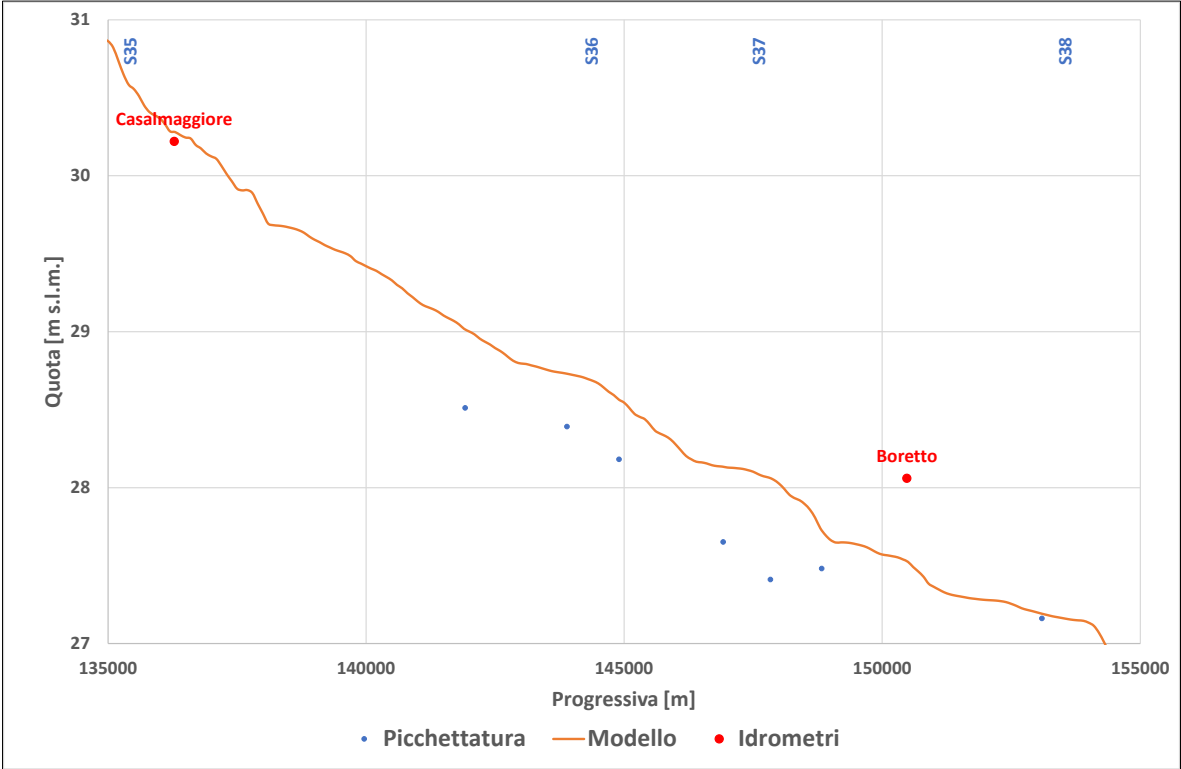


Figura 4.210 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2014, tra Casalmaggiore e Boretto (sponda sinistra)

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.184
			Relazione idraulica generale	

4.6.9. Confronto picchettamento piena 2016

Per la piena 2016 il picchettamento è stato effettuato dalla confluenza del Lambro a Isola Serafini nella sponda Lombarda, Figura 4.211.

Si ha un'ottima congruenza tra i livelli calcolati dal modello e quelli stimati dalle tracce di piena fino a Piacenza. A valle dell'idrometro si ha una sovrastima fino all'inizio del meandro (sezione S20C). Il meandro è ben rappresentato ma a valle il modello torna a sovrastimare.

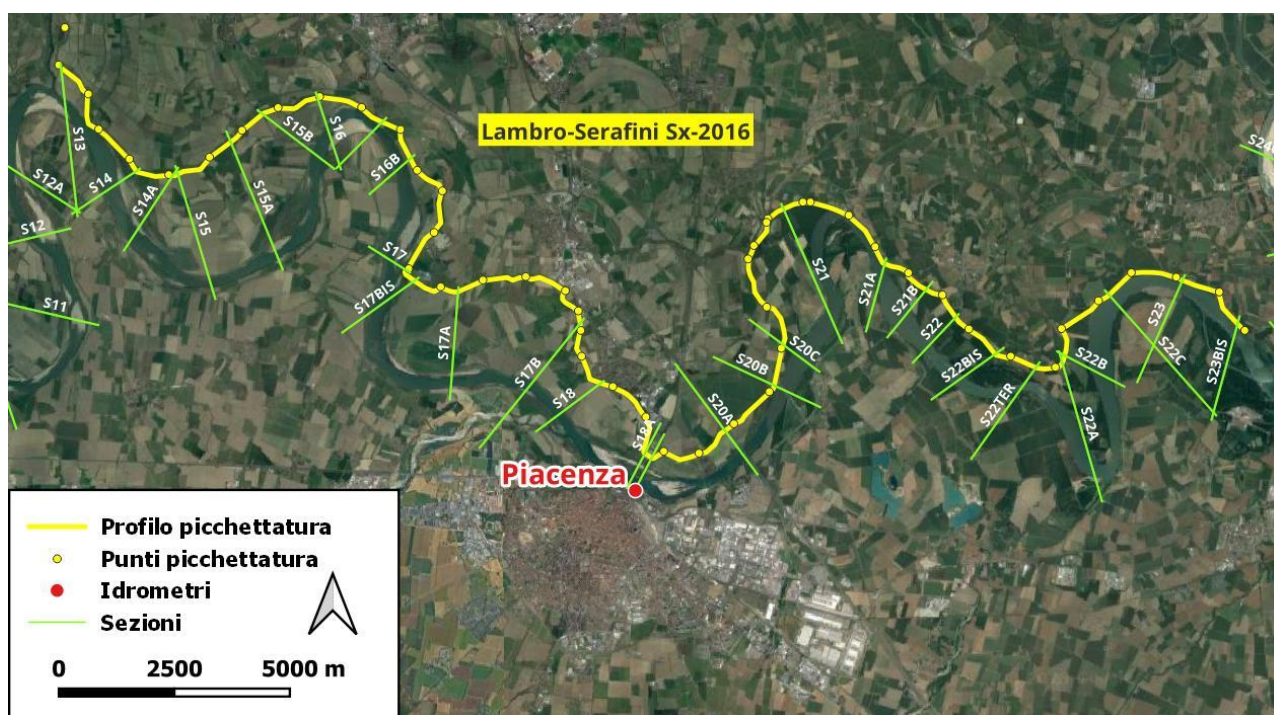


Figura 4.211 – Individuazione del tracciato del profilo di picchettatura per l'evento di piena 2016 tra confluenza Lambro e Isola Serafini

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.185
			Relazione idraulica generale	

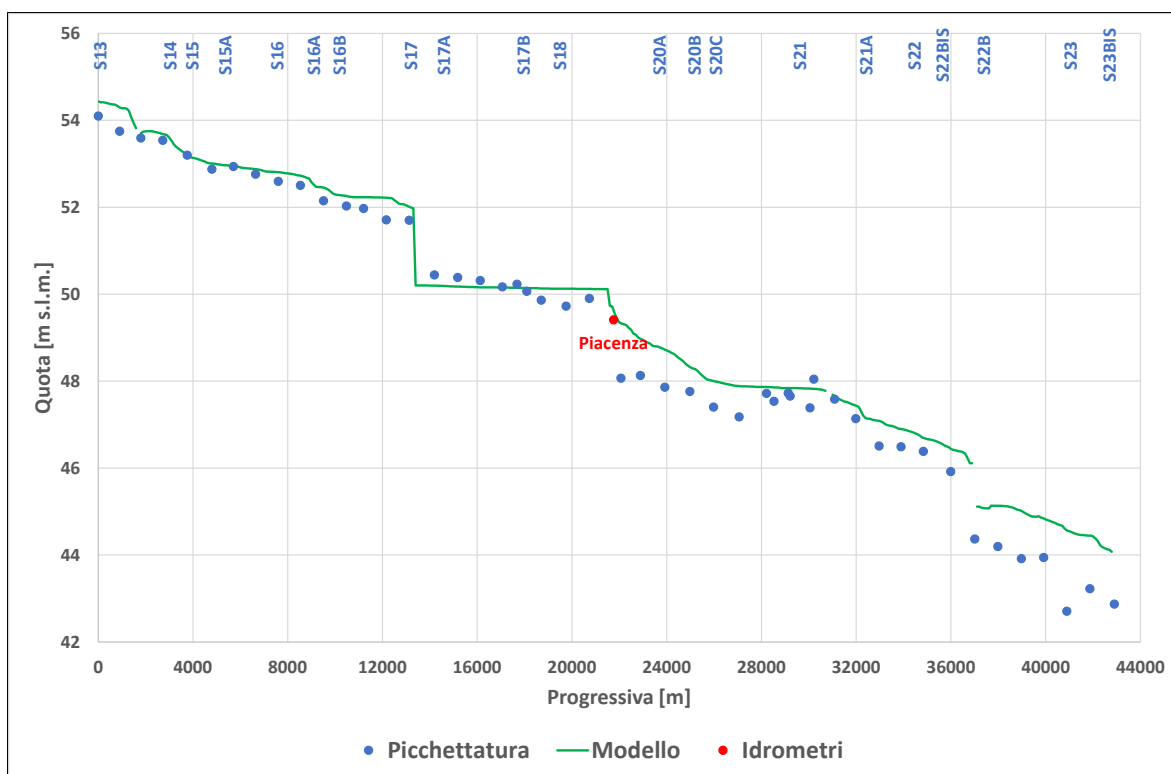


Figura 4.212 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2016, tra Lambro e Isola Serafini (sponda sinistra)

4.6.10. Confronto picchettamento piena 2019

Per la piena 2019 il picchettamento è stato effettuato da Spessa fino al delta. Nelle figure seguenti sono riportati i tratti fino a Boretto, i tratti da Boretto a Pontelagoscuro sono riportati nel paragrafo 4.7.8.

Nel tratto Spessa-Piacenza si ha una buona corrispondenza tra i risultati del modello e le tracce di piena, sia in sinistra che destra idraulica. Le tracce di piena presentano forti fluttuazioni ma l'andamento complessivo è comunque quello riprodotto dal modello (Figura 4.214 e Figura 4.215).

Nel tratto Piacenza-Cremona i livelli calcolati sembrano sovrastimare quelli individuati post piena, si ha una buona rappresentazione nel tratto immediatamente a valle di Piacenza, soprattutto in destra. Nel tratto più a valle, tra le sezioni S21 e S24 si ha invece una sovrastima anche superiore a 1 m, ma, soprattutto in destra, i livelli calcolati sono in linea con le tracce a quota maggiore (Figura 4.217 e Figura 4.218).

Nel tratto Cremona-Isola Pescaroli le tracce di piena sono ben rappresentate dai risultati del modello. In sinistra idraulica (Figura 4.220) il modello tende ad una sovrastima (inferiore ai 50 cm) nel tratto tra le sezioni S27 e S28, ma rispetto ai valori maggiori stimati l'errore è dell'ordine dei +10 cm. In destra idraulica (Figura 4.221) si ha una buona corrispondenza in tutto il tratto.

Nel tratto Isola Pescaroli-Casalmaggiore si ha una buona rappresentazione nel tratto a valle dell'idrometro di Isola Pescaroli. A valle della sezione S32 si ha una costante sovrastima, circa 50 cm, lungo l'argine sinistro (Figura 4.223), mentre il modello fitta bene le tracce a quota maggiore lungo

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.186
			Relazione idraulica generale	

l'argine destro (Figura 4.224).

Nel tratto Casalmaggiore-Boretto il modello rappresenta meglio le tracce rilevate lungo l'argine sinistro (Figura 4.226), le tracce stimate in destra hanno un andamento molto simile a quello calcolato dal modello, ma i livelli calcolati sovrastimano di circa 40 cm le tracce in tutto il tratto.

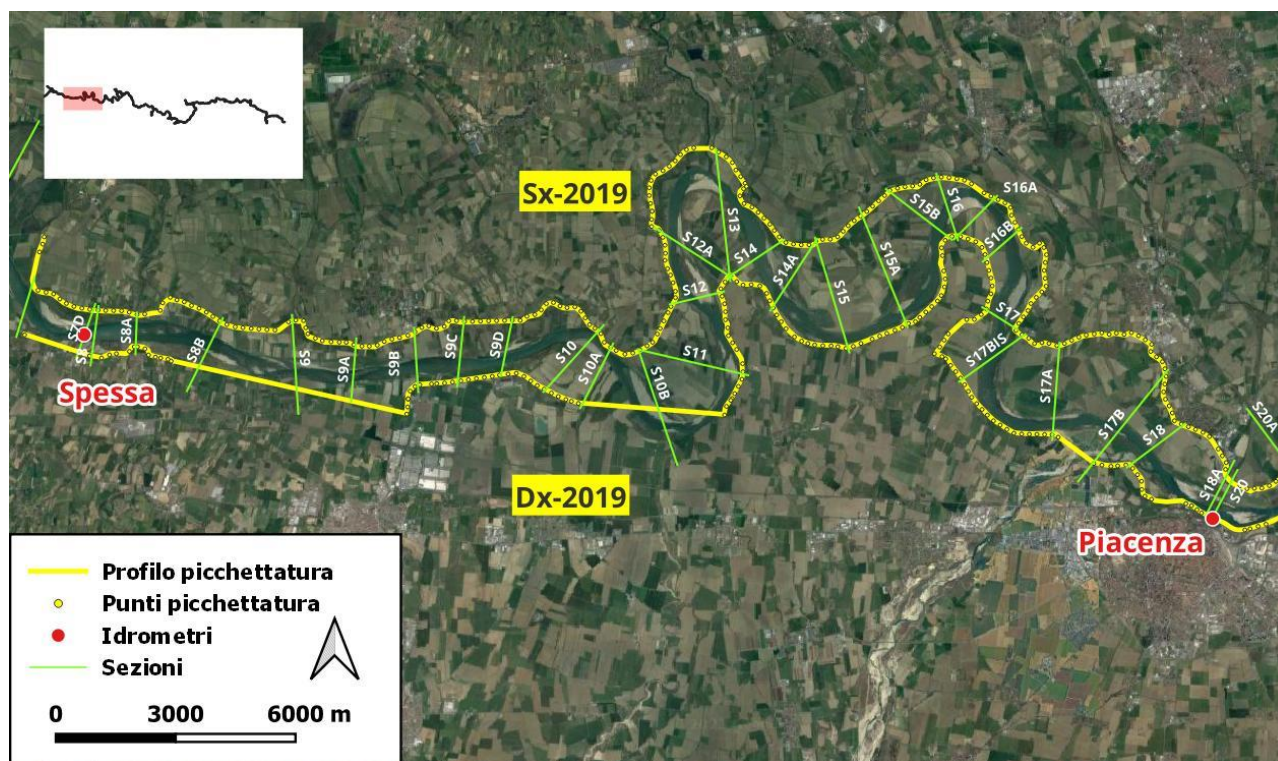


Figura 4.213 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l'evento di piena 2019 tra Spessa e Piacenza

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.187
			Relazione idraulica generale	

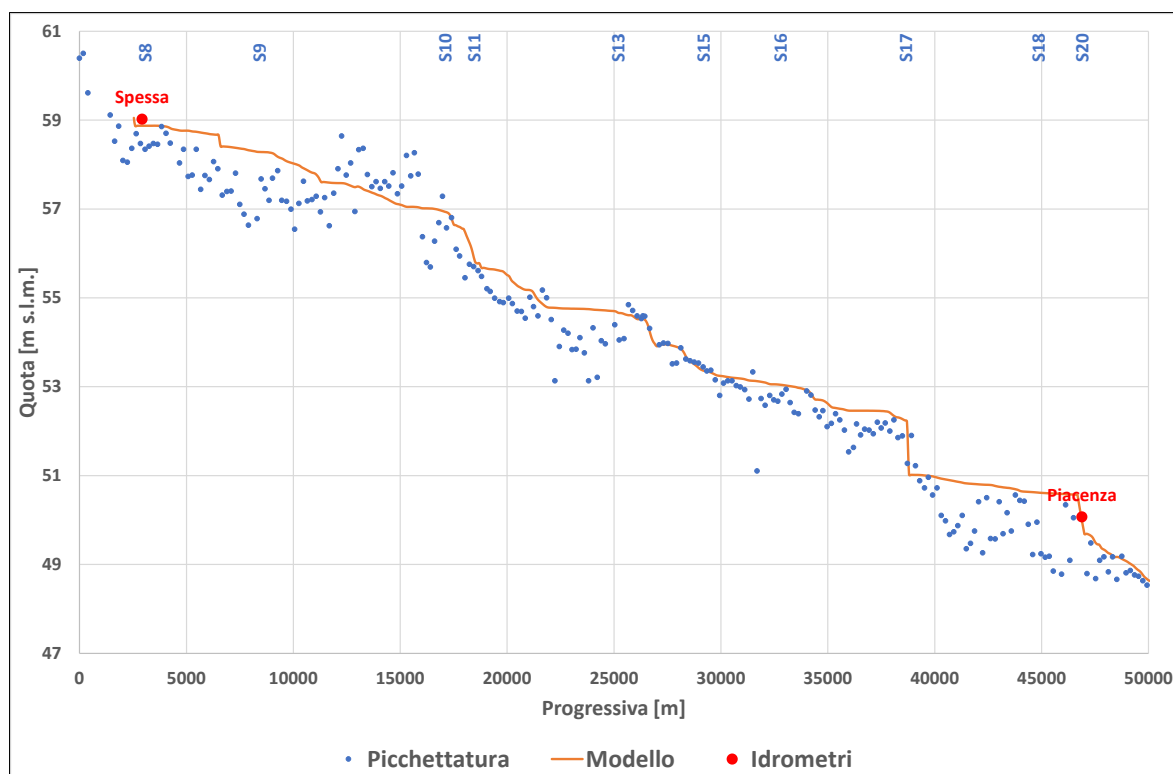


Figura 4.214 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Spessa e Piacenza (sponda sinistra)

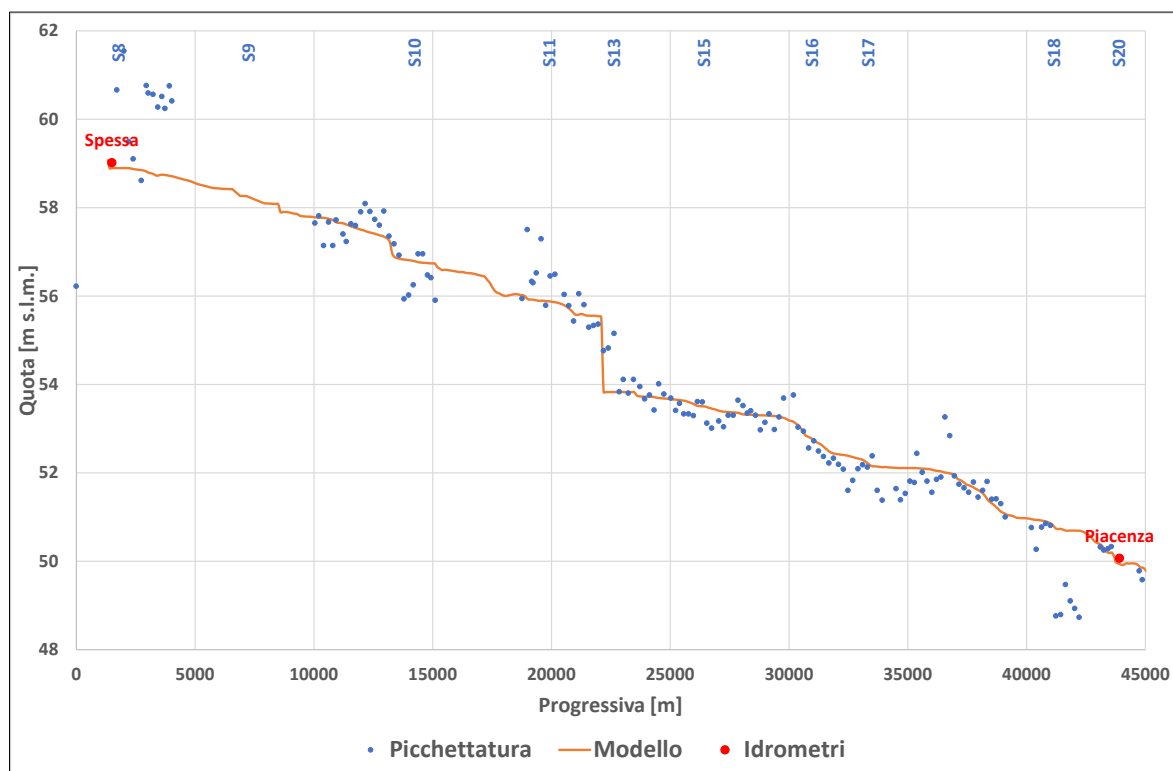


Figura 4.215 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Spessa e Piacenza (sponda destra)

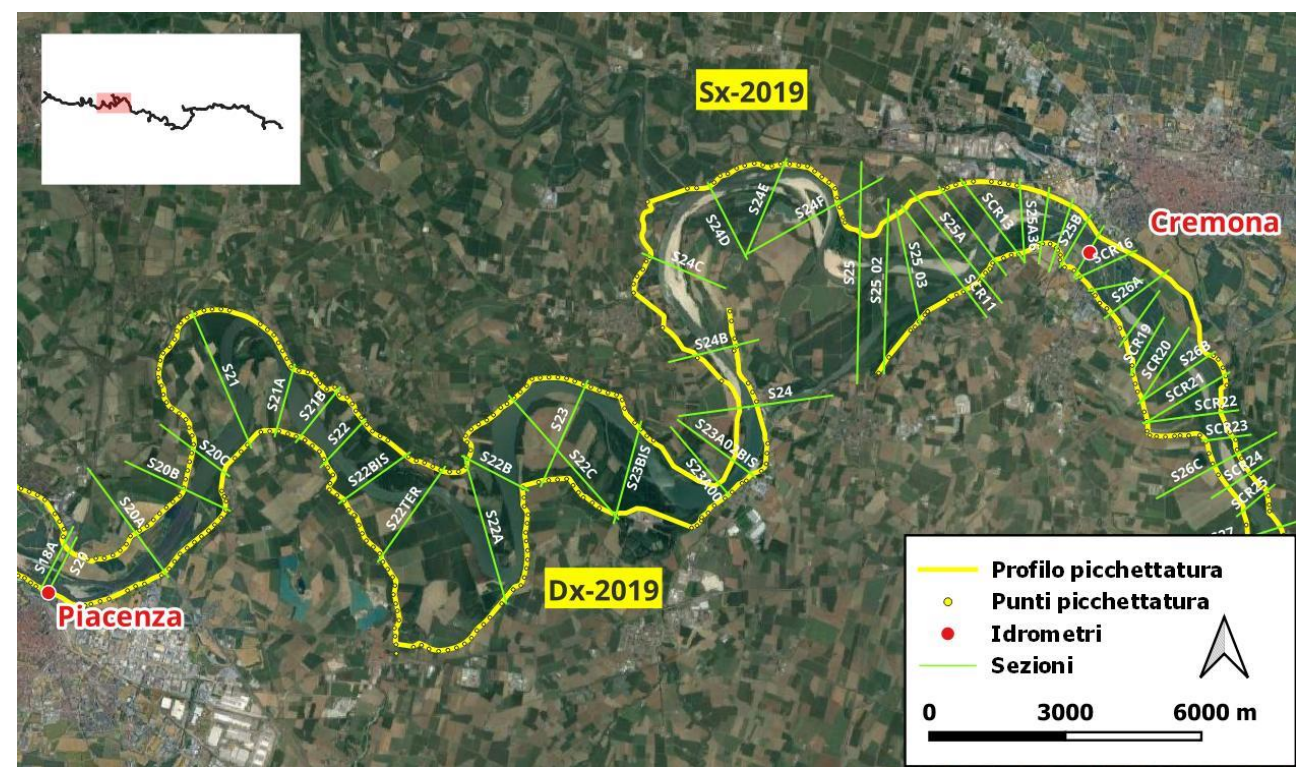


Figura 4.216 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l’evento di piena 2019 tra Piacenza e Cremona

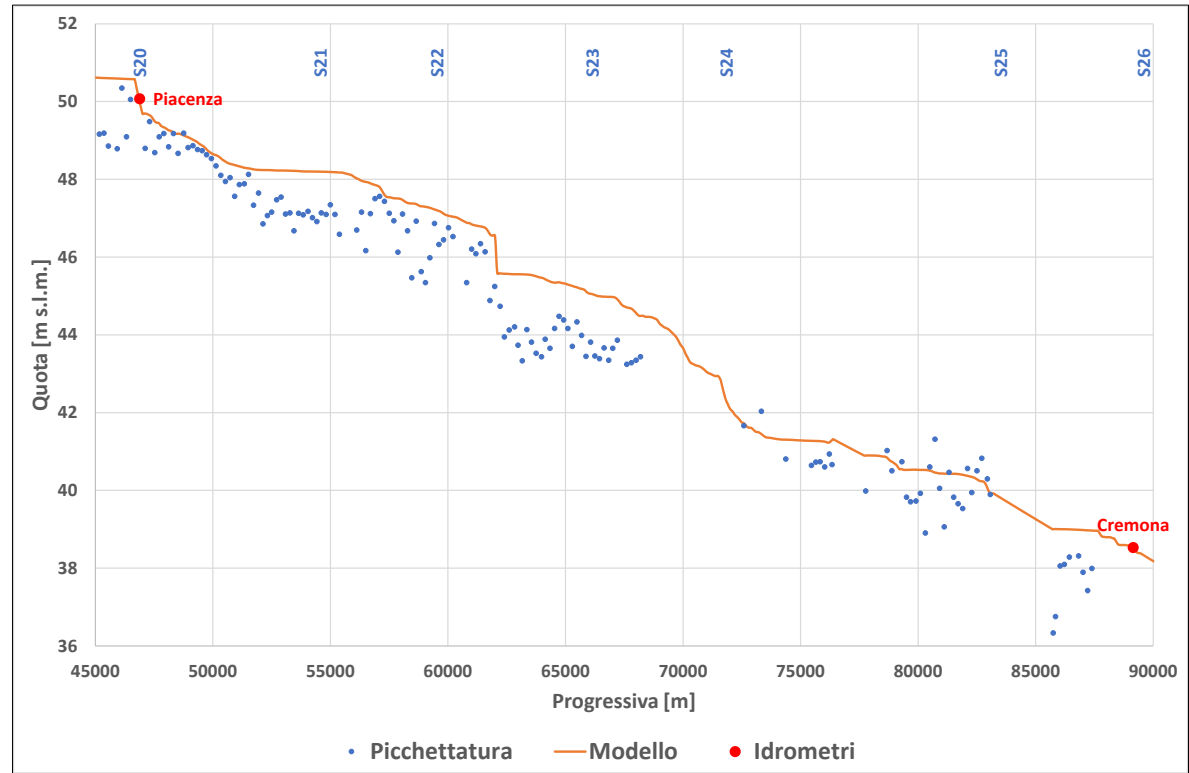


Figura 4.217 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Piacenza e Cremona (sponda sinistra)

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.189
			Relazione idraulica generale	

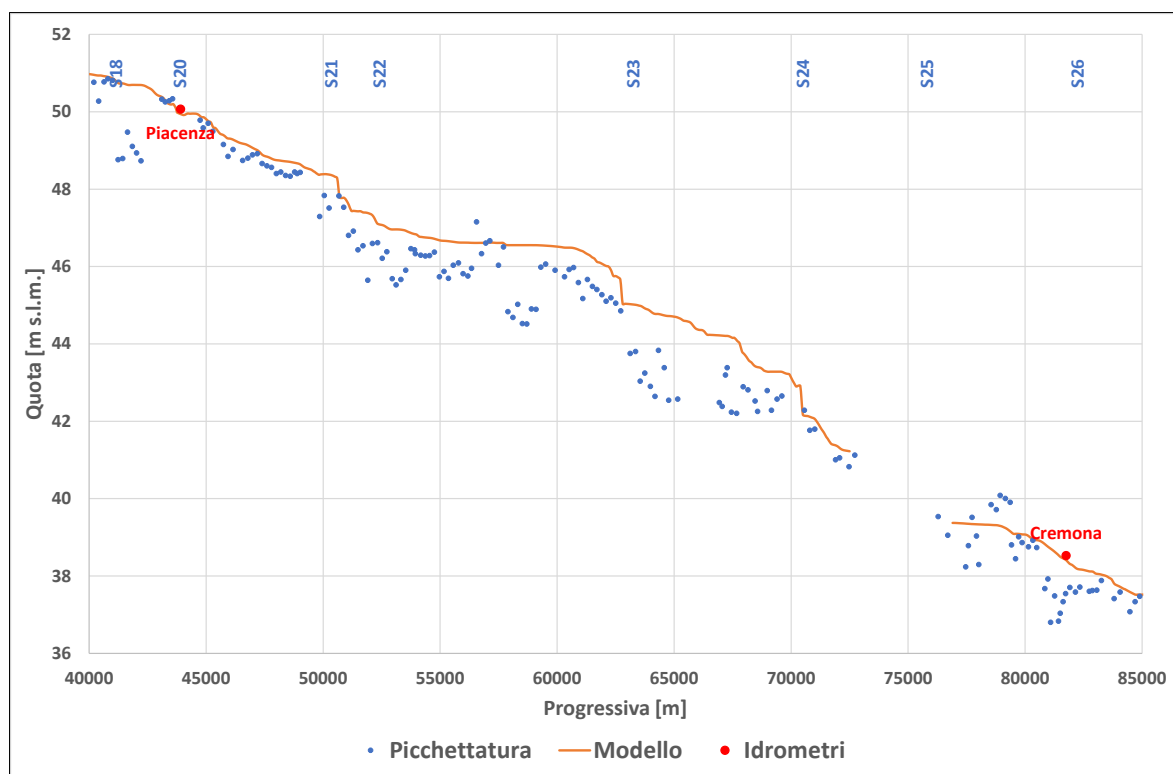


Figura 4.218 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Piacenza e Cremona (sponda destra)

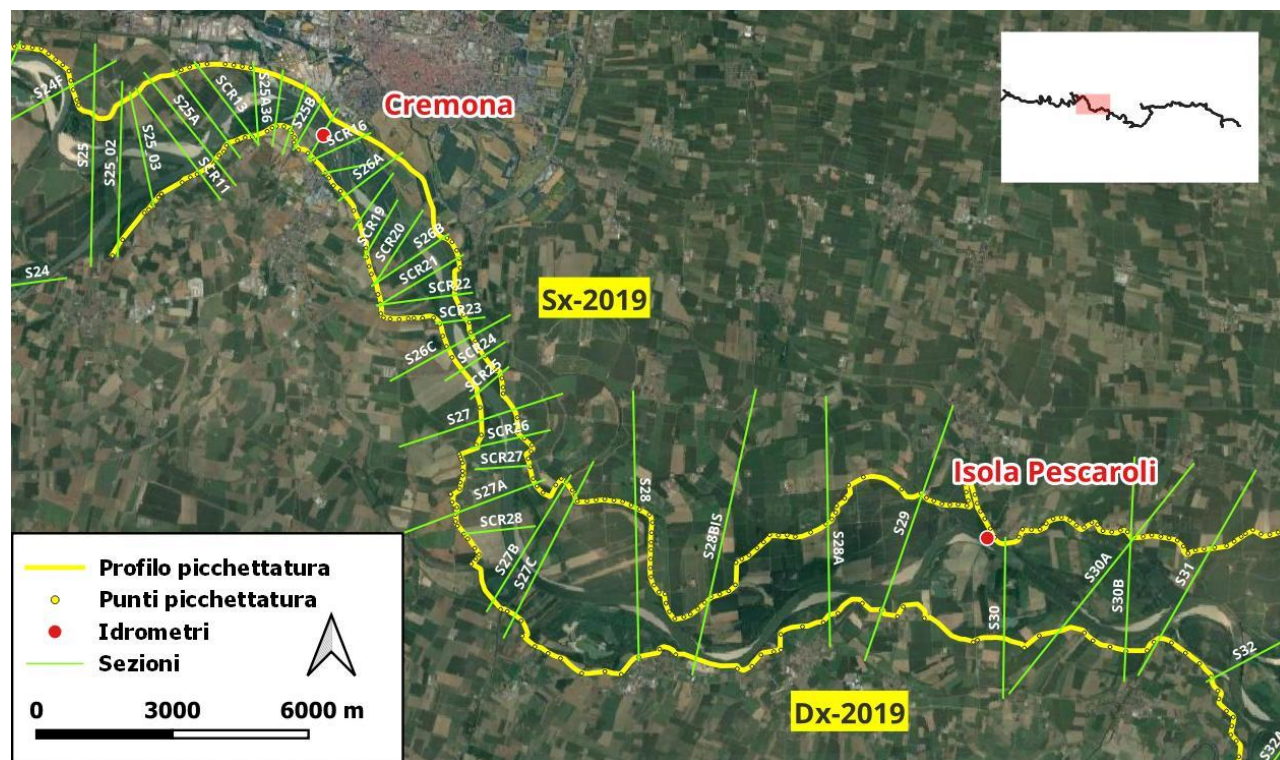


Figura 4.219 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l'evento di piena 2014 tra Cremona e Isola Pescaroli

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.190
			Relazione idraulica generale	

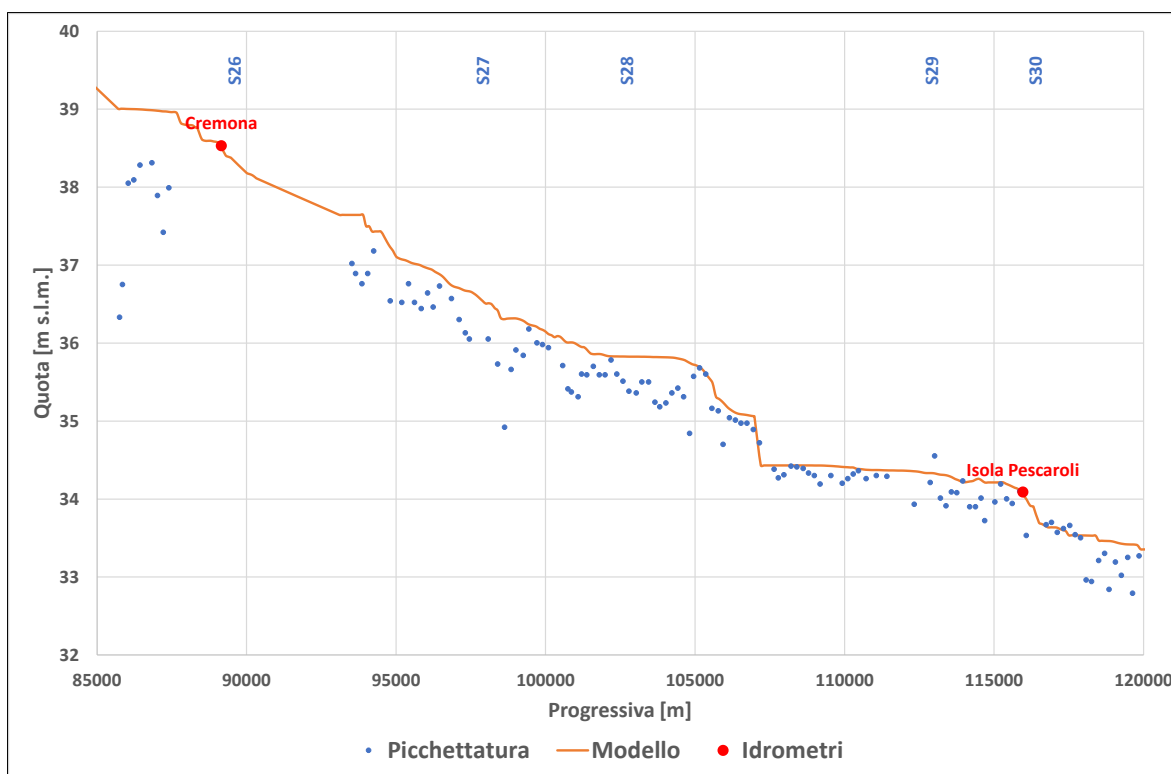


Figura 4.220 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Cremona e Isola Pescaroli (sponda sinistra)

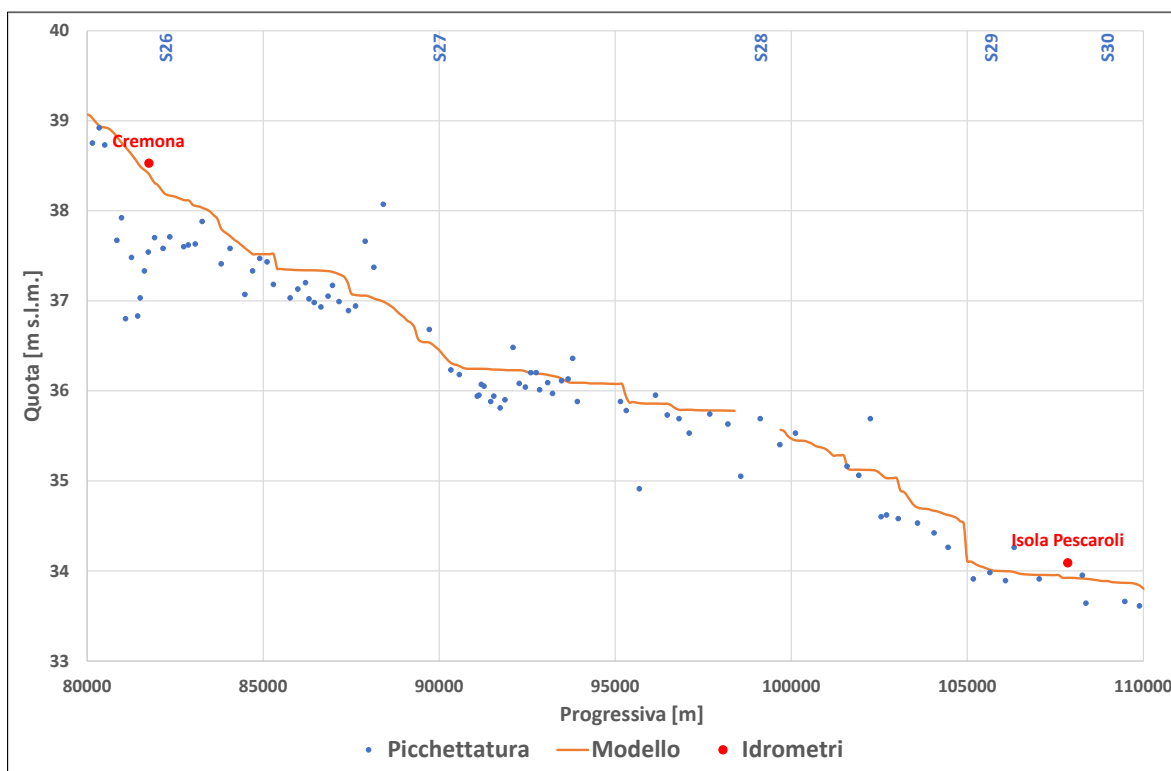


Figura 4.221 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Cremona e Isola Pescaroli (sponda destra)

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.191
			Relazione idraulica generale	

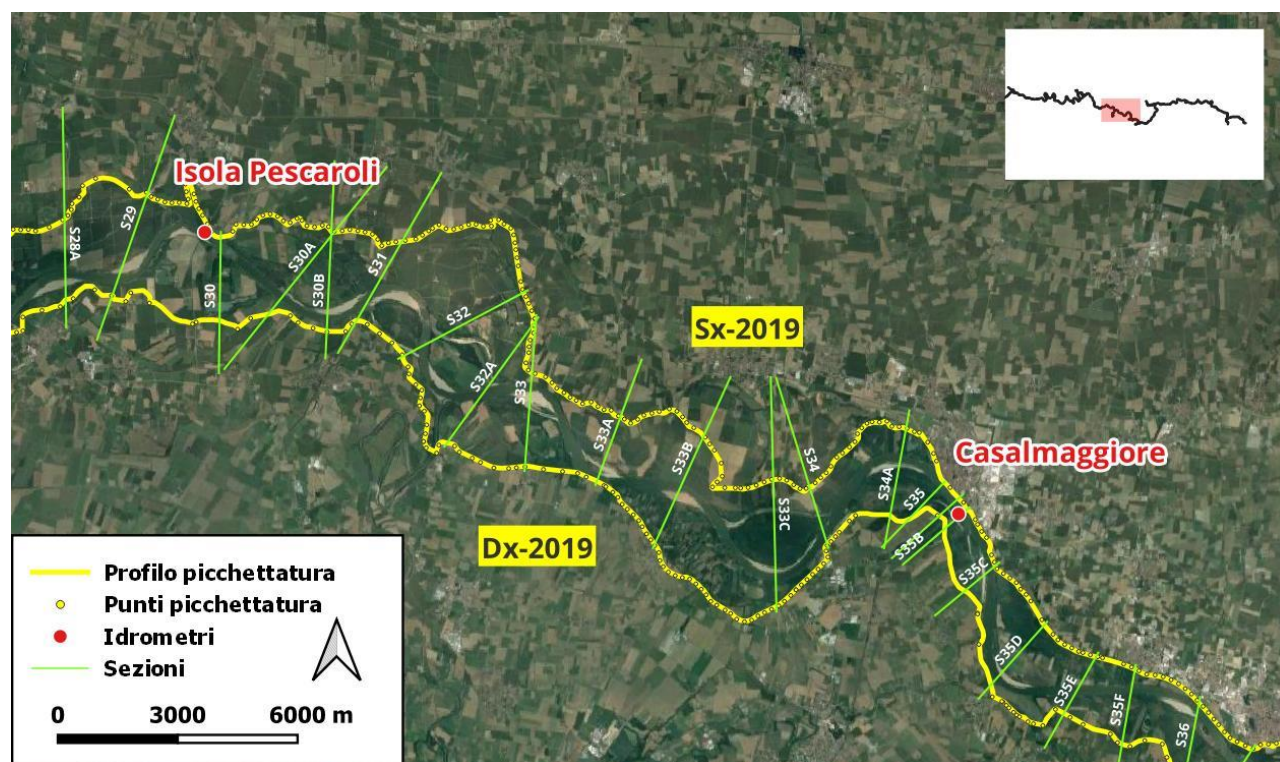


Figura 4.222 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l’evento di piena 2014 tra Isola Pescaroli e Casalmaggiore

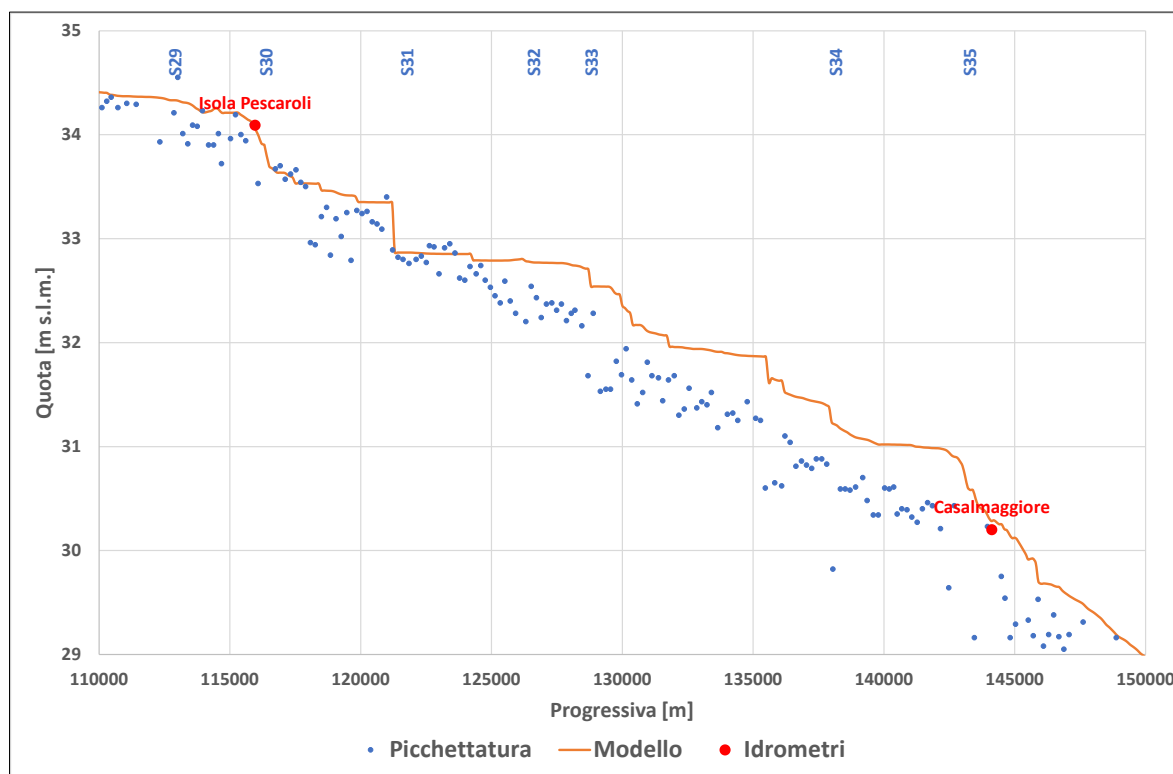


Figura 4.223 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Isola Pescaroli e Casalmaggiore (sponda sinistra)

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.192
			Relazione idraulica generale	

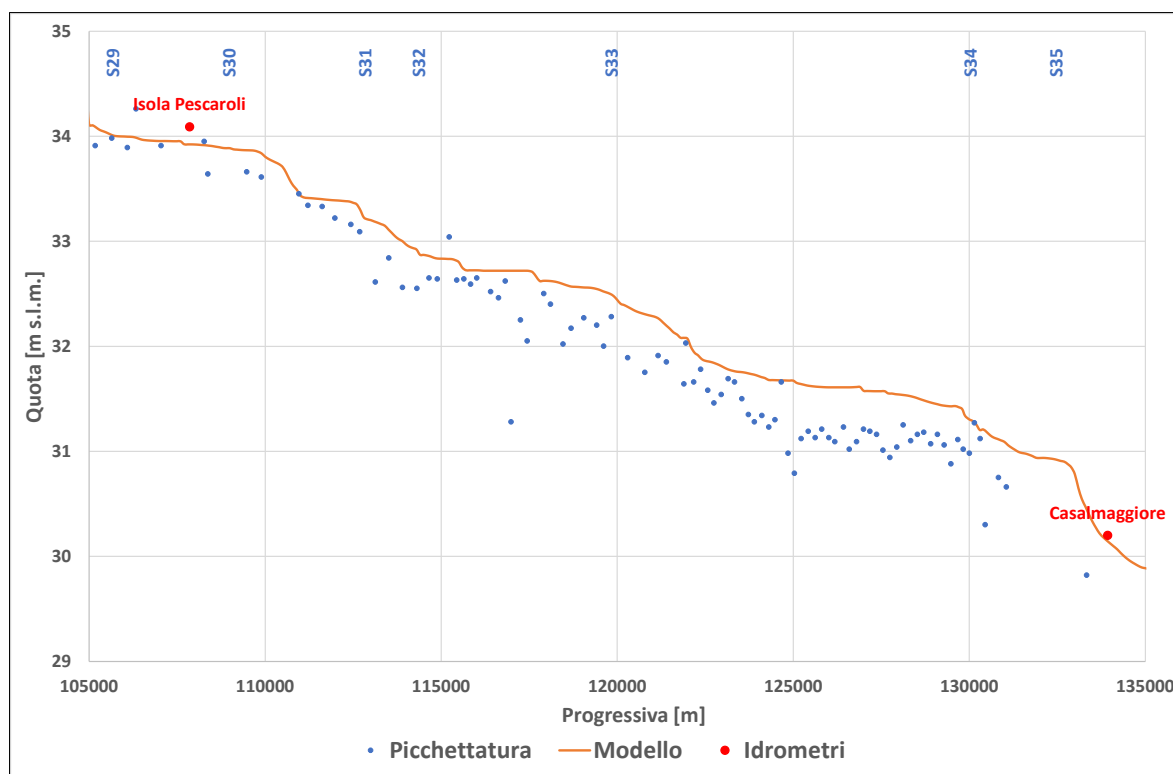


Figura 4.224 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Isola Pescaroli e Casalmaggiore (sponda destra)

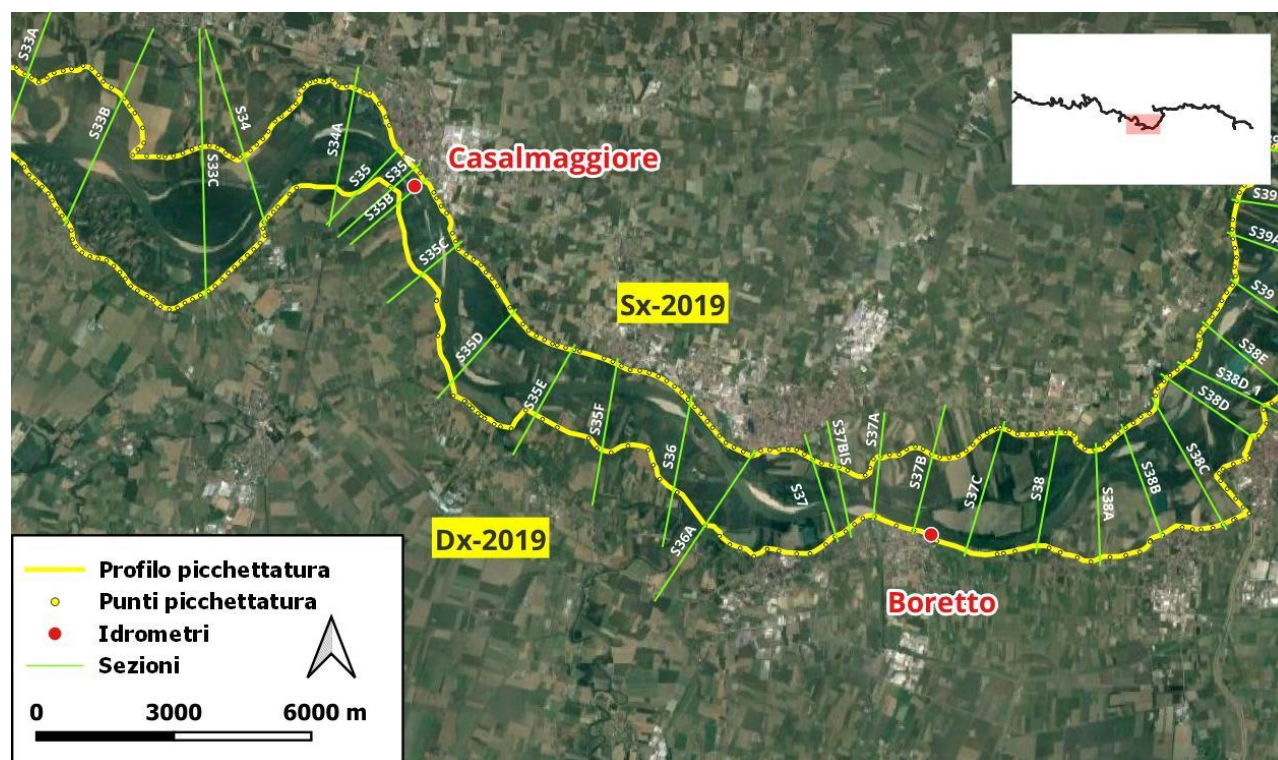


Figura 4.225 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l'evento di piena 2014 tra Casalmaggiore e Boretto

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.193
			Relazione idraulica generale	

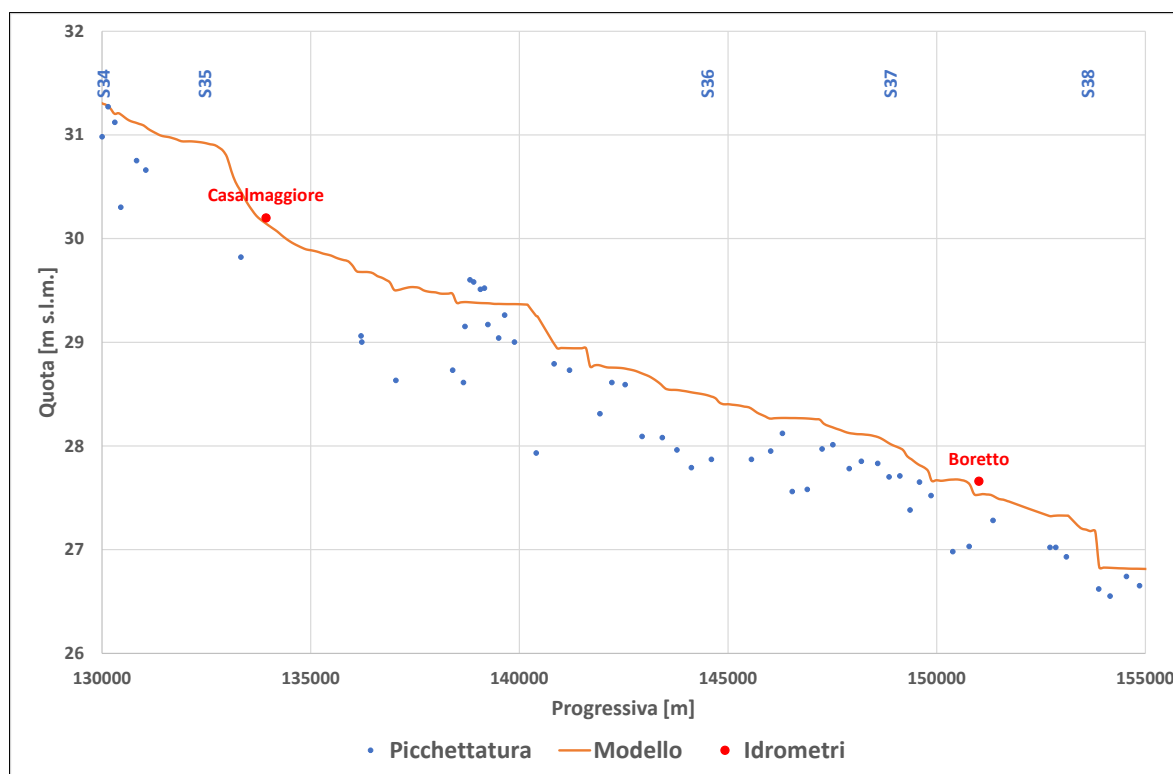


Figura 4.226 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Isola Pescaroli e Casalmaggiore (sponda sinistra)

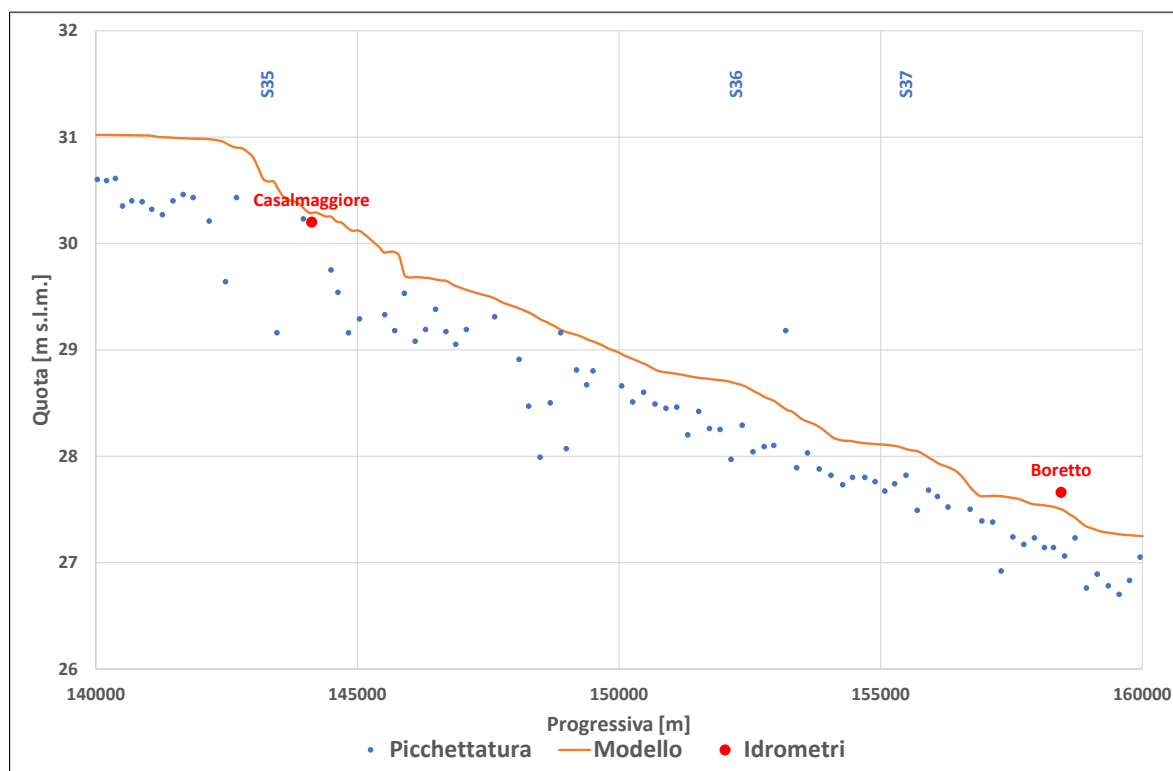


Figura 4.227 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Isola Pescaroli e Casalmaggiore (sponda destra)

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.194
			Relazione idraulica generale	

4.7. Tratto Boretto – Pontelagoscuro

Nel tratto considerato sono presenti gli idrometri di:

- Boretto
- Borgoforte
- Revere (solo livelli)
- Sermide
- Ficarolo
- Pontelagoscuro

Gli affluenti nel tratto sono:

- Oglio
- Secchia
- Panaro

Come input è stato considerato l'idrogramma a Boretto ottenuto dalla simulazione del tratto precedente e gli affluenti come descritto nel capitolo 4, ad eccezione dell'evento di piena del 2016 per il quale si è utilizzato l'idrogramma a Boretto fornito da ARPA visto che il modello non riesce a riprodurre in modo soddisfacente l'evento sovrastimando notevolmente il colmo. Per l'evento 2019 è stato considerato sia l'idrogramma ottenuto dalla simulazione del tratto precedente che quello definito da ARPA per valutarne le differenze.

Per questo tratto sono state definite due diverse schematizzazioni. La prima schematizza con modello 2D il tratto fino a Pontelagoscuro ed il tratto terminale fino al delta incluso con modellazione 1D. Nella seconda lo schema 2D si ferma a Revere ed il restante tratto è simulato in monodimensionale. I tratti in monodimensionale sono stati estratti dal modello 1D sviluppato per FEWS. Nei tratti 1D RAS consente di variare la scabrezza con la portata consentendo migliori risultati. Studi recenti³ hanno confermato un'anomalia sulla scala di deflusso a Pontelagoscuro che era già stata evidenziata dal Canali nell'Annale Idrologico del 1956. Le simulazioni con lo schema 2D fino a Pontelagoscuro hanno evidenziato come i livelli a Revere, Sermide e Ficarolo siano costantemente sovrastimati nelle fasi di colmo e pertanto è stata adottata anche in questo tratto la variazione della scabrezza con la portata, che però è consentita solamente nella modellazione 1D, questo il motivo che ha portato alla definizione della seconda schematizzazione.

4.7.1. Idrometro di Boretto

I livelli all'idrometro di Boretto sono quelli riportati nel paragrafo 4.6.6 avendo utilizzato come input le portate definite dal modello di monte. Qui si riportano solo i livelli relativi alle piene 2016 e 2019

³ F. Baldasso, D. Tognin, T. Lazzarin; D. P. Viero La capacità di deflusso del Po a valle di Pontelagoscuro. Analisi numerica degli effetti legati alla mobilità del fondo. L'AQUA 4/2023 pagg. 87-98

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.195
			Relazione idraulica generale	

per le quali è stato considerato come input l'idrogramma definito da ARPA.

Per l'evento 2016 (Figura 4.228) il modello sovrastima leggermente l'idrogramma ma il valore al colmo è sottostimato di circa 15 cm.

Utilizzando come input l'idrogramma stimato da ARPA all'idrometro di Boretto per l'evento 2019 si ha una sostanziale sovrastima del volume soprattutto nella fase calante, Figura 4.229 (cfr. Figura 4.194), legata alla sovrastima che la scala di deflusso monotona produce a causa del cappio di piena. Il valore al colmo risulta sottostimato di circa 20 cm.

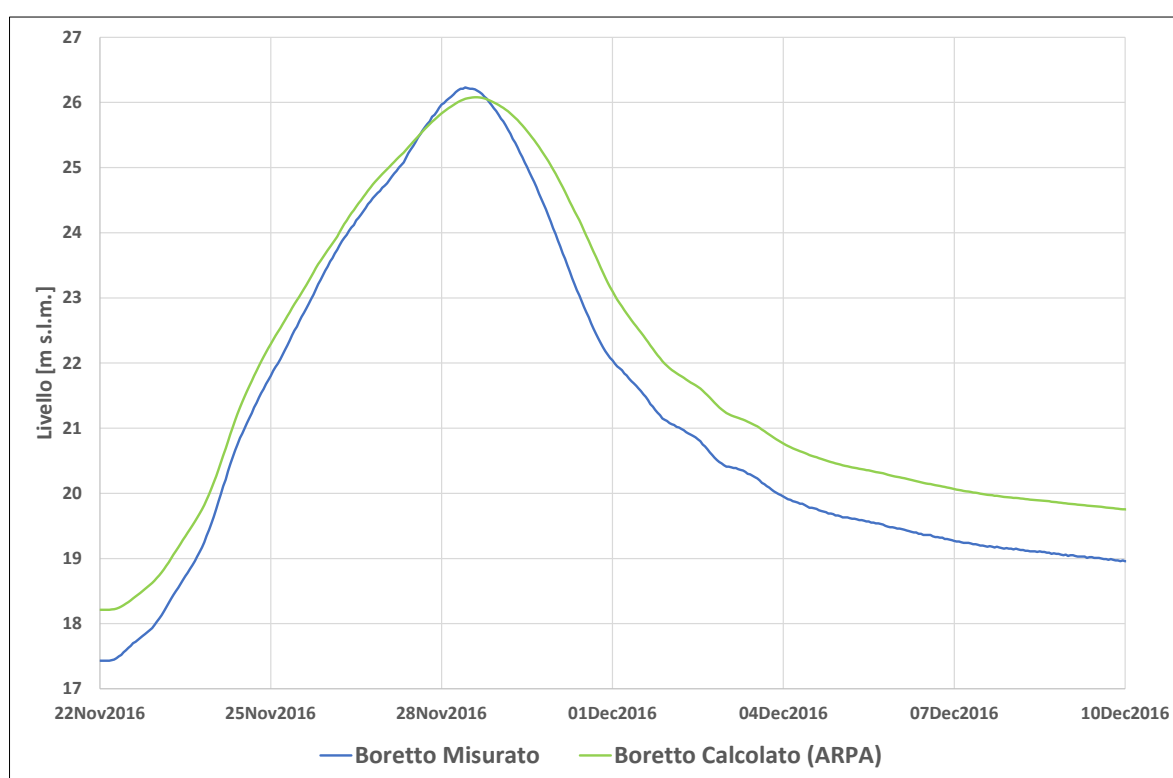


Figura 4.228 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2016

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.196
			Relazione idraulica generale	

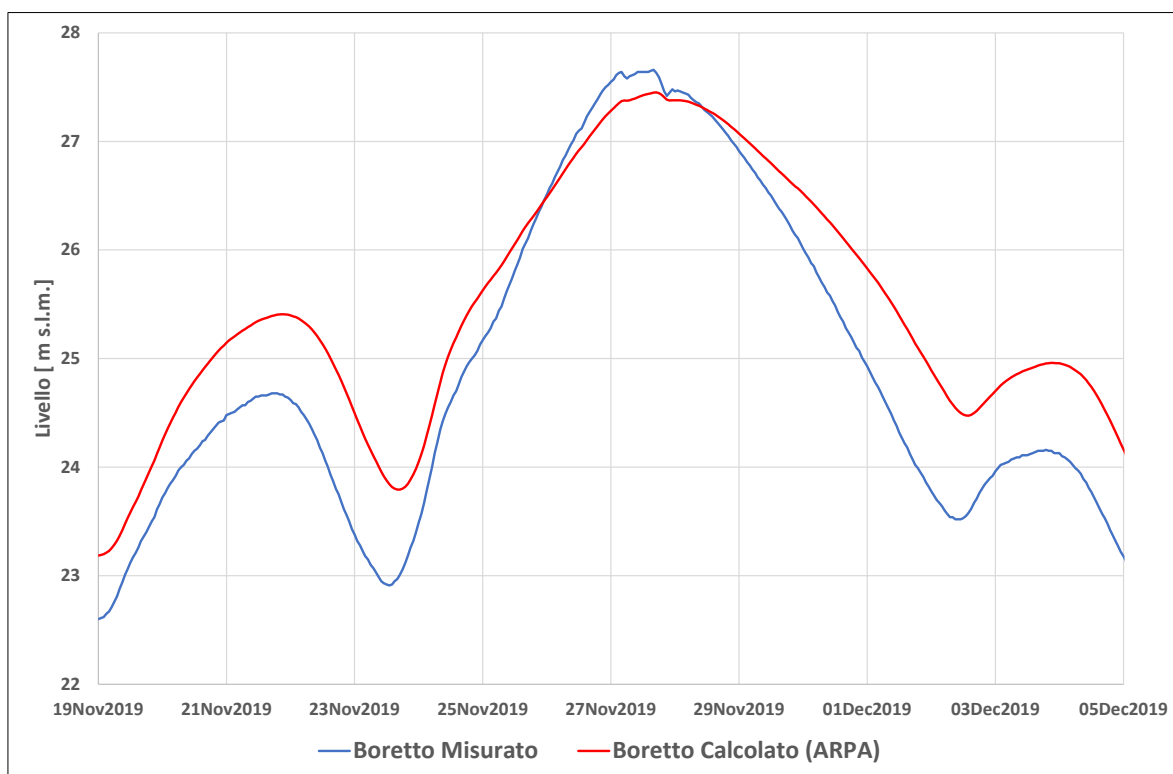


Figura 4.229 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2019

4.7.2. Idrometro di Borgoforte

I risultati dei valori al colmo sono sintetizzati nella Tabella 4-35 e nella Tabella 4-36 rispettivamente per le portate ed i livelli.

I valori al colmo delle portate sono ben rappresentati, tendenzialmente sottostimati. Gli errori maggiori si hanno per l'evento 2016, -8%, e 2014, -6%. Nel caso dell'evento 2016 l'input al modello è l'idrogramma stimato da ARPA ER a Boretto; quindi, la sottostima è probabilmente legata ad una sottostima del contributo dell'Oglio. La sottostima delle portate porta ad una sottostima dei livelli con un -39 cm che, in valore assoluto è l'errore maggiore tra gli eventi simulati. L'unica sovrastima, +23 cm, si ha per l'evento del 2018 in cui l'errore sulla portata al colmo è praticamente nulla. Per gli altri eventi si ha una sottostima dei livelli uguale o inferiore ai 10 cm.

Per l'evento 2019 non c'è una grande differenza tra i valori al colmo, sia portate che livelli, nelle simulazioni che hanno considerato a Boretto l'input derivante dal modello di monte e quello stimato da ARPA ER, ma è però evidente la differenza nel complessivo idrogramma: portate (Figura 4.234) e livelli (Figura 4.239), con una migliore stima effettuata considerando come input l'idrogramma stimato da ARPA ER.

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.197
			Relazione idraulica generale	

Tabella 4-35 – Sintesi risultati portata al colmo all'idrometro di Borgoforte

Piena	Misurato [m³/s]	Calcolato [m³/s]	Differenza [%]
2013	6806	6641	-2%
2014	9410	8848	-6%
2016 ARPA	5897	5635	-8%
2018	6069	6139	+0%
2019	8540	8455	-1%
2019 ARPA	8540	8345	-2%

Tabella 4-36 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Borgoforte

Piena	Misurato [m s.m.m.]	Calcolato [m s.m.m.]	Differenza [m]
2013	21.81	21.77	-0.04
2014	23.38	23.28	-0.10
2016 ARPA	21.28	20.89	-0.39
2018	21.21	21.44	+0.23
2019	23.14	23.08	-0.06
2019 ARPA	23.14	23.04	-0.10

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.198
			Relazione idraulica generale	

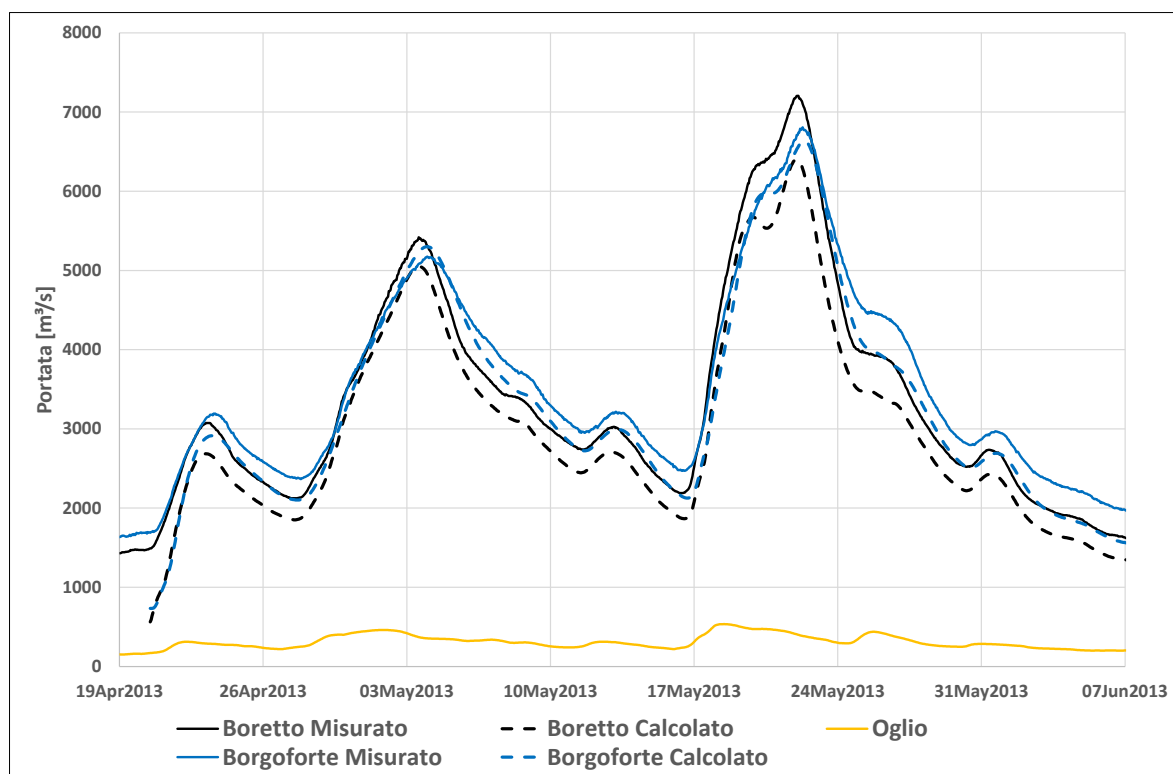


Figura 4.230 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2013

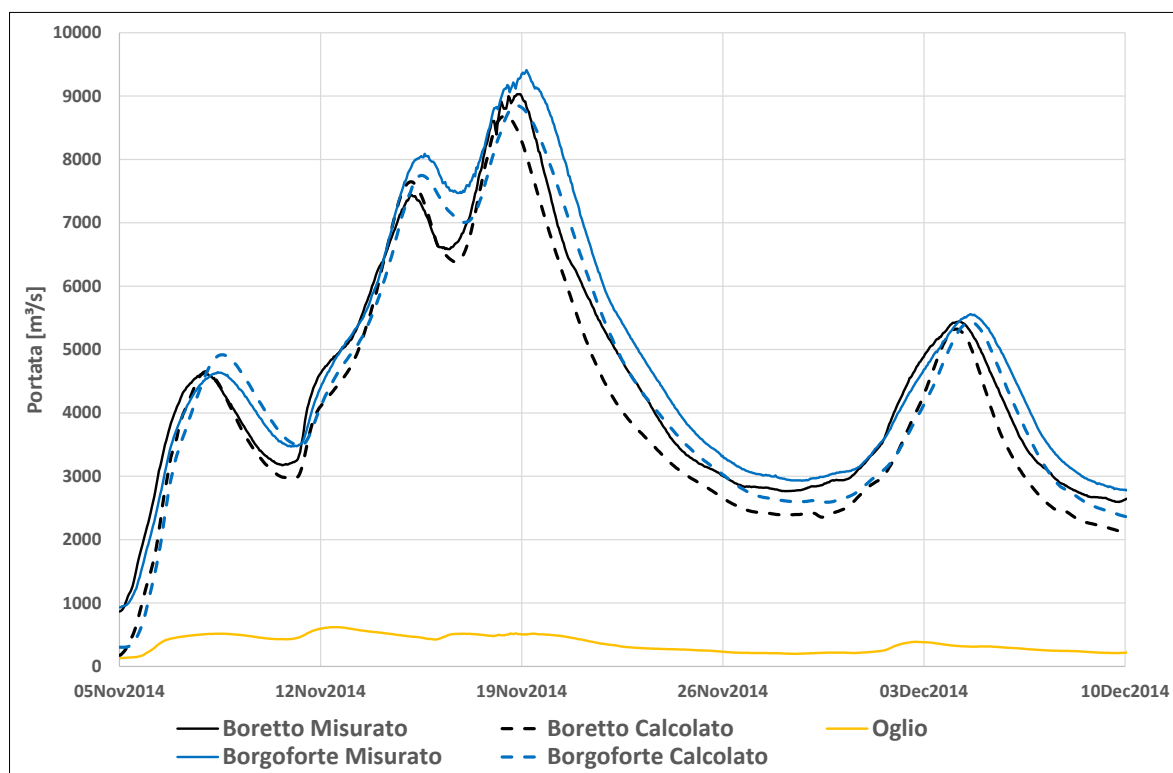


Figura 4.231 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.199
			Relazione idraulica generale	

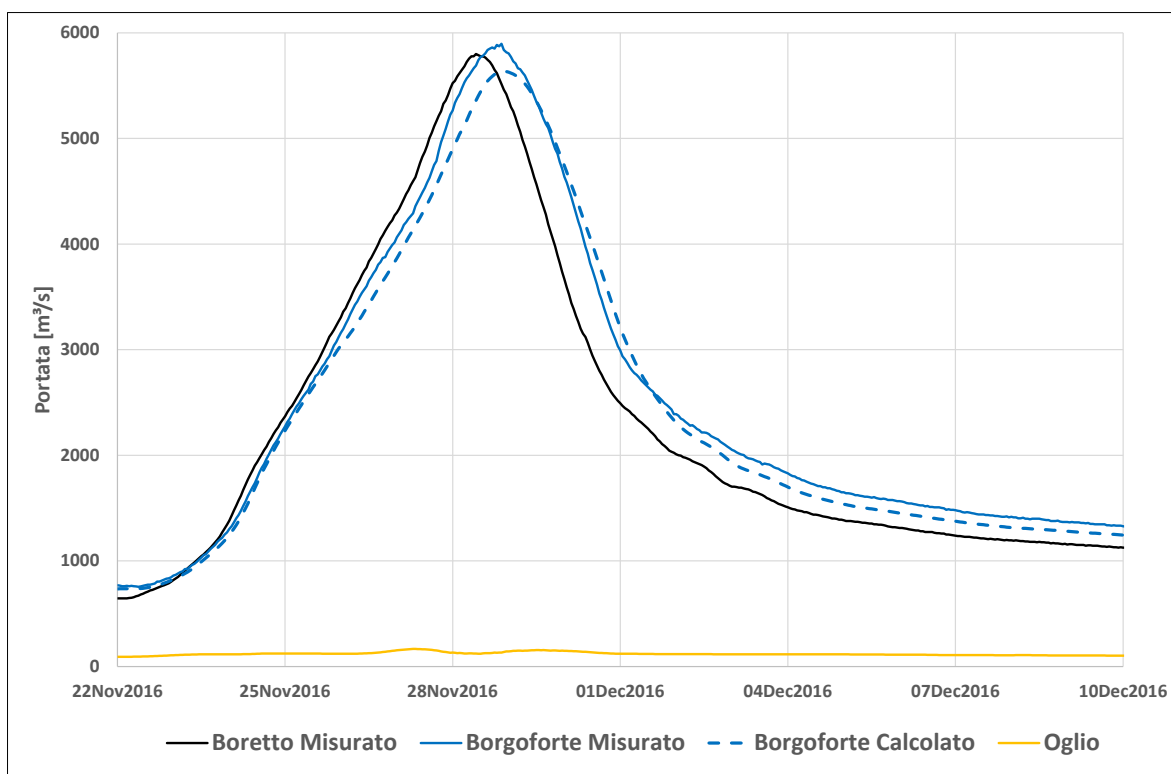


Figura 4.232 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2016

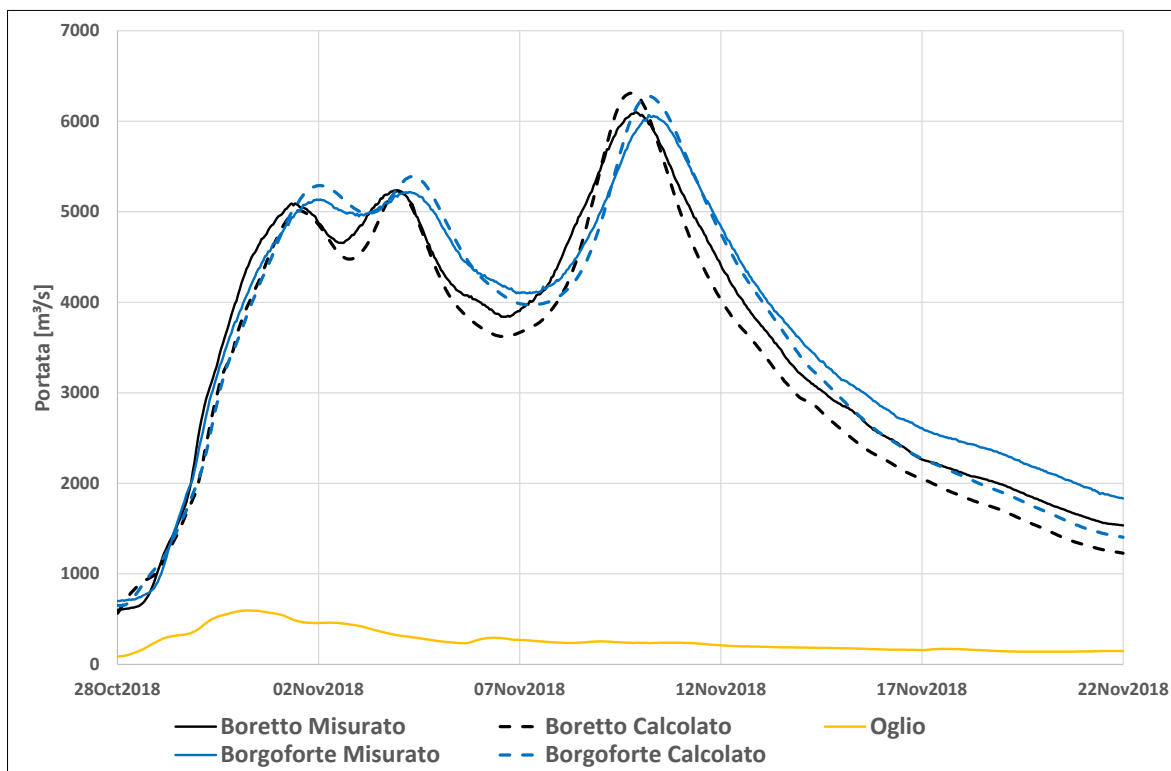


Figura 4.233 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.200
			Relazione idraulica generale	

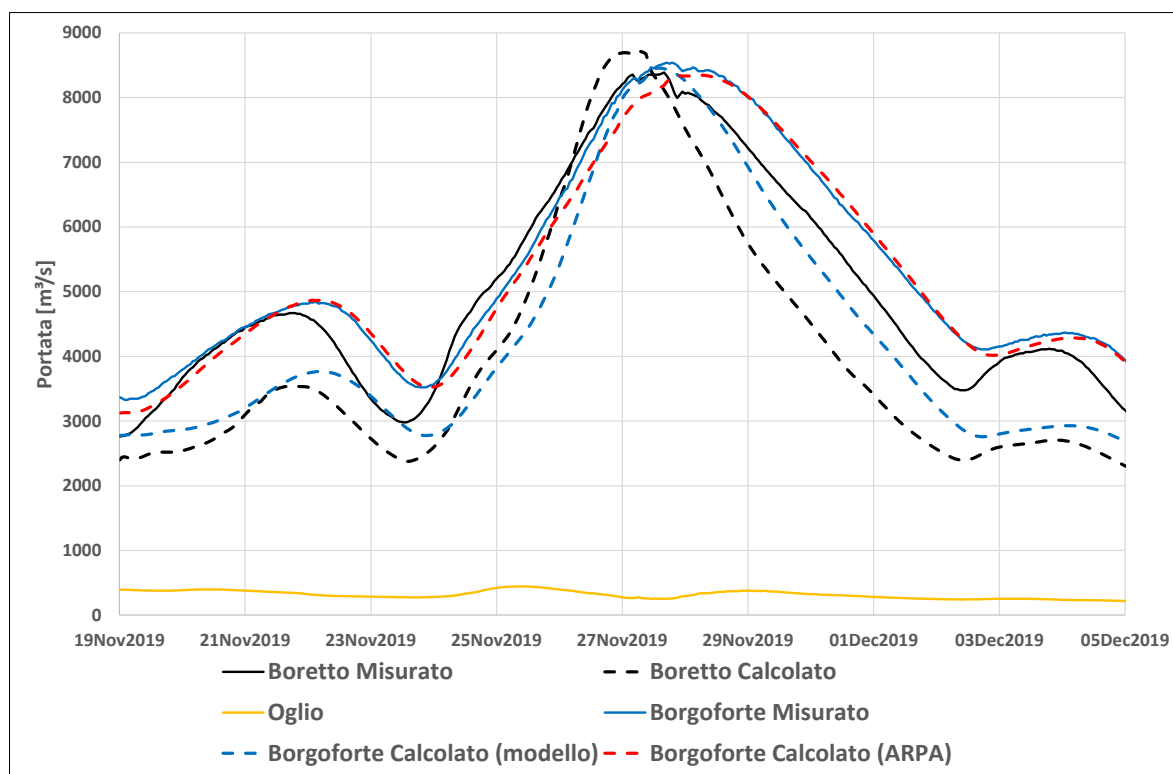


Figura 4.234 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2019

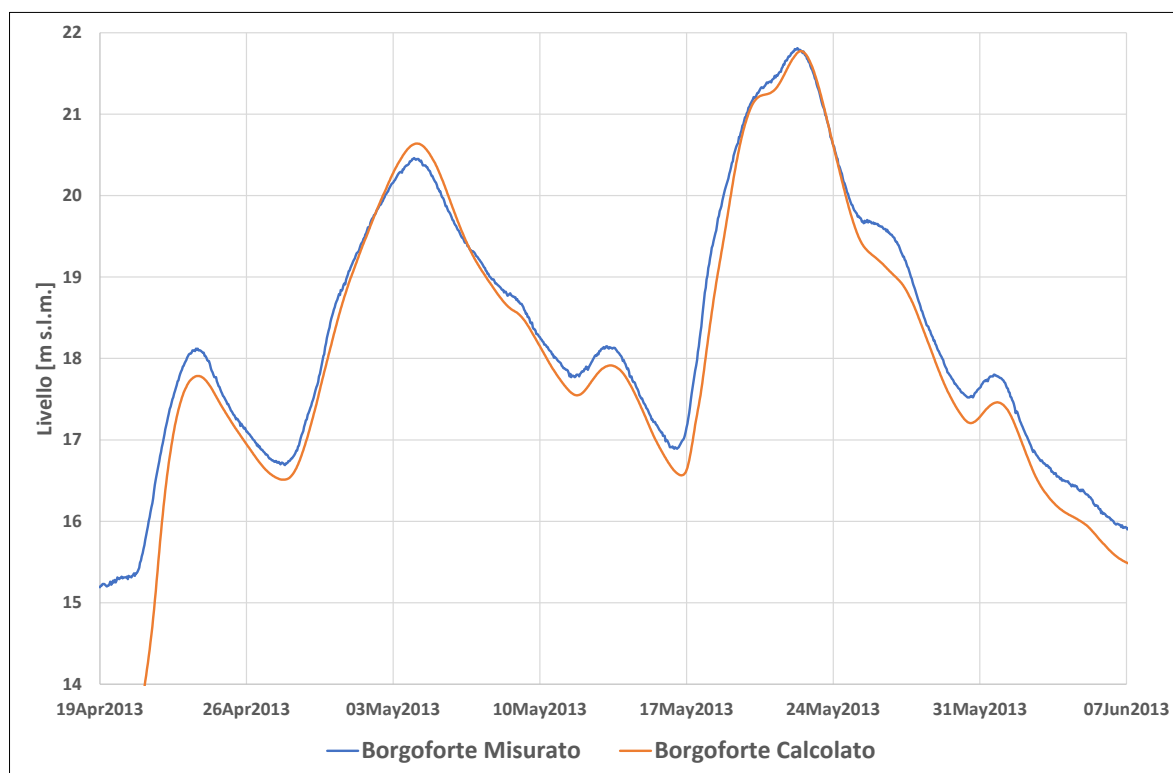


Figura 4.235 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2013

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.201
			Relazione idraulica generale	

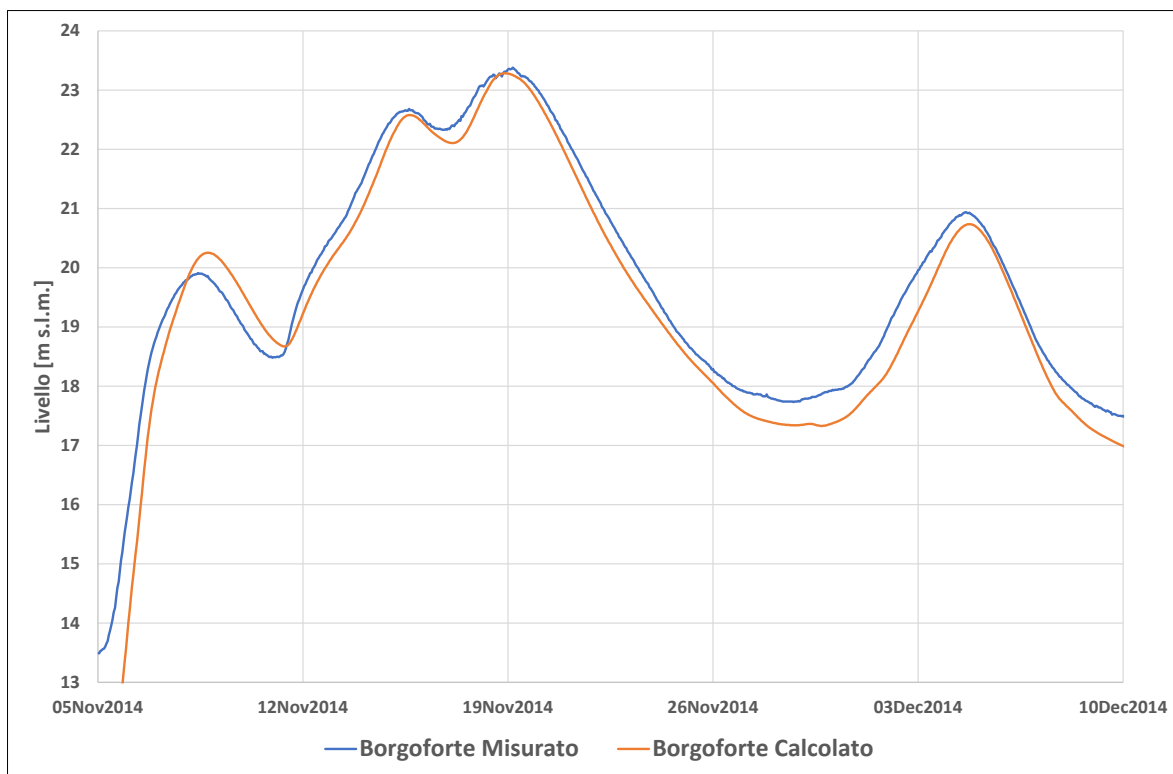


Figura 4.236 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2014

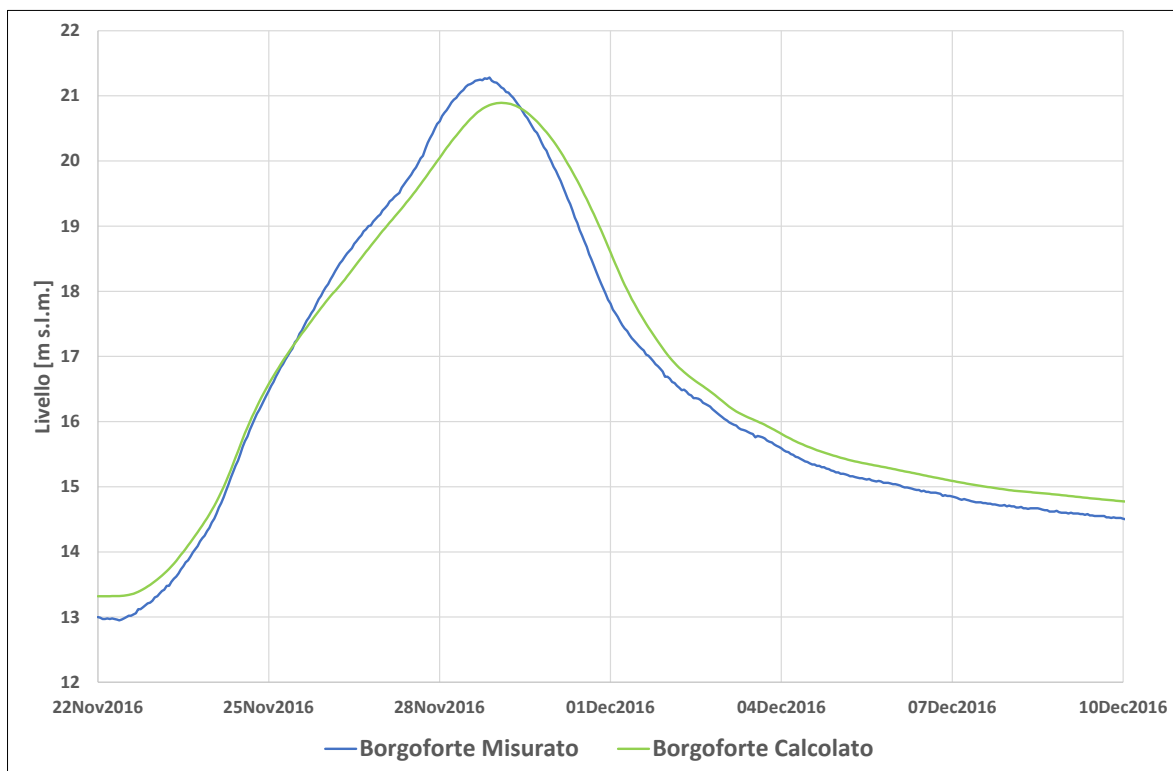


Figura 4.237 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2016

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.202
			Relazione idraulica generale	

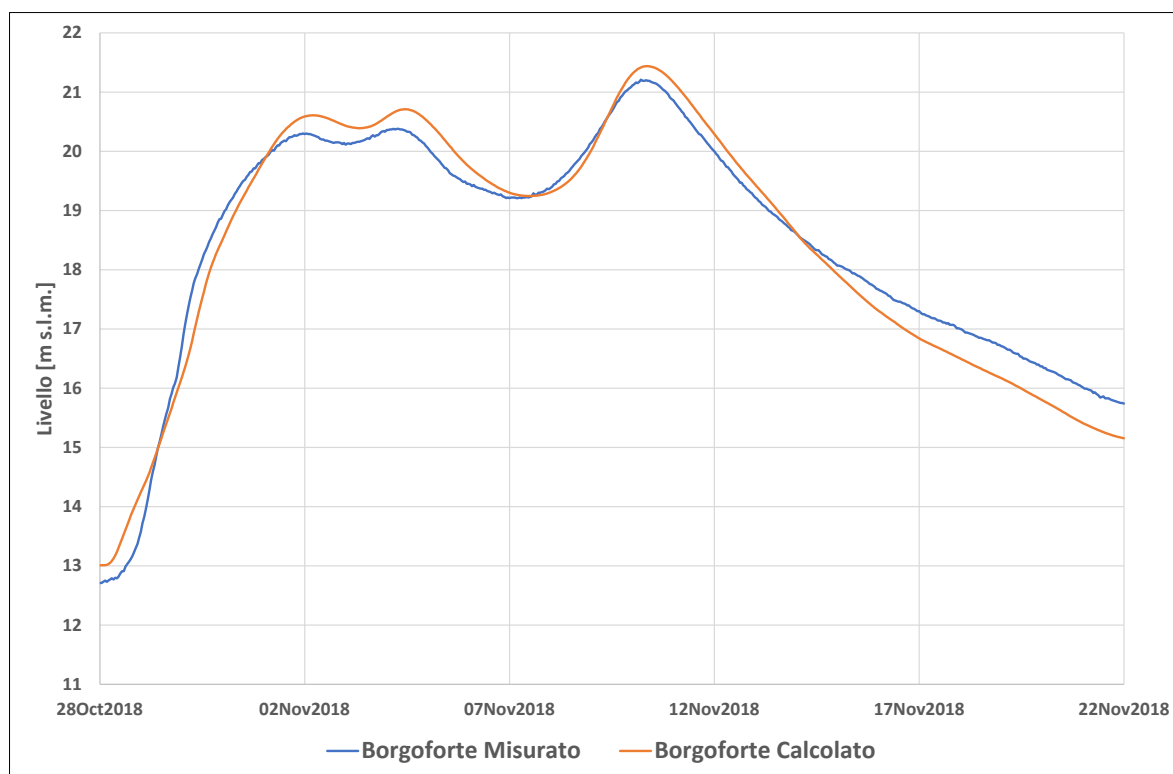


Figura 4.238 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2018

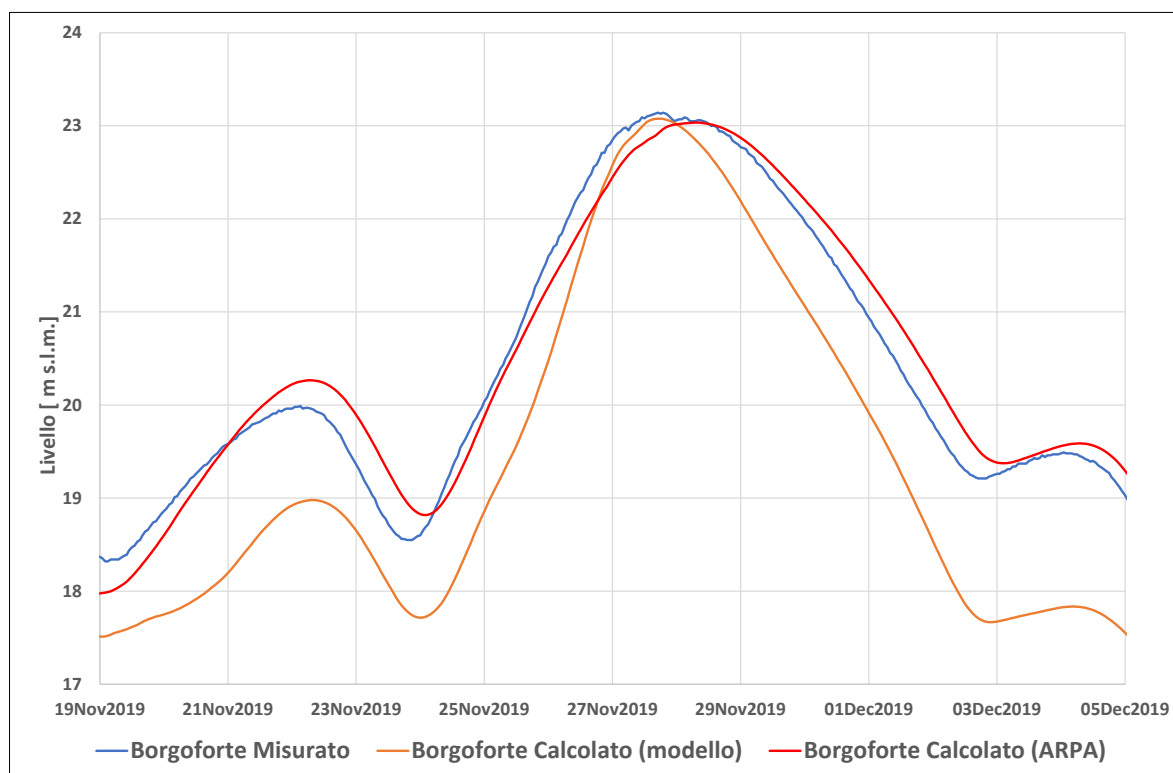


Figura 4.239 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2019

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.203
			Relazione idraulica generale	

4.7.3. Idrometro di Revere

Dall'idrometro di Revere si hanno risultati diversi a seconda della schematizzazione adottata per il tratto di valle, i valori al colmo dei livelli sono sintetizzati nella Tabella successiva.

Entrambe le schematizzazioni tendono a sovrastimare i livelli al colmo ad eccezione della piena 2014 per lo schema 1D in cui si ha una sottostima di oltre 50 cm.

Anche in questo caso non ci sono grosse differenze sul valore al colmo della piena 2019 considerando l'input da modello di monte e da ARPA ER, ma l'idrogramma complessivo è meglio rappresentato con l'input ARPA ER (Figura 4.243).

Tabella 4-37 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Revere

Piena	Misurato [m s.m.m.]	Schema 2D		Schema 1D	
		Calcolato [m s.m.m.]	Differenza [m]	Calcolato [m s.m.m.]	Differenza [m]
2014	17.85	18.23	+0.38	17.31	-0.54
2016 ARPA	15.57	15.51	-0.06	15.63	+0.06
2018	15.69	16.10	+0.41	16.06	+0.37
2019	17.16	17.90	+0.74	17.24	+0.08
2019 ARPA	17.16			17.22	+0.06

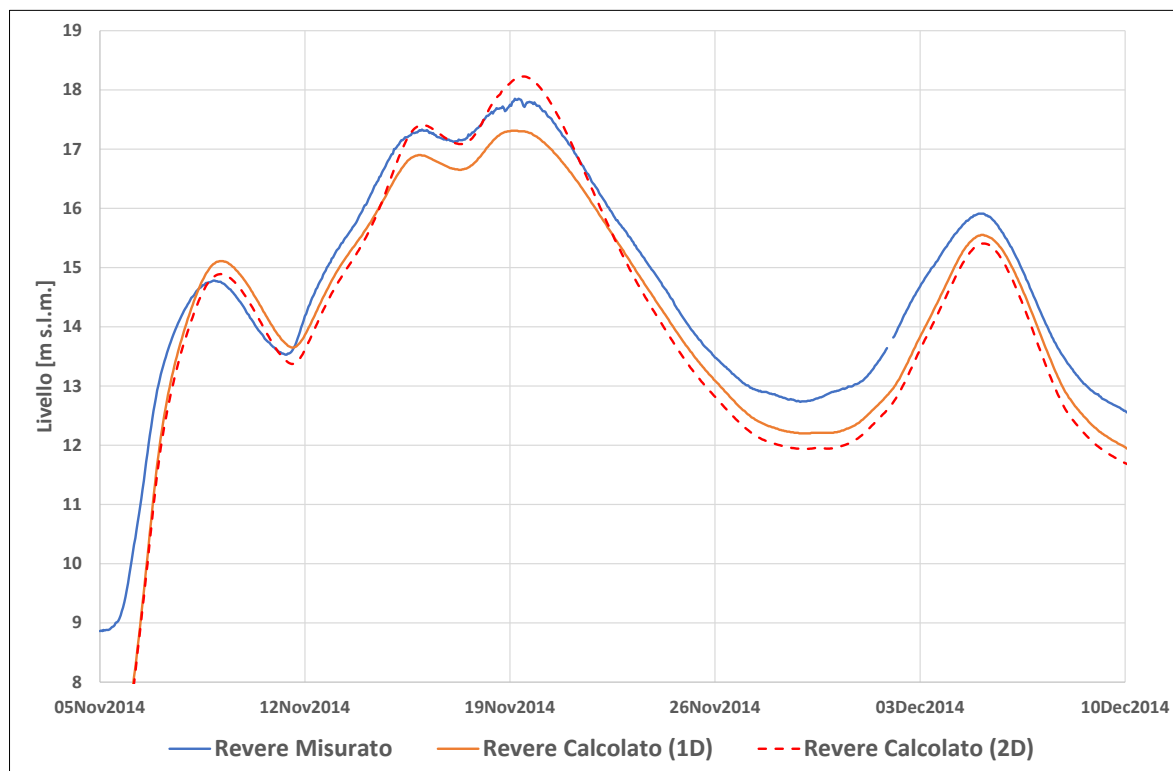


Figura 4.240 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Revere per l'evento di piena 2014

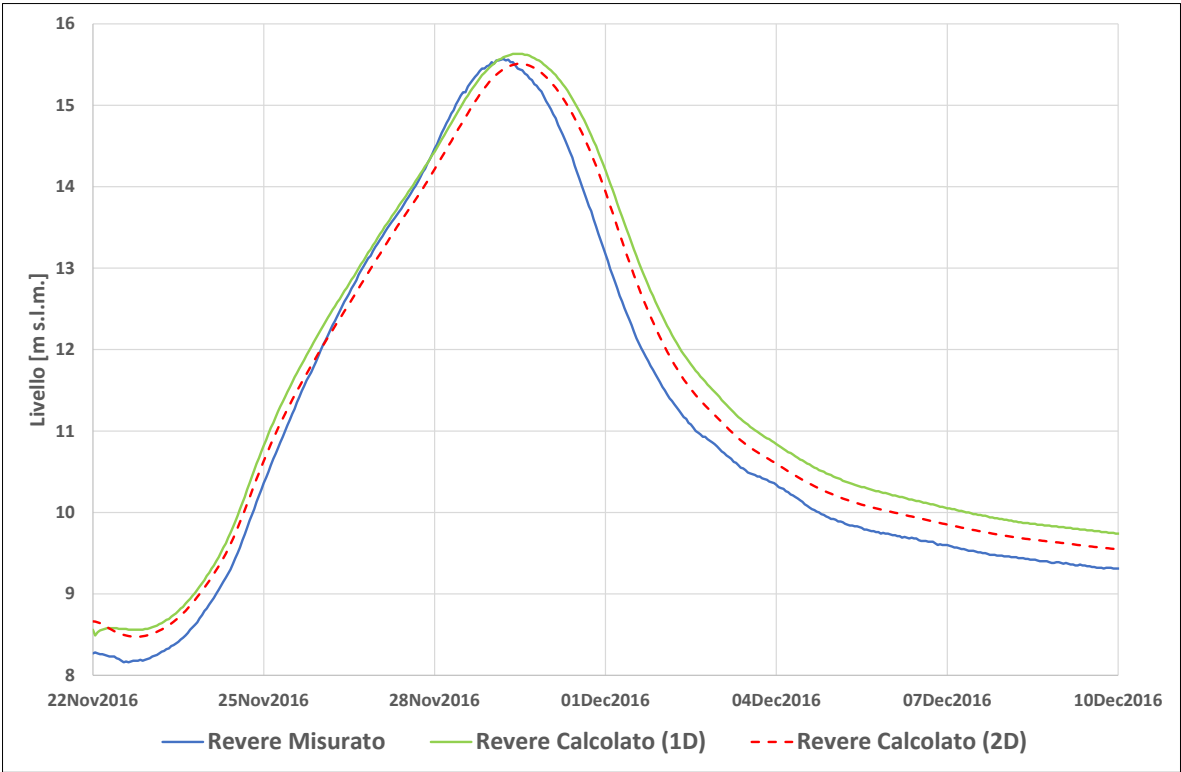


Figura 4.241 – Risultati calibrazione sui livelli all’idrometro di Revere per l’evento di piena 2016

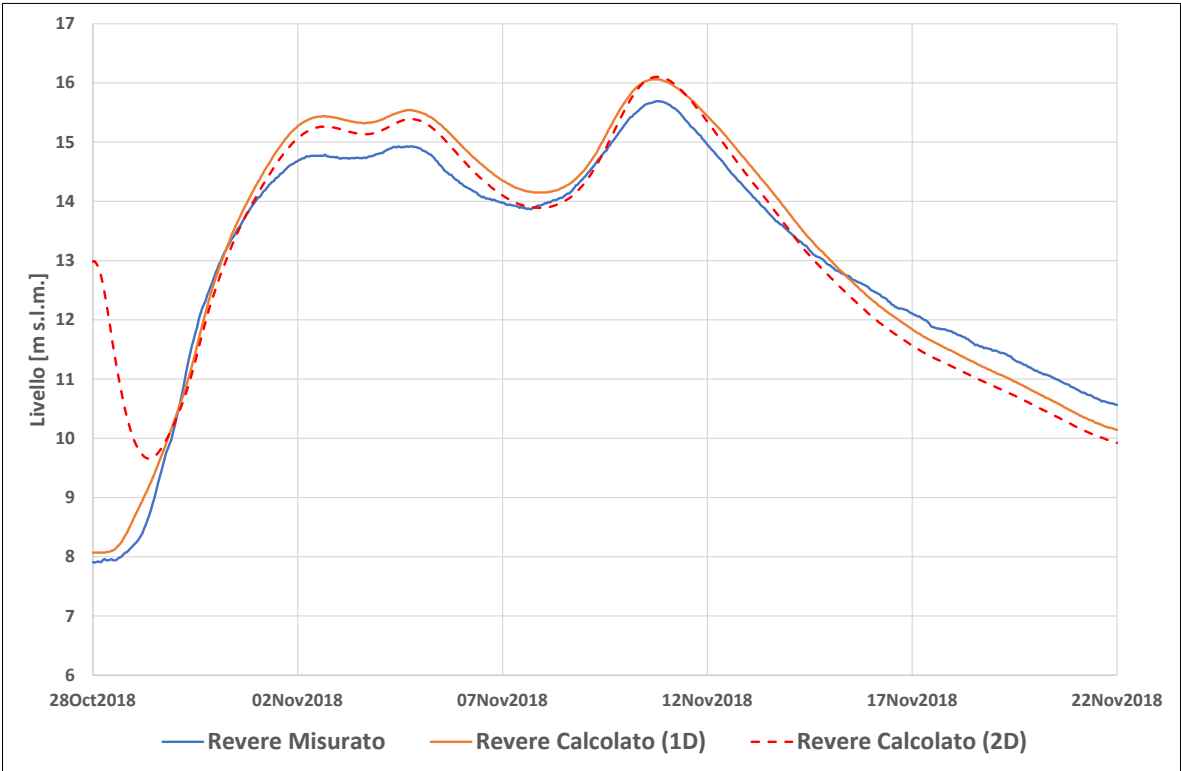


Figura 4.242 – Risultati calibrazione sui livelli all’idrometro di Revere per l’evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.205
			Relazione idraulica generale	

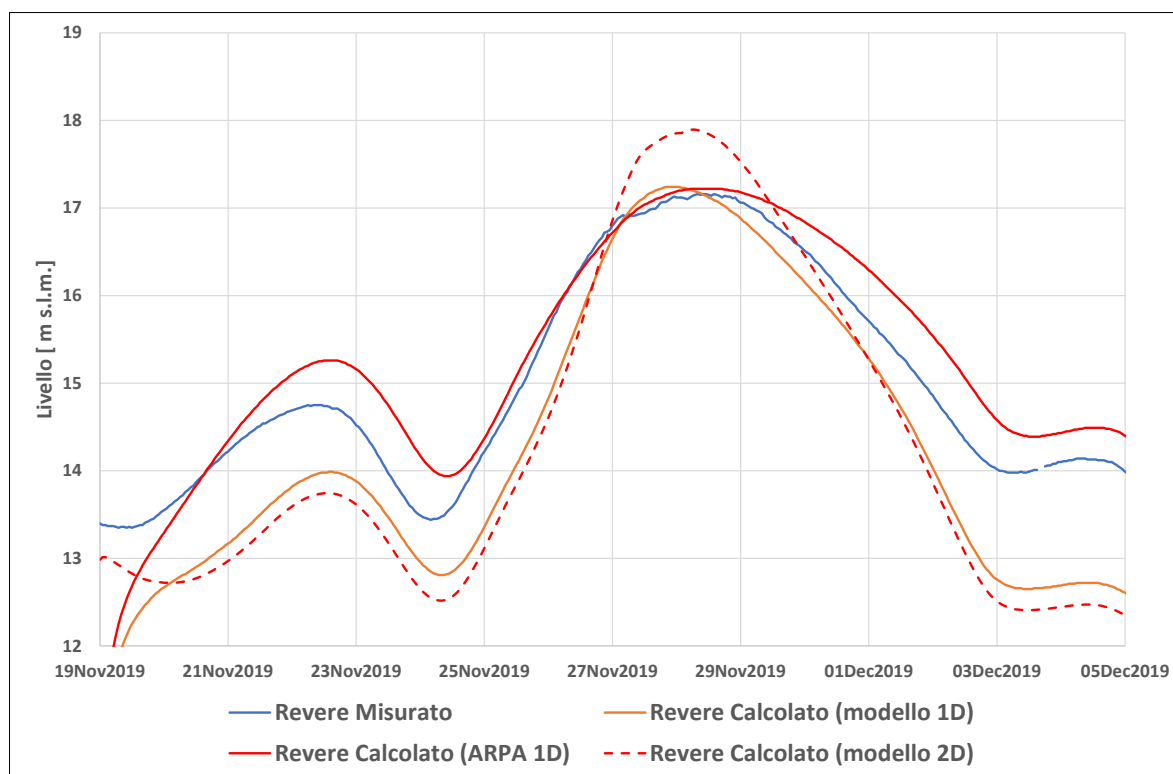


Figura 4.243 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Revere per l'evento di piena 2019

4.7.4. Idrometro di Sermide

I risultati per i valori al colmo all'idrometro di Sermide sono riportati nella Tabella 4-38, portate e nella Tabella 4-39, livelli. Anche per questo idrometro i livelli sono diversi a seconda della schematizzazione adottata per il tratto di valle.

I valori al colmo di portata sono ben riprodotti, con differenze massime di -9% e -8% rispettivamente per gli eventi 2013 e 2016.

I valori al como dei livelli sono meglio riprodotti nella schematizzazione 1D, tranne che per l'evento 2018.

Anche in questo caso per l'evento 2019 si ha una migliore rappresentazione dell'idrogramma delle portate, Figura 4.248 e dei livelli Figura 4.253 considerando come input a Boretto la stima di ARPA ER.

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.206
			Relazione idraulica generale	

Tabella 4-38 – Sintesi risultati portata al colmo all'idrometro di Sermide

Piena	Misurato [m³/s]	Calcolato [m³/s]	Differenza [%]
2013	7286	6618	-9%
2014	8835	8741	-1%
2016 ARPA	6020	5514	-8%
2018	6116	6139	+0%
2019	8295	8558	+3%
2019 ARPA	8295	8506	+3%

Tabella 4-39 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Sermide

Piena	Misurato [m s.m.m.]	Schema 2D		Schema 1D	
		Calcolato [m s.m.m.]	Differenza [m]	Calcolato [m s.m.m.]	Differenza [m]
2013	14.51	14.26	-0.25	14.41	-0.10
2014	15.46	15.70	+0.24	15.36	-0.10
2016 ARPA	13.69	13.33	-0.36	13.69	0.00
2018	13.76	13.85	+0.09	14.12	+0.36
2019	15.16	15.41	+0.25	15.30	+0.14
2019 ARPA	15.16			15.28	+0.12

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.207
			Relazione idraulica generale	

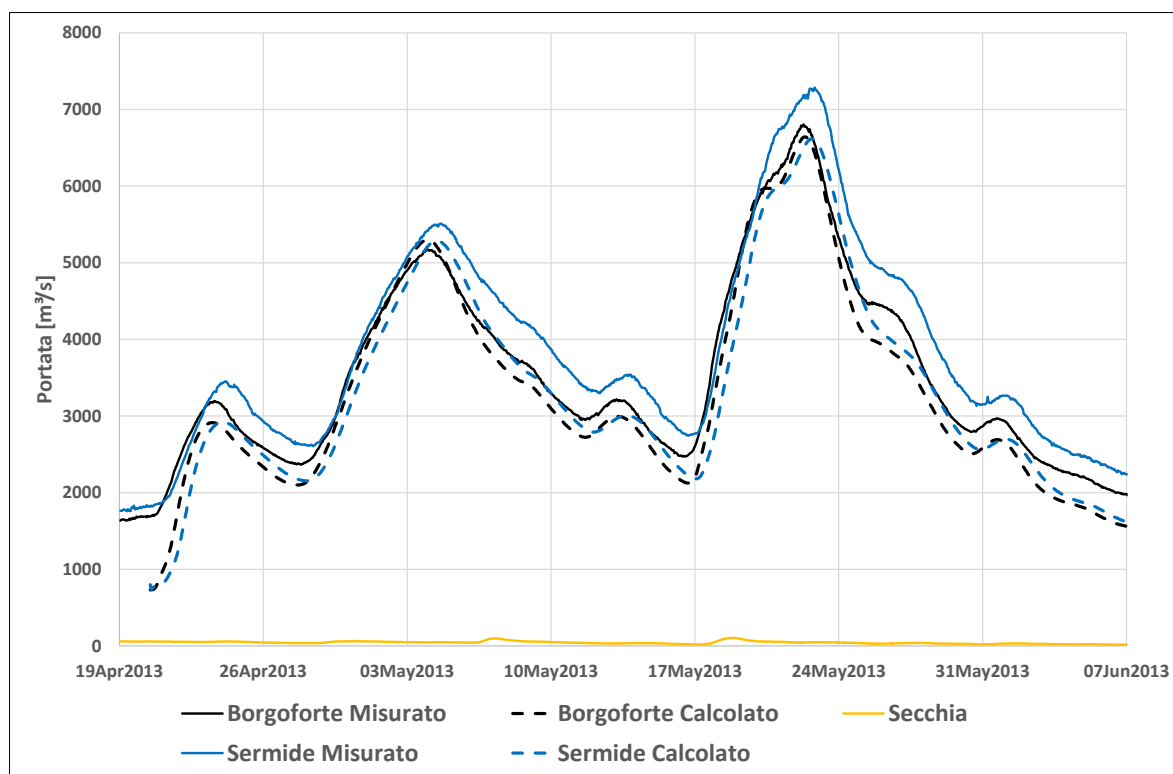


Figura 4.244 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2013

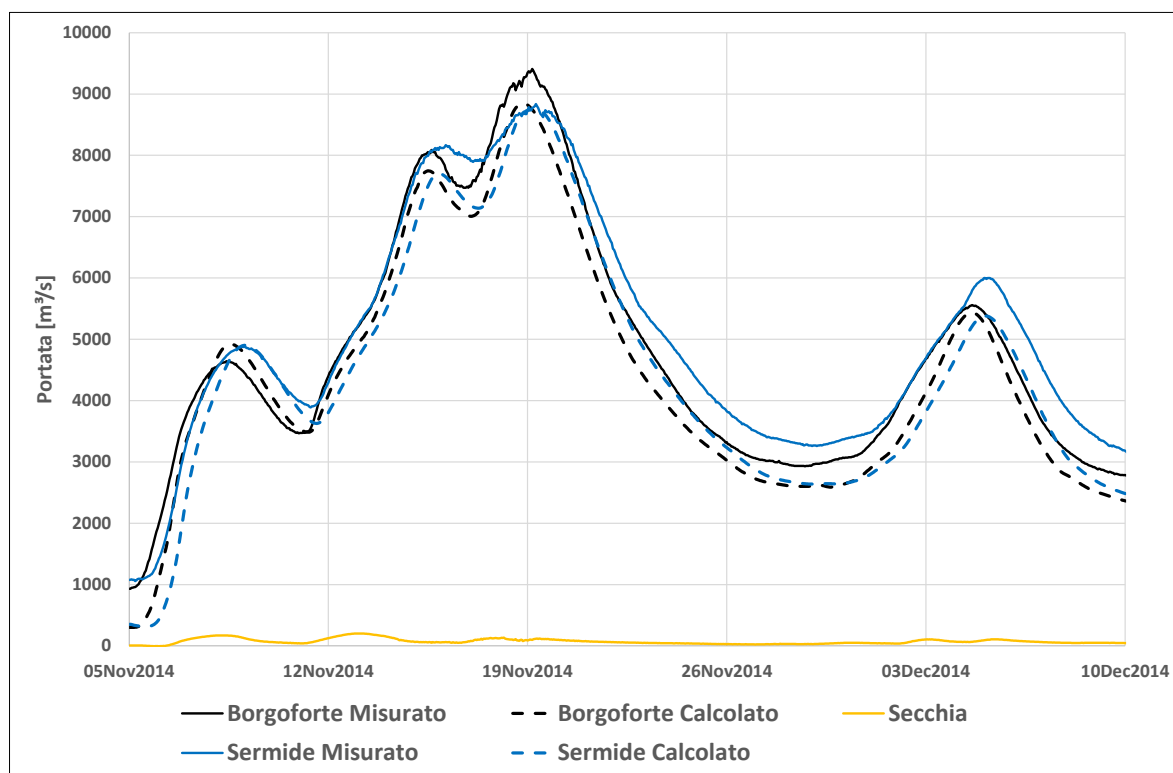


Figura 4.245 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.208
			Relazione idraulica generale	

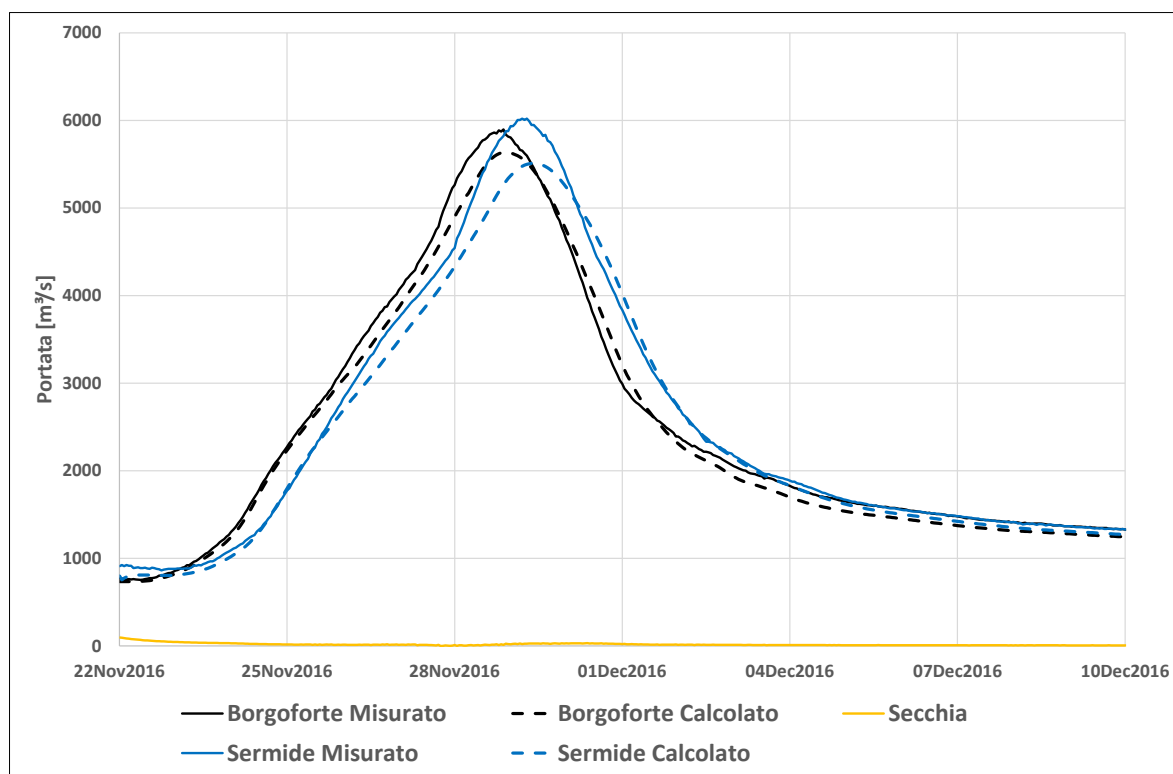


Figura 4.246 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2016

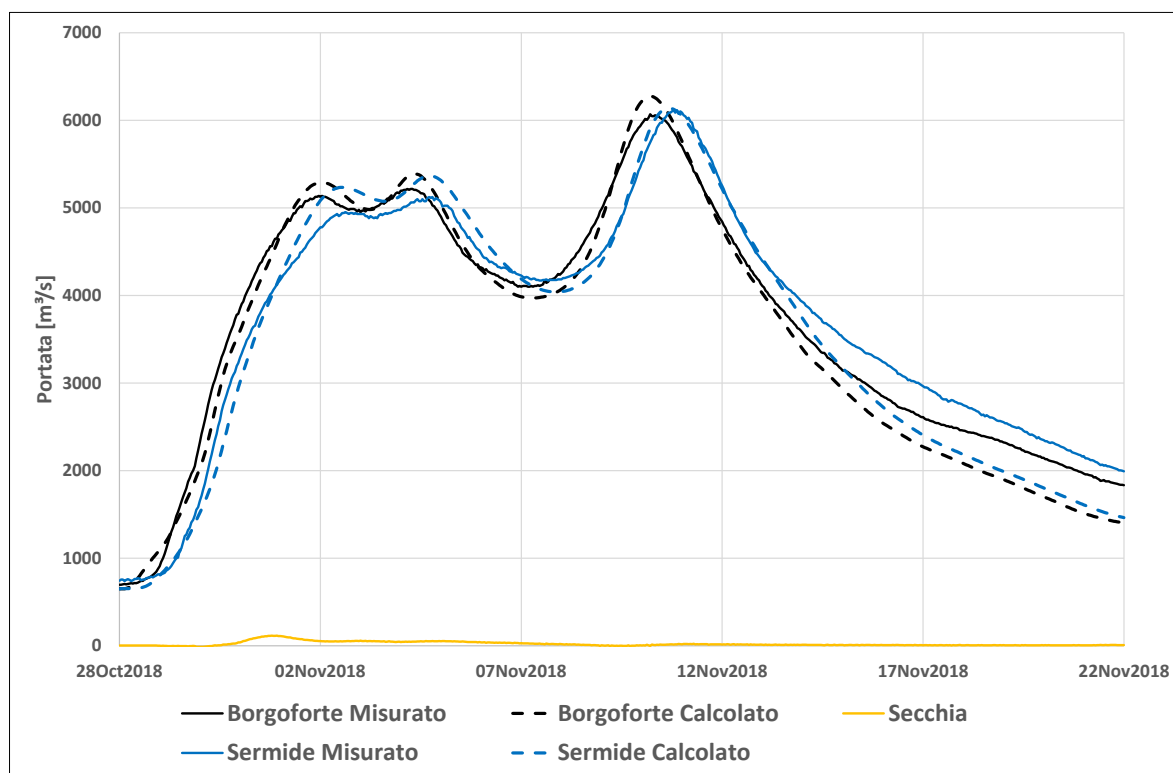


Figura 4.247 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.209
			Relazione idraulica generale	

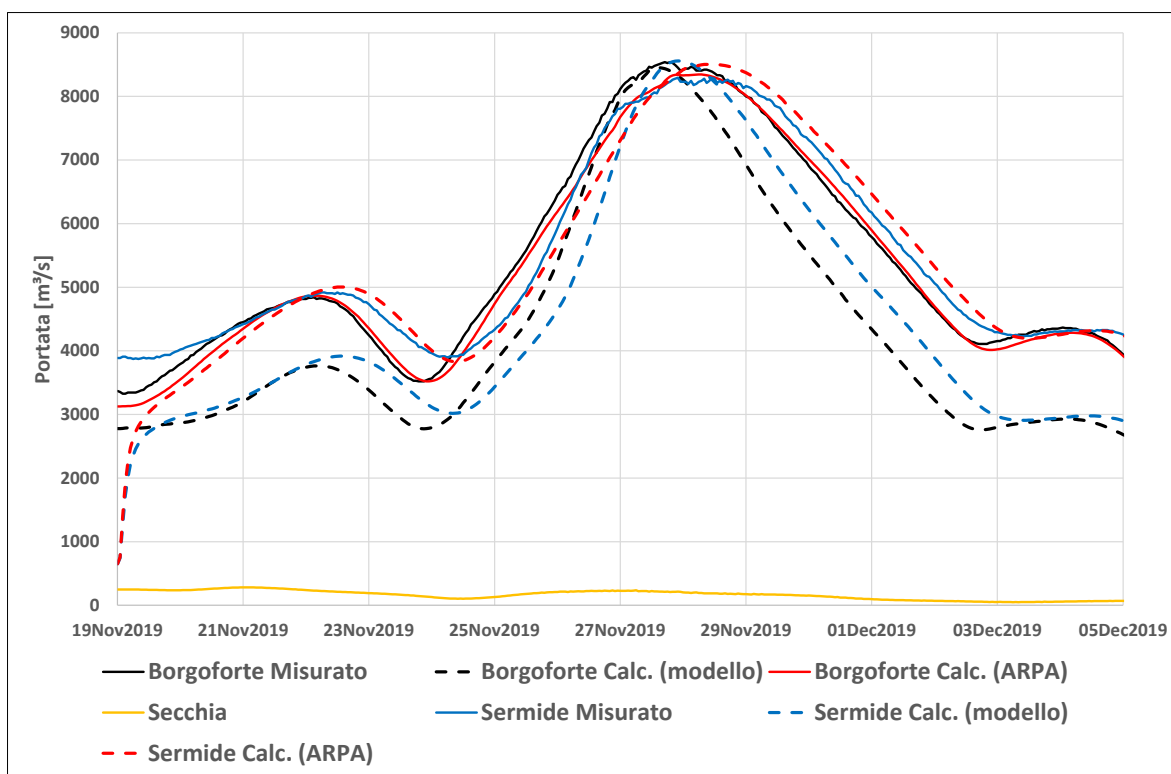


Figura 4.248 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2019

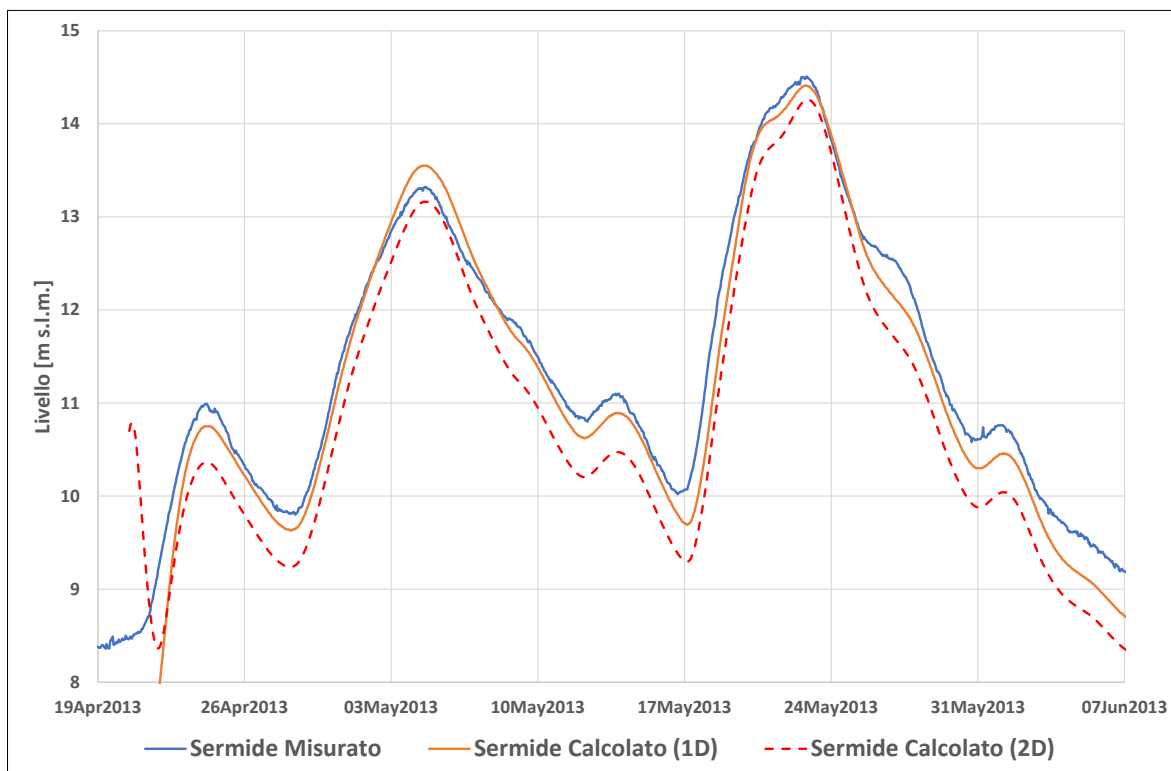


Figura 4.249 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2013

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.210
			Relazione idraulica generale	

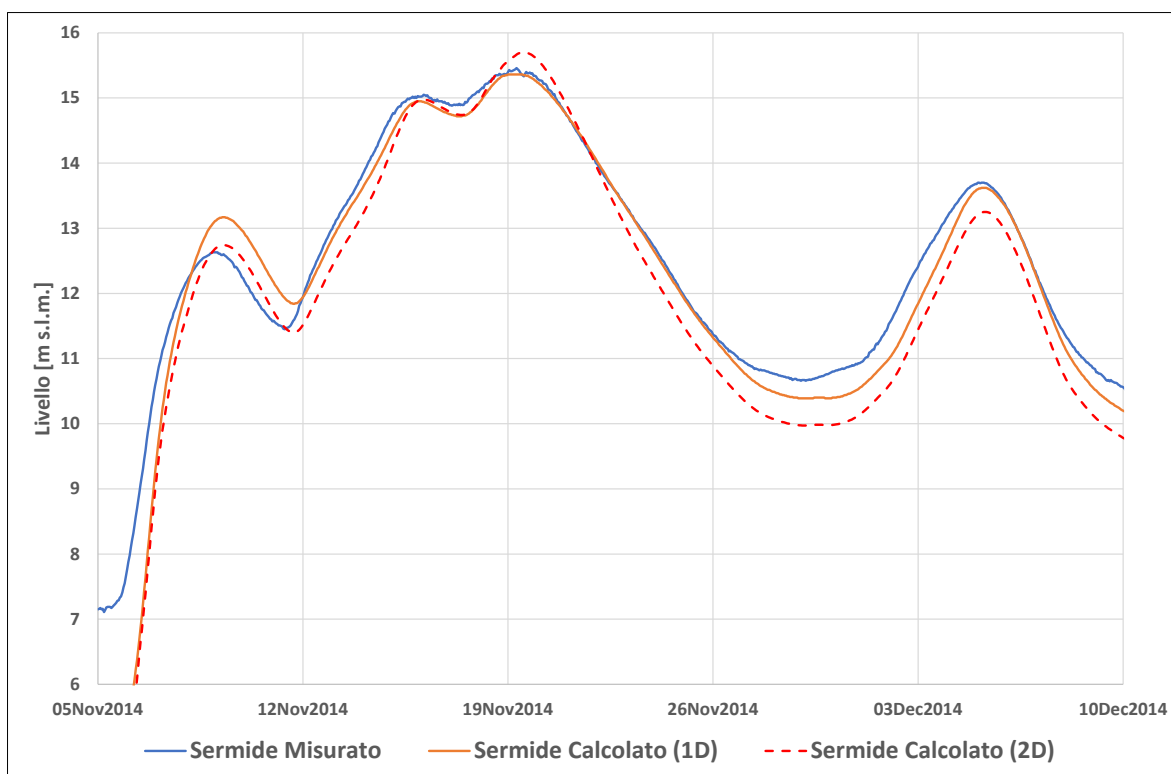


Figura 4.250 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2014

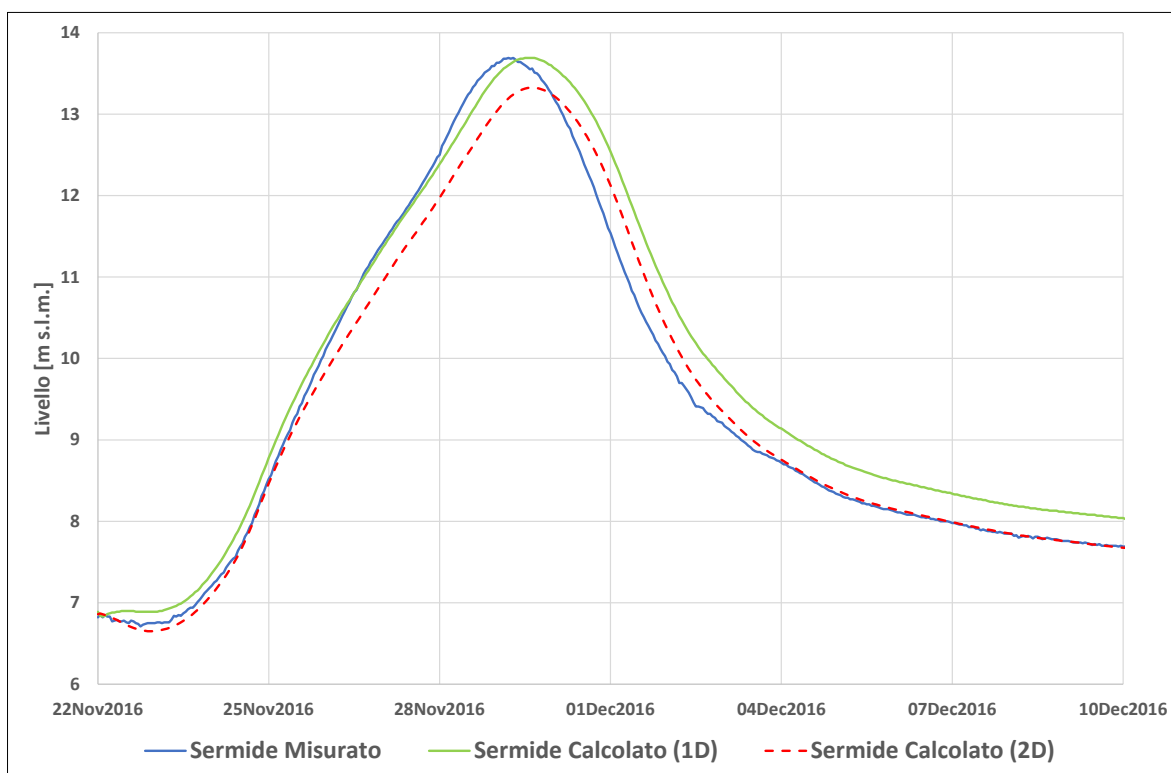


Figura 4.251 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2016

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.211
			Relazione idraulica generale	

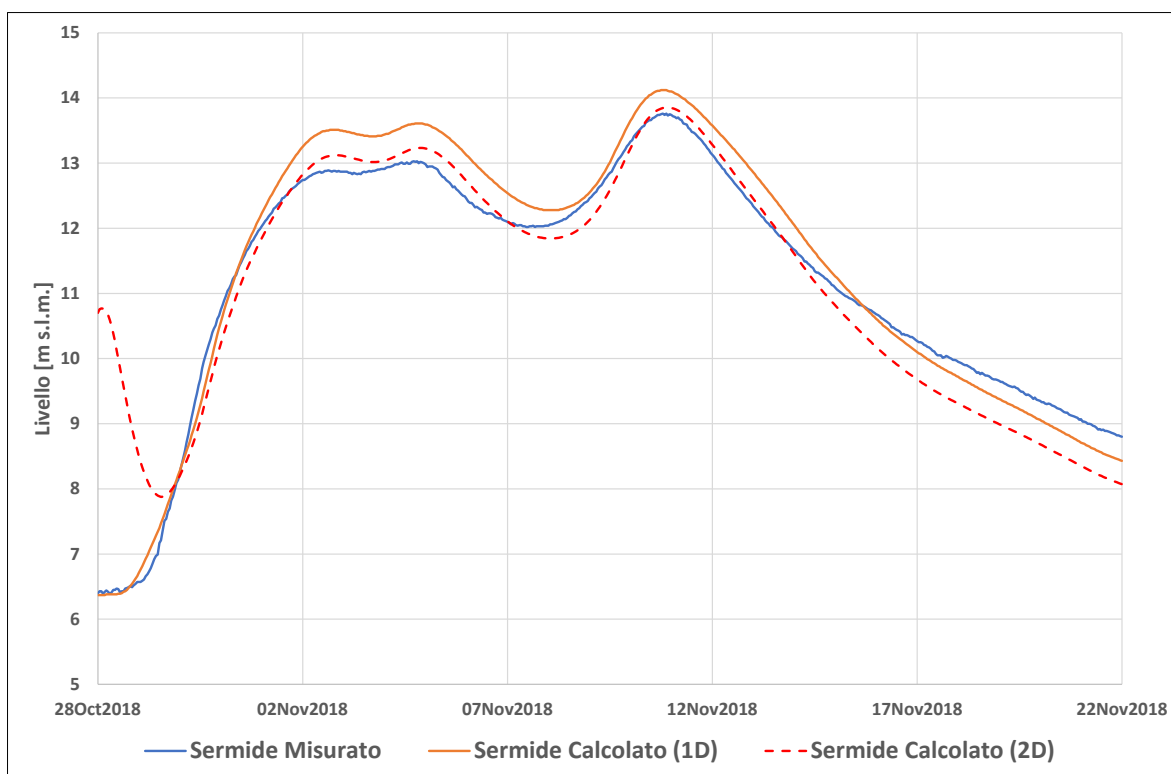


Figura 4.252 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2018

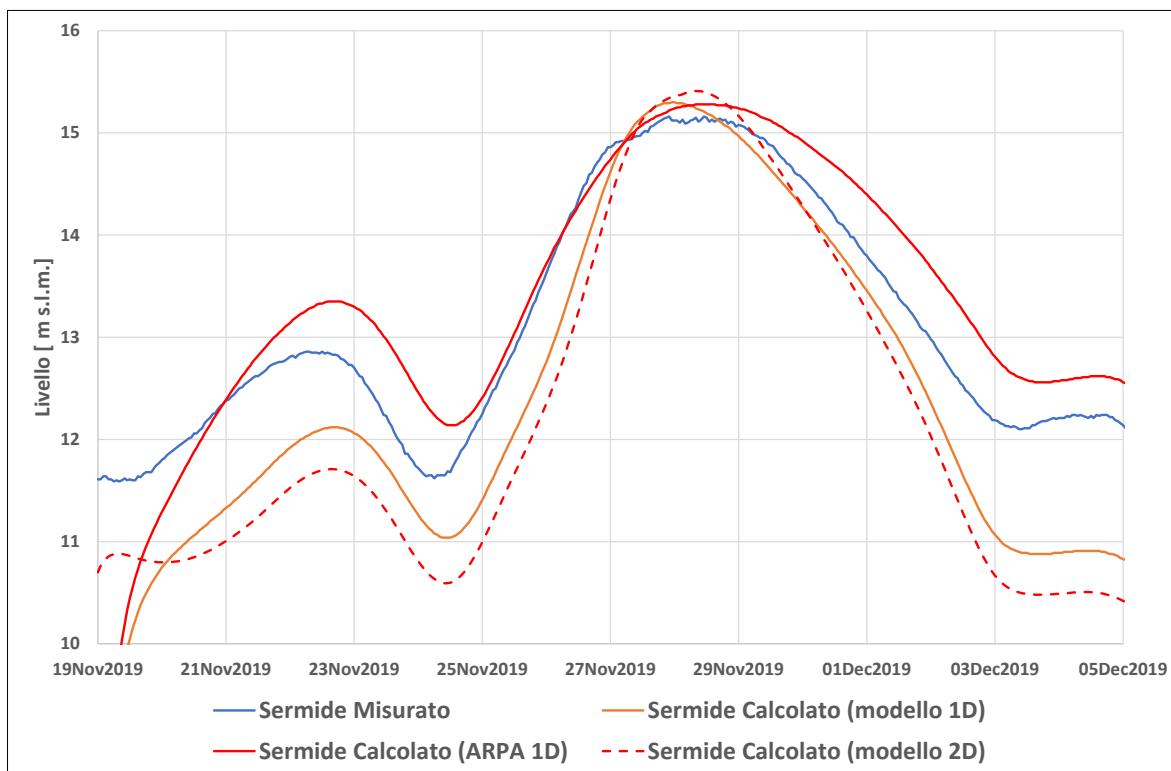


Figura 4.253 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2019

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.212
			Relazione idraulica generale	

4.7.5. Idrometro di Ficarolo

All'idrometro di Ficarolo i valori al colmo della portata sono ben riprodotti e le maggiori differenze permangono sugli eventi 2013 e 2016 come a Sermide, infatti nel tratto Sermide-Ficarolo si ha una semplice traslazione, senza apporti da affluenti né effetti di laminazione.

I valori al colmo dei livelli sono sempre meglio riprodotti con la schematizzazione 1D in cui gli errori in valore assoluto sono contenuti entro i 15 cm. Unica eccezione l'evento 2018 con un errore di +23 cm superiore a quello della schematizzazione 2D.

Anche in questo caso per l'evento 2019 si ha una migliore rappresentazione dell'idrogramma delle portate, (Figura 4.263) e dei livelli (Figura 4.268), considerando come input a Boretto la stima di ARPA ER.

Tabella 4-40 – Sintesi risultati portata al colmo all'idrometro di Ficarolo

Piena	Misurato [m³/s]	Calcolato [m³/s]	Differenza [%]
2013	7220	6609	-8%
2014	8771	8738	-0%
2016 ARPA	5935	5491	-7%
2018	6274	6118	-2%
2019	8302	8554	+3%
2019 ARPA	8302	8504	+2%

Tabella 4-41 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Ficarolo

Piena	Misurato [m s.m.m.]	Schema 2D		Schema 1D	
		Calcolato [m s.m.m.]	Differenza [m]	Calcolato [m s.m.m.]	Differenza [m]
2013	12.95	12.84	-0.11	12.82	-0.13
2014	13.81	14.11	+0.30	13.70	-0.11
2016 ARPA	12.17	12.01	-0.16	12.14	-0.03
2018	12.32	12.48	+0.16	12.55	+0.23
2019	13.57	13.85	+0.28	13.64	+0.07
2019 ARPA	13.57			13.57	+0.05

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.213
			Relazione idraulica generale	

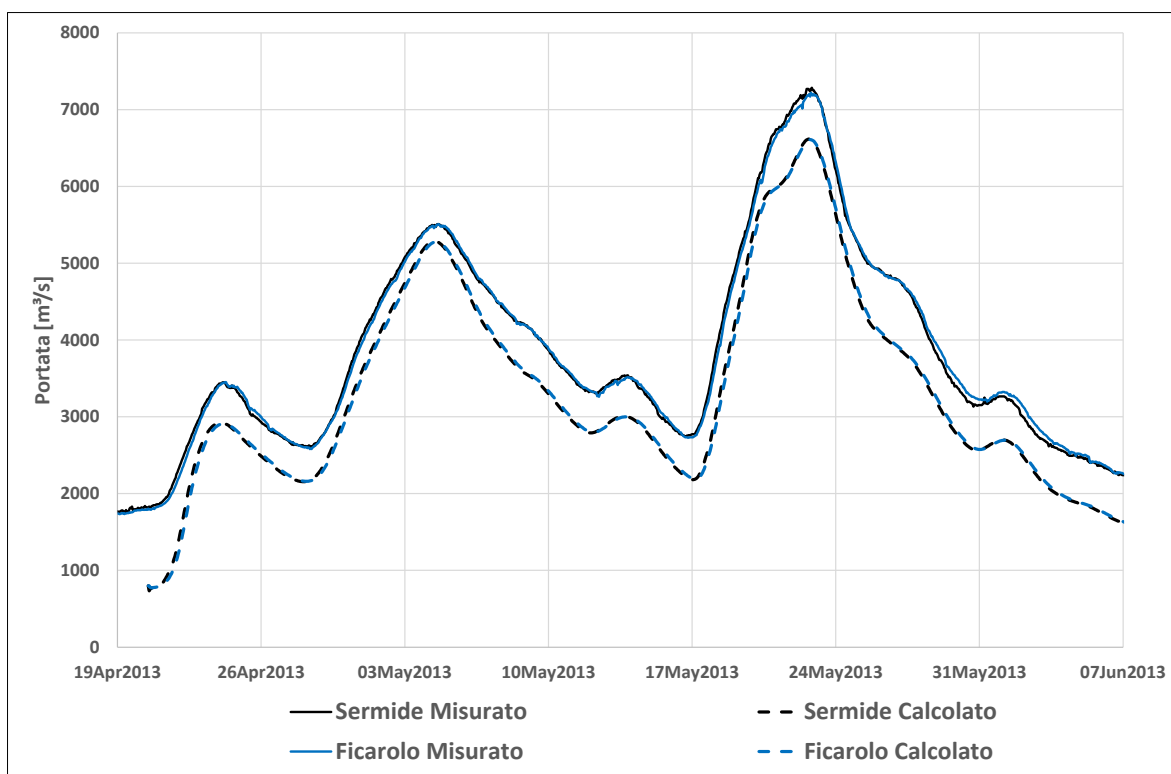


Figura 4.254 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2013

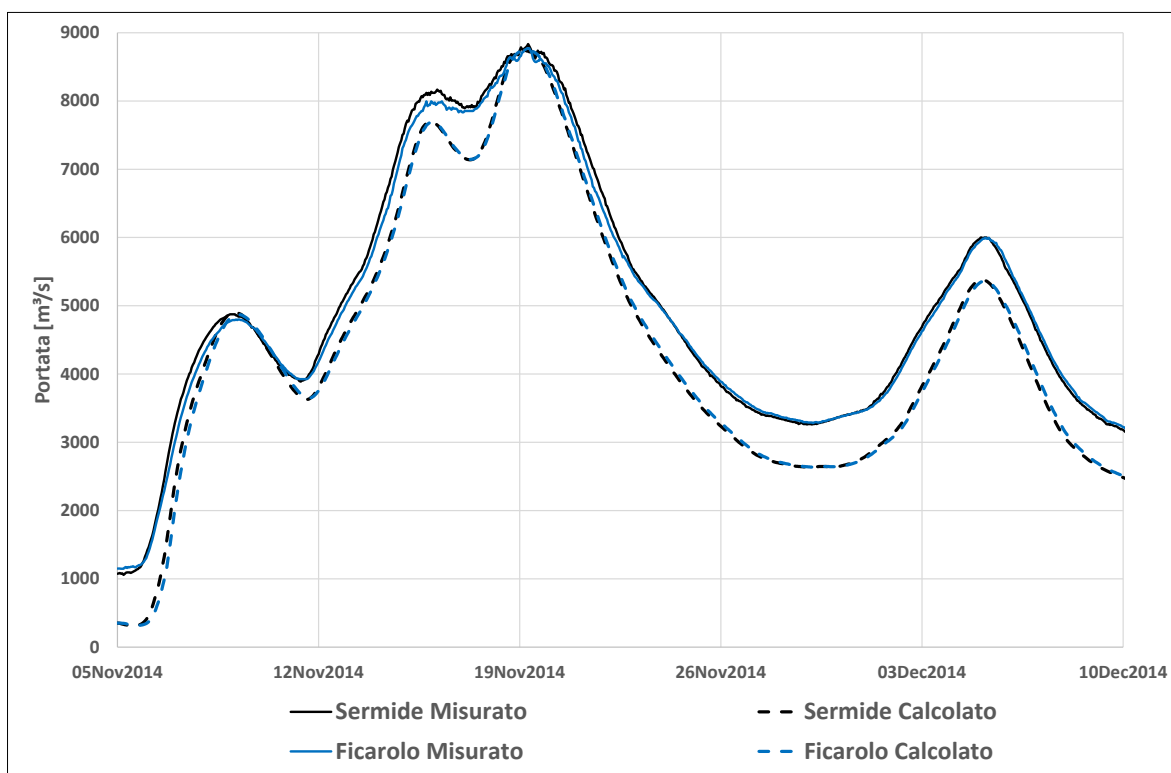


Figura 4.255 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.214
			Relazione idraulica generale	

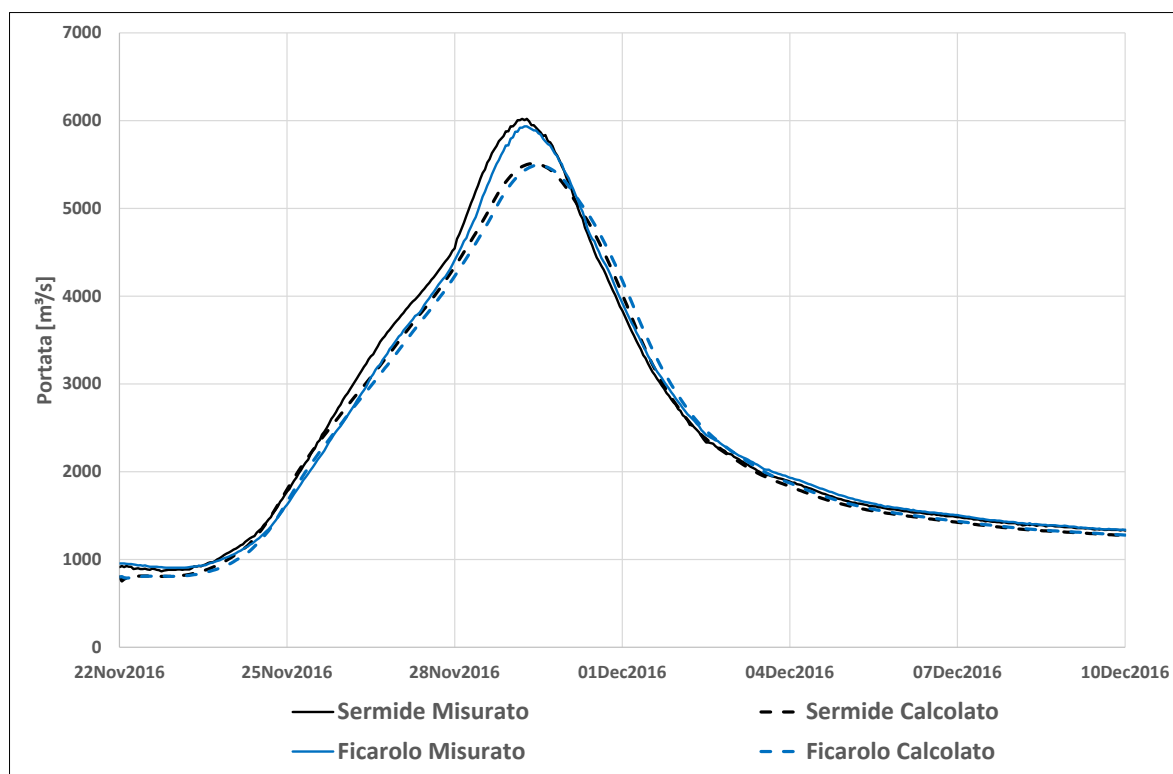


Figura 4.256 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2016

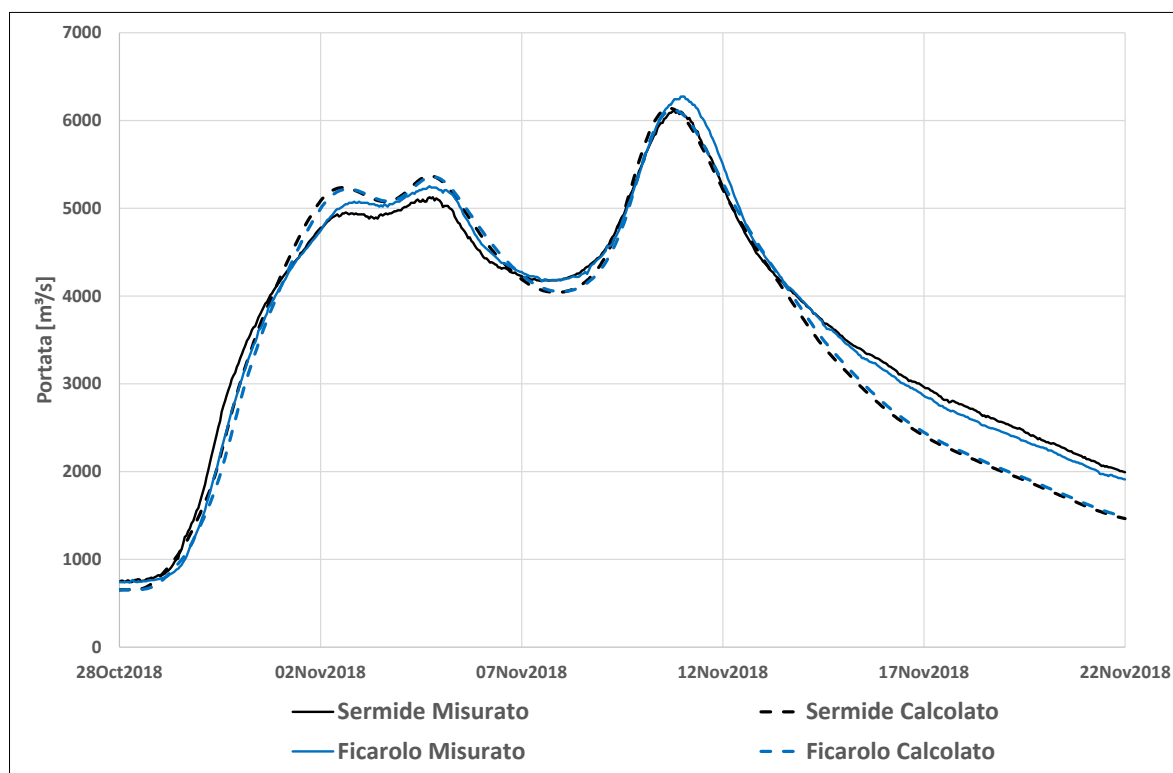


Figura 4.257 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.215
			Relazione idraulica generale	

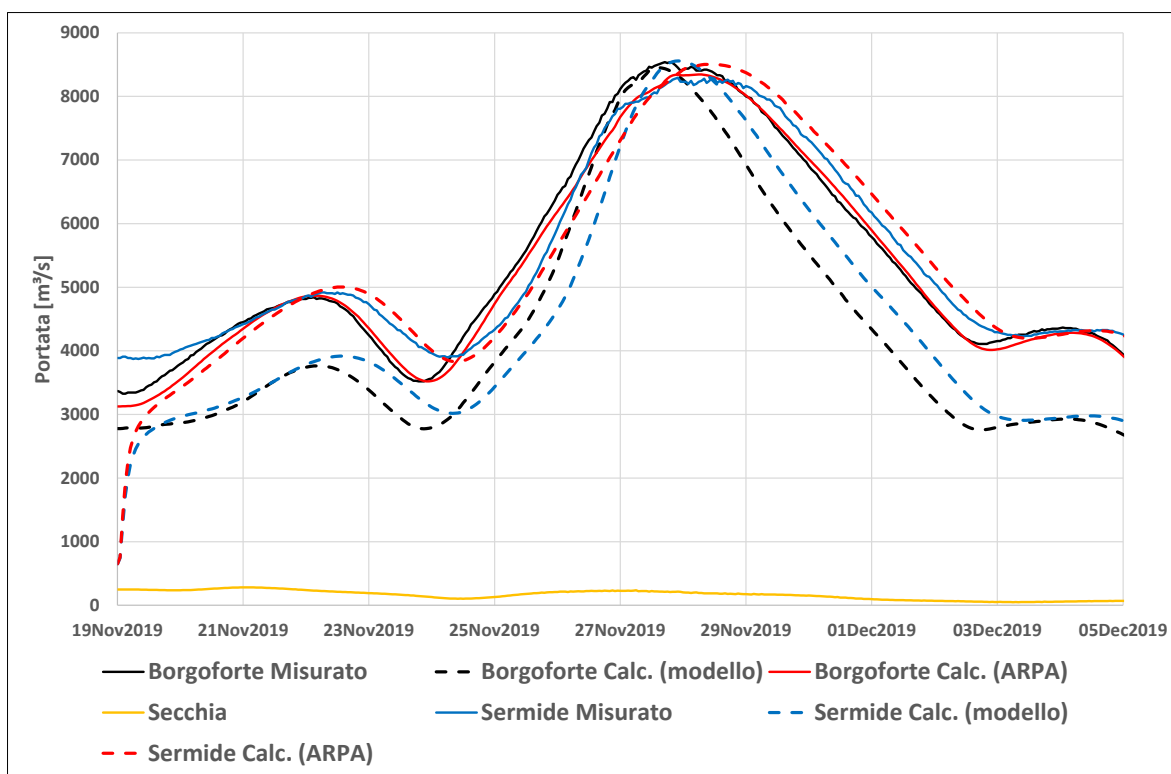


Figura 4.258 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2019

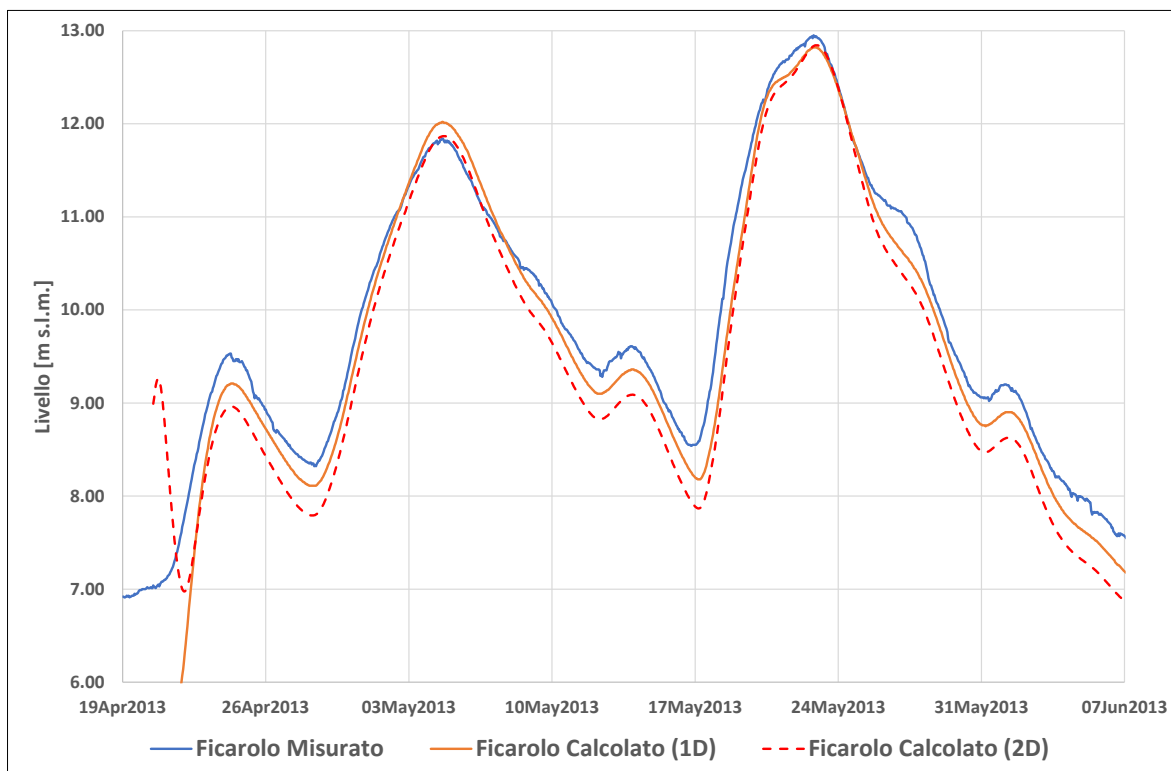


Figura 4.259 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2013

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.216
			Relazione idraulica generale	

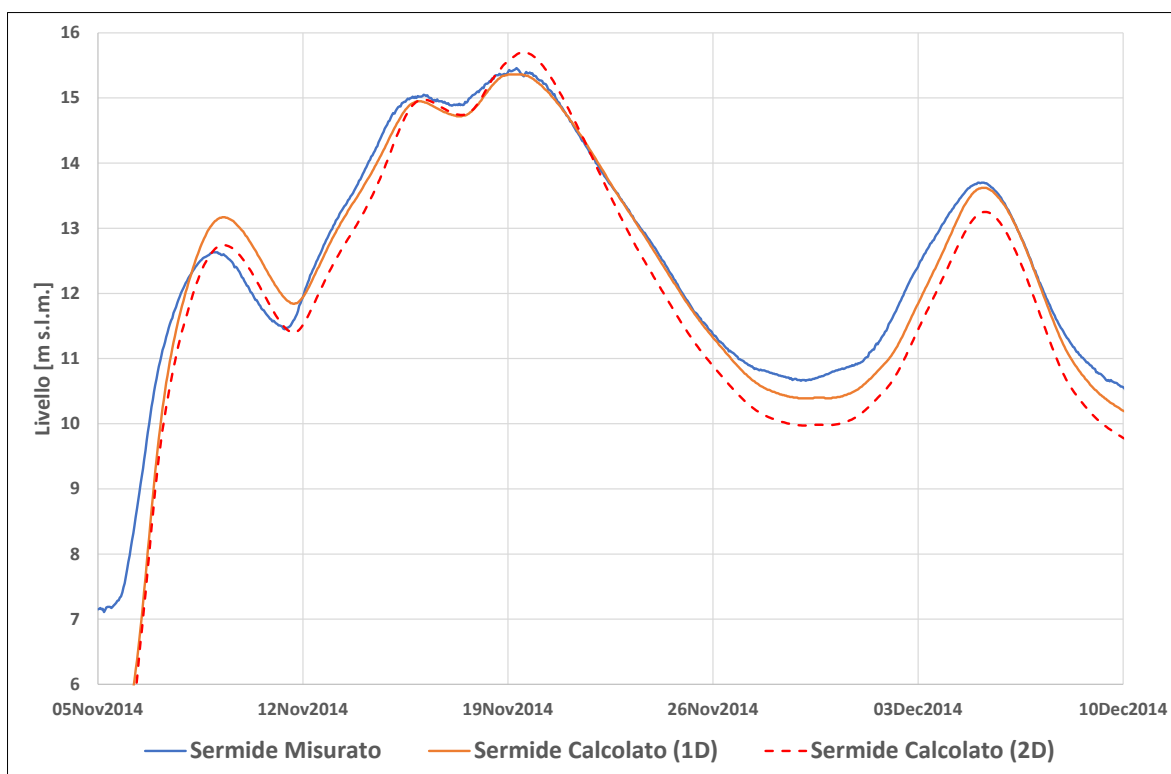


Figura 4.260 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2014

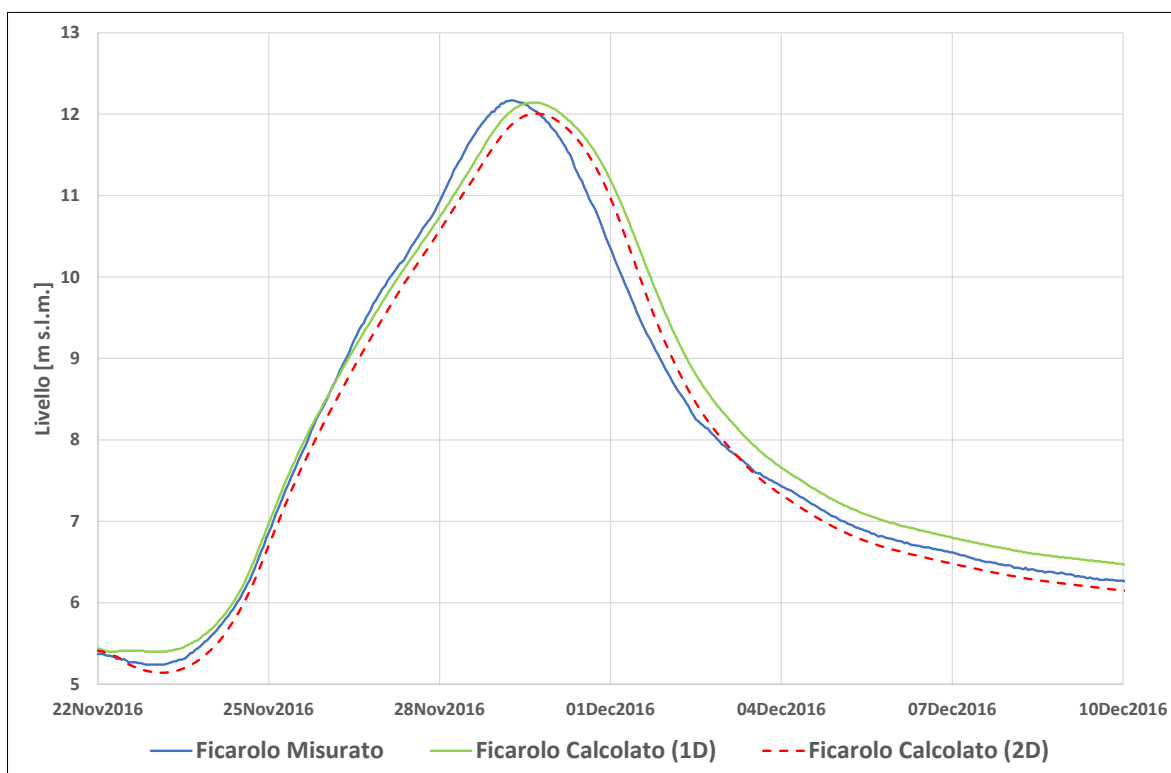


Figura 4.261 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2016

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.217
			Relazione idraulica generale	

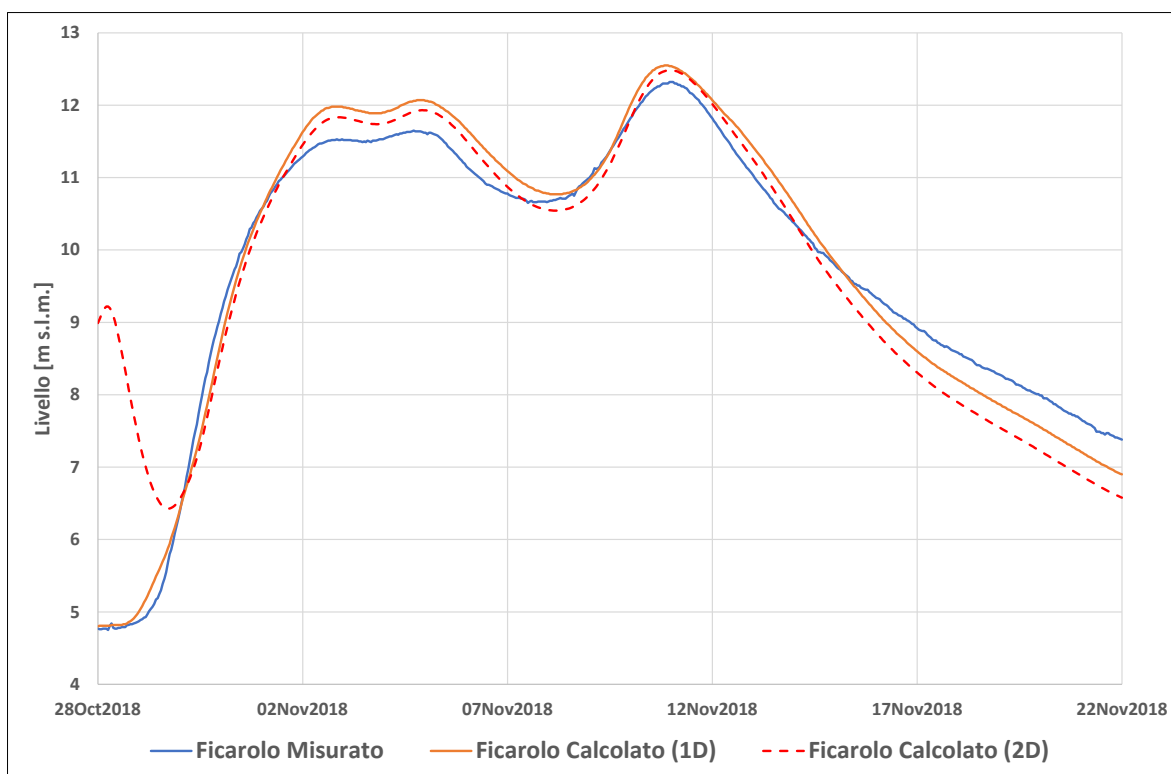


Figura 4.262 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2018

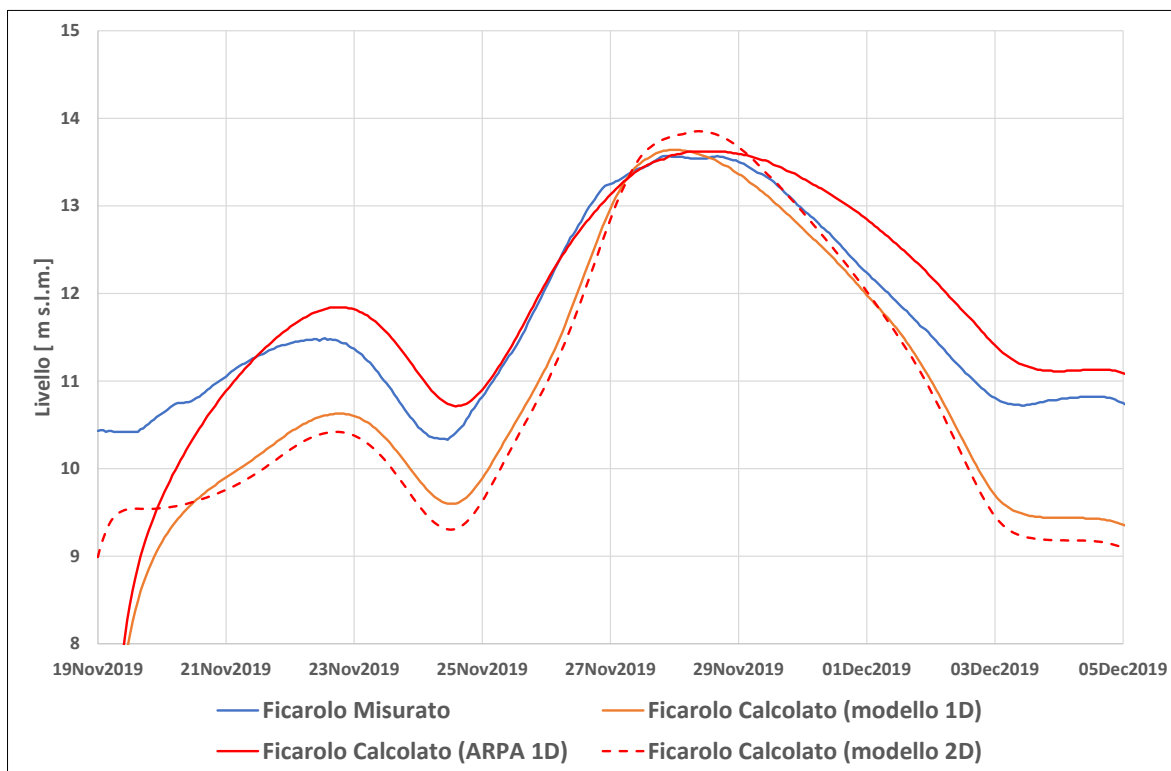


Figura 4.263 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2019

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.218
			Relazione idraulica generale	

4.7.6. Idrometro di Pontelagoscuro

Il tratto a valle dell'idrometro di Pontelagoscuro in entrambe le schematizzazioni è definito con un modello 1D per cui non ci sono differenze significative dei risultati.

I valori al colmo delle portate sono ben riprodotti, solo per l'evento 2019 si ha una sovrastima del 10%. Da notare come nei valori stimati da ARPA ER per la piena del 2019 si ha una riduzione del colmo tra Ficarolo e Pontelagoscuro di circa 500 m³/s mentre nel modello il valore rimane pressoché costante, con un apporto del Panaro praticamente nullo. Da sottolineare che l'articolo precedentemente citato a pagina 194, individua l'anomalia della scala di deflusso di Pontelagoscuro per portate superiori a 6000 m³/s. Da sottolineare però che per l'evento 2014 non si manifesta il problema, in questo caso anche le stime di ARPA ER danno valori al colmo simili tra Ficarolo e Pontelagoscuro.

I livelli al colmo sono ben rappresentati per le piene maggiori: 2013, 2014 e 2019.

Tabella 4-42 – Sintesi risultati portata al colmo all'idrometro di Pontelagoscuro

Piena	Misurato [m³/s]	Calcolato [m³/s]	Differenza [%]
2013	6935	6624	-4%
2014	8726	8810	+1%
2016 ARPA	5667	5483	-3%
2018	6174	6116	-1%
2019	7855	8622	+10%
2019 ARPA	7855	8578	+9%

Tabella 4-43 – Sintesi risultati livelli al colmo all'idrometro di Pontelagoscuro

Piena	Misurato [m s.m.m.]	Calcolato [m s.m.m.]	Differenza [m]
2013	10.47	10.49	+0.02
2014	11.11	11.00	-0.11
2016 ARPA	9.73	9.98	0.25
2018	9.98	10.30	0.32
2019	10.89	10.98	0.09
2019 ARPA	10.89	10.98	0.09

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.219
			Relazione idraulica generale	

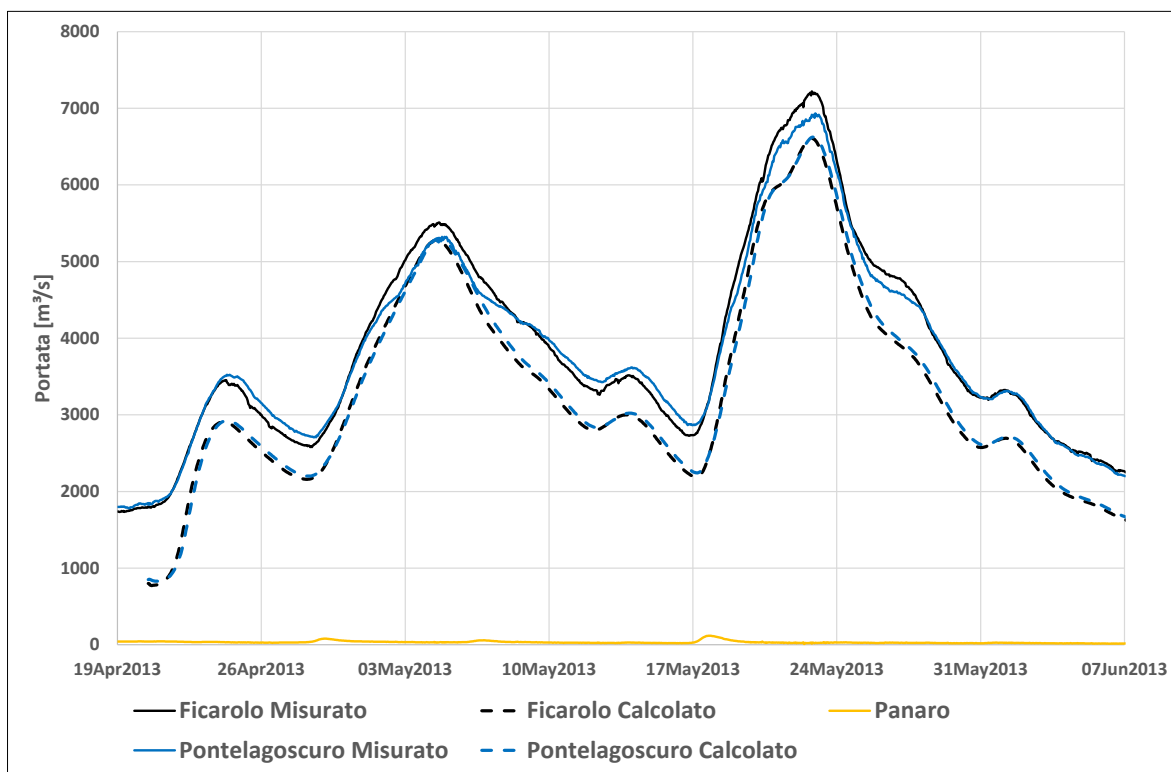


Figura 4.264 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2013

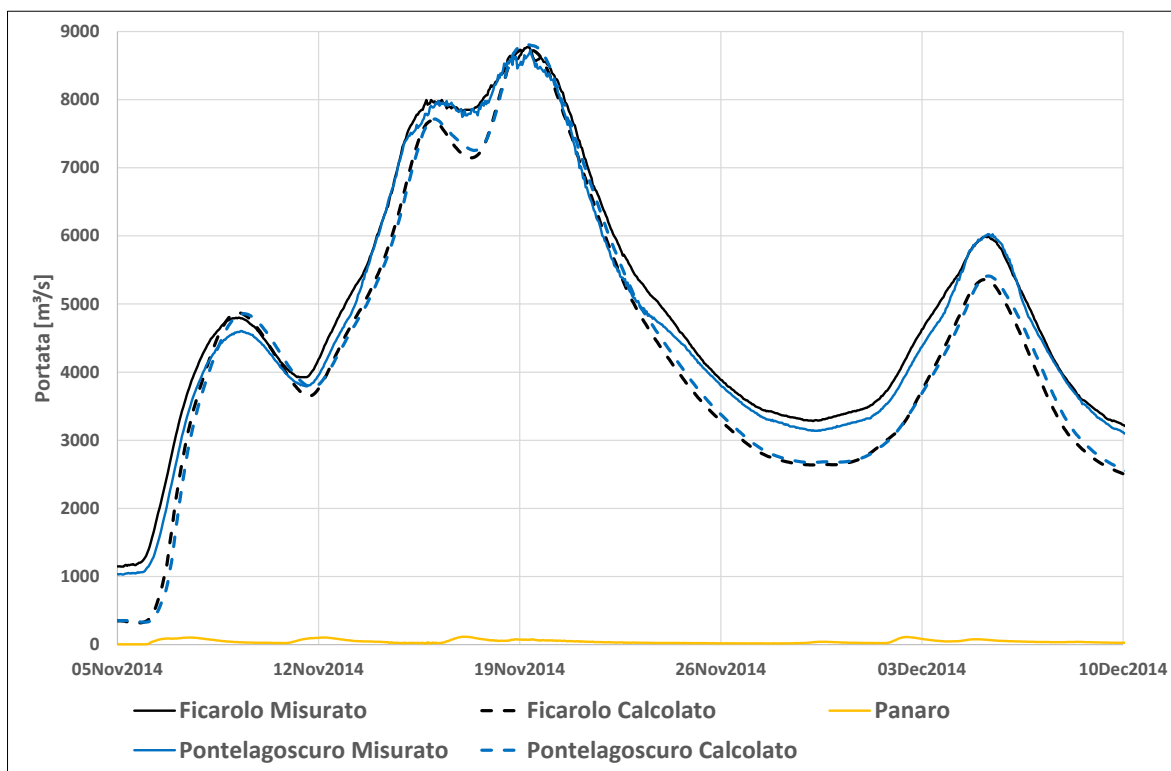


Figura 4.265 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.220
			Relazione idraulica generale	

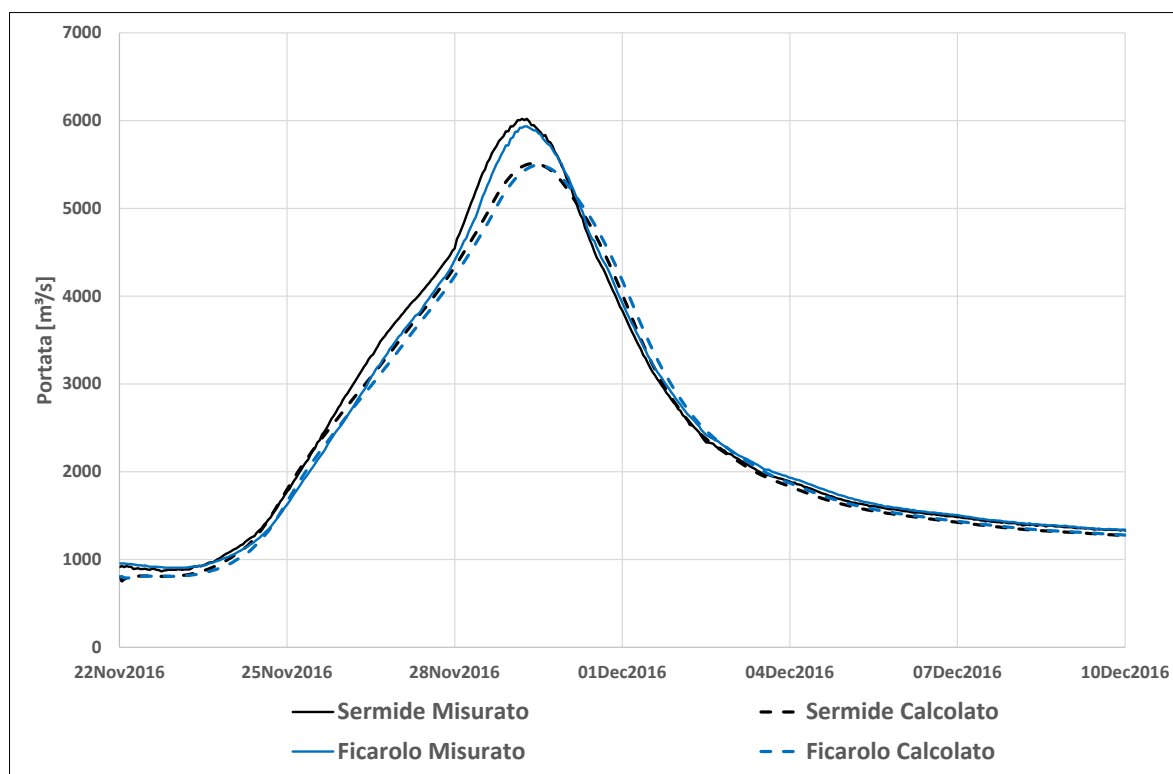


Figura 4.266 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2016

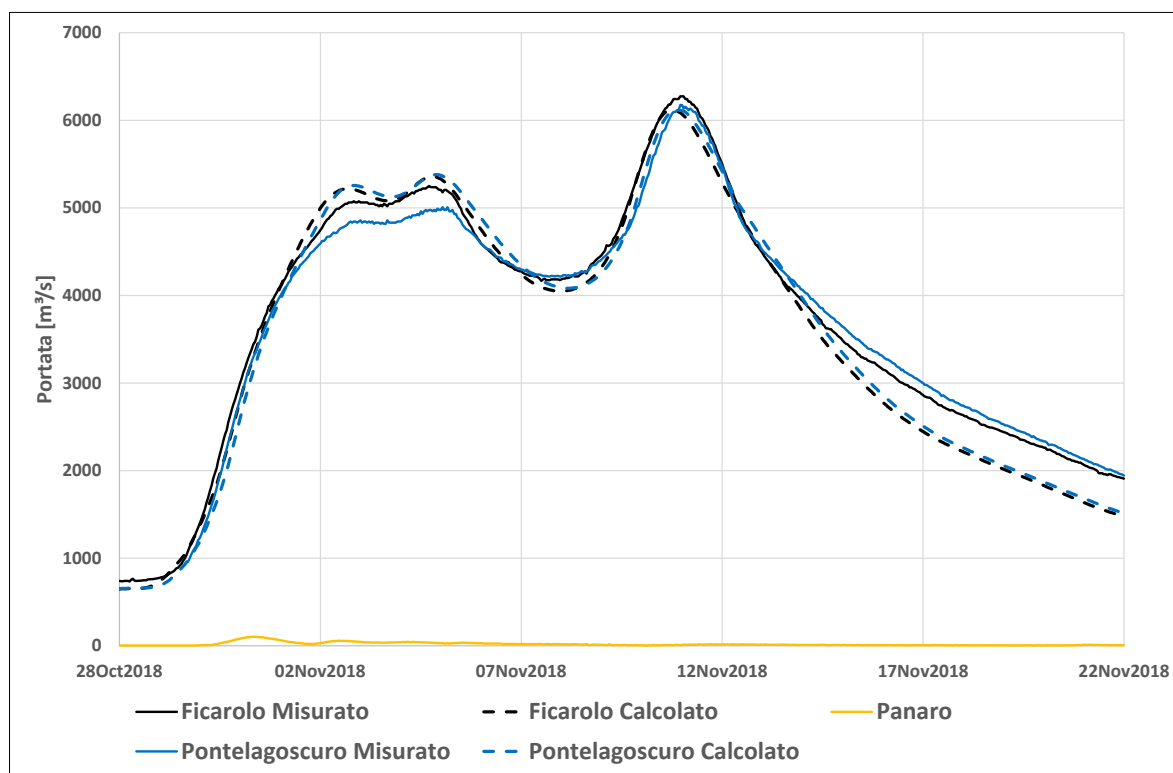


Figura 4.267 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.221
			Relazione idraulica generale	

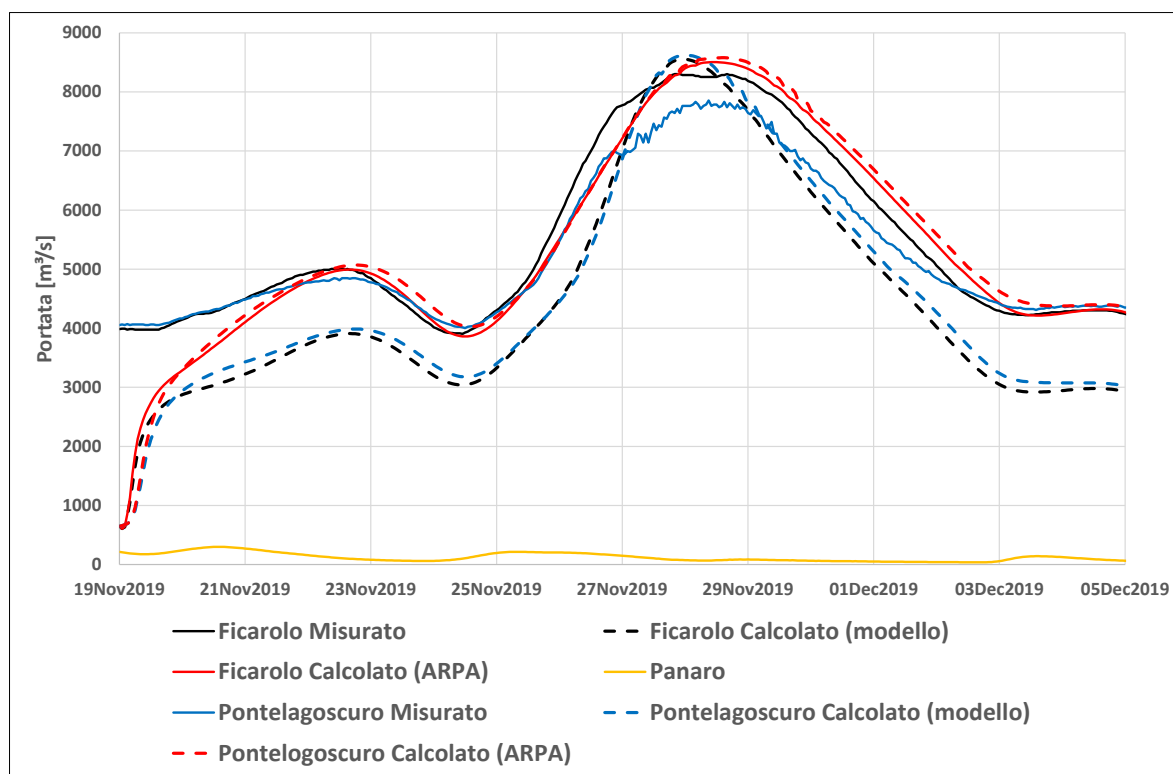


Figura 4.268 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2019

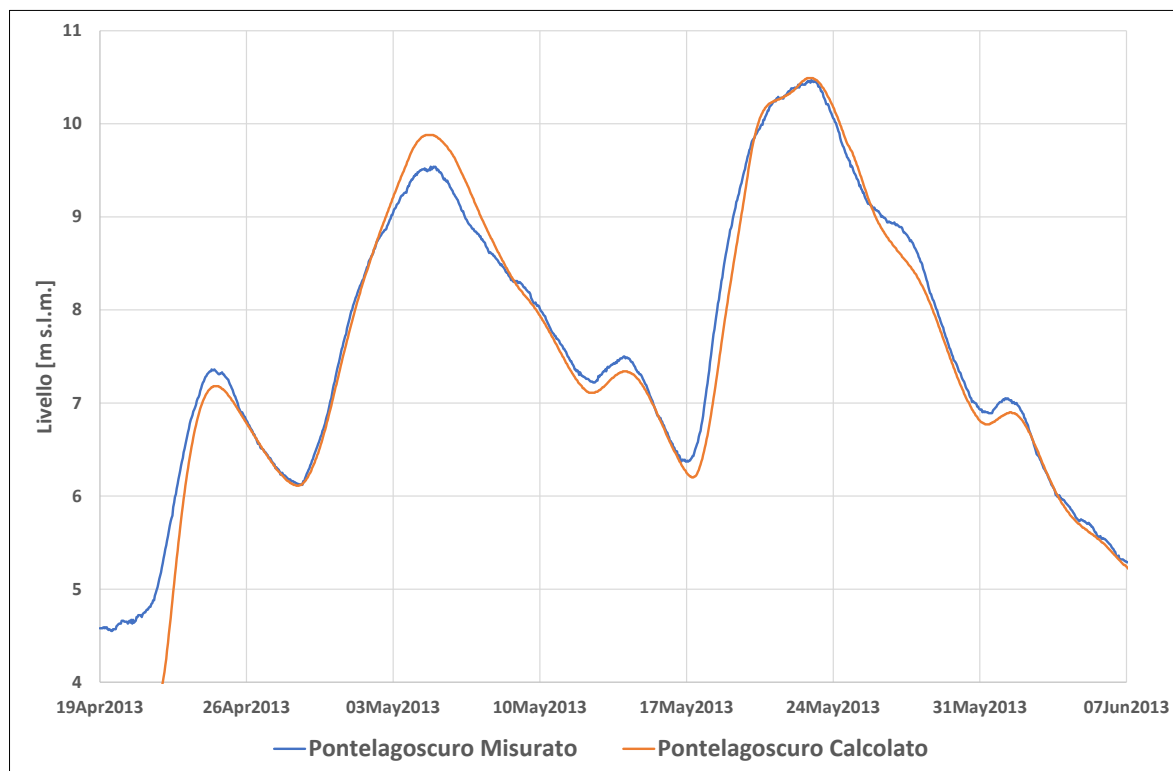


Figura 4.269 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2013

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.222
			Relazione idraulica generale	

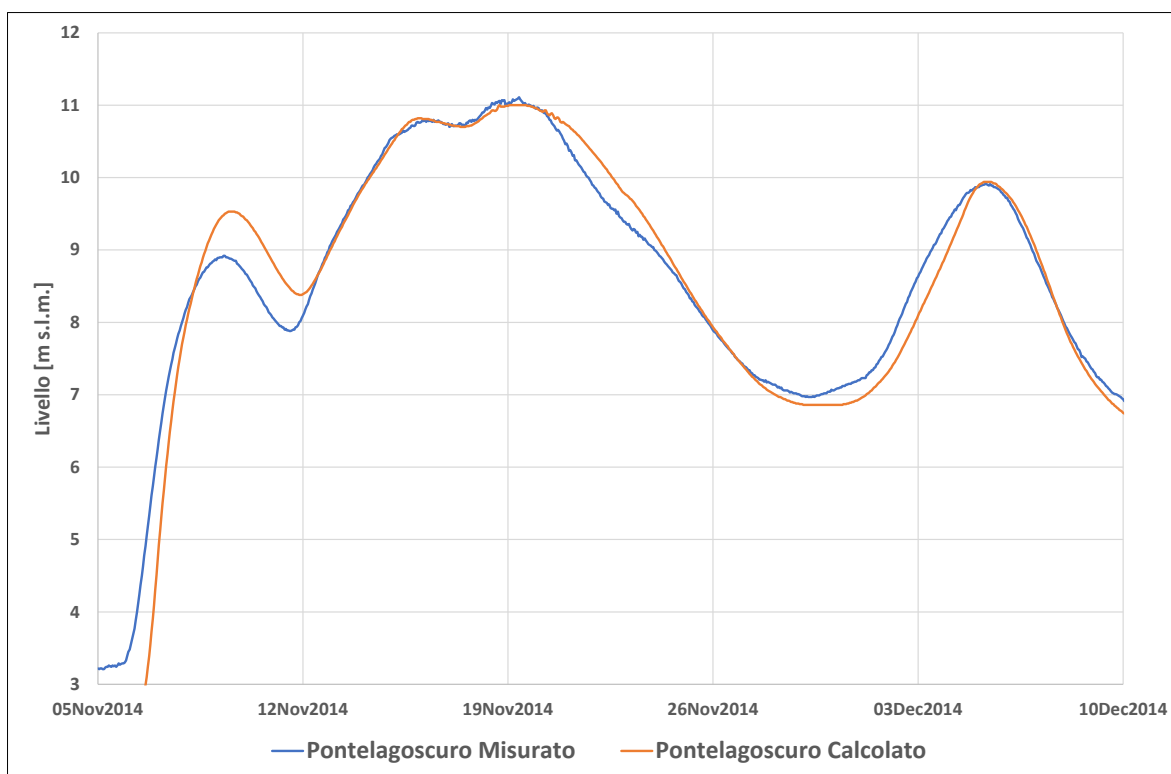


Figura 4.270 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2014

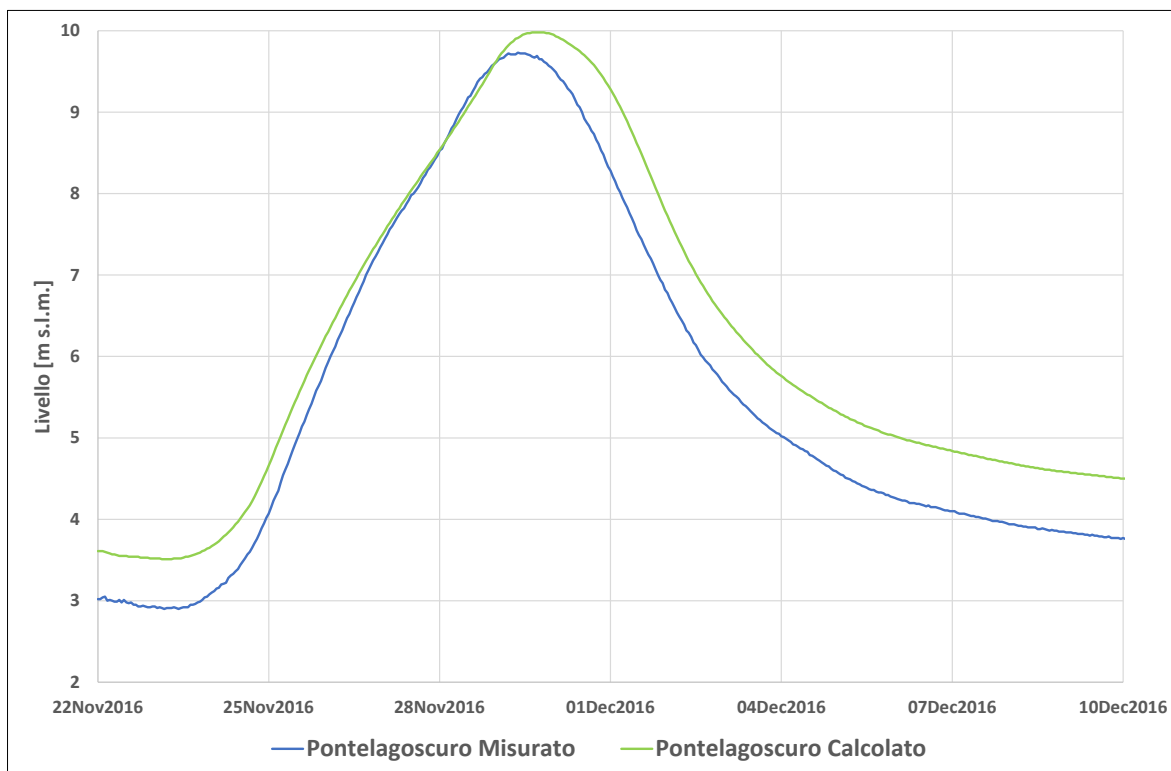


Figura 4.271 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2016

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.223
			Relazione idraulica generale	

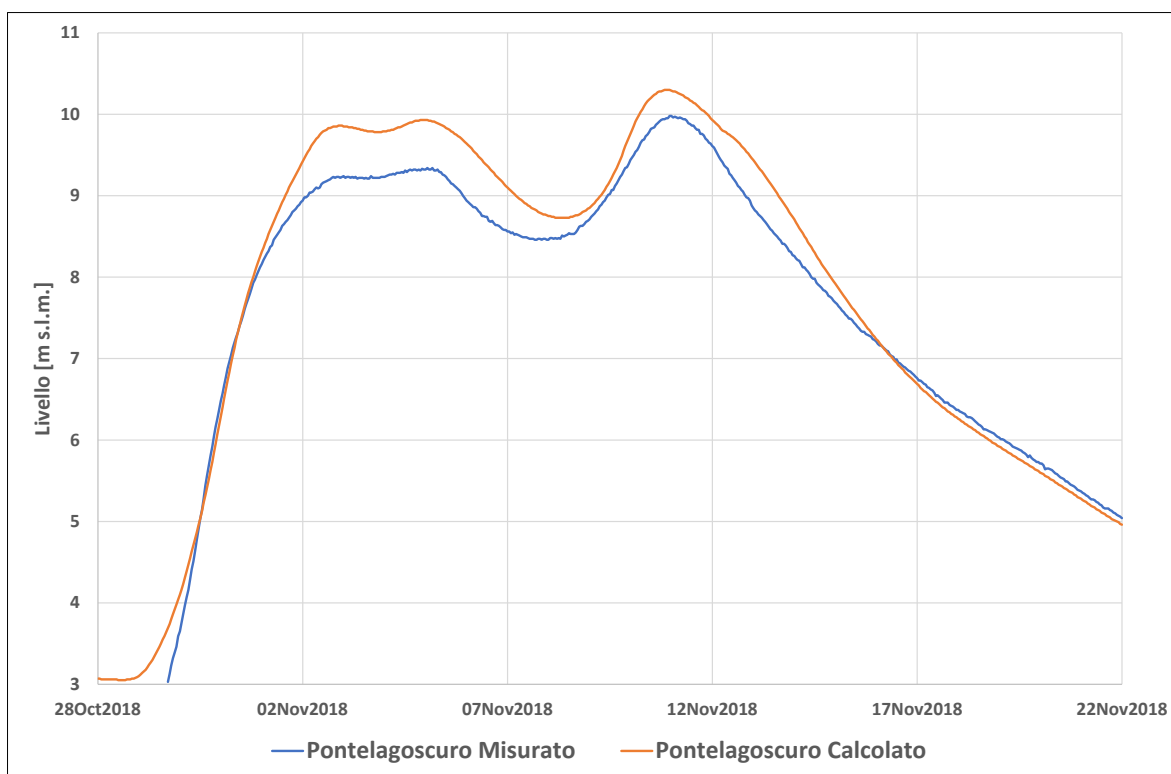


Figura 4.272 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2018

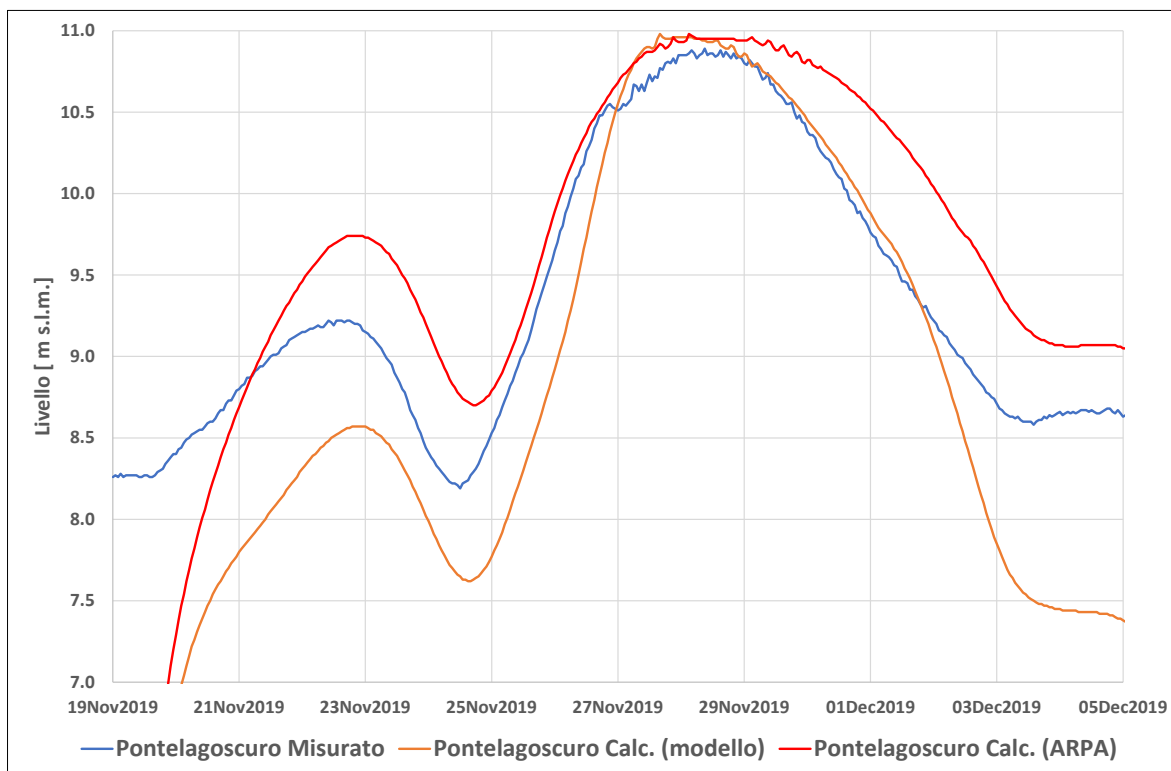


Figura 4.273 – Risultati calibrazione sui livelli all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2019

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.224
			Relazione idraulica generale	

4.7.7. Confronto picchettamento piena 2014

Il profilo determinato dal modello lungo l'arginatura sinistra tra Boretto e Borgoforte (Figura 4.275) è in buon accordo con le tracce di piena rilevate. Il profilo risulta quasi sempre sovrastimato, ma le differenze sono quasi sempre inferiori ai 30 cm. Sull'arginatura destra (Figura 4.276) sono stati rilevati meno punti, anche in questo caso i livelli calcolati sono sempre superiori a quelli stimati, ma nella maggior parte in buon accordo.

Da sottolineare come in corrispondenza degli idrometri di Boretto (cfr. Tabella 4-32) e Borgoforte (cfr. Tabella 4-33) il modello sottostima i livelli per questo evento, contrariamente a quanto avviene lungo le arginature.

Nel tratto Borgoforte Revere sponda sinistra (Figura 4.278) si ha sempre una sottostima nella prima parte, ma un ottimo accordo a valle della sezione S45 fino all'idrometro di Revere. Lungo la sponda destra (Figura 4.279) i risultati sono soddisfacenti, al netto delle rilevazioni evidentemente non corrette.

Anche nel tratto Revere Ficarolo (Sx Figura 4.281 e Dx Figura 4.282) i risultati del modello sono in buon accordo con le stime effettuate con i picchettamenti post piena.

Nel tratto Ficarolo Pontelagoscuro il picchettamento della piena è stato effettuato solo lungo l'arginatura sinistra. Il profilo calcolato, anche in questo caso, è superiore ai livelli stimati, ma con differenze inferiori ai 30 cm.

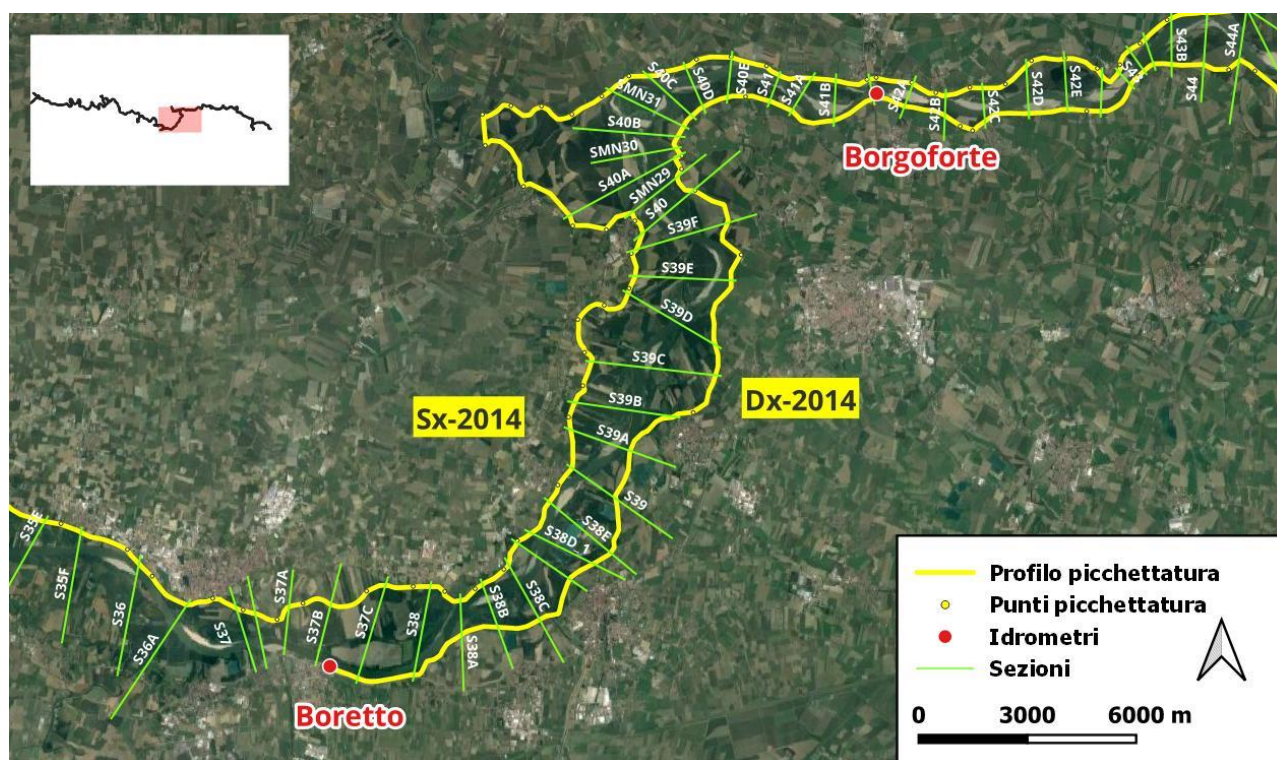


Figura 4.274 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l'evento di piena 2014 tra Boretto e Borgoforte

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.225
			Relazione idraulica generale	

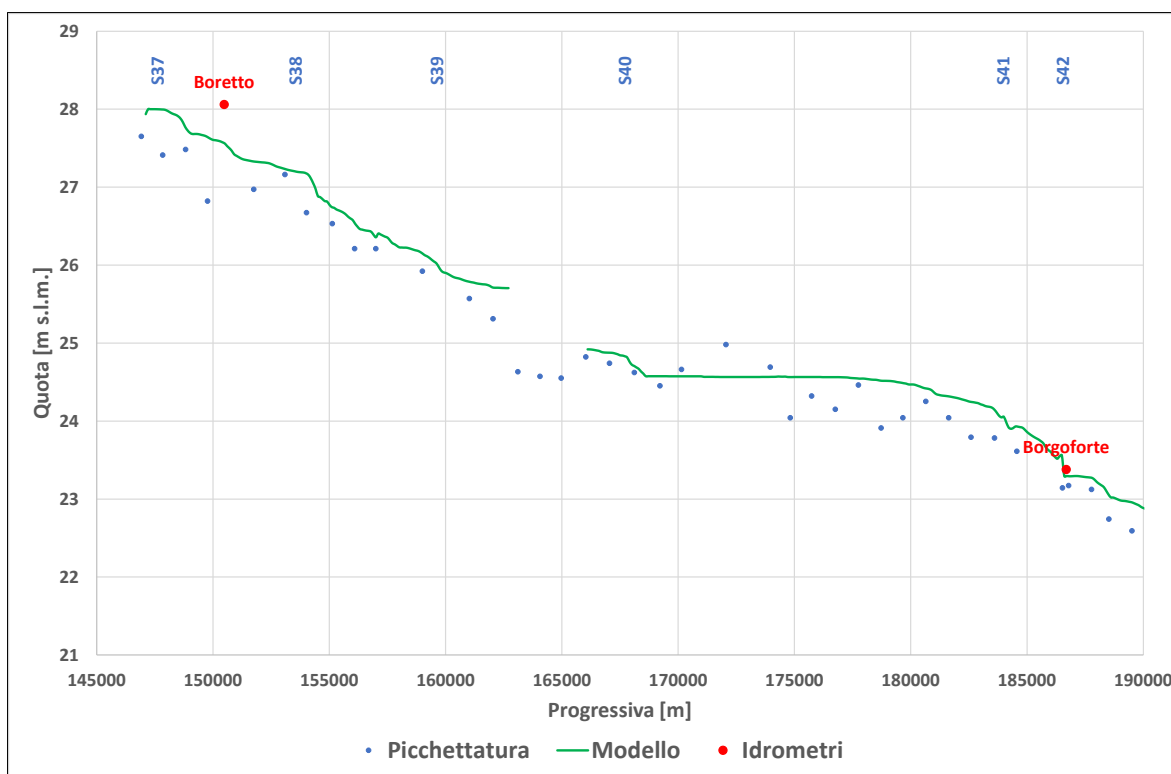


Figura 4.275 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2014, tra Boretto e Borgoforte (sponda sinistra)

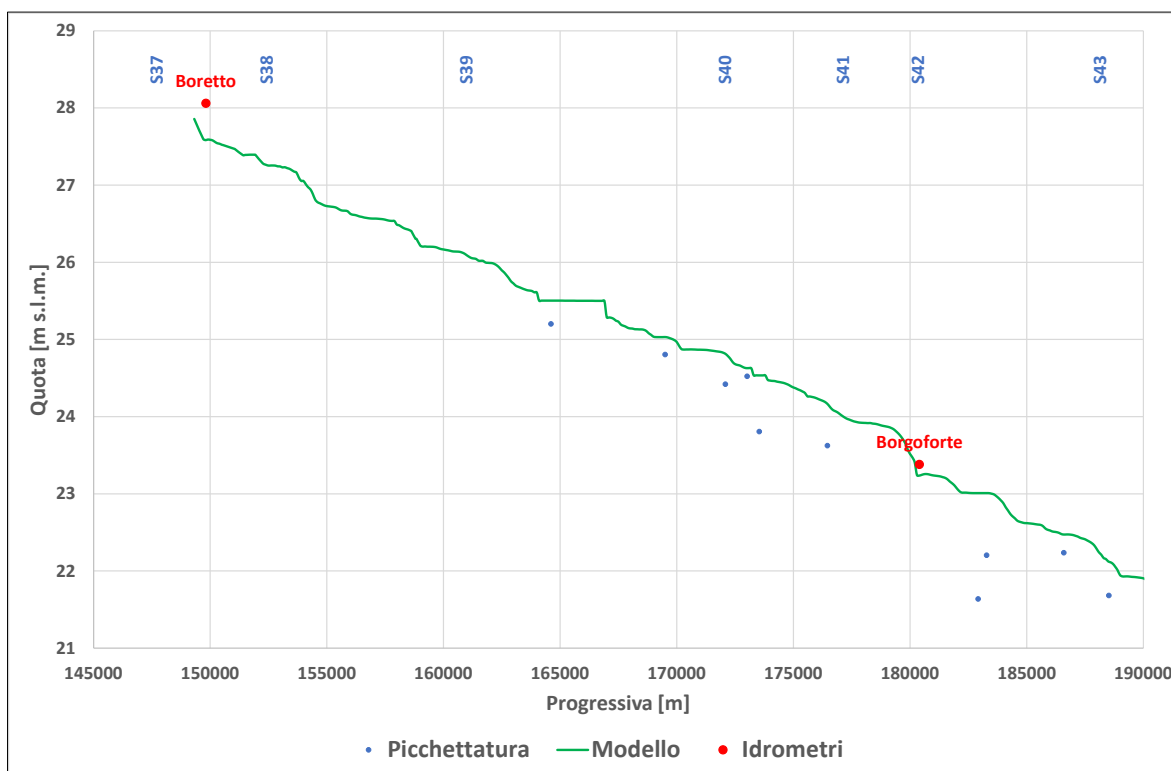


Figura 4.276 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2014, tra Boretto e Borgoforte (sponda destra)

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.226
			Relazione idraulica generale	

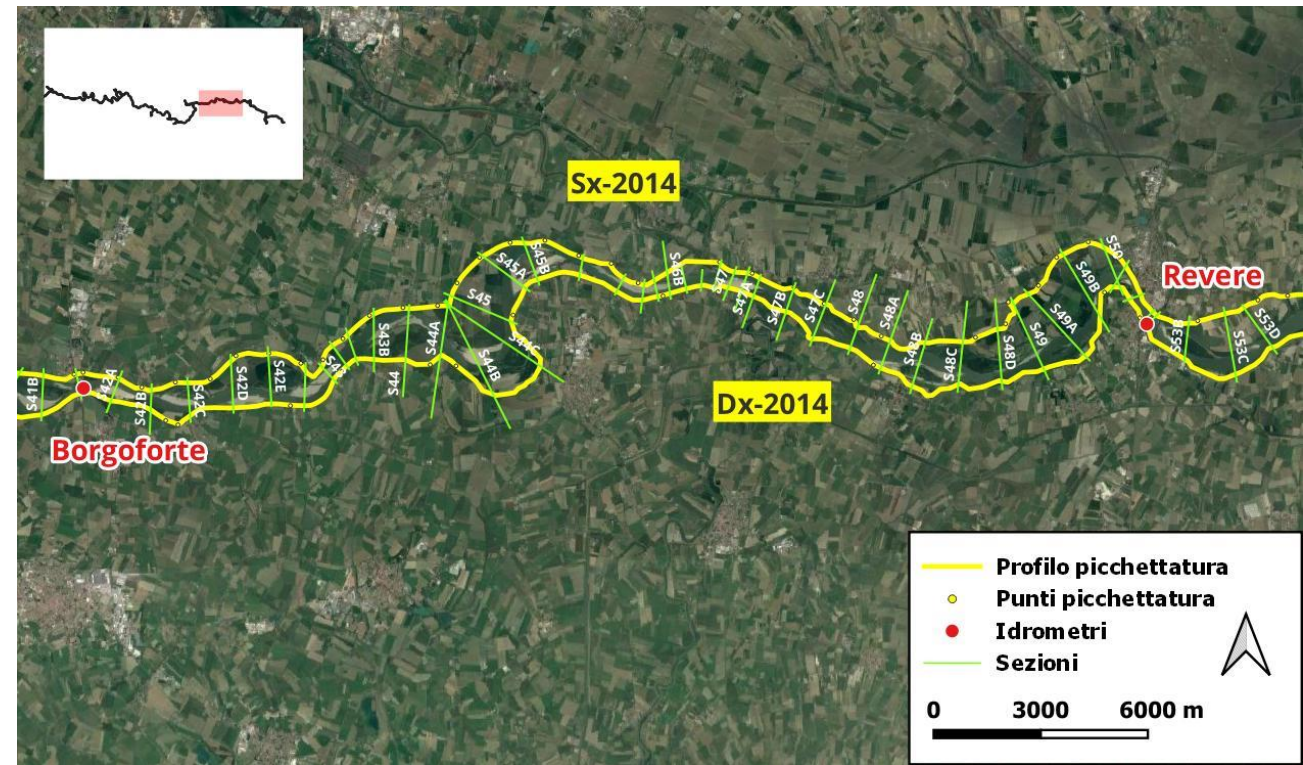


Figura 4.277 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l’evento di piena 2014 tra Borgoforte e Revere

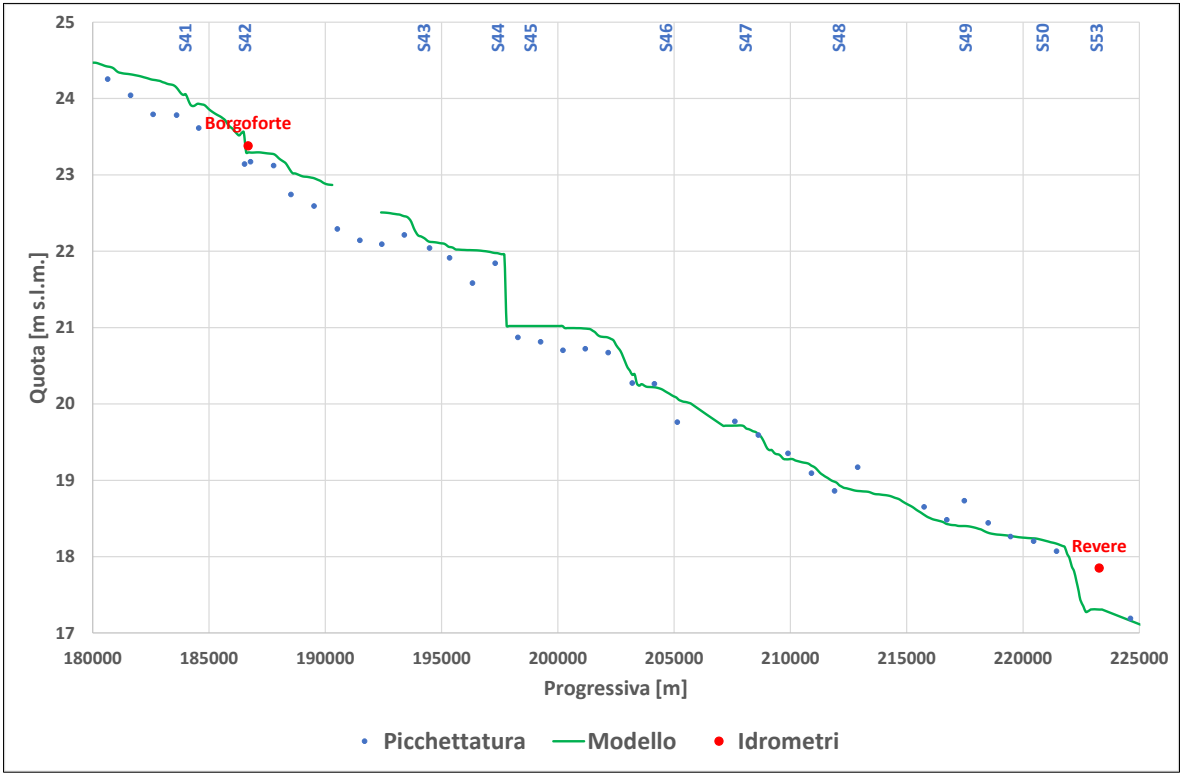


Figura 4.278 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2014, tra Borgoforte e Revere (sponda sinistra)

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.227
			Relazione idraulica generale	

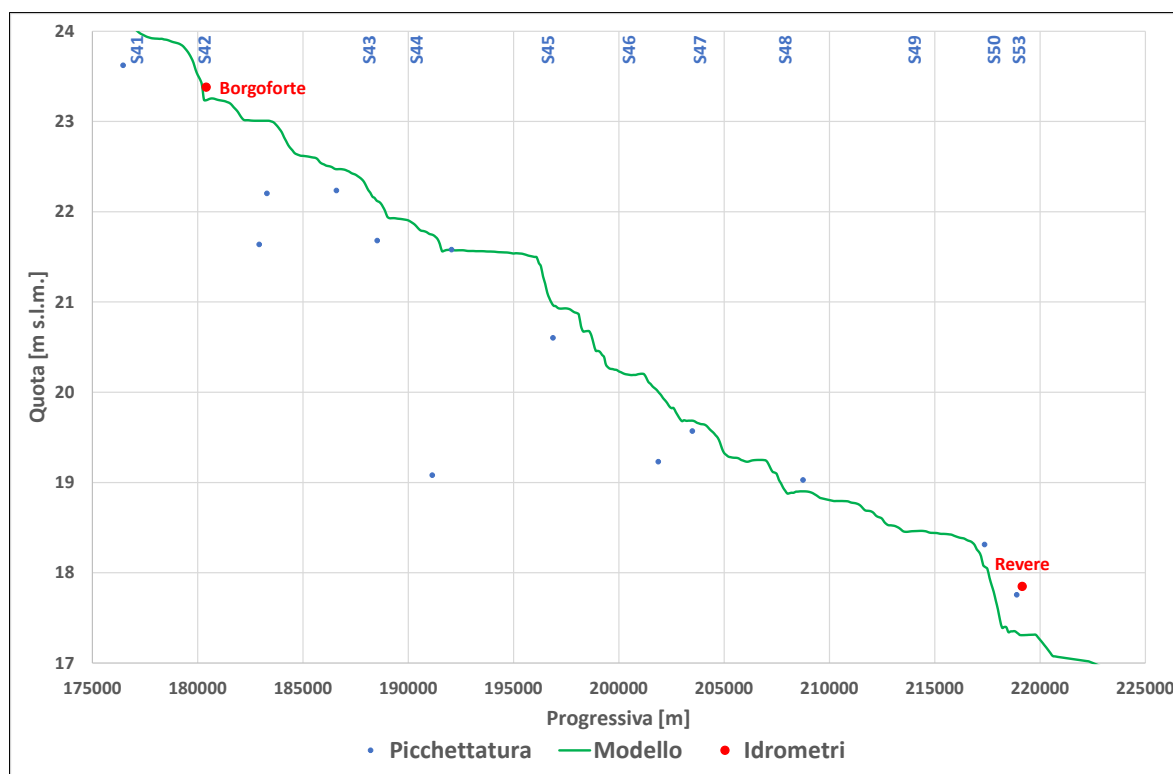


Figura 4.279 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2014, tra Borgoforte e Revere (sponda destra)

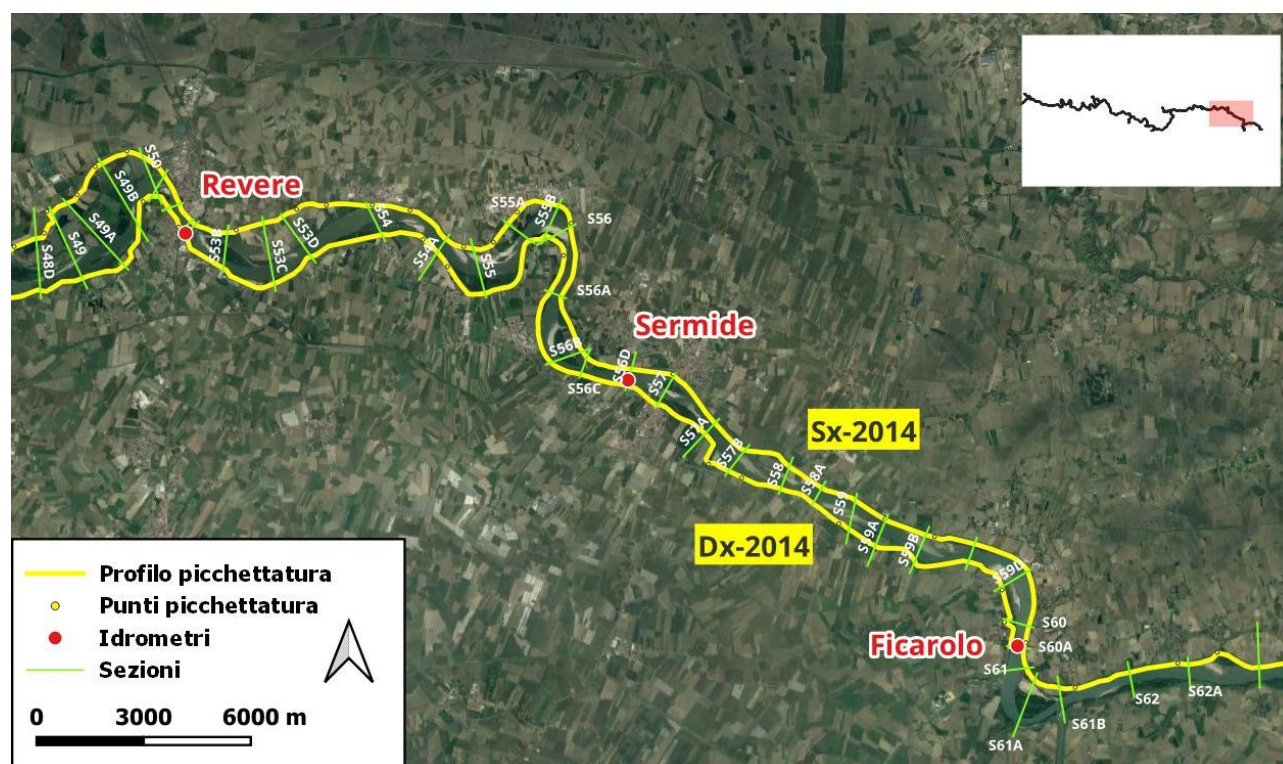


Figura 4.280 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l'evento di piena 2014 tra Revere e Ficarolo

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.228
			Relazione idraulica generale	

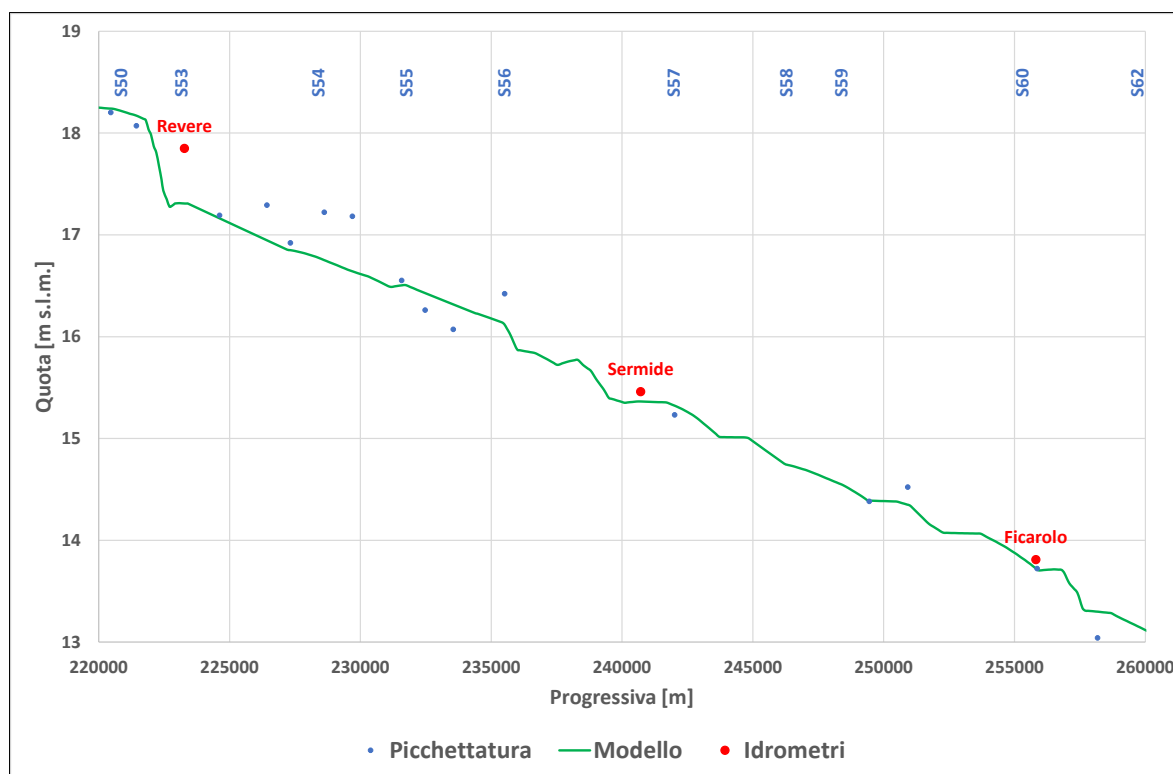


Figura 4.281 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2014, tra Revere e Ficarolo (sponda sinistra)

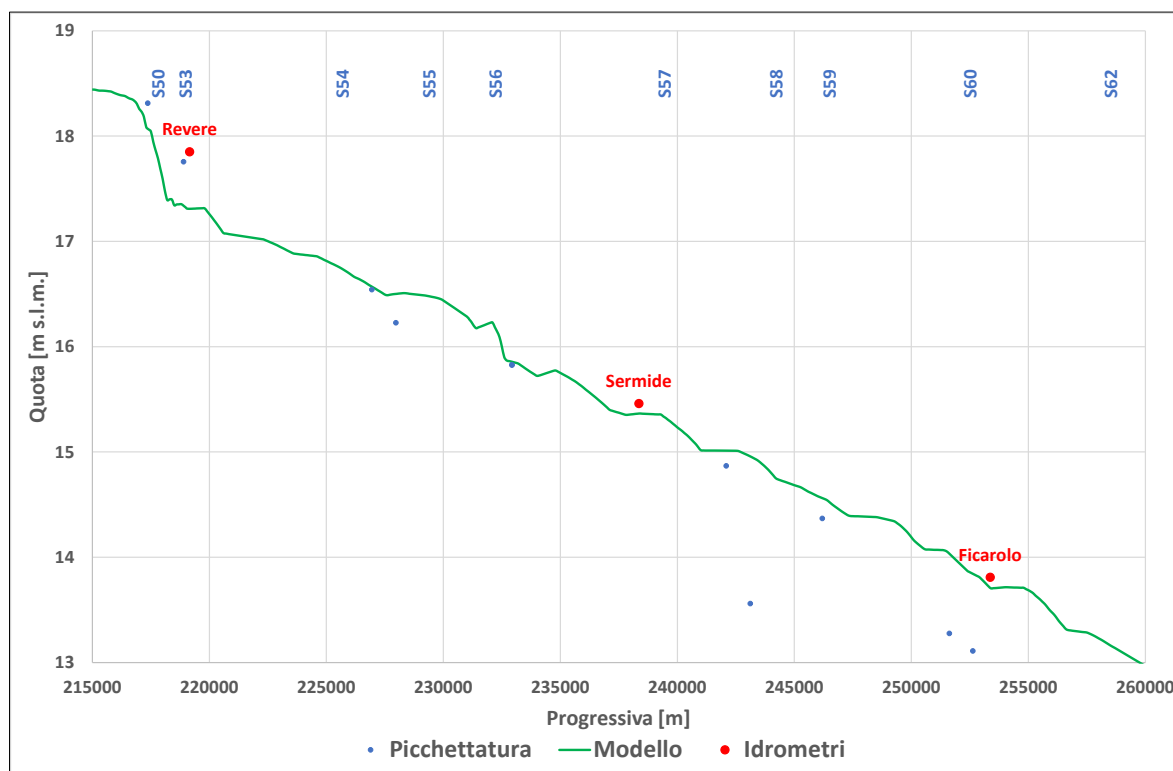


Figura 4.282 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2014, tra Revere e Ficarolo (sponda destra)

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.229
			Relazione idraulica generale	

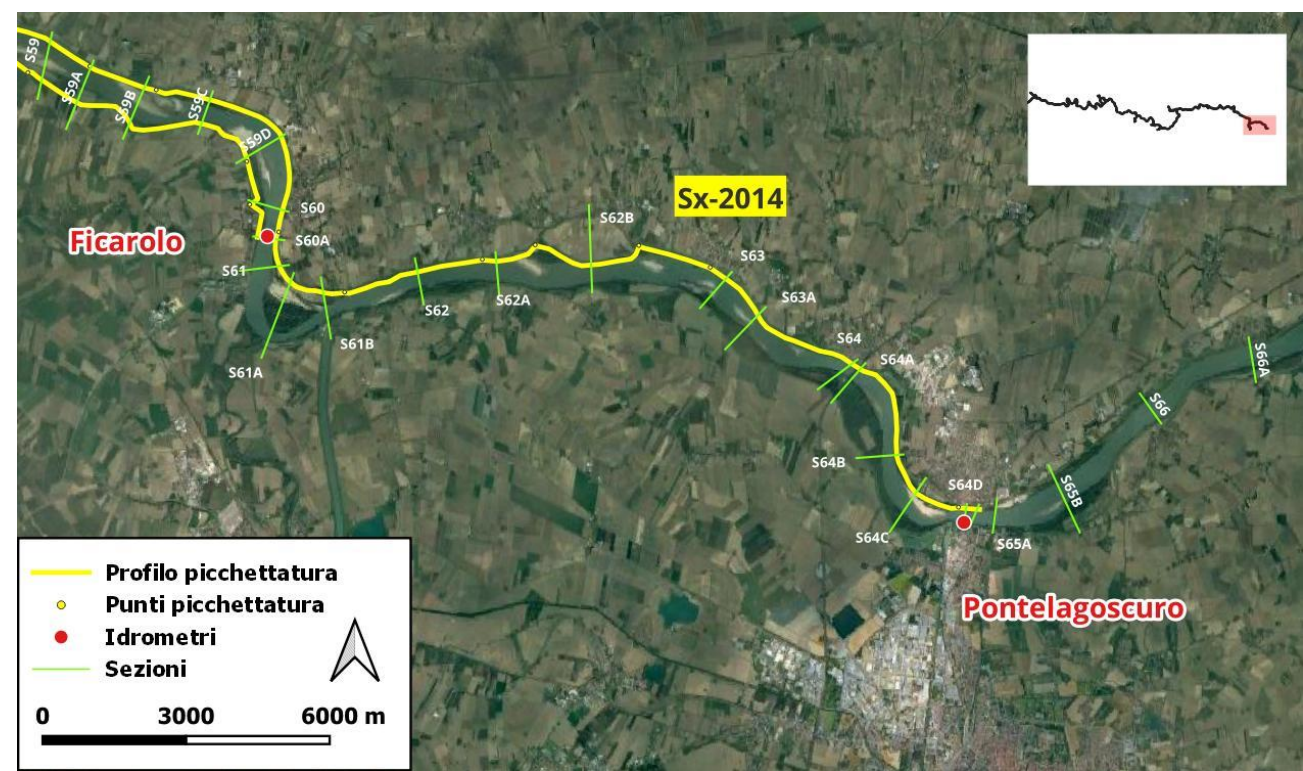


Figura 4.283 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l’evento di piena 2014 tra Ficarolo e Pontelagoscuro

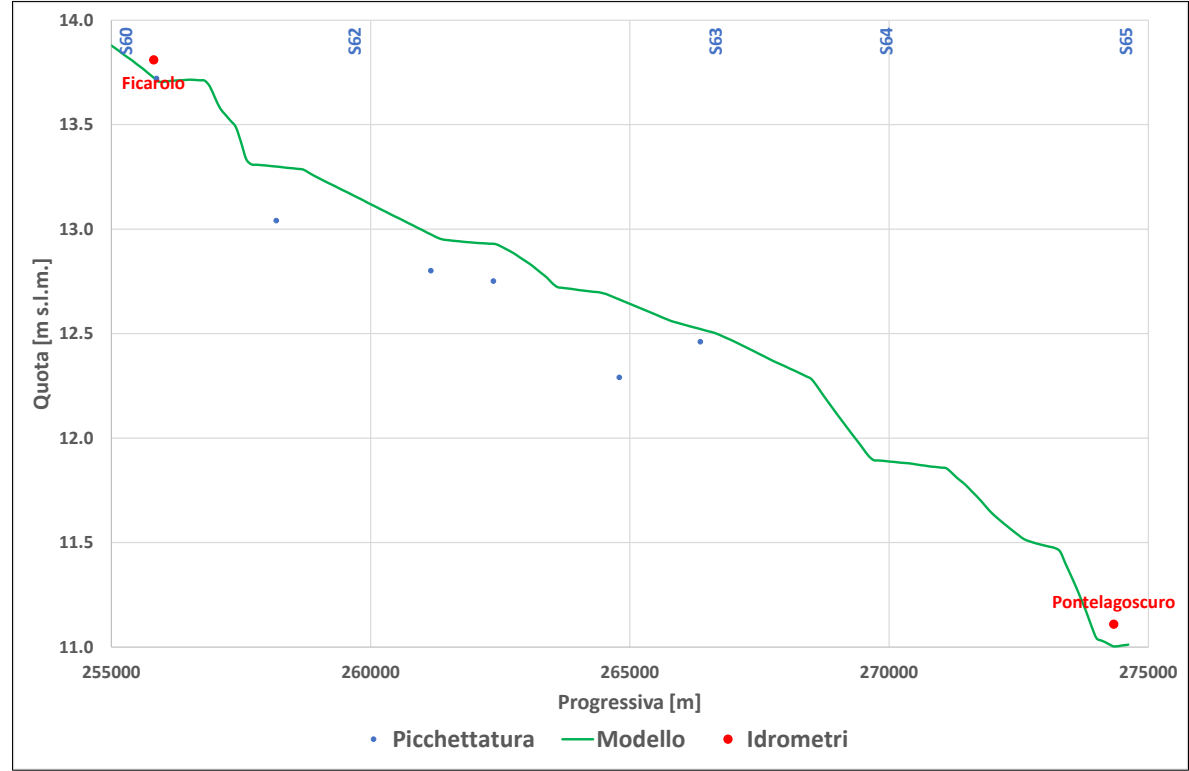


Figura 4.284 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2014, tra Ficarolo e Pontelagoscuro (sponda sinistra)

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.230
			Relazione idraulica generale	

4.7.8. Confronto picchettamento piena 2019

Il profilo calcolato lungo l'arginatura sinistra tra Boretto e Borgoforte (Figura 4.286) risulta in tutto il tratto, tranne che per alcuni punti di picchettatura, sovrastimato tra i 20 e i 30 cm, ma con un andamento del tutto simile. In destra (Figura 4.287), dove sono presenti diverse golene chiuse in cui il livello calcolato risulta pressoché costante, l'andamento del profilo è meno simile a quello della picchettatura e anche le differenze risultano superiori, con livelli sempre sovrastimati.

Da sottolineare come in corrispondenza degli idrometri di Boretto Boretto (cfr. Tabella 4-32) e Borgoforte (cfr. Tabella 4-33) il modello sottostima i livelli per questo evento, contrariamente a quanto avviene lungo le arginature.

Nel tratto Borgoforte Revere i profili calcolati continuano a sovrastimare di qualche decimetro le tracce di piena stimate, lungo l'argine sinistro (Figura 4.289) a valle della sezione S47 questa sovrastima si annulla, mentre lungo l'argine destro (Figura 4.290) permane.

Nel tratto Revere Ficarolo si ha un'ottima corrispondenza tra profili calcolati e tracce di piena fino a Sermide sia in sinistra (Figura 4.292) che in destra (Figura 4.293). Tra Sermide e Ficarolo il modello tende a sovrastimare i profili lungo le arginature.

Tale sovrastima è riscontrabile anche nel tratto Ficarolo Pontelagoscuro sull'arginatura sinistra (Figura 4.295). Lungo l'arginatura destra le tracce rilevate hanno un andamento molto più disperso ed il profilo di calcolo appare una buona mediazione dei punti rilevati.

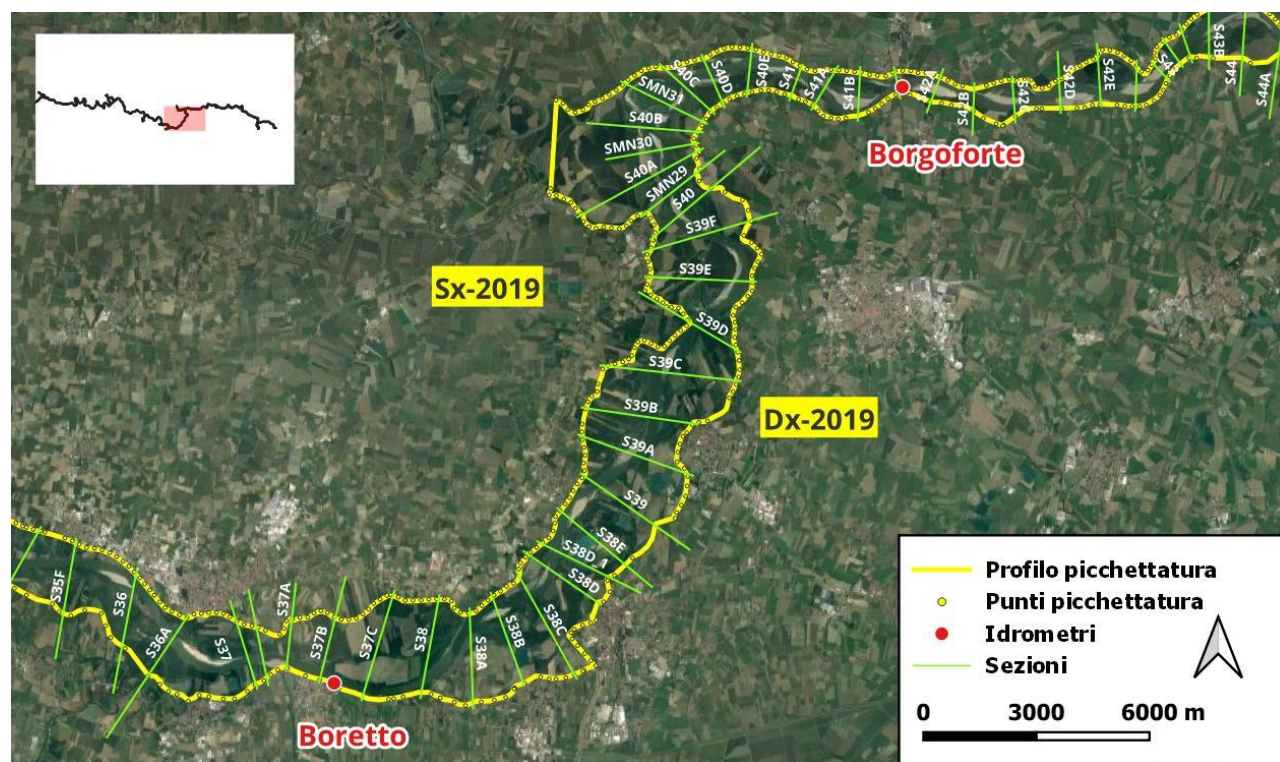


Figura 4.285 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l'evento di piena 2019 tra Boretto e Borgoforte

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.231
			Relazione idraulica generale	

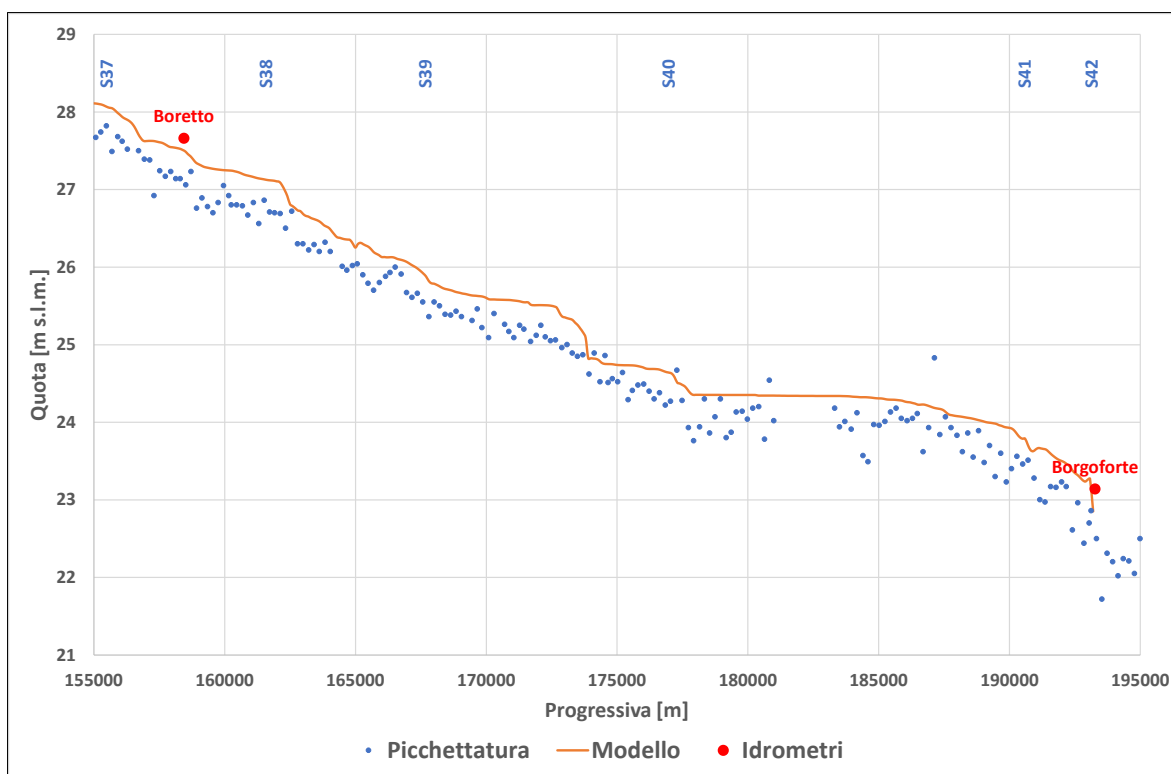


Figura 4.286 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Boretto e Borgoforte (sponda sinistra)

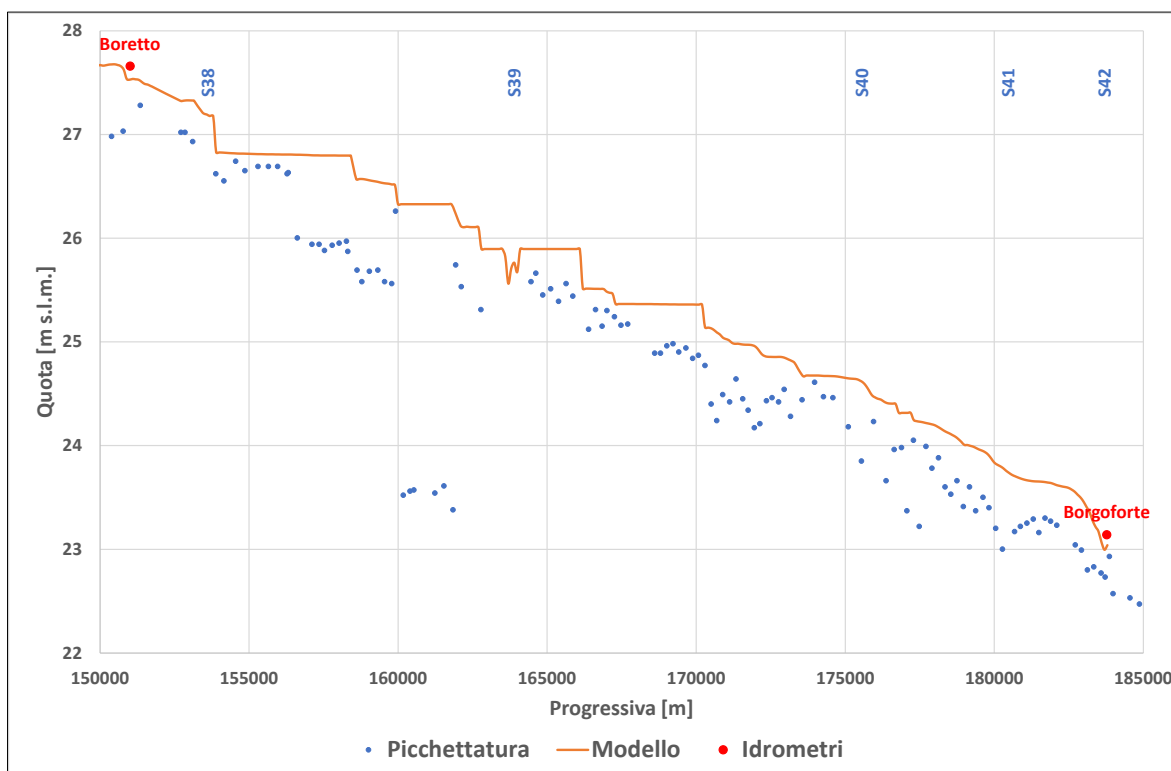


Figura 4.287 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Boretto e Borgoforte (sponda destra)

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.232
			Relazione idraulica generale	

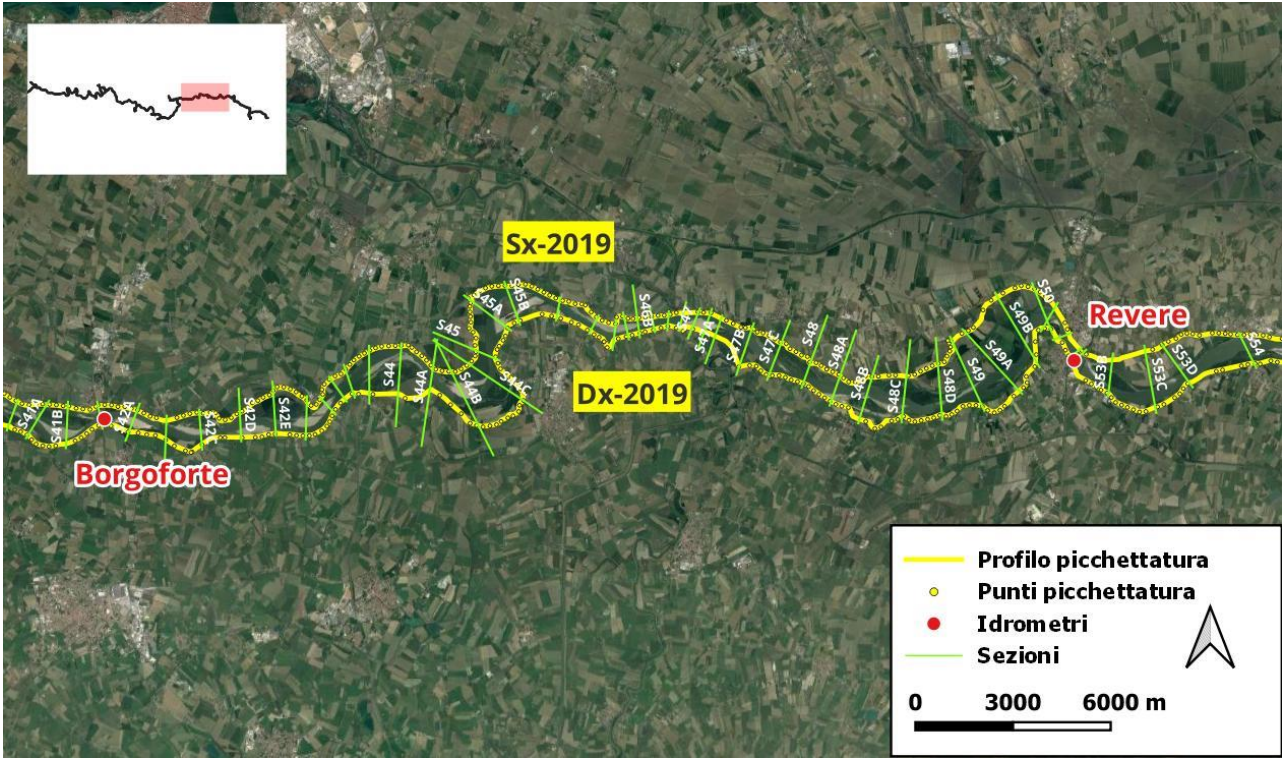


Figura 4.288 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l’evento di piena 2019 tra Borgoforte e Revere

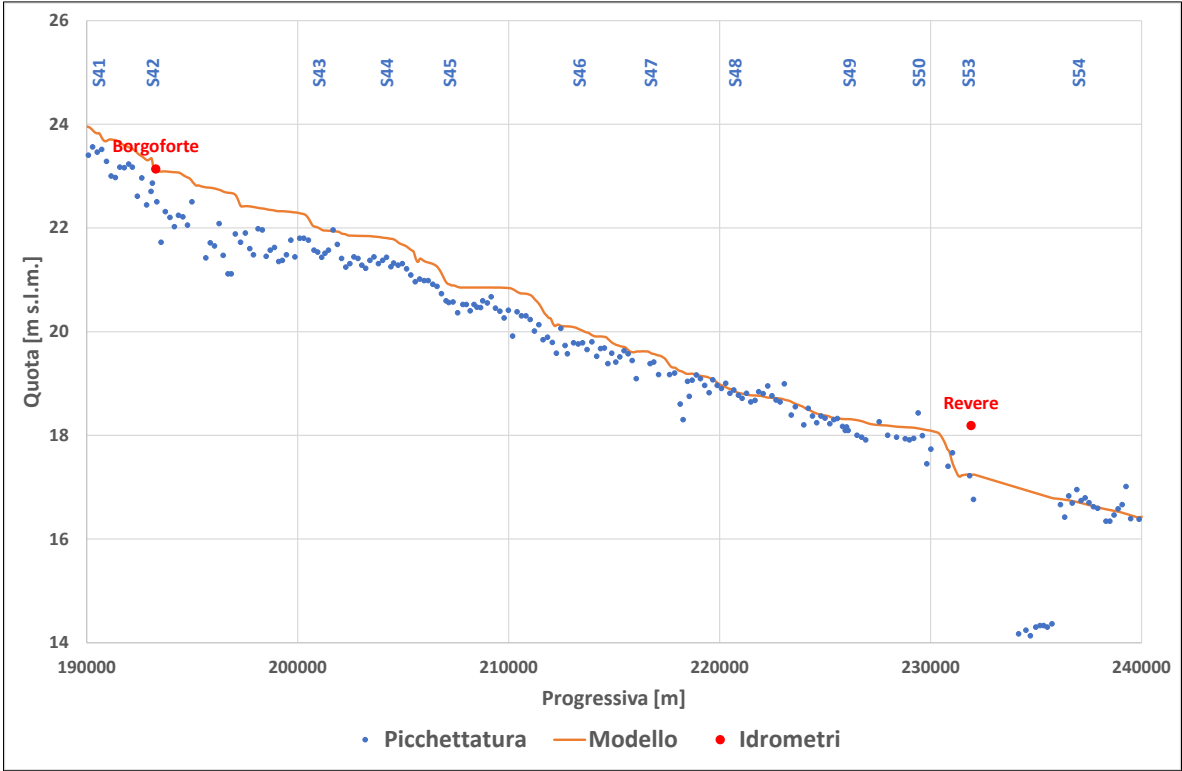


Figura 4.289 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Borgoforte e Revere (sponda sinistra)

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.233
			Relazione idraulica generale	

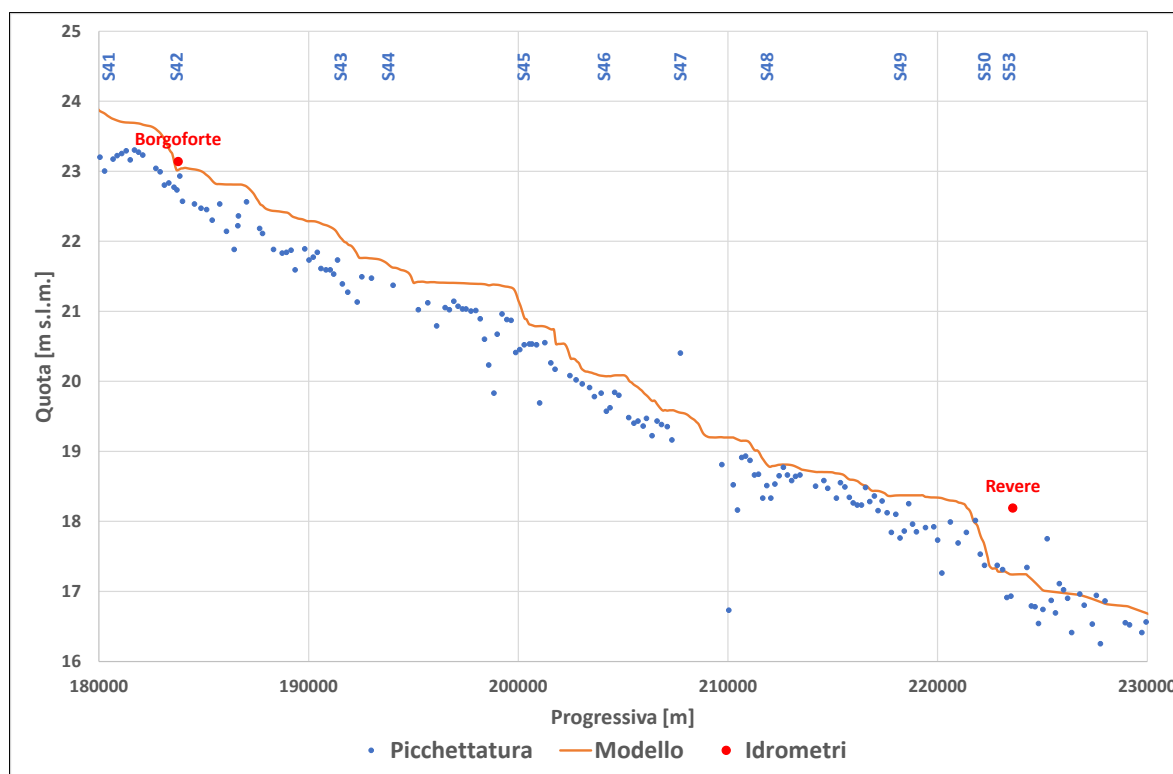


Figura 4.290 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Borgoforte e Revere (sponda destra)

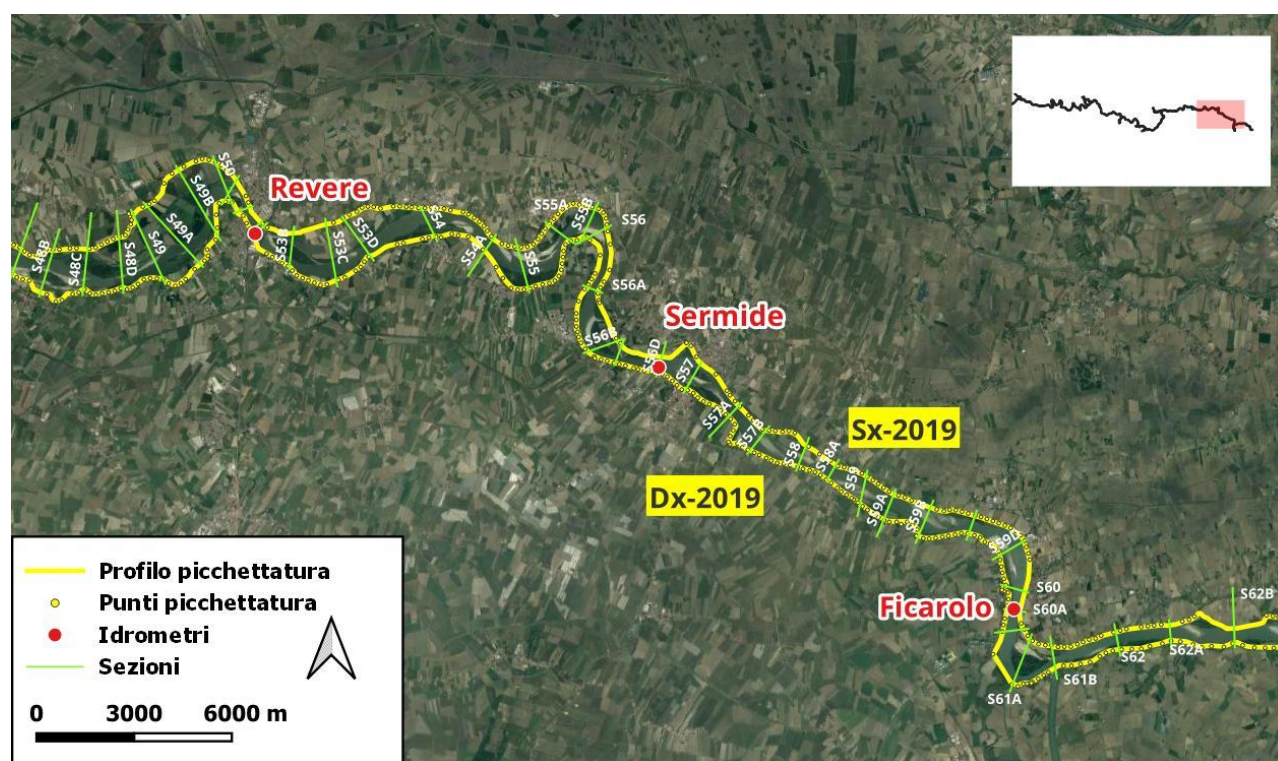


Figura 4.291 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l'evento di piena 2019 tra Revere e Ficarolo

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.234
			Relazione idraulica generale	

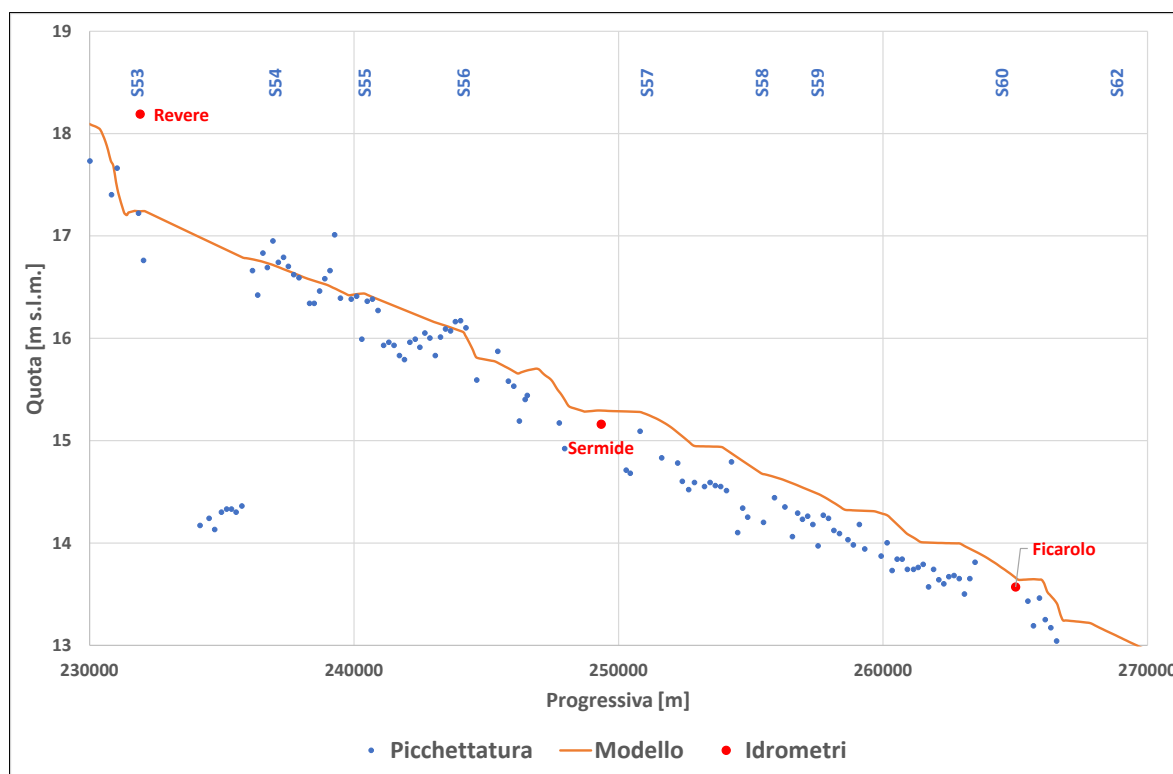


Figura 4.292 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Revere e Ficarolo (sponda sinistra)

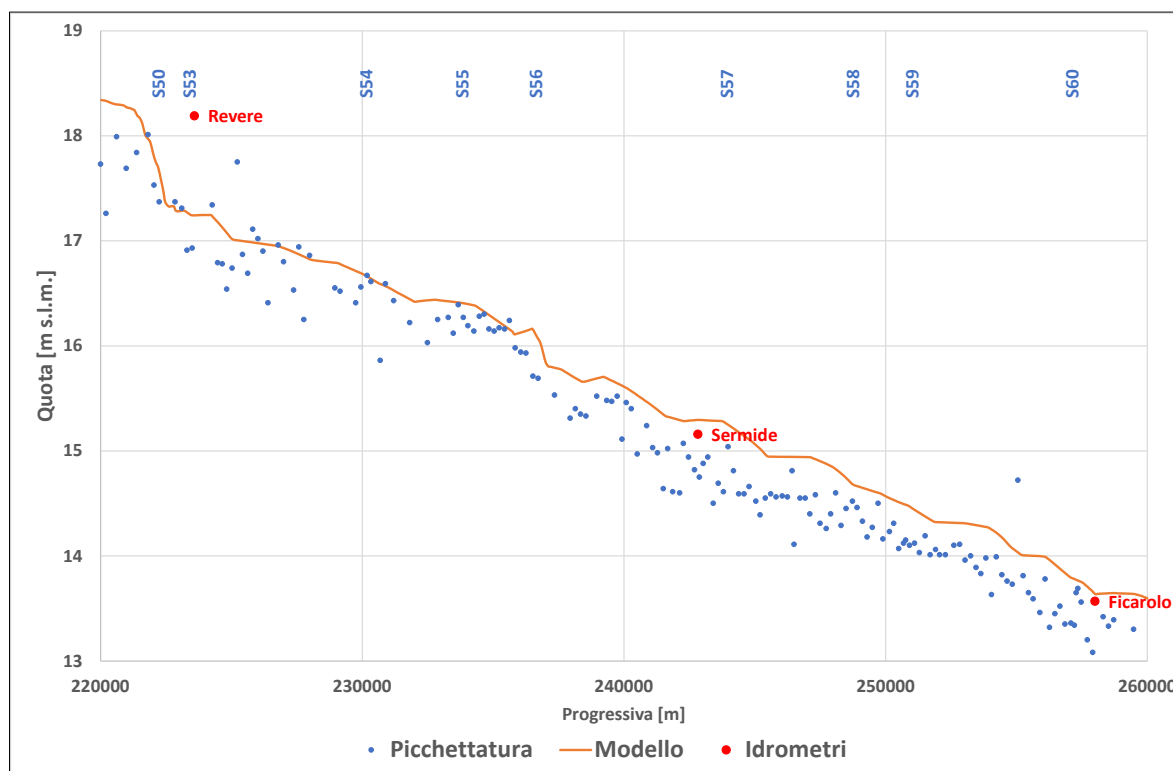


Figura 4.293 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Revere e Ficarolo (sponda destra)

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.235
			Relazione idraulica generale	

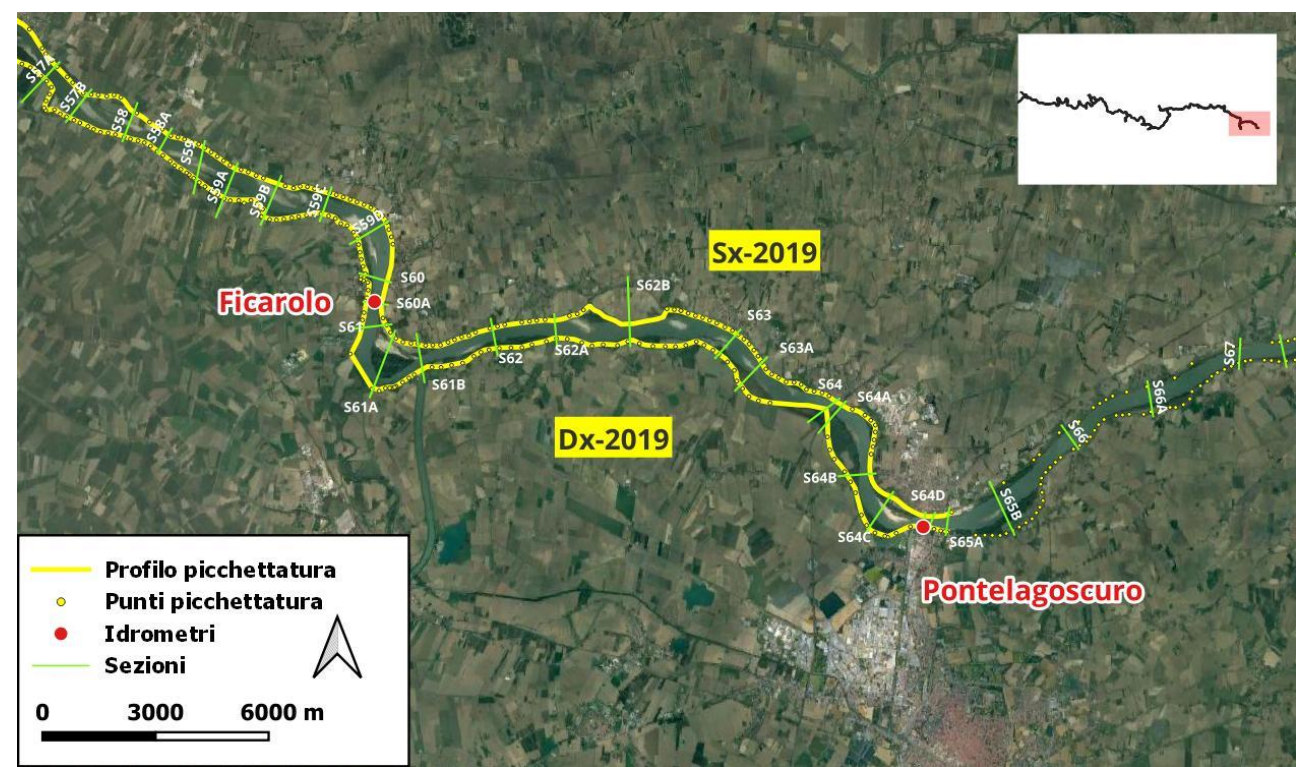


Figura 4.294 – Individuazione dei tracciati dei profili di picchettatura per l’evento di piena 2019 tra Ficarolo e Pontelagoscuro

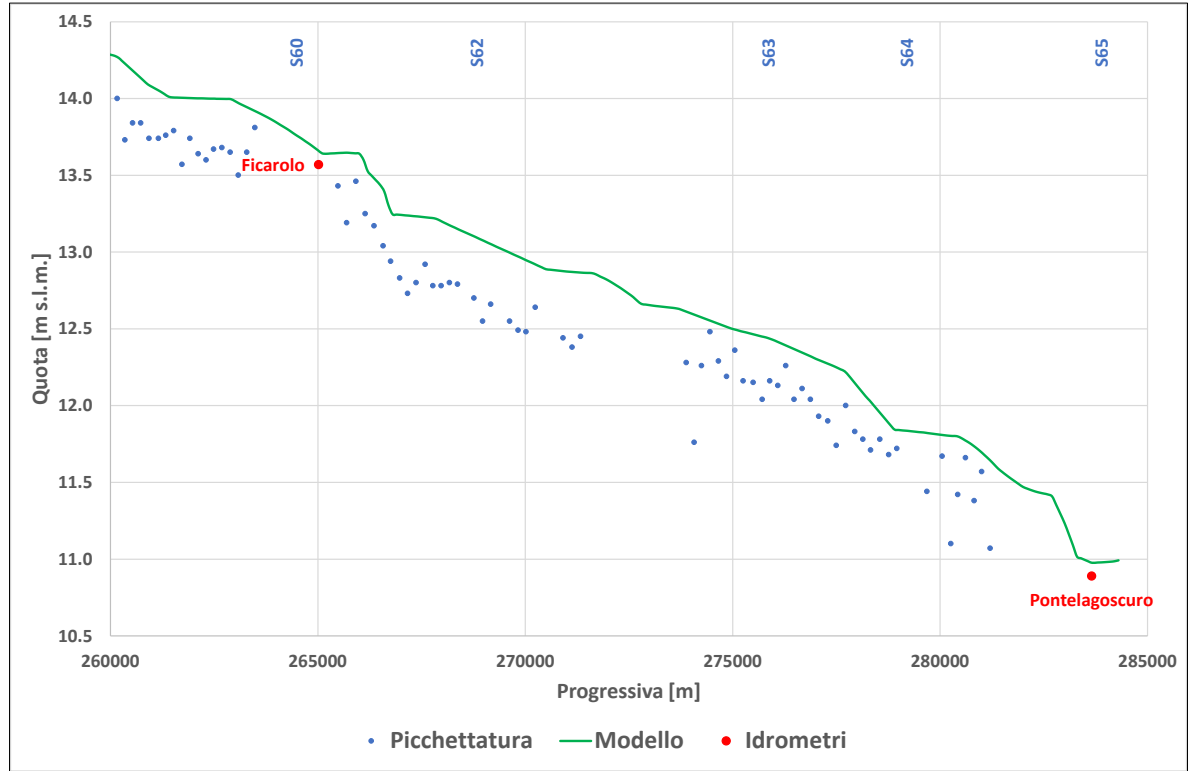


Figura 4.295 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Ficarolo e Pontelagoscuro (sponda sinistra)

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.236
			Relazione idraulica generale	

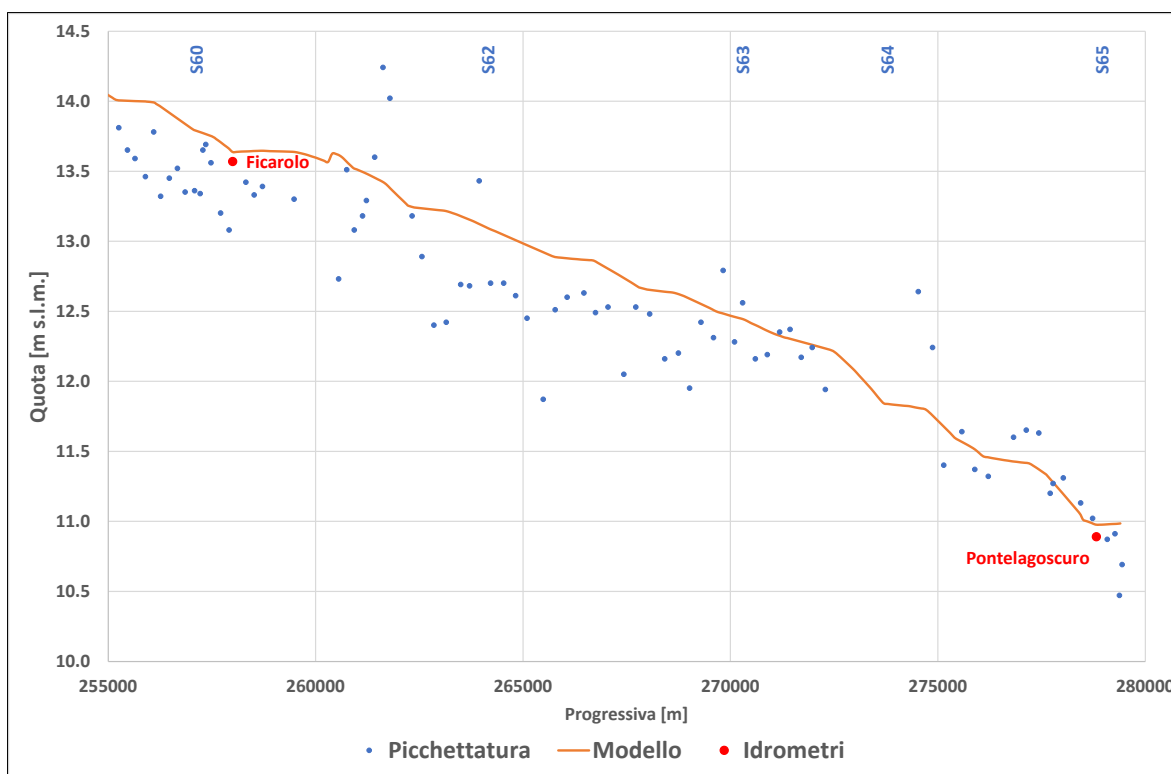


Figura 4.296 – Confronto livelli di massima piena calcolati con il modello e rilevati con picchettamento 2019, tra Ficarolo e Pontelagoscuro (sponda destra)

4.8. Scabrezze definite

I risultati delle calibrazioni fino ad ora riportate sono state ottenute assegnando al dominio di calcolo valori di scabrezza variabili spazialmente. Si sono in particolare distinte le superfici interne ed esterne all'alveo. Per le aree esterne sono state create 4 diverse classi (bosco, boscaglia, pioppeto e golena) con valori di scabrezza differenti, ma costanti all'interno dell'intero dominio. L'area che schematizza l'alveo, invece, è stata suddivisa in diversi tratti per poter meglio riprodurre livelli e portate in ciascuno degli idrometri preso in considerazione nella fase di taratura. I nomi delle zone di alveo identificate sono stati assegnati in modo da poterne facilmente intuire la collocazione, indicando la posizione iniziale e finale della stessa. Si sono distinte anche le zone di alveo degli affluenti schematizzati nel perimetro di calcolo.

Nella tabella seguente sono riportati tutti i valori di scabrezza impiegati nel modello.

Tabella 4-44 – Valori di scabrezza assegnati nel modello

Zona	Scabrezza $n [sm^{-1/3}]$
Alveo-01 Casalgrasso-Carignano	0.045
Alveo-02 Carignano-Moncalieri	0.038
Alveo-03 Moncalieri-Torino	0.025
Alveo-04 Torino-S.Mauro	0.027
Alveo-05 S.Mauro-S.Sebastiano	0.035
Alveo-06 S.Sebastiano-Crescentino	0.035
Alveo-07 Crescentino-Casale	0.035

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.237
			Relazione idraulica generale	

Zona	Scabrezza n [sm^{-1/3}]
Alveo-08 Casale-monteSesia	0.040
Alveo-09 monteSesia-Valenza	0.045
Alveo-10 Valenza Isola S. Antonio	0.040
Alveo-11 Isola S. Antonio-Casei	0.040
Alveo-12 Casei-Becca	0.038
Alveo-13 Becca-Spessa	0.034
Alveo-14 Spessa-Piacenza	0.033
Alveo-15 Piacenza-Serafini	0.031
Alveo-16 Serafini-Cremona	0.031
Alveo-17 Cremona-Pescaroli	0.031
Alveo-18 Pescaraoli-Casalmaggiore	0.031
Alveo-19 Casalmaggiore-Boretto	0.033
Alveo-20 Boretto-Borgoforte	0.035
Alveo-21 Borgoforte-Revere	0.028
Alveo-22 Revere-Sermide	0.027
Alveo-23 Sermide-Ficarolo	0.027
Alveo-24 Ficarolo-Pontelagoscuro	0.030
Adda	0.035
DoraBaltea	0.045
DoraRiparia	0.045
Enza	0.035
Lambro	0.035
Malone	0.045
Oglio	0.035
Orco	0.045
Panaro	0.030
Parma	0.035
Secchia	0.030
Sesia	0.045
SturaLanzo	0.045
Tanaro	0.040
Taro	0.035
Ticino	0.035
Trebbia	0.040
Boscaglia	0.050
Bosco	0.080
Golena	0.035
Pioppeto	0.045
Dx Isola S.Antonio	0.120
Sx Isola S.Antonio	0.120

Per quanto riguarda i tratti in monodimensionale nel tratto Pontelagoscuro – incile del delta è stata utilizzata una scabrezza variabile. I valori base sono 0.035 sm^{-1/3} in alveo e 0.06 sm^{-1/3} in golena che sono moltiplicati per un coefficiente variabile con la portata, come riportato nella tabella seguente.

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.238
			Relazione idraulica generale	

Tabella 4-45 – Coefficienti di riduzione delle scabrezze tra Pontelagoscuro e l'incile del delta

Portata [m ³ /s]	Coefficiente
0	1
5000	1
9000	0.75
>9000	0.75

Nei rami del delta è stata utilizzata una scabrezza in alveo pari a $0.022 \text{ sm}^{-1/3}$ e $0.06 \text{ sm}^{-1/3}$ in golena.

Nel modello in cui la schematizzazione 1D inizia da Revere sono state utilizzate le scabrezze indicate nelle tabelle successive.

Tabella 4-46 – Coefficienti di riduzione delle scabrezze tra Revere e Sermide

n alveo	n golena
0.035	0.07
Portata [m ³ /s]	Coefficiente
0	1
5000	1
9000	0.8
>9000	0.8

Tabella 4-47 – Coefficienti di riduzione delle scabrezze tra Sermide e confluenza Ficarolo

n alveo	n golena
0.037	0.07
Portata [m ³ /s]	Coefficiente
0	1
5000	1
9000	0.82
>9000	0.82

Tabella 4-48 – Coefficienti di riduzione delle scabrezze tra Ficarolo e confluenza Panaro

n alveo	n golena
0.039	0.07
Portata [m ³ /s]	Coefficiente
0	1
5000	1
9000	0.85
>9000	0.85

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.239
			Relazione idraulica generale	

Tabella 4-49 – Coefficienti di riduzione delle scabrezze tra confluenza Panaro e Pontelagoscuro

n alveo	n golena
0.039	0.07
Portata [m ³ /s]	Coefficiente
0	1
5000	1
9000	0.85
>9000	0.85

Di seguito sono riportate le figure che mostrano la precisa distribuzione spaziale delle classi di scabrezza appena elencate nella Tabella 4-44 all'interno del dominio di calcolo.

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.240
			Relazione idraulica generale	

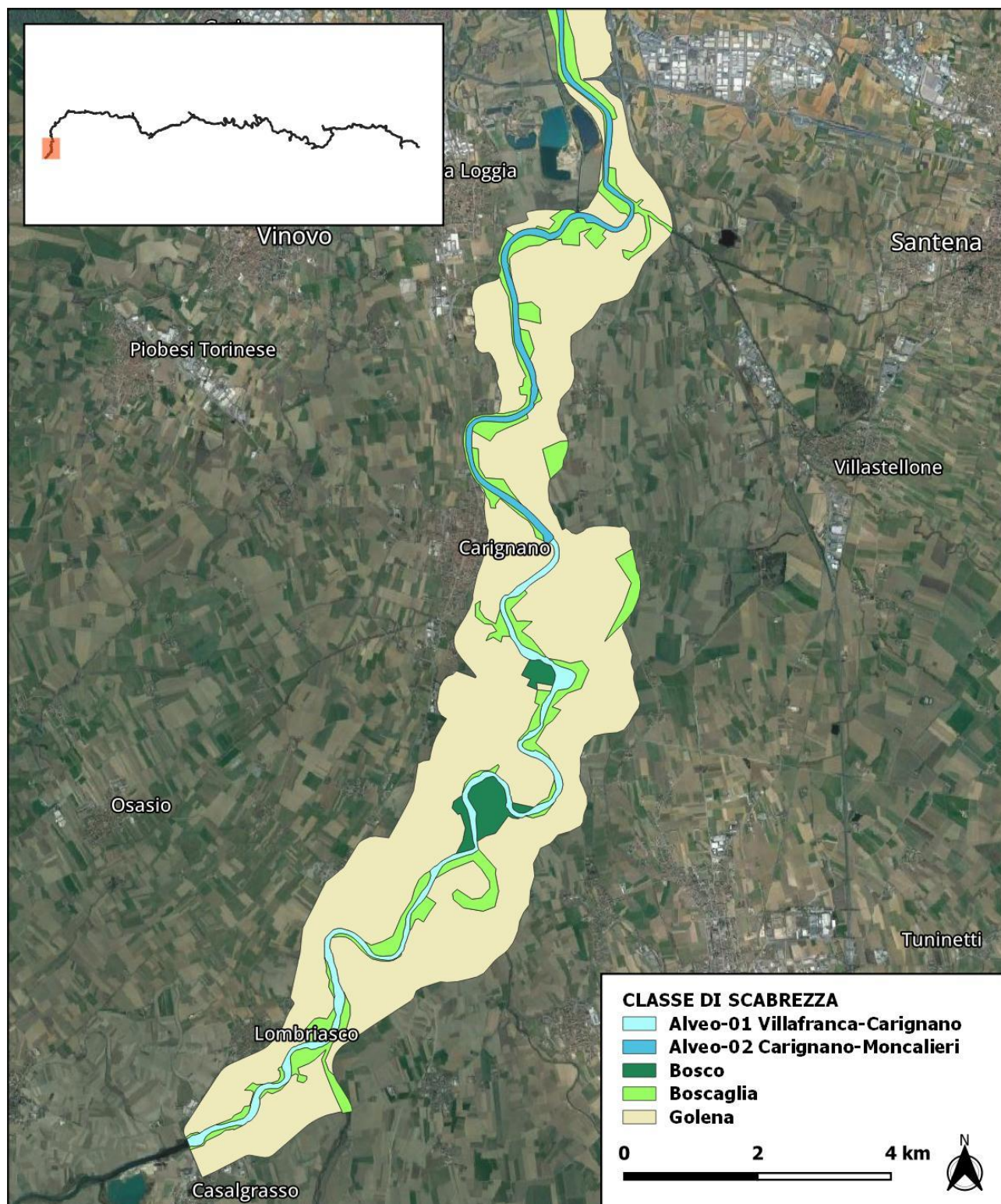


Figura 4.297 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 1 di 21

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.241
			Relazione idraulica generale	

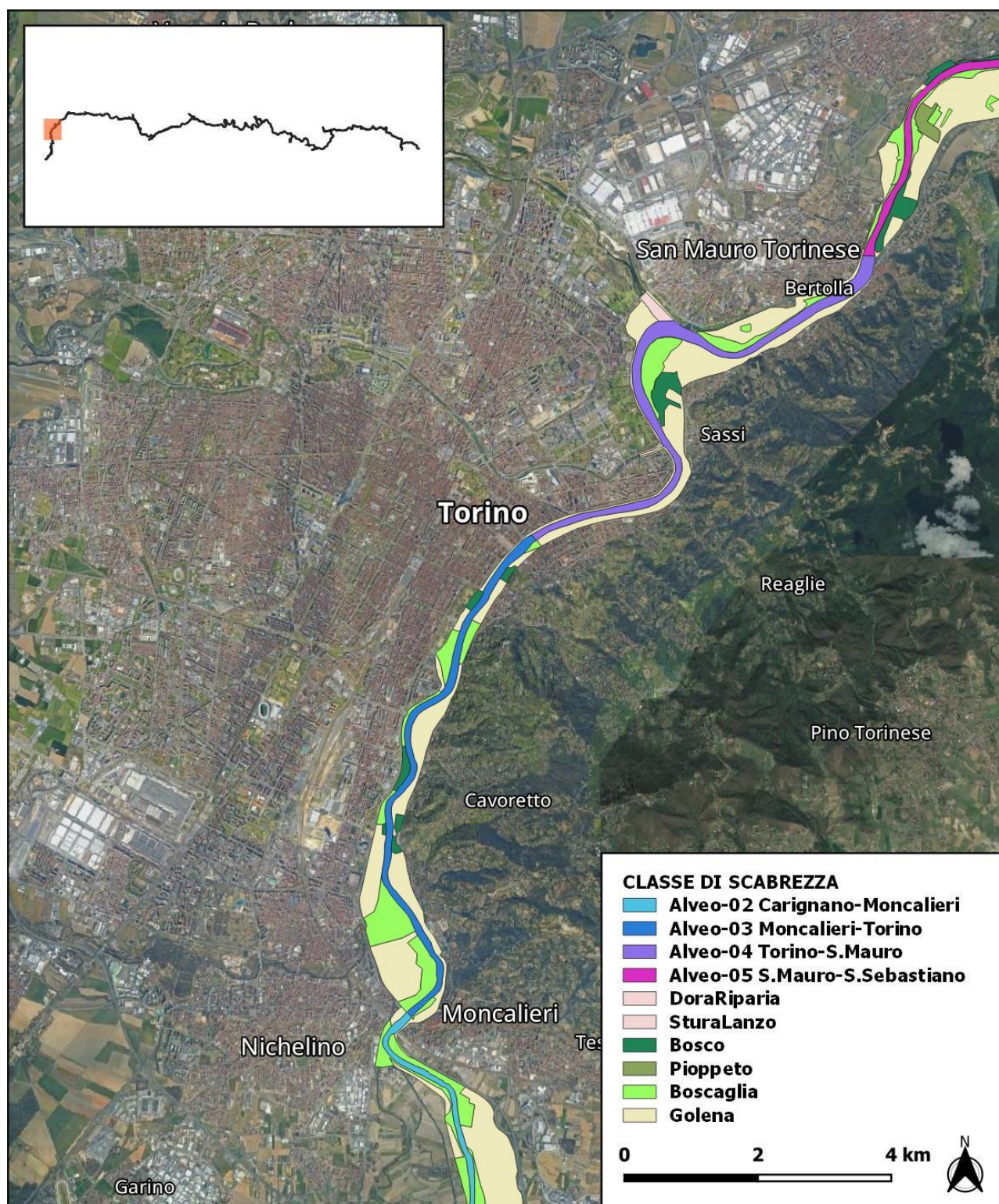


Figura 4.298 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 2 di 21

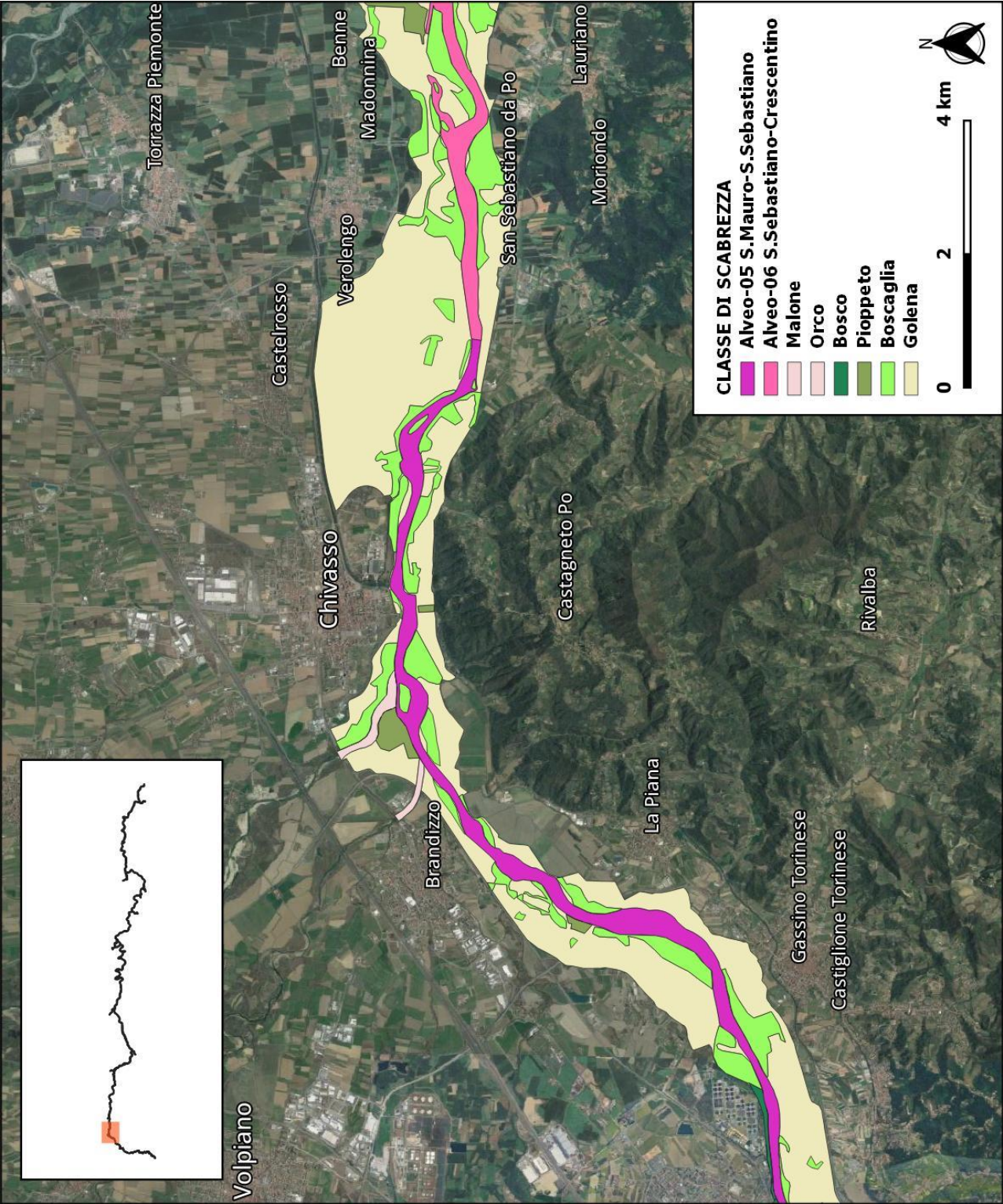


Figura 4.299 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 3 di 21

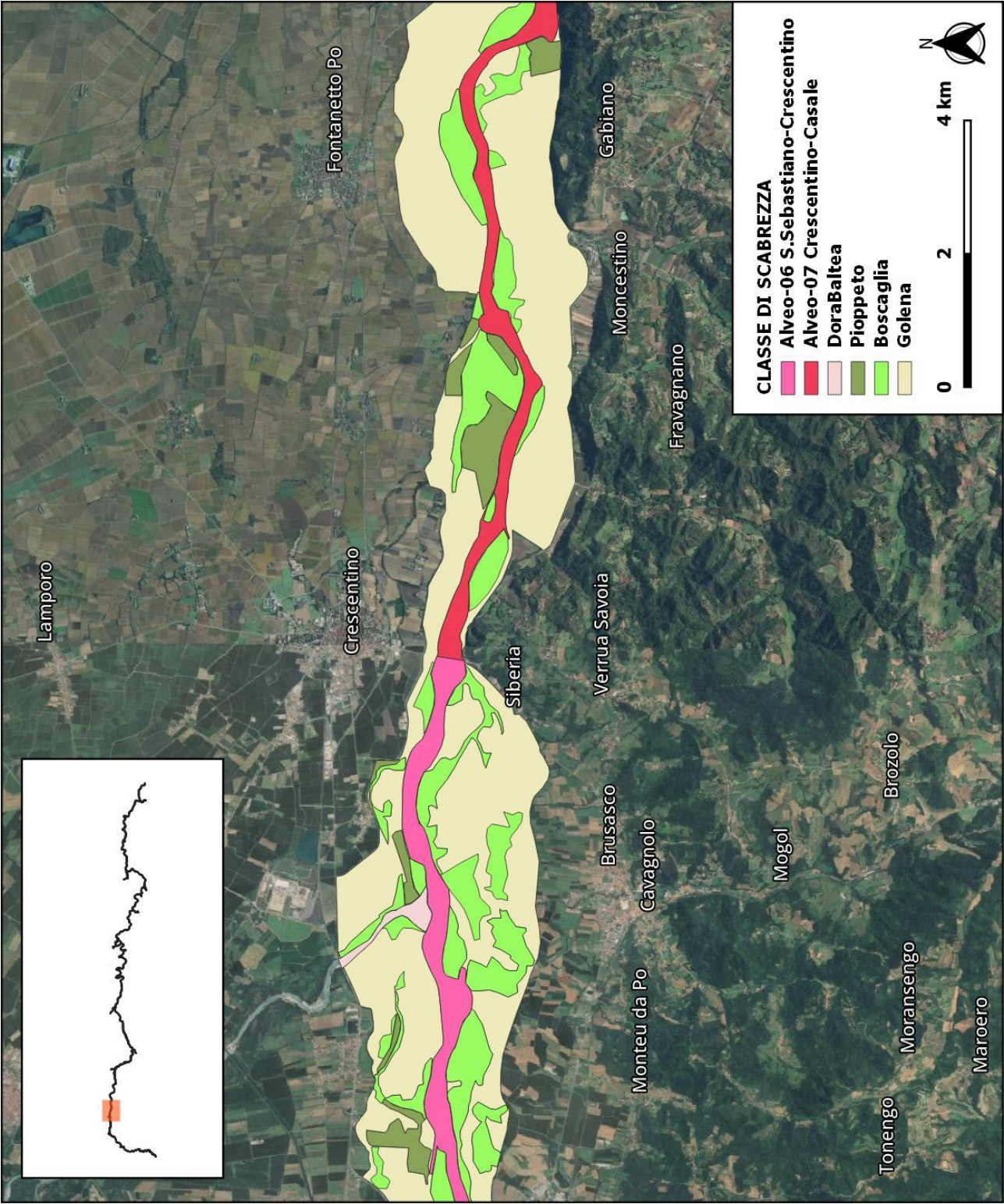


Figura 4.300 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 4 di 21

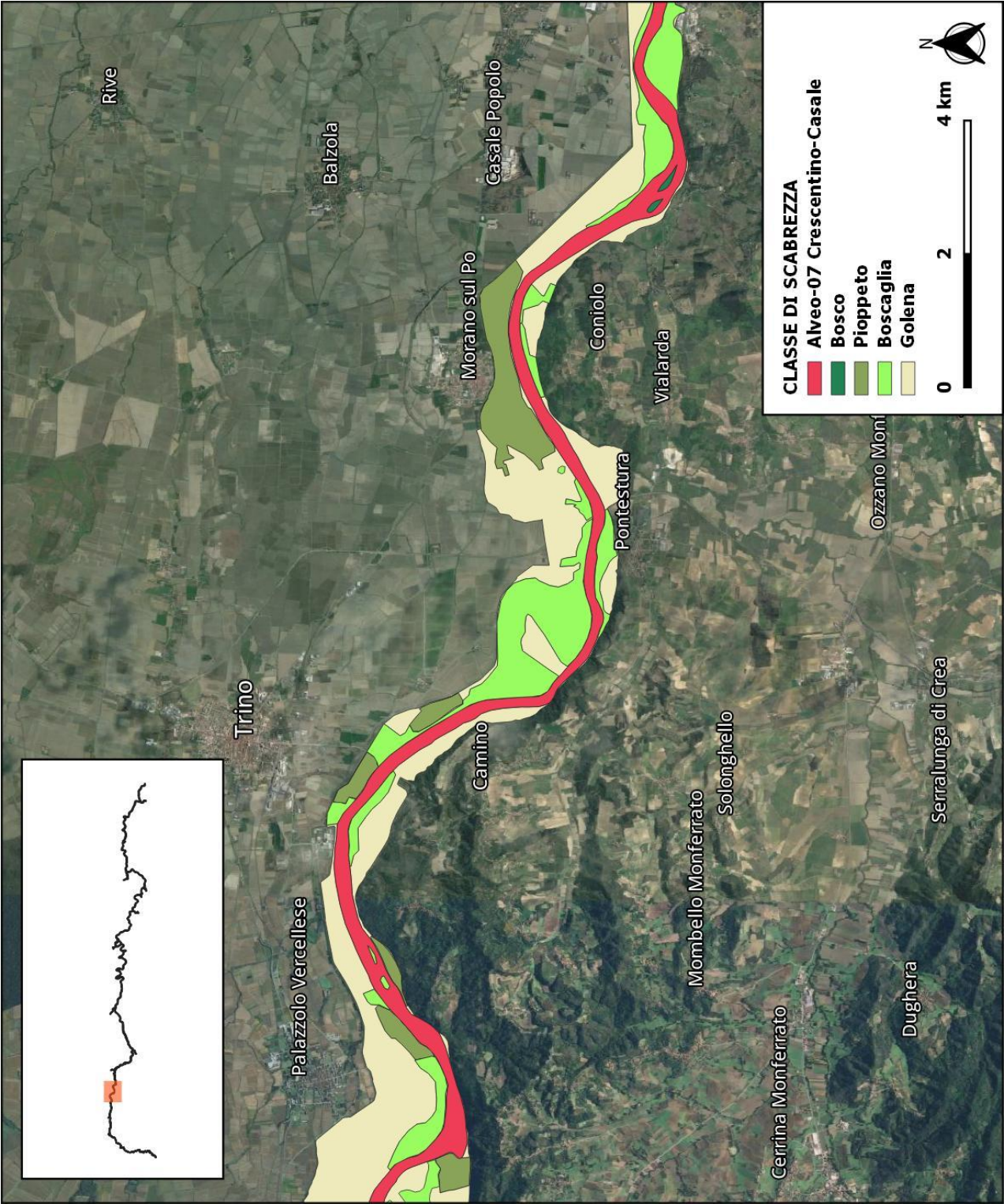


Figura 4.301 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 5 di 21

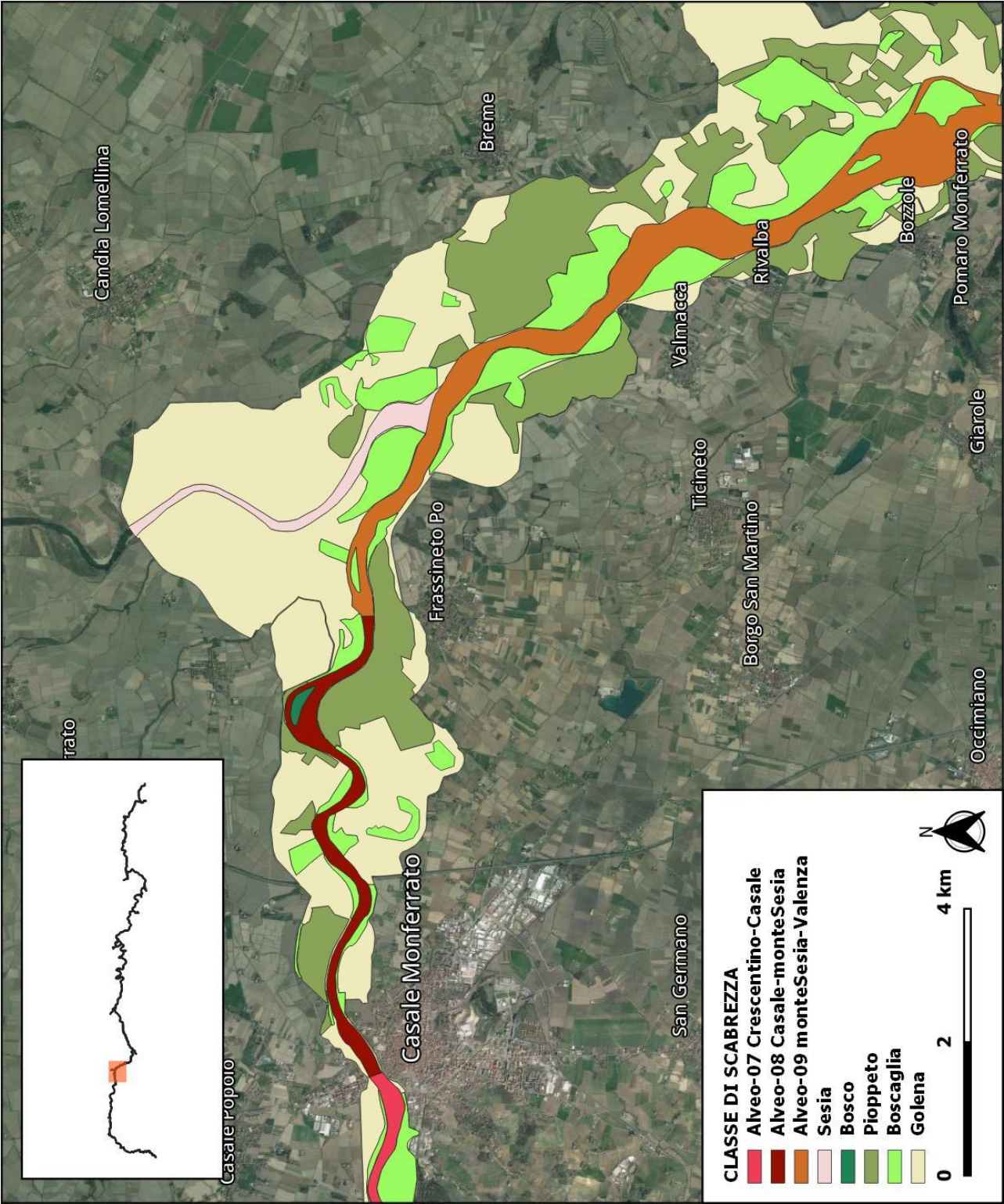


Figura 4.302 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 6 di 21

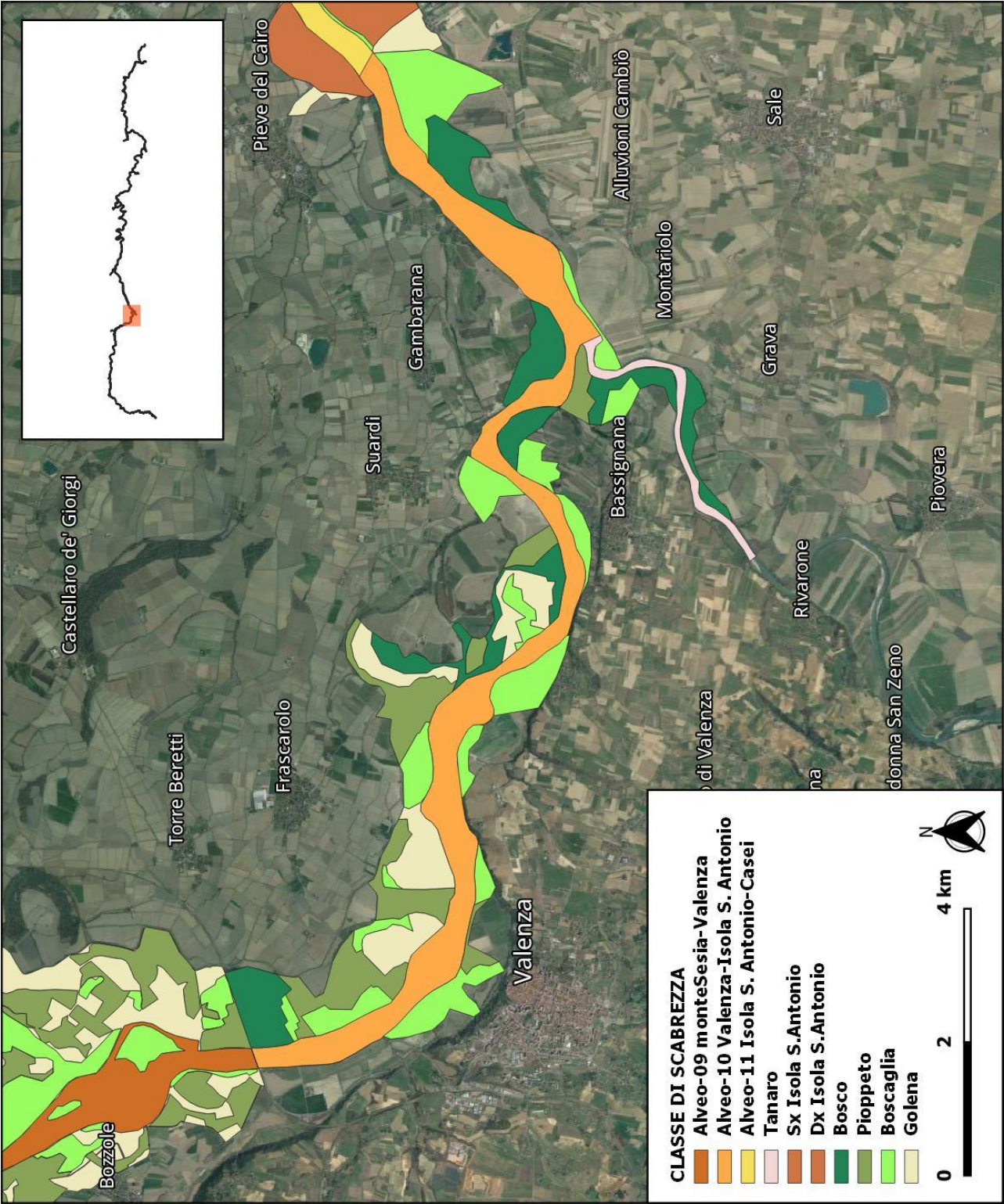


Figura 4.303 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 7 di 21

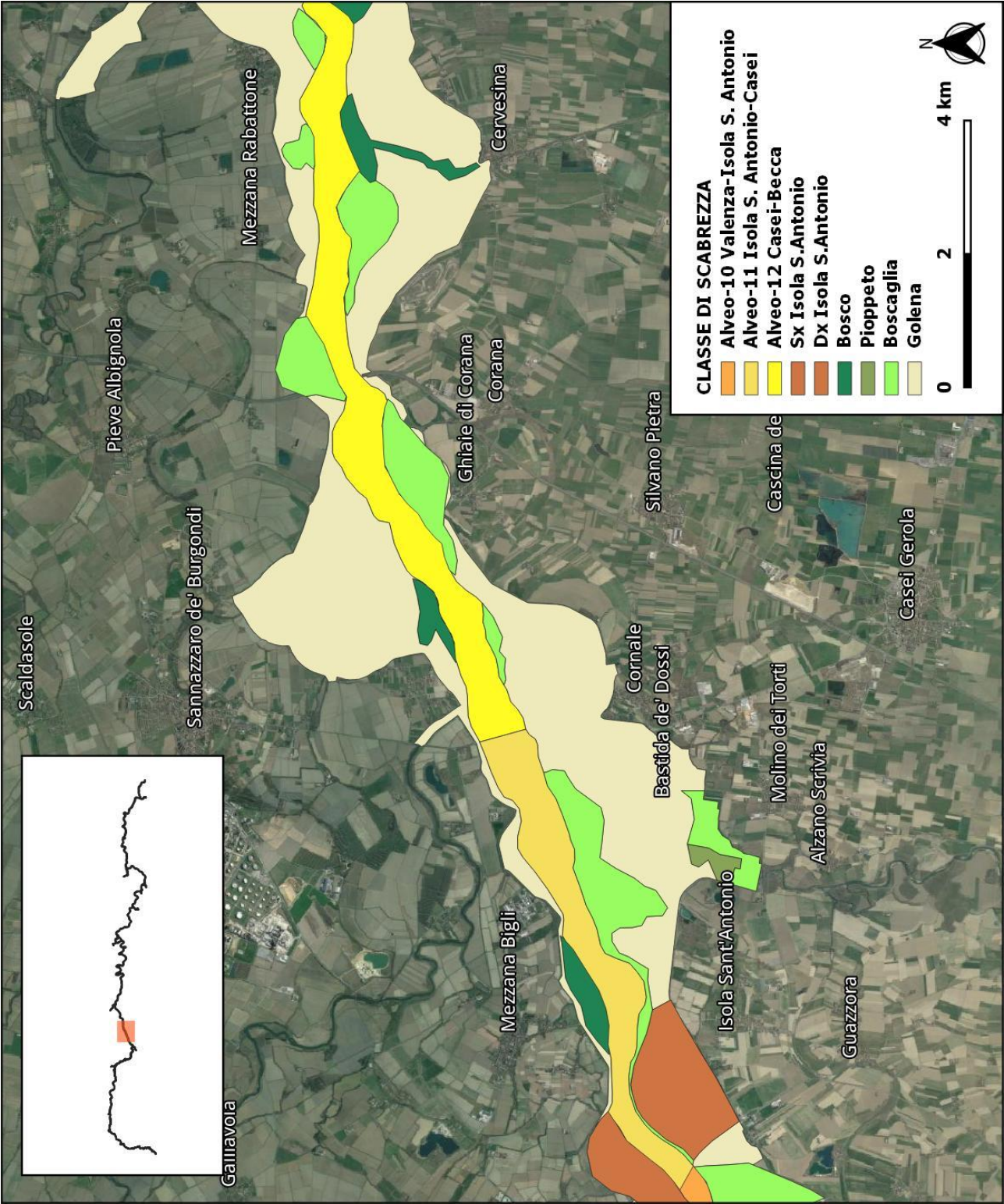


Figura 4.304 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 8 di 21

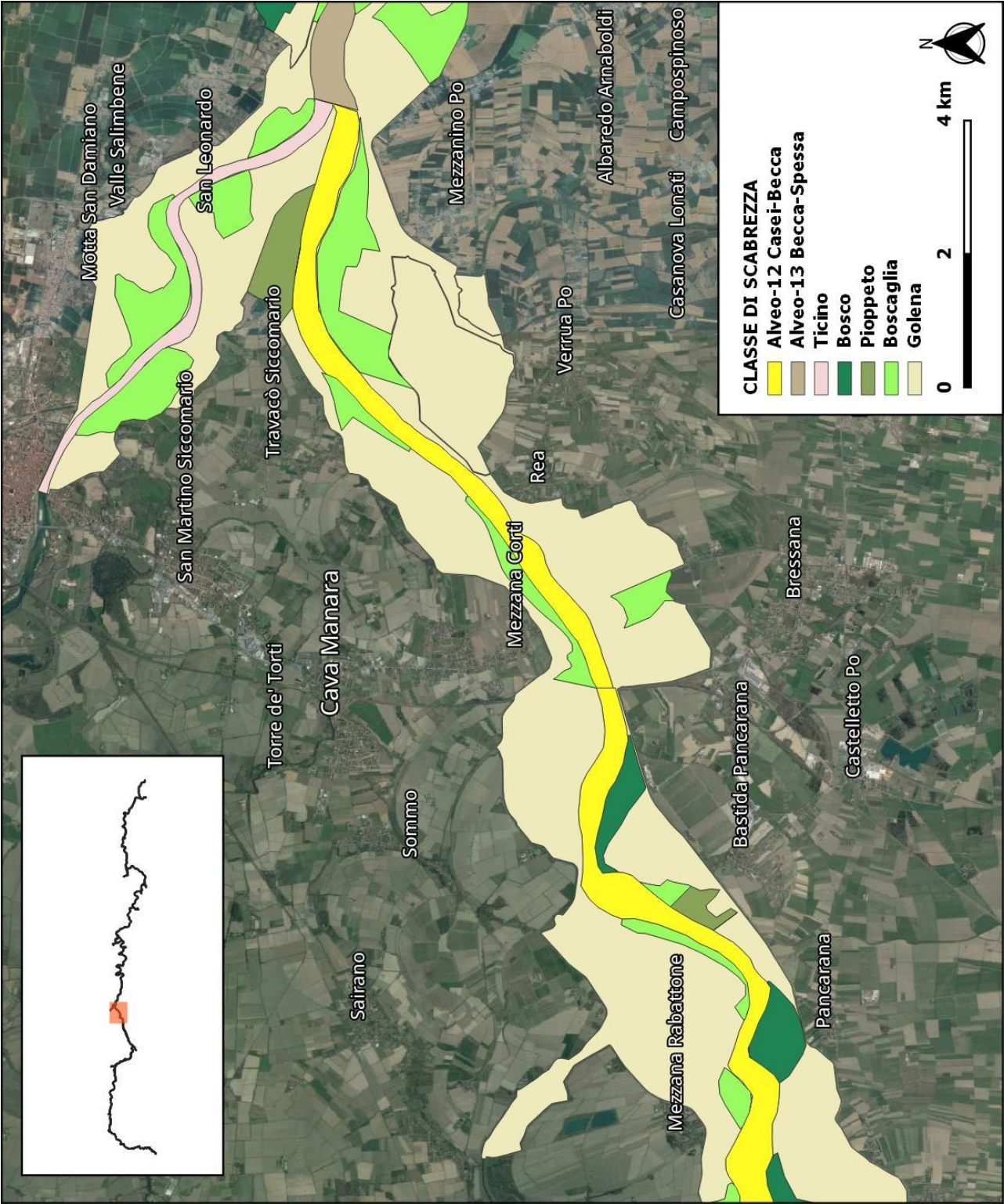


Figura 4.305 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 9 di 21

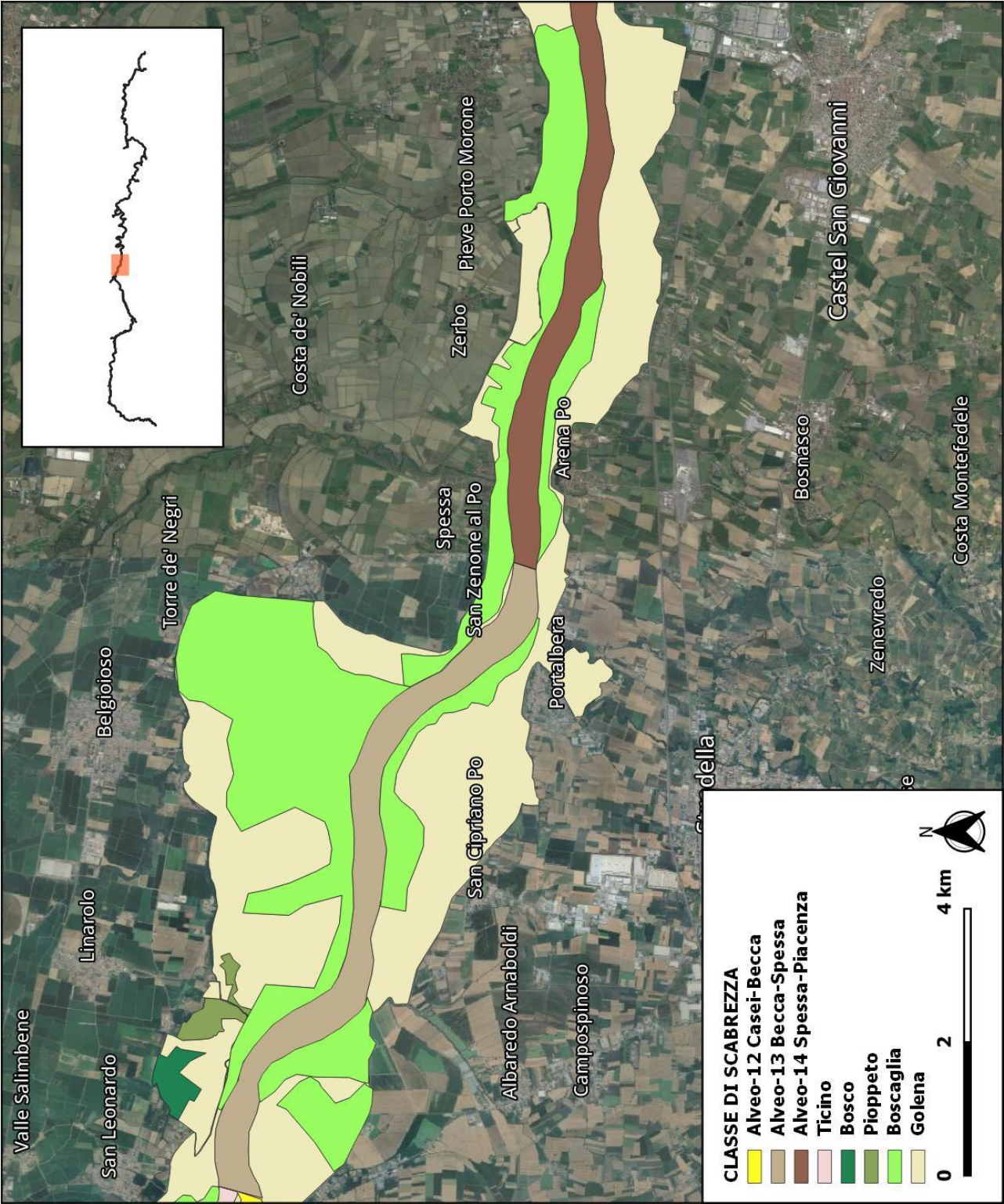


Figura 4.306 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 10 di 21

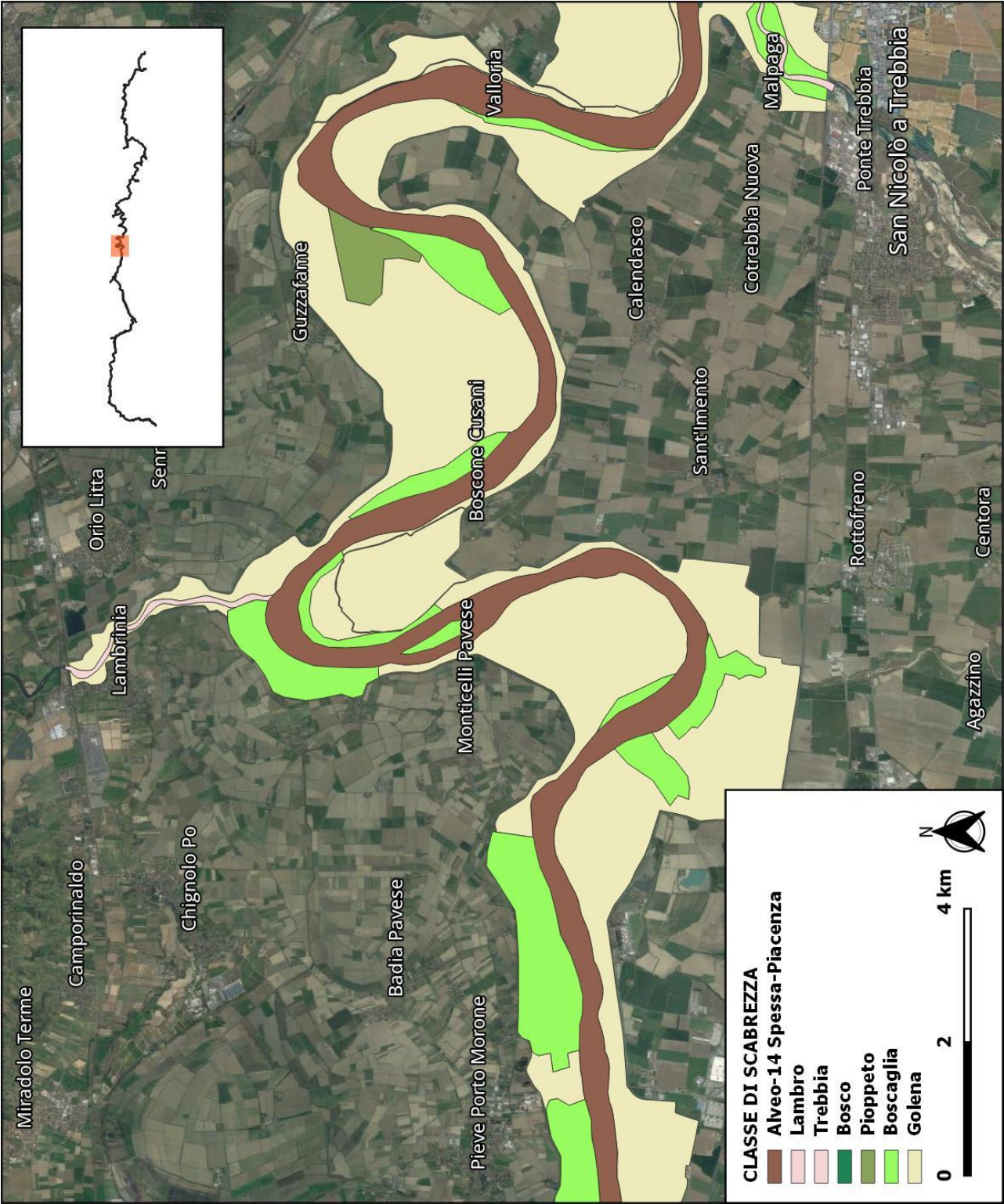


Figura 4.307 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 11 di 21

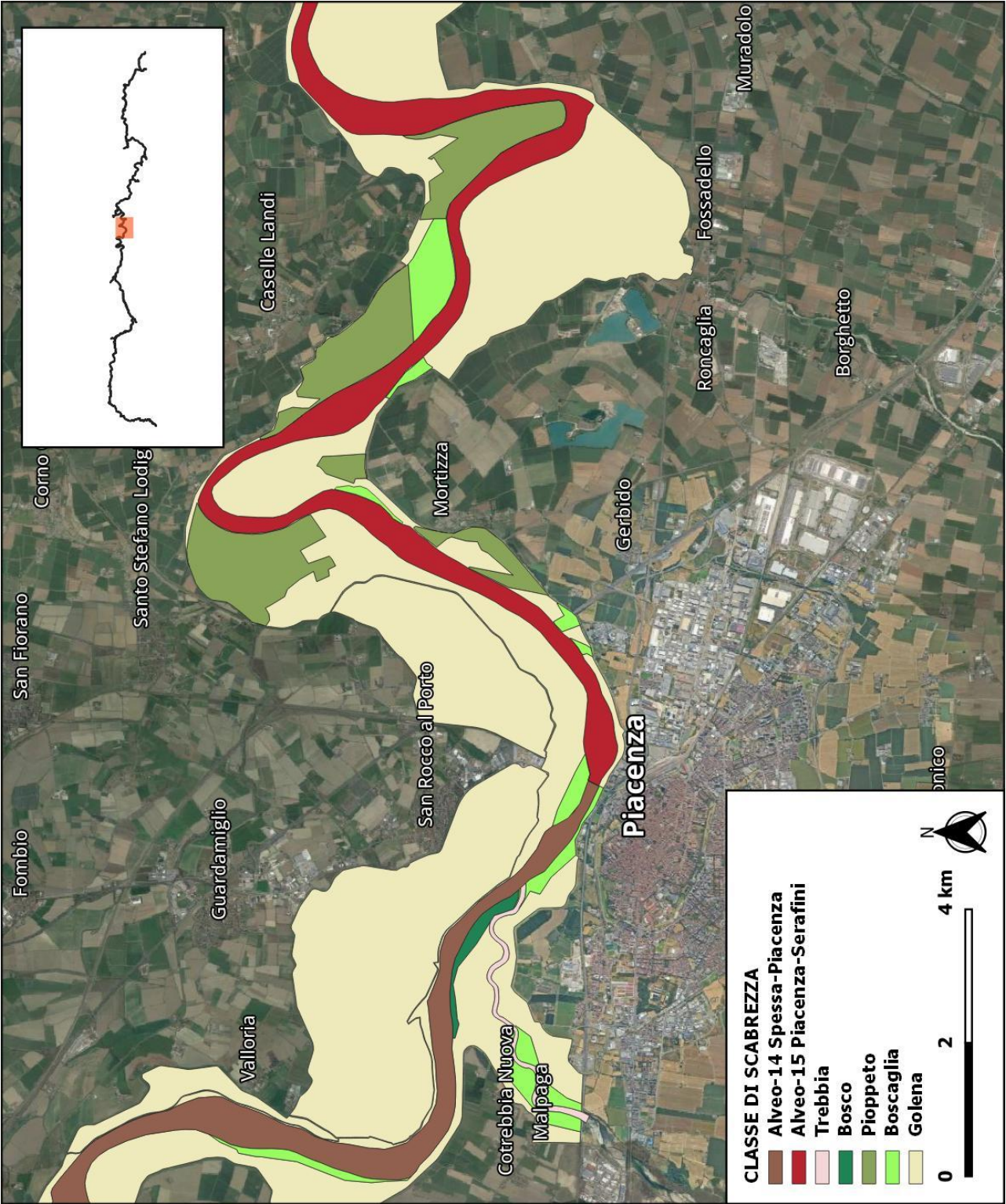


Figura 4.308 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 12 di 21

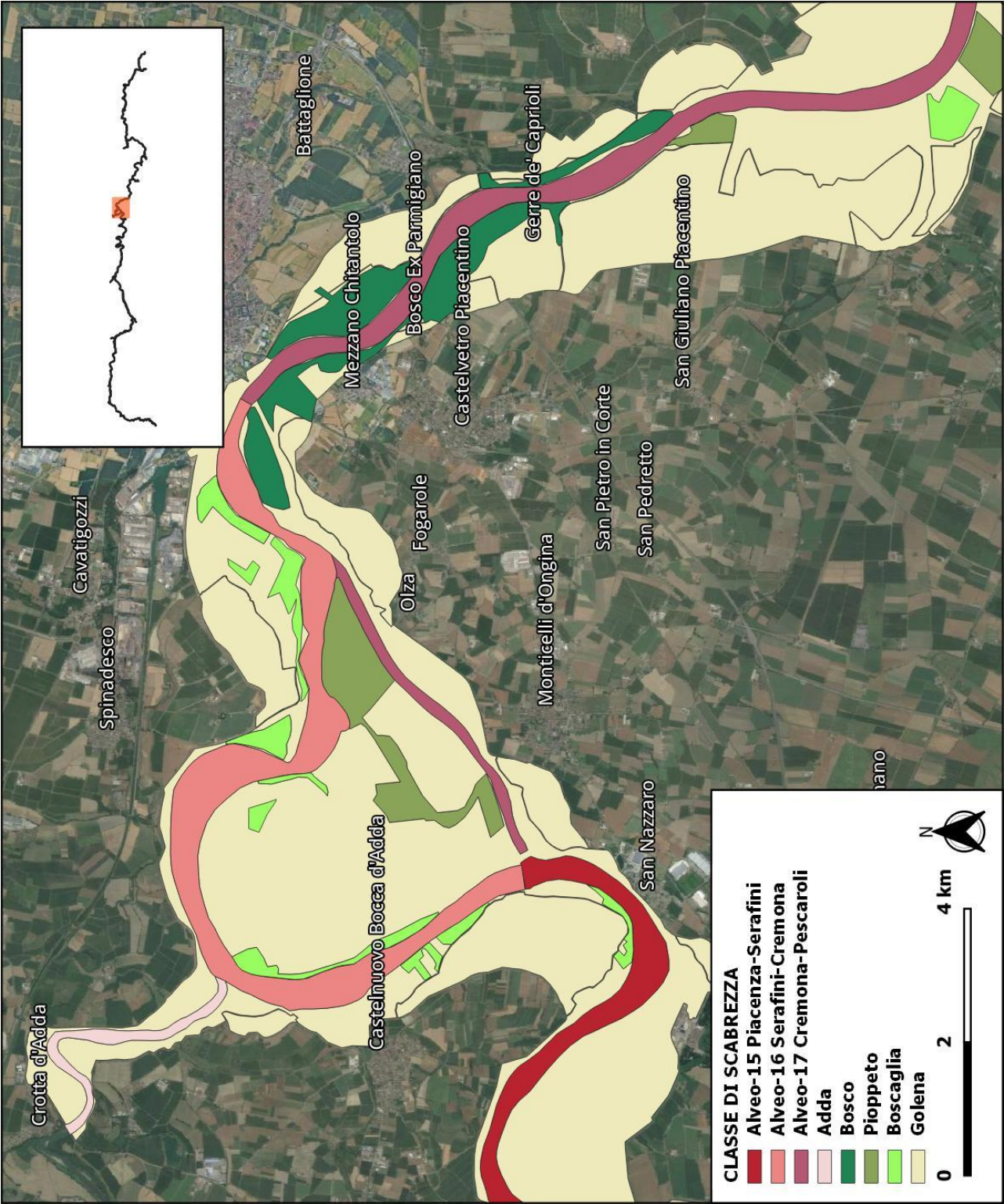


Figura 4.309 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 13 di 21

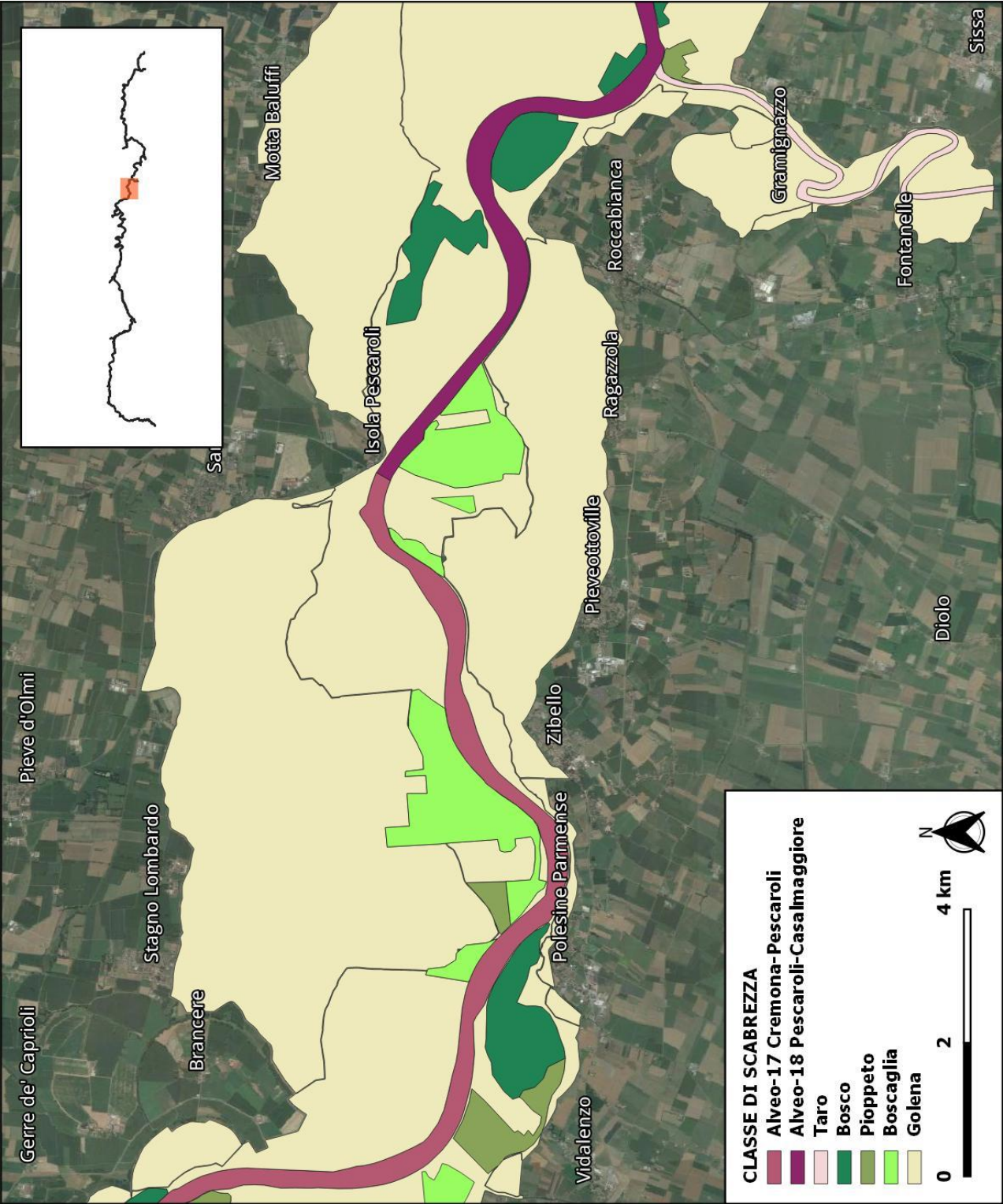


Figura 4.310 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 14 di 21

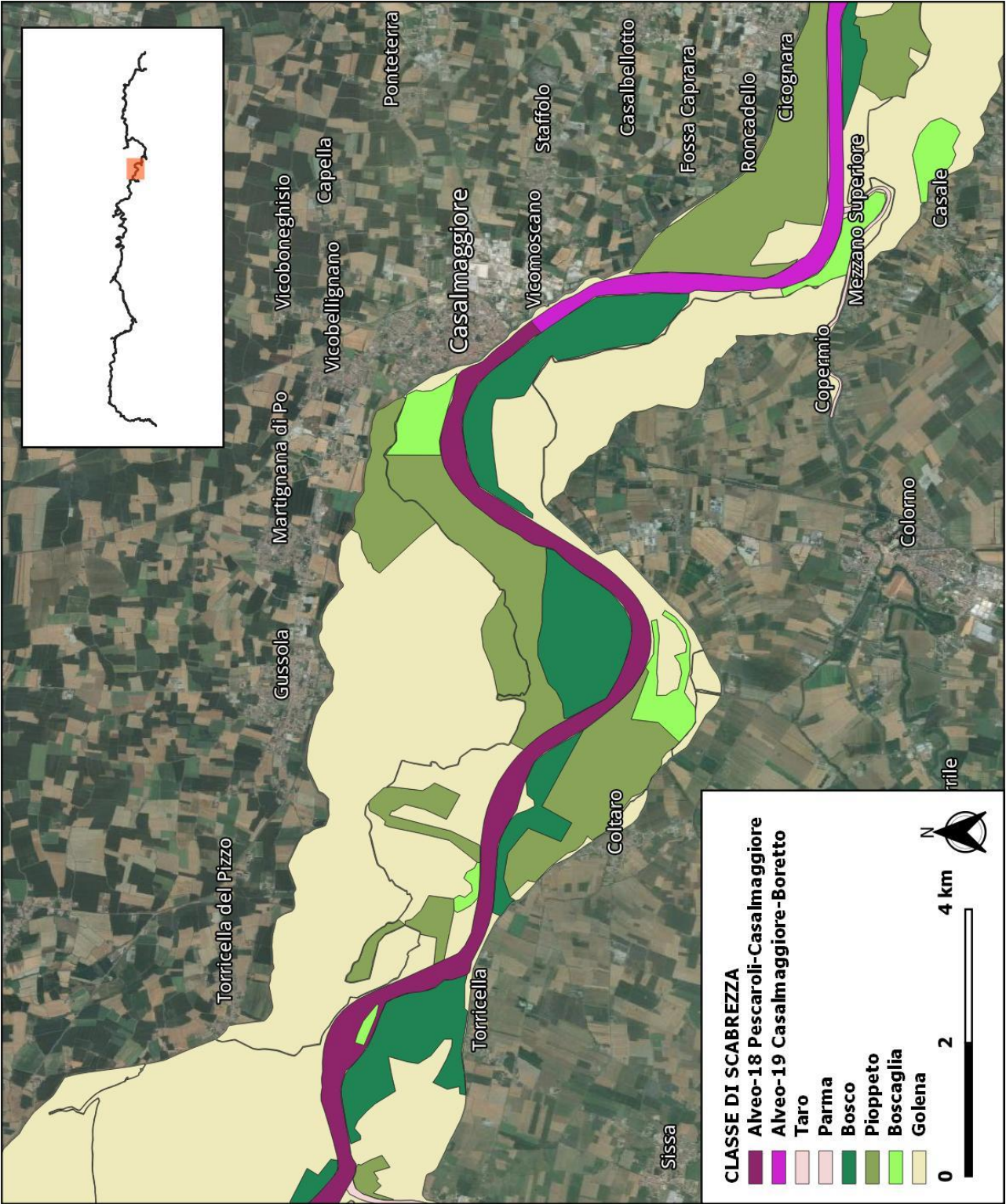


Figura 4.311 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 15 di 21

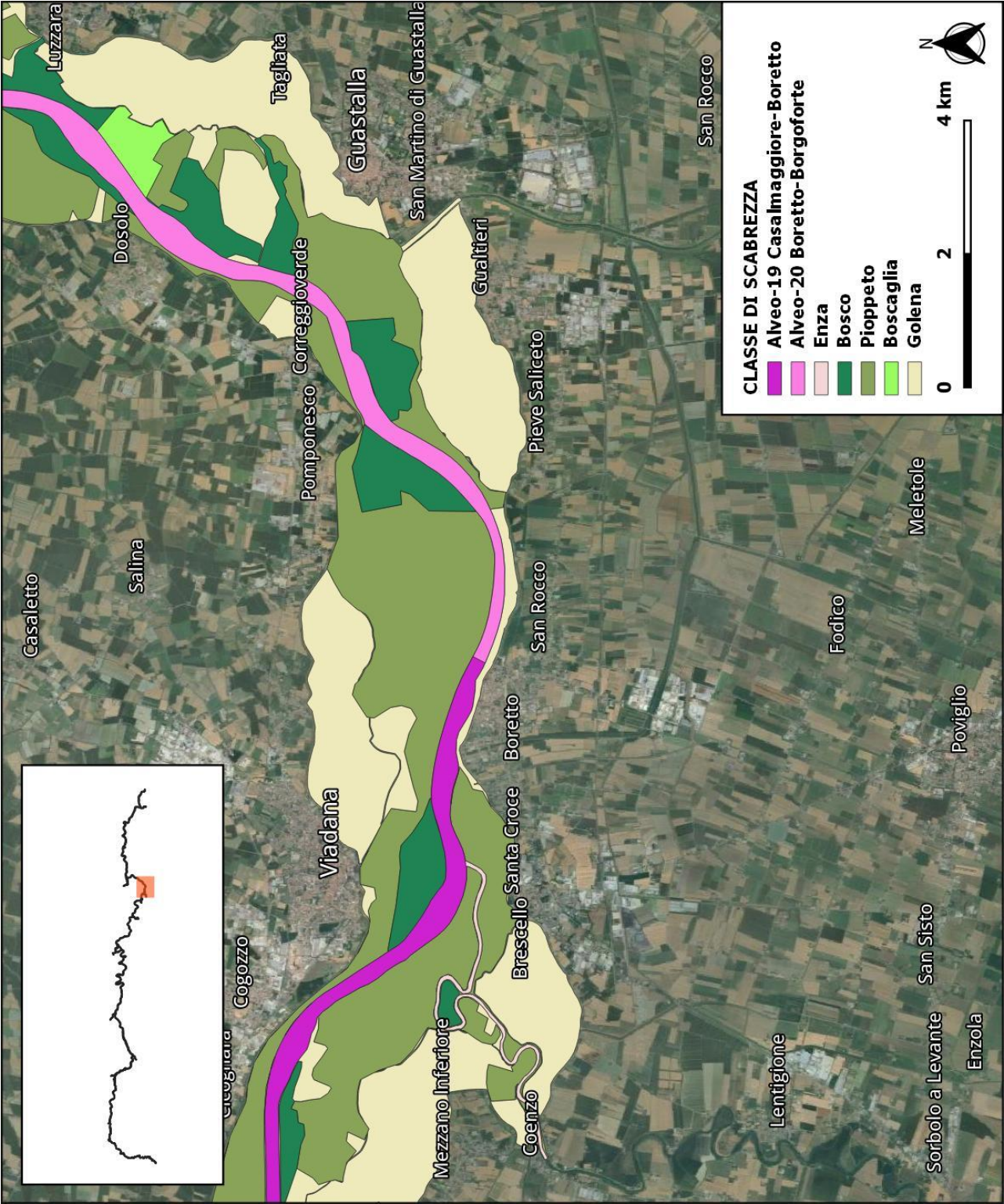


Figura 4.312 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 16 di 21

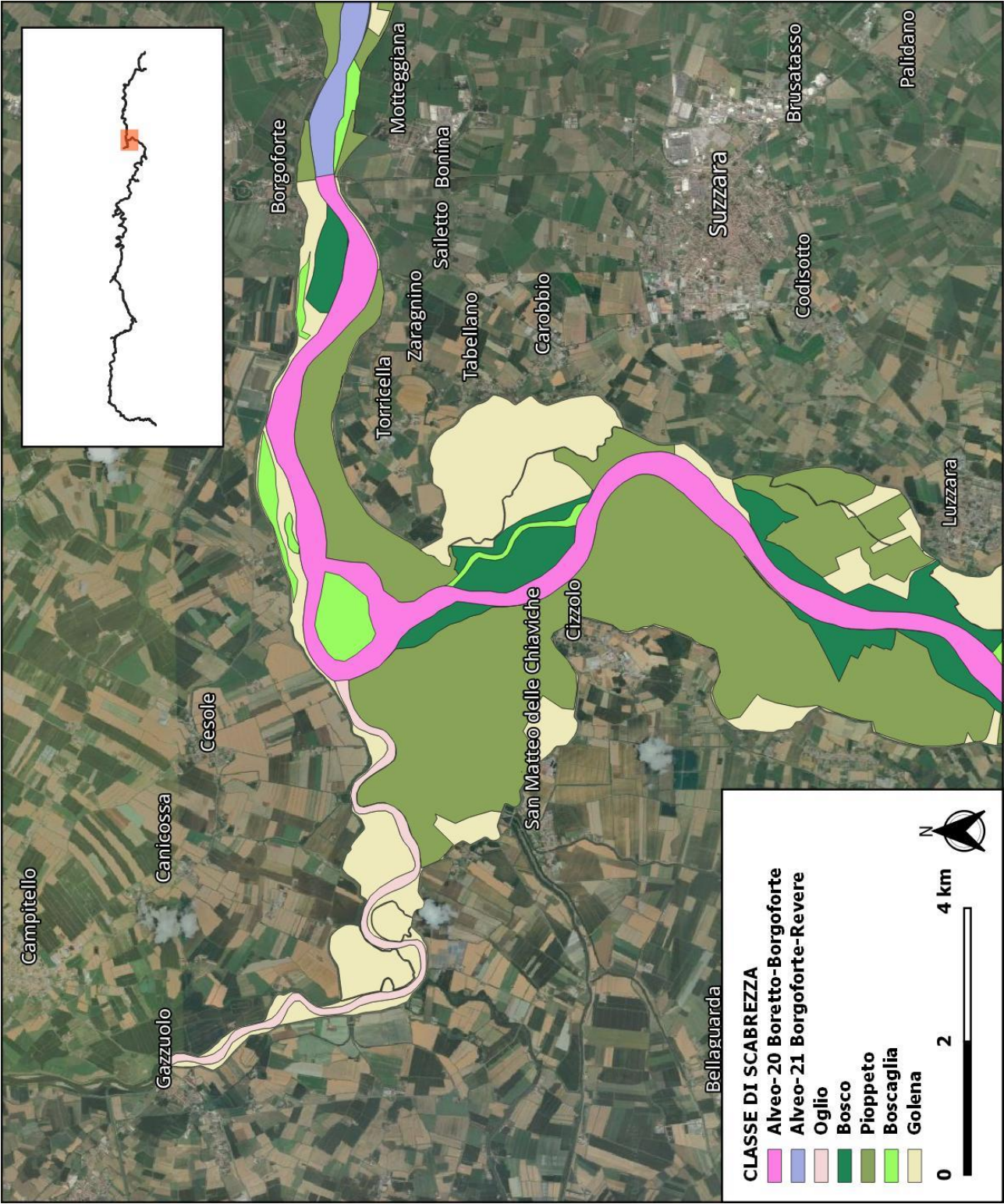


Figura 4.313 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 17 di 21

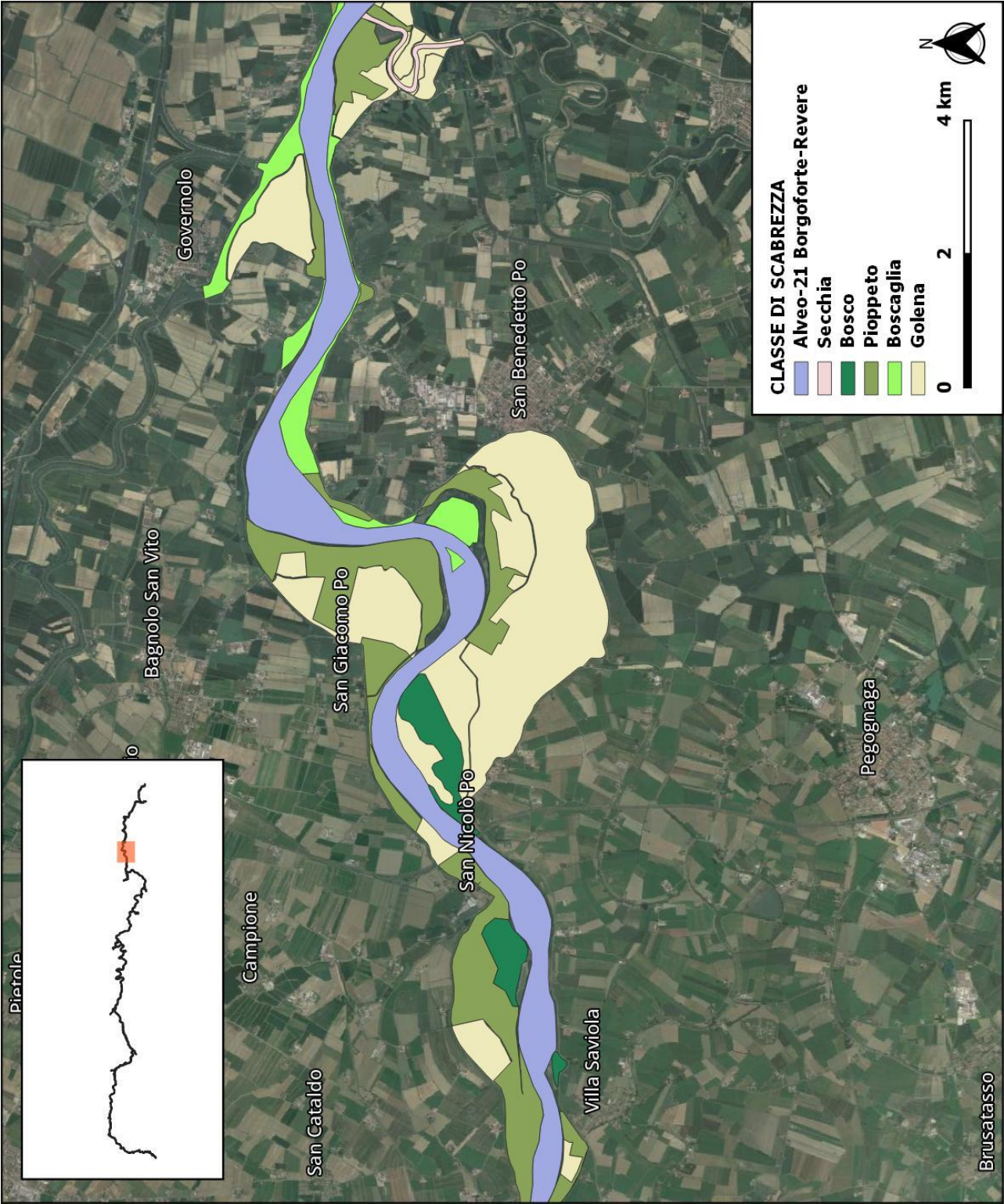


Figura 4.314 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 18 di 21

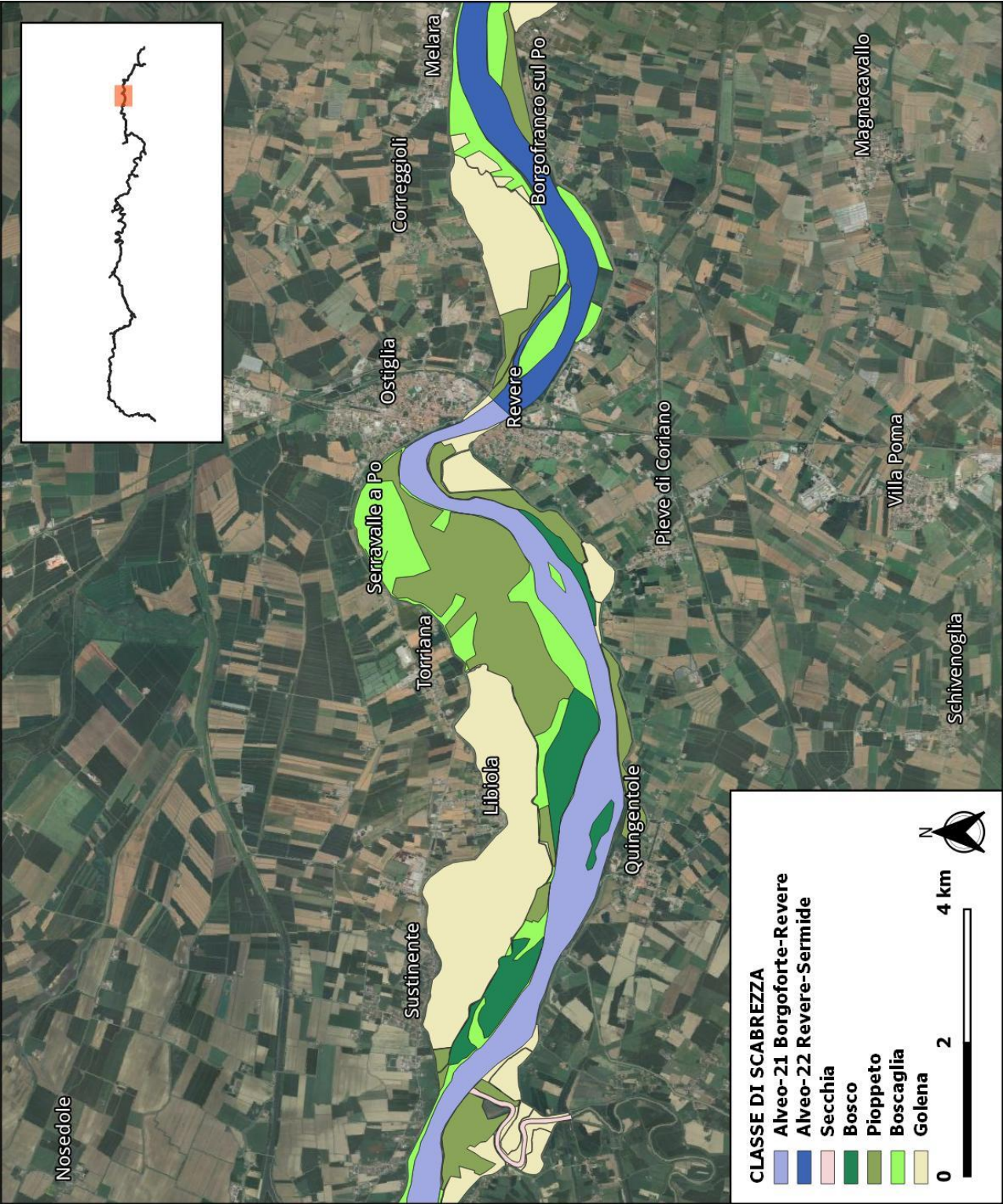


Figura 4.315 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 19 di 21

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.259
			Relazione idraulica generale	

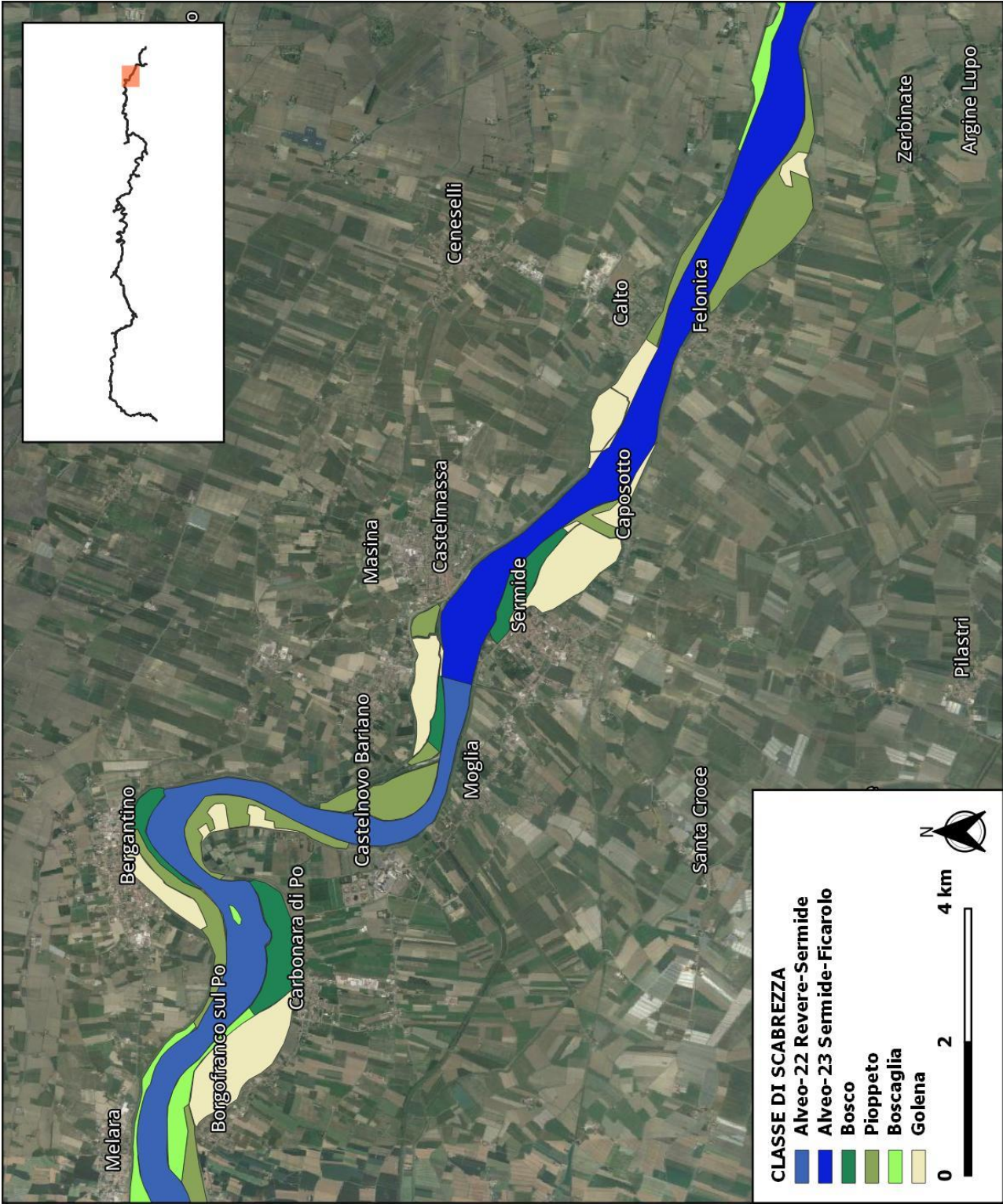


Figura 4.316 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 20 di 21

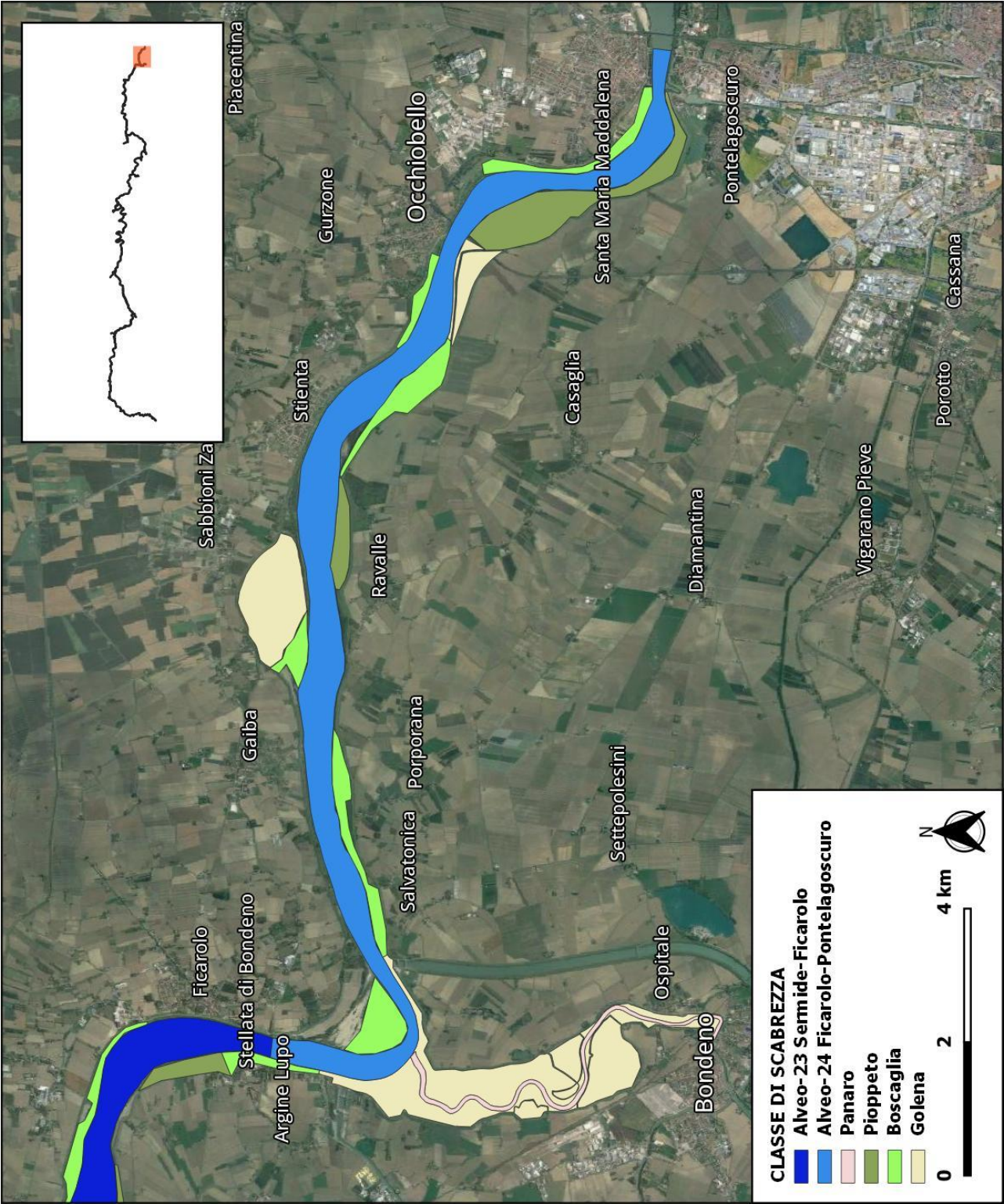


Figura 4.317 – Distribuzione spaziale delle scabrezze, 21 di 21

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.261
			Relazione idraulica generale	

4.9. Calibrazione intero tratto

La calibrazione è avvenuta per tratti in modo che gli inevitabili errori del modello nel riprodurre gli idrogrammi di portata non inficiassero la calibrazione sui livelli nei tratti più di valle.

Nel presente paragrafo sono presentati i risultati ottenuti con un modello che schematizza in bidimensionale l'intero tratto Carignano – Revere e in monodimensionale il tratto di valle. Come input sono stati considerati gli idrogrammi a Carignano definiti da ARPA Piemonte, mentre per tutti gli affluenti sono state definite le portate come descritto nel paragrafo 4.1.

Non è stato riprodotto l'evento del 2016, in quanto, anche nella calibrazione per tratti, è risultato non ben rappresentabile dal modello, con una attenuazione delle portate misurate che non sono risultate riproducibili.

I risultati sono riportati a partire dall'idrometro di Torino, in quanto i risultati a Carignano e Moncalieri risultano uguali a quelli riportati nella calibrazione del tratto Carignano – S. Mauro Torinese, riportati nel paragrafo 4.2.

4.9.1. Evento maggio 2013

Nella Tabella successiva sono riepilogati i valori al colmo, in termini sia di portate che di livelli, per la piena del 2013 confrontando tra loro valori misurati e calcolati.

L'errore sulle portate al colmo è quasi sempre contenuto all'interno del range $\pm 10\%$, ad eccezione di Boretto, Sermide e Ficarolo in cui gli errori sono di poco superiori.

Gli errori sui livelli sono generalmente contenuti nel range ± 30 cm eccetto S. Sebastiano e Crescentino con rispettivamente +42 e +41 cm e Isola S. Antonio, +32 cm e Ficarolo -32 cm.

I colmi dei livelli calcolati a Pontelagoscuro sono in fase con quelli misurati (Figura 4.348) dimostrando una buona rappresentatività dell'intero modello nella traslazione degli idrogrammi. Tale capacità conferma ulteriormente la bontà delle scabrezze definite, da cui le velocità di traslazione dipende, essendo la geometria costante in un modello a fondo fisso.

Tabella 4-50 – Confronto portate livelli misurati e calcolati per l'evento di piena del maggio 2013

Idrometro	Q misurata [m ³ /s]	Q calcolata [m ³ /s]	Q diff. [%]	WS misurato [m s.m.m.]	WS calcolato [m s.m.m.]	WS diff. [m]
Torino	989	954	-4%	213.41	213.34	-0.07
S. Sebastiano	2297	2090	-9%	169.72	170.14	+0.42
Crescentino	2924	2640	-10%	149.98	150.39	+0.41
Casale Monf.	2423	2579	+6%	107.69	107.92	+0.23
Valenza	3816	3839	+1%	88.84	88.96	+0.12
Isola S. Antonio	5168	5600	+8%	74.59	74.91	+0.32
Casei Gerola				69.08	69.53	+0.45
Ponte Becca				59.49	59.76	+0.27
Spessa	5967	5985	+0%	57.25	57.55	+0.30
Piacenza	5988	5845	-2%	48.37	48.60	+0.23

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.262
			Relazione idraulica generale	

Idrometro	Q misurata [m ³ /s]	Q calcolata [m ³ /s]	Q diff. [%]	WS misurato [m s.m.m.]	WS calcolato [m s.m.m.]	WS diff. [m]
Cremona	6272	6498	+4%	37.10	36.98	-0.12
Casalmaggiore				28.78	29.03	+0.25
Boretto	7204	6206	-14%	26.53	26.41	-0.12
Borgoforte	6806	6458	-5%	21.81	21.58	-0.23
Sermide	7286	6431	-12%	14.51	14.24	-0.27
Ficarolo	7220	6423	-11%	12.95	12.63	-0.32
Pontelagoscuro	6935	6439	-7%	10.47	10.25	-0.22

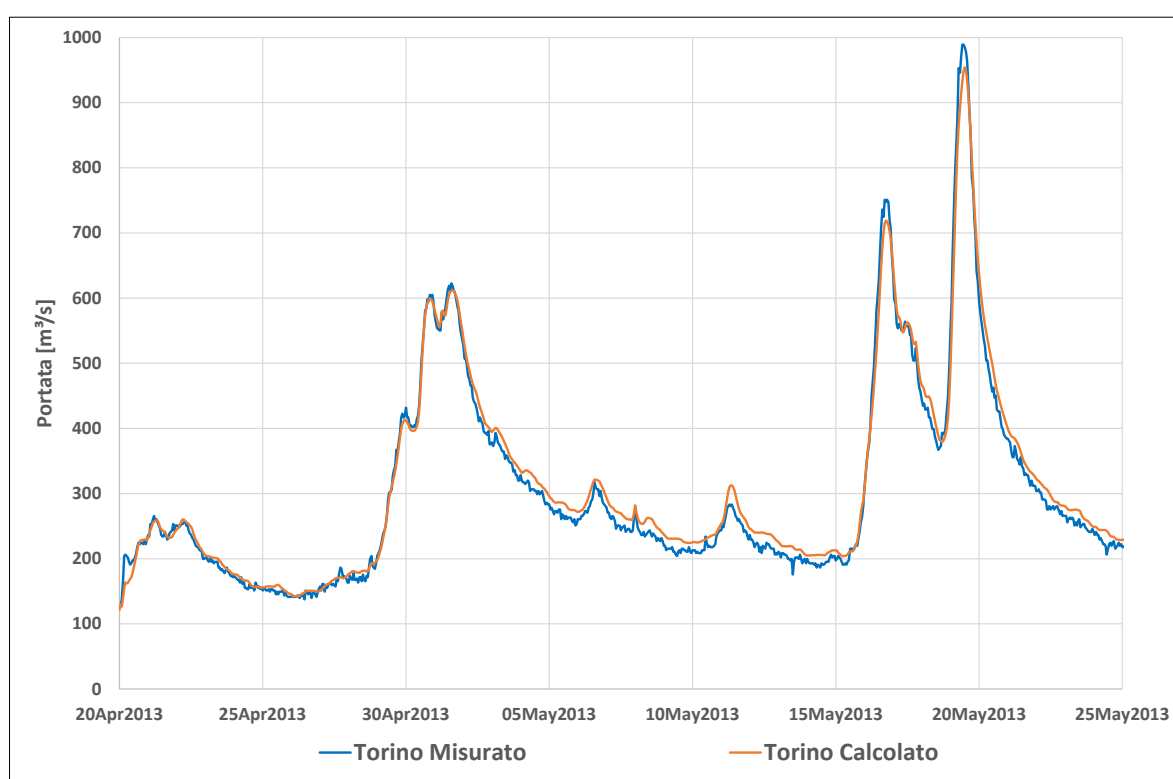


Figura 4.318 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2013

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.263
			Relazione idraulica generale	

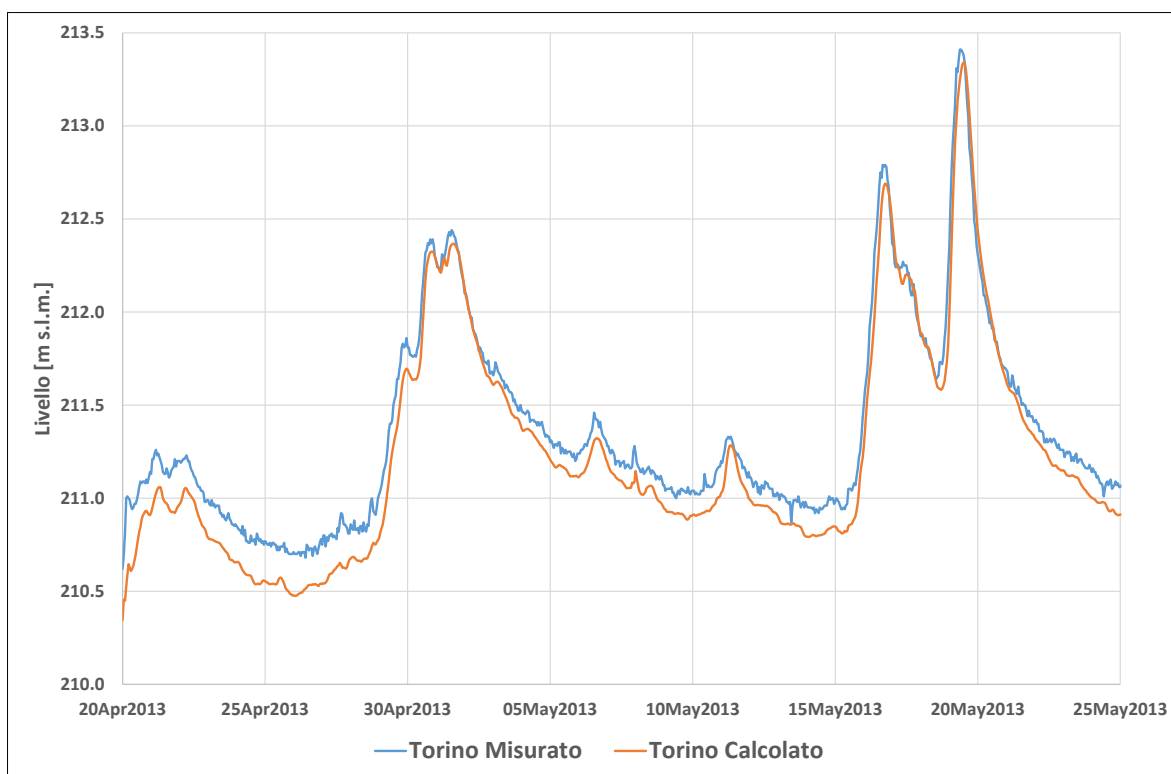


Figura 4.319 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2013

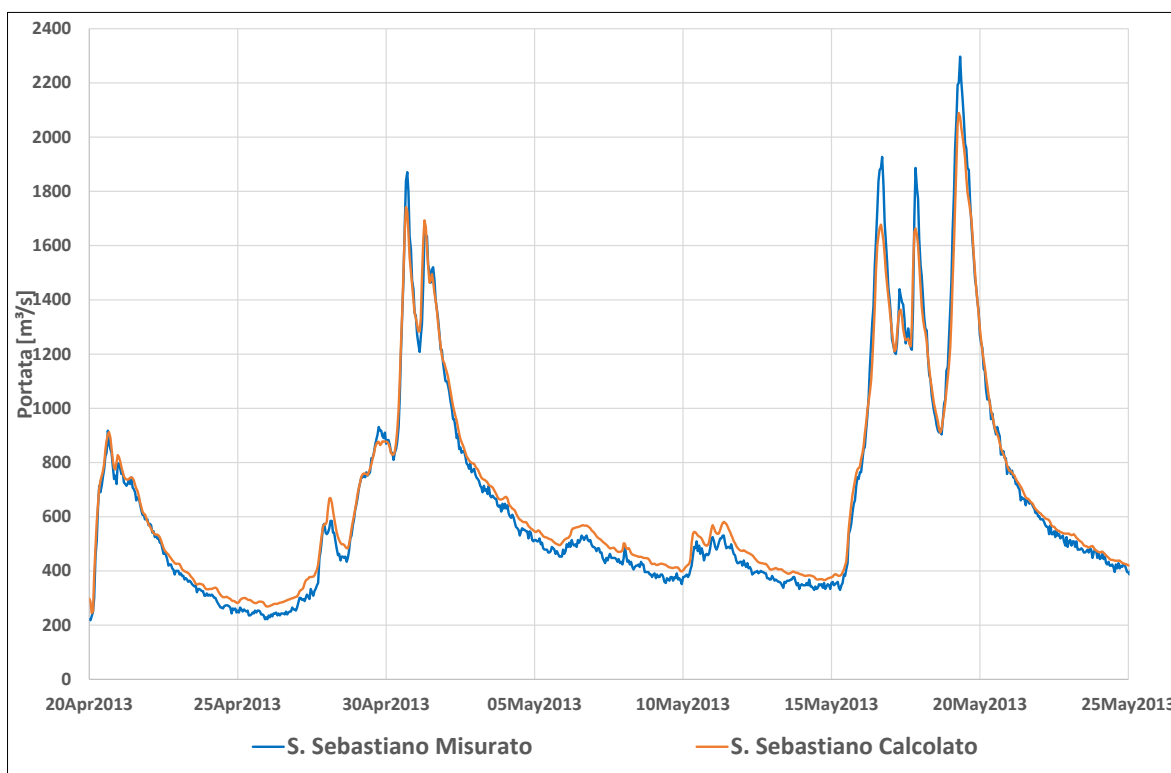


Figura 4.320 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di S. Sebastiano per l'evento di piena 2013

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.264
			Relazione idraulica generale	

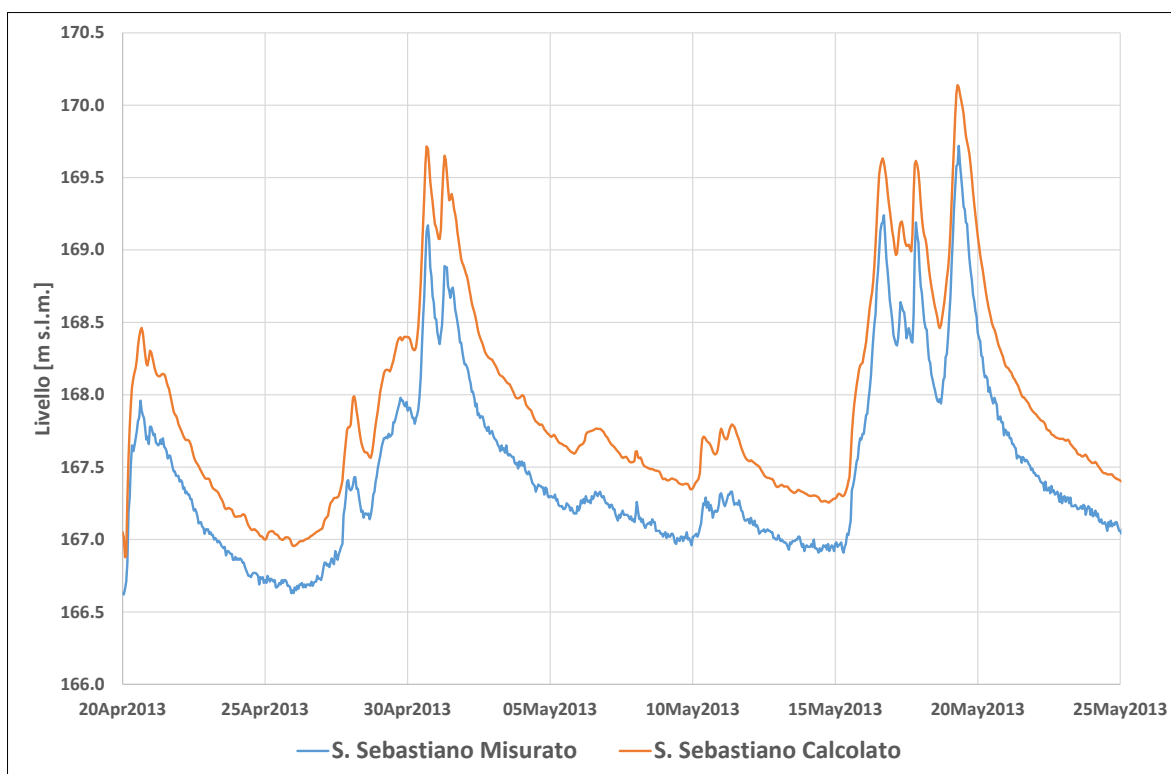


Figura 4.321 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di S. Sebastiano per l'evento di piena 2013

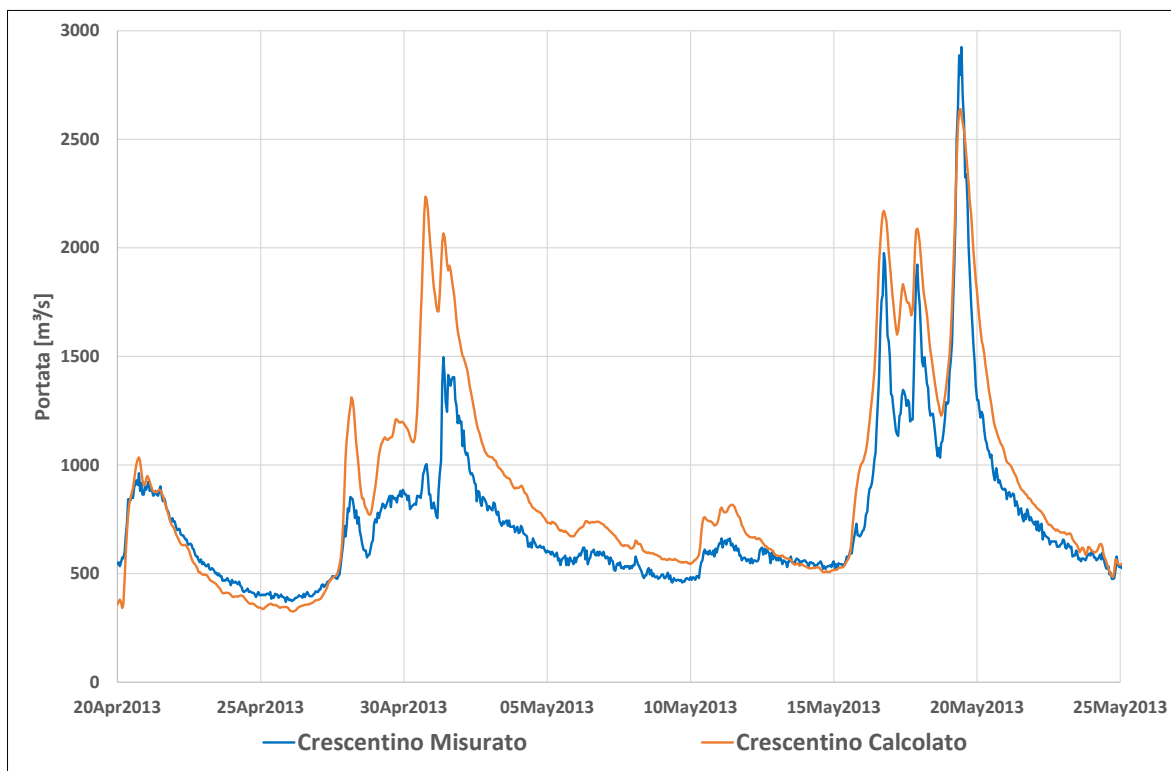


Figura 4.322 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2013

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.265
			Relazione idraulica generale	

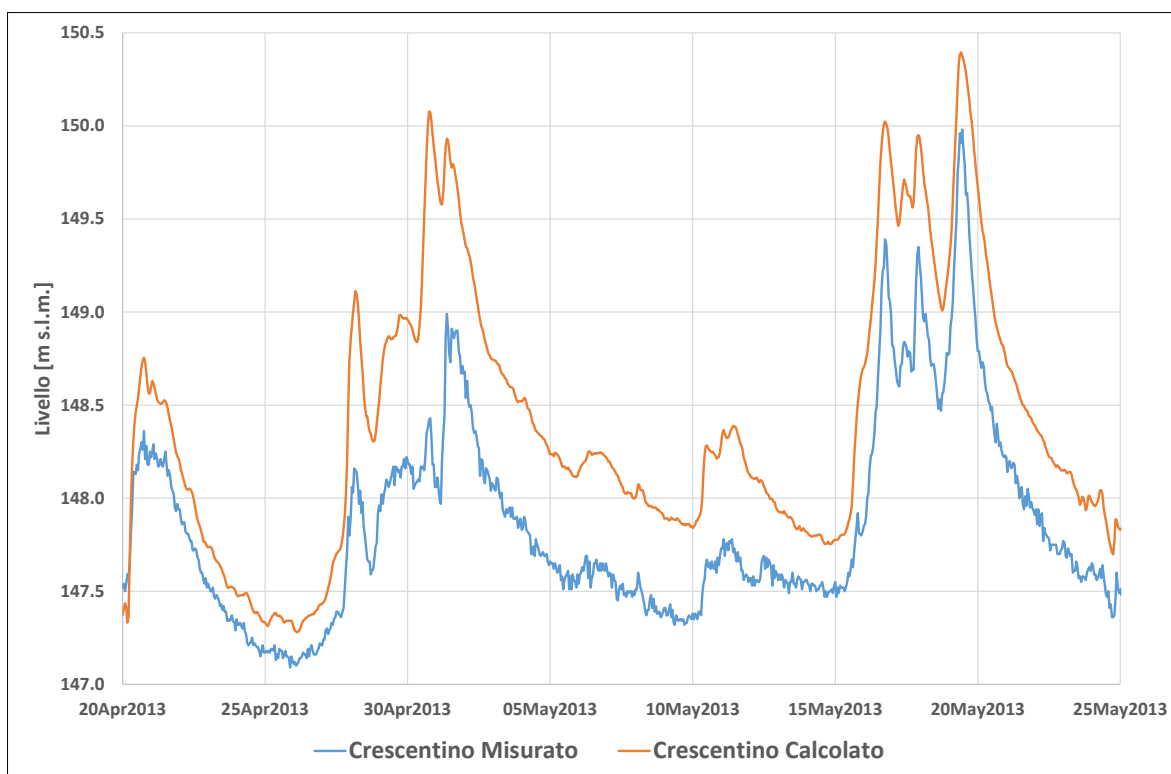


Figura 4.323 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2013

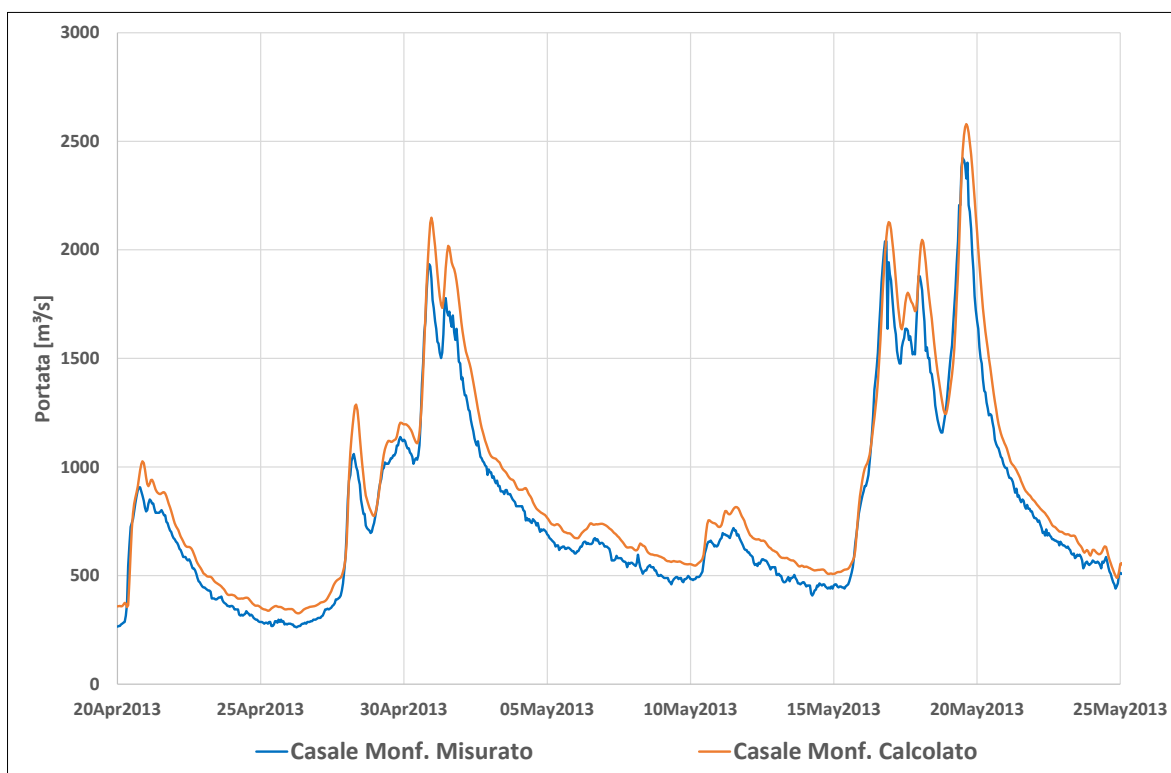


Figura 4.324 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2013

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.266
			Relazione idraulica generale	

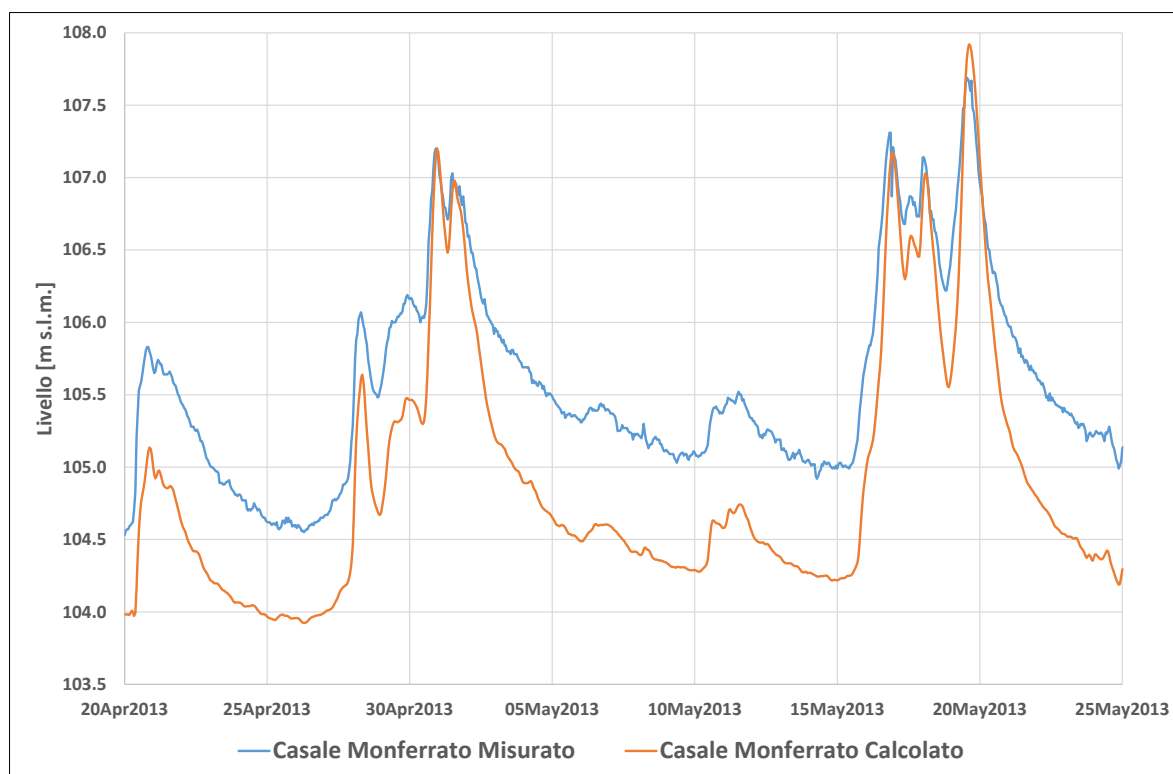


Figura 4.325 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2013

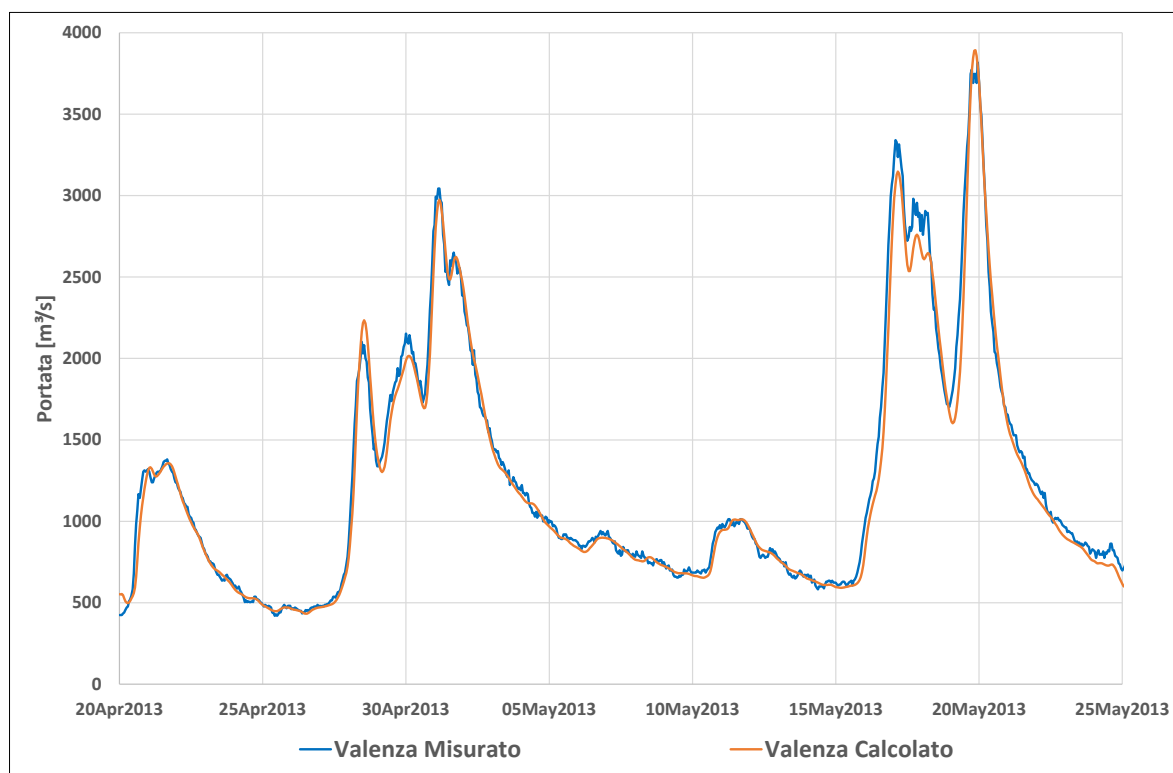


Figura 4.326 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2013

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.267
			Relazione idraulica generale	

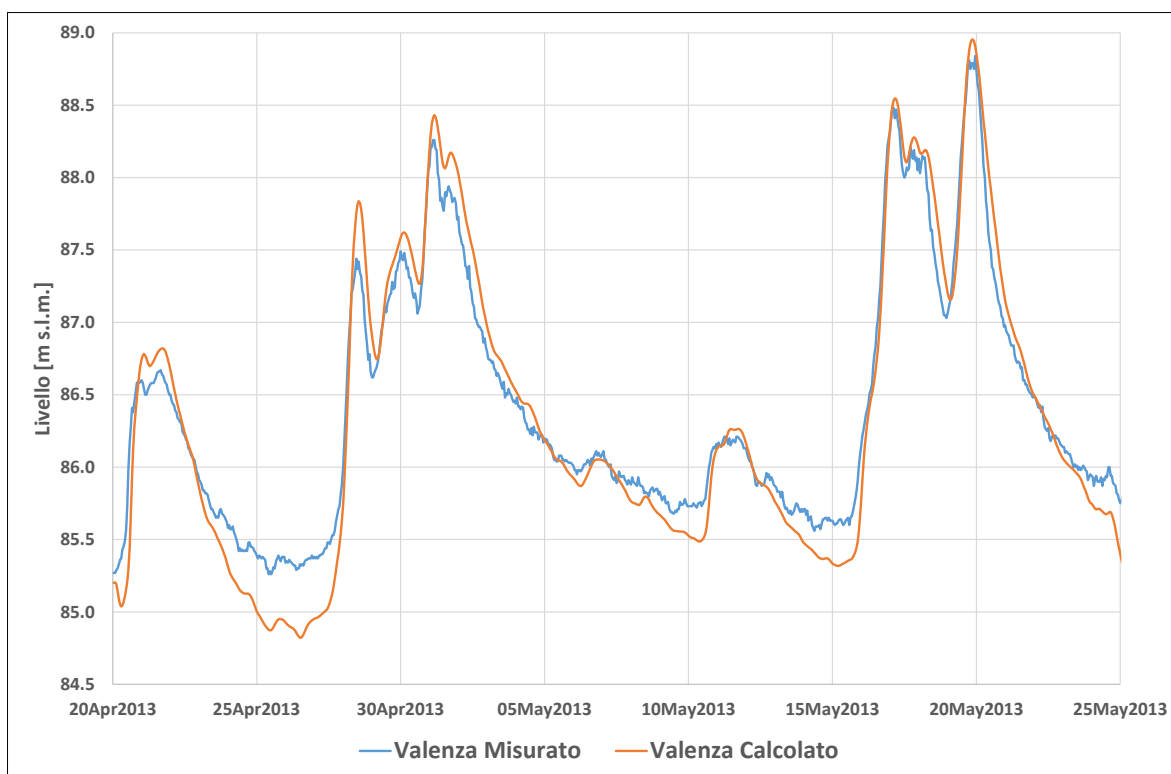


Figura 4.327 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2013

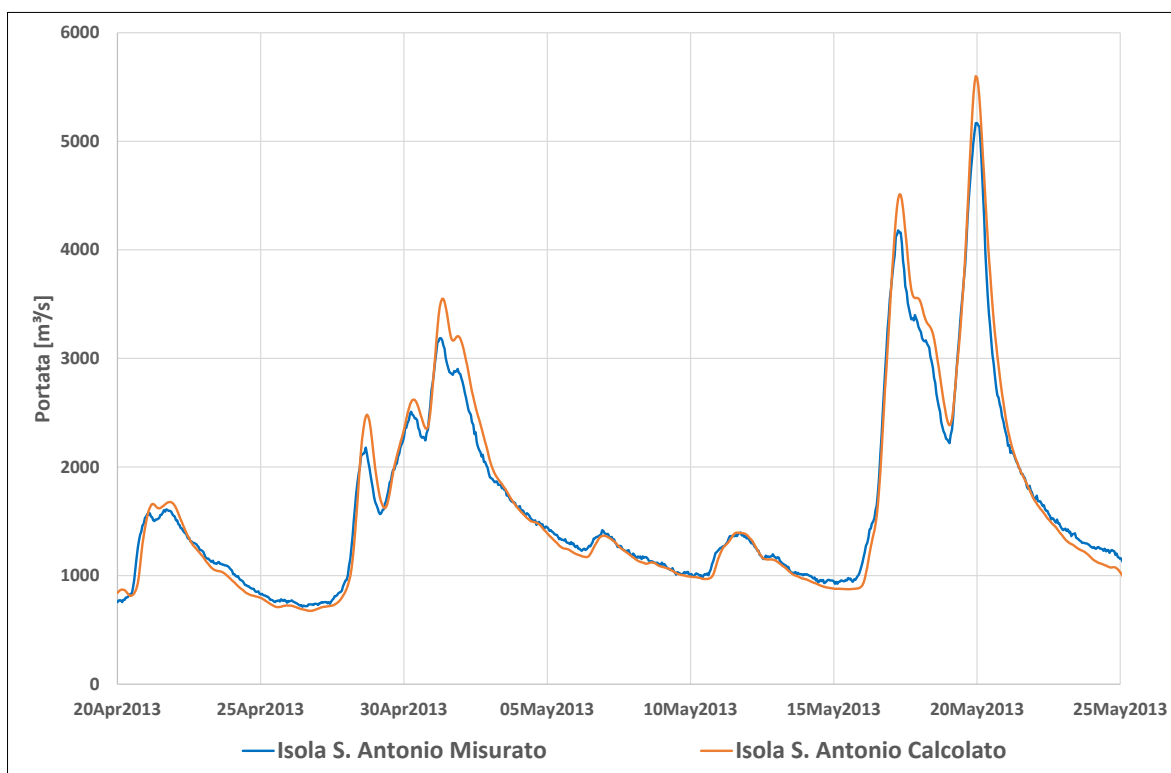


Figura 4.328 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2013

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.268
			Relazione idraulica generale	

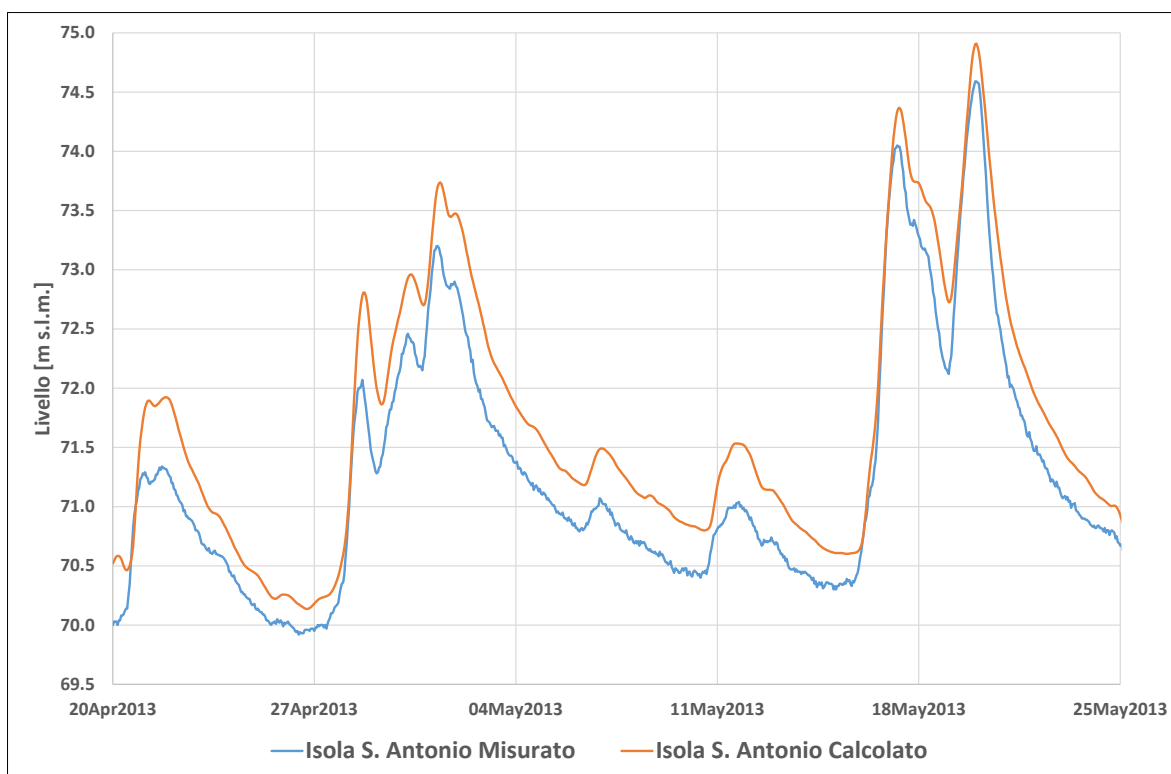


Figura 4.329 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2013

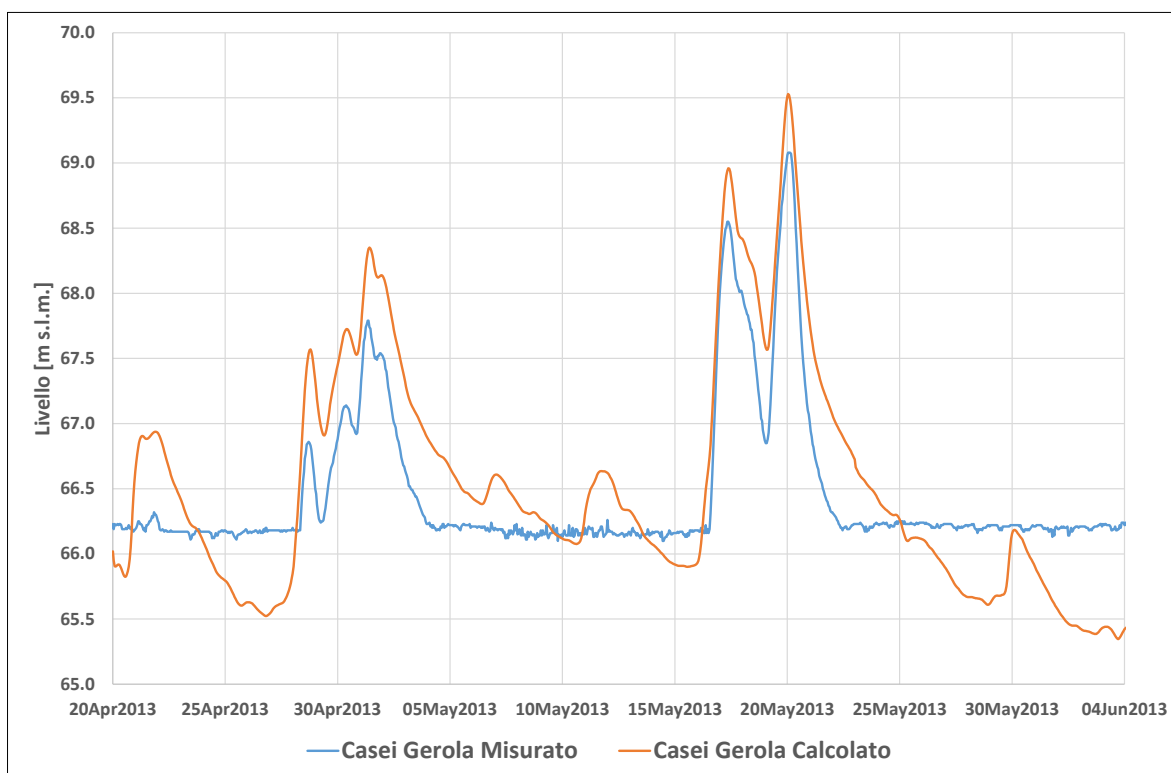


Figura 4.330 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Casei Gerola per l'evento di piena 2013

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.269
			Relazione idraulica generale	

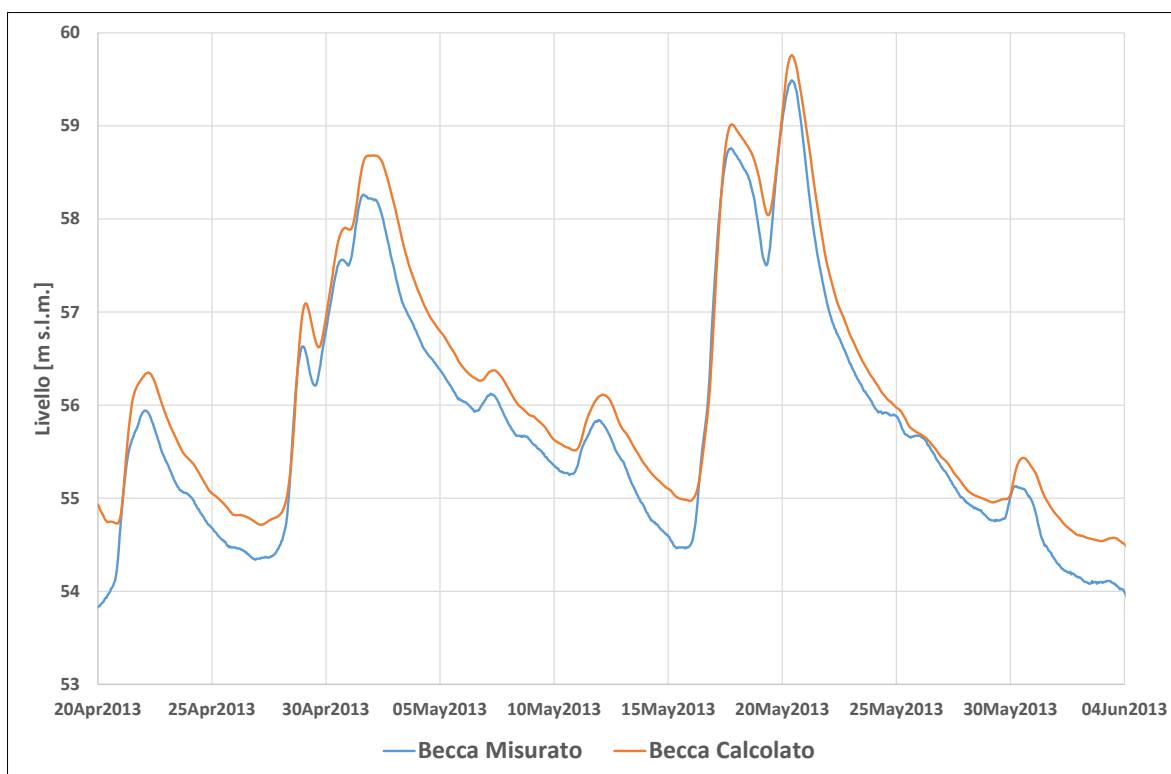


Figura 4.331 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Ponte Becca per l'evento di piena 2013

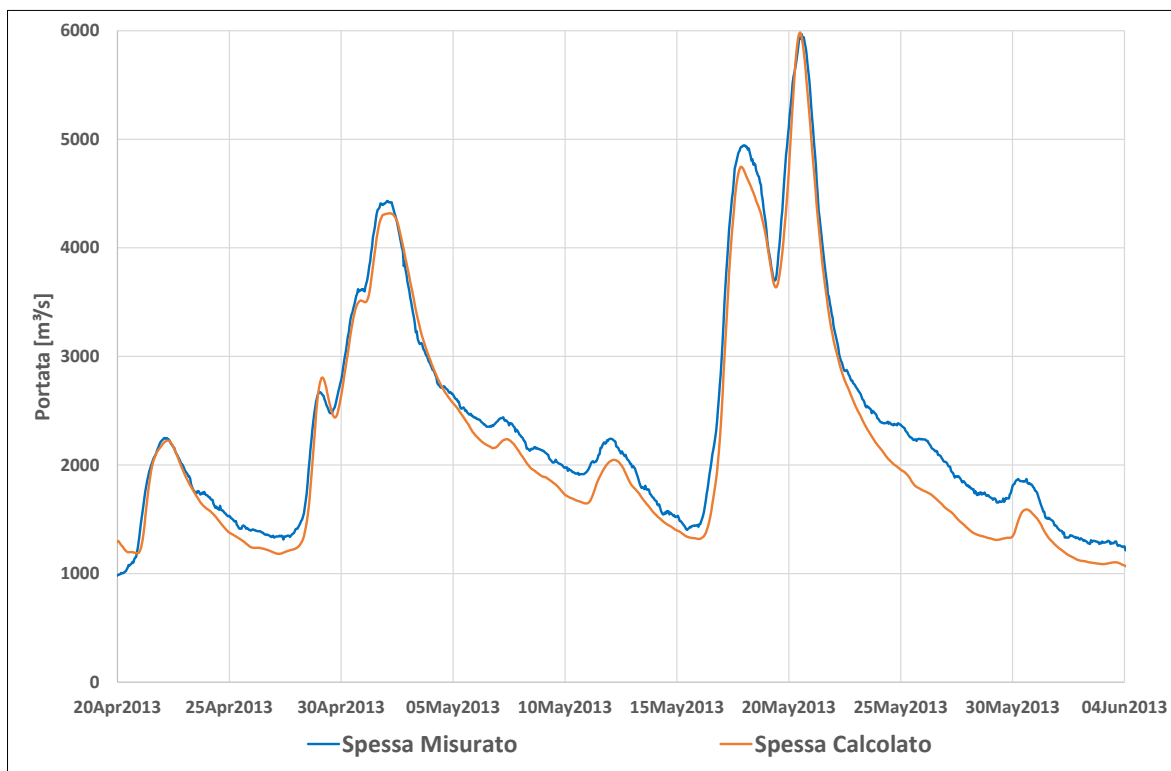


Figura 4.332 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2013

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.270
			Relazione idraulica generale	

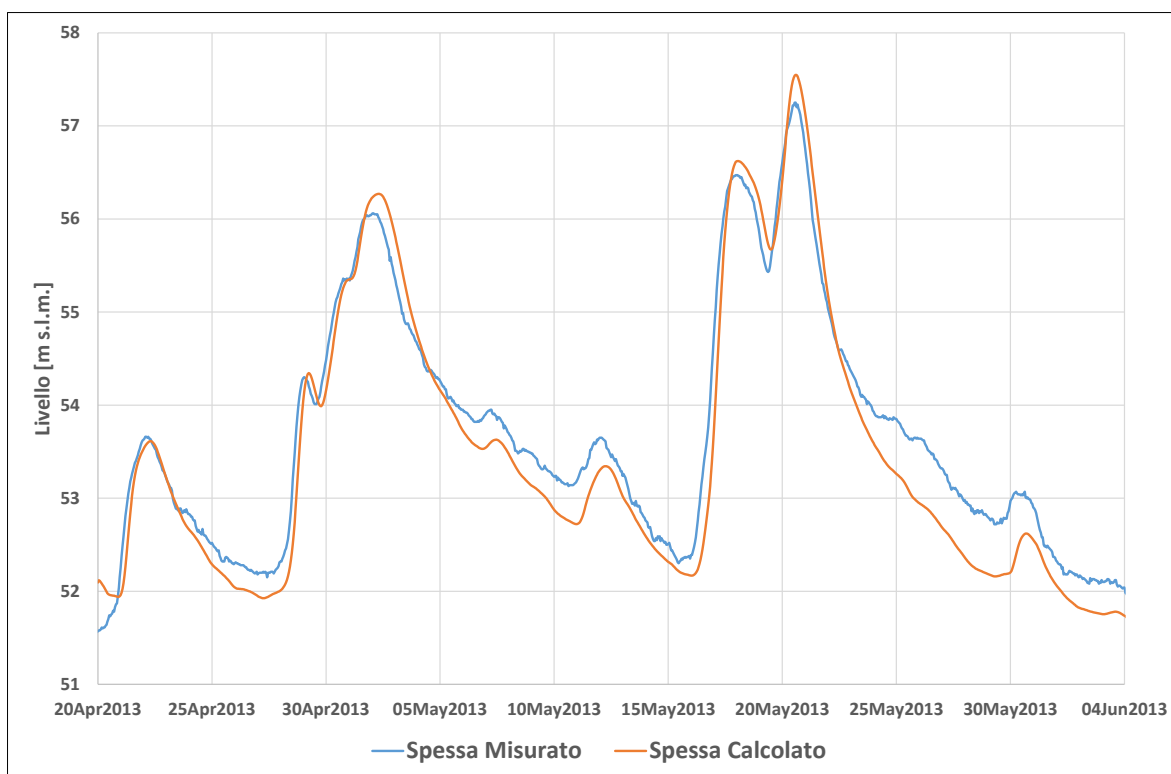


Figura 4.333 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2013

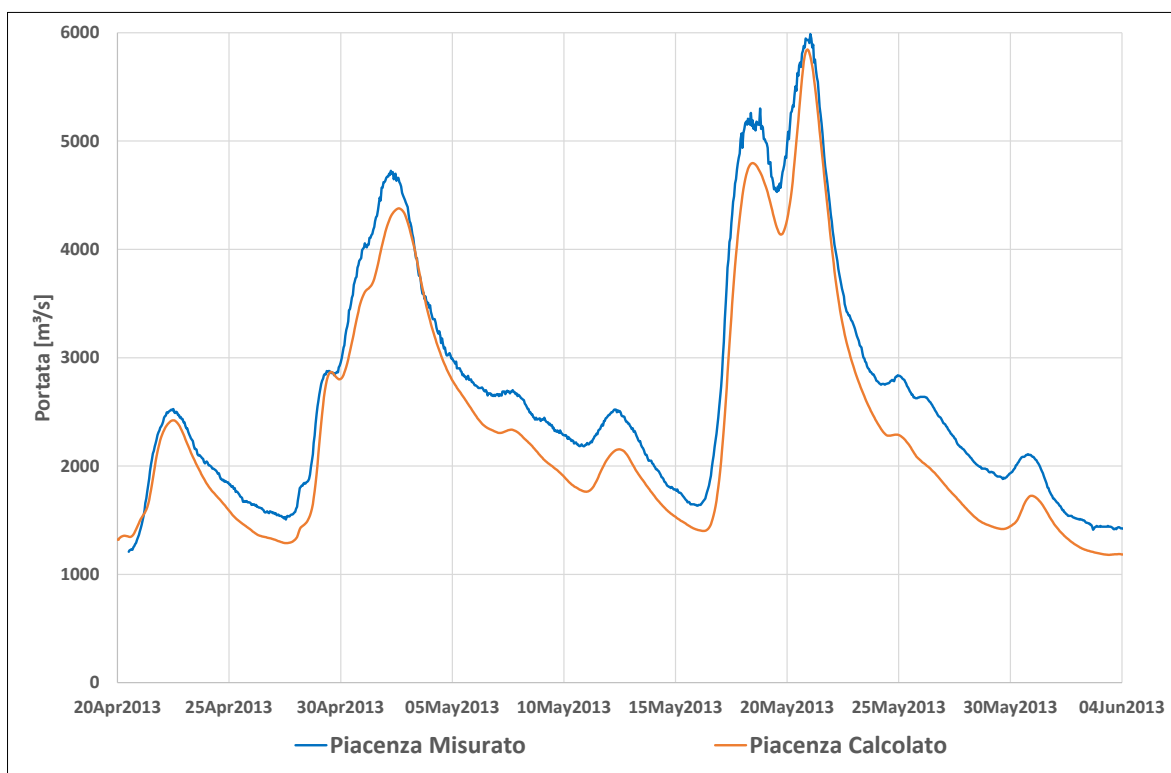


Figura 4.334 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2013

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.271
			Relazione idraulica generale	

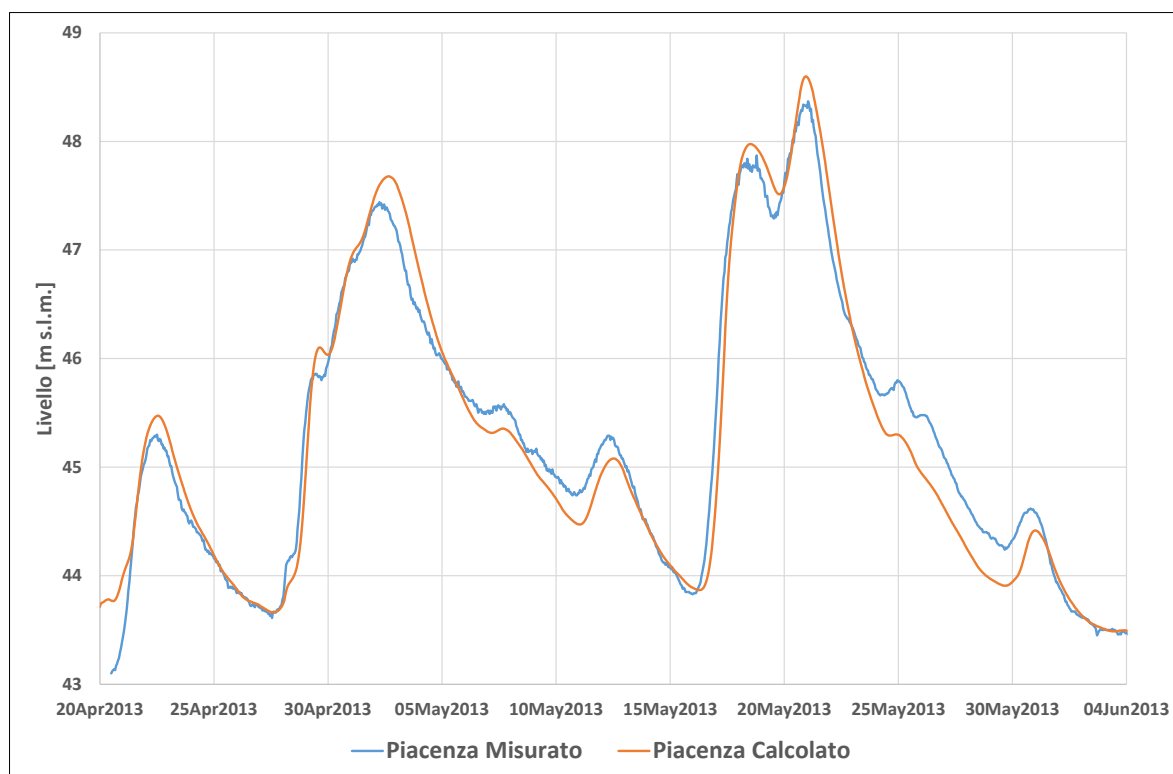


Figura 4.335 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2013

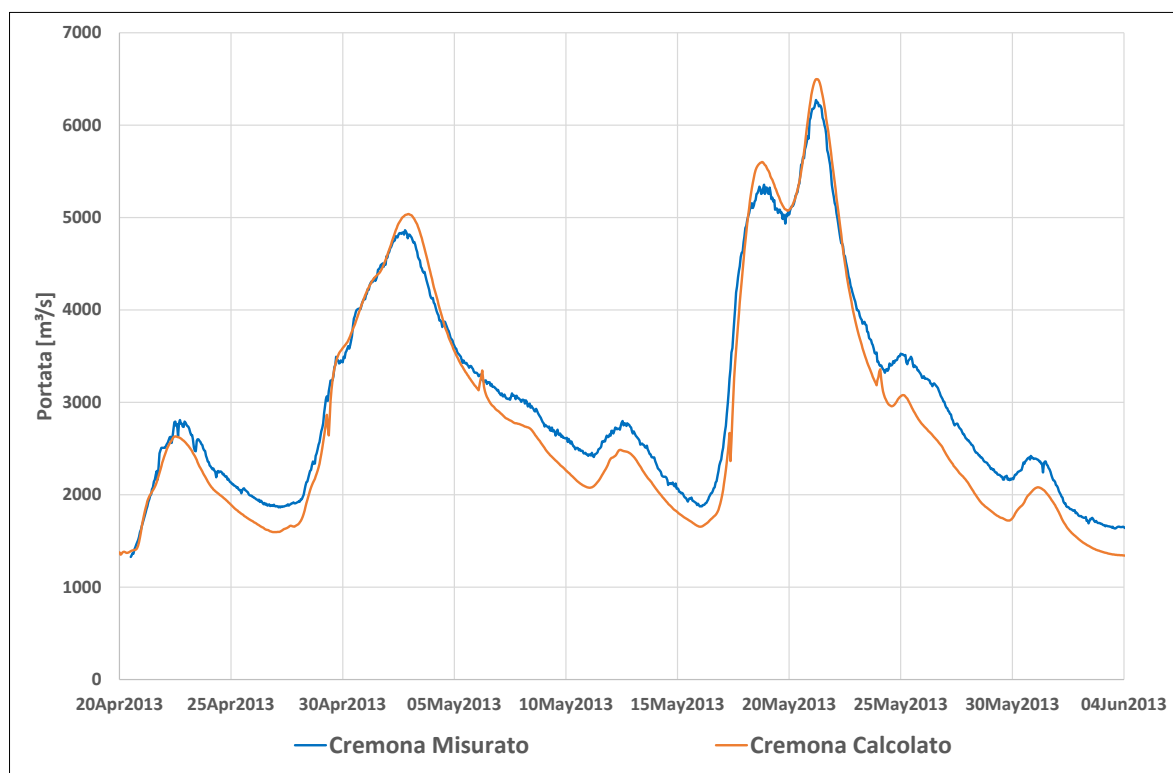


Figura 4.336 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2013

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.272
			Relazione idraulica generale	

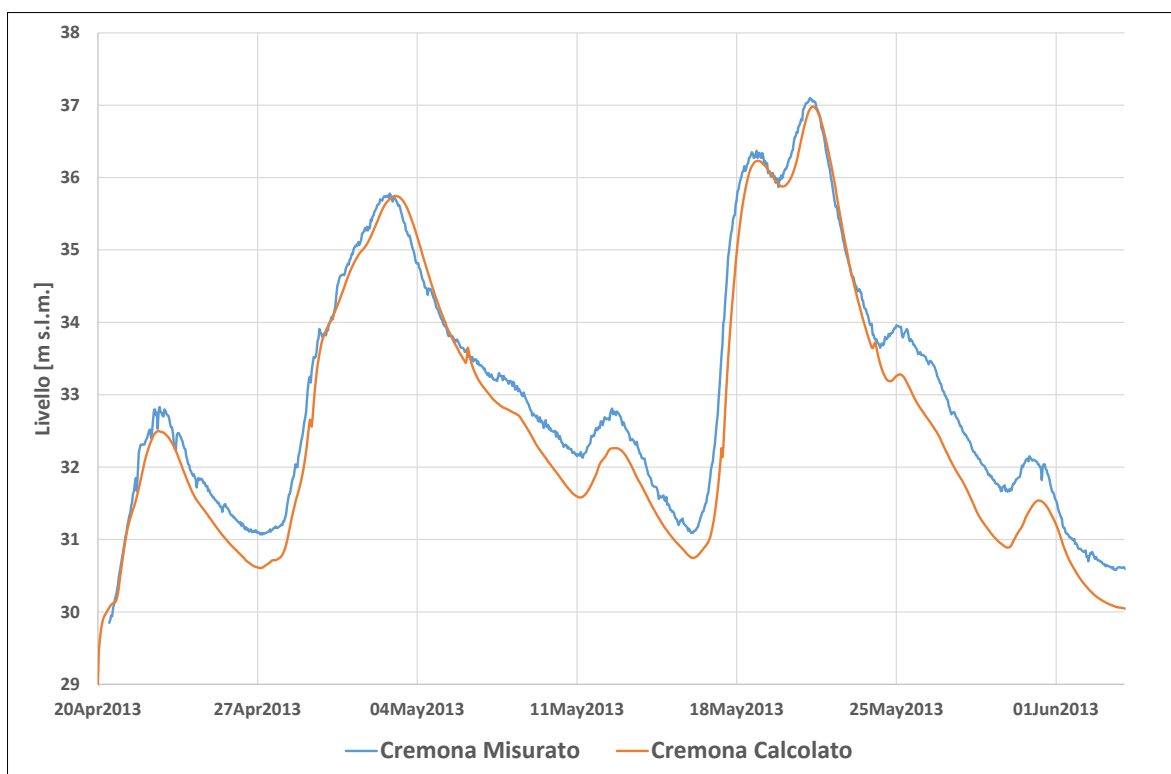


Figura 4.337 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2013

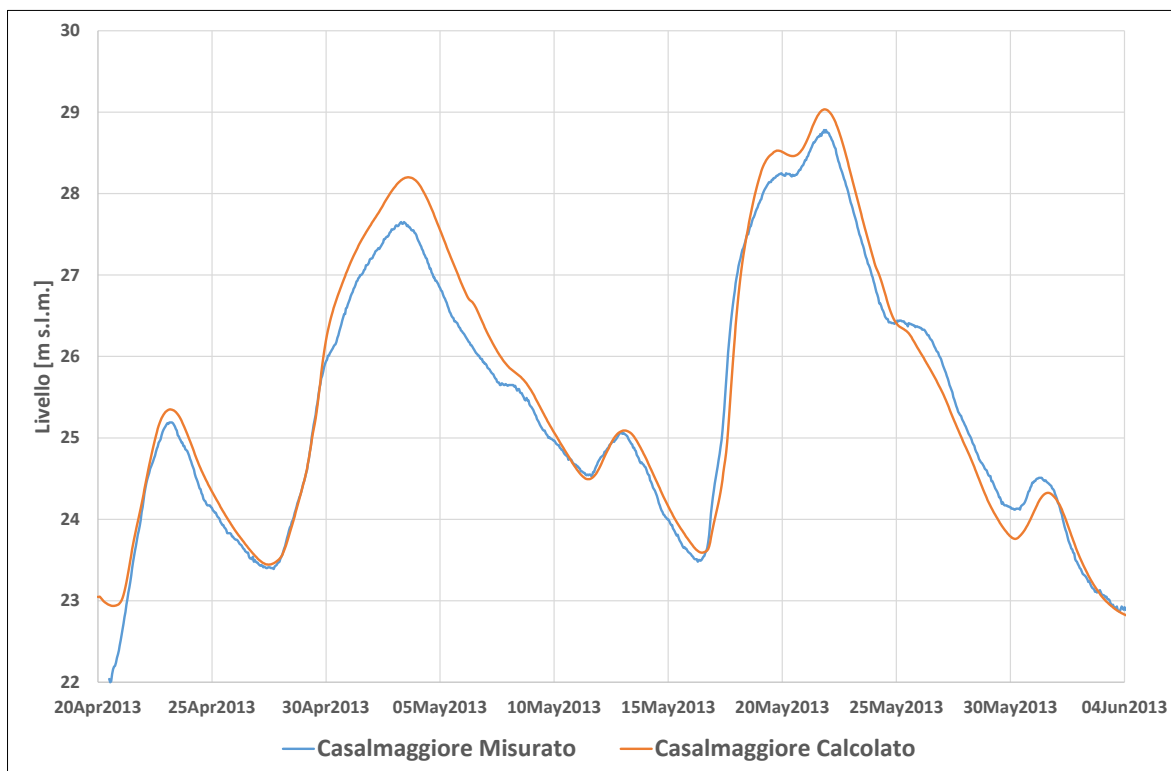


Figura 4.338 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Casalmaggiore per l'evento di piena 2013

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.273
			Relazione idraulica generale	

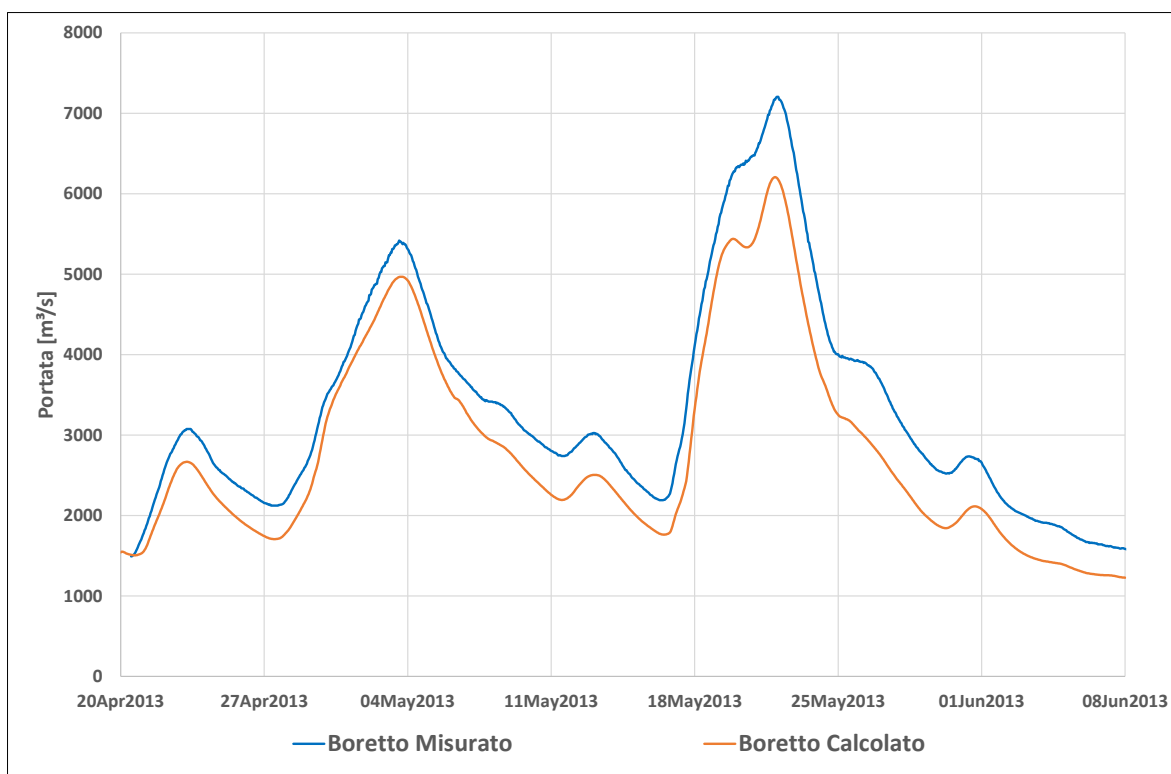


Figura 4.339 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2013

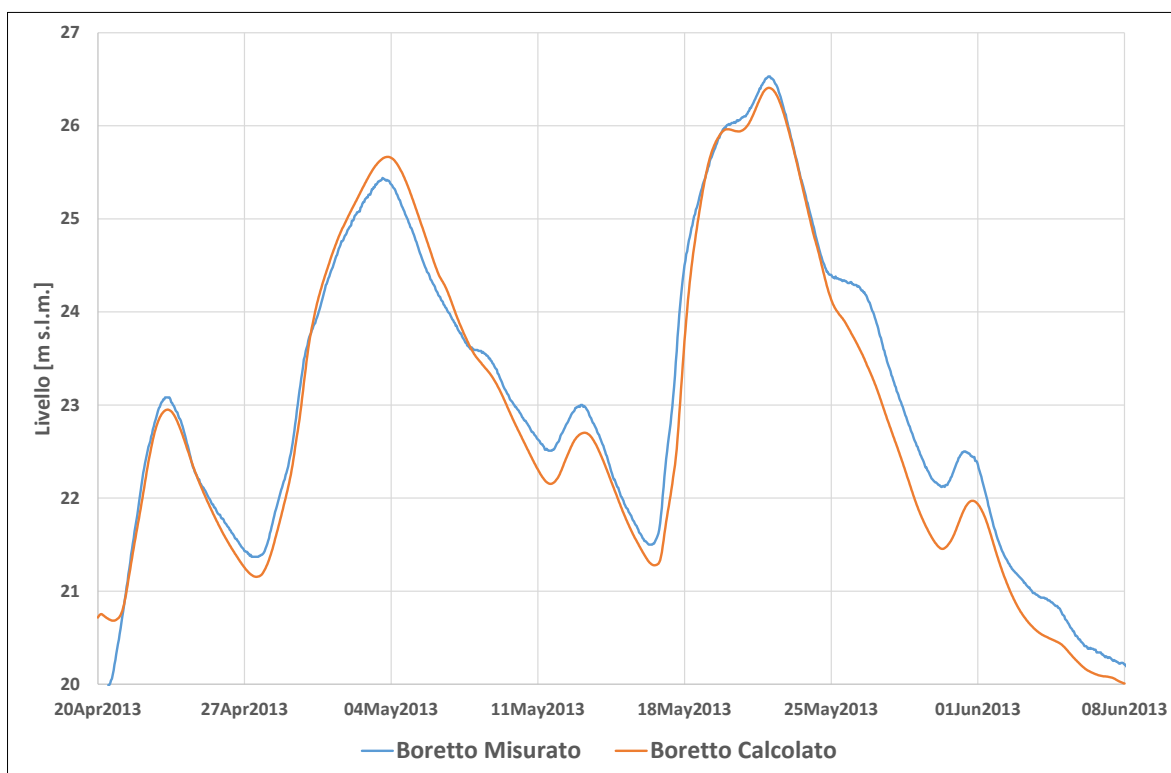


Figura 4.340 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2013

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.274
			Relazione idraulica generale	

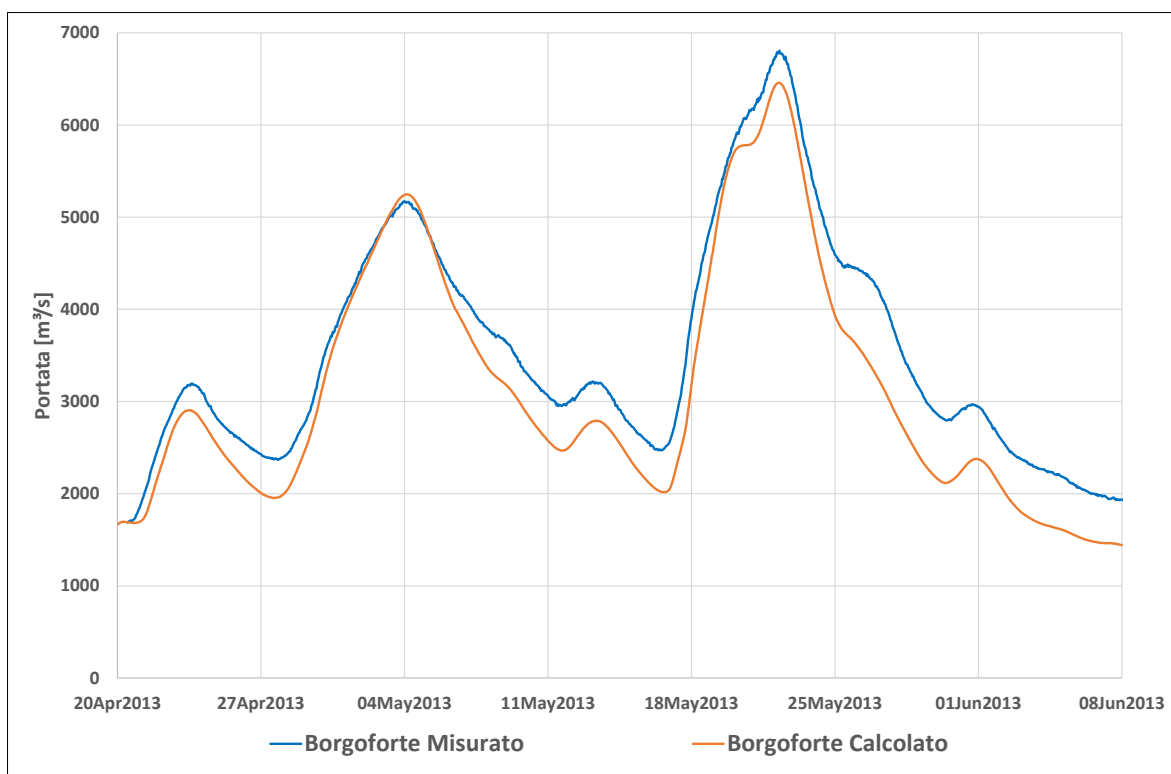


Figura 4.341 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2013

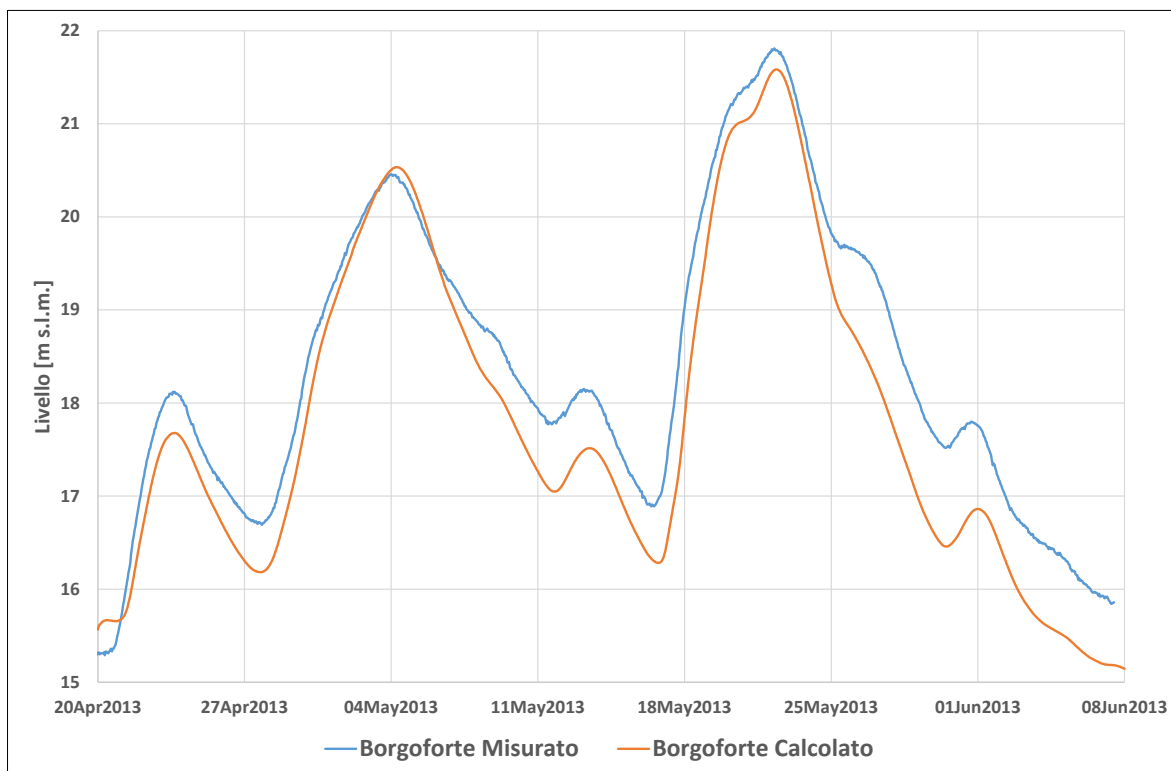


Figura 4.342 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2013

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.275
			Relazione idraulica generale	

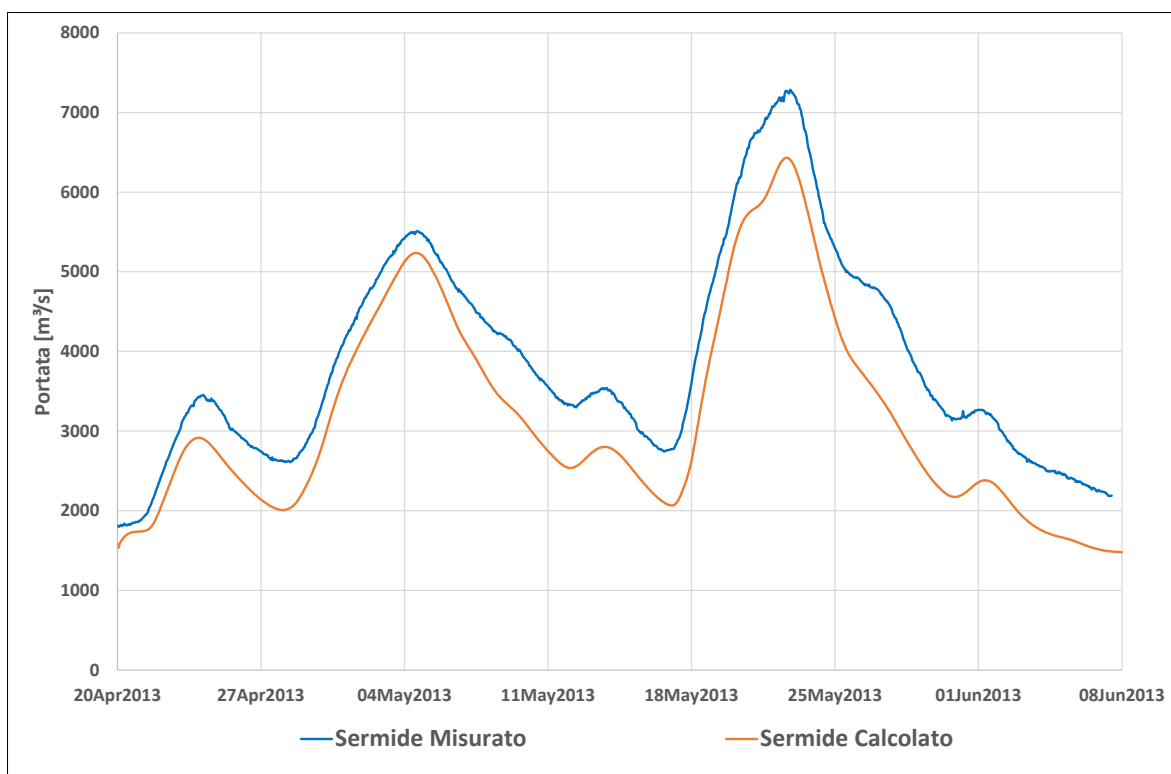


Figura 4.343 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2013

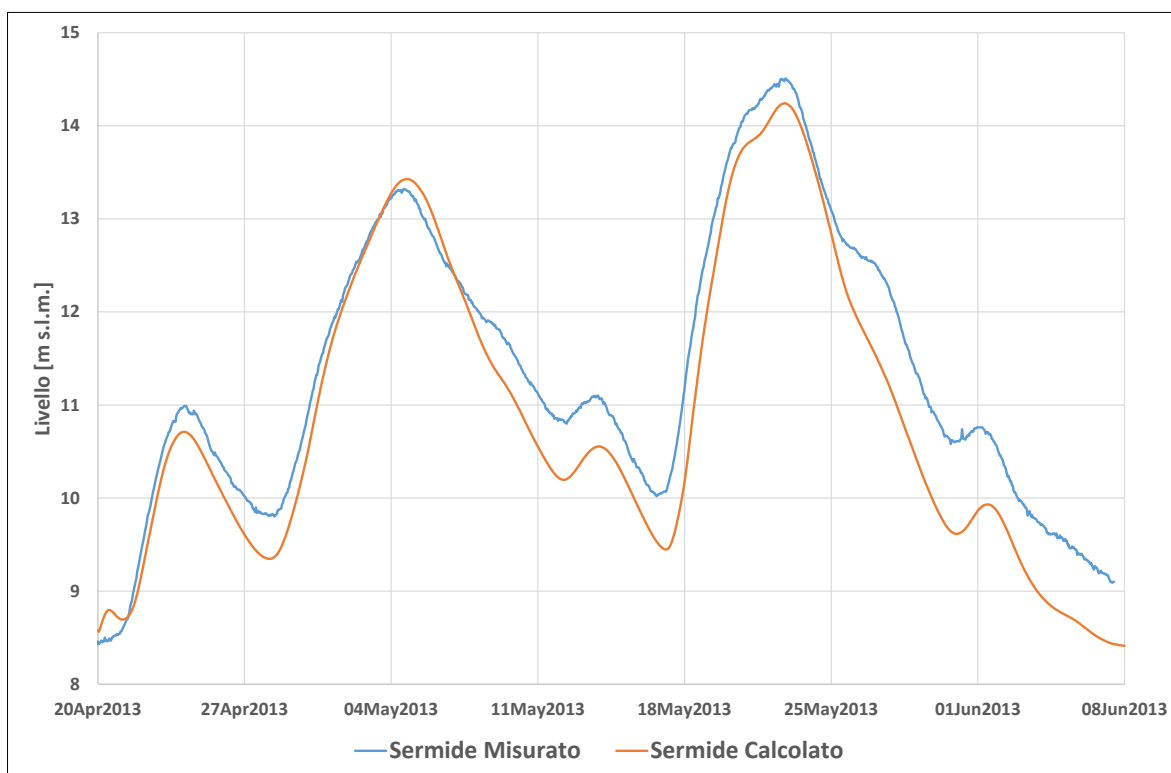


Figura 4.344 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2013

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.276
			Relazione idraulica generale	

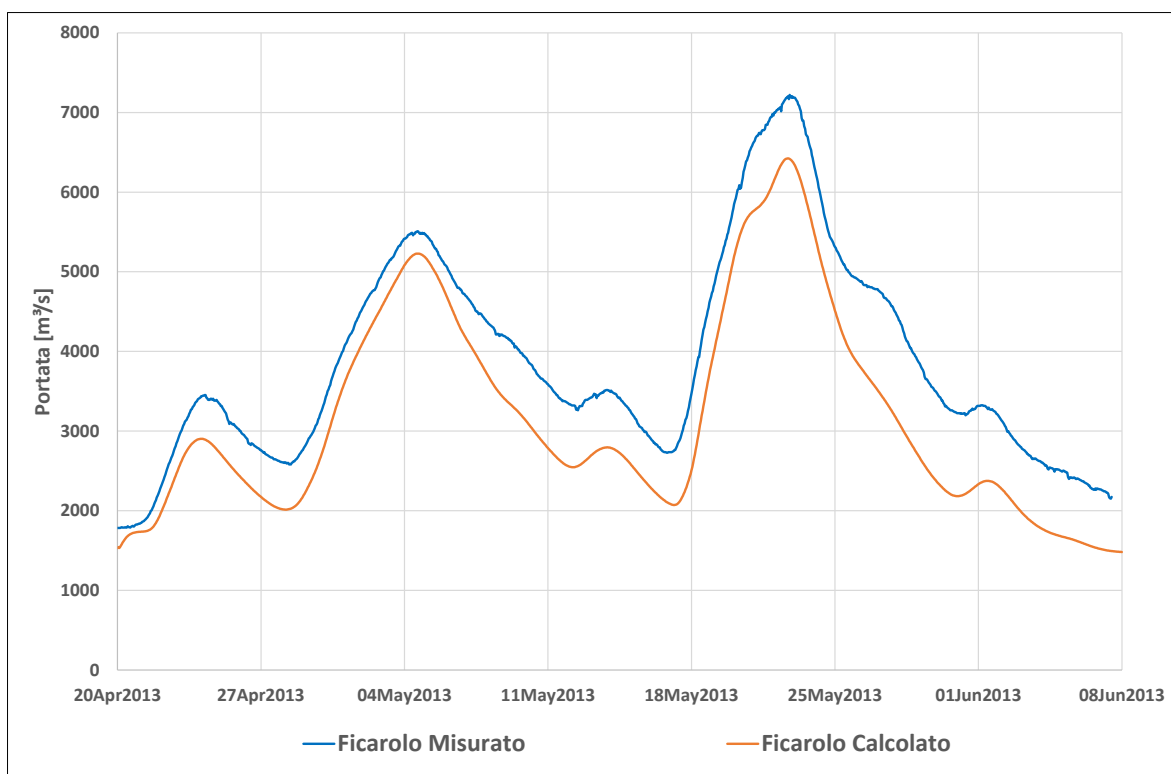


Figura 4.345 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2013

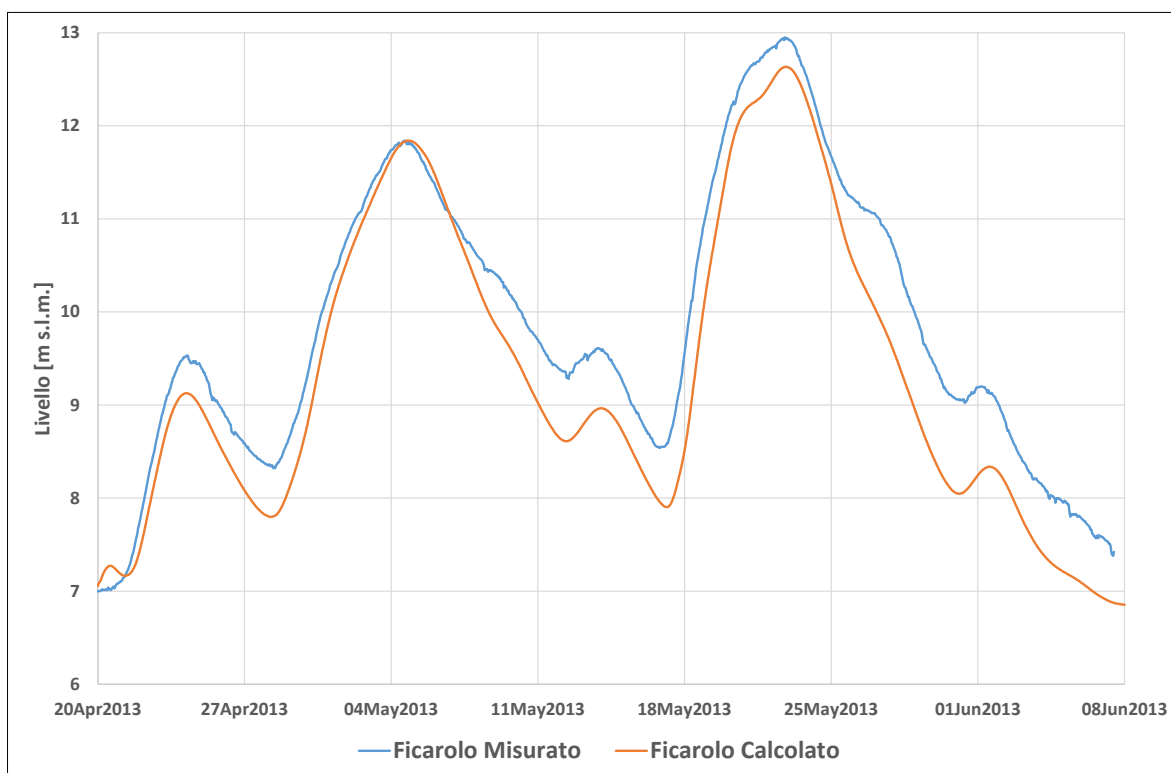


Figura 4.346 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2013

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.277
			Relazione idraulica generale	

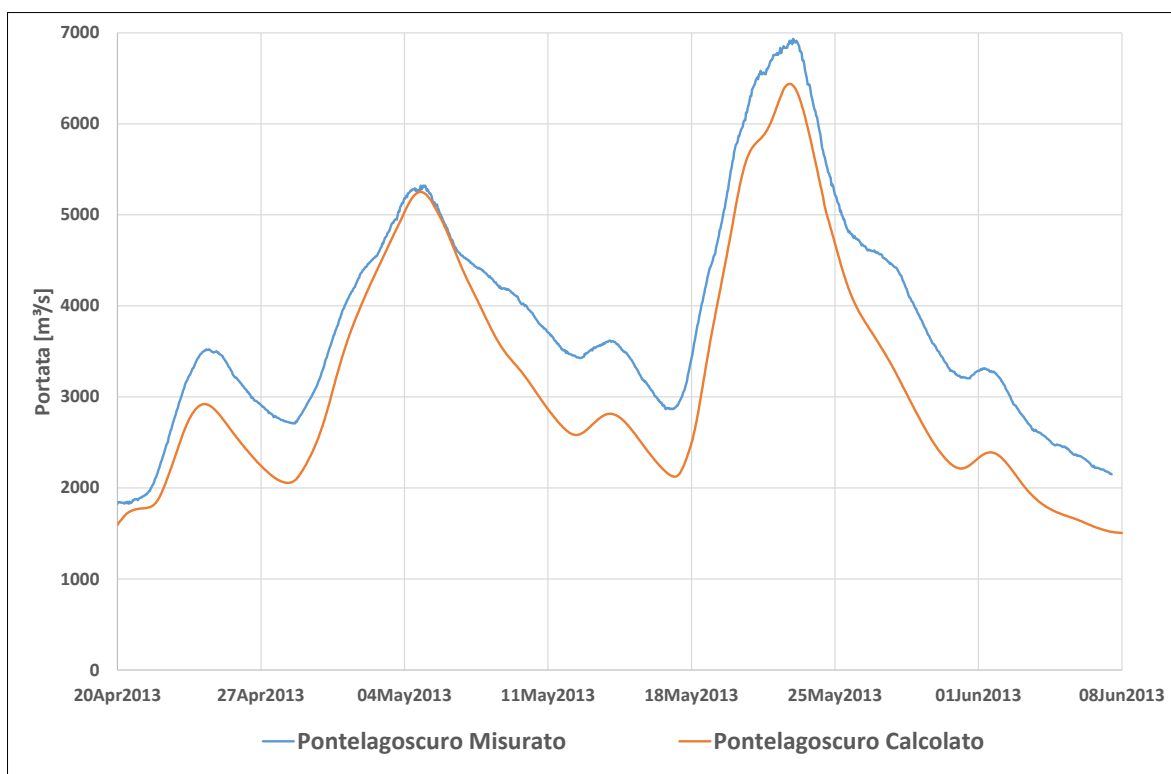


Figura 4.347 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2013

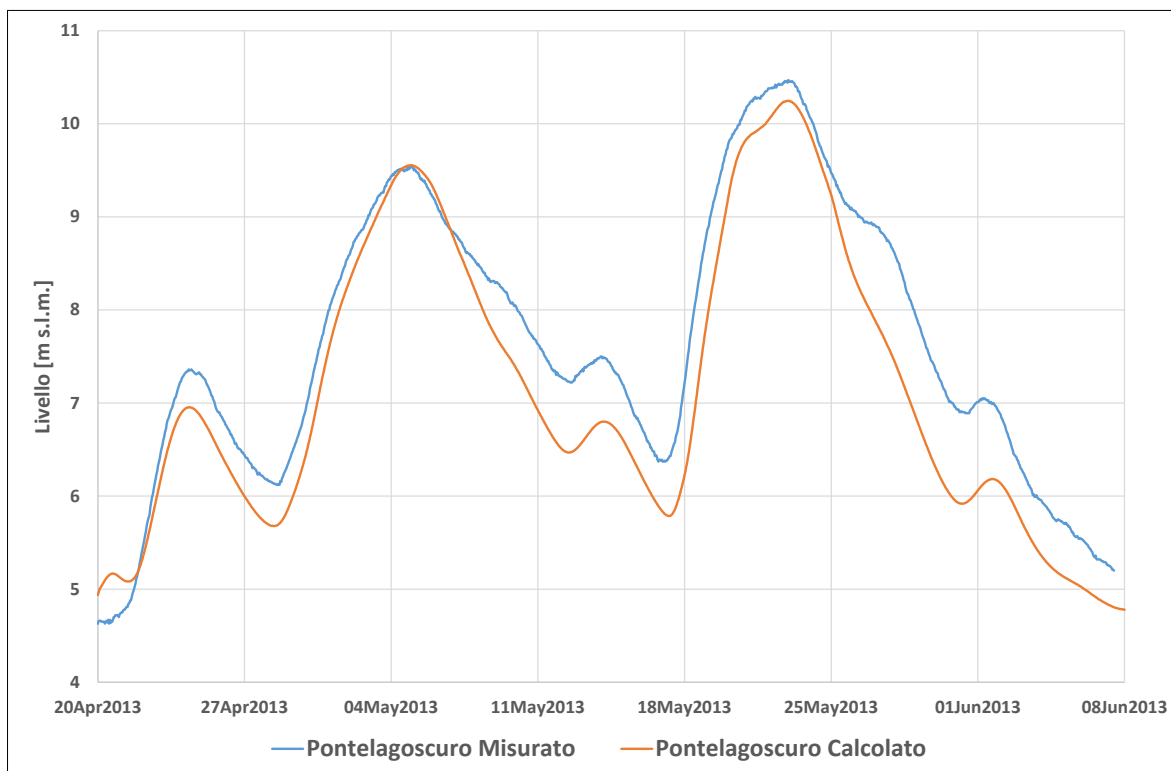


Figura 4.348 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2013

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.278
			Relazione idraulica generale	

4.9.2. Evento novembre – dicembre 2014

La piena del 2014 risulta quella con i livelli misurati maggiori da Cremona a Pontelagoscuro. Le portate al colmo sono ben rappresentate, con l'errore percentuale massimo, -15%, a Casale Monferrato, ma da Valenza fino a Pontelagoscuro gli errori assoluti in percentuale sono sempre inferiori a 10% e per 7 idrometri su 10 inferiori al 4%.

Anche i risultati sui livelli al colmo per i tratti del medio, basso Po sono molto buoni, con errori contenuti tra ± 20 cm, fanno eccezione Boretto e Revere con sottostime di quasi 60 cm

I picchi dei livelli calcolati a Pontelagoscuro risultano in fase con quelli misurati, evidenziando una buona concordanza con la complessiva traslazione della piena (Figura 4.380).

Tabella 4-51 – Confronto portate livelli misurati e calcolati per l'evento di piena del novembre-dicembre 2014

Idrometro	Q misurata [m³/s]	Q calcolata [m³/s]	Q diff. [%]	WS misurato [m s.m.m.]	WS calcolato [m s.m.m.]	WS diff. [m]
Torino	1128	1054	-7%	213.76	213.57	-0.19
S. Sebastiano	2120	1897	-11%	169.50	169.90	+0.40
Crescentino	2356	2104	-11%	149.65	150.00	+0.35
Casale Monf.	2432	2068	-15%	107.26	107.02	-0.24
Valenza	3957	4243	+7%	88.94	89.12	+0.18
Isola S. Antonio	4996	5023	+1%	74.50	74.63	+0.13
Casei Gerola				69.58	69.41	-0.17
Ponte Becca				60.43	60.46	+0.03
Spessa	7651	7409	-3%	58.45	58.45	0.00
Piacenza	7439	7497	+1%	49.39	49.44	+0.05
Cremona	8636	8648	+0%	38.60	38.48	-0.12
Casalmaggiore				30.22	30.18	-0.04
Boretto	9030	8399	-7%	28.06	27.48	-0.58
Borgoforte	9410	8597	-9%	23.38	23.14	-0.24
Revere				17.85	17.26	-0.59
Sermide	8835	8578	-3%	15.46	15.33	-0.13
Ficarolo	8771	8570	-2%	13.81	13.70	-0.11
Pontelagoscuro	8726	8640	-1%	11.11	11.09	-0.02

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.279
			Relazione idraulica generale	

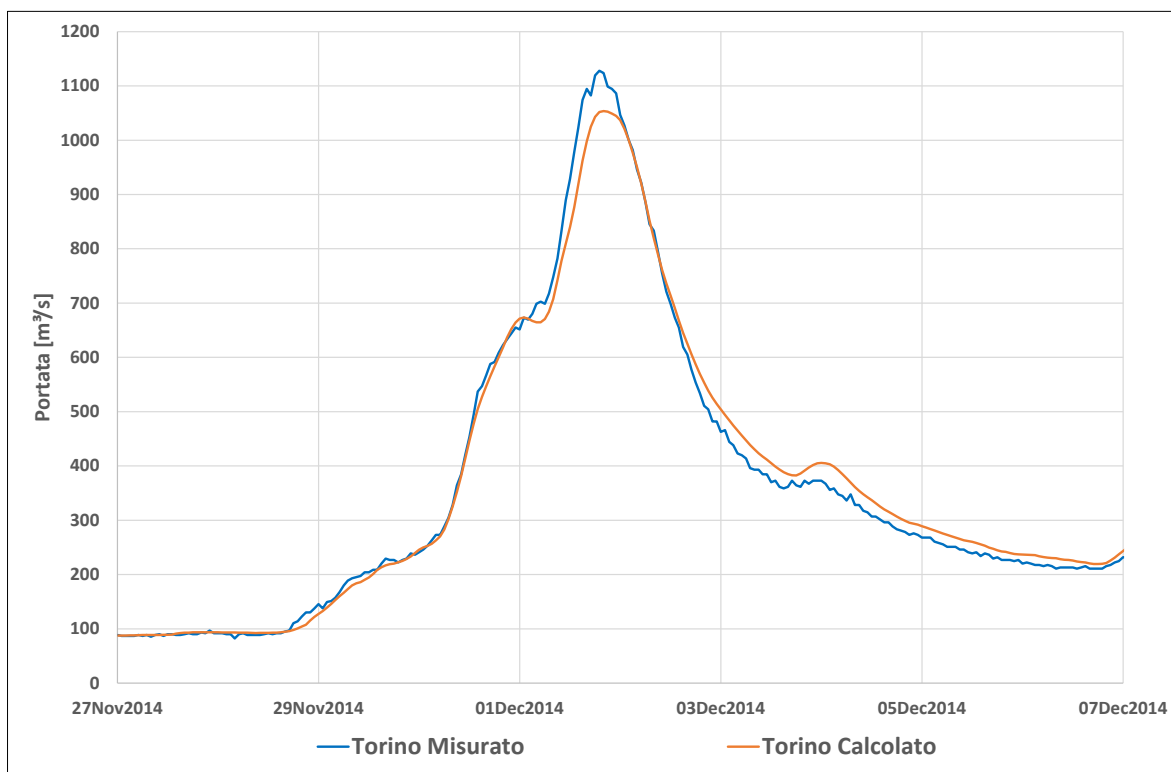


Figura 4.349 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2014

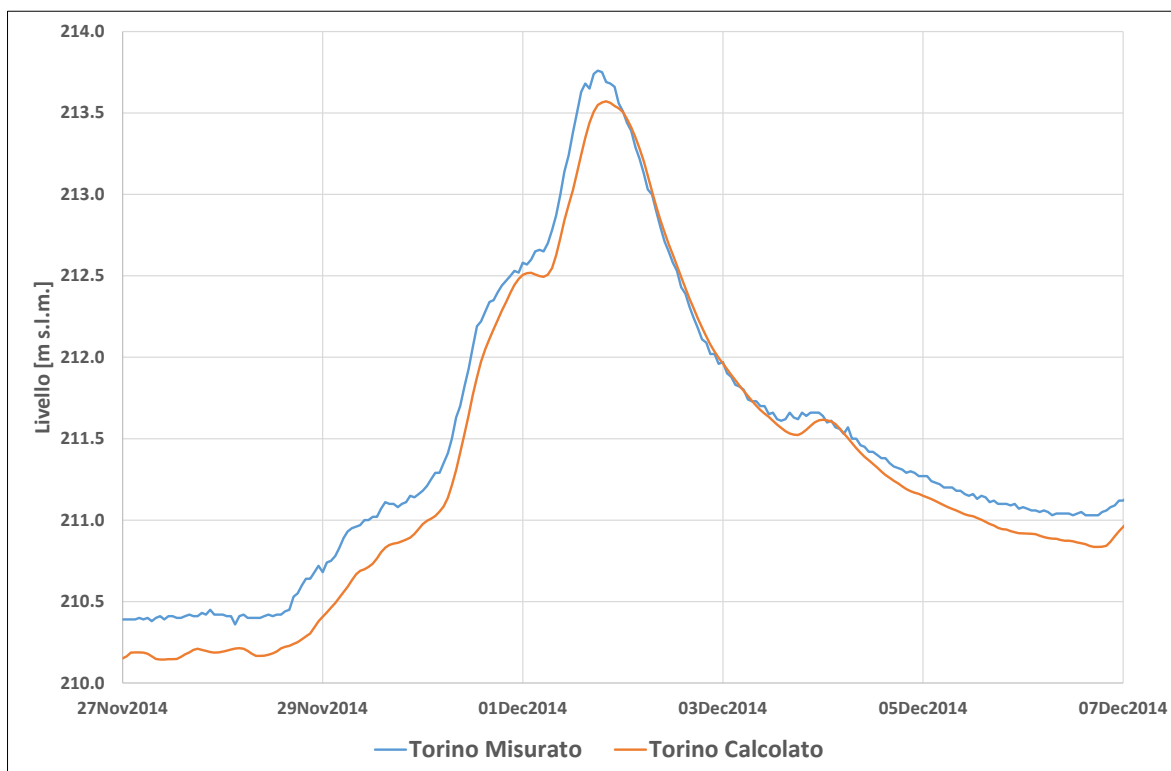


Figura 4.350 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.280
			Relazione idraulica generale	

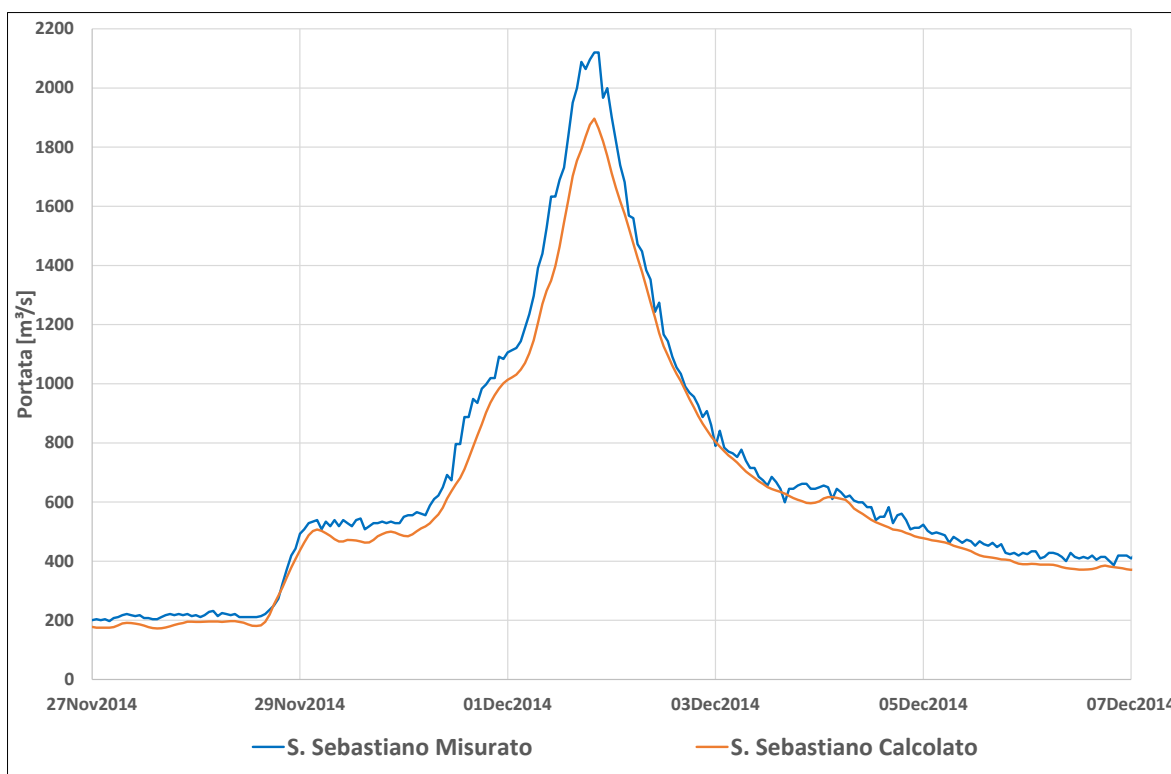


Figura 4.351 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di S. Sebastiano per l'evento di piena 2014

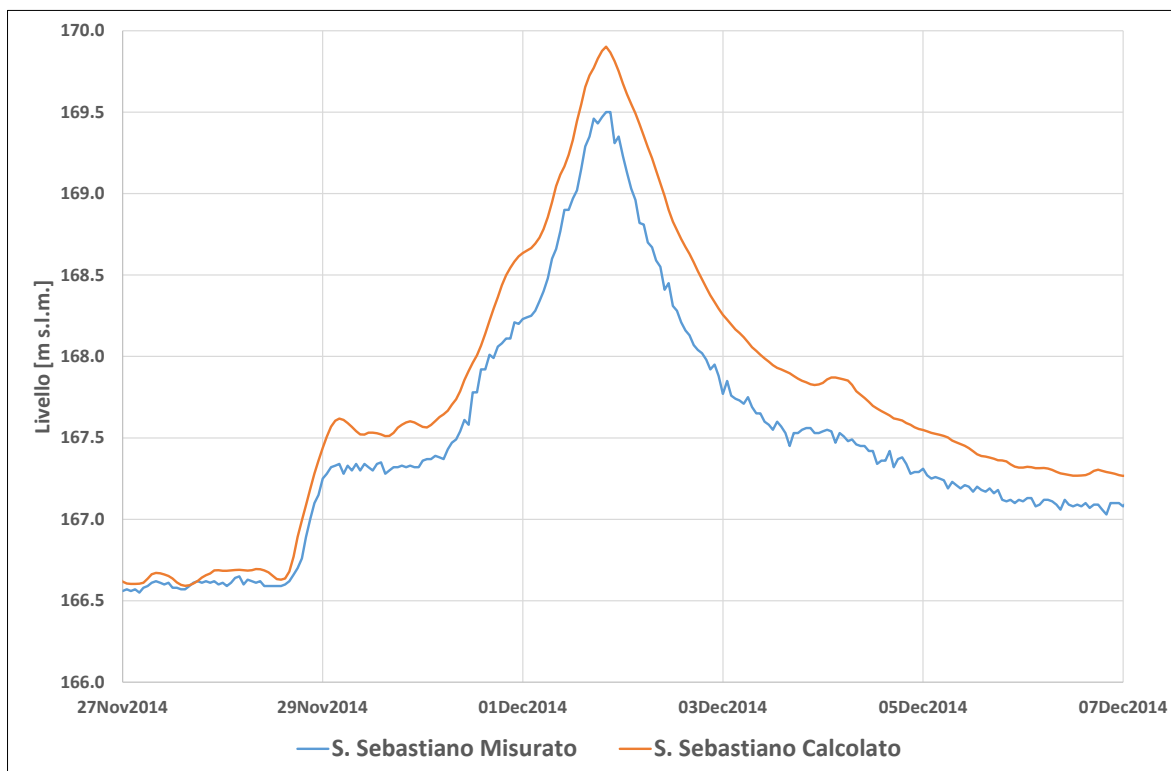


Figura 4.352 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di S. Sebastiano per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.281
			Relazione idraulica generale	

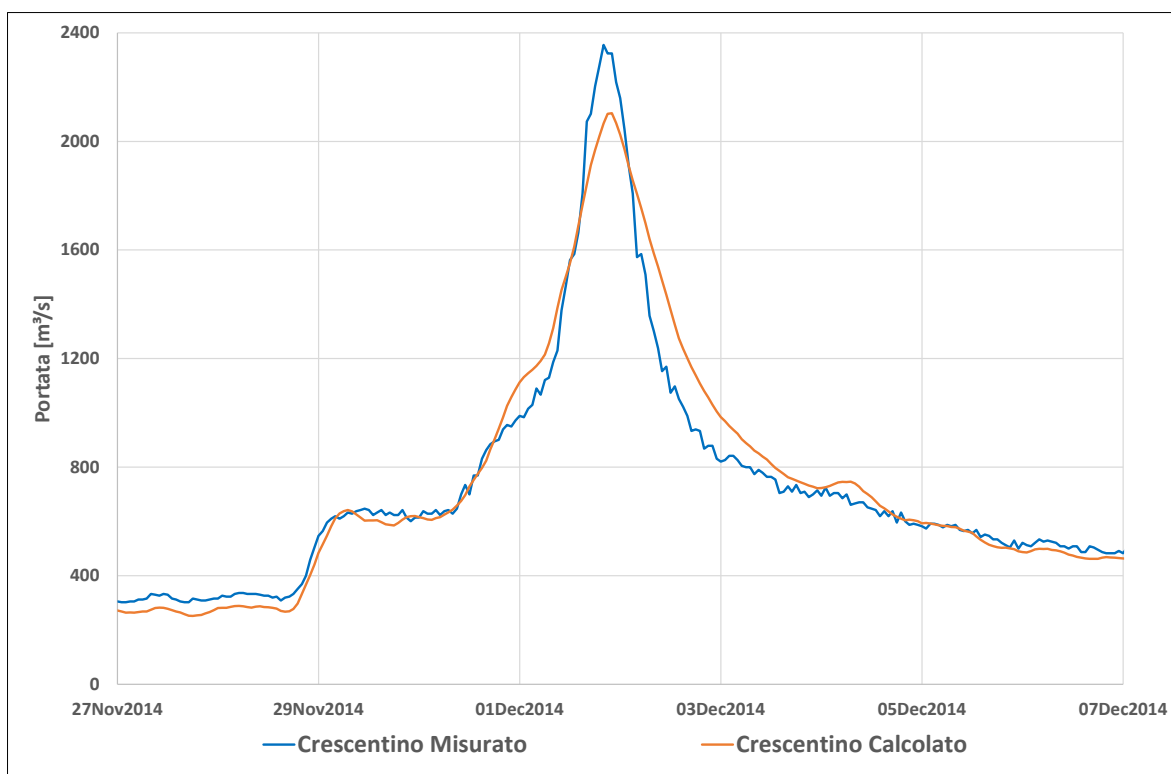


Figura 4.353 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2014

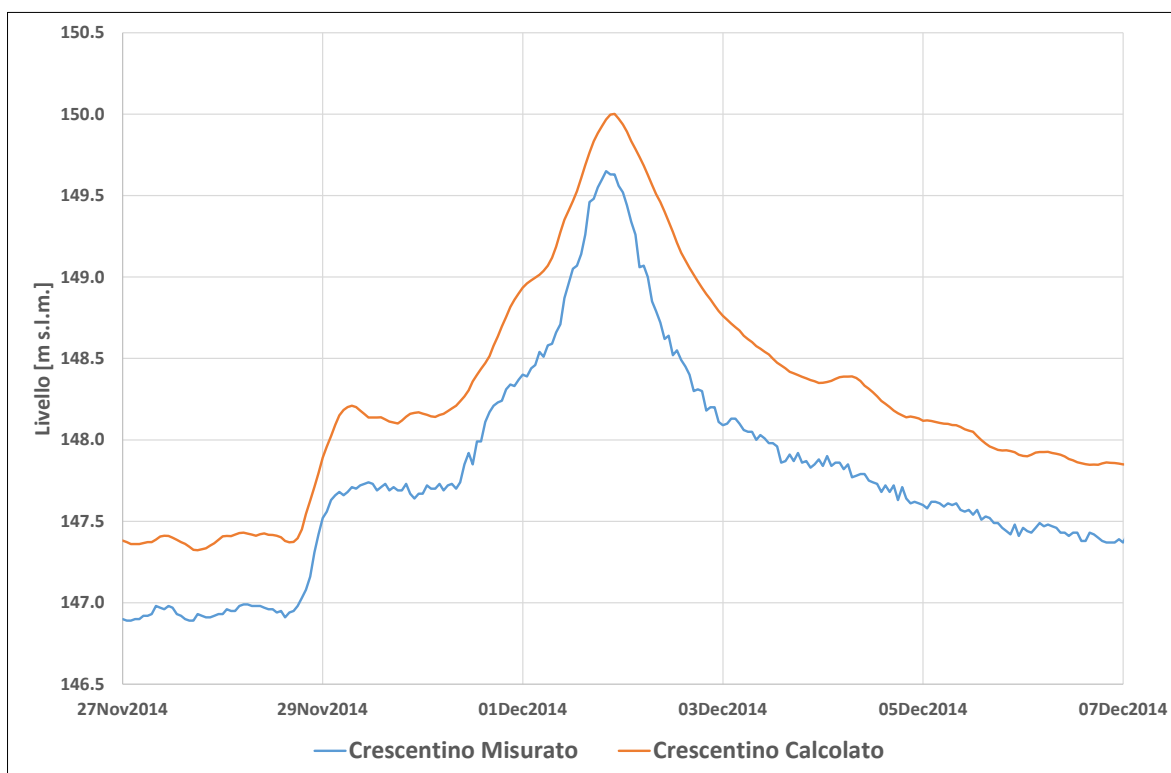


Figura 4.354 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.282
			Relazione idraulica generale	

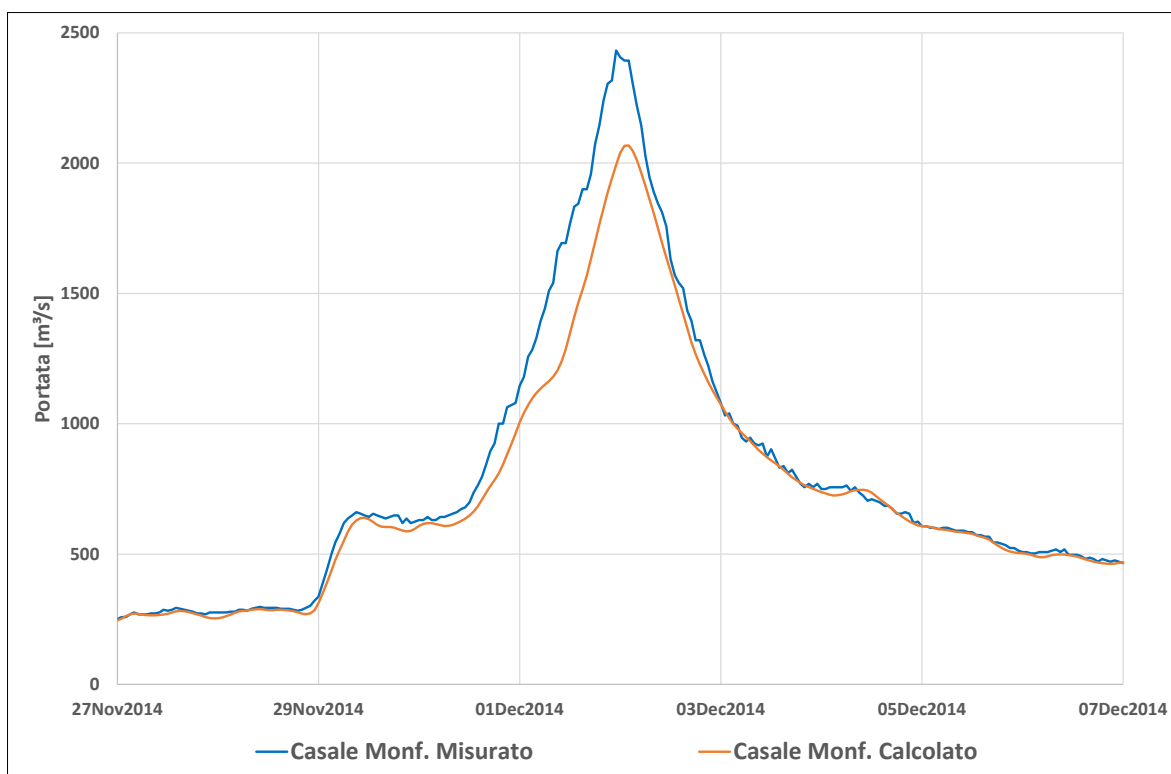


Figura 4.355 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2014

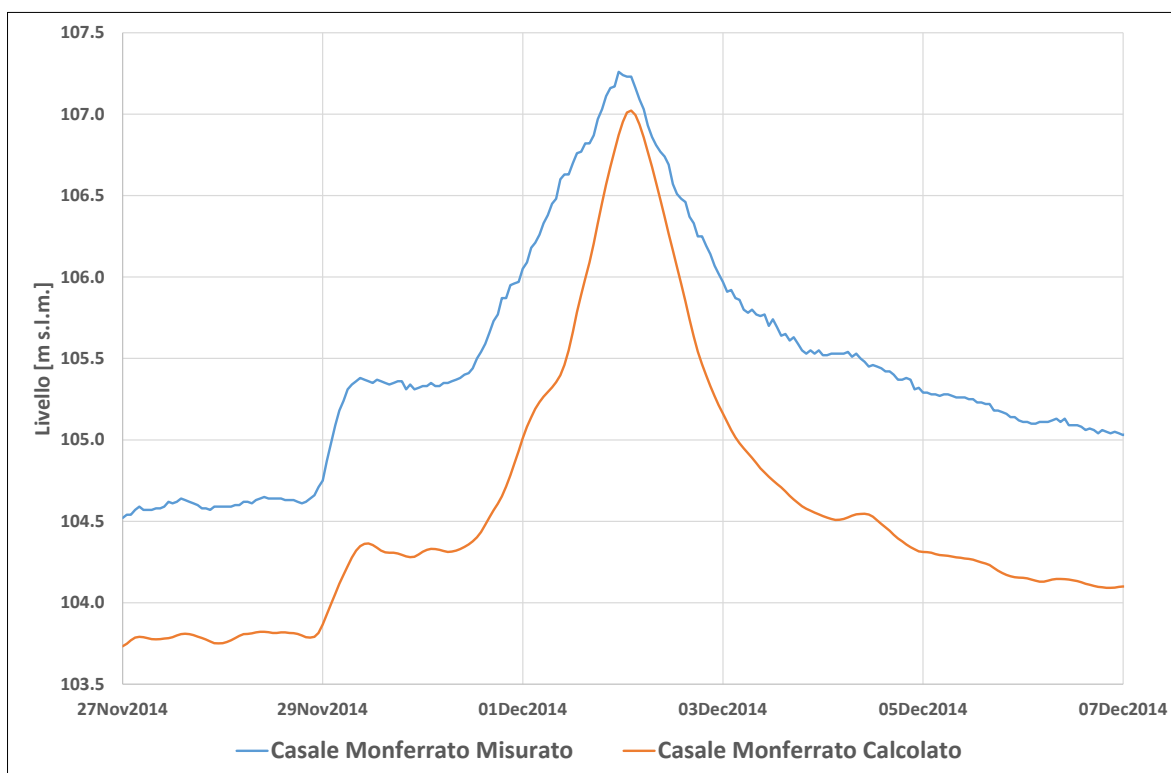


Figura 4.356 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.283
			Relazione idraulica generale	

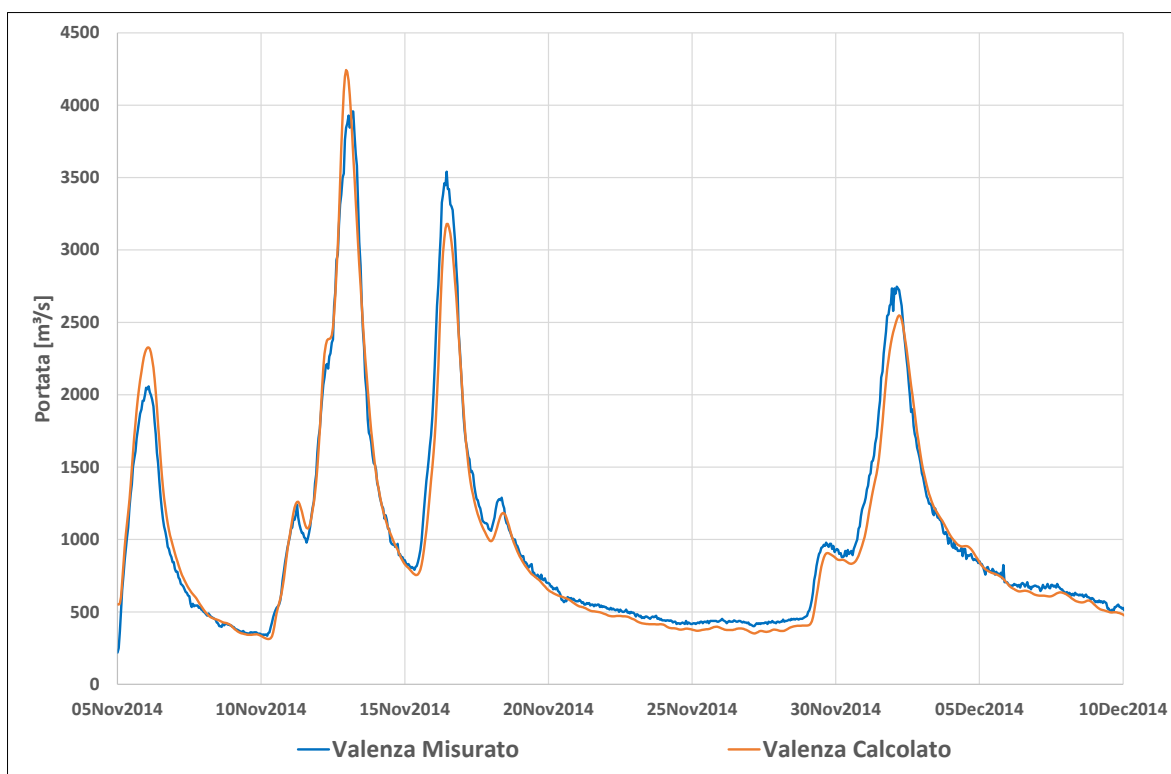


Figura 4.357 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2014

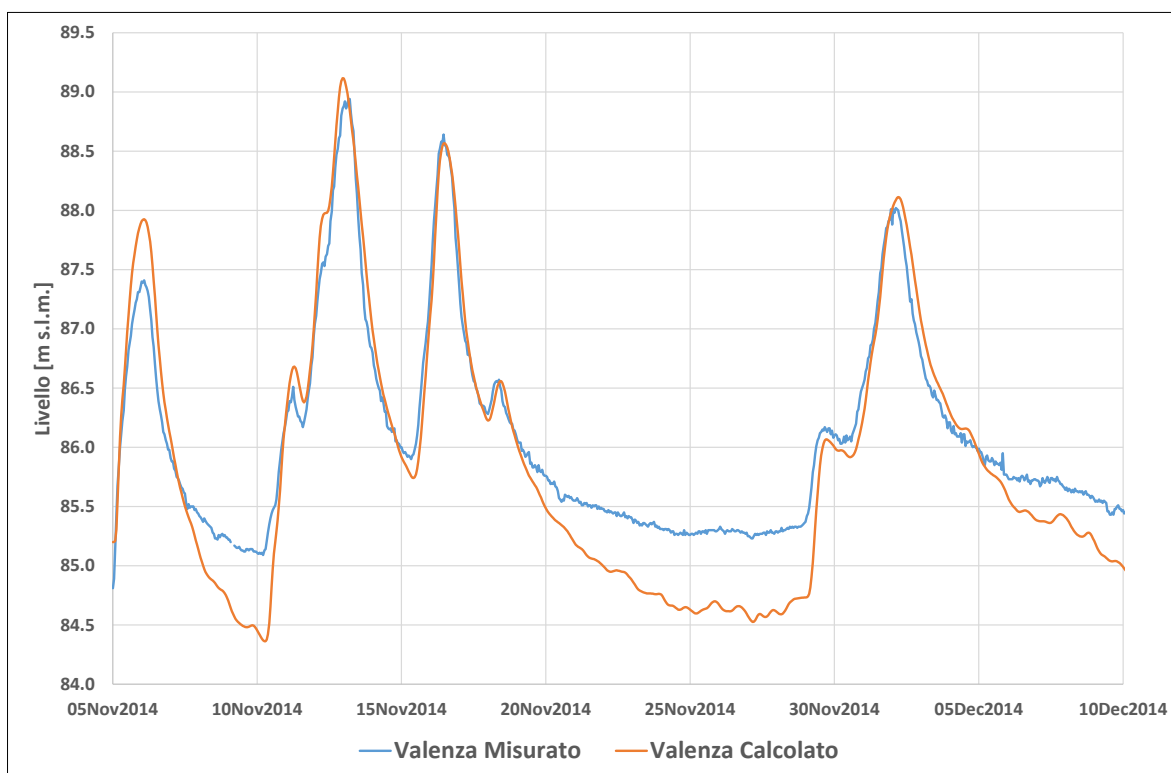


Figura 4.358 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.284
			Relazione idraulica generale	

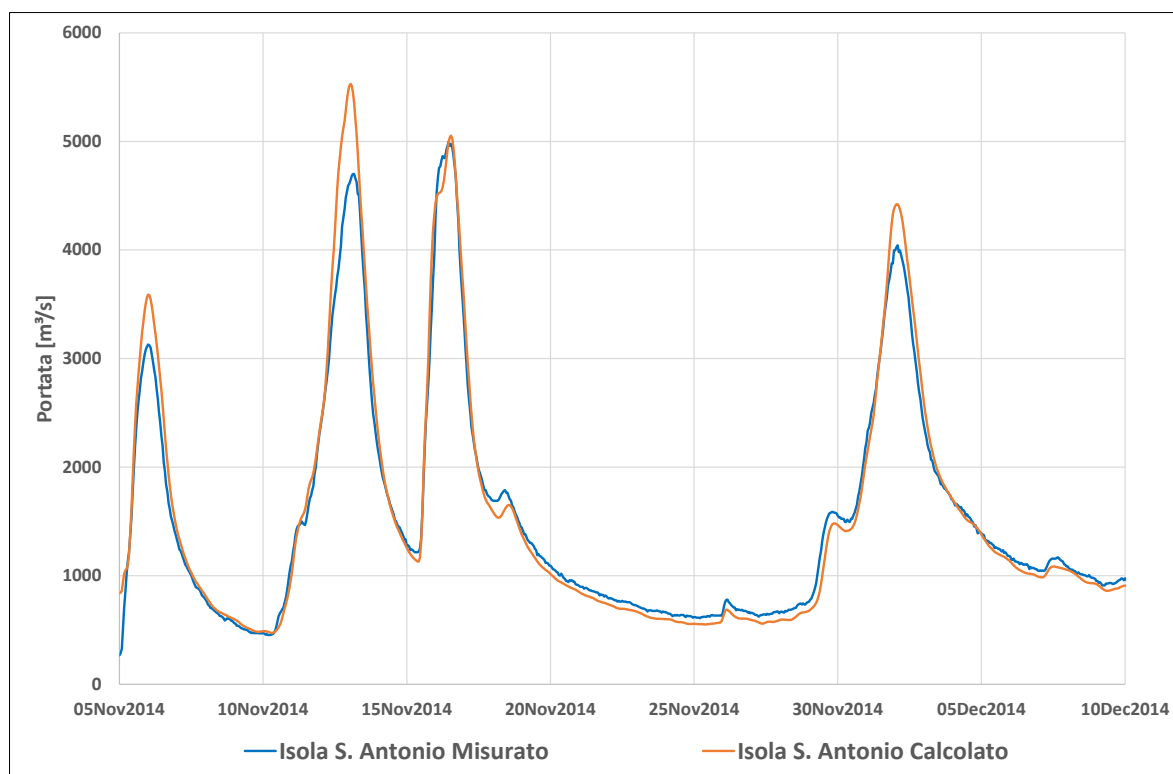


Figura 4.359 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2014

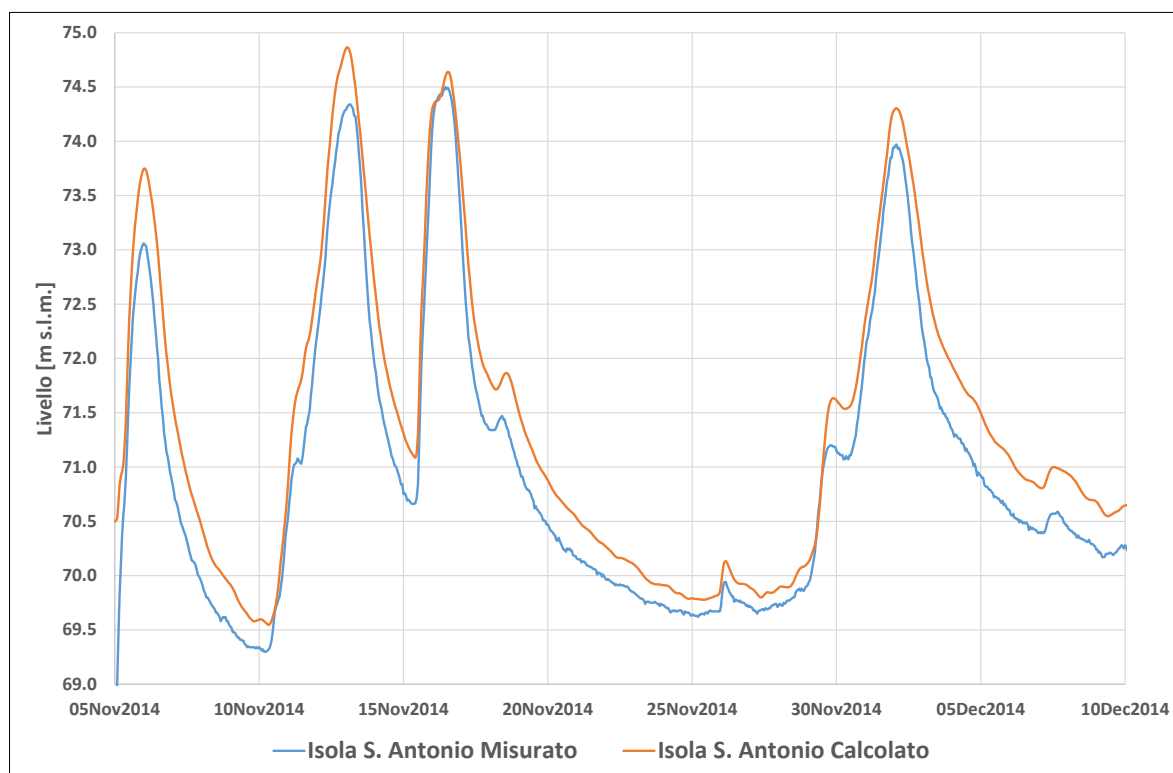


Figura 4.360 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.285
			Relazione idraulica generale	

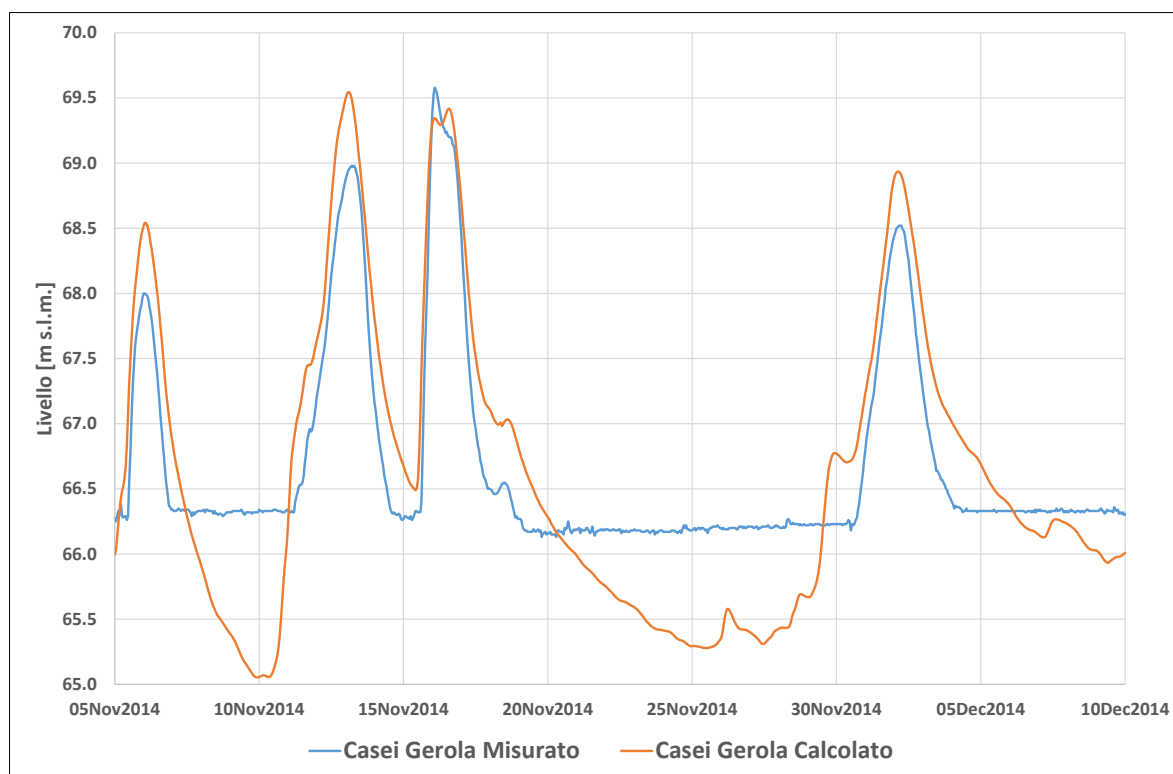


Figura 4.361 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Casei Gerola per l'evento di piena 2014

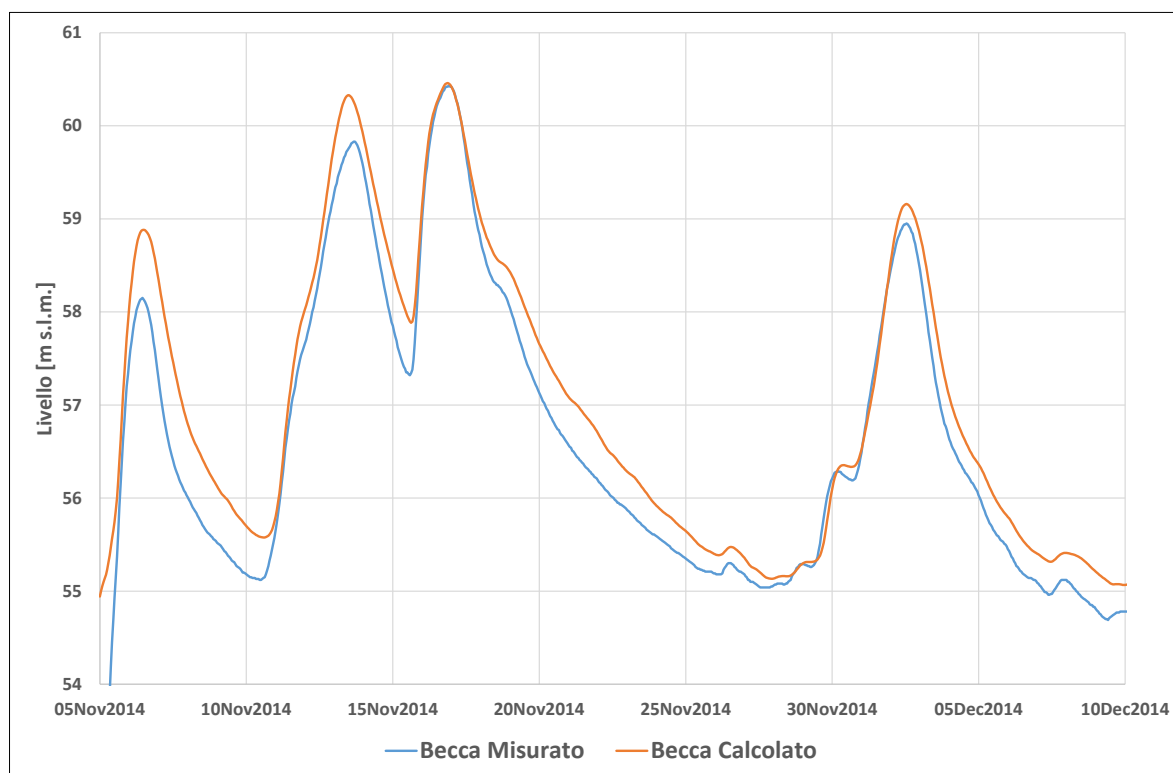


Figura 4.362 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Ponte Becca per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.286
			Relazione idraulica generale	

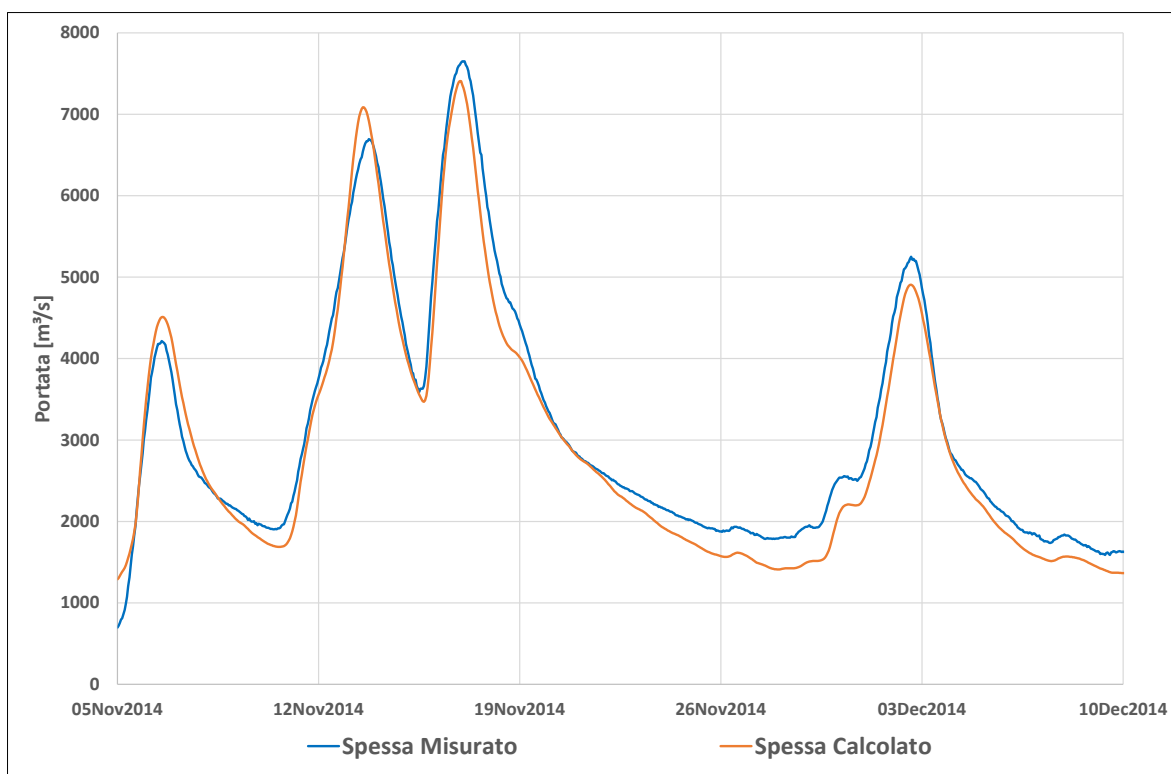


Figura 4.363 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2014

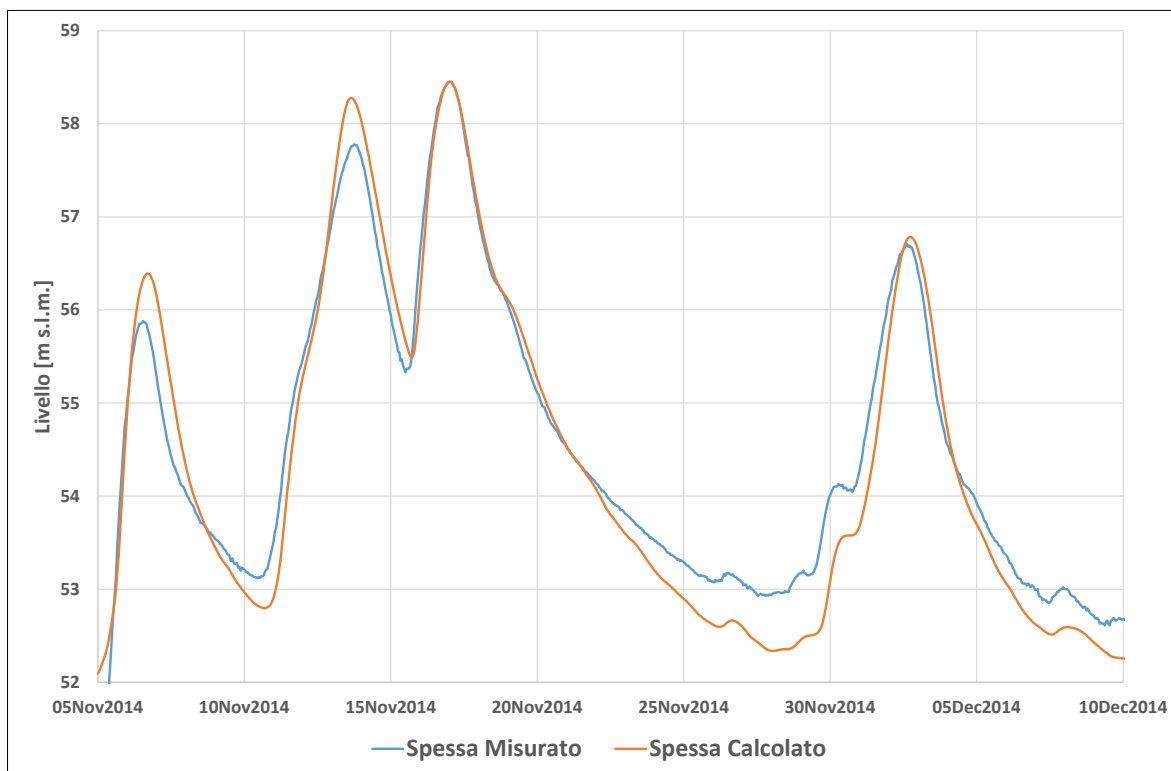


Figura 4.364 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.287
			Relazione idraulica generale	

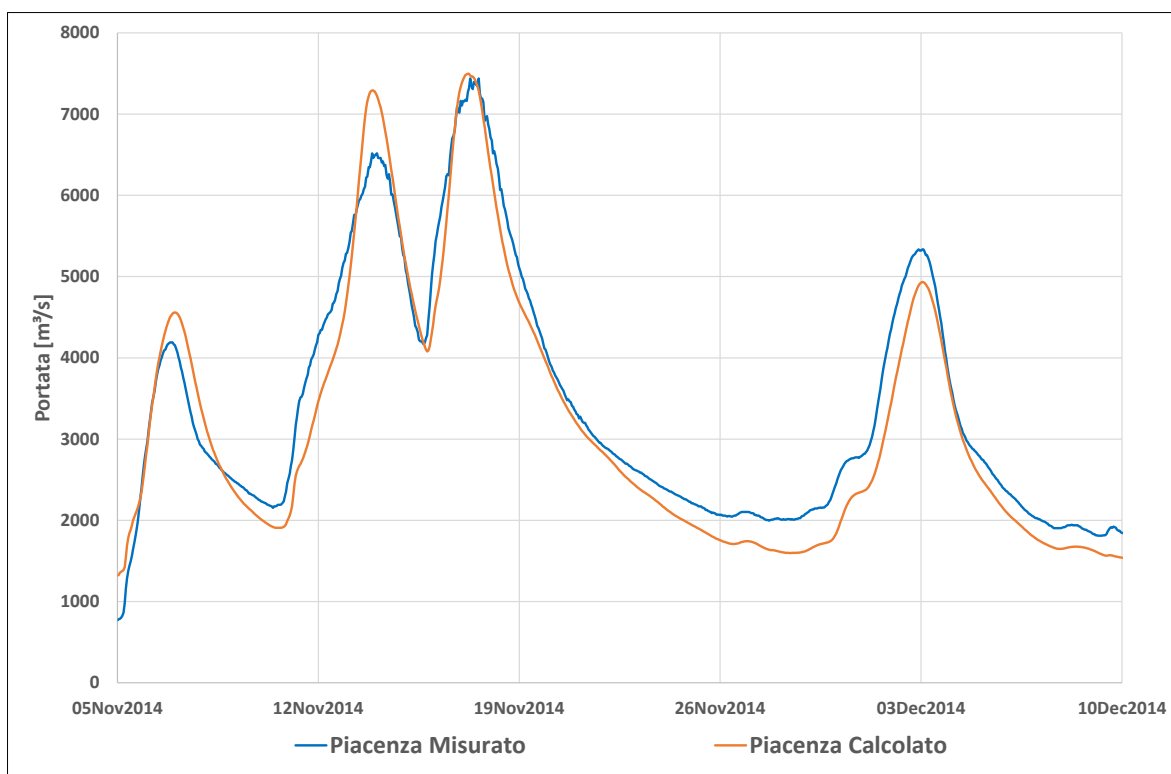


Figura 4.365 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2014

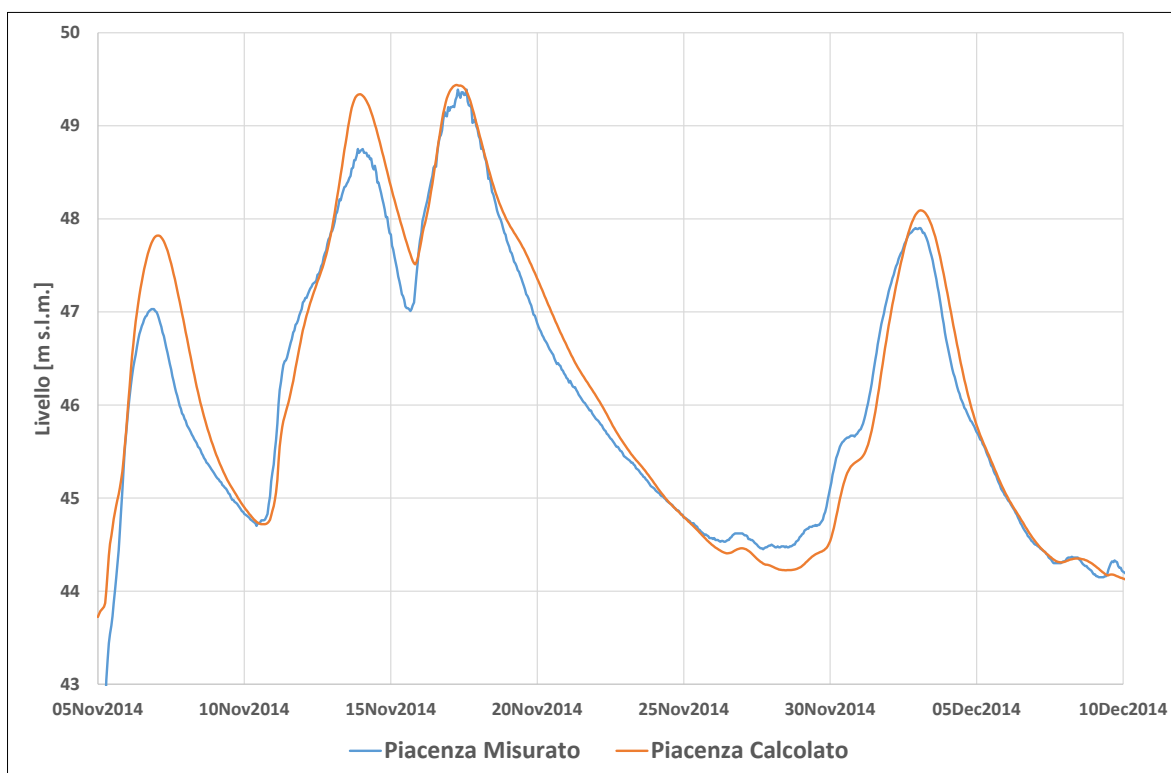


Figura 4.366 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.288
			Relazione idraulica generale	

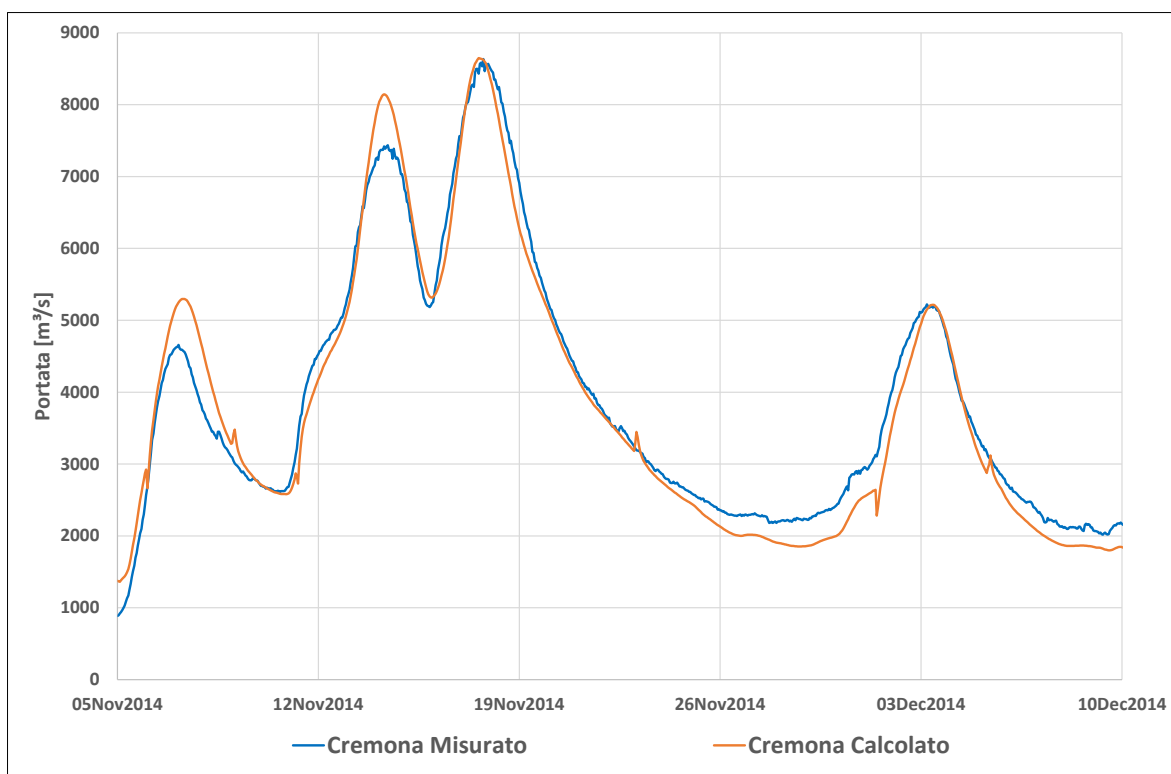


Figura 4.367 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2014

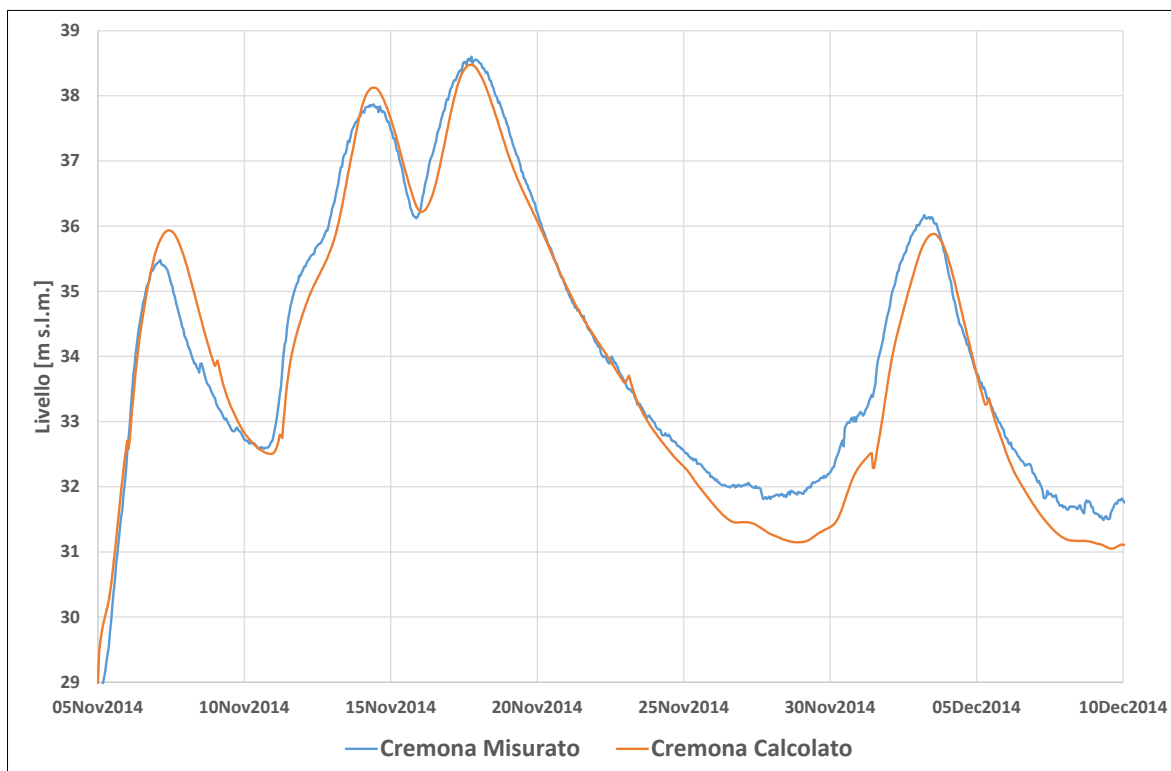


Figura 4.368 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.289
			Relazione idraulica generale	

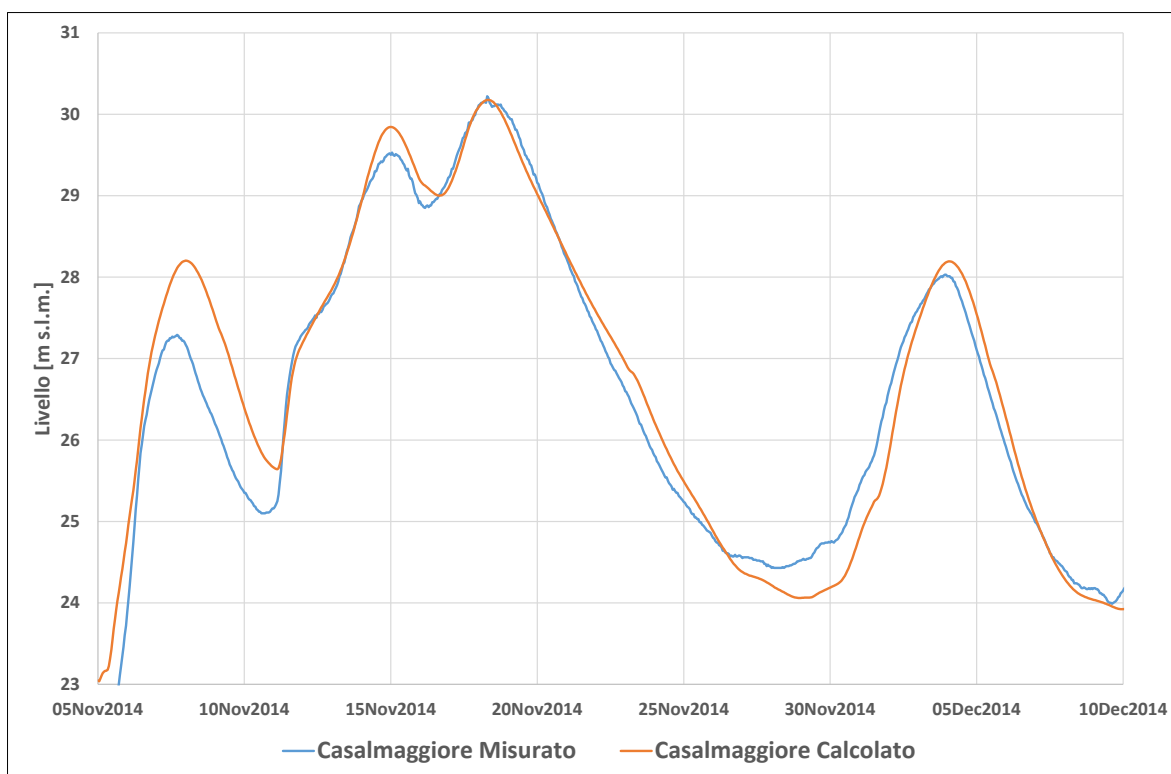


Figura 4.369 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Casalmaggiore per l'evento di piena 2014

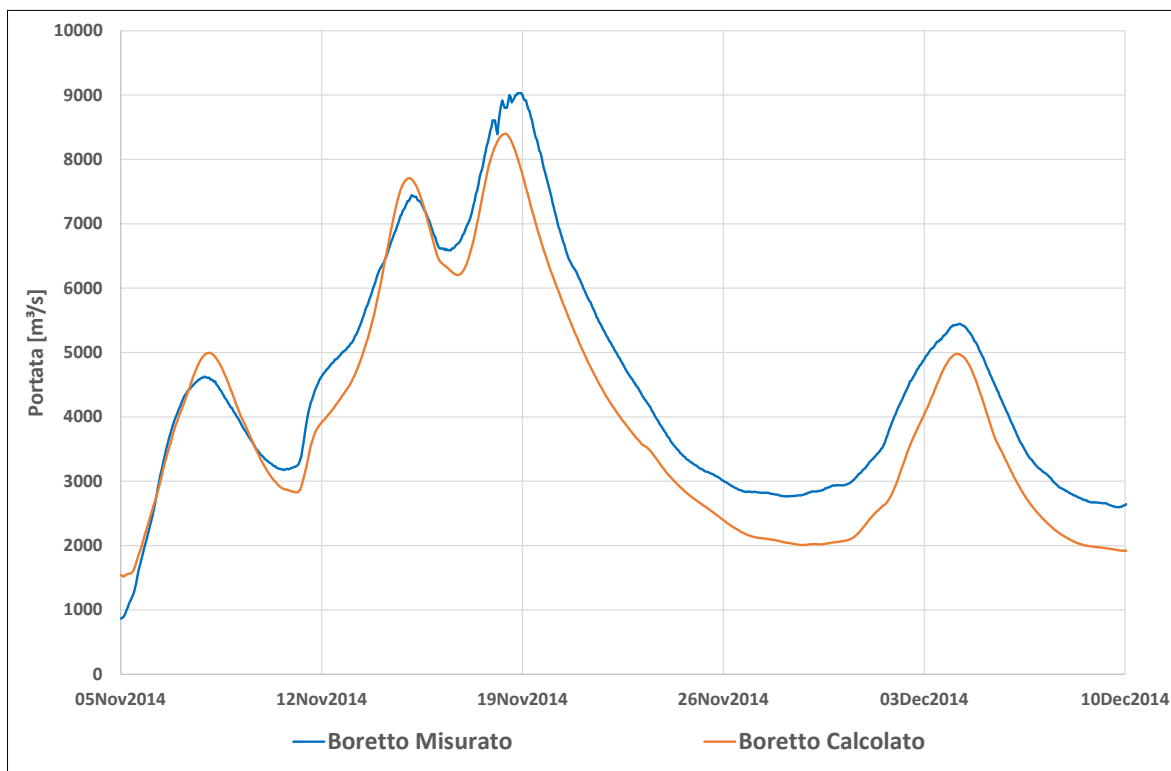


Figura 4.370 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.290
			Relazione idraulica generale	

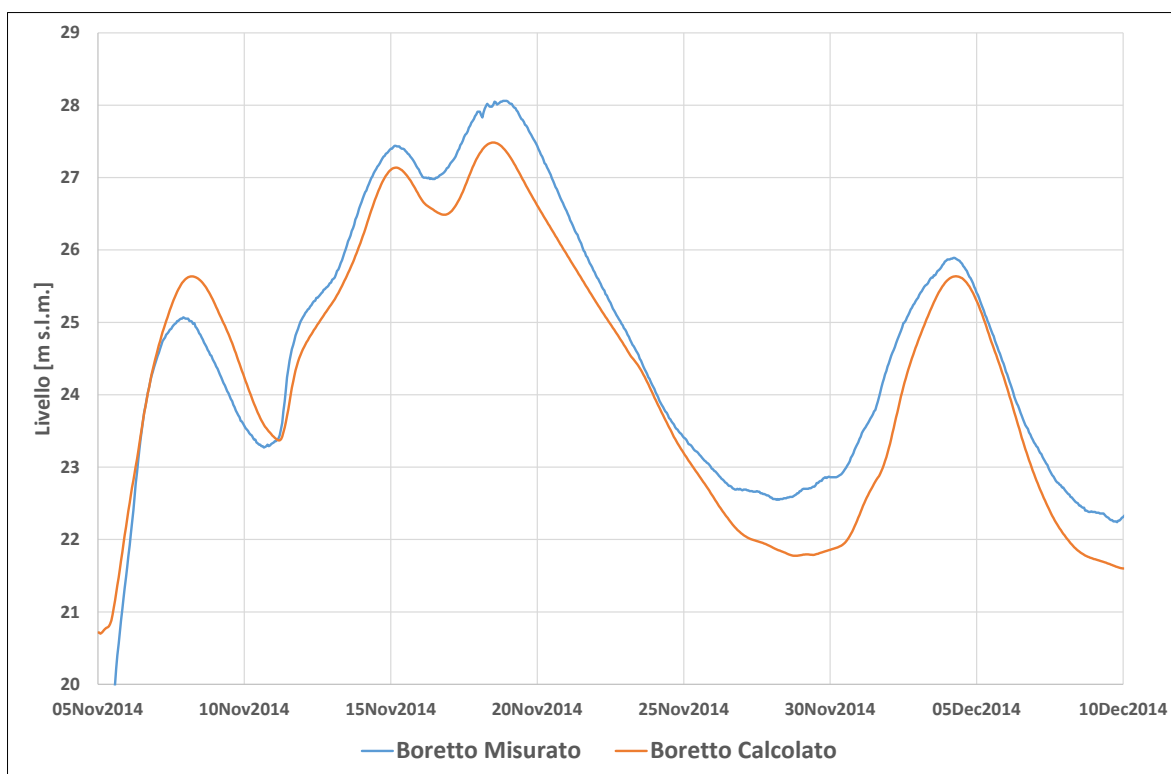


Figura 4.371 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2014

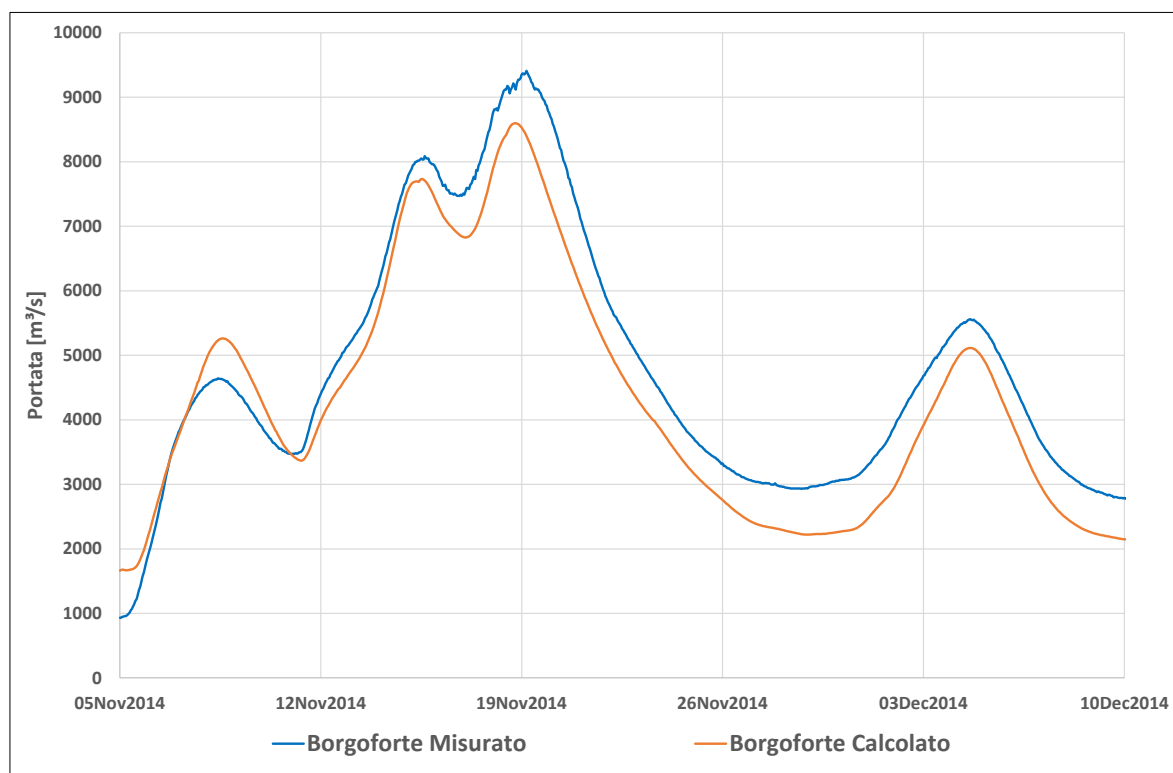


Figura 4.372 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.291
			Relazione idraulica generale	

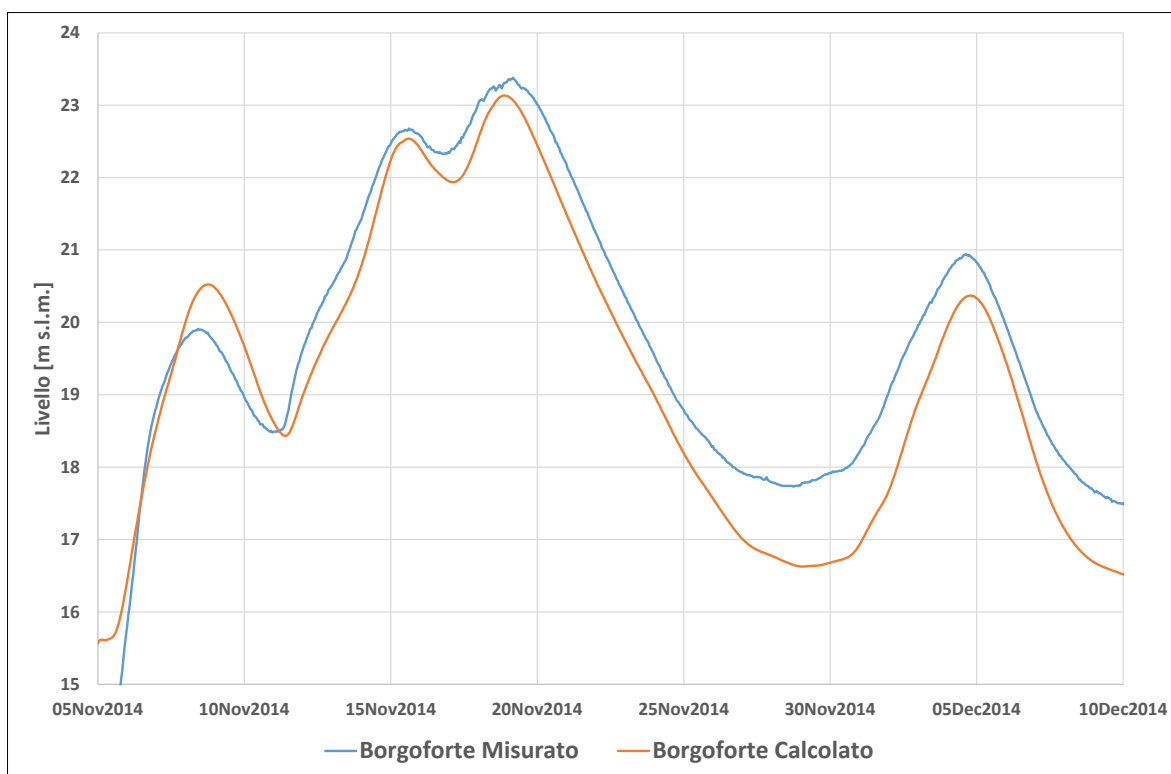


Figura 4.373 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2014

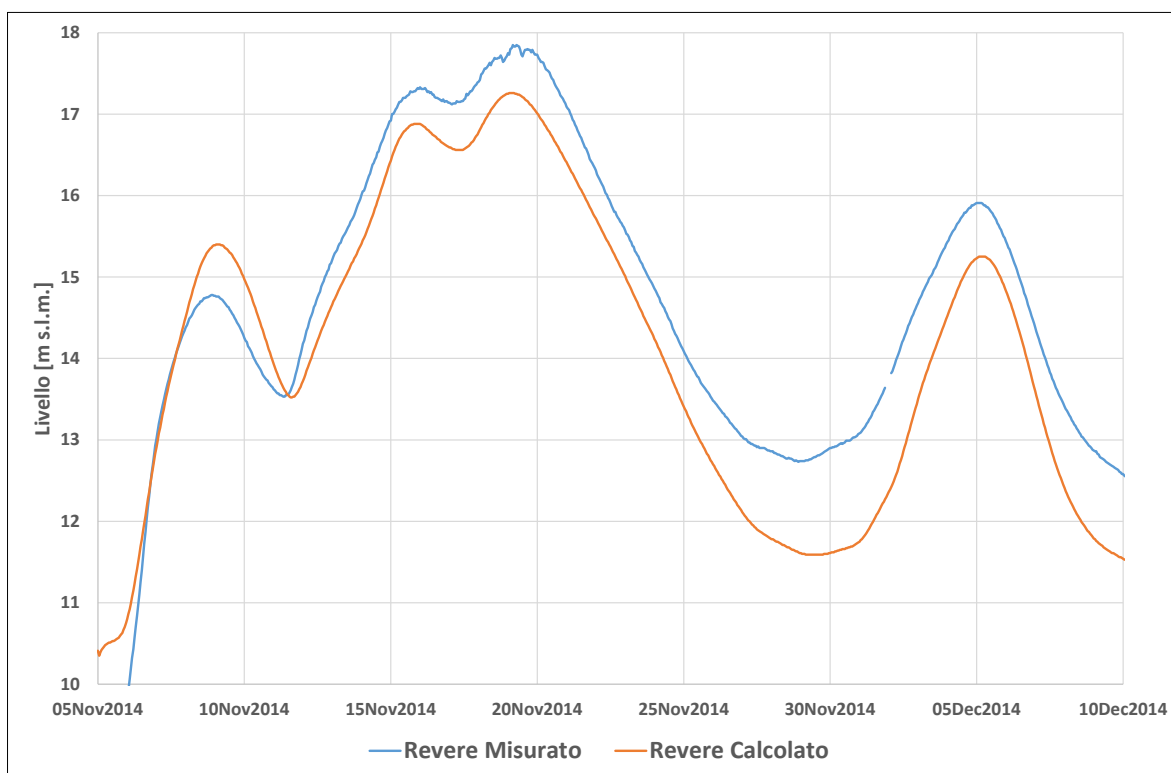


Figura 4.374 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Revere per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.292
			Relazione idraulica generale	

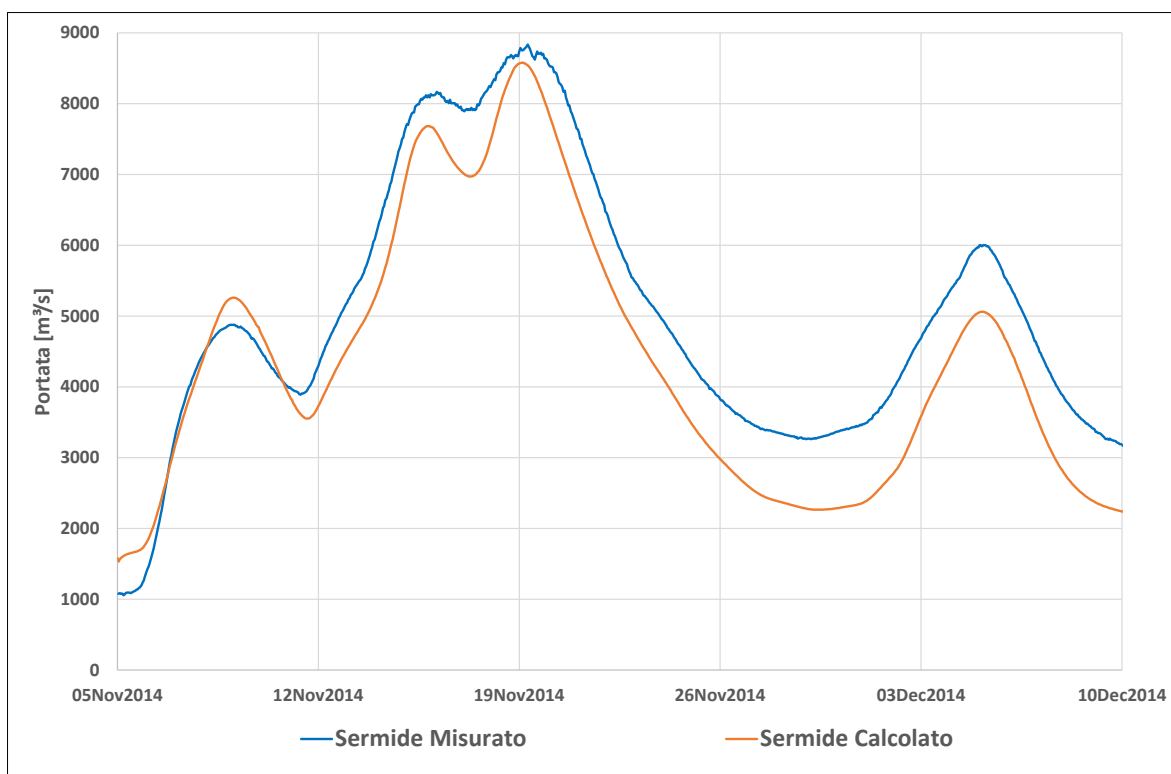


Figura 4.375 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2014

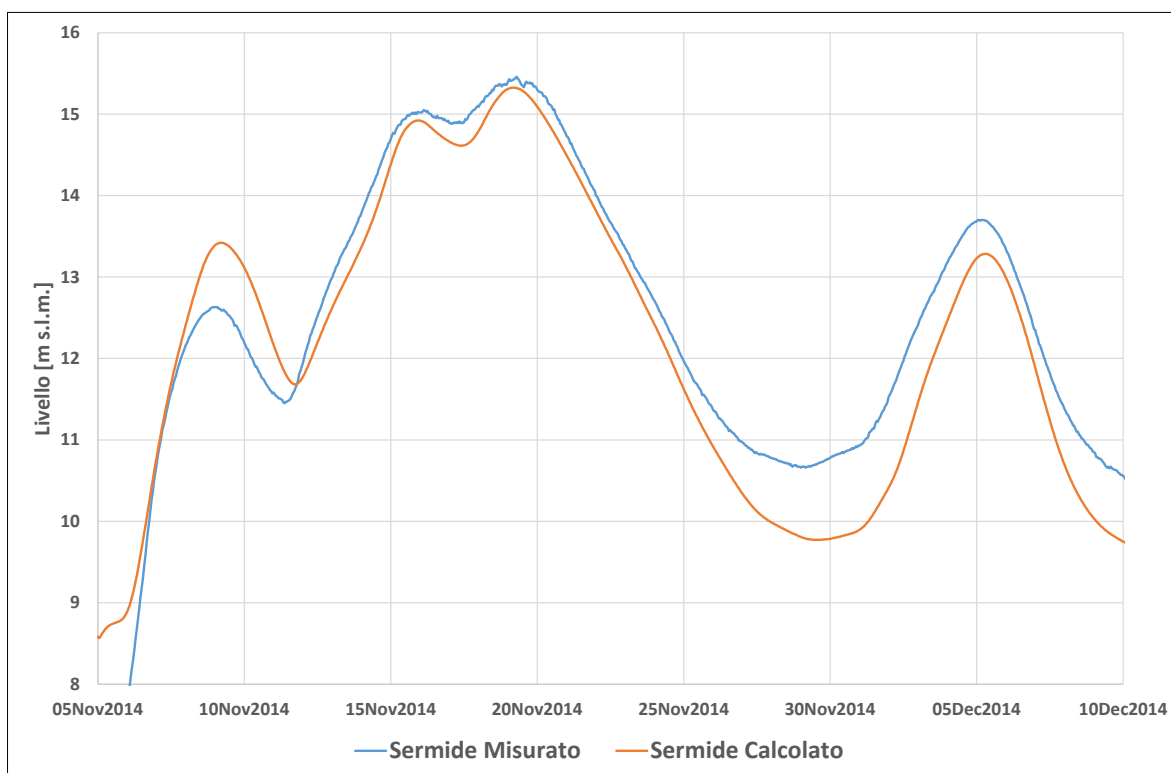


Figura 4.376 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.293
			Relazione idraulica generale	

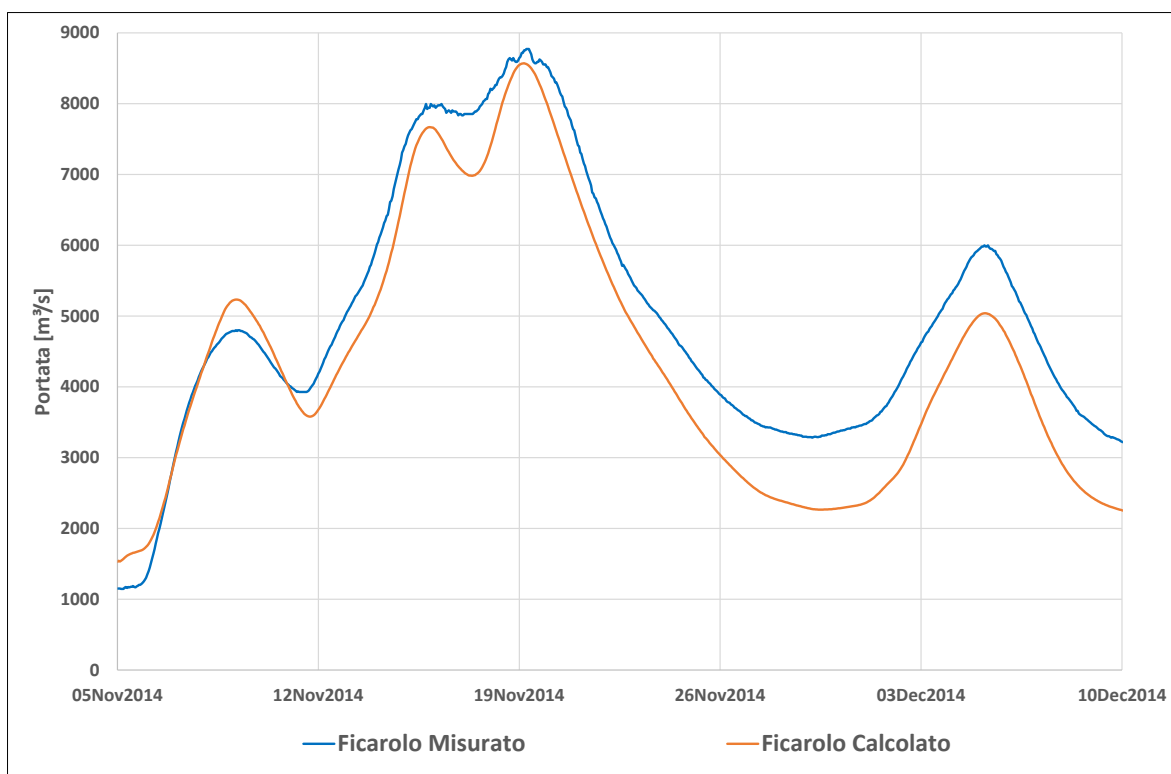


Figura 4.377 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2014

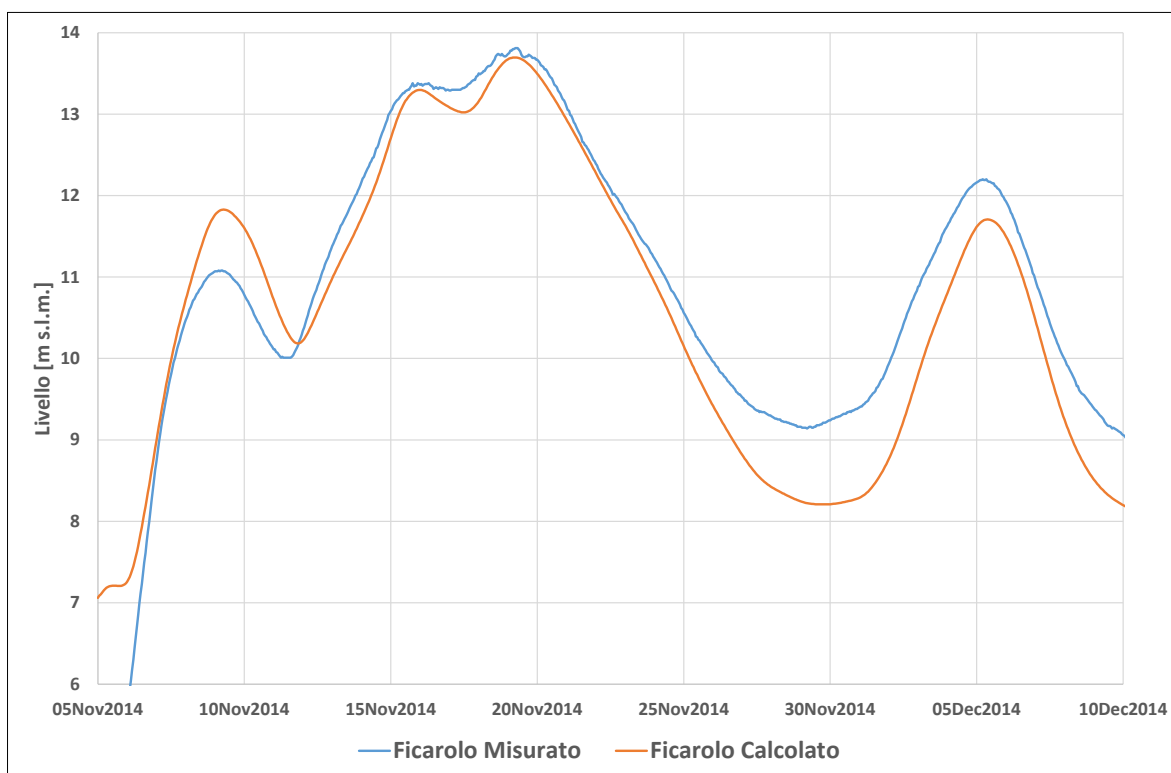


Figura 4.378 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.294
			Relazione idraulica generale	

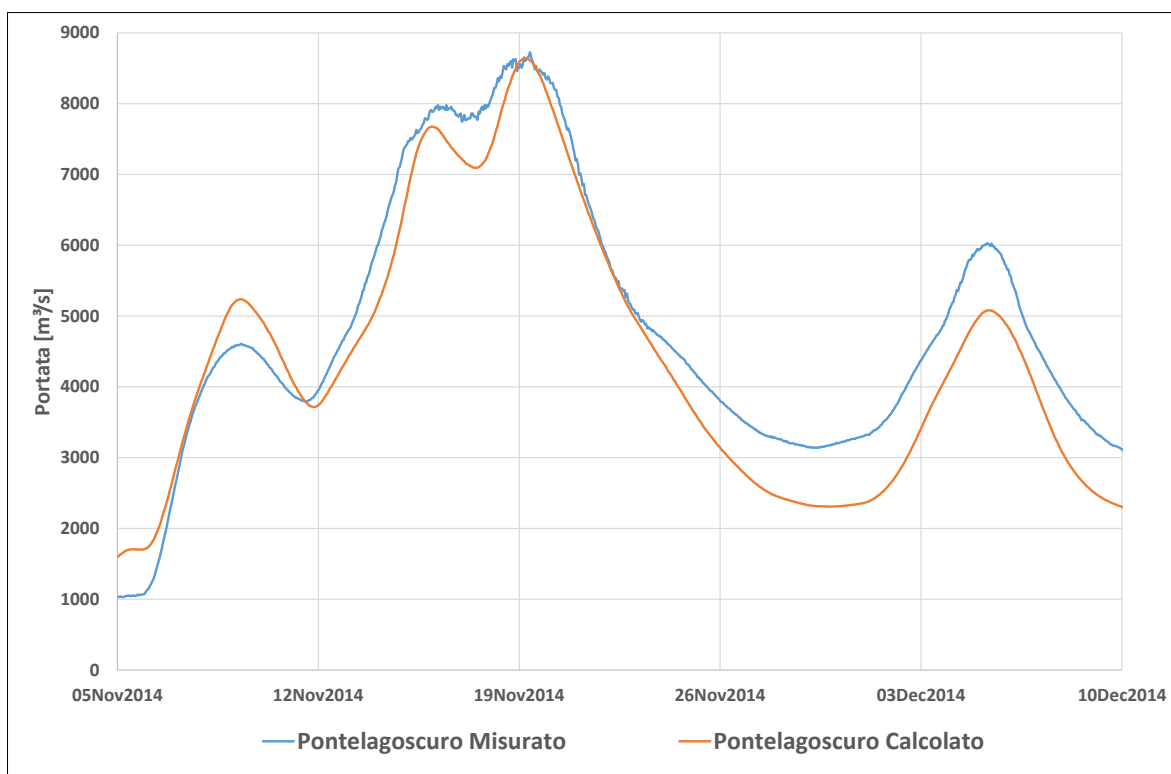


Figura 4.379 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2014

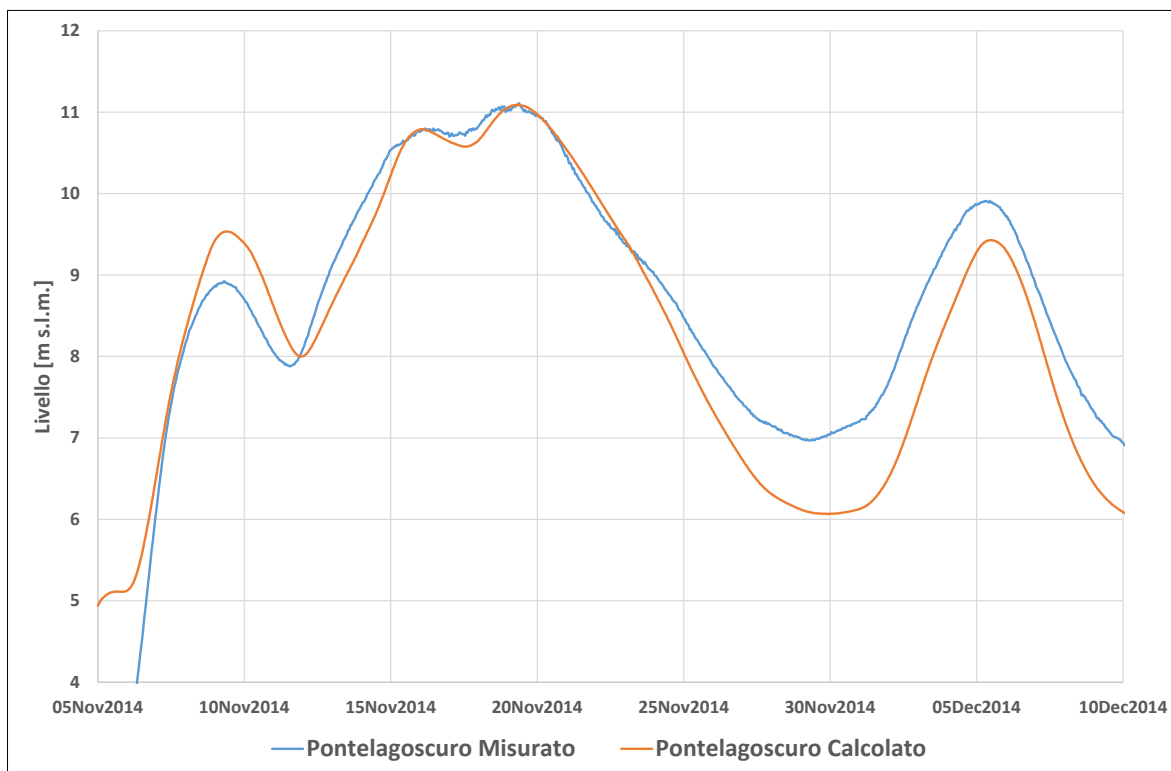


Figura 4.380 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2014

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.295
			Relazione idraulica generale	

4.9.3. Evento novembre 2018

Per l'evento del novembre 2018 a parte il primo tratto e l'evidente errata stima della portata a Crescentino, le portate a Casale e Valenza risultano sovrastimate di oltre il 10%. L'errore molto probabilmente deriva da una sovrastima degli affluenti Dora Baltea e Sesia. Ad Isola S. Antonio l'errore scende sotto al 10%, ma torna sopra da Spessa fino a Borgoforte. I livelli ovviamente risentono della sovrastima dei colmi di portata e gli errori risultano superiori ai 50 cm per quasi tutti gli idrometri, solo a Valenza, nonostante una sovrastima del colmo di portata del 18%, il livello calcolato è di solo 28 cm superiore a quello misurato.

La traslazione della piena risulta comunque in buon accordo con le varie misurazioni agli idrometri e a Pontelagoscuro i primi due picchi risultano in fase con quelli misurati, mentre il terzo risulta anticipato (Figura 4.413).

Tabella 4-52 – Confronto portate livelli misurati e calcolati per l'evento di piena del novembre 2018

Idrometro	Q misurata [m³/s]	Q calcolata [m³/s]	Q diff. [%]	WS misurato [m s.m.m.]	WS calcolato [m s.m.m.]	WS diff. [m]
Torino	1180	1121	-5%	213.81	213.79	-0.02
S. Sebastiano	2781	2604	-6%	170.26	170.65	+0.39
Crescentino	4521	3423	-24%	150.80	150.87	+0.07
Casale Monf.	3044	3401	+12%	108.52	109.03	+0.51
Valenza	4648	5464	+18%	89.41	89.69	+0.28
Isola S. Antonio	5761	6241	+8%	74.73	75.21	+0.48
Casei Gerola				69.22	69.81	+0.59
Ponte Becca				59.72	60.38	+0.66
Spessa	6452	7230	+12%	57.62	58.34	+0.72
Piacenza	6069	7035	+16%	48.44	49.22	+0.78
Cremona	6572	7328	+12%	36.90	37.57	+0.67
Isola Pescaroli				32.54	33.34	+0.80
Casalmaggiore				28.51	29.36	+0.85
Boretto	6106	6757	+11%	25.98	26.64	+0.66
Borgoforte	6069	6661	+10%	21.21	21.70	+0.49
Revere				15.69	16.24	+0.55
Sermide	6116	6532	+7%	13.76	14.26	+0.50
Ficarolo	6274	6516	+4%	12.32	12.65	+0.33
Pontelagoscuro	6174	6480	+5%	9.98	10.26	+0.28

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.296
			Relazione idraulica generale	

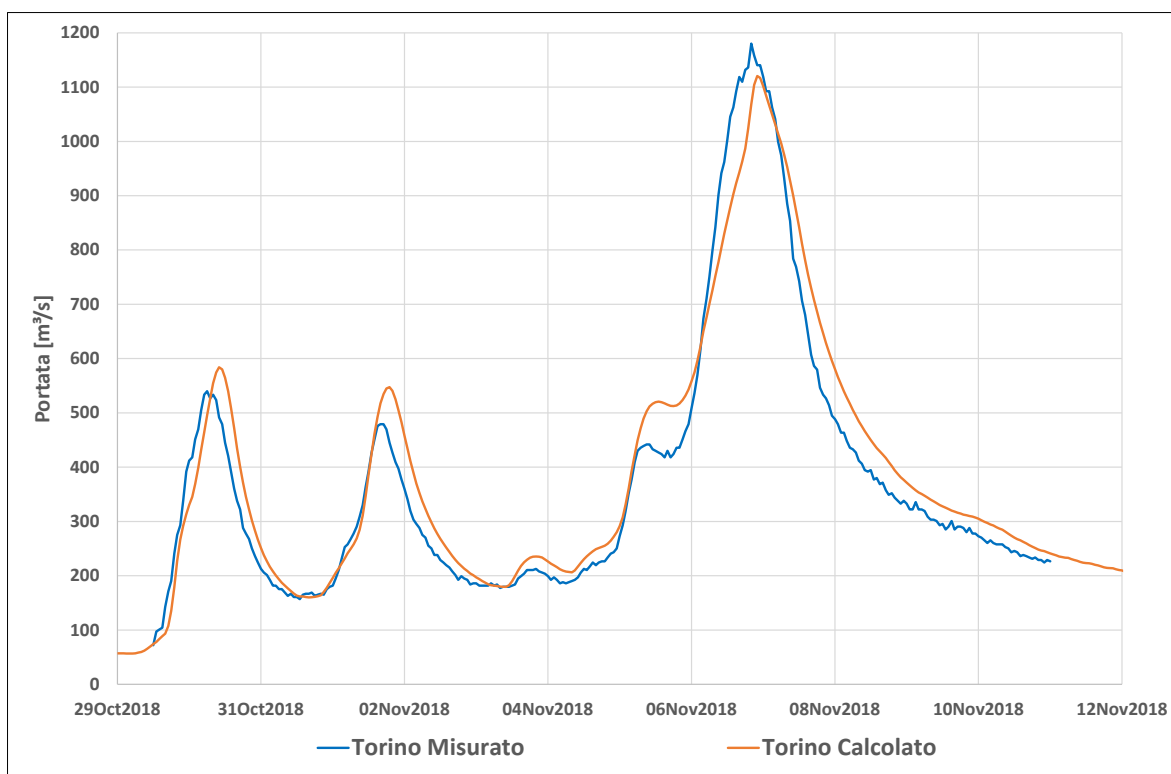


Figura 4.381 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2018

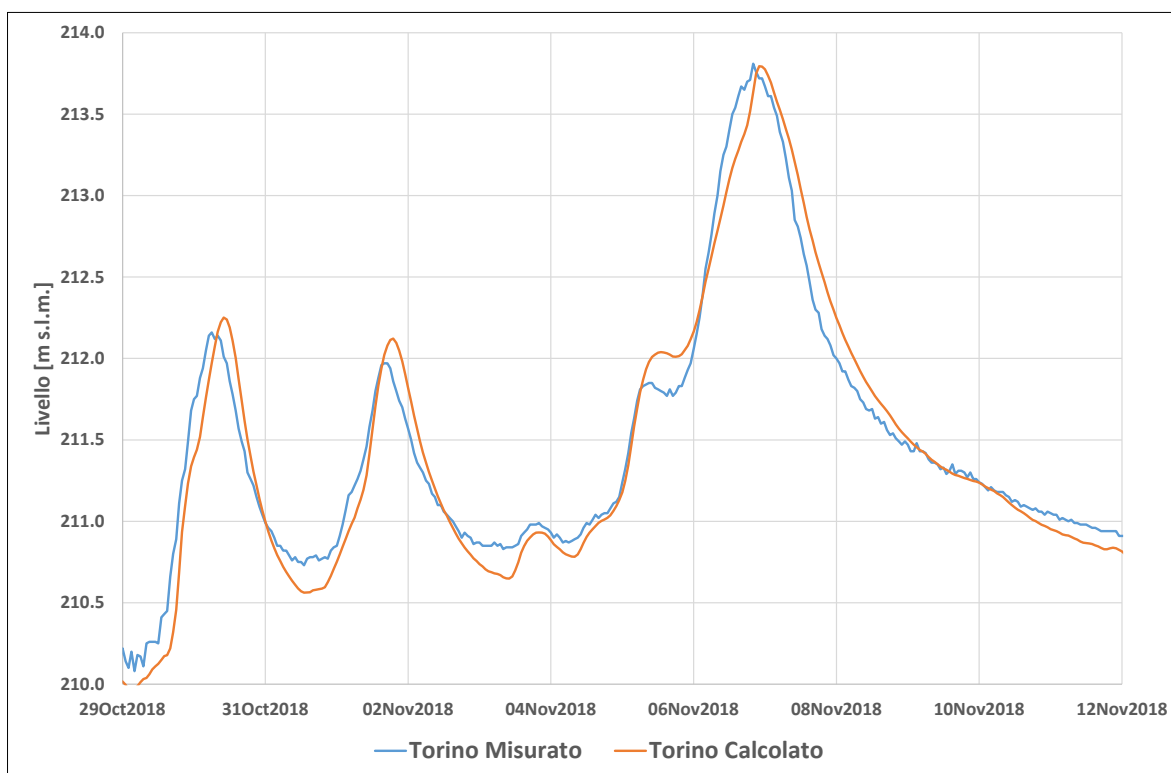


Figura 4.382 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.297
			Relazione idraulica generale	

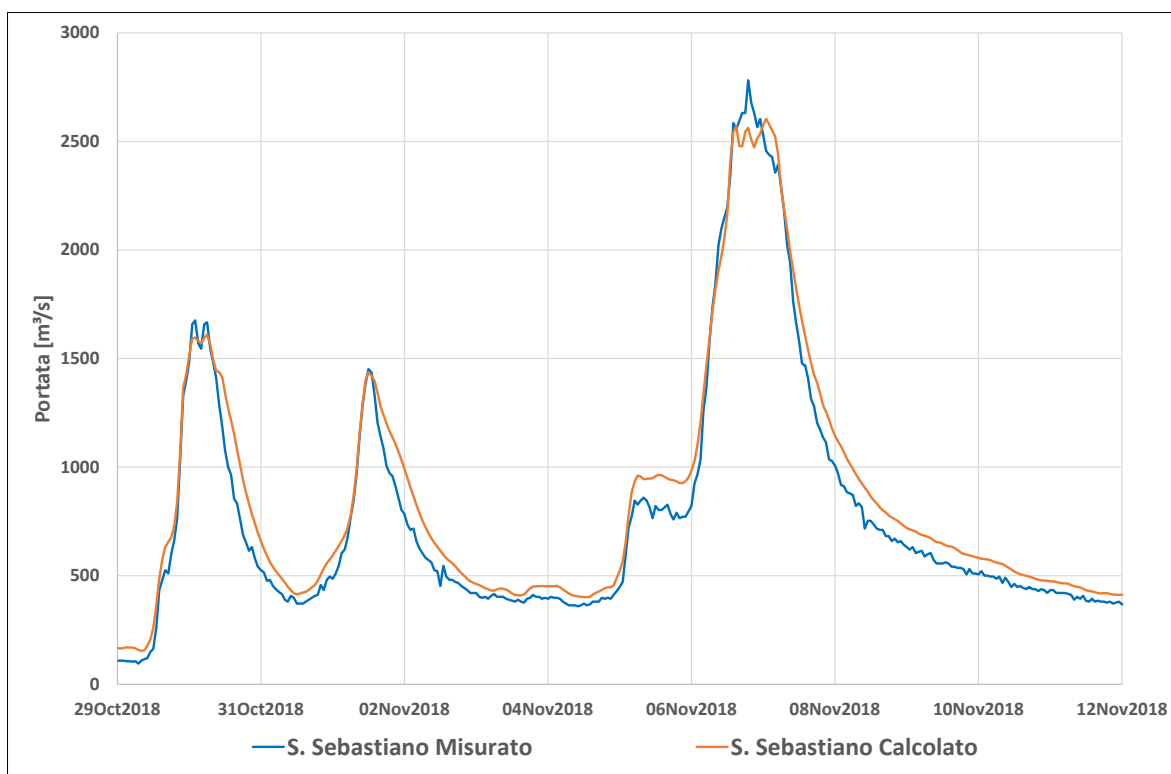


Figura 4.383 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di S. Sebastiano per l'evento di piena 2018

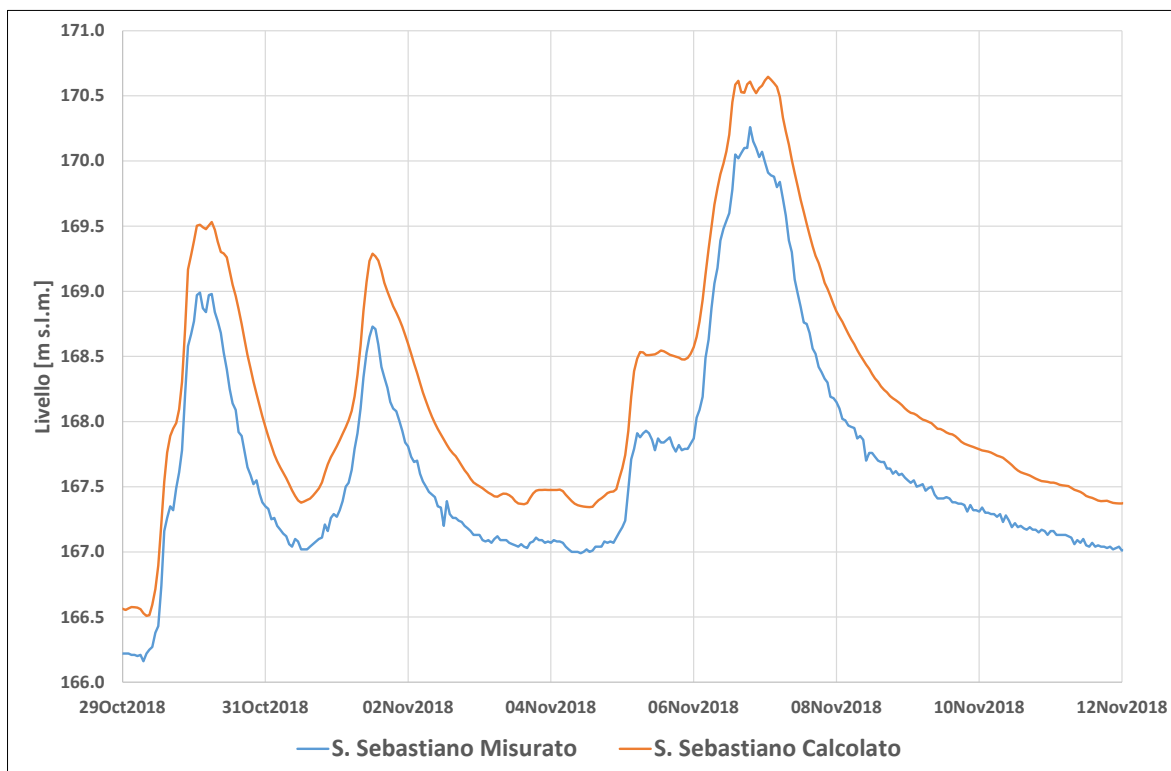


Figura 4.384 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di S. Sebastiano per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.298
			Relazione idraulica generale	

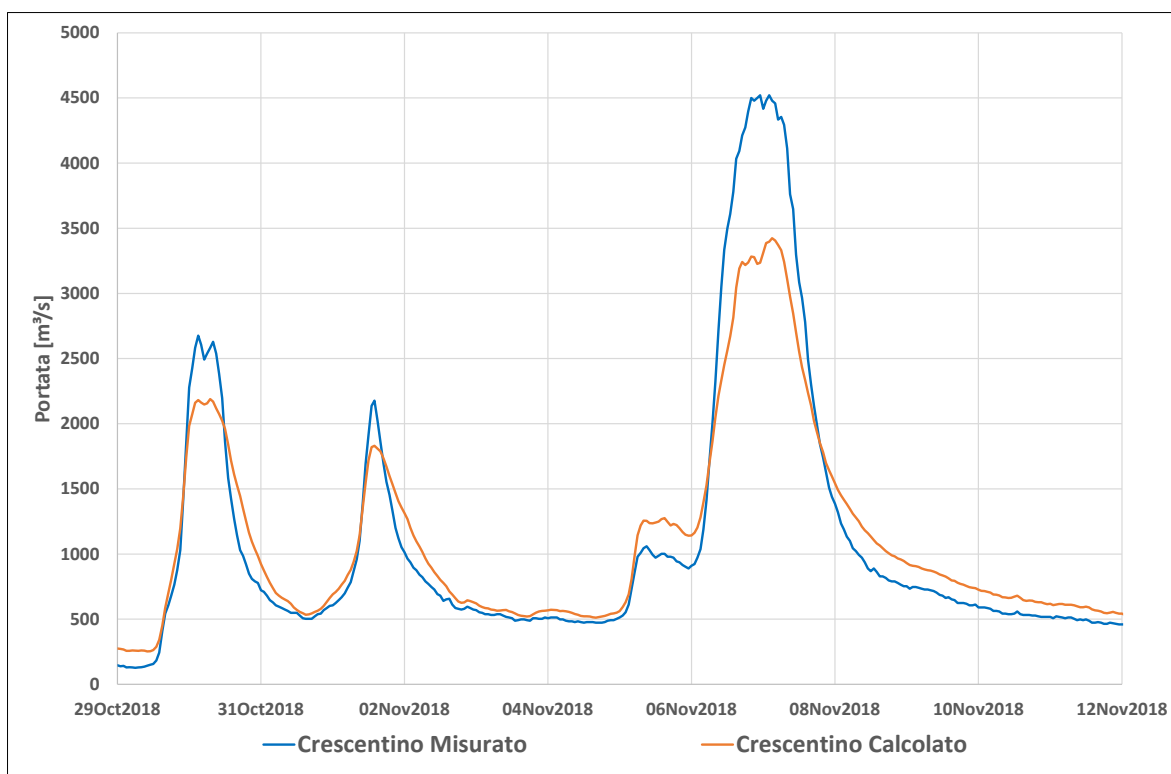


Figura 4.385 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2018

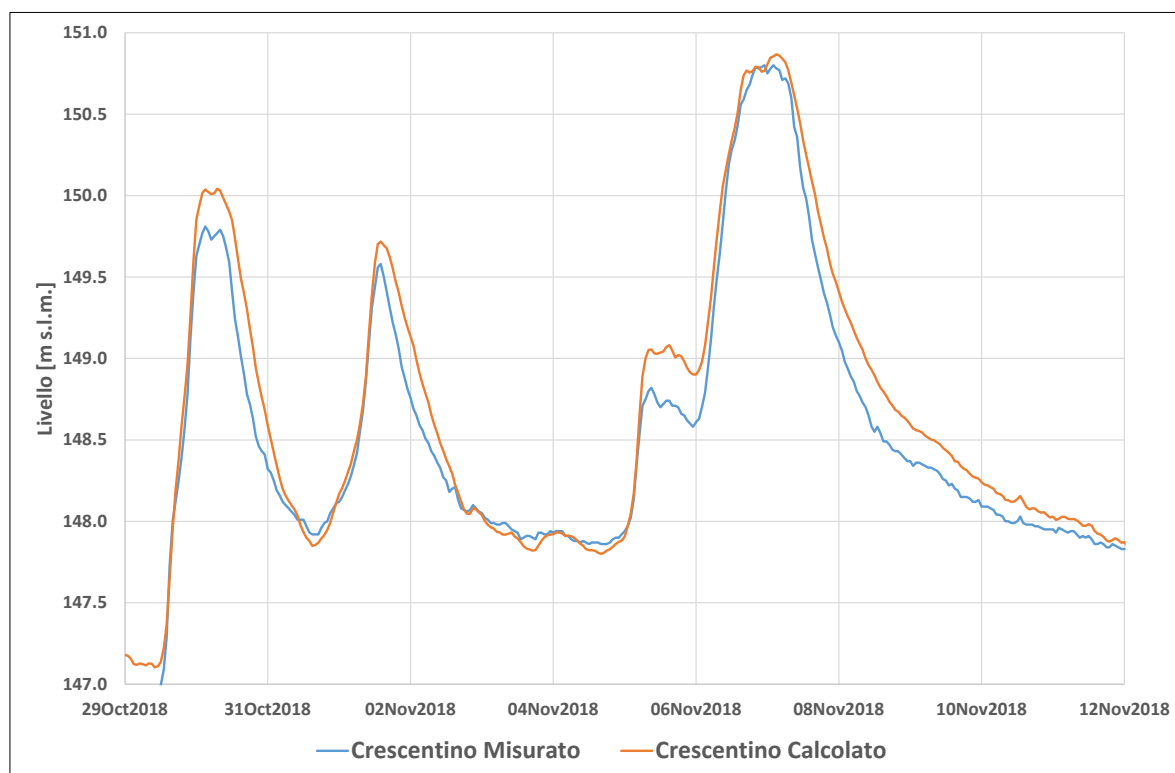


Figura 4.386 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.299
			Relazione idraulica generale	

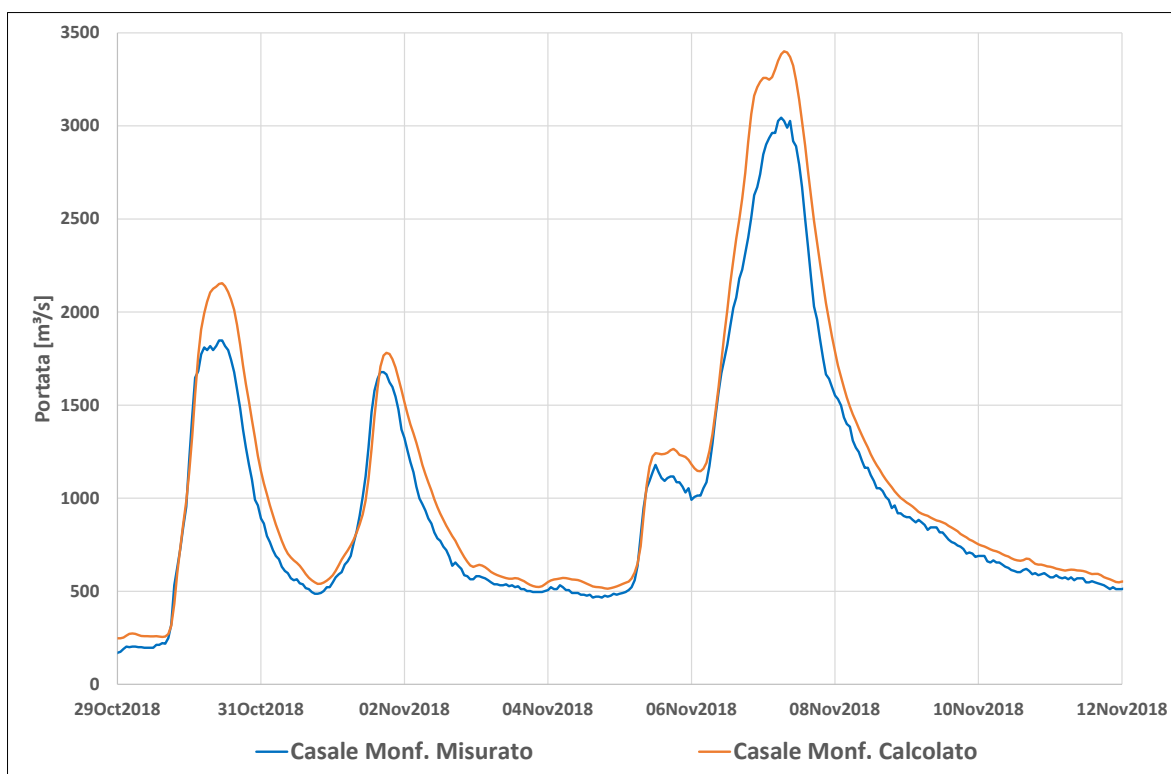


Figura 4.387 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2018

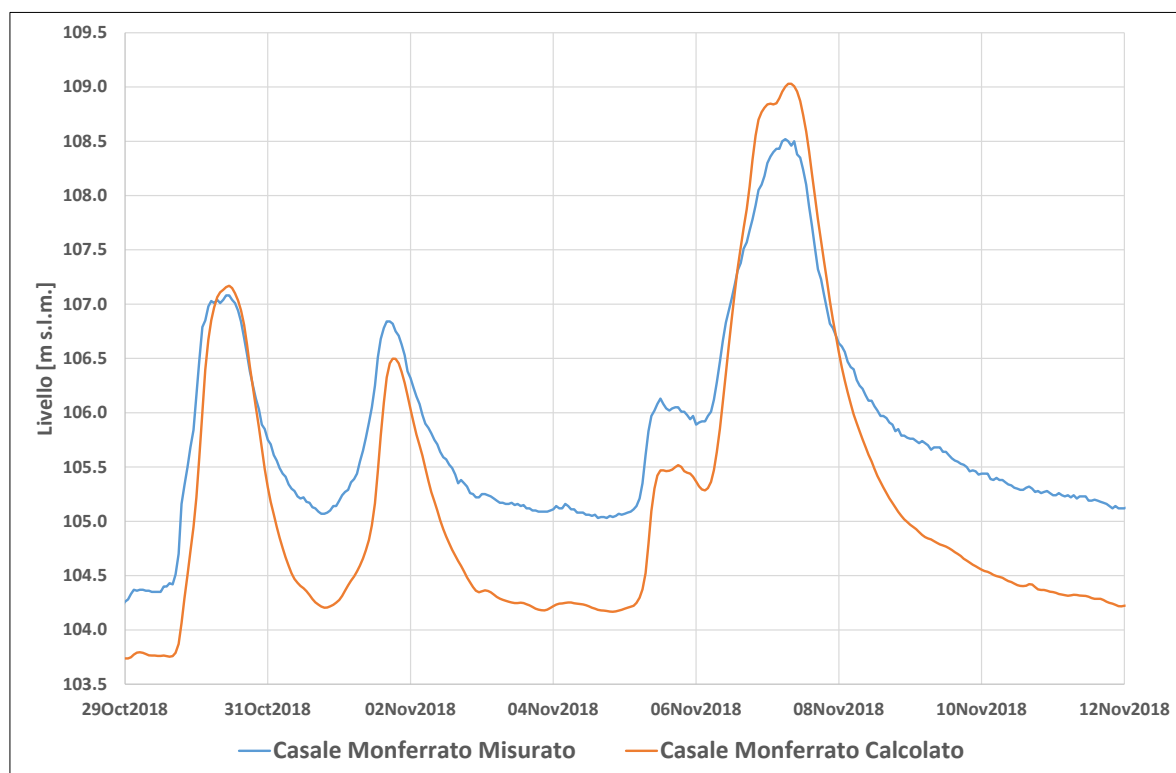


Figura 4.388 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.300
			Relazione idraulica generale	

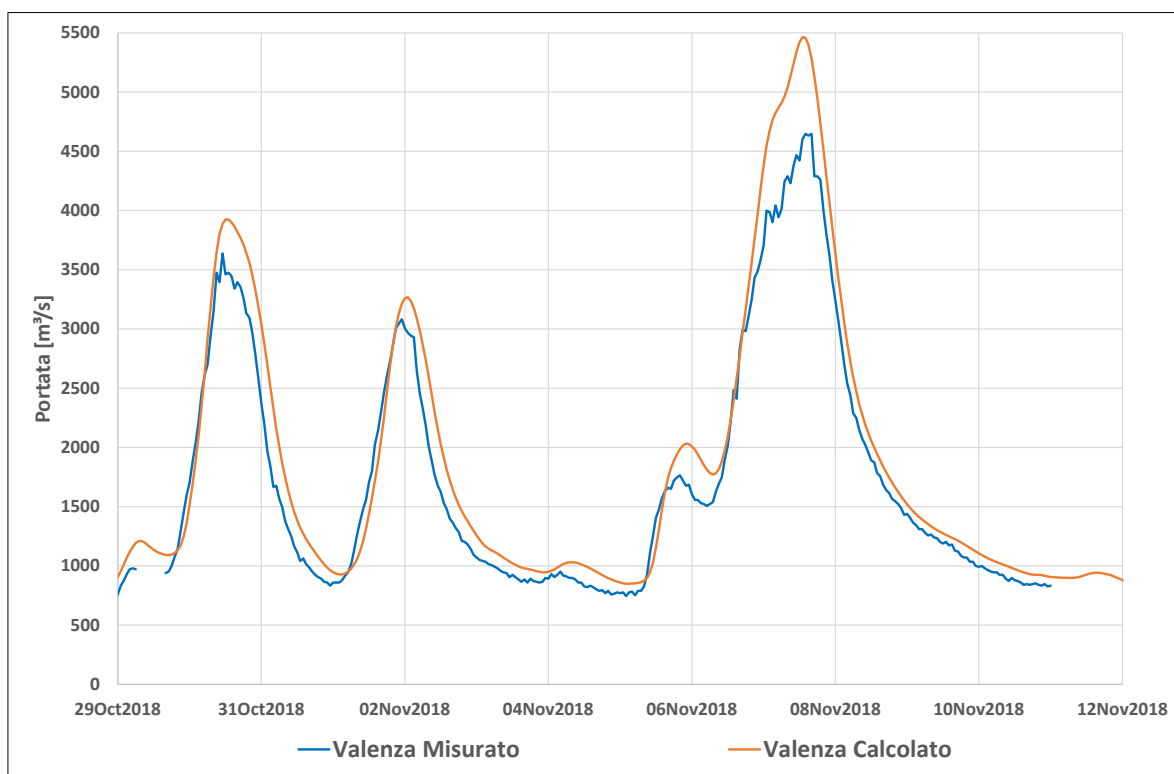


Figura 4.389 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2018

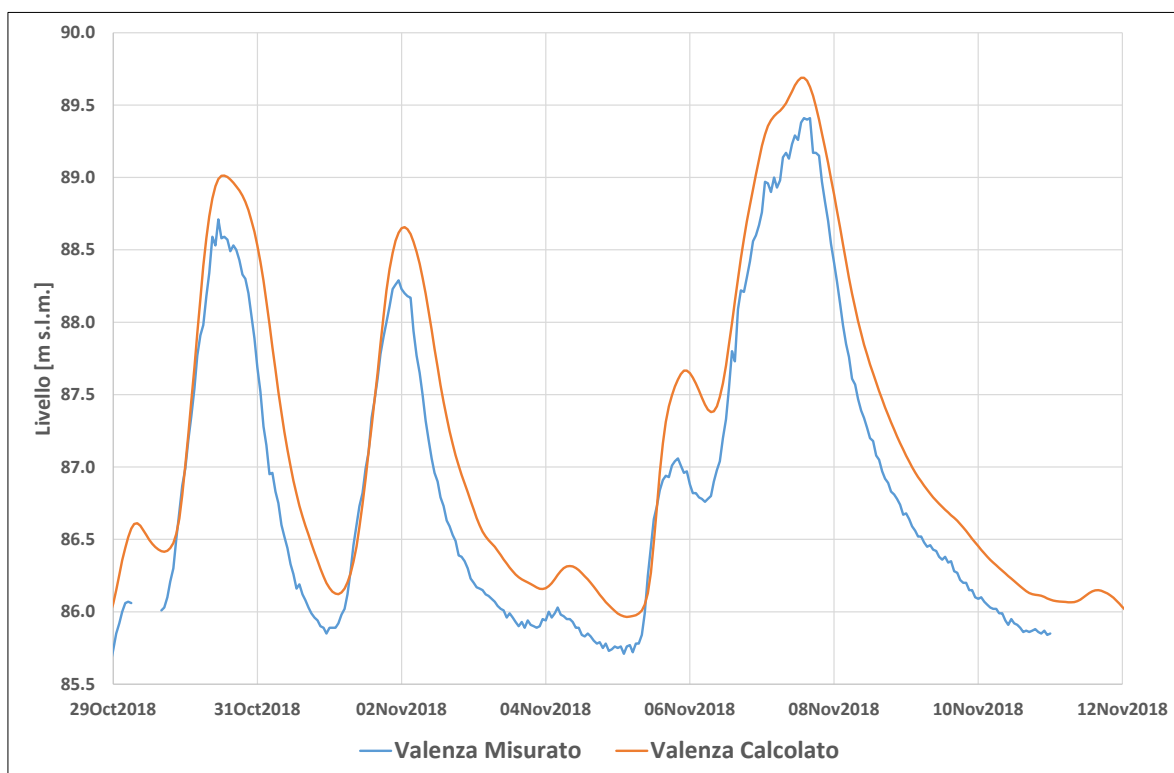


Figura 4.390 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.301
			Relazione idraulica generale	

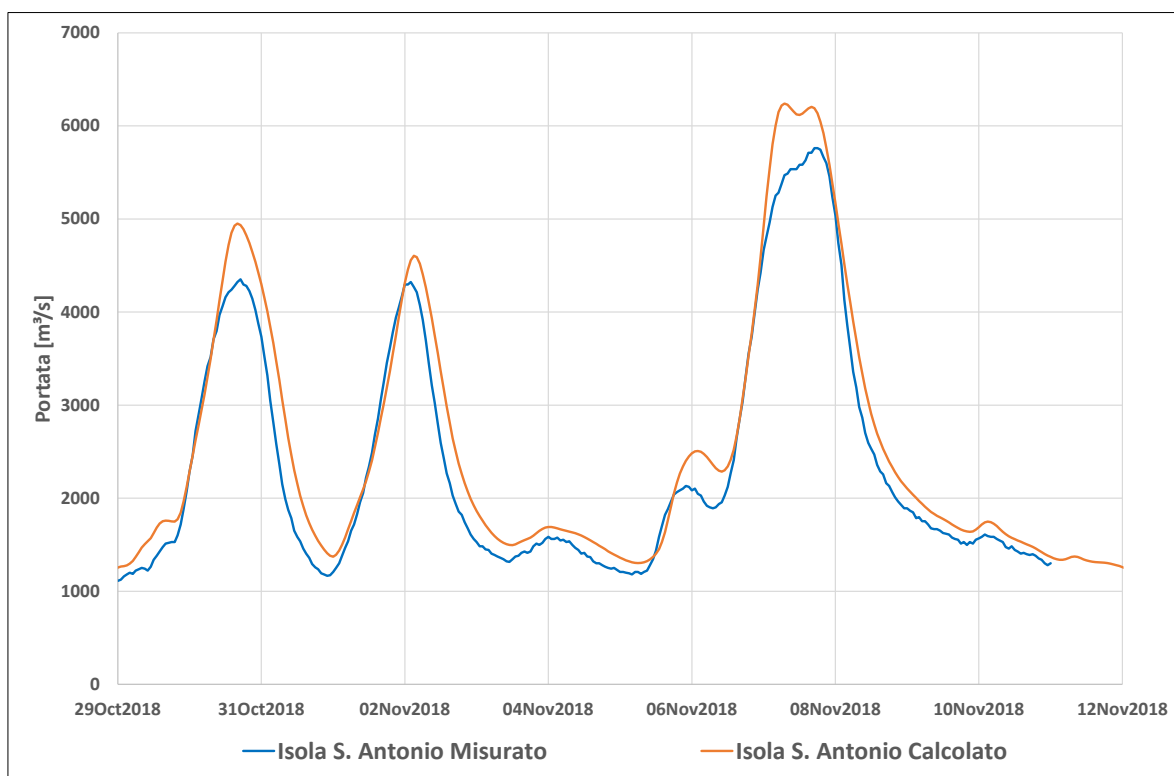


Figura 4.391 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2018

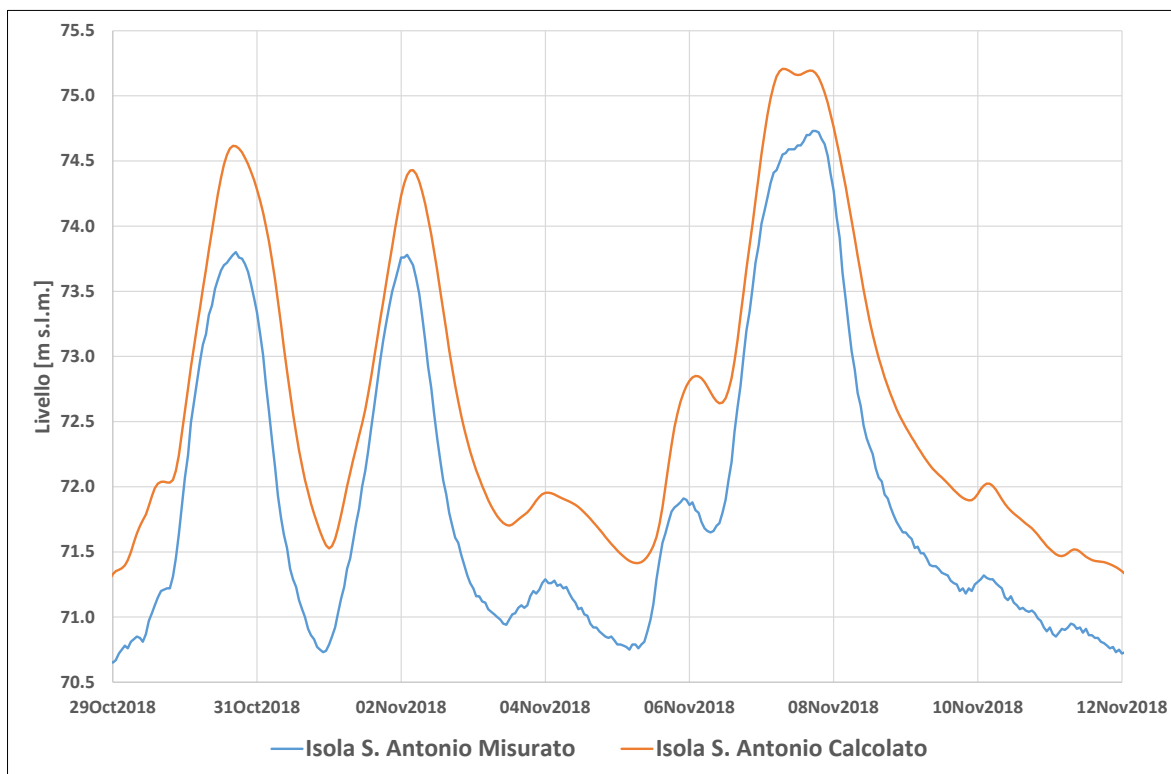


Figura 4.392 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.302
			Relazione idraulica generale	

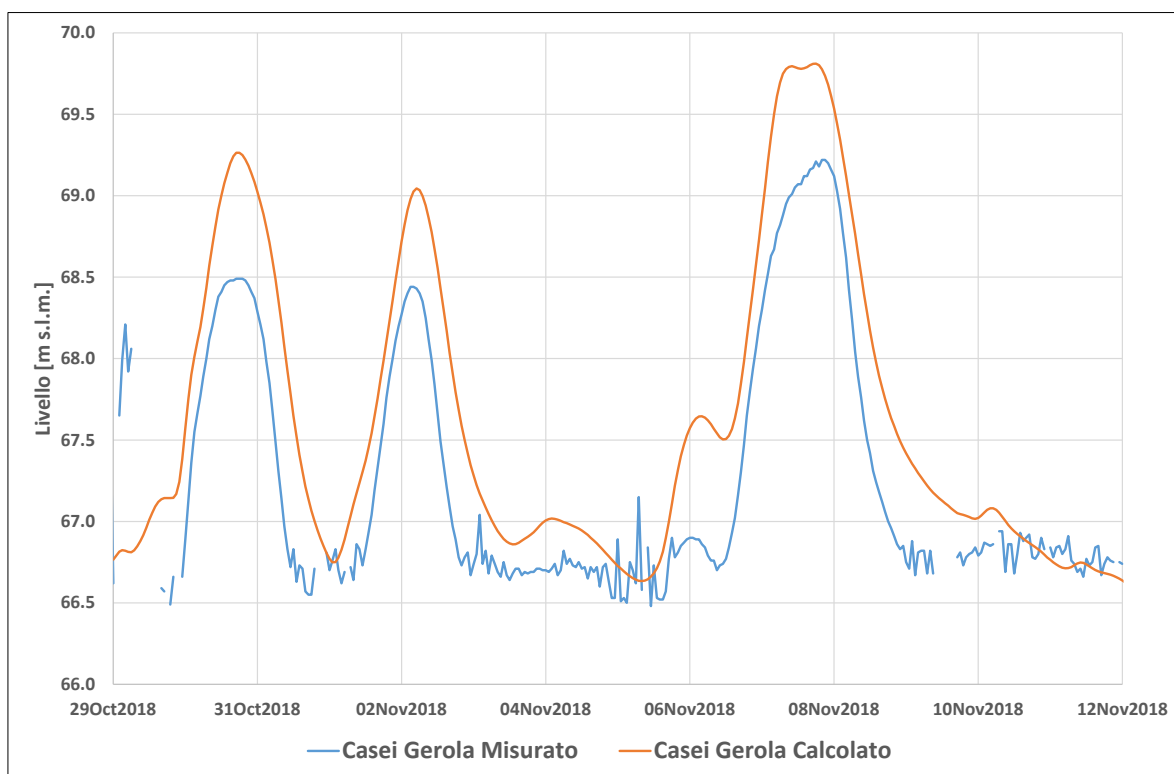


Figura 4.393 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Casei Gerola per l'evento di piena 2018

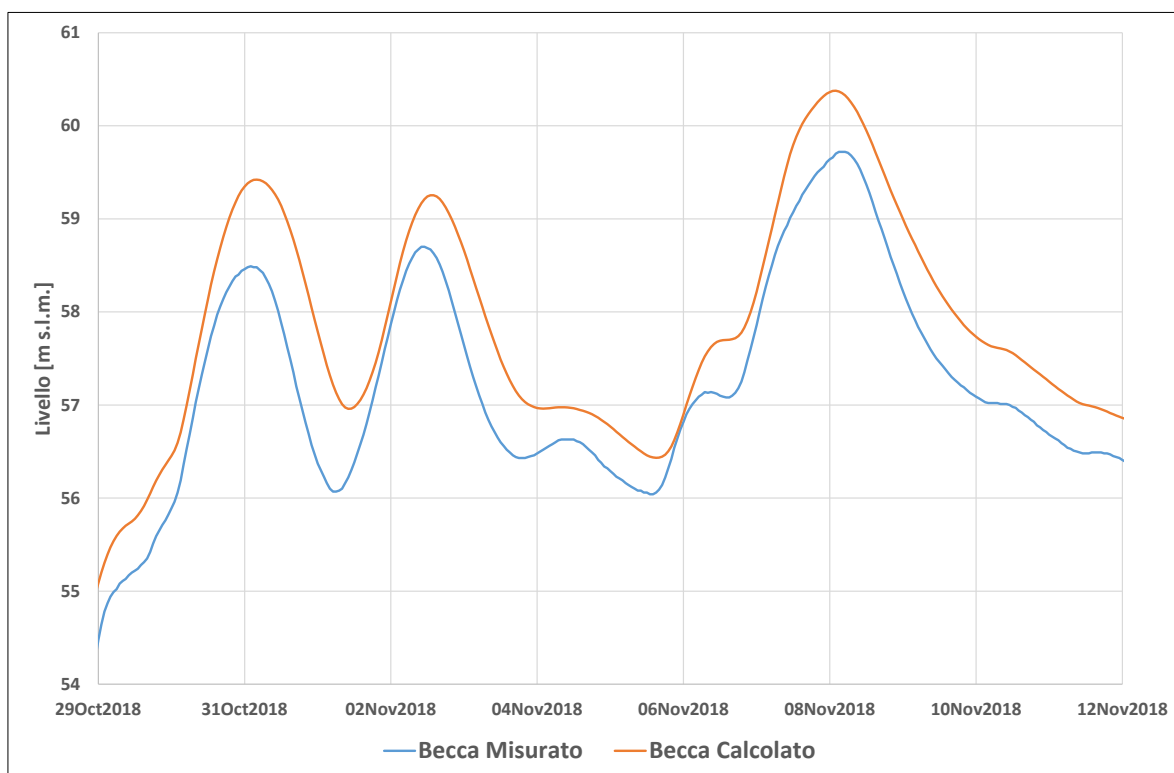


Figura 4.394 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Ponte Becca per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.303
			Relazione idraulica generale	

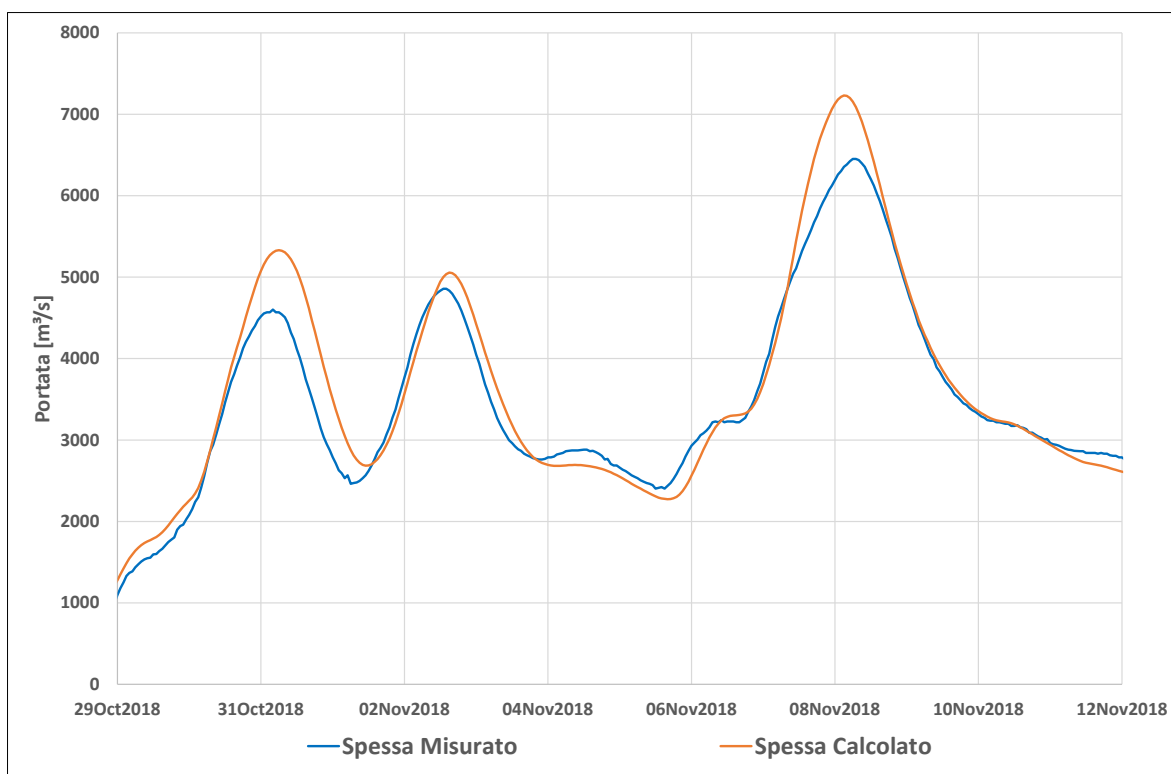


Figura 4.395 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2018

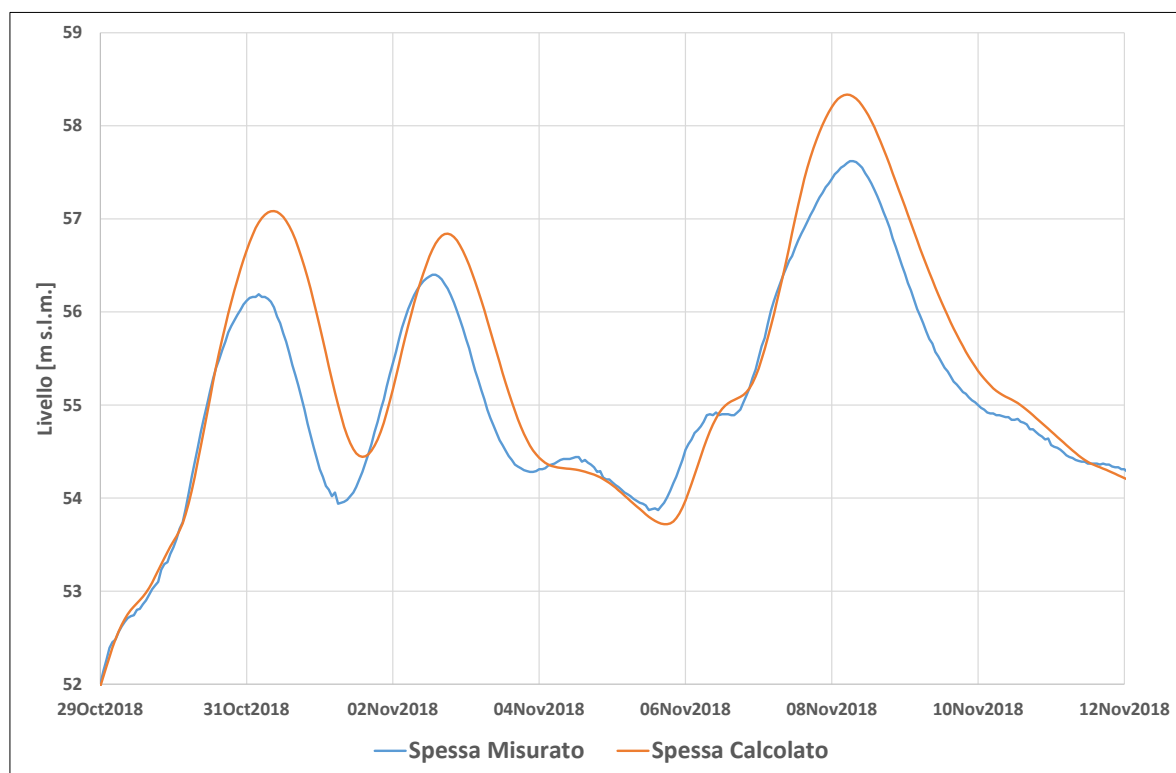


Figura 4.396 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.304
			Relazione idraulica generale	

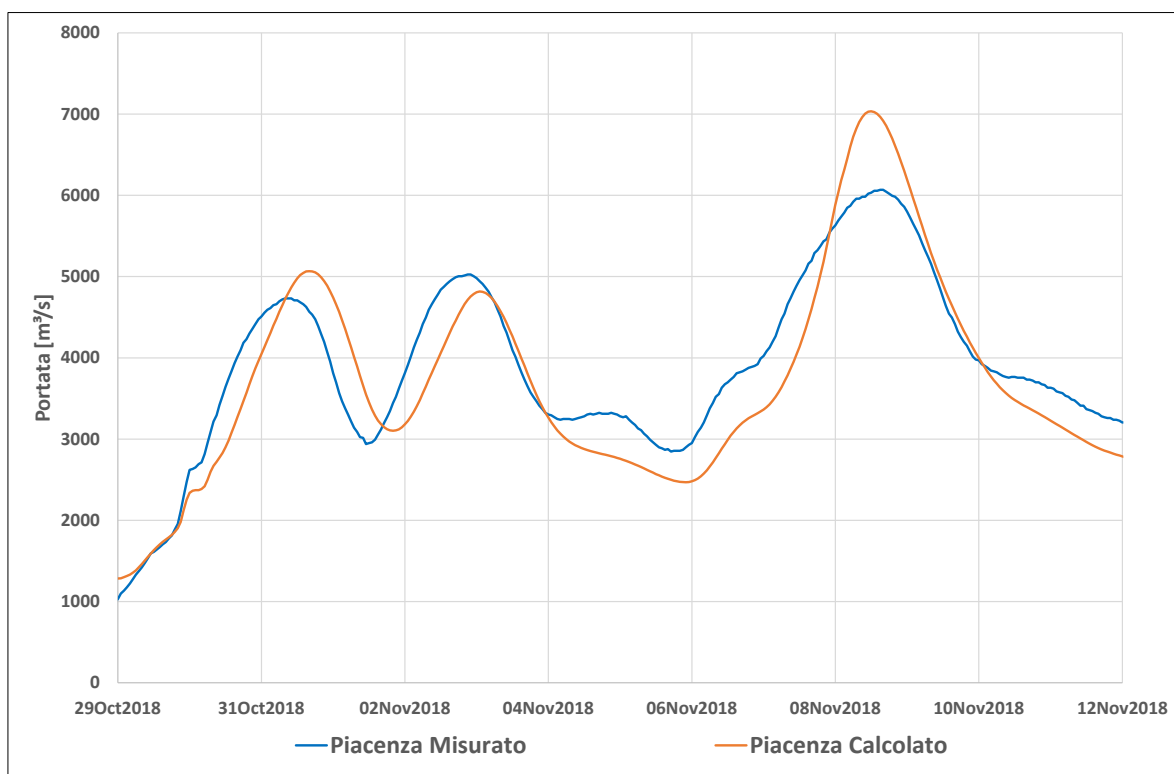


Figura 4.397 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2018

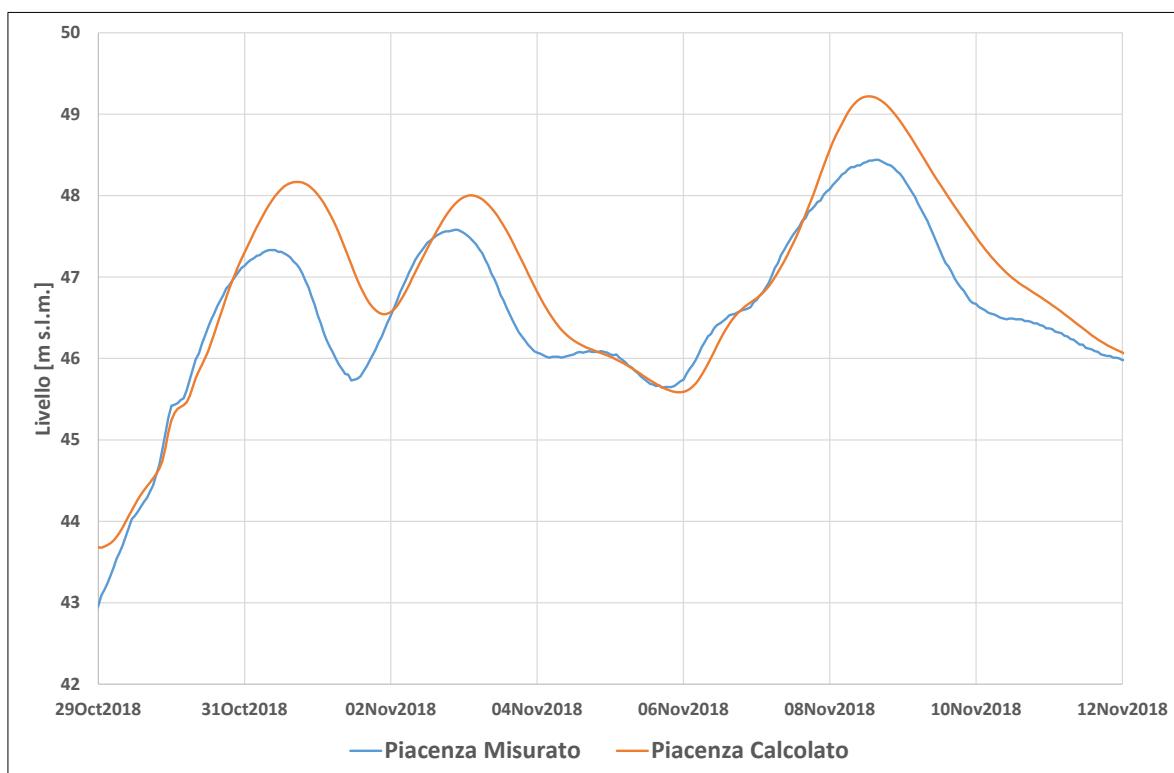


Figura 4.398 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.305
			Relazione idraulica generale	

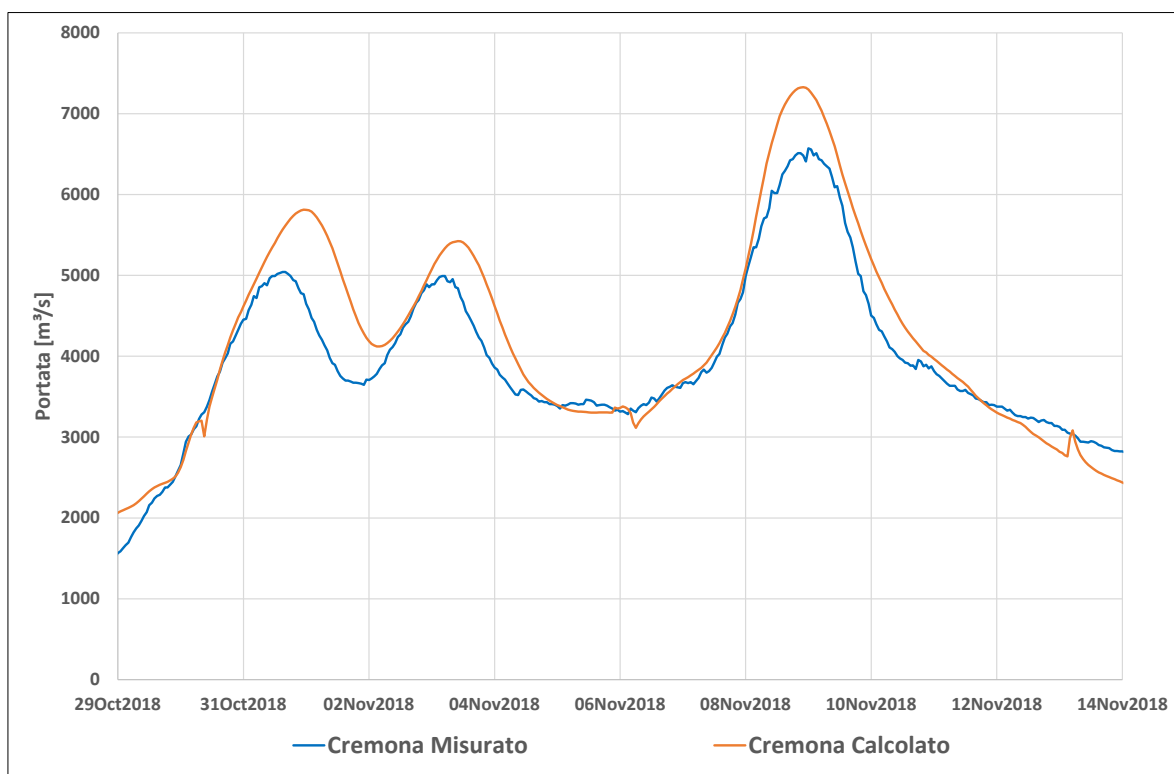


Figura 4.399 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2018

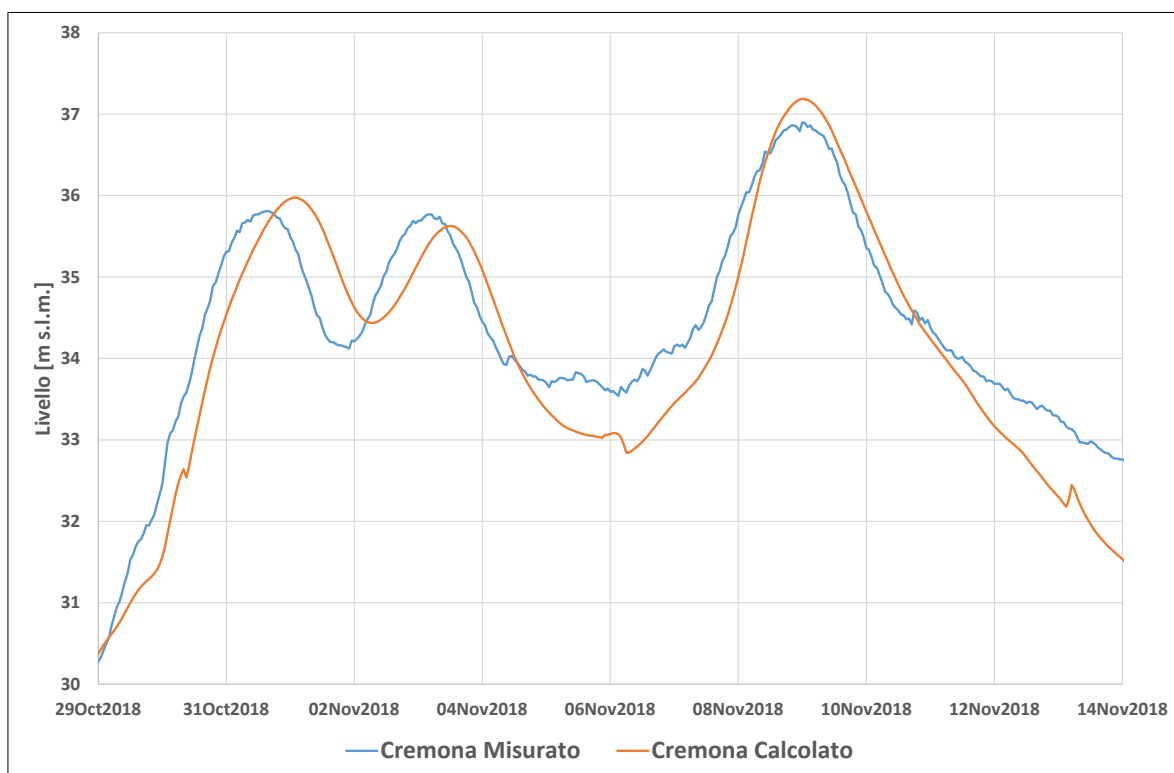


Figura 4.400 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.306
			Relazione idraulica generale	

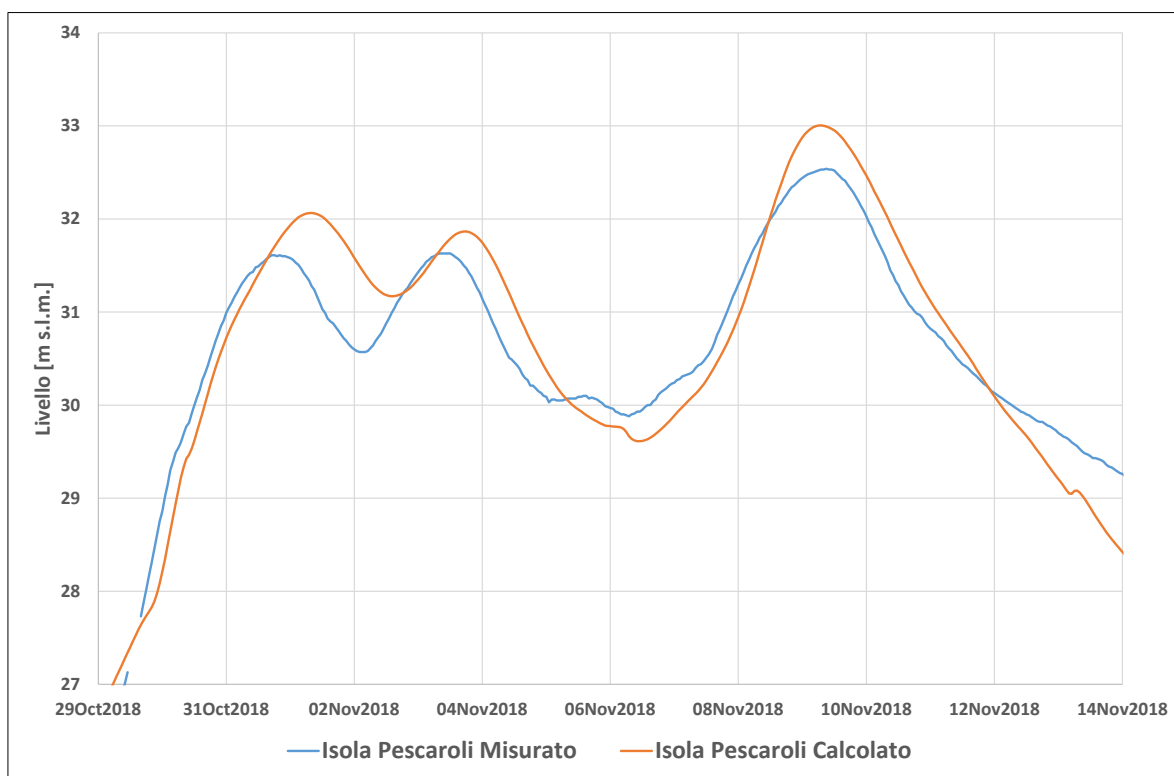


Figura 4.401 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Isola Pescaroli per l'evento di piena 2018

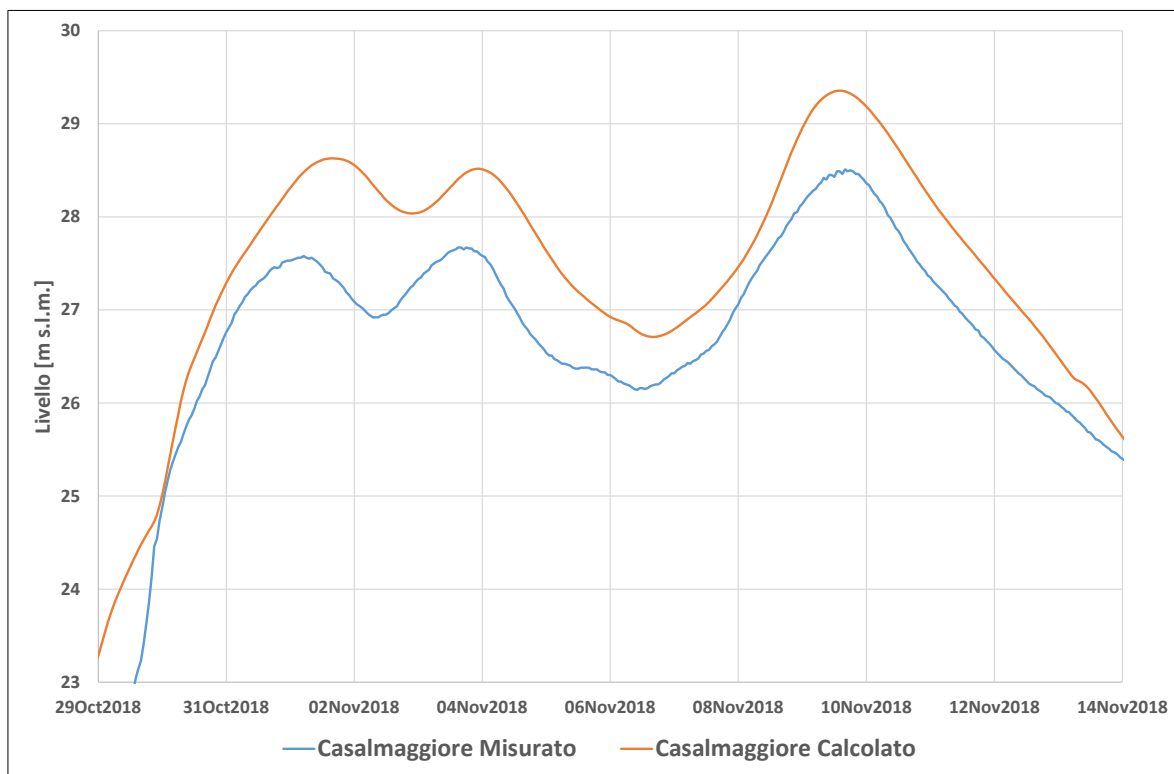


Figura 4.402 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Casalmaggiore per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.307
			Relazione idraulica generale	

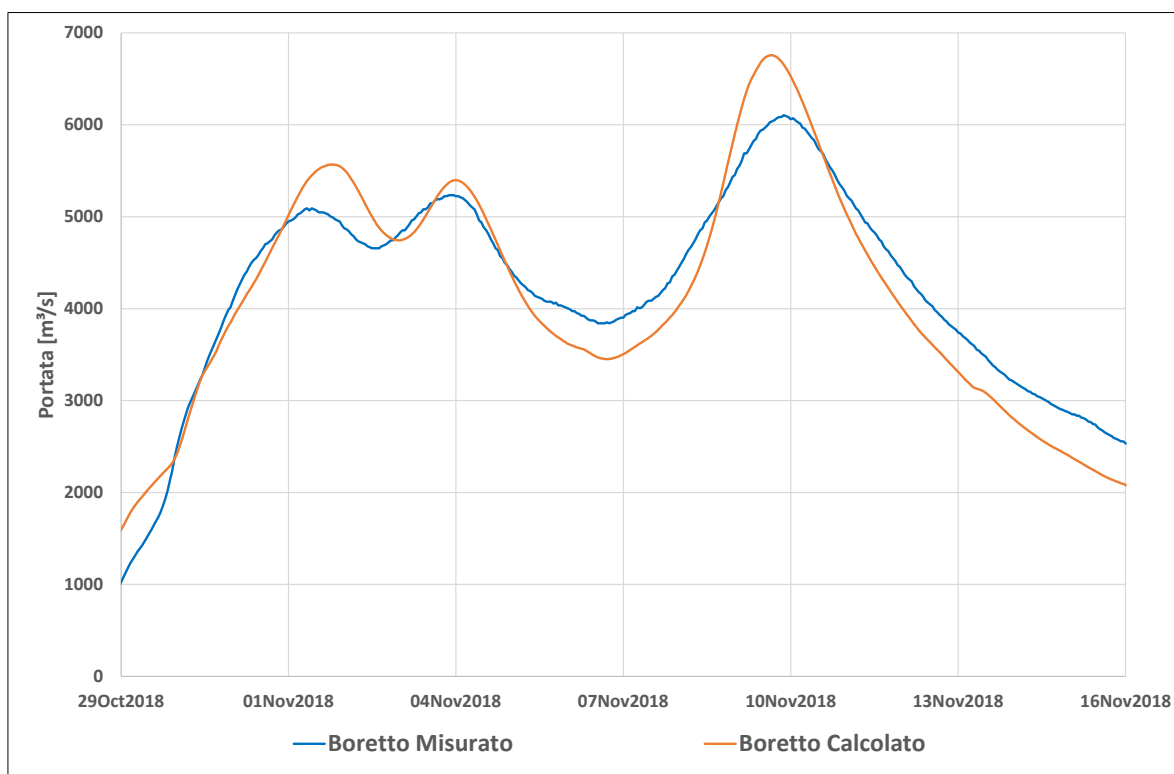


Figura 4.403 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2018

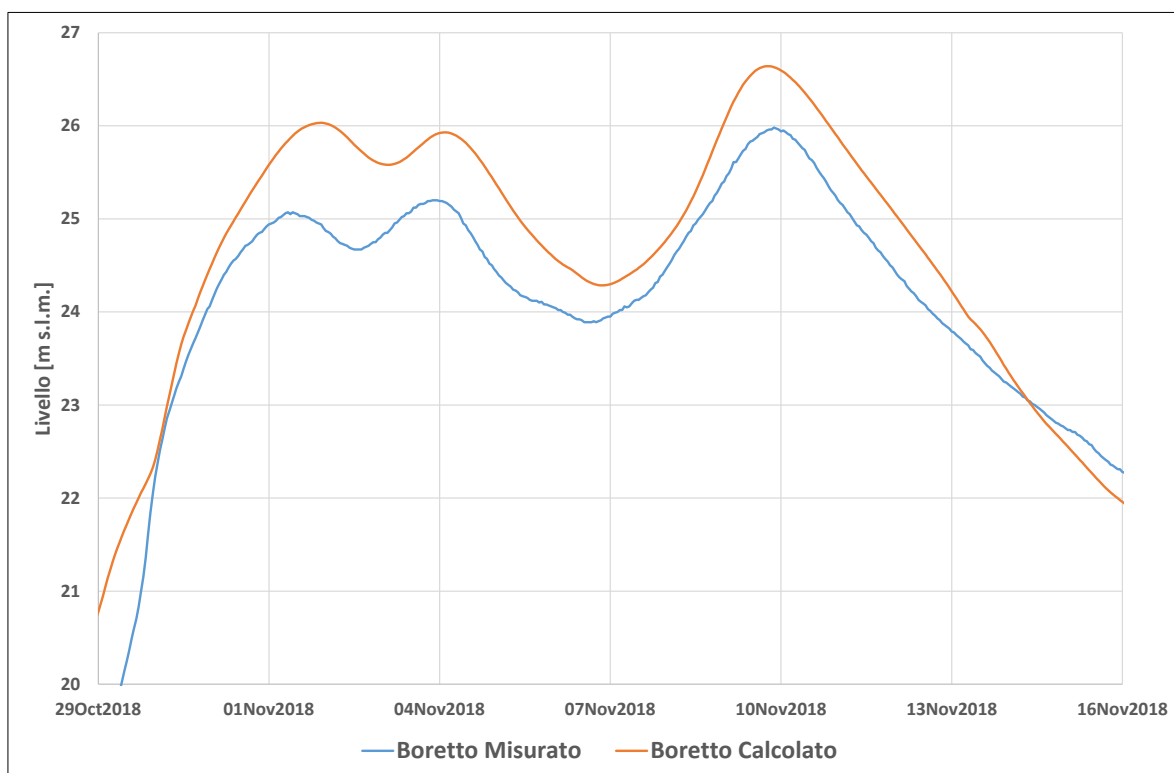


Figura 4.404 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.308
			Relazione idraulica generale	

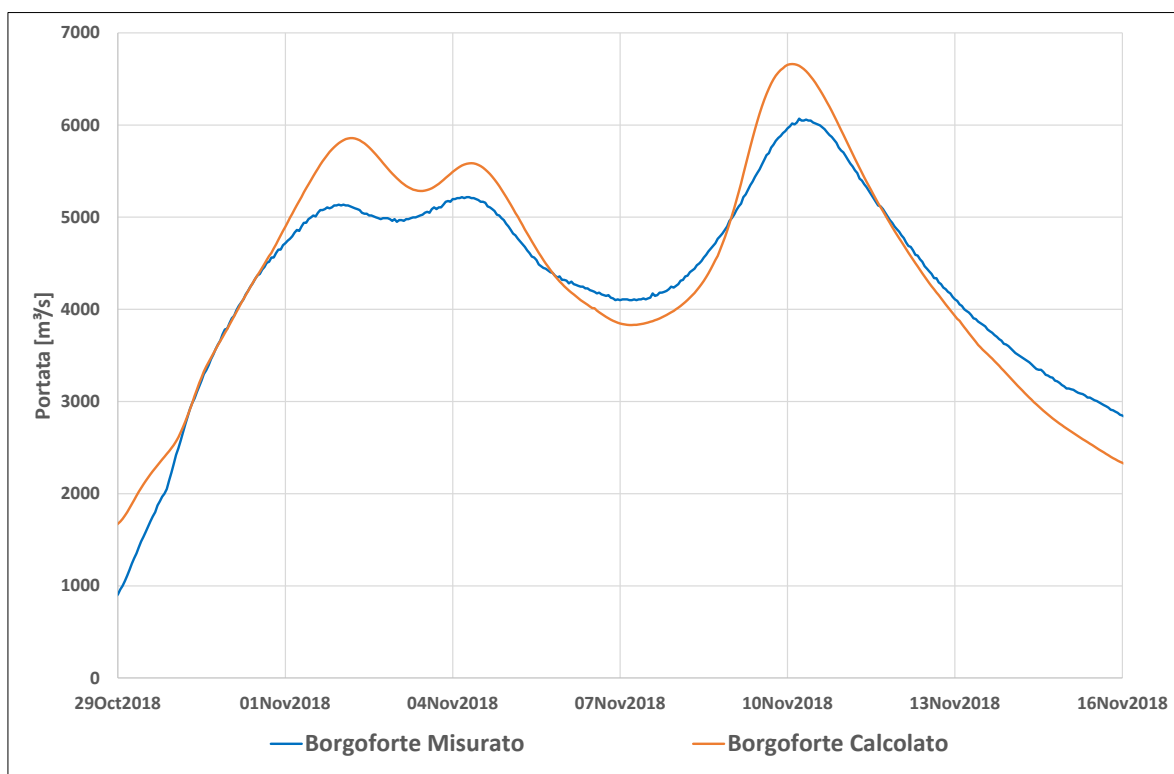


Figura 4.405 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2018

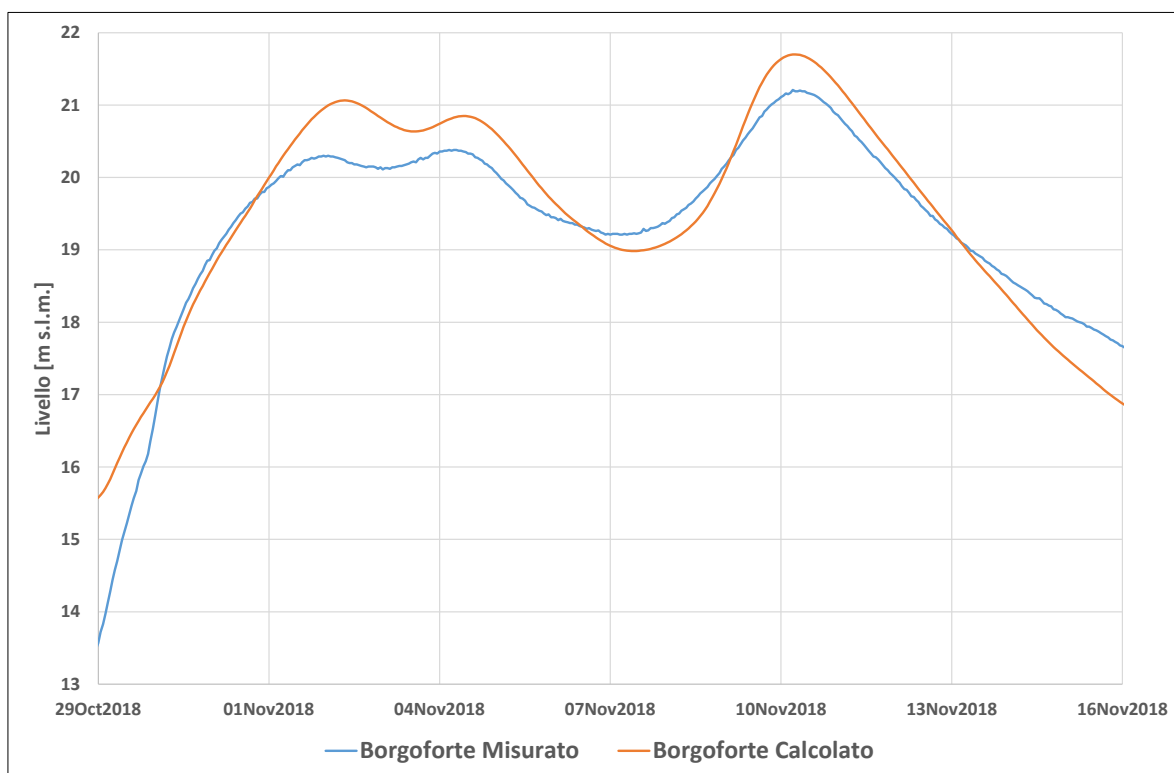


Figura 4.406 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.309
			Relazione idraulica generale	

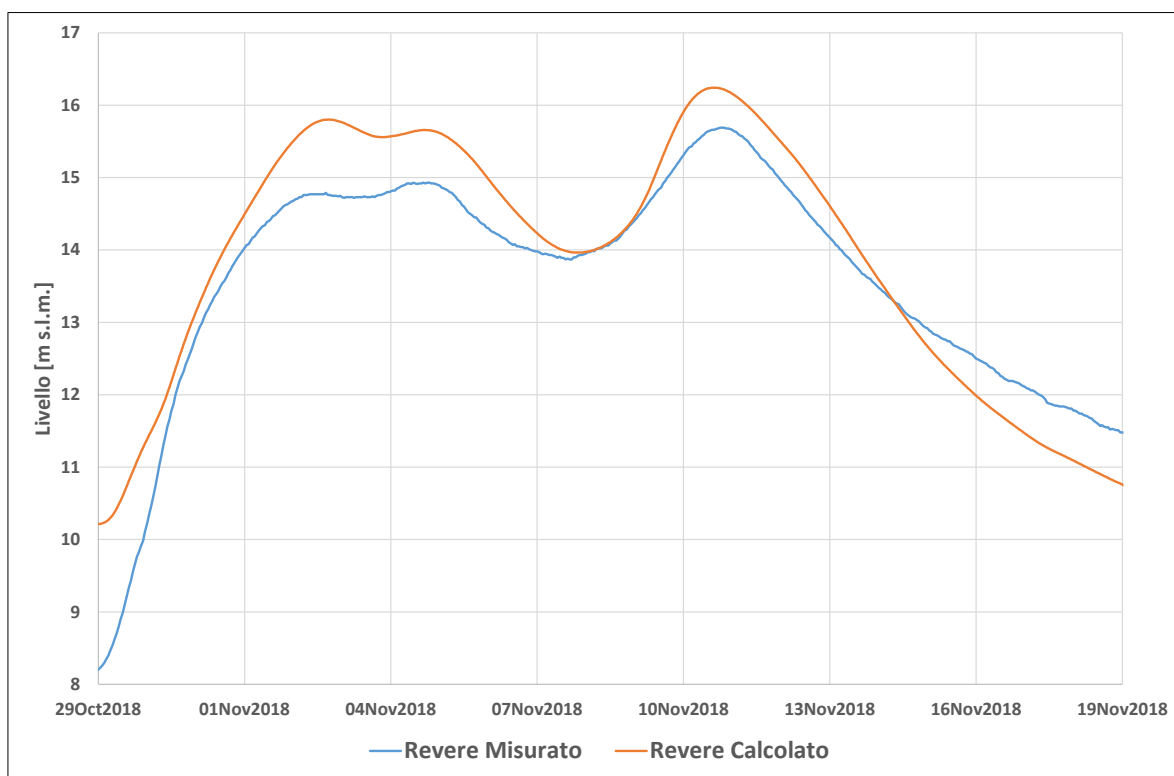


Figura 4.407 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Revere per l'evento di piena 2018

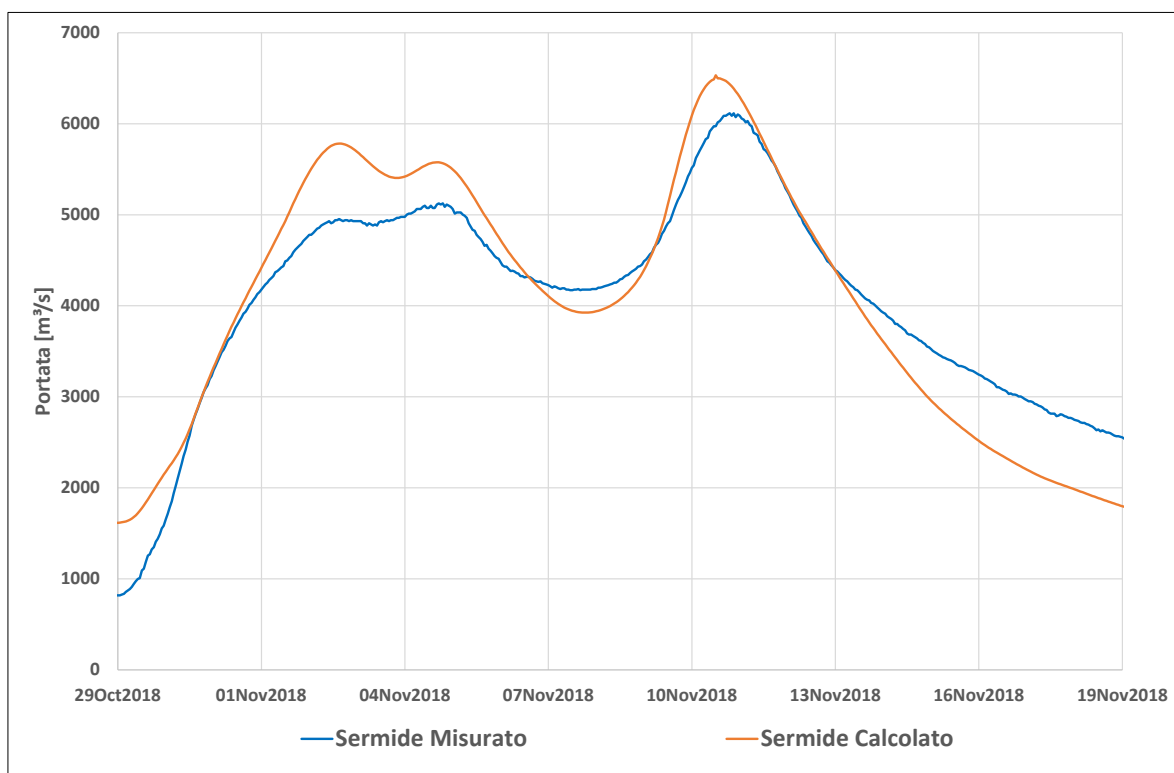


Figura 4.408 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.310
			Relazione idraulica generale	

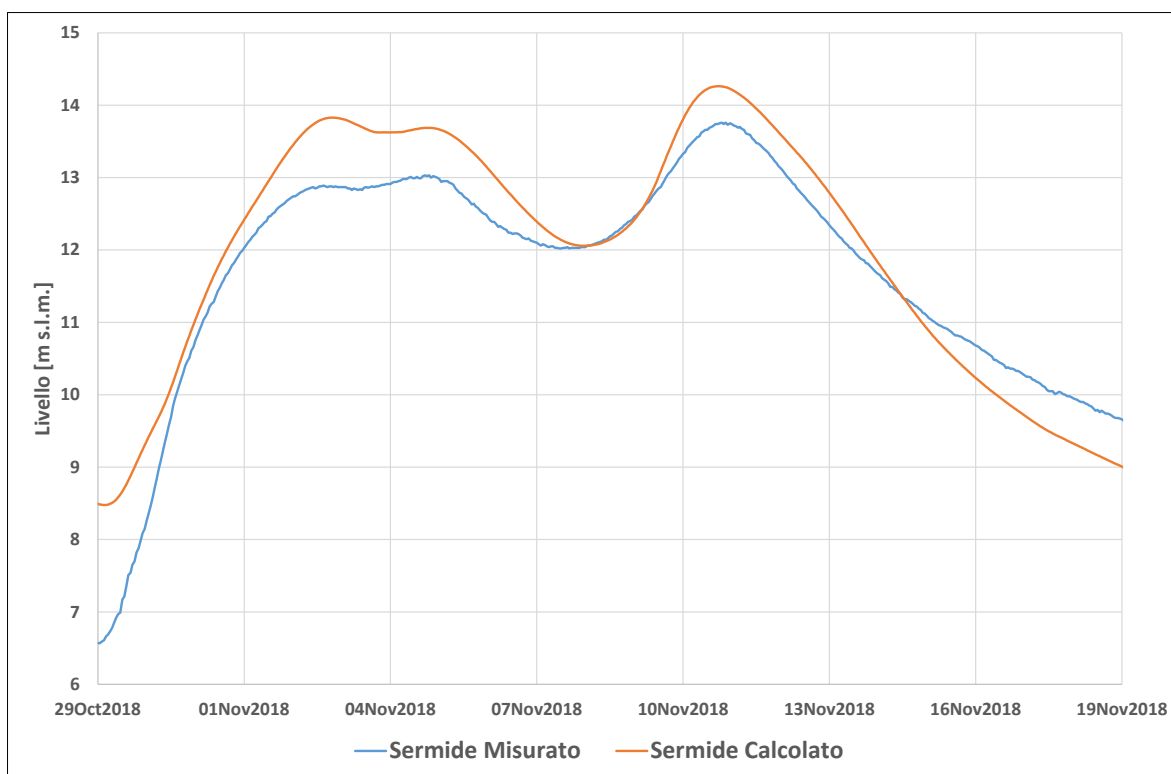


Figura 4.409 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2018

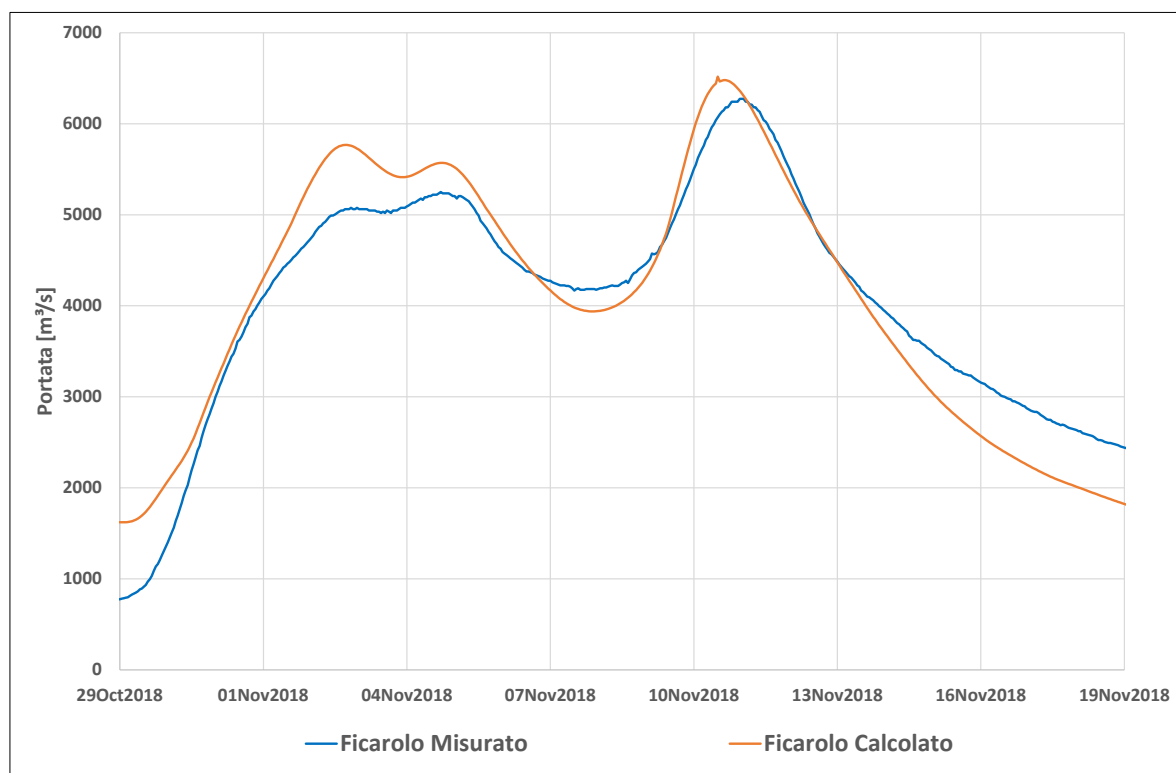


Figura 4.410 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.311
			Relazione idraulica generale	

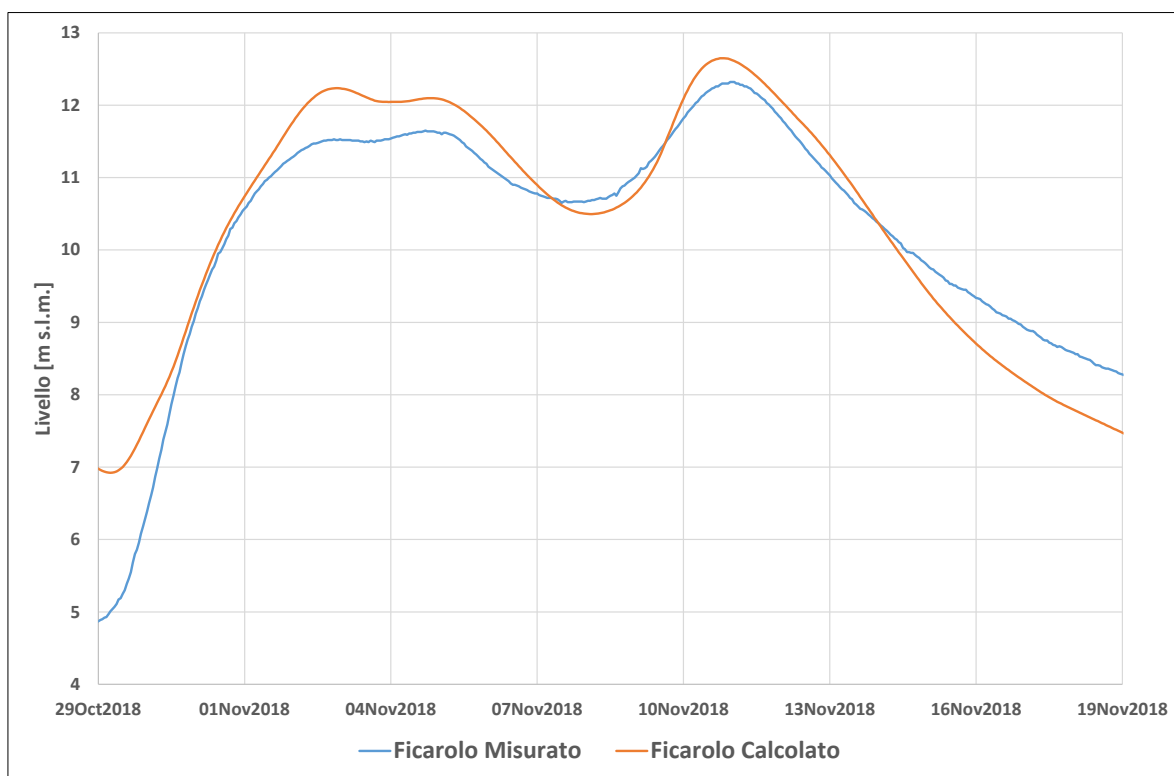


Figura 4.411 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2018

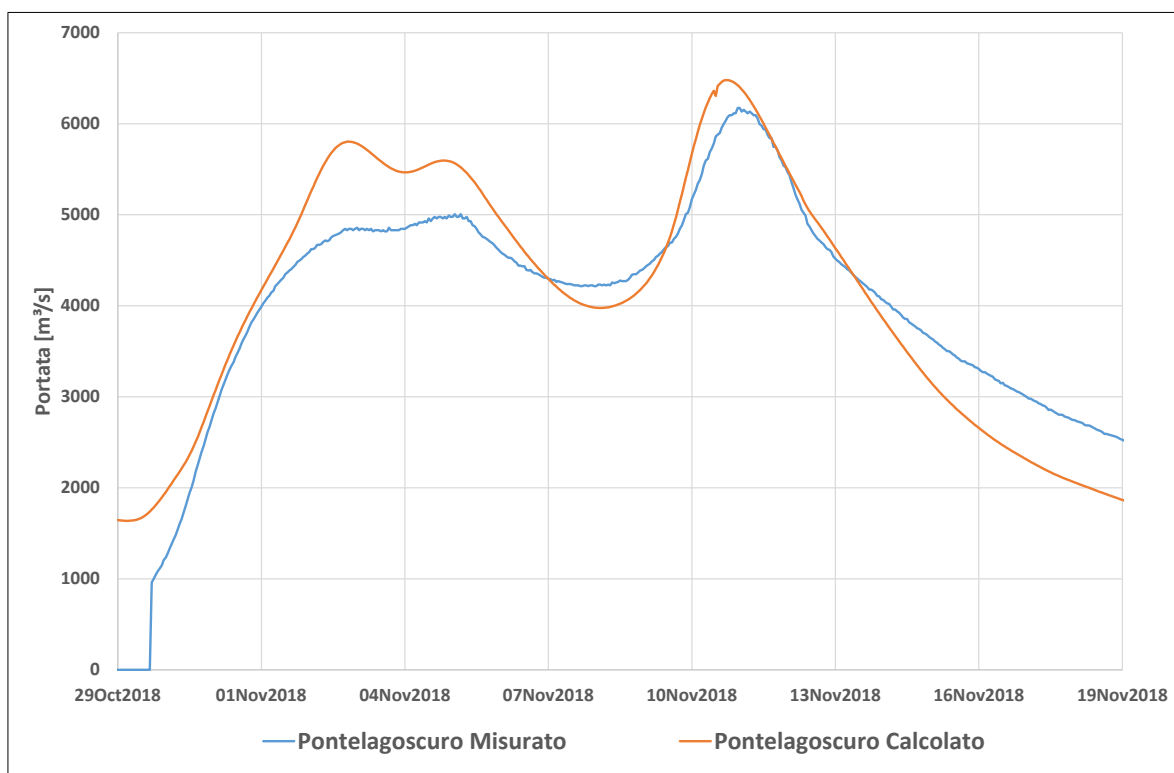


Figura 4.412 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2018

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.312
			Relazione idraulica generale	

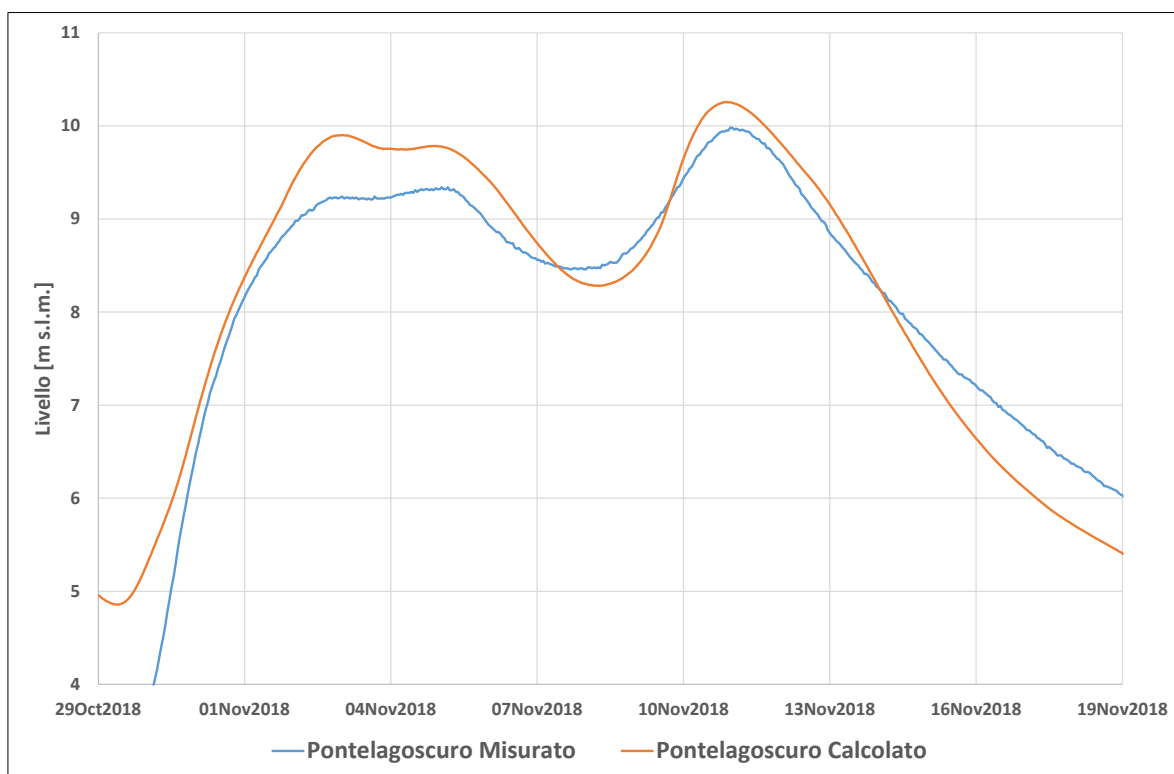


Figura 4.413 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2018

4.9.4. Evento novembre 2019

La piena del novembre 2019 è ben rappresentata nell'intero tratto. Esclusa l'erronea stima a Crescentino, le maggiori differenze si hanno Piacenza (+11% sul colmo di portata ma solo +3 cm sul livello massimo) e a Pontelagoscuro (+12% sul colmo di portata e +23 cm sul livello massimo).

L'errore sui livelli massimi è quasi sempre contenuto tra ± 20 cm, con differenze massime di +30 e +32 cm rispettivamente a Spessa e Cremona.

Il picco dei livelli calcolati a Pontelagoscuro risulta in fase con quello misurato, evidenziando una buona concordanza con la complessiva traslazione della piena (Figura 4.444).

Tabella 4-53 – Confronto portate livelli misurati e calcolati per l'evento di piena del novembre 2019

Idrometro	Q misurata [m ³ /s]	Q calcolata [m ³ /s]	Q diff. [%]	WS misurato [m s.m.m.]	WS calcolato [m s.m.m.]	WS diff. [m]
Torino	1559	1468	-6%	214.60	214.53	-0.07
S. Sebastiano						
Crescentino	3994	3276	-18%	150.54	150.68	+0.14
Casale Monf.	3504	3228	-8%	109.03	108.81	-0.22
Valenza	4956	5004	+1%	89.61	89.45	-0.16

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.313
			Relazione idraulica generale	

Idrometro	Q misurata [m ³ /s]	Q calcolata [m ³ /s]	Q diff. [%]	WS misurato [m s.m.m.]	WS calcolato [m s.m.m.]	WS diff. [m]
Isola S. Antonio	8411	8498	+1%	76.05	76.07	+0.02
Casei Gerola				70.72	70.69	-0.03
Ponte Becca				61.02	61.16	+0.14
Spessa	8577	9274	+8%	59.02	59.32	+0.30
Piacenza	8192	9064	+11%	50.07	50.10	+0.03
Cremona	9115	9429	+3%	38.53	38.85	+0.32
Isola Pescaroli				34.09	34.33	+0.24
Casalmaggiore				30.20	30.41	+0.21
Boretto	8386	8951	+7%	27.66	27.62	-0.04
Borgoforte	8540	8619	+1%	23.14	23.15	+0.01
Revere				17.16	17.31	+0.15
Sermide	8295	8714	+5%	15.16	15.37	+0.21
Ficarolo	8302	8717	+5%	13.57	13.74	+0.17
Pontelagoscuro	7855	8792	+12%	10.89	11.12	+0.23

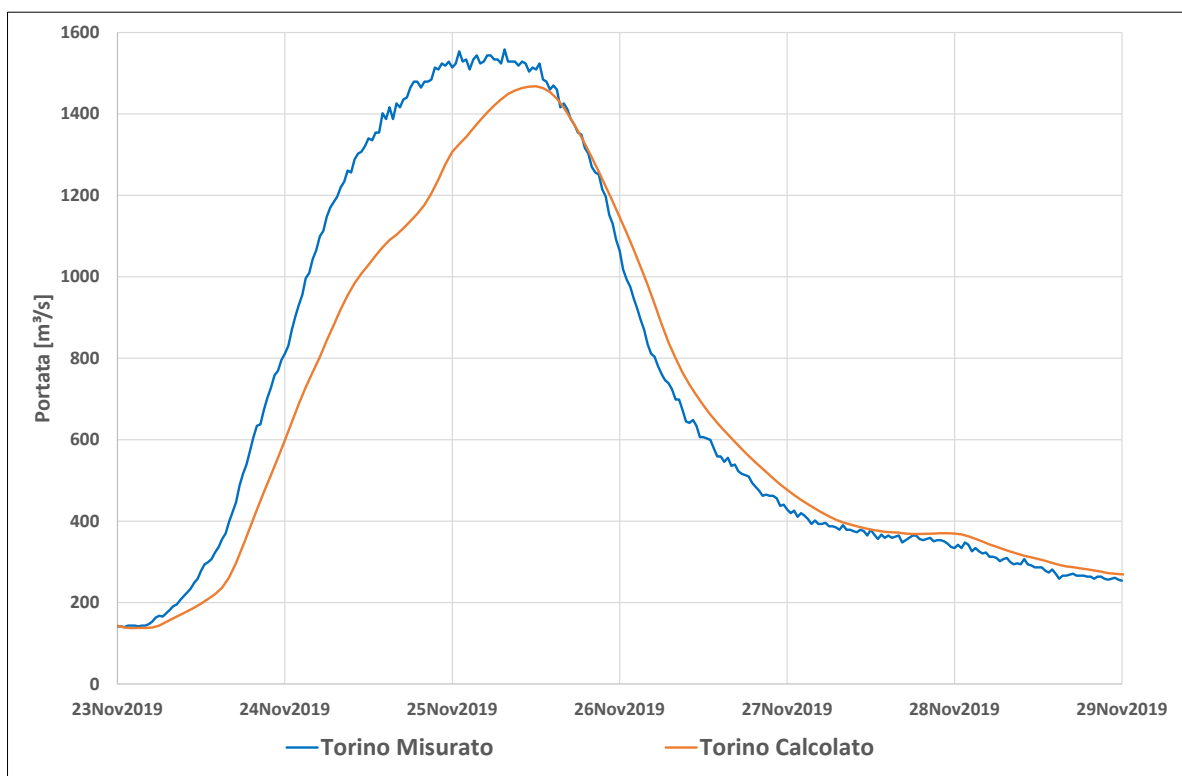


Figura 4.414 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2019

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.314
			Relazione idraulica generale	

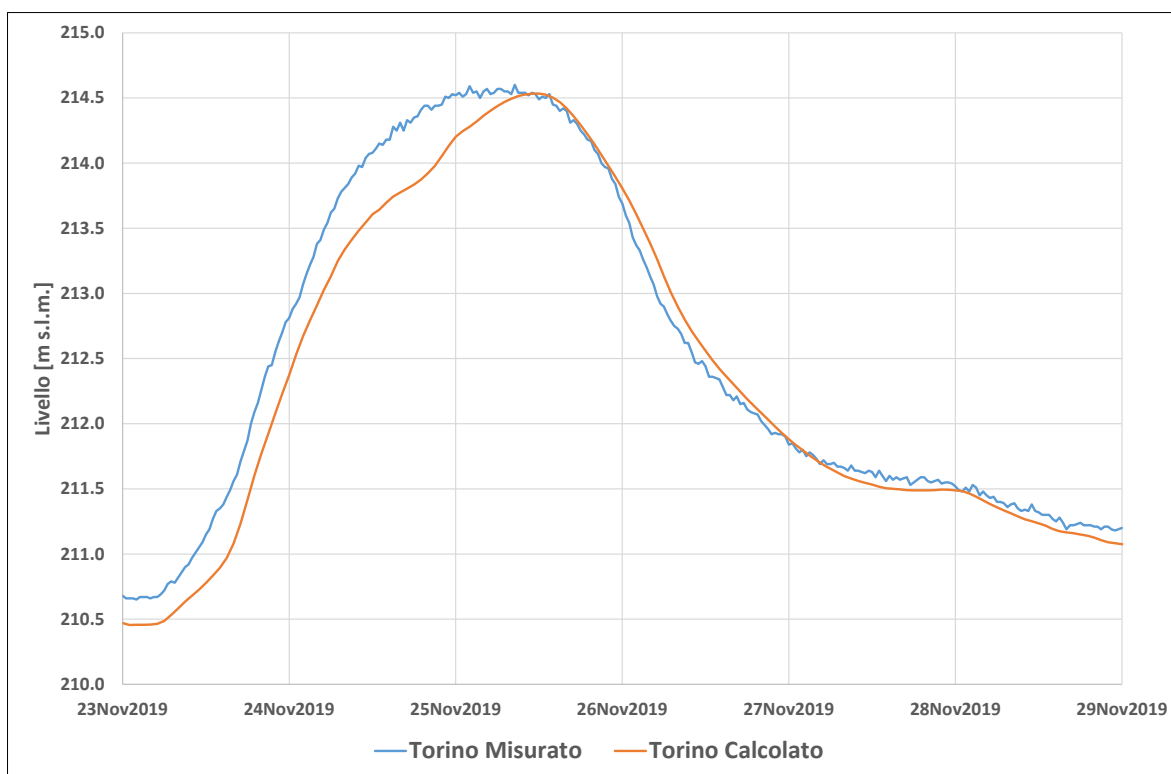


Figura 4.415 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Torino per l'evento di piena 2019

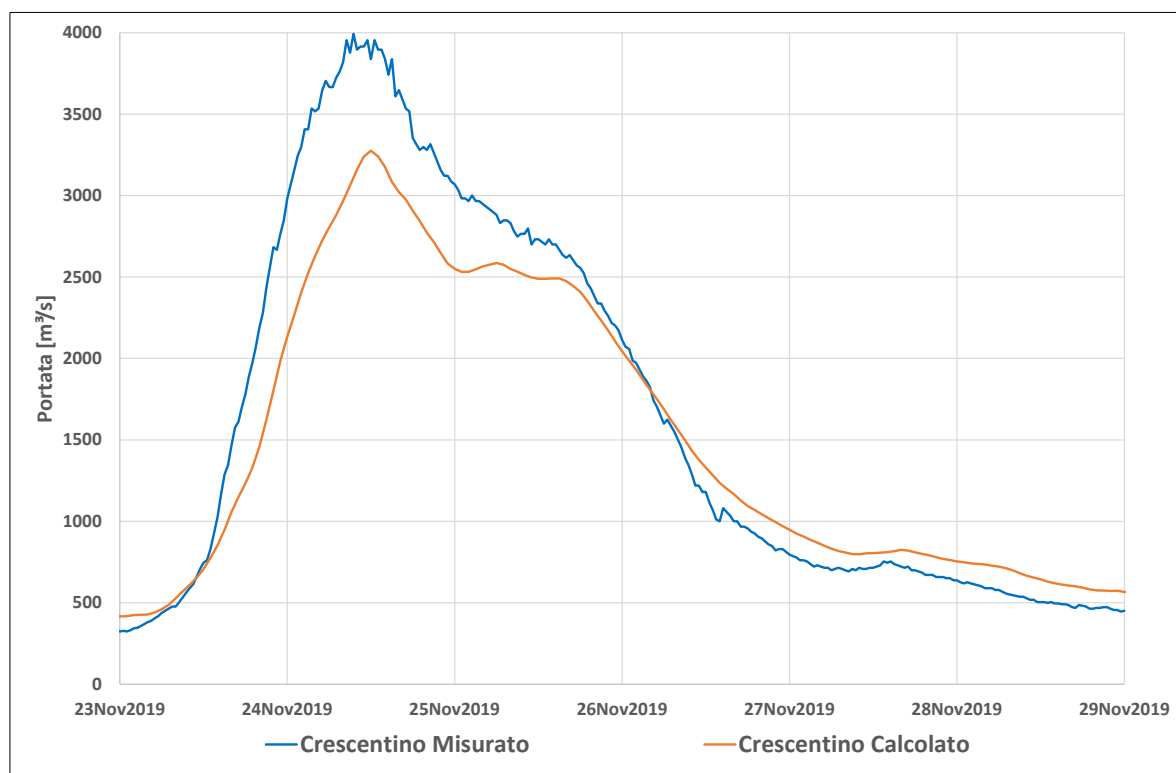


Figura 4.416 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2019

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.315
			Relazione idraulica generale	

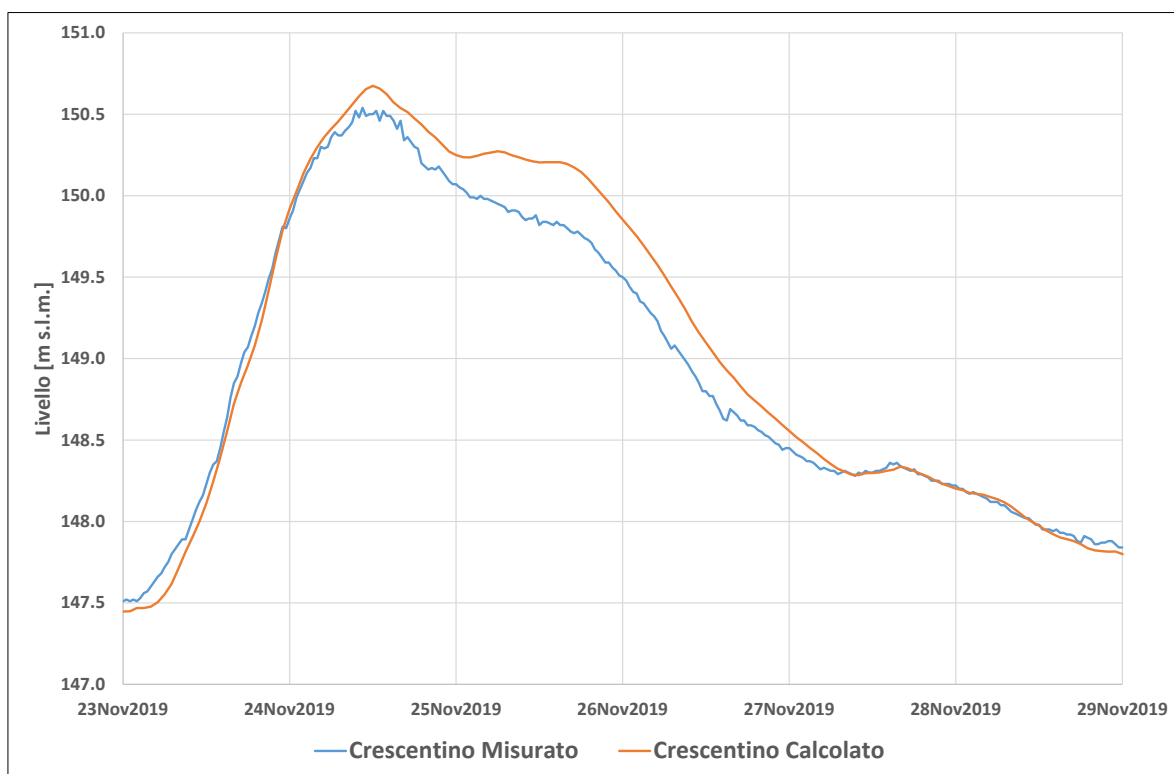


Figura 4.417 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Crescentino per l'evento di piena 2019

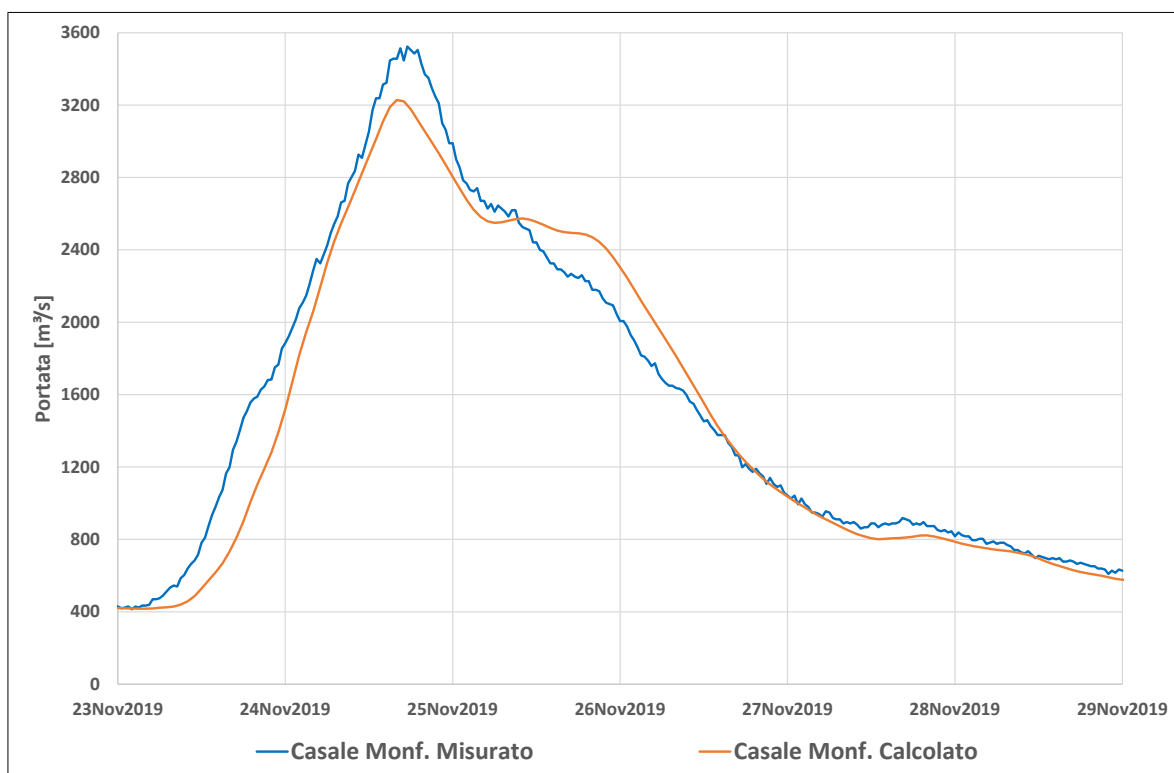


Figura 4.418 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2019

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.316
			Relazione idraulica generale	

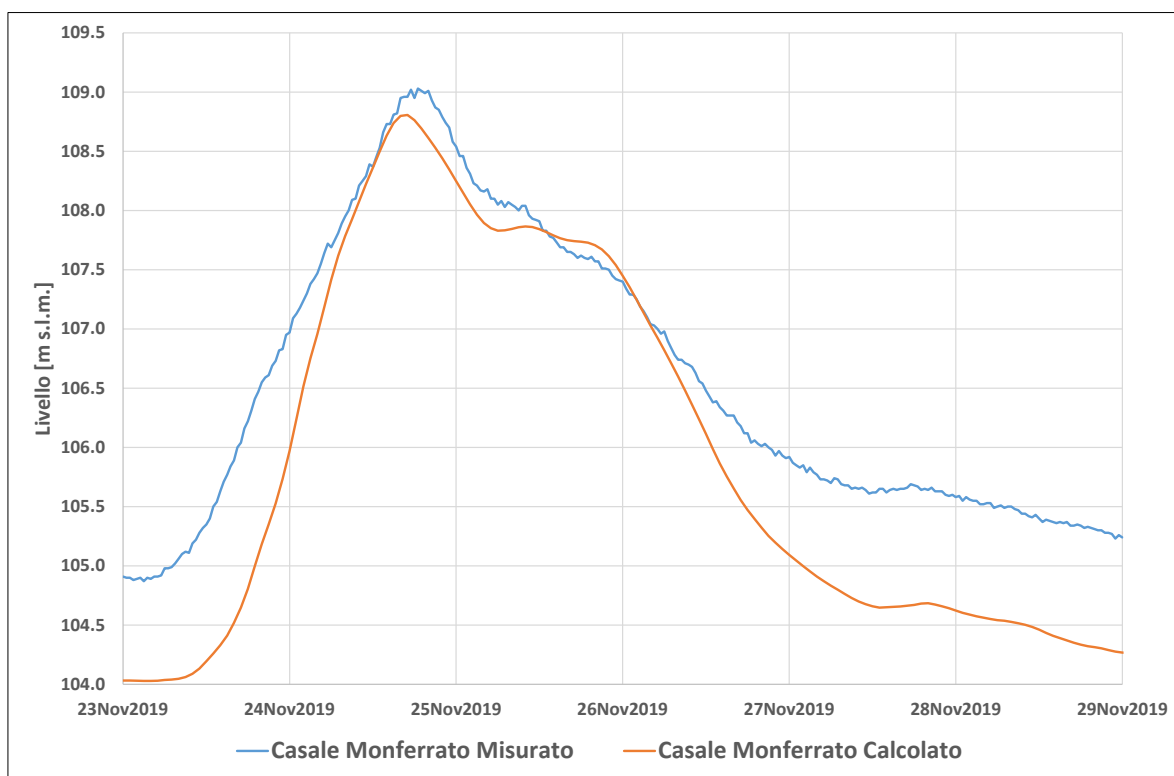


Figura 4.419 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Casale Monferrato per l'evento di piena 2019

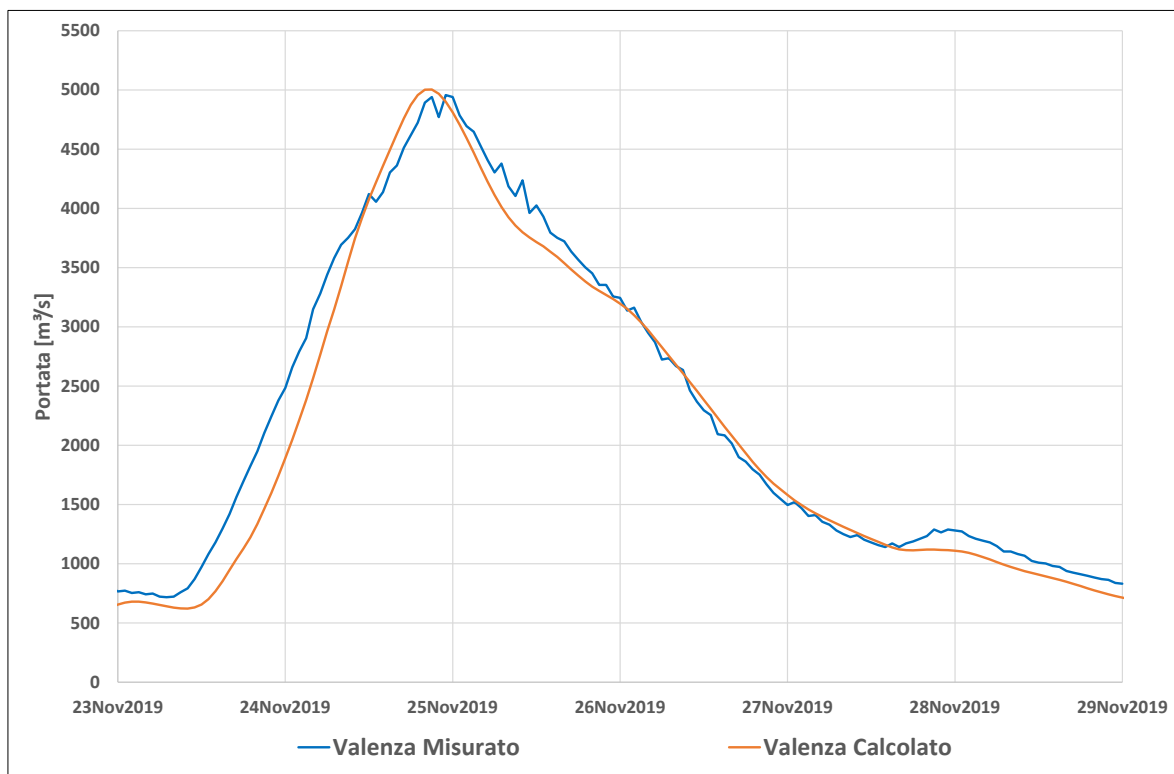


Figura 4.420 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2019

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.317
			Relazione idraulica generale	

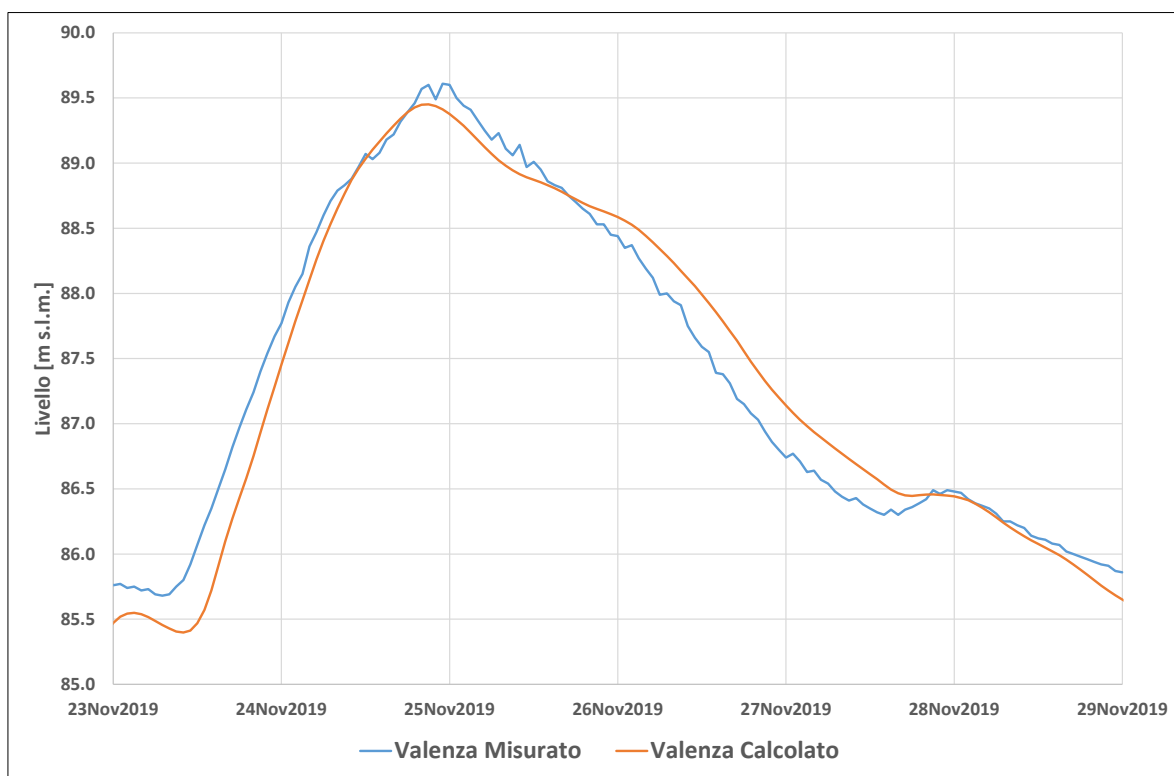


Figura 4.421 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Valenza per l'evento di piena 2019

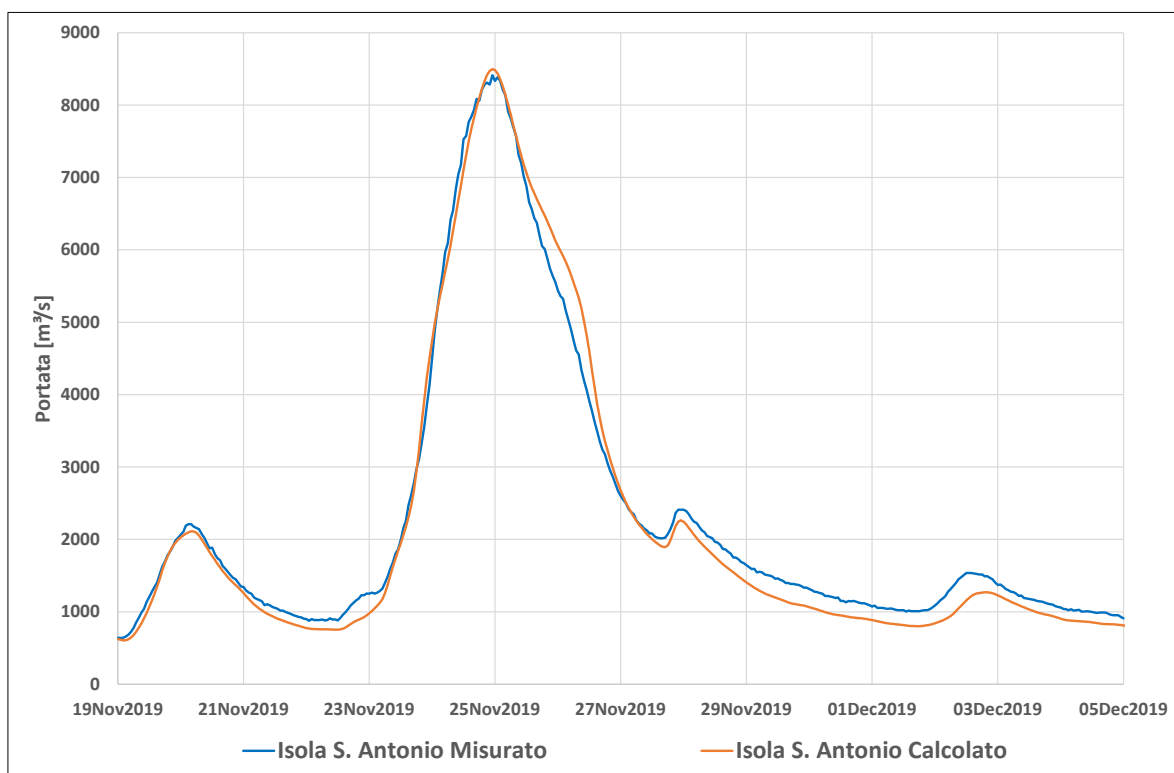


Figura 4.422 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2019

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.318
			Relazione idraulica generale	

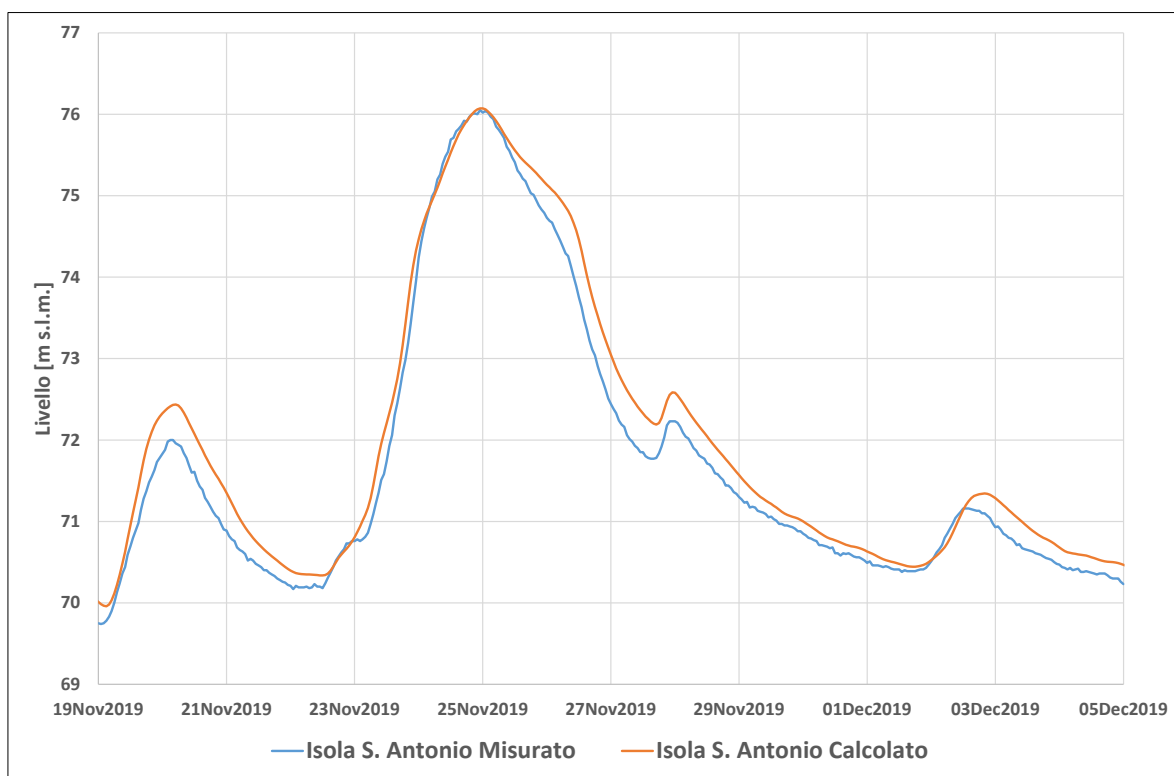


Figura 4.423 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Isola S. Antonio per l'evento di piena 2019

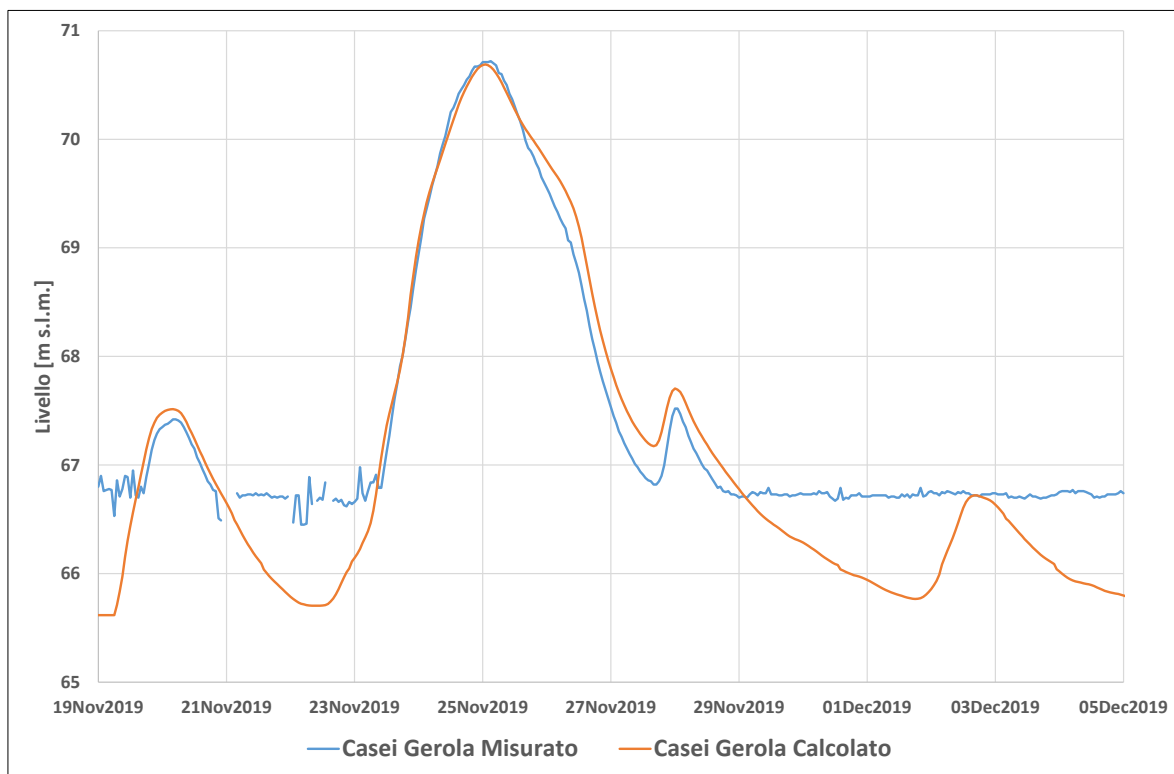


Figura 4.424 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Casei Gerola per l'evento di piena 2019

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.319
			Relazione idraulica generale	

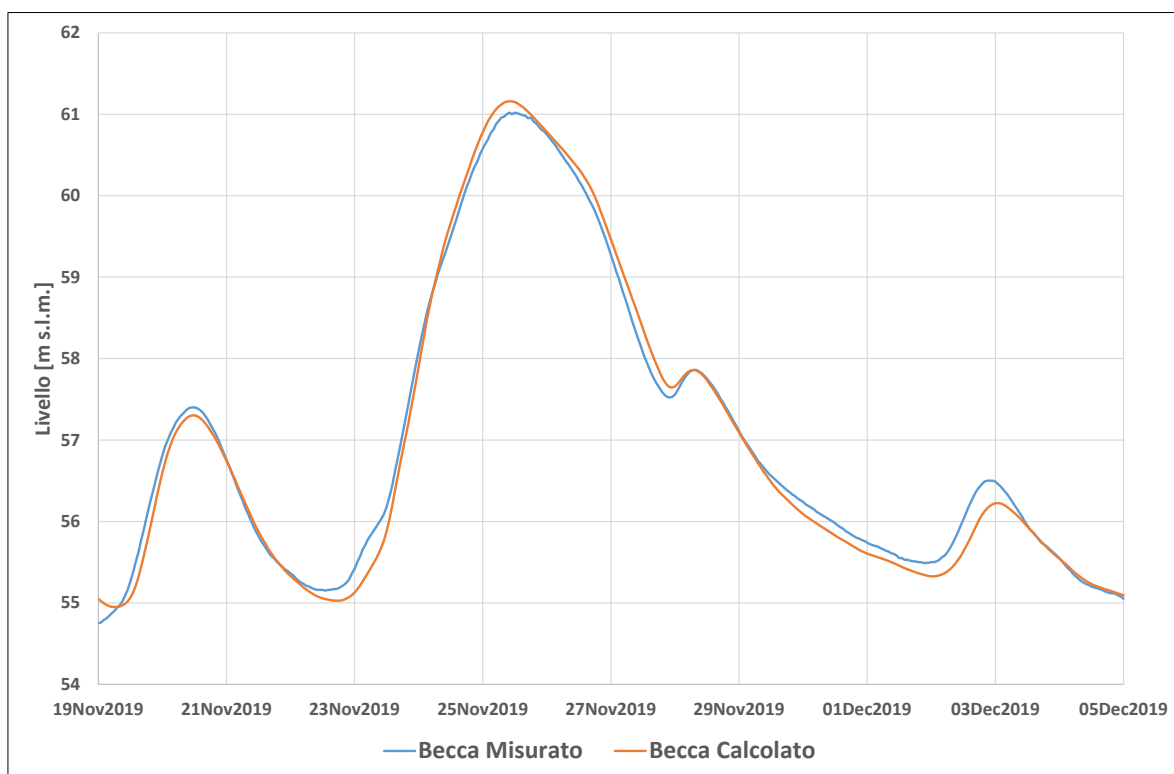


Figura 4.425 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Ponte Becca per l'evento di piena 2019

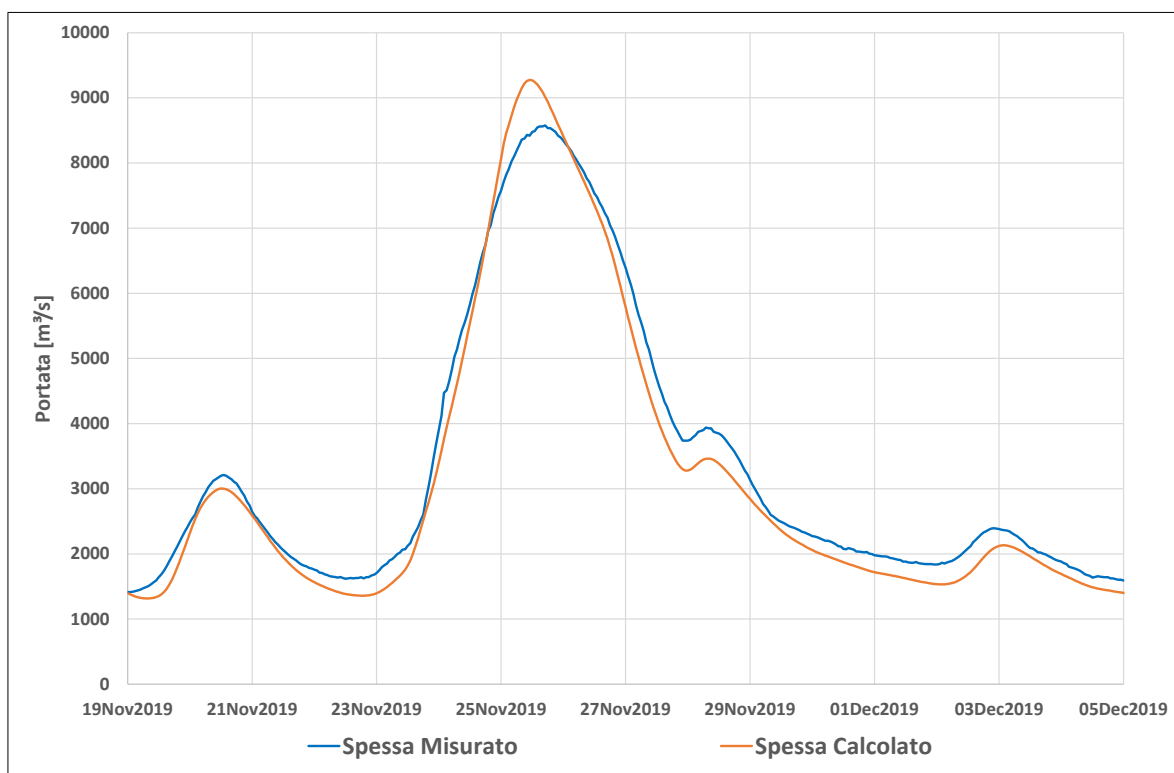


Figura 4.426 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2019

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.320
			Relazione idraulica generale	

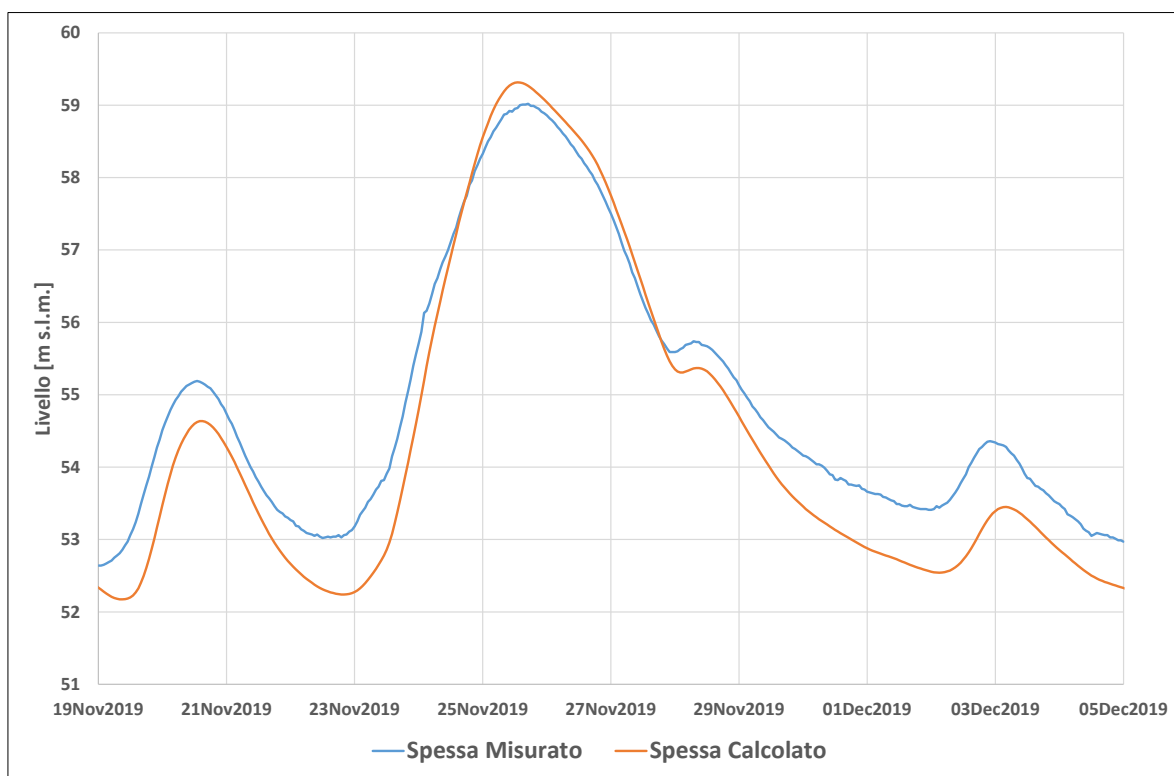


Figura 4.427 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Spessa per l'evento di piena 2019

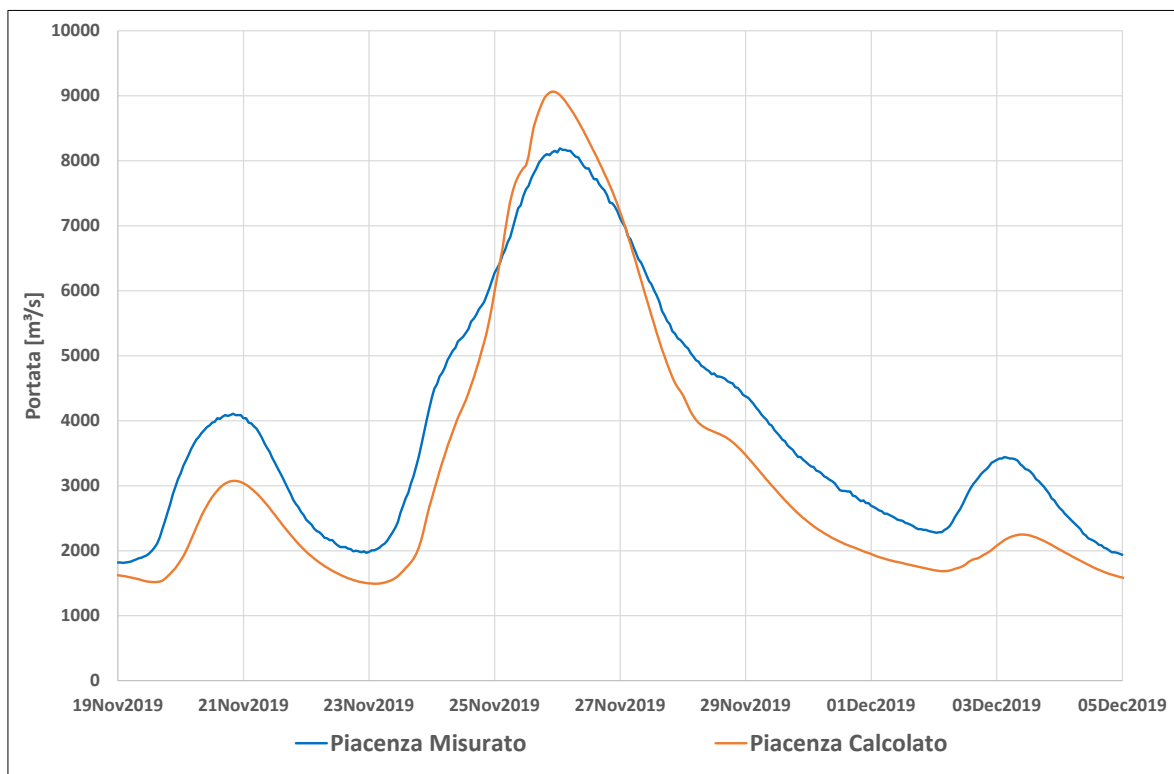


Figura 4.428 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2019

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.321
			Relazione idraulica generale	

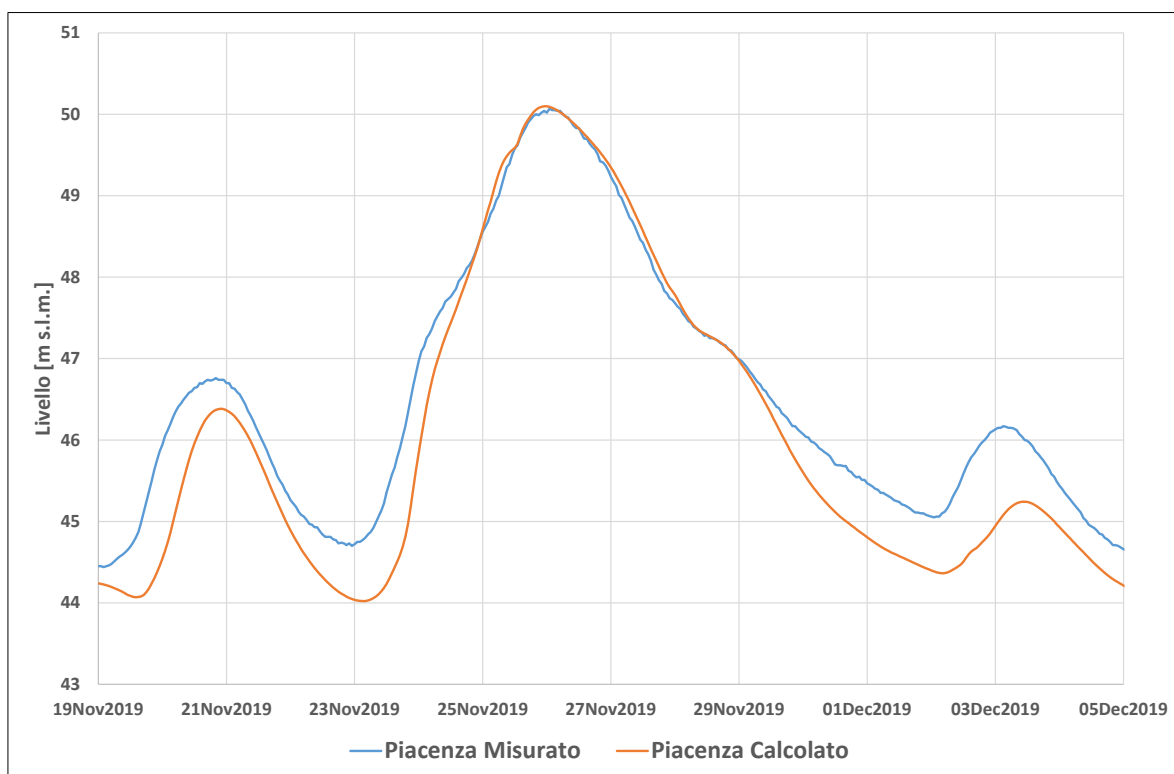


Figura 4.429 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Piacenza per l'evento di piena 2019

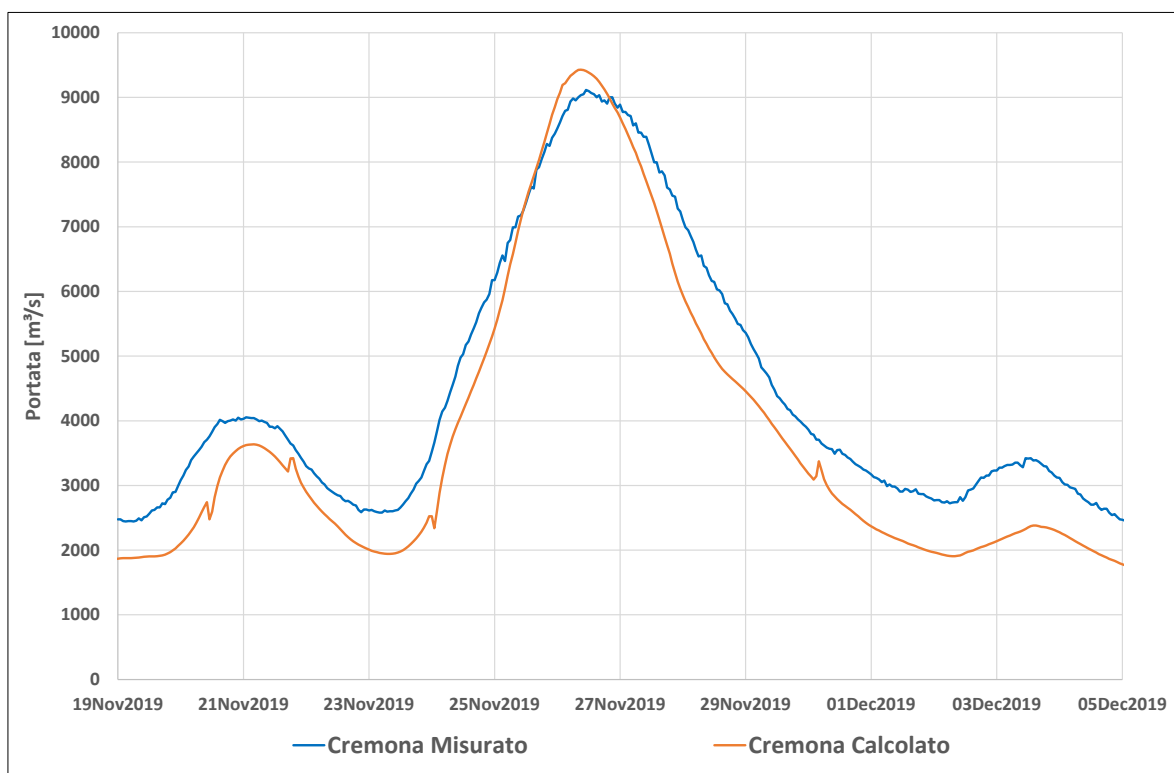


Figura 4.430 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2019

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.322
			Relazione idraulica generale	

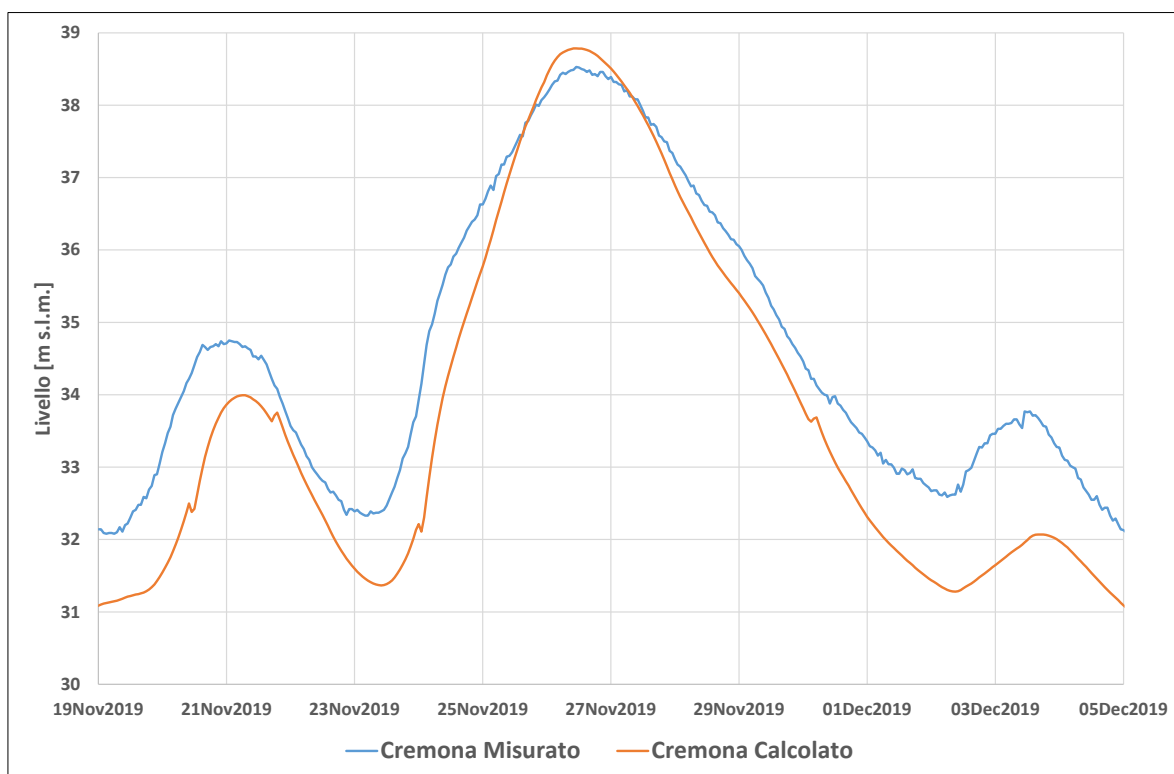


Figura 4.431 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Cremona per l'evento di piena 2019

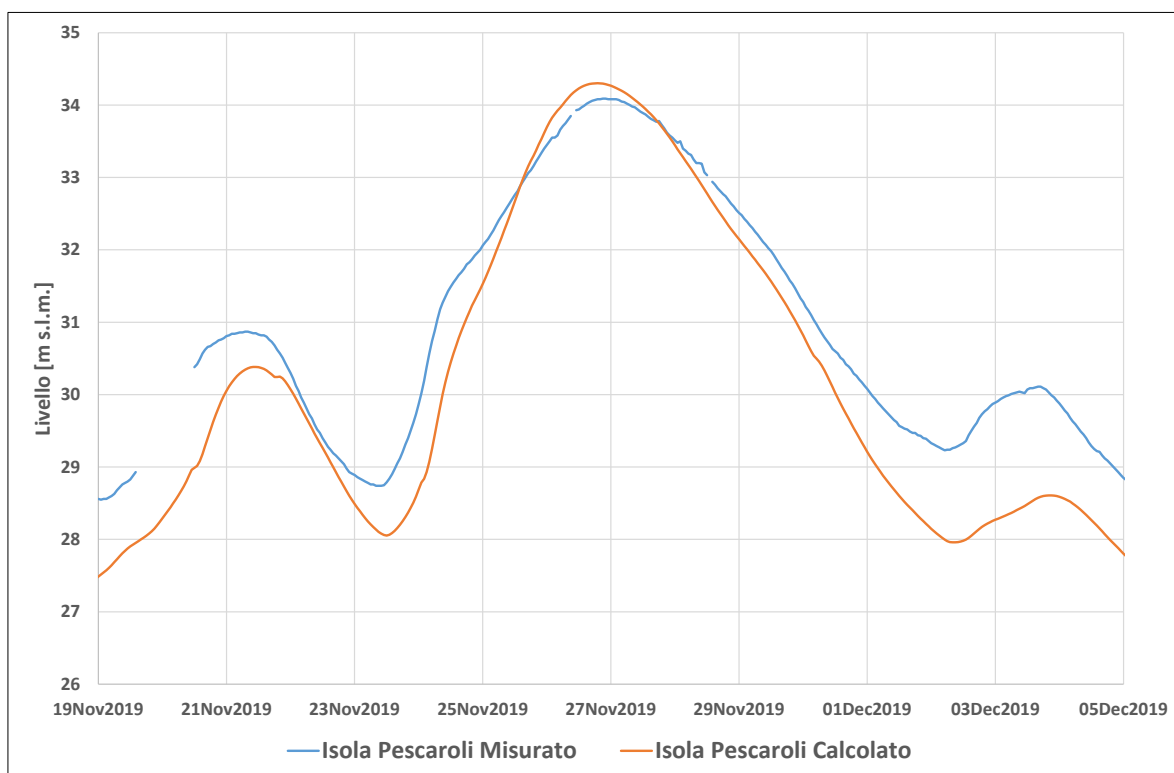


Figura 4.432 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Isola Pescaroli per l'evento di piena 2019

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.323
			Relazione idraulica generale	

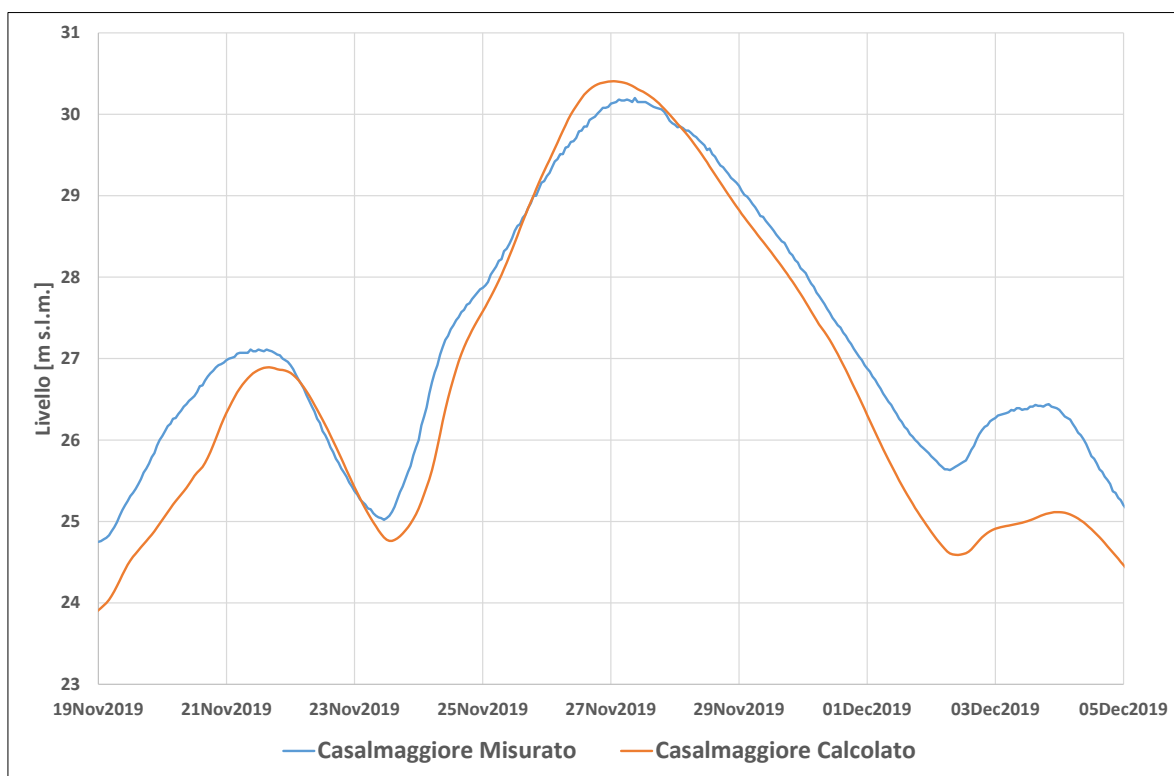


Figura 4.433 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Casalmaggiore per l'evento di piena 2019

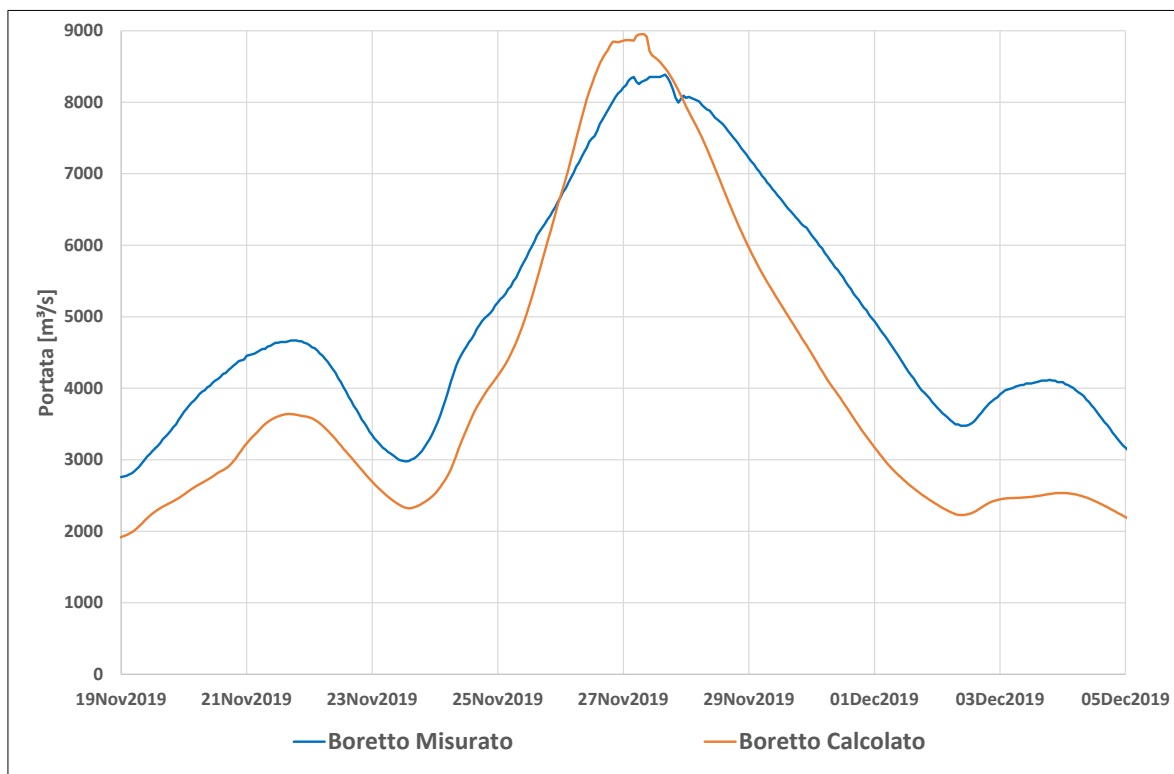


Figura 4.434 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2019

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.324
			Relazione idraulica generale	

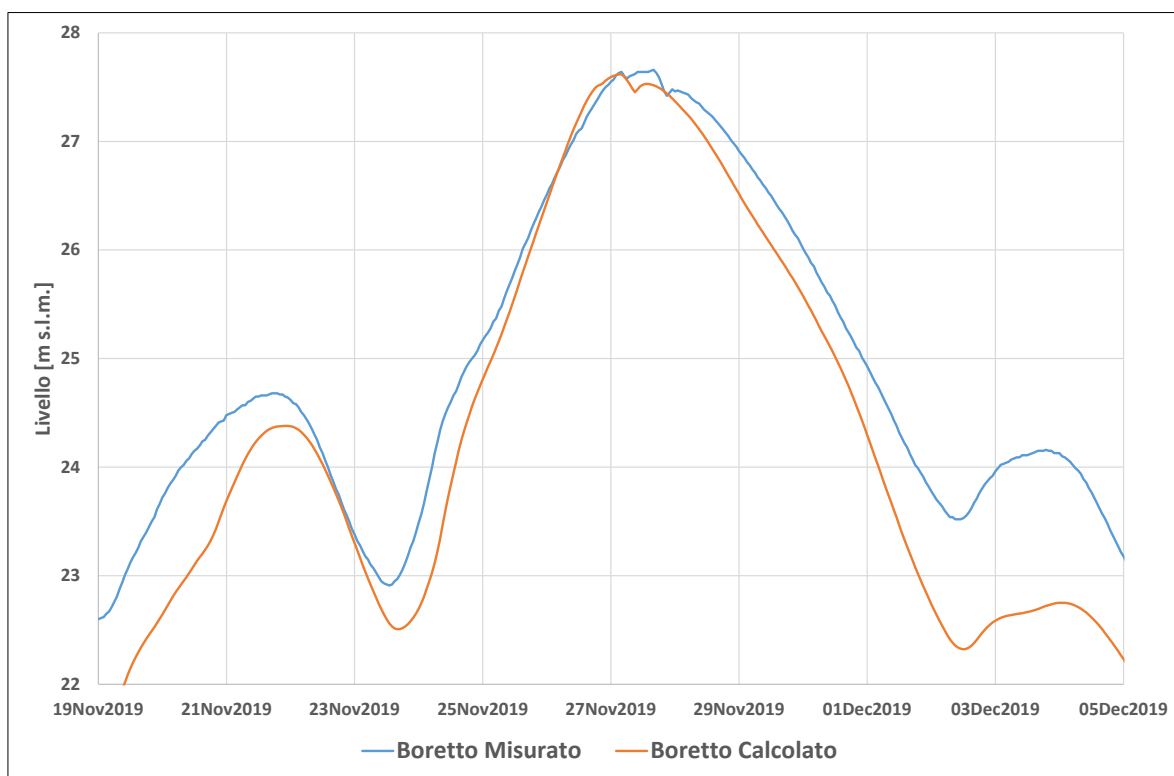


Figura 4.435 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Boretto per l'evento di piena 2019

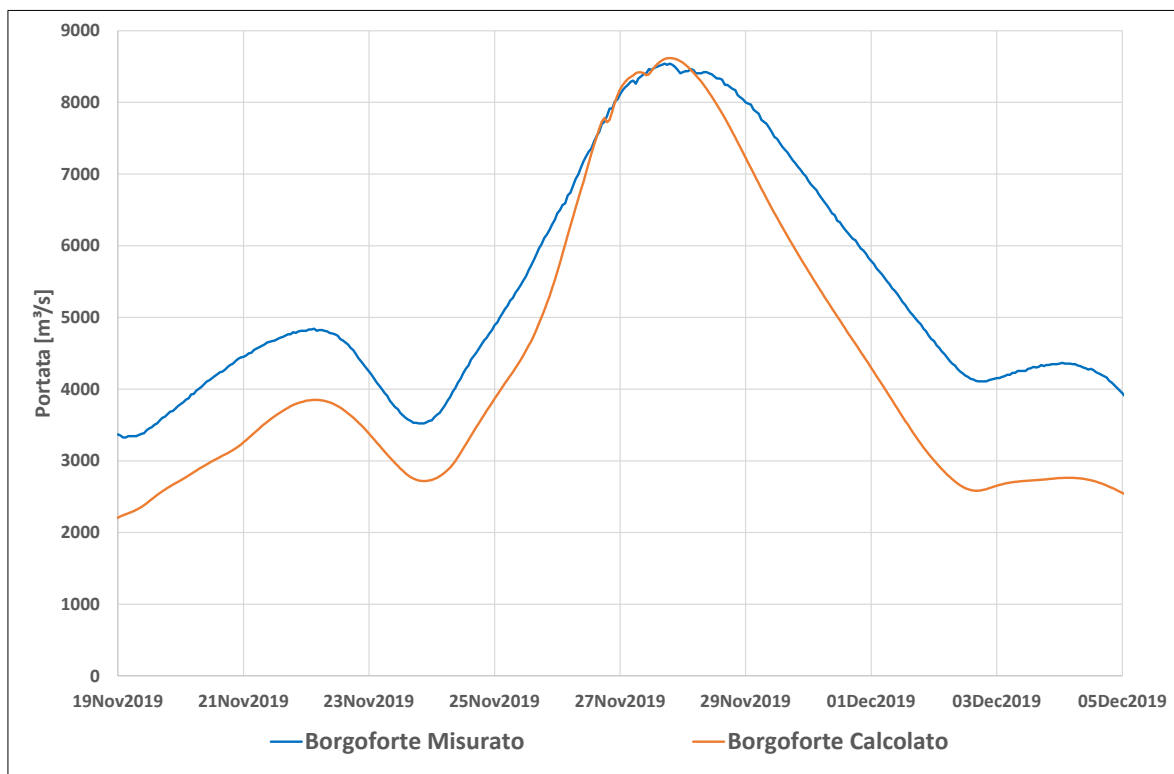


Figura 4.436 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2019

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.325
			Relazione idraulica generale	

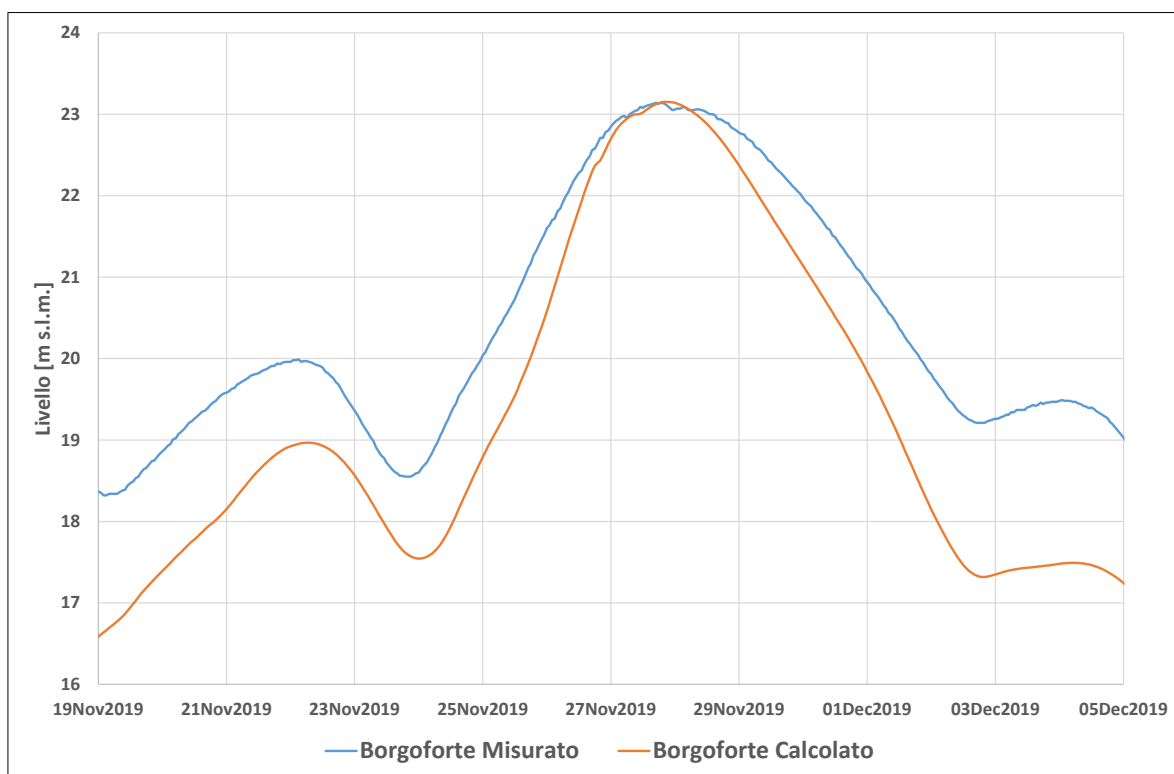


Figura 4.437 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Borgoforte per l'evento di piena 2019

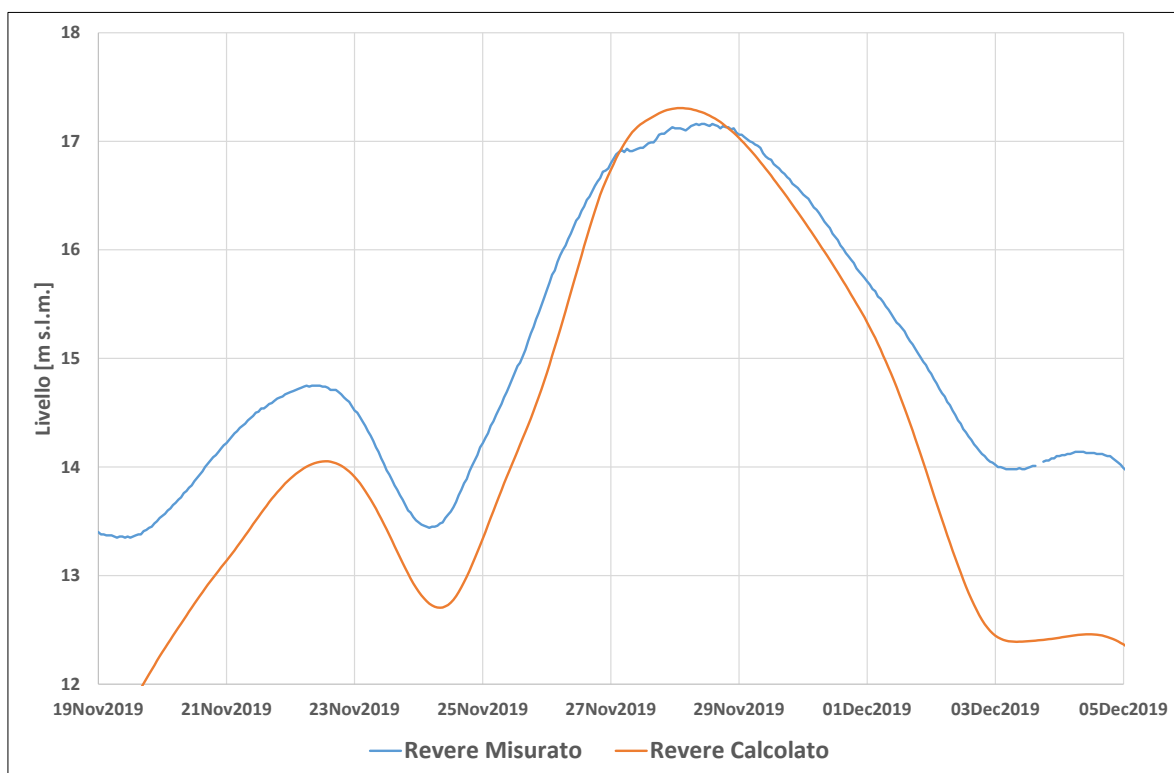


Figura 4.438 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Revere per l'evento di piena 2019

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.326
			Relazione idraulica generale	

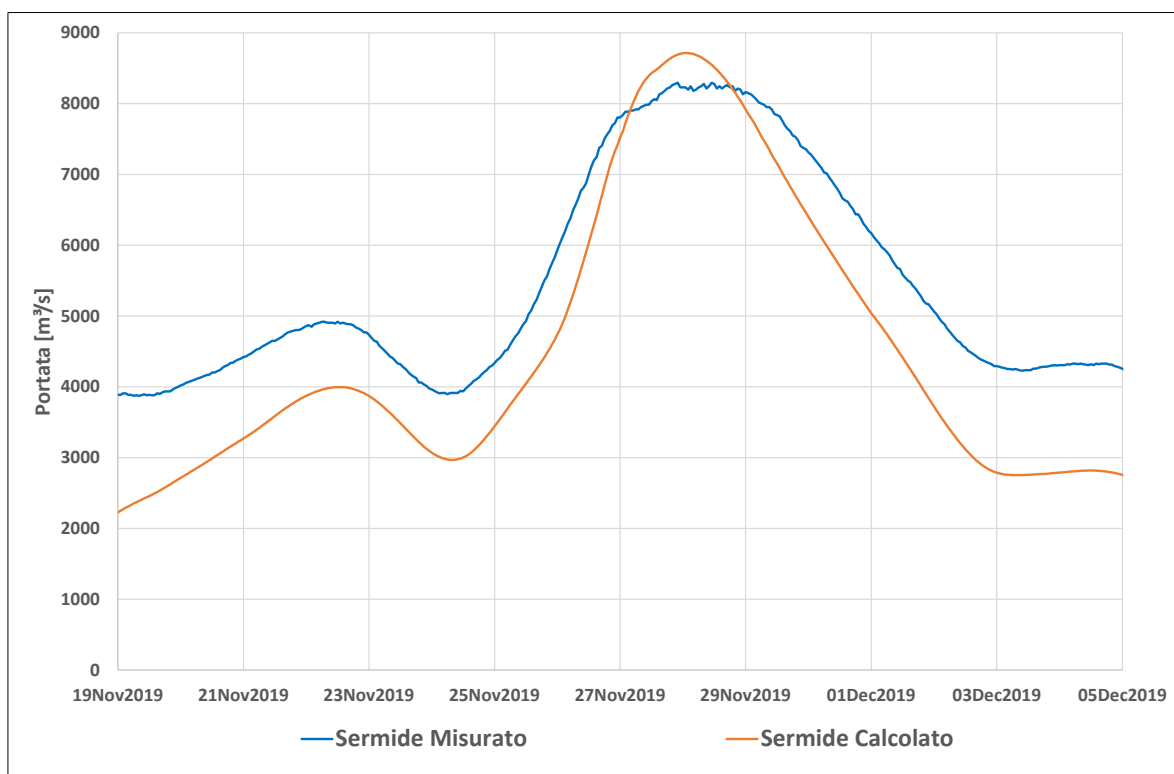


Figura 4.439 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2019

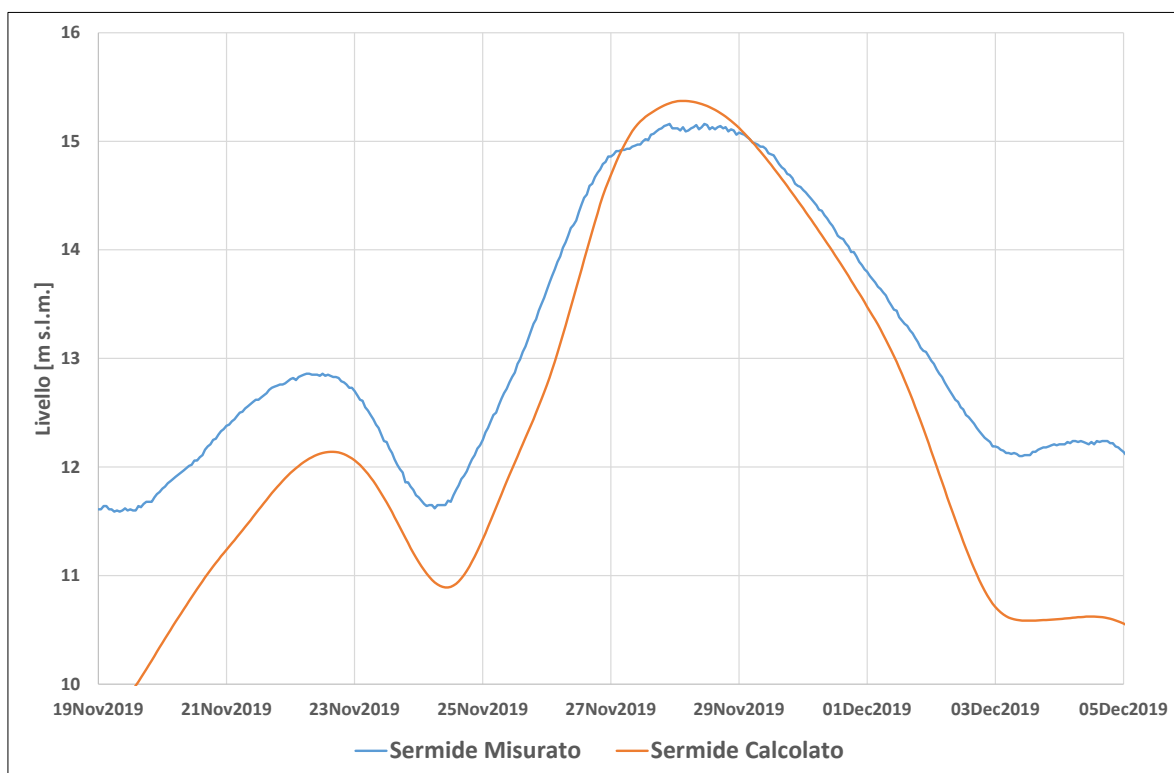


Figura 4.440 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Sermide per l'evento di piena 2019

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.327
			Relazione idraulica generale	

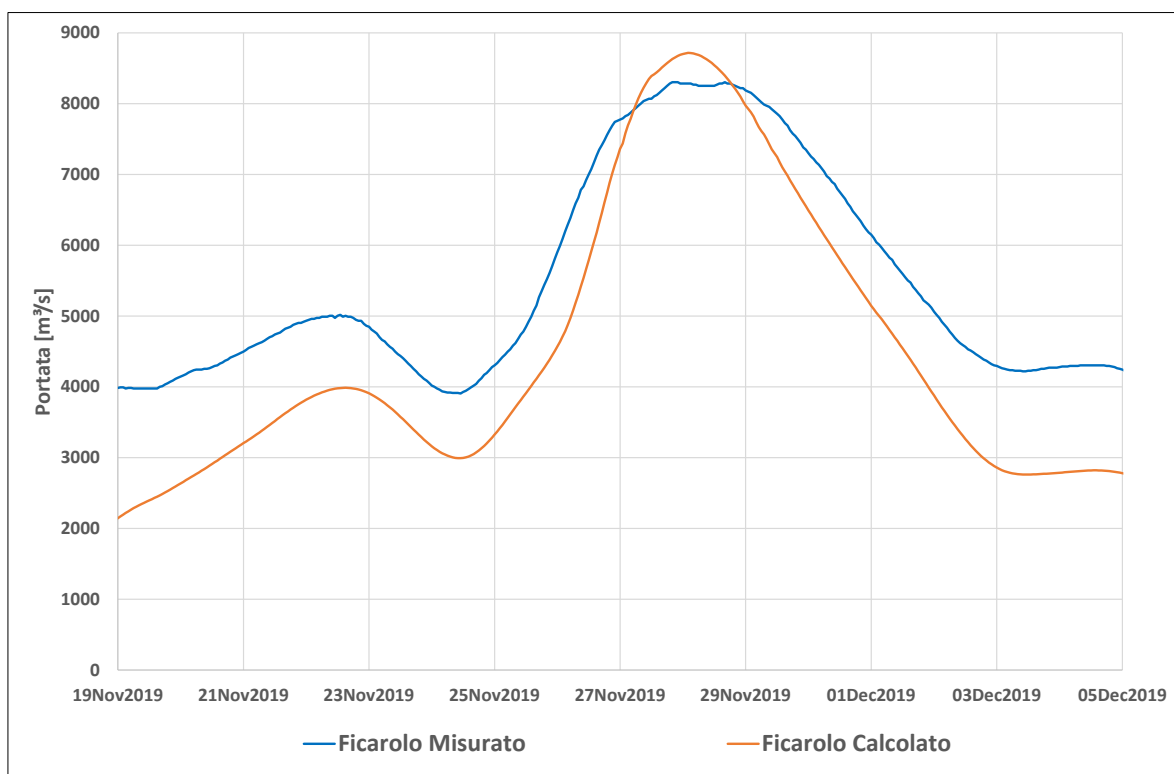


Figura 4.441 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2019

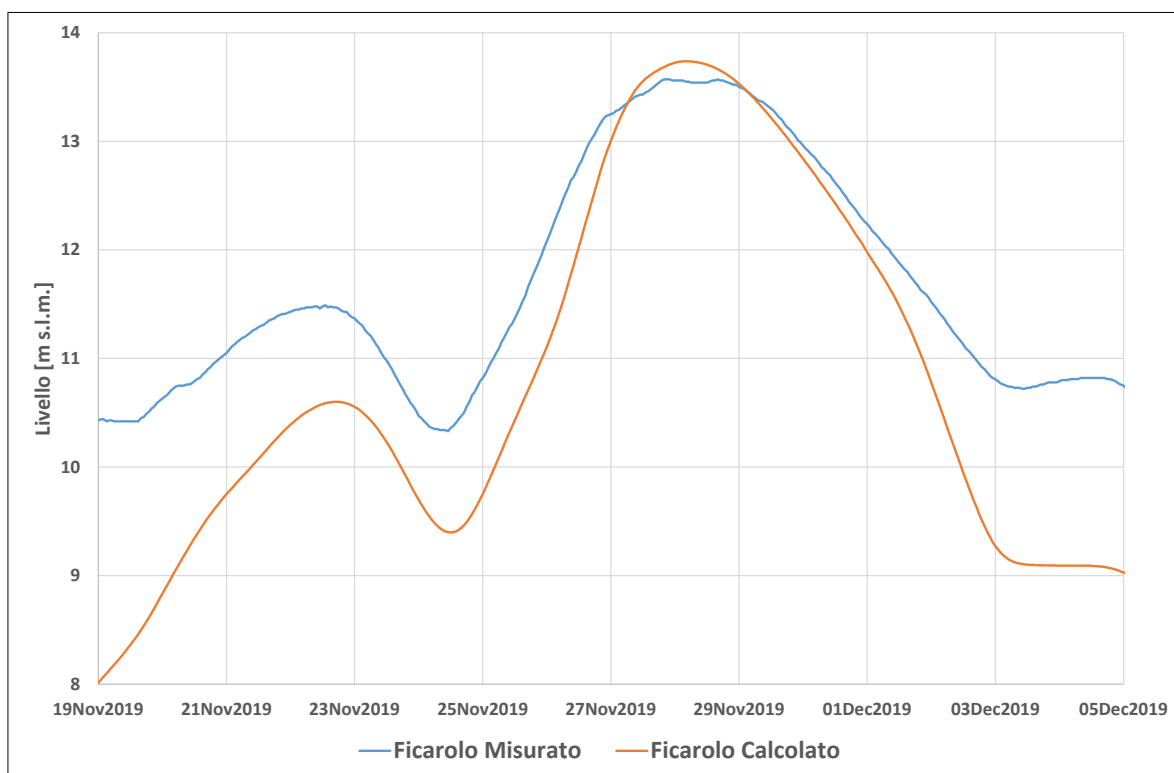


Figura 4.442 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Ficarolo per l'evento di piena 2019

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.328
			Relazione idraulica generale	

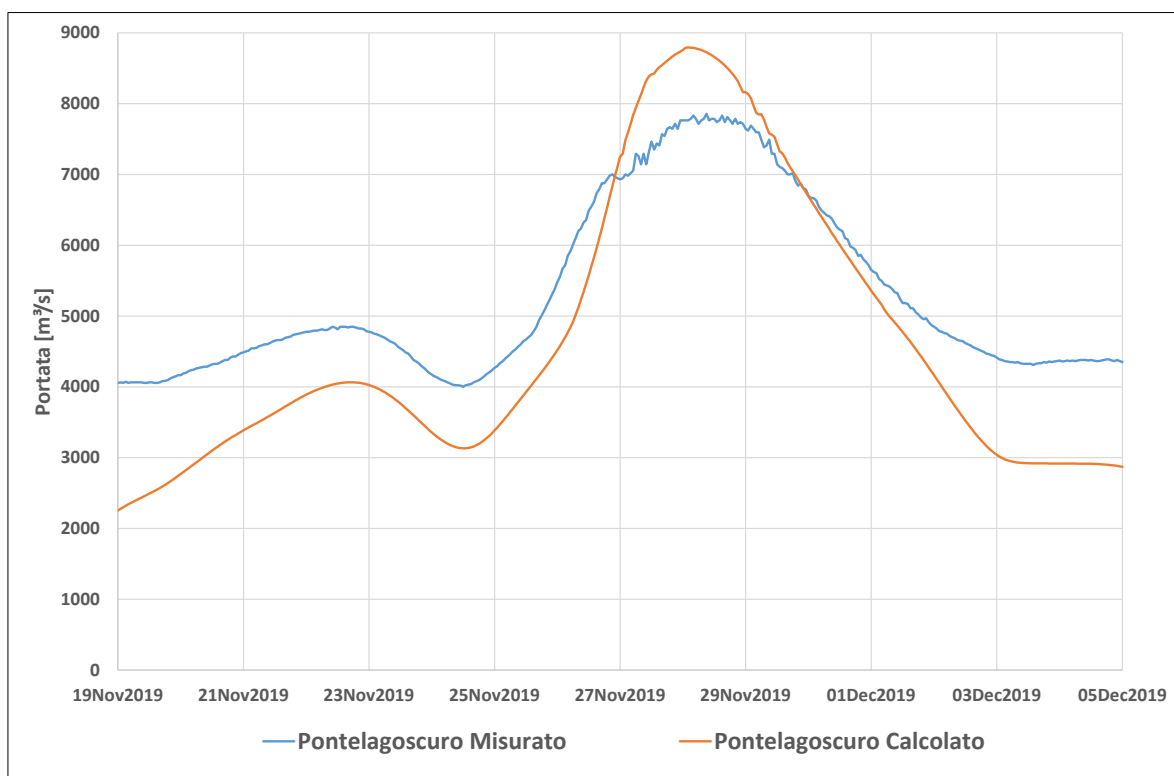


Figura 4.443 – Risultati calibrazione delle portate all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2019

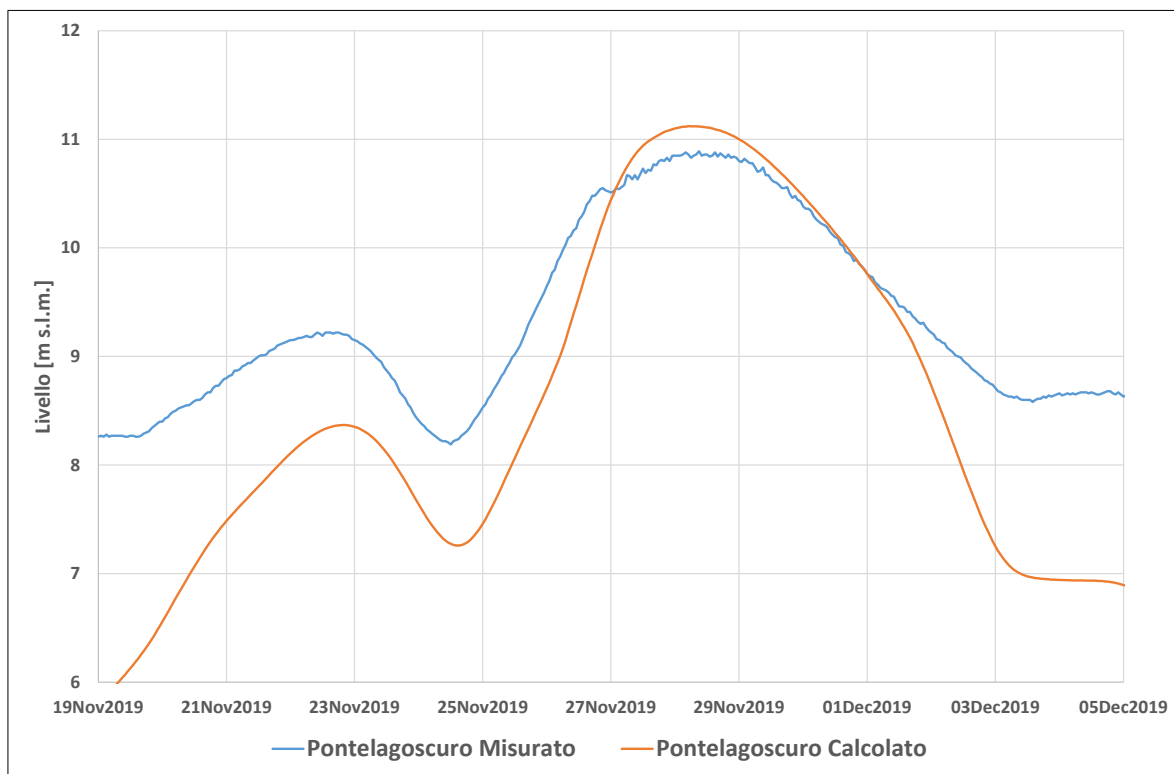


Figura 4.444 – Risultati calibrazione dei livelli all'idrometro di Pontelagoscuro per l'evento di piena 2019

TECHNITAL S.p.A. GRAIA S.r.l. StudioSilva S.r.l. ETATEC Studio Paoletti S.r.l. Binini Partners S.r.l.	Rev. 0	Data: Giugno 2025	Cod. El.: II209P-E20-00-GEN-RG-02-0	Pag. n.329
			Relazione idraulica generale	

5. MODELLAZIONE A FONDO MOBILE

Le modellazioni eseguite, in questa fase di progettazione esecutiva, a supporto della progettazione degli interventi previsti nelle **Schede di priorità 2A e 2B**, sono state derivate dal modello generale di asta e, in alcuni casi, realizzate ad-hoc.

Per i dettagli relativi a tali modelli si rimanda alla Relazione idraulica (IDR-RT-01-0) relativa alle singole Schede.