



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali

Corso di laurea magistrale in Scienze Forestali Ambientali

Ramo Protezione del Territorio

**ANALISI DELL'EROSIONE DI UNA COLATA DETRITICA PER
DIVERSI IDROGRAMMI SOLIDO – LIQUIDI A ROVINA DI
CANCIA (BORCA DI CADORE, BL) IN PRESENZA E ASSENZA
DELLE OPERE DI MITIGAZIONE**

Relatore

Prof. Carlo Gregoretti

Correlatore

Ing. Martino Bernard

Ing. Matteo Barbini

Laureando

Nicola Lorenzini

2023175

ANNO ACCADEMICO 2022/2023

INDICE

PREMESSA	1
1. INTRODUZIONE	3
2. INQUADRAMENTO AREA DI STUDIO	7
2.1. Localizzazione	7
2.2. Descrizione del sito di analisi.....	8
2.2.1. Inquadramento geologico.....	9
2.2.2. Inquadramento meteorologico	11
2.2.3. Descrizione degli eventi storico	14
2.2.4. Descrizione delle opere di mitigazione installate dopo gli eventi del 2009 e 2015	17
3. MODELLO A CELLE PER LA PROPAGAZIONE IDRAULICA DI COLATE DETRICHE ...	21
3.1. Il modello di Gregoretti et al.	21
3.1.1. I modelli a celle	21
3.1.2. Ipotesi ed assunzioni.....	21
3.1.3. Equazioni che governano il moto	22
3.1.4. Schema numerico e condizioni interne ed al contorno.....	23
3.2. I processi con i relativi parametri che controllano la propagazione: resistenza al moto ed i fenomeni di deposito ed erosione.....	25
3.2.1. Resistenza al moto	26
3.2.2. Processi di erosione e deposito	27
3.2.3. Riproduzione dei fenomeni di erosione, deposito e tempistica di propagazione della colata detritica avvenuta a Rovina di Cancia	27
3.3. Influenza della dimensione della griglia sulla simulazione	29
4. REALIZZAZIONE DEGLI IDROGRAMMI SOLIDO – LIQUIDI.....	31
4.1. Determinazione idrogramma liquido mediante modello idrologico di Gregoretti et al. (2016a) e Bernard (2018).....	33
4.2. Idrogramma solido – liquido determinato utilizzando uno ietogramma a blocchi alterni e uno ietogramma a intensità di precipitazione costante.	36
4.3. Idrogramma solido – liquido determinato secondo le linee guida dell’Autorità di bacino.....	39
5. SPIEGAZIONE PLUGIN.....	41
5.1. Area di studio: Rovina di Cancia	41
5.1.1. Analisi preliminari di base	41
5.2. Creazione dei file di input.....	42
5.2.1. Dominio di calcolo	42
5.2.2. Digitalizzazione Uso del suolo e creazione database.....	42
5.2.3. Correzione della base topografica	44
5.2.4. Condizioni al contorno e sezioni intermedie	44

5.2.5.	<i>Idrogramma di input</i>	44
5.3.	File di output	46
5.3.1.	<i>File di output raster</i>	46
5.3.2.	<i>File di output sezioni interne</i>	47
5.4.	Codice Matlab	48
6.	VALUTAZIONE EROSIONI e DEPOSITI ANTE SISTEMAZIONE	51
6.1.	Idrogramma solido – liquido di durata pari al tempo di corrivazione del bacino (15 minuti) 53	
6.1.1.	<i>Idrogramma solido – liquido IC di durata pari al tempo di corrivazione del bacino</i>	53
6.1.2.	<i>Idrogramma solido – liquido BA di durata pari al tempo di corrivazione del bacino</i>	62
6.1.3.	<i>Confronto Idrogramma solido – liquido IC vs Idrogramma solido – liquido BA</i>	70
6.2.	Idrogramma solido – liquido di durata 20 minuti	79
6.2.1.	<i>Idrogramma solido – liquido IC di durata pari a 20 minuti</i>	79
6.2.2.	<i>Idrogramma solido – liquido BA di durata 20 minuti</i>	88
6.2.3.	<i>Confronto Idrogramma solido – liquido IC vs. Idrogramma solido – liquido BA</i>	96
6.3.	Idrogramma solido – liquido di durata 30 minuti	105
6.3.1.	<i>Idrogramma solido – liquido IC di durata 30 minuti</i>	105
6.3.2.	<i>Idrogramma solido liquido BA di durata 30 minuti</i>	114
6.3.3.	<i>Confronto Idrogramma solido – liquido IC vs Idrogramma solido – liquido BA</i>	123
6.4.	Idrogramma solido – liquido di durata 40 minuti	133
6.4.1.	<i>Idrogramma solido – liquido IC di durata 40 minuti</i>	133
6.4.2.	<i>Idrogramma solido – liquido BA di durata 40 minuti</i>	142
6.4.3.	<i>Confronto idrogramma solido – liquido IC vs Idrogramma solido – liquido BA</i>	151
6.5.	Idrogramma solido – liquido di durata 50 minuti	161
6.5.1.	<i>Idrogramma solido – liquido IC di durata 50 minuti</i>	161
6.5.2.	<i>Idrogramma solido – liquido BA di durata 50 minuti</i>	170
6.5.3.	<i>Confronto idrogramma solido – liquido IC vs Idrogramma solido – liquido BA</i>	179
6.6.	Idrogramma solido – liquido di durata 60 minuti	189
6.6.1.	<i>Idrogramma solido – liquido IC di durata 60 minuti</i>	189
6.6.2.	<i>Idrogramma solido – liquido BA di durata 60 minuti</i>	198
6.6.3.	<i>Confronto idrogramma solido – liquido IC vs Idrogramma solido – liquido BA</i>	207
6.7.	Idrogramma solido – liquido di durata pari a 45 minuti	217
7.	VALUTAZIONE EROSIONI DEPOSITI POST SISTEMAZIONE	221
7.1.	Idrogramma solido – liquido di durata pari al tempo di corrivazione del bacino (15 min) .	222
7.1.1.	<i>Idrogramma solido – liquido IC di durata pari al tempo di corrivazione del bacino</i>	222
7.1.2.	<i>Idrogramma solido – liquido BA di durata pari al tempo di corrivazione del bacino</i>	230
7.1.3.	<i>Confronto idrogramma solido – liquido IC vs Idrogramma solido – liquido BA</i>	238

7.2. Idrogramma solido – liquido di durata 20 minuti	247
7.2.1. <i>Idrogramma solido – liquido IC di durata 20 minuti</i>	247
7.2.2. <i>Idrogramma solido – liquido BA di durata pari a 20 minuti</i>	255
7.2.3. <i>Confronto idrogramma solido – liquido IC vs Idrogramma solido – liquido BA</i>	263
7.3. Idrogramma solido – liquido di durata 30 minuti	273
7.3.1. <i>Idrogramma solido – liquido IC di durata 30 minuti</i>	273
7.3.2. <i>Idrogramma solido – liquido BA di durata 30 minuti</i>	281
7.3.3. <i>Confronto Idrogramma solido – liquido IC vs Idrogramma solido – liquido BA</i>	289
7.4. Idrogramma solido – liquido di durata 40 minuti	299
7.4.1. <i>Idrogramma solido – liquido IC di durata 40 minuti</i>	299
7.4.2. <i>Idrogramma solido – liquido BA di durata 40 minuti</i>	307
7.4.3. <i>Confronto idrogramma solido – liquido IC vs Idrogramma solido – liquido BA</i>	315
7.5. Idrogramma solido – liquido di durata 50 minuti	325
7.5.1. <i>Idrogramma solido – liquido IC di durata 50 minuti</i>	325
7.5.2. <i>Idrogramma solido – liquido BA di durata 50 minuti</i>	333
7.5.3. <i>Confronto idrogrammi solido – liquido IC vs Idrogrammi solido – liquido BA</i>	341
7.6. Idrogramma solido – liquido di durata 60 minuti	351
7.6.1. <i>Idrogramma solido – liquido IC di durata 60 minuti</i>	351
7.6.2. <i>Idrogramma solido – liquido BA di durata 60 minuti</i>	359
7.6.3. <i>Confronto idrogramma solido – liquido IC vs Idrogramma solido – liquido BA</i>	367
7.7. Idrogramma solido – liquido di durata 45 minuti	377
8. VALUTAZIONE EROSIONI E DEPOSITI ANTE E POST SISTEMAZIONE IN PRESENZA DI UN COLATA DETRITICA CARICA DI SEDIMENTO	381
8.1. Idrogramma solido – liquido di durata pari al tempo di corrivazione del bacino (15 min) .	382
8.1.1. <i>Idrogramma solido – liquido ante - sistemazione di durata 15 minuti</i>	382
8.1.2. <i>Idrogramma solido – liquido post – sistemazione di durata 15 minuti</i>	391
8.1.3. <i>Confronto idrogramma solido – liquido AS. vs Idrogramma solido – liquido PS.</i>	399
8.2. Idrogramma solido – liquido di durata 30 minuti	409
8.2.1. <i>Idrogramma solido – liquido ante - sistemazione di durata 30 minuti</i>	409
8.2.2. <i>Idrogramma solido – liquido post – sistemazione di durata 30 minuti</i>	418
8.2.3. <i>Confronto idrogramma solido – liquido AS. vs Idrogramma solido – liquido PS.</i>	426
8.3. Idrogramma solido – liquido di durata 60 minuti	435
8.3.1. <i>Idrogramma solido – liquido ante - sistemazione di durata 60 minuti</i>	435
8.3.2. <i>Idrogramma solido – liquido post – sistemazione di durata 60 minuti</i>	444
8.3.3. <i>Confronto idrogramma solido – liquido AS. vs Idrogramma solido – liquido PS.</i>	452
8.4. Idrogramma solido – liquido di durata 45 minuti	461
9. CONFRONTO E DISCUSSIONE DEI RISULTATI	465

9.1. Confronto delle portate	465
9.1.1. Simulazioni con T pari a 15 minuti.....	465
9.1.2. Simulazioni con T pari a 30 minuti.....	473
9.1.3. Simulazione con T pari a 45 minuti.....	480
9.1.4. Simulazioni con T pari a 60 minuti.....	487
9.2. Confronto dei volumi	494
9.2.1. Confronto dei volumi ante - sistemazione	494
9.2.2. Confronto dei volumi post - sistemazione.....	498
10. CONCLUSIONI	503
11. RINGRAZIAMENTI	507
12. BIBLIOGRAFIA	509

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1. Formazione di una colta mediante l’impatto delle componente liquida con quella solida	3
Figura 2. Schema dei processo fisici che generano una colata detritica	4
Figura 3. Distribuzione temporale dei due eventi di precipitazione caratterizzanti il temporale che ha innescato la colata detritica il 18/07/2009 (Gregoretto et al., 2019)	5
Figura 4. Immagine di alcune abitazioni interessate dall’ondata di fango del 18/07/2009	6
Figura 5. Inquadramento area di studio (Google earth), in rosso il territorio comunale di Borca di Cadore	7
Figura 6. Inquadramento di dettaglio dell’area di studio (figura rossa) mediante carta Kompass (Wanderkarte)	8
Figura 7. Carta litostratigrafica del Veneto 1:250000 (Regione Veneto)	9
Figura 8. Tratto a valle del masso ciclopico prima (a) e dopo (b) un evento di colata (Inadef.com)	10
Figura 9. Visione frontale del versante del Monte Antelao dove si incide il canale di Rovina di Cancia. Delimitato in rosso il sottobacino di Salvella, in giallo il sottobacino del Bus del Diau. Il cerchio rosso e bianco rappresenta il pluviometro di Arpav, il cerchio blu rappresenta il luogo dove è stata inserita la briglia frangicolata e la nuovo confluenza con il Bus del Diau. La figura (a) rappresenta la piazza di deposito alta, la figura (b) il bacino di ritenuta posto a monte dell’abitato di Borca, la figura (c) l’area ricca di boulder e la figura (d) il punto in cui si localizza il masso ciclopico (Gregoretto et al, 2019)	11
Figura 10. Localizzazione delle stazioni meteo Arpav rispetto l’area di studio.....	12
Figura 11. Andamento delle temperature medie annuali del periodo 2000 – 2021.....	12
Figura 12. Tabella riassuntiva dei valori medi mensili e annuali dal 2000 al 2021 (Arpav).....	13
Figura 13. Andamento della precipitazione cumulata nel periodo 1994 – 2021	13
Figura 14. Tabella riassuntiva dei valori di precipitazione mensili e annuali dal 1994 al 2021 (Arpav). In giallo sono evidenziati i mesi in cui si sono verificati gli eventi di colata detritica riportati; in grigio invece le precipitazioni massime registrate per ogni anno di analisi.....	14
Figura 15. Comparazione fra deposizione in un conoide naturale (a sinistra) e in un conoide alterato (destra) (appunti D’Agostino).....	16
Figura 16. Briglia frangicolata Sabo dam installata all’interno del Canale di Rovina di Cancia	17
Figura 17. Planimetria di progetto della briglia frangicolato (Bernard et al, 2019)	18
Figura 18. Prospetto nord dell’intervento di sistemazione, l’area trapezoidale posta a destra rappresenta il nuovo punto di immissione del Bus del Diau (Bernard et al, 2019)	18
Figura 19. Planimetria definitiva dell’intervento di sistemazione di Rovina di Cancia (StudioMajone).....	19
Figura 20. Vista da drone della briglia frangicolata e del nuovo punto di immissione del Bus del Diau (StudioMajone)	19
Figura 21. Vista laterale dell’intervento di sistemazione (Il notiziario di Cortina).....	20
Figura 22. La cella (a), le direzioni di deflusso (b) e le connessioni idrauliche (c)	21
Figura 23. Schema di deflusso in pianta (a) e sezione (b).....	24
Figura 24. Schema della propagazione con cella d’entrata (blu) attivata al passo temporale i e celle di propagazione (rosso) attivate ai passi temporali successivi i+1 e i+2.	25
Figura 25. Valori del coefficiente di conduttanza, C, di colate detritiche di laboratorio e reali in funzione della concentrazione volumetrica di sedimento, c.	26
Figura 26. Mappa delle erosioni e depositi osservati (sopra) e simulati (sotto) per l’evento di Rovina di Cancia del 18/07/2009	28
Figura 27. Azione destabilizzante della forza peso del singolo elemento.....	31
Figura 28. Portata Q che scorre su di un letto di sedimento erodendolo (sinistra); volume critico per l’innescò della colata (destra)	31
Figura 29. Confronto tra i valori di portata critica in forma adimensionale secondo le relazioni di Tognacca et al. e Gregoretto e Dalla Fontana (2008) con i valori di picco simulati con il modello idrologico di Gregoretto e Dalla Fontana (2008).....	32
Figura 30. Schema di una colata detritica, che si propaga verso valle	33
Figura 31. Rappresentazione delle precipitazioni mediante uno ietogramma a blocchi alterni, con intervalli di un minuto e degli idrogrammi simulati della portata liquida dei sottobacini del Salvella e del Bus del Diau (Bernard et al., 2019)	36
Figura 32. Idrogramma solido – liquido BA di durata pari al tempo critico di precipitazione (15 minuti) per cui risulta massimo il valore di picco e di concentrazione e rappresentante un corpo e coda della colata liquidi	38
Figura 33. Idrogramma solido – liquido (linea spessa) e dei deflussi superficiali contribuenti alla colata (linea non in spessore) con andamento della concentrazione per il caso dell’idrogramma solido – liquido con volume massimo di deflusso.....	39
Figura 34. Idrogramma solido – liquido per cui risulta massimo il valore di picco e concentrazione volumetrica di sedimento e di durata pari al tempo critico di precipitazione (15 minuti).....	40
Figura 35. Raster delle pendenze dell’area oggetto di studio	41
Figura 36. Ritaglio del DEM alla dimensione dell’area di studio.....	42
Figura 37. Digitalizzazione degli usi del suolo.....	43

Figura 38. Sezioni di ingresso, uscita e di controllo	44
Figura 39. File riportanti l'idrogramma di input di un evento con T pari al tempo di corrivazione del bacino (15 min)	45
Figura 40. Informazioni presenti all'interno dei file di testo riportate su Excel	47
Figura 41. Grafici di output del codice Matlab	48
Figura 42. Grafici di confronto ottenuti mediante il codice Matlab.....	49
Figura 43. Suddivisione del canale in quattro tronconi di analisi	51
Figura 44. Esempio di suddivisione dei tronconi di analisi in tratti.....	52
Figura 45. Idrogramma solido – liquido IC T = Tc.....	53
Figura 46. Idrogramma solido – liquido IC T = Tc – Bus del Diau.....	54
Figura 47. Idrogramma solido – liquido BA T = Tc	62
Figura 48. Idrogramma solido – liquido BA T = Tc – Bus del Diau	62
Figura 49. Confronto portata totale e solida registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 3 del troncone 1.....	71
Figura 50. Confronto portata totale e solida registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 3.....	75
Figura 51. Confronto portata totale e solida registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 4.....	78
Figura 52. Idrogramma solido – liquido T = 20 min - Intensità Costante.....	79
Figura 53. Idrogramma solido – liquido T = 20 min Bus del Diau – Intensità Costante	79
Figura 54. Idrogramma solido – liquido T = 20 min – Blocchi Alterni	88
Figura 55. Idrogramma solido – liquido T = 20 min Bus del Diau – Blocchi Alterni	88
Figura 56. Confronto portata totale e solida registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 3 del troncone 1.....	97
Figura 57. Confronto portata totale e solida registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 3.....	101
Figura 58. Confronto portata totale e solida registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 4.....	104
Figura 59. Idrogramma solido – liquido IC T = 30 min.....	105
Figura 60. Idrogramma solido – liquido IC T = 30 min Bus del Diau	105
Figura 61. Idrogramma solido – liquido BA T = 30 min	114
Figura 62. Idrogramma solido – liquido BA T = 30 min Bus del Diau	114
Figura 63. Confronto portata totale e solida registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 3 del troncone 1.....	125
Figura 64. Confronto portata solida e totale registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 3.....	129
Figura 65. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 4.....	132
Figura 66. Idrogramma solido – liquido IC T = 40 min.....	133
Figura 67. Idrogramma solido – liquido IC T = 40 min Bus del Diau	133
Figura 68. Idrogramma solido – liquido BA T = 40 min	142
Figura 69. Idrogramma solido – liquido BA T = 40 min Bus del Diau	142
Figura 70. Confronto portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 3 del troncone 1	153
Figura 71. Confronto portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi poste nel tratto 1 del troncone 3	157
Figura 72. Confronto portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 4	160
Figura 73. Idrogramma solido – liquido IC T = 50 min.....	161
Figura 74. Idrogramma solido – liquido IC T = 50 min Bus del Diau.....	161
Figura 75. Idrogramma solido – liquido BA T = 50 min	170
Figura 76. Idrogramma solido – liquido BA T = 50 min Bus del Diau	170
Figura 77. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 3 del troncone 1.....	181
Figura 78. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 3.....	185
Figura 79. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi inserita nel tratto 1 del troncone 4	188
Figura 80. Idrogramma solido – liquido IC T = 60 min.....	189
Figura 81. Idrogramma solido – liquido IC T = 60 min Bus del Diau	189
Figura 82. Idrogramma solido – liquido BA T = 60 min	198
Figura 83. Idrogramma solido – liquido BA T = 60 min Bus del Diau	198
Figura 84. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 3 del troncone 1.....	209
Figura 85. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 3.....	213
Figura 86. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 4.....	216
Figura 87. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 3 del troncone 1.....	218
Figura 88. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 2.....	218
Figura 89. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 3.....	219
Figura 90. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 4.....	219
Figura 91. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 3 del troncone 1.....	239
Figura 92. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta a monte della briglia filtrante presente nel troncone 2	242

Figura 93. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta a valle della briglia filtrante presente nel troncone 2	242
Figura 94. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 2 del troncone 3	244
Figura 95. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 4	246
Figura 96. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 3 del troncone 1	264
Figura 97. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta a monte della briglia filtrante	267
Figura 98. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta a valle della briglia filtrante	267
Figura 99. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 2 del troncone 3	269
Figura 100. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 4	272
Figura 101. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 2 del troncone 1	290
Figura 102. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta a monte della briglia filtrante	293
Figura 103. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta a valle della briglia filtrante	293
Figura 104. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 2 del troncone 3	295
Figura 105. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi poste nel tratto 1 del troncone 4	298
Figura 106. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 2 del troncone 1	316
Figura 107. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta a monte della briglia filtrante	319
Figura 108. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta a valle della briglia filtrante	319
Figura 109. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 2 del troncone 3	321
Figura 110. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 4	324
Figura 111. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 2 del troncone 1	342
Figura 112. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta a monte della briglia filtrante	345
Figura 113. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta a valle della briglia filtrante	345
Figura 114. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 2 del troncone 3	347
Figura 115. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 4	350
Figura 116. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 2 del troncone 1	368
Figura 117. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta a monte delle briglia filtrante	371
Figura 118. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta a valle della briglia filtrante	371
Figura 119. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto e del troncone 3	373
Figura 120. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 4	376
Figura 121. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 3 del troncone 1	378
Figura 122. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta a monte delle briglia filtrante	378
Figura 123. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta a valle delle briglia filtrante	378
Figura 124. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 2 del troncone 3	379
Figura 125. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 4	379
Figura 126. Idrogramma solido – liquido BA T = Tc	382
Figura 127. Idrogramma solido – liquido BA T = Tc	382
Figura 128. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 3 del troncone 1	400
Figura 129. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel troncone 2	402
Figura 130. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 2 del troncone 3	404
Figura 131. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 4	406
Figura 132. Confronto della variazione di volume netta delle due simulazioni di durata pari al tempo di corrivazione del bacino	406
Figura 133. Confronto delle curve cumulate del volume di materiale smosso dal fenomeno di colata detritica	407
Figura 134. Idrogramma solido – liquido BA T = 30 min	409
Figura 135. Idrogramma solido – liquido BA T = 30 min Bus del Diau	409
Figura 136. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel troncone 1	427
Figura 137. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel troncone 2	429
Figura 138. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel troncone 3	431
Figura 139. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi poste nel tratto 1 del troncone 4	433
Figura 140. Confronto della variazione netta di volume ante – sistemazione e post - sistemazione	433
Figura 141. Confronto delle due curve cumulate individuate dalla simulazione ante – sistemazione e post - sistemazione	434
Figura 142. Idrogramma solido – liquido BA T = 60 min	435
Figura 143. Idrogramma solido – liquido BA T = 60 min – Bus del Diau	435
Figura 144. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel troncone 1	453
Figura 145. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel troncone 2	455
Figura 146. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel troncone 3	457

Figura 147. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 4.....	459
Figura 148. Confronto delle variazioni di volume netta ante – sistemazione e post- sistemazione – T = 60 min.....	459
Figura 149. Confronto volume cumulato ante – sistemazione e post – sistemazione - T = 60 min.....	460
Figura 150. Idrogramma solido – liquido BA T = 45 min.....	461
Figura 151. Idrogramma solido – liquido BA T = 45 min – Bus del Diau.....	461
Figura 152. Confronto delle variazioni di volume netta ante – sistemazione e post- sistemazione – T = 45 min.....	462
Figura 153. Confronto volume cumulato ante – sistemazione e post – sistemazione - T = 45 min.....	462
Figura 154. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel troncone 1.....	463
Figura 155. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel troncone 2.....	463
Figura 156. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel troncone 3.....	464
Figura 157. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel troncone 4.....	464
Figura 158. Confronto delle portate registrate dalle sezioni presenti all’interno del canale nella situazione ante - sistemazione.....	466
Figura 159. Confronto delle portate registrate dalle sezioni presenti all’interno del canale nella situazione ante – sistemazione. Per AB si intende le simulazioni determinate secondo le linee guida dell’Autorità di Bacino.....	466
Figura 160. Confronto delle portate ante – sistemazione registrate dalla sezione 2 – AS.....	467
Figura 161. Confronto delle portate ante – sistemazione registrate dalla sezione 3 – AS.....	467
Figura 162. Confronto delle portate ante – sistemazione registrate dalla sezione 4 – AS.....	468
Figura 163. Confronto delle portate ante – sistemazione registrate dalla sezione 6 – AS.....	468
Figura 164. Confronto delle portate registrate dalle sezioni presenti all’interno del canale nella situazione post – sistemazione per T = 15 minuti.....	469
Figura 165. Confronto delle portate registrate dalle sezioni presenti all’interno del canale nella situazione post – sistemazione per T = 15 minuti. Per AB si intende le simulazioni determinate secondo le linee guida dell’Autorità di Bacino.....	469
Figura 166. Confronto delle portate registrate dalla sezione 1 – PS.....	470
Figura 167. Confronto delle portate registrate dalla sezione 2 – PS.....	470
Figura 168. Confronto delle portate registrate dalla sezione 4 – PS.....	470
Figura 169. Confronto delle portate registrate dalla sezione 5 – PS.....	471
Figura 170. Confronto delle portate registrate dalla sezione 7 - PS.....	471
Figura 171. Confronto delle portate ante e post – sistemazione registrate dalle sezioni poste nel troncone 3.....	472
Figura 172. Confronto delle portate ante e post – sistemazione registrate dalle sezioni poste nel troncone 4.....	472
Figura 173. Confronto delle portate registrate dalle sezioni presenti all’interno del canale nella situazione ante – sistemazione per T = 30 min.....	473
Figura 174. Confronto delle portate registrate dalle sezioni presenti all’interno del canale nella situazione ante – sistemazione AB per T = 30 min.....	473
Figura 175. Confronto delle portate registrate dalla sezione 2 - AS.....	474
Figura 176. Confronto delle portate registrate dalla sezione 3 – AS.....	474
Figura 177. Confronto delle portate registrate dalla sezione 4 – AS.....	475
Figura 178. Confronto delle portate registrate dalla sezione 6 – AS.....	475
Figura 179. Confronto delle portate registrate dalle sezioni presenti all’interno del canale nella situazione post – sistemazione per T = 30 min.....	476
Figura 180. Confronto delle portate registrate dalle sezioni presenti all’interno del canale nella situazione post – sistemazione AB per T = 30 min.....	476
Figura 181. Confronto delle portate registrate dalla sezione 1 – PS.....	477
Figura 182. Confronto delle portate registrate dalla sezione 2 – PS.....	477
Figura 183. Confronto delle portate registrate dalla sezione 4 – PS.....	477
Figura 184. Confronto delle portate registrate dalla sezione 5 – PS.....	478
Figura 185. Confronto delle portate registrate dalla sezione 7 – PS.....	478
Figura 186. Confronto delle portate ante e post – sistemazione registrate dalle sezioni poste nel troncone 3 per T = 30 min.....	479
Figura 187. Confronto delle portate ante e post – sistemazione registrate dalle sezioni poste nel troncone 4 per T = 30 min.....	479
Figura 188. Confronto delle portate registrate dalle sezioni presenti all’interno del canale nella situazione ante – sistemazione per T = 45 min.....	480
Figura 189. Confronto delle portate registrate dalle sezioni presenti all’interno del canale nella situazione ante – sistemazione AB per T = 45 min.....	480
Figura 190. Confronto delle portate registrate dalla sezione 2 – AS.....	481
Figura 191. Confronto delle portate registrate dalla sezione 3 – AS.....	481
Figura 192. Confronto delle portate registrate dalla sezione 4 – AS.....	482

Figura 193. Confronto delle portate registrate dalla sezione 6 – AS.....	482
Figura 194. Confronto delle portate registrate dalle sezioni presenti all'interno del canale nella situazione post – sistemazione per T = 45 min	483
Figura 195. Confronto delle portate registrate dalle sezioni presenti all'interno del canale nella situazione post – sistemazione AB per T = 45 min.....	483
Figura 196. Confronto delle portate registrate dalla sezione 1 – PS	484
Figura 197. Confronto delle portate registrate dalla sezione 2 – PS	484
Figura 198. Confronto delle portate registrate dalla sezione 4 – PS	484
Figura 199. Confronto delle portate registrate dalla sezione 5 – PS	485
Figura 200. Confronto delle portate registrate dalla sezione 7 – PS	485
Figura 201. Confronto delle portate ante e post – sistemazione registrate dalle sezioni poste nel troncone 3 per T = 45 min .	486
Figura 202. Confronto delle portate ante e post – sistemazione registrate dalle sezioni poste nel troncone 4 per T = 45 min .	486
Figura 203. Confronto delle portate registrate dalle sezioni presenti all'interno del canale nella situazione ante – sistemazione per T = 60 min	487
Figura 204. Confronto delle portate registrate dalle sezioni presenti all'interno del canale nella situazione ante – sistemazione AB per T = 60 min.....	487
Figura 205. Confronto delle portate registrate dalla sezione 2 – AS.....	488
Figura 206. Confronto delle portate registrate dalla sezione 3 – AS.....	488
Figura 207. Confronto delle portate registrate dalla sezione 4 – AS.....	489
Figura 208. Confronto delle portate registrate dalla sezione 6 – AS.....	489
Figura 209. Confronto delle portate registrate dalle sezioni presenti all'interno del canale nella situazione post – sistemazione per T = 60 min	490
Figura 210. Confronto delle portate registrate dalle sezioni presenti all'interno del canale nella situazione post – sistemazione AB per T = 60 min.....	490
Figura 211. Confronto delle portate registrate dalla sezione 1 – PS	491
Figura 212. Confronto delle portate registrate dalla sezione 2 – PS	491
Figura 213. Confronto delle portate registrate dalla sezione 4 – PS	492
Figura 214. Confronto delle portate registrate dalla sezione 5 – PS	492
Figura 215. Confronto delle portate registrate dalla sezione 7 – PS	492
Figura 216. Confronto delle portate ante e post – sistemazione registrate dalle sezioni poste nel troncone 3 per T = 60 min .	493
Figura 217. Confronto delle portate ante e post – sistemazione registrate dalle sezioni poste nel troncone 4 per T = 45 min .	494
Figura 218. Confronto dei volumi cumulati simulati con idrogramma solido – liquido IC.....	495
Figura 219. Confronto dei volumi cumulati simulati con idrogramma solido – liquido BA	495
Figura 220. Confronto dei volumi cumulati simulati con idrogramma solido – liquido AB (Autorità di bacino). Per AS si intende la situazione ante - sistemazione.....	495
Figura 221. Confronto dei volumi cumulati IC e AB per durate di precipitazione pari a 15 e 30 minuti	496
Figura 222. Confronto dei volumi cumulati IC e AB per durate di precipitazione pari a 45 e 60 minuti	497
Figura 223. Confronto dei volumi cumulati AB e BA per durate di precipitazione pari a 15 e 30 minuti.....	497
Figura 224. Confronto dei volumi cumulati AB e BA per durate di precipitazione pari a 45 e 60 minuti.....	498
Figura 225. Confronto dei volumi cumulati simulati con idrogramma solido – liquido IC.....	499
Figura 226. Confronto dei volumi cumulati simulati con idrogramma solido – liquido BA	499
Figura 227. Confronto dei volumi cumulati simulati con idrogramma solido – liquido AB (Autorità di bacino). Per PS si intende la situazione in presenza delle opere di mitigazione	499
Figura 228. Confronto dei volumi cumulati IC e AB per durate di precipitazione pari a 15 e 30 minuti	500
Figura 229. Confronto dei volumi cumulati IC e AB per durate di precipitazione pari a 45 e 60 minuti	501
Figura 230. Confronto dei volumi cumulati AB e BA per durate di precipitazione pari a 15 e 30 minuti.....	501
Figura 231. Confronto dei volumi cumulati AB e BA per durate di precipitazione pari a 45 e 60 minuti.....	502

PREMESSA

All'alba del 18 luglio 2009 una colata detritica innescata da un temporale, composto da due celle ritardate, ha interessato il bacino idrografico di Salvella e del Bus del Diau, mobilitando circa 54.500 m³ di materiale.

La colata ha raggiunto l'abitato dell'ex – villaggio ENI e Borca di Cadore, danneggiando edifici ed infrastrutture, causando anche 2 vittime. A seguito di questo ed altri eventi un finanziamento della Regione Veneto ha previsto la redazione di un progetto per la riduzione del rischio idrogeologico, mediante la realizzazione di alcune opere di mitigazione.

L'obiettivo di questo elaborato è quello di analizzare i fenomeni di erosioni e deposito lungo l'asta di Rovina di Cancia simulando una colata utilizzando tre diversi tipi di idrogrammi solido-liquidi corrispondenti a ietogrammi di precipitazione a blocchi alterni e costanti ottenuti dalla linea segnalatrice di possibilità pluviometrica per un tempo di ritorno di 300 anni. Per entrambi gli ietogrammi si è utilizzato un volume di sedimento minimo corrispondente ad un fronte solido-liquido seguito da un corpo liquido, mentre per il solo ietogramma a blocchi alterni si è considerato anche il volume di sedimento massimo previsto dalla normativa vigente. Per costruire gli ietogrammi si sono considerate durate di precipitazione di 15, 20, 30, 40, 45, 50 e 60 minuti per un totale di 18 idrogrammi solido-liquidi (gli idrogrammi solido-liquidi secondo normativa sono stati determinati con gli ietogrammi di durata 15, 30, 45 e 60 minuti). Le simulazioni sono state eseguite in assenza e presenza delle opere di mitigazione presenti sul canale, per un totale di 36, al fine di valutarne l'efficacia.

Le simulazioni sono svolte con il modello "DFRM", sviluppato da Gregoretti et al. (2019) e i dati di partenza sono stati rilevati, ricavati ed elaborati dal Prof. Gregoretti e dal suo gruppo di studio, in collaborazione con l'autore di questo elaborato.

Erosioni e depositi sono analizzate mediante file raster sia dal punto di vista visivo che quantitativo avvalendosi del software QGIS. L'analisi viene integrata graficamente e analiticamente mediante un codice sviluppato su MATLAB.

ABSTRACT

On July 18th, 2009, a debris flow triggered by a storm, composed of two delayed cells, affected the basin of Salvella Fork and Bus del Diau, mobilizing approximately 54.500 m³ of debris materials.

The debris flow reached the ex – ENI village and the inhabited area of Borca di Cadore, also damaging build, infrastructure and causing 2 fatalities. After this and other events, Veneto region planned the construction of a series of mitigation works to reduce the hydrogeological risk in this area.

The aim of this thesis is the analysis of the erosion and deposit phenomena along the Rovina di Cancia channel course by simulating a debris flow using three different input solid-liquid hydrographs obtained using hyetograms of two kinds: alternate blocks and constant. The hyetograms were obtained using the rainfall depth-duration frequency curve corresponding to a return period of 300 years. For both the hyetograms the minimum sediment volume corresponding to a solid-liquid front followed by a water body was used. In the case of the alternate block hyetograph the maximum sediment volume according to the Design Regulation, was also used. The rainfall durations of 15, 20, 30, 40, 45, 50 and 60 minutes have been considered with 18 solid-liquid hydrographs (the solid-liquid hydrographs corresponding to the Design Regulation were computed for the durations 15, 30, 45 and 60 minutes). The simulations were carried out without and with control works, 36 in total, to estimate the performance of works in mitigating debris flows.

The hydraulic simulations are carried out with the “DFRM” model, developed by Gregoretti et al. (2019). The input data were collected, obtained and processed by Prof. Gregoretti and his research group, in collaboration with the author.

The analysis of erosions and deposits is done by analyzing the raster file with the software QGIS. The analysis is integrated graphically and analytically through a code developed on MATLAB.

1. INTRODUZIONE

Le colate detritica sono dei fenomeni frequenti in molte località delle Alpi italiane ed in altre parti del mondo, dove si presenta un contesto geologico molto simile. A causa del loro elevato potere distruttivo, i debris flow possono comportare enormi impatti a livello socioeconomico.

La colata detritica è una corrente solido – liquida che si propaga con velocità elevata sia in canali incisi sui versanti, che sulla superficie del versante stesso. La colata a luogo quando una corrente liquida (generalmente generata da un evento di precipitazione intenso) interagisce con un deposito detritico andandolo a mobilizzare. L'inglobamento di una grande quantità di materiale porta alla formazione di una corrente solido – liquida, che si propaga da monte verso valle.

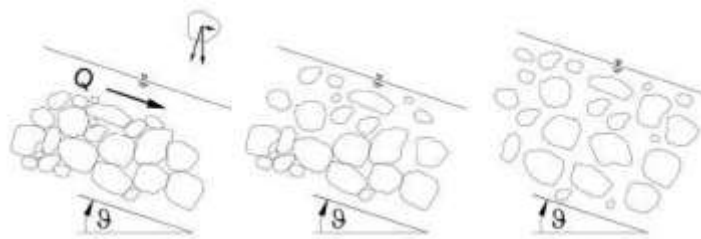


Figura 1. Formazione di una colata mediante l'impatto delle componenti liquida con quella solida

Il fenomeno di colata detritica può venire inquadrato a metà tra una piena d'acqua ed una frana o una loro combinazione. Generalmente le colate si generano in presenza di pendenze superiori ai 16° (30%). Per completezza si riporta, che i corsi d'acqua torrentizi, che quelli di pianura, caratterizzati da inclinazione del canale inferiori a 10° , durante un piena, la corrente liquida movimentata il sedimento presente sul fondo, che viene trasportato a contatto con il fondo (quello più grossolano) o in sospensione (quello più fine). In una frana, invece, un intero strato di sedimento soggetto a deflusso sotto superficiale diviene instabile e scende verso valle; arrestandosi quando l'attrito tra il materiale e la superficie su cui si muove diviene superiore alla componente della forza peso nella direzione di movimento. Nel caso di un'onda di piena la corrente liquida raccoglie un quantitativo di materiale, che di norma è pari al 10% del suo volume liquido, mentre, nel caso di un evento franoso è la componente solida ad essere prevalente rispetto a quella liquida. Invece, nella colata detritica i volumi solido e liquidi hanno entità comparabili ed il loro rapporto varia tra 0,5 e 1,5. Il materiale si disperde lungo tutta l'altezza della corrente per cui, in presenza di questo fenomeno, si può parlare di corrente solido – liquida. L'elevata pendenza del canale/versante diminuisce la componente della forza peso nella direzione normale al moto garantendo, così, la dispersione dei sedimenti lungo tutta la profondità della corrente.

La colata detritica è il risultato di tre processi fisici:

- a) Produzione di abbondante deflusso superficiale;
- b) Inglobamento di materiale detritico nel deflusso superficiale con la formazione di una corrente solido – liquida;

- c) Propagazione verso valle della corrente solido - liquida accompagnata da fenomeni di erosione e deposito.

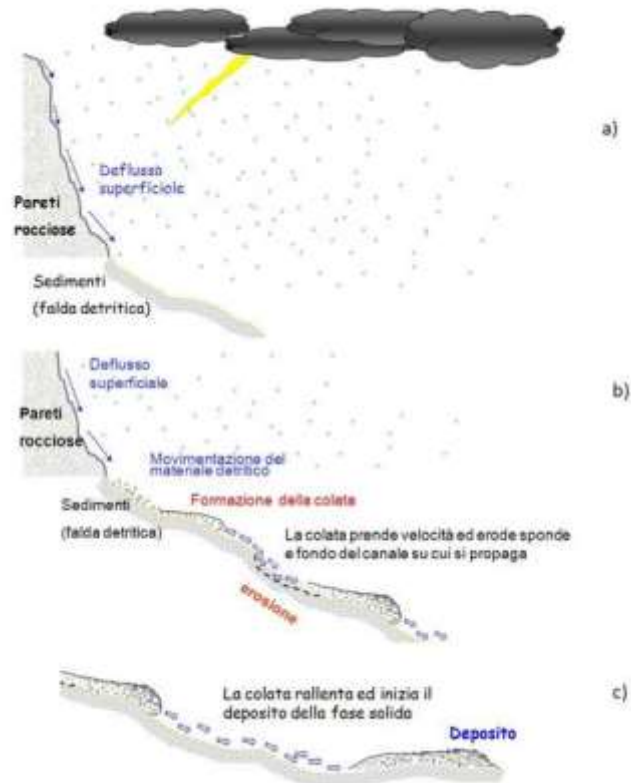


Figura 2. Schema dei processi fisici che generano una colata detritica

Le colate detritiche si sviluppano anche a seguito di instabilità di versante quando il terreno ha un comportamento contraente per cui si ha del fluido in eccesso o quando nello stesso momento si ha un apporto liquido, che permette la dispersione del materiale solido lungo tutta la corrente. Si sottolinea, però, che questo meccanismo è inconsueto nell'ambito alpino.

La colata detritica, avvenuta alle prime luci dell'alba del 18 luglio 2009, a Borca di Cadore, è stata innescata da un temporale caratterizzato da due celle ben distinte, verificatosi 20 minuti l'una dall'altra, come registrato da uno strumento di misura della precipitazione posto a 1666 m s.l.m.

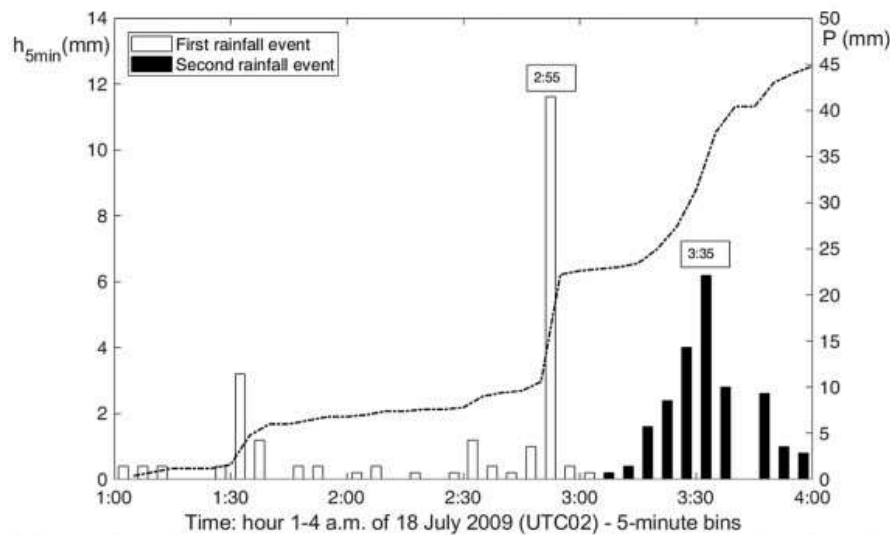


Figura 3. Distribuzione temporale dei due eventi di precipitazione caratterizzanti il temporale che ha innescato la colata detritica il 18/07/2009 (Gregoretti et al., 2019)

Prima dell'evento il canale presentava delle condizioni probabilmente asciutte, spiegato anche dal fatto, che nei cinque giorni precedenti l'evento erano piovuti all'incirca 1,6 mm di pioggia. La prima cella ha generato una precipitazione di 11,6 mm in 5 min (intensità di precipitazione pari a 140 mm/h), andando così a produrre un deflusso in grado di movimentare il materiale detritico presente nel canale. L'onda solido – liquida, generata dalla prima cella, ha raggiunto la piazza di deposito posta a 1344 m s.l.m. dove è stato depositato un buon quantitativo di materiale.

L'altezza di precipitazione, prodotta dalla seconda cella, è stata di 17 mm in 25 min (intensità media di 40 mm/h). La precipitazione ha prodotto un deflusso, che è stato in grado di movimentare una grande quantità di detrito. In questo caso l'onda solido – liquida, nel momento in cui ha raggiunto la piazza di deposito alta, non ha presentato una riduzione significativa della componente solida. Questo è spiegato dal fatto, che la piazza era già parzialmente occupata dal sedimento movimentato dalla colata detritica, innescata dalla prima cella. Tutto questo ha comportato che il volume di sedimento mobilitato dal fenomeno è progressivamente aumentato, man mano, che la colata attraversava il canale. Arrivato nell'ultimo tratto il fenomeno è entrato in contatto con il muro di contenimento posto 1013 m di quota, andandolo a brecciare sul lato sinistro. La colata ha poi riempito progressivamente il bacino di contenimento posto a protezione dell'abitato di Borca di Cadore e, poco dopo (verso le 4:01, secondo una testimonianza oculare), si è formata una breccia sulla cresta del muro di gabbioni. Questo ha generato un'ondata di fango, che ha colpito diverse abitazione, provocando ingenti danni e anche due morti.



Figura 4. Immagine di alcune abitazioni interessate dall'ondata di fango del 18/07/2009

In seguito a questo evento e a quelli di luglio e agosto 2015, si è iniziata la progettazione per la sistemazione del canale. Dopo alcuni anni, si è arrivati ad una conclusione e nel 2019 sono iniziati i lavori di sistemazione mediante l'inserimento di alcune opere di mitigazione, che vengono descritte nei capitoli successivi.

Nel seguente elaborato si riporta l'analisi della valutazione delle erosioni e dei depositi in presenza ed in assenza delle opere di mitigazione, per valutarne l'efficacia. I fenomeni di deposito ed erosione sono determinati utilizzando il modello bifase di Gregoretti et al. (2019), per 18 idrogrammi solido-liquidi di input. I 18 idrogrammi solido-liquidi di input corrispondono a 7 ietogrammi a blocchi alterni e 7 ad intensità costante per le durate di precipitazione di 15, 20, 30, 40, 45, 50 e 60 minuti e ad un volume solido presente solo per la parte iniziale dell'idrogramma (ovvero fronte della colata solido-liquido e corpo della colata liquido). A questi 14 idrogrammi solido-liquidi si aggiungono altri 4 determinati con ietogrammi a blocchi alterni e volume solido presente in tutto l'idrogramma (fronte e corpo della colata solido-liquidi) secondo le linee guida dettate dall'Autorità di Bacino del Distretto delle Alpi Orientali. La ragione delle diverse durate è osservare il comportamento del bacino e delle opere al variare della durata della precipitazione che genera la colata. La ragione dei diversi ietogrammi è osservare le differenze di comportamento per precipitazioni innescanti la colata di stessa altezza ma distribuite diversamente. Infine la ragione di utilizzare idrogrammi solido-liquidi con volumetrie solide poste agli estremi del loro intervallo di variazione possibile, è osservare l'influenza del contenuto solido iniziale della colata sulla sua propagazione e sull'effetto di mitigativo delle opere.

Tutto queste analisi sono rese possibili mediante l'utilizzo del modello a celle bifase sviluppato appositamente da Gregoretti et al (2019) per la propagazione delle colate detritiche in ambiente alpino.

2. INQUADRAMENTO AREA DI STUDIO

2.1. Localizzazione

L'area oggetto di studio ricade all'interno della Provincia di Belluno, più precisamente nel Comune di Borca di Cadore. Piccolo comune di 26,76 km² caratterizzato dalla presenza di tre frazioni: Cancia, Corte e Villanova.

Il comune si attesta nella valle del Boite e si sviluppa lungo la strada statale 51 dell'Alemagna, che porta a Cortina d'Ampezzo. Il comune confina a sud con Vodo di Cadore, a nord con il Comune di San Vito di Cadore, a est con Calalzo di Cadore, a sud – ovest con il Comune di Val di Zoldo e a ovest con Selva di Cadore. Parte del territorio comunale ricade nel versante nord del monte Pelmo (3168 m s.l.m.) e nel versante sud – ovest del Monte Antelao (3264 m s.l.m.) dove si attesta il canale oggetto di valutazione del seguente elaborato.

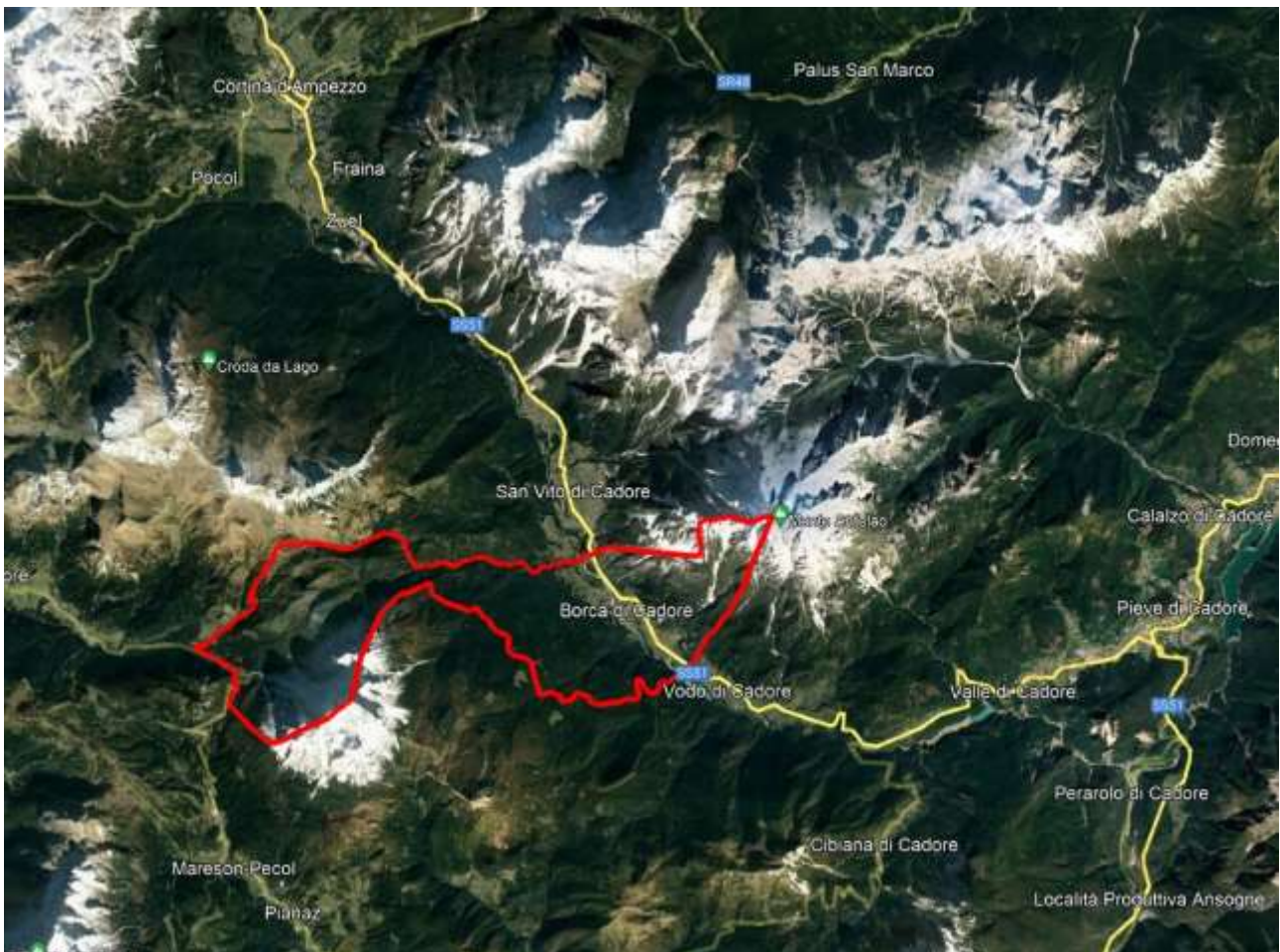


Figura 5. Inquadramento area di studio (Google earth), in rosso il territorio comunale di Borca di Cadore

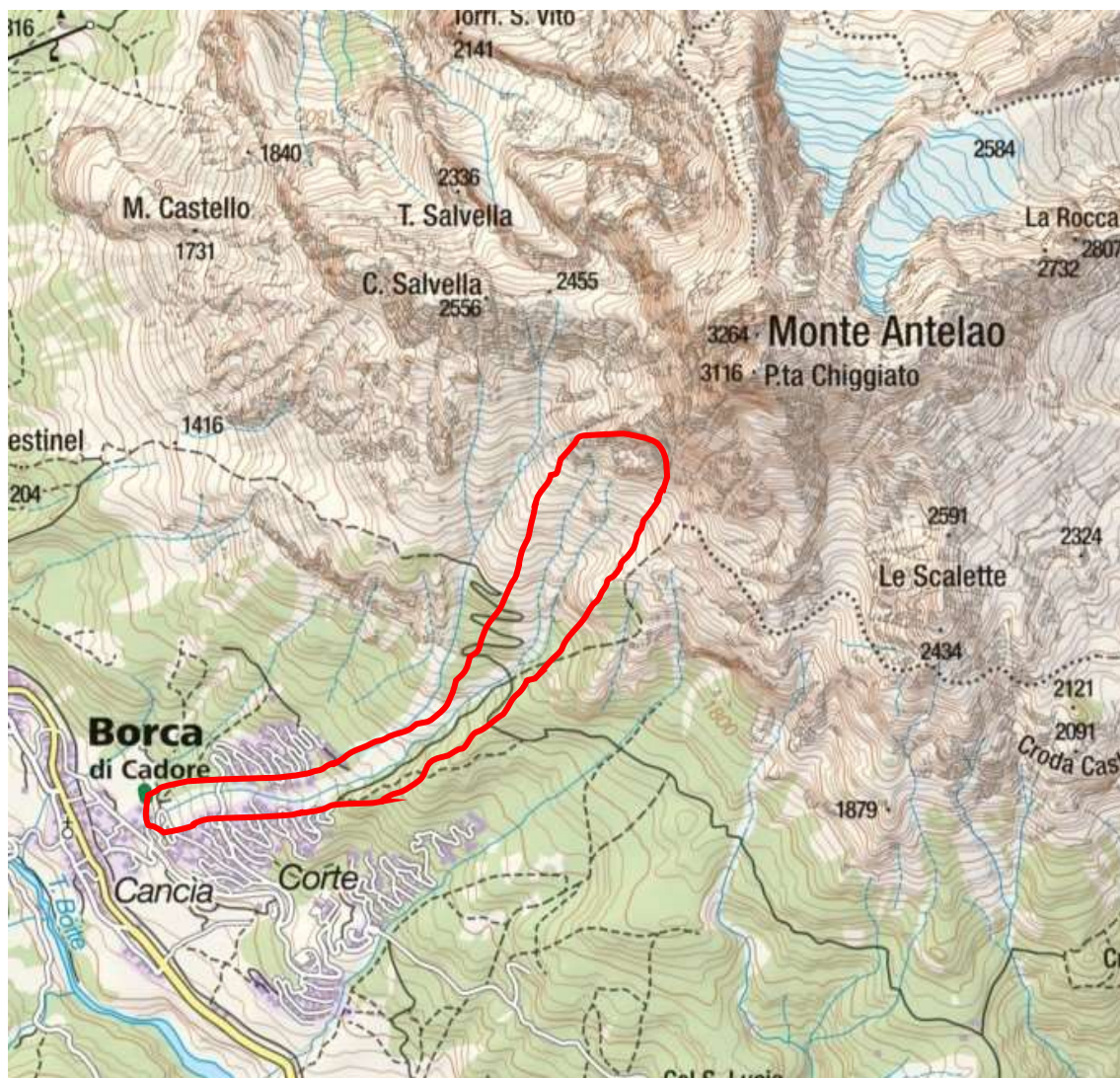


Figura 6. Inquadramento di dettaglio dell'area di studio (figura rossa) mediante carta Kompass (Wanderkarte)

2.2. Descrizione del sito di analisi

Il canale detritico di Rovina di Cancia ha origine presso il ghiaione posto al di sotto della forcella Salvella (2500 m s.l.m.) sul Monte Antelao e termina poco a monte del paese di Borca di Cadore. Prima della sistemazione, il canale a circa 1320 m di quota si congiungeva con il Bus del Diau, corso d'acqua secondario caratterizzato da portate prevalentemente liquide. Ora, dopo l'intervento è posto a circa 1270 m di quota.

Dopo gli eventi di colata detritica del 2 giugno 1994 e del 7 agosto 1996, che hanno invaso il centro abitato di Borca di Cadore è stata realizzata un bacino di ritenuta circolare (1001 m s.l.m.), delimitata da un muro di gabbioni, costruita alla fine del canale detritico e un sistema di drenaggio, che porta le portate liquide al vicino Rio Miole e da esso al torrente Boite. Inoltre, poco più a monte del punto di confluenza del Bus del Diau è stata costruita un'area di deposito piatta, che con il passare degli anni è stata allargata e allo stato attuale è in grado di arrestare colate con volumetrie fino a circa 10000 m³ di materiale e laminare quelle di volumetrie superiore, andando così a ridurre il contenuto solido dell'evento

In seguito agli eventi di luglio 2009 (dove ci sono stati due morti) e agosto 2015, si è notato, che le due piazze di deposito non erano sufficienti a proteggere il centro abitato, soprattutto nel caso in cui quella di monte fosse

già piena di materiale, proveniente da colate di piccole dimensioni (come di fatto accaduto nei due eventi), perché non in grado di trattenere il materiale proveniente da debris flow successivi. Per tale motivo si è realizzato delle opere di mitigazione, con la funzione di trattenere il materiale più grossolano. Queste opere sono una briglia frangicolata di tipo Sabo Dam e lo spostamento della confluenza del Bus del Diau immediatamente a valle della briglia filtrante. Questo intervento dovrebbe ridurre l'erosione e diminuire il valore della portata solido – liquida durante un evento di colata detritica. Inoltre, al di sotto del ponte, che unisce l'ex villaggio ENI (1080 m di quota) sono state costruite una soglia e delle difese spondali, con il compito di ridurre la pendenza del canale e diminuire le erosioni lungo le due sponde.

2.2.1. Inquadramento geologico

Dal punto di vista geologico l'area ampia oggetto di studio ricade all'interno di due conformazioni ben precise: nella testa del bacino si presenta la conformazione 17 a – Dolomie – Triassico superiore, mentre, nelle restanti parti si ha a che fare con la formazione 2 – Depositi eluviali, colluviali, detritici e di frana - Quaternario.

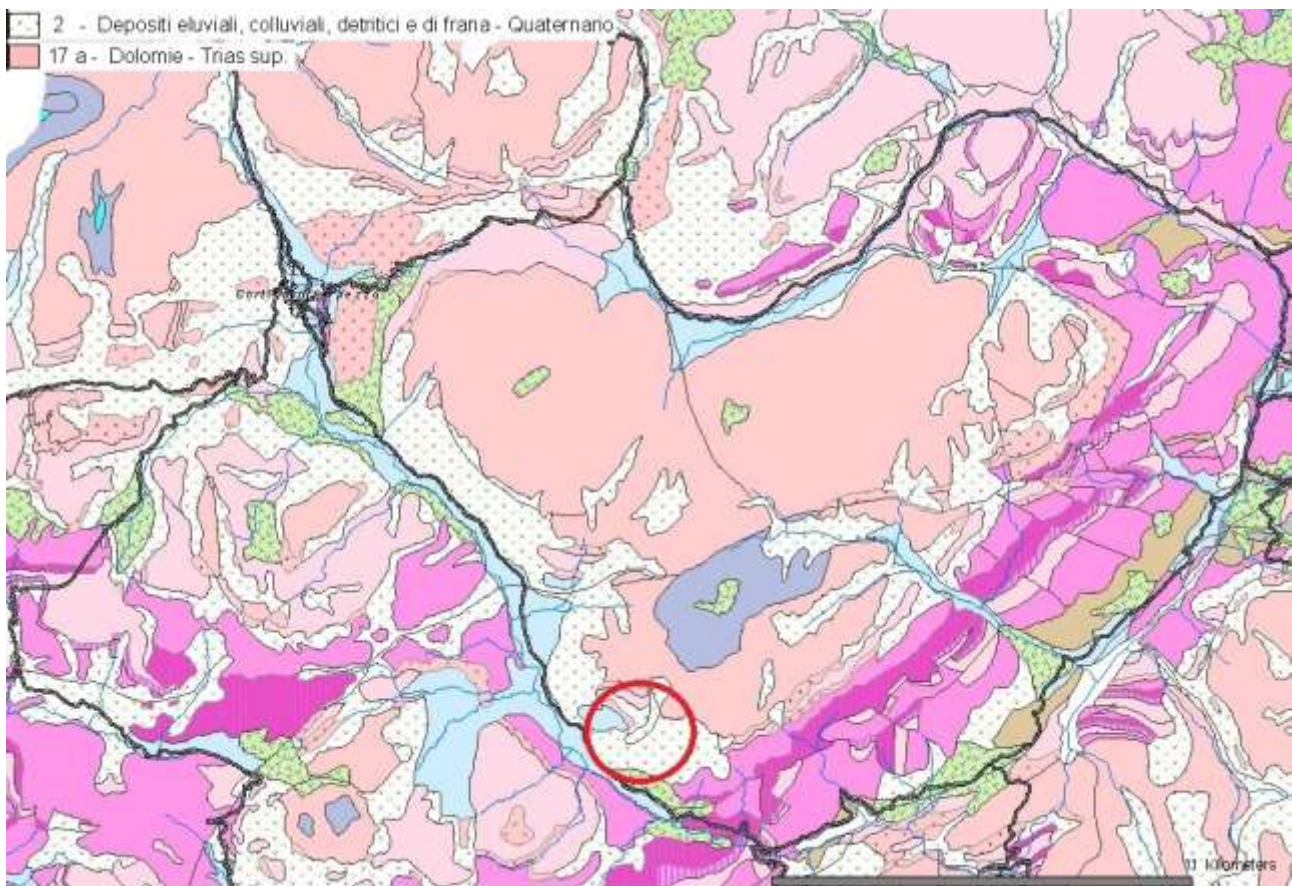


Figura 7. Carta litostratigrafica del Veneto 1:250000 (Regione Veneto)

Secondo Mantovani et al. (2002) i livelli più profondi sono costituiti da arenaria vulcanoclastica scura, spessi circa un metro, che passano verso l'alto in letti pelitici neri e sequenze torbiditiche sabbiose scure (Formazione Ladinica Superiore di Fernazza e la Valle). Queste formazioni sono sovrastate da:

- a. Formazione di San Cassiano (Ladino Superiore – Carnico Inferiore): arenarie calcaree di colore grigio chiaro e peliti grigio – nere;

- b. Formazione Dolomia Cassiano (Carnico inferiore): dolomia grigio – bianca con stratificazioni deboli o assenti;
- c. Dolomia di Dürrestein e la Dolomia Principale, separate dalla Formazione di Raibl (Alto Carnico): conglomerati, arenarie e peliti multicolori;
- d. Unità calcaree del Dachstein (Retico) e dei Calcari Grigi (Liassici).

A livello di bacino si può dire, che l'area da cui si formano gli eventi di colata è costituita da due sottobacini: quello del Salvella e quello del Bus del Diau. Il primo di 0.65 km², è dove si innescano le colate detritiche, con la sua sezione di chiusura è posta a 1666 m di quota in prossimità di un boulder ciclopico. Il suolo di quest'area è caratterizzato da ghiaioni vegetati (27%) e detriti sciolti privi di vegetazione.

Il secondo bacino, quello del Bus del Diau, presenta un'area di 0.99 km² e la sezione di chiusura posta nel punto di confluenza con il canale principale. La zona si costituisce prevalentemente da ghiaioni dolomitici con macchie vegetate, mentre, il detrito sciolto privo di vegetazioni rappresenta solo il 5% del bacino.

A livello di canale si può dire, che in base agli elementi presenti il canale Rovina di Cancia può venire diviso in tre parti:

- Dalla testata di bacino all'area di formazione delle colate detritiche;
- Dall'area di formazione alla piazza di deposito posta sopra il vecchio punto di immissione del Bus del Diau;
- Dalla piazza al muro di gabbioni posto a monte dell'abitato di Borca di Cadore.

Nella prima parte il fondo del canale è occupato da boulder di 5 – 6 metri di diametro. La loro presenza riduce la formazioni di depositi di sedimento, grazie al fatto, che diminuiscono la larghezza del fondo da 8 a circa 1 – 2 m, pertanto, in quest'area si possono formare solo dei flussi iperconcentrati e piccoli fenomeni di colata detritica. Il "tratto" termina in corrispondenza di un masso ciclopico, che trattiene buona parte del sedimento e da cui si innescano colate di magnitudo elevata/moderata.



Figura 8. Tratto a valle del masso ciclopico prima (a) e dopo (b) un evento di colata (Inadef.com)

La seconda parte del canale presenta inclinazioni del fondo tra il 20 ed il 28% ed è privo di massi di grosse dimensioni al suo interno. Queste caratteristiche permettono l'accumulo di grandi quantità di materiale, che

provengono dall'arresto di colate di bassa magnitudo o da crolli di sponda. Il materiale depositato si compone per l'1% argilla, il 4% limo, il 22% sabbia, 71 % ghiaia e per il 2% da ciottoli, quindi, del sedimento piuttosto grossolano. A quota 1500 m vi è la presenza di due giganteschi boulder, che generano un salto in roccia molto elevato (dove si è deciso di far partire le simulazioni riportate in questo elaborato). Si sottolinea, che è in questo tratto, una colata aumenta di molto il suo volume, causato dalle erosioni e dalla grande quantità di materiale presente sul fondo.

La terza parte del canale la si può dividere in due tratti: uno iniziale lungo circa 230 m con una inclinazione media di 20° e un tratto finale, che termina al muro di gabbioni con pendenze medie di 14°. Il tratto iniziale è soggetto a fortissime erosioni a causa della sua inclinazione e a causa dell'immissione in alveo delle portate, prettamente liquide, del Bus del Diau. Ed è questo l'area in cui è stata effettuata la sistemazione con l'inserimento della briglia frangicolata.

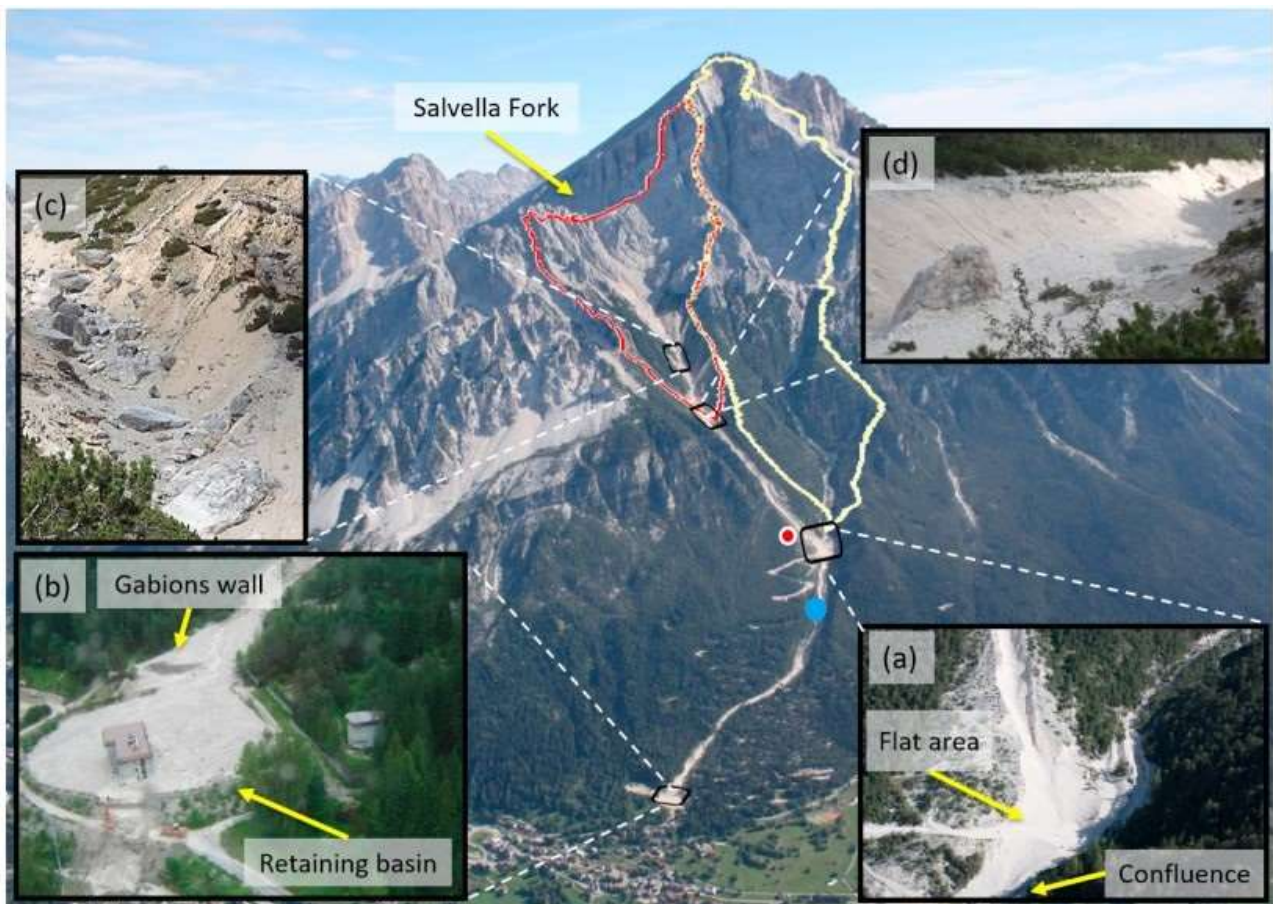


Figura 9. *Visione frontale del versante del Monte Antelao dove si incide il canale di Rovina di Cancia. Delimitato in rosso il sottobacino di Salvella, in giallo il sottobacino del Bus del Diau. Il cerchio rosso e bianco rappresenta il pluviometro di Arpav, il cerchio blu rappresenta il luogo dove è stata inserita la briglia frangicolata e la nuova confluenza con il Bus del Diau. La figura (a) rappresenta la piazza di deposito alta, la figura (b) il bacino di ritenuta posto a monte dell'abitato di Borca, la figura (c) l'area ricca di boulder e la figura (d) il punto in cui si localizza il masso ciclopeo (Gregoretti et al, 2019)*

2.2.2. Inquadramento meteorologico

Per inquadrare dal punto di vista meteorologico l'area di studio si fa riferimento ai dati storici forniti dall'Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto (Arpav). In questo caso si utilizzano dati, che provengono da due stazioni di misura differenti; per le temperatura si usano i dati registrati

dalla stazione di misura di Rovina di Cancia posta in prossimità della piazza di deposito alta, mentre, per le precipitazioni si utilizzano i dati raccolti dalla stazione di misura posta nella frazione di Villanova del Comune di Borca di Cadore.



Figura 10. Localizzazione delle stazioni meteo Arpav rispetto l'area di studio

Dal punto di vista delle temperature i mesi più caldi sono ovviamente quelli estivi, più precisamente i mesi di luglio e agosto, dove si registrano le medie più elevate più o meno in tutti gli anni. A visione annuale si può dire, che l'anno più caldo è stato registrato nel 2015, dove si ha anche l'anno meno piovoso, mentre, gli anni più freddi sono il 2005 e 2010 con una temperatura media annuale di 5.9°.

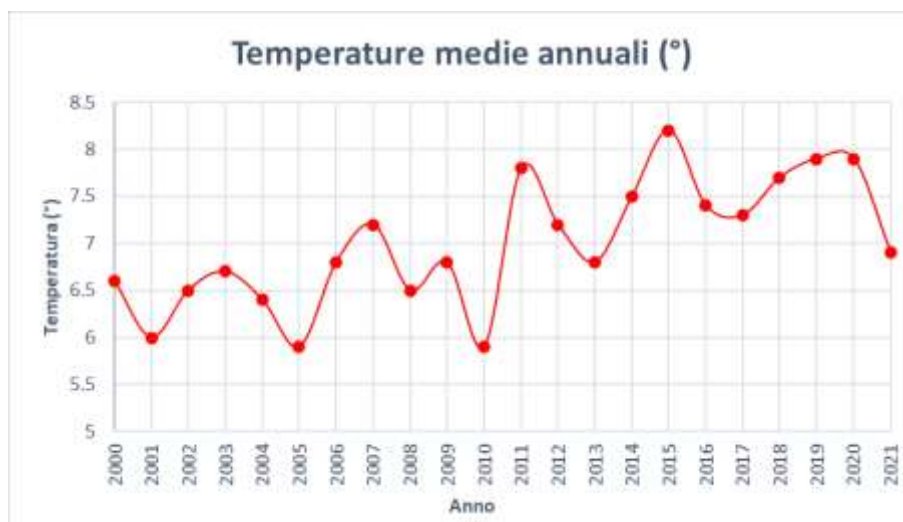


Figura 11. Andamento delle temperature medie annuali del periodo 2000 – 2021

Si sottolinea, che per le temperature la serie storica è più corta di 6 anni, visto, che i dati sono disponibile a partire da ottobre 1999.

Anno	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Media annuale
2000	-2.1	-0.3	2.1	6	10.4	14.3	12.9	15.7	11.6	6.8	1.5	-0.2	6.6
2001	-2.6	-0.4	2.5	3.2	11.3	12.2	14.8	16.4	8	9.7	1.2	-3.8	6
2002	-1	0.4	3.6	3.9	9.3	14.7	14.8	13.9	9.3	6.5	3.1	-1	6.5
2003	-2.6	-4.2	3.5	3.6	11.6	16.7	16	18.2	11.1	4	3.3	-0.2	6.7
2004	-3.6	-0.1	1	4.9	7.8	13.3	14.9	15.5	12	8.3	2.6	0.3	6.4
2005	-1.8	-4.2	1.4	4.6	10.7	13.9	15.4	13.6	11.3	7.3	1.3	-3.3	5.9
2006	-2.8	-2.1	-0.4	5.1	9.4	14	17.6	11.8	13.6	9.6	4.1	1.5	6.8
2007	0.8	1.6	2.7	9.5	10.9	13.4	16	13.8	10.1	6.8	1.4	-0.4	7.2
2008	0.2	1.5	0.8	4.4	9.3	12.9	14.7	15.5	9.9	8.2	1.8	-1.1	6.5
2009	-2	-2.1	1.3	6.5	12.3	13.1	15.7	16.9	12.6	7.2	3.1	-2.8	6.8
2010	-3.8	-2.1	1	6.2	8.7	14.1	17.2	14.9	10.5	5.8	1.7	-3.8	5.9
2011	-1.4	1.5	3	8.7	11.3	13.3	14.4	17	14.8	7.6	4.3	-0.3	7.8
2012	-2	-2.9	6.5	4.8	10.3	15	16.2	17.1	12.2	8	3.6	-2.3	7.2
2013	-0.8	-3.4	0.4	6.4	7.8	13.1	17	16.5	12.5	8.3	2.3	2.1	6.8
2014	-0.5	0.3	4.7	7.1	9.4	13.6	14.3	13.5	11.8	9.3	5.7	0.7	7.5
2015	-0.3	-0.5	2.4	6.6	10.4	14.3	18.9	16.7	11.2	7.4	6.4	4.3	8.2
2016	-0.6	0.2	1.9	6.9	9	13.2	16.4	15.4	13.7	6.5	2.4	3.3	7.4
2017	-3.3	1.1	5.7	6.1	10.7	15.7	16.3	17.4	9.5	9.1	1.3	-1.4	7.3
2018	-0.1	-3.8	0.4	8.8	10.7	15	16.6	16.9	14	9.7	3.7	0.4	7.7
2019	-2.3	3.4	4.4	5.6	6.8	17.9	16.6	16.8	12.6	9.2	2.5	1.2	7.9
2020	1.7	2	2	8.3	10.8	13.2	16	16.4	13	6.4	5.5	-0.7	7.9
2021	-3.4	1.2	2.4	3.6	7.9	15.8	16	14.9	13.1	7.7	3.4	0.4	6.9
Medio mens.	-1.6	-0.6	2.4	5.9	9.9	14.2	15.8	15.7	11.7	7.7	2.9	-0.5	6.8

Figura 12. Tabella riassuntiva dei valori medi mensili e annuali dal 2000 al 2021 (Arpav)

I dati di precipitazione storici, registrati dalla stazione di misura posta nella frazione di Villanova, indicano, che in media i mesi più piovosi, nei 27 anni di misurazioni, sono novembre (145.5 mm), agosto (135.1) e luglio. Invece, quello meno piovoso è febbraio con una media di 42.9 mm. Il mese più piovoso in assoluto è stata novembre 2002 con 462.8 mm. Dal punto di vista annuale, le precipitazioni più elevate si sono raggiunte nel 2002, dove si è anche registrato il mese più piovoso mai registrato. Invece, l'anno meno piovoso in assoluto è stato il 2015, che come scritto in precedenza coincide con l'anno con la temperatura media più elevata.

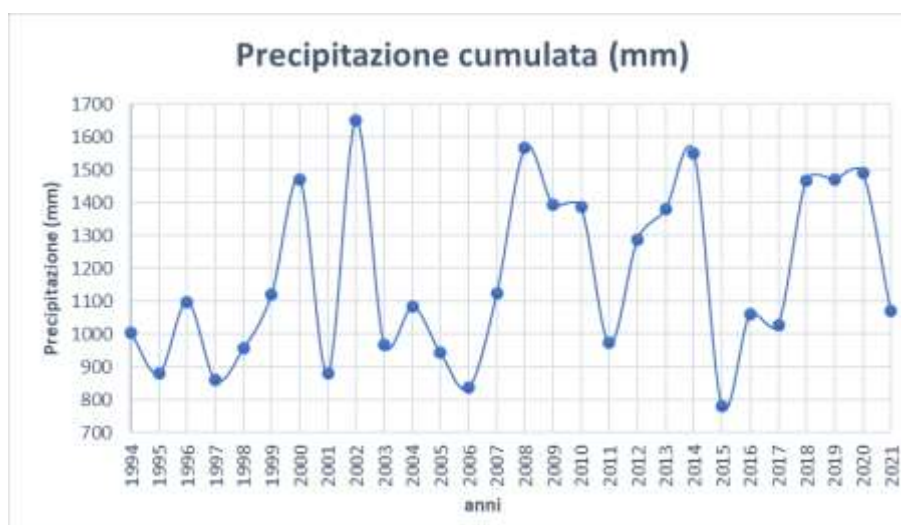


Figura 13. Andamento della precipitazione cumulata nel periodo 1994 – 2021

Anno	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Somma annuale
1994	70.4	40.2	16.8	85.6	91	71.8	143.2	122.4	220.6	69	48.6	23.8	1003.4
1995	32	38.4	31	50.8	140	161.8	108.4	80.4	138.2	0	14.6	84.2	879.8
1996	33.8	14.2	7.6	35.6	116.8	91.8	107	197.6	42	227	188	36.6	1098
1997	51.2	5.8	8.8	33.6	49	203.8	113	86.8	30.2	0.6	171	106.8	860.6
1998	16.8	9.2	2.2	155.2	64.6	115.8	128.4	83.8	167.4	186.6	22.4	2.8	955.2
1999	54.8	8.2	97.4	95	137.6	129	126.2	156.6	120.4	108	52.4	36	1121.6
2000	5.2	1.8	106.8	63.4	105.6	80.8	121.4	149.6	117.2	307	378.8	33.2	1470.8
2001	133.4	14.2	128.6	83.2	67	79.2	105.4	120.8	90.8	26.6	31	0	880.2
2002	7.2	68.8	37.4	150.4	211.6	161.6	91	142.8	151	82.4	462.8	82.4	1649.4
2003	33.6	2.6	5.8	50	81.8	76.8	135.4	75.8	37	163.4	219	86.4	967.6
2004	9.2	57	79.6	54.6	141.8	105.6	131	104.6	68.6	181.4	82.8	68	1084.2
2005	6.8	10.4	30.2	87.8	104.2	90.2	123.2	95.8	131	181.8	39.4	42	942.8
2006	19.8	39.6	43.6	115.8	85	42.2	74.4	205.4	74.2	29	10	96.4	835.4
2007	73.8	21.4	113.2	12.2	121.6	138.2	106.6	256.4	108.2	48.6	119.8	2.4	1122.4
2008	120.4	23	64.2	89.8	154.2	187.6	147.8	124.2	89.2	165.8	212.4	188.4	1567
2009	85.4	95.2	145.6	131.2	60.8	117.4	149	116.6	118.2	53.2	168	154.2	1394.8
2010	34	62	44	24.6	197	124	87.4	126	144.8	172.4	223.8	145.4	1385.4
2011	19.2	24	76	22.8	134.8	158	98.6	92.8	154	120.2	56.8	14.6	971.8
2012	15.4	15.6	30.4	121.8	95.2	89.6	210	98.6	161.4	153.2	280	16.2	1287.4
2013	67.4	70.6	124	107.8	221.4	124.6	73	105.2	67	132.8	183.4	102.8	1380
2014	305.4	192.2	62.4	75.4	52	142.6	130.8	113.4	62.6	53.8	263.6	96.8	1551
2015	53.4	38.8	76.4	24.4	148.6	90.4	33	105.4	121.8	87.6	2	0	781.8
2016	32.2	112.2	76.4	63.4	103	145.2	118.6	157	91.8	107	54.8	0	1061.6
2017	3.8	61	19	105.6	91.6	143	140.8	46.4	196.2	13.2	97.4	109.8	1027.8
2018	54.6	18.6	105	86	174.8	58.8	181.6	260.4	91	333	96.6	7.8	1468.2
2019	14.6	106	22	248.4	166.2	27.8	124.8	95.4	80	80.2	427	78.8	1471.2
2020	3.6	4	116.4	25.2	92.8	143.6	162.6	305	82.8	241.2	8.8	305	1491
2021	119.2	46.8	6.2	42.8	129.6	84.4	193.4	156.4	62.2	42.4	159.4	26.6	1069.4
Medio mens.	52.7	42.9	59.9	80.1	119.3	113.8	123.8	135.1	107.8	120.3	145.5	69.5	1170.7

Figura 14. Tabella riassuntiva dei valori di precipitazione mensili e annuali dal 1994 al 2021 (Arpav). In giallo sono evidenziati i mesi in cui si sono verificati gli eventi di colata detritica riportati; in grigio invece le precipitazioni massime registrate per ogni anno di analisi

2.2.3. Descrizione degli eventi storico

Per risalire agli eventi storici, avvenuti, nell'area oggetto di analisi, si è visionato prevalentemente materiale di letteratura, visto, che per quest'area e per questi tipi di eventi i dati disponibili sono molti. Mentre, in alcuni casi si è visionato articoli di giornale o materiale fotografico.

Le prime notizie di dissesti all'interno dell'area di studio risalgono al XIV secolo e si riferiscono a fenomeni di debris avalanche, causati da un terremoto e che distrussero un paese e provocarono molte vittime. Tra il XVIII e il XIX secolo si segnalano molti episodi franosi. Il più disastroso si è verificato il 21/04/1814 dove morirono 314 persone e due villaggi (Marceana e Taulen) vennero rasi al suolo. Si stima, che il volume smosso dall'evento è pari a circa 35 milioni di m³, depositati su di un'area di 1.5 km².

Il primo evento di colata detritica, di cui si ha notizia, risale al 1868 dove una massa di 100.000 m³ discese lungo le pendici sud – ovest del monte Antelao e seppellì l'abitato di Cancia, provocando 11 vittime (Panizza et al., 1998). Dopo circa altri 100 anni si segnala un secondo evento di colata, che ha interessato nuovamente

l'abitato di Cancia e generando danni a coltivi e a infrastrutture viarie. Durante l'alluvione del 1966 si segnalano altri fenomeni, che causano danni ad edifici e alla S.S. 51 dell'Alemagna. Il 12/08/1973 in concomitanza con un evento temporalesco, una colata ridiscende il canalone artificiale e si espande lungo la strada e negli edifici del villaggio ENI costruito negli anni '50 lungo il conoide di Rovina di Cancia. Il 19/07/1987 si segnala un nuovo fenomeno di debris flow, che però non interessa cose o persone. Tra il 1987 ed il 1994 si hanno altri eventi di minore intensità. Il 2 luglio 1994 si ha un evento di colata, che movimentata 30.000 m³ di materiale detritica, con elementi più grossolani che raggiungono i 15 m³ di dimensione. Il fenomeno va ad invadere il villaggio ENI danneggiando edifici, automezzi e infrastrutture. Il 7 agosto 1996 si segnala una nuova colata con volumi ancora più elevati (50.000 m³), andando a danneggiare fabbricati e infrastrutture.

Altro evento di cui si ha notizia è quello del 2009, spiegato ampiamente, nel capitolo introduttivo di questo elaborato, pertanto, per ulteriori informazioni si rimanda al capitolo 1. Tra il 2010 ad oggi, si segnala la presenza di altri eventi di colata di minore intensità. Si segnalano due eventi avvenuti il 23 luglio e 04 agosto 2015, perché essendo così ravvicinati hanno messo in crisi il sistema difensivo, presente ante – sistemazione 2019 - 2020.

Per completezza si riporta una tabella riassuntiva degli eventi di colate detritica, più importanti, avvenuti nell'area oggetto di studio:

Data	Volume stimato (m³)
27/07/1868	>100.000
27/05/1957	25.000
05/11/1966	25.000
12/08/1973	-
19/07/1987	15.000
02/07/1994	30.000
07/08/1996	50.000
16/08/1999	7.000
17-18/07/2009	54.500
26/07/2013	9.340
19/08/2013	5.000
23/07/2015	14.700
04/08/2015	13.350

Tabella 1. Eventi di colata detritica registrati a Cancia

Dalle varie testimonianze raccolte, si può evincere, che per il territorio di Cancia i fenomeni di colata detritica risultano essere molto frequenti, anche con magnitudo molto elevate andando così a creare condizioni di rischio molto elevate per la popolazione. Infatti, piogge intense, che non possono più essere considerate eccezionali, a causa della loro ripetitività, possono mobilitare la copertura detritica ed il materiale accumulatosi nel

canalone della colata, per effetto dell'erosione dei versanti o per improvvisi fenomeni franosi, innescando così dei debris flow (Panizza et al., 1998). Nonostante ciò, l'attenzione su questo fenomeno è calata, per il fatto che i fenomeni, in passato, presentavano volumetrie basse e perché tutt'intorno al canale è stato sviluppato il villaggio ENI, dando così una parvenza di sicurezza. La presenza del villaggio e le "sistemazioni" del canale effettuate per "proteggere" l'abitato hanno alterato il naturale andamento dei depositi in conoide, andando così ad aumentare il rischio per la popolazione e quello di generare eventi sempre più disastrosi come di fatto è avvenuto dal 1994 in poi.

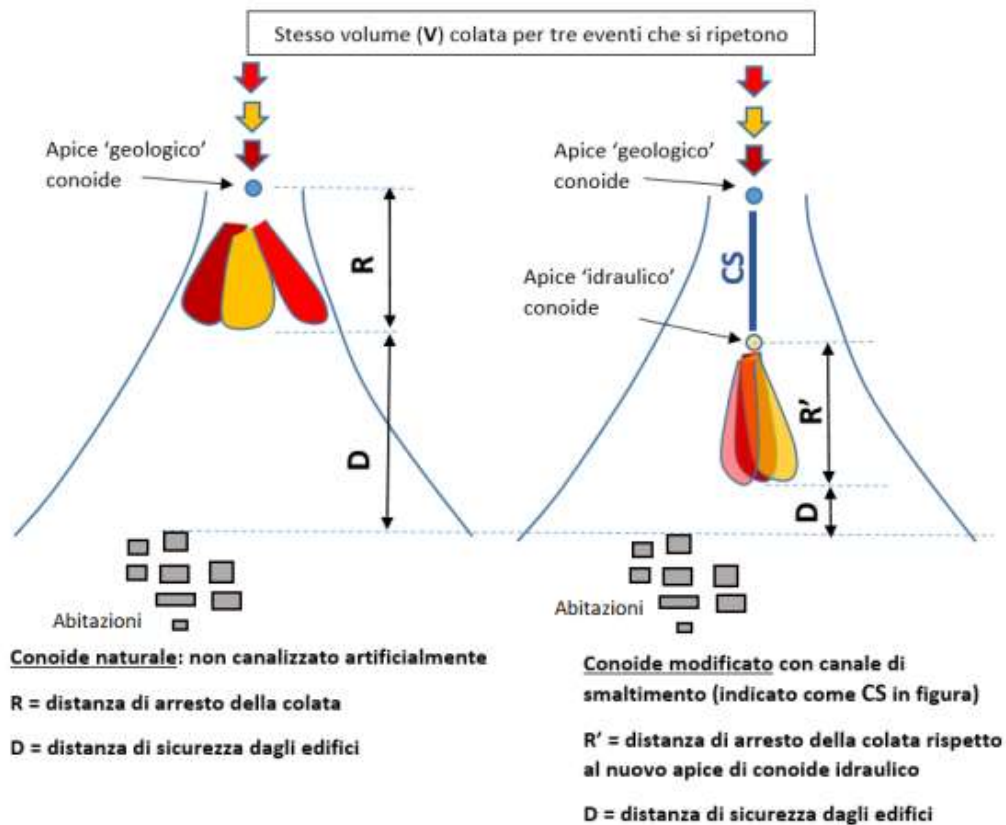


Figura 15. Comparazione fra deposizione in un conoide naturale (a sinistra) e in un conoide alterato (destra) (appunti D'Agostino)

2.2.4. Descrizione delle opere di mitigazione installate dopo gli eventi del 2009 e 2015

Come descritto nel paragrafo 2.2.1, il tratto iniziale, della terza parte del canale è stata sistemato andando ad inserire una briglia frangicolata di tipo “Sabo dam” e abbassando il punto di immissione in alveo del Bus del Diau in prossimità della briglia.



Figura 16. Briglia frangicolata Sabo dam installata all'interno del Canale di Rovina di Cancia

La briglia è un'opera in cemento armato, che presenta due ali di ancoraggio di altezza 9 m e 6.5 m nel punto in cui inizia la bocca dell'opera. La gaveta presenta una larghezza di 18 m, una lunghezza di 13 m e una pendenza pressoché nulla. Al suo interno sono installati tre debris flow breaker in acciaio, con una altezza di 6 m e larghezza 2 m ciascuno. Pertanto, tra un rompighetto e l'altro vi è uno spazio di 3 m. Da segnalare, che lungo l'ala sinistra dell'opera è realizzato il nuovo punto di immissione del Bus del Diau.

L'opera si prefigge due obiettivi primari:

1. Prevenire l'erosione del fondo del canale, mediante la riduzione dell'energia erosiva delle portate liquide e solide;
2. Protezione del canale e dei bacini di ritenuta, posti a valle dell'opera, da boulder di grosse dimensioni.

La pendenza pressoché nulla della gaveta e la presenza dei rompighetto favoriscono il rallentamento della colata e quindi l'energia del fenomeno diminuisce e per tale motivo vi è deposito di materiale, che riduce la concentrazione solido all'interno della colata detritica. Tali effetti di mitigazione diminuiscono nel tempo, man mano che l'opera si riempie di sedimento, perché essi vanno a generare un profilo che aumenta la pendenza del tratto e perciò si riduce il tasso di deposizione.

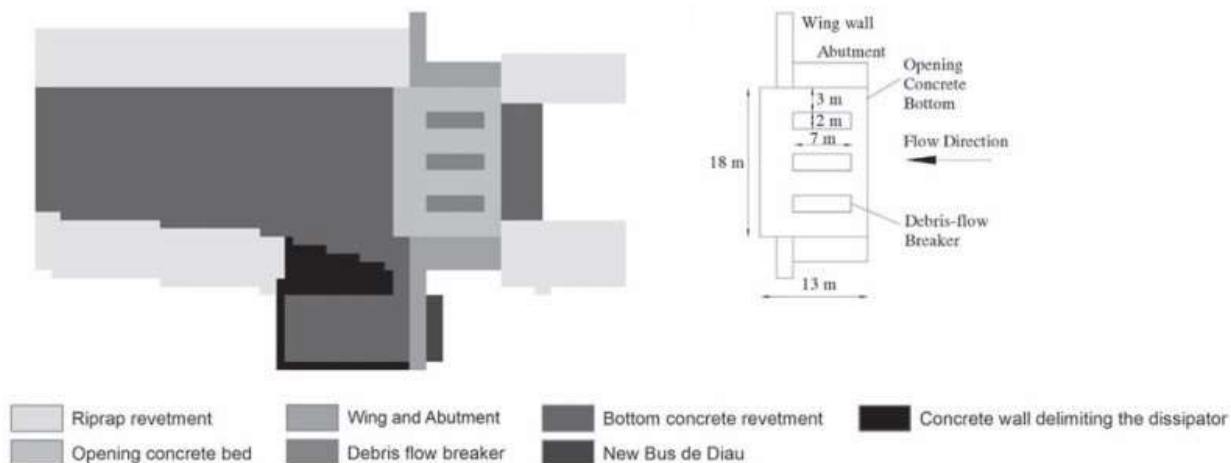


Figura 17. Planimetria di progetto della briglia frangicolato (Bernard et al, 2019)

Lo spostamento del punto di immissione del Bus del Diau avviene mediante la creazione di un canale artificiale di lunghezza 250 m, scavato sul versante sinistro con una sezione trasversale trapezoidale (larghezza < 3 m, altezza di 3 m e angolo di 53°) e rinforzato con massi in modo da resistere all'azione erosiva delle portate prettamente liquide del reticolo. Inoltre, è costituito da tre tratti che terminano con tre salti di fondo, l'ultimo dei quali corrisponde ad una vasca di dissipazione dell'energia del canale. La vasca di dissipazione, di dimensione 8x8, è posta immediatamente a valle dell'ala sinistra della briglia e presenta un muro dissipatore sul il lato destro, alto due metri e lungo 4. Il duplice compito dell'opera è quello di rallentare il deflusso e di trattenere eventuale materiale solido trasportato dal Bus del Diau, quindi, l'obiettivo finale dell'intervento è quello di immettere nell'alveo principale portate liquide a bassa velocità.

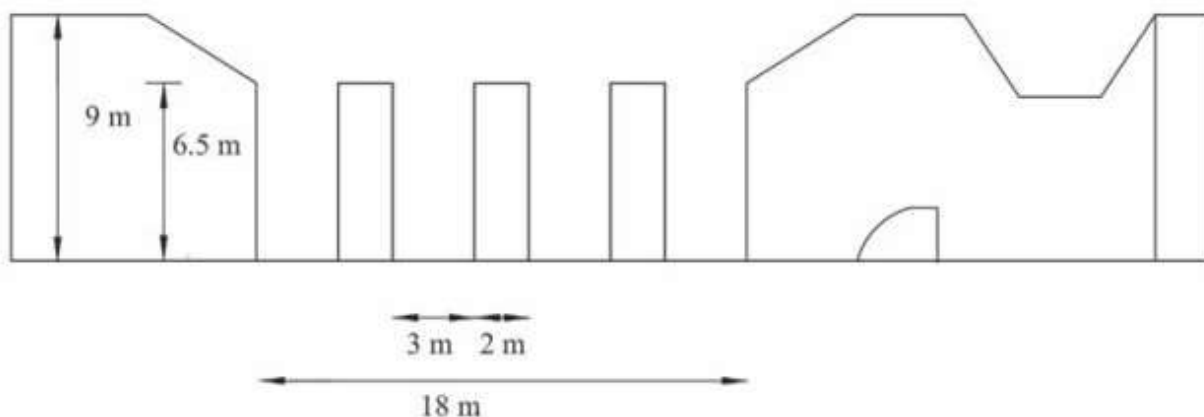


Figura 18. Prospetto nord dell'intervento di sistemazione, l'area trapezoidale posta a destra rappresenta il nuovo punto di immissione del Bus del Diau (Bernard et al, 2019)

Un ulteriori intervento è stato quello di risagomare il canale in prossimità della briglia filtrante, in modo tale da convogliare le colate nella parte centrale dell'alveo, evitando così il rischio di sormonto. Inoltre, a monte e valle della briglia frangicolata sono state realizzate delle scogliere in massi a protezione delle sponde.



Figura 21. Vista laterale dell'intervento di sistemazione (Il notiziario di Cortina)

3. MODELLO A CELLE PER LA PROPAGAZIONE IDRAULICA DI COLATE DETRICHE

3.1. Il modello di Gregoretti et al.

3.1.1. I modelli a celle

Il modello a celle è un modello in cui il campo di moto è suddiviso in aree omogenee, chiamate celle e connesse idraulicamente mediante delle equazioni, che rappresentano il moto, che avviene tra di esse. Il primo modello a celle è stato proposto da Zanobetti et al. (1970) per simulazione di inondazioni in aree rurali. In seguito, il modello è stato adattato per simulare inondazioni in centri abitati (Riccardi, 1997; Bates and De Roo, 2000; Horrit and Bates, 2001; Mascarenhas and Miguez, 2002; Miguez et al., 2009; Chen et al., 2009). Il modello a celle è stato chiamato anche a base raster quando le celle coincidono con la griglia di un file raster in ambiente GIS (Bates and De Roo, 2000). Infine, il modello è stato modificato per simulare la propagazione di una colata detritica in assenza di erosione e deposito da Chiang et al. (2012). In questo caso i percorsi sono predeterminati in base al DEM, che deve essere dipittato. Gregoretti et al. (2016a) hanno proposto un'ulteriore variante, che permette di simulare la propagazione idraulica di una colata con miscuglio omogeneo tenendo conto dei fenomeni di deposito ed erosione. Il modello permette il deflusso in più direzioni, senza modificare il DEM. In seguito, Gregoretti et al. (2019) hanno realizzato la versione bifase del modello, che permette una migliore simulazione del deflusso e dei processi erosivi e di deposito.

3.1.2. Ipotesi ed assunzioni

Le ipotesi ed assunzioni per il modello a celle bifase di una colata sono qui elencate:

- La superficie libera di una cella è assunta orizzontale;
- Il volume solido – liquido risulta funzione della profondità della corrente o altezza di deflusso della cella;
- Le direzioni di deflusso sono 8;
- Il deflusso avviene sempre da una quota più alta ad una più bassa;
- Le connessioni idrauliche sono il deflusso per gravità a moto uniforme per pendenze positive e a stramazzo;
- Gli scambi di flusso e quantità di moto tra celle avvengono in contemporanea.

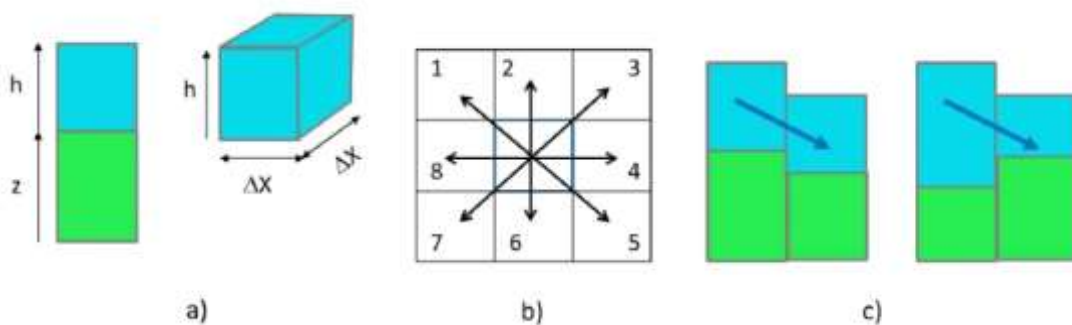


Figura 22. La cella (a), le direzioni di deflusso (b) e le connessioni idrauliche (c)

3.1.3. Equazioni che governano il moto

Le equazioni che governano il moto sono le seguenti: conservazione della massa; conservazione della quantità di moto della corrente solido – liquida. Ad esse si aggiungono le equazioni che governano i processi di erosione e deposito: l'equazione di Exner che regola l'andamento del fondo in funzione del volume di sedimento scambiato tra il fondo e la corrente.

La conservazione della massa è espressa uguagliando la variazione di volume in una cella alla differenza tra il volume entrante e uscente. Le equazioni di conservazione della massa del miscuglio e della fase solido alla scala di cella differenziale sono:

$$A \frac{d(h+z)}{dt} = Q_E - Q_U \quad (3.1)$$

$$A \frac{d(ch + c_*z)}{dt} = cQ_E - cQ_U \quad (3.2)$$

dove A l'area della cella, t il tempo, z la quota del fondo, h la profondità della corrente, c concentrazione volumetrica della fase solida, Q_E portata entrante e Q_U portata uscente.

Le equazione, che regolano le connessioni idrauliche tra le celle, sono quelle di moto uniforme se il deflusso avviene a gravità e a stramazzo se il deflusso avviene in contropendenza:

$$Q = \Delta x C h w \sqrt{g h \sin \vartheta} \quad (3.3)$$

$$Q = \Delta x C_q s \sqrt{2g(h-p)}^{1.5} \quad (3.4)$$

dove Δx è il lato della cella, ϑ l'angolo di inclinazione del fondo, C coefficiente di conduttanza, C_q coefficiente di portata pari a 0.385. Inoltre, sono presenti due funzioni di peso w e s al fine di ripartire il flusso uscente in più direzioni. Le equazioni che regolano lo scambio di sedimento tra il fondo e la corrente sono quella di Exner e di Egashira ed Ashida (1987). L'equazione di Exner esprime la variazione della quota del fondo in funzione della differenza tra velocità di deposizione (D) e di erosione (E):

$$(dz/dt) = D - E \quad (3.5)$$

La differenza ($D - E$) è modellata adattando la relazione empirica di Egashira e Ashida (1987):

$$E - D = K[(\sin \alpha_{max} - \sin \alpha_{LIM})V_{max}] \quad (3.6)$$

dove K costante empirica, variabile tra 0 e 1, $\alpha = \vartheta$ nel caso di deflusso a gravità (3.3) e $\alpha = \Theta + \vartheta$ nel caso di deflusso a stramazzo (3.4), con Θ pari all'inclinazione della superficie libera. V_{max} velocità di riferimento per il calcolo del deposito e dell'erosione, α_{max} angolo corrispondente alla direzione di massima pendenza. Erosione e deposito calcolo solo se V_{max} e α_{max} sono rispettivamente inferiori o superiori ai valori limite. Si ha deposito se $V_{max} < V_{LIM}$ e $\alpha_{max} < \vartheta_{LIM}$, ed erosione se $V_{max} > V_{LIM}$ e $\alpha_{max} > \vartheta_{LIM}$. Depositi ed erosioni vengono calcolati lungo la direzione di massima velocità per evitare che un cella sia soggetta contemporaneamente ad erosione e deposito e che abbia dei fenomeni irreali di deposito.

3.1.4. Schema numerico e condizioni interne ed al contorno

Per ogni cella “bagnata” e note la quota del fondo e la profondità si calcolano la variazione del fondo e le portate uscenti. Conoscendo le portate è possibile calcolare la velocità di ogni cella. I valori di profondità, variazione del fondo e portata vengono introdotti nell’equazione di continuità per calcolare valori di profondità di ogni cella per l’intervallo di tempo successivo.

Le portate uscenti per ogni cella sono calcolate discretizzando le equazioni (3.3) e (3.4) nel seguente modo:

$$Q_{i,k} = \Delta x w_{i,k} C h_i \sqrt{g h_i \sin \vartheta_{i,k}}; z_i > z_k \quad (3.7)$$

$$Q_{i,k} = \Delta x s_{i,k} C_q \sqrt{2g} (h_i + z_i - z_k)^{1.5}; z_i < z_k \quad (3.8)$$

con $w_{i,k}$, $s_{i,k}$ e $\sin \vartheta_{i,k}$ secondo le seguenti equazioni:

$$w_{i,k} = \frac{\sin \vartheta_{i,k}}{\sum_{k=1}^n \sin \vartheta_{i,k}} \quad (3.9)$$

$$s_{i,k} = \frac{h_i + z_i - z_k}{\sum_{k=1}^n h_i + z_i - z_k} \quad (3.10)$$

$$\sin \vartheta_{i,k} = (z_i - z_k) / L_{i,k} \quad (3.11)$$

dove $Q_{i,k}$ portata uscente dalla cella i verso la cella k , h_i l’altezza del deflusso nella cella i , z_i e z_k le quote del fondo delle celle i e k , $L_{i,k}$ distanza tra i centri delle celle i e k . Le velocità di deposizione o la velocità di erosione viene calcolata discretizzando l’equazione (2.6), assumendo che erosione e deposito siano controllati dal deflusso per cui la velocità massima è quella per la cella k ($V_{max} = U_{i,k}$; $\alpha_{max} = \alpha_{i,k}$):

$$D_i = -K_D U_{i,k} (\sin \alpha_{i,k} - \sin \alpha_{LIM-D}) \quad U_{i,k} \leq U_{LIM-D}, \sin \alpha_{i,k} \leq \sin \alpha_{LIM-D} \quad (3.12)$$

$$E_i = K_E U_{i,k} (\sin \alpha_{i,k} - \sin \alpha_{LIM-E}) \quad U_{i,k} \geq U_{LIM-E}, \sin \alpha_{i,k} \geq \sin \alpha_{LIM-E} \quad (3.13)$$

dove $D_{i,k}$ e $E_{i,k}$ sono la velocità di deposito ed erosione in funzione della velocità massima uscente $U_{i,k}$ tra le celle i e k , U_{LIM-D} e U_{LIM-E} velocità limite sotto e sopra le quali avviene deposito e erosione, α_{LIM-D} e α_{LIM-E} valori dell’angolo limite sotto e sopra i quali avviene erosione e deposito, con $\alpha_{i,k}$:

$$\alpha_{i,k} = \tan^{-1} \frac{z_i - z_k}{cc \Delta x}; z_i > z_k \quad (3.14)$$

e nel caso di deflusso a stramazzo:

$$\alpha_{i,k} = \tan^{-1} \frac{z_i - z_k}{cc \Delta x} + \tan^{-1} \frac{h_i + z_i - h_k - z_k}{cc \Delta x}; z_i < z_k \quad (3.15)$$

dove $cc \Delta x$ è la distanza nel piano orizzontale tra il centro della cella i e il centro della cella k , cc pari ad 1 se la direzione fra i e k è parallela, $\sqrt{2}$ se la direzione è a 45° .

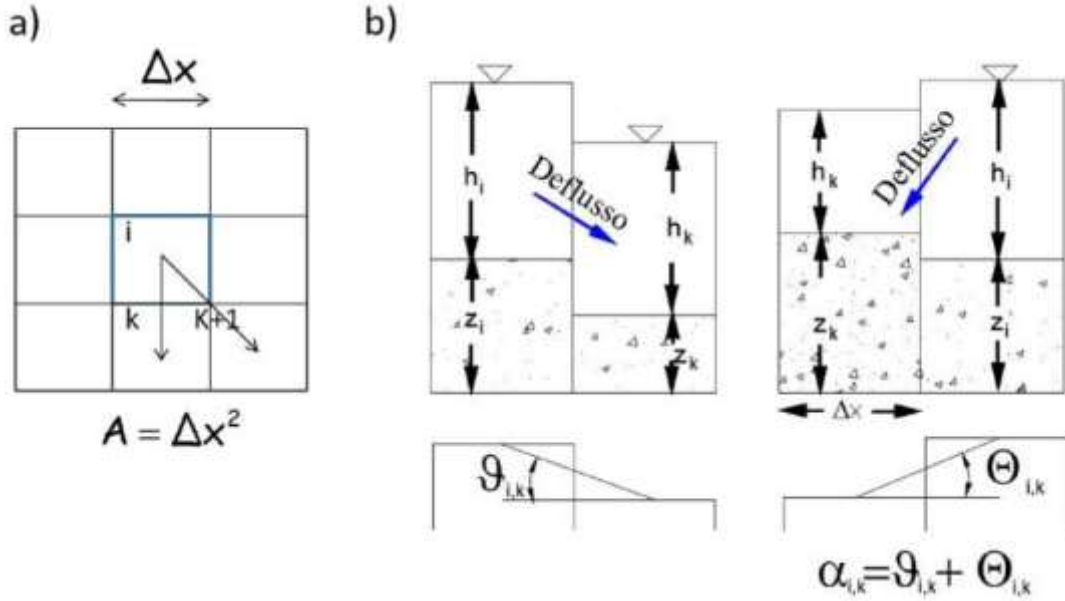


Figura 23. Schema di deflusso in pianta (a) e sezione (b)

Le equazioni di conservazione della massa del miscuglio e della fase solida, integrate nel tempo, hanno la seguente forma:

$$h_i^{t+\Delta t} = h_i^t + \left[E_i - D_i - \frac{1}{\Delta x^2} \sum_{k=1}^8 Q_{i,k} \right] \Delta t \quad (3.16)$$

$$c_i^{t+\Delta t} = \frac{1}{h_i^{t+\Delta t}} \left[c_i^t h_i^t + c_* (E_i - D_i) - \frac{1}{\Delta x^2} \sum_{k=1}^8 c_{i,k} Q_{i,k} \right] \Delta t \quad (3.17)$$

dove $Q_{i,k}$ è portata scambiata tra la cella i e cella contigua k positiva se uscente, negativa se entrante, c_* concentrazione volumetrica della fase solida al fondo, c_i concentrazione volumetrica della fase solida nella cella i , $c_{i,k}$ concentrazione volumetrica della fase solide relativa alla portata scambiata tra i e k , Δt passo temporale di calcolo. Il fondo è assunto saturo e concentrazione volumetrica pari a c_* quando avviene erosione e deposito. Il passo temporale di calcolo è determinato assumendo la condizione di stabilità pari ad un numero di Courant di 0.95:

$$(U_{i,k} + \sqrt{gh_i}) \frac{\Delta t}{\Delta x} = 0.95 \quad \Delta t = 0.95 \frac{\Delta x}{U_{i,k} + \sqrt{gh_i}} \quad (3.18)$$

Questa condizione è necessaria per rispettare la fisica della propagazione, per cui la propagazione di onda in Δt non può oltrepassare Δx . Il calcolo di Δt viene eseguito ad ogni passo di calcolo.

Esiste inoltre un controllo sull'erosione e deposito, ovvero, che la colata durante il deflusso non può erodere o depositare sempre. Quando la concentrazione volumetrica, in una cella, raggiunge il valore massimo ammissibile $0.9c_*$ (Takahashi, 2007) l'erosione viene impedita. Allo stesso modo il deposito non si verifica nel caso in cui il valore di c scenda sotto 0.05. Infine, esiste un ulteriore controllo sull'erosione. Secondo Berger et al. (2011) l'erosione avviene prevalentemente durante il passaggio del fronte del fenomeno. Questo

è verificato quando il fronte presenta una profondità massimo, perché si accumulano elementi di maggior dimensione. Durante il passaggio del fronte si esercita sul fondo lo sforzo maggiore, inoltre, si presenta il maggior attrito corrente/fondo. Quindi, per abilitare l'erosione si introduce la condizione $dh/dt > 0$. L'oscillazione numerica si controlla imponendo, che la superficie libera della cella non deve superare, al limite eguagliare, quella della cella di partenza.

Le condizioni di contorno sono diverse per l'entrata e l'uscita. Le celle si distinguono in tre classi: celle d'entrata, celle di propagazione e celle di uscita. Le celle di entrata vengono riempite ad ogni passo temporale secondo l'idrogramma corrispondente: il volume viene diviso tra tutte le celle costituenti le sezioni di input:

La propagazione avviene secondo il seguente schema:

i+2	i+1	i	i+1	i+2
i+2	i+1	i+1	i+1	i+2
i+2	i+2	i+2	i+2	i+2

Figura 24. Schema della propagazione con cella d'entrata (blu) attivata al passo temporale i e celle di propagazione (rosso) attivate ai passi temporali successivi $i+1$ e $i+2$.

Al primo passo le celle d'entrata vengono riempite secondo l'idrogramma. Al secondo passo la cella, oltre essere riempita, inizia la propagazione verso le celle circostanti ($i+1$) e il passo temporale è calcolato secondo l'equazione (3.18). Al terzo passo, le celle d'entrata continuano ad essere riempite e vi è la propagazione tra la cella i e la celle $i+1$, inoltre, tra queste celle e quelle contigue ($i+2$) vi è propagazione del flusso.

Il deflusso dalle celle d'uscita verso l'esterno avviene in moto uniforme o a stramazzo lungo un'unica direzione corrispondente alla massima pendenza. La direzione di massima pendenza è determinata come la massima pendenza tra le celle di propagazione contigue alla cella di contorno e quest'ultima. Da sottolineare, che le celle d'entrata e uscita non sono soggette ad azioni erosive o depositi.

3.2. I processi con i relativi parametri che controllano la propagazione: resistenza al moto ed i fenomeni di deposito ed erosione

La propagazione di una colata dipende principalmente dalla resistenza al moto e dai processi di erosione e deposito. La resistenza al moto controlla, in maniera diretta, la velocità di propagazione, e tramite essa controlla indirettamente depositi ed erosioni. Le azioni erosive e i depositi controllano il volume solido movimentato, e tramite la concentrazione volumetrica solida, indirettamente, controlla la resistenza al moto.

3.2.1. Resistenza al moto

La resistenza al moto dipende dal coefficiente C , definito come il rapporto tra la velocità media e quella di attrito U/u_* . Il dato dipende dai profili di velocità e dalla concentrazione della corrente solido – liquida. Nel caso di colate granulo – inerziali, dove la reologia dipende dagli sforzi collisionali, nella strato vicino la superficie libera, e dagli sforzi frizionali nello strato contiguo al fondo (Lanzoni et al., 2017). Il coefficiente di conduttanza dipende dalla concentrazione solido, dal rapporto h/d e dalla portata superficiale, che innesca la colata. Gli studi di laboratorio di Tognacca (1999) e Lanzoni et al. (2017) dimostrano che, a parità di condizioni, l'erosione e la velocità sono legate dalla portata liquida, che innesca il fenomeno. Infatti, i profili di velocità di Lanzoni et al. (2017) scalano con la velocità del deflusso superficiale, ovvero, la portata liquida che genera il fenomeno condiziona la velocità della corrente solido – liquida e quindi le azioni erosive. In presenza di una stessa inclinazione del fondo l'incremento della portata d'innescio comporta un aumento della velocità del fenomeno a discapito di un incremento poco accentuato della profondità. Al contempo la concentrazione volumetrica solida rimane la stessa.

Gli esperimenti di Lanzoni et al. (2017) e le osservazioni di campo mostrano che il coefficiente di conduttanza dipende dalla concentrazione volumetrica di sedimento.

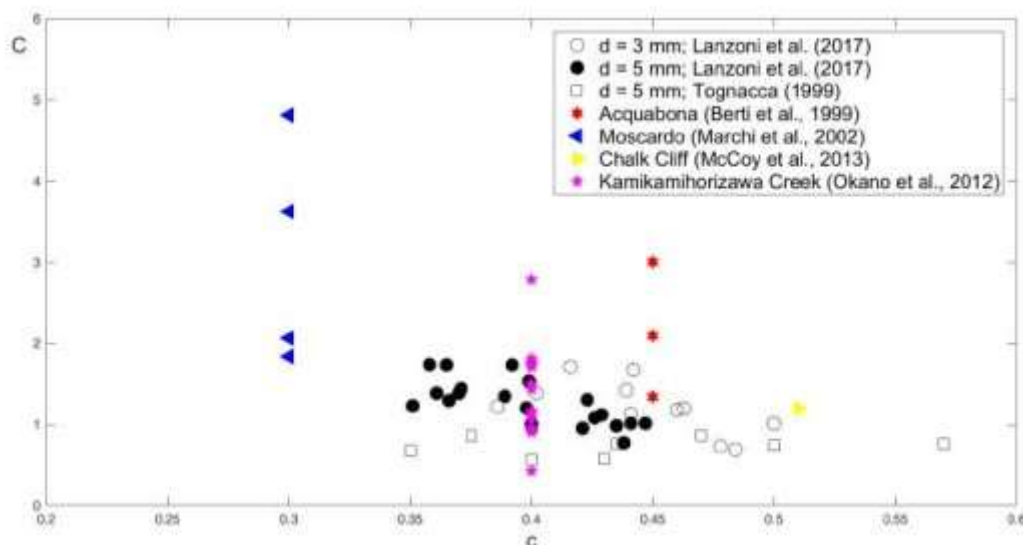


Figura 25. Valori del coefficiente di conduttanza, C , di colate detritiche di laboratorio e reali in funzione della concentrazione volumetrica di sedimento, c .

I valori di C in figura fanno riferimento a colate detritiche di laboratorio o di eventi reali di modesta magnitudo. I valori di C per le colate detritiche mature risultano compresi tra 1 e 3. Per colate granulo – inerziali canalizzate il valore è pari a 5 (Gregoretto et al, 2018, 2019; Bernard et al. 2019). In caso di colate granulo – inerziali non canalizzate il valori di C risulta pari a 3 (Gregoretto et al., 2016a). Tale valore è giustificato dal fatto, che la colata si disperde in più direzioni e quindi la profondità e h/d diminuiscono.

3.2.2. Processi di erosione e deposito

I processi di erosione e deposito sono generati secondo tre approcci: meccanico, empirico o basato sulla capacità di trasporto o di adattamento all'equilibrio. L'approccio meccanico si basa sul bilancio delle forze e della massa al fondo e dispone una velocità di deposito e erosione, dz/dt funzione della differenza tra sforzo tangenziale esercitato dalla corrente sul fondo e sforzo resistente sul fondo (Medina et al., 2008). La versione semplificata non considera la quantità di moto che la corrente trasferisce al materiale di fondo, che muove o guadagna quando si verifica il deposito di materiale. L'inconveniente dell'approccio meccanico è l'introduzione di valori empirici per alcuni parametri dei bilanci delle forze e conservazione della massa.

L'approccio basato sulla capacità di trasporto è quello usato dall'idraulica fluviale, per cui si impone l'adattamento della concentrazione al valore di equilibrio corrispondente alla capacità di trasporto in condizioni di moto uniforme (Armanini et al., 2009). Qui la velocità di deposizione e erosione, dz/dt è proporzionale alla differenza tra la concentrazione di sedimento della corrente e quella di equilibrio. L'approccio, però, può produrre risultati poco realistici (per quanto riguarda le erosioni) lungo la coda della colata o quando la formula della capacità di trasporto è usata al di fuori dell'intervallo di validità.

Il terzo approccio, quello empirico, lega le velocità di erosione e deposito, dz/dt , a fattori di controllo come velocità e concentrazione della fase solida della corrente (Brufau et al., 2000; Egashira et al., 2001; Frank et al., 2015). Anche per questo approccio sono introdotti coefficienti empirici basati su esperimenti di laboratorio o misure reali. Nel presente modello, si usa un approccio empirico basato su fattori di controllo, che influenzano i processi di deposito ed erosione: velocità della corrente e inclinazione del fondo. I valori limite dipendono dalla reologia, dal deflusso e dal tipo di fondo su cui la colata si muove.

Per colate granulo – inerziali canalizzate i valori limite per inclinazione del fondo per erosione e deposito sono 16° e 14° , secondo gli esperimenti di Lanzoni et al., (2017) e le osservazioni di Jordan (1994). Dai rilievi pre e post – evento delle colate avvenute a Rovina di Cancia, dimostrano che i depositi e le erosioni sono legati dall'inclinazione del fondo. Infatti, erosioni e depositi aumentano nei loro valori medi in presenza di angoli superiori o inferiori a 15° . Inoltre, i volumi di deposito ed erosione per valori $<15^\circ$ e $>15^\circ$ non sono significativi, ma dipendono dalla pendenza locale, che causa l'irregolarità del fondo.

3.2.3. Riproduzione dei fenomeni di erosione, deposito e tempistica di propagazione della colata detritica avvenuta a Rovina di Cancia

Un modello di propagazione idraulica di una colata è validato mediante la riproduzione di eventi reali, di cui, però, è possibile osservare le tempistiche di propagazione e di conoscere la situazione pre e post – fenomeno. Il modello di Gregoretto et al. (2019) è stato utilizzato per riprodurre la colata detritica avvenuta a Cancia il 18/07/2009 (Gregoretto, C., et al., 2019). In questo caso erano disponibili i rilievi topografici pre e post – colata per cui si sono determinate le mappe di deposito ed erosione, inoltre, si era a conoscenza delle tempistiche di propagazione.

La determinazione degli idrogrammi solido – liquidi di input, verrà spiegata in modo più dettagliato nel capitolo 4, visto che si tratta di un passaggio fondamentale nel rappresentare al meglio un evento reale, pertanto, qui di seguito si riporta solo un breve riassunto.

Gli idrogrammi solido – liquidi di input sono stati individuati mediante il metodo proposto da Gregoretti et al. (2019), dove la portata al picco è determinata tramite l'equazione proposta da Lanzoni et al. (2017), che si basa sulla portata di picco dei deflussi superficiali, la concentrazione di sedimento al fondo e il volume solido – liquido. Pertanto, gli idrogrammi risultano dalla somma del volume liquido contribuente alla colata con il volume di sedimento smosso dal fenomeno individuato mediante i rilievi topografici pre e post – evento.

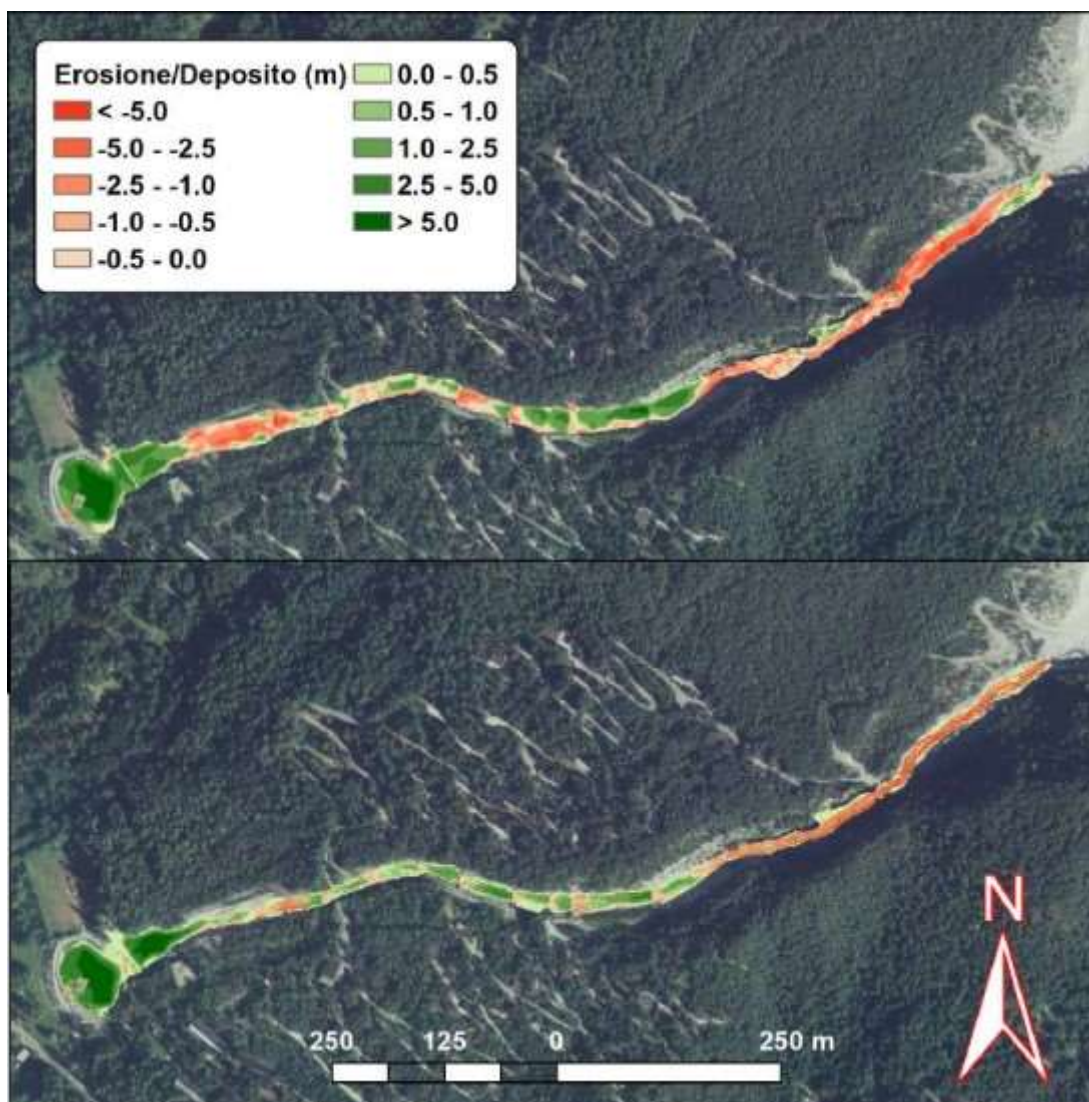


Figura 26. Mappa delle erosioni e depositi osservati (sopra) e simulati (sotto) per l'evento di Rovina di Cancia del 18/07/2009

Come si può evincere dalla Figura 26 il confronto tra dato osservato e dato simulato risulta essere buono. Questo confermato anche dal fatto che, le aree soggette a valori elevati di deposito e erosione sono quelle meglio simulate. Per confermare la bontà del risultato si introducono due parametri, che permettono di valutare la corrispondenza tra simulato e osservato: parametro F proposto da Bates e De Roo (2000) e parametro Ω proposto da Scheidl e Rickenman (2010) e generalizzato da Gregoretti et al. (2019) per tenere conto delle erosioni:

$$F = \frac{A_{OS_D} + A_{OS_E}}{A_{OS_D} + A_{O_D} + A_{S_D} + A_{OS_E} + A_{O_E} + A_{S_E}} \quad (3.19)$$

$$\Omega_\psi = \frac{[(\psi_{OS})_D + (\psi_{OS})_E] - [(\psi_S)_D + (\psi_S)_E] - [(\psi_O)_D + (\psi_O)_E]}{(\psi_{OS} + \psi_O)_D + (\psi_{OS} + \psi_O)_E} \quad (3.20)$$

dove ψ rappresenta l'area A o il volume V ; OS, S e O sono rispettivamente area osservata e simulata, area osservata e non simulata e area simulata e non osservata; D e E rappresentano i depositi e le erosioni. F indice di sovrapposizione, visto che misura la sovrapposizione tra osservato e simulato, varia da 0 a 1, con F pari a 0.5 si intende un corrispondenza a metà tra simulato e osservato. Ω descrive l'accuratezza della simulazione, ho come valore massimo 1 (perfetta corrispondenza) e 0 (corrispondenza intermedia).

Il limite che rappresenta la non corrispondenza tra i due eventi assume valori negativi, che però non sono definiti perché non esiste un rapporto tra ψ_S e ψ_O . Per quanto riguarda il coefficiente C assume valori pari a 5 nel caso flussi canalizzati, mentre, presenta valori pari a 3 in presenza di deflussi disperdenti. Angoli e velocità limite per erosioni e depositi restano gli stessi. Per quanto concerne le tempistiche di propagazione si hanno dati registrati per Cancia. Per cui la tempistica della simulazione idraulica è stata stimata con il modello di Gregoretti et al. (2016b). La tempistica, individuata in questo modo, risulta essere attendibile, perché ben rappresenta il picco dei deflussi superficiali che hanno innescato le colate del 23/07/2015 e 04/08/2015. I valori di C per cui si ha la migliore riproduzione di erosioni e depositi sono quelli che permettono la riproduzione del tempo impiegato dalla propagazione del fenomeno. Per cui questo sottolinea la coerenza del modello nel riprodurre la fisica della propagazione ed i fenomeni ad essa correlati.

3.3. Influenza della dimensione della griglia sulla simulazione

Riguardo l'influenza che la dimensione della griglia ha sulla simulazione della propagazione di un fenomeno di colata detritica sono stati eseguiti ben pochi studi. Stolz e Huggel (2008) hanno osservato, che la dimensione delle celle, che compongono la griglia influenzano significativamente l'area interessata dal fenomeno. Pertanto, le simulazioni condotte con differenti dimensioni della griglia possono presenta risultati molto diversi tra loro, inoltre, simulazioni effettuate con celle superiori a 4 x 4 m sono da scartare, perché non ben rappresentative del fenomeno. Gregoretti et al. (2019) hanno eseguito le simulazione della colata avvenuta a Rovina di Cancia con dimensioni della cella 1 x 1 e 3 x 3 m. Quello, che è emerso è che la simulazione con griglia di dimensioni 1 x 1 m ha ottenuti i risultati migliori in termini di area inondata e spessori di deposito.

4. REALIZZAZIONE DEGLI IDROGRAMMI SOLIDO – LIQUIDI

In questo capitolo si andranno a descrivere i vari procedimenti svolti, per determinare gli idrogrammi solido – liquidi utilizzati all’interno della simulazioni.

Prima di illustrare le metodologie usate per individuare gli idrogrammi si riporta, brevemente, il modello di innesco di un fenomeno di colata detritica.

Le colate detritiche si innescano generalmente per erosione del letto di sedimenti a causa di una corrente liquida o solido – liquida. Questo avviene perché la corrente di deflusso superficiale scorre sul deposito, andando così ad esercitare uno sforzo di attrito sul sedimento, che dipende dalla velocità in grado di eroderlo. La velocità dipende dalla portata e dalla pendenza del canale. Maggiore è l’inclinazione, maggiore è la velocità, maggiore è l’attrito esercitato sul fondo e quindi l’erosione. Un altro elemento destabilizzante è la componente della forza peso nella direzione del moto, che è poco importante a pendenze basse, mentre, diventa sempre più rilevante man mano, che aumenta l’inclinazione del fondo.

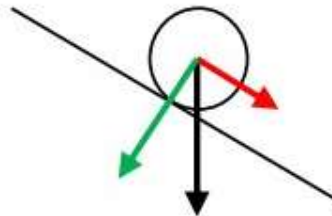


Figura 27. Azione destabilizzante della forza peso del singolo elemento

In presenza di inclinazione del canale superiori a 16° , l’azione della corrente e la componente della forza peso sono in grado di mobilitare quantità importanti di sedimento, tali da essere disperse lungo tutta la profondità dando origine ad un miscuglio solido – liquido (colata detritica). La capacità della corrente di movimentare la quantità di sedimento necessaria a generare una colata è stimata confrontando la portata della corrente, Q_R , con un valore critico della portata per l’innesco di una colata detritica Q_{crit} .

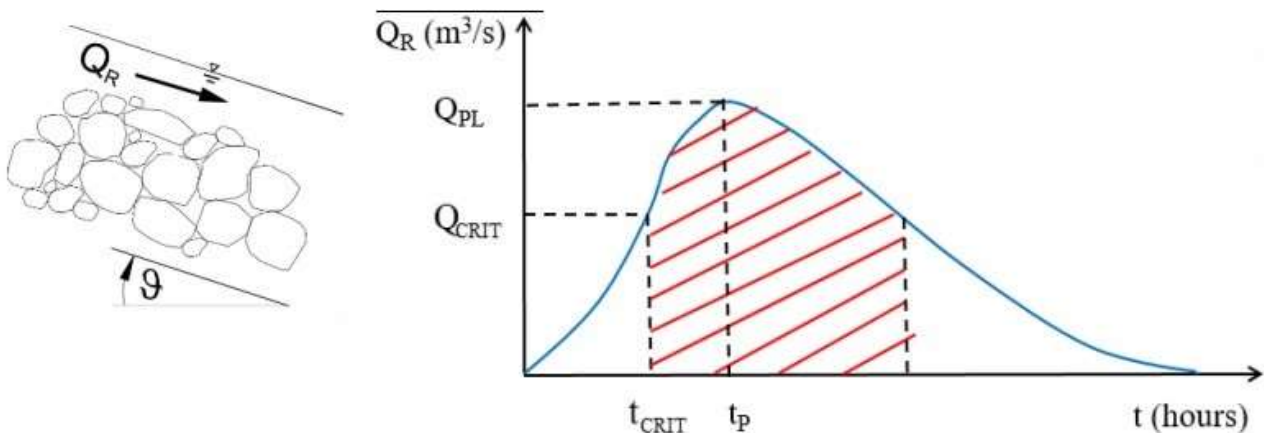


Figura 28. Portata Q che scorre su di un letto di sedimento erodendolo (sinistra); volume critico per l’innesco della colata (destra)

La portata critica è calcolata mediante formule empiriche e dipende dall’inclinazione del fondo e dal diametro medio dei sedimenti.

Gregoretti e Dalla Fontana (2008), mediante un modello idrologico, hanno simulato le portate al picco di 30 eventi di colata avvenuti nella valle del Boite tra il 1992 e il 2006. Di questi eventi sono noti le precipitazioni, l'orario di formazione e quindi gli ietogrammi delle precipitazioni. In figura 29 i valori simulati di portata al picco dei deflussi vengono comparati con il valore di portata critica, individuato mediante due equazioni empiriche determinate usando dei dati sperimentali, dove Q_{crit} è funzione dell'inclinazione del fondo e del diametro di sedimenti.

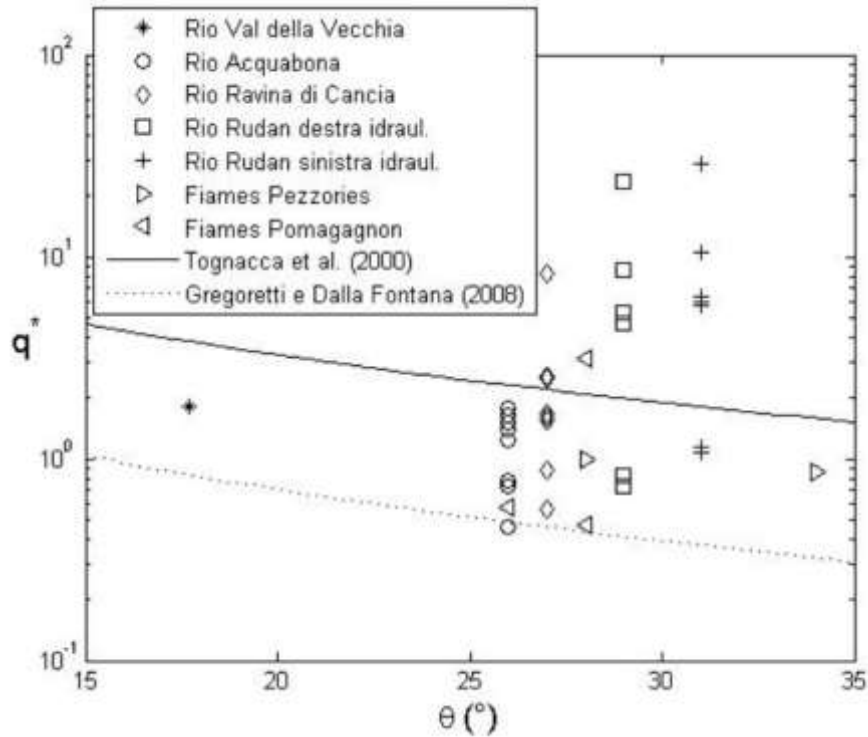


Figura 29. Confronto tra i valori di portata critica in forma adimensionale secondo le relazioni di Tognacca et al. e Gregoretti e Dalla Fontana (2008) con i valori di picco simulati con il modello idrologico di Gregoretti e Dalla Fontana (2008)

Dal confronto si può notare, che la relazione di Gregoretti e Dalla Fontana (2008) presenta un valore di portata critica, che risulta inferiore a tutti i valori simulati. Alla formulazione empirica, si associa, il valore soglia dei deflussi superficiali, per l'innesco di una colata detritica. Le espressioni dimensionali e adimensionali della relazione empirica di Gregoretti e Dalla Fontana sono rispettivamente:

$$q_{crit} = 0.78 * \frac{d_m^{1.5}}{\tan \vartheta^{1.27}} \quad (4.1)$$

$$q^* = \frac{0.195}{\tan \vartheta^{1.27}} \quad (4.2)$$

dove d_m è il diametro medio dei sedimenti, ϑ è l'inclinazione del fondo, q_{crit} è il valore di Q_{crit} per unità di larghezza e $q^* = q_{crit} / [(\rho_s / \rho - 1)^{0.5} g^{0.5} d_m^{1.5}]$. Una colata si genera se il deflusso superficiale supera il valore soglia Q_{crit} e il volume liquido contribuente alla colata è $Q > Q_{crit}$. Durante la propagazione, il materiale di dimensioni più rilevanti si posiziona sul fronte della colata e per tale motivo presenta profondità più elevate. Pertanto, la colata si presenta con un fronte carico di sedimenti, che diminuisce man mano, che ci si sposta nel corpo e nella coda. Di conseguenza l'idrogramma delle profondità di una colata ha un andamento triangolare con un lato ascendente molto ripido ed uno discendente più ripido.

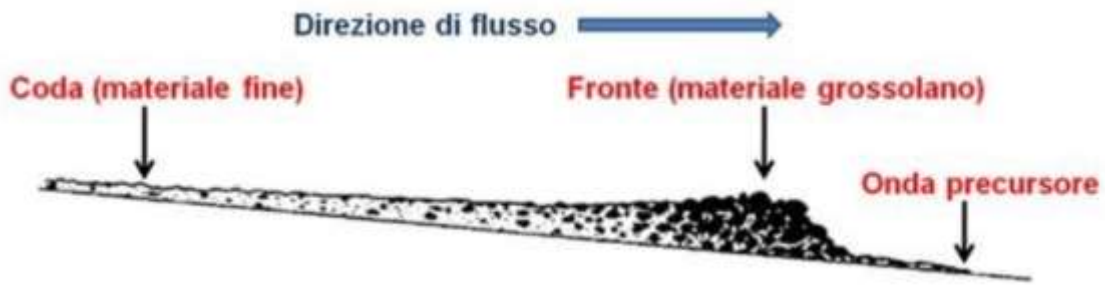


Figura 30. Schema di una colata detritica, che si propaga verso valle

4.1. Determinazione idrogramma liquido mediante modello idrologico di Gregoretti et al. (2016a) e Bernard (2018)

Per la realizzazione degli idrogrammi liquidi, necessari per realizzare gli idrogrammi solido – liquidi, che verranno inseriti come input nel modello di Gregoretti et al. (2019), è essenziale partire da una modellazione idrologica, utilizzando il modello idrologico ad evento di Gregoretti et al. (2016a) e Bernard (2018).

La modellazione idrologica del deflusso superficiale è strutturata su due componenti:

1. Calcolo della precipitazione efficace
2. Propagazione della precipitazione efficace alla sezione di chiusura

La precipitazione efficace può venire determinata mediante il metodo dell’SCS – CN (Botter e Rinaldo, 2003; Borga et al., 2007; Grimaldi et al., 2012) e tramite il metodo di Green – Ampt (Grimaldi et al., 2013; Rengers et al., 2016). Tuttavia, questi metodi, secondo alcuni accertamenti svolti da Gregoretti e Dalla Fontana (2008) sottostimano il picco di almeno il 50 -75 %, dando, così, una forma non impulsiva all’idrogramma simulato come invece avviene per quello, che rappresenta una fenomeno di colata detritica.

Pertanto, Gregoretti et al., (2016a) e Bernard (2018), per simulare un idrogramma di tipo impulsivo hanno unito il metodo del SCS - CN con l’equazione di Horton semplificata al solo termine asintotico di infiltrazione, in modo da considerare la quota del deflusso sottosuperficiale (metodo SCS – CN) e quella del deflusso superficiale (equazione di Horton semplificata). Ad ogni intervallo temporale Δt la precipitazione efficace viene determinata come:

$$P_e(t) = \begin{cases} 0 & t \leq t_{Ia} \\ \frac{P(t) - I_a}{P(t) - I_a + S} & t > t_{Ia}, I < f_c \\ P_e(t - \Delta t) + P(t) - P(t - \Delta t) - f_c \Delta t & t > t_{Ia}, I > f_c, P_e < P_{eSCS} \end{cases} \quad (4.3)$$

dove $P(t)$ è la precipitazione cumulata al tempo t , $P_e(t)$ la precipitazione efficace cumulata al tempo t , I intensità di precipitazione media durante l’intervallo di tempo Δt , P_{eSCS} la precipitazione totale efficace calcolata con il metodo SCS – CN, f_c la capacità di infiltrazione del terreno, S il volume specifico di saturazione del terreno, I_a le perdite iniziali e t_{Ia} l’intervallo di tempo in cui si hanno le perdite iniziali.

In terreni semi – aridi o rocciosi di natura dolomitica, il deflusso superficiale avviene quando l'intensità di precipitazione supera la capacità di infiltrazione (Beven, 2002; Li et al., 2010); quanto detto vale solo quando $i > f_c$.

Individuata la precipitazione efficace, il passaggio seguente è quello di analizzare il processo di trasferimento del deflusso superficiale dalla singola cella raster del bacino del bacino alla sezione di chiusura. Il trasferimento della precipitazione efficace avviene in maniera diversa in base al luogo di propagazione. Ad esempio, su un versante la velocità di scorrimento risulta costante, mentre, all'interno del reticolo idrografico, la velocità di propagazione è calcolata tramite il modello dell'onda cinematica diffusa.

Per la propagazione lungo il versante, si parte da un modello digitale del terreno opportunamente depittato, (rimosse le depressioni locali, che potrebbero generare errori durante la simulazione) e si individuano i percorsi del deflusso secondo la direzione di massima pendenza, in modo tale che ad ogni cella corrisponda una sola direzione di uscita. Ad ogni cella si associa la precipitazione efficace, in precedenza, calcolata, e che viene propagata lungo il percorso di deflusso ad una velocità costante, determinata tenendo in considerazione la scabrezza del suolo e la pendenza. Tutto questo comporta che su ogni cella del reticolo arriva una portata Q_v , individuata mediante la seguente formula:

$$Q_v(t) = \int_{A_v} P_e(\vec{x}, \tau) dA \quad (4.4)$$

dove \vec{x} è la posizione della cella generica, A_v l'area del versante che insiste direttamente sulla cella del reticolo, dA l'area della cella e $\tau = t - t_T(\vec{x})$.

Il parametro $t_T(\vec{x})$ rappresenta il tempo di propagazione della precipitazione efficace dalla cella di versante nella posizione \vec{x} alla cella del reticolo e si determina tramite la seguente equazione:

$$t_T(\vec{x}) = \sum_{i=1}^N \frac{L_{Si}(\vec{x})}{U_{Si}} \quad (4.5)$$

dove $L_{Si}(\vec{x})$ è la lunghezza del tratto di terreno di tipologia i facente parte del percorso di deflusso dalla cella nella posizione generica \vec{x} alla cella del reticolo sul versante, mentre, U_{Si} la velocità di scorrimento sul terreno di tipologia i . La propagazione sul reticolo avviene secondo il modello cinematico – diffusivo proposto da Orlandini e Rosso (1996) e si basa sulla seguente equazione:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + c_k \frac{\partial Q}{\partial S} = D_h \frac{\partial^2 Q}{\partial S^2} + c_k \frac{Q_v}{\Delta x} \quad (4.6)$$

dove Q è la portata, c_k la velocità dell'onda cinematica, D_h la diffusività idraulica e Δx il lato della cella. L'equazione differenziale sopra riportata viene, risolta tramite il metodo di Muskingam – Cunge, così diventa un'equazione lineare:

$$Q_{i+1}^{j+1} = C_1 Q_i^{j+1} + C_2 Q_i^j + C_3 Q_{i+1}^j + C_4 q_{L,i+1}^{j+1} \quad (4.7)$$

dove Q_{i+1}^{j+1} è la portata al nodo $i + 1$ ed al tempo $(j + 1)\Delta t$, mentre, q_{i+1}^{j+1} è la portata laterale allo stesso nodo ed intervallo di tempo. I coefficienti da C_1 a C_4 sono funzioni di c_k e D_h ($q = Qv/\Delta x$):

$$\begin{aligned}
C_1 &= \frac{c_k(\Delta t/\Delta x) - 2X}{2(1-X) + c_k(\Delta t/\Delta x)} \\
C_2 &= \frac{c_k(\Delta t/\Delta x) + 2X}{2(1-X) + c_k(\Delta t/\Delta x)} \\
C_3 &= \frac{2(1-X) - c_k(\Delta t/\Delta x)}{2(1-X) + c_k(\Delta t/\Delta x)} \\
C_4 &= \frac{2c_k\Delta t}{2(1-X) + c_k(\Delta t/\Delta x)}
\end{aligned} \tag{4.8}$$

dove X è il fattore peso introdotto per imporre l'uguaglianza tra la diffusività idraulica e quella numerica:

$$x = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{2D_h}{c_k\Delta x} \right) \tag{4.9}$$

In seguito, Orlandini e Russo (1996) prevedono l'utilizzo delle relazioni geomorfologiche di Leopold e Maggock (1953), che permettono di esprimere la diffusività idraulica e la celerità dell'onda cinematica, in funzione della larghezza del fondo alla sezione di chiusura e della scabrezza idraulica, determinata mediante la relazione di Gauckler – Strickler:

$$D_h = \frac{3\omega^{1-b_1}}{2(3+2b_1)B\tan\beta} \tag{4.10}$$

$$c_k = \frac{d\omega}{d\Omega} = \frac{5/(3+2b_1)\omega}{\Omega} = \frac{5}{(3+2b_1)B} B^{2/5} K_S^{3/5} S_0^{3/10} \omega^{2/(5(1-b_1))} \tag{4.11}$$

dove $B = B_0(A/A_0)^{b_2}$ è un parametro di ampiezza associato ad A , contribuente alla cella del reticolo in esame, A_0 invece è l'area del bacino contribuente alla sezione di chiusura, b_1 e b_2 sono degli esponenti geomorfologici caratteristici della rete idrografica (Leopold e Maddock, 1953), S_0 è la pendenza del letto del reticolo. Infine, il parametro ω è stimato mediante la seguente formula:

$$\omega = B^{-2/(3+2b_1)} K_S^{3/(3+2b_1)} S_f^{1.5/(3+2b_1)} \Omega^{5/(3+2b_1)} \tag{4.12}$$

dove S_f è la pendenza della linea dell'energia posta uguale a S_0 e Ω è l'area bagnata. Se si assume, che il parametro b_1 presenti un valore pari a 0,26 (Leopold e Maddock, 1953; Orlandini e Rosso, 1996), l'unico dato per la propagazione nel reticolo risulta essere K_S .

Da segnalare, inoltre, che per determinare l'idrogramma liquido da cui si ottiene il volume liquido contribuente alla colata si utilizzeranno lo ietogramma a blocchi alterni e lo ietogramma ad intensità di precipitazione costante.

Lo ietogramma a blocchi alterni di durata pari al tempo di concentrazione è in grado di generare un idrogramma per cui risulta massimo il valore di picco liquido. Con questa metodologia si determinano direttamente le altezze di pioggia incrementali, che corrispondono ad n intervalli di intervalli di tempo Δt successivi in cui è stata divisa la durata della pioggia. Dalla linea segnalatrice di possibilità pluviometrica (LSPP) si ricavano le altezze di pioggia per ciascuna durata; effettuando la differenza, tra le altezze di pioggia corrispondenti a due durate successive, si ricava la pioggia incrementale per ciascun intervallo di tempo considerato (blocchi).

Ottenuti i blocchi gli si riordina seguendo una sequenza temporale con la massima intensità in corrispondenza dell'intervallo di picco. I blocchi rimasti, vengono poi disposti alternativamente a cavallo dell'intervallo di picco (Bernard et al., 2019). In Figura 31 gli idrogrammi liquidi determinati con lo ietogramma a blocchi alterni per i bacini di Forcella Salvella (bacino contribuente alla zona di innesco della colata) e del Bus de Diau.

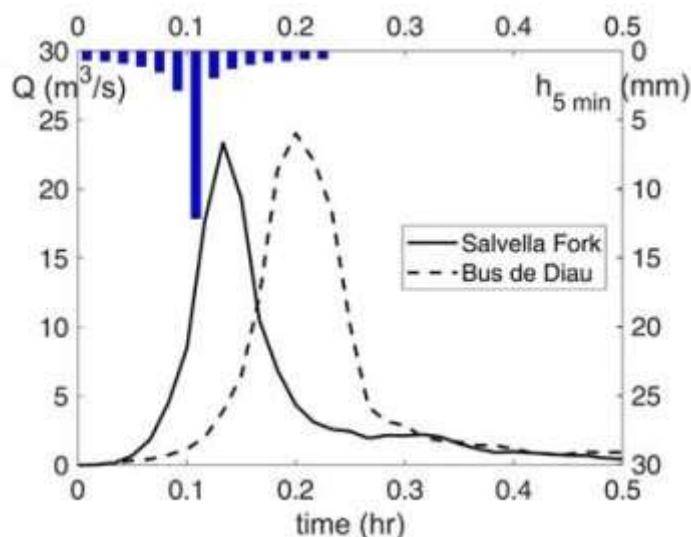


Figura 31. Rappresentazione delle precipitazioni mediante uno ietogramma a blocchi alterni, con intervalli di un minuto e degli idrogrammi simulati della portata liquida dei sottobacini del Salvella e del Bus del Diau (Bernard et al., 2019)

Invece, lo ietogramma a intensità di precipitazione costante è in grado di massimizzare il volume liquido contribuente alla colata. Capita ciò perché man mano, che aumenta la durata di precipitazione, si ha contemporaneamente un incremento del volume, ma al contempo diminuisce il picco.

Perciò per effettuare le varie valutazioni bisogna calcolarsi il volume contribuente e per quindi si “taglia” l'idrogramma nel punto in cui è stata registrata la portata critica del bacino. Questo comporta che in un certo momento la durata di precipitazione è così ampia, che il picco di portata assume valori simili a quelli della portata critica e questo fa sì, che per quella durata il volume presenta una componente prettamente liquida.

Pertanto, il sistema di calcolo va a determinare il volume contribuente per ogni idrogramma. In seguito, genera una curva e dove si presenta il valore più elevato, esso coincide con la durata di precipitazione dell'evento da simulare. Comunque, generalmente, la durata di questo ietogramma è dell'ordine di 20 – 40 volte superiore il tempo corrispondente alla portata di picco dell'idrogramma ottenuto con ietogramma a blocchi alterni (Gregoretti e Bernard, 2019).

4.2. Idrogramma solido – liquido determinato utilizzando uno ietogramma a blocchi alterni e uno ietogramma a intensità di precipitazione costante.

Come già descritto gli idrogrammi solido – liquidi di input, utilizzati all'interno di questo studio corrispondono a due idrogrammi liquidi diversi. Il primo determinato da uno ietogramma a blocchi alterni che massimizza il valore di picco ed uno da uno ietogramma costante che massimizza il volume liquido contribuente alla colata detritica. Si riporta inizialmente il metodo proposto da Gregoretti et al. (2019) per determinare il primo idrogramma solido-liquido. A valle del punto di innesco la colata detritica presenta un fronte con una

concentrazione volumetrica del sedimento e la profondità, che decrescono verso monte come illustrato in Figura 30. Sulla base di ciò, Gregoretti et al (2019) hanno proposto un idrogramma solido – liquido schematizzato mediante una forma triangolare con un tempo di picco pari ad un minuto e una diminuzione lineare della concentrazione solida. Il valore di picco della portata solido – liquida, viene determinato mediante l’equazione proposta da Lanzoni et al. (2017) sulla base di dati di laboratorio:

$$Q_P = \frac{0.75 * c_*}{c_* - c_F} * Q_{PL} \quad (4.13)$$

dove Q_{PL} è il valore di picco dell’idrogramma liquido, c_* la concentrazione volumetrica dei sedimenti a riposo e c_F la concentrazione volumetrica dei sedimenti in corrispondenza del fronte. Quest’ultimo parametro viene individuato mediante la relazione di Takahashi (2007) aggiornata da Lanzoni et al. (2017):

$$c_F = \frac{\rho \tan \vartheta}{(\rho_s - \rho)(\tan \varphi_{qs} - \tan \vartheta)} \quad (4.14)$$

dove ρ è la densità della fase liquida (1000 kg/m^3), ρ_s la densità della fase solida (2650 kg/m^3), ϑ l’angolo di inclinazione del fondo (19.3°), φ_{qs} l’angolo di attrito quasi statico.

Il volume solido – liquido è dato dalla somma tra il volume liquido che contribuisce alla colata detritica (V_L), il volume solido dei sedimenti erosi durante l’evento (V_L) e il volume liquido di saturazione ($V_S/c_* - V_S$). Il volume di deflusso superficiale, che contribuisce alla colata detritica è la parte dell’idrogramma di deflusso che supera lo scarico di innesco (circa $1 \text{ m}^3/\text{s}$, Gregoretti e Dalla Fontana, 2008). L’idrogramma liquido viene calcolato mediante la metodologia proposta da Gregoretti et al. (2016a) per bacini rocciosi delle Dolomiti, che è stata ampiamente descritta all’interno del paragrafo precedente. Pertanto, definito l’idrogramma liquido, si determina la durata dell’idrogramma solido – liquido, mediante la seguente equazione:

$$t_I = 2Q_P/V_{SL} \quad (4.15)$$

La concentrazione volumetrica di sedimento c , viene assunta costante e pari al valore massimo c_F (0.675 nel caso delle simulazione senza le opere di mitigazione e 0.646 nel caso delle simulazioni in presenza delle opere di mitigazione) fino al picco $t \leq t_p$ (t_p il tempo al picco), in modo da massimizzare la concentrazione al picco di portata. Invece, per $t_p \leq t \leq t_I$ (t_I durata dell’idrogramma), la concentrazione volumetrica assume valori pari a zero in modo da simulare un corpo e una coda liquida del fenomeno detritico. In Figura 32 l’idrogramma solido così costruito.

Per quanto riguarda il Bus del Diau l’idrogramma solido – liquido è caratterizzato da concentrazioni volumetriche di sedimenti sempre pari a 0 dovuto al fatto, che esso si caratterizza da portate prettamente liquide. Inoltre, il picco generalmente viene raggiunto 5 minuti dopo rispetto a quello registrato nel canale principale dovuto al fatto, che si caratterizza di un bacino, che presenta dimensioni più grandi, rispetto a quelle del bacino del Salvella. Infine, nel caso delle simulazioni in presenza delle opere di mitigazioni il picco di portata del Bus del Diau, potrà essere raggiunto qualche minuto dopo, dovuto al fatto, che la sezioni di chiusura verrà spostata più in basso, ovvero, in prossimità della briglia filtrante.

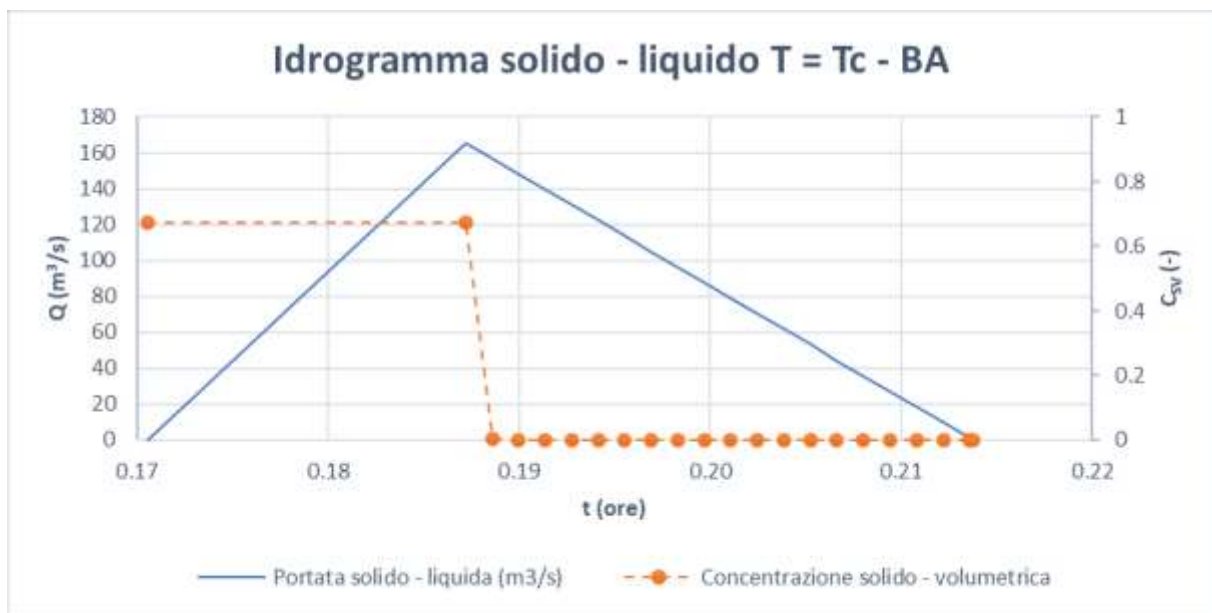


Figura 32. Idrogramma solido – liquido BA di durata pari al tempo critico di precipitazione (15 minuti) per cui risulta massimo il valore di picco e di concentrazione e rappresentante un corpo e coda della colata liquidi

Per determinare l'idrogramma per cui risulta massimo il volume solido – liquido, si parte da un'idrogramma liquido, dove le portate liquide presentano un andamento pressoché costante. In questo idrogramma i valori di deflusso superficiali risultano inferiori di un ordine di grandezza rispetto a quelli dell'idrogramma solido – liquido per cui risulta massimo il picco di portata. Questo significa, che la velocità del deflusso (Egashira et al., 2001, Papa et al., 2004; Takahashi, 2007; Medina et al., 2008; Iverson, 2012) risulta inferiore a quella degli esperimenti di laboratorio di Lanzoni et al. (2017). Ne consegue, che in queste condizioni non si riesce a formare un fronte carico di sedimento. In questo caso si assume un idrogramma con la stessa forma dell'idrogramma di deflusso superficiale contribuente alla colata (Figura 28) e con concentrazione volumetrica di sedimento costante (0.3). A volume liquido contribuente alla colata viene associato un volume di sedimento e/o la concentrazione volumetrica dei sedimenti e mediante l'applicazione della conservazione della massa si ottiene l'idrogramma solido – liquido.

La costanza della concentrazione solide permette di rappresentare la portata solido – liquida in funzione della portata di deflusso superficiale contribuente alla colata, tramite il rapporto tra il volume solido – liquido della colata e il volume di deflusso superficiale contribuente alla colata:

$$Q = \frac{V_{SL}}{V_L} Q_L \quad (4.16)$$

Il rapporto V_{SL}/V_L può essere in funzione di V_L e V_S secondo l'equazione:

$$V_{SL} = V_L + V_S/C_* \quad (4.17)$$

oppure mediante la concentrazione volumetrica di sedimento:

$$c_m = V_S/V_{SL} \quad (4.18)$$

L'equazione (4.16) assume, quindi, le seguenti due espressioni:

$$Q = \frac{V_L + V_S/c_*}{V_L} Q_L = \left(1 + \frac{V_S}{c_* V_L}\right) Q_L \quad (4.19)$$

$$Q = \frac{V_S/c_m}{V_L} Q_L = \frac{V_S/c_m}{V_S/c_m - V_S/c_*} Q_L = \frac{c_*}{c_* - c_m} Q_L \quad (4.20)$$

In Figura 33 l'idrogramma solido così costruito.

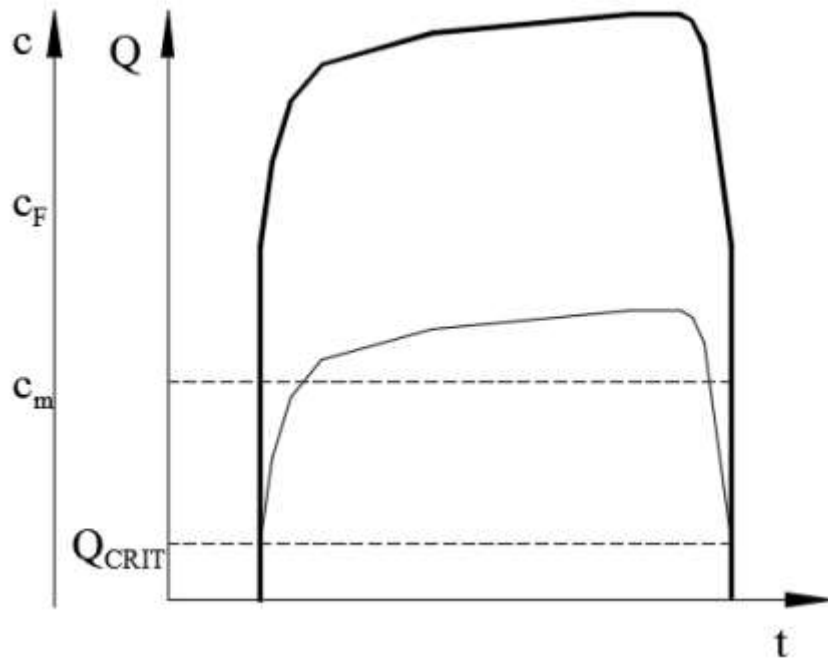


Figura 33. Idrogramma solido – liquido (linea spessa) e dei deflussi superficiali contribuenti alla colata (linea non in spessore) con andamento della concentrazione per il caso dell'idrogramma solido – liquido con volume massimo di deflusso

4.3. Idrogramma solido – liquido determinato secondo le linee guida dell'Autorità di bacino

La determinazione dell'idrogramma solido – liquido di durata pari al tempo critico di precipitazione (15 minuti) viene svolta seguendo le linee guida previste dal Piano di gestione del Rischio di Alluvioni dell'Autorità di bacino distrettuale delle alpi Orientali. Per individuare l'idrogramma, che massimizza il picco di portata, prima di tutto, si costruisce uno idrogramma a blocchi alterni con cui si determina l'idrogramma liquido. In seguito, si stabilisce il volume di sedimento, secondo la formula di Marchi et al. (2019):

$$V_{SED} = 52000A^{0.94} \quad (4.21)$$

dove V_{SED} è il volume di sedimento depositato e A l'area del bacino. L'equazione risulta valida solo per bacini con area inferiore al km^2 . In seguito, si determina la concentrazione del fronte. In questo caso si usa il valore massimo ammissibile proposta da Takahashi (2007):

$$c_F = 0.9c_* \quad (4.22)$$

dove il valore di c_* è determinato secondo quanto detto da Gregoretti et al. (2018) e risulta esse pari a 0.72. Tramite l'equazione (4.13) si determina la portata solido – liquida di picco, avendo noti il valore della portata di picco liquida per un tempo di ritorno pari a 100 anni e la concentrazione volumetrica del detrito a riposo (c_*). E quello, che risulta essere è la portata al picco per Tr 100.

Successivamente, si somma il volume di sedimento calcolato tramite l'equazione (4.21) e il volume di deflusso superficiale contribuente alla colata, così facendo si ottiene il volume complessivo della colata e la distribuzione della concentrazione nell'idrogramma solido – liquido, che permette di individuare la concentrazione media a valle del picco $t_p \leq t \leq t_f$:

$$c_m = \frac{V_S - 0.5c_F Q_P t_P}{V_{SL} - 0.5Q_P t_P} \quad (4.23)$$

dove V_S è il volume solido dei sedimenti inglobati nella corrente, V_{SL} è il volume solido – liquido, c_F concentrazione del fondo, Q_P è la portata solido – liquida e t_P è il tempo al picco. L'andamento della concentrazione ricavato per l'idrogramma con Tr 100 viene applicato all'idrogramma liquido simulato con un tempo di ritorno pari a 300 anni. Conoscendo il volume liquido e la concentrazione media si ottiene il volume di sedimento e il volume totale della colata. Ricalcolando l'idrogramma solido – liquido, avendo noti il volume di sedimento e la concentrazione al fronte, si determina il nuovo idrogramma solido – liquido con la portata al picco per Tr 300 ($149.39 \text{ m}^3/\text{s}$) che è illustrato in Figura 34.

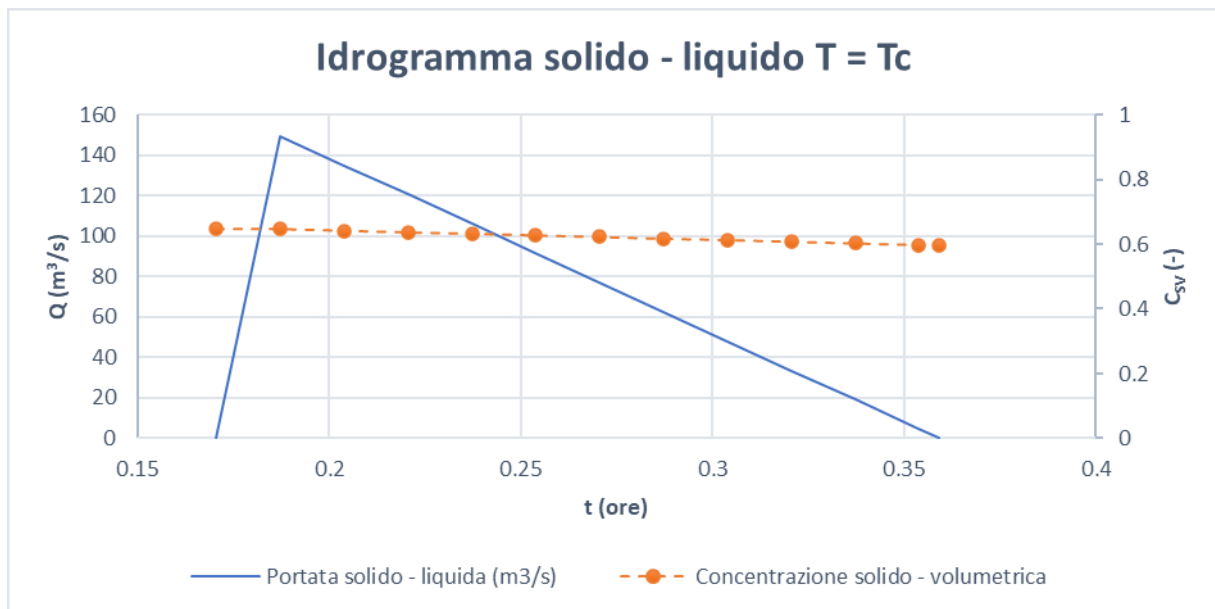


Figura 34. Idrogramma solido – liquido per cui risulta massimo il valore di picco e concentrazione volumetrica di sedimento e di durata pari al tempo critico di precipitazione (15 minuti)

Come si può notare dalla Figura 34 la concentrazione solido - volumetrica dell'idrogramma di durata pari al tempo critico di precipitazione, è caratterizzata da valori, che diminuiscono man mano che l'evento si esaurisce. Invece, negli idrogrammi di durata pari a $T = 30$ minuti, $T = 45$ minuti e $T = 60$ minuti, la concentrazione solido – volumetrica è costante, cioè 0.40 per $T = 30$ min, 0.35 per $T = 45$ minuti e 0.30 per $T = 60$ min.

Per quanto riguarda il Bus del Diau, anche in questo caso si usano degli idrogrammi solido – liquidi, caratterizzati da una concentrazione solido – volumetrica pari a zero, dovuto al fatto, che il corso d'acqua presenta delle portate con uno scarso apporto solido.

5. SPIEGAZIONE PLUGIN

In questo capitolo, si andrà a descrivere la creazione dei file di input essenziale per l'esecuzione del modello DFRM: modello a celle bifase per la propagazione idraulica di colate detritiche, sviluppato dal dipartimento Territorio e Sistemi Agro – Forestali (TESAF) dell'Università degli Studi di Padova, e che tiene conto dei fenomeni di erosione e deposito, generati dal fenomeno gravitativo.

5.1. Area di studio: Rovina di Cancia

L'area oggetto di questa tesi è definita come Rovina di Cancia, ed è stata ampiamente descritta nel capitolo di inquadramento dell'area di studio, pertanto, si passa immediatamente alla descrizione della varie fasi da seguire, per realizzare i file di input del modello.

5.1.1. *Analisi preliminari di base*

Prima di svolgere la procedura di creazione dei file da utilizzare all'interno del modello, è opportuno controllare, che la base topografica (DTM con celle di dimensione 1x1), su cui si effettueranno le simulazioni, rappresenti al meglio il contesto che si vorrà esaminare, ovvero, si va a verificare la presenza di anomalie all'interno del modello del terreno.

Per verificare ciò, si effettuano delle analisi geomorfologiche come lo studio delle ombreggiature, delle pendenze, dei profili longitudinali o trasversali del canale/area esaminata. In QGIS, queste valutazioni si possono eseguire mediante i comandi inseriti all'interno del menù Raster → Analisi.

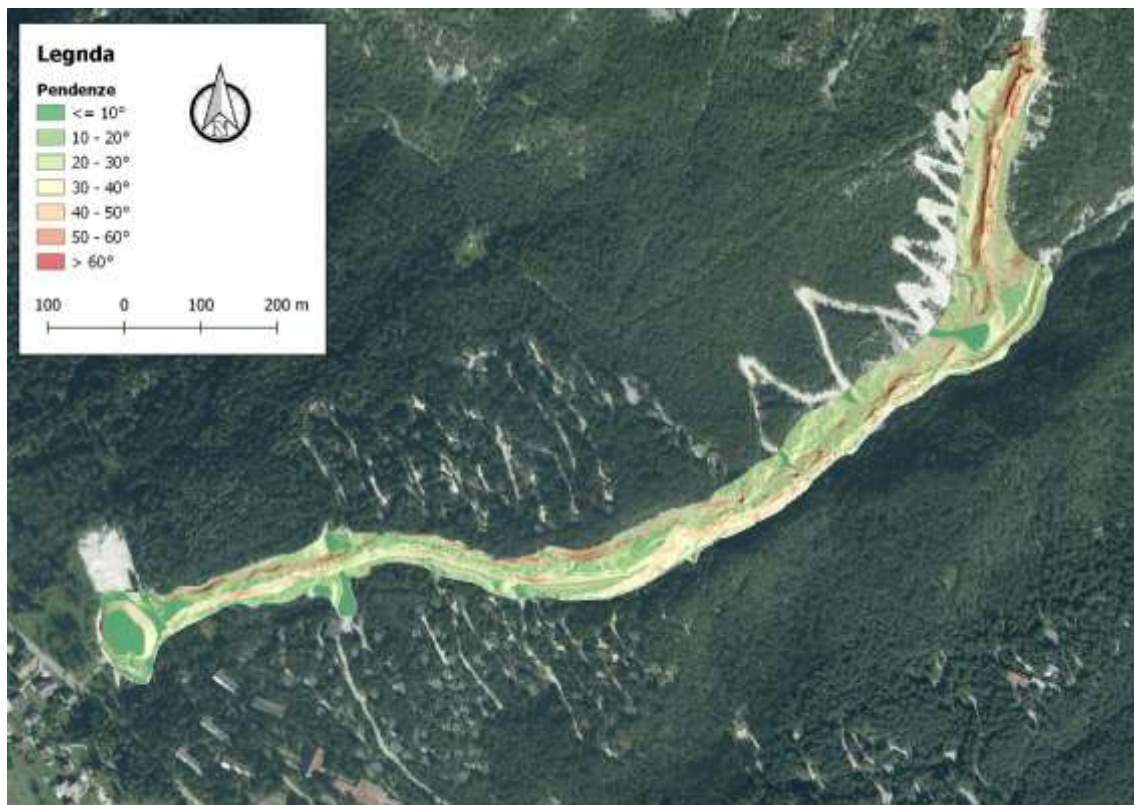


Figura 35. Raster delle pendenze dell'area oggetto di studio

Analizzando il dominio di calcolo della simulazione è possibile individuare alcune anomalie o aree da modificare che possono essere inserite all'interno del modello digitale delle elevazioni, come ad esempio:

- Assenza degli elementi all'interno dell'area di calcolo
- Presenza di manufatti che ostruiscono la canalizzazione del corso d'acqua.

Ad esempio, nel caso in esame vi è la presenza di un ponte, che non è stato rimosso durante l'elaborazione del raster, pertanto, lo si dovrà rimuovere mediante le modalità spiegate nel paragrafo 5.2.3, perché la sua presenza rappresenta un ostacolo al deflusso della simulazione.

5.2. Creazione dei file di input

5.2.1. Dominio di calcolo

Il primo passo è ritagliare il file DEM, in modo da ridurre al minimo la pesantezza della simulazione, sia in termini di velocità di esecuzione, sia in termini di memoria occupata. Pertanto, è necessario creare una geometria che vada a considerare il campo di moto. Creato il poligono si ritaglia il DEM e si ottiene quanto segue:



Figura 36. Ritaglio del DEM alla dimensione dell'area di studio

5.2.2. Digitalizzazione Uso del suolo e creazione database

Il secondo file da realizzare è quello, che contiene la descrizione degli usi del suolo. Tale elemento serve per registrare le diverse tipologie di terreno presenti all'interno dell'area di calcolo. Per poter digitalizzare l'uso del suolo, serve avere un'immagine aerea dell'area, oppure, un ortofoto o un layer ottenuto tramite i servizi WMS dei vari portali cartografici. Importata l'immagine si crea una shapefile di tipo poligono, che conterrà le informazioni sul tipo di suolo e sul codice ad essa assegnatoli; generalmente facente parte della codifica di III

livello del Corine Land Cover (CLC). Si sottolinea, che è molto importante delimitare al meglio i diversi usi del suolo, perché così facendo si otterrà un risultato il più simile possibile ad un evento reale.

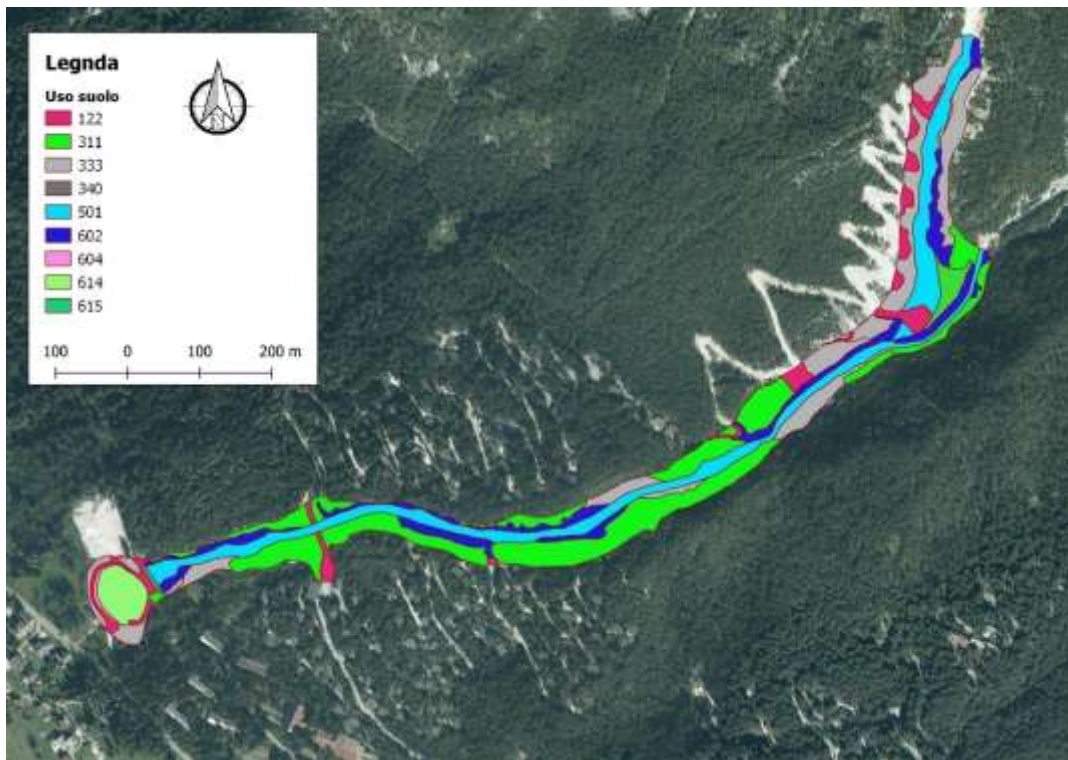


Figura 37. Digitalizzazione degli usi del suolo

Una volta digitalizzato i suoli, gli si rasterizza, ovvero, lo shapefile poligono lo si trasforma in un file raster. Durante questa operazione come attributo da rasterizzare si utilizza il codice del CLC, inoltre, si deve mantenere la stessa risoluzione del *DEM*. Come maschera per l'operazione si usa il *DEM* stesso in modo tale che l'estensione del *raster uso suolo* sia uguale a quella del modello digitale delle elevazioni, perché se no durante le simulazioni si possono incorrere a degli errori.

Una volta ottenuto il raster, si va a creare un database testuale con la definizione di parametri distributivi per ogni codice presente nel raster. La prima colonna contiene il codice identificativo del suolo, che ha il compito di collegare i parametri della tabella con il suolo rappresentato all'interno del raster apposito. Dalla seconda colonna in poi vengono inseriti i seguenti dati;

- a) Coefficiente di conduttanza: controlla la resistenza al moto;
- b) Identificativo per fondo mobile o fondo fisso
- c) Angolo inferiore limite per l'erosione: sopra il quale avviene l'azione erosiva;
- d) Velocità limite per l'erosione;
- e) Angolo superiore limite per il deposito
- f) Velocità limite per il deposito
- g) Valore della concentrazione solida del fondo
- h) Identificativo per stabilire l'erodibilità del suolo.

5.2.3. Correzione della base topografica

Come descritto nel paragrafo 5.1.1, il DEM usato può presentare degli elementi, che devono essere corretti prima di iniziare la simulazione. Come detto, nel modello digitale, vi è la presenza di un ponte, posto a circa 250 m dal bacino di ritenuta, che non è stato rimosso in fase di restituzione dei dati Lidar. Per rimuoverlo si creano una paio di sezioni di punti poste a monte e a valle del manufatto e che presentano coordinate x , y e z , quest'ultima desunta dal DEM. Fatto ciò, si interpola i punti mediante l'algoritmo *Tin lineare*, che genera una mesh triangolare utilizzando come vertice i punti. Una volta ottenuto il raster lo si fonde fondere con il DEM originale mediante il tool *Fusione* e così si ottiene il DEM corretto.

5.2.4. Condizioni al contorno e sezioni intermedie

Per realizzare questi due diversi file si segue il medesimo procedimento: per prima cosa si crea un file shape di tipo polilinea con un campo attributo numerico. Poi si digitalizza le sezioni, avendo l'accortezza di avere celle contigue attraverso le direzioni cardinali (se non si possono incorrere in errori). Infine, ad ogni sezione si assegna un codice:

- 5000 progressivo per le sezioni di ingresso
- 9000 per le sezioni di uscita
- 1000 progressivo per le sezioni intermedie di controllo



Figura 38. Sezioni di ingresso, uscita e di controllo

5.2.5. Idrogramma di input

Ad ogni sezione di ingresso si allega un idrogramma solido – liquido di input. Esso si materializza mediante un file di testo, che si compone nel seguente modo: prima dell'idrogramma deve essere scritta la parola *sezione*

(questo per ogni idrogramma, nel caso specifico le sezioni di ingresso sono due e pertanto lo si deve scrivere due volte). Poi vi sono tre colonne, che rappresentano il tempo (s), la portata totale (m³/s) e la concentrazione volumetrica della fase solida; in fondo a tutto, infine, si inserisce la parola *end*.

Sezione SSI			Sezione CBD		
662.343	0.000	0.675	964.860	0.000	0.000
722.343	86.700	0.675	1024.860	1.000	0.000
727.343	84.373	0.014	1080.000	11.131	0.000
732.343	82.046	0.000	1140.000	12.696	0.000
737.343	79.720	0.000	1200.000	12.791	0.000
742.343	77.393	0.000	1260.000	12.782	0.000
747.343	75.066	0.000	1320.000	12.746	0.000
752.343	72.740	0.000	1380.000	12.711	0.000
757.343	70.413	0.000	1440.000	12.205	0.000
762.343	68.086	0.000	1500.000	11.135	0.000
767.343	65.760	0.000	1560.000	9.816	0.000
772.343	63.433	0.000	1620.000	8.502	0.000
777.343	61.106	0.000	1680.000	7.327	0.000
782.343	58.780	0.000	1740.000	6.329	0.000
787.343	56.453	0.000	1800.000	5.480	0.000
792.343	54.126	0.000	1860.000	4.747	0.000
797.343	51.800	0.000	1920.000	4.118	0.000
802.343	49.473	0.000	1980.000	3.592	0.000
807.343	47.146	0.000	2040.000	3.155	0.000
812.343	44.819	0.000	2100.000	2.792	0.000
817.343	42.493	0.000	2160.000	2.484	0.000
822.343	40.166	0.000	2220.000	2.217	0.000
827.343	37.839	0.000	2280.000	1.995	0.000
832.343	35.513	0.000	2340.000	1.820	0.000
837.343	33.186	0.000	2400.000	1.668	0.000
842.343	30.859	0.000	2460.000	1.525	0.000
847.343	28.533	0.000	2520.000	1.400	0.000
852.343	26.206	0.000	2580.000	1.288	0.000
857.343	23.879	0.000	2640.000	1.183	0.000
862.343	21.553	0.000	2700.000	1.083	0.000
867.343	19.226	0.000	2760.000	0.000	0.000
872.343	16.899	0.000	END		
877.343	14.573	0.000			
882.343	12.246	0.000			
887.343	9.919	0.000			
892.343	7.593	0.000			
897.343	5.266	0.000			
902.343	2.939	0.000			
907.343	0.612	0.000			
908.660	0.000	0.000			
Sezione CBD					

Figura 39. File riportanti l'idrogramma di input di un evento con T pari al tempo di corrivazione del bacino (15 min)

Si ribadisce, che nel seguente elaborato gli idrogrammi solido – liquidi utilizzati sono determinati nelle modalità descritte nel capitolo 4. Riassumendo, si utilizzerà tre tipi di idrogrammi solido – liquidi:

- a. Idrogramma solido – liquido determinato utilizzando uno idrogramma ad intensità costante;
- b. Idrogramma solido – liquido determinato utilizzando uno idrogramma a blocchi alterni;

- c. Idrogramma solido – liquido determinato utilizzando uno idrogramma a blocchi alterni e seguendo le modalità previste dal nuovo Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni dell’Autorità di bacino distrettuale delle Alpi Orientali.

Una volta realizzati tutti i file di input si può iniziare la simulazione con il plugin DFRM. Ultimo passaggio, prima di avviare l’elaborazione, è quello di inserire i vari file di input (DEM, uso suolo, sezioni interne, ecc...), e aggiungere i seguenti parametri:

- durata della simulazioni: variabile in base alla durata dell’evento
- time step di output: 150 secondi
- profondità minima necessaria alla propagazione: 0.03 metri
- profondità minima per erosione/deposito: 0.10 metri
- Concentrazione solida media: 0.00
- Concentrazione solida di riposo: 0.00
- KE: 0.50
- KD:1.00
- angolo limite per deposito agevolato: 5.00°
- coefficiente limite per deposito agevolato: 1.00

5.3. File di output

Una volta terminata la simulazione il primo passo da fare è sempre controllare i file *.log* e *.err*. Il primo riporta il riassunto dei dati di input, il riassunto delle volumetrie mobilitate e gli eventuali errori (WARNING) generati dal modello durante l’esecuzione. Il file *.err*, invece, riporta solo gli errori in modo tale da avere un feedback immediato sull’errore e sulle anomalie accorse durante la simulazione.

5.3.1. File di output raster

Le simulazioni di questo elaborato sono state eseguite a parametri distribuiti, pertanto, come file di output si ottengono anche dei raster che descrivono le caratteristiche del suolo:

- Coefficiente di conduttanza;
- Identificativo fondo mobile/fondo fisso;
- Angolo minimo per avere erosioni;
- Velocità minima per avere erosione;
- Angolo massimo per avere deposito
- Velocità massima per avere deposito;
- Concentrazione solida del fondo;
- Codice di controllo dell’erodibilità.

I raster ottenuti dalla simulazione e utili per le analisi sono:

- DEM finale;
- Mappa delle profondità di erosione e spessori di depositi (in m e output utilizzato per questa tesi);
- Mappa delle aree finali interessate dal fenomeno;
- Mappa delle profondità massime raggiunte e finale;
- Quota della superficie libera massima raggiunta e finale;
- Mappa dello spessore massimo raggiunto;
- Mappa della concentrazione solido – liquida massima e finale;
- Mappa della velocità di flusso massima raggiunta;
- Tempo di allagamento in secondi;
- Magnitudo della colata, utile per la mappatura del rischio.

5.3.2. File di output sezioni interne

Per quanto concerne le sezioni interne o di controllo, ogni simulazione salva tanti file di testo quante sono le sezioni interne inserite. Nel file di testo sono riportate le seguenti informazioni:

- Tempo: in secondi;
- Quota della superficie libera: in metri;
- Quota terreno: in metri;
- Quota terreno iniziale: in metri
- Profondità: in metri;
- Concentrazione solida;
- Portata totale: in metri cubi al secondo;
- Portata solida: in metri cubi al secondo.

Tempo (s)	Quota superficie libera (m)	Quota terreno (m)	Quota terreno iniziale (m)	Profondità (m)	Spessore (m)	Conc. Solida	Portata totale (m ³ /s)	Portata solida (m ³ /s)
1630	1395.759	1393.795	1393.949	1.89	1.741	0.345	43.014	14.865
1780	1395.658	1393.555	1393.961	2.038	1.641	0.437	46.386	20.507
1930	1395.044	1393.129	1393.96	1.915	1.083	0.419	42.229	17.894
2080	1394.733	1392.791	1393.961	1.942	0.772	0.414	40.908	16.964
2230	1394.564	1392.756	1393.961	1.808	0.604	0.41	37.478	15.532
2380	1394.279	1392.608	1393.961	1.67	0.318	0.431	35.055	15.216
2530	1394.044	1392.426	1393.961	1.619	0.085	0.456	38.27	17.637
2680	1393.781	1392.299	1393.961	1.559	-0.215	0.504	35.174	17.979
2830	1393.623	1392.345	1393.961	1.427	-0.394	0.521	34.6	18.365
2980	1393.217	1392.062	1393.961	1.549	-0.841	0.556	35.98	20.545
3130	1392.484	1391.932	1393.962	1.483	-1.799	0.6	33.687	20.758
3280	1391.105	1391.366	1393.96	1.486	-3.37	0.571	25.942	15.139
3430	1390.137	1391.055	1393.96	1.215	-4.39	0.549	15.786	8.833
3580	1389.031	1390.524	1393.961	1.171	-5.497	0.581	14.613	8.554
3730	1387.928	1390.044	1393.961	1.027	-6.6	0.623	12.318	7.792
3880	1386.695	1389.823	1393.961	0.408	-7.923	0.674	4.608	3.111
4030	0	1389.809	1393.961	0	0	0	0	0
4180	0	1389.809	1393.961	0	0	0	0	0
4330	0	1389.808	1393.961	0	0	0	0	0

Figura 40. Informazioni presenti all'interno dei file di testo riportate su Excel

5.4. Codice Matlab

Con i file di output ottenuti, non si è in grado di quantificare il volume netto e cumulato dell'evento simulato, pertanto, è stato fornito un codice in formato Matlab, realizzato dall'ingegnere Matteo Barbini, che è in grado di fornire i valori di volume.

Per far funzionare il codice è necessario predisporre alcuni elementi; il primo è un file shape di tipo linea, che rappresenta il talweg o il centro del canale. Per questo elemento è necessario fare molta attenzione durante la sua creazione, perché se no il codice riscontra dei problemi, durante il suo funzionamento. Per evitare errori è opportuno, che l'angolo tra le due diverse linee sia il più ampio e dolce possibile, perché se non è così l'errore è certo. Per cui bisogna evitare angoli acuti.

Il secondo elemento, che bisogna realizzare è un file *.tif* che rappresenti le erosioni e i depositi generati dalla colata all'interno del canale. La sua creazione è molto semplice perché basta convertire il file di output *mappa_eros_deposito_finale.flt* in un file Tiff. Il terzo elemento da inserire è il volume solido in ingresso. Parametro, che si trovano all'interno del file *.log* della simulazione, più precisamente in fondo al file di testo.

Per cui, una volta realizzati tutti i file gli si inserisce negli appositi spazi all'interno del codice e lo si fa partire. Così facendo si ottengono due tipi di grafici: il primo rappresenta la variazione del volume netta (suddivisa tra erosioni e depositi); il secondo invece rappresenta la curva cumulata del volume movimentato dal fenomeno di colata detritica.

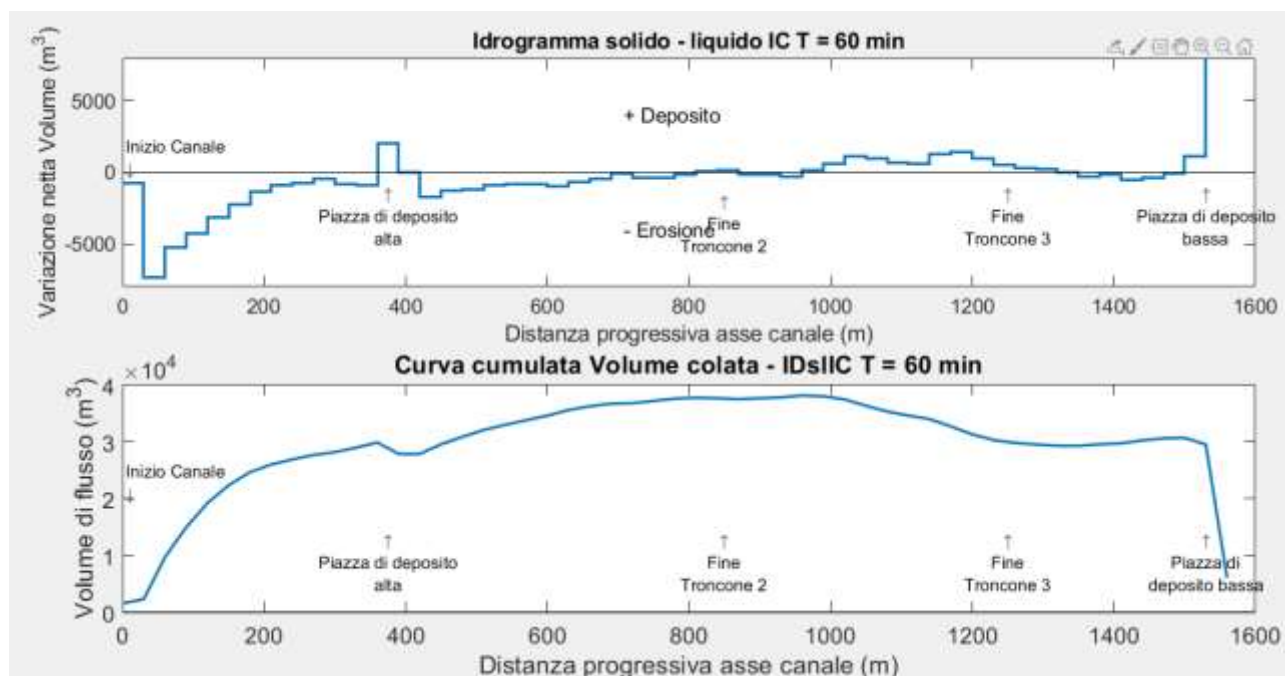


Figura 41. Grafici di output del codice Matlab

Inoltre, con il codice è possibile inserire più file *.tif*, che rappresentano le erosioni e i depositi in presenza di diverse durate di precipitazione, in modo da ottenere dei grafici di confronto fra i diversi volumi netti e cumulati.

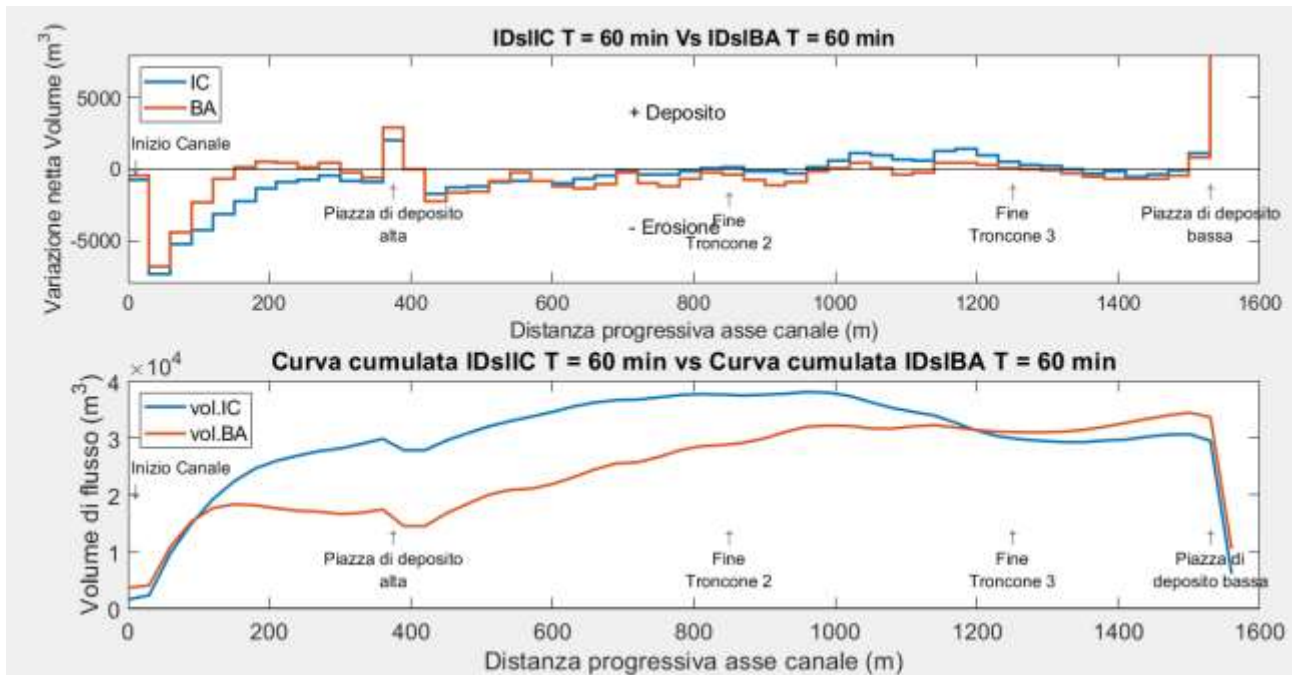


Figura 42. Grafici di confronto ottenuti mediante il codice Matlab

Infine, si è reso necessario modificare il codice, nel momento in cui si andavano ad analizzare i risultati ottenuti in presenza delle opere di mitigazione, perché insorgevano dei piccoli problemi. La variazione consiste nell'inserire un file *.tif*, che rappresenti la concentrazione del fondo. Questo elemento lo si può trovare all'interno dei file di output della simulazione, ovviamente, anche in questo caso è necessario svolgere lo stesso procedimento seguito per realizzare il file Tiff delle erosioni e dei depositi.

6. VALUTAZIONE EROSIONI e DEPOSITI ANTE SISTEMAZIONE

In questo capitolo si andranno a descrivere e valutare le erosioni e depositi, generati da un fenomeno di colata detritica con diverse durate di precipitazione e idrogrammi di input, all'interno del canale di Rovina di Cancia, in assenza delle opere di difesa di recente realizzazione (briglia filtrante a valle della bacino di ritenuta e soglia posta al di sotto del ponte localizzato nella parte finale del canale). Per una spiegazione più efficace, si è suddiviso, come illustrato in Figura 43, il canale principale in quattro tronconi dove analizzare separatamente i fenomeni di deposito ed erosione.

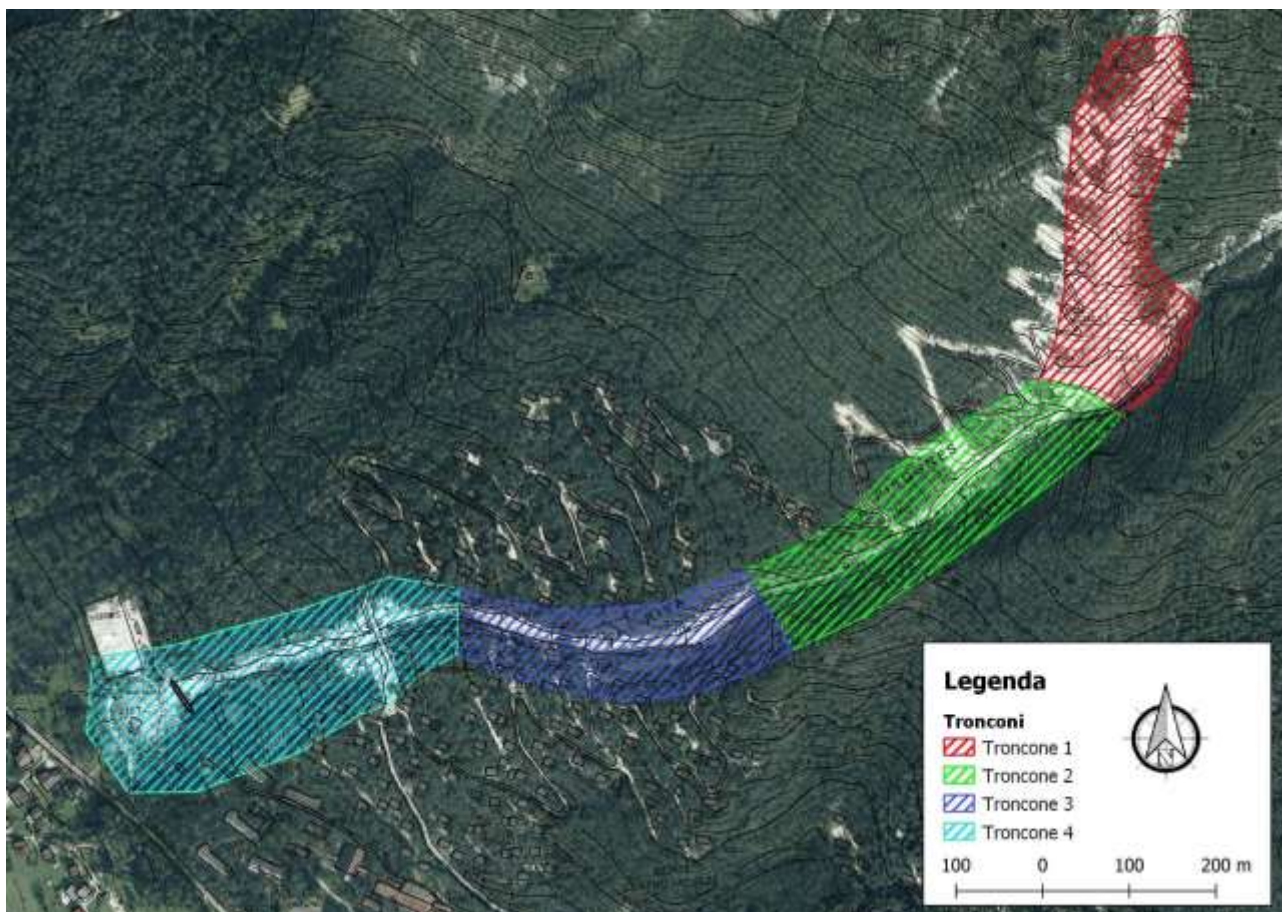


Figura 43. Suddivisione del canale in quattro tronconi di analisi

A loro volta i tronconi vengono suddivisi in più tratti come esemplificato in Figura 44. In genere la segmentazione in tratti è stata effettuata in base ai diversi andamenti, delle erosioni e depositi all'interno dei tronconi:

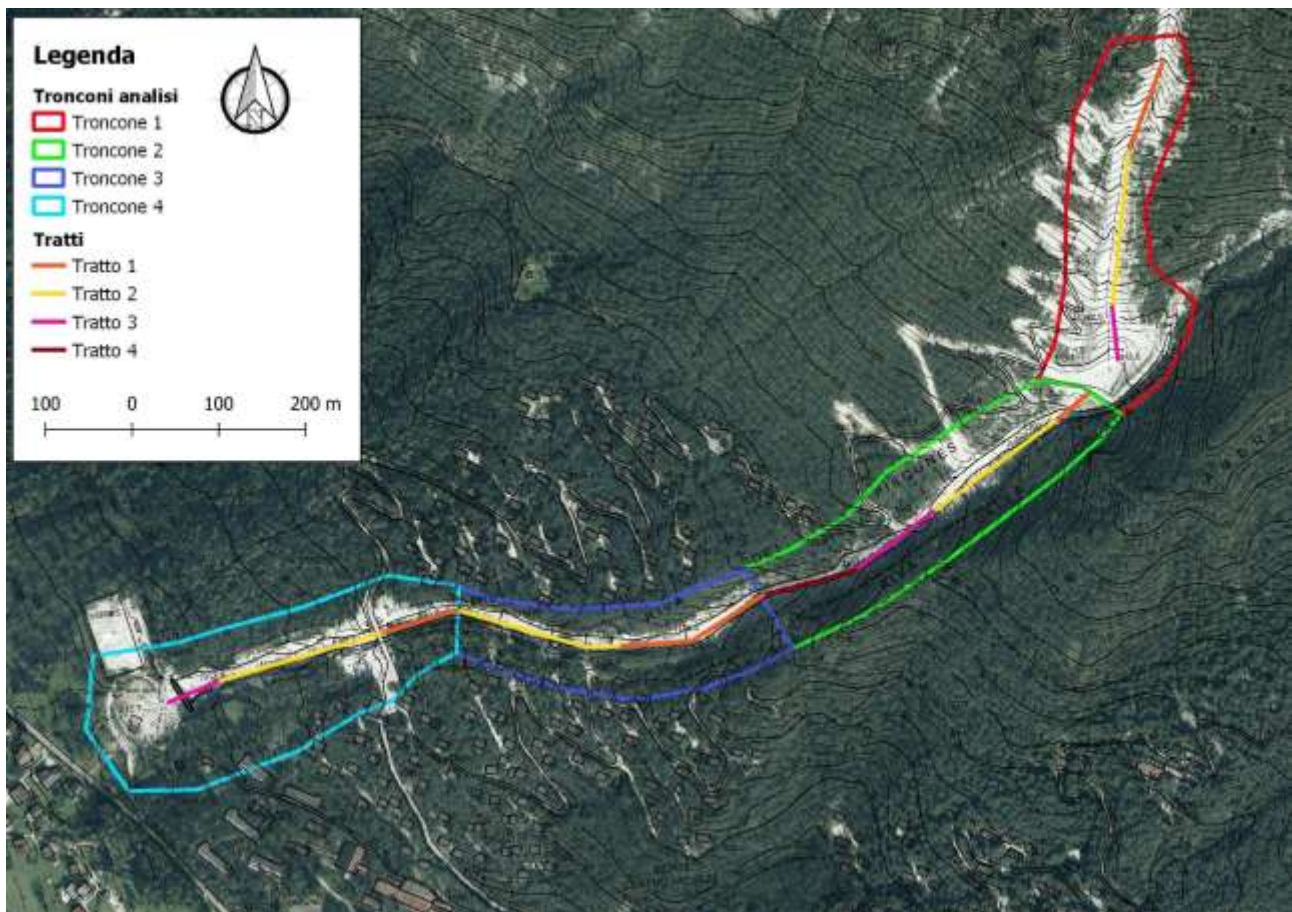


Figura 44. Esempio di suddivisione dei tronconi di analisi in tratti

Come descritto nella parte iniziale del capitolo la colata detritica è generata da diversi idrogrammi solido – liquidi e da diverse durate di precipitazione. Gli idrogrammi sono stati individuati secondo le modalità descritte nel capitolo 4, mentre, le durate di precipitazione considerate sono il tempo di corrivazione del bacino (15 minuti), 20 minuti, 30 minuti, 40 minuti, 50 minuti e 60 minuti. Inoltre, alla fine della trattazione si inserisce il confronto dell’andamento dei volumi cumulati e netti, a livello di canale, smossi da un fenomeno di colata detritica in presenza di una precipitazione di durata pari a 45 minuti. Nella valutazione si riporta, infine, il confronto delle portate individuate mediante idrogramma solido – liquido IC e idrogramma solido – liquido BA a livello di singolo troncone di analisi.

<i>Simulazione</i>	<i>Input</i>	<i>Durata</i>
1	Idrogramma solido – liquido IC	15 minuti
2	Idrogramma solido – liquido BA	15 minuti
3	Idrogramma solido – liquido IC	20 minuti
4	Idrogramma solido – liquido BA	20 minuti
5	Idrogramma solido – liquido IC	30 minuti
6	Idrogramma solido – liquido BA	30 minuti
7	Idrogramma solido – liquido IC	40 minuti
8	Idrogramma solido – liquido BA	40 minuti

9	Idrogramma solido – liquido IC	50 minuti
10	Idrogramma solido – liquido BA	50 minuti
11	Idrogramma solido – liquido IC	60 minuti
12	Idrogramma solido – liquido BA	60 minuti
13	Idrogramma solido – liquido IC	45 minuti
14	Idrogramma solido – liquido BA	45 minuti

Tabella 2. Tabella riassuntiva delle simulazioni svolte e descritte all'interno di questo capitolo. Per IC si intende, che l'idrogramma solido - liquido è stato determinato partendo da un idrogramma ad intensità costante. Mentre per BA si intende che l'idrogramma di input è stato determinato partendo da un idrogramma a blocchi alterni.

6.1. Idrogramma solido – liquido di durata pari al tempo di corrivazione del bacino (15 minuti)

Partendo da diversi idrogrammi di input si andranno a verificare le erosioni e i depositi, del canale, in presenza di un evento di colata detritica. La valutazione avverrà in due modalità: la prima mediante un idrogramma solido – liquido determinato mediante un idrogramma ad 'intensità costante (IDslIC), mentre, la seconda verrà effettuata utilizzando un idrogramma solido – liquido generato partendo da un idrogramma a blocchi alterni (IDslBA). Infine, si effettuerà un confronto tra i risultati ottenuti con i due diversi idrogrammi, così sarà possibile determinare le eventuali similitudini o differenze.

Come già descritto nell'intestazione del capitolo, il canale oggetto di studio viene suddiviso prima in 4 tronconi, che a loro volta vengono suddivisi in più tratti, in modo tale da avere una visione più chiara del comportamento dell'evento.

6.1.1. Idrogramma solido – liquido IC di durata pari al tempo di corrivazione del bacino

Per generare l'evento, che ha dato vita al fenomeno di colata detritica si sono utilizzati due diagrammi di input illustrati alla Figura 45 e Figura 46, il primo posto a monte del tratto uno del troncone 1 (F); il secondo inserito all'interno del Bus del Diau, reticolo secondario caratterizzato da portate liquide con scarso apporto solido, che si immette nel canale a valle della piazza di deposito alta.

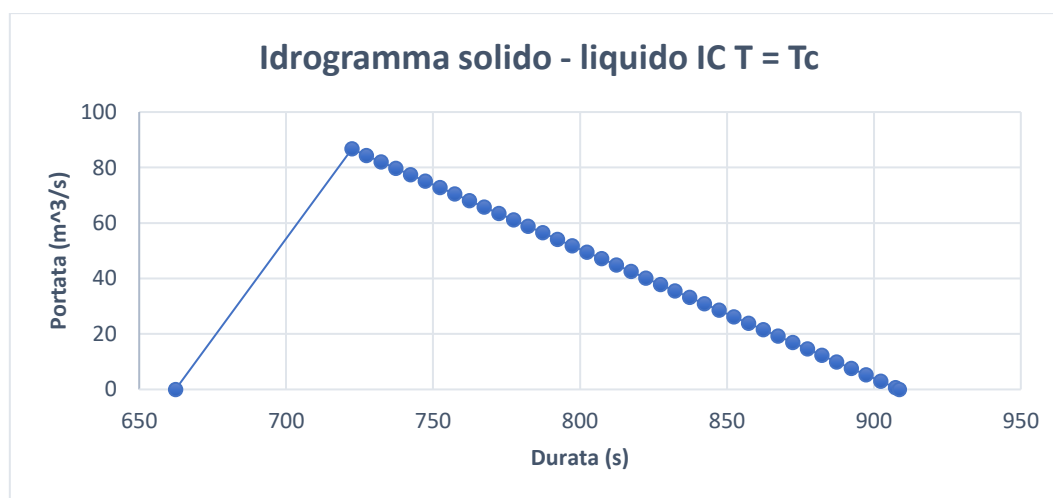


Figura 45. Idrogramma solido – liquido IC T = Tc

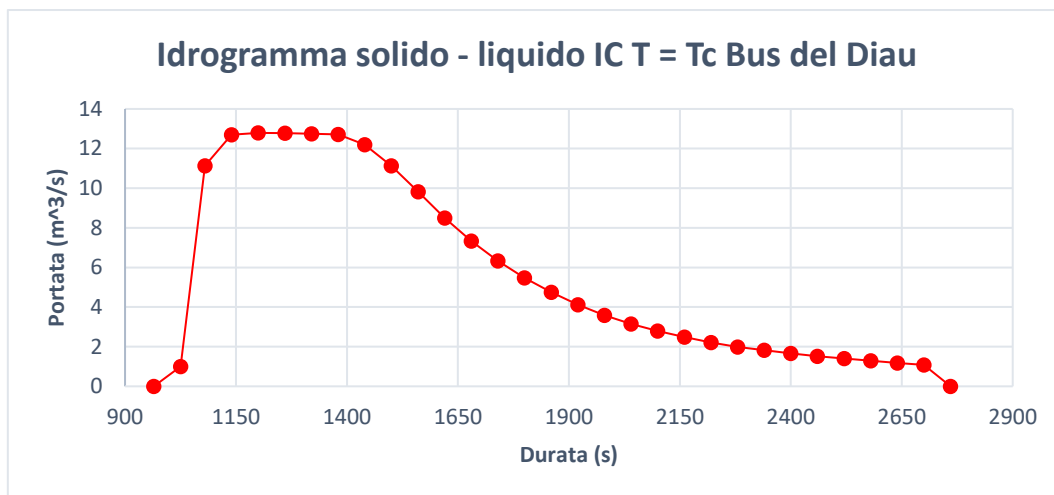
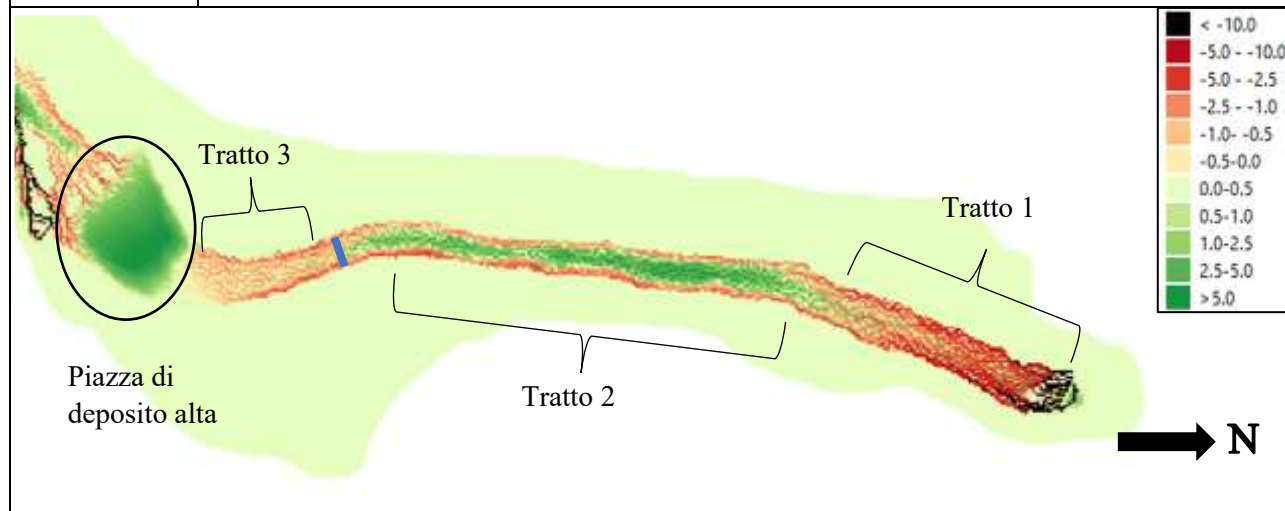
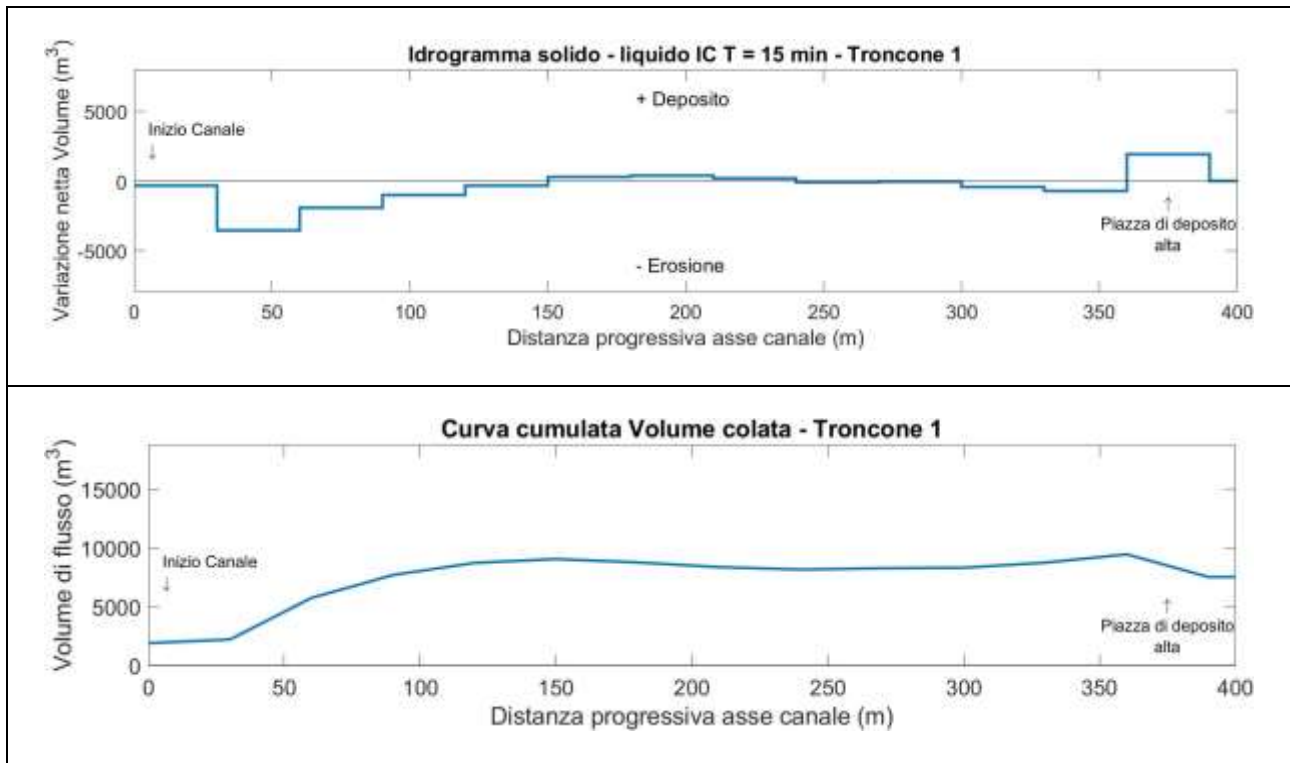


Figura 46. Idrogramma solido – liquido IC T = Tc – Bus del Diau

Troncone 1	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Delle sponde e del fondo, con scavi compresi tra i 10 m – 14 m.	Nel centro del canale, con spessori molto contenuti.
Tratto 2	Per un tratto di 180 m sono localizzate lungo le due sponde, con scavi più importanti in sinistra idrografica.	Occupano gran parte della sezione del canale, con spessori compresi tra i 2 – 4 m di altezza.
Tratto 3	Interessano l'intera sezione del canale fino all'entrata nella piazza di deposito.	Pressoché assenti, tranne per qualche piccola area.
Altro	Piazza di deposito è un'area a bassa pendenza, in modo da favorire l'arresto della colata e agevolare il deposito, che nel caso specifico ha raggiunto spessori pari a 4 – 5 m. Nel tratto 3 è presente una sezione di analisi (linea blu), che misura la portata. Dai dati emerge, che la portata al picco è pari a 73.08 m³/s ed è stata registrata dopo 16 minuti dall'inizio dell'evento.	

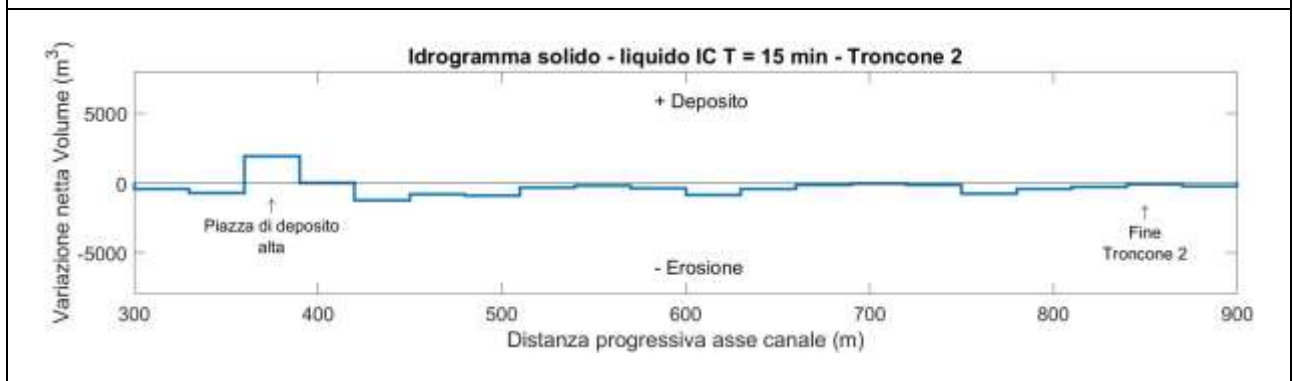
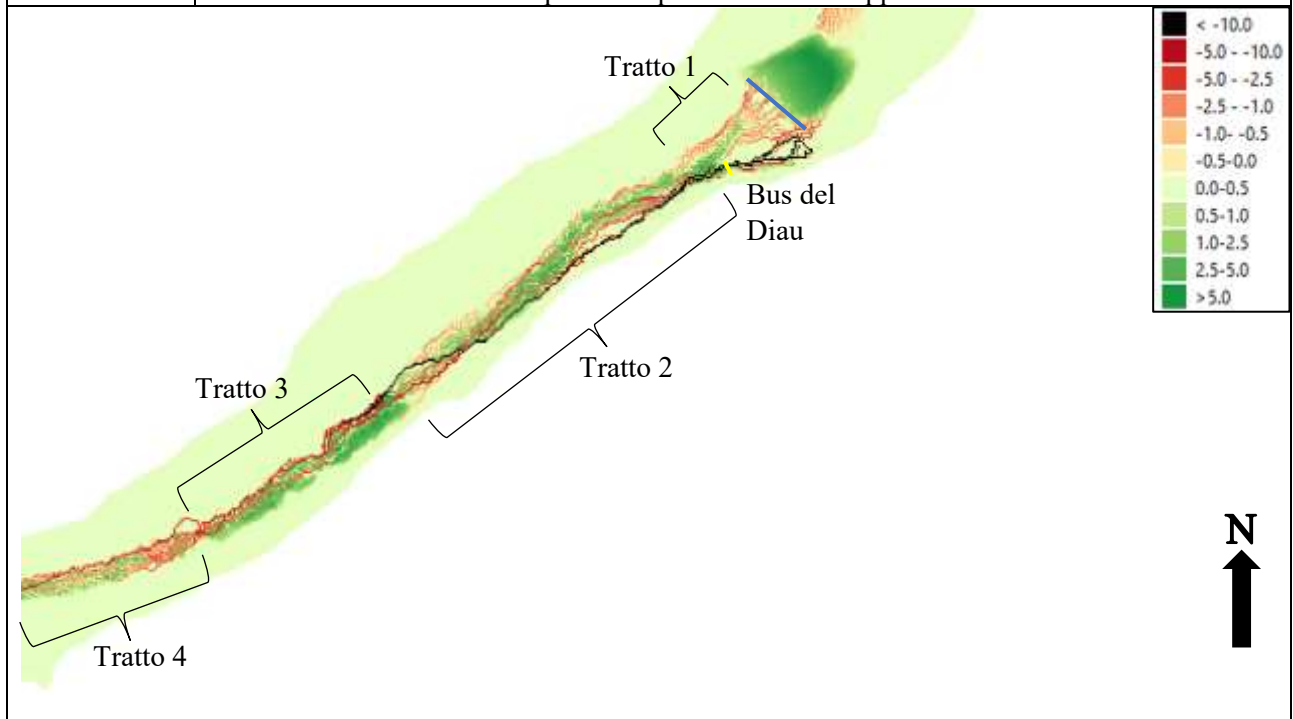


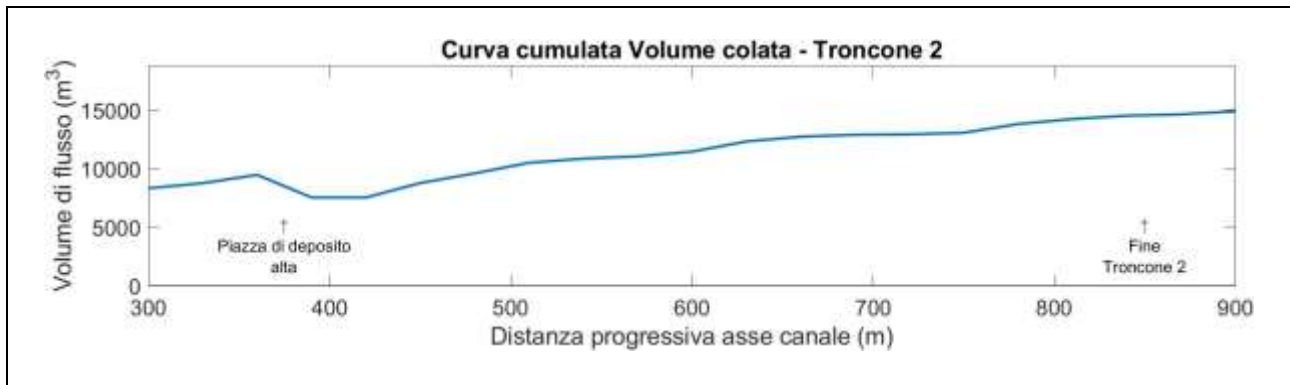


<i>Troncone 1</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
0	-315.13	1907.90
30	-3532.60	2223.03
60	-1945.01	5755.63
90	-1028.93	7700.65
120	-324.64	8729.57
150	284.93	9054.21
180	396.94	8769.28
210	208.10	8372.35
240	-112.61	8164.25
270	-42.80	8276.86
300	-430.69	8319.66
330	-709.25	8750.35
360	1931.32	9459.60

Tabella 3. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 1

Troncone 2	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Lungo le due sponde con scavi compresi tra i 1 – 2.5 m di altezza.	Nel canale con spessori contenuti, circa 0.5 – 1 m.
Tratto 2	Ragguardevoli in sinistra idrografica, più contenute in sponda destra (0.5 – 1 m) e sul fondo (qualche metro).	Nella parte centrale del canale con spessori compresi tra i 2 – 3 m.
Tratto 3	Lungo la sponda destra ed in minima parte sul fondo.	Si attestano in sinistra idrografica indicando, che la colata si è spostata verso l'esterno, ha rallentato e depositato materiale.
Tratto 4	Gran parte della sezione del canale, contenute sul fondo (1 – 2 m), mentre, più ragguardevoli in sponda destra (3 – 5 m).	Poco importanti e localizzati nella parte esterna della curva.
Altro	A valle della piazza di deposito è presente una sezione di calcolo della portata (linea blu). Dall'analisi emerge, che la portata al picco è stata raggiunta dopo 972 secondi dall'inizio dell'evento, con valori pari a 73.08 m ³ /s. Nel tratto 2 è presente il punto di immissione, in alveo, del Bus del Diau. Corso d'acqua secondario caratterizzato da portate liquide con scarso apporto solido.	

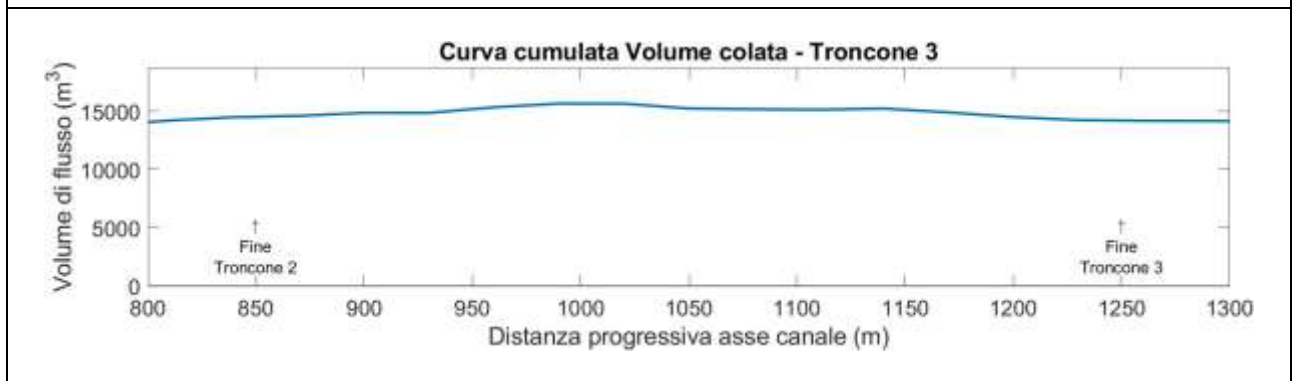
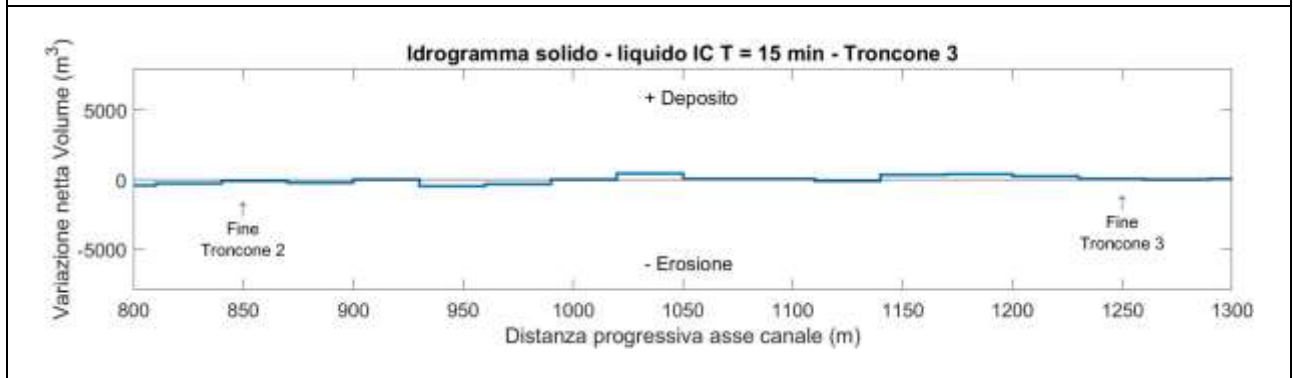
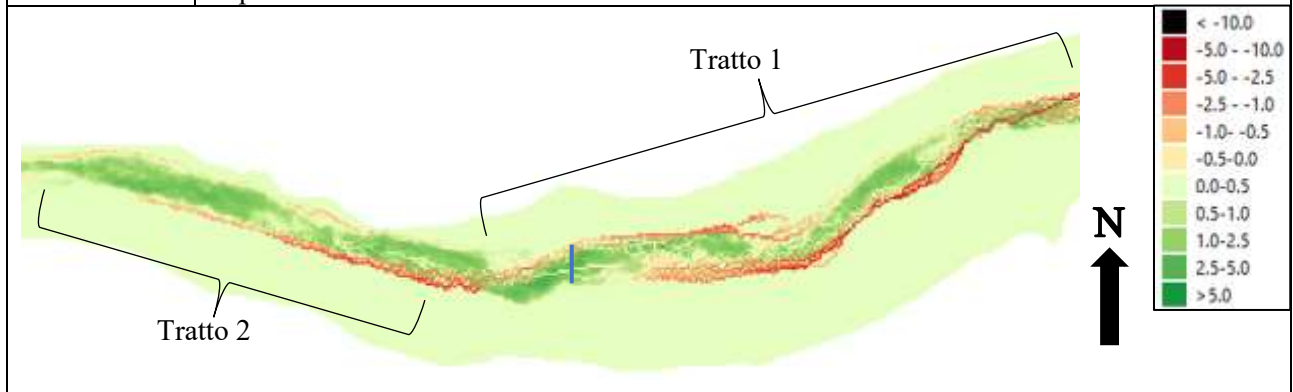




Troncone 2		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
390	-64.64	7528.27
420	-1236.08	7592.91
450	-823.02	8828.99
480	-900.04	9652.02
510	-353.97	10552.05
540	-198.84	10906.03
570	-399.11	11104.87
600	-866.39	11503.98
630	-411.27	12370.37
660	-157.97	12781.64
690	-33.22	12939.61
720	-140.85	12972.83
750	-746.82	13113.67
780	-426.08	13860.50
810	-282.16	14286.57
840	-116.41	14568.74

Tabella 4. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 2

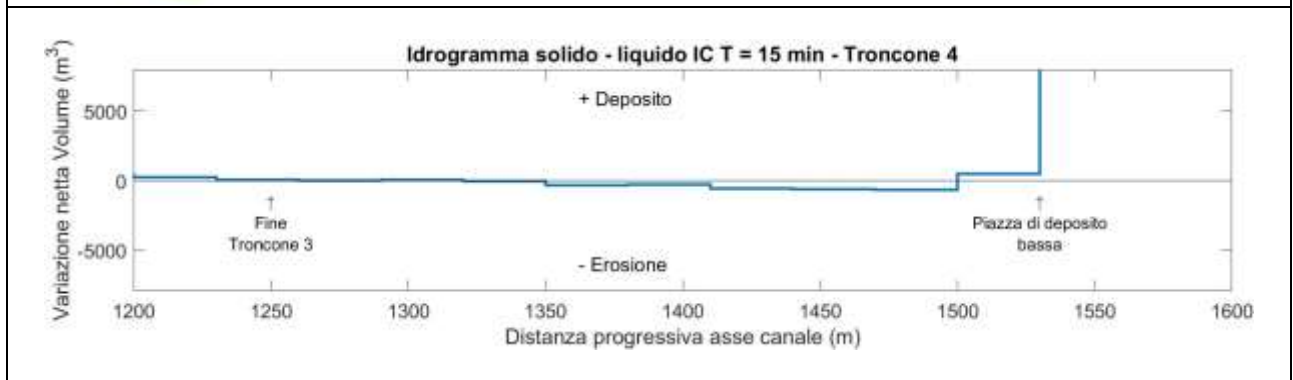
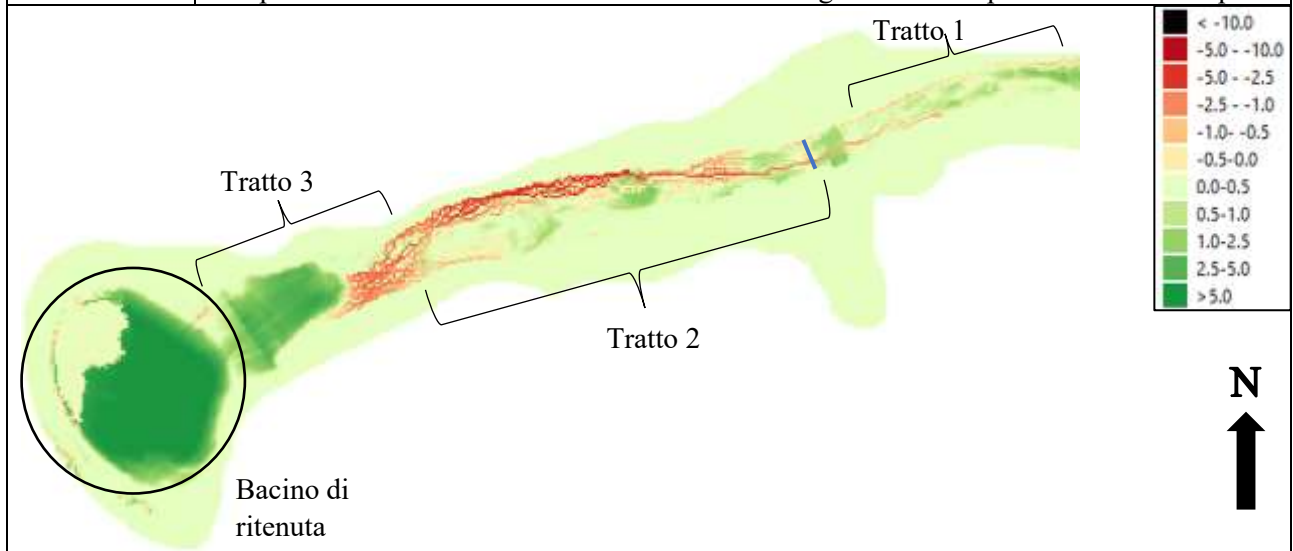
Troncone 3	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Inizialmente interessano gran parte della sezione del canale, ma dopo una curva si concentrano lungo la sponda sinistra. Spostandosi verso valle le erosioni, in sinistra idrografica, diventano più contenute fino ad annullarsi, mentre, in destra si accentuano.	Si localizzano nella parte centrale del canale con spessori di 2 – 3 m. Più a valle, in presenza di una curva, i depositi si attestano in sinistra idrografica, perché la colata è spinta verso destra. Perciò, rallenta e deposita materiale nella parte esterna della curva.
Tratto 2	Localizzate in sinistra idrografica, con scavi abbastanza importanti (3 – 4 m), che diminuiscono man mano, che ci si sposta verso valle, fino ad annullarsi.	Occupano gran parte della sezione del canale con spessori medi di 1 – 2 m.
Altro	Nella parte finale del tratto 1 è presente una sezione di analisi della portata (linea blu), quello, che emerge è che, la portata al picco registrata è pari a 57.15 m ³ /s, ed è misurata dopo 24 minuti dall'inizio dell'evento.	



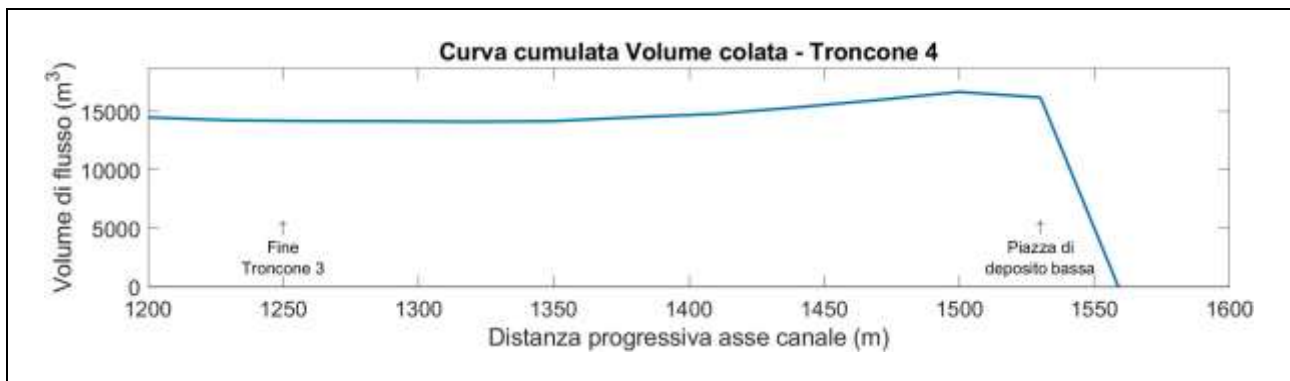
<i>Troncone 3</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
870	-261.80	14685.14
900	6.56	14946.94
930	-479.34	14940.38
960	-317.50	15419.72
990	3.79	15737.22
1020	415.97	15733.44
1050	63.81	15317.47
1080	37.61	15253.66
1110	-90.44	15216.05
1140	323.08	15306.49
1170	405.26	14983.41
1200	254.92	14578.15
1230	60.33	14323.23
1260	14.75	14262.90

Tabella 5. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 3

Troncone 4	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Lungo la sponda destra, con scavi contenuti e per alcuni brevi tratti in sponda sinistra e sul fondo.	Prevalentemente all'interno del canale con spessori inferiori a 0.5 m.
Tratto 2	Dopo il ponte si accentuano in destra idrografica, con profondità di scavo comprese tra i 2.5 – 5 m.	Presenza di un ponte, che riduce la sezione e riduce la pendenza del canale, che comporta un aumento del materiale depositato. Più a valle i depositi interessano solo alcune sezioni del tratto, con spessori molto contenuti (<0.5 m).
Tratto 3	Le erosioni interessano l'intera sezione del canale con scavi di circa 2 m.	Forte deposito dovuto alla minore pendenza del canale, in quanto il fenomeno entra nel bacino di ritenuta.
Altro	Subito dopo il ponte è stata registrata una portata al picco (linea blu) pari a 60.31 m ³ /s, misurata dopo 24 minuti dall'inizio dell'evento. Il bacino di ritenuta è posto a monte dell'abitato di Borca di Cadore e ha il compito di trattenere il materiale trasportato dalla colata. Al suo interno i depositi presentano altezze comprese tra i 4 – 5 m e si localizzano in sinistra idrografica e nella parte centrale dell'opera.	



Si sottolinea, che per visualizzare meglio l'andamento delle erosioni e dei depositi si è deciso di applicare una scala più contenuta, questo comporta che il quantitativo di volume trattenuto dal bacino di ritenuta non risulta essere chiaro, pertanto, in questo caso, per una maggiore chiarezza si può fare riferimento alla Tabella 6, dove è possibile comprendere, che all'interno del bacino di ritenuta si sono depositati **16850.60 m³**.



Dal grafico soprastante è possibile evincere, che il bacino di ritenuta posto a monte dell'abitato di Borca di Cadore è stata in grado di trattenere tutto il materiale trasportato dal fenomeno.

<i>Troncone 4</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
1290	44.57	14248.15
1320	-50.68	14203.58
1350	-334.81	14254.26
1380	-281.40	14589.07
1410	-562.43	14870.47
1440	-629.76	15432.90
1470	-689.19	16062.66
1500	473.03	16751.85
1530	16850.60	16278.82
1560	-	-571.78

Tabella 6. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 4

6.1.2. Idrogramma solido – liquido BA di durata pari al tempo di corrivazione del bacino

Per caratterizzare l'evento, che ha dato vita al fenomeno di colata detritica si sono impiegati due idrogrammi solido – liquidi di input illustrati alla Figura 47 e alla Figura 48, il primo posto a monte del troncone 1; il secondo posto all'interno del Bus del Diau.

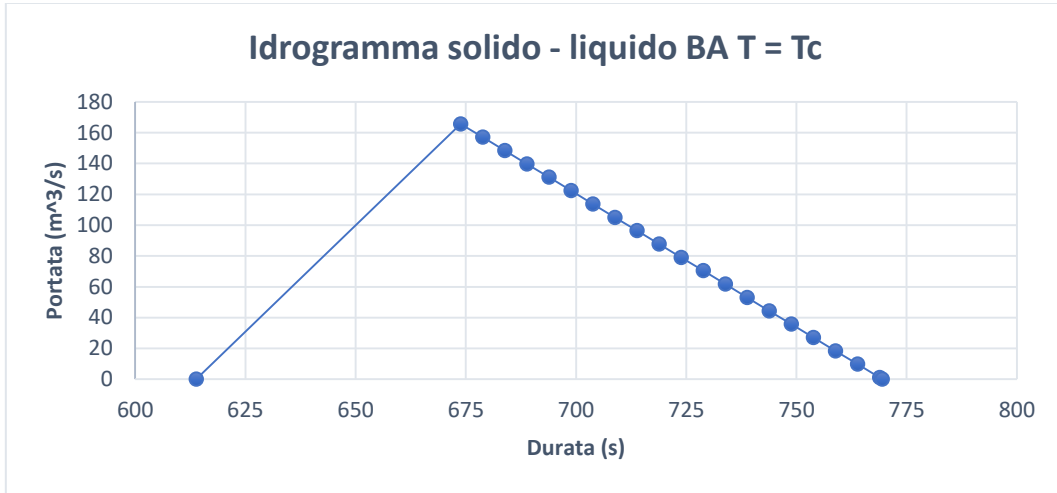


Figura 47. Idrogramma solido – liquido BA T = Tc

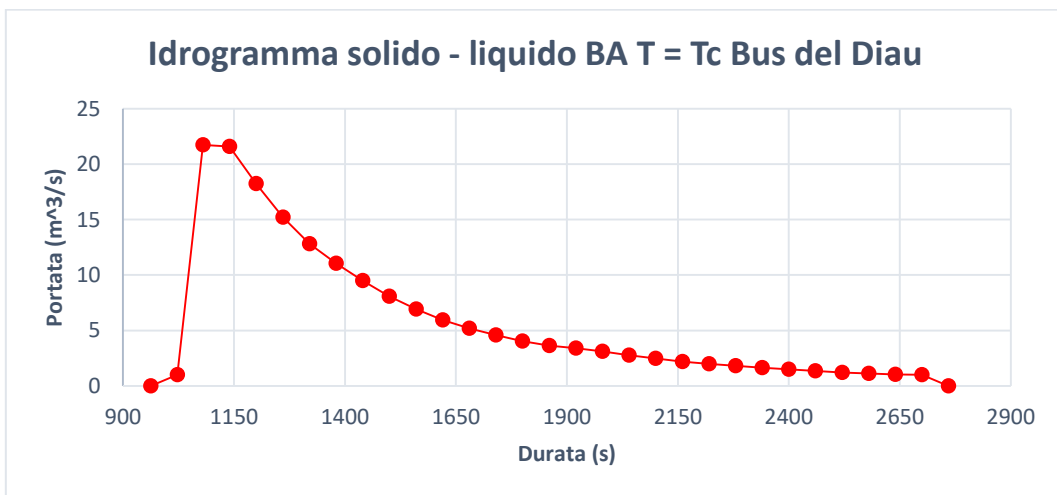
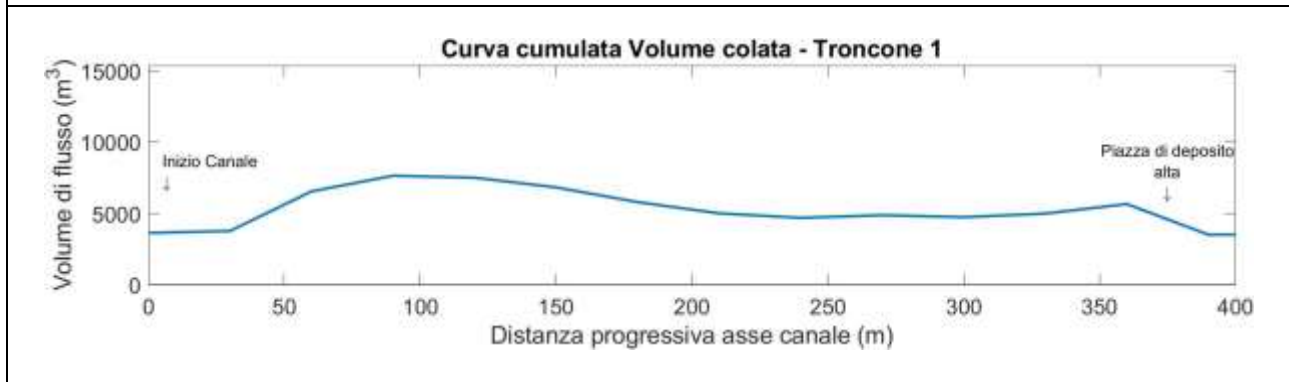
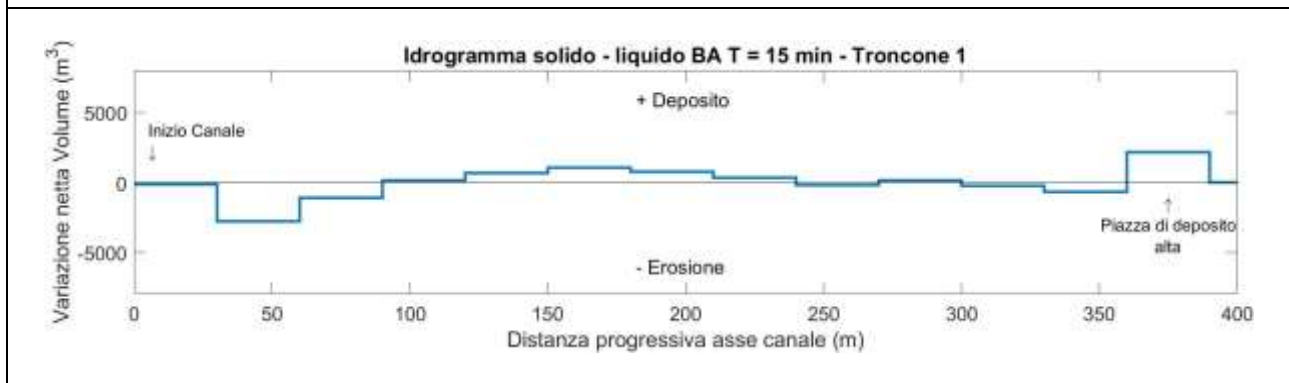
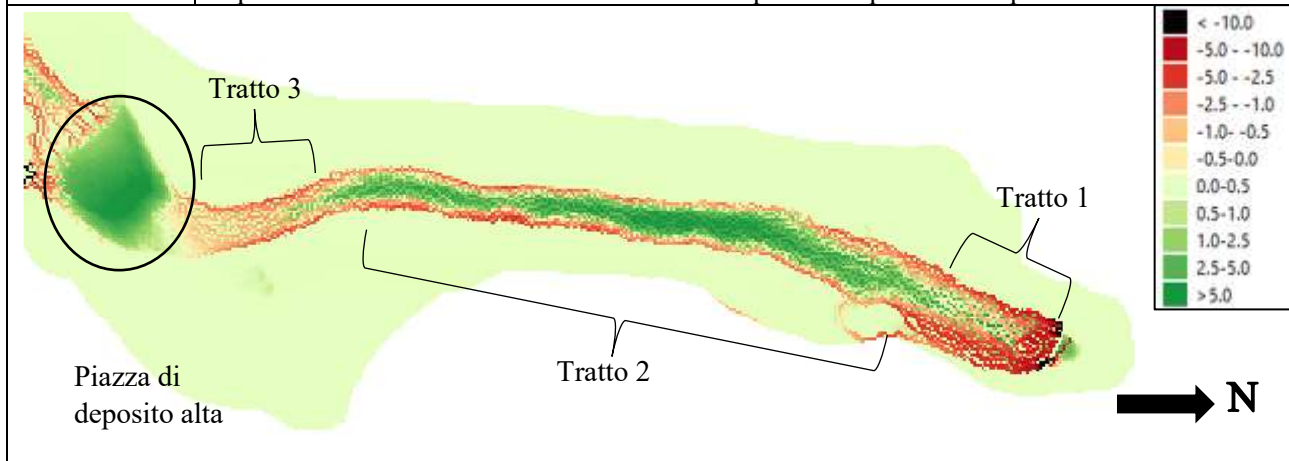


Figura 48. Idrogramma solido – liquido BA T = Tc – Bus del Diau

Troncone 1	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Prevalentemente sulle sponde e per un breve tratto sul fondo. Più marcate lungo la sponda sinistra, dove si verifica una scavo importante del versante.	Inizialmente contenuti, poi man mano sempre più consistenti.
Tratto 2	Localizzate lungo le due sponde. Nella parte iniziale scavi con spessori di 2.5 – 5 m. Dalla parte centrale in poi erosioni più considerevoli con scavi di 5 -7 m di profondità.	Occupano gran parte della sezione del canale con spessori, che variano da 1 a 4 m.
Tratto 3	Interessano quasi interamente il canale, con scavi inferiori ai 2 m, fino a quando non si entra nella piazza di deposito.	Quasi assenti.

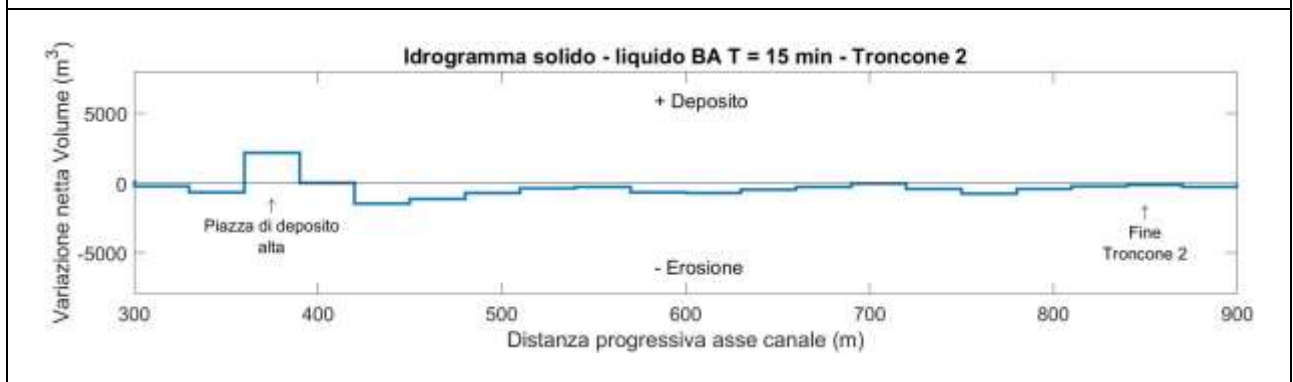
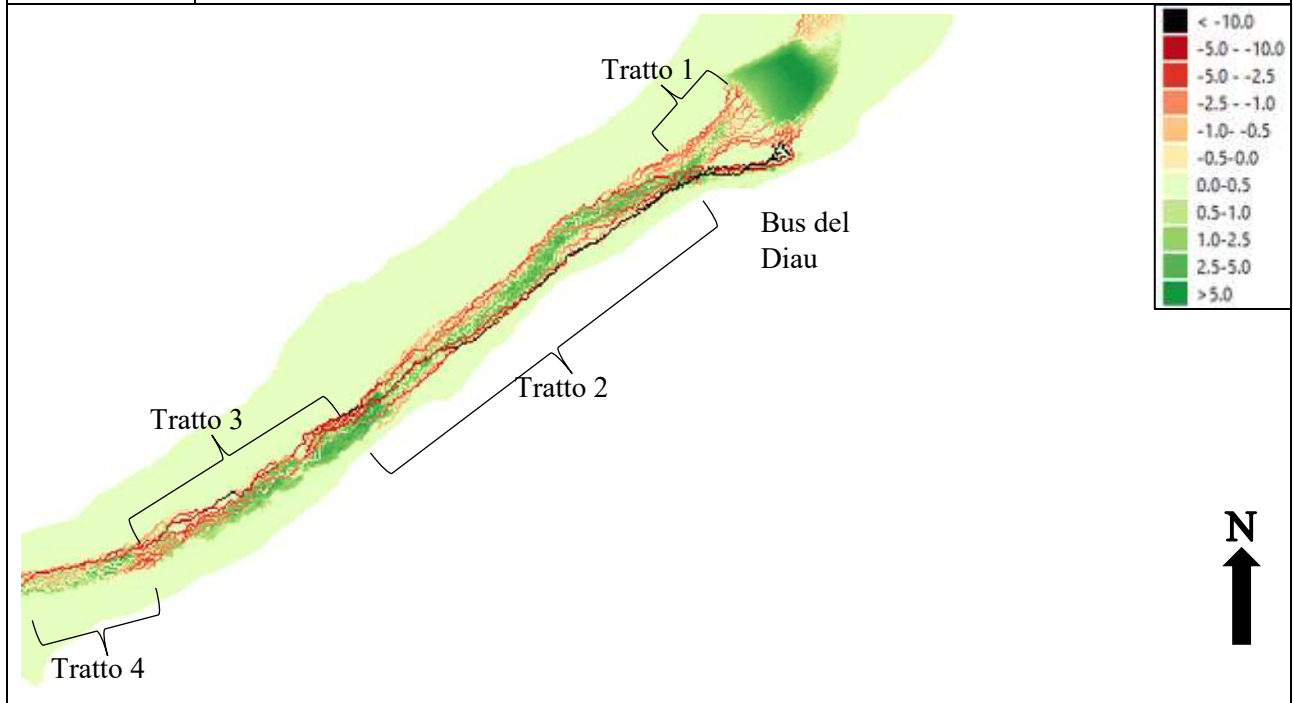
Altro La piazza di deposito è un'opera a bassa pendenza, che favorisce l'arresto della colata. Il deposito di materiale contenuto al suo interno presenta spessori compresi tra 1 – 4 m.

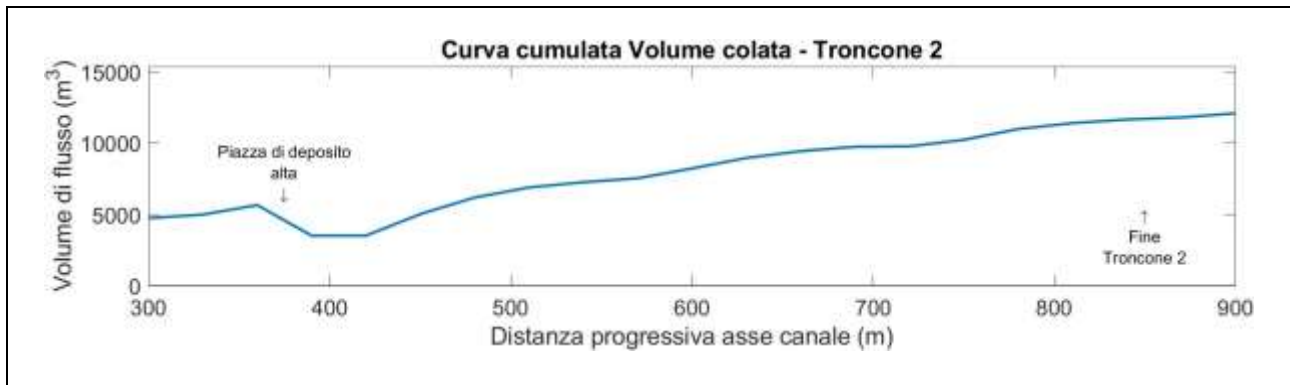


Troncone 1		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
0	-133.77	3639.50
30	-2775.59	3773.27
60	-1098.25	6548.86
90	139.86	7647.12
120	677.68	7507.25
150	1033.33	6829.57
180	785.66	5796.24
210	316.03	5010.58
240	-189.13	4694.55
270	139.70	4883.68
300	-249.11	4743.98
330	-666.85	4993.09
360	2144.96	5659.94

Tabella 7. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 1

Troncone 2	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Prevalentemente lungo le due sponde con scavi compresi tra i 1 – 4 m di altezza.	Nella parte centrale del canale con spessori contenuti, circa 1 – 2 m.
Tratto 2	Ragguardevoli in sinistra idrografica, mentre, più contenute in sponda destra e per brevi tratti del fondo (qualche metro).	Presenti prevalentemente sul fondo con spessori compresi tra 1 – 3 m.
Tratto 3	Lungo la sponda destra ed in minima parte sul fondo, per un tratto lungo all'incirca 120 m.	Si attestano in sinistra idrografica indicando, che la colata si è spostata verso l'esterno, causando un suo rallentamento e quindi favorendo il depositato di materiale.
Tratto 4	Occupano gran parte della sezione del canale. Contenute sul fondo (1 – 2 m), mentre, più ragguardevoli in sponda destra (3 – 5 m), in sponda sinistra pressoché assenti.	Poco importanti e localizzati nella parte esterna della curva.
Altro	Nel tratto 2 è presente il punto di immissione, in alveo, del Bus del Diau. Corso d'acqua secondario caratterizzato da elevate portate liquide, ma con uno scarso apporto solido.	

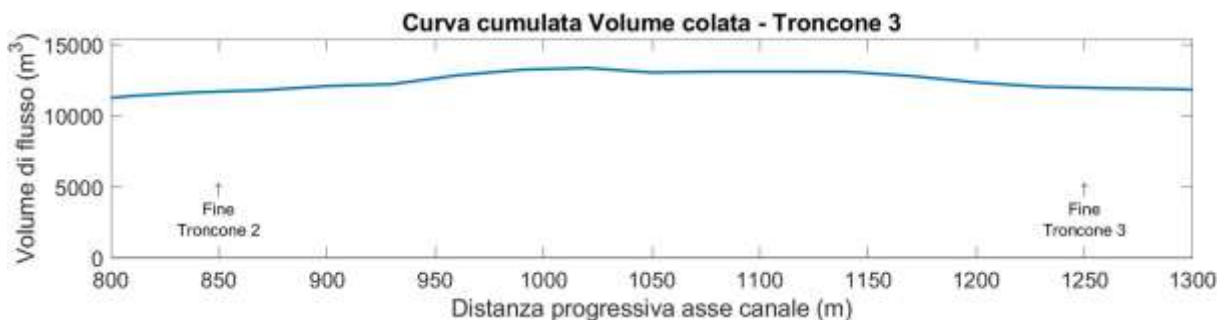
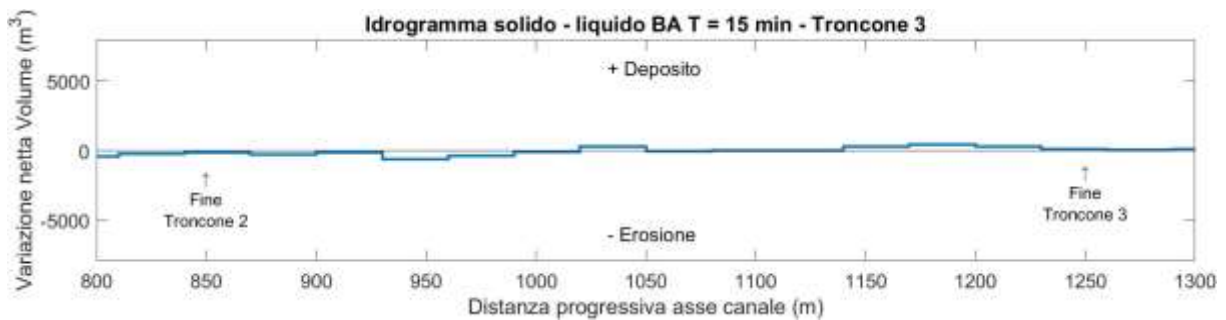
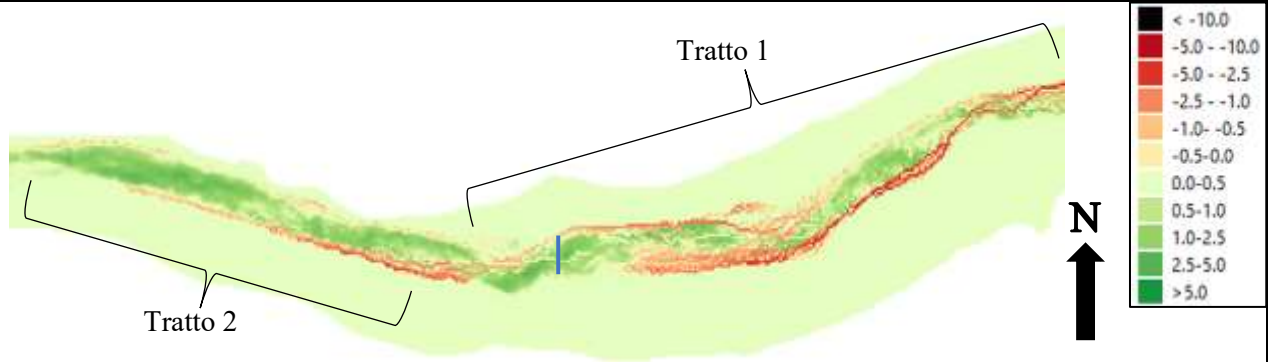




Troncone 2		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
390	210.42	3514.98
420	-1508.97	3304.56
450	-1165.80	4813.53
480	-703.20	5979.33
510	-368.82	6682.53
540	-277.78	7051.35
570	-684.67	7329.13
600	-738.05	8013.80
630	-475.97	8751.85
660	-307.42	9227.82
690	-32.38	9535.24
720	-452.36	9567.62
750	-760.02	10019.98
780	-413.45	10780.00
810	-252.28	11193.45
840	-142.49	11445.73

Tabella 8. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 2

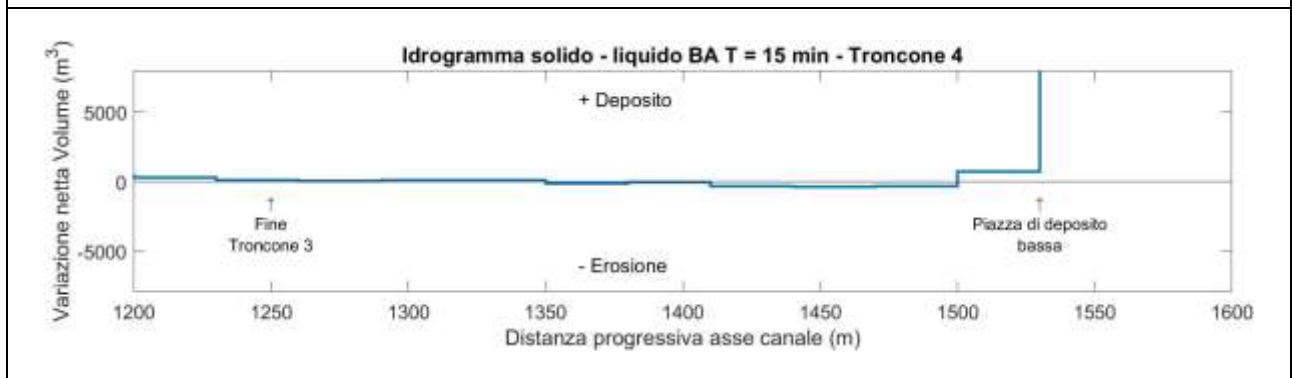
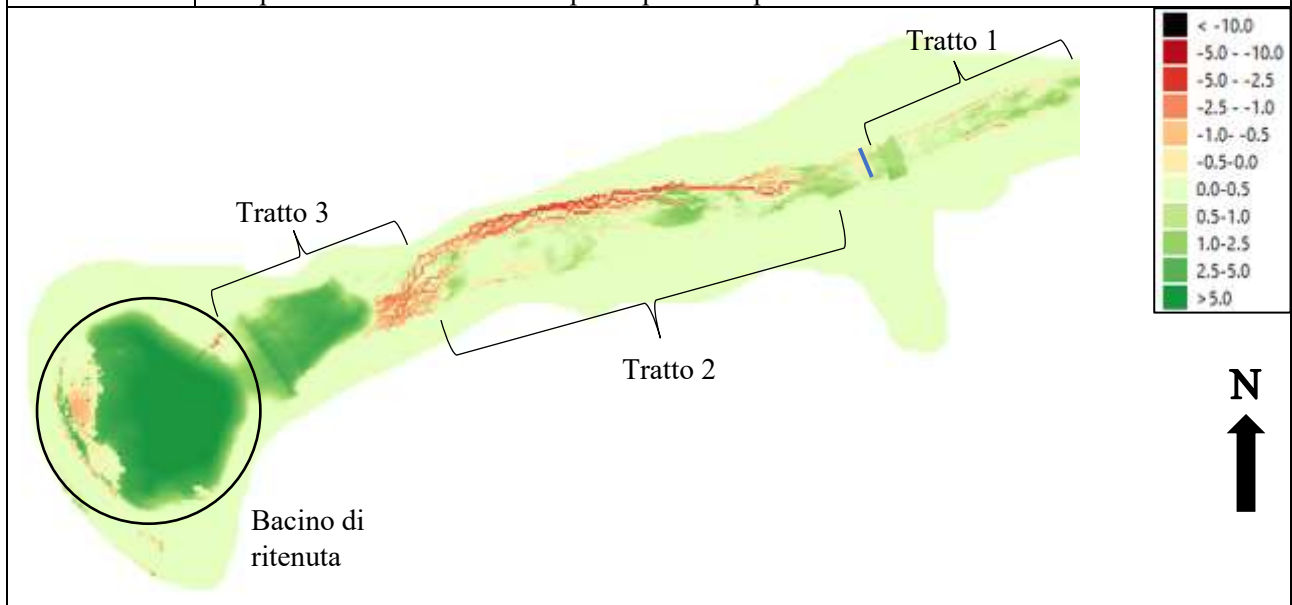
Troncone 3	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Inizialmente interessano la sponda destra e gran parte del fondo, ma dopo una curva si concentrano lungo la sponda sinistra, con scavi importanti, mentre, in sponda destra i scavi sono più contenuti. Man mano, che ci si sposta verso valle le erosioni, in sinistra idrografica, diventano più contenute fino ad annullarsi del tutto, mentre, in destra si accentuano.	Si localizzano nella parte centrale del canale e lungo la sponda destra con spessori massimi di 2 – 3 m. Più a valle, in presenza di una curva, i depositi si attestano in sinistra idrografica, perché la colata è spinta verso destra. Perciò, rallenta e deposita materiale nella parte esterna della curva.
Tratto 2	Localizzate in sinistra idrografica, con scavi abbastanza importanti (3 – 4 m), che diminuiscono man mano, che ci si sposta verso valle, fino ad annullarsi. In destra idrografica presenti, ma con spessori molto contenuti (max 0.5 – 1 m).	Occupano gran parte della sezione del canale con spessori medi di 1 – 2 m.
Altro	Nella parte finale del tratto 1 è presente una sezione di analisi della portata (linea blu), quello, che emerge è che, la portata al picco registrata è pari a 35.73 m ³ /s, ed è stata misurata dopo 15 minuti dall'inizio dell'evento.	



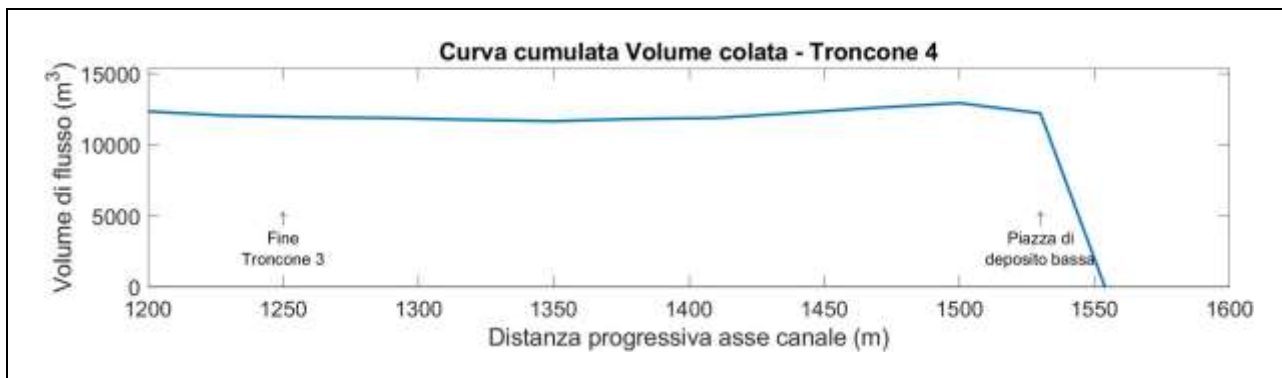
<i>Troncone 3</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
870	-293.76	11588.22
900	-133.91	11881.98
930	-618.00	12015.89
960	-403.13	12633.89
990	-115.17	13037.02
1020	312.01	13152.19
1050	-61.27	12840.18
1080	1.69	12901.44
1110	6.06	12899.75
1140	306.55	12893.70
1170	455.68	12587.15
1200	295.94	12131.47
1230	99.31	11835.53
1260	69.30	11736.21

Tabella 9. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 3

Troncone 4	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Lungo la sponda destra, con scavi molto contenuti e per alcuni brevi tratti in sponda sinistra e sul fondo.	Prevalentemente all'interno del canale con spessori inferiori a 0.5 m.
Tratto 2	Dopo il ponte si accentuano in destra idrografica, con profondità di scavo comprese tra i 2.5 – 4 m.	Presenza di un ponte, che riduce la luce del canale e la sua pendenza, che comporta un aumento del materiale depositato in quel punto. Più a valle i depositi interessano solo alcune sezioni del tratto, con spessori molto contenuti (<0.5 m).
Tratto 3	Le erosioni interessano l'intera sezione del canale con scavi abbastanza contenuti.	Immediatamente a valle del tratto completamente eroso, vi è un forte deposito (spessori medi di 2 – 2.5 m) dovuto alla minore pendenza del canale, in quanto il fenomeno entra nel bacino di ritenuta
Altro	Subito dopo il ponte è stata registrata una portata al picco (linea blu) pari a 50.81 m ³ /s, misurata dopo 23 minuti dall'inizio dell'evento. Il bacino di ritenuta è posto a monte dell'abitato di Borca di Cadore e ha il compito di trattenere il materiale trasportato dalla colata. Al suo interno i depositi presentano altezze comprese tra i 3 – 8 m ed occupano quasi completamente l'area del bacino.	



Si sottolinea, che per visualizzare meglio l'andamento delle erosioni e dei depositi si è deciso di applicare una scala più contenuta, questo comporta che il quantitativo di volume trattenuto dal bacino di ritenuta non risulta essere chiaro, pertanto, in questo caso, per una maggiore chiarezza si può fare riferimento alla Tabella 10, dove è possibile comprendere, che all'interno del bacino di ritenuta si sono depositati **15355.88 m³**.



Dal grafico soprastante è possibile evincere, che il bacino di ritenuta posto a protezione dell'abitato di Borca di Cadore è stata in grado di trattenere tutto il materiale trasportato dal fenomeno.

Troncone 4		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
1290	118.23	11666.91
1320	96.57	11548.68
1350	-156.95	11452.11
1380	-67.07	11609.06
1410	-357.28	11676.13
1440	-370.63	12033.41
1470	-323.57	12404.03
1500	724.37	12727.60
1530	15355.88	12003.23
1560	-	-3352.64

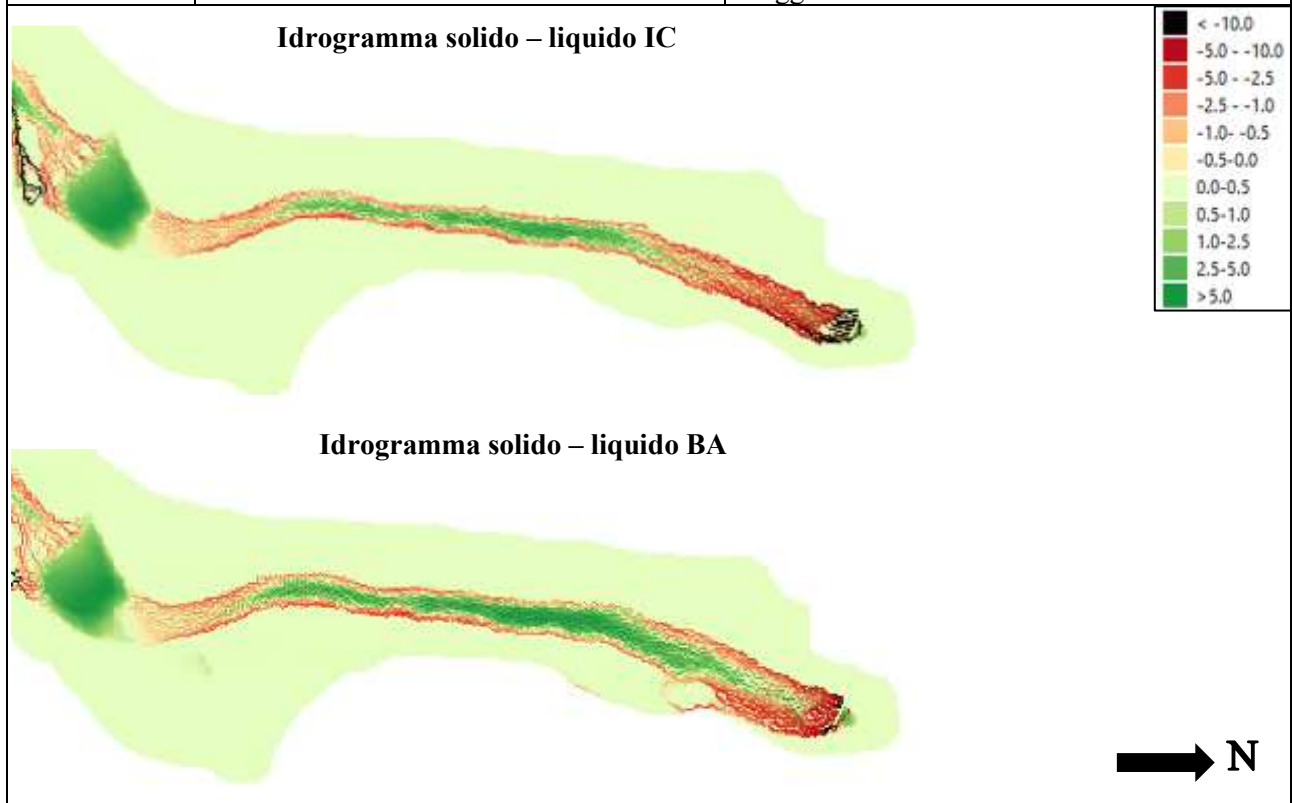
Tabella 10. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 4

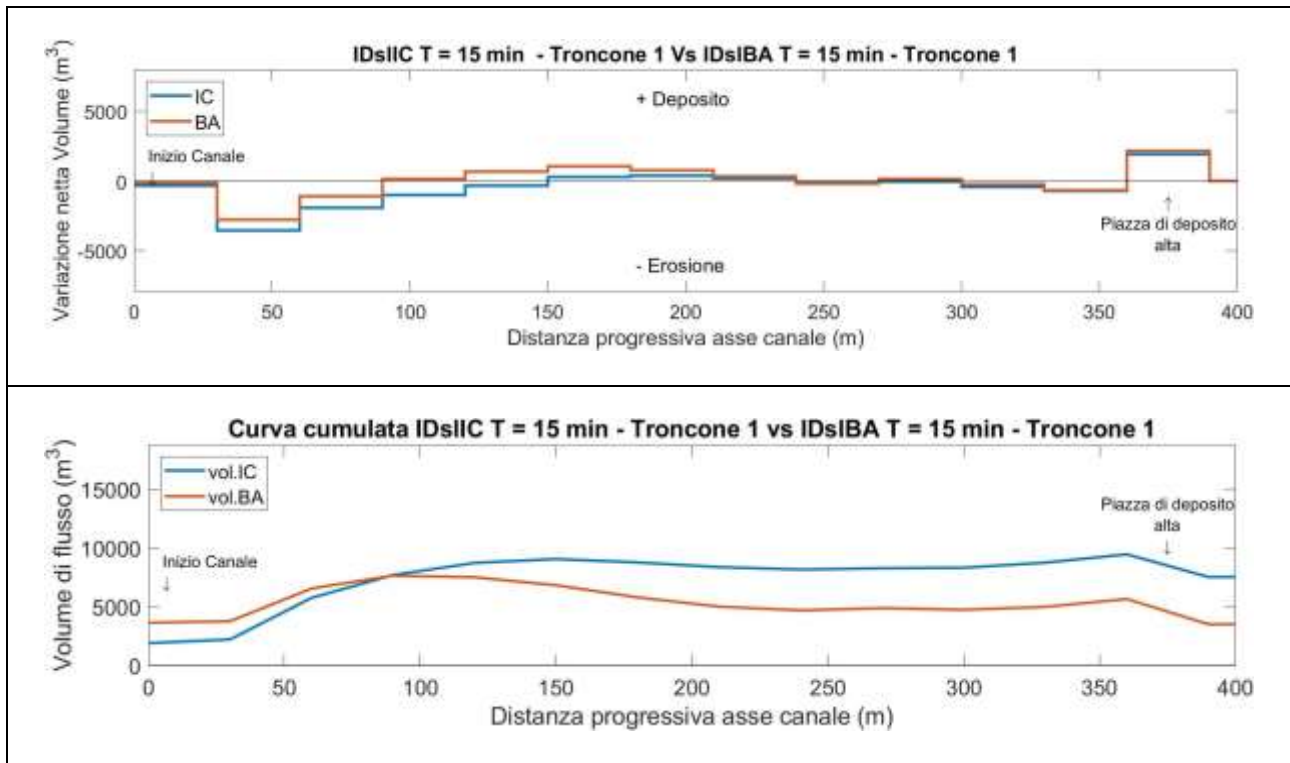
Una volta terminata la descrizione dei depositi e delle erosioni accorse durante l'evento con durata di precipitazione pari al tempo di corrivazione del bacino si effettua il confronto dei risultati delle due simulazioni, così si è in grado di individuare eventuali similitudini o differenze nell'uso dei due idrogrammi.

6.1.3. Confronto Idrogramma solido – liquido IC vs Idrogramma solido – liquido BA

- Troncone 1 intensità costante vs Troncone 1 blocchi alterni

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Nessuna somiglianza	L'idrogramma solido – liquido IC erode una maggiore porzione del fondo, mentre, quello individuato con idrogramma a blocchi alterni erode molto pesantemente la sponda sinistra andando, così, ad allargare il canale. Inoltre, i depositi sono importanti fin da subito con <i>IDs/BA</i> , mentre, nel <i>IDs/IC</i> sono pressoché assenti.
Tratto 2	Andamento erosioni – depositi è praticamente lo stesso in entrambi gli idrogrammi.	Il canale risulta essere più largo, con idrogramma solido – liquido BA a causa delle erosioni avvenute nel tratto precedente
Tratto 3	Le erosioni, che si verificano, sono simili in entrambi gli idrogrammi.	Con idrogramma solido – liquido BA i depositi tendono ad occupare una porzione maggiore del tratto





Dal confronto tra le due curve cumulate si può notare, che inizialmente la colata generata con idrogramma solido – liquido BA presente un volume più elevato, spiegato dal fatto che il volume solido di input è più alto (3639.5 m³) rispetto all'idrogramma solido - liquido determinato partendo da uno idrogramma ad intensità costante (1907.9 m³). Comunque, una volta entrati nel secondo tratto, si nota che la curva cumulata IC presenta volumi movimentati molto più considerevoli rispetto a quelli determinati con idrogramma solido – liquido BA. Questo andamento continua anche oltre la piazza di deposito, dove, in entrambi i casi, al suo interno si sono depositati all'incirca 2000 m³ di materiale. In Figura 49 viene riportato il confronto delle portate registrate dalla sezione di analisi posta nel troncone 1.

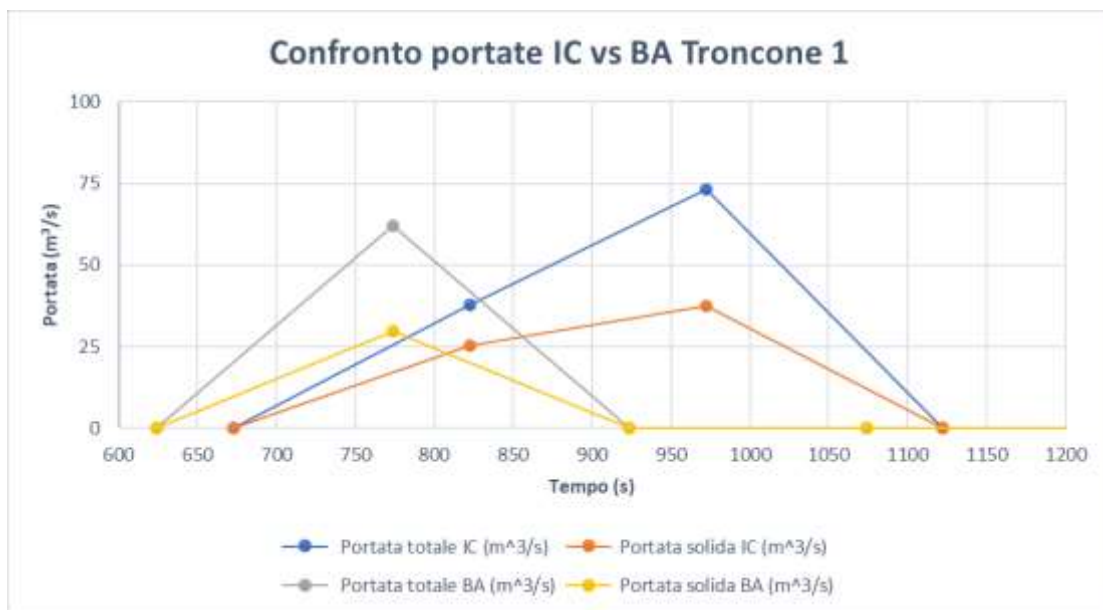
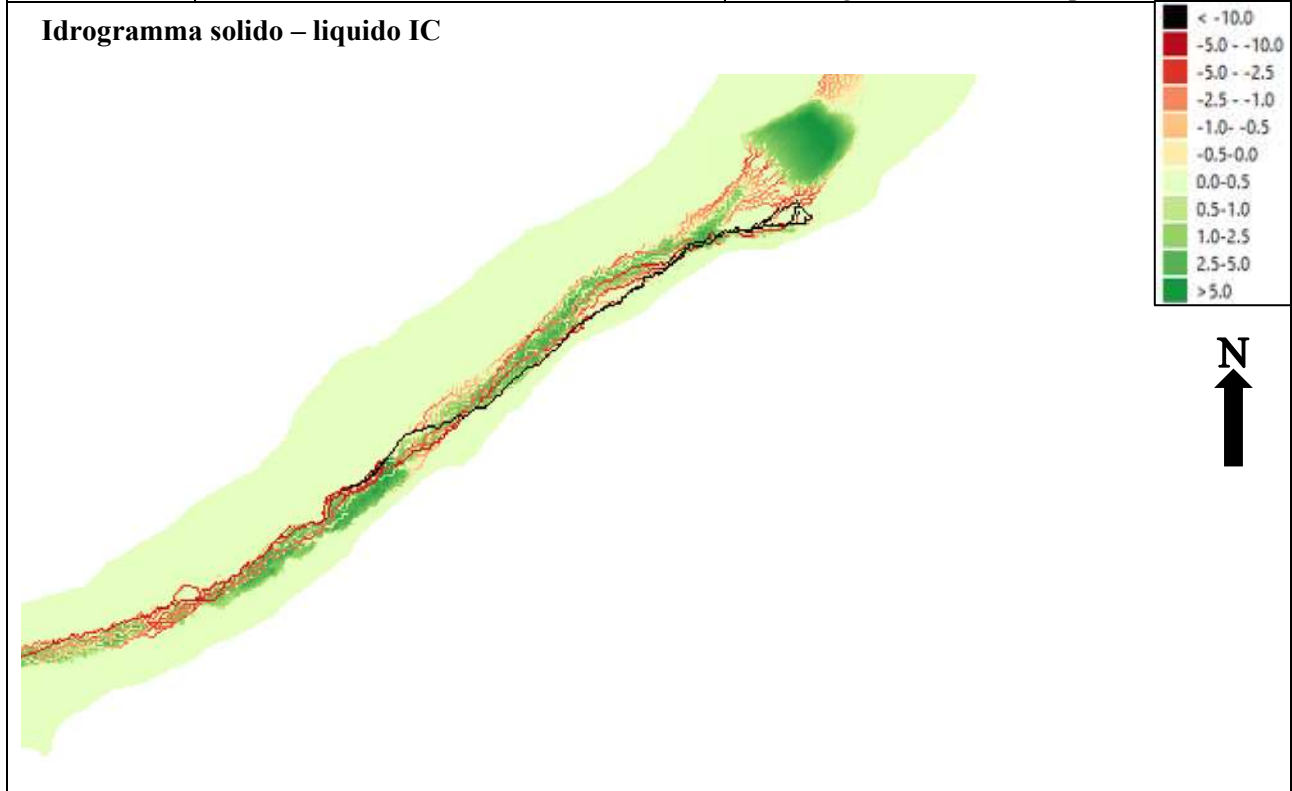


Figura 49. Confronto portata totale e solida registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 3 del troncone 1

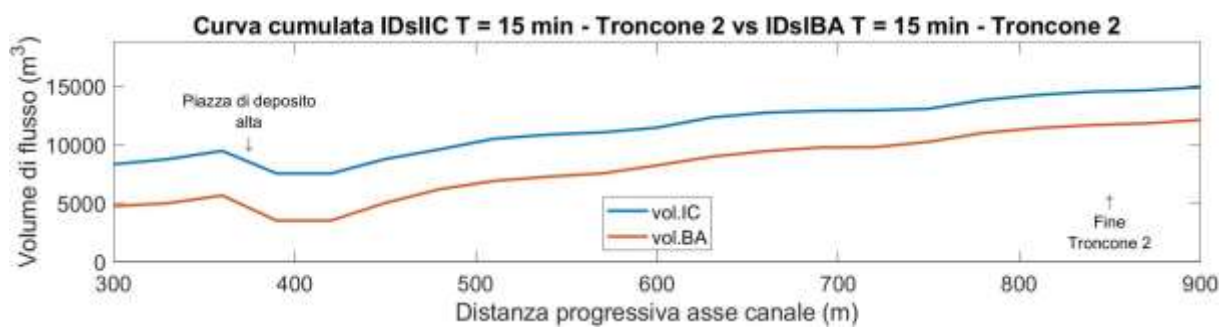
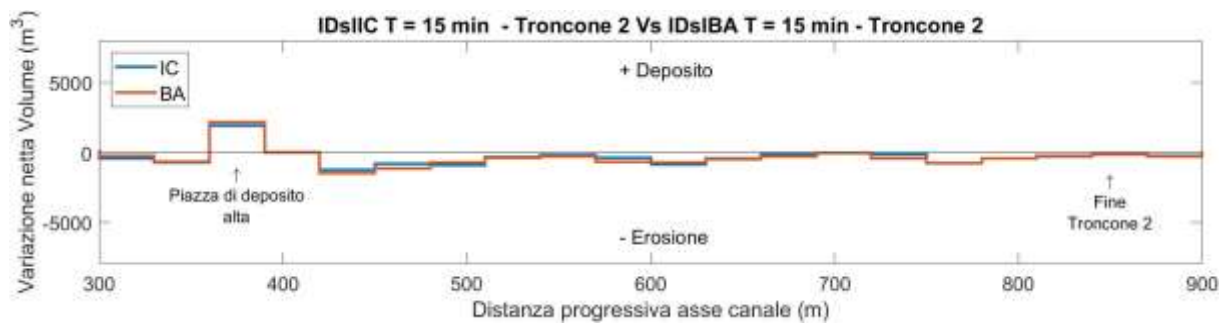
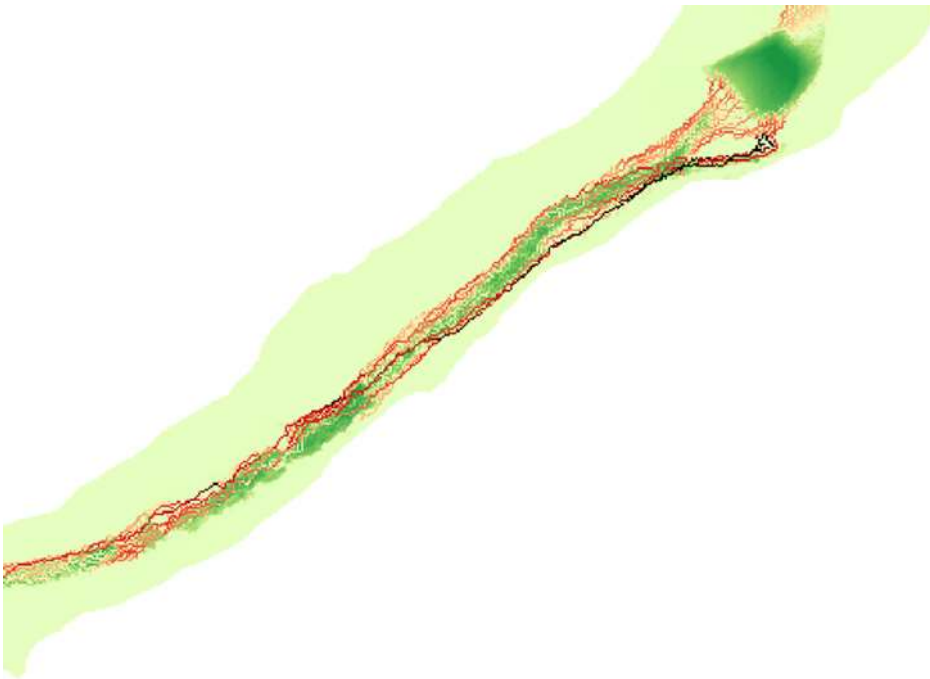
- Troncone 2 intensità costante vs Troncone 2 blocchi alterni

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Andamento erosioni – depositi.	Erosioni più importanti nel caso si usi come input un idrogramma solido – liquido BA.
Tratto 2	Andamento deflusso Bus del Diau.	Erosioni interessano una maggiore sezione del canale in presenza di un <i>IDS/BA</i> , mentre, i depositi risultano più contenuti se confrontati con quelli ottenuti con idrogramma solido – liquido IC.
Tratto 3	Erosioni e depositi presentano praticamente lo stesso comportamento in entrambi gli idrogrammi.	Idrogramma solido – liquido IC presenta erosioni e depositi leggermente più accentuati rispetto a quelli determinati con l'altro idrogramma.
Tratto 4	Andamento erosioni in destra idrografica sono simili tra i due idrogrammi.	Erosioni interessano una maggiore sezione del fondo nel caso dell'idrogramma solido – liquido IC, rispetto a idrogramma solido – liquido BA, dove sono anche più contenute. Inoltre, i depositi sono più accentuati nell'idrogramma solido – liquido IC.

Idrogramma solido – liquido IC



Idrogramma solido – liquido BA

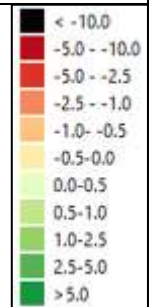
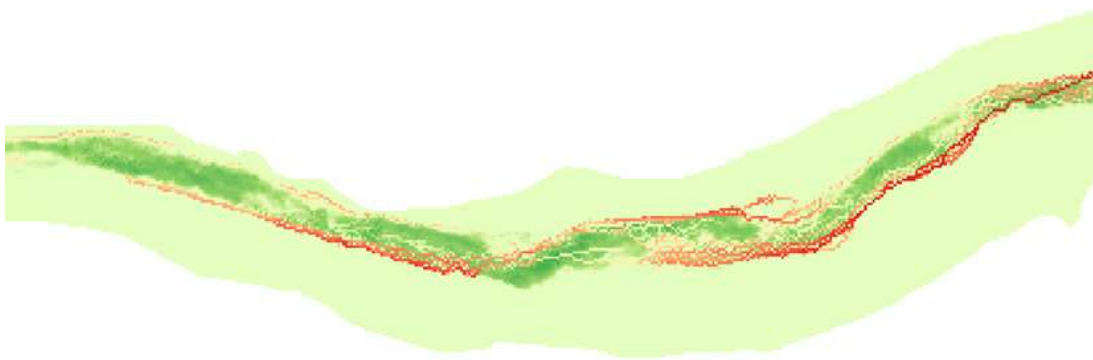


Come nel troncone 1, anche nel secondo la curva cumulata individuata con idrogramma solido – liquido IC presente volumi più importanti, inoltre, è da segnalare che l'andamento delle erosioni depositi è pressoché simile tra le due simulazioni.

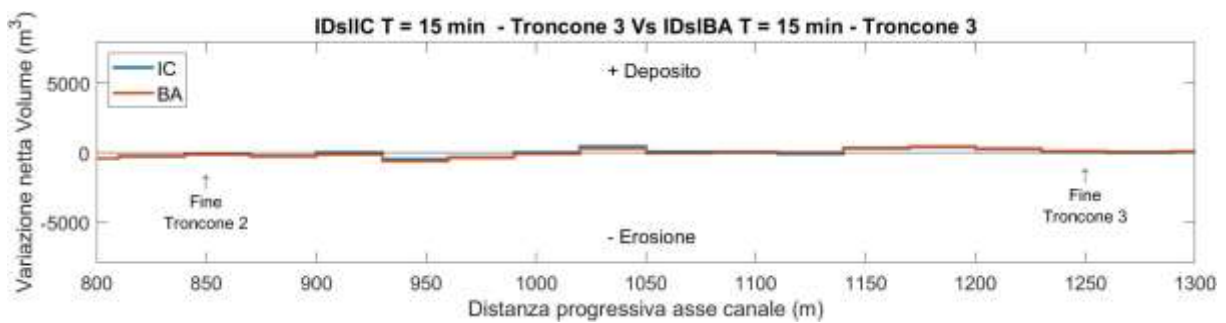
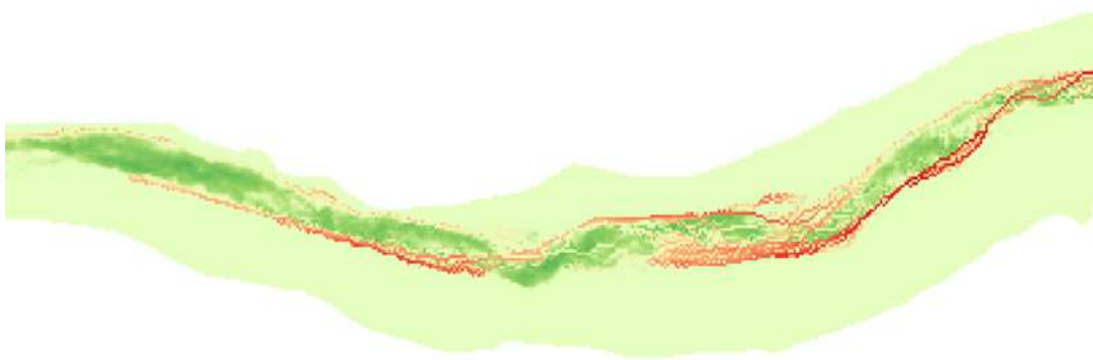
- Troncone 3 intensità costante vs Troncone 3 blocchi alterni

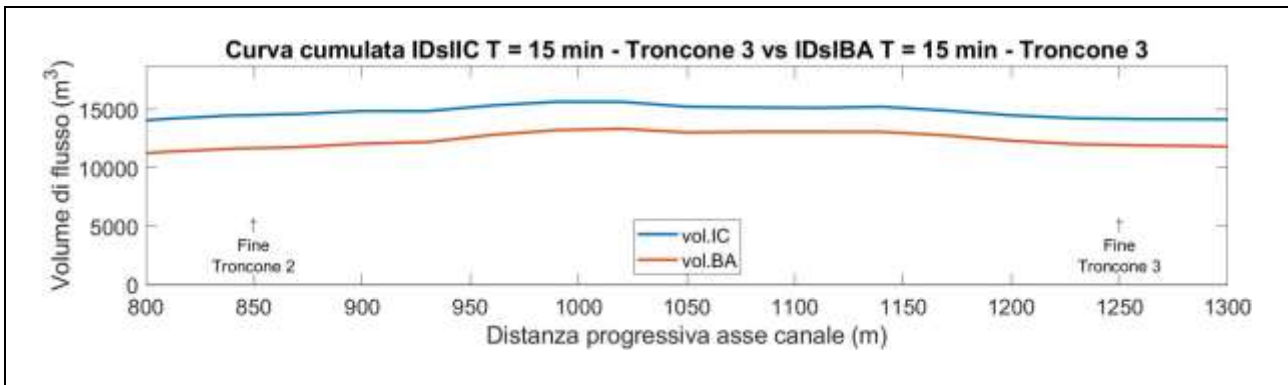
	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Andamento erosioni – depositi	La portata al picco nel caso dell'idrogramma solido – liquido BA è stata raggiunta, circa, nove minuti prima di quella dell'idrogramma solido – liquido IC, inoltre, in quest'ultimo caso la portata raggiunta è più elevata rispetto a quella registrata con <i>IDs/BA</i> ($57.15 > 35.73$ m ³ /s)
Tratto 2	Andamento erosioni – depositi	Erosioni e depositi leggermente più contenuti in presenza di un idrogramma solido – liquido BA.

Idrogramma solido – liquido IC



Idrogramma solido – liquido BA





Anche in questo troncone, è possibile comprendere, che il volume movimentato dalla colata detritica, simulata, con idrogramma solido – liquido determinato da uno ietogramma a blocchi alterni, risulta leggermente più contenuto rispetto a quello smosso dalla colata generata con idrogramma solido – liquido IC. Nella Figura 50 viene rappresentato il raffronto delle portate registrate dalla sezione di analisi posta nel troncone 3.

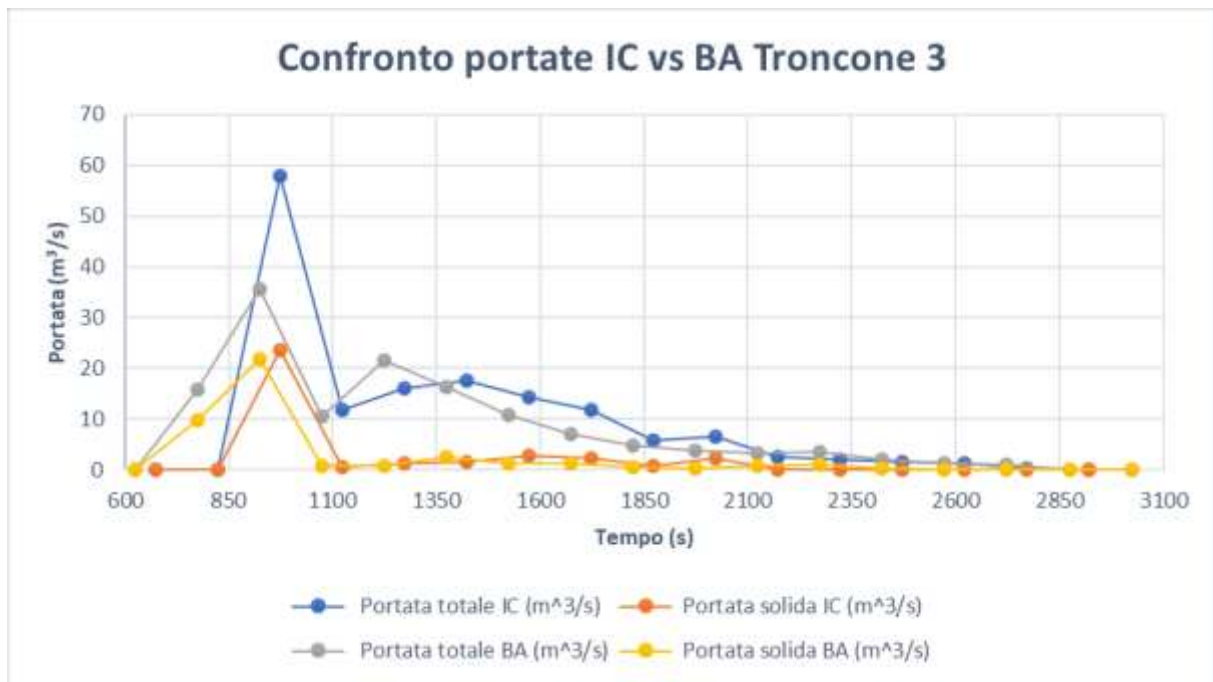
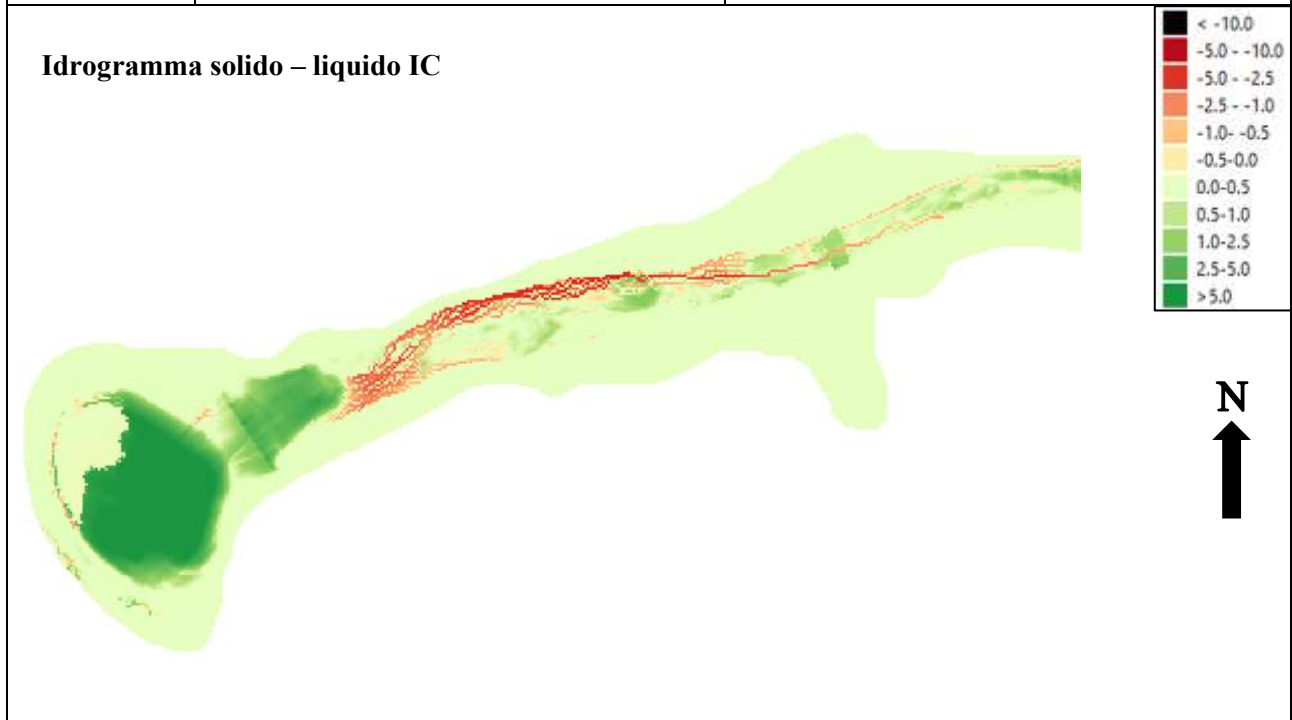


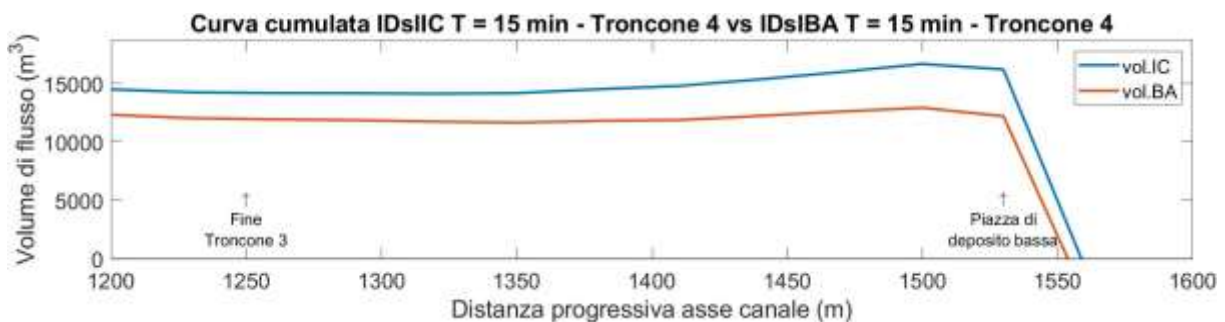
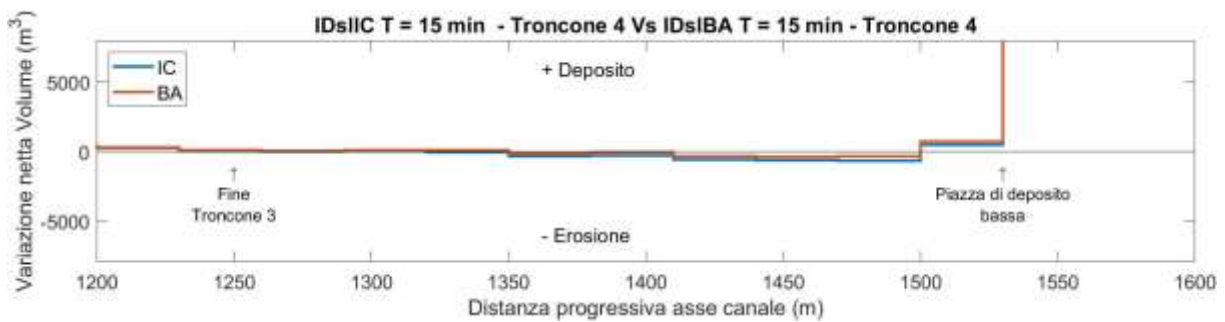
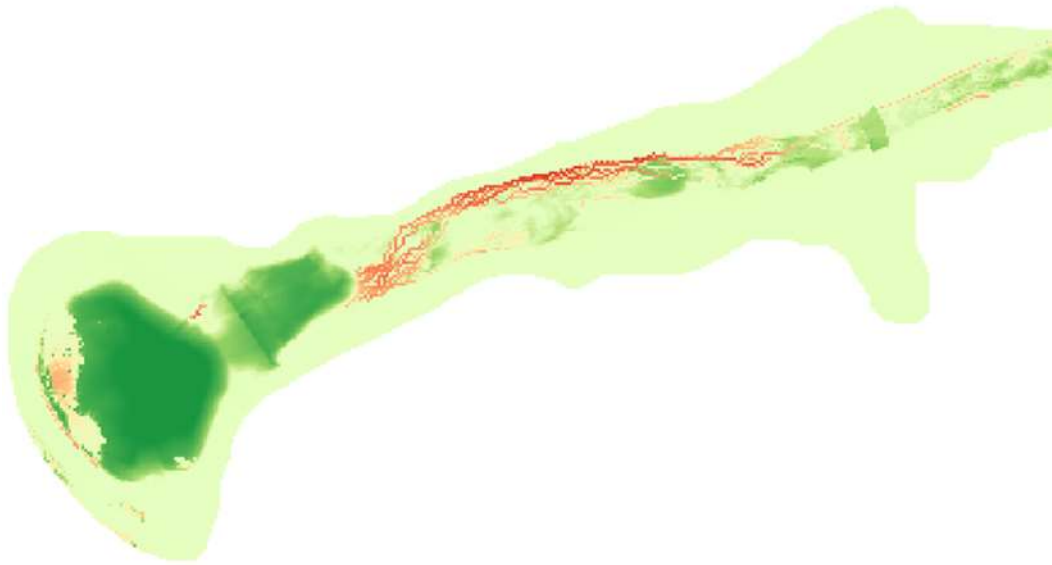
Figura 50. Confronto portata totale e solida registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 3

- Troncone 4 intensità costante vs Troncone 4 blocchi alterni

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Andamento erosioni – depositi	Con idrogramma solido – liquido IC le erosioni tendono ad essere leggermente più importanti, inoltre, gli scavi interessano una porzione del fondo del canale.
Tratto 2	Andamento erosioni – depositi	Erosioni più accentuate con idrogramma solido – liquido IC, inoltre, si verificano su di un'area maggiore del canale. Le portate al picco sono state registrate nel medesimo momento (24° minuto), ma con valori raggiunti differenti, ovvero, che le portate più elevate sono state registrate con un idrogramma solido – liquido IC (60.31 > 50.81 m ³ /s), indice del fatto, che con questo input, l'evento generato tende a produrre più deflusso
Tratto 3	Andamento erosioni - depositi	Erosioni più importanti in presenza di un idrogramma solido – liquido BA.
Bacino di ritenuta	Nessuna	Presenza di erosioni all'interno del bacino in presenza di un idrogramma solido – liquido BA.



Idrogramma solido – liquido BA



Entranti nell'ultimo troncone di analisi è possibile evincere, che anche in questo caso il volume smosso dalla colata, generata con idrogramma solido – liquido IC, è più elevato.

Concludendo, si può dire, che in presenza di un evento di precipitazione di durata pari al tempo di corrivazione del bacino le masse smosse saranno più elevate nel caso in cui si utilizzi come input nel modello un idrogramma solido – liquido individuato partendo da uno ietogramma ad intensità costante. Comunque, in queste condizioni, il bacino di ritenuta posto a monte dell'abitato di Borca di Cadore è in grado di svolgere al meglio il suo compito, visto, che in entrambe le simulazioni ha trattenuto tutto il materiale movimentato dal fenomeno.

In Figura 51 viene rappresentato il raffronto delle portate registrate dalla sezione di analisi posta nel troncone 4.

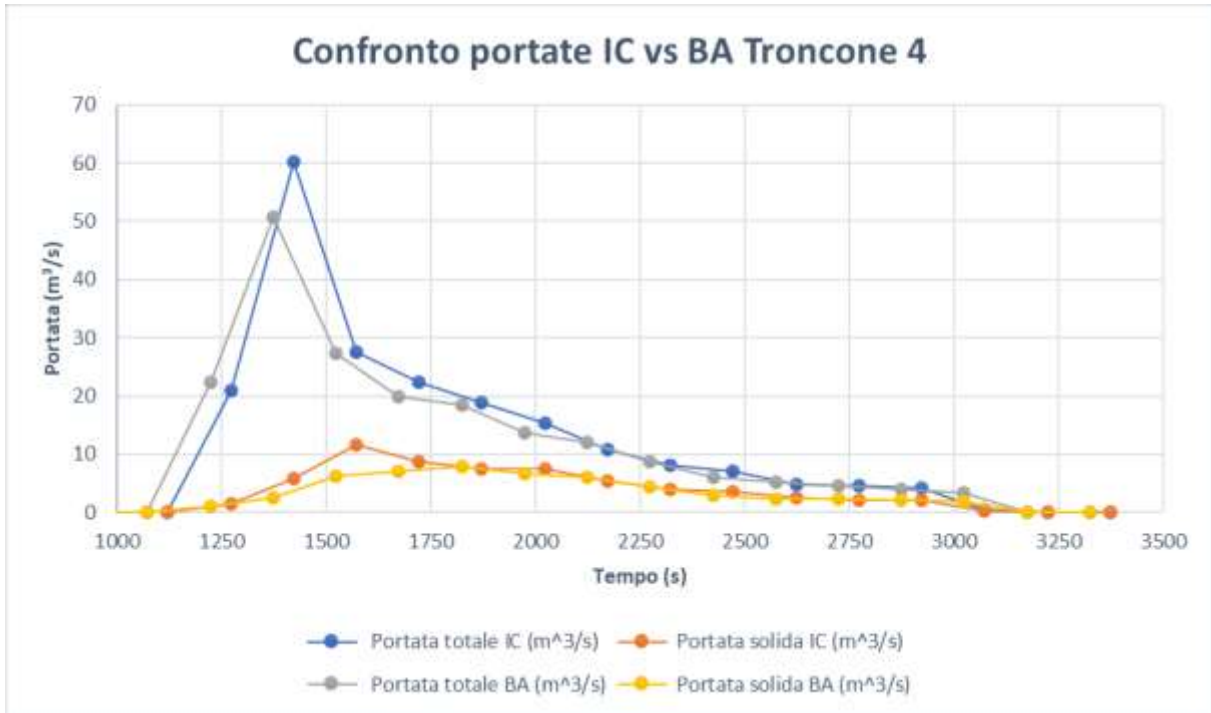


Figura 51. Confronto portata totale e solida registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 4

6.2. Idrogramma solido – liquido di durata 20 minuti

Gli idrogrammi di input di durata 20 minuti andranno a generare un fenomeno di colata detritica, che causa erosioni e depositi all'interno del canale. Pertanto, per valutare le erosioni e i depositi, generati, si va a suddividere il canale in quattro tronconi, che a loro volta vengono suddivisi in più tratti. Da sottolineare, che la simulazione si svolgono utilizzando due tipi di idrogrammi solido – liquidi, uno determinato partendo da uno ietogramma ad intensità costante, mentre, l'altro partendo da uno ietogramma a blocchi alterni.

Per cui alla fine delle valutazioni si farà un confronto dei risultati ottenuti con i due idrogrammi solido - liquidi, per identificare eventuali similitudini o differenze.

6.2.1. Idrogramma solido – liquido IC di durata pari a 20 minuti

Per rappresentare l'evento, che ha generato il fenomeno di colata detritica si sono impiegati due idrogrammi solido – liquidi di input illustrati alla Figura 52 e Figura 53. Posti, uno all'interno del canale principale, più precisamente a monte del primo troncone di analisi, mentre, il secondo è inserito all'interno del Bus del Diau, reticolo secondario, che presenta portate prettamente liquide.

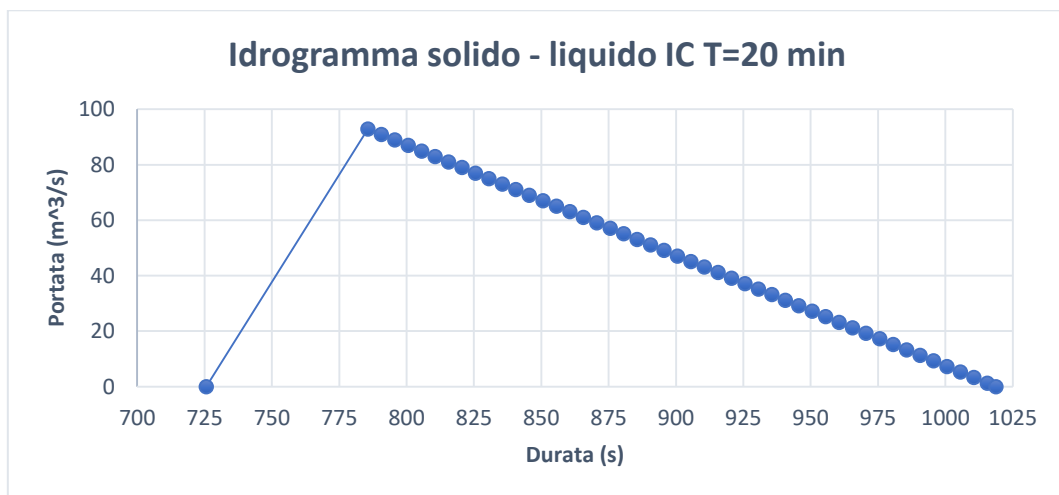


Figura 52. Idrogramma solido – liquido T = 20 min - Intensità Costante

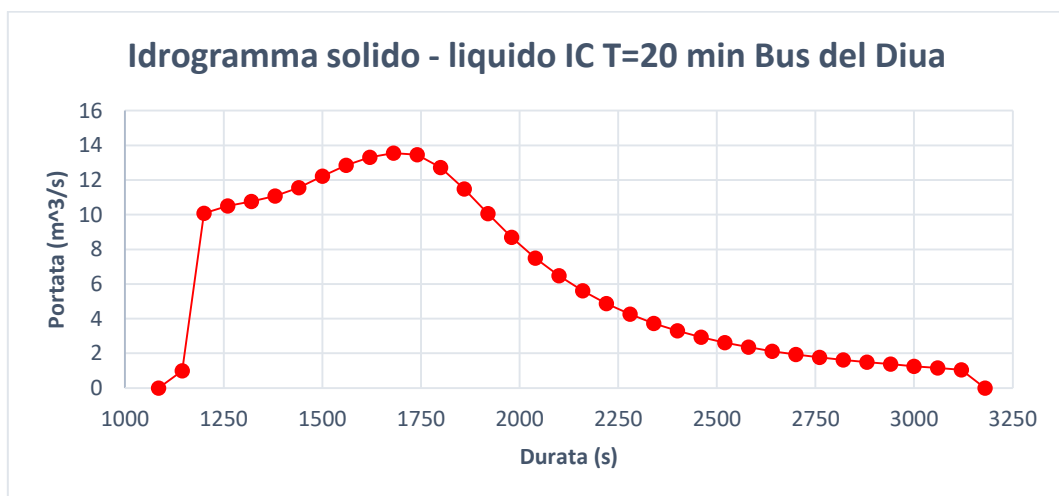
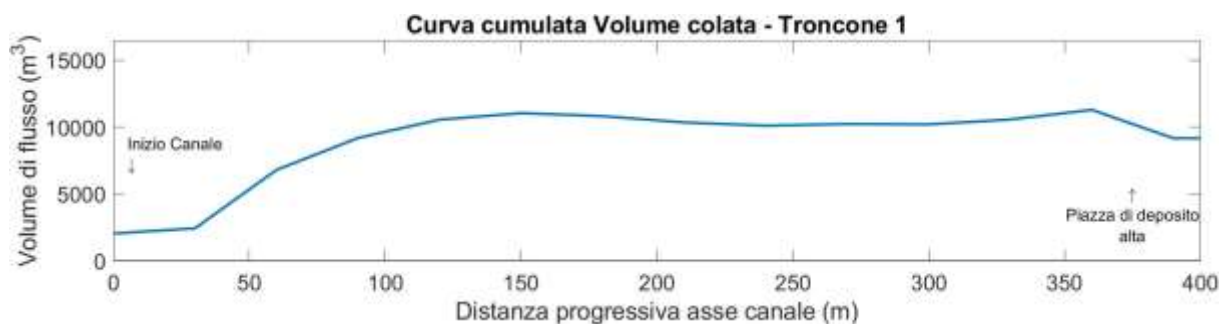
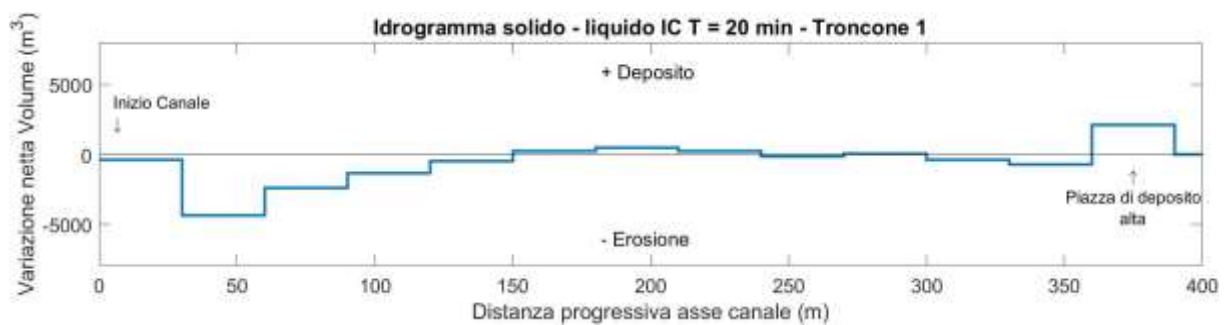
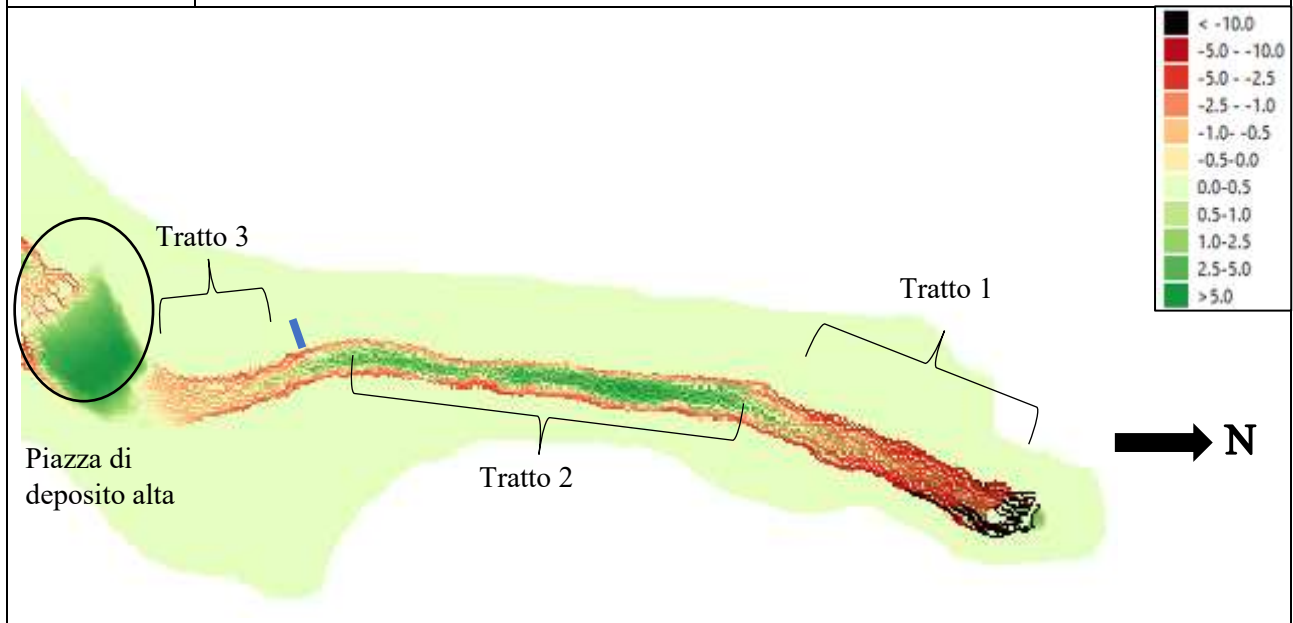


Figura 53. Idrogramma solido – liquido T = 20 min Bus del Diau – Intensità Costante

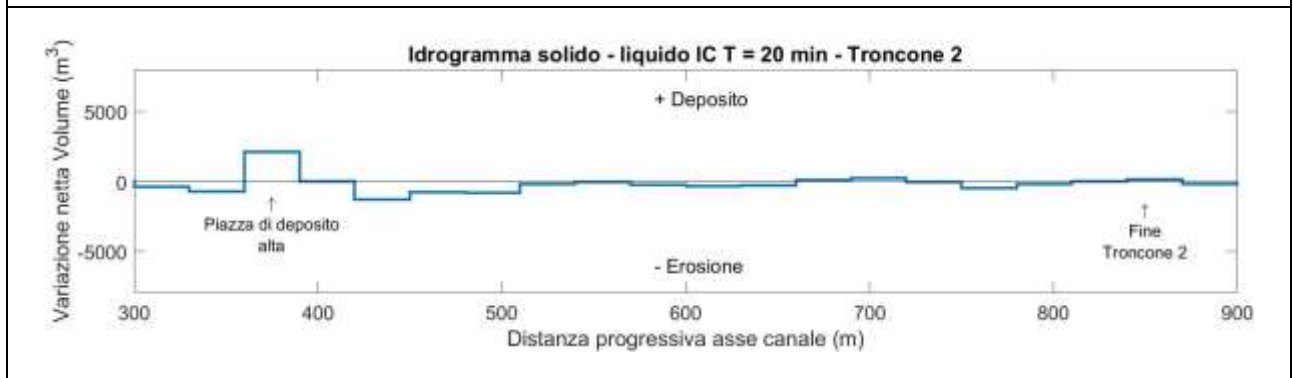
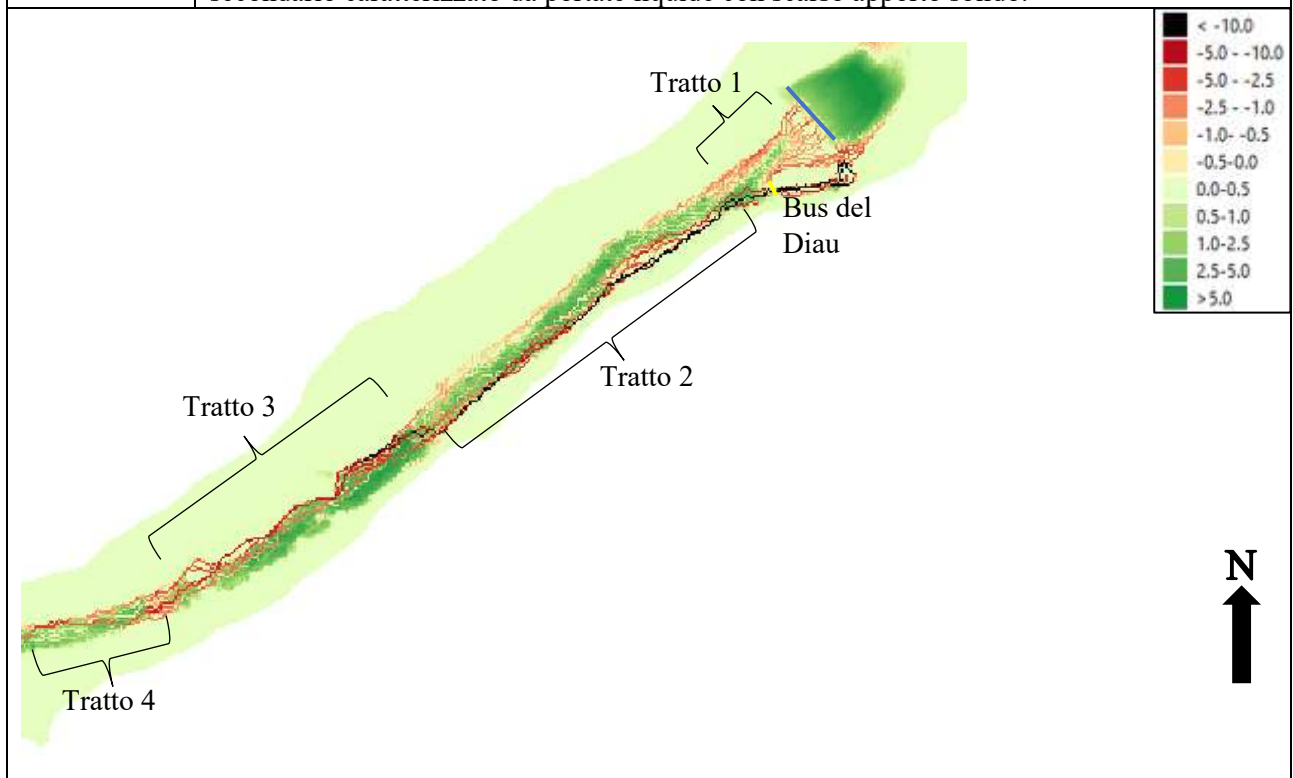
Troncone 1	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Interessano l'intera sezione del canale, con scavi considerevoli per un tratto lungo circa 90 m.	Nella parte centrale del canale, con spessori contenuti.
Tratto 2	Per un tratto di 160 m sono localizzate lungo le due sponde.	Occupano gran parte della sezione del canale, con spessori medi compresi tra i 3 – 4 m di altezza.
Tratto 3	Interessano gran parte della sezione del canale fino a quando non si entra nella piazza di deposito.	Pressoché assenti, tranne per qualche piccola area, localizzata nella parte iniziale del tratto.
Altro	Piazza di deposito area a bassa pendenza, che favorisce l'arresto della colata e agevola il deposito di materiale, che nel caso specifico raggiunge spessori massimi pari a 5 m. Nel tratto 3 è presente una sezione di analisi (linea blu), che misura la portata al picco. Dai dati emerge, che la portata è pari a 93.05 m ³ /s ed è stata registrata dopo 17 minuti dall'inizio dell'evento.	

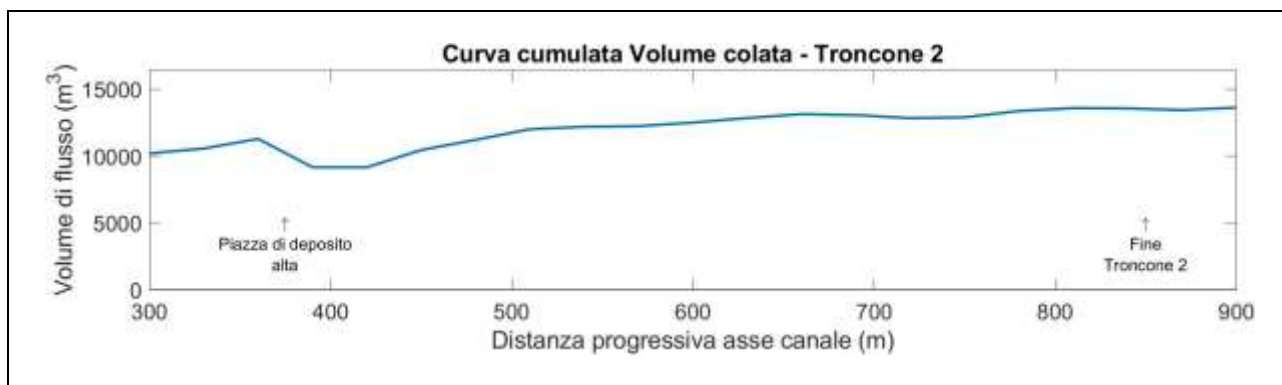


Troncone 1		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
0	-390.72	2041.40
30	-4366.55	2432.12
60	-2387.98	6798.67
90	-1368.04	9186.65
120	-484.94	10554.69
150	223.76	11039.63
180	471.55	10815.87
210	238.40	10344.32
240	-120.13	10105.92
270	26.02	10226.05
300	-366.30	10200.03
330	-721.18	10566.33
360	2125.85	11287.51

Tabella 11. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 1

Troncone 2	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Nella parte immediatamente a valle della piazza di deposito e lungo le due sponde con scavi di 1 – 2 m	Nella parte finale del tratto, nella zona centrale del canale con spessori di circa 1.5 m.
Tratto 2	Molto importanti in sinistra idrografica, più contenute in sponda destra (0.5 – 1.5 m) e sul fondo (qualche metro).	In sinistra idrografica e nella parte centrale del canale con spessori compresi tra i 1– 3 m.
Tratto 3	Lungo la sponda destra, con scavi importanti, ed in minima parte sul fondo con erosioni più contenute.	Si attestano in sinistra idrografica con spessori di qualche metro, indicando, che la colata si è spostata verso l'esterno, ha rallentato e depositato materiale.
Tratto 4	Per un tratto di circa 25 m interessano gran parte della sezione del canale, con erosioni contenute sul fondo (1 – 2 m), mentre, più ragguardevoli lungo le sponde (3 – 5 m). In seguito, interessano solo la sponda destra.	Poco importanti e localizzati in sinistra idrografica.
Altro	A valle della piazza di deposito è presente una sezione di calcolo della portata (linea blu). Dall'analisi emerge, che la portata al picco è stata raggiunta dopo 1035 secondi dall'inizio dell'evento, con valori pari a 75.93 m ³ /s. Nel tratto 2 è presente il punto di immissione, in alveo, del Bus del Diau. Corso d'acqua secondario caratterizzato da portate liquide con scarso apporto solido.	

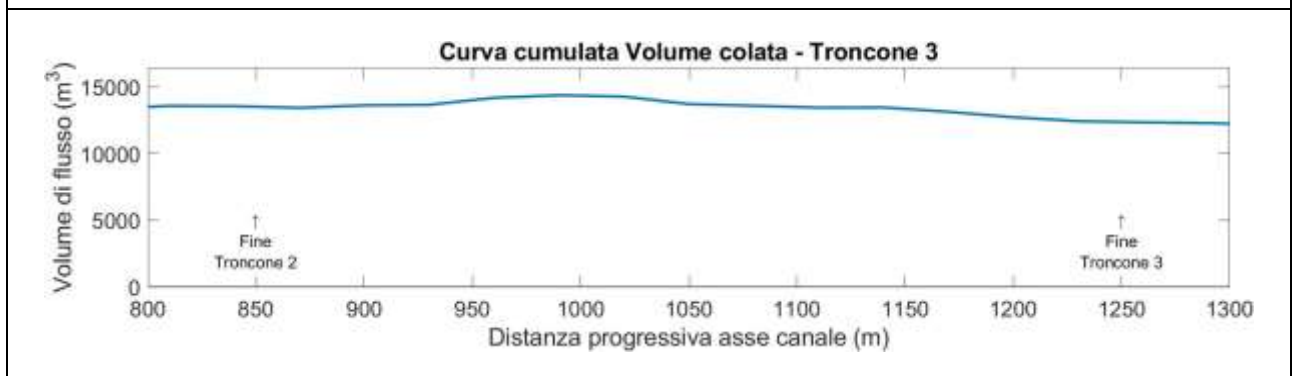
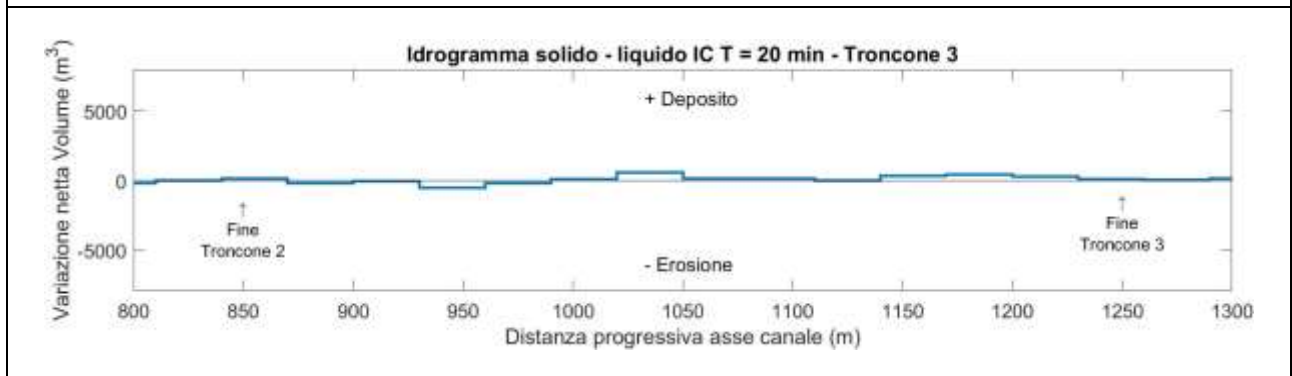
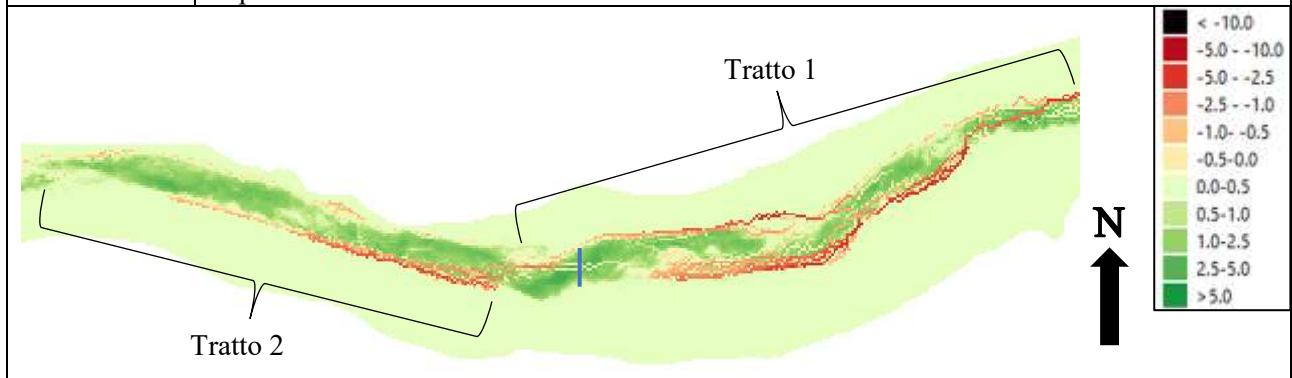




Troncone 2		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
390	101.27	9161.66
420	-1290.68	9060.39
450	-760.56	10351.07
480	-794.79	11111.63
510	-180.90	11906.43
540	-50.83	12087.33
570	-262.80	12138.16
600	-343.06	12400.96
630	-291.30	12744.01
660	74.39	13035.32
690	227.27	12960.93
720	-60.76	12733.66
750	-477.89	12794.42
780	-214.36	13272.31
810	22.10	13486.67
840	126.43	13464.57

Tabella 12. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 2

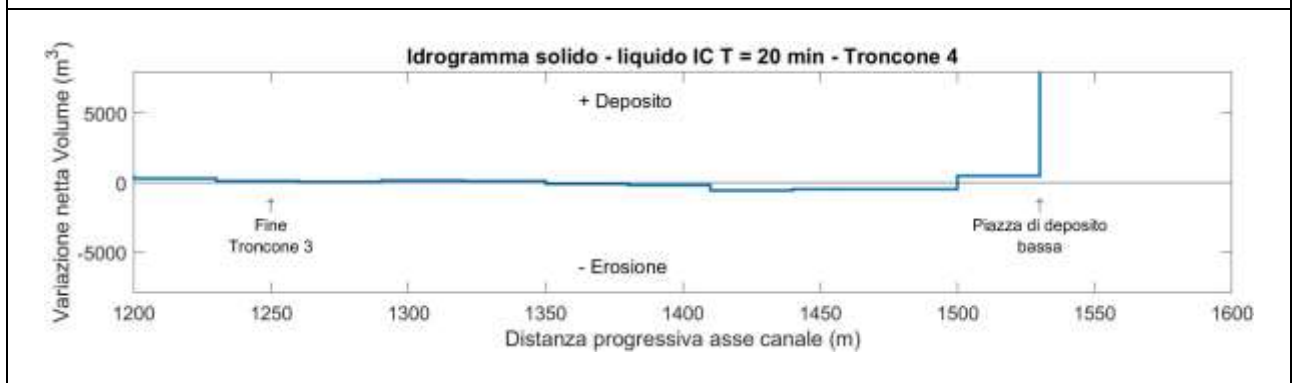
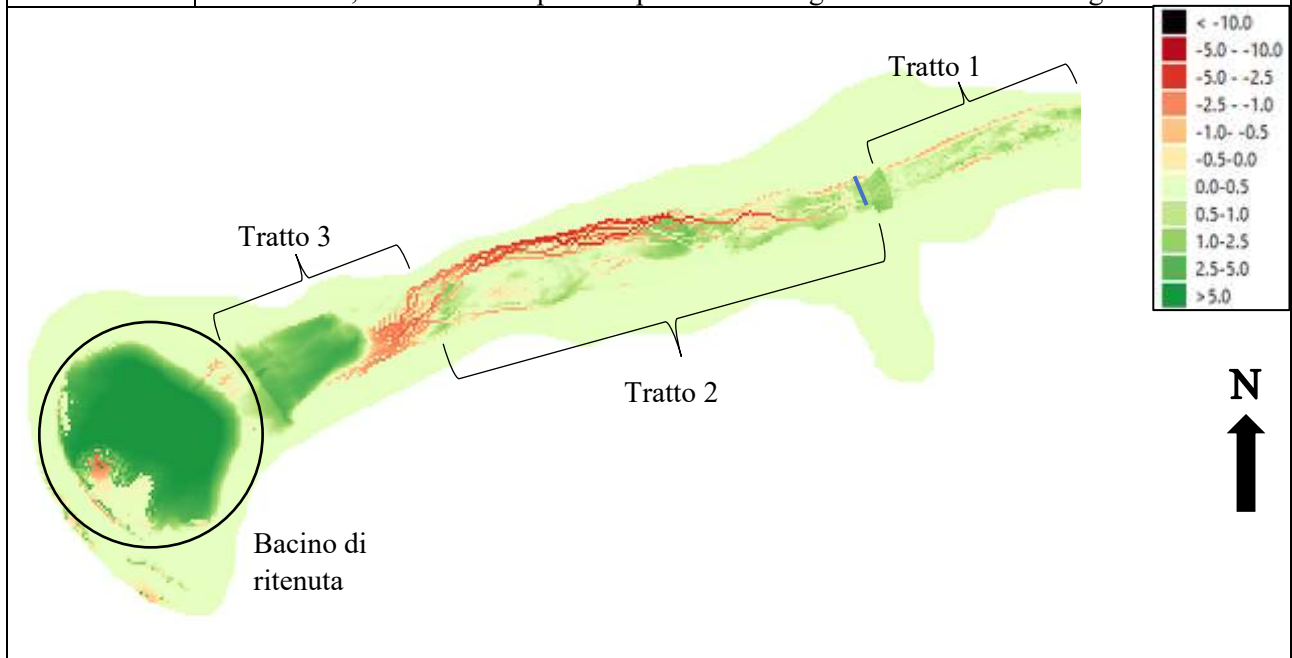
Troncone 3	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Inizialmente interessano una minima parte del fondo, ma dopo una curva si concentrano lungo la sponda sinistra. Spostandosi verso valle le erosioni, in sinistra idrografica, diventano più contenute fino ad annullarsi, mentre, in destra si accentuano.	Si localizzano nella parte centrale del canale con spessori di 1 – 3 m. Più a valle, in presenza di una curva, i depositi si attestano in sinistra idrografica, perché la colata è spinta verso destra. Perciò, rallenta e deposita materiale nella parte esterna della curva.
Tratto 2	Localizzate in sinistra idrografica, con scavi di 3 – 4 m, che diminuiscono man mano, che ci si sposta verso valle. Presenti lungo la sponda destra, ma per brevi tratti.	Occupano gran parte della sezione del canale con spessori medi di 1 – 2 m.
Altro	Nella parte finale del tratto 1 è presente una sezione di analisi della portata (linea blu), quello, che emerge è che, la portata al picco registrata è pari a 62.84 m ³ /s, ed è stata misurata dopo 17 minuti dall'inizio dell'evento.	



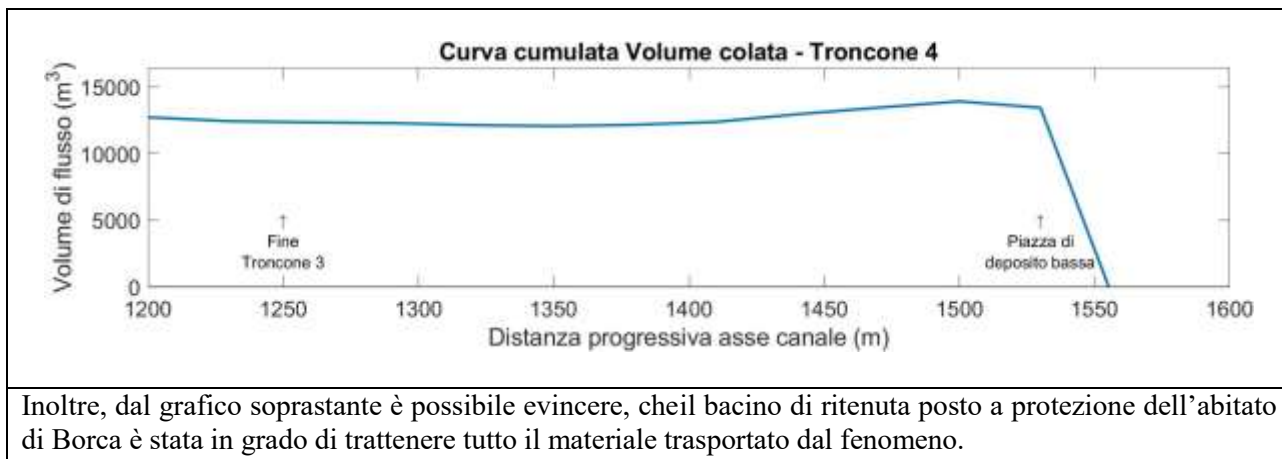
<i>Troncone 3</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
870	-187.02	13338.14
900	-39.79	13525.16
930	-527.95	13564.95
960	-193.25	14092.90
990	104.00	14286.15
1020	558.85	14182.16
1050	130.80	13623.31
1080	137.70	13492.50
1110	-12.15	13354.80
1140	324.97	13366.95
1170	411.69	13041.98
1200	293.84	12630.29
1230	86.61	12336.45
1260	51.37	12249.84

Tabella 13. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 3

Troncone 4	Erosioni	Depositi
Tratto 1	In sponda destra e sinistra con scavi molto contenuti.	In alcuni punti all'interno del canale con spessori inferiori al metro.
Tratto 2	Si accentuano in destra idrografica, con profondità di scavo comprese tra i 2.5 – 5 m. Indice del fatto che la colata è stata spinta in quell'area.	Presenza di un ponte, che riduce la pendenza del canale, che comporta un aumento del materiale depositato in quel punto. Più a valle i depositi interessano solo alcune aree del tratto, con spessori mai superiori al metro e mezzo.
Tratto 3	Lungo un tratto di 20 metri le erosioni interessano l'intera sezione del canale con scavi di circa 2 m.	Forte deposito, subito dopo al tratto completamente scavato. Dovuto alla minore pendenza del canale.
Altro	Subito dopo il ponte è stata registrata una portata al picco (linea blu) pari a 58.16 m ³ /s, misurata dopo 25 minuti dall'inizio dell'evento. Il bacino di ritenuta è un'opera, che ha il compito di trattenere il materiale trasportato dalla colata. Al suo interno i depositi presentano altezze comprese tra i 3 – 7 m e occupano quasi l'intera area, tranne la zona posta in prossimità dei gabbioni in sinistra idrografica.	



Si segnala, che per visualizzare meglio l'andamento delle erosioni e dei depositi all'interno del troncone, si è deciso di applicare una scala più contenuta all'asse y, questo comporta che il quantitativo di volume trattenuto dal bacino di ritenuta non risulta essere ben rappresentato, pertanto, in questo caso, per una maggiore chiarezza si può fare riferimento alla Tabella 14, dove è possibile comprendere, che all'interno del bacino di ritenuta si sono depositati **15943.76 m³**.



Troncone 4		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
1290	154.19	12198.47
1320	75.71	12044.28
1350	-99.51	11968.57
1380	-211.02	12068.09
1410	-577.23	12279.11
1440	-494.88	12856.34
1470	-472.40	13351.23
1500	476.43	13823.63
1530	15943.76	13347.20
1560	-	-2596.56

Tabella 14. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 4

6.2.2. Idrogramma solido – liquido BA di durata 20 minuti

Per riprodurre l'evento, che ha generato il fenomeno di colata detritica si sono impiegati due idrogrammi solido – liquidi di input illustrati alla Figura 54 e Figura 55. Il primo posto all'interno del canale principale, più precisamente a monte del primo troncone di analisi, mentre, il secondo è inserito nel Bus del Diau, reticolo secondario, che si immette nel canale principale a valle della bacino di ritenuta.

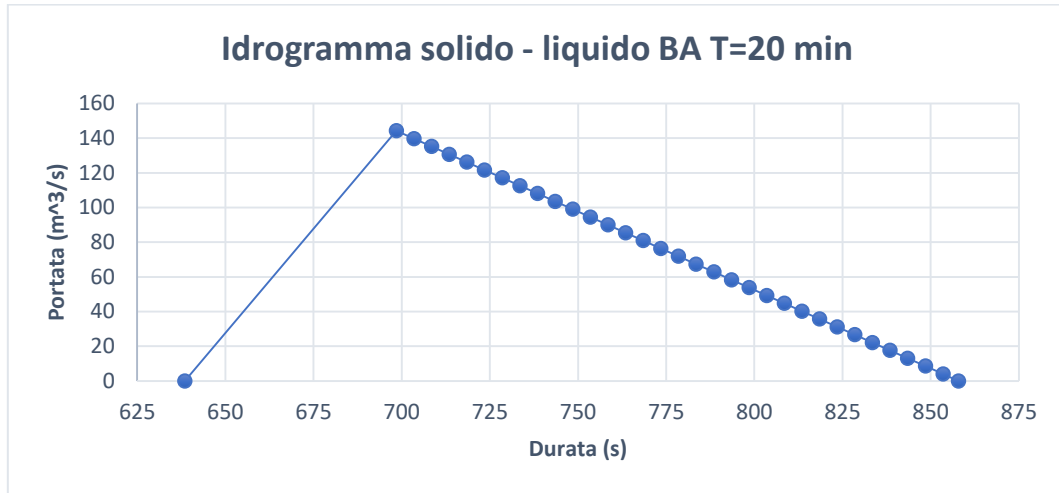


Figura 54. Idrogramma solido – liquido T = 20 min – Blocchi Alterni

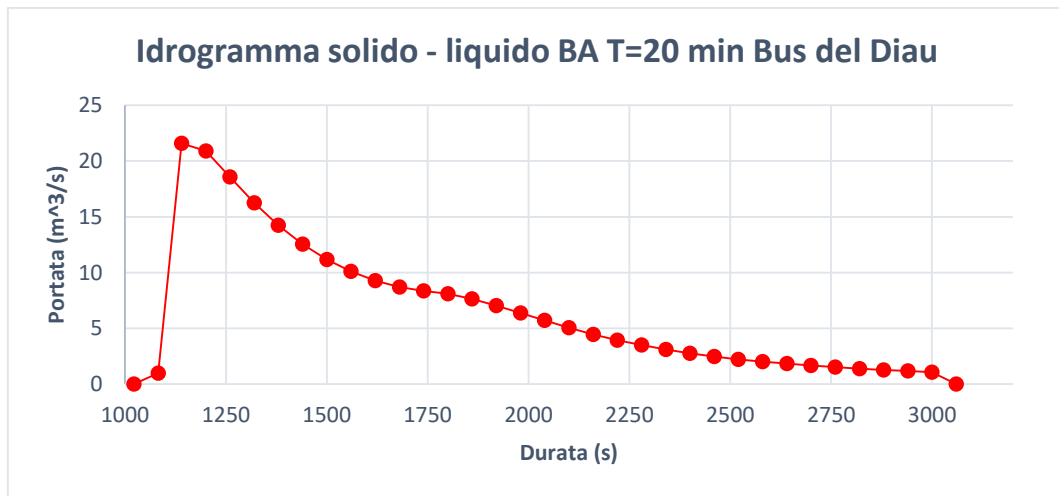
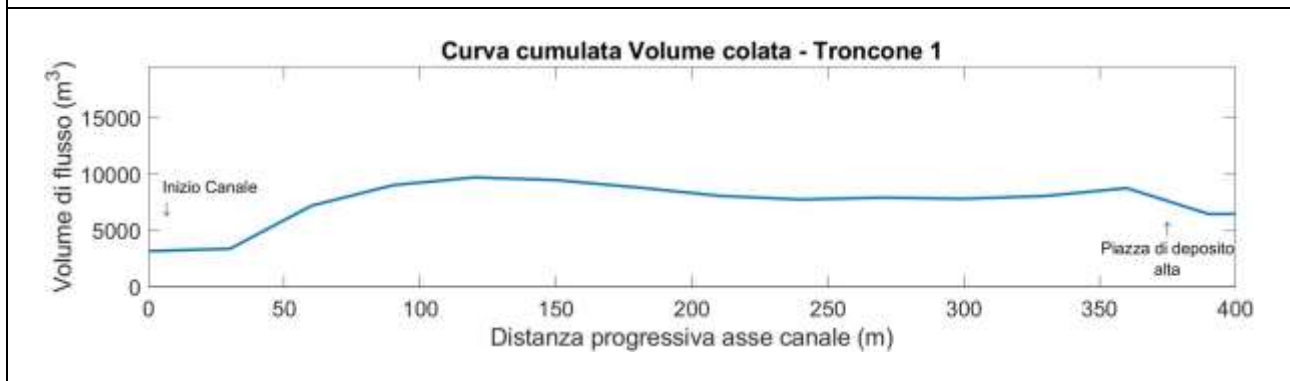
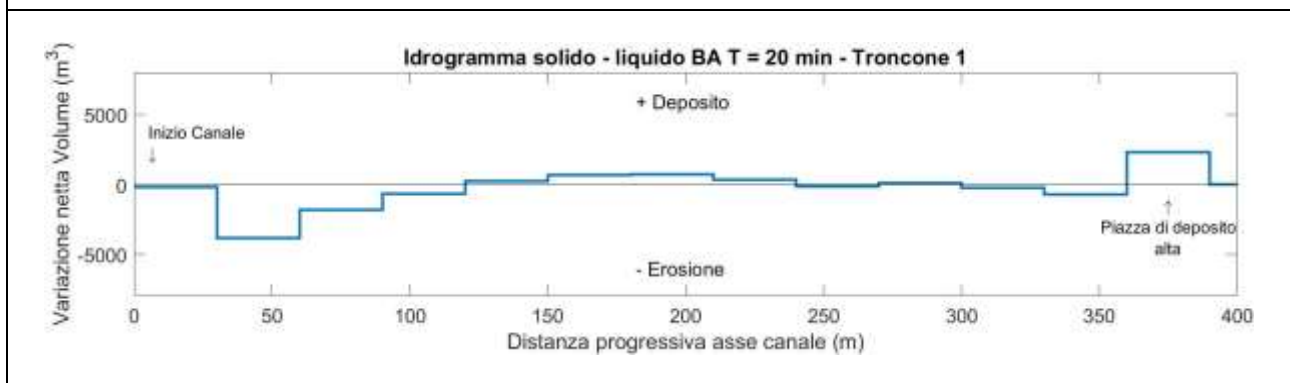
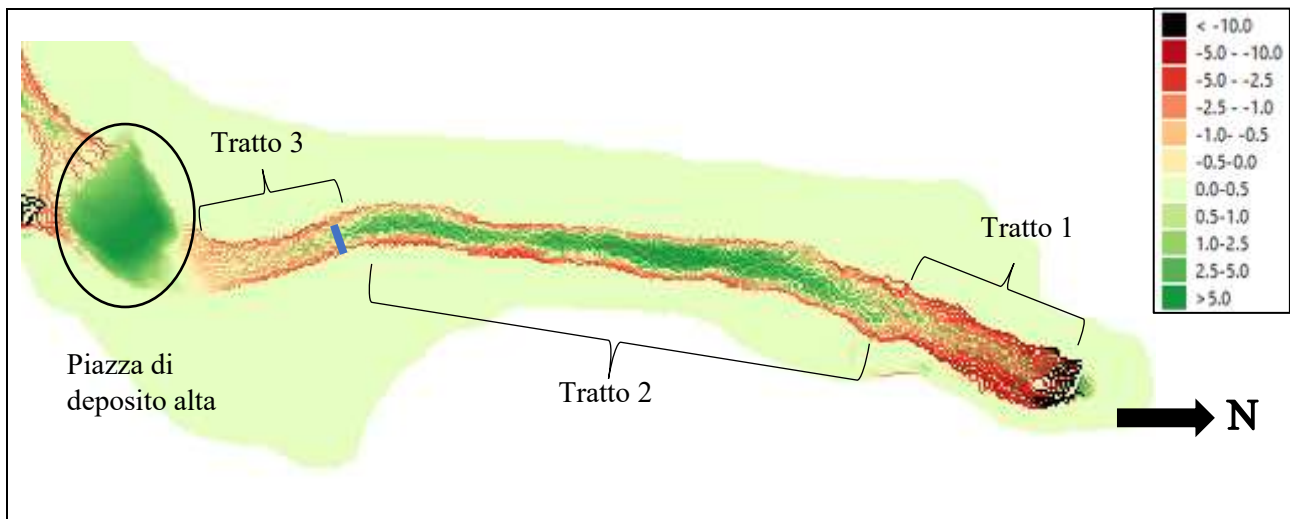


Figura 55. Idrogramma solido – liquido T = 20 min Bus del Diau – Blocchi Alterni

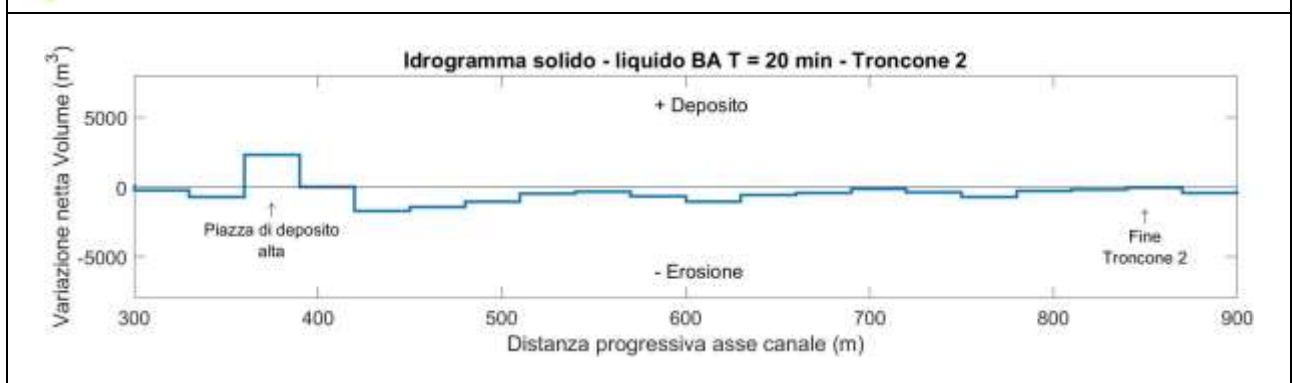
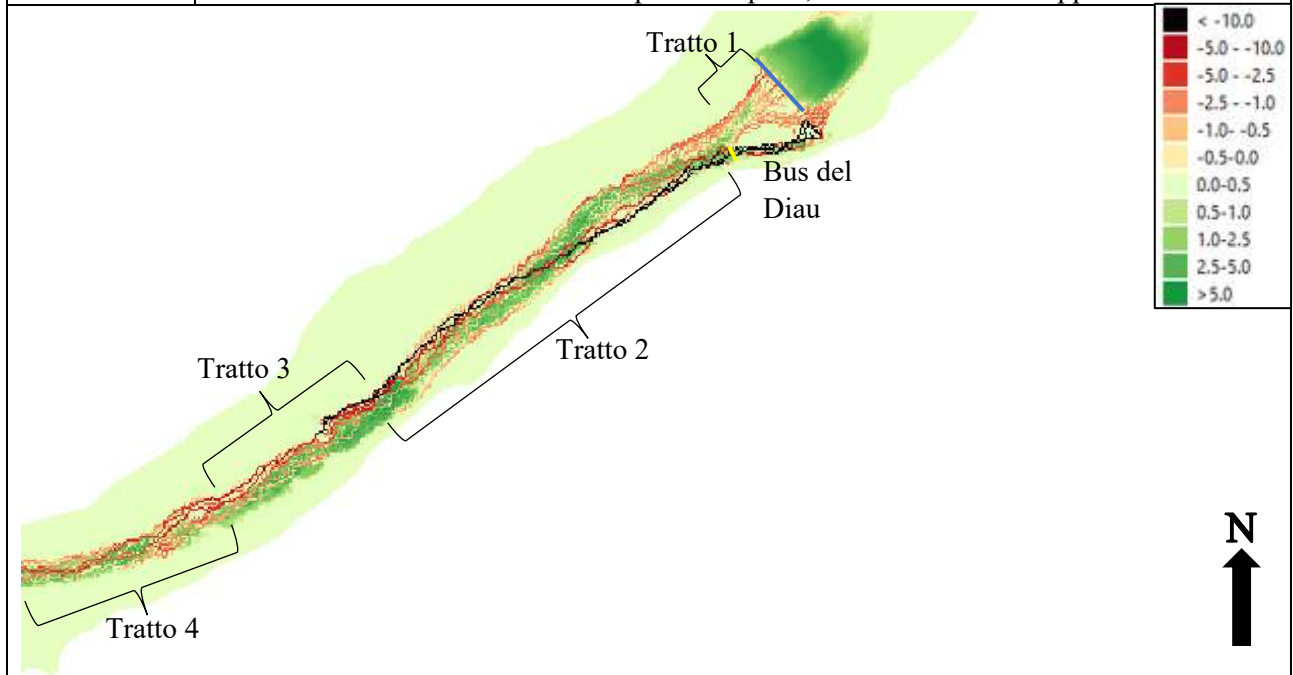
Troncone 1	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Interessano l'intera sezione del canale per un tratto lungo 65 m.	Pressoché assenti, tranne per qualche deposito localizzato con spessori poco importanti.
Tratto 2	Localizzate lungo le due sponde. Con scavi più importanti localizzati in sponda sinistra.	Occupano gran parte della sezione del canale con spessori, che variano da 2 a 5 m.
Tratto 3	Interessano quasi interamente il canale, con scavi inferiori ai 2 m sul fondo, mentre, più considerevoli lungo le sponde.	Quasi assenti, tranne per qualche punto all'interno del canale.
Altro	La piazza di deposito è un'opera a bassa pendenza, che favorisce l'arresto della colata ed il deposito di materiale contenuto al suo interno, pertanto, i depositi presenta spessori compresi tra 2 – 5 m. Nel tratto 3 è presente una sezione interna (linea blu), che misura la portata al picco. Dai dati emerge, che la portata registrata è pari a 67.62 m³/s ed è stata misurata dopo 13 minuti dall'inizio dell'evento.	

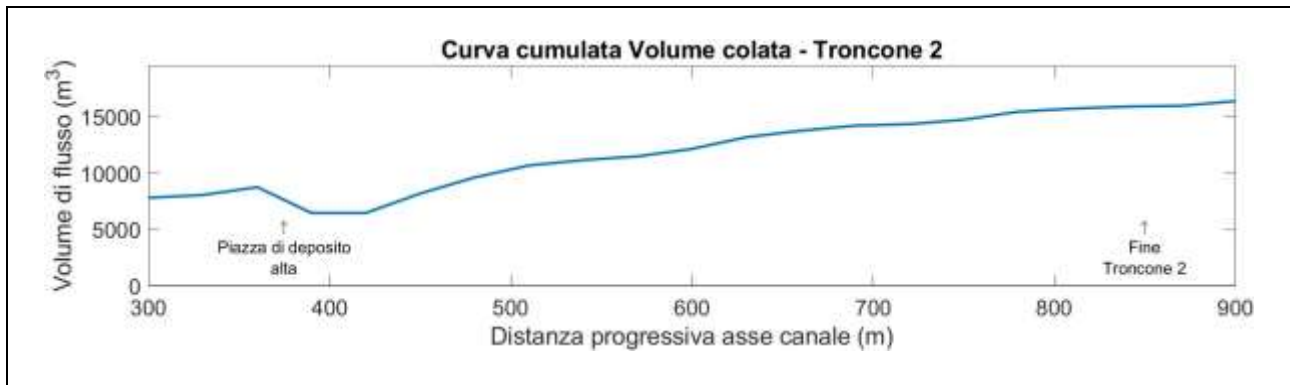


Troncone 1		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
0	-206.83	3172.10
30	-3823.31	3378.93
60	-1821.47	7202.24
90	-694.54	9023.71
120	244.22	9718.25
150	652.48	9474.03
180	742.60	8821.56
210	326.34	8078.95
240	-166.69	7752.62
270	100.28	7919.31
300	-246.77	7819.03
330	-697.56	8065.79
360	2293.22	8763.35

Tabella 15. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 1

Troncone 2	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Interessano gran parte della sezione del canale con scavi compresi tra i 1 – 4 m.	Nella parte centrale del canale con spessori inferiori al metro.
Tratto 2	Nella prima parte ragguardevoli in sinistra idrografica, mentre, più contenute in sponda destra. Man mano che ci si sposta verso valle, le azioni diventano più considerevoli in destra idrografica, mentre, in sinistra diminuiscono di molto e poi si arrestano del tutto.	Presenti prevalentemente sul fondo con spessori compresi tra 1 – 3 m.
Tratto 3	Localizzate prevalentemente in destra idrografica, con scavi abbastanza importanti.	Si attestano in sinistra idrografica indicando, che la colata si è spostata verso l'esterno, causando un rallentamento e depositato di materiale.
Tratto 4	Per un breve tratto occupano gran parte della sezione del canale. In seguito, quelle più importanti interessano il fondo, mentre, sulla sponda destra sono più contenute.	Presentano spessori di un paio di metri.
Altro	A valle della piazza è presente una sezione di calcolo della portata (linea blu). Dall'analisi emerge, che la portata al picco è stata raggiunta dopo 948 secondi dall'inizio dell'evento, con valori pari a 72.06 m ³ /s. Nel tratto 2 è presente il punto di immissione, in alveo, del Bus del Diau. Corso d'acqua secondario caratterizzato da elevate portate liquide, ma con uno scarso apporto solido.	

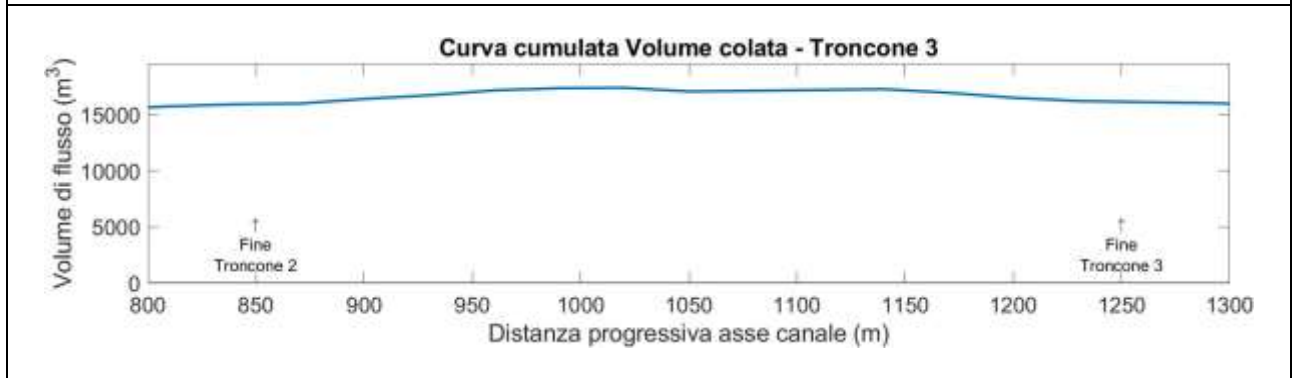
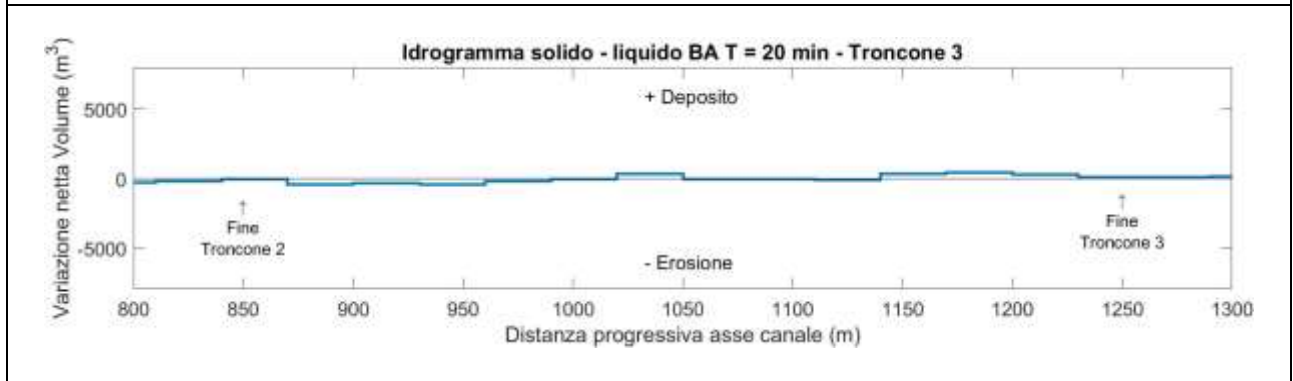
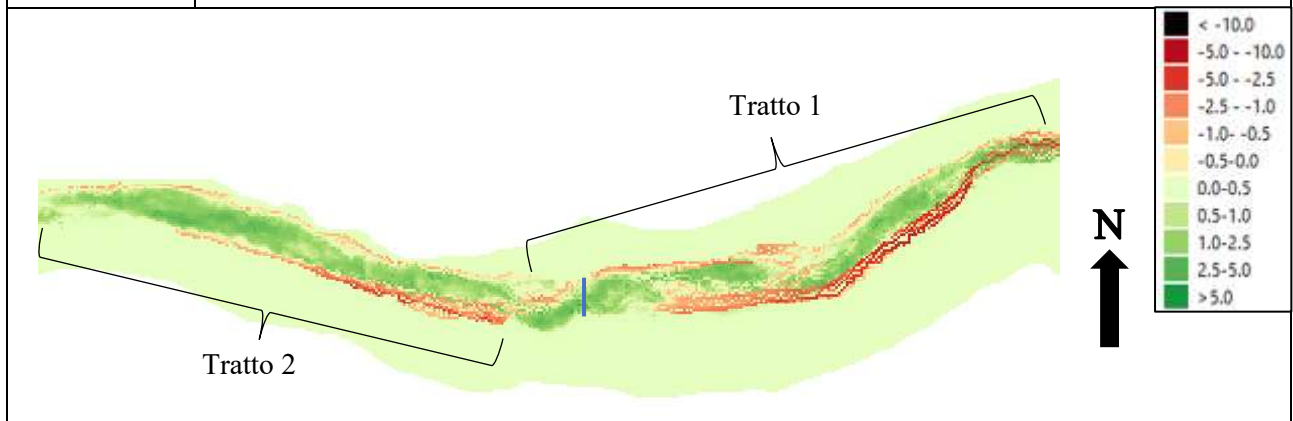




Troncone 2		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
390	-64.34	6470.14
420	-1726.29	6534.48
450	-1429.62	8260.77
480	-1057.12	9690.39
510	-481.59	10747.51
540	-329.71	11229.10
570	-661.36	11558.81
600	-1039.44	12220.18
630	-572.93	13259.62
660	-448.77	13832.55
690	-138.69	14281.32
720	-393.71	14420.01
750	-708.61	14813.72
780	-277.99	15522.33
810	-180.26	15800.32
840	-69.00	15980.58

Tabella 16. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 2

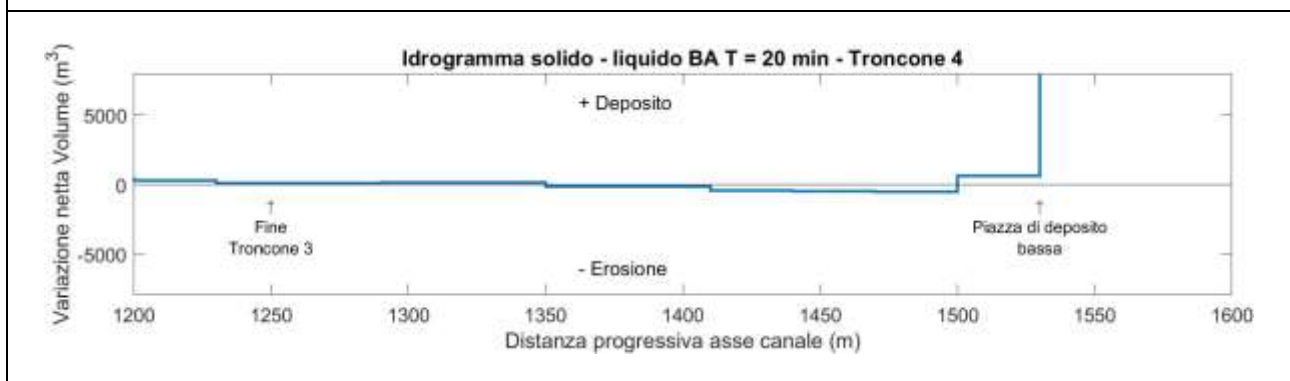
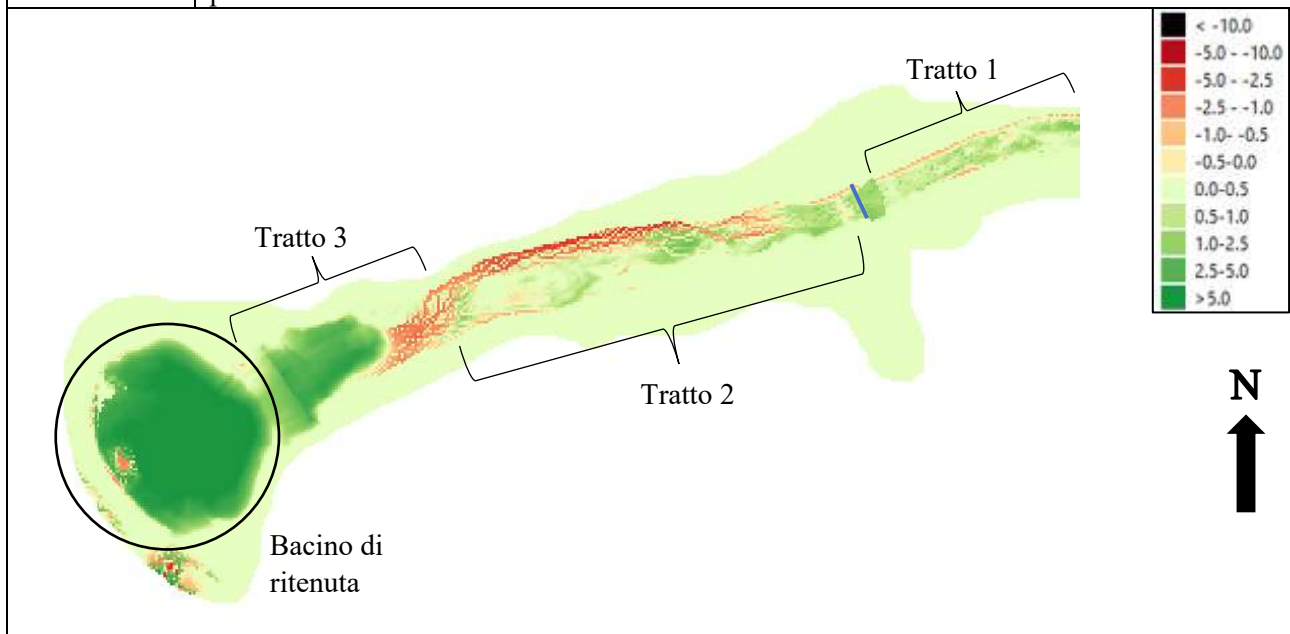
Troncone 3	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Localizzate lungo le due sponde. Inizialmente gli scavi più importanti si hanno lungo la sponda sinistra (dove si registra anche una maggiore area interessata), mentre, lungo la sponda destra sono molto contenuti. Man mano, che si va verso valle le erosioni in sinistra diminuiscono, mentre, in destra si accentuano leggermente.	Nella parte iniziale si localizzano in destra idrografica. Più a valle, in presenza di una curva, i depositi si attestano in sinistra idrografica, perché la colata è spinta verso destra.
Tratto 2	Localizzate in sinistra idrografica, con scavi abbastanza importanti (2 – 3 m), che diminuiscono man mano, che ci si sposta verso valle. In destra idrografica presenti, ma con spessori contenuti.	Occupano gran parte della sezione del canale con spessori inferiori ai due metri.
Altro	Nella parte finale del tratto 1 è presente una sezione di analisi della portata (linea blu), quello, che emerge è una portata al picco pari a 65.19 m ³ /s, misurata dopo 16 minuti dall'inizio dell'evento.	



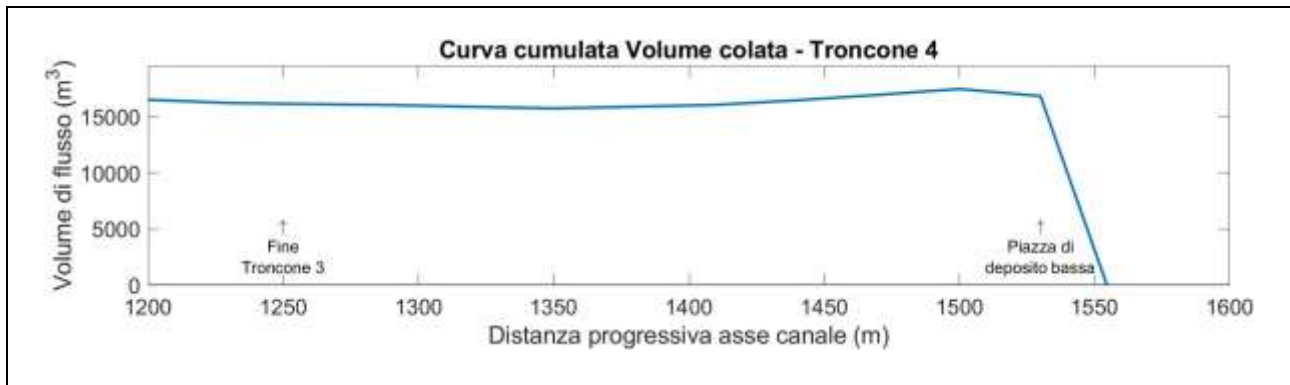
<i>Troncone 3</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
870	-413.85	16049.57
900	-326.55	16463.43
930	-437.70	16789.98
960	-194.98	17227.68
990	-35.60	17422.66
1020	330.48	17458.26
1050	-63.76	17127.78
1080	-63.93	17191.54
1110	-78.34	17255.47
1140	321.81	17333.80
1170	441.14	17012.00
1200	293.98	16570.86
1230	95.52	16276.88
1260	83.84	16181.35

Tabella 17. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 3

Troncone 4	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Lungo la sponda destra, con scavi contenuti e per alcuni tratti in sponda sinistra e sul fondo.	Prevalentemente all'interno del canale.
Tratto 2	Dopo il ponte si accentuano in destra idrografica, con profondità di scavo abbastanza importanti (max 4 – 5 m).	Presenza di un ponte, che riduce la luce del canale e la sua pendenza, questo comporta un aumento del materiale depositato in quell'area. Più a valle i depositi interessano solo alcune aree del canale, con spessori inferiori al metro e mezzo.
Tratto 3	Per un tratto di circa 30 m interessano l'intera sezione del canale e poi si spostano in sinistra idrografica.	A valle del tratto completamente eroso, forte deposito (spessori medi di 2 – 2.5 m) dovuto alla minore pendenza del canale.
Altro	Subito dopo il ponte è stata registrata una portata al picco (linea blu) pari a 58.58 m ³ /s, misurata dopo 23 minuti dall'inizio dell'evento. Il bacino di ritenuta risulta essere quasi completamente piena di materiale. Da sottolineare la presenza di erosione al di fuori del canale (in sinistra idrografica), indice del fatto, che parte del deflusso è fuoriuscito.	



Si segnala, che per visualizzare meglio l'andamento delle erosioni e dei depositi all'interno del troncone, si è deciso di applicare una scala più contenuta all'asse y, questo comporta che il quantitativo di volume trattenuto dal bacino di ritenuta non risulta essere ben rappresentato, pertanto, in questo caso, per una maggiore chiarezza si può fare riferimento alla Tabella 18, dove è possibile comprendere, che all'interno del bacino di ritenuta si sono depositati **20565.18 m³**.



Troncone 4		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
1290	157.31	16097.51
1320	145.51	15940.20
1350	-156.27	15794.69
1380	-158.43	15950.96
1410	-411.23	16109.39
1440	-485.77	16520.62
1470	-519.16	17006.39
1500	628.31	17525.55
1530	20565.18	16897.24
1560	-	-3667.94

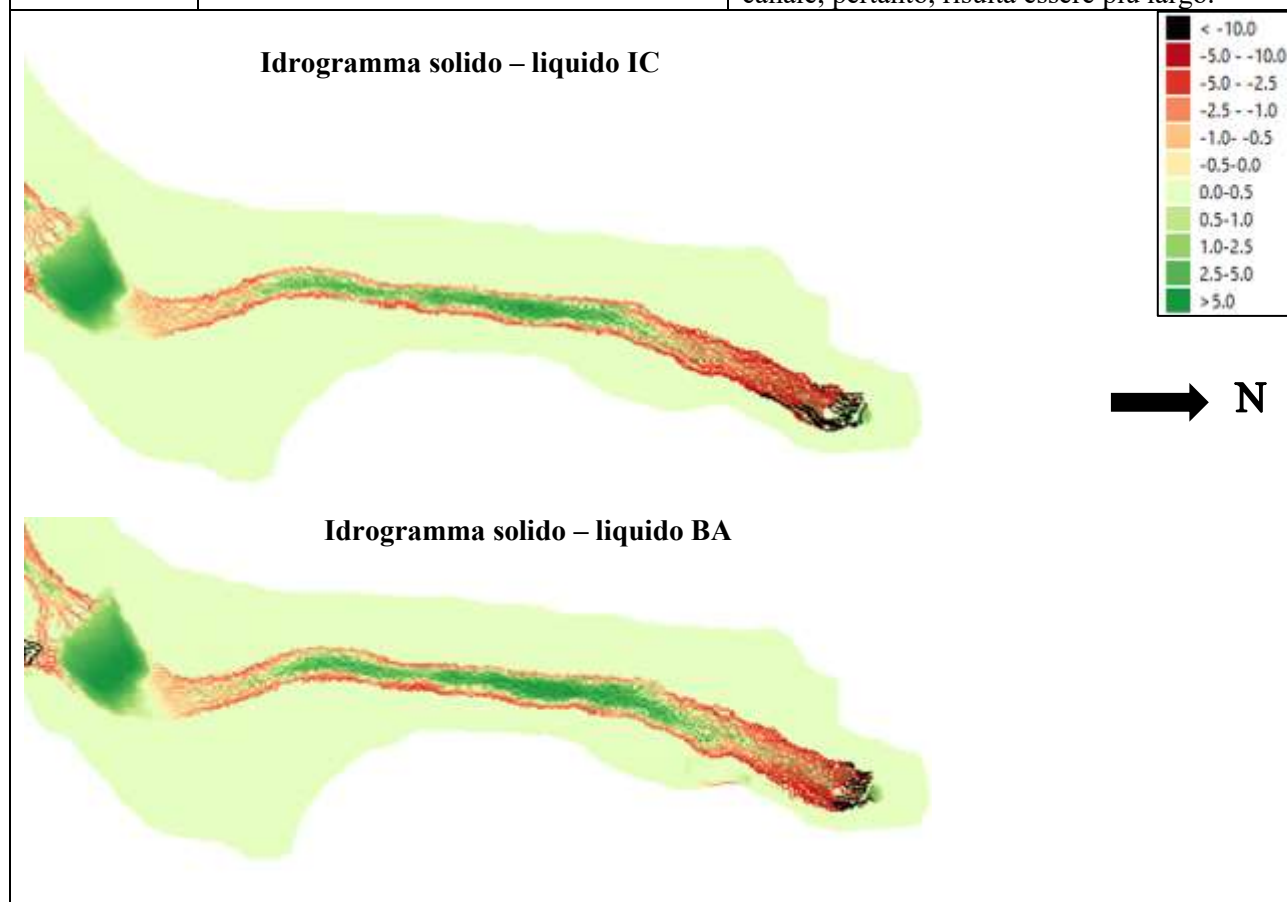
Tabella 18. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 4

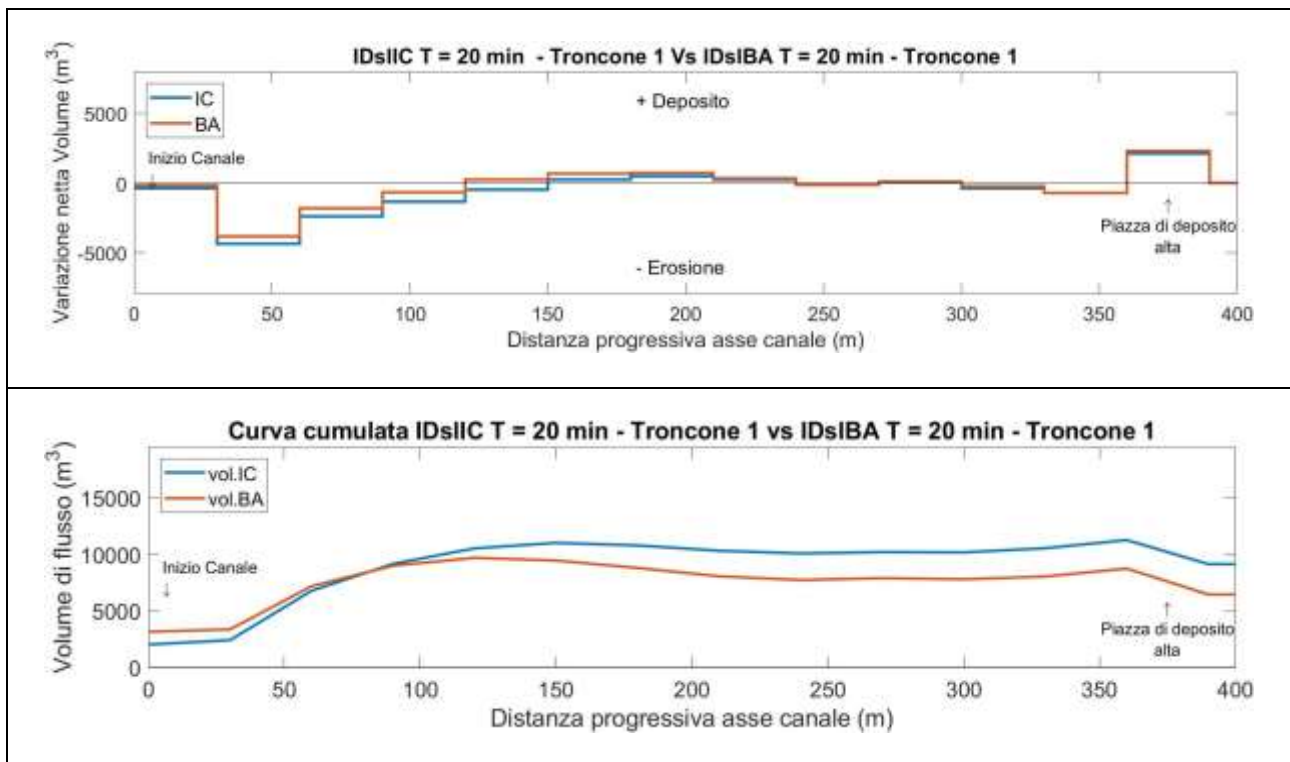
Una volta terminata la descrizione dei depositi e delle erosioni in presenza di un evento di precipitazione di durata 20 minuti, si effettua un confronto fra i risultati ottenuti dalle due simulazioni per individuare eventuali similitudini o differenze nell'uso dei due idrogrammi.

6.2.3. Confronto Idrogramma solido – liquido IC vs. Idrogramma solido – liquido BA

- Troncone 1 intensità costante vs Troncone 1 blocchi alterni

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Nessuna somiglianza	L'idrogramma solido – liquido IC erode una maggiore porzione del fondo, mentre, <i>IDS/BA</i> erode pesantemente le sponde andando, così, ad allargare il canale. Per quanto riguarda i depositi sono un po' più presenti nella simulazione con idrogramma solido – liquido BA, mentre, con <i>IDS/IC</i> sono pressoché assenti.
Tratto 2	Andamento erosioni – depositi è praticamente lo stesso in entrambi gli idrogrammi.	Il canale risulta essere più largo, con idrogramma solido – liquido BA a causa delle erosioni avvenute nel tratto precedente. Inoltre, i depositi occupano un'area maggiore.
Tratto 3	Erosioni e depositi sono simili in entrambe le simulazioni.	Con idrogramma solido – liquido BA si erode una porzioni leggermente maggiore di canale, pertanto, risulta essere più largo.





Dal confronto tra le due curve cumulate si può notare, che inizialmente la colata generata con idrogramma solido – liquido BA presenta un volume più elevato, spiegato dal fatto che il volume solido di input è maggiore ($3172.1 m^3$) rispetto a quello dell'idrogramma solido liquido determinato con idrogramma ad intensità costante ($2041.4 m^3$). Comunque, una volta più a valle, si nota che la curva cumulata con idrogramma IC presenta volumi movimentati decisamente più importanti rispetto a quelli smossi con BA. Questo andamento continua ben oltre la piazza di deposito, dove, in entrambi i casi, al suo interno si depositano all'incirca $2100 m^3$ di materiale. In Figura 56 si riporta il raffronto delle portate registrate dalla sezione di analisi posta nel troncone 1.

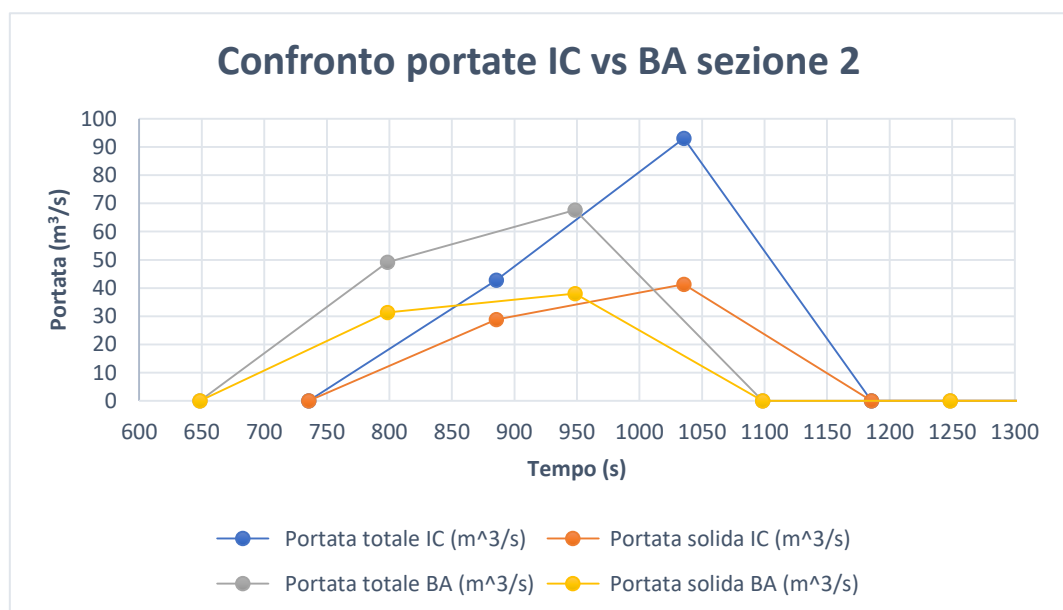
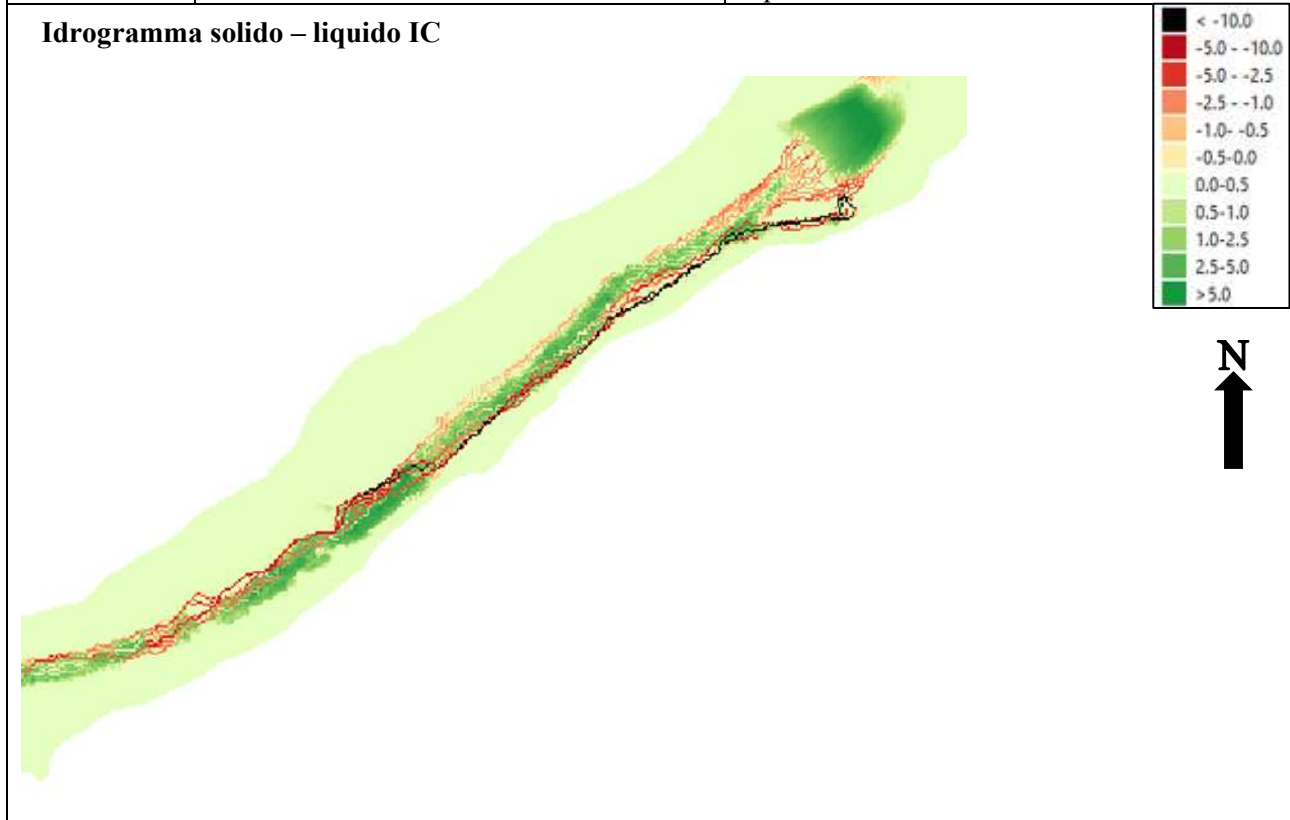


Figura 56. Confronto portata totale e solida registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 3 del troncone 1

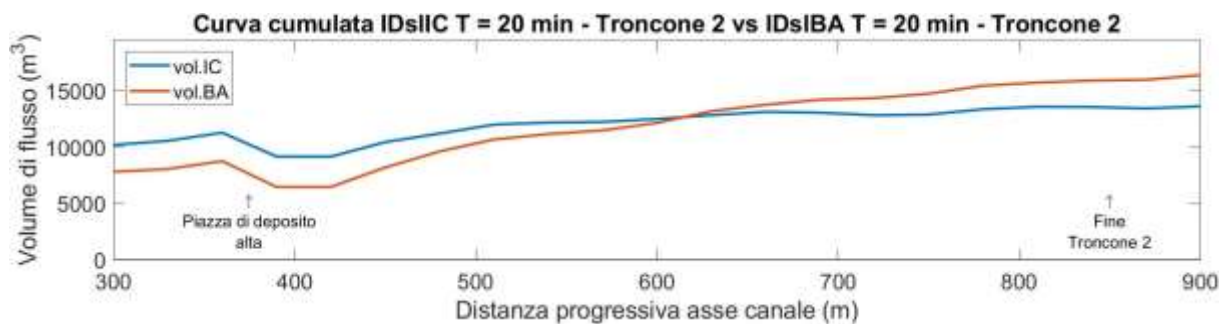
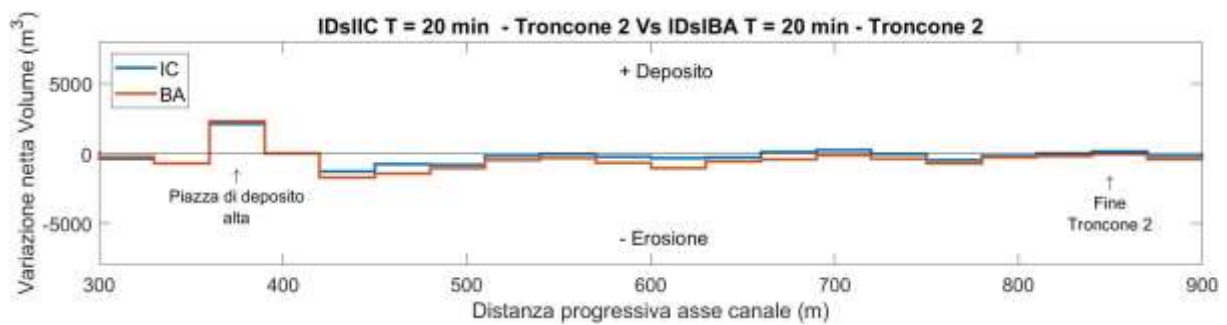
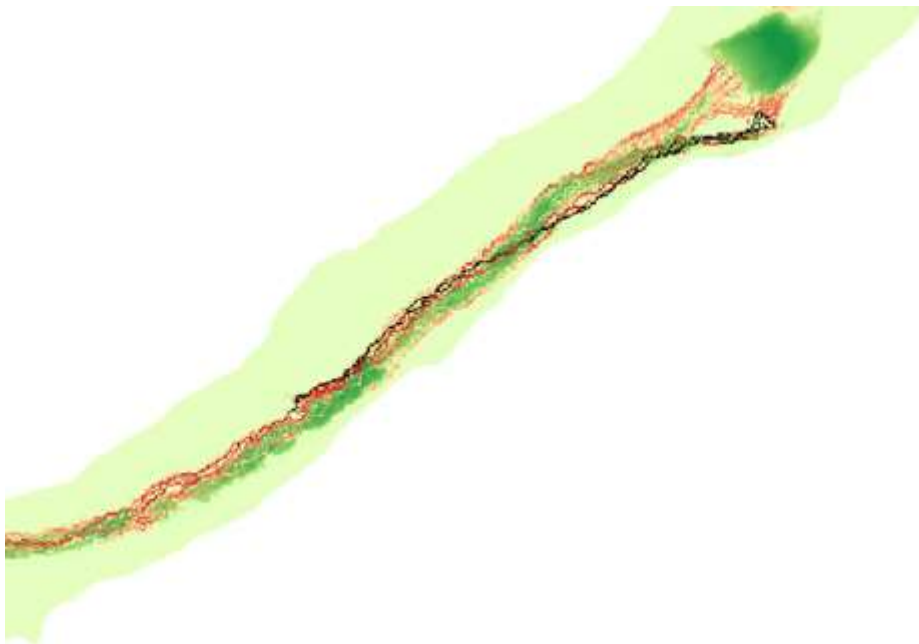
- Troncone 2 intensità costante vs Troncone 2 blocchi alterni

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Andamento erosioni – depositi	Depositi più importanti nel caso di idrogramma solido – liquido IC.
Tratto 2	Andamento deflusso Bus del Diau e parzialmente i depositi all'interno del tratto.	Con idrogramma solido – liquido IC le erosioni, più importanti, si concentrano prevalentemente lungo la sponda sinistra, invece, in presenza di un blocchi alterni le erosioni sono importanti in sinistra idrografica, ma per un breve tratto, perché poi si concentrano lungo la sponda destra.
Tratto 3	Depositi presentano praticamente lo stesso comportamento in entrambi gli idrogrammi.	Con idrogramma solido – liquido BA le erosioni interessano un'area maggiore e sono tendenzialmente più importanti rispetto a quelle determinate con l'altro idrogramma.
Tratto 4	Presenza di un tratto di 20 m dove l'intera sezione del canale viene erosa.	Erosioni interessano una maggiore sezione del fondo, nella parte finale del tratto nel caso dell'idrogramma solido – liquido BA, inoltre, presentano scavi più raggurdevoli rispetto a quelli registrati con idrogramma solido – liquido IC.

Idrogramma solido – liquido IC



Idrogramma solido – liquido BA

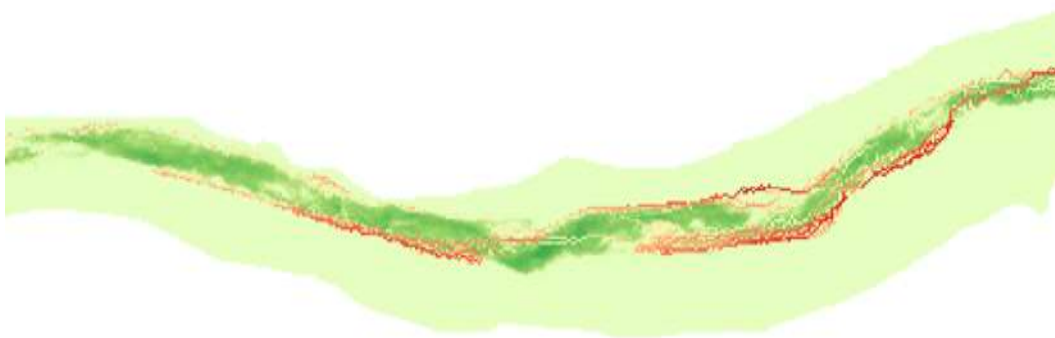


L'andamento descritto nel troncone 1, continua fino a circa metà troncone, ovvero, che ad un certo punto i volumi smossi dall'idrogramma solido – liquido BA diventano più importanti rispetto a quelli movimentati con idrogramma solido – liquido IC, spiegato dal fatto che con idrogramma a blocchi alterni si generano erosioni molto più importanti all'interno dei tratti 2 e 3.

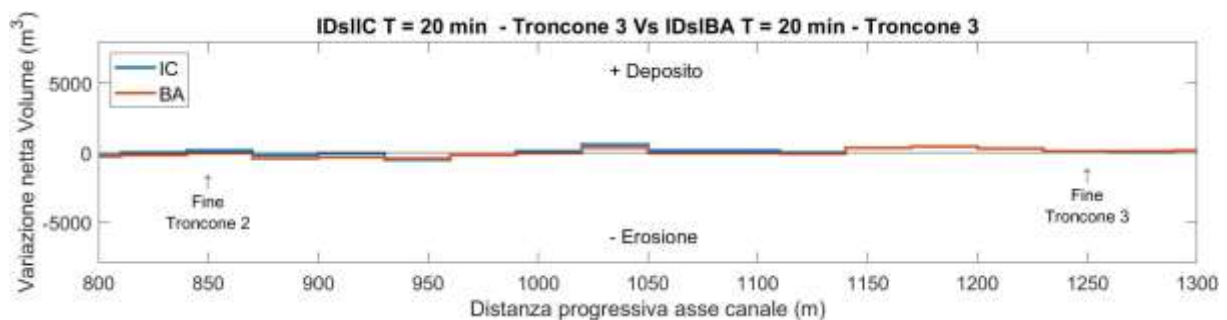
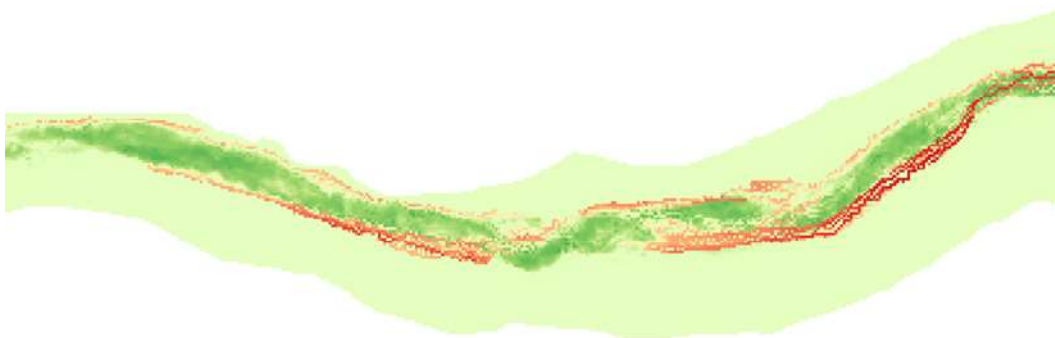
- Troncone 3 intensità costante vs Troncone 3 blocchi alterni

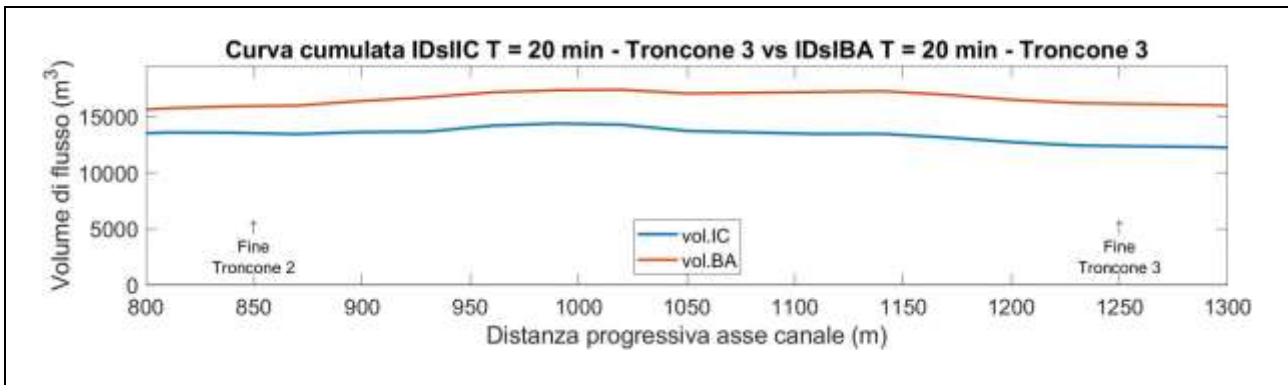
	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Andamento erosioni – depositi	Con idrogramma solido – liquido BA le erosioni interessano un'area maggiore nella parte iniziale del tratto. La portata al picco, registrata, con idrogramma solido – liquido BA è più alta (65.19 m ³ /s), rispetto a quella registrata in presenza di un idrogramma solido – liquido ad intensità costante (62.84 m ³ /s)
Tratto 2	Andamento erosioni – depositi	Erosioni leggermente più contenute in presenza di un idrogramma solido – liquido determinato partendo da uno idrogramma ad intensità costante.

Idrogramma solido – liquido IC



Idrogramma solido – liquido BA





Anche per questo troncone, si evince, che il volume movimentato dalla colata detritica, simulata con idrogramma solido – liquido BA, risultano essere più importanti rispetto a quelli smossi dalla colata generata con idrogramma solido – liquido IC. Nella Figura 57 è rappresentato il confronto tra le portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel terzo troncone di analisi.

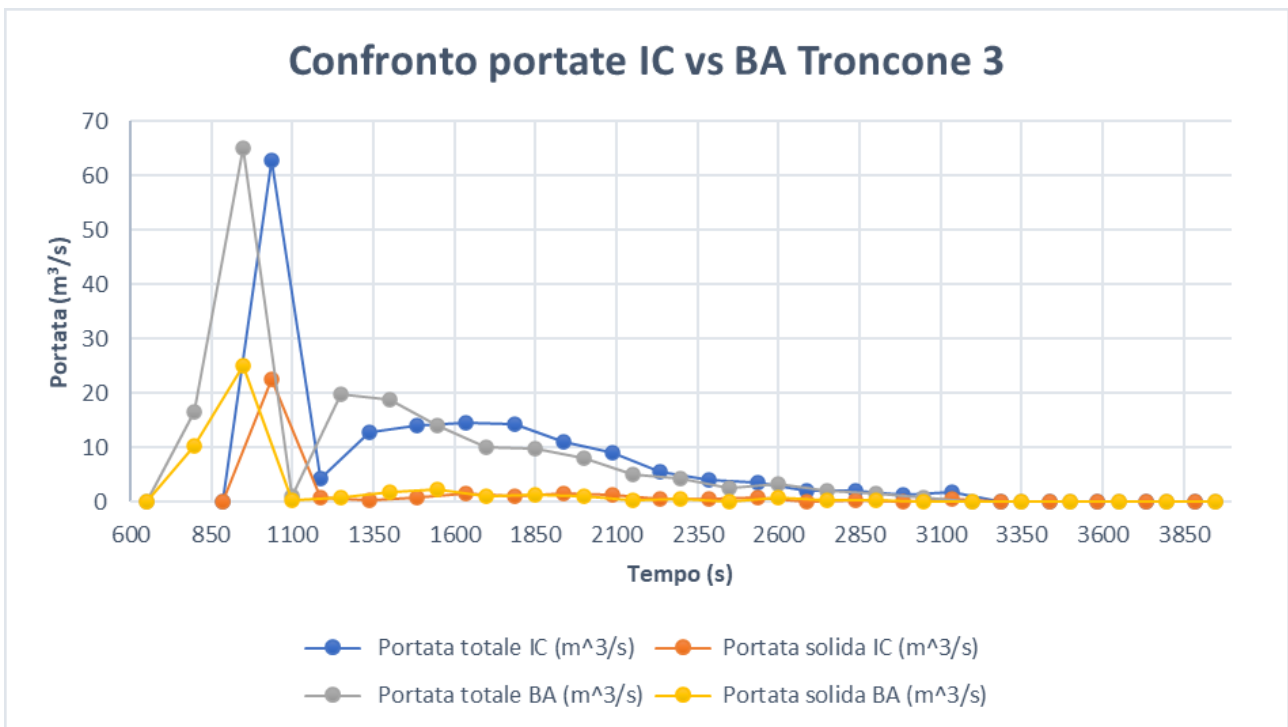
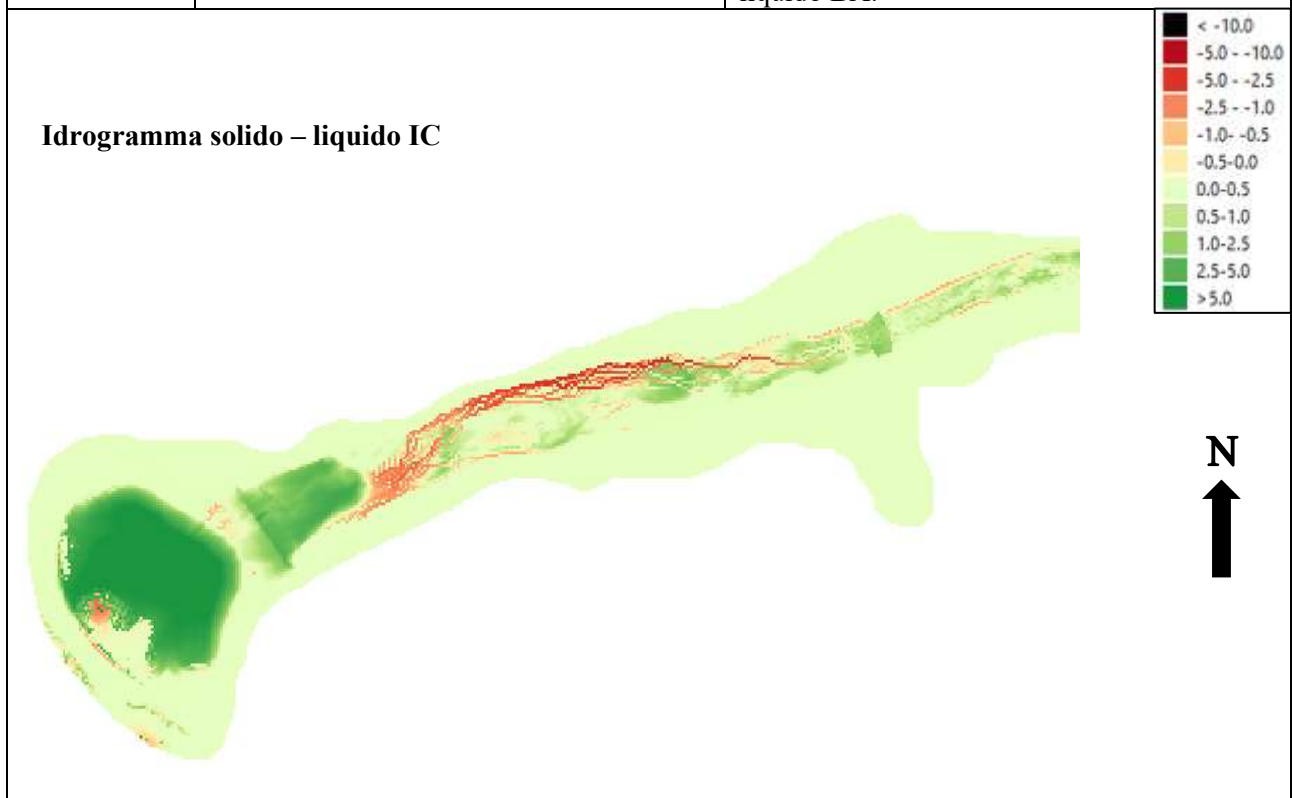


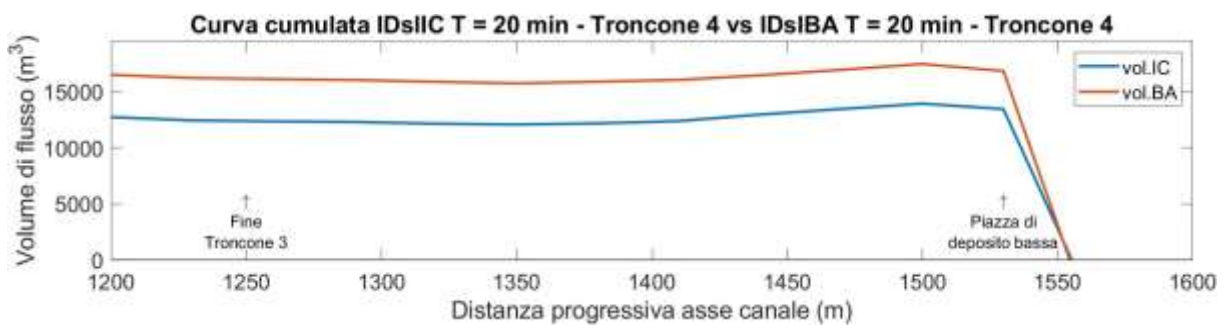
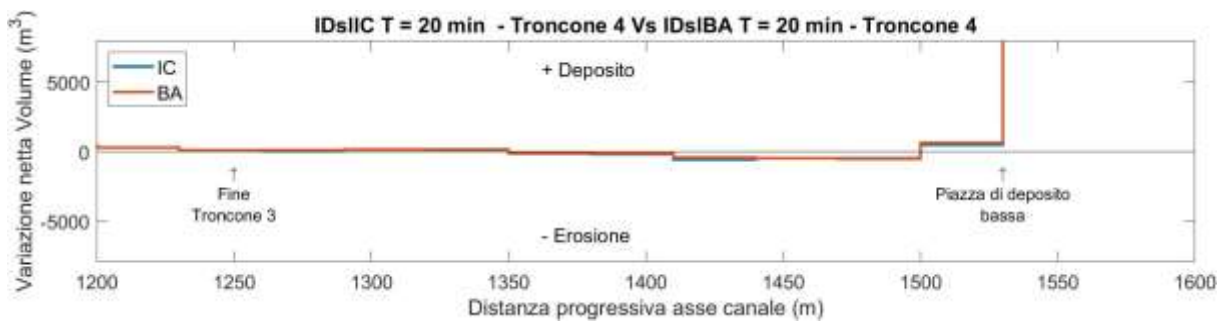
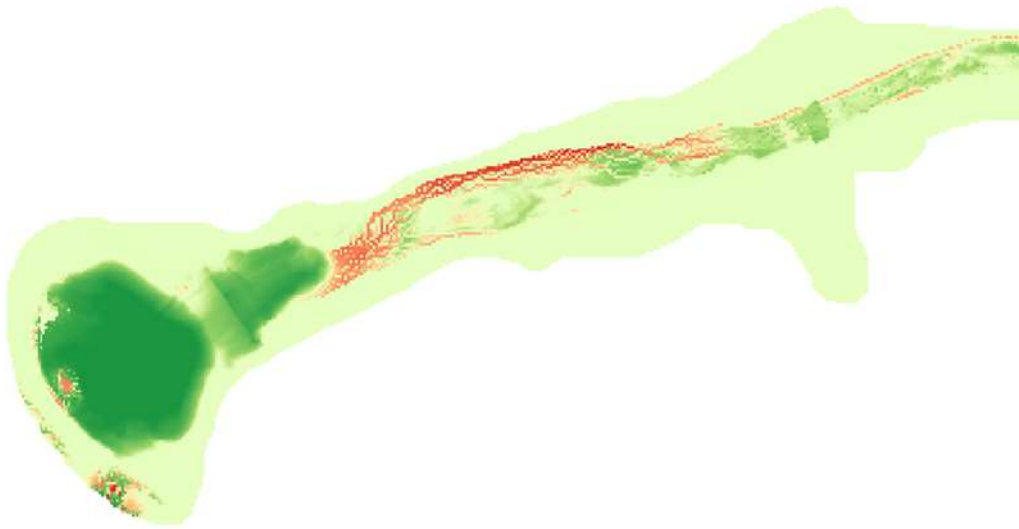
Figura 57. Confronto portata totale e solida registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 3

- Troncone 4 intensità costante vs Troncone 4 blocchi alterni

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Andamento erosioni – depositi	Con idrogramma solido – liquido BA le erosioni e i depositi tendono ad essere leggermente più marcati
Tratto 2	Andamento erosioni – depositi	Le erosioni tendono ad essere più importanti in presenza di un idrogramma solido – liquido BA. Le portate al picco registrate con i due idrogrammi sono pressochè simili. 58.16 m ³ /s nell'intensità costante e 58.58 m ³ /s nel blocchi alterni.
Tratto 3	Andamento erosioni - depositi	Erosioni più importanti in presenza di un idrogramma solido – liquido IC.
Bacino di ritenuta	Presenza una zona di reflusso nella parte finale del bacino. Erosioni e depositi a valle del bacino di ritenuta, indice del fatto di una probabile fuoriuscita del deflusso.	Con idrogramma solido – liquido IC il materiale depositato occupa una minore area rispetto a quello depositato con idrogramma solido – liquido BA. Erosioni e depositi al di fuori del bacino sono più importanti con idrogramma solido – liquido BA.



Idrogramma solido – liquido BA



Entranti nell'ultimo troncone di analisi è possibile evincere, che anche in questo caso il volume smosso dalla colata, generata con idrogramma solido – liquido IC risulta essere più contenuto.

Concludendo, si può dire, che in presenza di un evento di precipitazione di durata di 20 minuti le masse smosse sono più elevate nel caso in cui si utilizzi come input nel modello un idrogramma solido – liquido individuato partendo da uno ietogramma a blocchi alterni. Inoltre, in queste condizioni, il bacino di ritenuta posto a protezione dell'abitato di Borca di Cadore è stata in grado di svolgere al meglio il suo compito, visto, che in entrambe le simulazioni è riuscita a trattenere tutto il materiale movimentato dal fenomeno.

La Figura 58 descrive il raffronto tra le portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel quarto troncone di analisi.

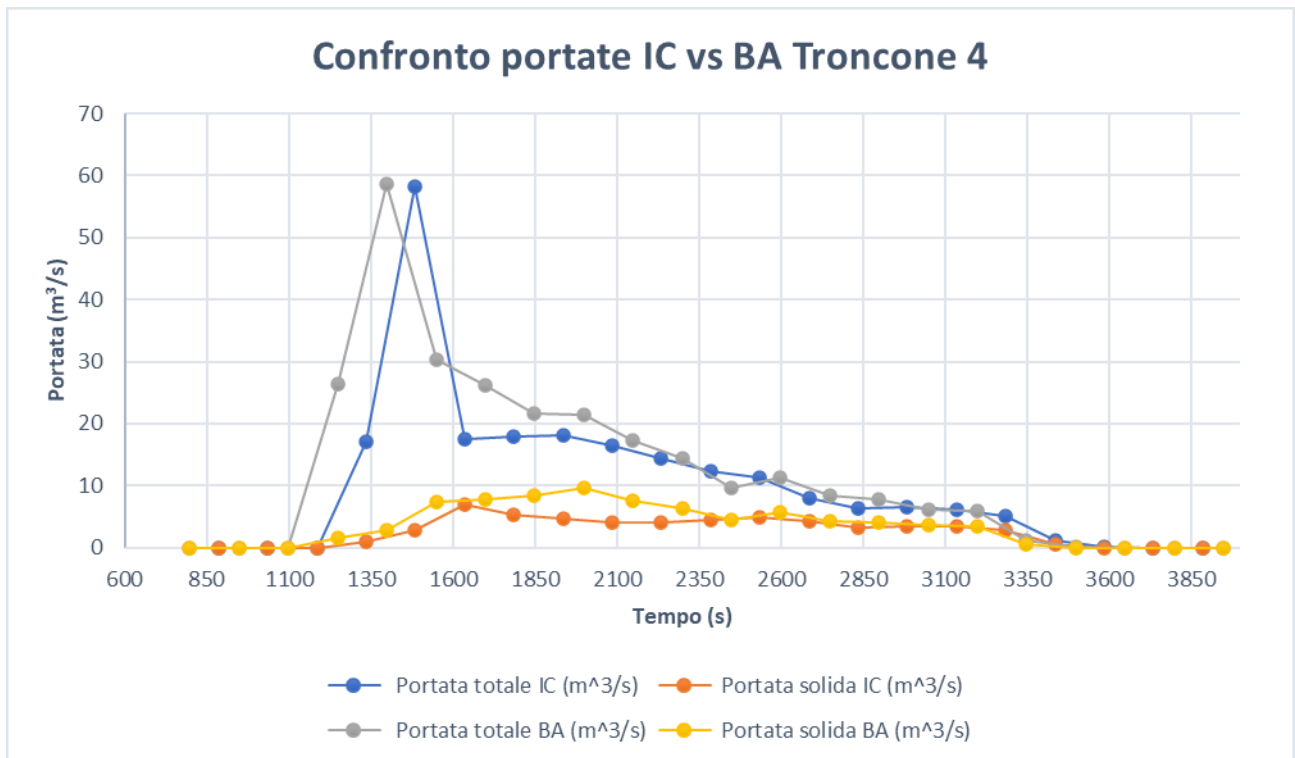


Figura 58. Confronto portata totale e solida registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 4

6.3. Idrogramma solido – liquido di durata 30 minuti

L'evento di precipitazione di durata 30 minuti ha dato origine ad un fenomeno di colata detritica, che ha causato azioni erosive e depositi all'interno del canale. Per valutare, al meglio, le erosioni e i depositi si va a suddividere il canale in quattro tronconi, che a loro volta vengono suddivisi in tratti in modo tale da rendere più chiara la descrizione dei fenomeni. Da sottolineare, che la simulazione dell'evento avviene utilizzando due tipi di idrogramma solido – liquidi, il primo determinato partendo da uno ietogramma ad intensità costante, mentre, l'altro è determinato da uno ietogramma a blocchi alterni. Pertanto, alla fine delle valutazioni si effettua un confronto dei risultati ottenuti, per identificare eventuali similitudini o differenze del fenomeno in presenza dei due tipi di idrogrammi solido – liquidi.

6.3.1. Idrogramma solido – liquido IC di durata 30 minuti

Per descrivere l'evento, che ha originato il fenomeno di colata detritica, si è utilizzato due idrogrammi solido – liquidi di input descritti dalla Figura 59 e Figura 60. Il primo posto nel canale principale, più precisamente a monte del primo troncone di analisi, mentre, il secondo è posto alla sezione di chiusura del bacino del Bus del Diau, reticolo secondario, che si immette nel canale principale a valle della bacino di ritenuta e che presenta una portata prevalentemente liquida.

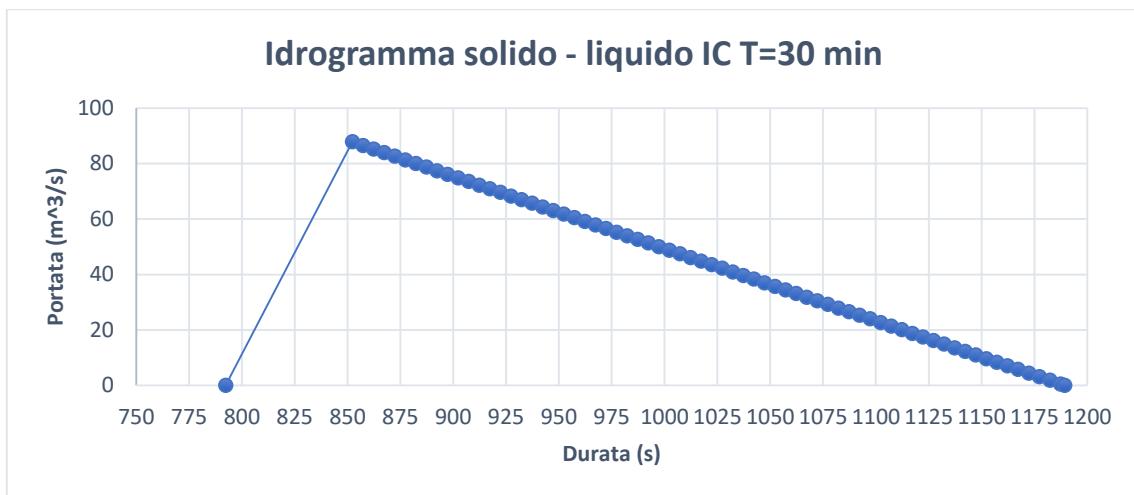


Figura 59. Idrogramma solido – liquido IC T = 30 min

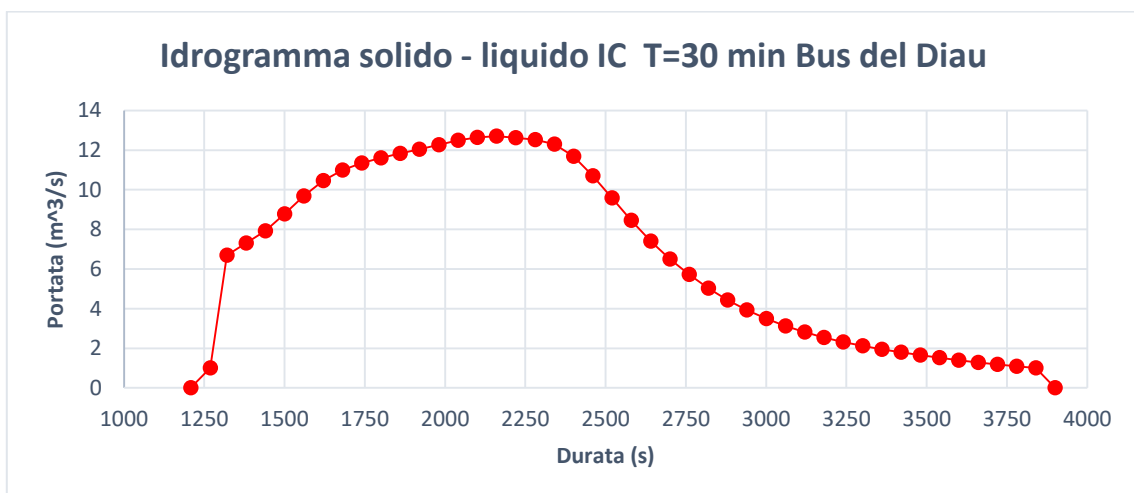
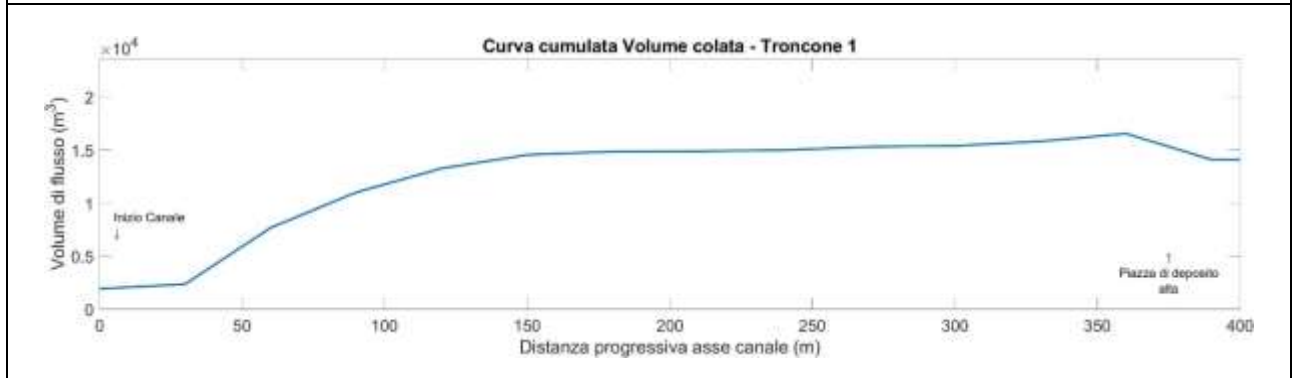
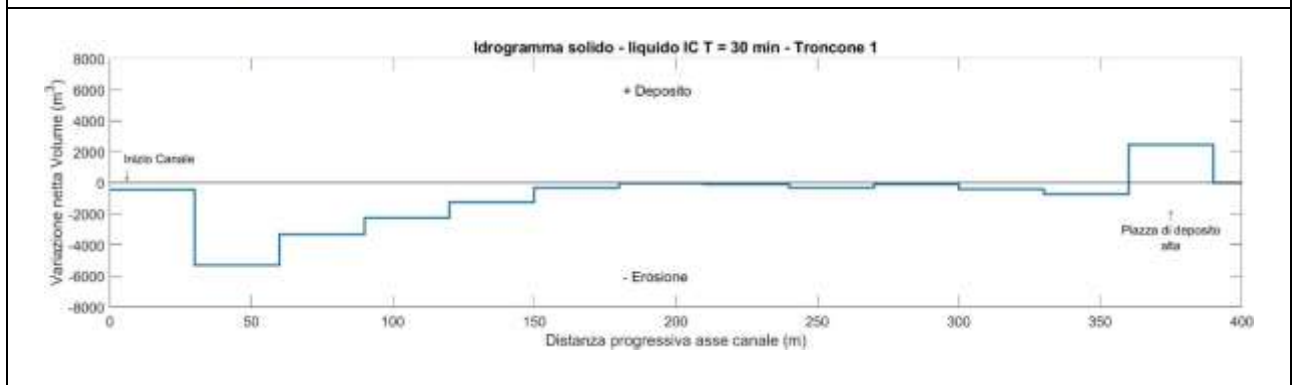
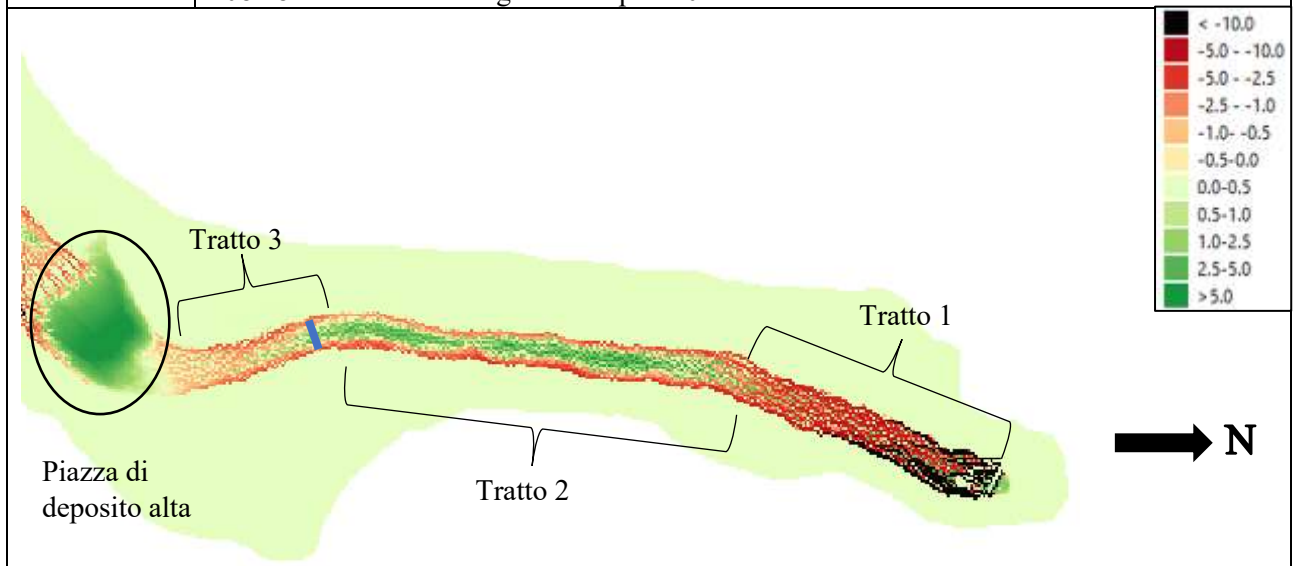


Figura 60. Idrogramma solido – liquido IC T = 30 min Bus del Diau

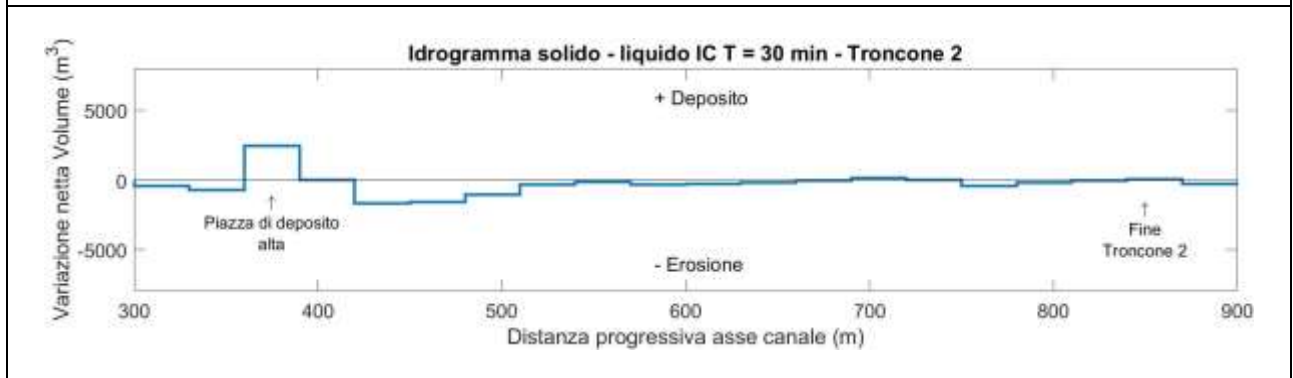
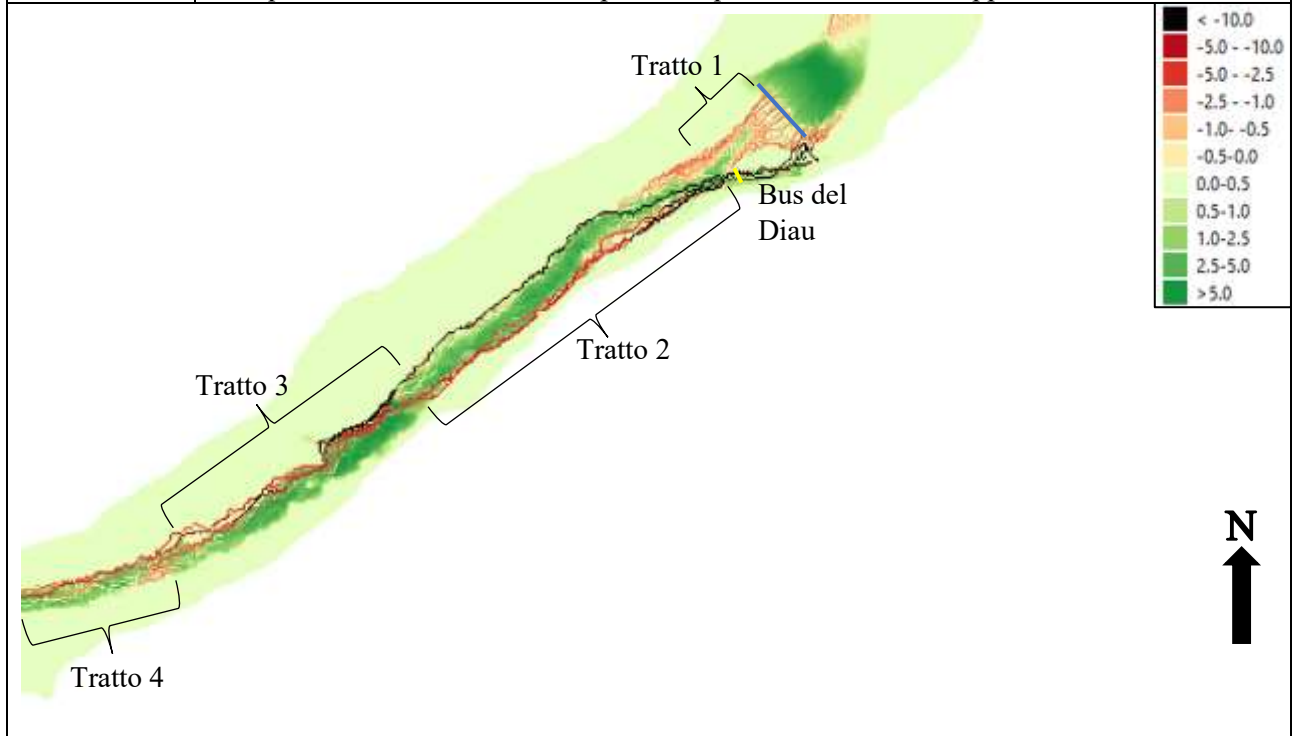
Troncone 1	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Interessano sia il fondo, che le sponde, con scavi importanti per un tratto lungo un centinaio di metri.	Pressoché assenti.
Tratto 2	Localizzate lungo le due sponde, più marcate in sinistra idrografica.	Per un tratto di circa 170 m occupano gran parte del canale, con spessori compresi tra i 2 – 4 m di altezza.
Tratto 3	Interessano gran parte della sezione del canale con scavi contenuti.	Pressoché assenti, tranne nella parte iniziale del tratto con spessori inferiori al metro.
Altro	Piazza di deposito area a bassa pendenza, che favorisce l'arresto della colata e agevola il deposito di materiale, dove si raggiungono spessori massimi pari a 5 – 6 m. Nell'ultimo tratto di analisi è presente una sezione di calcolo (linea blu), che misura la portata al picco del fenomeno. Dai dati emerge, che la portata massima raggiunta è pari a 108.28 m ³ /s ed è stata registrata dopo 1102 secondi dall'inizio dell'evento.	

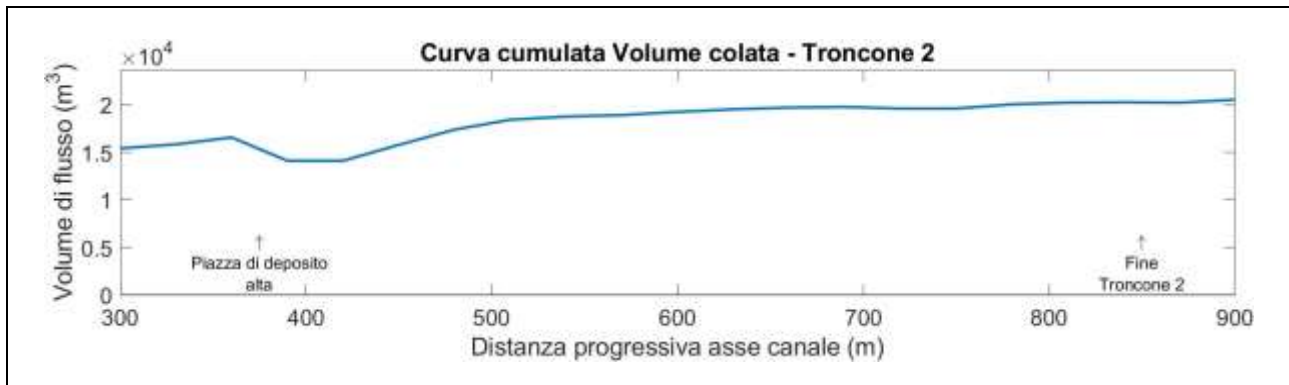


<i>Troncone 1</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
0	-430.59	1928.30
30	-5317.25	2358.89
60	-3340.93	7676.15
90	-2262.41	11017.08
120	-1272.98	13279.49
150	-310.61	14552.47
180	-34.77	14863.08
210	-99.79	14897.85
240	-315.70	14997.65
270	-94.28	15313.35
300	-416.18	15407.62
330	-728.05	15823.81
360	2451.98	16551.86

Tabella 19. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 1

Troncone 2	Erosioni	Depositi
Tratto 1	A valle della piazza di deposito e lungo le due sponde con scavi di 1 – 3 m.	Nella parte finale del tratto, nella zona centrale del canale con spessori inferiori a 1.5 m.
Tratto 2	Presenti lungo le due sponde. In destra molto ragguardevoli, mentre, lungo la sponda sinistra, inizialmente, sono molto marcate, ma man mano che ci si sposta verso valle diminuiscono di intensità.	Nella parte centrale del canale e prevalentemente in destra idrografica, con spessori medi di 2 – 3 m.
Tratto 3	Lungo la sponda destra e sul fondo con scavi importanti.	In sinistra idrografica con spessori di qualche metro, indicando, che la colata si è spostata verso l'esterno. Ha rallentato e depositato materiale.
Tratto 4	Per un tratto di circa 15 m interessano parte della sezione del canale, con erosioni contenute sul fondo (2 m), mentre, più ragguardevoli lungo le sponde. Verso valle interessano solo la sponda destra.	In sinistra idrografica con depositi inferiori ai 2 metri.
Altro	A valle della piazza di deposito è presente una sezione di analisi della portata (linea blu). Dai dati emerge, che la portata al picco è stata raggiunta dopo 18 minuti dall'inizio dell'evento, con valori pari a 85.63 m ³ /s. Nella parte iniziale del tratto 2 è presente il punto di immissione del Bus del Diau. Corso d'acqua caratterizzato da elevate portate liquide con uno scarso apporto di materiale.	

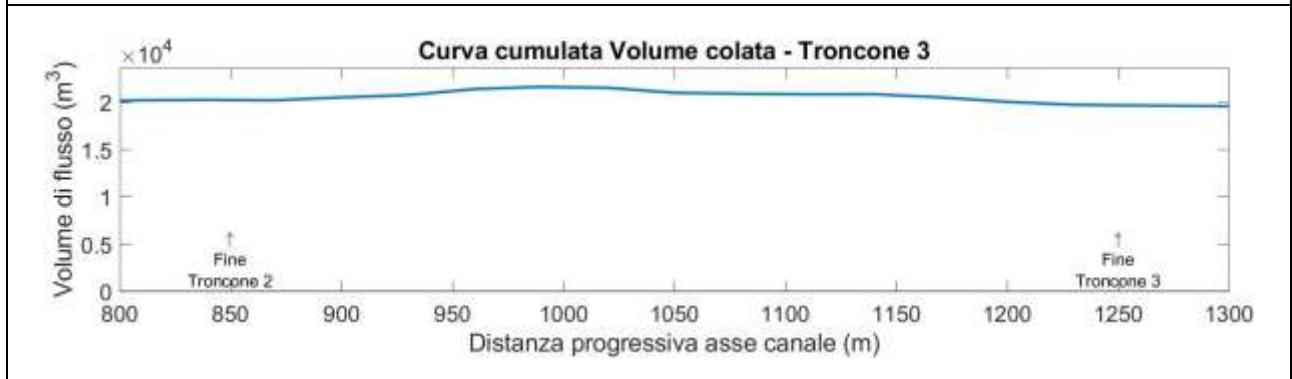
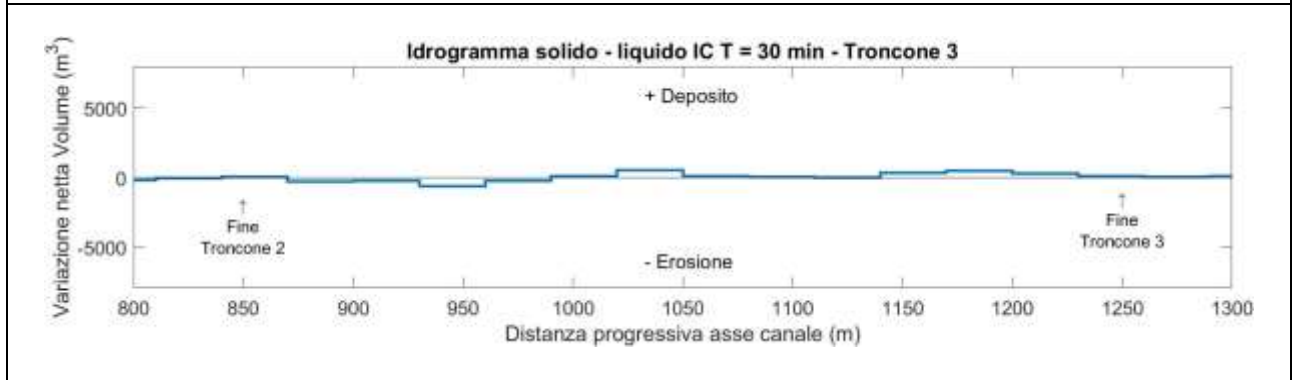
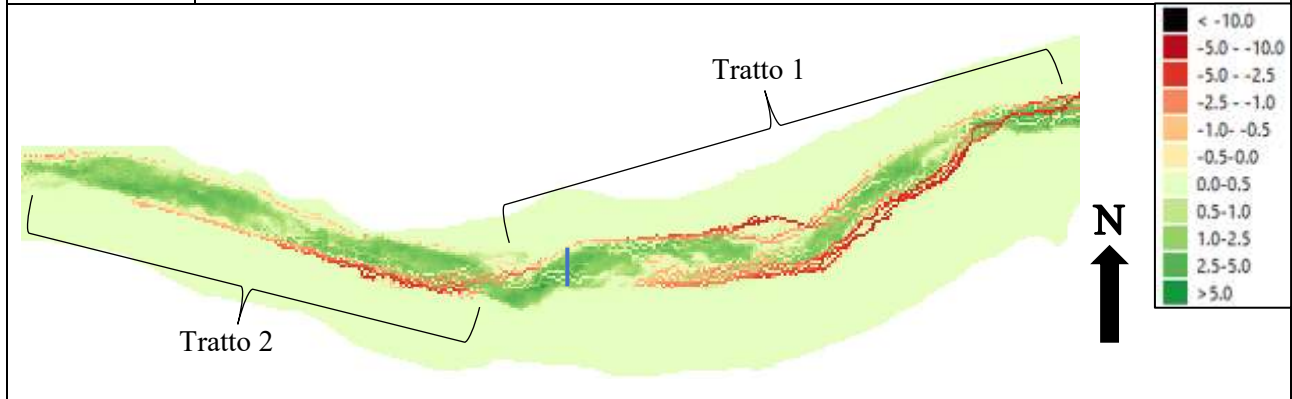




Troncone 2		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
390	-434.12	14099.88
420	-1674.14	14534.00
450	-1599.97	16208.14
480	-1034.20	17808.11
510	-328.36	18842.31
540	-158.07	19170.67
570	-334.33	19328.74
600	-274.05	19663.07
630	-181.87	19937.12
660	-62.96	20118.99
690	165.17	20181.95
720	-4.21	20016.78
750	-437.93	20020.99
780	-180.61	20458.92
810	-34.99	20639.53
840	41.93	20674.51

Tabella 20. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 2

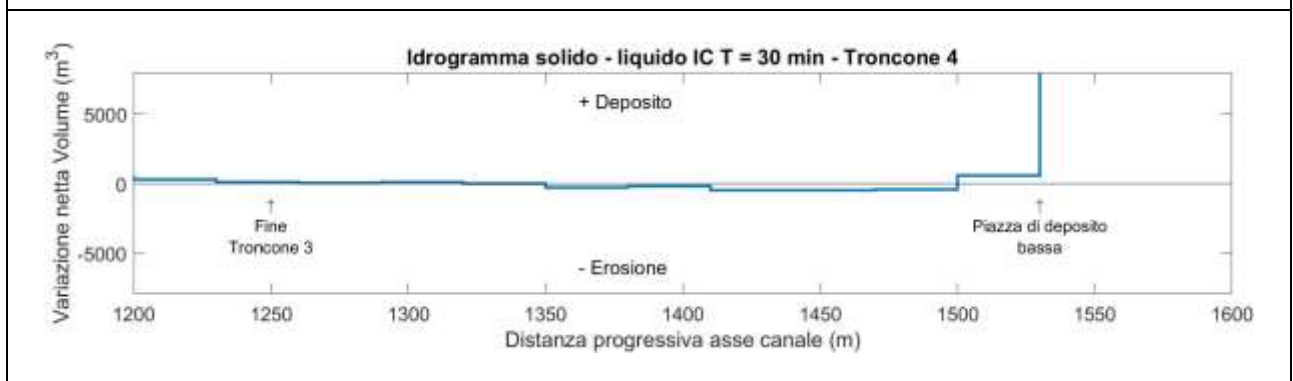
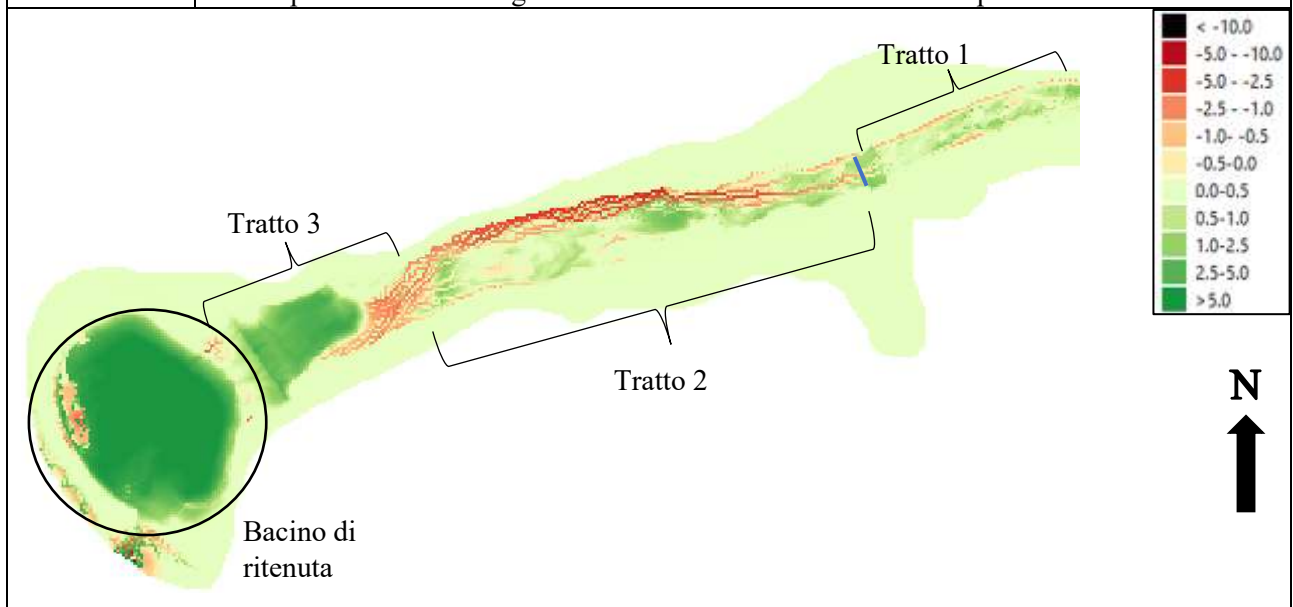
Troncone 3	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Inizialmente sulla sponda destra sono molto contenute, ma man mano che si va verso valle diventano più accentuate, per poi tornare a diminuire di intensità. In sinistra idrografica sono molto ragguardevoli ed interessano la sponda ed una parte del fondo. Andando verso valle perdono di intensità e si annullano del tutto.	Nella parte iniziale si localizzano nella parte centrale del canale. Più a valle la colata è spinta verso destra, pertanto i depositi si attestano in sinistra idrografica, a causa del rallentamento della colata.
Tratto 2	Localizzate in sinistra idrografica, con scavi di 3 – 4 m, diminuiscono man mano, che si va verso valle. Presenti lungo la sponda destra, con azioni contenute.	Occupano gran parte della sezione del canale con spessori inferiori ai 2 m.
Altro	All'interno del tratto 1 è presente una sezione di analisi della portata (linea blu), che ha registrato una portata al picco pari a 69.13 m ³ /s. Misurata dopo 1102 secondi dall'inizio dell'evento.	



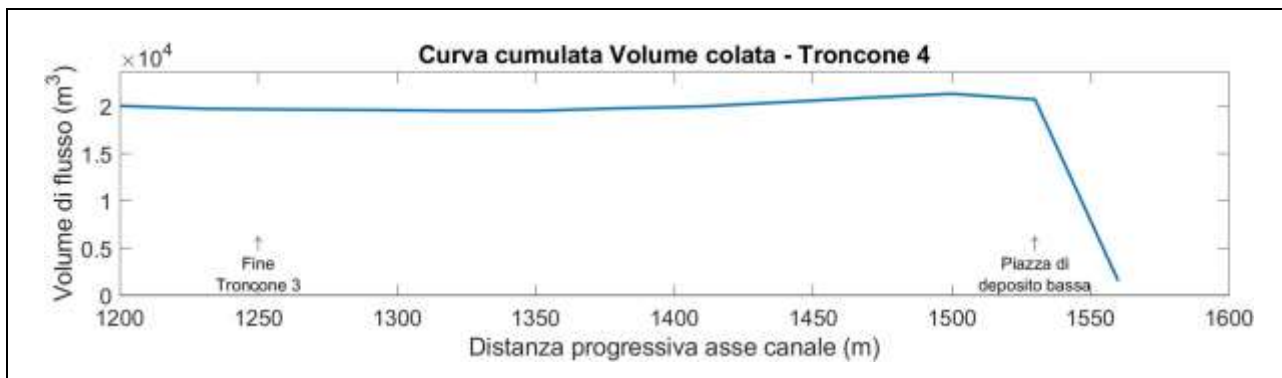
Troncone 3		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
870	-307.67	20632.59
900	-249.14	20940.26
930	-629.95	21189.40
960	-237.05	21819.35
990	108.60	22056.40
1020	516.82	21947.80
1050	113.79	21430.98
1080	51.40	21317.19
1110	-9.10	21265.79
1140	336.71	21274.89
1170	471.90	20938.19
1200	303.12	20466.28
1230	79.71	20163.16
1260	49.35	20083.45

Tabella 21. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 3

Troncone 4	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Prevalentemente in sponda destra con scavi molto contenuti. Presenza di scavi localizzati in sponda sinistra e sul fondo.	All'interno del canale con spessori inferiori al metro.
Tratto 2	Inizialmente presenti nella parte centrale del canale, poi si spostano in destra idrografica, dove si raggiungono profondità di scavo comprese tra i 2 – 6 m. Nella parte finale presenti sulla sponda sinistra, ma con scavi molto modesti.	Presenza di un ponte, che riduce la pendenza del canale, che comporta un deposito maggiore di materiale Più a valle i depositi occupano piccole porzioni di canale, con spessori mai superiori ai due metri.
Tratto 3	Per un tratto di 25 m interessano l'intera sezione del canale con scavi di circa 2 m, poi si spostano lungo la sponda sinistra.	Subito dopo al tratto completamente scavato.
Altro	A valle del ponte è presente una sezione di analisi, che ha registrato una portata al picco (linea blu) pari a 53.89 m ³ /s, misurati dopo 26 minuti dall'inizio dell'evento. Il bacino di ritenuta è posto a protezione dell'abitato di Borca di Cadore. Al suo interno i depositi presentano altezze comprese tra i 3 – 7 m e occupano l'intera area del bacino. A valle del bacino, è da sottolineare la presenza di azioni erosive e depositi, indici del fatto, che l'opera non è stata in grado di trattenere tutto il materiale trasportato dal fenomeno.	



Si segnala, che per visualizzare meglio l'andamento delle erosioni e dei depositi all'interno del troncone, si è deciso di applicare una scala più bassa sull'asse y del grafico sopraripresentato, questo comporta che il quantitativo di volume trattenuto dal bacino di ritenuta non risulta essere ben rappresentato, pertanto, in questo caso, per una maggiore chiarezza si può fare riferimento alla Tabella 22, dove è possibile comprendere, quanto materiale è stato trattenuto dall'opera di difesa.



Dal grafico, che rappresenta il volume cumulato della colata è possibile comprendere, che il bacino di ritenuta non è in grado di trattenere tutto il materiale movimentato dall'evento, ovvero, che sono fuoriusciti circa 2000 m³ di sedimento.

Troncone 4		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
1290	85.26	20034.10
1320	6.83	19948.84
1350	-267.18	19942.01
1380	-195.14	20209.19
1410	-460.00	20404.32
1440	-467.72	20864.33
1470	-410.37	21332.05
1500	591.69	21742.42
1530	19172.83	21150.73
1560	-	1977.89

Tabella 22. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 4

6.3.2. Idrogramma solido liquido BA di durata 30 minuti

Per delineare l'evento, che ha dato vita al fenomeno di colata detritica, si è utilizzato due idrogrammi solido – liquidi di input rappresentati in Figura 61 e in Figura 62. Il primo inserito nel canale principale a monte del troncone uno, mentre, il secondo si localizza nell'alveo del Bus del Diau, reticolo secondario, che presenta una portata prettamente liquida.

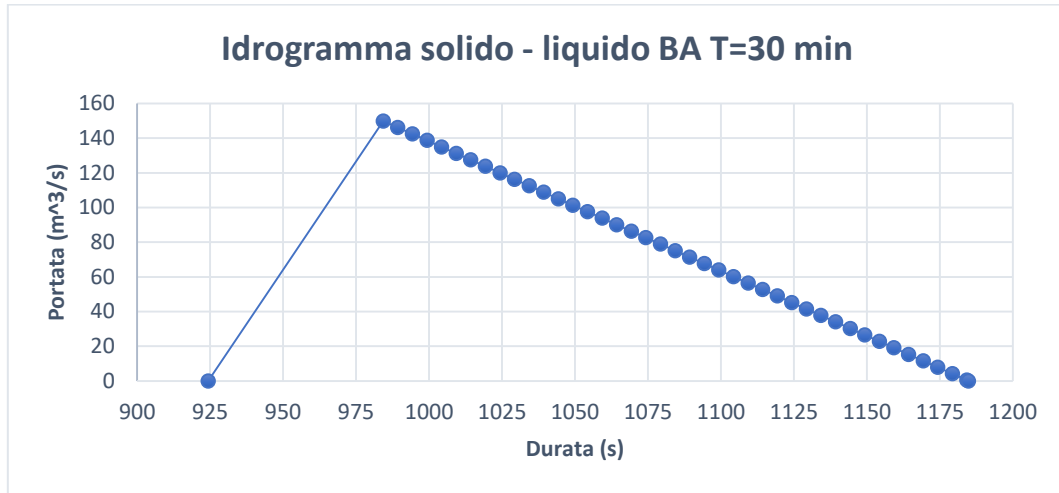


Figura 61. Idrogramma solido – liquido BA T = 30 min

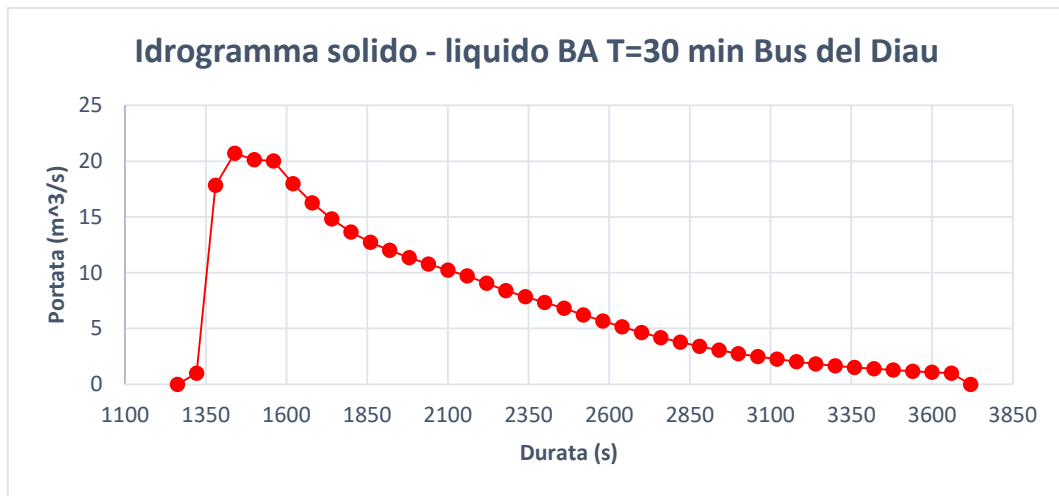
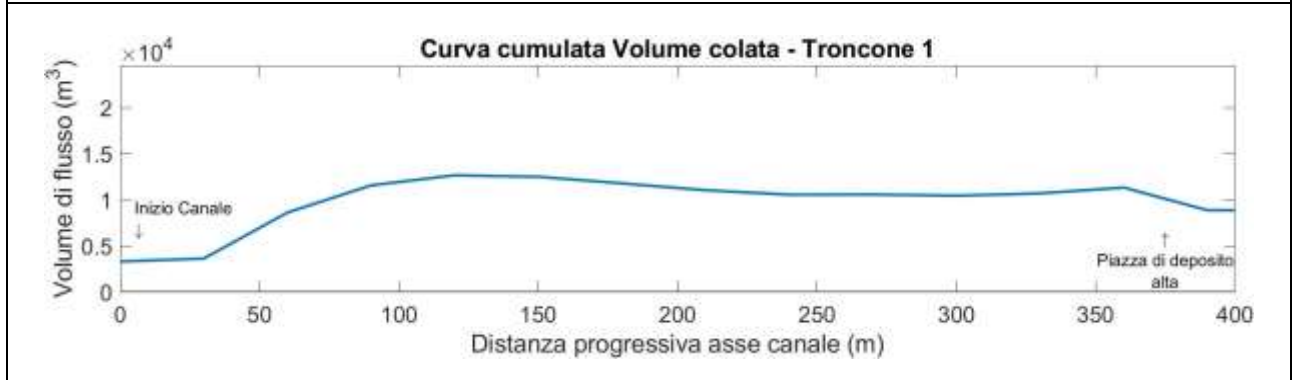
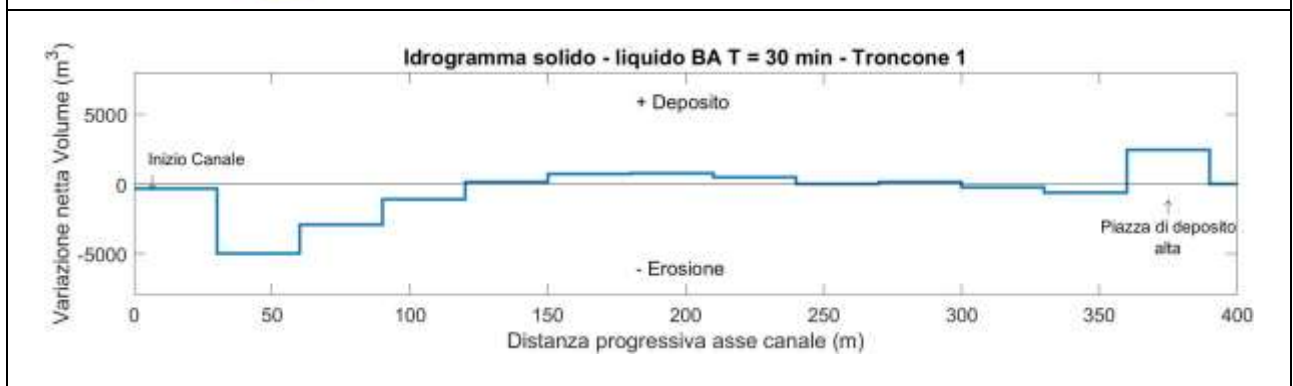
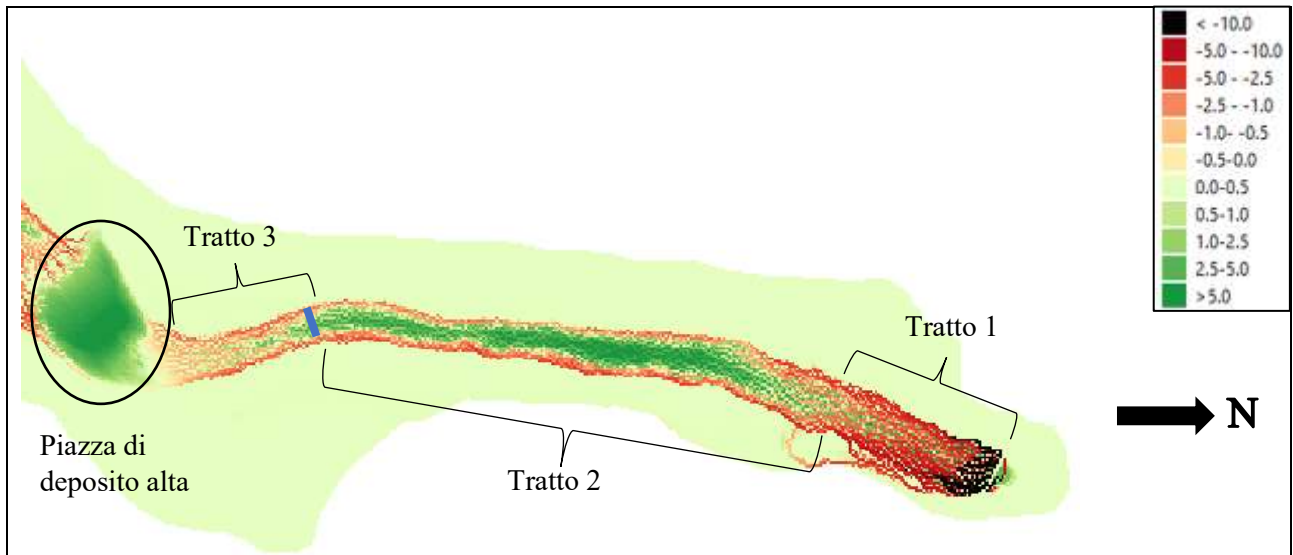


Figura 62. Idrogramma solido – liquido BA T = 30 min Bus del Diau

Troncone 1	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Interessano l'intera sezione del canale spostandosi verso valle perdono leggermente di intensità.	Qualche deposito localizzato con spessori poco importanti.
Tratto 2	Lungo le due sponde. Con scavi più importanti in sponda sinistra.	Occupano la parte centrale del canale con spessori, che variano da 2 a 6 m.
Tratto 3	Interessano quasi interamente il canale, con scavi contenuti sul fondo, mentre, più considerevoli lungo le sponde.	Localizzate all'interno del canale con spessori inferiori ai 2 m.
Altro	La piazza di deposito favorisce l'arresto della colata ed il deposito di materiale grazie alla sua bassa pendenza, pertanto, i depositi presentano spessori compresi tra 2 – 5 m. Da sottolineare la presenza di erosioni nella zona sinistra della piazza. Nel tratto 3 è presente una sezione di analisi (linea blu), che ha misurato una portata al picco pari a 110.44 m³/s. Registrata dopo 20 minuti dall'inizio dell'evento.	

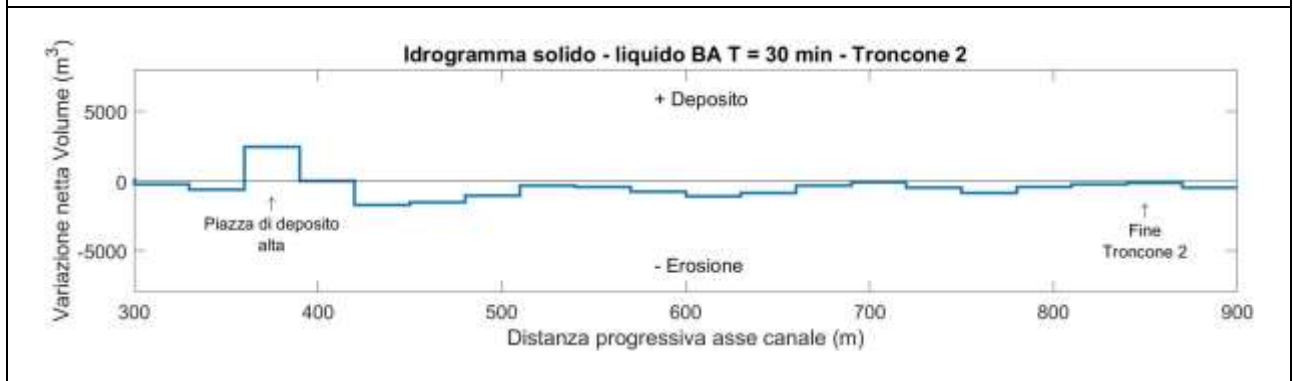
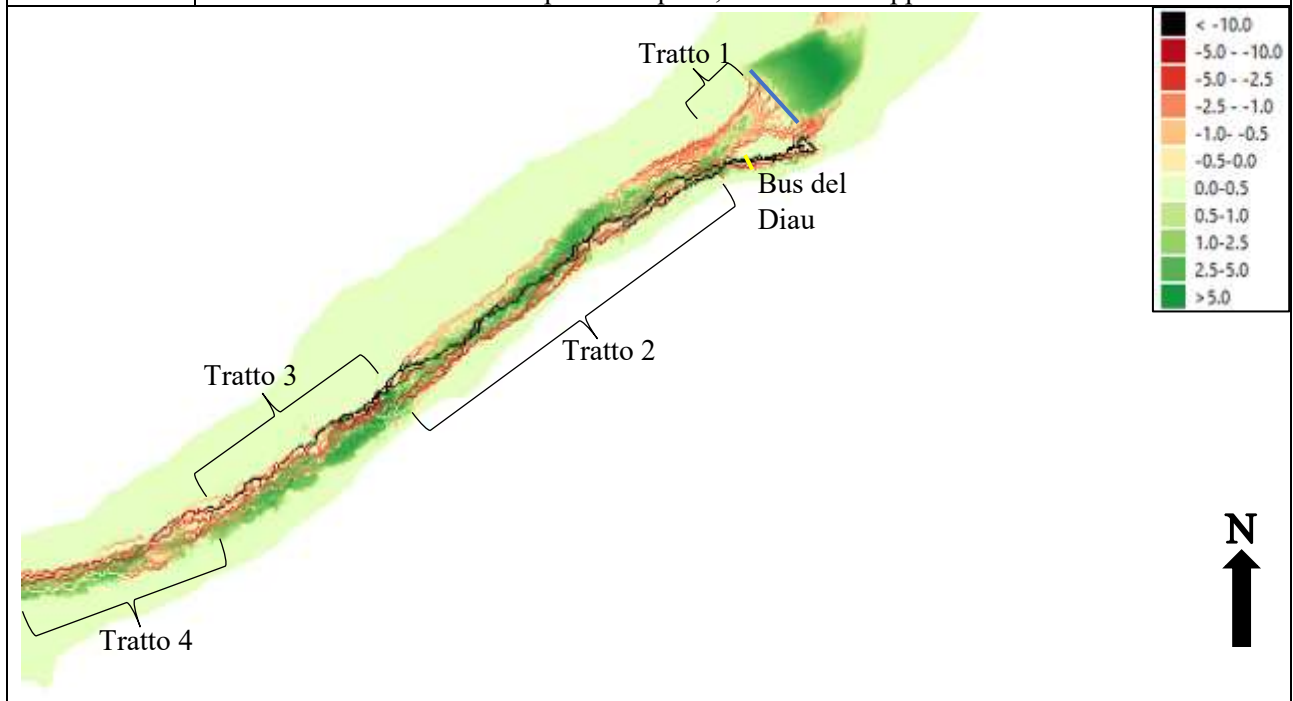


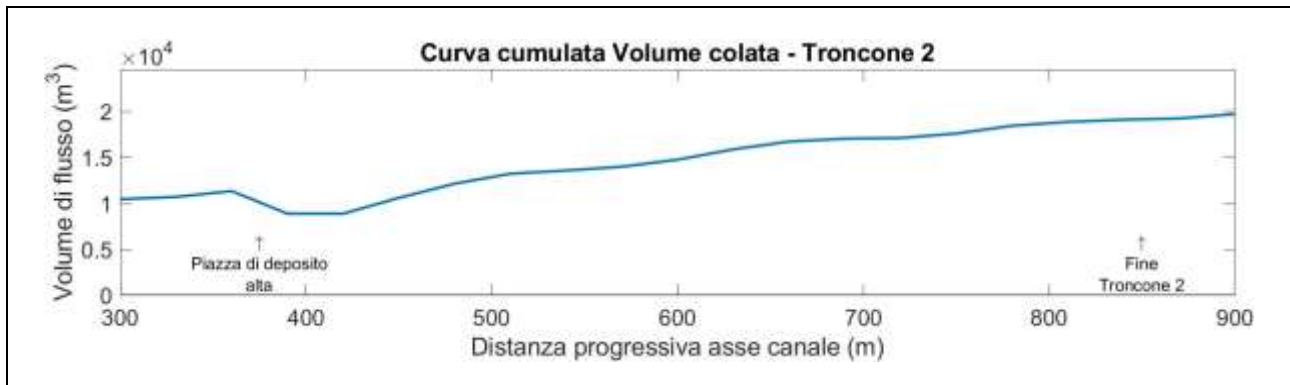
<i>Troncone 1</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
0	-318.14	3295.60
30	-4998.82	3613.74
60	-2952.37	8612.56
90	-1092.93	11564.93
120	165.20	12657.85
150	710.68	12492.65
180	747.54	11781.97
210	484.37	11034.43
240	-16.78	10550.06
270	125.41	10566.84
300	-248.05	10441.43
330	-637.95	10689.48

360	2461.35	11327.43
-----	---------	----------

Tabella 23. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 1

Troncone 2	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Interessano gran parte della sezione del canale con scavi di 2 – 3 m.	Nella parte centrale del canale con spessori inferiori ai due m.
Tratto 2	Ragguardevoli in sinistra idrografica dove interessano sia il fondo, che la sponda. Lungo la sponda destra inizialmente contenute (scavi <1 m), ma quando fenomeno si sposta in questa zona diventano molto importanti.	Presenti prevalentemente sul fondo ed inizialmente in destra idrografica con spessori compresi tra 2 – 4 m.
Tratto 3	Occupano buona parte della sezione del canale con scavi abbastanza importanti.	Si attestano in sinistra idrografica indicando, uno spostamento della colata verso l'esterno, causando deposito di materiale.
Tratto 4	Per un breve tratto occupano tutta la sezione del canale. In seguito, si localizzano in destra idrografica.	In sinistra idrografica con spessori di un paio di metri.
Altro	A valle della piazza è presente una sezione di calcolo della portata (linea blu). La portata al picco è stata raggiunta dopo 22 minuti dall'inizio dell'evento, con valori pari a 95.79 m ³ /s. Nel tratto 2 è presente il punto di immissione, in alveo, del Bus del Diau. Corso d'acqua secondario caratterizzato da portate liquide, con limitato apporto solido.	

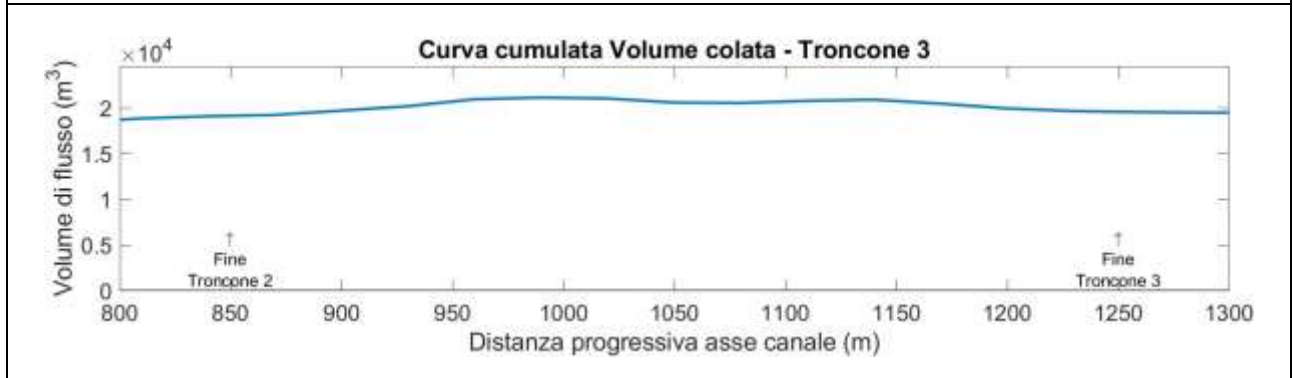
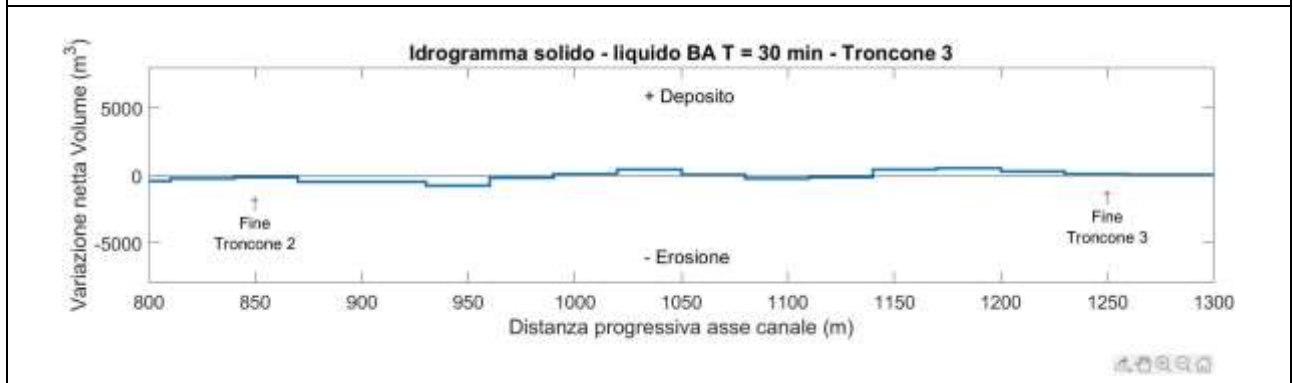
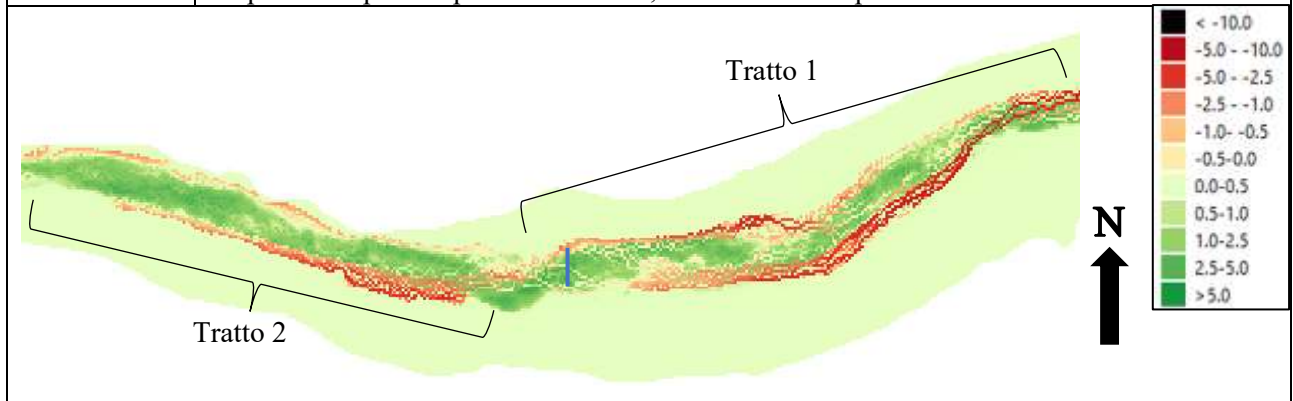




Troncone 2		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
390	-475.84	8866.08
420	-1725.58	9341.92
450	-1545.15	11067.50
480	-1071.96	12612.65
510	-359.55	13684.61
540	-411.65	14044.16
570	-767.20	14455.80
600	-1125.41	15223.01
630	-846.84	16348.41
660	-314.25	17195.25
690	-75.17	17509.50
720	-483.05	17584.67
750	-845.71	18067.72
780	-419.46	18913.43
810	-238.63	19332.89
840	-141.38	19571.52

Tabella 24. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 2

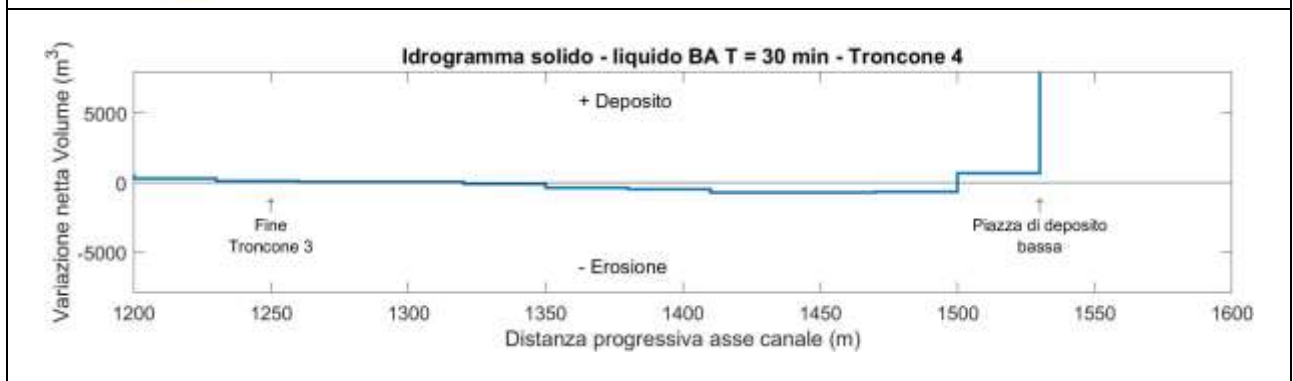
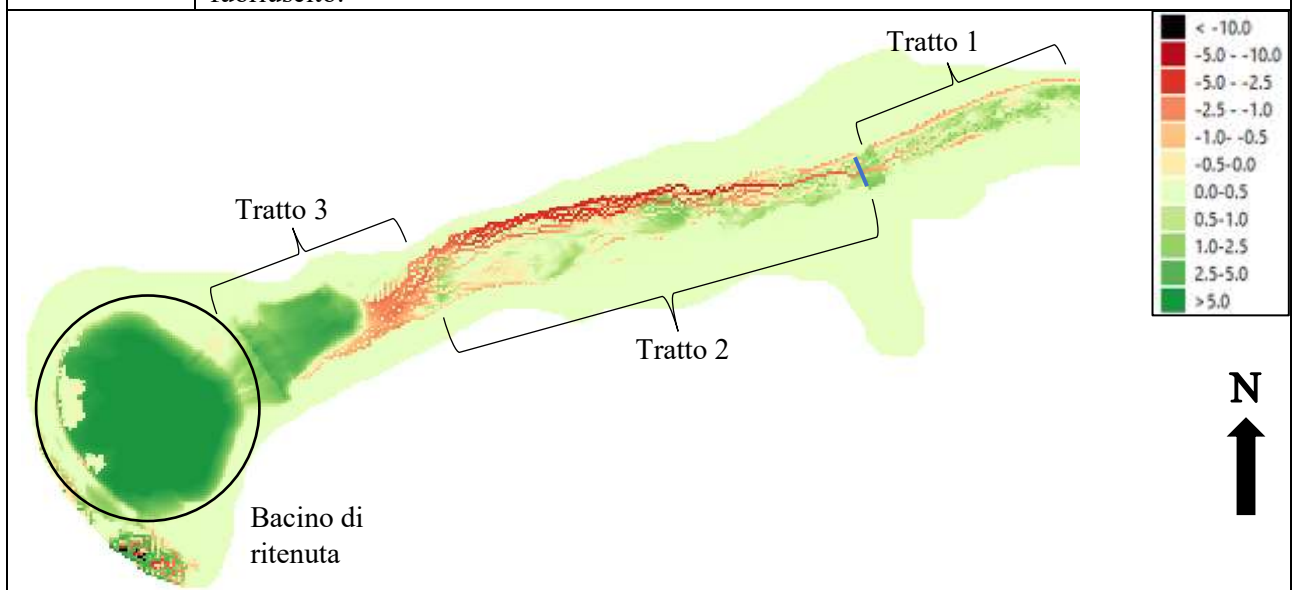
Troncone 3	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Inizialmente interessano la sponda destra ed il fondo. Poco dopo le erosioni più importanti si verificano in sinistra idrografica, che perdono di intensità man mano, che ci si sposta verso valle. Presenti anche sulla sponda destra, dove sono molto più contenute, ma verso valle si accentuano.	Si localizzano, prevalentemente, in destra idrografica. Nella parte finale i depositi si attestano in sinistra idrografica (perché la colata è spinta verso destra) con spessori inferiori a 1.5 m.
Tratto 2	Localizzate in sinistra idrografica, con scavi abbastanza importanti (<6 m), che diminuiscono man mano, che ci si sposta verso valle. Presenti lungo la sponda destra con profondità inferiori ai 2 m.	Occupano gran parte della sezione del canale con spessori inferiori al metro e mezzo.
Altro	Nella parte centrale del troncone è presente una sezione di analisi della portata (linea blu). La portata al picco è pari a 72.85 m ³ /s, ed è misurata dopo 21 minuti dall'inizio dell'evento.	



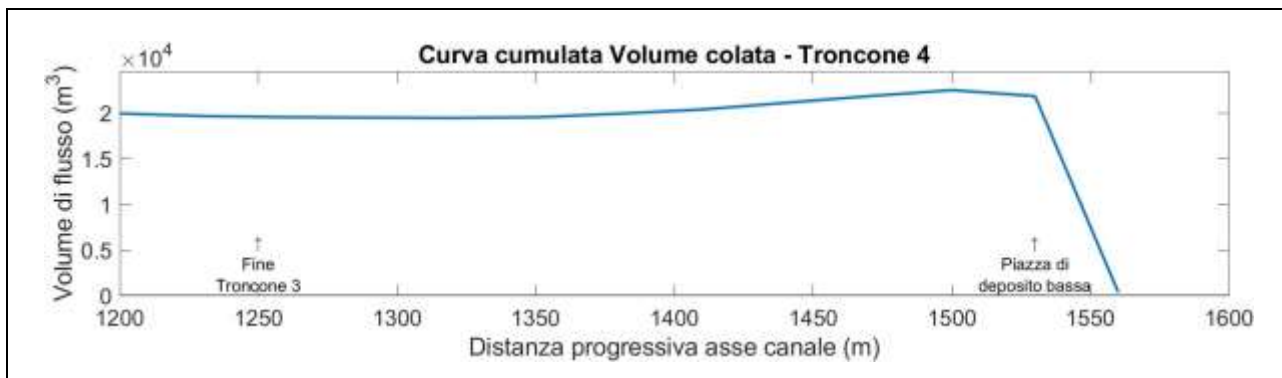
<i>Troncone 3</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
870	-472.36	19712.90
900	-490.44	20185.26
930	-754.89	20675.69
960	-182.78	21430.58
990	101.66	21613.36
1020	440.09	21511.71
1050	46.16	21071.62
1080	-233.67	21025.46
1110	-121.40	21259.13
1140	435.07	21380.53
1170	521.00	20945.46
1200	289.35	20424.46
1230	113.76	20135.12
1260	53.59	20021.36

Tabella 25. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 3

Troncone 4	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Lungo la sponda destra e localizzate in sponda sinistra e sul fondo.	Prevalentemente all'interno del canale con spessori contenuti.
Tratto 2	Dopo il ponte si accentuano in destra idrografica, con profondità di scavo abbastanza importanti (max 4 – 6 m). Presenti anche in sponda sinistra, ma con scavi molto contenuti (<1 m).	Deposito importante in corrispondenza del ponte a causa della minore pendenza. Più a valle i depositi si localizzano nel canale, con spessori poco importanti.
Tratto 3	Per un tratto di circa 26 m interessano l'intera sezione del canale e poi si spostano lungo la sponda sinistra.	A valle del tratto completamente eroso, deposito (spessori medi di 2 – 2.5 m) dovuto alla minore pendenza del canale.
Altro	Dopo il ponte è stata registrata una portata al picco (linea blu) pari a 90.98 m ³ /s, misurata dopo 28 minuti dall'inizio dell'evento. Il bacino di ritenuta risulta essere quasi completamente piena di materiale. Da sottolineare la presenza di erosioni e depositi a valle del bacino indice del fatto, che parte del deflusso è fuoriuscito.	



Si segnala, che per visualizzare meglio l'andamento delle erosioni e dei depositi all'interno del troncone, si è deciso di applicare una scala più bassa sull'asse y del grafico sopra riportato, questo comporta che il quantitativo di volume trattenuto dal bacino di ritenuta non risulta essere ben rappresentato, pertanto, in questo caso, per una maggiore chiarezza si può fare riferimento alla Tabella 26, dove è possibile comprendere, che il bacino di ritenuta ha trattenuto **21492.05 m³**.



Dal grafico, che rappresenta il volume cumulato della colata è possibile comprendere, che il bacino di ritenuta non è stato in grado di trattenere tutto il materiale movimentato dall'evento, ovvero, che durante l'evento sono fuoriusciti **833.24 m³** di materiale.

<i>Troncone 4</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
1290	33.79	19967.77
1320	-74.12	19933.98
1350	-390.33	20008.10
1380	-459.65	20398.43
1410	-726.45	20858.08
1440	-732.04	21584.53
1470	-661.28	22316.56
1500	652.46	22977.84
1530	21492.05	22325.39
1560	-	833.34

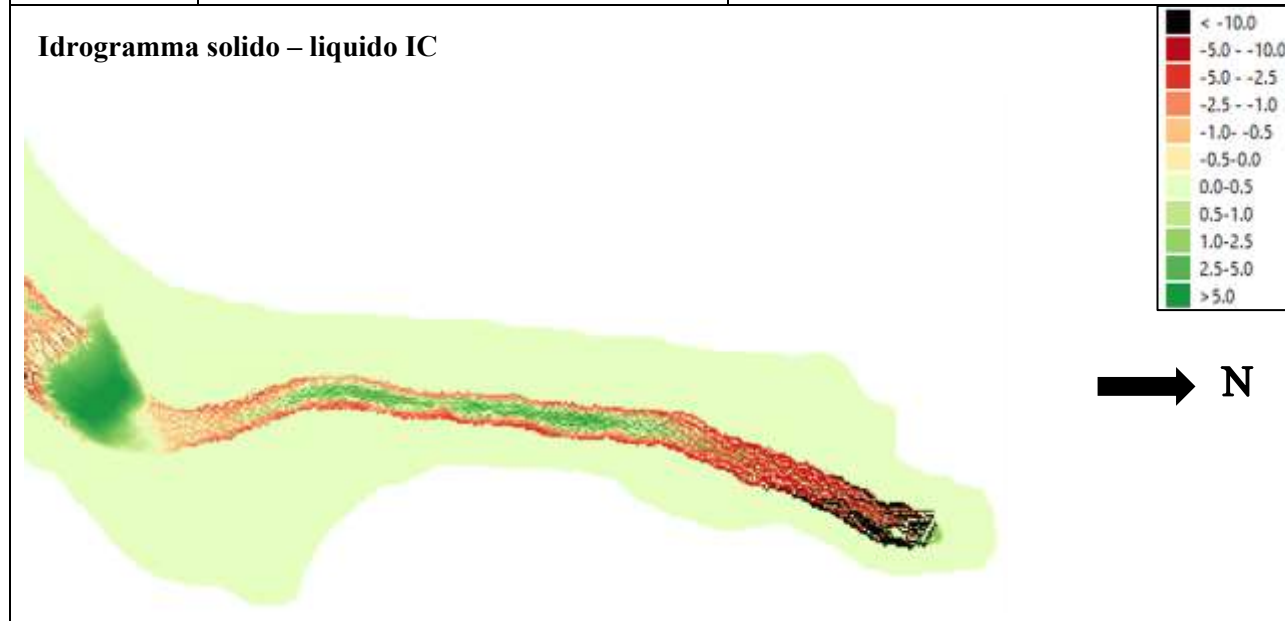
Tabella 26. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 4

Terminata la descrizione delle erosioni e dei depositi in presenza di un evento di precipitazione di durata 30 minuti, si effettua un confronto fra i risultati ottenuti dalle due simulazioni, così si possono individuare eventuali similitudini o differenze dei dati ottenuti nel caso in cui si utilizzi un idrogramma solido liquido IC o un idrogramma solido – liquido BA.

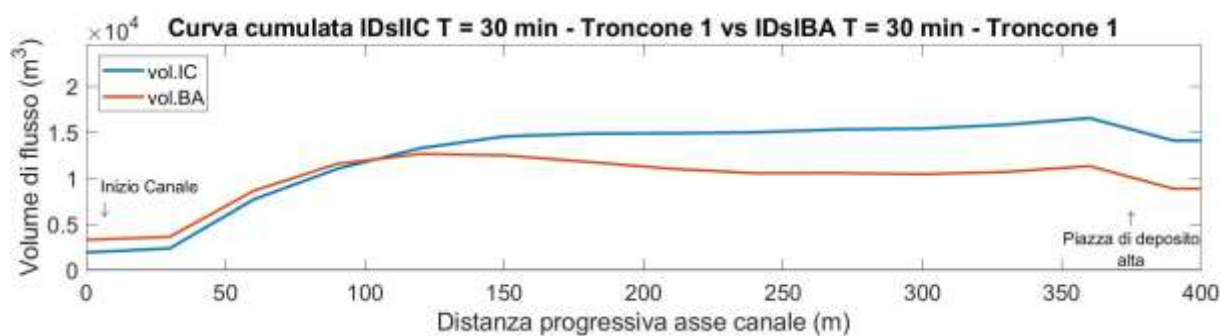
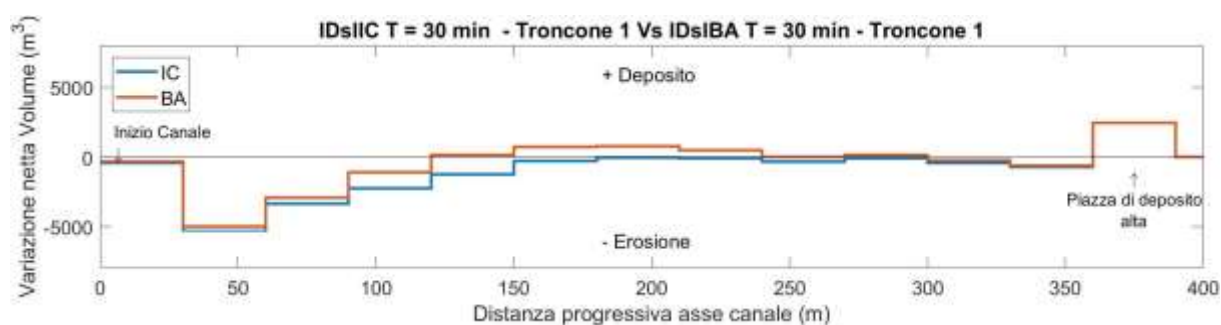
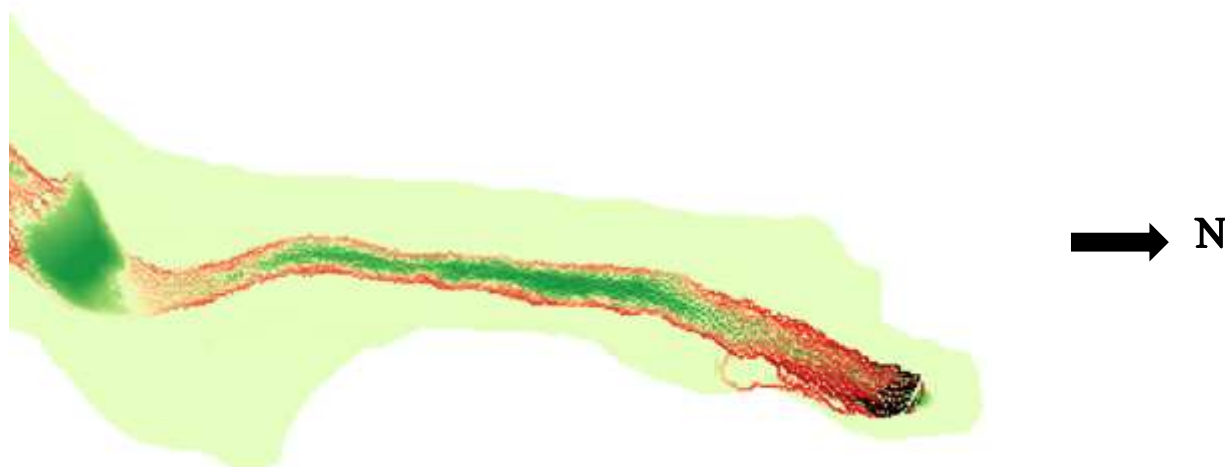
6.3.3. Confronto Idrogramma solido – liquido IC vs Idrogramma solido – liquido BA

- Troncone 1 intensità costante vs Troncone 1 blocchi alterni

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Nessuna somiglianza	L'idrogramma solido – liquido BA erode pesantemente le sponde andando, così, ad allargare il canale, mentre, l'idrogramma solido – liquido IC erode un tratto più lungo di canale. Per quanto riguarda i depositi sono un po' più presenti nella simulazione con idrogramma solido – liquido BA, mentre, in quello ad intensità costante sono pressoché assenti.
Tratto 2	Erosione delle due sponde e deposito all'interno del canale	Il canale risulta essere più largo, con idrogramma solido – liquido BA. Inoltre, i depositi sono più marcati
Tratto 3	Andamento erosioni - depositi	Con idrogramma solido – liquido BA i depositi occupano una maggiore porzione di canale



Idrogramma solido – liquido BA



Dal confronto tra le due curve cumulate si può notare, che inizialmente la colata detritica prodotta da un idrogramma solido – liquido BA presenta un volume più elevato, questo spiegato dal fatto che il volume solido di input risulta essere più elevato (3295.6 m^3) rispetto a quello dell'idrogramma solido – liquido IC (1928.3 m^3). Comunque, una volta entrata nel secondo tratto di analisi, si nota che la curva cumulata con Idrogramma IC presenta volumi movimentati molto più ragguardevoli rispetto a quelli determinati con idrogrammi BA. Questo andamento continua anche oltre la piazza di deposito, dove, in entrambi i casi, al suo interno si sono depositati all'incirca 2500 m^3 di materiale.

La Figura 62 descrive la comparazione tra le portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel primo troncone di analisi.

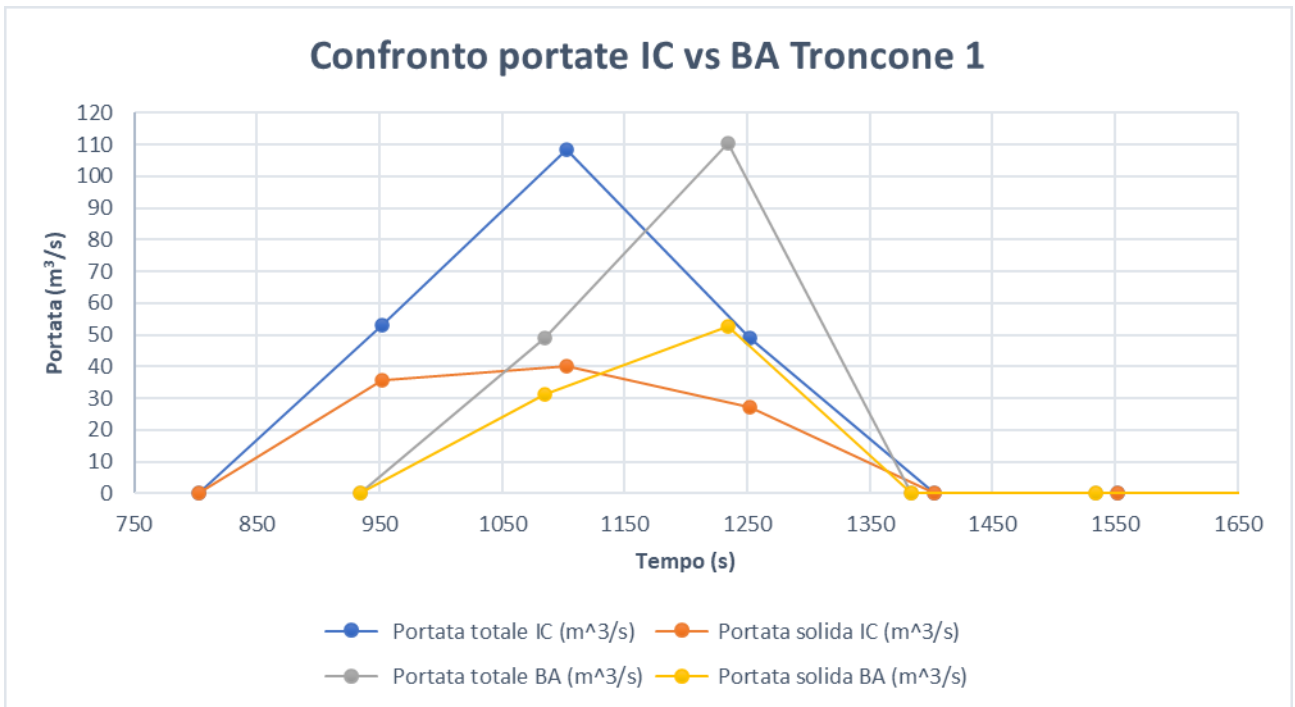
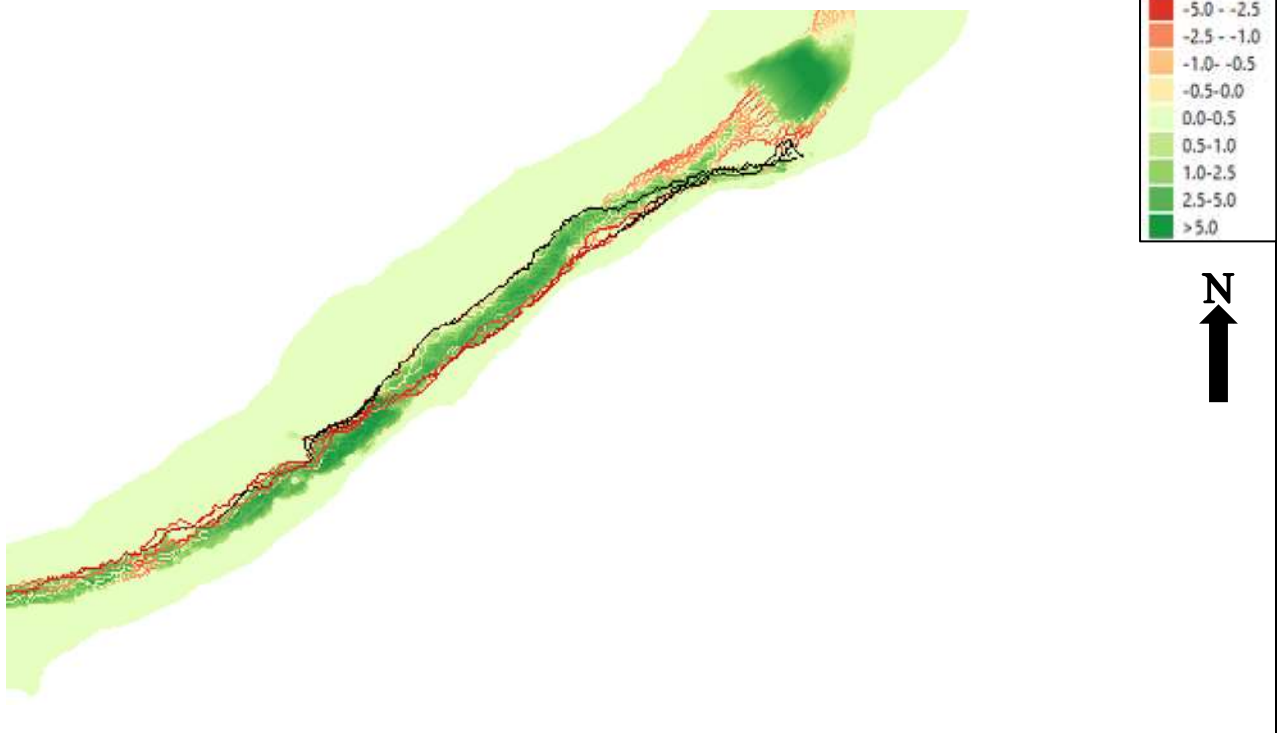


Figura 63. Confronto portata totale e solida registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 3 del troncone 1

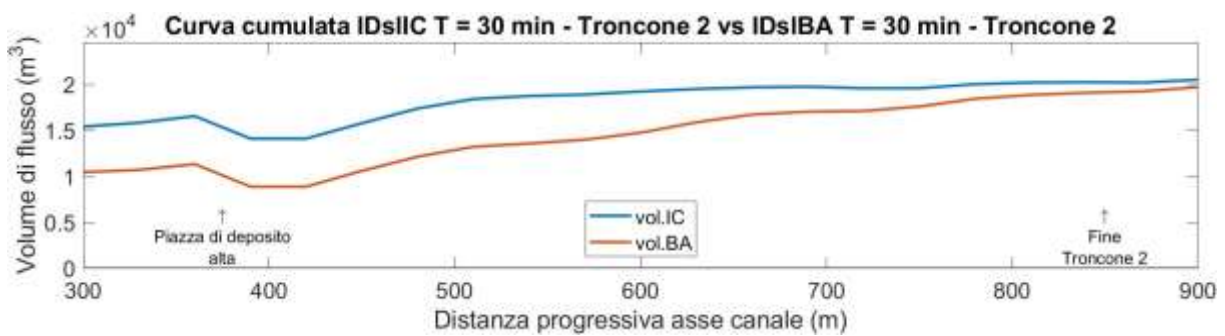
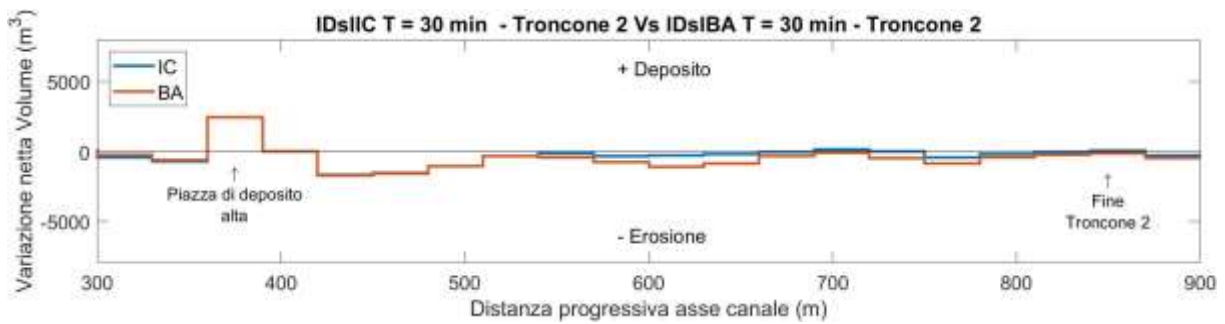
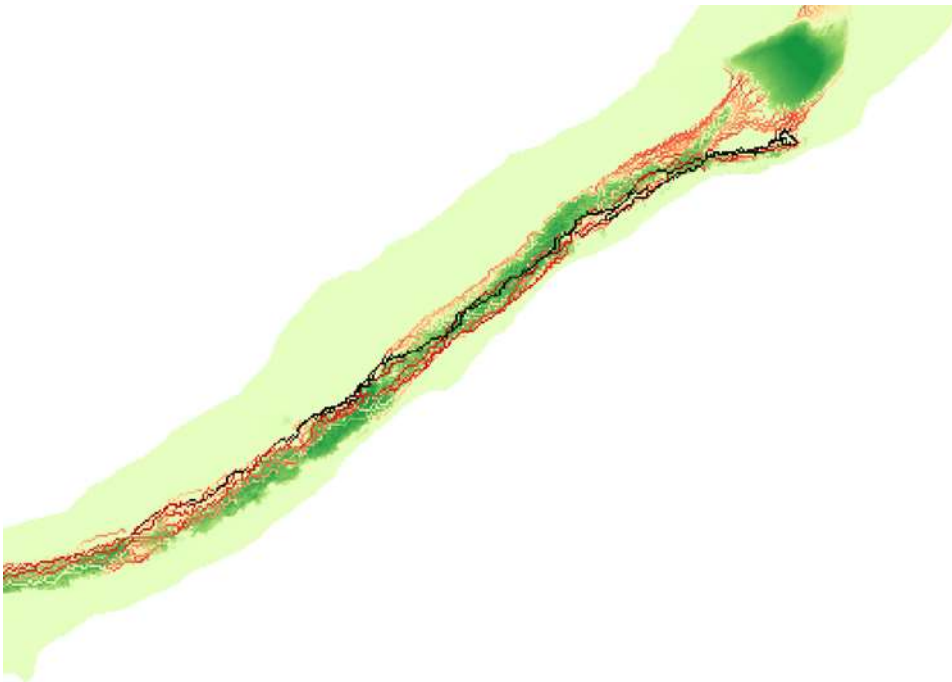
- Troncone 2 intensità costante vs Troncone 2 blocchi alterni

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Andamento erosioni – depositi	Depositi più marcati nel caso dell'idrogramma solido – liquido IC.
Tratto 2	Andamento deflusso Bus del Diau	Con idrogramma solido – liquido IC le erosioni più importanti si concentrano prevalentemente lungo le due sponde. In sponda destra sono fin da subito ragguardevoli. Invece, in presenza di un idrogramma BA le erosioni interessano buona parte del canale, ma in sponda destra sono contenute per poi aumentare di intensità.
Tratto 3	Depositi in sinistra idrografica	Con idrogramma solido – liquido BA le erosioni interessano un'area maggiore e sono più importanti rispetto a quelle determinate con l'altro idrogramma.
Tratto 4	Presenza di una porzione di canale quasi completamente erosa	Nella parte finale del tratto le erosioni interessano una maggiore sezione del canale, nel caso dell'idrogramma solido - liquido BA e sono tendenzialmente più considerevoli.

Idrogramma solido – liquido IC



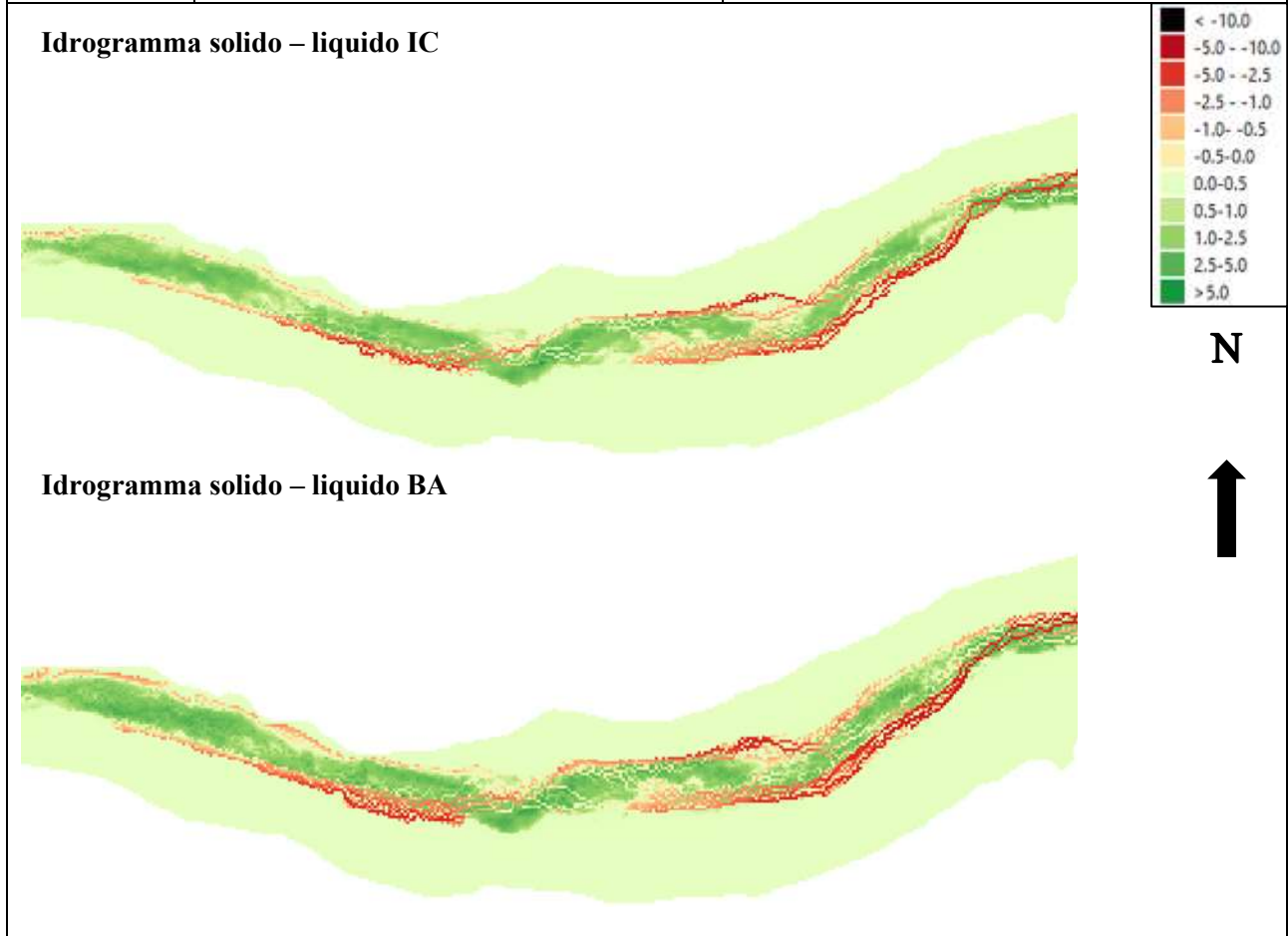
Idrogramma solido – liquido BA

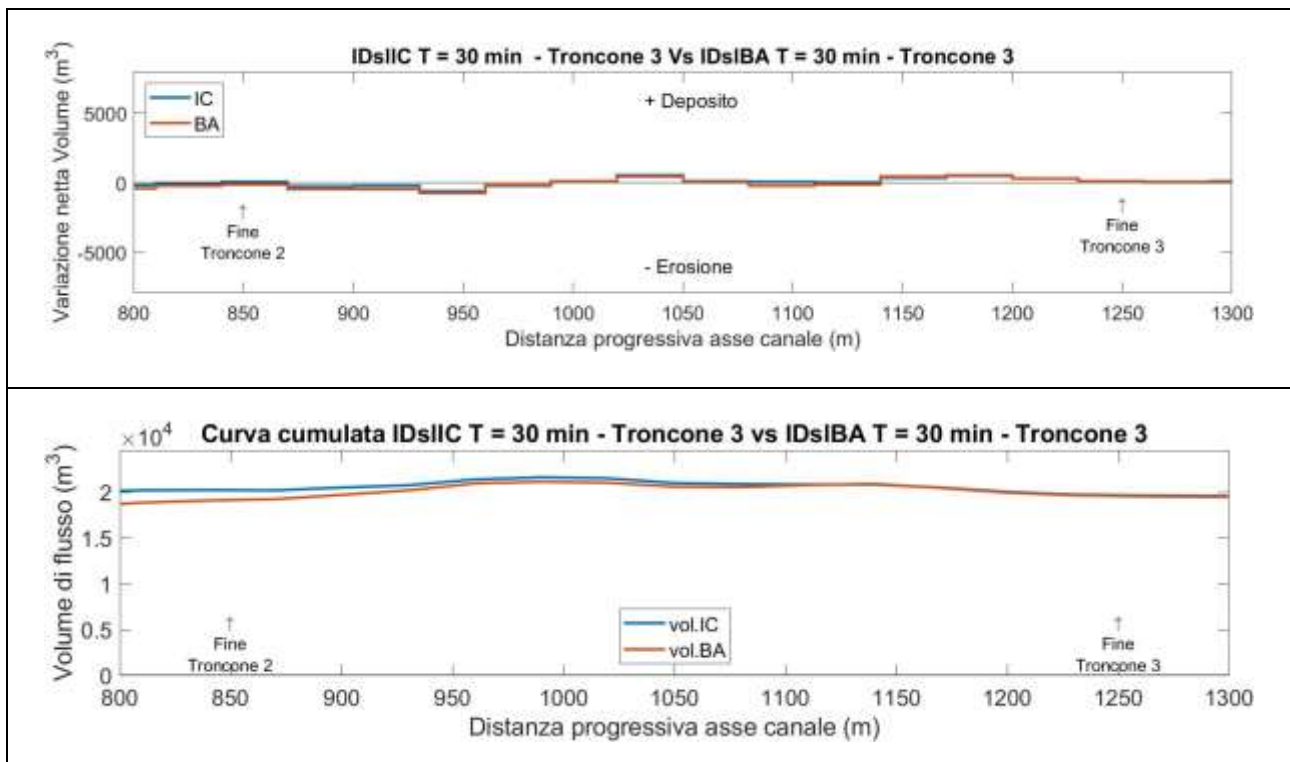


Come per il troncone 1, anche nel secondo la curva cumulata individuata con idrogramma solido – liquido IC presenta volumi più importanti, ma è da segnalare che il divario tra le due curve diminuisce man mano che la colata attraversa il canale, indice, del fatto che il fenomeno simulato con idrogramma BA smuove un maggior quantitativo di materiale da metà troncone in poi.

- Troncone 3 intensità costante vs Troncone 3 blocchi alterni

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Andamento erosioni – depositi	Con idrogramma solido – liquido BA le erosioni scavano un'area maggiore all'interno del tratto. La portata al picco, registrata, nello idrogramma solido – liquido BA è leggermente più alta (72.85 m ³ /s), rispetto a quella registrata in presenza di un idrogramma solido – liquido IC (69.13 m ³ /s). Però, quest'ultima è stata raggiunta all'incirca 3 minuti prima (18 minuti) rispetto a quella registrata nella simulazione con Idrogramma BA.
Tratto 2	Andamento erosioni – depositi	Erosioni leggermente più contenute in presenza di un idrogramma solido – liquido IC.





Dalla comparazione dei due grafici è possibile evincere, che in questo troncone, entrambi gli idrogrammi generano delle erosioni e dei depositi pressoché simili, come di fatto rappresentato dalla due immagini soprariportate. La Figura 63 descrive il raffronto tra le portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel terzo troncone di analisi.

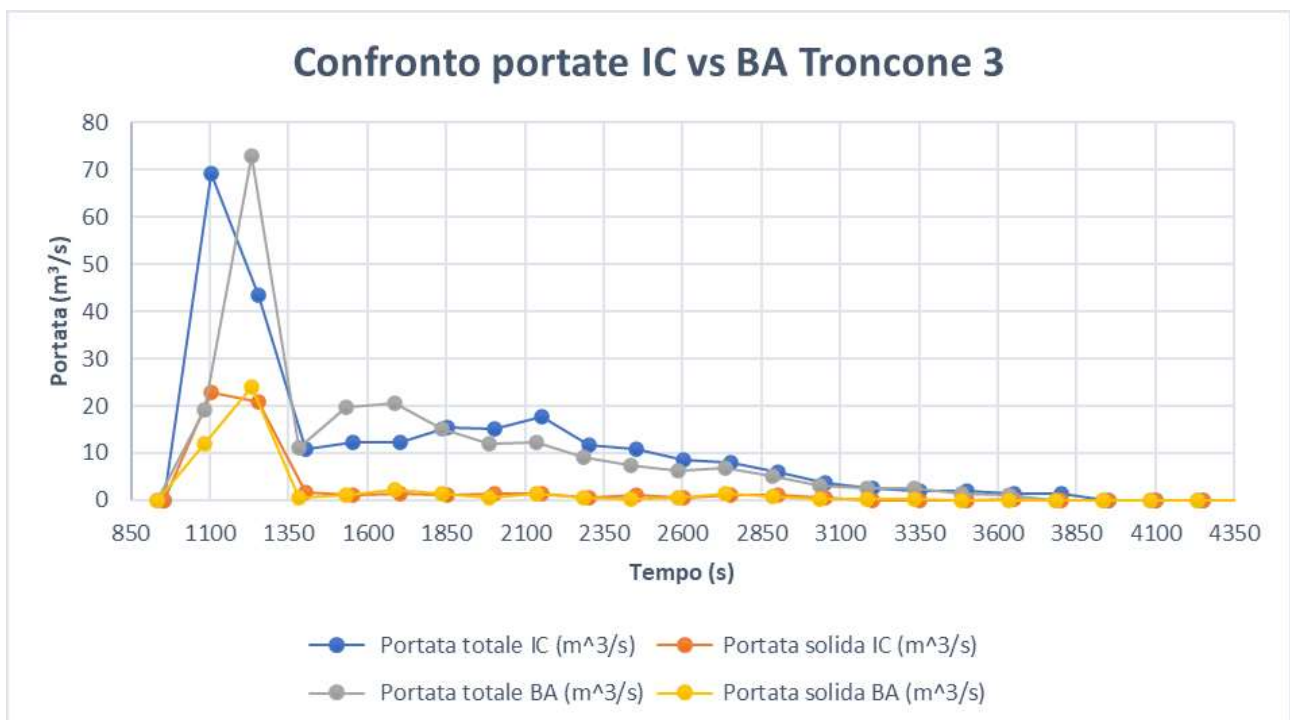
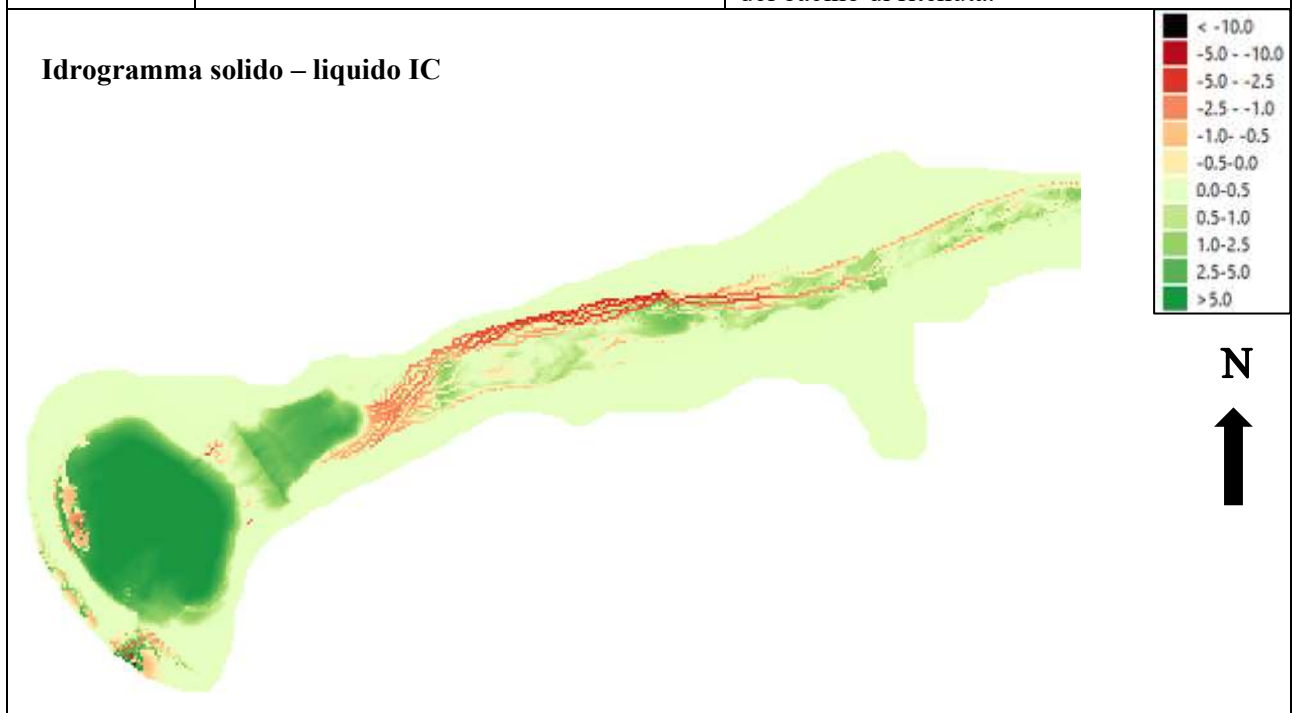
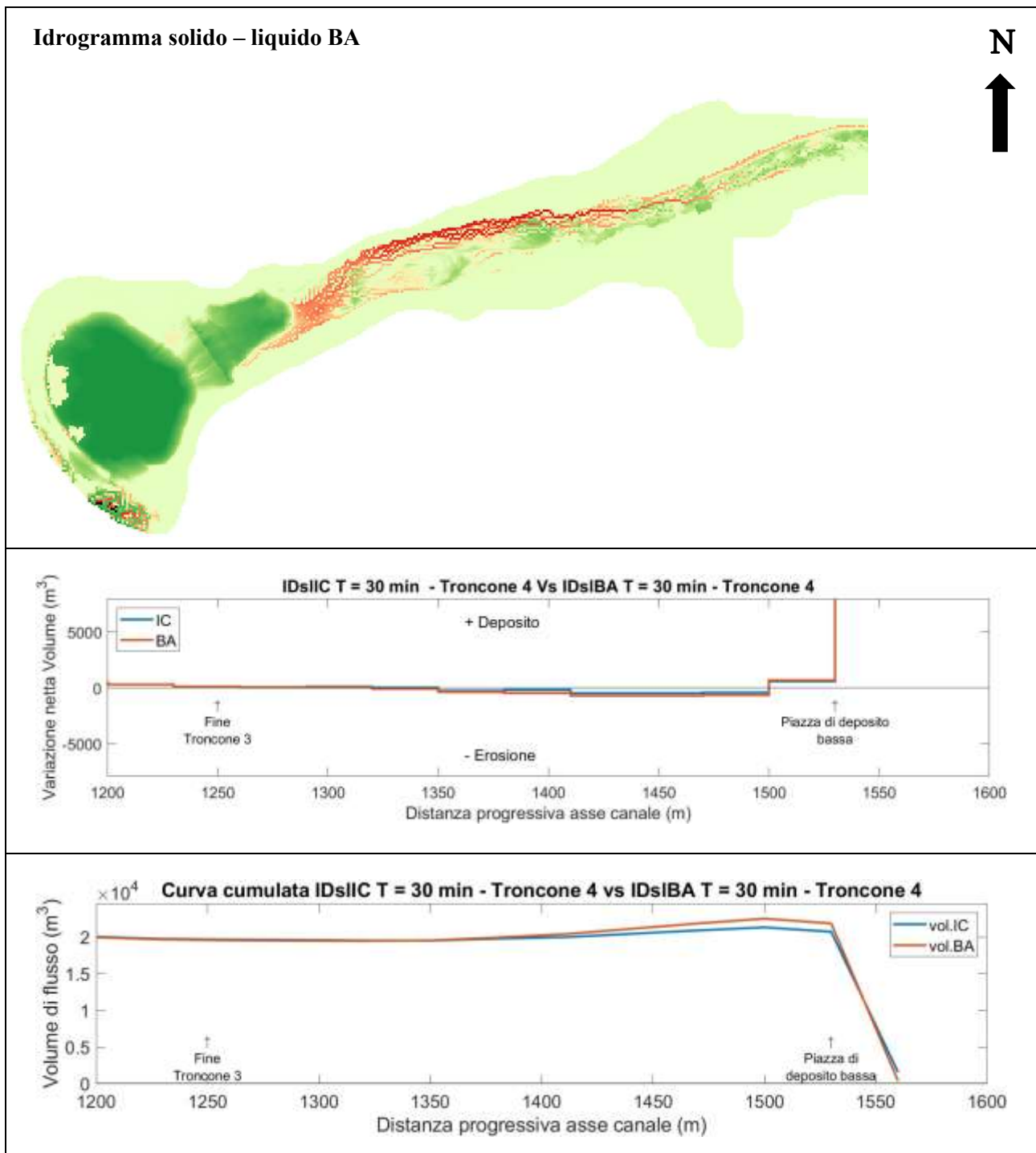


Figura 64. Confronto portata solida e totale registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 3

- Troncone 4 intensità costante vs Troncone 4 blocchi alterni

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Andamento erosioni – depositi	Con idrogramma solido – liquido BA le erosioni e i depositi tendono ad essere più marcati.
Tratto 2	Andamento erosioni – depositi	Le erosioni tendono ad essere più importanti in presenza di un idrogramma solido – liquido BA. Le portate al picco registrate presentano dei valori molto diversi tra loro, ovvero, nell'intensità costante è pari a 53.89 m ³ /s, mentre, nel blocchi alterni è di 90.98 m ³ /s, quindi quasi il doppio.
Tratto 3	Andamento erosioni - depositi	Erosioni meno importanti in presenza di un idrogramma solido – liquido IC.
Bacino di ritenuta	Erosioni e depositi a valle del bacino, indice del fatto di una probabile fuoriuscita del deflusso.	Con idrogramma solido – liquido IC il materiale depositato occupa un'area maggiore rispetto a quello depositato con idrogramma solido – liquido BA. Inoltre, con il primo idrogramma si ha un reflusso nella parte destra del bacino di ritenuta.





Entranti nell'ultimo troncone nel troncone 4 è possibile comprendere, che anche qui i due idrogrammi di input si comportano allo stesso modo, con l'unica differenza, che in prossimità del bacino di trattenuta, l'idrogramma solido - liquido BA tende a muovere più materiale.

Concludendo, si può dire, che in presenza di un evento di precipitazione di durata di 30 minuti le masse smosse dai due idrogrammi solido - liquidi sono abbastanza simili. Però, considerando i volumi e le immagini si può affermare che il bacino di ritenuta posto a monte dell'abitato di Borca di Cadore, non è stato in grado di svolgere al meglio il suo compito, visto, che in entrambe le simulazioni sono fuoriuscite piccole quantità di materiale.

La Figura 64 illustra il confronto tra le portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel quarto troncone di analisi.

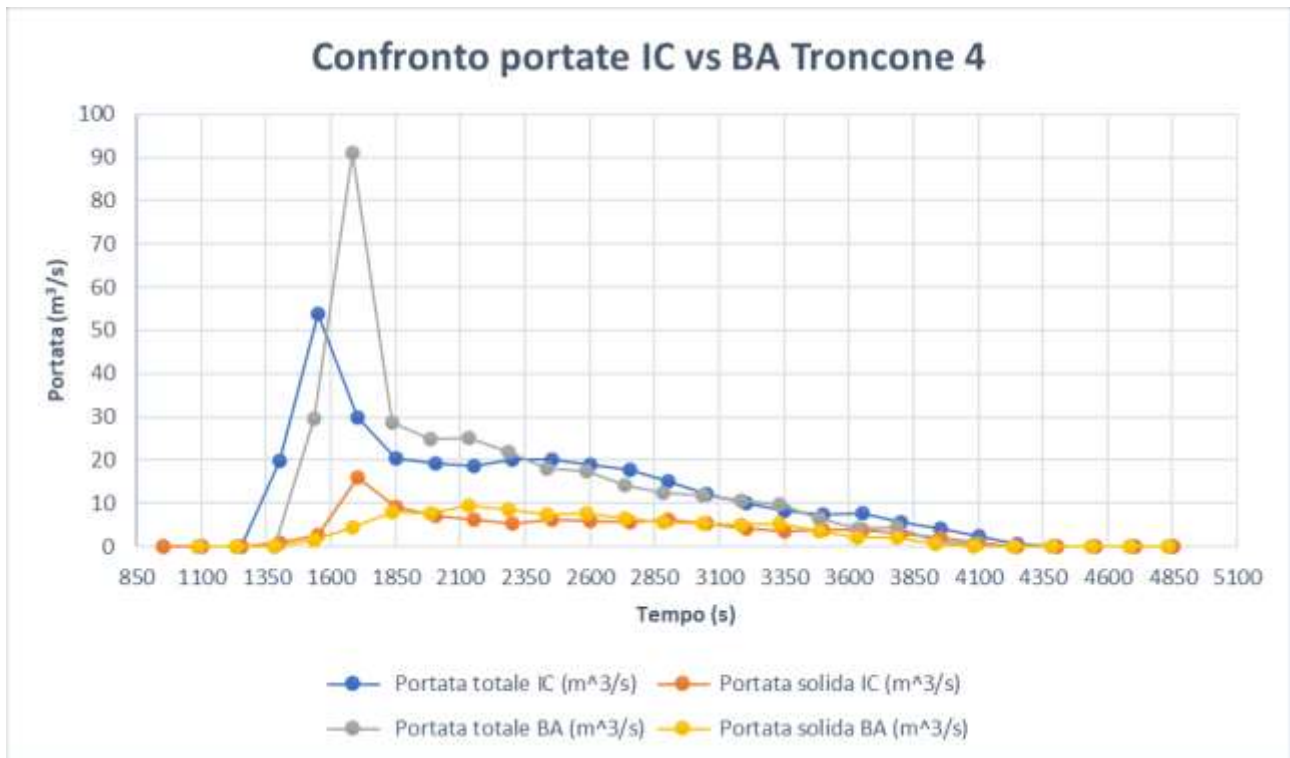


Figura 65. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 4

6.4. Idrogramma solido – liquido di durata 40 minuti

L'evento di precipitazione di durata 40 minuti ha dato vita ad un fenomeno di colata detritica, che ha causato erosioni e depositi all'interno del canale oggetto di studio. Per valutare, al meglio, le erosioni e i depositi si diviso il canale in quattro tronconi, che a loro volta sono suddivisi in più tratti. Da sottolineare, che per la simulazione dell'evento si utilizzano due tipi di idrogrammi solido – liquidi. Il primo determinato partendo da uno ietogramma ad intensità costante, mentre, il secondo è stato realizzato utilizzando uno ietogramma a blocchi alterni. Pertanto, alla fine delle valutazioni si riporta un confronto dei risultati ottenuti, per identificare eventuali similitudini o differenze del fenomeno in presenza dei due diversi idrogrammi solido - liquidi.

6.4.1. Idrogramma solido – liquido IC di durata 40 minuti

Per rappresentare l'evento, che ha dato luogo al fenomeno di colata detritica, si è utilizzato due idrogrammi solido – liquidi di input descritti dalle Figure 65 e 66. Il primo posto all'interno del canale principale, precisamente a monte del primo troncone, mentre, il secondo è inserito nell'alveo del Bus del Diau, reticolo secondario, che presenta una portata prettamente liquida e che si immette a valle della piazza di deposito alta.

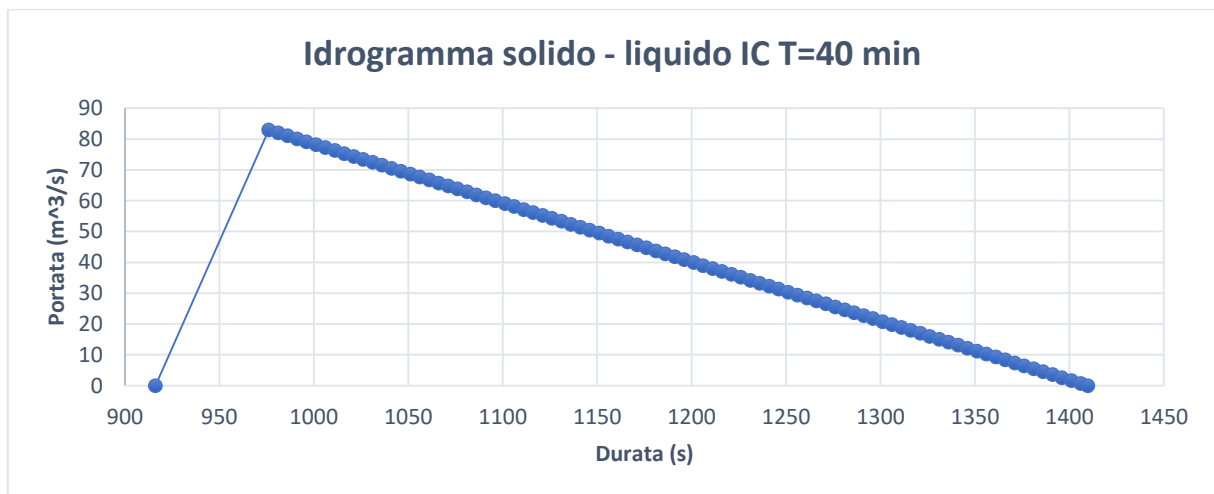


Figura 66. Idrogramma solido – liquido IC T= 40 min

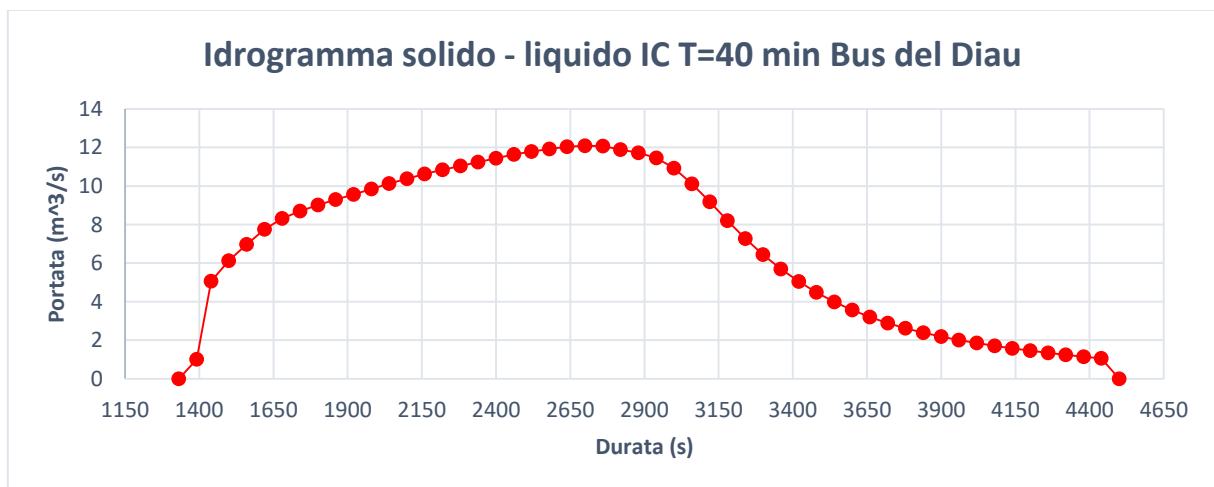
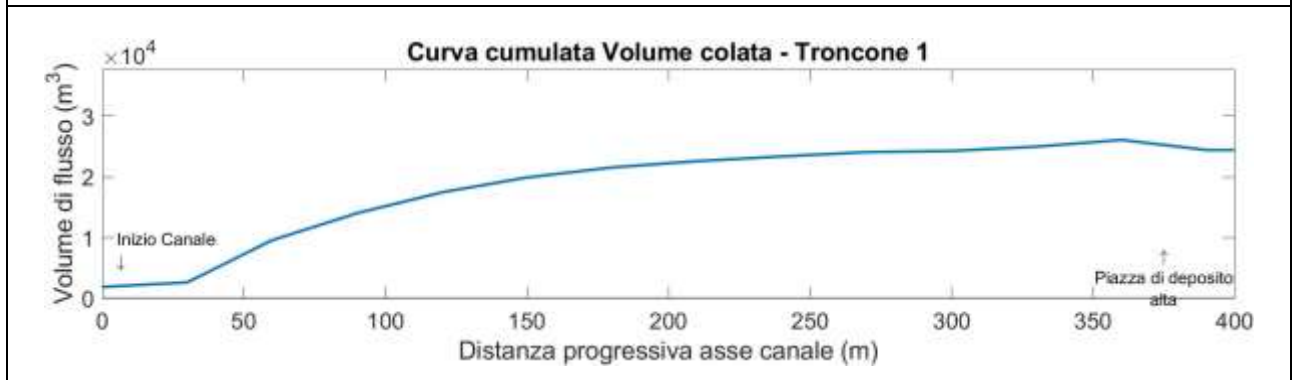
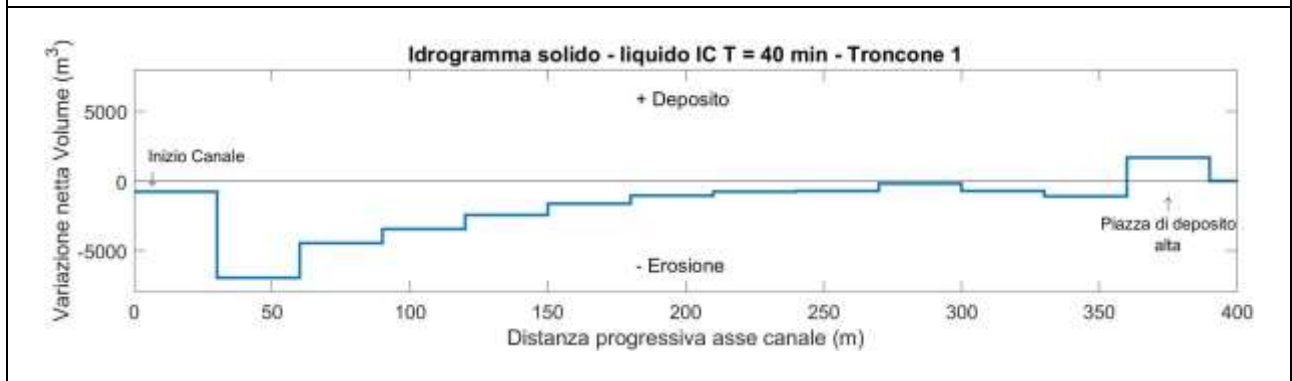
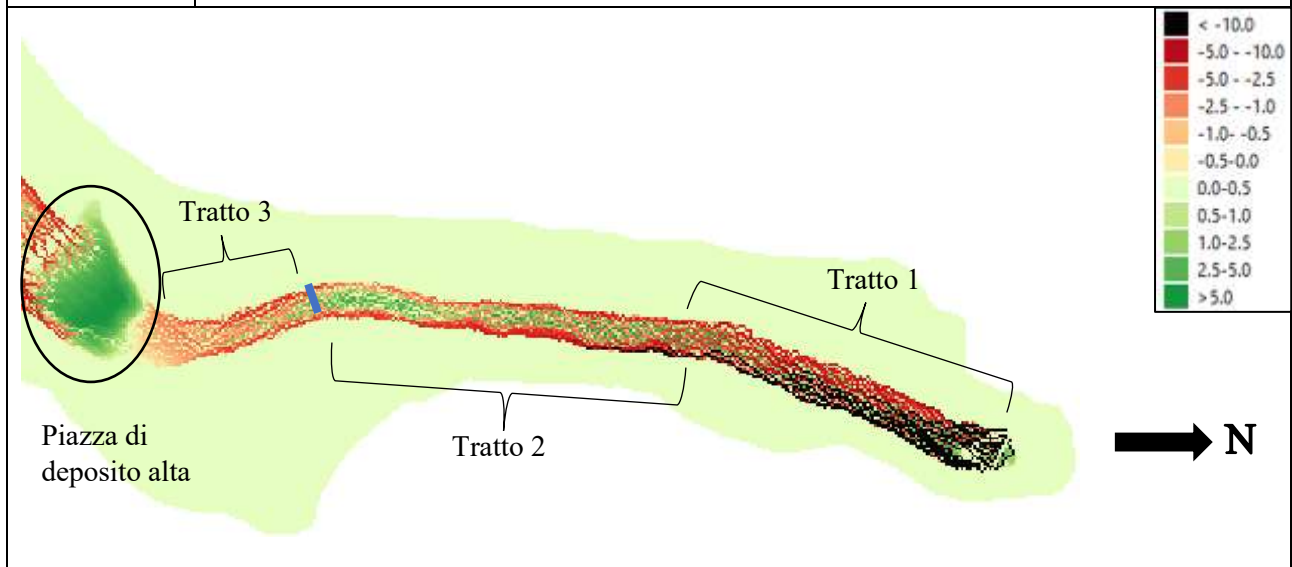


Figura 67. Idrogramma solido – liquido IC T= 40 min Bus del Diau

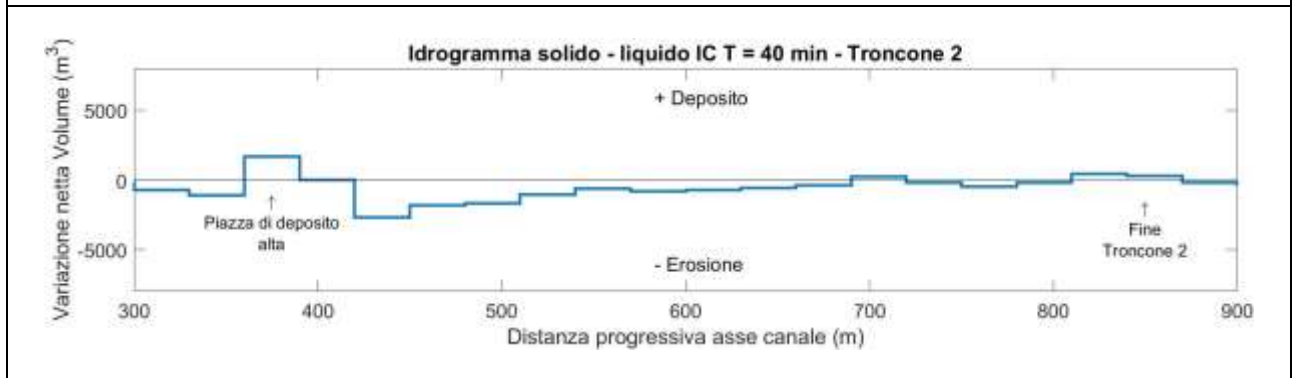
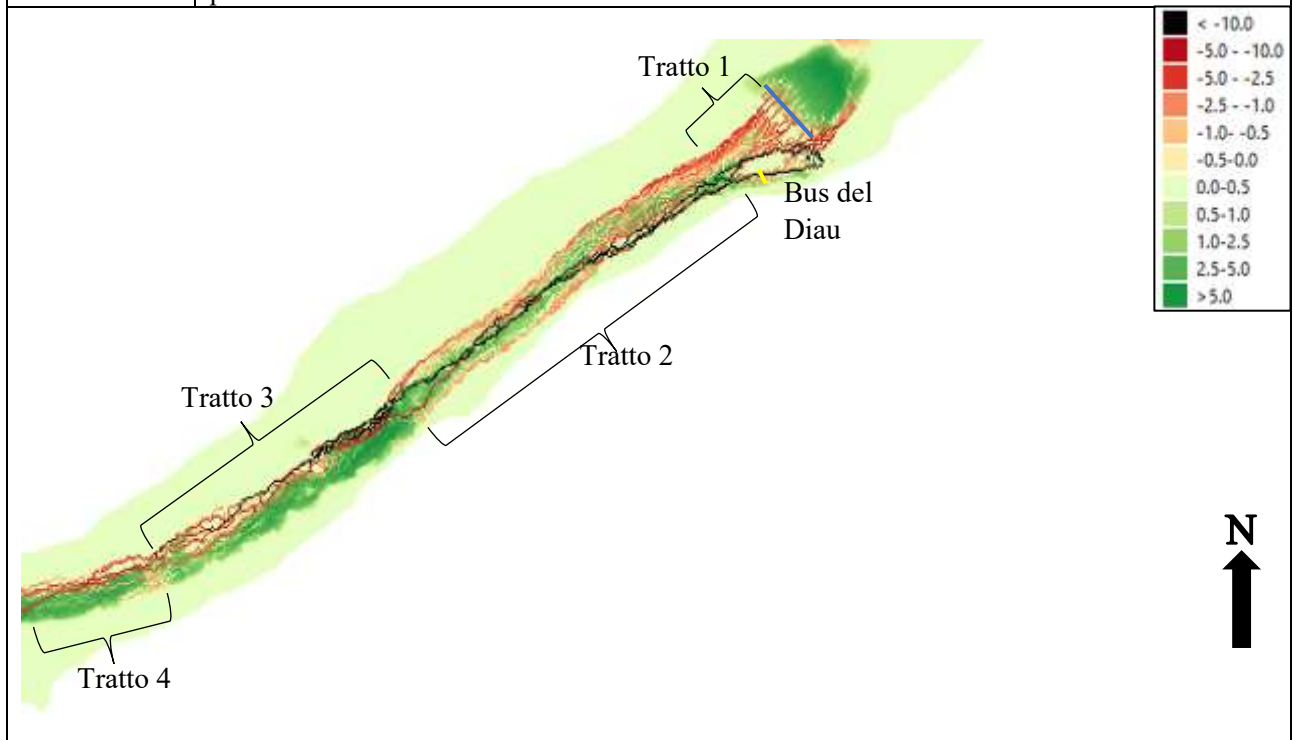
Troncone 1	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Interessano l'intera sezione del canale con scavi considerevoli.	Pressoché assenti.
Tratto 2	Sulle sponde con scavi ragguardevoli, soprattutto in sponda sinistra, e sul fondo con azioni più contenute (1 – 2 m).	Localizzati sul fondo, man mano che ci si sposta verso valle interessano una maggiore porzione di canale.
Tratto 3	Interessano l'intero tratto.	Pressoché assenti.
Altro	<p>La piazza di deposito favorisce l'arresto della colata e agevola il deposito di materiale, dove si raggiungono spessori pari a 3 – 5 m. Da notare la presenza di erosioni all'interno dell'area di deposito, visibili nella parte sinistra e finale della piazza.</p> <p>Nel tratto 3 è presente una sezione di calcolo (linea blu), che misura la portata al picco del fenomeno. La portata massima raggiunta è pari a 140.53 m³/s ed è stata registrata dopo 20 minuti dall'inizio dell'evento.</p>	

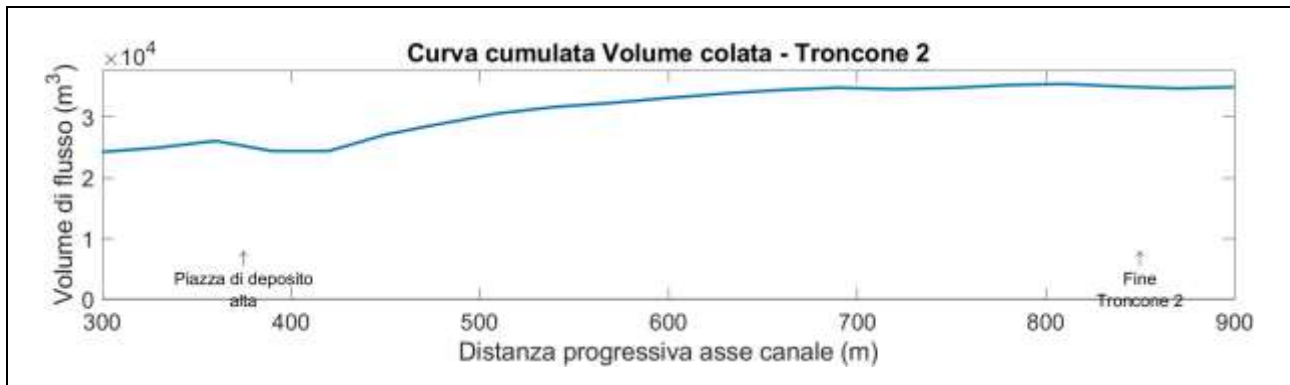


<i>Troncone 1</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
0	-756.59	1824.70
30	-6958.33	2581.29
60	-4450.25	9539.62
90	-3444.04	13989.87
120	-2445.00	17433.91
150	-1651.92	19878.91
180	-1038.03	21530.83
210	-783.31	22568.86
240	-709.71	23352.17
270	-189.69	24061.88
300	-715.73	24251.57
330	-1105.98	24967.30
360	1666.98	26073.28

Tabella 27. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 1

Troncone 2	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Interessano l'intera sezione del tratto con scavi più importanti in destra idrografica.	Presenti nella parte finale del tratto con spessori 1 – 2 m.
Tratto 2	Lungo le sponde e in buona parte del fondo. In sponda sinistra inizialmente ragguardevoli, poi fenomeno si sposta in destra idrografica e quindi diventano più contenute. In sponda destra presenza scavi che aumentano man mano che ci sposta verso valle. Sul fondo scavi importanti da metà tratto in poi.	Nella parte centrale del canale con spessori di qualche metro.
Tratto 3	Lungo la sponda destra con scavi ragguardevoli.	In sinistra idrografica con altezze molto importanti, indicando, che la colata si è spostata verso l'esterno, ha rallentato e depositato materiale.
Tratto 4	Per un tratto di circa 10 m interessano parte della sezione del canale, con erosioni contenute sul fondo (1 - 2 m), mentre, più ragguardevoli lungo le sponde. Verso valle interessano solo la sponda destra.	In sinistra idrografica con depositi inferiori ai 4 metri di altezza.
Altro	A valle della piazza di deposito è presente una sezione di calcolo della portata (linea blu). Dai dati emerge, che la portata al picco, registrata dopo 20 minuti dall'inizio dell'evento, è pari a 124.17 m ³ /s.	

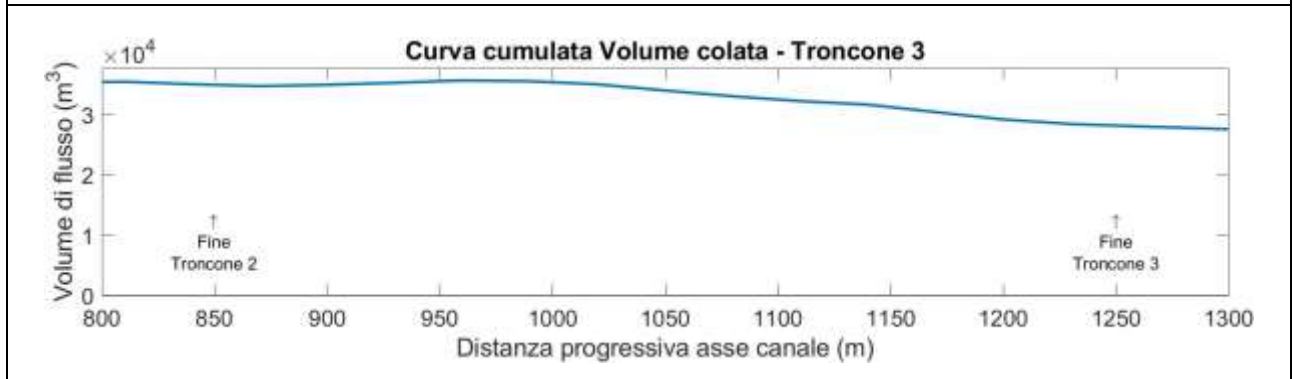
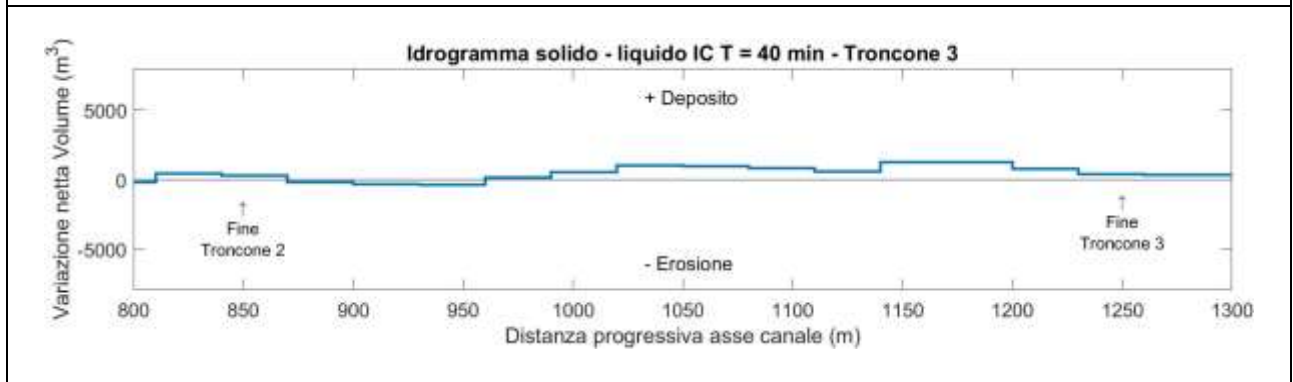
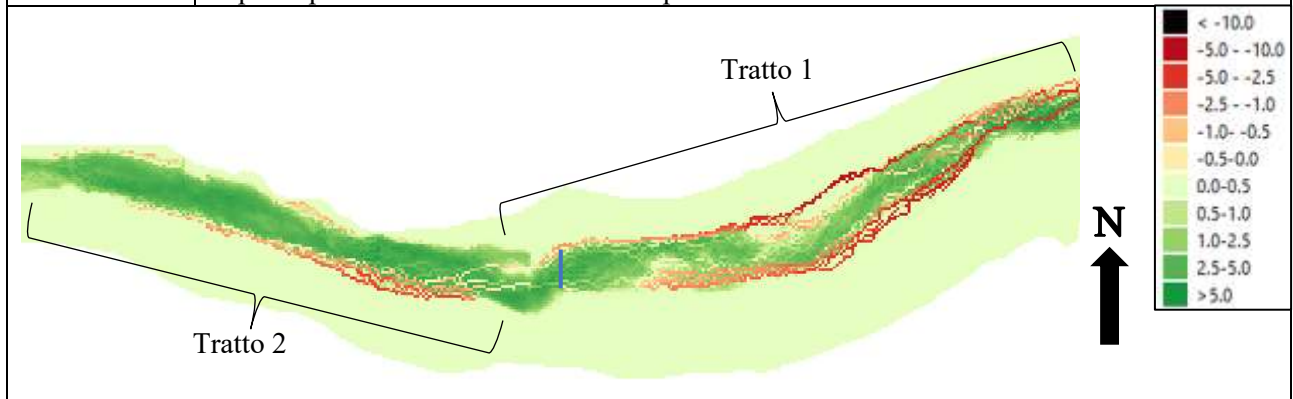




Troncone 2		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
390	-2113.57	24406.30
420	-2700.11	26519.87
450	-1836.86	29219.98
480	-1676.96	31056.84
510	-1068.14	32733.80
540	-648.44	33801.94
570	-828.38	34450.38
600	-727.77	35278.76
630	-591.05	36006.53
660	-368.05	36597.57
690	243.17	36965.62
720	-202.03	36722.46
750	-476.45	36924.48
780	-177.86	37400.94
810	421.48	37578.79
840	309.56	37157.32

Tabella 28. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 2

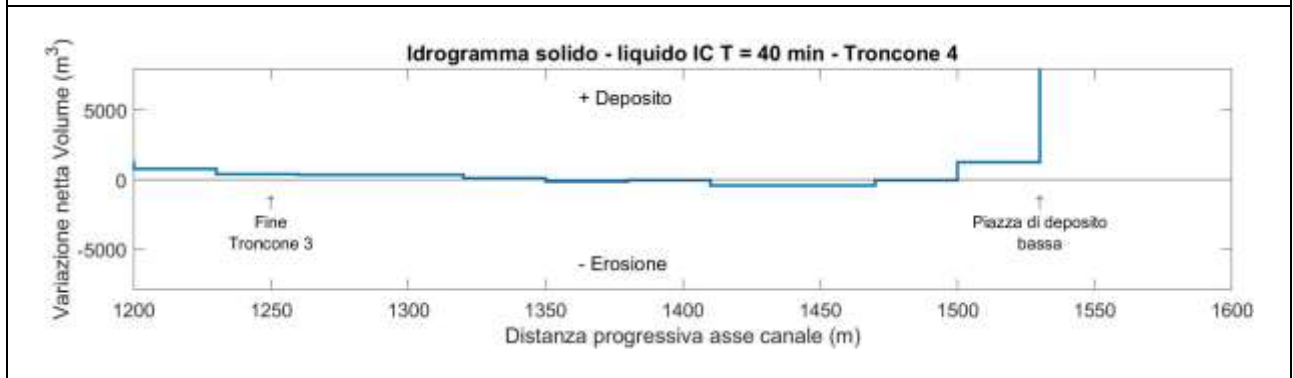
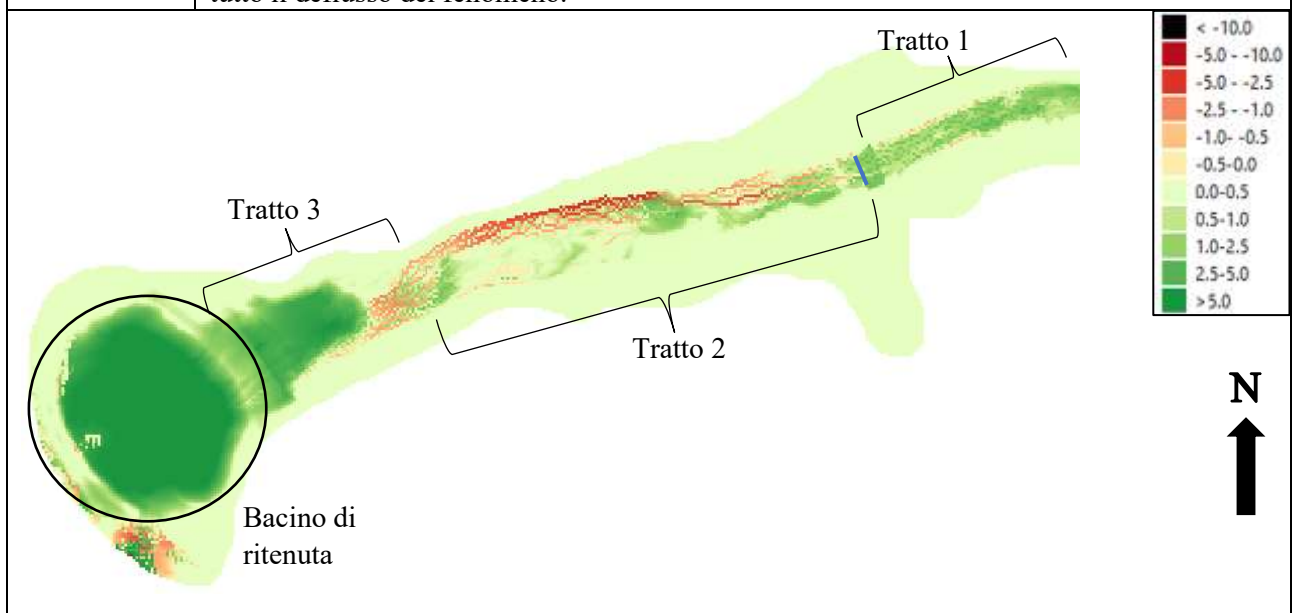
Troncone 3	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Inizialmente localizzate in destra idrografica, poi si attestano sulle due sponde. Lungo la sponda sinistra sono importanti ed interessano anche una parte del fondo, ma verso valle perdono di intensità e si annullano del tutto. Mentre, lungo la destra le azioni erosive perdono di forza man mano che si va verso valle ed in prossimità di una curva il fenomeno si sposta in sinistra idrografica.	Inizialmente presentano spessori di 2 – 3 m, poi diminuiscono ed infine tornano ad aumentare in presenza della curva, indice del fatto che la colata ha rallentato.
Tratto 2	Localizzate in sinistra idrografica, con scavi di 2 – 4 m, che diminuiscono man mano, che si va verso valle. Erosioni localizzate lungo la sponda destra.	Occupano gran parte della sezione del canale con spessori importanti (<4 m).
Altro	Nel tratto 1 è inserita una sezione di analisi della portata (linea blu), che registra una portata al picco pari a 89.30 m ³ /s. Misurata dopo 1226 secondi dall'inizio dell'evento.	



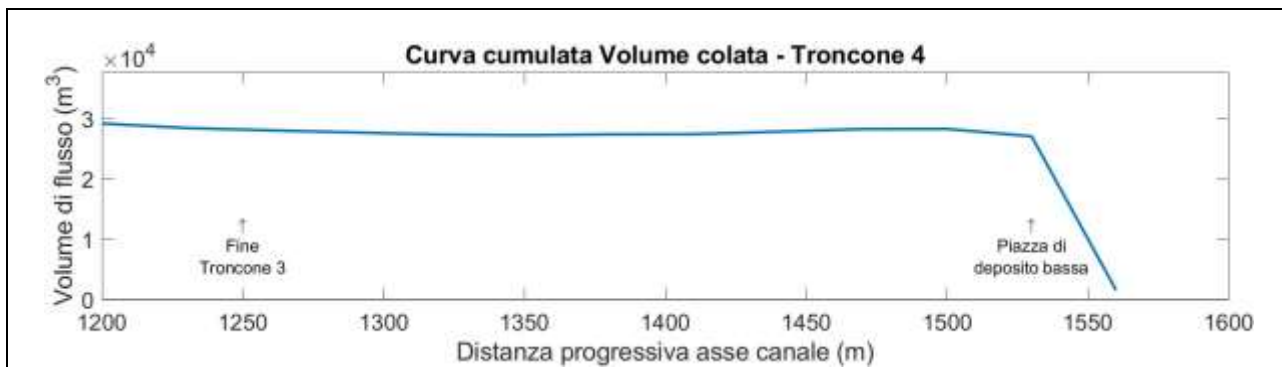
Troncone 3		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
870	-209.07	36847.76
900	-342.26	37056.83
930	-390.49	37399.09
960	134.76	37789.58
990	517.24	37654.82
1020	1028.33	37137.58
1050	953.94	36109.25
1080	801.30	35155.32
1110	577.98	34354.01
1140	1242.90	33776.04
1170	1225.75	32533.13
1200	753.80	31307.38
1230	389.80	30553.58
1260	347.80	30163.78

Tabella 29. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 3

Troncone 4	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Erosioni localizzate lungo le due sponde.	All'interno del canale con spessori inferiori ai 2 metri.
Tratto 2	Inizialmente sul fondo, poi si spostano in destra idrografica, dove si raggiungono scavi 4 - 5 m, lungo la sponda. Nella parte finale del tratto erosioni localizzate in sponda sinistra con scavi molto modesti.	Presenza di un ponte comporta un aumento del deposito a causa della minore pendenza Verso valle occupano piccole porzioni di canale, con spessori mai superiori ai due metri.
Tratto 3	Per un tratto di 20 m interessano l'intera sezione del canale con scavi contenuti.	Presenti subito dopo al tratto scavato con spessori importanti.
Altro	A valle del ponte è presente una sezione di calcolo, che ha registrato una portata al picco (linea blu) pari a 61.74 m ³ /s, misurata dopo 25 minuti dall'inizio dell'evento. Il bacino di ritenuta posto a protezione dell'abitato di Borca di Cadore, risulta essere completamente riempita dal materiale trasportato dalla colata. Da segnalare la presenza di erosioni a valle del bacino, indice del fatto, che l'opera non è stata in grado di trattenere tutto il deflusso del fenomeno.	



Per visualizzare meglio l'andamento delle erosioni e dei depositi all'interno del grafico, si è deciso di applicare una scala più bassa sull'asse y, questo comporta che il quantitativo di volume trattenuto dal bacino di ritenuta non risulta essere ben rappresentato, pertanto, in questo caso, per una maggiore chiarezza si può fare riferimento alla Tabella 30, dove è possibile comprendere la quantità di materiale trattenuto dall'opera.



Dal grafico è possibile comprendere, che il bacino di ritenuta non è stato in grado di trattenere tutto il materiale movimentato dall'evento, questo rappresentato dal fatto che nel tratto finale la curva non assume valori pari a zero.

Troncone 4		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
1290	344.18	29815.98
1320	117.61	29471.80
1350	-141.10	29354.19
1380	-39.67	29495.29
1410	-417.48	29534.96
1440	-421.44	29952.44
1470	-31.74	30373.88
1500	1228.25	30405.62
1530	25503.10	29177.37
1560	-	3674.27

Tabella 30. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 4

6.4.2. Idrogramma solido – liquido BA di durata 40 minuti

Per riprodurre al meglio l'evento, che ha dato vita al fenomeno di colata detritica, si è impiegato come input due idrogrammi solido – liquidi espressi in Figura 67 e Figura 68. Il primo posto all'interno del canale principale, più precisamente a monte del primo troncone, mentre, il secondo è inserito nel Bus del Diau, che presenta una portata prettamente liquida e che si immette a valle della piazza di deposito alta.

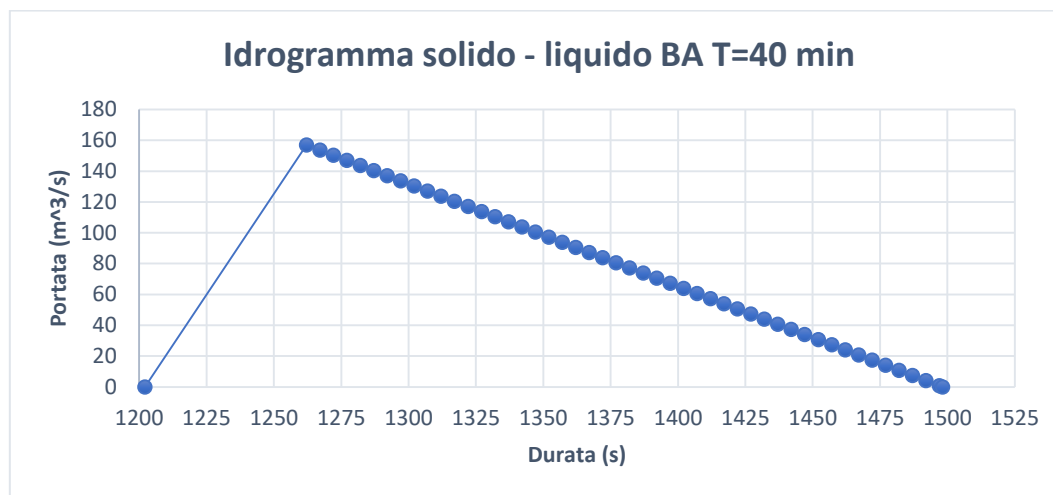


Figura 68. *Idrogramma solido – liquido BA T = 40 min*

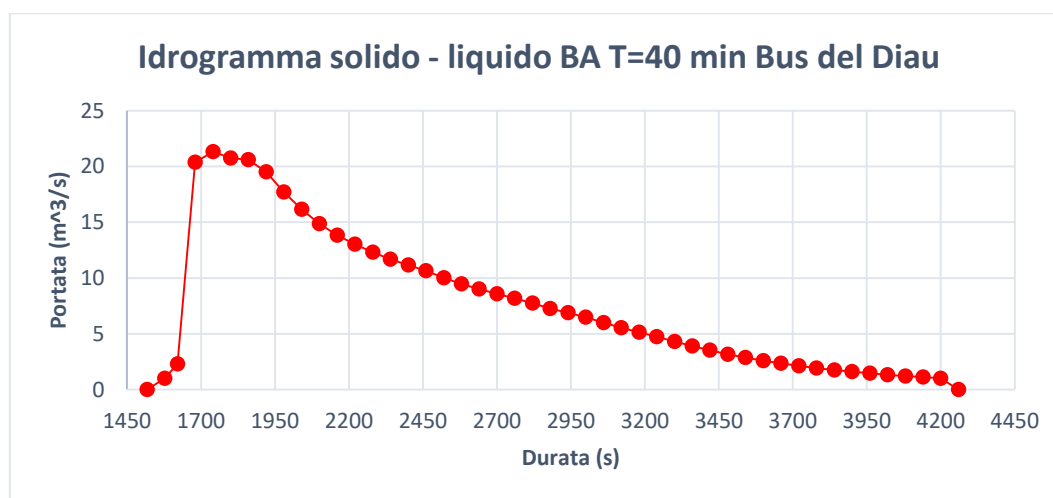
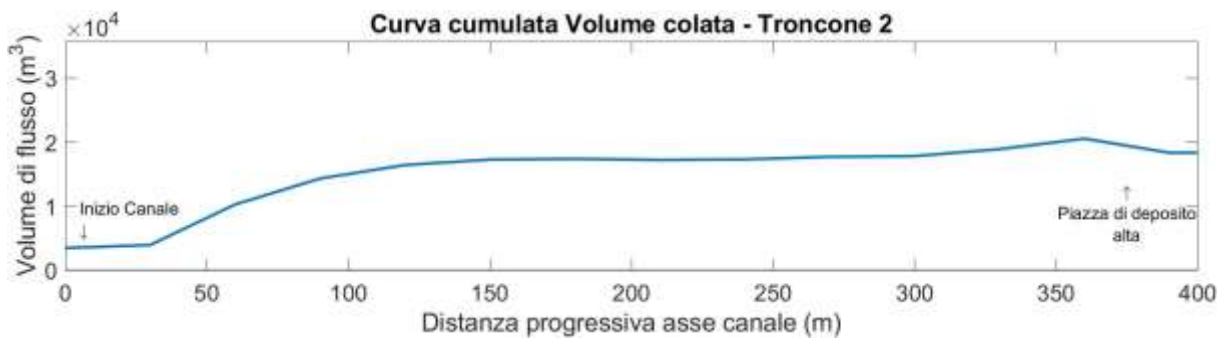
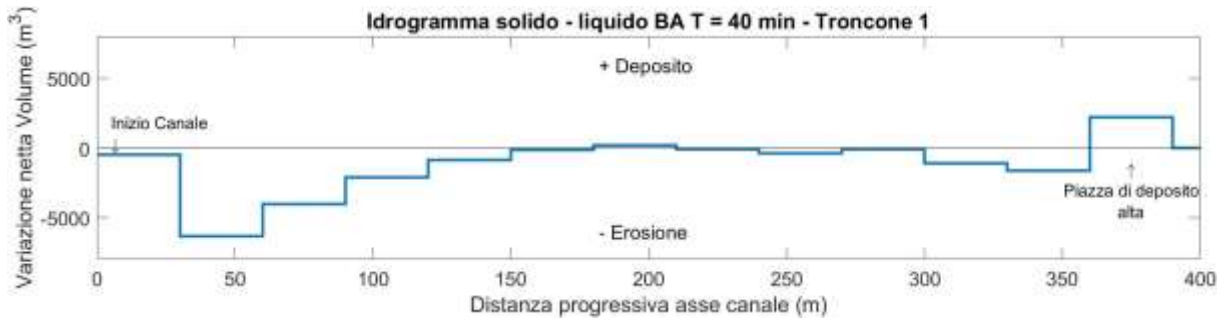
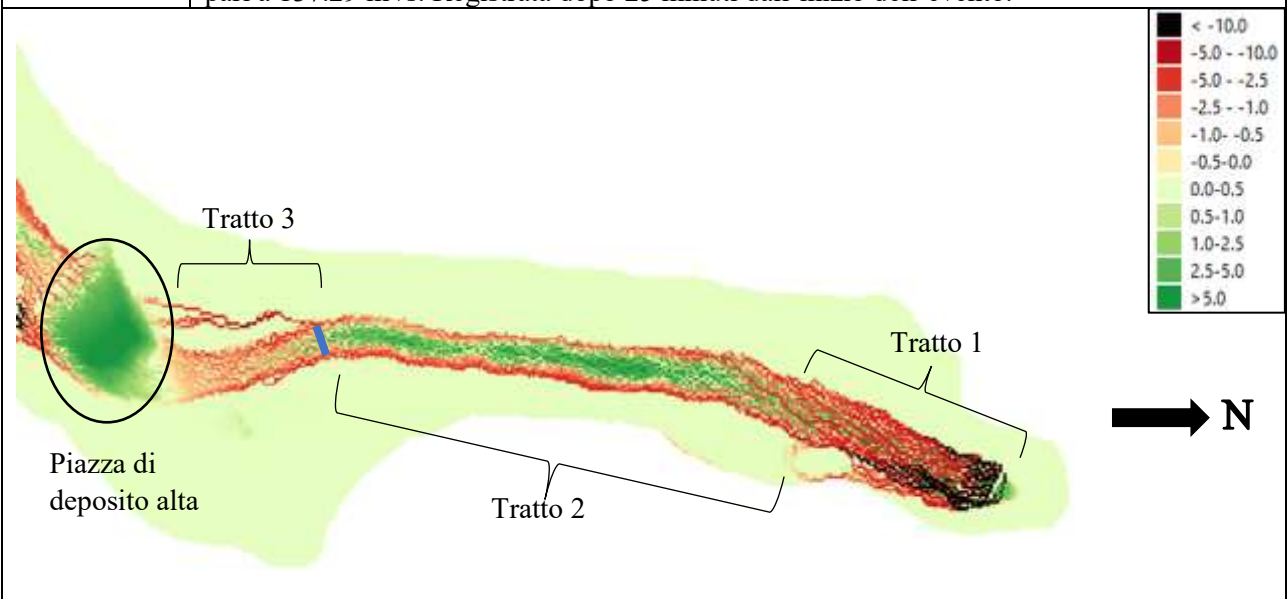


Figura 69. *Idrogramma solido – liquido BA T = 40 min Bus del Diau*

Troncone 1	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Interessano l'intera sezione del canale con scavi considerevoli.	Localizzato sul fondo con spessori poco importanti.
Tratto 2	Lungo le due sponde. Con azioni erosive più importanti in sinistra idrografica.	Parte centrale del canale con spessori variabili (2 – 5 m).
Tratto 3	Interessano quasi interamente il tratto. Presenza di un canale di scavo al di fuori del reticolo, indice che una parte della colata è fuoriuscita dal canale.	Pressoché assenti.
Altro	All'interno della piazza i depositi presentano spessori inferiori ai 6 m. Da sottolineare, che una minima parte del deposito ha risalito il canale, inoltre, si segnala la presenza di erosioni nella zona sinistra della piazza.	

Nel tratto 3 è presente una sezione di analisi (linea blu), che ha misurato una portata al picco pari a 137.29 m³/s. Registrata dopo 25 minuti dall'inizio dell'evento.

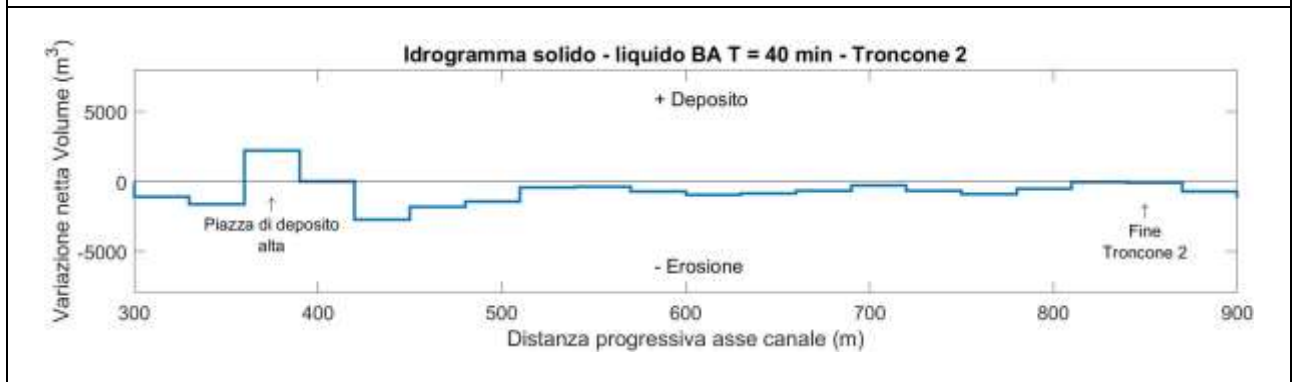
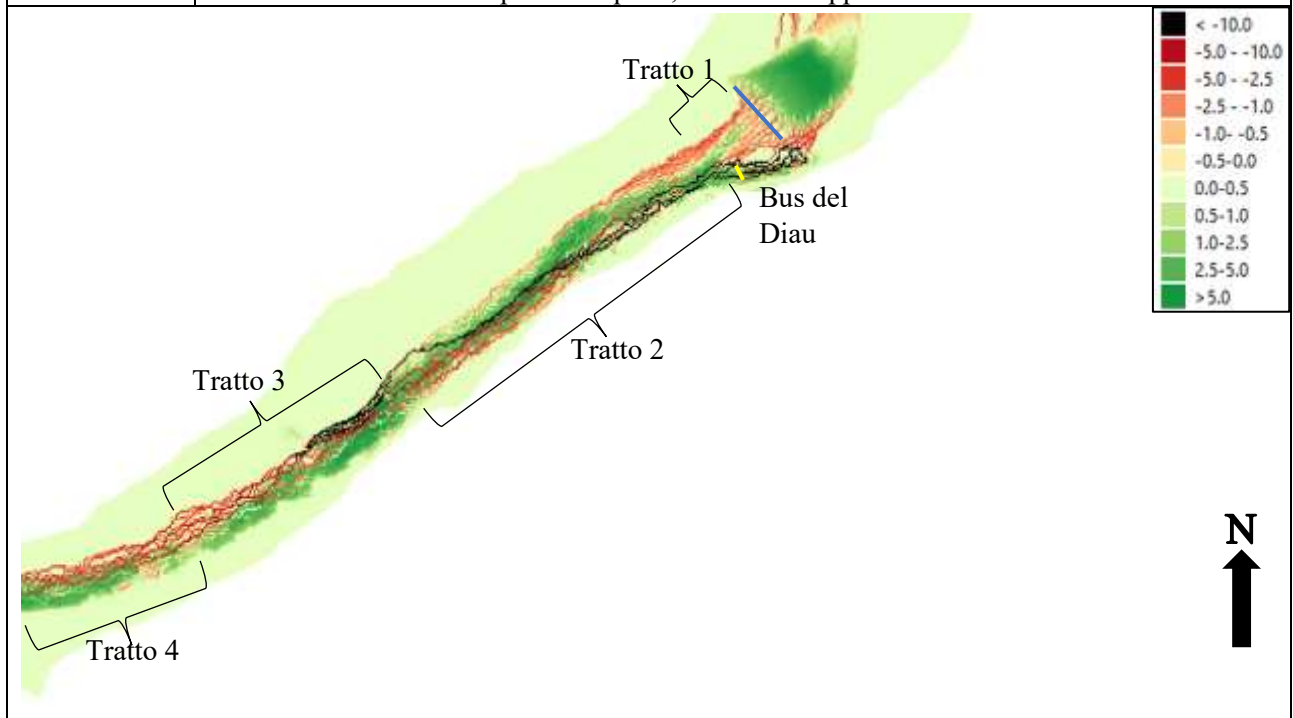


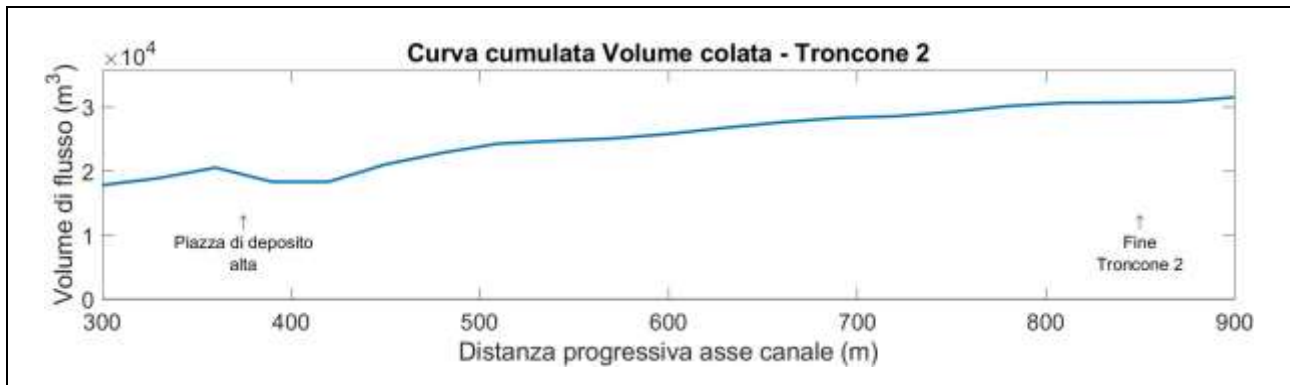
Troncone 1		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
0	-468.55	3448.90
30	-6336.09	3917.45
60	-4056.34	10253.54
90	-2106.74	14309.88
120	-848.58	16416.61
150	-121.33	17265.19
180	174.27	17386.52
210	-86.52	17212.24

240	-403.19	17298.76
270	-113.30	17701.95
300	-1085.66	17815.25
330	-1643.23	18900.91
360	2215.26	20544.15

Tabella 31. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 1

Troncone 2	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Interessano gran parte della sezione del canale con scavi più importanti presenti in destra idrografica.	Nella parte centrale del canale con spessori inferiori ai due m.
Tratto 2	Ragguardevoli in sinistra idrografica dove interessano sia la sponda, che il fondo. Lungo la sponda destra inizialmente contenute (scavi <2 m), ma alla fine del tratto la colata si sposta in questa area, andando ad aumentare gli scavi.	Presenti prevalentemente in destra idrografica con spessori <5 m.
Tratto 3	In destra idrografica con profondità considerevoli.	In sinistra idrografica indicando, uno spostamento della colata verso l'esterno.
Tratto 4	Interessano sponda destra ed il fondo con scavi importanti.	In sinistra idrografica con spessori di 2 – 3 m.
Altro	A valle della piazza è presente una sezione di calcolo della portata (linea blu), che misura una portata al picco pari a 119.29 m ³ /s. registrata dopo 1512 secondi dell'inizio dell'evento. Nel tratto 2 è presente il punto di immissione del Bus del Diau. Reticolo secondario caratterizzato da elevate portate liquide, con scarso apporto solido.	

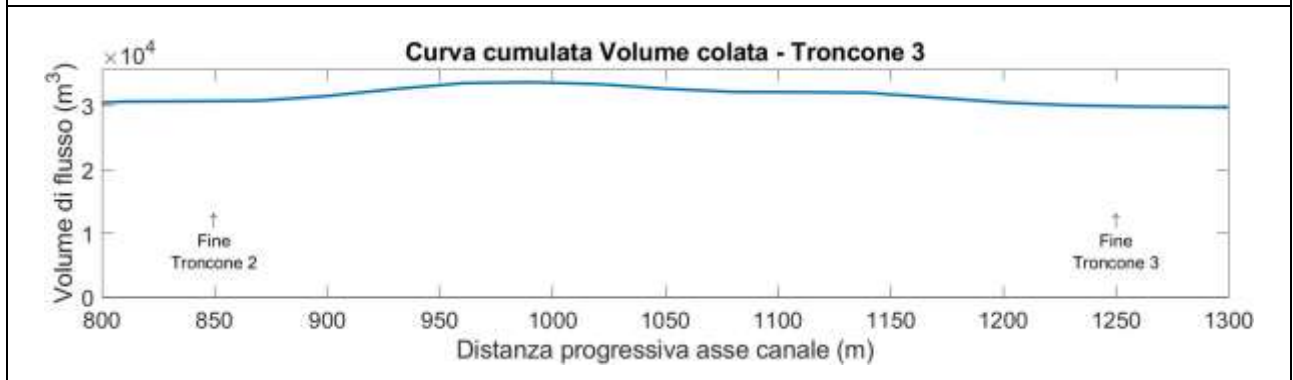
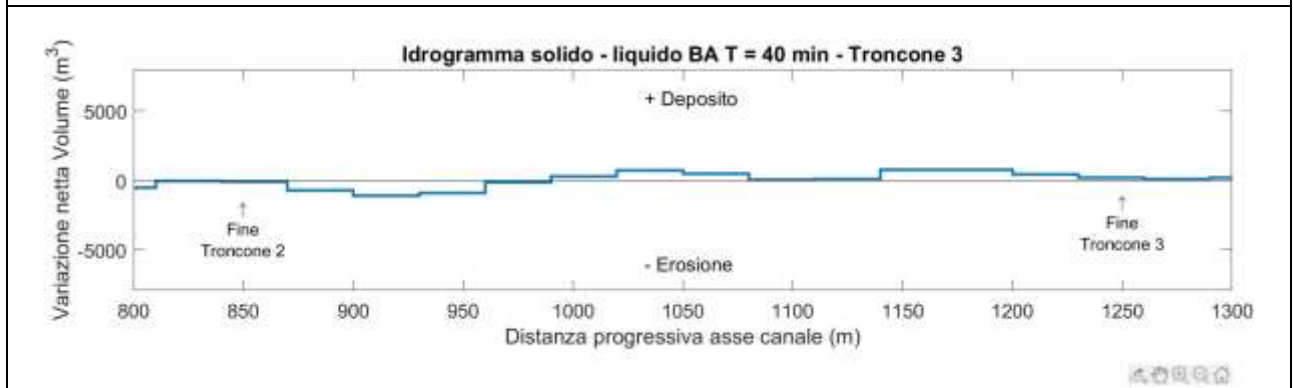
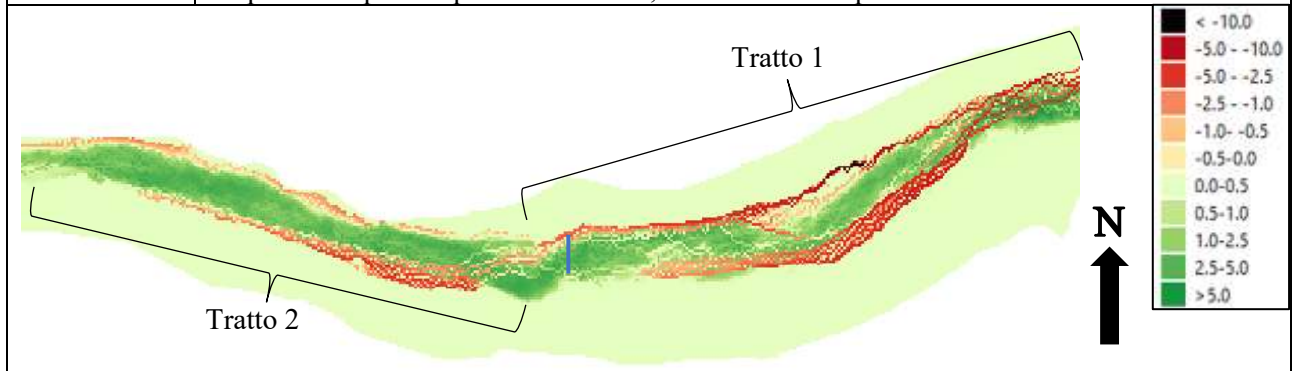




Troncone 2		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
390	-1335.18	18328.89
420	-2718.31	19664.07
450	-1808.52	22382.38
480	-1442.45	24190.90
510	-416.72	25633.35
540	-380.45	26050.06
570	-709.58	26430.51
600	-972.28	27140.09
630	-869.31	28112.37
660	-659.88	28981.68
690	-273.28	29641.56
720	-669.12	29914.84
750	-920.90	30583.96
780	-514.24	31504.86
810	-48.84	32019.10
840	-91.63	32067.94

Tabella 32. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 2

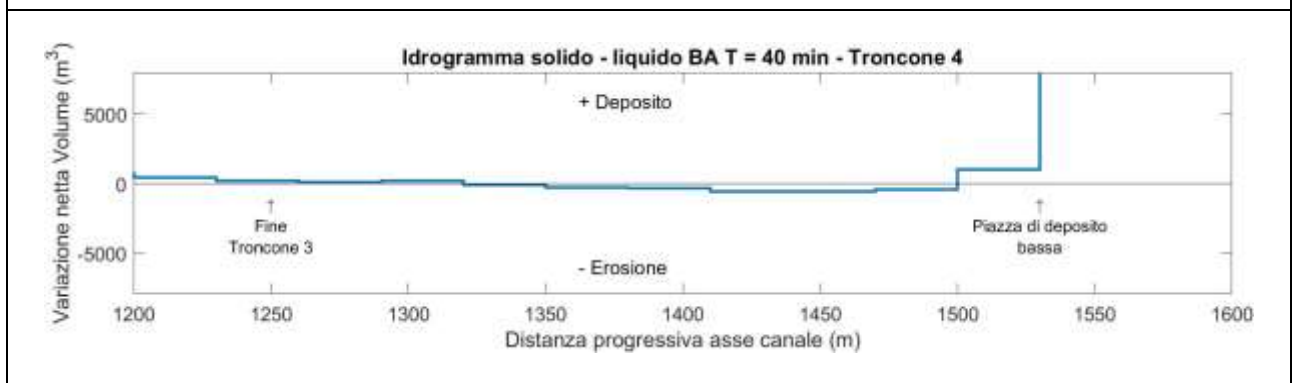
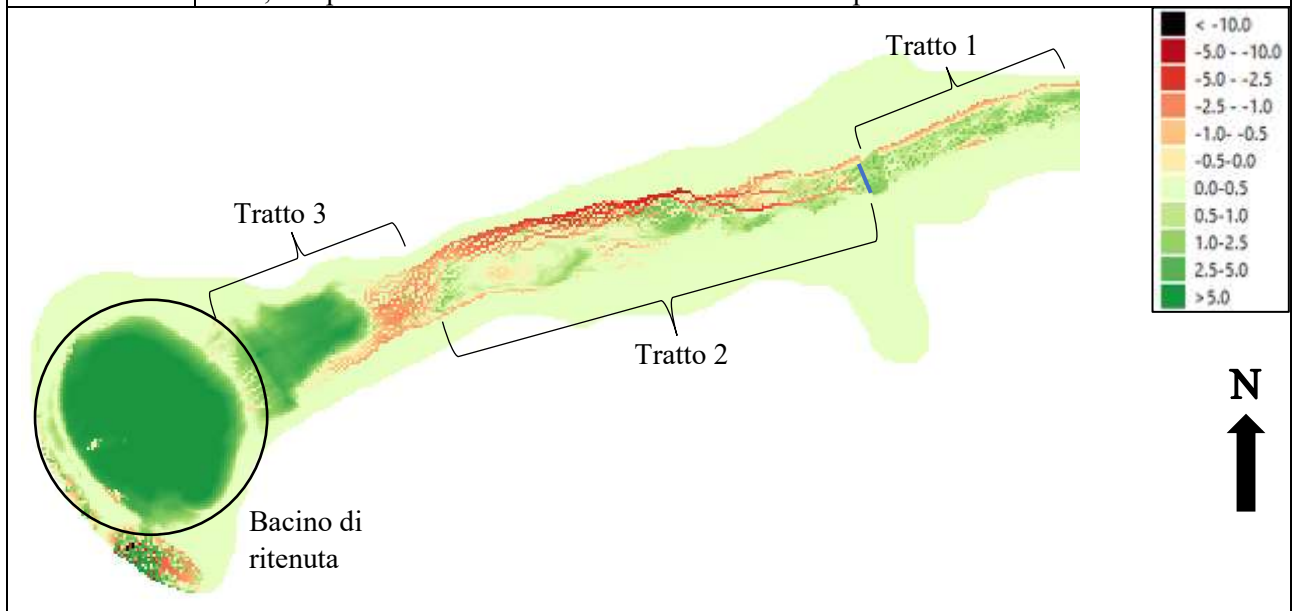
Troncone 3	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Inizialmente interessano buona parte del canale. Poi le erosioni si concentrano lungo le due sponde con scavi considerevoli da ambo le parti. Verso valle, quelle presenti in sinistra idrografica si annullano, indicando il fatto, che la colata si è spostata verso la zona destra del canale.	Nella parte iniziale presenta spessori di un paio di metri. Mentre, nella parte finale i depositi si attestano in sinistra idrografica (indicando lo spostamento della colata verso destra) con spessori molto importanti.
Tratto 2	In presenza di un'ulteriore curva le erosioni tornano a localizzarsi in sinistra idrografica, con scavi abbastanza importanti nella parte esterna della curva che però, diminuiscono man mano, che ci si sposta verso valle. Presenti anche lungo la sponda destra con profondità < 2.5 m.	Occupano gran parte della sezione del canale con spessori minori di 3 m.
Altro	Nella parte centrale del troncone è presente una sezione di analisi della portata (linea blu). La portata al picco è pari a 88.91 m ³ /s, ed è misurata dopo 25 minuti dall'inizio dell'evento.	



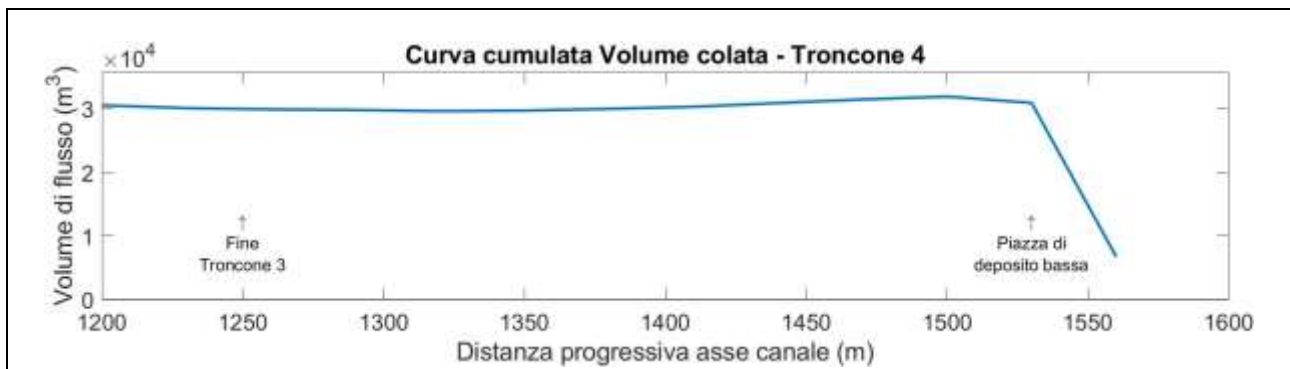
Troncone 3		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
870	-733.12	32159.57
900	-1095.37	32892.69
930	-911.08	33988.06
960	-158.16	34899.14
990	289.33	35057.30
1020	725.92	34767.97
1050	502.99	34042.05
1080	44.14	33539.05
1110	87.88	33494.91
1140	766.33	33407.02
1170	760.84	32640.69
1200	446.60	31879.85
1230	196.88	31433.25
1260	95.68	31236.37

Tabella 33. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 3

Troncone 4	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Lungo la sponda destra con scavi < 2 m e localizzate in sponda sinistra.	Spessori contenuti.
Tratto 2	Dopo il ponte interessano buona parte del canale, spostandosi verso valle si accentuano in destra idrografica, con scavi importanti (max 4 – 7 m). Presenti anche sulla sponda sinistra e sul fondo, con scavi molto contenuti (<1 m).	Deposito abbastanza importante in corrispondenza del ponte. A valle si localizzano nel canale, con spessori minori di 2 m.
Tratto 3	Per un tratto di circa 24 m interessano l'intera sezione del canale, con scavi poco importanti e poi si spostano lungo la sponda sinistra.	A valle del tratto completamente eroso, con spessori di 3 – 4 m.
Altro	A valle del ponte è stata misurata una portata al picco (linea blu) pari a 62.02 m ³ /s, registrata dopo mezz'ora dall'inizio dell'evento. Il bacino di ritenuta, posto a protezione dell'abitato, risulta essere completamente piena di materiale. Da sottolineare la presenza di erosioni e depositi a valle del bacino indice del fatto, che parte della colata non è stata trattenuta dall'opera.	



Per visualizzare meglio l'andamento delle erosioni e dei depositi all'interno del grafico, si è deciso di applicare una scala più bassa sull'asse y, questo comporta che il quantitativo di volume trattenuto dall'opera di difesa non risulta essere ben rappresentato, pertanto, in questo caso, per una maggiore chiarezza si può fare riferimento alla Tabella 34, dove è possibile comprendere la quantità di materiale trattenuto dal bacino di ritenuta durante l'evento di precipitazione di durata 40 minuti, circa **24000 m³**.



Dal grafico è possibile comprendere, che il bacino di ritenuta posto a protezione dell'abitato di Borca di Cadore non è stato in grado di trattenere tutto il materiale movimentato dall'evento, questo rappresentato dal fatto che la curva nella parte finale non assume valori pari a zero.

Troncone 4		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
1290	174.01	31140.69
1320	-78.07	30966.69
1350	-279.28	31044.75
1380	-321.57	31324.04
1410	-583.02	31645.61
1440	-571.81	32228.63
1470	-451.35	32800.43
1500	985.55	33251.78
1530	24160.13	32266.24
1560	-	8106.11

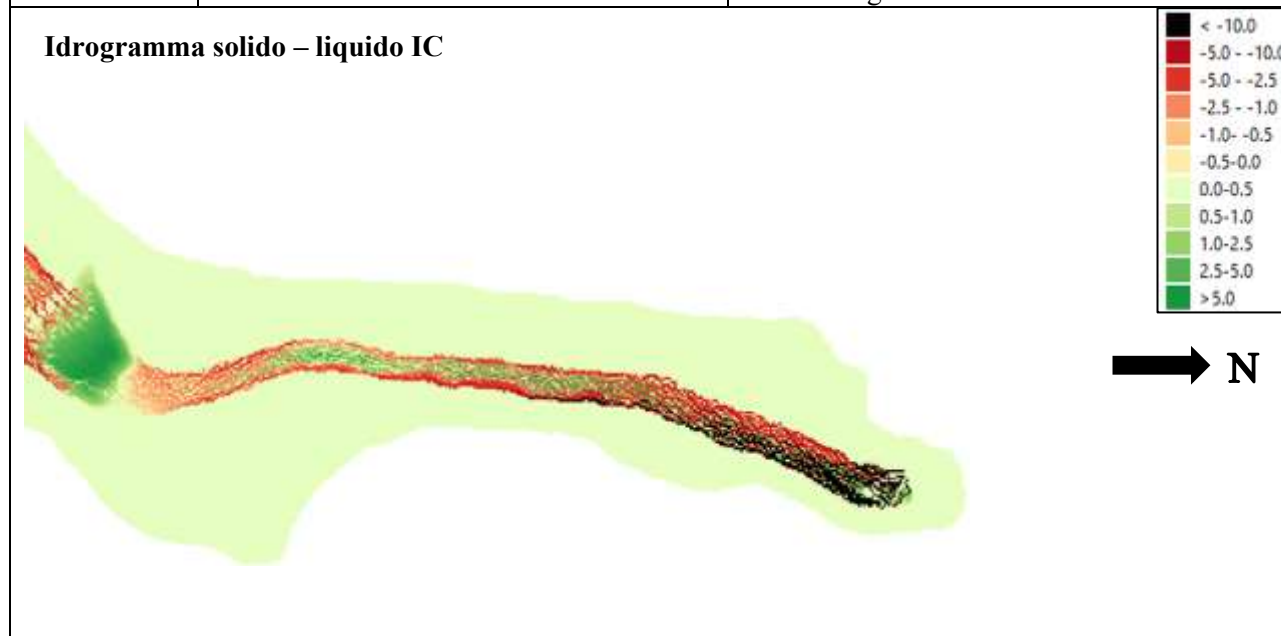
Tabella 34. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 4

Terminata la descrizione delle erosioni e dei depositi in presenza di un evento di precipitazione di durata 40 minuti, si effettua un confronto fra i risultati ottenuti dalle due simulazioni, così si individuano similitudini o differenze dei dati ottenuti nel caso in cui si utilizzino un idrogramma solido – liquido determinato partendo da un idrogramma a blocchi alterni o un idrogramma solido – liquido generato da un idrogramma ad intensità costante.

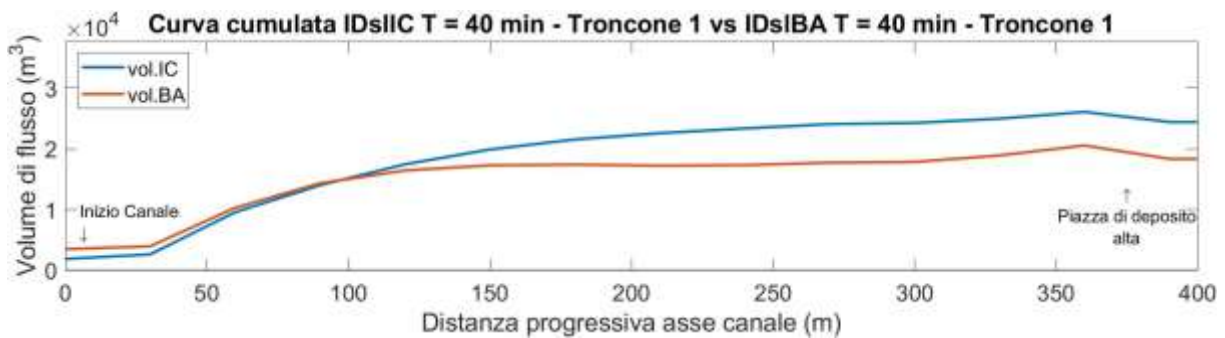
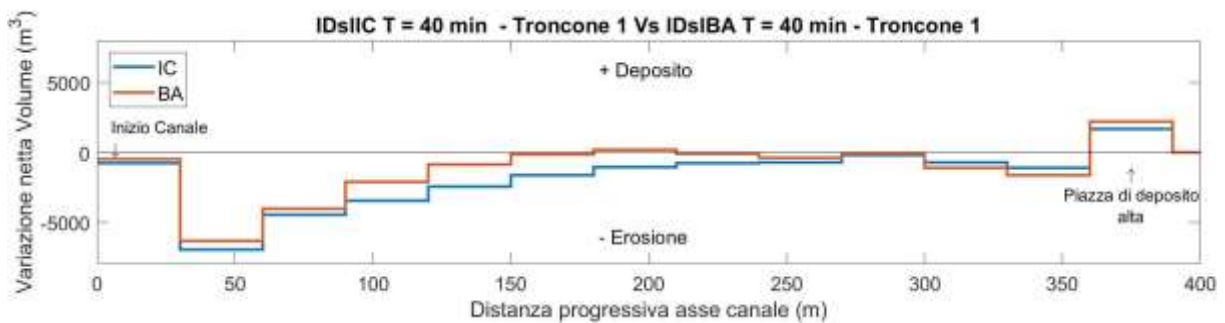
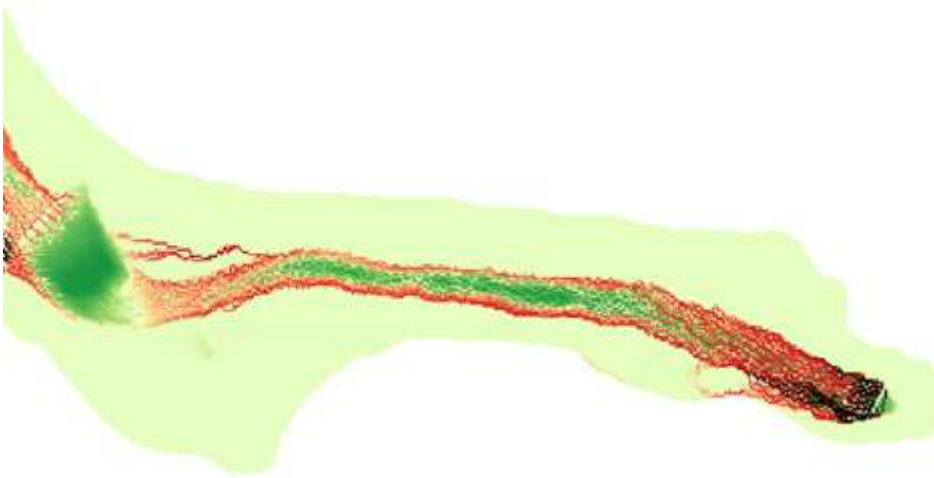
6.4.3. Confronto idrogramma solido – liquido IC vs Idrogramma solido – liquido BA

- Troncone 1 intensità costante vs Troncone 1 blocchi alterni

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Depositi pressoché assenti	L'idrogramma solido – liquido IC presenta azioni erosive ragguardevoli per un tratto maggiore del canale, mentre, l'idrogramma solido – liquido BA tende ad erodere maggiormente le sponde andando, così, ad allargare il canale.
Tratto 2	Erosione lungo le due sponde	Il canale risulta essere più largo, con l'idrogramma solido – liquido BA alterni. Inoltre, i depositi sono nulli con idrogramma solido – liquido IC.
Tratto 3	Andamento erosioni - depositi	Canale più largo con idrogramma solido – liquido BA, inoltre, crea un nuovo canale in destra idrografica.



Idrogramma solido – liquido BA



Dal confronto tra le due curve cumulate si può notare, che inizialmente la colata generata con idrogramma solido – liquido BA presenta un volume più elevato, spiegato dal fatto che il volume solido di input è più alto (3448.9 m^3) rispetto a quello dell'idrogramma solido – liquido IC (1824.7 m^3). Comunque, una volta entrati nel tratto successivo, si può notare che la curva cumulata individuata con idrogramma IC presenta volumi movimentati molto più considerevoli rispetto a quelli determinati con Idrogramma BA. Questo andamento continua anche oltre la piazza di deposito alta, che in entrambi i casi, è stata in grado di trattenere circa 1700 m^3 nel caso dell'idrogramma IC e circa 2200 m^3 nella simulazione con idrogramma solido – liquido determinato partendo da uno idrogramma a blocchi alterni.

La Figura 69 espone il confronto tra le portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel primo troncone di analisi.

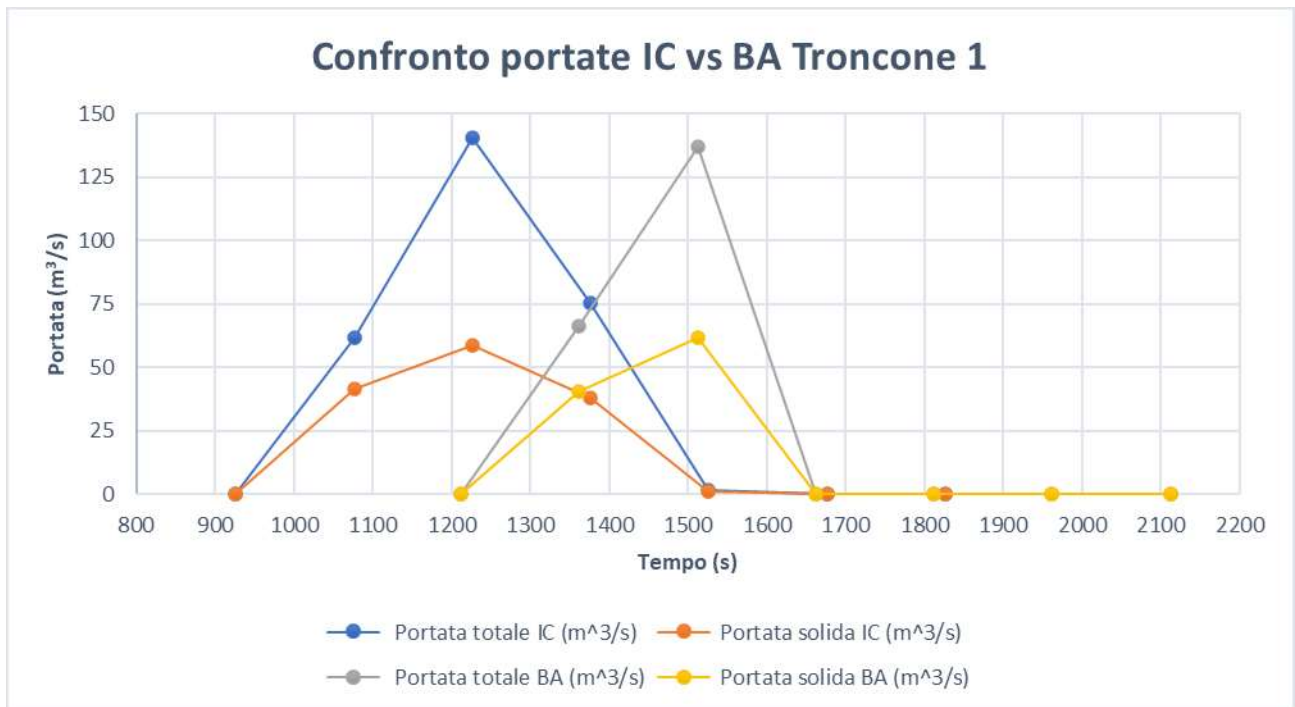
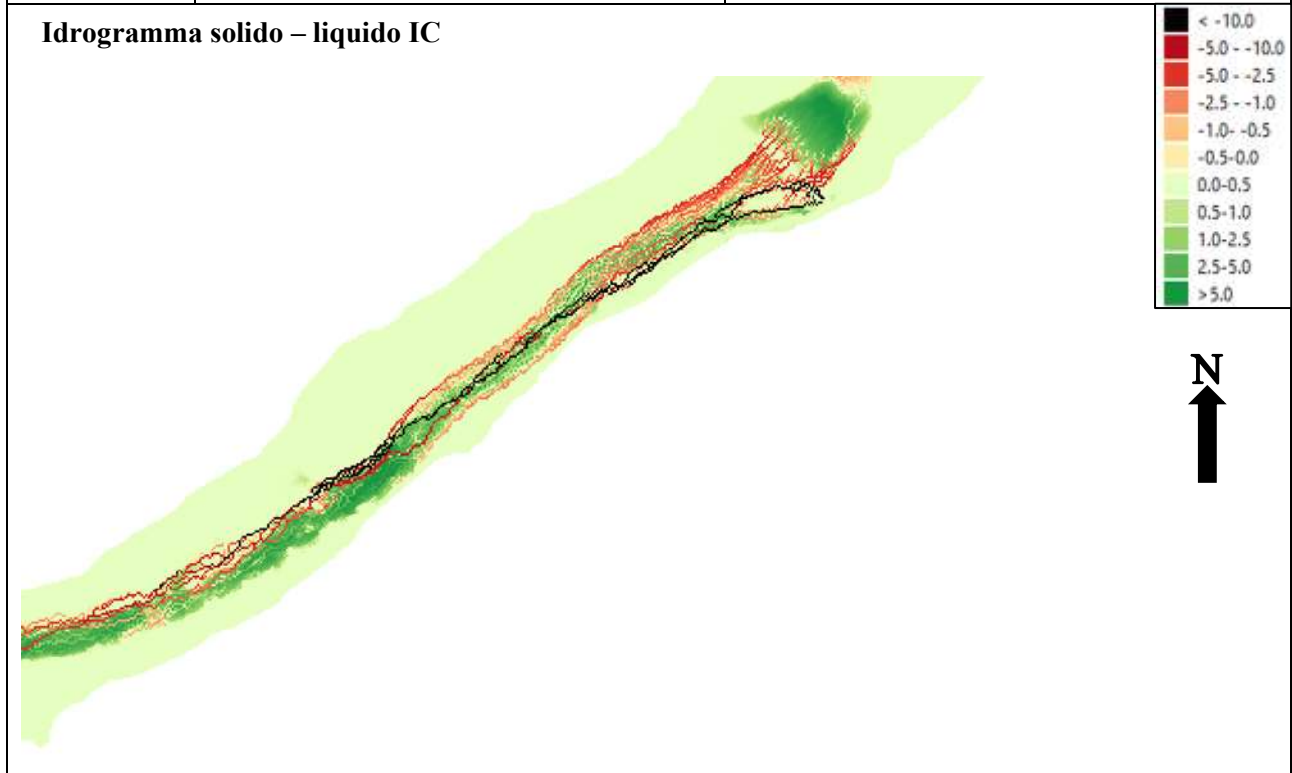


Figura 70. Confronto portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 3 del troncone 1

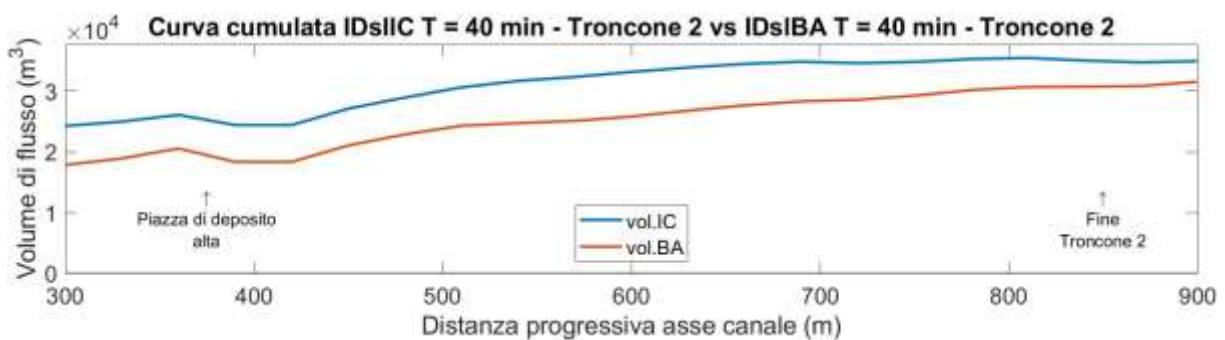
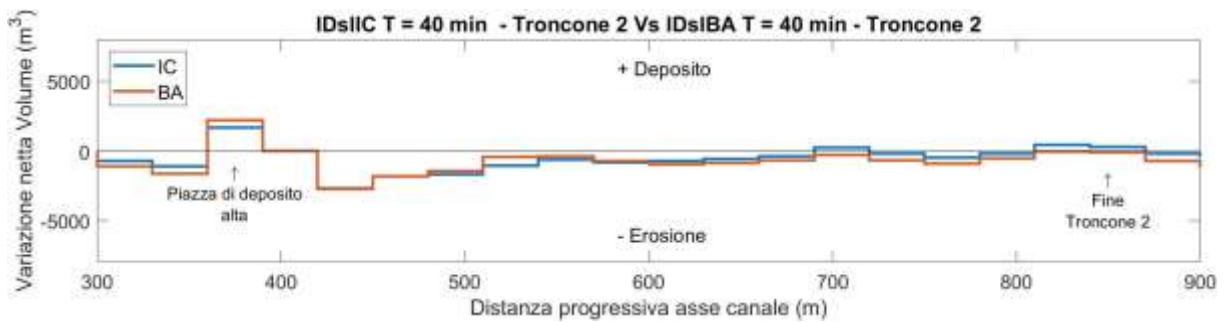
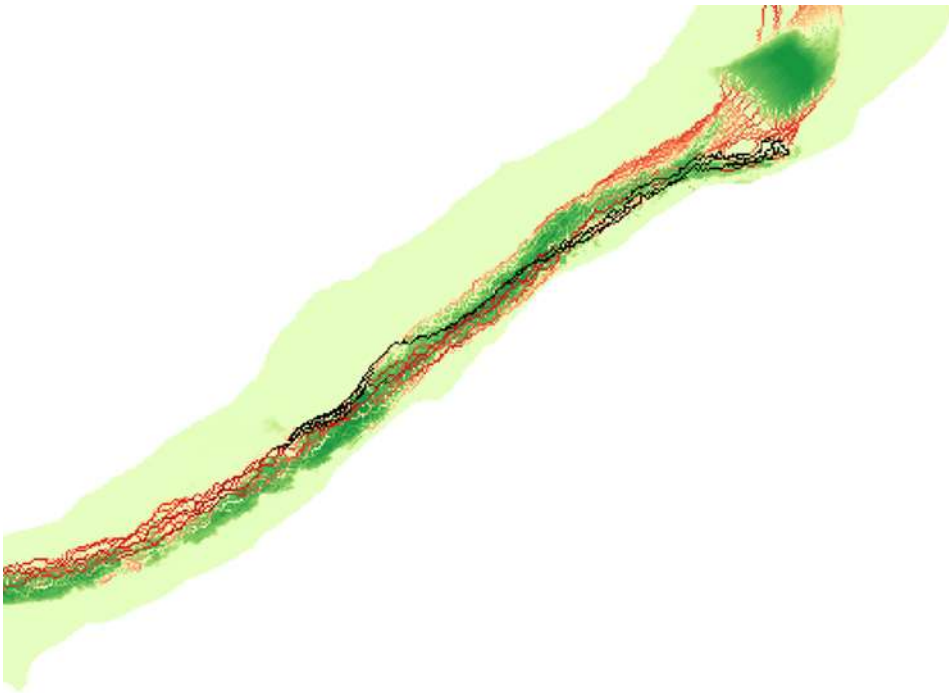
- Troncone 2 intensità costante vs Troncone 2 blocchi alterni

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Nessuna	Erosioni più marcate con idrogramma solido – liquido BA.
Tratto 2	Nessuna	Con idrogramma solido – liquido IC le erosioni interessano gran parte del canale, ma con scavi tendenzialmente più contenuti. Invece, in presenza di un idrogramma solido – liquido BA le erosioni interessano la sponda destra e la sinistra idrografica con scavi molto più intensi.
Tratto 3	Andamento depositi in sinistra idrografica	Con idrogramma a blocchi alterni le erosioni interessano una maggiore porzione delle sponde e del fondo rispetto a quelle determinate con l'altro idrogramma.
Tratto 4	Andamento depositi in sinistra idrografica	Erosioni interessano una maggiore sezione del canale, nel caso dell'idrogramma a blocchi alterni.

Idrogramma solido – liquido IC



Idrogramma solido – liquido BA

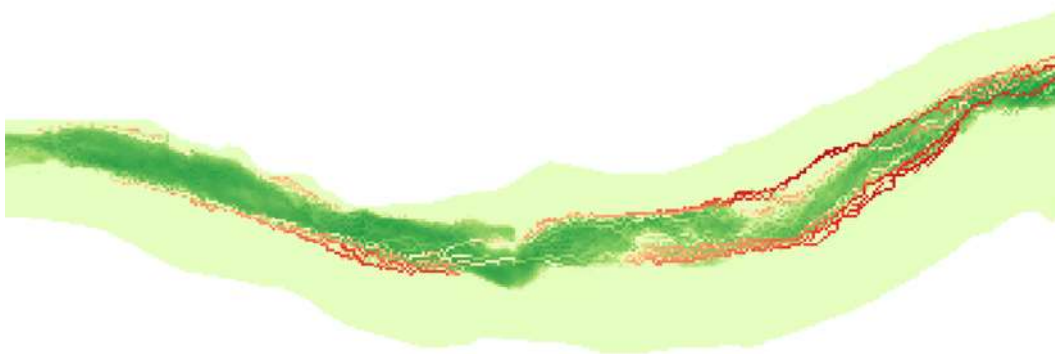


Come nel troncone 1, anche nel secondo la curva cumulata individuata con idrogramma solido – liquido determinato partendo da un idrogramma ad intensità costante presenta volumi più importanti, ma è da segnalare, che man mano che ci si sposta verso valle, il divario tra le due curve diminuisce in seguito al fatto che con idrogramma solido – liquido BA tende a movimentare più sedimento.

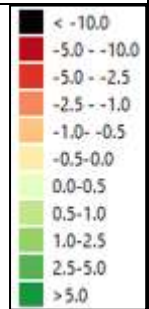
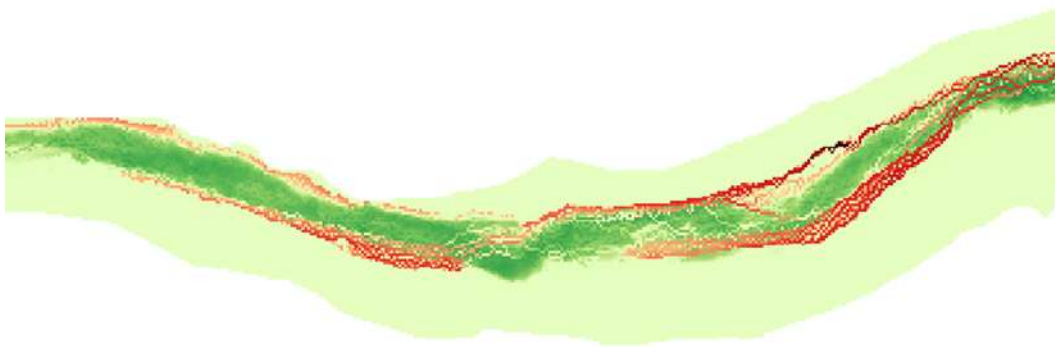
- Troncone 3 intensità costante vs Troncone 3 blocchi alterni

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Andamento erosioni – depositi Portate al picco presenta valori pressoché simili: 89.30 m ³ /s (int. Costante) e 88.91 m ³ /s (blocchi alterni)	Nei blocchi alterni le erosioni tendono a presentare scavi più marcati La portata al picco nell'idrogramma solido – liquido BA si è verificata al minuto 20, mentre, quella con idrogramma solido – liquido IC al minuto 25, ovvero, 5 minuti dopo.
Tratto 2	Andamento erosioni – depositi	Erosioni interessano un'area maggiore e sono più marcate con idrogramma solido – liquido IC.

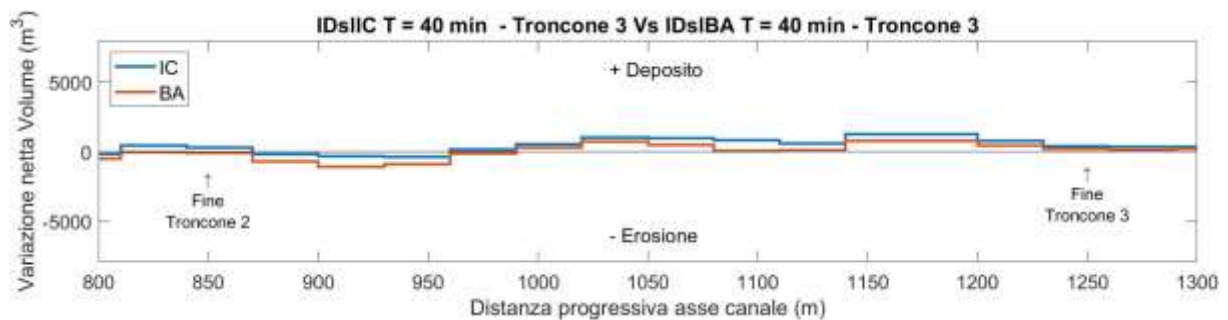
Idrogramma solido – liquido IC

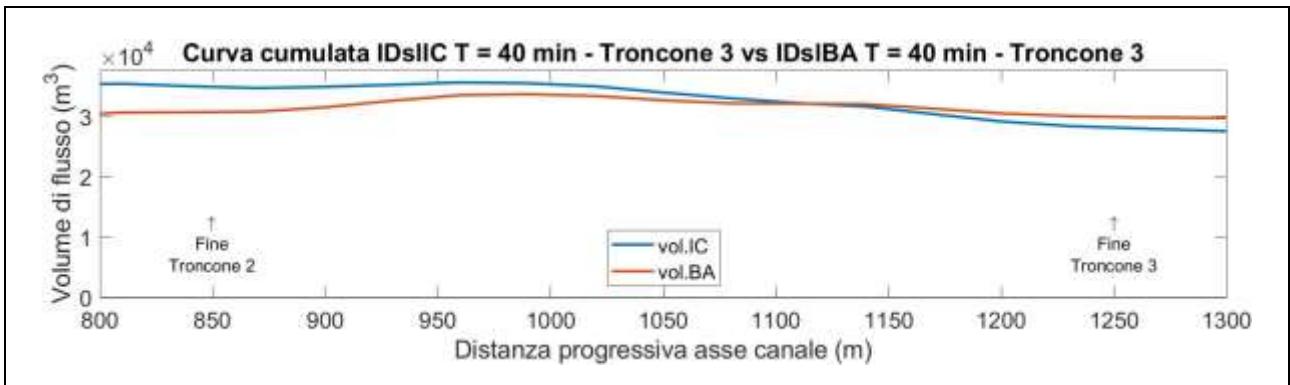


Idrogramma solido – liquido BA



N





Anche in questo troncone, è possibile comprendere, che il volume movimentato dalla colata detritica, simulata con idrogramma solido – liquido BA, risulta leggermente più contenuto rispetto a quello smosso dalla colata generata con idrogramma solido – liquido IC. Questo andamento continua per circa tre quarti del troncone e poi i volumi smossi con idrogramma solido – liquido BA diventano tendenzialmente più importanti.

La Figura 70 descrive il raffronto tra le portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel terzo troncone di analisi.

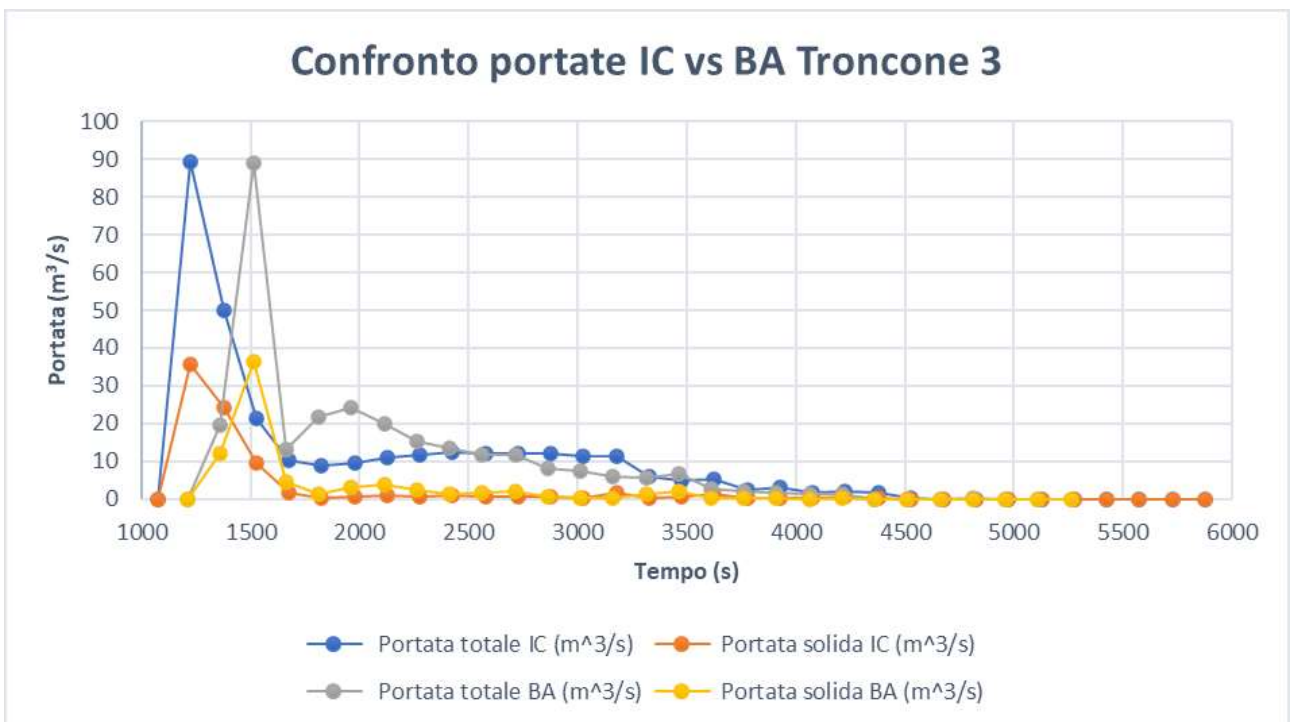
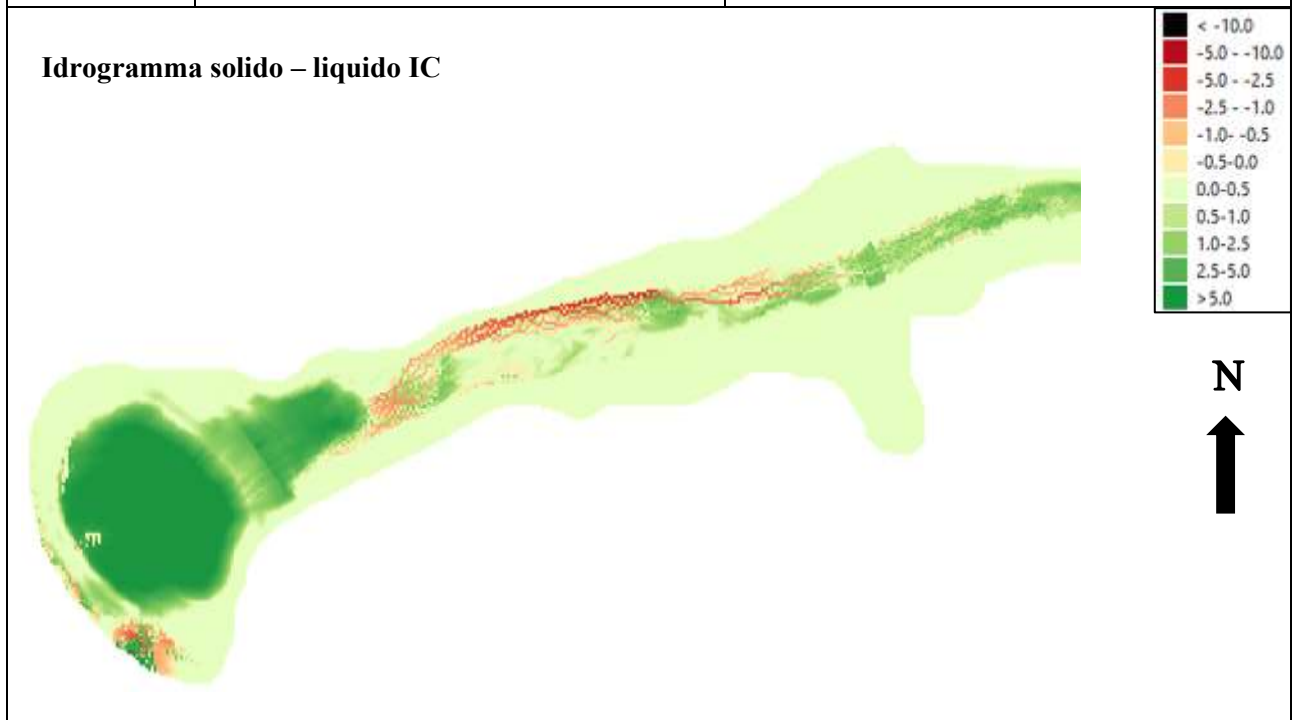


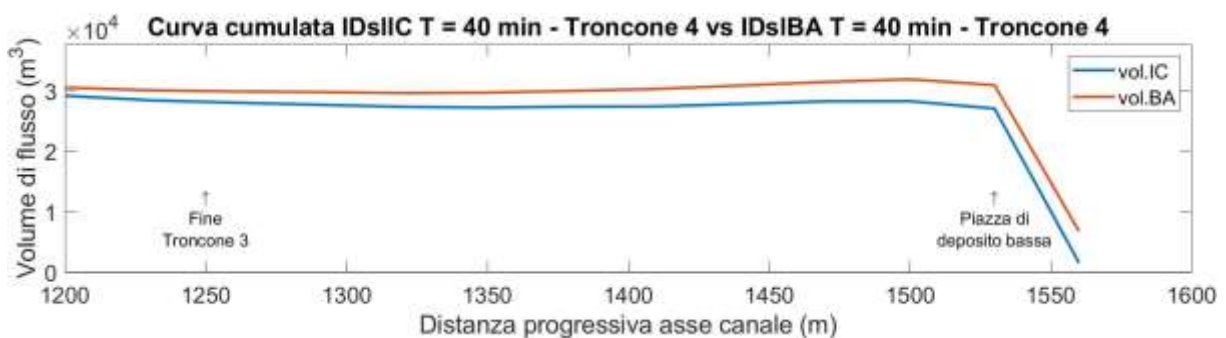
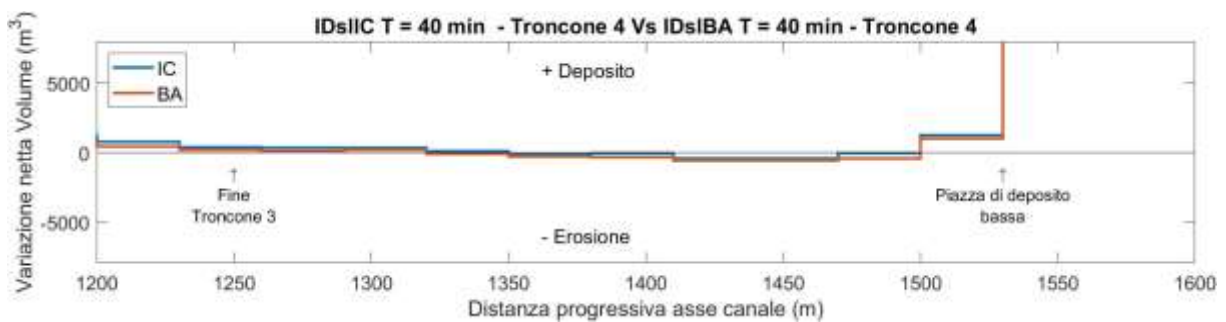
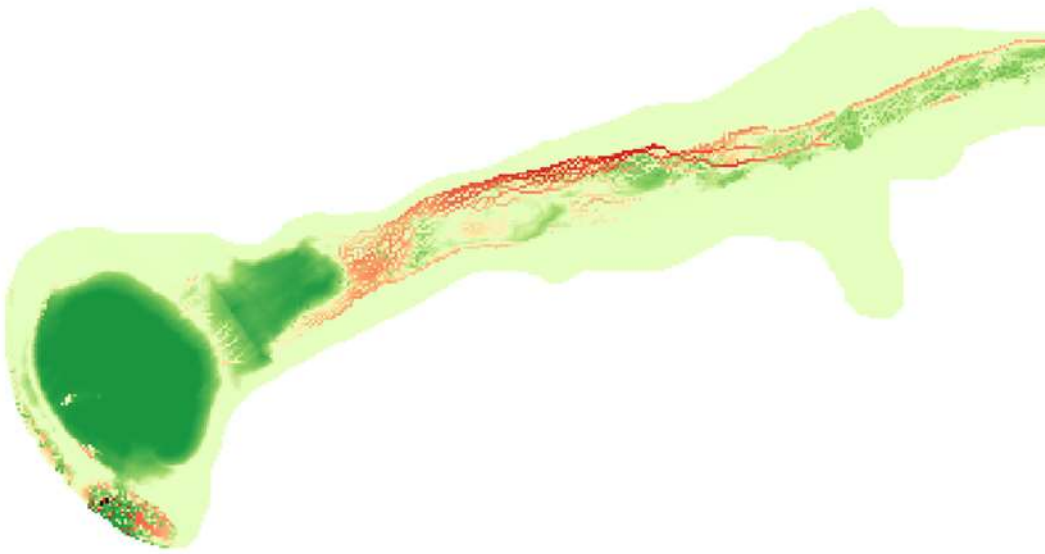
Figura 71. Confronto portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi poste nel tratto 1 del troncone 3

- Troncone 4 intensità costante vs Troncone 4 blocchi alterni

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Nessuna	Con idrogramma solido – liquido BA le erosioni tendono ad essere più marcate, mentre, i depositi risultano essere più contenuti, se confrontati con i risultati ottenuti con idrogramma solido – liquido IC.
Tratto 2	Andamento erosioni – depositi	Le erosioni tendono ad essere leggermente più contenute in presenza di un idrogramma solido – liquido IC. Mentre, i depositi sono meno marcati con idrogramma solido – liquido BA.
Tratto 3	Andamento erosioni - depositi	Erosioni interessano una maggiore porzione di canale in presenza di un idrogramma solido – liquido IC.
Bacino di ritenuta	Deposito all'interno del bacino Erosioni e depositi a valle del bacino, indice del fatto di una probabile fuoriuscita del deflusso.	Dimensione area interessata da erosioni e depositi al di fuori del bacino.



Idrogramma solido – liquido BA



Entranti nell'ultimo troncone di analisi è possibile valutare che il volume smosso dalla colata simulata con idrogramma solido – liquido BA è leggermente più elevato rispetto a quello smosso dalla colata determinata con un idrogramma solido – liquido IC.

Concludendo, si può dire, che in presenza di un evento di precipitazione di durata di 40 minuti le masse smosse sono più elevate nel caso in cui si utilizzi come input nel modello un idrogramma solido – liquido determinato partendo da un idrogramma a blocchi alterni. Inoltre, il bacino di ritenuta posto a monte dell'abitato di Borca

di Cadore non ha trattenuto tutto il materiale smosso da entrambi gli eventi simulati, pertanto, il sistema difensivo presente non ha svolto al meglio il suo compito.

La Figura 71 rappresenta il confronto tra le portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel quarto troncone di analisi.

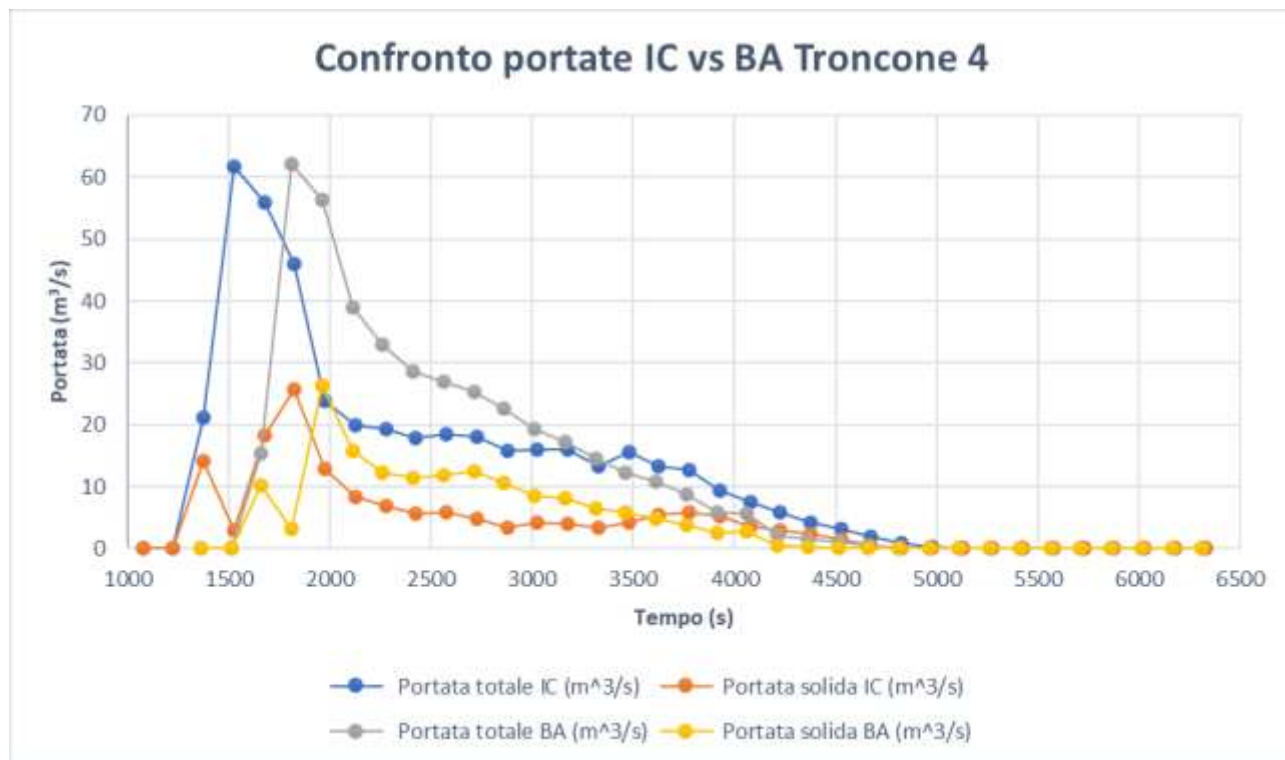


Figura 72. Confronto portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 4

6.5. Idrogramma solido – liquido di durata 50 minuti

L'evento di precipitazione di durata 50 minuti genera un fenomeno di colata detritica, che va a formare depositi ed erosioni all'interno del reticolo oggetto di studio. Per valutare, al meglio, le erosioni e i depositi si suddivide il canale in quattro tronconi, che a loro volta vengono divisi in tratti, così si facilita l'analisi. Da sottolineare, che per la simulazione dell'evento si utilizzano due tipi di idrogrammi solido – liquidi. Il primo determinato partendo da un idrogramma ad intensità costante, mentre, il secondo è generato da un idrogramma a blocchi alterni. Alla fine delle valutazioni si effettuerà un confronto dei risultati ottenuti, per identificare similitudini o differenze del fenomeno in presenza dei due diversi idrogrammi.

6.5.1. Idrogramma solido – liquido IC di durata 50 minuti

Per rappresentare l'evento, che ha generato il fenomeno di colata detritica, si sono utilizzati due idrogrammi solido – liquidi illustrati alle Figure 72 e 73. Il primo inserito nel canale principale, più precisamente a monte del primo troncone di analisi, mentre, il secondo è posto nel Bus del Diau, reticolo secondario, che si immette nel canale principale a valle della piazza di deposito alta.

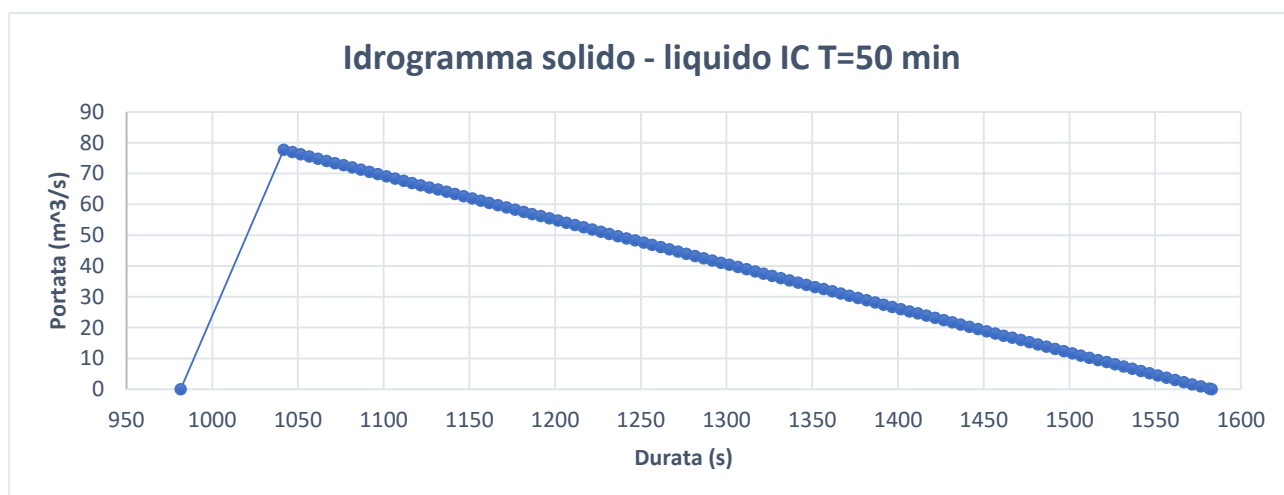


Figura 73. Idrogramma solido – liquido IC T = 50 min

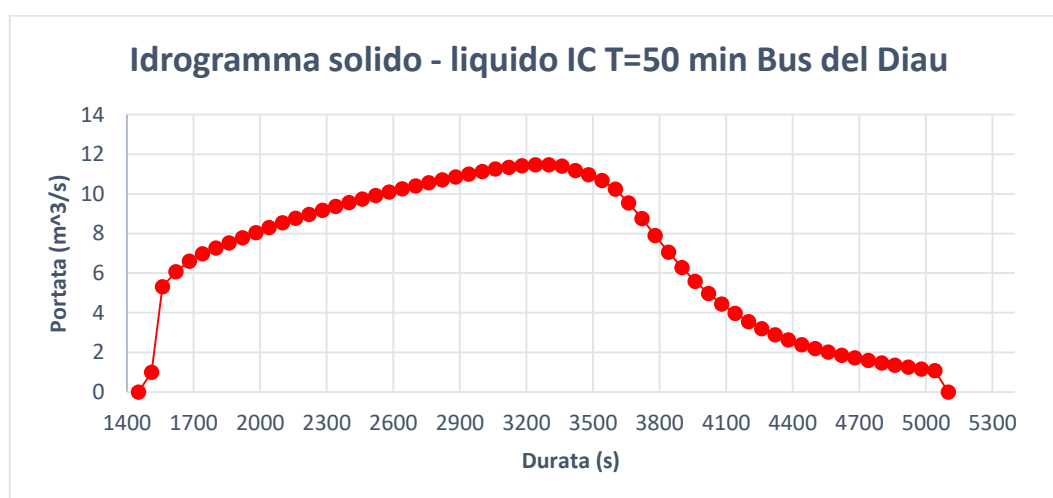
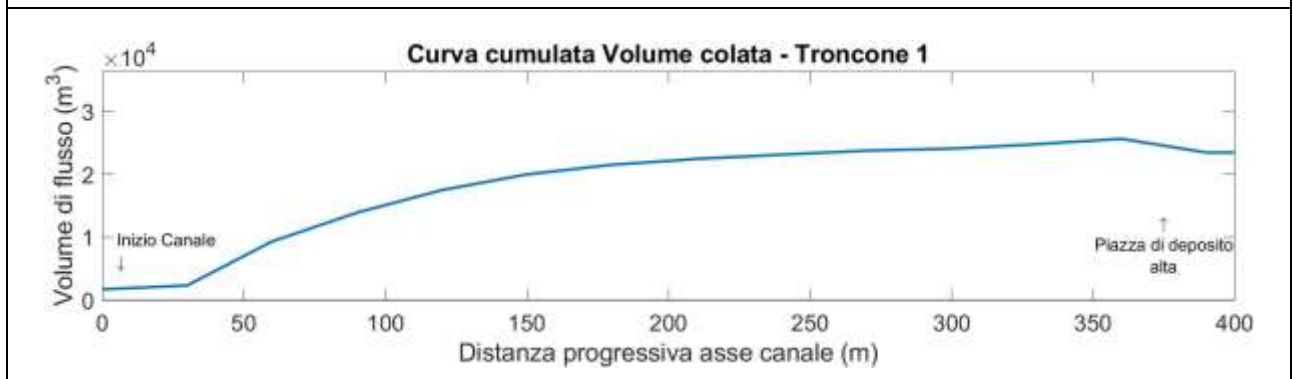
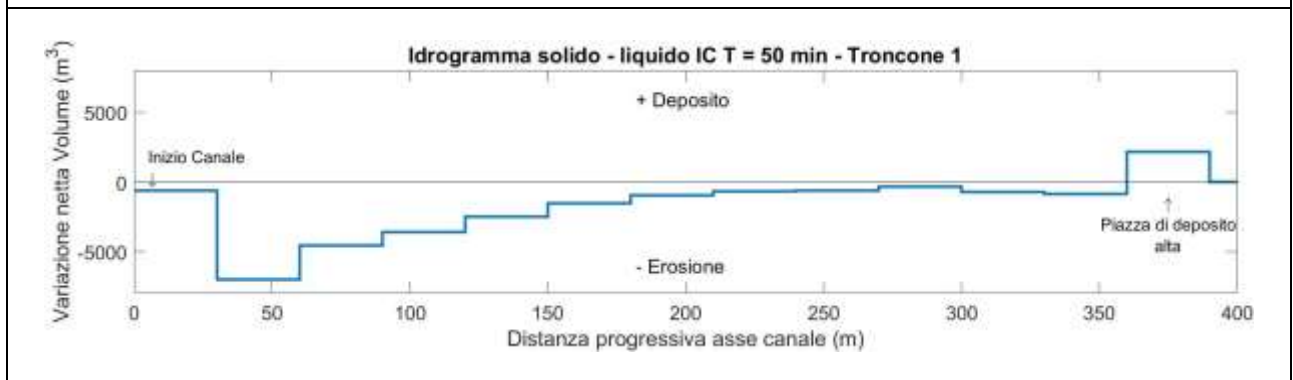
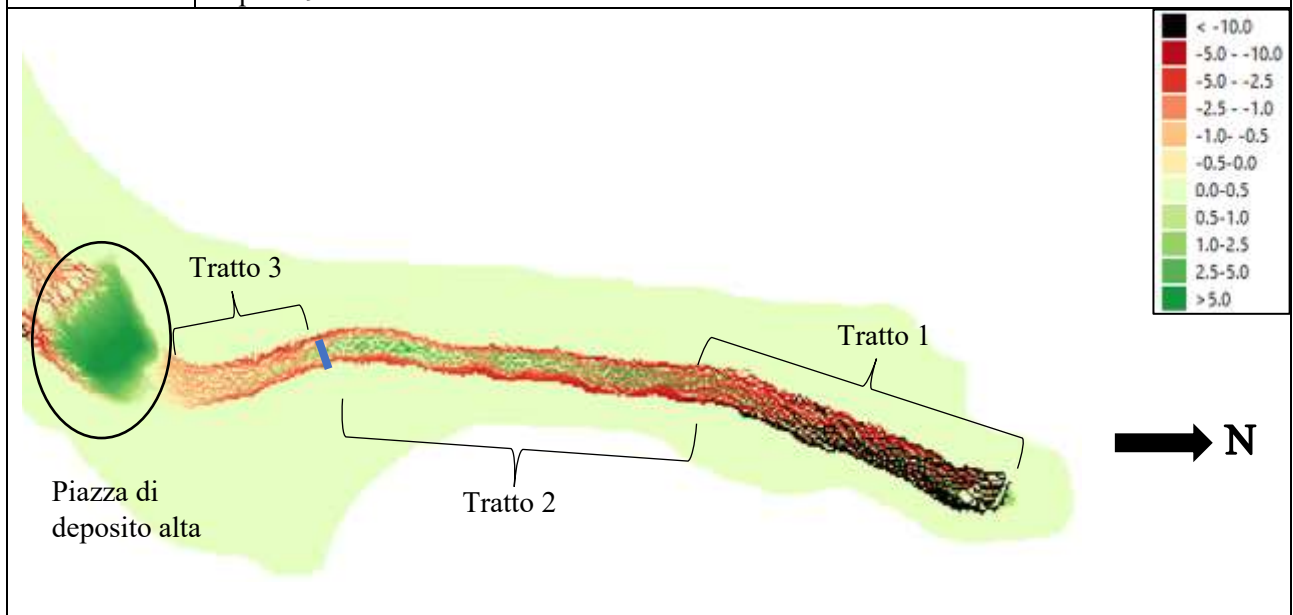


Figura 74. Idrogramma solido – liquido IC T = 50 min Bus del Diau

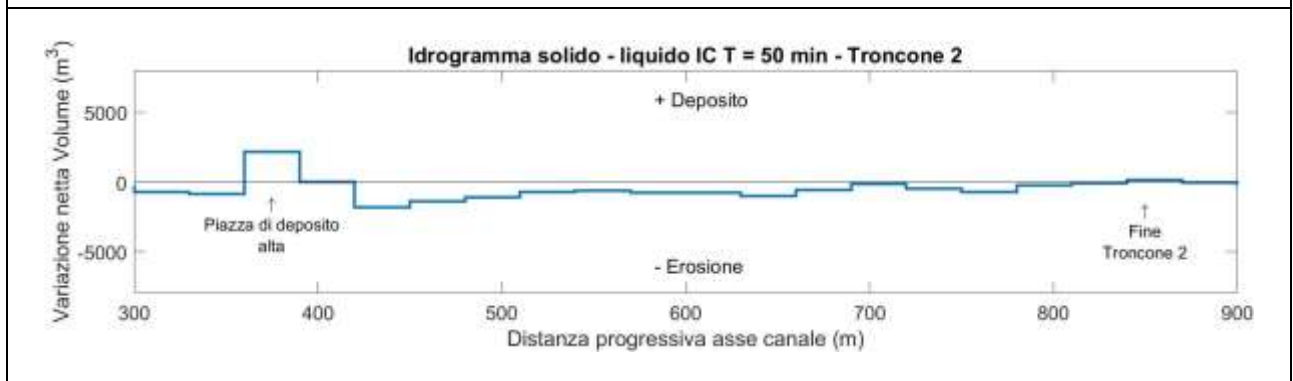
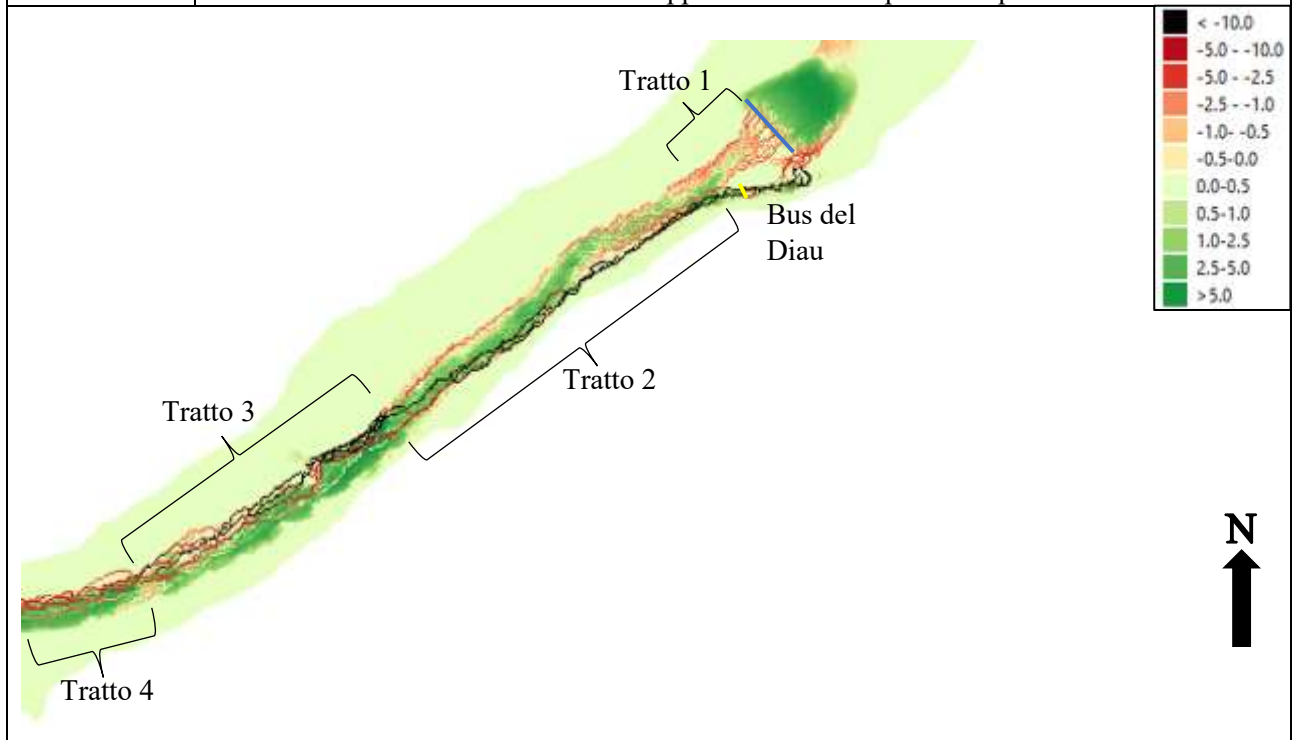
Troncone 1	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Interessano l'intera sezione del canale con scavi più marcati in sinistra idrografica.	Localizzate sul fondo con spessori poco importanti.
Tratto 2	Sulle sponde con scavi ragguardevoli, e sul fondo con azioni erosive più contenute (1 - 3 m).	Sul fondo. Man mano che ci si va verso valle occupano una maggiore porzione di canale.
Tratto 3	Interessano l'intero tratto con scavi contenuti.	Pressoché assenti.
Altro	La piazza di deposito agevola il deposito di materiale, grazie alla sua bassa pendenza, per tale motivo, al suo interno, si raggiungono spessori compresi tra 2 - 5 m. Presenza di erosioni all'interno dell'area di deposito, visibili nella parte sinistra e finale della piazza. Nell'ultimo tratto è presente una sezione di calcolo (linea blu), che registra la portata al picco del fenomeno. La portata massima raggiunta è pari a 137.62 m ³ /s ed è stata misurata dopo 1291 secondi dall'inizio dell'evento.	

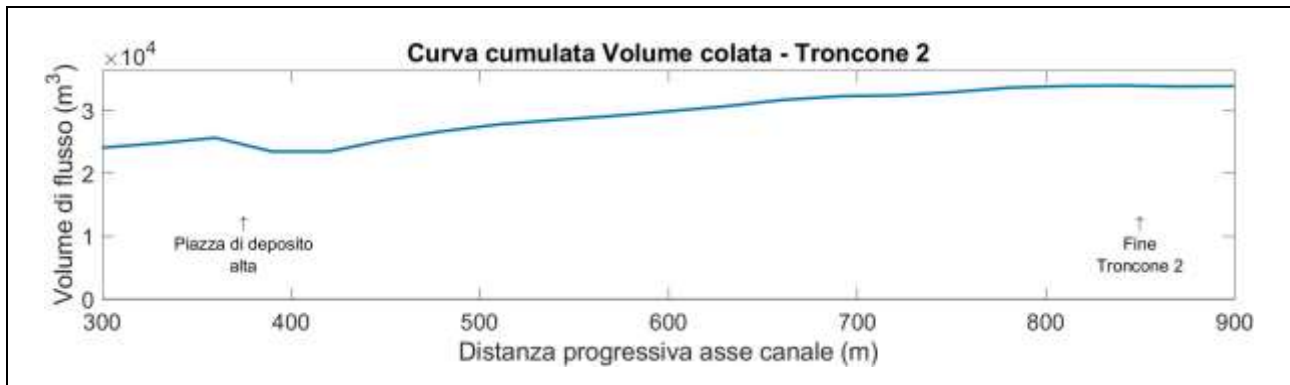


<i>Troncone 1</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
0	-605.51	1708.10
30	-7006.16	2313.61
60	-4576.84	9319.77
90	-3586.85	13896.61
120	-2490.73	17483.46
150	-1529.09	19974.19
180	-939.72	21503.27
210	-681.00	22443.00
240	-629.37	23123.99
270	-317.41	23753.37
300	-700.97	24070.78
330	-864.66	24771.75
360	2185.88	25636.42

Tabella 35. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 1

Troncone 2	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Lungo le due sponde.	Presenti nella parte finale del tratto con spessori inferiori al metro e mezzo.
Tratto 2	Lungo le sponde e in minima parte sul fondo. Erosioni molto più ragguardevoli in sinistra, che in destra idrografica. Alla fine del tratto la colata si sposta lungo la sponda destra.	All'interno del canale con spessori inferiori ai 2 m.
Tratto 3	In destra idrografica con profondità di scavo molto importanti.	In sinistra idrografica con altezze < 4.5 m. Questo andamento indicando, che la colata si è spostata verso l'esterno e ha depositato a causa del rallentato.
Tratto 4	In destra idrografica con scavi leggermente più contenuti rispetto al tratto precedente.	In sinistra idrografica con depositi inferiori ai 3 metri di altezza.
Altro	A valle della piazza è presente una sezione di analisi della portata (linea blu). Dai dati emerge, che la portata al picco, è stata raggiunta dopo 21 minuti dall'inizio dell'evento, ed è pari a 104.04 m ³ /s. Da segnalare la presenza del punto di immissione del Bus del Diau, corso d'acqua secondario caratterizzato da un basso apporto solido e da portate liquide elevate.	

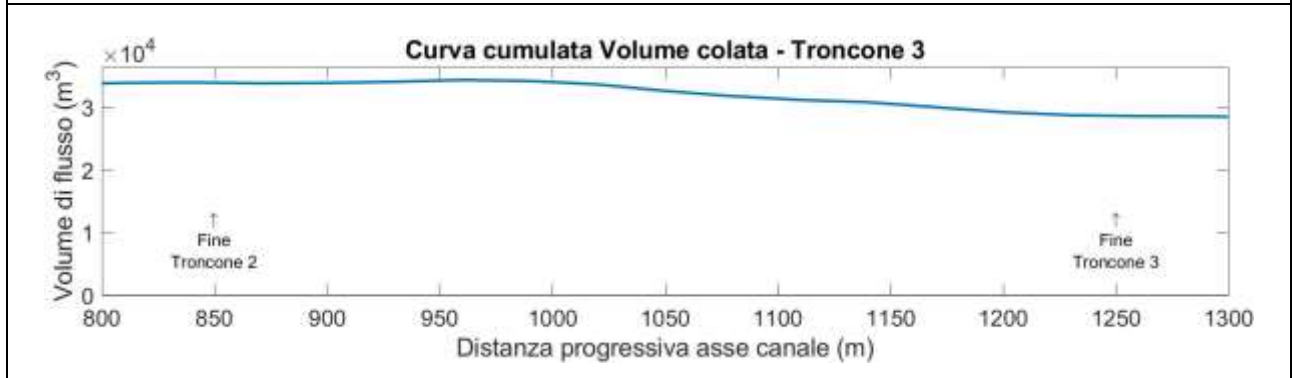
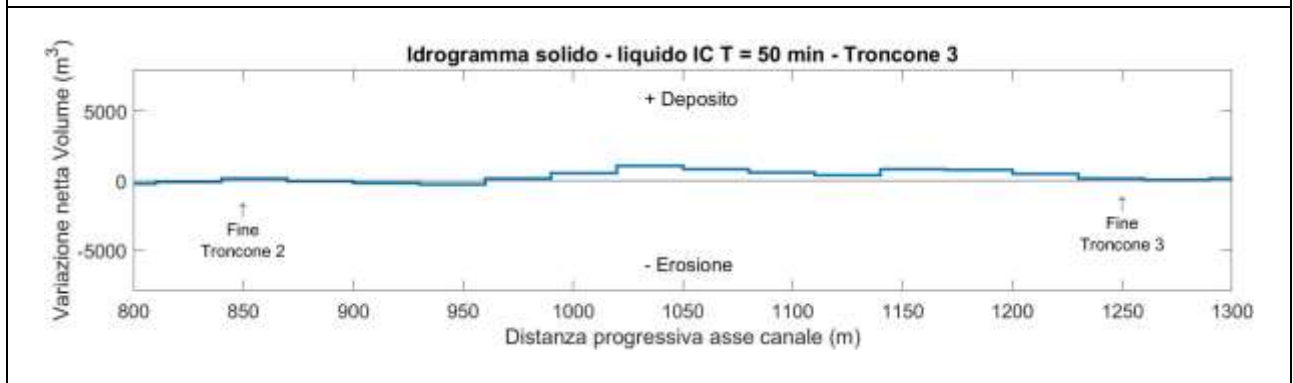
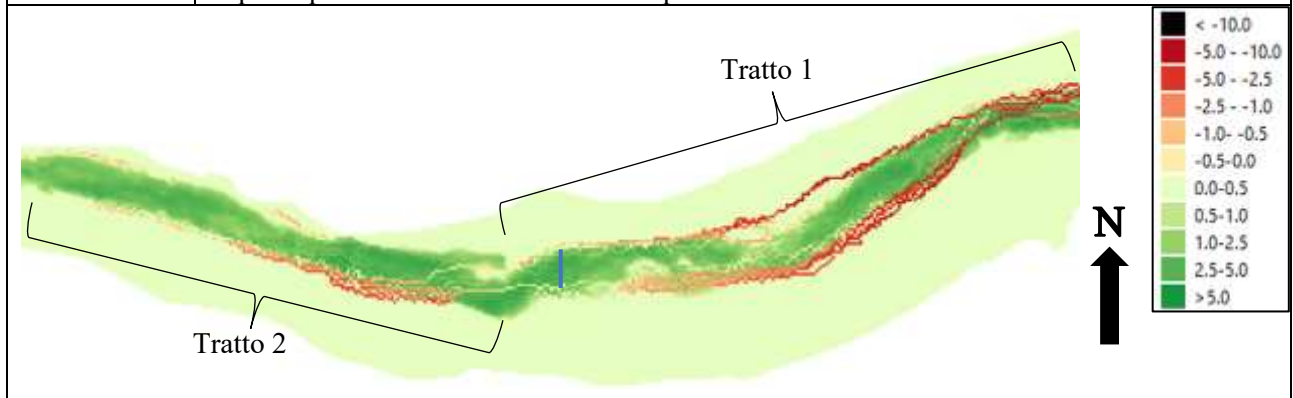




Troncone 2		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
390	-652.43	23450.54
420	-1820.87	24102.96
450	-1392.67	25923.83
480	-1091.70	27316.50
510	-722.62	28408.20
540	-612.54	29130.82
570	-760.24	29743.36
600	-786.75	30503.59
630	-1002.26	31290.34
660	-596.35	32292.60
690	-153.34	32888.95
720	-484.31	33042.29
750	-733.38	33526.60
780	-259.25	34259.98
810	-78.51	34519.23
840	147.31	34597.74

Tabella 36. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 2

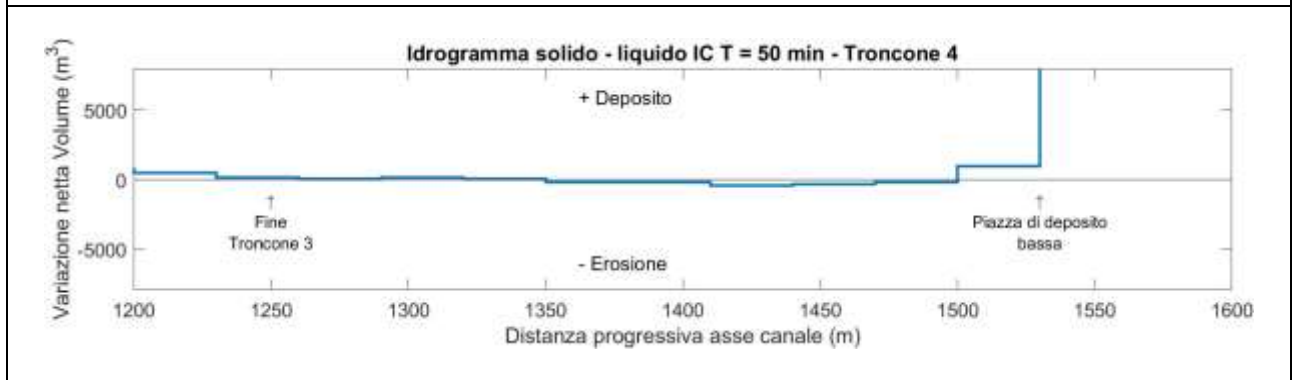
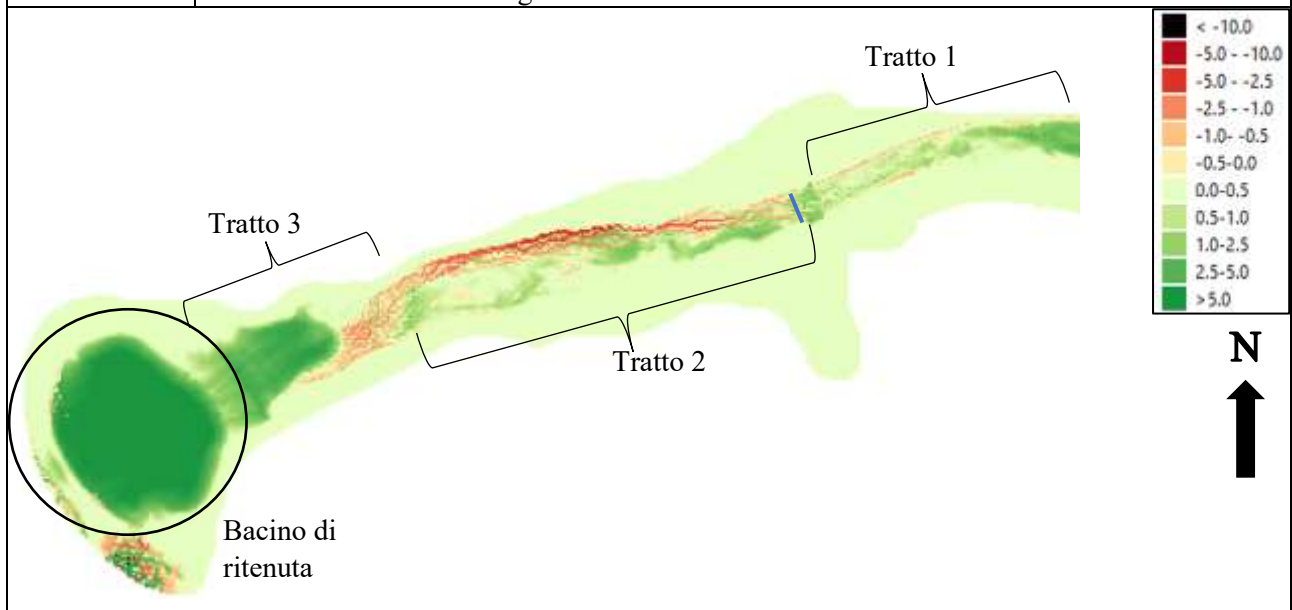
Troncone 3	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Inizialmente si attestano in destra idrografica, poi l'azione di scavo si concentra sulle due sponde. Gli scavi sono pressoché simili lungo le sponde con l'unica differenza, che in sinistra idrografica terminano in prossimità di una curva, indice del fatto che la colata si è spostata lungo la sponda destra. Poco più a valle succede la stessa cosa, solo che in questo punto il fenomeno è tornato in sinistra idrografica.	Inizialmente presentano spessori di < 3 m, poi diminuiscono fino a raggiungere spessori di circa mezzo metro ed infine tornano ad aumentare in presenza delle due curve, indice del fatto che la colata ha rallentato.
Tratto 2	In sinistra idrografica, con scavi mai superiori a 3 – 4 m. Diminuiscono man mano, che si va verso valle. Erosioni molto contenute in sponda destra.	Occupano buona parte della sezione del canale con spessori importanti (< 3.5 m).
Altro	Nel tratto 1 è inserita una sezione di analisi della portata (linea blu), che registra una portata al picco pari a 72.74 m ³ /s. Misurata dopo 1291 secondi dall'inizio dell'evento.	



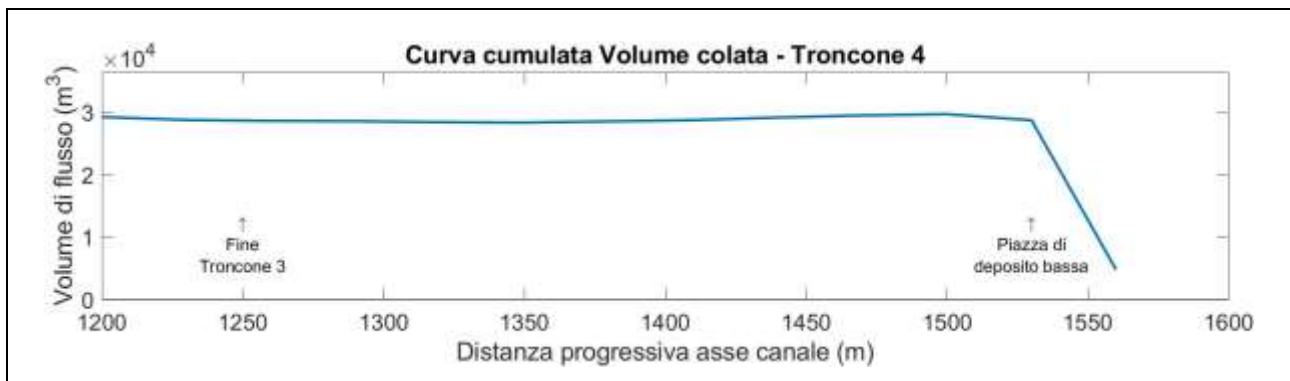
Troncone 3		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
870	-67.83	34450.43
900	-181.89	34518.26
930	-281.92	34700.15
960	159.57	34982.07
990	548.75	34822.50
1020	1044.22	34273.75
1050	829.37	33229.53
1080	597.46	32400.16
1110	364.12	31802.69
1140	803.07	31438.58
1170	786.35	30635.51
1200	486.18	29849.16
1230	134.86	29362.98
1260	54.92	29228.13

Tabella 37. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 3

Troncone 4	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Erosioni lungo la sponda destra e sulla sponda sinistra per brevi tratti.	Spessori molto contenuti, inferiori al metro, in alcuni inferiori pure a 0.5 m.
Tratto 2	In destra idrografica, inizialmente contenute (<1.5 m) e poi aumentano di intensità (3 – 4 m). Erosioni localizzate in sponda sinistra con scavi molto modesti.	Occupano alcune aree del canale con spessori inferiori a 2 m.
Tratto 3	Per un tratto di 22 m interessano l'intera sezione del canale con scavi contenuti, poi si spostano lungo la sponda sinistra.	Dopo al tratto scavato con spessori < 4 m.
Altro	A valle del ponte è presente una sezione di analisi, che ha misurato una portata al picco (linea blu) pari a 55.18 m ³ /s, misurata dopo 29 minuti dall'inizio dell'evento. Il bacino di ritenuta, posto a protezione dell'abitato di Borca, risulta essere completamente riempito dal materiale trasportato dalla colata. Da evidenziare la presenza di depositi ed erosioni a valle del bacino, indice del fatto, che l'opera di difesa non è stata in grado di trattenere tutto il deflusso generato dell'evento.	



Per visualizzare meglio l'andamento delle erosioni e dei depositi all'interno del grafico, si è deciso di applicare una scala più bassa sull'asse y, questo comporta che il quantitativo di volume trattenuto dal bacino di ritenuta non risulta essere ben rappresentato, pertanto, in questo caso, per una maggiore chiarezza si può fare riferimento alla Tabella 38, dove è possibile evincere la quantità di materiale movimentato e trattenuto dall'opera.



Dal grafico è possibile comprendere, che il bacino di ritenuta non è stato in grado di trattenere tutto il materiale movimentato dall'evento, come di fatto già descritto all'interno della valutazione fotografica del fenomeno.

Troncone 4		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
1290	159.84	29173.21
1320	64.69	29013.36
1350	-193.32	28948.68
1380	-201.72	29142.00
1410	-420.28	29343.72
1440	-330.78	29764.00
1470	-201.50	30094.78
1500	976.31	30296.28
1530	23927.11	29319.97
1560	-	5392.86

Tabella 38. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 4

6.5.2. Idrogramma solido – liquido BA di durata 50 minuti

Per illustrare l'evento, che ha dato vita al fenomeno di colata detritica, si sono utilizzati due idrogrammi solido – liquidi illustrati alle Figure 74 e 75. Il primo inserito dentro il canale principale, a monte del troncone 1, mentre, il secondo è posto nell'alveo del Bus del Diau, che presenta portate prettamente liquide.

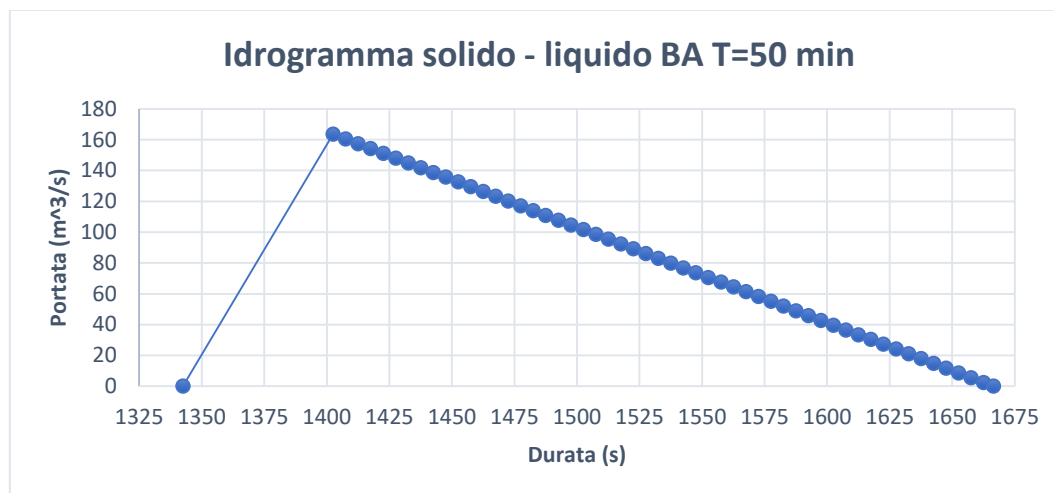


Figura 75. Idrogramma solido – liquido BA T = 50 min

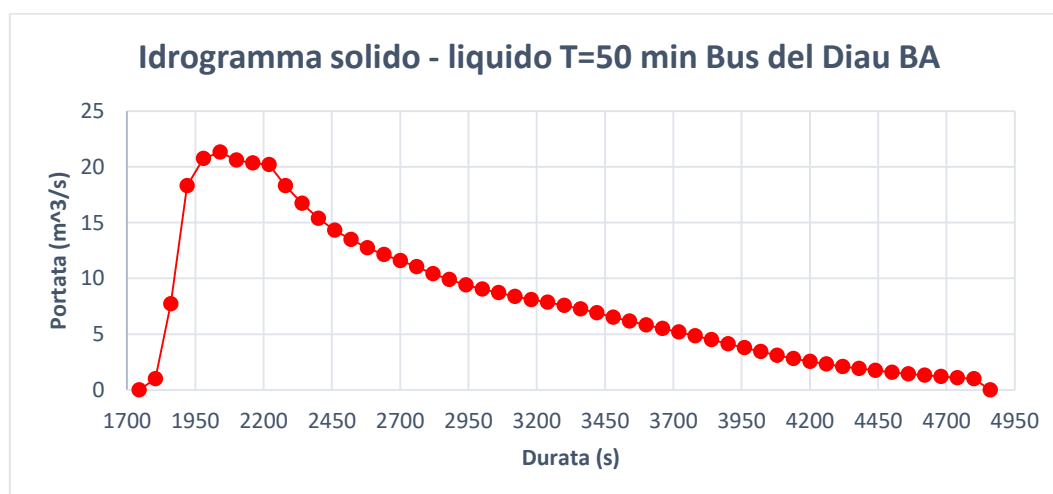
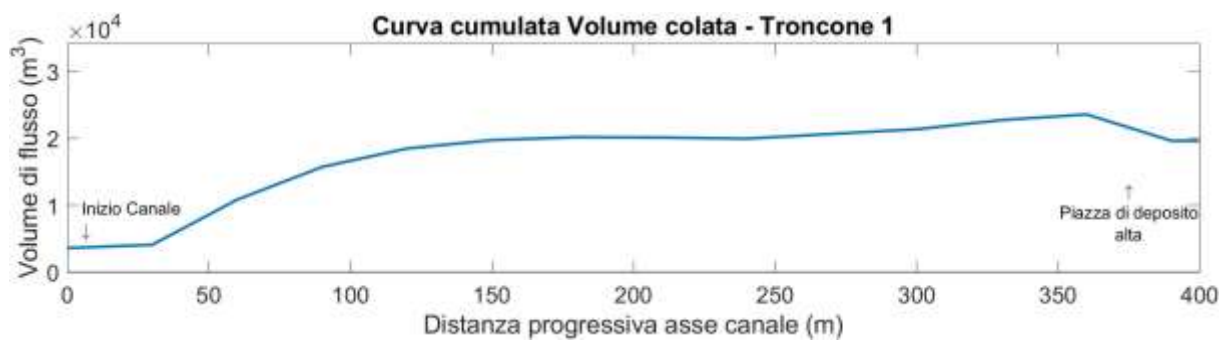
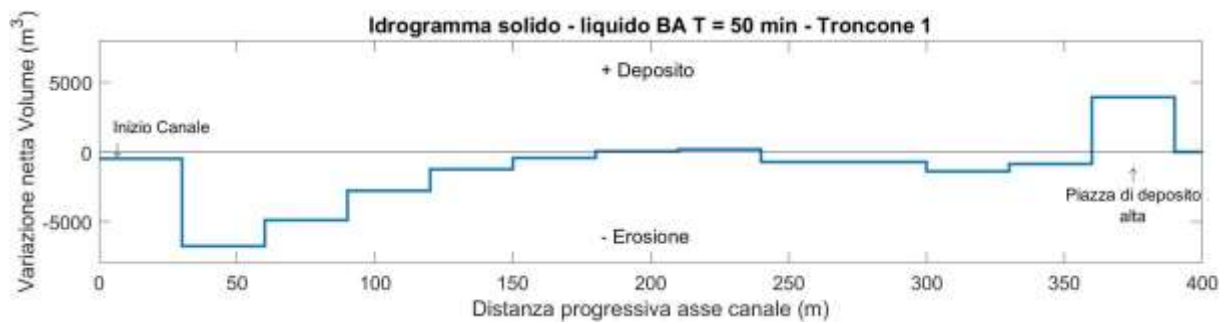
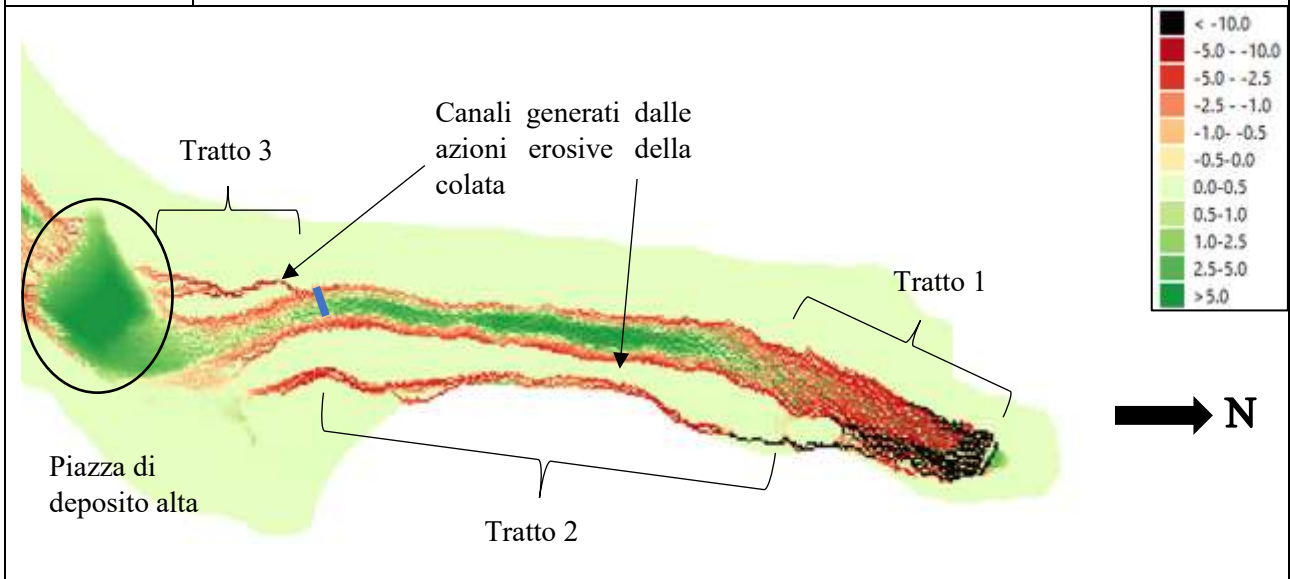


Figura 76. Idrogramma solido – liquido BA T = 50 min Bus del Diau

Troncone 1	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Interessano l'intera sezione del canale con scavi considerevoli lungo le sponde.	Pressoché assenti.
Tratto 2	Lungo le due sponde ed in minima parte sul fondo. Formazione di un canale secondario, in sinistra idrografica, a causa delle fortissime erosioni lungo la sponda.	All'interno dell'alveo con spessori < 4 – 5 m.
Tratto 3	Lungo la sponda destra e sinistra, con scavi più importanti presenti su quest'ultima. Nascita di un secondo canale secondario, in destra idrografica, a causa degli eccessi scavi.	Presentano spessori di qualche metro e si congiungono con il materiale depositato all'interno della piazza di deposito.
Altro	All'interno della piazza i depositi presentano spessori inferiori ai 6 – 7 m. Da sottolineare, che una parte del deposito ha risalito il canale posto a monte della piazza, inoltre, si segnala la presenza di erosioni nella parte sinistra della piazza.	

Nel tratto finale è presente una sezione di analisi della portata (linea blu), che in questo caso ha misurato una portata al picco pari a $143.88 \text{ m}^3/\text{s}$. Registrata dopo 27 minuti dall'inizio dell'evento.

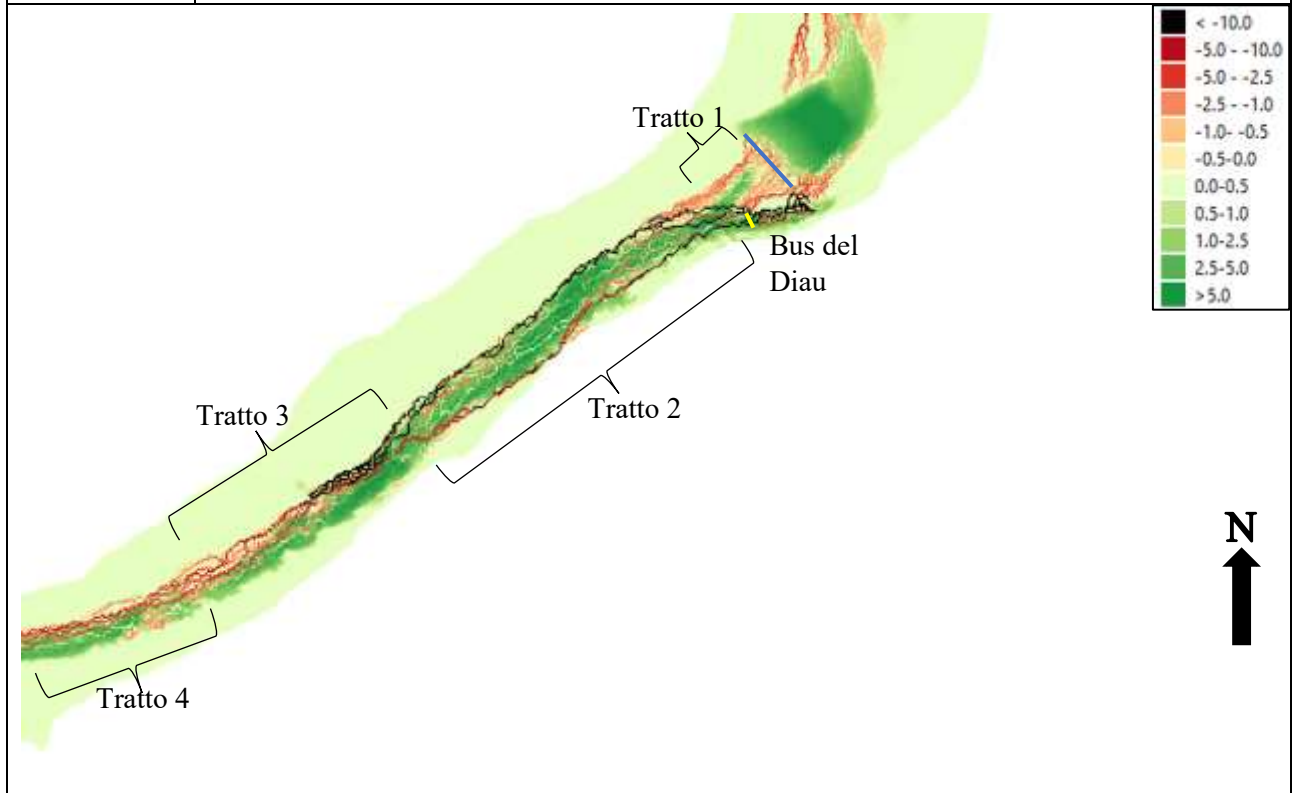


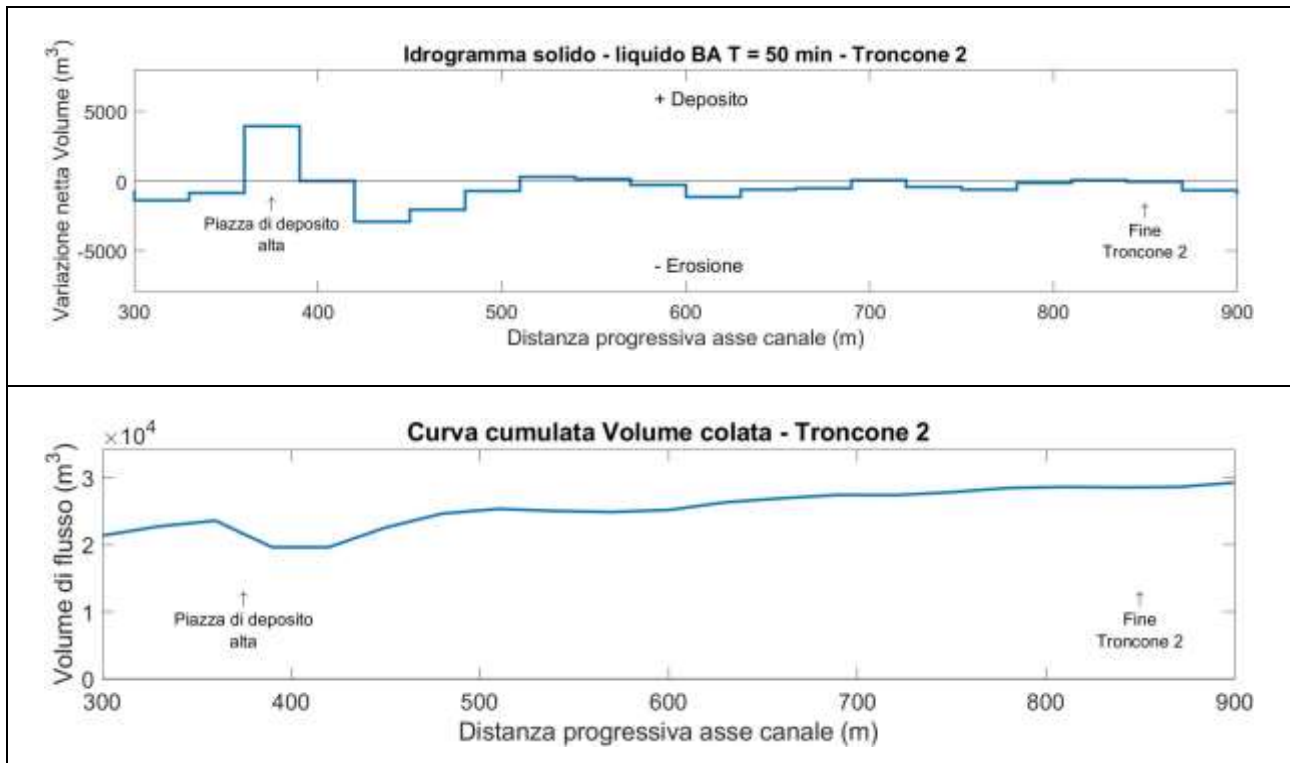
<i>Troncone 1</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m^3)</i>	<i>Volume cumulato (m^3)</i>
0	-492.01	3589.80
30	-6752.92	4081.81
60	-4900.22	10834.72
90	-2767.84	15734.94
120	-1252.10	18502.78
150	-439.99	19754.88
180	52.53	20194.87
210	169.23	20142.34

240	-709.82	19973.11
270	-702.47	20682.93
300	-1374.28	21385.40
330	-853.25	22759.68
360	3961.30	23612.93

Tabella 39. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 1

Troncone 2	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Interessano le sponde del canale con scavi pressoché simili.	Nella parte finale del tratto con spessori inferiori ai 2.5 m.
Tratto 2	Gli scavi più importanti si attestano lungo la sponda destra, mentre, lungo la sponda sinistra, inizialmente sono simili a quelli in destra idrografica, ma poi, verso valle, diventano un po' più contenuti. Sul fondo sono presenti scavi, ma con una intensità bassa.	Occupano quasi l'intera sezione del canale con spessori medi inferiori ai 3 m. In alcuni punti raggiungono altezze anche pari a 5 m.
Tratto 3	In destra idrografica. Scavi più ragguardevoli lungo la sponda, mentre, più contenuti sul fondo. Da sottolineare, che man mano che si va verso valle le azioni erosive scavano meno.	In sinistra idrografica. Indicando uno spostamento della colata verso l'esterno e quindi un suo rallentamento.
Tratto 4	Sponda destra e sul fondo con scavi meno importanti rispetto al tratto precedente.	In sinistra idrografica con spessori < di 2 – 3 m.
Altro	A valle della piazza è presente una sezione di calcolo della portata (linea blu), che misura una portata al picco pari a 139.68 m ³ /s. registrata dopo 27 minuti dell'inizio dell'evento. Se la portata viene comparata con quella del troncone 1, sembra che la piazza non abbia svolto al meglio il suo compito, ma è da ricordare che la portata del troncone 1 non presenta al suo interno i deflussi dei canali secondari nati a causa delle azioni erosive del fenomeno	

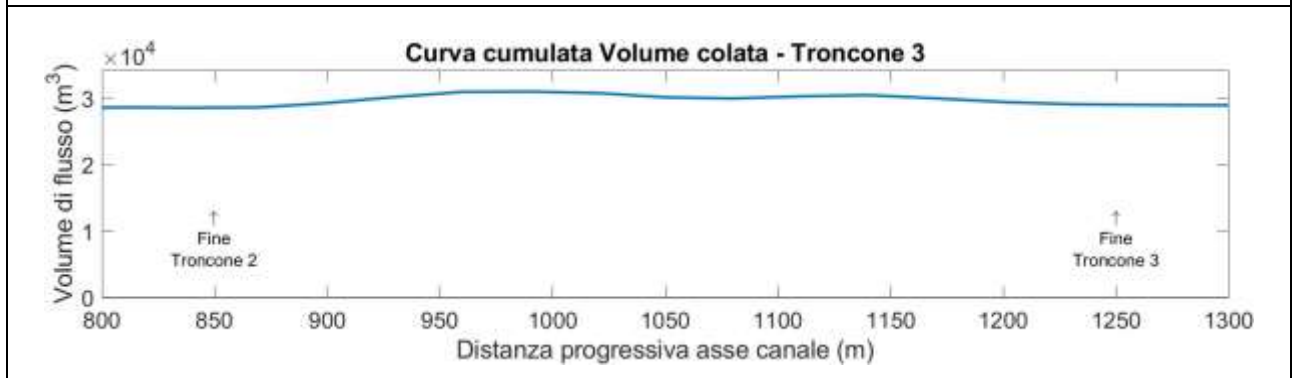
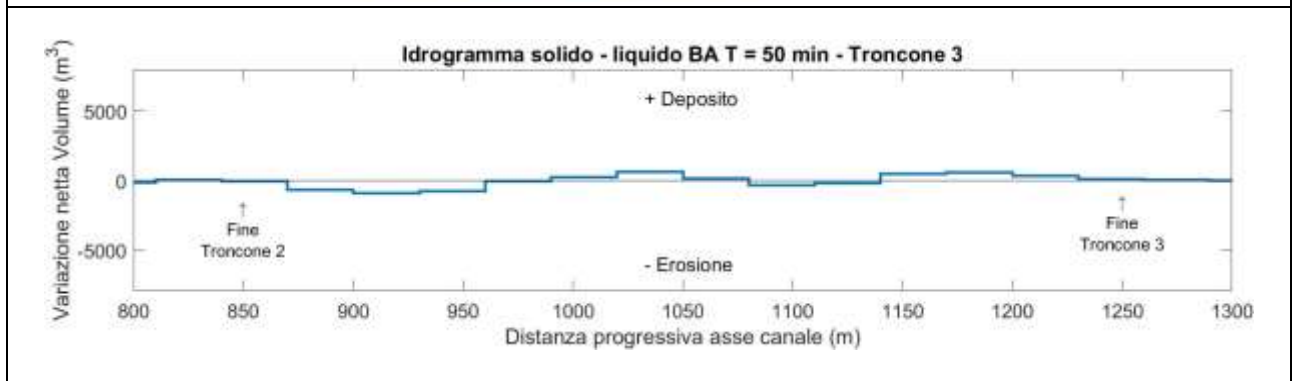
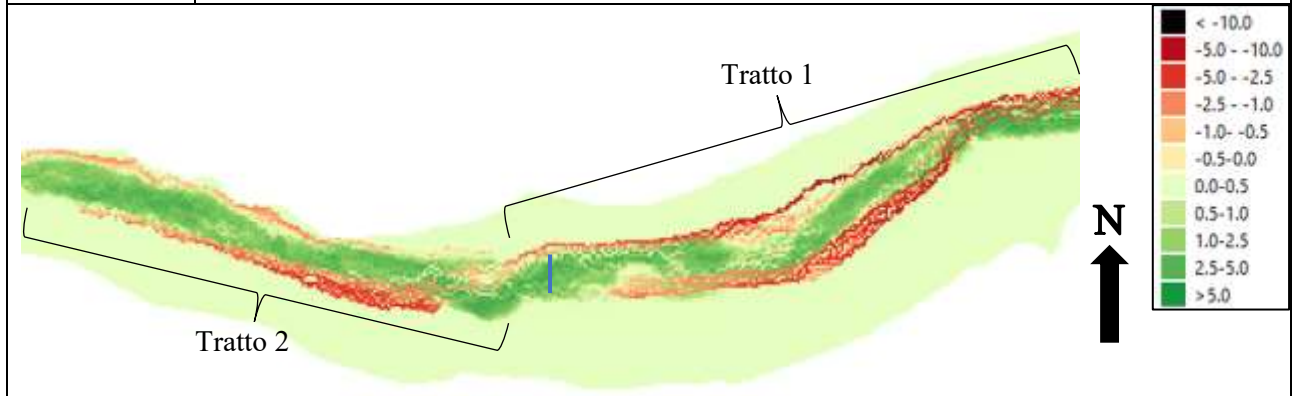




<i>Troncone 2</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
390	-1159.34	19651.64
420	-2930.91	20810.98
450	-2080.43	23741.89
480	-706.94	25822.32
510	310.26	26529.26
540	155.45	26219.00
570	-300.34	26063.56
600	-1147.64	26363.90
630	-601.93	27511.54
660	-509.10	28113.47
690	41.26	28622.57
720	-435.37	28581.31
750	-634.87	29016.68
780	-155.15	29651.55
810	71.58	29806.70
840	-69.24	29735.12

Tabella 40. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 2

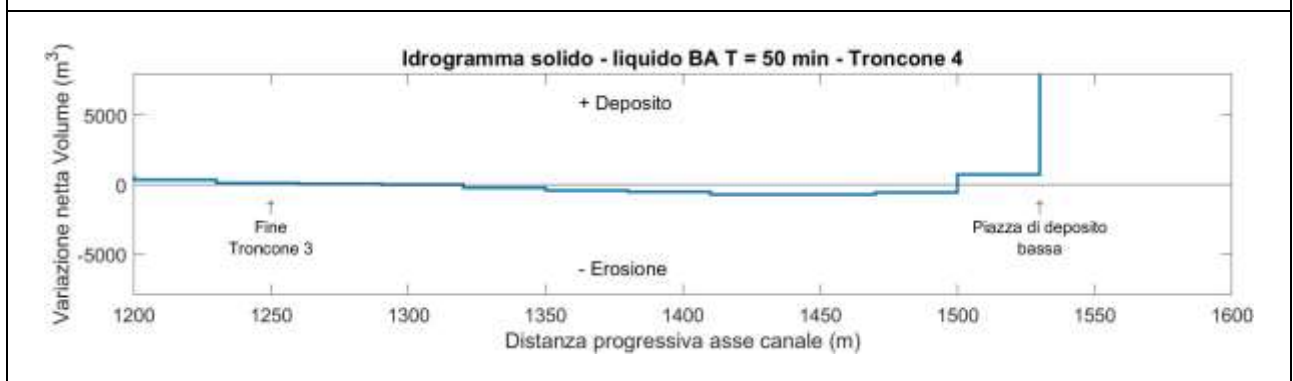
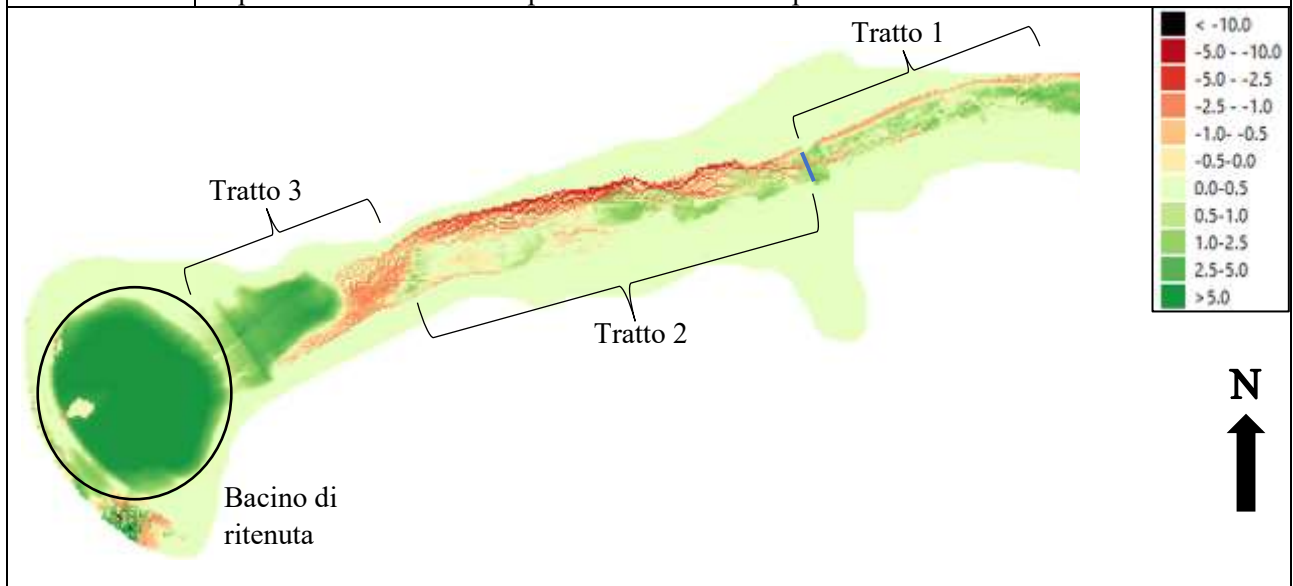
Troncone 3	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Inizialmente interessano la destra idrografica. Poi si concentrano lungo la parte interna ed esterna della curva, dove viene interessata un'area maggiore e gli scavi sono tendenzialmente più importanti rispetto la parte interna. Verso valle, le erosioni in sinistra idrografica si annullano, indicando il fatto, che la colata si è spostata verso la destra idrografica.	Nella parte iniziale presenta spessori di un 2 – 3 m. Nella parte finale i depositi si attestano in sinistra idrografica con spessori inferiori ai 3 m.
Tratto 2	In presenza di una curva le erosioni tornano ad interessare le sinistra idrografica, con scavi importanti nella parte esterna della curva che diminuiscono man mano, che si va verso valle. Presenti anche lungo la sponda destra con scavi più contenuti rispetto a quelli in sinistra.	Occupano buona parte del canale con spessori mai superiori ai 3 m.
Altro	Presente una sezione di analisi della portata (linea blu) nella parte finale del tratto 1, dove viene misurata una portata al picco di 83.43 m ³ /s, registrata dopo 1652 secondi dall'inizio dell'evento.	



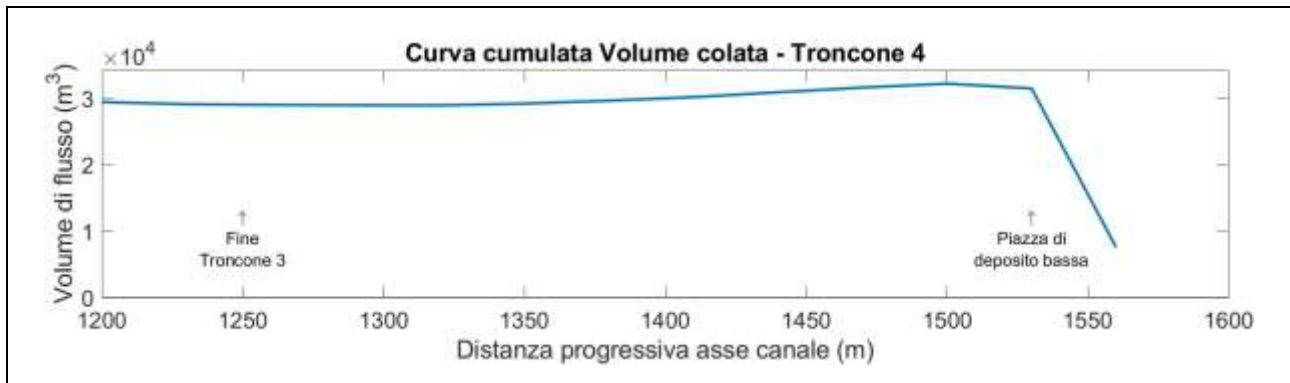
Troncone 3		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
870	-653.92	29804.37
900	-905.16	30458.29
930	-767.91	31363.44
960	-44.40	32131.35
990	219.42	32175.75
1020	641.63	31956.33
1050	167.91	31314.71
1080	-319.92	31146.79
1110	-180.83	31466.71
1140	483.30	31647.54
1170	562.78	31164.24
1200	324.43	30601.46
1230	98.46	30277.03
1260	52.71	30178.56

Tabella 41. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 3

Troncone 4	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Lungo la sponda destra con scavi < 1.5 - 2 m e scavi localizzati in sponda sinistra	Spessori molto contenuti
Tratto 2	Dopo il ponte interessano gran parte del canale, verso valle, si concentrano in destra idrografica, con scavi importanti (max 6 m). Presenti anche in sponda sinistra e sul fondo, con scavi molto più contenuti.	Deposito contenuto in corrispondenza del ponte. A valle si localizzano nell'alveo, con spessori non molto importanti (max 2 m).
Tratto 3	Per un terzo del tratto interessano l'intera sezione del canale, con scavi poco importanti, poi si localizzano lungo la sponda sinistra.	A valle del tratto eroso, con spessori di < 3.5 m.
Altro	A valle del ponte è misurata una portata al picco (linea blu) pari a 103.22 m ³ /s, registrata dopo 35 minuti dall'inizio dell'evento. Il bacino di ritenuta area a bassa pendenza ha il compito di trattenere il materiale trasportato dalla colata. Dall'analisi si nota che il bacino risulta essere completamente riempita di materiale, ma è da sottolineare che non è stata in grado di trattenere tutto il materiale vista la presenza di erosioni e depositi al di fuori dell'opera.	



Per visualizzare meglio l'andamento delle erosioni e dei depositi all'interno del grafico, si è deciso di applicare una scala più bassa sull'asse y, questo comporta che il quantitativo di volume trattenuto dalla non risulta essere ben rappresentato, pertanto, in questo caso, per una maggiore chiarezza si può fare riferimento alla Tabella 42, dove è possibile comprendere la quantità di materiale trattenuto dall'opera.



Dal grafico è possibile comprendere, che il bacino di ritenuta non è stata in grado di trattenere tutto il materiale movimentato dall'evento, questa rappresentato dal fatto che nel tratto finale la curva non assume valori pari a zero, come dovrebbe essere nel caso in cui l'opere avesse trattenuto tutto il materiale.

<i>Troncone 4</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
1290	13.50	30125.85
1320	-250.63	30112.35
1350	-451.87	30362.97
1380	-529.86	30814.85
1410	-728.03	31344.71
1440	-714.05	32072.74
1470	-589.40	32786.79
1500	727.26	33376.19
1530	23929.74	32648.94
1560	-	8719.20

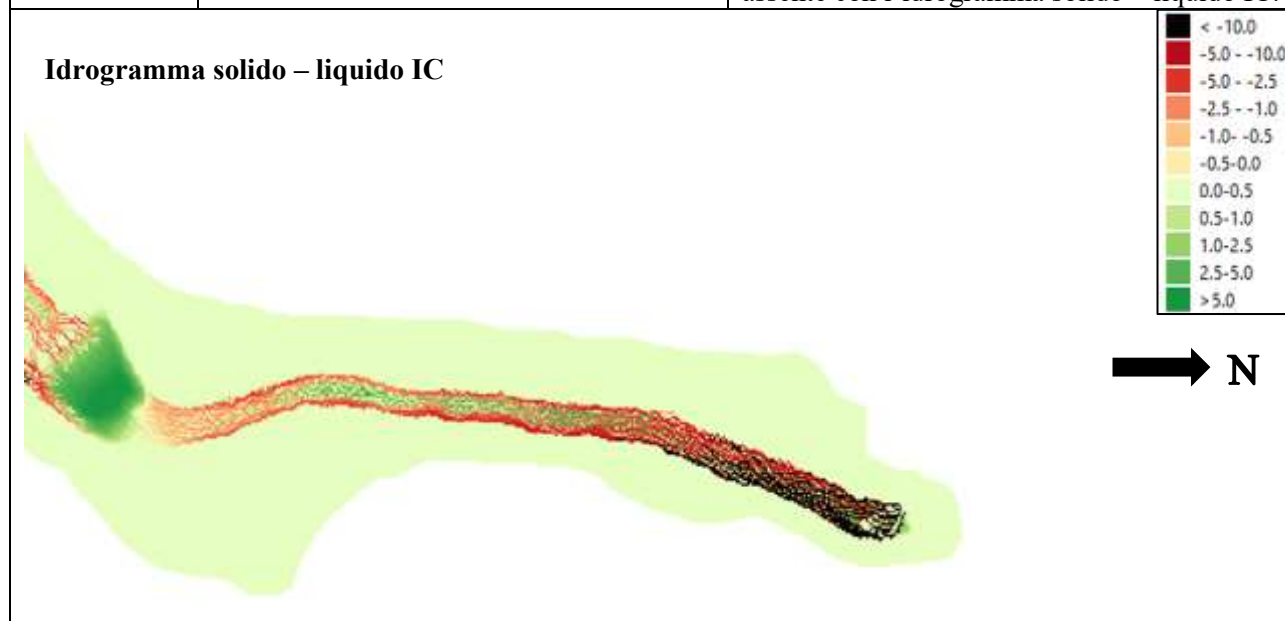
Tabella 42. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 4

Terminata la descrizione delle erosioni e dei depositi in presenza di un evento di precipitazione di durata 50 minuti, si effettua un confronto fra i risultati ottenuti dalle due simulazioni, così si potranno individuare eventuali similitudini o differenze dei dati ottenuti nel caso in cui si utilizzi un idrogramma solido – liquido BA o un idrogramma solido – liquido IC.

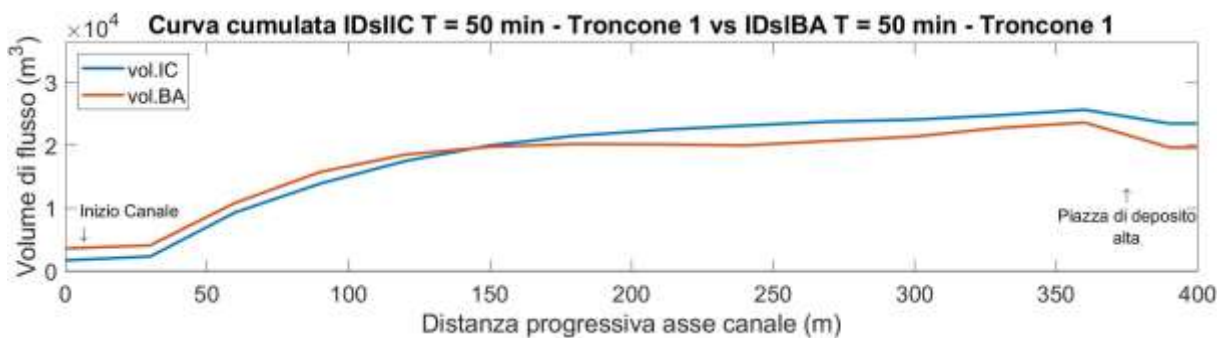
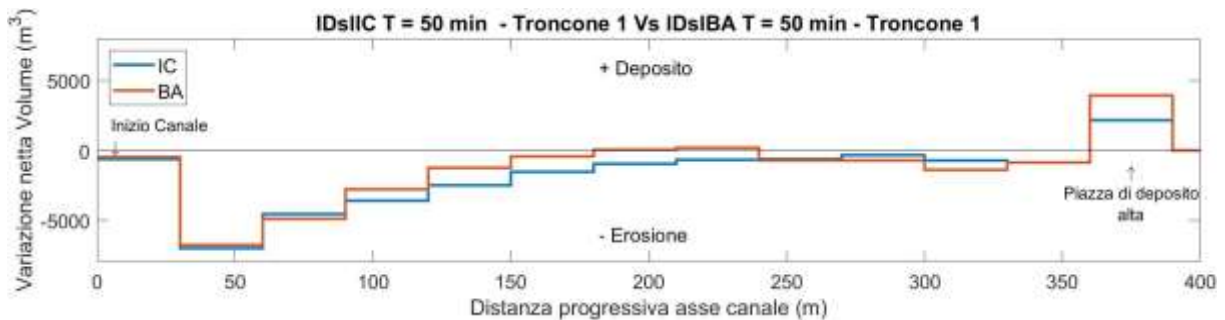
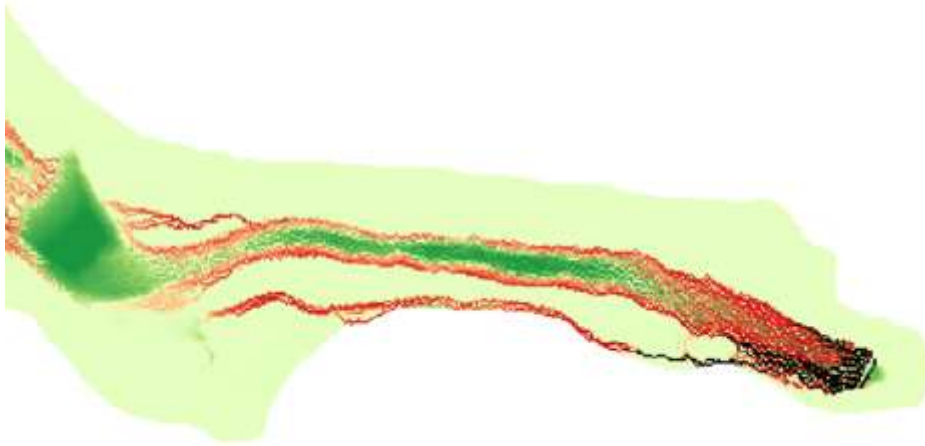
6.5.3. Confronto idrogramma solido – liquido IC vs Idrogramma solido – liquido BA

- Troncone 1 intensità costante vs Troncone 1 blocchi alterni

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Nessuna	L'idrogramma solido – liquido IC presenta azioni erosive ragguardevoli per un tratto maggiore del canale, mentre, l'idrogramma solido – liquido BA erode molto le sponde andando ad allargare il canale e a generare un canale secondario al di fuori dell'alveo.
Tratto 2	Erosione lungo le due sponde	Il canale risulta essere più largo, con l'idrogramma solido – liquido BA. Inoltre, i depositi sono molto più marcati con questo tipo di idrogramma.
Tratto 3	Nessuna	Canale più largo con l'idrogramma solido – liquido BA, inoltre, si forma un nuovo canale in destra idrografica a causa delle azioni erosive del fenomeno. Deposito pressochè assente con l'idrogramma solido – liquido IC.



Idrogramma solido – liquido BA



Dal confronto tra le due curve cumulate si può notare, che inizialmente la colata generata con idrogramma solido – liquido BA presenta un volume più elevato, rappresentato dal fatto che il volume solido di input è più alto ($3589.8 m^3$) rispetto a quello dell'idrogramma solido -liquido IC ($1708.1 m^3$). Comunque, una volta entrati nel secondo tratto, si nota che la curva cumulata determinata con idrogramma solido – liquido IC presenta volumi movimentati leggermente più considerevoli rispetto a quelli smossi con idrogramma solido – liquido determinato partendo da uno idrogramma a blocchi alterni. Una volta superata l'area nota, che una minima parte del volume di entrambe le colate è stato trattenuto. Pari a $2200 m^3$ per la colata a IC e pari a circa $4000 m^3$ per la colata a BA. La Figura 76 delinea la comparazione tra le portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel primo troncone di analisi.

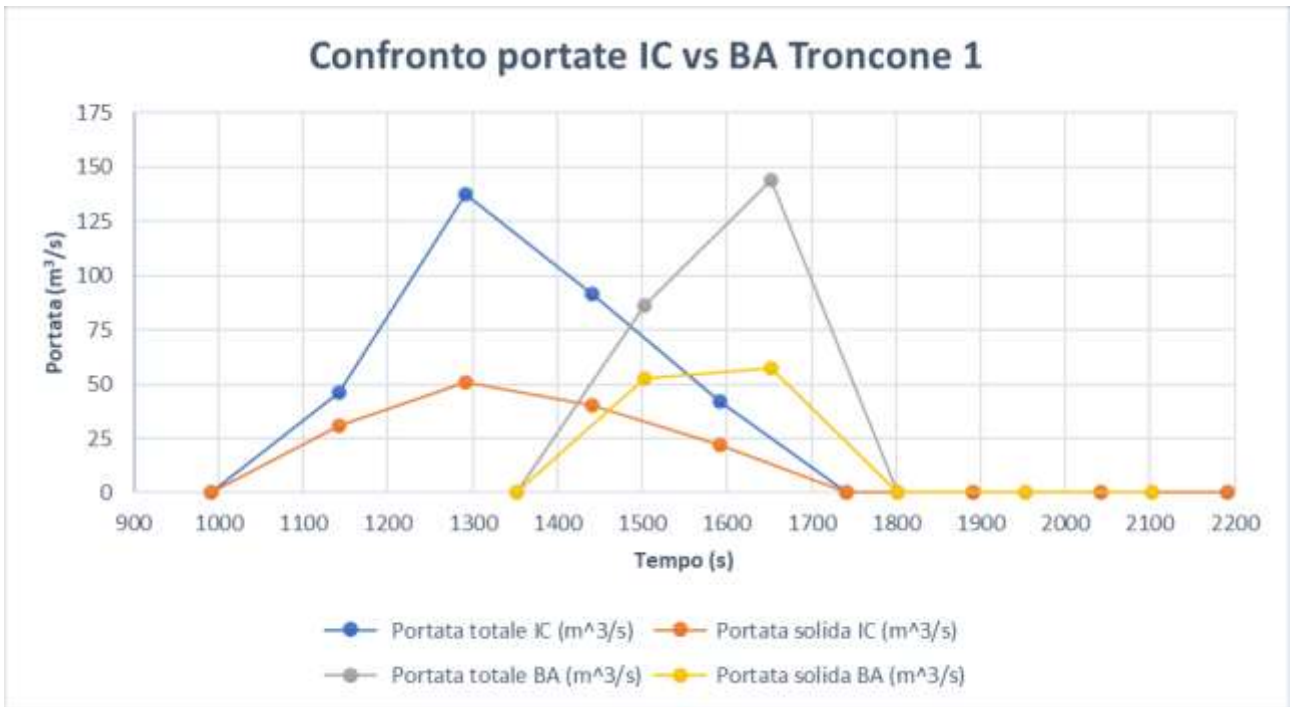
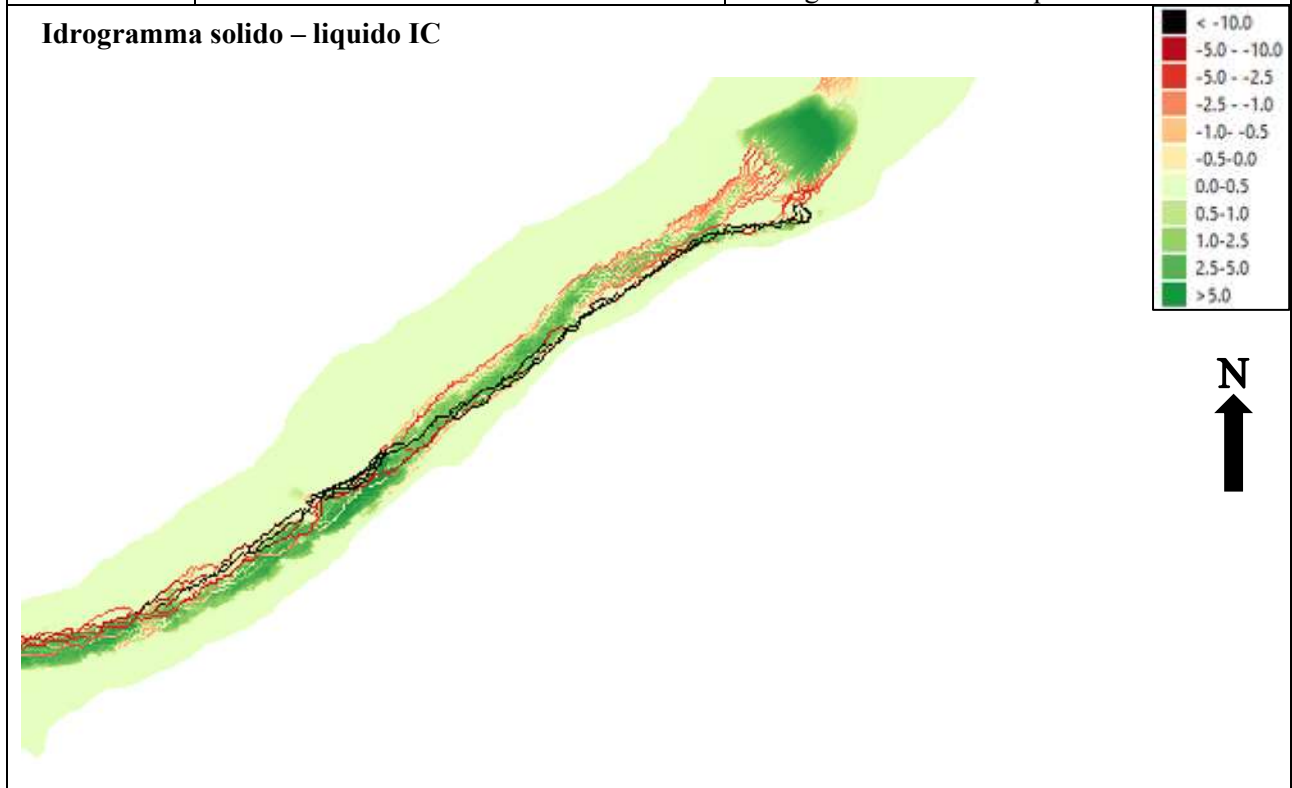


Figura 77. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 3 del troncone 1

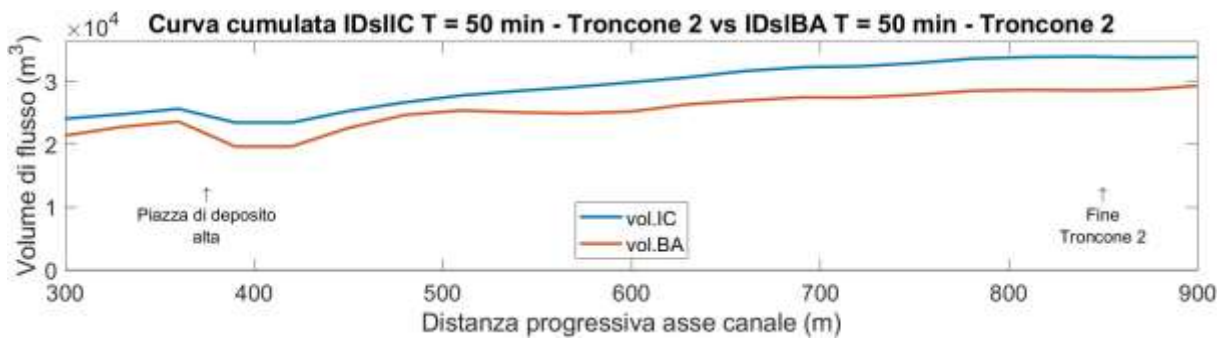
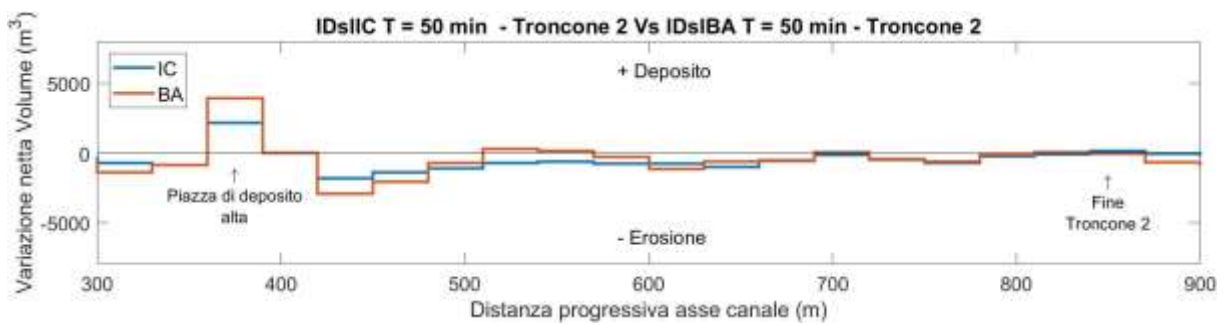
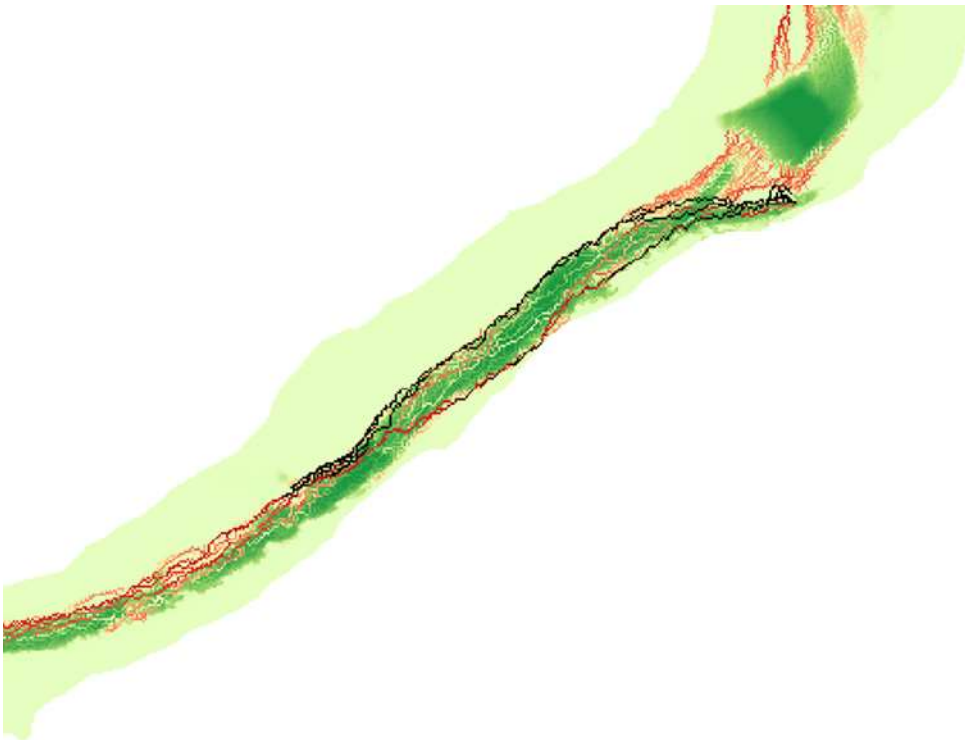
- Troncone 2 intensità costante vs Troncone 2 blocchi alterni

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Nessuna	Erosioni più marcate con l'idrogramma solido – liquido BA, inoltre il canale risulta essere più largo.
Tratto 2	Nella parte finale del tratto spostamento del fenomeno in destra idrografica.	Con idrogramma solido – liquido IC le erosioni sono più marcate lungo la sponda sinistra, Invece, in presenza di un idrogramma solido – liquido BA le erosioni più importanti interessano la sponda destra.
Tratto 3	Andamento depositi in sinistra idrografica.	L'idrogramma solido – liquido IC presenta scavi tendenzialmente più considerevoli rispetto al blocchi alterni.
Tratto 4	Andamento erosioni – depositi	Erosioni leggermente più marcate con l'idrogramma solido – liquido BA.

Idrogramma solido – liquido IC



Idrogramma solido – liquido BA

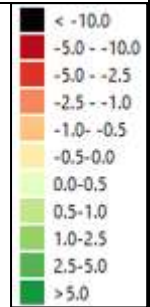
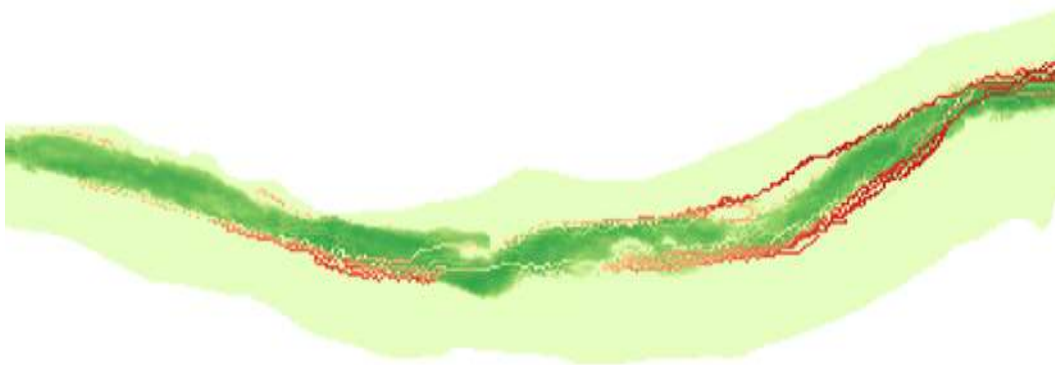


Anche nel troncone due la curva cumulata individuata con l'idrogramma solido – liquido IC presenta volumi più alti, inoltre, è da segnalare che l'andamento delle erosioni e dei depositi, rappresentato nel primo grafico riportato è molto simile tra le due simulazioni.

- Troncone 3 intensità costante vs Troncone 3 blocchi alterni

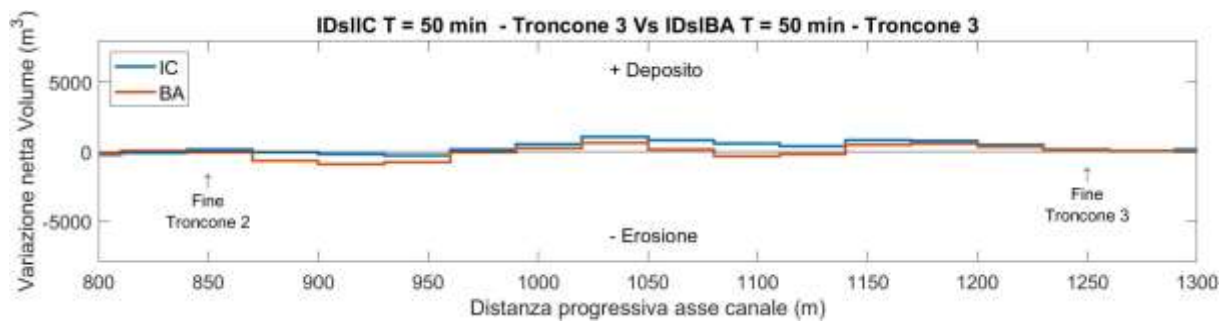
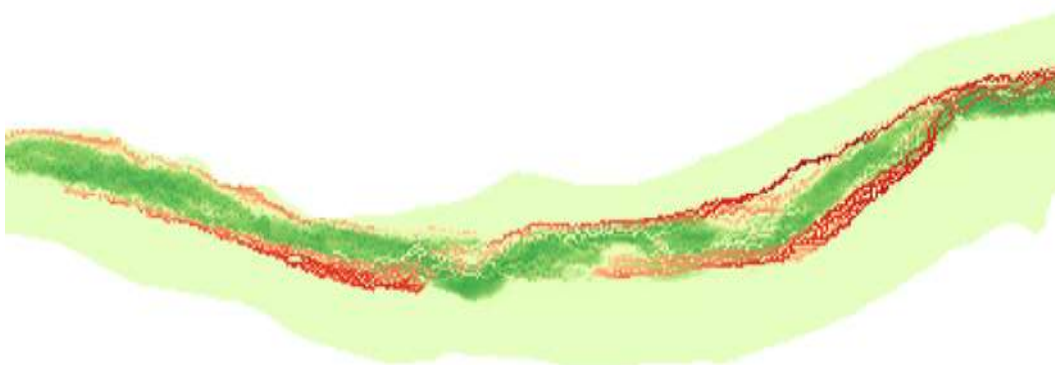
	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Andamento erosioni – depositi	Con idrogramma solido – liquido BA le erosioni tendono a presentare scavi più marcati ed interessano un'area tendenzialmente maggiore.
Tratto 2	Andamento erosioni – depositi	Erosioni interessano un'area minore e sono meno marcate con l'idrogramma solido – liquido IC soprattutto lungo la sponda destra.

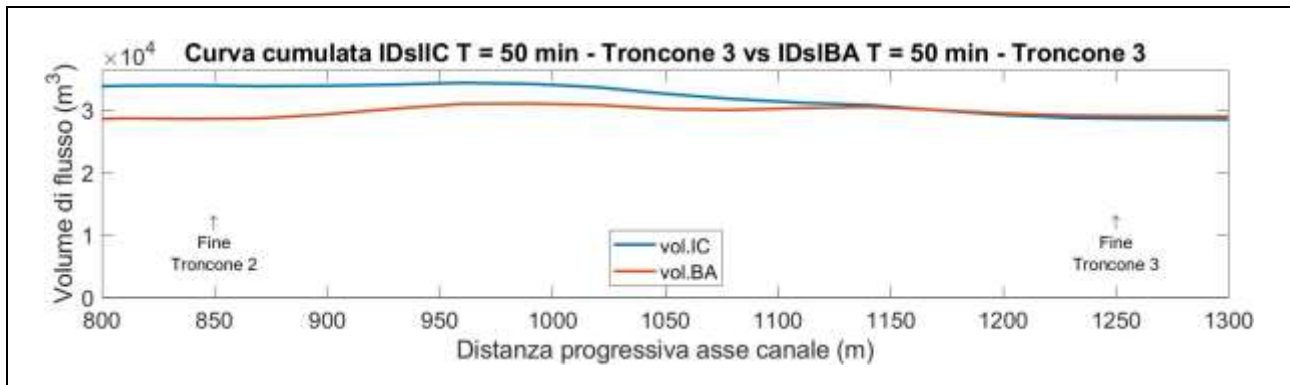
Idrogramma solido – liquido IC



N

Idrogramma solido – liquido BA





Dalla visione del grafico è possibile comprendere che il divario tra i volumi smossi con idrogramma solido - liquido IC e idrogramma solido - liquido BA diminuisce fino a quando, a circa 1150 m dalla sezione di entrata del deflusso, i volumi movimentati dall'idrogramma solido - liquido BA diventano leggermente più considerevoli. La Figura 77 descrive il raffronto tra le portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel terzo troncone di analisi.

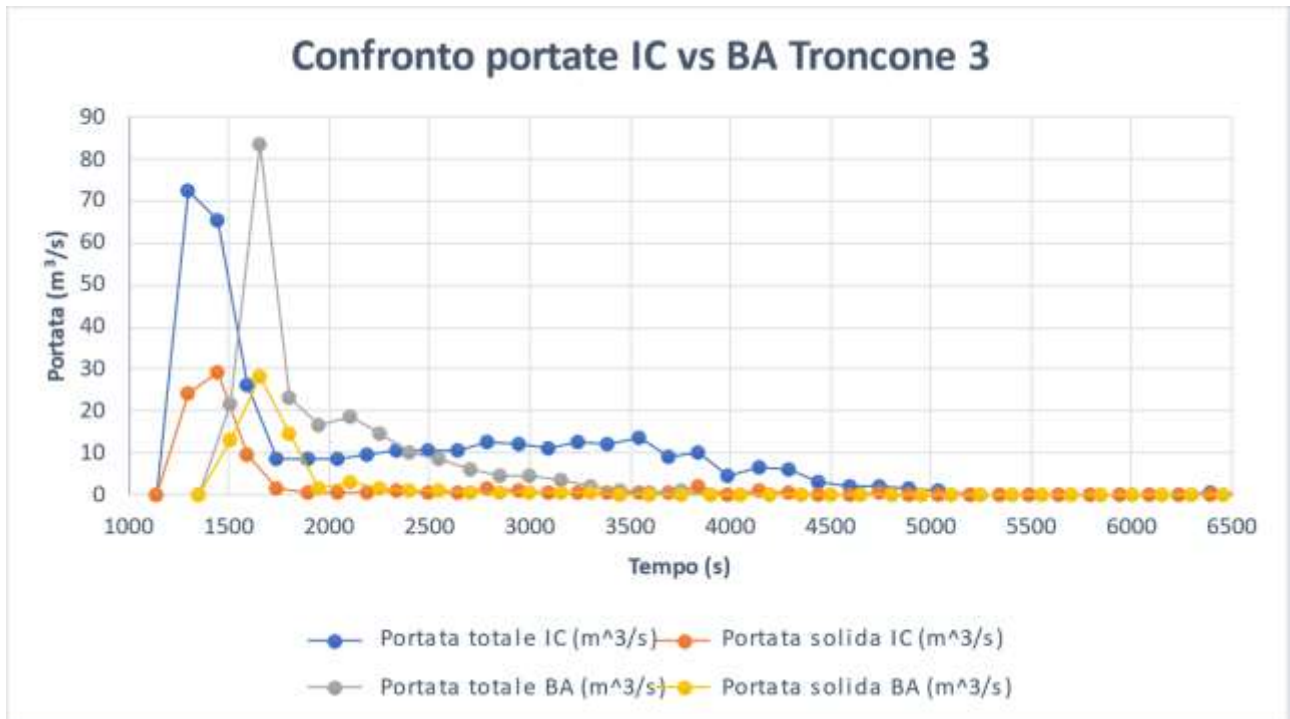
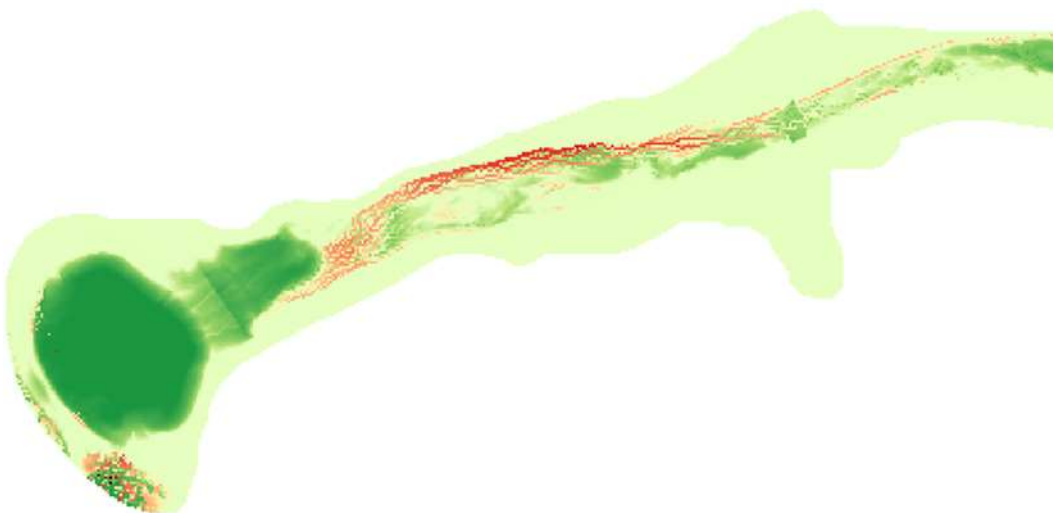


Figura 78. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 3

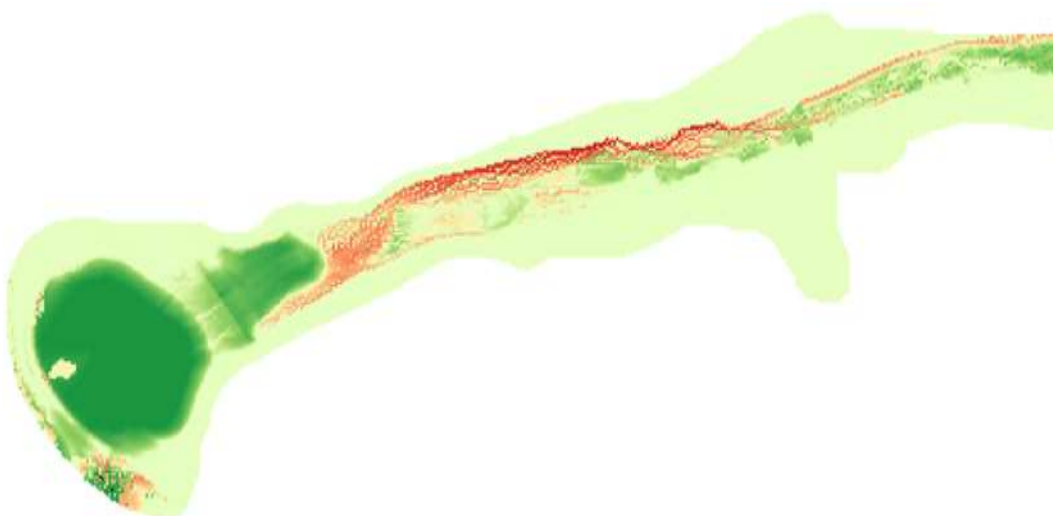
- Troncone 4 intensità costante vs Troncone 4 blocchi alterni

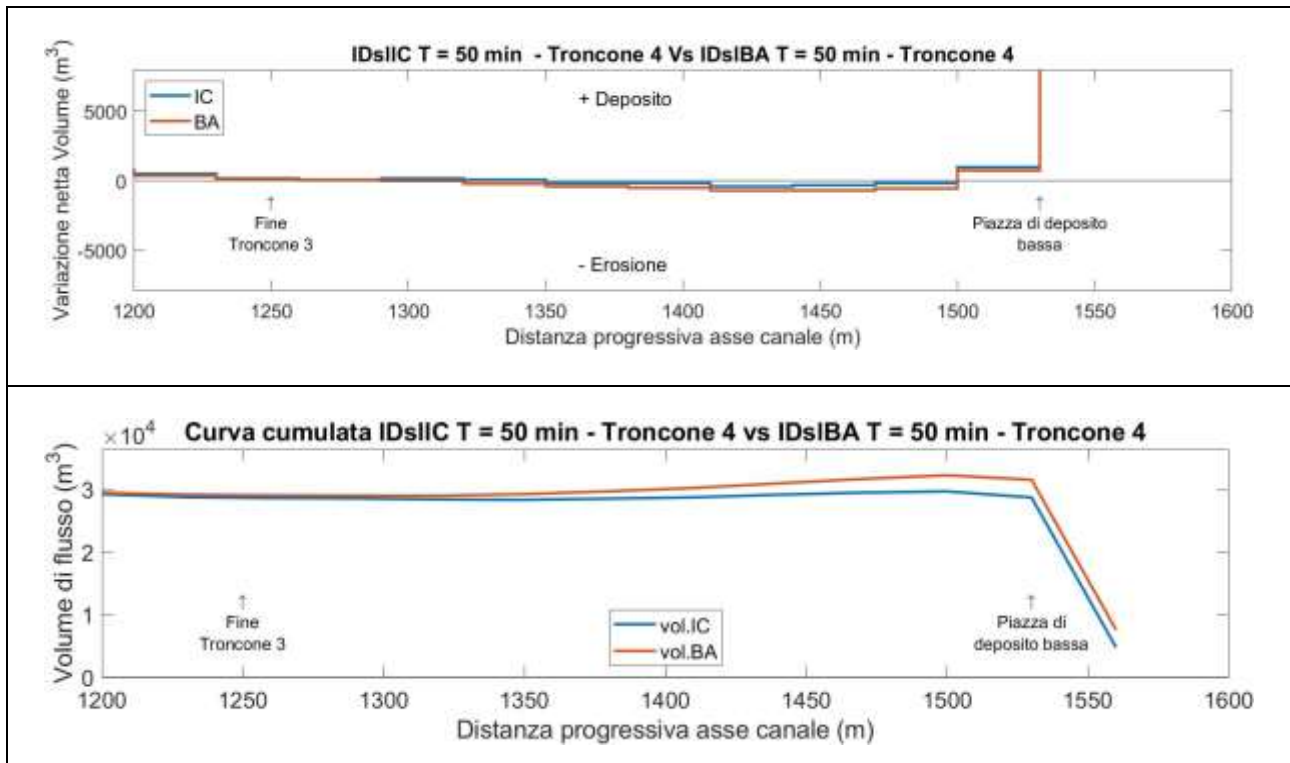
	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Andamento erosioni – depositi	Con idrogramma solido – liquido BA le erosioni e i depositi tendono ad essere più marcati, rispetto a quelli determinati con l'idrogramma solido – liquido IC.
Tratto 2	Andamento erosioni – depositi	Le erosioni interessano una maggiore porzione del fondo in presenza di un idrogramma solido – liquido BA. Mentre, i depositi sono più marcati con l'idrogramma solido – liquido IC.
Tratto 3	Andamento erosioni - depositi	Erosioni interessano una maggiore porzione di canale in presenza di un l'idrogramma solido – liquido BA.
Bacino di ritenuta	Erosioni e depositi a valle del bacino, indice del fatto di una probabile fuoriuscita del deflusso.	Nessuna.

Idrogramma solido – liquido IC



Idrogramma solido – liquido BA





Entranti nell'ultimo troncone di analisi è possibile comprendere, che più o meno i volumi smossi sono abbastanza simili in entrambe le simulazioni, fino a circa metà troncone dove quelli generati da idrogramma solido – liquido BA si fanno tendenzialmente più elevati.

Concludendo, si può dire, che in presenza di un evento di precipitazione di durata di 50 minuti le masse smosse sono più alte (all'incirca 3000 m³) nel caso in cui si utilizzi come input nel modello un l'idrogramma solido – liquido BA. Inoltre, in queste condizioni di simulazione, il bacino di ritenuta, posto a protezione dell'abitato di Borca di Cadore non è stato in grado di trattenere tutto il materiale movimentato da entrambe le colate.

La Figura 78 rappresenta il paragone tra le portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel quarto troncone di analisi.

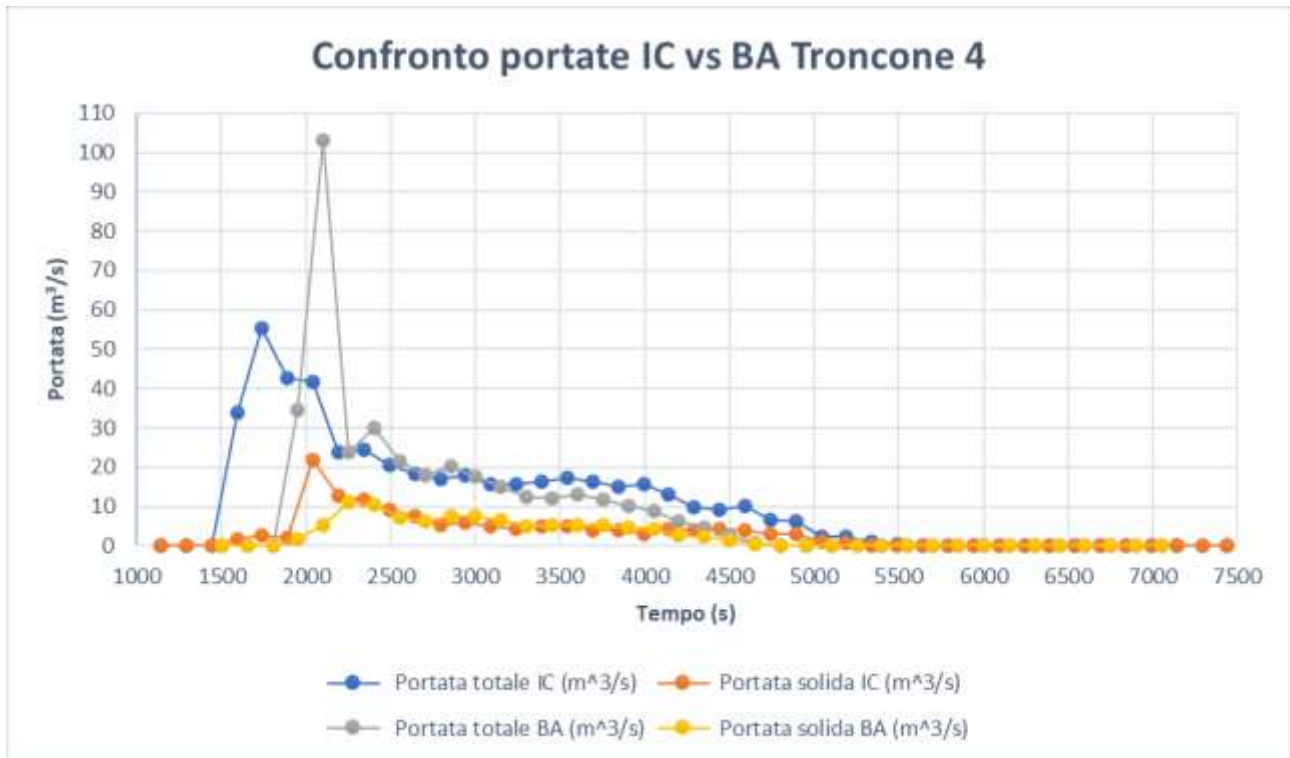


Figura 79. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi inserita nel tratto 1 del troncone 4

6.6. Idrogramma solido – liquido di durata 60 minuti

L'evento di precipitazione di durata 60 minuti produce un fenomeno di colata detritica, che genera erosioni e depositi all'interno del canale oggetto di analisi. Per valutare, al meglio, le erosioni e i depositi si va a dividere il canale in quattro tronconi, che a loro volta si frammentano in più tratti di analisi. Da sottolineare, che per la simulazione dell'evento si utilizzeranno due tipi di idrogrammi solido – liquidi: il primo determinato partendo da un ietogramma ad intensità costante; il secondo, invece, lo si individua utilizzando un ietogramma a blocchi alterni. Pertanto, alla fine delle valutazioni si effettuerà un confronto dei risultati ottenuti, per identificare similitudini o differenze del fenomeno in presenza dei due tipi di idrogrammi.

6.6.1. *Idrogramma solido – liquido IC di durata 60 minuti*

Per descrivere l'evento, che ha generato il fenomeno di colata detritica, si sono utilizzati due idrogrammi solido – liquidi, illustrati alle Figure 79 e 80. Il primo inserito nel canale principale, più precisamente a monte del primo troncone di analisi, mentre, il secondo è posto nell'alveo del Bus del Diau. Reticolo secondario, che si immette a valle della piazza di deposito alta.

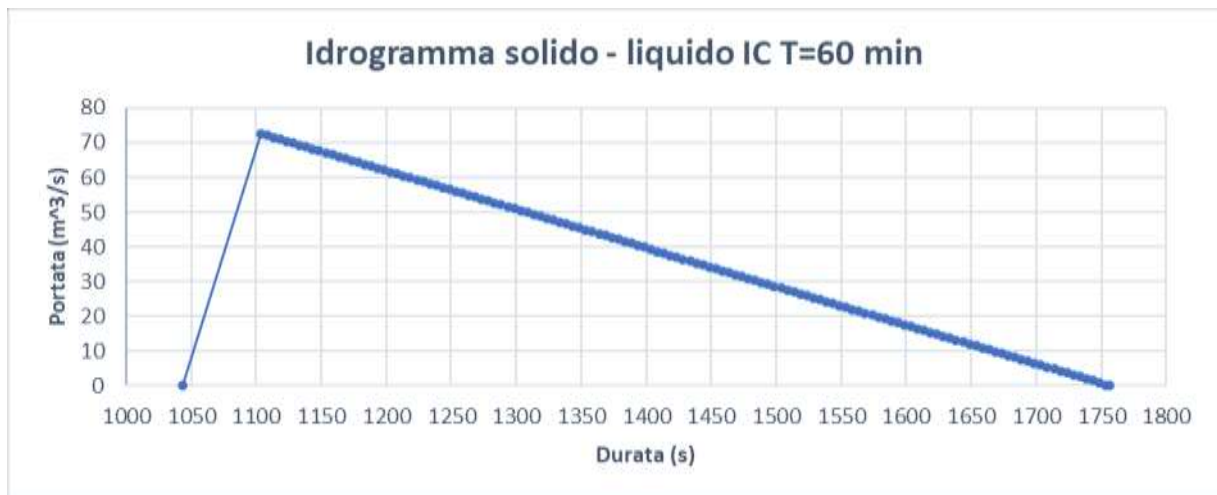


Figura 80. *Idrogramma solido – liquido IC T = 60 min*

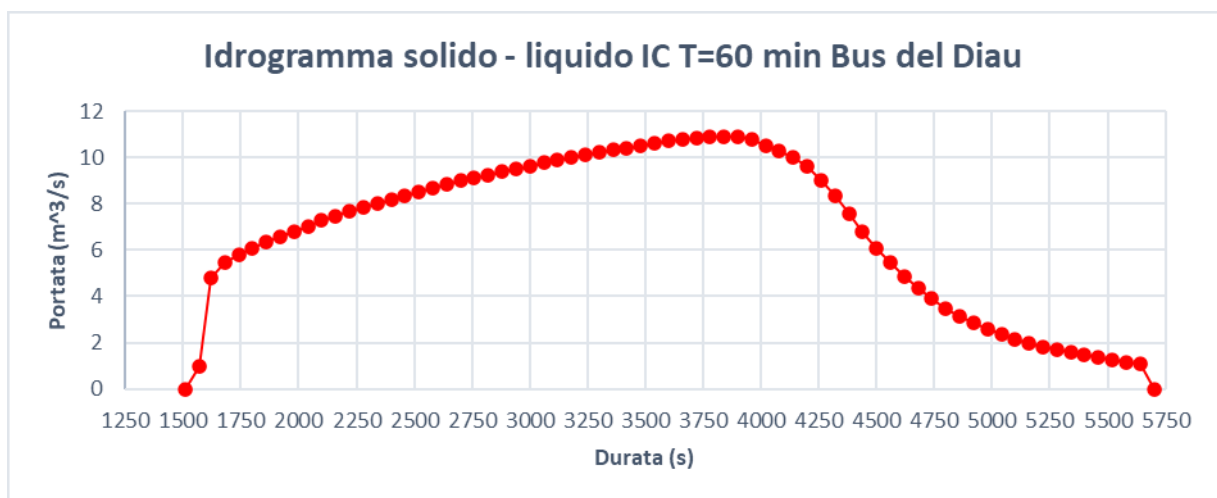
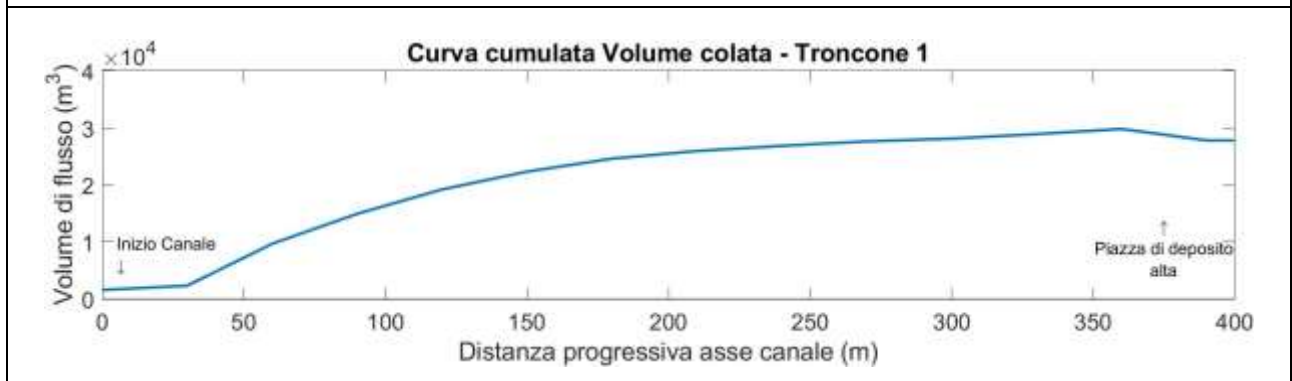
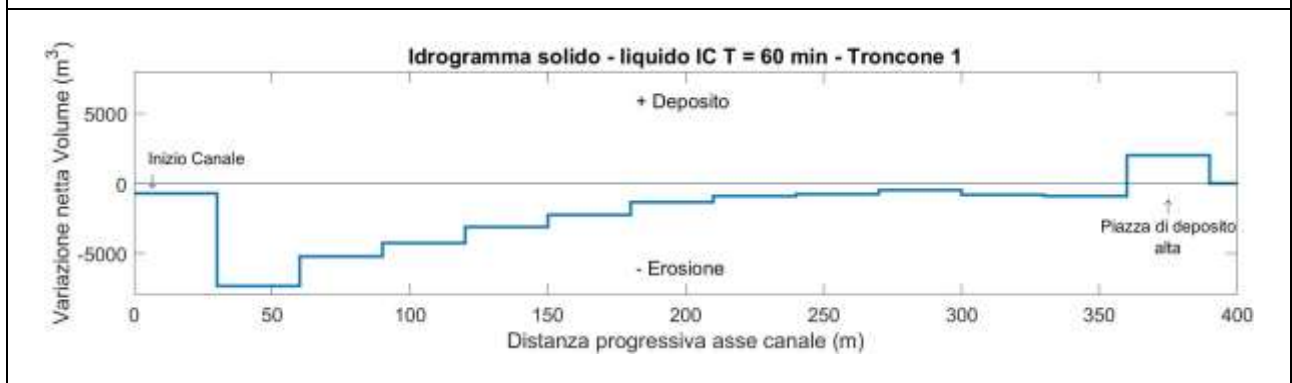
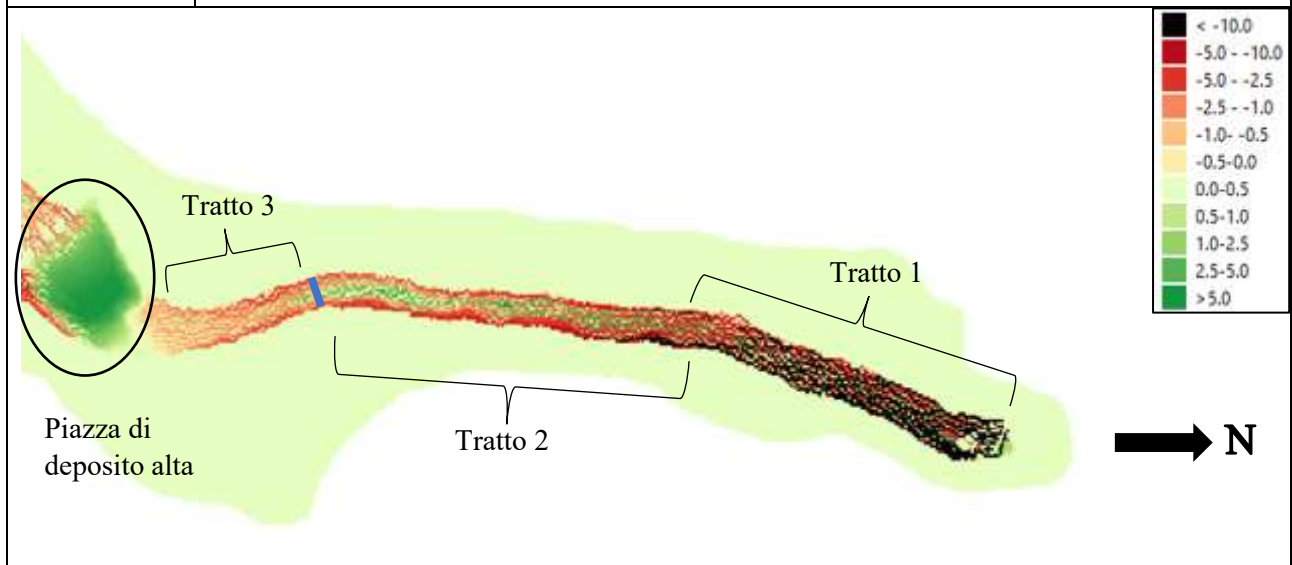


Figura 81. *Idrogramma solido – liquido IC T = 60 min Bus del Diau*

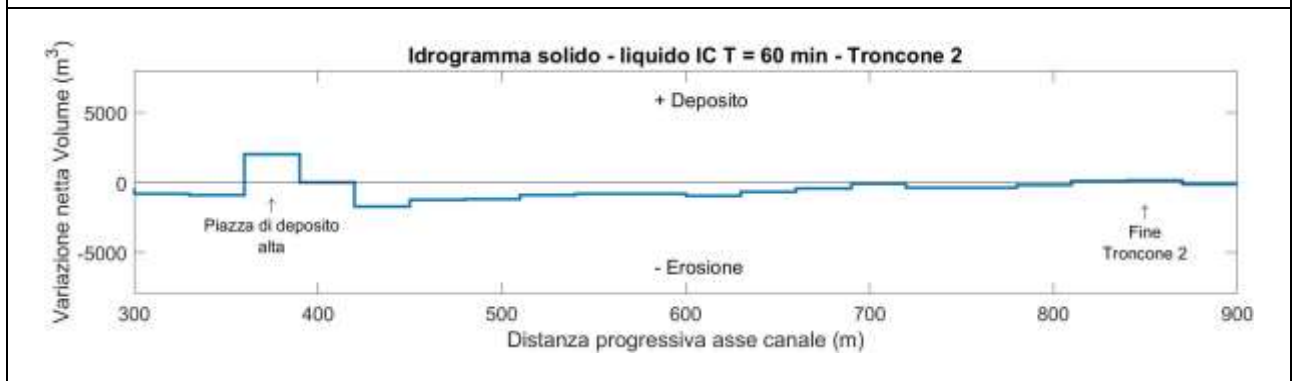
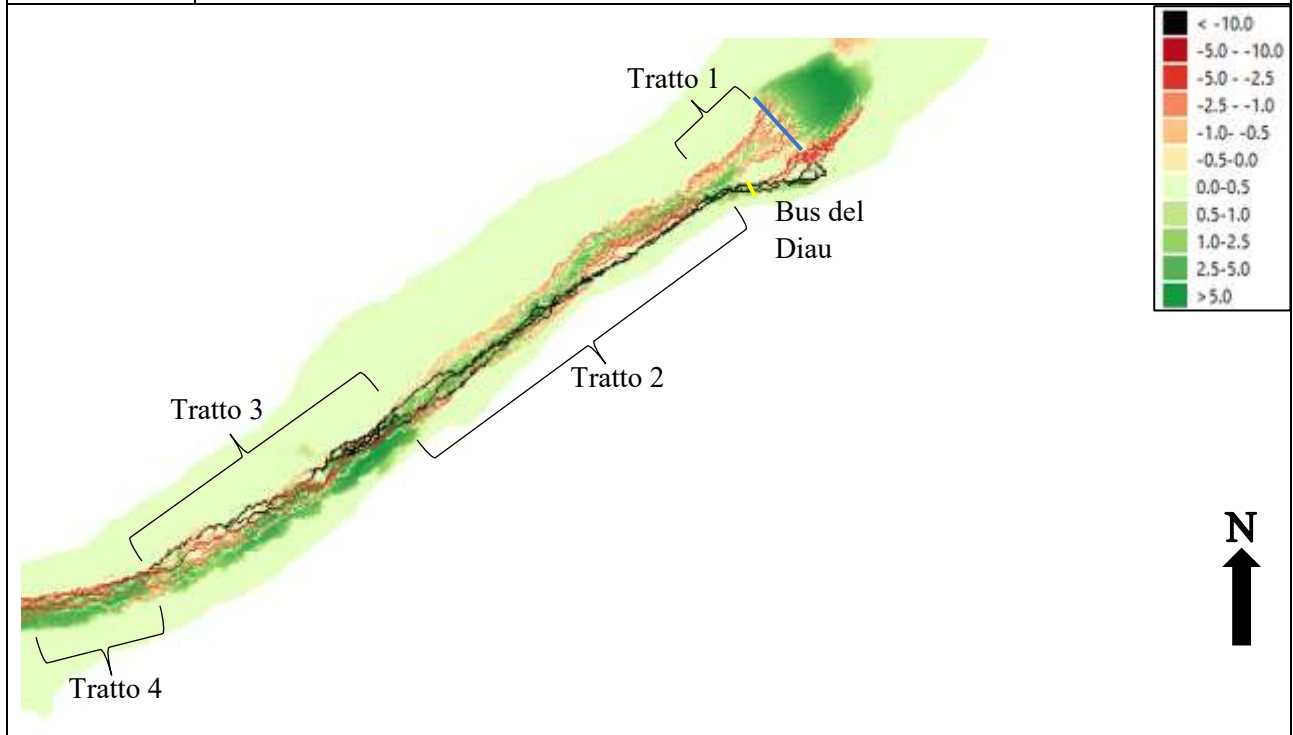
Troncone 1	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Interessano l'intera sezione del canale con scavi molto ragguardevoli.	Assenti
Tratto 2	Sulle sponde con scavi ragguardevoli, soprattutto lungo la sponda sinistra, e sul fondo con erosioni più contenute.	Sul fondo con spessori importati, prevalentemente nella parte iniziale del tratto.
Tratto 3	Interessano gran parte del tratto con scavi marcati sulle sponde e più contenuti sul fondo.	Nella parte iniziale del tratto.
Altro	La piazza di deposito agevola il deposito di materiale, grazie alla sua ridotta pendenza, per tale motivo, si raggiungono depositi con altezze comprese tra 2 – 5 m. Presenza di erosioni importanti nella parte sinistra della piazza. Nell'ultimo tratto è presente una sezione di calcolo (linea blu), che registra la portata al picco del fenomeno. La portata al picco è pari a 118.82 m ³ /s misurata dopo 23 minuti dall'inizio dell'evento.	

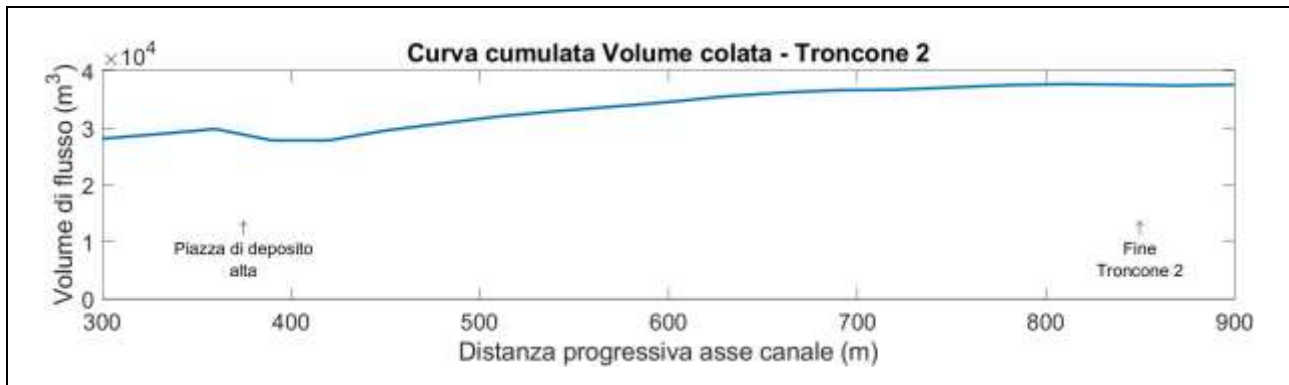


<i>Troncone 1</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
0	-741.01	1599.40
30	-7363.67	2340.41
60	-5254.73	9704.08
90	-4276.74	14958.81
120	-3125.17	19235.55
150	-2280.93	22360.72
180	-1344.76	24641.65
210	-902.85	25986.41
240	-785.06	26889.27
270	-483.06	27674.32
300	-796.10	28157.39
330	-902.27	28953.49
360	2008.51	29855.76

Tabella 43. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 1

Troncone 2	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Lungo la sponda destra e sinistra.	Nella parte finale del tratto con spessori inferiori a 1.5 m.
Tratto 2	Interessano buona parte della sezione del canale. Le azioni più importanti si attestano in sinistra idrografica dove si raggiungono profondità ragguardevoli. Mentre, in destra le erosioni sono inizialmente contenute e poi, verso la fine del tratto, aumentano di intensità.	All'interno del canale con spessori quasi mai superiori ai 2 m.
Tratto 3	In destra idrografica con scavi importanti sulla sponda, mentre, più contenuti sul fondo (< 2 – 3 m).	In sinistra idrografica con altezze < 4 m. Rappresentando il fatto, che la colata si è spinta verso l'esterno, ha rallentato e depositato materiale.
Tratto 4	In destra idrografica con scavi più contenuti rispetto al tratto precedente.	In sinistra idrografica con depositi inferiori ai 3.5 metri di altezza.
Altro	A valle della piazza è presente una sezione di calcolo della portata (linea blu). Dai dati emerge, che la portata al picco, è stata registrata dopo 23 minuti dall'inizio dell'evento, ed è pari a 93.75 m ³ /s. Da segnalare la presenza del punto di immissione del Bus del Diau, corso d'acqua secondario caratterizzato da portate liquide elevate e uno scarso apporto solido.	

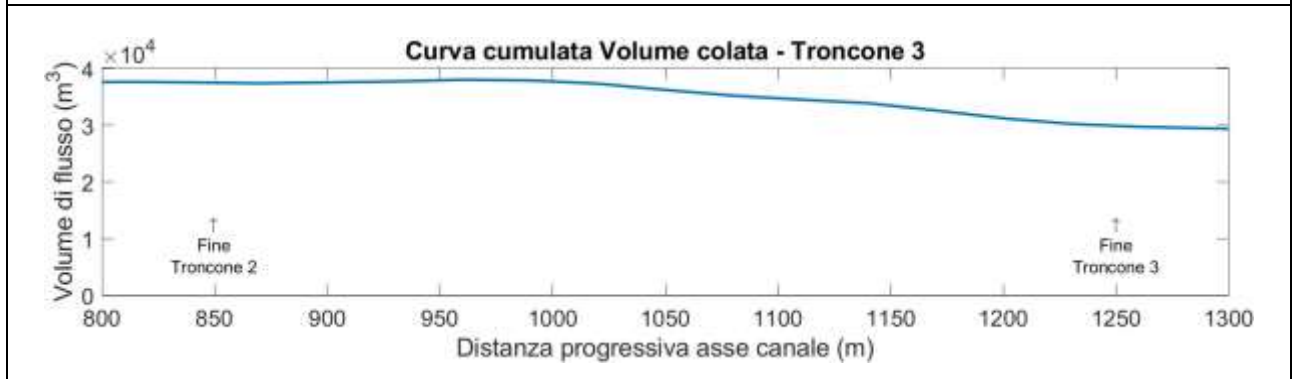
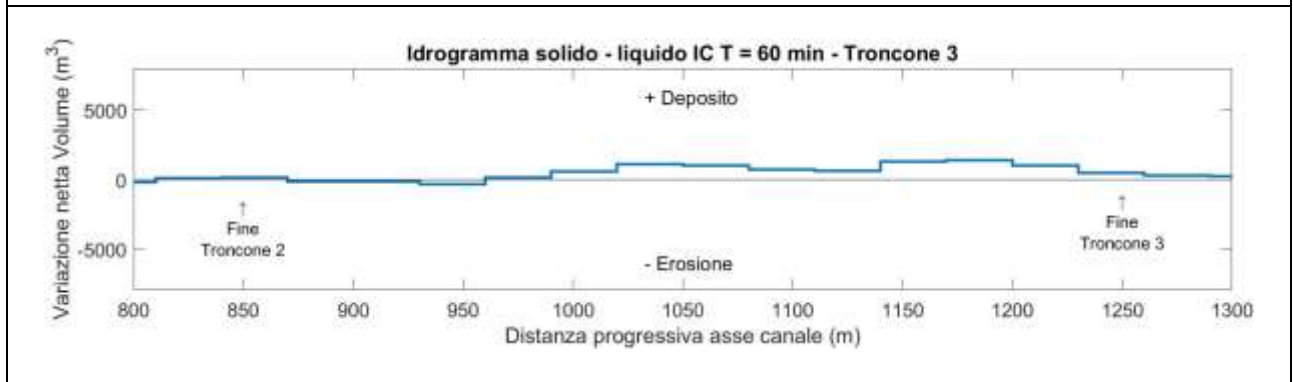
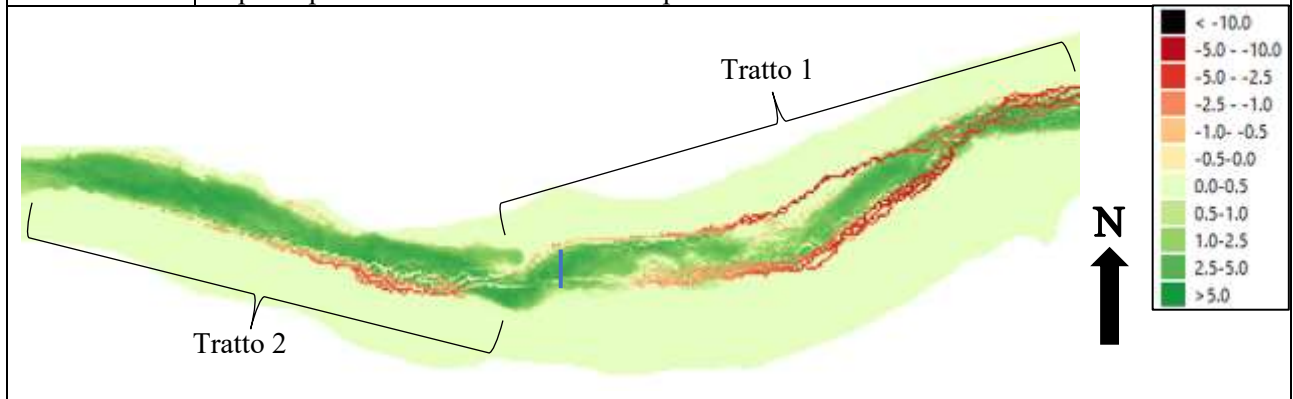




Troncone 2		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
390	-562.58	27847.25
420	-1720.55	28409.83
450	-1262.14	30130.39
480	-1217.14	31392.52
510	-915.90	32609.67
540	-794.36	33525.57
570	-823.91	34319.92
600	-982.77	35143.83
630	-668.89	36126.61
660	-439.10	36795.50
690	-73.58	37234.60
720	-403.92	37308.18
750	-406.86	37712.10
780	-168.17	38118.97
810	94.59	38287.14
840	159.53	38192.55

Tabella 44. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 2

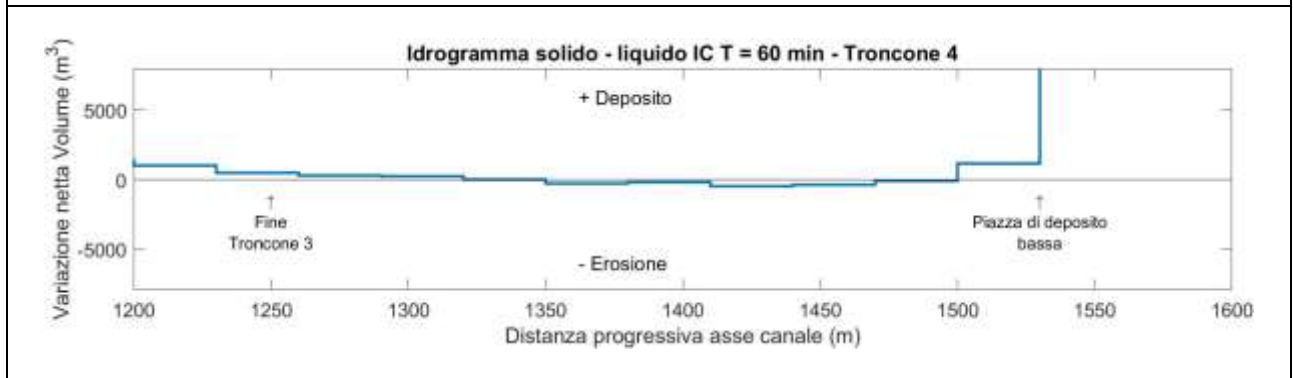
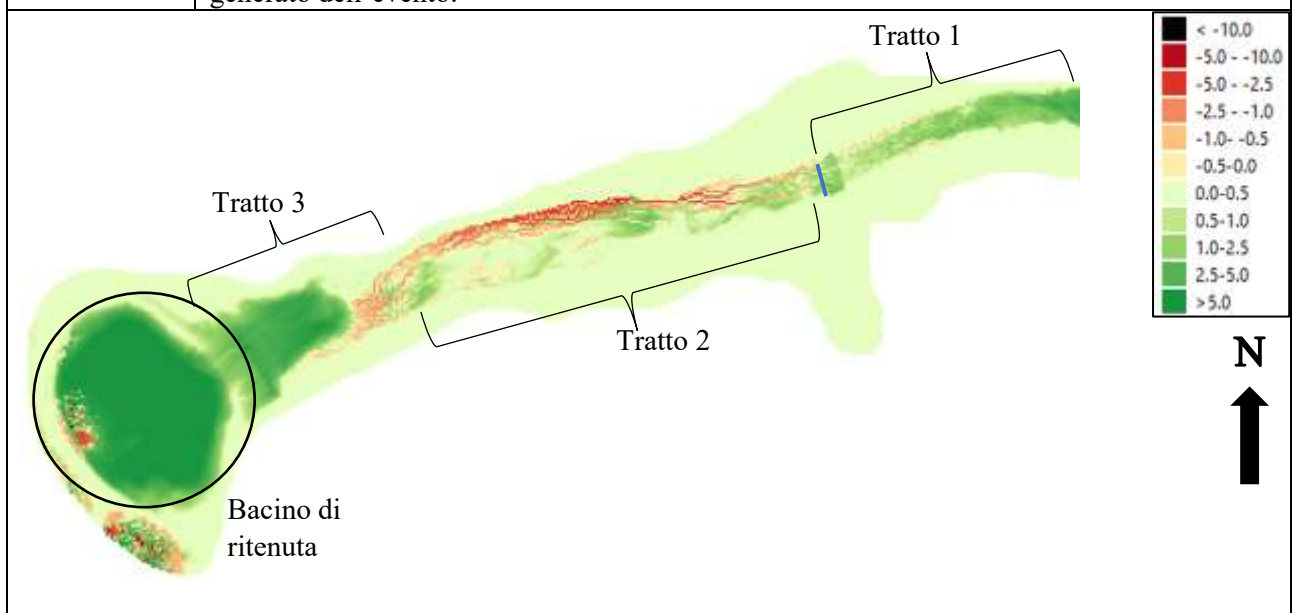
Troncone 3	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Inizialmente si attestano in destra idrografica, poi si concentrano sulle due sponde. Le profondità di scavo sono pressoché simili con l'unica differenza, che in sinistra idrografico interessano un'area maggiore, ed inoltre, si annullano indicando uno spostamento della colata verso destra. Poco più a valle succede la stessa cosa, ovvero, che il fenomeno si sposta da destra verso sinistra.	Inizialmente presentano spessori di 3 m, poi nella parte centrale diminuiscono fino a raggiungere spessori di circa un metro ed infine, in prossimità delle due curve i depositi tornano ad aumentare. Indice del fatto che la colata, in quel punto ha rallentato.
Tratto 2	In sinistra idrografica, con scavi abbastanza importanti, che diminuiscono man mano, che si va verso valle. Erosioni localizzate in sponda destra.	Occupano gran parte della sezione del canale con spessori importanti (< 4 m).
Altro	Nel tratto 1 è inserita una sezione di calcolo della portata (linea blu), che registra una portata al picco pari a 81.87 m ³ /s. Misurata dopo 1353 secondi dall'inizio dell'evento.	



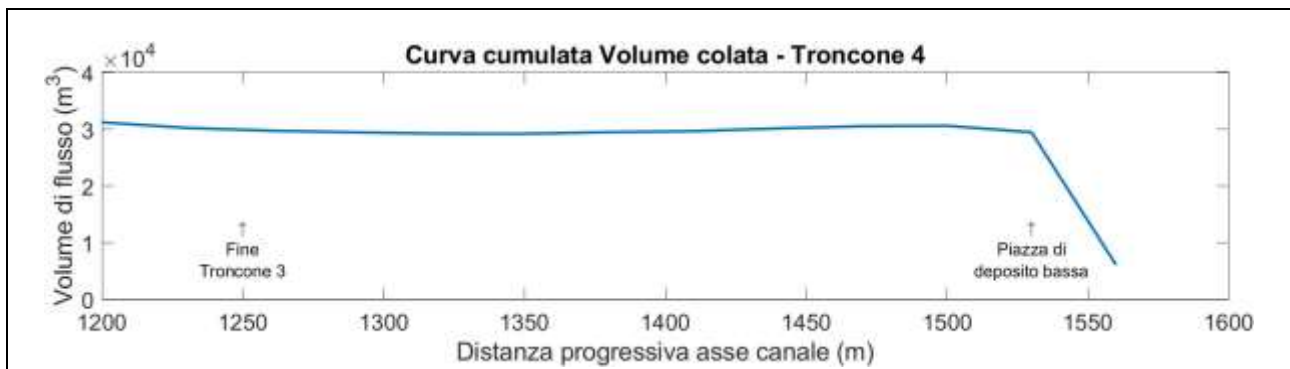
Troncone 3		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
870	-154.32	38033.02
900	-166.59	38187.34
930	-316.99	38353.93
960	133.76	38670.93
990	564.08	38537.17
1020	1114.00	37973.09
1050	993.19	36859.09
1080	713.26	35865.90
1110	626.99	35152.64
1140	1281.73	34525.65
1170	1391.53	33243.92
1200	995.62	31852.39
1230	496.23	30856.76
1260	282.66	30360.53

Tabella 45. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 3

Troncone 4	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Localizzate per brevi tratti lungo le sponde con scavi inferiori al metro.	Spessori inizialmente importanti (3 m), man mano che si va verso valle diventano più contenuti (< 0.5 m).
Tratto 2	In destra idrografica, con scavi più importanti sulla sponda (< 4 m). Per brevi tratti erosioni contenute localizzate sulla sponda sinistra e sul fondo.	Interessano alcune aree del canale con spessori inferiori ai due metri.
Tratto 3	Per un breve tratto occupano l'intera sezione del canale, con scavi contenuti.	Dopo il tratto scavato con spessori inferiori ai 4 m.
Altro	A valle del ponte è presente una sezione di analisi, che misura una portata al picco (linea blu) pari a 54.51 m ³ /s, registrata dopo 28 minuti dall'inizio dell'evento. Il bacino di ritenuta, posto a protezione dell'abitato di Borca, risulta essere completamente riempito di sedimento. Da evidenziare la presenza di depositi ed erosioni a valle del bacino, indice del fatto, che l'opera di difesa non è stata in grado di trattenere una parte del deflusso generato dell'evento.	



Si segnala, che per visualizzare meglio l'andamento delle erosioni e dei depositi all'interno del troncone, si è deciso di applicare una scala più contenuta all'asse y del grafico riportato, questo comporta che il quantitativo di volume trattenuto dal bacino di ritenuta non risulta essere ben rappresentato, pertanto, in questo caso, per una maggiore chiarezza si può fare riferimento alla Tabella 46 dove è possibile comprendere, che all'interno dell'opera si sono depositati **23433.07 m³**.



Nel grafico soprastante è possibile vedere, che l'opera di difesa non è stata in grado di trattenere tutto il materiale movimentato dal fenomeno, come descritto nella tabella sottostante.

Troncone 4		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
1290	224.79	30077.87
1320	23.20	29853.08
1350	-279.00	29829.87
1380	-170.54	30108.88
1410	-496.52	30279.41
1440	-381.48	30775.94
1470	-79.62	31157.41
1500	1157.78	31237.03
1530	23433.07	30079.25
1560	-	6646.18

Tabella 46. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 4

6.6.2. Idrogramma solido – liquido BA di durata 60 minuti

Come per le simulazioni con idrogramma solido – liquido IC, per rappresentare l’evento, che ha dato vita al fenomeno di colata detritica, si sono utilizzati due idrogrammi solido – liquidi, illustrati alle Figure 81 e 82. Il primo posto nel canale principale, più precisamente a monte del primo troncone di analisi, mentre, il secondo è inserito nell’alveo del Bus del Diau, che si immette a valle della piazza di deposito alta e che presenta una portata prettamente liquida.

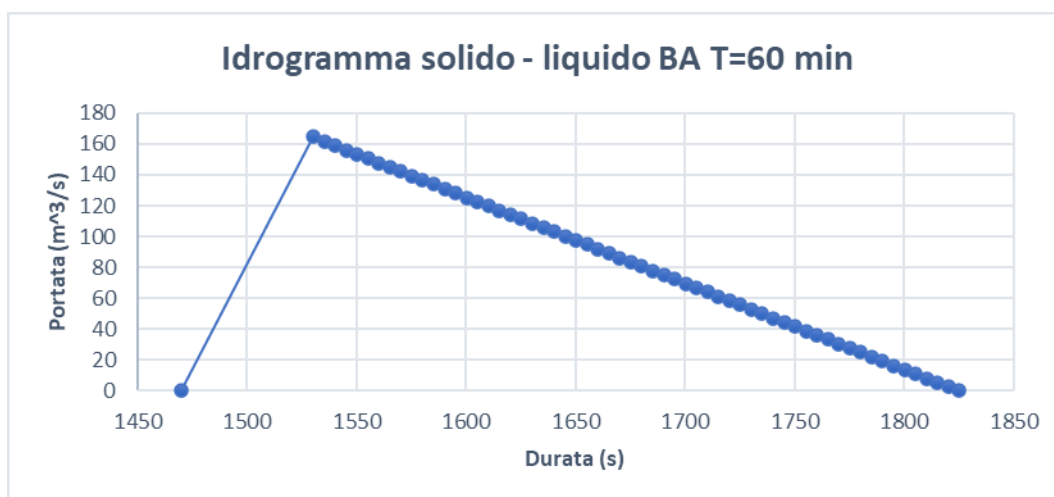


Figura 82. *Idrogramma solido – liquido BA T = 60 min*

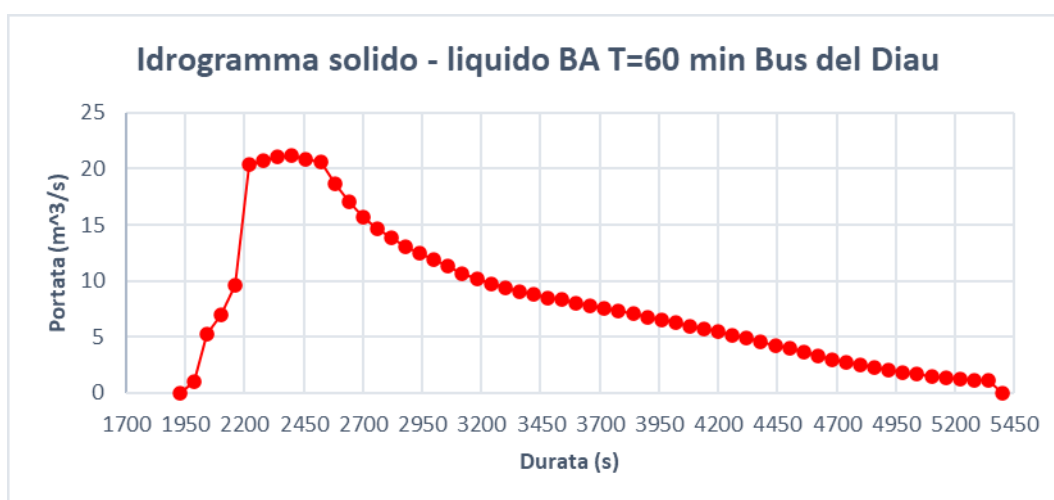


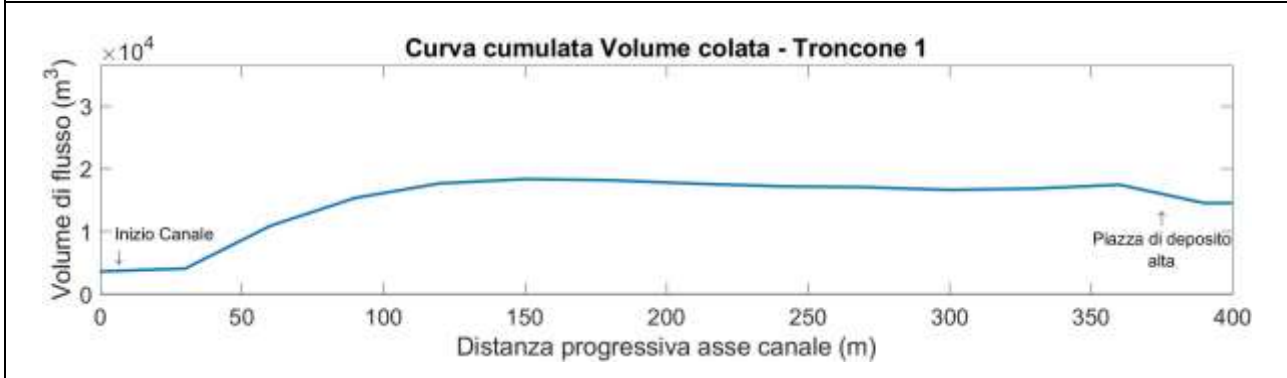
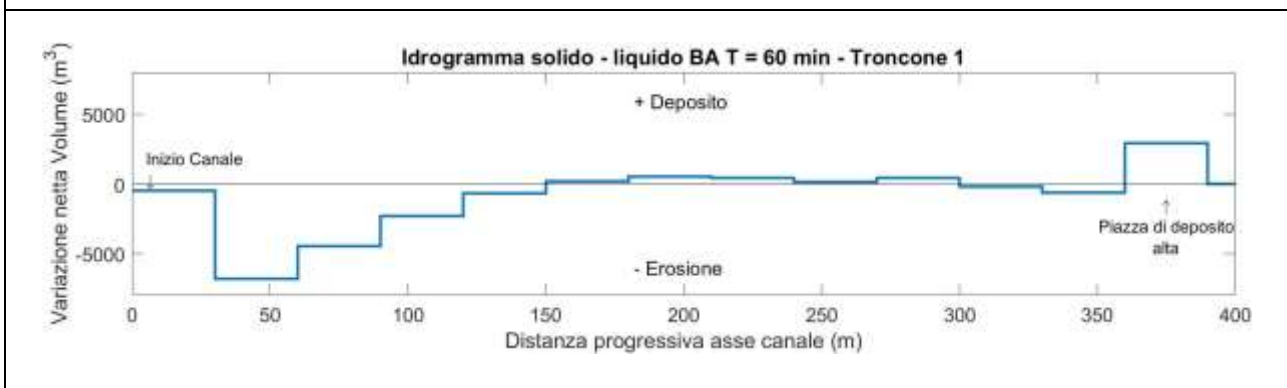
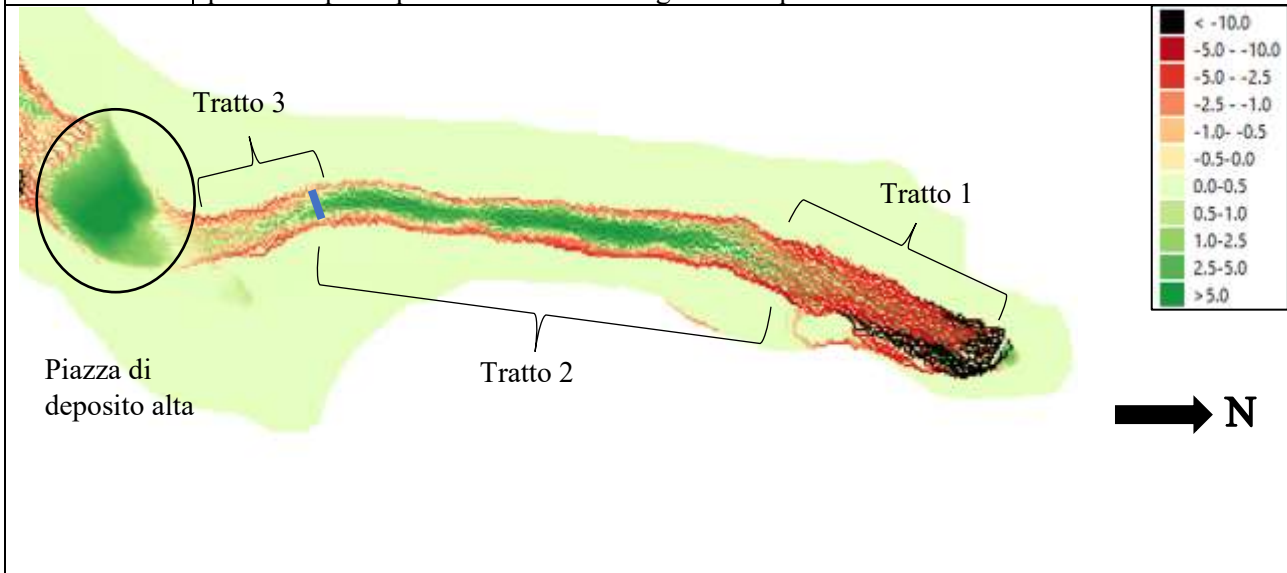
Figura 83. *Idrogramma solido – liquido BA T = 60 min Bus del Diau*

Troncone 1	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Interessano l’intera sezione del canale con scavi più considerevoli localizzati lungo la sponda sinistra.	Nella parte finale del tratto, con spessori < 5 m.
Tratto 2	Lungo le due sponde con azioni di scavo più importanti in sinistra idrografica.	Nella parte centrale della sezione con spessori che diminuiscono man mano che ci si sposta verso valle.
Tratto 3	Prevalentemente lungo le due sponde (< 3 – 4 m) ed in minima parte sul fondo.	All’interno del canale con spessori inferiori al metro.

Altro

La piazza di depositi ha il compito di trattenere parte del materiale solido trasportato dalla colata, grazie alla sua minore pendenza. Pertanto, si trovano depositi con spessori inferiori ai 5 – 6 m. Da sottolineare, la risalita del deposito all'interno del canale, inoltre, si segnala la presenza di erosioni nella parte sinistra della piazza.

Nel tratto 3 è presente una sezione di analisi della portata (linea blu), che ha misurato una portata al picco pari a 147.47 m³/s. Registrata dopo 29 minuti dall'inizio dell'evento.

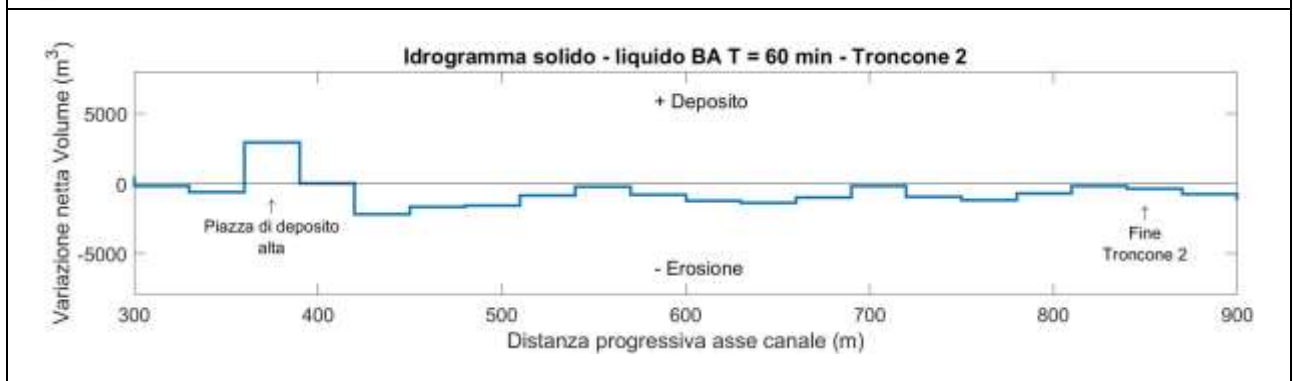
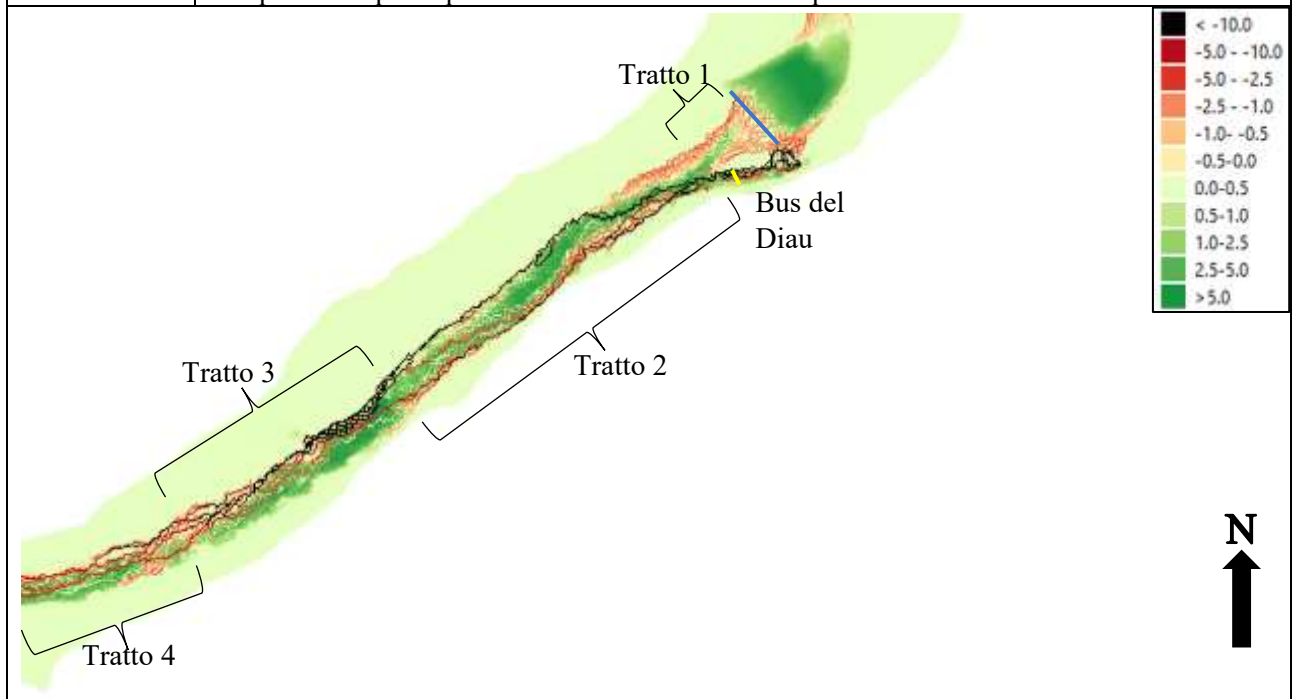


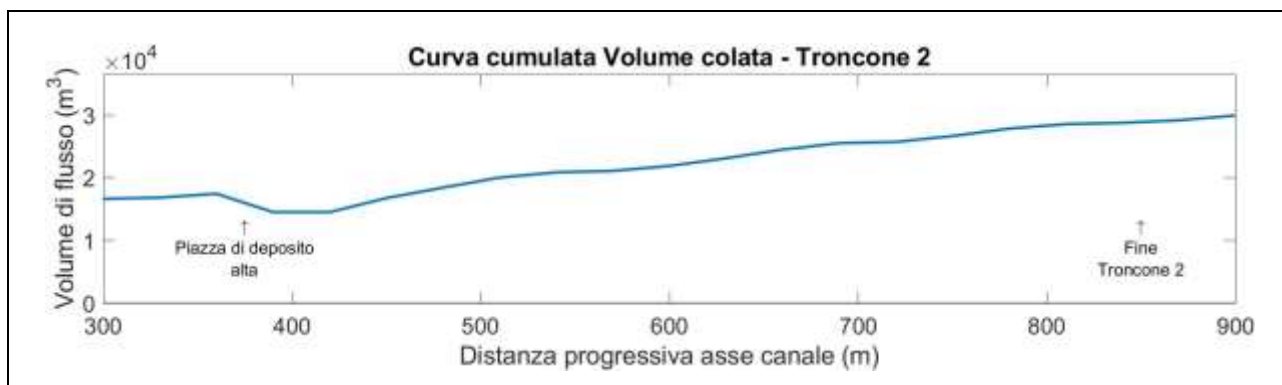
Troncone 1		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
0	-463.04	3607.98
30	-6804.37	4071.02
60	-4458.50	10875.39
90	-2328.32	15333.89
120	-681.20	17662.22

150	179.18	18343.41
180	538.94	18164.23
210	436.80	17625.29
240	141.30	17188.49
270	424.98	17047.19
300	-209.22	16622.21
330	-607.77	16831.43
360	2925.84	17439.20

Tabella 47. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 1

Troncone 2	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Interessano le sponde del canale con profondità di scavo simili (< 3 m).	In una piccola porzione del canale.
Tratto 2	Dopo l'entrata in alveo del deflusso proveniente dal Bus del Diau le azioni erosive del fenomeno diventano ancora più ragguardevoli e vanno ad interessare principalmente le due sponde. Da sottolineare, che in sponda destra si hanno gli scavi più importanti.	Occupano quasi l'intera sezione del canale con spessori medi inferiori ai 3 m. In alcuni punti raggiungono altezze anche pari a 5 m.
Tratto 3	Si attestano in destra idrografica con scavi più importanti lungo la sponda.	In sinistra idrografica con spessori importanti. La sua presenza indica che la colata si è spostata verso l'esterno ed ha rallentato.
Tratto 4	Sulla sponda destra e sul fondo con scavi importanti (5 – 6 m).	In sinistra idrografica con spessori inferiori ai 2 m.
Altro	A valle della piazza è presente una sezione di analisi della portata (linea blu), che registra una portata al picco pari a 104.89 m ³ /s. Misurata dopo 1780 secondi dell'inizio dell'evento.	

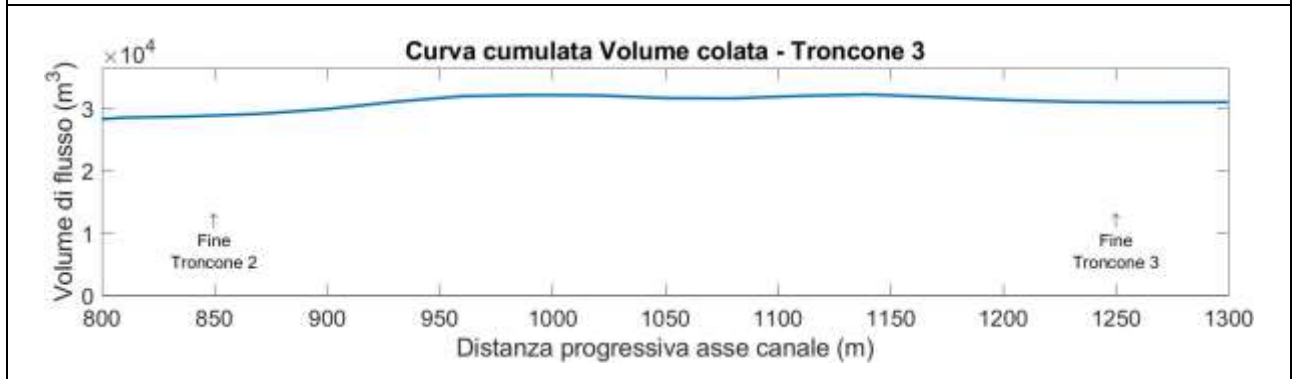
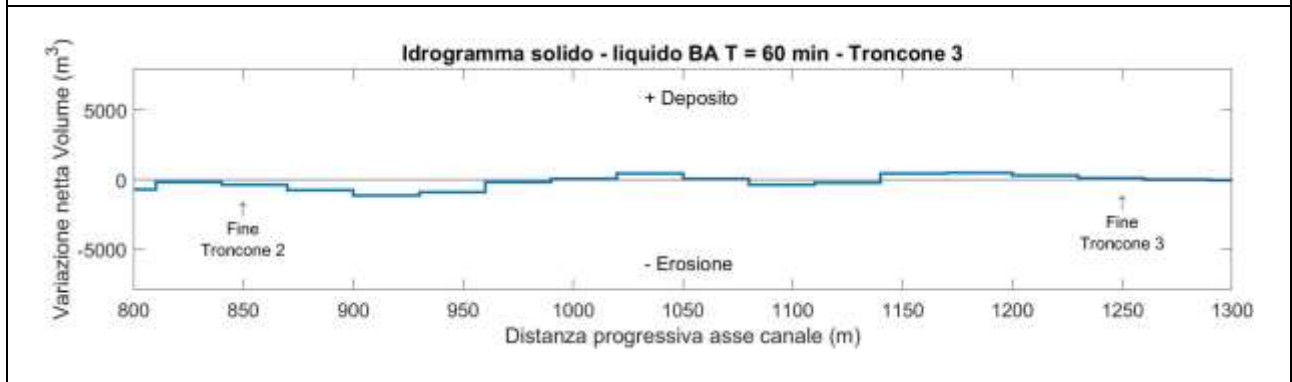
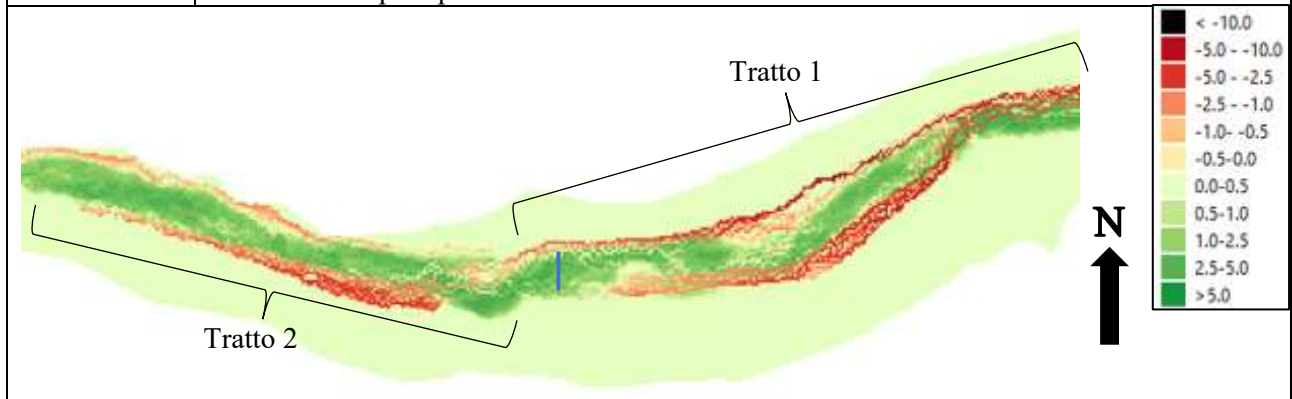




Troncone 2		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
390	-1642.26	14513.36
420	-2227.58	16155.62
450	-1678.22	18383.20
480	-1601.96	20061.42
510	-840.90	21663.38
540	-221.30	22504.28
570	-798.18	22725.57
600	-1227.28	23523.75
630	-1381.80	24751.03
660	-1030.44	26132.83
690	-189.74	27163.27
720	-940.01	27353.01
750	-1190.46	28293.02
780	-710.00	29483.49
810	-205.27	30193.48
840	-407.95	30398.76

Tabella 48. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 2

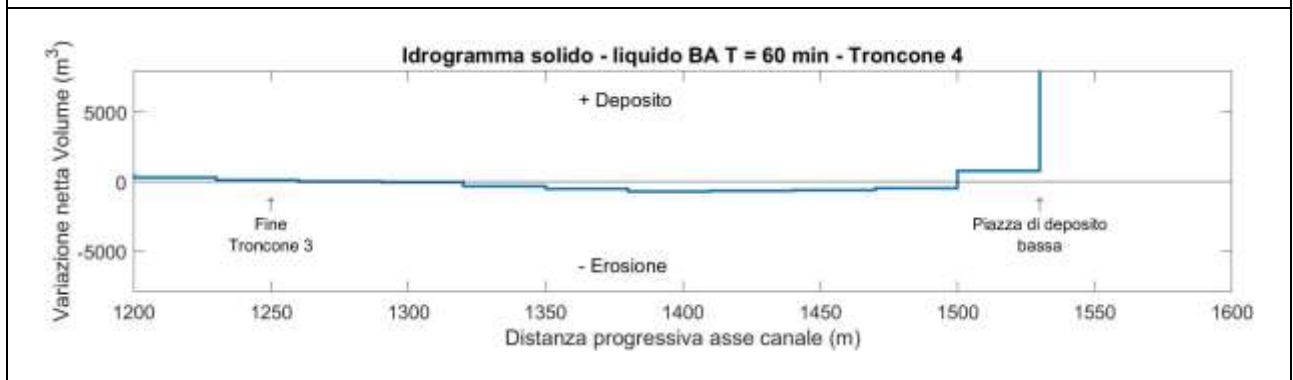
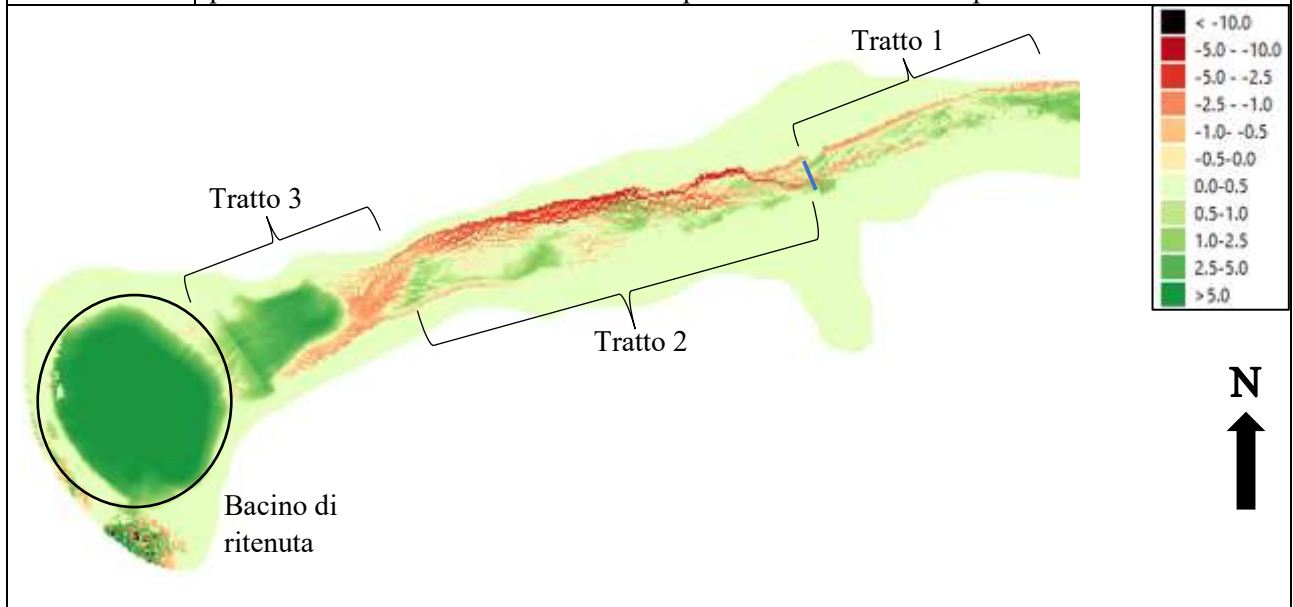
Troncone 3	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Nella parte iniziale occupano buona parte della sezione del canale. A valle, in prossimità di una curva, il fenomeno tende a concentrarsi verso la parte esterna. Da segnalare, che le erosioni più importanti si verificano nella parte interna della curva, ovvero, sulla sponda destra.	Nella parte iniziale presenta spessori più elevati, man mano che si va verso valle i depositi si fanno più contenuti, per poi tornare ad aumentare nella parte finale del tratto, cioè, dove sono presenti le due curve del reticolo.
Tratto 2	In presenza di una curva le erosioni tornano ad interessare la sponda sinistra, con scavi importanti che diminuiscono man mano, che si va verso valle. Erosioni presenti anche lungo la sponda destra con scavi < 1.5 m.	Presentano spessori mai superiori a 2.5 m.
Altro	Nella parte finale del tratto 1 è presente una sezione di calcolo della portata (linea blu). Dove viene misurata una portata al picco pari a 85.59 m ³ /s, registrata dopo 30 minuti dall'inizio dell'evento di precipitazione.	



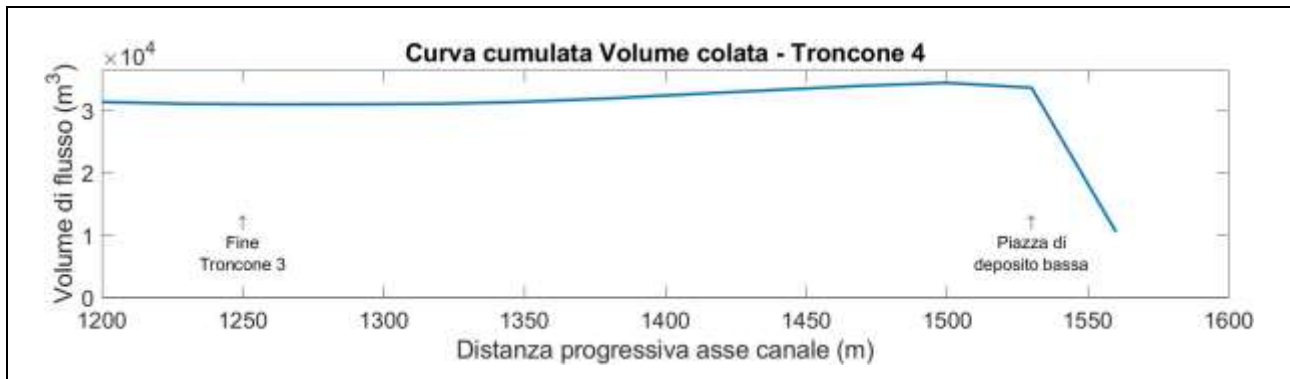
Troncone 3		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
870	-767.76	30806.70
900	-1163.26	31574.46
930	-901.37	32737.72
960	-183.35	33639.09
990	59.16	33822.43
1020	433.30	33763.27
1050	42.06	33329.97
1080	-399.84	33287.91
1110	-229.04	33687.75
1140	422.87	33916.79
1170	466.53	33493.92
1200	298.64	33027.39
1230	80.10	32728.76
1260	-15.67	32648.66

Tabella 49. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 3

Troncone 4	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Scavi localizzati in sponda sinistra e lungo la sponda destra con rimozioni < 1.5 - 2 m.	Spessori inferiori a 1.5 m nella parte iniziale, poi inferiori al metro nella parte centrale e finale del tratto.
Tratto 2	Dopo il ponte interessano buona parte del canale, verso valle, si concentrano in destra idrografica, con scavi importanti. Presenti anche in sponda sinistra e sul fondo, con scavi molto più contenuti.	Deposito abbastanza contenuto in corrispondenza del ponte. A valle si localizzano nell'alveo, con spessori mai superiori al metro e mezzo.
Tratto 3	Per un terzo del tratto interessano l'intera sezione del canale, poi si localizzano in sinistra idrografica.	A valle del tratto eroso, con spessori minori di 4 m.
Altro	A valle del ponte è registrata una portata al picco (linea blu) pari a 96.72 m ³ /s, misurata dopo 37 minuti dall'inizio dell'evento. Il bacino di ritenuta posto a protezione dell'abitato di Borca di Cadore risulta essere completamente riempito dal materiale trasportato dalla colata, ovvero, che si registrato spessori compresi tra 4 – 8 m. Da segnalare che l'opera non è stata in grado di trattenere parte del deflusso del fenomeno vista la presenza di erosioni e depositi a valle del bacino.	



Da sottolineare, che per visualizzare meglio l'andamento delle erosioni e dei depositi all'interno del troncone, si è deciso di applicare una scala più contenuta all'asse delle ascisse del grafico del volume netto della colata, questo comporta che il quantitativo di materiale trattenuto dall'opera non risulta essere ben rappresentato, pertanto, in questo caso, per una maggiore chiarezza si può fare riferimento alla Tabella 50 dove è possibile comprendere, che all'interno del bacino di ritenuta si sono depositati **23163.16 m³**.



Dal grafico è possibile comprendere, che il bacino di ritenuta non è stata in grado di trattenere tutto il materiale movimentato dall'evento, come di fatto già descritto all'interno della valutazione fotografica.

<i>Troncone 4</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
1290	-71.90	32664.34
1320	-316.78	32736.23
1350	-547.48	33053.01
1380	-699.36	33600.50
1410	-683.24	34299.86
1440	-642.31	34983.10
1470	-478.66	35625.41
1500	789.07	36104.07
1530	23163.16	35315.00
1560	-	12151.84

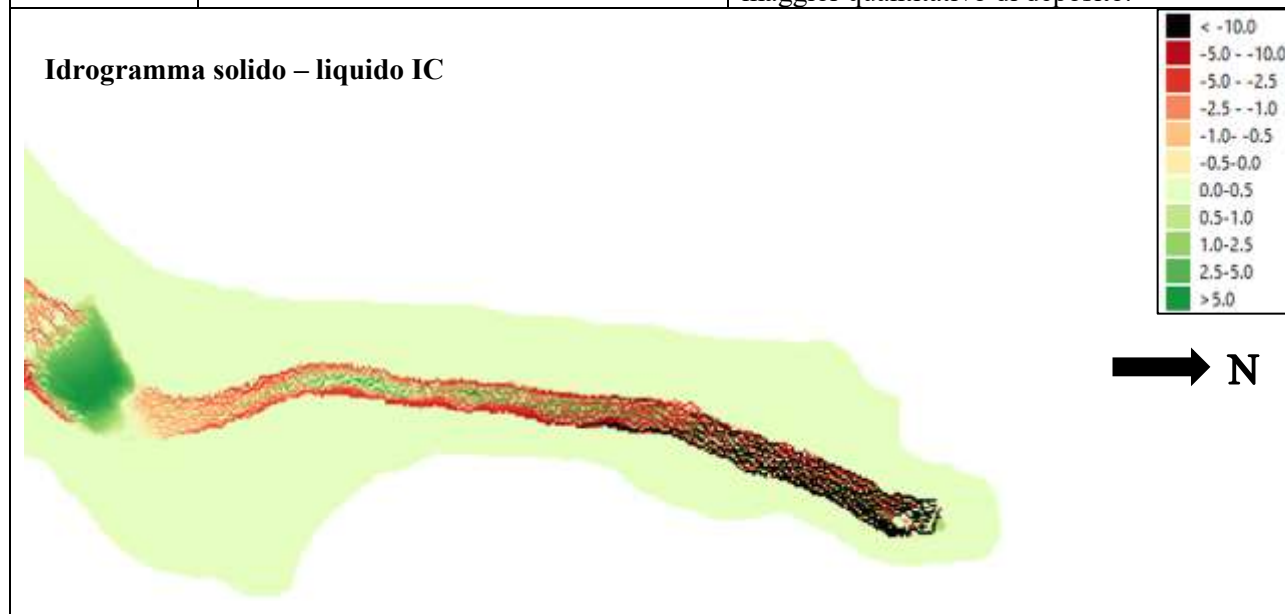
Tabella 50. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 4

Terminata la descrizione dei depositi e delle erosioni in presenza di un evento di precipitazione di durata un'ora, si effettua un confronto fra i risultati ottenuti dalle due simulazioni, così si potranno individuare eventuali similitudini o differenze dei dati ottenuti nel caso in cui si utilizzi uno dei due idrogrammi solido – liquidi.

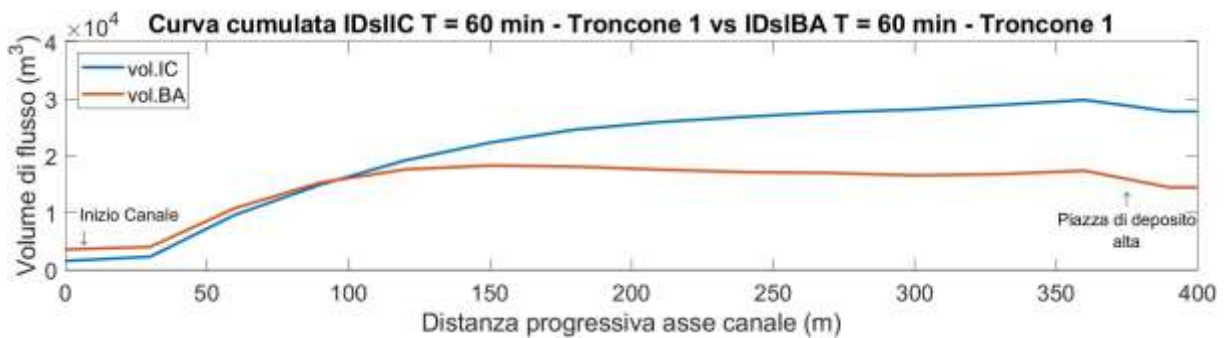
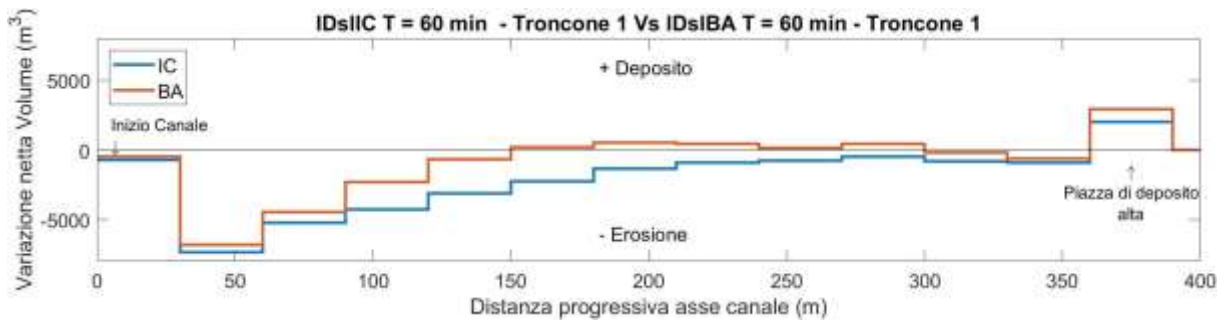
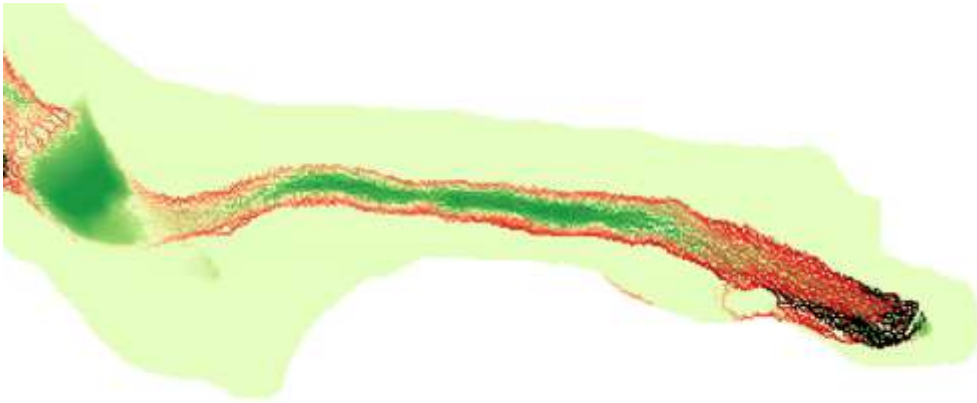
6.6.3. Confronto idrogramma solido – liquido IC vs Idrogramma solido – liquido BA

- Troncone 1 intensità costante vs Troncone 1 blocchi alterni

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Nessuna	L'idrogramma solido – liquido IC presenta azioni erosive ragguardevoli per un tratto molto lungo di canale, mentre, l'idrogramma solido – liquido BA erode molto le sponde andando ad allargare il canale e a generare un canale secondario al di fuori dell'alveo, inoltre, presenta un certo quantitativo di deposito al suo interno.
Tratto 2	Nessuna	Con l'idrogramma solido – liquido IC si ha una quasi totale erosione del tratto, mentre, con l'idrogramma solido – liquido BA si erodono solo le sponde. Inoltre, con questo idrogramma i depositi sono molto più marcati.
Tratto 3	Nessuna	Canale più largo con L'idrogramma solido – liquido BA, inoltre, vi è la presenza di un maggior quantitativo di deposito.



Idrogramma solido – liquido BA



Dal confronto tra le due curve cumulate si può notare, che inizialmente la colata generata con idrogramma solido – liquido BA presenta un volume più elevato, spiegato dal fatto che il volume solido d'ingresso risulta esse più importante ($3607.9 m^3$) rispetto a quello dell'idrogramma solido – liquido IC ($1599.4 m^3$). Una volta entrati nel secondo tratto, si nota che la curva cumulata individuata mediante l'idrogramma solido – liquido IC presenta volumi movimentati molto più considerevoli rispetto a quelli determinati con l'idrogramma solido – liquido BA, spiegato dal fatto, che in questo tratto la simulazione IC presenta variazioni di volume netto, più marcate. Questo andamento continua anche oltre la piazza di deposito, dove, al suo interno si sono depositati circa $2000 - 3000 m^3$ di materiale.

La Figura 83 illustra il confronto tra le portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel primo troncone di analisi.

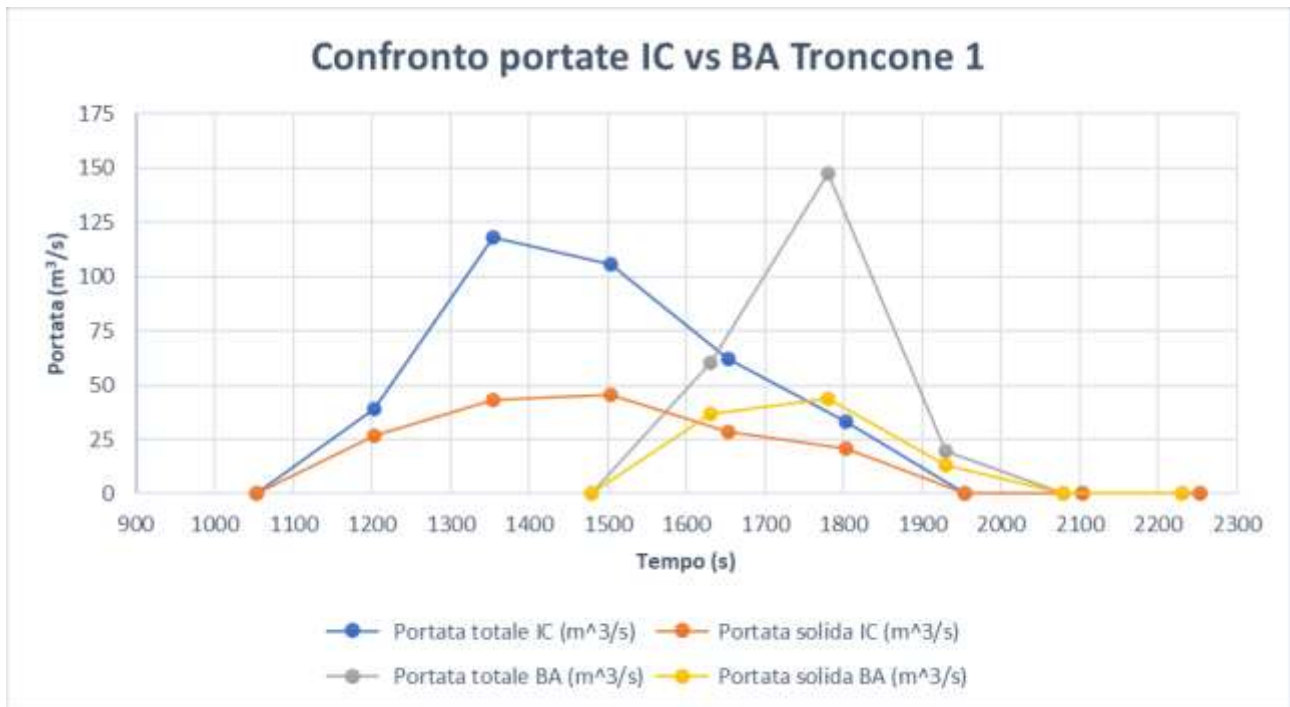
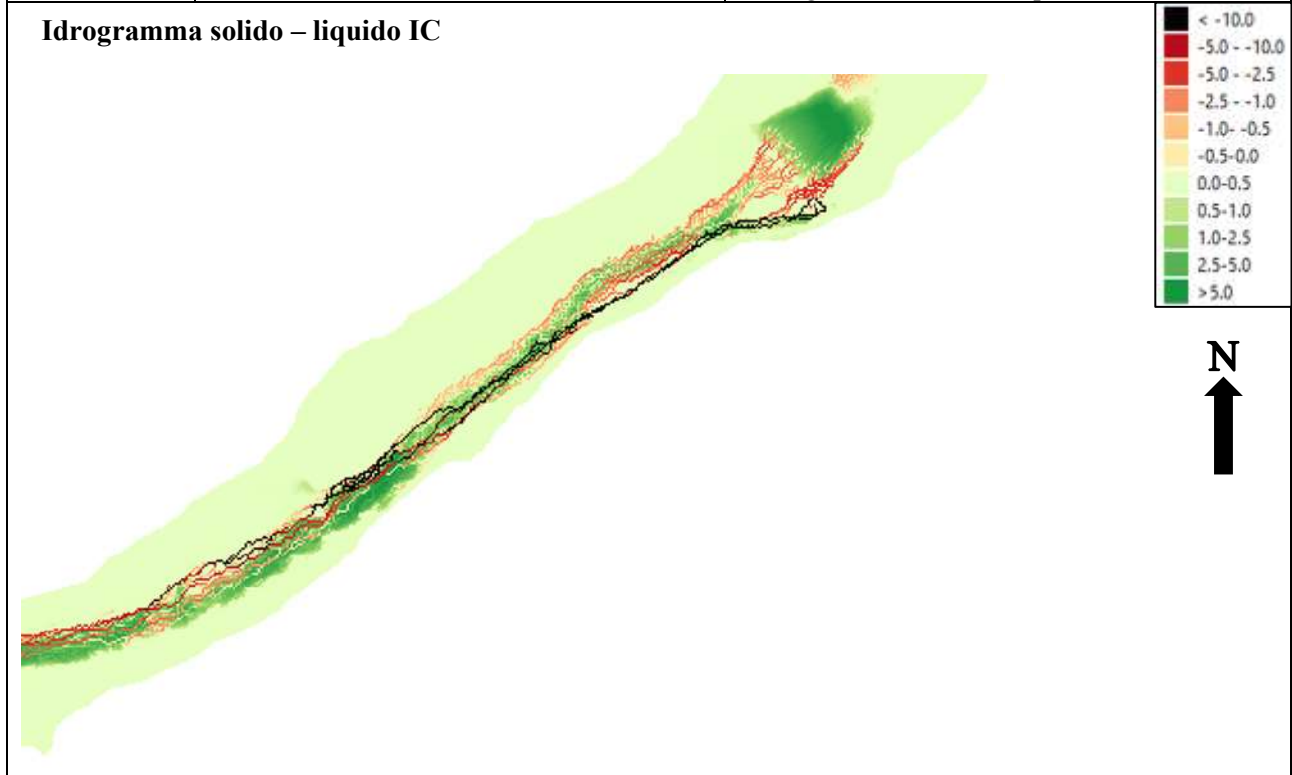


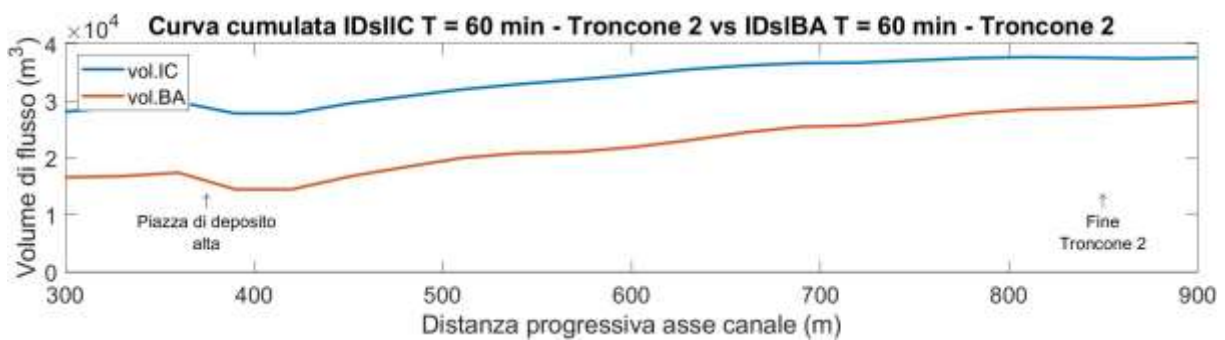
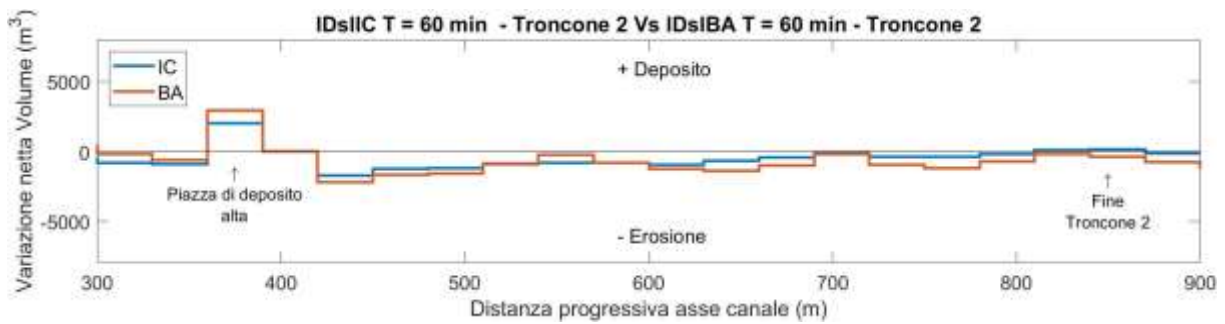
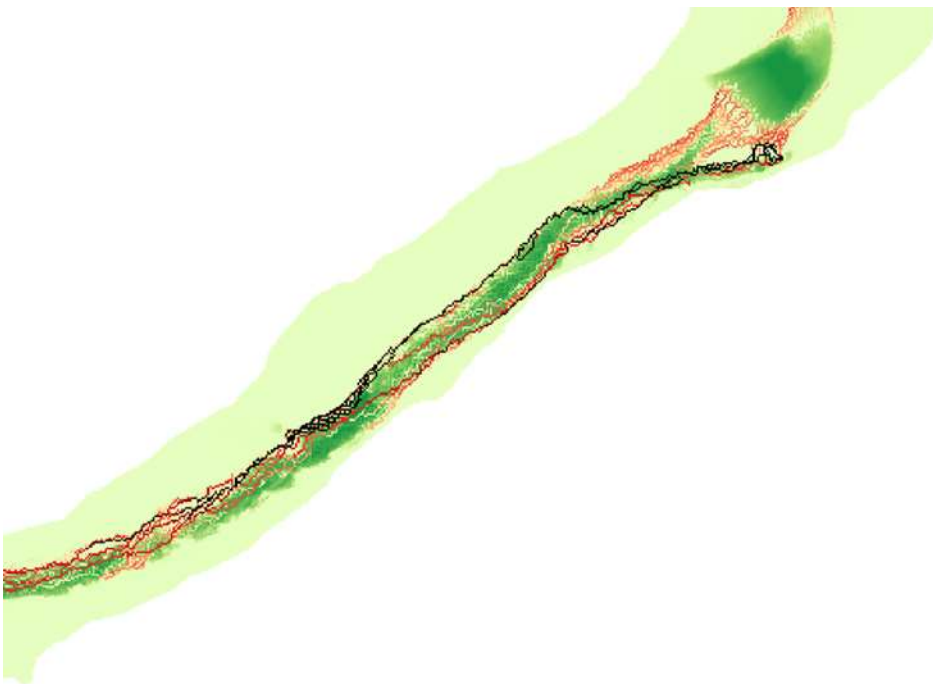
Figura 84. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 3 del troncone 1

- Troncone 2 intensità costante vs Troncone 2 blocchi alterni

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Nessuna	Erosioni interessano un'area maggiore con l'idrogramma solido – liquido BA.
Tratto 2	Nella parte finale del tratto spostamento del fenomeno in destra idrografica.	Con l'idrogramma solido – liquido BA le erosioni più importanti interessano la sponda destra, mentre, con l'idrogramma solido – liquido IC le erosioni sono più marcate lungo la sponda sinistra e sul fondo del canale.
Tratto 3	Andamento depositi in sinistra idrografica	Idrogramma a blocchi alterni presenta scavi tendenzialmente più considerevoli rispetto a quelli individuati con l'intensità costante.
Tratto 4	Andamento erosioni – depositi	Erosioni occupano un'area maggiore con l'idrogramma solido – liquido BA.



Idrogramma solido – liquido BA

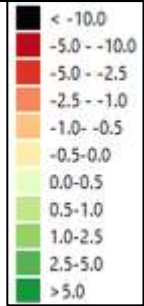
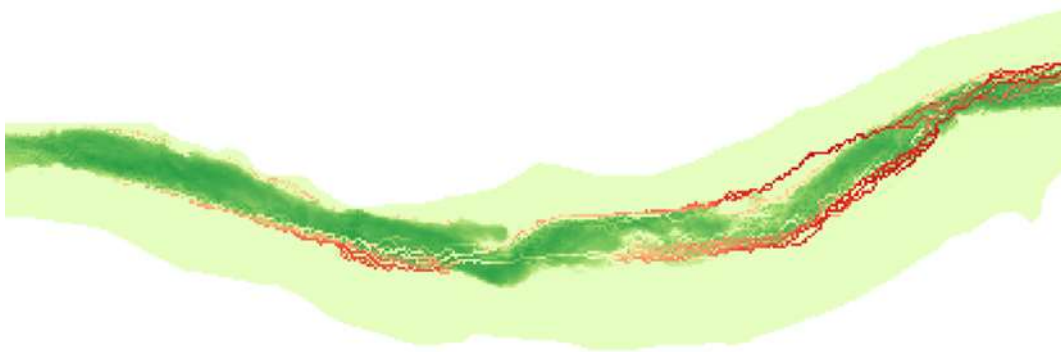


Come nel primo troncone di analisi, anche nel troncone numero due la curva cumulata individuata con l'idrogramma solido – liquido IC presenta volumi più importanti, però, è da segnalare una diminuzione del divario tra le due curve cumulate, man mano che ci sposta verso valle.

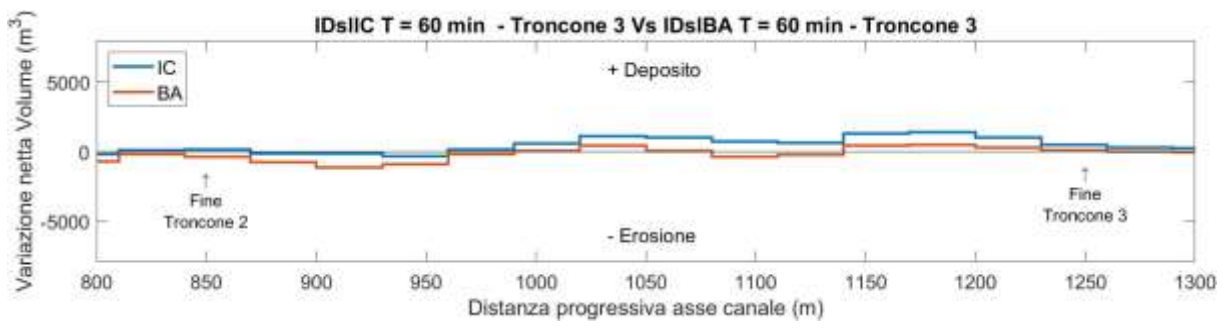
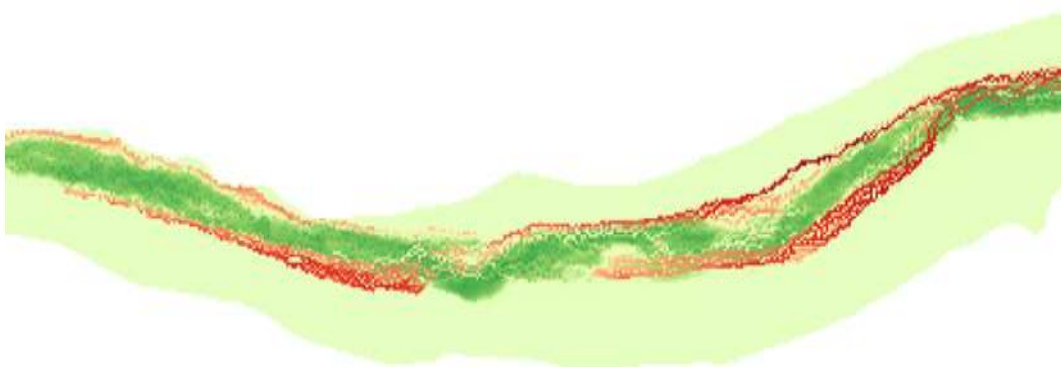
- Troncone 3 intensità costante vs Troncone 3 blocchi alterni

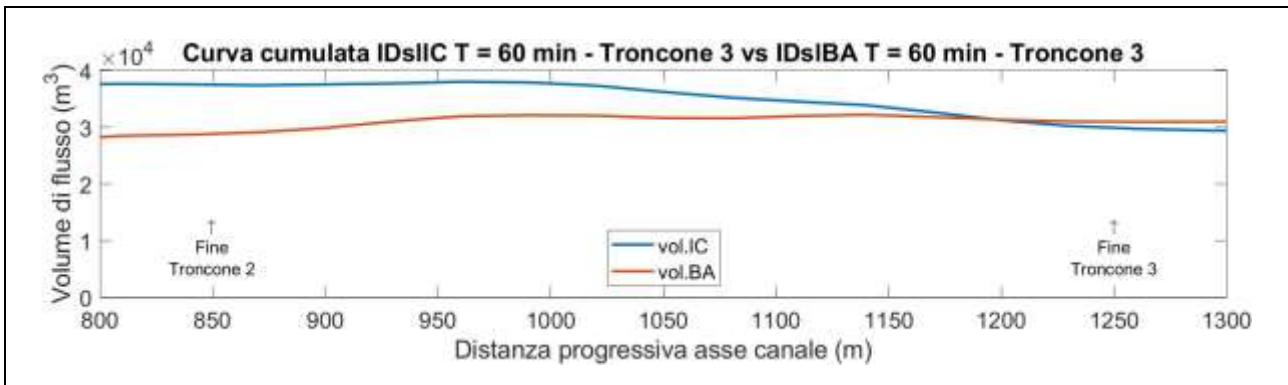
	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Andamento erosioni – depositi	Con l'idrogramma solido – liquido BA le erosioni tendono a presentare scavi più marcati e ad interessano un'area maggiore.
Tratto 2	Andamento erosioni – depositi	Erosioni più marcate con l'idrogramma solido – liquido BA, mentre, i depositi sono più marcati con l'idrogramma solido – liquido IC.

Idrogramma solido – liquido IC



Idrogramma solido – liquido BA





Come si evince dal grafico, la differenza tra le due curve diminuisce man mano, che ci si sposta verso la piazza di deposito alta. Questo andamento continua fino a quando i volumi smossi dal fenomeno simulato con idrogramma solido – liquido BA, diventano più importanti. Indice, del fatto che con questo tipo di idrogramma, in questo punto, la colata smuove un maggior quantitativo di materiale rispetto a quello smosso con l'idrogramma solido – liquido IC. La Figura 84 descrive il raffronto tra le portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel terzo troncone di analisi.

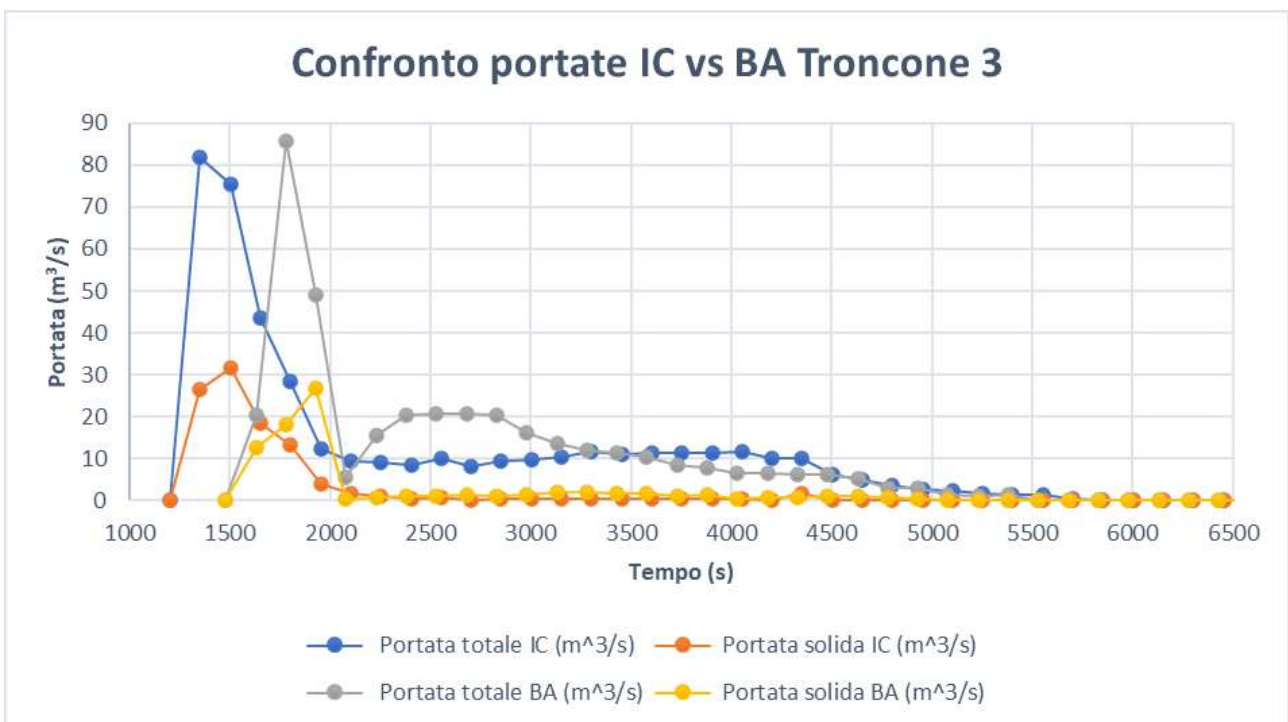
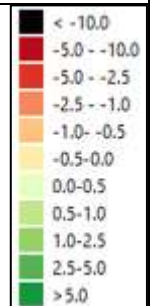
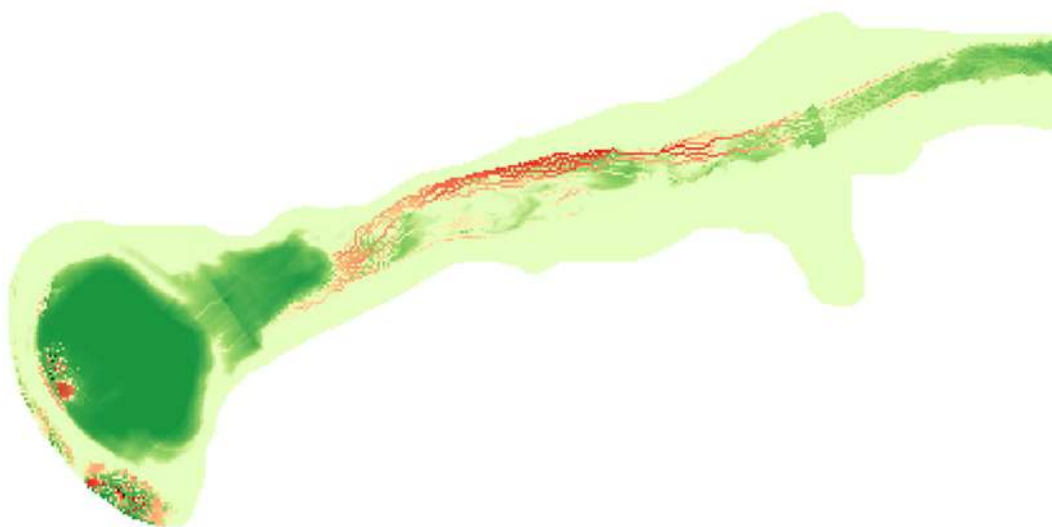


Figura 85. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 3

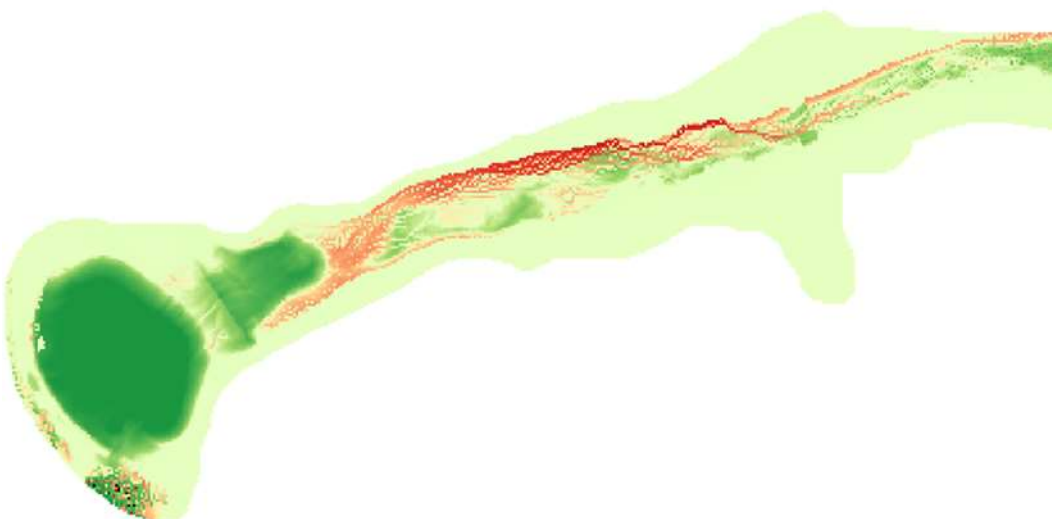
- Troncone 4 intensità costante vs Troncone 4 blocchi alterni

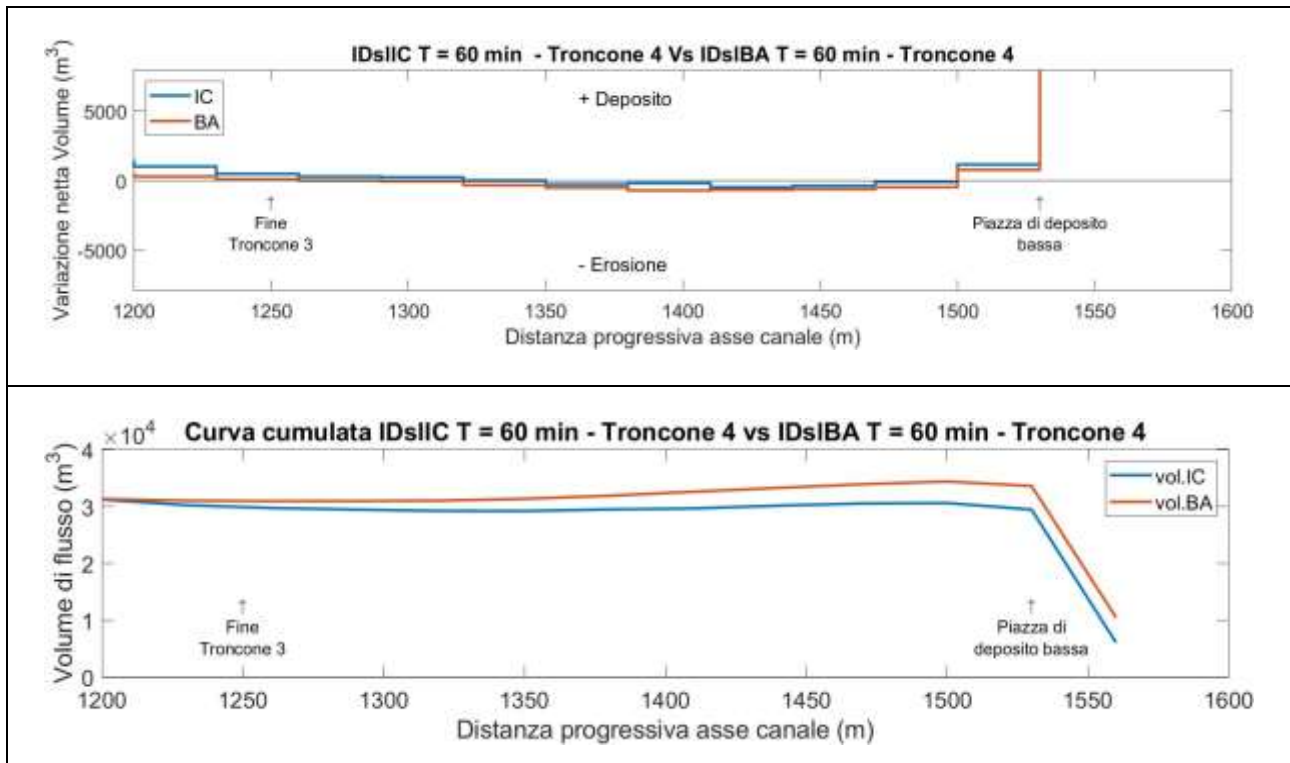
	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Andamento erosioni – depositi	Con idrogramma solido – liquido IC i depositi sono molto più marcati, mentre, le erosioni sono più importanti in presenza di un idrogramma solido – liquido BA.
Tratto 2	Andamento erosioni – depositi	Le erosioni interessano una maggiore porzione di canale e sono più marcate in presenza di uno idrogramma solido – liquido BA. Depositati sono più importanti con l'idrogramma solido – liquido IC.
Tratto 3	Andamento erosioni - depositi	Erosioni scavano una maggiore porzione di canale in presenza di un idrogramma solido – liquido BA.
Bacino di ritenuta	Presenza di erosioni e depositi a valle del bacino di ritenuta, indice del fatto di una fuoriuscita del deflusso.	Presenza di azioni erosive all'interno del bacino di ritenuta.

Idrogramma solido – liquido IC



Idrogramma solido – liquido BA





Entranti nell'ultimo troncone di analisi si comprende, che la colata generata dall'evento simulata con l'idrogramma solido – liquido BA è caratterizzata da un maggiore movimento di materiale, come di fatto rappresentato dalle erosioni più significative in destra idrografica.

Concludendo, si può dire, che in presenza di un evento di precipitazione con durata di 60 minuti le masse smosse, per buona parte del canale saranno più elevate nel caso in cui si utilizzi come input nel modello un idrogramma solido – liquido IC. Mentre, da circa metà terzo troncone in poi i volumi movimentati dalla colata detritica simulata con l'idrogramma solido – liquido BA diventano più alti. Da segnalare, inoltre, che l'opera di difesa posta a monte dell'abitato di Borca di Cadore, è stata riempita del tutto e per tale motivo non è stata in grado di trattenere parte del materiale movimentato da entrambe le colate simulate.

La Figura 85 ritrae la comparazione delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel quarto troncone di analisi.

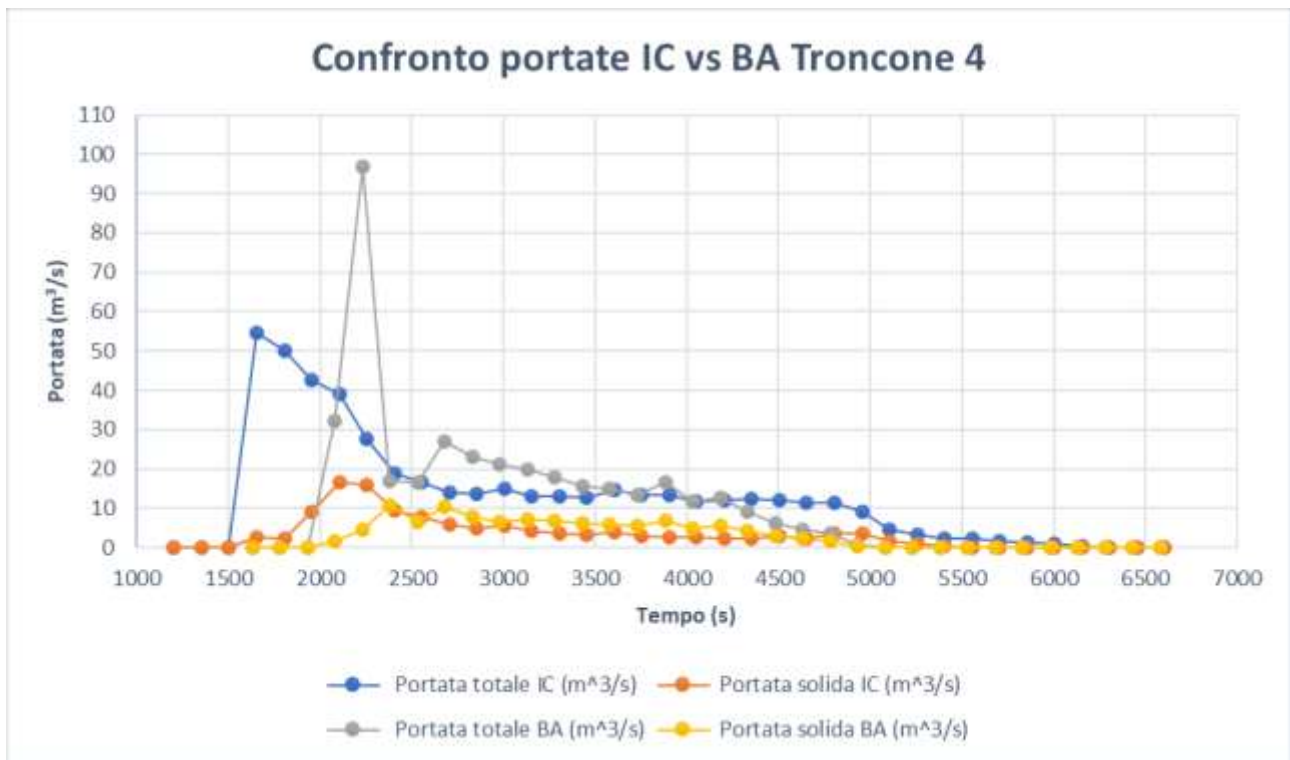
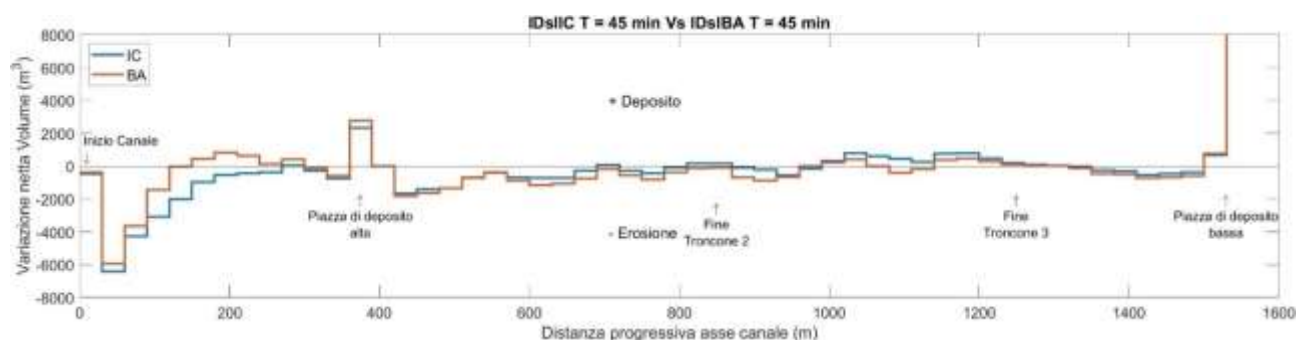


Figura 86. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 4

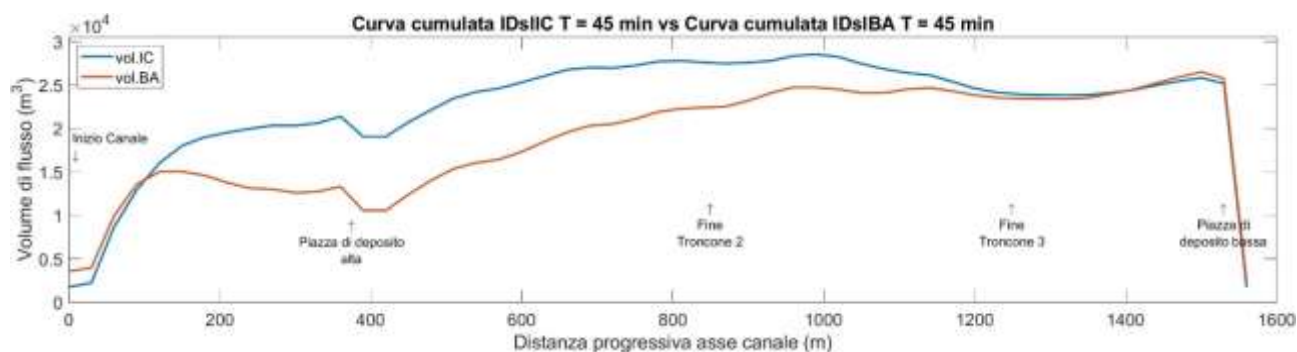
6.7. Idrogramma solido – liquido di durata pari a 45 minuti

Come detto nella parte iniziale del capitolo, per le simulazioni con durate di precipitazione pari a 45 minuti si riportano solamente i confronti tra i volumi netti, volumi cumulati e la portate. Si sottolinea, che per quanto riguarda i volumi si riporta il confronto dei risultati delle due simulazioni a livello di canale. Per le portate il confronto viene effettuato a livello di troncone, visto che al loro interno vi sono delle sezioni di analisi, che registrano la portata totale e solida.

Per prima cosa si riporta il confronto dei volumi individuato mediante l'utilizzo del codice Matlab, ed in seguito si inserisce il raffronto tra le portate.



Come per le altre durate, anche in questo caso si è deciso di dare al grafico una scala più contenuta, però questo comporta, che il volume di sedimento presente all'interno del bacino di ritenuta non è ben rappresentato, pertanto, lo si riporta in queste righe. Nel caso della simulazione con idrogramma solido – liquido IC la piazza ha accumulato un volume pari a 23.407 m^3 , mentre, per la simulazione con l'idrogramma BA il volume è pari a 23.349 m^3 . Come si può notare sono due valori simili, indice del fatto, che la piazza è stata completamente riempita. Però, come per le durate precedenti, l'opera non è stata in grado di trattenere tutto il materiale arrivato al suo interno.



Dal confronto delle due curve cumulate si evince, che la simulazione con idrogramma solido – liquido IC movimentata un maggior quantitativo di volume tra metà primo troncone e fine troncone 2. Però, come si può notare la curva cumulata BA, a valle della piazza, presenta un incremento più accentuato rispetto la curva IC. Indicando, che la colata smuove più sedimento. Il divario tra le due curve diminuisce via via, che ci si sposta

verso il bacino di ritenuta, fino a quando, a metà troncone 4, il volume cumulata BA diventano leggermente più alto.

Rappresentato di volumi si riportano i confronti delle portate, descritti dalla Figure 86, 87, 88 e 89. Quelle, che emerge è che le simulazioni con idrogramma solido – liquido IC raggiungono il loro picco all'incirca 5 minuti prima rispetto a quello simulato con idrogramma solido – liquido BA. Però, i valori, di portata totale, più elevati si registrano con questo idrogramma. Il divario tra i due picchi aumenta, man mano, che si attraversa il canale.

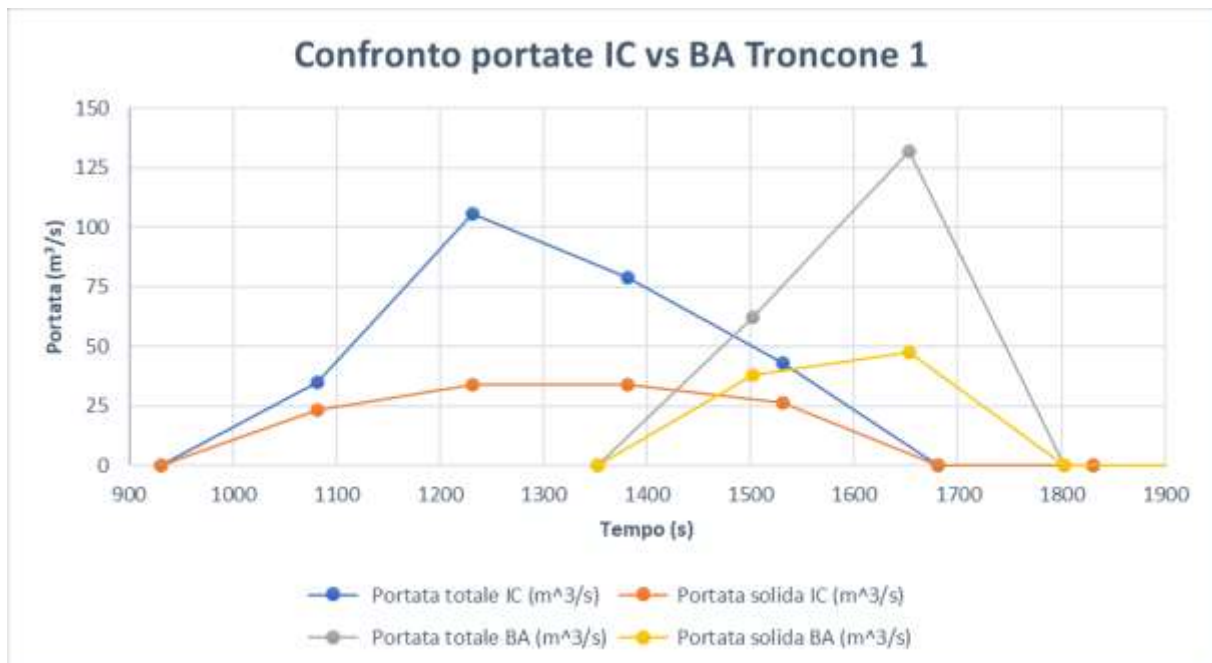


Figura 87. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 3 del troncone 1

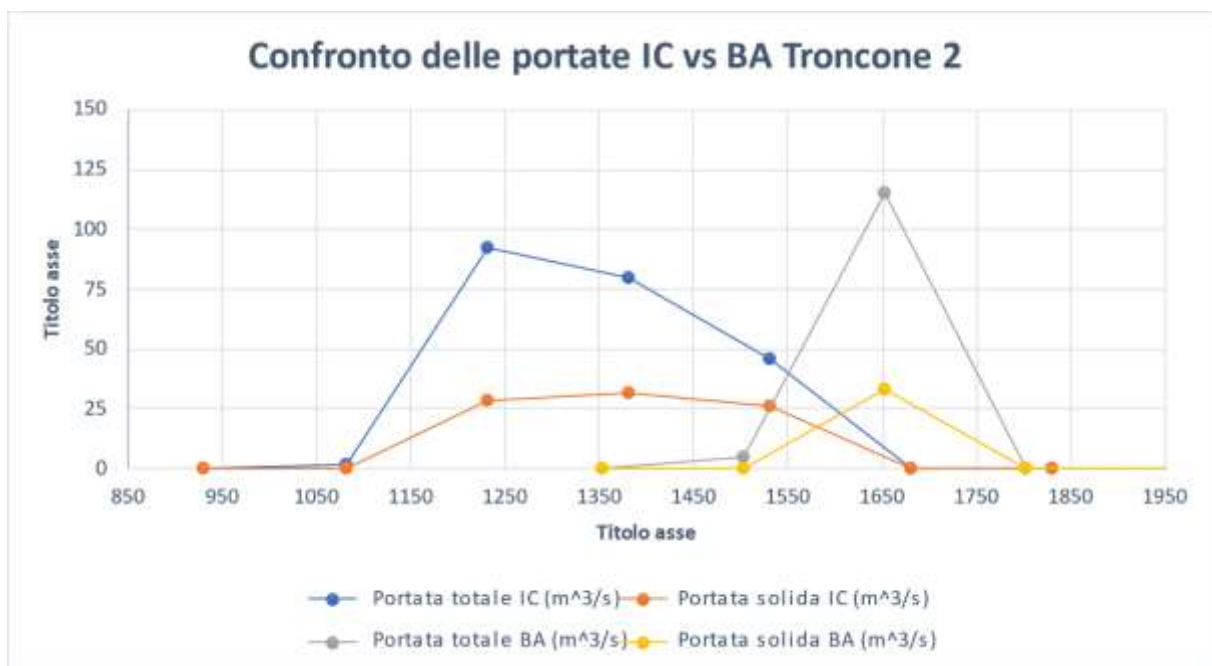


Figura 88. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 2

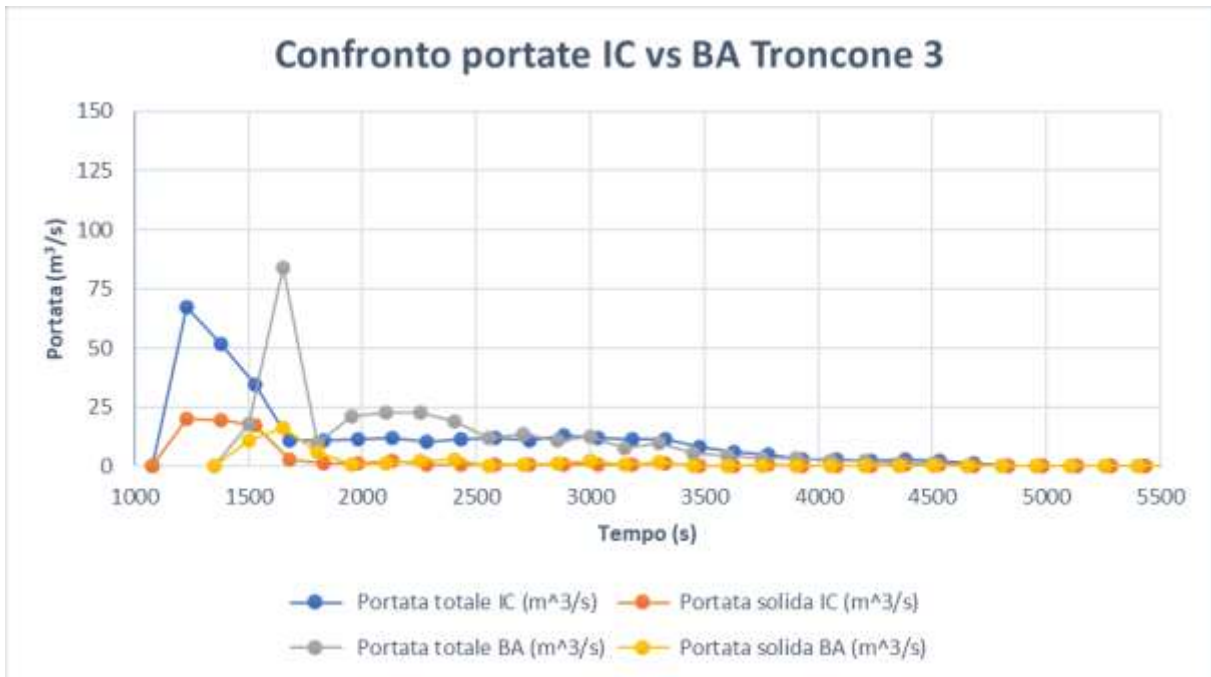


Figura 89. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 3

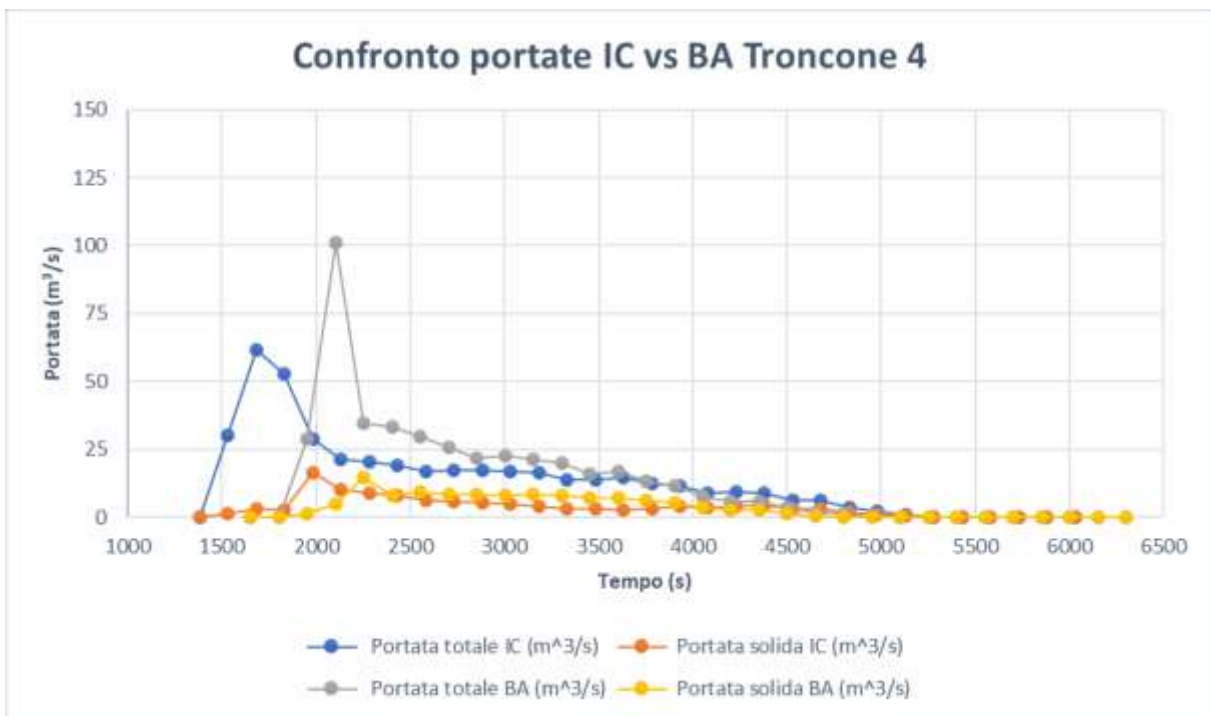


Figura 90. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 4

7. VALUTAZIONE EROSIONI DEPOSITI POST SISTEMAZIONE

In questo capitolo si effettueranno le stesse valutazioni effettuate nel capitolo 6, ovvero, si andranno ad analizzare le erosioni e i depositi generati da una colata detritica in presenza di diversi idrogrammi di input con differenti durate di precipitazione. In questo caso, però, all'interno del canale di Rovina di Cancia vi è la presenza di due nuove opere di mitigazione:

- Briglia filtrante: posta a circa metà troncone 2;
- Briglia/soglia: posta al di sotto del ponte che si localizza all'interno del quarto troncone di analisi.

Entrambe le opere hanno il compito di trattenere parte del materiale solido, che verrà trasportato durante l'evento. Si segnala, inoltre, che il punto di immissione del Bus del Diau è stato spostato verso valle (in prossimità della briglia filtrante), mediante la realizzazione di un canale artificiale, che scorre parallelo a quello principale.

Anche in questo caso il canale è stato suddiviso in quattro tronconi di analisi (si rimanda alla Figura 43 posta nel capitolo precedente), che a loro volta sono stati suddivisi in più tratti in modo da rendere più chiara la descrizione e l'analisi delle erosioni e depositi accorsi durante l'evento.

Come descritto nelle righe precedenti il fenomeno di colata detritica è generato da diversi idrogrammi solido – liquidi, che presentano diverse durate di precipitazione. Gli idrogrammi, come per il capitolo precedente, sono stati determinati secondo le modalità descritte nel capitolo 4, mentre, le durate di precipitazione considerate sono le seguenti: il tempo di corrivazione del bacino (15 minuti), 20 minuti, 30 minuti, 40 minuti, 50 minuti e 60 minuti. Inoltre, a fine trattazione si riportano solo i confronti tra volume cumulato, volume netto e portate, per una durata di precipitazione pari a 45 minuti.

Si sottolinea, inoltre, che gli idrogrammi di input presenteranno una concentrazione del fenomeno leggermente più bassa (0.646) rispetto a quella utilizzata nelle simulazioni in assenza delle opere di mitigazione (0.675). Questo è stato reso necessario, per evitare un “warning” dato dal modello di simulazione. Comunque, il fenomeno rappresentato sarà sempre una colata detritica con un corpo e una coda liquida.

<i>Simulazione</i>	<i>Input</i>	<i>Durata</i>
1	Idrogramma solido – liquido IC	15 minuti
2	Idrogramma solido – liquido BA	15 minuti
3	Idrogramma solido – liquido IC	20 minuti
4	Idrogramma solido – liquido BA	20 minuti
5	Idrogramma solido – liquido IC	30 minuti
6	Idrogramma solido – liquido BA	30 minuti
7	Idrogramma solido – liquido IC	40 minuti
8	Idrogramma solido – liquido BA	40 minuti
9	Idrogramma solido – liquido IC	50 minuti

10	Idrogramma solido – liquido BA	50 minuti
11	Idrogramma solido – liquido IC	60 minuti
12	Idrogramma solido – liquido BA	60 minuti
13	Idrogramma solido – liquido IC	45 minuti
14	Idrogramma solido – liquido BA	45 minuti

Tabella 51. Tabella riassuntiva delle simulazione svolte e descritte all'interno di questo capitolo. Per IC si intende, che l'idrogramma solido - liquido è stato determinato partendo da uno ietogramma ad intensità costante. Mentre per BA si intende che l'idrogramma di input è stato determinato partendo da uno ietogramma a blocchi alterni.

7.1. Idrogramma solido – liquido di durata pari al tempo di corrivazione del bacino (15 min)

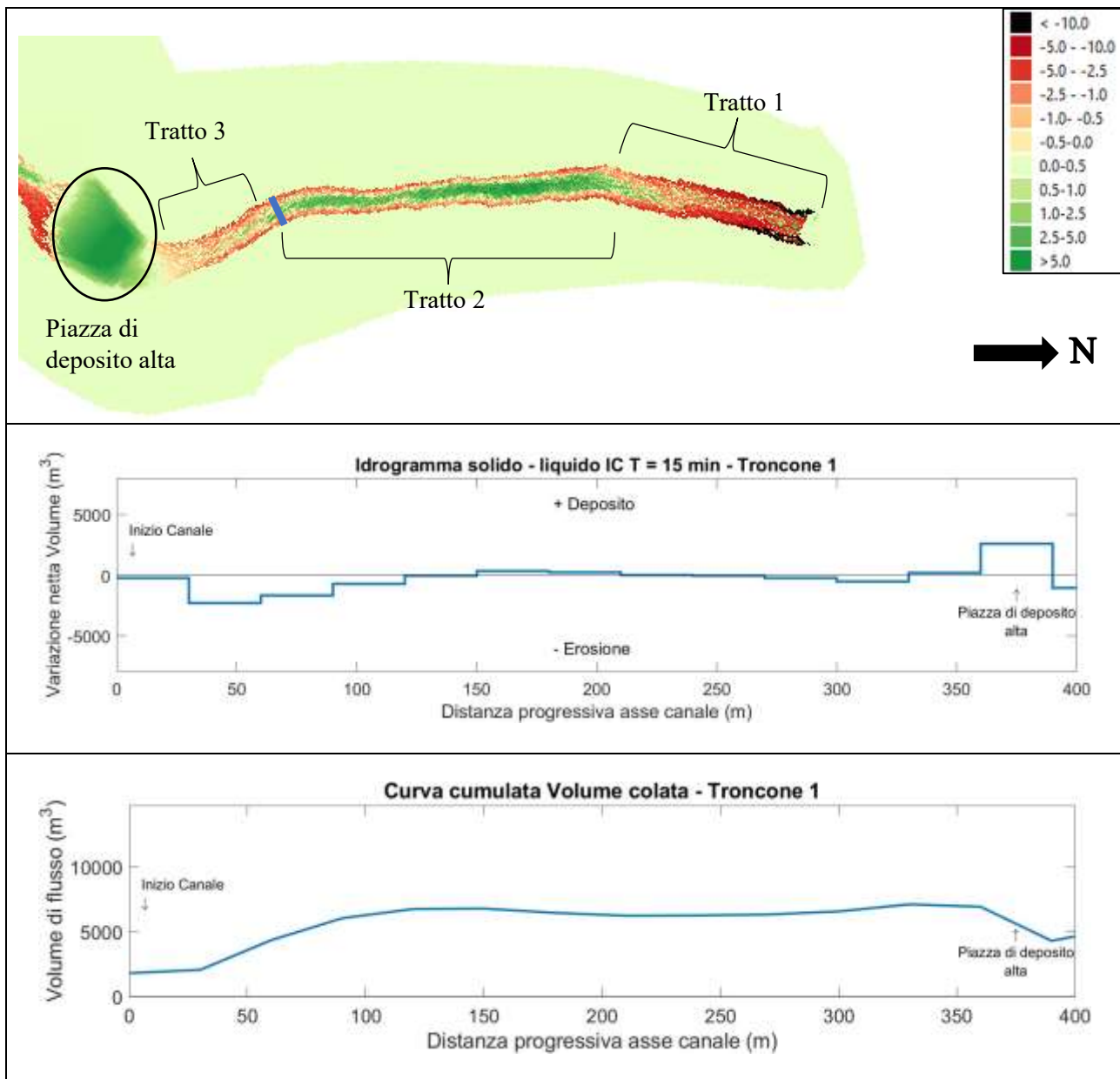
Partendo da differenti idrogrammi di input si andranno a verificare le erosioni e i depositi generati da un evento di colata detritica, all'interno del canale sistemato. La valutazione avviene in due modalità: la prima mediante un idrogramma solido – liquido generato partendo da uno ietogramma ad intensità costante (IC), mentre, la seconda analisi viene effettuata utilizzando un idrogramma solido – liquido determinato da uno ietogramma a blocchi alterni (BA). Infine, si effettua un confronto tra i risultati ottenuti dai due idrogrammi, in modo da definire eventuali similitudini o differenze.

Da sottolineare, che il canale oggetto di studio verrà suddiviso in 4 tronconi, per facilitare la valutazione. A loro volta verranno poi suddivisi in più tratti, in modo tale da avere una visione più chiara del comportamento del fenomeno.

7.1.1. Idrogramma solido – liquido IC di durata pari al tempo di corrivazione del bacino

Per generare l'evento, che ha dato vita al fenomeno di colata detritica si sono utilizzati due idrogrammi di input, il primo posto a monte del primo troncone di analisi, mentre, il secondo si pone immediatamente a valle della briglia filtrante e rappresenta il deflusso proveniente dal Bus del Diau, canale secondario, che dopo la sistemazione è convogliato in un canale parallelo a quello principale e, come detto, si immette subito dopo la briglia. Si segnala, che se si vuole visionare i grafici dei due idrogrammi di input utilizzati si può fare riferimento alle Figura 45 e Figura 46 poste all'interno del paragrafo 6.1.1.

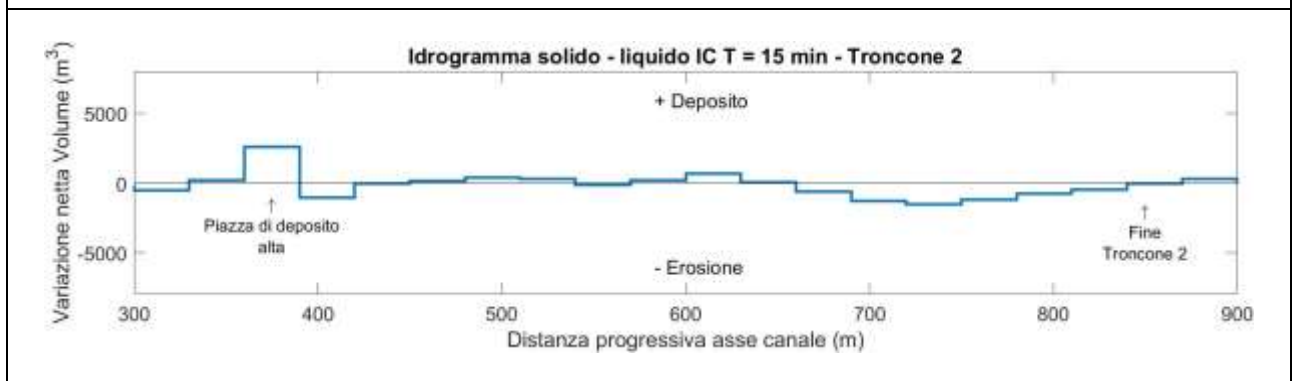
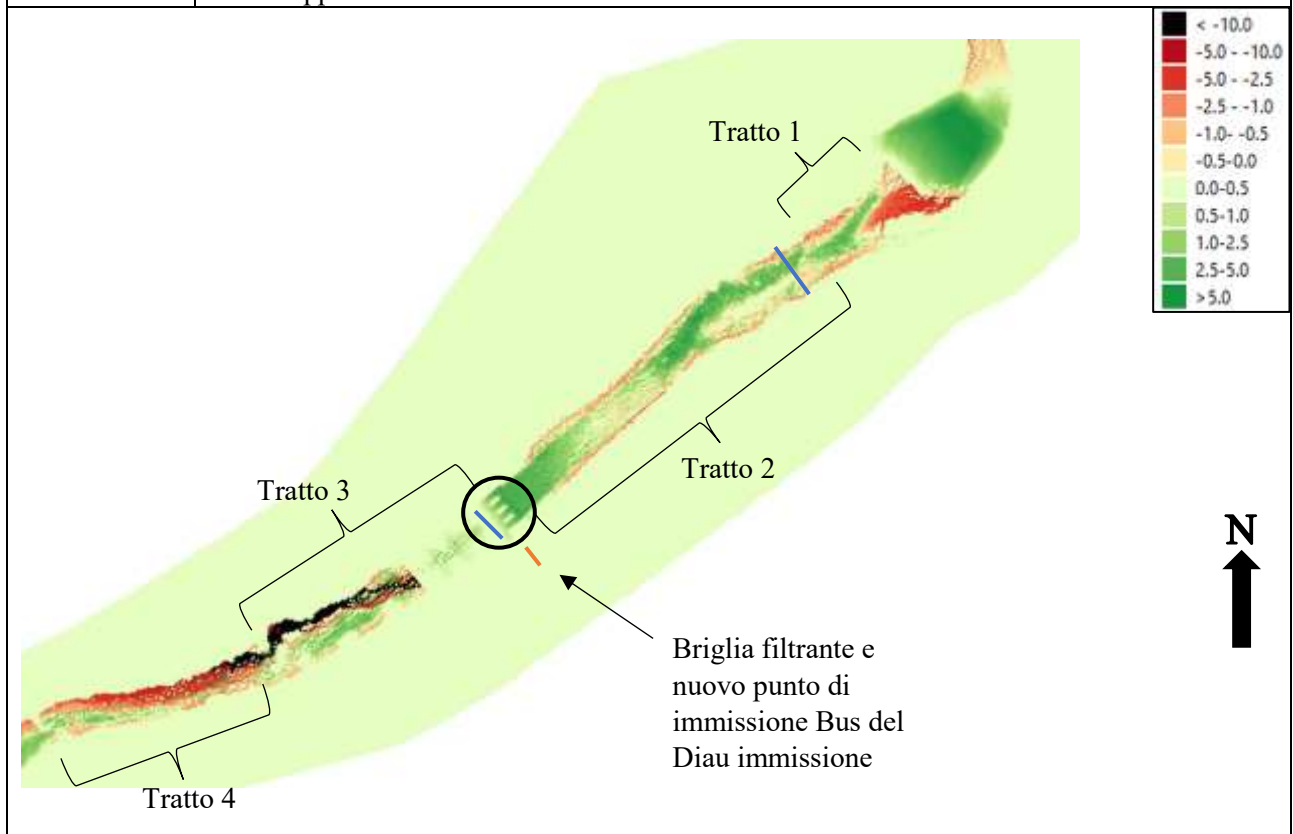
Troncone 1	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Delle sponde e del fondo, con scavi ragguardevoli, che diminuiscono man mano, che si si sposta verso valle.	Nella parte finale del tratto, nel centro del canale.
Tratto 2	Per un tratto di circa 200 m sono localizzate lungo le due sponde, con scavi simili.	Occupano gran parte della sezione del canale, con spessori compresi tra i 2 – 5 m di altezza.
Tratto 3	Interessano quasi l'intera sezione del canale fino alla piazza di deposito.	Presenti nella parte iniziale, con spessori molto contenuti.
Altro	Piazza di deposito è un'area a bassa pendenza, in modo da favorire l'arresto della colata e agevolare il deposito, che nel caso specifico ha raggiunto spessori pari a 4 – 5 m. Nel tratto 3 è presente una sezione di analisi (linea blu), che misura la portata. Dai dati emerge, che la portata al picco è pari a 74.40 m ³ /s ed è stata registrata dopo 16 minuti dall'inizio dell'evento.	

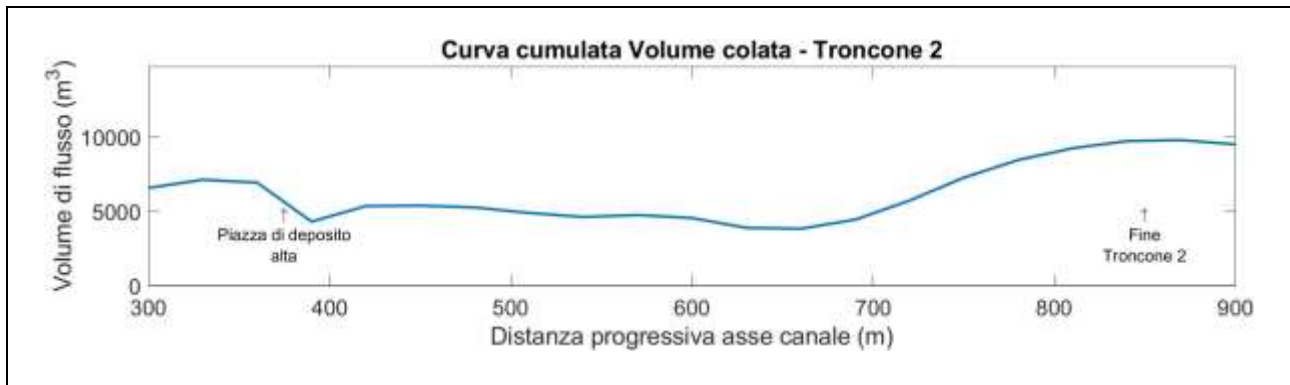


Troncone 1		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
0	-250.79	1826.20
30	-2282.94	2076.99
60	-1689.20	4359.93
90	-709.71	6049.13
120	-33.67	6758.83
150	328.85	6792.51
180	223.72	6463.65
210	-22.11	6239.94
240	-70.72	6262.05
270	-241.17	6332.77
300	-545.15	6573.94
330	191.94	7119.09
360	2615.12	6927.15

Tabella 52. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 1

Troncone 2	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Prevalentemente lungo le due sponde, con scavi molto ragguardevoli in sinistra idrografica.	Nella parte centrale del canale con spessori mai superiori ai 2.5 m.
Tratto 2	Lungo le due sponde ed in minima parte sul fondo con scavi contenuti.	Occupano gran parte della sezione del canale, con depositi più importanti a monte della briglia filtrante dove si raggiungono spessori massimi pari a 3 – 4 m.
Tratto 3	Scavi considerevoli in destra idrografica, generati dalle portate liquide immesse dal Bus del Diau.	Prevalentemente in sinistra idrografica con spessori compresi tra 1 e 2 m.
Tratto 4	Gran parte della sezione del canale, più contenute sul fondo (max 3 m), mentre, più ragguardevoli in sponda destra.	Poco importanti e localizzati nella parte esterna della curva.
Altro	Nel troncone sono state inserite due sezioni di analisi (linee blu) una a valle della piazza di deposito dove si sono raggiunti picchi pari a 83.87 m ³ /s, mentre, la seconda posta a valle della briglia, dove si sono registrate portate massime pari a 50.56 m ³ /s. Nella parte iniziale del tratto 3 è presente l'opera di difesa ed il punto di immissione, in alveo, del Bus del Diau. Corso d'acqua secondario caratterizzato da portate liquide con scarso apporto solido.	

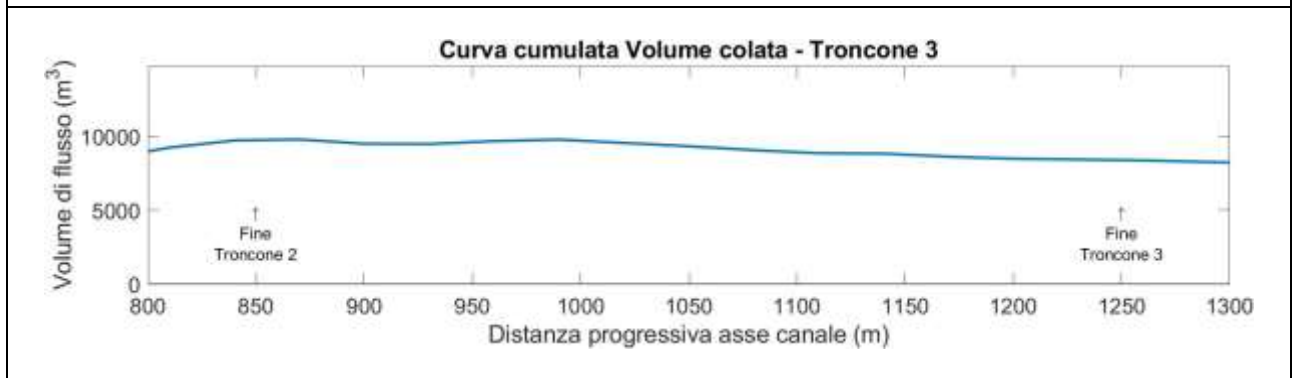
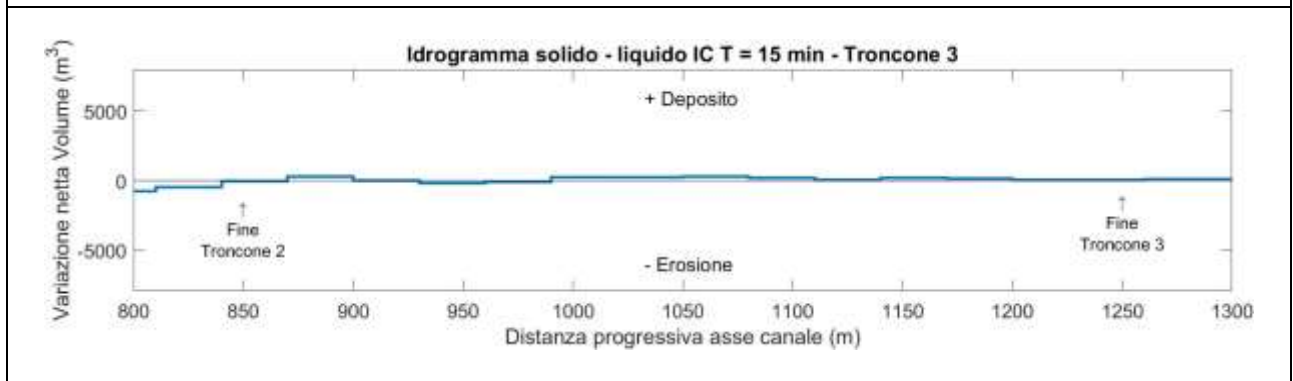
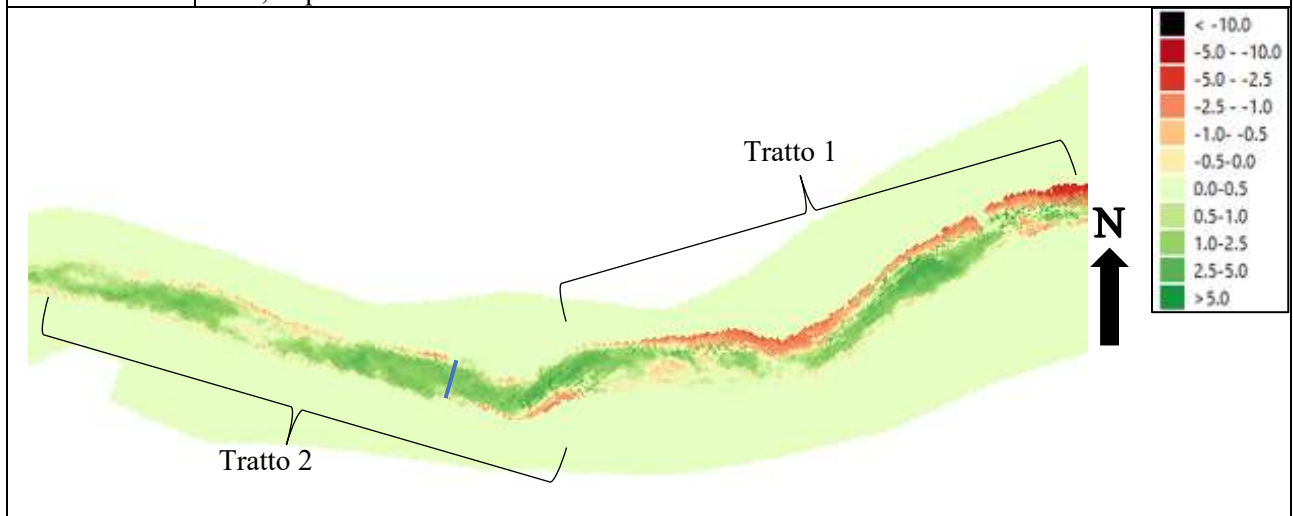




Troncone 2		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
390	-1041.43	4312.03
420	-30.05	5353.46
450	123.81	5383.52
480	361.49	5259.70
510	276.58	4898.21
540	-134.14	4621.63
570	202.22	4755.76
600	656.57	4553.55
630	65.29	3896.98
660	-611.68	3831.69
690	-1280.06	4443.37
720	-1537.83	5723.43
750	-1188.39	7261.27
780	-786.85	8449.66
810	-480.78	9236.51
840	-66.96	9717.29

Tabella 53. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 2

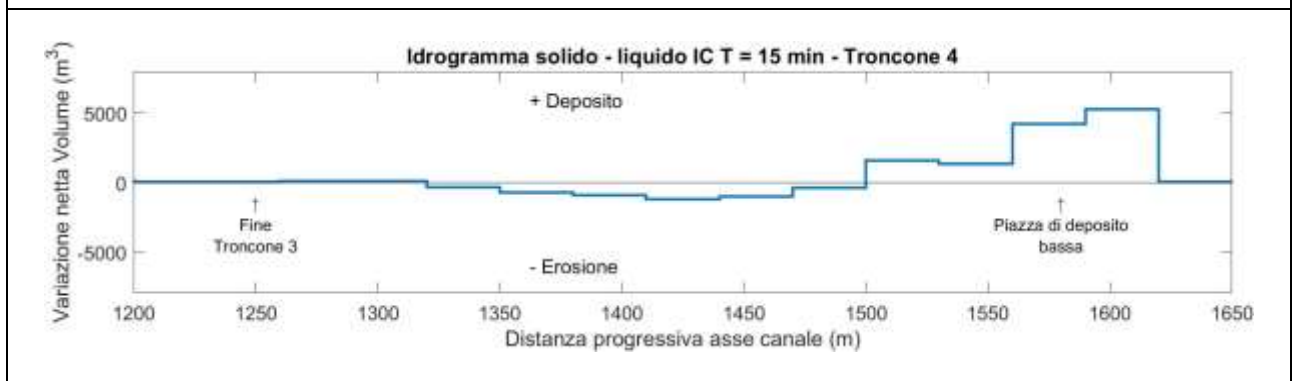
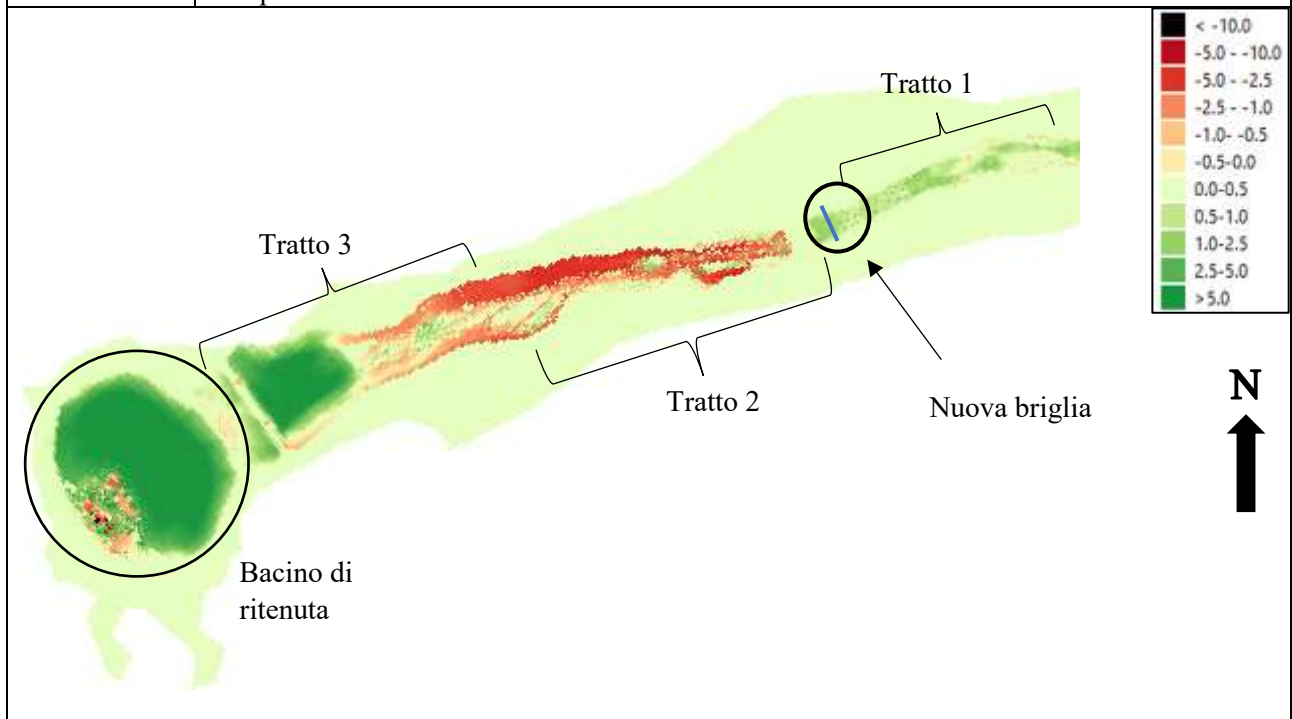
Troncone 3	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Più ragguardevoli in destra idrografica, insito del fatto, che il fenomeno è stato spinto verso questa zona. Man mano, che ci si sposta verso valle diventano più contenuti, fino ad annullarsi del tutto. Scavi localizzati in sponda sinistra e all'interno del canale nella parte finale del tratto.	Occupano gran parte della sezione del canale, con spessori di poco superiori ai 3 metri. Più a valle, interessano prettamente la sinistra idrografica con spessori leggermente più contenuti. Mentre una volta superata la curva tornano ad occupare quasi l'intera sezione del canale.
Tratto 2	Pressoché assenti in sponda sinistra, mentre, molto contenuto in sponda destra (max 1 m).	Occupano gran parte della sezione del canale con spessori medi di 1 – 2 m.
Altro	Nel tratto due è inserita una sezione di analisi, che ha registrato una portata al picco di 41.76 m ³ /s, dopo 18 minuti dall'inizio dell'evento.	

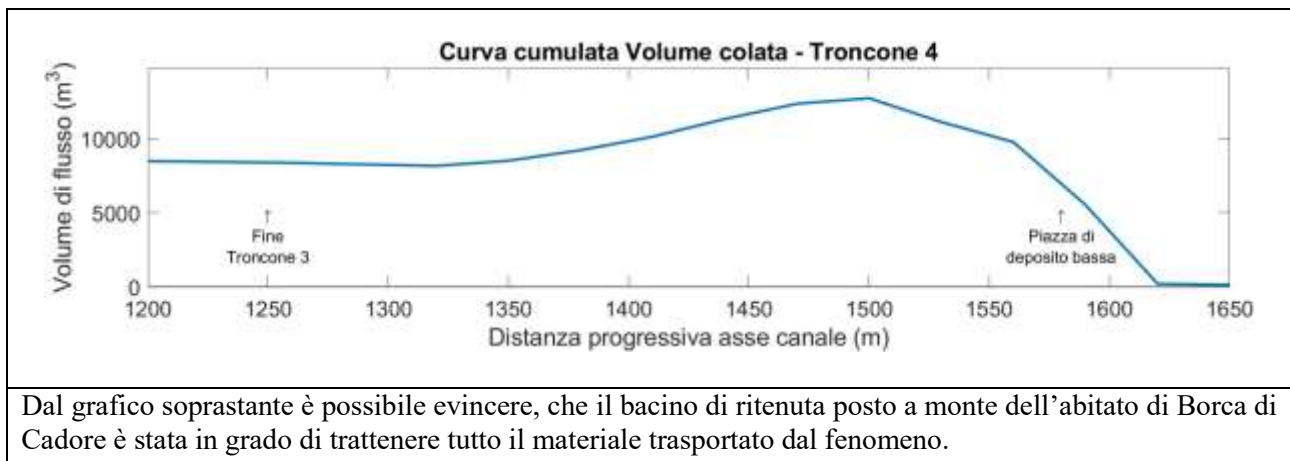


Troncone 3		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
870	290.86	9784.24
900	18.83	9493.39
930	-193.47	9474.56
960	-104.07	9668.03
990	223.04	9772.10
1020	222.66	9549.05
1050	264.99	9326.39
1080	208.88	9061.40
1110	25.76	8852.53
1140	207.35	8826.77
1170	139.68	8619.42
1200	51.49	8479.74
1230	61.48	8428.24
1260	105.79	8366.76

Tabella 54. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 3

Troncone 4	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Pressoché assenti, se non localizzate lungo le sponde.	Prevalentemente all'interno del canale con spessori quasi mai superiori al metro.
Tratto 2	A valle della briglia si ha una accentuazione delle azioni erosive del fenomeno, con scavi che interessano tutto il canale	I depositi sono nulli tranne in qualche zona all'interno del canale dove si hanno spessori molto contenuti
Tratto 3	Interessano prevalentemente le sue sponde ed in minima parte il canale.	Forte deposito subito a valle del bacino di ritenuta dove si raggiungono spessori massimi pari a circa 6 m.
Altro	Subito dopo la briglia è stata registrata una portata al picco (linea blu) pari a $74.06 \text{ m}^3/\text{s}$, misurata dopo 24 minuti dall'inizio dell'evento e indicando un aumento della velocità del fenomeno rispetto il tratto precedente. Il bacino di ritenuta è posto a monte dell'abitato di Borca di Cadore e ha il compito di trattenere il materiale trasportato dalla colata. Al suo interno i depositi presentano altezze comprese tra i 5 – 6 m.	





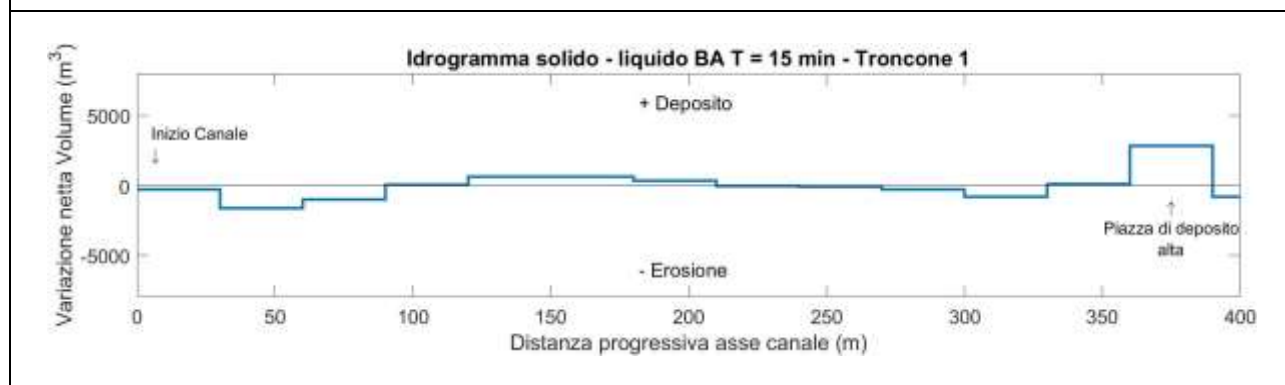
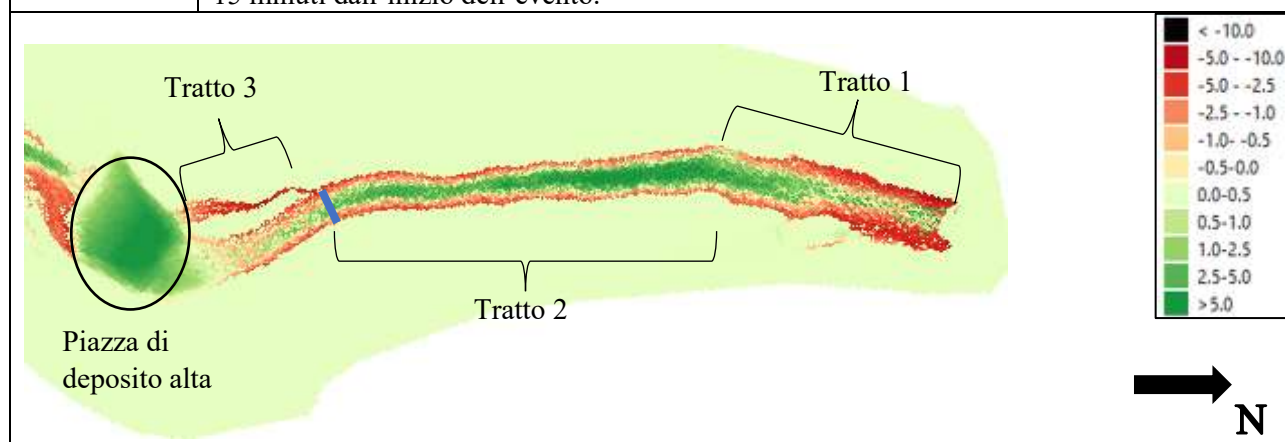
Troncone 4		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
1290	99.52	8260.97
1320	-344.73	8161.45
1350	-715.63	8506.17
1380	-907.51	9221.80
1410	-1189.85	10129.31
1440	-1028.45	11319.16
1470	-369.50	12347.61
1500	1602.65	12717.11
1530	1351.71	11114.46
1560	4235.16	9762.75
1590	5308.41	5527.59
1620	68.15	219.17
1650	0.00	151.02
1680	-	151.02

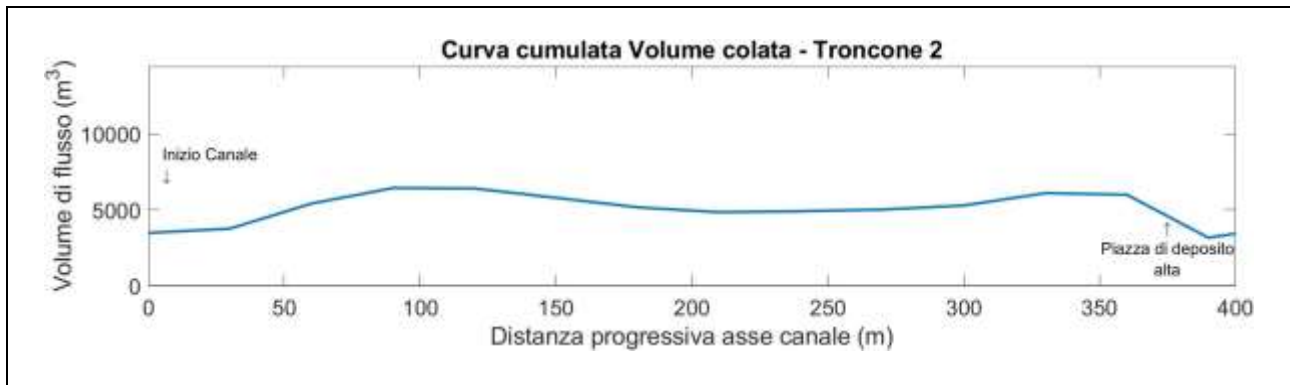
Tabella 55. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 4

7.1.2. Idrogramma solido – liquido BA di durata pari al tempo di corrivazione del bacino

Per caratterizzare l'evento, che ha dato vita al fenomeno di colata detritica si è impiegato due idrogrammi solido – liquidi di input, il primo posto a monte del troncone 1; il secondo inserito in prossimità della briglia filtrante, ovvero, la zona in cui si è creata la nuova immissione in alveo del Bus del Diau. Per visionare i grafici, si può fare riferimento alla Figura 47 e Figura 48 inserite nel paragrafo 6.1.2, dove si tratta del canale prima della sistemazione.

Troncone 1	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Nella prima parte interessano quasi l'intera sezione del canale, in seguito si verificano lungo le sponde.	Nel centro del canale, con spessori abbastanza importanti.
Tratto 2	Localizzate lungo le due sponde. Con scavi più consistenti in sinistra idrografica dove si può notare un allargamento del canale.	Occupano gran parte della sezione del canale con spessori, che variano da 1 a 4 m.
Tratto 3	Interessano quasi interamente il canale, con scavi più importanti lungo le sponde. Da segnalare, che le azioni erosive in destra idrografica hanno generato un canale secondario.	Prettamente all'interno del canale con spessori alquanto contenuti.
Altro	La piazza di deposito è un'opera a bassa pendenza, che favorisce l'arresto della colata ed il deposito di materiale contenuto al suo interno presenta spessori massimi di 5 – 6 m. Inoltre, all'inizio del tratto tre è presente una sezione di analisi, che registra la portata e quello che emerge è che la portata al picco assume valori pari a 113.64 m ³ /s registrata dopo 15 minuti dall'inizio dell'evento.	

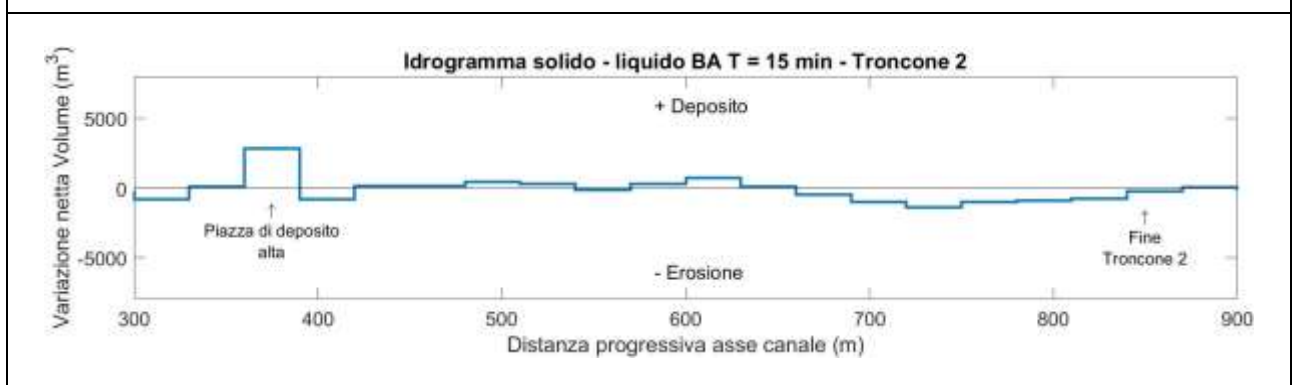
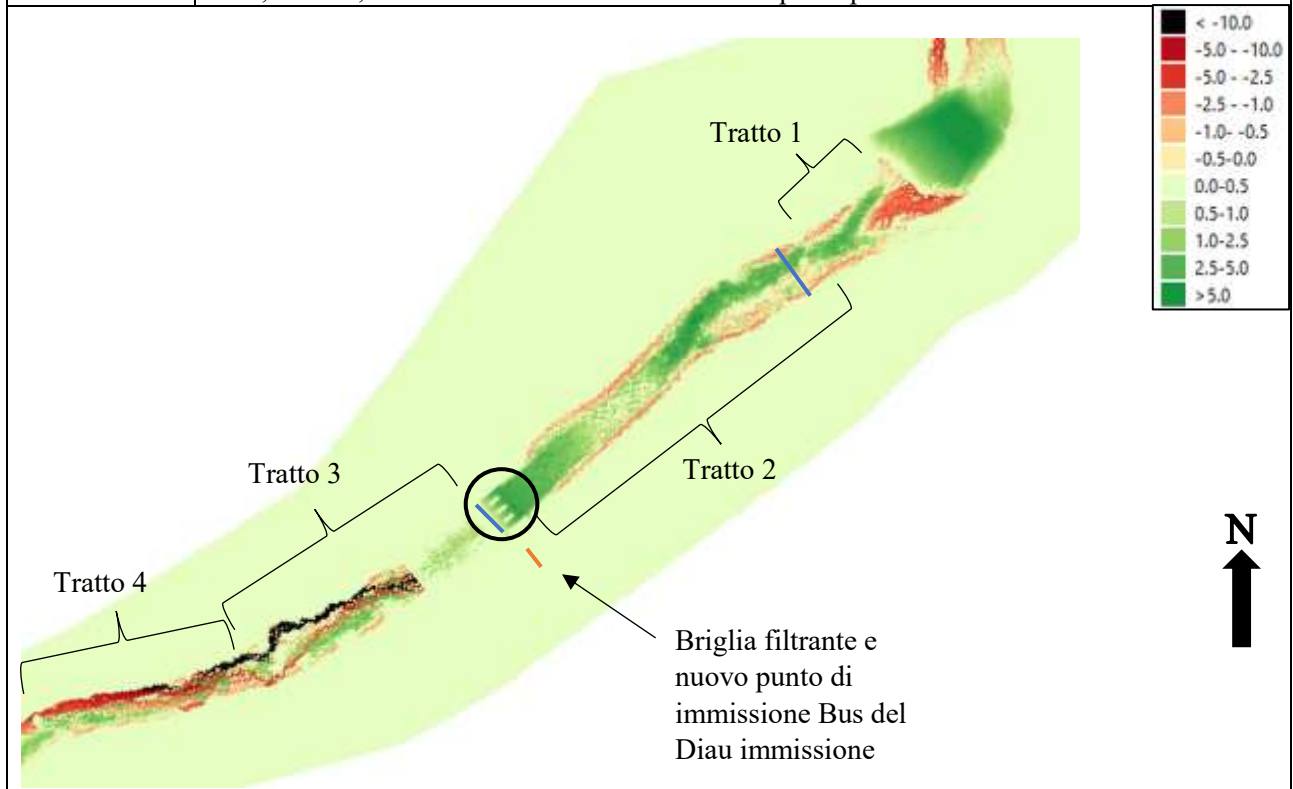


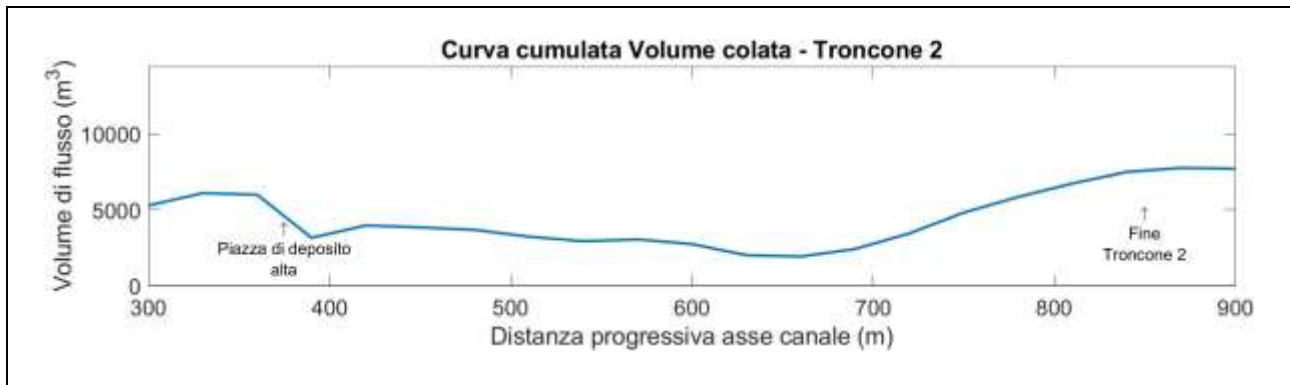


Troncone 1		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
0	-284.45	3483.30
30	-1652.09	3767.75
60	-1024.64	5419.84
90	32.91	6444.48
120	615.65	6411.57
150	624.74	5795.92
180	322.84	5171.18
210	-66.75	4848.35
240	-106.78	4915.09
270	-268.49	5021.88
300	-816.46	5290.36
330	105.59	6106.82
360	2833.93	6001.23

Tabella 56. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 1

Troncone 2	Erosioni	Depositi
Tratto 1	In sinistra idrografica dove si raggiungono scavi importanti (3 – 5 m) e a valle lungo le sponde.	Inizialmente in destra idrografica con depositi pari a 2 – 3 m di altezza.
Tratto 2	In sponda destra e sinistra con scavi pari a 1 – 2 m.	Presenti nella parte centrale del canale. A monte della briglia filtrante interessano l'intera sezione dell'alveo con spessori di 3 – 4 m.
Tratto 3	Nella parte dove l'alveo è stato rinforzato sono nulle, mentre, a valle interessano la destra idrografica con scavi ragguardevoli.	Nella parte centrale del canale, con spessori contenuti.
Tratto 4	Prevalentemente in destra idrografica, con azioni molto importanti.	Localizzati all'interno dell'alveo, con depositi abbastanza contenuti.
Altro	Tra il tratto due e tre sono presenti la briglia filtrante e la nuova immissione del Bus del Diau, creata grazie alla costruzione di un nuovo alveo, che corre parallelo a quello principale. A valle della piazza di deposito alta e a valle della briglia sono state inserite delle sezioni, che misurano la portata transitata. Per il primo la portata al picco è pari a 89.20 m ³ /s, mentre, la seconda sezione ha misurato un picco pari a 65.17 m ³ /s.	

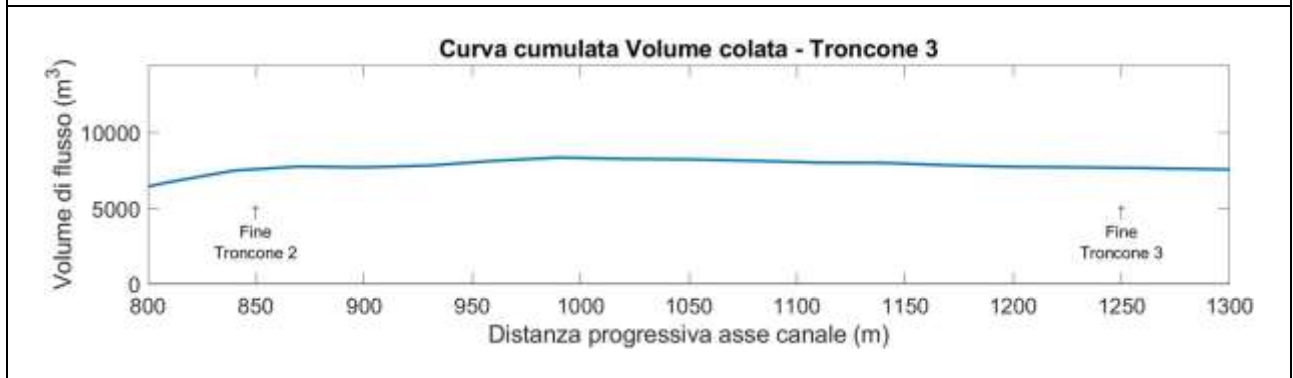
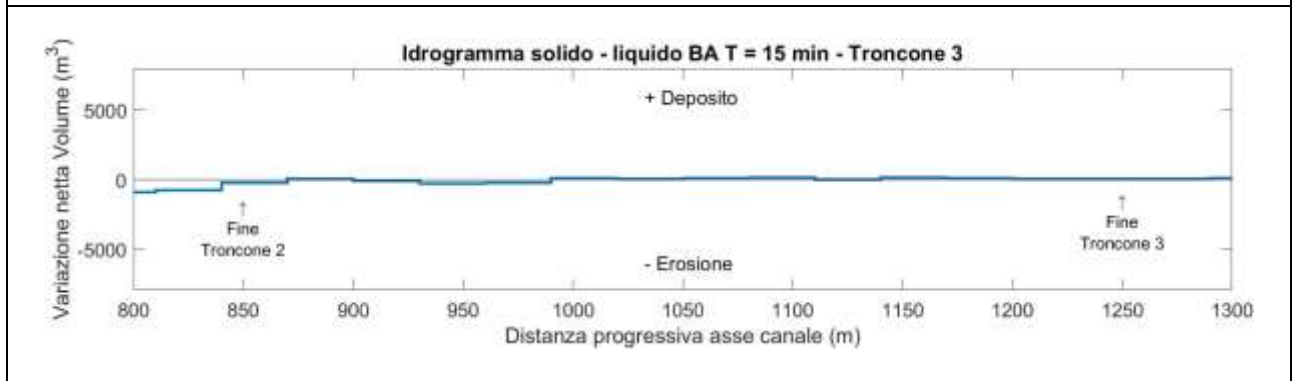
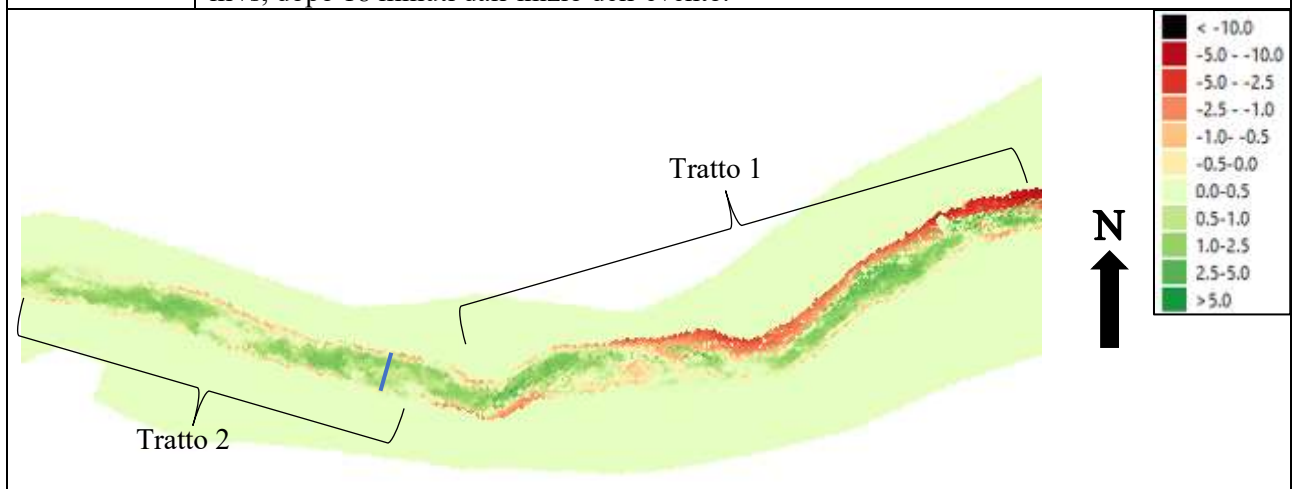




Troncone 2		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
390	-810.48	3167.30
420	125.77	3977.79
450	167.00	3852.02
480	447.49	3685.02
510	301.41	3237.53
540	-120.96	2936.12
570	308.20	3057.08
600	730.47	2748.88
630	87.18	2018.41
660	-494.87	1931.23
690	-1025.59	2426.10
720	-1373.46	3451.70
750	-1027.84	4825.15
780	-889.04	5852.99
810	-760.84	6742.03
840	-263.01	7502.87

Tabella 57. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 2

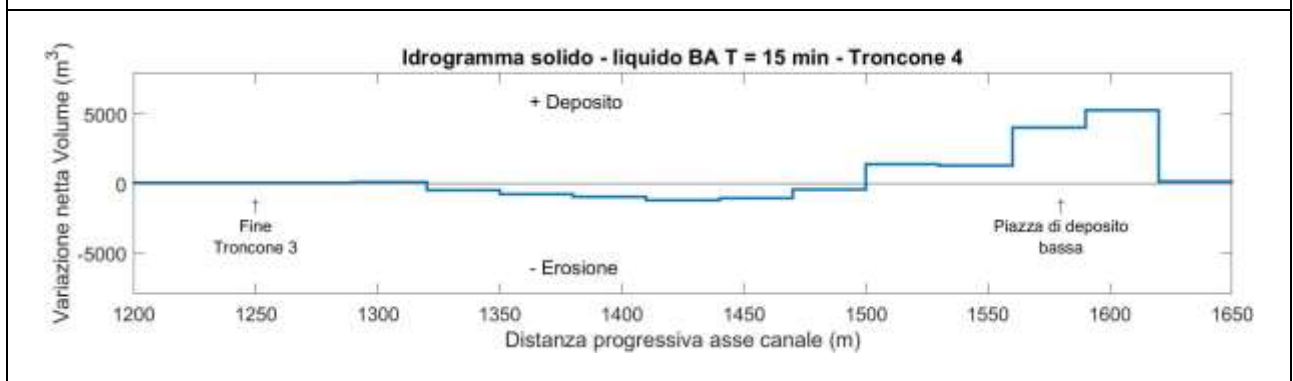
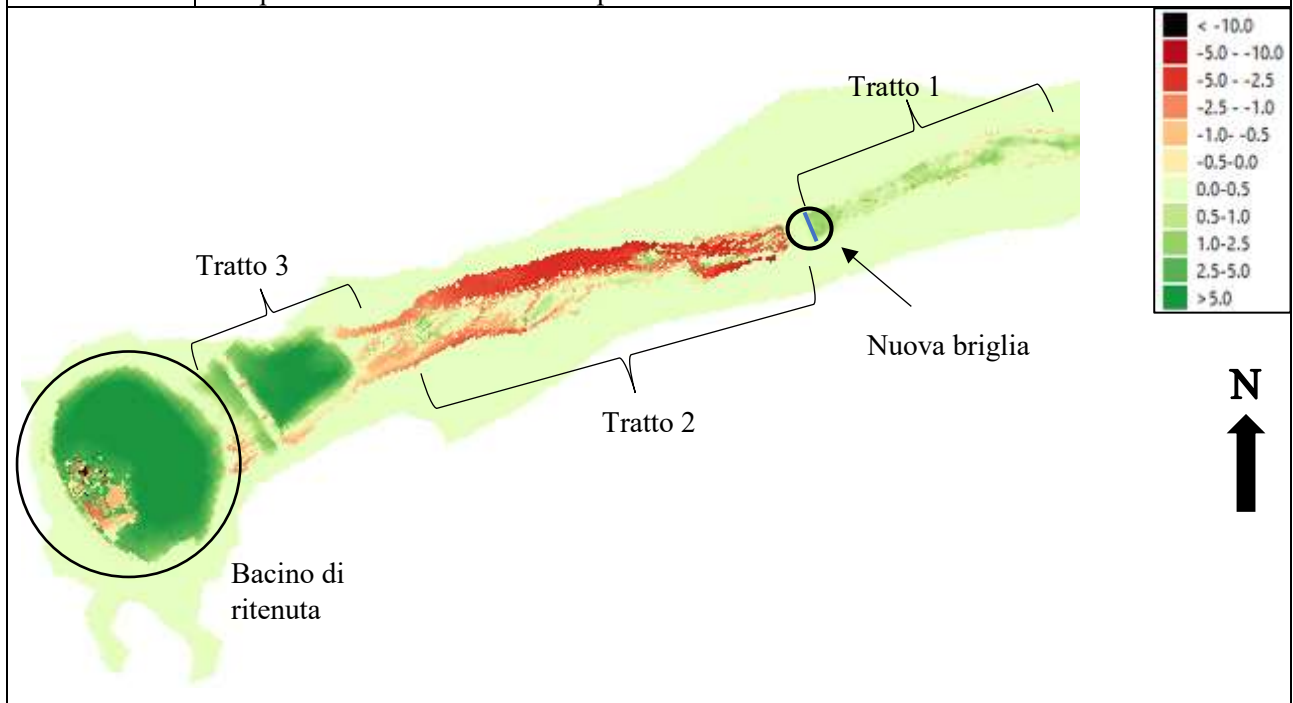
Troncone 3	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Localizzate lungo la sponda destra con scavi molto importanti, man mano che si va verso valle le azioni erosive diminuiscono d'intensità indicando uno spostamento del fenomeno verso la sinistra idrografica. Localizzate anche in sponda sinistra, ma con scavi molto contenuti.	Occupano gran parte della sezione del canale con spessori compresi dai 2 a 3 m, man mano che ci si sposta verso valle diventano più contenuti.
Tratto 2	Localizzate in destra idrografica, con scavi poco importanti (< 2 m), che diminuiscono man mano, che ci si sposta verso valle, fino ad annullarsi. In sinistra idrografica presenti, ma con spessori molto contenuti (max 0.5 – 1 m)	Occupano gran parte della sezione del canale con spessori medi di 1 – 2 m.
Altro	Nel tratto due è inserita una sezione di analisi, che ha registrato una portata al picco di 56.72 m ³ /s, dopo 18 minuti dall'inizio dell'evento.	

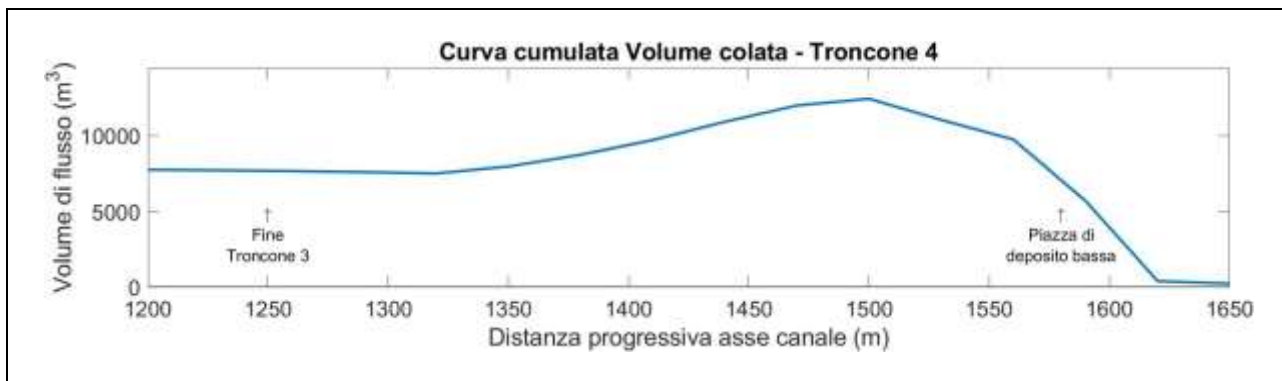


Troncone 3		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
870	53.25	7765.88
900	-117.74	7712.63
930	-312.13	7830.36
960	-216.99	8142.49
990	84.87	8359.49
1020	39.17	8274.62
1050	89.19	8235.45
1080	122.23	8146.26
1110	13.91	8024.02
1140	164.42	8010.12
1170	95.95	7845.70
1200	37.07	7749.74
1230	49.33	7712.67
1260	68.11	7663.34

Tabella 58. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 3

Troncone 4	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Piccoli scavi localizzati per brevissimi tratti lungo le sponde.	Prevalentemente all'interno del canale con spessori inferiori a 1 m.
Tratto 2	Dopo il ponte si accentuano (max 4 m) ed interessano l'intera sezione del canale. Verso valle interessano prevalentemente la destra idrografica, dove si verificano erosioni su di un'area più ampia rispetto a quelle, che si verificano in sinistra.	Depositi localizzati in piccole porzioni di canale con spessori molto contenuti (<1 m).
Tratto 3	Le erosioni interessano la sponda sinistra e per brevi tratti anche il fondo, ma con scavi più contenuti rispetto al tratto precedente.	Occupano quasi l'intero canale con spessori prossimi ai 5 m nei punti più alti.
Altro	Subito dopo la briglia è stata inserita una sezione di misura, che ha registrata una portata al picco (linea blu) pari a $61.57\text{m}^3/\text{s}$, misurata dopo 21 minuti dall'inizio dell'evento. Il bacino di ritenuta è posto a monte dell'abitato di Borca di Cadore ed ha il compito di trattenere il materiale trasportato dalla colata. Al suo interno i depositi presentano altezze comprese tra i 4 – 7 m e sono disposti uniformemente all'interno del bacino.	





Dal grafico soprastante è possibile evincere, che il bacino di ritenuta posto a protezione dell'abitato di Borca di Cadore è stata in grado di trattenere tutto il materiale trasportato dal fenomeno.

Troncone 4		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
1290	89.45	7595.22
1320	-463.71	7505.78
1350	-771.81	7969.49
1380	-973.42	8741.30
1410	-1205.19	9714.72
1440	-1079.98	10919.91
1470	-438.62	11999.89
1500	1395.97	12438.52
1530	1292.79	11042.55
1560	4057.29	9749.76
1590	5303.06	5692.47
1620	157.90	389.41
1650	0.00	231.51
1680	-	231.51

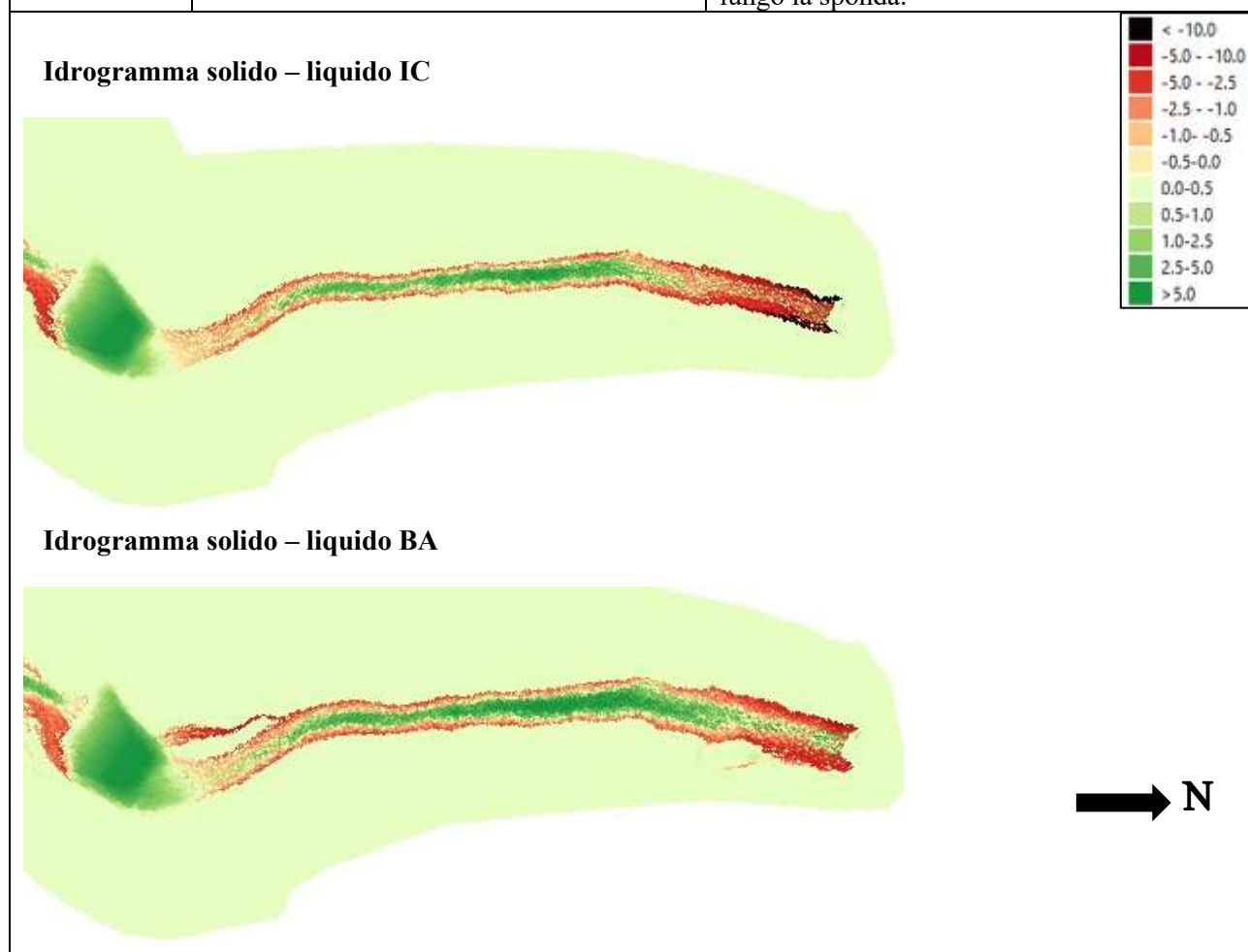
Tabella 59. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 4

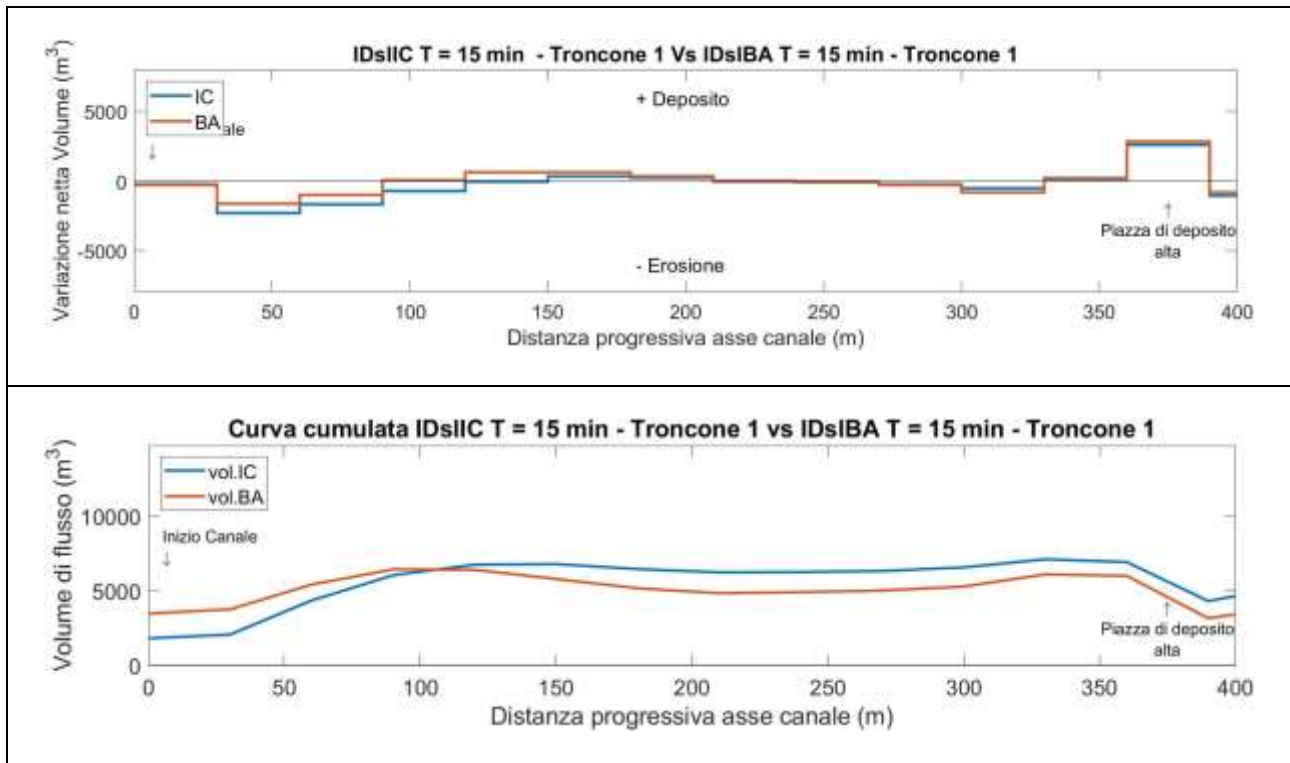
Una volta terminata la descrizione dei depositi e delle erosioni accorse durante l'evento con durata di 15 minuti e simulate con i due differenti idrogrammi solido - liquidi, si riporta un raffronto dei risultati ottenuti, così si è in grado di individuare eventuali similitudini o differenze nell'uso dei due idrogrammi.

7.1.3. Confronto idrogramma solido – liquido IC vs Idrogramma solido – liquido BA

- Troncone 1 intensità costante vs Troncone 1 blocchi alterni

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Nessuna	L'idrogramma solido – liquido IC erode una maggiore porzione del fondo, mentre, quello a blocchi alterni erode molto di più le sponde andando, così, ad allargare il canale. Inoltre, i depositi sono più marcati con l'idrogramma solido – liquido BA.
Tratto 2	Andamento erosioni – depositi è praticamente lo stesso in entrambi gli idrogrammi.	Erosioni e depositi tendenzialmente meno marcate con l'idrogramma solido – liquido IC. Il canale risulta essere più largo, con l'idrogramma solido – liquido BA a causa delle erosioni avvenute nel tratto precedente.
Tratto 3	Andamento erosioni depositi.	L'evento simulato con l'idrogramma solido – liquido BA genera un canale secondario in destra idrografica a causa degli scavi presenti lungo la sponda.





Dal confronto tra le due curve cumulate si può notare, che inizialmente la colata generata con l'idrogramma solido – liquido BA presenta un volume più elevato, spiegato dal fatto che il volume solido di input è più alto (3483.3 m^3) rispetto a quello dell'idrogramma solido – liquido IC (1826.2 m^3). Comunque, una volta entrati nel secondo tratto, si nota che la curva cumulata IC presenta volumi tendenzialmente più considerevoli rispetto a quelli determinati con idrogramma solido – liquido BA. Questo andamento continua anche oltre la piazza di deposito, dove, in entrambi i casi, al suo interno si sono depositati all'incirca 2500 m^3 di materiale. La Figura 90 illustra il raffronto tra le portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel primo troncone di analisi.

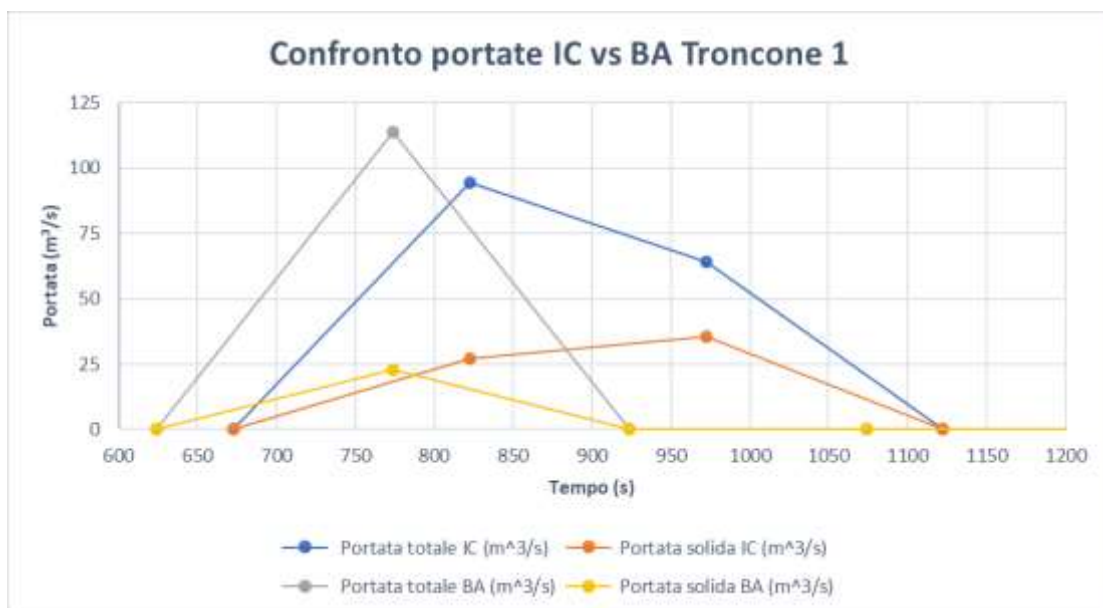
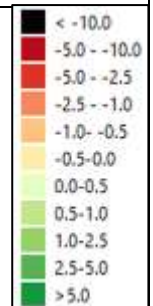
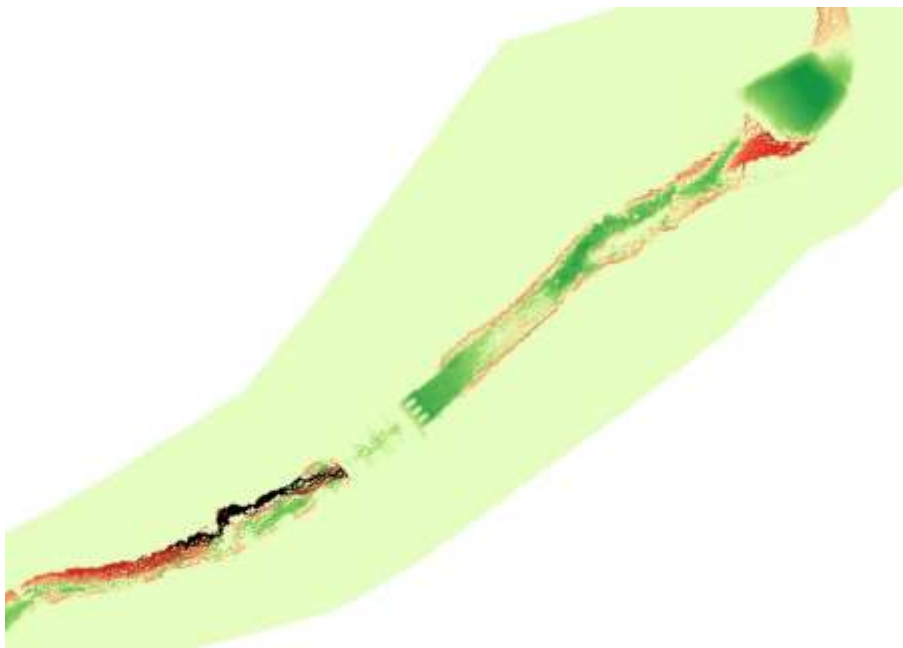


Figura 91. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 3 del troncone 1

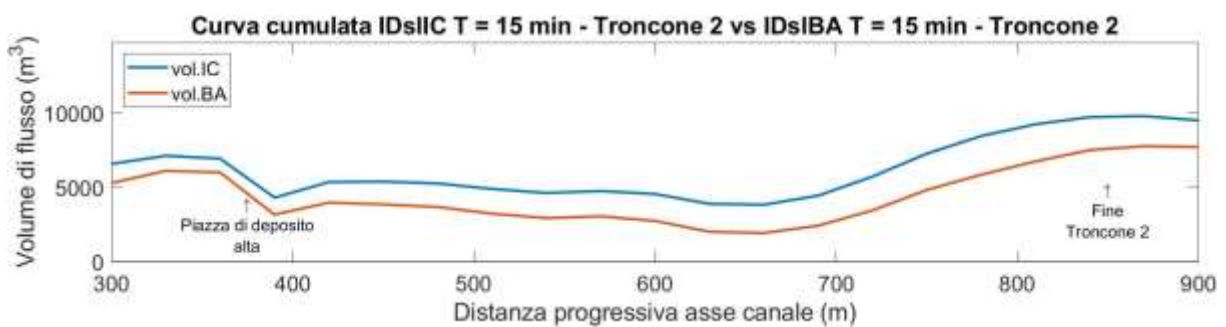
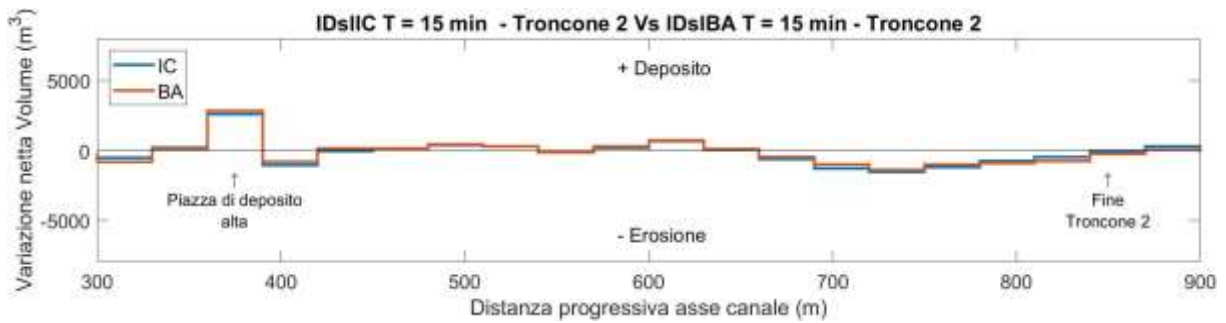
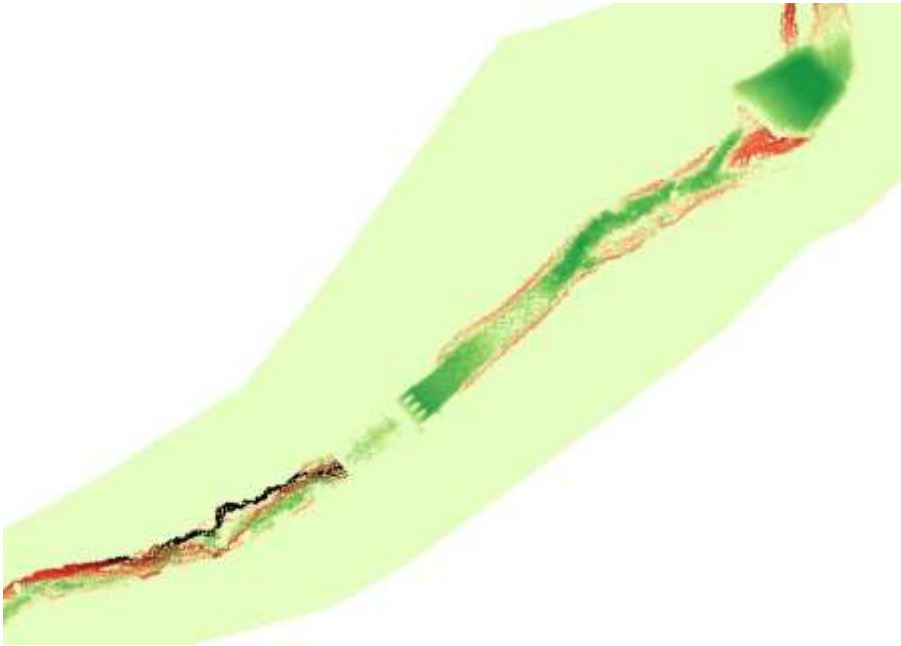
- Troncone 2 intensità costante vs Troncone 2 blocchi alterni

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Andamento erosioni – depositi.	Erosioni più marcate nel caso dell'idrogramma solido – liquido IC.
Tratto 2	Andamento erosioni – depositi.	Erosioni meno marcate nel caso della simulazione con l'idrogramma solido – liquido IC.
Tratto 3	Andamento erosioni in sponda destra	Idrogramma ad intensità costante presenta erosioni e depositi tendenzialmente più marcati, inoltre, interessano una minore porzione di canale rispetto a quelli determinati con l'altro idrogramma.
Tratto 4	Andamento erosioni abbastanza simile tra i due idrogrammi	Erosioni interessano una maggiore sezione del fondo nel caso dell'idrogramma solido – liquido BA.

Idrogramma solido – liquido IC



Idrogramma solido – liquido BA



Come nel troncone 1, anche nel secondo la curva cumulata individuata con l'idrogramma solido – liquido IC presenta volumi più importanti, inoltre, è da segnalare che l'andamento delle erosioni e dei depositi è pressoché simile tra le due simulazioni. La Figura 91 e 92 descrivono il raffronto tra le portate totali e solide registrate dalle sezioni di analisi poste a monte a valle della briglia filtrante.

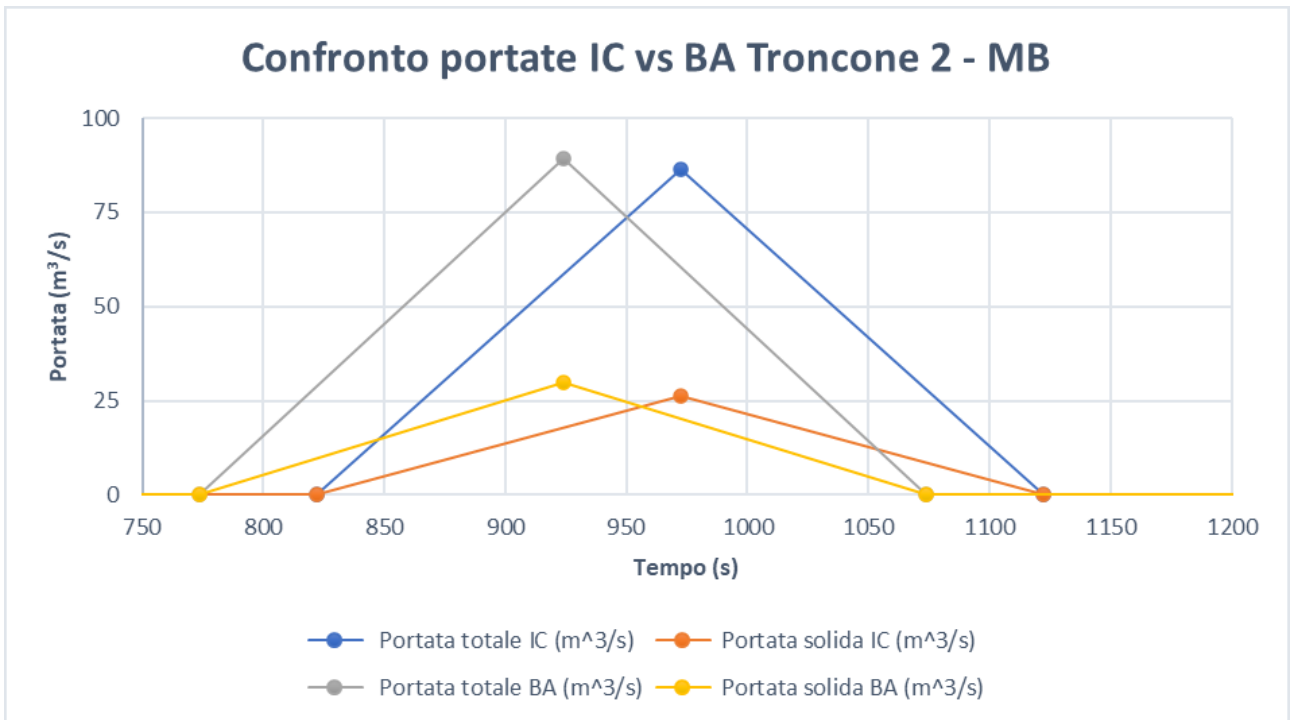


Figura 92. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta a monte della briglia filtrante presente nel troncone 2

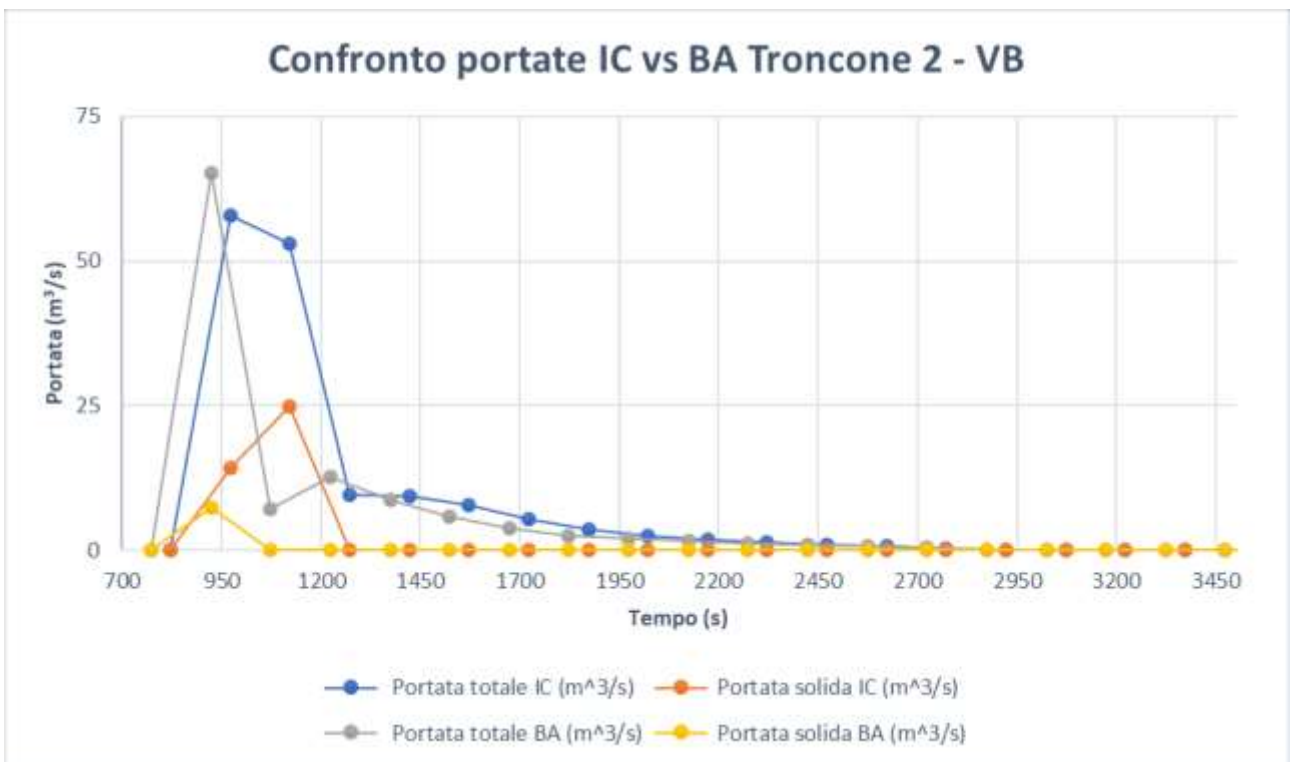
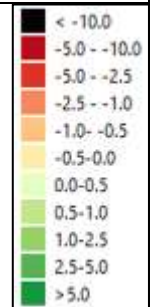
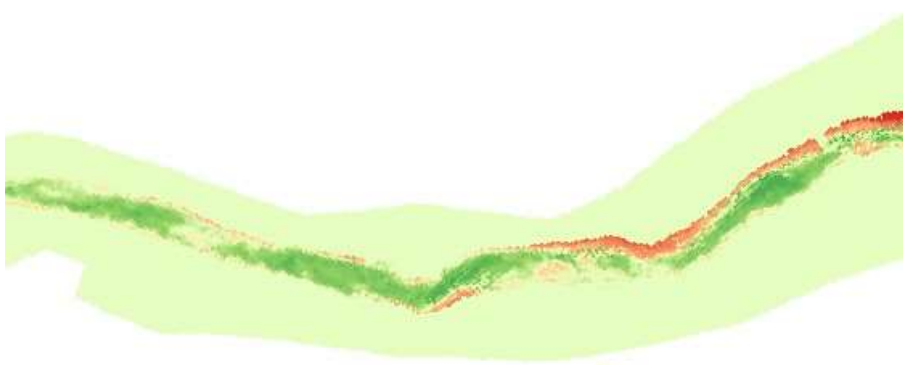


Figura 93. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta a valle della briglia filtrante presente nel troncone 2

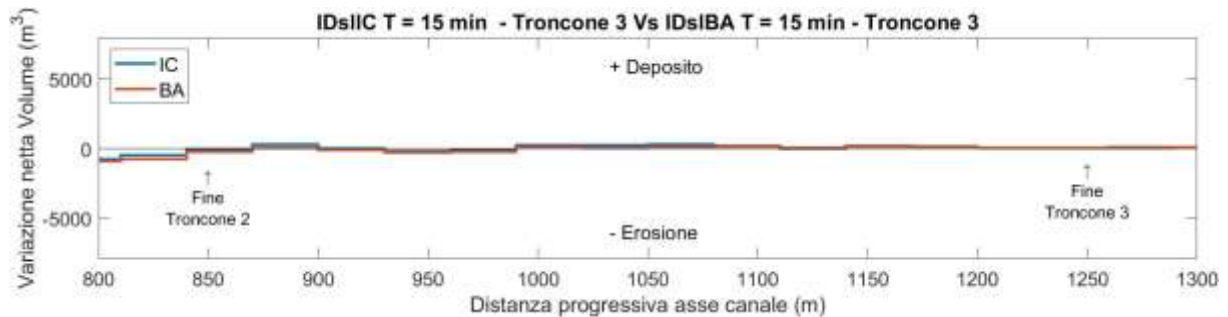
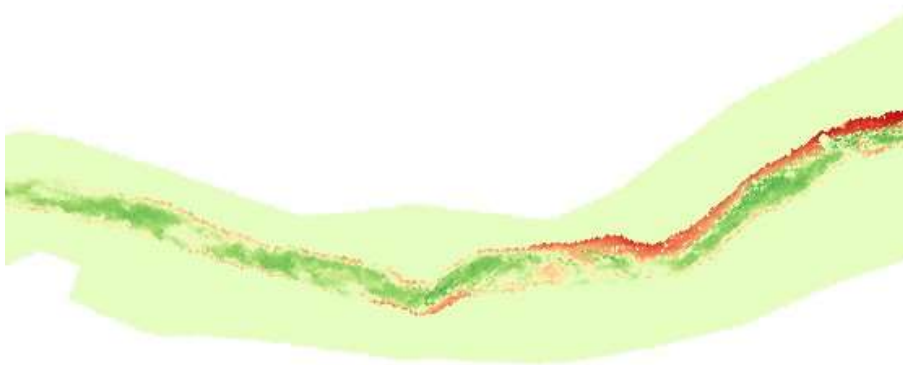
- Troncone 3 intensità costante vs Troncone 3 blocchi alterni

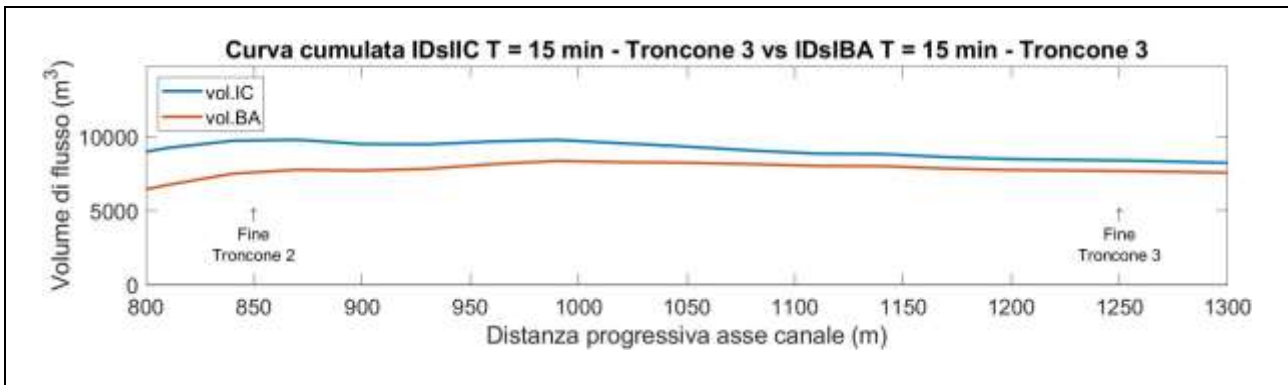
	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Andamento erosioni - depositi	Le erosioni, in destra e sinistra idrografica, risultano essere molto più marcate nel caso in cui si utilizzi un idrogramma solido – liquido BA.
Tratto 2	Andamento erosioni – depositi	Erosioni e depositi leggermente meno accentuati in presenza di un idrogramma solido – liquido IC.

Idrogramma solido – liquido IC



Idrogramma solido – liquido BA





Anche in questo troncone, è possibile comprendere, che il volume movimentato dalla colata detritica, simulata con l'idrogramma solido – liquido BA, risulta leggermente più contenuto rispetto a quello smosso dalla colata generata con l'idrogramma solido – liquido IC. La Figura 93 delinea il raffronto tra le portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel terzo troncone di analisi.

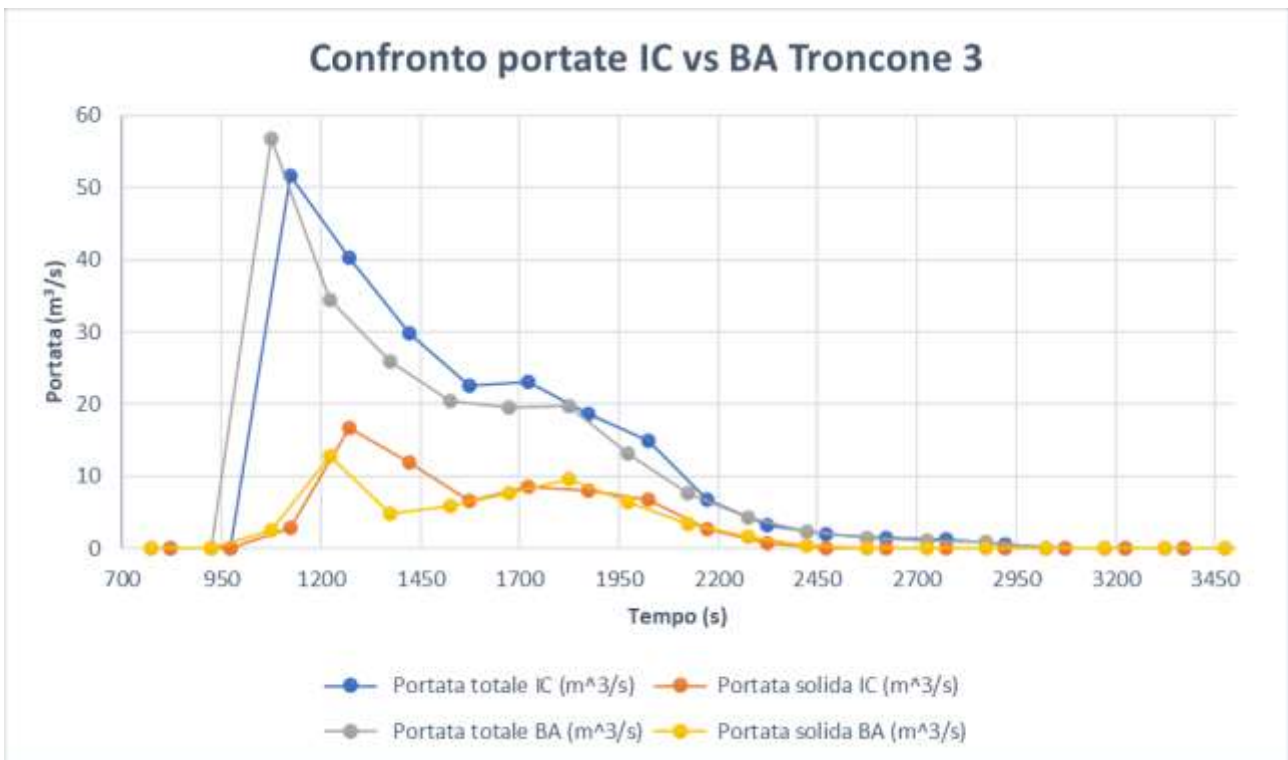
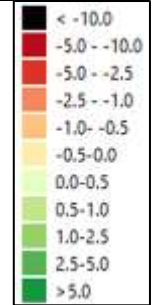
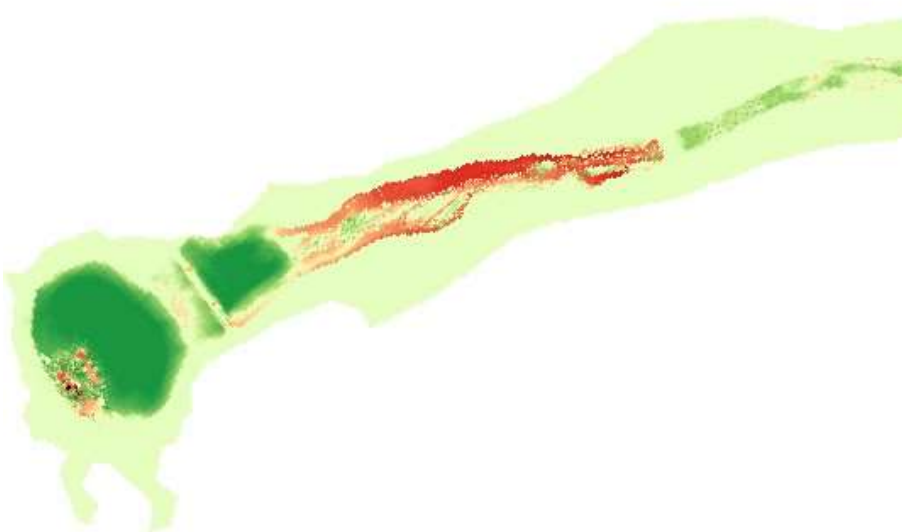


Figura 94. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 2 del troncone 3

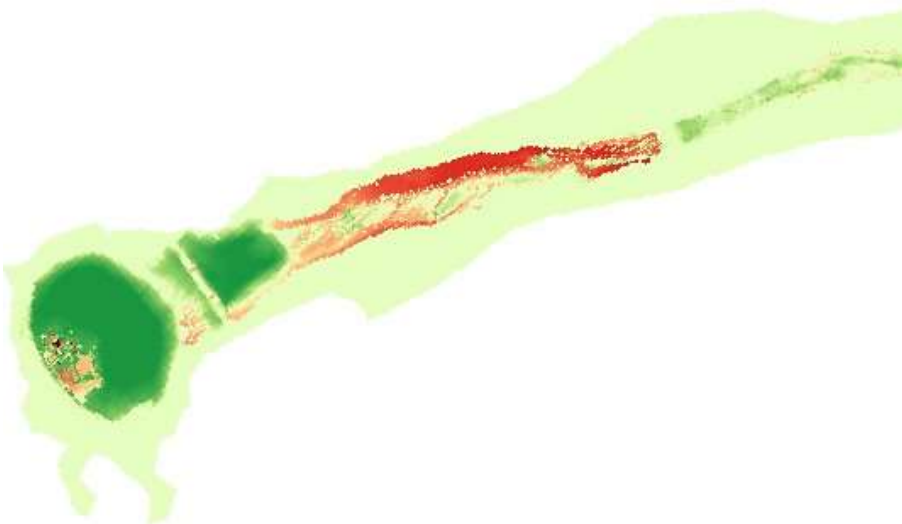
- Troncone 4 intensità costante vs Troncone 4 blocchi alterni

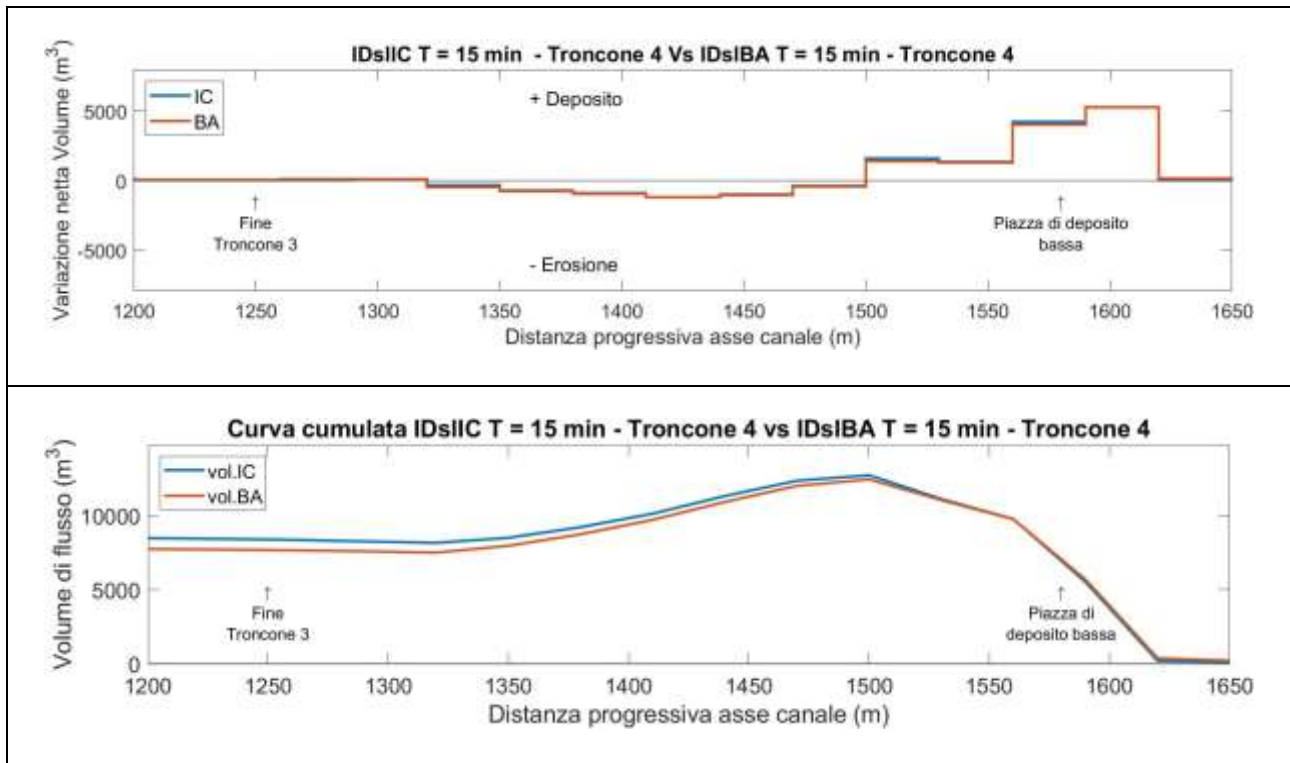
	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Andamento erosioni – depositi	Con l'idrogramma solido – liquido BA i depositi risultano essere leggermente più importanti.
Tratto 2	Andamento erosioni – depositi	Erosioni tendenzialmente più accentuate con l'idrogramma solido – liquido IC.
Tratto 3	Andamento erosioni - depositi	Erosioni interessano una minore porzione di canale con l'idrogramma solido – liquido IC.
Bacino di ritenuta	Andamento depositi e scavi nella parte finale del bacino.	Con l'idrogramma solido – liquido BA il bacino risulta essere più piena.

Idrogramma solido – liquido IC



Idrogramma solido – liquido BA





Entranti nell'ultimo troncone di analisi è possibile evincere, che anche qui il volume smosso dalla colata, generata con l'idrogramma solido – liquido IC, è tendenzialmente più elevato.

Concludendo, si può dire, che in presenza di un evento di precipitazione con durata pari a 15 minuti le masse smosse sono più elevate nel caso in cui si utilizzi come input nel modello un idrogramma solido – liquido IC. Comunque, in queste condizioni, il bacino di ritenuta posto a monte dell'abitato di Borca di Cadore è in grado di svolgere al meglio il suo compito, visto, che in entrambe le simulazioni ha trattenuto tutto il materiale movimentato dal fenomeno.

La Figura 94 (riportata nella pagina successiva) rappresenta il raffronto tra le portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel quarto troncone di analisi.

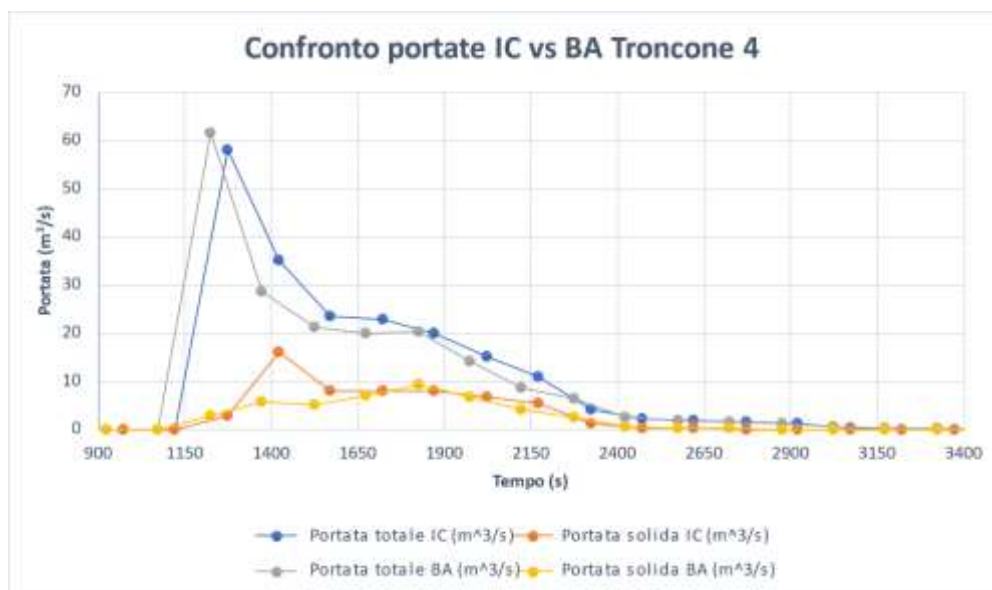


Figura 95. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 4

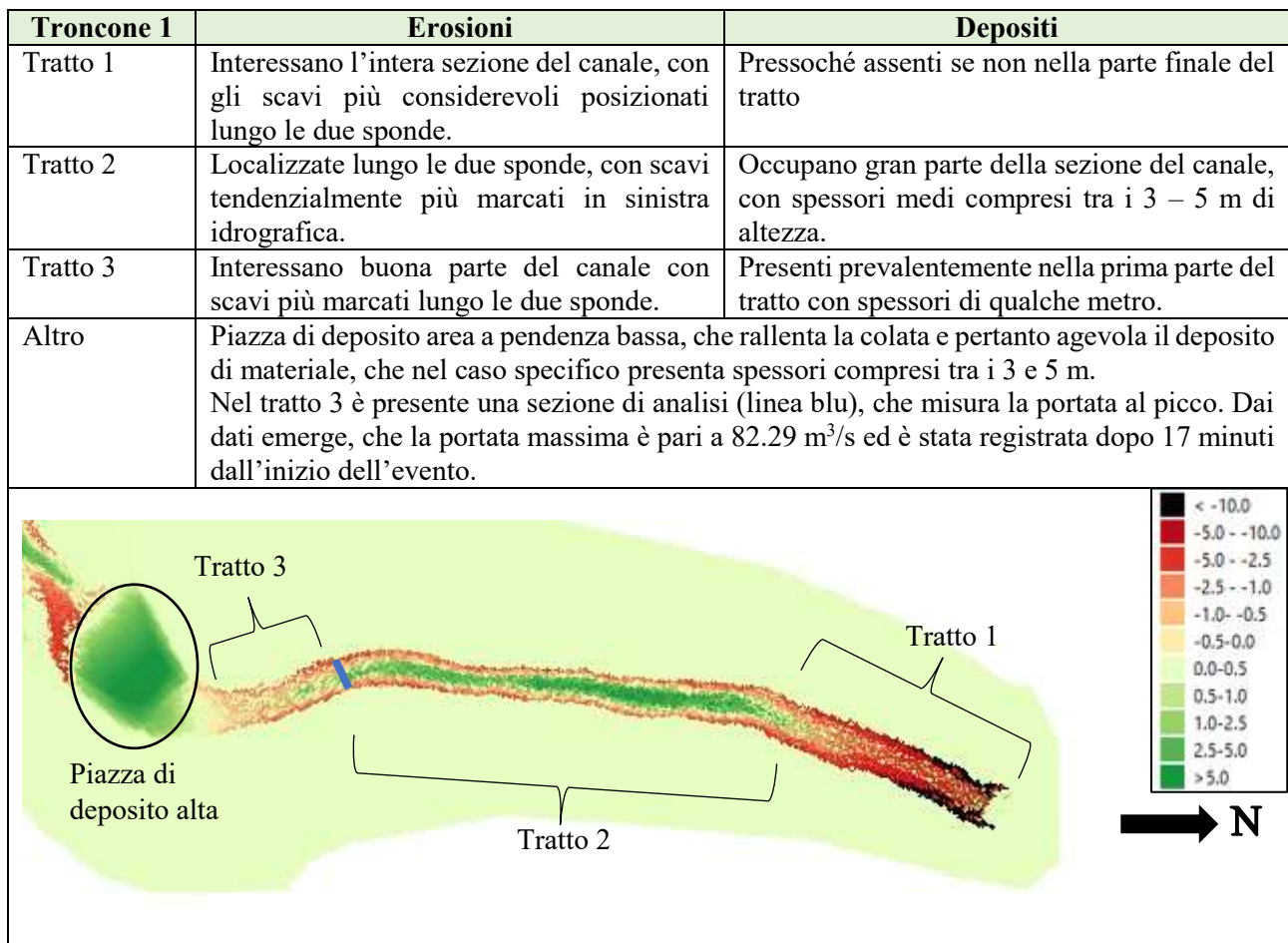
7.2. Idrogramma solido – liquido di durata 20 minuti

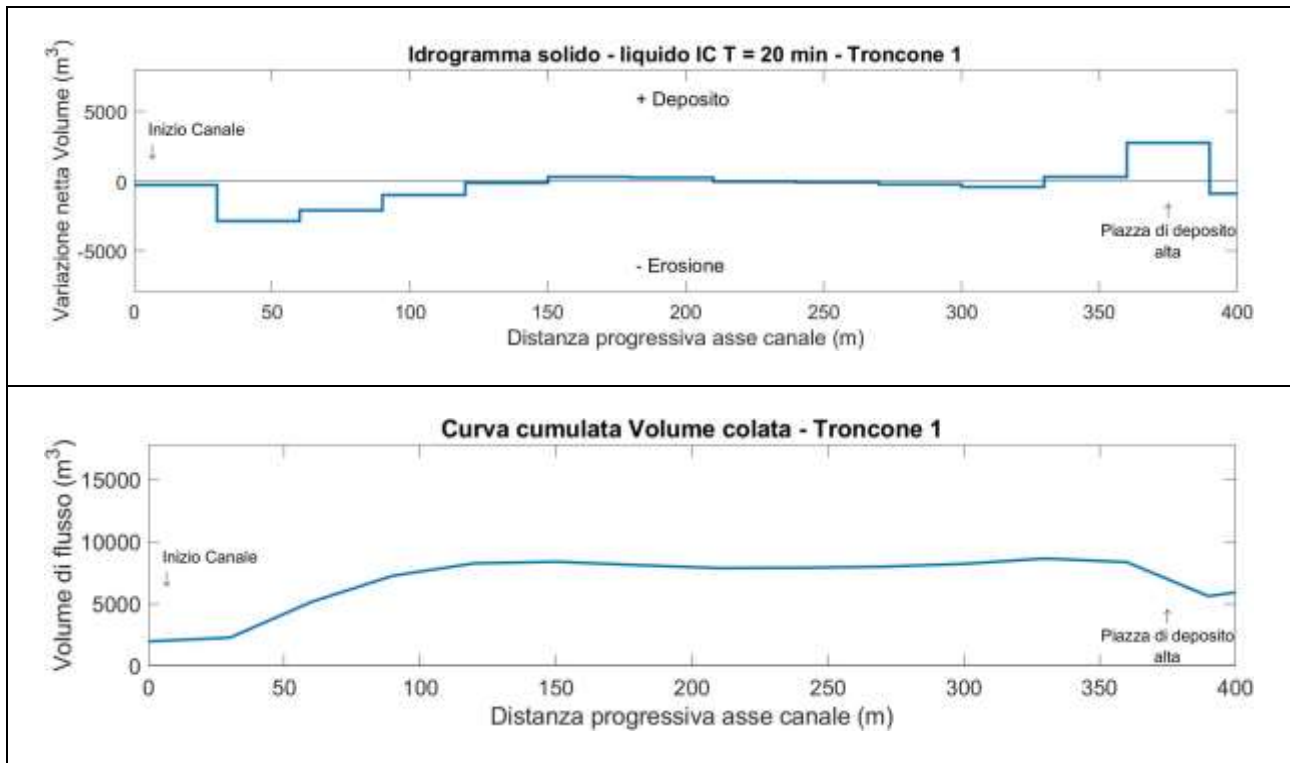
L'idrogramma solido – liquido di durata 20 minuti va a generare un fenomeno di colata detritica, che causa erosioni e depositi all'interno del canale. Pertanto, per valutare le erosioni e i depositi si suddivide il canale in quattro tronconi, che a loro volta vengono divisi in più tratti, in modo da facilitare e rendere più chiara l'analisi. Da sottolineare, che la simulazione si svolgono utilizzando due tipi di idrogrammi solido – liquidi, una determinato da uno ietogramma ad intensità costante, mentre, l'altro utilizzando uno ietogramma a blocchi alterni.

Per cui alla fine delle valutazioni si farà un confronto dei risultati ottenuti con i due idrogrammi, per identificare eventuali similitudini o differenze.

7.2.1. Idrogramma solido – liquido IC di durata 20 minuti

Per rappresentare l'evento, che ha generato il fenomeno di colata detritica si è impiegato due idrogrammi solido – liquidi di input, rappresentanti le portate che hanno dato vita alla colata. Il primo idrogramma è posto a monte del primo troncone di analisi, mentre, il secondo, è inserito nel punto di immissione del Bus del Diau, reticolo secondario, caratterizzate da portate con uno scarso apporto solido. Per visionare i due idrogrammi si può fare riferimento alla Figura 52 e Figura 53, entrambe inserite nel paragrafo 6.2.1

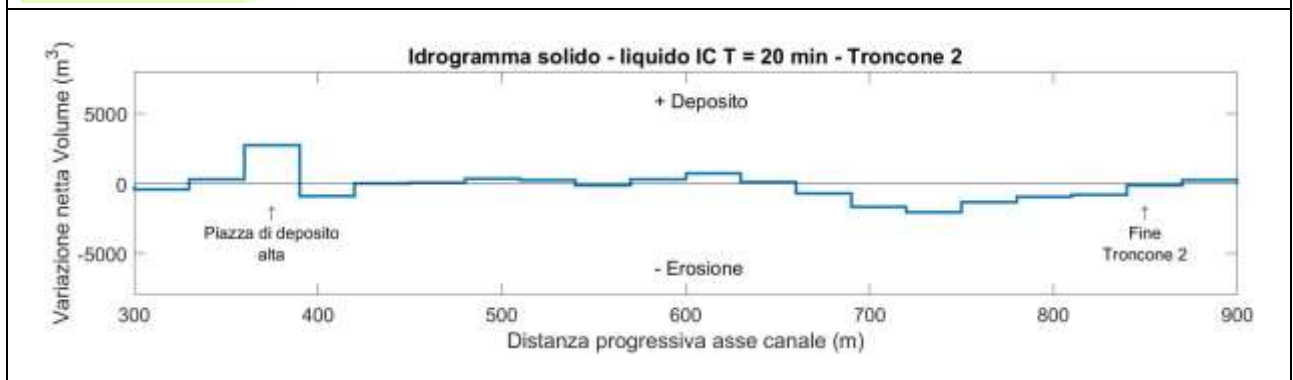
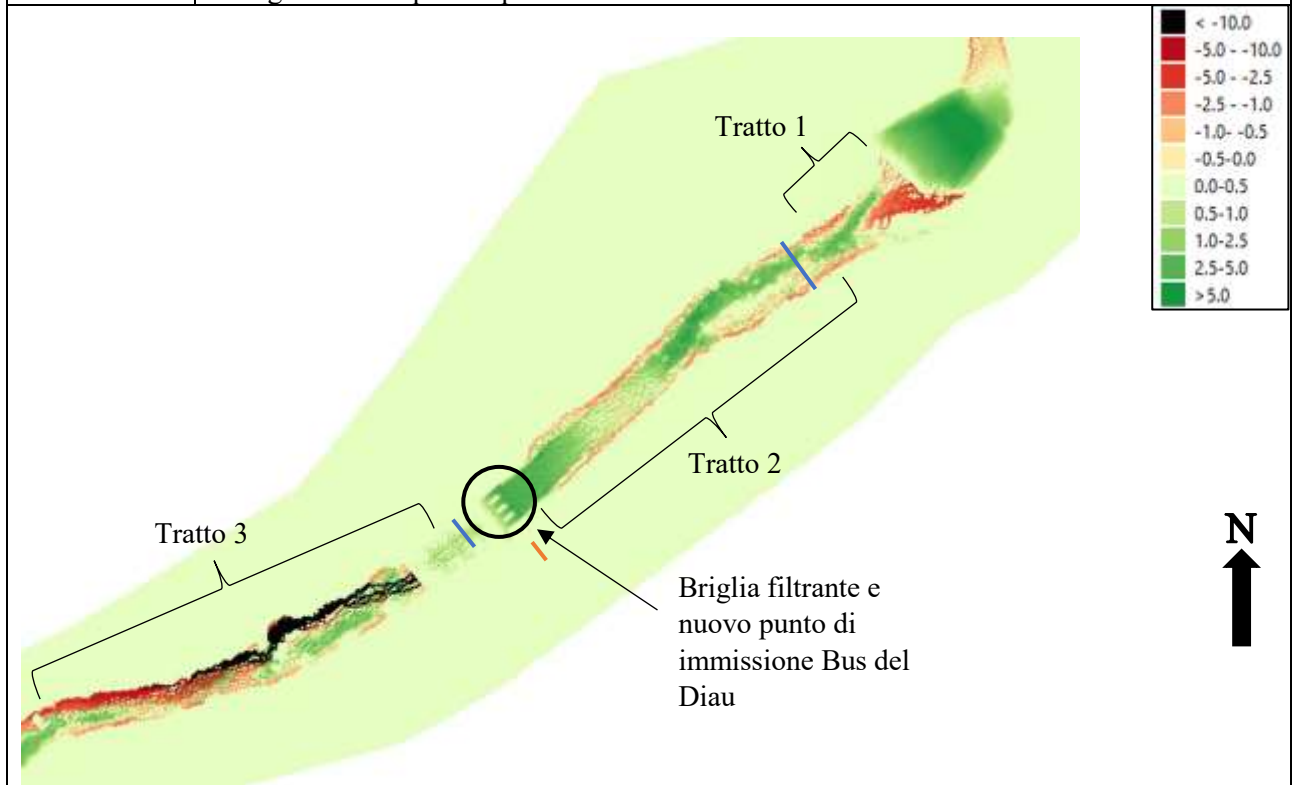


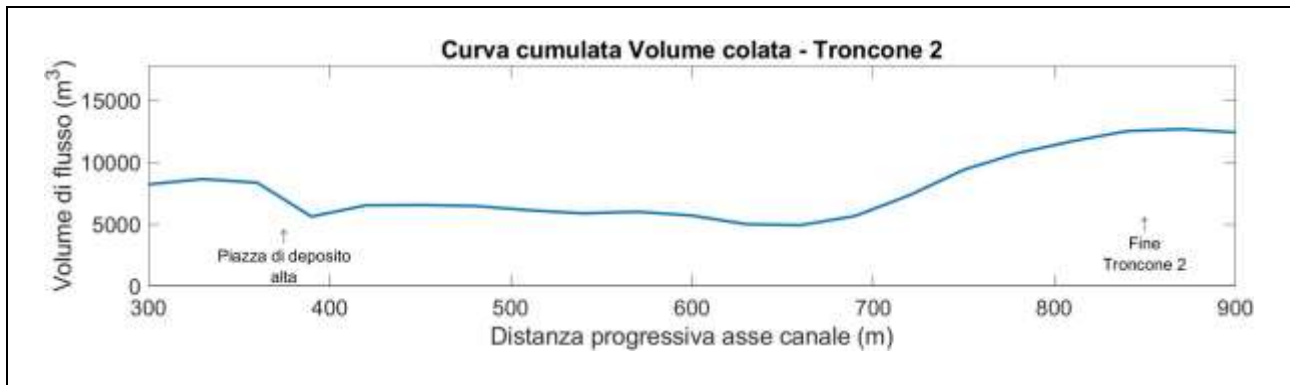


Troncone 1		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
0	-305.23	1953.80
30	-2882.87	2259.03
60	-2112.39	5141.90
90	-996.28	7254.29
120	-129.25	8250.57
150	272.49	8379.82
180	242.95	8107.33
210	-25.28	7864.37
240	-88.00	7889.65
270	-229.92	7977.65
300	-434.89	8207.57
330	298.76	8642.46
360	2740.22	8343.70

Tabella 60. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 1

Troncone 2	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Gli scavi interessano quasi l'intero canale, con scavi importanti ai piedi della piazza di deposito alta.	Nella zona centrale del canale con spessori di qualche metro.
Tratto 2	Lungo le due sponde con scavi contenuti (0.5 – 1.5 m).	Occupano gran parte del canale, con depositi più importanti nella parte iniziale (2 – 3 m) e finale del tratto (3 – 4 m), dove è stata inserita la briglia filtrante.
Tratto 3	Nella parte iniziale nulle, ma quando termina il tratto di alveo consolidato, diventano molto considerevoli soprattutto in destra idrografica dove si localizzano gli scavi più importanti. Questo dovuto al fatto, che si ha un aumento della portata liquida causato dall'immissione del Bus del Diau in alveo.	Si attestano nella parte centrale del canale con spessori mai superiori ai 2 m.
Altro	Nella parte iniziale del tratto e a valle della briglia sono inserite due sezioni (linee blu), che analizzano la portata transitata durante l'evento, quello che si evince è che nella prima sezione si ha un portata al picco pari a 97.51 m ³ /s, mentre, quella posta a valle della briglia ha registrato una portata pari a 61.40 m ³ /s.	

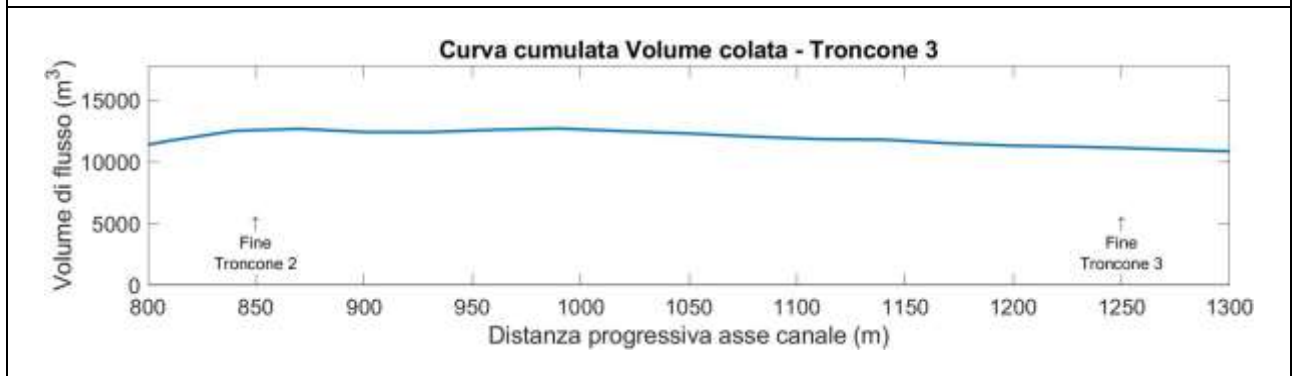
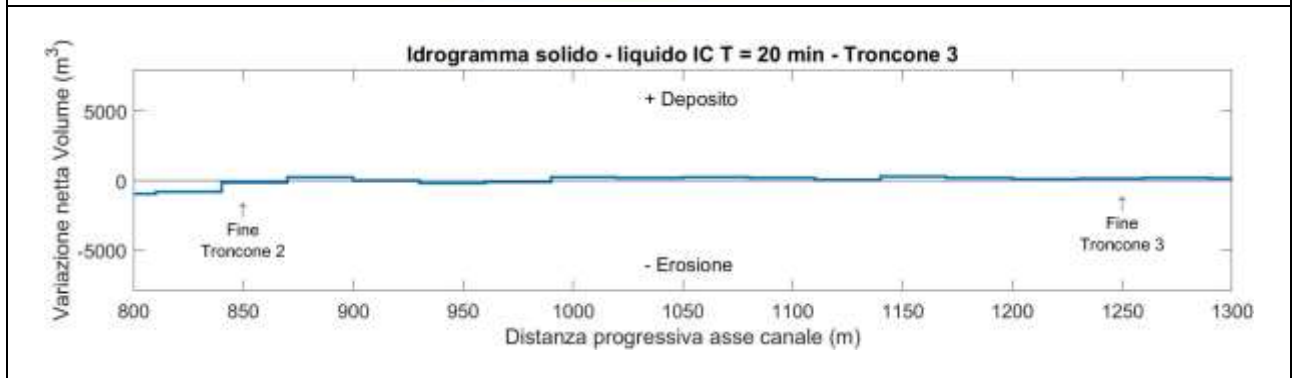
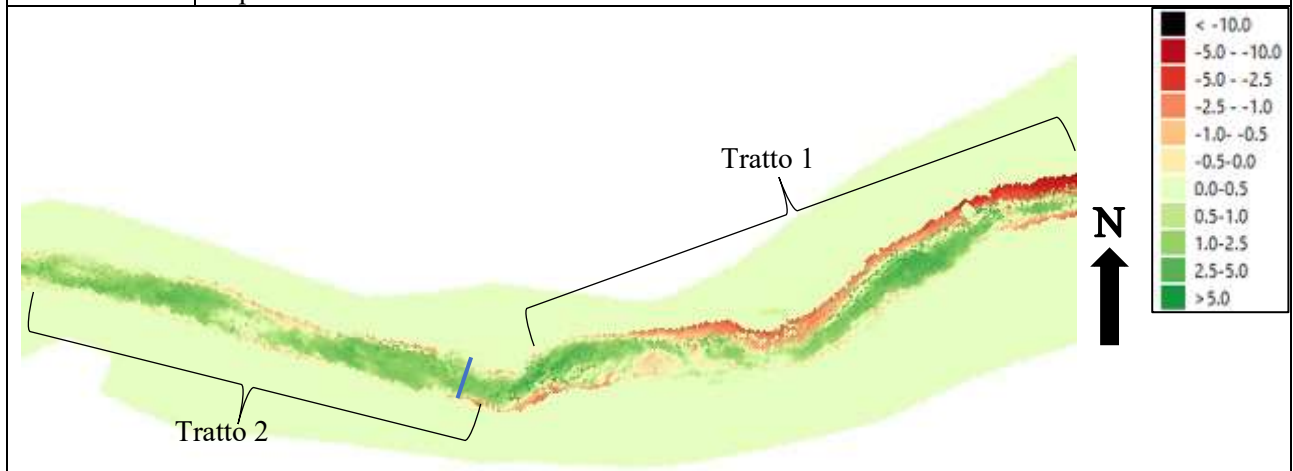




Troncone 2		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
390	-909.31	5603.48
420	-22.05	6512.79
450	71.90	6534.84
480	347.67	6462.94
510	251.09	6115.27
540	-129.14	5864.18
570	307.58	5993.31
600	697.25	5685.74
630	80.06	4988.48
660	-743.24	4908.42
690	-1677.60	5651.66
720	-2062.75	7329.26
750	-1354.03	9392.02
780	-965.00	10746.05
810	-806.61	11711.05
840	-161.09	12517.65

Tabella 61. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 2

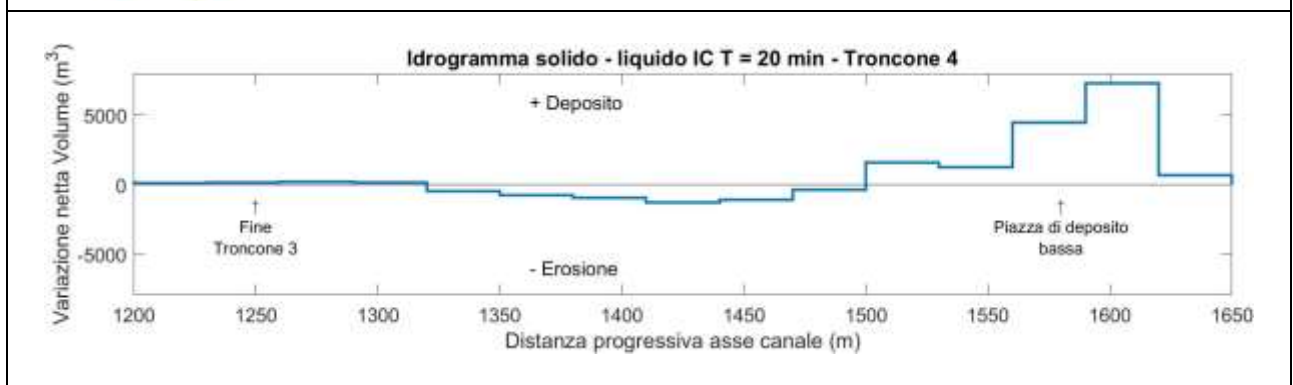
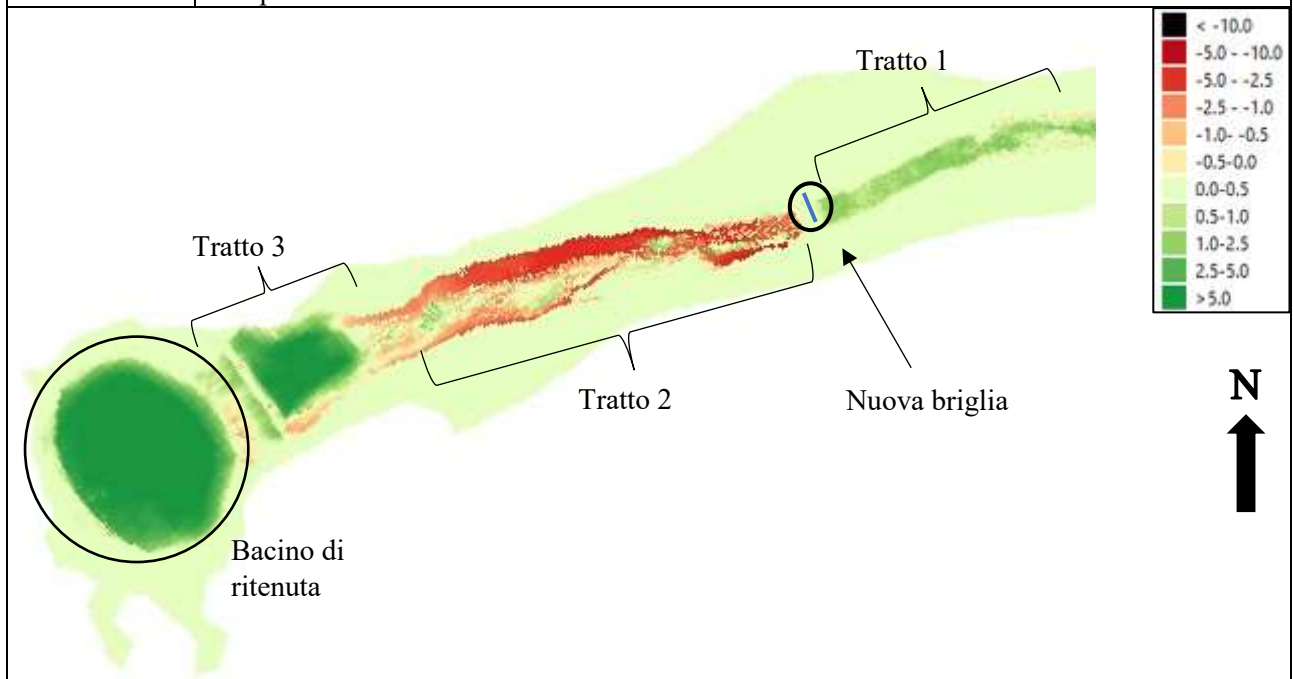
Troncone 3	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Lungo le due sponde. In sponda sinistra sono localizzate in brevi tratti e con scavi contenuti, mentre, nella parte finale sono più marcate. In sponda destra, invece, si hanno erosioni ragguardevoli, che diminuiscono man mano, che ci si sposta verso valle.	Si localizzano nella parte centrale del canale e in sinistra idrografica con spessori medi di 2 m.
Tratto 2	Presenti lungo la sponda destra con scavi contenuti. Mentre, in sponda sinistra si verificano in aree molto localizzate con scavi inferiori al mezzo metro.	Occupano gran parte della sezione del canale con spessori medi di 1 – 2 m
Altro	Nella parte iniziale del tratto 2 è presente una sezione di analisi della portata (linea blu), quello, che emerge è che, la portata al picco registrata è pari a 50.89 m ³ /s, ed è stata misurata dopo 20 minuti dall'inizio dell'evento.	

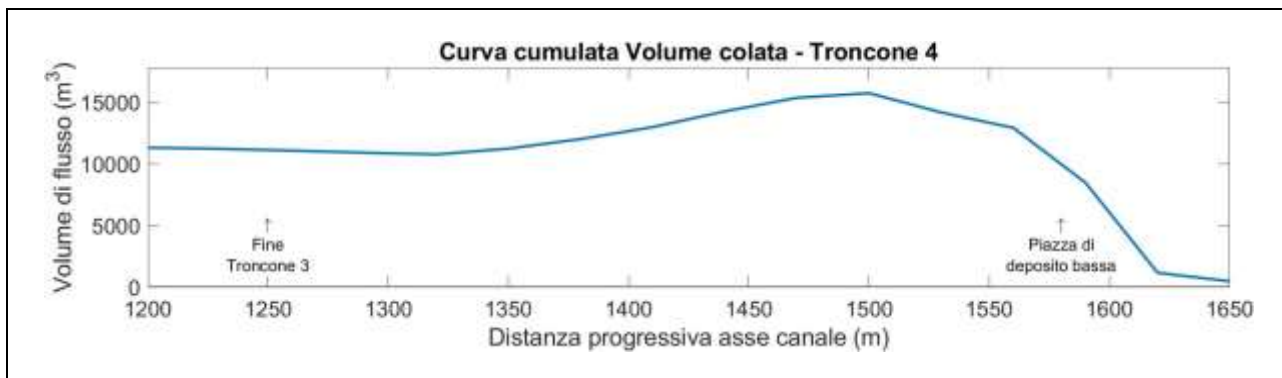


Troncone 3		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
870	256.85	12678.74
900	7.86	12421.89
930	-185.44	12414.03
960	-109.88	12599.47
990	218.95	12709.35
1020	188.02	12490.39
1050	254.65	12302.37
1080	201.82	12047.72
1110	45.47	11845.90
1140	292.80	11800.43
1170	195.26	11507.63
1200	88.59	11312.37
1230	147.96	11223.78
1260	173.17	11075.82

Tabella 62. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 3

Troncone 4	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Pressoché assenti, se non localizzate per brevissimi tratti lungo le due sponde.	Occupano gran parte della sezione del canale, con depositi inferiori ai 1 – 2 m.
Tratto 2	Interessano l'intero canale, con scavi molto importanti soprattutto in destra idrografica, dove si erode una porzione maggiore di sponda.	Localizzate in piccole aree all'interno del canale, con spessori poco importanti.
Tratto 3	Lungo la sponda sinistra con scavi inferiori al metro.	Forte deposito, subito dopo al tratto completamente scavato. Dovuto alla minore pendenza del canale.
Altro	Dopo la briglia è inserita una sezione di analisi, che ha registrato una portata al picco (linea blu) pari a 92.78 m ³ /s, misurata dopo 23 minuti dall'inizio dell'evento. Il bacino di ritenuta è un'opera, che ha il compito di trattenere il materiale trasportato dalla colata. Essa è posta a protezione dell'abitato di Borca di Cadore. Quello, che si evince è che il materiale risulta essere depositato abbastanza omogeneamente al suo interno, con spessori compresi tra i 4 – 9 m.	





Inoltre, dal grafico soprastante è possibile determinare, che il bacino di ritenuta posto a protezione dell'abitato di Borca è stata in grado di trattenere tutto il materiale trasportato dal fenomeno.

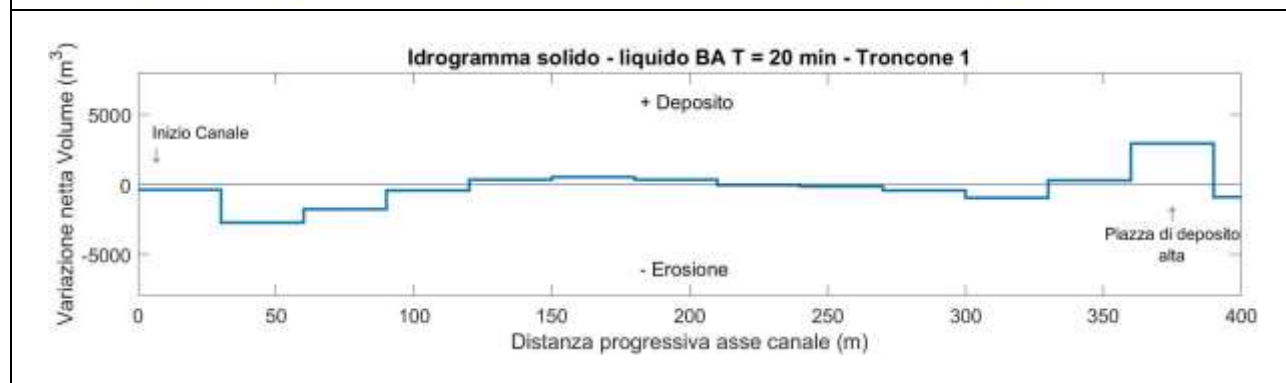
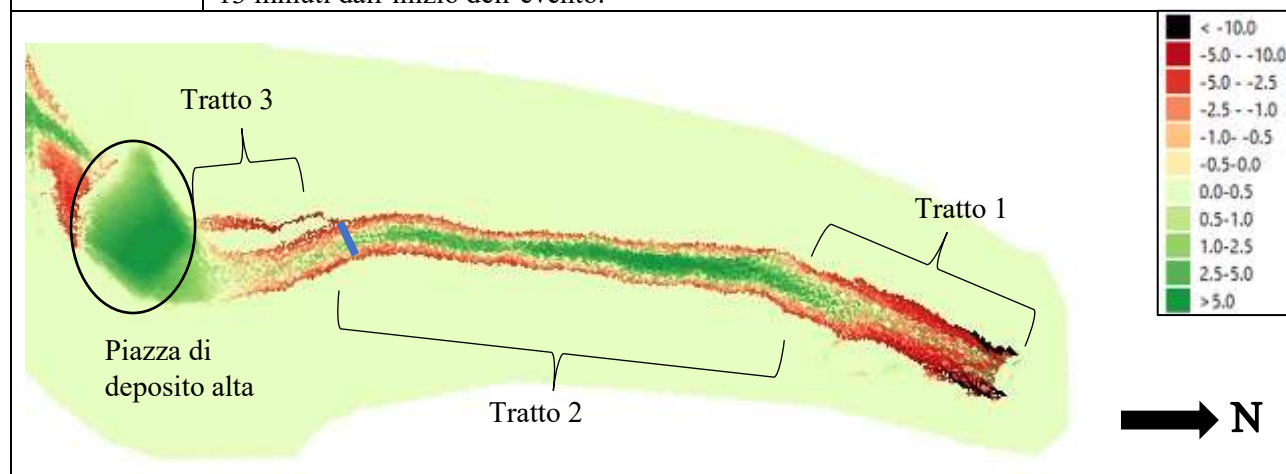
Troncone 4		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
1290	135.76	10902.65
1320	-471.81	10766.89
1350	-774.25	11238.70
1380	-971.65	12012.95
1410	-1278.19	12984.60
1440	-1101.76	14262.80
1470	-371.64	15364.56
1500	1561.62	15736.20
1530	1255.31	14174.57
1560	4450.25	12919.26
1590	7315.93	8469.01
1620	680.39	1153.08
1650	0.00	472.69
1680	-	472.69

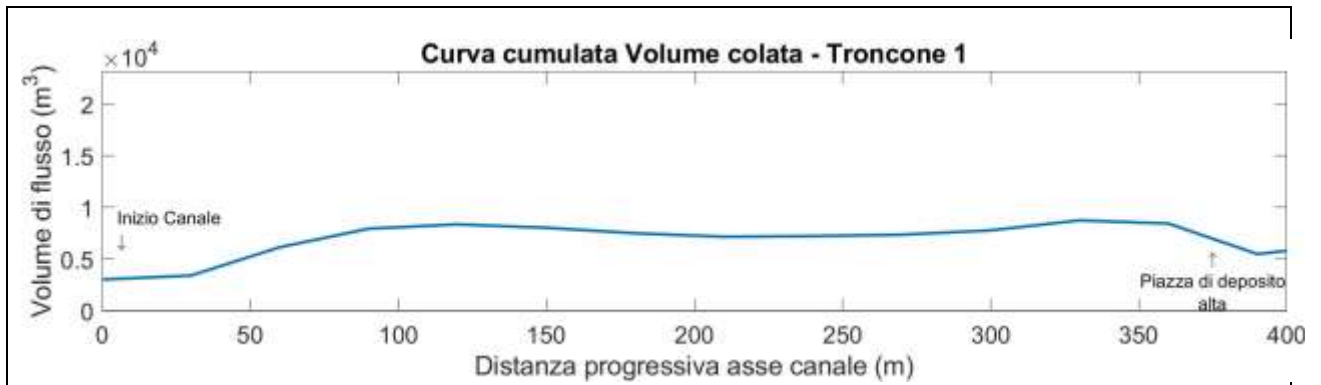
Tabella 63. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 4

7.2.2. Idrogramma solido – liquido BA di durata pari a 20 minuti

Per produrre l'evento, che ha generato il fenomeno di colata detritica si è impiegato due idrogrammi solido – liquidi di input. Il primo posto all'interno del canale principale, più precisamente a monte del primo troncone di analisi, mentre, il secondo è localizzato nel punto di immissione del Bus del Diau, ovvero, nella parte centrale del troncone 2, più precisamente in prossimità della briglia filtrante. Per visionare questi due grafici si rimanda alla Figura 54 e alla Figura 55 presenti all'interno del paragrafo 6.2.2.

Troncone 1	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Interessano l'intera sezione del canale con scavi più importanti localizzati lungo le sponde.	Nella parte finale del tratto con spessori contenuti.
Tratto 2	Localizzate lungo le due sponde. Con scavi più marcati in sponda sinistra.	Occupano buona parte della sezione del canale con spessori, che variano da 3 a 6 m.
Tratto 3	Interessano inizialmente solo le sponde (dove si hanno scavi più marcati), mentre, verso la fine del tratto anche il fondo, ma con scavi contenuti. Da segnalare, che in destra idrografica, a causa delle erosioni, si è creato un canale secondario.	Più importanti nella parte iniziale e poi diminuiscono di spessore fino ad annullarsi.
Altro	La piazza di deposito è un'opera a bassa pendenza, che rallenta e quindi favorisce l'arresto della colata ed il deposito di materiale contenuto al suo interno, pertanto, nel caso specifico i depositi presentano spessori compresi tra 2 – 5 m. Nel tratto 3 è presente una sezione di analisi (linea blu), che registra la portata al picco. Dai dati emerge, che la portata massima misurata è pari a 115,65 m ³ /s ed è stata misurata dopo 13 minuti dall'inizio dell'evento.	

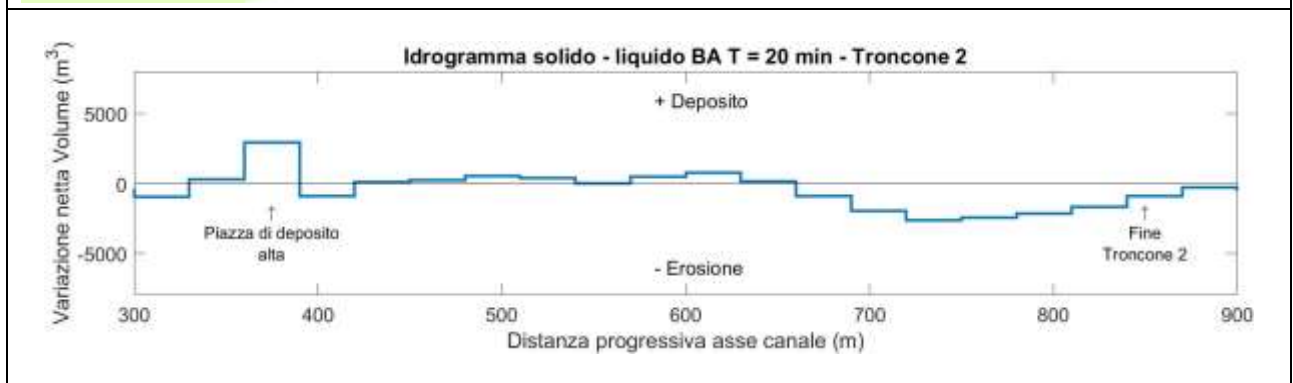
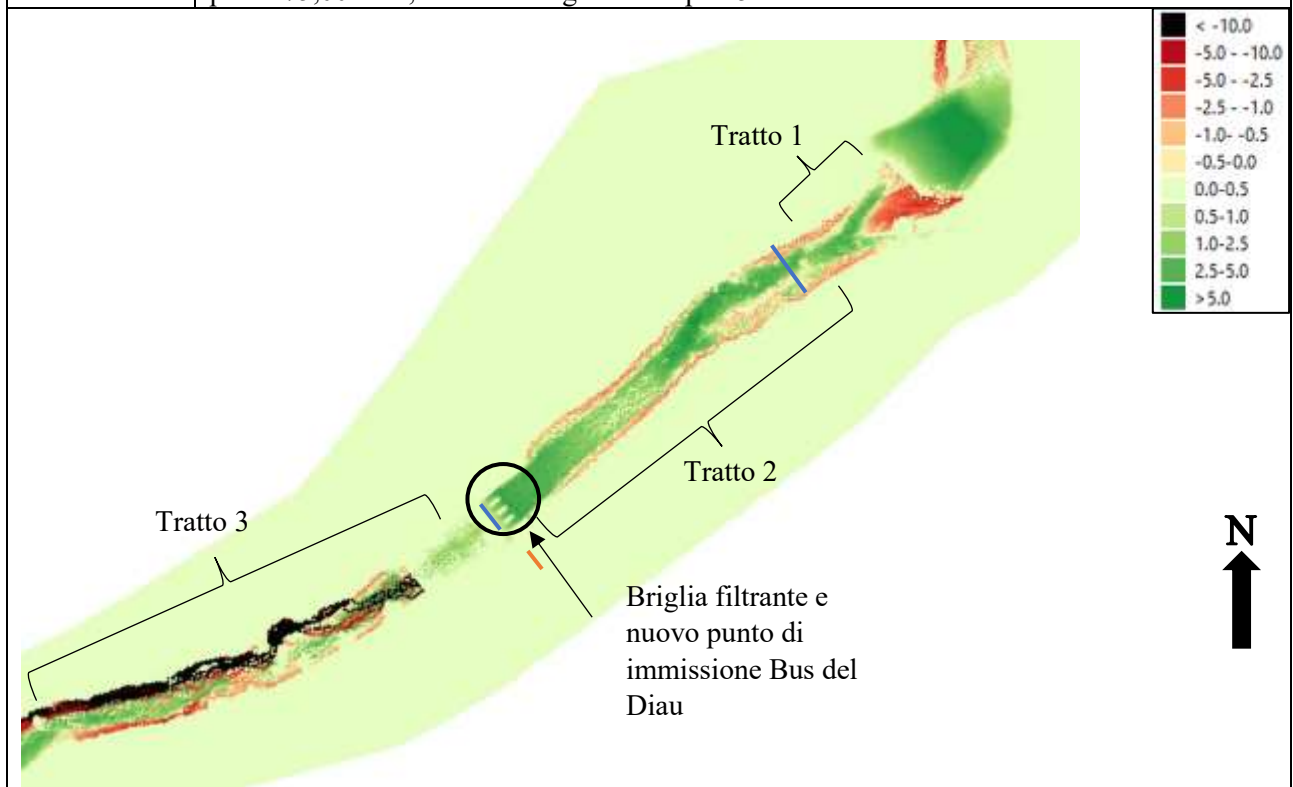


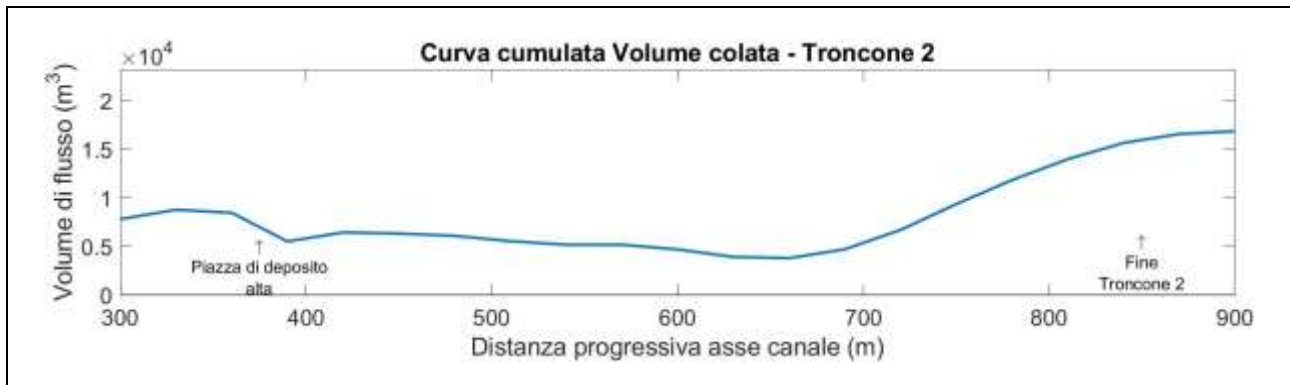


Troncone 1		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
0	-386.03	3036.10
30	-2740.90	3422.13
60	-1788.38	6163.03
90	-423.94	7951.42
120	335.30	8375.36
150	525.64	8040.05
180	343.32	7514.42
210	-64.59	7171.10
240	-134.91	7235.68
270	-421.32	7370.60
300	-966.51	7791.92
330	308.78	8758.42
360	2944.09	8449.64

Tabella 64. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 1

Troncone 2	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Inizialmente interessano gran parte della sezione del canale con scavi più importanti in sinistra idrografica. Nella parte finale del tratto si concentrano sulle sponde.	Nella parte centrale del canale con spessori inferiori ai due metri.
Tratto 2	Lungo le due sponde con scavi abbastanza importanti, che una volta entrati nel tratto sistemato si annullano del tutto.	Occupano gran parte della sezioni con spessori massimi raggiunti in prossimità della briglia filtrante, che ha il compito di trattenere parte del materiale trasportato dal fenomeno.
Tratto 3	Inizialmente nulli, ma una volta fuoriusciti dal tratto consolidato, interessano l'intero canale con scavi più considerevoli localizzati in sponda destra, mentre, in sinistra idrografica sono più contenuti, ma comunque molto importanti.	In piccole porzioni del canale, con spessori di qualche metro.
Altro	All'interno del troncone sono inserite due sezioni di calcolo (linee blu), che analizzano la portata transitata. La prima posta nel tratto due ha misurato una portata al picco di 123,75 m ³ /s, mentre, la seconda è posta a valle della briglia ed ha registrato una portata al picco pari a 75,00 m ³ /s, entrambe registrate dopo 15 minuti dall'inizio dell'evento.	

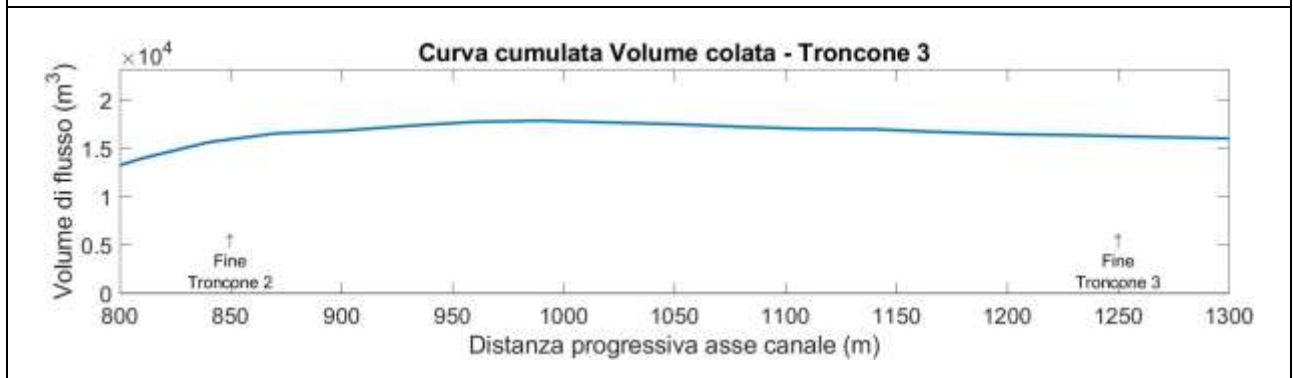
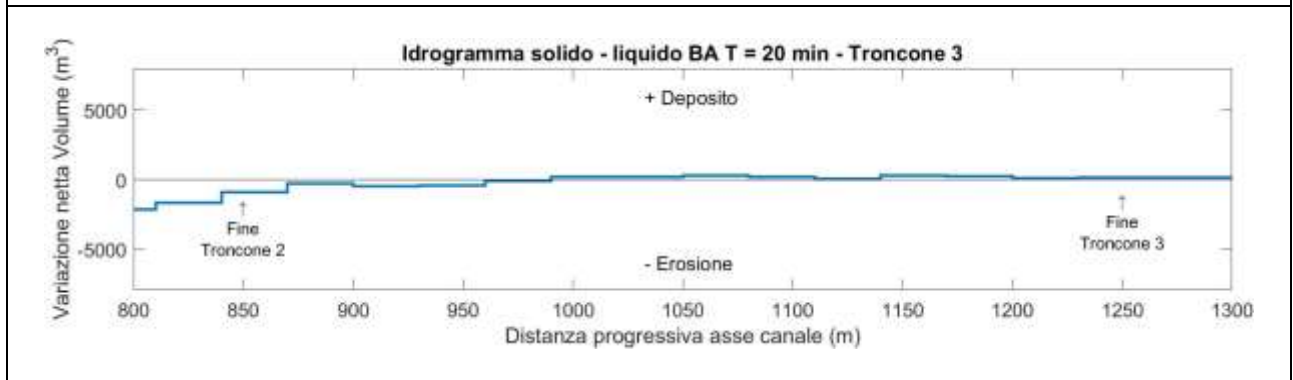
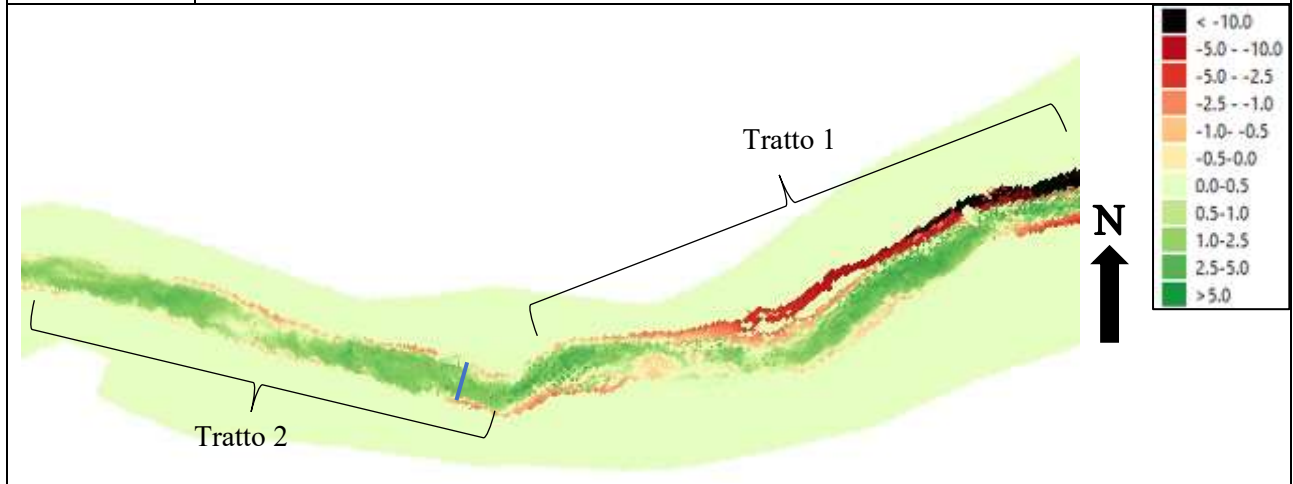




Troncone 2		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m^3)</i>	<i>Volume cumulato (m^3)</i>
390	-925.89	5505.55
420	111.37	6431.44
450	236.72	6320.07
480	550.77	6083.35
510	364.47	5532.58
540	1.10	5168.10
570	477.18	5167.00
600	771.45	4689.82
630	124.32	3918.37
660	-909.25	3794.05
690	-1989.66	4703.30
720	-2661.75	6692.96
750	-2466.99	9354.71
780	-2138.25	11821.70
810	-1671.00	13959.96
840	-903.19	15630.95

Tabella 65. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 2

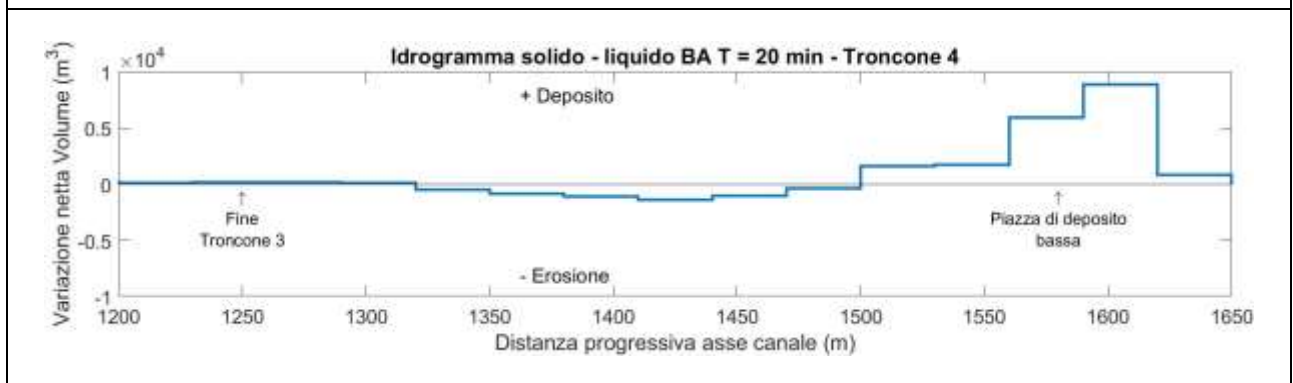
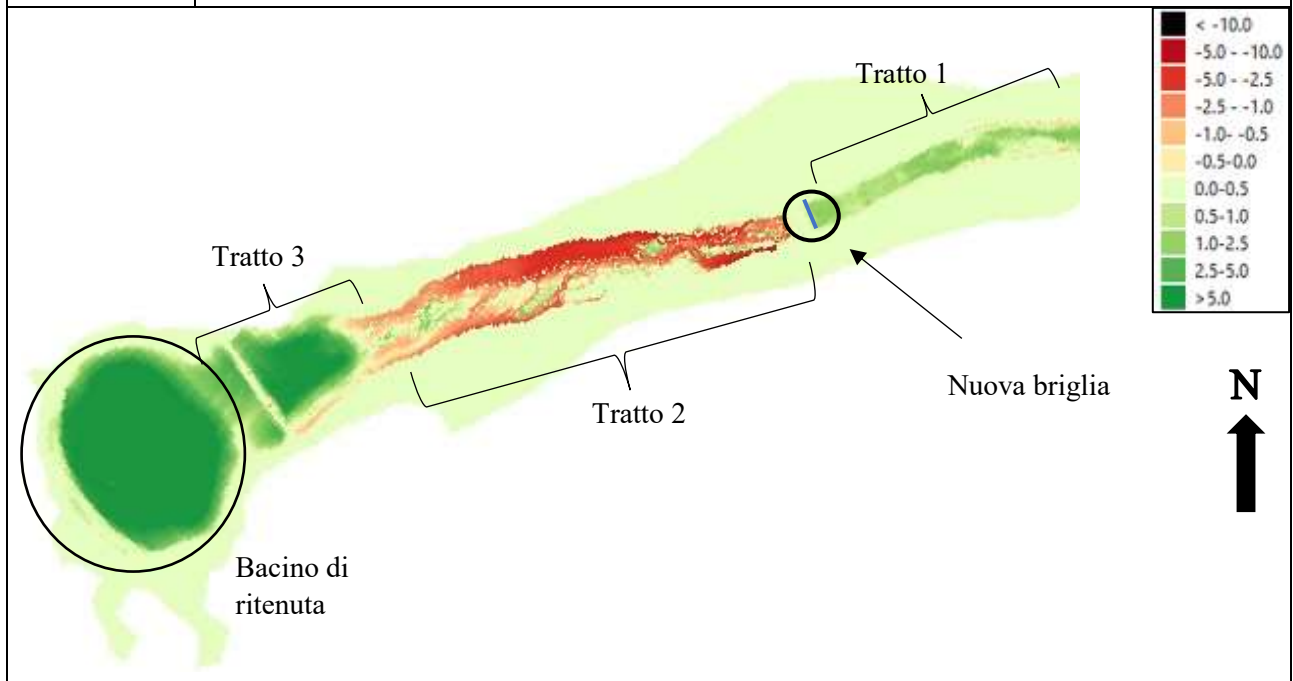
Troncone 3	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Localizzate lungo le due sponde. Con scavi molto più considerevoli in destra idrografica, che spostandosi verso valle perdono di intensità. In sinistra, invece sono molto contenute e localizzate in brevi tratti.	Inizialmente solo nella parte centrale del tratto. Da metà tratto in poi si presentano in sinistra idrografica con spessori di 2 – 3 m, indicando un rallentamento della colata in quel punto.
Tratto 2	Lungo le due sponde con scavi molto contenuti. In sponda sinistra inferiori al mezzo metro.	Occupano gran parte della sezione del canale con spessori inferiori ai due metri
Altro	Nella parte finale del tratto 1 è presente una sezione di analisi della portata (linea blu), quello, che emerge è una portata al picco pari a 64.70 m ³ /s, misurata dopo 18 minuti dall'inizio dell'evento.	

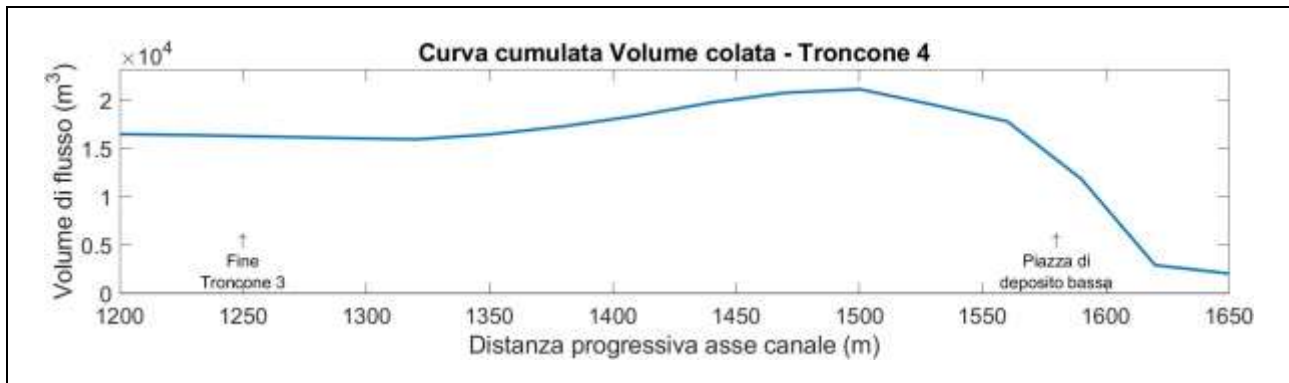


Troncone 3		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
870	-289.13	16534.14
900	-497.91	16823.28
930	-415.28	17321.19
960	-119.42	17736.47
990	181.27	17855.89
1020	177.44	17674.62
1050	280.24	17497.18
1080	208.64	17216.94
1110	36.55	17008.30
1140	291.88	16971.75
1170	217.97	16679.87
1200	99.41	16461.90
1230	151.33	16362.49
1260	151.32	16211.16

Tabella 66. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 3

Troncone 4	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Pressoché assenti, se non per brevissimi tratti lungo le due sponde con scavi inferiori al mezzo metro.	Occupano buona parte del canale, con spessori inferiori al metro.
Tratto 2	Dopo la briglia, posta sotto il ponte, interessano l'intero canale con scavi più importanti che si localizzano lungo la sponda destra (max 4 – 5 m).	Pressoché nulle, se non localizzate in piccoli cumuli all'interno del canale.
Tratto 3	In sponda sinistra con scavi contenuti.	Interessano l'intero alveo con depositi che presentano spessori, che variano dai 3 ai 5 m.
Altro	<p>Subito dopo il ponte è inserita una sezione (linea blu), che analizza la portata della colata. Essa ha raggiunto un picco pari 100,50 m³/s, misurato dopo 20 minuti dall'inizio dell'evento.</p> <p>Come si evince, inoltre, il bacino di ritenuta risulta essere quasi completamente piena, inoltre, è da segnalare la presenza di erosioni e depositi a valle di questa opera indicando, che non ha trattenuto tutto il materiale.</p>	





Dal grafico soprastante è possibile evincere, che il bacino di ritenuta posto a protezione dell'abitato di Borca è stata in grado di trattenere tutto il materiale trasportato dalla colata generata da un evento di precipitazione di durata di venti minuti.

Troncone 4		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
1290	129.45	16059.84
1320	-500.54	15930.39
1350	-841.71	16430.93
1380	-1100.85	17272.64
1410	-1359.76	18373.49
1440	-1009.72	19733.25
1470	-361.83	20742.97
1500	1608.15	21104.80
1530	1716.65	19496.64
1560	5937.702637	17780.00
1590	8915.14	11842.29
1620	869.14	2927.15
1650	0.00	2058.01
1680	-	2058.01

Tabella 67. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 4

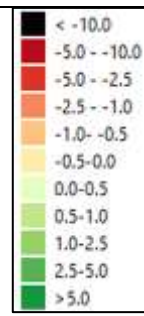
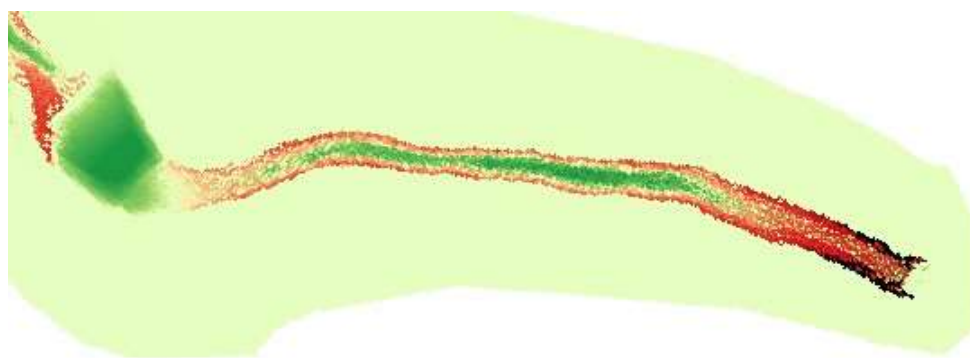
Una volta terminata la descrizione dei depositi e delle erosioni in presenza di un evento di precipitazione di durata 20 minuti, si riporta un confronto fra i risultati ottenuti dalle due simulazioni, così si possono individuare eventuali similitudini o differenze nell'uso dei due diversi idrogrammi.

7.2.3. Confronto idrogramma solido – liquido IC vs Idrogramma solido – liquido BA

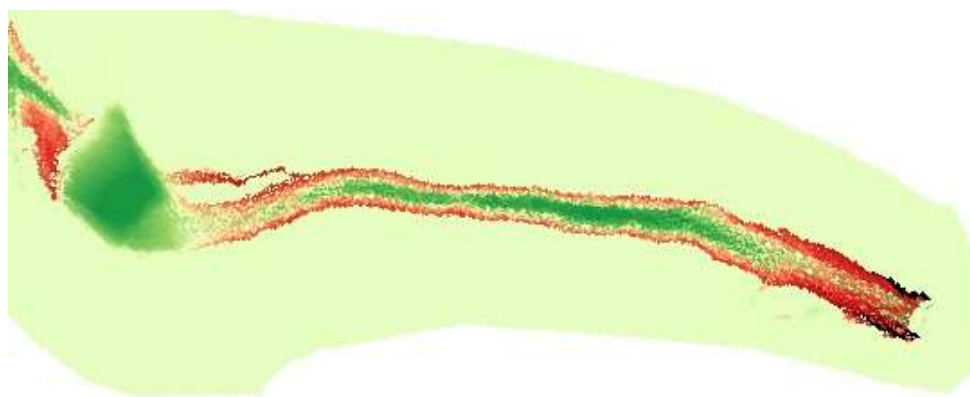
- Troncone 1 intensità costante vs Troncone 1 blocchi alterni

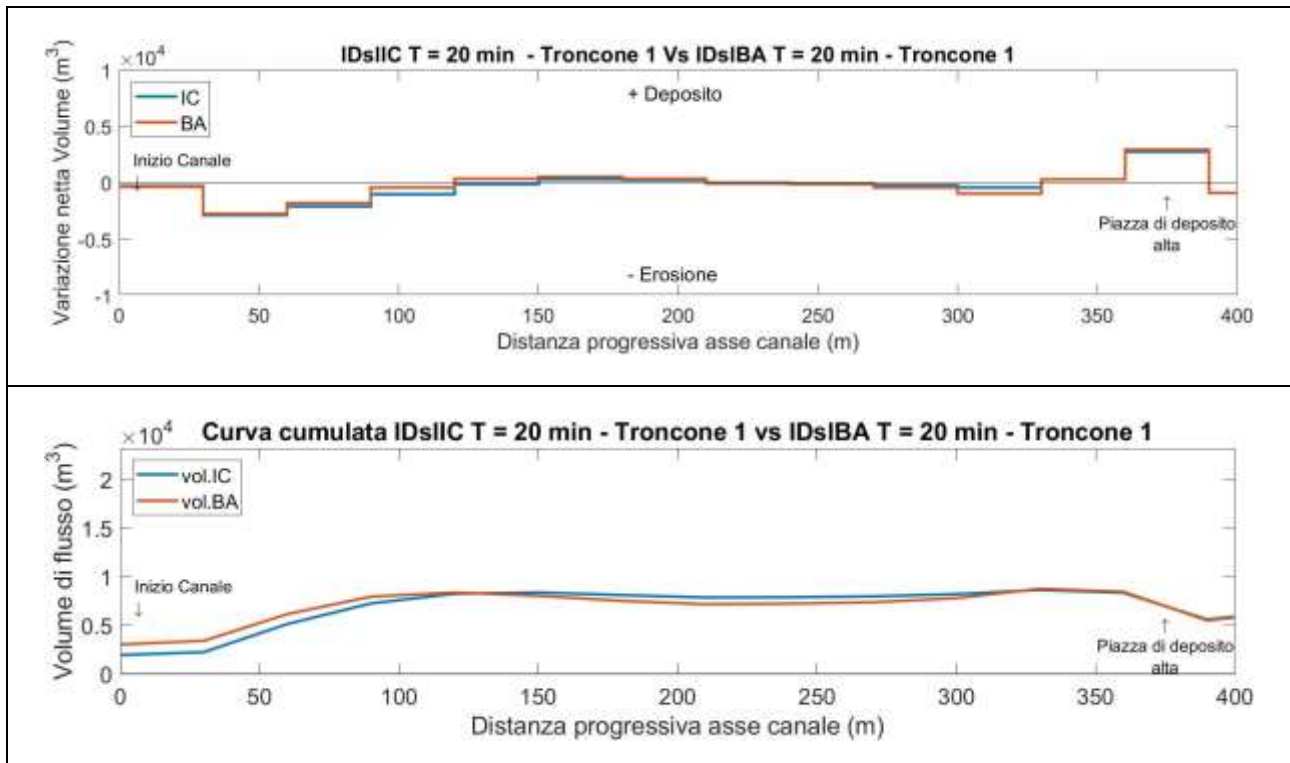
	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Andamento erosioni – depositi	L'idrogramma solido – liquido IC erode una maggiore porzione del fondo, mentre, l'idrogramma solido – liquido BA erode pesantemente le sponde andando, così, ad allargare il canale. Per quanto riguarda i depositi sono un po' più marcati nella simulazione con l'idrogramma solido – liquido BA, mentre, in quello ad intensità costante sono pressoché assenti.
Tratto 2	Andamento erosioni – depositi è praticamente lo stesso in entrambi gli idrogrammi.	Il canale risulta essere più largo, con l'idrogramma solido – liquido BA a causa delle erosioni avvenute nel tratto precedente. Inoltre, i depositi sono più marcati e occupano un'area maggiore.
Tratto 3	Nessuna	Con l'idrogramma solido – liquido BA il canale è leggermente più largo, inoltre, si forma un canale secondario in destra idrografica a causa delle erosioni.

Idrogramma solido – liquido IC



Idrogramma solido – liquido BA





Dal confronto tra le due curve cumulate si può notare, che inizialmente la colata generata con l'idrogramma solido – liquido BA presenta un volume più elevato, spiegato dal fatto che il volume solido di input è maggiore ($3036.1 m^3$) rispetto a quello con 'idrogramma solido – liquido IC ($1953.8 m^3$). Comunque, andando verso si nota che le due curve cumulate presentano dei valori pressochè simili, indicando , che i due idrogrammi sono caratterizzati da un andamento analogo. La Figura 95 illustra il confronto tra le portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel primo troncone di analisi.

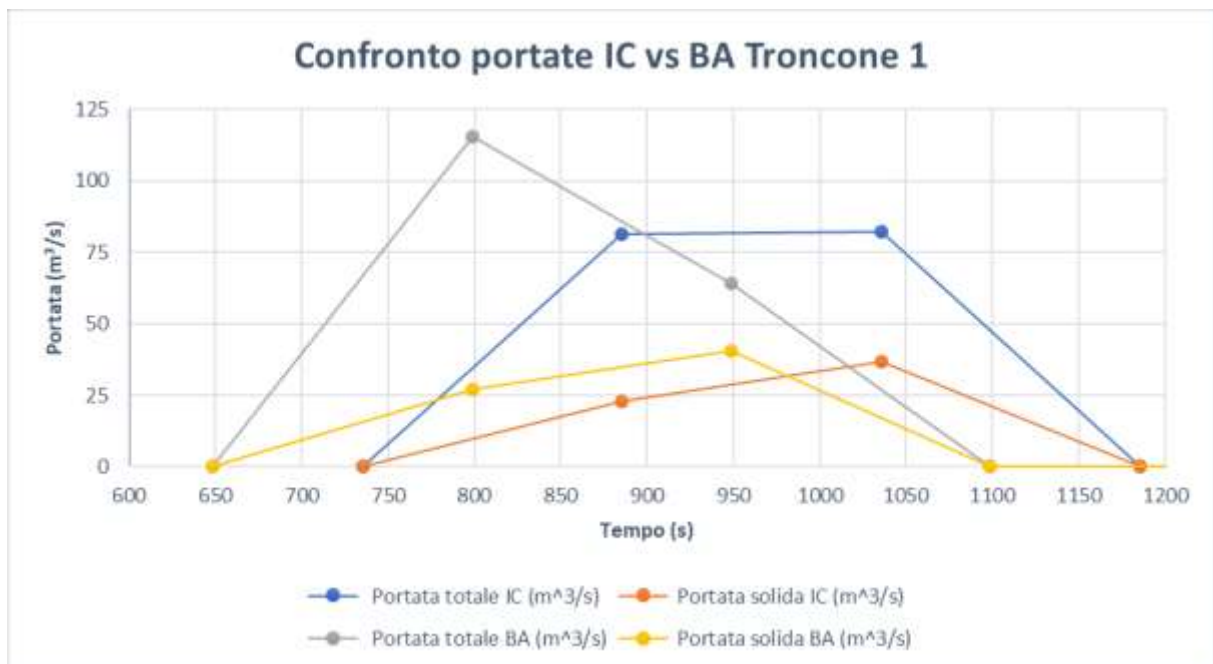
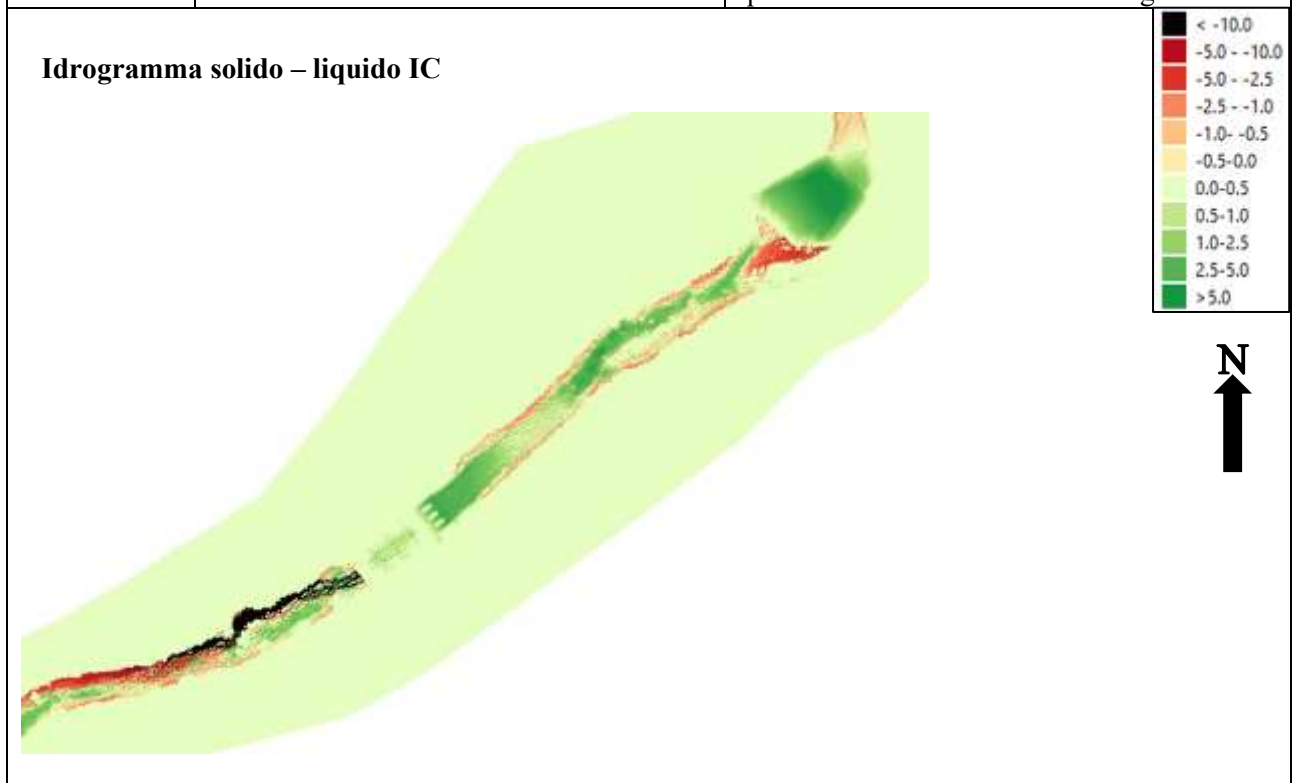


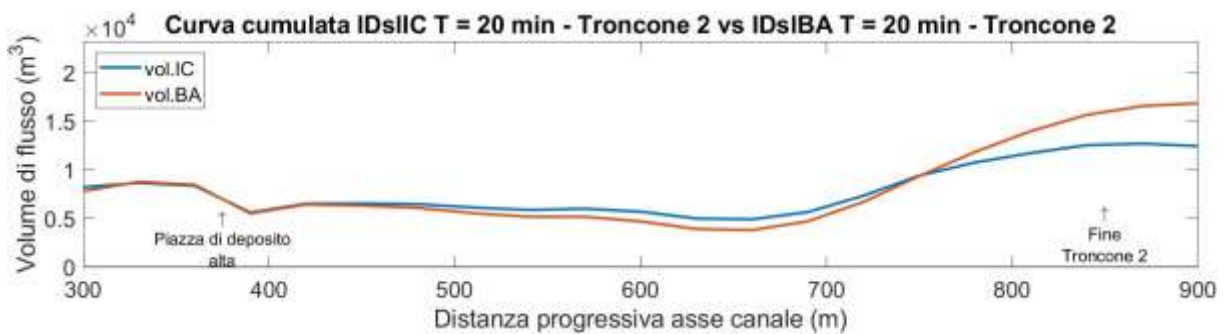
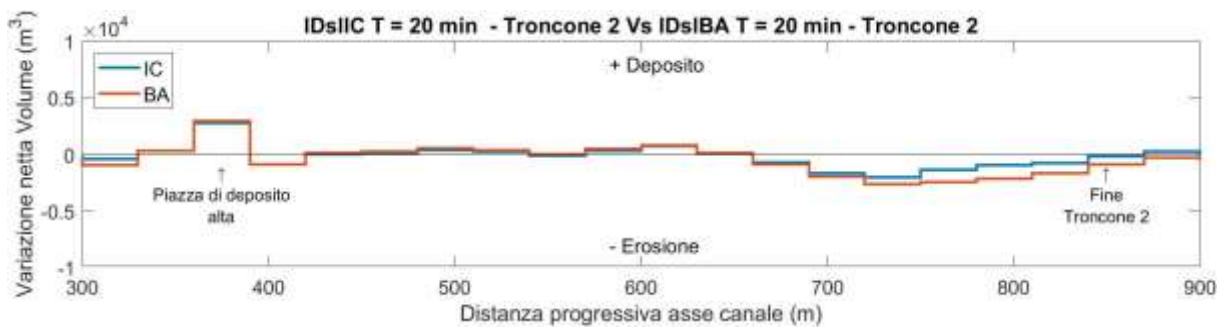
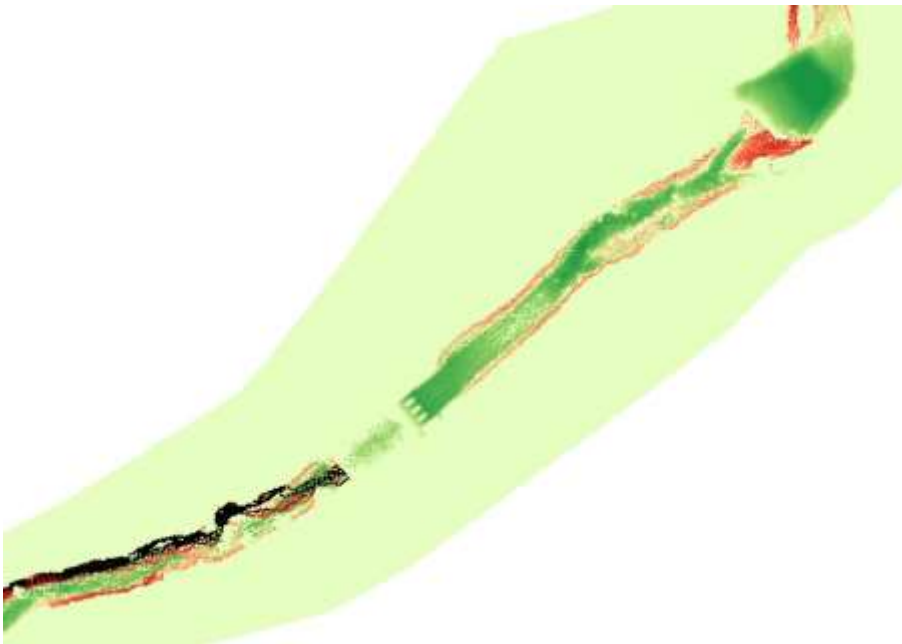
Figura 96. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 3 del troncone 1

- Troncone 2 intensità costante vs Troncone 2 blocchi alterni

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Andamento erosioni – depositi	Nessuna
Tratto 2	Andamento erosioni - depositi	Con idrogramma solido – liquido IC le erosioni scavano una minore porzione di sponda, inoltre, i depositi tendono ad occupare un'area leggermente più ristretta rispetto a quelli generati con l'idrogramma solido – liquido BA.
Tratto 3	Andamento delle due erosioni	Con l'idrogramma solido – liquido BA le erosioni interessano un'area maggiore e sono tendenzialmente più importanti rispetto a quelle determinate con l'altro idrogramma



Idrogramma solido – liquido BA



L'andamento descritto nel troncone 1 continua fino a circa metà secondo troncone. Cioè dal punto in cui i volumi smossi con idrogramma solido – liquido BA diventano più importanti rispetto a quelli movimentati con l'idrogramma solido – liquido IC, spiegato dal fatto che con l'idrogramma solido – liquido BA si generano variazioni di volume più importanti all'interno del tratto 3. Le Figure 96 e 97 spiegano il raffronto tra le portate totali e solide registrate da due sezione di analisi poste a monte e valle della briglia filtrante.

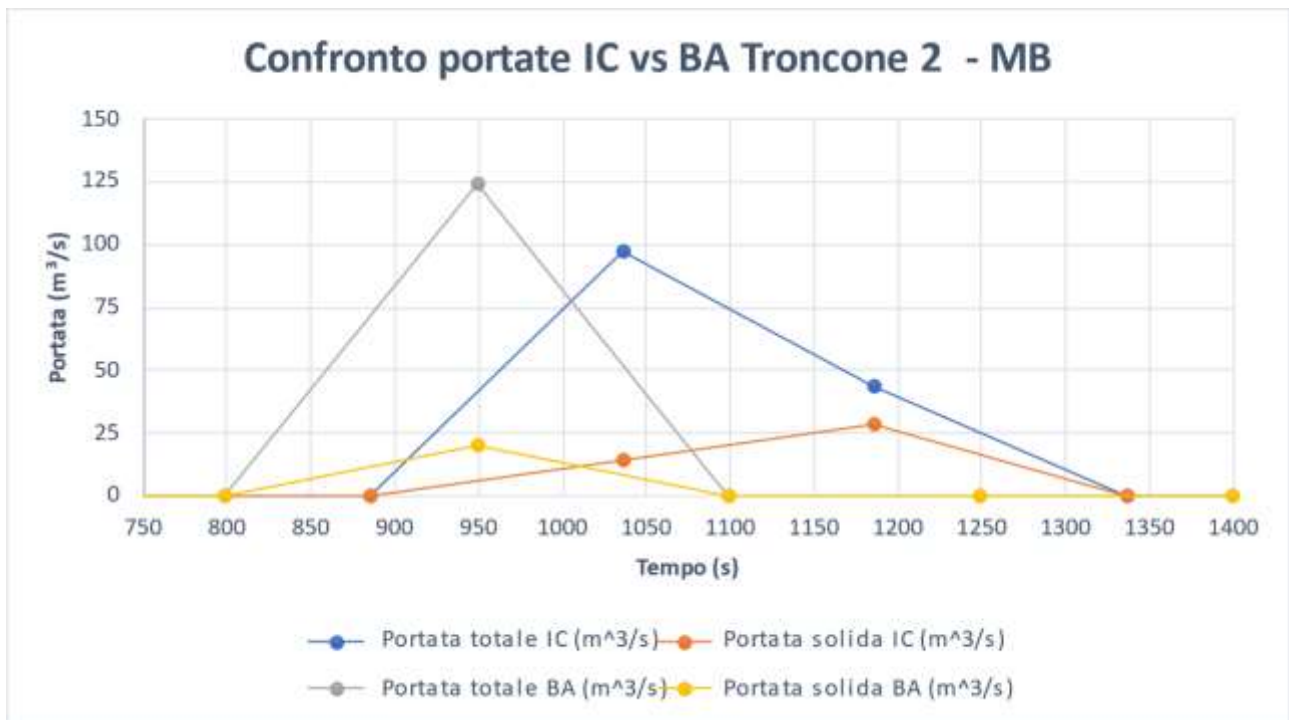


Figura 97. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta a monte della briglia filtrante

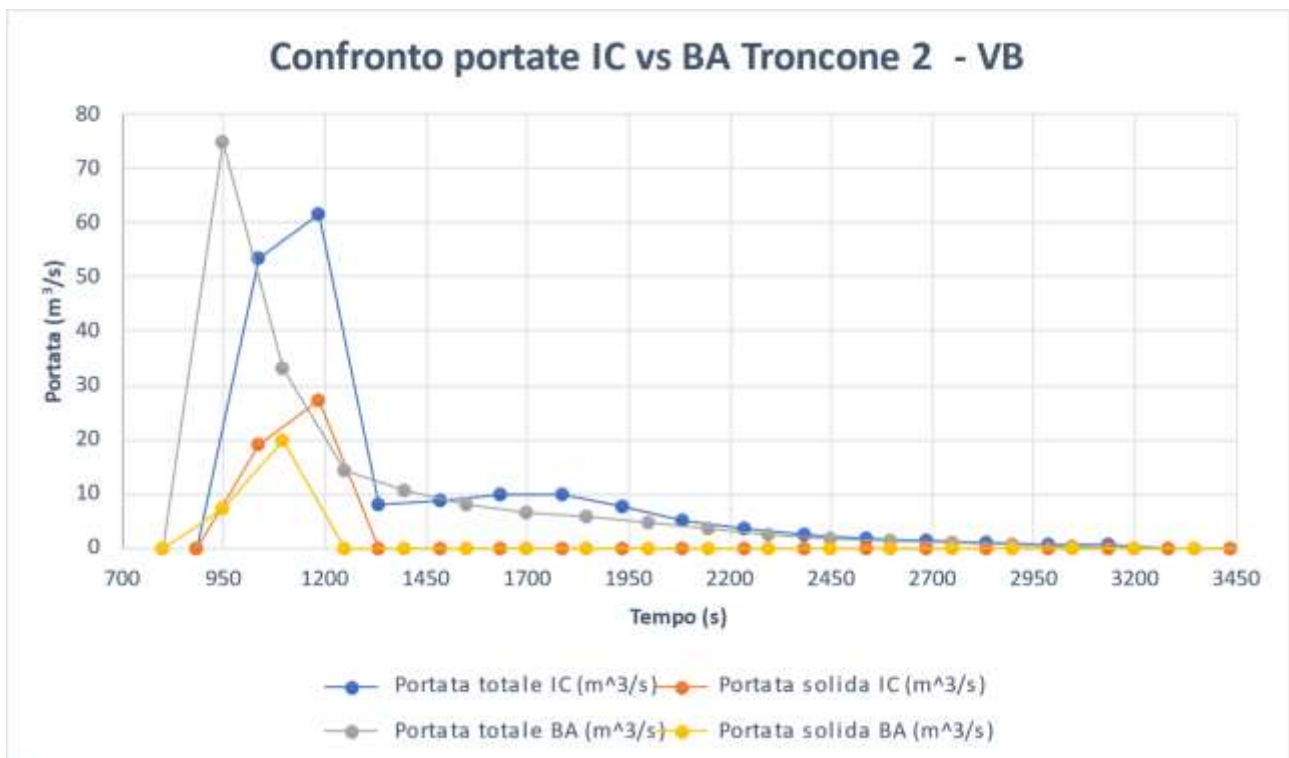
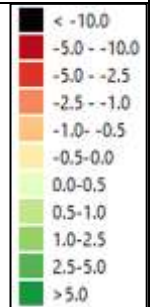
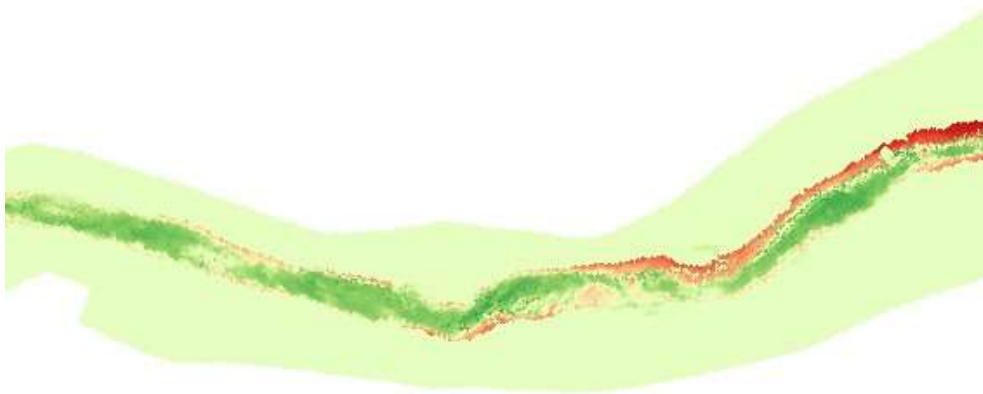


Figura 98. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta a valle della briglia filtrante

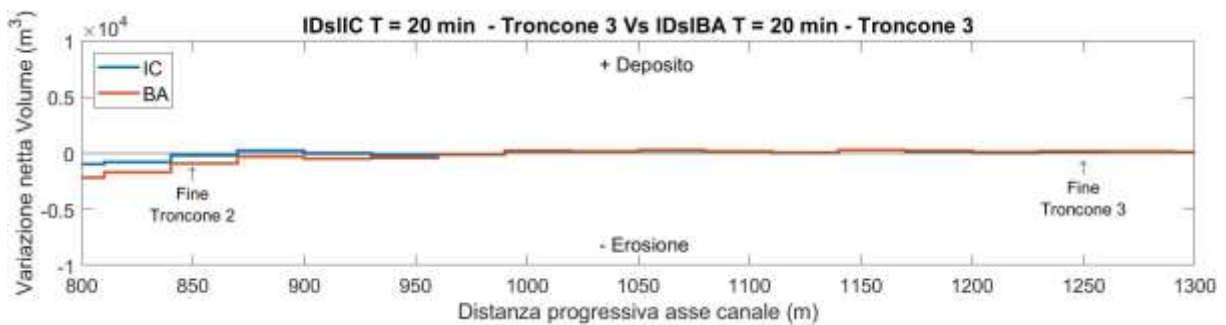
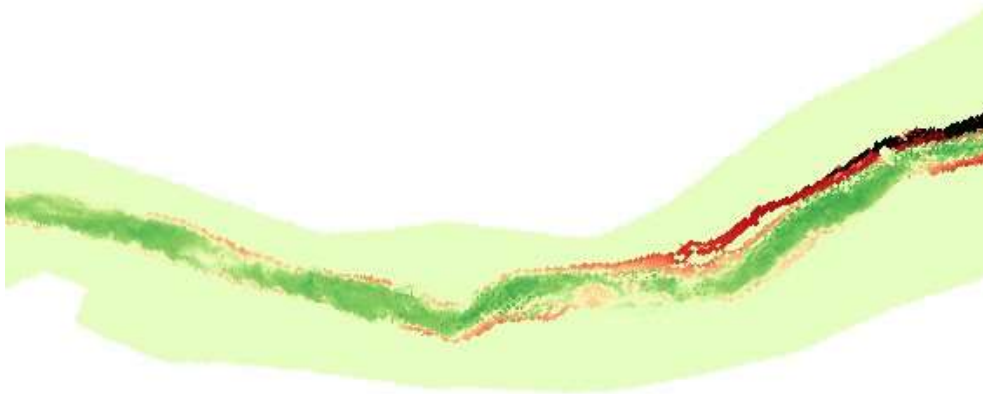
- Troncone 3 intensità costante vs Troncone 3 blocchi alterni

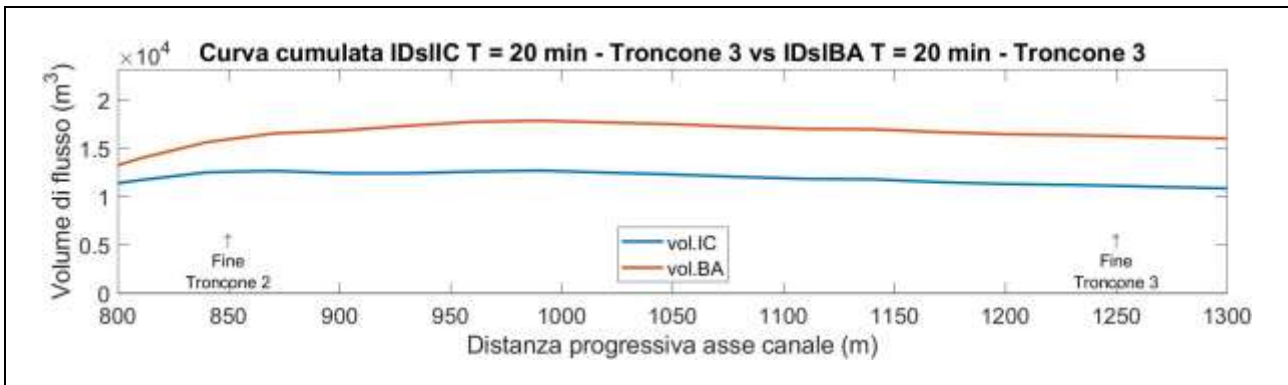
	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Andamento erosioni – depositi	L'idrogramma solido – liquido BA va a generare delle erosioni tendenzialmente più marcate lungo la sponda destra e lungo la sponda sinistra.
Tratto 2	Andamento erosioni – depositi	Erosioni leggermente più contenute in presenza di un idrogramma solido – liquido IC.

Idrogramma solido – liquido IC



Idrogramma solido – liquido BA





Anche per questo troncone, si evince, che il volume movimentato dalla colata detritica, simulata con l'idrogramma solido – liquido BA risultano essere più elevati rispetto a quelli smossi dal debris flow generato da un idrogramma solido – liquido individuato da uno ietogramma ad intensità delle precipitazioni costante. La Figura 98 descrive il raffronto tra le portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel terzo troncone di analisi.

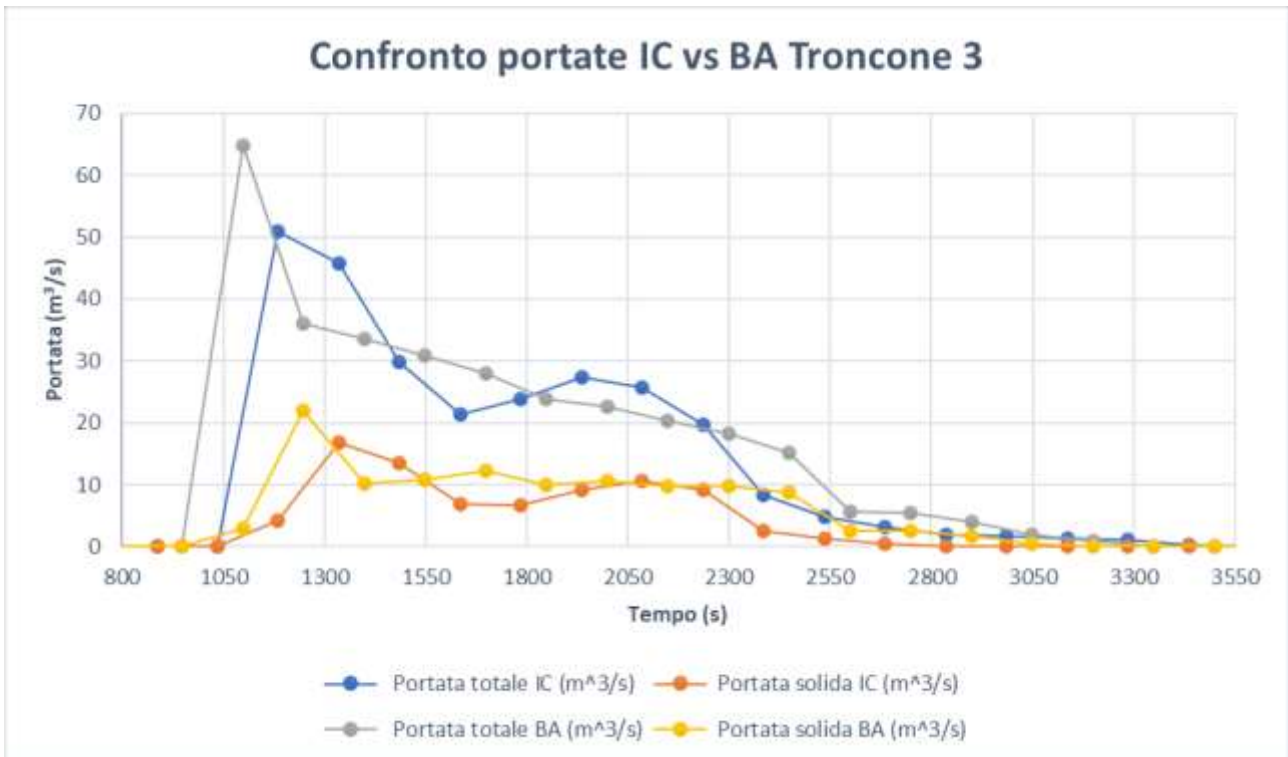
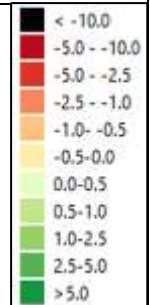
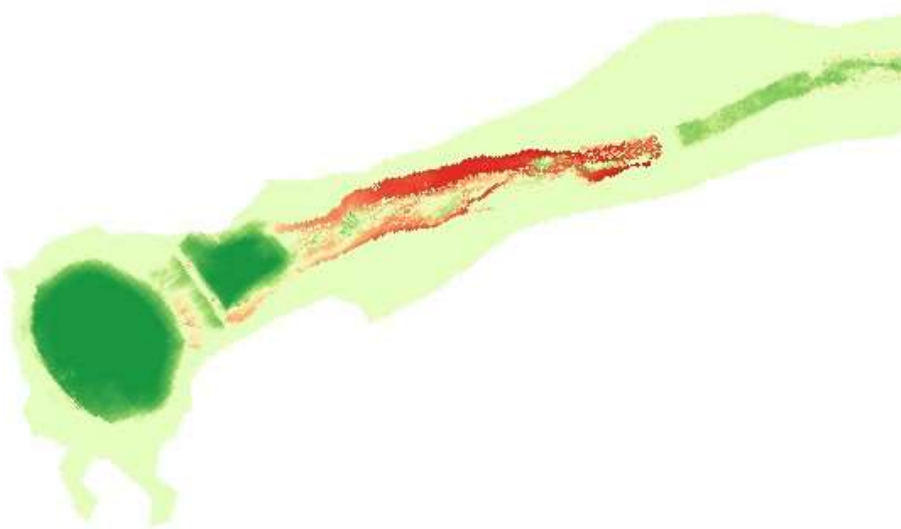


Figura 99. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 2 del troncone 3

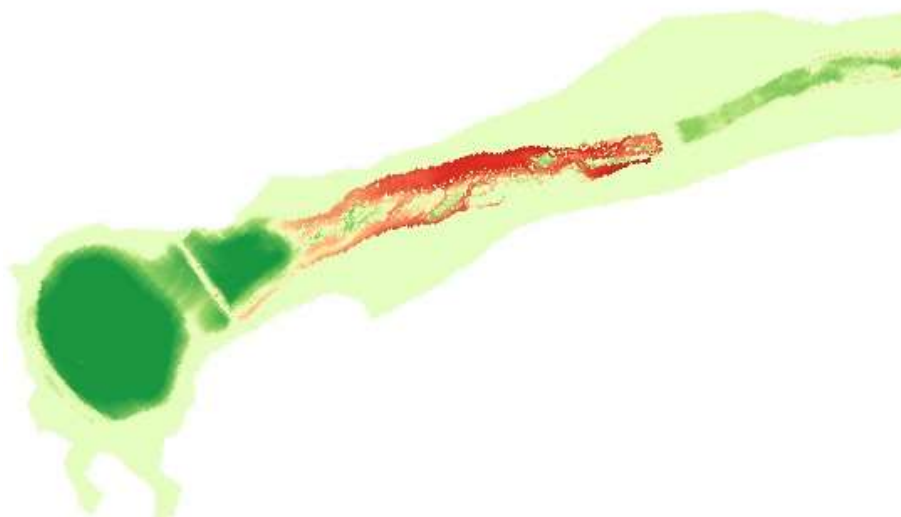
- Troncone 4 intensità costante vs Troncone 4 blocchi alterni

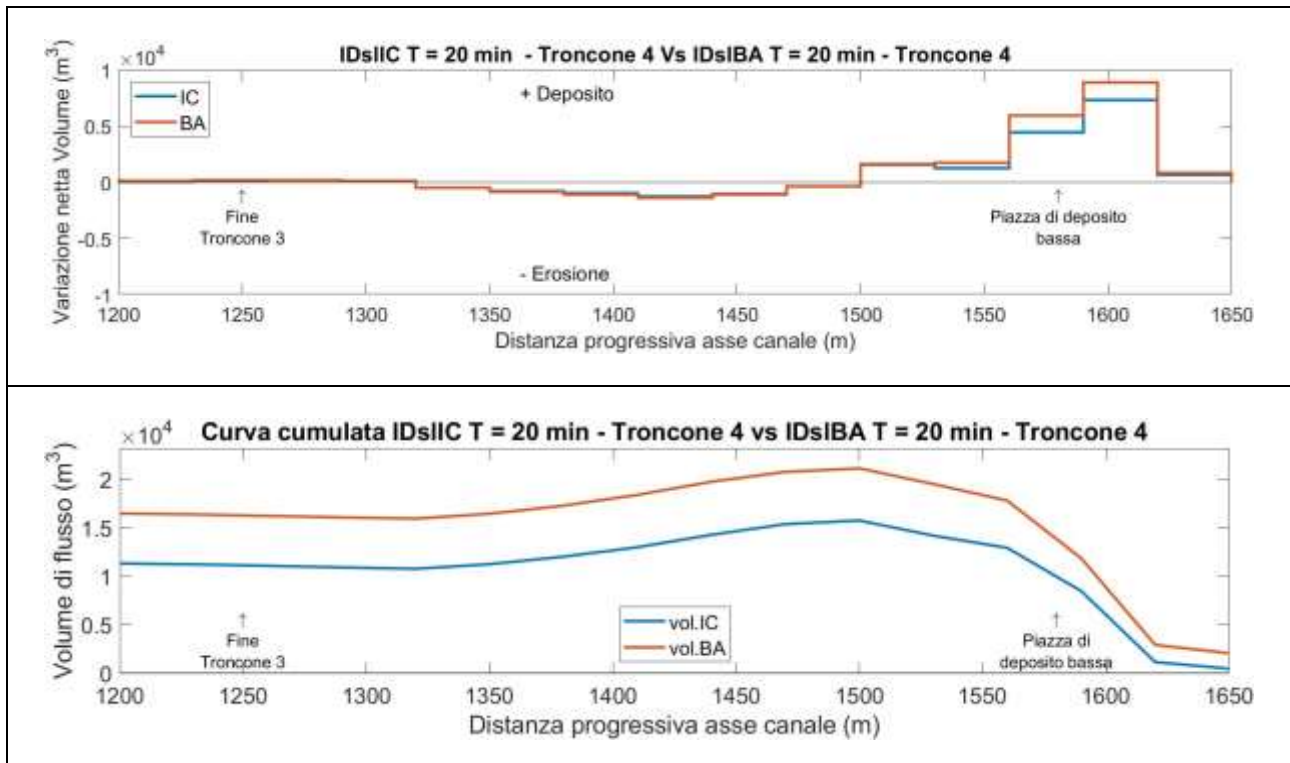
	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Andamento erosioni – depositi	Con l'idrogramma solido – liquido BA le erosioni e i depositi tendono ad essere leggermente più marcati.
Tratto 2	Andamento erosioni – depositi	Le erosioni tendono ad interessare un'area leggermente minore con l'idrogramma solido – liquido IC.
Tratto 3	Andamento erosioni - depositi	Nessuna
Bacino di ritenuta	Disposizione deposito all'interno del bacino.	Con l'idrogramma solido – liquido IC si nota la presenza di erosioni subito a monte dell'opera.

Idrogramma solido – liquido IC



Idrogramma solido – liquido BA





Entranti nell'ultimo troncone di analisi è possibile evincere, che anche in questo caso il volume smosso dalla colata, generata da un idrogramma solido – liquido IC risulta essere più contenuto.

Concludendo, si può dire, che in presenza di un evento di precipitazione di durata di 20 minuti le masse smosse sono più elevate nel caso in cui si utilizzi come input nel modello l'idrogramma solido – liquido BA. Inoltre, in queste condizioni, il bacino di ritenuta, posto a protezione dell'abitato di Borca di Cadore è stata in grado di svolgere al meglio il suo compito, visto, che in entrambe le simulazioni è riuscita a trattenere tutto il materiale movimentato dal fenomeno. Come di fatto rappresentano le due immagini riportate nella pagine precedente. La Figura 99 sviluppo il raffronto tra le portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel quarto troncone di analisi.

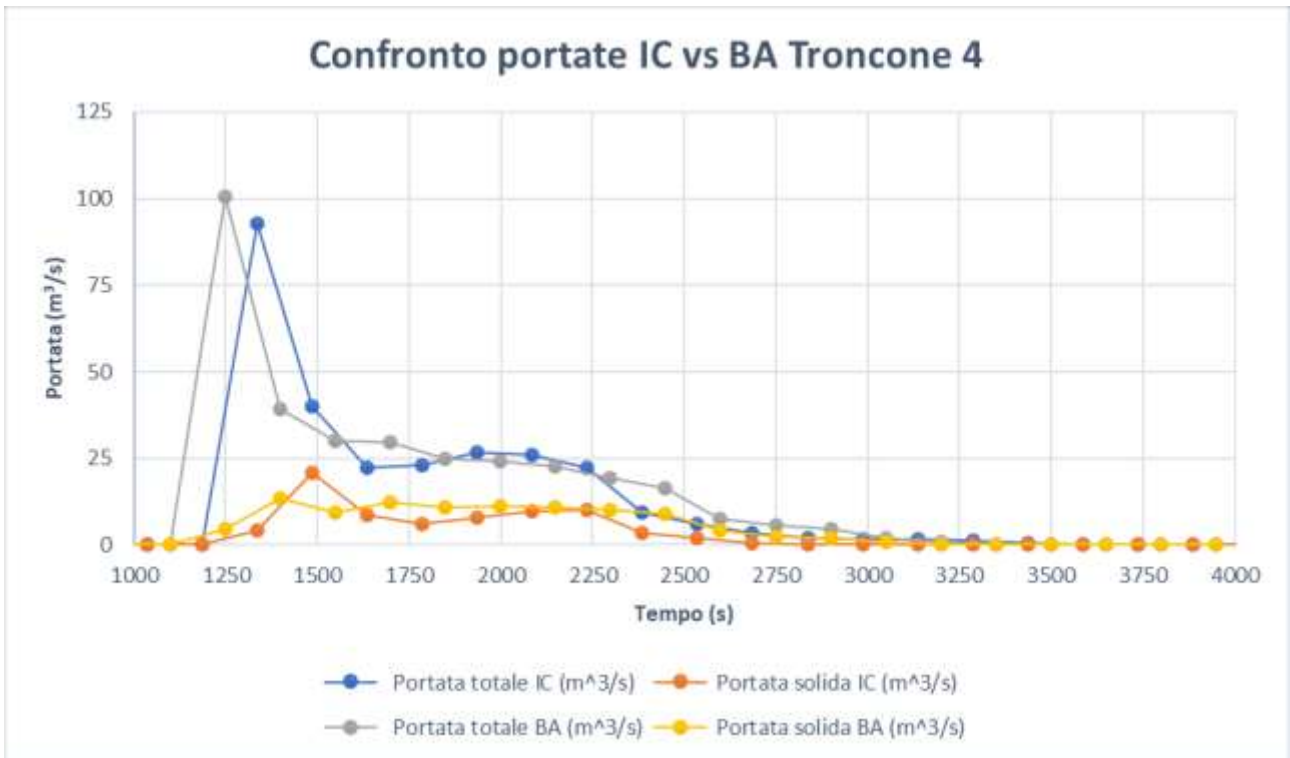


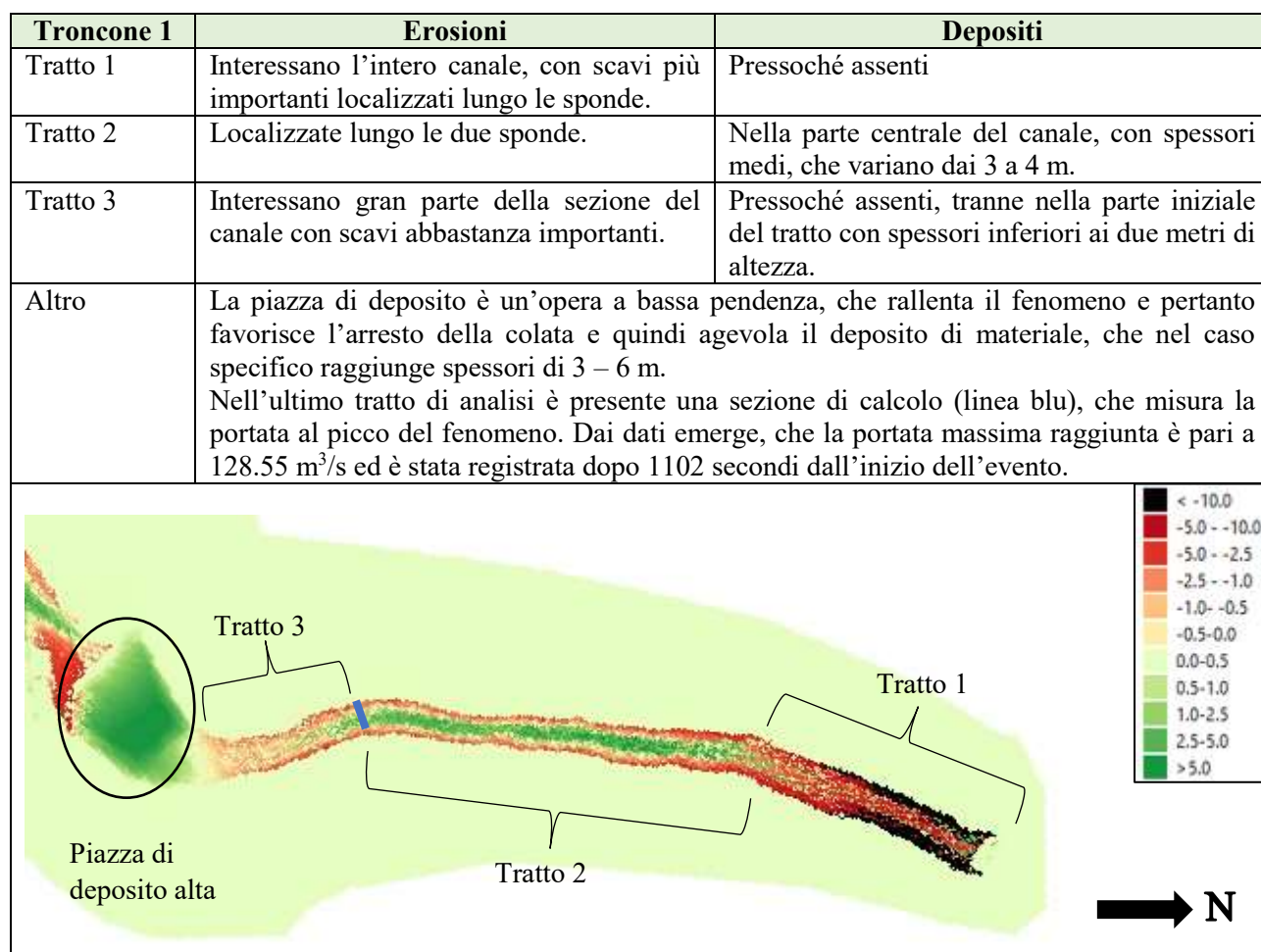
Figura 100. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 4

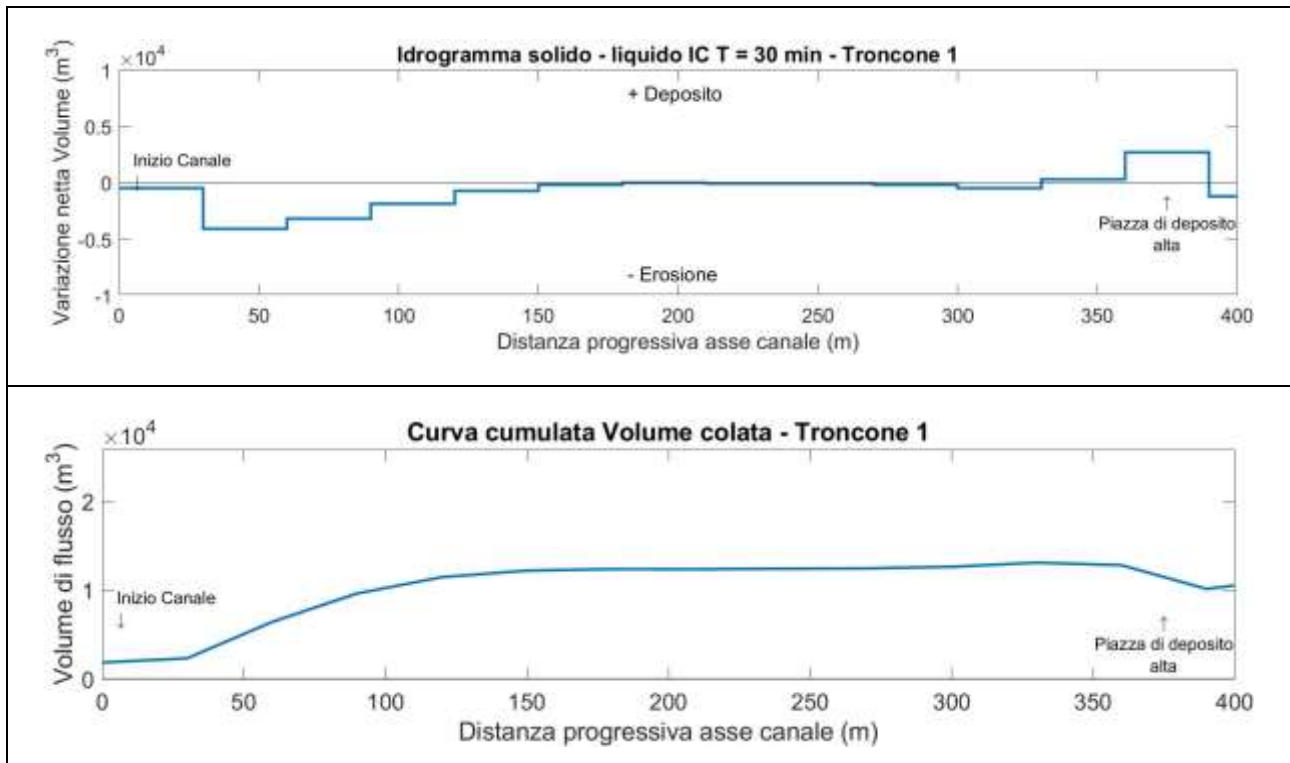
7.3. Idrogramma solido – liquido di durata 30 minuti

L'evento di precipitazione di durata 30 minuti ha dato origine ad un fenomeno di colata detritica, che ha generato azioni erosive e depositi all'interno del canale. Per valutare, al meglio, queste azioni del debris flow si va a suddividere il canale in quattro tronconi, che a loro volta vengono divisi in più tratti, in modo tale da rendere più chiaro l'andamento del fenomeno. Da sottolineare, che la simulazione dell'evento vengono svolte utilizzando due tipi di idrogramma, uno determinato utilizzando un idrogramma ad intensità costante, mentre, l'altro a blocchi alterni. Pertanto, alla fine delle valutazioni si svolge un confronto dei risultati ottenuti, per identificare eventuali similitudini o differenze del fenomeno in presenza dei due tipi di idrogrammi.

7.3.1. Idrogramma solido – liquido IC di durata 30 minuti

Per descrivere l'evento, che ha originato il fenomeno di colata detritica, si è utilizzato due idrogrammi solido – liquidi di input. Il primo, posto a monte del primo troncone di analisi, mentre, il secondo è inserito nel punto di immissione del Bus del Diau, che dopo la sistemazione del canale è posto più a valle rispetto a quello ante – sistemazione. Comunque, se si vuole visionare gli idrogrammi si può fare riferimento alla Figura 59 e Figura 60 inserite nel paragrafo 6.3.1.

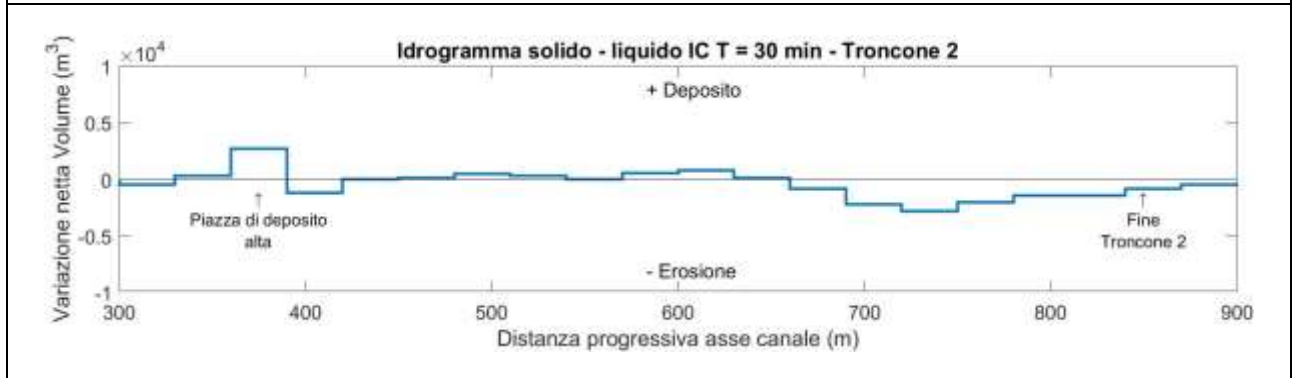
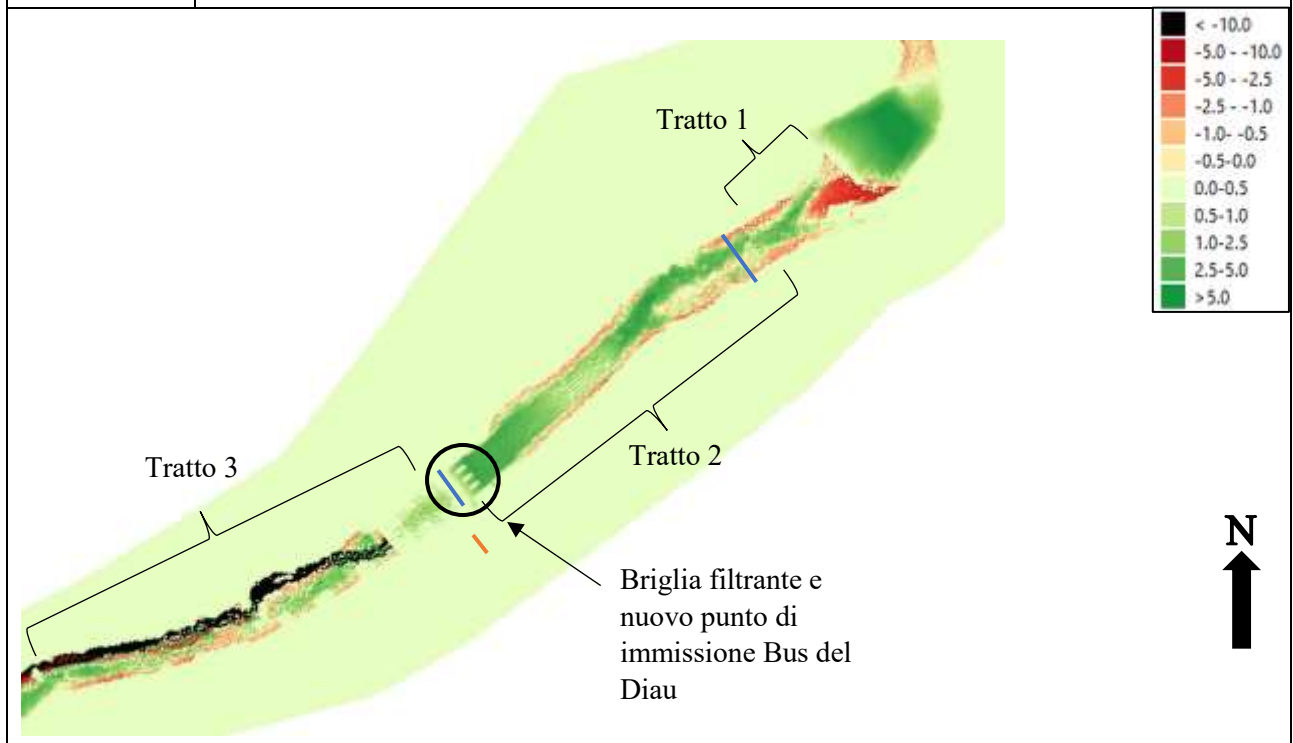


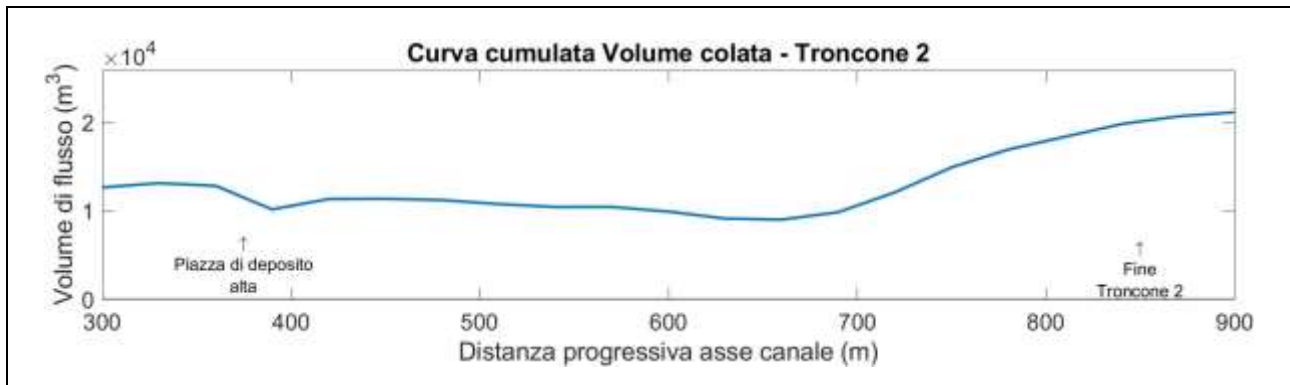


<i>Troncone 1</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
0	-470.05	1845.60
30	-4100.74	2315.65
60	-3209.82	6416.38
90	-1841.78	9626.21
120	-732.74	11467.98
150	-174.82	12200.73
180	13.79	12375.55
210	-55.70	12361.76
240	-31.99	12417.46
270	-181.38	12449.45
300	-470.99	12630.83
330	289.19	13101.82
360	2674.34	12812.63

Tabella 68. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 1

Troncone 2	Erosioni	Depositi
Tratto 1	A valle della piazza di deposito interessano l'intera sezione, con scavi più importanti in sinistra idrografica. Verso valle si presentano lungo le due sponde	Nella zona centrale della parte finale del tratto con spessori inferiori a 2 m.
Tratto 2	Presenti lungo le due sponde con scavi simili, fino a che non si entra nel tratto sistemato dove si annullano del tutto.	Occupano gran parte del canale, con spessori molto importanti, soprattutto a monte della briglia filtrante, indicando, che ha trattenuto un buon quantitativo di materiale.
Tratto 3	Nel tratto sistemato assenti. Appena usciti si localizzano lungo le due sponde con scavi considerevoli lungo la sponda destra, mentre, più contenuti in sinistra e sul fondo.	Inizialmente effimeri, mentre, nella parte finale si fanno più accentuati con spessori di 2 – 3 m.
Altro	In questo troncone sono state inserite due sezioni di analisi (linee blu), che misurano la portata transitata. La prima si pone nella parte iniziale del tratto 2 dove ha registrato una portata al picco di 150.59 m ³ /s., mentre, la seconda si pone subito a valle della briglia e ha misurato una portata al picco pari a 127.10 m ³ /s. Entrambe misurate dopo 18 minuti dall'inizio dell'evento.	

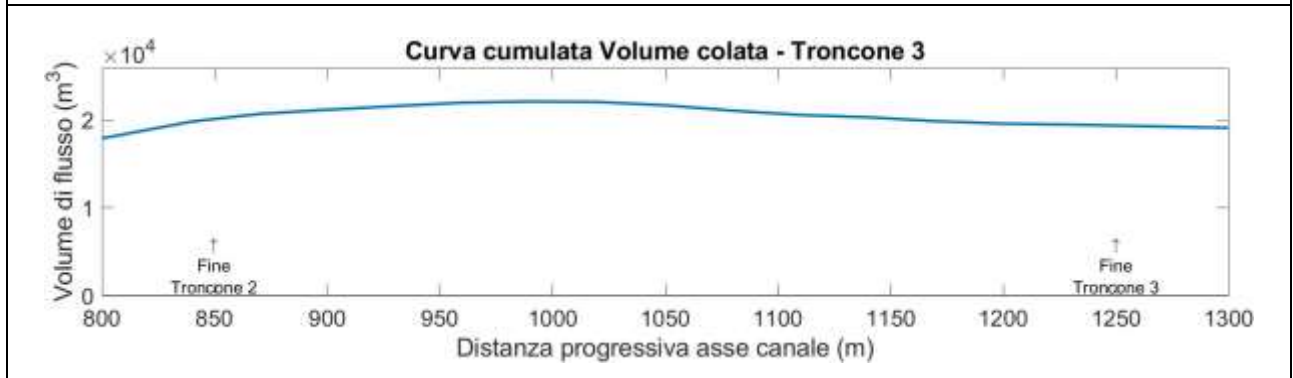
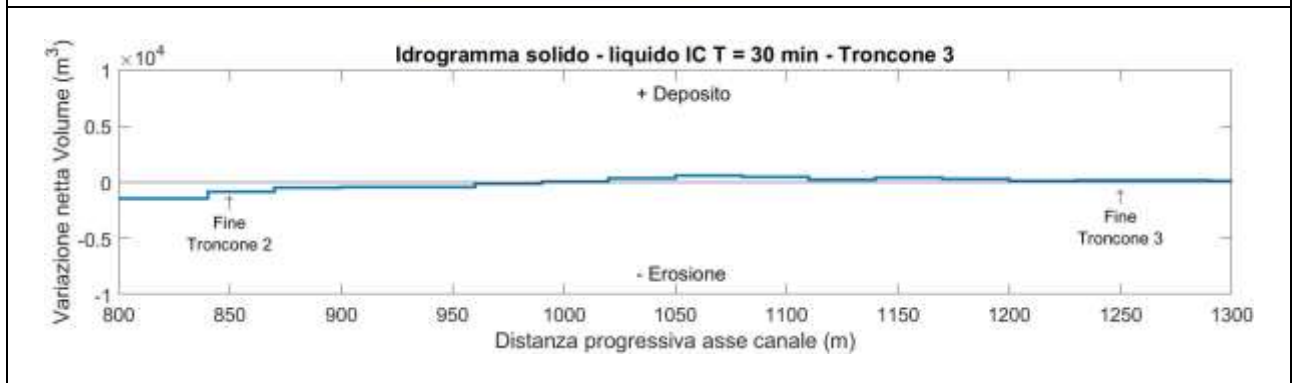
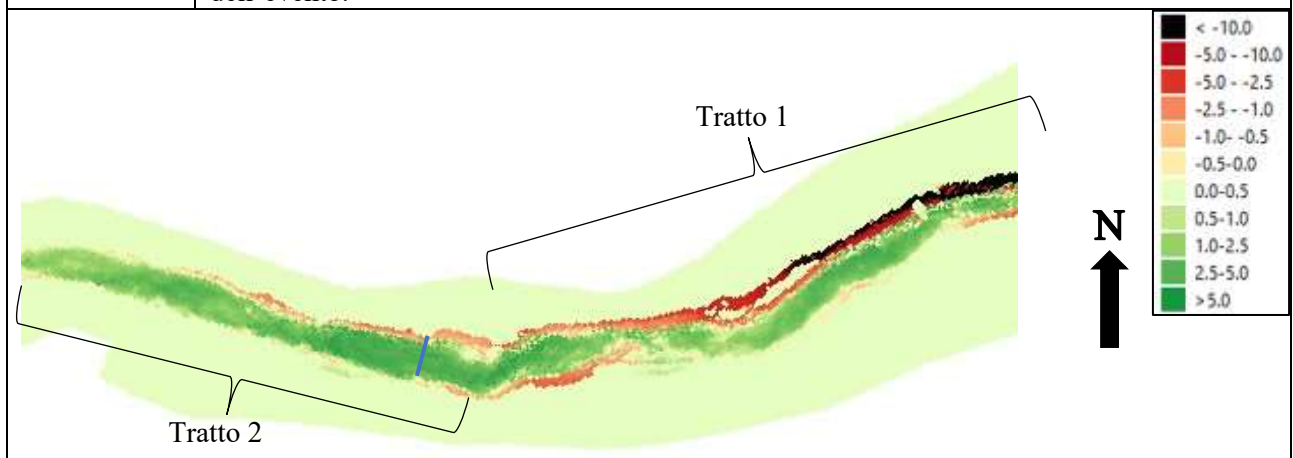




Troncone 2		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
390	-1174.82	10138.29
420	-23.29	11313.11
450	142.64	11336.40
480	452.75	11193.76
510	328.14	10741.01
540	-6.79	10412.88
570	533.58	10419.66
600	781.20	9886.08
630	120.49	9104.87
660	-842.00	8984.39
690	-2242.79	9826.39
720	-2828.16	12069.18
750	-2014.56	14897.33
780	-1437.97	16911.89
810	-1441.47	18349.86
840	-865.16	19791.33

Tabella 69. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 2

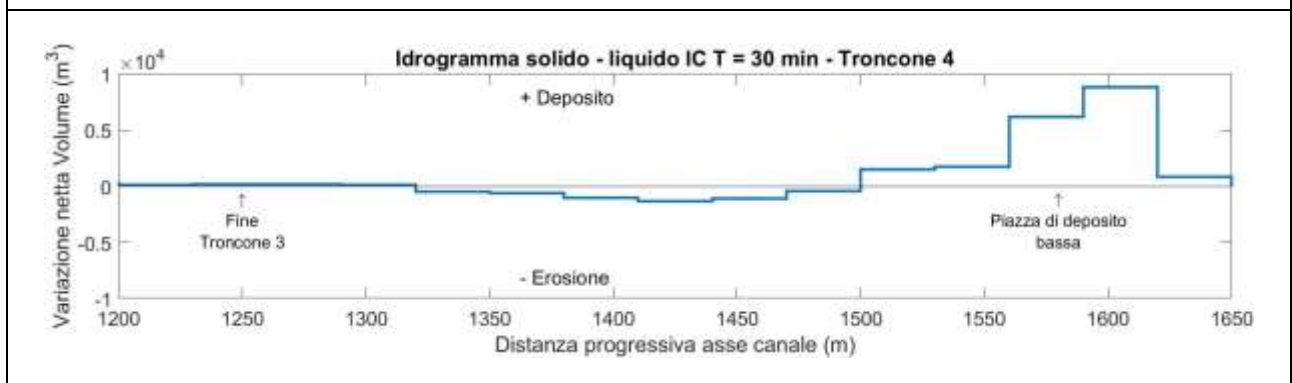
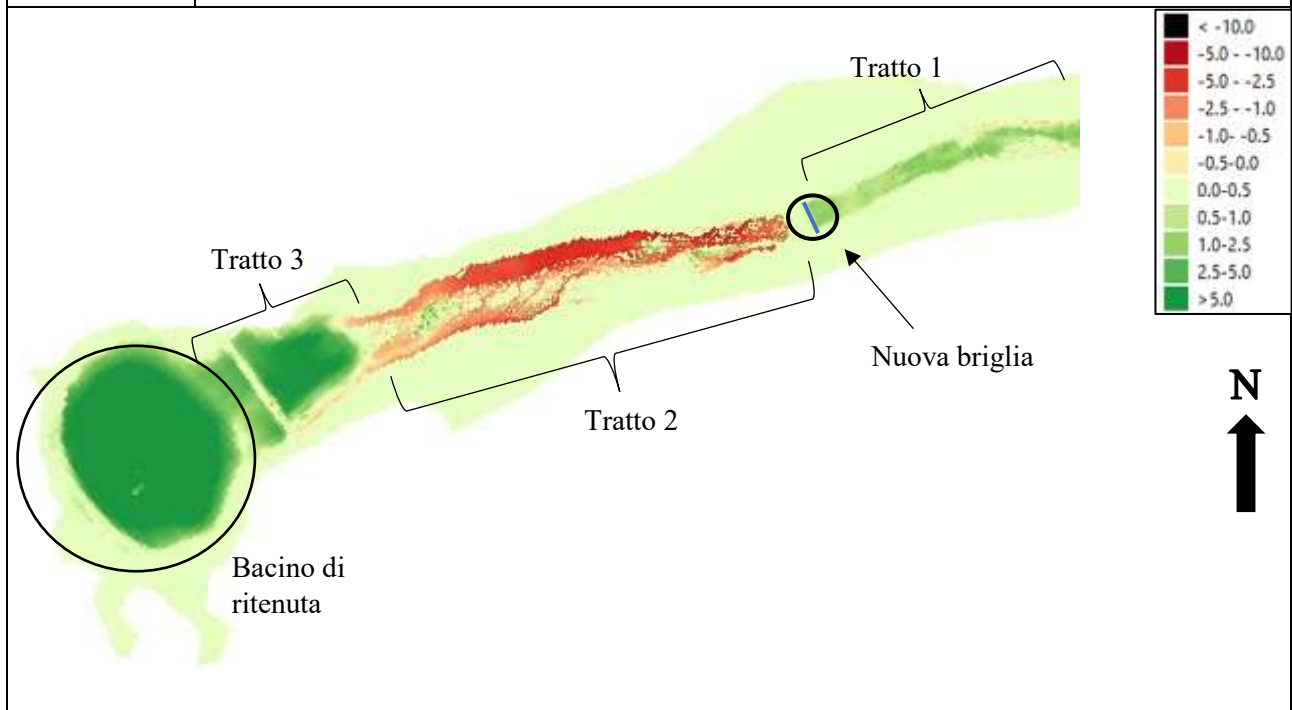
Troncone 3	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Azioni erosive ragguardevoli lungo la sponda destra, che man mano ci si sposta verso valle diminuiscono d'intensità indicando uno spostamento del fenomeno verso sinistra. Invece, in sponda sinistra sono molto contenute, ma nel tratto finale si accentuano per poi diminuire di nuovo.	Interessano gran parte della sezione del canale, con spessori più importanti nella parte iniziale e finale del tratto (2 – 3 m).
Tratto 2	Lungo la sponda destra con intensità che diminuisce, man mano che ci si sposta verso valle. Localizzate, qua e là lungo la sponda sinistra con scavi molto contenuti (<0.5 m).	Occupano gran parte della sezione del canale con spessori inferiori ai 3.5 m.
Altro	All'interno del tratto 2 è presente una sezione di analisi della portata (linea blu), che ha registrato una portata al picco pari a 102.94 m ³ /s. Misurata dopo 1252 secondi dall'inizio dell'evento.	

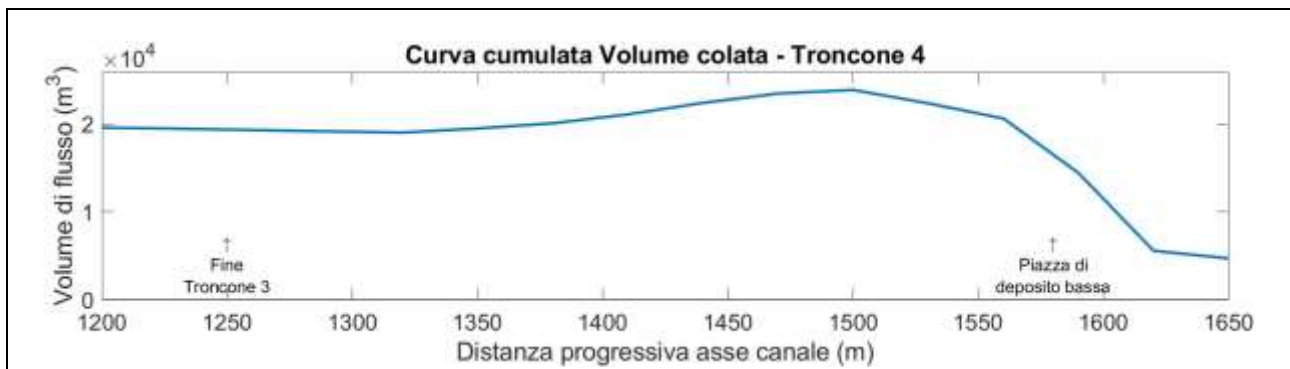


Troncone 3		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
870	-473.64	20656.49
900	-416.51	21130.13
930	-391.27	21546.64
960	-132.99	21937.91
990	54.25	22070.91
1020	381.18	22016.65
1050	609.72	21635.48
1080	491.75	21025.76
1110	256.48	20534.00
1140	443.25	20277.53
1170	291.67	19834.28
1200	107.81	19542.61
1230	158.11	19434.80
1260	152.61	19276.69

Tabella 70. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 3

Troncione 4	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Pressoché assenti, se non localizzate per brevissimi tratti lungo le sponde, con scavi molto contenuti.	All'interno del canale con spessori inferiori al metro e mezzo.
Tratto 2	Interessano l'intero tratto con scavi più marcati in destra idrografica dove si nota una maggiore aree interessata, invece, in sinistra tendenzialmente più contenuti.	Presenti in piccole porzioni di canale con depositi poco importanti (< 1 – 1.5).
Tratto 3	In sponda sinistra con scavi inferiori al metro.	Occupano quasi l'intera sezione del canale, con spessori superiori ai 3 – 4 m, anche grazie alla minore pendenza dell'area.
Altro	A valle della briglia è presente una sezione di analisi, che ha registrato una portata al picco (linea blu) di 85.65 m ³ /s. La bacino di ritenuta è posto a protezione dell'abitato di Borca di Cadore. Al suo interno i depositi presentano altezze comprese tra i 3 – 7 m e occupano omogeneamente l'intera area del bacino.	





Dalle immagini e dai grafici riportati è possibile comprendere, che il bacino di ritenuta è stata in grado di trattenere il materiale al suo interno.

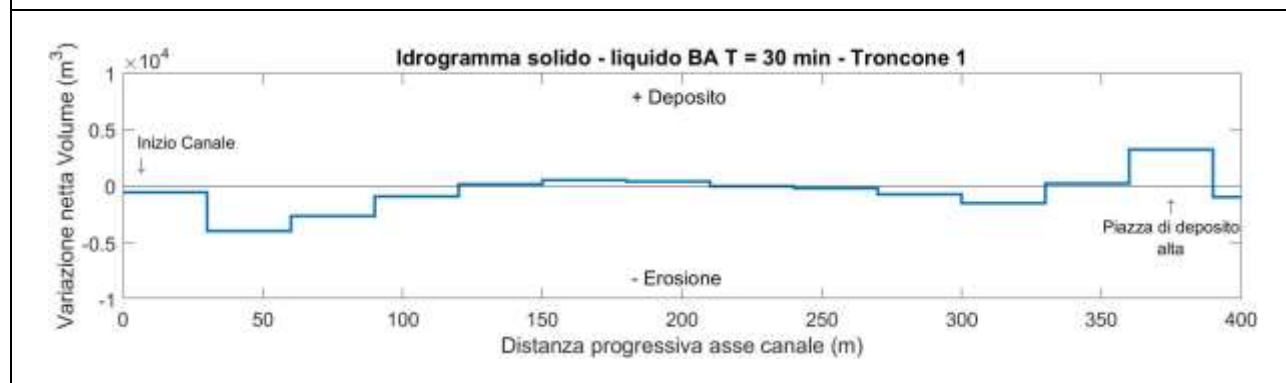
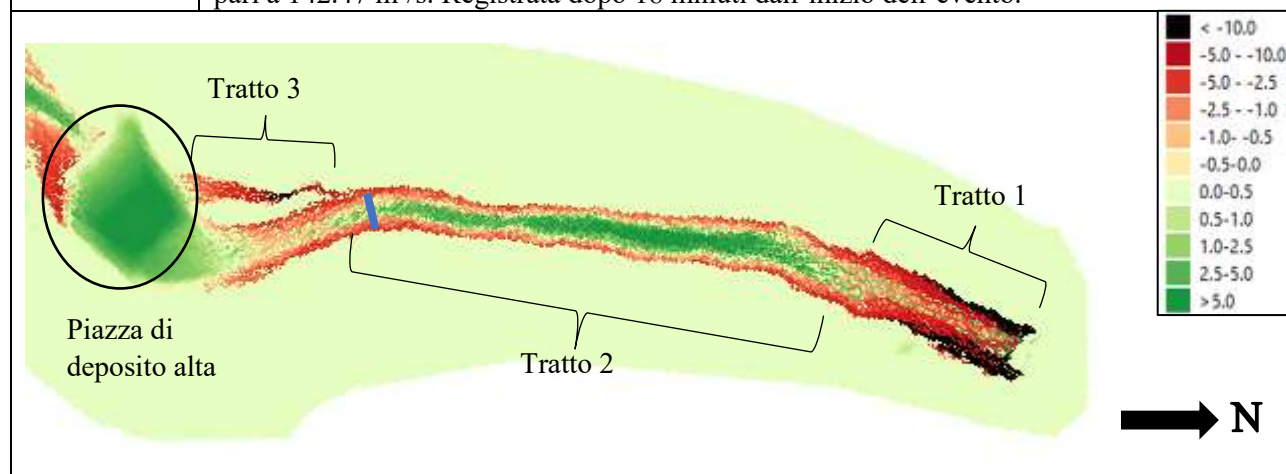
Troncone 4		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
1290	131.25	19124.08
1320	-460.27	18992.83
1350	-592.90	19453.10
1380	-1007.55	20046.00
1410	-1310.87	21053.55
1440	-1067.32	22364.42
1470	-407.71	23431.74
1500	1522.40	23839.45
1530	1723.92	22317.05
1560	6210.12	20593.13
1590	8840.47	14383.01
1620	868.72	5542.54
1650	0.00	4673.82

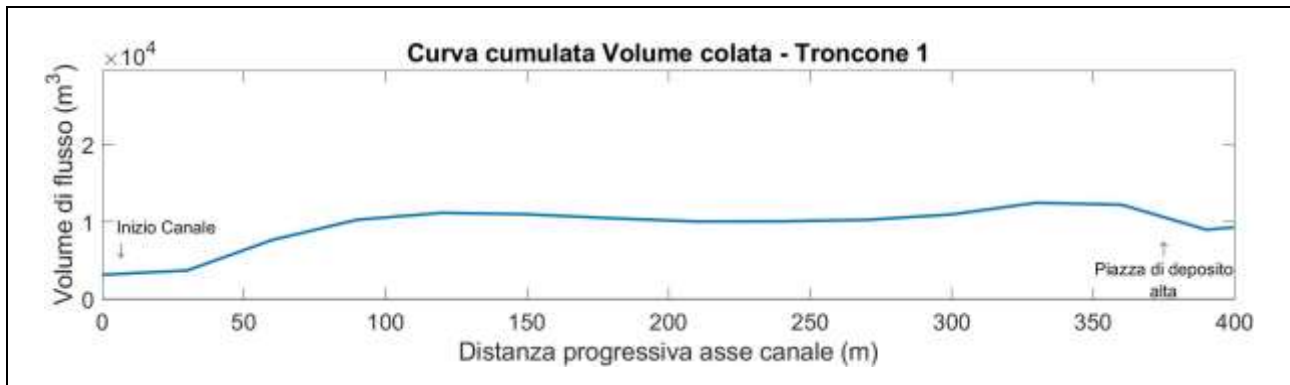
Tabella 71. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 4

7.3.2. Idrogramma solido – liquido BA di durata 30 minuti

Per delineare l'evento, che ha dato vita al fenomeno di colata detritica, si è utilizzato due idrogrammi solido – liquidi di input. Il primo inserito nel canale principale a monte del primo troncone di analisi, mentre, il secondo è inserito nel punto di immissione in alveo del Bus del Diau, reticolo secondario, che presenta una portata con scarso apporto solido. Per osservare gli idrogrammi di input utilizzati nelle simulazione si rimanda alla Figura 61 e alla Figura 62 presenti entrambe all'interno del 6.3.2.

Troncone 1	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Interessano l'intera sezione del canale, con erosioni più importanti localizzate lungo le due sponde, che andando verso valle sono meno accentuate.	Quasi nulle, tranne per qualche deposito localizzato con spessori poco importanti.
Tratto 2	Lungo le due sponde con scavi importanti.	Occupano la parte centrale del canale con spessori, che variano dai 2 a 6 m.
Tratto 3	Interessano quasi interamente il canale, con scavi contenuti sul fondo, mentre, più considerevoli lungo le sponde. Da segnalare, che in destra le erosioni hanno dato vita ad un canale secondario.	Localizzate nella parte iniziale e finale del tratto con depositi inferiori al metro.
Altro	La piazza di deposito favorisce l'arresto della colata e quindi il deposito di materiale, grazie alla sua bassa pendenza, pertanto, nell'evento in esame i depositi presenta spessori compresi tra 3 – 6 m. Da segnalare, che parte del deposito è risalito all'interno del tratto tre, inoltre, si nota la presenza di erosioni nella zona sinistra della piazza. Nel tratto 2 è presente una sezione di analisi (linea blu), che ha misurato una portata al picco pari a 142.47 m ³ /s. Registrata dopo 18 minuti dall'inizio dell'evento.	

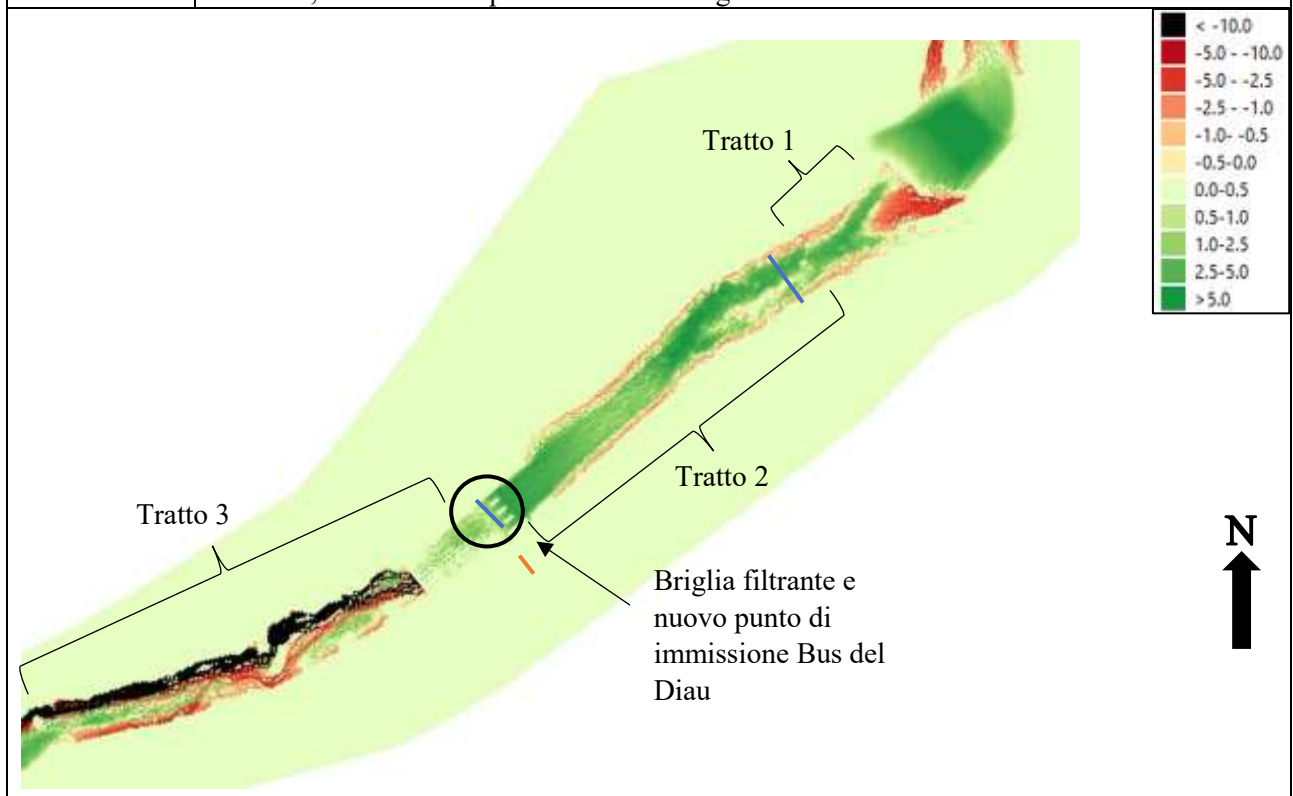


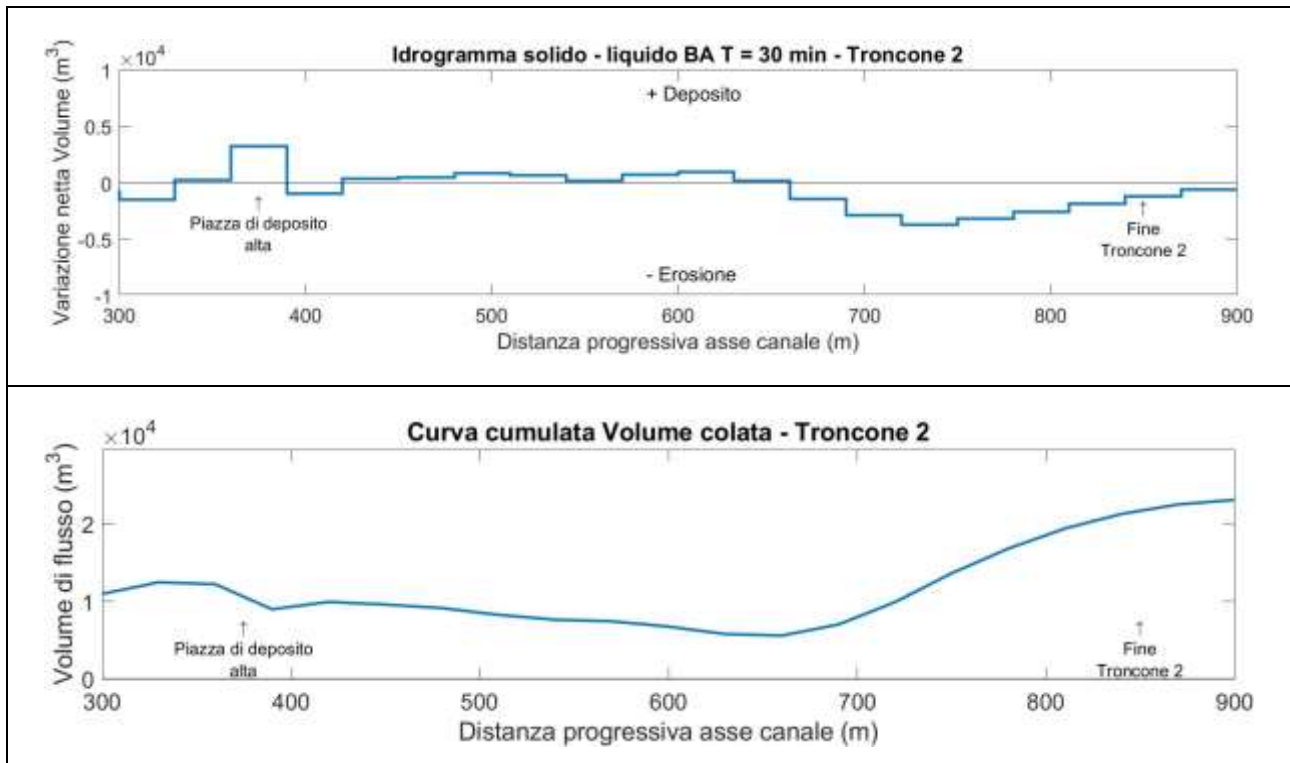


<i>Troncone 1</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
0	-553.82	3154.30
30	-3954.95	3708.12
60	-2621.88	7663.07
90	-900.35	10284.95
120	183.56	11185.29
150	520.77	11001.74
180	419.50	10480.97
210	-21.38	10061.48
240	-192.38	10082.86
270	-700.85	10275.24
300	-1514.64	10976.09
330	253.99	12490.73
360	3242.70	12236.74

Tabella 72. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 1

Troncone 2	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Interessano gran parte della sezione del canale con scavi più importanti localizzati in sinistra idrografica, verso valle si localizzano lungo le sponde con rimozioni più contenute.	Nella parte centrale del canale con spessori inferiori ai due metri.
Tratto 2	Lungo le due sponde con scavi abbastanza simili (< 2 m), per poi annullarsi del tutto una volta entrati nel tratto sistemato.	Occupano buona parte del canale con spessori abbastanza variabili. I più importanti si localizzano nella parte iniziale del tratto e a monte della briglia filtrante (3 – 4 m).
Tratto 3	Inizialmente nulle, una volta usciti dal tratto consolidato, occupano quasi l'intera sezione con scavi considerevoli in destra idrografica. Presenti anche in sinistra idrografica e sul fondo, più contenuti, ma comunque importanti.	Nella parte iniziale e finale del tratto con spessori di una paio di metri.
Altro	All'interno del canale sono state inserite delle sezioni (linee blu), che misurano la portata al picco. Nel caso in esame si hanno due sezioni: una nel tratto due dove si è registrata una portata al picco pari a 141.46 m ³ /s; mentre, la seconda è posta subito a valle della briglia filtrante ed ha misurato una portata pari a 88.24 m ³ /s. Rilevate entrambe dopo 22 minuti dall'inizio dell'evento. Da segnalare inoltre, la presenza del punto di immissione del Bus del Diau, localizzato in prossimità della briglia.	

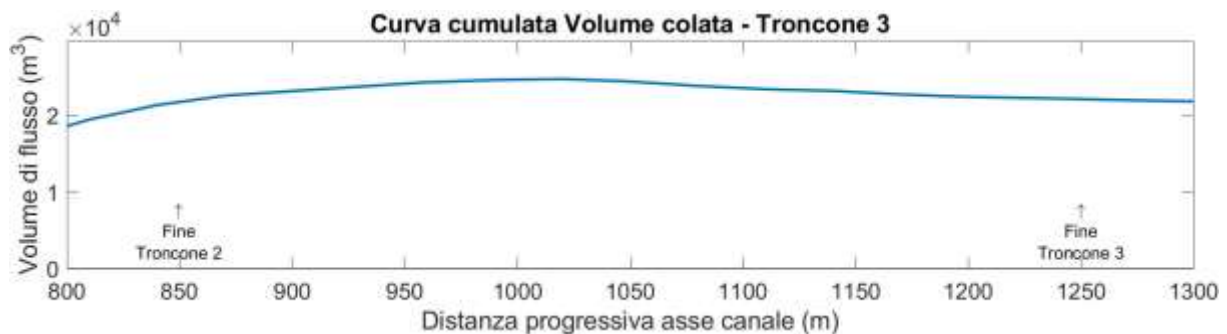
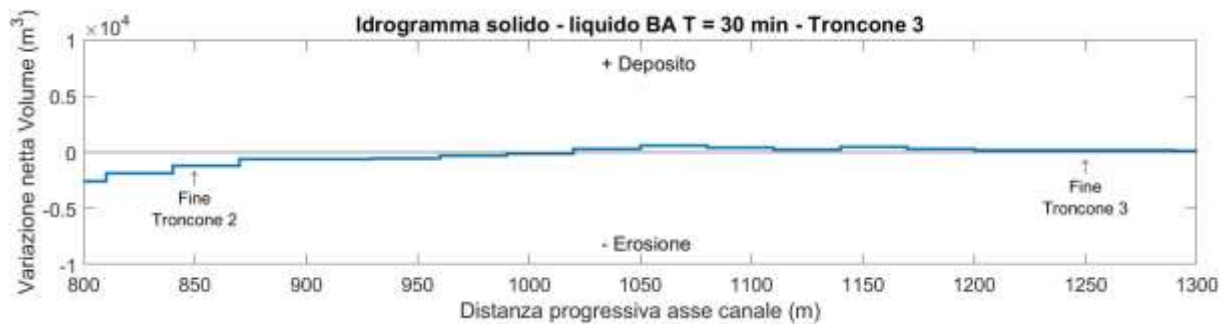
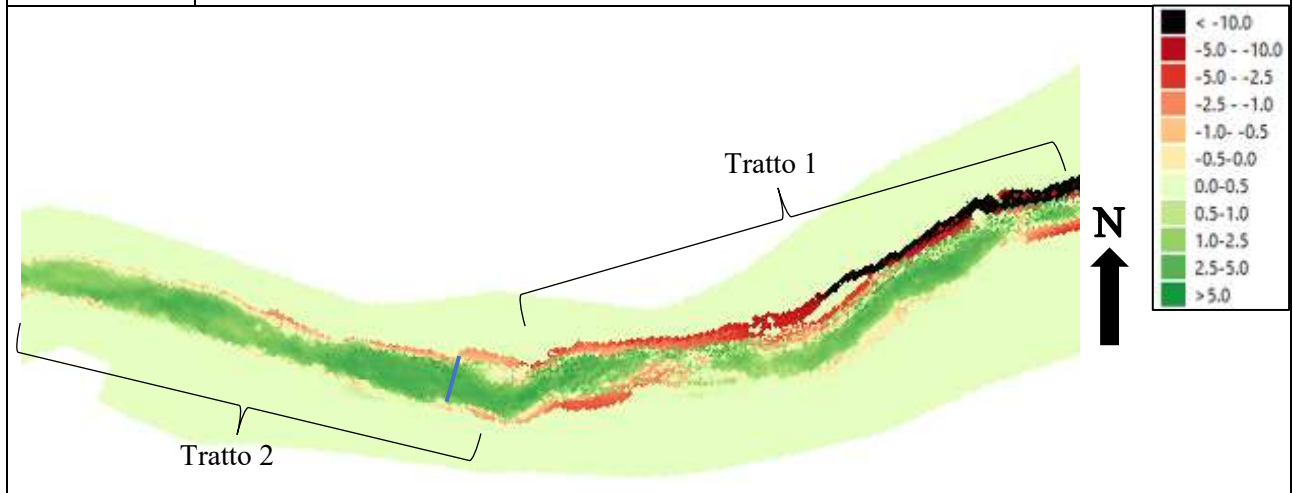




Troncone 2		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
390	-964.63	8994.04
420	352.08	9958.67
450	461.08	9606.59
480	868.33	9145.52
510	632.60	8277.19
540	195.70	7644.59
570	693.35	7448.88
600	958.57	6755.53
630	203.63	5796.96
660	-1432.01	5593.33
690	-2899.71	7025.34
720	-3737.38	9925.05
750	-3185.42	13662.43
780	-2597.74	16847.86
810	-1881.03	19445.60
840	-1229.65	21326.63

Tabella 73. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 2

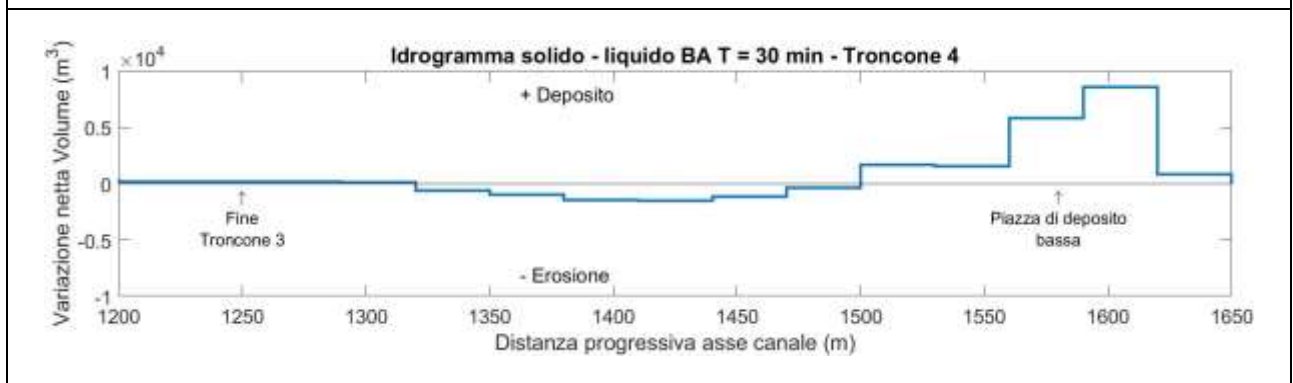
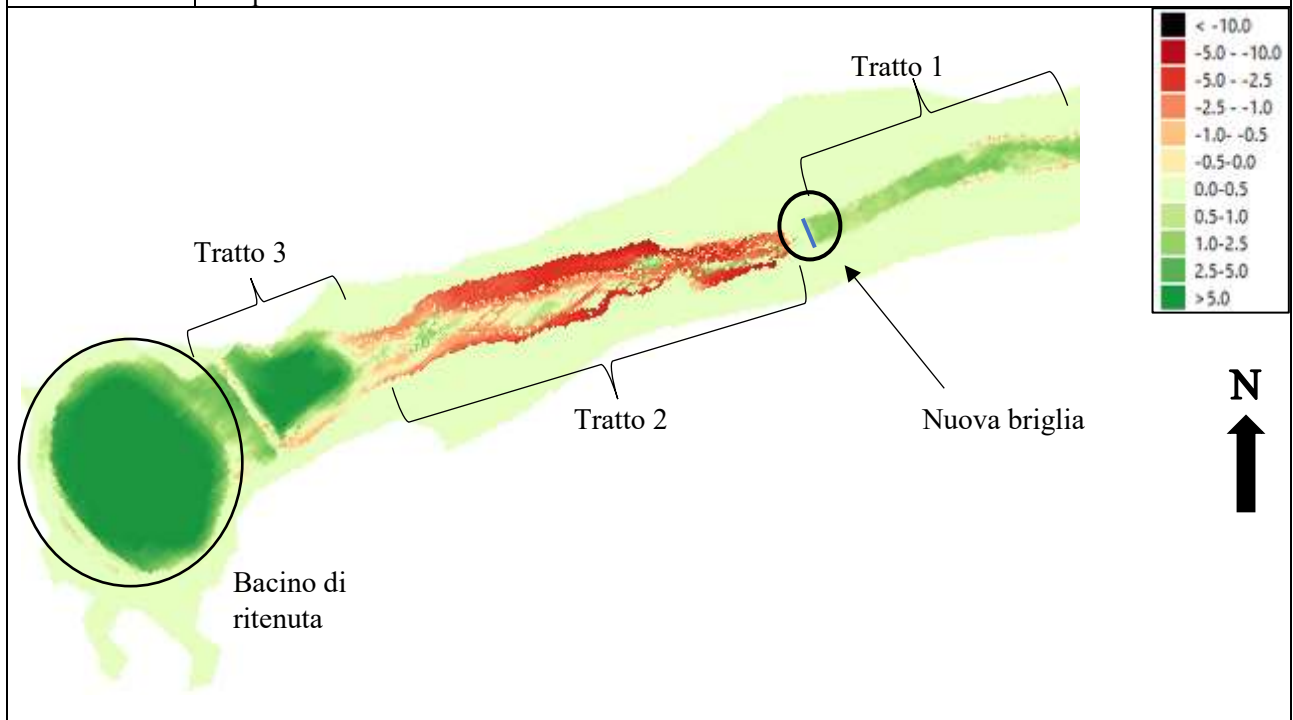
Troncone 3	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Si localizzano lungo le due sponde. Scavi considerevoli in destra idrografica, che diminuiscono, man mano, che ci si sposta verso valle. In sinistra, invece, sono più contenuti e si presentano solo per brevi tratti.	Nel centro del canale ed in sinistra idrografica dove si hanno depositi di materiale compresi tra 1 e 3 m.
Tratto 2	Presenti lungo la sponda destra con profondità inferiori ai 2 m. Pressoché assenti in sponda sinistra tranne per piccole aree dove si hanno erosioni molto contenute (<0.5 m).	Occupano gran parte della sezione del canale con spessori inferiori ai due metri e mezzo.
Altro	Nella parte centrale del troncone è presente una sezione di analisi della portata (linea blu). La portata al picco registrata è stata pari a 70.32 m ³ /s, ed è stata misurata dopo 26 minuti dall'inizio dell'evento.	

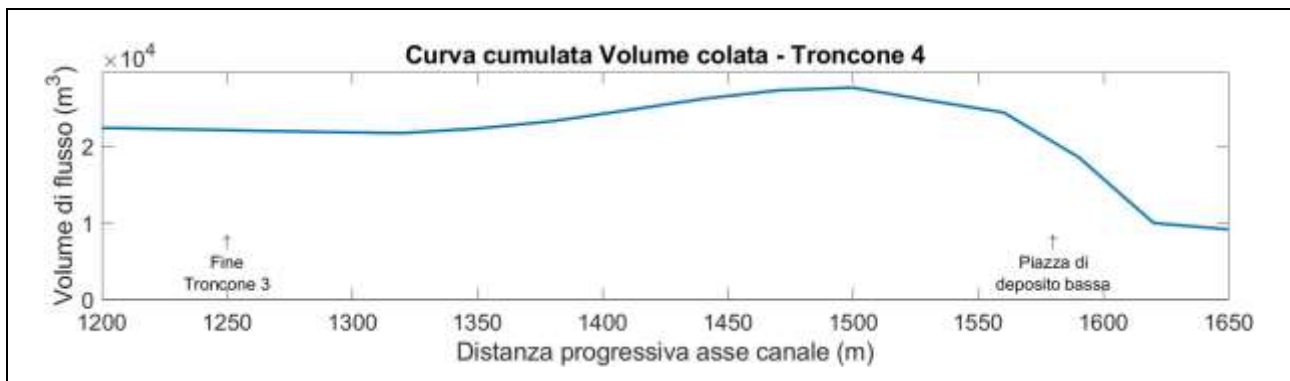


Troncone 3		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
870	-597.79	22556.28
900	-587.89	23154.08
930	-566.11	23741.97
960	-302.61	24308.08
990	-120.09	24610.69
1020	324.99	24730.78
1050	580.78	24405.79
1080	421.32	23825.02
1110	225.68	23403.69
1140	467.67	23178.01
1170	316.83	22710.34
1200	153.52	22393.50
1230	207.33	22239.99
1260	175.21	22032.65

Tabella 74. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 3

Troncone 4	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Localizzate qua e là lungo le due sponde con scavi molto contenuti (<1 m).	Interessano buona parte della sezione del tratto con depositi di 1 – 1.5 m.
Tratto 2	Interessano l'intero tratto, con la stessa intensità di erosione, ma in destra idrografica si erode una maggiore porzione di sponda.	Quasi nulli se non per piccole porzioni di depositi nella parte centrale del canale, con spessori ridotti.
Tratto 3	Lungo la sponda destra con scavi poco importanti.	Occupano l'intera sezione del tratto con spessori di materiale di 3 – 5 m.
Altro	Dopo il ponte, dove è stata inserita la briglia, è posta una sezione, che analizza la portata transitata durante l'evento. Essa ha registrato una portata al picco (linea blu) pari a 132.05 m ³ /s. Il bacino di ritenuta risulta essere quasi completamente piena di materiale. Da sottolineare l'assenza di erosioni e depositi a valle del bacino indice del fatto, che tutto il materiale trasportato è stato trattenuto.	





Dai grafici e dalle immagini è possibile evincere, che il bacino di ritenuta è stata si riempita, ma è stata in grado di trattenere tutto il materiale che è arrivato al suo interno, anche grazie alle opere di mitigazione inserite nel canale.

Troncone 4		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
1290	136.44	21857.44
1320	-590.76	21721.00
1350	-966.44	22311.76
1380	-1432.61	23278.20
1410	-1472.78	24710.80
1440	-1118.12	26183.58
1470	-343.53	27301.70
1500	1656.28	27645.24
1530	1568.31	25988.96
1560	5841.44	24420.65
1590	8598.85	18579.21
1620	836.22	9980.36
1650	0.00	9144.14

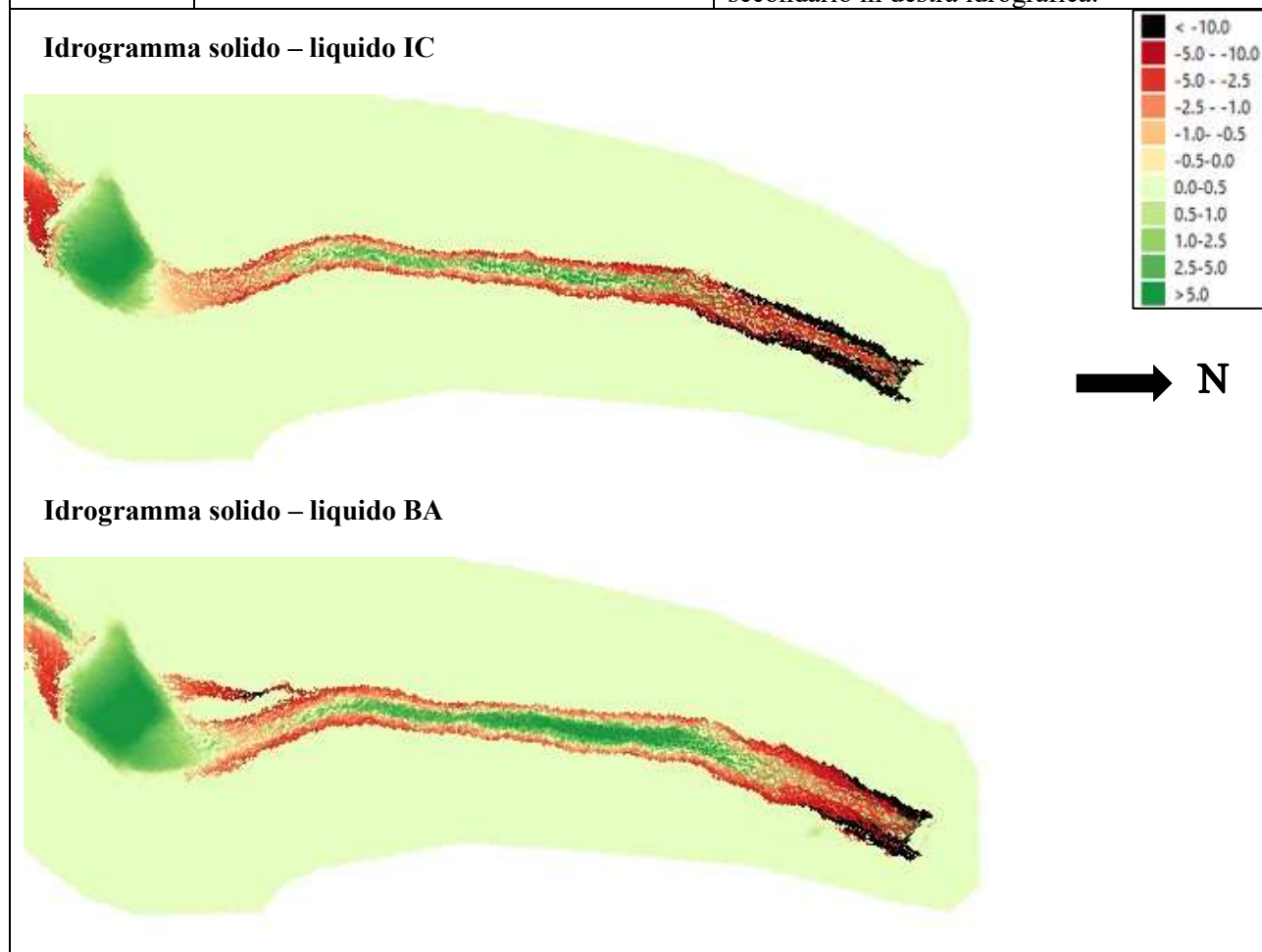
Tabella 75. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 4

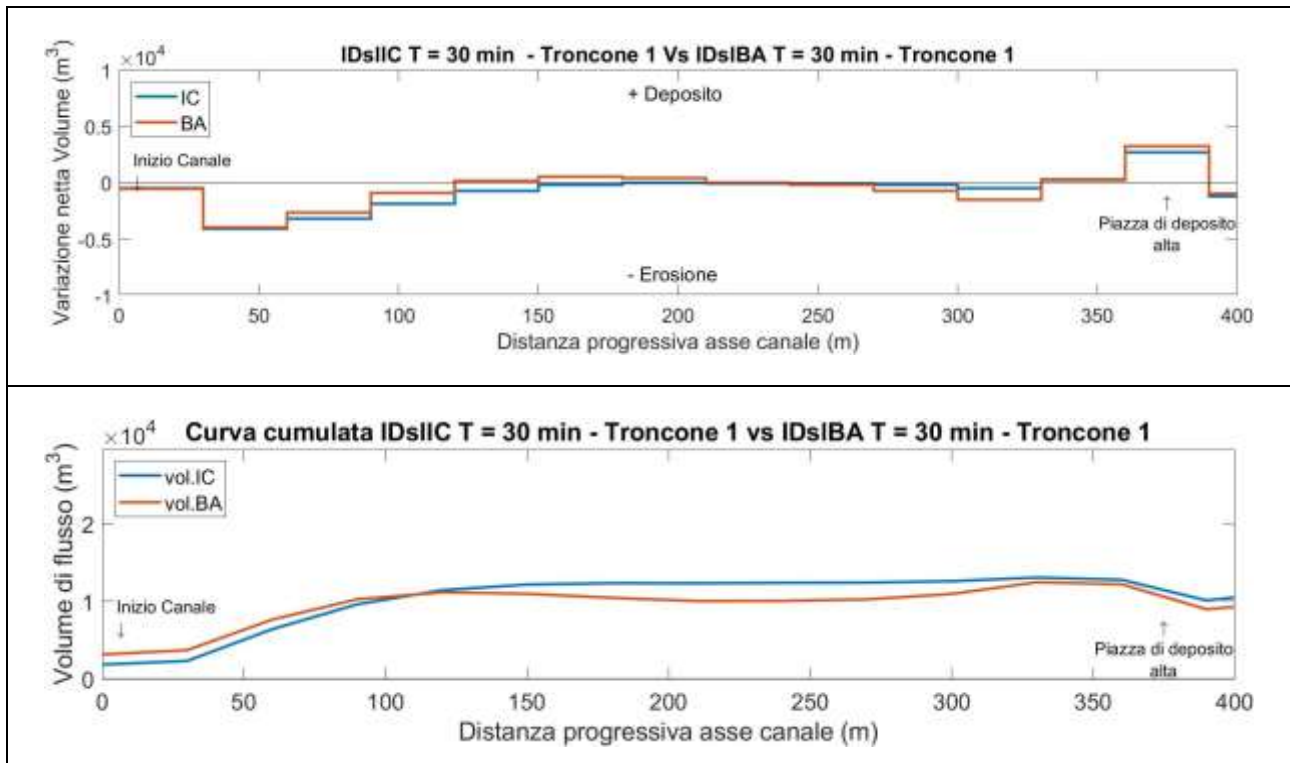
Terminata la descrizione delle erosioni e dei depositi in presenza di un evento di precipitazione di durata 30 minuti, si effettua un confronto fra i risultati ottenuti dalle due simulazioni, così si possono individuare eventuali differenze o similitudini dei risultati ottenuti nel caso in cui si utilizzi un idrogramma solido – liquido BA o un idrogramma solido – liquido IC.

7.3.3. Confronto Idrogramma solido – liquido IC vs Idrogramma solido – liquido BA

- Troncone 1 intensità costante vs Troncone 1 blocchi alterni

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Nessuna somiglianza	L'idrogramma solido – liquido BA erode pesantemente le sponde andando, così, ad allargare il canale, mentre, l'idrogramma solido – liquido IC erode un tratto più lungo di canale. Per quanto riguarda i depositi sono un po' più presenti nella simulazione con l'idrogramma solido – liquido BA, mentre, in quello ad intensità costante sono pressoché assenti.
Tratto 2	Erosione delle due sponde	Il canale risulta essere più largo, con l'idrogramma solido – liquido BA. Inoltre, i depositi sono più marcati.
Tratto 3	Nessuna	Con idrogramma solido – liquido BA i depositi occupano una maggiore porzione di canale. Inoltre, con questo idrogramma a causa delle erosioni si genera un canale secondario in destra idrografica.





Dal confronto tra le due curve cumulate si può notare, che inizialmente la colata detritica prodotta da un idrogramma solido – liquido BA presenta un volume più elevato, questo è spiegato dal fatto che il volume solido di input risulta essere più importante ($3154.3 m^3$) rispetto a quello di ingresso dell'idrogramma solido – liquido IC ($1845.6 m^3$). Comunque, una volta che il fenomeno entra nel secondo tratto i volumi smossi con l'idrogramma solido – liquido IC tendono ad essere più alti. La piazza di deposito alta in entrambe le simulazione ha trattenuto all'incirca $2700 m^3$ con IC e $3200 m^3$ con BA. La Figura 100 rappresenta la comparazione delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel primo troncone di analisi.

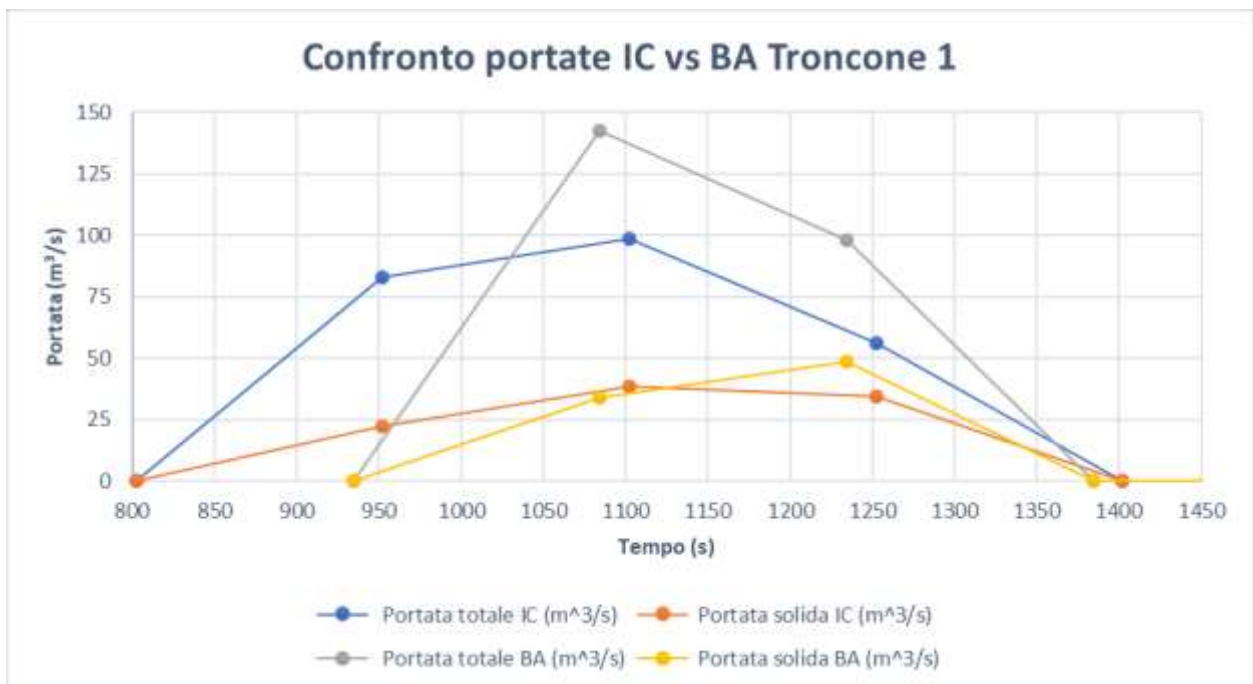
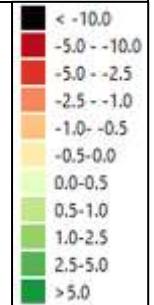
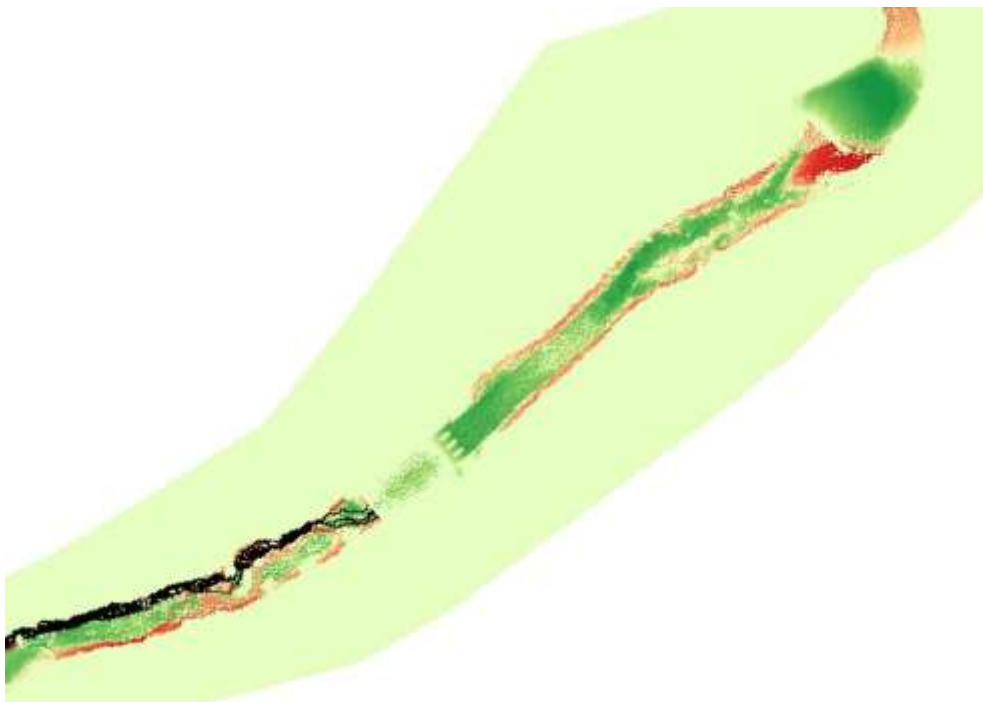


Figura 101. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 2 del troncone 1

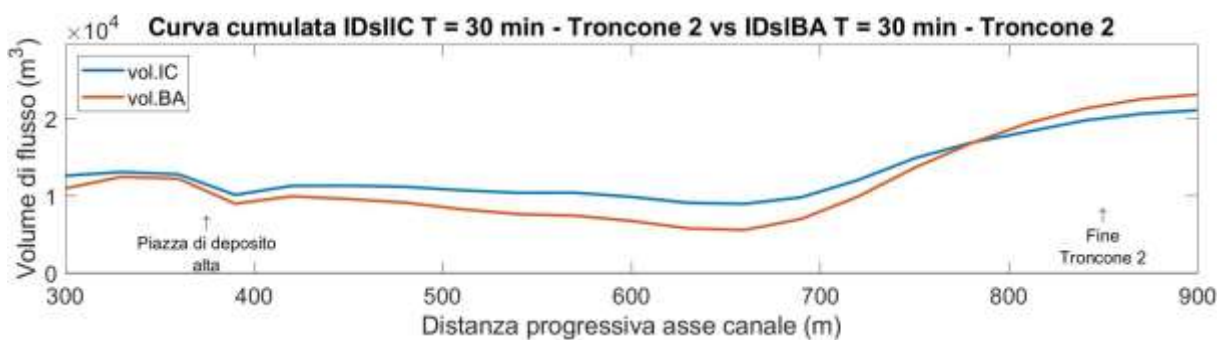
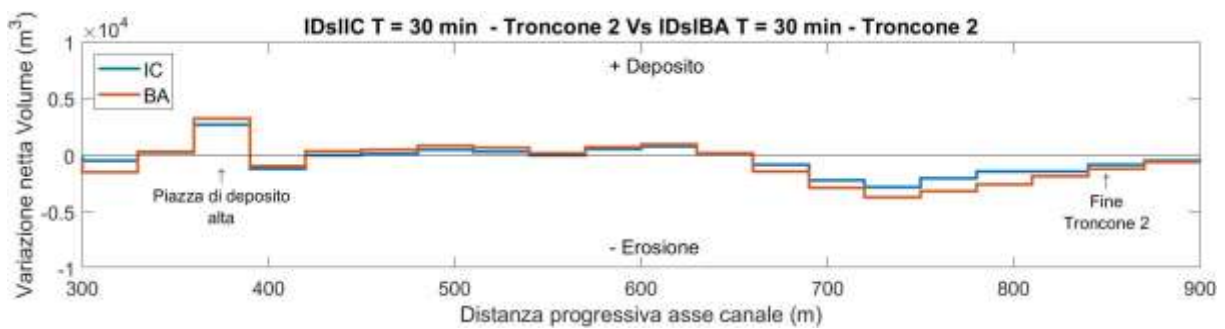
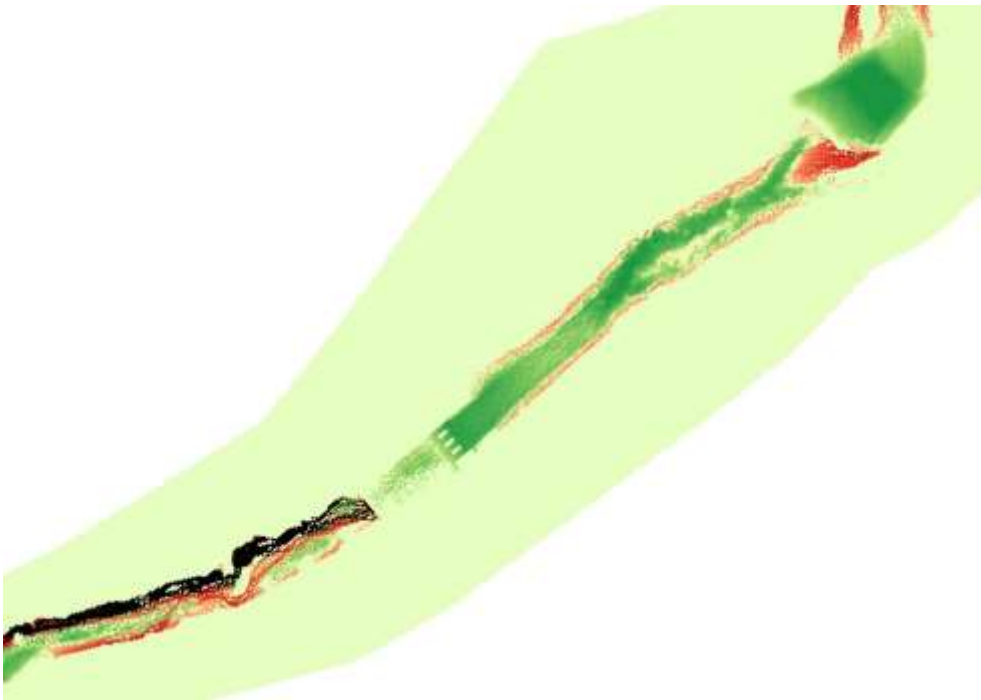
- Troncone 2 intensità costante vs Troncone 2 blocchi alterni

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Andamento erosioni – depositi	Erosioni più marcate in presenza di un idrogramma solido – liquido IC, mentre, i depositi sono più accentuati con idrogramma solido – liquido BA.
Tratto 2	Andamento erosioni – depositi	Depositi meno marcati nel caso di un idrogramma solido – liquido IC, mentre, le erosioni sono meno accentuate con idrogramma solido – liquido BA.
Tratto 3	Andamento delle erosioni	Con idrogramma a blocchi alterni le erosioni interessano un'area maggiore e sono più importanti rispetto a quelle determinate con l'altro idrogramma. Mentre, i depositi sono più accentuati con i idrogramma solido – liquido BA.

Idrogramma solido – liquido IC



Idrogramma solido – liquido BA



Come per il troncone 1, anche nel secondo la curva cumulata individuata con l'idrogramma solido – liquido IC presenta volumi più alti, ma è da segnalare che il divario tra le due curve diminuisce fino a quando non si arriva verso la fine del troncone, ovvero, che da quel punto in poi i volumi smossi sono più importanti con idrogramma solido – liquido BA. Le Figure 101 e 102 descrivono il confronto tra le portate totali e solide registrate dalle sezioni di analisi poste a monte e a valle della briglia filtrante.

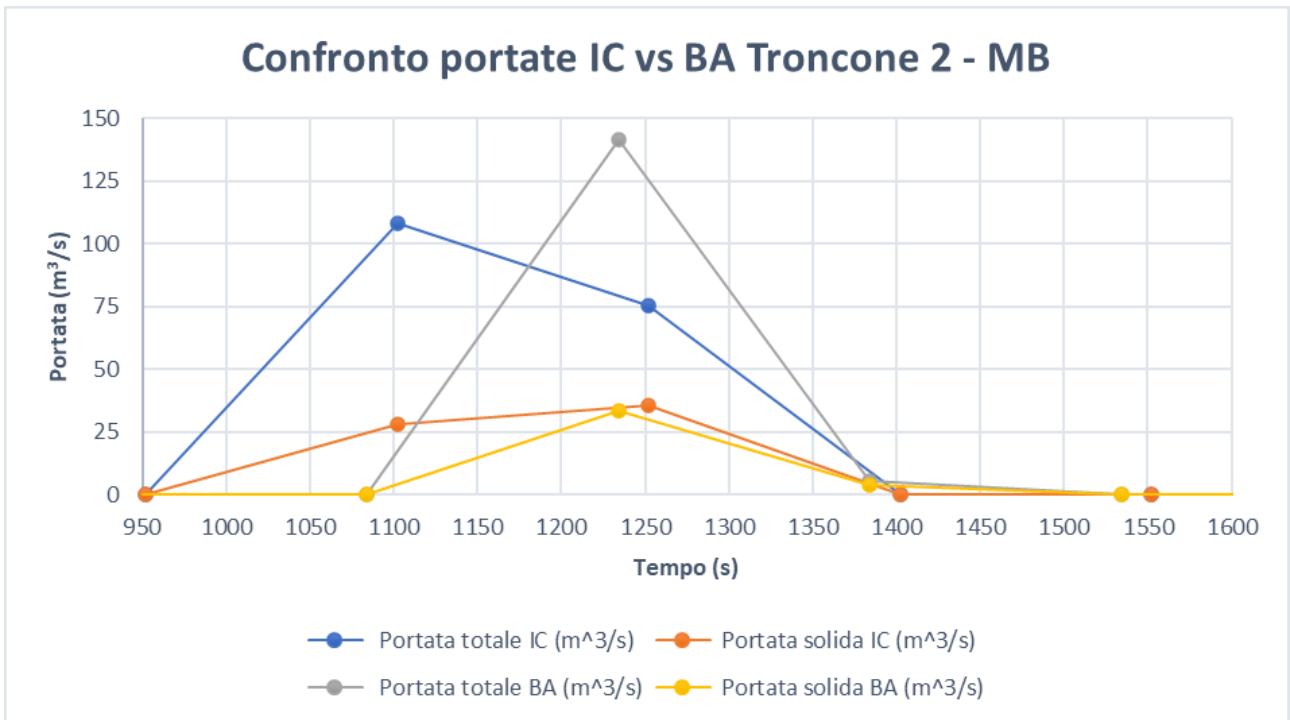


Figura 102. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta a monte della briglia filtrante

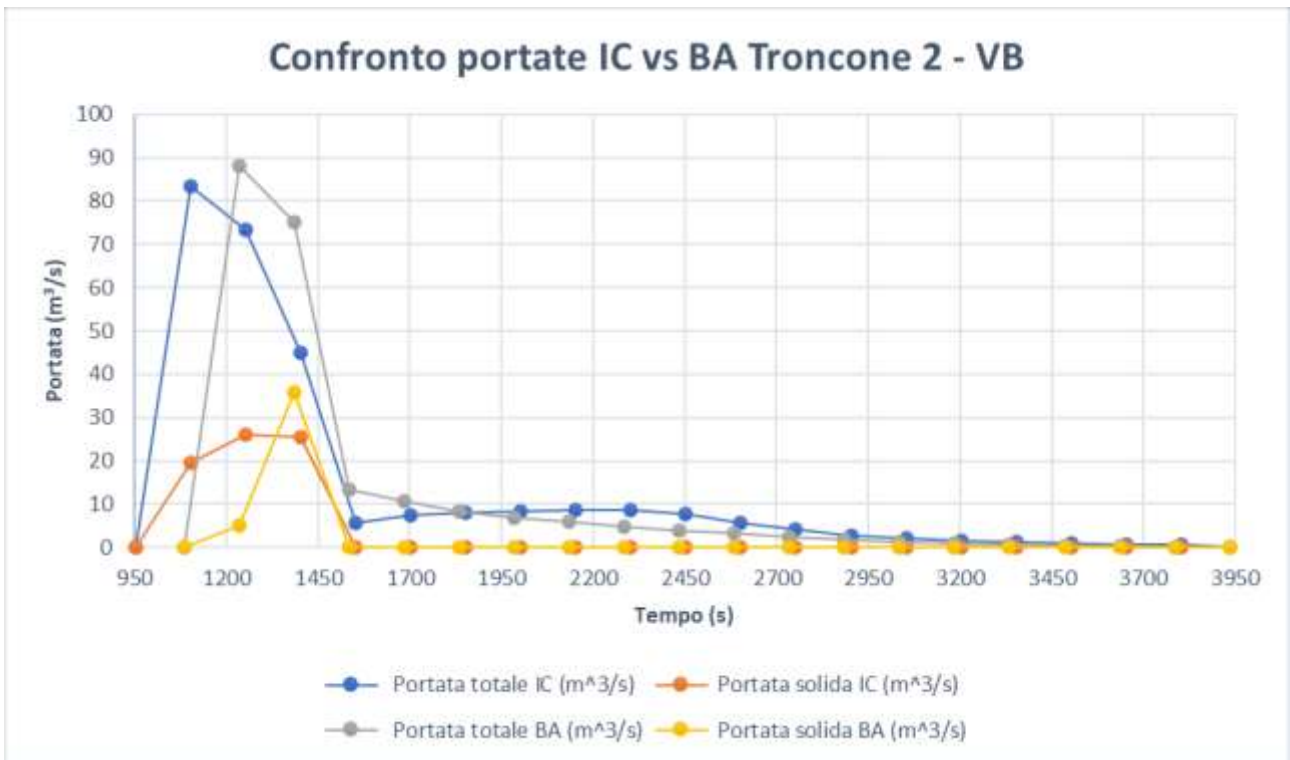
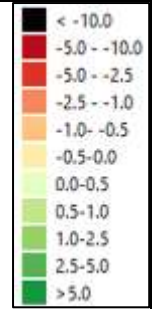
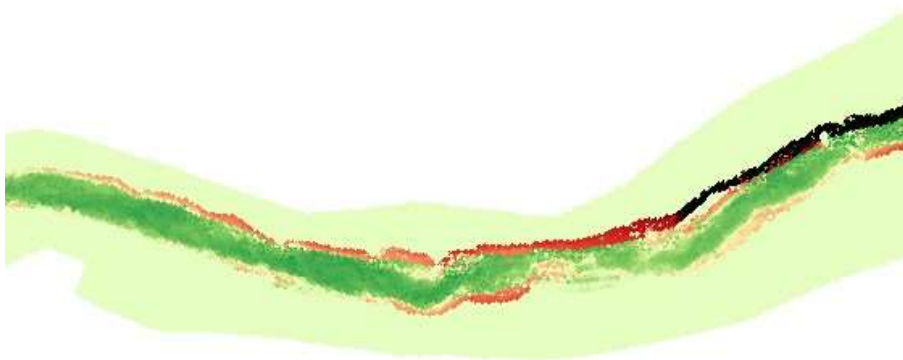


Figura 103. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta a valle della briglia filtrante

- Troncone 3 intensità costante vs Troncone 3 blocchi alterni

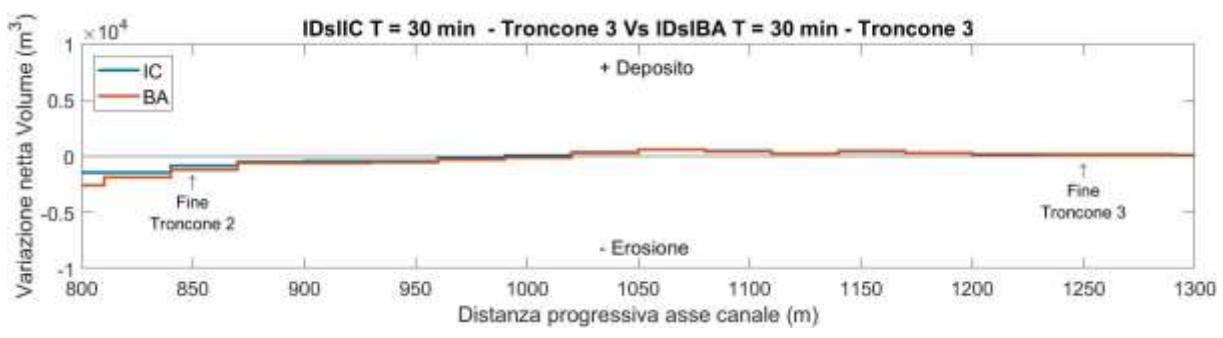
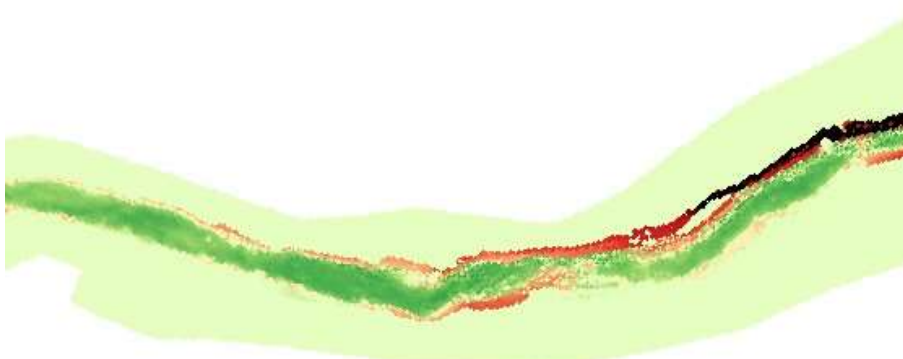
	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Andamento erosioni – depositi	Con l'idrogramma solido – liquido IC si hanno erosioni ragguardevoli per un tratto più lungo e i depositi sono tendenzialmente più marcati.
Tratto 2	Andamento erosioni – depositi	Erosioni leggermente più contenute in presenza di un idrogramma solido – liquido determinato mediante uno ietogramma a bocchi alterni.

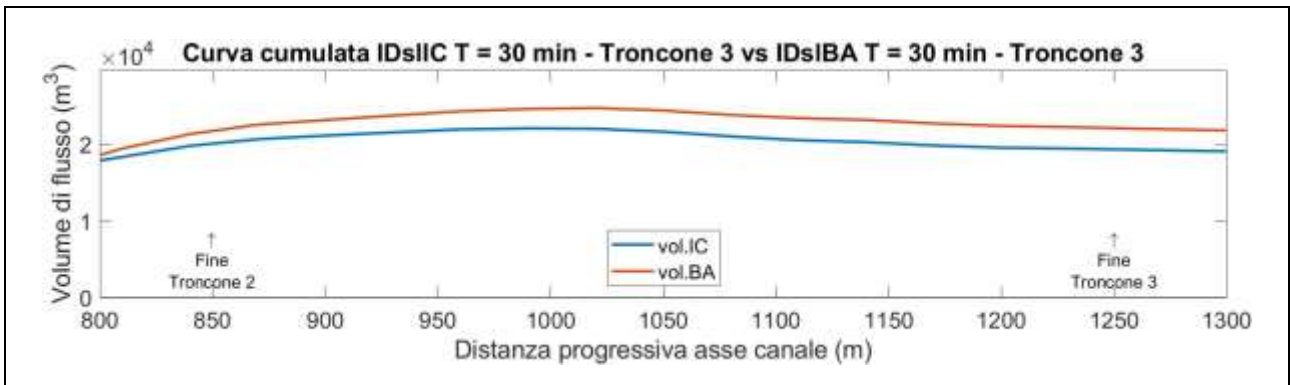
Idrogramma solido – liquido IC



N

Idrogramma solido – liquido BA





Dalla comparazione dei due grafici è possibile evincere, che in questo troncone, entrambi gli idrogrammi sono caratterizzati dallo stesso andamento, pertanto, le erosioni e di depositi sono pressoché simili. La Figura 103 descrive il raffronto tra le portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel terzo troncone di analisi.

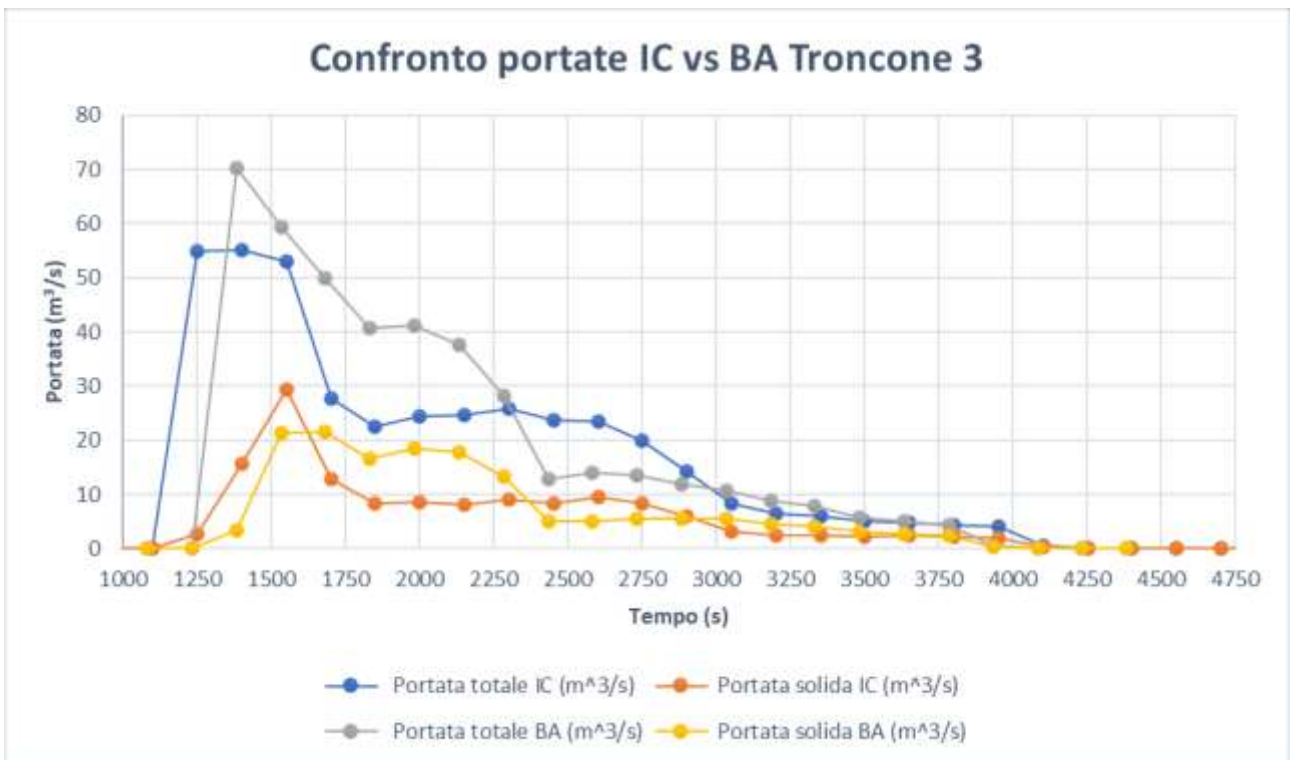
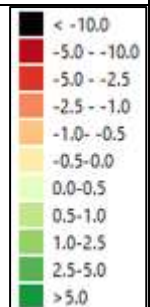
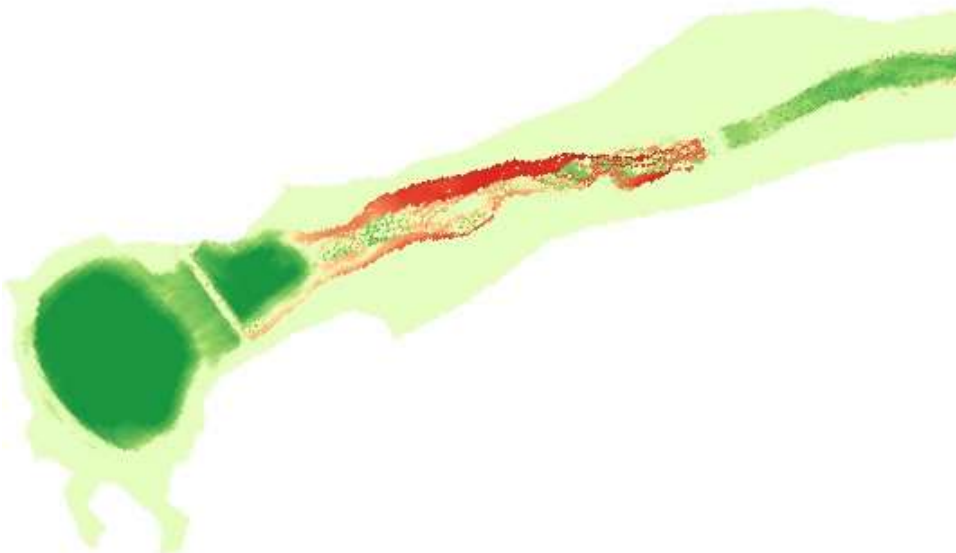


Figura 104. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 2 del troncone 3

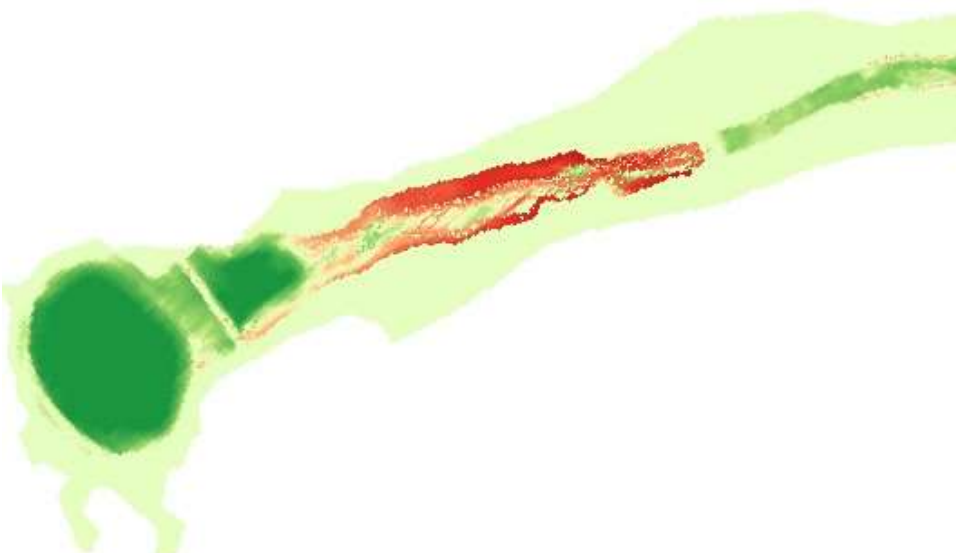
- Troncone 4 intensità costante vs Troncone 4 blocchi alterni

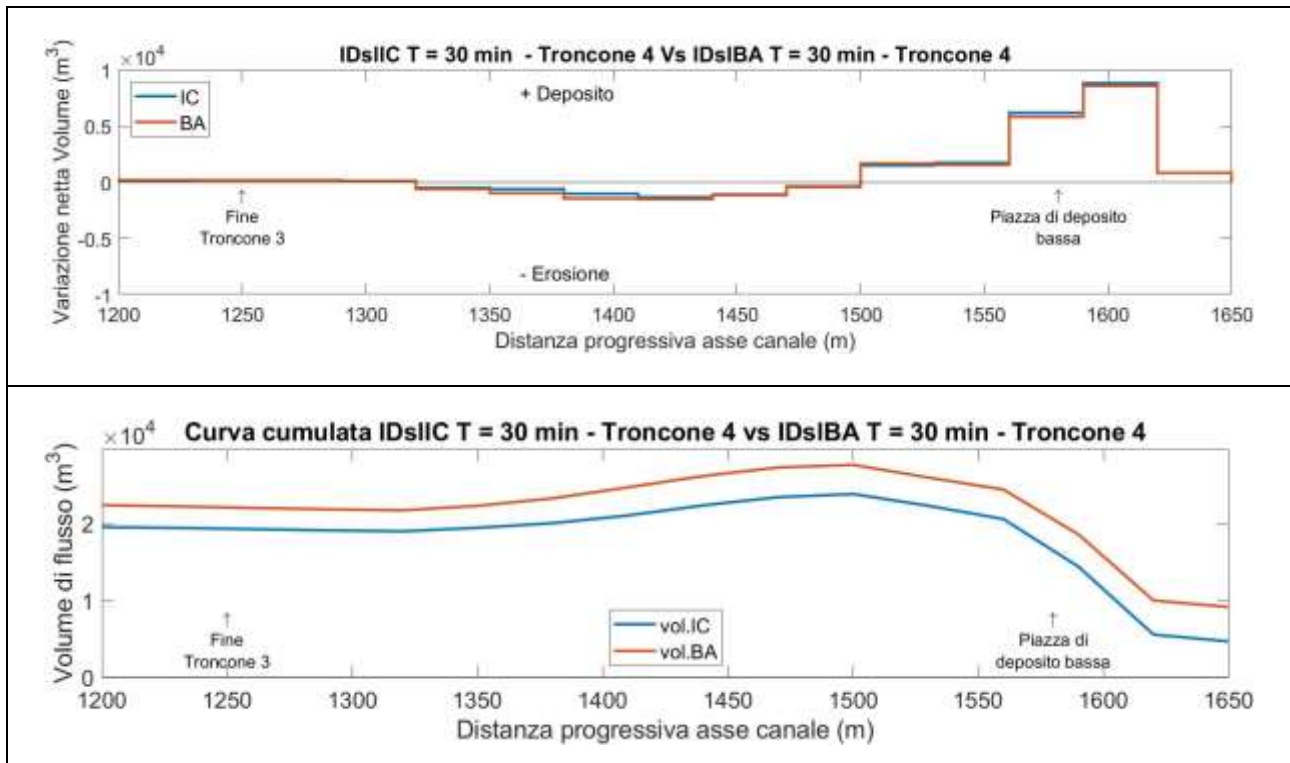
	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Andamento erosioni – depositi	Con idrogramma solido – liquido BA le erosioni e i depositi tendono ad essere meno marcati.
Tratto 2	Andamento erosioni – depositi	Le erosioni tendono ad interessare un'area maggiore con idrogramma solido – liquido BAi.
Tratto 3	Andamento erosioni - depositi	Erosioni meno importanti in presenza di un idrogramma solido – liquido IC.
Bacino di ritenuta	Disposizione depositi all'interno del bacino di depositi. In entrambe le simulazioni l'opera ha trattenuto tutto il materiale l'ha raggiunta.	Nessuna

Idrogramma solido – liquido IC



Idrogramma solido – liquido BA





Entranti nell'ultimo troncone di analisi è possibile comprendere, che anche qui i due idrogrammi si comportano allo stesso modo, con l'unica differenza, che la curva cumulata dell'idrogramma solido – liquido BA tende ad essere più importante.

Concludendo, si può dire, che in presenza di un evento di precipitazione di durata di 30 minuti le masse smosse sono più alte con idrogramma solido – liquido BA, ma comunque simili a quelle smosse dall'altro idrogramma. Inoltre, le varie opere presenti nel canale sono state in grado di laminare buona parte del materiale movimentato, visto, che il bacino di ritenuta posto a monte dell'abitato di Borca di Cadore è stata in grado di trattenere tutto il sedimento, che è arrivato al suo interno, come di fatto rappresentato dalle due immagini usate per il confronto. La Figura 104 illustra il confronto tra le portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel quarto troncone di analisi.

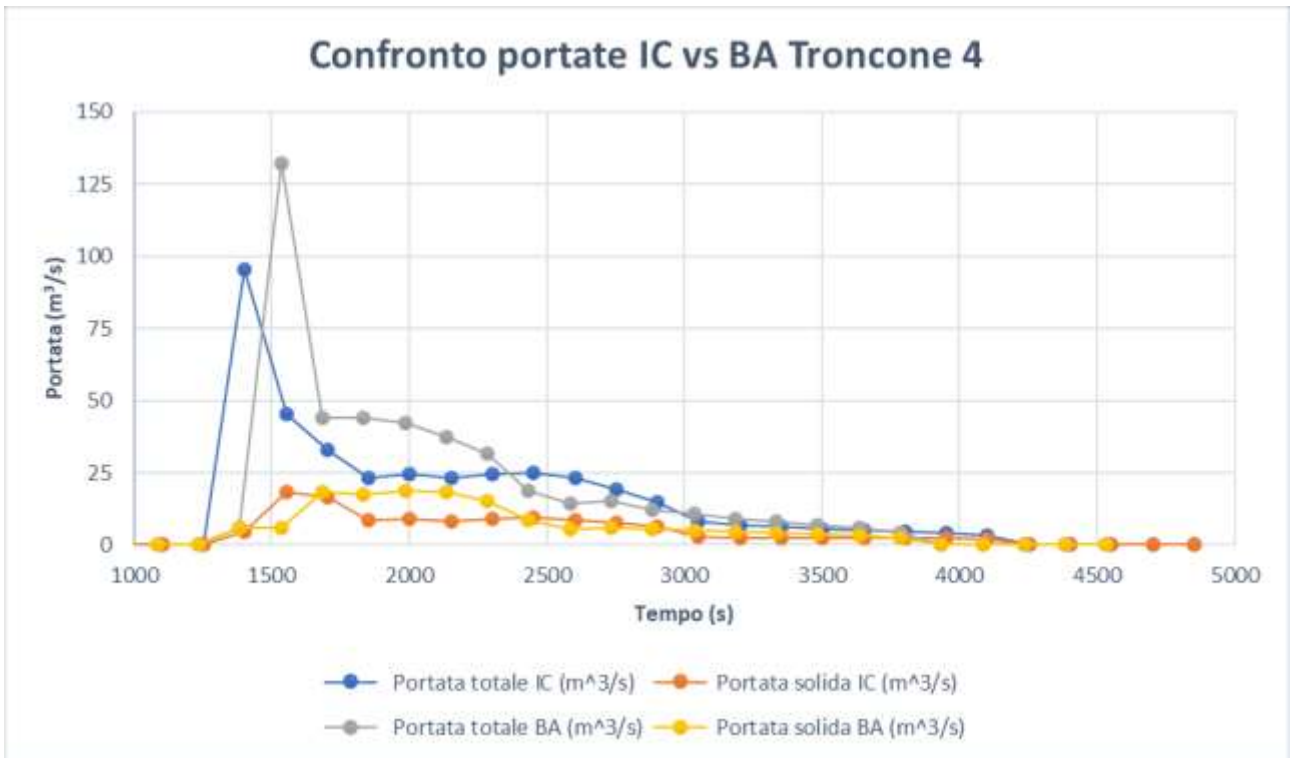


Figura 105. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi poste nel tratto 1 del troncone 4

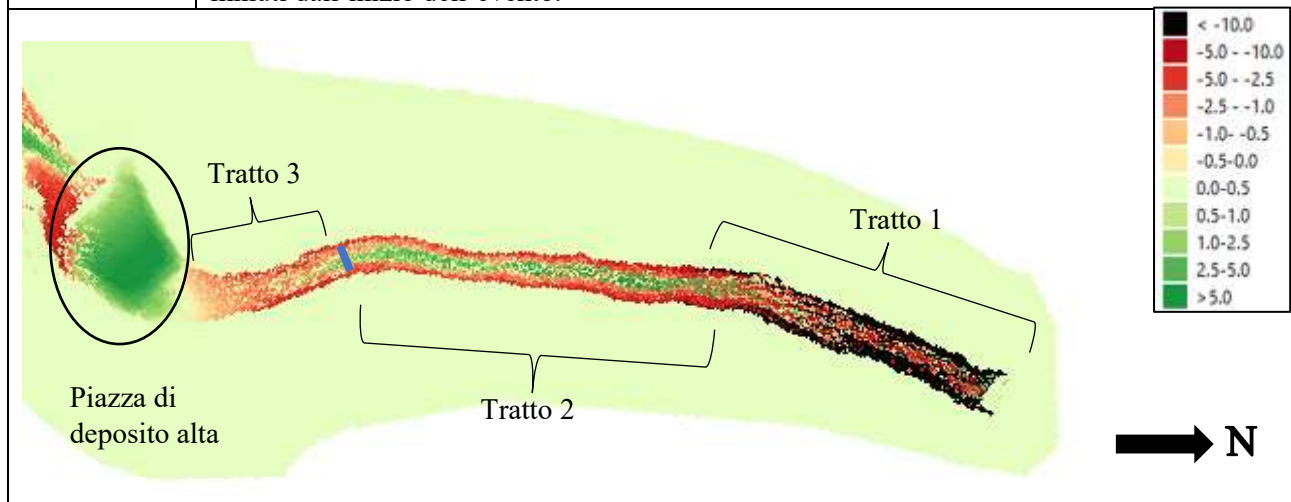
7.4. Idrogramma solido – liquido di durata 40 minuti

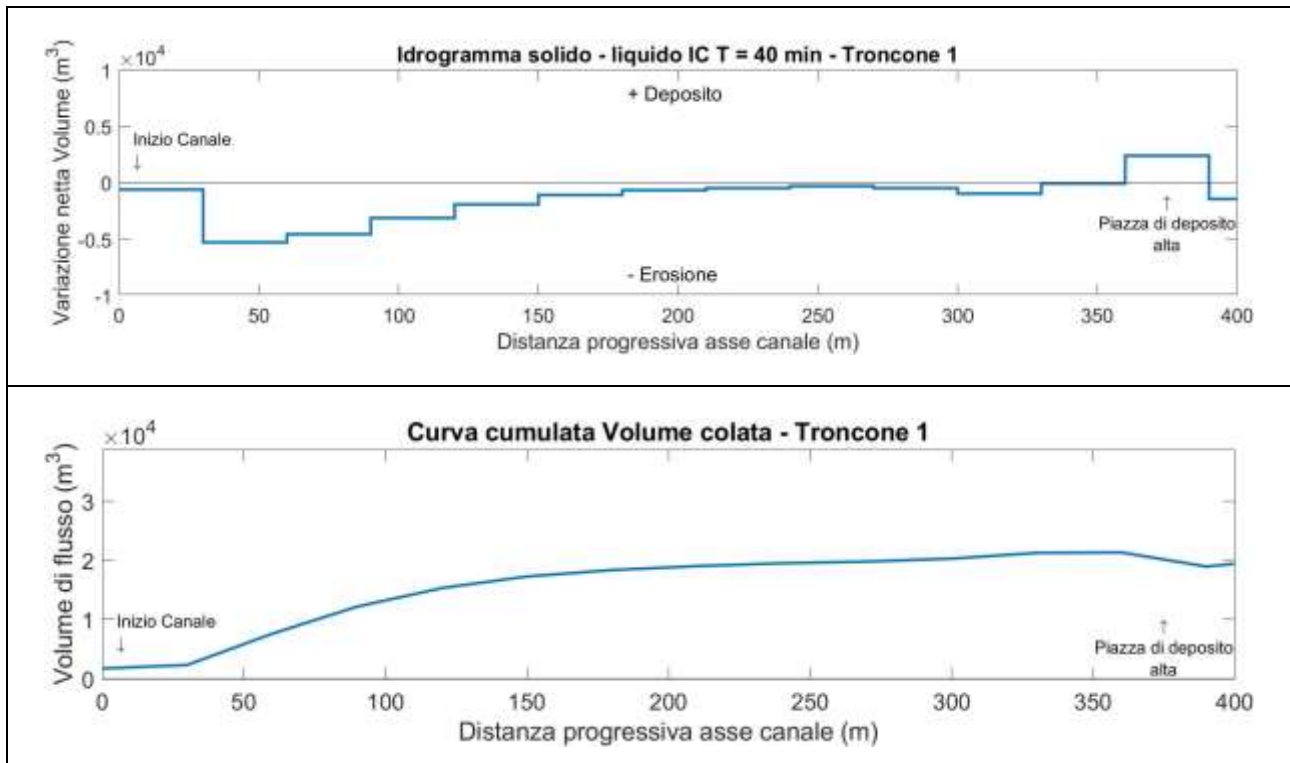
L'evento di precipitazione di durata 40 minuti ha generato un fenomeno di colata detritica, che ha dato vita ad azioni erosive e depositi all'interno del canale oggetto di studio. Per valutare, al meglio, questa azione si divide il canale in quattro tronconi, che a loro volta vengono scissi in più tratti, in modo da rendere più chiara e dettagliata la valutazione. Da sottolineare, che per la simulazione dell'evento si sono utilizzati due tipi di idrogrammi solido – liquidi di input. Il primo generato da uno idrogramma ad intensità delle precipitazioni costanti, mentre, il secondo da uno idrogramma a blocchi alterni. Pertanto, alla fine del capitolo si effettuerà un confronto dei risultati ottenuti, in modo da identificare eventuali similitudini o differenze del fenomeno in presenza dei due tipi di idrogrammi.

7.4.1. Idrogramma solido – liquido IC di durata 40 minuti

Per rappresentare l'evento, che ha dato origine al fenomeno di colata detritica, si è utilizzato due idrogrammi solido – liquidi di input. Il primo inserito all'interno del canale principale, precisamente a monte del primo troncone di analisi, il secondo, invece, è posizionato nel nuovo punto di immissione del Bus del Diau, che dopo la sistemazione del canale si localizza a fianco della briglia filtrante. Per prendere visione dei due idrogrammi utilizzati si può fare riferimento alla Figura 66 e alla Figura 67, poste nel paragrafo 6.4.1.

Troncone 1	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Interessano l'intera sezione del canale con scavi ragguardevoli localizzati lungo le due sponde.	Assenti.
Tratto 2	In sponda destra e sinistra, con scavi che interessano una maggiore area in sinistra idrografica.	Localizzati sul fondo, con spessori che diminuiscono man mano, che ci si sposta verso valle.
Tratto 3	Interessano quasi l'intero tratto, con scavi più contenuti sul fondo.	Pressoché assenti, se non nella parte iniziale del tratto.
Altro	La piazza di deposito è un'opera che favorisce l'arresto della colata e pertanto agevola il deposito di materiale, dove si raggiungono spessori pari a 3 – 5 m. Da notare la presenza di erosioni all'interno dell'area di deposito, visibili nella parte sinistra della piazza. Nel tratto 3 è presente una sezione di calcolo (linea blu), che misura la portata al picco del fenomeno. La portata massima raggiunta è pari a 136.09 m ³ /s ed è stata registrata dopo 20 minuti dall'inizio dell'evento.	

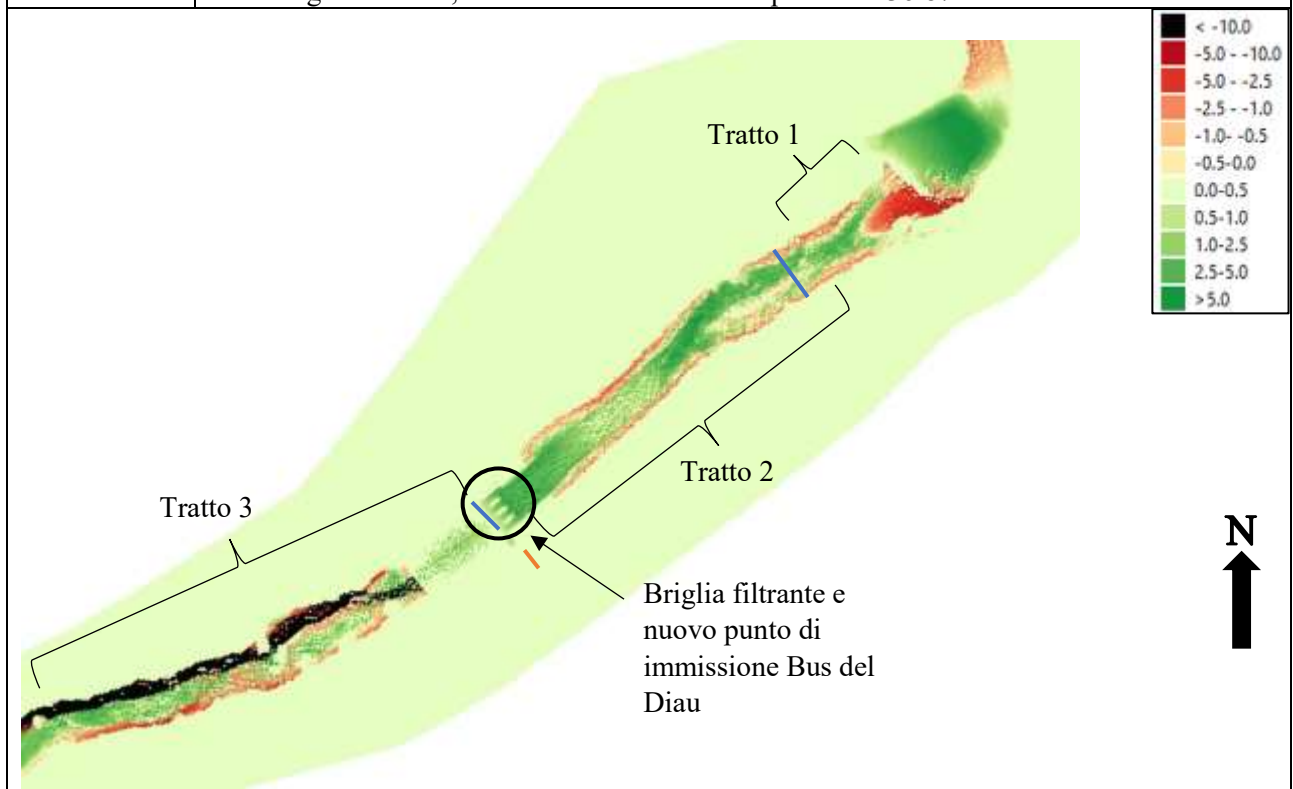


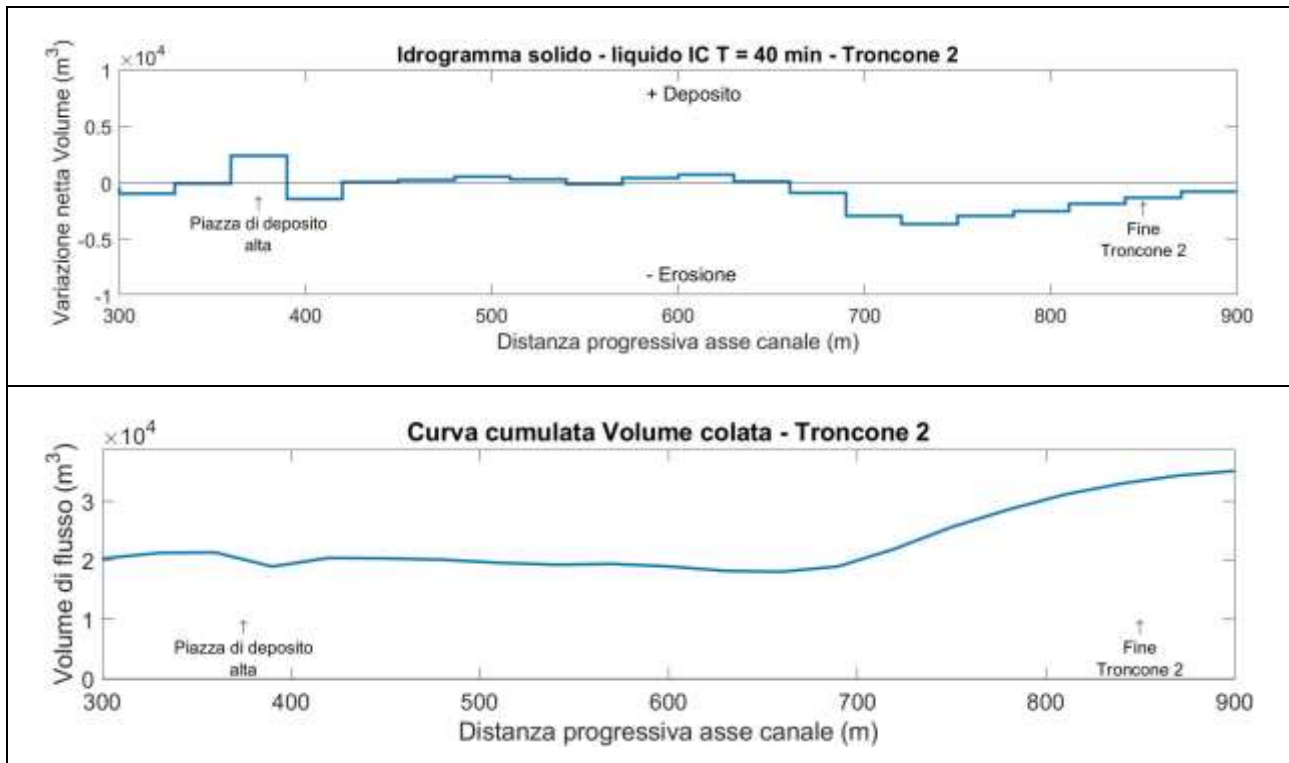


<i>Troncone 1</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
0	-589.91	1746.50
30	-5272.02	2336.41
60	-4572.36	7608.44
90	-3146.79	12180.80
120	-1950.57	15327.58
150	-1080.94	17278.15
180	-679.68	18359.09
210	-475.52	19038.78
240	-284.01	19514.30
270	-498.31	19798.31
300	-958.30	20296.63
330	-81.36	21254.92
360	2377.04	21336.28

Tabella 76. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 1

Troncone 2	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Interessano l'intera sezione del tratto con scavi più importanti in sinistra idrografica. Andando verso valle interessano solo le due sponde.	Occupano una minima porzione di alveo con spessori di 1 – 2 m.
Tratto 2	Lungo le sponde e per brevi punti anche sul fondo con rimozioni contenute. Da segnalare, che una volta entrati nel tratto consolidato le erosioni non interessano più il canale.	Presenti in una buona parte dell'alveo, con spessori variabili, quelli massimi si registrano subito a monte della briglia.
Tratto 3	Inizialmente assenti, ma una volta usciti dall'alveo sistemato diventano molto ragguardevoli soprattutto in destra idrografica. Questo dovuto alla immissione in alveo di un buon quantitativo di portate prettamente liquide, che arrivano dal Bus del Diau. Canale secondario che si immette in alveo in prossimità della briglia filtrante (linea arancio).	In sinistra idrografica con altezze molto importanti, indicando, che la colata si è spostata verso l'esterno, ha rallentato e depositato materiale
Altro	Nel troncone sono state inserite due sezioni di analisi (linee blu), che misurano la portata transitata durante l'evento. La prima di queste sezioni è posta nel tratto due ed ha registrato una portata al picco di 154.01 m ³ /s. La seconda sezione è posta immediatamente a valle della briglia filtrante, dove è stato misurato un picco di 136.87 m ³ /s.	

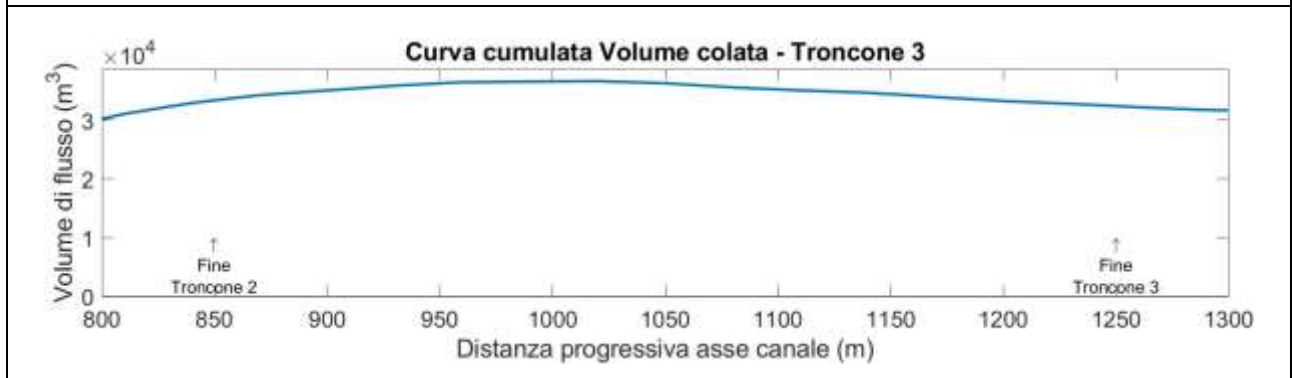
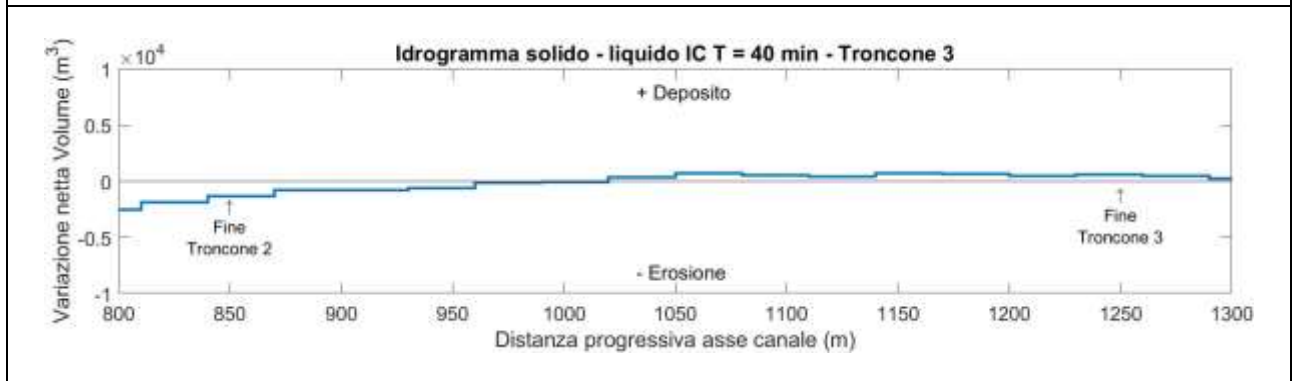
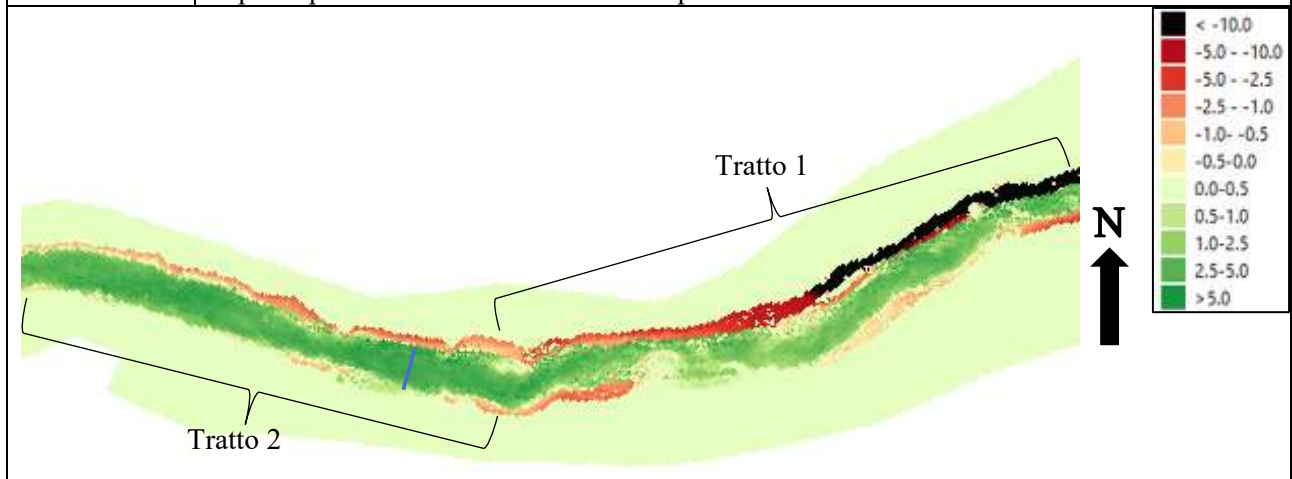




Troncone 2		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
390	-1448.32	18959.24
420	72.24	20407.56
450	218.47	20335.32
480	526.03	20116.85
510	314.89	19590.82
540	-129.01	19275.93
570	423.20	19404.94
600	749.50	18981.74
630	144.84	18232.23
660	-897.28	18087.40
690	-2972.14	18984.68
720	-3669.20	21956.82
750	-2943.61	25626.02
780	-2545.31	28569.63
810	-1846.73	31114.94
840	-1348.64	32961.67

Tabella 77. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 2

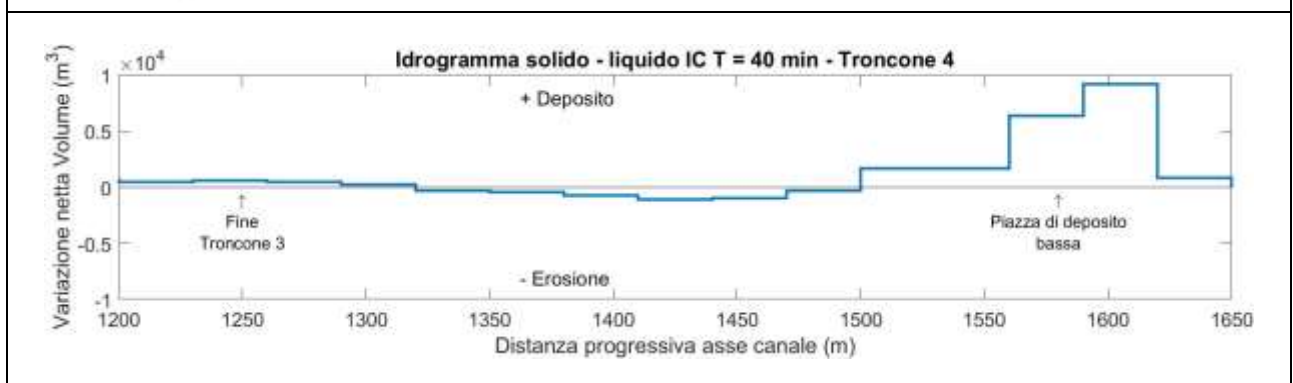
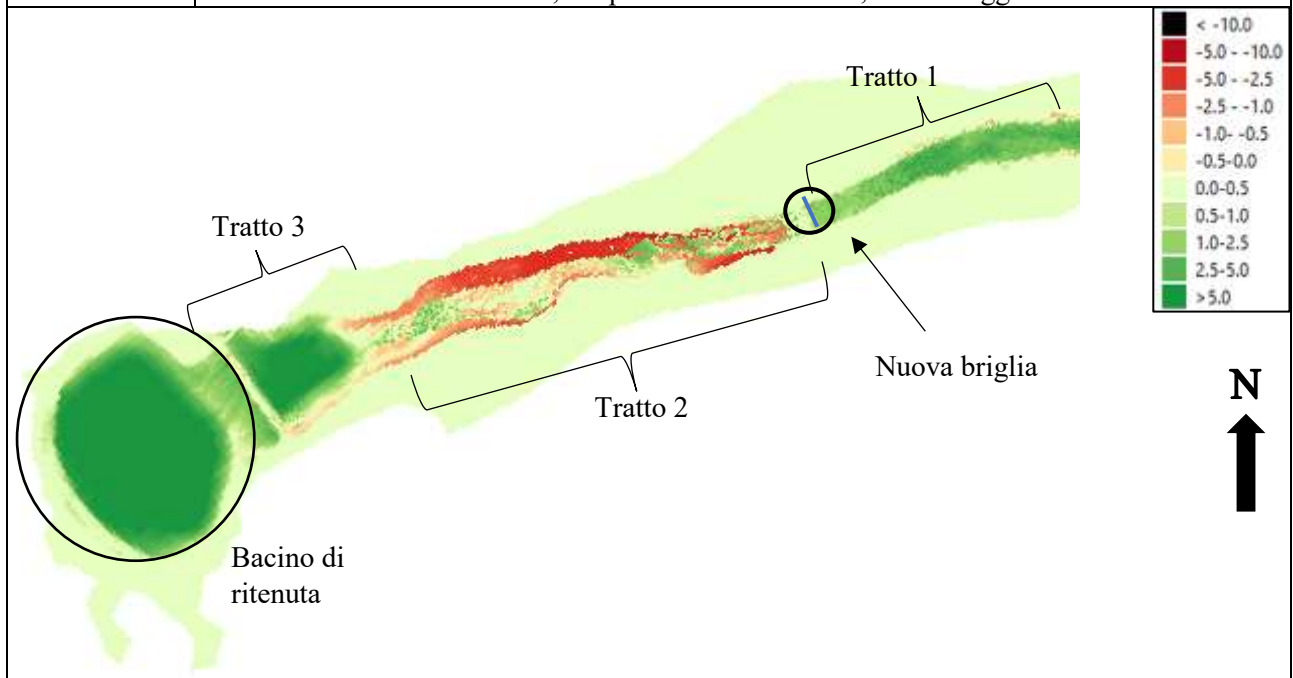
Troncone 3	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Lungo le due sponde. In sinistra abbastanza contenute e ad un certo punto si annullano del tutto indicando che il fenomeno non ha più interessato quella zona. Più a valle riprendono forza con scavi importanti. In sponda destra si attestano azioni erosive che presentano scavi considerevoli, che man mano che ci si sposta verso valle diminuiscono d'intensità, ma rimangono comunque molto importanti.	Inizialmente presentano spessori di 2 – 3 m, poi diminuiscono ed infine tornano ad aumentare in presenza della curva, indice del fatto che la colata ha rallentato.
Tratto 2	Lungo la sponda destra con scavi importanti, che perdono di forza nel momento in cui ci si sposta verso il troncone di analisi successivo. Presenti per brevissimi tratti anche in sponda sinistra.	Occupano gran parte della sezione del canale con spessori importanti (<4 m).
Altro	Nel tratto 2 è inserita una sezione di analisi della portata (linea blu), che registra una portata al picco pari a 108.79 m ³ /s. Misurata dopo 1526 secondi dall'inizio dell'evento.	

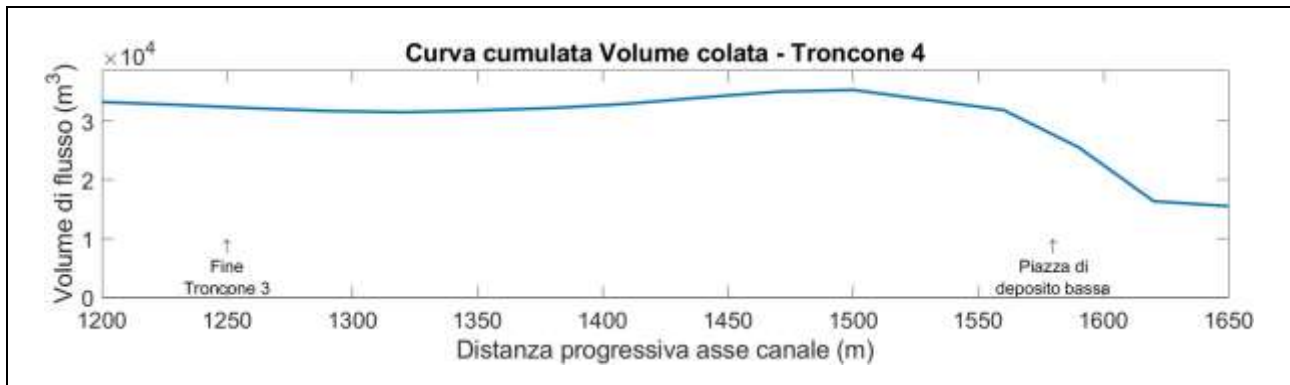


Troncone 3		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
870	-792.88	34310.32
900	-808.00	35103.20
930	-592.07	35911.20
960	-105.49	36503.26
990	-81.65	36608.75
1020	374.54	36690.41
1050	695.23	36315.87
1080	510.54	35620.64
1110	397.13	35110.11
1140	736.15	34712.97
1170	683.74	33976.83
1200	474.86	33293.08
1230	570.61	32818.22
1260	474.22	32247.61

Tabella 78. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 3

Troncone 4	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Pressoché nulle se non per piccolissime aree lungo le sponde.	Interessano l'intero canale con spessori, che variano dal metro (a monte della briglia) ai tre metri (nella zona in curva).
Tratto 2	Occupano buona parte del tratto con scavi più importanti lungo le due sponde, mentre, sul fondo sono più contenuti (<1 m).	Localizzate in piccole aree con spessori inferiori a 2.5m.
Tratto 3	Lungo la sponda sinistra con scavi molto contenuti.	Interessano l'intera sezione con spessori importanti, in alcuni punti addirittura superiori ai 5 m.
Altro	<p>A valle della briglia è presente una sezione di calcolo della portata (linea blu), che ha registrato una portata al picco pari a 82.35 m³/s, misurata dopo 28 minuti dall'inizio dell'evento.</p> <p>Il bacino di ritenuta posto a protezione dell'abitato di Borca di Cadore, risulta essere completamente riempito dal materiale trasportato dalla colata. Inoltre, a valle di essa non vi è la presenza di erosioni o depositi, pertanto, si può affermare, che l'opera è stata in grado di trattenere tutto il materiale, trasportato dal fenomeno, che ha raggiunto il bacino.</p>	





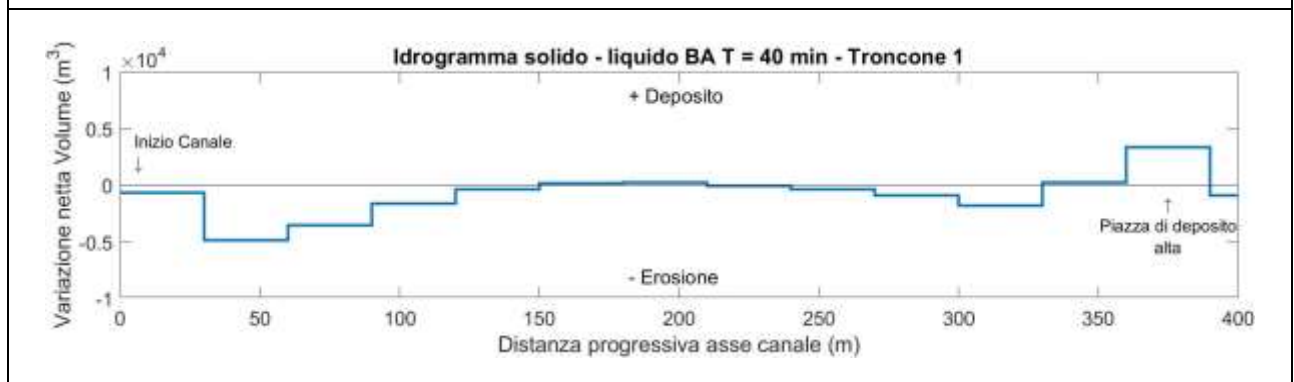
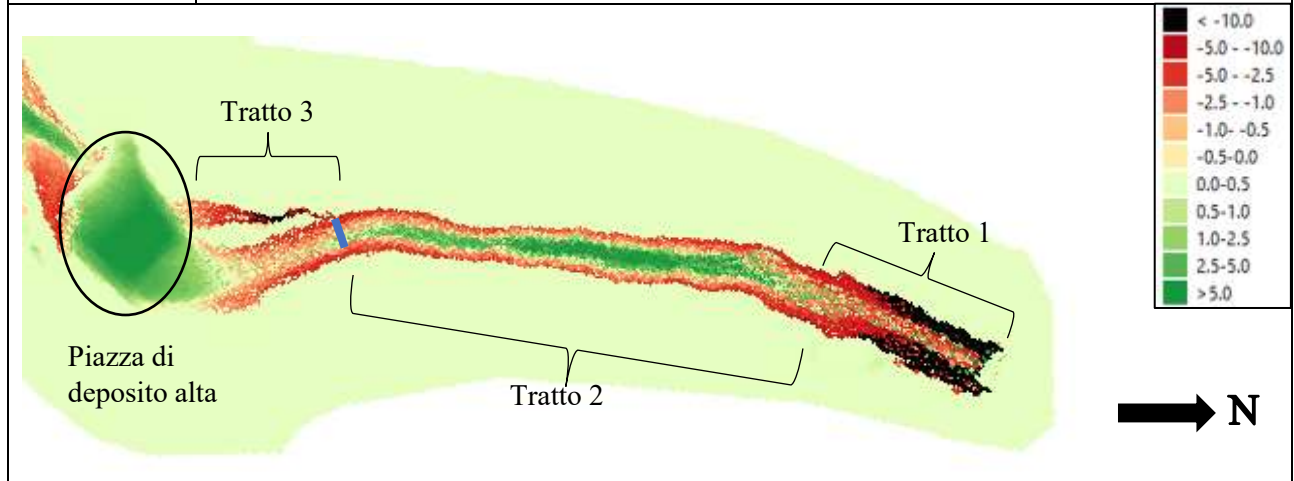
Troncone 4		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
1290	211.99	31773.38
1320	-292.14	31561.39
1350	-422.62	31853.53
1380	-726.57	32276.16
1410	-1075.70	33002.72
1440	-980.92	34078.42
1470	-296.70	35059.34
1500	1711.14	35356.04
1530	1708.26	33644.90
1560	6348.56	31936.65
1590	9189.97	25588.08
1620	846.93	16398.11
1650	0.00	15551.17

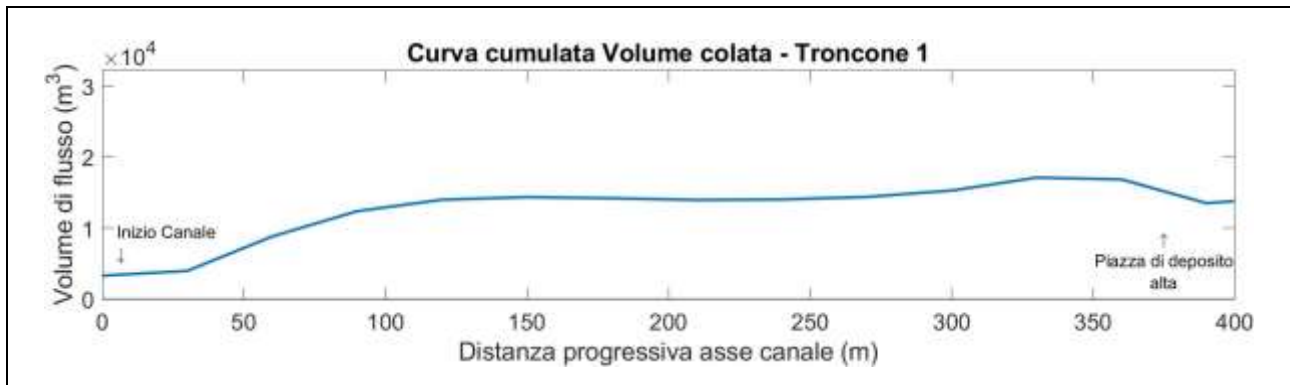
Tabella 79. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 4

7.4.2. Idrogramma solido – liquido BA di durata 40 minuti

Per riprodurre al meglio l'evento, che ha dato inizio al fenomeno di colata detritica, si è impiegato come input due idrogrammi solido – liquidi descritti dalla Figura 68 e dalla Figura 69 . Il primo posto all'interno del canale principale, più precisamente a monte del primo troncone, mentre, il secondo è inserito alla sezione di chiusura del bacino del Bus del Diau, reticolo secondario, che presenta portate con uno scarso apporto solido.

Troncone 1	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Interessano l'intera sezione del canale con scavi considerevoli localizzati lungo le due sponde ed in parte sul fondo.	Nella parte finale del tratto con spessori poco importanti.
Tratto 2	Lungo le due sponde con scavi importanti.	Nel canale con spessori, che variano dai 2 ai 6 m di altezza.
Tratto 3	Interessano l'intero tratto con scavi più contenuti sul fondo. Da segnalare la presenza di un canale secondario in destra idrografica, generato dalle erosioni avvenute lungo la sponda.	Presenti nella parte finale del tratto indicando, che parte del deposito trattenuto dalla piazza ha risalito il canale.
Altro	La piazza di deposito è un'opera di difesa a bassa pendenza, che garantisce il rallentamento della colata e quindi il deposito di materiale. Tra il tratto due ed il tratto tre è presente una sezione di analisi della portata (linea blu), che ha misurato una portata al picco pari a 163.77 m ³ /s. Registrata dopo 23 minuti dall'inizio dell'evento.	

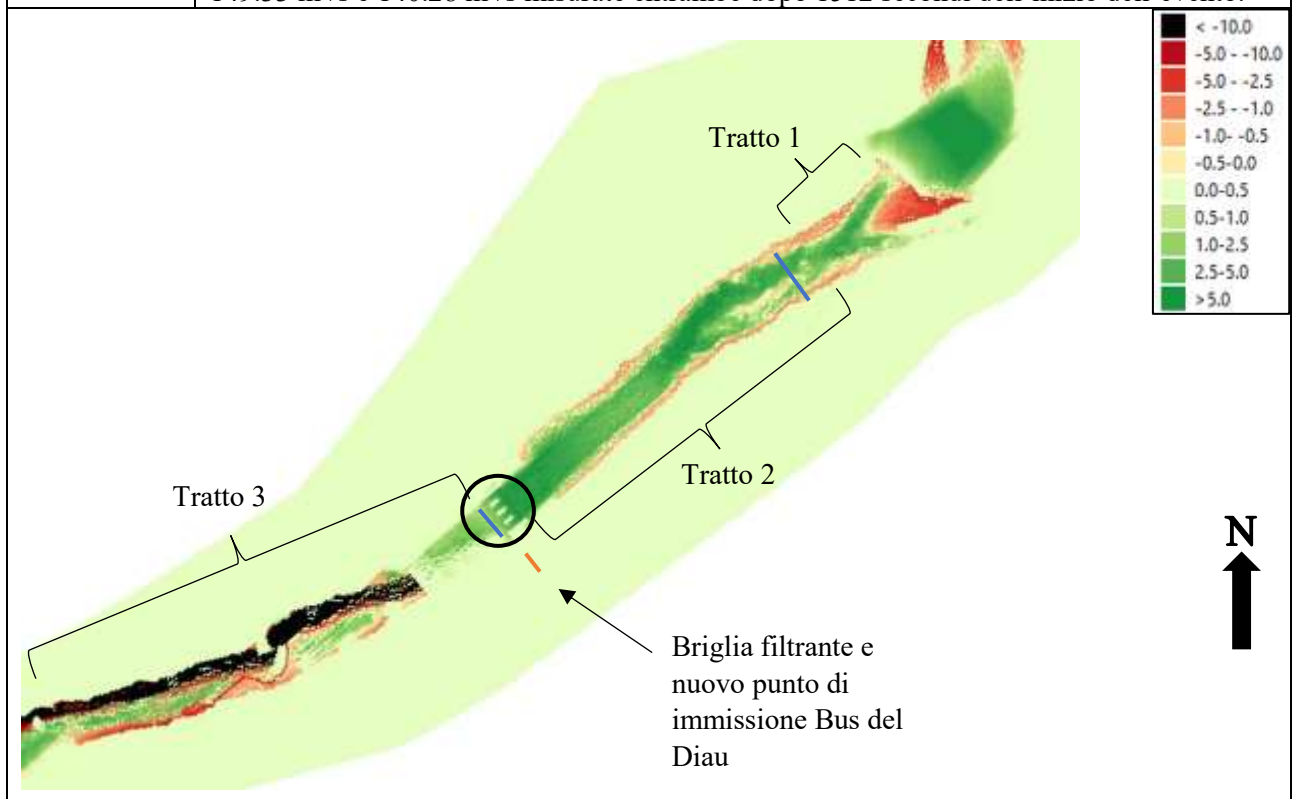


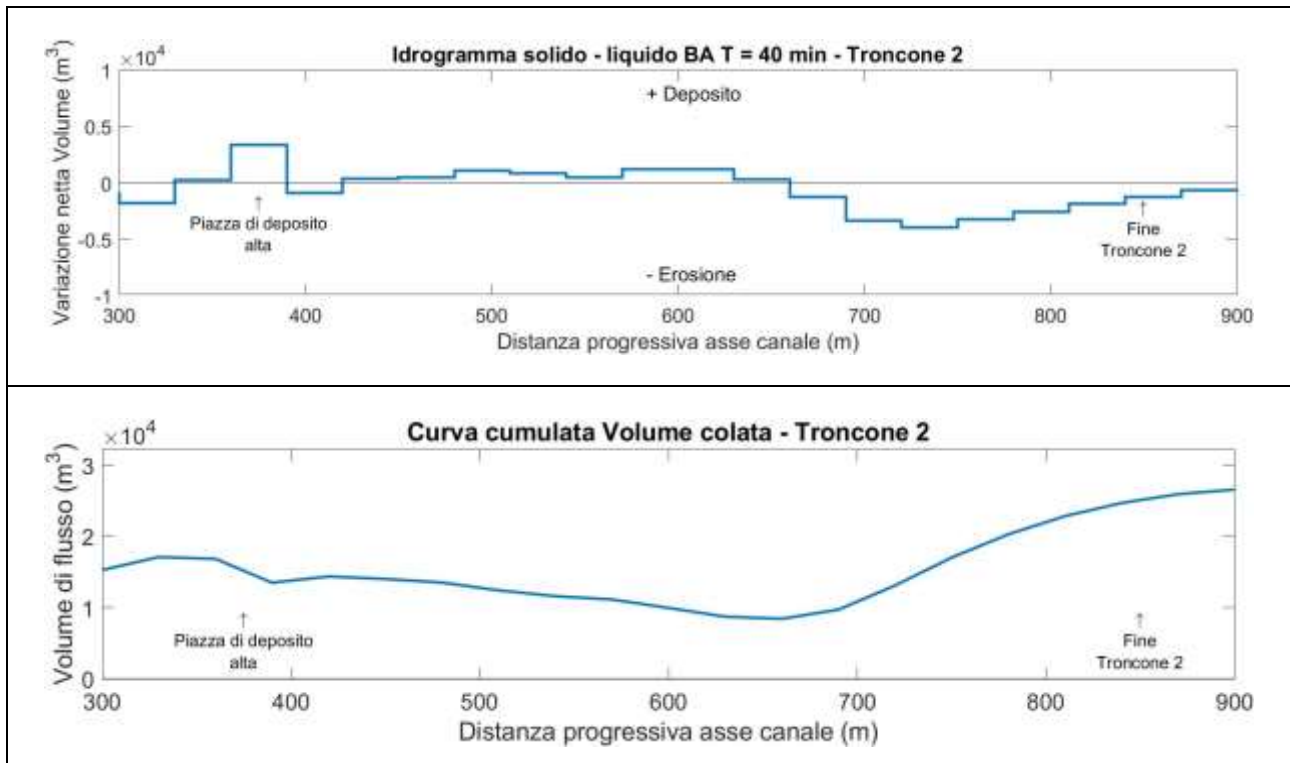


<i>Troncone 1</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
0	-663.11	3300.90
30	-4853.61	3964.01
60	-3562.61	8817.62
90	-1619.27	12380.23
120	-371.85	13999.50
150	168.70	14371.35
180	233.69	14202.65
210	-60.49	13968.95
240	-359.42	14029.45
270	-906.88	14388.87
300	-1819.40	15295.75
330	251.88	17115.14
360	3350.58	16863.26

Tabella 80. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 1

Troncone 2	Erosioni	Depositi
Tratto 1	A valle della piazza di deposito interessano quasi l'intero alveo con scavi molto importanti in sinistra idrografica, verso valle interessano prettamente la sponda destra.	Nella parte centrale del canale con spessori inferiori ai 2 – 3 m.
Tratto 2	Interessano le due sponde con scavi di un paio di metri. Presenti anche sul fondo con intensità molto contenute.	Occupano gran parte del tratto con spessori variabili. Quelli più alti si localizzano a monte della briglia indicando, che ha trattenuto un buon quantitativo di materiale.
Tratto 3	Nella zona sistemata sono nulle, ma una volta usciti si presentano con forze ragguardevoli rappresentato anche dagli scavi intensi avvenuti lungo la sponda destra, presumibilmente causato dall'immissione in alveo delle portate, che provengono dal Bus del Diau. Presenti anche sulla sponda sinistra e sul fondo, con scavi importanti, ma più contenuti rispetto a quelli, che avvengono in destra	A valle della briglia con spessori di un paio di metri, indicando, che non tutto il materiale è stato trattenuto. Più a valle presenti nella parte centrale del canale con spessori inferiori al metro e mezzo.
Altro	All'interno del tratto due e valle della briglia filtrante sono state inserite due sezioni di analisi della portata (linee blu), che rispettivamente hanno registrato una portata al picco di 149.33 m ³ /s e 140.28 m ³ /s misurate entrambe dopo 1512 secondi dell'inizio dell'evento.	

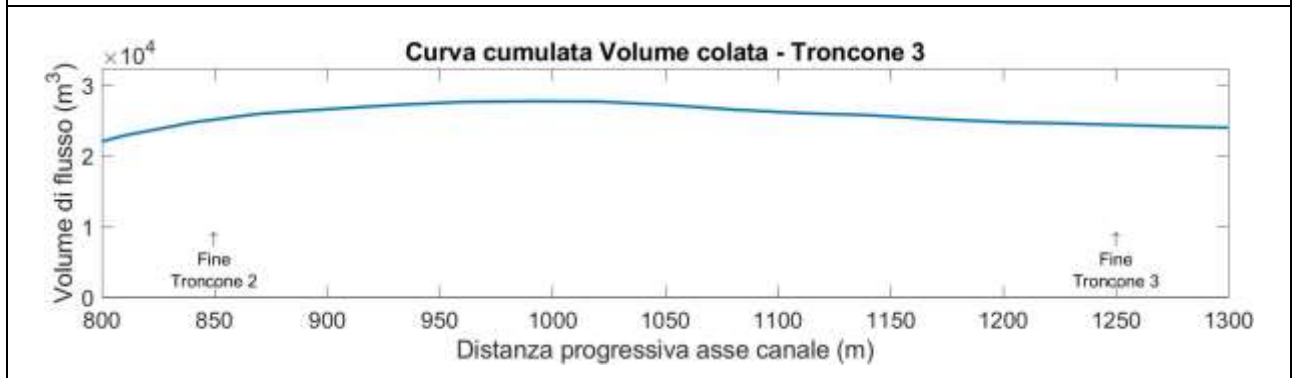
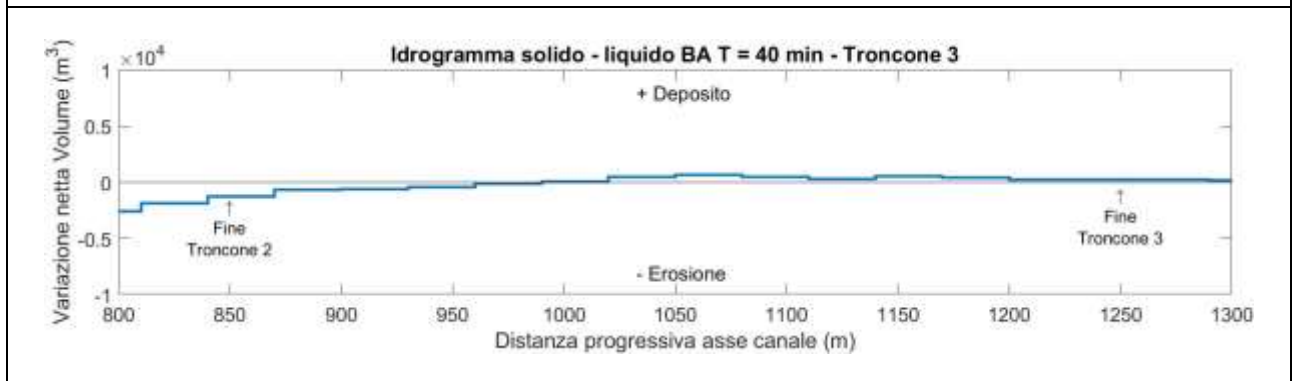
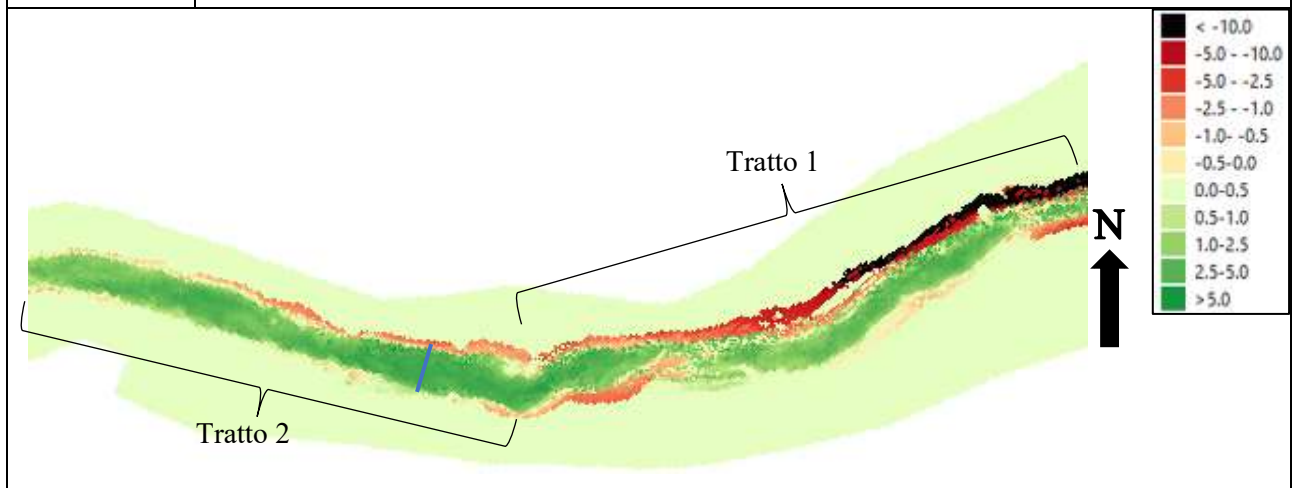




<i>Troncone 2</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
390	-872.35	13512.69
420	353.70	14385.04
450	498.54	14031.34
480	1094.01	13532.79
510	827.13	12438.78
540	465.25	11611.64
570	1180.98	11146.39
600	1228.83	9965.41
630	296.35	8736.57
660	-1283.84	8440.22
690	-3386.70	9724.07
720	-3936.13	13110.77
750	-3259.11	17046.90
780	-2558.71	20306.01
810	-1844.58	22864.72
840	-1240.50	24709.30

Tabella 81. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 2

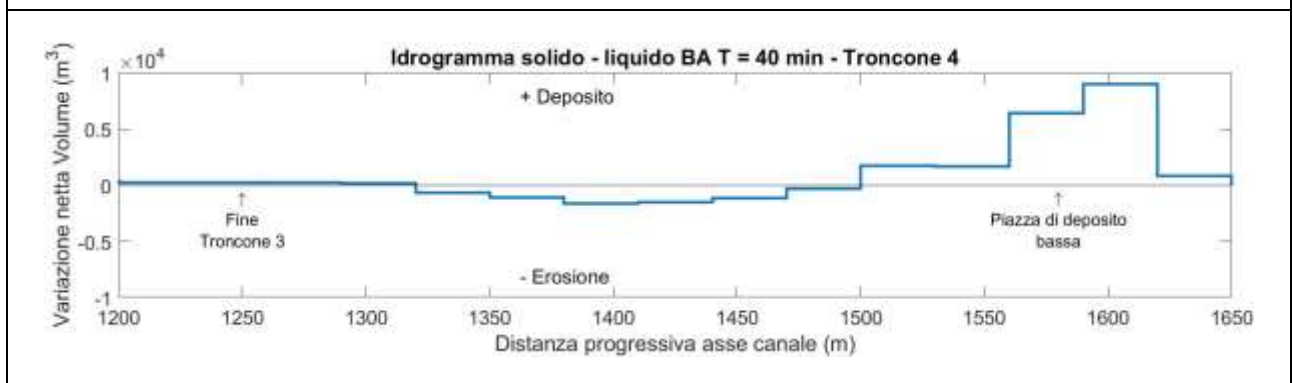
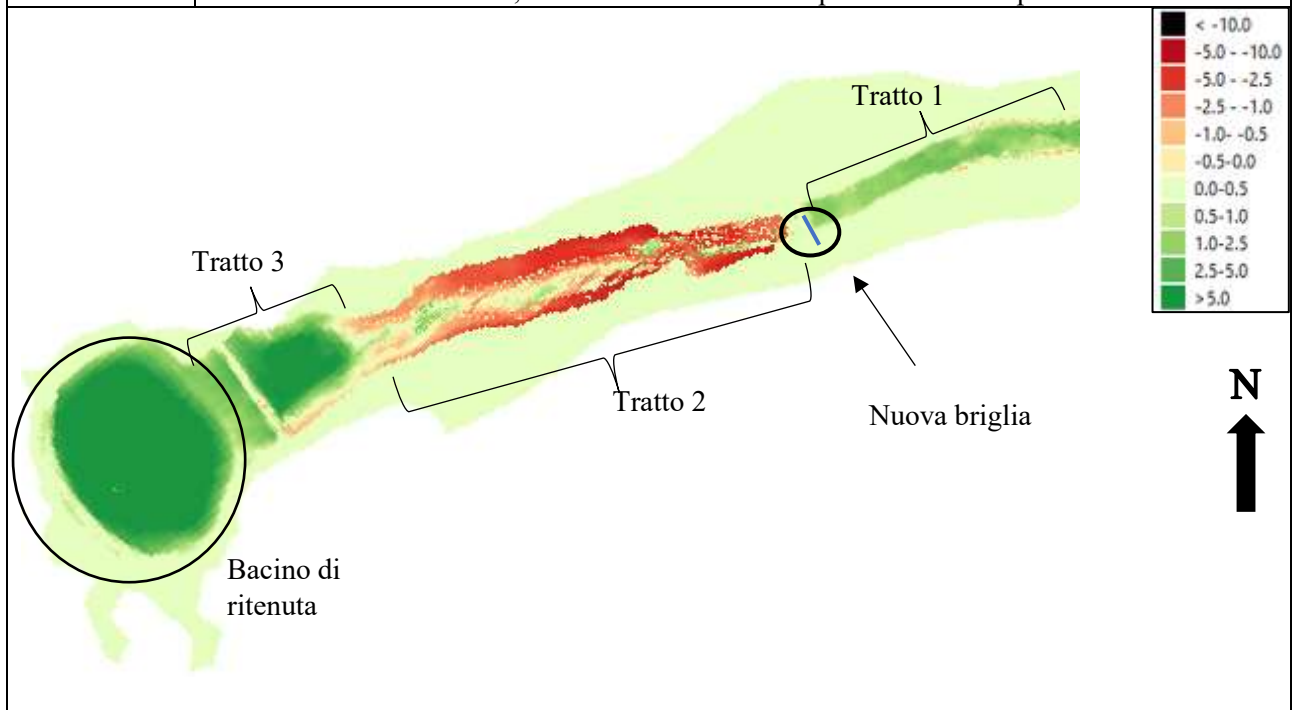
Troncone 3	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Lungo le due sponde con scavi molto considerevoli in destra, che perdono d'intensità man mano, che ci si sposta verso valle. In sinistra, invece, sono molto più contenute addirittura per un tratto sono nulle per poi prendere nuovamente forza, indicando, che la colata si è spostata in quel punto.	Nella parte centrale del canale con spessori abbastanza variabili (1 – 3 m).
Tratto 2	Prevalentemente lungo la sponda destra con scavi abbastanza importanti, che diminuiscono man mano, che si sposta verso valle. In sponda sinistra interessano brevissimi tratti.	Occupano gran parte della sezione del canale con spessori minori di 3 m.
Altro	Nella parte centrale del troncone è presente una sezione di analisi della portata (linea blu). La portata al picco registrata è pari a 87.23 m ³ /s, ed è misurata dopo 28 minuti dall'inizio dell'evento.	

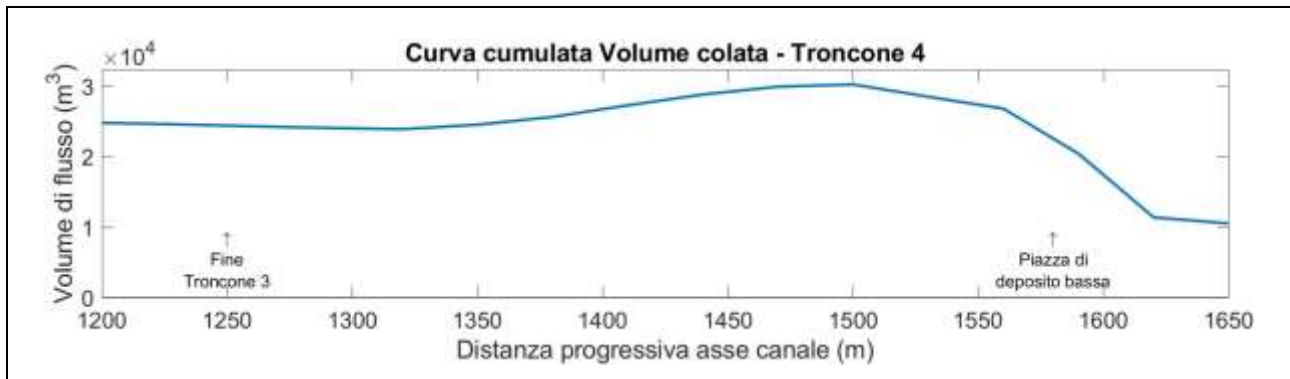


Troncone 3		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
870	-637.54	25949.80
900	-593.29	26587.34
930	-428.26	27180.63
960	-100.07	27608.89
990	45.21	27708.96
1020	452.96	27663.75
1050	683.66	27210.79
1080	486.76	26527.13
1110	296.00	26040.37
1140	556.48	25744.38
1170	418.44	25187.89
1200	222.93	24769.45
1230	264.94	24546.52
1260	245.07	24281.59

Tabella 82. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 3

Troncone 4	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Lungo le due sponde con scavi inferiori al metro.	Interessano l'intero tratto con spessori di un paio di metri, che diminuiscono man mano che ci si avvicina alla briglia posta sotto il ponte.
Tratto 2	Interessano quasi l'intero alveo con scavi importanti lungo le due sponde, in destra viene interessata un'area maggiore. Presenti sul fondo, inizialmente importanti e poi via via sempre più contenute.	Quasi nulle, se non per piccole aree nel centro del canale con spessori inferiori al metro.
Tratto 3	In sponda sinistra con scavi poco importanti (<1 m).	Occupano l'intero tratto con spessori massimi di 5 – 5.5 m.
Altro	A valle del ponte è stata inserita una sezione di calcolo (linea blue), che ha misurato una portata al picco di 102.13 m ³ /s, registrata dopo mezz'ora dall'inizio dell'evento. Il bacino di ritenuta posto a monte dell'abitato di Borca di Cadore, risulta essere completamente piena di materiale. Da sottolineare l'assenza di erosioni e depositi a valle del bacino indice del fatto, che tutto il materiale trasportato fino all'opera è stato trattenuto.	





Dall'immagine e dai grafici è possibile comprendere, che il bacino di ritenuta posto a protezione dell'abitato di Borca di Cadore è stata in grado di trattenere tutto il materiale movimentato dall'evento.

Troncone 4		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
1290	169.75	24036.52
1320	-632.13	23866.76
1350	-1105.06	24498.90
1380	-1646.13	25603.95
1410	-1528.92	27250.09
1440	-1112.00	28779.01
1470	-315.07	29891.01
1500	1746.09	30206.08
1530	1679.82	28459.98
1560	6401.94	26780.16
1590	9021.31	20378.23
1620	857.85	11356.91
1650	0.00	10499.06

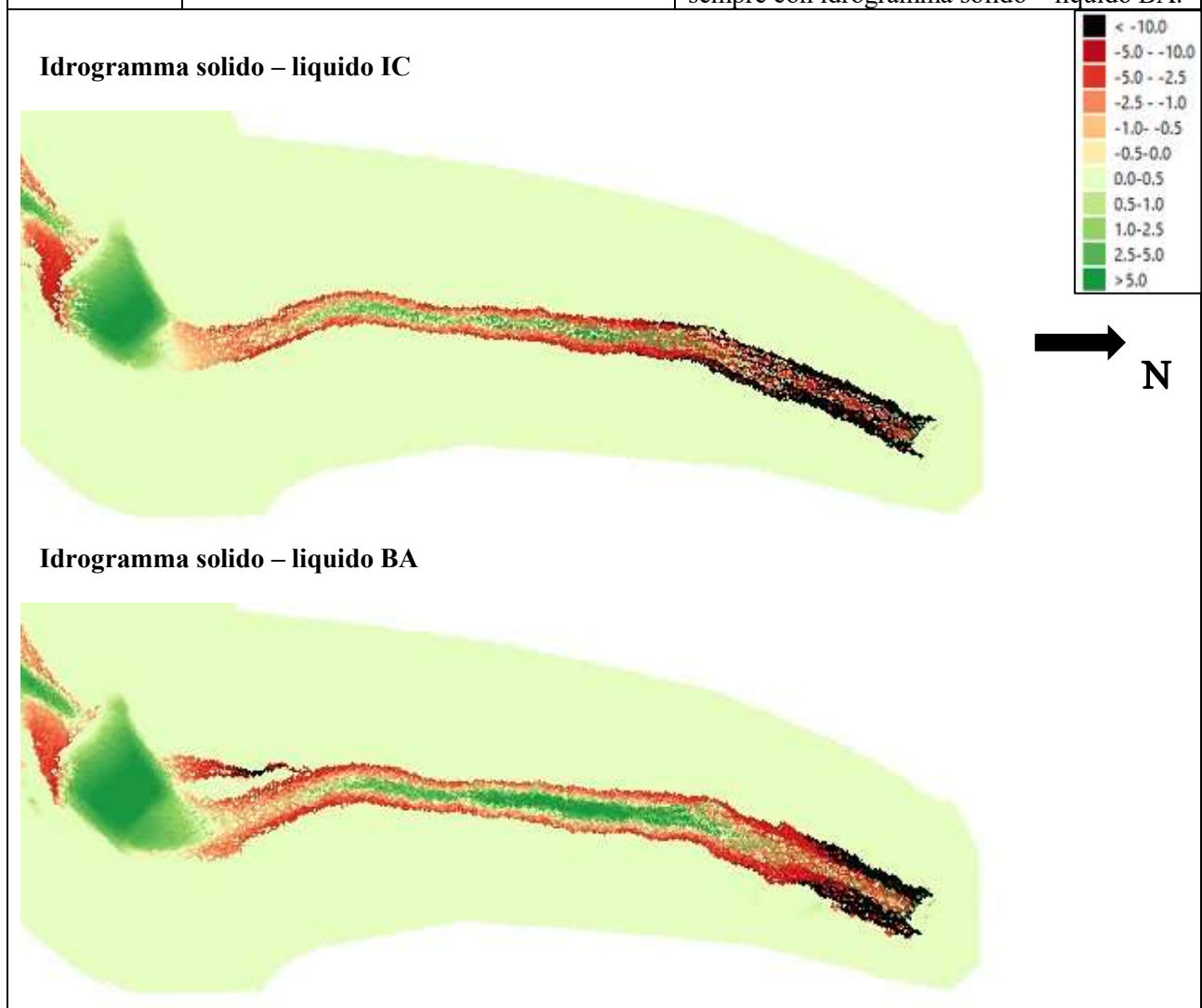
Tabella 83. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 4

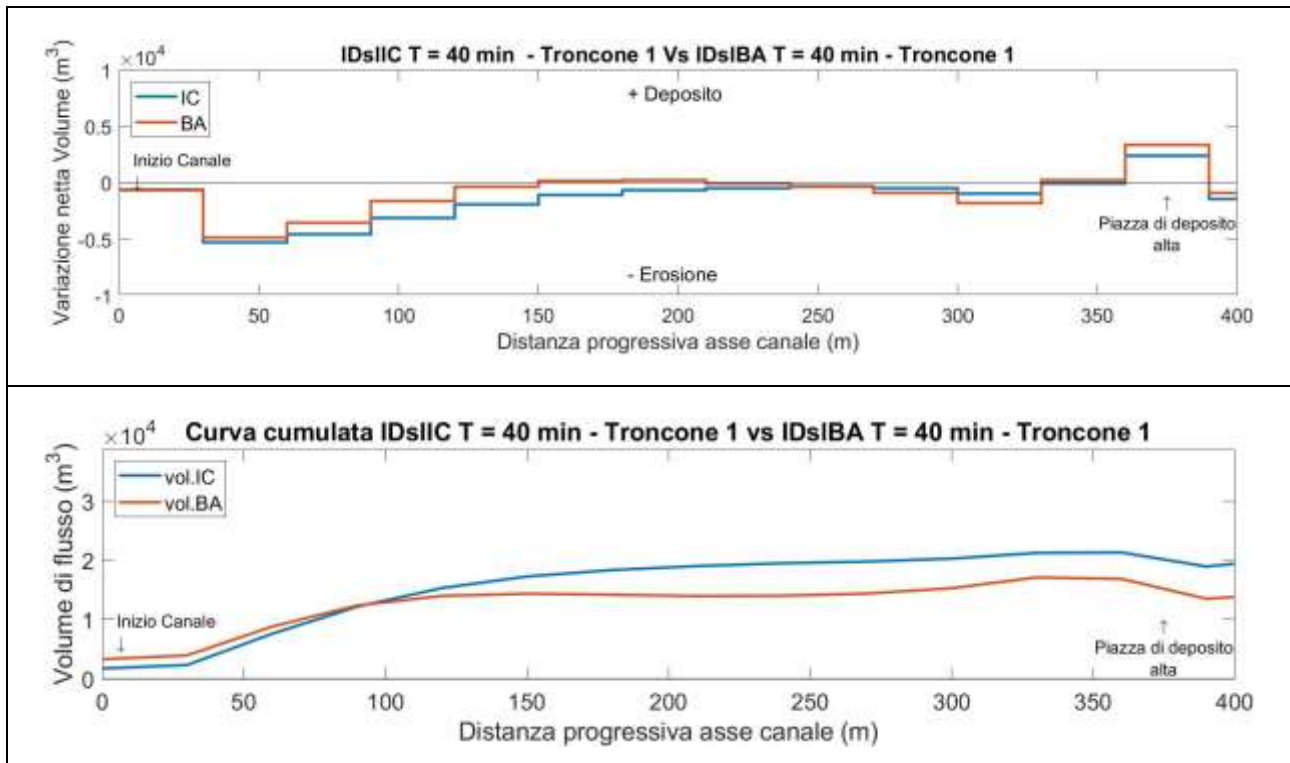
Terminata la descrizione delle erosioni e dei depositi in presenza di un evento di precipitazione di durata 40 minuti, si effettua un confronto fra i risultati ottenuti dalle due simulazioni, così si individuano eventuali similitudini o differenze dei dati ottenuti con i due differenti idrogrammi di input.

7.4.3. Confronto idrogramma solido – liquido IC vs Idrogramma solido – liquido BA

- Troncone 1 intensità costante vs Troncone 1 blocchi alterni

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Depositi pressoché assenti	L'idrogramma solido – liquido IC presenta azioni erosive ragguardevoli per un tratto maggiore del canale, mentre, l'idrogramma solido – liquido BA erode molto le sponde andando, così, ad allargare il canale.
Tratto 2	Erosione lungo le due sponde	Il canale risulta essere più largo, con l'idrogramma solido – liquido BA. Inoltre, i depositi sono molto più contenuti con l'idrogramma solido – liquido IC.
Tratto 3	Andamento erosioni - depositi	Canale più largo con l'idrogramma solido – liquido BA, inoltre, nascita di un nuovo canale in destra idrografica a causa delle azioni erosive. Risalita del deposito all'interno del canale sempre con idrogramma solido – liquido BA.





Dal confronto tra le due curve cumulate si può notare, che inizialmente la colata generata con l'idrogramma solido – liquido IC presenta volumi tendenzialmente ridotti, questo spiegato dal fatto che il volume solido di input è più basso ($1746.5 m^3$) rispetto a quello d'ingresso dell'idrogramma solido – liquido BA ($3300.9 m^3$). Comunque, una volta entrati nel tratto successivo, si nota che la curva cumulata individuata con l'idrogramma solido – liquido IC presenta volumi movimentati più elevati rispetto a quelli determinati con l'idrogramma solido – liquido BA. Spiegato dal fatto, che tende ad erodere un maggior quantitativo di materiale all'interno del canale. La Figura 105 descrive il raffronto tra le portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel primo troncone di analisi.

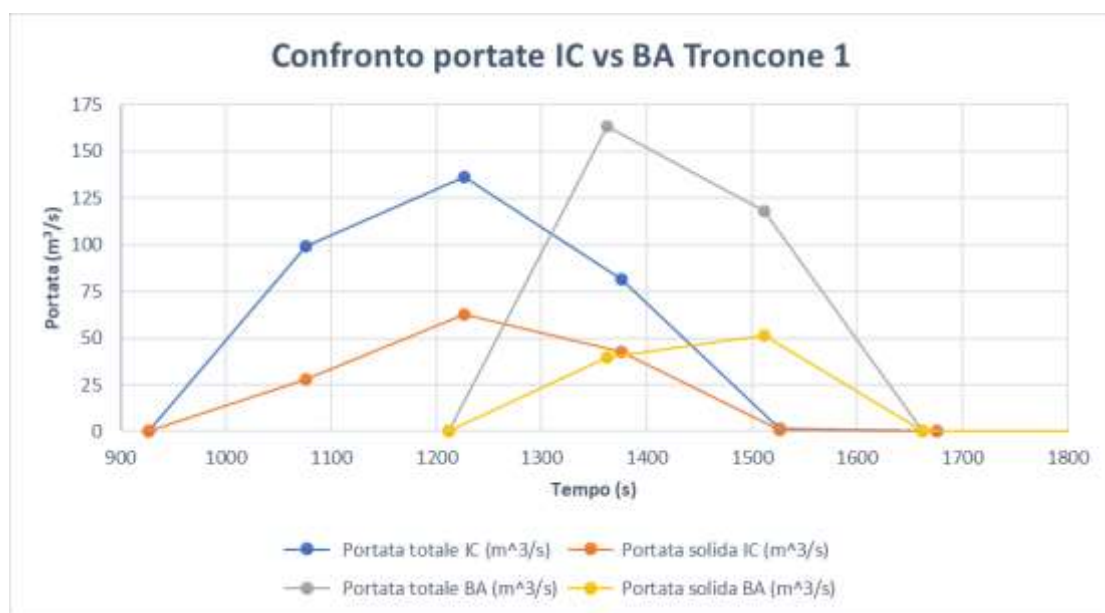
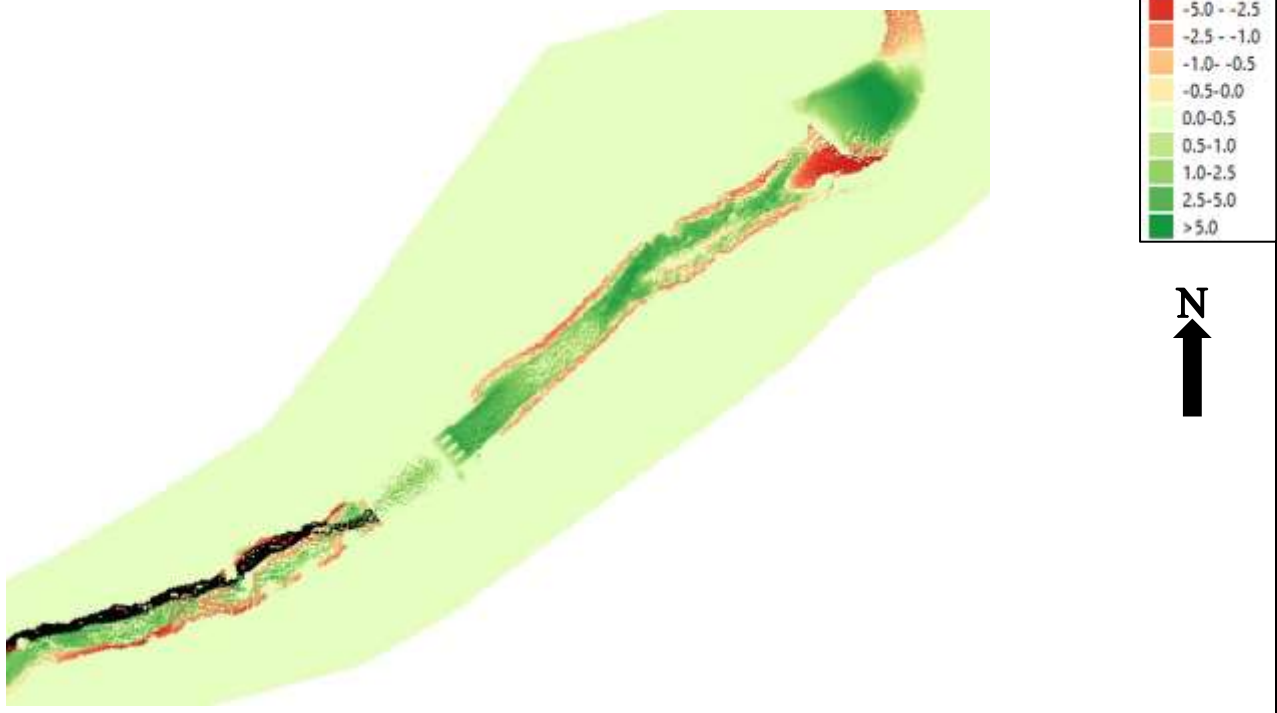


Figura 106. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 2 del troncone 1

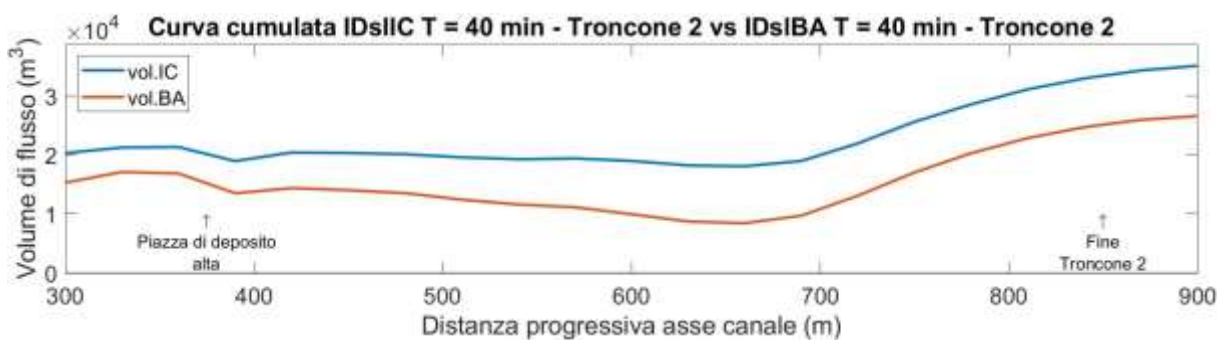
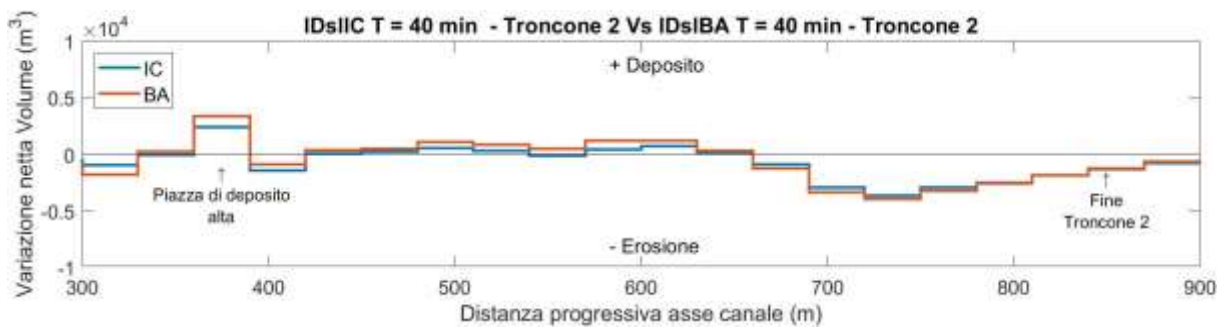
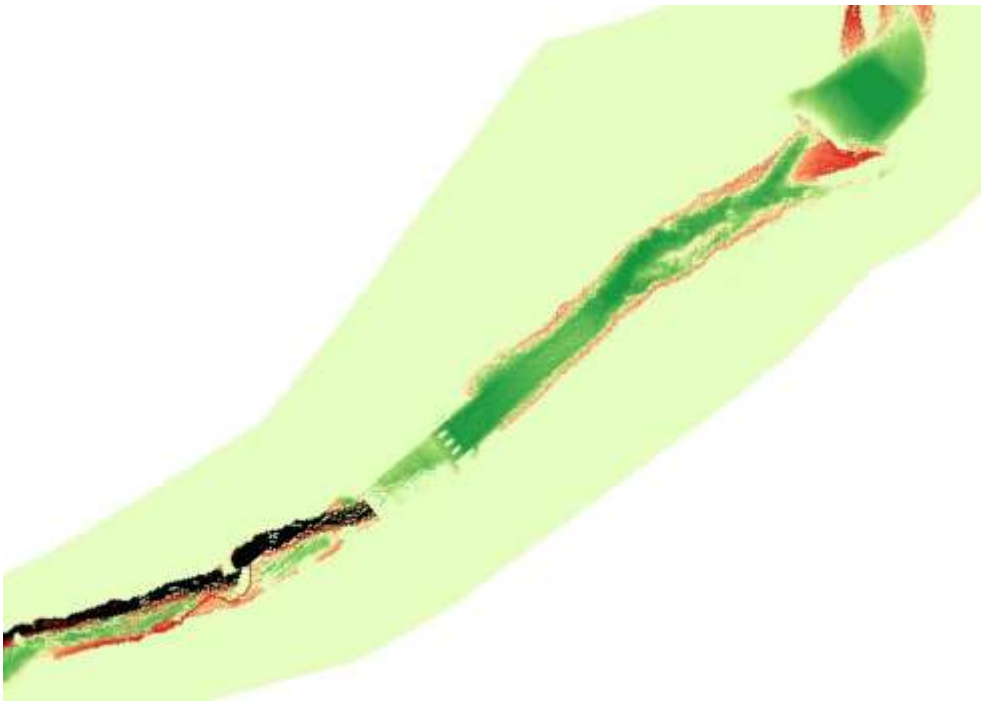
- Troncone 2 intensità costante vs Troncone 2 blocchi alterni

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Andamento erosioni – depositi	Erosioni più marcate con l'idrogramma solido – liquido IC. Mentre, i depositi sono più importanti con l'idrogramma solido – liquido BA.
Tratto 2	Andamento erosioni – depositi	Erosioni tendenzialmente meno importanti con l'idrogramma solido – BA. Mentre, i depositi sono più contenuti con l'idrogramma solido – liquido IC.
Tratto 3	Andamento erosioni – depositi	Con l'idrogramma solido – liquido BA i depositi sono molto più considerevoli subito a valle della briglia filtrante, mentre, con idrogramma ad intensità costante sono più importanti nella parte finale del tratto. Erosioni più intense e occupano una maggiore porzione di canale con l'idrogramma solido – liquido BA.

Idrogramma solido – liquido IC



Idrogramma solido – liquido BA



Come nel troncone 1, anche nel secondo la curva cumulata individuata con l'idrogramma solido – liquido IC presenta volumi più importanti. È da segnalare, che man mano che ci si sposta verso valle, il divario tra le due curve rimane abbastanza invariato, insito del fatto che le erosioni e di depositi presentano valori simili in entrambe le simulazioni. La Figura 106 e la Figura 107 descrivono il raffronto tra le portate totali e solide registrate dalle sezioni di analisi poste a monte e a valle della briglia filtrante.

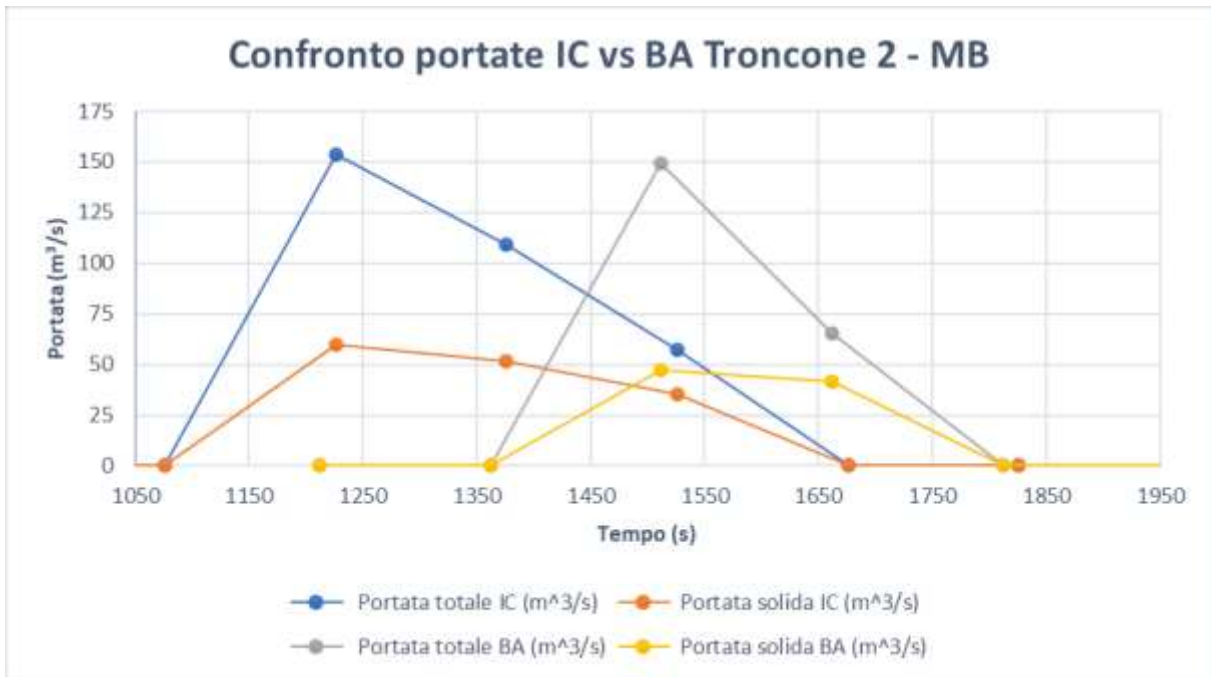


Figura 107. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta a monte della briglia filtrante

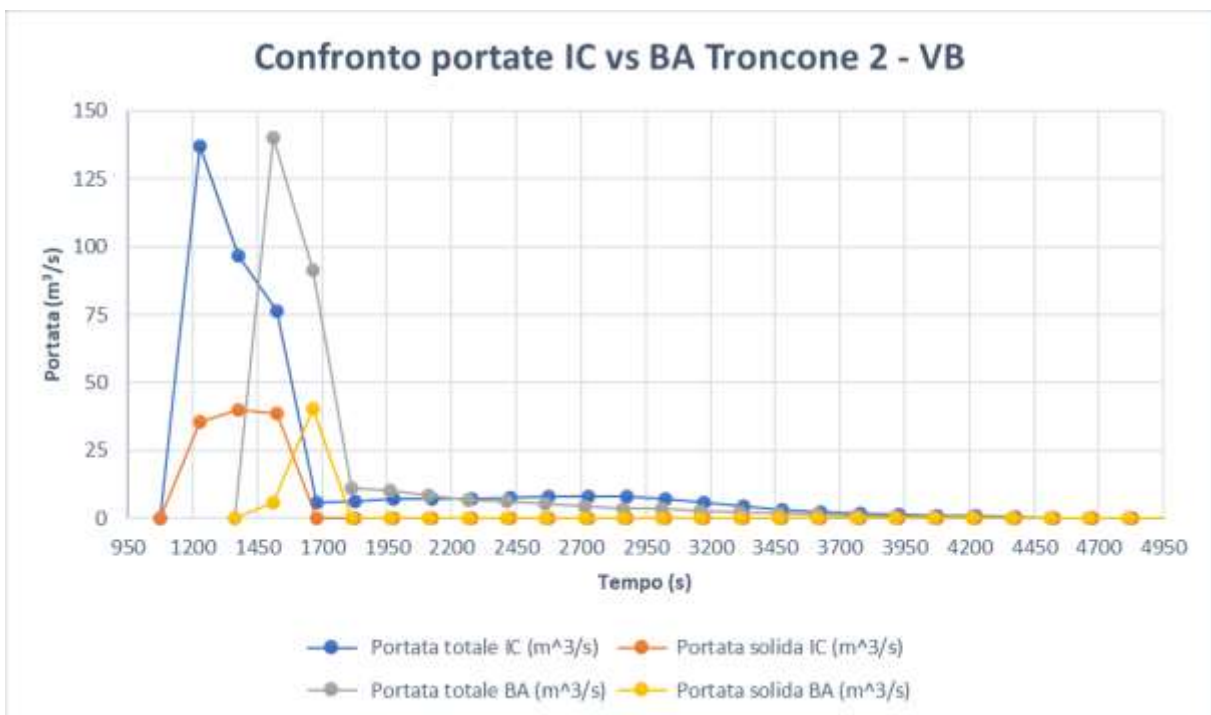
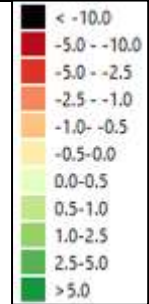
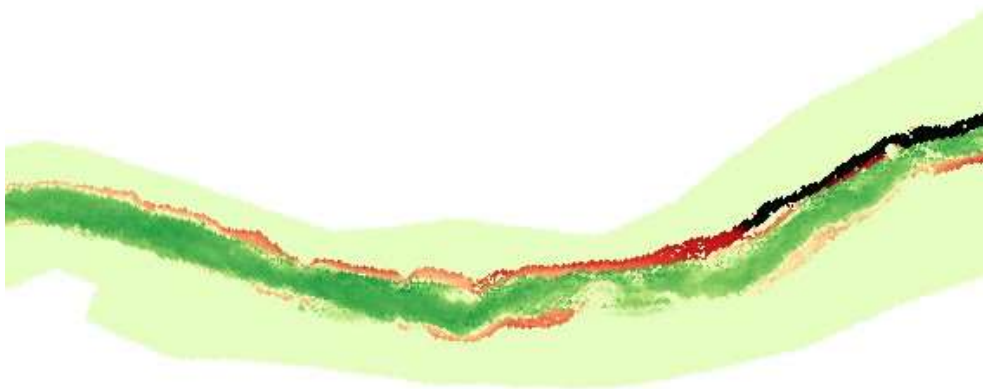


Figura 108. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta a valle della briglia filtrante

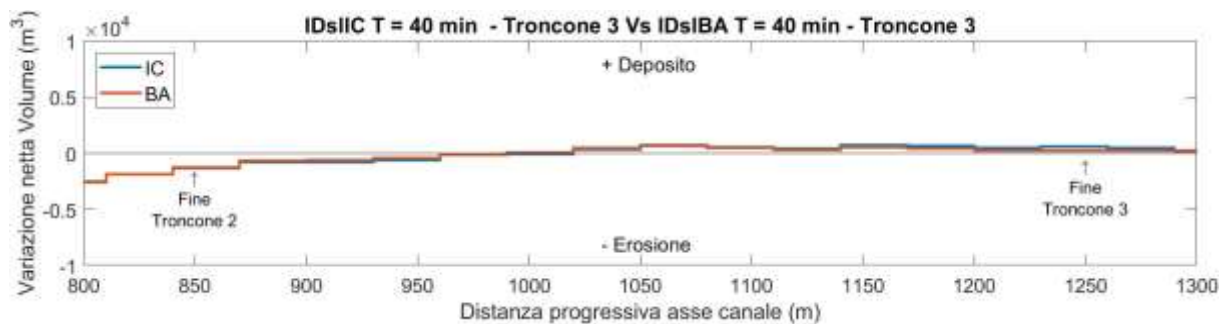
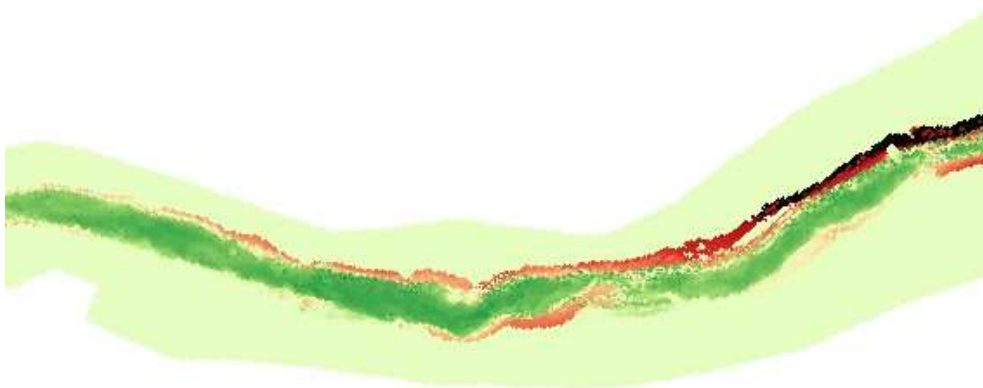
- Troncone 3 intensità costante vs Troncone 3 blocchi alterni

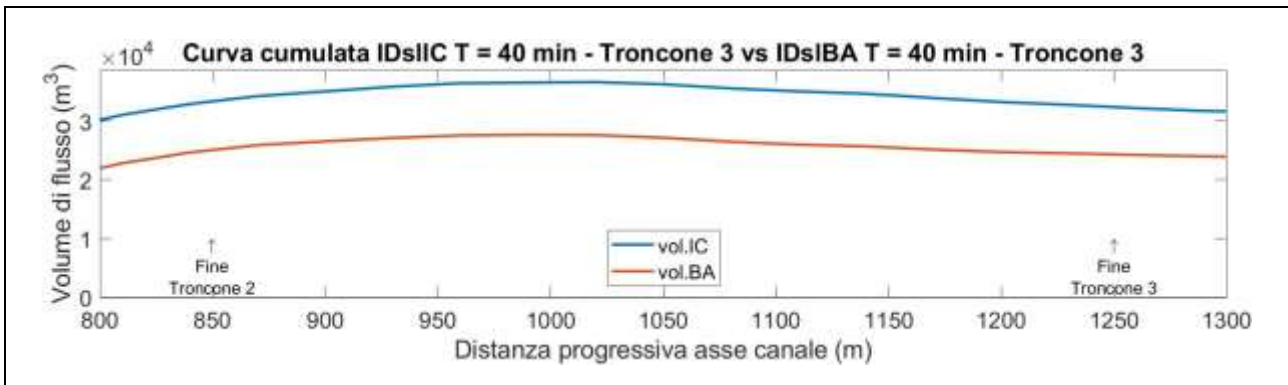
	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Andamento erosioni – depositi	Con l'idrogramma solido – liquido BA si presentano erosioni e depositi tendenzialmente più marcati.
Tratto 2	Andamento erosioni – depositi	Erosioni interessano un'area maggiore e sono leggermente più importanti con l'idrogramma solido – liquido IC.

Idrogramma solido – liquido IC



Idrogramma solido – liquido BA





Anche in questo troncone, è possibile comprendere, che il volume movimentato dalla colata detritica, simulata con l'idrogramma solido – liquido BA, presenta volumi più contenuto rispetto a quelli smosso dalla colata generata da un idrogramma solido – liquido IC. La Figura 108 descrive il raffronto tra le portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel terzo troncone di analisi.

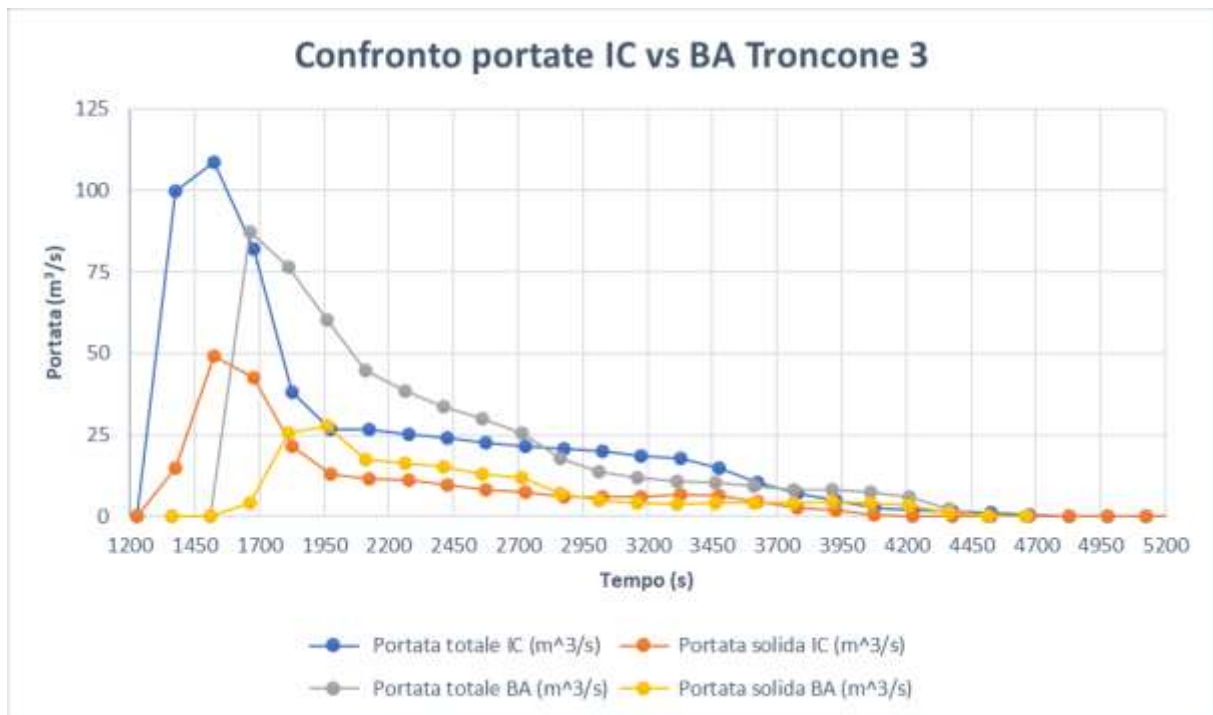
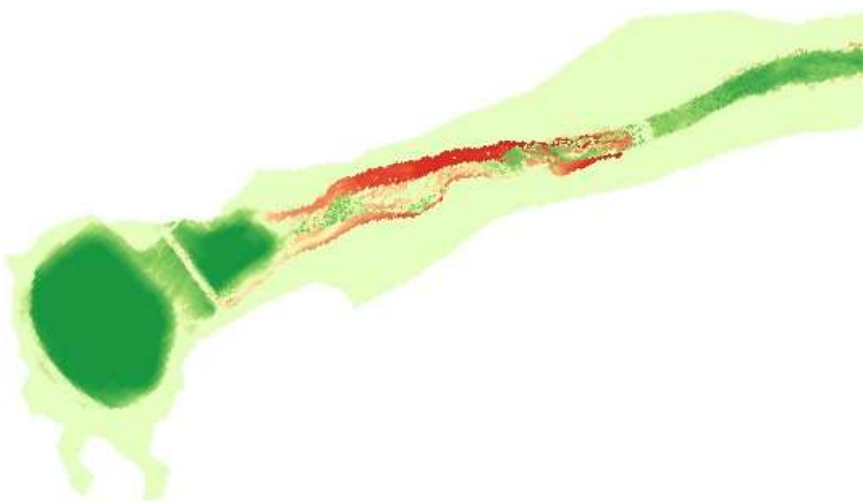


Figura 109. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 2 del troncone 3

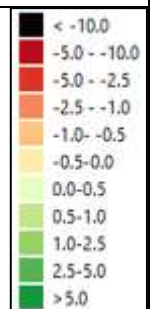
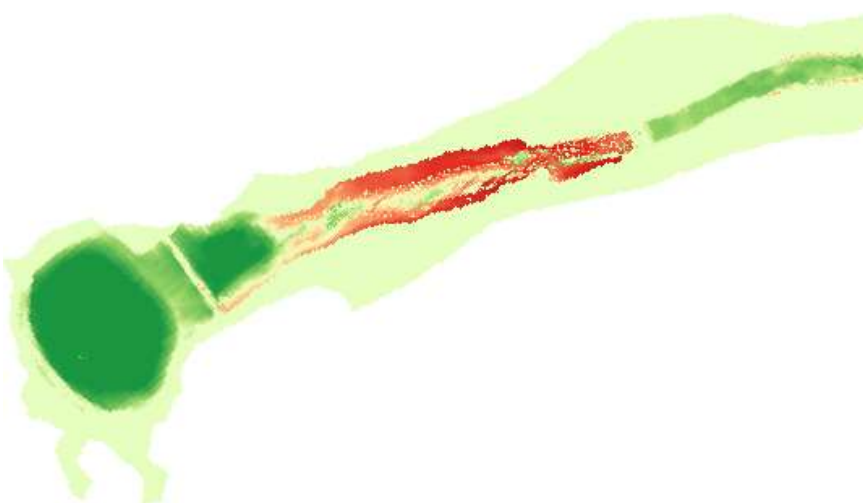
- Troncone 4 intensità costante vs Troncone 4 blocchi alterni

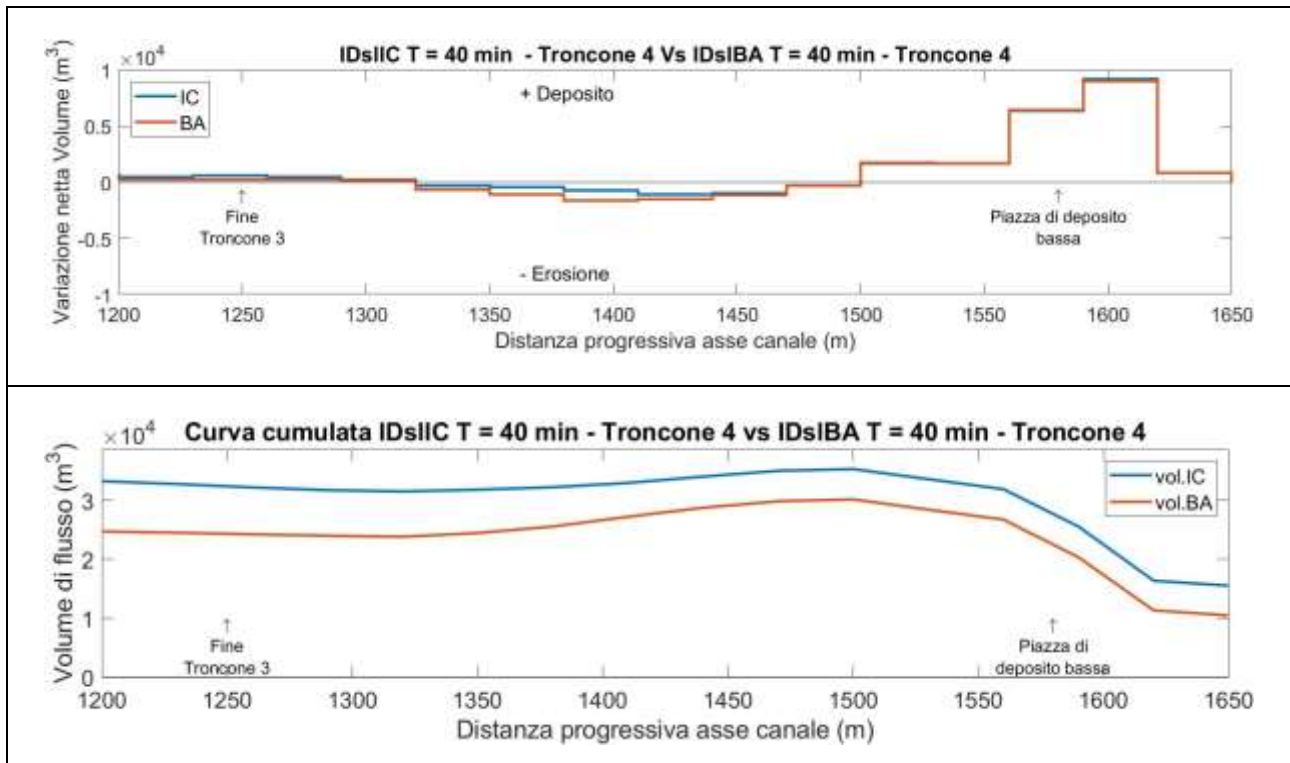
	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Erosioni molto contenute sulle due sponde.	Con idrogramma solido – liquido IC i depositi tendono essere più marcati soprattutto nella parte del tratto in curva.
Tratto 2	Andamento erosioni – depositi	Le erosioni tendono ad essere meno contenute ed interessano un'area minore in presenza di uno idrogramma solido – liquido IC. Mentre, i depositi sono meno marcati con idrogramma solido – liquido BA.
Tratto 3	Andamento erosioni - depositi	Scavi in sponda sinistra più marcati con idrogramma solido – liquido BA.
Bacino di ritenuta	Disposizione deposito all'interno dell'opera e assenza di erosioni e depositi al di fuori del bacino.	Nessuna.

Idrogramma solido – liquido IC



Idrogramma solido – liquido BA





Entranti nell'ultimo troncone di analisi è possibile valutare che il volume smosso dalla colata simulata con idrogramma solido – liquido IC è più elevato rispetto a quello smosso dalla colata determinata con un idrogramma solido – liquido BA.

Concludendo, si può dire, che in presenza di un evento di precipitazione di durata di 40 minuti le masse smosse sono più elevate nel caso in cui si utilizzi come input nel modello un idrogramma solido – liquido generato da un idrogramma ad intensità costante. Inoltre, in queste condizioni, il bacino di ritenuta posto a monte dell'abitato di Borca di Cadore ha trattenuto tutto il materiale smosso dall'evento. La Figura 109 illustra il confronto tra le portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel quarto troncone di analisi.

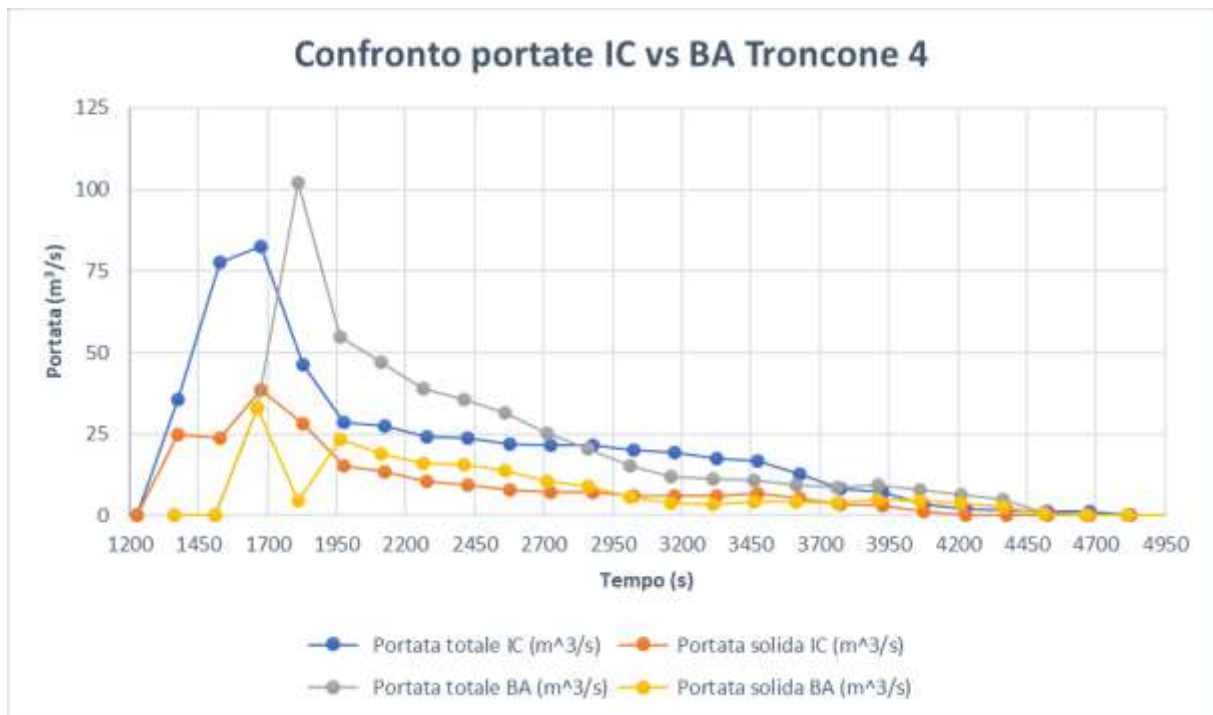


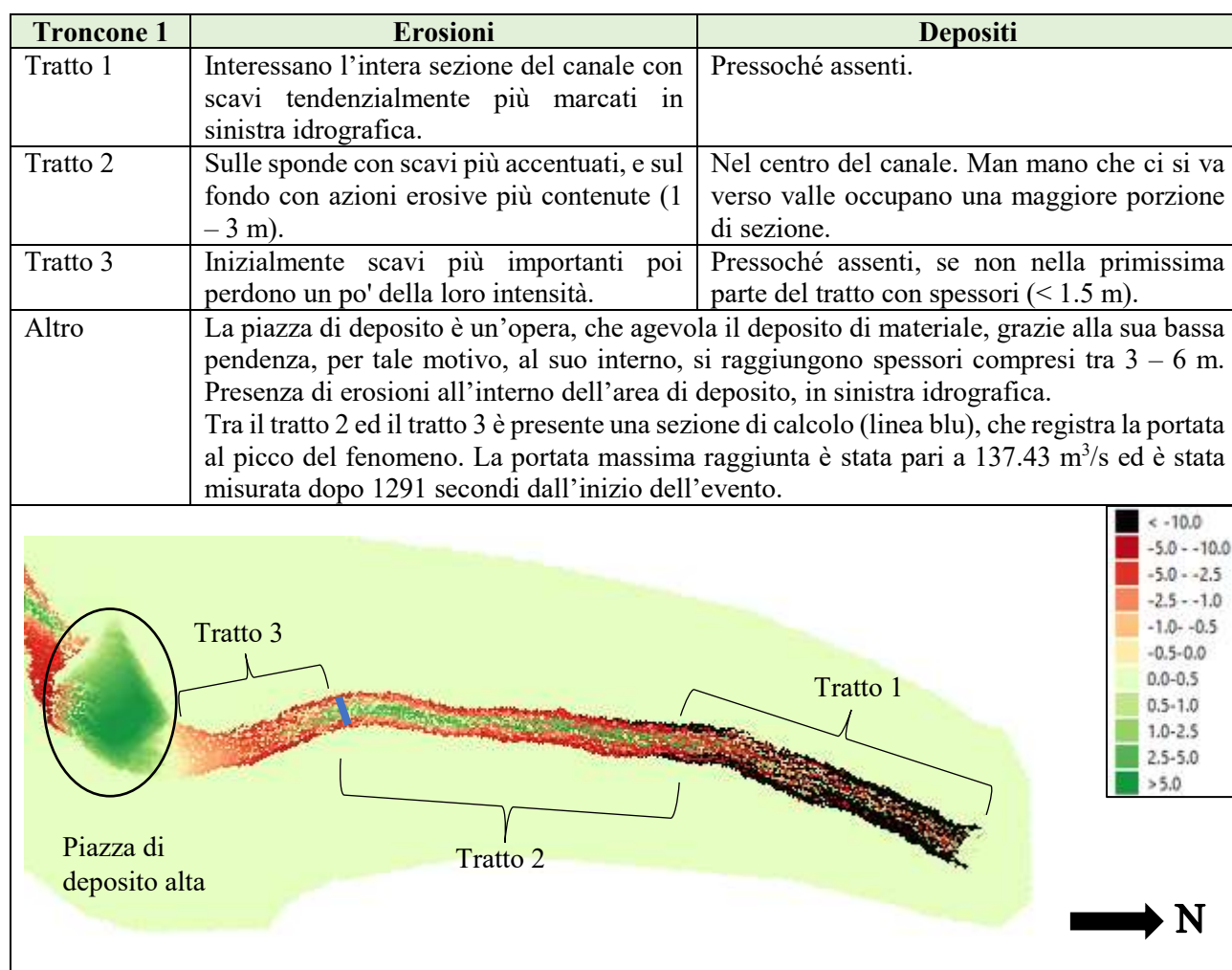
Figura 110. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 4

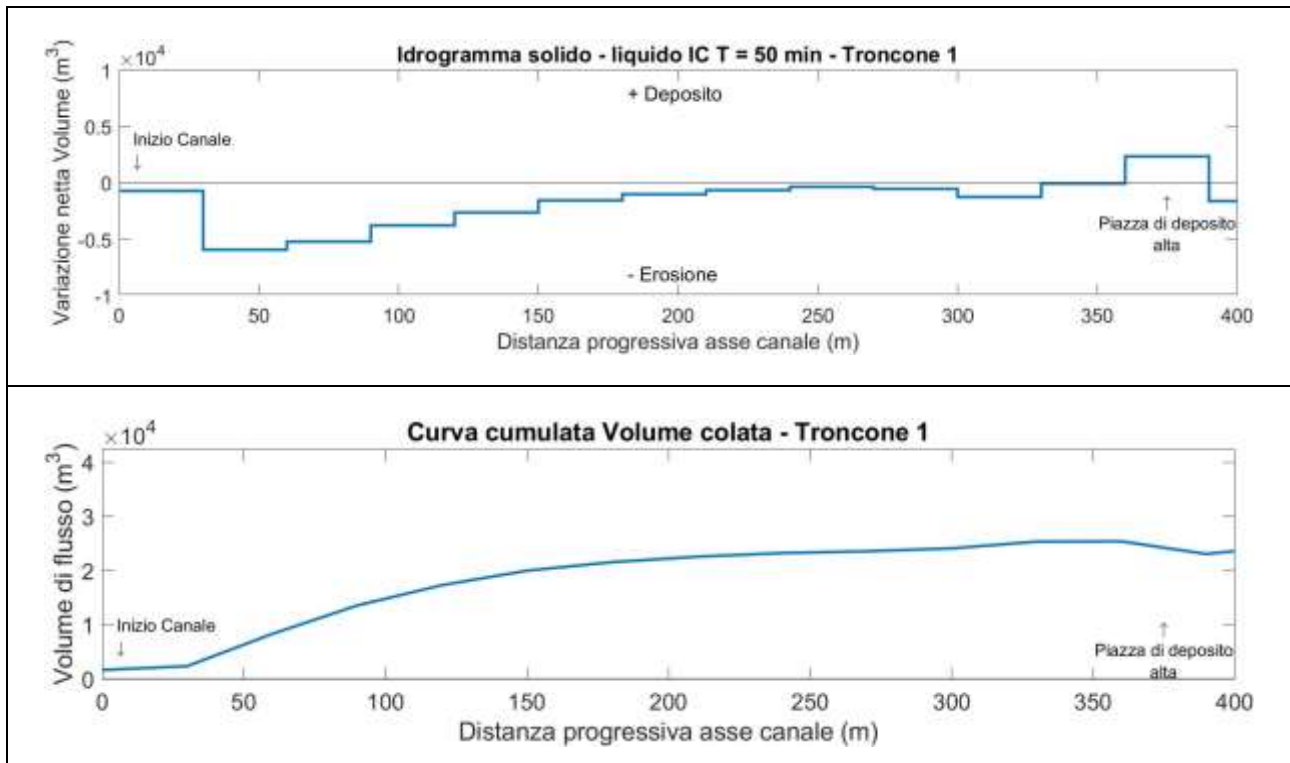
7.5. Idrogramma solido – liquido di durata 50 minuti

L'evento di precipitazione di durata 50 minuti ha dato vita ad un fenomeno di colata detritica, che è andato a formare depositi ed erosioni all'interno del reticolo oggetto di studio. Per valutare, al meglio, le erosioni e i depositi si scinde il canale in quattro tronconi di analisi, che a loro volta vengono frazionati in tratti, in modo da rendere più chiara la valutazione. Da sottolineare, che per la simulazione dell'evento si utilizzano due tipi di idrogrammi solido – liquidi, uno determinato tramite un ietogramma ad intensità di precipitazione costante, mentre, l'altro utilizzando uno ietogramma a blocchi alterni. Da sottolineare, che alla fine delle valutazioni si effettuerà un confronto dei risultati ottenuti, in modo da identificare similitudini o differenze del fenomeno in presenza dei due tipi di idrogramma.

7.5.1. Idrogramma solido – liquido IC di durata 50 minuti

Per rappresentare l'evento, che ha generato il fenomeno di colata detritica, si è utilizzato come input due idrogrammi solido – liquidi IC. Il primo posto nel canale principale, più precisamente a monte del primo troncone di analisi, mentre, il secondo è posto nel punto in cui il Bus del Diau si immette in alveo, ovvero, in prossimità della briglia filtrante. Per prendere visione dei due idrogrammi utilizzati, si può fare riferimento alla Figura 73 e alla Figura 74 del paragrafo 6.5.1.

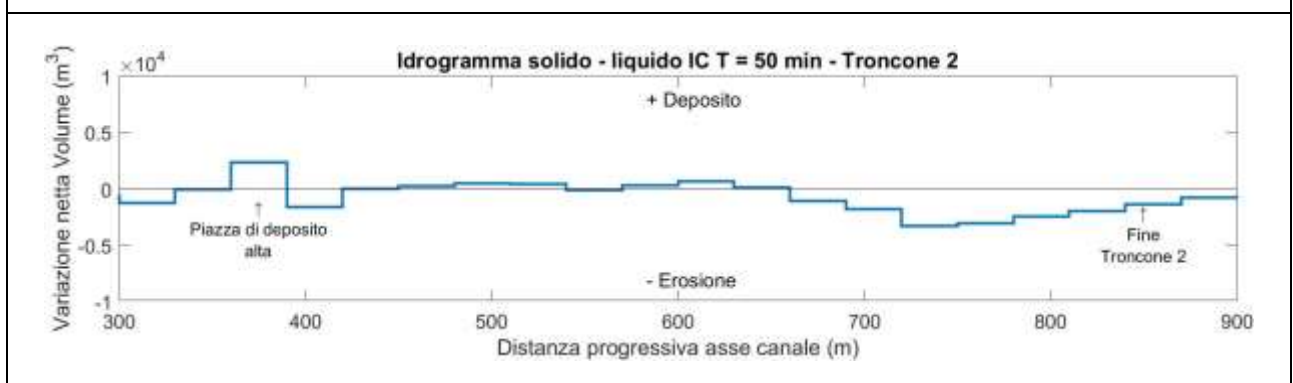
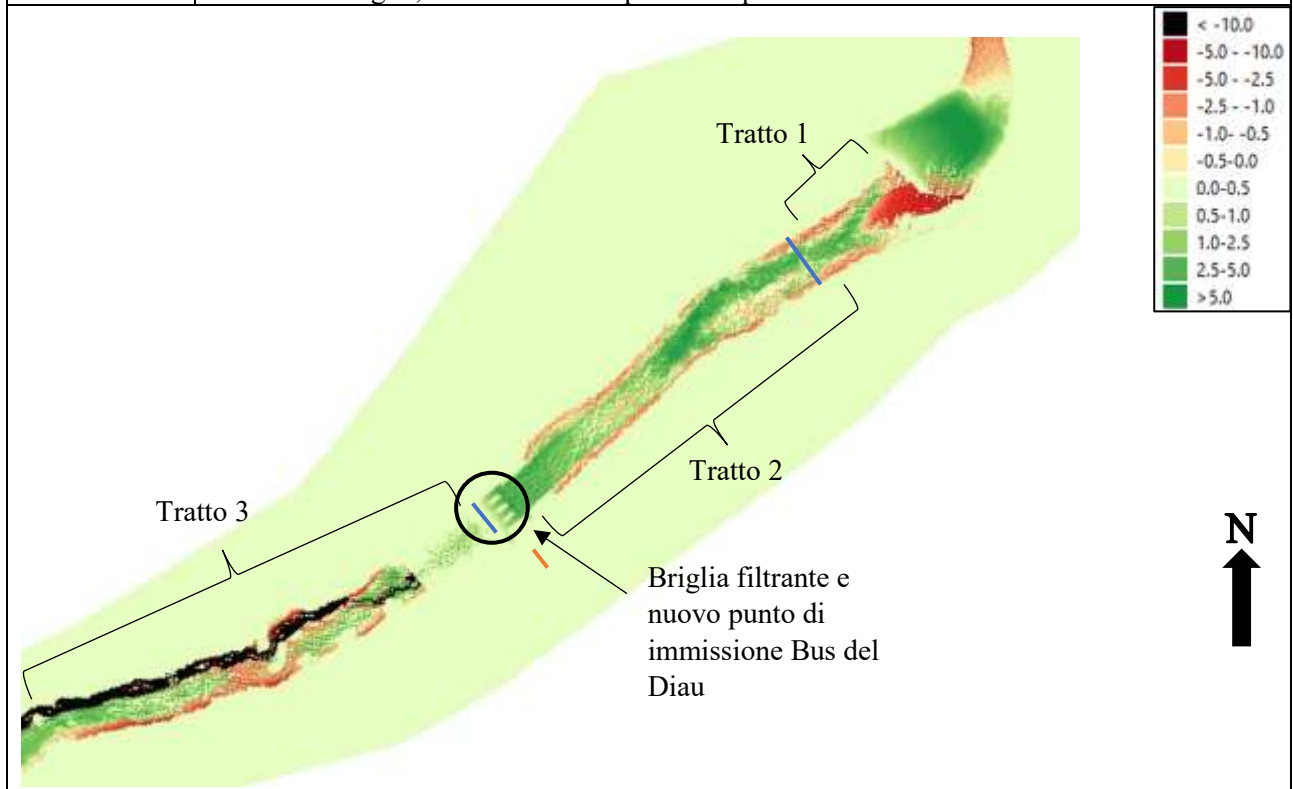


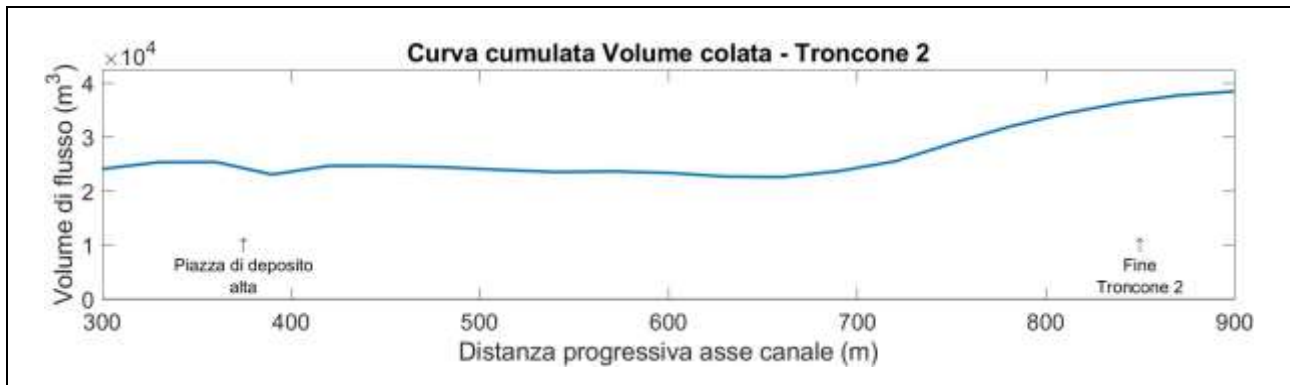


<i>Troncone 1</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
0	-707.39	1634.90
30	-5949.57	2342.29
60	-5235.73	8291.86
90	-3764.92	13527.59
120	-2670.54	17292.51
150	-1571.38	19963.05
180	-1013.46	21534.44
210	-671.42	22547.89
240	-334.09	23219.31
270	-527.74	23553.40
300	-1244.96	24081.14
330	-46.28	25326.10
360	2324.19	25372.38

Tabella 84. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 1

Troncone 2	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Subito a valle della piazza interessano l'intero canale con scavi più importanti in sinistra idrografica, verso valle interessano solo le sponde con rimozioni più contenute.	Presenti nella parte finale del tratto con spessori inferiori ai due metri.
Tratto 2	Lungo le sponde, con scavi simili, e in minima parte sul fondo. Una volta entrati nel tratto sistemato si annullano del tutto.	Occupano buona parte della sezione del canale, con spessori più importanti localizzati a monte della briglia filtrante (3 – 4 m).
Tratto 3	Assenti nella parte di alveo sistemato. Superata quest'rea si fanno ragguardevoli soprattutto in destra idrografica, dove si hanno rimozioni di materiale molto alto. Presenti anche in sponda sinistra ed in minima parte sul fondo, con scavi meno importanti.	Nella parte centrale con spessori inizialmente contenuti e poi via via sempre più importanti.
Altro	All'interno del troncone sono state inserite due sezioni di calcolo (linee blu), che misurano la portata transitata durante il fenomeno. La prima, posta tra il tratto 1 e il tratto 2, ha misurato una portata al picco pari a 142.47 m ³ /s, mentre, la seconda, posizionata subito a valle della briglia, ha misurato una portata al picco di 118.60 m ³ /s.	

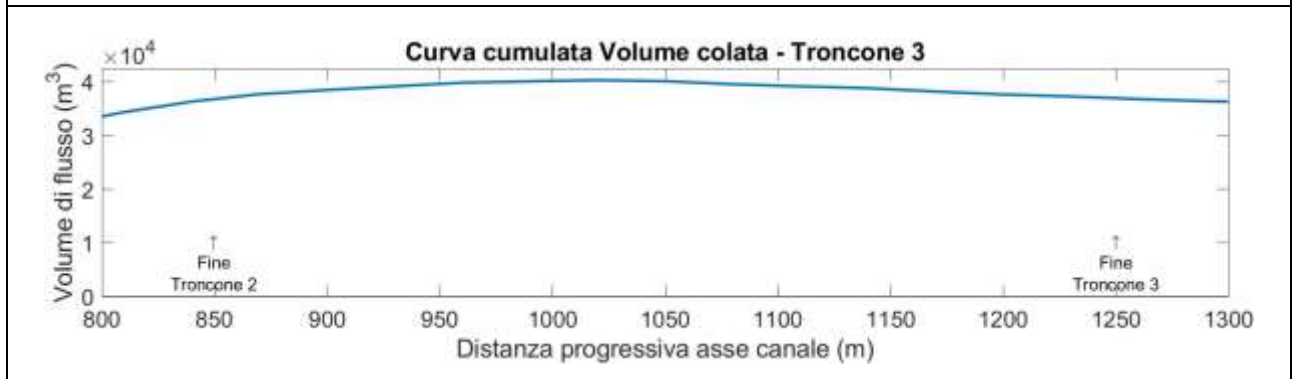
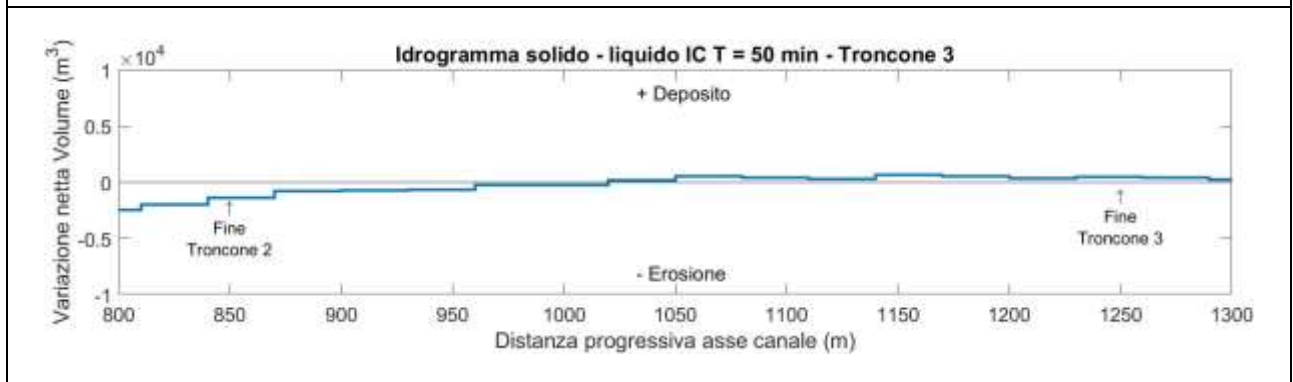
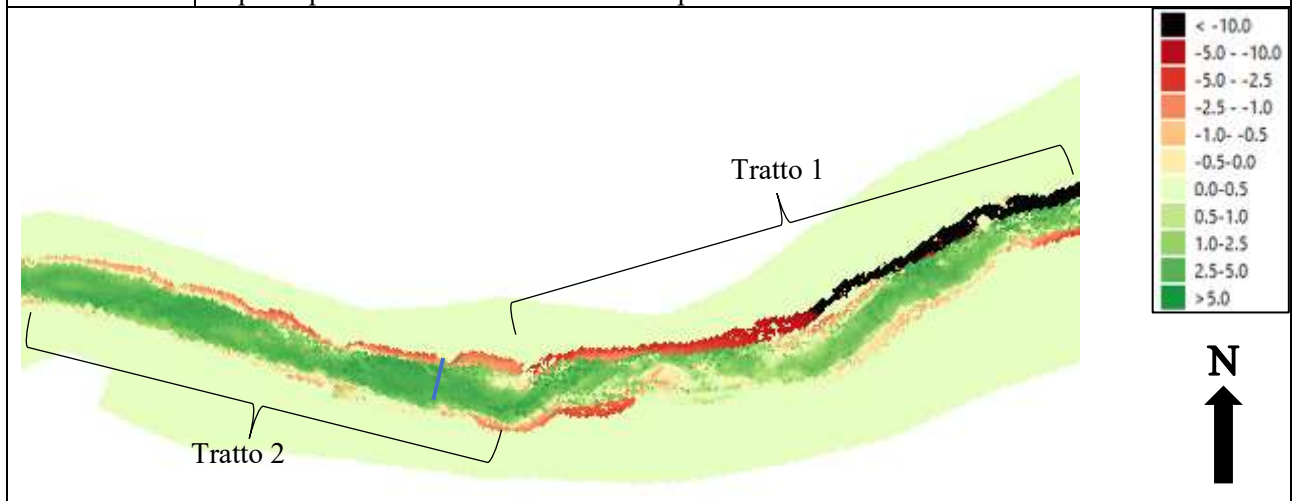




Troncone 2		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
390	-1610.70	23048.18
420	-10.46	24658.89
450	243.35	24669.35
480	486.67	24426.00
510	418.13	23939.33
540	-120.31	23521.20
570	284.95	23641.51
600	669.27	23356.56
630	97.94	22687.29
660	-1080.76	22589.35
690	-1822.77	23670.11
720	-3307.74	25492.88
750	-3064.55	28800.63
780	-2487.58	31865.18
810	-1963.44	34352.76
840	-1376.35	36316.19

Tabella 85. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 2

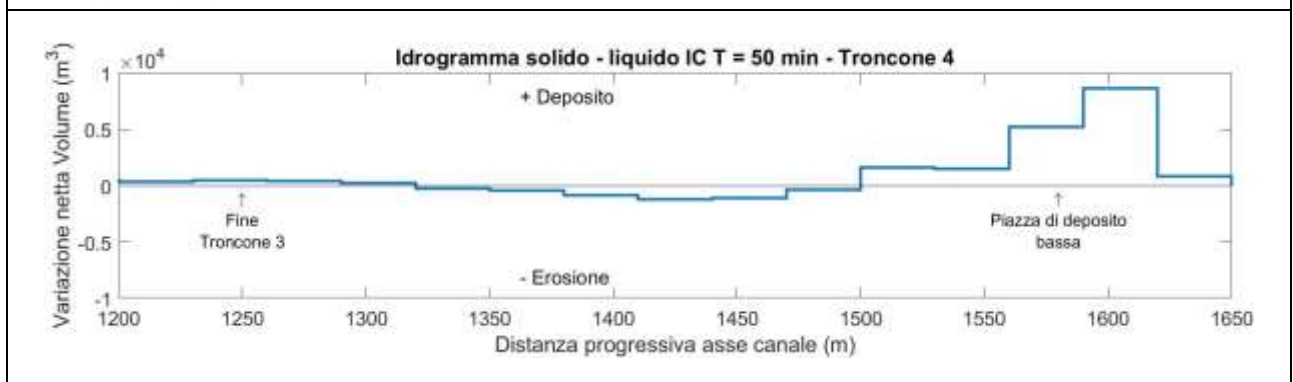
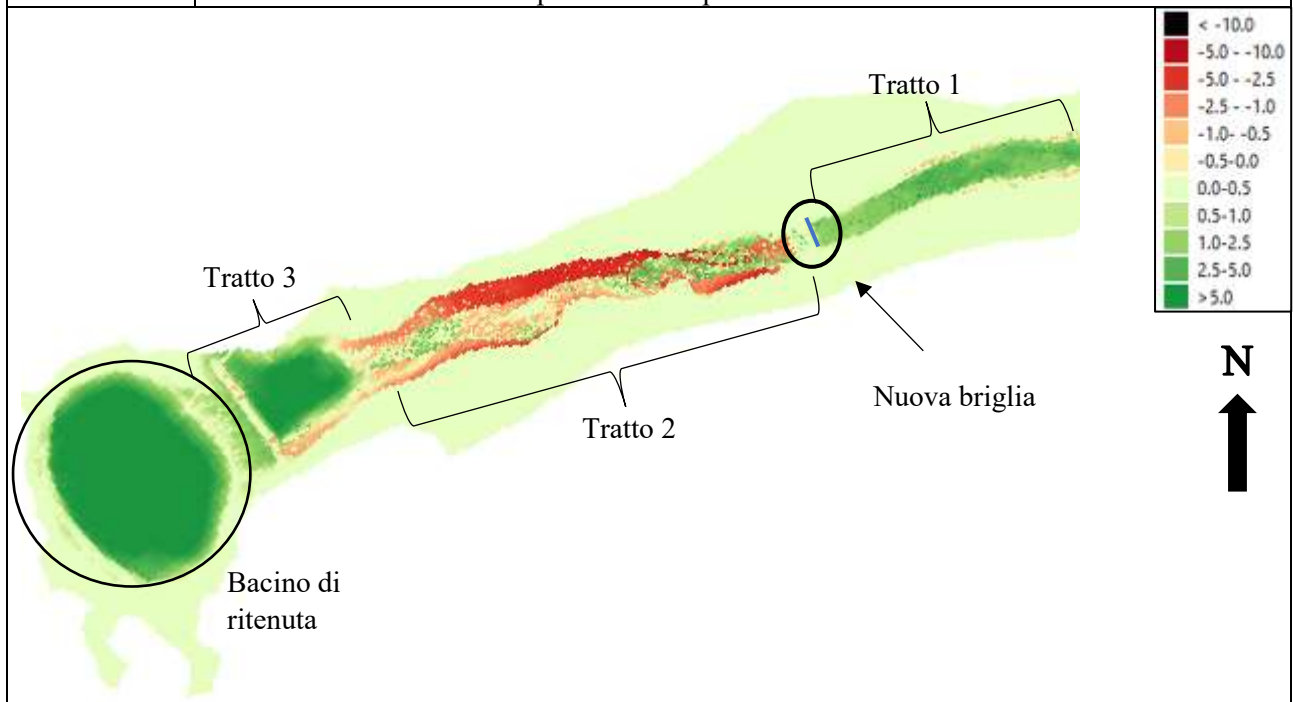
Troncone 3	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Lungo le due sponde con scavi contenuti in sponda sinistra, che però, nel tratto finale si accentuano. Invece, in destra si hanno scavi con rimozioni molto alte, che, man mano che ci si sposta verso valle diventano meno intense.	Inizialmente presentano spessori di < 3 m, poi diminuiscono fino a raggiungere spessori di circa mezzo metro ed infine tornano ad aumentare in presenza delle due curve, indice del fatto che la colata ha rallentato
Tratto 2	In sponda destra con scavi, che diminuiscono man mano, che ci si muove per il troncone successivo. Scavi localizzati in sponda destra con rimozioni inferiori al metro.	Occupano buona parte della sezione del canale con spessori importanti (< 3.5 m).
Altro	Nel tratto 2 è inserita una sezione di analisi della portata (linea blu), che registra una portata al picco pari a 113.43 m ³ /s. Misurata dopo 1441 secondi dall'inizio dell'evento.	

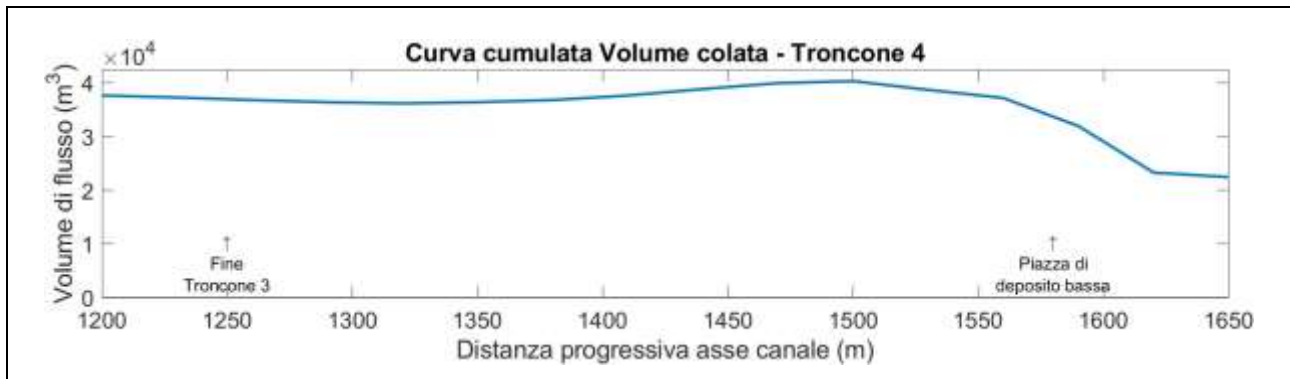


Troncone 3		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
870	-766.32	37692.54
900	-698.03	38458.86
930	-668.36	39156.89
960	-253.73	39825.25
990	-216.80	40078.98
1020	193.33	40295.78
1050	569.77	40102.46
1080	393.91	39532.69
1110	327.71	39138.78
1140	637.57	38811.07
1170	544.08	38173.50
1200	374.28	37629.42
1230	479.79	37255.13
1260	402.52	36775.34

Tabella 86. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 3

Troncone 4	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Quasi nulle, se non per brevi tratti lungo le sponde, dove si registrano rimozioni inferiori a 0,5 m.	Spessori importanti, compresi tra i 2 e tre metri di altezza.
Tratto 2	Interessano buona parte del tratto con scavi più importanti in destra idrografica dove l'area interessata è maggiore, mentre, in sinistra presentano la stessa intensità, ma si sviluppano su di una zona più contenuta.	Inizialmente abbastanza marcati (1 -2 m), poi si annullano del tutto per ripresentarsi alla fine del tratto.
Tratto 3	Lungo la sponda sinistra con scavi inferiori al metro.	Dopo al tratto scavato occupano quasi l'intero canale con spessori < 5,5 m
Altro	Subito a valle della briglia è presente una sezione di analisi (linea blu), che misura la portata transitata e quello, che emerge è che la portata al picco è pari a 100,60 m ³ /s, misurata dopo 26 minuti dall'inizio dell'evento. Il bacino di ritenuta, posto a protezione dell'abitato di Borca, risulta essere completamente riempita dal materiale trasportato dalla colato. Inoltre, si evidenzia la totale assenza di erosioni o depositi al di fuori dell'opera, indicando che tutto il materiale movimentato è stato trattenuto dalla varie opere di difesa poste nel canale.	





Dal grafico e dalla tabella sottostante è possibile comprendere, che il bacino di ritenuta è stato in grado di trattenere tutto il materiale movimentato dall'evento, come di fatto già descritto all'interno della valutazione fotografica del fenomeno.

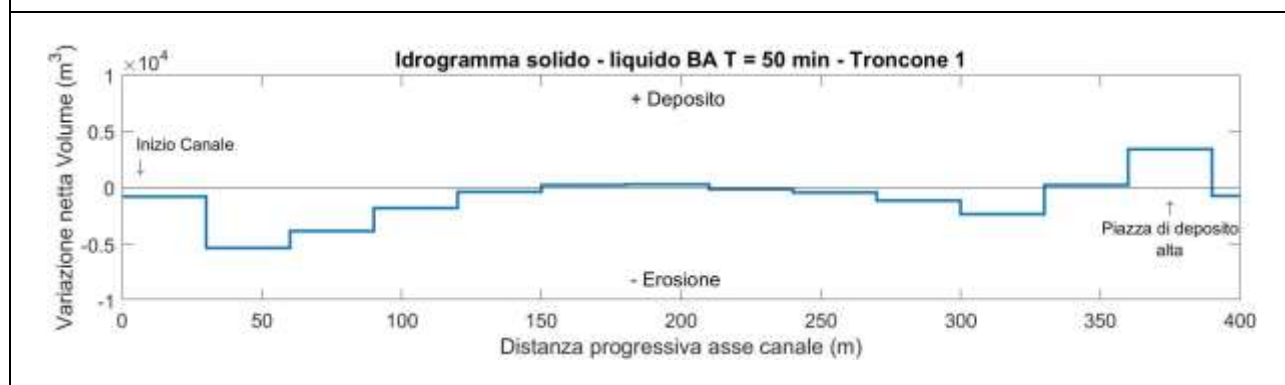
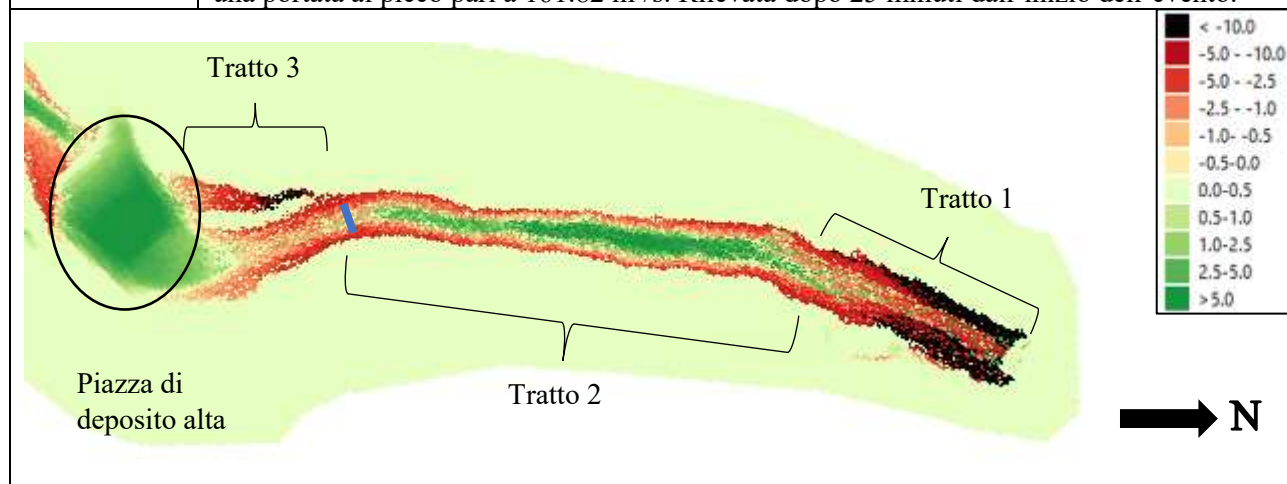
Troncone 4		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
1290	211.99	31773.38
1320	-292.14	31561.39
1350	-422.62	31853.53
1380	-726.57	32276.16
1410	-1075.70	33002.72
1440	-980.92	34078.42
1470	-296.70	35059.34
1500	1711.14	35356.04
1530	1708.26	33644.90
1560	6348.56	31936.65
1590	9189.97	25588.08
1620	846.93	16398.11
1650	0.00	15551.17

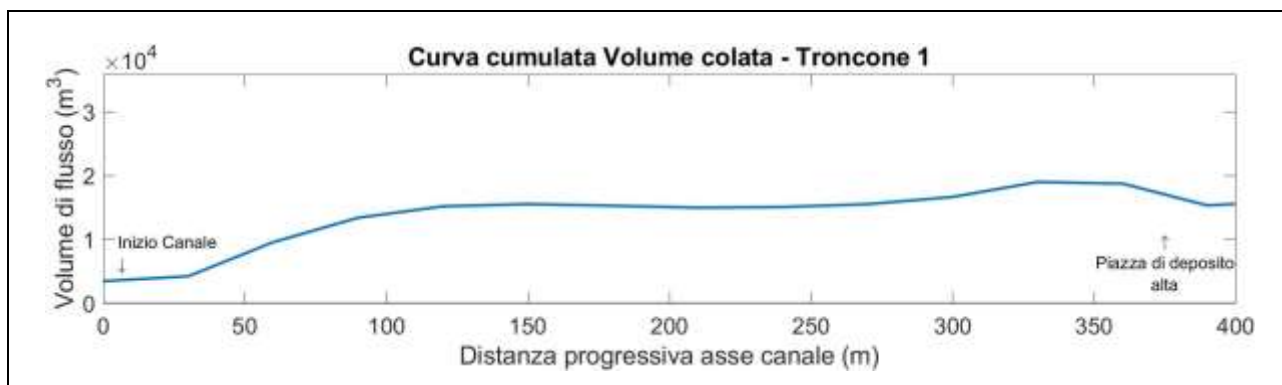
Tabella 87. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 4

7.5.2. Idrogramma solido – liquido BA di durata 50 minuti

Per illustrare l'evento, che ha dato vita al fenomeno di colata detritica, si è usato come input due idrogrammi solido – liquidi. Il primo posizionato dentro il canale principale, più precisamente, a monte del primo troncone di analisi, mentre, il secondo è inserito nel punto di immissione del Bus del Diau, corso d'acqua secondario che presenta portate prettamente liquide. Per esaminare i due idrogrammi utilizzati, si può fare riferimento alla Figura 75 e alla Figura 76 poste entrambe nella parte iniziale del paragrafo 6.5.2.

Troncone 1	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Interessano l'intera sezione del canale con scavi considerevoli lungo le sponde.	Pressoché assenti.
Tratto 2	Lungo le sponde con scavi importanti.	All'interno dell'alveo con spessori < 4 – 6 m
Tratto 3	Presenti lungo l'intero tratto con scavi più importanti sulle sponde, mentre, sul fondo sono più contenuti. Nascita di un canale secondario, in destra idrografica, a causa degli eccessi scavi sulla sponda destra.	Presenti nella parte finale del tratto, con spessori inferiori ai due metri. Essi derivano dal deposito trattenuto dalla piazza, che in parte ha risalito il canale.
Altro	La piazza di deposito è un'opera di difesa, che ha il compito di trattenere tutto o parte del materiale trasportato dalla colata. Questo è possibile grazie alla sua ridotta pendenza, che fa perdere velocità al fenomeno e quindi quest'ultimo rilascia del materiale, che nel caso specifico ha raggiunto spessori inferiori ai 6 – 7 m. Nel tratto finale è presente una sezione di analisi della portata (linea blu), che ha misurato una portata al picco pari a 161.82 m ³ /s. Rilevata dopo 25 minuti dall'inizio dell'evento.	

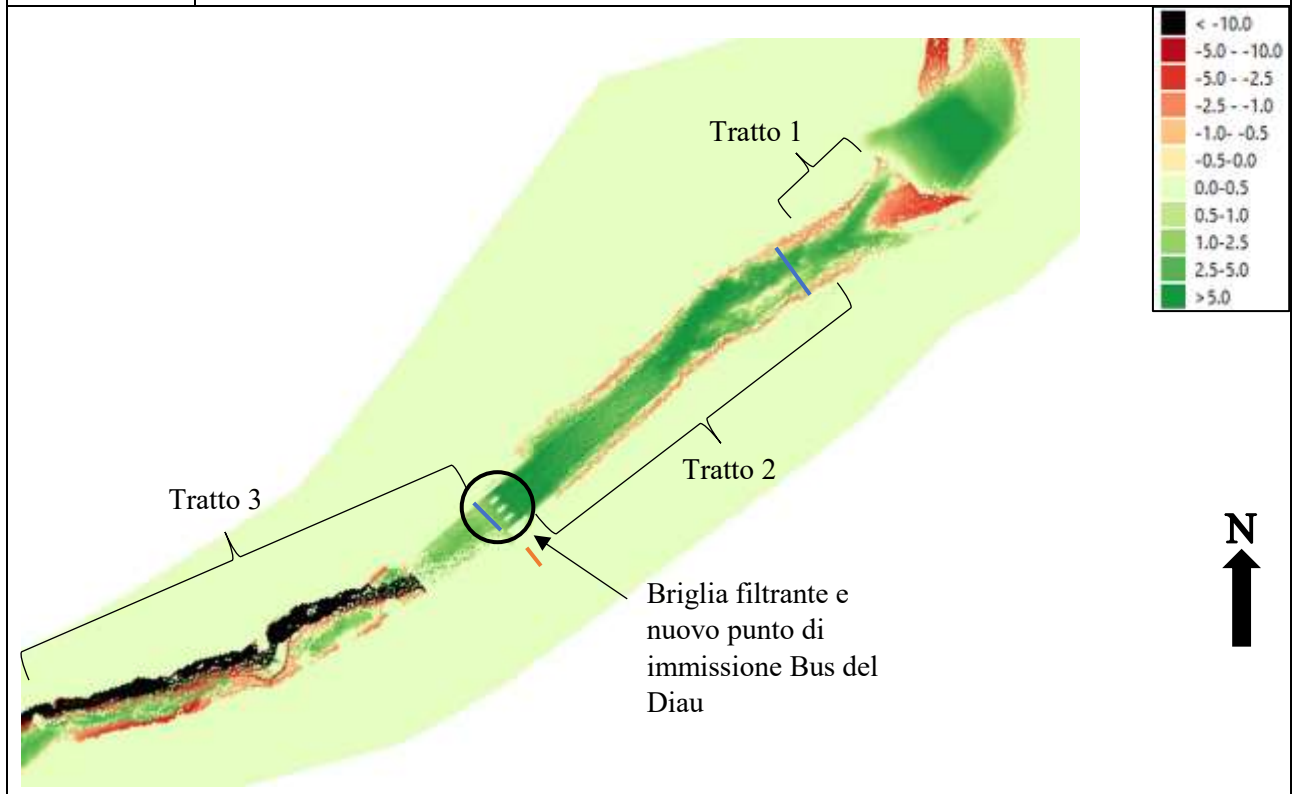


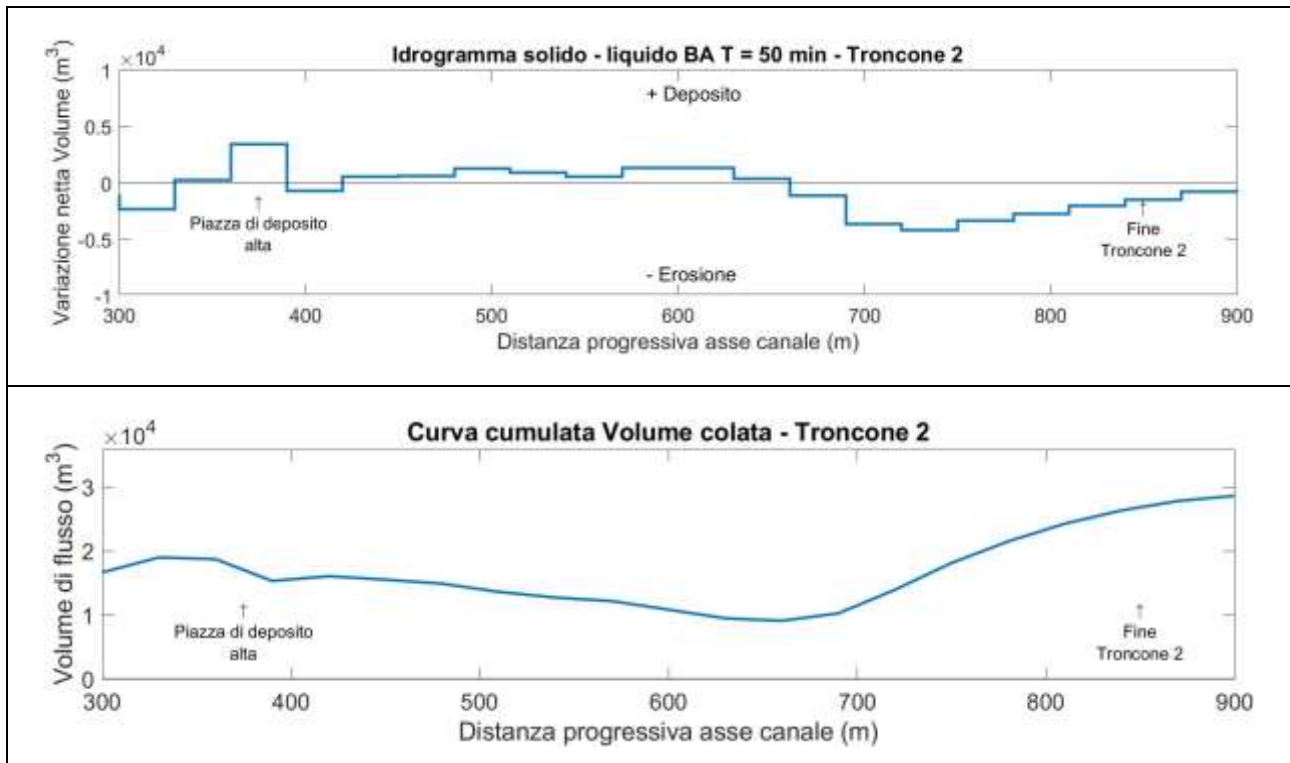


Troncone 1		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
0	-757.75	3435.70
30	-5342.64	4193.45
60	-3841.06	9536.10
90	-1792.23	13377.16
120	-345.52	15169.39
150	253.70	15514.91
180	302.57	15261.21
210	-99.35	14958.64
240	-447.65	15057.98
270	-1130.11	15505.63
300	-2344.23	16635.74
330	262.14	18979.97
360	3413.47	18717.83

Tabella 88. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 1

Troncone 2	Erosioni	Depositi
Tratto 1	In sinistra idrografica interessano sia il fondo, che la sponda, mentre, in destra si verificano solo lungo la sponda con scavi importanti.	Nella parte finale del tratto con spessori inferiori ai 4 m.
Tratto 2	Si sviluppano lungo le due sponde con intensità simile, da segnalare, che una volta che il fenomeno entra nel tratto di alveo sistemato non riesce più a generare erosioni.	Occupano quasi l'intera sezione del canale con spessori medi inferiori ai 3 m. In alcuni punti raggiungono altezze anche pari a 5 m, ovvero, nella parte iniziale del tratto a monte della briglia filtrante.
Tratto 3	Inizialmente nulli, ma quando la colata, unita alle portate prettamente liquide del Bus del Diau, escono dall'alveo sistemato, generano delle fortissime erosioni lungo la sponda destra, mentre in sinistra idrografica e sul fondo risultano essere molto più contenute ed inoltre interessano un'area molto minore.	Presenti a valle della briglia con spessori inferiori ai due metri. Inoltre, si localizzano all'interno del canale non sistemato con spessori inizialmente contenuti (<1 m) e poi via via più importanti (2 – 3 m).
Altro	All'interno del troncone sono inserite due sezioni di analisi (linee blu), che misurano la portata transitata durante l'evento. La prima sezione è posta nella parte iniziale del tratto due ed ha misurato una portata al picco di 184.92 m ³ /s. La seconda, posta subito a valle della briglia filtrante ha registrato una portata al picco di 133.64 m ³ /s. Entrambe verificatosi dopo 1652 secondi dall'inizio dell'evento.	

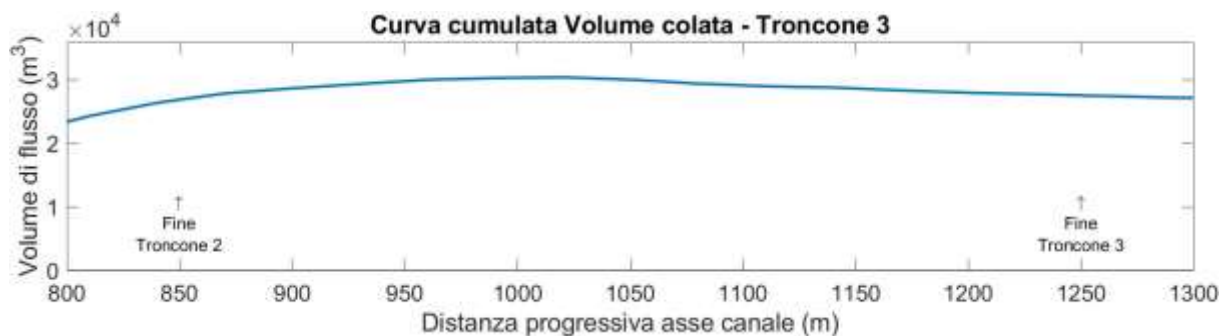
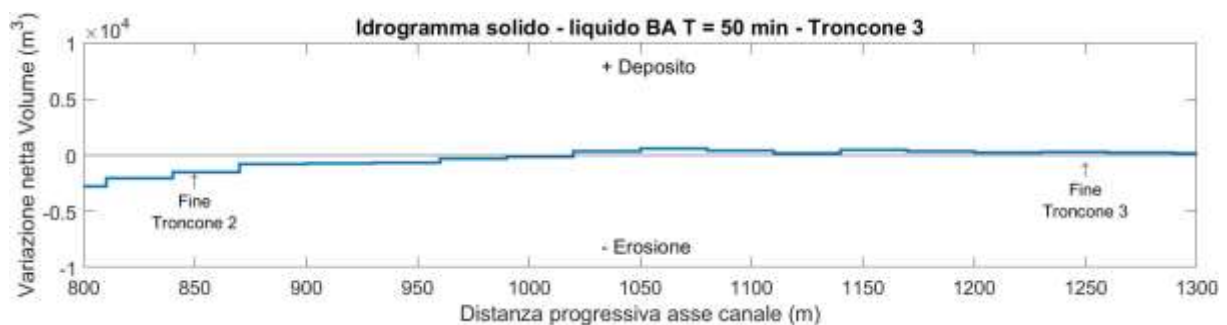
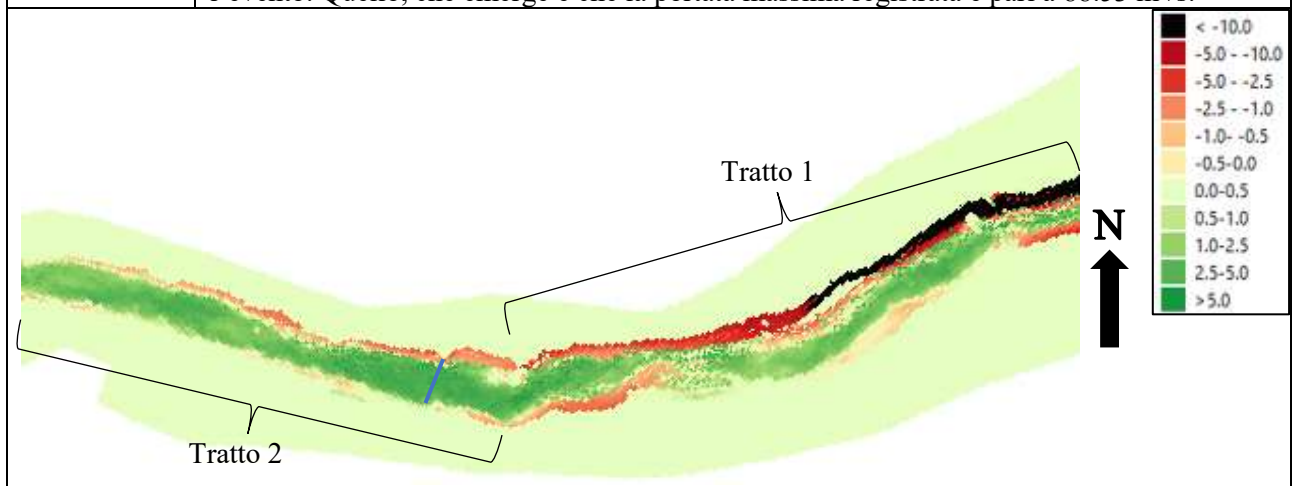




<i>Troncone 2</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
390	-735.80	15304.36
420	529.93	16040.16
450	623.80	15510.23
480	1291.19	14886.42
510	886.28	13595.23
540	554.58	12708.95
570	1344.75	12154.37
600	1347.55	10809.62
630	385.14	9462.07
660	-1164.98	9076.93
690	-3689.15	10241.91
720	-4203.64	13931.06
750	-3357.63	18134.70
780	-2765.70	21492.32
810	-2070.00	24258.03
840	-1475.86	26328.03

Tabella 89. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 2

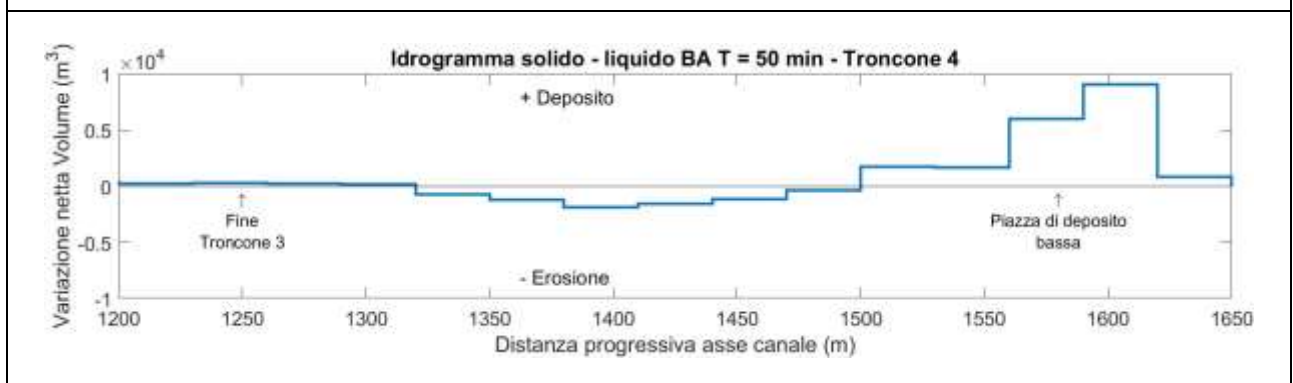
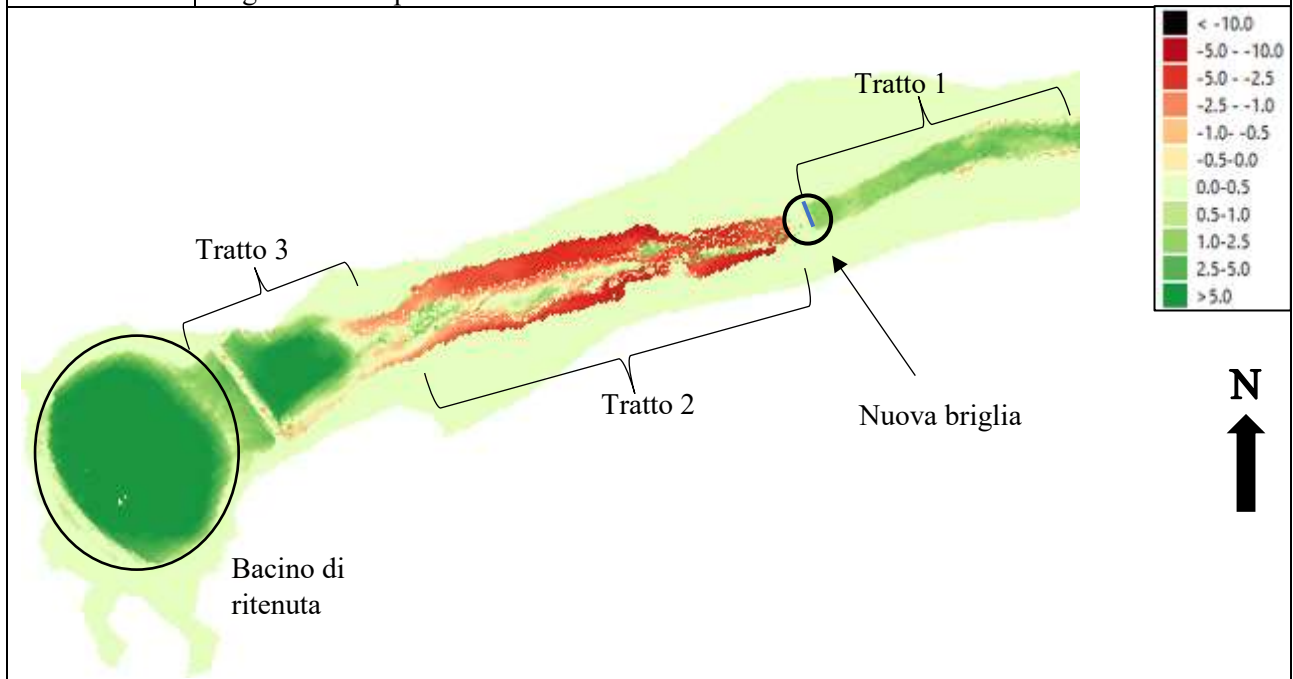
Troncone 3	Erosioni	Depositi
Tratto 1	In sponda destra determinano scavi ragguardevoli, spiegato anche dall'aumento dell'apporto liquido derivante dalla portate del Bus de Diau. Comunque, man mano, che ci muove verso valle, diventano più contenute. In sponda sinistra non si presentano in maniera continuativa e gli scavi sono più contenuti rispetto a quelli che si verificano in destra, in alcuni casi addirittura nulli.	Interessano buona parte del canale con spessori inizialmente importanti, poi diminuiscono ed infine ri aumentano indicando un rallentamento del fenomeno.
Tratto 2	Prevalentemente in sponda destra con scavi che diminuiscono di intensità, man mano che ci si sposta verso valle. Erosioni localizzate, invece, per brevissimi tratti della sponda sinistra.	Occupano buona parte del canale con spessori mai superiori ai 3 m
Altro	Nel tratto due è presente una sezione di analisi, che calcola la portata transitata durante l'evento. Quello, che emerge è che la portata massima registrata è pari a 88.53 m ³ /s.	

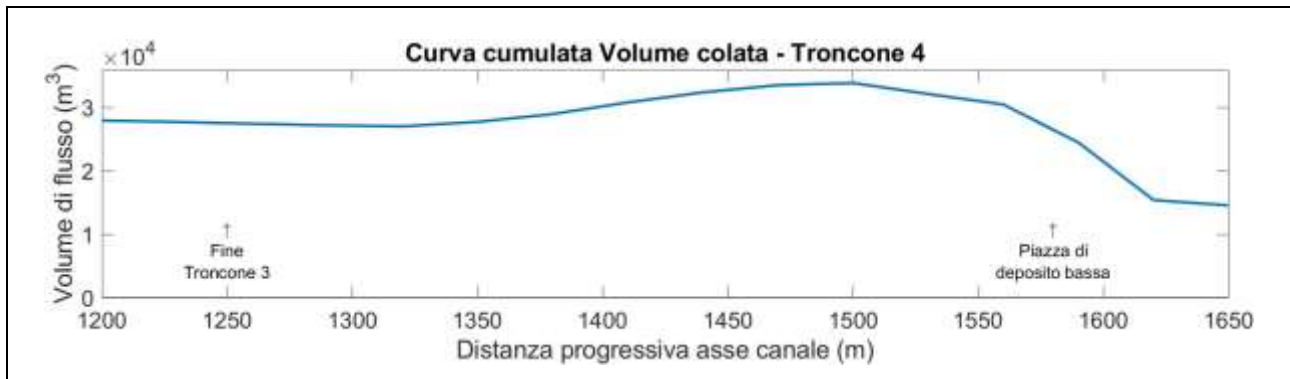


<i>Troncone 3</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
870	-807.98	27803.89
900	-691.87	28611.86
930	-654.17	29303.73
960	-275.62	29957.90
990	-116.91	30233.52
1020	372.93	30350.43
1050	622.47	29977.50
1080	419.47	29355.04
1110	190.08	28935.57
1140	462.31	28745.49
1170	364.28	28283.18
1200	229.84	27918.90
1230	284.30	27689.06
1260	248.05	27404.76

Tabella 90. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 3

Troncone 4	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Localizzate nella prima parte del tratto con scavi inferiori ai 0.5 m lungo le due sponde.	Spessori inferiori ai 2 metri, che diminuiscono man mano, che ci si avvicina alla briglia.
Tratto 2	Interessano quasi l'intero tratto con scavi più importanti localizzati lungo le sponde. Inizialmente viene interessato anche il fondo, ma poi non viene più interessato	Pressoché assenti tranne per alcune porzioni di canale dove raggiungono spessori effimeri.
Tratto 3	Lungo la sponda sinistra con scavi inferiori o assenti.	Occupano la gran parte del tratto con spessori medi di 4 – 5 m. Subito prima del bacino presenza di depositi molto contenuti.
Altro	<p>A valle della briglia è stata inserita una sezione (linea blu), che calcola la portata generata dall'evento. Nel caso specifico la portata al picco è stata raggiunta dopo 33 minuti dall'inizio dell'evento dove si sono raggiunti valori pari 143.28 m³/s, caratterizzati da una portata prettamente liquida.</p> <p>Il bacino di ritenuta area delimitata da un muro in gabbioni bassa pendenza ha il duplice compito di trattenere il materiale trasportato dalla colata e di proteggere l'abitato di Borca di Cadore. Dall'analisi si nota che il bacino risulta essere completamente riempita di materiale, ma è da sottolineare che è stata in grado di trattenere tutto il materiale arrivato fino a quel punto, anche grazie al fatto, che parte del trasporto solido è stato laminato dalla briglia filtrante posta nel secondo troncone di analisi.</p>	





Dal grafico e dalla tabella è possibile comprendere, che il bacino di ritenuta è stato in grado di trattenere tutto il materiale movimentato dall'evento.

Troncone 4		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
1290	166.74	27156.71
1320	-712.21	26989.97
1350	-1229.37	27702.18
1380	-1838.57	28931.55
1410	-1589.11	30770.12
1440	-1135.15	32359.23
1470	-333.17	33494.38
1500	1729.41	33827.55
1530	1657.61	32098.14
1560	6009.17	30440.53
1590	9063.96	24431.36
1620	849.48	15367.40
1650	0.00	14517.92

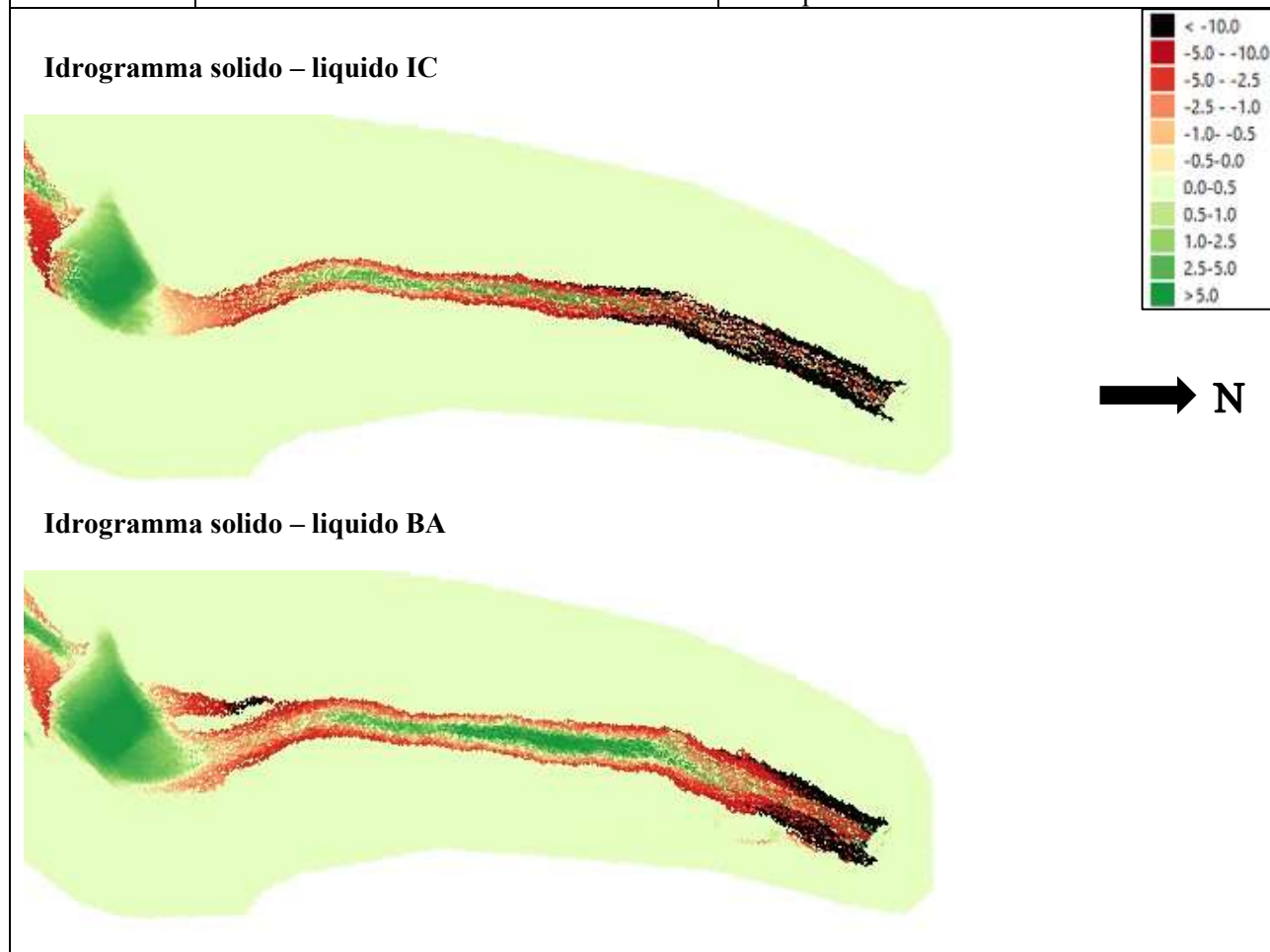
Tabella 91. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 4

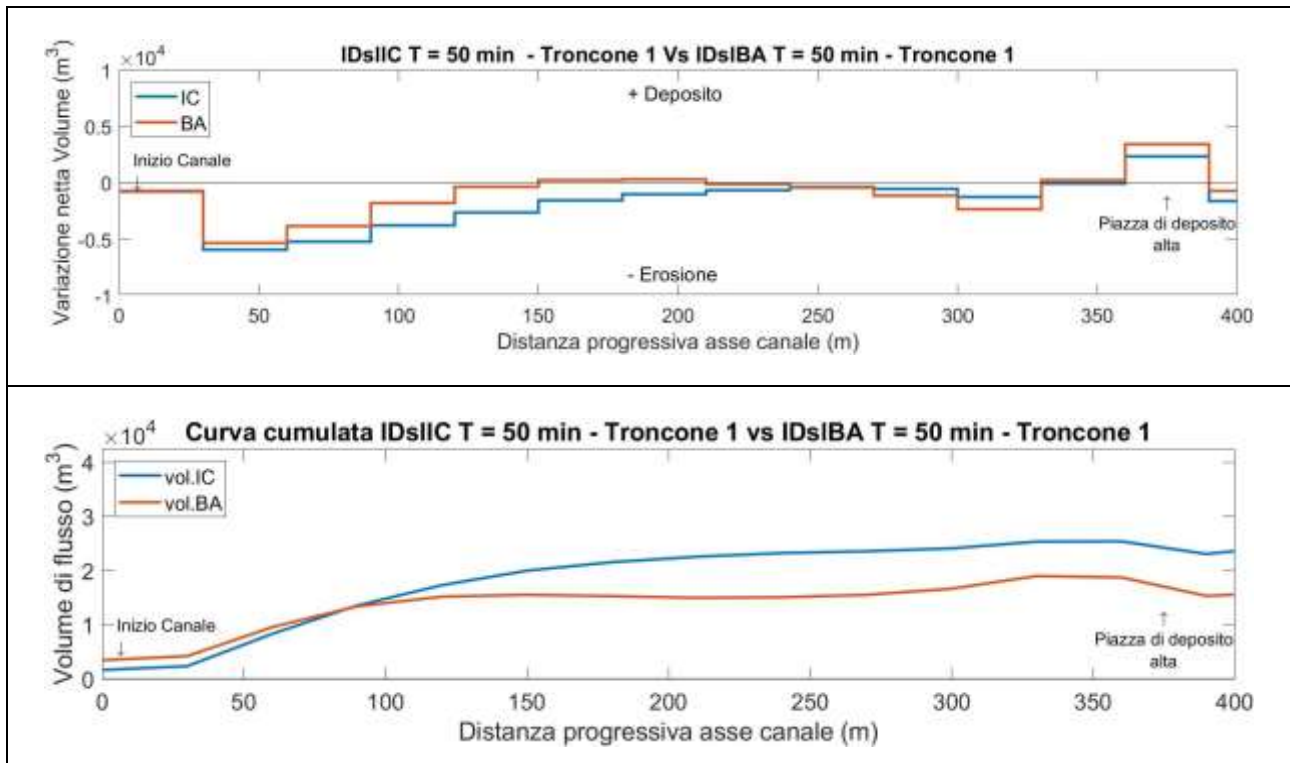
Terminata la descrizione delle erosioni e dei depositi in presenza di un evento di precipitazione di durata 50 minuti, si effettua un confronto fra i risultati ottenuti dalle due simulazioni, così si potranno individuare eventuali similitudini o differenze dei dati ottenuti nel caso in cui si utilizzino i due diversi idrogrammi.

7.5.3. Confronto idrogrammi solido – liquido IC vs Idrogrammi solido – liquido BA

- Troncone 1 intensità costante vs Troncone 1 blocchi alterni

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Nessuna	L'idrogramma solido – liquido IC presenta azioni erosive ragguardevoli per un tratto maggiore del canale, mentre, l'idrogramma solido – liquido BA erode molto le sponde andando così ad allargare l'alveo.
Tratto 2	Nessuna	Il canale risulta essere più largo, con l'idrogramma solido – liquido BA e i depositi sono molto più marcati. Invece con l'idrogramma solido – liquido IC le erosioni interessano una maggiore porzione del fondo e delle sponde.
Tratto 3	Nessuna	Canale più largo con l'idrogramma solido – liquido BA, inoltre, si forma un nuovo canale in destra idrografica a causa delle azioni erosive del fenomeno. Infine, si ha una risalita del deposito all'interno del canale.





Dal confronto tra le due curve cumulate si può notare, che inizialmente la colata generata con l'idrogramma solido – liquido BA presenta un volume più elevato. Questo è spiegato dal fatto che il volume solido di input è più importante ($3435.7 m^3$) rispetto a quello dell'idrogramma solido – liquido IC ($1634.9 m^3$). Comunque, una volta entrati nel secondo tratto, si nota che il volume cumulato generato dall'idrogramma solido – liquido IC presenta valori movimentati più importanti rispetto a quelli smossi con l'idrogramma solido – liquido BA. La Figura 110 rappresenta il raffronto tra le portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel primo troncone di analisi.

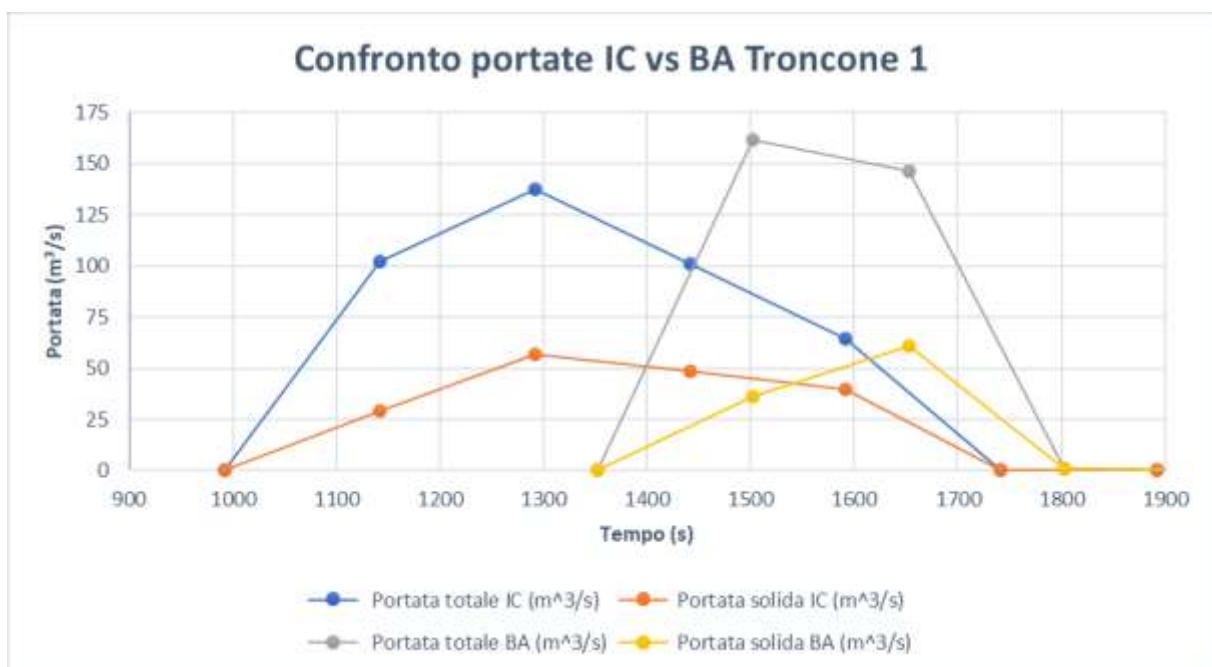
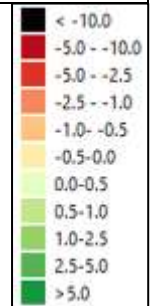
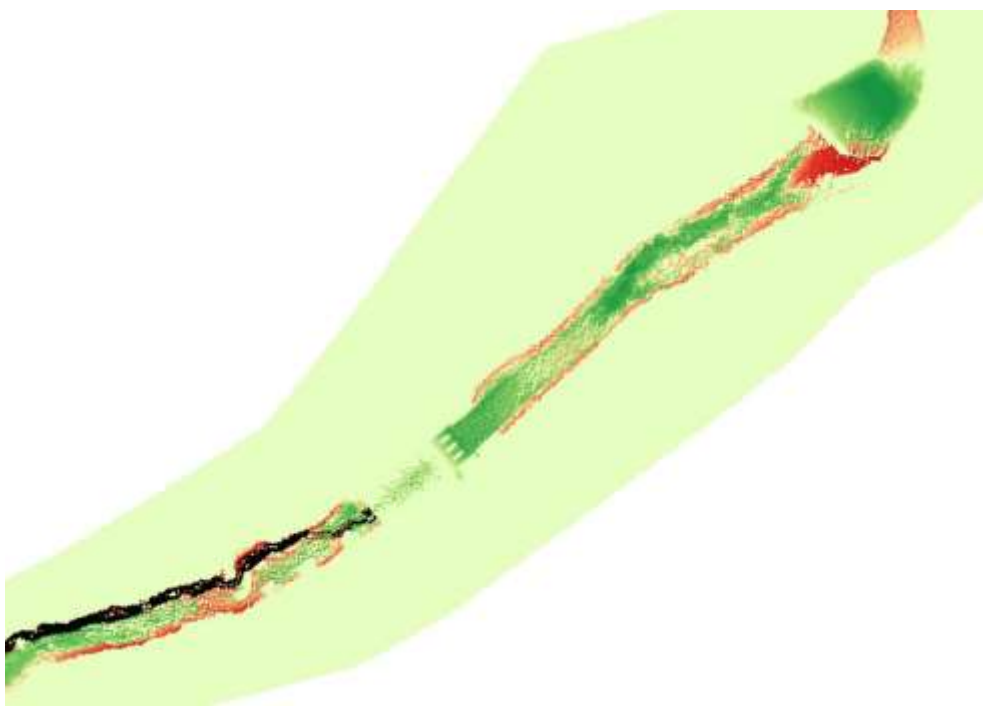


Figura 111. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 2 del troncone 1

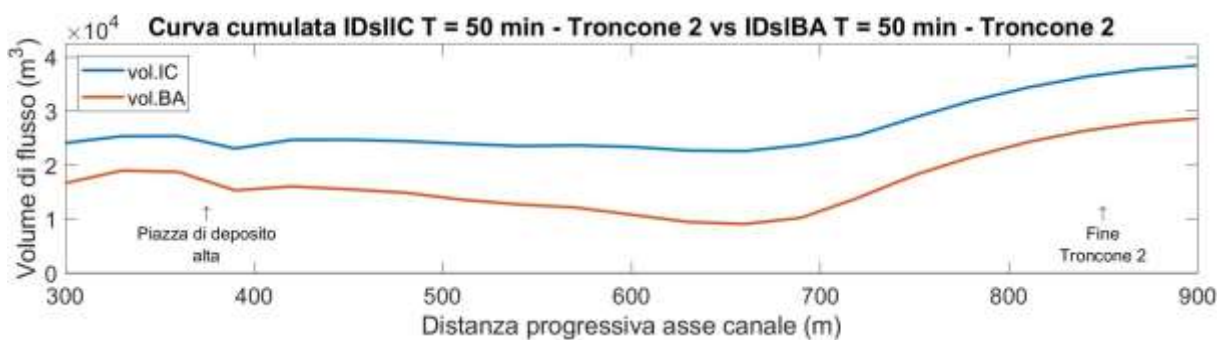
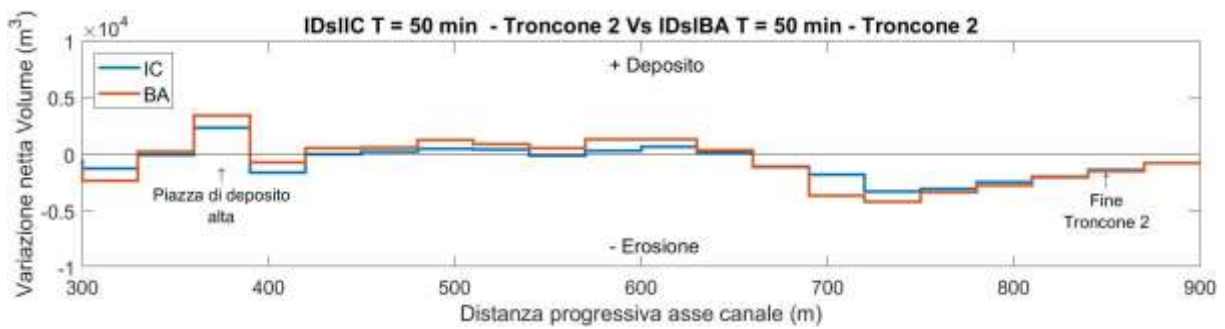
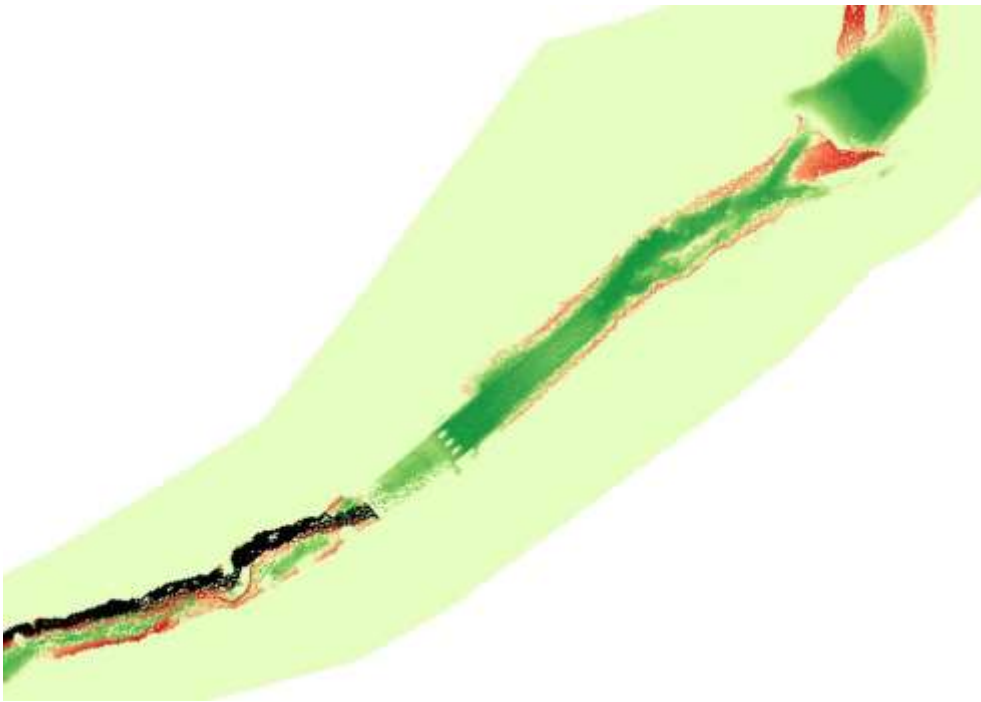
- Troncone 2 intensità costante vs Troncone 2 blocchi alterni

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Andamento erosioni – depositi	Erosioni più marcate con l'idrogramma solido – liquido IC, mentre, i depositi sono più importanti con l'idrogramma solido – liquido BA.
Tratto 2	Andamento erosioni - depositi	Con l'idrogramma solido – liquido IC le erosioni sono più considerevoli lungo le sponde e sul fondo, mentre, vi è un maggiore deposito con l'idrogramma solido – liquido BA.
Tratto 3	Erosioni lungo le due sponde	Con idrogramma ad intensità costante il deposito a valle della briglia è pressoché nullo, mentre, con l'idrogramma solido – liquido BA è molto più marcato. L'idrogramma solido – liquido BA tende ad erodere una maggiore porzione di sponda e di fondo.

Idrogramma solido – liquido IC



Idrogramma solido – liquido BA



Nel troncone due la curva cumulata individuata con l'idrogramma solido – liquido IC presenta volumi più alti, inoltre, è da segnalare che l'andamento delle erosioni - depositi, rappresentato nel primo grafico riportato è pressoché simile tra le due simulazioni. Le Figure 111 e 112 descrivono il raffronto tra le portate totali e solide registrate dalle due sezioni poste in prossimità della briglia filtrante.

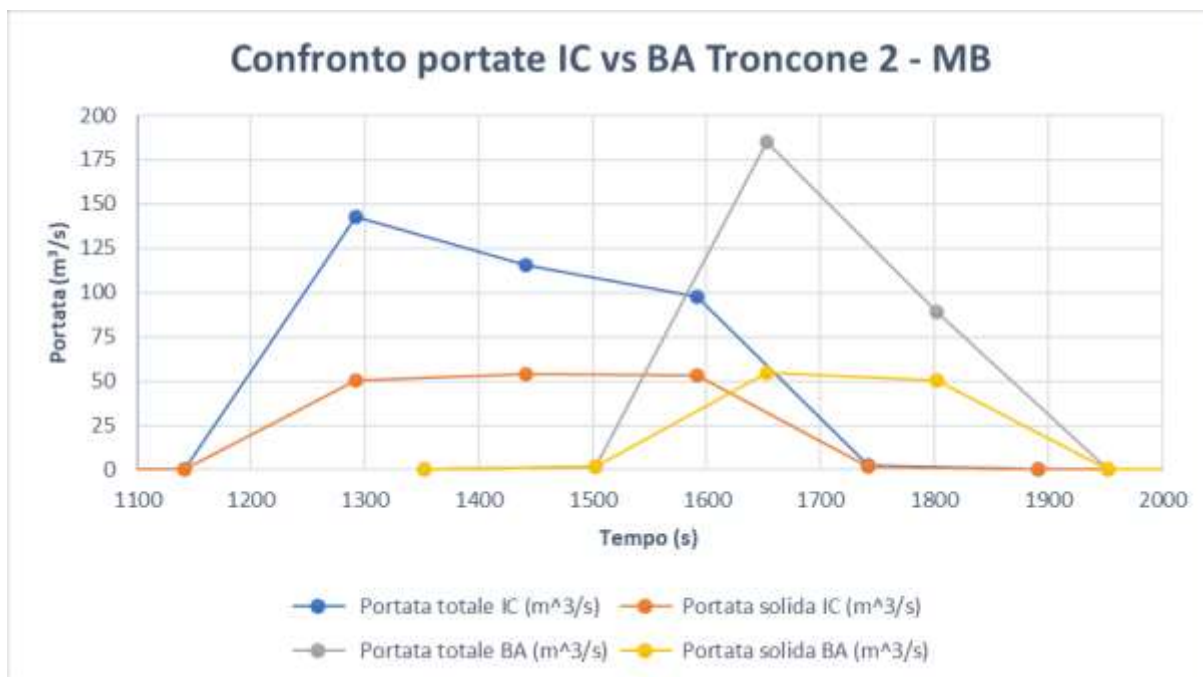


Figura 112. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta a monte della briglia filtrante

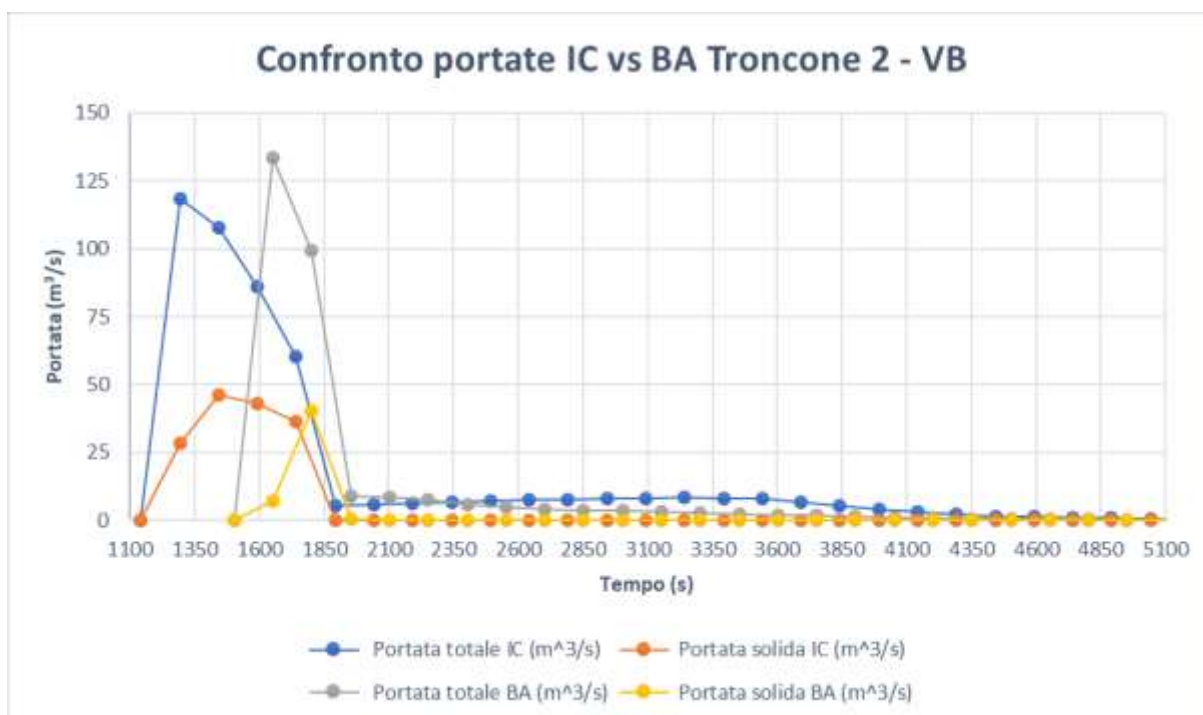
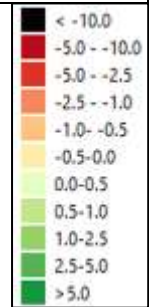
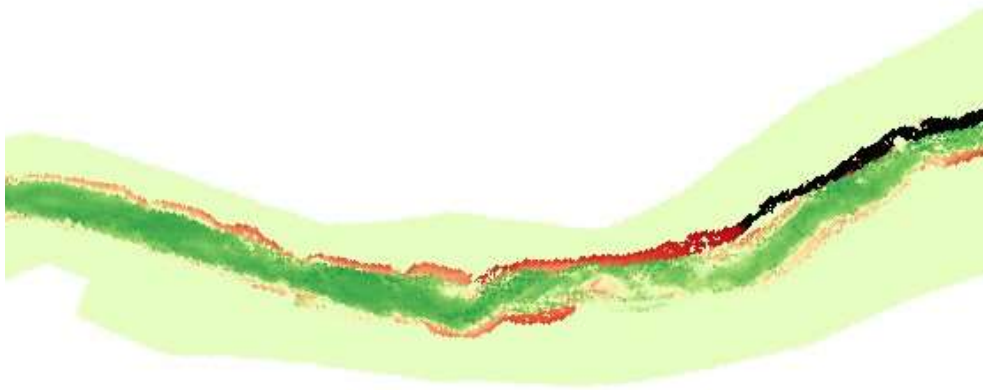


Figura 113. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta a valle della briglia filtrante

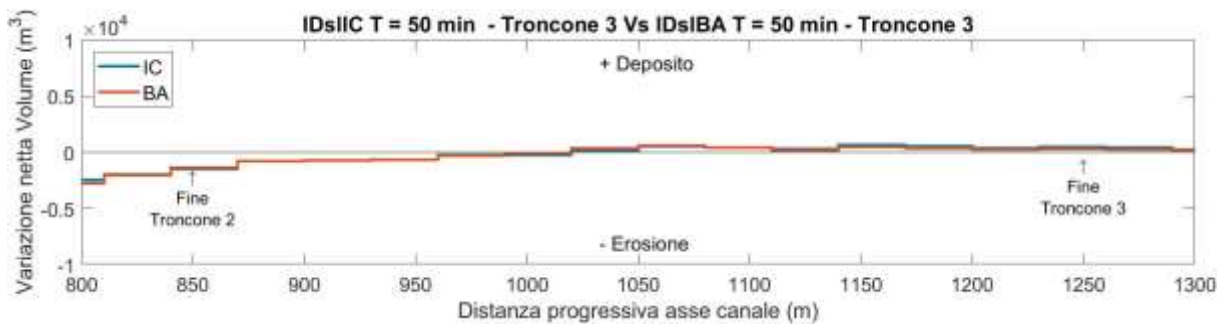
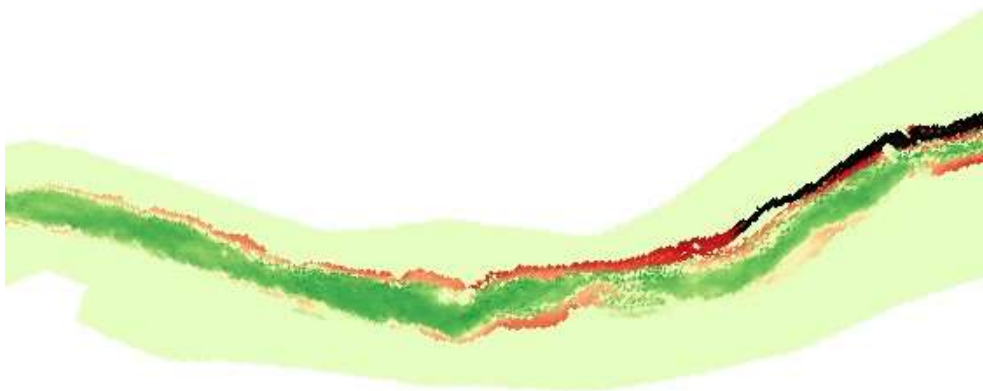
- Troncone 3 intensità costante vs Troncone 3 blocchi alterni

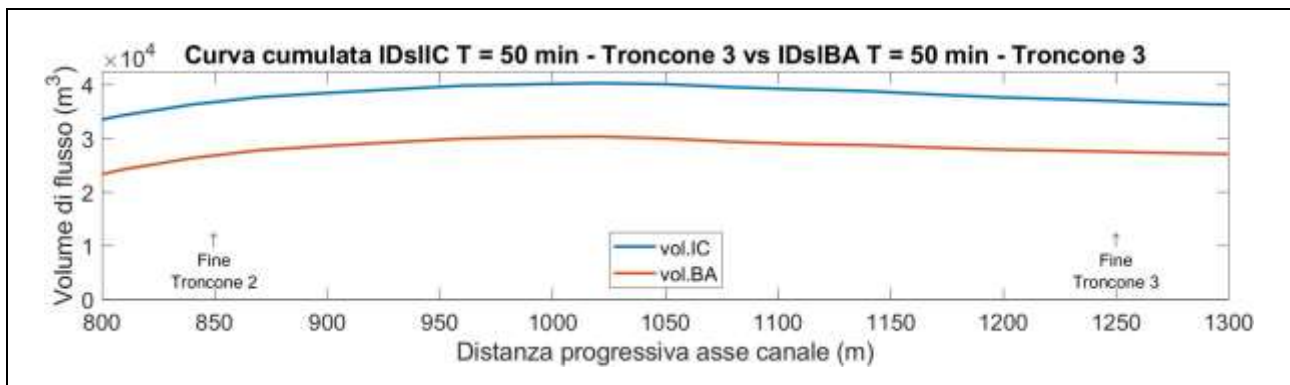
	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Andamento erosioni – depositi	Con idrogramma solido – liquido BA, vi sono meno azioni erosive lungo la sponda sinistra. In compenso sono più marcate sulla destra.
Tratto 2	Andamento erosioni – depositi	Erosioni interessano un'area minore e sono leggermente più importanti con idrogramma solido – liquido IC, soprattutto lungo le due sponde.

Idrogramma solido – liquido IC



Idrogramma solido – liquido BA





Dalla visione del grafico è possibile comprendere che il divario tra i volumi smossi con i due idrogrammi rimane pressoché invariato, indicando che le due simulazione presentano lo stesso andamento delle erosioni e dei depositi. Quello, che cambia è la quantità di materiale smosso, che risulta essere più importante con idrogramma solido – liquido IC. La Figura 113 descrive il raffronto tra le portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel terzo troncone di analisi.

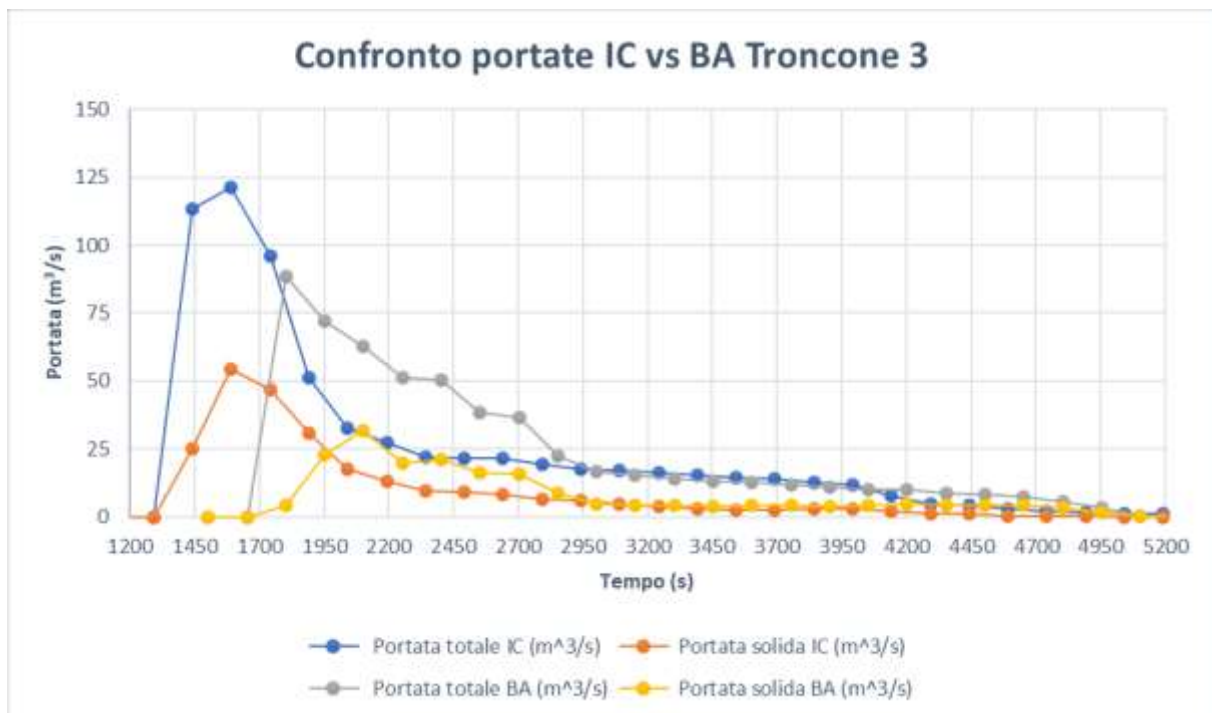
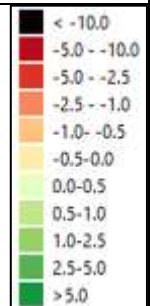
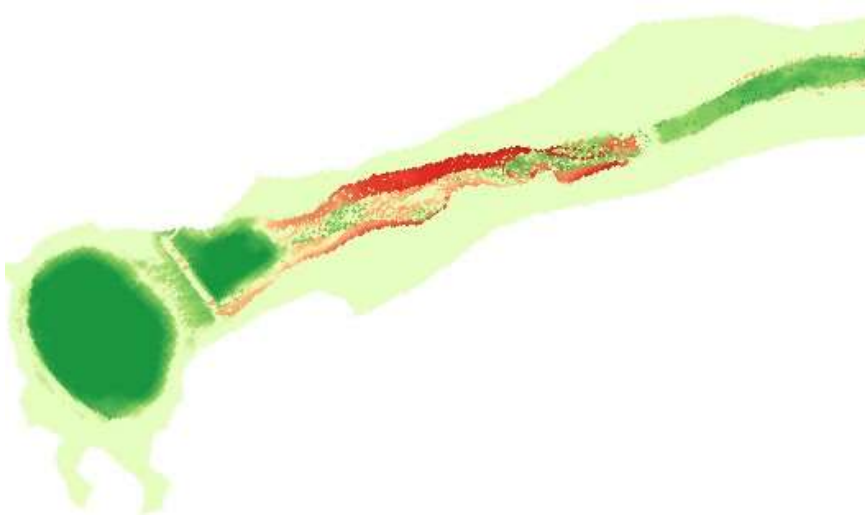


Figura 114. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 2 del troncone 3

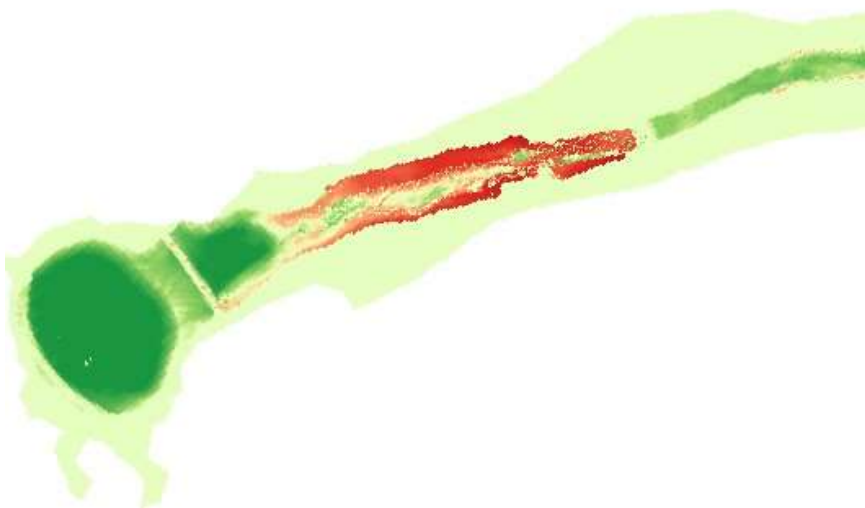
- Troncone 4 intensità costante vs Troncone 4 blocchi alterni

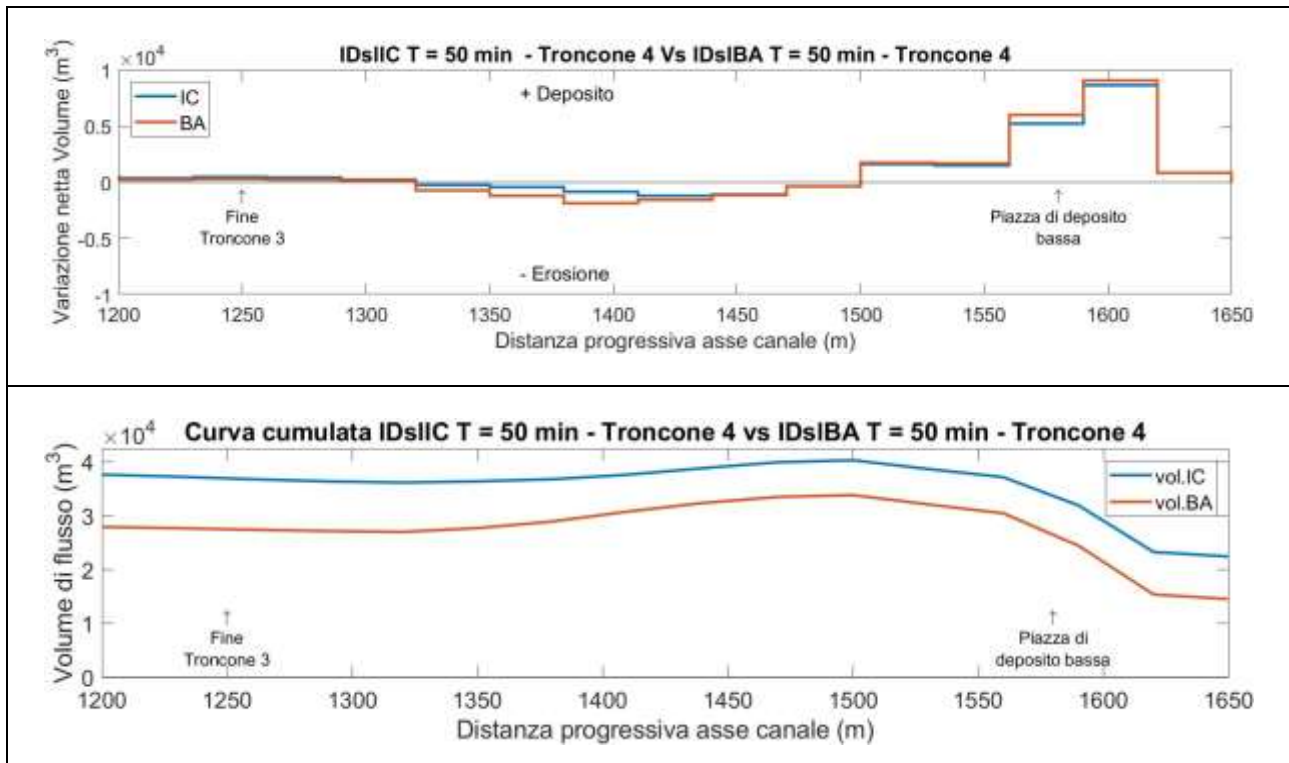
	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Andamento erosioni – depositi	Con l'idrogramma solido – liquido BA le erosioni e i depositi tendono ad essere meno marcati, rispetto a quelli determinati con l'idrogramma solido – liquido IC.
Tratto 2	Andamento erosioni – depositi	Le erosioni interessano una maggiore porzione del fondo e delle sponde in presenza di un idrogramma solido – liquido BA. Mentre, i depositi sono più considerevoli con l'idrogramma solido – liquido IC.
Tratto 3	Andamento erosioni - depositi	Erosioni lungo la sponda sinistra sono leggermente più accentuate con l'idrogramma solido – liquido BA.
Bacino di ritenuta	In entrambi i casi l'opera è stata in grado di trattenere tutto il materiale arrivato in questo punto.	Nessuna

Idrogramma solido – liquido IC



Idrogramma solido – liquido BA





Entranti nel troncone numero 4 è possibile comprendere, che più o meno l'andamento erosioni – depositi è abbastanza simile in entrambe le simulazioni, inoltre, le due curve cumulate presentano lo stesso andamento (confermando quanto detto nella riga precedente), ma i volumi movimentati sono differenti.

Concludendo, si può dire, che in presenza di un evento di precipitazione di durata di 50 minuti le masse smosse sono più alte nel caso in cui si utilizzi come input nel modello un'idrogramma solido – liquido IC. Inoltre, in queste condizioni di simulazione, il bacino di ritenuta, posto a protezione dell'abitato di Borca di Cadore è stata in grado di trattenere tutto il materiale movimentato da entrambe le colate; indicando che le opere di mitigazione sono state in grado di trattenere una parte del materiale all'interno del canale. La Figura 114 illustra il confronto tra le portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel quarto troncone di analisi.

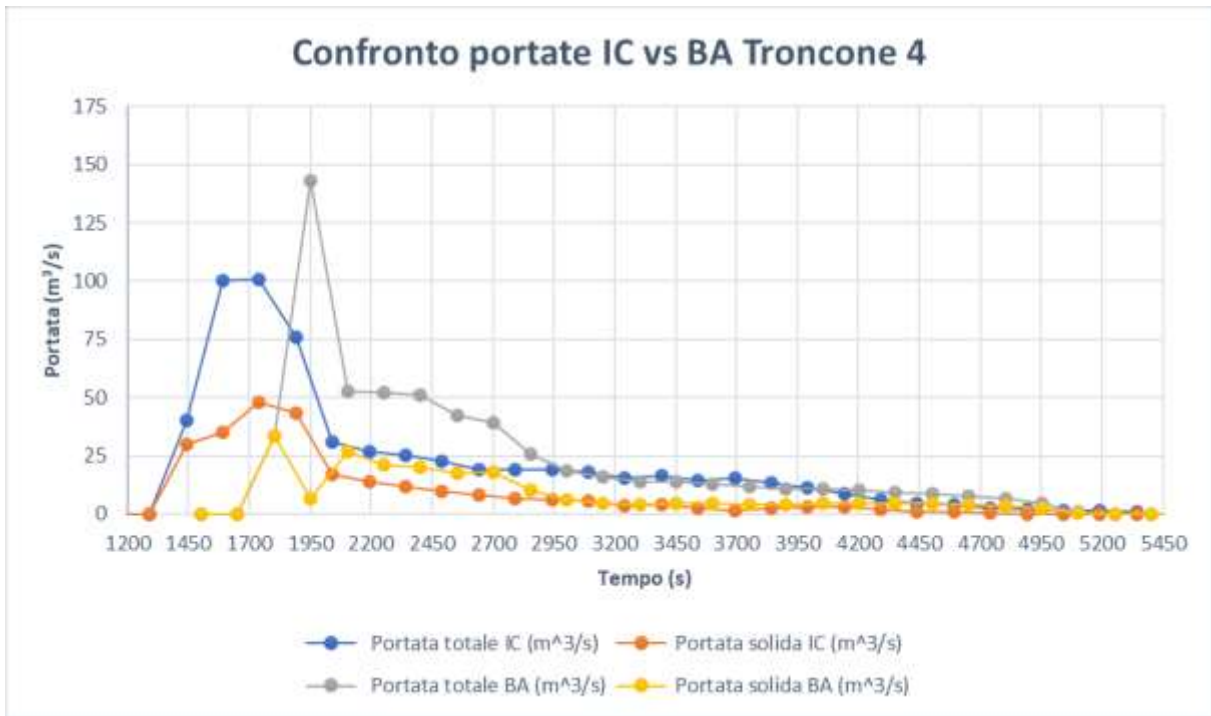


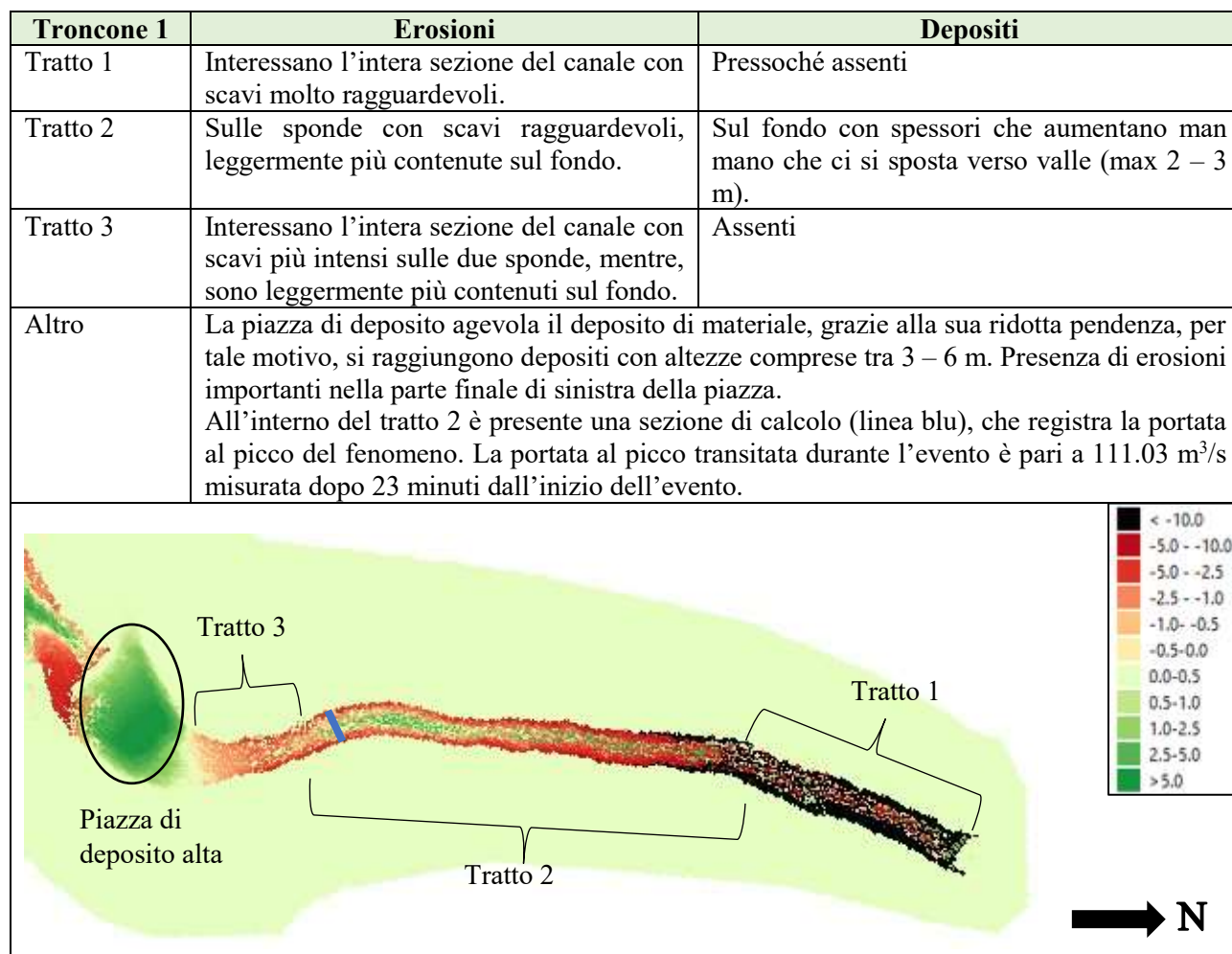
Figura 115. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 4

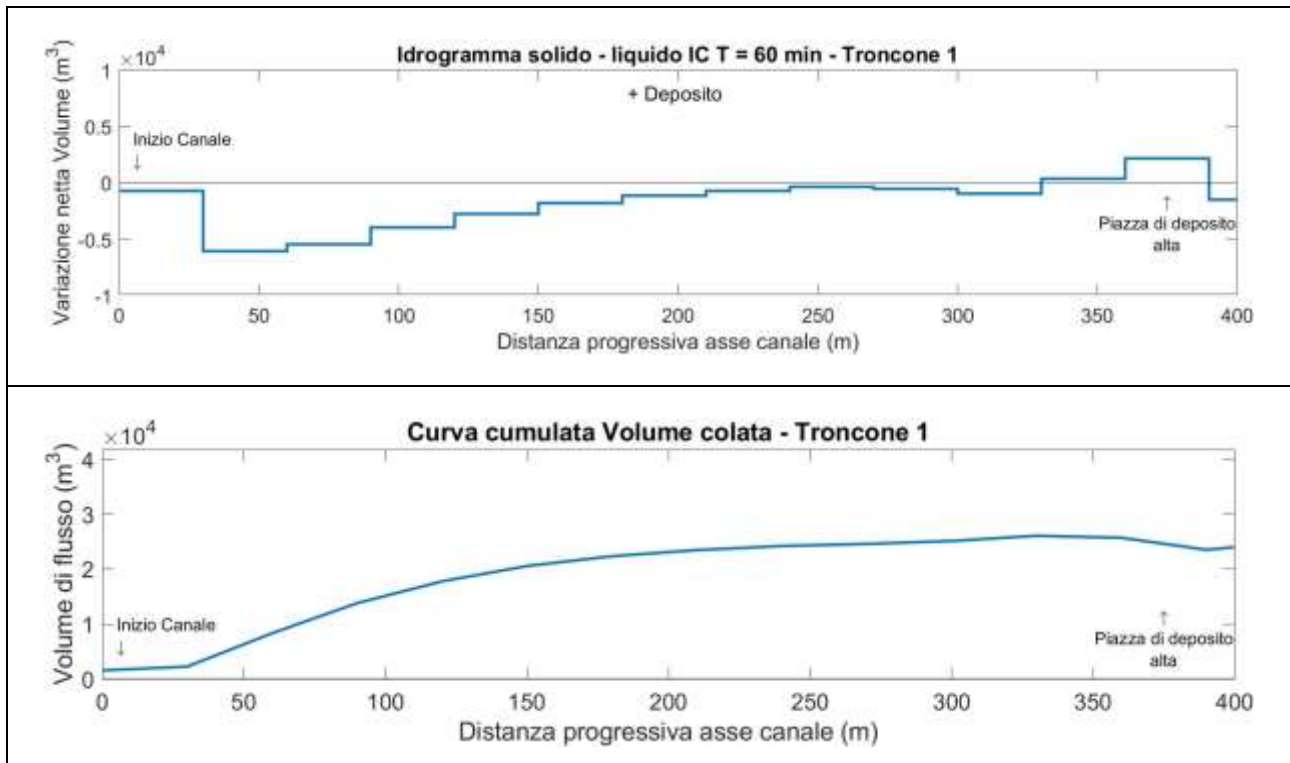
7.6. Idrogramma solido – liquido di durata 60 minuti

L'evento di precipitazione di durata 60 minuti ha prodotto un fenomeno di colata detritica, che è andato a generare erosioni e depositi all'interno del canale oggetto di analisi. Per valutare, al meglio queste azioni del debris flow, in presenza delle opere di difesa installate all'interno del tratto (una briglia filtrante e una soglia) si è diviso il canale in quattro tronconi, che a loro volta sono stati separati in tratti, in modo tale da rendere più chiara l'analisi e la descrizione. Da sottolineare, che per la simulazione dell'evento si utilizzeranno due tipi di idrogramma, uno determinato utilizzando un idrogramma ad intensità costante, mentre, il secondo è individuato mediante un idrogramma a blocchi alterni. Pertanto, alla fine delle valutazioni si svolgerà un confronto dei risultati ottenuti, per identificare similitudini o differenze del fenomeno in presenza dei due tipi di idrogramma.

7.6.1. Idrogramma solido – liquido IC di durata 60 minuti

Per descrivere l'evento, che ha generato il fenomeno di colata detritica, si è utilizzato come input due idrogrammi solido – liquidi. Il primo posto all'interno del canale principale, più precisamente a monte del primo troncone di analisi, mentre, il secondo è inserito in prossimità della briglia filtrante dove si è creata la nuova immissione, in alveo, del Bus del Diau. Per visionare i due idrogrammi si può fare riferimento alla Figura 80 e Figura 81 poste all'interno del paragrafo 6.6.1.

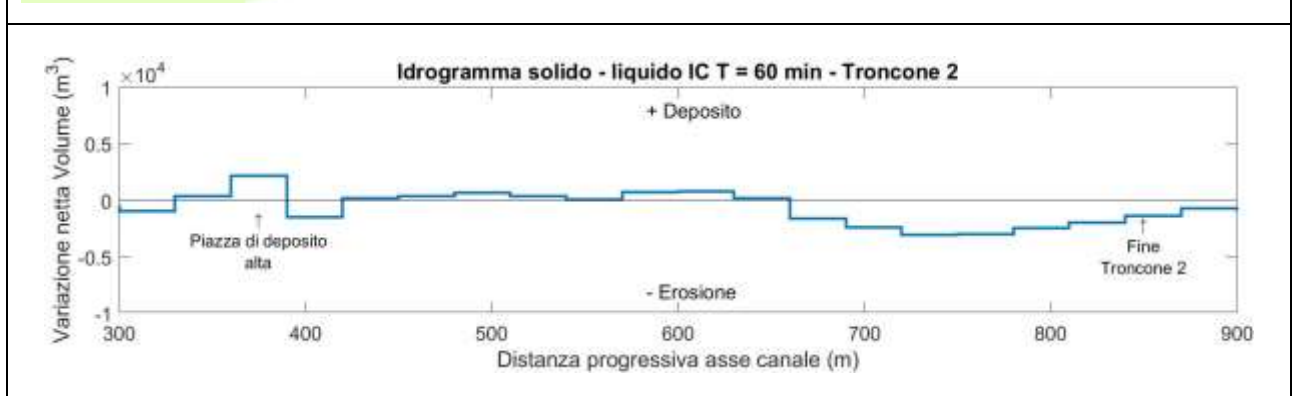
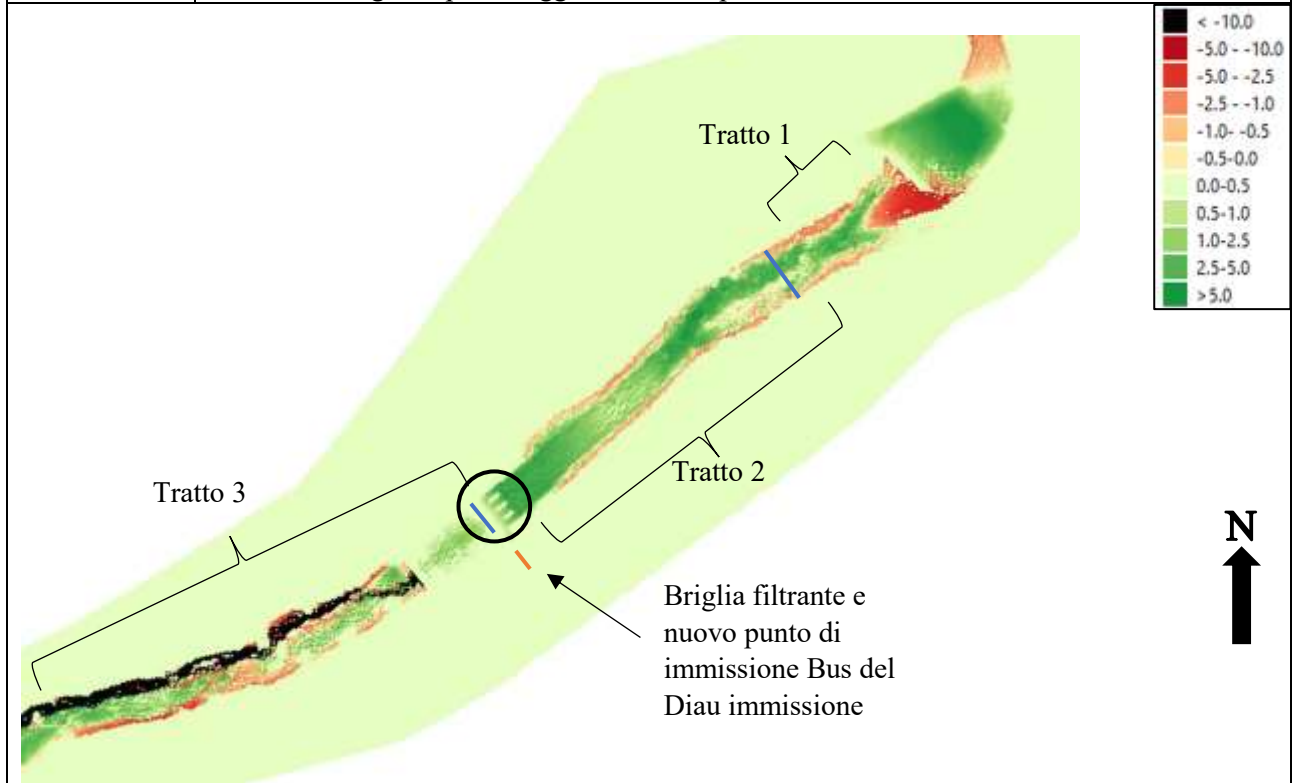


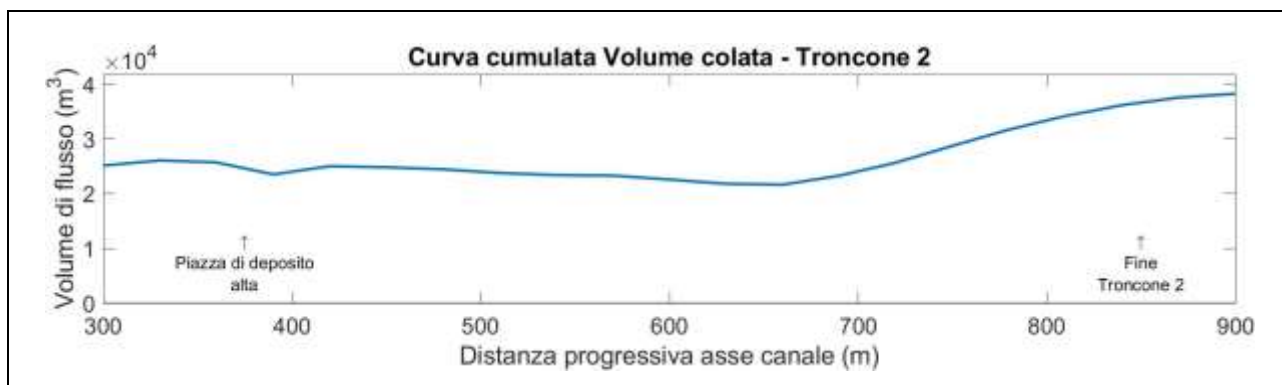


<i>Troncone 1</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
0	-692.57	1530.90
30	-6077.75	2223.47
60	-5472.36	8301.22
90	-3975.57	13773.58
120	-2785.55	17749.15
150	-1784.15	20534.70
180	-1122.05	22318.85
210	-736.57	23440.90
240	-383.73	24177.47
270	-532.29	24561.20
300	-946.25	25093.49
330	362.16	26039.73
360	2190.53	25677.57

Tabella 92. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 1

Troncone 2	Erosioni	Depositi
Tratto 1	A valle della piazza di deposito interessano quasi l'intero canale, qualche metro più sotto si concentrano lungo le due sponde.	Nella parte centrale del canale con spessori, che variano dai 1 a 3 m.
Tratto 2	Localizzate lungo le due sponde con scavi abbastanza contenuti, si annullano nel punto in cui l'alveo è stato rinforzato	Occupano, quasi l'intera sezione del canale, con spessori importanti fin da subito, ma che raggiungono il punto più alto in prossimità della briglia filtrante (<4.5 m), indicando, che l'opera ha trattenuto un buon quantitativo di materiale.
Tratto 3	Lungo le due sponde, con scavi molto più considerevoli in destra idrografica, mentre, in sinistra risultano essere più contenuti, ma comunque, importanti.	A valle della briglia occupano una parte della sezione del canale. Più a valle si localizzano nella parte centrale dell'alveo, con spessori, che non superano quasi mai i 2.5 m di altezza.
Altro	<p>Con la sistemazione del canale, il punto di immissione del Bus del Diau è stato spostato in prossimità della briglia, mediante la realizzazione di un canale, che corre parallelo a quello principale.</p> <p>Nella parte iniziale del tratto 2 e subito a valle della briglia filtrante sono state inserite due sezioni di analisi, che registrano la portata dell'evento. Quello, che emerge è che nella sezione a monte della briglia si è registrato un picco di portata pari a 114.65 m³/s, mentre, a valle della briglia il picco raggiunto è stato pari a 98.61 m³/s.</p>	

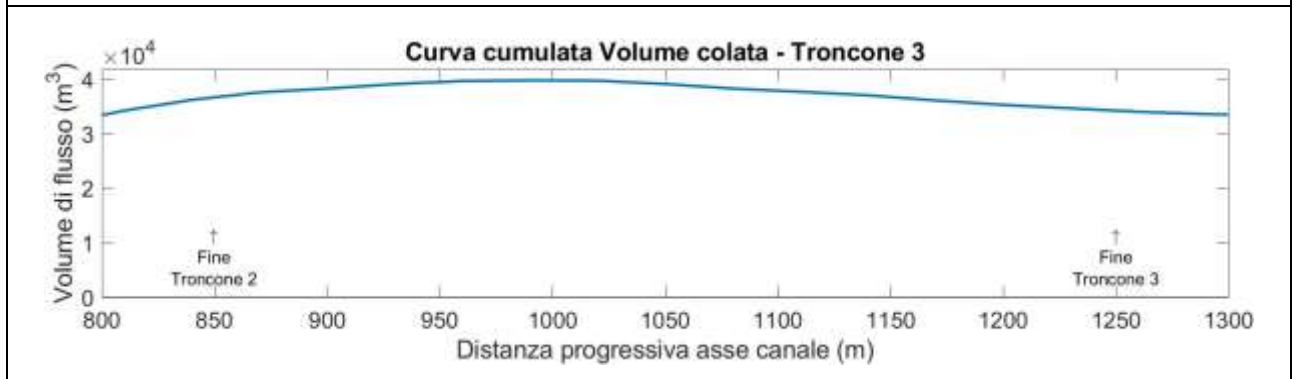
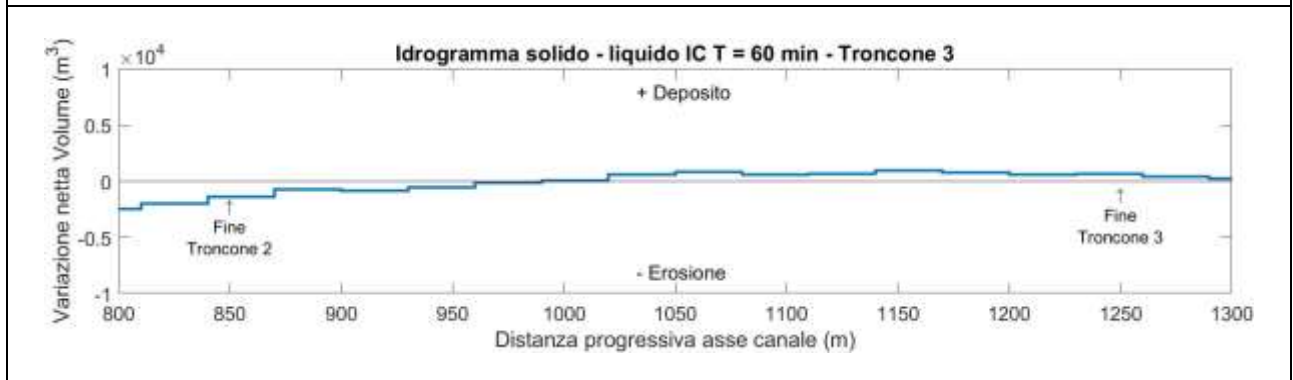
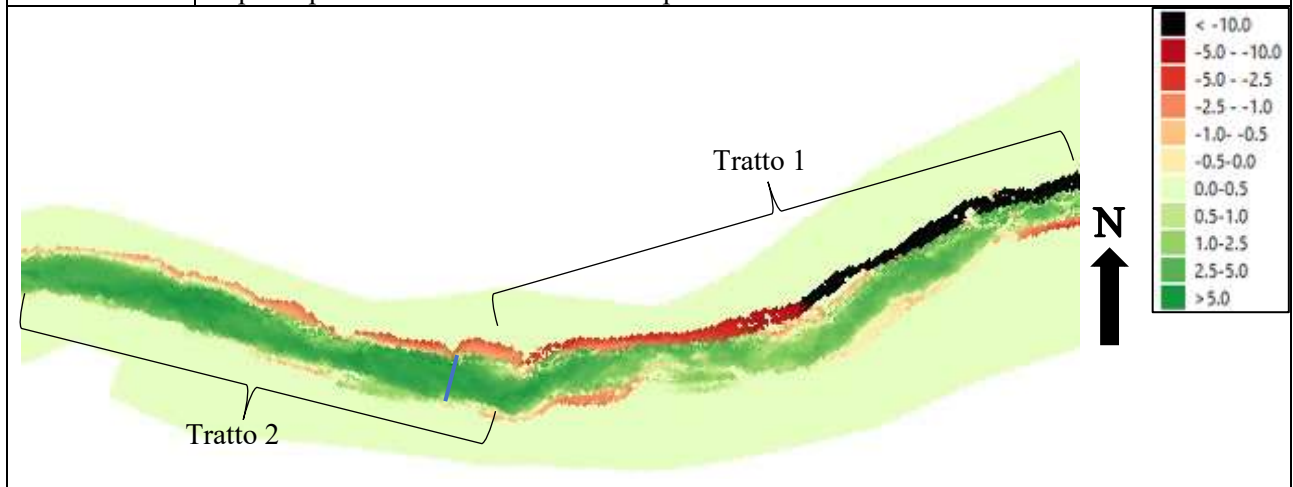




Troncone 2		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
390	-1494.05	23487.04
420	197.33	24981.09
450	374.37	24783.76
480	660.65	24409.40
510	387.15	23748.75
540	89.25	23361.60
570	728.98	23272.35
600	771.91	22543.37
630	155.58	21771.46
660	-1640.01	21615.88
690	-2382.34	23255.89
720	-3069.07	25638.23
750	-2977.15	28707.30
780	-2488.67	31684.45
810	-1978.58	34173.12
840	-1375.91	36151.69

Tabella 93. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 2

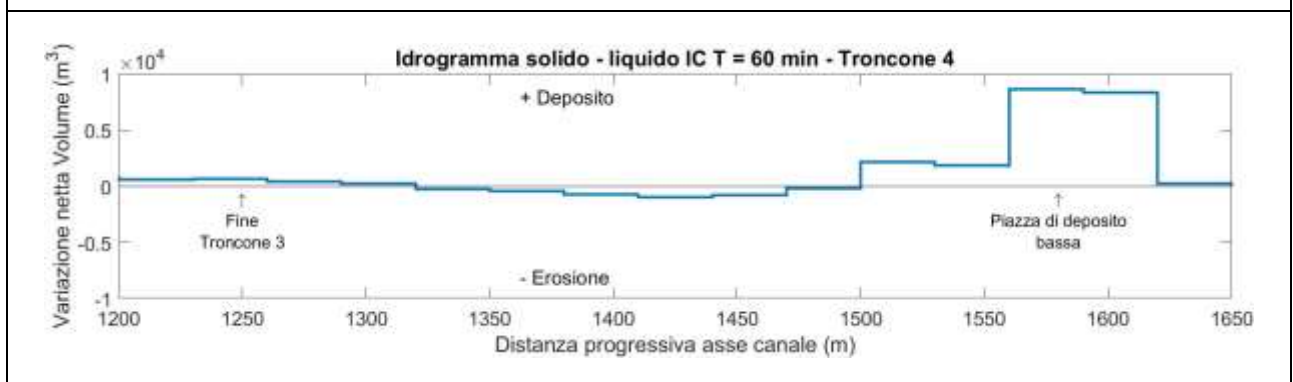
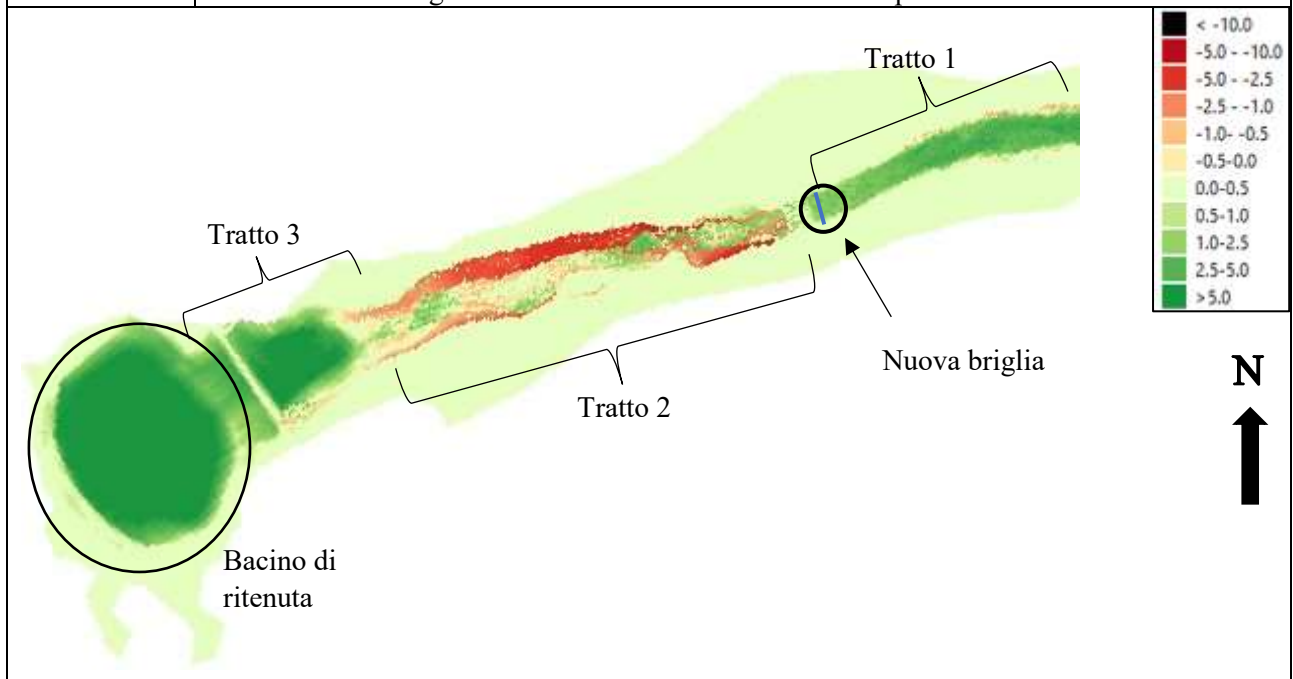
Troncone 3	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Ragguardevoli in sponda destra, con scavi molto importanti, che man mano che ci si sposta verso valle diventano meno marcati. Presenti anche in sponda sinistra, con erosioni insignificanti se comparate con quelle in destra idrografica, soprattutto nella parte centrale del tratto.	Occupano una buona parte della sezione dell'alveo con spessori, che variano dai 1 a 3 m.
Tratto 2	In destra idrografica, con scavi importanti, che diminuiscono d'intensità via via che ci si sposta verso la piazza di deposito alta. Erosioni localizzate in sponda sinistra per un brevissimo tratto.	Occupano gran parte della sezione del canale con spessori importanti (< 4.5 m)
Altro	Nel tratto 2 è inserita una sezione di calcolo della portata (linea blu), che registra una portata al picco pari a 86.94 m ³ /s. Misurata dopo 1653 secondi dall'inizio dell'evento.	

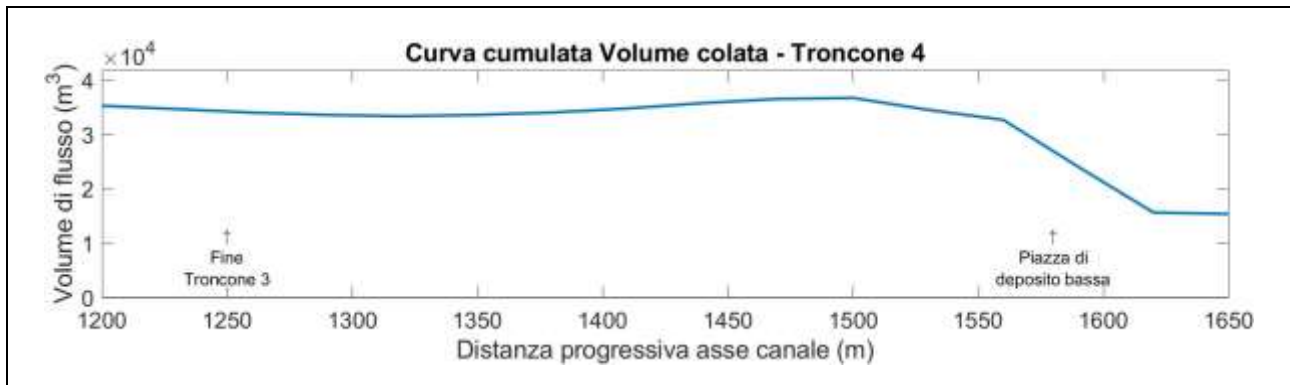


Troncone 3		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
870	-693.85	37527.60
900	-821.39	38221.45
930	-561.60	39042.84
960	-112.42	39604.44
990	45.33	39716.86
1020	615.24	39671.54
1050	846.29	39056.29
1080	579.96	38210.00
1110	648.46	37630.04
1140	945.37	36981.58
1170	806.54	36036.21
1200	630.08	35229.67
1230	641.75	34599.59
1260	426.63	33957.84

Tabella 94. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 3

Troncone 4	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Localizzate per brevi tratti lungo la sponda destra.	Occupano l'intero canale con spessori compresi tra i 2 – 3 m, anche grazie alla soglia posta sotto il ponte, che rallenta il deflusso del fenomeno.
Tratto 2	Interessano buona parte della sezione del canale. Gli scavi più importanti si localizzano in destra idrografica con rimozioni di 4 – 5 m.	Interessano alcune aree del canale con spessori contenuti.
Tratto 3	Localizzate lungo la sponda sinistra con scavi molto poco considerevoli.	Presenti lungo l'intera sezione del canale con depositi molto importanti (5 – 6 m).
Altro	A valle della briglia è presente una sezione di analisi, che ha misurato una portata al picco (linea blu) pari a 78.79 m ³ /s, registrata dopo 28 minuti dall'inizio dell'evento. Il bacino di ritenuta, posto a protezione dell'abitato di Borca, risulta essere completamente riempito di sedimento, che in alcuni punti raggiunge spessori prossimi ai 10 m. Da evidenziare l'assenza di depositi ed erosioni a valle del bacino, indice del fatto, che l'opera di difesa è stata in grado di trattenere tutto il materiale trasportato dall'evento.	





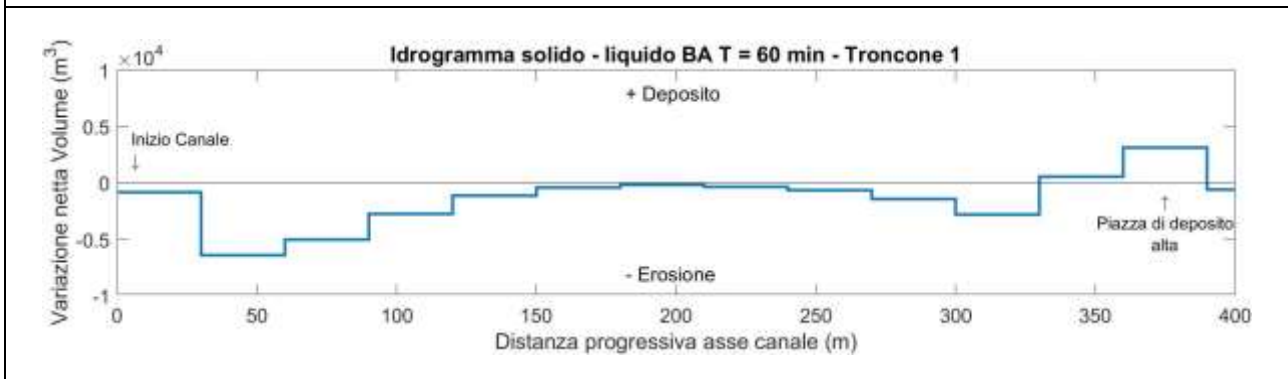
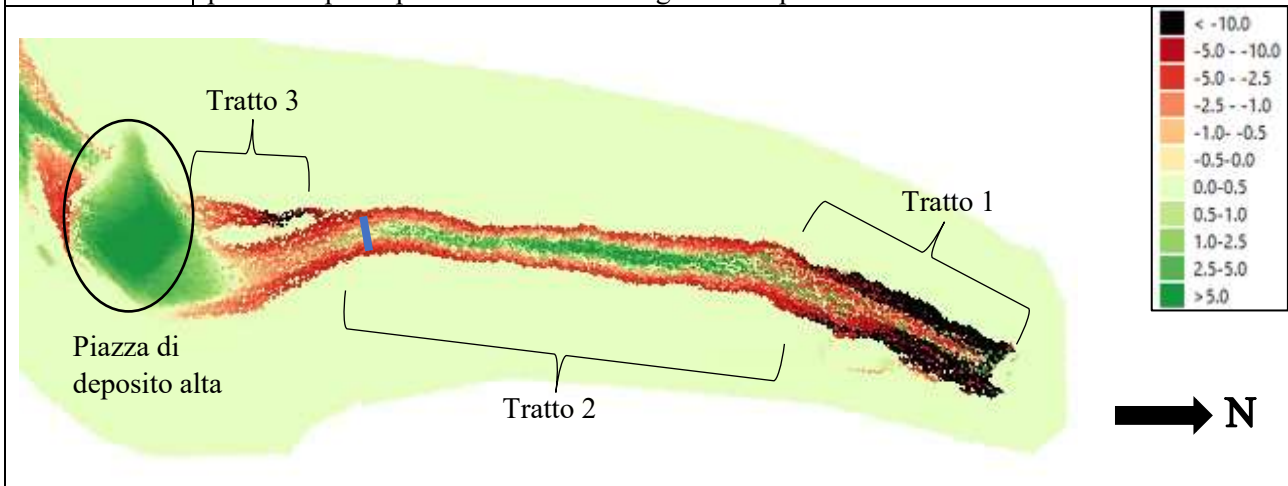
Troncone 4		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
1290	241.49	33531.22
1320	-244.19	33289.73
1350	-445.19	33533.92
1380	-742.37	33979.11
1410	-987.44	34721.48
1440	-758.23	35708.92
1470	-188.06	36467.16
1500	2191.27	36655.21
1530	1856.33	34463.95
1560	8642.34	32607.62
1590	8373.82	23965.28
1620	242.63	15591.46
1650	0.00	15348.83

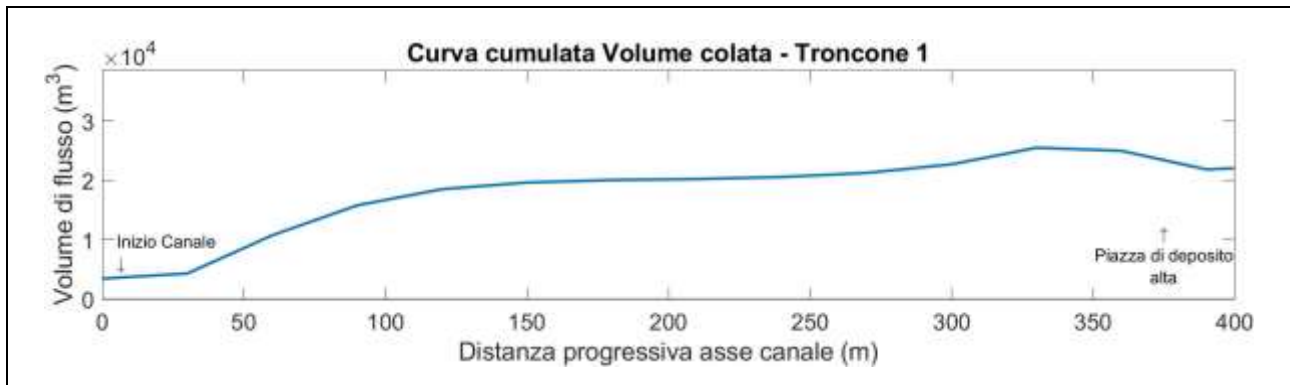
Tabella 95. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – IC Troncone 4

7.6.2. Idrogramma solido – liquido BA di durata 60 minuti

Per rappresentare l'evento, che ha dato vita al fenomeno di colata detritica, si è usato come input due idrogrammi solido – liquidi. Il primo posto nel canale principale, più precisamente a monte del primo troncone di analisi, mentre, il secondo rappresenta le portate del Bus del Diau, reticolo secondario, che presenta portate prettamente liquide, che dopo gli interventi di sistemazione si immette in alveo, subito a valle della briglia filtrante inserita a metà del secondo troncone di analisi. Per visionare gli idrogrammi appena citati si può fare riferimento alla Figura 82 e Figura 83 inserite nel paragrafo 6.6.2.

Troncone 1	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Interessano l'intera sezione del canale con scavi molto considerevoli soprattutto lungo le due sponde, che man mano, che ci si sposta verso valle diventano leggermente più contenuti.	Quasi nulli.
Tratto 2	Lungo le due sponde con scavi molto importanti.	Nella parte centrale della sezione con spessori di 4 – 5 m, nella seconda metà del tratto.
Tratto 3	Interessano l'intera sezione del canale con scavi molto importanti soprattutto in sponda destra, che hanno portato alla nascita di un canale secondario.	Nella parte finale del tratto con spessori inferiori ai due metri. Da sottolineare, che questi depositi hanno risalito il canale, indicando il fatto che la piazza di deposito è stata completamente riempita.
Altro	La piazza di deposito alta ha il compito di trattenere parte del materiale solido trasportato dalla colata, grazie alla sua pendenza ridotta. Pertanto, in questo evento all'interno dell'opera, si trovano depositi con spessori che variano dai 2 a 6 m. Da segnalare la presenza di erosioni al piede della piazza e di depositi lungo la strada d'accesso dell'opera. Nel tratto 2 è presente una sezione di analisi della portata (linea blu), che ha registrato una portata al picco pari a 196.09 m ³ /s. Registrata dopo 27 minuti dall'inizio dell'evento.	

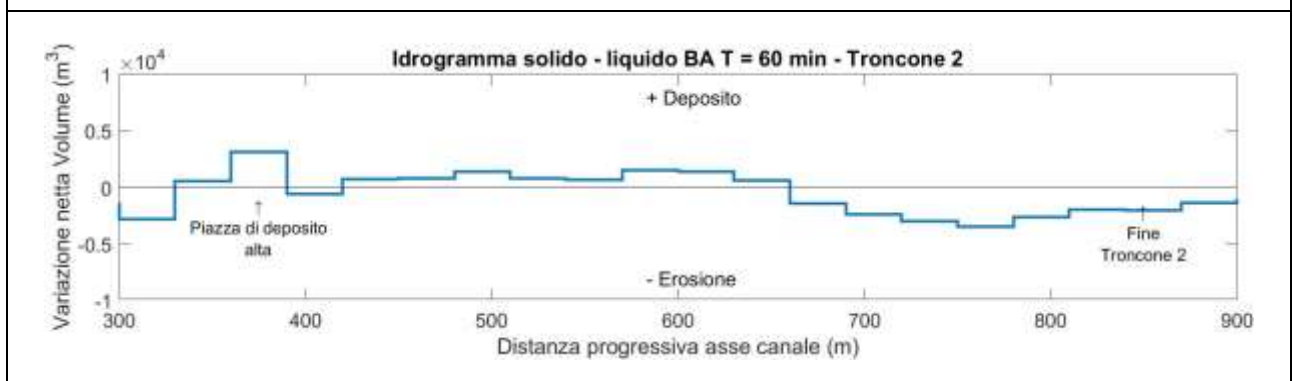
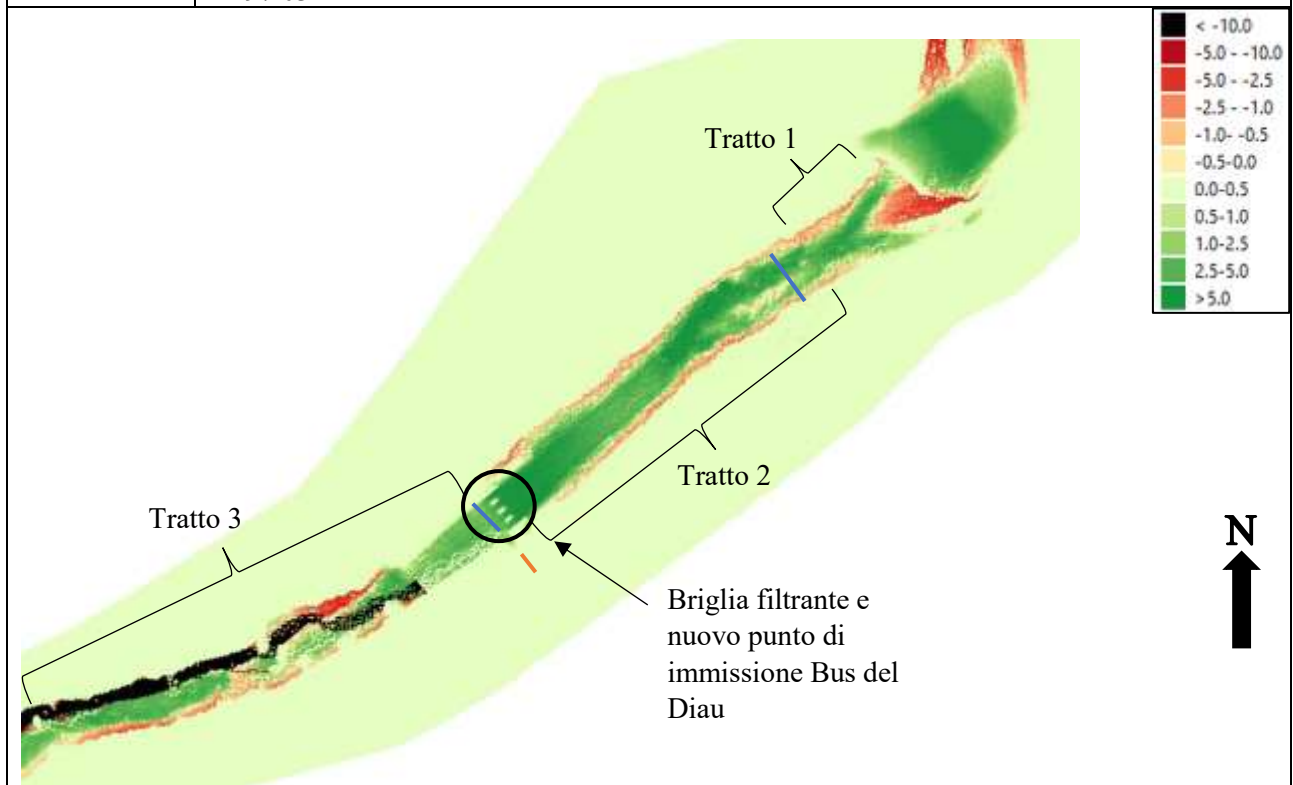


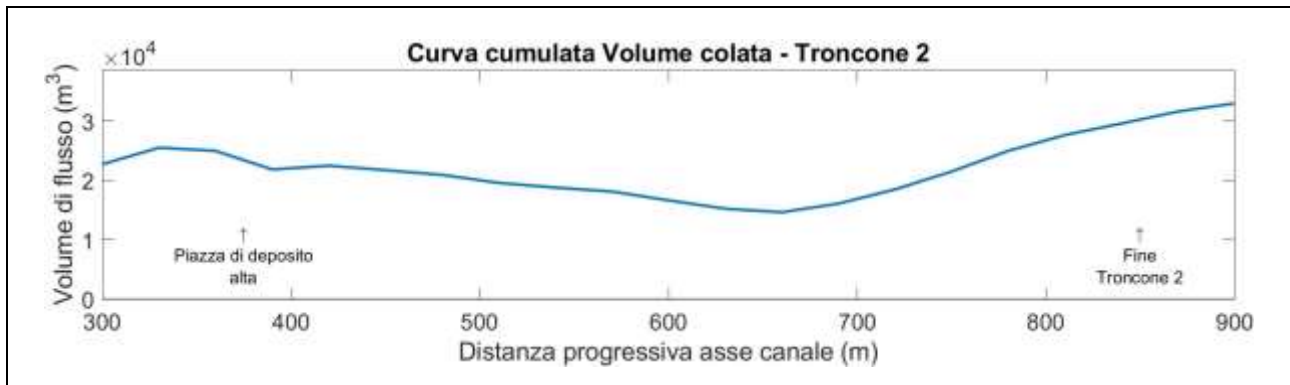


Troncone 1		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
0	-856.58	3452.90
30	-6439.86	4309.48
60	-5054.80	10749.34
90	-2738.99	15804.15
120	-1123.50	18543.14
150	-412.91	19666.64
180	-176.99	20079.55
210	-340.13	20256.53
240	-683.59	20596.67
270	-1457.63	21280.26
300	-2799.42	22737.89
330	528.39	25537.30
360	3139.55	25008.92

Tabella 96. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 1

Troncone 2	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Per buona parte del tratto interessano quasi l'intera sezione del canale, con gli scavi più importanti, che si localizzano in sinistra idrografica. Poi si localizzano lungo le due sponde.	In una piccola porzione del canale, con spessori inferiori ai 4 – 5 m.
Tratto 2	Si sviluppano lungo le due sponde, con scavi, anche in prossimità della briglia filtrante (sponda destra), dove l'alveo dovrebbe essere stato rinforzato.	Occupano quasi l'intera sezione del canale con spessori pari a 4 – 5 m, mentre, a monte della briglia si registrano depositi con altezze massime pari a circa 7 m.
Tratto 3	Nella parte sistemata sono nulli, ma una volta usciti da quest'area si attestano lungo le due sponde, con scavi molto ragguardevoli in destra idrografica, mentre, tendenzialmente più contenuti in sinistra.	Nella parte centrale dell'alveo con spessori comunque importanti (max 3 – 4 m).
Altro	Nel tratto due e valle della briglia sono state inserite due sezioni, che analizzano la portata generata dall'evento. Nella sezione del tratto due è stato misurato un picco pari a 233.81 m ³ /s. Mentre, la sezione posta a valle della briglia è stata registrata una portata al picco pari a 197.03 m ³ /s.	

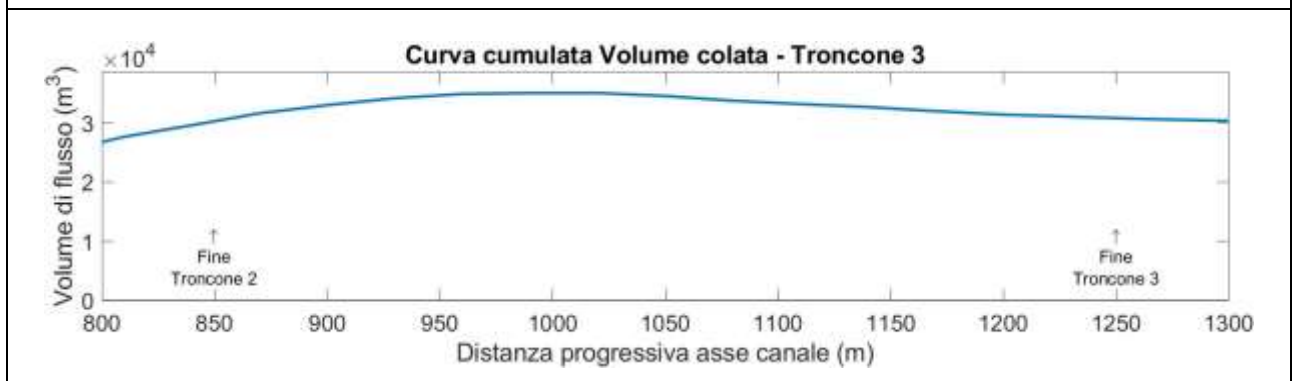
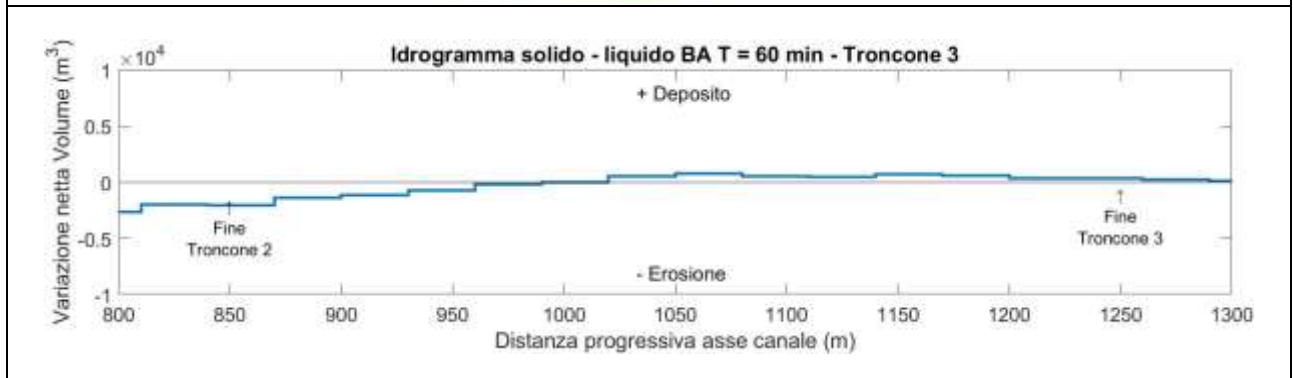
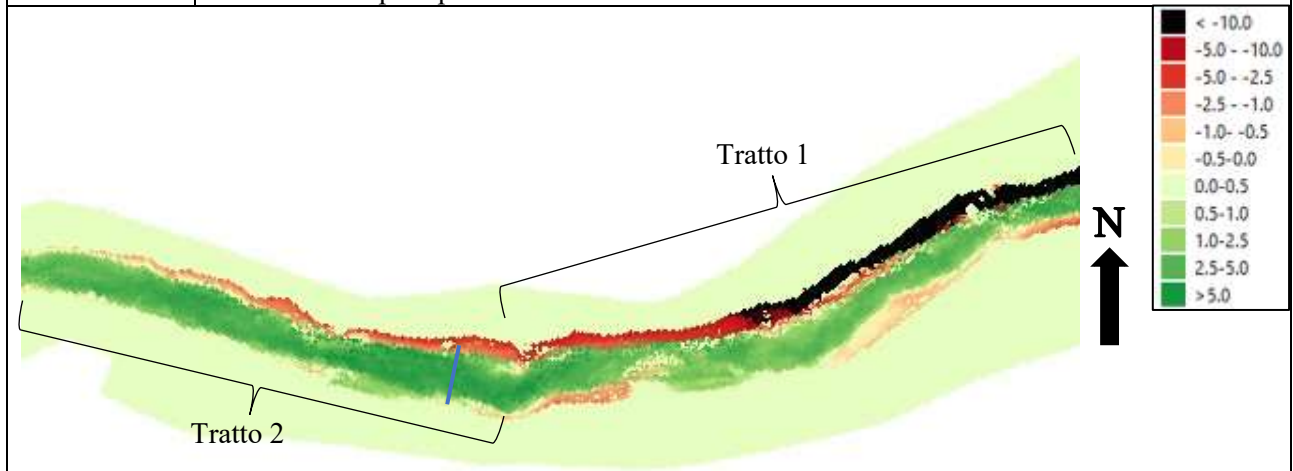




Troncone 2		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
390	-628.47	21869.37
420	744.14	22497.84
450	795.64	21753.70
480	1353.37	20958.06
510	790.86	19604.69
540	667.93	18813.83
570	1489.20	18145.89
600	1407.18	16656.70
630	598.06	15249.52
660	-1452.15	14651.45
690	-2402.15	16103.61
720	-3022.29	18505.75
750	-3480.07	21528.04
780	-2664.84	25008.11
810	-1955.70	27672.95
840	-2025.96	29628.65

Tabella 97. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 2

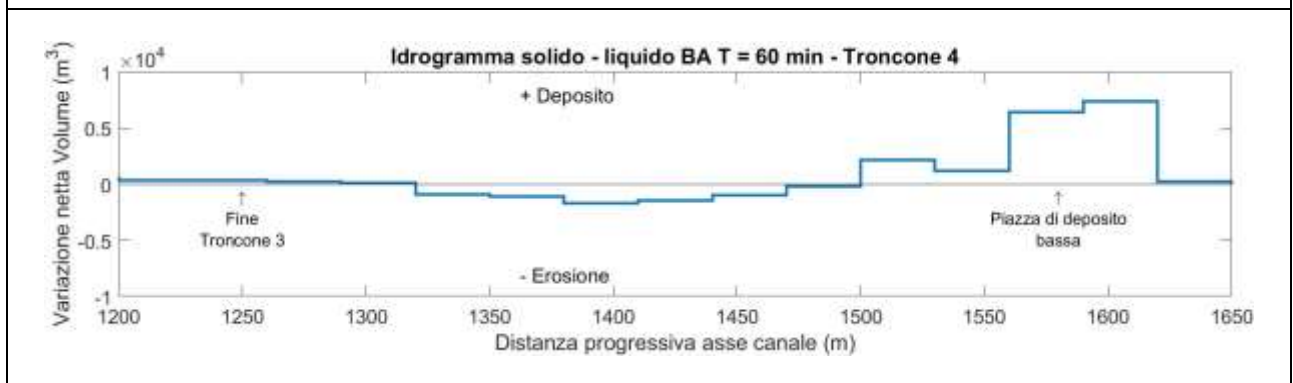
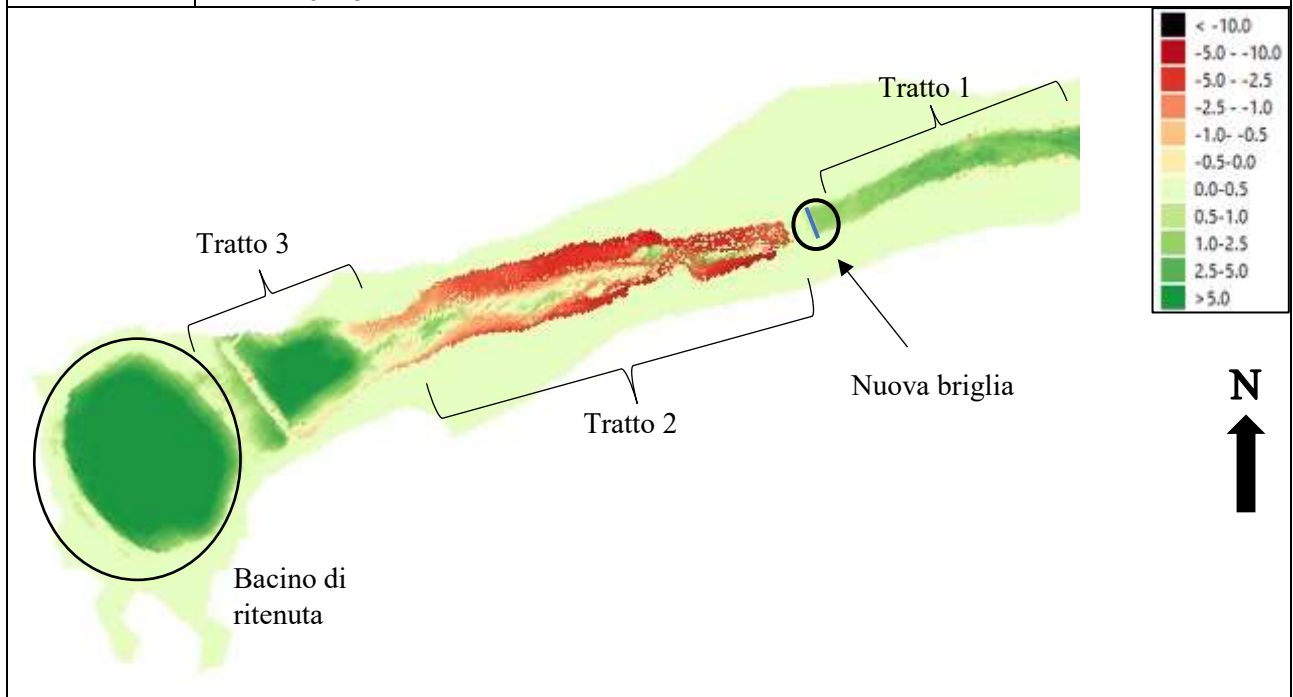
Troncone 3	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Lungo le due sponde, con scavi molto ragguardevoli in sponda destra, che man mano che si va verso valle diventano leggermente più contenuti. In sponda sinistra erosioni molto meno importanti, che però nella parte finale si accentuano.	Nella parte centrale del canale, con spessori simili in tutto il tratto (2 – 3 m).
Tratto 2	In destra idrografica con scavi molto importanti, che, come il tratto precedente, diminuiscono d'intensità andando verso valle. Localizzate per brevi tratti anche in sponda sinistra.	Occupano gran parte della sezione del canale con spessori che variano dai 2 a 4 m.
Altro	Nella parte finale del tratto 1 è presente una sezione di calcolo della portata (linea blu). Dove viene misurata una portata al picco pari a 187.36 m ³ /s, registrata dopo 32 minuti dall'inizio dell'evento di precipitazione.	

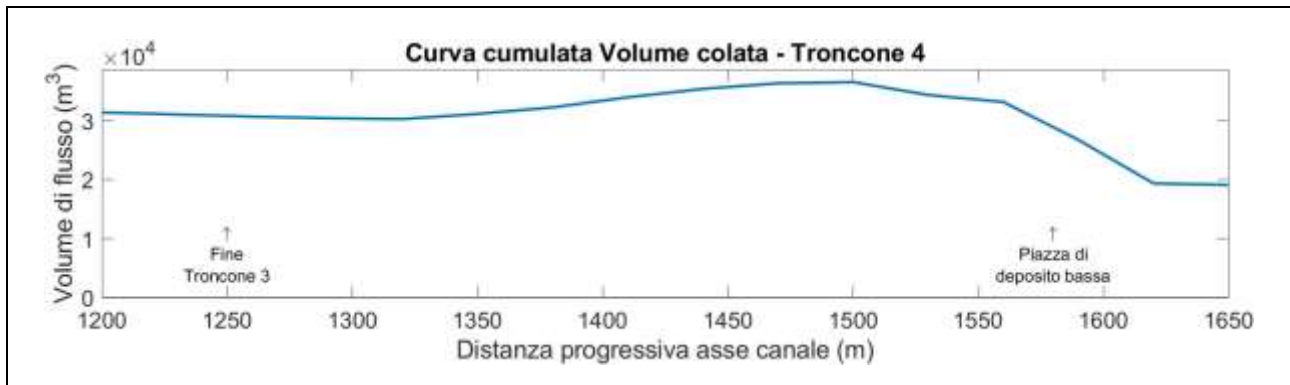


Troncone 3		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
870	-1373.45	31654.61
900	-1171.11	33028.06
930	-719.02	34199.17
960	-164.61	34918.19
990	-0.54	35082.80
1020	517.05	35083.35
1050	798.51	34566.30
1080	557.11	33767.79
1110	502.74	33210.68
1140	699.32	32707.93
1170	583.54	32008.61
1200	349.94	31425.07
1230	368.71	31075.13
1260	264.38	30706.42

Tabella 98. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 3

Troncone 4	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Scavi contenuti localizzati lungo le due sponde.	Occupano gran parte della sezione del canale con spessori massimi di 2 – 2.5 m.
Tratto 2	Interessano l'intera sezione del canale, con scavi molto importanti lungo tutto il tratto. In destra idrografica generano rimozioni su di un'area molto importante.	Pressoché assenti, tranne per qualche porzione di canale dove si attestano depositi con spessori inferiori al metro.
Tratto 3	Lungo la sponda sinistra con scavi abbastanza contenuti, mai superiori al metro.	Interessano gran parte della sezione del canale con spessori, che variano dai 2 a 6 m.
Altro	A valle della briglia è inserita una sezione di analisi, che ha registrata una portata al picco (linea blu) pari a 99.92 m ³ /s, misurata dopo 35 minuti dall'inizio dell'evento. Il bacino di ritenuta posto a protezione dell'abitato di Borca di Cadore risulta essere completamente riempita dal materiale trasportato dalla colata. Dove si registrato spessori medi di 6 – 8 m.	





Troncone 4		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
1290	145.53	30442.04
1320	-873.82	30296.51
1350	-1103.89	31170.32
1380	-1709.67	32274.22
1410	-1433.05	33983.88
1440	-950.50	35416.94
1470	-192.49	36367.44
1500	2175.37	36559.92
1530	1196.18	34384.55
1560	6441.221	33188.376
1590	7394.296	26747.155
1620	236.633	19352.858
1650	0.000	19116.226

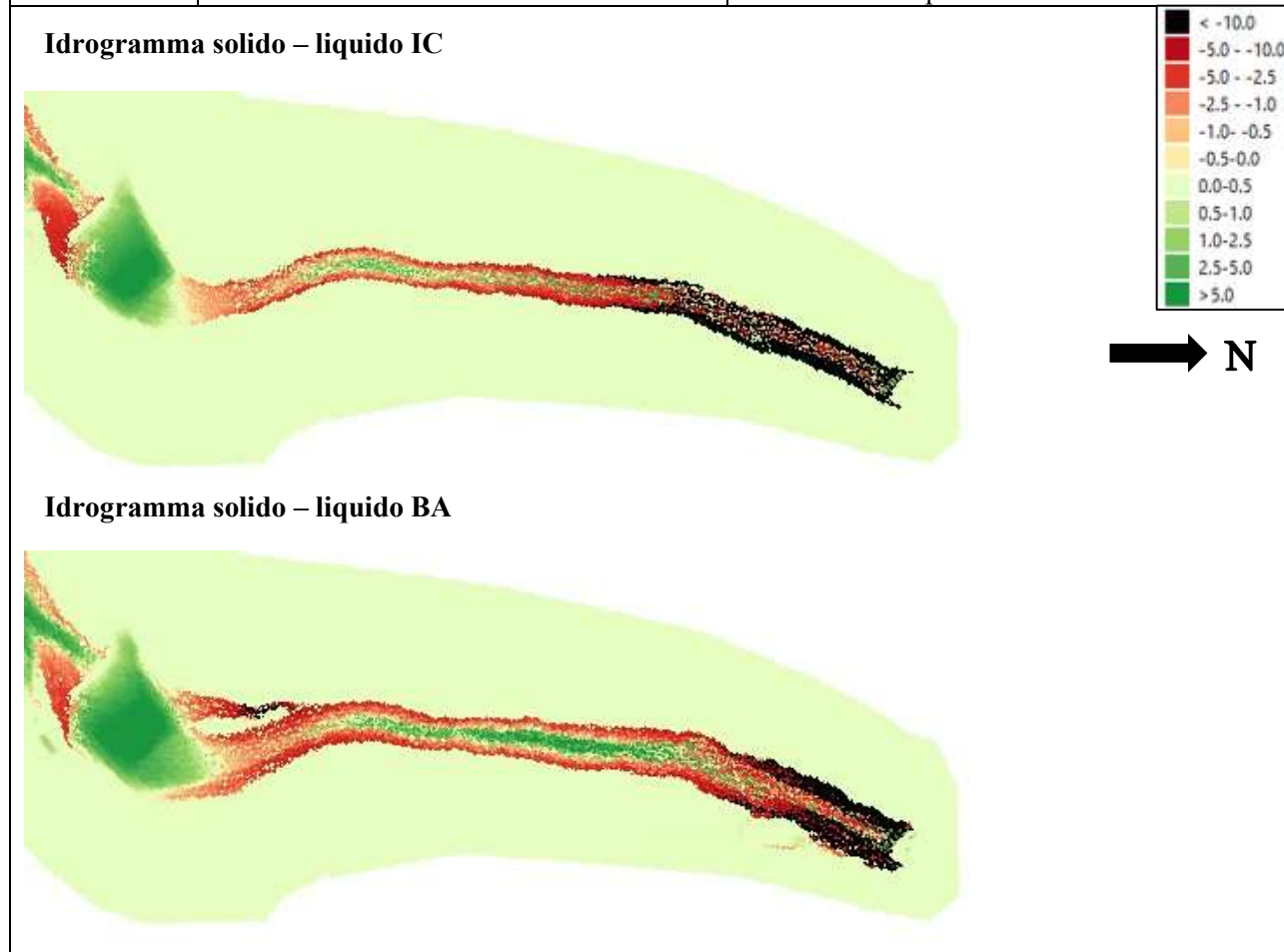
Tabella 99. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 4

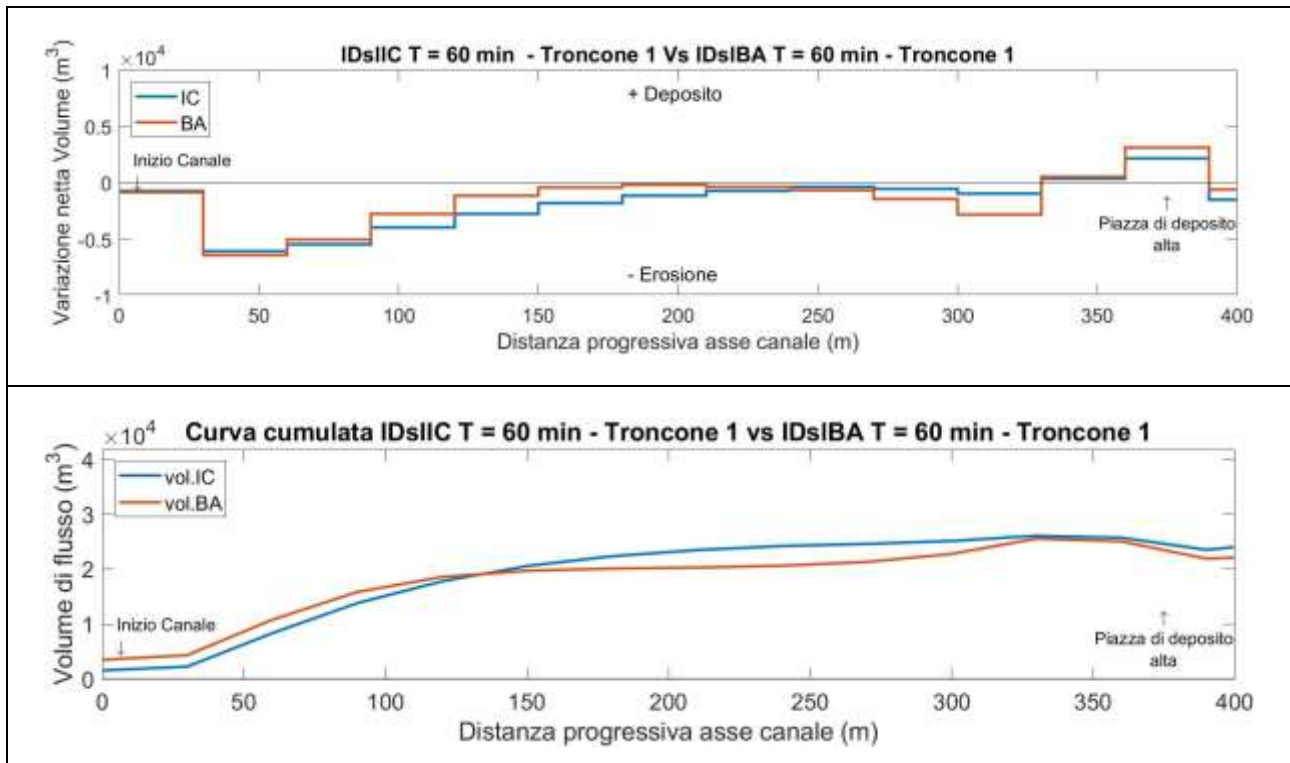
Terminata la descrizione dei depositi e delle erosioni in presenza di un evento di precipitazione di durata un'ora, si effettua un confronto fra i risultati ottenuti dalle due simulazioni, così si individuano eventuali similitudini o differenze dei dati ottenuti nel caso in cui si utilizzi un idrogramma solido – liquido IC o un idrogramma solido – liquido BA.

7.6.3. Confronto idrogramma solido – liquido IC vs Idrogramma solido – liquido BA

- Troncone 1 intensità costante vs Troncone 1 blocchi alterni

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Nessuna	Con l'idrogramma solido – liquido IC si hanno azioni erosive ragguardevoli per un tratto molto più lungo di canale, mentre, l'idrogramma solido – liquido BA erode le sponde andando, così, ad allargare il canale.
Tratto 2	Nessuna	Con idrogramma ad intensità costante si erode una maggiore porzione di canale e i depositi sono molto contenuti, mentre, con idrogramma solido – liquido BA si erodono solo le sponde, andando così ad allargare il canale. Inoltre, con questo idrogramma i depositi risultano essere molto più marcati.
Tratto 3	Nessuna	Con l'idrogramma solido – liquido BA, si hanno erosioni più intense lungo le sponde andando, così ad allargare di molto il canale e a generare un canale secondario in destra idrografica. Inoltre, parte del deposito trattenuto dalla piazza ha risalito il canale.





Dal confronto tra le due curve cumulate si nota, che inizialmente la colata generata con idrogramma solido – liquido BA presenta un volume più alto, spiegato dal fatto che il volume solido di input risulta essere più importante ($3462.9 m^3$) rispetto a quello generato con l'idrogramma solido – liquido IC ($1530.9 m^3$). Comunque, una volta entrati nel secondo tratto, si nota che la curva cumulata individuata mediante idrogramma solido – liquido IC presenta volumi movimentati tendenzialmente più importanti rispetto a quelli determinati con idrogramma BA. Ma già in prossimità della piazza di deposito risultano essere simili. La Figura 115 rappresenta il confronto tra le portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel primo troncone di analisi.

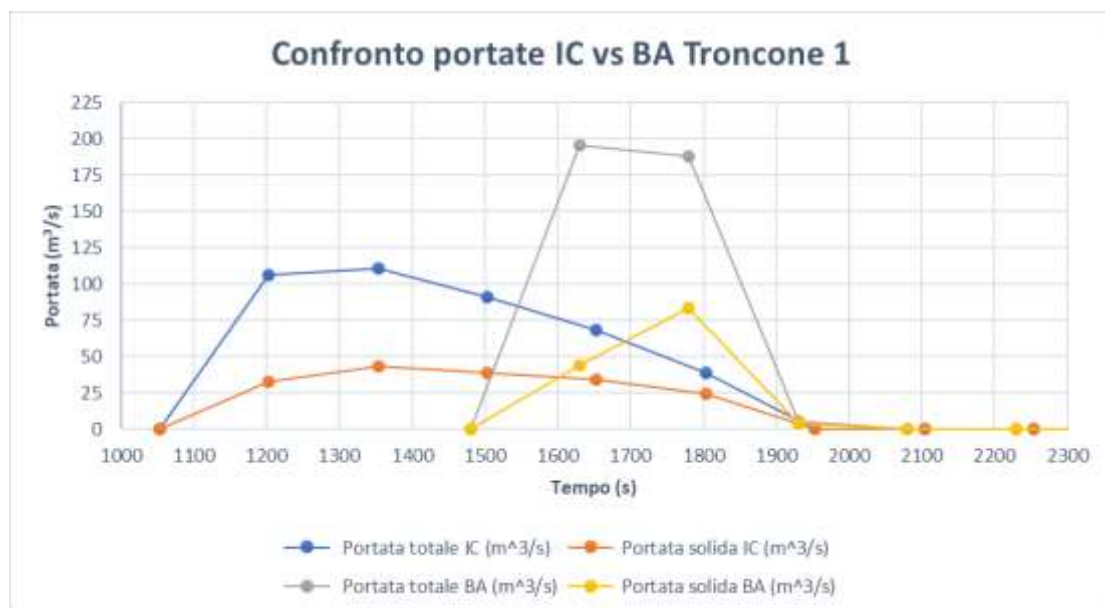
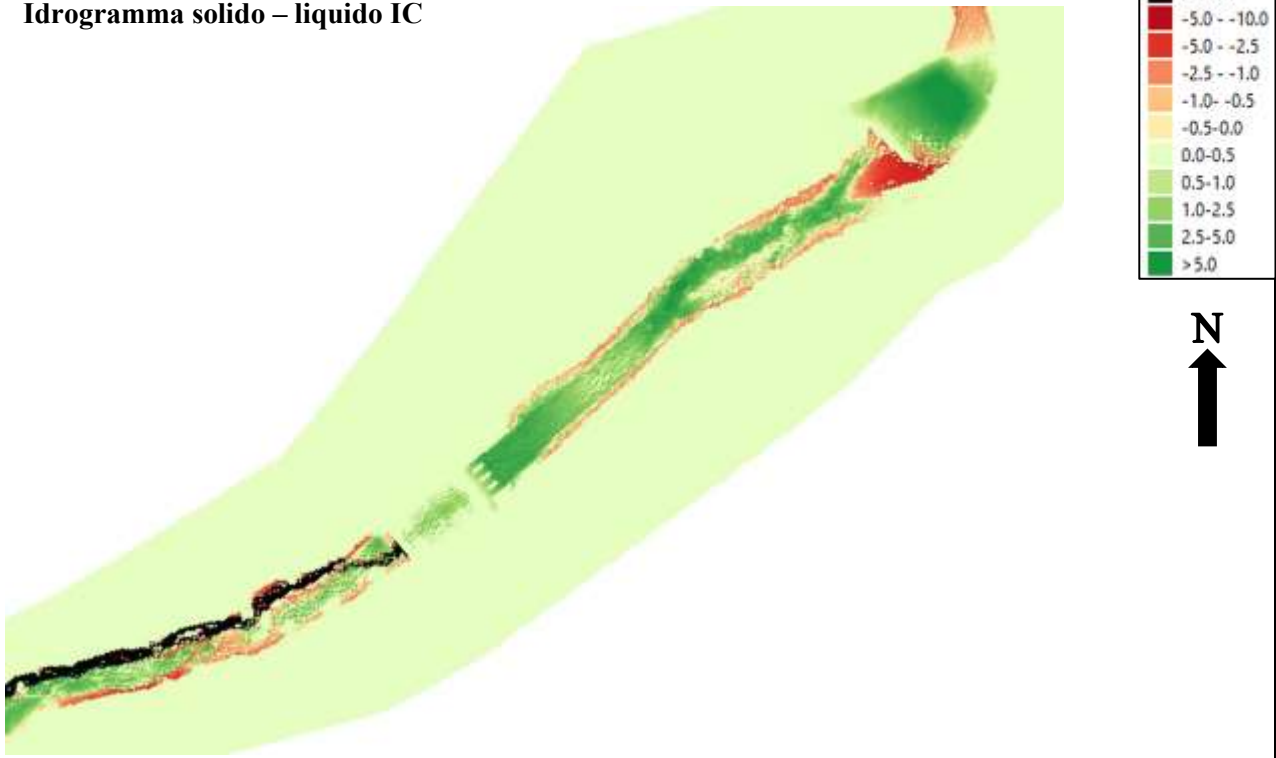


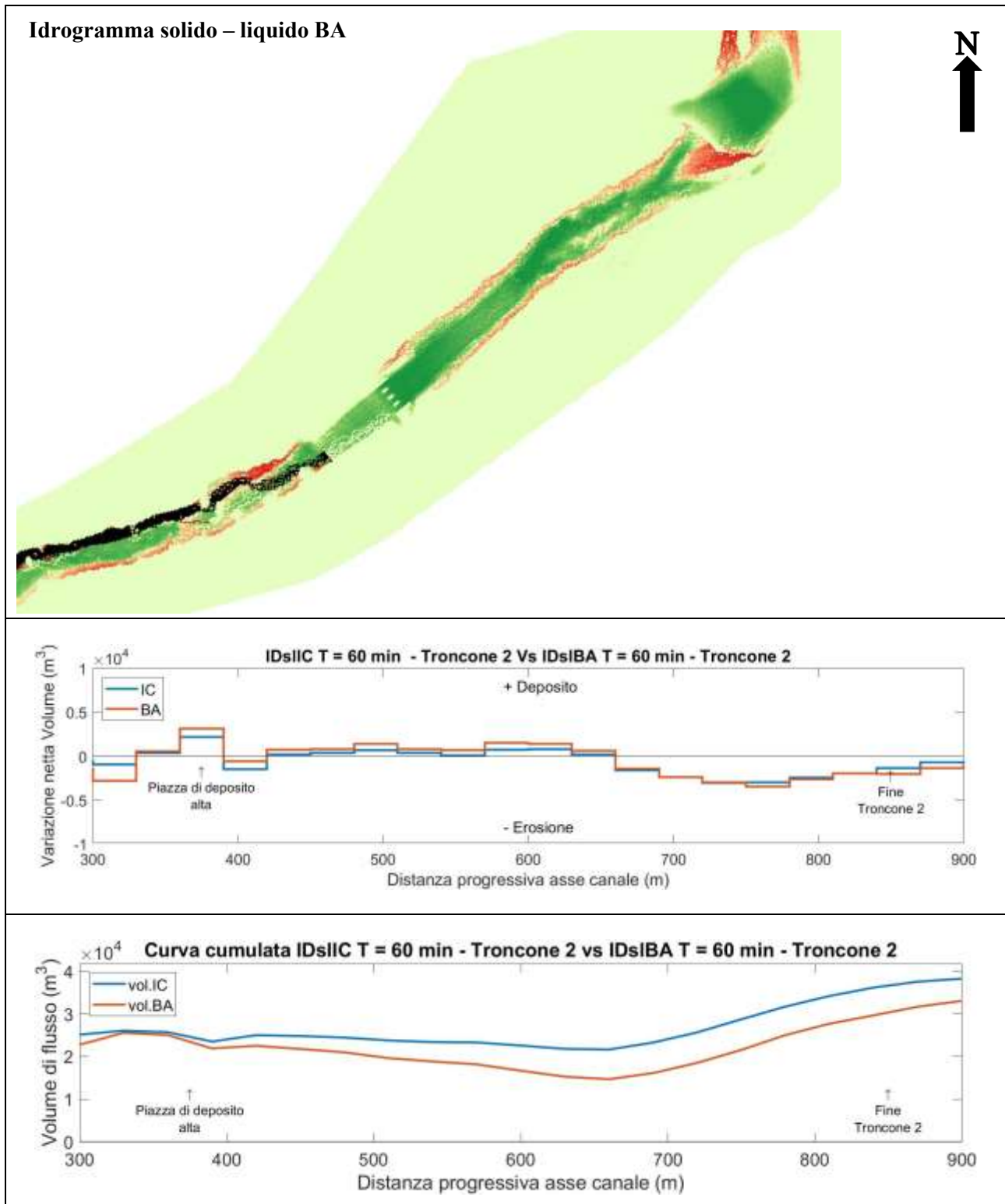
Figura 116. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 2 del troncone 1

- Troncone 2 intensità costante vs Troncone 2 blocchi alterni

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Andamento erosioni – depositi	Erosioni e depositi più marcati con idrogramma solido – liquido BA.
Tratto 2	Andamento erosioni – depositi	Con idrogramma solido – liquido IC si hanno erosioni e depositi leggermente più contenuti, inoltre, a monte della briglia si raccoglie un minor quantitativo di materiale.
Tratto 3	Erosioni a valle del tratto sistemato presentano praticamente lo stesso andamento.	Con idrogramma a blocchi alterni si hanno depositi più marcati immediatamente a valle della briglia della filtrante e all'interno del canale, inoltre le erosioni sono tendenzialmente più marcate.

Idrogramma solido – liquido IC





Nel secondo troncone di analisi si può notare, che il divario tra le due curve cumulate aumenta leggermente indicando, che con idrogramma solido – liquido BA si smuove un quantitativo di materiale tendenzialmente minore rispetto a quello movimentato con l'idrogramma solido – liquido IC. La Figura 116 e la Figura 117 descrive il confronto delle portate totali e solide registrate dalle due sezioni di analisi poste a monte e a valle della briglia filtrante.

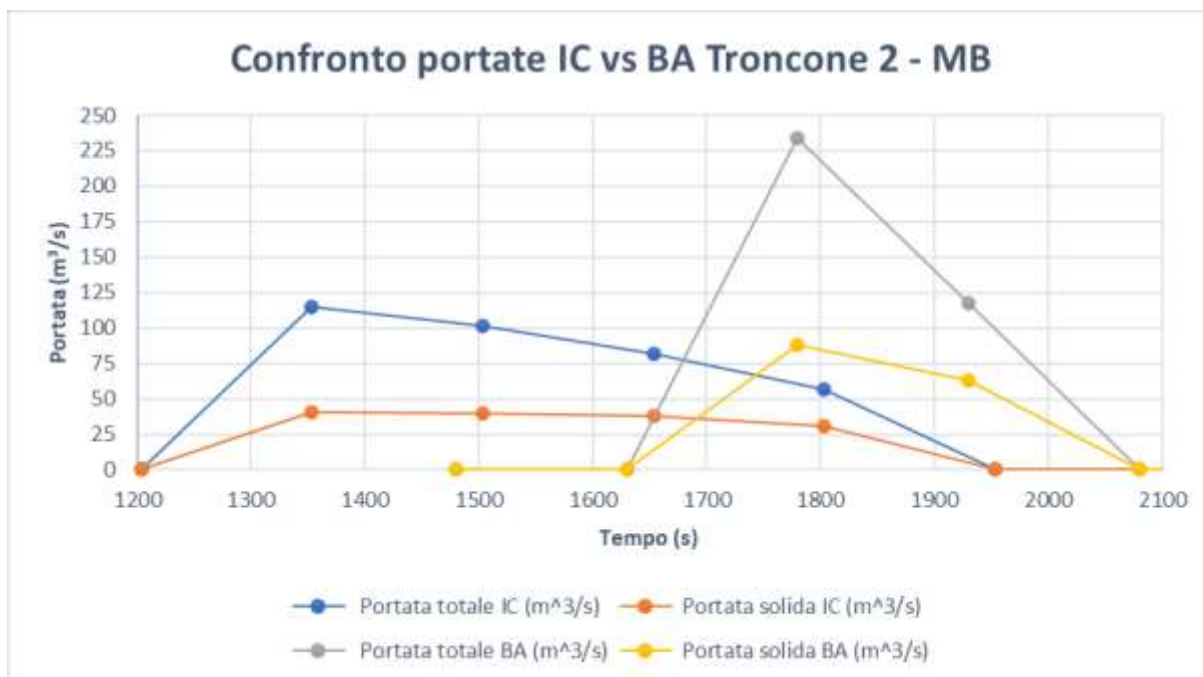


Figura 117. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta a monte delle briglia filtrante

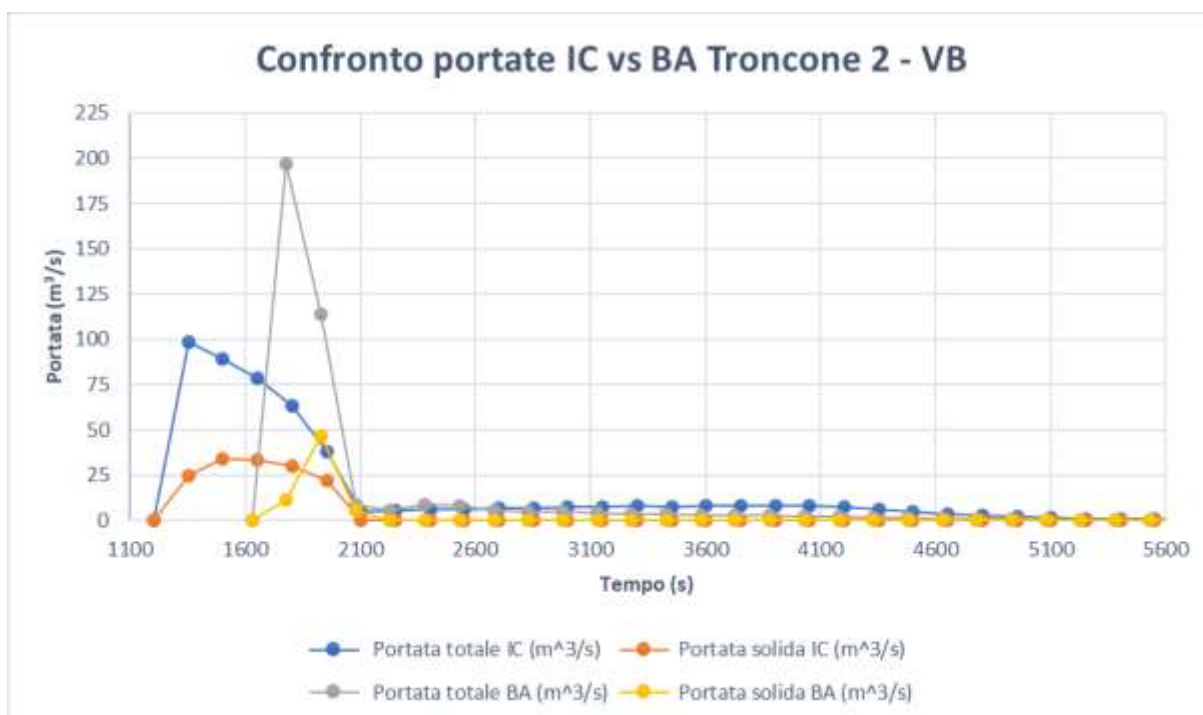
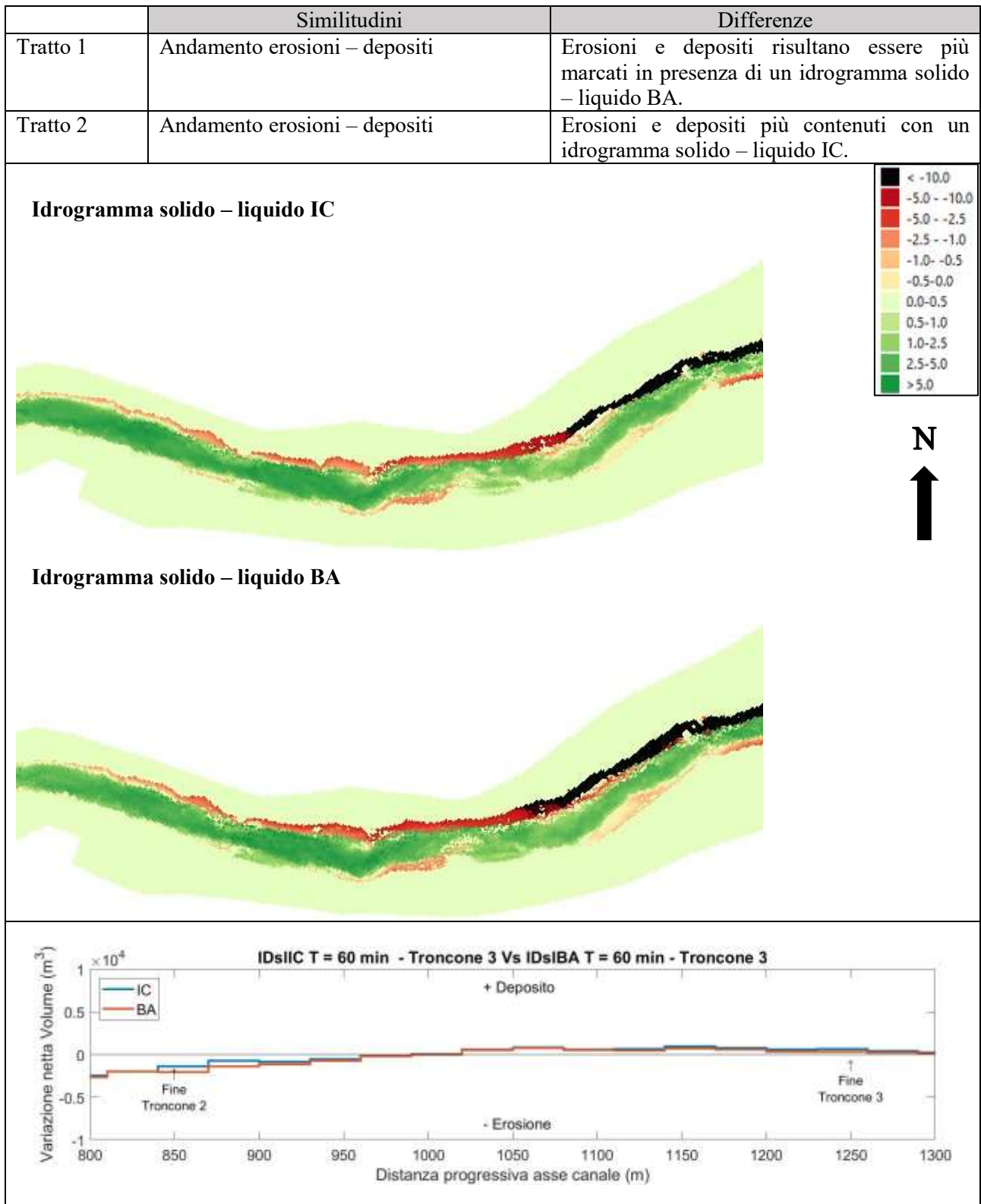
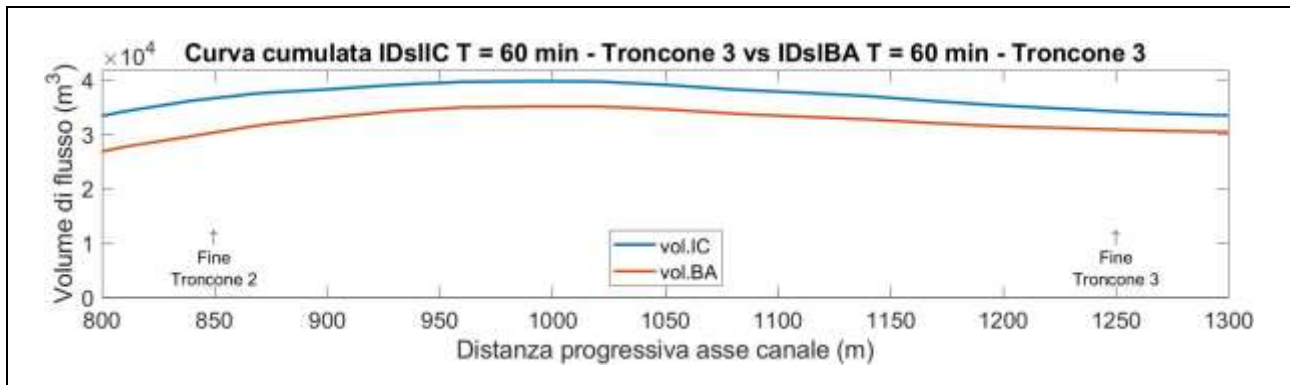


Figura 118. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta a valle della briglia filtrante

- Troncone 3 intensità costante vs Troncone 3 blocchi alterni





Come si evince dal grafico, la differenza tra le due curve diminuisce leggermente man mano, che ci si sposta verso la piazza di deposito alta. Comunque, il volume movimentato dall' idrogramma solido – liquido IC continua ad essere più elevato. La Figura 118 descrive il raffronto tra le portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel terzo troncone di analisi.

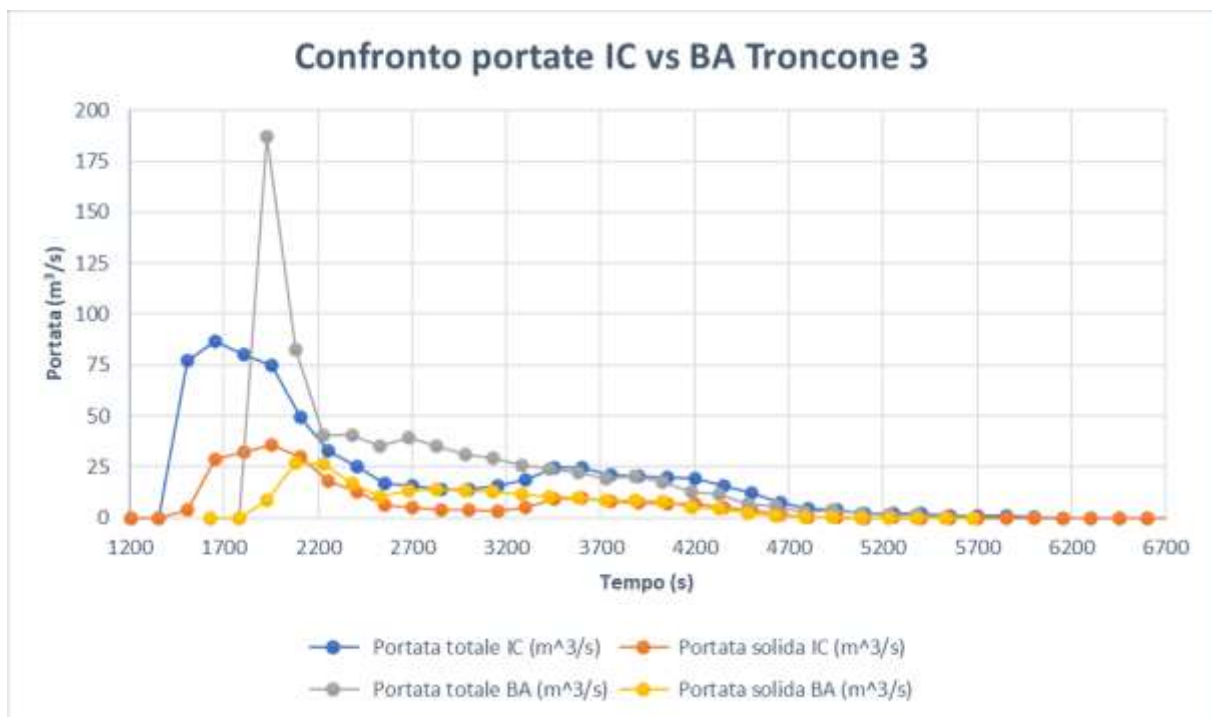
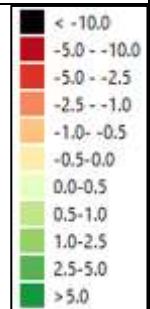
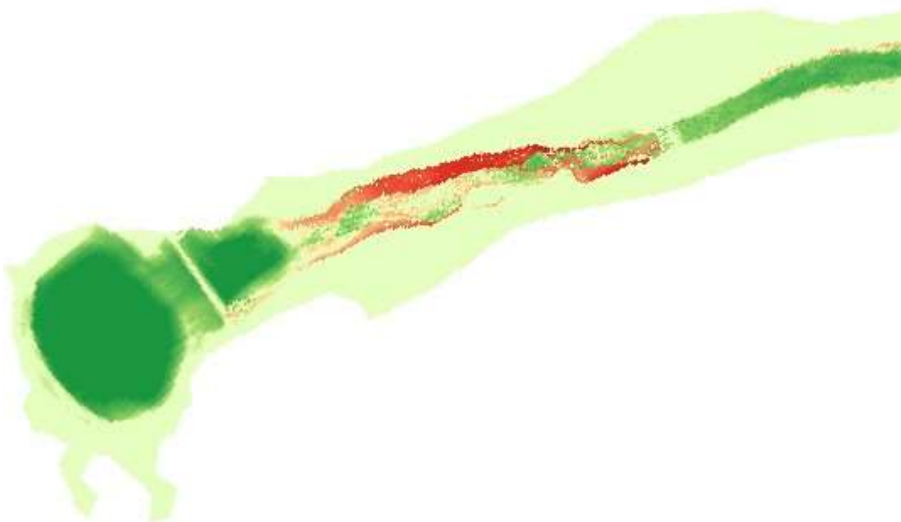


Figura 119. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto e del troncone 3

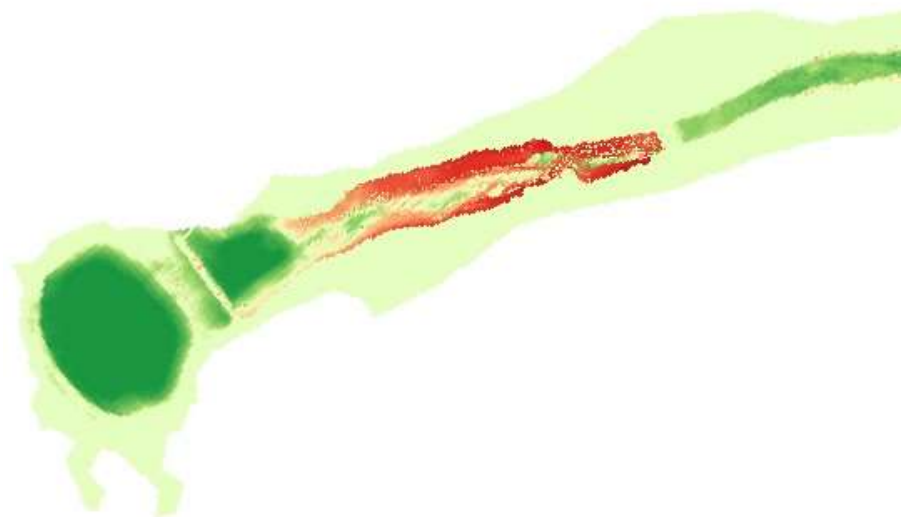
- Troncone 4 intensità costante vs Troncone 4 blocchi alterni

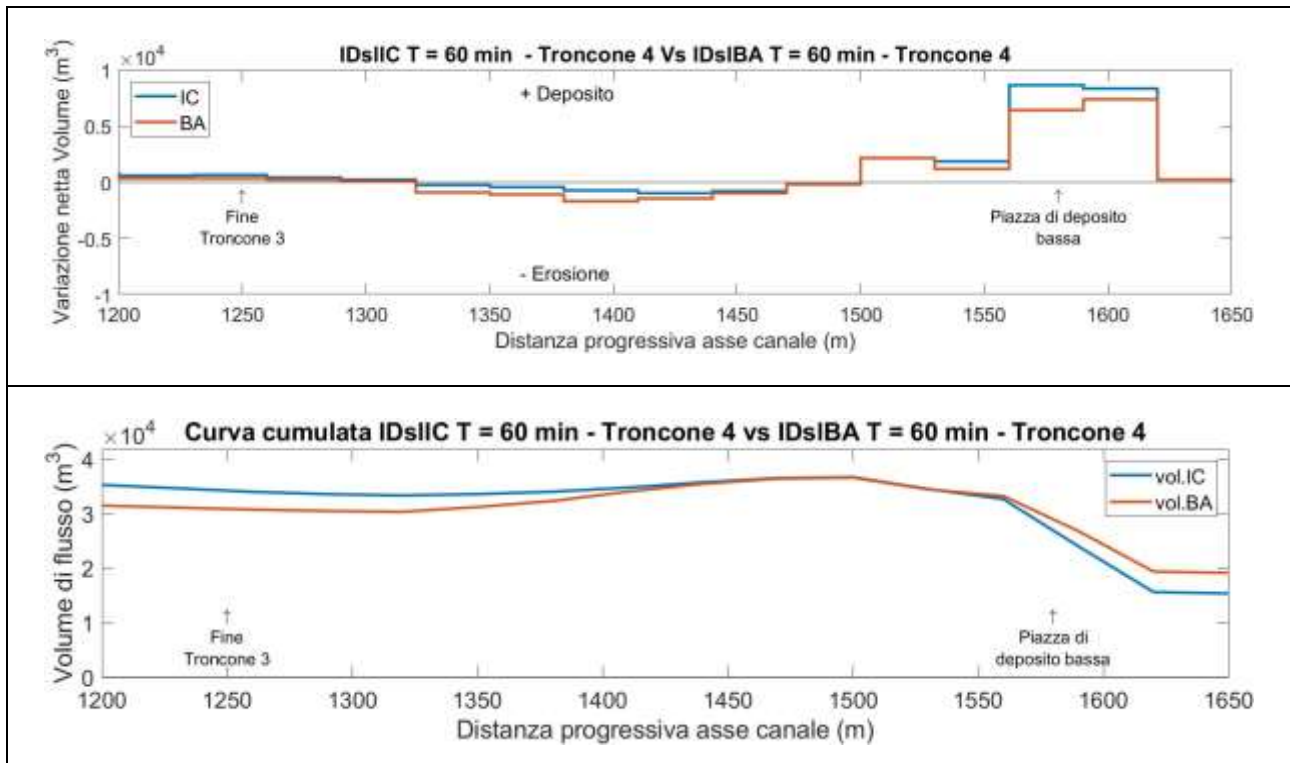
	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Andamento erosioni – depositi	Erosioni più marcate, in sponda destra con idrogramma solido – liquido BA. Mentre i depositi sono più accentuati in presenza di un idrogramma solido – liquido IC.
Tratto 2	Andamento erosioni – depositi	Le erosioni interessano una maggiore porzione di canale e sono più marcate in presenza di un idrogramma solido – liquido BA. Depositati sono più importanti con idrogramma solido – liquido IC.
Tratto 3	Andamento depositi	Erosioni scavano una minore porzione della sponda sinistra in presenza di un idrogramma solido – liquido IC.
Bacino di ritenuta	Il bacino ha trattenuto tutto il materiale arrivato al suo interno.	Presenza di un maggior quantitativo di deposito con un idrogramma solido – liquido IC.

Idrogramma solido – liquido IC



Idrogramma solido – liquido BA





Entranti nell'ultimo troncone di analisi il divario tra le due curve diminuisce sempre di più, fino a quando non presentano lo stesso andamento. Superato questo punto i volumi smossi con l'idrogramma solido – liquido IC tendono a diminuire rispetto a quelli movimentati dall'idrogramma solido – liquido BA.

Concludendo, si può dire, che in presenza di un evento di precipitazione di durata 60 minuti le masse smosse, per buona parte del canale saranno più elevate nel caso in cui si utilizzi come input nel modello un'idrogramma solido – liquido IC. Mentre, verso la fine del canale i volumi movimentati dalla colata detritica simulata con idrogramma solido – liquido BA, saranno leggermente più importanti. Da segnalare, inoltre, che l'opera di difesa posta a monte dell'abitato di Borca di Cadore, è stata riempita del tutto ed inoltre, ha protetto l'abitato perché dalla lettura delle due immagini di confronto non emergono scavi o depositi al di fuori del bacino di trattenuta. La Figura 119 (sotto riportata) illustra la comparazione tra le portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del quarto troncone di analisi.

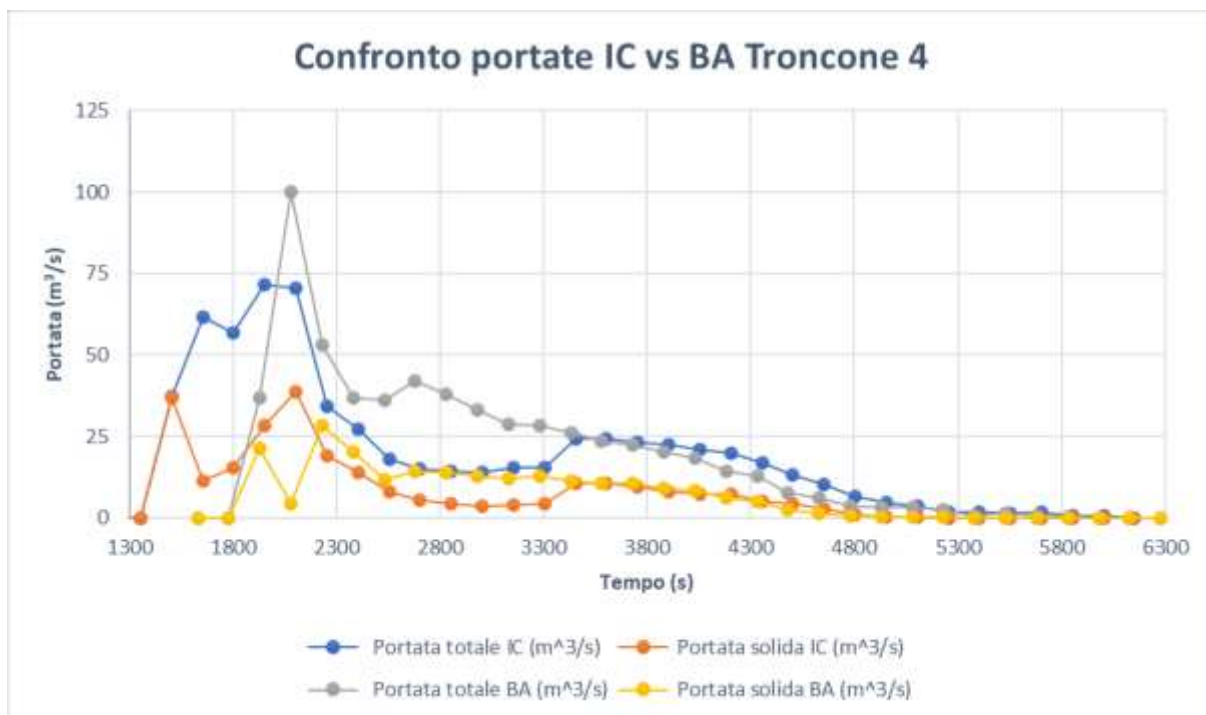
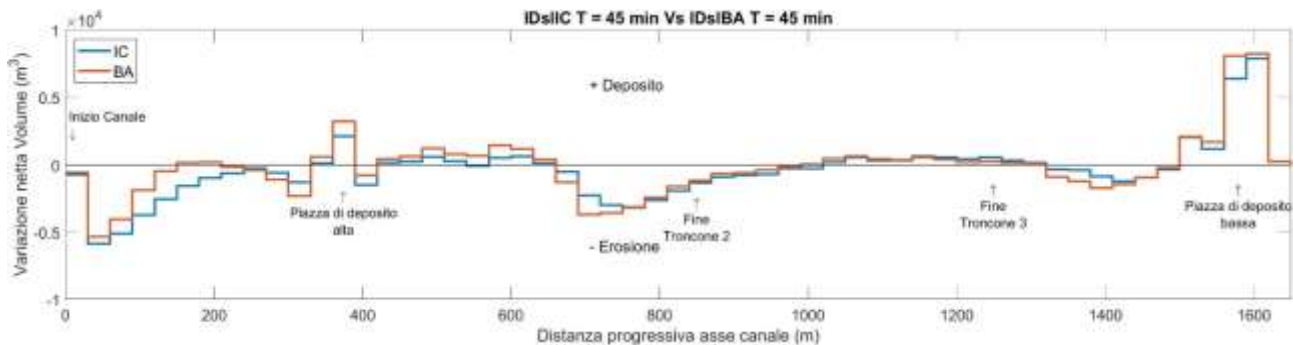


Figura 120. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 4

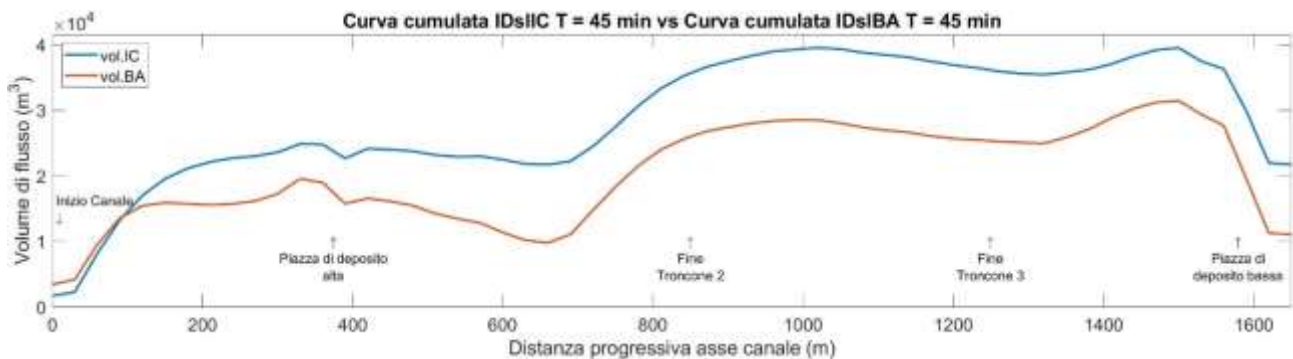
7.7. Idrogramma solido – liquido di durata 45 minuti

Per questa durata di precipitazione vengono riportati solamente i volumi cumulati e i volumi netti a livello di canale, inoltre, si riportano le portate a livello dei quattro tronconi di analisi. Di questi parametri, si effettua un confronto tra i risultati ottenuti con idrogramma solido – liquido determinato utilizzando un idrogramma a blocchi alterni e quelli individuati con l'idrogramma solido – liquido realizzato usando un idrogramma a blocchi alterni.

Per primo si riporta il confronto tra i volumi netti ed il raffronto tra i volumi cumulati. In seguito, si inserisce la comparazione delle portate totali e solide per alcune sezioni di analisi poste lungo il canale oggetto di studio.



Dal confronto della variazione dei volumi netti, si evince, che la simulazione con idrogramma solido – liquido IC erode una maggiore porzione di canale, all'interno del primo tratto di analisi. La piazza di deposito alta risulta essere maggiormente riempita in presenza di un idrogramma solido – liquido BA. Sempre con questo idrogramma si può notare, che il deposito a monte della briglia filtrante risulta essere più accentuato, invece, a valle le erosioni risultano essere più marcate. Nel terzo e quarto troncone di analisi l'andamento delle erosioni e depositi è pressoché simile tra i due idrogramma. L'unica differenza è che la simulazione IC tende ad erodere meno il tratto posto a monte del bacino di ritenuta posto a protezione dell'abitato di Borca.



Dal confronto delle curve cumulate si nota, che la simulazione con idrogramma solido – liquido IC movimentata una maggior quantitativo di materiale. Visionando le due curve si nota che nel tratto dove si localizza la briglia filtrante i volumi trattenuti sono più elevati in presenza di un idrogramma solido – liquido BA. Inoltre, entrambi i debris flows simulati non sono fuoriusciti dall'opera posta a monte del centro abitato. Nelle Figure 120, 121, 122, 123 e 124 si riportano i confronti delle portate totali e solide registrate dalle sezioni poste all'interno del canale.

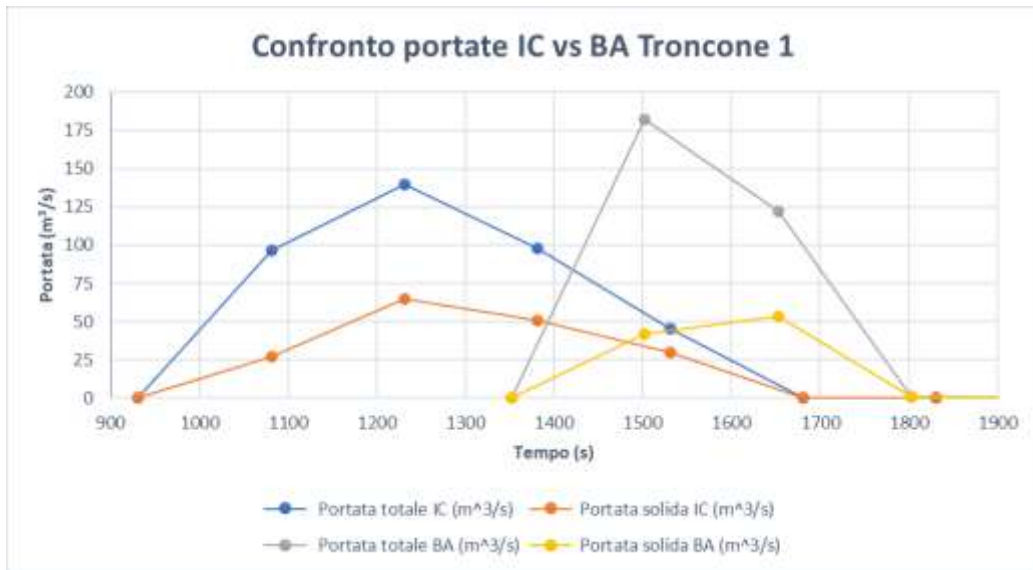


Figura 121. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 3 del troncone 1

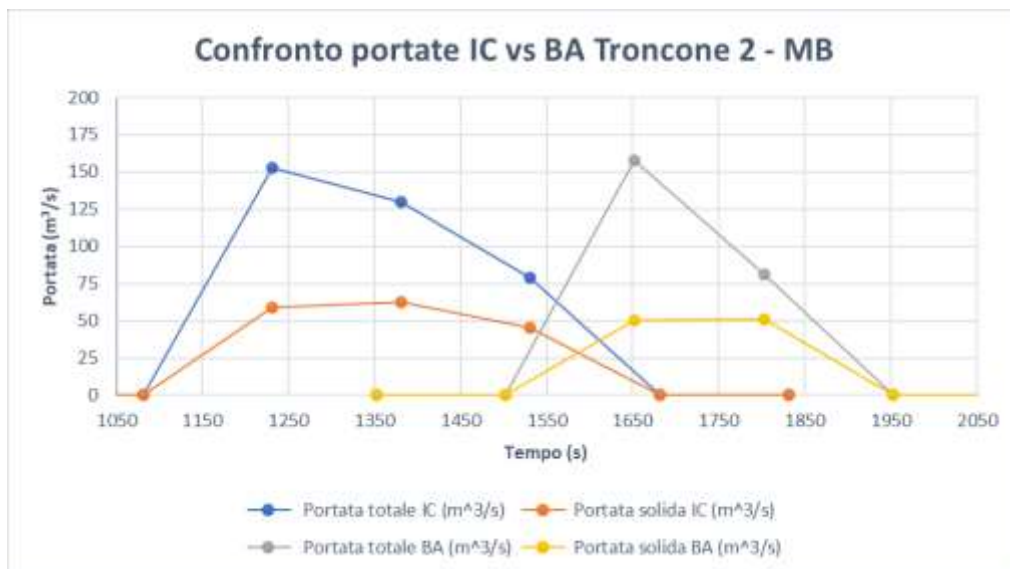


Figura 122. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta a monte delle briglie filtrante

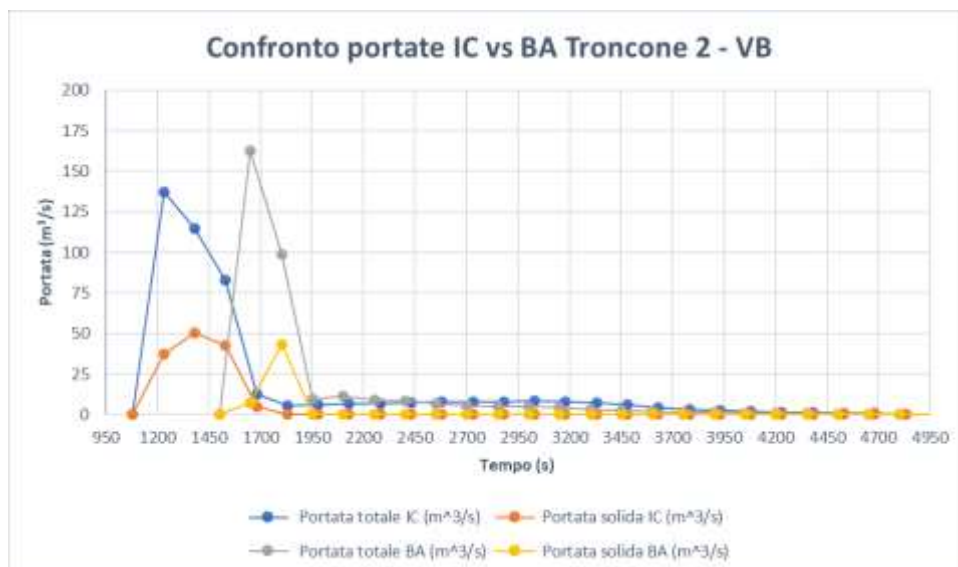


Figura 123. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta a valle delle briglie filtrante

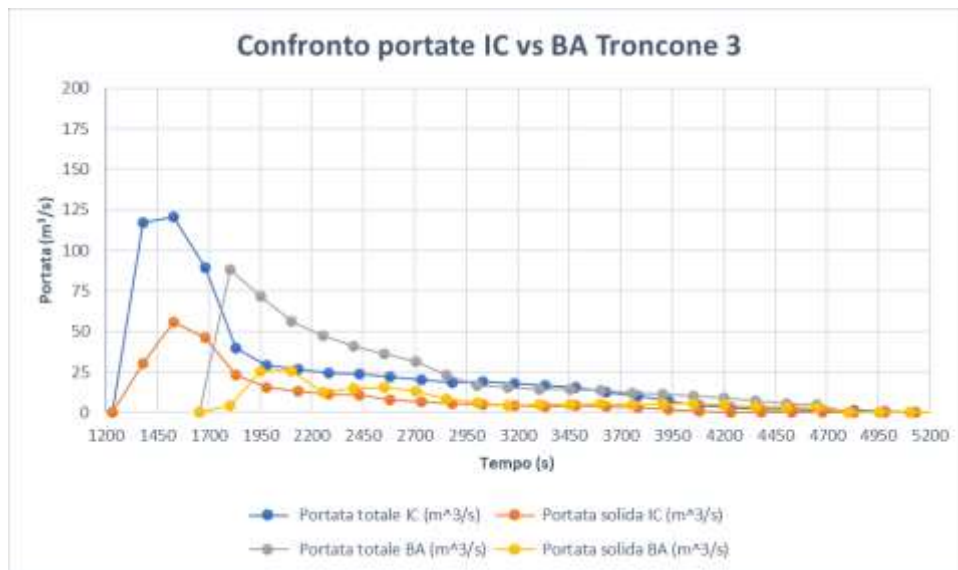


Figura 124. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 2 del troncone 3

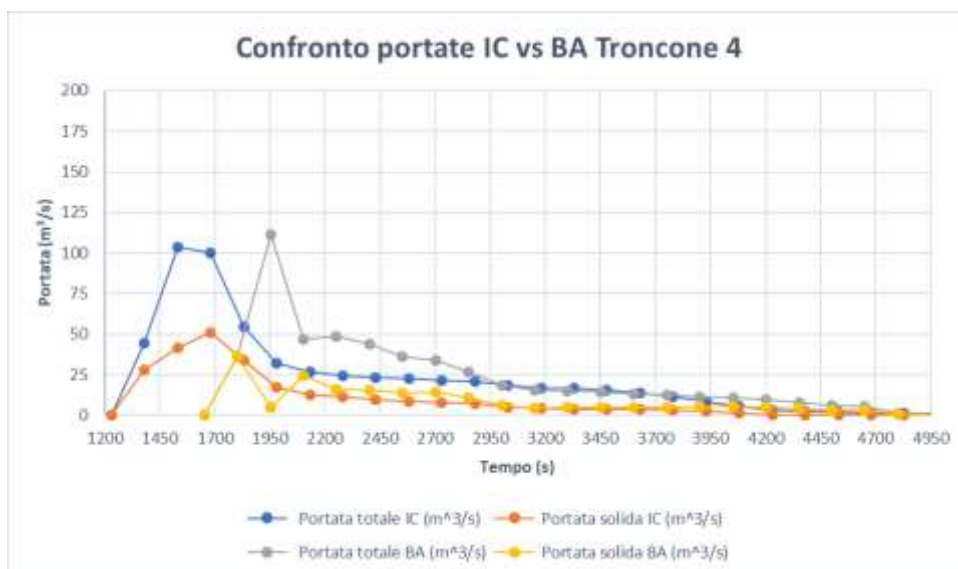


Figura 125. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 4

8. VALUTAZIONE EROSIONI E DEPOSITI ANTE E POST SISTEMAZIONE IN PRESENZA DI UN COLATA DETRITICA CARICA DI SEDIMENTO

In questo capitolo si andranno a valutare le erosioni, i depositi, i volumi e le portate come avvenuto per i due capitoli precedenti. Con la differenza, che in questo caso non si effettua un confronto tra due diversi idrogrammi di input (quello determinato con ietogramma ad intensità costante e quello individuato con ietogramma a blocchi alterni), ma si compara, direttamente, i risultati ottenuti in presenza e assenza delle opere di mitigazione, visto che si ha a disposizione lo stesso idrogramma determinato seguendo le modalità descritte nel paragrafo 4.3 del capitolo denominato “*REALIZZAZIONE DEGLI IDROGRAMMI SOLIDO – LIQUIDI*”.

Ulteriore differenza rispetto i due capitoli precedenti è, che le simulazioni avevano l’obiettivo di massimizzare la concentrazione al picco della portata ($c = 0.675$), seguita da un corpo e coda della colata completamente liquida, ovvero, con concentrazione pari a zero ($c = 0$). Mentre, le simulazioni, che vengono analizzate in questo capitolo presentano una concentrazione costante, per il picco di portata, il corpo e la coda, che varia in funzione della durata di precipitazione:

- $c = 0.4$ per $T = 30$ minuti;
- $c = 0.35$ per $T = 45$ minuti
- $c = 0.3$ per $T = 60$ minuti.

Invece, in presenza di una durata di precipitazione pari al tempo di corrivazione del bacino, la concentrazione della colata non è costante, ovvero, è massima al picco di portata ($c = 0.646$), mentre, diminuisce nel corpo e nella coda della colata.

Le simulazioni vengono svolte con durate di precipitazione pari al tempo di corrivazione del bacino (15 minuti), 30 minuti e 60 minuti. Inoltre, si effettua un’ulteriore simulazione in presenza di una durata di precipitazione pari a 45 minuti, con l’unica differenza, che in questo caso non si svolge una descrizione dettagliata delle erosioni e depositi, ma a fine capitolo, si riportano solo il confronto tra i volumi netti e cumulati ed il confronto delle portate generate dall’evento.

<i>Simulazione</i>	<i>Input</i>	<i>Durata</i>	<i>Situazione</i>
1	Idrogramma solido – liquido PGRA	15 minuti	Ante – sistemazione (AS)
2	Idrogramma solido – liquido PGRA	15 minuti	Post – sistemazione (PS)
3	Idrogramma solido – liquido PGRA	30 minuti	Ante – sistemazione (AS)
4	Idrogramma solido – liquido PGRA	30 minuti	Post – sistemazione (PS)
5	Idrogramma solido – liquido PGRA	60 minuti	Ante – sistemazione (AS)
6	Idrogramma solido – liquido PGRA	60 minuti	Post – sistemazione (PS)
7	Idrogramma solido – liquido PGRA	45 minuti	Ante – sistemazione (AS)
8	Idrogramma solido – liquido PGRA	45 minuti	Post – sistemazione (PS)

Tabella 100. Tabella riassuntiva delle simulazione svolte e descritte all’interno di questo capitolo. Per AS si intende, la simulazione effettuata in situazione ante - sistemazione. Mentre per PS si intende la simulazione effettuata in situazione post- sistemazione

Comunque, anche in questa valutazione si è suddiviso il canale di Rovina di Cancia in quattro tronconi di analisi, che a loro volta vengono divisi in più tratti, in modo da rendere più chiara la descrizione dell'andamento delle erosioni e dei depositi generati dalla colata detritica.

8.1. Idrogramma solido – liquido di durata pari al tempo di corrivazione del bacino (15 min)

In questo paragrafo si utilizzeranno degli idrogrammi di input, che avranno il compito di simulare un fenomeno di colata detritica caratterizzata da un'alta concentrazione solida, sia in testa, che nel corpo, che nella sua coda. Il fenomeno andrà a generare delle erosioni e dei depositi, che verranno valutate nelle pagine successive. La valutazione avverrà utilizzando come input un idrogramma solido – liquido determinato utilizzando un ietogramma a blocchi alterni. Questa analisi verrà effettuata in presenza e assenza delle opere di mitigazione, pertanto, alla fine si effettuerà un confronto tra le due situazioni in modo tale da individuare eventuali similitudini o differenze.

8.1.1. Idrogramma solido – liquido ante - sistemazione di durata 15 minuti

Come detto per simulare l'evento vengono utilizzati gli idrogrammi di input mostrati in Figura 125 e Figura 126. Il primo si localizza a monte del primo troncone di analisi, mentre, il secondo è posta nel punto di immissione del Bus del Diau in alveo, ovvero, subito a valle del bacino di ritenuta.

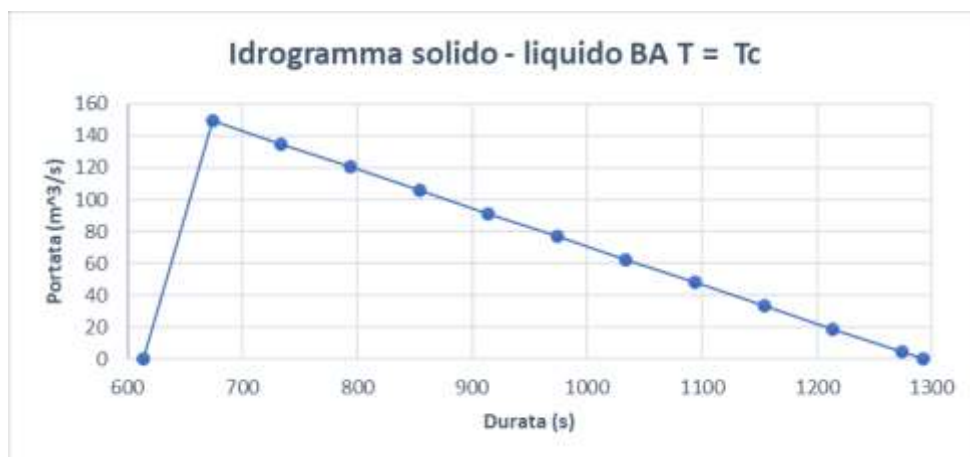


Figura 126. Idrogramma solido – liquido BA T = Tc

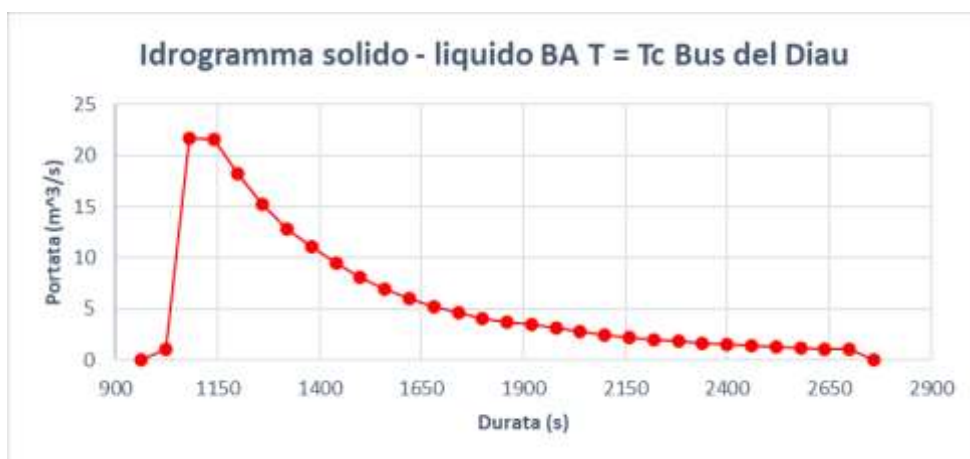
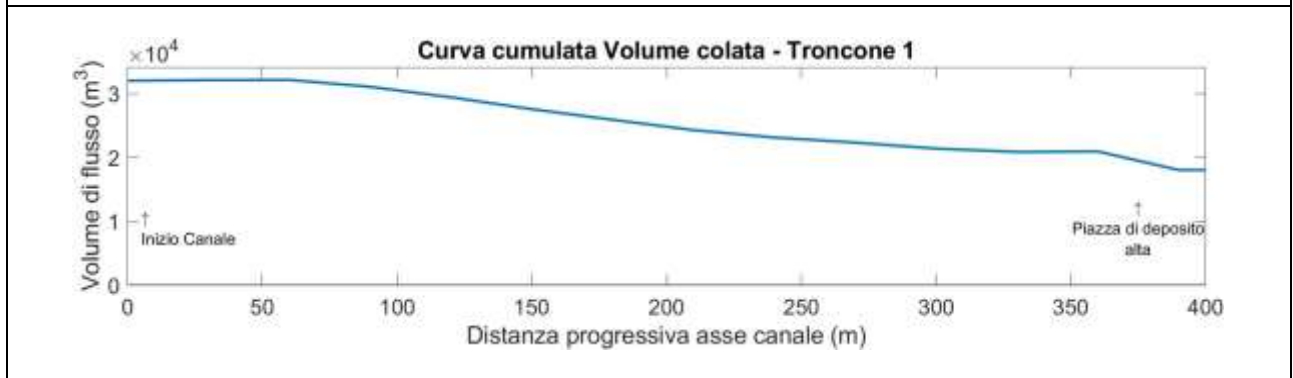
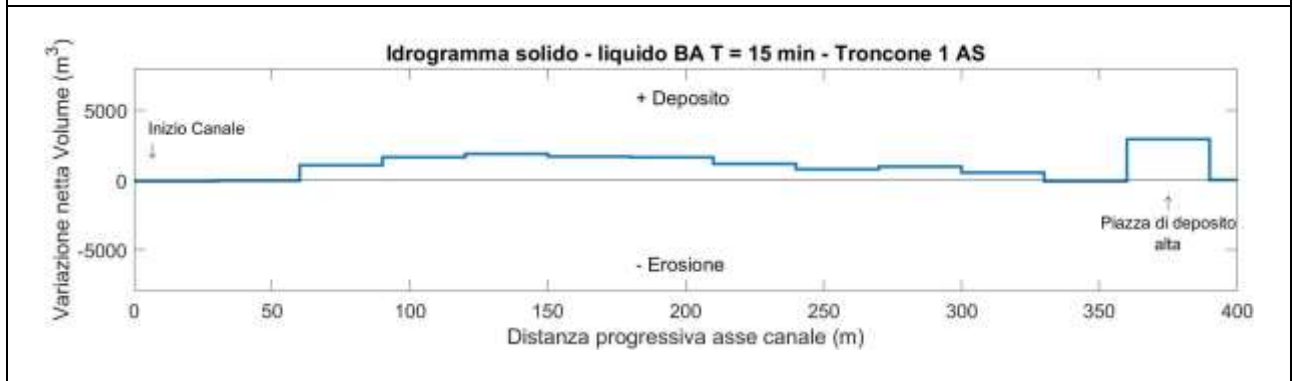
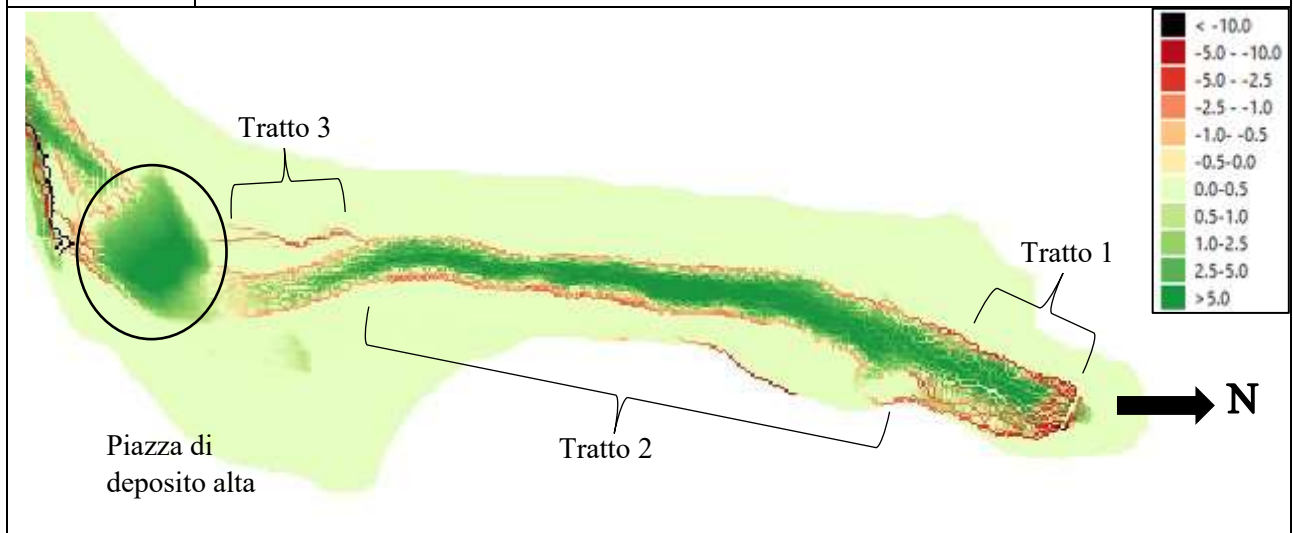


Figura 127. Idrogramma solido – liquido BA T = Tc

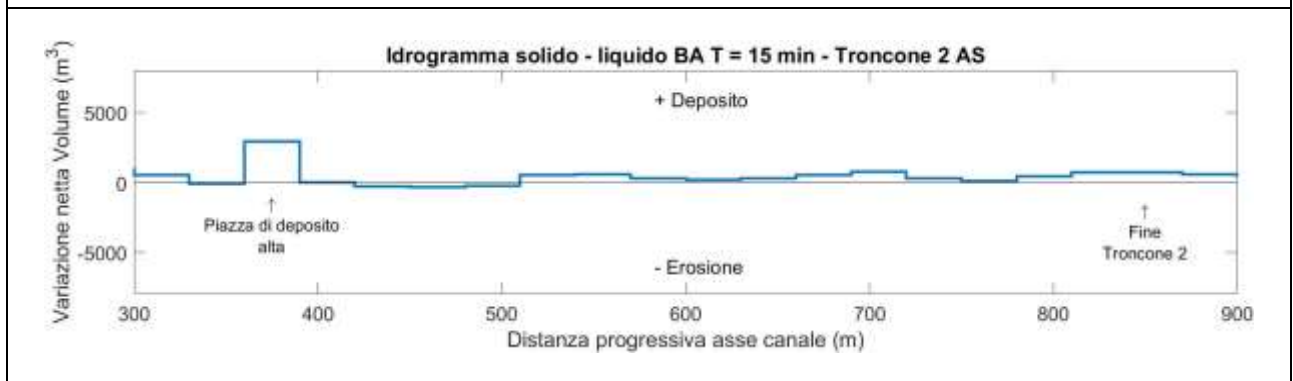
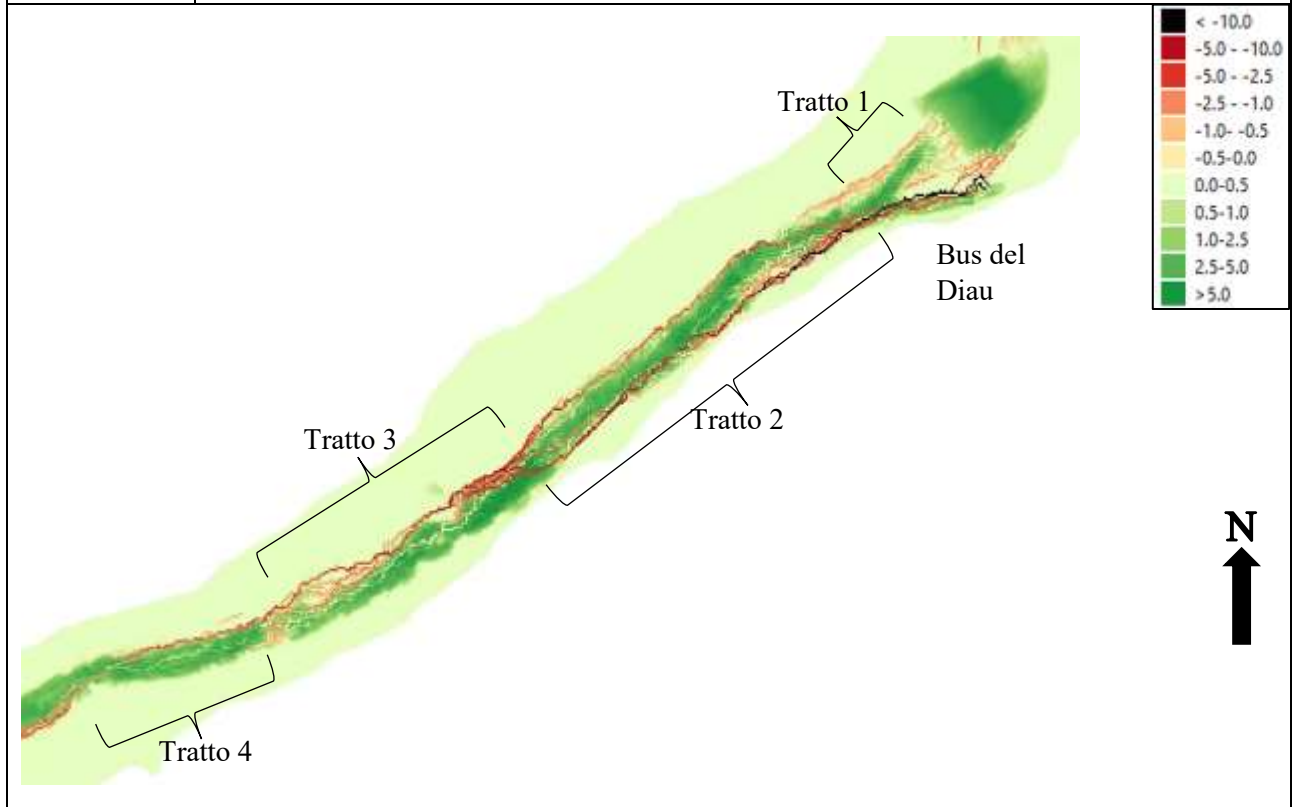
Troncone 1	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Per un brevissimo tratto interessano l'intero canale, poi si localizzano solo lungo le sponde con scavi importanti.	Occupano buona parte della sezione del canale con depositi di 3 – 4 m di altezza.
Tratto 2	Localizzate lungo le due sponde. Con scavi più importanti in sponda sinistra, dove si erode un'area maggiore.	Occupano gran parte della sezione del canale con spessori, che variano da 4 a 7 m.
Tratto 3	Contenute lungo le due sponde e per un breve tratto anche sul fondo del canale. Creazione di un canale secondario in destra idrografica a causa degli scavi generati dall'evento.	Interessano buona parte del canale con spessori, che diminuiscono di altezza man mano che ci si muove verso la piazza di deposito.
Altro	La piazza di deposito è un'opera a bassa pendenza, che favorisce l'arresto della colata. Il materiale depositato al suo interno presenta spessori compresi tra i 2 – 5 m. Nel parte iniziale del tratto 3 è presente una sezione, che analizza la portata transitata durante l'evento. Quello, che emerge è che la portata al picco è stata di 83.23 m ³ /s, registrata dopo 15 minuti dall'inizio dell'evento.	

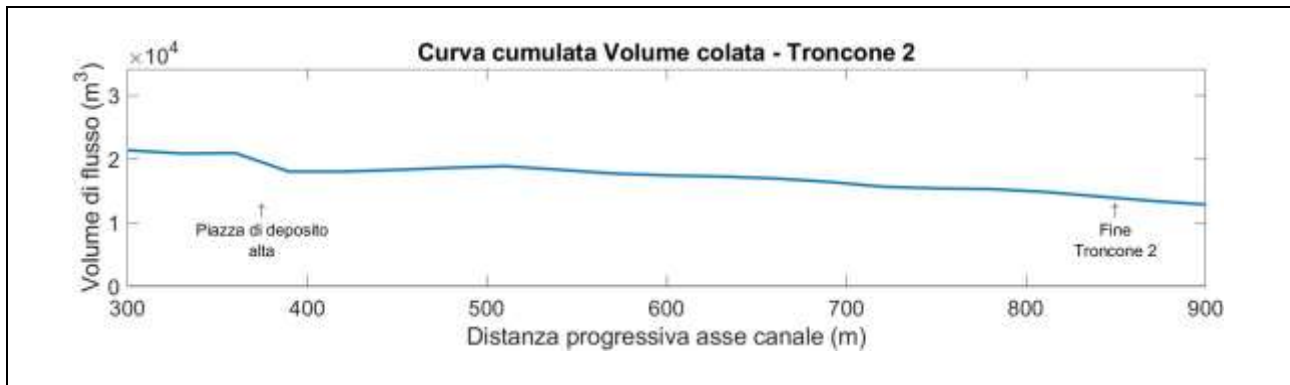


<i>Troncone 1</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
0	-105.60	32006.80
30	-26.89	32112.40
60	1079.85	32139.29
90	1645.67	31059.43
120	1862.82	29413.77
150	1657.69	27550.94
180	1618.62	25893.26
210	1163.65	24274.64
240	784.13	23110.98
270	947.63	22326.85
300	520.05	21379.22
330	-77.63	20859.17
360	2913.33	20936.80

Tabella 101. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 1

Troncone 2	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Prevalentemente lungo le due sponde con scavi più contenuti in destra, mentre, considerevoli lungo la sponda sinistra.	Nella parte centrale del canale con spessori contenuti, circa 1 – 2 m.
Tratto 2	Importanti lungo la sponda destra, mentre, in sinistra sono ragguardevoli. Per brevi tratti si localizzano anche sul fondo, ma con scavi contenuti.	Presenti prevalentemente sul fondo con spessori compresi tra 3 – 4 m.
Tratto 3	Lungo la sponda destra con scavi, che diminuiscono man mano, che ci si sposta verso valle.	Si attestano in sinistra idrografica indicando, che la colata si è spostata verso l'esterno, causando un rallentamento e quindi deposita materiale.
Tratto 4	Lungo la sponda destra con scavi importanti. In sinistra idrografica sono nulle.	Interessano gran parte della sezione del canale con spessori di 1 – 3 m di altezza.
Altro	Nel tratto 2 è presente il punto di immissione, in alveo, del Bus del Diau. Corso d'acqua secondario caratterizzato da elevate portate liquide, ma con uno scarso apporto solido.	

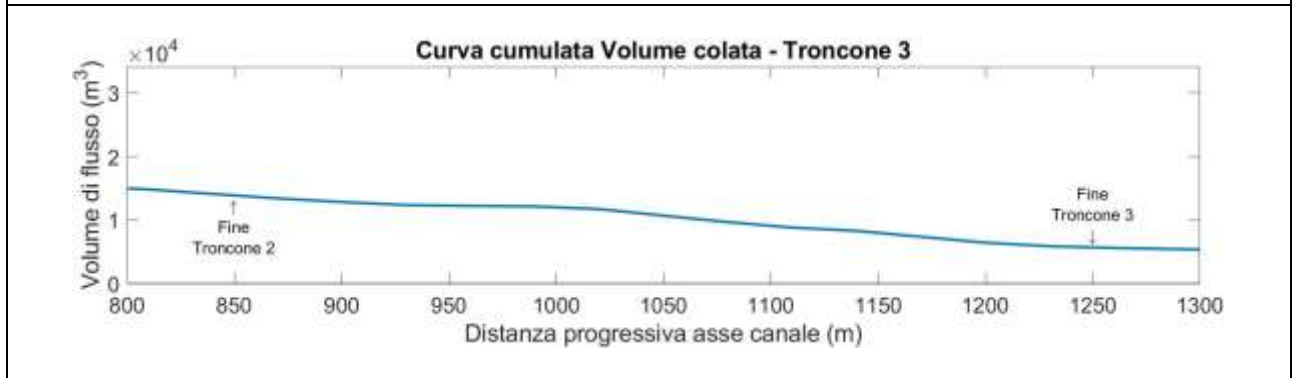
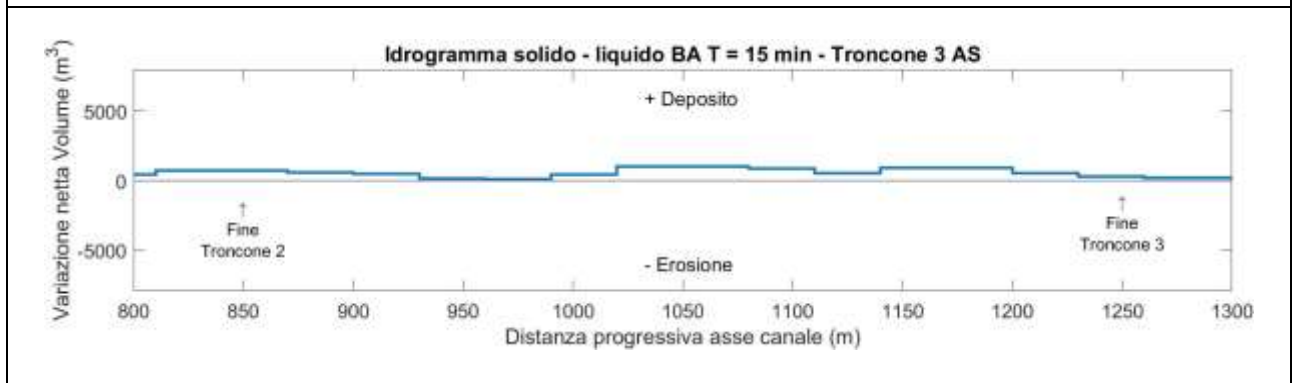
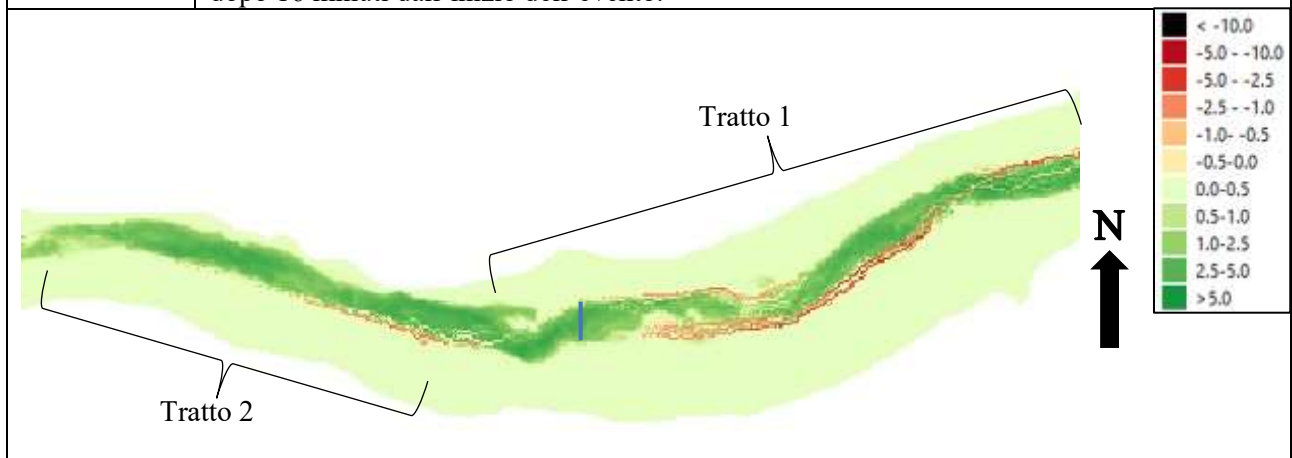




Troncone 2		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
390	0.00	18023.47
420	-278.04	18023.47
450	-326.36	18301.51
480	-246.96	18627.87
510	550.59	18874.83
540	595.19	18324.25
570	298.38	17729.05
600	171.62	17430.67
630	309.58	17259.05
660	530.03	16949.46
690	755.70	16419.43
720	277.88	15663.73
750	99.50	15385.85
780	442.33	15286.36
810	717.97	14844.03
840	697.95	14126.06

Tabella 102. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 2

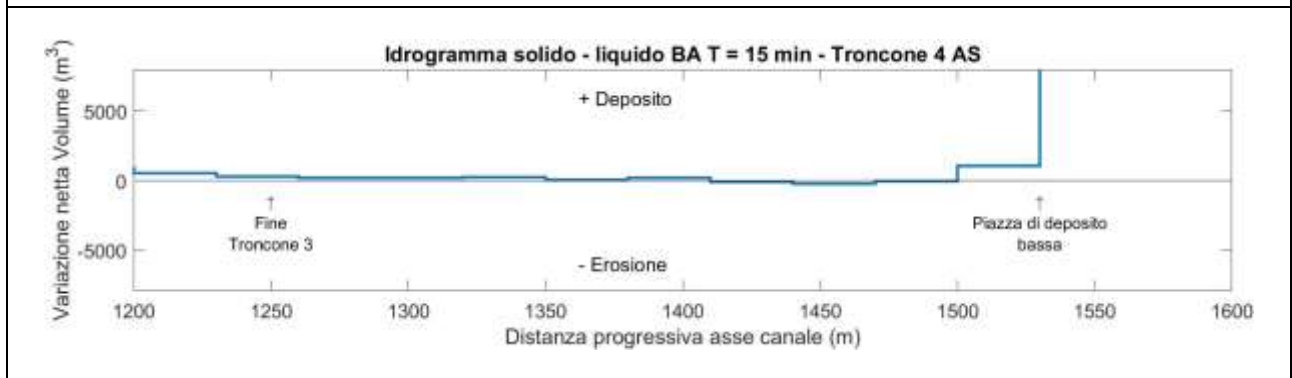
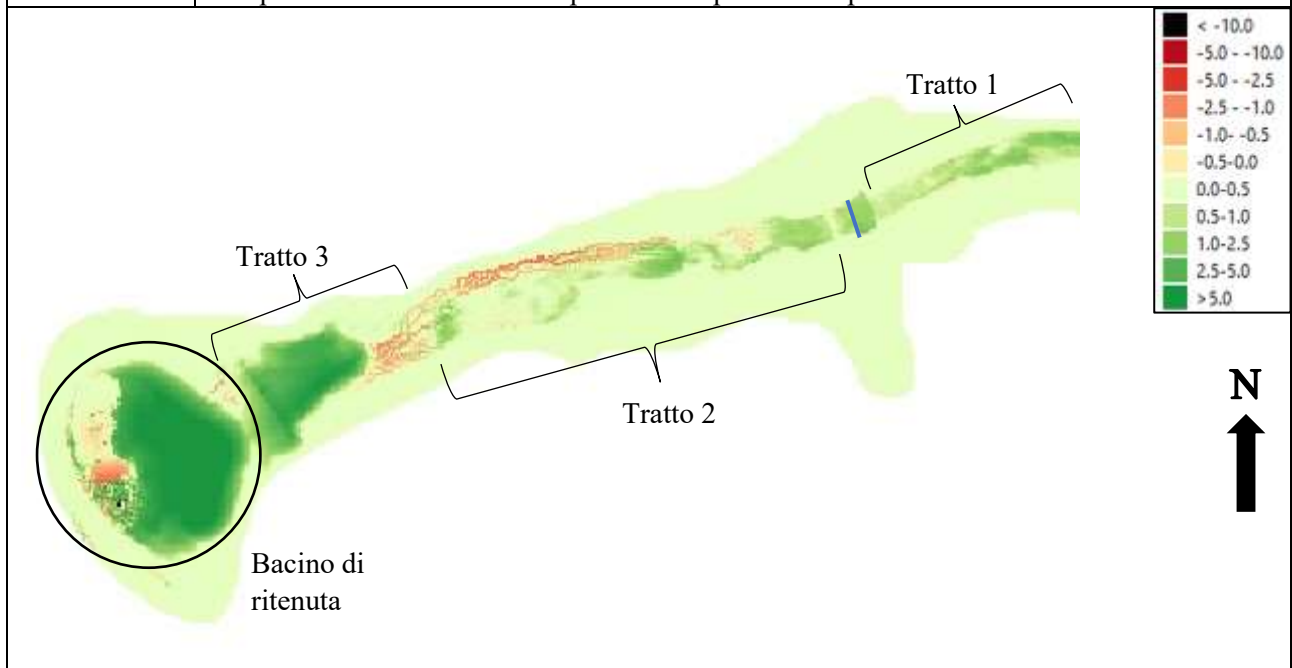
Troncone 3	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Inizialmente interessano la sponda destra, ma dopo la curva si concentrano lungo la sponda sinistra, con scavi importanti, mentre, in sponda destra gli scavi sono nulli, se non per piccole porzioni dove riprendono forza. Man mano, che ci si sposta verso valle le erosioni, in sinistra idrografica, diventano più contenute fino ad annullarsi del tutto.	Si localizzano nella parte centrale del canale con spessori massimi di 2 – 3 m. Più a valle, in presenza di una curva, i depositi si attestano in sinistra idrografica, perché la colata è spinta verso destra. Perciò, rallenta e deposita materiale nella parte esterna della curva.
Tratto 2	Localizzate per un breve tratto in sponda destra con scavi contenuti. In destra idrografica sono pressoché nulle.	Occupano gran parte della sezione del canale con spessori medi di 2 – 3 m.
Altro	Nella parte finale del tratto 1 è presente una sezione di analisi della portata (linea blu), quello, che emerge è che, la portata al picco registrata è pari a 48.22 m ³ /s, ed è stata misurata dopo 16 minuti dall'inizio dell'evento.	



<i>Troncone 3</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
870	572.68	13428.11
900	483.21	12855.44
930	128.92	12372.23
960	87.26	12243.31
990	431.96	12156.05
1020	1012.73	11724.09
1050	1029.18	10711.36
1080	863.15	9682.18
1110	513.26	8819.03
1140	935.43	8305.77
1170	932.61	7370.34
1200	548.38	6437.73
1230	279.84	5889.35
1260	171.41	5609.51

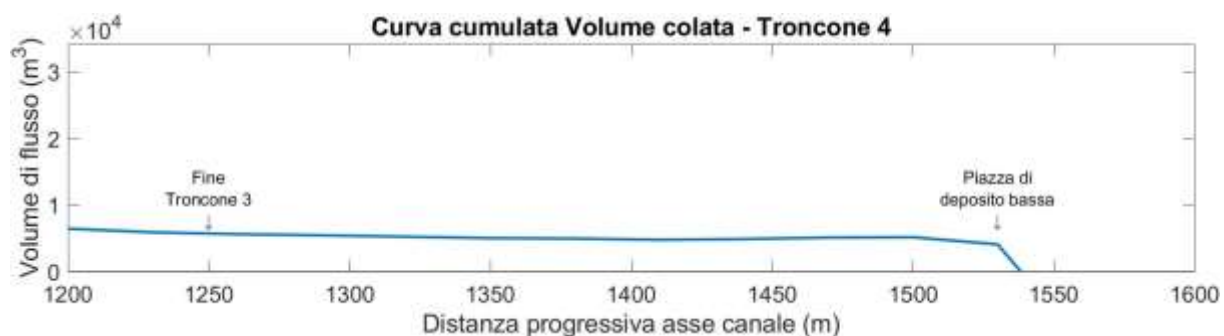
Tabella 103. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 3

Troncone 4	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Per brevissimi tratti lungo le sponde con scavi molto contenuti.	Occupano gran parte della sezione del canale con spessori, che diminuiscono man mano, che ci si sposta verso valle.
Tratto 2	Dopo il ponte si accentuano in destra idrografica, con profondità di scavo comprese tra i 2 – 3 m.	Presenza di un ponte, che riduce la luce del canale e la sua pendenza, che comporta un aumento del materiale depositato in quel punto. Più a valle i depositi interessano solo alcune sezioni del tratto, con spessori contenuti (<1.5 m).
Tratto 3	Nella parte iniziale interessano l'intera sezione del canale con scavi abbastanza contenuti	Immediatamente a valle del tratto completamente eroso, vi è un forte deposito (spessori medi di 3 – 4 m) dovuto alla minore pendenza del canale, in quanto il fenomeno entra nel bacino di ritenuta.
Altro	Subito dopo il ponte è presente una sezione di analisi, che ha registrato una portata al picco (linea blu) pari a 24.09 m ³ /s, misurata dopo 23 minuti dall'inizio dell'evento. Il bacino di ritenuta è posto a monte dell'abitato di Borca di Cadore e ha il compito di trattenere il materiale trasportato dalla colata. Al suo interno i depositi presentano altezze comprese tra i 5 – 8 m ed occupano buona parte dell'opera.	



Si sottolinea, che per visualizzare meglio l'andamento delle erosioni e dei depositi si è deciso di applicare una scala più contenuta, questo comporta che il quantitativo di volume trattenuto dal bacino di ritenuta non risulta essere chiaro, pertanto, in questo caso, per una maggiore chiarezza si può fare riferimento alla tabella

sottostante dove è possibile comprendere, che all'interno del bacino di ritenuta si sono depositati **14832.80 m³**.



Dal grafico soprastante è possibile evincere, che il bacino di ritenuta posto a protezione dell'abitato di Borca di Cadore è stata in grado di trattenere tutto il materiale trasportato dal fenomeno.

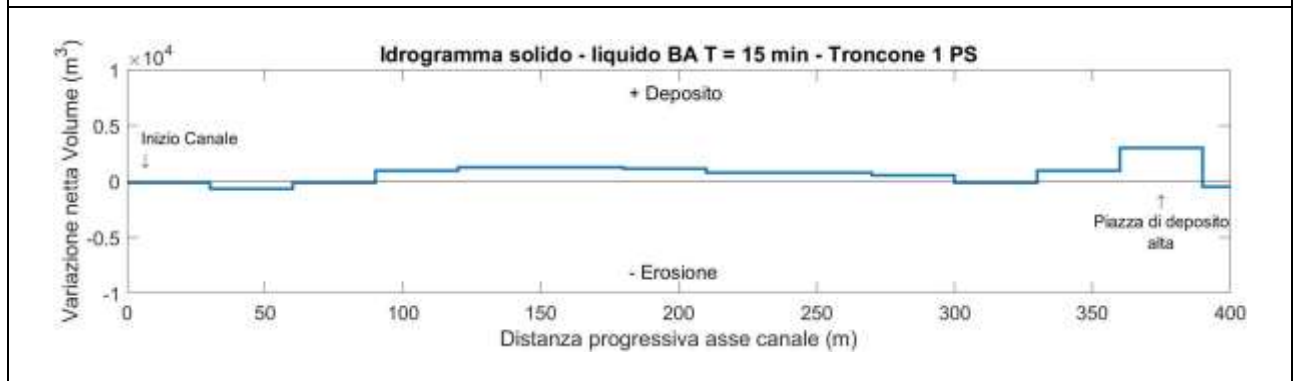
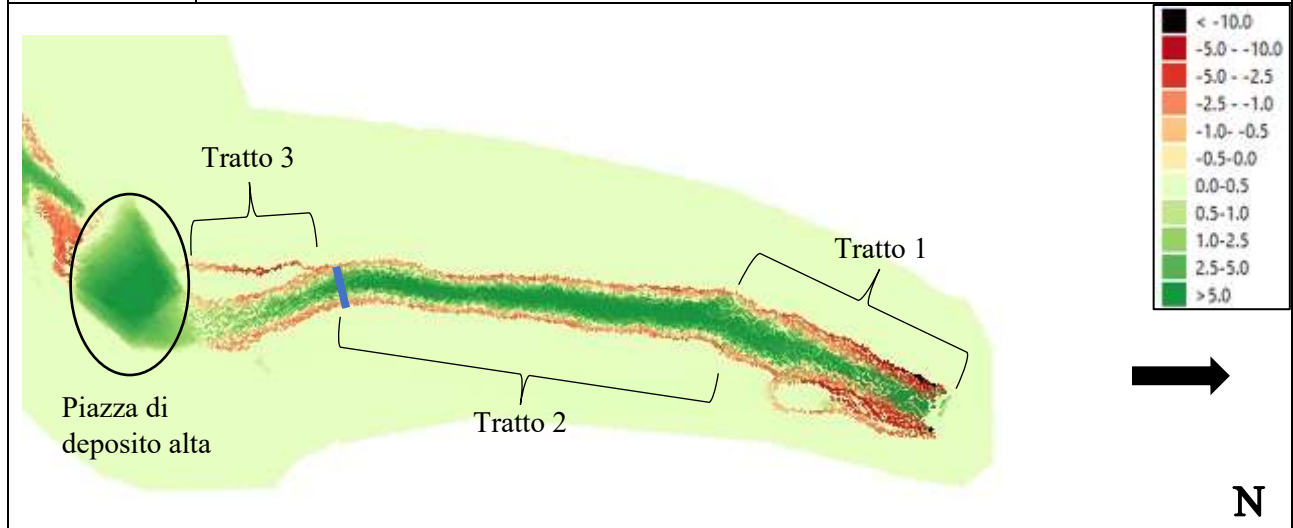
<i>Troncone 4</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
1290	206.56	5438.09
1320	223.55	5231.53
1350	60.13	5007.98
1380	186.50	4947.86
1410	-115.43	4761.36
1440	-216.80	4876.79
1470	-55.36	5093.59
1500	1077.04	5148.95
1530	14832.80	4071.91

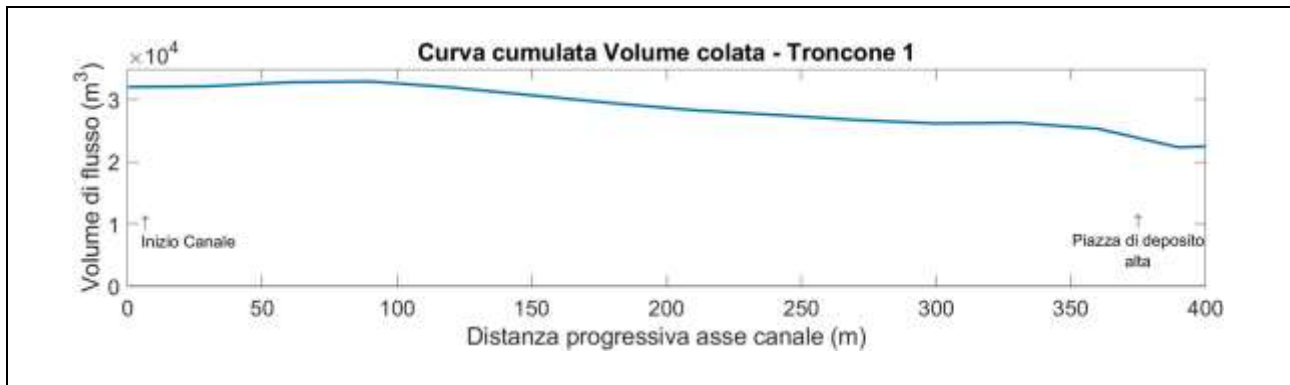
Tabella 104. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 4

8.1.2. *Idrogramma solido – liquido post – sistemazione di durata 15 minuti*

Per simulare l'evento post – sistemazione vengono utilizzati gli stessi idrogrammi di input mostrati in Figura 125 e Figura 126.

Troncone 1	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Lungo le due sponde con scavi molto importanti.	Nel centro del canale, con spessori di 4 – 5 m di altezza.
Tratto 2	Localizzate lungo le due sponde con scavi pressoché simili.	Occupano gran parte della sezione del canale con spessori, che variano da 3 a 6 m.
Tratto 3	Interessano le due sponde con scavi, che diminuiscono man mano che ci si sposta verso la piazza di deposito. Presenti anche sul fondo con erosioni molto contenute. Da segnalare, che le azioni erosive in destra idrografica hanno generato un canale secondario.	Nella parte centrale del canale con spessori variabili, che diminuiscono man mano, che ci si sposta verso valle.
Altro	La piazza di deposito è un'opera a bassa pendenza, che favorisce l'arresto della colata ed il deposito di materiale. Quello contenuto al suo interno presenta spessori massimi di 4 – 5 m. Inoltre, all'inizio del tratto tre è presente una sezione di analisi, che registra la portata e quello che emerge è che la portata al picco assume valori pari a 83.88 m ³ /s registrati dopo 15 minuti dall'inizio dell'evento.	

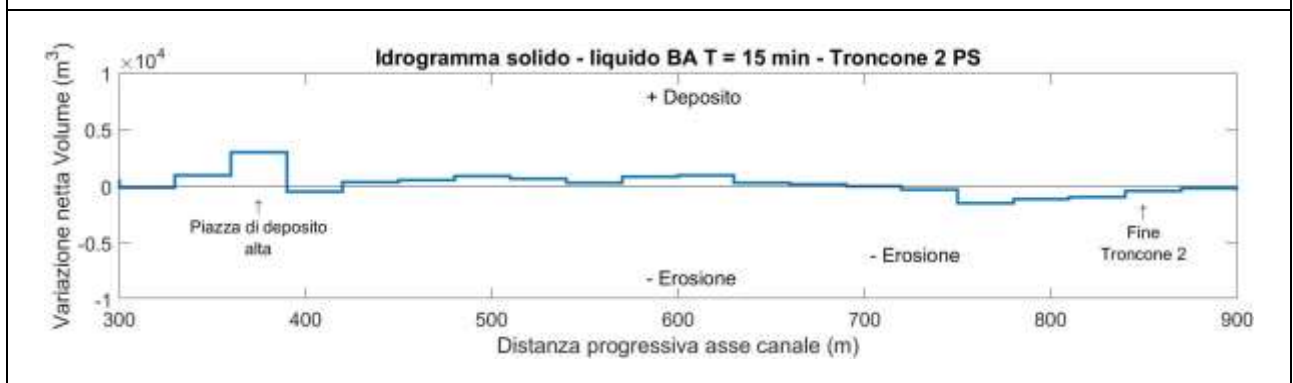
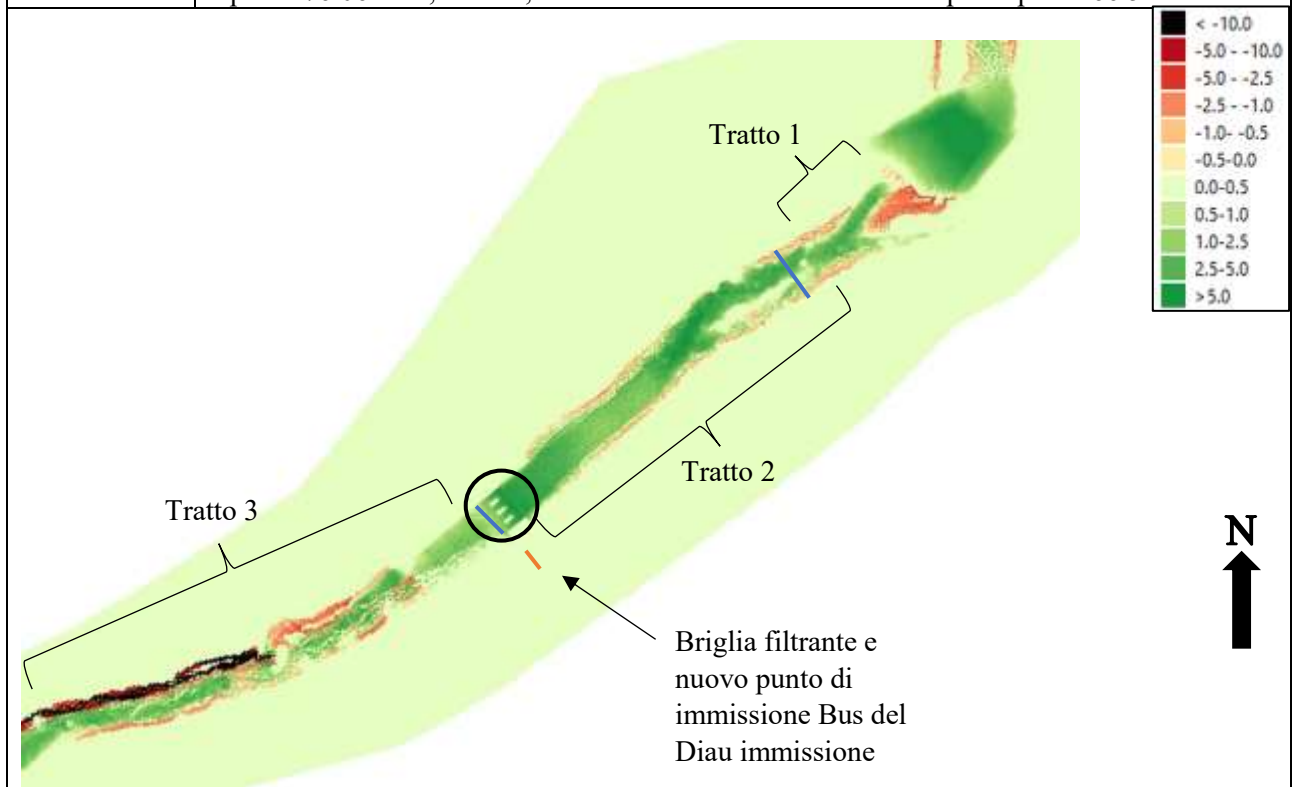


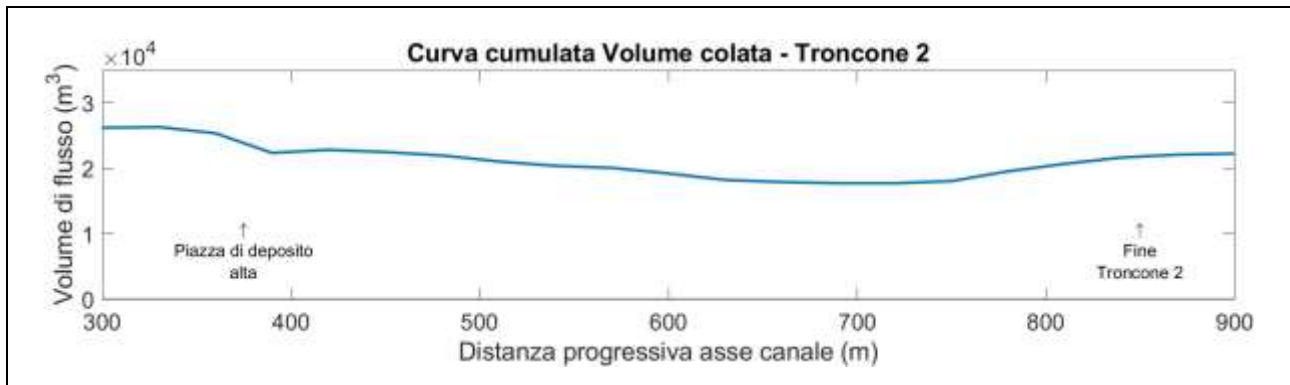


<i>Troncone 1</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
0	-109.45	32006.70
30	-640.94	32116.15
60	-131.70	32757.09
90	942.73	32888.79
120	1274.54	31946.07
150	1267.88	30671.53
180	1123.01	29403.65
210	753.13	28280.64
240	808.43	27527.51
270	565.10	26719.08
300	-108.69	26153.98
330	950.22	26262.66
360	2999.86	25312.45

Tabella 105. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 1

Troncone 2	Erosioni	Depositi
Tratto 1	In sinistra idrografica dove si raggiungono scavi abbastanza importanti (2 – 3 m). Più a valle si localizzano lungo le sponde.	Inizialmente in destra idrografica con depositi pari a 2 – 3 m di altezza.
Tratto 2	Lungo le due sponde con scavi pari a 1 – 3 m.	Occupano gran parte della sezione del canale con i depositi più importanti, che si localizzano a monte della briglia filtrante e nella parte iniziale del tratto (3 – 4 m).
Tratto 3	Nella parte dove l'alveo è stato sistemato sono nulle, mentre, a valle interessano le due sponde con scavi ragguardevoli in destra, mentre in sinistra risultano essere più contenute. Per brevi tratti presenti anche sul fondo del canale.	A valle della briglia interessano circa metà canale con spessori di un paio di metri. Più a valle presenti nella parte centrale dell'alveo, con spessori di 1 – 3 m.
Altro	Tra il tratto due e tre sono presenti la briglia filtrante e la nuova immissione del Bus del Diau; creata grazie alla costruzione di un nuovo canale, che corre parallelo a quello principale. A valle della piazza di deposito alta e a valle della briglia sono state inserite delle sezioni, che misurano la portata transitata. Per la prima sezione la portata al picco registrata è pari a 76.06 m ³ /s, mentre, la seconda sezione ha misurato un picco pari a 66.51 m ³ /s.	

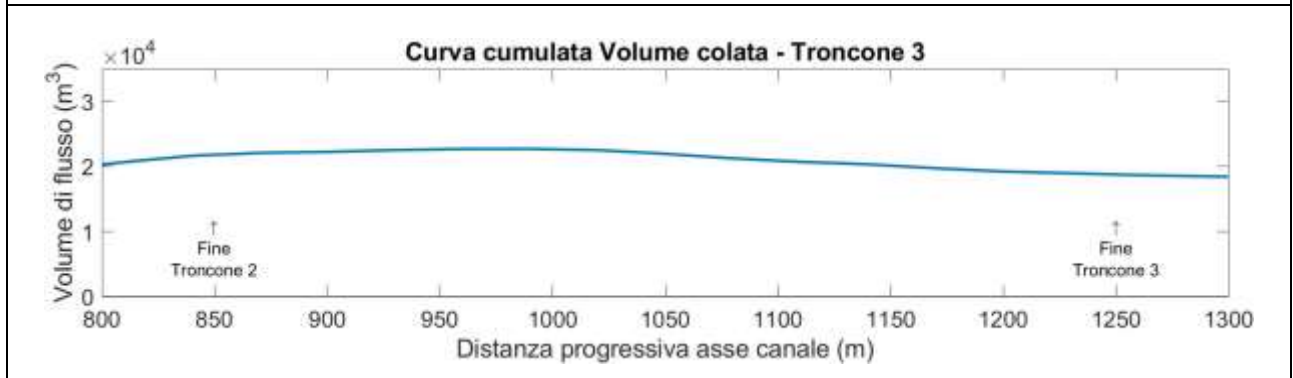
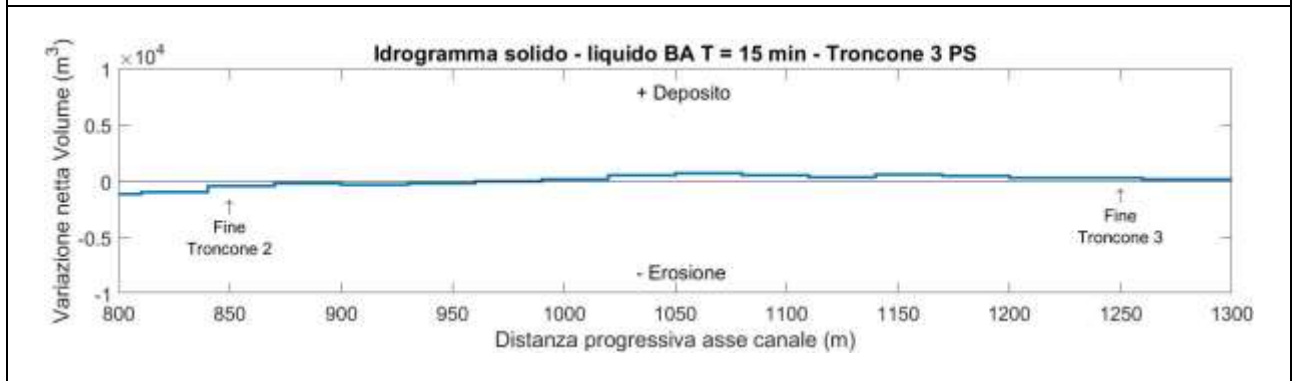
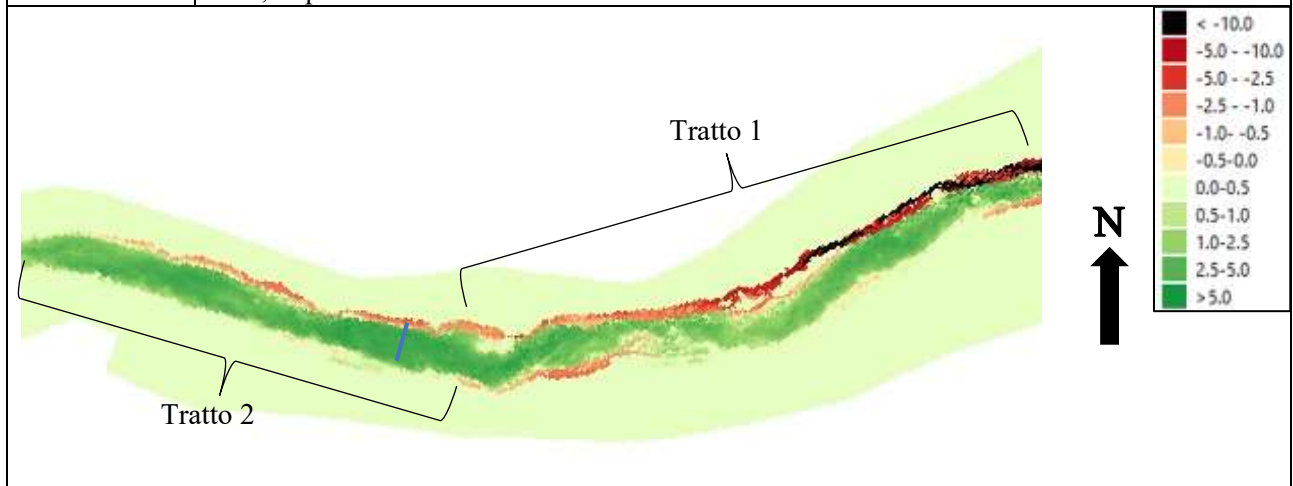




Troncone 2		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
390	-469.07	22312.59
420	337.97	22781.67
450	517.29	22443.70
480	924.16	21926.40
510	661.84	21002.24
540	312.38	20340.40
570	855.67	20028.01
600	981.69	19172.34
630	326.06	18190.65
660	176.86	17864.59
690	3.97	17687.73
720	-330.26	17683.76
750	-1496.21	18014.02
780	-1132.17	19510.23
810	-970.44	20642.40
840	-442.42	21612.83

Tabella 106. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 2

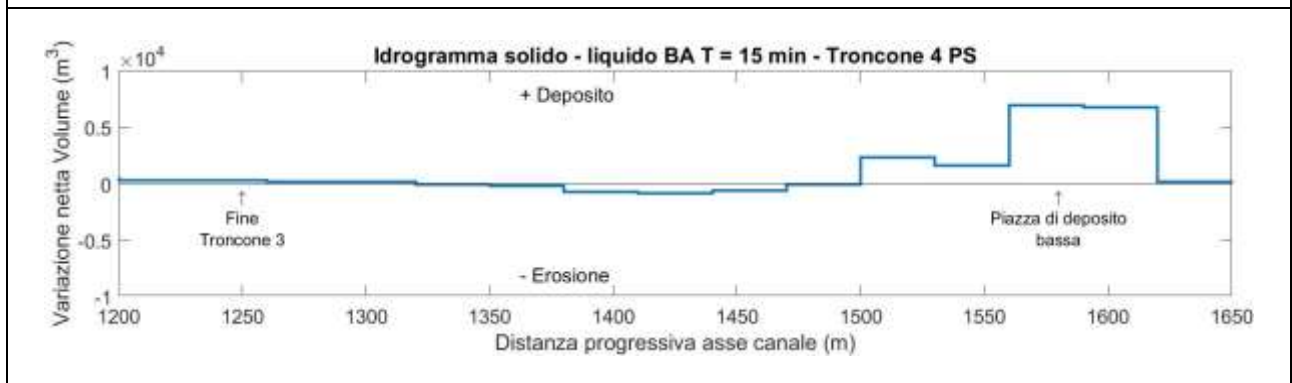
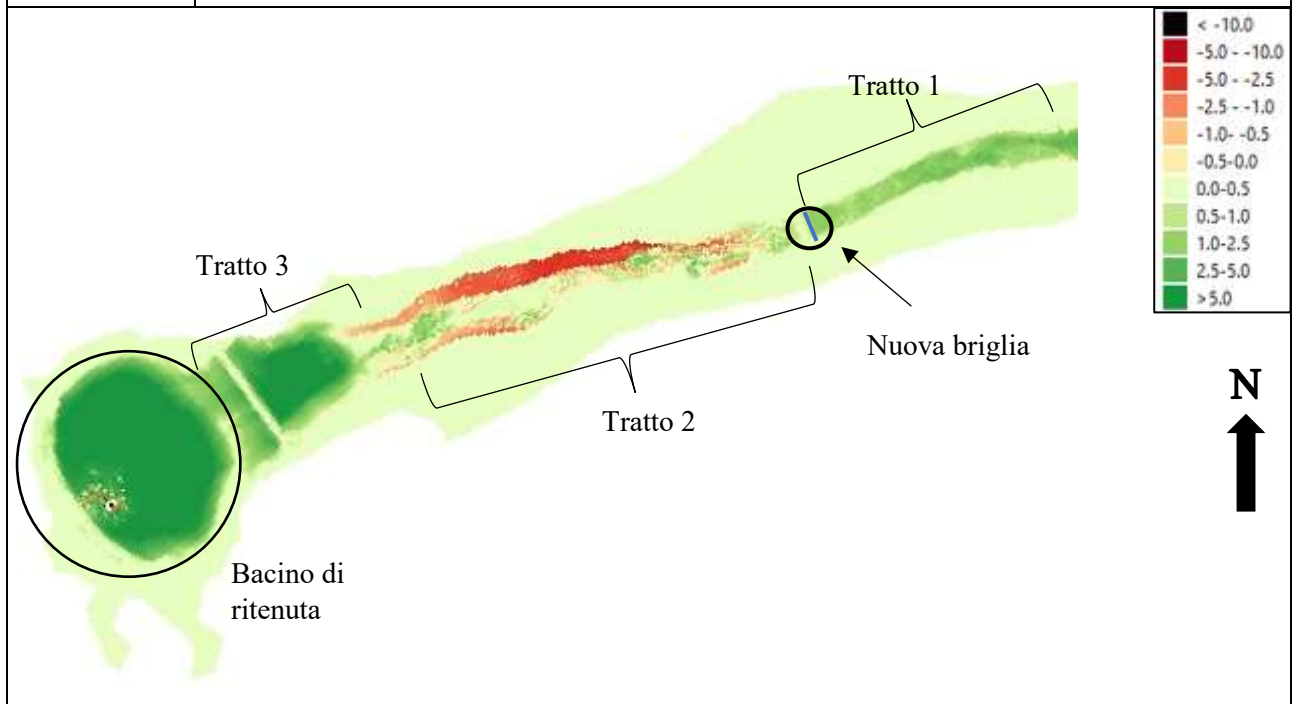
Troncone 3	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Localizzate lungo la sponda destra con scavi molto importanti, man mano che si va verso valle le azioni erosive diminuiscono d'intensità indicando uno spostamento del fenomeno verso la sinistra idrografica. Pressoché assenti in sponda sinistra, tratte per qualche piccolo scavo localizzato.	Occupano gran parte della sezione del canale con spessori compresi dai 2 a 4 m, man mano che ci si sposta verso valle diventano tendenzialmente più contenuti.
Tratto 2	Localizzate in destra idrografica, con scavi importanti (< 4 m), che diminuiscono man mano, che ci si sposta verso valle, fino ad annullarsi. In sinistra idrografica quasi nulle, ma ogni tanto si hanno scavi molto contenuti (max 0.5 – 1 m)	Occupano gran parte della sezione del canale con spessori medi di 3 m.
Altro	Nel tratto due è inserita una sezione di analisi, che ha registrato una portata al picco di 50.46 m ³ /s, dopo 23 minuti dall'inizio dell'evento.	

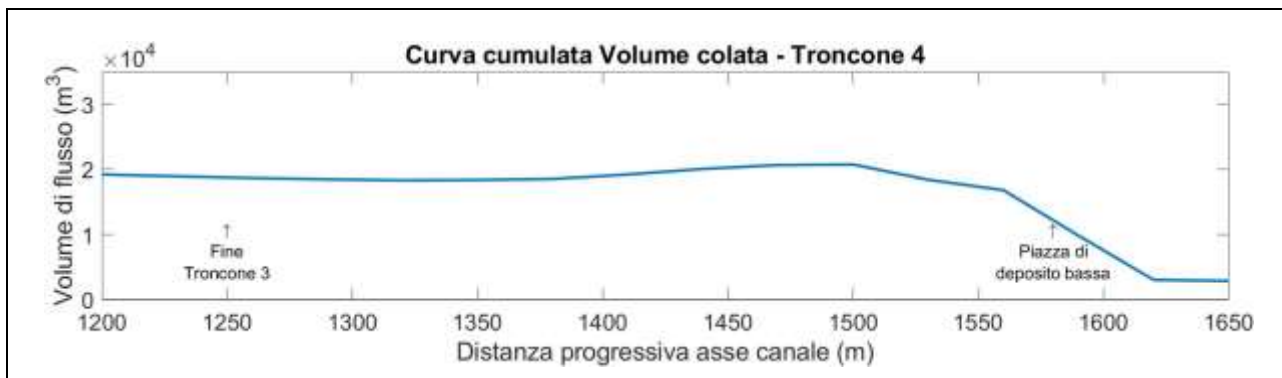


Troncone 3		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
870	-152.20	22055.26
900	-284.05	22207.46
930	-164.19	22491.51
960	-19.07	22655.70
990	195.73	22674.77
1020	565.38	22479.04
1050	709.04	21913.65
1080	528.83	21204.61
1110	378.61	20675.78
1140	599.54	20297.17
1170	504.44	19697.63
1200	270.73	19193.19
1230	281.39	18922.46
1260	190.81	18641.07

Tabella 107. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 3

Troncone 4	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Scavi molto contenuti localizzati per brevissimi tratti lungo le sponde.	Prevalentemente all'interno del canale con spessori inferiori a 2 m.
Tratto 2	Dopo il ponte si accentuano (max 4 m) ed interessano l'intera sezione del canale. Verso valle interessano prevalentemente la destra idrografica, dove si verificano erosioni su di un'area più ampia rispetto a quelle, che si verificano in sinistra.	Deposito localizzati in piccole porzioni di canale con spessori molto contenuti (<1 m).
Tratto 3	Pressoché assenti, tranne in piccole porzioni di sponda sinistra e del fondo.	Occupano quasi l'intero canale con spessori prossimi ai 6 m nei punti più alti.
Altro	Subito dopo la briglia è stata inserita una sezione di misura, che ha registrata una portata al picco (linea blu) pari a 42.00 m ³ /s, misurata dopo 23 minuti dall'inizio dell'evento. Il bacino di ritenuta è posto a monte dell'abitato di Borca di Cadore ed ha il compito di trattenere il materiale trasportato dalla colata. Al suo interno i depositi presentano altezze comprese tra i 5 – 9 m e sono disposti uniformemente all'interno del bacino. Si nota la presenza di un reflusso nella parte finale dell'opera, rappresentato dall'area dove si verificano erosioni.	





Dal grafico soprastante è possibile evincere, che il bacino di ritenuta posto a protezione dell'abitato di Borca di Cadore è stata in grado di trattenere tutto il materiale trasportato dal fenomeno.

Troncone 4		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
1290	150.49	18450.25
1320	-51.60	18299.77
1350	-155.92	18351.37
1380	-695.26	18507.29
1410	-850.74	19202.56
1440	-596.15	20053.30
1470	-78.50	20649.45
1500	2342.44	20727.96
1530	1593.57	18385.52
1560	6989.58	16791.95
1590	6791.85	9802.37
1620	162.03	3010.52
1650	0.00	2848.49

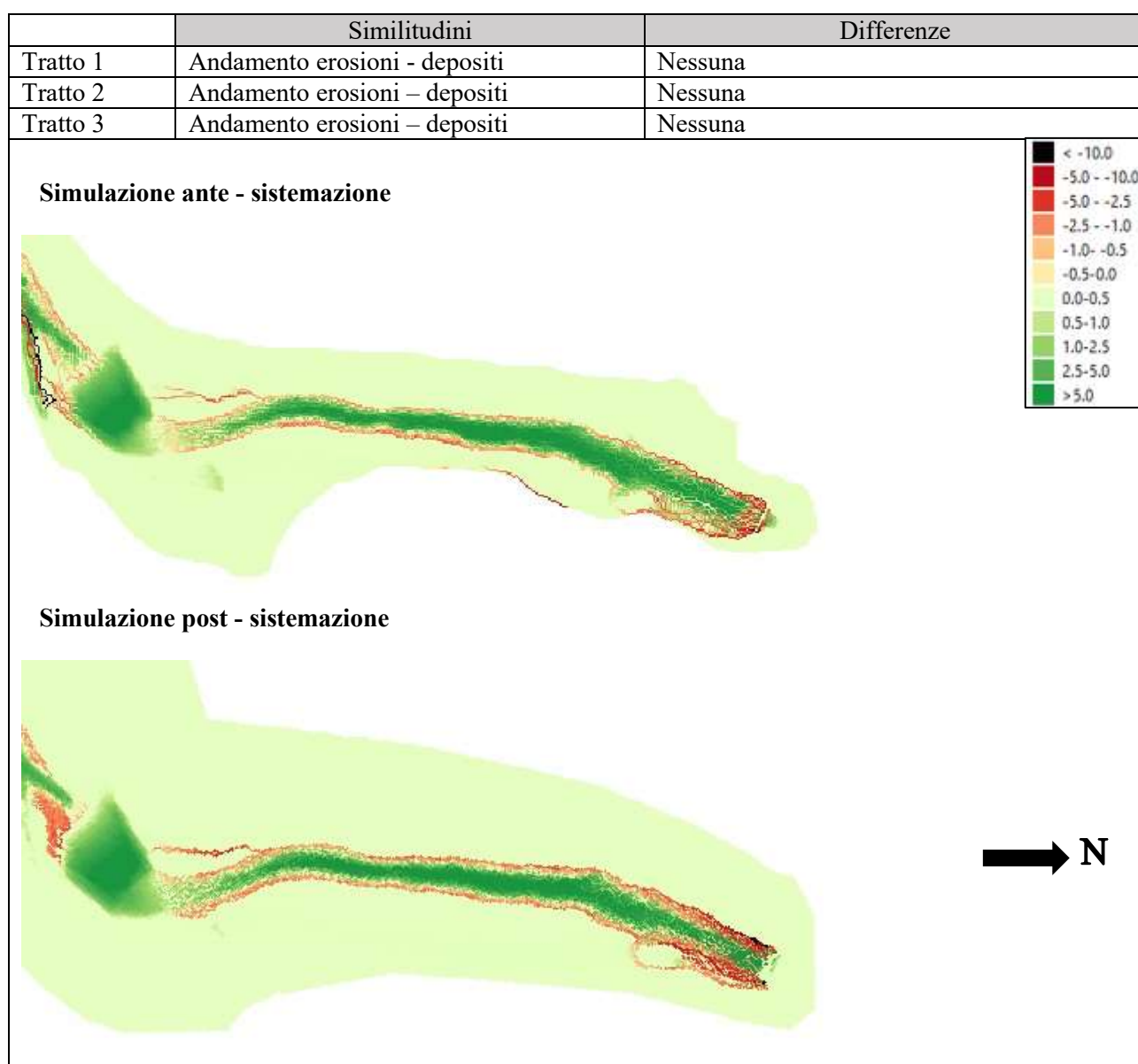
Tabella 108. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 4

8.1.3. Confronto idrogramma solido – liquido AS. vs Idrogramma solido – liquido PS.

Terminata la descrizione delle erosioni e dei depositi in presenza e assenza delle opere di mitigazione, si provvede ad effettuare un confronto tra i risultati ottenuti, in modo da determinare eventuali similitudini o differenze. Da sottolineare, che in questo caso la comparazione tra le curve che presentano la variazione netta di volume ed il volume cumulato del fenomeno viene riportato a fine comparazione dei vari tratti. Inoltre, si segnala, che per il confronto si utilizza la seguente nomenclatura:

- *Simulazione AS* per la simulazione ante – sistemazione del canale
- *Simulazione PS* per la simulazione post – sistemazione del canale

- Troncone 2 AS vs Troncone 2 PS



In Figura 127 vengono riportati i confronti delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel primo troncone di analisi in assenza e presenza delle opere di mitigazione.

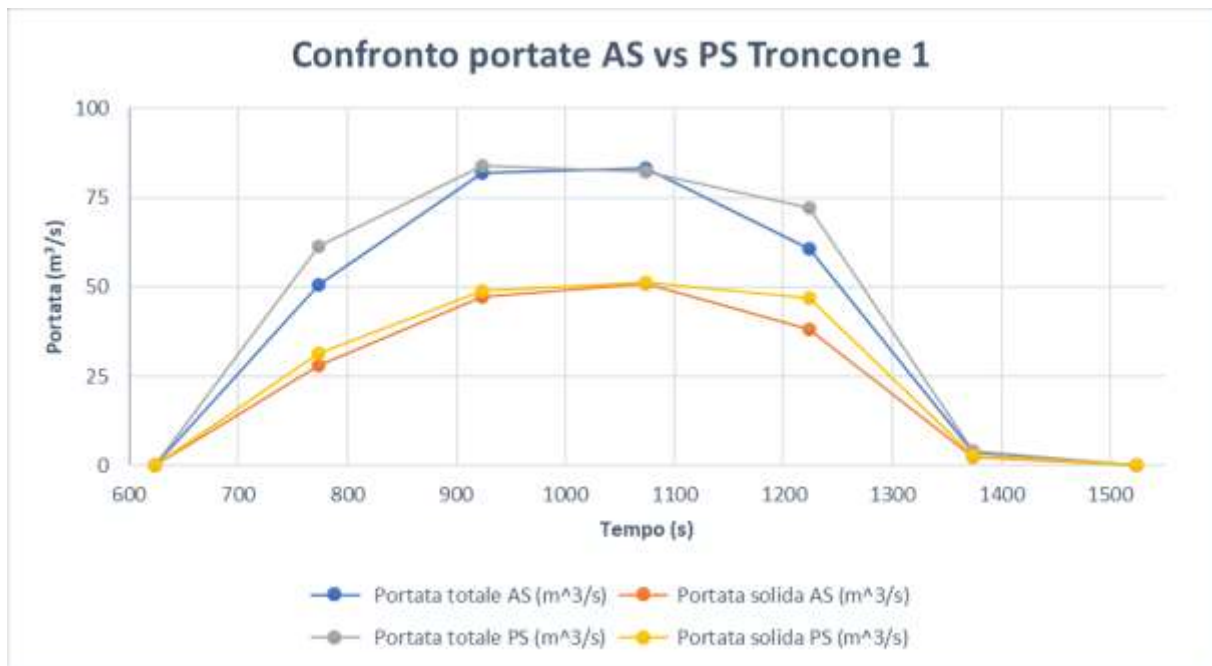


Figura 128. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 3 del troncone 1

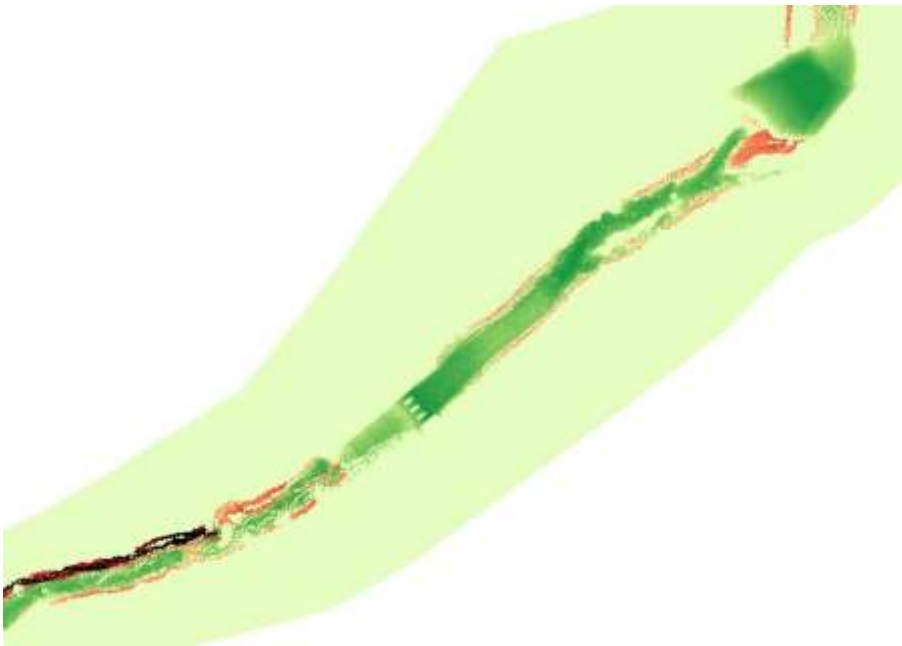
- Troncone 2 AS vs Troncone 2 PS

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Erosioni subito a valle della piazza di deposito.	Inizialmente le erosioni sono più marcate con la simulazione PS, ma una volta, che si supera il vecchio punto di immissione in alveo del Bus del Diau diventano più marcate con la simulazione AS.
Tratto 2	Andamento depositi nella prima parte del tratto.	Erosioni molto più marcate nel caso della simulazione AS, inoltre, interessano un'area maggiore di canale.
Tratto 3	Nessuna	Inizialmente erosioni più marcate con la simulazione AS. Una volta usciti dal tratto sistemato e superato il nuovo punto di immissione del Bus del Diau le erosioni sono molto più considerevoli con la simulazione PS.
Tratto 4	Non considerato con simulazione PS	Non considerato con simulazione PS

Simulazione ante – sistemazione



Simulazione post – simulazione



In Figura 128 vengono illustrate le comparazione delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel secondo troncone di analisi in assenza e presenza delle opere di mitigazione.

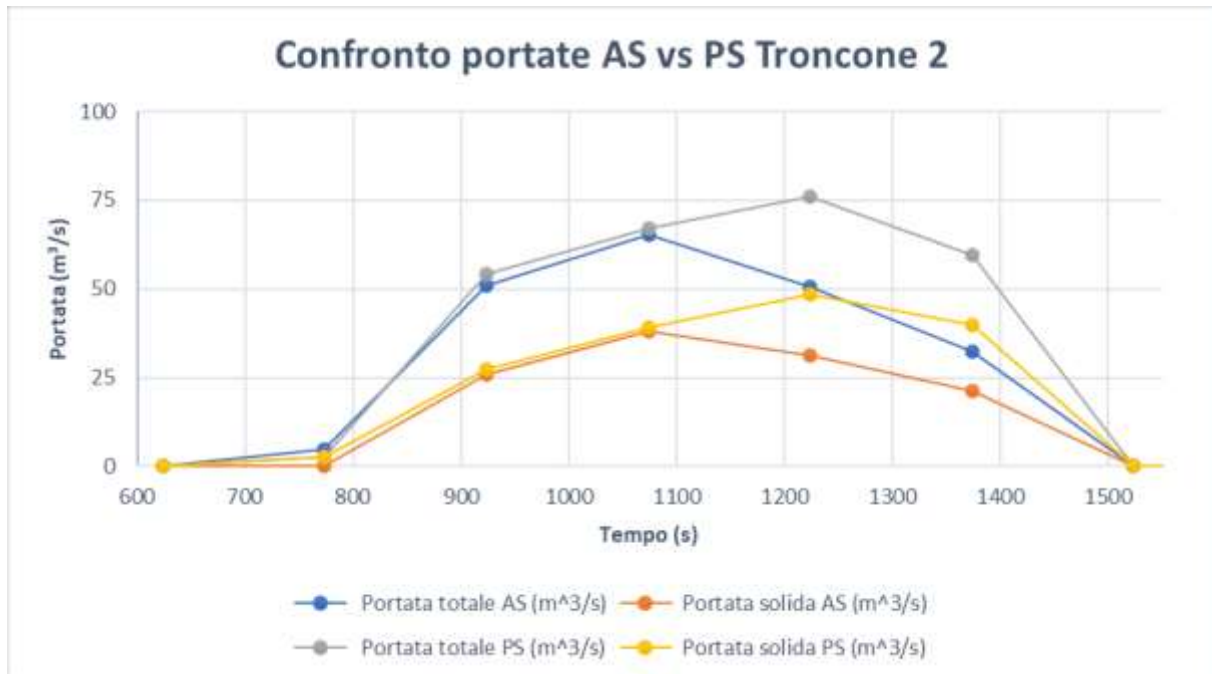
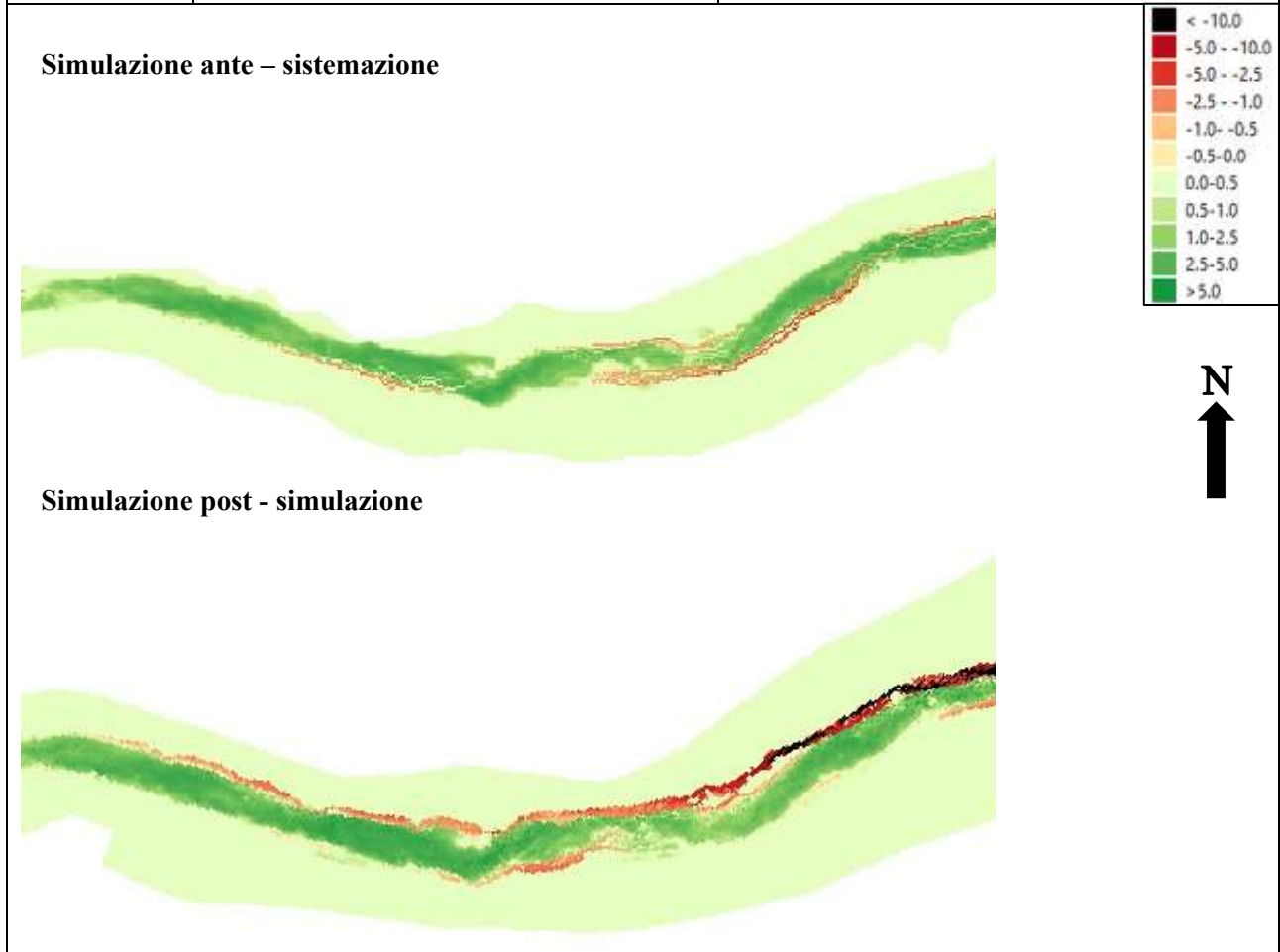


Figura 129. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel troncone 2

- Troncone 3 AS vs Troncone 3 PS

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Andamento depositi	Con simulazione AS le erosioni risultano essere più marcate in sinistra idrografica, mentre, con la simulazione PS le erosioni si concentrano lungo tutta la sponda destra con scavi molto considerevoli.
Tratto 2	Andamento depositi	Con la simulazione AS le erosioni interessano una maggiore porzione della sponda sinistra, mentre, con la simulazione PS le erosioni si localizzano lungo la sponda destra e diminuiscono man mano, che ci si sposta verso valle. I depositi sono leggermente più accentuati con la simulazione PS.



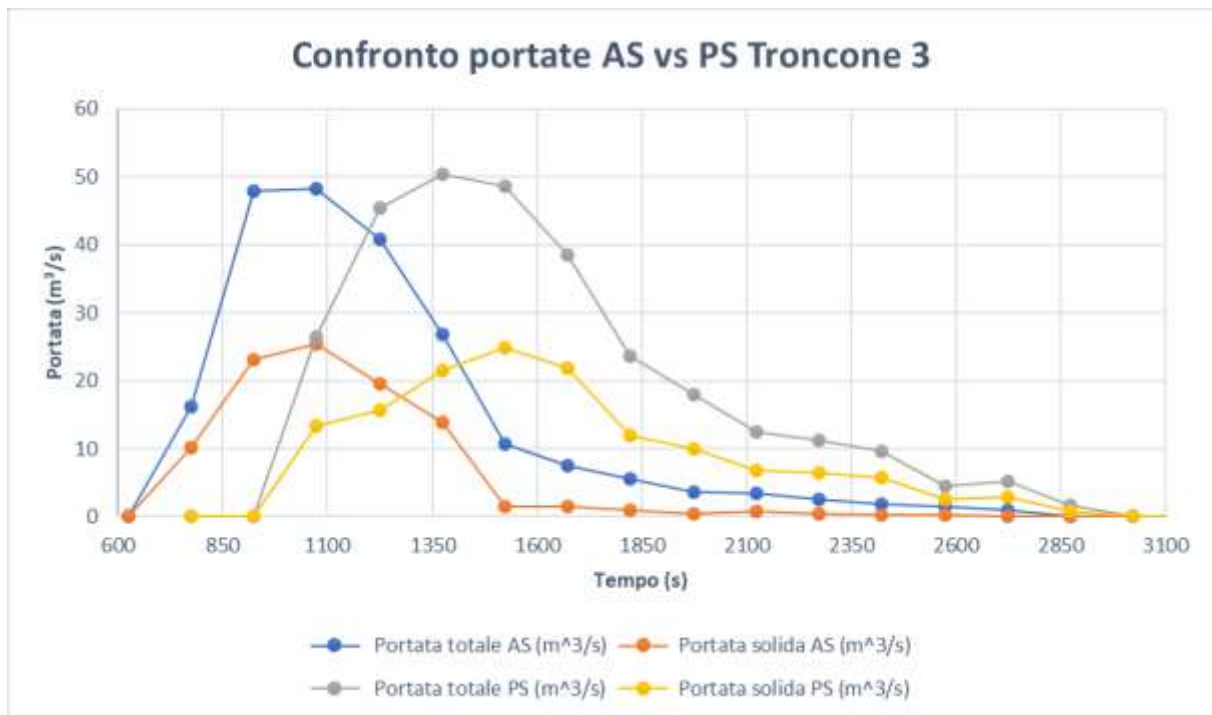


Figura 130. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 2 del troncone 3

La Figura 129 descrive il confronto delle portate. Da esso si evince, che in presenza della sistemazione il picco viene raggiunto all'incirca 5 minuti dopo rispetto a quello registrato in assenza delle opere di mitigazione. Questo è spiegato dal fatto, che il punto di immissione del bus del Diau è stato spostato più a valle e quindi le sue portate entrano in canale qualche minuto più tardi rispetto alla situazione senza opere di mitigazione.

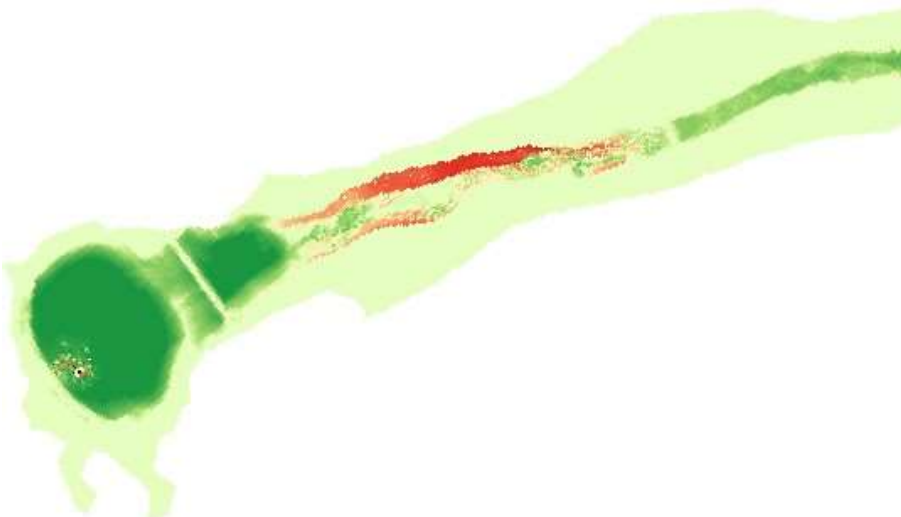
- Troncone 4 AS vs Troncone 4 PS

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Andamento depositi ed erosioni	Con la simulazione PS i depositi risultano essere più marcati, grazie alla presenza della briglia, posta sotto il ponte, che riduce la pendenza del canale.
Tratto 2	Andamento erosioni in sponda destra	Erosioni più accentuate con la simulazione PS. Mentre, i depositi sono tendenzialmente più marcati con la simulazione AS.
Tratto 3	Andamento depositi	Depositi più marcati con la simulazione PS. Mentre, le poche erosioni presenti sono più contenute rispetto a quelle generate dalla simulazione AS.
Bacino di ritenuta	Nessuna	Con la simulazione PS il bacino risulta essere completamente riempita, mentre con la simulazione AS il lato destro dell'opera non presenta nessun tipo deposito.

Simulazione ante - sistemazione



Simulazione post - sistemazione



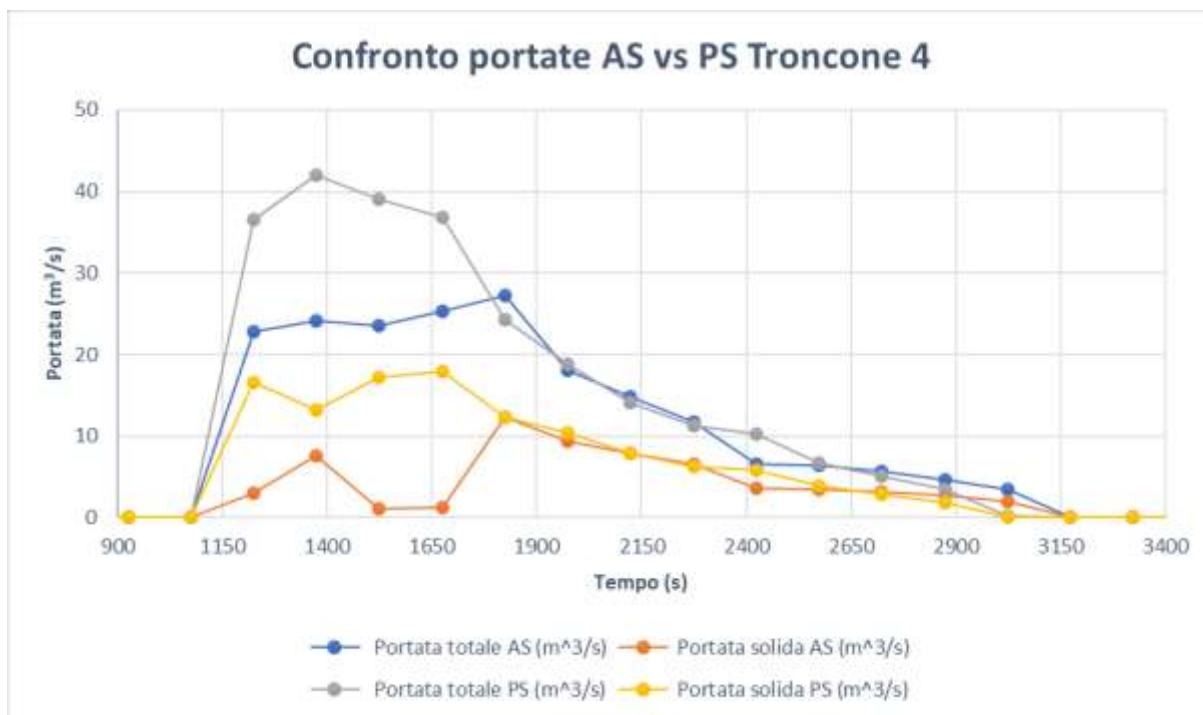


Figura 131. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 4

In Figura 130 vengono espresse le comparazione delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel quarto troncone di analisi in assenza e presenza delle opere di mitigazione.

Come già detto nella parte iniziale del paragrafo, una volta terminato il confronto tra le due simulazione si riportano i grafici di confronto tra la variazione netta di volume (Figura 131) e le curve cumulated dell'intero canale (Figura 132).

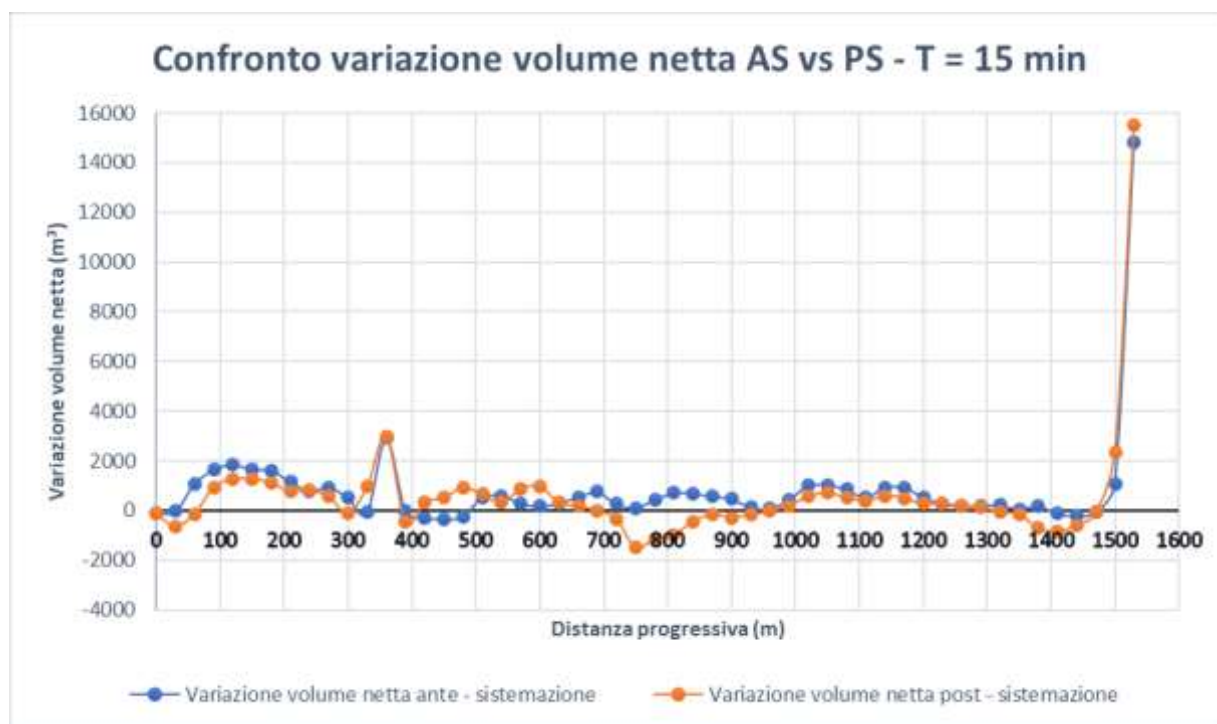


Figura 132. Confronto della variazione di volume netta delle due simulazioni di durata pari al tempo di corrivazione del bacino

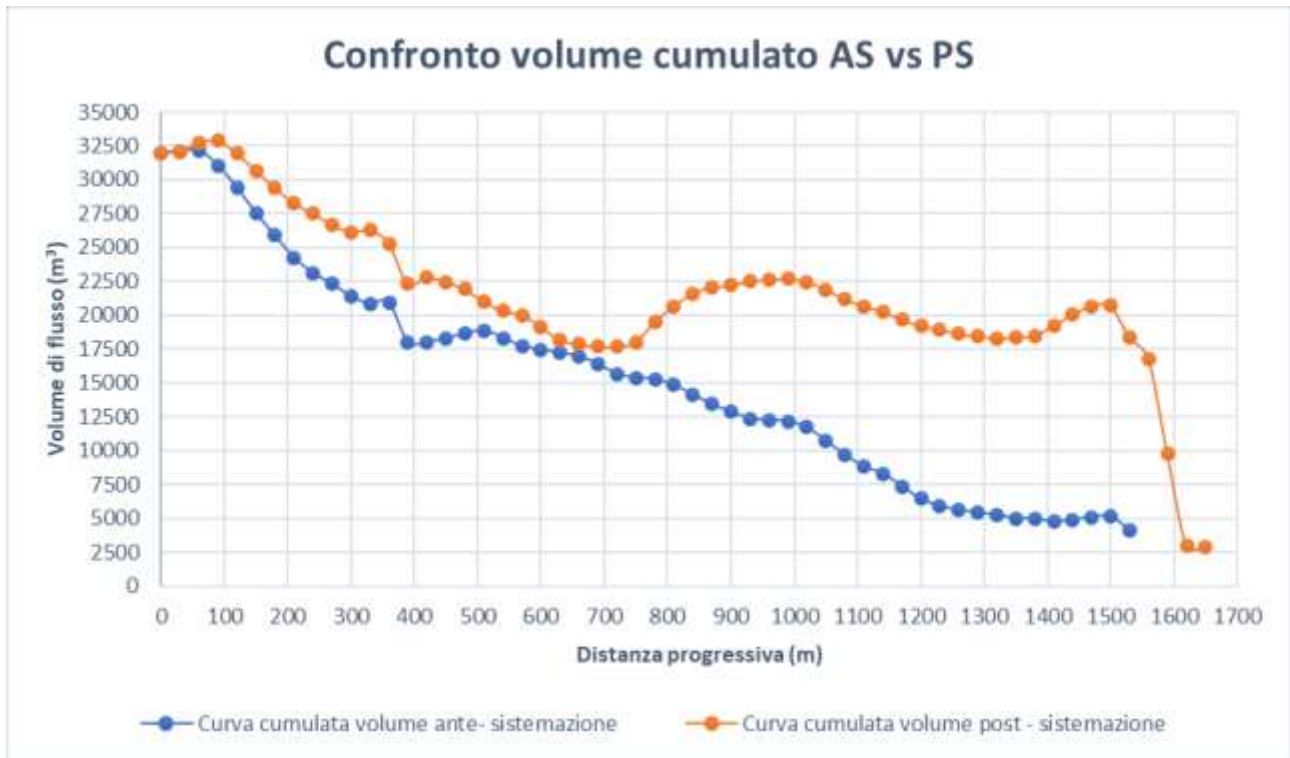


Figura 133. Confronto delle curve cumulate del volume di materiale smosso dal fenomeno di colata detritica

Concludendo, si può dire, che in presenza di un evento di precipitazione con durata pari a 15 minuti le masse smosse sono più elevate nel caso della simulazione post – sistemazione. Probabilmente spiegato dal fatto, che l’immissione in alveo delle portate del Bus del Diau, che sono prettamente liquide, vanno a generare degli scavi importanti, come di fatto si può vedere nel terzo troncone, andando così ad aumentare la componente liquida del debris flow. Comunque, in entrambe le simulazioni, il bacino di ritenuta posto a monte dell’abitato di Borca di Cadore è stata in grado di svolgere al meglio il suo compito, visto, che in entrambi i casi ha trattenuto tutto il materiale movimentato dal fenomeno.

8.2. Idrogramma solido – liquido di durata 30 minuti

In questo capitolo si tratterà di un evento di precipitazione di durata 30 minuti, che darà origine ad un fenomeno di colata detritica, che causerà depositi ed erosioni all'interno del canale di Rovina di Cancia. L'evento verrà simulato in presenza e assenza delle opere di mitigazione all'interno del canale, andando così ad identificare eventuali similitudini o differenze all'interno delle due simulazione. Prima di effettuare il confronto si descrivono le erosioni e depositi accorse durante il fenomeno e per far ciò si è suddiviso il canale in quattro tronconi di analisi, che a loro volta sono stati divisi in tratti, in modo da rendere più chiara la valutazione del fenomeno.

8.2.1. Idrogramma solido – liquido ante - sistemazione di durata 30 minuti

Per caratterizzare l'evento, che ha dato origine alla colata detritica, si è fatto affidamento a due idrogrammi solido – liquidi di input (riportati in Figura 133 e Figura 134), determinati utilizzando uno ietogramma a blocchi alterni. Il primo dei due idrogrammi è posto a monte del troncone numero 1, mentre, il secondo lo si pone nel punto di immissione in alveo del Bus del Diau.

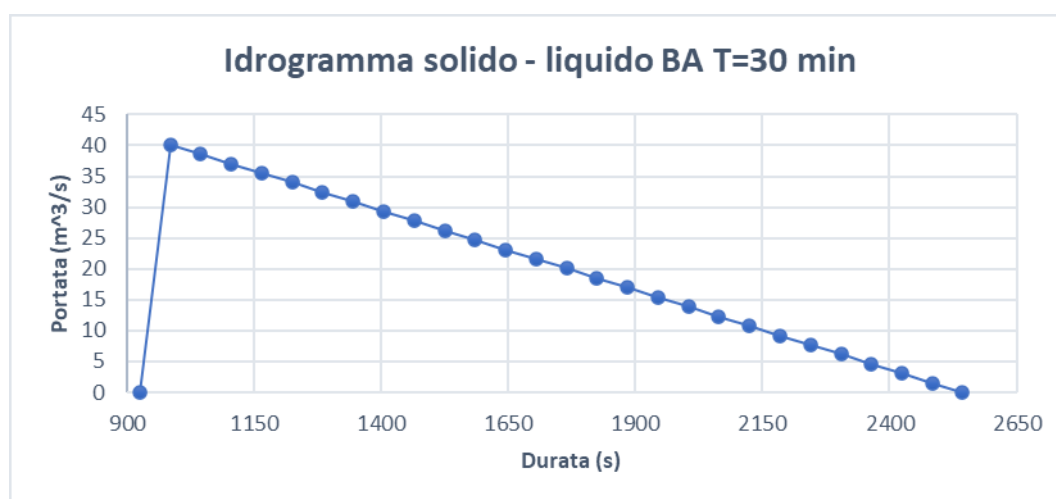


Figura 134. Idrogramma solido – liquido BA T = 30 min

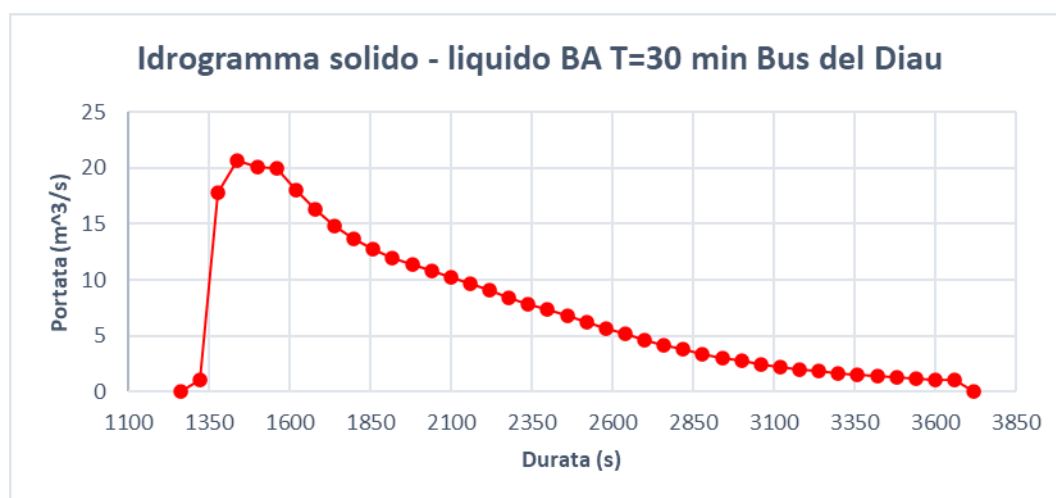
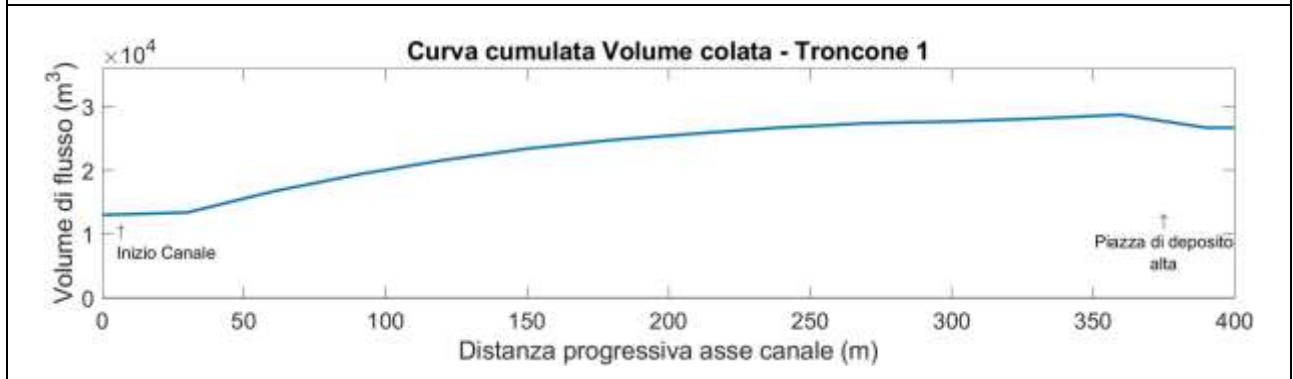
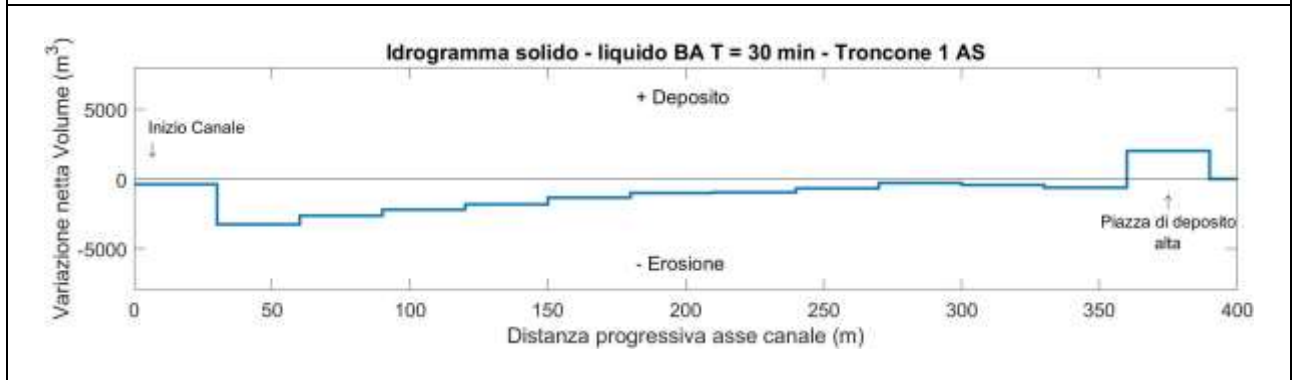
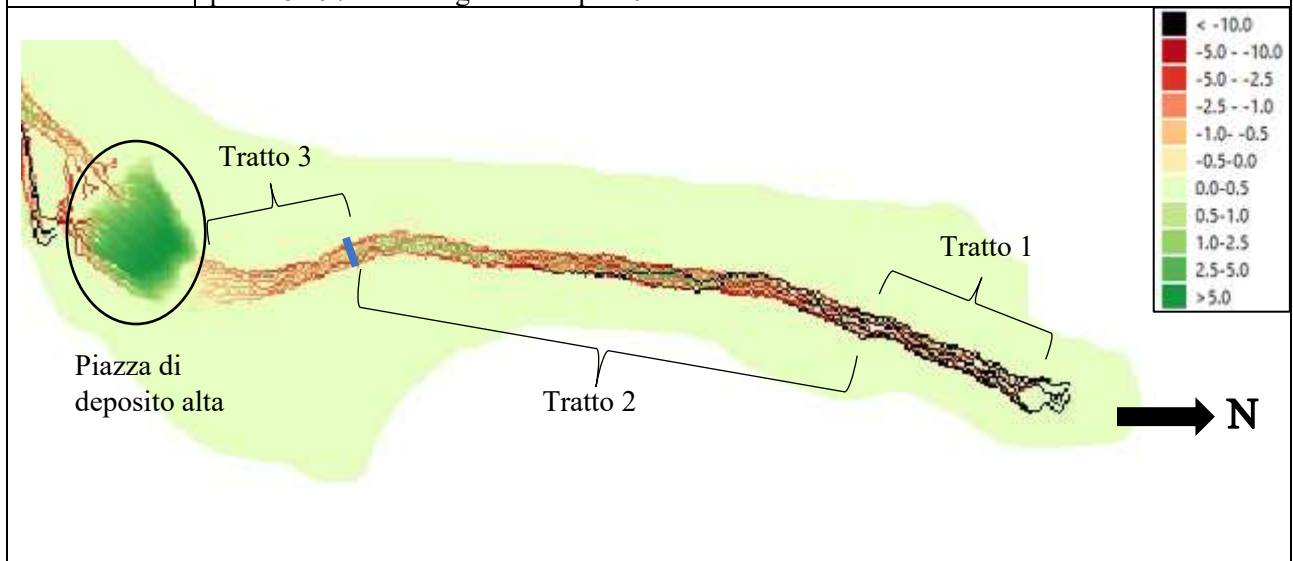


Figura 135. Idrogramma solido – liquido BA T = 30 min Bus del Diau

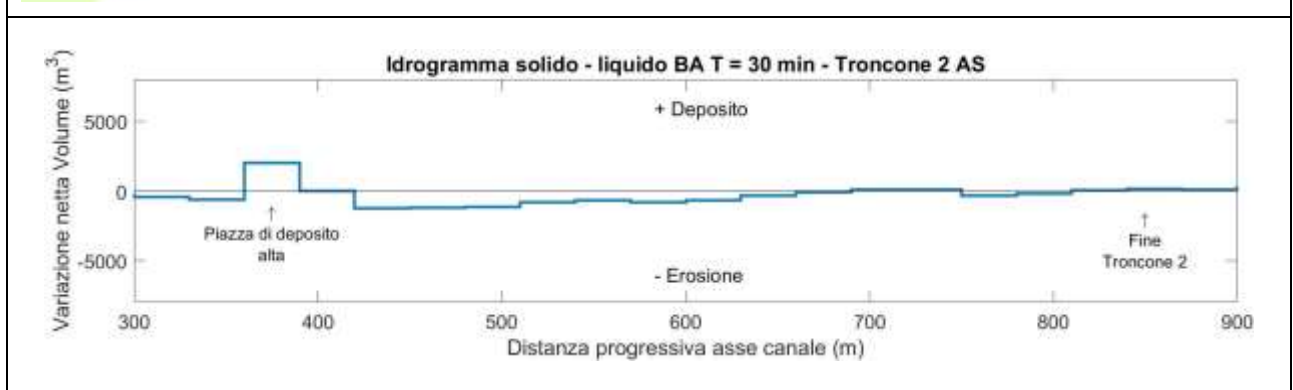
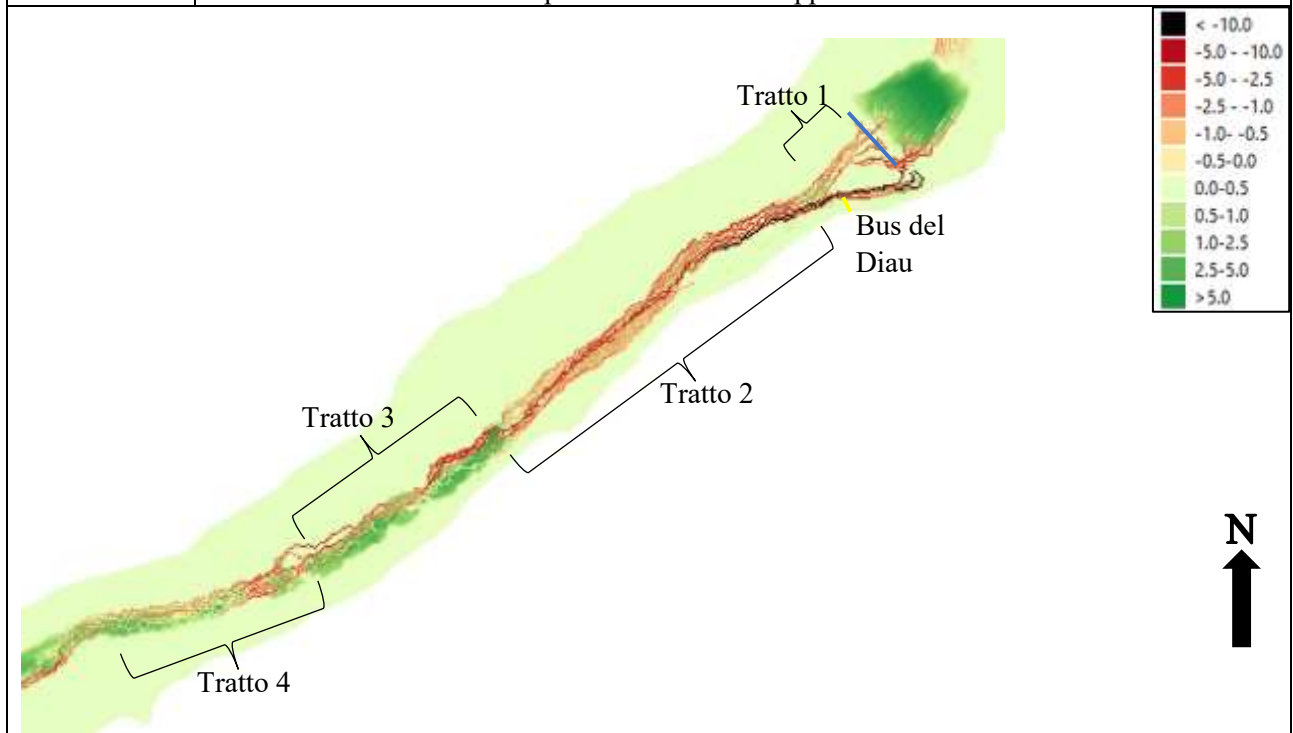
Troncone 1	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Interessano l'intera sezione del canale con scavi molto importanti.	Assenti
Tratto 2	Occupano quasi l'intera sezione del canale con scavi importanti.	Presenti nella parte centrale del canale con depositi alquanto contenuti. Nella parte finale del tratto si fanno più marcati.
Tratto 3	Interessano quasi interamente il canale, con scavi simili sia sul fondo, che sulle sponde. Verso la piazza di deposito diventano più contenute.	Pressoché nulle se non per piccoli depositi nella primissima parte del tratto.
Altro	La piazza di deposito è un'opera che favorisce l'arresto della colata ed il deposito di materiale, grazie alla sua bassa pendenza, pertanto, i depositi presenta spessori compresi tra 2 – 5 m. Da sottolineare la presenza di erosioni nella zona sinistra della piazza. Nel tratto 3 è presente una sezione di analisi (linea blu), che ha misurato una portata al picco pari a 52.97 m ³ /s. Registrata dopo 20 minuti dall'inizio dell'evento.	

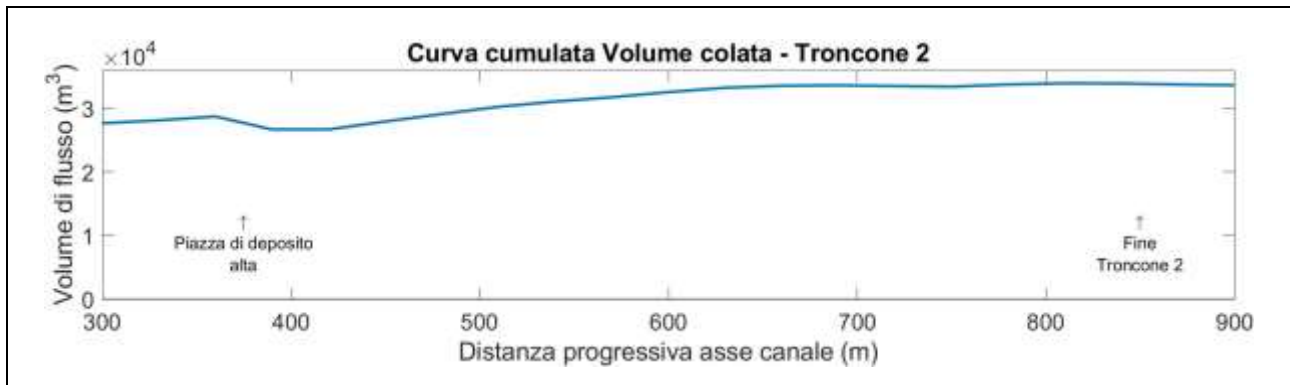


<i>Troncone 1</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
0	-382.89	13000.90
30	-3276.97	13383.79
60	-2663.05	16660.77
90	-2234.00	19323.81
120	-1835.23	21557.81
150	-1349.18	23393.05
180	-1027.80	24742.23
210	-946.98	25770.03
240	-659.17	26717.01
270	-283.13	27376.18
300	-451.10	27659.31
330	-608.20	28110.41
360	2034.41	28718.62

Tabella 109. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 1

Troncone 2	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Interessano gran parte della sezione del canale con scavi di 2 – 3 m.	Nulli
Tratto 2	Interessano l'intero tratto con scavi più importanti che si localizzano sul fondo, mentre, sulle sponde sono più contenuti.	Assenti
Tratto 3	In destra idrografica con scavi importanti.	Si attestano in sinistra idrografica indicando, uno spostamento della colata verso l'esterno, causando deposito di materiale.
Tratto 4	Per un breve tratto occupano tutta la sezione del canale. In seguito, si localizzano lungo la sponda destra e sul fondo.	In sinistra idrografica con spessori inferiori al metro.
Altro	<p>A valle della piazza di deposito è presente una sezione di calcolo della portata (linea blu). La portata al picco è stata raggiunta dopo 22 minuti dall'inizio dell'evento, con valori pari a 39.24 m³/s.</p> <p>Nel tratto 2 è presente il punto di immissione, in alveo, del Bus del Diau. Corso d'acqua secondario caratterizzato da portate con limitato apporto solido.</p>	

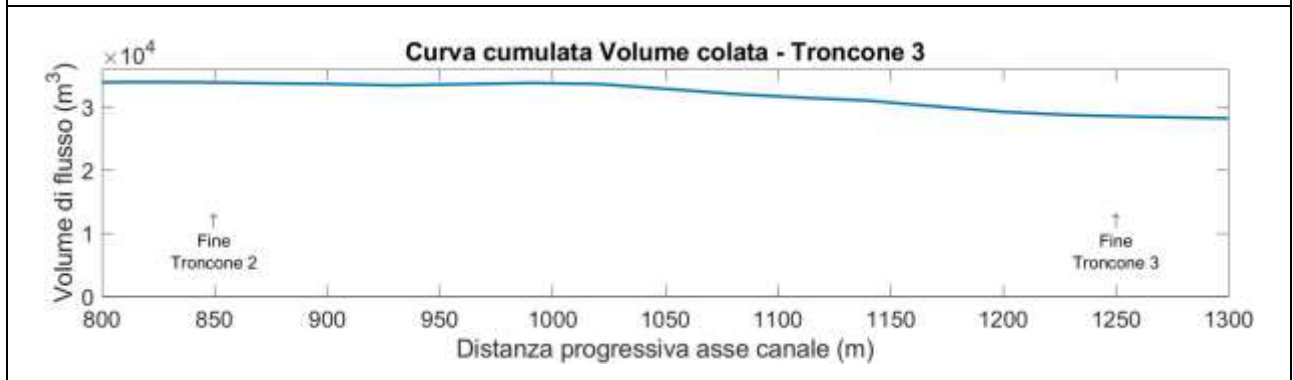
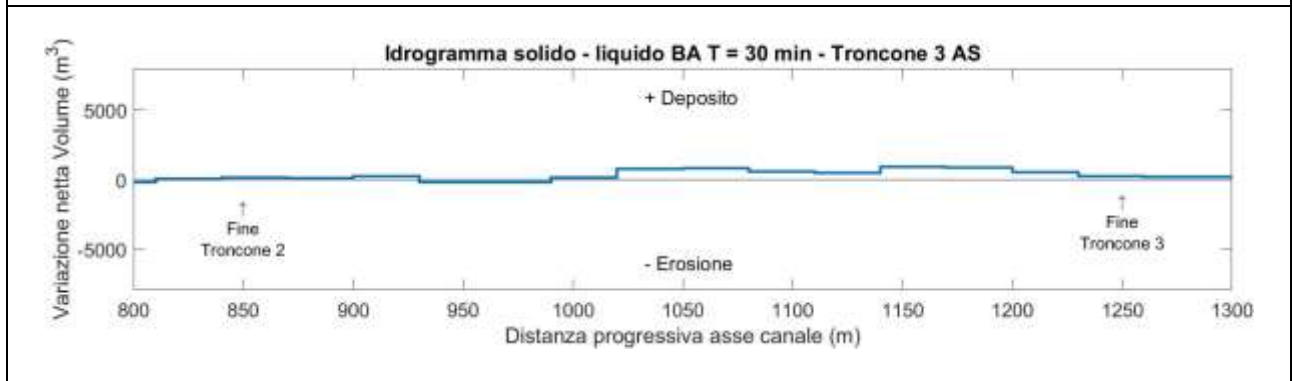
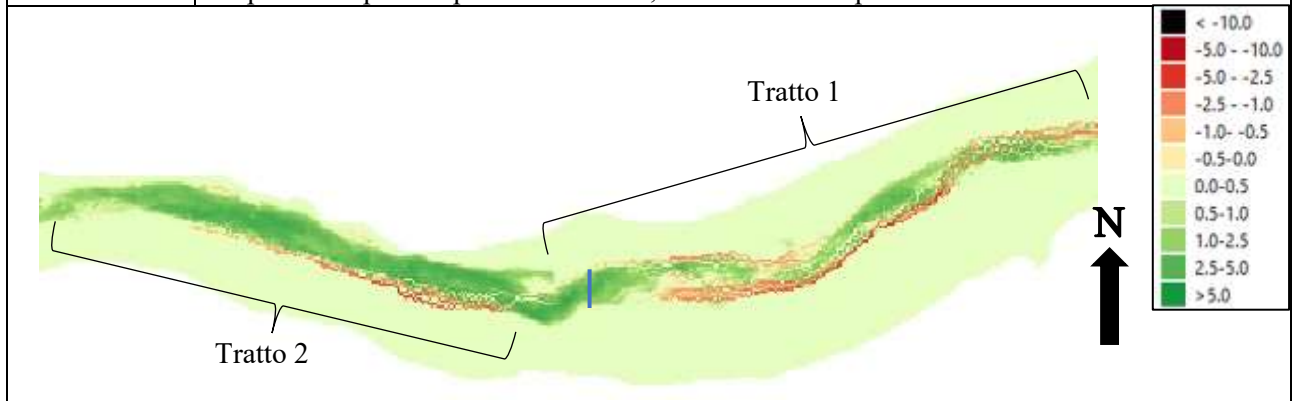




Troncone 2		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
390	0.00	26684.21
420	-1245.50	26684.21
450	-1183.90	27929.71
480	-1129.88	29113.61
510	-834.34	30243.49
540	-669.05	31077.83
570	-810.67	31746.88
600	-683.01	32557.55
630	-316.11	33240.56
660	-74.99	33556.67
690	115.90	33631.66
720	106.25	33515.76
750	-346.49	33409.51
780	-190.88	33756.00
810	30.28	33946.88
840	166.43	33916.60

Tabella 110. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 2

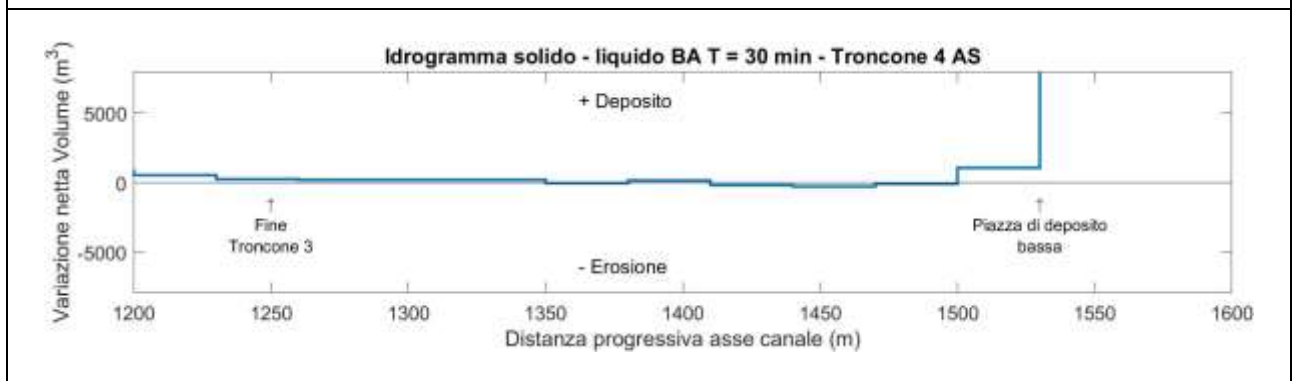
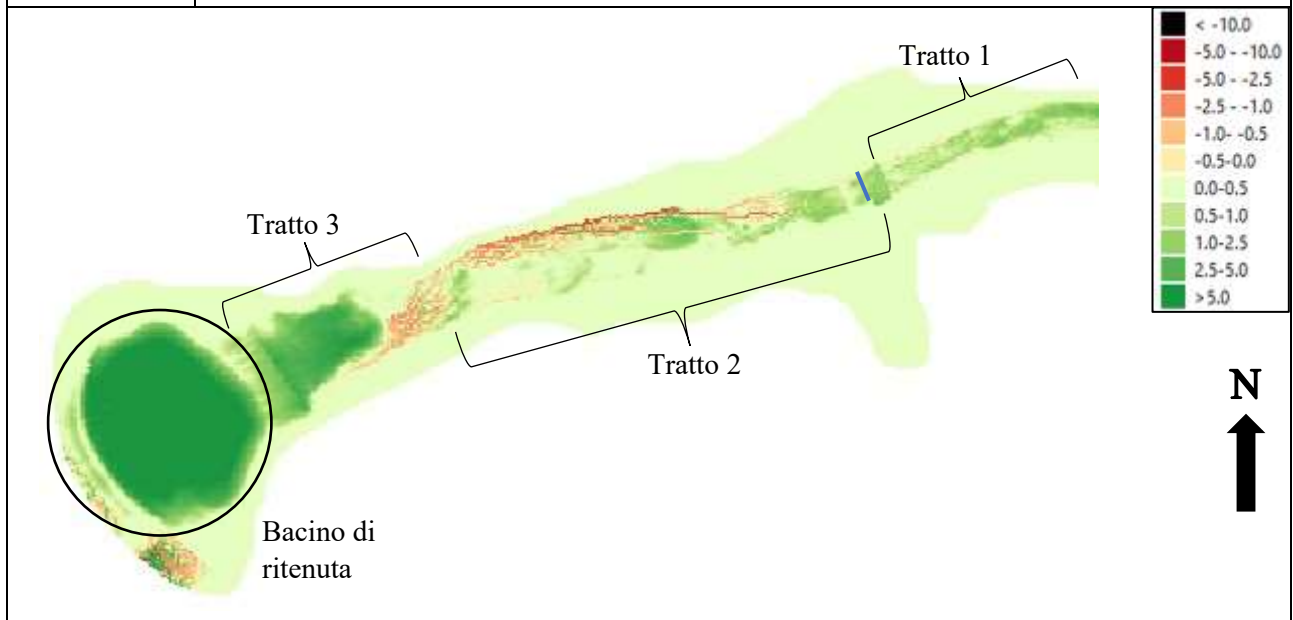
Troncone 3	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Inizialmente interessano la sponda destra ed il fondo. Poco dopo le erosioni più importanti si verificano in sinistra idrografica, che perdono di intensità man mano, che ci si sposta verso valle. Più a valle ritornano anche sulla sponda destra, dove sono contenute.	Si localizzano, prevalentemente, in destra idrografica. Nella parte finale i depositi si attestano in sinistra idrografica (perché la colata è spinta verso destra) con spessori inferiori a 2 m.
Tratto 2	Localizzate in sinistra idrografica, con scavi abbastanza importanti (<5 m), che diminuiscono man mano, che ci si sposta verso valle fino ad annullarsi del tutto. Localizzate per brevi tratti anche in sponda destra con scavi molto contenuti.	Occupano gran parte della sezione del canale con spessori inferiori ai due metri e mezzo.
Altro	Nella parte centrale del troncone è presente una sezione di analisi della portata (linea blu). La portata al picco è pari a 57.31 m ³ /s, ed è misurata dopo 27 minuti dall'inizio dell'evento.	



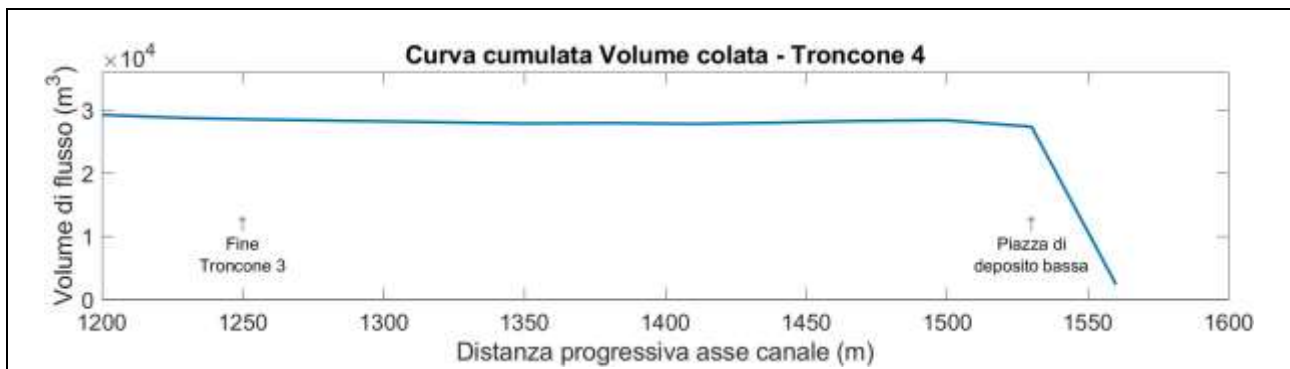
<i>Troncone 3</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
870	108.97	33750.17
900	229.60	33641.20
930	-185.03	33411.60
960	-189.23	33596.63
990	151.83	33785.86
1020	767.52	33634.03
1050	802.14	32866.51
1080	579.22	32064.37
1110	489.65	31485.15
1140	915.94	30995.50
1170	855.11	30079.56
1200	510.83	29224.46
1230	258.62	28713.63
1260	193.53	28455.00

Tabella 111. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 3

Troncone 4	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Lungo la sponda destra. Localizzate in sponda sinistra e sul fondo con scavi molto contenuti.	Prevalentemente all'interno del canale con spessori contenuti.
Tratto 2	Dopo il ponte si accentuano in destra idrografica, con profondità di scavo abbastanza importanti (max 2 – 3 m). Presenti, per brevi tratti, anche in sponda sinistra, ma con scavi molto contenuti (<1 m).	Deposito importante in corrispondenza del ponte a causa della minore pendenza. Più a valle i depositi si localizzano nel canale, con spessori poco importanti.
Tratto 3	Inizialmente interessano l'intera sezione del canale, più a valle si localizzano lungo la sponda sinistra.	A valle del tratto completamente eroso, presenza di deposito (spessori medi di 3 m) dovuto alla minore pendenza del canale.
Altro	Dopo il ponte è inserita una sezione di analisi, che ha registrato una portata al picco (linea blu) pari a 46.28 m ³ /s. Il bacino di ritenuta risulta essere completamente riempito di materiale. Da sottolineare la presenza di erosioni e depositi a valle del bacino indice del fatto, che parte del deflusso è fuoriuscito.	



Si segnala, che per visualizzare meglio l'andamento delle erosioni e dei depositi all'interno del troncone, si è deciso di applicare una scala più bassa sull'asse y del grafico sopra riportato, questo comporta che il quantitativo di volume trattenuto dal bacino di ritenuta non risulta essere ben rappresentato, pertanto, in questo caso, per una maggiore chiarezza si può fare riferimento alla tabella sottostante, dove è possibile comprendere, che il bacino di ritenuta ha trattenuto **24966.48 m³**.



Dal grafico, che rappresenta il volume cumulato della colata è possibile comprendere, che il bacino di ritenuta non è stato in grado di trattenere tutto il materiale movimentato dall'evento, ovvero, che durante l'evento sono fuoriusciti **2368.37 m³** di materiale.

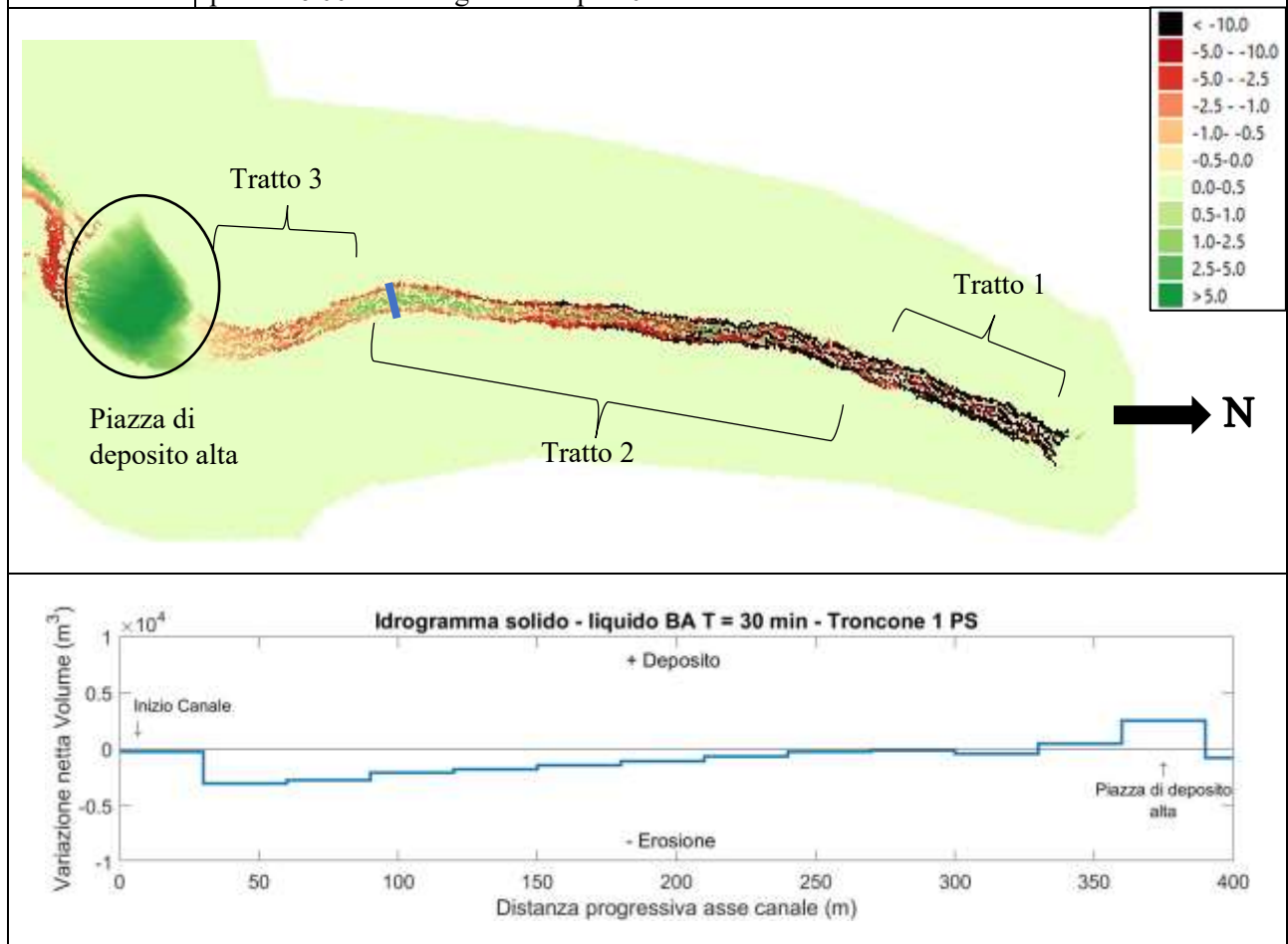
<i>Troncone 4</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
1290	211.86	28261.47
1320	194.71	28049.61
1350	-66.94	27854.90
1380	127.32	27921.84
1410	-188.24	27794.51
1440	-289.75	27982.75
1470	-98.62	28272.50
1500	1036.27	28371.12
1530	24966.48	27334.85
1560	-	2368.37

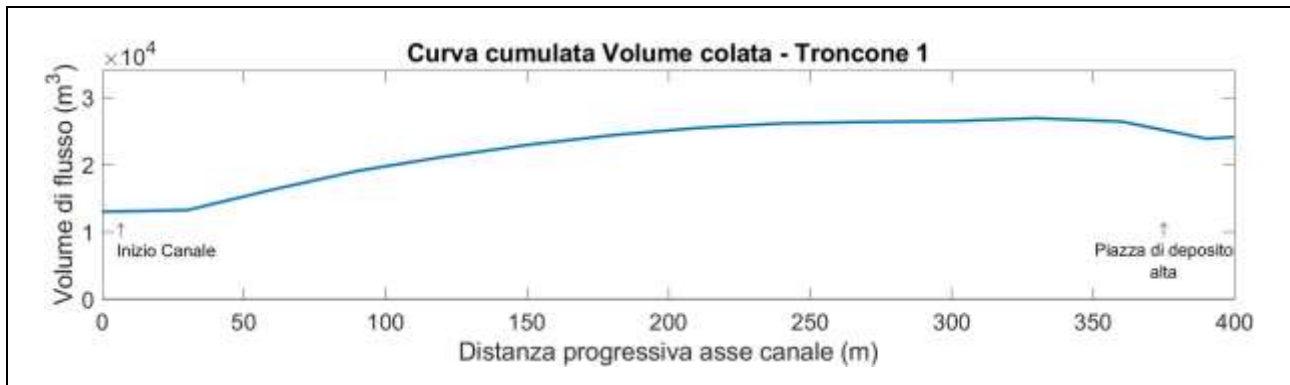
Tabella 112. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 4

8.2.2. Idrogramma solido – liquido post – sistemazione di durata 30 minuti

Per caratterizzare l'evento, che ha originato il debris flow, si è fatto affidamento a due idrogrammi solido – liquidi di input riportati in Figura 133 e Figura 134.

Troncone 1	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Interessano l'intero tratto con scavi considerevoli.	Assenti
Tratto 2	Presenti lungo l'intera sezione del canale con gli scavi più importanti localizzati sulle sponde. Verso valle diventano più contenuti.	Presenti nella parte finale del tratto con spessori poco importanti.
Tratto 3	Interessano quasi interamente il canale, con scavi simili sia sul fondo, che sulle sponde. Spostandosi verso la piazza di deposito diventano meno accentuate.	Pressoché assenti, se non nella primissima parte del tratto dove raggiungono spessori inferiori al metro e mezzo.
Altro	La piazza di deposito, grazie alla sua bassa pendenza, rallenta la colata e quindi favorisce il deposito di materiale. Pertanto, nell'evento in esame i depositi presenta spessori compresi tra 3 – 6 m. Da segnalare, la presenza di erosioni nella parte finale sinistra della piazza. Nel tratto 2 è presente una sezione di analisi (linea blu), che ha misurato una portata al picco pari a 46.00 m ³ /s. Registrata dopo 20 minuti dall'inizio dell'evento.	

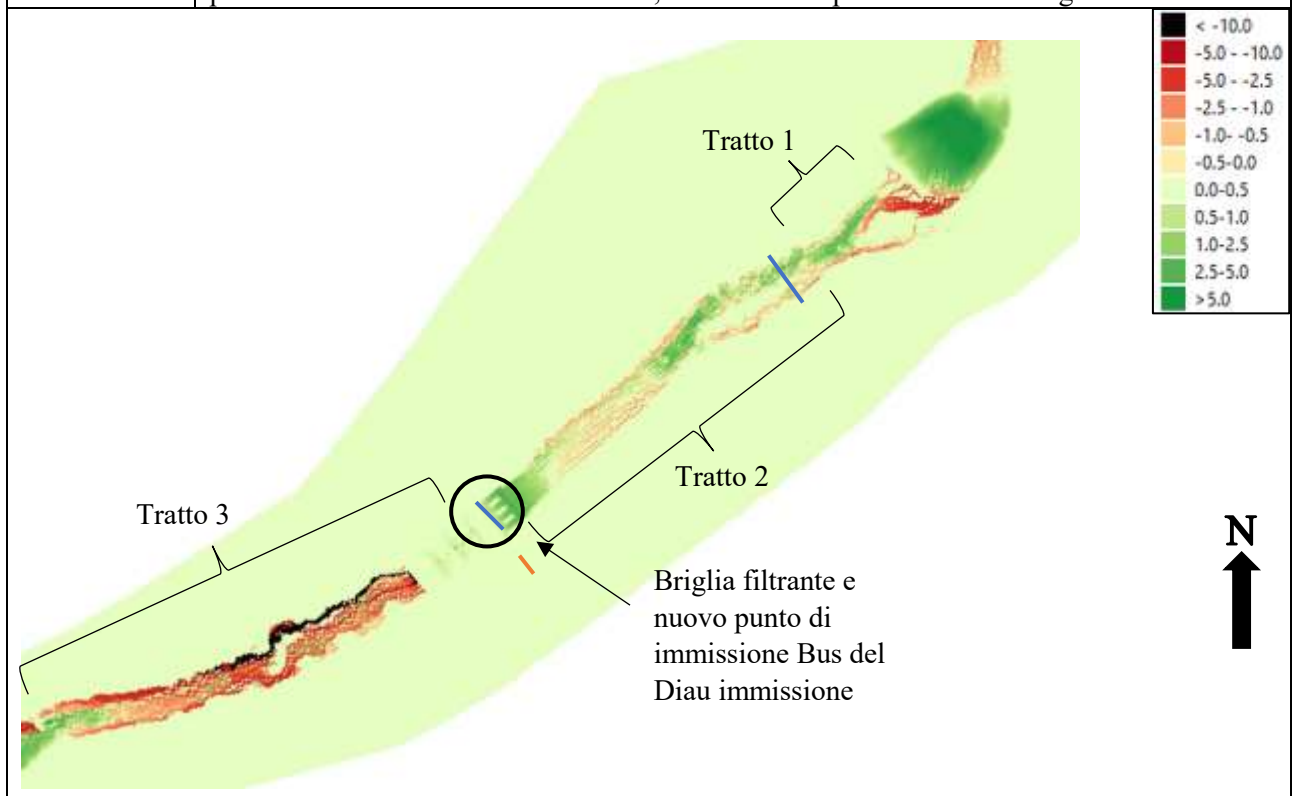


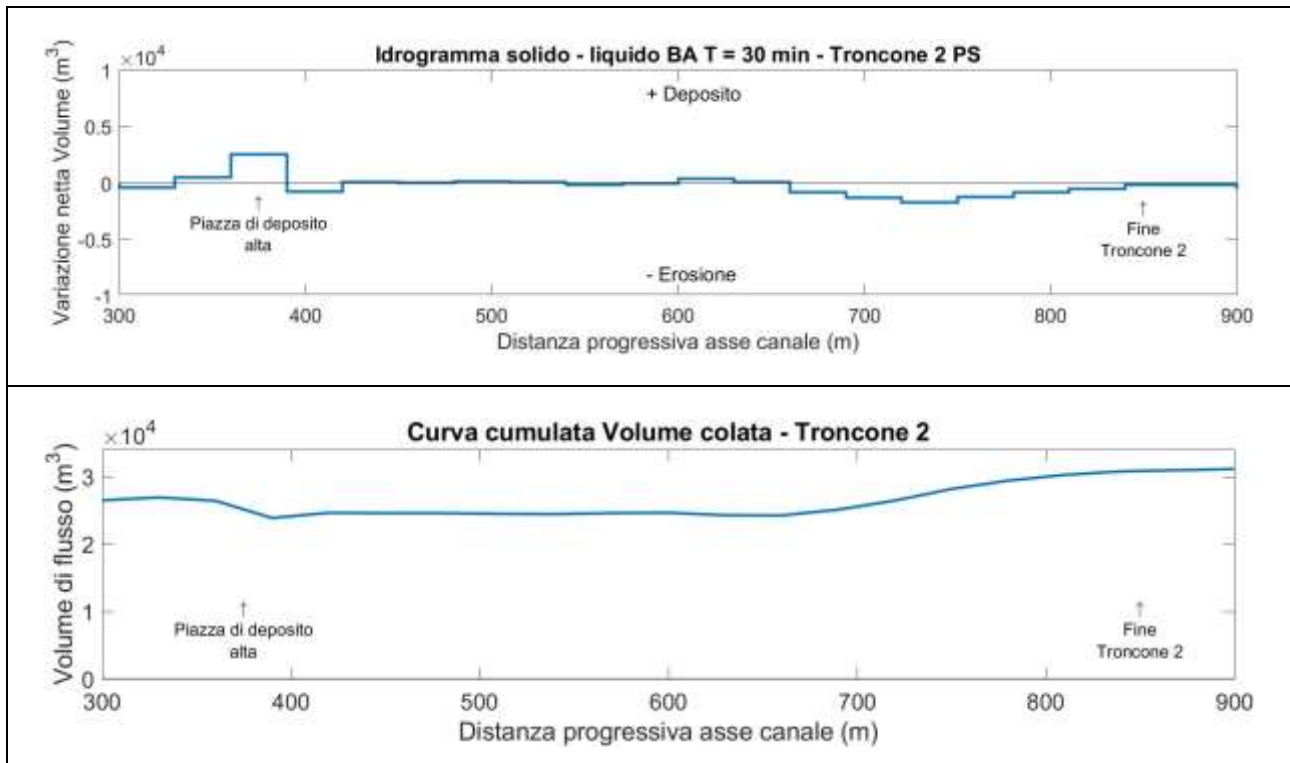


<i>Troncone 1</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
0	-225.42	13000.90
30	-3033.44	13226.32
60	-2786.01	16259.75
90	-2077.17	19045.76
120	-1801.15	21122.94
150	-1443.15	22924.08
180	-1080.62	24367.24
210	-690.68	25447.85
240	-212.17	26138.54
270	-120.76	26350.71
300	-438.44	26471.46
330	504.84	26909.91
360	2551.55	26405.06

Tabella 113. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 1

Troncone 2	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Interessano gran parte della sezione del canale con scavi più importanti localizzati in sinistra idrografica, verso valle interessano le sponde con rimozioni più contenute.	Nella parte centrale del canale con spessori inferiori ai 2.5 metri.
Tratto 2	Inizialmente lungo le due sponde con scavi simili (< 2 m), per poi interessare l'intera sezione del canale con scavi abbastanza contenuti e una volta entrati nel tratto sistemato si annullano.	Presenti nel centro canale nella parte iniziale del tratto e subito a monte della briglia filtrante con spessori di un paio di metri.
Tratto 3	Inizialmente nulle. Usciti dal tratto consolidato, occupano quasi l'intera sezione con scavi considerevoli soprattutto in destra idrografica. Mentre, in sinistra sono più contenuti, ma comunque molto importanti.	Nella parte finale del tratto, occupano una piccola porzione di canale con depositi inferiori al metro.
Altro	All'interno del canale sono state inserite delle sezioni (linee blu), che misurano la portata al picco. Nel caso in esame si hanno due sezioni: una nel tratto due dove si è registrata una portata al picco pari a 42.94 m ³ /s; mentre, la seconda è posta subito a valle della briglia filtrante ed ha misurato una portata pari a 53.66 m ³ /s. Da segnalare inoltre, la presenza del punto di immissione del Bus del Diau, localizzato in prossimità della briglia.	

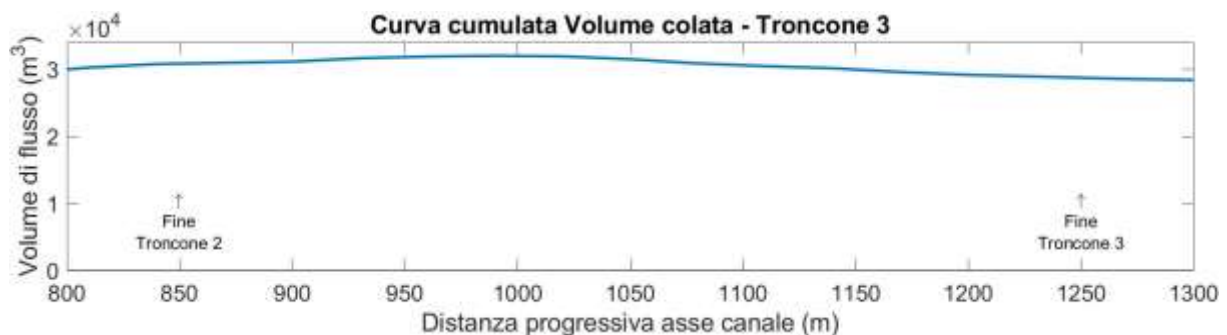
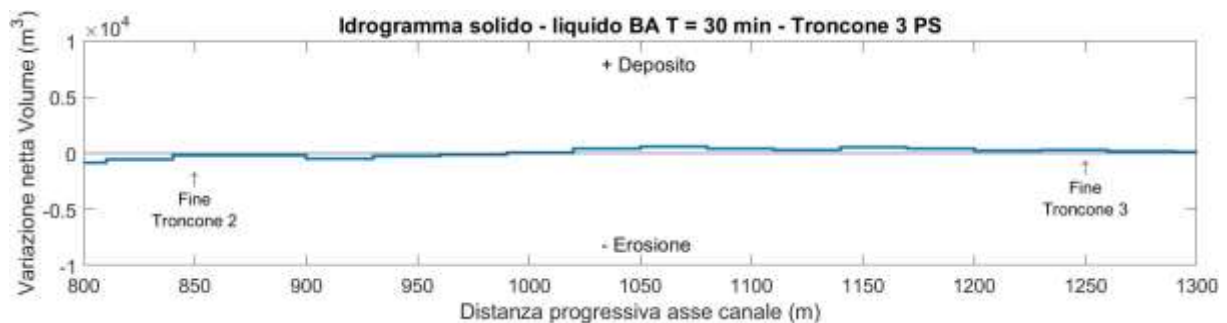
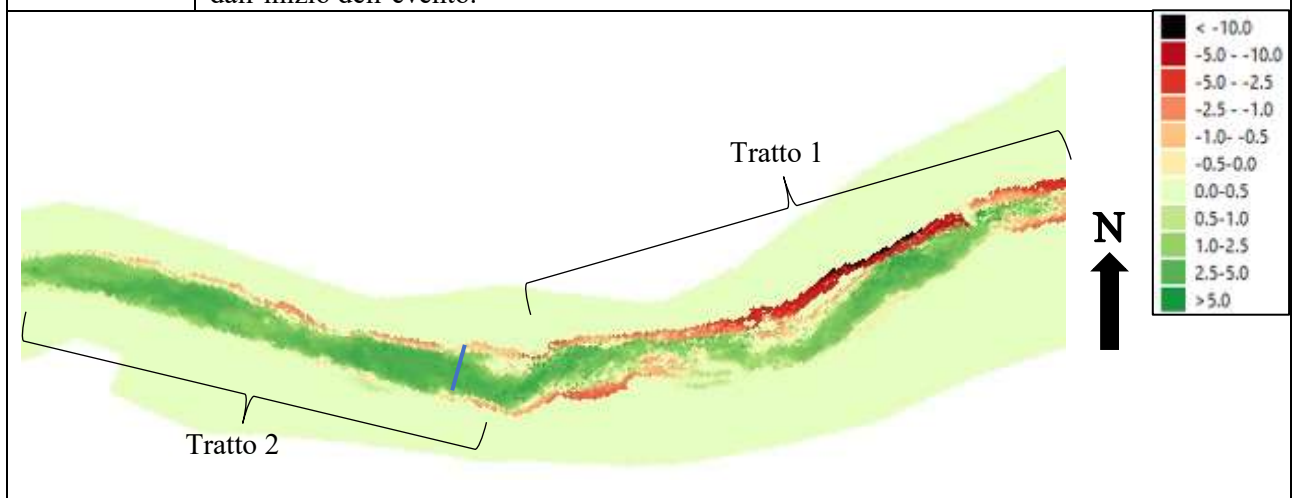




<i>Troncone 2</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
390	-772.43	23853.51
420	52.77	24625.94
450	0.36	24573.17
480	96.73	24572.81
510	49.96	24476.08
540	-161.58	24426.11
570	-49.09	24587.70
600	368.63	24636.79
630	36.86	24268.16
660	-866.75	24231.30
690	-1350.98	25098.04
720	-1712.33	26449.02
750	-1242.26	28161.35
780	-857.03	29403.61
810	-510.66	30260.64
840	-178.46	30771.30

Tabella 114. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 2

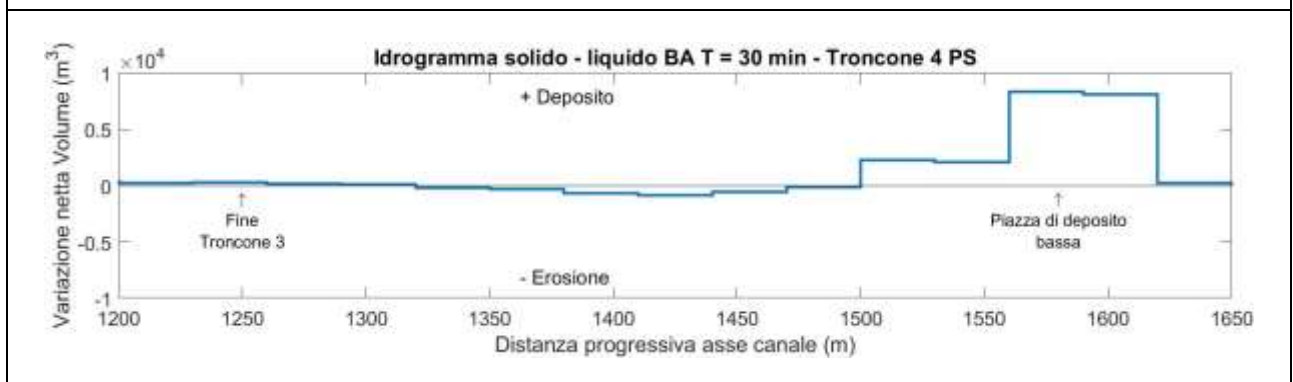
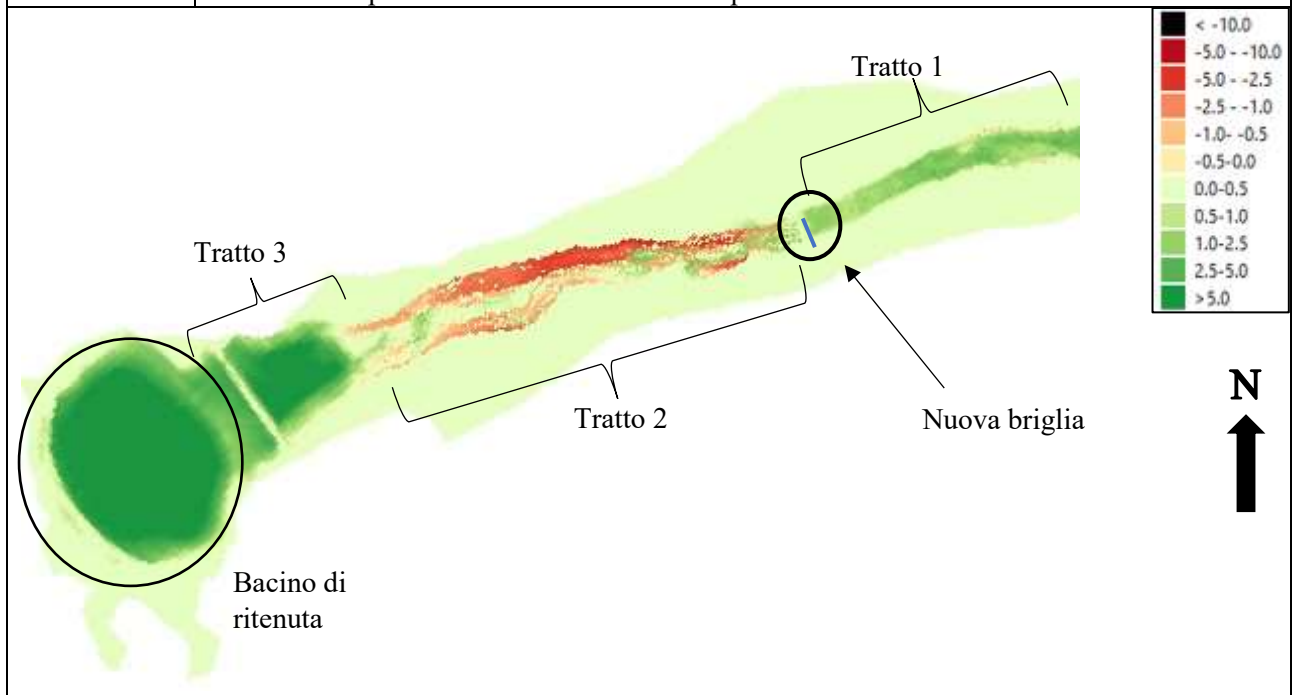
Troncone 3	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Si localizzano lungo le due sponde. Scavi considerevoli in destra idrografica, che diminuiscono, man mano, che ci si sposta verso valle. In sinistra, invece, sono più contenuti, ma importanti, e si presentano solo per brevi tratti.	Nel centro del canale ed in sinistra idrografica dove si hanno depositi di materiale compresi tra 2 e 3 m.
Tratto 2	Presenti lungo la sponda destra con profondità inferiori rispetto al tratto precedente. Pressoché nulle in sponda sinistra tranne per piccole porzioni dove si hanno erosioni molto contenute (<0.5 m).	Occupano gran parte della sezione del canale con spessori inferiori ai tre metri.
Altro	Nella parte centrale del troncone è presente una sezione di analisi della portata (linea blu). La portata al picco, registrata, è stata pari a 62.83 m ³ /s, ed è stata misurata dopo 35 minuti dall'inizio dell'evento.	

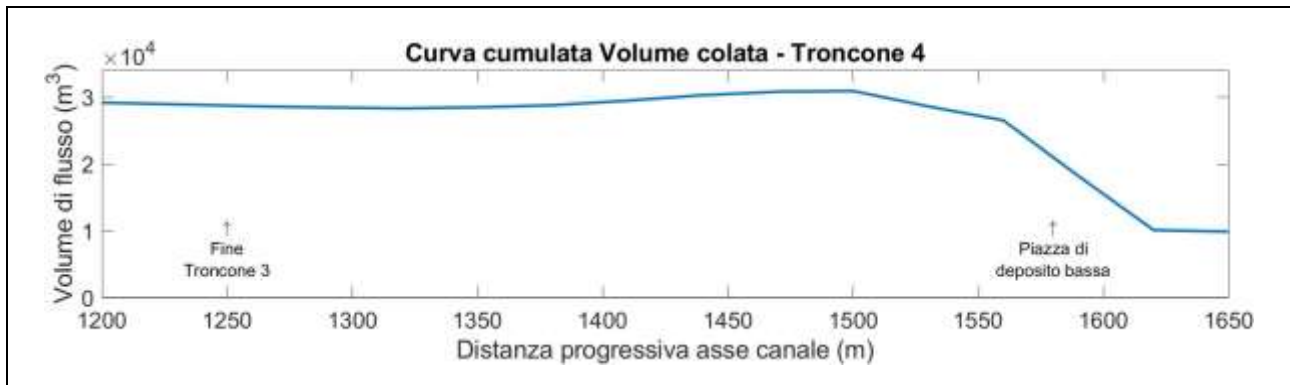


Troncone 3		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
870	-182.85	30949.77
900	-508.00	31132.61
930	-254.30	31640.62
960	-100.82	31894.92
990	73.00	31995.73
1020	434.06	31922.73
1050	623.96	31488.67
1080	407.47	30864.71
1110	315.64	30457.23
1140	566.32	30141.59
1170	418.79	29575.27
1200	244.02	29156.48
1230	278.75	28912.46
1260	197.63	28633.71

Tabella 115. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 3

Troncone 4	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Pressoché assenti. Le uniche presenti si localizzano per brevissimi tratti lungo le due sponde.	Interessano buona parte della sezione del tratto con depositi di 1 – 1.5 m, che diminuiscono man mano, che ci si sposta verso valle.
Tratto 2	Interessano l'intero tratto, con intensità di scavo molto più elevate in destra idrografica.	Quasi nulli se non per piccole porzioni di depositi nella parte centrale del canale, con spessori contenuti.
Tratto 3	Assenti	Occupano l'intera sezione del tratto con spessori di materiale di 2 – 5 m.
Altro	Dopo il ponte, dove è stata inserita la briglia, è posta una sezione, che analizza la portata transitata durante l'evento. Essa ha registrato una portata al picco (linea blu) pari a 59.11 m ³ /s. Il bacino di ritenuta risulta essere quasi completamente pieno di materiale detritico. Da sottolineare l'assenza di erosioni e depositi a valle del bacino indice del fatto, che tutto il materiale trasportato è stato trattenuto dall'opera.	





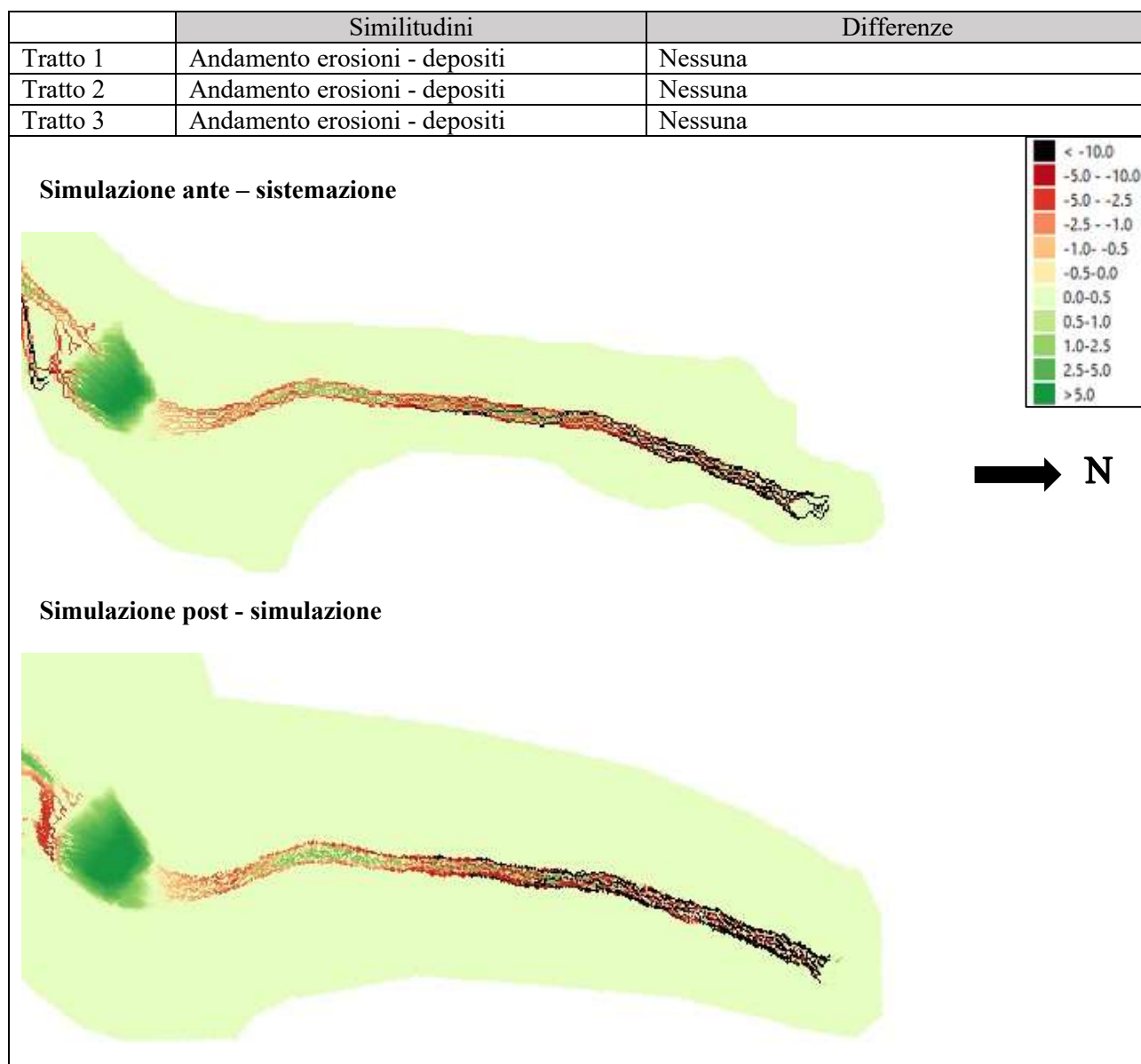
Troncone 4		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
1290	136.29	28436.08
1320	-164.65	28299.79
1350	-316.49	28464.44
1380	-676.93	28780.93
1410	-827.27	29457.86
1440	-517.92	30285.13
1470	-102.62	30803.05
1500	2300.80	30905.67
1530	2093.99	28604.87
1560	8344.69	26510.88
1590	8081.84	18166.18
1620	231.03	10084.34
1650	0.00	9853.31

Tabella 116. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 4

8.2.3. Confronto idrogramma solido – liquido AS. vs Idrogramma solido – liquido PS.

Una volta terminata la descrizione delle erosioni e depositi generati nelle due diverse simulazioni, gli si compara in maniera tale da individuare eventuali similitudini o differenze. Si sottolinea, che anche in questo caso si riporta a fine paragrafo il confronto delle curve cumulate e di quelle che rappresentano la variazione del volume netto dell'intero canale. Inoltre, si inseriranno anche dei grafici, che rappresenta il confronto fra le diverse portate registrate durante l'evento.

- Troncone 1 AS vs Troncone 1 PS



In Figura 135 vengono rappresentati i confronti delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel secondo troncone di analisi in assenza e presenza delle opere di mitigazione.

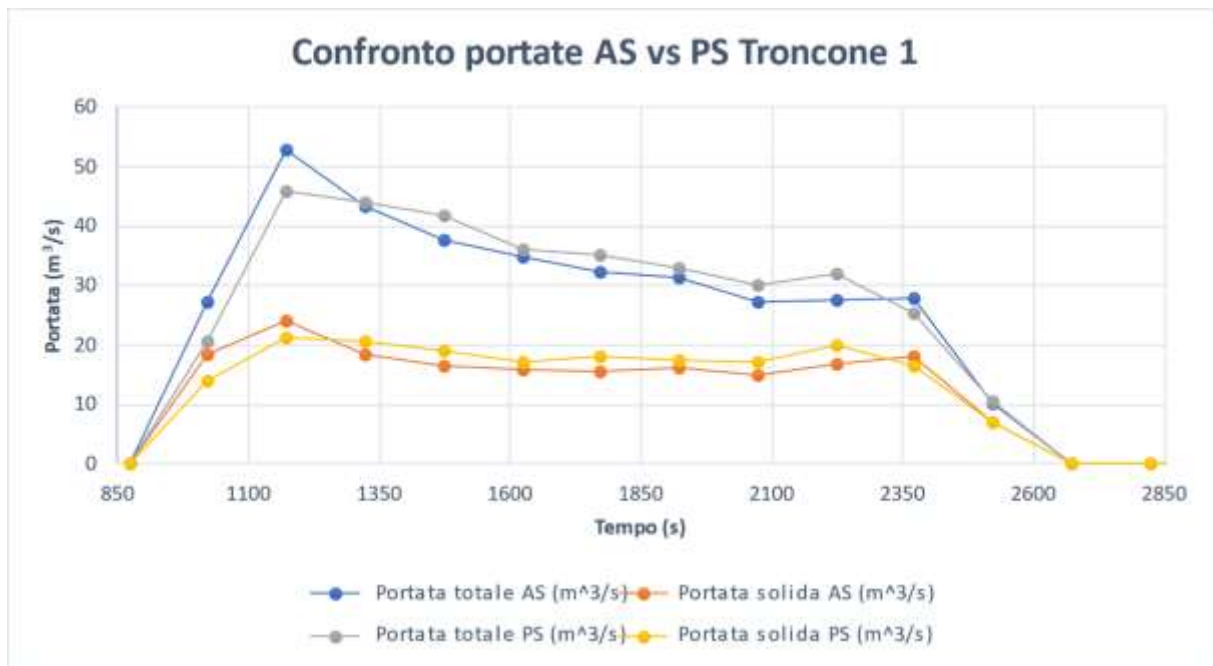
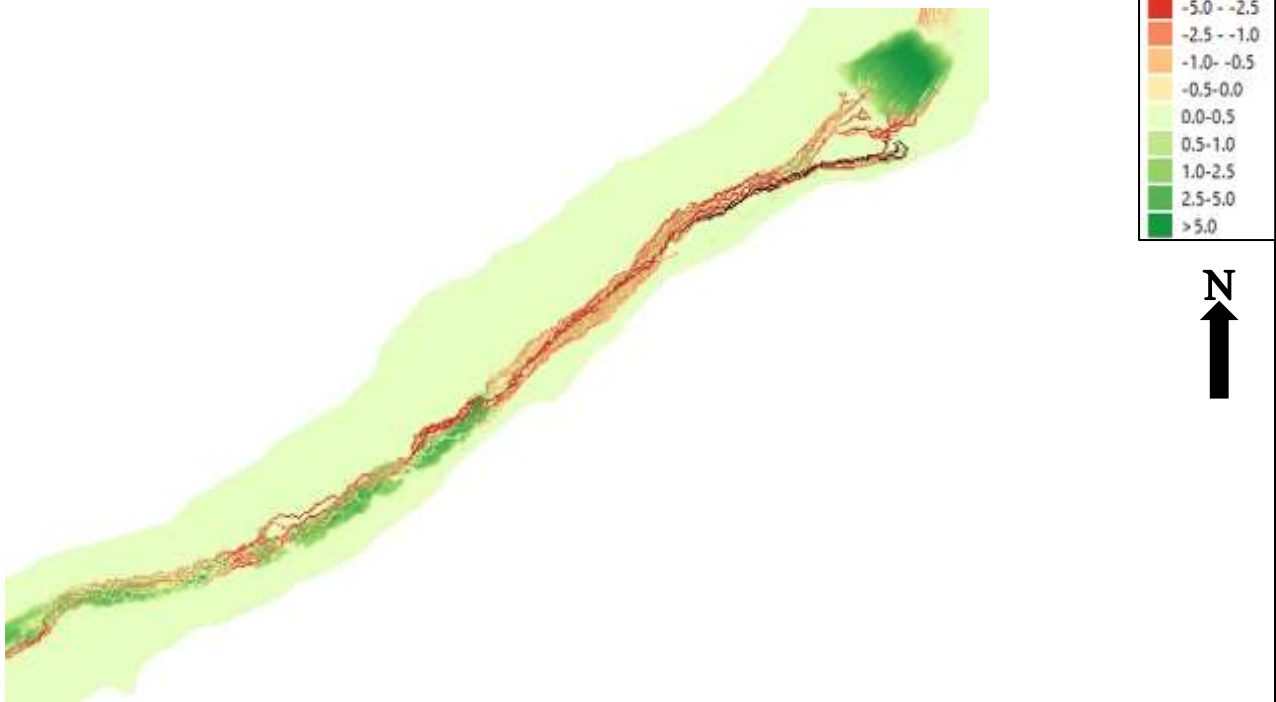


Figura 136. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel troncone 1

- Troncone 2 AS vs Troncone 2 PS

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Nessuna	Erosioni importanti interessano l'intero tratto con la simulazione AS, mentre, con l'altra simulazioni sono più contenute e si riesce a formare del deposito.
Tratto 2	Nessuna	Erosioni molto meno marcate in presenza della simulazione PS spiegato dal fatto, che il punto di immissione del Bus del Diau è posto in prossimità della briglia filtrante e quindi nel tratto non si presentano le portate che derivano da questo canale secondario. Inoltre, con questa simulazione si hanno anche dei depositi posti a monte delle briglia e nella prima parte del tratto.
Tratto 3	Nessuna	Con la simulazione AS le erosioni sono molto più contenute. Mentre nel caso della simulazione PS interessano l'intero tratto perché in esso si immettono le portate che provengono dal Bus del Diau.

Simulazione ante - sistemazione



Simulazione post – sistemazione

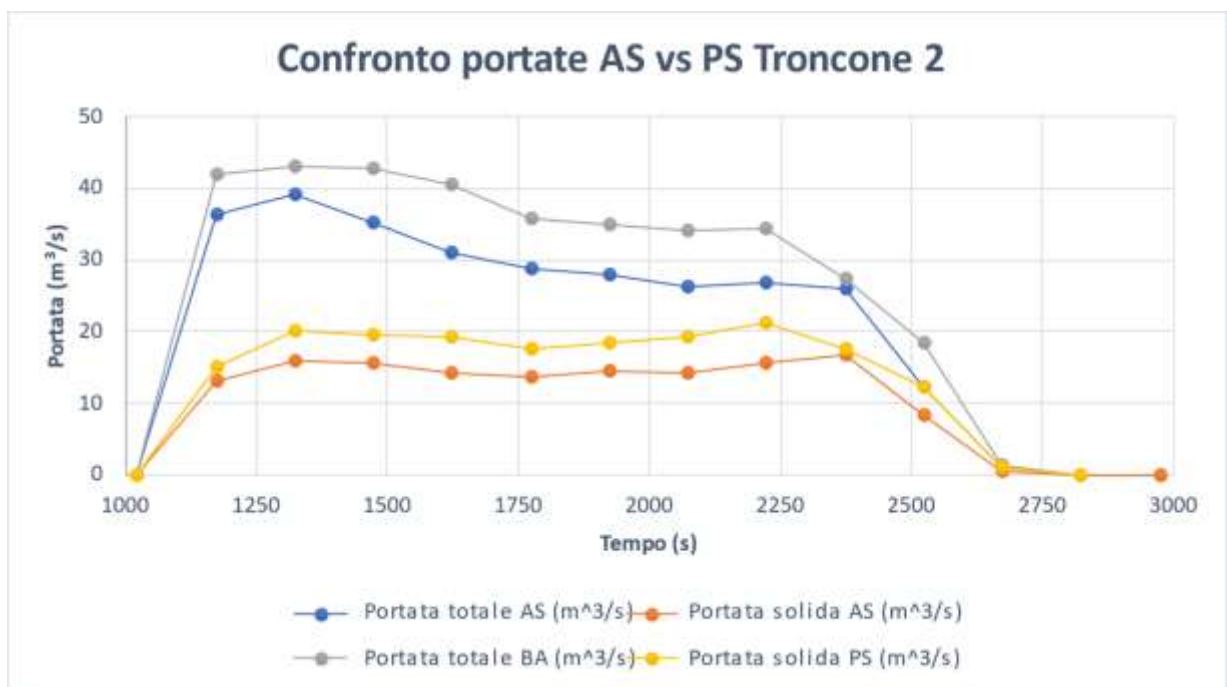
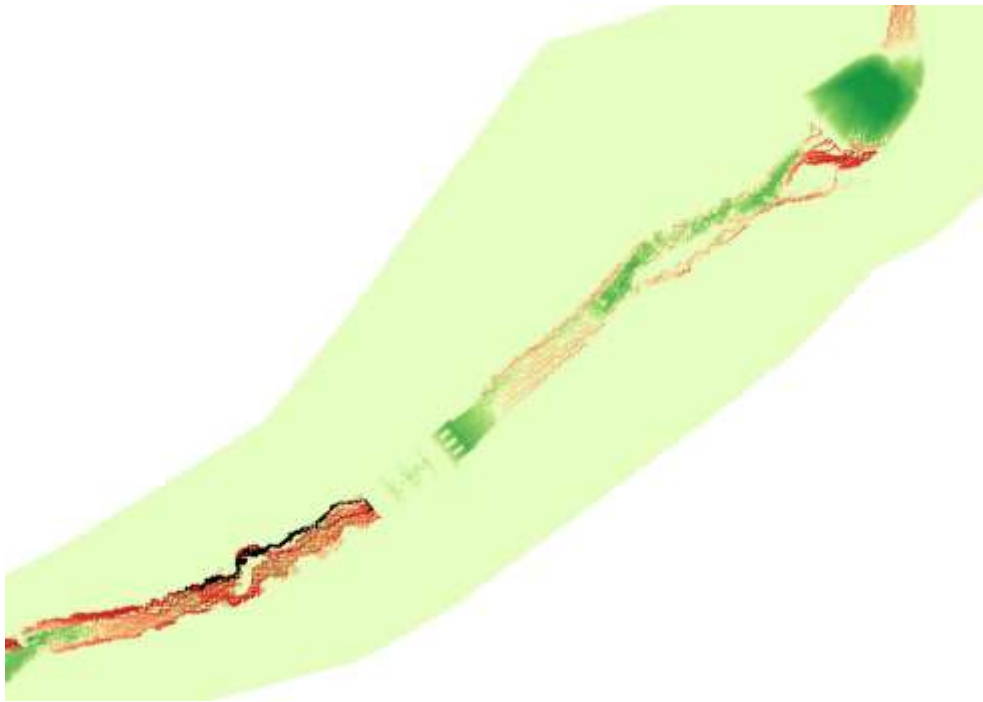


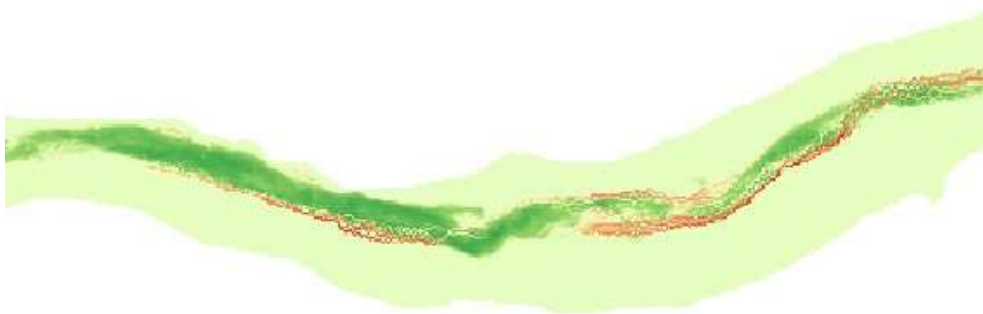
Figura 137. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel troncone 2

In Figura 136 vengono illustrate le comparazione delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel secondo troncone di analisi in assenza e presenza delle opere di mitigazione.

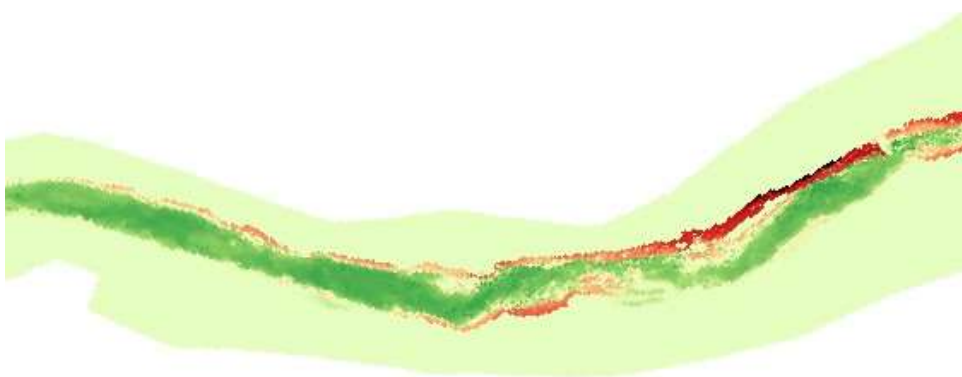
- Troncone 3 AS vs Troncone 3 PS

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Nessuna	Con la simulazione AS le erosioni sono molto meno marcate, ma interessano una maggiore porzione della sponda sinistra. Mentre, con la simulazione PS le erosioni interessano la sponda destra con scavi molto importanti, inoltre, il deposito risulta essere molto più accentuato.
Tratto 2	Andamento depositi	Con la simulazione PS le erosioni si concentrano lungo la sponda destra, mentre, nell'altra simulazione si localizzano in sinistra idrografica.

Simulazione ante – sistemazione



Simulazione post – sistemazione



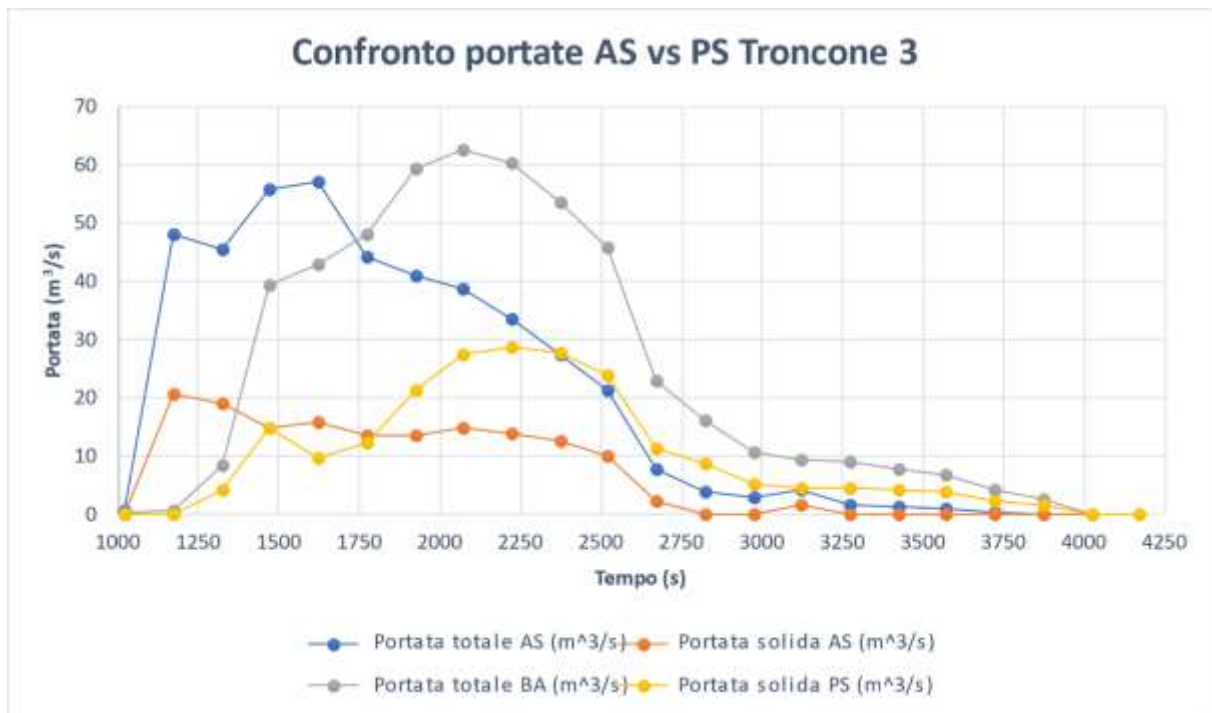


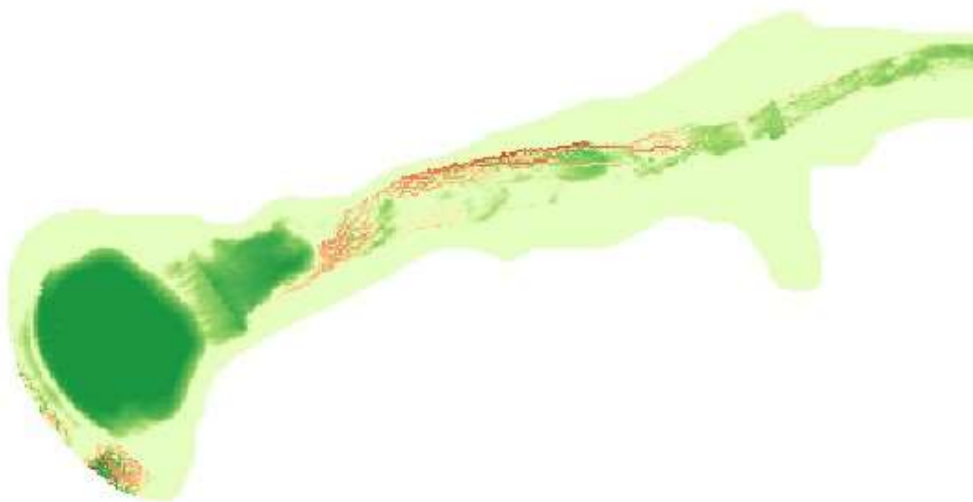
Figura 138. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel troncone 3

Dalla Figura 137 si può notare, che in presenza del tratto sistemato il picco viene raggiunto all'incirca 5 minuti dopo rispetto alla situazione non sistemata. Questo spiegato dal fatto, che le portate del Bus del Diau si immettono nel canale principale in un punto più basso (in prossimità della briglia filtrante) rispetto la situazione non sistemata (a valle della piazza di deposito alta)

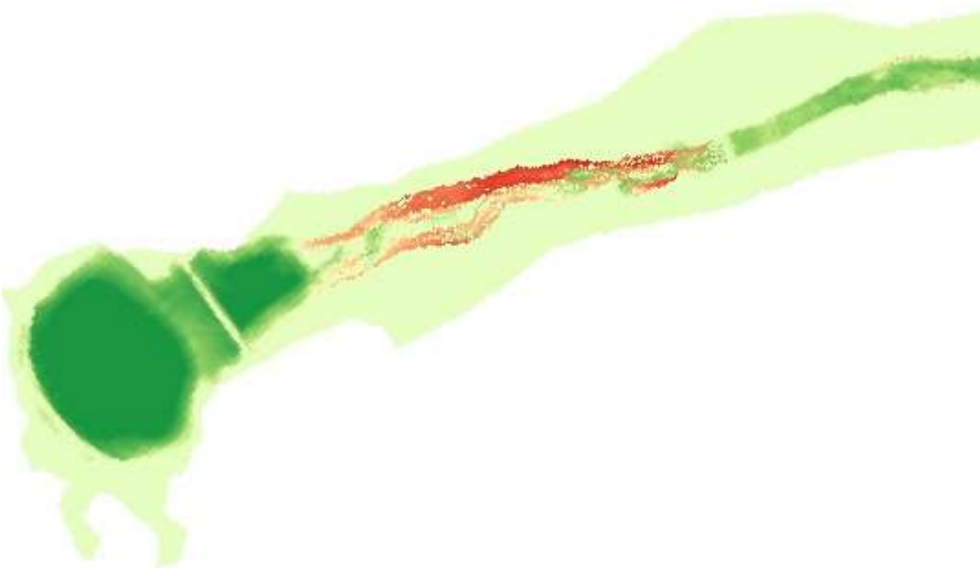
- Troncone 4 AS vs Troncone 4 PS

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Andamento erosioni – depositi	Con la simulazione PS le erosioni e i depositi risultano essere più marcati rispetto a quelli determinati con la simulazione AS.
Tratto 2	Nessuna	Con la simulazione AS le erosioni si concentrano solo in destra idrografica e sono molto più contenute rispetto a quelle simulate dopo la sistemazione.
Tratto 3	Andamento depositi	Presenza di erosioni lungo la sponda sinistra con simulazione AS, inoltre, i depositi sono meno marcati.
Bacino di ritenuta	Bacino completamente riempita.	Con simulazione AS presenza di erosioni e depositi al di fuori dell'opera di difesa.

Simulazione ante - sistemazione



Simulazione post - sistemazione



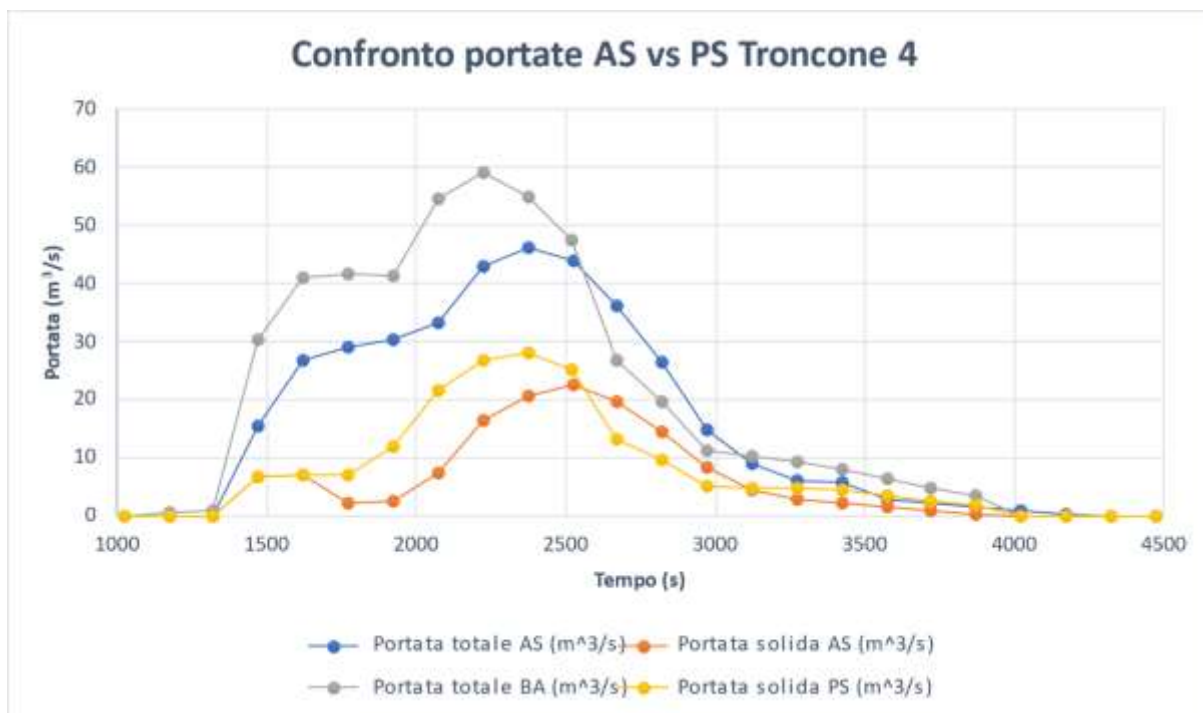


Figura 139. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi poste nel tratto 1 del troncone 4

In Figura 138 vengono descritti i raffronti delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel quarto troncone di analisi in assenza e presenza delle opere di mitigazione.

Una volta terminato il confronto tra le due simulazione si riportano i grafici di confronto tra le curve che rappresentano la variazione netta di volume (Figura 139) e le curve cumulated dell'intero canale (Figura 140).

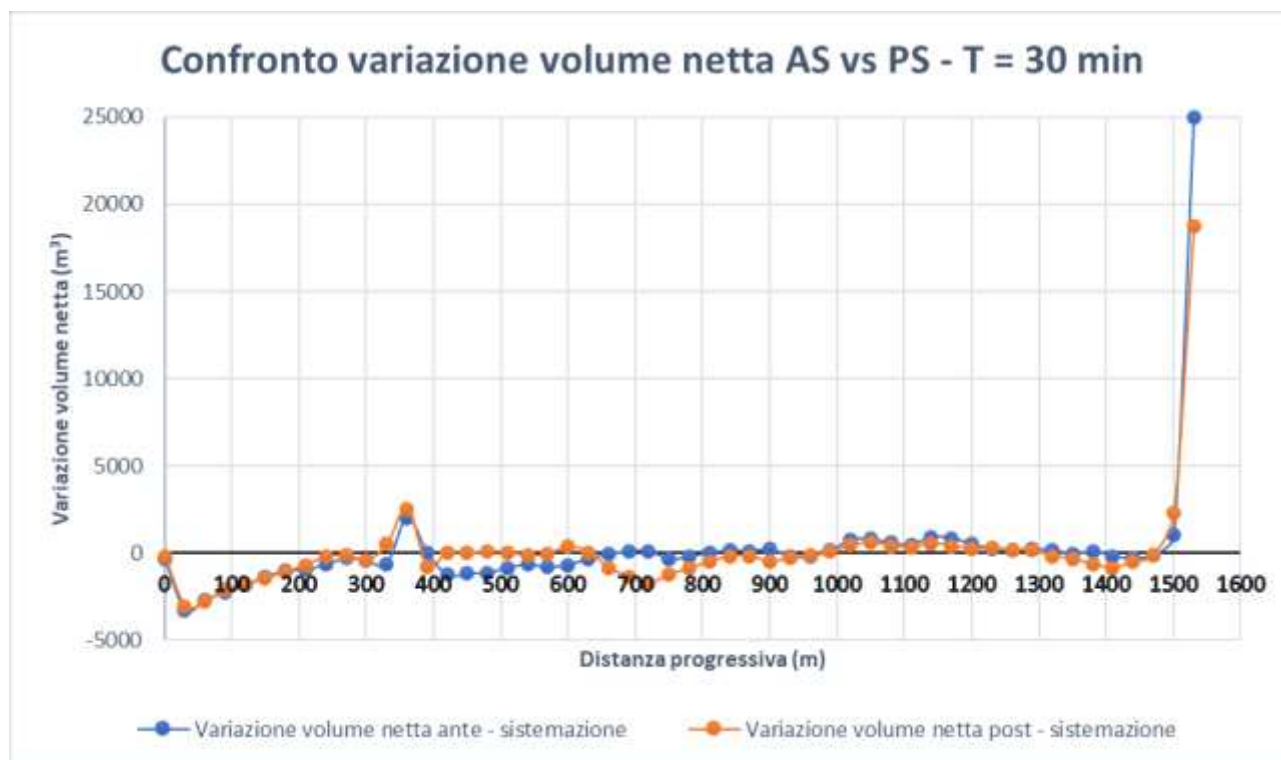


Figura 140. Confronto della variazione netta di volume ante – sistemazione e post - sistemazione

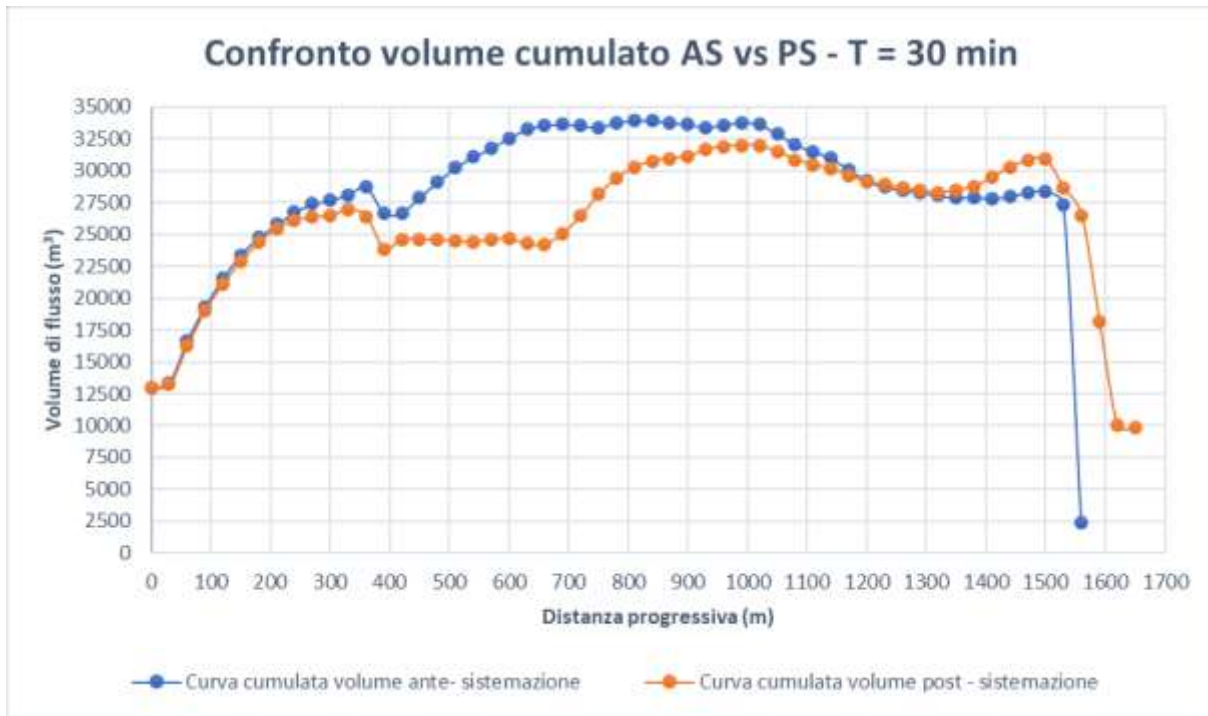


Figura 141. Confronto delle due curve cumulate individuate dalla simulazione ante – sistemazione e post - sistemazione

Concludendo, si può dire, che in presenza di un evento di precipitazione con durata pari a 30 minuti i volumi movimentati sono più elevati nel caso della simulazione ante – sistemazione. Probabilmente spiegato dal fatto, che vi sono ampie porzione erose all’interno dell’intero canale. Comunque, solo nella simulazione post - sistemazione, il bacino di ritenuta posto a monte dell’abitato di Borca di Cadore è stato in grado di trattenere il materiale arrivato al suo interno, indicando, che l’inserimento delle due opere di mitigazione ha avuto l’effetto sperato.

8.3. Idrogramma solido – liquido di durata 60 minuti

In questo paragrafo si tratta di un evento di precipitazione di durata un'ora, che ha dato vita ad un fenomeno gravitativo di tipo colata detritica, andando così a causare delle erosioni e dei depositi all'interno del canale oggetto di studio. L'evento è simulato in assenza e presenza delle opere di mitigazione, di recente costruzione, in modo tale da verificare il comportamento delle colata nelle due diverse situazioni. Per una valutazione più accurata, dei depositi e delle erosioni, si divide il canale di Cancia in quattro tronconi di analisi, che a loro volta vengono suddivisi in più tratti. Alla fine di tutto si effettua un confronto tra le due simulazioni per individuare delle similitudini, ma soprattutto delle differenze di comportamento del fenomeno.

8.3.1. Idrogramma solido – liquido ante - sistemazione di durata 60 minuti

Per definire l'evento, che ha dato origine alla colata, all'interno del modello di calcolo si usano due idrogrammi solido – liquidi di input (Figura 141 e 142); individuati utilizzando uno idrogramma a blocchi alterni. Il primo idrogramma è inserito a monte del troncone 1 di analisi, mentre, il secondo è posto nel punto di immissione del Bus del Diau, che in assenza delle opere è posta qualche metro a valle delle piazza di deposito alta, mentre, in presenza delle opere si localizza a fianco della briglia filtrante.

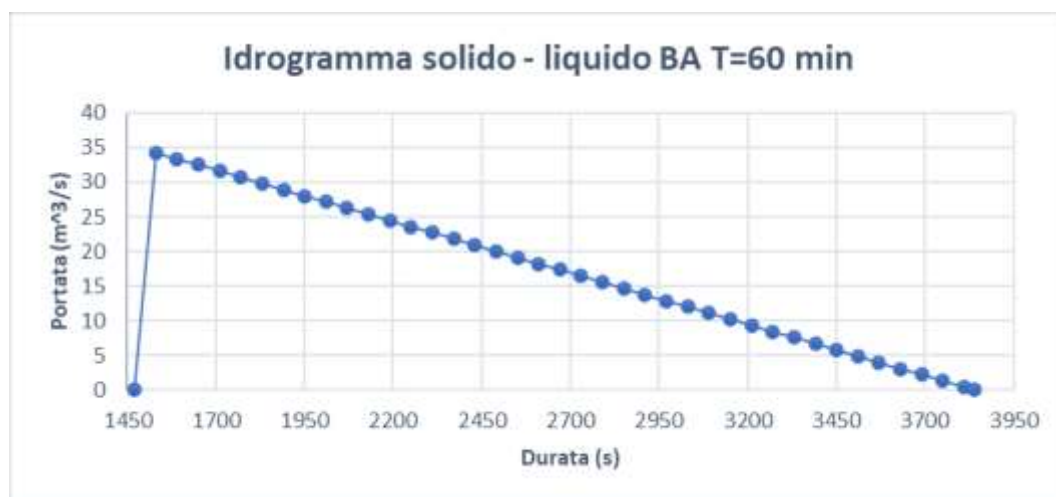


Figura 142. Idrogramma solido – liquido BA T = 60 min

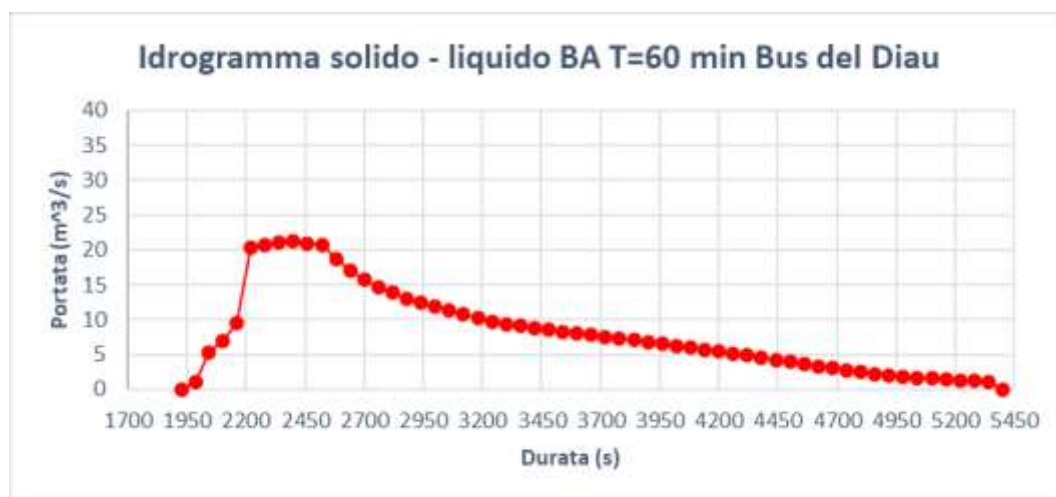
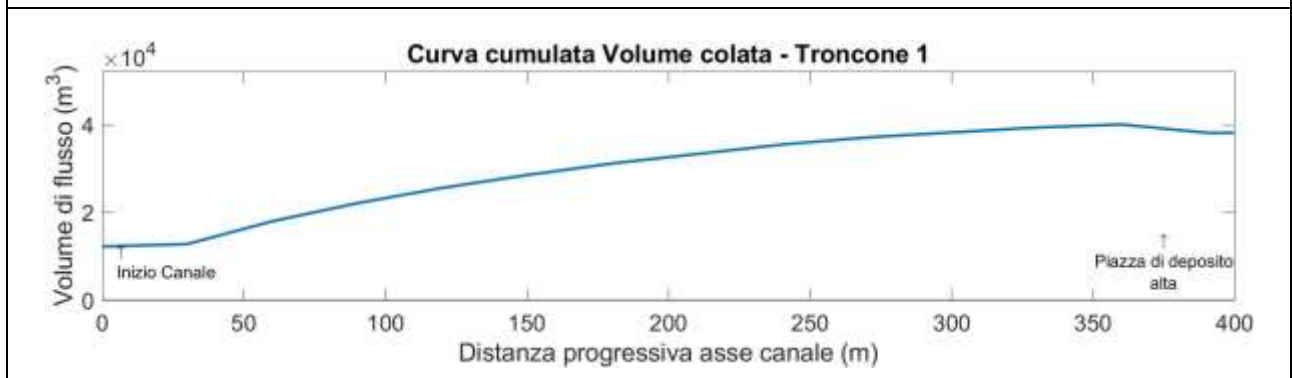
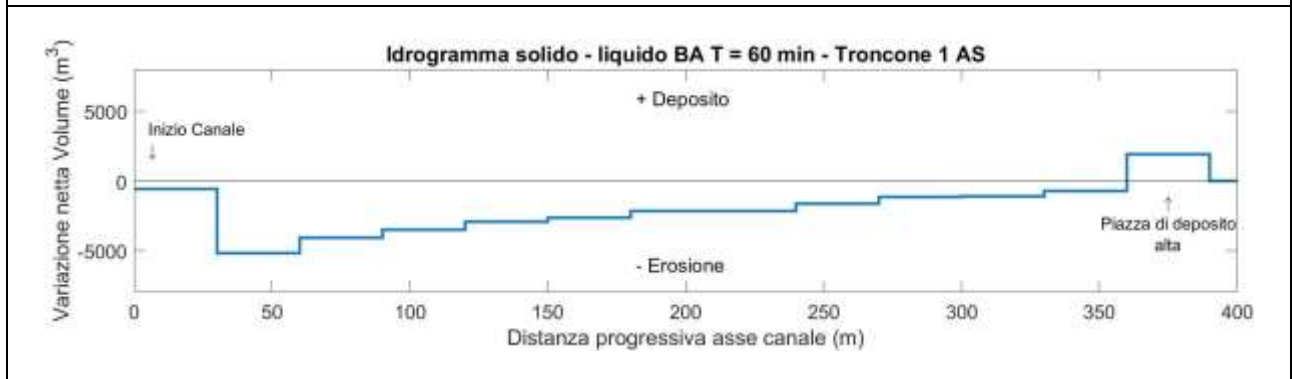
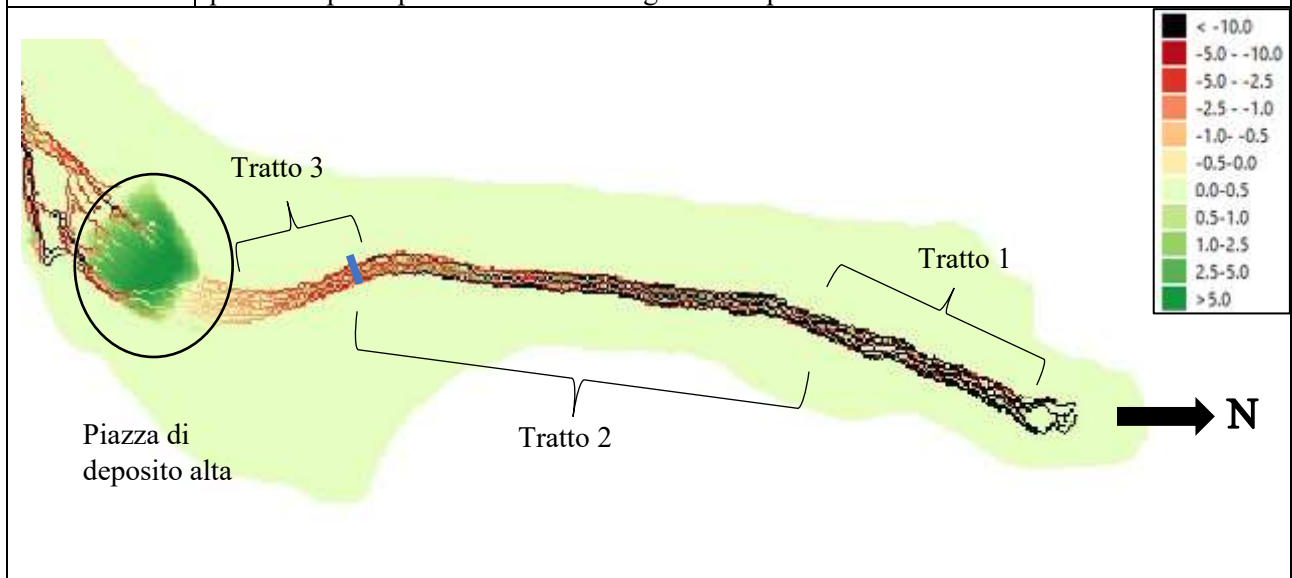


Figura 143. Idrogramma solido – liquido BA T = 60 min – Bus del Diau

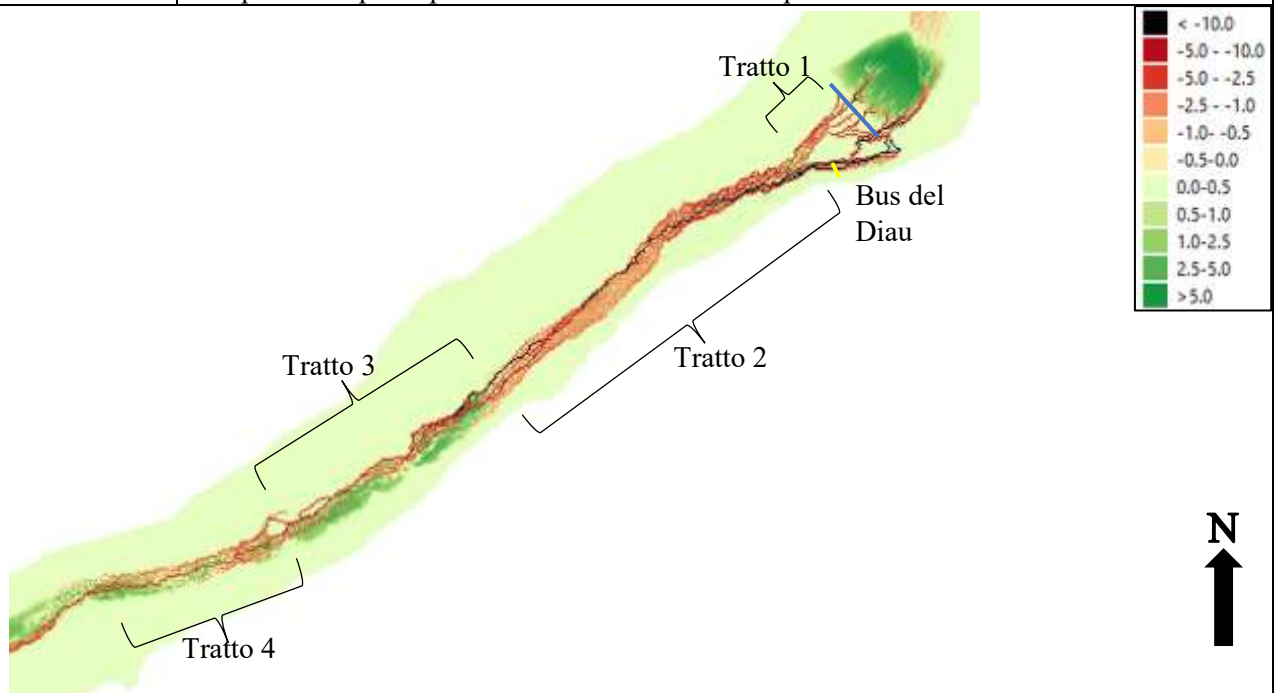
Troncone 1	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Interessano l'intera sezione del canale con scavi considerevoli sia sul fondo, che sulle sponde.	Assenti
Tratto 2	Interessano quasi l'intera sezione del canale con intensità di scavo elevate sia sulla sponde, che sul fondo.	Pressoché nulle
Tratto 3	Lungo l'intero tratto con scavi, che diminuiscono di forza man mano, che ci si sposta verso la piazza di deposito.	Nulle
Altro	<p>La piazza di depositi è un'opera, che ha il compito di trattenere parte del materiale solido trasportato dalla colata, questo grazie alla sua minore pendenza. Pertanto, al suo interno si trovano depositi con spessori inferiori ai 4 – 5 m. Da sottolineare, la presenza di erosioni all'interno della piazza di deposito.</p> <p>Nel tratto 3 è presente una sezione di analisi della portata (linea blu), che ha misurato una portata al picco pari a 50.87 m³/s. Registrata dopo 30 minuti dall'inizio dell'evento.</p>	

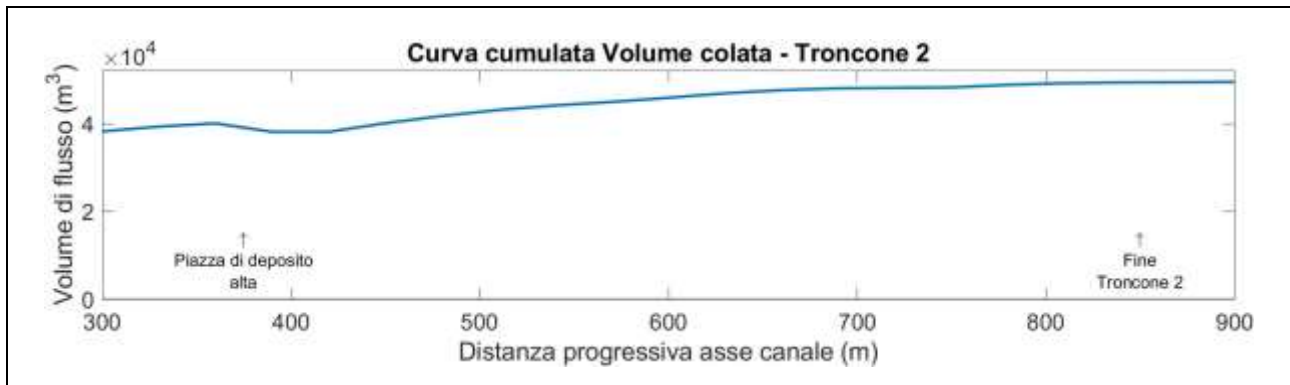


<i>Troncone 1</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
0	-573.21	12176.10
30	-5185.94	12749.31
60	-4106.36	17935.25
90	-3489.79	22041.60
120	-2931.00	25531.40
150	-2627.93	28462.39
180	-2166.66	31090.33
210	-2139.88	33256.98
240	-1624.73	35396.86
270	-1147.27	37021.59
300	-1110.41	38168.86
330	-712.54	39279.26
360	1910.25	39991.80

Tabella 117. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 1

Troncone 2	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Interessano le sponde ed il fondo con scavi abbastanza simili (<4 m).	In una piccolissima porzione del canale nella parte finale del tratto.
Tratto 2	Interessano l'intero tratto con intensità di scavo, che diminuiscono man mano che ci si sposta verso valle. Tranne in destra idrografica dove rimangono importanti.	Assenti
Tratto 3	Si attestano in destra idrografica con scavi via via sempre meno accentuati.	In sinistra idrografica con spessori inferiori ai 2 m. La sua presenza indica che la colata si è spostata verso l'esterno ed ha rallentato.
Tratto 4	Sempre in destra idrografica, ma per un breve porzioni di tratto tornano ad interessare l'intera sezione del canale.	In sinistra idrografica con spessori inferiori ai 2 m.
Altro	A valle della piazza è presente una sezione di analisi della portata (linea blu), che registra una portata al picco pari a 35.98 m ³ /s. Misurata dopo 1780 secondi dell'inizio dell'evento.	

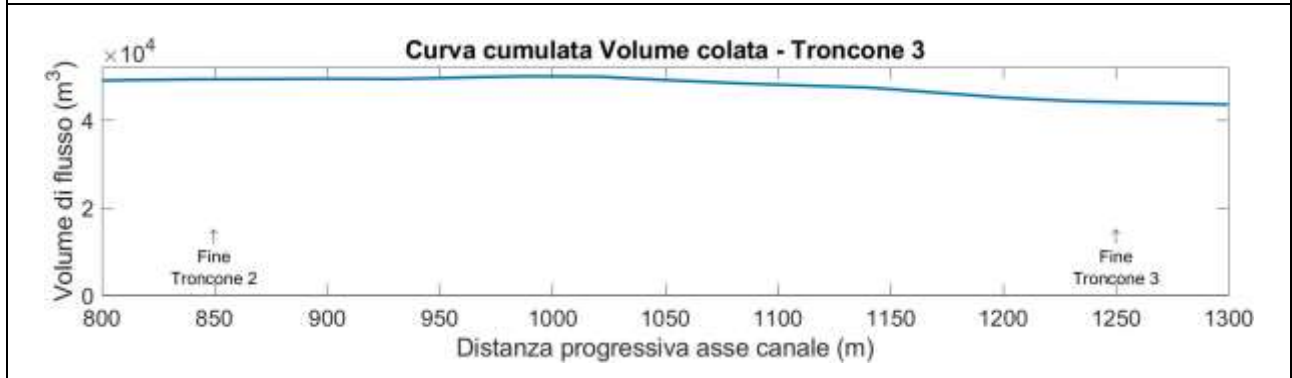
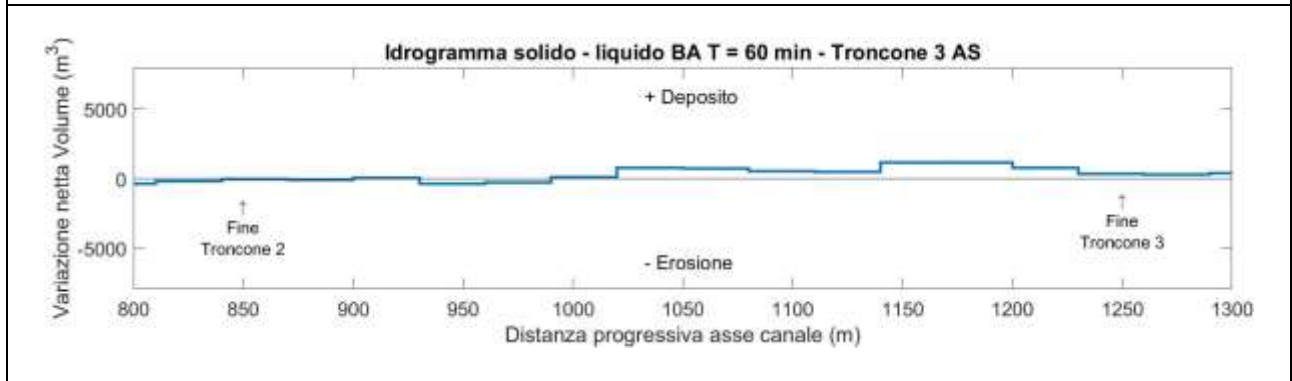
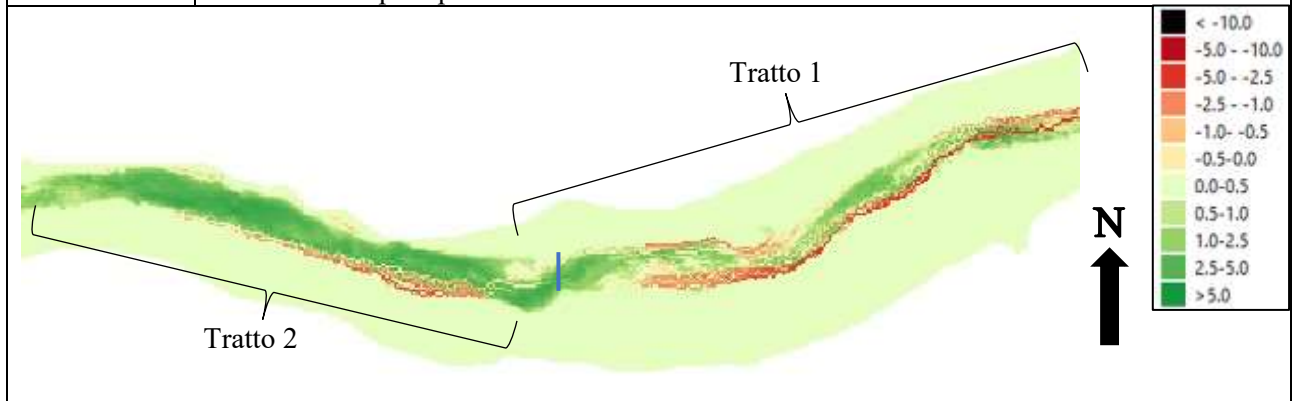




Troncone 2		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
390	0.00	38081.55
420	-1963.90	38081.55
450	-1638.15	40045.45
480	-1377.97	41683.61
510	-1028.28	43061.58
540	-795.82	44089.86
570	-948.14	44885.68
600	-1013.03	45833.81
630	-725.06	46846.84
660	-424.97	47571.91
690	-92.56	47996.88
720	-104.99	48089.44
750	-584.85	48194.43
780	-364.77	48779.28
810	-182.00	49144.05
840	-41.52	49326.06

Tabella 118. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 2

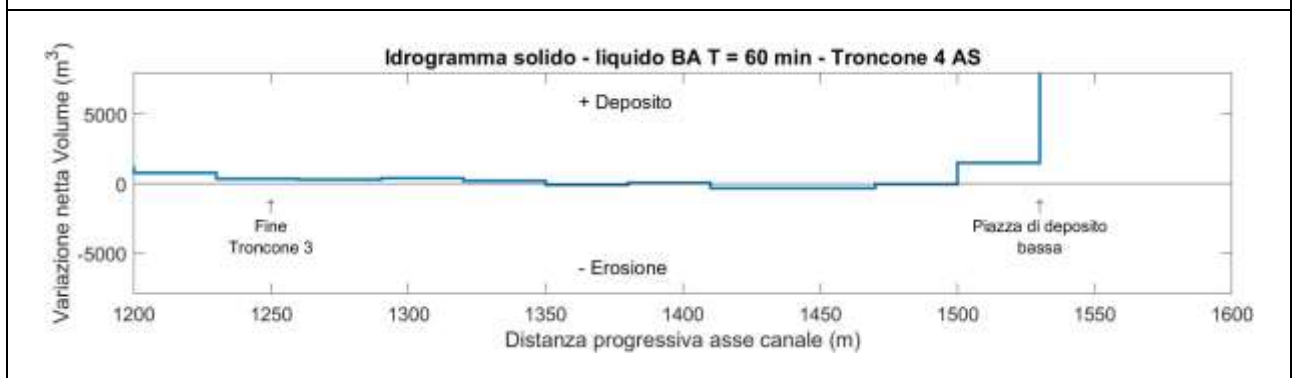
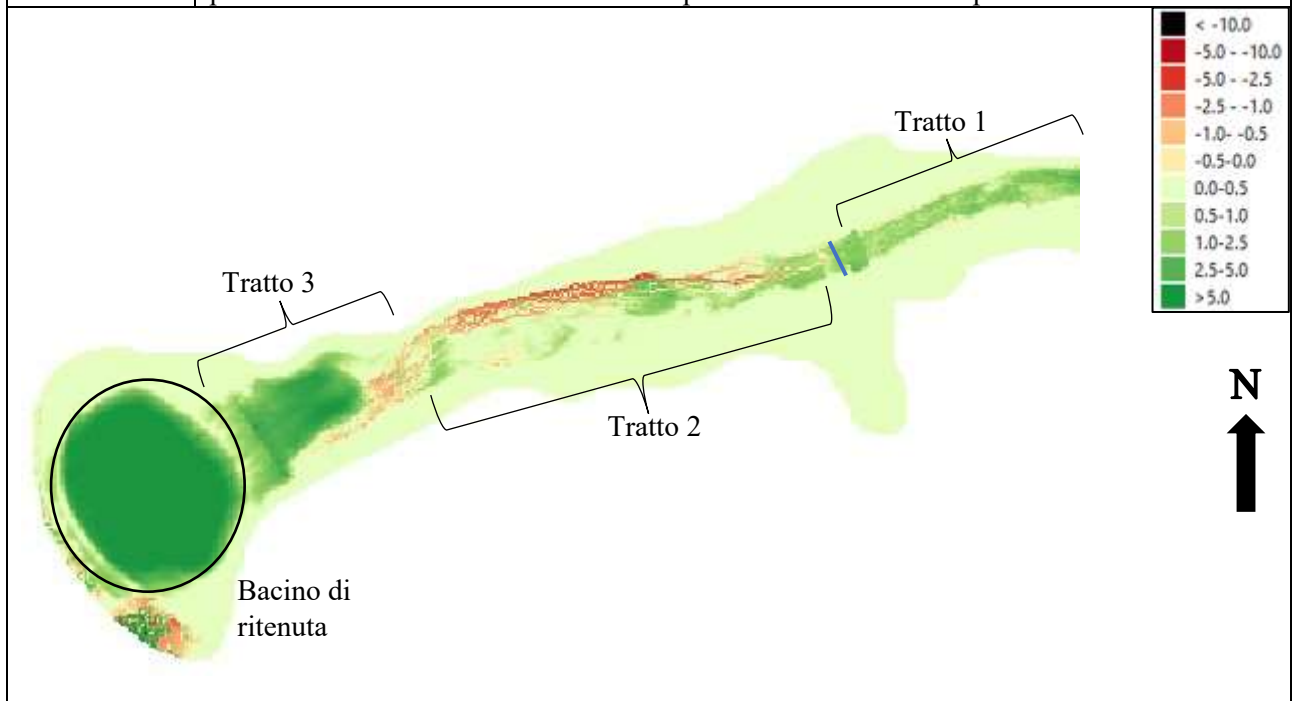
Troncone 3	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Nella parte iniziale si localizzano in destra idrografica. A valle, in prossimità di una curva, il fenomeno tende a concentrarsi verso la parte sinistra, dove si registrano anche gli scavi più importanti. Da segnalare, che le erosioni perdono di intensità man mano, che ci si sposta verso valle. Mentre, in destra tornano ad accentuarsi.	Nella parte iniziale presenta spessori più elevati, man mano che si va verso valle i depositi si fanno più contenuti, per poi tornare ad aumentare nella parte finale del tratto, cioè, dove sono presenti le due curve del reticolo
Tratto 2	In presenza di una curva le erosioni tornano ad interessare la sponda sinistra, con scavi importanti che diminuiscono man mano, che si va verso valle. Erosioni presenti anche per brevi tratti lungo la sponda destra con scavi contenuti.	Presentano spessori mai superiori ai 3 m
Altro	Nella parte finale del tratto 1 è presente una sezione di calcolo della portata (linea blu). Dove viene misurata una portata al picco pari a $57.53 \text{ m}^3/\text{s}$, registrata dopo 37 minuti dall'inizio dell'evento di precipitazione.	



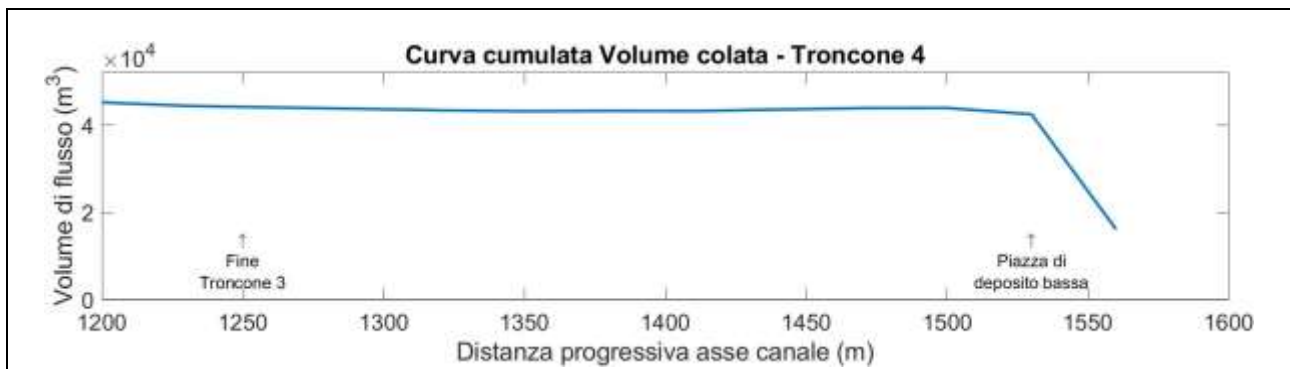
Troncone 3		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
870	-84.11	49367.57
900	67.98	49451.69
930	-362.23	49383.71
960	-285.73	49745.94
990	101.44	50031.68
1020	757.43	49930.23
1050	715.29	49172.81
1080	528.35	48457.52
1110	474.29	47929.17
1140	1148.21	47454.89
1170	1165.16	46306.68
1200	780.87	45141.51
1230	356.14	44360.64
1260	301.98	44004.50

Tabella 119. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 3

Troncone 4	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Scavi localizzati lungo le due sponde con rimozioni molto contenute.	Spessori inferiori a 1.5 m nella parte iniziale, poi inferiori al metro nella parte centrale e finale del tratto.
Tratto 2	Si concentrano in destra idrografica con scavi importanti indicando che il fenomeno è stato spinto verso questa zona.	Deposito abbastanza importanti in corrispondenza del ponte. A valle si localizzano nell'alveo, con spessori mai superiori al metro e mezzo
Tratto 3	Inizialmente interessano quasi l'intera sezione del canale e poi si concentrano lungo la sponda sinistra.	A valle del tratto eroso, con spessori inferiori di 4 m.
Altro	A valle del ponte è posta una sezione di analisi, che ha registrato una portata al picco (linea blu) pari a 42.71 m ³ /s, misurata dopo 47 minuti dall'inizio dell'evento. Il bacino di ritenuta posto a protezione dell'abitato di Borca di Cadore risulta essere completamente riempito dal materiale trasportato dalla colata, ovvero, che si registrato spessori compresi tra 6 – 8 m. Da segnalare che l'opera non è stata in grado di trattenere parte del deflusso del fenomeno vista la presenza di erosioni e depositi a valle del bacino.	



Da sottolineare, che per visualizzare meglio l'andamento delle erosioni e dei depositi all'interno del troncone, si è deciso di applicare una scala più contenuta all'asse delle ascisse del grafico del volume netto della colata, questo comporta che il quantitativo di materiale trattenuto dal bacino di ritenuta non risulta essere ben rappresentato, pertanto, in questo caso, per una maggiore chiarezza si può fare riferimento alla tabella posta nella pagina successiva.



Dal grafico è possibile comprendere, che il bacino di ritenuta non è stato in grado di trattenere tutto il materiale movimentato dall'evento, come di fatto già descritto all'interno della valutazione fotografica.

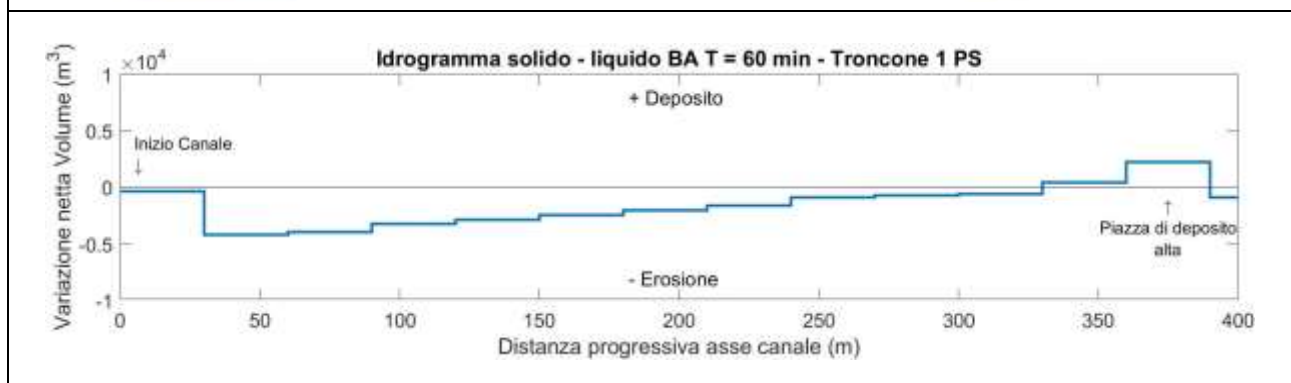
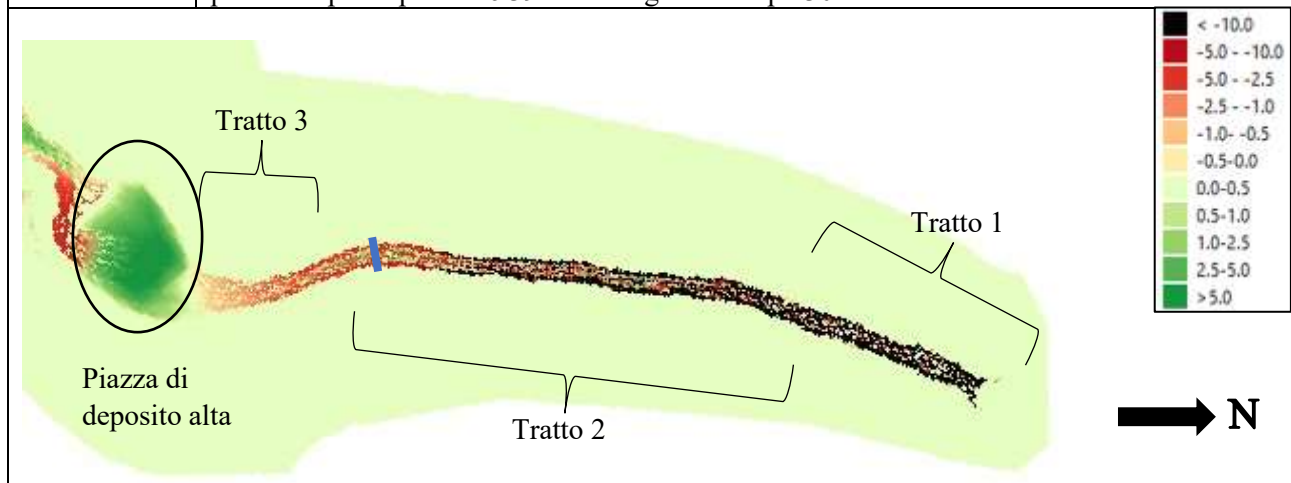
<i>Troncone 4</i>		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
1290	364.34	43702.51
1320	200.27	43338.18
1350	-76.92	43137.91
1380	36.45	43214.82
1410	-324.27	43178.38
1440	-342.66	43502.65
1470	-34.85	43845.31
1500	1466.27	43880.16
1530	26365.93	42413.89
1560	-	16047.96

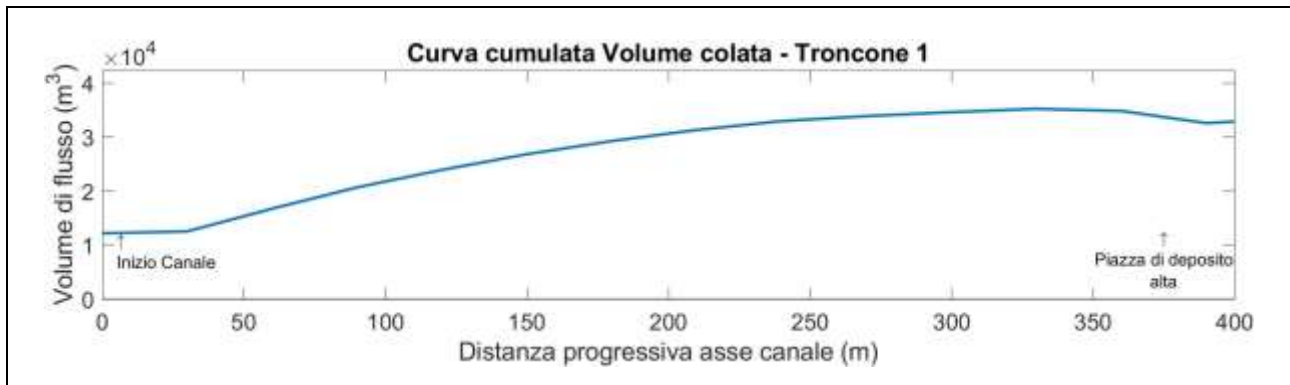
Tabella 120. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 4

8.3.2. Idrogramma solido – liquido post – sistemazione di durata 60 minuti

Per rappresentare l'evento, che ha innescato la colata, all'interno del modello di calcolo si usano due idrogrammi solido – liquidi di input riportati in Figura 141 e 142, poste nel paragrafo 8.3.1.

Troncone 1	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Interessano l'intera sezione del canale con scavi molto considerevoli sia sul fondo, che sulle sponde.	Nulli.
Tratto 2	Occupano l'intero tratto, con scavi che si fanno meno importanti verso la fine del tratto.	Assenti
Tratto 3	Interessano l'intera sezione del canale con scavi che diminuiscono di forza man mano, che ci si sposta verso la piazza di deposito.	Nulli.
Altro	La piazza di deposito alta ha il compito di trattenere parte del materiale solido trasportato dalla colata, grazie alla sua pendenza ridotta. Pertanto, in questo evento all'interno dell'opera, si trovano depositi con spessori che variano dai 2 a 5 m. Da segnalare la presenza di erosioni all'interno della piazza di deposito. Nel tratto 2 è presente una sezione di analisi della portata (linea blu), che ha registrato una portata al picco pari a 46.39 m ³ /s. Registrata dopo 30 minuti dall'inizio dell'evento.	

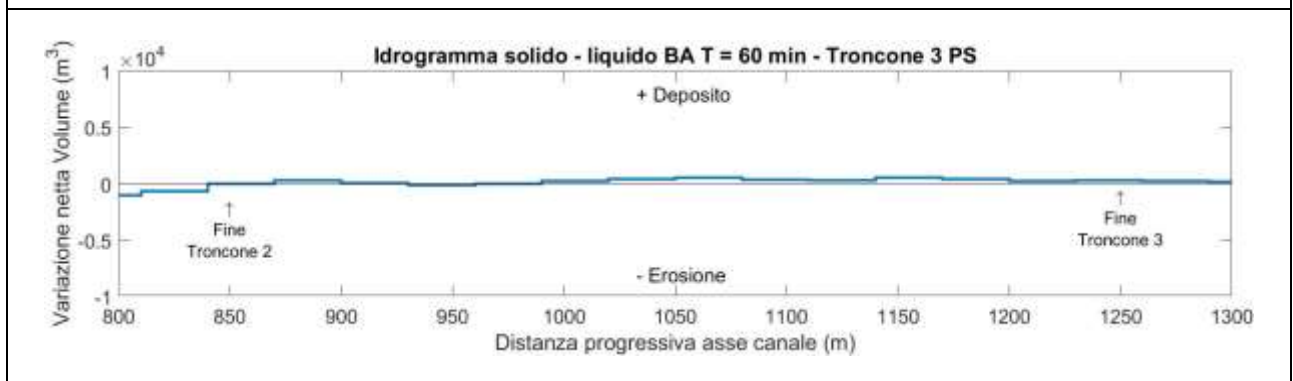
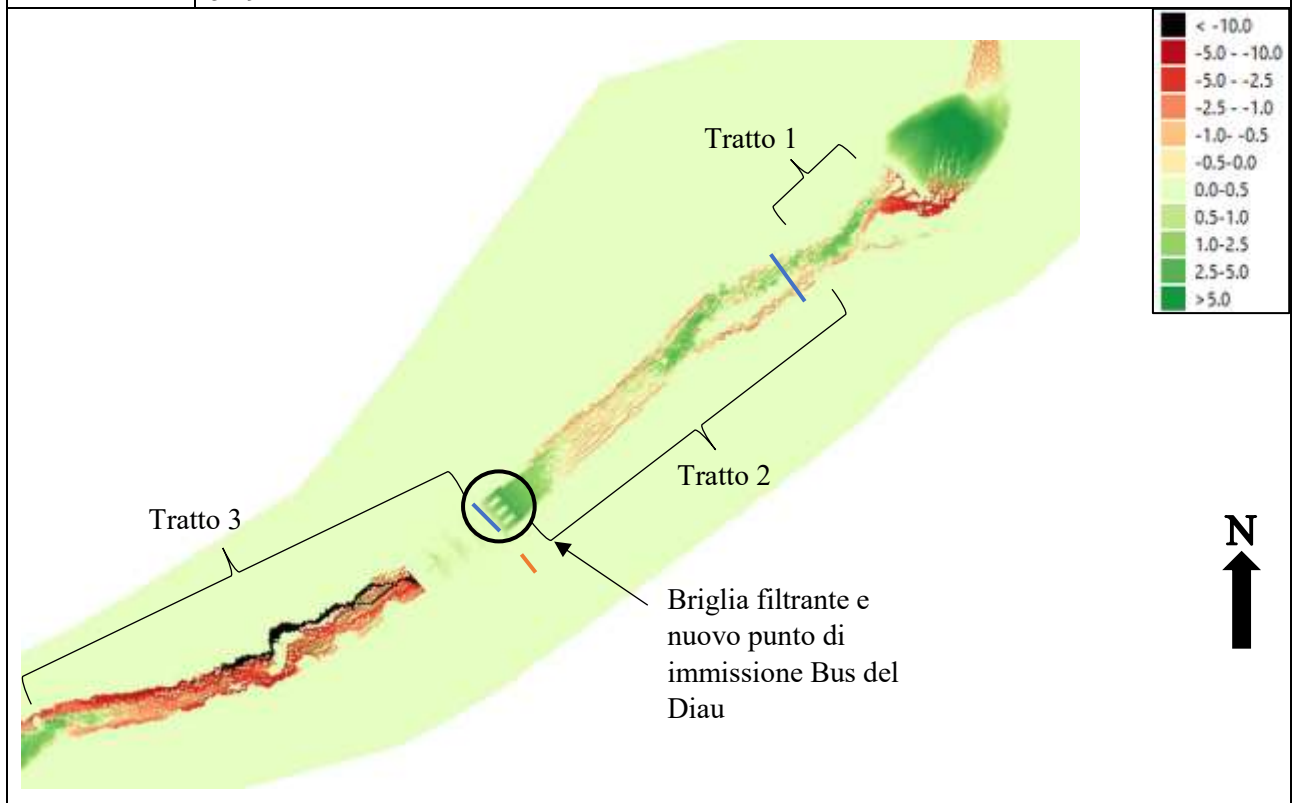


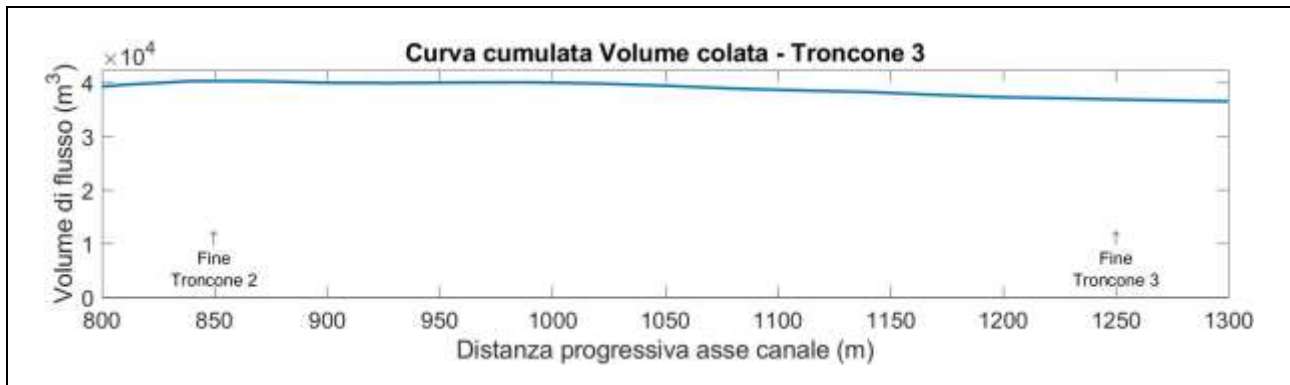


Troncone 1		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
0	-350.80	12177.20
30	-4203.36	12528.00
60	-3946.92	16731.37
90	-3246.39	20678.29
120	-2896.84	23924.68
150	-2446.67	26821.52
180	-2048.70	29268.19
210	-1642.24	31316.89
240	-917.16	32959.13
270	-737.12	33876.30
300	-616.56	34613.41
330	407.12	35229.97
360	2244.70	34822.86

Tabella 121. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 1

Troncone 2	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Per buona parte del tratto interessano quasi l'intera sezione del canale, con gli scavi più importanti, che si localizzano in sinistra idrografica. Poi interessano le due sponde con scavi più contenuti.	In una piccola porzione del canale, con spessori inferiori ai 2 m.
Tratto 2	Si sviluppano lungo le due sponde, con scavi localizzati anche sul fondo del canale.	Presenti nella parte iniziale e finale del tratto con gli spessori più importanti (circa 2.5 m), che si localizzano a valle della briglia filtrante.
Tratto 3	Nella parte sistemata sono nulli, ma una volta usciti da quest'area si attestano lungo l'intero l'alveo con scavi molto ragguardevoli in sponda destra mentre, tendenzialmente più contenuti nelle altre zone, ma comunque molto importanti.	Pressoché assenti, se non nella parte finale del tratto con spessori inferiori al metro.
Altro	Nel tratto due e a valle della briglia sono state inserite due sezioni, che analizzano la portata generata dall'evento. Nella sezione del tratto due è stato misurato un picco pari a 42.66 m ³ /s. Mentre, la sezione posta a valle della briglia è stata registrata una portata al picco pari a 51.92 m ³ /s.	

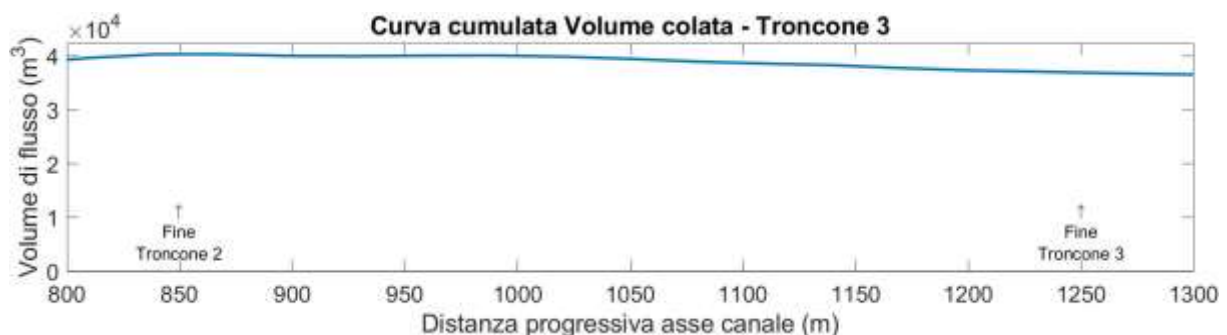
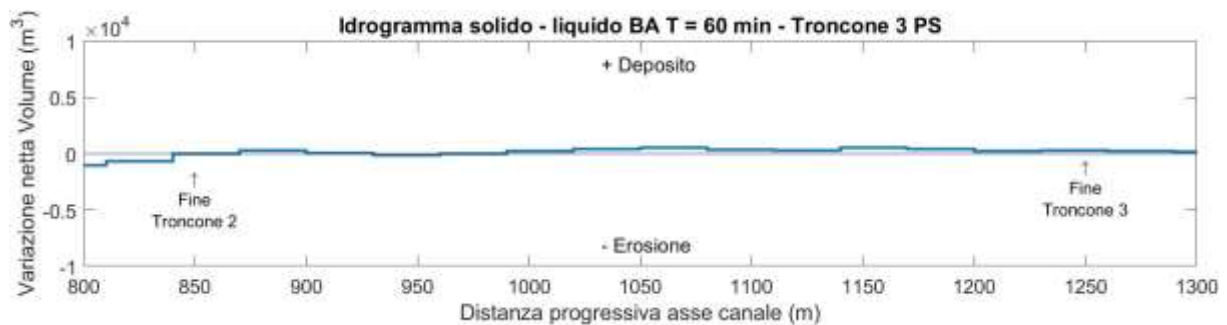
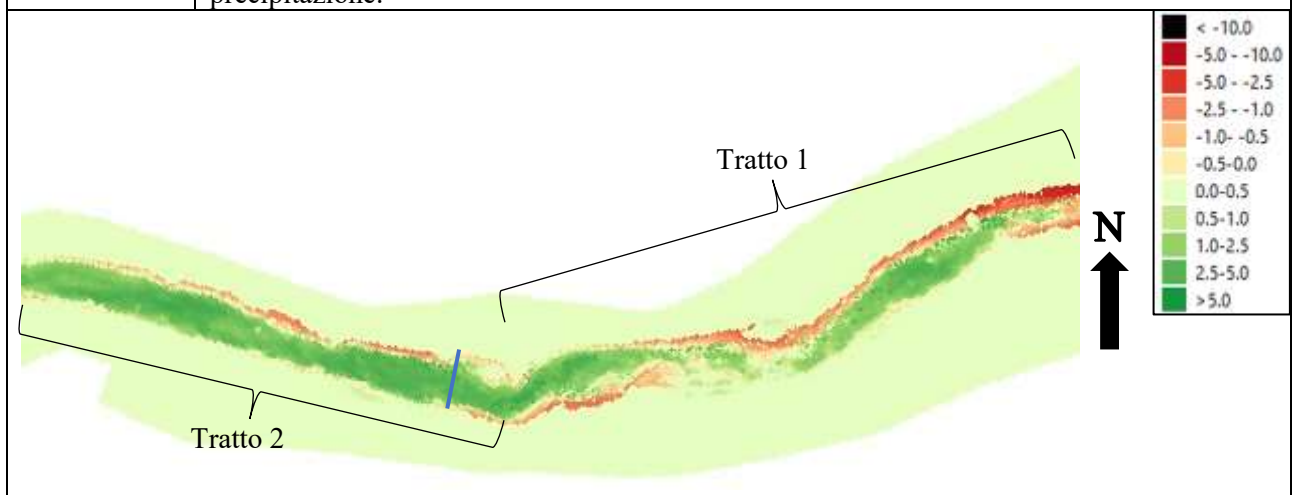




Troncone 2		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
390	-877.41	32578.16
420	82.03	33455.57
450	-59.50	33373.54
480	40.73	33433.04
510	33.28	33392.31
540	-189.13	33359.03
570	-30.61	33548.15
600	406.73	33578.76
630	31.31	33172.03
660	-912.40	33140.72
690	-1459.72	34053.13
720	-1730.89	35512.85
750	-1360.21	37243.73
780	-1029.08	38603.94
810	-682.06	39633.03
840	19.36	40315.09

Tabella 122. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 2

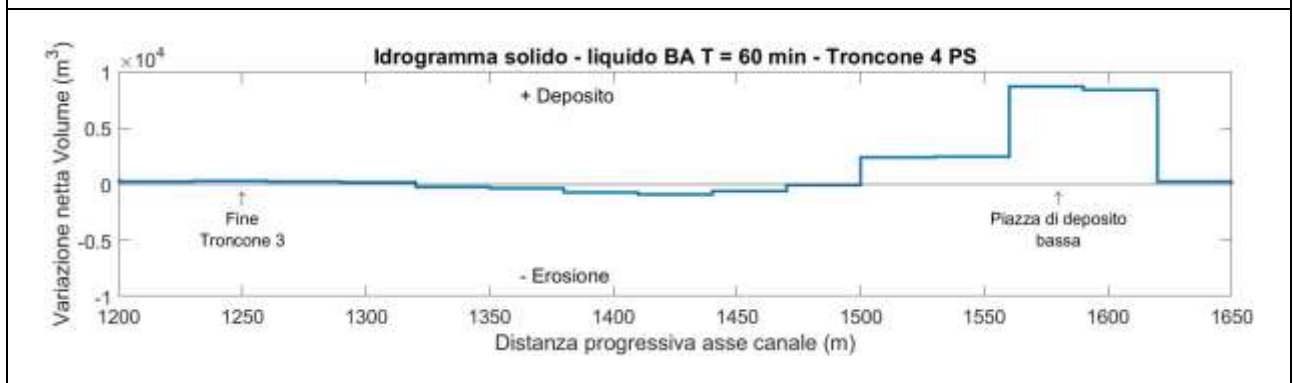
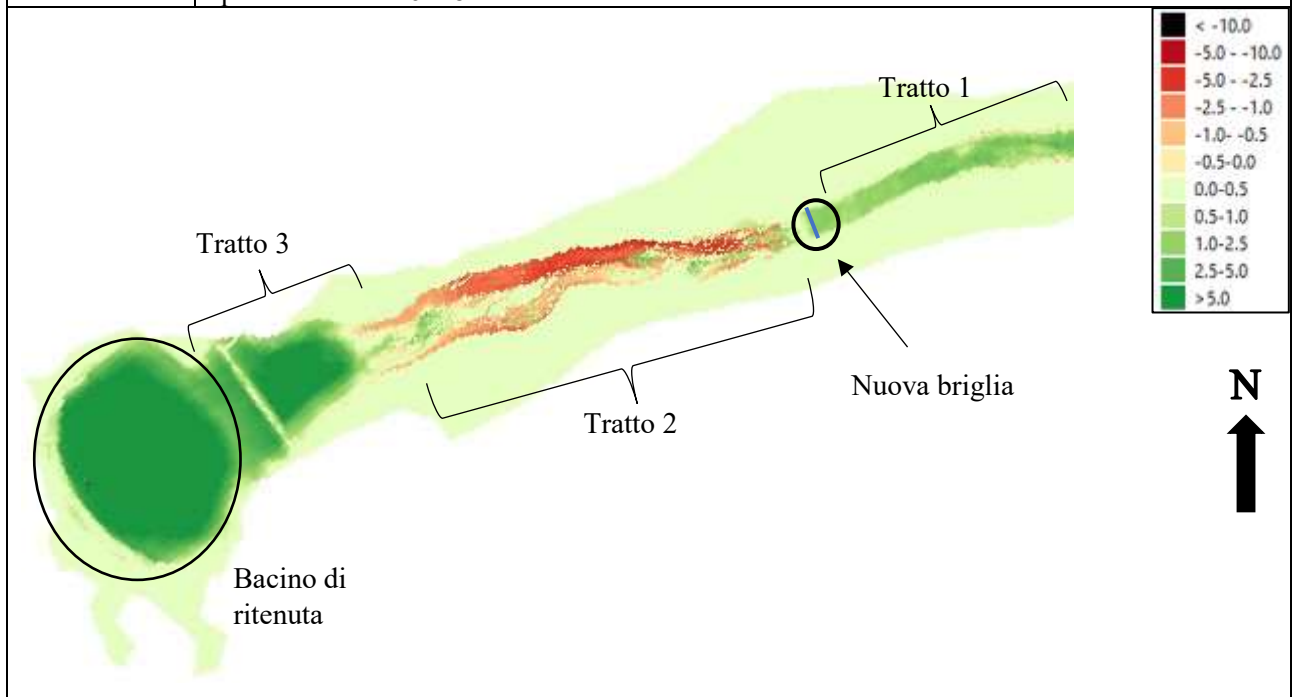
Troncone 3	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Inizialmente lungo le due sponde. Poi solo in sponda destra con scavi molto ragguardevoli che man mano che si va verso valle diventano più contenuti. In sponda sinistra e nella parte finale del tratto, le erosioni si accentuano indicando uno spostamento del fenomeno in quel punto.	Nella parte centrale del canale, con spessori inferiori ai 2 m, che diminuiscono via via che ci si sposta verso il tratto 2.
Tratto 2	In destra idrografica con scavi importanti, che, come il tratto precedente, diminuiscono d'intensità andando verso valle. Localizzate per brevi tratti anche in sponda sinistra con intensità molto contenute.	Occupano gran parte della sezione del canale con spessori che variano dai 2 a 3 m.
Altro	Nella tratto 2 è presente una sezione di calcolo della portata (linea blu). Dove viene misurata una portata al picco pari a $73.66 \text{ m}^3/\text{s}$, registrata dopo 45 minuti dall'inizio dell'evento di precipitazione.	

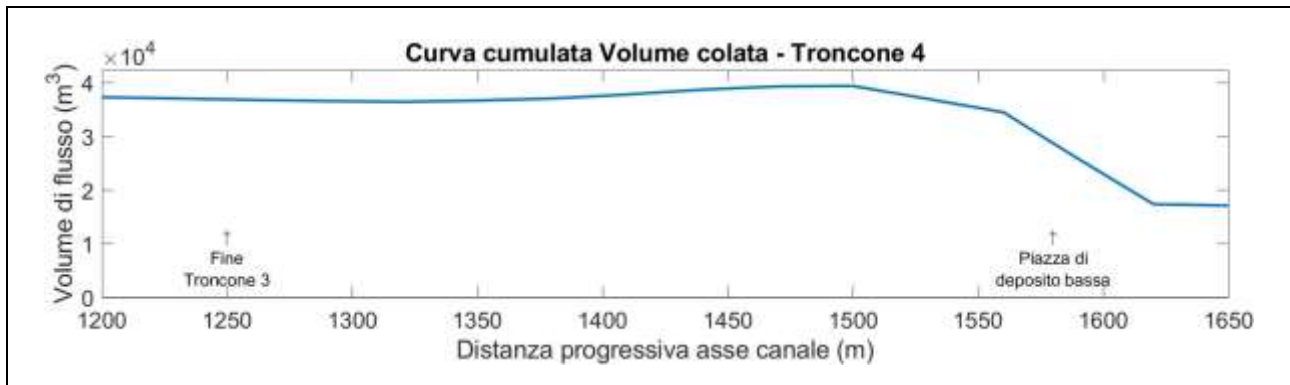


Troncone 3		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
870	295.32	40295.72
900	49.62	40000.41
930	-108.74	39950.79
960	-26.20	40059.53
990	226.77	40085.72
1020	408.54	39858.95
1050	518.84	39450.41
1080	350.02	38931.57
1110	299.34	38581.56
1140	537.32	38282.22
1170	427.85	37744.90
1200	232.39	37317.05
1230	272.81	37084.66
1260	211.30	36811.86

Tabella 123. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 3

Troncone 4	Erosioni	Depositi
Tratto 1	Scavi contenuti localizzati lungo le due sponde.	Occupano gran parte della sezione del canale con spessori inferiori al metro e mezzo.
Tratto 2	Interessano l'intera sezione del canale, con scavi molto importanti soprattutto in destra idrografica, dove viene interessata un'area maggiore. Invece, in sinistra sono più contenute.	Pressoché assenti, tranne per qualche porzione di canale dove si attestano depositi con spessori inferiori al metro.
Tratto 3	Pressoché nulle, se non per piccoli scavi lungo la sponda sinistra.	Interessano gran parte della sezione del canale con spessori massimi di 6 m.
Altro	A valle della briglia è inserita una sezione di analisi, che ha registrata una portata al picco (linea blu) pari a 69.29 m ³ /s, misurata dopo 50 minuti dall'inizio dell'evento. Il bacino di ritenuta posto a protezione dell'abitato di Borca di Cadore risulta essere completamente riempito dal materiale trasportato dalla colata, ovvero, che si registrato spessori medi di 6 – 8 m.	





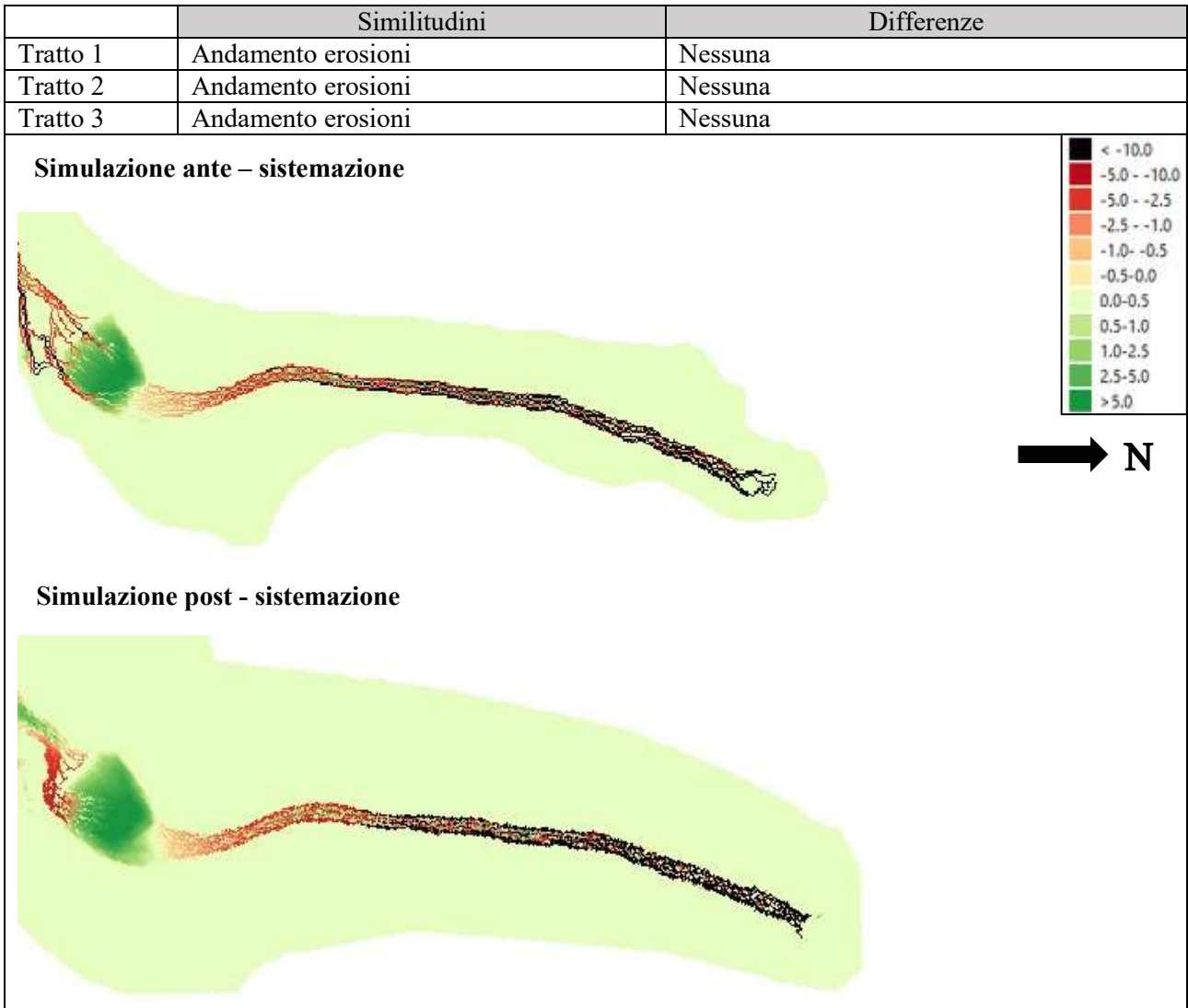
Troncone 4		
<i>Dist. Progr. (m)</i>	<i>Volume netto (m³)</i>	<i>Volume cumulato (m³)</i>
1290	150.83	36600.56
1320	-244.14	36449.73
1350	-378.99	36693.87
1380	-749.07	37072.86
1410	-908.68	37821.93
1440	-596.69	38730.61
1470	-76.98	39327.30
1500	2428.50	39404.28
1530	2465.26	36975.78
1560	8705.38	34510.52
1590	8436.49	25805.14
1620	234.87	17368.64
1650	0.00	17133.77

Tabella 124. Tabella riassuntiva Variazione volume netto e Volume cumulato della colata – BA Troncone 4

8.3.3. Confronto idrogramma solido – liquido AS. vs Idrogramma solido – liquido PS.

Terminata l'analisi delle erosioni e depositi generati nelle due diverse simulazioni, si effettua un confronto del loro andamento, che come detto, nella parte iniziale del paragrafo, serve per identificare delle similitudini e soprattutto delle differenze tra le due diverse simulazioni. Si sottolinea, inoltre, che il confronto tra le curve che rappresentano la variazione netta di volume e le curve cumulate del volume, non avviene per singolo tratto, ma si effettua a livello di canale intero, pertanto, i grafici vengono riportati alla fine del paragrafo.

- Troncone 1 AS vs Troncone 1 PS



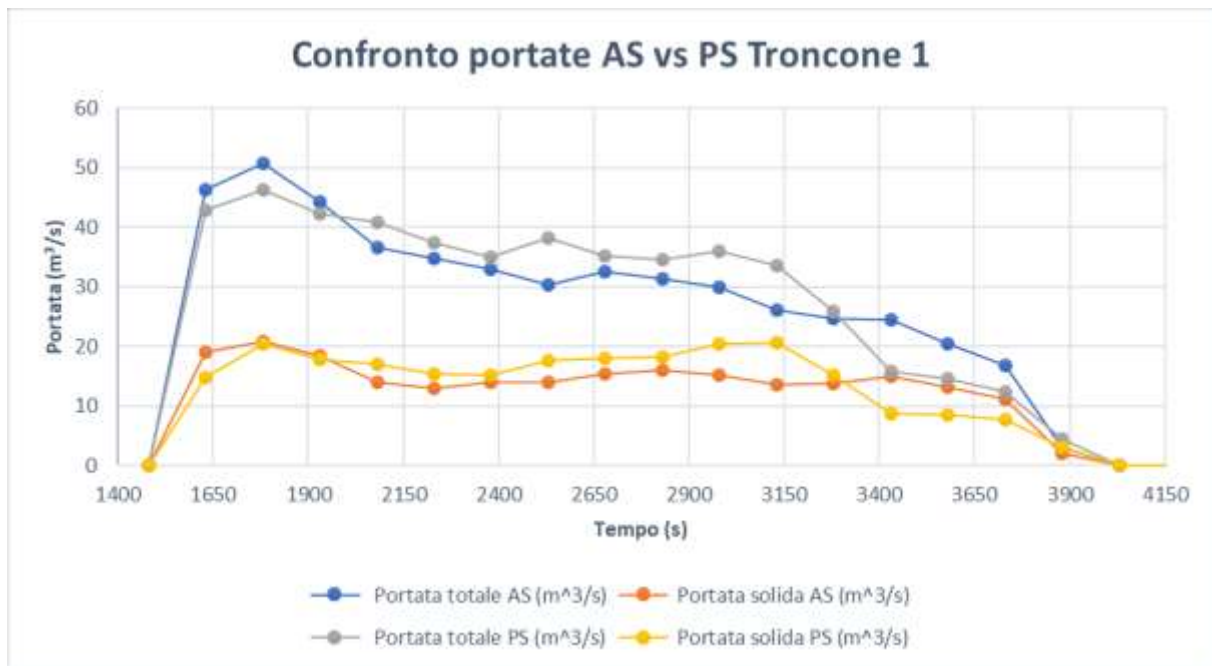


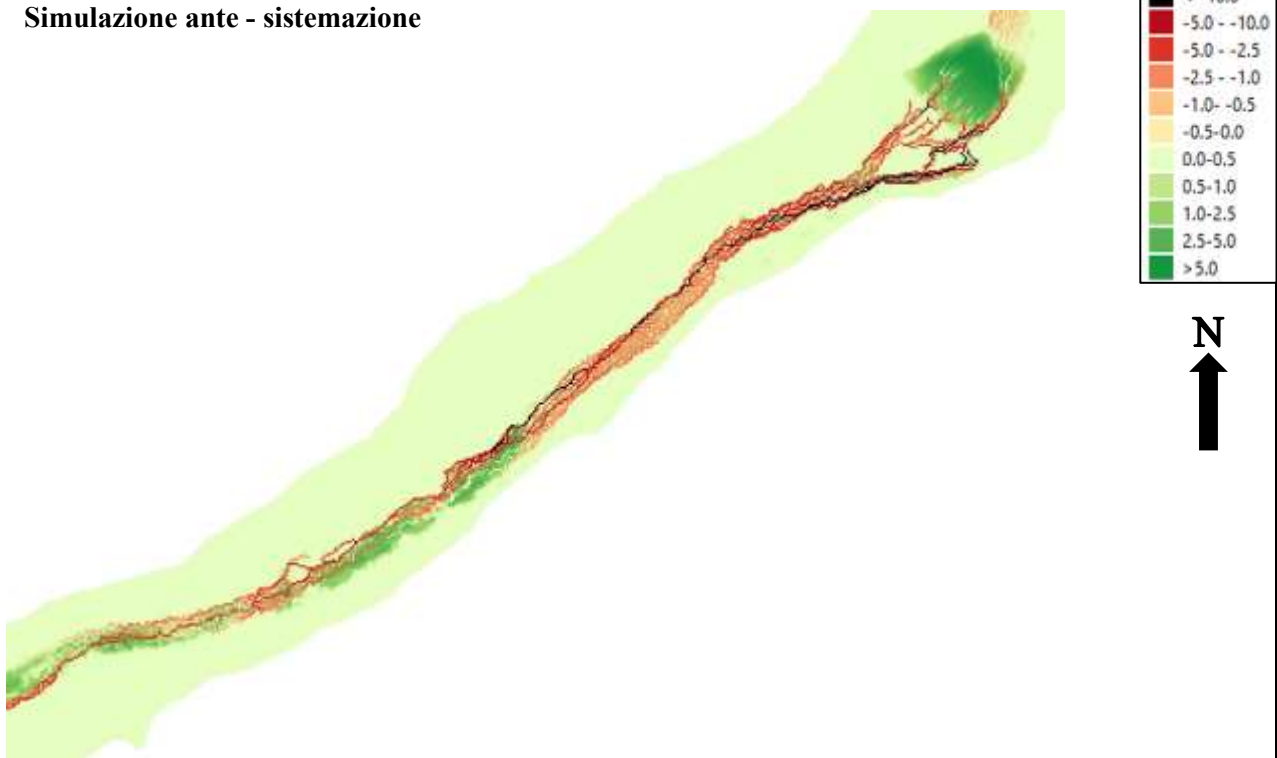
Figura 144. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel troncone 1

In Figura 143 vengono rappresentati i confronti delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel secondo troncone di analisi in assenza e presenza delle opere di mitigazione.

- Troncone 2 AS vs Troncone 2 PS

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Nessuna	Erosioni più marcate con la simulazione AS, inoltre, interessano l'intero tratto. Depositi presenti con la simulazione PS.
Tratto 2	Nessuna	Erosioni interessano l'intero tratto con la simulazione AS, spiegato anche dal fatto, che a valle della piazza vi è il punto di immissione in alveo del Bus del Diau, che presenta delle portate liquide. Con la simulazione PS le erosioni sono molto meno marcate e vi è la presenza di depositi a monte della briglia filtrante.
Tratto 3	Nessuna	Con la simulazione PS le erosioni sono molto più marcate ed interessano l'intero tratto, dovuto al fatto, che il punto di immissione del Bus del Diau è stato spostato in prossimità della briglia filtrante. Invece, con simulazione AS le erosioni si concentrano in destra idrografica e i depositi si localizzano in sinistra idrografico.
Tratto 4	Non considerato con simulazione PS	Non considerato con simulazione PS

Simulazione ante - sistemazione



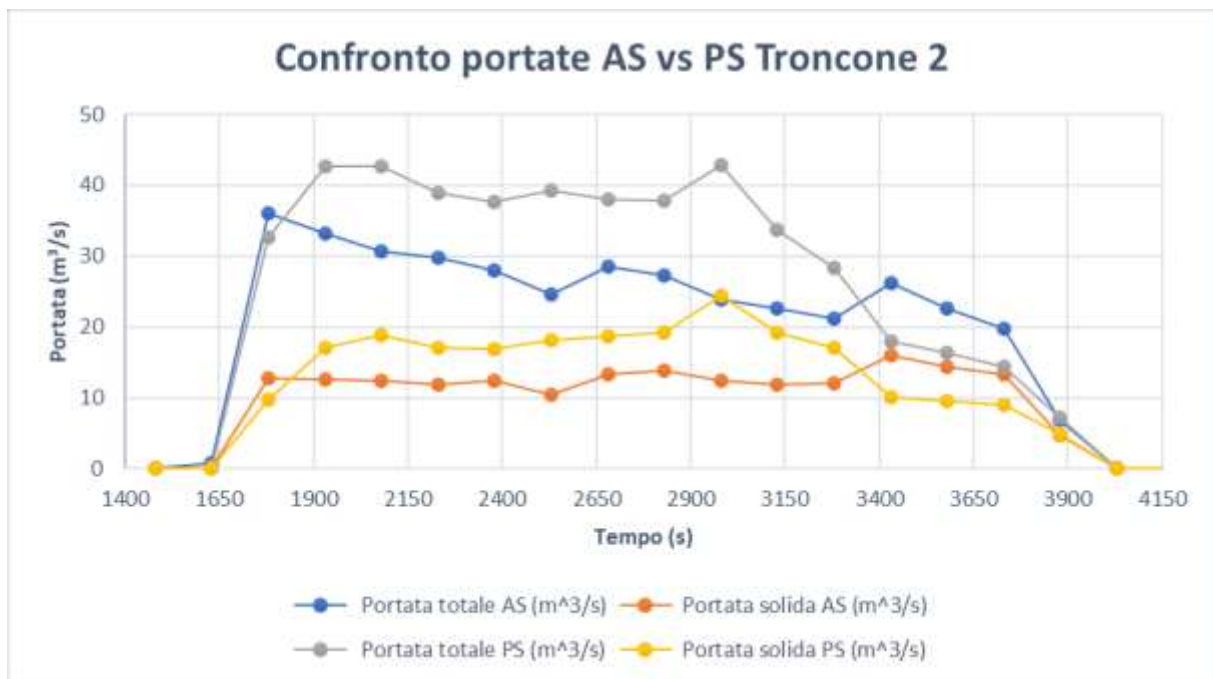
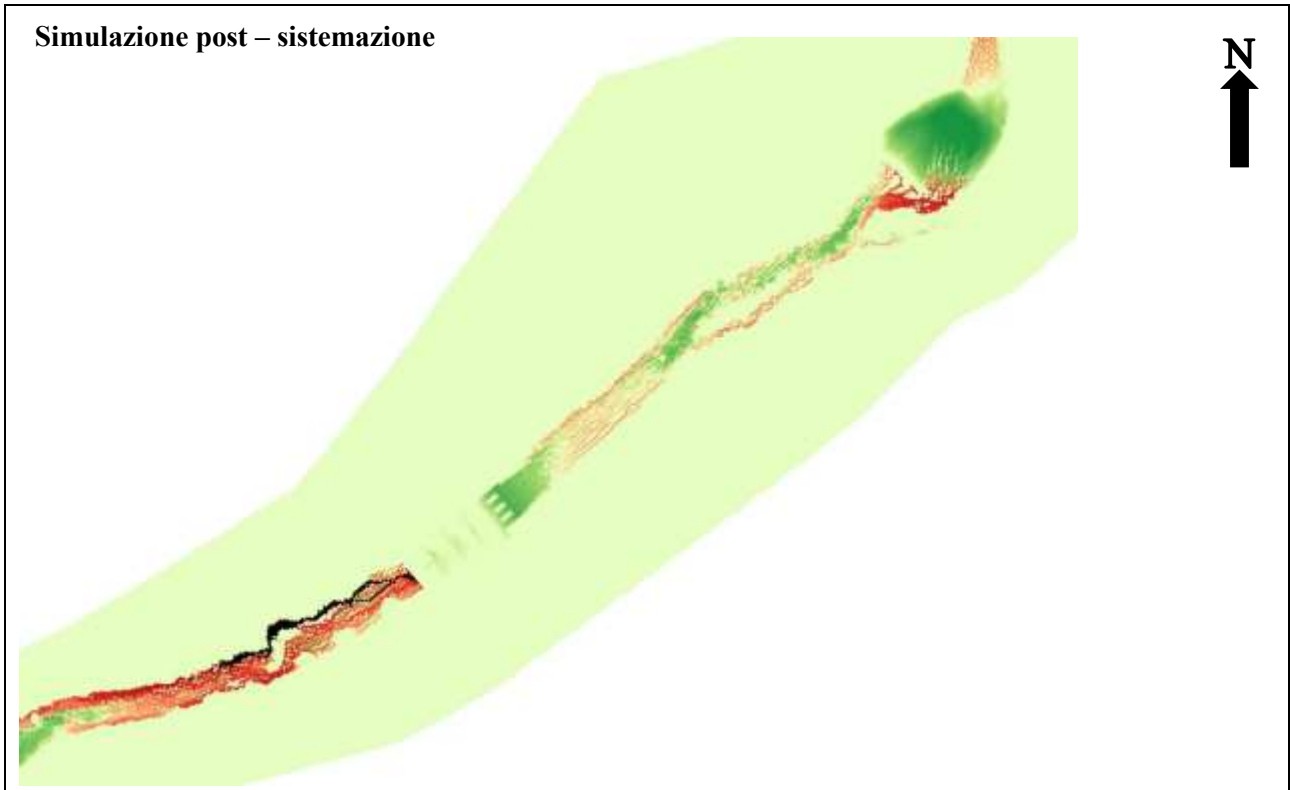
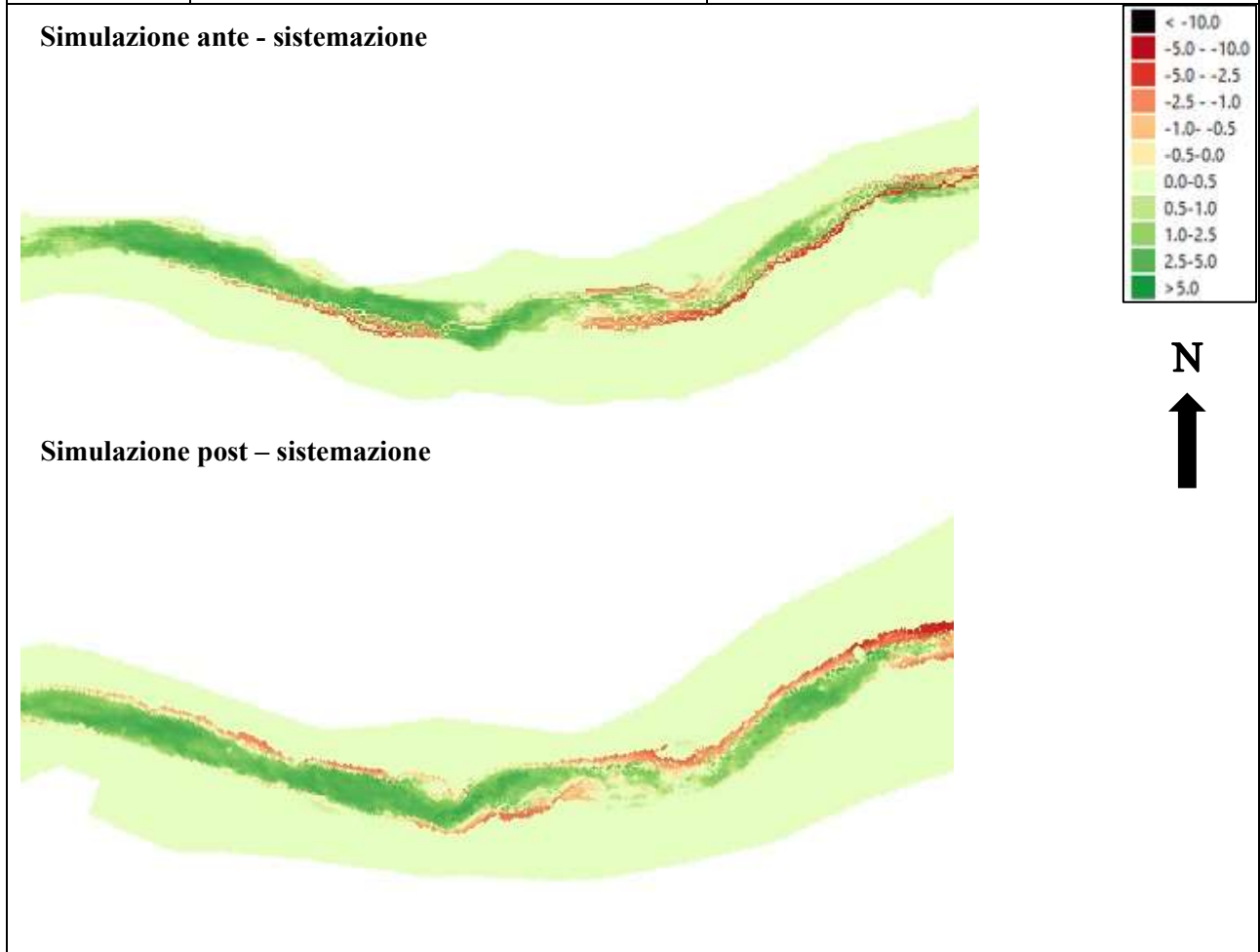


Figura 145. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel troncone 2

In Figura 144 vengono illustrate le comparazione delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel secondo troncone di analisi in assenza e presenza delle opere di mitigazione.

- Troncone 3 AS vs Troncone 3 PS

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Nessuna	Con la simulazione AS le erosioni sono più marcate in sinistra idrografica, mentre, con la simulazione PS le erosioni si concentrano sulla sponda destra; nella parte finale del tratto diventano importanti anche sulla sponda sinistra. I depositi sono più marcati con la simulazione post – sistemazione.
Tratto 2	Andamento depositi	Con la simulazione PS le erosioni si concentrano lungo la sponda destra, mentre, con la simulazione ante – sistemazione gli scavi sono più marcati lungo la sponda sinistra.



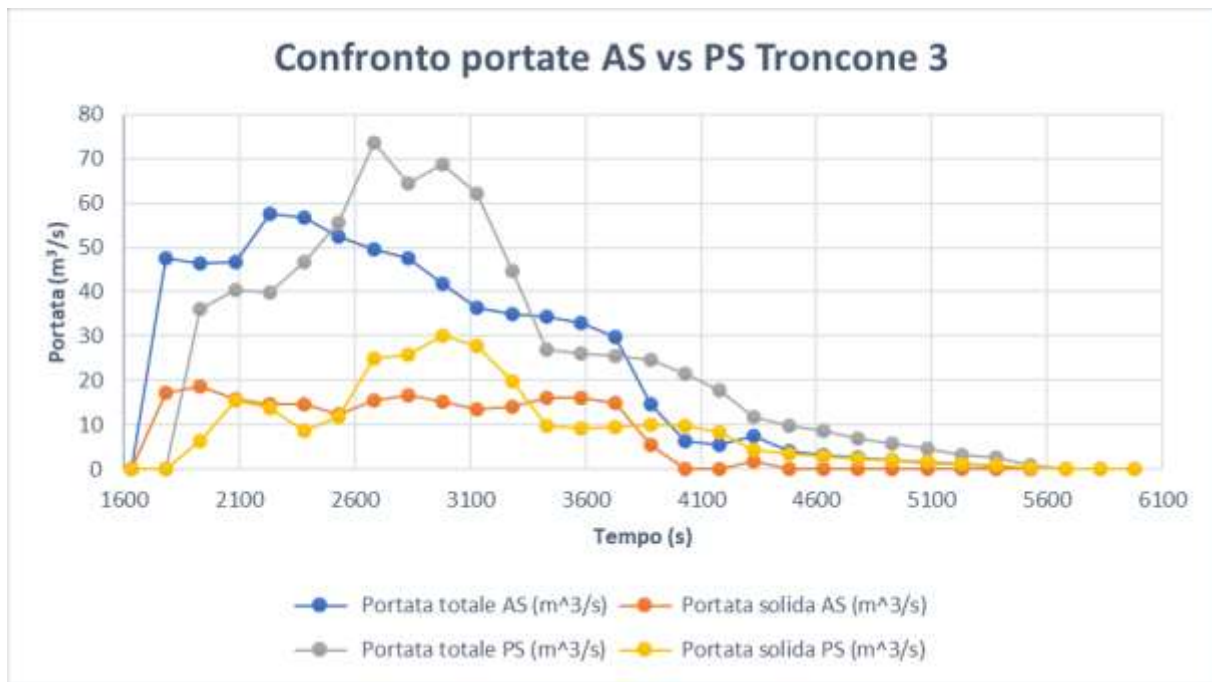


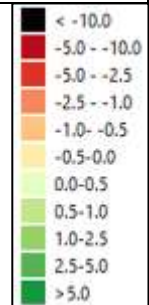
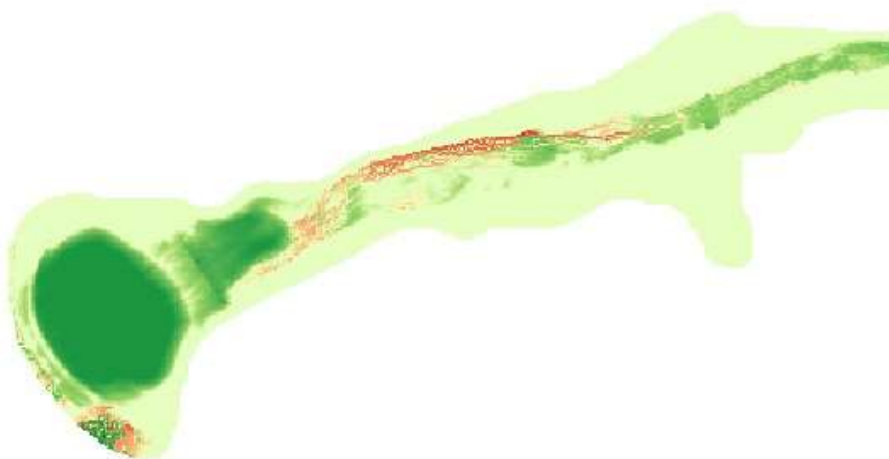
Figura 146. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel troncone 3

In Figura 145 vengono rappresentati i raffronti delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel terzo troncone di analisi in assenza e presenza delle opere di mitigazione.

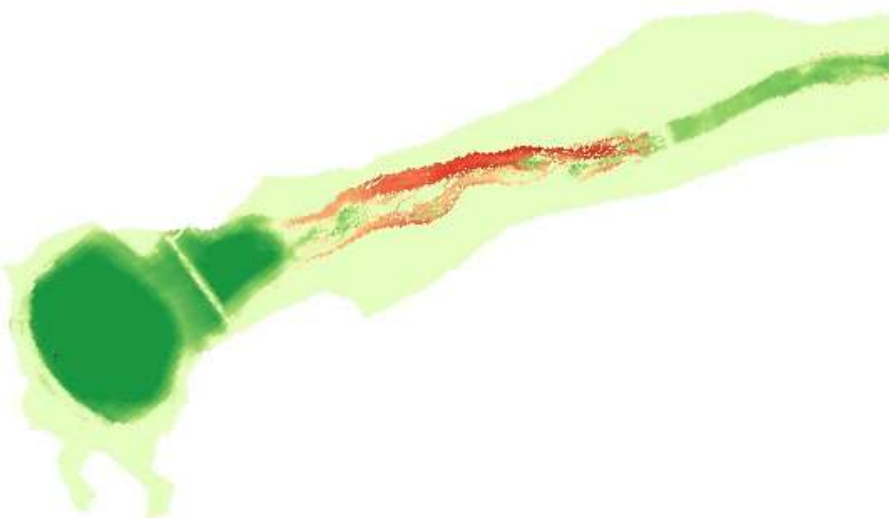
- Troncone 4 AS vs Troncone 4 PS

	Similitudini	Differenze
Tratto 1	Andamento erosioni – depositi	Erosioni e depositi tendenzialmente più marcati nella simulazione PS.
Tratto 2	Nessuna	Le erosioni interessano quasi l'intero tratto con la simulazione PS, mentre con la simulazione AS si concentrano solo in destra idrografica. I depositi sono più accentuati con la simulazione AS.
Tratto 3	Andamento depositi	Presenza di erosioni lungo la sponda sinistra con la simulazione AS. I depositi risultano essere più marcati con la simulazione PS.
Bacino di ritenuta	L'opera risulta essere completamente riempita.	Depositati occupano un'area maggiore con la simulazione PS. Presenza di erosioni e depositi a valle dell'opera con simulazione AS.

Simulazione ante – sistemazione



Simulazione post – sistemazione



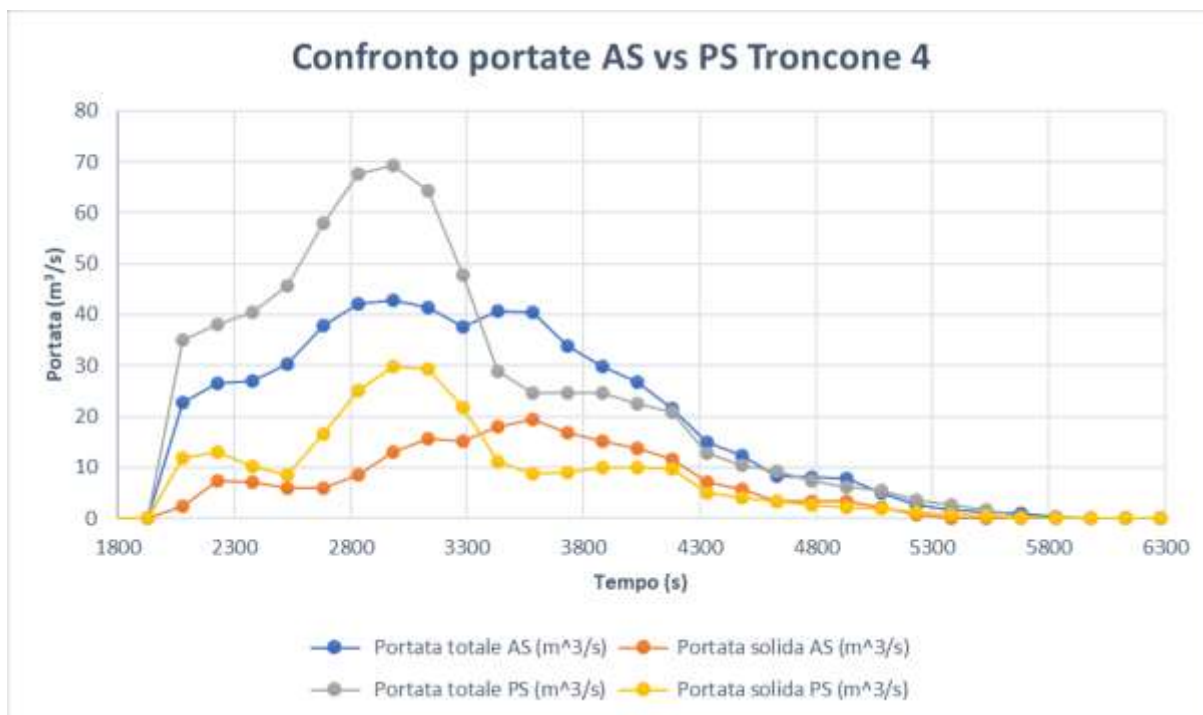


Figura 147. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel tratto 1 del troncone 4

In Figura 146 vengono espone le comparazione delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel secondo troncone di analisi in assenza e presenza delle opere di mitigazione.

Una volta terminato il confronto visivo dell'andamento delle erosioni e dei depositi, si riportano i grafici che rappresentano il confronto tra le due curve che rappresentano la variazione netta di volume ante e post – sistemazione (Figura 147) e le curve, che rappresentano il volume cumulato della colata detritica nelle due diverse simulazioni (Figura 148).

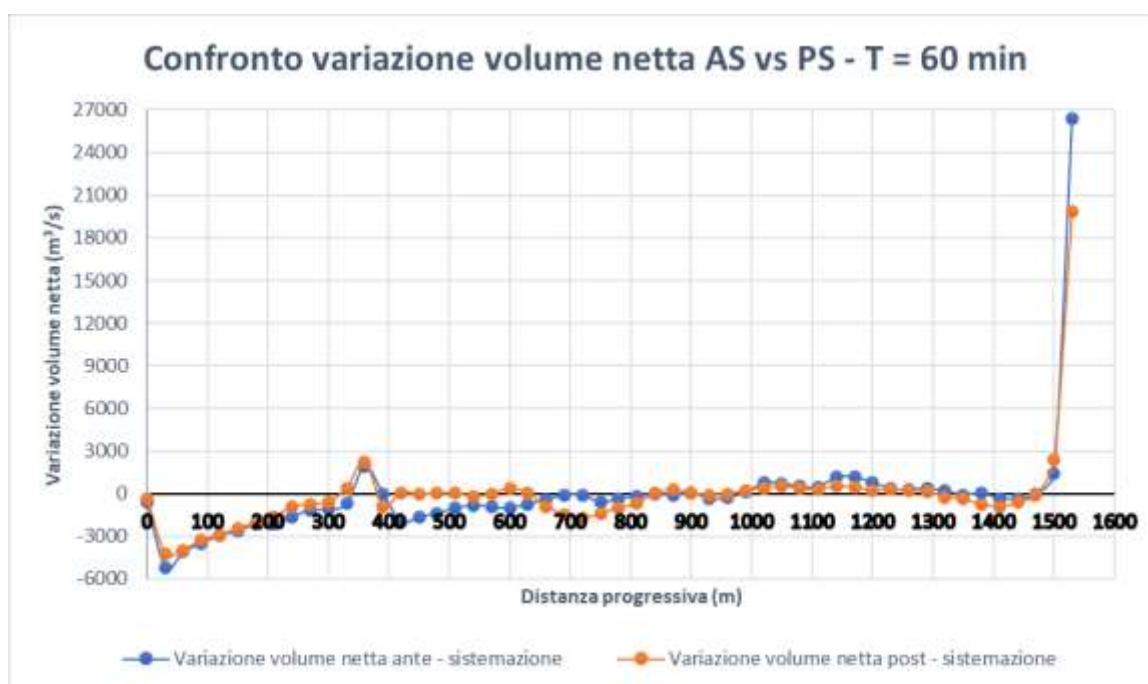


Figura 148. Confronto delle variazione di volume netta ante – sistemazione e post- sistemazione – T = 60 min

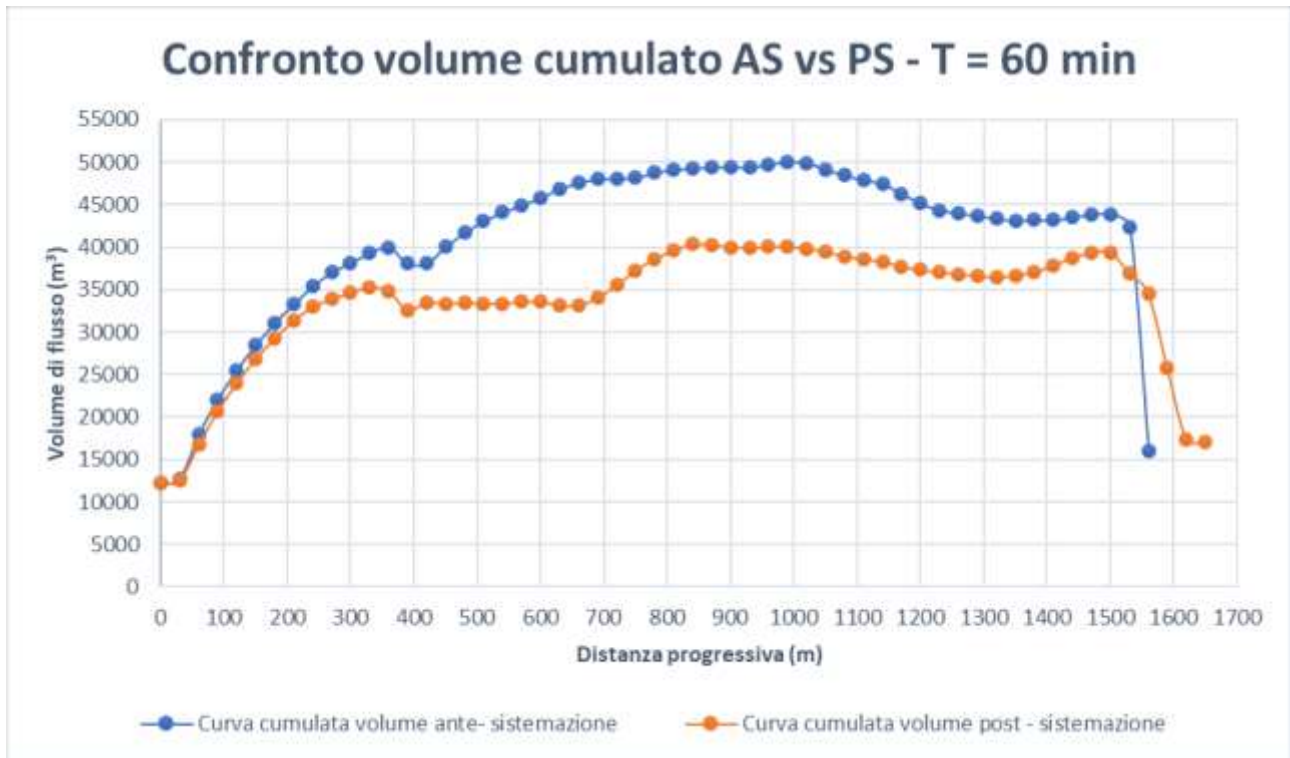


Figura 149. Confronto volume cumulado ante – sistemazione e post – sistemazione - T = 60 min

Concludendo, si può dire, che in presenza di un evento di precipitazione con durata di 60 minuti le masse smosse, saranno più elevate nel caso della simulazione ante – sistemazione, come di fatto si può visionare dalla figura riportata sopra. Comunque, in questa simulazione il bacino di ritenuta, posto a protezione dell’abitato di Borca di Cadore non è stata in grado di trattenere tutto il materiale arrivato al suo interno, mentre, nel caso della simulazione post – sistemazione, a valle del bacino di ritenuta, non si presentano erosioni o depositi di materiale, pertanto, si deduce, che non è fuoriuscito sedimento. Questo è stato reso possibile dall’inserimento della briglia filtrante (troncone 2) e soglia (troncone 4), all’interno del canale, che hanno rallentato e trattenuto parte del materiale smosso dalla colata detritica durante l’evento di precipitazione. Per cui si può dire, che la sistemazione fatta è efficace nel suo ruolo di protezione verso il centro abitato di Borca di Cadore.

8.4. Idrogramma solido – liquido di durata 45 minuti

Per rappresentare l'evento di precipitazione di durata 45 minuti, che ha dato vita alla colata detritica si sono utilizzati due idrogrammi solido – liquidi. Uno rappresentato dalla Figura 149 e l'altro dalla Figura 150.

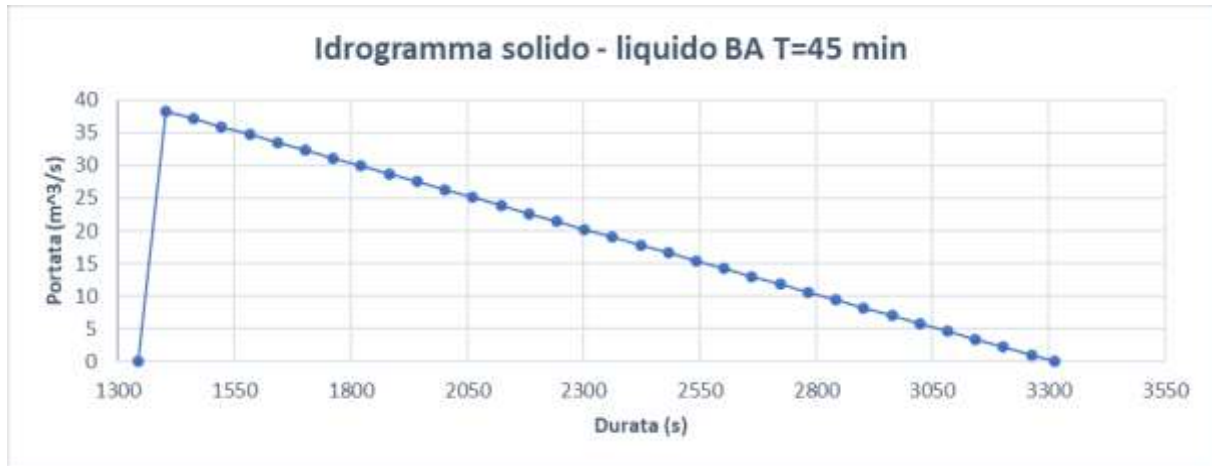


Figura 150. Idrogramma solido – liquido BA T = 45 min

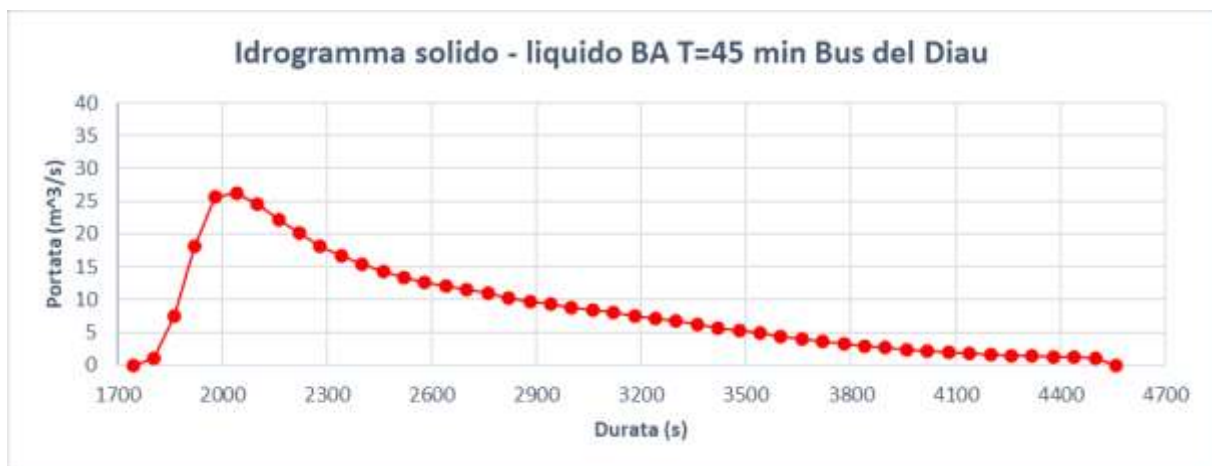


Figura 151. Idrogramma solido – liquido BA T = 45 min – Bus del Diau

Come descritto nella parte iniziale del capitolo, in questo paragrafo, si riportano solo il confronto tra i volumi netti (Figura 151), il raffronto tra i volumi cumulati (Figura 152) e il paragone delle portate individuate in presenza e assenza delle opere di mitigazione.

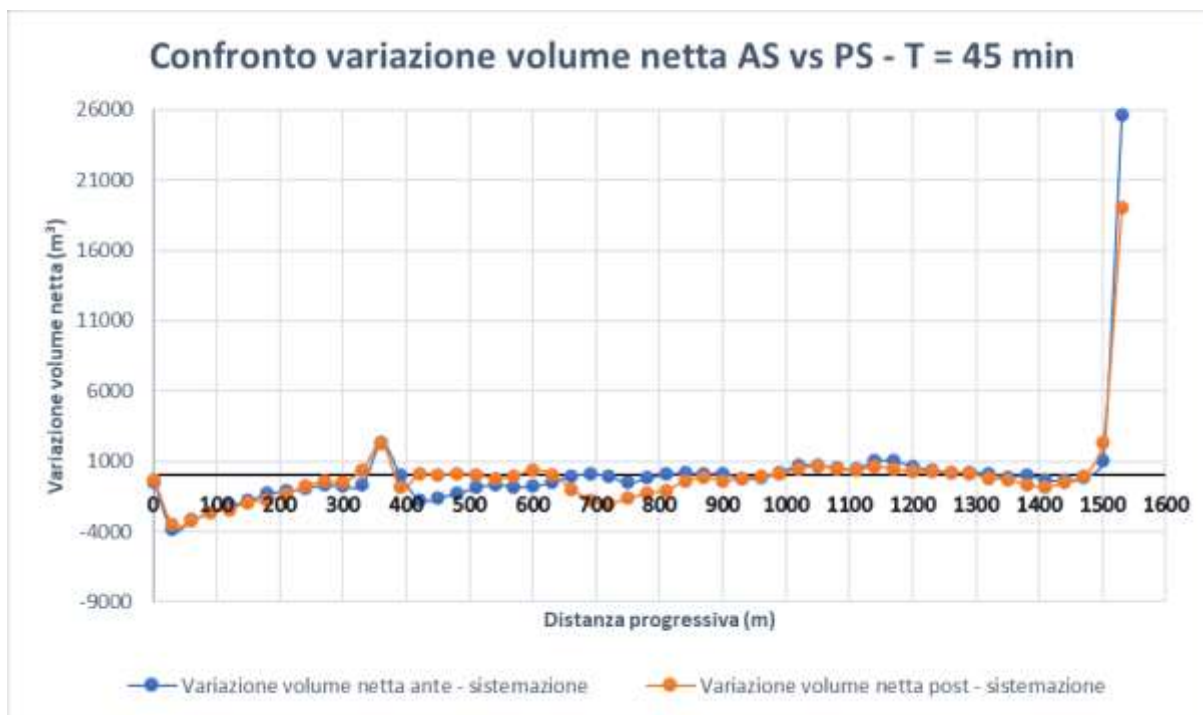


Figura 152. Confronto delle variazione di volume netta ante – sistemazione e post- sistemazione – T = 45 min

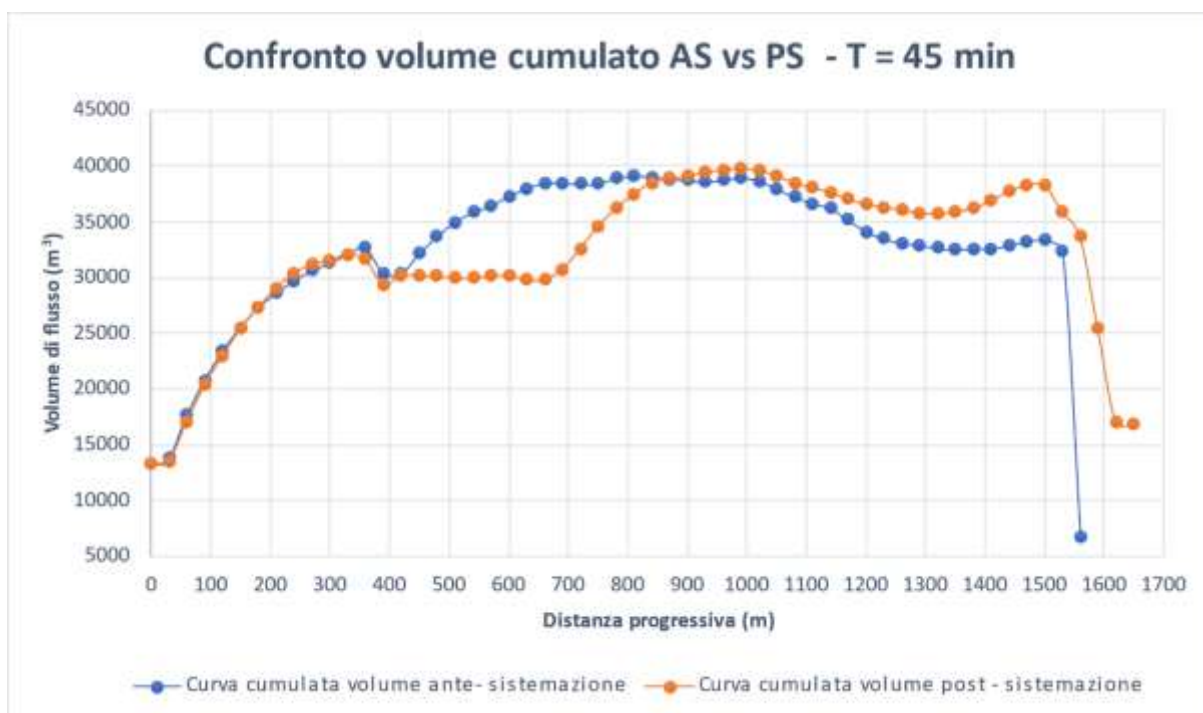


Figura 153. Confronto volume cumulato ante – sistemazione e post – sistemazione - T = 45 min

Dal confronto delle due curve cumulate emerge, che lungo il primo troncone i volumi smossi sono praticamente identici, visto, che in quel punto non sono state effettuate sistemazioni. La situazione cambia una volta superata la piazza di deposito alta. Ovvero, che la presenza della briglia filtrante ha ridotto il volume della colata, visto che a monte dell'opera è stato trattenuto un buon quantitativo di sedimento. Però, come si evince dal grafico a valle della parte sistemata si ha un incremento importate del volume della colata, questo spiegato dal fatto che si ha l'immissione in alveo delle portate liquide del Bus del Diau, (che nella situazione ante – sistemazione avviene subito a valle della piazza di deposito alta) aggiunte a quelle, che provengono dal canale principale.

Questo comporta, che il volume totale aumenta, ma la quantità di materiale, che arriva nella bacino di ritenuta, è tale da non generare una sua fuoriuscita. Pertanto, si può dire, che la sistemazione svolge al meglio il suo compito. Di seguito in Figura 153, 154, 155 e 156 si riportano le comparazioni delle portate totali e solide registrate dalla diverse sezioni di analisi poste all'interno del canale oggetto di studio.

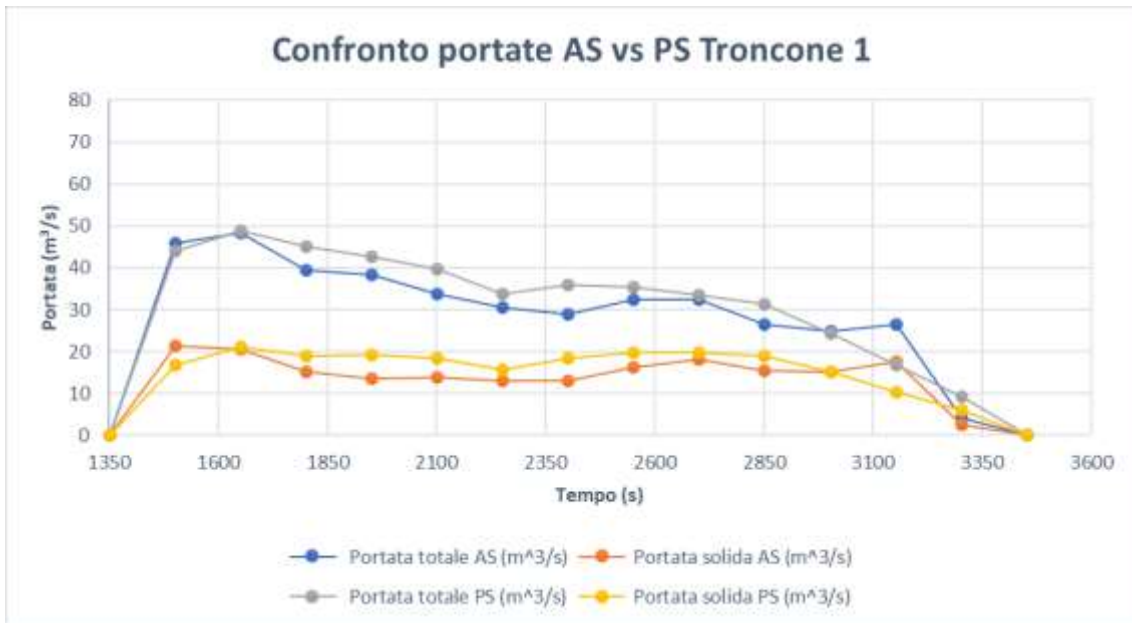


Figura 154. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel troncone 1

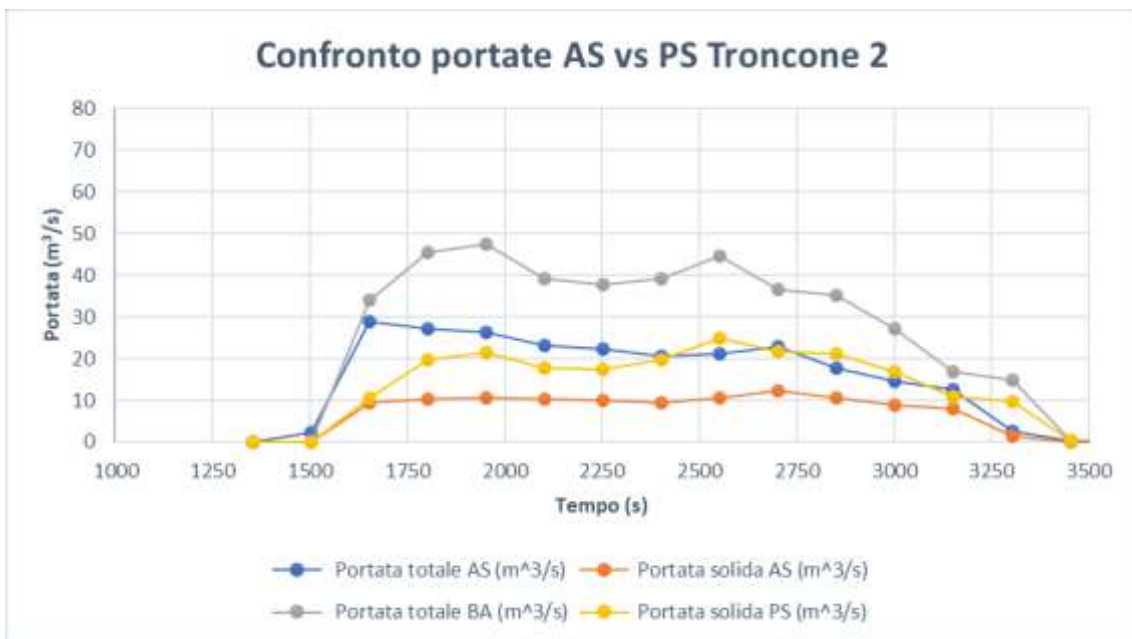


Figura 155. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel troncone 2

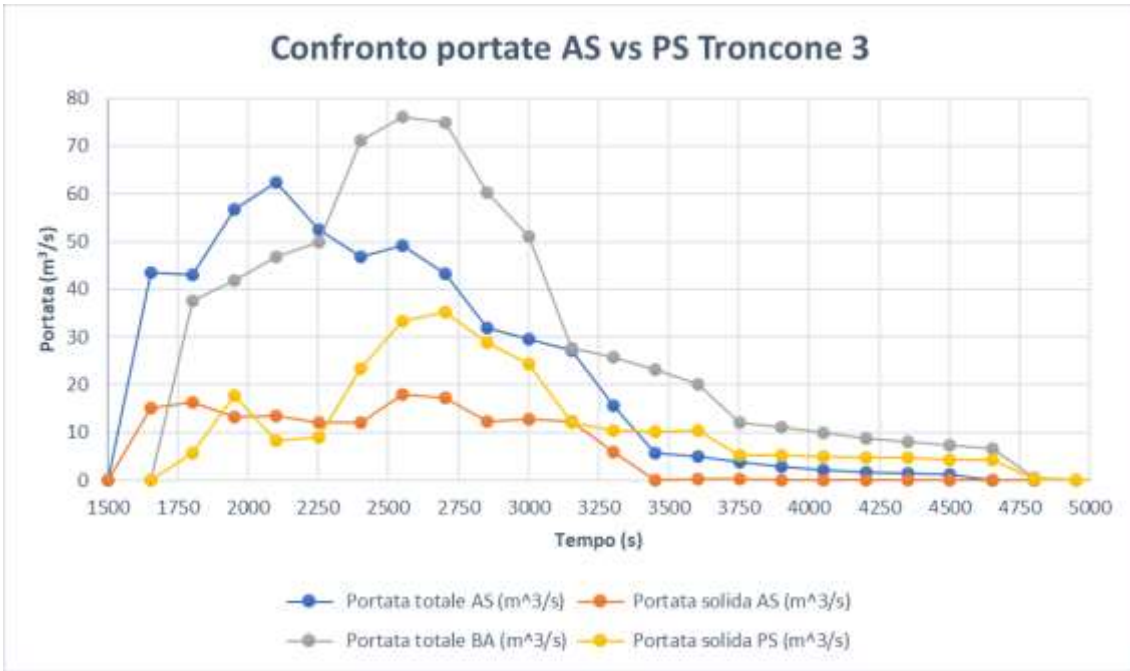


Figura 156. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel troncone 3

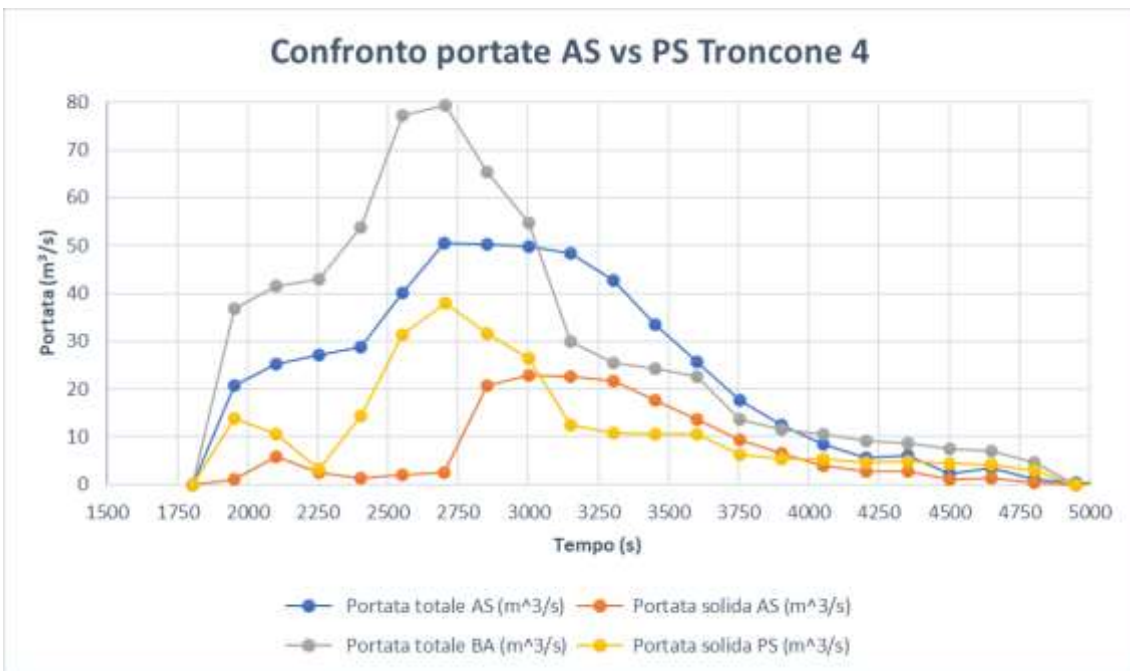


Figura 157. Confronto delle portate totali e solide registrate dalla sezione di analisi posta nel troncone 4

9. CONFRONTO E DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Nel seguente capitolo si riportano dei commenti sui confronti tra le portate e i volumi, ottenuti, attraverso le simulazioni ampiamente analizzate nei tre capitoli precedenti. Più precisamente, nel primo paragrafo si riportano i confronti tra le diverse portate registrate dalle diverse sezioni di analisi poste all'interno di calcolo; si segnala che il raffronto viene effettuato solamente tra le portate generate con idrogramma solido – liquido determinato utilizzando un idrogramma a blocchi alterni e con l'idrogramma solido – liquido individuato seguendo linee guida dell'Autorità di bacino, visto che, le due situazioni rappresentano due casi agli antipodi, ovvero, una colata con il picco massimo di portata e un corpo e coda liquidi e una colata caratterizzata da una concentrazione solida costante. Inoltre, in questo capitolo non si riportano il confronto delle portate determinate mediante idrogramma solido – liquido IC e idrogramma solido – liquido BA, perché già stato riportato nei capitoli 6 e 7.

Invece, nel secondo paragrafo del capitolo si inserisce il confronto fra i volumi ottenuti mediante l'utilizzo dei tre diversi idrogrammi solido – liquidi. Si sottolinea, che la valutazione è effettuata a livello di canale intero e non singolo troncone, visto, che questo tipo di valutazione è già stata affrontata nei capitoli precedenti.

Si segnala, inoltre, che questi confronti verranno svolti per le durate di precipitazione pari a 15 – 30 – 45 – 60 minuti, in maniera tale da rendere più lineare il raffronto e le successive considerazioni. Ovviamente, tutto questo viene effettuato nella situazione ante – sistemazione e nella situazione post- sistemazione.

9.1. Confronto delle portate

Come detto in questo paragrafo si riporta il raffronto delle portate ottenute mediante le due diverse simulazioni. Per una spiegazione più chiara si suddivide il tutto in sotto paragrafi per le quattro durate di precipitazione considerate, dove si riporta inizialmente il confronto fra le portate registrate dalle sezioni di analisi per la singola simulazione e poi si inserisce la comparazione per ogni sezione tra le due diverse simulazioni. Tutto questo viene fatto sia in assenza che in presenza delle opere di mitigazione; questo comporta, che nella sezione finale di ogni durata si riporta il confronto tra ante e post – sistemazione solo per le sezioni inserite nel troncone 3 (n°4 per la situazione ante – sistemazione e n°5 per la simulazione post – sistemazione) e nel troncone 4 (n°6 ante - sistemazione e n°7 post – sistemazione), visto che sono quelle localizzate nel medesimo punto, ed inoltre, presentano variazioni significative. Quelle poste nel troncone 1 e 2 non si considerano, perché presentano valori molto simili.

9.1.1. Simulazioni con T pari a 15 minuti

Per prima cosa si riportano i grafici delle portate registrate nella situazione ante – sistemazione e subito dopo si inseriscono le portate della situazione post – sistemazione. Infine, si riportano i grafici di confronto delle portate in presenza e assenza della opere di mitigazione per le sezioni di analisi presenti nel troncone 3 e 4.

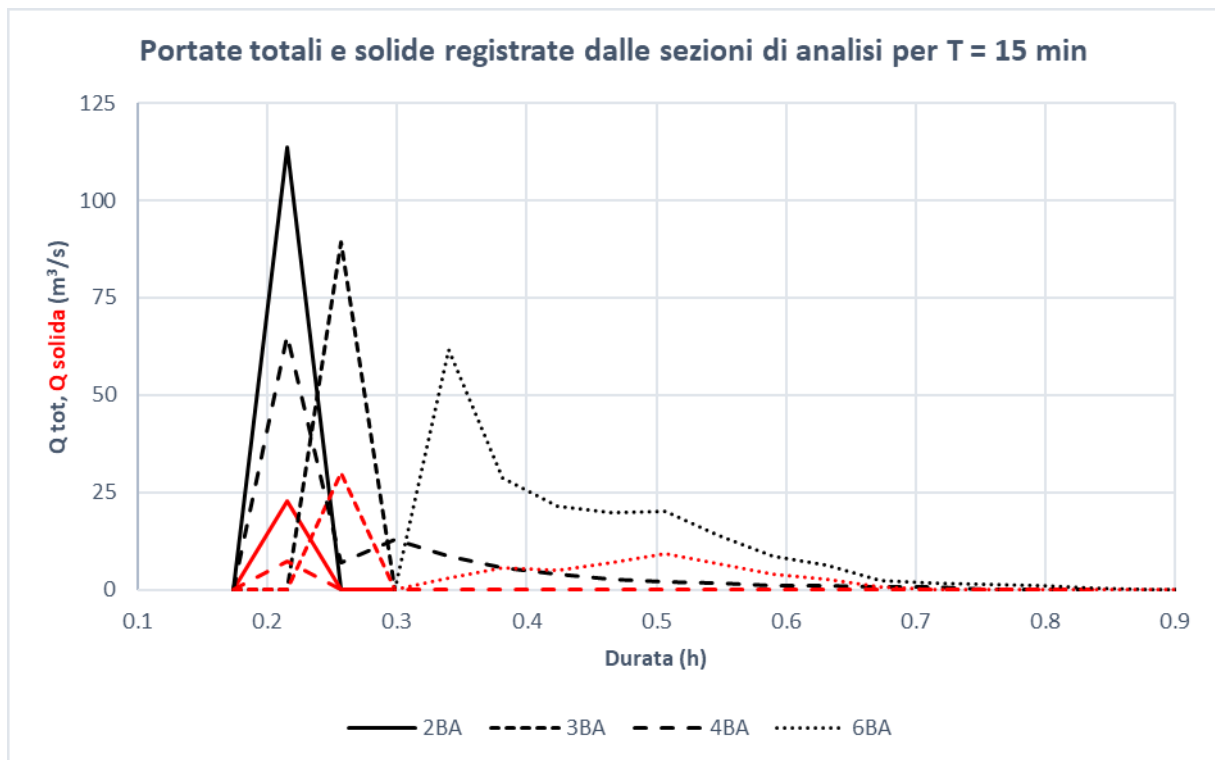


Figura 158. Confronto delle portate registrate dalle sezioni presenti all'interno del canale nella situazione ante - sistemazione

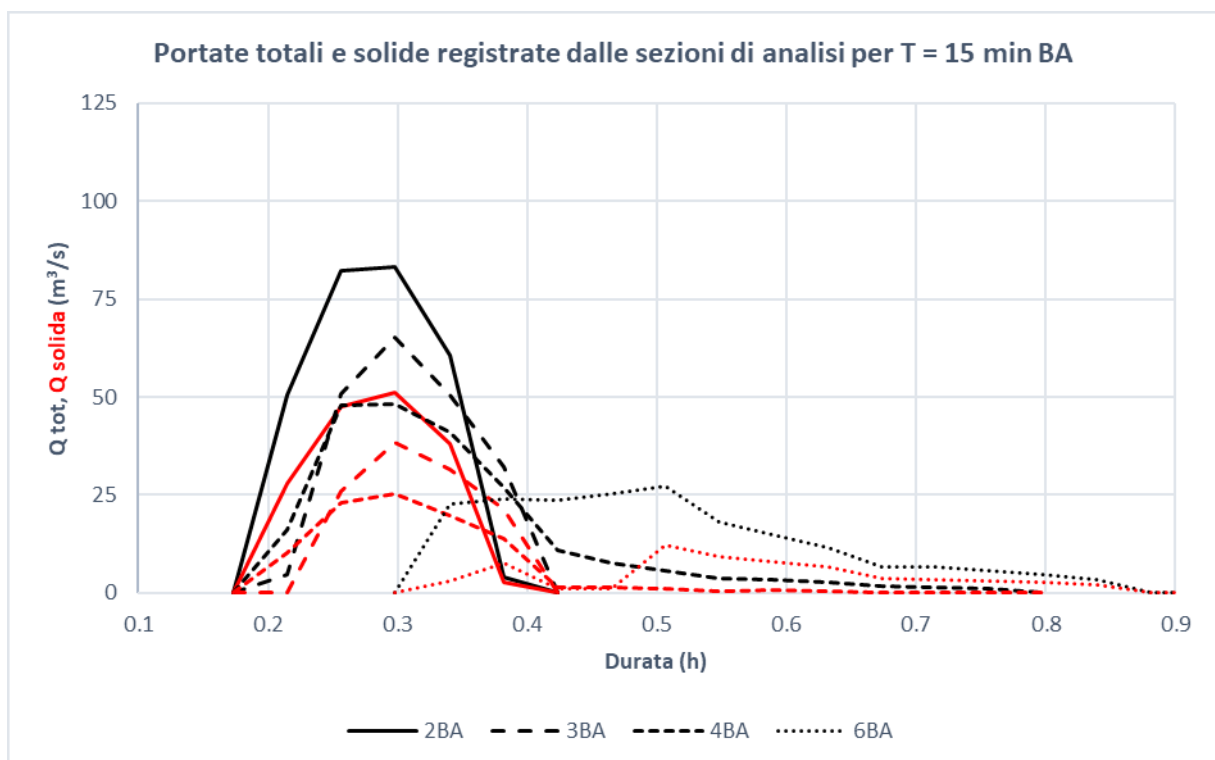


Figura 159. Confronto delle portate registrate dalle sezioni presenti all'interno del canale nella situazione ante – sistemazione. Per AB si intende le simulazioni determinate secondo le linee guida dell'Autorità di Bacino

Come si può vedere dalla Figura 158 e Figura 159 il picco di portata dell'evento si registra, in entrambi i casi, nella sezione due, che è posta all'interno del troncone 1. Inoltre, le portate diminuiscono man mano, che ci si sposta verso valle. Ovviamente, le portate solide risultano essere molto più elevate nel caso degli idrogrammi

solido – liquidi, determinati mediante le linee guida dell’Autorità di Bacino, visto che l’evento simulato presenta una concentrazione solida costante.

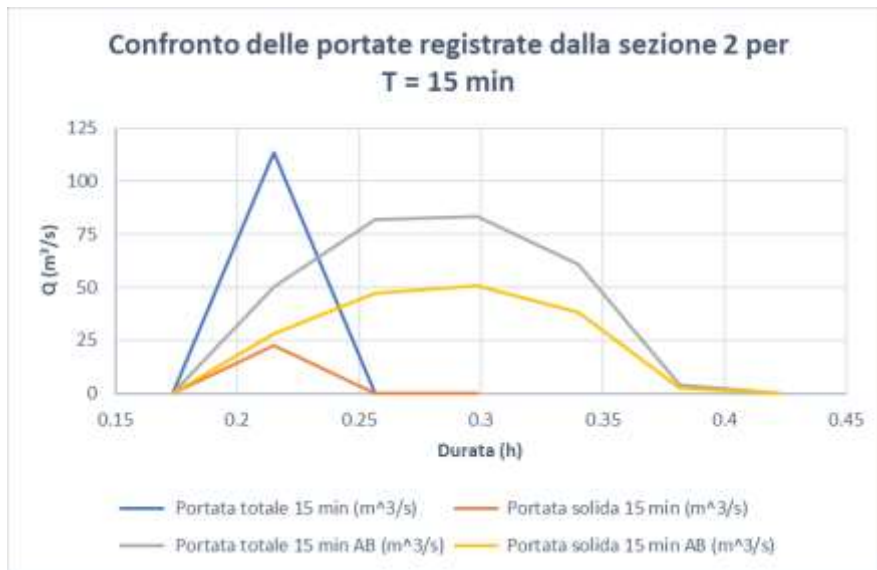


Figura 160. Confronto delle portate ante – sistemazione registrate dalla sezione 2 – AS

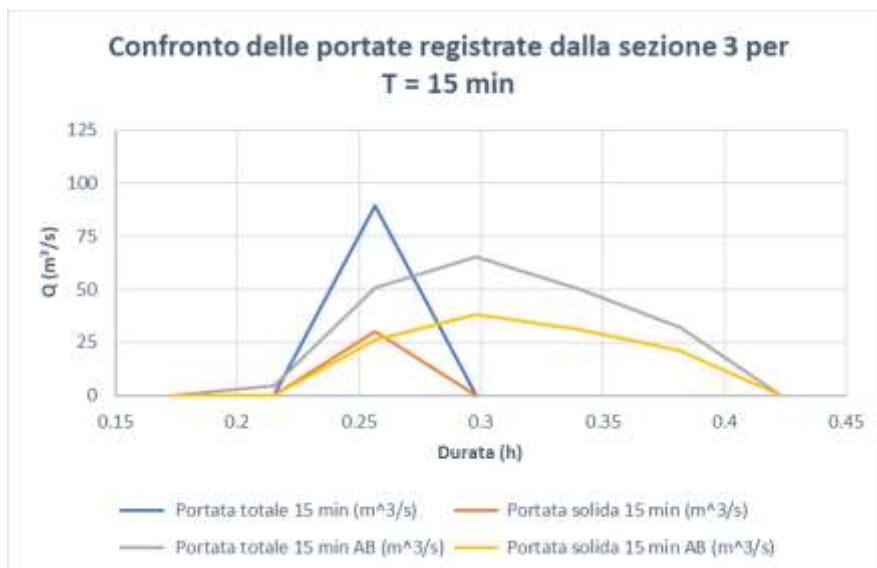


Figura 161. Confronto delle portate ante – sistemazione registrate dalla sezione 3 – AS

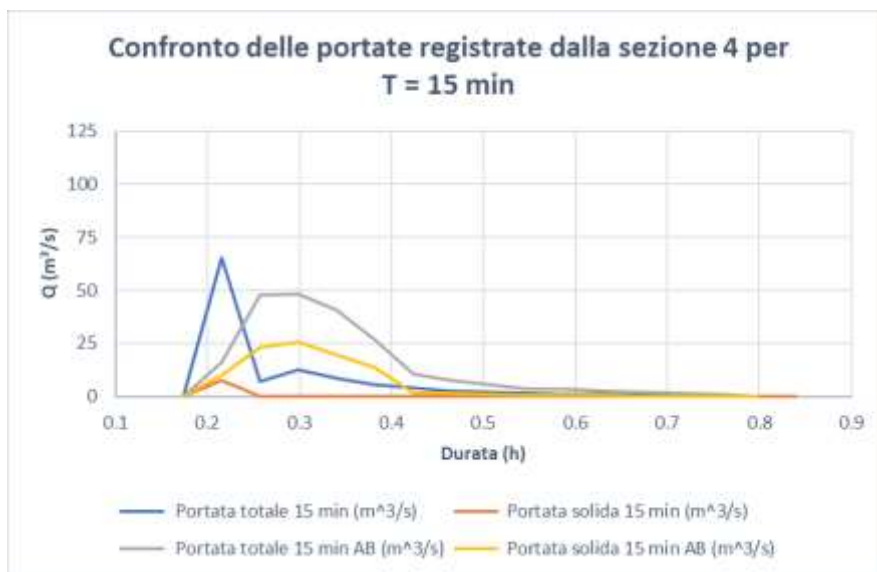


Figura 162. Confronto delle portate ante – sistemazione registrate dalla sezione 4 – AS

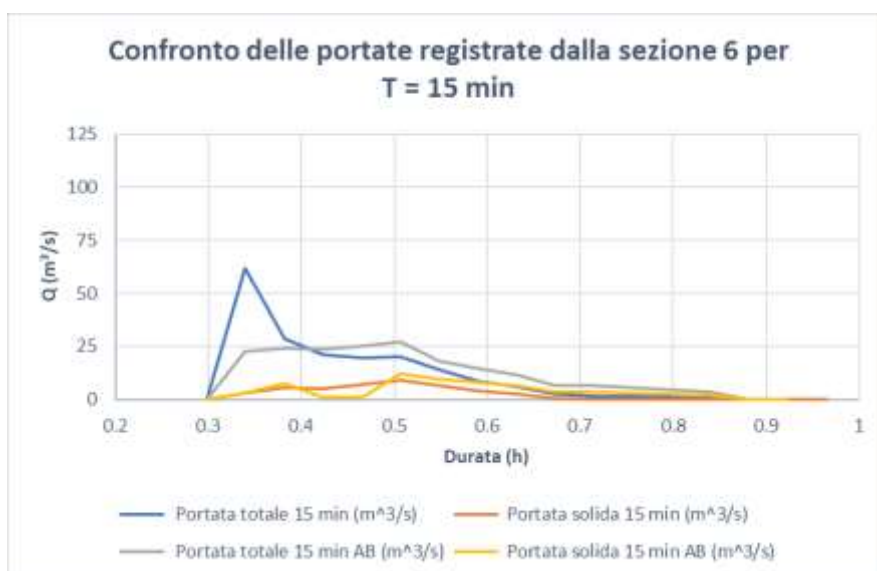


Figura 163. Confronto delle portate ante – sistemazione registrate dalla sezione 6 – AS

Invece, se si guarda la Figura 160, Figura 161, Figura 162 e la Figura 163 si nota un andamento pressoché simile, ovvero, la portata più elevata si registra nel caso della simulazione con idrogramma solido – liquido BA, inoltre, il picco di portata con idrogramma solido liquido AB si registra quasi sempre 5 minuti dopo (tranne per la sezione 6) rispetto a quello dell'idrogramma solido – liquido BA. Infine, la portata solida risulta essere molto più importante con idrogramma solido – liquido AB e rappresenta una buona percentuale della portata totale, a differenza di quella individuata con l'altro idrogramma, dove è una minima porzione della portata totale. Unica differenza si registra nella sezione sei (Figura 163) dove le due portate solide sono molto simili tra loro, indicando, che in quel punto la colata presenta una bassa concentrazione solida.

Finita la descrizione delle portate ante – sistemazione, si effettua la stessa analisi in presenza delle opere di mitigazione.

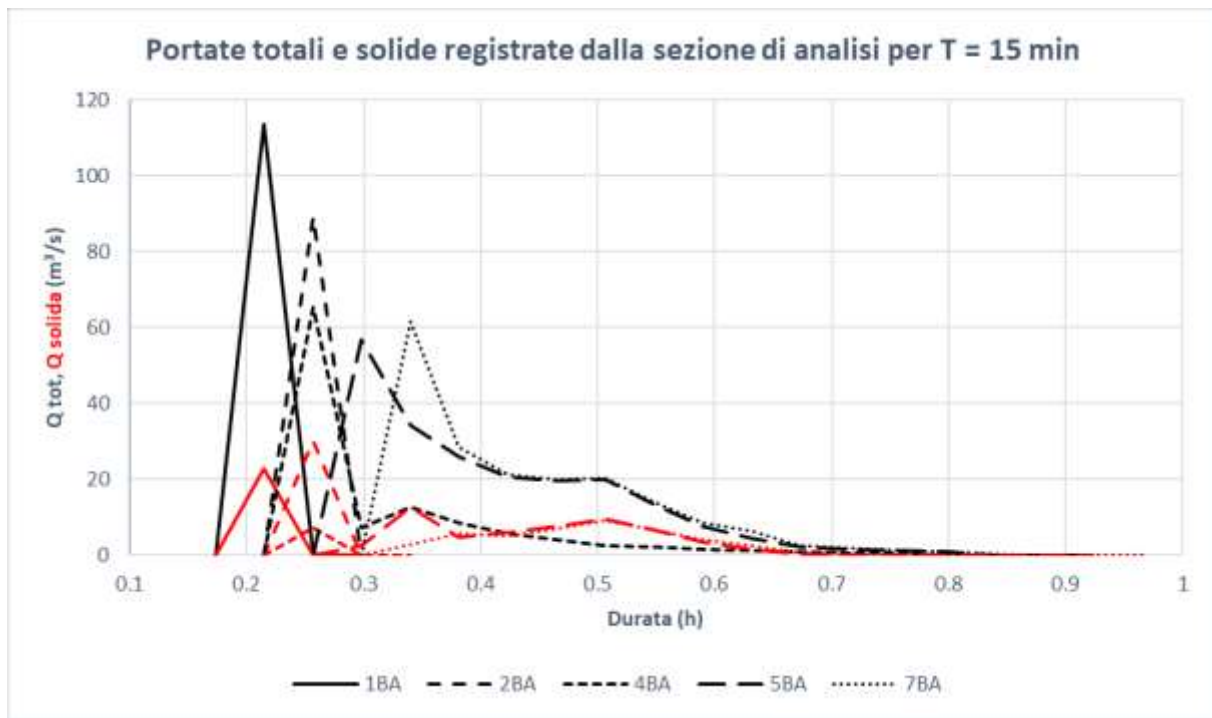


Figura 164. Confronto delle portate registrate dalle sezioni presenti all'interno del canale nella situazione post – sistemazione per T = 15 minuti

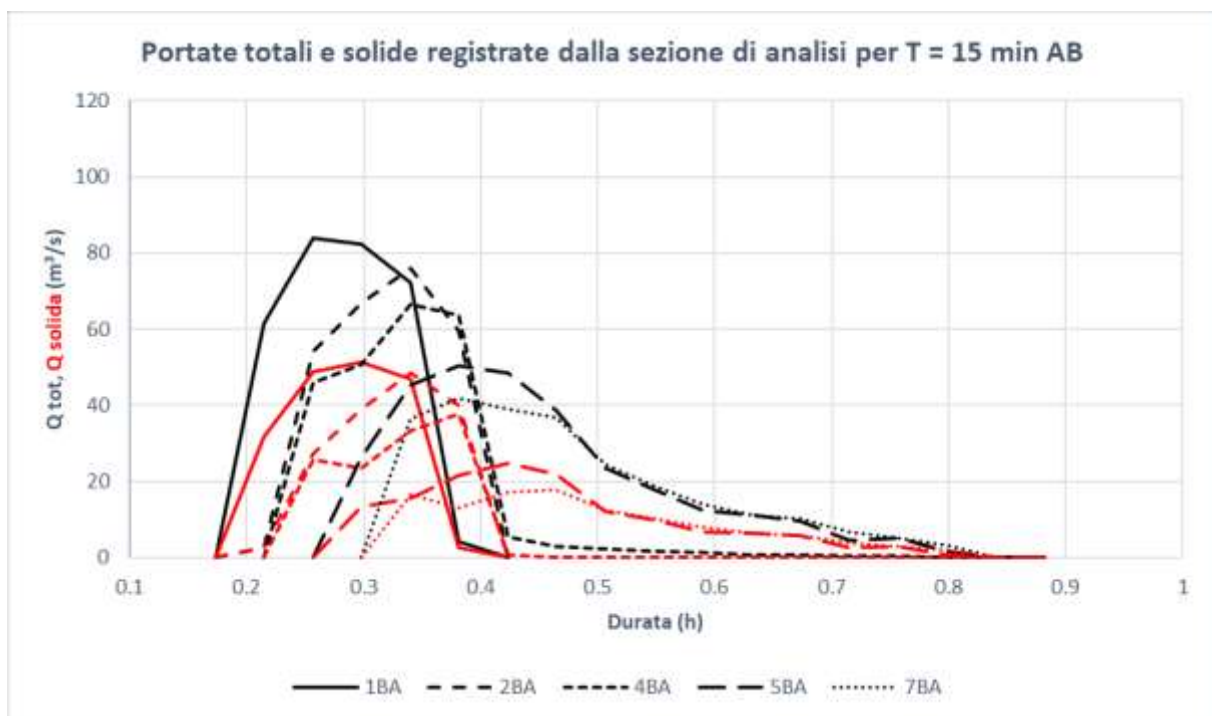


Figura 165. Confronto delle portate registrate dalle sezioni presenti all'interno del canale nella situazione post – sistemazione per T = 15 minuti. Per AB si intende le simulazioni determinate secondo le linee guida dell'Autorità di Bacino

Come si può vedere dalle due figure sopra riportate, il picco di portata dell'evento, come per la situazione ante – sistemazione, si registra nella sezione posta all'interno del troncone 1. Si segnala, che le portate diminuiscono man mano, che ci si sposta verso valle, nel caso dell'idrogramma solido – liquido AB, mentre, quelle registrate con l'idrogramma solido – liquido BA diminuiscono, ma nell'ultima sezione si nota un leggero aumento della portata totale, con però una diminuzione di quella solida, indice del fatto che la colata ha depositato materiale a monte della sezione, grazie alla soglia inserita al di sotto del ponte.

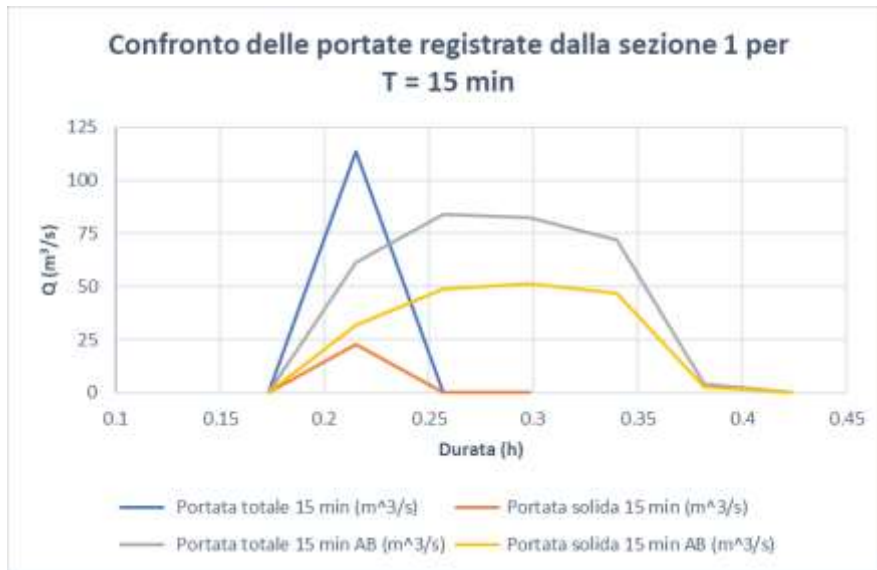


Figura 166. Confronto delle portate registrate dalla sezione 1 – PS

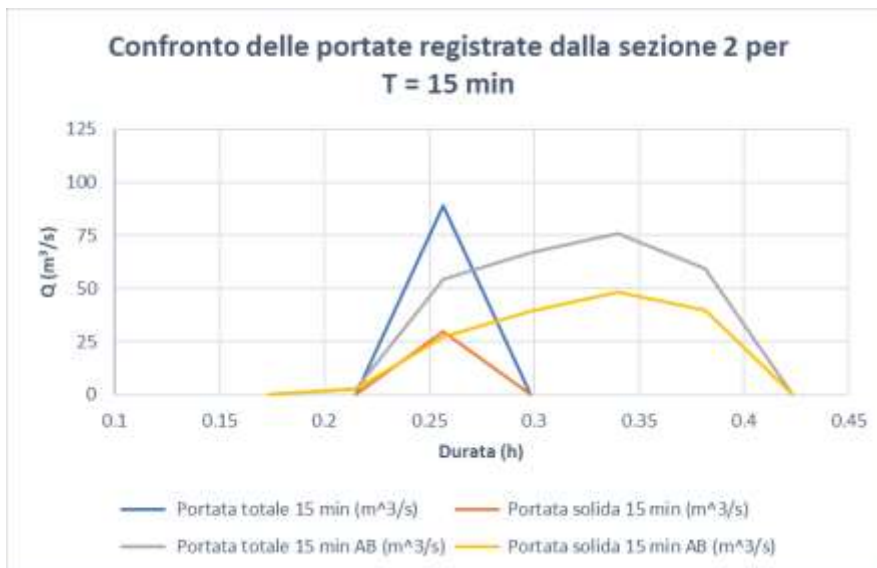


Figura 167. Confronto delle portate registrate dalla sezione 2 – PS

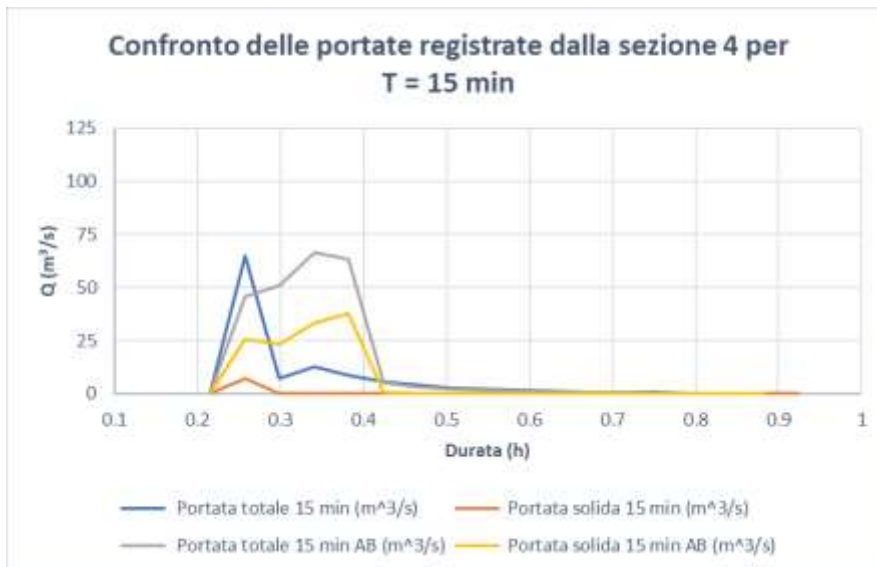


Figura 168. Confronto delle portate registrate dalla sezione 4 – PS

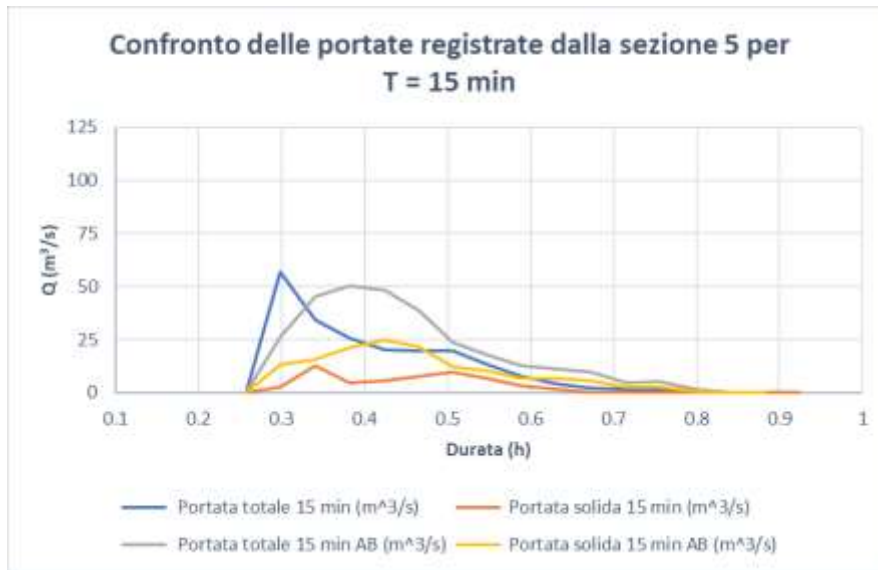


Figura 169. Confronto delle portate registrate dalla sezione 5 – PS

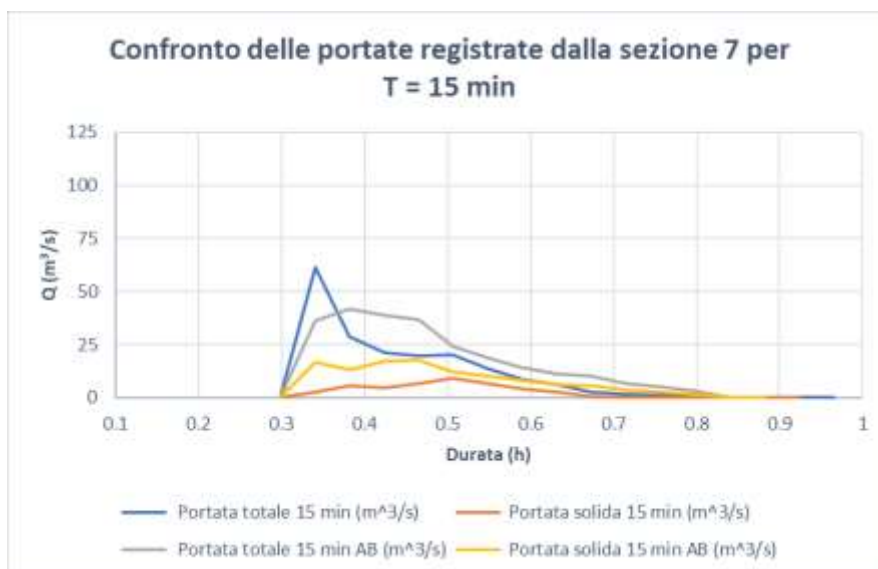


Figura 170. Confronto delle portate registrate dalla sezione 7 – PS

Visionando la Figura 166, Figura 167, Figura 168, Figura 169 e la Figura 170 l'andamento delle portate è pressoché simile in tutte le sezioni, tranne, nella sezione numero 4 dove i valori più elevati di portata si registrano in presenza dell'idrogramma solido – liquido AB. Altra cosa importante da considerare è l'andamento delle portate della sezione 2 e 4, ovvero, quelle poste a valle e monte della briglia filtrante. Quello, che si nota è una diminuzione importante della portata solida a valle dell'opera, indice del fatto, che parte del sedimento trasportato è stato trattenuto dalla briglia filtrante, però se si guarda più attentamente la Figura 168, si può notare che dopo 0.3 h la portata solida, registrata con idrogramma solido – liquido AB, ha un aumento dei suoi valori, indice del fatto, che la briglia ha sì trattenuto materiale, ma si è anche riempita e questo ha comportato, che dopo un certo periodo di tempo non è stata più in grado di trattenere la componente solida del fenomeno. Infine, come detto si riporta il confronto delle portate ante e post – sistemazione per le sezioni presenti nel terzo e quarto troncone. Si ricorda, inoltre, che il confronto viene effettuato tra l'idrogramma solido – liquido BA e l'idrogramma solido – liquido determinato mediante le linee guida dettate dalle Autorità di Bacino, individuato come AB.



Figura 171. Confronto delle portate ante e post – sistemazione registrate dalle sezioni poste nel troncone 3

Dal confronto, si nota, che nel caso delle due simulazioni individuate mediante idrogramma solido – liquido BA, la portata totale presenta valori più alti nella situazione ante – sistemazione, ma al contempo il fenomeno simulato nella situazione post – sistemazione presenta portate alte per un maggior periodo di tempo, spiegato dallo spostamento verso il basso del punto di immissione in alveo del Bus del Diau, che come già ampiamente detto presenta delle portate prettamente liquide. Inoltre, le portate solide sono decisamente più elevate nel caso post – sistemazione e la spiegazione è sempre l’abbassamento del Bus del Diau. Infine, se si confronta le portate registrate con l’idrogramma solido – liquido AB si nota un andamento pressoché simile. Comunque, la differenza più rilevante tra ante e post sistemazione è che il picco viene raggiunto all’incirca 5 minuti dopo, in presenza delle opere di mitigazione, spiegato dal fatto, che le portate del Bus del Diau entrano in alveo qualche minuto dopo rispetto la situazione in assenza delle opere.



Figura 172. Confronto delle portate ante e post – sistemazione registrate dalle sezioni poste nel troncone 4

Per quanto riguarda la sezione 6, quello posta nel troncone 4 a valle del ponte, si nota che nella situazione post – sistemazione il picco viene raggiunto prima sia con idrogramma solido – liquido AB, sia con idrogramma solido – liquido BA, inoltre, le portate solide sono più elevate.

9.1.2. Simulazioni con T pari a 30 minuti

Come per le simulazioni con durata di precipitazione pari a 15 minuti, anche in questo caso si riportano per prime le portate registrate ante – sistemazione, poi quelle post – sistemazione ed infine il confronto tra pre e post – sistemazione delle portate registrate dalle due sezioni poste nel troncone 3 e nel troncone 4.

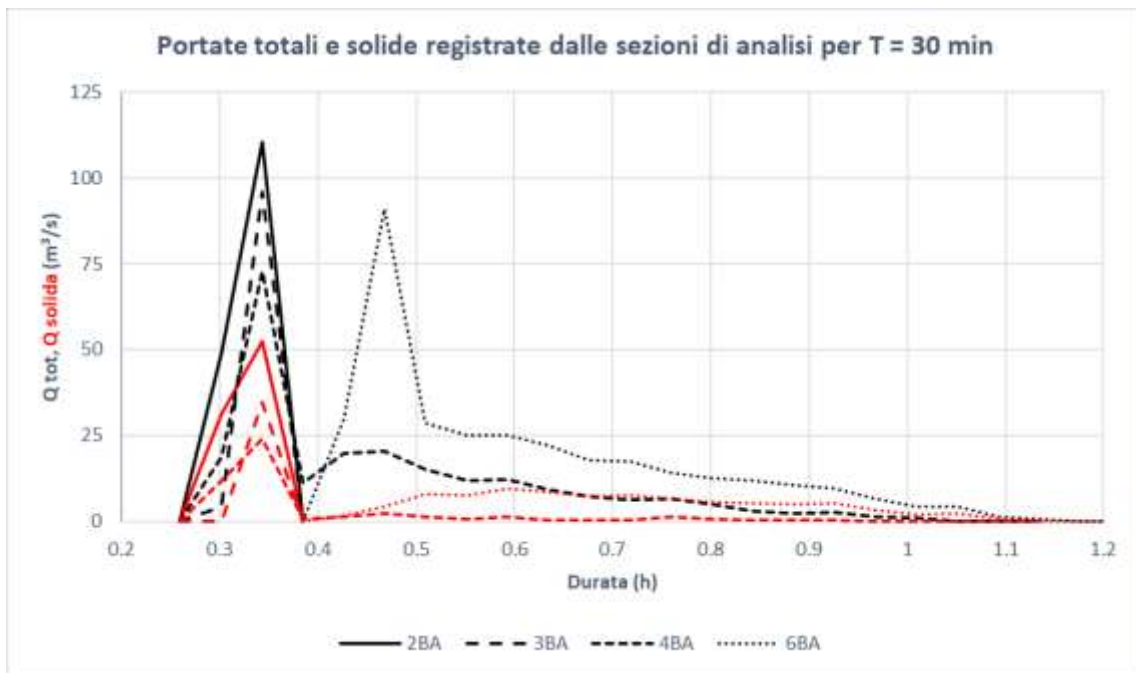


Figura 173. Confronto delle portate registrate dalle sezioni presenti all'interno del canale nella situazione ante – sistemazione per T = 30 min



Figura 174. Confronto delle portate registrate dalle sezioni presenti all'interno del canale nella situazione ante – sistemazione AB per T = 30 min

Nella Figura 173 il picco di portata dell'evento si registra nella sezione due, posta all'interno del troncone 1, mentre, nel caso della Figura 174, è registrato dalla sezione 4 posta all'interno del troncone 3, probabilmente influenzate dalle portate provenienti dal Bus del Diau, che hanno aumentato la componente liquida della colata. Dal confronto delle due figure si nota è un andamento simile tra le portate solide, ovvero, che vengono registrate dalla sezione 2 posta nel primo troncone di analisi. Inoltre, il picco delle portate, che attraversano la sezione 6 è stato registrato qualche minuto dopo rispetto i picchi misurati dalle altre tre sezioni, che praticamente si verificano nello stesso momento, soprattutto in presenza di un colata con corpo e coda liquida.

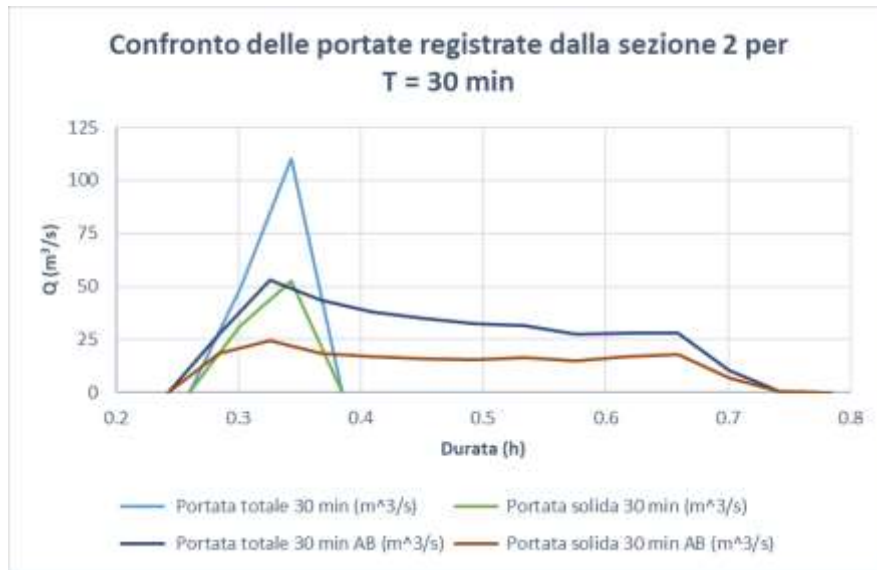


Figura 175. Confronto delle portate registrate dalla sezione 2 - AS

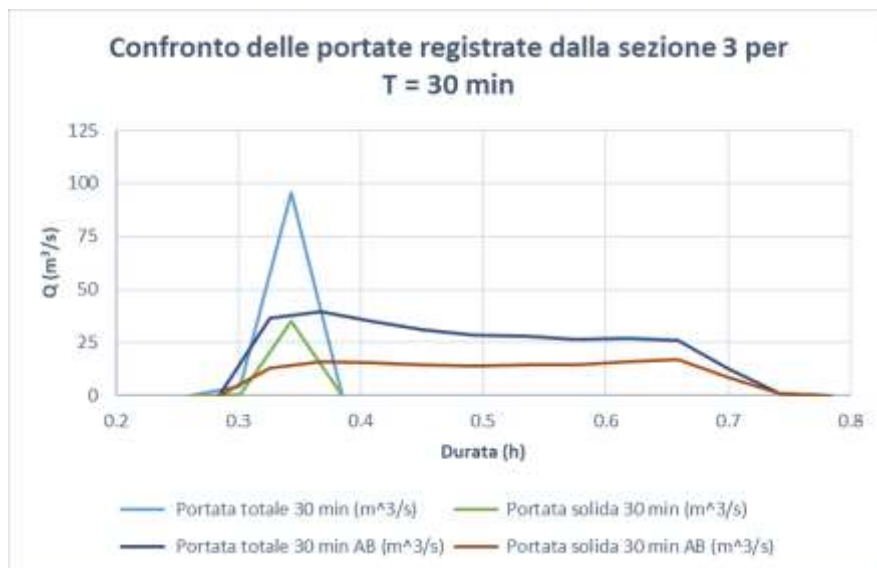


Figura 176. Confronto delle portate registrate dalla sezione 3 - AS

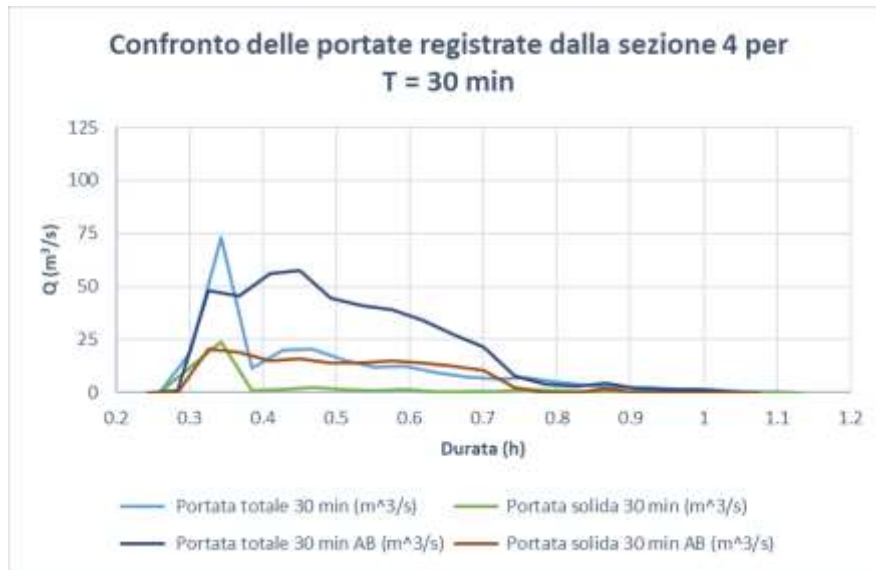


Figura 177. Confronto delle portate registrate dalla sezione 4 – AS

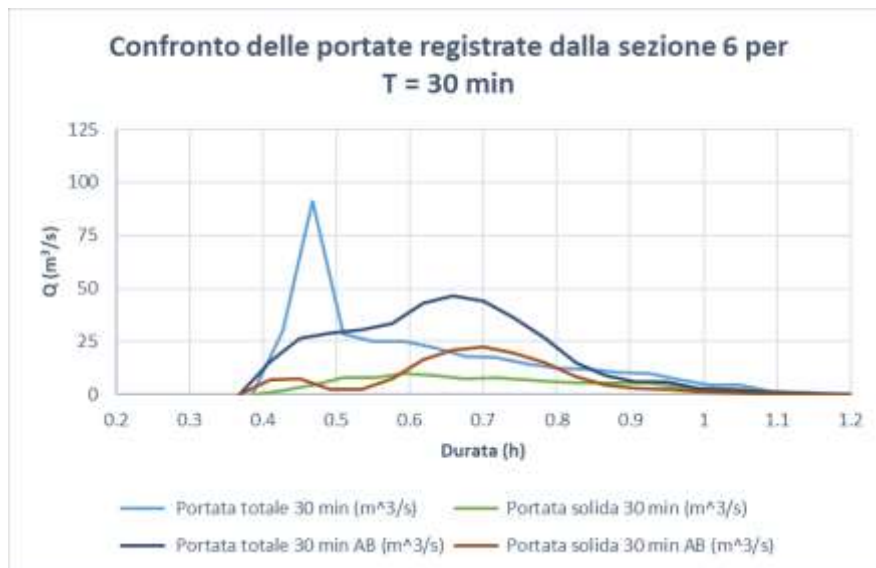


Figura 178. Confronto delle portate registrate dalla sezione 6 – AS

Invece, se si visiona la Figura 175, Figura 176, Figura 177 e la Figura 178, si nota, che tra la sezione 2 e 3 l'andamento è pressoché simile. Con l'unica differenza, che le portate presentano valori più contenuti, come di fatto ci si aspetta subito a valle della piazza di deposito alta, che ha il compito di trattenere parte del materiale solido trasportato dalla colata. Invece, la sezione 4 presenta un andamento delle portate diverso, per quanto riguarda la simulazione svolta con idrogramma solido – liquido AB, ovvero, che le portate registrate aumentano rispetto la sezione precedente, indicando che la colata ha ripreso forza e quindi movimentato un maggior quantitativo di materiale. Terminata l'analisi delle portate ante - sistemazione si riportano le valutazioni effettuate in presenza delle opere di mitigazione.

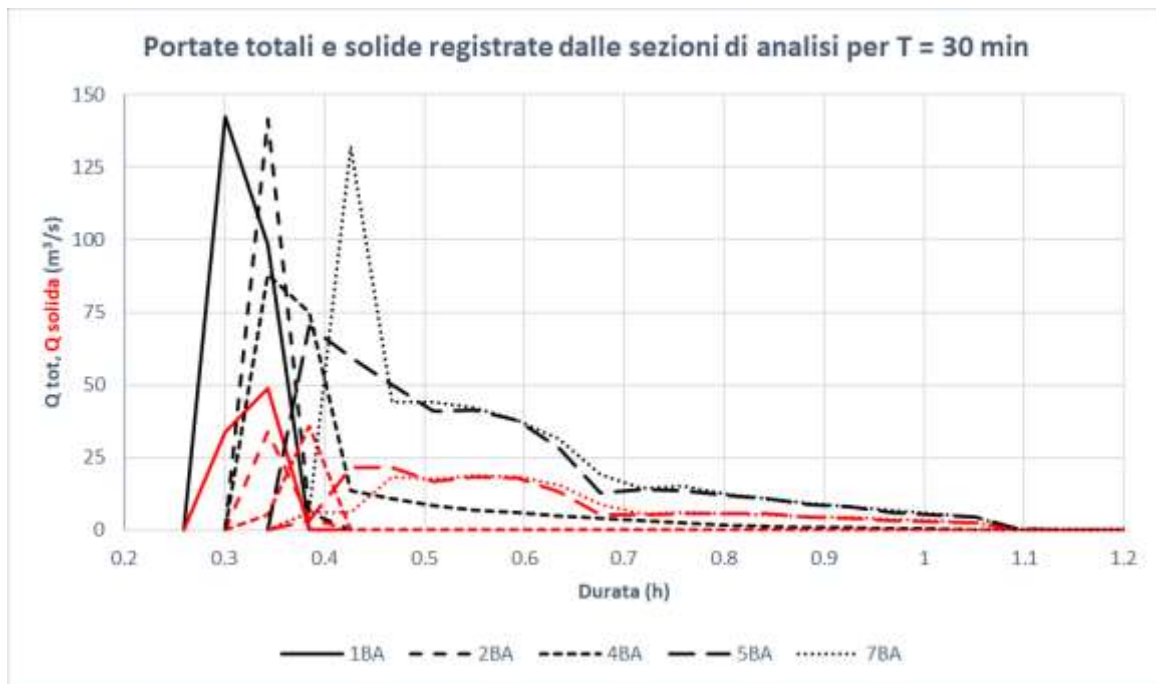


Figura 179. Confronto delle portate registrate dalle sezioni presenti all'interno del canale nella situazione post – sistemazione per $T = 30 \text{ min}$

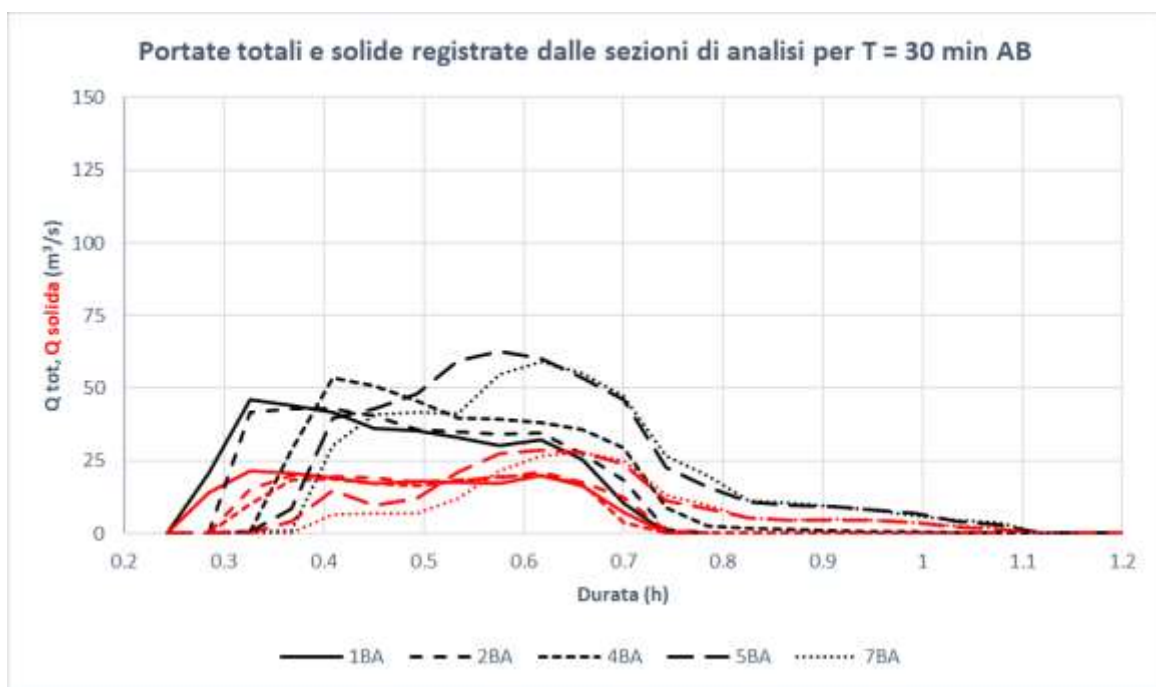


Figura 180. Confronto delle portate registrate dalle sezioni presenti all'interno del canale nella situazione post – sistemazione AB per $T = 30 \text{ min}$

Come si può vedere dalla Figura 179 le portate presentano dei valori, che diminuiscono man mano, che ci si sposta verso valle, ma nella sezione 6 si ha un aumento del picco della portata molto elevato, indicando, che la colata in quel punto ha ripreso velocità e quindi forza erosiva, come di fatto avviene a valle della sezione stessa. La Figura 180, invece, presenta un andamento molto diverso, ovvero, che le portate aumentano andando verso valle. Tranne, però, tra la sezione 2 e 4, dove si ha una diminuzione delle portate totali e solide, causata dalla briglia filtrante che trattiene parte del materiale trasportato dall'evento.

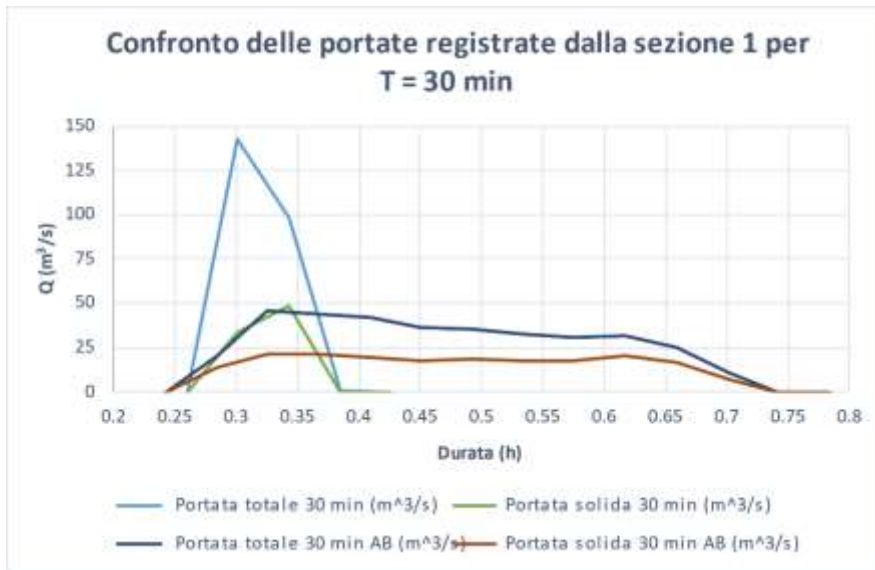


Figura 181. Confronto delle portate registrate dalla sezione 1 – PS

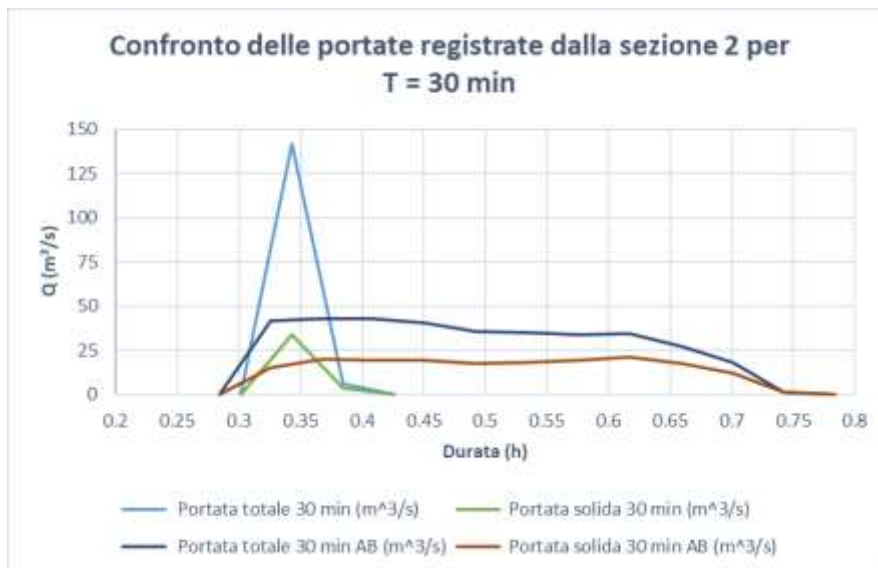


Figura 182. Confronto delle portate registrate dalla sezione 2 – PS

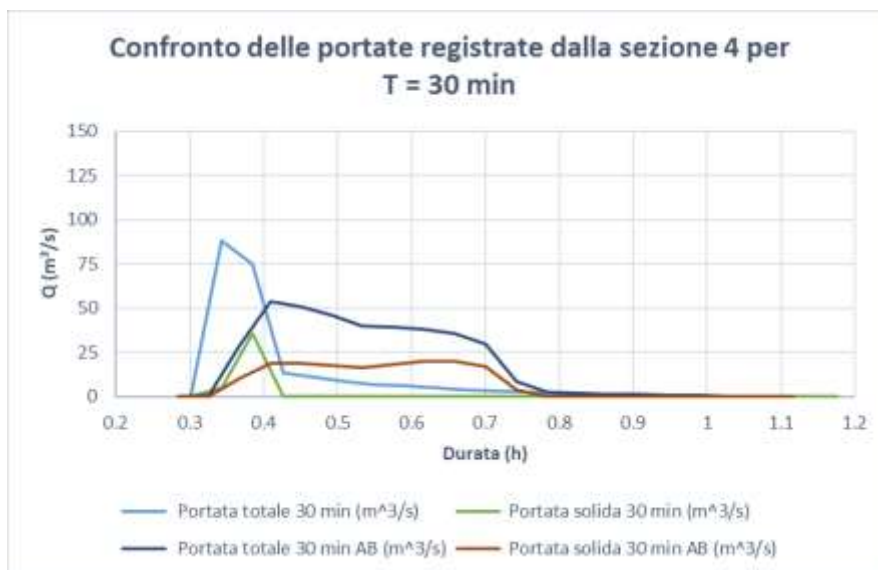


Figura 183. Confronto delle portate registrate dalla sezione 4 – PS

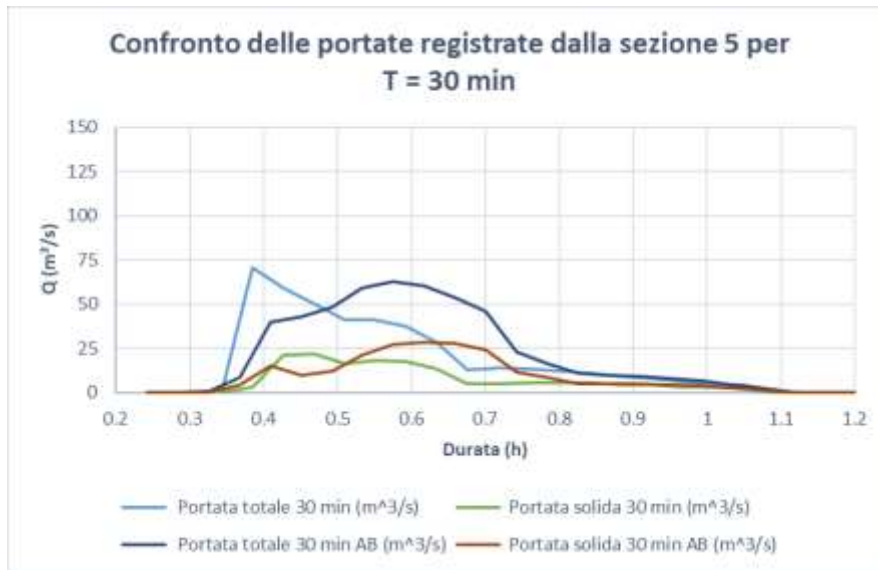


Figura 184. Confronto delle portate registrate dalla sezione 5 – PS

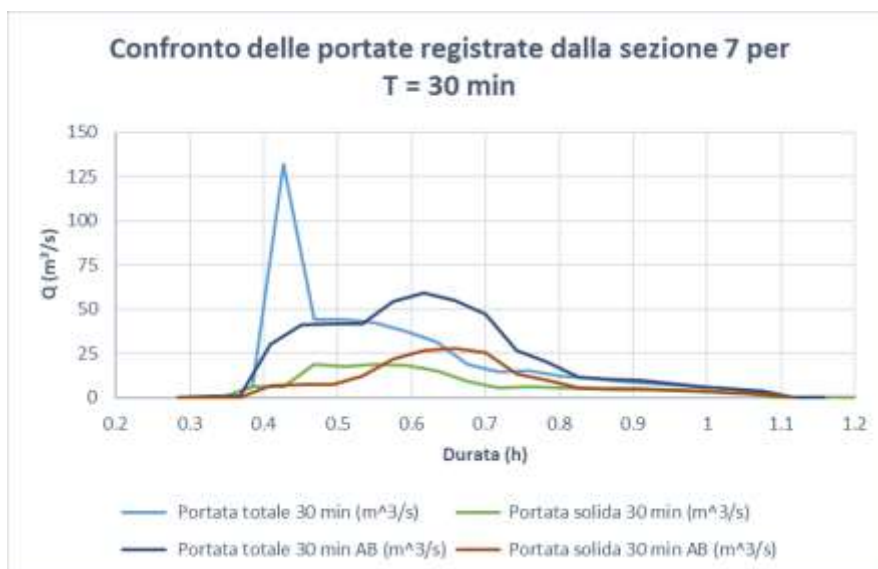


Figura 185. Confronto delle portate registrate dalla sezione 7 – PS

Confrontando le Figura 181, Figura 182, Figura 183, Figura 184 e la Figura 185, si nota che il picco di portata è sempre registrato dalla simulazione con idrogramma solido – liquido determinato utilizzando un idrogramma a blocchi alterni. Altro elemento degno di nota è che a valle della briglia filtrante, con idrogramma BA, si ha una diminuzione importante delle portate totali, ma non di quelle solide; o meglio si ha una diminuzione, ma non così marcata. Invece, per l'evento simulato con l'idrogramma solido – liquido determinato seguendo le linee guida dell'autorità di bacino, le portate inizialmente diminuiscono per poi tornare ad aumentare e raggiungere valori simili a quelli registrati con l'idrogramma solido – liquido BA. Questo può essere spiegato dal fatto, che la briglia è riuscita a trattenere il materiale, ma dopo un po' si è riempita completamente e questo ha fatto sì, che non è più riuscita a trattenere il volume solido trasportato dalla colata. Un'ultima cosa da segnalare è che se si visiona la Figura 185 si nota, che in corrispondenza del picco di portata totale della simulazione con idrogramma solido – liquido, si ha una componente solida molto bassa (al di sotto di $10 \text{ m}^3/\text{s}$), rispetto al valore di portata totale. Questo indica che in quel momento dell'evento la colata risulta essere prettamente liquida.

Infine, si riporta il confronto delle portate ante – sistemazione (AS) e post – sistemazione (PS) per le sezioni presenti nel terzo e quarto troncone di analisi.

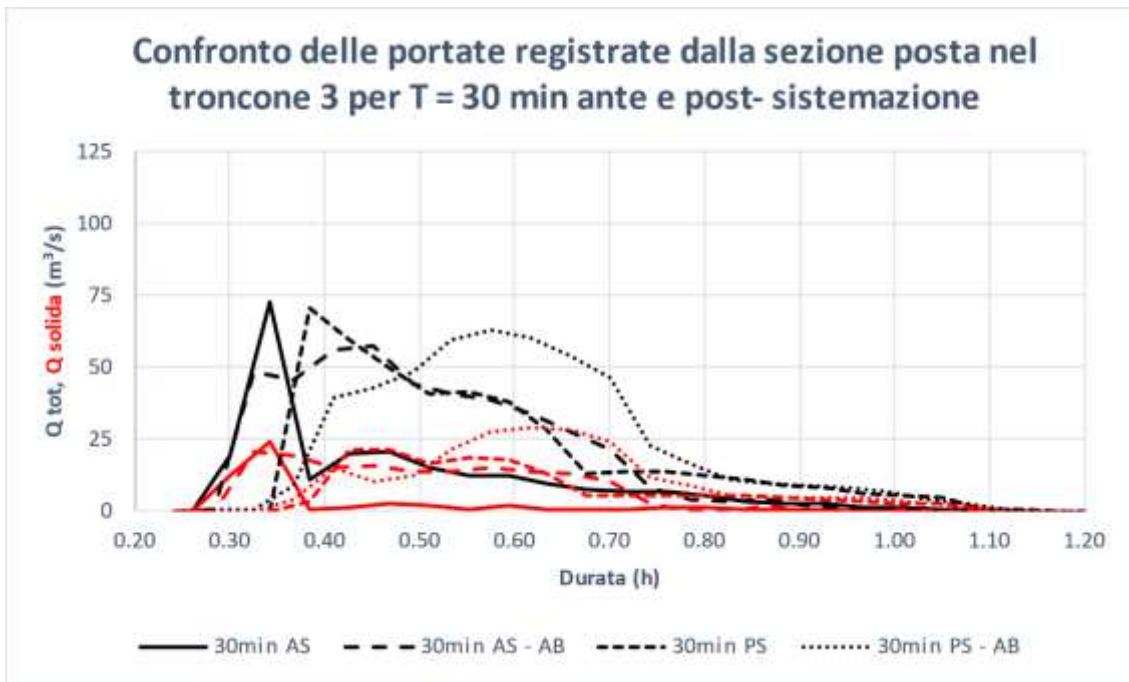


Figura 186. Confronto delle portate ante e post – sistemazione registrate dalle sezioni poste nel troncone 3 per T = 30 min

Dalla figura è possibile evincere, che il picco nel caso delle simulazioni ante – sistemazione viene raggiunto qualche minuto prima rispetto a quello post; questo spiegato dal fatto, che le portate del Bus del Diau si immettono in canale ad una quota più elevata. Inoltre, si segnala, che i valori di portata totale e solida risultano essere molto simili tra ante e post sistemazione.



Figura 187. Confronto delle portate ante e post – sistemazione registrate dalle sezioni poste nel troncone 4 per T = 30 min

Come per la simulazione con T pari a 15 minuti, anche in questo caso il picco di portata viene raggiunto prima per le due simulazioni in presenza delle opere di mitigazione. Nel caso della simulazione con idrogramma solido – liquido BA coincide con una portata solida molto bassa, mentre, con l'altro idrogramma, il picco della portata totale coincide con il picco di portata solida.

9.1.3. Simulazione con T pari a 45 minuti

Anche per la durata di precipitazione pari a 45 minuti si riportano inizialmente le portate registrate senza le opere di mitigazione, poi si inserisce quelle in presenza delle opere, ed infine, si riporta il confronto tra ante e post – sistemazione delle portate registrate dalle sezioni di analisi del troncone 3 e 4.

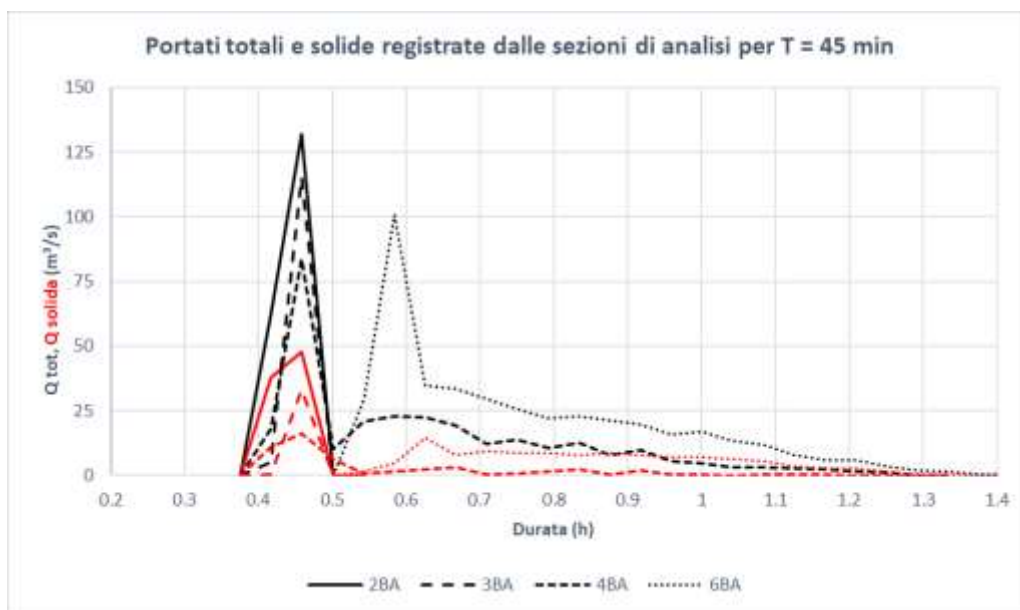


Figura 188. Confronto delle portate registrate dalle sezioni presenti all'interno del canale nella situazione ante – sistemazione per $T = 45$ min



Figura 189. Confronto delle portate registrate dalle sezioni presenti all'interno del canale nella situazione ante – sistemazione AB per $T = 45$ min

Come si può vedere dalla Figura 188 le portate registrate presentano dei valori, che diminuiscono man mano, che ci si sposta verso valle, ma nell'ultima sezione, ovvero, la sesta si nota un aumento del picco della portata totale, però con una portata solida alquanto contenuta, questo indica, che la colata ha ripreso forza ed è caratterizzata da una componente prettamente liquida, pertanto a valle della sezione si generano erosioni importanti. La Figura 189, invece, presenta un andamento molto diverso, ovvero, le portate diminuiscono tra la sezione 2 e 3, vista la presenza della piazza di deposito alta, poi tornano ad aumentare lungo la sezione 4 e 6 in concomitanza con l'incremento della portata solida dell'evento.

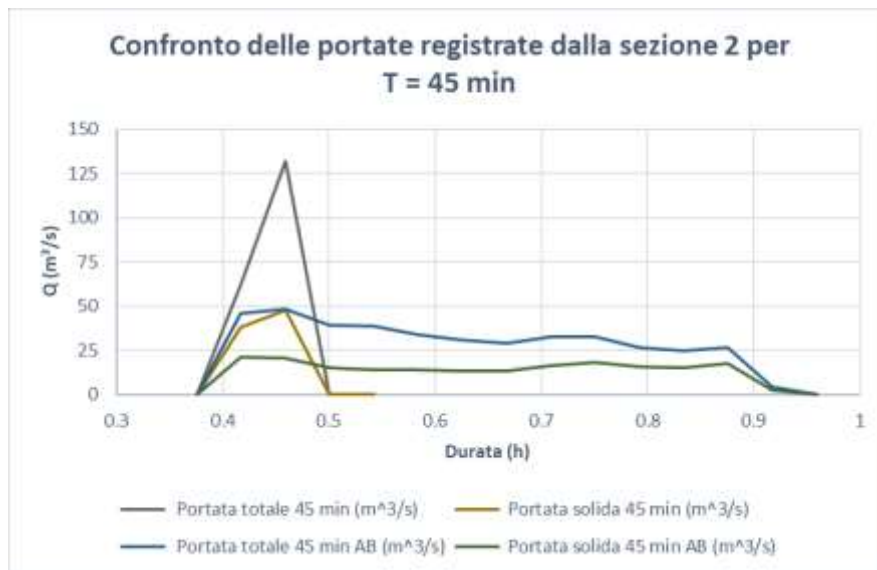


Figura 190. Confronto delle portate registrate dalla sezione 2 – AS

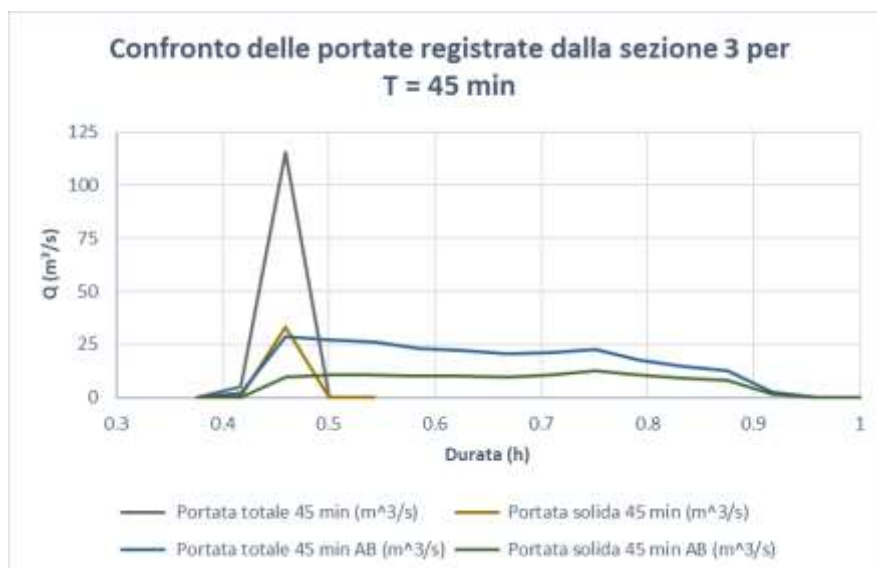


Figura 191. Confronto delle portate registrate dalla sezione 3 – AS

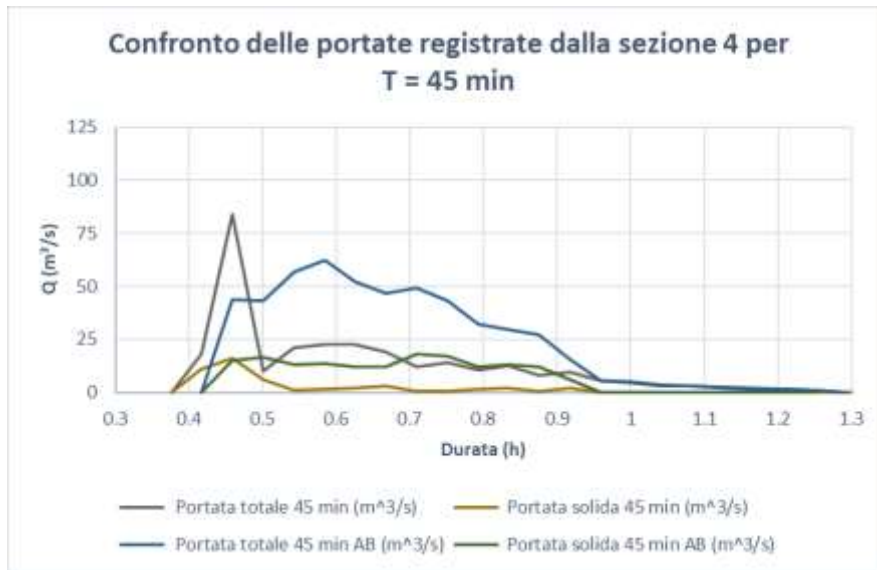


Figura 192. Confronto delle portate registrate dalla sezione 4 – AS

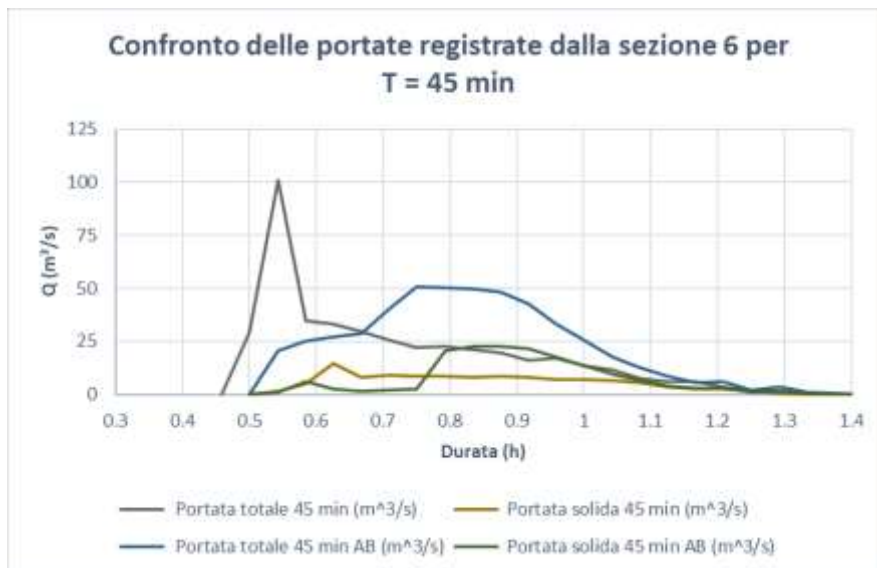


Figura 193. Confronto delle portate registrate dalla sezione 6 – AS

Confrontando le Figura 190, Figura 191, Figura 192 e la Figura 193, si nota che il picco di portata è sempre registrato dalla simulazione con idrogramma solido – liquido BA. La Figura 190 e la Figura 191 presentano un andamento delle portate simili, con l'unica differenza, che quelle registrate dalla sezione 3 sono più contenute, grazie al fatto, che la piazza di deposito alta ha rallentato il fenomeno di colata detritica. Nella sezione 4 (Figura 192) si registra un aumento delle portate in presenza dell'idrogramma solido – liquido AB spiegato dal fatto, che la colata ha aumentato la sua componente solida, indicando un aumento dei fenomeni erosivi dopo 36 minuti dall'inizio dell'evento. Infine, nella sezione posta nel quarto troncone di analisi, si ha un aumento del picco della portata registrata in presenza dell'idrogramma solido – liquido BA, ma con una portata solida, molto contenuta.

Di seguito si riporta il confronto delle portate totali registrate in presenza delle opere di mitigazione con idrogramma solido – liquido con concentrazione solida massima al picco e con idrogramma solido – liquido con concentrazione solida costante.



Figura 194. Confronto delle portate registrate dalle sezioni presenti all'interno del canale nella situazione post – sistemazione per $T = 45 \text{ min}$

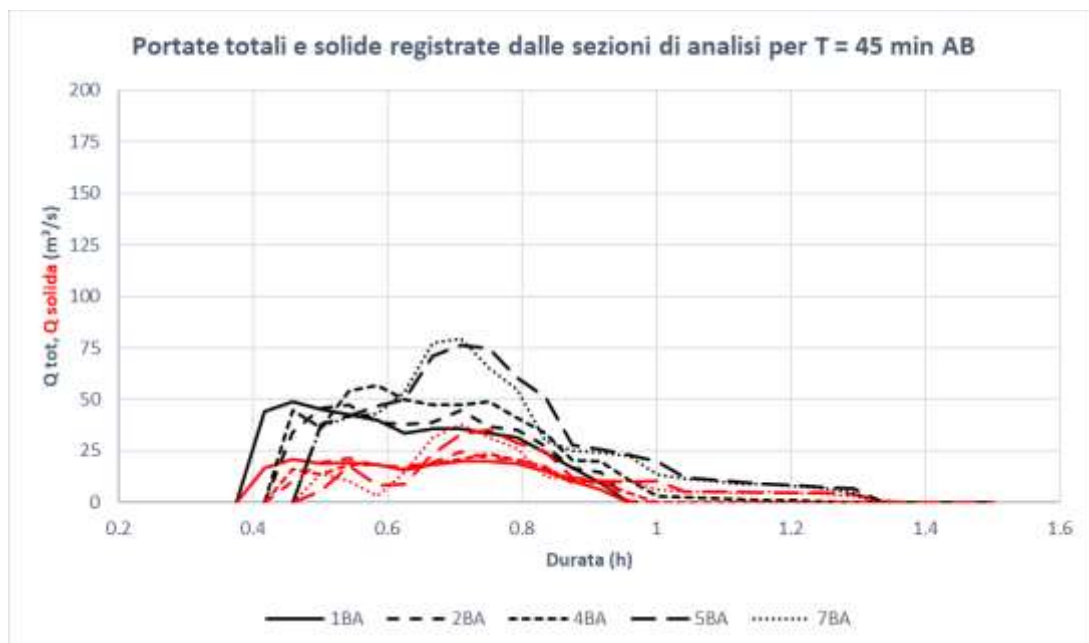


Figura 195. Confronto delle portate registrate dalle sezioni presenti all'interno del canale nella situazione post – sistemazione AB per $T = 45 \text{ min}$

Come si può vedere dalla Figura 194 le portate presentano dei valori, che diminuiscono man mano, che ci si sposta verso valle, ma nella sezione 6 si ha un incremento del picco della portata totale, questo indica, che la colata ha ripreso velocità. Inoltre, tra la sezione 2 e la sezione 4, si può notare, che la portata totale presenta pressoché gli stessi valori, mentre, quella solida è caratterizzata un decremento. Questo indica, che la briglia filtrante ha trattenuto il materiale solida, ma non ha ridotto la portata totale. La Figura 195 rappresenta l'andamento delle portate determinate con idrogramma solido – liquido AB e quello che si nota è un aumento delle portate man mano, che ci si sposta verso valle. Tranne per la sezione (4) posta a valle della briglia dove si ha una diminuzione della portata totale e solida.

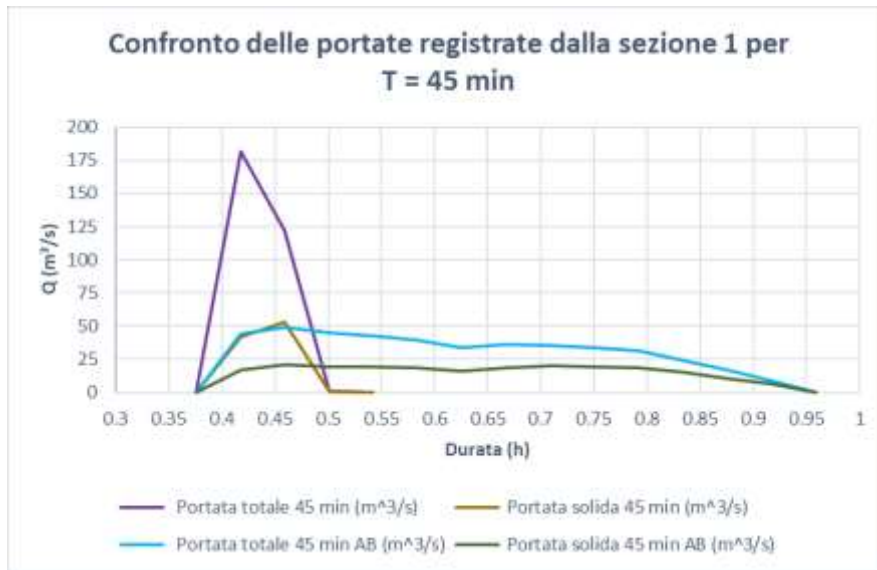


Figura 196. Confronto delle portate registrate dalla sezione 1 – PS

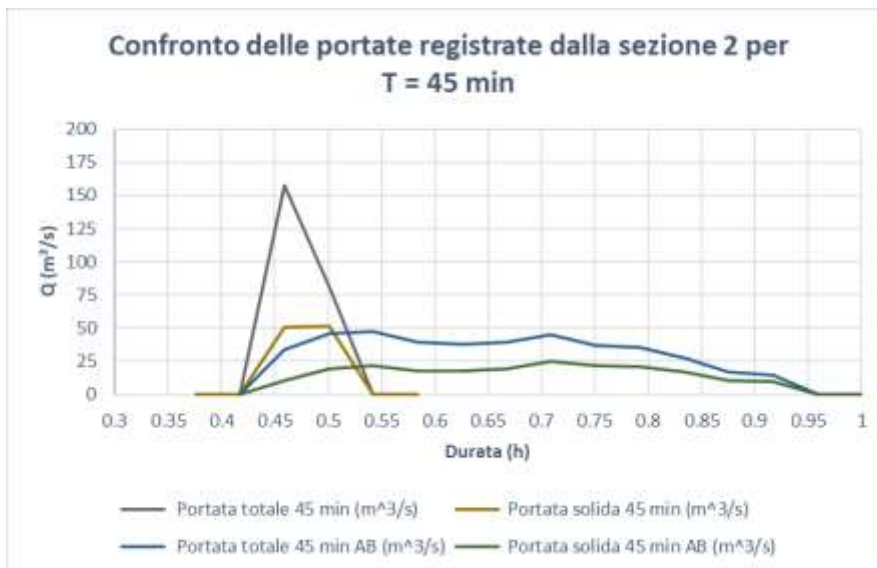


Figura 197. Confronto delle portate registrate dalla sezione 2 – PS

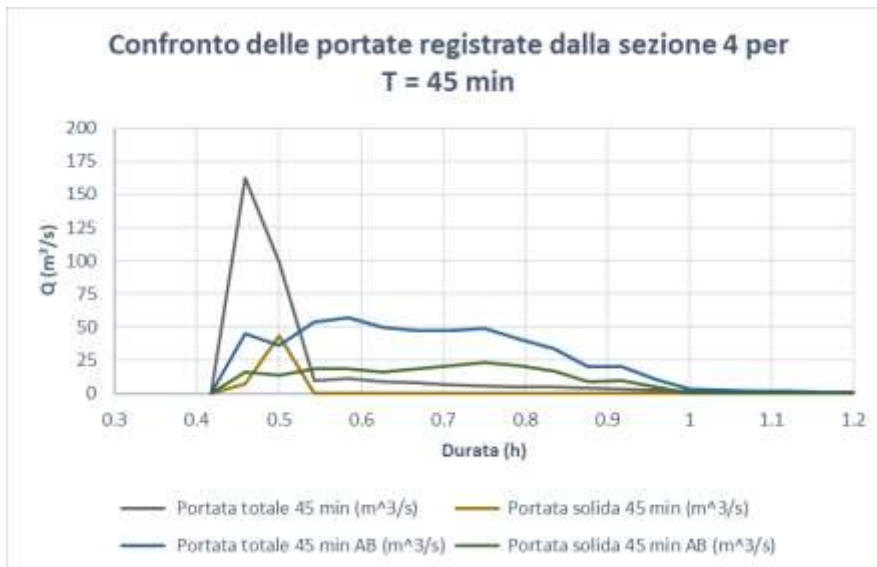


Figura 198. Confronto delle portate registrate dalla sezione 4 – PS

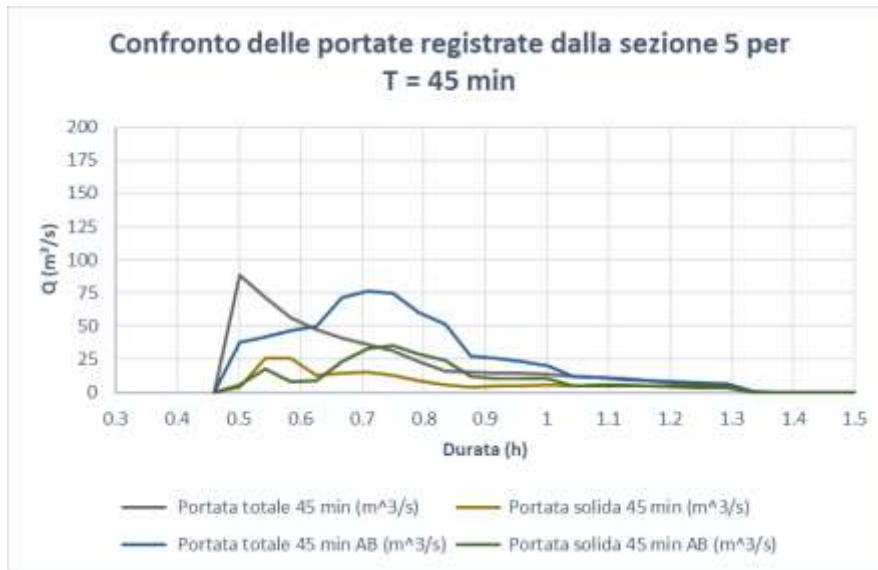


Figura 199. Confronto delle portate registrate dalla sezione 5 – PS

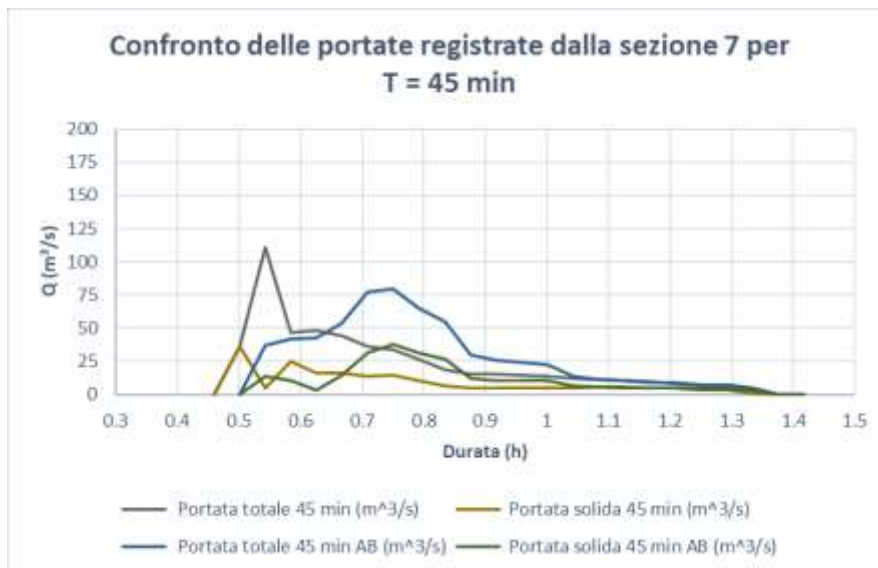


Figura 200. Confronto delle portate registrate dalla sezione 7 – PS

Confrontando le Figura 196, Figura 197, Figura 198, Figura 199 e Figura 200, si nota che, come per le durate di 15 e 30 minuti, il picco di portata è sempre registrato dalla simulazione con idrogramma solido – liquido determinato utilizzando un idrogramma a blocchi alterni. Da segnalare, che le portate totali tra la sezione due e quattro non variano di molto, mentre, quello, che varia è la portata solida, che nel caso dell'idrogramma solido – liquido BA presenta un decremento, mentre, con l'altro idrogramma rimane invariata, indicando, che la briglia filtrante non è riuscita a svolgere al meglio il suo compito. Altro elemento importante è che nella sezione 5 si segnala un aumento della portata totale, come di fatto già spiegato nella prime righe del paragrafo.

Di seguito si riportano i confronti delle portate ante – sistemazione (AS) e post – sistemazione (PS) per le sezioni poste nel troncone 3 e 4, che sono quelle, che presentano le variazioni più significative.

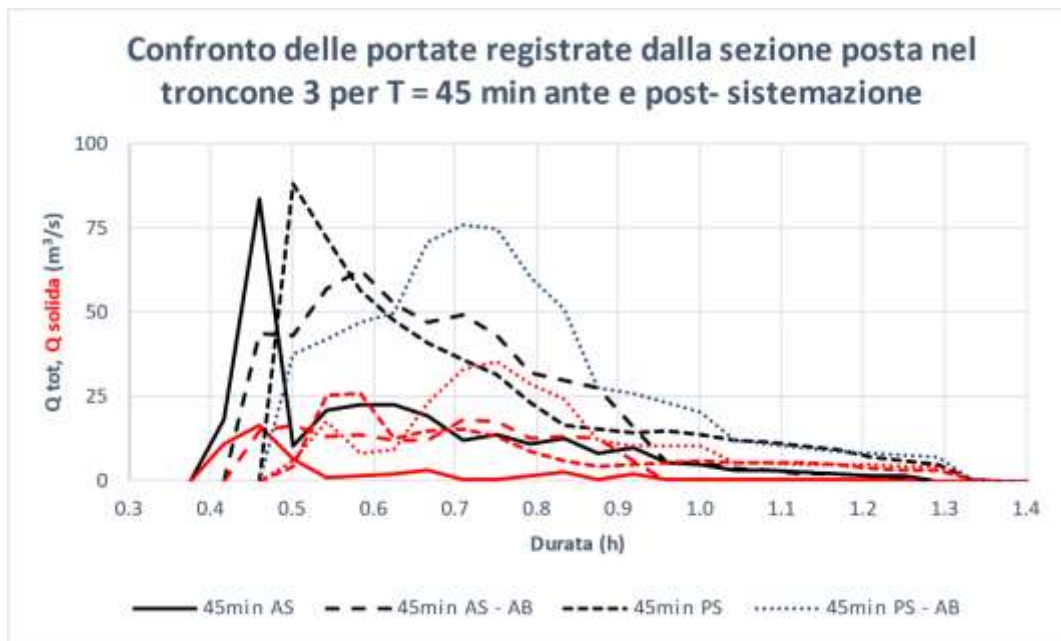


Figura 201. Confronto delle portate ante e post – sistemazione registrate dalle sezioni poste nel troncone 3 per T = 45 min

Dalla figura è possibile evincere, che il picco nel caso delle simulazioni ante – sistemazione viene raggiunto circa 3 minuti prima con idrogramma solido – liquido BA e circa 7 minuti con idrogramma solido – liquido AB, rispetto al picco registrato in presenza delle opere di mitigazione.

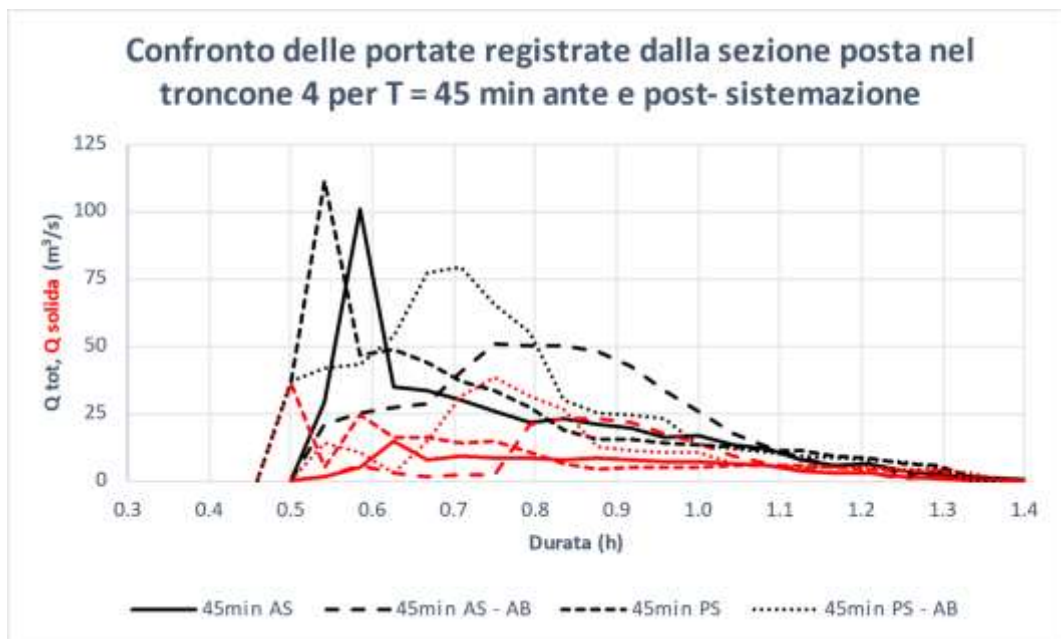


Figura 202. Confronto delle portate ante e post – sistemazione registrate dalle sezioni poste nel troncone 4 per T = 45 min

A differenza della Figura 201 i picchi di portata totale vengono raggiunti prima nel caso delle simulazioni post – sistemazione sia per l'idrogramma solido – liquido BA, che per l'idrogramma solido – liquido AB. Questo spiegato dal fatto, che la colata è caratterizzato da un aumento della sua velocità, anche, grazie all'input delle portate del Bus del Diau, che aumentano la componente liquida del fenomeno.

9.1.4. Simulazioni con T pari a 60 minuti

Come per tutte e tre le durate precedentemente descritte, anche per la durata di precipitazione pari a 60 minuti si riportano per prime le portate registrate in assenza delle opere di mitigazione; poi si inseriscono le portate post – sistemazione, ed infine, si inserisce il confronto ante e post delle sezioni inserite nel troncone 3 e 4.



Figura 203. Confronto delle portate registrate dalle sezioni presenti all'interno del canale nella situazione ante – sistemazione per $T = 60$ min

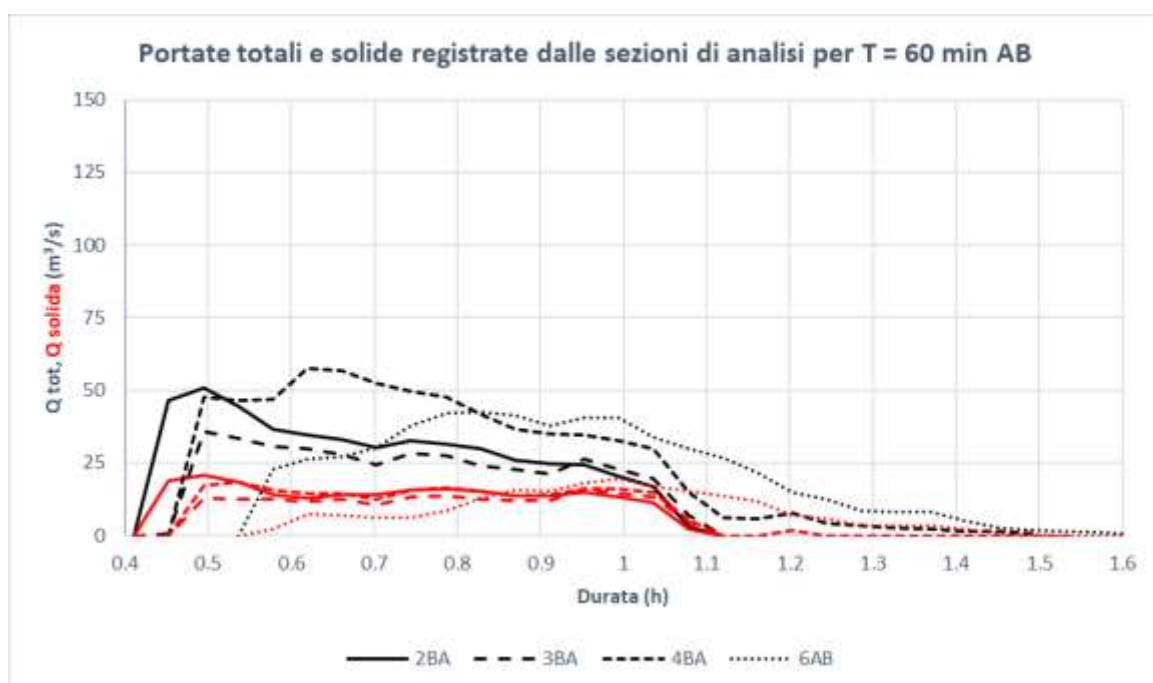


Figura 204. Confronto delle portate registrate dalle sezioni presenti all'interno del canale nella situazione ante – sistemazione AB per $T = 60$ min

La Figura 203 mostra delle portate presentano dei valori, che diminuiscono man mano, che ci si sposta verso l'abitato di Borca di Cadore. Però, nella sezione 6 si registra un aumento del picco spiegato dal fatto, che

l'incremento della portata totale non coincide con quello della portata solida, perché come si nota rimane piuttosto contenuta. La Figura 204 invece, presenta un andamento differente, ovvero, un diminuzione delle portate tra la sezione 2 e 3, spiegata dalla presenza della piazza di deposito alta. Poi si ha un aumento tra la sezione 3 e 4, ed infine, si ha una diminuzione tra la sezione 4 e 6.

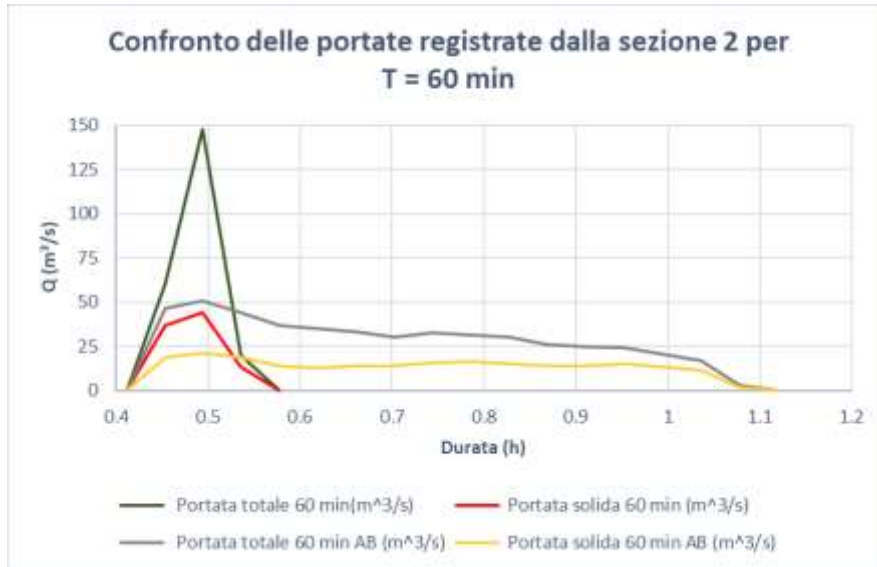


Figura 205. Confronto delle portate registrate dalla sezione 2 – AS

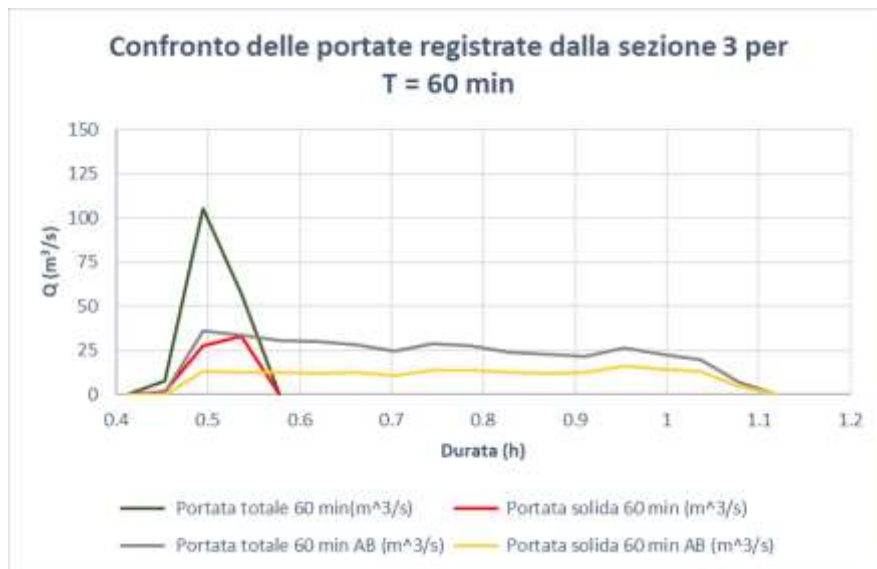


Figura 206. Confronto delle portate registrate dalla sezione 3 – AS

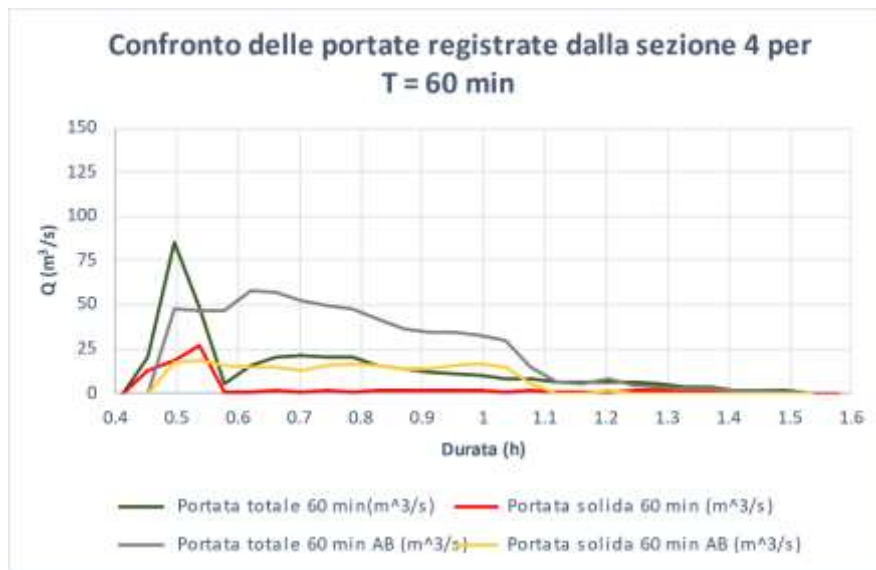


Figura 207. Confronto delle portate registrate dalla sezione 4 – AS

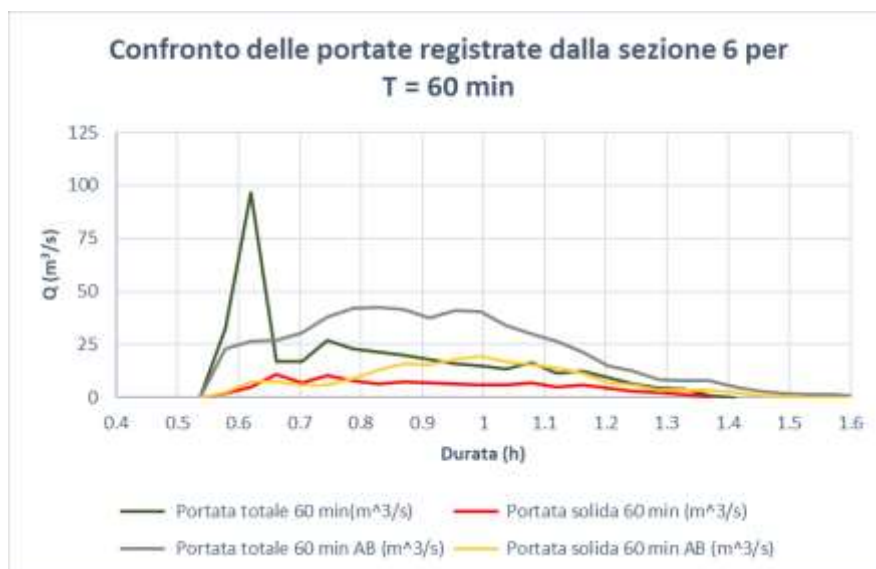


Figura 208. Confronto delle portate registrate dalla sezione 6 – AS

Confrontando la Figura 205, Figura 206, Figura 207 e la Figura 208, si nota che il picco di portata più alto viene sempre registrato dalla simulazione con idrogramma solido – liquido BA. Tra la sezione 3 e 4 si nota un aumento delle portate totali registrate con idrogramma solido – liquido AB. Altra cosa da segnalare è che al picco di portata totale della sezione 6 corrisponde ad una portata solida, molto contenuta e perciò si raggiunge il picco in presenza di un fenomeno caratterizzato da un'alta componente liquida.

Descritto l'andamento delle portate in assenza delle opere, si riporta la stessa analisi effettuata in presenza delle opere di mitigazione, ovvero, la briglia filtrante e la soglia.

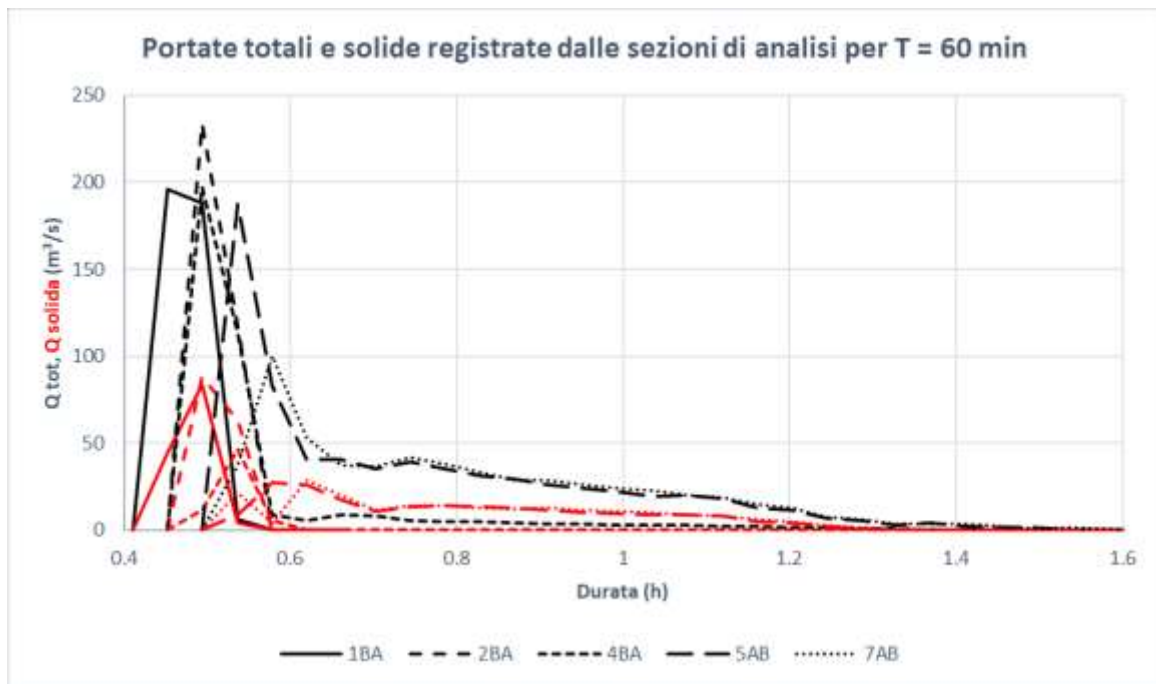


Figura 209. Confronto delle portate registrate dalle sezioni presenti all'interno del canale nella situazione post – sistemazione per $T = 60$ min

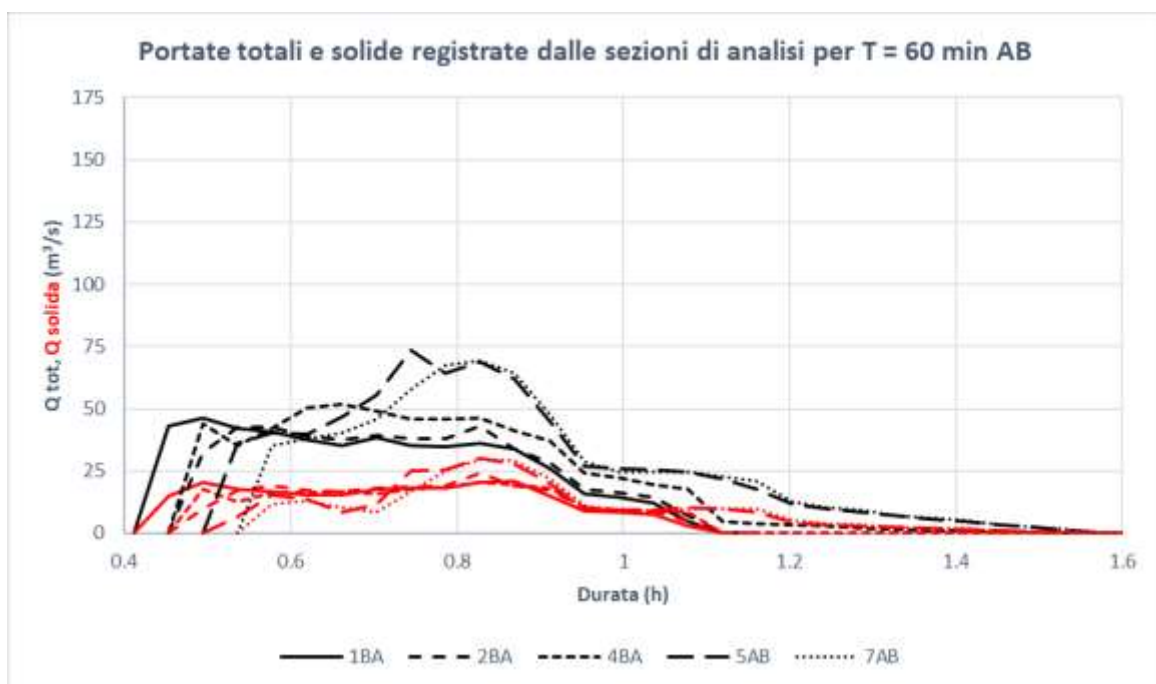


Figura 210. Confronto delle portate registrate dalle sezioni presenti all'interno del canale nella situazione post – sistemazione AB per $T = 60$ min

Come si può notare dalla Figura 209 le portate dalla sezione 1 alla sezione 2 sono caratterizzate da un aumento del valore, spiegato dal fatto, che il bacino di ritenuta si è riempito del tutto e quindi, ad un certo punto non ha più svolto la sua funzione di rallentamento, visto, che il deposito presente ha assunto un angolo tale da non permettere il decremento della velocità del fenomeno. Tra la sezione 2 e 4 si nota una minima riduzione della portata totale, ma con un decremento importante di quella solida. Infine, man mano, che ci si sposta verso la bacino di ritenuta le portate registrate, tendono a diminuire. La Figura 210 invece, presenta un discreto aumento delle portate tra la sezione 1 e 2, per poi diminuire una volta a valle delle briglie filtrante. Questo indica, che

l'opera realizzata ha svolto al meglio il suo compito. Invece, nelle sezioni successive si ha un incremento importante delle portate totali e solide, a causa dell'immissione in alveo delle acque del Bus del Diau.

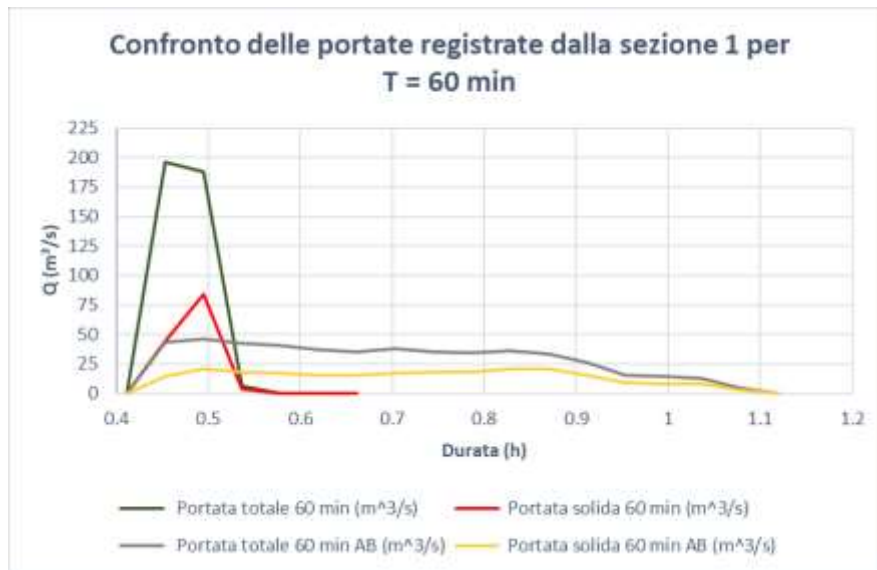


Figura 211. Confronto delle portate registrate dalla sezione 1 – PS

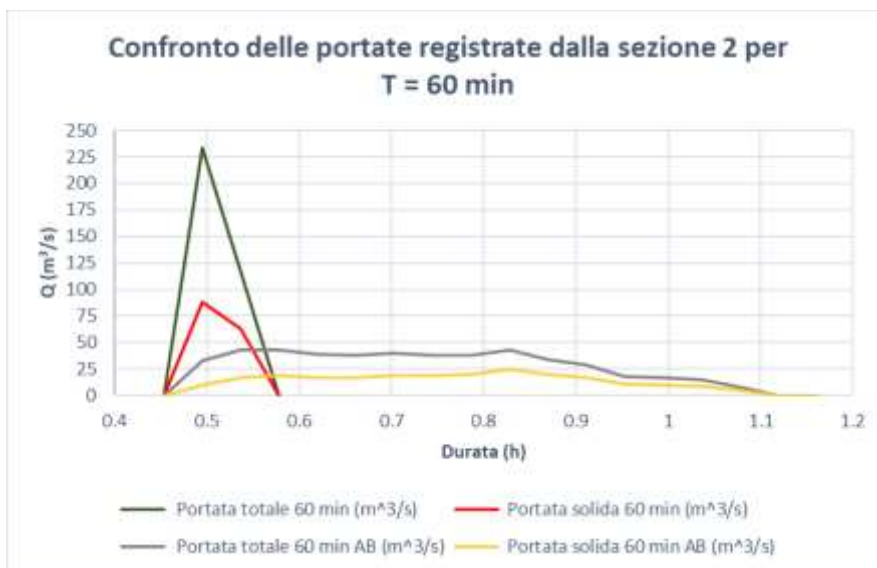


Figura 212. Confronto delle portate registrate dalla sezione 2 – PS

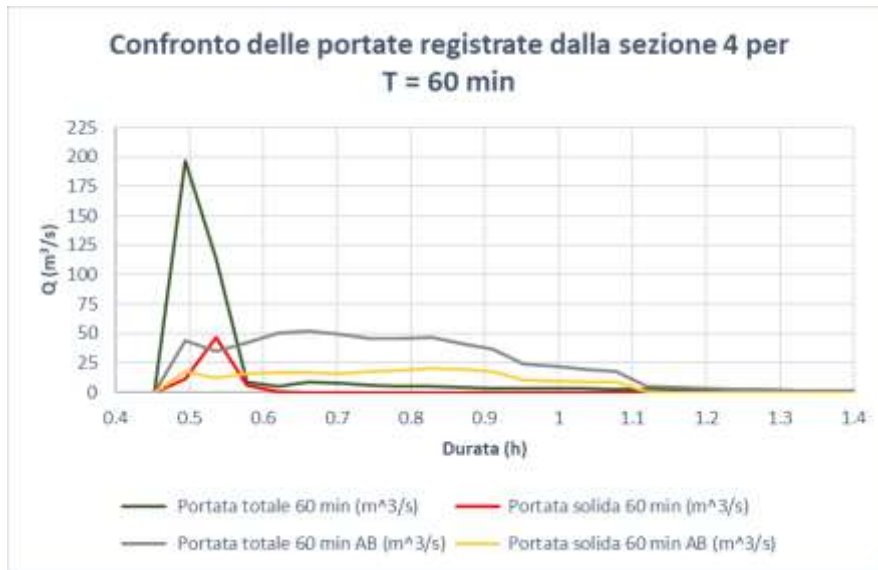


Figura 213. Confronto delle portate registrate dalla sezione 4 – PS

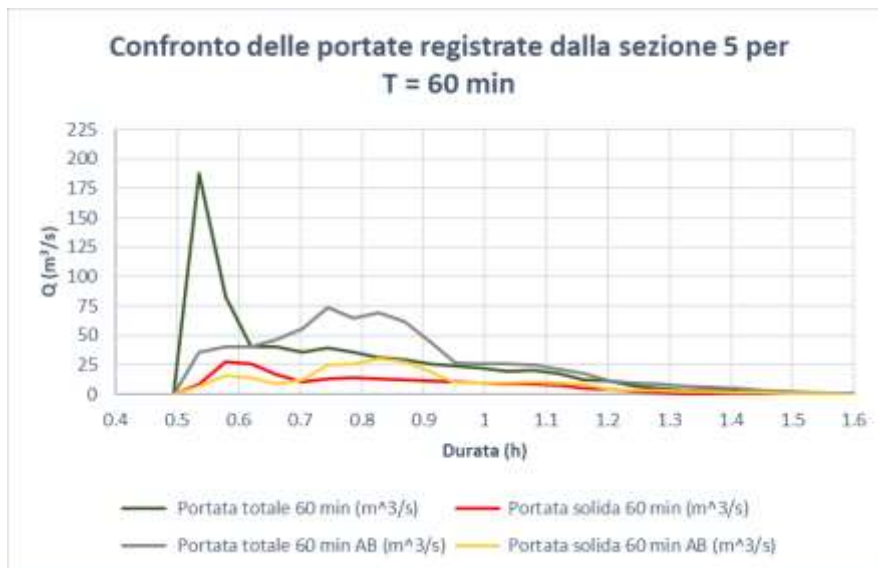


Figura 214. Confronto delle portate registrate dalla sezione 5 – PS

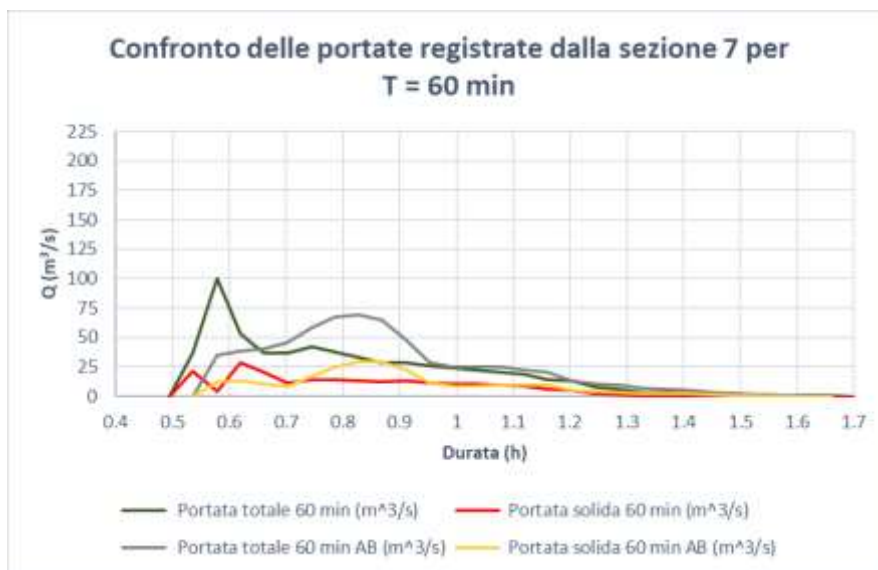


Figura 215. Confronto delle portate registrate dalla sezione 7 – PS

Confrontando le Figura 211, Figura 212, Figura 213, Figura 214 e la Figura 215, si nota che il picco di portata è sempre registrato dalla simulazione con idrogramma solido – liquido BA. Altro elemento degno di nota è che a valle della briglia filtrante, con idrogramma BA, si ha una diminuzione poco significativo delle portate totali, ma al contempo si un decremento importante di quelle solide, indicando, che l’opera ha svolto al meglio il suo compito. In seguito, le portate simulate con idrogramma solido – liquido AB e registrate dalla sezione 5 aumentano a causa dell’emissione in alveo della portate del Bus del Diau. Questo andamento si presenta anche nella sezione posta a valle della soglia, con valori più contenuti sia in presenza dell’idrogramma solido – liquido BA, sia per l’idrogramma solido – liquido AB.

Come detto una volta finita la descrizione delle portate totali e solide in assenza (AS) e presenza (PS) delle opere di mitigazione. Si riportano i confronti tra queste due diverse situazioni, ma solo per le sezioni poste nel troncone 3 e 4.

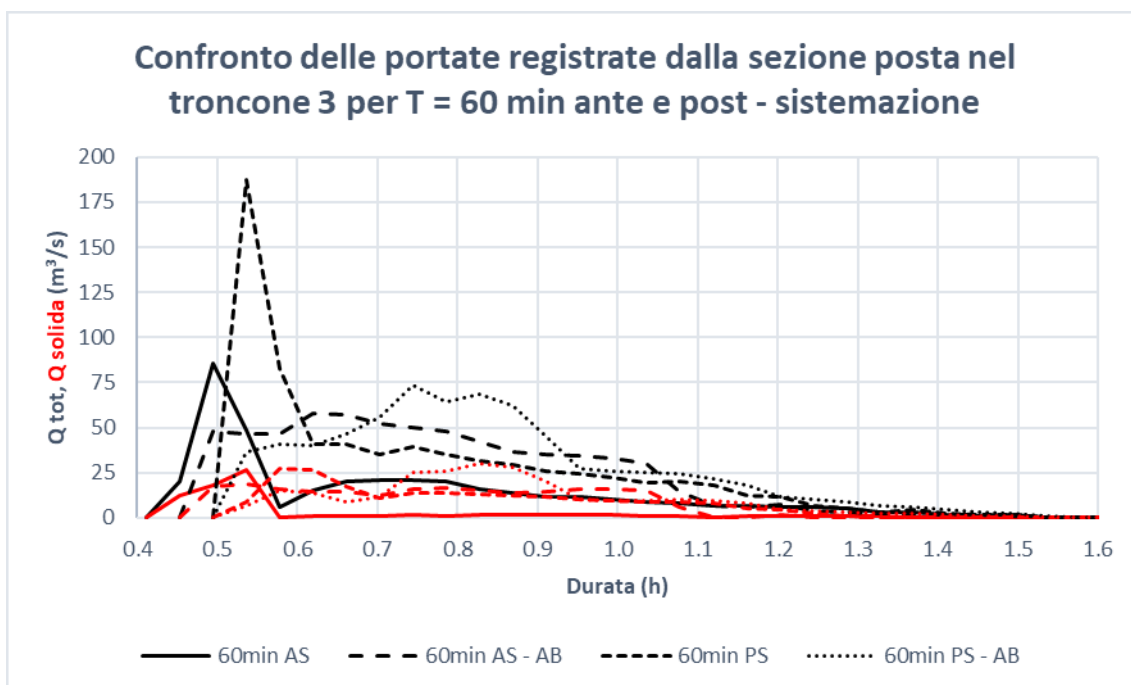


Figura 216. Confronto delle portate ante e post – sistemazione registrate dalle sezioni poste nel troncone 3 per T = 60 min

Dalla Figura 215 è possibile evincere, che il picco nel caso delle simulazioni ante – sistemazione viene raggiunto qualche minuto prima rispetto a quello post; questo spiegato dal fatto, che le portate del Bus del Diau si immettono in canale ad una quota più elevata. Però, come si può notare le portate sono più elevate, anche di un ordine di grandezza, nel caso della situazione con la presenza delle opera di mitigazione, spiegato sempre, dall’abbassamento di quota del punto di immissione del Bus del Diau.

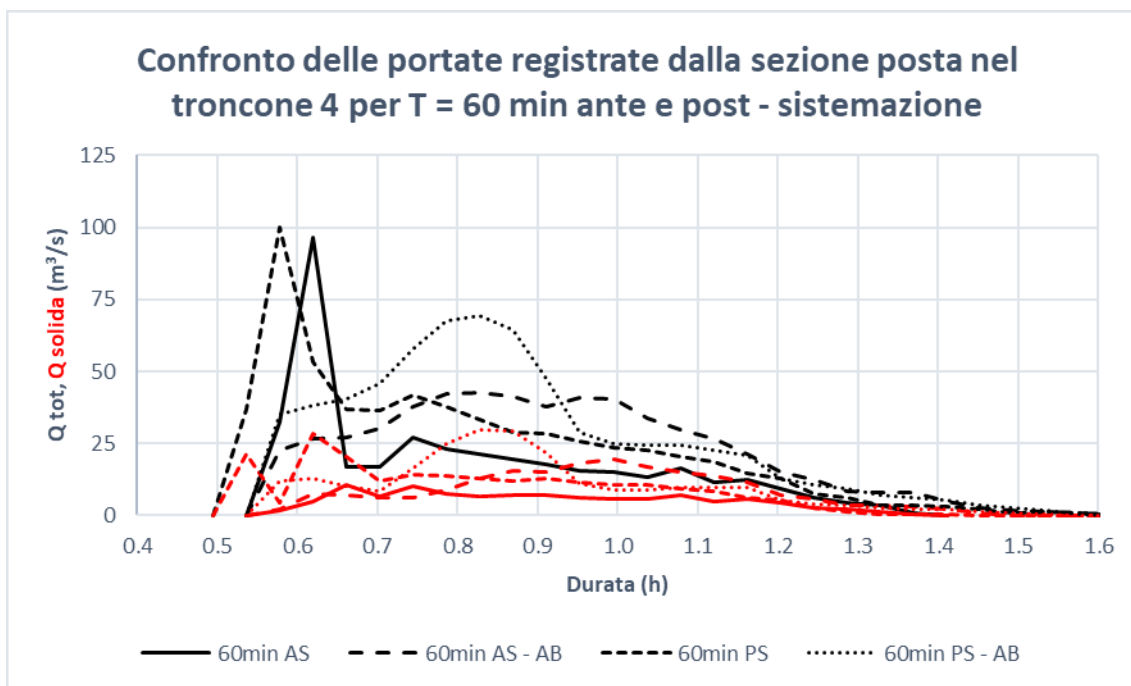


Figura 217. Confronto delle portate ante e post – sistemazione registrate dalle sezioni poste nel troncone 4 per T = 45 min

La Figura 216 mostra, che come per le altre durate di precipitazione, anche per questa durata il picco di portata totale viene raggiunto prima per le due simulazioni in presenza delle opere di mitigazione. Nel caso della simulazione con idrogramma solido – liquido AB coincide con il picco della portata solida, mentre, con l'idrogramma solido – liquido BA, il picco della portata totale coincide con una portata solida molto contenuta.

9.2. Confronto dei volumi

In questo paragrafo si riportano i confronti dei volumi ottenuti dalle diverse simulazioni. Come detto nell'intestazione del capitolo si riportano i paragoni a livello di canale e non di singolo troncone, visto, che quest'ultimi sono già stati inseriti nei capitoli precedenti. Pertanto, questa sezione si articola in questo modo: per prima cosa si riporta il confronto dei volumi per singolo idrogramma solido – liquido per le 4 durate di precipitazione pari a 15 min, 30 min, 45 min e 60 min. Successivamente si effettua il confronto tra i volumi individuati con l'idrogramma solido – liquido IC e l'idrogramma solido – liquido BA, ed infine, si riporta il confronto tra i dati ottenuti con l'idrogramma solido – liquido BA e l'idrogramma determinato mediante le linee guida dell'Autorità di bacino. Ovviamente prima si riportano i confronti ottenuti nella situazione ante – sistemazione e poi si riportano quelli in presenza delle opere di mitigazione.

9.2.1. Confronto dei volumi ante - sistemazione

Per prima cosa si riporta il confronto dei volumi per singolo idrogramma per le quattro durate di precipitazione considerate:

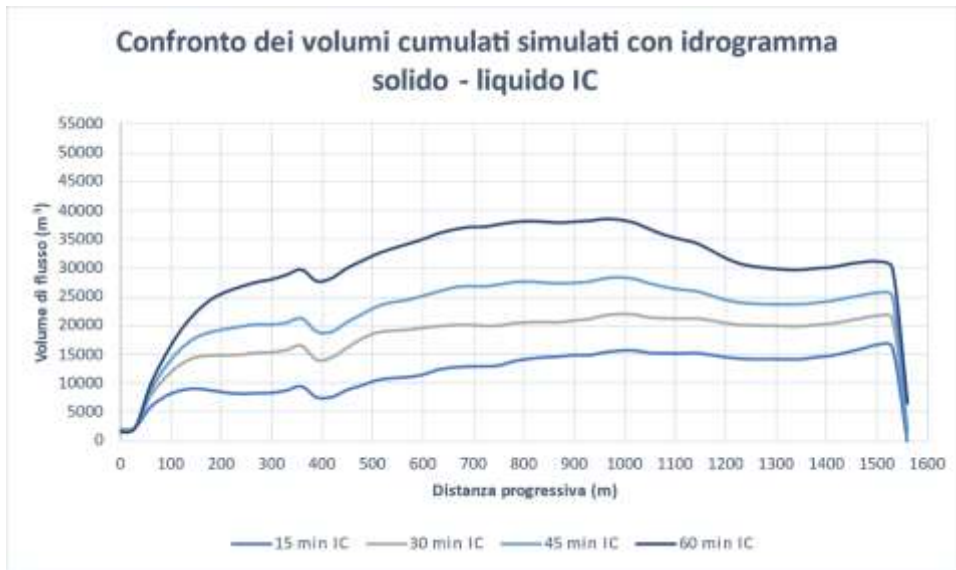


Figura 218. Confronto dei volumi cumulati simulati con idrogramma solido – liquido IC

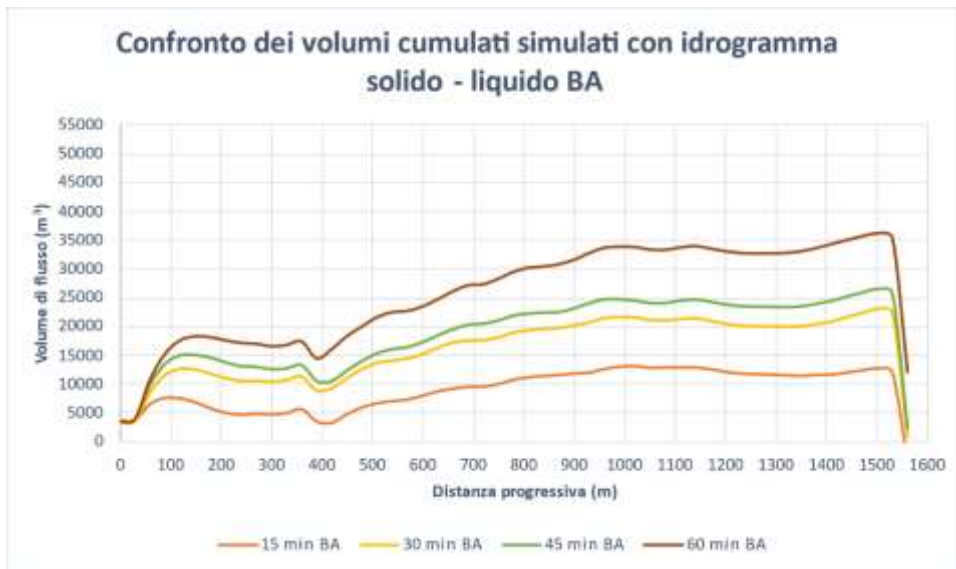


Figura 219. Confronto dei volumi cumulati simulati con idrogramma solido – liquido BA

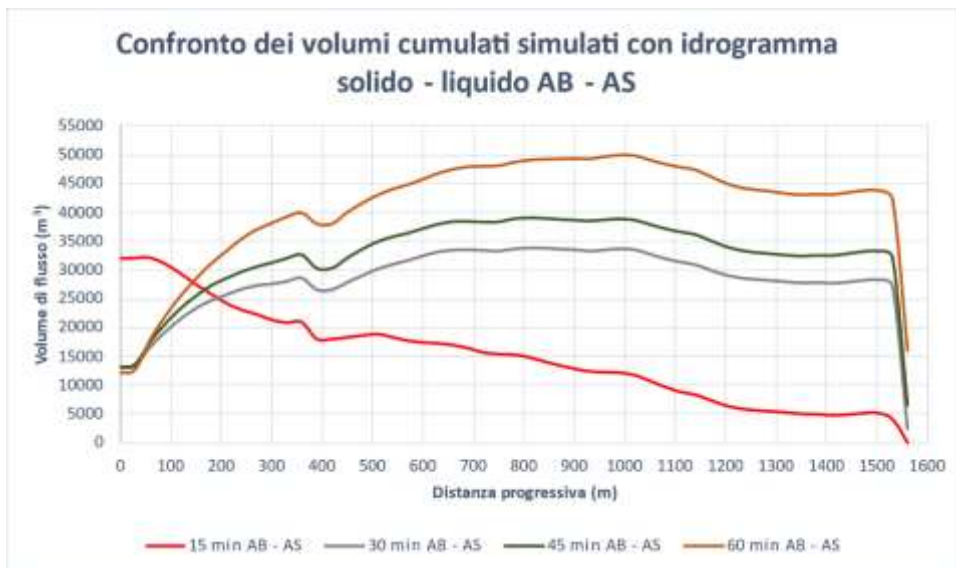


Figura 220. Confronto dei volumi cumulati simulati con idrogramma solido – liquido AB (Autorità di bacino). Per AS si intende la situazione ante - sistemazione

Come si può notare dalla Figura 218 e dalla Figura 219, man mano, che le durate aumentano anche i volumi smossi risultano essere più elevati. Generalmente l'incremento più marcato si registra tra 0 e 300 m e tra 400 e 600 m, ovvero, in quei punti dove il canale risulta essere molto più pendente e dove si registra il punto di immissione in alveo delle portate del Bus del Diau, che vanno ad aumentare la componente liquida disponibile per smuovere materiale. Invece, se si visiona la Figura 220, si ravvisa lo stesso andamento sopra descritto per le durate di 30, 45 e 60 minuti, mentre, per durate pari al tempo di corrivazione del bacino lo sviluppo del volume è molto differente. Come si nota il picco di volume si registra alla sezione di entrata del deflusso indicando, che il fenomeno era già molto carico di sedimento. Man mano, che ci si sposta verso valle, si può vedere, che il volume movimentato diminuisce, rappresentando il fatto, che la colata ha depositato grandi quantitativi di materiale all'interno del canale. Questo indica, che l'attrito tra il materiale e la superficie su cui si muove è superiore alla componente della forza peso nella direzione di movimento.

Di seguito si inseriscono i confronti tra i valori di volume cumulato individuati con l'idrogramma solido – liquido IC e l'idrogramma solido – liquido BA, ed il confronto tra i dati ottenuti con l'idrogramma solido – liquido BA e l'idrogramma determinato mediante le linee guida dell'Autorità di bacino. Si sottolinea, che per maggiore chiarezza si suddivide il confronto in due grafici ben distinti; in uno si riporta il confronto tra i volumi cumulati per durate 15 e 30 minuti, mentre, nel secondo si riporta il raffronto tra 45 e 60 minuti.

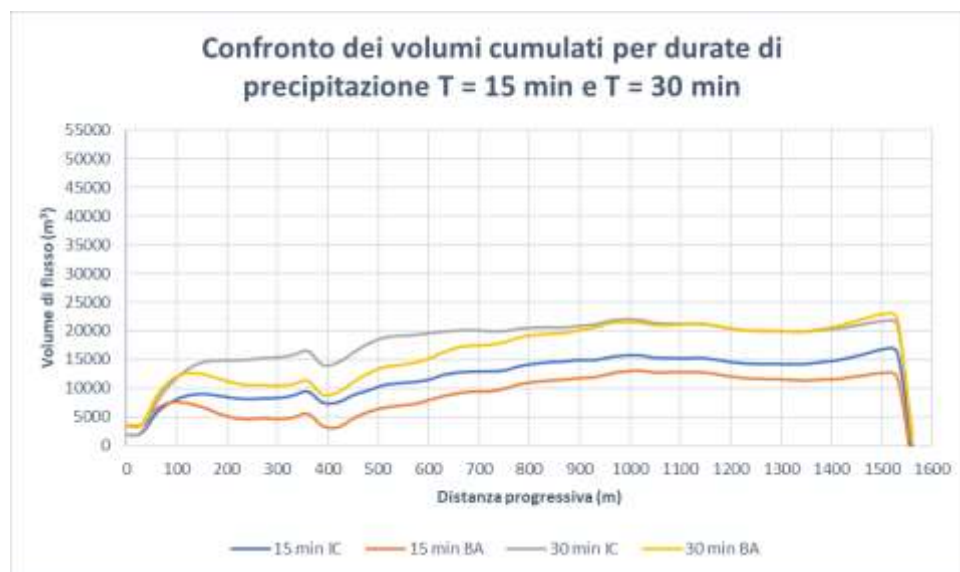


Figura 221. Confronto dei volumi cumulati IC e AB per durate di precipitazione pari a 15 e 30 minuti

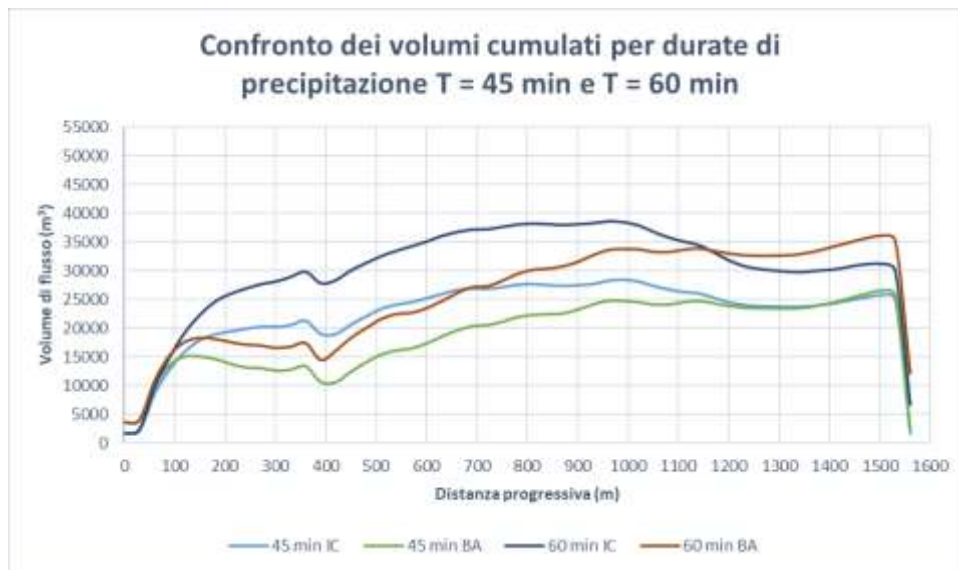


Figura 222. Confronto dei volumi cumulati IC e AB per durate di precipitazione pari a 45 e 60 minuti

La Figura 221 e la Figura 222 mostrano il confronto tra l'idrogramma solido – liquido IC e l'idrogramma solido – liquido BA. Quello che si nota è che i volumi cumulati determinati con idrogramma solido – liquido IC presentano valori, che aumentano molto velocemente all'interno del primo troncone di analisi, mentre, per quelli simulati con l'altro idrogramma si può notare, che raggiunto un picco tendono a diminuire, indicando un maggior deposito di materiale. Superata la piazza di deposito si può vedere, che i volumi cumulati BA sono caratterizzati da incremento repentino, mentre, i volumi cumulati IC presentano un andamento più dolce. Questo pattern continua fino a circa metà terzo troncone, ovvero, dal punto in cui i volumi cumulati BA diventano più elevati (T = 60 min) o simili (T = 30 min e T = 45 min) di quelli simulati con l'idrogramma solido – liquido determinato utilizzando un idrogramma ad intensità costante. Si segnala, però, che le simulazione con T pari al tempo di corrivazione i volumi cumulati determinati con idrogramma solido – liquido BA risultano essere inferiori lungo l'intero canale.

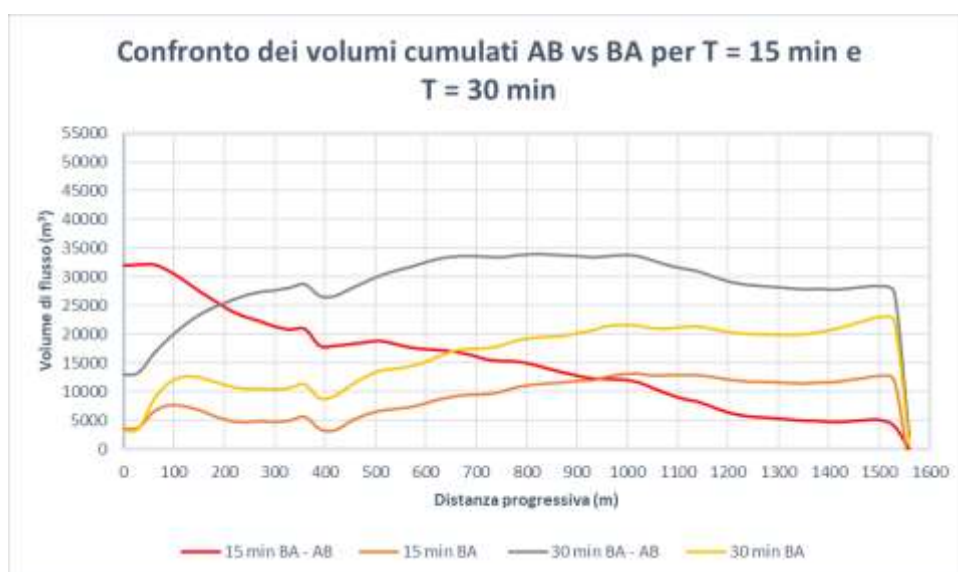


Figura 223. Confronto dei volumi cumulati AB e BA per durate di precipitazione pari a 15 e 30 minuti

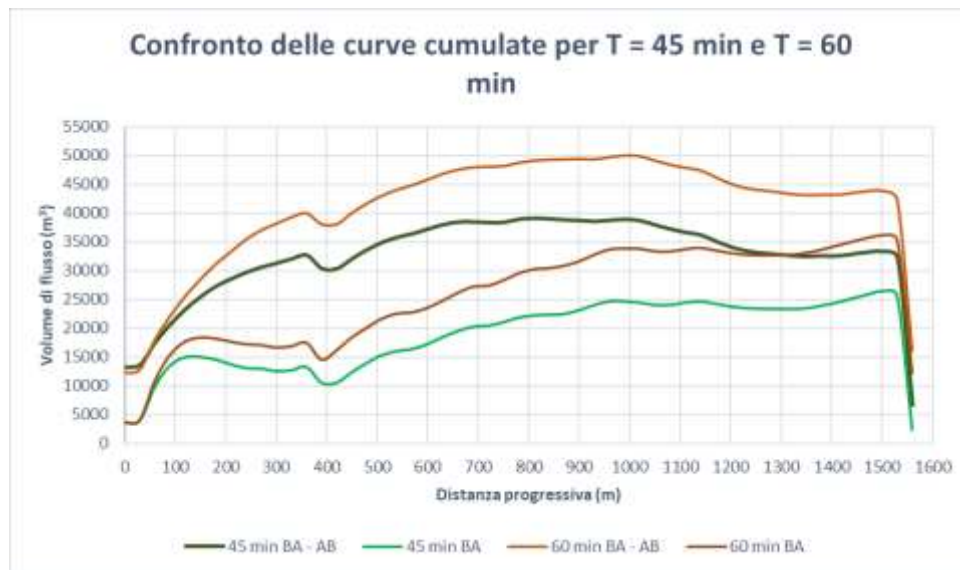


Figura 224. Confronto dei volumi cumulati AB e BA per durate di precipitazione pari a 45 e 60 minuti

La Figura 223 e la Figura 224 rappresentano il confronto dei volumi cumulati in presenza di un'idrogramma solido – liquido BA e con idrogramma solido – liquido determinato secondo le linee guida dettate dall'Autorità di Bacino distrettuale delle alpi orientali (AB). Come si può notare il volume in ingresso delle curve dei volumi cumulati (AB) risultano essere più elevati di circa un ordine di grandezza, spiegato dal fatto, che con questa simulazione la colata entra nell'area di analisi già carica di sedimento. Tutto questo comporta, che i volumi cumulati risultano essere molto più ragguardevoli, rispetto a quelli simulati con l'idrogramma solido – liquido determinato utilizzando un idrogramma a blocchi alterni. L'unica eccezione è rappresentata dalla simulazione per T pari a 15 minuti, ovvero, che se si visiona la Figura 223 si può notare, che la curva è caratterizzata da un decremento dei suoi valori (il contrario rispetto a quelle simulate con le altre durate). Questo può essere spiegato dal fatto, che la colata è così carica di sedimento, che ad un certo punto l'attrito tra il materiale solido e il fondo del canale, risulta essere superiore alla componente della forza peso nella direzione di movimento; perciò, si ha la formazione di deposito, che va a ridurre il volume movimentato dal fenomeno.

9.2.2. Confronto dei volumi post - sistemazione

Come per il confronto in assenza delle opere di mitigazione, anche qui si riportano prima i confronti dei volumi cumulati per singoli idrogrammi:

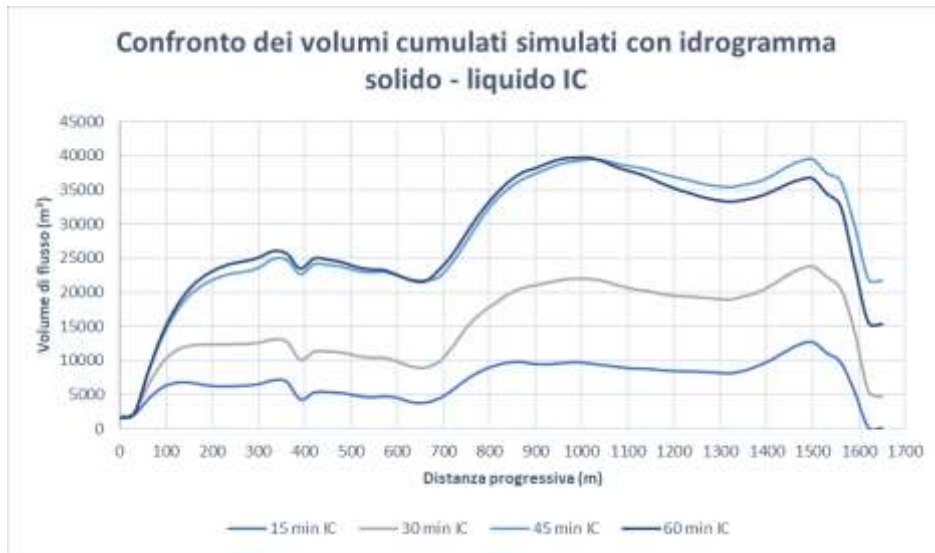


Figura 225. Confronto dei volumi cumulati simulati con idrogramma solido – liquido IC

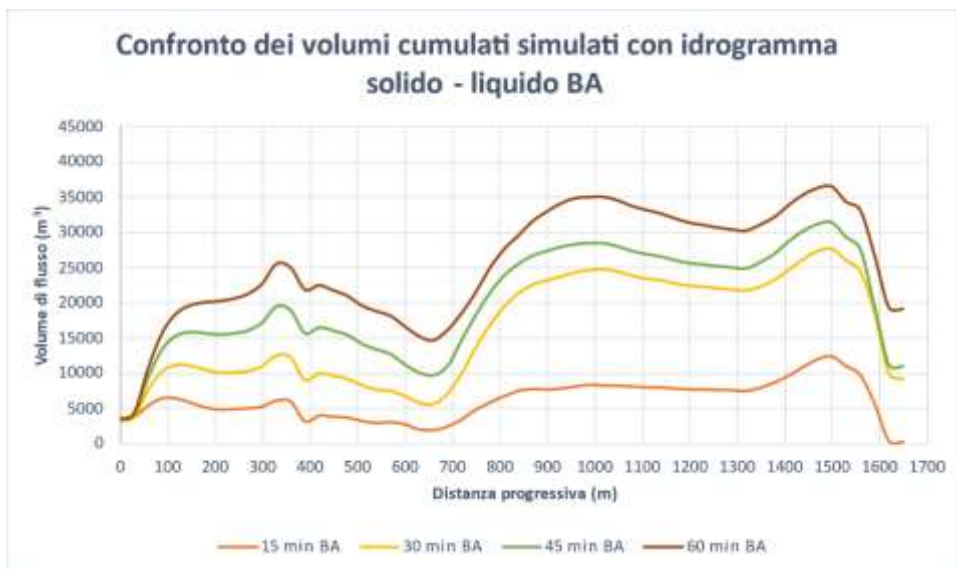


Figura 226. Confronto dei volumi cumulati simulati con idrogramma solido – liquido BA

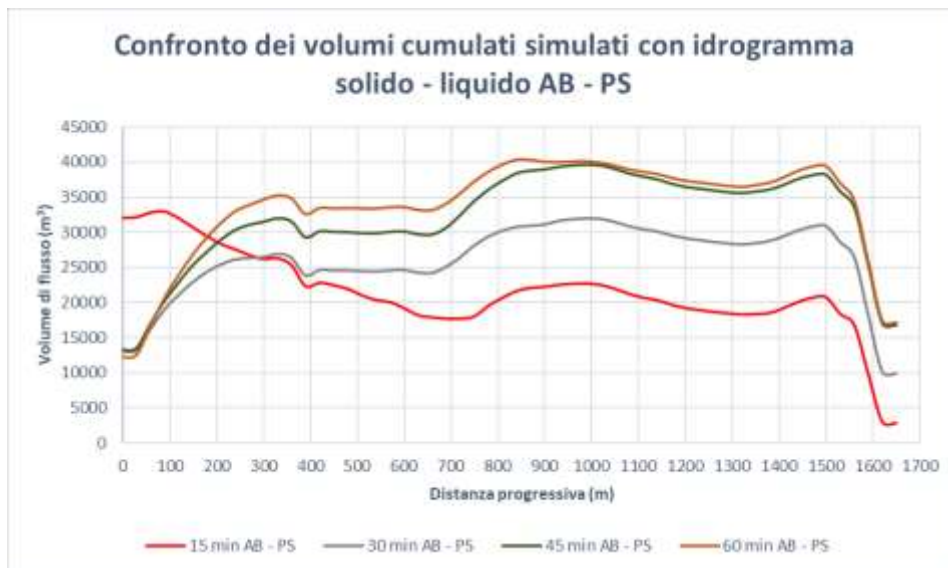


Figura 227. Confronto dei volumi cumulati simulati con idrogramma solido – liquido AB (Autorità di bacino). Per PS si intende la situazione in presenza delle opere di mitigazione

Visionando la Figura 225 e la Figura 226 si può vedere, che più la durata di precipitazione aumenta, maggiori sono i volumi. Questo è spiegato dal fatto, che vi è una maggiore componente liquida, che movimentata il materiale solido. Da notare, in entrambe le immagini, che una volta superata l'area in cui si localizza la briglia filtrante, il volume ha un incremento quasi esponenziale, che diventa più accentuata con durate sempre più elevate. Questo può essere spiegato da due fattori: il primo sono le portate prettamente liquide del Bus del Diau, che si immettono subito a valle dell'opera di mitigazione; il secondo deriva dal fatto, che la briglia riesce a trattenere materiale fino ad un certo punto, cioè, che più l'evento si dilunga e più essa si riempie, fino a quando non è più in grado di laminare il fenomeno, perché a monte il materiale accumulato ha assunto un angolo simile a quello del canale e perciò l'opera non trattiene più sedimento. Altro elemento da segnalare è che in Figura 225 i volumi cumulati per $T = 45$ min e per $T = 60$ min sono praticamente gli stessi, questo indica, che l'idrogramma di input, per durate comprese tra i 45 e 60 minuti è caratterizzato da portate tendenzialmente uguali.

I volumi individuati con l'idrogramma solido – liquido AB (Figura 227) per durate di precipitazione pari a 30, 45 e 60 minuti presentano lo stesso comportamento descritto per le simulazioni con idrogramma solido – liquido IC e BA, con l'unica differenza, che la curva, a valle della briglia filtrante, presenta un incremento molto più contenuto. Spiegato dal fatto, che i volumi interessati sono molto importanti fin da subito. Invece, per la simulazione con T pari a 15 minuti il comportamento del fenomeno è diverso. Ovvero, che la curva cumulata è caratterizzata da una decrescita dei suoi volumi fino al tratto sistemato, indicando che lungo questo pezzo di canale la colata detritica ha depositato materiale. Però, nel momento in cui si ha l'immissione in alveo delle portate del Bus del Diau, l'azione erosiva del fenomeno torna ad aumentare, a causa del fatto, che si ha un input di componente liquida e quindi l'attrito tra il materiale solido e il fondo del canale, risulta essere inferiori alla componente della forza peso nella direzione di movimento.

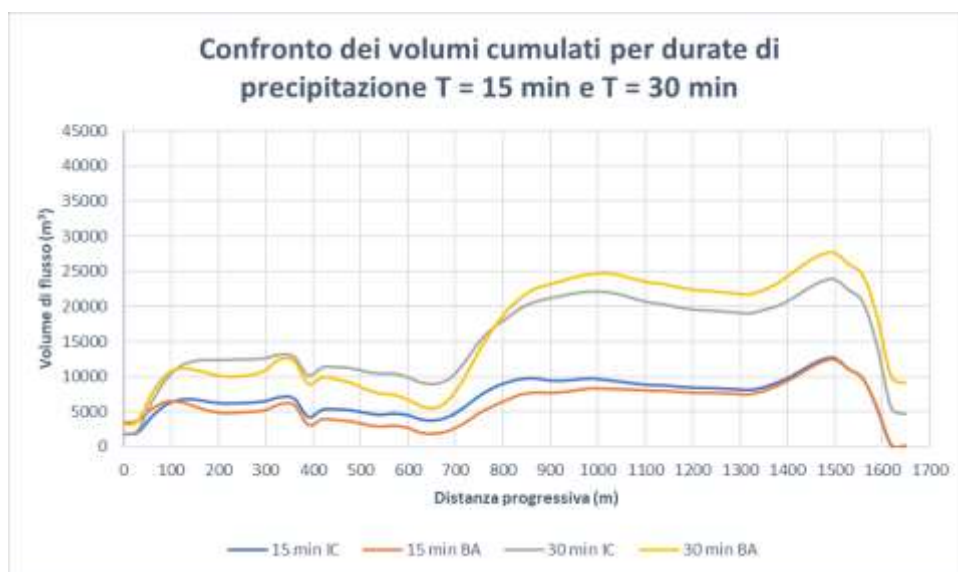


Figura 228. Confronto dei volumi cumulati IC e AB per durate di precipitazione pari a 15 e 30 minuti

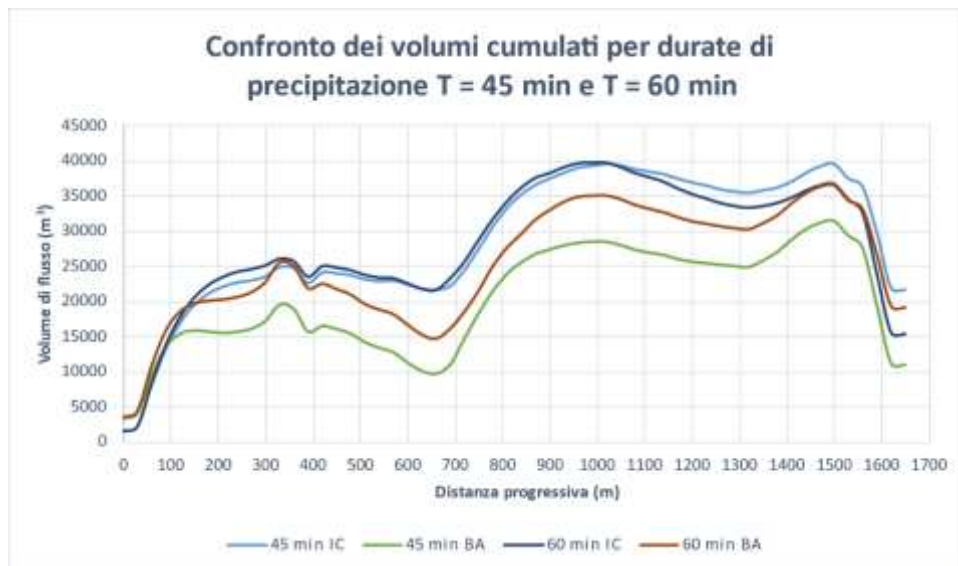


Figura 229. Confronto dei volumi cumulati IC e AB per durate di precipitazione pari a 45 e 60 minuti

Analizzando la Figura 228 si può notare che per $T = 15$ minuti i volumi smossi risultano essere leggermente più marcati per quelli simulati con idrogramma solido – liquido IC. Invece, per $T = 30$ minuti sono inizialmente più importanti con idrogramma solido – liquido IC (indicando, che scava di più), mentre, da fine secondo troncone in poi i volumi movimentati sono più alti in presenza di un idrogramma solido – liquido BA. Visionando la Figura 229 si segnala che i volumi, simulati con idrogramma solido – liquido determinato mediante un idrogramma ad intensità costante, risultano essere più elevati rispetto a quelli con idrogramma solido – liquido BA. Inoltre, si ravvisa che nel caso della simulazioni con idrogramma solido – liquido BA la briglia filtrante riesce a svolgere il proprio compito in maniera più efficace. Questa affermazione è verificata dal fatto, che le due curve presentano un decremento del volume molto più accentuato tra la piazza di deposito alta e il tratto di recente sistemazione.

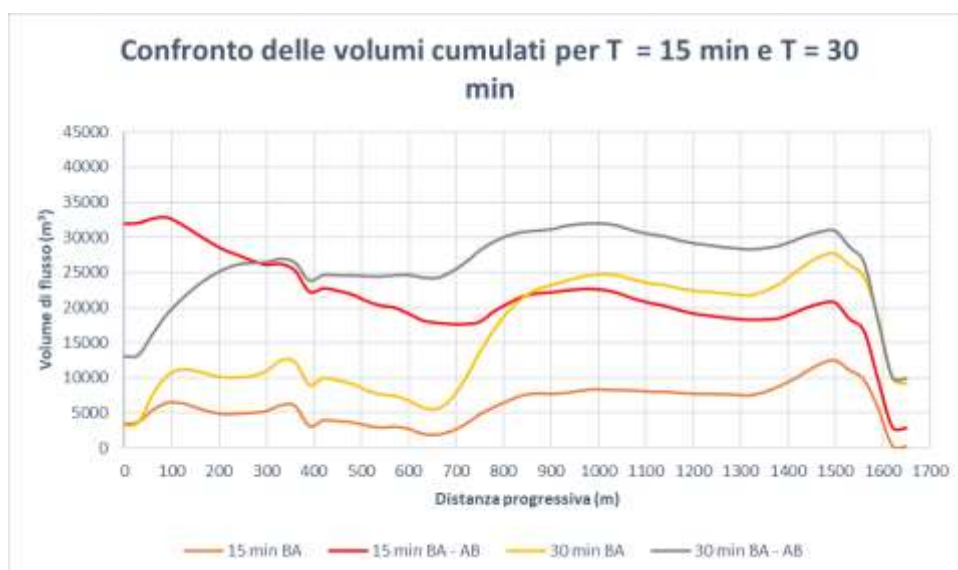


Figura 230. Confronto dei volumi cumulati AB e BA per durate di precipitazione pari a 15 e 30 minuti

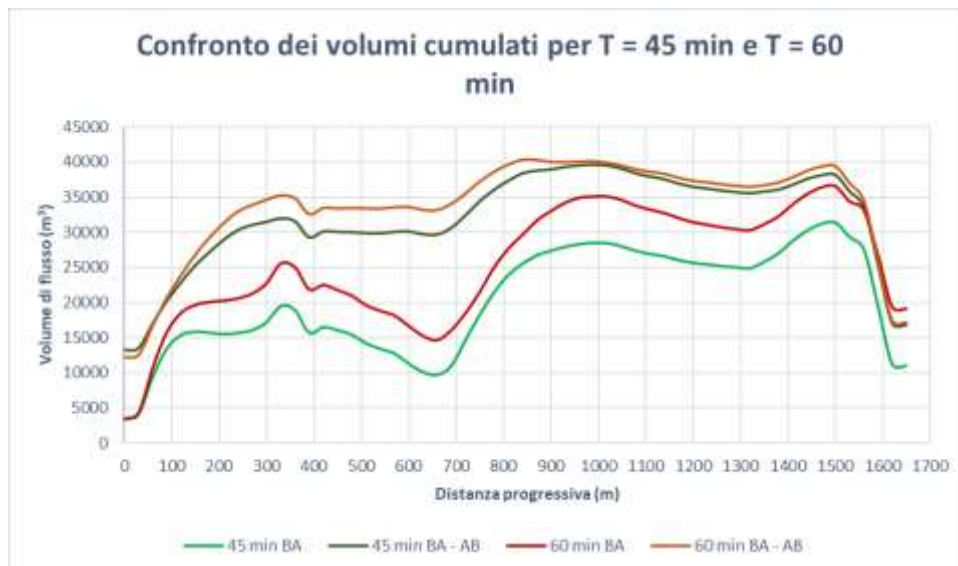


Figura 231. Confronto dei volumi cumulati AB e BA per durate di precipitazione pari a 45 e 60 minuti

La Figura 230 e la Figura 231 descrivono il raffronto dei volumi cumulati in presenza di un'idrogramma solido – liquido BA e di un idrogramma solido – liquido determinato secondo le linee guida dettate dall'Autorità di Bacino distrettuale delle alpi orientali (AB). Come si può notare il volume solido di input delle curve dei volumi cumulati AB risultano essere più grandi di un ordine di grandezza rispetto a quelli determinati in presenza di un colata con concentrazione solida massima al picco e nulla nel corpo e nella coda. Questa situazione genera dei volumi cumulati che risultano molto più considerevoli, rispetto a quelli simulati con l'idrogramma solido – liquido BA. Addirittura, per $T = 45$ minuti, i volumi cumulati, simulati con l'idrogramma solido – liquido dell'autorità di bacino, risultano essere più elevati di quelli determinati dall'idrogramma solido – liquido BA per $T = 60$ minuti.

L'unica eccezione è rappresentata dalla simulazione per T pari a 15 minuti. Visionando la Figura 230 si può intuire, che la curva è caratterizzata da un decremento dei suoi valori (il contrario rispetto a quelle simulate con le altre durate). Questo può essere spiegato dal fatto, che la colata è così carica di sedimento, che ad un certo punto l'attrito tra il materiale solido e il fondo del canale, risulta essere superiore alla componente della forza peso nella direzione di movimento; perciò, si ha la formazione di deposito, che va a ridurre il volume movimentato dal fenomeno. Però, le erosioni riprendono forza una volta superato la briglia a causa dell'entrata in alveo delle portate liquide del Bus del Diau, che aumentano la componente liquida del fenomeno.

10.CONCLUSIONI

Dal confronto dei risultati tra l'idrogramma solido – liquido determinato utilizzando uno ietogramma ad intensità costante e l'idrogramma solido – liquido individuato mediante ietogramma a blocchi alterni in assenza delle opere di mitigazione emerge, che dal punto di vista della comparazione visiva il canale risulterà essere maggiormente eroso nel caso di una simulazione con idrogramma IC, soprattutto all'interno del primo e secondo troncone di analisi. Spiegato dal fatto, che man mano, che la precipitazione aumenta di durata maggiore sarà il tratto di canale completamente eroso. Invece, nel terzo e quarto troncone le erosioni risultano essere più marcate con idrogramma solido – liquido BA soprattutto lungo le sponde e questo fa sì, che man mano, che ci si sposta verso valle il divario tra le curve che rappresentano i volumi cumulati diminuisce, fino a quando i volumi BA diventano più elevati e questo accade sempre per durate di precipitazione superiori a 20 minuti. Per quanto riguarda le portate si può affermare, che in presenza di un idrogramma solido – liquido IC, come input del modello, i picchi totali e solidi vengono raggiunti sempre qualche minuto prima rispetto a quelli con idrogramma BA, però, in quest'ultimo caso i valori risulteranno essere sempre superiori a volte anche di un ordine di grandezza.

Invece, nel caso delle simulazioni in presenza delle opere di mitigazione, si può affermare, che per il primo troncone di analisi l'andamento erosioni – depositi rimane invariato se confrontato con quello ottenuto ante – sistemazione. La situazione cambia dal secondo troncone in poi, cioè, che a monte della briglia filtrante le erosioni risulteranno essere molto contenute, mentre, i depositi risulteranno essere più marcati indicando, che l'opera è stata in grado di trattenere materiale. A valle dell'opera, fino a durate di precipitazioni di 30 minuti, non si riscontreranno forma di deposito indicando, che la briglia ha laminato tutto quello, che è arrivato. Per durate superiori si nota del deposito poiché l'opera risulta essere quasi o completamente riempita. Questo può essere confermato dal fatto, che se si confronta il grafico delle portate registrate dalle sezioni di analisi poste a valle e a monte dell'opera, emerge che, all'aumentare della durata di precipitazione, la differenza tra le portate totali diminuisce. Inoltre, inizialmente le portate solide sono molto ridotte per durate basse, ma con durate alte, queste aumentano indicando il fatto, che l'opera viene riempita ed il materiale solido tracima. Usciti dal tratto sistemato si hanno erosioni, che interessano ampie porzioni del canale (fine troncone 2) e buona parte delle sponde (troncone). Comunque, dal confronto, dei risultati con idrogramma solido – liquido IC e idrogramma solido – liquido BA, si può affermare, che una volta superato il tratto sistemato erosioni e depositi presentano andamento pressoché simili, con l'unica differenza che le portate presentano picchi più elevati con idrogramma BA.

Dal confronto tra ante e post – sistemazione si può dire, che nel primo troncone di analisi l'andamento del fenomeno è lo stesso visto, che il canale non subisce variazioni. Mentre, quello, che cambia è l'andamento da secondo troncone in poi. Nella situazione ante il punto di immissione del Bus del Diau è posto subito a valle della piazza di deposito alta, questo comporta, che le sue portate liquide possono interessare una maggiore porzioni di canale. Invece, nella situazione sistemata il punto di immissione è stata abbassato però subito a valle di questa zona si hanno delle fortissime erosioni, che aumentano così il volume della colata. Nel terzo

troncone di analisi le erosioni risultano essere più accentuate nella post – sistemazione perché la colata presenta una maggiore forza erosiva dovuta allo spostamento a valle dell'immissione del Bus de Diau. Nel quarto troncone si ravvisa, che i depositi a valle delle ponte risultano essere molto più marcati nella situazione sistemata, grazie la presenza della soglia posta sotto il ponte, che va a ridurre la pendenza del canale. Dalla soglia in poi le erosioni risultano essere meno marcate nella situazione ante – sistemazione spiegato dal fatto, che il debris flow in questa condizione presenta una minore velocità e forza.

Per quanto riguarda il bacino di ritenuta, posto a protezione dell'abitato di Borca di Cadore, si può notare, che per durate pari a 15 e 20 minuti non risulta essere completamente riempito, mentre, per le altre durate di precipitazione (30, 40, 45, 50 e 60 minuti) risulta esserlo. Questo fa sì che per durate di precipitazioni inferiori ai 20 minuti il sistema difensivo ante – sistemazione risulta essere in grado di proteggere l'abitato di Borca. Mentre, per durate superiori ai 30 minuti si è notato, che a valle del bacino di ritenuta si formano depositi ed erosioni, il che significa che la colata ha esondato ed ha interessato gli elementi antropici sottostanti. Si riporta inoltre, che all'aumentare della durata dell'evento, aumenta il volume solido-liquido che esonda e di conseguenza i danni, che il debris flow potrà generare. In presenza delle opere di mitigazione (briglia filtrante posta a metà troncone due e la soglia posta nel troncone 4), si riscontra, che il bacino di ritenuta risulta essere riempito senza che avvengano esondazioni, e quindi il sistema difensivo progettato svolge al meglio il suo compito.

Quanto appena detto è confermato dal confronto tra i volumi generati dal fenomeno. Se si considera la variazione netta di volume emerge che nel primo troncone l'andamento è lo stesso, mentre, se si visiona il secondo troncone si nota che in assenza delle opere le erosioni sono importanti fin sotto la piazza di deposito alta, ma spostandosi verso valle diventano via via sempre più contenute, lasciando maggiore spazio al deposito. Invece, con l'alveo sistemato si ha prima deposito di sedimento, poi a valle della briglia, per un breve tratto forti erosioni, che coincidono con un aumento importante del volume della colata. Nel terzo e quarto troncone l'andamento è più o meno simile tra ante e post – sistemazione, con l'unica differenza, che nella situazione post, a valle della soglia le erosioni sono più marcate. Visionando il volume trattenuto dal bacino di ritenuta si può evincere, che nella situazione ante – sistemazione il quantitativo di materiale, che arriva all'interno dell'opera risulta essere sempre più elevato rispetto alla quantità di sedimento che ha raggiunto il bacino di ritenuta nella simulazione con le opere di mitigazione. Questo indica, che l'intervento di sistemazione ha ridotto la quantità di materiale, che arriva nel bacino evitando così una fuoriuscita di materiale. Visionando le curve che rappresentano il volume cumulato si evince, che la presenza della briglia filtrante e l'abbassamento del punto di immissione del Bus del Diau sono interventi fondamentali per ridurre il volume della colata di quei 5.000 – 15.000 m³ di materiale, che evitano così una fuoriuscita del fenomeno una volta entrato nel bacino di ritenuta.

Dal confronto delle portate e dei volumi generati in presenza di una colata con concentrazione solida massima al picco e nulla nel suo corpo e coda (idrogramma solido – liquido BA) e in presenza di una colata con concentrazione solida massima al picco e decrescente fino alla coda (idrogramma solido – liquido PGRA) è

emerso quanto segue. Nel caso delle portate, si evince, che quelle generate con colata con idrogramma solido – liquido BA presenta valori superiori anche di un ordine di grandezza, rispetto all'altro fenomeno, poi superato questo momento iniziale le portate totali e solide decrescono molto velocemente fino ad attestarsi su valori molto bassi. Il debris flow con concentrazione solida decrescente (idrogramma solido – liquido PGRA), non raggiunge elevati durante la propagazione (se comparati con l'altro fenomeno), però se si valuta il tutto ad una scala temporale molto più elevata emerge, che la colata ha mobilitato un maggior quantitativo di materiale detritico in termini di volume. Questo si evince dal fatto che valori di portata prossimi al valore picco sono stati registrati per un arco temporale più lungo. Visionando i volumi si conferma quanto detto, perché per tutte le durate di precipitazione (tranne per la durata di = 15 minuti) i volumi mobilitati sono molto più elevati in presenza di una colata individuata mediante idrogramma solido – liquido PRGA perché al loro ingresso nel dominio di calcolo risultavano essere già cariche di sedimento. Questo avviene sia in assenza che in presenza delle opere di mitigazione. Come scritto precedentemente, per durate pari a 15 minuti l'andamento è diverso, ovvero, che la curva è caratterizzata da un decremento dei suoi valori (il contrario rispetto a quelle simulate con le altre durate). Questo può essere spiegato dal fatto, che la colata è così carica di sedimento, che ad un certo punto l'attrito tra il materiale solido e il fondo del canale, risulta essere superiore alla componente della forza peso nella direzione di movimento; perciò, si ha la formazione di deposito, che va a ridurre il volume movimentato dal fenomeno. Invece, in presenza delle opere di mitigazione si ha inizialmente lo stesso andamento, ma superata la briglia filtrante, non si ha più riduzione del volume, ma un suo incremento causato dall'aumento della componente liquida generata dall'immissione in alveo delle portate del Bus del Diau.

Riassumendo si può dire che le erosioni tra ante e post – sistemazione sono pressoché identiche nel primo troncone. Nel terzo e quarto l'andamento è simile tra le due diverse situazioni con l'unica differenza, che risultano essere più marcate in presenza delle opere di mitigazione, spiegato dal fatto, che il debris flow, in questi punti e in questa situazione di canale, presenta velocità e forza più elevate. Per quanto riguarda il secondo troncone di analisi l'andamento delle azioni erosive è fortemente influenzato dall'immissione in alveo delle portate prettamente liquide del Bus del Diau, perché in base a dove si pone le erosioni risultano essere comunque, molto elevate (lungo l'intero tratto in assenza delle opere e considerevoli a valle della briglia in presenza delle sistemazioni). Comunque, concludendo si può dire, che le opere di mitigazione installate in canale (briglia filtrante e soglia) permettono un decremento importante dei volumi smossi dalla colata e quindi si ha un aumento della protezione delle abitazioni poste a valle del canale oggetto di studio.

11.RINGRAZIAMENTI

Finalmente dopo due anni di studio magistrale e tanto tempo passato a scrivere sono giunto a questo momento della mia tesi e questo è motivo di grande orgoglio personale. Per arrivare a questo punto ho dovuto affrontare moltissimi ostacoli che con l'aiuto delle persone che mi circondano e che ho incontrato in questi anni di università sono sempre riuscito a superare. Pertanto, vorrei ringraziare prima di tutto la mia famiglia che mi ha sempre sostenuto e spinto in questo percorso universitario. Ringrazio anche gli amici incontrati a Legnaro, che per me rappresentano una seconda famiglia visto, che in questi cinque anni abbiamo passato tanti bei momenti insieme. Infine, ringrazio il professor Carlo Gregoretti, l'Ingegnere Martino Bernard e l'Ingegnere Matteo Barbini per l'opportunità datami di sviluppare questo argomento (per me frutto di grande interesse), per la loro pazienza e per la loro grande disponibilità nel fornirmi spiegazioni o aiuto nel momento del bisogno.

12. BIBLIOGRAFIA

- Armanini, A., Fraccarollo, L., & Rosatti, G. (2009). Two-dimensional simulation of debris flow in erodible channels. *Computers and Geosciences*(35(5)), 993 - 1006.
- Autorità di bacino delle Alpi Orientali. (s.d.). *Aggiornamento e revisione del Piano di Gestione del Rischio Alluvionale*.
- Bates, PD, & De Roo A.P.J. (2000). A simple raster-based model for flood inundation simulation. *Journal of Hydrology*(236), 54-77.
- Berger, C., McArdell, B.W., & Schlunegger, F. (2011). Direct measurement of channel erosion of debris flow, Illgraben, Switzerland. *Journal of Geophysical Research*, 116, F01002, doi:10.1029/2010JF001722.
- Bernard, M., Boreggio, M., Degetto, M., & Gregoretti, C. (2019). Model-based approach for design and performance evaluation of works controlling stony debris flow with an application to a case study at Rovina di Cancia (Venetian Dolomites, Northeast Italy). *Scienze of the Total Environment*, 1373-1388.
- Beven, K. (2002). Runoff generation in semi - arid areas. *Dryland Rivers: Hydrology and Geomorphology of Semi - Arid Channels*, 57-105.
- Borga, M., Boscolo, P., & Sangati, M. (2007). Hydrometeorological analysis of the 29 August 2003 flash floods in the Eastern Italian Alps. *J. Hydrometeorol.*, 8(5), 1049-1067.
- Botter, G., & Rinaldo, A. (2003). Scale effect on geomorphological and kinematic dispersion. *Water Resour. Res.*, 39(10), 1286. doi:10.1029/2003WR002154
- Brufau, P., Garcia-Navarro, P., Ghilardi, P., & Savi, F. (2000). 1-D mathematical modelling of debris flow. *Journal of Hydraulic Research*, 38(6), 435-446.
- Casagli, N., & Lanzoni, S. (2016). Perizia relativa al procedimento penale N.1341/2010 RGNR.
- Chen, J., Arlenn, A.H., & Urbano, L.D. (2009). A GIS-based model for urban flood inundation. *Journal of Hydrology*, 373, 184-192.
- Chiang, S.H., Chang, K.T., Mondini, A.C., Tsai, B.W., & Chen, C.Y. (2012). Simulation of event-based landslides and debris flow at watershed level. *Geomorphology*(138), 306-318.
- Courant, R., Fredrichs, K., & Lewy, H. (1967). On the partial difference equations of mathematical physics. *IBM Journal*, 215-334.
- D'Agostino, V. (2021). *Slide lezioni di Fluviomorfologia*.
- Egashira, S., & Ashida, K. (s.d.). Sediment transport in steep slope flumes. *Proc. of Roc Japan Joint Seminar on Water Resources*.
- Egashira, S., Honda, N., & Itoh, T. (2001). Experimental study on the entrainment of bed material into debris flow. *Physics and Chemistry on Earth*(26(9)), 646-650.
- Frank, F., McArdell, B.W., Huggel, C., & Vieli, A. (2015). The importance of entrainment and bulking on debris flow runout modeling: examples from the Swiss Alps. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*(15), 2569-2583. doi:10.5194/nhess-15-2569-2015
- Gregoretti, C. (2019). *Slide Lezioni*.
- Gregoretti, C., & Dalla Fontana G. (2008). The triggering of debris flow due to channel-bed failure in some alpine headwater basins of the Dolomites: analyses of critical runoff. *Hydrological Processes*(22), 2248-2263.

- Gregoretti, C., Barbini, M., Bernard, M., & Boreggio, M. (2021). Modello a celle bifase per la propagazione idraulica di colate di detrito - Manuale di Tutorial.
- Gregoretti, C., Bernard, M., & Boreggio, M. (2020). Modellazione a celle bifase per la propagazione idraulica di colate di detrito - Manuale di riferimento.
- Gregoretti, C., Degetto, M., & Boreggio, M. (2016). GIS-based cell model for simulating debris flow runout on a fan. *Journal of Hydrology*, 534, 326-340. doi:10.1016/j.jhydrol.2015.12.054
- Gregoretti, C., Degetto, M., Bernard, M., Crucil, G., Pimazzoni, A., De Vido, G., . . . Lanzoni, S. (2016a). Runoff of small rocky headwater catchments: Field observations and hydrological modeling. *Water Resources Research*. doi:10.1002/2016WR018675
- Gregoretti, C., Stancanelli, M.L., Bernard, M., Boreggio, M., Degetto, M., & Lanzoni, S. (2019). Relevance of erosion processes when modelling in-channel gravel debris flow for efficient hazard assessment. *Journal of Hydrology*(569), 575-591. doi:10.1016/j.jhydrol.2018.10.001
- Grimaldi, S., Petroselli, A., & Nardi, F. (2012). A parsimonious geomorphological unit hydrograph for rainfall - runoff in small ungauged basins. *Hydrol. Sci. J.*, 73-83. doi:10.1080/02626667.2011.636045
- Grimaldi, S., Petroselli, A., & Romano, R. (2013). Green - Ampt Curve - Number procedure as an empirical tool for rainfall - runoff modelling in small and ungauged basins. *Hydrol. Processes*, 27, 1253-1264. doi:10.1002/hyp.9303
- Horrit, M.S., & Bates, P.D. (2001). Effects of spatial resolution on a raster based model of flood flow. *Journal of Hydrology*(253), 239-249.
- Iverson, R. M. (2012). Elementary theory of bed-sediment entrainment by debris flows and avalanches. *Earth surface*, 117, 1-17. doi:10.1029/2011JF002189
- Jordan, M. (1994). *Debris flows in the Southern Coast Mountains, British Columbia: Dynamic Behaviour and Physical Properties*. Vancouver, BC: PhD. thesis, University of British Columbia.
- Lanzoni, S., Gregoretti, C., & Stancanelli, L.M. (2017). Coarse-grained debris flow dynamics on erodible beds. *J. Geophys. Res. Earth Surf.*(122). doi:10.1002/2016JF004046
- Leopold, L. B., & Maddock Jr., T. (1953). The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications. *Geol. Surv. Prof. Pap.*, 252, 156.
- Li, X., Contreras, S., Sole-Benet, A., Canton, Y., Domingo, F., Lazaro, R., . . . Puigdfabergas, J. (2011). Controls of infiltration - runoff processes in Mediterranean karst rangelands in SE Spain. *Catena*, 86, 98-109.
- Mantovani, F., Pasuto, A., & Silvano, S. (2002). Definition of the elements at risk and mitigation measures on the Cancia debris flow (Dolomites, Northeastern Italy). *Engineering Geology for Developing Countries*, 16-20.
- Marchi, L., Brunetti, M.T., Cavalli, M., & Crema, S. (2019). Debris flow volumes in Northeastern Italy: relationship with drainage and size probability. *Earth Surface and Landforms*(44), 933-943.
- Mascarenhas, F.C.B., & Miguez, M.G. (2002). Urban flood control through a mathematical cell model. *Water International IWRA*(27(2)), 208-218.
- Medina, V., Hurlimann, M., & Bateman, A. (2008). Application of FLATModel, a 2D finite volume code to debris flows in the northeastern part of the Iberian Peninsula. *Landslide*, 5, 127-142.
- Miguez, M.G., Canedo de Magalhaes, L.P., & Vellozo D'Alterio, C.F. (2009). Planning and design of urban flood control measures: assessing effect combination. *Journal of Urban Planning and Development ASCE*(135(3)), 100-109.

- Orladini, S., & Rosso, R. (1996). Diffusion wave modeling of distributed catchment dynamics. *J. Hydrol. Eng.*, 1(3), 103-113. doi:10.1061/(ASCE)1084-0699(1996)1:3(103)
- Panizza, M., Piacente, S., Silvano, S., Siorapes, C., Toffoletto, F., & Bozzo, G.P. (1998). La frana di Borca di Cadore (Belluno) del 7 agosto 1996. *Mem. Soc. Geol. It.*, 53, 465-478.
- Papa, M., Egashira, S., & Itoh, T. (2004). Critical condition of bed sediment entrainment due to debris flow. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 4, 469-474. doi:10.5194/nhess-4-469-2004
- Rengers, F. K., McGuire, L. A., Kean, J. W., & Hobbly, D.E. (2016). Model simulations of flood and debris flow timing in steep catchments after wildfire. *Water Resour. Res.*, 52, 6041-6061. doi:10.1029/2015WR018176
- Riccardi, G.A. (1997). The mathematical modelling of flood propagation for delineation of flood risk zones. Sustainability of water resources under increasing uncertainty. *Proceedings of the Rabat Symposium IAHS(240)*.
- Scheidl, C., & Rickenman, D. (2010). Empirical prediction of debris-flow mobility and deposition fans. *Earth Surface Processes and Landforms*(35), 157-173.
- Stolz, A., & Huggel, C. (2008). Debris flows in the Swiss National Park: the influence of different flow models and varying DEM grid size on modeling results. *Landslide*(5), 311-319. doi:10.1007/s.10346-008-0125-4
- Takahashi, T. (2007). Debris flows: mechanics, prediction and countermeasures.
- Tognacca, C. (1999). Beitrag zur Doctoral Thesis, ETH Zurich.
- Tognacca, C., Bezzola, G.R., & Minor, H.E. (2000). Threshold criterion for debris flow initiation due to channel-bed failure. In: debris flow Hazards Mitigation: Mechanics Prediction and Assessment . *Wieczorek & Nasser Eds.*, 89-97.
- Zanobetti, D., Lorgere, H., Preissman, A., & Cunge, J.A. (1970). Mekong Delta mathematical program construction. *Journal of Waterways and Harbour Division ASCE*(96(2)), 181-199.