

Piano dell'Area Fluviale Alta Val Venosta

Pericoli idraulici

Relazione tecnica

patscheiderpartner
ENGINEERS

10.03.2009 Redatto da: Dr. Ing. Corrado Lucarelli, Dr. Ing. Matteo Paternolli, Dipl. Ing. Martin Eschgfäller
Version: 2 Verificato da: Dr. Ing. Walter Gostner



Indice

1	Dati generali	15
2	Documentazione di progetto	15
3	Premessa	20
3.1	Il Piano dell'Area Fluviale Alta Val Venosta.....	20
3.2	Gli obiettivi del progetto.....	21
3.3	Il modulo „Pericoli idraulici“.....	22
3.4	Pericoli idraulici.....	22
3.4.1	Generalità.....	22
3.4.2	Alluvione.....	22
3.4.3	Erosione spondale.....	23
3.4.4	Debris flow (Colate detritiche).....	23
3.5	L'area di studio.....	24
3.6	Struttura della relazione.....	24
4	Procedure per la determinazione dei pericoli idraulici	25
4.1	Riferimenti normativi.....	25
4.2	Metodologia di lavoro.....	25
4.2.1	Generalità.....	25
4.2.2	Identificazione dei pericoli e loro documentazione.....	25
4.2.3	Valutazione dei pericoli ed elaborazione di una carta dei pericoli e dei rischi.....	26
4.2.4	Pianificazione degli interventi.....	26
5	Dati di base	27
5.1	Fonti e tematismi.....	27
5.2	Software applicativi.....	28
5.3	Note illustrative specifiche.....	28
6	Documentazione eventi	29
6.1	Fiumi di fondovalle.....	29
6.2	Torrenti primari.....	39
6.3	Torrenti secondari.....	48
7	Impostazioni metodologiche	49
7.1	Descrizione dei corsi d'acqua.....	49
7.1.1	Fiumi di fondovalle.....	49
7.1.2	Torrenti primari.....	52
7.1.3	Torrenti secondari.....	65
7.2	Idrologia.....	72
7.2.1	Generalità.....	72
7.2.2	Fiumi di fondovalle.....	73

2

7.2.3	Torrenti primari	85
7.2.4	Torrenti secondari	100
7.3	Topografia	112
8	Valutazioni idrauliche	112
8.1	Generalità	112
8.2	Fiumi di fondovalle	115
8.2.1	Fiume Adige	115
8.2.2	Rio Saldura	117
8.2.3	Rio Solda	120
8.2.4	Rio Puni	121
8.2.5	Rio Ram	123
8.2.6	Modellazioni	124
8.3	Torrenti primari	126
8.3.1	Metodologia di studio delle colate detritiche	126
8.3.2	Modellazioni	128
8.3.3	Rio Allitz (A.340)	129
8.3.4	Rio Tanas (A. 365)	133
8.3.5	Rio di Cinigo (A.410.20)	133
8.3.6	Rio di Tarces (A.410.20.5)	134
8.3.7	Rio Montechiaro (A.405.5)	135
8.3.8	Rio Renner	136
8.3.9	Rio Cavallaccio (A.405)	138
8.3.10	Rio Schmelz (A.400.5)	143
8.3.11	Rio Cerin (A.390)	144
8.3.12	Rio Cengles (A.375)	145
8.3.13	Rio Lasa	147
8.3.14	Riassunto	151
8.4	Torrenti secondari	152
8.4.1	Fossato Spondigna	153
8.4.2	Rio Plazut (A.415)	153
8.4.3	Rio Pavile (A.405.5.5)	154
8.4.4	A.395.5	154
8.4.5	A.390.5.5	155
8.4.6	Rio Nico (A.390.5)	155
8.4.7	Rio di Pseg (A.385)	156
8.4.8	Rio di Dietrocastello (A.380)	157
8.4.9	Rio del Dosso (A.380.5)	157
8.4.10	Rio di Stellan (A.380.5.5)	158

8.4.11	Rio di Dosso (A.360).....	158
8.4.12	A.360.5.....	159
8.4.13	Valle di Gravara	159
8.4.14	Riassunto	160
9	Risultati e descrizione delle Zone di Pericolo.....	161
9.1	Generalità.....	161
9.1.1	Definizione dei livelli di pericolo idraulico.....	161
9.1.2	Zonazione dei pericoli idraulici.....	162
9.1.3	Classificazione del rischio specifico	163
9.2	Prodotti finali.....	164
9.3	Fiumi di fondovalle	165
9.3.1	Fiume Adige (A)	165
9.3.2	Rio Saldura (A.410.5).....	167
9.3.3	Rio Puni (A.410).....	168
9.3.4	Rio Ram (A.420).....	171
9.3.5	Rio Solda (A.400)	172
9.4	Torrenti primari	173
9.4.1	Rio Allitz (A.340)	173
9.4.2	Rio Tanas (A.365).....	174
9.4.3	Rio di Cinigo (A.410.20)	175
9.4.4	Rio di Tarces (A.410.20.5).....	176
9.4.5	Rio Montechiaro (A.405.5)	177
9.4.6	Rio Renner	177
9.4.7	Rio di Cavallaccio (A.405)	178
9.4.8	Rio Schmelz (A.400.5).....	179
9.4.9	Rio Cerin (A.390).....	180
9.4.10	Rio Cengles (A.375).....	180
9.4.11	Rio Lasa (A.355)	182
9.5	Torrenti secondari	183
9.5.1	Fossato Spondigna.....	183
9.5.2	Rio Plazut (A.415)	183
9.5.3	Rio Pavile (A.405.5.5)	183
9.5.4	A.395.5	183
9.5.5	A.390.5.5	184
9.5.6	Rio Nico (A.390.5).....	184
9.5.7	Rio di Pseg (A.385).....	184
9.5.8	Rio di Dietrocastello (A.380).....	185
9.5.9	Rio del Dosso (A.380.5)	185

4

9.5.10 Rio di Stellan (A.380.5.5)	186
9.5.11 Rio di Dosso (A.360).....	186
9.5.12 A.360.5.....	186
9.5.13 Valle di Gravara	186
9.6 Carta del rischio specifico.....	187
10 Pianificazione degli interventi	187
11 Riassunto	187
Bibliografia	190
Fonti Internet.....	193
Interviste e consulenze.....	194

Elenco delle Tabelle

Tabella 1. Documenti di progetto in formato cartaceo.....	19
Tabella 2. Documenti di progetto in formato digitale.....	19
Tabella 3. Dati digitali per la Committenza per l'aggiornamento dei database interni.	19
Tabella 4. Elaborazione statistiche dei massimi annuali di portata registrati presso Spondigna.	75
Tabella 5. Portate di picco sull'Adige per diversi tempi di ritorno in corrispondenza delle confluenze principali.	77
Tabella 6. Subregioni individuate nella procedura di Rosso e De Michele (2000) e valori di progetto dei coefficienti.....	80
Tabella 7. Valori dei limiti di confidenza del fattore di crescita per alcuni valori salienti del periodo di ritorno T.....	80
Tabella 8. Riassunto dei dati idrologici determinati per i fiumi di fondovalle.	85
Tabella 9. Anni di osservazione per le stazioni utilizzate per piogge di lunga durata.....	86
Tabella 10. Anni di osservazione per le stazioni utilizzate per piogge di grande intensità.....	87
Tabella 11. Risultati dell'analisi statistica secondo Gumbel, con un fattore di crescita di 1.25.	87
Tabella 12. Precipitazioni calcolate con il metodo dei blocchi alternati, per la durata di 1h ed un tempo di ritorno di 100 anni.....	89
Tabella 13. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio Allitz.	90
Tabella 14. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio Tanas.....	91
Tabella 15. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio di Cinigo.	92
Tabella 16. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio di Tarces.....	93
Tabella 17. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio Montechiaro.	94
Tabella 18. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio Cavallaccio.....	96
Tabella 19. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio Cerin.....	98
Tabella 20. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio Lasa.	99
Tabella 21. Portate liquide di picco e volumi liquidi dei torrenti primari oggetto di studio.....	100
Tabella 22. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il fossato di Spondigna.	101
Tabella 23. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio Plazut.	102
Tabella 24. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio Pavile.....	103
Tabella 25. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio A.395.5.....	104
Tabella 26. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio A.390.5.5.....	104
Tabella 27. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio Nico.	105
Tabella 28. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio di Pseg.....	106
Tabella 29. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio di Dietrocastello.....	107

6

Tabella 30. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio del Dosso.....	108
Tabella 31. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio di Stellan.	109
Tabella 32. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio di Dosso.....	109
Tabella 33. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio A.360.5.....	110
Tabella 34. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio della Valle di Gravara.	111
Tabella 35. Portate liquide di picco e volumi di piena dei torrenti secondari studiati.	112
Tabella 36. Laminazione delle portate a monte di Glorenza sul rio Puni.....	123
Tabella 37. Valori del coefficiente di Manning in relazione agli usi del suolo (O'Brien, 2007).	125
Tabella 38. Albero di rischio per la valutazione della probabilità di inondazione in seguito all'ostruzione del ponte di Allitz.....	132
Tabella 39. Valori di progetto assunti per il rio Renner.	137
Tabella 40. Volumi stimati per eventi di progetto ultracentenari sul rio Cavallaccio.	142
Tabella 41. Valori di picco delle colate detritiche di progetto conseguenti a dam break sul Cavallaccio.	142
Tabella 42. Valori di progetto assunti per il rio Schmelz.....	143
Tabella 43. Portate solide in ingresso nella briglia di trattenuta al variare del tempo di ritorno sul rio Cengles.	145
Tabella 44. Valori di progetto a valle della seconda briglia nel tratto urbano di Cengles.....	146
Tabella 45. Valori assunti nello scenario di dam-break sul rio Lasa.....	149
Tabella 46. Portate totali e volumi di progetto calcolati per i torrenti primari studiati.	152
Tabella 47. Portate totali e volumi di progetto per i torrenti secondari.....	161
Tabella 48. Tabella dei valori di soglia e dell'intensità per pericoli idraulici (Direttive Provinciali, 2008).	162
Tabella 49. Classificazione dei fenomeni geomorfologici considerati nel presente studio (BUWAL, 1995).	165

7

Elenco delle Figure

Figura 1. Procedimento relativo all'identificazione dei pericoli, alla loro valutazione ed alla pianificazione delle misure (BWW, 1997).	26
Figura 2. Carta topografica dell'Alta Val Venosta tra Lasa e Glorenza con l'indicazione delle rettifiche effettuate (1825).	30
Figura 3. Alcune immagini della realizzazione del bacino di Resia, a destra il lago oggi.....	30
Figura 4. Testimonianza dell'alluvione del 1885 presso la "Malsertor" a Glorenza.	31
Figura 5. Gli eventi alluvionali del 1983 a Lasa.....	31
Figura 6. Immagini dell'alluvione del 6 agosto 1985.....	32
Figura 7. Due immagini delle esondazioni del 1987: a sinistra 18-20 luglio, a destra 24-28 agosto.	32
Figura 8. Localizzazione delle frane e delle colate avvenute nella valle di Planoil nel 1983 (Brugger e Marseiler, 1987).	33
Figura 9. Frequenza degli eventi alluvionali causati dal rio Puni nei centri di Glorenza e Malles Venosta.	33
Figura 10. La colata detritica che ha ostruito il rio Ram nel 1983 e la conseguente inondazione di Rivaira (Rifair).	34
Figura 11. Aerofotogramma del 28-29 settembre 1983.	34
Figura 12. Alcune immagini delle sistemazioni effettuate in territorio svizzero sul rio Ram.....	35
Figura 13. Alcune immagini della piena del 1987.....	36
Figura 14. Confronto tra la vecchia e la nuova cunetta nel tratto terminale del rio Solda.....	37
Figura 15. La grande briglia di trattenuta sul rio Saldura dopo gli eventi del 1983.	38
Figura 16. Tracce evidenti di dissesto idrogeologico nel bacino imbrifero del rio Saldura.....	38
Figura 17. Estratto dell'aerofotogramma scattato in data 29 settembre 1983.....	39
Figura 18. Eventi censiti nel bacino del Gadria.	40
Figura 19. Le operazioni di svuotamento del bacino di ritenuto sul Gadria nell'ottobre 1997.	41
Figura 20. Le conoidi di deiezione dei torrenti Allitz e Tanas tra Lasa e Oris.....	41
Figura 21. Il rio di Cinigo a monte del campeggio ed il piccolo bacino di laminazione delle portate.	43
Figura 22. Alcune immagini della colata detritica del 1983 a Montechiaro.....	44
Figura 23. Smottamenti del novembre 2000.	44
Figura 24. Alcune immagini della colata detritica del maggio 1983 sul rio Cerin.	46
Figura 25. Serie storica degli eventi censiti sul Cengles sino al 2000.....	47
Figura 26. Depositi delle colate del 1999 nell'Ontaneto di Cengles e l'alveo del torrente scavato dalle colate.	47
Figura 27. La conoide di deiezione della Valle di Gravara ed un tratto vegetato del rio del Dosso.	48

Figura 28. Alcune immagini del Fiume Adige nella zona oggetto di studio: (a) a monte della confluenza con il rio Ram, (b) dal ponte tra Oris e Cengles, (c) a Lasa.50

Figura 29. Alcune immagini (a) della Valle di Solda, (b) della Valle di Trafori (c) e della conoide del Solda a Prato allo Stelvio.....50

Figura 30. Alcune immagini del rio Ram nel tratto di studio51

Figura 31. Il rio Puni (a) a Malles Venosta, (b) a Glorenza e (c) a monte della confluenza con l’Adige.51

Figura 32. Due immagini del corso superiore e medio del rio Saldura ed il tratto canalizzato a Sluderno. 52

Figura 33. Alcune immagini del tratto inferiore del rio Allitz.....52

Figura 34. Sistemazioni nel tratto superiore e nel bacino del Gatria.53

Figura 35. Sistemazioni nel tratto inferiore del rio Tanas, bacino di trattenuta e briglia filtrante.54

Figura 36. Immagini dei tributati superiori del bacino del rio Tanas.54

Figura 37. Alcune immagini delle strutture presenti lungo il corso del rio Cinigo.55

Figura 38. Alcune immagini del rio Tarces.56

Figura 39. Sistemazioni lungo il rio Montechiaro.....57

Figura 40. Alcune immagini dell’alveo del rio Renner a monte di Montechiaro.58

Figura 41. La briglia di trattenuta ed il tratto urbano del rio Renner.....58

Figura 42. Sistemazioni nel tratto inferiore del rio Cavallaccio.....59

Figura 43. I versanti fratturati alla confluenza del Cavallaccio e del rio dell’Alpe.59

Figura 44. Il tratto terminale del torrente Schmelz.....60

Figura 45. Alcune immagini della cunetta del rio Cerin.60

Figura 46. La grande briglia di trattenuta e le briglie di consolidamento nel tratto medio del rio Cerin. ...61

Figura 47. Falde detritiche nelle zone apicali del bacino del Cengles.62

Figura 48. Alcune immagini del corso medio del rio Cengles.....62

Figura 49. Tratto terminale e stratificazione dei depositi lungo la conoide del rio Cengles.....63

Figura 50. Alcune immagini del rio Lasa.....64

Figura 51. Le sistemazioni nel basso corso del torrente ed una visione panoramica di Lasa.64

Figura 52. Alcune immagini dell’alveo del rio Platzut.....65

Figura 53. L’ampia conoide del rio Platzut.66

Figura 54. Il tratto inferiore del rio Pavile.66

Figura 55. Alcne immagini del bacino imbrifero inferiore del rio Nico.68

Figura 56. Un’immagine dei torrenti Pseg, Nico e A.390.5.5.68

Figura 57. Un’immagine del dosso di Cengles.....69

Figura 58. Alcune immagini del tratto di pianura del rio di Dosso.....70

Figura 59. Un’immagine del rio A.360.5 e del rio del Dosso.71

Figura 60. Un'immagine della Valle di Gravara.....	72
Figura 61. Schema del reticolo idrografico principale dell'Alta Val Venosta.....	74
Figura 62. Portate massime annuali registrate presso la stazione idrometrica di Spondigna dal 1985 al 2008.....	75
Figura 63. Valori di portata dell'Adige a Spondigna: confronto fra VAPI (Villi) e dati statistici registrati....	76
Figura 64. Idrogrammi registrati alla stazione di Spondigna durante gli eveni del 1985, 1987 e 1988.....	76
Figura 65. Idrogrammi sintetici relativi alla stazione idrografica di Spondigna.....	77
Figura 66. Confronto tra le curve di intensità pluviometria per l'evento centennale di progetto sul rio Saldura.....	78
Figura 67. Ietogramma di un evento di pioggia 100-ennale della durata di 16 h, con il bacino parzialmente saturo (4 ore di pioggia precedente) per i sottobacini afferenti alla stazione pluviografica di Mazia.	79
Figura 68. Idrogrammi liquidi di progetto alla sezione di chiusura a valle della briglia di trattenuta sul rio Saldura.....	79
Figura 69. Valori del coefficiente m del VAPI (Rosso) per gli affluenti principali dell'Adige.....	81
Figura 70. Idrogrammi triangolari calcolati per il rio Solda.....	82
Figura 71. Idrogrammi di progetto in località Ultimo sul rio Puni.....	83
Figura 72. Idrogrammi di progetto per il rio Ram.....	84
Figura 73. Diagrammi IDF per le precipitazioni di progetto.....	88
Figura 74. Diagrammi ADF per le precipitazioni di progetto.....	88
Figura 75. Diagramma VAPI per il Triveneto (subregione altoatesina).....	89
Figura 76. Ietogramma di progetto (Alternating Block Method) per durata di 1h e $T_R = 100$ anni.....	89
Figura 77. Idrogrammi liquidi per il Rio Alliz per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni.....	90
Figura 78. Idrogrammi liquidi per il Rio Tanas per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni.....	91
Figura 79. Idrogrammi liquidi per il rio di Cinigo per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni.....	92
Figura 80. Idrogrammi liquidi per il rio di Tarces per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni.....	93
Figura 81. Idrogrammi liquidi per il rio Montechiaro per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni.....	93
Figura 82. Idrogrammi liquidi per il rio Renner per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni.....	94
Figura 83. Idrogrammi liquidi per il rio Cavallaccio per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni.....	95
Figura 84. Idrogrammi liquidi per il rio Schmelz per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni.....	96
Figura 85. Idrogrammi liquidi per il rio Cerin per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni.....	97
Figura 86. Idrogrammi liquidi per il rio Cengles per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni.....	98
Figura 87. Idrogrammi liquidi per il rio Lasa per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni.....	99
Figura 88. Idrogrammi liquidi di piena per il fossato di Spondigna.....	100
Figura 89. Idrogrammi liquidi di piena per il rio Plazut.....	101

Figura 90. Idrogrammi liquidi di piena per il rio Pavile.	102
Figura 91. Idrogrammi liquidi di piena per il rio A.395.5.....	103
Figura 92. Idrogrammi liquidi di piena per il rio A.390.5.5.....	104
Figura 93. Idrogrammi liquidi di piena per il rio Nico.....	105
Figura 94. Idrogrammi liquidi di piena per il rio di Pseg.....	106
Figura 95. Idrogrammi liquidi di piena per il rio di Dietrocastello.....	106
Figura 96. Idrogrammi liquidi di piena per il rio del Dosso.	107
Figura 97. Idrogrammi liquidi di piena per il rio di Stellan.	108
Figura 98. Idrogrammi liquidi di piena per il rio di Dosso.	109
Figura 99. Idrogrammi liquidi di piena per il rio A.360.5.....	110
Figura 100. Idrogrammi liquidi di piena per il rio della Valle di Gravara.....	111
Figura 101. I ponti e gli attraversamenti a tubo rappresentano spesso le maggiori criticità nei torrenti montani.	113
Figura 102. Alcune fasi dei rilievi granulometrici effettuati.....	113
Figura 103. Opere di sistemazione idraulica e di trattenuta del materiale solido.....	114
Figura 104. Alcune immagini della campagna di rilievi effettuate.....	114
Figura 105. Esempi di paratoie manuali o automatizzate per la protezione delle abitazioni dalle colate detritiche.	114
Figura 106. Da sinistra, l'ampia conoide del Gatria, depositi sulla conoide del Cengles, la conoide del rio Cavallaccio.	115
Figura 107. Confronto tra i livelli idrici misurati a Spondigna e quelli calcolati per l'evento di piena del luglio 2006.	116
Figura 108. Curva granulometrica del materiale d'alveo alla confluenza fra Adige e rio Ram.	116
Figura 109. Curve granulometriche del materiale d'alveo in tre sezioni di controllo, la grande briglia di trattenuta e le operazioni di rilievo granulometrico.....	118
Figura 110. Sedimentogrammi e volumi di materiale solido mobilizzabili alla confluenza con il rio Valle di Upia.	118
Figura 111. Schematizzazione dello scenario tipo assunto lungo il tratto di valle del rio Saldura.	120
Figura 112. Ansa di deposito a monte del tratto cunettato con particolare del materiale depositato, a destra un immagine del delta del Solda in località „Prader Sand“.....	120
Figura 113. Sezioni di deflusso critiche nel centro abitato di Malles Venosta. In corrispondenza del ponte lungo la Provinciale per Burgusio (a sinistra) si è verificata l'esonazione nel 1983.....	121
Figura 114. Schematizzazione delle assunzioni poste per lo studio idraulico del rio Puni.	122
Figura 115. Idrogrammi liquidi di piena a monte di Glorenza per il rio Puni.	122

Figura 116. Il ponte in località Calva ed il ponte per Laudes lungo il rio Ram e l'ansa di deposito a monte del tratto di studio.....124

Figura 117. Schema metodologico di propagazione dei flussi in overflow nel caso di cedimento arginale o di semplice esondazione nel modello bidimensionale in Flo 2D.....125

Figura 118. Andamento dei riempimenti e degli svuotamenti del bacino di trattenuta del Gadria negli ultimi anni.....130

Figura 119. Profilo adottato per l'area di deposito del bacino di trattenuta del Gadria.131

Figura 120. Probabilità di superamento della distribuzione dei volumi di riempimento del bacino del Gadria negli ultimi anni.131

Figura 121. Idrogrammi di colata per eventi di 30, 100 e 300 anni sul rio Allitz.....132

Figura 122. Idrogrammi di progetto per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni sul rio Tanas.133

Figura 123. Idrogrammi di progetto per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni sul rio di Cinigo.....134

Figura 124. Idrogrammi di progetto per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni sul rio di Tarces.135

Figura 125. Idrogrammi di progetto per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni sul rio Montechiaro.....136

Figura 126. L'alveo attivo del rio Renner e la briglia di trattenuta.136

Figura 127. Idrogrammi di progetto per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni sul rio Renner.137

Figura 128. Idrogrammi di colata per tempi di ritorno di 30, 100, 150 e 300 anni sul rio Cavallaccio138

Figura 129. Ricostruzione dell'evento del maggio 1983 sul rio Cavallaccio ed origine stimata del materiale detritico.139

Figura 130. Fratture di versante lungo l'intero medio corso del Cavallaccio all'altezza della confluenza con il rio dell'Alpe.....139

Figura 131. Curva di possibilità di innesco dei fronti franosi nella valle del rio Cavallaccio.140

Figura 132. Ipotesi poste per l'evento HN150 sul rio Cavallaccio e stima del materiale detritico.141

Figura 133. Scenario di dam-break sul rio Cavallaccio.141

Figura 134. Idrogrammi di dam-break per il rio Cavallaccio.142

Figura 135. Idrogrammi di progetto per eventi di 30, 100 e 300 anni sul rio Schmelz.143

Figura 136. Idrogrammi di progetto per eventi di 30, 100 e 300 anni sul rio Cerin.....144

Figura 137. Laminazione delle portate solide per eventi con tempo di ritorno 100 anni sul rio Cengles. 146

Figura 138. Portate totali di progetto influenti nel tratto cunettato a Cengles.....147

Figura 139. Albero di rischio applicato ad un evento di colata con $T_R = 30$ anni sul rio Cengles.147

Figura 140. Idrogrammi di colata per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni per il rio Lasa.148

Figura 141. Il grande cono detritico in destra orografica ed il fronte franoso in sinistra orografica sul rio Lasa, in cui nell'agosto del 2006 si è verificato un lieve franamento.....148

Figura 142. Scenario di ostruzione sul rio Lasa all'altezza della cava di marmo.149

Figura 143. Idrogrammi di progetto per lo scenario dam-break sul rio Lasa.....150

Figura 144. Idrogrammi laminati a monte della briglia di trattenuta sul rio Lasa.....	150
Figura 145. Diagramma di Melton per i torrenti primari.	152
Figura 146. Idrogrammi di progetto per il fossato di Spondigna per 30, 100 e 300 anni.	153
Figura 147. Idrogrammi di progetto per il rio Plazut per 30, 100 e 300 anni.....	153
Figura 148. Idrogrammi di progetto per il rio Pavile per 30, 100 e 300 anni.....	154
Figura 149. Idrogrammi di progetto per il rio A.395.5 per 30, 100 e 300 anni.	155
Figura 150. Idrogrammi di progetto per il rio A.390.5.5. per 30, 100 e 300 anni.	155
Figura 151. Idrogrammi di progetto per il rio Nico per 30, 100 e 300 anni.	156
Figura 152. Idrogrammi di progetto per il rio di Pseg per 30, 100 e 300 anni.	156
Figura 153. Idrogrammi di progetto per il rio di Dietrocastello per 30, 100 e 300 anni.	157
Figura 154. Idrogrammi di progetto per il rio del Dosso per 30, 100 e 300 anni.....	158
Figura 155. Idrogrammi di progetto per il rio di Stellan per 30, 100 e 300 anni.....	158
Figura 156. Idrogrammi di progetto per il rio di Dosso per 30, 100 e 300 anni.....	159
Figura 157. Idrogrammi di progetto per il ro A.360.5 per 30, 100 e 300 anni.	159
Figura 158. Idrogrammi di progetto per la Valle di Gravara per 30, 100 e 300 anni.	160
Figura 159. Diagramma di Melton per i torrenti secondari.	160
Figura 160. Matrice di definizione dei livelli di pericolo (Direttive Provinciali, 2008).....	162
Figura 161. Matrice dei fattori pericolo (H) e vulnerabilità (V) per la stesura della Carta delle zone di rischio specifico (Direttive Provinciali, 2008).	163
Figura 162. Profilo longitudinale nel tratto di studio del fiume Adige per una piena con tempo di ritorno 100 anni.....	165
Figura 163. Due immagini dello sbocco del rio Solda nel fiume Adige.	166
Figura 164. Profilo longitudinale nel tratto di studio del rio Saldura per una piena con tempo di ritorno 100 anni.....	168
Figura 165. Alcune delle sezioni critiche in cui si localizzano le esondazioni.....	168
Figura 166. Profilo longitudinale nel tratto di studio del rio Puni per una piena con tempo di ritorno 100 anni.....	169
Figura 167. Il muro di protezione in destra orografica nel tratto urbano del Puni a Glorenza.....	170
Figura 168. Profilo longitudinale nel tratto di studio del rio Ram per una piena con tempo di ritorno 100 anni.....	171
Figura 169. Le aree alluvionabili in destra e sinistra orografica del rio Ram in località "Grüeb".....	172
Figura 170. Le aree in destra orografica del rio Solda interessate dagli sversamenti della piena millenaria in località "Ragitz".	172
Figura 171. Modellazione idraulica di una piena con tempo di ritorno 100 anni del rio Solda a Prato allo Stelvio.....	173

Figura 172. Il muro d'argine in destra orografica nel tratto medio del rio Allitz, una delle passerelle presenti e la strada lungo cui si incanalano i flussi in sinistra orografica.....174

Figura 173. La cunetta a valle della briglia sul Tanas, l'attraversamento della Strada Statale e le aree in cui si disperdono gli alluvionamenti.174

Figura 174. Il sottopasso ferroviario lungo il quale scorre il rio di Cinigo e due immagini dell'alveo del rio.175

Figura 175. L'attuale alveo del rio di Cinigo e l'area in cui si verifica la biforcazione sopra descritta.175

Figura 176. L'attraversamento ferroviario e l'intubazione del rio Tarces all'apice della conoie e particolare di una degli attraversamenti a tubo presenti nel tratto inferiore del rio.176

Figura 177. Le aree alluvionate a monte ed a valle della strada tra Sluderno e Glorenza.....176

Figura 178. Alcune delle aree coinvolte dagli sversamenti del rio di Montechiaro.....177

Figura 179. L'abitato di Montechiaro alluvionato dal rio Renner.178

Figura 180. Le zone interessate dalle colate di progetto lungo il tratto inferiore del rio Cavallaccio.178

Figura 181. Le aree alluvionate dall'evento di progetto di 100 anni per il rio Schmelz.179

Figura 182. Profilo longitudinale del tratto oggetto di studio del rio Cengles per un evento con tempo di ritorno 100 anni.....181

Figura 183. Il tratto di valle del rio Lasa lungo cui defluiscono le piene di progetto.182

Figura 184. I campi di mele in sinistra orografica ed il bacino di accumulo idrolettrico in destra orografica a Lasa.182

Figura 185. Le aree lungo le quali si propaga l'alluvione del rio A.395.5.183

Figura 186. Le aree di propagazione dell'alluvione torrentizia lungo il rio Nico.....184

Figura 187. Le aree di esaurimento dell'alluvione torrentizia generata dal rio di Pseg nei pressi della strada tra Prato e Cengles.184

Figura 188. L'area in cui le colate di progetto si propagano e particolare del canale del rio di Dietrocastello.185

Figura 189. Le aree di deiezione dei rii del Dosso (A.380.5) e di Stellan (A.380.5.5)185

Figura 190. Il bacino imbriferi dei rii di Dosso e A.360.5 e tracce di vecchi depositi ai piedi della conoide.187

1 Dati generali

Titolo progetto: Piano dell'Area Fluviale Alta Val Venosta
Modulo: Studio sui pericoli idraulici
Committente: Provincia Autonoma di Bolzano
 Rip. 30 Opere Idrauliche
 Via Cesare Battisti 23
 39100 Bolzano
Studio incaricato: Ingegneri Patscheider & Partner Srl
 Via Glorenza 5/k
 39024 Malles Venosta
Coordinatore Progetto: Ing. Walter Gostner
Responsabile Progetto: Ing. Corrado Lucarelli
Collaboratori: Dipl. Ing. Ronny Lange
 Ing. Matteo Paternolli
Topografia: Edwin Heinisch
Collaboratori esterni: Ing. Martin Eschgfäller (Ambio-Alp, Chiusa)
 Ing. Mirko Pfattner (Ambio-Alp, Chiusa)

15

2 Documentazione di progetto

Nelle seguenti tabelle sono elencati i documenti progettuali del modulo „Studio sui pericoli idraulici”.

Doc. Nr.	Contenuto	Scala
1.A	Relazione tecnica	---
1.1	Corografia – Area di Studio	1 : 25.000
1.2	Corografia – Bacini imbriferi	1 : 50.000
1.3	Carta delle sezioni rilevate	1 : 25.000
1.4	Carta della massima capacità di deflusso	1 : 25.000
1.5	Carta dei Livelli di Pericolo	1 : 25.000
1.6	Carta delle Zone di Pericolo	1 : 25.000
1.7a	Corografia – Vulnerabilità	1 : 25.000
1.8a	Corografia – Rischio Specifico	1 : 25.000
2.1.1a	Fiume Adige – Carta dei fenomeni	1 : 5.000
2.1.1b	Fiume Adige – Carta dei fenomeni	1 : 5.000
2.1.1c	Fiume Adige – Carta dei fenomeni	1 : 5.000

2.1.1d	Fiume Adige – Carta dei fenomeni	1 : 5.000
2.1.2.a	Fiume Adige – Carta dei livelli di pericolo idraulico	1 : 5.000
2.1.2.b	Fiume Adige – Carta dei livelli di pericolo idraulico	1 : 5.000
2.1.3 a	Fiume Adige – Carta delle zone di pericolo idraulico	1 : 5.000
2.1.3 b	Fiume Adige – Carta delle zone di pericolo idraulico	1 : 5.000
2.2.1	Rio Saldura – Carta dei fenomeni	1 : 5.000
2.2.2	Rio Saldura – Carta dei livelli di pericolo idraulico	1 : 5.000
2.2.3	Rio Saldura – Carta delle zone di pericolo idraulico	1 : 5.000
2.3.1	Rio Puni – Carta dei fenomeni	1 : 5.000
2.3.2	Rio Puni – Carta dei livelli di pericolo idraulico	1 : 5.000
2.3.3	Rio Puni – Carta delle zone di pericolo idraulico	1 : 5.000
2.4.1	Rio Ram – Carta dei fenomeni	1 : 5.000
2.4.2	Rio Ram – Carta dei livelli di pericolo idraulico	1 : 5.000
2.4.3	Rio Ram – Carta delle zone di pericolo idraulico	1 : 5.000
2.5.1	Rio Solda – Carta dei fenomeni	1 : 5.000
2.5.2	Rio Solda – Carta dei livelli di pericolo idraulico	1 : 5.000
2.5.3	Rio Solda – Carta delle zone di pericolo idraulico	1 : 5.000
3.1.1	Rio di Alliz – Carta geomorfologica	1 : 10.000
3.1.2	Rio di Alliz – Carta dei livelli di pericolo idraulico	1 : 5.000
3.1.3	Rio di Alliz – Carta dei fenomeni	1 : 5.000
3.1.4	Rio di Alliz – Carta delle zone di pericolo idraulico	1 : 5.000
3.2.1	Rio di Tanas – Carta geomorfologica	1 : 10.000
3.2.2	Rio di Tanas – Carta dei livelli di pericolo idraulico	1 : 5.000
3.2.3	Rio di Tanas – Carta dei fenomeni	1 : 5.000
3.2.4	Rio di Tanas – Carta delle zone di pericolo idraulico	1 : 5.000
3.3.1	Rio di Cinigo – Carta geomorfologica	1 : 5.000
3.3.2	Rio di Cinigo – Carta dei livelli di pericolo idraulico	1 : 5.000
3.3.3	Rio di Cinigo – Carta dei fenomeni	1 : 5.000
3.3.4	Rio di Cinigo – Carta delle zone di pericolo idraulico	1 : 5.000
3.4.1	Rio di Tarces – Carta geomorfologica	1 : 5.000
3.4.2	Rio di Tarces – Carta dei livelli di pericolo idraulico	1 : 5.000

3.4.3	Rio di Tarces – Carta dei fenomeni	1: 5.000
3.4.4	Rio di Tarces – Carta delle zone di pericolo idraulico	1: 5.000
3.5.1	Rio di Montechiaro – Carta geomorfologica	1: 5.000
3.5.2	Rio di Montechiaro – Carta dei livelli di pericolo idraulico	1: 5.000
3.5.3	Rio di Montechiaro – Carta dei fenomeni	1: 5.000
3.5.4	Rio di Montechiaro – Carta delle zone di pericolo idraulico	1: 5.000
3.6.1	Rio Cavallaccio – Carta geomorfologica	1: 10.000
3.6.2	Rio Cavallaccio – Carta dei livelli di pericolo idraulico	1: 5.000
3.6.3	Rio Cavallaccio – Carta dei fenomeni	1: 5.000
3.6.4	Rio Cavallaccio – Carta delle zone di pericolo idraulico	1: 5.000
3.7.1	Rio di Schmelz – Carta geomorfologica	1: 5.000
3.7.2	Rio di Schmelz – Carta dei livelli di pericolo idraulico	1: 5.000
3.7.3	Rio di Schmelz – Carta dei fenomeni	1: 5.000
3.7.4	Rio di Schmelz – Carta delle zone di pericolo idraulico	1: 5.000
3.8.1	Rio Cerin – Carta geomorfologica	1: 10.000
3.8.2	Rio Cerin – Carta dei livelli di pericolo idraulico	1: 5.000
3.8.3	Rio Cerin – Carta dei fenomeni	1: 5.000
3.8.4	Rio Cerin – Carta delle zone di pericolo idraulico	1: 5.000
3.9.1	Rio Cengles – Carta geomorfologica	1: 10.000
3.9.2	Rio Cengles – Carta dei livelli di pericolo idraulico	1: 5.000
3.9.3	Rio Cengles – Carta dei fenomeni	1: 5.000
3.9.4	Rio Cengles – Carta delle zone di pericolo idraulico	1: 5.000
3.10.1	Rio Lasa – Carta geomorfologica	1: 10.000
3.10.2	Rio Lasa – Carta dei livelli di pericolo idraulico	1: 5.000
3.10.3	Rio Lasa – Carta dei fenomeni	1: 5.000
3.10.4	Rio Lasa – Carta delle zone di pericolo idraulico	1: 5.000
3.11.1	Rio Renner – Carta geomorfologica	1: 5.000
3.11.2	Rio Renner – Carta dei livelli di pericolo idraulico	1: 5.000
3.11.3	Rio Renner – Carta dei fenomeni	1: 5.000
3.11.4	Rio Renner – Carta delle zone di pericolo idraulico	1: 5.000
4.1.1	Fossato Spondigna – Carta dei fenomeni	1: 5.000

4.1.2	Fossato Spondigna – Carta dei livelli di pericolo idraulico	1 : 5.000
4.1.3	Fossato Spondigna – Carta delle zone di pericolo idraulico	1 : 5.000
4.2.1	Rio Plazut – Carta dei fenomeni	1 : 5.000
4.2.2	Rio Plazut – Carta dei livelli di pericolo idraulico	1 : 5.000
4.2.3	Rio Plazut – Carta delle zone di pericolo idraulico	1 : 5.000
4.3.1	Rio Pavile – Carta dei fenomeni	1 : 5.000
4.3.2	Rio Pavile – Carta dei livelli di pericolo idraulico	1 : 5.000
4.3.3	Rio Pavile – Carta delle zone di pericolo idraulico	1 : 5.000
4.4.1	A.395.5 – Carta dei fenomeni	1 : 5.000
4.4.2	A.395.5 – Carta dei livelli di pericolo idraulico	1 : 5.000
4.4.3	A.395.5 – Carta delle zone di pericolo idraulico	1 : 5.000
4.5.1	A.390.5.5 – Carta dei fenomeni	1 : 5.000
4.5.2	A.390.5.5 – Carta dei livelli di pericolo idraulico	1 : 5.000
4.5.3	A.390.5.5 – Carta delle zone di pericolo idraulico	1 : 5.000
4.6.1	Rio Nico – Carta dei fenomeni	1 : 5.000
4.6.2	Rio Nico – Carta dei livelli di pericolo idraulico	1 : 5.000
4.6.3	Rio Nico – Carta delle zone di pericolo idraulico	1 : 5.000
4.7.1	Rio di Pseg – Carta dei fenomeni	1 : 5.000
4.7.2	Rio di Pseg – Carta dei livelli di pericolo idraulico	1 : 5.000
4.7.3	Rio di Pseg – Carta delle zone di pericolo idraulico	1 : 5.000
4.8.1	Rio di Dietrocastello – Carta dei fenomeni	1 : 5.000
4.8.2	Rio di Dietrocastello – Carta dei livelli di pericolo idraulico	1 : 5.000
4.8.3	Rio di Dietrocastello – Carta delle zone di pericolo idraulico	1 : 5.000
4.9.1	Rio del Dosso – Carta dei fenomeni	1 : 5.000
4.9.2	Rio del Dosso – Carta dei livelli di pericolo idraulico	1 : 5.000
4.9.3	Rio del Dosso – Carta delle zone di pericolo idraulico	1 : 5.000
4.10.1	Rio di Stellan – Carta dei fenomeni	1 : 5.000
4.10.2	Rio di Stellan – Carta dei livelli di pericolo idraulico	1 : 5.000
4.11.1	Rio di Dosso – Carta dei fenomeni	1 : 5.000
4.11.2	Rio di Dosso – Carta dei livelli di pericolo idraulico	1 : 5.000
4.11.3	Rio di Dosso – Carta delle zone di pericolo idraulico	1 : 5.000

4.12.1	A.360.5– Carta dei fenomeni	1 : 5.000
4.12.2	A.360.5 – Carta dei livelli di pericolo idraulico	1 : 5.000
4.12.3	A.360.5 – Carta delle zone di pericolo idraulico	1 : 5.000
4.13.1	Valle di Gravara – Carta dei fenomeni	1 : 5.000
4.13.2	Valle di Gravara – Carta dei livelli di pericolo idraulico	1 : 5.000
4.13.3	Valle di Gravara – Carta delle zone di pericolo idraulico	1 : 5.000

Tabella 1. Documenti di progetto in formato cartaceo.

Doc. Nr.	Contenuto	Scala
DVD	Dati di base e risultati (pdf, shp) – Fiumi di fondovalle	---
	Dati di base e risultati (pdf, shp) – Torrenti primari	---
	Dati di base e risultati (pdf, shp) – Torrenti secondari	---

Tabella 2. Documenti di progetto in formato digitale.

Doc. Nr.	Contenuto	Scala
DVD	Formulari ED30 con descrizione eventi storici	---
	ESRI-Shape File con Catasto Opere aggiornato	---
	Formulari EF30 con il rilevamento delle opere chiave	---
	Rilievi, dati metereologici e idraulici, risultati simulazioni 1D – 2D	---

Tabella 3. Dati digitali per la Committenza per l'aggiornamento dei database interni.

3 Premessa

3.1 Il Piano dell'Area Fluviale Alta Val Venosta

Il progetto del Piano dell'Area Fluviale dell'Alta Val Venosta è inserito nel Programma Operativo Regionale del Fondo Europeo di Sviluppo Regionale FESR 2007-2013 Competitività e Occupazione. Il programma ha come obiettivo il rafforzamento del modello speciale di sviluppo della Provincia Autonoma di Bolzano, basato sull'interazione dei differenti settori di azione, sulla capacità di innovazione e sulla priorità posta alle questioni ambientali sugli interessi economici. In particolare, l'Asse 3 riguarda la Prevenzione dei Pericoli Naturali.

Il progetto del Piano dell'Area Fluviale dell'Alta Val Venosta è diretto dalla Ripartizione 30 Opere Idrauliche della Provincia Autonoma di Bolzano in collaborazione con i Comuni dell'Alta Val Venosta (Lasa, Prato allo Stelvio, Sluderno, Glorenza, Malles, Curon Venosta), l'Autorità di Bacino del fiume Adige, il Consorzio di Bonifica della Val Venosta, l'Ufficio territoriale Agricoltura di Silandro, la Ripartizione Natura e Paesaggio e l'Ufficio Tutela Acque della Provincia Autonoma di Bolzano e Sel – EDISON Spa di Bolzano.

Le aree fluviali alpine rispondono a differenti funzioni economiche, ecologiche e sociali. Esse riguardano lo smaltimento o la ritenzione delle piene, il monitoraggio delle acque di falda, la protezione della natura, le attività ricreative peri-urbane e locali così come la allocazione di zone residenziali ed aree produttive. Con la bonifica e l'occupazione del suolo e la crescente urbanizzazione del fondovalle con i conseguenti fabbisogni legati ad esempio all'agricoltura, il turismo, il commercio, la gestione idroelettrica, sussistono differenti richieste di utilizzo del territorio e delle sue risorse sempre più marcate.

Anche i fiumi ed i torrenti che solcano il fondovalle non sono esclusi da questo processo. In questo modo gli habitat vitali di numerose specie di piante ed animali sono stati danneggiati, ridimensionati o cancellati. Inoltre, come in tutti gli ambienti alpini, la maggior parte delle aree è interessata anche da catastrofi naturali legate ad alluvionamenti fluviali o torrentizi o al verificarsi di debris flow. In questo quadro sussistono e si sviluppano continuamente nuove zone residenziali, attività agricole, turistiche, commerciali ed industriali nonché infrastrutture primarie e secondarie.

Con le continue oscillazioni del mercato economico locale ed internazionale anche il danno potenziale imputabile ai fattori sopra descritti varia continuamente. Parallelamente aumentano costantemente anche le esigenze di protezione della popolazione residente nelle zone di pericolo. Pertanto, questi deficit di protezione dai disastri naturali possono essere individuati in seno ad un percorso interdisciplinare che coinvolga discipline differenti e che porti alla definizione di soluzioni ed interventi di gestione e protezione accettati univocamente da tutti gli attori che vivono ed operano nell'area fluviale.

Uno strumento intermedio generalmente adottato a questo scopo è lo sviluppo di una unità di gestione dell'area fluviale ("management"), incaricata di armonizzare le diverse e spesso opposte necessità di utilizzo delle risorse nell'area fluviale valutando la sostenibilità degli interventi proposti sotto tutti i punti di vista prima citati, in modo da non far lievitare ulteriormente il danno potenziale atteso nei territori coinvolti. Tutto questo in relazione anche ad un incremento della sicurezza idraulica, della qualità e del ripristino ambientale.

L'area di studio in Alta Val Venosta è interessata da processi idraulici quali colate detritiche, alluvionamenti torrentizi e inondazioni. La Carta indicativa dei Pericoli Idraulici redatta dalla Rip. 30 Opere Idrauliche della Provincia Autonoma di Bolzano così come i dati disponibili presso l'Autorità di Bacino del Fiume Adige consentono un primo inquadramento generale del problema.

Dalla sovrapposizione delle sopraccitate carte con la Carta delle Vulnerabilità (sviluppata sulla base delle categorie di danno potenziale redatte dalla Rip. 30 Opere Idrauliche) e stimando una presenza media di abitanti per edificio, è possibile procedere ad una stima della popolazione residente in Alta Val Venosta soggetta ai rischi imputabili ai processi idraulici prima citati.

La quota totale di popolazione presente nelle aree interessate dai fenomeni naturali classificati come colata detritica, alluvione torrentizia e inondazione viene ovviamente ridotta dalla presenza e dall'efficienza delle opere idrauliche di protezione attualmente presenti. Secondo stime di esperti del settore, le attuali opere di protezione presenti riducono i danni attesi mediamente del 65%. Quindi solamente il 35% delle persone stabilmente presenti nelle aree a maggiore danno potenziale è soggetta ai rischi imputabili a fenomeni idraulici naturali. Nel caso dell'area di studio in Alta Val Venosta la quota stimata è di ca. 820 persone, pertanto non trascurabile.

Per questo motivo la Ripartizione 30 Opere Idrauliche della Provincia Autonoma di Bolzano (in collaborazione con la Ripartizione Natura e Paesaggio, le Amministrazioni comunali di Lasa, Sluderno, Glorenza, Prato allo Stelvio, Malles Venosta e Curon Venosta, l'Autorità di Bacino del fiume Adige, il Consorzio di Bonifica della Val Venosta, l'Ufficio territoriale Agricoltura di Silandro, Sel - EDISON Spa, l'Ufficio Provinciale di Tutela delle Acque che complessivamente risultano coinvolti nel progetto del Piano dell'Area Fluviale dell'Alta Val Venosta) ha co-finanziato l'intero progetto. Una consistente parte del progetto è stata finanziata grazie al Programma Operativo Regionale del Fondo Europeo di Sviluppo Regionale FESR 2007-2013 Competitività e Occupazione.

21

3.2 Gli obiettivi del progetto

Gli obiettivi centrali del progetto del Piano dell'Area Fluviale dell'Alta Val Venosta riguardano l'elaborazione di interventi di prevenzione dei rischi idrogeologici potenziali o in atto, il miglioramento delle condizioni di sicurezza idraulica ed il raggiungimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici afferenti all'area oggetto di studio così come indicato nella Direttiva "Acque" dell'Unione Europea. Per questo motivi è stato analizzato lo stato dell'arte nei vari settori (Urbanistica, Pericoli Idraulici, Gestione Acque, Ecologia) che saranno successivamente confrontati ed implementati insieme. Da quest'azione verranno poi ricavate le zone di rischio e le zone di conflitto insistenti sull'area oggetto di studio in Alta Val Venosta. Un piano di sviluppo ed il programma degli interventi per una gestione sostenibile delle piene e dei pericoli idraulici nell'area fluviale, in accordo con i differenti fabbisogni e le differenti richieste di utilizzo del territorio, permetteranno di costruire una base solida in funzione della quale progettare e realizzare concrete misure di intervento.

Mediante lo strumento del Piano dell'Area Fluviale, verranno individuate le soluzioni sostenibili più idonee a concertare tra loro gli aspetti legati alla protezione idraulica del territorio, all'ecologia dei corsi d'acqua, allo sviluppo urbanistico del territorio ed alla gestione delle acque, caratteristici dell'area

fluviale dell'Alta Val Venosta oggetto di studio. I futuri interventi saranno pertanto da concepire e realizzare in funzione della loro fattibilità tecnica, di una attenta analisi costi benefici, della loro sostenibilità ecologica e della loro accettabilità sociale.

Lo sviluppo sostenibile dell'area fluviale oggetto di studio deve pertanto avvenire considerando fattori primari come la protezione dalle piene ed in generale dai fenomeni idrogeologici, lo sviluppo urbanistico, industriale e agricolo, gli aspetti di gestione e sfruttamento delle acque, unitamente alle peculiarità ecologiche e turistiche delle aree coinvolte.

Possibili aree di esondazione ed alluvionamento si possono preventivamente individuare in seguito a rilevamenti e sopralluoghi. Le misure di intervento necessarie dovranno essere decise e pianificate con le Autorità competenti e la popolazione stessa, in modo da garantire livelli di sicurezza ottimali delle zone residenziali e produttive così come delle infrastrutture e preservare e, ove possibile, migliorare lo stato ecologico dell'area fluviale oggetto di studio.

3.3 Il modulo „Pericoli idraulici“

Nel modulo „Pericoli idraulici“ vengono descritti i pericoli idraulici ed i fattori di rischio che attualmente insistono nel territorio incluso nell'area di studio. Sulla scorta dei livelli di pericolo idraulico riscontrati nel corso del progetto, è possibile definire i rischi specifici che insistono in ogni punto del territorio indagato tramite la sovrapposizione della Carta delle Vulnerabilità e la Carta delle Zone di Pericolo idraulico. Si possono pertanto individuare in punti critici e le zone di conflitto, in modo da sviluppare un successivo strumento di pianificazione urbanistica che includa anche la realizzazione di particolari opere di mitigazione e protezione dalle piene.

In accordo con gli altri moduli del presente Progetto e mediante un percorso decisionale comune, che coinvolga tutti gli elementi attivi interessati nella realizzazione del Piano dell'Area Fluviale dell'Alta Val Venosta, saranno sviluppate in una fase successiva delle Linee Guida in cui verrà espressamente formulato l'obiettivo ultimo del progetto con le relative prescrizioni e gli interventi di adeguamento o risanamento idraulico che si rendono necessari.

3.4 Pericoli idraulici

3.4.1 Generalità

Le piene possono essere pericolose sotto molti punti di vista: possono erodere e quindi sottoscavare le fondamenta delle costruzioni esistenti, con il loro effetto dinamico possono trascinare via persone o veicoli o addirittura distruggere edifici, oppure possono straripare e danneggiare i raccolti ed i fabbricati con il detrito alluvionale trasportato dalle acque. Anche l'acqua stagnante può provocare gravi danni. A seconda delle ripercussioni delle piene sulle superfici sfruttate, si possono distinguere tre tipi di pericoli: alluvione, erosione spondale e deposito di detriti.

3.4.2 Alluvione

Con il termine alluvione si intende l'esondazione delle acque da un canale naturale o artificiale ed uno straripamento di acque stagnanti. Si distingue tra alluvioni statiche e dinamiche. Queste due tipologie

possono succedersi rapidamente e, in uno stesso evento, entrambe le forme alluvionali possono alternarsi in zone limitate.

L'alluvione statica si verifica su superfici pianeggianti e lungo i laghi: se l'acqua scorre, scorre molto lentamente. Il parametro valido per la valutazione dei danni è la profondità massima dell'alluvione, talvolta per la valutazione dell'intensità dei danni viene considerata anche la durata (ad es. in Francia).

L'alluvione dinamica è caratterizzata dall'alta velocità della corrente delle acque e si verifica su superfici inclinate, lungo torrenti e fiumi montani. Sulle superfici pianeggianti sono probabili delle sollecitazioni dinamiche all'altezza di restringimenti e di brecce di argini. Il pericolo deriva in primo luogo dalla pressione della corrente. Il parametro valido per la valutazione dei danni è il prodotto derivante dalla velocità media della corrente e dalla profondità delle acque. L'alluvione dura di regola solo poche ore, perché l'acqua su superfici inclinate scorre via velocemente. Importanti sedimentazioni grossolane, come sassi e blocchi, rimangono spesso sulla superficie colpita. Questa sedimentazione di detriti viene spesso definita alluvionamento da sedimenti grossolani.

In caso di alluvioni si verificano in modo particolare degli intasamenti a opere edili, come passaggi e ponti, o rotture degli argini di protezione, provocati da legno galleggiante o detrito alluvionale, che si rivelano spesso funesti.

3.4.3 Erosione spondale

Con il termine erosione spondale si intende il cedimento della scarpata di sponda in seguito all'erosione del fondo e dei lati. Questo tipo di pericolo è importante per la pianificazione territoriale solo quando le sue conseguenze superano l'ambito dell'alveo.

Il parametro valido per la valutazione dei danni provocati dall'erosione spondale è la grandezza dell'erosione. In molti casi l'erosione delle sponde è il tipo di pericolo che provoca maggiori danni. Può interrompere le strade che corrono parallelamente alle acque e far crollare case e ponti.

Per quanto riguarda fabbricati e costruzioni, il criterio decisivo per la loro sicurezza è quindi la profondità delle fondamenta. Il crollo è inevitabile se la profondità delle fondamenta è minore della profondità dell'erosione. I cedimenti di sponda avvengono quindi quando il piede della scarpata viene affossato da una erosione in profondità del fiume. A seconda delle condizioni topografiche e geologiche, queste possono essere superficiali ma anche molto profonde.

Nel caso di fiumi a meandri o molto ramificati si verificano spostamenti del letto del fiume. A questi spostamenti sono legate anche le sedimentazioni sulle zone limitrofe, sulla riva opposta oppure poco al di sotto del tronco in erosione.

3.4.4 Debris flow (Colate detritiche)

Un caso particolare legato alle piene è rappresentato dalle colate detritiche, che si verificano solo in zone torrentizie molto ripide che per lo più superano il 15% di pendenza, dove le colate possono avvenire in successione. Le colate detritiche sono caratterizzate, da un parte, dalla loro alta densità (la percentuale volumetrica del materiale solido va dal 30 al 70%) e, dall'altra dall'elevata velocità della corrente, che è quasi sempre elevata.

A questo si aggiunge un'enorme capacità di trasporto. Le colate detritiche possono trascinare non solo interi alberi, ma anche blocchi di molti metri cubi di volume.

Un'altra caratteristica delle colate detritiche è la dimensione dei volumi di materiale solido spostato. Il deflusso di materiale solido e acqua può essere molto più importante dei normali deflussi di piena, pertanto le colate detritiche possono erigere un ripido fronte alto diversi metri. Inoltre, una colata detritica abbandona spesso l'alveo per propagarsi lateralmente.

Le cause principali dei danni durante una colata detritica sono in primis la forza erosiva (che può destabilizzare le scarpate di sponda), l'effetto di choc del fronte di colata (che può essere ingigantita ulteriormente da singoli blocchi trascinati dalla colata) ed in ultimo la sedimentazione di blocchi e di detriti. Se la colata detritica raggiunge un emissario, allora il materiale solido trasportato può causare un'ostruzione dell'alveo e provocare la conseguente esondazione sul piano alluvionale.

3.5 L'area di studio

L'area di studio per la valutazione dei pericoli idraulici si estende lungo la valle del fiume Adige tra Glorenza (ponte "Kalven" presso Laudes) e Lasa (inclusa l'opera di sbarramento della Sel – EDISON Spa). Il perimetro dell'area di studio è indicato in Tav. nr. 1.1.

I bacini imbriferi dei singoli corsi d'acqua si estendo sia all'interno che all'esterno del perimetro di progetto, generando comunque fenomeni idraulici di notevoli dimensioni nell'area di studio. In ogni caso si è proceduto ad una indagine accurata di ogni singolo bacino, in modo da valutare con attenzione le peculiarità dei fenomeni idraulici che essi sono in grado di generare. Proprio per questo sono state prodotte delle rappresentazioni cartografiche degli interi bacini imbriferi (ove richiesto), mentre le Carte dei Pericoli e dei Rischi specifici sono state redatte esclusivamente per le aree afferenti alla zona di indagine compresa nel perimetro di studio.

In base alle caratteristiche ed alla loro interazione con i centri urbanizzati e le infrastrutture presenti, i corsi d'acqua studiati sono stati suddivisi in tre distinte categorie, ovvero:

- Fiumi di fondovalle;
- Affluenti primari;
- Affluenti secondari.

Le tre categorie citate si distinguono per il differente grado di studio richiesto, ovvero per il grado di dettaglio che la valutazione dei pericoli idraulici deve necessariamente illustrare.

3.6 Struttura della relazione

La presente relazione descrive inizialmente (Capitolo 5) i dati di base utilizzati e la documentazione degli eventi storici reperiti per ogni singolo corso d'acqua studiato (Capitolo 6). Nel Capitolo 7 segue una accurata descrizione delle caratteristiche principali dei corsi d'acqua oggetto di studio, così come una descrizione relativa all'elaborazione dei dati idrologici e dei dati topografici disponibili ai fini del presente studio. In particolare si riportano i dati utilizzati, le metodologie adottate ed i modelli utilizzati per gli studi idrologici necessari alla quantificazione delle piene di progetto. Nel Capitolo 8 vengono presentate

tutte le valutazioni tecniche, quantitative e qualitative effettuate per la determinazione e lo studio dei pericoli idraulici insistenti nell'area di studio, attraverso la definizione di appositi scenari di accadimento dei fenomeni idraulici di progetto simulati con l'ausilio di opportune modellazioni mono- e bidimensionali. In relazione agli scenari ora citati, nel Capitolo 9 sono presentati i risultati delle simulazioni idrauliche condotte e sono descritte le zone di pericolo e di rischio residuo risultanti.

4 Procedure per la determinazione dei pericoli idraulici

4.1 Riferimenti normativi

Le elaborazioni, le valutazioni ed i prodotti finali descritti nella presente relazione sono stati redatti ai sensi delle Direttive ufficiali della Provincia Autonoma di Bolzano per la redazione dei Piani delle Zone di Pericolo (P.Z.P.) in materia di pericoli idraulici, approvate dalla Giunta Provinciale con Delibera del 28.07.2008, Nr. 2741. Nelle Direttive sono integrati tutti i decreti e le normative statali e provinciali in materia e rappresentano il riferimento normativo principale ai sensi dell'Art. 22bis della Legge Provinciale dell'11 agosto 1997, nr. 13 (Legge Urbanistica Provinciale) e relative norme di attuazione.

4.2 Metodologia di lavoro

4.2.1 Generalità

La valutazione dei pericoli del presente progetto è stata effettuata come illustrato in Figura 1. L'elemento principale di questa metodica è il diagramma delle zone di pericolo (Figura 160). Qui, le probabilità e le intensità dei pericoli naturali vengono riassunte in gradi di pericolo unitari. La valutazione dei rischi necessita invece di un procedimento graduale. Tale procedimento parte dalle domande, cosa può accadere e dove può accadere, esamina poi la probabilità e la potenza dei possibili eventi e chiarisce infine i provvedimenti necessari. I singoli passi da considerare sono riportati qui di seguito.

4.2.2 Identificazione dei pericoli e loro documentazione

4.2.2.1 Documentazione degli eventi

Si tratta di un elenco degli eventi osservati e comprende l'annotazione dei processi determinanti, dei danni accertati, del campo d'azione, delle condizioni meteorologiche, dei dati idrogeologici e di altre indicazioni sul decorso degli avvenimenti. La documentazione dell'evento dà in ogni caso una risposta alle domande: cosa è successo, quando, dove e con quale intensità.

4.2.2.2 Identificazione dei fenomeni (analisi del terreno)

Nella carta dei fenomeni vengono registrati, in modo cartografico e testuale, le caratteristiche e gli indicatori osservati e la loro interpretazione senza indicare il valore. Per quanto riguarda l'indagine del potenziale dei danni delle piene, si intendono fenomeni tutte le manifestazioni di erosione di un fiume (erosione di sponda e in profondità), le zone di transito con mobilitazione e rimobilitazione di materiale, le zone di sedimentazione, di alluvione e di deposizione di sedimenti grossolani potenziali e dimostrate, così come le sistemazioni effettuate lungo il fiume e le caratteristiche del terreno.

La carta dei fenomeni persegue essenzialmente i seguenti scopi:

- Identificare ed interpretare i „testimoni muti“ dei processi pericolosi svolti in passato o che si stanno svolgendo attualmente;
- Identificare e valutare i luoghi critici del territorio e le conformazioni speciali che concorrono con i fatti e i processi geomorfologici, geologici e idrogeologici.

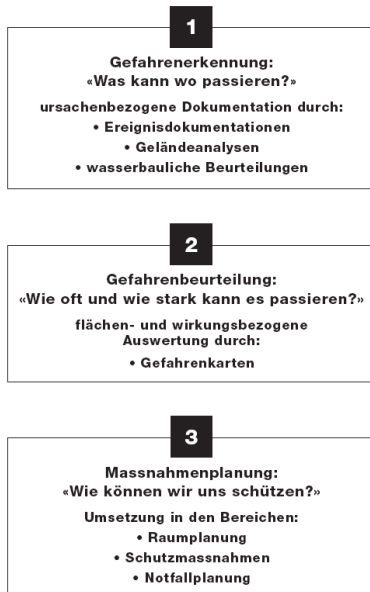


Figura 1. Procedimento relativo all'identificazione dei pericoli, alla loro valutazione ed alla pianificazione delle misure (BWW, 1997).

4.2.2.3 Valutazione idraulica

Nella valutazione idraulica si devono registrare tutti i fattori decisivi per lo sviluppo della piena di un fiume. Bisogna porre particolare attenzione all'idrologia, all'idraulica e al bilancio del trasporto solido del fiume. Da tale valutazione si può dedurre sia il decorso immediato di un evento dannoso che i suoi sviluppi a lungo termine.

4.2.3 Valutazione dei pericoli ed elaborazione di una carta dei pericoli e dei rischi

Grazie a tutte le documentazioni disponibili, deve essere possibile fare dichiarazioni sulla probabilità di un possibile evento dannoso e sulla sua probabile intensità. Questo passo coincide con la valutazione idraulica, tanto che talvolta non è né possibile né sensato separare le due cose. Le osservazioni vengono esaminate e valutate e, se necessario, completate con modelli o con ricerche più ampie.

4.2.4 Pianificazione degli interventi

4.2.4.1 Provvedimenti passivi (limitazione del danno)

Agendo sulla pianificazione territoriale, deve essere assicurato uno sfruttamento adattato alla minaccia e gli oggetti devono essere protetti da un'edilizia adatta al potenziale della minaccia.

4.2.4.2 Provvedimenti attivi (limitazione del pericolo)

Con tali provvedimenti si influisce sul corso dell'evento attraverso misure di difesa idrauliche, come la manutenzione di un corso d'acqua e le opere di protezione, ma anche attraverso una manutenzione adattata del bosco di protezione.

4.2.4.3 Pianificazione delle misure d'emergenza

Tale pianificazione serve a limitare i rischi residui, dato che nessuna misura di protezione garantisce sicurezza assoluta contro gli eventi naturali. I servizi di allarme, i piani di evacuazione, i servizi di allarme ai soccorsi, l'assistenza in caso di catastrofe e le misure di protezione temporanee possono evitare il peggio. La pianificazione dei provvedimenti deve essere comunque effettuata tenendo conto dei risultati dell'analisi delle conseguenze. Inoltre, per ogni provvedimento pianificato sarebbe auspicabile un'analisi costi-benefici. Il presente progetto riguarda i primi due punti, cioè l'identificazione dei pericoli e la loro valutazione. La pianificazione degli interventi deve avvenire in collaborazione con gli altri moduli e con tutti gli attori coinvolti nel presente progetto.

5 Dati di base

5.1 Fonti e tematismi

Ad integrazione e supporto dei rilievi e dei sopralluoghi effettuati, per la redazione della Carta delle Zone di Pericolo e del Rischio Specifico dell'area oggetto di studio si è proceduto a raccogliere ed utilizzare tutti i dati utili forniti dagli Uffici pubblici competenti. In particolare si ricordano:

- Ufficio Idrografico della Provincia Autonoma di Bolzano, che ha fornito i dati delle stazioni pluviografiche dell'Alta Val Venosta ed i dati degli idrometri di Spondigna, Lasa e Tel nonché i dati sulle serie storiche delle piene del fiume Adige registrate presso la stazione strumentata di Spondigna;
- Ufficio Dighe della Provincia Autonoma di Bolzano, che ha fornito i dati inerenti allo studio sul calcolo dell'onda di sommersione conseguente all'ipotetico collasso della Diga di S. Valentino presso il Lago di Resia, utile per la perimetrazione del rischio residuo insistente sull'intera area di studio;
- Ufficio Sistemazione Bacini Montani Rip. 30, con il quale si è interagito costantemente, che ha fornito i progetti originali di tutte le opere realizzate nell'area di studio, i rilievi effettuati nel 2006 / 2007 sia lungo il fiume Adige che lungo gli altri fiumi di fondovalle (Saldura, Puni, Ram, Solda), foto e documentazione storica di notevole interesse per il lavoro svolto, nonché i dati relativi alla regionalizzazione A.I.D.I. per una corretta quantificazione dei dati di pioggia e portata propri dei bacini imbriferi studiati. Inoltre sono stati utilizzati dati quali la Carta Indicativa dei Pericoli (C.I.P.), la carta delle Vulnerabilità ed il Catasto Opere Idrauliche, per l'individuazione delle criticità note sul territorio in esame;
- Servizio GIS – ED30 della Ripartizione 30 - Opere Idrauliche, che ha fornito i riferimenti relativi ai fatti storici documentati interessanti da un punto di vista idraulico (integrati con una dettagliata ricerca storico-bibliografica) ed i dati tecnici disponibili;

- Rip. 27 Urbanistica, Ufficio Coordinamento Territoriale, che ha fornito i dati relativi al modello digitale del terreno (D.T.M. 2006) realizzato con il sistema LiDAR – Laserscan (risoluzione maglia 2.5 m) e le ortofoto digitali relative al volo 2006 (risoluzione a terra 0.5 m). Sono inoltre stati messi a disposizione gli aerofotogrammi relativi a più voli storici effettuati e la cartografia di base (IGM 1:25.000, CTP 1:10.000 e 1:5.000). Si sottolinea come si sia usata la nuova cartografia CTP 1:10.000 (2008), mentre allo stato attuale la nuova cartografia CTP 1:5.000 non è ancora disponibile. Per le valutazioni di natura idrologica e geomorfologica, si è fatto infine riferimento ai dati ufficiali riportati nelle cartografie tematiche (Corine, uso del suolo, etc.) attualmente in vigore.

A supporto delle analisi idrologiche e idrauliche condotte, si è provveduto a raccogliere ed elaborare anche tutte le informazioni geologiche, geomorfologiche e litologiche fornite dai browser tematici della Provincia Autonoma di Bolzano gestiti sempre dall'Ufficio Urbanistica, nonché alla consultazione delle schede dei fenomeni franosi censiti nell'ambito del database I.F.F.I. messe a disposizione dal Servizio Geologico provinciale. Parallelamente a quanto sopra, si è provveduto anche a condurre un'approfondita campagna di indagini storeografiche e bibliografiche, realizzando interviste e raccogliendo le testimonianze della popolazione residente in merito agli eventi accaduti nel recente passato.

5.2 Software applicativi

Per lo studio e la perimetrazione delle zone di pericolo idraulico relative al comprensorio dell'Alta Val Venosta oggetto di studio sono stati utilizzati principalmente i seguenti software:

- Global Mapper 10.01, utilizzato per la verifica delle quote e per la visualizzazione ed il controllo delle sezioni rilevate sui torrenti primari e sui fiumi di fondovalle;
- HEC-HMS 3.2 (Hydrologic Modeling System), permette di simulare i processi afflussi - deflussi di sistemi idrografici ad albero per lo studio dei fenomeni di piena su bacini di ampie dimensioni o la valutazione dei deflussi in bacini più ridotti;
- HEC-RAS 4.0 (River Analysis System), consente il calcolo idraulico monodimensionale di canali naturali ed artificiali, sia in condizioni di moto permanente che di moto vario, tenendo conto dell'influenza sul moto di manufatti di vario tipo (ad es. ponti) eventualmente presenti nel sistema idrografico considerato. Inoltre consente una valutazione qualitativa del trasporto solido di fondo in condizioni di moto quasi non stazionario;
- Flo 2D v2007, codice commerciale 1D-2D per la propagazione di onde di piena e colata sul piano alluvionale.

Per la realizzazione e l'elaborazione del layout finale della Carta delle zone di Pericolo (C.Z.P.) e della Carta del Rischio Specifico (C.R.S.) si è fatto infine ricorso ad un applicativo commerciale operante in ambiente GIS (ArcGIS 9.3) dotato anche di estensione Spatial Analyst.

5.3 Note illustrative specifiche

Nell'ambito del presente lavoro si è provveduto anche ad integrare ed approfondire la documentazione originale di progetto, dove ritenuto necessario, in base alle esigenze riscontrate durante una attenta fase di studio preliminare. Ad esempio, il rivo classificato nella Carta ufficiale delle Acque Pubbliche della

Provincia Autonoma di Bolzano con il codice A.400.5 è stato soprannominato nel presente lavoro rio Schmelz (Schmelzgeraben), in quanto insiste a monte del centro abitato di Prato allo Stelvio in località Schmelz. Dai sopralluoghi condotti è inoltre emersa anche la necessità di includere tra i torrenti primari oggetto di studio anche il rivo Renner (Rennergraben), non incluso nella classificazione delle Acque Pubbliche di interesse provinciale, che insiste sopra il paese di Montechiaro e nel 1983 è stato foriero di una colata detritica. Si ritiene inoltre di dover sottolineare in questa sede come l'intero versante del Monte di Sluderno, che si affaccia sulla valle del fiume Adige in località Gschneir (Casinara), in cui la Carta Indicativa dei Pericoli redatta dal Servizio Bacini Montani della Rip. 30 Opere Idrauliche riporta la colata di Spondigna, risulta essere propenso a generare debris flow. Nell'ambito del presente lavoro si è pertanto studiato solamente il suddetto canale, anche se uno studio più approfondito dell'intero versante sembra indubbiamente necessario.

6 Documentazione eventi

Negli ultimi anni la documentazione degli eventi storici accaduti in passato è stata notevolmente avvalorata tanto da figurare oggi giorno come parte integrante della gestione dei rischi idraulici. È infatti ampiamente riconosciuto come la conoscenza delle dinamiche degli eventi alluvionali propri di ogni singolo corso d'acqua sia di fondamentale importanza per una corretta impostazione metodologica dello studio sui pericoli idraulici generati dal medesimo corso d'acqua. Occorre tuttavia sottolineare come, tramite le opere di protezione e di sistemazione idraulico-forestali, gli effetti di tali eventi naturali possono essere mitigati, ma non completamente evitati.

Di conseguenza, maggiore è la conoscenza dei processi che avvengono durante gli eventi, migliore sarà la valutazione dei pericoli e di conseguenza la risposta in termini di pianificazione delle opere di protezione. Una corretta documentazione degli eventi costituisce pertanto un presupposto irrinunciabile per un corretto approccio allo studio degli eventi idraulici in oggetto.

6.1 Fiumi di fondovalle

Il fiume Adige (codice Acque Pubbliche A) rappresenta da sempre la principale fonte di pericolo idraulico in Alta Val Venosta, utile quindi ripercorrere seppur sommariamente gli ultimi due secoli di storia del noto fiume altoatesino. Nella prima metà del XIX secolo infatti vennero realizzate opere sistematiche che portarono alla rettifica ed all'arginatura di gran parte del tratto oggetto di studio. In Figura 2 è riportata una carta topografica del 1825 in cui sono visibili i tratti rettificati (Fischer, 2003).

Per quanto concerne in generale l'area di studio, occorre rimarcare come le sistemazioni nel bacino del fiume Adige ebbero comunque un notevole impulso dopo l'alluvione del 1882. Vennero iniziati lavori di arginatura generale, di rettifica e regimazione dell'asta principale dell'Adige anche in corrispondenza della costruzione della ferrovia Malles – Merano negli anni 1905 – 06, protraendosi l'impegno sino al periodo antecedente la prima Guerra Mondiale. Grande impatto sulla morfologia idraulica locale ebbe negli anni '40 la realizzazione dell'imponente diga del lago di Resia, il cui sbarramento situato nel comune di Curon Venosta intercetta le acque del fiume Adige creando un invaso di 128 milioni di m³,

sfruttato per scopi idroelettrici. I lavori, iniziati nel 1939, furono ultimati con l'inaugurazione il 28 agosto 1949. In Figura 3 sono riportate alcune immagini della realizzazione del bacino ed il suo stato attuale.

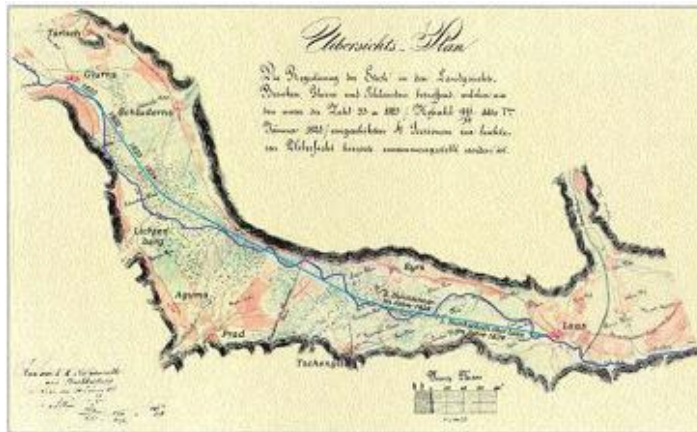


Figura 2. Carta topografica dell'Alta Val Venosta tra Lasa e Glorenza con l'indicazione delle rettifiche effettuate (1825).

Nel secondo Dopoguerra, con il passaggio delle competenze del demanio idrico alla Provincia Autonoma di Bolzano, nel gennaio 1973 anche la manutenzione e la sistemazione del fiume Adige dalle origini sino a Tel sono passate all'Ente locale. Sono state eseguite delle sistemazioni di alcuni tratti dell'Adige a San Valentino alla Muta, Glorenza, Covolano. Inoltre a partire dal 1986 sono stati sistemati gli argini del fiume a valle del ponte della Strada provinciale Oris – Cengles, successivamente sono stati realizzati due attraversamenti stradali, uno per trattori agricoli. Negli anni '90 il tratto arginato in sinistra orografica a monte di Lasa fu innalzato di ca. 1 m sino alla Zona di Industriale del paese.

30



Figura 3. Alcune immagini della realizzazione del bacino di Resia, a destra il lago oggi.

Come anticipato precedentemente, le cronache locali riportano documentazioni dettagliate delle inondazioni che negli anni hanno visto protagonista il fiume Adige. Si ricordano ad esempio l'inondazione di Lasa (1443), Glorenza (1629) e gli eventi degli anni 1744, 1774, 1789, 1821, 1835, 1845. Particolarmente grave fu l'alluvione del 16-17 giugno 1855, in seguito ad un inverno particolarmente nevoso: l'intera valle fu sconvolta, il Lago della Muta superò gli sbarramenti, gli ingenti apporti dei tributari laterali nel Lago di Mezzo provocarono il collasso degli sbarramenti presenti ed un enorme massa d'acqua si riversò verso valle. A ridosso della "Malsertor" a Glorenza l'acqua raggiunse i 2.5 m di altezza (Figura 4), i flussi penetrarono all'interno delle fortificazioni della città ed allagarono anche i primi

piani delle abitazioni. Completamente allagati furono gli abitati di Sluderno e Prato allo Stelvio, dove anche l'esondazione del rio Solda contribuì a rendere più drammatica la situazione.

Nel corso del XX secolo si ricorda invece l'alluvione del 1926, il 4 settembre 1948 l'Adige straripò a Glorenza a causa degli ingenti apporti del rio Puni, le acque invasero la strada statale, interrompendola in più punti. Nell'agosto del 1951 l'Adige esondò a Lasa, a causa di fenomeni di rigurgito derivanti dalla mancata apertura delle paratie della traversa idroelettrica, alluvionamenti si registrarono anche in località "Paludi" tra Montechiaro e Prato allo Stelvio, in tutto furono allagati ca. 25 ha di territorio. Il 17 settembre 1960 la Val Venosta fu interrotta in tre punti (Resia, Vezzano, Lasa). Seguirono altre inondazioni (1858, 1868, 1871, 1872, 1876), l'alluvione del 1882 non procurò invece danni particolarmente gravi lungo l'asta principale del fiume. Glorenza venne poi inondata numerose volte nel giro di pochi anni (1888, 1889), Lasa e l'intera Val Venosta furono colpite anche sul finire del secolo (1890, 1896).

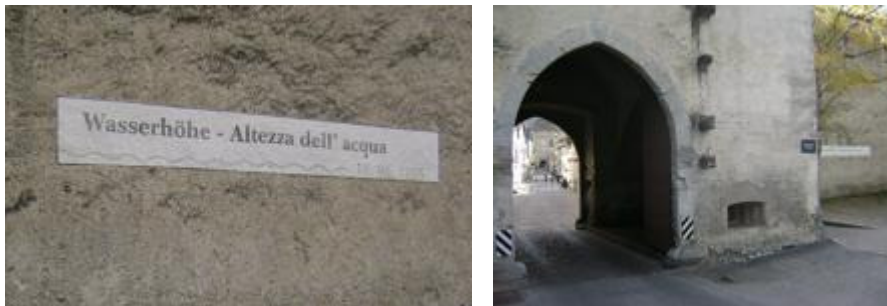


Figura 4. Testimonianza dell'alluvione del 1885 presso la "Malsertor" a Glorenza.



Figura 5. Gli eventi alluvionali del 1983 a Lasa.

Nel maggio del 1983 l'intera Val Venosta fu sconvolta da frane ed alluvioni, che interessarono però principalmente i tributari laterali come riportato in seguito, l'Adige esondò nei pressi di Lasa (Figura 5). Il 6 agosto 1985 l'Adige esondò nuovamente a monte di Lasa, solo l'intervento dei pompieri limitò i danni grazie ad un sopralzo arginale con sacchi di sabbia in sinistra orografica in località "Möser".

Nel 1987 si susseguirono due eventi particolarmente calamitosi. Il 18-20 luglio, in seguito a precipitazioni particolarmente intense, l'Adige andò in piena, esondando in alcuni punti ed arrivando ad allagare ca. 140 ha di territorio, raggiungendo in alcuni punti anche profondità superiori a 0.8 m. All'idrometro di

Spondigna fu registrato un picco di piena di ca. 83 m³/s. In Figura 7 è ripotata l'area allagata a Lasa, in destra orografica in località "Roßänger".

Tra il 24 ed il 28 agosto Lasa fu interessata da una seconda alluvione, causata però in questo non tanto dalla severità dell'evento idrologico, quanto da un'errata manovra di apertura delle paratie dello sbarramento di Lasa. Si verificò infatti un forte rigurgito verso monte, che portò l'Adige ad esondare sia in destra che in sinistra orografica (Figura 7). In questo caso le portate registrate alla stazione di Spondigna segnarono picchi di ca. 53 m³/s.

Seguirono anni di quiescenza, nel nuovo millennio piccoli problemi ci sono stati negli anni 2000 e 2001, in occasione di due piene infatti il fiume raggiunse il coronamento degli argini in località "Schgumser Möser", l'esondazione fu evitata con un rialzo delle arginature con sacchi di sabbia operato prontamente dai pompieri.



Figura 6. Immagini dell'alluvione del 6 agosto 1985.



Figura 7. Due immagini delle esondazioni del 1987: a sinistra 18-20 luglio, a destra 24-28 agosto.

Tra i tributari principali del fiume Adige, il rio Puni (A.410) ha registrato alcune piene eccezionali (1567, 1719, 1723, 1785, 1787, 1855, 1861). Tra le più catastrofiche si ricorda quella del 15 luglio 1883 in cui l'esondazione del torrente ha provocato grandi allagamenti in tutta l'area di Malles, Glorenza e Sluderno. Anche l'evento del 1928 fu particolarmente grave, furono registrati infatti ingenti danni nell'abitato di Planol ed alle colture agricole. Il 19 settembre 1960 l'esondazione del Puni causò seri problemi anche al deflusso ordinario del fiume Adige, altre piene si sono verificate negli anni 1965 e 1966. Il 21 maggio 1983 il rio Puni esondò a monte del centro abitato di Malles, causando l'alluvionamento della SS per il Passo Resia e dell'intero paese. Ingenti danni si verificarono soprattutto nella valle di Planoil, dove i dissesti lungo versanti causarono seri problemi in tutto il territorio (Brugger, 1987).

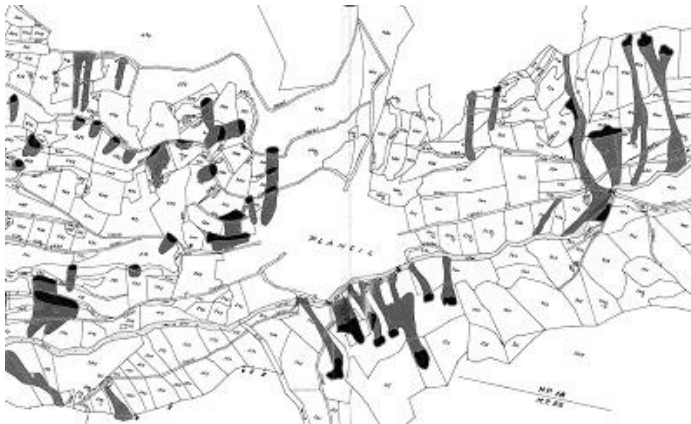


Figura 8. Localizzazione delle frane e delle colate avvenute nella valle di Planoi nel 1983 (Brugger e Marseiler, 1987).

Da un'analisi della documentazione reperita, appare chiaro come la pericolosità idraulica del Puni sia manifesta a Malles, a causa di una limitata capacità di deflusso della cunetta esistente. Di dieci eventi censiti infatti, solamente due (1960, 1983) hanno causato danni a valle dell'abitato di Malles. Pertanto, si ritiene che i deflussi di piena vengano adeguatamente laminati già a monte della città di Glorenza, probabilmente a causa dell'elevata probabilità di ostruzione dei numerosi attraversamenti stradali.

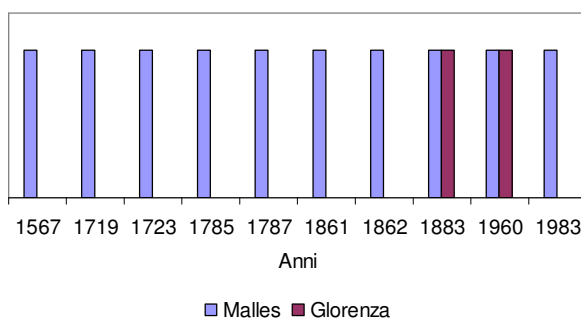


Figura 9. Frequenza degli eventi alluvionali causati dal rio Puni nei centri di Glorenza e Malles Venosta.

Nel bacino del rio Puni non furono eseguite opere di sistemazione idraulica prescindendo da alcuni piccoli interventi nel periodo 1914-1974. L'intervento di maggiore importanza fu costituito da un rimboschimento di ca. 250 ha di terreno. Altri piccoli interventi consistevano in lavori di manutenzione della cunetta attraverso l'abitato di Malles ed in alcuni sgomberi d'alveo. A partire dal 1977 sono stati realizzati alcuni interventi di maggiore entità. È stata praticamente rifatta la cunetta su tutto il tratto che riguarda l'attraversamento dell'abitato di Malles fino a valle della SS del Passo Resia e la sottostante zona artigianale, che ancora oggi reca molti problemi di deflusso in occasione di piene consistenti. Inoltre è stato costruito un bacino di trattenuta in località Ultimo. Dopo gli eventi calamitosi degli anni '80, è stato sistemato un breve tratto di alveo alla periferia della città di Glorenza ed è stata realizzata una cunetta in muratura di pietrame e malta. Inoltre è stata proseguita la manutenzione della cunetta a Malles ed è

stato completamente rifatto il tratto terminale a Glorenza mediante cunetta selciata eseguita con mezzo meccanico (1989).

La pericolosità idraulica del rio Ram (A.420), che attraversa per intero la Val Monastero, sta nelle precarie condizioni idrogeologiche delle valli laterali, che storicamente hanno sempre riversato nell'alveo principale grandi quantità di materiale detritico. Tra gli eventi storici che hanno interessato il tratto italiano della valle del Ram, si ricordano ad esempio le piene del 1787, 1792 e 1855. Di particolare rilevanza l'evento del 4 ottobre 1865 che coinvolse i territori circostanti di Glorenza e causò l'inondazione di Laudes: a causa del trasporto di ingenti quantità di detriti verso valle, all'altezza di Glorenza si formò uno sbarramento che provocò la conseguente esondazione del fiume Adige, si formò pertanto un grande lago con i flussi che si estendevano sino alla piana di Montechiaro. Nel XIX secolo sono da citare anche le esondazioni del 1871, 1882 e del giugno 1885, con esondazioni nei pressi del confine di Stato al valico di Pontevilla. Nel XX secolo due gli eventi principali, l'alluvione dell'intera vallata il 30 settembre 1960 e la straordinaria inondazione del 1983, a cui si riferiscono le immagini seguenti.



Figura 10. La colata detritica che ha ostruito il rio Ram nel 1983 e la conseguente inondazione di Rivaira (Rifair).



Figura 11. Aerofotogramma del 28-29 settembre 1983.

A causa di precipitazione molto intense (Fliri, 1984) dai versanti laterali della Val Monastero si originarono diverse colate detritiche, una delle quali ostruì completamente l'alveo del torrente Ram poco a valle di Rivaira: il rigurgito provocato causò l'esondazione del Ram che alluvionò l'intera area causando danni ingenti in tutti i territori circostanti. In Figura 11 l'aerofotogramma del 28-29 settembre 1983 fotografa bene la situazione che si è venuta a creare. Piccole esondazioni si ebbero anche alla confluenza con il fiume Adige a Glorenza, senza causare però problemi particolari.



Figura 12. Alcune immagini delle sistemazioni effettuate in territorio svizzero sul rio Ram.

Da un punto di vista idrogeologico, le sistemazione idraulico-forestali realizzate negli ultimi anni hanno riguardato sostanzialmente le valli laterali in territorio italiano, sono stati inoltre realizzati diversi interventi di regimazione dei flussi solidi nei pressi di Rivaira. In territorio svizzero invece negli ultimi 30 anni il rio Ram è stato radicalmente sistemato, interventi di grande spessore che hanno limitato notevolmente l'apporto di materiale solido verso valle. Dopo numerose frane laterali negli anni 1977 e 1983, che come detto causarono danni ingenti anche nel centro di Monastero, vennero risistemate le sponde del torrente in più punti, il torrente fu rettificato in un tratto, a cui seguirono però numerosi interventi di rinaturalizzazione con la creazione di numerose anse di deposito per il materiale solido trasportato verso valle.

L'attività torrentizia del rio Solda, il più grande dei tributari laterali dell'Adige insieme al Ram nell'area oggetto di studio, è stata già particolarmente intensa in epoche remote, come è dimostrato dall'attuale configurazione del suo bacino, scavato profondamente in senso longitudinale ed inciso da parecchi fossati laterali e dal vasto bacino di espansione presso la foce ("Prader Sand"). Lungo tutto il corso principale si riscontrano franamenti originati dallo scalzamento del piede dei ripidi versanti esposti all'erosione.

La pericolosità del rio Solda è ampiamente documentata, si ricordano le piene del 1696, 1787 e 1818. Particolarmente critico fu l'anno 1855, in cui il Solda uscì per ben tre volte in un mese dagli argini (dal 3 al 16 giugno) alluvionando tutte le aree circostanti. Dopo gli episodi del 1866 e 1867, nei mesi di settembre ed ottobre 1868 Prato allo Stelvio e la frazione di Agumes vennero sommerse dalle acque più volte, medesimi eventi si verificarono anche nel luglio e nell'agosto 1872. Particolarmente severe nel XIX secolo le alluvioni del 1882 e 1889 che causarono molti danni in tutte le aree attigue a Prato allo Stelvio. Nel XX

secolo si verificarono piccoli episodi isolati (alluvione del 1902, esondazioni nel 1952 e 1956), nel 1983 non furono registrati danni ingenti (il Solda non esondò). Dopo la piena del 1985 (deflusso a piene sponde del torrente), il 7 luglio 1987, a causa dei numerosi apporti detritici laterali, vennero convogliati all'apice della conoide del torrente grandi quantità di materiale: il sovralluvionamento dell'alveo non ha solo colmato le briglie esistenti, ma ha anche superato i muri d'ala delle stesse con altezze anche di 1-2 m. Fenomeni di intenso trasporto solido si sono poi verificati in occasione delle piene del 1992, del luglio 1994 e dell'agosto 1998, eventi a cui hanno sempre fatto seguito interventi di sgombero d'alveo per garantire una adeguata sezione di deflusso.



Figura 13. Alcune immagini della piena del 1987.

Nel suo corso inferiore e medio il rio Solda è già stato sistemato in passato mediante la realizzazione di numerose briglie di consolidamento e muri di sponda. Nel 1980 sono stati realizzati interventi di stabilizzazione del fondo alveo mediante corazzamento a Prato allo Stelvio per limitare l'evidente erosione profonda nel tratto urbano del rio. Anche il tratto di monte in prossimità di Gomagoi, località "Feichterbrücke", è stato sistemato negli anni 1977 – 1983, dove negli ultimi decenni si sono formate numerose frane con evidenti fenomeni di erosione laterale, causando la scesa in alveo di notevoli quantità di materiale solido. In occasione di forti temporali, di intenso scioglimento nivale o di prolungate precipitazioni, la pericolosità dell'area era manifesta. Anche nel tratto a valle dei masi Ortles di Fuori la situazione è sensibilmente migliorata in seguito alle numerosi sistemazioni realizzate. Nel biennio 1981-1982 è iniziata la sistemazione mediante opere di consolidamento, nel biennio successivo sono state realizzate rampe in massi con piloti di acciaio, misure di difesa elastica abbinata al rinverdimento delle scarpate, in località Solda. In occasione della piena dell'agosto 1985 si sono inoltre manifestati i gravi difetti dell'invalveazione nel centro abitato di Prato allo Stelvio: la sezione dell'alveo risultava insufficiente ad assicurare protezione assoluta in caso di piene eccezionali. Inoltre la parte pensile dell'argine in destra e sinistra orografica perdeva acqua allagando le cantine ed i prati adiacenti a

Prato allo Stelvio. Di conseguenza l'alveo del torrente è stato approfondito di ca. 2 m, spostando contemporaneamente il letto verso la sponda sinistra di ca. 2-4 m lasciando per quanto possibile inalterata la vegetazione riparia in sponda destra. Sono state realizzate una serie di soglie di fondo per diminuire la pendenza locale del tratto, si è provveduto anche al rifacimento di un ponte ed alla realizzazione di una briglia di consolidamento in c.a..



Figura 14. Confronto tra la vecchia e la nuova cunetta nel tratto terminale del rio Solda.

La propensione al dissesto idrogeologico appare ancor più evidente nel bacino imbrifero del rio Saldura, tributario del rio Puni in sinistra orografica. La conformazione geomorfologica dell'ampia conoide di deiezione su cui sorge l'abitato di Sluderno lascia chiaramente intendere quale sia la pericolosità del torrente, analisi comparate condotte nell'ambito della redazione del Piano delle Zone di Pericolo (P.Z.P.) del comune di Sluderno condotto dallo Studio Ingegneri Patscheider & Partner Srl nel biennio 2006/07 indicano chiaramente come le ingenti quantità di detrito convogliate a valle dal rio abbiano progressivamente causato l'interramento delle vecchie abitazioni dislocate nei punti più critici della conoide.

Particolarmente ricercata anche la documentazione degli eventi storici accaduti in passato. Il 28 luglio 1737 si verificò uno straordinario alluvionamento dell'intera conoide, Sluderno fu ricoperta da una massa di detriti che raggiunse anche uno spessore superiore a 2m. L'evento fu causato da un improvviso distacco di masse dalle antiche vette glaciali, che nella discesa verso valle distrussero segherie, mulini ed un maso. Seguirono altri eventi nel 1775, 1785, 1787, 1788 tutti forieri di danni ed alluvionamenti da colata detritica. Nella prima metà del XIX secolo si ricordano diversi eventi (1823, 1825, 1834, 1835, 1836) in cui le esondazioni del Saldura provocarono gravi danni agli abitati sottostanti. Il 1855 segnò anche nel bacino del rio Saldura gravi danni, dopo tre settimane incessanti di piogge si registrarono colate detritiche e franamenti in tutta la valle. Nel 1866 Sluderno fu nuovamente alluvionata, il 16 settembre 1882 numerose colate detritiche causarono l'ostruzione del rio in più punti, esondazioni si verificarono a Sluderno ed in tutta la Val di Mazia. Nel XX secolo si registrano l'alluvione del 1901 e lo straripamento del settembre 1960.

L'alluvione del maggio 1983 fu causata come in tutta l'Alta Val Venosta da piogge insistenti, si verificarono in tutta la valle frane, smottamenti, colate detritiche, la strada per la Val di Mazia venne interrotta in più punti, una porzione del cimitero di Mazia venne invasa dai detriti, Sluderno non subì danni grazie all'efficienza dell'opera di ritenuta realizzata nel medio corso del torrente (Figura 15).



Figura 15. La grande briglia di trattenuta sul rio Saldura dopo gli eventi del 1983.

Recentemente si annoverano l'alluvione del 1988, a cui seguì uno sgombero d'alveo di ca. 12.000 m³ di materiale, l'alluvione del biotopo del Saldura nel 1989 e le piene del 1992 e del 1998, caratterizzate entrambe da un eccezionale trasporto solido a cui non seguì però esondazione. Il 3 luglio 2002 si verificò una violenta alluvione torrentizia, che portò all'esondazione in più punti della Val di Mazia, che fu interrotta in un tratto dal deposito di ca. 60 m³ di materiale detritico. Nell'aprile del 2006 una frana di notevoli dimensioni, causata in sinistra orografica ad una quota di 1670 m s.l.m. probabilmente dall'imbibizione del terreno in seguito allo scioglimento delle nevi, provocò l'ostruzione dell'alveo che generò a sua volta un rigurgito verso monte. Il fenomeno si estese a monte per ca. 25 m con un apporto solido stimato di 10 m³ di legna e 100-200 m³ di detrito. Il 27 luglio 2006 una grandinata particolarmente intensa causò colamenti detritici in quattro tributari laterali del Saldura in orografica sinistra, causando la distruzione di alcune briglie in legno e depositando nel letto del torrente ca. 3.000-4.000 m³ di materiale che hanno causato la parziale ostruzione del rio ed episodi di erosione spondale anche accentuata.

38



Figura 16. Tracce evidenti di dissesto idrogeologico nel bacino imbrifero del rio Saldura.

Ancora oggi sono visibili in più tratti del bacino imbrifero i segni della grande attività idrogeologica in corso (Figura 16), nonostante i numerosi interventi di stabilizzazione bioingegneristica realizzati negli ultimi anni. La manifesta attività del torrente ha indotto infatti a più riprese un'intensa sistemazione idraulica e forestale nel bacino imbrifero del torrente. Per una dettagliata rappresentazione cartografica degli interventi realizzati si rimanda alla documentazione del P.Z.P. del Comune di Sluderno. Viene riferito inoltre che ogni anno gli addetti della Bacini Montani provinciale provvedono ad asportare ca. 3.000 – 4.000 m³ di materiale depositato nel tratto terminale della cunetta a monte del biotopo per garantirne una adeguata sezione di deflusso.

6.2 Torrenti primari



Figura 17. Estratto dell'aerofotogramma scattato in data 29 settembre 1983.

Per comprendere in dettaglio le peculiarità dei dissesti idrogeologici passati e potenzialmente in atto nell'intera area di studio si è proceduto allo studio approfondito degli eventi di Pentecoste nel maggio del 1983. Come si intuisce dall'estratto di un aerofotogramma riportato in Figura 17, i danni furono ingenti e generalizzati. In particolare si notano l'alluvionamento del delta del rio Solda ("Prader Sand") e le colate detritiche che hanno interessato i bacini imbriferi dei torrenti Cavallaccio e Tanas, come ampiamente descritto in seguito.

Tra i torrenti primari, il rio Lasa (A.355) è forse il corso d'acqua con la minore documentazione eventi disponibile, sintomo di una attività di problematica valutazione. L'apporto detritico è enorme nel corso superiore e medio, causa gli eventi atmosferici e la costituzione geologica e morfologica della vallata. Il corso medio risulta dissestato per la forte erosione laterale ed i conseguenti franamenti lungo entrambi i versanti.

Le cronache degli eventi sul rio Lasa riportano di esondazioni negli anni 1676, 1811, 1855. Nel maggio del 1983 fu registrata una colata detritica in destra orografica in località "Tarnello" che alimentò notevolmente il trasporto solido in alveo, il torrente crebbe notevolmente fino a lambire le sponde ma non si verificarono esondazioni. Il 24 agosto 1987 Lasa venne inondata, il 6 agosto 1999 una colata detritica (ca. 8.000 m³) causò danni alla centrale idroelettrica sita in destra orografica rispetto al rio, i dati morfometrici dell'evento riportano portate massime di 10 m³/s. Il 20 agosto 1999, in seguito a precipitazioni abbondanti (30 mm / 12 h), gli affluenti laterali del Lasa generarono ingenti depositi in alveo, con conseguente ostruzione del torrente e colata detritica del tipo dambreak per un volume di materiale mobilitato di ca. 2.000 m³. Il 20 settembre 1999 dalle pendici dei versanti si generò una colata detritica (ca. 4.000 m³) che non interessò direttamente l'alveo del rio Lasa ma percorse per intero una strada forestale e causò numerosi danni alla centrale idroelettrica nella piana di Lasa. Recentemente, nell'ottobre e novembre 2000, furono osservati ingenti fenomeni di trasporto solido. Infine il 29 agosto 2003 si verificò una colata detritica di magnitudo stimata ca. 20.000 m³. Nel passato è stato sistemato

tutto il tratto del corso inferiore con l'inserimento di briglie di consolidamento e muri di sponda. Nel 1986 nel corso medio sono state inserite quattro briglie di consolidamento in una zona particolarmente dissestata, nel 1987 sono state progettate e realizzate altre otto briglie, nel 1988 ne furono aggiunte altre sette. Tra il 1999 ed il 2000 venne inoltre realizzata una grande briglia di trattenuta a finestra ($V = 20.000 \text{ m}^3$) con controbriglia alla fine del tratto medio a monte del paese, per limitare il trasporto di detriti e materiale flottante verso valle.

Il rio Allitz (A.340) trae la sua pericolosità dalla particolare conformazione geologica e idrografica del bacino superiore del torrente Gadria, che da sempre manifesta uno spiccato carattere torrentizio. I continui sversamenti solidi a valle hanno con il passare dei secoli generati una vasta conoide (perimetro di 8km), illustrata in Figura 20. I primi eventi noti nel bacino del Gadria risalgono al 1385, anche se stime condotte in altri studi attribuiscono alla conoide del Gadria un'età di ca. 7.000 anni (Mahlknecht, in: Fischer, 1986). In Figura 18 sono rappresentati gli eventi censiti nel bacino del Gadria, la frequenza annuale è valutata in base al numero di accadimenti nell'anno di osservazione.

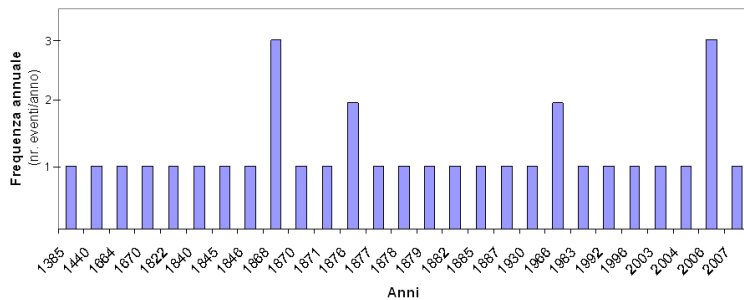


Figura 18. Eventi censiti nel bacino del Gadria.

Nel XX secolo, due fenomeni di debris flow si verificarono nel 1966, nel 1983 il bacino del Gadria diede origine ad una colata rapida in alveo senza grosse conseguenze. Nel 1992 ca. 31.000 m^3 di materiale vennero convogliati a valle, superarono agilmente la briglia di trattenuta (ancora priva di travature metalliche di trattenuta) e scesero a valle, non ci furono esondazioni ma danneggiamenti al ponte di Allitz all'imbocco della cunetta finale. Altri colamenti si verificarono nell'agosto 1996 (9.000 m^3), nell'agosto 2003 (7.500 m^3), nell'agosto 2004 (6.200 m^3), nel 2006 si verificarono tre eventi per un totale solido mobilitato di 46.000 m^3 . L'ultimo evento censito è datato 10 agosto 2007, la magnitudo della colata detritica fu di ca. 7.000 m^3 .

Nel bacino del rio Gadria sono stati effettuati numerosi interventi di sistemazione idraulico-forestale solo a partire dalla disastrosa alluvione del 1882, lavori che si sono protratti con qualche breve interruzione sino al 1940. A questo periodo risale infatti la costruzione della cunetta nel corso inferiore, della lunghezza di ca. 2860 m. Altri consistenti interventi furono realizzati nel periodo 1951 – 1975. Nel 1975 fu realizzata una grande briglia di trattenuta con relativo bacino di deposito a valle della confluenza con il rio Strimm: il volume originario di progetto disponibile al deposito ammontava a ca. 80.000 m^3 , verosimilmente ne furono realizzati ca. 70.000 m^3 . Successivamente fu fortemente sistemato anche il tratto inferiore a monte della cunetta dove si registrano tutt'ora estese erosioni laterali. Nel 1977 furono

realizzate 7 briglie di consolidamento, l'anno dopo ne furono aggiunte altre 14, nel 1980 ne vennero realizzate altre 12 provvedendo anche al ripristino di un ponte. A partire dal 1982 iniziò la sistemazione del tratto medio immediatamente a monte del bacino di deposito, furono realizzate 13 briglie di consolidamento e venne realizzata una adeguata strada di servizio che consentisse agevolmente le operazioni di manutenzione e svuotamento del bacino e del tratto medio del rio. Dopo la piena del maggio 1983 vennero rinforzate le arginature nel tratto inferiore e medio del bacino, seguirono alcune sistemazioni bioingegneristiche che stabilizzarono ampie zone dei bacini superiori. Dopo l'alluvione del 1992 il bacino fu sgombrato di ca. 31.000 m³ e la briglia a fessura fu dotata di traverse d'acciaio per evitare il passaggio del materiale più grossolano. Nel 1997 furono realizzate altre 10 briglie di consolidamento nel tratto a monte del bacino, che fu quasi completamente svuotato prelevando ca. 24.000 m³ di materiale.



Figura 19. Le operazioni di svuotamento del bacino di ritenuto sul Gatria nell'ottobre 1997.

Nel 2006 il bacino di trattenuta dovette essere nuovamente svuotato a causa della grande attività del Gatria, vennero asportati ca. 17.000 m³ di materiale, stessa operazione nel 2007 (sgombero di ca. 12.000 m³). Operatori della Bacini Montani riferiscono di operazioni medie di svuotamento, da realizzarsi sempre tra aprile e maggio, quantificabili in ca. 30.000 m³/ 24 mesi. Si può quindi intuire una certa costanza nelle operazioni di manutenzione del bacino di trattenuta.

Considerando la natura delle rocce ed il grave stato di disfacimento delle stesse, la pericolosità del rio Tanas (A.365) risiede nell'imponente carico detritico disponibile alla mobilitazione nei sottobacini superiori. L'attività torrentizia perdura già da epoche remote come dimostra il vasto cono di deiezione.



Figura 20. Le conoidi di deiezione dei torrenti Allitz e Tanas tra Lasa e Oris.

I primi eventi censiti risalgono al 1665, nel giugno 1723 una colata di notevoli dimensioni investì l'abitato di Oris, eventi simili si verificarono nel 1740, 1765, 1831, 1867. In quegli anni venne realizzato un grande muro di difesa in destra orografica a protezione di Oris, dotato recentemente di moderne paratie di chiusura degli attraversamenti esistenti in caso di colamenti detritici o alluvioni. Venendo al XX secolo, il 1 giugno 1946 grandi masse solide si riversarono verso valle, il torrente ruppe l'argine destro ed inondò gran parte della conoide arrivando ad interrompere la Strada Statale per un'ampiezza di 85 m. Il 10 agosto 1948 un episodio simile portò all'esonazione del rio ed all'interruzione della Strada Statale per ca. 100 m. La notte tra il 23 ed il 24 luglio 1951 si verificò un temporale particolarmente intenso, il rio Tanas straripò il 26 luglio nei pressi di Oris ricoprendo ancora una volta la SS di detriti rendendola impraticabile per alcuni giorni. Negli anni 1965 e 1966 si ebbero numerosi franamenti con un notevole aumento della portata solida in alveo. La situazione idrogeologica è stata ulteriormente aggravata a seguito dell'alluvione di Pentecoste 1983 che provocò in tutta la vallata ingenti danni. Il rivo Tanas si gonfiò depositando lungo tutto il corso inferiore ingenti quantitativi di materiale, ostruendo così la Statale, ricoprendo coltivi, allargando ed approfondendo il proprio alveo. Quanto successo è intuibile in Figura 17.

Gli eventi alluvionali del passato servirono da impulso alla sistemazione di buona parte del corso inferiore e delle zone più accessibili del bacino superiore, mediante opere idrauliche ed estesi interventi di tipo biologico. Negli ultimi decenni sono stati effettuati alcuni interventi di sistemazione idraulico-forestale lungo gli affluenti Cida e Friniger mediante la costruzione di briglie di consolidamento. Specialmente nel corso medio, sono stati eseguiti estesi lavori di rimboschimento al fine di limitare il grave dissesto idrogeologico in corso, manifesto anche in occasione delle piene dell'autunno 1965 e 1966, a causa delle eccezionali precipitazioni e di una eccessiva imbibizione di acqua negli strati morenici. Nel 1976 sono state eseguite altre opere di consolidamento, nel 1977 lungo i fossati principali dei bacini inferiori sono state realizzate 14 briglie di consolidamento con ripristino di una vecchia presa d'acqua. Il corso inferiore del rio Tanas fu sistemato dopo l'alluvione dei Pentecoste 1983, in accordo anche con la costruzione della Variante della SS 38 tra Lasa e Oris. Si realizzò inoltre un grande bacino terminale per il contenimento dei flussi solidi ($V = 70.000 \text{ m}^3$), accanto alla vecchia cunetta venne realizzata una grande briglia filtrante con canale di uscita sotto la Strada Statale e di qui attraverso i campi coltivati sino al fiume Adige. Nel 1989 si realizzarono 10 briglie di consolidamento in c.a. all'altezza dei vecchi mulini vicino alla Chiesa di S. Pietro nel corso medio, per limitare l'erosione al piede del versante che provocava una grande frana. Le briglie realizzate hanno le gavete a "murprofil" per poter resistere meglio alle frequenti colate detritiche che convogliano a valle ingenti quantitativi di materiale. Si sono poi resi necessari interventi sistematori successivi nel tratto a valle ed a monte della strada, in base all'assetto plani-altimetrico del tratto di intervento, il tutto per garantire meglio la funzionalità e la sicurezza della nuova strada, oltre a facilitare lo sgombrò d'alveo e favorire il rinverdimento dei lati del rio Tanas.

Dal Monte Giogo e dal bosco di Tarces si propagano verso valle due torrenti particolarmente insidiosi, il rio di Tarces (A.410.20.5) ed il Cinigo (A.410.20). Il rivo di Cinigo venne sistemato per la prima volta già nel 1880, furono eseguite sette briglie rustiche in muratura a secco per difendere le campagne site sul cono di deiezione del rivo dagli inghiaiamenti frequenti. Queste opere non resistettero però alla forza dell'alluvione del 1921, che provocò gravi danni alle opere, inghiainando l'alveo e la Strada Nazionale. Nel

1922 fu elaborato un progetto per la sistemazione del rio e furono ultimate le opere trasversali in progetto, nonché vennero realizzati dei muri di sostegno per assicurare l'unica strada che da Malles conduce a Mazia. Negli anni seguenti le acque discendenti dal rapidissimo alveo svilupparono una forte attività erosiva e degli ampi depositi di materiale esistente lungo tutto il corso del rio stesso. Eroso il letto del torrente, i massi di grandi dimensioni venivano costantemente convogliati a valle, battendo con veemenza sulle opere esistenti danneggiandole costantemente. In seguito si formarono nuove frane lungo i pendii addossati alle briglie danneggiate e si estesero su quelle esistenti. Tali opere vennero quindi ristrutturare negli anni '50 rivestendole con muratura di pietrame e malta cementizia. Attualmente i pericoli maggiori sono da ricercarsi nelle zone urbanizzate a valle della Strada Statale. A monte del campeggio "Gloria Valis", sito lungo la Provinciale tra Glorenza e Sluderno, è stato infatti realizzato recentemente un piccolo bacino di laminazione delle portate influenti, illustrato successivamente, la cui efficacia in caso di piena appare comunque molto limitata.



Figura 21. Il rio di Cinigo a monte del campeggio ed il piccolo bacino di laminazione delle portate.

Non si hanno notizie di eventi particolarmente catastrofici sul rio di Tarces, date le esigue dimensioni dell'alveo del torrente nella zona di studio se rapportato alle dimensioni del suo bacino imbrifero, è facile prevedere frequenti esondazioni con effetti comunque limitati. La presenza di una conoide permette comunque di individuare una certa pericolosità residua nell'attività del torrente.

Le precarie condizioni idrogeologiche del bacino imbrifero del rio Cavallaccio (A.405) trovano origine nella presenza di morene sul posto o rimaneggiate, mobilizzabili in seguito ad eventi di pioggia torrenziale.

Queste problematiche sono state sufficientemente evidenziate dalle intemperie del 21, 22 e 23 maggio 1983. Infatti, di fronte ad un avvenimento meteorologico di cadenza addirittura pluricentenaria e con limiti di pioggia dell'ordine di 200 mm in meno di 72 ore, morene stabili a memoria d'uomo, hanno percorso per scivolamento e scalzamento tutto il canale d'impluvio convogliando a valle oltre 200.000 m³ di materiale che hanno sconvolto le difese che secolarmente erano state predisposte a presidio dell'abitato di Montechiaro danneggiando le vie di comunicazione.

Storicamente infatti, gli eventi catastrofici sul rio Cavallaccio presentano frequenza di accadimento ultracentenaria. Le documentazioni rinvenute trattano di eventi negli anni 1539, 1744 e 1748. Gravi danni furono causati il 18 maggio 1847, in cui lo straripamento del rio Cavallaccio in seguito ad una imponente colata detritica provocò diversi morti, la distruzione di 26 case e diversi mulini a Montechiaro

e nella piana di Prato allo Stelvio. Le stime ufficiali dell'epoca parlano di magnitudo delle colate comprese tra 300.000 e 340.000 m³ di materiale solido. Piccoli eventi sono censiti nel 1851 e nel 1857, sino all'evento del 1983 ricordato in precedenza. In quell'occasione le cronache parlano di diverse onde di colata che si sono succedute nel tempo (dalle 11:30 del 23.05 alle 06:00 del 24.05).



Figura 22. Alcune immagini della colata detritica del 1983 a Montechiaro.

Nel novembre 2000 i versanti della valle nei pressi dei Masi di Montechiaro diedero origini a diversi franamenti in seguito a precipitazioni meteoriche particolarmente intense, grandi quantità di materiale furono convogliate in alveo producendo una colata detritica comunque di modeste dimensioni. Particolarmente critica fu la situazione presso il maso "Larchhof", il tratto sottostante del Cavallaccio infatti fu parzialmente ostruito.

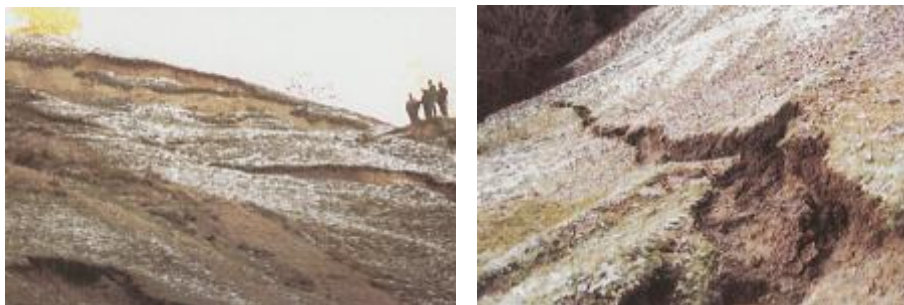


Figura 23. Smottamenti del novembre 2000.

Nota la pericolosità del torrente, già in passato fu eretto imponente muro a secco in sinistra orografica a difesa del paese di Montechiaro e lo stesso era particolarmente rimasto intatto anche rispetto ad alluvioni non secondarie succedutesi nel corso del XX secolo. Nel 1970 venne eseguita una radicale integrazione delle difese esistenti, vennero realizzate nuove briglie di fondo. Nel 1976 venne ultimato il bacino di raccolta delle deiezioni solide sito nella piana del fiume Adige a ridosso della SP tra Prato allo Stelvio e Glorenza. In seguito agli eventi del 1983 vennero realizzate 38 briglie di consolidamento nel tratto terminale del rio, nel 1992 l'attività di protezione si intensificò con la realizzazione di quattro ulteriori briglie di consolidamento, la ricostruzione della briglia sinodale, la realizzazione di una scogliera e di undici repellenti. Nel biennio 1993-1994 vennero aggiunte altre 14 briglie di consolidamento in c.a. e venne rinforzato ulteriormente il muro di protezione in sinistra orografica.

Oltre al torrente Cavallaccio, il paese di Montechiaro è storicamente soggetto anche agli sversamenti di due altri piccoli rivi, il rio di Montechiaro (A.405.5) ed il rio Renner. Alluvioni torrentizie con fenomeni di colamento si verificarono sul rio Montechiaro nel 1538 e nel 1787, il 6 giugno 1849 una colata detritica di grandi dimensioni danneggiò e distrusse molte abitazioni del paese. Nel 1855 il rio esondò sommergendo una superficie di 115 ha, così come nel settembre 1882 si verificò una forte alluvione torrentizia. Il 21 maggio 1983 si verificò una nuova alluvione torrentizia, che causò però danni limitati. Dopo l'alluvione di Pentecoste del 1983, si è registrato il rinforzo del muro arginale danneggiato dai flussi e la sistemazione della cunetta che attraversa il paese correndo tra le case. Inoltre è stata realizzata una briglia di trattenuta del materiale solido a monte delle case, dal volume utile stimato di ca. 1.800 m³. Anche sul rio Renner venne realizzata una piccola opera di trattenuta in seguito alla colata detritica del 1983, dal volume utile residuo stimato di ca. 300 m³. Nel 1998 inoltre la Bacini Montani ha proceduto a ristabilire la sezione di deflusso nel tratto di valle del rio Montechiaro con un ripristino delle difese di sponda, dato che l'alveo era ostruito in un tratto di ca. 500 m da depositi detritici, sintomo di una attività comunque limitata del rivo.

Il rio Cerin (A.390) è caratterizzato da una alta capacità di trasporto solido che già in passato ha creato notevoli problemi sia per l'abitato di Prato allo Stelvio che per i coltivi limitrofi. Dalla documentazione storica reperita si evince come gli eventi alluvionali sul rio Cerin si ripetano con una certa ciclicità ogni 20 – 40 anni. Nel settembre 1882 si verificarono due eventi particolarmente gravi: tra il 16 ed il 21 una prima colata si propagò nei campi antistanti Prato allo Stelvio trasportando ingenti quantità di materiale e danneggiando numerose abitazioni. Tra il 28 ed il 29 settembre un nuovo colamento in alveo creò gravi disagi in tutta l'area. Nel 1902 una colata detritica coinvolse direttamente l'abitato di Prato allo Stelvio, evento che si ripeté nuovamente nel 1917 e nel 1947. Nel maggio del 1983 il rio Cerin è stato teatro di una nuova colata detritica (alcune immagini in Figura 24) dalla magnitudo stimata di ca. 12.000 m³.

Negli anni tra il 1950 ed il 1960 si è proceduto con più interventi alla costruzione di briglie di consolidamento nel corso medio, mentre è risultato subito evidente come il corso inferiore presentasse una sua specifica labilità per la presenza di depositi alluvionali e morenici. L'alluvione del 1983 ha riproposto l'urgenza di una più completa sistemazione puntando alla diminuzione dell'apporto solido da monte ed all'aumento della capacità di trasporto. È stata pertanto realizzata una cunetta a secco in massi ed è stato completamente ricostruito un ponte. Nel 1999 vennero realizzate sette nuove briglie di

consolidamento e alcuni rivestimenti di sponda in pietra. Nel 2000 venne realizzata una grande opera di trattenuta del materiale solido, con una grande briglia di trattenuta con controbriglia a monte ed una seconda piazza di deposito a valle, per un volume utile complessivo di trattenuta di ca. 6.000 m³. Nel 2002 invece venne realizzata un'ulteriore briglia di consolidamento.



Figura 24. Alcune immagini della colata detritica del maggio 1983 sul rio Cerin.

Tra i torrenti primari di minori dimensioni, il rio Schmelz (A.400.5) ha provocato nel corso del 2008 due colamenti di media entità: l'ultimo tratto del canale risulta infatti intubato e transita in loco sotto la SS dello Stelvio. In occasione delle precipitazioni intense dello scorso anno, la griglia posta all'imbocco della tubazione si è intasata a causa di ingenti flussi di materiale solido, causando l'esondazione dei terreni sottostanti, lambendo l'abitazione presente ed investendo la sottostante sede stradale.

Il rio Cengles infine rappresenta un caso di studio rilevante data la costanza con cui si sono ripetuti negli ultimi anni fenomeni di debris flow anche piuttosto consistenti. L'enorme disponibilità di materiale detritico nei bacini superiori, suscettibili ai cambiamenti climatici ed alle variazioni nell'estensione superficiale del permafrost, consente il puntuale verificarsi di colamenti detritici in occasione di fenomeni meteorici particolarmente consistenti (Gostner, 2002; Staffler et al., 2008). Da un'analisi della frequenza temporale degli eventi, risultano 17 eventi censiti tra il 1850 ed il 2005 per un fattore temporale medio di frequenza per le colate detritiche di ca. 1 evento ogni 9 anni. In Figura 25 viene fornita una rappresentazione della serie storica degli eventi censiti sino al 2000 (Gostner, 2002).

Nel recente passato si registrano la colata del 10 luglio 1989 (8.200 m³) e del 21 giugno 1992 (3.000 m³). Particolarmente dettagliata la documentazione disponibile per gli eventi del 1999 (Gostner, 2002). Il 16 agosto si verificò una prima colata di magnitudo stimata tra 46.000 e 66.000 m³, il 20 settembre un secondo colamento che mobilizzò ca. 24-34.000 m³ di materiale. In totale vennero mobilizzati in un mese

ca. 70-100.000 m³ di materiale detritico. Entrambi gli eventi si possono descrivere come colamenti estremamente viscosi, con velocità di propagazione nel tratto di valle sistemato dell'ordine di 1 - 2 m/s.

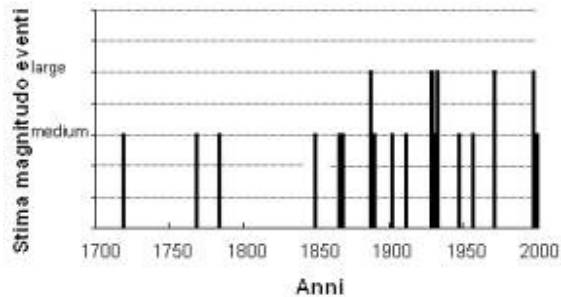


Figura 25. Serie storica degli eventi censiti sul Cengles sino al 2000.

In Figura 26 alcune immagini delle condizioni riscontrate dopo gli eventi descritti. Nel XXI secolo sono state poi registrate ancora due colate, la prima il 29 agosto 2003 di magnitudo stimata di ca. 15.000 m³ e la seconda il 1 settembre 2005 di magnitudo stimata di ca. 15.500 m³.



Figura 26. Depositi delle colate del 1999 nell'Ontaneto di Cengles e l'alveo del torrente scavato dalle colate.

La manifesta pericolosità del torrente Cengles ha indotto la popolazione residente a realizzare numerose opere di protezione nel corso dei decenni. Al 1870 risale la realizzazione degli argini di protezione nel tratto paesano del torrente, che coprivano originariamente una lunghezza di ca. 380 ml. Tra il 1881 ed il 1883 vennero realizzate poi 130 piccole briglie di consolidamento, agli inizi del 1900 risale invece la costruzione di una prima grande opera di trattenuta del materiale solido influente da monte. Tra il 1934 ed il 1939 le sezioni di deflusso nel tratto urbano vennero cunettate e vennero realizzate una decina di briglie di consolidazione. Tra il 1951 ed il 1957 vennero aggiunte altre briglie di consolidamento, così come tra il 1972 ed il 1975 venne ampliata la sfera delle sistemazioni con la realizzazione di altre briglie di consolidamento, venne realizzato un secondo bacino di trattenuta del materiale solido e venne plasmata la sezione trapezoidale dell'ultimo tratto del torrente come appare oggi. Nel 1982 una briglia di trattenuta venne ulteriormente rialzata, in varie occasioni vennero realizzati dei lavori di sgombero del materiale che negli anni si depositava a ridosso delle opere di protezione e trattenuta. Risale invece ai giorni nostri l'ultimo intervento correttivo, nel biennio 2007-2008 infatti sono stati realizzati lavori che prevedevano la ristrutturazione ed il risanamento dei muri di sponda esistenti, il rifacimento dei due

principali ponti stradali e la collocazione a ridosso delle aperture negli argini di paratie mobili motorizzate per la protezione delle abitazioni dalle frequenti colate detritiche.

6.3 Torrenti secondari

Il fossato denominato „Fossato Spondigna“ non risulta essere stato teatro di particolari eventi calamitosi in passato. Come detto in precedenza, l'intero versante del Monte di Sluderno che si affaccia sulla piana del fiume Adige risulta potenzialmente suscettibile a colamenti detritici. Proprio alle pendici del versante sono stati censiti alcuni fenomeni a cavallo del XIX e XX secolo. Il 23 giugno 1867 una violenta grandinata sopra Spondigna ha generato un colamento detritico che ha invaso la strada sottostante ed i campi latitanti. Medesimo evento si registra il 28 luglio 1872, con gli sversamenti detritici che si sono protratti sin quasi al fiume Adige. L'ultimo evento censito risale al 1902, classificabile sempre come colamento lento in alveo.

Il rio Platzut (A.415) non risulta invece allo stato attuale un torrente pericoloso. Nel 1983 si hanno notizie di piccoli sversamenti imputabili ad alluvioni torrentizie di scarsa entità, con piccole deiezioni che hanno invaso i campi lungo la conoide. Eventi ben più gravi si sono registrati nel XIX. Il 17 luglio 1874 una grossa colata detritica si verificò nei pressi di Glorenza e si riversò nei campi lambendo anche le sponde del fiume Adige. Il 16 settembre 1882 un altro colamento rapido in alveo distrusse tutte le coltivazioni lungo la conoide, medesimi danni si registrarono anche il 29 ottobre 1889. Negli anni seguenti vennero realizzate delle piccole briglie di consolidamento in massi e muratura, oggi ancora presenti, ma in pessimo stato ed attualmente assolutamente inefficienti.



Figura 27. La conoide di deiezione della Valle di Gravara ed un tratto vegetato del rio del Dosso.

Per gli altri torrenti, un'attenta analisi degli aerofotogrammi del 1983 ha permesso di identificare alcuni fenomeni ancora non censiti, presumibilmente classificabili come colate detritiche, avvenute ad esempio all'apice della piccola conoide del rio Pavile (A.405.5.5) e del rio di Dietrocastello (A.380). In tutti i casi, per i fossati che solcano la piana del fiume Adige sono censiti interventi di sfalcio, eliminazione di piante in eccesso e di sgombero degli alvei, avvenuti ad es. nel 2003 lungo i fossati rio di Pseg (A.385), rio del Dosso (A.380.5), rio di Dietrocastello e rio di Dosso (A.360). Questo per la sensibile diminuzione delle sezioni di deflusso utile che nel tempo va creandosi a causa del deposito di materiale trasportato da monte e dall'invasività delle specie ripariali.

Per i rimanenti corsi d'acqua secondari non è stata reperita alcuna documentazione storica attestante l'avvenimento di fenomeni torrentizi di una certa rilevanza. In tutti i casi comunque, le piccole conoidi

presenti (ad es. al termine della Valle di Gravara) testimoniano una sicura attività passata di tutti i fossati, attività da attribuire ad una certa propensione alle colate detritiche degli stessi.

7 Impostazioni metodologiche

7.1 Descrizione dei corsi d'acqua

7.1.1 Fiumi di fondovalle

Lo sviluppo antropico ed agricolo dell'area di studio è stato modellato nei secoli dalle divagazioni sul piano campagna del fiume Adige (A), che attraversa il tratto di interesse per una lunghezza di ca. 15 km. Brevemente si ricorda come il fiume Adige ha origine presso il passo di Resia, nell'alta Val Venosta. Dopo aver percorso 409 km sfocia nel Mar Adriatico nei pressi di Chioggia. Complessivamente il suo bacino imbrifero ha un'estensione di 11.953 km². Al termine dell'abitato di Lasa, dove finisce l'area oggetto di studio, il bacino misura circa 940 km². Esso ha una quota massima di 3889 m s.l.m. e una quota minima di circa 865 m s.l.m., con pendenze che raggiungono punte del 75,38%. Geologicamente il bacino imbrifero nell'alta Val Venosta presenta rocce cristalline con gneiss, scisti e graniti. Il gruppo dell'Ortles e la Val Monastero (in cui scorre il Rio Ram) presentano massicce formazioni calcaree. Essendo la Val Venosta di origine tipicamente glaciale, notevole estensione hanno i depositi morenici, vi sono inoltre vaste zone che presentano depositi alluvionali recenti. Per quanto riguarda la copertura del suolo, essa segue una distribuzione abbastanza regolare sia nella valle principale, in cui scorre l'Adige, che in quelle laterali, in cui scorrono i suoi affluenti principali: la maggior parte dei tratti di versante vedono infatti la presenza di vaste aree boscate, con prati soprattutto quando le quote iniziano ad aumentare, mentre il fondovalle presenta un caratteristico ecomosaico agricolo con evidenti frazionamenti. Ad altitudini più elevate si trovano estese zone detritiche prive di vegetazione ed aree dove prevale la sola copertura rocciosa. Il fiume nel tratto oggetto di studio attraversa le località di Glorenza, Oris e Lasa, dalla zona antistante la confluenza con il Rio Ram a monte di Glorenza fino a valle del paese di Lasa, dopo la confluenza con l'omonimo rio. L'intero bacino della Val Venosta risulta costantemente monitorato tramite strumentazione idraulica di rilevazione, attualmente gestita dall'Ufficio Idrografico della Provincia Autonoma di Bolzano. Nell'area di studio insistono la stazione idrometrica di Spondigna (671 km²), quella di Lasa (904 km²) mentre a monte di Merano è sita la stazione di Tel (1675 km²).

Tra i principali tributari del fiume Adige nel tratto di interesse, il Rio Solda (A.400) ha origine nel gruppo dell'Ortles-Cevedale e scorre in un bacino che si presenta fortemente scavato. Nella sua parte superiore è composto da due aste principali, il Rio Solda e il Rio Trafoi. Dopo avere attraversato le località di Solda, Gomagoi, Stelvio e Prato allo Stelvio e percorso circa 21 km si getta nell'Adige nei pressi di Spondigna, nel comune di Sluderno. Il suo bacino imbrifero ha una superficie di 161 km² ed una quota massima di 3889 m s.l.m. Le sue pendenze vanno da un massimo del 70% a un minimo dello 0,08% nel delta rappresentato dal "Prader Sand".



Figura 28. Alcune immagini del Fiume Adige nella zona oggetto di studio: (a) a monte della confluenza con il rio Ram, (b) dal ponte tra Oris e Cengles, (c) a Lasa.

Per quanto riguarda la composizione geologica, essa si presenta come quella tipica delle Alpi Venostane: il bacino è composto da rocce cristalline con gneiss, scisti e graniti. Inoltre nel gruppo dell'Ortles vi sono estese formazioni calcaree e dolomitiche. A causa dell'origine glaciale della valle, frequenti sono i depositi morenici nonché quelli alluvionali recenti. La copertura vegetale risente fortemente dell'altitudine: alle quote più basse vi sono grandi estensioni di abete rosso e larice, che si estendono fino al confine delle vegetazione, mentre alle quote più elevate si trovano vaste coperture di prati e pascoli di montagna.

Ad altezze ancora maggiori si ha quindi l'assenza totale di vegetazione, con rocce ed estese zone coperte dai ghiacciai. Il tratto di torrente oggetto di studio ha una lunghezza di circa 4 km e si estende dalla località di "Fonderia", a monte dell'abitato di Prato allo Stelvio, fino alla confluenza con l'Adige.

50



Figura 29. Alcune immagini (a) della Valle di Solda, (b) della Valle di Trafori (c) e della conoide del Solda a Prato allo Stelvio.

Il Rio Ram (A.420) nasce in Svizzera, drena la Val Monastero e da qui entra in territorio italiano. Dopo aver attraversato l'abitato di Tubre, a valle del confine italo-svizzero, ed aver percorso complessivamente 24,7 km si getta nel fiume Adige a monte dell'abitato di Glorenza. Il suo bacino imbrifero ha un'estensione di 189 km², con pendenze che vanno da un massimo del 75.38 % ad un minimo dello 0,08%. La quota massima è posta a 3207 m s.l.m., mentre lo sbocco del torrente nell'Adige avviene ad una quota di 921 m s.l.m.. La composizione geologica consiste principalmente in gneiss, graniti e filladi, insieme alla presenza di morene dovute all'origine glaciale e a detriti di falda lungo il corso principale del torrente. Per quanto riguarda la copertura del suolo, essa è composta da prati e pascoli in prossimità del

fondovalle, mentre risalendo i versanti vi sono pendii boscati più fitti nelle zone esposte a nord, più radi in quelle esposte a sud. A quote più elevate si trovano aree prative e zone detritiche, con superfici rocciose maggiormente presenti nella parte svizzera del bacino imbrifero. La zona di studio è compresa fra il ponte di Calva e la confluenza con l'Adige, per una lunghezza del tratto di corso d'acqua studiato di circa 2800 m.



Figura 30. Alcune immagini del rio Ram nel tratto di studio .

Il Rio Puni (A.410) scorre nella Valle di Planol e, dopo avere attraversato l'omonimo paese e gli abitati di Malles e Glorenza, confluisce nell'Adige nella zona del biotopo di Sluderno. Il suo bacino imbrifero si estende per una superficie totale di circa 178 km² da una quota di 3391 m s.l.m. fino alla confluenza con l'Adige, posta a 885 m.

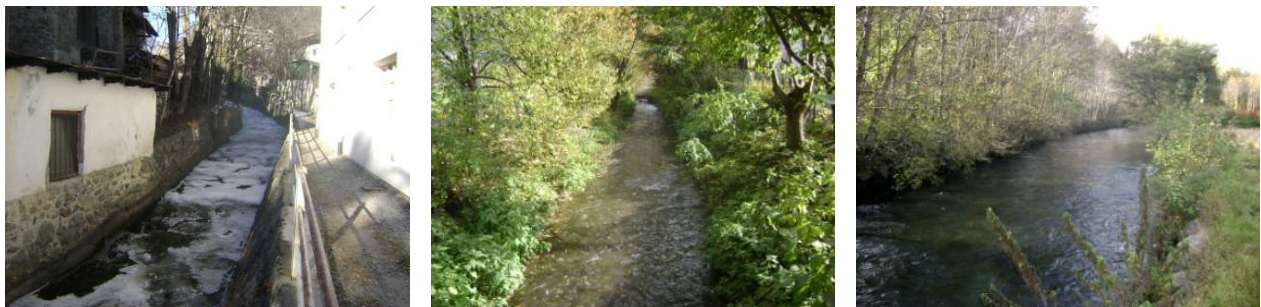


Figura 31. Il rio Puni (a) a Malles Venosta, (b) a Glorenza e (c) a monte della confluenza con l'Adige.

Le pendenze vanno dal 62.5% ad un minimo dello 0.12%. La composizione geologica è abbastanza uniforme, con la presenza principalmente di gneiss filladico, gneiss occhiatino e micascisti muscovitici. Nel tratto di fondovalle vi sono depositi di detriti di falda e morene alluvionali. La copertura vegetale si presenta con ridotte superfici boscate, mentre la maggior parte del bacino è caratterizzata da rocce e zone detritiche prive di vegetazione nella parte superiore, da pascolo o zone improduttive in quella inferiore. Il tratto di torrente oggetto di studio si estende dall'inizio del paese di Glorenza fino allo sbocco nell'Adige, per una lunghezza di circa 6300 m.

Il rio Puni raccoglie nei pressi dei Campi di Krauter le acque del rio Saldura (A.410.5), che termina la sua corsa nel biotopo di Sluderno. Il rio Saldura attraversa per intero la Valle di Mazia e dopo avere attraversato gli abitati di Mazia e Sluderno sfocia nel Rio Puni, avendo percorso complessivamente 21,6

km. Il suo bacino imbrifero ha una superficie di ca. 101 km² e si estende da una quota di 3719 m s.l.m. fino alla confluenza posta a 957 m. Le pendenze vanno da un massimo del 65,9% ad un minimo di 0,2%.



Figura 32. Due immagini del corso superiore e medio del rio Saldura ed il tratto canalizzato a Sluderno.

La composizione geologica del bacino vede la prevalenza di micascisti e filladi, con una consistente presenza di morene e depositi alluvionali. Per quanto riguarda la copertura del suolo, nella parte medio-bassa del bacino, soprattutto sui versanti esposti a nord, vi sono vaste aree boscate. Zone prative e meno densamente popolate da boschi si trovano invece nei versanti esposti a sud. Nella parte alta del bacino prevalgono invece le zone rocciose e quelle detritiche prive di vegetazione. Il tratto di corso d'acqua oggetto di studio va dalla zona a monte del paese di Sluderno fino al biotopo di Sluderno.

7.1.2 Torrenti primari

7.1.2.1 Rio Alliz (A.340)



Figura 33. Alcune immagini del tratto inferiore del rio Alliz.

Il rio Alliz è un tributario in sinistra orografica del fiume Adige in cui confluisce ad una quota di 858 m s.l.m.. Il bacino imbrifero si estende su una superficie di ca. 15.94 km². La lunghezza attiva del torrente si sviluppa in 10.480 m. Il bacino imbrifero del rio Alliz è coperto per un 30% da superfici boscate, il 4% è rappresentato da prati e pascoli, il 46% è popolato da formazioni pioniere alpine in evoluzione e aree a vegetazione rada, il restante 20% invece è rappresentato da rocce e materiali detritici.

Il bacino superiore del rio Alliz si può suddividere in due grandi sottobacini, afferenti ai reticoli idrografici del rio Gatria e del rio Strimm. Il rio Strimm ha un bacino imbrifero di 8.72 km², una lunghezza di 5.700 m ed una pendenza media del 22%, la superficie drenante del rio presenta una forma allungata

e stretta. Nel tratto terminale del suo bacino imbrifero, il rio Strimm presenta pendenze molto elevate, su una lunghezza di appena 1.500 m copre un dislivello di 550 m. Tra i rifugi “Stierhütte” e “Hirtenhütte” le pendenze si addolciscono variando tra 10% e 20%, alcuni piccoli torrenti laterali in località “Weißen Wandlen” trasportano nel canale principale piccole quantità di detrito dai versanti superiori che presentano evidenti segni di dissesto idrogeologico, franamenti e slittamenti di versante in roccia. Nel tratto compreso tra il rifugio “Stierhütte” ed il piede della corona montuosa superiore (quota di 2.105 m s.l.m.) si hanno evidenti depositi del materiale solido influente da monte, trasportati in alveo da numerosi fossati laterali in orografia sinistra particolarmente attivi in occasione di fenomeni meteorici intensi. Un secondo bacino detritico superiore è posto a quote più elevate (2.450 m s.l.m.), nonostante la grande disponibilità di materiale solido imputabile ad elevate velocità di detritazione dei versanti rocciosi questo non contribuisce ad alimentare il trasporto solido nel tratto di valle, segni di evidenti depositi si registrano ovunque.

Il secondo sub-bacino superiore del rio Allitz, afferente al reticolo idrografico del rio Gadria, presenta una classica forma a goccia, molto ampia nella parte sommitale. Il bacino imbrifero del rio Gadria ammonta a 6.04 km², per una lunghezza complessiva del tratto principale di 3.150 m ed una pendenza media del 28%. Alla chiusura, il bacino presenta strato di gneiss particolarmente resistenti all’erosione. Le altre zone del bacino sono geologicamente costituite da micascisti facilmente erodibili. Numerosi canali laterali sia in destra che in sinistra orografica convogliano grandi quantità di materiale nell’alveo principale del torrente, che costantemente produce fenomeni di colamento detritico di notevole intensità anche per eventi meteorici non particolarmente intensi. A causa delle elevate pendenze degli affluenti e dei versanti laterali (anche sino al 70%), le colate detritiche trasportano sino all’apice della conoide enormi quantità di materiale che viene intercettato da una grande briglia di trattenuta realizzata nel 1975.



Figura 34. Sistemazioni nel tratto superiore e nel bacino del Gadria.

7.1.2.2 Rio Tanas (A.365)

Il rio di Tanas è un tributario in sinistra orografica del fiume Adige in cui confluisce ad una quota di 871 m s.l.m.. Il bacino imbrifero si estende per 11.35 km², la lunghezza attiva del torrente è di 6.450 m in cui il rio copre un dislivello complessivo di 1.767 m con una pendenza media del 38% (20-65%). La maggior parte della superficie del bacino imbrifero (ca. 40%) è coperta da boschi, il resto è composto da prati stabili, aree a vegetazione rada e superfici rocciose e detritiche prive di vegetazione. La forma del bacino

drenante presenta chiari tratti trapezoidali ed è solcato da numerosi affluenti laterali, localizzati principalmente in orografica destra.



Figura 35. Sistemazioni nel tratto inferiore del rio Tanas, bacino di trattenuta e briglia filtrante.

I tratti in erosione nel bacino cominciano sotto il colle denominato “Kaltererberg” lungo numerosi canali di erosione secondari che convergono più a valle negli incisi principali del reticolo idrografico. Tali canali si snodano in substrati quarziferi, i materiali mobilizzati vengono poi trasportati lungo gli incisi degli affluenti primari, in primis il rio Frinig ed il fossato “Zidergraben”. A causa delle elevate pendenze locali (sino al 90%) e delle abbondanti disponibilità detritiche presenti e mobilizzabili, proprio in questi canali si localizzano le più probabili aree di innesco delle colate detritiche, in accordo peraltro con la documentazione eventi consultata.



Figura 36. Immagini dei tributati superiori del bacino del rio Tanas.

Altre fonti detritiche che possono alimentare le colate detritiche nel bacino imbrifero del rio di Tanas si localizzano nel tratto terminale dell’inciso principale del torrente, in località “Dörferberg”. In queste aree appare evidente un fenomeno di dissesto forestale, con ampie zone prive di vegetazione che consentono dinamiche di erosione superficiale con ampia disponibilità di materiale detritico. Da qui il materiale viene convogliato nei fossati afferenti ai versanti sottostanti nei pressi delle località “Stierhütte” e “Schäferhütte”, in cui le pendenze arrivano sino al 65% consentendo quindi l’instaurarsi di colamenti rapidi di magnitudo anche piuttosto elevata. Nel tratto medio del bacino, in cui numerosi incisi hanno scavato il loro corso in depositi morenici molto ampi, è possibile una ulteriore alimentazione di materiale solido. Successivamente, all’imbocco del tratto inferiore, il rio attraversa substrati di gneiss resistenti all’erosione, pertanto si localizzano in queste aree zone di trasporto delle colate, il deposito del materiale non è possibile proprio per le pendenze sufficientemente elevate (mediamente tra il 20% ed il 40%)

mentre è verosimile che i colamenti negli incisi abbiano l'energia sufficiente per trasportare verso valle quantità di legname non indifferenti.

7.1.2.3 Rio di Cinigo (A.410.20)

Il rio di Cinigo è un affluente in sinistra orografica del fiume Adige e confluisce nel rio Puni, dopo aver attraversato il sottopasso della ferrovia Merano – Malles ed i campi che ospitano i canali di irrigazione della piana in località “Valatschwiesen” ad una quota di 945 m s.l.m., in direzione parallela al canale di scarico della centrale idroelettrica di Glorenza. Il bacino imbrifero ha una estensione superficiale di ca. 0.88 km². L'alveo attivo del torrente si sviluppa lungo un tratto di ca. 1.650 m in cui copre un dislivello complessivo di 563 m. Il rio di Cinigo presenta una pendenza media del 24 %, con valori variabili tra 12 e 65 %. Il bacino drenante presenta una forma allungata e molto ristretta. Solamente nel tratto inferiore, nei pressi dei Masi di Cinigo, si identifica un vero e proprio canale di drenaggio. Il bacino imbrifero è coperto per un 39% da superfici boscate, per un 34% da pascoli e prati stabili mentre un 20% è rappresentato da terreni naturali, cespuglieti e formazioni legnose ed arbustive. La restante porzione è invece coperta da superfici detritiche e rocciose.



Figura 37. Alcune immagini delle strutture presenti lungo il corso del rio Cinigo.

Il bacino imbrifero del rio di Cinigo non presenta sottobacini particolarmente attivi, anche se è solcato da diversi tributari secondari nel suo corso inferiore. Il bacino imbrifero inferiore infatti, piuttosto disconnesso geomorfologicamente, è composto quasi esclusivamente da prati stabili e formazioni legnose ed arbustive in evoluzione. In alcune aree del tratto intermedio si localizzano prati stabili e aree rurali ed agricole, nei pressi dei Masi di Cinigo. Il tratto superiore del rio invece presenta pendenze più elevate ed attraversa superfici mediamente detritiche con macchie boscate e vegetazione rada alpina.

Le sorgenti di materiale detritico nel bacino imbrifero del rio di Cinigo si localizzano principalmente nei sottobacini inferiori. Prima di attraversare la strada per Mazia, il rio si incunea in un profondo inciso tra antichi depositi morenici intercalati a substrati di quarzo e micascisti. Il materiale che il torrente è in grado di movimentare in questo tratto genera nel tratto inferiore dell'alveo fenomeni di alluvionamento torrentizio. Nel tratto terminale, a valle della SP105 per la Val di Mazia, il torrente risulta quasi interamente intubato, emerge in superficie solamente in corrispondenza dell'attraversamento della SS40 e nel tratto a valle del rilevato ferroviario della Merano – Malles.

7.1.2.4 Rio di Tarces (A.410.20.5)

Il rio di Tarces è un affluente in sinistra orografica del fiume Adige e confluisce, dopo aver attraversato il sottopasso della ferrovia Merano – Malles ed i campi che ospitano i canali di irrigazione della piana in località “Valatschwiesen” nel rio di Cinigo ad una quota di 945 m s.l.m., in direzione perpendicolare al canale di scarico della centrale idroelettrica di Glorenza. Il bacino imbrifero ha una superficie drenante di ca. 3.17 km². L’alveo attivo del torrente si estende per ca. 2.910 m, in cui copre un dislivello complessivo di 852 m. Il rio di Tarces presenta pendenze medie del 28%, con valori che oscillano tra un minimo di 18 ed un massimo di 52%. Il bacino ha forma grossomodo triangolare ed allungata e risulta coperto da superfici boscate di varia natura per ca. il 65% della sua estensione. Il 14% delle aree è destinato a prati e pascole, un 12% è rappresentato da aree pedeboschive di transizione, da pascoli alpini ed aree a vegetazione rada. La rimanente porzione è invece coperta da zone rurali (masi sparsi), pascoli ed aree cespugliate ed alberate.

Secondo il suo sviluppo altimetrico e longitudinale, il rio di Tarces, così come il limitrofo rio di Cinigo, si suddivide in tre tratti ben distinti. Il tratto inferiore del bacino imbrifero risulta pendente e dotato di una folta copertura forestale. Il tratto intermedio del bacino si localizza presso le località “Gamassen” e “Lechtl”, entrambe adagate su alcuni terrazzamenti morenici. A monte invece le pendenze aumentano nuovamente, il terreno si fa irregolare e frastagliato sino alle sorgenti poste nelle aree apicali del bacino.

Da un punto di vista prettamente idrogeologico, il bacino imbrifero del rio di Tarces si può suddividere in due sottobacini principali, afferenti all’alveo principale del rio ed al tributario principale, il rio Lechtl. Mentre l’alveo del rio di Tarces risulta secco per gran parte del tempo, il rio Lechtl presenta invece afflussi costanti, seppur molto contenuti, di acqua. Nel tratto terminale del suo corso, nei prati che costeggiano la strada per Mazia a monte della confluenza con il rio di Tarces, il rio Lechtl risulta intombinato, mentre a monte scorre in un inciso molto modesto.

56



Figura 38. Alcune immagini del rio Tarces.

Sorgenti di detrito localizzate si trovano solamente nel tratto intermedio del bacino imbrifero, fino ad una quota di 1.800 m s.l.m.. Dai sopralluoghi risulta una discreta capacità erosiva attraverso un substrato phyllifero molto friabile, inoltre l’asportazione dei detriti morenici presenti è assolutamente verosimile in occasione di eventi meteorici intensi.

7.1.2.5 Rio di Montechiaro (A.405.5)

Il rio di Montechiaro è un tributario in destra orografica del fiume Adige e confluisce a valle della SP50 Prato allo Stelvio – Glorenza in un canale di scarico ad una quota di 902 m s.l.m. in località “Schartmoos” in destra Adige. Il bacino imbrifero ammonta a ca. 0.73 km². L'alveo attivo del torrente si estende per ca. 2.680 m, in cui copre un dislivello complessivo di 659 m. Il rio di Tarces presenta pendenze medie del 29%, con valori che oscillano tra un minimo di 15 ed un massimo di 43%. Il bacino presenta una forma allungata e stretta nel suo insieme e risulta coperto da superfici boscate di varia natura per ca. l'82% della sua estensione. La rimanente porzione (ca. 18%) è invece rappresentata da prati e pascoli e da colture agricole intensive.



Figura 39. Sistemazioni lungo il rio Montechiaro.

Mentre il tratto inferiore del bacino imbrifero si snoda attraverso corpi morenici boscati, il tratto superiore si presenta geologicamente stabile, con substrati di filladi gneisiche a biotite e graniti. Le zone in erosione del bacino si localizzano nei tratti inferiori del corso d'acqua che presentano comunque pendenze dell'ordine del 30%. Le sorgenti detritiche si localizzano lungo il tratto a valle del “Grösshof” ad una quota di 1.150 m s.l.m. e lungo i canali di drenaggio all'apice della conoide di deiezione. L'innesco di colamenti rapidi in alveo può avvenire sostanzialmente per erosione profonda e laterale, i materiali sono prevalentemente di natura detritica e di dilavamento torrentizio, abbondante anche la presenza di legname flottante, depositato direttamente in alveo.

7.1.2.6 Rio Renner

Il rio Renner è un affluente del Rio di Montechiaro, in cui sfocia poco dopo aver attraversato l'omonimo abitato. Il suo bacino imbrifero ha una superficie di 0.45 km² ed è caratterizzato da una quota massima di 1.606 m s.l.m. mentre la quota minima, posta alla foce del torrente, è di 1.006 m s.l.m.. Le pendenze mantengono sempre valori abbastanza elevati, andando da un massimo del 32.4% a un minimo del 9.5%. Geologicamente il bacino è composto in prevalenza da morene. Per quanto riguarda invece la copertura del suolo, essa è caratteristica delle quote non molto elevate, quali sono appunto quelle a cui si trova il bacino del rio Renner: infatti la maggior parte della superficie è utilizzata a scopi agricoli, mentre la restante parte è coperta da bosco di abeti. Dai sopralluoghi, è emersa una scarsa propensione al dissesto dei sottobacini superiori, mentre si stimano profondità di erosione probabili nell'ultimo tratto dell'alveo di ca. 0.5 m. A monte dell'abitato di Montechiaro è presente una briglia di trattenuta ($V = 300 \text{ m}^3$) che

raccoglie il materiale mobilizzabile lungo il corso del rio. Il tratto urbano è fortemente sistemato e scorre in tubazione sino alla confluenza con il rio Montechiaro.



Figura 40. Alcune immagini dell'alveo del rio Renner a monte di Montechiaro.



Figura 41. La briglia di trattenuta ed il tratto urbano del rio Renner.

7.1.2.7 Rio di Cavallaccio (A.405)

Il rio Cavallaccio è un affluente del fiume Adige in destra orografica, in cui confluisce ad una quota di 886 m s.l.m.. Il bacino imbrifero ammonta a ca. 11.22 km². L'alveo attivo del torrente si sviluppa per ca. 7.320 m e copre un dislivello complessivo di 1.215 m. Il rio Cavallaccio presenta pendenze medie del 21%, con valori che oscillano tra un minimo di 19 ed un massimo di 40%. Il bacino presenta una classica forma a goccia e risulta coperto da superfici boscate di varia natura per ca. il 50 % della sua estensione. Il 6% è coperto da pascoli e prati, il 20% invece è rappresenato da praterie alpine mentre il 14% è coperto da zone prive di vegetazione, detritiche e rocciose. La rimanente porzione invece è caratterizzata dalla presenza di prati stabili, cespuglieti ed aree alberate.

Da un punto di vista idrogeologico il bacino imbrifero del rio Cavallaccio si può suddividere in due sub-bacini omogenei afferenti al corso principale del rio Cavallaccio ed al suo tributario principale, il rio dell'Alpe. Estese porzioni di entrambi i sottobacini giacciono in possenti depositi morenici e presentano una enorme disponibilità di materiale solido pronto alla mobilizzazione. Su queste superfici moreniche, che caratterizzano i versanti ai lati di entrambi i torrenti lungo tutto il loro tratto intermedio (sino ad una quota di 1.500 m s.l.m.), seguono aree geologicamente stabili in substrati granitici e filladici che si estendono sino al limitare dei boschi di conifere. Oltre questi, si incontrano nuovamente corpi morenici, la cui instabilità è particolarmente evidente nei pressi della confluenza dei due rami superiori del reticolo

idrografico principale. Si alternano infatti ampie superfici fratturate, sia in destra che in sinistra orografica, con grande disponibilità di materiali detritici ricavati in substrati di granito e gneiss.



Figura 42. Sistemazioni nel tratto inferiore del rio Cavallaccio.

Nonostante gli evidenti dissesti idrogeologici potenziali e in atto (fronti franosi laterali e disfacimento meteorici dei versanti), nelle aree apicali entrambi i sottobacini sono stati stabilizzati negli ultimi anni con una serie di onerosi interventi idraulico - forestali, l'apporto di materiale solido nell'alveo del rio dell'Alpe è garantito dalla presenza di fronti morenici instabili. Dopo un breve tratto in incisi resistenti all'erosione di gneiss a biotite, che garantiscono solo piccole quantità di materiale, il rio è in grado di mobilitare grandi masse detritiche per erosione laterale o scalzamento dei versanti morenici che lambisce. Al contrario invece, nei sottobacini superiori del rio Cavallaccio le morene presenti sono sufficientemente stabili e non contribuiscono al già scarso apporto solido da monte. Come detto, nei pressi della confluenza tra i due rami principali del bacino imbrifero, si riattivano fenomeni di erosione laterale e profonda, parzialmente attutiti da una lunga serie di briglie di consolidamento, che consentono di trasportare all'apice della conoide grandi quantità di materiale solido e legnoso.

59

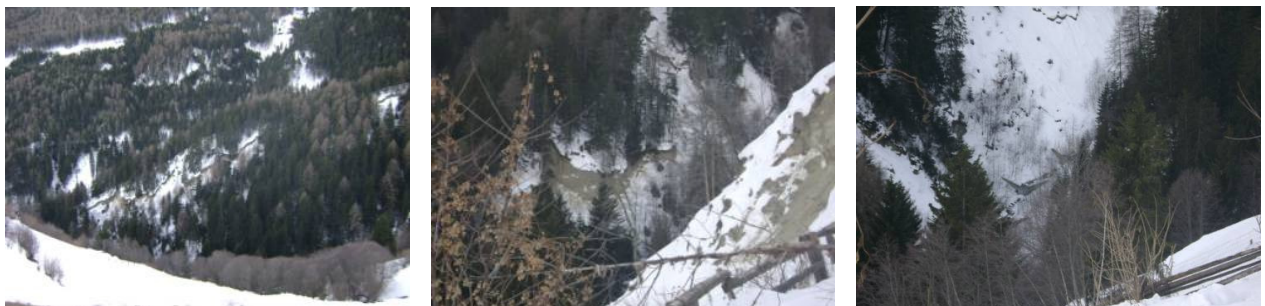


Figura 43. I versanti fratturati alla confluenza del Cavallaccio e del rio dell'Alpe.

A causa della grande attività torrentizia di entrambi i torrenti studiati, occorre computare nelle valutazioni idrauliche anche ingenti quantità di legname flottante. In seguito a periodi di pioggia particolarmente lunghi ed intensi, la saturazione dei versanti ed il conseguente franamento di materiali solidi negli alvei (con annesse grandi quantità di materiale legnoso anche di grossa taglia) possono portare facilmente alla completa ostruzione del canale principale ed all'innesco di colate detritiche conseguenti a fenomeni di dam break, che confermano l'elevata propensione del bacino a generare debris flow. Tali conclusioni sono supportate anche dalla documentazione eventi consultata.

7.1.2.8 Rio Schmelz (A.400.5)

Il Rio Schmelz (A.400.5) è un affluente del Rio Solda in cui sfocia dopo aver percorso 3.3 km, appena a monte del Paese di Prato allo Stelvio in località Schmelz. La composizione geologica del bacino vede la prevalenza di morene, piccole porzioni soggette ai fenomeni di permafrost sono presenti nelle aree apicali del bacino.



Figura 44. Il tratto terminale del torrente Schmelz.

Per quanto riguarda l'uso del suolo, la sua superficie è quasi per intero ricoperta da boschi tranne alle quote inferiori, dove si trovano alcuni prati, e alle quote superiori del bacino, dove alcune zone sono occupate da ghiacciai. In prossimità della SS38 dello Stelvio il rio viene intercettato da una presa a griglia, fluisce in una condotta sotto la sede stradale, dopo la quale riemerge in un piccolo canale sino allo sbocco nel rio Solda. Anche in questo caso, dai sopralluoghi effettuati emerge un'abbondante presenza di materiale di dilavamento torrentizio nel tratto medio ed inferiore del rio, le zone apicali sembrano essere invece sufficientemente stabili.

60

7.1.2.9 Rio Cerin (A.390)

Il rio Cerin è un affluente in destra orografica del fiume Adige in cui confluisce ad una quota di 880 m s.l.m.. Il bacino imbrifero ammonta a 5.36 km². L'alveo attivo del torrente si sviluppa per una lunghezza totale di 7.460 m coprendo un dislivello massimo di 1.365 m. Il rio Cerin presenta una pendenza media dell'alveo del 28%, con un minimo di 16% ed un massimo di 55%.



Figura 45. Alcune immagini della cunetta del rio Cerin.

Da un punto di vista geometrico, il bacino imbrifero presenta una forma sostanzialmente triangolare con le zone più ampie site nelle aree sommitali. Circa il 47% del bacino imbrifero è coperto da boschi, il 14%

delle aree sono adibite a prati e pascoli mentre un 24% è rappresentato da aree detritiche prive di vegetazione o con vegetazione rada in evoluzione. Il restante 15% è invece rappresentato da rocce nude. Nelle zone apicali del bacino imbrifero, il rio Cerin si presenta con un dedalo di piccoli tributari che solcano l'intera conca glaciale. Mentre i sottobacini superiori presentano pendenze regolari sino a quote prossime ai 2.000 m s.l.m., oltre questo limite le pendenze aumentano notevolmente sino a quota 2.250 m s.l.m. quando in corrispondenza del piano glaciale il torrente si raccoglie nella conca apicale. La detrizione dei versanti rocciosi garantisce un costante apporto di materiale solido, che tende comunque a depositarsi nelle depressioni di valle ai piedi delle cime glaciali alimentando colate solo localmente. Le pareti rocciose salgono ripidamente sino a quote prossime ai 2.600 m s.l.m., supportate da antichi corpi morenici di origine glaciale in cui permangono nevi perenni nei pressi delle cime "Stierkopf" e "Pederfick".

Dalle evidenze geomorfologiche del bacino e dall'interpretazione delle ortofoto è possibile asserire come i movimenti in massa che avvengono lungo i versanti detritici afferenti ai sottobacini superiori, tendano a depositarsi ai piedi della conca glaciale ad una quota di 2.250 m s.l.m.. Solamente in occasione di eventi particolarmente intensi i depositi detritici creati nel corso degli anni possono essere rimobilizzati e trasportati verso valle. A valle l'inciso del rio Cerin attraversa corpi morenici, raccogliendo nel suo alveo principale tutto il materiale ivi convogliato dai canali e dai versanti laterali, pertanto in occasione di fenomeni meteorici particolarmente intensi si ritengono possibili fenomeni erosivi profondi.



Figura 46. La grande briglia di trattenuta e le briglie di consolidamento nel tratto medio del rio Cerin.

Ad una quota di ca. 1.750 m s.l.m., dopo la confluenza dei canali secondari nell'alveo principale, il rio Cerin attraversa una formazione geologica stabile di fillogneiss, scavandosi un letto ben definito nella roccia che può essere identificato come canale di trasporto dei materiali solidi influenti da monte, non essendo possibile l'asportazione di quantità significative di materiale solido. Nei sottobacini inferiori invece, al di sotto di una quota di ca. 1.375 m s.l.m. presso la Strada Forestale "Nittbach", il rio Cerin torna ad attraversare depositi morenici, in cui è possibile prevedere una nuova alimentazione di materiale solido. In particolare, si ritiene che vecchi depositi detritici laterali siano erodibili nel caso di colate detritiche di magnitudo particolarmente elevata.

Le più rilevanti fonti di materiale detritico si localizzano pertanto nel tratto medio a valle della Strada Forestale „Nittbach“. In questo tratto la boscaglia arriva sino all'alveo del torrente, pertanto si può prevedere anche un non trascurabile apporto di materiale flottante. Stando quindi alla disponibilità di

materiale detritico presente ed alle pendenze maggiori del 20% riscontrate, il rio Cerin può essere descritto come un classico torrente da colata detritica. Immagini degli eventi del 1983 testimoniano queste conclusioni.

7.1.2.10 Rio Cengles (A.375)

Il Rio Cengles (A.375) è uno degli affluenti posti in destra orografica del fiume Adige. Il suo bacino imbrifero ha una superficie di circa 10.7 km² ed è caratterizzato da una quota massima di 3361 m e da una quota minima di 997 m s.l.m.. Presenta pendenze abbastanza accentuate, che vanno dal 69.4% all'1.6% prima dello sbocco. Il rio Cengles misura complessivamente 7.7 km e, dopo aver attraversato il paese di Cengles, sfocia nell'Adige nei pressi dell'abitato di Oris. La composizione geologica del bacino vede principalmente la presenza di micascisti, filladi, gneis granitico e detrito di falda. Nella parte superiore si trovano inoltre depositi alluvionali, mentre in quella media e inferiore si riscontra la presenza di morene. Per quanto riguarda la copertura del suolo, alle quote inferiori prevalgono le estensioni boscate. Aumentando l'altitudine si trovano delle ridotte zone occupate da prati, mentre alle quote superiori vi è una forte presenza di roccia e di zone detritiche prive di vegetazione.

Sensibile alle variazioni climatiche legate all'estensione del permafrost, il rio Cengles presenta una disponibilità infinita di materiale detritico nelle zone apicali. In occasione di fenomeni meteorici particolarmente intensi o forti grandinate, ingenti masse si mobilitano dando origine a colate detritiche anche di rilevante magnitudo come spesso accaduto in passato.



Figura 47. Falde detritiche nelle zone apicali del bacino del Cengles.



Figura 48. Alcune immagini del corso medio del rio Cengles.

Il tratto terminale del rio, a valle della seconda briglia di trattenuta attraverso il paese di Cengles, risulta fortemente sistemato con una cunetta recentemente risanata che sbocca direttamente nell'area

naturalistica “Ontaneto di Cengles” che si è sviluppata lungo la conoide del torrente. Dai sopralluoghi si notano chiaramente le stratificazioni di materiale depositato, segni della grande attività del torrente.



Figura 49. Tratto terminale e stratificazione dei depositi lungo la conoide del rio Cengles.

7.1.2.11 Rio Lasa (A.355)

Il rio Lasa è un affluente in destra orografica del fiume Adige in cui confluisce ad una quota di 859 m s.l.m. a valle della traversa dello sbarramento idroelettrico di Lasa. Il suo bacino imbrifero si estende per ca. 30.84 km². L'alveo attivo del torrente si sviluppa nel complesso per 8.940 m in cui copre un dislivello complessivo di ca. 1.570 m. Il rio Lasa presenta pendenze medie del 22%, variabili tra 11 e 43 %. La forma del bacino risulta ovoidale ed allungata, molto incisa nel tratto intermedio.

Per quanto concerne le destinazioni d'uso, il bacino è coperto per un 20% da superfici boscate, il 14% è rappresentato da superfici detritiche, il 18% da ghiacciai. Il 42% vede invece la presenza di prati, pascoli ed aree forestali in evoluzione. Il restante 6% è rappresentato da popolazioni arbustive e cespuglieti, così come da praterie e prati stabili. Il bacino imbrifero del rio Lasa, dallo sbocco nell'Adige nella piana venostana alla cima dei ghiacciai, raggiunge una quota massima di 3.545 m.

Il corso del rio Lasa inizia a monte dello sbocco sulla conoide di deiezione in una gola molto profonda con elevate pendenze sin oltre il 90 %. In questo tratto i substrati sono rappresentati da fillogneiss e da piccoli corpi morenici che si sviluppano localmente. Al di sopra della località nota come “Gurgel”, a monte delle cascate, gli aspetti geologici e morfologici della valle del rio Lasa tendono progressivamente a cambiare. I depositi morenici lasciano progressivamente posto a micascisti superficiali e facilmente erodibili intercalati da depositi alluvionali e detritici. In questo tratto il rio Lasa si alimenta attraverso numerosi tributari laterali che confluiscono nell'alveo principale sito nel profondo inciso vallivo presente. Questi canali laterali contribuiscono a veicolare in alveo grandi quantità di materiale e presentano pendenze dell'ordine del 30 – 40 %. Ancora più a monte, l'alveo raggiunge una condizione di estrema stabilità con pendenze più dolci che degradano progressivamente tra la località “Sogboden” e gli alpeggi di Lasa (“Laaser Alm”), in cui si localizzano un po' dovunque evidenti depositi di materiale detritico. Presso gli alpeggi la valle si apre in un classico coronamento glaciale. Nelle aree apicali numerosi fossati e tributari secondari alimentano il flusso liquido e solido del canale principale, gli apporti detritici derivano dalle evidenti instabilità dei versanti e dei corpi morenici presenti. A causa delle ridotte pendenze nel tratto d'alveo che si sviluppa a valle degli alpeggi di Lasa e per la sufficiente larghezza dell'inciso

principale (a sviluppo meandriforme con numerose biforcazioni), notevoli quantità di materiale solido tendono a depositarsi in seguito alla mobilitazione meteorica avvenuta nelle zone apicali di monte.



Figura 50. Alcune immagini del rio Lasa.

Di maggiore rilevanza sono quindi gli apporti dei tributari laterali, in particolare i rii Psai e Jenn, che sfociano nell'inciso principale a valle di questa zona di deposito. Questi trasportano in alveo grandi quantità di materiale detritico eroso attraverso i substrati micascistici presenti e scavano progressivamente il loro corso a causa di evidenti fenomeni di erosione profonda. Si ipotizza quindi che i tributari laterali possano innescare grandi fenomeni di colamento detritico in occasione di eventi meteorici intensi, grandinate o piogge persistenti.



Figura 51. Le sistemazioni nel basso corso del torrente ed una visione panoramica di Lasa.

Lungo l'intero corso principale del rio Lasa è possibile poi identificare piccole e grandi sorgenti localizzate di sedimento, associabili sia in destra che in sinistra orografica a locali fenomeni di instabilità di versante. Ipotizzando una completa imbibizione dei substrati superficiali, è quindi possibile prevedere franamenti e scivolamenti di materiale detritico in alveo. Pertanto è possibile prevedere ostruzioni parziali o totali d'alveo conseguenti a questi franamenti, che possono causare colamenti rapidi in alveo anche in conseguenza di fenomeni di dam break.

È possibile infine anche ipotizzare uno scenario simile in corrispondenza del cono di deiezione creato negli anni dal deposito dei residui di cava in località "Weisswasserbruch" in destra orografica. Relativamente ai fenomeni di instabilità e di franamento di versante in sinistra orografica del rio Lasa, si rimanda allo studio geologico allegato al progetto di riattazione della cava di marmo redatto dallo Studio Ingegneri Bergmeister Srl.

7.1.3 Torrenti secondari

7.1.3.1 Fossato Spondigna

Il "Fossato" di Spondigna è costituito da due canali paralleli che confluiscono in località „Großfeld Leiten" presso Spondigna, a ridosso della Strada Statale SS40. Il bacino imbrifero del fossato si estende da una quota di 895 m s.l.m. sino ai versanti afferenti alla cima "Köpflplatte" ad una quota di 1.615 m s.l.m.. Il bacino drenante, con i suoi 0.1 km², è sicuramente molto limitato e presenta una forma stretta ad allungata, uno sviluppo geomorfologico costante per l'intera lunghezza (larghezza massima ca. 100 m) e presenta un rapporto lunghezza : larghezza pari a 16:1 per una pendenza media del 50 %. Il bacino imbrifero è coperto per oltre il 67% da superfici boscate, il resto è composto da prati stabili e pascoli. Nel tratto superiore, tra le quote 1.330 e 1.580 m s.l.m., si localizzano chiaramente alcuni versanti instabili che insistono praticamente sull'intero bacino. L'alveo del fossato si sviluppa poi lungo forti pendenze ed accoglie i tributari di numerosi fossati laterali. Il tratto inferiore, di lunghezza 700-800 m, presenta fonti localizzate di detrito con una buona disponibilità di materiali legnosi. A causa delle pendenze elevate e della disponibilità di materiale solido riscontrata, principalmente nelle aree inferiori del sottobacino, entrambi i canali principali del fossato di Spondigna sono geomorfologicamente in grado di generare colate detritiche. L'indice di Melton, pari a 1.44, conferma tali conclusioni.

7.1.3.2 Rio Plazut (A.415)

Il rio Plazut è un piccolo affluente in destra orografica del fiume Adige in cui confluisce ad una quota di ca. 900 m s.l.m.. La lunghezza complessiva del rio, dalle sorgenti allo sbocco nell'Adige è di ca. 2.800 m, con un dislivello totale coperto di ca. 800 m. Il rio presenta delle pendenze medie di ca. 34% nel suo bacino imbrifero, solcato nel tratto superiore da numerosi canali e fossati di drenaggio laterali. Il bacino imbrifero si estende per ca. 1.96 km² e presenta una forma grossomodo lenticolare. La porzione di bacino in orografica destra al di sotto della strada forestale che conduce alla località "Glurnser Alm" appare idrogeologicamente molto instabile ed attiva. I versanti in sinistra orografica e nel complesso l'intero sottobacino al di sopra della succitata strada forestale risultano invece omogenei e sufficientemente quiescenti. Il bacino imbrifero è coperto per l'87% da superfici boscate più o meno dense, il resto invece è caratterizzato dalla presenza di praterie alpine, pascoli e prati stabili.



Figura 52. Alcune immagini dell'alveo del rio Plazut.

Nel tratto inferiore del bacino imbrifero invece è stata censita la presenza di un lungo tratto di lagunaggio delle deiezioni solide (ca. 700 m) sino all'apice della grande conoide. Le sorgenti detritiche principali sono

localizzate lungo i tanti fossati di drenaggio che caratterizzano la destra orografica nel tratto intermedio, in cui eventi meteorici intensi possono dare origine a fenomeni di erosione profonda e laterale che possono così portare alla mobilitazione di determinate quantità di materiale solido.



Figura 53. L'ampia conoide del rio Platzut.

7.1.3.3 Rio Pavile (A.405.5.5)

Il rio Pavile è un affluente in sinistra orografica del rio Montechiaro in cui confluisce ad una quota di ca. 890 m s.l.m.. Dalle sorgenti alla chiusura, il rio ha uno sviluppo planimetrico totale di ca. 3.900 m, di cui 2.700 m giacciono all'interno del bacino imbrifero, arroccato lungo i rilievi in destra orografica della Val Venosta. All'apice della conoide è stato realizzato un canale artificiale a ridosso della strada provinciale sino allo sbocco nel rio Montechiaro, che confluisce poi nel rio Cavallaccio e da qui sino all'Adige.



Figura 54. Il tratto inferiore del rio Pavile.

Il bacino imbrifero del rio Pavile presenta pendenze medie del 29% per un dislivello complessivo di ca. 800 m. Lungo il rio ed in particolare negli ultimi 300 metri prima della conoide di deiezione, vi è l'unico evidente cambio di pendenza, in cui i versanti presentano pendenze anche dell'ordine del 70 %. Nel tratto intermedio invece il corso del rio si fa più dolce con pendenze minori del 20%. La superficie del bacino imbrifero ammonta a ca. 2.42 km² e presenta una forma sostanzialmente triangolare dall'apice della conoide sino al colle in località "Paföl" (1.400 m s.l.m.). Da qui il bacino si inerpica velocemente sino alle zone apicali a quota 2.895 m s.l.m. ("Glurnser Köpfl") ed assume una forma rettangolare. Il bacino imbrifero è coperto principalmente da boschi (81 %), praterie alpine (17%) ed aree a vegetazione rada con ampie zone detritiche. Le sorgenti detritiche sono localizzate nel tratto superiore ai piedi dei versanti in località "Pafölroan", i cui contributi solidi tendono comunque a depositarsi sostanzialmente nel tratto

intermedio senza raggiungere la conoide. Altre sorgenti localizzate di detrito si trovano lungo il rio negli ultimi 1.100 m del suo corso, prima della conoide. A causa delle elevate pendenze infatti, il rio è in grado di erodere il suo alveo e le sponde, trasportando materiali di dilavamento torrentizio e di origine morenica verso valle.

7.1.3.4 A.395.5

Il rio A.395.5 (conosciuto anche come „Stecherloch“) è un tributario in destra orografica del rio A.395 in cui confluisce ad una quota di 930 m s.l.m.. Presenta una lunghezza complessiva di ca. 1.000 m con una pendenza media di ca. 25% coprendo un dislivello complessivo, tra la sorgente e lo sbocco, di ca. 250 m. Il bacino imbrifero si estende per ca. 0.62 km², presenta una classifica forma a goccia che si estende dalle zone apicali sino al fondovalle. Sino agli ultimi 300 metri del suo corso non si individuano canali o fossati definiti, pertanto il rio può essere descritto come un canale di drenaggio dei numerosi avvallamenti che costellano il suo bacino imbrifero. Il bacino è coperto per un 56% da boschi, il resto è classificabile come prato stabile o pascolo.

7.1.3.5 A.390.5.5

Il rio codificato con il numero A.390.5.5 drena per intero la vallata nota con il nome di „Gunggtal“. Il rio rappresenta un tributario in sinistra orografica del rio Nico, in cui sfocia ad una quota di ca. 900 m s.l.m., le cui acque finiscono successivamente nel rio Cerin nella piana del fiume Adige in sinistra orografica. L'alveo attivo del rio si estende per ca. 1.700 m, di cui 1.300 m sono compresi nel bacino imbrifero a monte. La separazione tra i tratti di monte e valle del bacino imbrifero si pone ad una quota di ca. 600 m s.l.m.. La pendenza media dell'alveo principale è di ca. 38 %. Il bacino imbrifero si estende per 0.30 km², è quindi molto ridotto, stretto e lungo con un rapporto L/B pari a 8.5:1. Nel tratto intermedio la larghezza attiva del torrente è leggermente maggiore. La copertura boschiva del bacino imbrifero ammonta a ca. 85 %, il restante 15% è rappresentato da prati dislocali lungo il tratto di valle del bacino imbrifero. Circa il 60% del bacino imbrifero scorre attraverso depositi morenici. Nell'ultimo tratto del suo corso, il rio può generare fenomeni di erosione profonda e laterale e trasportare a valle altre piccole quantità di materiale detritico.

7.1.3.6 Rio Nico (A.390.5)

Il rio Nico è un tributario in destra orografica del rio Cerin (Tschrinbach) in cui confluisce ad una quota di ca. 895 m s.l.m.. La confluenza è posta al piede della conoide di deiezione, in sinistra orografica rispetto al corso d'acqua marcato dal codice Acque Pubbliche A.390.5.5.. La lunghezza dell'alveo attivo del rio Nico, dalle sorgenti allo sbocco, è di ca. 3.700 m, di cui ca. 500 m attraversano la conoide. Il reticolo idrografico del rio Nico nelle sue parti apicali è formato da una serie di piccoli affluenti e fossati laterali. La pendenza media del rio Nico nel bacino imbrifero è di ca. 36 %, durante il suo corso si alternano comunque tratti a grande pendenza con tratti più pianeggianti. Tra le sorgenti e lo sbocco, il rio Nico copre un dislivello complessivo di ca. 1.250 m. Il suo bacino imbrifero si estende per ca. 2.65 km², la parte inferiore si presenta stretta ed a sviluppo rettilineo, si estende fino a ca. 1.500 m di quota e presenta quasi sempre la medesima larghezza attiva del canale principale. Le coperture forestali e boschive si estendono per ca. 55 % del bacino, aree detritiche, rocciose e con vegetazione rada coprono

invece il 27 % ca. della superficie drenante. Il resto è rappresentato da prati alpini e pascoli. Le aree apicali del bacino si estendono sino a 2.800 m s.l.m. ed attraversano superfici prevalentemente rocciose.



Figura 55. Alcune immagini del bacino imbrifero inferiore del rio Nico.

Le sorgenti detritiche si localizzano soprattutto nel tratto intermedio ed inferiore del bacino imbrifero e sono mobilizzabili per erosione profonda e laterale, indicativamente sotto una quota di ca. 1.900 m s.l.m.. Nelle zone intermedie sono presenti ampi bacini di deposito, pertanto non tutto il materiale mobilizzato riesce a raggiungere la conoide fermandosi sui numerosi terrazzamenti presenti. Nel tratto inferiore si localizzano alcuni tratti di trasferimento del materiale, che garantiscono comunque limitati apporti di materiale solido.

7.1.3.7 Rio di Pseg (A.385)

Il rio di Pseg è un tributario in destra orografica del fiume Adige in cui confluisce ad una quota di 880m s.l.m.. La lunghezza complessiva dell'alveo attivo è di ca. 3.000 m, in cui solamente i primi 900 sono descrivibili a carattere torrentizio. Il rimanente tratto scorre in canali artificiali poco pendenti nella piana del fiume Adige.

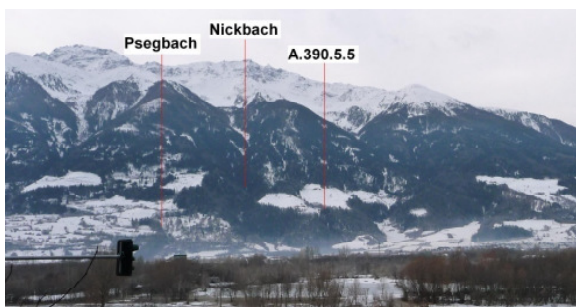


Figura 56. Un'immagine dei torrenti Pseg, Nico e A.390.5.5.

Il suo bacino imbrifero presenta pendenze medie di ca. 45 %, tra la sorgente e lo sbocco copre un dislivello di 425 m mentre ca. 400 m di dislivello sono coperti solo nell'ambito del bacino imbrifero torrentizio. Il suo bacino drenante è molto piccolo con una superficie di 0.40 km². Presenta una forma allungata e lenticolare ed ha un rapporto L/B di 8.5:1. Le pendenze sono maggiori nel tratto di monte, mentre l'ultimo tratto presenta un andamento spiccatamente concavo. Il bacino è coperto per l'80% da boschi, il resto è caratterizzato da prati e pascoli, che si estendono anche nelle porzioni inferiori del

bacino. Potenziali fonti di materiale solido si localizzano negli ultimi 400 m del bacino imbrifero in cui possono essere mobilizzate piccole quantità di detrito, visto che nell'ultimo tratto il rio scorre tra antichi corpi morenici altamente erodibili.

7.1.3.8 Rio di Dietrocastello (A.380)

Il rio di Dietrocastello è un tributario in destra orografica del fiume Adige in cui sfocia ad una quota di 875 m s.l.m.. Si suddivide in due tratti principali, un sottobacino superiore più pendente ed uno inferiore meno pendente, in cui un canale artificiale conduce l'acqua sino allo sbocco nella piana del fiume Adige. Nel rio di Dietrocastello confluiscono anche le acque del rio del Dosso. Il suo bacino imbrifero è caratterizzato da una pendenza media del 42% e da una lunghezza di 2.500 m, in cui le pendenze raggiungono valori massimi anche superiori al 70%. Sulla conoide si registrano pendenze dell'ordine del 15% mentre nel tratto artificiale finale nella piana dell'Adige si hanno pendenze di ca. 1%. Tra la sorgente e lo sbocco nel fiume Adige, il rio di Dietrocastello copre un dislivello complessivo di ca. 1.200 per una distanza complessiva di ca. 5.000 m.

Il bacino drenante ha una superficie di ca. 2 km². Nel tratto finale ed intermedio il rio presenta uno sviluppo rettilineo e larghezze molto contenute, mentre nella porzione superiore (indicativamente sopra quota 1.600 m s.l.m.) si suddivide in numerosi fossati drenanti laterali generando una tipica forma a goccia. I boschi coprono ca. il 60% della superficie del bacino imbrifero, il restante 40% è rappresentato da prati e pascoli nonché da aree detritiche ed a vegetazione rada in evoluzione. Fonti potenziali di detrito si localizzano nella porzione superiore del bacino imbrifero, al piede di depositi morenici e di versanti idrogeologicamente instabili. Nel tratto intermedio le pendenze non elevate inducono comunque un certo deposito del materiale mobilizzato. Altre fonti di materiale solido si localizzano nel tratto inferiore subito a monte della conoide di deiezione, in un tratto erosivo lungo ca. 600 m. In quest'area il rio ha scavato un inciso profondo tra corpi morenici erodibili.

7.1.3.9 Rio del Dosso (A.380.5)

Secondo la classificazione ufficiale dei Corsi d'Acqua altoatesini, il rio del Dosso rappresenta un affluente in destra orografica del rio di Dietrocastello ed accoglie in destra orografica il tributo del rio di Stellan.



Figura 57. Un'immagine del dosso di Cengles.

Confluisce nel canale artificiale del rio di Dietrocastello ad una quota di ca. 880 m s.l.m.. Presenta una lunghezza complessiva di 3.500 m, sino ad una quota di 1.100 m s.l.m. scorre in un fossato naturale, da

qui poi interrato sino alla piana del fiume Adige. Le pendenze medie del bacino imbrifero sono di ca. 53 %, il dislivello complessivo coperto è invece di 1.250 m. Il bacino imbrifero copre una superficie molto limitata di ca. 0.53 km², ha una forma stretta ed allungata e si protende verso le cime alpine sovrastanti. Risulta avere inoltre uno sviluppo omogeneo senza tributari laterali di rilievo. Il bacino drenante è rappresentato per l'82% da superfici boscate, il resto invece è classificabile come prateria e pascolo.

Piccole nicchie erosive, fonte di materiale detritico, si localizzano nelle zone apicali sotto il Dosso di Cengles, altre sorgenti detritiche invece sono censite nel tratto inferiore del sottobacino in presenza di depositi morenici.

7.1.3.10 Rio di Stellan (A.380.5.5)

Il rio di Stellan è un tributario in destra orografica del rio del Dosso, in cui sfocia solamente ad una quota di 880 m s.l.m. nella piana del fiume Adige. Presenta una lunghezza complessiva di 2.000 m per una pendenza media del bacino imbrifero di ca. 50%. Tra la sorgente e lo sbocco copre un dislivello complessivo di ca. 900 m. Il bacino imbrifero è molto piccolo con appena 0.43 km², di forma allungata e stretta, nel tratto mediano presenta invece una classica forma lenticolare. Il bacino drenante è coperto prevalentemente da boschi (97%), il resto è rappresentato da prati e pascoli.

Si nota chiaramente che, mentre nel sottobacino inferiore il rio scorre in un vero e proprio fossato, nel tratto drenante superiore questo non è distinguibile, si nota infatti la presenza di numerosi sottocanali geomorfologicamente simili che convergono nell'inciso principale di valle. Fonti di detrito si localizzano solo nel tratto di valle del rio di Stellan, prima della calata finale nella piana del fiume Adige.

7.1.3.11 Rio di Dosso (A.360)

Il rio di Dosso (anche "Schgumserbach" oder "Mutterseckbach") è un tributario in destra orografica del fiume Adige in cui sfocia ad una quota di 865 m s.l.m. dopo aver percorso un canale artificiale pressoché rettilineo lungo ca. 2.7 km. In questo canale confluisce anche il rio noto secondo la dicitura ufficiale della Carta delle Acque Pubbliche con il codice A.360.5. Il bacino imbrifero del rio di Dosso è di ca. 3.27 km².



Figura 58. Alcune immagini del tratto di pianura del rio di Dosso.

Fino al canale di fondovalle che sfocia nel fiume Adige, il rio di Dosso percorre ca. 3.000 m per uno sviluppo complessivo di ca. 5.700 m. Tra la sorgente e la piana alluvionale, il rio copre un dislivello complessivo di ca. 1.070 m. Nel bacino imbrifero il rio ha una pendenza media del 49% e risulta perciò caratterizzato da pendenze localmente molto elevate. La conoide di deiezione presenta invece una

pendenza media del 22%. La percentuale boscata del bacino drenante è di ca. il 63%, il resto è rappresentato da praterie alpine di alta quota con vegetazione sparsa, depositi detritici e zone rocciose.

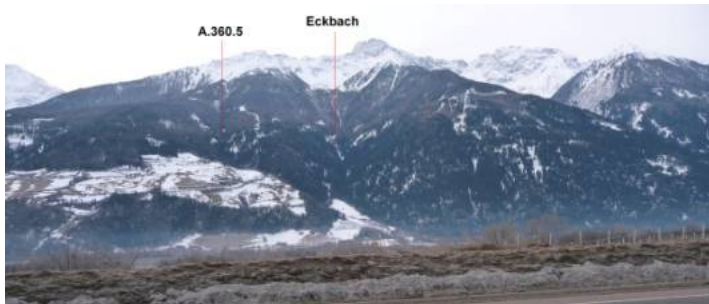


Figura 59. Un'immagine del rio A.360.5 e del rio del Dosso.

Il bacino imbrifero presenta una forma grossomodo rettangolare, con un rapporto tra lunghezza e larghezza di 2.8:1, con un tratto finale stretto ed allungato. Il reticolo idrografico del rio non presenta affluenti e tributari di rilievo. Nel bacino si localizzano diverse fonti di materiale detritico disponibile alla mobilitazione, localizzate ad esempio al piede degli sversamenti detritici delle cime „Saurüssels“, „Schafsspitz“ e „Köpfeljoch“, nonché nei depositi morenici sottostanti. Dato che le pendenze si addolciscono notevolmente nel tratto intermedio, raggiungendo tra le quote 1.950 m e 2.100 m s.l.m. valori anche del 15%, è presumibile che gran parte del materiale mobilizzato nelle aree apicali tenda a depositarsi proprio in queste aree.

7.1.3.12 A.360.5

Il corso d'acqua demaniale noto come A.360.5 drena per l'intera lunghezza la valle "Pintschoartal" e rappresenta un affluente in destra orografica del rio di Dosso, in cui si getta ad una quota di 870 m s.l.m.. Il bacino imbrifero si sviluppa con un'estensione massima di 1.55 km². La lunghezza complessiva dell'alveo attivo è di ca. 2.900 m, lungo la quale il rio A.360.5 copre un dislivello complessivo di 1.030 m. Il rio presente nel suo bacino imbrifero delle pendenze medie del 42%, mentre la conoide di deiezione degrada più dolcemente con pendenze dell'ordine del 16%. Le superfici boscate del bacino ammontano a ca. l'85% della sua estensione, mentre il resto è rappresentato da pascoli, prati, praterie alpine di alta quota con vegetazione sparsa e superfici rocciose. Il bacino presenta una forma grossomodo rettangolare con un rapporto lunghezza larghezza di 4:1, con il tratto finale leggermente più stretto ed allungato. Morfologicamente, il bacino risulta essere sostanzialmente omogeneo senza tributari laterali di rilievo.

I depositi detritici e morenici presenti a ridosso del rifugio "Stierhütte" che si estendono sino al di sopra del limite dei boschi rappresentano le potenziali fonti di materiale solido mobilizzabile dal rio A.360.5. Le elevate pendenze lungo tutto il corso del rio permettono l'instaurarsi di colamenti detritici le cui aree di innesco si localizzano anche nei tratti superiori del bacino. Nei tratti di valle inoltre le colate detritiche possono ulteriormente alimentarsi grazie ad evidenti fenomeni di erosione laterale e profonda.

7.1.3.13 Valle di Gravara

Il corso d'acqua che drena la Valle di Gravara rappresenta un affluente in destra orografica del rio di Dosso ("Schgumser-Kanal") ed a sua volta del fiume Adige. Tale corso d'acqua non è presente nella classificazione ufficiale delle Acque Pubbliche della Provincia Autonoma di Bolzano. Il reticolo idrografico è caratterizzato da numerosi canali secondari che confluiscono nell'inciso principale all'apice della conoide di deiezione.



Figura 60. Un'immagine della Valle di Gravara.

La conoide presenta una pendenza media di ca. 30% mentre i canali a monte presentano pendenze mediamente pari a 45%. Il bacino imbrifero si estende su una superficie di 1.47 km². Le coperture boschive ammontano all'87% della superficie del bacino drenante, il resto è rappresentato da prati e pascoli. La lunghezza attiva del fossato tra la sorgente e la piana alluvionale di valle è di ca. 1.400 e copre un dislivello complessivo di ca. 500 m. Il bacino imbrifero presenta una forma grossomodo rettangolare con un rapporto lunghezza larghezza di ca. 4:1. Nella sua porzione superiore il bacino si presenta omogeneo e senza tributari di grandi dimensioni. Nella porzione inferiore è caratterizzato dalla presenza di quattro grossi tributari che confluiscono all'apice della conoide, conferenza a questo tratto una tipica forma a conchiglia. Le sorgenti di detrito si localizzano sostanzialmente nel tratto inferiore del fossato della Valla di Gravara, in cui i versanti attraversati presentano pendenze molto elevate e gli apporti solidi dei tributari laterali risultano abbondanti.

72

7.2 Idrologia

7.2.1 Generalità

Scopo dell'analisi statistica in idrologia è la determinazione dei valori delle variabili di interesse (precipitazioni o portate) in corrispondenza di un assegnato tempo di ritorno T. Data l'estensione e la complessità topografica e geomorfologica dell'area in esame e la sostanziale differenza dei bacini imbriferi che la contraddistinguono – diversi per esposizione, altimetria, copertura vegetale, antropizzazione etc. – risulta pressoché impossibile definire una procedura di valutazione idrologica univoca per tutti i torrenti ed i fiumi di studio, che permetta di approcciare correttamente allo studio idrologico oggetto del presente lavoro.

Pertanto, per i bacini imbriferi strumentati e di grandi dimensioni si è proceduto alla valutazione delle portate di progetto ricorrendo ai tradizionali metodi di regionalizzazione delle portate disponibili in

letteratura. Per i tributari laterali, sprovvisti di serie storiche significative e privi di qualsiasi strumentazione, si sono invece approntati dei modelli idrologici più rigorosi in modo da studiare nel dettaglio il comportamento di tali bacini in condizioni metereologiche critiche.

7.2.2 Fiumi di fondovalle

L'analisi di una singola serie di N dati (relativi ai massimi annuali di precipitazione o portata) disponibili per una assegnata stazione di misura non può ragionevolmente condurre a prevedere valori delle variabili succitate con tempi di ritorno superiori a 2N. Per ovviare a questi problemi, sono state assunte nell'ambito del presente lavoro alcune delle più utilizzate procedure di regionalizzazione statistica per lo studio dell'idrologia di piena dei torrenti di fondovalle. La regionalizzazione statistica consente infatti di sostituire "il tempo con lo spazio", utilizzando informazioni idrologiche provenienti da siti vicini per compensare l'esiguità del campione disponibile in corrispondenza del sito di esame. A tale fine è necessario che nell'intorno del sito le proprietà statistiche di interesse siano omogenee, ovvero che l'area di studio sia classificabile come una regione idrologicamente omogenea. Nel caso dell'Alta Val Venosta tale ipotesi risulta assolutamente giustificata (si veda ad es. Schenk, 1949), pertanto risulta possibile impiegare l'insieme delle osservazioni disponibili per inferire un campo di frequenze osservate superiore a quello che viene coperto da una singola serie di osservazioni.

Per i fiumi di fondovalle si è scelto quindi di adottare i seguenti approcci metodologici:

- per lo studio dell'idrologia di piena dell'asta principale del fiume Adige si è adottata la regionalizzazione statistica proposta nell'ambito del progetto VAPI (Valutazione delle Piene in Italia) del CNR da Villi e Bacchi (2001);
- per lo studio dell'idrologia di piena del rio Saldura (100 km²), tributario in sinistra orografica del rio Puni a valle di Sluderno, si è realizzato un modello afflussi – deflussi in ambiente HEC – HMS;
- per la valutazione delle peculiarità idrologiche degli altri torrenti di fondovalle (Puni, Ram, Solda) si è utilizzato invece l'approccio proposto da Rosso e De Michele (2000) sempre nell'ambito del progetto VAPI, opportunamente tarato sulla scorta dei dati disponibili.

7.2.2.1 Fiume Adige

Per lo studio dell'idrologia di piena dell'asta principale del fiume Adige si è adottata la regionalizzazione presentata da Villi e Bacchi (2001) nell'ambito del progetto VAPI, i cui risultati sono stati successivamente tarati sulla scorta dei dati rilevati presso la stazione idrometrica di Spondigna negli anni 1985 – 2008. Senza scendere nel dettaglio tecnico, si ricorda brevemente come in generale i metodi di regionalizzazione prevedono il calcolo di una portata indice tramite la quale stimare la portata di progetto attraverso la definizione di un fattore di crescita. Secondo l'approccio del Villi, la portata indice è così esprimibile:

$$q_i = a \cdot A^b$$

dove q_i è la portata indice, A rappresenta l'area del bacino [km²], a e b sono dei parametri della regionalizzazione che dipendono dalle caratteristiche geografiche e morfometriche del bacino di studio. Pertanto, secondo le indicazioni del Villi, si ricava la seguente portata di progetto come:

$$q_p = q_i \cdot K_T$$

in cui q_p è la portata di progetto e K_T un fattore probabilistico di crescita. Si rimanda alla bibliografia per la determinazione del parametro K_T . Data la forte dipendenza della portata indice dall'estensione superficiale del territorio di studio, si è scelto di valutare la portata defluente nel fiume Adige nei diversi tratti di asta compresi fra le immissioni dei torrenti laterali, in modo da considerare i contributi di portata di ciascun affluente, secondo lo schema riportato in Figura 61.

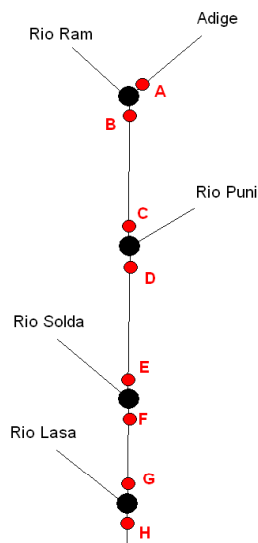


Figura 61. Schema del reticolo idrografico principale dell'Alta Val Venosta.

È risaputo che la semplice sovrapposizione dei picchi di piena nei nodi chiave del reticolo idrografico indicato in Figura 61 porterebbe ad una sovrastima non realistica della portata defluente nell'asta principale. Infatti è statisticamente poco probabile che una piena con un certo tempo di ritorno sull'Adige si verifichi contemporaneamente alle piene sui tributari laterali. Inoltre, date le differenti dimensioni dei bacini afferenti, anche i tempi di corrivazione sarebbero molto diversi, facendo sì che i picchi di piena provenienti dai torrenti laterali non possano in nessun caso sovrapporsi temporalmente ad un picco di piena nell'Adige. In base alle considerazioni sopra esposte, si è quindi scelto di tradurre l'effetto dei tributari laterali sulle dinamiche di piena del fiume Adige considerando gli stessi come semplici sottobacini afferenti all'asta principale del fiume altoatesino. Pertanto, partendo dal presupposto che le portate di piena variano sensibilmente al variare della superficie sottesa dalla singola sezione di chiusura, i contributi di piena dei tributari laterali sono implicitamente computati nella variazione di superficie che si riscontra a monte ed a valle di un nodo caratteristico del reticolo idrografico. Ad esempio, passando dal nodo A al nodo B in Figura 61, l'area sottesa dal fiume Adige cresce da 283 a 472 km² in quanto viene computato anche l'intero bacino imbrifero del torrente Ram. Stando alle equazioni prima presentate, il contributo del rio Ram alla piena dell'Adige si esprime come differenza $q_{PB} - q_{PA}$. Per una verifica delle assunzioni progettuali poste precedentemente, i risultati sono stati tarati sulla scorta dei dati registrati all'idrometro di Spondigna, che sottende una superficie di ca.

671 km². La serie storica conta 25 anni di osservazioni (1985-2008), in Figura 62 sono indicati i massimi annuali di portata. Questi dati sono stati elaborati statisticamente con diverse distribuzioni statistiche e validati tramite il test di Pearson, al fine di ottenere dei valori di riferimento per portate con differenti tempi di ritorno.

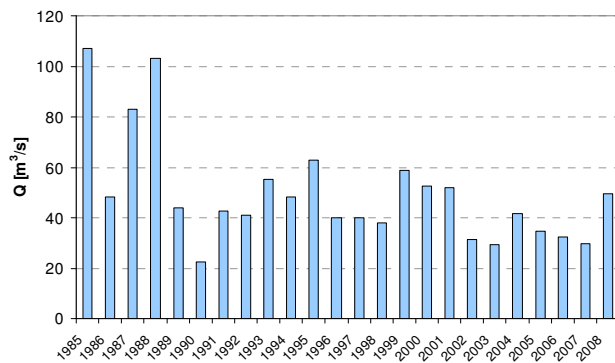


Figura 62. Portate massime annuali registrate presso la stazione idrometrica di Spondigna dal 1985 al 2008.

T _R [anni]	Q [m ³ /s]
2	45.63
5	64.77
10	76.83
30	97.88
50	107.13
100	119.95
200	132.99
300	137.25

Tabella 4. Elaborazione statistiche dei massimi annuali di portata registrati presso Spondigna.

Il dato emerso dall'analisi statistica condotta con i dati dell'idrometro di Spondigna è stato quindi confrontato con i risultati della regionalizzazione del VAPI. Come indicato in Figura 63, si nota chiaramente come, considerando l'intero bacino sotteso dalla stazione di Spondigna (671 km²), la metodologia di regionalizzazione restituisce delle portate sensibilmente più elevate. Pertanto, si è provveduto a stimare anche l'effetto di laminazione indotto dal bacino artificiale di Resia (bacino imbrifero 176 km²) e dal successivo lago della Muta (33.97 km²). Assumendo una laminazione pressoché totale delle portate influenti da monte dei due bacini, almeno per gli scenari di interesse urbanistico (30, 100 e 300 anni), si nota come il campione statistico della stazione di Spondigna si adatti bene ai risultati del VAPI (Figura 63). Pertanto, si può concludere come una corretta valutazione delle portate di piena del

fiume Adige nel tratto di interesse non possa assolutamente prescindere dalla laminazione indotta a monte dal bacino artificiale del lago di Resia.

Stimate quindi per via statistica le portate di picco per i differenti tempi di ritorno, si è provveduto a calcolare anche un idrogramma sintetico per attribuire una forma specifica agli idrogrammi di piena. Si è pertanto fatto riferimento agli idrogrammi di piena disponibili alla stazione di Spondigna, relativi agli eventi del 1985, del luglio 1987 e del 1988 (Figura 64).

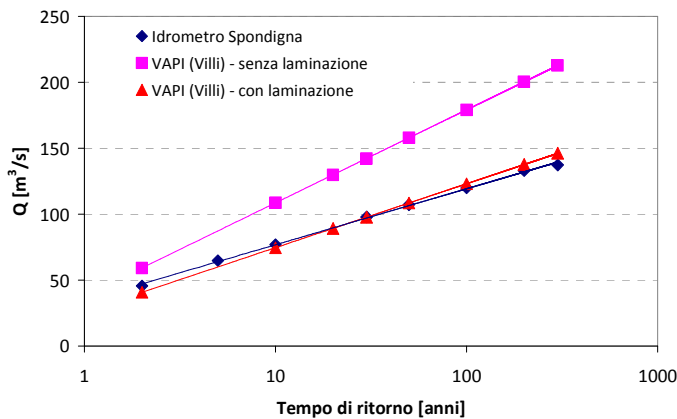


Figura 63. Valori di portata dell'Adige a Spondigna: confronto fra VAPI (Villi) e dati statistici registrati.

76

Secondo la metodologia illustrata, l'analisi sull'asta principale del fiume Adige basata sulla metodologia di regionalizzazione V.A.P.I. proposta da Villi e Bacchi (2001) ha condotto alla determinazione delle seguenti portate di picco, lungo i vari nodi del reticolo idrografico principali illustrato in Figura 61. In Tabella 5 si riportano le portate di picco ad ogni nodo considerato. Per la costruzione degli idrogrammi sintetici di progetto, si è utilizzata la procedura descritta ad esempio in Majone et al. (2006).

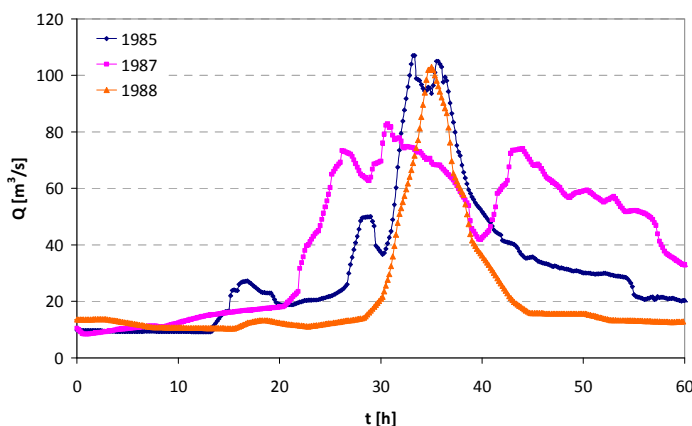


Figura 64. Idrogrammi registrati alla stazione di Spondigna durante gli eventi del 1985, 1987 e 1988.

Si è inizialmente determinata una stima della curva di riduzione dei colmi di piena, ossia dei quantili delle massime portate medie in assegnate durate. Tale curva è stata ottenuta dall'analisi statistica delle massime portate medie in assegnate durate estratte dalle onde di piena storiche. L'idrogramma sintetico è stato quindi costruito imponendo che la massima portata media in ciascuna durata coincida con quella prevista dalla curva medesima. In Figura 65 sono indicati gli idrogrammi sintetici relativi alla stazione idrografica di Spondigna.

Tratto di corso d'acqua	Area bacino [km ²]	Q ₃₀ [m ³ /s]	Q ₁₀₀ [m ³ /s]	Q ₃₀₀ [m ³ /s]
A - a monte della confluenza col Rio Ram	283.2	15.5	19.6	23.2
B - a valle della confluenza col Rio Ram	472.2	55.6	70.0	83.2
D - a valle della confluenza col Rio Puni	651.1	93.6	117.8	139.9
F - a valle della confluenza col Rio Solda	832.8	132.1	166.4	197.7
H - a valle della confluenza col Rio Lasa	940.3	154.9	195.1	231.78

Tabella 5. Portate di picco sull'Adige per diversi tempi di ritorno in corrispondenza delle confluenze principali.

La procedura utilizzata porta ad una stima del volume liquido complessivo transitato presso la stazione di Spondigna pari a circa 6.61 milioni di m³ per tempi di ritorno di 100 anni. Si ritiene pertanto di aver sintetizzato in termini statistici sufficientemente precisi il comportamento idrologico del "sistema idrografico" del fiume Adige alla sezione di chiusura strumentata di Spondigna.

77

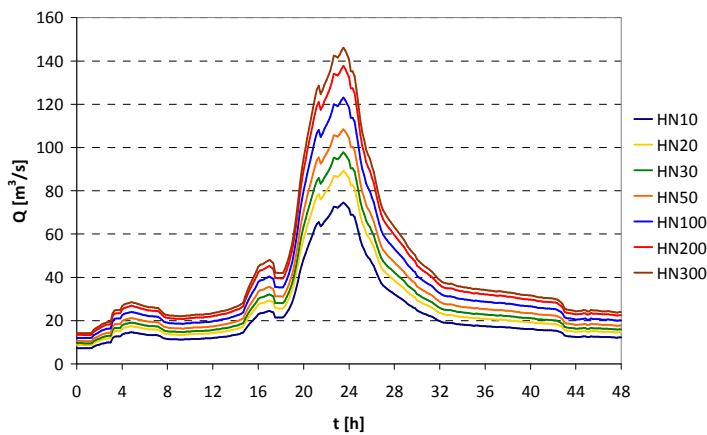


Figura 65. Idrogrammi sintetici relativi alla stazione idrografica di Spondigna.

7.2.2.2 Rio Saldura

Data la complessità idrogeologica del bacino imbrifero del rio Saldura, si è optato per la realizzazione di un modello afflussi – deflussi rigoroso tramite implementazione di un codice di calcolo in ambiente HEC –

HMS 3.2. Il modello ricava gli idrogrammi di portata generati da particolari campi di precipitazioni attraverso la stima di alcuni parametri dipendenti da uso del suolo, geolitologia e morfometria del bacino imbrifero considerato. La sezione di chiusura è stata posta subito a monte del centro abitato di Sluderno.

Geometricamente il bacino del rio Saldura è stato suddiviso in 33 sottobacini di area variabile da 1 a 10.3 km², al fine di simulare in modo più realistico l'evoluzione degli idrogrammi di piena al variare delle piogge di progetto. Gli eventi meteorici di progetto sono stati ricavati da un confronto tra l'elaborazione statistica condotta sui dati registrati nelle stazioni pluviografiche di Mazia (cod. 0480), Melago (cod. 0110) e Maso Corto (cod. 1530) ed i valori restituiti dalla regionalizzazione operata nell'ambito del progetto VAPI. Si è scelto successivamente di rappresentare le curve delle precipitazioni di progetto tramite una correzione del dato statistico puntuale al dato regionalizzato, come indicato chiaramente in Figura 66.

Determinata così la distribuzione delle piogge di progetto nei sottobacini del rio Saldura, il tempo di risposta critico del bacino è stato ricavato per iterazione sempre in ambito HEC – HMS 3.2, assegnando intensità di pioggia costanti e crescenti all'intero piano di lavoro. L'estensione superficiale dei bacini imbriferi considerati è stata calcolata in ambiente GIS (Arc Hydro Tools 9), i tempi di corrivazione sono stati ricavati mediante le più note formule empiriche di letteratura, basate sulla conoscenza della morfologia del bacino, della geolitologia principale e sull'uso del suolo dei bacini di riferimento (Giandotti, SCS, Kinematic Equation etc.). Il tempo di pioggia critica è risultato pari a ca. 16 ore, in accordo con quanto già stabilito dallo Studio Ingegneri Patscheider & Partner Srl nell'ambito della redazione del Piano delle Zone di Pericolo del comune di Sluderno (2007).

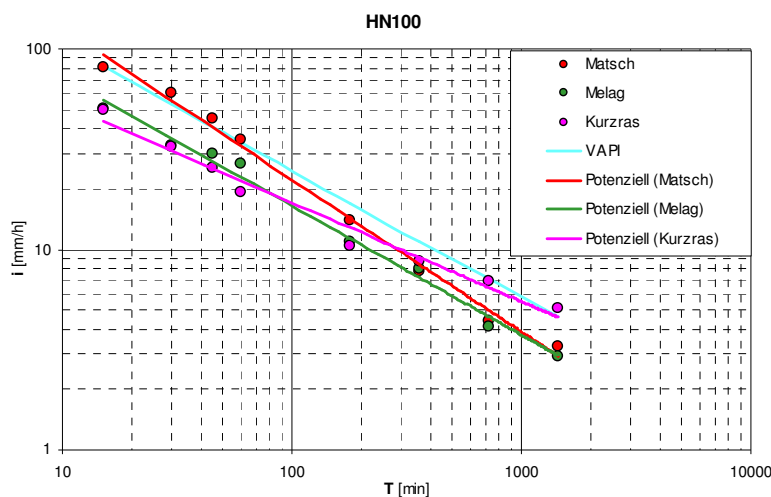


Figura 66. Confronto tra le curve di intensità pluviometria per l'evento centennale di progetto sul rio Saldura.

Per il calcolo rigoroso degli idrogrammi di progetto in HEC – HMS 3.2, gli idrogrammi di pioggia critici sono stati costruiti con il metodo dei blocchi alternati, in modo da ricreare un campo di pioggia il più realistico possibile. In Figura 67 è indicato a titolo esemplificativo lo idrogramma relativo ad un evento di 100 anni per i sottobacini afferenti alla stazione di Mazia, considerando i bacini parzialmente saturi

ovvero con una pioggia antecedente l'evento di ca. 4 ore. Si sono applicati i metodi SCS Curve Number per il calcolo delle piogge efficaci, il metodo dell'idrogramma unitario per la determinazione degli afflussi deflussi ed il metodo dell'onda cinematica per lo studio della traslazione dell'onda di piena lungo i collettori principali.

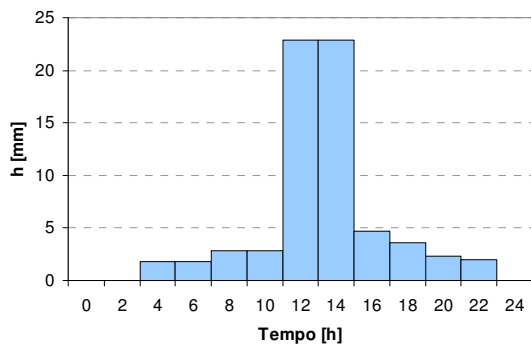


Figura 67. Ietogramma di un evento di pioggia 100-ennale della durata di 16 h, con il bacino parzialmente saturo (4 ore di pioggia precedente) per i sottobacini afferenti alla stazione pluviografica di Mazia.

Sulla scorta delle assunzioni ora illustrate si è provveduto a calcolare gli idrogrammi di piena per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni. In Figura 68 sono illustrati gli idrogrammi di piena al variare del tempo di ritorno calcolati alla sezione di chiusura posta a valle della briglia di trattenuta prima del centro di Sluderno. Si registrano $HQ_{30} = 80.1 \text{ m}^3/\text{s}$, $HQ_{100} = 114.5 \text{ m}^3/\text{s}$, $HQ_{300} = 145.9 \text{ m}^3/\text{s}$.

79

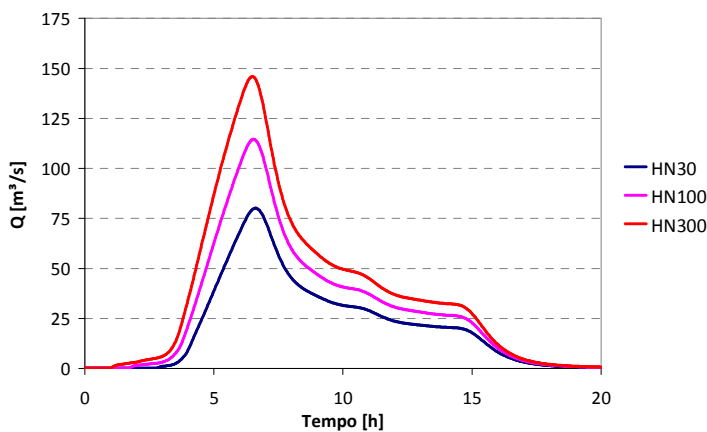


Figura 68. Idrogrammi liquidi di progetto alla sezione di chiusura a valle della briglia di trattenuta sul rio Saldura.

7.2.2.3 Regionalizzazione secondo VAPI (Rosso)

Per lo studio dell'idrologia di piena degli altri torrenti di fondovalle, si è scelto invece di ricorrere ai metodi di regionalizzazione, utilizzando in particolare la procedura sviluppata dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche del CNR nell'ambito del Progetto Speciale di Valutazione delle Piene (VAPI), sulla base delle indicazioni fornite da Rosso e De Michele (2000). Tralasciando i dettagli per

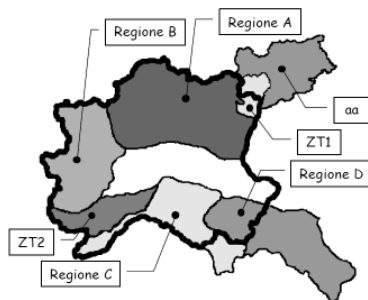
i quali si rimanda alla parte bibliografica, la stima della portata indice viene ricavata attraverso la seguente relazione:

$$q_i = q(1) \cdot A^m$$

in cui q_i rappresenta la portata indice, $q(1)$ il contributo unitario caratteristico, A l'area del bacino (km^2) mentre m è un esponente caratteristico, al quale lo stesso metodo di regionalizzazione assegna una certa variabilità, cosa che permette di tenere in parte conto delle caratteristiche peculiari di ogni bacino di studio. In Tabella 6 sono indicate le subregioni individuate da Rosso e De Michele (2000) e sono forniti i valori assegnati a $q(1)$ e m per le differenti subregioni di calcolo. La portata di progetto viene pertanto calcolata come segue:

$$q_p = q_i \cdot x_T$$

dove q_p è la portata di progetto e x_T il fattore di crescita che tiene conto del tempo di ritorno dell'evento. Si ritiene in questo modo di ricavare valori sufficientemente attendibili delle portate di picco di tutti i torrenti di fondovalle, coerenti con le evidenze e le caratteristiche dei bacini imbriferi degli stessi e con le formulazioni più rigorose prima presentate.



Regione		m	$\bar{q}(1), \text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{km}^{-2m}$	$R^2_{(LN)}$
A	Alpi e Prealpi Centrali	0.799 (± 0.183)	2.098	0.61
B	Alpi e Prealpi Occidentali	0.901 (± 0.148)	0.525	0.76
C	Appennino Nord Occidentale e Bacini Tirrenici	0.728 (± 0.077)	5.866	0.74
D	Appennino Nord Orientale	0.772 (± 0.062)	2.487	0.89
aa	Alto Adige e suoi affluenti	0.638 (± 0.089)	1.586	0.69

Tabella 6. Subregioni individuate nella procedura di Rosso e De Michele (2000) e valori di progetto dei coefficienti.

Regione	Periodo di Ritorno, anni					
	10	20	50	100	200	500
A Alpi e Prealpi Centrali	1.61+1.74	1.93+2.12	2.37+2.68	2.71+3.15	3.05+3.69	3.49+4.51
B Alpi e Prealpi Occidentali	1.69+1.90	2.20+2.56	3.00+3.74	3.71+4.95	4.47+6.58	5.45+9.69
C Appennino NO & B. Tirrenici	1.74+1.86	2.23+2.43	2.99+3.36	3.66+4.25	4.41+5.35	5.51+7.26
D Appennino Nord Orientale	1.56+1.66	1.84+1.98	2.22+2.44	2.52+2.83	2.81+3.26	3.19+3.90
aa Alto Adige e suoi affluenti	1.49+1.57	1.74+1.85	2.07+2.26	2.33+2.59	2.59+2.96	2.92+3.52

Tabella 7. Valori dei limiti di confidenza del fattore di crescita per alcuni valori salienti del periodo di ritorno T.

È risultato non realistico utilizzare anche in questo caso la regionalizzazione proposta da Villi e Bacchi (2001) perché tarata su sezioni strumentate non appartenenti ad alcun tributario del fiume Adige in Alta Val Venosta. Inoltre si ritiene che la metodologia proposta da Rosso sia più attendibile per bacini di

dimensioni ridotte (area compresa tra 90 e 200 km²) come del resto tutti i tributari di fondovalle considerati nel presente lavoro e permetta una taratura, seppur approssimata, dei modelli di calcolo.

Il calcolo delle portate di piena con la metodologia adottata passa infatti necessariamente attraverso la stima di un esponente caratteristico m che può essere tarato sulla base delle caratteristiche del bacino e che rende in questo modo la valutazione tramite regionalizzazione più facilmente adattabile alle diverse situazioni studiate data la differente natura dei bacini imbriferi considerati. Dai sopralluoghi effettuati e dalle note bibliografiche consultate risulta quanto segue:

- il bacino imbrifero del rio Solda risulta coperto per il 17.8% da ghiacciai, così come il Saldura (6.5%). Al contrario le percentuali su Puni e Ram risultano essere inferiori all'1%. È possibile quindi ipotizzare valori maggiori del coefficiente m per i rii Solda e Saldura a causa del non trascurabile apporto dello scioglimento nivale alle dinamiche delle piene;
- il rio Puni ed il rio Saldura presentano bacini imbriferi simili, con simile esposizione, forma, rapporto B/L, copertura dei suoli etc. Entrambe le vallate hanno ampi tratti più piani nelle zone centrali pur mantenendosi sufficientemente incise, in cui la capacità di trasporto dei torrenti diminuisce consentendo il deposito di una frazione del materiale mobilitato a monte. Date le similarità riscontrate, si può ipotizzare una certa somiglianza delle dinamiche di crescita delle piene e considerare portate specifiche (m³/s/km²) simili almeno nei sottobacini superiori;
- il rio Ram è dotato in territorio svizzero di una sezione strumentata sita in località Monastero, che copre comunque un arco di tempo non rappresentativo ai fini statistici. Data la particolare conformazione delle valli, con ampi tratti canalizzati e distese pianeggianti incastonate in rilievi rocciosi di altitudine non trascurabile, peraltro così diversi dai bacini imbriferi degli altri tributari di fondovalle considerati, si possono ipotizzare portate specifiche più basse rispetto agli altri corsi d'acqua indagati. Inoltre sono disponibili diversi studi redatti in collaborazione con l'U.F.A.M. (Ufficio Federale dell'Ambiente della Confederazione Svizzera) ed in generale la B.A.F.U., che consentono una taratura del modello alla sezione di chiusura di Monastero (129,8 km²).

81

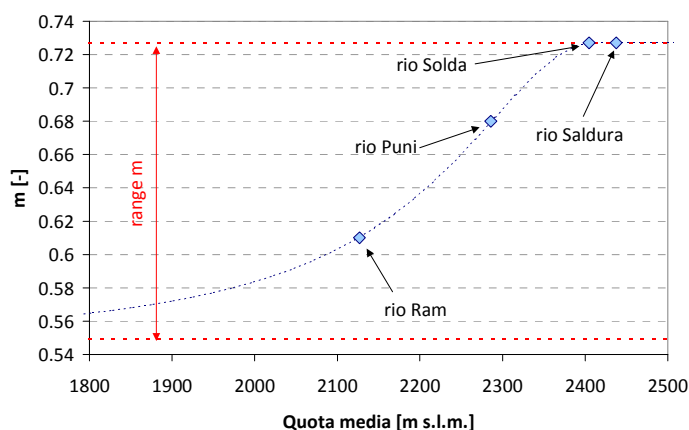


Figura 69. Valori del coefficiente m del VAPI (Rosso) per gli affluenti principali dell'Adige.

Alla luce delle considerazioni sopra esposte, si è assunta la seguente distribuzione dell'esponente caratteristico m del Rosso, espresso in funzione della quota media dei bacini imbriferi considerati. Si nota quindi che i torrenti con la quota media più elevata (Solda, Saldura) sono anche quelli caratterizzati dalla maggiore percentuale di bacino coperta da ghiacciai e con deflussi in quota particolarmente intensi nei mesi tardo invernali ed estivi. Per tali bacini appare quindi giustificato assegnare al coefficiente m il valore massimo proposto da Rosso e De Michele (0.727), ottenendo così elevate portate specifiche che possano rispecchiare il contributo dello scioglimento nivale ai fenomeni di piena. Con tale valore dell'esponente caratteristico m , la metodologia proposta restituisce valori che si adattano abbastanza bene ai risultati del modello afflussi – deflussi realizzato per il rio Saldura. Per il bacino imbrifero del rio Puni la regionalizzazione adottata porta alla stima di un valore $m = 0.68$, leggermente minore rispetto a quello calcolato per il Saldura. La taratura del modello relativo al rio Ram sui dati ufficiali UFAM (HQ100 = 80 m³/s alla sezione di chiusura di Monastero) restituisce il valore del coefficiente m più basso (0,61), in accordo con le ipotesi poste in precedenza. Nei paragrafi che seguono sono illustrati i risultati della metodologia ora illustrata ed è proposta una stima degli idrogrammi di piena e dei rispettivi volumi liquidi.

7.2.2.4 Rio Solda

Per quanto concerne il rio Solda, la documentazione eventi consultata ha evidenziato come non vi siano state esondazioni durante gli eventi degli anni '80 che tanti danni hanno causato invece in Alta Val Venosta. Nonostante ciò, la vecchia cunetta è stata risanata ed ulteriormente approfondita, i ponti sono stati ristrutturati per cui si ritiene verosimile ipotizzare che la capacità di deflusso in alveo nel tratto urbano sia ulteriormente aumentata rispetto alla vecchia configurazione idraulica.

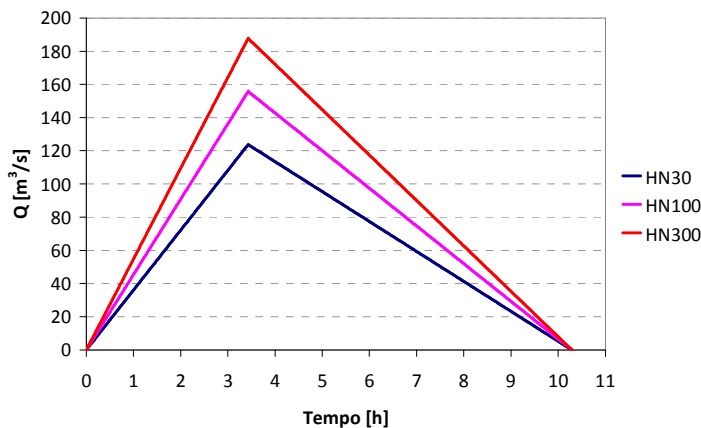


Figura 70. Idrogrammi triangolari calcolati per il rio Solda.

Si è ritenuto quindi opportuno non procedere al calcolo rigoroso degli idrogrammi di piena mediante modello afflussi - deflussi, ma limitarsi a verificare la capacità di deflusso relativa all'attuale geometria considerando le portate di picco risultanti dall'elaborazione condotta con la regionalizzazione del VAPI (Rosso), ricostruendo un idrogramma semplificato con il metodo razionale. Per la stima del tempo di

corrivazione relativo all'asta principale del torrente, si sono utilizzate alcune formule empiriche di letteratura (Giandotti, Kerby, Bransby – Williams, FAA, SCS) che hanno restituito mediamente un tempo t_c pari a 3.43 ore. Data la particolarità del bacino alpino considerato, si è trascurato l'apporto del deflusso profondo a causa dell'estrema velocità dei fenomeni studiati. Gli idrogrammi di piena sono stati pertanto ricostruiti assumendo una crescita lineare delle portate invasate dal bacino sino al raggiungimento del tempo di corrivazione t_c , in cui il bacino produce la massima portata liquida, mentre per la fase di esaurimento della piena è stato adottato un intervallo temporale pari al doppio del tempo di corrivazione mantenendo una condizione di linearità nel tempo. Si registrano $HQ_{30} = 123.7 \text{ m}^3/\text{s}$, $HQ_{100} = 155.7 \text{ m}^3/\text{s}$, $HQ_{300} = 187.7 \text{ m}^3/\text{s}$, mentre l'evento millenario restituisce un valore $HN_{1000} = 226.5 \text{ m}^3/\text{s}$.

La procedura utilizzata porta ad una stima del volume liquido complessivo transitato presso la sezione di chiusura pari a ca. 2.88 milioni di m^3 per tempi di ritorno di 100 anni. La portata specifica di piena per un evento centenario si aggira quindi intorno a $0.97 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$. Dalla documentazione storica emerge che le piene maggiori degli ultimi decenni hanno sempre trovato un contributo non irrilevante nello scioglimento delle nevi dei ghiacciai presenti nelle zone apicali del bacino imbrifero (ca. 17 km^2), pertanto portate specifiche così elevate sembrano giustificate.

7.2.2.5 Rio Puni

Per quanto riguarda lo studio dell'idrologia di piena sul rio Puni, si è proceduto a calcolare gli idrogrammi di progetto alla sezione di chiusura sita in località Ultimo all'apice della conoide, a valle della grande briglia di trattenuta.

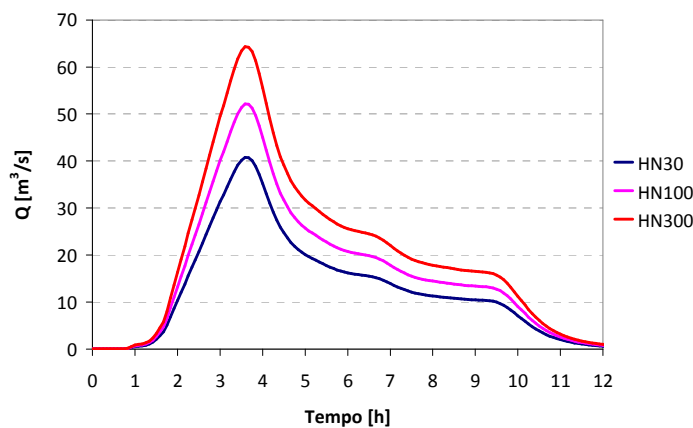


Figura 71. Idrogrammi di progetto in località Ultimo sul rio Puni.

Per il calcolo degli idrogrammi influenti dalla Valle di Planoil, si sono poste le seguenti assunzioni:

- la Valle di Planoil risulta simile morfologicamente, geograficamente e meteorologicamente alla limitrofa Val di Mazia, i rapporti geometrici che descrivono il bacino imbrifero (L/B) risultano essere simili, pertanto si assume una medesima portata specifica;

- la grande briglia di trattenuta sita in località Ultimo è stata assunta completamente efficiente, pertanto i volumi solidi influenti da monte vengono completamente trattenuti dall'opera di ritenzione.

Pertanto, assumendo le medesime portate specifiche dei sottobacini superiori del Saldura (che equivale ad applicare la metodologia del V.A.P.I. (Rosso) con un coefficiente $m = 0.68$), si ottengono gli idrogrammi di progetto indicati in Figura 71. Si hanno $HQ30 = 40.75 \text{ m}^3/\text{s}$, $HQ100 = 52.13 \text{ m}^3/\text{s}$ e $HQ300 = 64.32 \text{ m}^3/\text{s}$. La procedura utilizzata porta ad una stima del volume liquido complessivo transitato presso la sezione di chiusura pari a ca. 735.000 m^3 per tempi di ritorno di 100 anni. La portata specifica di piena per un evento centenario si aggira quindi intorno a $0.96 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$.

7.2.2.6 Rio Ram

Anche l'idrologia di piena del rio Ram è stata studiata determinando le portate di picco mediante la regionalizzazione proposta da Rosso e Di Michele (2000) e ricostruendo gli idrogrammi di piena mediante un semplificato approccio razionale. Il tempo di concentrazione è stato stimato in ca. 4.4 ore per una lunghezza di 21.92 km dalla sorgente alla sezione di chiusura. In Figura 72 sono riportati gli idrogrammi di piena ricavati per il rio Ram alla sezione di chiusura del ponte di Calva (185 km^2). Si hanno $HQ30 = 78.7 \text{ m}^3/\text{s}$, $HQ100 = 100.6 \text{ m}^3/\text{s}$ e $HQ300 = 124.1 \text{ m}^3/\text{s}$, inoltre si stima un evento millenario pari a $HQ1000 = 155.2 \text{ m}^3/\text{s}$. Tali valori sono in accordo con gli studi ufficiali realizzati per l'UFAM della Confederazione Svizzera.

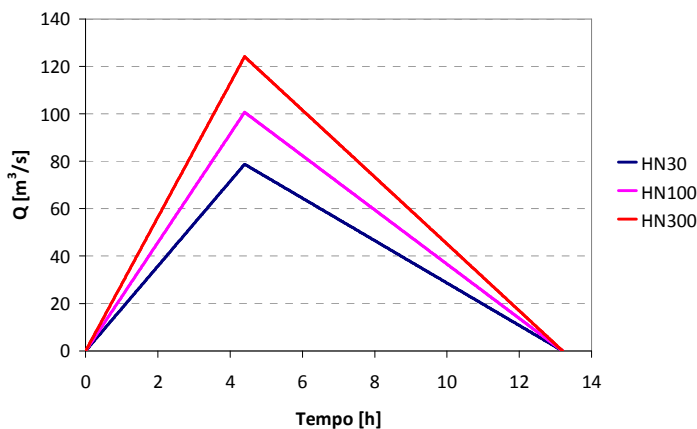


Figura 72. Idrogrammi di progetto per il rio Ram.

La procedura utilizzata porta ad una stima del volume liquido complessivo transitato presso la sezione di chiusura pari a ca. 2.39 milioni di m^3 per tempi di ritorno di 100 anni. La portata specifica di piena per un evento centenario si aggira quindi intorno a $0.55 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$.

7.2.2.7 Riassunto

In Tabella 8 sono proposti in forma riassuntiva i risultati delle analisi idrologiche condotte per i fiumi di fondovalle, emersi dalle differenti metodologie di regionalizzazione adottate. Si ritiene che tali valori rispecchino con sufficiente approssimazione le peculiarità idrologiche, geografiche e geolitologiche dei

singoli bacini imbriferi considerati. Si rammenta inoltre che il dato proposto per il fiume Adige alla sezione di chiusura posta all'idrometro di Spondigna è stato corretto considerando la laminazione dei laghi siti a monte della Landa di Malles, il bacino artificiale di Resia ed il lago di San Valentino alla Muta.

Corso d'acqua	Area bacino [km ²]	Q ₃₀ [m ³ /s]	Q ₁₀₀ [m ³ /s]	Q ₃₀₀ [m ³ /s]
Adige (a Spondigna)	671	97.88	119.95	137.25
Rio Saldura	97	80.1	114.5	145.9
Rio Solda	161	123.7	155.7	187.7
Rio Puni (località Ultimo)	42	40.75	52.13	64.32
Rio Ram	185	78.7	100.6	124.1

Tabella 8. Riassunto dei dati idrologici determinati per i fiumi di fondovalle.

7.2.3 Torrenti primari

Per lo studio dell'idrologia di piena dei torrenti primari e la valutazione delle piogge critiche di progetto si sono adottate le metodologie e le assunzioni illustrate nei paragrafi seguenti.

7.2.3.1 Analisi delle piogge di progetto

Per l'analisi delle piogge di progetto sono stati utilizzati i dati relativi a 14 stazioni pluviometriche site in Val Venosta, rappresentative pertanto dell'area di studio (Agumes- Prato, Ganda, Certosa, Maso Corto, Naturno, Mazia, Silandro, Monte Maria, San Valentino, Solda, Tubre-Rivaira, Vernago, Casere di Fuori, Gioveretto). I dati meteorologici collezionati possono pertanto essere suddivisi in due gruppi: dati di massima precipitazione per periodi di più giorni consecutivi, ovvero per durate cumulate di 1, 2, 3, 4 e 5 giorni, e dati di massima intensità di precipitazione per periodi di 15 min, 30 min, 45 min, 1h, 3h, 6h, 12h e 24h. Entrambi i gruppi di dati di pioggia sono stati studiati statisticamente stazione per stazione ricavando i trend statistici secondo la distribuzione di Gumbel. Si sono pertanto ottenute 24 statistiche sui valori massimi registrati ai pluviometri, da confrontarsi rispettivamente e reciprocamente. Le serie storiche disponibili presso le stazioni di rilevamento di competenza dell'Ufficio Idrografico della Provincia Autonoma di Bolzano, pertanto rappresentative dell'area di studio, risultano comunque disomogenee tra loro, coprendo intervalli temporali di osservazione variabili tra 21 e 87 anni.

Nr.	Station / stazione	m ü.M. m s.l.m.	Aufeinanderfolgende Tage / giorni consecutivi				
			1	2	3	4	5
1	Agums / Prad Agumes / Prato	907	71	71	71	71	71
2	Gand Ganda	1.490	47	47	47	47	47

3	Karthaus Certosa	1.330	33	33	33	33	33
4	Kurzras Maso Corto	2.012	24	24	24	24	24
5	Marienberg Monte Maria	1.335	84	84	84	84	84
6	Matsch Mazia	1.570	78	78	78	78	78
7	Naturns Naturno	554	71	71	71	71	71
8	Schlanders Silandro	718	82	82	82	82	82
9	Stausee Zufritt Diga di Gioveretto	1.851	35	35	35	35	35
10	St.Valentin auf der Heide S.Valentino alla Muta	1.520	87	87	87	87	87
11	Sulden Solda	1.910	51	51	51	51	51
12	Taufers / Rifair Tubre / Rivaira	1.119	79	79	79	79	79
13	Vernagt Vernago	1.700	53	53	53	53	53
14	Vorderkaser Casere di Fuori	1.705	44	44	44	44	44

Tabella 9. Anni di osservazione per le stazioni utilizzate per piogge di lunga durata.

Lo studio delle precipitazioni di progetto assume pertanto un'importanza fondamentale, in relazione anche alla scelta delle stazioni rappresentative dell'area di studio. Dalle elaborazioni effettuate su tutte le stazioni, sono stati considerati sufficientemente attendibili solamente i risultati delle stazioni con le maggiori serie storiche disponibili. Da queste sono stati pertanto estratti i massimi di precipitazione, creando così un campione statisticamente significativo da sottoporre ad una seconda ed ulteriore analisi.

A causa della rappresentatività puntuale e locale delle misurazioni e della limitata estensione temporale delle serie storiche disponibili nelle singole stazioni pluviometriche, è alquanto verosimile che i risultati delle analisi statistiche condotte restituiscano valori delle piogge di progetto non significative da un punto di vista statistico per i piccoli bacini dei torrenti montani laterali, che presentano caratteristiche morfometriche diverse dalla piana del fiume Adige in cui sono dislocate le stazioni. Pertanto, i risultati dell'analisi condotta sui valori massimi delle stazioni maggiormente rappresentative dell'area in esame sono stati elaborati secondo una assodata metodologia in uso in Svizzera, attribuendo cioè un fattore moltiplicativo alle piogge di progetto in modo da computare nel calcolo anche il gradiente delle

precipitazioni con la quota. Si è pertanto utilizzato un fattore incrementale di crescita di 1.25 (1.5 secondo le Direttive svizzere) in modo da approssimare con maggiore precisione il dato di pioggia e la distribuzione spaziale delle stesse ai casi in esame.

Nr.	Station / stazione	m ü.M. m s.m.	Aufeinanderfolgende Tage / giorni consecutivi							
			15	30	45	60	180	360	720	1440
1	Naturns Naturno	554	36	33	29	39	39	39	39	39
2	Marienberg Monte Maria	1.335	24	27	21	40	40	40	40	40
3	Schlanders Silandro	718	37	45	32	64	63	64	63	64
4	St.Valentin auf der Heide S.Valentino alla Muta	1.520	36	45	33	62	62	62	62	62
5	Vernagt Vernago	1.700	30	31	28	37	37	37	37	37

Tabella 10. Anni di osservazione per le stazioni utilizzate per piogge di grande intensità.

t		T30		T100		T300		T150	
[h]	[min]	mm	mm/h	mm	mm/h	mm	mm/h	mm	mm/h
0,25	15	26,1	104,5	31,4	125,6	36,2	144,8	32,6	130,4
0,30	30	32,4	64,7	38,7	77,5	45,3	90,6	40,4	80,8
0,75	45	34,6	46,2	41,4	55,2	48,3	64,4	43,1	57,5
1,00	60	36,8	36,8	44,1	44,1	51,3	51,3	45,9	45,9
3,00	180	54,5	18,2	65,3	21,8	75,2	25,1	67,8	22,6
6,00	360	73,8	12,3	88,4	14,7	101,7	17,0	91,7	15,3
12,0	720	99,7	8,3	119,9	10,0	138,4	11,5	124,5	10,4
24,0	1440	132,0	5,5	159,1	6,6	184,0	7,7	165,3	6,9

Tabella 11. Risultati dell'analisi statistica secondo Gumbel, con un fattore di crescita di 1.25.

Al fine di verificare i risultati ottenuti, si è proceduto anche ad un confronto delle evidenze statistiche con i dati ottenuti dalla regionalizzazione delle piogge nel Triveneto secondo la procedura del progetto VAPI.

Dalle matrici degli eventi estremi di pioggia di progetto così ricavate per durate da 15 min a 24 h e per tempi di ritorno di 30, 100, 150 e 300 anni è stato possibile ricavare le curve di possibilità pluviometrica caratteristiche per ogni bacini imbrifero (curve IDF: Intensitäts-Dauerfunktions-Diagramm), da utilizzare successivamente per la definizione degli ietogrammi di progetto, costruiti secondo il metodo dei blocchi

alternati. Applicando pertanto i dati di pioggia così calcolati ai singoli bacini imbriferi ed ai rispettivi sottobacini, si ottengono delle intensità massime di pioggia di ca. 150 mm/h.

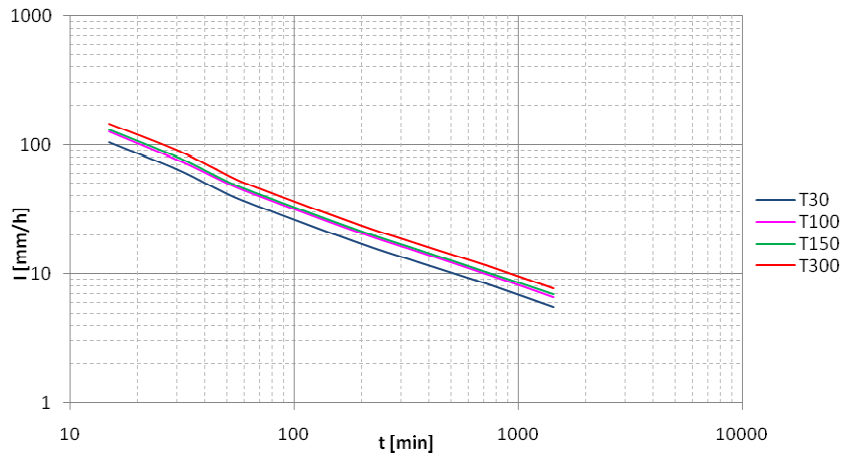


Figura 73. Diagrammi IDF per le precipitazioni di progetto.

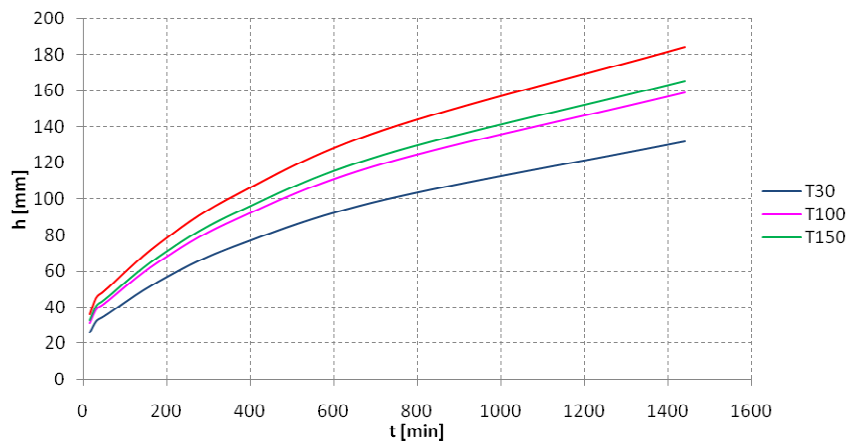


Figura 74. Diagrammi ADF per le precipitazioni di progetto.

Simili valori di intensità di pioggia sono confermati anche dal confronto con numerose misurazioni radar di eventi meteorici particolarmente intensi registrati negli ultimi anni in diverse località della provincia di Bolzano (Provincia Autonoma di Bolzano, 2002, 2002a, 2008).

Le piogge di progetto così determinate sono state distribuite su ciascun bacino imbrifero in relazione agli specifici tempi di concentrazione, attribuendo un valore medio del CN mediante un applicativo GIS, utile per il calcolo degli idrogrammi di piena in ambiente HEC – HMS 3.2 al variare dei tempi di ritorno. Anche in questo caso si sono adottati il metodo SCS Curve Number per il calcolo delle piogge efficaci, il metodo dell'idrogramma unitario per la determinazione degli afflussi deflussi ed il metodo dell'onda cinematica per lo studio della traslazione dell'onda di piena lungo i collettori principali.

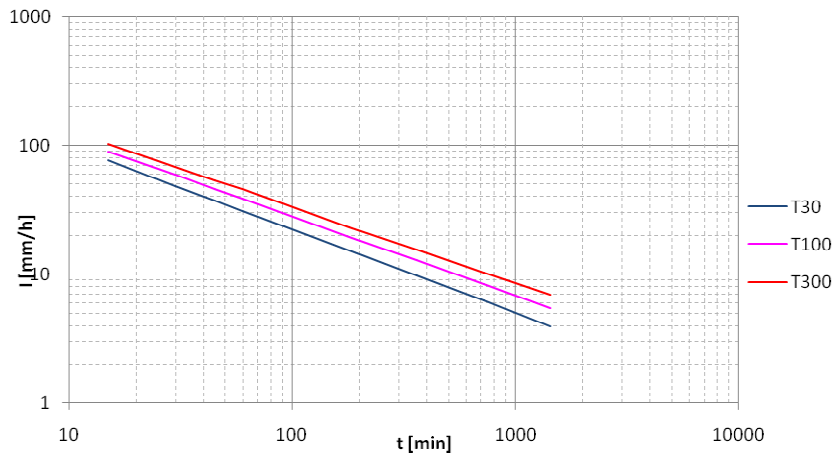


Figura 75. Diagramma VAPI per il Triveneto (subregione altoatesina).

t	h	i[IDF]	Δh	T_i	T_{i+1}	Blocks
[h] [min]	[mm]	[mm/h]	[mm]	[min]	[min]	[mm]
0,17 10	24.9	149.7	24.9	0	10	3.0
0,33 20	32.0	96.1	7.1	10	20	4.0
0,50 30	37.1	74.1	5.0	20	30	24.9
0,67 40	41.1	61.6	4.0	30	40	7.1
0,83 50	44.5	53.4	3.4	40	50	5.0
1,00 60	47.6	47.6	3.0	50	60	3.4

Tabella 12. Precipitazioni calcolate con il metodo dei blocchi alternati, per la durata di 1h ed un tempo di ritorno di 100 anni.

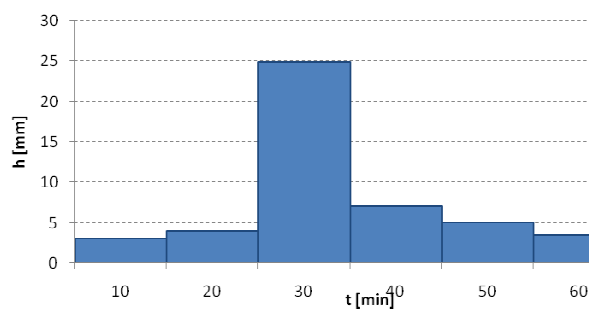


Figura 76. Ietogramma di progetto (Alternating Block Method) per durata di 1h e $T_R = 100$ anni.

7.2.3.2 Rio Allitz (A.340)

Per lo studio dell'idrologia di piena del rio Allitz, si è provveduto a suddividere il bacino superiore nei due sottobacini principali, afferenti ai reticoli idrografici dei rii Gatria e Strimm. Si assume pertanto che, in funzione della loro estensione superficiale e delle caratteristiche geomorfologiche dei territori interessati, l'idrologia di piena sia caratterizzabile tramite fenomeni meteorici di progetto di differente intensità.

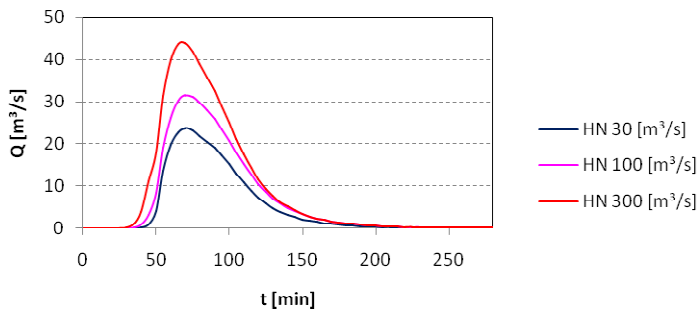


Figura 77. Idrogrammi liquidi per il Rio Alliz per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni.

Pertanto si sono considerate intensità di pioggia maggiori nel bacino del rio Gatria (fino a 125 mm/h), intensità minori nel bacino del rio Strimm. Gli idrogrammi liquidi risultati nei due sottobacini sono stati poi sovrapposti alla confluenza degli stessi posta subito a monte della grande briglia di trattenuta. L'approccio utilizzato trova anche riscontro nella caratterizzazione geomorfologica dell'area in esame: la documentazione eventi permette di censire tutti i fenomeni idrogeologici rilevanti nel bacino del Gatria, mentre nel bacino del rio Strimm è sufficiente considerare esclusivamente l'apporto delle portate liquide, data la pendenza non elevata dei tratti superiori e la laminazione della portata solida influente. La scarsa copertura vegetale delle aree apicali, l'elevata pendenza dei versanti e la conformazione geologica del terreno portano a determinare portate di piena particolarmente elevate. Si sono infatti calcolati valori di picco pari a 31.5 m³/s per HN100. Il volume d'acqua della piena centenaria è di ca. 115.700 m³.

90

Per verificare i dati ora illustrati, vengono riportati i valori ricavati con diverse formulazioni empiriche di Hampel per l'evento di progetto HN100.

HAMPEL	Formula	HQ ₁₀₀	valido per:
(1979) :	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 19,8 [m ³ /s]	ambienti alpini
(1984) :	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 24,7 [m ³ /s]	torrenti alpini tirolesi

- Ae ... superficie bacino imbrifero [km²]
- S_{hu} ... quota alla sezione di chiusura [m]
- h₁₀₀ ... pioggia T_R = 100 anni [mm]
- a ... coefficiente di afflusso secondo Müller [-]

Tabella 13. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio Allitz.

7.2.3.3 Rio Tanas (A.365)

Per lo studio dell'idrologia di piena, il bacino imbrifero del rio di Tanas è stato suddiviso in diversi sottobacini imbriferi in accordo con le peculiarità morfologiche delle aree interessate, in modo da considerare una differente distribuzione delle piogge di progetto nel bacino imbrifero stesso. In accordo

con la documentazione eventi disponibili, su alcune porzioni del bacino imbrifero è stata propagata un'intensità di pioggia di progetto sino ai valori di 142 mm/h.

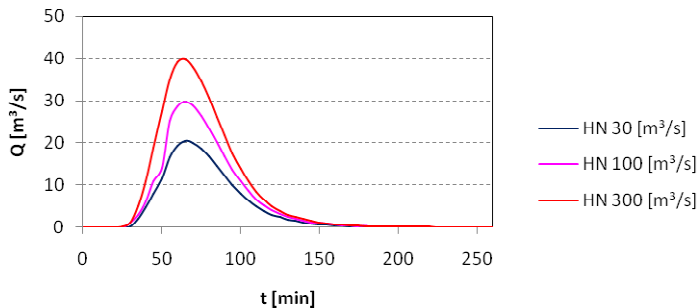


Figura 78. Idrogrammi liquidi per il Rio Tanas per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni.

Gli idrogrammi di piena parziali così calcolati sono stati poi sovrapposti alla sezione di chiusura del bacino imbrifero, ottenendo pertanto gli idrogrammi liquidi di progetto propri del bacino drenante del rio di Tanas. La morfologia del bacino imbrifero del rio di Tanas permette di concludere come, al pari del limitrofo bacino del rio Allitz, la concentrazione degli afflussi meteorici alla sezione di chiusura sia molto rapida. La buona copertura vegetale riscontrata nei sottobacini inferiori consente inoltre una debole attenuazione degli afflussi superficiali grazie ad una certa intercezione operata dalla vegetazione presente. Risulta pertanto una portata liquida di picco di 29.8 m³/s per un evento marcato da un tempo di ritorno di 100 anni. Il volume liquido complessivo che transita alla sezione di chiusura è di 89.500 m³.

Per verificare i dati ora illustrati, vengono riportati i valori ricavati con diverse formulazioni empiriche di Hampel per l'evento di progetto HN100.

HAMPEL	Formula	HQ ₁₀₀	valido per:
(1979) :	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 17,9 [m ³ /s]	ambienti alpini
(1984) :	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 22,1 [m ³ /s]	torrenti alpini tirolesi

- Ae ... superficie bacino imbrifero [km²]
- S_{hu} ... quota alla sezione di chiusura [m]
- h₁₀₀ ... pioggia T_R = 100 anni [mm]
- a ... coefficiente di afflusso secondo Müller [-]

Tabella 14. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio Tanas.

7.2.3.4 Rio di Cinigo (A.410.20)

A causa della limitata estensione superficiale del bacino imbrifero (di ca. 0.88 km²), l'area drenante non è stata suddivisa in ulteriori sottobacini. La superficie scolante del rio di Cinigo è caratterizzata dalla

presenza di colture agricole nei prati afferenti al tratto intermedio e dalla presenza di prati stabili e pascoli incolti nel tratto inferiore, a ridosso della Strada Provinciale tra Sluderno e Glorenza.

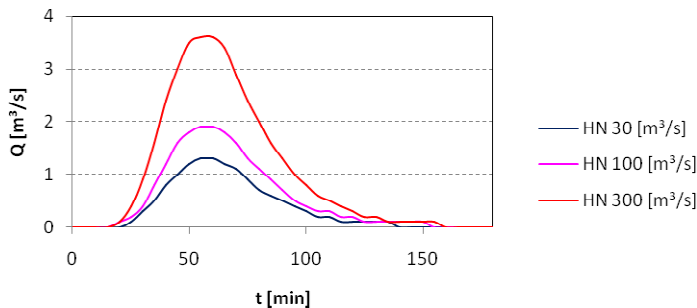


Figura 79. Idrogrammi liquidi per il rio di Cinigo per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni.

Per il rio di Cinigo risulta pertanto una portata liquida di picco di 1.9 m³/s per un evento marcato da un tempo di ritorno di 100 anni. Il volume liquido complessivo che transita alla sezione di chiusura è di 5.940 m³. Per verificare i dati ora illustrati, vengono riportati i valori ricavati con diverse formulazioni empiriche di Hampel per l'evento di progetto HN100.

HAMPEL	Formola	HQ ₁₀₀	valido per:
(1979) :	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 4,7 [m ³ /s]	ambienti alpini
(1984) :	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 4,4 [m ³ /s]	torrenti alpini tirolesi

- Ae ... superficie bacino imbrifero [km²]
- S_{hu} ... quota alla sezione di chiusura [m]
- h₁₀₀ ... pioggia T_R = 100 anni [mm]
- a ... coefficiente di afflusso secondo Müller [-]

Tabella 15. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio di Cinigo.

7.2.3.5 Rio di Tarces (A.410.20.5)

Il bacino drenante del rio di Tarces può essere suddiviso in due sottobacino che confluiscono all'altezza della Stada Provinciale SP105 per la Val di Mazia. Nonostante ciò, il bacino imbrifero presenta una certa omogeneità e si estende in totale per 3.17 km².

La scarsa copertura vegetale che caratterizza le porzioni superiori dei bacini imbriferi e la presenza di prati stabili nel tratto intermedio all'altezza dei masi "Gamassen" e "Lechtel" impedisce una sostanziale laminazione degli afflussi meteorici. Per il rio di Tarces risulta pertanto una portata liquida di picco di 9.40 m³/s per un evento marcato da un tempo di ritorno di 100 anni. Il volume liquido complessivo che transita alla sezione di chiusura è di 28.100 m³.

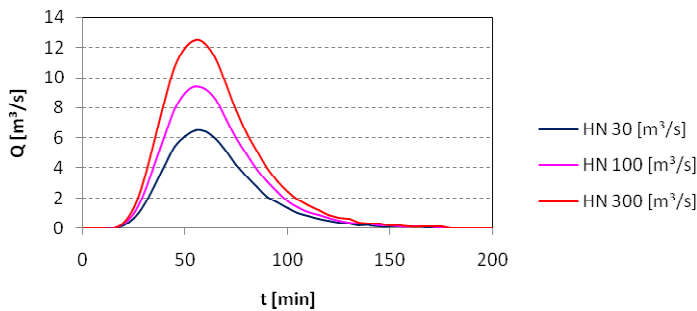


Figura 80. Idrogrammi liquidi per il rio di Tarces per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni.

Per verificare i dati ora illustrati, vengono riportati i valori ricavati con diverse formulazioni empiriche di Hampel per l'evento di progetto HN100.

HAMPEL	Formula	HQ ₁₀₀	valido per:
(1979) :	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 8,3 [m³/s]	ambienti alpini
(1984) :	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 8,3 [m³/s]	torrenti alpini tirolesi

- Ae ... superficie bacino imbrifero [km²]
- S_{hu} ... quota alla sezione di chiusura [m]
- h₁₀₀ ... pioggia T_R = 100 anni [mm]
- a ... coefficiente di afflusso secondo Müller [-]

Tabella 16. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio di Tarces.

7.2.3.6 Rio Montechiaro (A.405.5)

Il bacino scolante del rio Montechiaro, con un'estensione superficiale di 0.74 km², non presenta affluenti secondari di rilievo, pertanto non è stato suddiviso in ulteriori sottobacini.

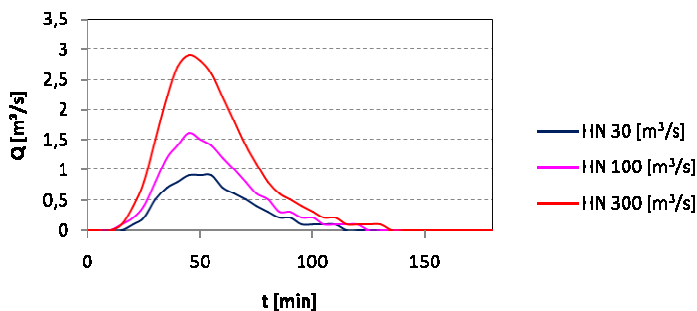


Figura 81. Idrogrammi liquidi per il rio Montechiaro per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni.

L'elevata copertura vegetale e le pendenze regolari che caratterizzano l'inciso principale del rio esercitano comunque un leggero effetto di laminazione sui picchi di piena, provvedendo solamente ad

un ritardo cinematico di questi alla sezione di chiusura. Per il rio Montechiaro risulta pertanto una portata liquida di picco di 1.60 m³/s per un evento marcato da un tempo di ritorno di 100 anni. Il volume liquido complessivo che transita alla sezione di chiusura per il medesimo evento di progetto è di 4.800 m³. Per verificare i dati ora illustrati, vengono riportati i valori ricavati con diverse formulazioni empiriche di Hampel per l'evento di progetto HN100.

HAMPEL	Formola	HQ ₁₀₀	valido per:
(1979) :	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 4,1 [m ³ /s]	ambienti alpini
(1984) :	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 3,8 [m ³ /s]	torrenti alpini tirolesi

- Ae ... superficie bacino imbrifero [km²]
- S_{hu} ... quota alla sezione di chiusura [m]
- h₁₀₀ ... pioggia T_R = 100 anni [mm]
- a ... coefficiente di afflusso secondo Müller [-]

Tabella 17. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio Montechiaro.

7.2.3.7 Rio Renner

Per la determinazione dei tempi di ponding e per la quantificazione dei deflussi superficiali di piena generati dal bacino imbrifero del rio Renner, si sono assunte le piogge di progetto secondo quanto illustrato nel paragrafo 7.2.3.1. Date le dimensioni del bacino imbrifero del rio Renner (0.47 km²) che insiste sopra l'abitato di Montechiaro, gli idrogrammi di piena sono stati calcolati tramite un semplice approccio triangolare. In Figura 82 sono indicati gli idrogrammi liquidi registrati a monte della briglia di trattenuta (V = 300 m³) posta subito a monte delle case. Si registrano HQ30 = 0.84 m³/s, HQ100 = 1.24 m³/s, HQ300 = 1.59 m³/s.

94

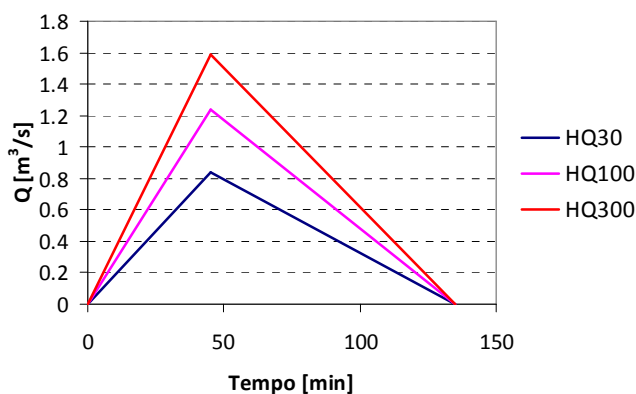


Figura 82. Idrogrammi liquidi per il rio Renner per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni.

La procedura utilizzata porta ad una stima del volume liquido complessivo transitato presso la sezione di chiusura pari a ca. 5.018 m³ per tempi di ritorno di 100 anni. La portata specifica di piena per un evento centenario si aggira quindi intorno a 2.64 m³/s/km².

7.2.3.8 Rio di Cavallaccio (A.405)

Il bacino drenante del rio di Cavallaccio si può suddividere nel sottobacino del rio dell'Alpe (estensione 3.75 km²) ed in quello, più grande, afferente al collettore principale del rio Cavallaccio (estensione 6.12 km²). A causa della scarsa copertura vegetale e boschiva (solo 29%) e della presenza di prati stabili e pascoli (54%), le condizioni idrogeologiche dei sottobacini inferiori di entrambi i rii risultano critiche, anche a causa delle evidenti fratture di versante censite nei pressi della confluenza dei due rami principali del reticolo idrografico principale.

Le perdite per infiltrazione sono pertanto minime, quindi gli apporti meteorici contribuiscono quasi interamente ai deflussi superficiali lungo i ripidi versanti della valle. Situazione che si manifesta diversamente invece nel sottobacino del rio dell'Alpe. In questo caso infatti la copertura forestale è molto densa (74%) mentre prati e pascoli coprono solamente il 22% della superficie imbriferata. L'intercezione vegetale è quindi massima, così come è massimo il ritardo cinematico dell'onda di piena. Alla confluenza dei due rii, i differenti contributi di piena si sommano, si ottiene pertanto una portata liquida di picco di 31.30 m³/s per eventi con tempi di ritorno di 100 anni. La procedura utilizzata porta ad una stima del volume liquido complessivo transitato presso la sezione di chiusura pari a ca. 121.200 m³ per i medesimi tempi di ritorno. La massima intensità di pioggia stimata per un evento HN100 è di ca. 134 mm/h.

95

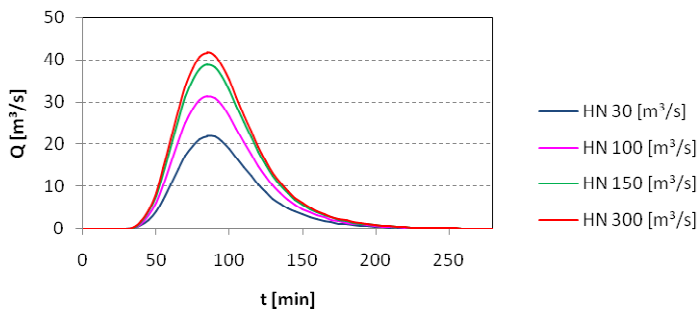


Figura 83. Idrogrammi liquidi per il rio Cavallaccio per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni.

Per verificare i dati ora illustrati, vengono riportati i valori ricavati con diverse formulazioni empiriche di Hampel per l'evento di progetto HN100.

HAMPEL	Formula	HQ ₁₀₀	valido per:
(1979) :	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 20,7 [m ³ /s]	ambienti alpini
(1984) :	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 23,5 [m ³ /s]	torrenti alpini tirolesi

- Ae ... superficie bacino imbrifero [km²]
- S_{hu} ... quota alla sezione di chiusura [m]
- h₁₀₀ ... pioggia T_R = 100 anni [mm]
- a ... coefficiente di afflusso secondo Müller [-]

Tabella 18. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio Cavallaccio.

Sempre in un'ottica di confronto, si riporta come la formula empirica di Kürsteiner (1917) restituisca invece valori delle portate di picco per eventi centenari di 55.00 m³/s. Tale formulazione è stata proposta dal Servizio "Wildbach- und Lawinenverbauung" (WLV) austriaco, ottenuta come combinazione tra gli approcci dei metodi WUNDT e SCS. Tale metodologia è stata applicata per la stima dei valori indicativi di tutti gli eventi di progetto, anche per il calcolo dell'evento di progetto HN150. Nella pratica comune è infatti accettato che parametri privi di serie storiche o di conoscenze specifiche possano essere stimati anche per via empirica (Hagen, 2007).

7.2.3.9 Rio Schmelz (A.400.5)

Per la determinazione dei tempi di ponding e per la quantificazione dei deflussi superficiali di piena generati da bacino imbrifero del rio Schmelz, si sono assunte le piogge di progetto secondo quanto illustrato nel paragrafo 7.2.3.1. Date le dimensioni del bacino imbrifero del rio Schmelz (1.27 km²) che insiste sopra l'abitato di Prato allo Stelvio all'imbocco della valle di Solda e la particolare conformazione idrogeologica del fossato principale, gli idrogrammi di piena sono stati calcolati tramite un semplice approccio triangolare. In Figura 84 sono indicati gli idrogrammi liquidi registrati alla sezione di chiusura posta a monte della piccola conoide di deiezione sopra la SS38 in località Schmelz. Si registrano HQ30 = 1.23 m³/s, HQ100 = 1.82 m³/s, HQ300 = 2.35 m³/s.

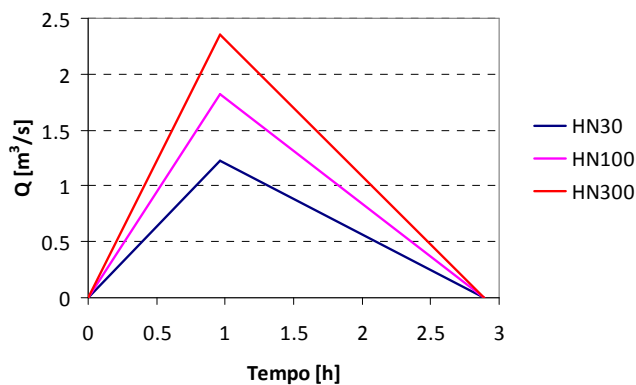


Figura 84. Idrogrammi liquidi per il rio Schmelz per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni.

La procedura utilizzata porta ad una stima del volume liquido complessivo transitato presso la sezione di chiusura pari a ca. 15.000 m³ per tempi di ritorno di 100 anni. La portata specifica di piena per un evento centenario si aggira quindi intorno a 1.44 m³/s/km².

7.2.3.10 Rio Cerin (A.390)

Il bacino drenante del rio Cerin presenta caratteristiche idrologiche simili a quelle del bacino del rio Cengles ed in generale dei bacini imbriferi afferenti ai versanti in ombra dell'Alta Val Venosta. Meteorologicamente infatti, le masse di aria più calda percorrono molto rapidamente il tratto inferiore ed intermedio della valle, lungo un inciso stretto e profondo, arrivando velocemente a ridosso della conca glaciale sita nelle zone apicali del bacino al piede dei versanti delle cime "Pederfick" e "Stierkopf" entrando in contatto con masse d'aria più fredda d'alta quota. In queste aree si innescano pertanto fenomeni temporaleschi e grandinate particolarmente violente.

Le piogge che investono i sottobacini superiori del rio Cerin scorrono sulle superfici rocciose impermeabili e su prati stabili alpini molto pendenti generando quindi molto velocemente i deflussi di piena. I contributi liquidi sono drenati dai numerosi canali e fossati secondari che convogliano nell'inciso principale del rio Cerin le masse d'acqua generate dal bacino superiore. La porzione inferiore del bacino è invece caratterizzata da una fitta copertura vegetale che concorre a ridurre notevolmente gli afflussi superficiali, particolarmente elevati lungo il rio Gampen, uno degli affluenti maggiori del rio Cerin. Le massime intensità meteoriche di progetto per eventi marcati da tempi di ritorno di 100 anni si aggirano intorno a 149 mm/h.

Per il rio Cerin risulta pertanto una portata liquida di picco di 19.70 m³/s per un evento marcato da un tempo di ritorno di 100 anni. Il volume liquido complessivo che transita alla sezione di chiusura per il medesimo evento di progetto è di 71.700 m³.

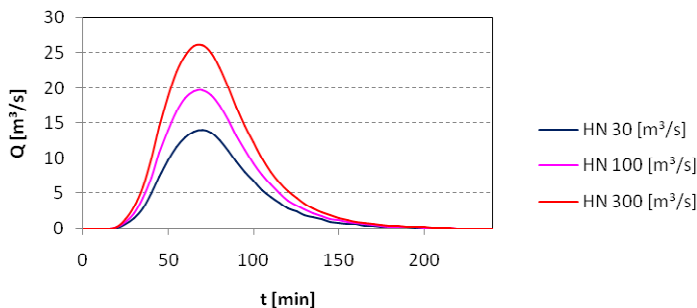


Figura 85. Idrogrammi liquidi per il rio Cerin per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni.

Per verificare i dati ora illustrati, vengono riportati i valori ricavati con diverse formulazioni empiriche di Hampel per l'evento di progetto HN100.

HAMPEL	Formula	HQ ₁₀₀	valido per:
(1979) :	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 11,6 [m ³ /s]	ambienti alpini
(1984) :	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 10,8 [m ³ /s]	torrenti alpini tirolesi

Ae ... superficie bacino imbrifero [km²]

- S_{hu} ... quota alla sezione di chiusura [m]
- h_{100} ... pioggia $T_R = 100$ anni [mm]
- a ... coefficiente di afflusso secondo Müller [-]

Tabella 19. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio Cerin.

7.2.3.11 Rio di Cengles (A.375)

Per quanto concerne la valutazione delle condizioni meteoriche critiche per il rio Cengles, si rimanda a quanto illustrato nello studio proposto da Gostner (2002). L'analisi idrologica condotta ha portato alla definizione degli idrogrammi liquidi di progetto illustrati in Figura 86, calcolati alla sezione di chiusura posta alla confluenza dei sottobacini superiori, a monte della prima grande briglia di trattenuta. Si registrano $HQ_{30} = 31.10 \text{ m}^3/\text{s}$, $HQ_{100} = 45.6 \text{ m}^3/\text{s}$, $HQ_{300} = 59.80 \text{ m}^3/\text{s}$.

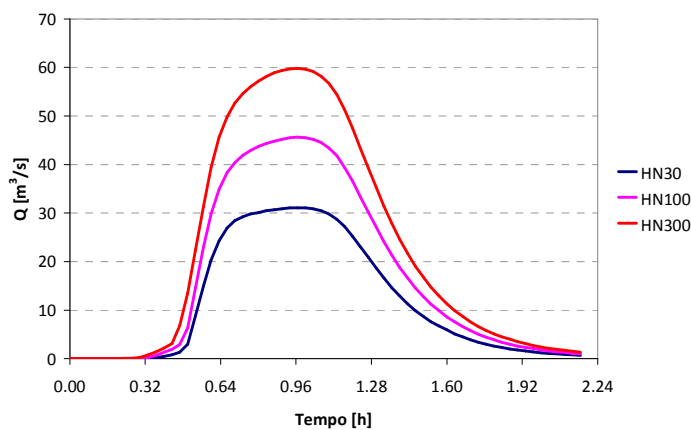


Figura 86. Idrogrammi liquidi per il rio Cengles per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni.

La procedura utilizzata porta ad una stima del volume liquido complessivo transitato presso la sezione di chiusura pari a ca. 136.000 m^3 per tempi di ritorno di 100 anni. La portata specifica di piena per un evento centenaria si aggira quindi intorno a $4.25 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$.

7.2.3.12 Rio Lasa (A.355)

Il bacino imbrifero del rio Lasa risulta molto simile agli altri grandi torrenti in sinistra orografica, come il rio Cengles ed il rio Cerin. A causa dell'incisione profonda e della lunghezza dei tratti dei sottobacini inferiori, anche in questo caso si ipotizza che le masse di aria calda ed umida influenti dalle aree sottostanti vengono risucchiate e catapultate a ridosso del circo glaciale di testa del bacino, così come accade negli altri casi ma con minore intensità. Le masse d'aria si addensano a ridosso delle pareti detritiche delle cime glaciali ed incontrano le masse fredde provenienti dalle zone apicali del bacino del rio Lasa ("Laaser Ferner"). Pertanto è possibile asserire che in queste zone e lungo i fianchi dei sottobacini superiori del rio si localizzano fenomeni temporaleschi e/o grandinate anche di grande intensità. La rapidità di crescita dei deflussi superficiali porta le acque meteoriche a concentrarsi

nell'inciso principale già ai piedi del circolo glaciale a ridosso dei prati stabili alpini di alta quota, grazie ad una fitta schiera di fossati laterali che si snodano su substrati praticamente impermeabili.

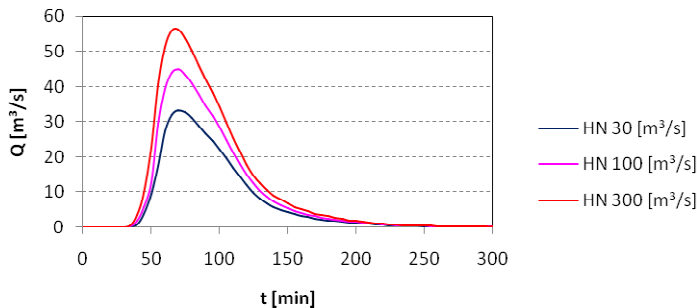


Figura 87. Idrogrammi liquidi per il rio Lasa per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni.

Il ghiacciaio presente nelle zone apicali del bacino può naturalmente contribuire alla generazione degli afflussi in occasione di fenomeni nevosi intensi nella stagione invernale, che possono trasformarsi in contributi liquidi non trascurabili nei mesi tardo primaverili ed estivi causa scioglimento nivale. I tributari laterali nei sottobacini intermedi ed inferiori sono invece per la maggior parte coperti da fitte superfici boschive, che tendono quindi ad attenuare i contributi laterali provenienti dal drenaggio dei versanti. La massima intensità di pioggia nei bacino imbrifero ammonta a 115 mm/h per eventi centenari. Pertanto, per il rio Lasa si determinano portate liquide di picco di 44.90 m³/s per un tempo di ritorno di 100 anni. Il volume complessivo sotteso dall'idrogramma di piena centenario è pertanto pari a 168.800 m³. La portata specifica di piena per un evento centenario si aggira quindi intorno a 1.44 m³/s/km².

99

Per verificare i dati ora illustrati, vengono riportati i valori ricavati con diverse formulazioni empiriche di Hampel per l'evento di progetto HN100.

HAMPEL	Formula	HQ ₁₀₀	valido per:
(1979) :	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 32,9 [m ³ /s]	ambienti alpini
(1984) :	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 40,6 [m ³ /s]	torrenti alpini tirolesi

- Ae ... superficie bacino imbrifero [km²]
- S_{hu} ... quota alla sezione di chiusura [m]
- h₁₀₀ ... pioggia T_R = 100 anni [mm]
- a ... coefficiente di afflusso secondo Müller [-]

Tabella 20. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio Lasa.

7.2.3.13 Riassunto

In Tabella 21 sono riportati i risultati dell'analisi idrologica condotta per i torrenti primari inclusi nel perimetro di studio in Alta Vale Venosta.

Nr.	Torrente	Ae [km ²]	HQ ₃₀ [m ³ /s]	ΣQ ₃₀ [m ³]	HQ ₁₀₀ [m ³ /s]	ΣQ ₁₀₀ [m ³]	HQ ₃₀₀ [m ³ /s]	ΣQ ₃₀₀ [m ³]	HQ ₁₅₀ [m ³ /s]	ΣQ ₁₅₀ [m ³]
A.340	Rio Allitz	15.95	23.7	82.700	23.2	115.700	46.3	154.000	---	---
A.355	Rio Lasa	30.84	33.2	127.300	44.9	168.800	56.2	212.300	---	---
A.365	Rio di Tanas	11.35	20.5	63.900	29.8	89.500	39.8	122.800	---	---
A.375	Rio Cengles	10.71	31.1	93.000	45.6	136.040	59.8	179.220	---	---
A.390	Rio Cerin	5.36	14.0	51.000	19.7	71.700	26.0	94.900	---	---
A.400.5	Rio Schemlzt	1.27	1.2	6.380	1.8	9.459	2.4	12.281	---	---
A.405	Rio Cavallaccio	11.21	21.9	84.600	31.3	121.200	41.7	161.200	38.8	149.800
A.405.5	Rio Montechiaro	0.74	0.9	2.500	1.6	4.200	2.9	7.700	---	---
A.410.20	Rio di Cinigo	0.88	1.3	3.900	1.9	5.950	3.6	11.100	---	---
A.410.20.5	Rio di Tarces	3.17	6.5	19.400	9.4	28.100	12.5	37.400	---	---
---	Rio Renner	0.47	0.84	3.390	1.24	5.018	1.59	6.433	---	---

Tabella 21. Portate liquide di picco e volumi liquidi dei torrenti primari oggetto di studio.

7.2.4 Torrenti secondari

Per la determinazione degli afflussi meteorici critici dei bacini imbriferi secondari si è adottato lo stesso iter analitico seguito per tutti i torrenti primari. Dopo aver calcolato i parametri caratteristici di ogni bacino drenante ed aver costruito i relativi ietogrammi di pioggia (Alternatine-Block), gli idrogrammi di piena sono stati calcolati per via analitica con il software HEC – HMS 3.2. Si è provveduto anche in questo caso a confrontare i risultati ottenuti con alcune formulazioni empiriche. A causa della limitata estensione dei bacini imbriferi analizzati e della loro sostanziale omogeneità idrogeologica, questi non sono stati suddivisi in sottobacini di studio. Per lo studio dell'idrologia di piena dei torrenti secondari, si sono utilizzati i medesimi metodi di calcolo prima illustrati per i torrenti principali (SCS Curve Number, ideogramma unitario, onda cinematica).

100

7.2.4.1 Fossato Spondigna

Il bacino imbrifero è composto da due canali paralleli, che confluiscono nel fossato principale poco al di sopra della Strada Statale.

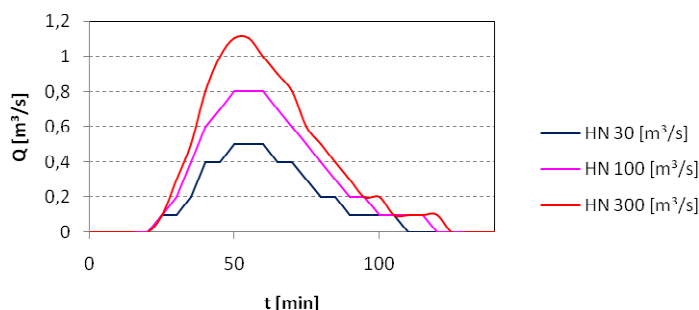


Figura 88. Idrogrammi liquidi di piena per il fossato di Spondigna.

Il limitato bacino drenante è coperto solamente in piccola parte da boschi nel suo tratto superiore. La porzione maggiore di bacino è coperta nel tratto intermedio da prati stabili nei pressi dei masi “Gschnair”, “Tschutt” e “Mair”, mentre nel tratto inferiore sono presenti versanti piuttosto ripidi, in cui aree detritiche sono coperte da vegetazione rada ed arbustiva in evoluzione. Pertanto, le caratteristiche del bacino permettono, in seguito ad eventi meteorici intensi, una rapida crescita delle piene liquide. Entrambi i canali principali del fossato di Spondigna si possono descrivere come torrenti intermittenti, in quanto drenano acqua solamente in occasione di fenomeni meteorici intensi. Per il rio oggetto di studio si determina una portata di picco di 0.80 m³/s per un evento centenario. Per il medesimo evento di progetto si determina un volume liquido di deflusso superficiale di 2.300 m³. Per verificare i dati ora illustrati, vengono riportati i valori ricavati con diverse formulazioni empiriche di Hampel per l’evento di progetto HN100.

HAMPEL	Formula	HQ ₁₀₀	valido per:
(1979) :	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 3,0 [m ³ /s]	ambienti alpini
(1984) :	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 3,1 [m ³ /s]	torrenti alpini tirolesi

- Ae ... superficie bacino imbrifero [km²]
- S_{hu} ... quota alla sezione di chiusura [m]
- h₁₀₀ ... pioggia T_R = 100 anni [mm]
- a ... coefficiente di afflusso secondo Müller [-]

Tabella 22. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il fossato di Spondigna.

7.2.4.2 Rio Platzut (A.415)

Il bacino imbrifero del rio Platzut risulta omogeneo e coperto per un 87% da boschi. Solo una piccola porzione del bacino imbrifero non presenta una folta copertura vegetale. Una serie di piccoli torrenti laterali solcano il bacino e confluiscono in cima alla conoide, adducendo ciascuno i deflussi superficiali generati dai singoli sottobacini.

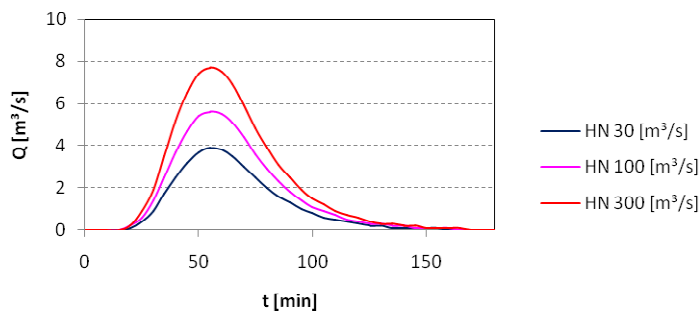


Figura 89. Idrogrammi liquidi di piena per il rio Platzut.

HAMPEL	Formula	HQ ₁₀₀	valido per:
(1979) :	$HQ_{100} = 0,20 * h_{100} * Ae^{0,5 * (1 - (S_{hu}/2300))}$	= 7,1 [m ³ /s]	ambienti alpini
(1984) :	$HQ_{100} = 0,40 * a * h_{100} * Ae^{0,5 * (1 - (S_{hu}/2400))}$	= 6,4 [m ³ /s]	torrenti alpine tirolesi

- Ae ... superficie bacino imbrifero [km²]
- S_{hu} ... quota alla sezione di chiusura [m]
- h₁₀₀ ... pioggia T_R = 100 anni [mm]
- a ... coefficiente di afflusso secondo Müller [-]

Tabella 23. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio Plazut.

Per il rio Plazut si determina una portata liquida di picco di 5.6 m³/s per un evento marcato da tempi di ritorno di 100 anni. Per il medesimo evento di progetto si determina un volume liquido di deflusso superficiale di 16.830 m³. Per verificare i dati ora illustrati, vengono riportati anche i valori ricavati con diverse formulazioni empiriche di Hampel per l'evento di progetto HN100.

7.2.4.3 Rio Pavile (A.405.5.5)

Il bacino imbrifero del rio Pavile presenta una forma stretta ed allungata. Gli afflussi meteorici più elevati si concentrano ne tratto inferiore e maggiormente inciso. A monte infatti il bacino drenante presenta una configurazione più ampia. Poiché nel bacino imbrifero si registrato coperture vegetali e boschive non elevate, l'intercezione vegetale risulta trascurabile e non esercita un grande effetto sulla generazione delle portate liquide. Per il rio Pavile si registrano portate di picco di 6.75 m³/s per eventi marcati da tempi di ritorno di 100 anni. Per il medesimo evento di progetto si determina un volume liquido di deflusso superficiale di 19.900 m³.

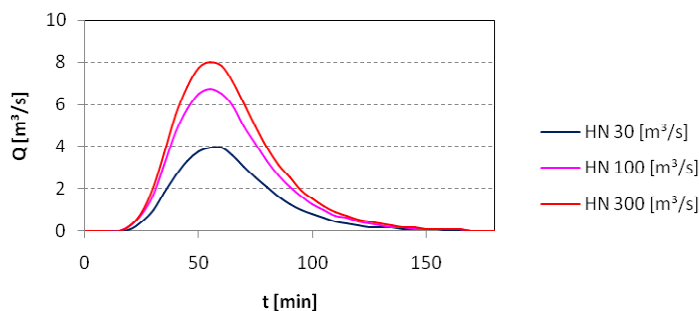


Figura 90. Idrogrammi liquidi di piena per il rio Pavile.

Per verificare i dati ora illustrati, vengono riportati i valori ricavati con diverse formulazioni empiriche di Hampel per l'evento di progetto HN100.

HAMPEL	Formula	HQ ₁₀₀	valido per:
--------	---------	-------------------	-------------

(1979) :	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 8,0 [m ³ /s]	ambienti alpini
(1984) :	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 7,0 [m ³ /s]	torrenti alpine tirolesi

- Ae ... superficie bacino imbrifero [km²]
- S_{hu} ... quota alla sezione di chiusura [m]
- h₁₀₀ ... pioggia T_R = 100 anni [mm]
- a ... coefficiente di afflusso secondo Müller [-]

Tabella 24. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio Pavile.

7.2.4.4 A.395.5

Il bacino drenante del corso d'acqua A.395.5 è coperto nel suo corso inferiore prevalentemente da prati stabili (ca. 42% della superficie totale). Questo influisce notevolmente sul regime dei deflussi superficiali, che si concentrano soprattutto nei canali scolanti afferenti alla parte occidentale del bacino, nel cosiddetto "Stecherloch". La rete di drenaggio del rio A.395.5 non trasporta perennemente acque, pertanto il rio può essere definito come tale solo in occasione di fenomeni temporaleschi particolarmente intensi o di intensi fenomeni di scioglimento nivale. Per il corso d'acqua demaniale A.395.5 si determina quindi una portata di picco di ca. 1.30 m³/s per eventi centenari, per un volume liquido complessivo generato dal deflusso superficiale di 3.570 m³.

103

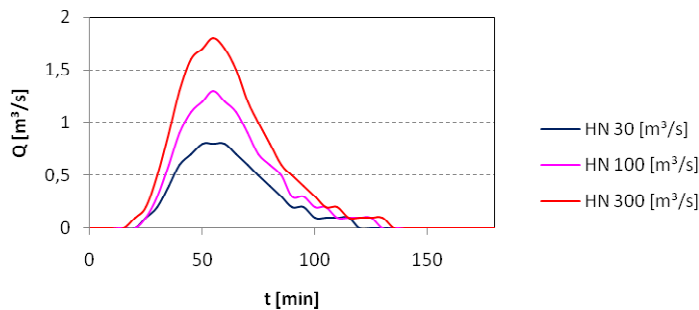


Figura 91. Idrogrammi liquidi di piena per il rio A.395.5.

Per verificare i dati ora illustrati, vengono riportati i valori ricavati con diverse formulazioni empiriche di Hampel per l'evento di progetto HN100.

HAMPEL	Formula	HQ ₁₀₀	valido per:
(1979) :	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 4,0 [m ³ /s]	ambienti alpini
(1984) :	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 3,7 [m ³ /s]	torrenti alpine tirolesi

- Ae ... superficie bacino imbrifero [km²]

- S_{hu} ... quota alla sezione di chiusura [m]
- h_{100} ... pioggia $T_R = 100$ anni [mm]
- a ... coefficiente di afflusso secondo Müller [-]

Tabella 25. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio A.395.5.

7.2.4.5 A.390.5.5

I deflussi superficiali del bacino imbrifero del corso d'acqua demaniale A.390.5.5 si concentrano alla confluenza dei due incisi principali, localizzata nel tratto mediano del bacino drenante. L'effetto di intercezione vegetale esercitato dalle superfici boscate ad alto fusto presenti viene interrotto in corrispondenza dei masi sparsi presenti in cui si localizzano ampie distese prative. In prossimità della sezione di chiusura il bacino drenante si stringe a collo di bottiglia, pertanto gli afflussi liquidi si concentrano in tale sezione. Per il corso d'acqua demaniale A.390.5.5 si determina una portata di picco di 0.70 m³/s per un evento centenario, per un volume liquido complessivo generato dal deflusso superficiale di 1.380 m³. Per verificare i dati ora illustrati, vengono riportati i valori ricavati con diverse formulazioni empiriche di Hampel per l'evento di progetto HN100.

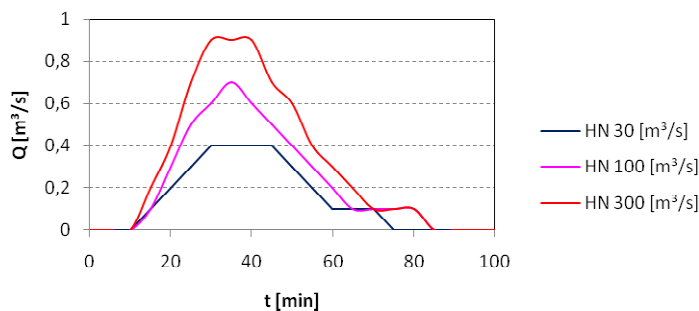


Figura 92. Idrogrammi liquidi di piena per il rio A.390.5.5.

HAMPEL	Formula	HQ ₁₀₀	valido per:
(1979) :	$HQ_{100} = 0,20 * h_{100} * Ae^{0,5} * (1 - (S_{hu}/2300))$	= 2,5 [m ³ /s]	ambienti alpini
(1984) :	$HQ_{100} = 0,40 * a * h_{100} * Ae^{0,5} * (1 - (S_{hu}/2400))$	= 2,0 [m ³ /s]	torrenti alpine tirolesi

- Ae ... superficie bacino imbrifero [km²]
- S_{hu} ... quota alla sezione di chiusura [m]
- h_{100} ... pioggia $T_R = 100$ anni [mm]
- a ... coefficiente di afflusso secondo Müller [-]

Tabella 26. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio A.390.5.5.

7.2.4.6 Rio Nico (A.390)

Il bacino imbrifero del rio Nico si estende dalla piana del fiume Adige sino al coronamento glaciale presente in loco. La forma allungata del bacino drenante e la notevole copertura boschiva presente (ca. 55%) inducono una debole attenuazione di deflussi superficiali. Per il rio Nico infatti si determinano delle portate di picco di 7.44 m³/s per eventi HN100, per un volume liquido complessivo generato dal deflusso superficiale di 24.400 m³.

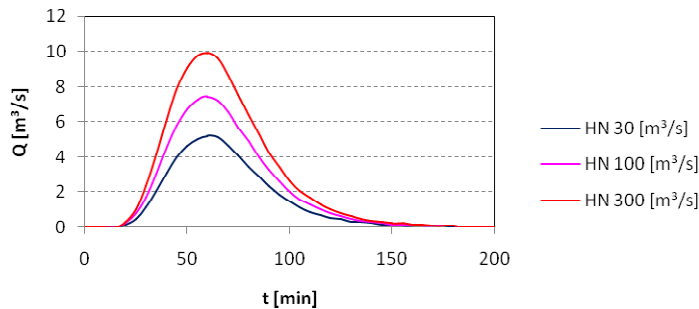


Figura 93. Idrogrammi liquidi di piena per il rio Nico.

Per verificare i dati ora illustrati, vengono riportati i valori ricavati con diverse formulazioni empiriche di Hampel per l'evento di progetto HN100.

HAMPEL	Formula	HQ ₁₀₀	valido per:
(1979) :	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 8,3 [m ³ /s]	ambienti alpini
(1984) :	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 8,6 [m ³ /s]	torrenti alpine tirolesi

- Ae ... superficie bacino imbrifero [km²]
- S_{hu} ... quota alla sezione di chiusura [m]
- h₁₀₀ ... pioggia T_R = 100 anni [mm]
- a ... coefficiente di afflusso secondo Müller [-]

Tabella 27. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio Nico.

7.2.4.7 Rio di Pseg (A.385)

Il bacino imbrifero del rio di Pseg risulta omogeneo da un punto di vista morfologico. Un canale di drenaggio ben definito si riscontra solamente nel tratto inferiore del bacino. Per il rio di Pseg si determinano delle portate di picco di 0.80 m³/s per eventi centenari, per un volume liquido complessivo generato dal deflusso superficiale di 1.860 m³. Per verificare i dati ora illustrati, vengono riportati i valori ricavati con diverse formulazioni empiriche di Hampel per l'evento di progetto HN100.

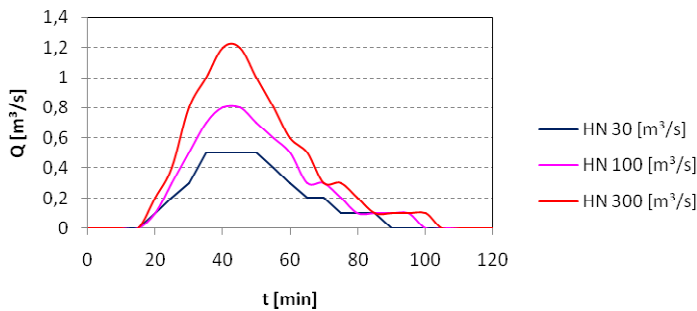


Figura 94. Idrogrammi liquidi di piena per il rio di Pseg.

HAMPEL	Formula	HQ ₁₀₀	valido per:
(1979) :	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 3,1 [m³/s]	ambienti alpini
(1984) :	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 2,9 [m³/s]	torrenti alpine tirolesi

- Ae ... superficie bacino imbrifero [km²]
- S_{hu} ... quota alla sezione di chiusura [m]
- h₁₀₀ ... pioggia T_R = 100 anni [mm]
- a ... coefficiente di afflusso secondo Müller [-]

106

Tabella 28. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio di Pseg.

7.2.4.8 Rio di Dietrocastello (A.380)

Il bacino imbrifero del rio di Dietrocastello, con i suoi 1.99 km², rappresenta uno dei bacini drenanti più grandi tra i tributari secondari del fiume Adige studiati nel presente lavoro.

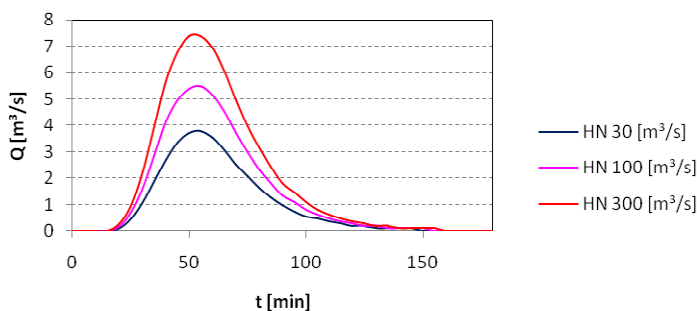


Figura 95. Idrogrammi liquidi di piena per il rio di Dietrocastello.

Il rio si sviluppa dalla piana del fiume Adige nei pressi del maso “Hinterburghof” sino alle zone apicali del Dosso di Cengles. Nonostante sia presente una copertura boschiva del bacino di ca. 58%, l’intercezione vegetale non influisce particolarmente sulle piogge efficaci di progetto. Le coperture boschive presenti si sviluppano omogeneamente in associazioni forestali stabili. Anche le altre superfici che compongono il

bacino drenante, descrivibili come prati stabili e pascoli di alta quota, non esercitano una attenuazione particolare dei deflussi superficiali. Per il rio di Dietrocastello si determinano portate di picco di 5.49 m³/s per eventi HN100, per un volume liquido complessivo di ca. 15.400 m³. Per verificare i dati ora illustrati, vengono riportati i valori ricavati con diverse formulazioni empiriche di Hampel per l'evento di progetto HN100.

HAMPEL	Formola	HQ ₁₀₀	valido per:
(1979) :	$HQ_{100} = 0,20 * h_{100} * Ae^{0,5} * (1 - (S_{hu}/2300))$	= 7,0 [m ³ /s]	ambienti alpini
(1984) :	$HQ_{100} = 0,40 * a * h_{100} * Ae^{0,5} * (1 - (S_{hu}/2400))$	= 7,4 [m ³ /s]	torrenti alpine tirolesi

- Ae ... superficie bacino imbrifero [km²]
- S_{hu} ... quota alla sezione di chiusura [m]
- h₁₀₀ ... pioggia T_R = 100 anni [mm]
- a ... coefficiente di afflusso secondo Müller [-]

Tabella 29. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio di Dietrocastello.

7.2.4.9 Rio del Dosso (A.380.5)

Il bacino drenante del rio del Dosso è coperto per oltre l'80% da superficie boschive. Accanto ad una serie di fossati laterali minori, un canale di drenaggio principale si evidenzia al termine del sottobacino superiore, in cui si concentrano gli afflussi meteorici. Il bacino imbrifero è caratterizzato da pendenze generalmente molto elevate anche maggiori del 90 %. Il rio del Dosso entra nella piana del fiume Adige ad una quota di 1.100 m s.l.m. lungo i prati del maso "Vorderburg", oltre il quale si evidenzia un canale ben definito. Il rio del Dosso si può quindi definire come un corso d'acqua alpino intermittente, per il quale si definiscono portate di picco di 1.50 m³/s per eventi marcati da un tempo di ritorno di 100 anni. Il volume liquido per il medesimo evento di progetto è pari a 3.300 m³.

107

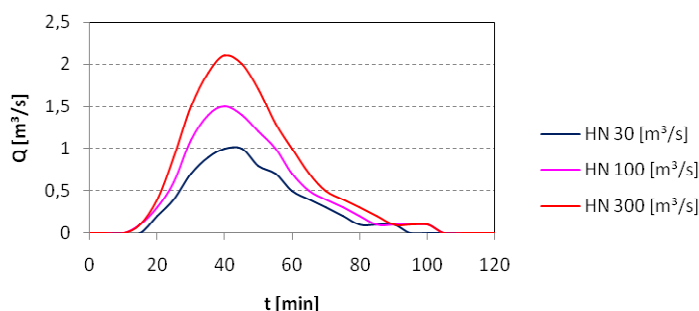


Figura 96. Idrogrammi liquidi di piena per il rio del Dosso.

Per verificare i dati ora illustrati, vengono riportati i valori ricavati con diverse formulazioni empiriche di Hampel per l'evento di progetto HN100.

HAMPEL	Formula	HQ ₁₀₀	valido per:
(1979) :	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 5,8 [m ³ /s]	ambienti alpini
(1984) :	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 5,3 [m ³ /s]	torrenti alpine tirolesi

- Ae ... superficie bacino imbrifero [km²]
- S_{hu} ... quota alla sezione di chiusura [m]
- h₁₀₀ ... pioggia T_R = 100 anni [mm]
- a ... coefficiente di afflusso secondo Müller [-]

Tabella 30. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio del Dosso.

7.2.4.10 Rio di Stellan (A.380.5.5)

La struttura geomorfologica ed altimetrica del rio di Stellan è molto simile a quella prima descritta per il rio del Dosso. Si riscontra infatti una copertura boschiva del 96% ed un canale principale completamente boscato. Il bacino drenante presenta dei versanti con pendenze anche superiori al 90%. Così come il rio del Dosso, anche il canale principale del rio di Stellan si affaccia sulla piana del fiume Adige ad una quota di 1.050 m s.l.m. a ridosso dei prati del maso "Türkhof". Nel tratto di valle non si identifica un vero e proprio canale. Per il rio di Stellan si determinano portate di picco di 1.20 m³/s per eventi marcati da un tempo di ritorno di 100 anni. Il volume liquido per il medesimo evento di progetto è pari a 2.580 m³.

108

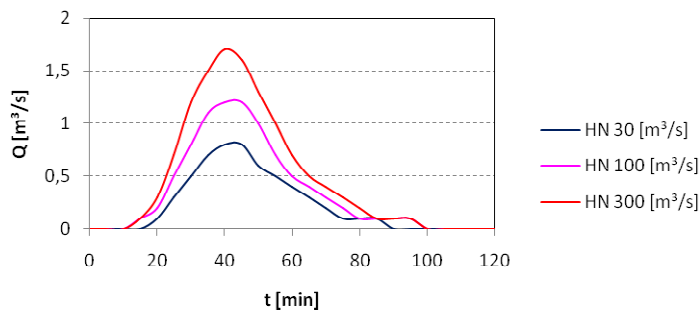


Figura 97. Idrogrammi liquidi di piena per il rio di Stellan.

Per verificare i dati ora illustrati, vengono riportati i valori ricavati con diverse formulazioni empiriche di Hampel per l'evento di progetto HN100.

HAMPEL	Formula	HQ ₁₀₀	valido per:
(1979) :	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 2,8 [m ³ /s]	ambienti alpini
(1984) :	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 2,3 [m ³ /s]	torrenti alpine tirolesi

- Ae ... superficie bacino imbrifero [km²]

- S_{hu} ... quota alla sezione di chiusura [m]
- h_{100} ... pioggia $T_R = 100$ anni [mm]
- a ... coefficiente di afflusso secondo Müller [-]

Tabella 31. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio di Stellan.

7.2.4.11 Rio di Dosso (A.360)

Il bacino imbrifero del rio di Dosso viene drenato da numerosi canali e fossati laterali di piccole dimensioni. I deflussi così generati si concentrano nei tratti inferiori del bacino imbrifero, in corrispondenza di una folta copertura vegetale. I sottobacini superiori infatti sono caratterizzati da superfici rocciose e detritiche, in cui sono presenti grandi quantità di materiale di dilavamento torrentizio. Gli eventi critici per il bacino in esame sono riconducibili a fenomeni meteorici convettivi o a grandinate particolarmente intense lungo i pendii ed i versanti sotto la cima "Schafspitze". Per il rio di Dosso si determinano portate di picco di $9.04 \text{ m}^3/\text{s}$ per eventi marcati da un tempo di ritorno di 100 anni. Il volume liquido per il medesimo evento di progetto è pari a 24.900 m^3 .

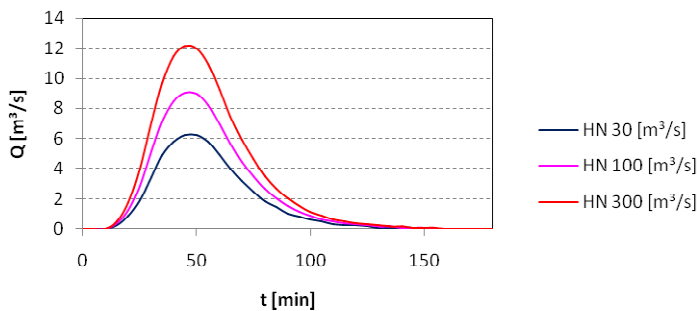


Figura 98. Idrogrammi liquidi di piena per il rio di Dosso.

Per verificare i dati ora illustrati, vengono riportati i valori ricavati con diverse formulazioni empiriche di Hampel per l'evento di progetto HN100.

HAMPEL	Formola	HQ_{100}	valido per:
(1979) :	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 8,1 [m³/s]	ambienti alpini
(1984) :	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 8,9 [m³/s]	torrenti alpine tirolesi

- Ae ... superficie bacino imbrifero [km²]
- S_{hu} ... quota alla sezione di chiusura [m]
- h_{100} ... pioggia $T_R = 100$ anni [mm]
- a ... coefficiente di afflusso secondo Müller [-]

Tabella 32. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio di Dosso.

7.2.4.12 A.360.5

Il bacino drenante del corso d'acqua demaniale A.360.5.5 è rappresentato da un canale principale che si sviluppa nel quarto superiore del bacino imbrifero, in prossimità dei depositi detritici nordorientali siti nel bacino superiore in località "Saurüssl".

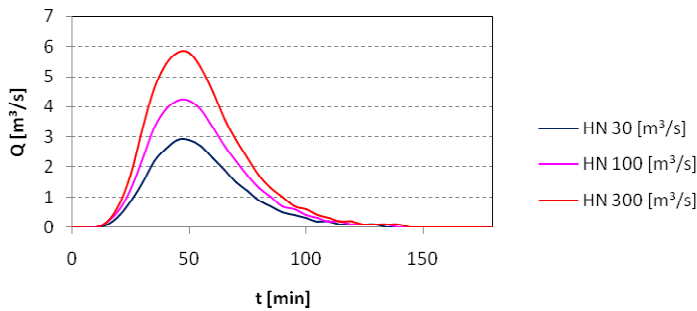


Figura 99. Idrogrammi liquidi di piena per il rio A.360.5.

Il bacino imbrifero è coperto per l'82% da boschi e presenta tratti morfologici omogenei. Per il corso d'acqua demaniale A.360.5.5 si determinano portate di picco di 4.20 m³/s per eventi marcati da un tempo di ritorno di 100 anni. Il volume liquido per il medesimo evento di progetto è pari a 11.670 m³.

Per verificare i dati ora illustrati, vengono riportati i valori ricavati con diverse formulazioni empiriche di Hampel per l'evento di progetto HN100.

110

HAMPEL	Formula	HQ ₁₀₀	valido per:
(1979) :	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 5,6 [m ³ /s]	ambienti alpini
(1984) :	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 4,7 [m ³ /s]	torrenti alpine tirolesi

- Ae ... superficie bacino imbrifero [km²]
- S_{hu} ... quota alla sezione di chiusura [m]
- h₁₀₀ ... pioggia T_R = 100 anni [mm]
- a ... coefficiente di afflusso secondo Müller [-]

Tabella 33. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio A.360.5.

7.2.4.13 Valle di Gravara

Il bacino imbrifero della Valle di Gravara è drenato da numerosi fossati secondari che confluiscono all'apice della conoide di deiezione dando origine ad un unico canale. Questi raramente raggiungono lunghezze di deflusso apprezzabili, sempre contenute nel terzo inferiore del bacino drenante, e si sviluppano lungo i versanti afferenti ai sottobacini superiori coperti generalmente da superfici boscate anche molto dense (98% della superficie totale).

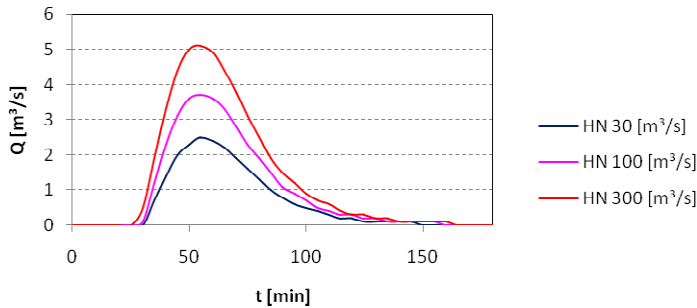


Figura 100. Idrogrammi liquidi di piena per il rio della Valle di Gravara.

Il fossato della Valle di Gravara si può quindi descrivere come corso d'acqua intermittente, descrivibile come un vero e proprio torrente alpino solo in occasione di intensi episodi di scioglimento nivale o di eventi meteorici temporaleschi notevoli o di lunga durata. Per il corso d'acqua che drena la Valle di Gravara si determinano portate di picco di 3.70 m³/s per eventi marcati da un tempo di ritorno di 100 anni. Il volume liquido per il medesimo evento di progetto è pari a 10.350 m³. Per verificare i dati ora illustrati, vengono riportati i valori ricavati con diverse formulazioni empiriche di Hampel per l'evento di progetto HN100.

HAMPEL	Formula	HQ ₁₀₀	valido per:
(1979) :	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 6,0 [m ³ /s]	ambienti alpini
(1984) :	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 5,0 [m ³ /s]	torrenti alpine tirolesi

- Ae ... superficie bacino imbrifero [km²]
- S_{hu} ... quota alla sezione di chiusura [m]
- h₁₀₀ ... pioggia T_R = 100 anni [mm]
- a ... coefficiente di afflusso secondo Müller [-]

Tabella 34. Calcolo della portata centenaria secondo Hampel per il rio della Valle di Gravara.

7.2.4.14 Riassunto

Si propone di seguito un resoconto dei risultati dell'analisi idrologica condotta sui torrenti secondari della Alta Val Venosta oggetto di studio.

Nr.	Torrente	Ae	HQ ₃₀	ΣQ ₃₀	HQ ₁₀₀	ΣQ ₁₀₀	HQ ₃₀₀	ΣQ ₃₀₀	HQ ₁₅₀	ΣQ ₁₅₀
		[km ²]	[m ³ /s]	[m ³]	[m ³ /s]	[m ³]	[m ³ /s]	[m ³]	[m ³ /s]	[m ³]
A.360	Rio di Dosso	3.27	6.2	17.200	9.0	24.900	12.2	33.300	---	---
A.360.5		1.54	2.9	8.000	4.2	11.670	5.8	15.950	---	---
A.380	Rio di Dietrocastello	1.98	3.8	10.500	5.5	15.400	7.4	20.900	---	---
A.380.5	Rio del Dosso	0.53	1.0	2.200	1.5	3.350	2.1	4.600	---	---
A.380.5.5	Rio di Stellau	0.43	0.8	1.650	1.2	2.600	1.7	3.550	---	---

A.385	Rio di Pseg	0.40	0.5	1.200	0.8	1.850	1.2	2.650	---	---
A.390.5	Rio Nico	2.64	5.2	17.000	7.4	24.400	9.9	32.400	---	---
A.390.5.5		0.29	0.4	900	0.7	1.400	0.9	1.950	---	---
A.395.5		0.62	0.8	2.300	1.3	3.600	1.8	5.050	---	---
A.405.5.5	Rio Pavile	2.42	4.0	11.800	6.8	19.900	8.0	23.700	---	---
A.415	Rio Plazut	1.96	3.9	11.600	5.6	16.850	7.7	22.950	---	---
	Fossato Spondigna	0.34	0.5	1.400	0.8	2.300	1.1	3.050	---	---
	Valle di Gravara	1.47	2.5	6.850	3.7	10.350	5.1	14.300	---	---

Tabella 35. Portate liquide di picco e volumi di piena dei torrenti secondari studiati.

7.3 Topografia

Il rilievo delle sezioni trasversali e la conoscenza delle peculiarità morfologiche ed altimetriche dell'area di studio sono finalizzate a descrivere nel miglior modo possibile il comportamento idraulico dei corsi d'acqua studiati e delle potenziali aree di esondazione. Per quanto concerne i fiumi di fondovalle, si sono utilizzati i dati dei rilievi plano-altimetrici effettuati dalla Geo-Line per conto della Rip. 30 Opere Idrauliche Servizio Bacini Montani nel biennio 2006 – 2007. In occasione dei sopralluoghi effettuati, si è provveduto eventualmente a correggere o integrare i rilievi effettuati con le strutture realizzate dopo la data di rilevamento. Nei tratti di interesse non inclusi nei dati ufficiali consegnati e lungo i torrenti primari in cui se ne è ravvisata la necessità, si è provveduto ad effettuare le misurazioni in autonomia utilizzando le più moderne tecniche di rilievo con strumentazione G.P.S. abbinata ad un controllo terrestre tramite teodolite. I rilievi hanno compreso anche la posizione degli edifici eventualmente adiacenti agli alvei, la quota delle strade laterali e di tutte le strutture laterali (arginature, muri di sponda, muri di protezione) o in linea (briglie di consolidamento e di trattenuta) presenti in loco. I dati sopra descritti sono stati quindi utilizzati nell'ambito delle modellazioni 1D e 2D realizzate per la valutazione della capacità di deflusso in alveo, lo studio delle dinamiche di esondazione e le valutazioni sulle capacità di trasporto solido dei singoli torrenti. Per una facile localizzazione dei rilievi effettuati, si rimanda alla Carta delle Sezioni Rilevate (Tav. nr. 1.3)

Per le modellazioni bidimensionali di propagazione delle onde di piena in esondazioni e delle colate detritiche si è invece fatto riferimento al Modello Digitale del Terreno (D.T.M. 2006) della Provincia Autonoma di Bolzano, realizzato con il sistema LiDAR – Laserscan (risoluzione maglia 2.5 m), verificandone l'esattezza con l'ausilio delle ortofoto digitali relative al volo 2006 (risoluzione a terra 0.5 m) ed appositi sopralluoghi in loco.

8 Valutazioni idrauliche

8.1 Generalità

Come richiesto dalle Direttive della Provincia Autonoma di Bolzano in materia di pericolo idraulico, nella perimetrazione e valutazione dei pericoli idraulici indotti sull'area di studio si è debitamente tenuto conto di tutte le strutture idrauliche presenti e degli interventi di sistemazione realizzati sul territorio.

Tra gli aspetti di maggior interesse al fine di inquadrare correttamente la probabilità e l'eventuale consistenza delle esondazioni in corrispondenza di sezioni critiche, si è provveduto in primis a valutare gli aspetti idraulici legati ai ponti che solcano i fiumi nel territorio di interesse e ai tanti attraversamenti a tubo presenti. Per quanto concerne il fiume Adige, non si è riscontrata la presenza di pile di ponte in alveo, le luci sono comunque molto ampie in relazione alla lunghezza media dei tronchi trasportabili. Pertanto si è assunta una scarsa probabilità di ostruzione degli attraversamenti legata al trasporto di materiali legnosi flottanti. Al contrario, il tratto urbano del rio Saldura a Sluderno presenta numerosi attraversamenti la cui luce risulta essere proporzionale, se non addirittura minore, alla dimensione media del legname influente da monte, pertanto in questo caso risulta verosimile considerare elevate probabilità di ostruzione. Per quanto concerne gli attraversamenti a tubo presenti lungo i torrenti secondari, la loro probabilità di ostruzione dipende sostanzialmente dallo stato degli alvei e dalla frequenza degli sfalci operati dagli addetti provinciali della Bacini Montani.

Si è provveduto a verificare sul campo anche i dettagli costruttivi delle strutture idrauliche presenti lungo il corso del fiume Adige, in modo da valutare i dati sulla geometria delle sezioni critiche forniti dall'Ufficio Sistemazione Bacini Montani. E' stata infine valutata anche la consistenza del corpo arginale in sinistra e destra orografica nel tratto di studio oggetto di rettifica in passato, al fine di considerare la probabilità di rottura legata alla stabilità degli argini. Non si sono ravvisate particolari criticità.



113

Figura 101. I ponti e gli attraversamenti a tubo rappresentano spesso le maggiori criticità nei torrenti montani.

Per una più attenta valutazione del trasporto solido dei torrenti di fondovalle e del fiume Adige, si sono realizzate anche due campagne di analisi granulometrica, sul torrente Saldura in tre punti distinti dislocati lungo l'asta principale del torrente e sul fiume Adige, alla confluenza con il rio Ram.



Figura 102. Alcune fasi dei rilievi granulometrici effettuati.

Per un corretto inquadramento delle problematiche idrauliche legate agli altri torrenti di fondovalle ed ai torrenti primari e secondari, si è provveduto inizialmente ad un'attenta valutazione delle opere di sistemazione idraulica presenti lungo i corsi dei torrenti, atte alla laminazione della portata solida in ingresso da monte ed alla regolamentazione del profilo longitudinale dei corsi d'acqua. Le operazioni condotte hanno quindi portato ad una integrazione del Catasto Opere fornito dalla Rip. 30 Opere Idrauliche ed alla valutazione dello stato delle opere chiave attraverso la compilazione dei formulari EF30.

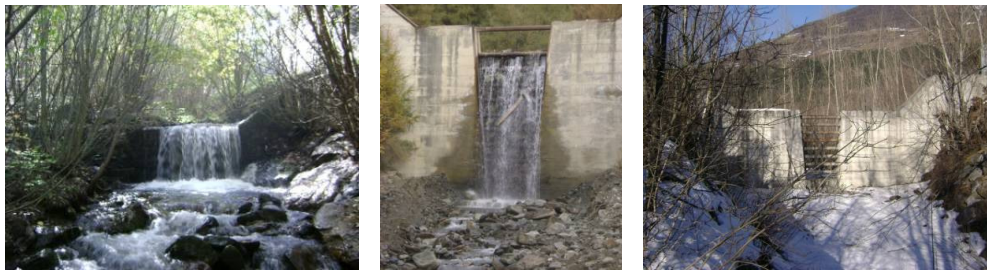


Figura 103. Opere di sistemazione idraulica e di trattenuta del materiale solido.



Figura 104. Alcune immagini delle campagne di rilievi effettuate.

Come riportato più volte, al fine di rappresentare nel modo più realistico possibile le caratteristiche idrauliche dei torrenti oggetto di studio, si è provveduto ove necessario ad un rilievo plani-altimetrico delle sezioni principali di corsi d'acqua, svolto con i più adeguati strumenti geodetici, rilevando anche i manufatti esistenti (briglie e soglie, muri arginali, ponti e passerelle), in modo da considerare tutti gli aspetti necessari ad una corretta impostazione del problema idraulico da affrontare.



Figura 105. Esempi di paratoie manuali o automatizzate per la protezione delle abitazioni dalle colate detritiche.

Sono state infine censite e valutate tutte le opere di regolazione dei flussi solidi e liquidi presenti nelle sezioni a maggiore criticità, il cui cattivo funzionamento potrebbe causare un severo alluvionamento del piano campagna. Si sono presi ad esempio in considerazione tutti i passaggi nelle strutture di protezione dotati di paratie manuali o automatizzate di chiusura, provvedendo ad una valutazione probabilistica della loro efficienza.



Figura 106. Da sinistra, l'ampia conoide del Gadria, depositi sulla conoide del Cengles, la conoide del rio Cavallaccio.

A verifica ed integrazione delle valutazioni effettuate, si è proceduto infine anche allo studio delle numerosi conoidi di deiezione presenti in Alta Val Venosta, in modo da valutare la consistenza e l'entità dei depositi, la morfologia e la geometria delle stesse per procedere ad una valutazione qualitativa della propensione al dissesto dei bacini imbriferi sottesi.

8.2 Fiumi di fondovalle

8.2.1 Fiume Adige

Noti gli idrogrammi liquidi di progetto illustrati nel paragrafo 7.2.2.1, il modello idraulico del fiume Adige nel tratto in esame è stato realizzato mediante il software HEC – RAS (River Analysis Simulation), che consente il calcolo dei profili di moto permanente e vario nel tratto in esame. Come già sottolineato in precedenza, per la realizzazione del modello si sono utilizzate le sezioni del rilievo eseguito dalla GeoLine nel biennio 2006-2007. Il modello idraulico è stato validato simulando la piena del giugno 2006, facendo ruotare il valore del coefficiente di Manning ed utilizzando per le simulazioni successive il valore in grado di minimizzare l'errore numerico generato. Non sono stati utilizzati gli idrogrammi più severi registrati negli anni '80 semplicemente perché la sezione è stata modificata nel corso del 2005, pertanto la geometria della sezione non consente più il confronto degli eventi di progetto con gli accadimenti storici. Secondo la taratura effettuata, da Figura 107 si intuisce come il valore $n = 0.03 \text{ s/m}^{1/3}$ restituisca il miglior adattamento al campione di dati misurati dall'idrometro di Spondigna: tale valore presenta infatti un adattamento molto buono nella fase ascendente della piena fittando positivamente i dati al colmo di piena, pur restituendo una lieve sottostima dei livelli idrici nella fase decrescente dell'evento di progetto. Si ritiene pertanto di poter accettare i valori ottenuti, fermo restando la difficoltà di determinare univocamente un valore del coefficiente di Manning che bene si adatti a tutte le serie storiche degli eventi di piena registrati sul fiume Adige nelle sezioni di interesse. Si tratta comunque di

una calibrazione di massima, in quanto non sono ancora disponibili dati sufficienti per una più raffinata calibrazione, eseguita sezione per sezione. Si è quindi assunto un valore costante del coefficiente di Manning su tutto il tratto del fiume Adige studiato.

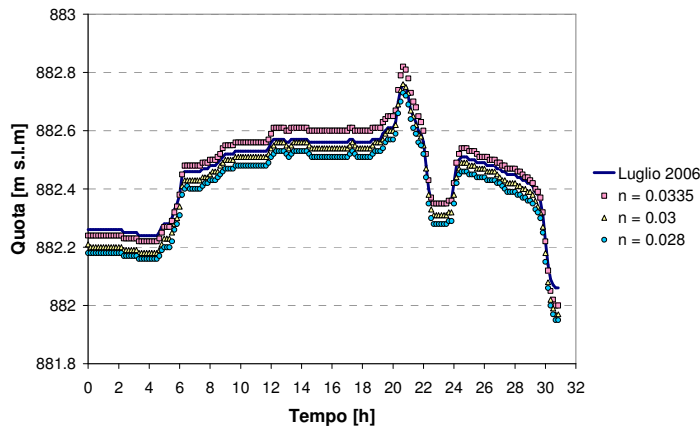


Figura 107. Confronto tra i livelli idrici misurati a Spondigna e quelli calcolati per l'evento di piena del luglio 2006.

Il modello idraulico è stato poi implementato ricostruendo il reticolo idrografico illustrato in Figura 61 in ambiente HEC-RAS 4.0, assegnando all'asta principale del fiume Adige l'idrogramma influente da monte ed assegnando ai nodi successivi degli idrogrammi laterali rappresentativi dei contributi di piena imputabili ai tributari laterali.

116

Per la valutazione della capacità di trasporto del fiume Adige nel tratto di interesse ed un'analisi qualitativa dell'evoluzione morfologica del fiume in caso di piena, si è provveduto a collezionare un campione granulometrico alla confluenza tra Adige e Ram a monte di Glorenza. In seguito ai sopralluoghi effettuati infatti, il punto scelto per l'analisi risulta corrispondere con l'unico cambio di pendenza di una certa rilevanza nel tratto di studio, pertanto identificabile come una sezione critica, peraltro in corrispondenza di un restringimento localizzato (ponte). L'analisi granulometrica è stata condotta secondo la metodologia del campionamento lineare (Fehr, 1987).

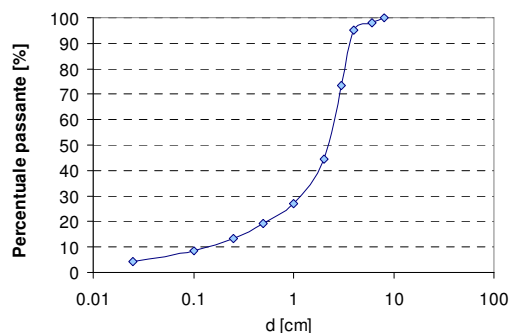


Figura 108. Curva granulometrica del materiale d'alveo alla confluenza fra Adige e rio Ram.

I campioni di materiale costituente l'alveo sono stati quindi analizzati statisticamente, ricavando la distribuzione granulometrica e le dimensioni caratteristiche dei sedimenti (Figura 108). Dall'analisi effettuata si è ottenuto un diametro medio di ca. 2.4 cm. Il comportamento del fiume in caso di piena è stato poi simulato sempre in ambiente HEC – RAS 4.0 in moto quasi non stazionario a fondo mobile, valutando quindi congiuntamente le variazioni della superficie libera in corrispondenza di eventuali scavi o depositi lungo il profilo longitudinale del fiume.

Infine si sono assunti i seguenti scenari di progetto:

- deflusso delle piene marcate da tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni secondo gli idrogrammi sintetici indicati in Figura 65;
- scenario di rischio residuo imputabile al verificarsi di una piena millenaria (HN1000) con effetti di laminazione praticamente trascurabili del bacino artificiale di Resia;
- scenario di rischio residuo imputabile al cedimento degli argini nella sezione più critica individuata nel tratto in sinistra orografica sistemato a monte di Lasa;
- scenario di rischio residuo imputabile all'ipotetico collasso dello sbarramento artificiale di Resia.

Per il calcolo del contributo alla piena millenaria imputabile alla mancata laminazione dal lago di Resia (assunto pieno) si sono determinate le portate sfiorate dagli scaricatori a calice ivi presenti secondo la metodologia analitica illustrata in Rosso e Santo (2004). Per lo scenario di rottura arginale si è assunta una breccia con uno sviluppo longitudinale di ca. 60 m nel tratto interessato dai lavori di adeguamento idraulico a monte di Lasa in sinistra orografica. Per lo scenario di collasso della traversa artificiale di Resia si sono utilizzati i dati dello studio del calcolo dell'onda di sommersione conseguente all'ipotetico collasso dell'opera realizzato nel 1992 da ISMES Spa per conto di EDISON Spa e depositato presso l'Ufficio Dighe della Provincia Autonoma di Bolzano. Occorre rimarcare che attualmente non sono ancora disponibili i risultati delle ripermutrazioni delle aree allagabili in seguito all'ipotetica rottura della diga di Resia, per le quali bisognerà attendere l'approvazione del Piano Provinciale di Emergenza Dighe.

117

8.2.2 Rio Saldura

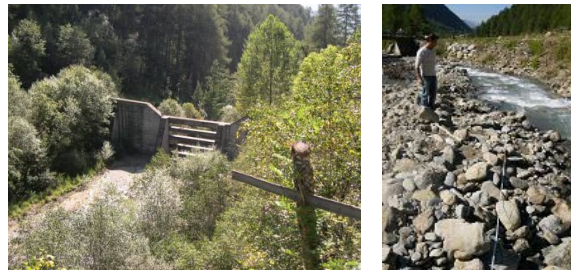
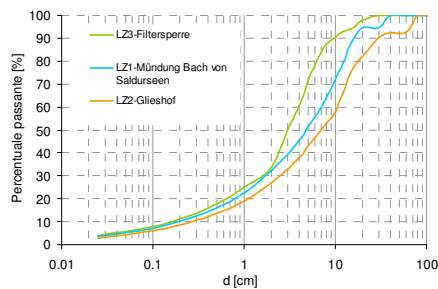
Il rio Saldura è da sempre considerato molto pericoloso da un punto di vista idraulico, soprattutto per la grande disponibilità detritica presente nelle zone apicali della Val di Mazia e per i numerosi dissesti idrogeologici in corso lungo interi versanti della vallata. Al fine di valutare i volumi solidi mobilizzabili dal rio Saldura, si sono realizzate diverse campagne di rilievo granulometrico con metodi lineari (Fehr, 1987). In Figura 109 sono riportate le curve granulometriche calcolate in diversi nodi del reticolo idrografico del Saldura.

Il calcolo della portata solida e dei volumi mobilizzabili è stato condotto in più punti del reticolo idrografico, tra cui anche alla sezione di chiusura prossima alla briglia di trattenuta, mediante alcune delle più note formule di letteratura (Meyer-Peter, 1948; Schoklitsch, 1962; Einstein, 1942; Jäggi, 1984).

In Figura 110 sono indicati gli idrogrammi solidi ed i volumi mobilizzabili calcolati in una delle sezioni di chiusura posta alla confluenza con il rio Valle di Upia (A.410.5.105).

In base ai sopralluoghi ed alle osservazioni effettuate ed a quanto riportato nel Piano delle Zone di Pericolo (P.Z.P.) del comune di Sluderno (2007), si può concludere quanto segue:

- fino alla confluenza con il rio Valle di Upia la disponibilità di materiale solido appare maggiore della capacità di trasporto solido del torrente (evidenti i depositi di materiale in alveo);
- nel tratto a valle della confluenza con il rio Valle di Upia, il rio Saldura si mantiene pianeggiante per poi aumentare le pendenze tra “Schlossegg” e la briglia di trattenuta. In questo tratto il rio non ha possibilità di divagazione, pertanto la portata liquida cresce progressivamente, così come anche la capacità di trasporto solido cresce notevolmente raggiungendo il massimo in prossimità della briglia di trattenuta;
- a valle della confluenza con il rio Valle di Upia non sono presenti particolari fonti di detrito; nel corso medio ed inferiore del rio Saldura sono disponibili alla mobilitazione solamente piccole quantità di detrito.



118

Figura 109. Curve granulometriche del materiale d'alveo in tre sezioni di controllo, la grande briglia di trattenuta e le operazioni di rilievo granulometrico.

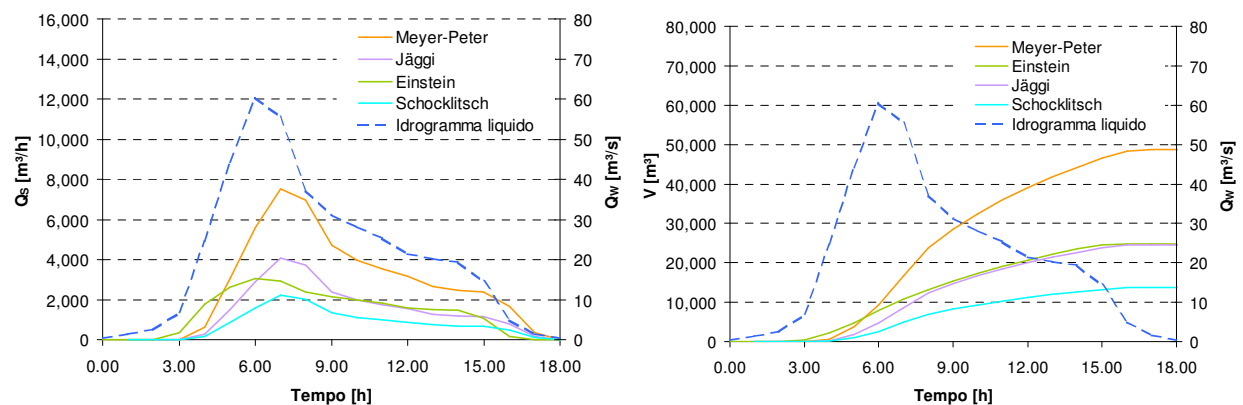


Figura 110. Sedimentogrammi e volumi di materiale solido mobilizzabili alla confluenza con il rio Valle di Upia.

Detto quanto sopra, dalle valutazioni effettuate emerge che il volume di materiale solido in grado di raggiungere la piazza di deposito a monte della briglia di trattenuta risulta perfettamente contenibile dall'opera di ritenuta presente, quindi si ritiene che le portate solide in grado di transitare a valle della briglia siano pressoché trascurabili. Occorre comunque sottolineare come la frazione più fine del

materiale può essere comunque trasportata a valle dell'opera, pertanto gli scenari assunti e successivamente descritti tengono conto anche del possibile deposito di piccole quantità di detrito nel tratto terminale della cunetta urbana del rio Saldura.

Per quanto riguarda gli scenari assunti in sede di modellazione, occorre rimarcare come, a valle della grande briglia di trattenuta, le pendenze del torrente tendano progressivamente a diminuire sino a valori molto bassi in prossimità del biotopo. Caratteristica peculiare del Saldura è la presenza di numerosissimi attraversamenti, stradali e ciclopedonali, pertanto è stata valutata la probabilità che questi ponti vadano in pressione o si ostruiscano completamente. Considerando realistica la seconda ipotesi nonostante l'efficienza attribuita all'opera di trattenuta del materiale solido a monte del paese, si è proceduto adottando le seguenti ipotesi progettuali:

- è stato realizzato un modello 1D in ambiente HEC – RAS 4.0 per la simulazione del deflusso delle piene nel canale in cui si sono assunti nel tratto di monte $K_s = 29 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ per l'alveo e $K_s = 40 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ per le zone golenali; nel tratto medio della cunetta si assume $K_s = 30 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ per il fondo e $K_s = 66.6 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ per le sponde, nel tratto di valle prossimo allo sbocco del biotopo si assume $K_s = 25 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ su tutta la larghezza del canale;
- dall'analisi del profilo longitudinale delle sezioni rilevate, le pendenze tendono localmente a diminuire in corrispondenza dei ponti, pertanto è prevedibile una transizione in critica da moto veloce a moto lento; localmente è quindi possibile ipotizzare condizioni di moto lento;
- secondo le ipotesi sopra poste, i ponti e gli attraversamenti stradali a Sluderno possono andare in sofferenza per effetto di depositi solidi o del legname flottante trasportato, generando fenomeni di rigurgito che possono provocare esondazioni.

119

Pertanto, si è provveduto a modellare i seguenti scenari:

- deflusso delle piene marcate da tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni secondo gli idrogrammi liquidi calcolati nel modello afflussi – deflussi, considerando la possibilità realistica che tutti i ponti vadano alternativamente in pressione. Secondo lo schema riportato in Figura 111, si considerano diversi tratti in cui si è assunto il transito della portata di progetto nel canale assumendo che le strutture idrauliche presenti nel tratto vadano in pressione. Per il calcolo delle esondazioni in ogni tratto di studio è stata imposta una condizione di moto lento, nei tratti di valle e di monte rispetto al tratto in corrente lenta una condizione di moto veloce;
- propagazione delle portate residue in alveo all'intero del biotopo di Sluderno tramite un modello bidimensionale;
- tra gli scenari di rischio residuo, si è assunto che i ponti possano cedere sotto la pressione dell'acqua in condizioni particolarmente critiche o siano completamente alluvionati, anche simultaneamente. Altro scenario di rischio residuo potrebbe essere rappresentato dalla non perfetta efficienza o dalla totale inefficienza della briglia di trattenuta. Pertanto, date le difficoltà con cui modellare i suddetti fenomeni, la perimetrazione del rischio residuo è stata redatta digitalizzando il perimetro esterno della conoide di deiezione del rio Saldura.

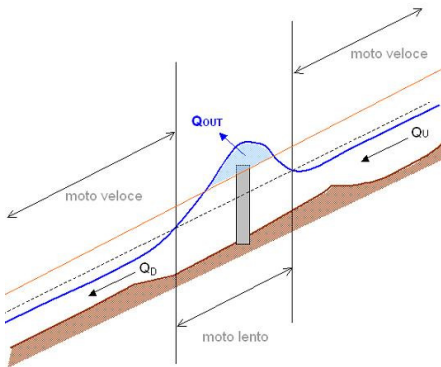


Figura 111. Schematizzazione dello scenario tipo assunto lungo il tratto di valle del rio Saldura.

8.2.3 Rio Solda

Noti gli idrogrammi triangolari di piena determinati per via statistica nel paragrafo 7.2.2.4, si è proceduto inizialmente a valutare le potenzialità e le criticità legate al trasporto solido lungo il tratto pedemontano del rio Solda, approntando un modello 1D in ambiente HEC-Ras 4.0. Dalle stime effettuate emerge che la capacità di trasporto del rio risulta molto elevata fino al tratto pedemontano a monte del centro di Prato allo Stelvio, in località Schmelz è presente però una vasta area pianeggiante di deposito in cui le pendenze decrescono localmente in maniera molto evidente. La capacità di trasporto risulta quindi molto minore della effettiva disponibilità di materiale.

Successivamente, in corrispondenza dell'imbocco della cunetta finale, le pendenze crescono nuovamente e si mantengono pressoché costanti sino allo sbocco nell'ampio delta rappresentato dal "Prader Sand". Pertanto è presumibile che le portate solide in ingresso da monte vengano parzialmente laminate a monte di Prato allo Stelvio e che la frazione più fine del materiale venga trasportata a valle e tenda a depositarsi prima dello sbocco nel fiume Adige. Si è quindi assunto realisticamente che il trasporto solido non sia un fattore critico per il rio Solda e non contribuisca a creare situazioni critiche lungo la cunetta finale o presso i ponti che solcano il rio, data l'assenza di sostanziali cambi di pendenza. Parimenti, si è stimata una ridotta probabilità di ostruzione dei numerosi ponti che solcano l'alveo del torrente nel tratto urbano, a causa della sufficiente larghezza della cunetta, dell'assenza di pile di ponte e di vegetazione in alveo.

120



Figura 112. Ansa di deposito a monte del tratto cunettato con particolare del materiale depositato, a destra un'immagine del delta del Solda in località „Prader Sand“.

Pertanto, gli scenari analizzati per lo studio del deflusso delle piene nel tratto di valle del rio Solda possono essere così riassumibili:

- deflusso delle piene marcate da tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni secondo gli idrogrammi triangolari riportati in Figura 70; si sono assunti valori di scabrezza pari a $25 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ nel tratto non corazzato e di $35 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ nel tratto corazzato;
- scenario di rischio residuo imputabile al verificarsi di una piena millenaria ($T_R = 1000$ anni);

8.2.4 Rio Puni

Le valutazioni idrauliche condotte sul rio Puni hanno condotto ad abbinare imprescindibilmente lo studio della conoide di deiezione nel comune di Malles Venosta, sita all'esterno dell'area di studio, e lo studio del deflusso delle piene a monte di Glorenza nel tratto di interesse. Operando in tal senso si ritiene si aver considerato la continuità idrologica ed idraulica del rio Puni. Dalla documentazione eventi consultata, emerge chiaramente come uno studio idraulico del Puni a Glorenza non possa prescindere da una corretta valutazione della capacità di deflusso in alveo a Malles Venosta. Ad esempio, nel maggio 1983 il Puni è esondato a Malles in prossimità del ponte lungo la Strada Provinciale per Burgusio (Figura 113) provocando danni ed allagamenti, mentre a Glorenza non si sono registrati danni. Traendo spunto quindi dalle indicazioni storiche ed in assenza di misurazioni idrauliche precise, si è ipotizzato quanto illustrato in Figura 114.

Si assume sostanzialmente un'esondazione a monte del centro di Malles Venosta, causata dall'ostruzione del ponte lungo la Provinciale per Burgusio, quindi una laminazione delle portate di piena. Dai sopralluoghi effettuati, emerge chiaramente come anche a valle della briglia di trattenuta il torrente possa trasportare materiale detritico e legname flottante, per cui un'ostruzione del ponte a valle è assolutamente verosimile, vista anche la scarsa sezione di deflusso tali sezioni che manifestano.

121



Figura 113. Sezioni di deflusso critiche nel centro abitato di Malles Venosta. In corrispondenza del ponte lungo la Provinciale per Burgusio (a sinistra) si è verificata l'esondazione nel 1983.

Pertanto si è operato come segue:

- nel tratto tra la grande briglia di trattenuta all'apice della conoide in località "Ultimo" ed il tratto a valle di Malles si è realizzata una modellazione 2D con il software Flo 2D. La geometria delle sezioni caratteristiche della cunetta ivi presente è stata tratta dai progetti esecutivi realizzati negli anni '80 e '90 dalla Rip. 30 Opere Idrauliche Servizio Bacini Montani; il ponte lungo la Provinciale per Burgusio è stato considerato ostruito;

- nel tratto interno alla area di studio, si è realizzato un modello rigoroso 1D per lo studio della capacità di deflusso del Puni a Glorenza e sino alla confluenza con il fiume Adige in prossimità di Spondigna, utilizzando gli idrogrammi laminati risultanti dallo studio precedente.

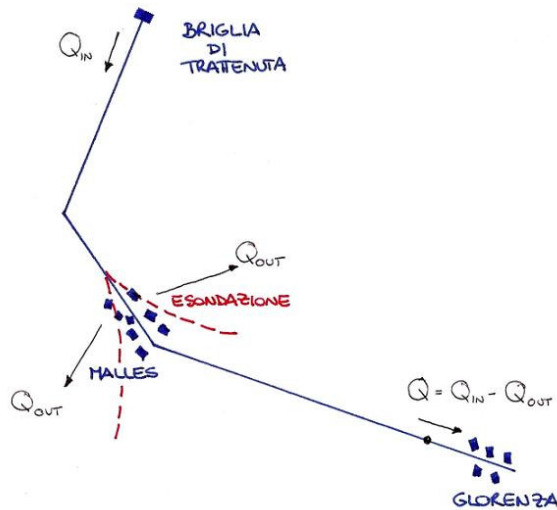


Figura 114. Schematizzazione delle assunzioni poste per lo studio idraulico del rio Puni.

Gli idrogrammi di piena calcolati nel paragrafo 7.2.2.5 in località Ultimo sono stati successivamente propagati su una griglia di calcolo (dimensione maglia 5 x 5 m) mediante il software commerciale Flo 2D, implementando le sezioni disponibili ed abbinando una modellazione 1D ad un modello bidimensionale per la valutazione delle esondazioni sul piano campagna.

122

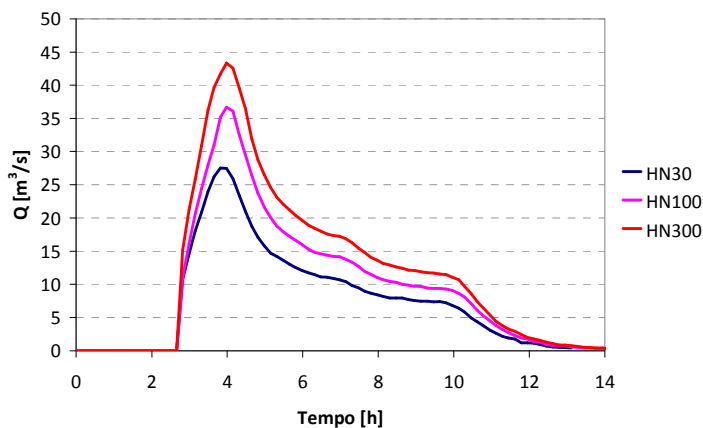


Figura 115. Idrogrammi liquidi di piena a monte di Glorenza per il rio Puni.

In Figura 115 sono illustrati gli idrogrammi registrati a valle di Malles Venosta nel canale attivo del rio Puni. Il ritardo dell'onda piena nel tratto di interesse (ca. 5.2 km) è stimato in circa 24 min, pertanto l'onda si propaga con una velocità media di 3.6 m/s. Come si intuisce da Tabella 36, il rapporto di laminazione calcolato si attesta sempre intorno a valori del 30 %, a meno di piccole incertezze dovute

alla stabilità del codice di calcolo utilizzato. Quanto calcolato trova riscontro nella documentazione progettuale reperita presso la Rip. 30 Opere Idrauliche. I lavori di risanamento della cunetta nel tratto urbano di Glorenza, eseguiti nel 1979 e nel 1989, sono stati dimensionati con una portata massima influente pari a 28 – 33 m³/s, determinata per via speditiva con il metodo di Iskowski. Pertanto, secondo i risultati ottenuti, il tratto cunettato che transita a ridosso della “Malsertor” dovrebbe garantire il deflusso delle portate almeno in occasione di eventi con tempi di ritorno trentennali.

Tr	Q _{ULTIMO} [m ³ /s]	Q _{GLORENZA} [m ³ /s]	Laminazione
30	40.75	27.53	0.32
100	52.13	36.66	0.29
300	64.32	43.33	0.32
1000	80.50	53.83	0.33

Tabella 36. Laminazione delle portate a monte di Glorenza sul rio Puni.

Il modello idraulico 1D per lo studio dei deflussi di piena nel tratto di interesse ai fini dello studio proposto è stato realizzato in ambiente HEC – RAS 4.0. Data la sostanziale differenza costruttiva dei tratti considerati (si passa infatti da una cunetta in materiale cementato ad un alveo confinato con terrapieni arginali) si sono adottate le seguenti ipotesi progettuali (si veda ad es. Chow, 1959):

- dalla sezione P18 alla sezione P12 (L = 275 m) $K_S = 59 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$;
- dalla sezione P11 alla sezione P07 (L = 394 m) $K_S = 45 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$;
- dalla sezione P06 alla sezione nr. 3 (L = 740 m) $K_S = 40 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$;
- dalla sezione nr. 4 alla confluenza con l’Adige (L = 4919 m) $K_S = 35 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$;

Per un’agile localizzazione delle sezioni citate, si rimanda alla Carta delle Sezioni Rilevate (Tav. nr. 1.3). Si possono pertanto prevedere i seguenti scenari:

- deflusso delle piene marcate da tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni secondo gli idrogrammi triangolari riportati in Figura 115;
- scenario di rischio residuo imputabile al verificarsi di una piena millenaria ($T_R = 1000$ anni);

La probabilità di intasamento parziale o di ostruzione totale dei vari ponti che solcano il Puni a Glorenza è stata considerata trascurabile, data l’assunzione dell’esonazione del torrente già a monte di Malles e la scarsa disponibilità di materiale di grossa pezzatura nel tratto compreso tra Malles e Glorenza.

8.2.5 Rio Ram

Dai sopralluoghi effettuati non risultano problemi di deflusso sotto il ponte in località Calva, per eventi di piena particolarmente severi qualche problema di capacità di deflusso può insorgere al ponte presso Laudes. In Figura 116 sono riportate due immagini dei ponti appena citati. Non si ravvisano particolari problemi in merito al trasporto di materiale flottante. Inoltre le numerose sistemazioni idrauliche e forestali effettuate in territorio svizzero limitano notevolmente l’apporto di materiale solido verso valle.

Pertanto si ritiene che fenomeni di deposito solido nell'Adige presso Gloenza come accaduto nel 1983 non si possano più realizzare. Come più volte accaduto in passato, non risulta plausibile neppure l'apporto di materiale solido dai torrenti laterali: in questi casi infatti l'alveo si ostruisce (come accaduto ad esempio nel 1983) causando un'esondazione localizzata e non consentendo il trasporto a valle di quantità di materiale apprezzabile. La presenza di diverse anse di deposito subito a monte del tratto oggetto di studio inducono infine a pensare che la capacità di trasporto del rio Ram sia molto minore della disponibilità di materiale in alveo, fatto questo testimoniato dagli evidenti depositi censiti.



Figura 116. Il ponte in località Calva ed il ponte per Laudes lungo il rio Ram e l'ansa di deposito a monte del tratto di studio.

Il trasporto solido in caso di piena è stato comunque simulato in ambiente HEC – RAS 4.0 in moto quasi non stazionario a fondo mobile, valutando quindi congiuntamente le variazioni della superficie libera in corrispondenza di eventuali scavi o depositi lungo il profilo longitudinale del fiume. Con il medesimo software è stato approntato un modello 1D per lo studio dei deflussi di piena nel tratto di interesse. È stato assunto per semplicità una valore costante di scabrezza su tutto il tratto, posto pari a $K_s = 25 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$.

124

Si sono pertanto assunti i seguenti scenari di progetto:

- deflusso delle piene marcate da tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni secondo gli idrogrammi di Figura 72, considerando la possibilità che il ponte di Laudes vada in pressione per tempi di ritorno $T_R > 30$ anni;
- scenario di rischio residuo imputabile al verificarsi di una piena millenaria ($T_R = 1000$ anni).

8.2.6 Modellazioni

Per i fiumi di fondovalle e, più in generale, per i corsi d'acqua protetti da arginature che non causano problemi di ritorno in alveo dei volumi d'acqua esondati, si è proceduto valutando l'entità delle esondazioni mediante modellazione 1D con il software HEC – RAS 4.0 ed approntando successivamente nelle sezioni critiche un modello bidimensionale mediante il software Flo 2D, che ha consentito di studiare agilmente la propagazione dei flussi sul piano alluvionale. È stato così possibile pervenire alla perimetrazione delle aree inondate ed alla determinazione in ogni punto della regione di calcolo dei tiranti idrici e delle velocità di flusso. In Figura 117 è illustrata la metodologia di calcolo utilizzata in

questi casi. Gli idrogrammi di esondazione sono stati propagati su griglie di calcolo omogenee con celle di 5x5 m.

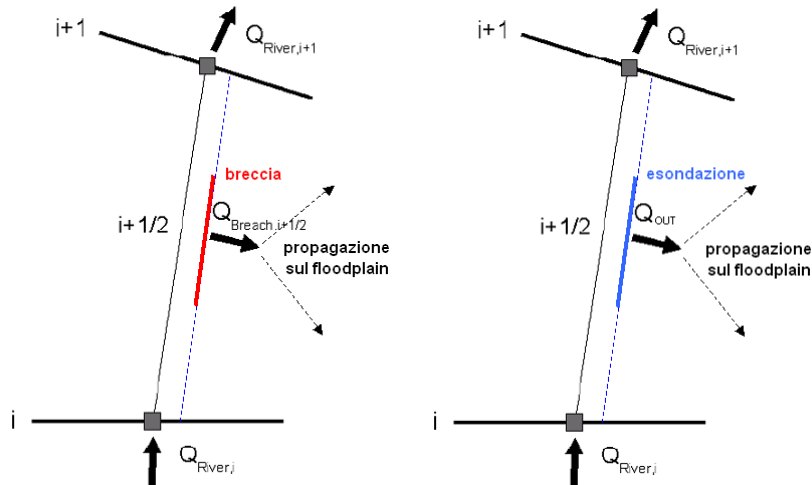


Figura 117. Schema metodologico di propagazione dei flussi in overflow nel caso di cedimento arginale o di semplice esondazione nel modello bidimensionale in Flo 2D.

Per una accurata modellazione, si è provveduto anche a stimare un valore equivalente delle scabrezze del piano alluvionale secondo il metodo USDT (riportato da USACE) secondo la relazione proposta da Cowan (Chow, 1959):

$$n = (n_b + \sum n_i) \cdot m$$

dove n_b è il valore di base del coefficiente di scabrezza, n_i rappresentano i valori addizionali relativi ai vincoli presenti sul territorio (vegetazione, strade e superfici asfaltate, coltivazioni, ecc.) ed m un fattore ponderale. Occorre ricordare a tal proposito anche quanto riportato da Kham et al. (2006), secondo i quali i modelli idraulici risultano sensibili principalmente al valore di Manning proprio delle aree caratterizzate dalla destinazione d'uso dominante dell'area di studio.

Surface	n value
Dense turf	0.17 - 0.80
Dense grass, dense vegetation	0.17 - 0.48
Shrubs and forest litter, pasture	0.30 - 0.40
Average grass cover	0.20 - 0.40
Poor grass cover on rough surface	0.20 - 0.30
Short prairie grass	0.10 - 0.20
Sparse vegetation	0.05 - 0.13
Open ground with debris	0.10 - 0.20
Fallow fields	0.08 - 0.12
Open ground, no debris	0.04 - 0.10

Tabella 37. Valori del coefficiente di Manning in relazione agli usi del suolo (O'Brien, 2007).

In accordo con i valori di riferimento per classi di suolo e destinazioni d'uso riportate da O'Brien (2007), si è pertanto scelto un valore medio del coefficiente di Manning pari a $n = 0.0667 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ che tiene quindi conto anche delle destinazioni d'uso principali dei suoli afferenti all'area di studio.

8.3 Torrenti primari

8.3.1 Metodologia di studio delle colate detritiche

8.3.1.1 Criteri di innesco delle colate detritiche

Per tutti i torrenti primari e secondari indagati, afferenti al bacino imbrifero del fiume Adige, si possono individuare i seguenti scenari di sviluppo delle colate detritiche:

- sviluppo di colamenti in alveo per erosione profonda o laterale;
- sviluppo di colamenti in alveo a causa di ostruzione parziale o totale del torrente e conseguente fenomeno di dam break.

Uno scenario di possibile ostruzione dell'alveo con conseguente collasso per dam break dello sbarramento e produzione di colate detritiche, è stato assunto sia per il rio Lasa che per il rio Cavallaccio, sulla scorta delle indicazioni tratte dalla documentazione eventi consultata e delle evidenze emerse durante i sopralluoghi. Per tutti gli altri torrenti è stata valutata la possibilità di innesco di colate detritiche a causa di fenomeni erosivi profondi o laterali, eventualmente alimentati da apporti localizzati di materiale solido.

In tutti i casi, gli scenari simulati e le assunzioni poste sono conseguenti ad appositi sopralluoghi nei tratti critici dei torrenti, che hanno consentito anche di individuare le zone di probabile innesco ed alimentazione delle colate, stimando peraltro la quantità di materiale solido disponibile alla mobilitazione. Inoltre, si è utilizzata la documentazione tecnica disponibile e reperita nella prima fase di studio, unitamente al materiale fotografico utile per la ricostruzione di quanto accaduto in passato e per l'eventuale localizzazione delle zone di innesco e di instabilità.

Per il calcolo della portata critica di innesco delle colate detritiche si è utilizzata la formulazione proposta da Tognacca per lo studio dello sviluppo di colamenti rapidi in alvei alpini. In sostanza, si afferma che la portata critica per l'innesco di un debris flow dipende esclusivamente dalla dimensione media dei grani di sedimenti, dalla loro densità relativa e dalla morfologia del rio (pendenza del canale principale) secondo la seguente relazione:

$$q_{Dlc} = g^{0,5} * \left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right)^{0,5} * \frac{d_m^{1,15}}{J^{1,17}}$$

q_{Dlc}	...	afflusso critico [$\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$]
g	...	accelerazione di gravità [m/s^2] $\approx 9,81 \text{ m}/\text{s}^2$
ρ_s	...	peso specifico terreno [kg/m^3] $\approx 2.700\text{kg}/\text{m}^3$
ρ_w	...	densità dell'acqua [kg/m^3] $\approx 1.000\text{kg}/\text{m}^3$
d_m	...	diametro medio del materiale d'alveo [m]
J	...	pendenza [-]

8.3.1.2 Sviluppo degli idrogrammi di colata

Per lo sviluppo e la costruzione degli idrogrammi di colata sono stati combinati due differenti approcci presenti in letteratura per il calcolo della concentrazione solida in volume che caratterizza un evento di debris flow. L'approccio proposto da Tognacca (1999) si basa su fondamenti empirici e permette la stima della concentrazione solida in volume di una colata detritica in funzione della concentrazione solida di impaccamento c^* del materiale solido e della pendenza del tratto interessato dal colamento. Tale linea metodologica consente una stima molto accurata dei volumi totali mobilitati in occasione di un evento di debris flow ma tende a sottostimare le portate di picco.

$$c_v = \left(\frac{\tanh(7,1 * J^{0,8} - 2,15)}{2,3} + 0,43 \right) * c^*$$

- c_v ... concentrazione di volume
 J ... pendenza
 c^* ... concentrazione di impaccamento (al massimo 0.9)

Nota la concentrazione solida c_v , è possibile ricavare la portata solida secondo la formulazione seguente, proposta sempre da Tognacca (1999).

$$Q_B = \frac{c_v}{1 - c_v} * Q_W$$

- Q_B ... volume dell'idrogramma solido [m³]
 c_v ... concentrazione di volume
 Q_W ... volume dell'idrogramma liquido [m³]

Takahashi (1991) ha invece sviluppato un approccio geotecnico sviluppando una formulazione per il calcolo della concentrazione solida tipica delle colate detritiche. Si assume pertanto una concentrazione di $90 \cdot c^*$ per pendenze superiori a 36°. Per pendenze inferiori invece la concentrazione solida in volume delle colate è calcolata come segue:

$$c_v = \frac{J}{\frac{\rho_s}{\rho_w} * (\tan \phi - J)}$$

- c_v ... concentrazione solida in volume
 J ... pendenza dell'alveo principale
 ρ_s ... densità della fase solida [kg/m³] $\approx 2.700 \text{ kg/m}^3$
 ρ_w ... densità dell'acqua [kg/m³] $\approx 1.000 \text{ kg/m}^3$
 ϕ ... angolo di riposo del materiale detritico.

Si evince pertanto la seguente formulazione per il calcolo della portata solida di una colata detritica, sviluppata sempre da Takahashi (1991):

$$Q_B = \frac{c_v}{c^* - c_v} * Q_W$$

- Q_B ... volume solido [m³]
 c_v ... concentrazione solida in volume

c^* ... concentrazione di impaccamento del materiale solido (al massimo 0.9)
 Q_w ... volume liquido [m³]

L'approccio di Takahashi consente di stimare con maggiore precisione la portata totale di picco di una colata detritica, mentre restituisce una sovrastima del volume complessivo di un evento di colata. Pertanto si è proceduto combinando l'approccio di Takahashi (utile per una stima più corretta delle portate di picco) con l'approccio di Tognacca, che consente invece di ricavare volumi più realistici. In questo modo si ritiene di aver modellato in maniera sufficientemente affidabile gli scenari di colata detritica assunti nel presente progetto.

Un fattore importante che è necessario approfondire per poter procedere correttamente alle verifiche idrauliche dei collettori principali dei bacini imbriferi indagati è anche il volume di legname che è potenzialmente movimentabile durante un evento di piena e che può influire direttamente anche sull'evoluzione delle dinamiche di colata. Tale ammasso legnoso è funzione di diversi parametri come la lunghezza delle fasce boscate adiacenti l'alveo, la pendenza del torrente, la portata liquida convogliata in occasione di eventi meteorici intensi. In letteratura esistono diverse formulazioni empiriche ricavate da autori giapponesi o svizzeri che si presentano nelle seguenti formulazioni generiche:

$$V_{WOOD} = k \cdot \alpha \quad [m^3]$$

con k costante empirica variabile per ogni parametro α considerato (area bacino, volume di sedimento trasportato, area boscata del bacino). Oppure:

$$V_{WOOD} = k \cdot \alpha^\beta \quad [m^3]$$

con k e β costanti empiriche variabili per ogni parametro α considerato (area bacino, volume d'acqua del picco di piena, area boscata del bacino, lunghezza boscata del collettore). Nel caso in esame è stata utilizzata una relazione empirica svizzera (Rickenmann, 1997) che esprime il volume potenzialmente movimentabile durante un evento di piena in relazione alla lunghezza dell'alveo boscato:

$$V_{WOOD} = 40 \cdot L_w^2 = 40 \cdot \sum_i L_{wi}^2 \quad [m^3]$$

con L_w espresso in km. Per la valutazione dei volumi legnosi mobilizzabili da eventi marcati da vari tempi di ritorno si è utilizzato l'approccio proposto da May e Gresswell (2003), i quali dimostrano una stretta dipendenza tra il tempo di ritorno di un evento ed il volume legnoso trasportato nell'alveo attivo del collettore considerato, come indicato di seguito:

$$V_{WOOD} = a \cdot e^{bT_R} \quad [m^3]$$

in cui a e b sono due costanti empiriche (assunte rispettivamente pari a 0.133 e 0.015) e T_R indica il tempo di ritorno dell'evento considerato.

8.3.2 Modellazioni

La modellazione dei singoli eventi di progetto che possono aver origine lungo i torrenti primari è stata condotta mediante un modello fisico bidimensionale di studio per la simulazione della propagazione di correnti liquide, afflussi iperconcentrati e colate detritiche granulari e viscosse note come Flo 2D (O'Brien et al., 1993, 2007). Gli idrogrammi di progetto sono stati propagati su una griglia a maglia costante con

ampiezza delle celle 5 x 5 m. Al fine di garantirne la stabilità numerica del modello nel caso di valori di picco particolarmente elevati, per tre torrenti (rio di Allitz, rio di Tanas, rio Cavallaccio) si sono utilizzate celle a maglia costante di 10 x 10 m.

Il codice propaga gli idrogrammi di piena su fondo rigido secondo un modello quadratico assumendo che il materiale sia omogeneo e monofase. Questo modello, utilizzato in modalità 1D-2D per i torrenti primari ed in modalità 2D per i secondari, si presta alle simulazioni fisiche di propagazione sia di portate liquide che di correnti iperconcentrate e colate viscoso o granulari. In input sono stati forniti il modello digitale del terreno (D.T.M.), informazioni generali sulla consistenza e la composizione delle superfici modellate e gli idrogrammi di piena. Quando, come nel caso in esame, non si dispone di dati precisi o di informazioni pregresse riguardo le proprietà reologiche delle colate (yield stress e coefficienti di viscosità ad esempio), tali eventi vengono semplicemente modellati come flussi di corrente liquida su una superficie, caratterizzandola però con valori di scabrezza maggiorati. Nel caso dei rii Cerin e Cavallaccio invece si è proceduto a stimare i valori più probabili della viscosità e dello yield stress delle colate detritiche secondo le indicazioni di letteratura e la documentazione eventi disponibile. In letteratura inoltre sono disponibili diverse referenze per una corretta scelta dei coefficienti di Strickler da adottare in sede di modellazione alle colate:

- Bezzola (2000) lega il valore di Strickler della colata alla massima portata di progetto attraverso la seguente relazione:
$$K_s = \frac{1}{0.077 \cdot Q_{\max}^{0.067}};$$
- Armanini (1998) consiglia valori di K_s pari a 10-13 $m^{1/3}s^{-1}$;
- il Public Works Research Institute (PWRI, 1998) del Giappone consiglia valori per il fronta di colata di 10 $m^{1/3}s^{-1}$.

In base a queste indicazioni, si è scelto di discriminare il valore del coefficiente di Strickler in funzione degli usi del suolo delle superfici modellate nel modo seguente:

- $K_s = 10 m^{1/3}s^{-1}$ per i canali di trasporto e le aree alluvionate piane (coefficiente di Manning 0.1);
- $K_s = 1.33 - 3.33 m^{1/3}s^{-1}$ per le superfici boscate e dense di vegetazione (coefficiente di Manning 0.3 – 0.8).

I coefficienti di Manning così assunti sono in linea con quanto suggerito dagli stessi O'Brien et al. (1993, 2007), secondo quanto riportato in Tabella 37. Attraverso la definizione di questi valori di scabrezza si è tenuto implicitamente conto anche di tutte le peculiarità delle aree di propagazione e lagunaggio delle colate detritiche e della particolare composizione dei colamenti, classificabili in viscosi o granulari a seconda dei parametri reologici dominanti. Scelti nel modo illustrato i valori di scabrezza da assegnare all'evento e calcolati gli idrogrammi di piena nel modo descritto precedentemente, il software procede in automatico alla propagazione degli idrogrammi di colata sulla base delle scabrezze assegnate.

8.3.3 Rio Allitz (A.340)

Come descritto in precedenza, le portate solide in grado di raggiungere la conoide del rio Allitz vengono mobilitate quasi esclusivamente nel bacino superiore del Gatria. L'altro affluente, il rio Strimm, presenta

una scarsa propensione a generare colamenti detritici in alveo, come testimoniato anche degli eventi storici consultati. Le masse detritiche disponibili nelle zone apicali possono innescare colate detritiche, che tendono comunque a depositarsi nel tratto centrale del rio tra le località “Schwarzen Lacke” ed il rifugio “Stierhütte”. Inoltre, tutte le colate censite negli ultimi anni si sono verificate nel bacino del rio Gadria. Il potenziale detritico del rio Gadria risiede nei numerosi torrenti laterali e nella friabilità dei versanti laterali. Per un evento con tempo di ritorno 100 anni, si stima un volume mobilizzabile di materiale solido pari a ca. 82.670 m³, che può generare una colata detritica di progetto con portata di picco pari a 60.29 m³/s.

Attraverso la documentazione eventi disponibile, le dinamiche in atto nei bacini superiori del rio Allitz appaiono sufficientemente chiare, con colate detritiche che negli ultimi anni sono accadute quasi annualmente riempiendo parzialmente il grande bacino di deposito disponibile a monte della briglia di trattenuta. Per questo motivo il Servizio Bacini Montani della Provincia Autonoma di Bolzano interviene periodicamente con interventi di svuotamento (mediamente ca. 30.000 m³/ 24 mesi) in modo da garantire l’efficienza dell’opera di trattenuta data la grande velocità di detrizione del bacino sotteso e le ingenti masse solide mobilizzabili.

Per lo sviluppo degli scenari di pericolo idraulico per il rio Allitz, si propone pertanto una metodologia di valutazione dell’efficienza del bacino di deposito, considerato un’opera chiave per la salvaguardia e la protezione idraulica dei bacini inferiori. Infatti, se la briglia risulta efficiente e riesce quindi a laminare le portate solide influenti da monte (legname e materiale grossolano), a valle della stessa si svilupperanno fenomeni idraulici descrivibili come flussi iperconcentrati con una capacità di trasporto limitata dal materiale presente, che non potranno pertanto provocare l’ostruzione del ponte di Allitz. Al contrario, se la briglia non fosse efficiente, il potenziale distruttivo delle colate rimarrebbe tale anche a valle dell’opera, il fronte del colamento trascinerrebbe con sé grossi massi e legname anche di grossa pezzatura, in grado pertanto di causare l’intasamento del ponte e la conseguente esondazione sulla conoide. Per stabilire l’efficienza dell’opera e sviluppare gli scenari di progetto, si è studiato l’andamento dei volumi depositati nel bacino di trattenuta negli ultimi due decenni.

130

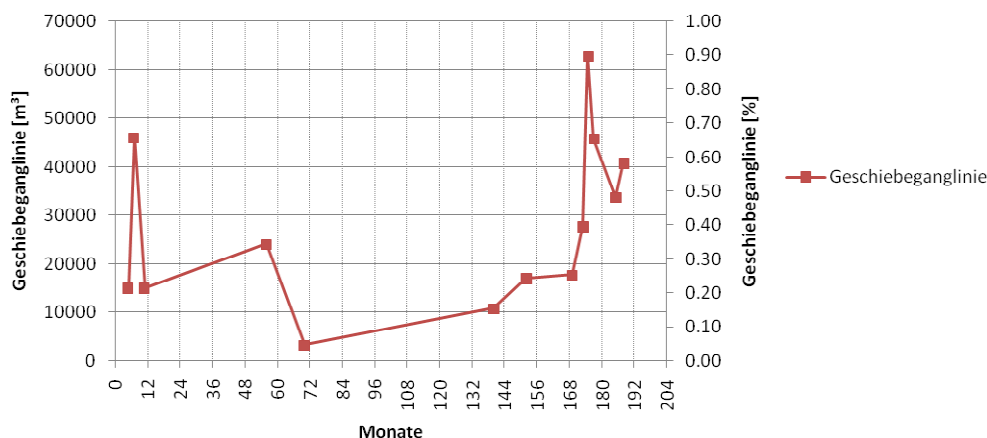


Figura 118. Andamento dei riempimenti e degli svuotamenti del bacino di trattenuta del Gadria negli ultimi anni.

Assumendo un volume originale del bacino di ca. 70.000 m³, si nota come lo stesso sia stato costantemente riempito da eventi di colata a cui, nei casi più significativi, ha fatto subito seguito uno svuotamento. Per valutare la frequenza temporale del grado di riempimento del bacino nell'arco di tempo considerato, si è calcolata la probabilità di superamento dei vari gradi di riempimento all'interno del bacino stesso. Si assume pertanto la curva precedente come rappresentativa del comportamento del bacino. Si intuisce ad esempio come solo nel 10% del tempo sia possibile un riempimento maggiore del 40%. Si è inoltre ipotizzata la seguente sezione per descrivere geometricamente la forma longitudinale del bacino di deposito.



Figura 119. Profilo adottato per l'area di deposito del bacino di trattenuta del Gadria.

Si intuisce come, secondo le formule riportate di seguito, un grado di riempimento del 50% del volume utile disponibile nel bacino (ca. 55.000 m³) generi un'altezza dei depositi a ridosso della briglia pari al 70% dell'altezza dell'opera.

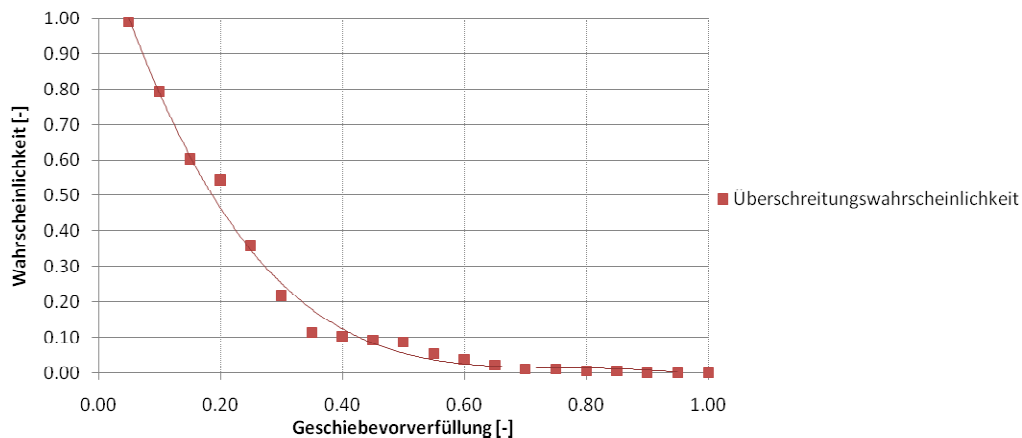


Figura 120. Probabilità di superamento della distribuzione dei volumi di riempimento del bacino del Gadria negli ultimi anni.

$$F = \frac{B * h}{2}$$

$$h = \frac{2 * F}{B}$$

- F ... area di una sezione triangolare tipo, caratteristica del bacino di deposito [m²]
- B ... larghezza del bacino di deposito [m]
- h ... altezza di deposito [m]

Si ipotizza quindi che il bacino di trattenuta sia efficiente quando riesca quantomeno a laminare la portata solida di picco in ingresso delle colate di progetto. Per un evento con tempo di ritorno di 30 anni, si determina un volume solido influente di 62.700 m³, pertanto la briglia risulta efficiente sole se riesce a garantire il deposito di almeno 23.300 m³. Pertanto, considerando un volume utile di 55.000 m³, il massimo grado di riempimento per garantire l'efficienza della briglia è di ca. 58% (31.700 m³ liberi utili

alla laminazione). Entrando con questo valore nel grafico riportato in Figura 120, si nota come il grado di riempimento critico calcolato viene superato solamente nel 3% dei casi, pertanto la briglia risulta efficiente per una colata di 30 anni nel 97% dei casi. Tale valore è quindi stato assunto pari alla probabilità che la briglia non sia efficiente. Pertanto, considerando per un evento di colata con un tempo di ritorno di 30 anni una probabilità di non efficienza della briglia di trattenuta pari a 3%, si ammette che la colata di progetto possa superare l'opera e provocare l'ostruzione del ponte di Allitz solo con una probabilità del 3%. In questo caso si generano sul piano campagna alluvionamenti caratterizzati da una probabilità cumulata di accadimento di 0.001, ovvero tempi di ritorno di ca. 1000. Queste conclusioni sono facilmente intuibili dall'albero di rischio sviluppato per un evento di colata HN30.

Per la determinazione degli scenari di progetto, si è pertanto provveduto a calcolare la laminazione delle portate solide indotte dal deposito nel bacino a monte della griglia. Per un evento di colata con tempi di ritorno di 100 anni si stima un volume complessivo di ca. 160.000 m³ con una portata di picco di 58.48 m³/s a valle della briglia.

ALBERO DI RISCHIO			
Grado di riempimento della briglia di trattentua ≈ 58%		Probabilità	Tempi di ritorno
Evento T _R	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">30</div> ↗ <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">0.03</div> →	0.00100	→ 1000
	0.0333 ↘ <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">0.97</div> →	0.03233	→ 31

132

Tabella 38. Albero di rischio per la valutazione della probabilità di inondazione in seguito all'ostruzione del ponte di Allitz.

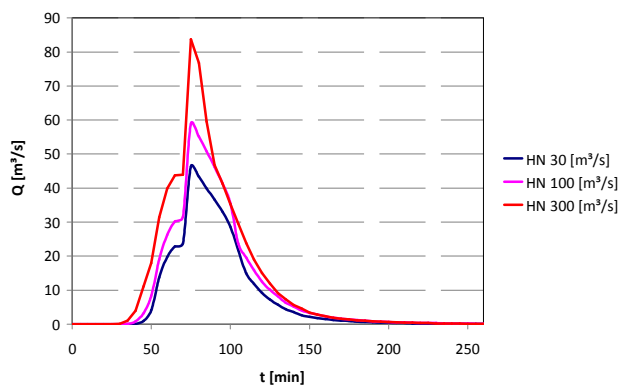


Figura 121. Idrogrammi di colata per eventi di 30, 100 e 300 anni sul rio Allitz.

Al contrario del rio Strimm, il rio Gatria risulta quindi essere un torrente particolarmente attivo, pericoloso e propenso a generare colate detritiche anche con una certa frequenza. Secondo l'approccio

di Melton si ricava un indice di 0.63, che conferma le conclusioni poste al pari della robusta documentazione eventi consultata per lo studio del torrente Allitz.

8.3.4 Rio Tanas (A. 365)

Il maggior numero di colamenti rapidi in alveo attesi lungo il rio di Tanas possono verificarsi lungo i principali affluenti, il rio “Lebwohlbach” ed il rio Frinig. La generalizzata erosione areale che si manifesta lungo i versanti dei sottobacini superiori, al di sotto del “Kalterergipfel”, incanala lungo i fossati presenti grandi quantità di detrito. Altre aree particolarmente sensibili alla formazione di colate detritiche si localizzano lungo l’alveo inciso del rio all’altezza della “Stierhütte” e nei pressi della cima “Schöfer”, nelle zone apicali del bacino imbrifero. I sopralluoghi effettuati hanno confermato una abbondante presenza di materiale disponibile alla mobilitazione. Considerando l’intero reticolo idrografico afferente al rio di Tanas, si stimano fenomeni erosivi profondi, laterali e generalizzati su diversi fossi e canali laterali, per una lunghezza complessiva in erosione di diversi km.

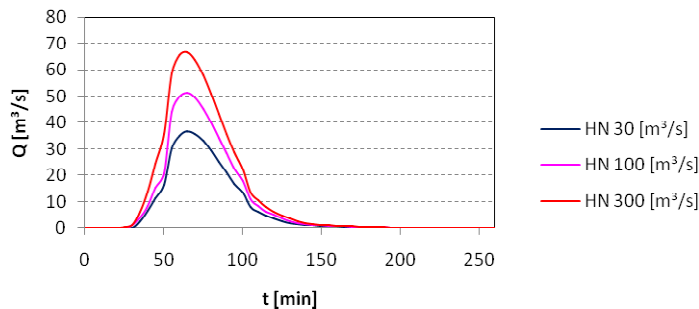


Figura 122. Idrogrammi di progetto per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni sul rio Tanas.

Per l’evento di progetto con tempo di ritorno 100 anni, si stima una quantità di detrito mobilizzabile di ca. 53.500 m³, pertanto si originano idrogrammi di colata con portate di picco pari a 51.38 m³/s. Per gli scenari di pericolo, sono stati inclusi nelle modellazioni idrauliche condotte lungo il basso corso del rio di Tanas anche il grande muro di protezione in destra orografica presente sulla conoide di deiezione ed il grande bacino di trattenuta realizzato a ridosso della Strada Statale, che presenta secondo le stime effettuate una capacità di accumulo di ca. 53.700 m³.

Sulla scorta delle morfometria principale del bacino imbrifero e delle valutazioni effettuate sulla disponibilità di materiale solido, il rio Tanas può essere descritto come un tipico torrente alpino da colata detritica. Questa conclusione viene confermata anche dall’analisi di Melton, secondo cui si determina un indice pari a 0.61.

8.3.5 Rio di Cinigo (A.410.20)

Il rio di Cinigo attraversa nel suo corso inferiore antichi depositi morenici. A valle della Strada Provinciale SP105 sfocia in ampi prati, attraversa un campeggio e si incanala verso la sezione di chiusura del bacino attraverso una fitta rete di fossati secondari. I tratti in erosione censiti si trovano negli incisi lungo i

depositi morenici e si estendono per ca. 500 m. Si ottiene pertanto, per un evento HN100, una portata totale massima di 3.24 m³/s per un volume complessivo di 7.345 m³.

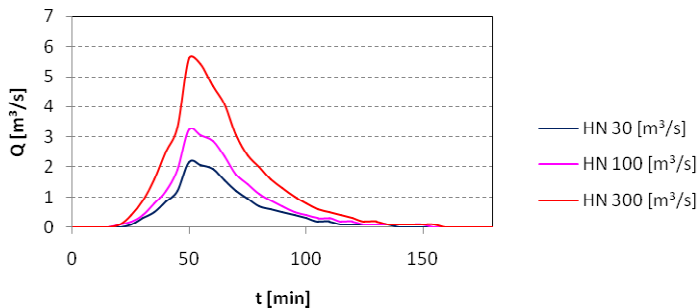


Figura 123. Idrogrammi di progetto per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni sul rio di Cinigo.

Data la particolare conformazione del canale nel tratto interno all'area di studio, molto stretto e poco profondo, le esondazioni sono immediate, pertanto si procederà alla modellazione del flusso direttamente sul piano campagna. Per quanto concerne gli scenari di progetto, si assume che, anche ammettendo esondazioni a monte del rilevato ferroviario, il volume esondato tenderà comunque a concentrarsi nuovamente alla sezione di chiusura posta al sottopasso ferroviario. Pertanto la cella di propagazione degli idrogrammi di progetto è stata posta qualche metro a monte dell'attraversamento ferroviario. In questo modo si ritiene di aver descritto in modo sufficientemente dettagliato gli scenari di progetto assunto.

134

Secondo le analisi effettuate, il rio di Cinigo non è definibile propriamente come un torrente da colata detritica. Anche se l'indice di Melton assegna al torrente un valore di 1.26, la ridotta disponibilità di materiale grossolano nel tratto intermedio e le basse concentrazioni solide stimate inducono a classificare i fenomeni idraulici potenzialmente in atto come alluvionamenti torrentizi.

8.3.6 Rio di Tarces (A.410.20.5)

Sia il rio di Tarces che il suo principale affluente, il rio Lechtl, attraversano nel loro corso inferiore antichi depositi morenici, ai piedi dei quali si possono verificare fenomeni erosivi localizzati in occasione di eventi meteorici particolarmente intensi. I tratti in erosione rilevati per entrambi i torrenti ammontano ciascuno a ca. 1.500 m. Afflussi consistenti possono quindi portare alla mobilitazione di ca. 2.800 m³ nel caso di eventi di progetto con tempi di ritorno di 100 anni. A causa della vicinanza geografica dei due alvei e del loro corso parallelo si possono prevedere sversamenti contemporanei sul piano campagna arrivando pertanto a simulare, secondo gli scenari di progetto ipotizzati, una propagazione contemporanea di più flussi alluvionali lungo i prati che costeggiano i torrenti. Sempre per l'evento centenario, un alluvionamento torrentizio con portate di picco pari a 13.95 m³/s provoca il transito nell'alveo principale del torrente di ca. 30.900 m³ di volumi liquidi e deiezioni solide.

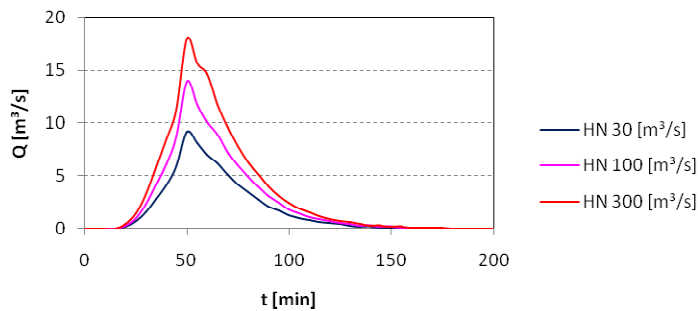


Figura 124. Idrogrammi di progetto per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni sul rio di Tarces.

Secondo l'approccio di Metlon, per il rio di Tarces si stima un indice di 0.71 arrivando a classificare il torrente come propenso a generare fenomeni di colamento detritico. Data comunque la disponibilità limitata di materiale detritico mobilizzabile, si assume che i flussi generati dal rio non siano mai in grado di raggiungere concentrazioni solide superiori al 30%, pertanto per il rio di Tarces si parla di fenomeni di alluvionamento torrentizio. Tale conclusione è supportata sia dalle evidenze riscontrate durante i sopralluoghi che dalla documentazione degli eventi storici consultata.

8.3.7 Rio Montechiaro (A.405.5)

Per lo sviluppo degli scenari di colamento detritico lungo il rio Montechiaro, i sopralluoghi effettuati hanno chiaramente indicato come il materiale solido, disponibile quasi esclusivamente nell'ultimo tratto del rio, sia rappresentato da materiale di dilavamento torrentizio e possa essere mobilitato in seguito a fenomeni di erosione profonda e laterale. Il tratto in erosione è stimato in ca. 500 m ed attraversa i boschi a monte del paese di Montechiaro. A causa delle elevate pendenze, si stima che in occasione di un evento di colata con tempo di ritorno di 100 anni siano mobilizzabili ca. 1.800 m³ di materiale solido, composto da detriti e frazioni legnose di varia pezzatura. Si raggiungono pertanto volumi totali di ca. 6.000 m³, computando detriti, legno ed afflussi meteorici superficiali.

Data la condizione del bacino di trattenuta del materiale solido realizzato a monte delle prime abitazioni di Montechiaro, si può assumere che questo presenti efficienza massima in caso di fenomeni intensi e che contribuisca quindi a laminare adeguatamente le deiezioni solide influenti da monte. Si stima inoltre un volume di trattenuta utile del bacino di ca. 1.800 m³, la piazza di deposito è attualmente popolata da piante anche di alto fusto, che possono rallentare i flussi in entrata da monte. L'intero apporto solido di una colata detritica con tempo di ritorno 100 anni può essere pertanto trattenuto dall'opera di protezione realizzata, quindi solamente la frazione liquida e la frazione solida più fine riesce a superare lo sbarramento e a defluire a valle dello stesso. Sempre per l'evento HN100, si stima in entrata nel bacino una colata detritica con portate di picco di 2.61 m³/s, in uscita invece si stimano portate di picco di 1.60 m³/s che danno luogo a semplici alluvionamenti torrentizi. Anche per un evento 30ennale la portata solida grossolana viene completamente laminata dal bacino, solo per l'evento 300ennale la briglia di trattenuta perde di efficienza avendo stimato un volume solido totale influente da monte di ca. 2.250 m³/s. In tal modo si sono determinati gli idrogrammi di progetto da utilizzare nella successiva fase di simulazione degli sversamenti sul piano campagna.

135

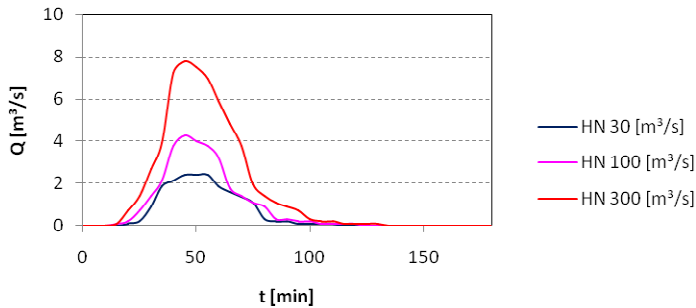


Figura 125. Idrogrammi di progetto per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni sul rio Montechiaro.

Per quanto concerne gli scenari di progetto, occorre rimarcare come nel tratto cunettato che attraversa Montechiaro siano presenti materiali stoccati direttamente in alveo che possono essere mobilitati contribuendo all'ostruzione dei numerosi attraversamenti stradali, peraltro di luce molto ridotta, presenti in loco. L'ostruzione completa della cunetta, con conseguente esondazione, è realisticamente possibile poco a monte dei prati "Brunnwiesen", presso il parcheggio del ristorante "Il Cavallino Bianco". In questo tratto infatti, il rio Montechiaro defluisce attraverso una tubazione sino allo sbocco nei prati sottostanti. Le dinamiche di progetto ora descritte sono state pertanto modellate in ambiente 2D, gli idrogrammi di progetto sono indicati in Figura 125.

A causa della disponibilità di materiale solido stimata e delle elevate concentrazioni solide che caratterizzano gli idrogrammi generati dal bacino imbrifero, il rio Montechiaro può essere definito come un torrente propenso a generare colamenti detritici. Tale conclusione è in accordo con l'analisi della geomorfologia della conoide di deiezione presente realizzata mediante l'approccio di Melton, secondo il quale si ricava un indice di 1.36 che conferma la tendenza a generare colamenti rapidi in alveo del rio.

136

8.3.8 Rio Renner

Per la quantificazione della magnitudo delle colate di progetto si è utilizzato l'approccio proposto da Tognacca (1999), le concentrazioni solide di picco risultano pari a 0.32.



Figura 126. L'alveo attivo del rio Renner e la briglia di trattenuta.

Secondo i sopralluoghi effettuati, il flusso iperconcentrato che il bacino imbrifero del rio Renner è in grado di generare nasce dalla disponibilità di materiale di dilavamento torrentizio nell'ultimo tratto, indicativamente a valle della strada che porta ai masi di Montechiaro (L = ca. 500 m). I volumi solidi

mobilizzabili sono quantificabili in 511 m^3 per HN_{30} , 756 m^3 per HN_{100} e 971 m^3 per HN_{300} . Le portate solide di progetto ammontano a $0.391 \text{ m}^3/\text{s}$ per HN_{30} , $0.578 \text{ m}^3/\text{s}$ per HN_{100} , $0.744 \text{ m}^3/\text{s}$ per HN_{300} .

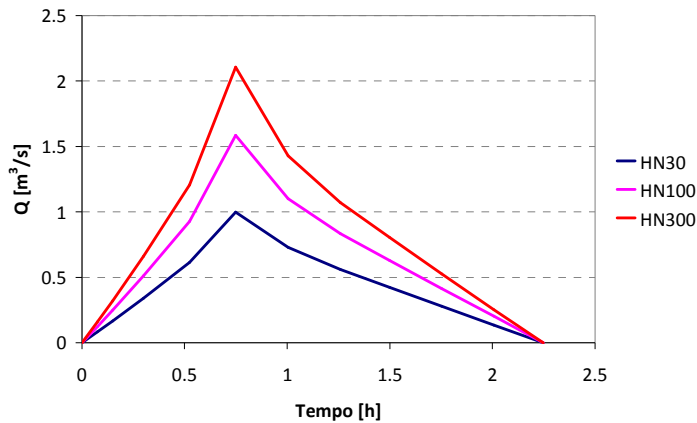


Figura 127. Idrogrammi di progetto per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni sul rio Renner.

Tali quantità sono confermate anche da valutazioni geomorfologiche (D'Agostino, 2006) assumendo erosioni profonde massime di 0.5 m e coefficienti di riduzione superiori a 0.8. Considerando la laminazione indotta dalla briglia di trattenuta presente a monte del paese, dalle valutazioni effettuate emerge come la briglia riesca a laminare oltre il 60% della portata solida per HN_{30} , il 40% per HN_{100} ed il 30% per HN_{300} . Pertanto l'opera di trattenuta si può considerare efficiente, in tutti in casi infatti la laminazione indotta permette di classificare il fenomeno idraulico a valle della stessa come semplice alluvione torrentizia.

Pertanto, in Figura 127 sono illustrato gli idrogrammi totali effluenti a valle della briglia che si propagano nella piccola cunetta che transita in fianco alle abitazioni. In Tabella 39 sono indicati i valori di progetto assunti nella presente analisi. Per tutti i tempi di ritorno considerati il fenomeno idraulico è classificabile come alluvione torrentizia.

Date le forti sistemazioni presenti nel tratto urbano e la ridotta luce delle cunette e degli attraversamenti stradali, lo scenario progettuale prevede l'ostruzione completa del primo attraversamento stradale nei pressi del maso Renner, pertanto gli idrogrammi di progetto verranno propagati direttamente sul piano alluvionale, avendo cura di includere nell'analisi bidimensionale tutti i vincoli (muri di confine, strade etc) che insistono sul territorio oggetto di studio.

Tempo di ritorno	Q_w [m^3/s]	Q_s [m^3/s]	Q_{TOT} [m^3/s]	V_s [m^3]
30	0.84	0.16	0.99	211
100	1.24	0.35	1.58	455
300	1.59	0.51	2.1	671

Tabella 39. Valori di progetto assunti per il rio Renner.

8.3.9 Rio Cavallaccio (A.405)

Le potenzialità detritiche del bacino imbrifero del rio Cavallaccio risiedono negli enormi depositi morenici presenti a ridosso dei tratti in erosione lungo il corso principale e l'affluente, il rio dell'Alpe. A causa dell'evidente instabilità idrogeologica dei labili versanti detritici presenti e di una potenziale erosione profonda, non del tutto trascurabile nonostante le sistemazioni effettuate nel corso degli ultimi anni, il primo scenario di progetto prevede il verificarsi di una colata detritica lungo il tratto principale del rio Cavallaccio. Per eventi di progetto marcati da tempi di ritorno di 100 anni, si stima una magnitudo totale della colata di ca. 64.000 m³ per una portata totale di picco pari a 50.58 m³/s. Le pendenze degli incisi dei rami principali del reticolo idrografico del bacino imbrifero, afferenti al rio Cavallaccio ed al rio dell'Alpe, sono entrambe mediamente superiori al 20%, pertanto si ritiene che entrambi i rii abbiano le potenzialità per generare colamenti detritici anche di notevole magnitudo.

Lungo entrambi i rii, gli alvei presentano sezioni concave scavate lungo i versanti degli antichi depositi morenici, che presentano per la maggior parte copertura boschive a macchia di abeti rossi ed evidenti fenomeni di dissesto. Per questo motivo è possibile ipotizzare un secondo, e più realistico, scenario di progetto: un'ostruzione dell'alveo nel tratto intermedio del rio causato da scivolamenti laterali e dalla presenza di materiali legnosi di grande pezzatura, con conseguente cedimento per dam break.

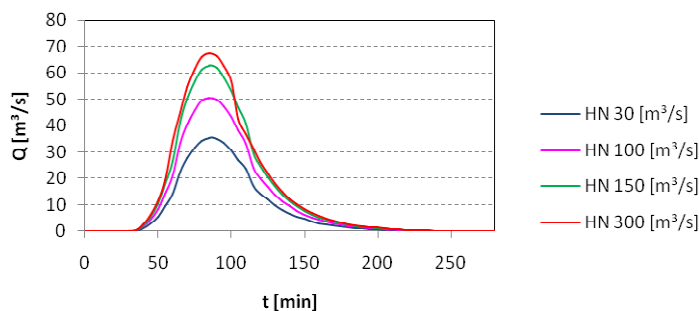


Figura 128. Idrogrammi di colata per tempi di ritorno di 30, 100, 150 e 300 anni sul rio Cavallaccio

Per lo sviluppo di questo secondo scenario di progetto, si è fatto riferimento alla documentazione storica reperita. Dall'analisi della frequenza degli eventi storici verificatisi sul Cavallaccio, emerge chiaramente come eventi catastrofici si verificano mediamente ogni 150 anni. Dalle cronache locali ed applicando metodi di valutazione geomorfologica (D'Agostino, 2006; Spreafico et al., 1999), si è ricostruito l'evento accaduto tra il 23 ed il 24 maggio 1983. Globalmente l'evento ha generato lo sversamento di una massa di materiale solido sul piano campagna di ca. 200.000 m³.

Come indicato in Figura 129, l'apporto maggiore di materiale è imputabile a fenomeni di erosione profonda che verosimilmente hanno alimentato le prime colate. L'onda più grossa ("Große Mure" secondo le cronache dell'epoca) è stata invece causata probabilmente dal franamento di ampie zone dei versanti della valle del Cavallaccio, all'altezza della confluenza con il rio dell'Alpe. Testimoni dell'epoca affermano che prima della grande colata, nel torrente non transitava più acqua e che l'onda di detriti e

legname ha investito in un attimo l'intero abitato. Pertanto è probabile che si sia verificata una gigantesca occlusione dell'alveo e che abbia avuto origine un fenomeno di dam-break.

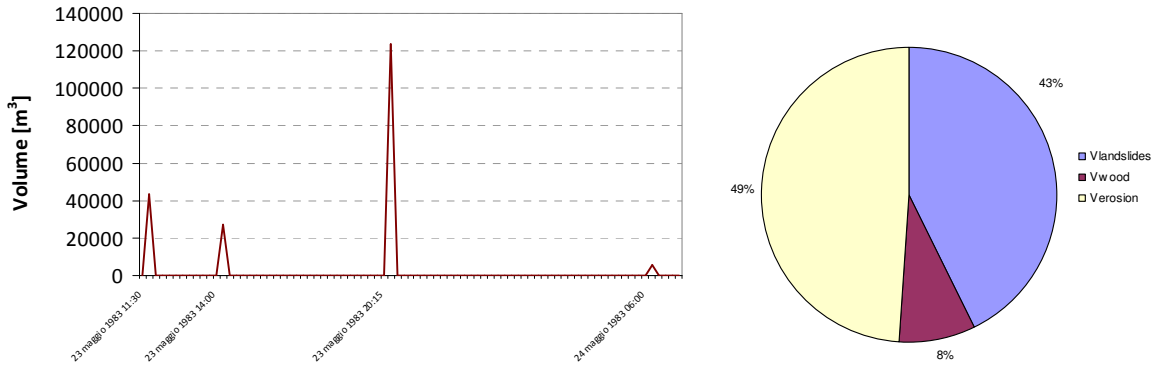


Figura 129. Ricostruzione dell'evento del maggio 1983 sul rio Cavallaccio ed origine stimata del materiale detritico.



Figura 130. Fratture di versante lungo l'intero medio corso del Cavallaccio all'altezza della confluenza con il rio dell'Alpe.

Si è cercato pertanto di ricostruire le condizioni di progetto secondo quanto accaduto in passato, verosimilmente nel 1847 e nel 1983, tenendo presente che nel corso degli ultimi anni il rio Cavallaccio è stato fortemente sistemato con una serie di briglie di consolidazione ed una serie di interventi di drenaggio e di ingegneria naturalistica per la stabilizzazione dei versanti. Tali interventi spesso si sono rivelati insufficienti, come accaduto ad esempio nel 2000 quando nei pressi del "Larchhof" si sono verificati smottamenti piuttosto evidenti. I sopralluoghi effettuati hanno quindi confermato la precaria condizione idrogeologica del bacino, con evidenti fratture di versante sia in destra che in sinistra orografica che in condizioni di sovrasaturazione possono generare franamenti e slittamenti in alveo.

Adottando un tempo di pioggia critico di 71 min come dal modello afflussi – deflussi, la stabilità dei fronti franosi oggetto di studio può essere analizzata in maniera efficace attraverso il metodo del pendio illimitato (Skempton, 1957, in Lancellotta, 2001), supponendo cioè una superficie di scivolamento piana parallela al profilo topografico e di lunghezza indefinita. Utilizzando la relazione di Skempton (1957) nel caso di terreni saturi, risulta quanto segue.

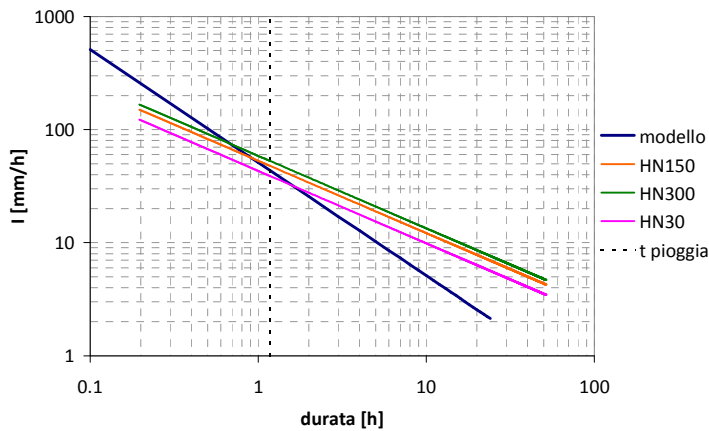


Figura 131. Curva di possibilità di innesco dei fronti franosi nella valle del rio Cavallaccio.

Si nota in sostanza che per eventi meteorici di intensità trentennale e centennale, non si raggiungono condizioni di saturazione tali da generare lo slittamento dei versanti. Al contrario, per piogge ultracentenarie (HN150, HN300) la condizione critica viene ampiamente superata: pertanto, il modello adottato conferma le evidenze note dalla documentazione eventi. Alla luce delle sistemazioni presenti, tarando la simulazione sui dati noti dell'evento del 1983, si è assunto per eventi ultracentenari quanto segue:

- le colate iniziali di minore entità si possono ripetere nonostante le sistemazioni presenti alimentandosi non tanto da fenomeni di erosione profonda e laterale, quando da input localizzati di materiale detritico imputabili a franamenti di versante nel corso medio del torrente; la magnitudo di tali eventi risulta minore grazie alla presenza delle sistemazioni, assunte in questo caso efficienti;
- assumendo un periodo di pioggia pregresso e quindi versanti parzialmente saturi, un fenomeno meteorico intenso che si protrae per tempi di pioggia di 71 min è in grado di saturare e destabilizzare i versanti; in questo caso si è assunto un brusco decremento dell'efficienza delle opere e dei drenaggi di versanti, pertanto i contributi di materiale in alveo potrebbero crescere drasticamente.

140

In Figura 132 è fornita la ricostruzione di un possibile evento con tempo di ritorno di 150 anni, che abbia la medesima distribuzione temporale dell'evento del maggio del 1983. Si nota come, alla luce delle sistemazioni esistenti, in termini percentuali si riduce il contributo solido imputabile all'erosione profonda e laterale. La percentuale di materiali flottanti rimane pressoché invariata. Il volume complessivo stimato per via geomorfologica ammonta a ca. 161.000 m³. Le masse complessivamente mobilizzabili nel caso di una grande colata ammontano a ca. 105.750 m³. L'evento di progetto 300ennale è stato ricostruito in maniera simile considerando una minore efficienza delle sistemazioni idrauliche attualmente presenti, si ottengono volumi globali di materiale solido pari a ca. 200.000 m³. Appare quindi evidente come le sistemazioni idrauliche realizzate tendano a dilatare i tempi di ritorno degli eventi senza però limitarne la magnitudo.

Noti i volumi solidi movimentabili per eventi ultracentenari e stimata la concentrazione solida dell'evento del 1983 (assunta pari a $c_{vmax} = 0.41$), in Tabella 40 sono riportati i volumi stimati per eventi di

progetto ultracentenari. Stando inoltre alla documentazione eventi ed alle testimonianze raccolte, si è scelto di simulare gli eventi di progetto secondo uno scenario dam-break rappresentato schematicamente in Figura 133.

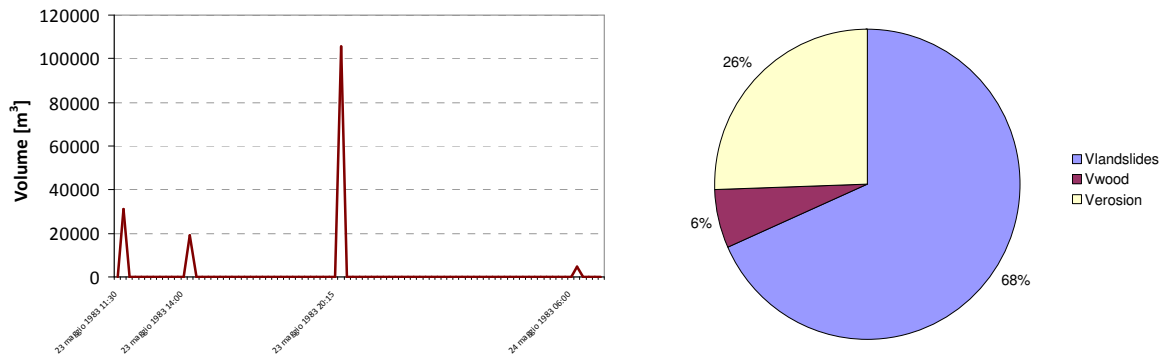


Figura 132. Ipotesi poste per l'evento HN150 sul rio Cavallaccio e stima del materiale detritico.

Si assume in sostanza che franamenti localizzati nel medio corso del torrente, indicativamente nei pressi del maso "Larchhof", possano causare una ostruzione completa del torrente generando uno sbarramento alto fino a 6 m per HN150 e fino ad 8 m per HN300, formato da tronchi mobilitati dai franamenti dei versanti ed ammassi detritici di grandi dimensioni. Questo induce la creazione di un rigurgito a monte, le cui volumetrie ricalchino quelle illustrate in Tabella 40.

141

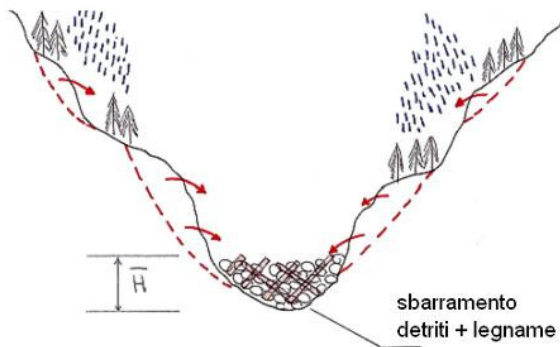


Figura 133. Scenario di dam-break sul rio Cavallaccio.

Supponendo che la colata detritica sia generata da evento tipo dam-break, per il calcolo delle portate di picco si possono utilizzare formulazioni empiriche di letteratura ricavate per colate viscosi, quali ad esempio Mizuyama et al. (1992), D'Agostino (2006) o il metodo volumetrico (Armanini 1999, Takahashi, 1978). In Tabella 41 sono indicate le portate di picco stimate per gli eventi di dam break simulati.

Stimata la geometria degli sbarramenti di progetto (sezione media dell'alveo come da DTM, H = 6m per HN150, 8m per HN300), il tempo totale di formazione della breccia, che equivale al cedimento complessivo dello sbarramento, è stato calcolato utilizzando la formulazione di Von Thun e Gillette

(1990): $t_F = 0.02 \cdot h_W + 0.25$, in cui h_W è il tirante massimo calcolato sulla base della breccia (assunto pari alla profondità iniziale del fronte di colamento), relazione definita per sbarramenti resistenti al cedimento, verosimile in questo caso per la presenza di ingenti quantità di legna. Si ottengono $t_F = 0.37$ h per HN150 e $t_F = 0.41$ h per HN300. Imponendo la conservazione dei volumi, si sono infine costruiti gli idrogrammi di progetto per via grafica.

Tempo di ritorno	V_W [m ³]	V_S [m ³]	V_{TOT} [m ³]
150	149.800	105.749	255.549
300	161.200	113.780	274.980

Tabella 40. Volumi stimati per eventi di progetto ultracentenari sul rio Cavallaccio.

Gli idrogrammi di colata così calcolati, assumendo un ritardo dell'onda trascurabile data la breve distanza tra il sito dello sbarramento e lo sbocco nella piana di Montechiaro, sono stati poi propagati nella regione di studio mediante modellazione 1D – 2D con il software Flo2D, assegnando al canale una scabrezza di $10 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ ed al piano campagna scabrezze variabili tra valori variabili tra 2.5 e $7.5 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ a seconda delle destinazioni d'uso dei terreni inondatai.

Tempo di ritorno	Q_{PEAK} [m ³ /s]
150	149.5
300	185.1

Tabella 41. Valori di picco delle colate detritiche di progetto conseguenti a dam break sul Cavallaccio.

Infine, oltre alla documentazione eventi ed al bilancio del materiale mobilizzabile appena presentato, anche l'indice di Melton (0.52) permette di definire il rio di Cavallaccio come un torrente suscettibile alle colate detritiche.

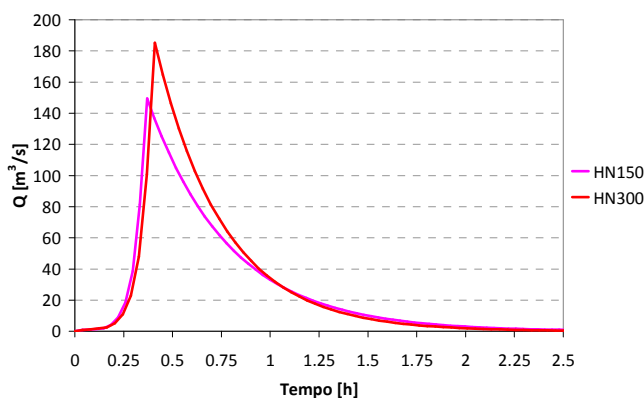
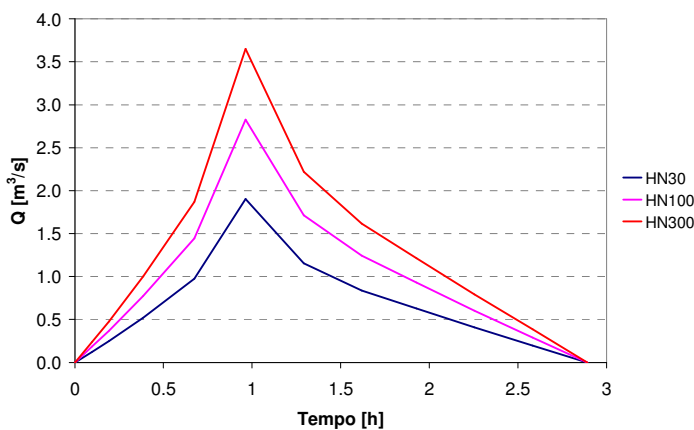


Figura 134. Idrogrammi di dam-break per il rio Cavallaccio.

8.3.10 Rio Schmelz (A.400.5)

Per la quantificazione della magnitudo delle colate di progetto si è utilizzato l'approccio proposto da Tognacca (1999), le concentrazioni solide di picco risultano pari a 0.36. Secondo i sopralluoghi effettuati, il flusso iperconcentrato che il bacino imbrifero del rio Schmelz è in grado di generare nasce dalla disponibilità di materiale di dilavamento torrentizio nell'ultimo tratto, che transita indicativamente lungo la strada ponderale che collega i masi "Thialhof" e "Bastlwies" (L = ca. 950 m). Piccole zone di erosione laterale si riscontrano più monte, lungo la strada ponderale nota come "Gampele Alm". I volumi mobilizzabili sono quantificabili in 1119 m³ per HN30, 1662 m³ per HN100 e 2149 m³ per HN300.

Tali quantità sono confermate anche da valutazioni geomorfologiche (D'Agostino, 2006) assunto erosioni profonde massime di 0.75 m, coefficienti di riduzione massimi e piccole nicchie di erosione spondale con una larghezza massima attiva dell'alveo di 3 m. Si assume inoltre che un evento ultracentenario (HN1000) sia in grado di mobilitare l'intero volume disponibile lungo il tratto di erosione considerato ($V_{MAX} = 2.500 \text{ m}^3$). Occorre sottolineare come lungo il corso del rio Schmelz non siano presenti opere idrauliche atte a regimare o trattenere il materiale solido mobilitato in caso di piena.



143

Figura 135. Idrogrammi di progetto per eventi di 30, 100 e 300 anni sul rio Schmelz.

Tempo di ritorno	Q_w [m ³ /s]	Q_s [m ³ /s]	Q_{TOT} [m ³ /s]	V_s [m ³]
30	1.23	0.67	1.90	1119
100	1.82	1.01	2.83	1662
300	2.35	1.298	3.65	2149

Tabella 42. Valori di progetto assunti per il rio Schmelz.

Risultano pertanto le seguenti portate solide di picco: $Q_{30} = 0.676 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{100} = 1.01 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{300} = 1.298 \text{ m}^3/\text{s}$. Pertanto, in Figura 135 sono illustrati gli idrogrammi totali effluenti nella sezione di chiusura posta sopra le case lungo la SS38 dello Stelvio in località Schmelz. Note quindi le portate totali effluenti, in

Tabella 42 sono indicati i valori di progetto assunti nella presente analisi. In tutti i casi il fenomeno idraulico è classificabile come colata detritica.

Data l'assenza di sistemazioni lungo il corso del torrente e la piccola conoide che insiste direttamente sulla SS38, lo scenario progettuale prevede la propagazione dell'onda di colata direttamente sul piano alluvionale, avendo cura di includere nell'analisi bidimensionale tutti i vincoli (case, strade etc.) che insistono sul territorio oggetto di studio.

8.3.11 Rio Cerin (A.390)

Sulla scorta delle caratteristiche topografiche, geologiche e geomorfologiche del suo bacino imbrifero, lungo il corso del rio Cerin è possibile prevedere l'instaurarsi di colamenti rapidi in alveo anche piuttosto intensi, causati da fenomeni di erosione profonda lungo gli incisi principali e da localizzati apporti dovuti a dinamiche di erosione laterale. Tratti in erosione profonda sono possibili a valle del coronamento apicale, quando le pendenze aumentano scavando incisi profondi tra gli ingenti corpi morenici presenti. Pertanto, le evidenze dei sopralluoghi effettuati confermano le potenzialità di innesco di colate detritiche solo nel tratto mediano del rio Cerin. I materiali mobilitati vengono successivamente trasportati a valle attraverso substrati rocciosi resistenti all'erosione ("biotitgneis") per immettersi nuovamente in un ampio inciso di natura morenica all'altezza della strada forestale "Nittbach". Nel tratto di valle sono presenti poi numerose sistemazioni trasversali (briglie di consolidamento), che limitano notevolmente gli apporti di materiale detritico rendendo possibile, almeno per gli eventi di progetto meno intensi, solo locali fenomeni erosivi. Solo la mobilitazione di alcuni depositi detritici presenti ai piedi dei versanti laterali può concorrere ad incrementare i volumi solidi trasportati verso valle. In base a queste considerazioni, per un evento di progetto marcato da tempi di ritorno di 100 anni si stima una lunghezza attiva in erosione del torrente di ca. 1.800 m³ per un volume solido totale mobilizzato di ca. 19.500 m³. Un evento centenario è in grado di generare volumi totali alla sezione di chiusura nel tratto terminale del bacino imbrifero di ca. 91.200 m³. La colata di progetto presenta portate totali di picco stimate con il metodo di Takahashi (1991) di ca. 37 m³/s.

144

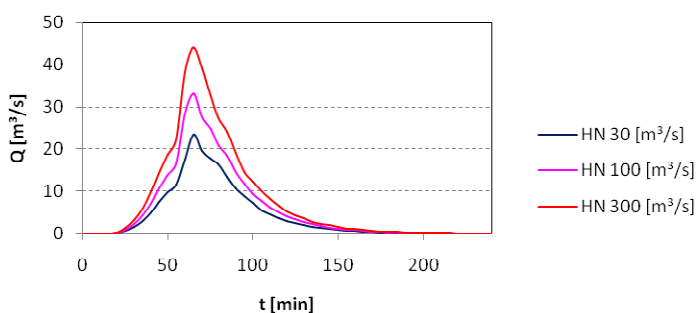


Figura 136. Idrogrammi di progetto per eventi di 30, 100 e 300 anni sul rio Cerin.

Come emerge chiaramente dalla documentazione storica consultata e dalle indicazioni fornite dai responsabili dell'Ufficio Bacini Montani della Provincia Autonoma di Bolzano, il rio Cerin palesa un'attività torrentizia periodicamente intensa, in quanto solo saltuariamente presenta disponibilità

solide sufficienti a generare debris flow di apprezzabile magnitudo. Data la periodicità di accadimento degli eventi nel bacino imbrifero del rio Cerin ($\Delta T = 20 - 40$ anni), si ritiene che le opere di trattenuta realizzate a monte del tratto terminale del rio garantiscano sempre il massimo volume di deposito utile e siano pertanto sempre efficienti ($v_{\text{TRATTENUTA}} = 6.000 \text{ m}^3$). L'efficienza di tali opere incide naturalmente sugli scenari di progetto, in quanto induce una certa laminazione delle portate solide che si propagano a valle. Per l'evento centenario si stima una portata di picco di $33.15 \text{ m}^3/\text{s}$ a valle delle opere, pertanto si determina una laminazione di ca. 11%. Le concentrazioni solide di picco a valle delle opere risultano ancora elevate (ca. 0.41) pertanto si determinano fenomeni idraulici classificabili come colamenti rapidi granulari.

Gli idrogrammi risultanti sono poi stati utilizzati per le simulazioni 1D – 2D in Flo 2D. La laminazione delle portate solide risulta tale anche per eventi 30ennale e più rari ($T_R = 300$ anni). Nelle modellazioni è stata integrata anche la presenza del grande muro di protezione, alto ca. 3 m, presente in sinistra orografica nei pressi della Chiesa di San Giovanni a Prato allo Stelvio. Dall'analisi delle caratteristiche geomorfologiche della conoide di deiezioni presente, l'approccio di Melton restituisce un valore dell'indice pari a 0.89 confermando quindi la tendenza del rio Cerin a generare fenomeni di debris flow.

8.3.12 Rio Cengles (A.375)

I sopralluoghi e le assunzioni progettuali poste hanno permesso di individuare le fonti localizzate di detrito che maggiormente alimentano le colate detritiche e di procedere ad una stima delle magnitudo di progetto secondo le metodologie adottate ed illustrate in precedenza. Le zone di innesco delle colate sono localizzate al piede delle cime nella zona apicale del bacino imbrifero, i volumi mobilizzabili sono enormi e non quantificabili con esattezza. Lo sviluppo geomorfologico del torrente permette di individuare poi con chiarezza sia il tratto di trasporto che l'area di deiezione, data la mole della conoide sulla quale sorge il paese di Cengles. Nel tratto medio del torrente è stata realizzata una prima briglia di trattenuta ($V = 12.000 \text{ m}^3$), subito a monte del paese è presente una seconda opera di trattenuta ($V = 7.000 \text{ m}^3$).

Il calcolo dei sedimentogrammi di colata è stata realizzato secondo un approccio combinato delle metodologie proposte da Tognacca (1999) e Takahashi (1981) attraverso la stima della concentrazione solida in volume tipica dei colamenti di progetto, il cui valore massimo si attesta intorno a valori $C_{V\text{MAX}} \sim 0.7 - 0.77$. Secondo le metodologie illustrate, in Tabella 43 sono illustrate le portate solide (m^3/s) in ingresso nella prima opera di trattenuta del materiale solido.

Tempo di ritorno	Q_s [m^3/s]
30	63.32
100	75.14
300	88.43

Tabella 43. Portate solide in ingresso nella briglia di trattenuta al variare del tempo di ritorno sul rio Cengles.

145

Noti i volumi utili di ritenzione dei bacini sottesi dalle opere, è agile il calcolo della laminazione indotta e delle portate effluenti dalla prima e dalla seconda briglia. In Figura 137 è indicata la laminazione indotta sull'onda solida dalle due opere di trattenuta presenti nel medio corso del rio Cengles nel caso di un'onda di colata marcata da un tempo di ritorno di 100 anni, pertanto se ne può intuire una scarsa efficienza.

Determinata quindi la laminazione indotta dalle opere di trattenuta, in Figura 138 sono riportati gli idrogrammi di progetto influenti nel tratto finale sistemato che transita nel paese di Cengles.

Per quanto concerne la scelta degli scenari di progetto si è optato per i seguenti approcci:

- deflusso delle colate detritiche marcate da tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni nel tratto cunettato con le paratoie efficienti e propagazione delle onde di colata direttamente nel biotopo "Ontaneto di Cengles";

deflusso di un evento estremo (HN1000) nel tratto cunettato con le paratoie non efficienti, in modo da modellare lo scenario di rischio residuo. Come si evince da Figura 139, valutando l'efficienza delle paratoie di protezione mediante lo sviluppo di un albero di rischio (con $P=1/T_R$), anche una colata 30-ennale produrrebbe un alluvionamento del piano campagna caratterizzato da tempi di ritorno maggiori di 300 anni, considerando una probabilità di non funzionamento delle paratoie del 5%.

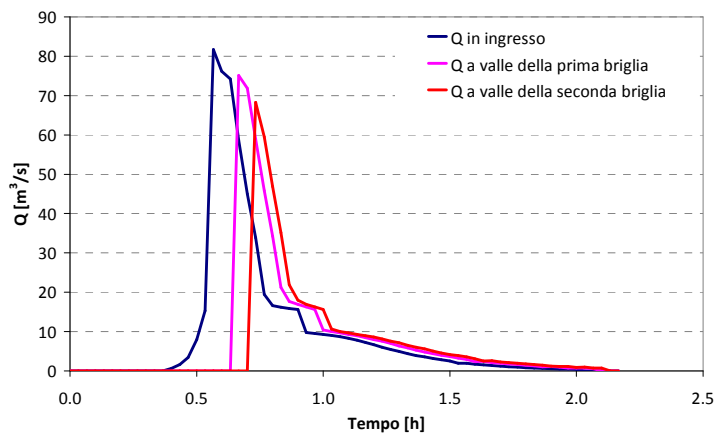


Figura 137. Laminazione delle portate solide per eventi con tempo di ritorno 100 anni sul rio Cengles.

Tempo di ritorno	Q_w [m ³ /s]	Q_s [m ³ /s]	Q_{TOT} [m ³ /s]	V_s [m ³]
30	31.77	56.37	73	39050
100	47.40	68.30	97	53150
300	59.29	81.91	113	64920

Tabella 44. Valori di progetto a valle della seconda briglia nel tratto urbano di Cengles.

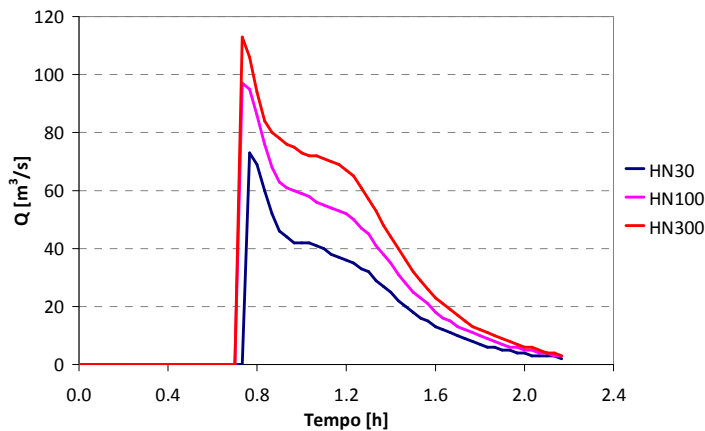


Figura 138. Portate totali di progetto influenti nel tratto cunettato a Cengles.

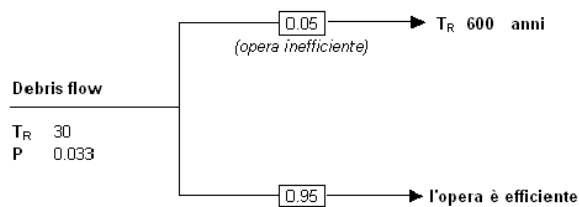


Figura 139. Albero di rischio applicato ad un evento di colata con $T_R = 30$ anni sul rio Cengles.

Le portate in esondazione dalle paratoie sono state calcolate mediante un modello 1D sviluppato in ambiente HEC – RAS 4.0, utilizzando come base topografica le sezioni del recente progetto della Rip. 30 Opere Idrauliche che ha visto il risanamento dei muri di sponda e la realizzazione di paratoie mobili automatizzate in corrispondenza delle aperture stradali delle arginature. Si è assunto un coefficiente di scabrezza molto elevato ($4 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$) in modo da simulare il deflusso della colata nel tratto cunettato con velocità simili a quanto accaduto nel 1999. All'area boscata dell'ontaneto di Cengles in cui la colata si propaga è stata assegnata una scabrezza pari a $n = 0.4-0.8 \text{ s} \cdot \text{m}^{-1/3}$ secondo le indicazioni di O'Brien (2007). La propagazione sul piano 2D è stata realizzata con il software Flo-2D, concentrando la portata in alveo al termine del tratto cunettato e propagando poi l'onda di colata su una griglia di calcolo $5 \times 5 \text{ m}$. Nello scenario di rischio residuo, le portate esondate dalle aperture nelle arginature sono state calcolate simulando le stesse come sfioratori laterali e propagando gli idrogrammi in uscita dirattamente sul piano alluvionale della conoide di Cengles.

8.3.13 Rio Lasa

Per un corretto approccio allo studio del rio Lasa, si sono individuati due differenti criteri di sviluppo delle colate detritiche di progetto. Nel primo caso si è assunto il verificarsi di una colata detritica lungo l'alveo principale del rio, alimentata dai notevoli contributi di materiale solido provenienti dai numerosi fossati laterali che si snodano attraverso depositi alluvionali e morenici, soprattutto nelle zone apicali e centrali del bacino imbrifero. A causa della particolare conformazione geomorfologica della vallata, si localizzano nei tratti superiori ed intermedi del corso del rio numerose zone di deposito che garantiscono il deposito

dei materiali solidi influenti da monte. Pertanto, fungono da laminazione delle portate solide non consentendo lo sviluppo di colate detritiche dai tratti superiori. Al contrario invece, entrambi i tributari in destra orografica (il rio di Jenne ed il fossato presso la “Schweizerhütte”) sono propensi a generare colamenti detritici tali da convogliare nell’alveo principale del rio Lasa grandi quantità di materiale detritico, formando così colate anche di grande magnitudo in grado di raggiungere i tratti inferiori del torrente ed arrivare sino al centro abitato di Lasa. Secondo le stime effettuate, per un evento HN100 possono essere mobilizzati sino a 37.000 m³ di materiale, che originano una colata di progetto con portate di picco di ca. 57.57 m³/s alla sezione di chiusura, sita a monte del grande bacino di trattenuta presente all’imbocco del tratto inferiore del torrente. Con un volume utile massimo di deposito di ca. 20.000 m³, il bacino di trattenuta è stato considerato perfettamente efficiente e pertanto assunto vuoto. È quindi possibile una laminazione notevole del picco delle colate influenti, a valle della briglia si registrano infatti picchi massimi di portata totale pari a 47.14 m³/s, come indicato in Figura 140.

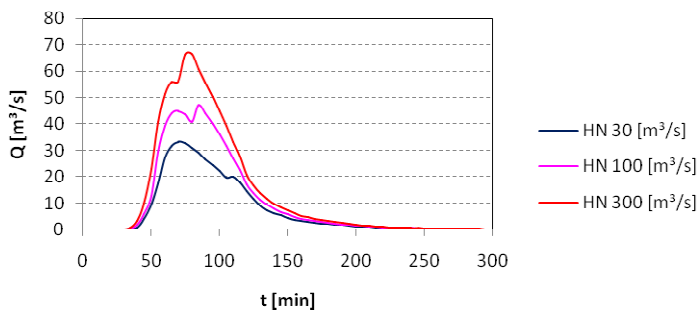


Figura 140. Idrogrammi di colata per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni per il rio Lasa.

A causa della conformazione del reticolo idraulico intermedio del rio Lasa, della grande attività dei tributari laterali e l’elevata probabilità di innesco di fenomeni di instabilità di versante in seguito ad eventi meteorici particolarmente intensi, nel secondo scenario di progetto considerato si è studiata una temporanea occlusione dell’alveo.



Figura 141. Il grande cono detritico in destra orografica ed il fronte franoso in sinistra orografica sul rio Lasa, in cui nell’agosto del 2006 si è verificato un lieve franamento.

Nel secondo scenario di progetto si è assunto infatti il verificarsi di un franamento che causa l’ostruzione del torrente all’altezza della cava di marmo nel tratto medio della valle, in destra orografica, data la

presenza di una grande conoide di deposito. Inoltre, anche in sinistra è presente un fronte franoso particolarmente attivo che potrebbe trasportare ingenti quantità di detrito in alveo. In questo caso lo scenario progettuale illustrato in Figura 142 porterebbe all'ostruzione dell'alveo, generando un rigurgito ed un ristagno a monte, mobilizzabile poi per evento dam-break. In base alle stime effettuate si assumono i seguenti valori progettuali. Per il tempo di collasso delle ostruzioni si è adottata la formulazione proposta da Von Thun e Gillette (1990) per strutture facilmente erodibili:

$$t_F = 0.015 \cdot h_W$$

in cui h_W è il tirante massimo calcolato sulla base della breccia (assunto pari alla profondità iniziale del fronte d'acqua), relazione definita per sbarramenti poco resistenti al cedimento, verosimile in questo caso per l'assenza di materiale legnoso. Si ottengono $t_F = 0.056$ h per HN30, $t_F = 0.071$ h per HN100 e $t_F = 0.086$ h per HN300. Per il calcolo della portata di picco conseguente al collasso dello sbarramento in materiali sciolti si è adottata la relazione empirica di Froehlich (1995):

$$Q_{PEAK} = 0.607 \cdot (V_W^{0.295} \cdot h_W^{1.24})$$

in cui V_W [m³] rappresenta il volume liquido invasato a monte dello sbarramento e h_W rappresenta il tirante d'acqua insistente sulla breccia.

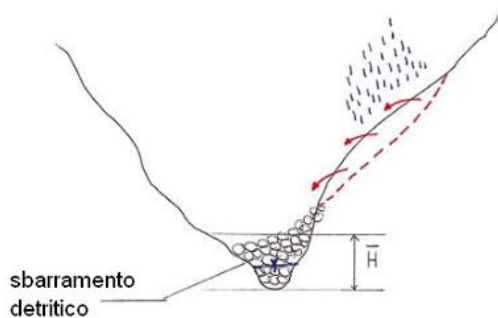


Figura 142. Scenario di ostruzione sul rio Lasa all'altezza della cava di marmo.

Dalle stime effettuate sulla stabilità del versante, si assumono i valori di progetto riportati in Tabella 45, in cui V_S rappresenta il volume solido franato che compone lo sbarramento e h_D l'altezza media della diga. Imponendo la conservazione dei volumi, si sono infine costruiti gli idrogrammi di progetto per via grafica.

Tempo di ritorno	V_W [m ³]	V_S [m ³]	V_{TOT} [m ³]	h_D [m]	t_F [h]	Q_{PEAK} [m ³ /s]
30	5.800	2.800	8.600	3.75	0.056	45.25
100	7.600	3.750	11.350	4.75	0.071	65.84
300	11.250	5.625	16.875	5.75	0.086	93.81

Tabella 45. Valori assunti nello scenario di dam-break sul rio Lasa.

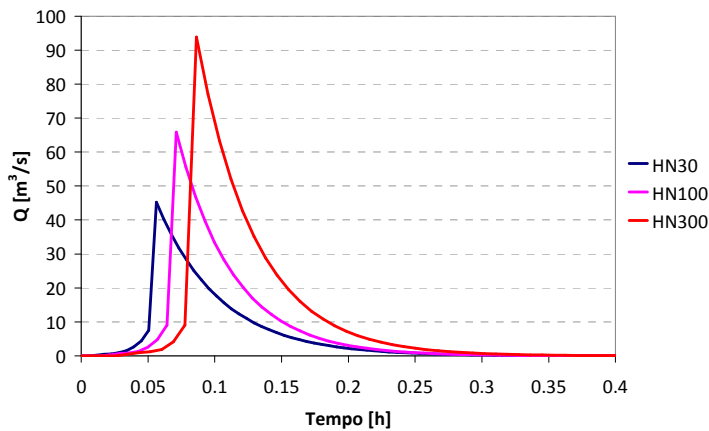


Figura 143. Idrogrammi di progetto per lo scenario dam-break sul rio Lasa.

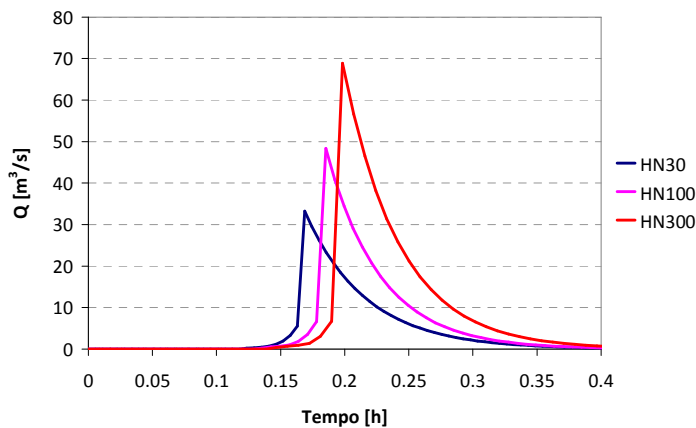


Figura 144. Idrogrammi laminati a monte della briglia di trattenuta sul rio Lasa.

L'onda conseguente al collasso dello sbarramento percorre poi il tratto sino alla grande briglia di trattenuta (ca. 1.8 km) con velocità comprese tra i 5 ed i 7 m/s, la particolare conformazione della valle (anse di deposito alternate a tratti molto incisi) consente una laminazione di circa il 26% del picco di piena, secondo un modello di flood routing effettuato con il software Flo2D. In Figura 144 sono riportati gli idrogrammi laminati influenti a monte della briglia di trattenuta sul rio Lasa.

Confrontando i due scenari calcolati, a causa della forte laminazione indotta sui picchi di piena dalla grande briglia di trattenuta nel caso di fenomeno di dam break, si è considerato come scenario principale di pericolo quello dettato dal verificarsi di una colata detritica, originata da sversamenti dei versanti laterali come descritto in precedenza. Pertanto, il bacino imbrifero del rio Lasa può essere considerato come propenso a generare colate detritiche. L'approccio di Melton restituisce un valore dell'omonimo indice pari a 0.47. Un'ulteriore classificazione può essere realizzata mediante la metodologia proposta da Aulitzky (Aulitzky, 1979). La prima parte di questa classificazione prevede la determinazione dei fenomeni principali di pericolo sulla conoide, la seconda consente di caratterizzare idraulicamente e

geomorfologicamente il torrente. Pertanto, secondo questo approccio, si ottiene per il rio Lasa un valore dell'indice pari a 2.9. Anche con la metodologia di Aulitzky il rio Lasa risulta foriero di colamenti detritici.

8.3.14 Riassunto

Esistono numerosi approcci per definire la propensione al dissesto, intesa in questa sede come capacità di innesco e sviluppo di colate detritiche, di un torrente montano. Le fonti storiche e fotografiche consultate indicano chiaramente come i bacini in esame siano storicamente propensi a generare debris flow anche di notevoli dimensioni. Dagli stessi sopralluoghi effettuati, la morfologia dei canali di drenaggio dei bacini, le ampie zone conoidali presenti e le forme particolari delle conoidi di deiezione testimoniano anch'essi l'estrema vocazione al dissesto dei bacini, anche se i numerosi interventi di sistemazione e bonifica realizzati negli ultimi decenni sembrano aver notevolmente ridimensionato la pericolosità idraulica dell'intera area di studio.

Numerose formulazioni presenti in letteratura consentono poi di analizzare più nel dettaglio la condizione attuale in cui versa il bacino montano oggetto di studio. Tra questi:

- secondo Baoyuan et al. (1994) già in bacini con pendenze comprese tra il 14 ed il 27 % è possibile osservare fenomeni riconducibili alle colate detritiche, da valutare secondo un tipico modello newtoniano (debris flow secondo Aulitzky, 1973, oppure mudflow secondo O'Brien, 2003). Per pendenze superiori al 27% un bacino risulta invece fortemente propenso alla generazione di colate detritiche, descrivibili in questo caso con un modello non newtoniano. Altre indicazioni da studi simili riportano che lo spessore della colata è generalmente inferiore ai 2 metri, la velocità è variabile a seconda della pendenza del letto, della granulometria del materiale e dello spessore della colata.
- gli studi di Marchi et al. (1993) e Moscariello et al. (2002) hanno identificato tre tipologie di conoidi: con trasporto solido di fondo, misti o con prevalente passaggio di colate. Le tre tipologie di conoide possono essere chiaramente distinte se vengono plottate in un grafico in cui indicare la pendenza del conoide ed il numero di Melton, che rappresenta un indice di acclività del bacino. La bontà di questo metodo è stata confermata confrontando, per i conoidi analizzati, i dati storici a disposizione sulle tipologie di trasporto solido relative agli eventi passati. Melton (1965) infatti ha studiato diversi casi di colate detritiche in relazione alle caratteristiche del cono di deiezione, sviluppando la seguente relazione, che consente speditamente di descrivere la propensione geomorfologica di un bacino:

$$MN = \frac{H_{MAX} - H_{MIN}}{\sqrt{A}}$$

in cui H_{MAX} e H_{MIN} indicano rispettivamente la massima quota del bacino e la quota del conoide di deiezione [m s.l.m.] mentre A è la superficie del bacino espressa in km^2 .

In Figura 145 sono indicati i risultati dell'analisi di Melton per i torrenti primari. Si nota che tutti le conoidi sono state generate dal passaggio prevalente di colate detritiche, anche se in alcuni casi (Rio Allitz, Rio Cavallaccio) anche fenomeni di alluvione torrentizia possono avere contribuito alla formazione dei depositi. Medesimi risultati si ottengono anche applicando la metodologia proposta da Aulitzky (1979).

151

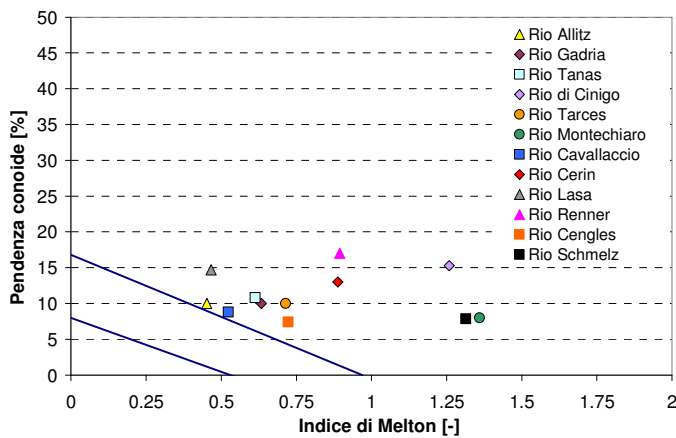


Figura 145. Diagramma di Melton per i torrenti primari.

In Tabella 46 seguente vengono riassunte le portate totali (solide e liquide) ed i volumi di progetto calcolati per tutti i torrenti primari nell'ambito del presente lavoro. I valori si intendono al netto della laminazione indotta dalle opere di trattenuta eventualmente presenti.

Nr.	Nome torrente	Ae [km ²]	HQ ₃₀ [m ³ /s]	ΣQ ₃₀ [m ³]	HQ ₁₀₀ [m ³ /s]	ΣQ ₁₀₀ [m ³]	HQ ₃₀₀ [m ³ /s]	ΣQ ₃₀₀ [m ³]	HQ ₁₅₀ [m ³ /s]	ΣQ ₁₅₀ [m ³]
A.340	Rio Allitz	15.95	46.3	122.200	58.84	160.100	83.7	205.000	---	---
A.355	Rio Lasa	30.84	33.2	131.100	54.3	186.000	66.6	245.800	---	---
A.365	Rio di Tanas	11.35	36.6	104.100	51.4	143.200	66.7	189.700	---	---
A.375	Rio Cengles	10.71	73	125.640	97	183.660	113	225.900	---	---
A.390	Rio Cerin	5.36	23.5	60.600	33.2	85.200	44.3	113.300	---	---
A.400.5	Rio Schmelz	1.27	1.9	7.499	2.8	11.121	3.7	14.430	---	---
A.405	Rio Cavallaccio	11.21	35.4	129.200	50.6	185.200	67.4	243.600	62.7	229.000
A.405.5	Rio Montechiaro	0.74	1.5	3.750	2.6	6.000	4.1	9.950	---	---
A.410.20	Rio di Cinigo	0.88	2.2	4.850	3,2	7.350	5.6	13.000	---	---
A.410.20.5	Rio di Tarces	3.17	9.2	21.300	14.0	30.900	18.0	41.200	---	---
---	Rio Renner	0.47	0.99	3.601	1.58	5.474	2.1	7.104	---	---

Tabella 46. Portate totali e volumi di progetto calcolati per i torrenti primari studiati.

8.4 Torrenti secondari

Per i torrenti secondari è stato applicato un criterio di studio uniforme per la classificazione dei fenomeni idraulici potenzialmente in atto, distinguibili in colate detritiche ed alluvionamenti torrentizi. La modellazione di questi torrenti, da realizzarsi con un grado di studio BT10 (1:10.000) è stata eseguita, come per gli affluenti primari, con l'ausilio del modello bidimensionale Flo2D propagando gli idrogrammi di progetto su una griglia a maglia costante di dimensioni 10 x 10 m.

8.4.1 Fossato Spondigna

Il fossato di Spondigna oggetto di studio si articola in due canali paralleli che scorrono in incisi rocciosi profondi e pendenti per confluire poco sopra la Strada Statale.

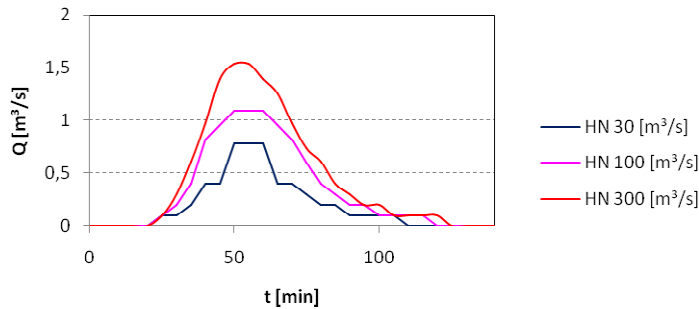


Figura 146. Idrogrammi di progetto per il fossato di Spondigna per 30, 100 e 300 anni.

In una lunghezza di ca. 700 m³, per un evento con tempo di ritorno centenario, dai due canali possono essere mobilizzati ca. 500 m³ di materiale detritico e ca. 50 m³ di legname che si riversano sulla sede stradale sottostante ostruendola. Gli apporti idrici sono pertanto maggiori degli apporti solidi stimati, pertanto non si parla di un vero e proprio colamento di versante. Si può quindi concludere che la sottostante Strada Statale SS40 sia interessata da fenomeni di semplice alluvionamento torrentizio.

8.4.2 Rio Plazut (A.415)

Le fonti detritiche disponibili alla mobilitazione in caso di eventi meteorici particolarmente intensi si localizzano per il rio Plazut nel tratto medio del torrente, grazie ai notevoli apporti solidi di tanti incisi laterali, che sversano nell'alveo principale discrete quantità di materiale.

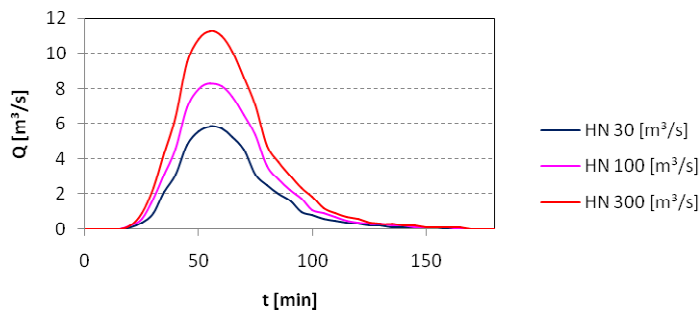


Figura 147. Idrogrammi di progetto per il rio Plazut per 30, 100 e 300 anni.

Secondo una verosimile dinamica di erosione profonda, un evento centenario può portare alla mobilitazione di ca. 6.000 m³ di materiale. Non avendo osservato altre zone di alimentazione, i volumi stimati possono giungere direttamente all'apice della conoide in cui il rio è stato canalizzato. Le portate totali di picco per HN100 sono stimate in ca. 8.68 m³/s alla sezione di chiusura, posta all'imbocco del

canale principale a monte della conoide. Le deboli pendenze che si incontrano causano la deposizione di parte del materiale, pertanto all'apice della conoide si registrano concentrazioni solide di picco del 26%. Dai sopralluoghi effettuati, il rio Plazut può essere classificato come torrente suscettibile da colata detritica, evidenza dettata anche dal calcolo dell'indice di Melton, pari a 1.05. Le valutazioni condotte mostrano comunque chiaramente come l'onda solida defluente dal bacino imbrifero tenda ad essere parzialmente laminata a monte della conoide. Pertanto, per gli scenari di processo, si possono considerare semplici fenomeni di alluvionamento torrentizio, peraltro come accaduto, seppur con danni molto limitati, nel 1983.

8.4.3 Rio Pavile (A.405.5.5)

Il bilancio di massa solida realizzato per eventi centenari lungo l'alveo principale del rio Pavile, lungo un tratto in erosione stimato in ca. 1.100 m, porta a quantificare un volume massimo erodibile di ca. 3.100 m³ per HN100. Le portate di picco ammontano per il medesimo evento a 8.35 m³/s. La morfologia della conoide ed i depositi censiti durante i sopralluoghi consentono agevolmente di determinare come il rio Pavile sia effettivamente stato teatro di eventi di colamento detritico. L'approccio di Melton restituisce un indice pari a 0.95, pertanto il bacino imbrifero del rio Pavile può essere descritto come suscettibile alle colate detritiche.

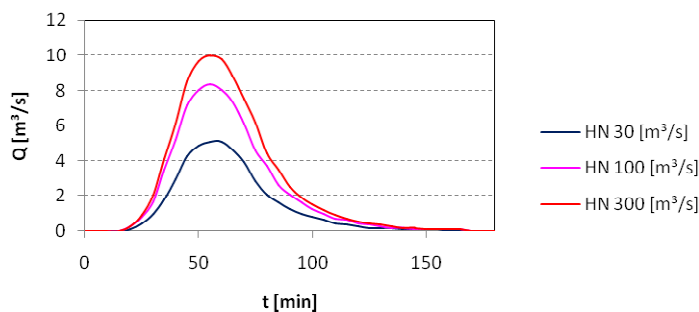


Figura 148. Idrogrammi di progetto per il rio Pavile per 30, 100 e 300 anni.

In base alle stime effettuate, le concentrazioni solide di progetto non risultano comunque tali da generare fenomeni di debris flow. La concentrazione solida media degli eventi di progetto è di ca. 13%, quindi per gli scenari di pericolo adottati nel presente lavoro si assume che il rio Pavile generi un alluvionamento torrentizio, seppur molto intenso.

8.4.4 A.395.5

Il rio A.395.5, classificato come corso d'acqua demaniale, è caratterizzato solamente nel suo tratto inferiore da numerosi fossati laterali che convergono in un unico canale principale. I principali apporti di materiale detritico si localizzano in località "Stecherloch". Per un tratto in erosione stimato di ca. 400 m, per un evento HN100 vengono mobilizzati ca. 600 m³, si ottengono delle portate totali di picco di 1.64 m³/s. L'approccio di Melton (indice pari a 1.04) definisce il fossato come suscettibile ai colamenti detritici. Secondo le stime ed i bilanci di massa effettuati, la limitata quantità di materiale solido erodibile

porta e a concentrazioni solide medie a scala d'evento di ca. 14%, pertanto per gli scenari di pericolo considerati si assume che il fossato non sia in grado di generare una colata detritica ma una semplice alluvione torrentizia.

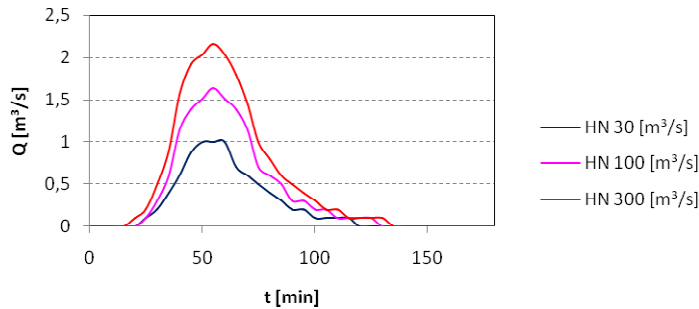


Figura 149. Idrogrammi di progetto per il rio A.395.5 per 30, 100 e 300 anni.

8.4.5 A.390.5.5

Il rio, individuabile come un classico „fossato” solo nel tratto inferiore del suo bacino imbrifero, non presenta grandi tratti di alimentazione solida, solo piccole quantità di detrito possono infatti essere erose.

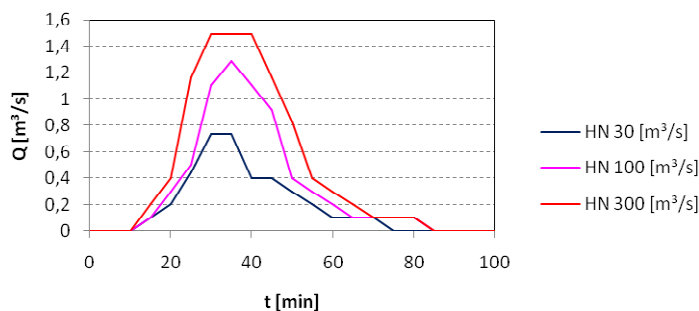


Figura 150. Idrogrammi di progetto per il rio A.390.5.5. per 30, 100 e 300 anni.

Per un evento HN100 si stima che ca. 600 m³ di materiale possano essere trasportati verso valle, per fenomeni di erosione profonda e moderata erosione laterale. Con una portata di picco di 1.29 m³/s ed un volume totale (solido e liquido) alla sezione di chiusura di ca. 2.000 m³, il rio genera fenomeni di lieve colamento in alveo, l'analisi della piccola conoide di deiezione presente secondo l'approccio di Melton (indice pari a 1.55) avvalorata i risultati delle stime effettuate.

8.4.6 Rio Nico (A.390.5)

Dalle stime di bilancio solido effettuate per il rio Nico, emerge una certa disponibilità di materiale solido mobilizzabile in caso di piena solo nei sottobacini superiore, verosimilmente per erosione profonda. Tali masse possono successivamente depositarsi in gran parte in località "Kalbhütte" nel tratto intermedio

del torrente a causa di una localizzata riduzione delle pendenze. Pertanto, solo le quantità solide erodibili nel tratto di valle possono raggiungere la conoide di deiezione.

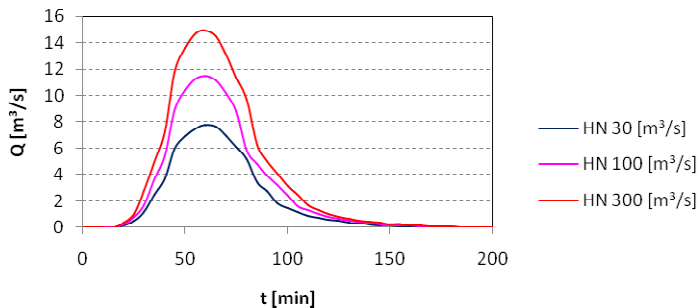


Figura 151. Idrogrammi di progetto per il rio Nico per 30, 100 e 300 anni.

Per un evento con tempo di ritorno di 100 anni si stima una portata totale massima di $11.51 \text{ m}^3/\text{s}$, per erosione profonda possono essere mobilizzati ca. 9.000 m^3 di materiale. Secondo l'approccio di Melton, si ottiene un valore dell'indice pari a 1.15, pertanto il torrente sarebbe classificabile come propenso al dissesto da colata detritica. Dalle stime effettuate, le portate solide determinate consentono di stimare una concentrazione solida media del 27%. La forma della conoide di deiezione, con superficie relativamente piatte e senza tracce evidenti di depositi pregressi di materiale solido a formare i tipici ammassi detritici ("Murzunge"), si possono considerare lungo il rio Nico fenomeni di alluvionamento torrentizio, seppur iperconcentrati.

156

8.4.7 Rio di Pseg (A.385)

L'alveo del rio di Pseg si snoda lungo il bacino imbriferio attraverso i prati ed i pascoli che lambiscono il maso di Pseg. Il tratto in erosione del torrente risulta pertanto molto ridotto, per cui dai sopralluoghi effettuati si stimano quantità di detriti e materiale di dilavamento d'alveo disponibili alla mobilitazione di ca. 500 m^3 per l'evento centenario.

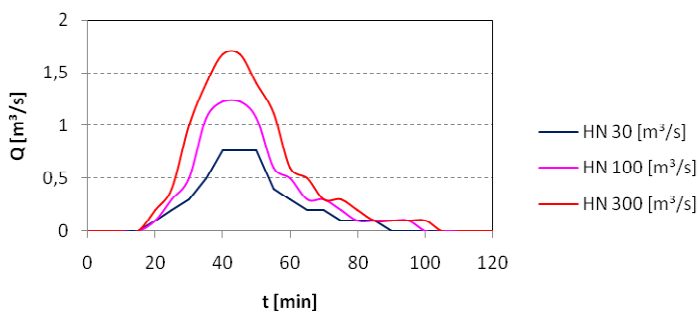


Figura 152. Idrogrammi di progetto per il rio di Pseg per 30, 100 e 300 anni.

Per HN100 si determina pertanto una portata di picco pari a $1.22 \text{ m}^3/\text{s}$. L'analisi della geomorfometria della piccola conoide presente porta ad un indice di Melton di 1.66 secondo il quale il rio è propenso a

generare colate detritiche. Data la quiescenza riscontrata e la limitata disponibilità di materiale solido (tratto in erosione particolarmente ridotto), per il rio di Pseg risultano più probabili fenomeni di alluvionamento torrentizio.

8.4.8 Rio di Dietrocastello (A.380)

Il rio di Dietrocastello attraversa nel suo corso formazioni di fillogneiss in cui è possibile l'erosione di limitate quantità di materiale. Non avendo censito particolari zone di lagunaggio del materiale solido eroso ed a causa delle pendenze elevate nel medio tratto, è plausibile assumere che il materiale eroso venga trasportato sino all'apice della conoide. Per un evento marcato da un tempo di ritorno di 100 anni, viene stimata la mobilitazione di ca. 4.900 m³ di materiale. Dalla sovrapposizione di apporti liquidi e solidi, risulta una portata massima totale per HN100 di ca. 7.59 m³/s.

L'indice di Melton calcolato è pari a 1.13, la conformazione morfometrica della conoide indica quindi una certa propensione al dissesto da colata detritica. A causa della limitata disponibilità di materiale detritico, l'evento di progetto raggiunge comunque concentrazioni solide massime inferiori al 30%, pertanto non è classificabile come colata detritica ma come semplice alluvione torrentizia.

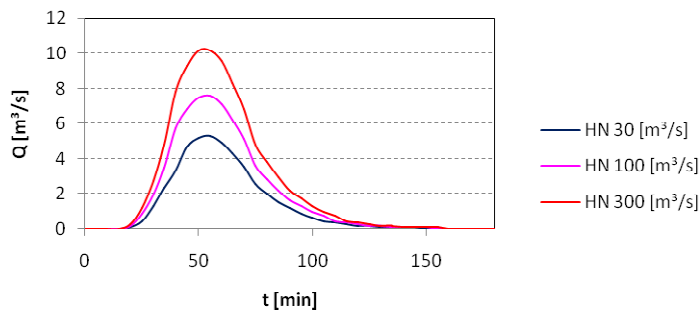


Figura 153. Idrogrammi di progetto per il rio di Dietrocastello per 30, 100 e 300 anni.

8.4.9 Rio del Dosso (A.380.5)

I fattori che innescano i fenomeni erosivi lungo il rio del Dosso (A.380.5) sono da ricercarsi nei tratti superiori ed intermedi del bacino imbriferio, in cui le elevate pendenze dei versanti e dell'alveo e la buona disponibilità di materiale solido possono generare fenomeni di dissesto idrogeologico. Per un evento marcato da tempi di ritorno di 100 anni, il bilancio di massa calcolato per l'asta principale del rio porta a stimare un volume mobilizzabile di materiale solido di ca. 3.000 m³.

Le analisi sulla propensione al dissesto del rio del Dosso portano a stimare concentrazioni solide di picco del 55%, data la buona disponibilità di materiale solido è possibile quindi asserire come il rio del Dosso possa generare debris flow di magnitudo intermedia. Dall'analisi della morfometria del cono di deiezione, difficilmente individuabile ma comunque tipico dei bacini da colata detritica, è stato stimato un indice di Melton pari a 1.76 (pendenza della conoide 27%).

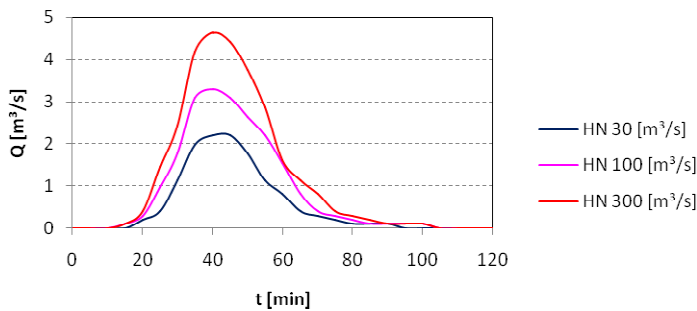


Figura 154. Idrogrammi di progetto per il rio del Dosso per 30, 100 e 300 anni.

8.4.10 Rio di Stellan (A.380.5.5)

Da un bilancio del trasporto solido potenzialmente fruibile lungo il rio di Stellan, si conclude che, a causa di fenomeni di erosione profonda e lieve erosione laterale, un evento con tempo di ritorno di 100 anni riesca a trasportare verso valle ca. 1.500 m³ di materiale solido. Sovrapponendo l'onda solida equivalente con l'idrogramma liquido, risulta una portata di picco pari a 2.15 m³/s.

A causa delle elevate pendenze dell'alveo nel tratto di monte e dei versanti nel tratto intermedio, il torrente può essere descritto come propenso a generare colate detritiche. La mancanza di una conoide di deiezione ben definita rende impossibile il calcolo preciso dell'indice di Melton, che si stima in 1.78.

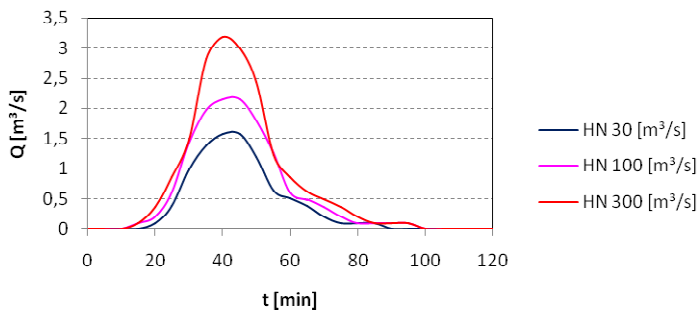


Figura 155. Idrogrammi di progetto per il rio di Stellan per 30, 100 e 300 anni.

8.4.11 Rio di Dosso (A.360)

Il rio di Dosso riesce a mobilitare lungo il suo canale principale ca. 5.600 m³ di materiale per un evento con tempi di ritorno di 100 anni. Nonostante le elevate pendenze ed un indice di Melton pari a 0.94, il bacino imbrifero del rio di Dosso non è in grado di generare una colata vera e propria, si parla quindi di un flusso iperconcentrato o di fenomeni alluvionali torrentizi, anche piuttosto intensi. Per l'assenza di opere di trattenuta del materiale solido che scende verso valle, per un evento HN100 si stima un volume complessivo di progetto di 30.500 m³ ed una portata di picco $Q_{TOT} = 12.20 \text{ m}^3/\text{s}$ che viene convogliata all'apice della conoide di deiezione.

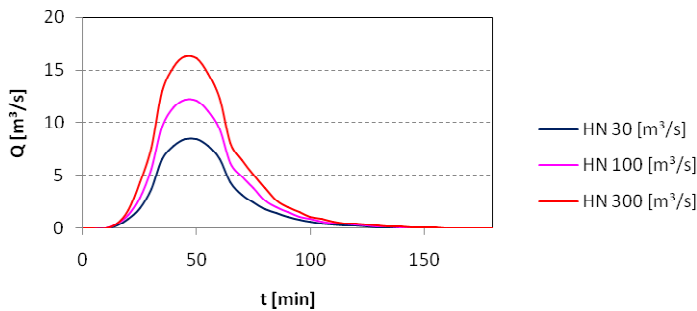


Figura 156. Idrogrammi di progetto per il rio di Dosso per 30, 100 e 300 anni.

Le elevate pendenze che caratterizzano l’asta principale ed in versanti del bacino imbrifero e la particolare conformazione della conoide di deiezione presente (indice di Melton pari a 0.94) indicano una certa propensione al dissesto da colata detritica per il rio di Dosso. Gli apporti solidi stimati per l’evento centenario di progetto consentono invece di determinare una concentrazione solida media di ca. il 18 %, pertanto il fenomeno è classificabile idraulicamente con alluvione torrentizia.

8.4.12 A.360.5

Per questo canale, tributario in destra orografica del rio di Dosso (A.360), si calcolano volumi solidi erodibili nel tratto intermedio e superiore a pendenza maggiore (per erosione profonda) di ca. 7.100 m³ per un evento centenario di progetto, per il quale si stima una portata di picco di ca. 8.36 m³/s. A causa delle elevate pendenze ed in accordo con i volumi sopra stimati, il rio A.360.5 può essere definito come un torrente da colata detritica. Ad ulteriore conferma dell’assunzione ora posta, lo studio della piccola conoide di deiezione presente porta ad un valore dell’indice di Melton pari a 1.21.

159

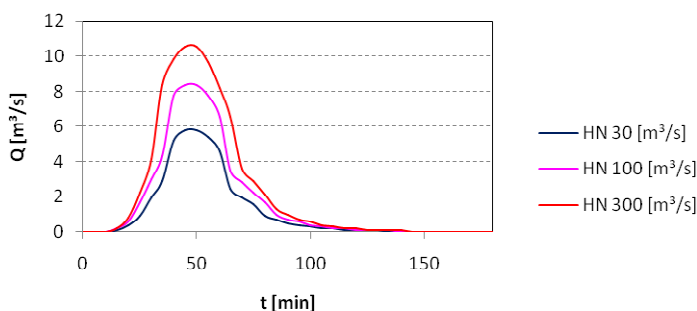


Figura 157. Idrogrammi di progetto per il ro A.360.5 per 30, 100 e 300 anni.

8.4.13 Valle di Gravara

I colamenti detritici che il canale principale della Valle di Gravara è in grado di convogliare verso valle si originano lungo i quattro fossati principali in cui si articola il bacino imbrifero. In seguito ad un bilancio di massa, funzione delle disponibilità solide presenti nel bacino, per un evento HN100 può essere stimato un volume massimo mobilizzabile di ca. 4.600 m³. La portata di picco della colata detritica centenaria è quindi stimato in 6.10 m³/s. L’evento può essere descritto come una colata satura che raggiunge l’apice

della conoide e si propaga sul piano campagna. La propensione del bacino a generare colate detritiche è confermata anche dalla particolare conformazione della conoide, per la quale si calcola un indice di Melton di 1.18.

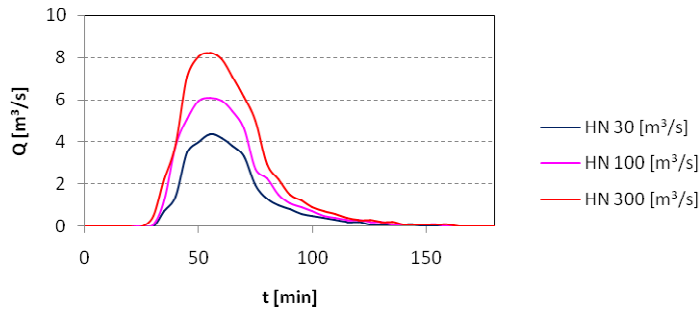
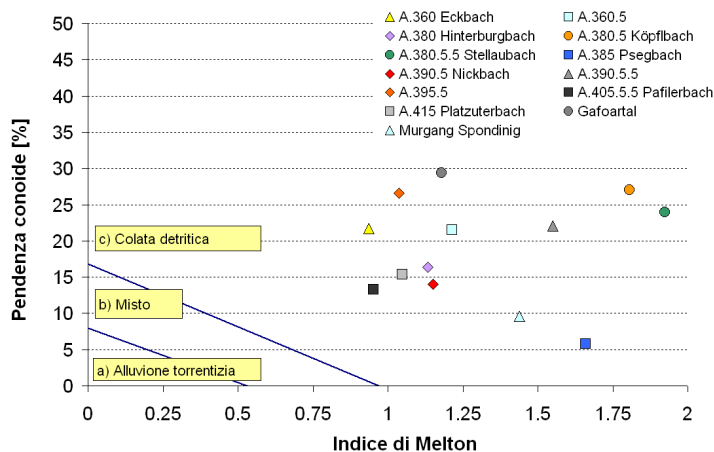


Figura 158. Idrogrammi di progetto per la Valle di Gravara per 30, 100 e 300 anni.

8.4.14 Riassunto

Secondo quanto riportato in precedenza, si propone di seguito il diagramma di Melton anche per i torrenti secondari (Figura 159).



160

Figura 159. Diagramma di Melton per i torrenti secondari.

Nella tabella seguente sono riportate le portate totali (solide e liquide) ed i volumi di progetto determinati per i torrenti secondari studiati nel presente lavoro.

Nr.	Bachname	Ae [km ²]	HQ ₃₀ [m ³ /s]	ΣQ ₃₀ [m ³]	HQ ₁₀₀ [m ³ /s]	ΣQ ₁₀₀ [m ³]	HQ ₃₀₀ [m ³ /s]	ΣQ ₃₀₀ [m ³]	HQ ₁₅₀ [m ³ /s]	ΣQ ₁₅₀ [m ³]
A.360	Rio di Dosso	3.27	8.4	20.950	12.2	30.550	16.3	40.850	---	---
A.360.5		1.54	5.8	12.750	8.4	18.820	10.6	25.450	---	---
A.380	Rio di Dietrocastello	1.98	5.3	13.750	7.6	20.250	10.2	27.400	---	---
A.380.5	Rio del Dosso	0.53	2.2	3.900	3.3	6.350	4.6	8.700	---	---

A.380.5.5	Rio di Stellan	0.43	1.6	2.750	2.2	4.150	3.2	5.500	---	---
A.385	Rio di Pseg	0.40	0.8	1.450	1.2	2.350	1.7	3.350	---	---
A.390.5	Rio Nico	2.64	7.8	22.900	11.5	33.400	14.9	44.500	---	---
A.390.5.5		0.29	0.7	1.150	1.3	2.000	1.5	2.850	---	---
A.395.5		0.62	1.0	2.550	1.6	4.200	2.2	5.750	---	---
A.405.5.5	Rio Pavile	2.42	5.1	13.900	8.4	23.000	10.0	27.800	---	---
A.415	Rio Plazut	1.96	5.9	15.650	8.3	22.900	11.3	31.000	---	---
	Fossato Spondigna	0.34	0.8	1.650	1.1	2.800	1.5	3.850	---	---
	Valle di Gravara	1.47	4.4	9.900	6.1	14.950	8.2	20.450	---	---

Tabella 47. Portate totali e volumi di progetto per i torrenti secondari.

9 Risultati e descrizione delle Zone di Pericolo

9.1 Generalità

9.1.1 Definizione dei livelli di pericolo idraulico

La valutazione del grado di pericolo connesso alla probabilità di accadimento di un evento alluvionale – sia esso generato da una alluvione torrentizia o fluviale oppure da un fenomeno di colamento detritico – deve basarsi preliminarmente sia sull’analisi della documentazione storico-bibliografica disponibile (inerente agli accadimenti del passato) che sulla valutazione delle caratteristiche del bacino e del terreno in generale. Identificati i fenomeni in corso e le potenziali fonti di pericolo, si è quindi provveduto a valutare idraulicamente il problema secondo i metodi e le metodologie illustrate nella presente relazione. Si è successivamente applicato un codice di modellazione numerica, basato sui concetti di intensità dell’evento e di probabilità che tale evento si verifichi, implementando al meglio i dati idrologici e topografici delle aree in esame. Nel presente lavoro la determinazione dei livelli di pericolo idraulico è stata realizzata sulla scorta delle indicazioni fornite dalle “Direttive per la Redazione dei Piani delle Zone di Pericolo (PZP) e per la Classificazione del Rischio Specifico (CRS)” della Provincia Autonoma di Bolzano (luglio 2008). Vengono definiti (Figura 160) tre livelli di pericolo:

- rosso per “pericolo molto elevato”;
- blu per “pericolo elevato”;
- giallo per le zone a “pericolo medio”.

Come si intuisce da Tabella 48, i valori limite delle classi di intensità sono diversi e caratteristici per ogni tipo di fenomeno idraulico. L’attribuzione dell’evento ad una classe di intensità e di probabilità di accadimento avviene sfruttando i valori limite definiti per ciascun fenomeno di dissesto. Tali valori sono differenti perché ogni fenomeno ha caratteristiche peculiari (velocità, volume, spessore, tirante idraulico, etc.) e specifici effetti su elementi vulnerabili.

161

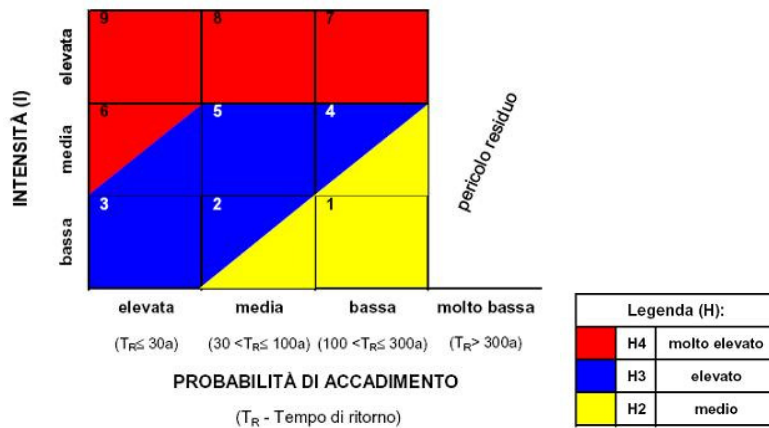


Figura 160. Matrice di definizione dei livelli di pericolo (Direttive Provinciali, 2008).

Fenomeno	Valori soglia	Intensità bassa	Intensità media	Intensità alta
<i>Alluvione, Alluvione torrentizia</i>	alluv. <1,5% alluv. torrent. 1,5-15% <30% mat. solido <40 km/h	$h < 0,5$ m opp. $v \times h < 0,5$ m ² /s	$h = 0,5-2$ m opp. $v \times h = 0,5-2$ m ² /s	$h > 2$ m opp. $v \times h > 2$ m ² /s
<i>Colata rapida in alveo</i>	>15% pendenza 30-70% mat. solido 40 - >60 km/h	non noto	$M \leq 1$ m opp. $v \leq 1$ m/s	$M > 1$ m opp. $v > 1$ m/s
<i>Erosione s.l.</i>	sempre presente	$d < 0,5$ m	$d = 0,5-2$ m	$d > 2$ m

h =tirante idraulico; v =velocità; M =spessore del deposito; d =spessore medio dell'erosione o erosione di sponda, misurato perpendicolarmente a pendio/scarpata/fondo rio/p.c.; $v \times h$ =pressione idrodinamica

Tabella 48. Tabella dei valori di soglia e dell'intensità per pericoli idraulici (Direttive Provinciali, 2008).

In dati riportati in Tabella 48 sono stati ricalcolati nel caso di eventi con tempi di ritorno intermedi (per i rii Cavallaccio ed Alliz si definiscono infatti anche tempi di ritorno di 150 anni). Essendo i fenomeni classificati come colate detritiche, si è proceduto ad una interpolazione lineare dei valori riportati in Figura 160, ottenendo quindi due diverse sottoclassi per l'intensità intermedia: aree gialle sino a 0.25 m e velocità di 0.25 m/s ed aree blu per valori compresi tra 0.25 e 1.

9.1.2 Zonazione dei pericoli idraulici

I livelli di pericolo idraulico, determinati come illustrato nel paragrafo precedente, rappresentano il risultato delle modellazioni numeriche effettuate nel presente lavoro. Attraverso una serie di sopralluoghi in campagna e di controlli tecnici effettuati in sede di verifica, si è quindi giunti alla perimetrazione delle Zone di Pericolo, intendendo con queste aree omogenee a perimetro definito classificate a pericolo molto elevato, elevato o medio secondo la matrice propria della metodologia prima illustrata. Si sottolinea che tale zonazione è stata effettuata solamente all'interno del perimetro di progetto, così come identificato dal Servizio Bacini Montani della Ripartizione 30 Opere Idrauliche della Provincia Autonoma di Bolzano. Una visione di insieme delle Zone di Pericolo insistenti sull'area oggetto di studio è fornita in Tav. nr. 1.6.

9.1.3 Classificazione del rischio specifico

Per la classificazione del rischio specifico si è provveduto inizialmente a individuare gli elementi a rischio ed a classificare gli stessi nelle categorie di vulnerabilità (V). Sono stati considerati elementi a rischio i seguenti:

- gli agglomerati urbani comprese le zone di espansione urbanistica;
- le aree su cui insistono insediamenti produttivi, impianti tecnologici di rilievo, in particolare quelli definiti a rischio ai sensi di legge;
- le infrastrutture a rete e le vie di comunicazione di rilevanza strategica, anche a livello locale;
- il patrimonio ambientale ed i beni culturali di interesse rilevante;
- le aree sedi di servizi pubblici e privati, di impianti sportivi e ricreativi, strutture ricettive ed infrastrutture primarie.

Per la quantificazione della vulnerabilità sono da considerare tutti gli elementi indicati negli allegati delle Direttive Provinciali in materiale di rischio specifico. A tali elementi sono assegnate una delle seguenti quattro classi di vulnerabilità (V)

- V4: molto elevata;
- V3: elevata;
- V2: media;
- V1: bassa.

Il rischio specifico è dato dall'interazione tra i pericoli idrogeologici (H) e gli elementi a rischio caratterizzati da una vulnerabilità (V) specifica. Dall'intersezione della Carta delle Zone di Pericolo con la Carta delle Vulnerabilità ha origine la Carta delle Zone di Rischio Specifico (CZR), definita come $R_s = H \cap V$. L'intersezione dei fattori avviene utilizzando la matrice indicata in Figura 161.

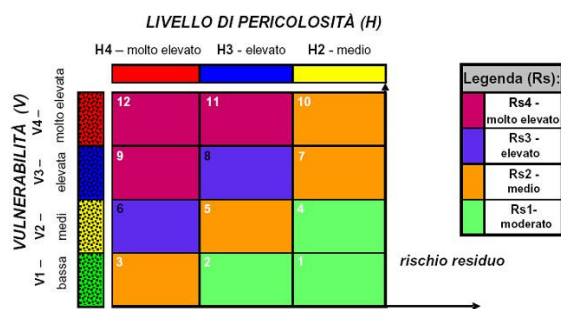


Figura 161. Matrice dei fattori pericolo (H) e vulnerabilità (V) per la stesura della Carta delle zone di rischio specifico (Direttive Provinciali, 2008).

Si definiscono sostanzialmente le seguenti classi di rischio:

- rischio molto elevato (Rs4): sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche;

- rischio elevato (Rs3): sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici ed alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, l'interruzione del funzionamento delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale;
- rischio medio (Rs2): sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche;
- rischio moderato (Rs1): i danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale sono marginali.

Sulla "Carta delle Zone di Rischio Specifico" (CZR) (Tav. nr. 1.8a) sono quindi rappresentate le aree colorate del rischio specifico, in forma analoga alla "Carta delle Zone di Pericolo" (CZP) secondo le modalità indicate dalle Direttive della Provincia Autonoma di Bolzano.

9.2 Prodotti finali

Per l'elaborazione e la creazione del layout finale della Carta delle Zone di Pericolo idraulico nell'area di studio, realizzata ai sensi delle Direttive Provinciali in materia, si è provveduto inizialmente a studiare ogni singola fonte di pericolo idraulico separatamente, generando quindi distinte carte di intensità dei fenomeni idraulici. Successivamente è stata approntata un'analisi multivariata in ambiente GIS del pericolo insistente in ogni singolo punto del territorio analizzato, da cui è scaturita la Carta delle zone di Pericolo (C.Z.P.) discussa in questa sede. Dalla sovrapposizione della Carta della Vulnerabilità (Tav. nr. 1.7a) e della Carta delle Zone di Pericolo (Tav. nr. 1.6) è scaturita di conseguenza la Carta delle Zone di Rischio Specifico (Tav. nr. 1.8a). Nelle Carte dei fenomeni sono riportati i massimi perimetri di processo per gli scenari assunti ed i perimetri degli eventi storici noti o ricavati per fotointerpretazione. La completa documentazione cartografica prodotta è indicata in Tabella 1.

Parallelamente, sono state prodotte per tutti i torrenti primari oggetto di indagine, delle rappresentazioni cartografiche della geomorfologia principale dei torrenti, rilevando tutti quei fenomeni direttamente connessi con l'attività torrentizia o che possono influenzare direttamente o indirettamente il comportamento idraulico degli stessi in caso di piena. In Tabella 49 sono riportati i fenomeni censiti secondo la classificazione proposta da Buwal (1995). Si rammenta solo brevemente che la cartografia geomorfologica prodotta rappresenta le forme d'accumulo e d'erosione in atto o potenziali lungo i tratti torrentizi considerati, ne raffigura schematicamente i caratteri morfografici e morfometrici, fornisce un'interpretazione della loro origine in funzione dei processi geomorfici, endogeni ed esogeni, passati e presenti, che le hanno generate. In un tale contesto, la cartografia geomorfologica assume un ruolo importante soprattutto per un inquadramento qualitativo dei processi in atto, finalizzato alla determinazione dei principali dissesti nei bacini idrografici indagati che abbiano qualche influenza sulla redazione della Carta dei Livelli di Pericolo idraulico insistenti nell'area di studio in Alta Val Venosta. La conoscenza delle caratteristiche fisiche e morfologiche di un dato torrente e dei versanti che esso attraversa costituisce infatti un dato essenziale per la pianificazione, la gestione e la programmazione di tutti i fenomeni capaci di creare condizioni di rischio per persone ed attività socio-economiche in generale.

Legende		Legenda
Geomorphologie		Geomorfologia
Geschiebeaufbereitung und -lieferung	→	sorgenti e apporto di materiale detritico
latente Erosion	—	erosione latente
Umlagerungsstrecke	+++++	tratto di trasferimento
Tiefenerosion	→	erosione profonda
starke Tiefenerosion	→	elevata erosione profonda

Tabella 49. Classificazione dei fenomeni geomorfologici considerati nel presente studio (BUWAL, 1995).

9.3 Fiumi di fondovalle

9.3.1 Fiume Adige (A)

Con gli idrogrammi di progetto calcolati con i metodi precedentemente descritti e secondo gli scenari posti è stata realizzata una modellazione 1D in ambiente HEC-RAS 4.0 nel tratto oggetto di studio, in condizioni sia di moto stazionario che non stazionario. In Figura 162 si riporta il profilo calcolato per una piena di progetto con tempo di ritorno di 100 anni in moto non stazionario. Si nota come le pendenze degradino dolcemente sino a Lasa, per poi crescere sensibilmente a valle dello sbarramento idroelettrico della SEL – Edison.

Per tutti gli scenari progettuali si individuano alcune sezioni particolarmente critiche, esondazioni si verificano per tutti gli eventi di progetto in destra orografica mentre in sinistra orografica solo gli eventi più severi sversano sul piano campagna modeste quantità di acqua. In tutti i casi si registra un rigurgito non trascurabile nel delta del rio Solda, che consente mediamente la laminazione dei volumi di piena del fiume Adige, nonostante le vecchie strutture di contenimento poste a parziale protezione dell'area naturalistica del delta del Solda, comunque alluvionabili anche per eventi con tempi di ritorno modesti.

165

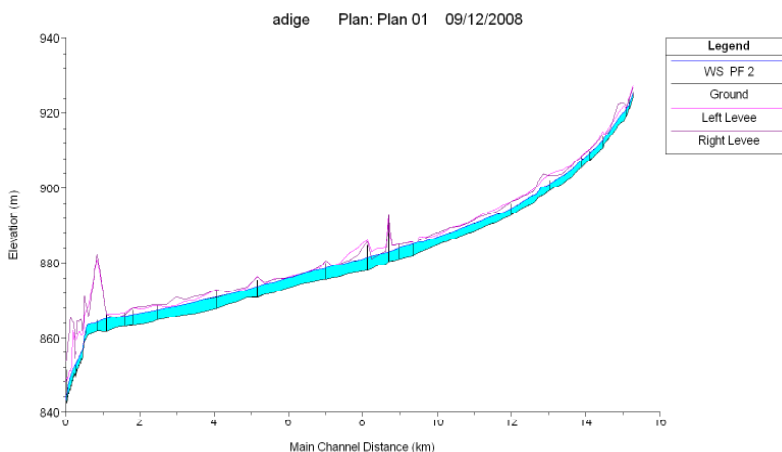


Figura 162. Profilo longitudinale nel tratto di studio del fiume Adige per una piena con tempo di ritorno 100 anni.



Figura 163. Due immagini dello sbocco del rio Solda nel fiume Adige.

L'analisi del trasporto solido 1D, realizzata in regime quasi non stazionario, ha permesso di rilevare scavi e depositi localizzati dell'ordine di qualche cm, tali da non influenzare sul breve periodo il comportamento idraulico del fiume. Problemi legati al trasporto solido nel tratto a monte di Glorenza, come accaduto nel 1983 per gli ingenti apporti del rio Ram, non appaiono oggi più verosimili grazie alle notevoli sistemazioni realizzate sul Ram e sui suoi tributari negli ultimi anni. Data l'assenza di pile di ponte inoltre, si assume una probabilità trascurabile di ostruzione delle tante strutture viarie che solcano il fiume Adige nel tratto di interesse. Come già anticipato in precedenza, si ritiene che non sussistano più problemi seri di trasporto solido nel tratto a monte di Glorenza in seguito alle notevoli sistemazioni effettuate lungo i tributari laterali.

Già per eventi con 30 anni di tempo di ritorno si verificano esondazioni piuttosto consistenti in località "Roßänger" in destra orografica a Lasa, si registrano infatti a monte ed a valle dello sbocco del rio del Dosso (Eckbach) portate massime in esondazione di $5.5 \text{ m}^3/\text{s}$ e $9.02 \text{ m}^3/\text{s}$, per volumi esondati totali di ca. 189.000 m^3 . L'area alluvionata si estende per ca. 23.22 ha sino ed oltre le pianure "Fischermöser", si verifica inoltre un forte rigurgito nel rio del Dosso che causa esondazioni a monte. Altri punti di esondazione si localizzano in destra orografica nei pressi dell'ontaneto di Cengles, in corrispondenza della strada ponderale "Tschuggaiweg", con portate massime di esondazione di 0.53 e $0.24 \text{ m}^3/\text{s}$ con volumi esondati di ca. 3.500 m^3 . L'area inondata ammonta a ca. 6.66 ha ed una profondità media del tirante sul piano campagna di ca. 0.1 m . Il delta del Solda invece lamina ca. 125.000 m^3 di acqua, i rigurgiti si estendono ca. 50 m all'interno dell'alveo del tributario laterale.

In occasione di eventi centenari, nella piana tra Lasa e Spondigna si verificano esondazioni anche in sinistra orografica (ca. 5.380 m^3) con alluvionamento su ca. 12.6 ha . Le inondazioni in destra orografica sono più marcate, i rigurgiti lungo il rio del Dosso si prolungano verso monte. Il rigurgito del rio Solda consente la laminazione di ca. 388.000 m^3 . Per eventi trecentenari si verificano piccole esondazioni in destra e sinistra a monte di Glorenza, nei pressi della confluenza con il rio Ram in località "Campeggio". Si sversano sul piano campagna ca. 400 m^3 ($Q_{\text{MAX}} = 0.07 \text{ m}^3/\text{s}$) di acqua che invadono la strada per Glorenza ad arrivano a lambire le mura di protezione della città di Glorenza generando sul piano campagna tiranti di pochi cm. Non vi sono problemi di deflusso sotto i ponti, il rigurgito nel Solda all'altezza di Spondigna consente la laminazione di ca. 761.000 m^3 di acqua che allagano circa un sesto del delta. Esondazioni si hanno in sinistra orografica (ca. 20.700 m^3) con portate massime in esondazione di $0.97 \text{ m}^3/\text{s}$ tra le sezioni 46 e 47 (ID Geo Line, 2006-2007) e si verifica un generale allagamento dell'intera destra

orografica tra Cengles e Lasa in cui si sversano complessivamente sul piano campagna ca. 677.000 m³ di acqua. La situazione più critica si ha sempre in località “Roßängler” in cui si raggiungono tiranti massimi di 2.4 m nell’alveo del rio del Dosso con portate massime in uscita di 16.23 m³/s ed a ridosso del tratto ferroviario per la cava di marmo, lambendo anche località “Palästinaöser”. L’area complessivamente allagata in destra orografica tra Oris e Lasa ammonta a ca. 152 ha.

Si intuisce inoltre chiaramente come, in tutti gli scenari di progetto, non ci siano inondazioni a Lasa in sinistra orografica, all’altezza della zona industriale, pertanto l’alluvionamento di tali aree ricade nella sfera di rischio residuo imputabile al cattivo funzionamento delle paratie dello sbarramento di Lasa. Nel caso di chiusura completa delle paratoie dello sbarramento di Lasa si genera infatti un notevole rigurgito che si estende a monte sino alla sezione al km 32.182. Grazie al soprizzo delle arginature in sinistra orografica tra Lasa ed Oris, non si verificano comunque esondazioni.

Lo scenario di rischio residuo in sinistra orografica nei pressi di Lasa è stato quindi simulato modellando l’ipotetica rottura dell’argine nel tratto considerato più dissestato. La breccia di progetto è stata assunta con uno sviluppo longitudinale di ca. 60 m ed un’altezza di ca. 1.5 m, considerando pertanto il solo cedimento del tratto rialzato negli anni ‘90. Dalla breccia fuoriesce un’onda di collasso marcata da una portata massima di 20.6 m³/s, viene pertanto allagata l’intera zona industriale di Lasa sino ed oltre il rilevato ferroviario della Merano – Malles (si rimanda alla Tav. nr. 2.1.1). Per quanto concerne il secondo scenario di rischio residuo (HN1000), esondazioni si hanno a monte di Glorenza sia in destra che in sinistra orografica, va in pressione il ponte in località “Garberäcker” causando esondazioni in destra ed in sinistra orografica. Si hanno problemi anche in corrispondenza della confluenza con il Puni in località “Wurmetspitz” a Spondigna e nell’area del “Prader Sand”, Lasa e l’intera piana in destra orografica vengono alluvionate. Si sottolinea inoltre che tutta la piana del fiume Adige oggetto di studio è soggetta al rischio residuo imputabile all’ipotetico collasso della diga di Resia. Si rimanda pertanto alla Carta dei fenomeni (Tav. nr. 2.1.1).

Per una agevole localizzazione dei pericoli idraulici si rimanda alla relativa Carta (Tav. nr. 2.1.3). Zone rosse e blu si localizzano esclusivamente in zona “Roßängler” a Lasa ed allo sbocco del rio Solda, in corrispondenza dello sbocco del rio Cengles in destra orografica si registrano invece ampie zone blu. Le altre aree alluvionate si classificano come aree gialle.

9.3.2 Rio Saldura (A.410.5)

Come si intuisce dalla Carta delle Zone di Pericolo Idraulico (Tav. nr. 2.2.3) il rio Saldura provoca l’alluvionamento di buona parte della conoide. In Figura 164 è riportato un estratto del modello 1D realizzato per lo studio del deflusso di piena nel tratto di interesse per tempi di ritorno di 100 anni, si notano il rigurgito a monte di un ponte e le relative esondazioni sia in destra che in sinistra orografica.

I tiranti d’acqua generati sul piano campagna arrivano sino a 2 m nelle aree più depresse per eventi con $T_R = 30$ anni, mentre per alluvionamenti più severi l’acqua sale anche sino a 3 m. Nella gran parte dell’area inondata comunque la profondità media dei tiranti d’acqua è di ca. 0.5 m, le aree depresse si localizzano solamente nelle depressioni di campagna a valle della SS40 fuori dall’area urbana del centro di Sluderno.

167

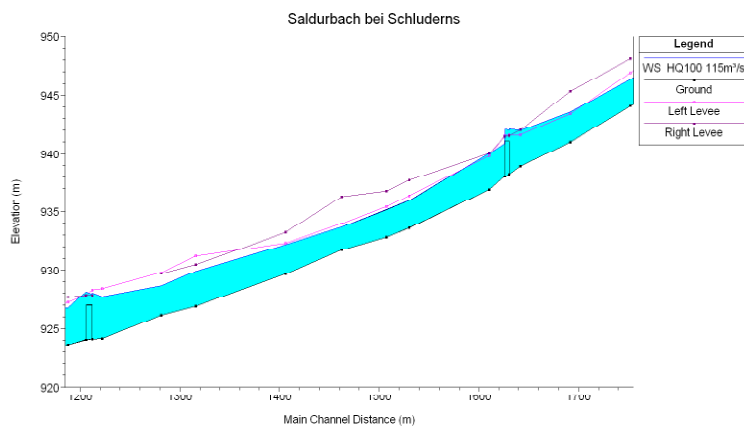


Figura 164. Profilo longitudinale nel tratto di studio del rio Saldura per una piena con tempo di ritorno 100 anni.

Le massime velocità di propagazione sul piano campagna sono sempre comprese tra 2 e 4 m/s nelle aree più ripide della conoide, per poi attestarsi intorno a valori di 0.5 – 1 m/s, anche in questo caso le velocità maggiori si hanno in aree poste a valle della SS40.



Figura 165. Alcune delle sezioni critiche in cui si localizzano le esondazioni.

Come detto precedentemente, l'intensità del fenomeno alluvionale dipende sia dal tirante d'acqua che dal prodotto tra il tirante d'acqua e la velocità di propagazione. Per eventi 30ennali si registrano intensità medie e basse, mentre per eventi più severi (HN100 e HN300) si registrano anche intensità molto elevate, definite sulla scorta di quanto indicato nel paragrafo 9.1.1. Per una agevole localizzazione delle zone di pericolo idraulico si rimanda alla relativa Carta (Tav. nr. 2.2.3). In molti casi i ristagni d'acqua sul piano campagna sono dovuti alle caratteristiche topografiche dell'area di studio, soprattutto a valle del paese transita la ferrovia Merano – Malles che rappresenta una barriera al naturale flusso delle acque. In tutti i casi si verifica l'alluvionamento del biotopo di Sluderno, posto a valle del paese al termine del tratto sistemato. Ampie zone rosse si localizzano nella zona di deposito centrale del canale, le rimanenti aree sono classificabili come blu in relazione all'entità dei depositi di materiale solido (compresi tra 0.5 e 1 m).

9.3.3 Rio Puni (A.410)

Come si intuisce dalla Carta delle Zone di Pericolo Idraulico (Tav. nr. 2.3.3), il rio Puni provoca l'alluvionamento della parte meridionale del centro di Glorenza, indicativamente all'altezza di via Flora

che collega Glorenza e Sluderno sino alla strada di servizio del bacino idroelettrico della centrale di Glorenza. In Figura 166 è riportato un estratto del modello 1D realizzato per lo studio del deflusso di piena nel tratto di interesse per tempi di ritorno di 100 anni, si nota come nel tratto a valle di Glorenza le arginature presenti siano tali da confinare in alveo la portata residua.

Per i vari eventi di progetto tutte le esondazioni sono localizzate tra il tratto sistemato a monte di Glorenza in prossimità della “Malsertor” e l’attraversamento del canale artificiale della centrale idroelettrica di Glorenza. Nel tratto di valle e sino alla confluenza con l’Adige, la portata residua rimane confinata in alveo, sintomo della crescente laminazione nel tratto di monte all’aumentare del tempo di ritorno degli eventi. Proprio nel tratto di valle sono maggiori gli effetti dovuti alle fluttuazioni della superficie libera imputabili agli scarichi della centrale idroelettrica. Pertanto, a valle del bacino artificiale di raccolta delle acque non sussistono problemi di deflusso.

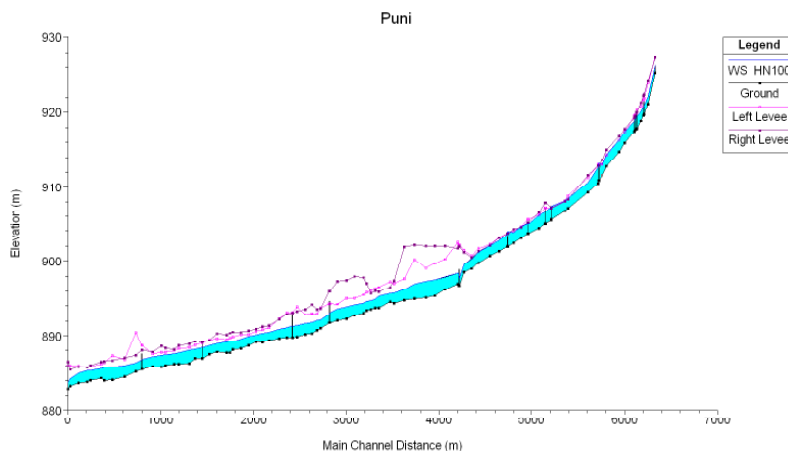


Figura 166. Profilo longitudinale nel tratto di studio del rio Puni per una piena con tempo di ritorno 100 anni.

Per eventi con tempi di ritorno di 30 anni il tratto cunettato iniziale smaltisce senza problemi la portata in ingresso. In prossimità della passerella in legno in località “Messnerwiese” vi è una repentina variazione delle scabrezze d’alveo e le arginature laterali si riducono drasticamente. Le esondazioni si verificano in questo tratto fino alla strada che porta alla “Schludernser Tor”. In questa zona le portate massime esondate sono di 5.28 m³/s in destra orografica e di 2.39 m³/s in sinistra orografica. Complessivamente i volumi esondati ammontano a 18.680 m³ in destra orografica e 8.683 m³ in sinistra orografica. Più a valle, in località “Sandhof”, si verifica un’esondazione in destra orografica, da cui fuoriescono un massimo di 1.18 m³/s per un volume esondato totale di 5829 m³. La superficie inondata è di ca. 14.89 ha in destra orografica e si estende dai prati in località “Messnerwiese” sino alle aree residenziali latitanti il rio Puni. In sinistra orografica vengono inondatai circa 9.95 ha, la superficie si estende alle località “Moosanger”, “weiten Möser” e “Hauptgröben”. I tiranti non raggiungono generalmente valori superiori ai 0.2 m, valori maggiori si riscontrano all’interno dei numerosi fossati presenti, in cui l’acqua esondata tende a incanalarsi e nei prati di “Messnerwiese” dove si raggiungono profondità prossime ai 2 m.



Figura 167. Il muro di protezione in destra orografica nel tratto urbano del Puni a Glorenza.

Le esondazioni si estendono a monte per portate con tempi di ritorno di 100 anni, nel tratto che scorre parallelo alle mura settentrionali di Glorenza, soprattutto in corrispondenza del ponte in località “Punispitz”, vicino alla torre di nord-est. Le esondazioni in questo tratto sono superiori in sinistra orografica (portate massime complessive di $1.98 \text{ m}^3/\text{s}$) e sversano nei campi, in destra orografica infatti è presente un muro di protezione.

La superficie inondata in questo tratto in sinistra orografica si estende quindi per 3.55 ha ed interessa le località di “Untertawenz”, “Quadra” e “Paschgg”. I tiranti in queste zone si mantengono al di sotto degli 0.2 m , raggiungendo localmente gli 0.5 m . Le esondazioni in destra orografica a “Punispitz” superano la strada che porta alla “Schludernser Tor”, andando a ricongiungersi con le aree allagate dalla portata fuoriuscente in zona “Messnerwiese”. Le portate fuoriuscenti in questo punto sono di $3.21 \text{ m}^3/\text{s}$ in sinistra orografica (volume esondato pari a 15.392 m^3) e di $6.79 \text{ m}^3/\text{s}$ in destra orografica (volume esondato pari a 29.645 m^3). Le superfici inondate a valle della zona “Messnerwiese” sono di 17.6 ha in sinistra orografica e di 18.17 ha in destra orografica, con volumi di 8.683 m^3 e di 17.802 m^3 rispettivamente. Per l’evento 300ennale si verificano piccole esondazioni anche a monte della “Malsertor” in prossimità del vecchio ponte di legno, in destra orografica la massima portata fuoriuscente è di $0.04 \text{ m}^3/\text{s}$ per un volume complessivo di 32 m^3 sulla strada ($h_{\text{MAX}} = 0.15 \text{ m}$). Nel tratto mediano le esondazioni massime sono di $3.68 \text{ m}^3/\text{s}$ in sinistra orografica e di $7.44 \text{ m}^3/\text{s}$ in destra orografica. Le aree allagate sono rispettivamente di 19.81 ha e 19.86 ha , mentre i tiranti si mantengono generalmente sotto gli 0.2 m , anche se nella zona adiacente il canale della centrale idroelettrica le profondità sono mediamente di 0.4 m . Sempre in località “Messnerwiese” si verificano i tiranti maggiori, con punte di 2.15 m . Lo scenario di rischio residuo, relativo al verificarsi di una portata HN1000, produce un sovralluvionamento di tutta l’area, numerosi ponti vanno in pressione, la perimetrazione delle aree allagate è visibile nella Carta dei fenomeni (Tav. nr. 2.3.1). La sovrapposizione dell’onda di piena di progetto con gli scarichi della centrale idroelettrica di Glorenza risulta alquanto improbabile ed è pertanto classificabile nella sfera del rischio residuo.

Le zone di pericolo sono visibili nella Tav. nr. 2.3.3. L’unica zona rossa si localizza nei pressi della “Messnerwiese”, le aree blu tendono invece a concentrarsi nei pressi dei tanti fossati che solcano l’area di studio. Le aree inondate residue si classificano come semplici aree gialle. A valle dello scarico della centrale di Glorenza non sussistono pericoli idraulici significativi.

170

9.3.4 Rio Ram (A.420)

Con gli idrogrammi di progetto calcolati con i metodi precedentemente descritti e secondo gli scenari posti, è stata realizzata una modellazione 1D in ambiente HEC-RAS 4.0 nel tratto oggetto di studio, in condizioni sia di moto stazionario che non stazionario. In Figura 168 si riporta il profilo calcolato per una piena di progetto con tempo di ritorno di 100 anni.

Per tutti gli scenari di progetto considerati si verificano delle esondazioni, le aree alluvionate si pongono sia in destra che in sinistra orografica. Da un bilancio tra le portate influenti e le portate effluenti nel fiume Adige, l'entità di laminazione ammonta a 10.03 m³/s per HN30, 26.39 m³/s per HN100 e 49.55 m³/s per HN300. Le portate residue in alveo alla confluenza con l'Adige ammontano a 68.67 m³/s per HN30, 74.21 m³/s per HN100 e 74.55 m³/s per HN300. Complessivamente vengono alluvionate superfici di 29.27 ha per HN30, 36.54 ha per HN100 e 47.39 ha per HN300. I tiranti massimi si localizzano sempre presso la cava in località "Laatscher Pasagg" che si riempie completamente fungendo da bacino di raccolta. Si toccano 7.99 m per HN30, 11.24 m per HN100 e 11.41 m per HN300.

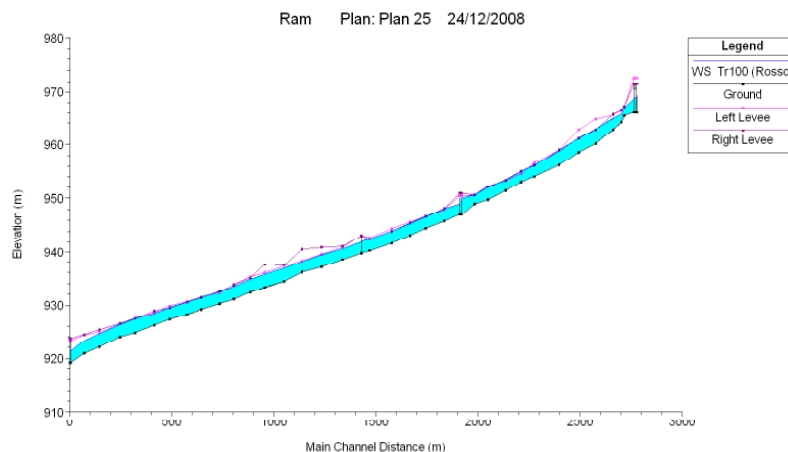


Figura 168. Profilo longitudinale nel tratto di studio del rio Ram per una piena con tempo di ritorno 100 anni.

Per l'evento 30ennale la superficie complessivamente allagata ammonta a ca. 29,3 ha, la sezione più critica si pone in corrispondenza del ponte per Laudes. Le esondazioni massime si localizzano in prossimità della cava in località "Grüeb" in sinistra orografica con portate massime di 6.5 m³/s che si incanalano lungo i campi ed in prossimità del ponte di Laudes si propagano verso Glorenza. Per lo scenario centenaria la portata massima sondata è pari a 10.23 m³/s in sinistra orografica, in destra orografica si verifica esondazione in prossimità del campo sportivo dove esondano portate massime di ca. 2.1 m³/s. Si verificano esondazioni in destra orografica anche a monte, tra il campo sportivo ed il ponte in località Calva, le portate superano la strada e si propagano nei campi della piana tra il rio Ram e la strada per Tubre. Piccole esondazioni localizzate si ravvisano anche nel tratto di valle tra il ponte di Laudes e la confluenza con il fiume Adige, sia in destra che in sinistra orografica. Per lo scenario 300ennale l'intensità dei fenomeni aumenta, anche se si ravvisano sempre classi di intensità media e bassa, con tiranti medi dell'ordine di 0.5 m. La perimetrazione relativa al rischio residuo, imputabile ad

una portata $HN_{1000} = 155.24 \text{ m}^3/\text{s}$, è riportata nella Carta dei fenomeni come richiesto dalle Direttive Provinciali (Tav. nr. 2.4.1).



Figura 169. Le aree alluvionabili in destra e sinistra orografica del rio Ram in località “Grüeb”.

Sempre in ambiente HEC – RAS 4.0 sono state effettuate delle simulazioni di trasporto solido a fondo mobile in moto quasi non stazionario. Non si ravvisano problemi in corrispondenza del restringimento rappresentato dal ponte per Laudes, non ci sono problemi di deflusso neanche in corrispondenza del cambio di pendenza in prossimità della confluenza con il fiume Adige, data la larghezza sufficiente della sezione di deflusso e la quota dei terrapieni laterali.

Per quanto concerne infine le zone di pericolo (Tav. nr. 2.4.3), si localizzano zone rosse in prossimità della cave presenti in zona, si registrano aree blu e gialle in tutto il perimetro alluvionato. Solo la cava a valle del ponte di Laudes è stata classificata come disposizione temporanea data l'imminente chiusura, pertanto le aree sono state classificate a pericolo elevato (zone blu).

172

9.3.5 Rio Solda (A.400)

Con gli idrogrammi di progetto calcolati con i metodi precedentemente descritti e secondo gli scenari posti è stata realizzata una modellazione 1D in ambiente HEC-RAS 4.0 nel tratto oggetto di studio.



Figura 170. Le aree in destra orografica del rio Solda interessate dagli sversamenti della piena millenaria in località “Ragitz”.

Si è verificato che nella cunetta che attraversa Prato allo Stelvio non vi sono problemi di esondazione, la capacità di deflusso infatti è tale da garantire il regolare deflusso delle piene marcate da tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni. Solo nello scenario di rischio residuo ($HQ_{1000} = 226.5 \text{ m}^3/\text{s}$) si registrano piccole esondazioni. Si riporta in Figura 171 il profilo calcolato nel tratto di interesse per una portata di progetto

con tempo di ritorno di 100 anni. Sempre in ambiente HEC – Ras 4.0 sono state effettuate delle simulazioni di trasporto solido a fondo mobile in moto quasi non stazionario, verificando che non vi sono apprezzabili fenomeni di deposito o erosione tenendo presente l’elevata stabilità del fondo e delle sponde nel tratto cunettato, come riportato precedentemente.

Pertanto, gli idrogrammi di piena sono stati propagati direttamente nel delta rappresentato dal “Prader Sand” sino allo sbocco nel fiume Adige. Attraverso la stima dei tiranti massimi e delle velocità di propagazione è stato possibile perimetrare le aree allagate nel delta. Vengono allagate aree di 23.8 ha ($h_{MAX} = 4.18$ m) per HN30, di 26.18 ha ($h_{MAX} = 4.68$ m) per HN100, di 27.79 ha ($h_{MAX} = 5.06$ m) per HN300. In tutti i casi i deflussi di piena non causano esondazione all’esterno dell’area di deiezione. Come si evince dalla Tav. nr. 2.5.3, si localizzano aree rosse, blu e gialle all’interno del “Prader Sand”, in un’area comunque a vulnerabilità limitata.

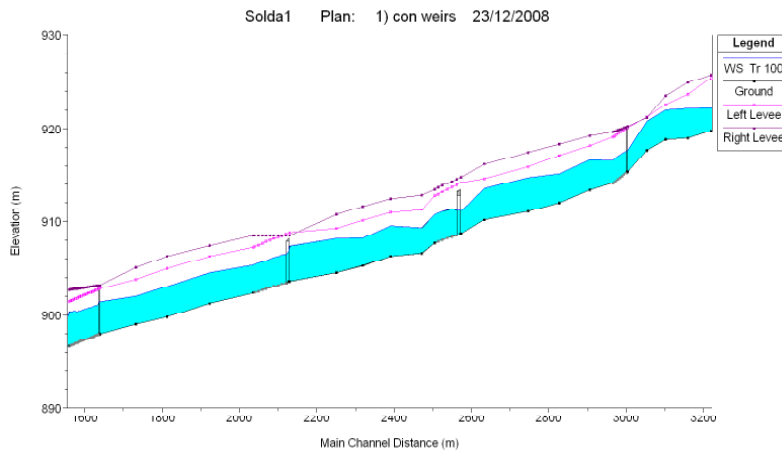


Figura 171. Modellazione idraulica di una piena con tempo di ritorno 100 anni del rio Solda a Prato allo Stelvio.

9.4 Torrenti primari

9.4.1 Rio Allitz (A.340)

Secondo gli scenari posti per il rio Allitz, si rimanda alla Carta delle Zone di Pericolo illustrata in Tav. nr. 3.1.4. L’evento 30ennale non produce esondazioni in alcun tratto di valle della cunetta che dal paese di Allitz giunge sino a valle della Strada Statale. Per gli eventi più estremi, le massime profondità di deflusso della colata si localizzano nel tratto di valle del rio nei pressi del sottopasso lungo la Strada Statale e raggiungono valori anche maggiori di 3 m ($h_{MAX} = 3.34$ m). Le aree inondate si pongono sia in destra che in sinistra orografica e si sviluppano parallelamente al corso d’acqua nel tratto a monte del grande muro di protezione eretto nei campi del medio corso.

Le velocità massime di propagazione delle colate di progetto sul piano campagna si raggiungono sempre lungo la strada illustrata in Figura 172 ed ammontano a ca. 2 m/s, valori maggiori si ottengono solo nel tratto di valle del torrente, tra la Strada Statale e la ferrovia Merano – Malles. Piccole esondazioni si verificano anche a monte del paese di Allitz, in località “Kirchhöfe” per gli eventi più estremi (HN300) per un tratto di ca. 350 m. Le esondazioni del rio non interessano in nessun caso abitazioni, viene

intercettata esclusivamente la Strada Statale. Pertanto, si registrano zone rosse nei tratti in cui la velocità è molto elevata (strade asfaltate e pendii molto ripidi), in genere le aree allagate sono classificate come blu e gialle.



Figura 172. Il muro d'argine in destra orografica nel tratto medio del rio Allitz, una delle passarelle presenti e la strada lungo cui si incanalano i flussi in sinistra orografica.

Lo scenario di rischio residuo, adottato secondo quanto illustrato nel paragrafo 8.3.3, è relativo all'occlusione del ponte di Allitz in seguito ad una scarsa efficienza del briglia di trattenuta posta alla confluenza dei sottobacini del Gatria e dello Strimm. In tal caso, l'albero di rischio sviluppato ha dimostrato che nel caso di un cattivo funzionamento della trattenuta a monte, le portate solide non vengono laminate già per gli eventi HN30, le colate quindi superano agilmente la barriera trascinando materiale grossolano e legname verso valle ed ostruendo il ponte. Si verificano pertanto esondazioni, maggiori in destra orografica, l'area allagata è lunga ca. 1.200 m per una larghezza media di 150 m. Si rimanda alla Carta dei fenomeni (Tav. nr. 3.1.3).

174

9.4.2 Rio Tanas (A.365)

Date le dimensioni del grande bacino di trattenuta presente a monte della Strada Statale, le colate detritiche prodotte dal rio Tanas vengono adeguatamente laminate, dando origine a semplici fenomeni di alluvionamento torrentizio. Il bacino di deposito si riempie completamente di materiale solido, in cui le deiezioni raggiungono anche i 7.80 m di profondità. Il materiale più fine ed i flussi liquidi tendono quindi a superare lo sbarramento della briglia di trattenuta posta al termine del bacino, si incanalano lungo il sottopasso della Strada Statale con velocità massime di 1.16 m/s e si disperdono nei campi sottostanti (Figura 173).



Figura 173. La cunetta a valle della briglia sul Tanas, l'attraversamento della Strada Statale e le aree in cui si disperdono gli alluvionamenti.

Sversamenti lungo la vecchia cunetta del rio Tanas non sono verosimili, il passaggio infatti si considera istantaneamente ostruito in caso di colata detritica date le ridotte dimensioni della luce, anche a causa della grande massa vegetale che prolifica nel bacino stesso.

Secondo quanto riportato sulla Carta delle Zone di Pericolo (Tav. nr. 3.2.4), l'unica grande area rossa si pone all'interno del bacino di deposito, aree blu si pongono lungo la strada di servizio del bacino nei campi a valle della Strada Statale. La barriera rappresentata dal rilevato ferroviario fa sì che le profondità salgano anche oltre i 0.5 m, in alcuni punti i flussi transitano nelle aperture presenti lungo la ferrovia e gli allagamenti si spingono anche in località "Kuhau" e "Sandmöser" in cui si registrano principalmente aree gialle. Per lo scenario di rischio residuo si rimanda alla Carta dei fenomeni riportata in Tav. nr. 3.2.3.

9.4.3 Rio di Cinigo (A.410.20)

Secondo le ipotesi poste e le modellazioni effettuate, le esondazioni del rio di Cinigo avvengono già a monte dell'area di studio, a monte del rilevato ferroviario della Merano – Malles. Le ridotte dimensioni del rio (largo ca. 0.3 m nel tratto subito a valle della ferrovia) confermano le evidenze delle modellazioni.



Figura 174. Il sottopasso ferroviario lungo il quale scorre il rio di Cinigo e due immagini dell'alveo del rio.

L'alluvione torrentizia del rio di Cinigo alluviona l'intera area di valle, i tiranti maggiori si localizzano però subito a monte del rilevato ferroviario, in cui l'acqua raggiunge 1.1 m di altezza, l'acqua scorre con velocità massime di 1.81 m/s. Più a valle, nei pressi del campeggio, si riscontrano tiranti di 0.46 m nelle aree più depresse. I flussi in uscita si biforcano prima del camping seguendo l'alveo artificiale del rio in destra orografica e le direttrici topografiche in sinistra orografica. Viene alluvionata la strada che da Sluderno porta a Glorenza, i flussi si raccolgono poi nelle depressioni presenti lungo il canale artificiale di scarico della centrale idroelettrica di Glorenza.



Figura 175. L'attuale alveo del rio di Cinigo e l'area in cui si verifica la biforcazione sopra descritta.

Stando a quanto riportato nella Carta delle Zone di Pericolo (Tav. nr. 3.3.4), piccole aree blu si pongono a monte prima del rilevato ferroviario esternamente all'area di studio, le aree allegata nel perimetro di studio si classificano invece come aree gialle. Per la perimetrazione dei processi e dello scenario di rischio residuo si rimanda alla Carta dei fenomeni (Tav. nr. 3.3.3).

9.4.4 Rio di Tarces (A.410.20.5)

Date le maggiori dimensioni del bacino imbrifero, il rio di Tarces produce alluvionamenti torrentizi ben maggiori di quelli del attiguo rio di Cinigo. Per gli eventi di progetti i tiranti massimi si localizzano anche in questo caso a monte del rilevato ferroviario in cui l'acqua raggiunge un'altezza di 1.67 m e si propaga con velocità di 3.39 m/s. Nei canali di pianura nei pressi del campeggio vengono raggiunte invece altezze massime di 0.81 m, le velocità tendono comunque ad esaurirsi a valle della strada tra Sluderno e Glorenza, che viene comunque alluvionata. Si ipotizza infatti l'ostruzione degli attraversamenti a tubo di tutti i canali che solcano la sede stradale.



Figura 176. L'attraversamento ferroviario e l'intubazione del rio Tarces all'apice della conoie e particolare di una degli attraversamenti a tubo presenti nel tratto inferiore del rio.



Figura 177. Le aree alluvionate a monte ed a valle della strada tra Sluderno e Glorenza.

Stando a quanto riportato nella Carta delle Zone di Pericolo (Tav. nr. 3.4.4), piccole zone rosse si localizzano a ridosso dell'attraversamento ferroviario a causa degli elevati tiranti e delle elevate velocità di flusso. Le aree alluvionali all'interno dell'area di studio si classificano come aree blu (in corrispondenza delle maggiori depressioni create ad esempio lungo il canale di scarico della centrale idroelettrica di Glorenza) e gialle. Per la perimetrazione dei processi e dello scenario di rischio residuo si rimanda alla Carta dei fenomeni (Tav. nr. 3.4.3).

9.4.5 Rio Montechiaro (A.405.5)

Data l'efficienza dell'opera di trattenuta del materiale solido a monte delle abitazioni, il rio di Montechiaro genera fenomeni di alluvionamento torrentizio. Lo scenario di progetto prevede l'ostruzione del primo degli attraversamenti stradali presenti, pertanto i flussi si riversano lungo le vie del paese e si perdono nei campi in località "Schneiderwiese". Per l'evento centenario le maggiori velocità di flusso si registrano lungo le strade del paese, con valori di picco pari a 1.12 m/s, nei prati sottostanti le acque tendono progressivamente a fermarsi sino a raggiungere e superare la strada per Glorenza. I tiranti maggiori si registrano alla fine del paese, in presenza di piccoli muri di confine, ed ammonta sempre per HN100 a 0.78 m, mentre nella piana sottostante si attestano mediamente intorno a valori inferiori a 0.5 m. La direzione di flusso degli sversamenti del rio viene deviata dal nuovo muro di protezione eretto nei pressi del ristorante „Cavallino Bianco“.



Figura 178. Alcune delle aree coinvolte dagli sversamenti del rio di Montechiaro.

Stando quindi a quanto riportato nella Carta delle Zone di Pericolo (Tav. nr. 3.5.4), le aree allagate in paese sono classificate come gialle, zone blu si riscontrano in corrispondenza dei tiranti maggiori e nei prati a ridosso della strada per Glorenza. Per la perimetrazione delle aree allagate e la quantificazione dello scenario di rischio residuo (HN1000) si rimanda alla Carta dei fenomeni (Tav. nr. 3.5.3).

9.4.6 Rio Renner

Data l'efficienza dell'opera di trattenuta del materiale solido presente, il rio Renner genera una alluvione torrentizia. Le modellazioni idrauliche sono state effettuate assumendo che nel tratto iniziale del paese si verifichi l'esondazione, a causa della completa ostruzione della luce della cunetta presso il primo attraversamento stradale. Gli idrogrammi di progetto sono stati pertanto propagati attraverso le strade del paese avendo cura di includere nella modellazione tutti i vincoli (muri di confine, strade, etc) presenti. In Figura 179 si riporta una veduta panoramica del centro abitato di Montechiaro.

Per una piena con tempo di ritorno di 30 anni i flussi influenti attraversano Montechiaro e si propaga in destra orografica fino alla località di "Schneiderwiese", per poi oltrepassarla ed esaurirsi nei prati accanto alla strada che collega Prato allo Stelvio con Glorenza in località "Kessel". L'area esondata è di circa 3.9 ha. Le intensità si mantengono intermedie e basse anche per tempi di ritorno di 100 anni. Per eventi severi (HN100 e HN300) i flussi superano la strada provinciale per Glorenza, si sversano nei prati di "Untermooswiese" e si esauriscono nel rio Pavile, con una superficie complessiva esondata di circa 5.5 ha. Per un evento con tempo di ritorno 300ennale la superficie inondata risulta di 7 ha.



Figura 179. L'abitato di Montechiaro alluvionato dal rio Renner.

All'interno del paese vi sono numerosi muri che tendono a deviare il flusso delle piene ed a creare dei punti di accumulo in cui l'inondazione raggiunge tiranti maggiori. I massimi tiranti si localizzano fra Via Mercato e Vicolo di Mezzo ($h_{MAX} = 1.53$ m per HN30, $h_{MAX} = 1.65$ m per HN100, $h_{MAX} = 1.74$ m per HN300). Lungo Vicolo di Mezzo il flusso viene incanalato fra le abitazioni, raggiungendo velocità elevate ($v_{MAX} = 1.94$ m per HN30, $v_{MAX} = 2.37$ m per HN100, $v_{MAX} = 2.73$ m per HN300).

Noti i valori delle velocità di propagazione e dei tiranti nelle aree soggette ad inondazione, è stato possibile elaborare la Carta dei livelli di pericolo (Tav. nr. 3.11.4). La perimetrazione delle aree inondate nello scenario di rischio residuo (HN10000) è riportata nella Carta dei fenomeni (Tav. nr. 3.11.3).

9.4.7 Rio di Cavallaccio (A.405)

Per lo studio degli eventi idraulici sul rio di Cavallaccio si sono assunti degli scenari coerenti con quanto accaduto in passato. Secondo quanto illustrato nel paragrafo 8.3.9, sono stati modellati degli scenari di colata detritica conseguente a dam break come verosimilmente accaduto nel 1983. I risultati delle modellazioni idrauliche effettuate sono coerenti con quanto accaduto in passato.

Assumendo tempi di ritorno ultracentenari per gli eventi sul Cavallaccio, negli scenari di progetto (HN150, HN300) all'apice della conoide nei pressi del Castello in località "Paffengütter" le velocità massime in alveo raggiungono i 3.1 m/s, il canale è invaso da un fronte detritico alto ca. 6 m, si raggiungono nei punti più depressi del canale anche profondità di 8 m. Le colate defluiscono lungo il corso del rio, inondano i prati della "Kreuzwiese" e tutte le aree a monte ed a valle della strada per Prato allo Stelvio. Nel bacino di accumulo posto a ridosso della strada al piede della conoide le velocità massime sono sensibilmente più basse (0.15 – 0.88 m/s) mentre si raggiungono tiranti massimi compresi tra 4 e 6 m.



Figura 180. Le zone interessate dalle colate di progetto lungo il tratto inferiore del rio Cavallaccio.

Per lo scenario di rischio residuo, si è assunta una colata di progetto di magnitudo molto elevata (HN1000) con una completa inefficienza delle paratie di protezione poste in località “Bachwiese”. Pertanto l’onda di colata raggiunge la quota dell’apertura del muro arginale e si propaga nel paese di Montechiaro, alluvionando le zone di “Schlossanger” e “Wegscheider” ed invadendo il paese.

Stando quindi a quanto riportato nella Carta delle Zone di Pericolo (Tav. nr. 3.6.4), l’intero alveo del torrente ed i bacini di deposito sito a ridosso della strada tra Prato allo Stelvio e Glorenza sono classificati come aree rosse, così come tutte le aree interessate dagli sversamenti detritici. Ampie zone blu si pongono nella zona umida a valle della strada ed in località “Murwiese”. Le aree più esterne delle zone alluvionate sono classificate come semplici aree gialle. Per la perimetrazione delle aree allagate e la quantificazione dello scenario di rischio residuo (HN1000) si rimanda alla Carta dei fenomeni idraulici (Tav. nr. 3.6.3).

9.4.8 Rio Schmelz (A.400.5)

Dai sopralluoghi effettuati, si intuisce come il rio Schmelz abbia uno sviluppo sostanzialmente rettilineo ed uniforme con pendenze molto accentuate (Tav. nr. 3.7.1), pertanto è possibile concludere che gli eventi di colata detritica che si verificano tendano ad allagare aree simili non avendo il rio possibilità di divagazione, data la particolare ubicazione della conoide (che sversa sulla SS38 e direttamente nel rio Solda in località Schmelz).



Figura 181. Le aree alluvionate dall’evento di progetto di 100 anni per il rio Schmelz.

La propagazione delle colate di progetto è stata effettuata su una griglia a maglia costante 5x5m che ha permesso il calcolo dei massimi depositi e delle velocità di propagazione sul piano campagna. In Figura 162 si riportano le aree inondate per una piena di progetto con tempo di ritorno di 100 anni. Dalle simulazioni emerge in tutti i casi una medesima area di alluvionamento (ca. 1.5 ha), l’onda di colata lambisce le abitazioni presenti, oltrepassa la SS38 e deposita il materiale nel rio Solda. Per HN30 si registrano velocità massime di 1.8 m/s con la strada statale che viene ricoperta di ca. 0.2 m di detrito. Per un evento con tempo di ritorno 100ennale la massima velocità con cui la colata investe la sede stradale è di 2.09 m/s, mentre i depositi raggiungono 0.25 m di altezza. Infine la colata HN300 genera velocità che arrivano a punte di 2.32 m/s, con tiranti massimi sulla sede stradale di 0.29 m. I depositi massimi stimati nell’alveo del rio Solda variano da 0.5 a 0.8 m, dalle modellazioni 1D effettuate la parziale ostruzione d’alveo che si verifica non rappresenta un ostacolo sostanziale al deflusso del rio che si mantiene sempre confinato nell’alveo data l’ampiezza delle sezioni considerate.

Noti i valori delle velocità di propagazione e dei depositi nelle aree soggette ad inondazione, è stato possibile elaborare la Carta delle Zone di Pericolo (Tav. nr. 3.7.4). Si individuano zone rosse e blu a causa dell'estrema velocità dei fenomeni. La perimetrazione delle aree inondate nello scenario di rischio residuo (HN1000) è riportata nella Carta dei fenomeni idraulici (Tav. nr. 3.7.3).

9.4.9 Rio Cerin (A.390)

Il bacino imbrifero del rio Cerin presenta dissesti idrogeologici nel tratto medio ed inferiore, parzialmente corretti per le numerose opere di sistemazioni realizzate. Nonostante la buona efficienza delle opere di trattenuta del materiale solido realizzate all'apice della conoide di deiezione, la laminazione dei picchi solidi influenti da non è particolarmente elevata (6.000 m^3), pertanto si generano sul piano campagna fenomeni di colamento detritico piuttosto intensi. Dopo il secondo bacino di trattenuta si registrano per l'evento di progetto HN100 velocità di propagazione di 5 m/s nel punto di esondazione lungo gli argini in terra del bacino in cui si raggiungono depositi di 4.5 m, sul piano campagna si registrano invece velocità massime di 0.85 m/s. I tiranti massimi si registrano in orografica sinistra con tiranti superiori a 2 m per poi degradare sul piano alluvionale fino a raggiungere valori medi di 0.3-0.5 m. In particolare, si evidenzia la funzione del grande muro arginale di protezione presente in sinistra orografica, a ridosso del quale si registrano per l'evento HN100 depositi massimi di 2.3 m e velocità di impatto di 2.4 m/s.

Stando quindi a quanto riportato nella Carta delle Zone di Pericolo (Tav. nr. 3.8.4), le aree alluvionate possono essere classificate come aree rosse, blu e gialle. Per la perimetrazione delle aree allagate e la quantificazione dello scenario di rischio residuo (HN1000) si rimanda alla Carta dei fenomeni idraulici (Tav. nr. 3.8.3).

180

9.4.10 Rio Cengles (A.375)

Con gli idrogrammi di progetto calcolati con i metodi precedentemente descritti e secondo gli scenari posti, è stata realizzata una modellazione 1D in ambiente HEC – RAS 4.0 abbinata ad una simulazione 2D in ambiente Flo2D nel tratto oggetto di studio.

Per gli scenari di progetto, le paratie di protezione realizzate ai ponti sono state assunte perfettamente efficienti. In tutti i casi si nota come i lavori condotti nel biennio 2007-2008 dalla Rip. 30 Opere Idrauliche (rinforzo e risanamento dei muri laterali, paratie di protezione, sopralzo argini) permettano di confinare la colata all'interno del canale trapezoidale.

In Figura 182 è riportato il profilo calcolato mediante modello 1D di un evento con 100 anni di tempo di ritorno, si nota come il primo ponte va in pressione ma la chiusura delle paratoie scongiura l'esondazione. Esondazioni non si registrano neanche per l'evento 300ennale. Si ottengono velocità di scorrimento nel canale di ca. 1.6 – 1.9 m/s, pertanto si ritiene di aver così ricostruito con sufficiente precisione le dinamiche delle colate avvenute in passato.

Gli idrogrammi delle onde di colata influenti dalla cunetta trapezoidale sono stati pertanto propagati direttamente nell'area del biotopo "Ontaneto di Cengles", su una griglia a maglia quadrata ($10 \times 10 \text{ m}$) per garantire la stabilità numerica del modello matematico utilizzato. La cella di inflow è stata posta al termine della cunetta. La perimetrazione delle aree inondate è visibile nella Carta dei fenomeni (Tav. nr.

3.9.3), si intuisce come le aree esondate non varino sostanzialmente all'aumentare della severità dell'evento, aumentano invece le entità dei depositi all'interno del biotopo.

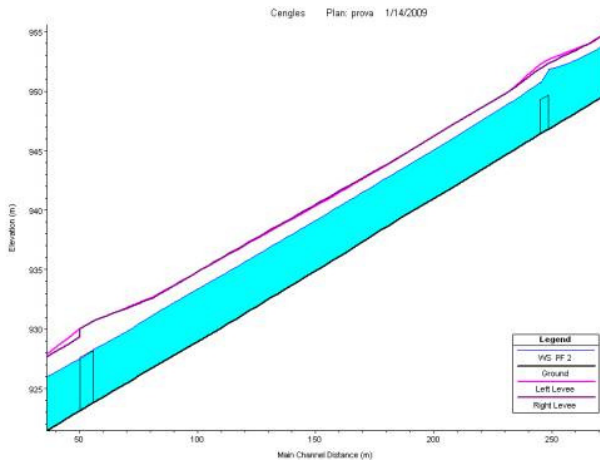


Figura 182. Profilo longitudinale del tratto oggetto di studio del rio Cengles per un evento con tempo di ritorno 100 anni.

Per lo scenario HN30 si registrano depositi massimi anche superiori ai 3 m ai lati della zona di sbocco (levees), i flussi si propagano sino a lambire il fiume Adige, si registrano mediamente tiranti variabili tra 0.1 e 0.3 m. Le velocità di propagazione dell'onda influente sono di 1.6 m/s, si riducono progressivamente nella zona di deposito. Vengono alluvionati ca. 75 ha di territorio posti sulla conoide del Cengles. All'aumentare della severità dell'evento le aree alluvionate aumentano marginalmente (83 ha per HN100 e 89 ha per HN300). Per HN100 i depositi massimi ammontano a ca. 3.5 m e le massime di velocità di scorrimento allo sbocco della cunetta sono di ca. 1.85 m/s. Per HN300 infine i massimi depositi si stimano in ca. 4 m con la colata di progetto che invade l'area dell'ontaneto con una velocità massima di 1.95 m/s. In questo caso i flussi superando anche la strada per Oris, piccoli sversamenti si registrano quindi anche in località "Prati Lunghi".

181

Nello scenario di rischio residuo, si è considerata una colata di progetto con tempo di ritorno 1000 anni ($Q_{TOT} = 198.25 \text{ m}^3/\text{s}$) per un volume totale di progetto, solido e liquido, pari a 392.600 m^3 . Si è assunto pertanto un cattivo funzionamento delle paratie di protezione alle aperture lungo i ponti, da cui defluiscono ingenti quantità di materiale. Le aperture sono state modellate come sfioratori laterali, secondo quanto riportato in Frega et al. (2006) assumendo un coefficiente di efflusso pari a 0.42. Risultano esondazioni sia in destra che in sinistra orografica, sia al primo ponte che al secondo attraversamento. Piccole esondazioni si hanno anche lateralmente a valle della briglia.

Come si evince dalla Carta delle Zone di Pericolo (Tav. nr. 3.9.4), si localizzano aree rosse e blu in gran parte delle aree alluvionate a causa dell'elevato spessore dei depositi, zona gialle si localizzano solamente ai margini delle superfici inondate. La perimetrazione delle aree inondate per tutti gli scenari di progetto è riportata nella Carta dei fenomeni (Tav. nr. 3.9.3).

9.4.11 Rio Lasa (A.355)

Come ampiamente descritto nel paragrafo 8.3.13, in sede di modellazione si è adottato lo scenario più gravoso tra quelli considerati. Le colate detritiche generate da fenomeni di dam break hanno infatti magnitudo ed intensità minori rispetto a quelle generate dai torrenti laterali, pertanto si è assunto il verificarsi di questo secondo accadimento. L'efficienza della grande briglia di trattenuta realizzata nel biennio 1999-2000 dal Servizio Bacini Montani della Provincia Autonoma di Bolzano consente poi una notevole laminazione delle portate solide influenti da monte, generando nell'alveo di valle un fenomeno di alluvionamento torrentizio. Eventi simili (piene con elevato trasporto solido) si sono già verificate dopo la costruzione della briglia di trattenuta, pertanto i risultati ottenuti risultano coerenti con la documentazione degli eventi reperita e presentata nel capitolo 6.

Sempre in accordo con la documentazione storica, per tempi di ritorno di 30 e 100 anni i fenomeni torrentizi sul rio Lasa rimangono confinati in alveo, il ponte in località "Obermühle" non va in pressione e non si verificano esondazioni. Le elevate scabrezze del tratto terminale, a valle della "Marxhütte", garantiscono poi lo smaltimento dei volumi di piena nel fiume Adige.



Figura 183. Il tratto di valle del rio Lasa lungo cui defluiscono le piene di progetto.

Per eventi più severi (HN300) si verificano invece esondazioni sia in destra che in sinistra orografica, in località "Außerbachen" ed a ridosso del ponte lungo via del Bersaglio nei pressi degli impianti idroelettrici di Lasa. Il ponte in località "Obermühle" va in pressione ma è stato assunto cedevole. Le aree alluvionate presentano comunque tiranti d'acqua generalmente inferiori a 0.5 m con velocità di flusso molto limitate.

Come si evince dalla Carta delle Zone di Pericolo (Tav. nr. 3.10.4), le aree allagate per l'evento trecentennale si classificano come semplici aree gialle. La perimetrazione delle aree inondate per tutti gli scenari di progetto è riportata nella Carta dei fenomeni idraulici (Tav. nr. 3.10.3).



Figura 184. I campi di mele in sinistra orografica ed il bacino di accumulo idroelettrico in destra orografica a Lasa.

9.5 Torrenti secondari

9.5.1 Fossato Spondigna

Il fossato di Spondigna è in grado di generare alluvionamenti torrentizi. I tiranti maggiori ammontano a 0.28 m, le aree inondate si estendono oltre la Strada Statale sino alle rive del fiume Adige. Per un evento centenario i flussi che il fossato è in grado di generare raggiungono velocità massime di 1.84 m/s. Secondo quanto riportato nella Carta delle Zone di Pericolo (Tav. nr. 4.1.3) le aree allagate si classificano come aree blu e gialle.

9.5.2 Rio Plazut (A.415)

Il rio Plazut è in grado di generare sull'ampia conoide fenomeni di alluvionamento torrentizio. Per l'evento di progetto centenario le massime altezze dei tiranti idrici ammontano a 0.49 m nelle zone ad est nei pressi della Chiesa di S. Martino. Le massime velocità di propagazione sul piano campagna risultano invece pari a 2.2 m/s in località "Tschött". Le aree allagate si estendono per circa metà delle conoide, si incanalano parzialmente lungo la strada che porta sino alla Provinciale per Glorenza. Secondo quanto riportato nella Carta delle Zone di Pericolo (Tav. nr. 4.2.3) si generano ampie zone blu e gialle.

9.5.3 Rio Pavile (A.405.5.5)

Il rio Pavile è in grado di generare flussi iperconcentrati riconducibili ad alluvioni torrentizie. Per l'evento centenario le massime altezze del tirante d'acqua sul piano campagna ammontano a 0.92 m in località "Gritschmöser", le massime velocità di deflusso invece si stimano in 2.3 m/s all'apice della conoide in località "Oberölwaal". Secondo quanto riportato nella Carta delle Zone di Pericolo (Tav. nr. 4.3.3) si generano ampie zone blu a monte della Provinciale tra Prato allo Stelvio e Glorenza, mentre nelle piccole aree allagate a valle della strada (solo per HN300) si localizzano aree gialle.

9.5.4 A.395.5

Il rio A.395.5 insiste sopra l'abitato di Prato allo Stelvio in destra orografica rispetto al rio Solda ed è in grado di generare fenomeni di alluvionamento torrentizio anche piuttosto consistenti, inondando al massimo un'area di ca. 15 ha. I tiranti maggiori si registrano a ridosso delle case ai piedi della conoide lungo la SS dello Stelvio ed ammontano a 1.2 m. I flussi degradano verso valle con velocità massime di 1.07 m/s lungo i prati della conoide, per poi perdersi lungo le vie delle abitazioni sottostanti. In Figura 185 sono riportate le aree investite dagli eventi di progetto.



Figura 185. Le aree lungo le quali si propaga l'alluvione del rio A.395.5.

Secondo quanto riportato nella Carta delle Zone di Pericolo (Tav. nr. 4.4.3) si registrano vaste aree blu in tutta la conoide sino alle case, successivamente si classificano solamente aree gialle.

9.5.5 A.390.5.5

L'affluente del rio Cerin noto con il codice A.390.5.5 può generare colate detritiche di modeste magnitudo. Per HN100 vengono raggiunti tiranti massimi di 0.43 m per velocità massime di ca. 1.83 m/s all'apice della conoide. Secondo quanto riportato nella Carta delle Zone di Pericolo (Tav. nr. 4.5.3) si registrano aree rosse nel canale principale del rio nelle zone apicali della conoide, zone blu si localizzano lungo il corso inferiore del torrente, piccole aree gialle si localizzano nelle fasce esterne della zona alluvionata.

9.5.6 Rio Nico (A.390.5)

Il rio Nico genera fenomeni di alluvionamento torrentizio, descrivibili come flussi iperconcentrati anche piuttosto consistenti. Per HN100 si generano tiranti massimi su piano campagna di ca. 0.93 m all'altezza del fossato che transita nella zona boscata di valle. Le massime velocità di flusso ammontano a 3.4 m/s.



Figura 186. Le aree di propagazione dell'alluvione torrentizia lungo il rio Nico.

Secondo quanto riportato nella Carta delle Zone di Pericolo (Tav. nr. 4.6.3) si registrano sostanzialmente vaste aree blu in tutto il tratto latistante il fossato sino al corso principale del rio Cerin in cui il rio Nico adduce i suoi sversamenti.

9.5.7 Rio di Pseg (A.385)

Il bacino imbrifero del rio di Pseg è in grado di generare fenomeni di alluvionamento torrentizio in caso di eventi meteorici particolarmente intensi.



Figura 187. Le aree di esaurimento dell'alluvione torrentizia generata dal rio di Pseg nei pressi della strada tra Prato e Cengles.

Per l'evento centenario, si registrano tiranti massimi di ca. 0.38 m nell'area della zona umida al piede della conoide. Sul piano campagna invece si registrano velocità massime per il medesimo evento di progetto pari a 1.49 m/s. Secondo quanto riportato nella Carta delle Zone di Pericolo (Tav. nr. 4.7.3) si registrano sostanzialmente aree blu sino al piede della conoide, poi semplici aree gialle nelle zone alluvionate pianeggianti.

9.5.8 Rio di Dietrocastello (A.380)

Il rio di Dietrocastello è in grado di generare flussi concentrati particolarmente intensi, ascrivibili però come alluvioni torrentizie, come per altro è accaduto nel 1983. I depositi massimi raggiungono il metro di altezza per gli eventi di progetto in località "Alten Felder", le massime velocità di flusso registrate sul piano campagna si assestano a 3.15 m/s nelle aree comprese tra la località "Alten Felder" e la piana alluvionale del fiume Adige. Le modellazioni sono coerenti con la perimetrazione dell'evento storico citato e riportato sulla Carta dei fenomeni (Tav. nr. 4.8.1).



Figura 188. L'area in cui le colate di progetto si propagano e particolare del canale del rio di Dietrocastello.

Secondo quanto riportato nella Carta delle Zone di Pericolo (Tav. nr. 4.8.3) si registrano zone rosse solo lungo il canale illustrato in Figura 188, ampie zone blu e gialle coprono il resto delle aree allagate.

9.5.9 Rio del Dosso (A.380.5)

Anche il rio del Dosso è propenso a generare colate detritiche. Per l'evento centenario (HN100) vengono raggiunte velocità massime di deflusso pari 2.00 m/s sul piano campagna con depositi anche superiori a 0.5 m nella zona compresa tra il "Vorderburghof" ed il "Türkhof". I massimi depositi sul piano campagna ammontano a 0.38 m in prossimità della località nota come "Runggsteig".



Figura 189. Le aree di deiezione dei rii del Dosso (A.380.5) e di Stellan (A.380.5.5)

La particolare disposizione topografica (terrazzamenti inolti e cambi locali di pendenza molto accentuati, unitamente a coperture boschive a macchia) inducono il deposito del materiale solido, pertanto solo gli eventi ultracentenari arrivano a lambire le abitazioni presenti in zona. Secondo quanto riportato nella Carta delle Zone di Pericolo (Tav. nr. 4.9.3) si registrano zone rosse, ampie zone blu e gialle coprono il resto delle aree allagate, che rientrano solo marginalmente nel perimetro di studio.

9.5.10 Rio di Stellan (A.380.5.5)

Il rio di Stellan, che degreda verso valle nei pressi del paese di Cengles, è in grado di generare colamenti detritici di notevole entità, se commisurati all'estensione del bacino imbrifero sotteso. Il punto di propagazione delle colate è stato posto a ridosso degli attraversamenti stradali tra le località "Kohlstattl" e "Türkhofer". Dalle simulazioni condotte si intuisce come le colate non riescano a raggiungere le abitazioni di Cengles neanche per eventi HN300, i terrazzamenti presenti inducono infatti il deposito del materiale solido generando ampie aree rosse in tutta l'area alluvionata. Viene interrotta in tutti i casi la strada ponderale "Tschenglserberg" che collegati alcuni masi spari al centro abitato. Solo eventi millenari possono arrivare a lambire alcune abitazioni di Cengles. Secondo quanto riportato nella Carta delle Zone di Pericolo (Tav. nr. 4.10.3) si registrano ampie zone rosse lungo i canali principali afferenti al reticolo idrografico del rio, con piccole aree e propaggini di deposito classificate come aree blu e gialle. Tali aree a pericolo idraulico non rientrano però nel perimetro di studio, pertanto non è stata prodotta alcuna Carta delle Zone di Pericolo.

9.5.11 Rio di Dosso (A.360)

Il rio di Dosso è in grado di generare alluvionamenti torrentizi, oltre a subire forti rigurgiti in caso di piena del fiume Adige. Per un evento con tempo di ritorno 100 anni i massimi tiranti d'acqua sono di 0.80 m al piede della conoide nei pressi della zona militare. Le velocità di flusso massime sul piano campagna ammontano invece a 2.07 m/s all'apice delle conoidi e degredano man mano che l'acqua discende verso valle. Secondo quanto riportato nella Carta delle Zone di Pericolo (Tav. nr. 4.11.3) si registrano zone rosse lungo i canali principali afferenti al reticolo idrografico, ampie zone blu coprono gran parte della conoide, le zone gialle si localizzano solamente nelle piana latistante il fiume Adige.

9.5.12 A.360.5

Al contrario del rio di Dosso, l'affluente noto con il codice A.360.5 è in grado di generare colamenti detritici, i depositi maggiori si hanno al piede della conoide con valori massimi prossimi a 0.86 m nelle aree prossime alla zona militare. Le massime velocità di flusso per gli scenari di progetto (HN100) sono di 1.74 m/s all'apice della conoide. Secondo quanto riportato nella Carta delle Zone di Pericolo (Tav. nr. 4.12.3) si generano zone rosse nel canale principale del rio, zone blu si registrano su gran parte della conoide, piccole aree gialle si localizzano invece nelle fasce più esterne delle aree allagate.

9.5.13 Valle di Gravara

Il bacino imbrifero della Valle di Gravara, che degrada lungo la conoide a monte di Lasa in destra orografica dell'Adige, è in grado di generare colate detritiche. Sul piano campagna si generano tiranti massimi di 0.7 m per il massimo evento di progetto all'apice della conoide, le deiezioni che vanno a

depositarsi in località “Gaforawiesen” a ridosso del rio di Dosso (Eckbach) raggiungendo depositi medi di ca. 0.15 m. Le velocità di flusso maggiori ammontano a 1.96 m/s e si registrano all’apice della conoide. Secondo quanto riportato nella Carta delle Zone di Pericolo (Tav. nr. 4.13.3) si generano zone rosse nelle aree di transito delle colate di progetto all’apice della conoide, zone blu si registrano su gran parte della conoide, piccole aree gialle si localizzano invece nelle fasce più esterne delle aree allagate.



Figura 190. Il bacino imbriferi dei rii di Dosso e A.360.5 e tracce di vecchi depositi ai piedi della conoide.

9.6 Carta del rischio specifico

Si rimanda alla Carta del Rischio Specifico (Tav. nr. 1.8a) ed alle singole carte prodotte per i fiumi di fondovalle ed i torrenti primari per la localizzazione delle aree classificate a rischio specifico. Speditamente occorre sottolineare come zone a rischio specifico elevato (Rs3) e molto elevato (Rs4) si definiscono in destra orografica a Lasa in località Roßänger, a causa delle inondazioni del fiume Adige. Nel comune di Prato allo Stelvio si individuano zone Rs3 e Rs4 nelle aree interessate dalle deiezioni dei rii Schmelz e A.395.5, nonché all’interno del delta del Solda “Prader Sand” nei pressi dei laghetti posti in orografica destra del fiume Adige. Anche il centro abitato di Sluderno presenta una situazione di rischio particolarmente elevato (zone a Rs3 e Rs4). A Glorenza l’intera area residenziale nei pressi della “Schludernsertor” presenta una situazione di rischio elevato a causa degli sversamenti del rio Puni. Il Ram invece induce una situazione di rischio Rs2 e Rs3 nelle aree vulnerabili site lungo le sue sponde.

187

10 Pianificazione degli interventi

La pianificazione degli interventi è il passaggio successivo all’elaborazione delle Carte del Pericolo e del Rischio specifico. Come già accennato nel capitolo 4.2.4, si distinguono le misure attive atte a ridurre il pericolo, le misure passive atte a ridurre il danno e le misure di emergenza.

La pianificazione degli interventi deve essere definita nella fase di progetto a seguire insieme agli esperti degli altri moduli ed in accordo con tutti gli Enti coinvolti, in primis con la Ripartizione 30 Opere Idrauliche della Provincia Autonoma di Bolzano. Gli interventi individuati dovranno inoltre essere valutati attraverso una modellazione idraulica ed una analisi costi benefici.

11 Riassunto

Nel presente lavoro vengono riportati i risultati delle elaborazioni e delle analisi condotte nell’ambito del modulo “Studio sui Pericoli Idraulici”, parte integrante del progetto “Piano dell’Area Fluviale Alta Val

Venosta". L'area di studio si estende tra Glorenza (ponte "Kalven" presso Laudes) e Lasa (inclusa l'opera di presa Sel-Edison), appartiene interamente al bacino imbrifero del fiume Adige per una superficie complessiva di ca. 940 km². Il reticolo idrografico di studio è stato suddiviso distinguendo tra fiumi di fondovalle (Adige, Saldura, Puni, Ram, Solda), torrenti primari (rii Allitz, Tanas, Cinigo, Tarces, Montechiaro, Renner, Cavallaccio, Schmelz, Cerin, Cengles, Lasa) e torrenti secondari, per i quali non è richiesto un grado di studio elevato.

Il primo passo del lavoro svolto ha riguardato l'acquisizione di tutti i dati di base necessari allo svolgimento del progetto, nonché una dettagliata analisi della documentazione degli eventi storici. Dai numerosi sopralluoghi effettuati è stato poi possibile ricostruire nel dettaglio i tratti peculiari di ogni singolo corso d'acqua. Sono state prodotte per tutti i torrenti primari rappresentazioni cartografiche della geomorfologia saliente del bacino. Le portate di piena e gli idrogrammi attesi sono stati definiti attraverso approcci di stima differenti (metodologie di regionalizzazione per i fiumi di fondovalle, modelli afflussi – deflussi per gli altri corsi d'acqua). Le valutazioni idrologiche, in accordo con la documentazione storica reperita, sono state ampiamente discusse con i responsabili dell'Ufficio Idrografico provinciale (Rip. 26.4). Ad integrazione dei dati topografici forniti, sono state effettuate ulteriori campagne di rilevamento al fine di garantire la bontà delle simulazioni idrauliche condotte. Le simulazioni idrauliche sono state realizzate con software specifici a fondo mobile e fondo fisso, in regime stazionario e non stazionario, mono- e bidimensionale, che hanno consentito di valutare la capacità di deflusso in alveo e di quantificare i volumi d'acqua e detrito in caso di esondazione. Gli scenari di progetto sono stati adeguatamente discussi con i responsabili della Rip. 30 Opere Idrauliche. Valutazioni qualitative e quantitative del trasporto solido sono state eseguite su tutti i torrenti in corrispondenza di evidenti cambi di pendenza, con modelli 1D o tramite formulazioni empiriche, metodi geomorfologici e sopralluoghi. È stata inclusa anche la valutazione dell'effetto del materiale flottante (legname), senza riscontrare situazioni critiche nei tratti in cui sono presenti bruschi restringimenti (ponti o simili).

188

La metodologia di lavoro adottata ha portato a definire sul piano campagna fenomeni di inondazione per il fiume Adige ed i torrenti di fondovalle (Saldura, Puni, Ram, Solda), fenomeni di alluvionamento torrentizio (rio Tanas, rio di Cinigo, rio di Tarces, rio Montechiaro, rio Renner, rio Lasa) e colamenti detritici (rio di Allitz, rio di Cavallaccio, rio Schmelz, rio Cerin, rio Cengles). I risultati sono coerenti con le evidenze riscontrate in campagna, con studi pregressi e con gli eventi già accaduti in passato. Nel caso del fiume Adige le valutazioni effettuate hanno sostanzialmente confermato la buona condizione delle protezioni idrauliche presenti, anche se piccole nicchie erosive sono evidenti in alcuni tratti (ad es. all'altezza dello sbocco dei rii Solda e Puni). Per i torrenti primari, le opere di trattenuta del materiale solido realizzate nel corso degli anni sono risultate efficienti, ad eccezione delle briglie sul rio Cengles che non laminano in maniera sostanziale le grandi portate solide influenti da monte. Sul rio Cavallaccio la frequenza degli eventi è tale da non richiedere alcuna modellazione per tempi di ritorno inferiori ai 150 anni. Sui grandi torrenti di fondovalle infine non si sono riscontrati particolari problemi legati al trasporto solido, la probabilità di ostruzione degli attraversamenti stradali che inducono localizzati restringimenti delle sezioni di deflusso può essere considerata marginale.

I prodotti finali (Carte dei fenomeni, Carte del Pericolo, Carte del Rischio Specifico) inquadrano i risultati del lavoro svolto e permettono agilmente la localizzazione delle zone a pericolo idraulico più elevato ed a maggior rischio specifico, definite secondo le Direttive ufficiali della Provincia Autonoma di Bolzano (2008). Si nota ad esempio come alcune aree dei centri abitati di Glorenza, Lasa, Prato allo Stelvio e Sluderno siano classificabili a rischio specifico elevato e molto elevato (Rs3 e Rs4). Le possibili soluzioni tecniche per la difesa dai pericoli naturali insistenti nel comprensorio dell'Alta Val Venosta oggetto di studio verranno discusse nelle fasi successive del progetto del Piano dell'Area Fluviale dell'Alta Val Venosta.

Malles, Bolzano 10.03.2009

Il tecnico

189

Bibliografia

Associazione Italiana di Idronomia A.I.D.I. (2005), "Procedura di calcolo dell'idrogramma di piena a frequenza di superamento assegnata per il territorio della Provincia Autonoma di Bolzano", Relazione Tecnica conclusiva

Aulitzky, H. (1979), Wildbach- und Lawinenverbauung – Studienblätter, Eigenverlag des Institutes für Wildbach- und Lawinenverbauung, Universität für Bodenkultur – Wien.

Autonome Provinz Bozen (2002), "Klimareport extra N.E8; Murereignis im Pustertal 12.-13.07.2002", Bozen.

Autonome Provinz Bozen (2002a), "Klimareport extra N.E9; Hochwasser-, Erdbeben- und Murereignis 14.-16.11.2002", Bozen.

Autonome Provinz Bozen (2008), "Klimareport N.151; Juli 2008", Bozen.

BAFU (2003), "Hochwasserabschätzung in schweizerischen Einzugsgebieten", Berichte des BWG, Serie Wasser – Rapports de l'OFEG, Série Eaux – Rapporti dell'UFAEG, Nr. 4 – Bern 2003.

Bezzola, G.R. (2002), "Fließwiderstand und Sohlstabilität natürlicher Gerinne; unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses der relativen Überdeckung", Mitteilungen Nr. 173 VAW, Zürich.

Brugger L., Marseiler M. (1987), "Dunkle Tage", Verlag Tappeiner.

BWW (1997): „Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten“. Bundesamt für Wasserwirtschaft, Bern, Schweiz. 190

Chow, V. T. et al. (1988), "Applied Hydrology", Mc Graw – Hill, International Editions, Civil Engineering Series.

Fischer, F. (2003), "Etschregulierung und Kulturlanderschließung", In: Der Schlern, Heft 7, Juli 2003.

D'Agostino, V. (1996), "Analisi quantitative e qualitative del trasporto solido torrentizio nei bacini montani del Trentino Orientale", Scritti dedicati a Giovanni Tournon, Associazione Italiana di Ingegneria Agraria – Associazioni Idrotecnica Italiana, pp. 111-123.

D'Agostino, V., Marchi, L. (2003), "Geomorphological estimation of debris flow volumes in alpine basins", In: D. Rickenmann and C. Chen, eds., Debris flow hazards mitigation – Mechanics, Prediction and Assessment. Millpress, Rotterdam, 1097-1106.

F.F. Lichtenberg, (2005), "100 Jahre freiwillige Feuerwehr Lichtenberg 1904-2004 – Chronik".

Fehr, R. (1987), "Einfache Bestimmung der Korngrößenverteilung von Geschiebematerial mit Hilfe der Linienvahlanalyse", Schweizer Ingenieur und Architekt, Sonderdruck aus Heft 38/1987, K. Bösch AG, Zürich.

Ferro, V., Giordano, G., Portp, P. (1998), "Recenti acquisizioni sulla valutazione della pendenza di sistemazione di un corso d'acqua", Rivista di Ingegneria Agraria, 1, 51-64.

Ferro, V. (2000), "Contributo al dimensionamento delle briglie a finestra", Riv. Di Ing. Agr., 4, pp. 207-215.

- Fischer, K. (1986), "Kortsch – die Geschichte seiner Landwirtschaft".
- Fliri, F. (1984), "Die Pfingstkatastrophe 1983 im Obervinschgau im Lichte von 126 Jahren Niederschlagsbeobachtung in Marienberg", in: Der Schlern, Heft 3, 58/1984,
- Flora, P. (1993), "Kleine Geschichte der Stadt Glurns", In: „Arx: Burgen und Schlösser in Bayern, Österreich und Südtirol“, 15/2. - St. Michael/Eppan, S. 270-271.
- Frega et al. (2006), "Sul calcolo spedito degli sfioratori laterali", IA Ingegneria Ambientale vol. XXXV nr. 6 giugno 2006.
- Froehlich, D. C. (1995), "Peak outflow from breached embankment Dam" , Journal of Water Resources Planning and Management, vol. 121, nr. 1, p. 90-97.
- Gostner, W, (2002), "Integrale Analyse eines murfähigen Wildaches anhand einer Fallstudie", VAW, Zurigo.
- Hagen, K.; Ganahl, E.; Huebni, J. (2007), "Analyse und Evaluierung von gebräuchlichen empirischen Ansätzen zur Hochwasseranschätzung in Wildbächen", BFW Berichte 137, Wien.
- Hegg, CH.; Rickenmann, D.; Fortser, F. (2001), "Hochwasser und Feststofftransport in Wildbacheinzugsgebieten", Bull. Angew. Geol. Vol. 6, Nr. 1 , S.85-97.
- Hye, F. H. (1992), "Geschichte der Stadt Glurns: Eine Tiroler Kleinstadt an der oberen Etsch", Hg.: Gemeinde Glurns, Bozen.
- ISMES Spa (1992), "Diga di S. Valentino – Calcolo dell'onda di sommersione conseguente all'ipotetico collasso dell'opera", per conto di Edison Spa. Depositato presso Ufficio Dighe Provincia Autonoma di Bolzano.
- Jesacher, M. (2006), "Marmorbruch Laas; Geologische Untersuchung „Obere Marmorbahn“ ", Gemeinde Laas.
- Lancaster S.T. et al. (2003), "Effects of wood on debris flow runout in small mountain watersheds", Water Resources Research, Vol. 39, No. 6, 1168.
- Lancellotta, R., (2001), "Geotecnica", Seconda Edizione, Ed. Zanichelli, Milano.
- Liu Baoyuan et al. (1994), "Soil erodibility and its use in soil erosion prediction model", Journal of Natural Resources, 14(4): 345-350.
- Lunz R. (1997), "Ur-und Frühgeschichte", In: "Dorfbuch Prad".
- Maione, U. et al. (2006), "Applicazione del metodo dell'idrogramma sintetico ad alcuni casi di studio", XXX Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, IDRA 2006, Roma.
- May, C. L. e Gresswell, R. E. (2003), "Processes and rates of sediment and wood accumulation in headwater streams of the Oregon coast range, USA", Earth Surface Processes and Landforms, 28, pp. 409-424.
- Marchi L., Pasuto, A., Tecca P. R., (1993), "Flow processes on alluvional fan in the Eastern Italian Alps", Z. Geomorph. N. F., 37(4), 447-458.

- Marchi, L; Tecca, P.R. (1995), "Alluvial fans of the Eastern Italian Alps: morphology and depositional processes", Geodinamica Acta, Paris.
- Marchi, L., D'Agostino, V., (2004), "Estimation of debris flow magnitude in the Eastern Italian Alps", Earth Surface Processes and Landforms, 29 (2), pp. 207-220.
- Marco, F. e Forlati, F. (2003), "Pericolosità geologica in conoide: ricerca bibliografica e analisi critica", ARPA Piemonte, Settore Studi e Ricerche Geologiche, Prevenzione Rischi, Torino.
- Melton, M.A. (1965), "The geomorphic and paleoclimatic significance of alluvial deposits in southern Arizona", The Journal of Geology Volume 73.
- Moscariello A., Marchi L., Maraga F., Mortasa G., (2002), "Alluvional fan in the Italian Alps: sedimentary facies and processes", Spec. Publs. Int. Ass. Sediment, 32, 141-166.
- O'Brien, J. S., (2007), "Flo 2D User's Manual", Version 2007.01, P.O. Box 66, Nutrioso, AZ 85932
- Patscheider & Partner GmbH, "*Untersuchung Tschenglser Bach in Rahmen des ClimChAlp – Projektes*".
- PROJEKTTEAM ETAlp (2003) – ETALP – Erosion, Transport in Alpinen Systemen; Gesamtheitliche Erfassung und Bewertung von Erosions- und Transportvorgängen in Wildbacheinzugsgebieten – Wien
- Provincia Autonoma di Bolzano (2008), "Direttive per la redazione die piani delle zone di pericolo (PZP) e per la classificazione del rischio specifico (CRS) ".
- Rickenmann, D. (1990), "Bedload transport capacity of slurry steep slopes", Mitteilungen Nr. 103 VAW, Zürich.
- Rickenmann, D. (1995), "Beurteilung von Murgängen", Wasserbau, Schweizer Ingenieur und Architekt – Birmensdorf.
- Rickenmann, D. (1997), "Estimation des laves torrentielles", IAS – Ingenieurs et Architectes Suisses, 19, pp. 386-392.
- Rickenmann, D. (1999), "Empirical relationships for debris flow", Natural Hazards, 19, pp. 47-77.
- Rockenmann, D. (2005), "Geschiebtransport bei steilen Gefällen", Festkolloquium 75 Jahre VAW, Zürich.
- Rossi, F. e Salvi, F. (2003), "Manuale di Ingegneria Civile ed Ambientale", Quarta Edizione, Ed. Zanichelli ESAC, Bologna.
- Rosso, R. und De Michele, C. (2000), "CNR-GNDCl-U.O.1.8-Rapporto VAPI", 2.Italia Nord-Occidentale: Bacino del Fiume Po e Liguria Tirrenica.
- Schenk I. (1949), "L'isola climatica della Valle Venosta", In: «Memorie del Museo di Storia Naturale della Venezia Tridentina», A. XIV, 1948-49, vol. VIII, 74 pp.
- Schwaller, G (2000), "Wasserwirtschaftliche Planungsaufgaben", IGS, Innsbruck.
- Seminara, G. e Solari L. (1996), "Sullo scavo indotto da correnti curvilinee a fondo mobile: teoria non lineare", Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Torino, 16-18 settembre, vol. II, 334-344.
- Spreafico, M. et al., (1999), "Recommendations concernant l'estimation de la charge sedimentaire dans les torrents", Groupe de travail pour l'hydromorphologie operationelle, Berne.
- Staffler, H. (2004), "Vinschgauer Murkegel", In: Der Vinschger, Ausgabe Nr. 1(248), 14.01.2004.

Staffler, H. et al. (2008), "Spatial variability and potential impacts of climate change on flood and debris flow hazard zone mapping and implications for risk management", Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 8, 539-558, 2008.

Takahashi, T. (1981), "Debris Flow", Annual Reviews of Fluid Mechanics, Vol. 13, p. 57-77.

Tognacca, C. (1999), "Beitrag zur Untersuchung der Entstehungsmechanismen von Murgängen", Mitteilung 164 der VAW – Versuchsanstalt für Wasserbau, Hzdrologie und Glaziologie der ETH Zürich, 259 pp.

US Army Corps of Engineers, (2008), "Hydrologic Modeling System HEC-HMS", User's Manual, Version 3.2.0, Davis, CA 95616 USA.

US Army Corps of Engineers, (2008), "River Analysis System HEC-RAS", User's Manual, Version 4.0, Davis, CA 95616 USA.

Veith, L. (1997), "Von Fluch und Segen der Prader Gewässer", In: "Dorfbuch Prad", 1997.

Villi, V. (1994), "Valutazione delle piogge estreme nell'Italia nord-orientale", in "La valutazione delle piene in Italia", CNR, Roma

Villi, V. e Bacchi, B. (2000), "Valutazione delle Piene nel Triveneto", CNR-GNDICI, Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Brescia, Pubblicazione nr. 2511.

Von Thun, J. L. and Gillette, D. R., (1990) "Guidance on breach parameters", unpublished internal document, US Bureau of Reclamation, Denver, Colorado.

Zimmermann, M. (1993), "Assessment and Mitigation of Debris Flow Hazards in a changing Environment", Contribution des ingénieurs européens à la prévention des catastrophes naturelles: symposium, Lausanne, 19./20.9.1993, p. 361-368. Fig., cartes. Zürich: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, [1993]. (Documentation SIA; D0110).

Zimmermann, M. et al. (1997), "Magnidute-Frequency Aspects of alpine Debris Flow", Eclogae geol. Helv, 90.

193

Fonti Internet

"Hazard Browser", Rip. 30 Opere Idrauliche, Provincia Autonoma di Bolzano.

"Geo Browser Pro", Rip. 30 Opere Idrauliche, Provincia Autonoma di Bolzano.

<http://tirolatlas.uibk.ac.at/>

<http://www.dervinschger.it/>

<http://www.provincia.bz.it/foreste/servizio-forestale/servizio-forestale.asp>

Interviste e consulenze

Qui di seguito si riporta un elenco delle persone che sono state intervistate in occasione dell'elaborazione del presente progetto. Impegnandosi a dare tutte le informazioni in loro possesso (libri, foto, ricordi) hanno contribuito senza dubbio ad una definizione più affidabile degli scenari. Pertanto si ringrazia per la grande disponibilità che hanno avuto

Dott. Wolfgang Platter	ex Sindaco di Lasa (<i>Adige e rio Lasa</i>)
Sig. Helmut Steiner	Capo operaio Bacini Montani Zona Est (<i>Alta Val Venosta</i>)
Sig. ri Robert e Andreas Eberhöfer	Località Masi di Montechiaro (<i>rio Cavallaccio</i>)
Dott. Fritz Unterer	Storico di Montechiaro
Sig.ra Bernarda Gostner	residente a Montechiaro (<i>rio Pavile, Buch FF Lichtenberg</i>)
Sig. Konrad Lechthaler	residente a Corces (<i>rii Gatria e Allitz, Buch "Kortsch"</i>)
Sig. Ewald Veith	Capo dei Pompieri di Lasa (<i>rii Cerin, Cavallaccio e Puni</i>)
Fam. Wallnöfer	Prato allo Stelvio, Località Schmelz (<i>rio Schmelz</i>)
Dott. Rudolf Pollinger	Rip. 30 Opere Idrauliche Provincia Autonoma di Bolzano
Dott. Julius Staffler	(<i>Definizione degli scenari</i>)
Dott. Sandro Gius	Rip. 30 Opere Idrauliche Provincia Autonoma di Bolzano
	(<i>rio Lasa</i>)
Dott. Ing. Roberto Dinale	Rip. 26.4 Ufficio Idrografico
Geom. Wolfgang Rigott	(<i>idrologia di piena e analisi delle precipitazioni</i>)

194

Sono indicati di seguito i numeri identificativi dei progetti consultati per la redazione del presente documento, reperibili sia presso l'Archivio Provinciale che presso gli Uffici della Rip. 30 – Opere Idrauliche della Provincia Autonoma di Bolzano.

Torrente	Nr. Progetto		
Rio Gatria	Pr.77058	Rio Solda	Pr.80062
	Pr.78069		Pr.86035
	Pr.80095		Pr.86137
	Pr.83009		Pr.87044
	Pr.87065		Pr.88147 P.I.
	Pr.97170		Pr.89229 P.I.
	Pr.060131 P.I.		Pr.93096 P.I.
	Pr.070097 P.I.		
	Pr.92154 P.I.		
Rio Tanas	Pr.83095		Pr.84085
	Pr.87076 P.I.		Pr.00034
	Pr.89103		Pr.02093
Rio Montechiaro	Pr.96039 P.I.	Rio Lasa e Fiume Adige	Pr.88037
			Pr.99153
			Pr.86061
Rio Puni	Pr.83092	Rio Cavallaccio	Pr.92062
	Pr.83143		Pr.93044
	Pr.98083 P.I.		Pr.94041
Rio Puni	Pr.79116	Rio Tarces	Pr.52005
	Pr.89124	Rio del Dosso - Dietrocastello	Pr.030011 P.I.