



Comune di Belluno
Provincia di Belluno

PAT

Elaborato

D05

1

1

Scala

-

Valutazione di compatibilità idraulica (D.G.R.V. 2948/2009)

Relazione di Compatibilità Idraulica

SINDACO

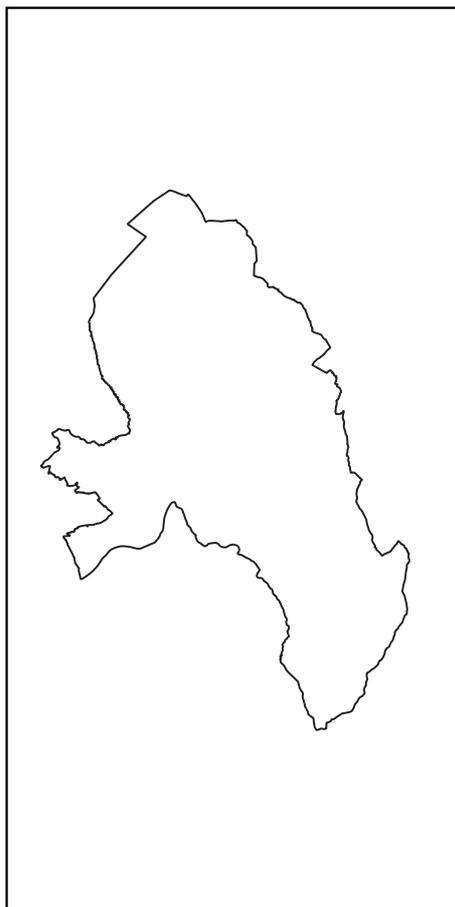
Jacopo Massaro

Assessore

Franco Frison

Segretario generale

Francesco Pucci



AREA URBANISTICA

Piorgiorgio Tonon - Dirigente
Michela Rossato - Responsabile area urbanistica
Aquilino Chinazzi
Federica Mis
Zoella Uliana
Manlio Leo Mezzacasa
Lucia Ravazzolo

PROGETTO PAT

Francesco Sbetti - Sistema s.n.c.
Marisa Fantin - Archistudio

Contributi al progetto

Irene Pangrazi - Archistudio
Manuela Bertoldo - Sistema s.n.c.
Pierguido Morello - Sistema s.n.c.

Collaboratori

Ilaria Giatti - Archistudio
Martina Caretta - Archistudio
Giorgio Cologni - Sistema s.n.c.

INFRASTRUTTURE E MOBILITÀ

Dino De Zan - Mob-Up s.r.l.

ANALISI GEOLOGICHE

Antonio Toscano

**ANALISI AGRONOMICHE E VALUTAZIONE DI
INCIDENZA AMBIENTALE**

Marco Abordi

VALUTAZIONE AMBIENTALE STRATEGICA

Stefano Reniero - Nexteco s.r.l.
Gabriele Cailotto - Nexteco s.r.l.

VALUTAZIONE COMPATIBILITÀ IDRAULICA

Gaspere Andreella - Studio API



INDICE

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | PREMESSA | 4 |
| 2 | CONTENUTI DELLO STUDIO | 6 |
| 2.1 | Obiettivi..... | 6 |
| 2.2 | Struttura..... | 6 |
| 3 | DESCRIZIONE DELLO STUMENTO URBANISTICO | 8 |
| 4 | DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEI LUOGHI | 8 |
| 4.1 | Inquadramento generale | 9 |
| 4.2 | Caratteristiche idrologiche | 11 |
| 4.3 | Caratteristiche delle reti fognarie e della rete idraulica ricettore..... | 14 |
| 4.4 | Caratteristiche geologiche geomorfologiche e litologiche | 16 |
| 5 | DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE DEL TERRITORIO.. | 17 |
| 5.1 | Inquadramento generale | 17 |
| 5.2 | Il Fiume Piave | 20 |
| 5.3 | Idrografia minore Destra Piave..... | 23 |
| 5.4 | Idrografia minore Sinistra Piave | 27 |
| 5.5 | Caratteristiche morfometriche dei bacini idrografici..... | 29 |
| 6 | ANALISI DELLE PRECIPITAZIONI..... | 31 |
| 6.1 | Precipitazioni ARPAV..... | 31 |
| 6.2 | Precipitazioni studi ADB | 34 |
| 7 | ANALISI IDROLOGICA E MORFOLOGICA DEI BACINI IDROGRAFICI AI FINI DELLA DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA | 36 |
| 7.1 | Metodologia di analisi | 36 |
| 7.1.1 | Il metodo del Curve Number | 37 |
| 7.1.2 | Ietogramma di precipitazione..... | 39 |
| 7.1.3 | Valutazione del Curve Number | 40 |
| 7.1.4 | Il deflusso profondo | 40 |
| 7.2 | Torrente Gresal - Analisi morfologica ed idrologica | 41 |
| 7.2.1 | Elaborazione dei dati topografici mediante l'applicazione del modulo "Terrain Pro" di Adb Toolbox | 43 |
| 7.2.2 | Calcolo dei tempi di propagazione e delle velocità di deflusso mediante l'applicazione del modulo "GeoPro" di Adb Toolbox..... | 47 |
| 7.2.3 | Determinazione della mappa del CN | 53 |
| 7.2.4 | Determinazione dell'idrogramma liquido per assegnato tempo di ritorno | 55 |
| 7.3 | Rio Salega - Analisi morfologica ed idrologica | 57 |
| 7.4 | Rio Siva - Analisi morfologica ed idrologica | 59 |
| 7.5 | Rio delle Moneghe - Analisi morfologica ed idrologica | 61 |
| 7.6 | Torrente Ardo - Analisi morfologica ed idrologica del bacino..... | 63 |
| 7.7 | Rio Veneggia - Analisi morfologica ed idrologica | 65 |
| 7.8 | Rio Valle Busalunga - Analisi morfologica ed idrologica | 67 |
| 7.9 | Rio Oltrevalle - Analisi morfologica ed idrologica del bacino | 69 |
| 7.10 | Rio Vena D'Oro - Analisi morfologica ed idrologica del bacino | 71 |
| 7.11 | Torrente Meassa - Analisi morfologica ed idrologica del bacino..... | 73 |
| 7.12 | Rio Roggia - Analisi morfologica ed idrologica | 75 |
| 7.13 | Torrente Turriga - Analisi morfologica ed idrologica del bacino..... | 77 |
| 7.14 | T. Cicogna - Analisi morfologica ed idrologica del bacino..... | 79 |
| 7.15 | Fiume Piave - Determinazione degli idrogrammi di piena | 82 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 8 | TRASPORTO SOLIDO | 84 |
| 8.1 | Alimentazione solida di versante | 84 |
| 8.2 | Capacità di trasporto solido | 85 |
| 8.3 | Quantificazione del trasporto solido | 87 |
| 8.3.1.1 | Torrente Gresal | 87 |
| 8.3.1.2 | Torrente Ardo | 88 |
| 8.3.1.3 | Torrente Turriga | 89 |
| 8.3.1.4 | Torrente Cicogna a monte del Turriga | 91 |
| 9 | PERICOLOSITA' IDRAULICA | 92 |
| 9.1 | Il concetto di rischio | 92 |
| 9.2 | Il Piano di Assetto Idrogeologico dei bacini idrografici dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave e Brenta-Bacchiglione (PAI-4 bacini) | 93 |
| 9.3 | Studi idraulici condotta nell'ambito della redazione del PAT | 98 |
| 9.3.1 | Studio idraulico del fiume Piave a Belluno | 98 |
| 9.3.1.1 | Dati topografici | 98 |
| 9.3.1.2 | Geometria del modello | 99 |
| 9.3.1.3 | Scabrezza dell'alveo | 100 |
| 9.3.1.4 | Condizioni al contorno | 100 |
| 9.3.1.5 | Risultati del modello | 101 |
| 9.4 | Ulteriori studi idraulici | 104 |
| 9.5 | Dissesti e allagamento Evento VAIA 2018 | 106 |
| 10 | DESCRIZIONE DELI INTERVENTI | 109 |
| 11 | APPLICAZIONE DEL PRINCIPIO DELL'INVARIANZA IDRAULICA | 111 |
| 11.1 | Determinazione dei contributi specifici delle aree di trasformazione allo stato programmato | 113 |
| 11.2 | Definizione dell'impatto delle nuove previsioni urbanistiche sul regime idraulico del territorio | 115 |
| 12 | MISURE DI COMPENSAZIONE | 117 |
| 12.1 | Prescrizioni generali | 117 |
| 12.2 | Prescrizioni relative alle aree a pericolosità idraulica e alle aree fluviali | 118 |
| 12.2.1 | Disposizioni comuni | 118 |
| 12.2.2 | Disciplina degli interventi nelle aree a pericolosità idraulica molto elevata (P4) | 119 |
| 12.2.3 | Disciplina degli interventi nelle aree a pericolosità idraulica elevata (P3) | 121 |
| 12.2.4 | Disciplina degli interventi nelle aree a pericolosità idraulica media (P2) | 122 |
| 12.2.5 | Disciplina degli interventi nelle aree a pericolosità idraulica moderata (P1) classificate dal PAI vigente o nell'ambito del presente PAT | 123 |
| 12.2.6 | Disciplina delle aree fluviali | 124 |
| 12.2.7 | Preesistenze nelle aree fluviali | 124 |
| 12.3 | Principio dell'invarianza idraulica nella redazione dei P.I. | 125 |
| 13 | CONCLUSIONI | 128 |
| | RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI | 129 |



Studio API

Associazione Professionale Ingegneri

Viale Pedavena 46 - 32032 Feltre (BL) tel. e fax 0439 302404

email info@studioapi.it web www.studioapi.it CF E P.IVA 00752840256



1 PREMESSA

Il nuovo Piano di Assetto del Territorio (PAT) del Comune di Belluno, a seguito dell'entrata in vigore della legge urbanistica regionale (L.R. n.11/2004), andrà a sostituire i vigenti Piani Regolatori Generali. Nell'ambito della redazione dello strumento urbanistico, l'Amministrazione Comunale ha affidato al sottoscritto, Ing. Gaspare Andreella in qualità di legale rappresentante dello Studio Associato API di Feltre, l'incarico professionale per la redazione della Valutazione di Compatibilità Idraulica (VCI) di PAT.

La presente VCI è stata redatta ai sensi della Delibera della Giunta Regionale del Veneto n. 3637/2002 "Legge 3 agosto 1998, n. 267 – Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico ed idrogeologico. Indicazioni per la formazione dei nuovi strumenti urbanistici"; e delle successive modifiche ed integrazioni (D.G.R.V. 1322/2006, 1841/2007 e 2948/2009).



Studio API

Associazione Professionale Ingegneri

Viale Pedavena 46 - 32032 Feltre (BL) tel. e fax 0439 302404

email info@studioapi.it web www.studioapi.it CF E P.IVA 00752840256

2 CONTENUTI DELLO STUDIO

2.1 *Obiettivi*

Lo scopo fondamentale della VCI è quello di verificare l'ammissibilità delle previsioni contenute nel nuovo strumento urbanistico o nella variante, prospettando soluzioni corrette dal punto di vista dell'assetto idraulico del territorio.

Per perseguire tali obiettivi, è necessario valutare le interferenze che le nuove previsioni urbanistiche possono comportare con l'assetto idrologico ed idraulico del corso/i d'acqua verso il quale sono diretti i deflussi di origine meteorica, con riferimento all'intero bacino idrografico.

La VCI deve quindi mettere in evidenza le criticità che interessano la rete di drenaggio, principale e secondaria, nell'attuale conformazione e valutare le modificazioni previste in seguito all'attuazione del nuovo strumento urbanistico.

Nei casi in cui si dovessero evidenziare variazioni peggiorative in termini di sollecitazione della rete di drenaggio, la VCI deve essere completata con l'individuazione di sistemi e dispositivi idonei ad annullare (misure di mitigazione e compensazione) tali variazioni, individuando tipologie di intervento, criteri di dimensionamento, eseguendo, se necessario, apposite verifiche idrauliche.

Si riporta di seguito il diagramma di flusso delle attività svolte per la redazione della presente VCI.

2.2 *Struttura*

L'elaborato inizia, Capitolo 4, con una generale descrizione delle caratteristiche del territorio comunale e dei luoghi di intervento per quanto riguarda il regime idrologico, le caratteristiche geologiche e geomorfologiche nonché la presenza di infrastrutture idrauliche esistenti.

Un'ampia analisi viene invece riservata, Capitolo 5, alla rete idrografica naturale ed artificiale che interessa il comune di Belluno e le zone limitrofe mentre al Capitolo 6 si riporta l'analisi delle precipitazioni intense che caratterizzano il territorio oggetto di studio.

Al Capitolo 7 viene svolta un'ampia analisi idrologica e geomorfologica sui principali bacini idrografici che interessano il comune di Belluno al fine di determinare gli idrogrammi di piena per eventi con Tempo di ritorno 50 e 100 anni.

Al capitolo 9 vengono analizzate le aree di Pericolosità Idraulica individuate dal PAI nel territorio comunale, nonché dai risultati delle modellazioni idrauliche di dettaglio operate dallo scrivente e reperite da altri studi pregressi.

Nel capitolo 10 vengono individuate e descritte le trasformazioni previste dal PAT mentre al capitolo 11 è riportata l'analisi delle trasformazioni previste dal PAT in termini di impermeabilizzazione del terreno, ovvero la citata applicazione del principio dell'invarianza idraulica. Il capitolo 12, infine, contiene le proposte di misure compensative che fanno parte delle norme tecniche di attuazione del PAT.

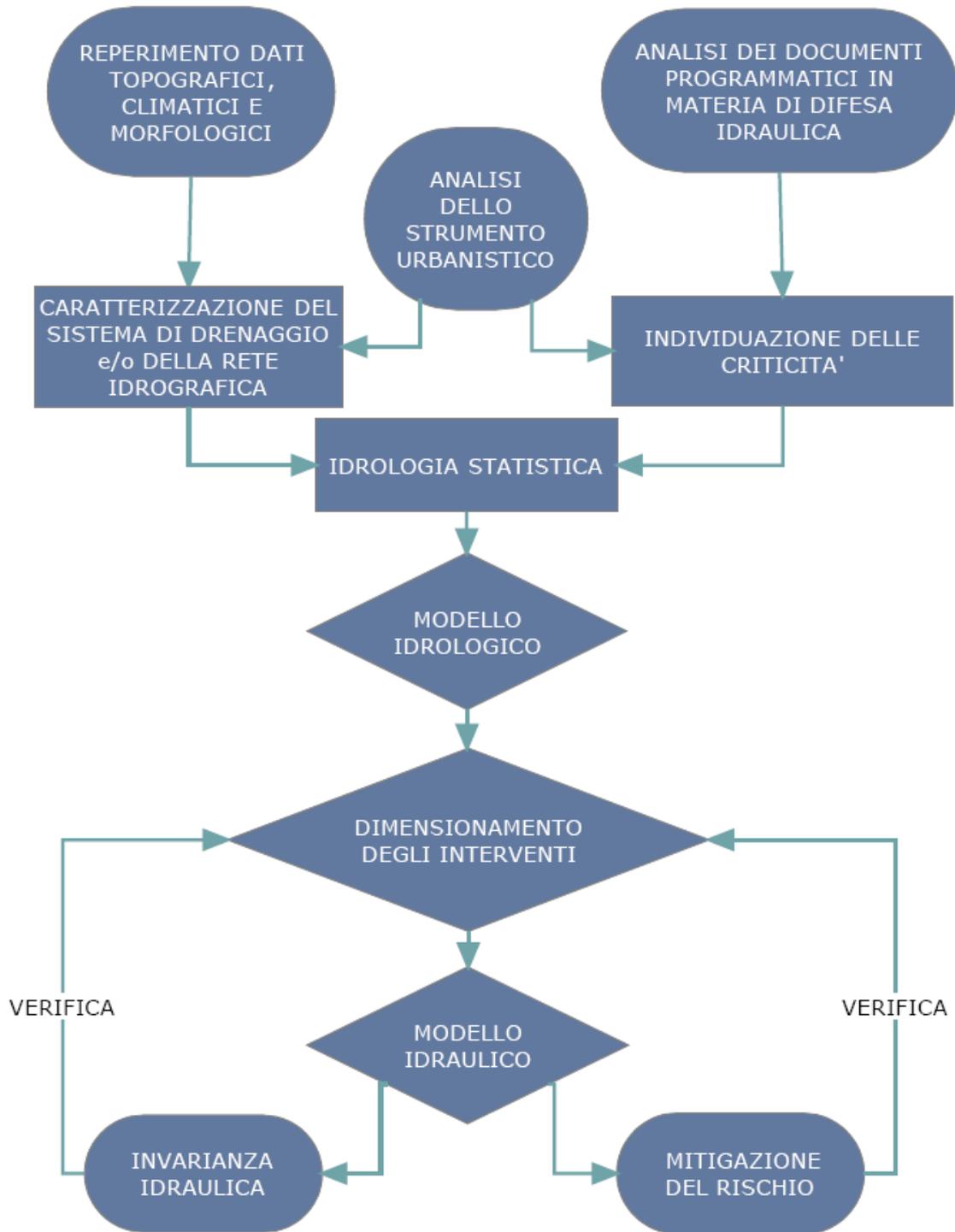


Figura 2-1 – Diagramma di flusso delle attività da svolgere per la redazione di uno studio di compatibilità idraulica (FOIV Ingegneri del Veneto n.34 dicembre 2008 Coccato, Boccato, Andreella)

3 DESCRIZIONE DELLO STUMENTO URBANISTICO

Per la descrizione dello strumento urbanistico si rimanda alla relazione di dettaglio.

4 DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEI LUOGHI

Il Comune di Belluno è situato nella parte centrale della provincia di Belluno dove occupa una superficie di 147.18 km² situata allo sbocco della Val Belluna.

Il territorio comunale si estende quindi dalle vette delle Dolomiti Bellunesi (Monte Schiara) a nord fino al Monte Nevegal a sud

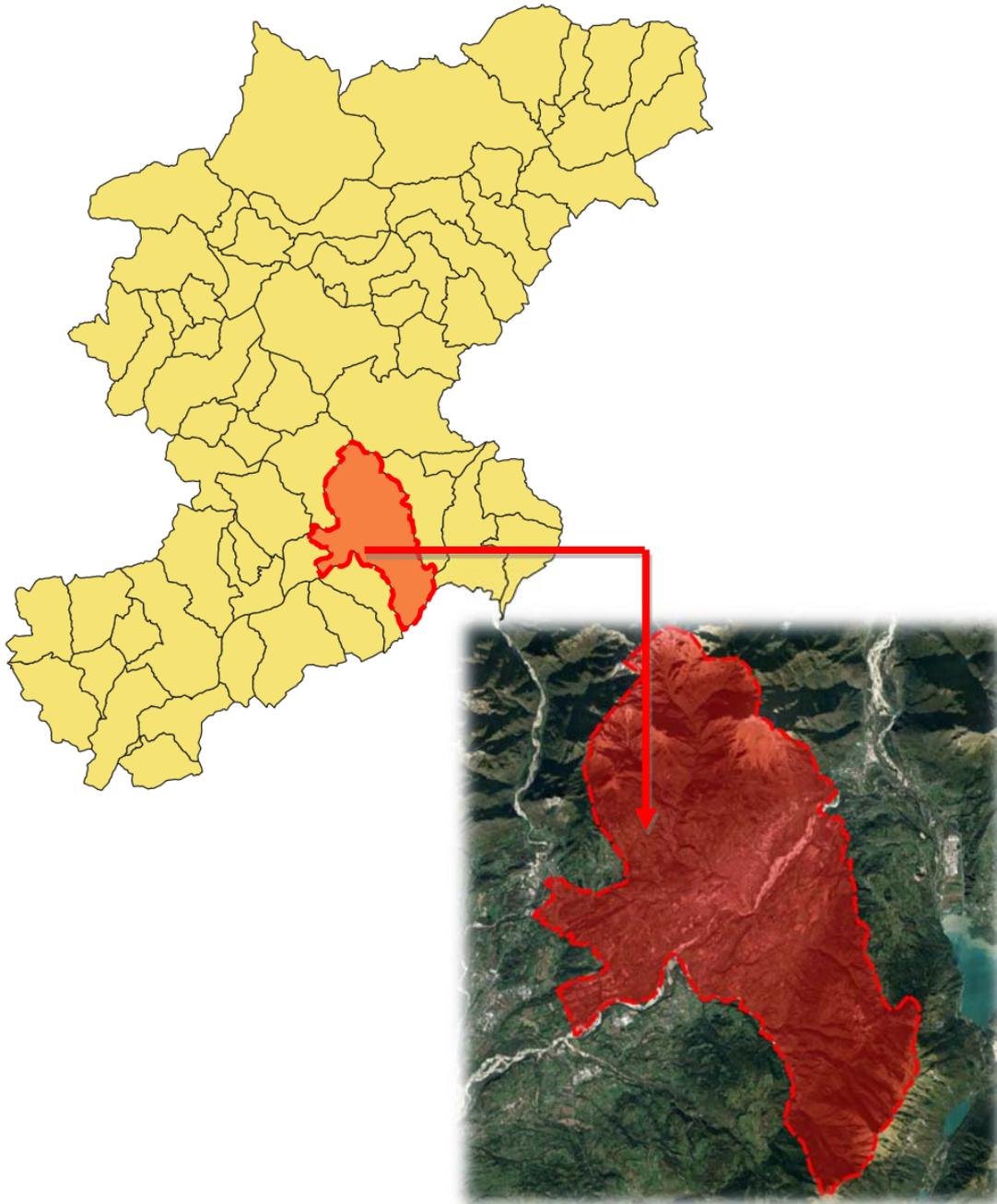


Figura 4-1 - Inquadramento geografico del territorio comunale.

4.1 Inquadramento generale

Il comune di Belluno, capoluogo di una provincia interamente montana, si è caratterizzato nel tempo come la capitale della montagna veneta e centro del sistema delle Alpi Orientali. Il territorio comunale si estende per 147,2 Km² e coincide: con il fondovalle dove alla confluenza del torrente Ardo con il fiume Piave si concentra l'insediamento abitato; con la zona delle dolomiti, Parco Nazionale; con le Prealpi e con il Nevegal. La collocazione geografica pone la città in posizione periferica rispetto ai grandi flussi di attraversamento delle persone, delle merci e anche dei turisti, un processo determinato soprattutto dal sistema delle infrastrutture autostrada e ferrovia, mentre l'attrattività culturale, ambientale e il suo ruolo di erogatore di servizi per la montagna disegnano una "centralità" in parte da affermare e conquistare.

Il comune di Belluno confina ad est con il territorio comunale di Ponte nelle Alpi, a Nord con Longarone, a Nord e ovest con il comune di Sedico e a sud con Limana e la provincia di Treviso.

I principali centri abitati, oltre al capoluogo, sono i seguenti:

- Sopracroda e Bolzano, a nord, a fianco del torrente Ardo;
- Sois, Salce, Giamosa ad ovest;
- Visome, Cavessago, Castion nei colli a sud a ridosso del Nevegal;
- Levego e Vena D'Oro ad est verso Ponte nelle Alpi.

Dal punto di vista orografico il territorio di Belluno è delimitato:

- A nord dal dalle cime delle dolomiti Bellunesi del Monte Duron (2000 m s.l.m.), del Cima del Burel (2281 m s.l.m.), Monte Schiara (2565 m s.l.m.), Monte Pelf (2502 m s.l.m.) fino al Monte Cervoi (1842 m s.l.m.).
- Ad est il confine comunale scende dal Monte Cervoi fino al fiume Piave (360 m s.l.m.) e risale lungo le pendici del Nevegal dalla località Vena D'oro fino al Monte Favergheira (1841 m s.l.m.), Col Visentin (1763 m s.l.m.) fino al Monte Agnelezze (1502 m s.l.m.).
- A sud il confine ridiscende verso la valle del Piave seguendo l'alveo del torrente Cicogna fino a Visome (347 m s.l.m.) per seguire l'alveo del Piave fino a poco prima del ponte di San Felice.
- Ad ovest il confine risale fino a Vignole e Casoni (128 m s.l.m.) per seguire l'alveo del Torrente Gresal al confine con il comune di Sedico.

La rete infrastrutturale rappresenta il sistema di connessione con la pianura e garantisce le relazioni interne all'area montana. Il territorio del comune di Belluno è caratterizzato da due assi principali, la SS50, sulla destra Piave, e la SP1, sulla sinistra Piave. Tali direttrici sono interconnesse in prossimità del Comune di Belluno, ad est attraverso il Ponte delle Dolomiti che si innesta nei pressi dell'imbocco della galleria del Col Cavalier mentre più ad ovest si trova il vecchio ponte della Vittoria, e l'adiacente ponte Bailey che collega la sinistra Piave con la zona del parcheggio Lambioi. Da questa spina dorsale, che attraversa il territorio di Belluno in senso est-ovest, si dipartono altre connessioni, con il resto del territorio provinciale, disposte principalmente nella direttrice nord-sud, la SR 204 che porta verso l'Agordino e la SP 31 che porta al Nevegal.



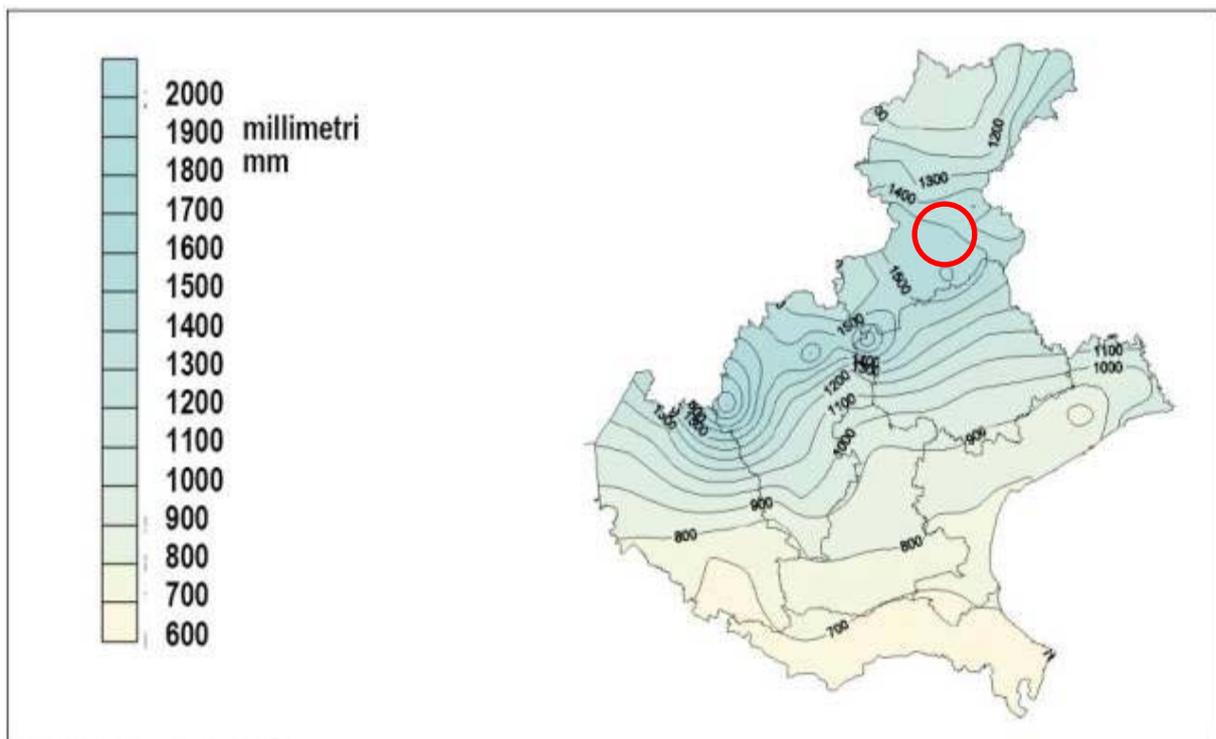
Figura 4-2 – inquadramento geografico area di studio su DTM.

4.2 Caratteristiche idrologiche

Come tutto il resto del bacino del Piave, il territorio oggetto di PAT appartiene a una zona caratterizzata da clima temperato-continentale e umido. Un simile clima lo si può ritrovare anche in altre regioni delle Alpi meridionali, ed è caratterizzato da stagioni piuttosto ben definite, con inverni secchi e freddi (anche se quasi mai rigide) ed estati calde.

Questa zona è caratterizzata da precipitazioni medie annue crescenti nello spazio da NO verso SE, variando dai 1400 mm annui di Santa Giustina ai 1600 di Agordo. Negli anni più piovosi si ha un apporto annuo tra i 1400 e i 2000 mm, cui si contrappongono gli 800 – 1100 mm degli anni nei quali piove di meno. L'analisi degli eventi di precipitazione su questa fascia conferma le caratteristiche generali della regione cui essa appartiene: febbraio si rivela infatti il mese in media meno piovoso, con un apporto tra i 10 e 50 mm, mentre a giugno e novembre si possono raggiungere apporti mensili di 150 – 200 mm.

Come indicato nella seguente Figura 9, l'area di studio è una delle zone dell'alto bacino del Piave, con valori di piovosità media annua di 1600 mm/anno.



(fonte: ARPAV, Centro meteorologico di Teolo)

Figura 4-3 – Carta delle precipitazioni medie annue (ADB Alto Adriatico 1999)

Attualmente tutte le informazioni meteorologiche e climatiche del territorio regionale veneto vengono gestite dal Centro Meteorologico di Teolo dell'Agenzia Regionale per la Prevenzione e protezione Ambientale del Veneto (A.R.P.A.V.).

Il Centro è dotato di una rete di monitoraggio ambientale la cui dislocazione delle stazioni di misura è riportata nella seguente. L'analisi delle precipitazioni medie è stata svolta utilizzando i dati pluviometrici delle stazioni della rete di monitoraggio di ARPAV. I dati sono stati reperiti dal sito ARPAV, sezione opendata, per il periodo 1994-2012.

Per quanto riguarda l'area in esame e il territorio comunale le stazioni pluviometriche più prossime sono quelle di Belluno Aeroporto (376 m s.l.m.), Torch di Alpago (590 m s.l.m.), Sospirolo (385 m s.l.m.), Santa Giustina (270 m s.l.m.) e S. Antonio di Tortal (540 m s.l.m.).

Di seguito si riporta l'ubicazione ed i dati delle stazioni idrometeorologiche di ARPAV presenti nei pressi del comune di Belluno. Considerando come caratteristica la Stazione di Belluno Aeroporto si riportano i dati di precipitazione cumulata mensile nel periodo 1994-2012.

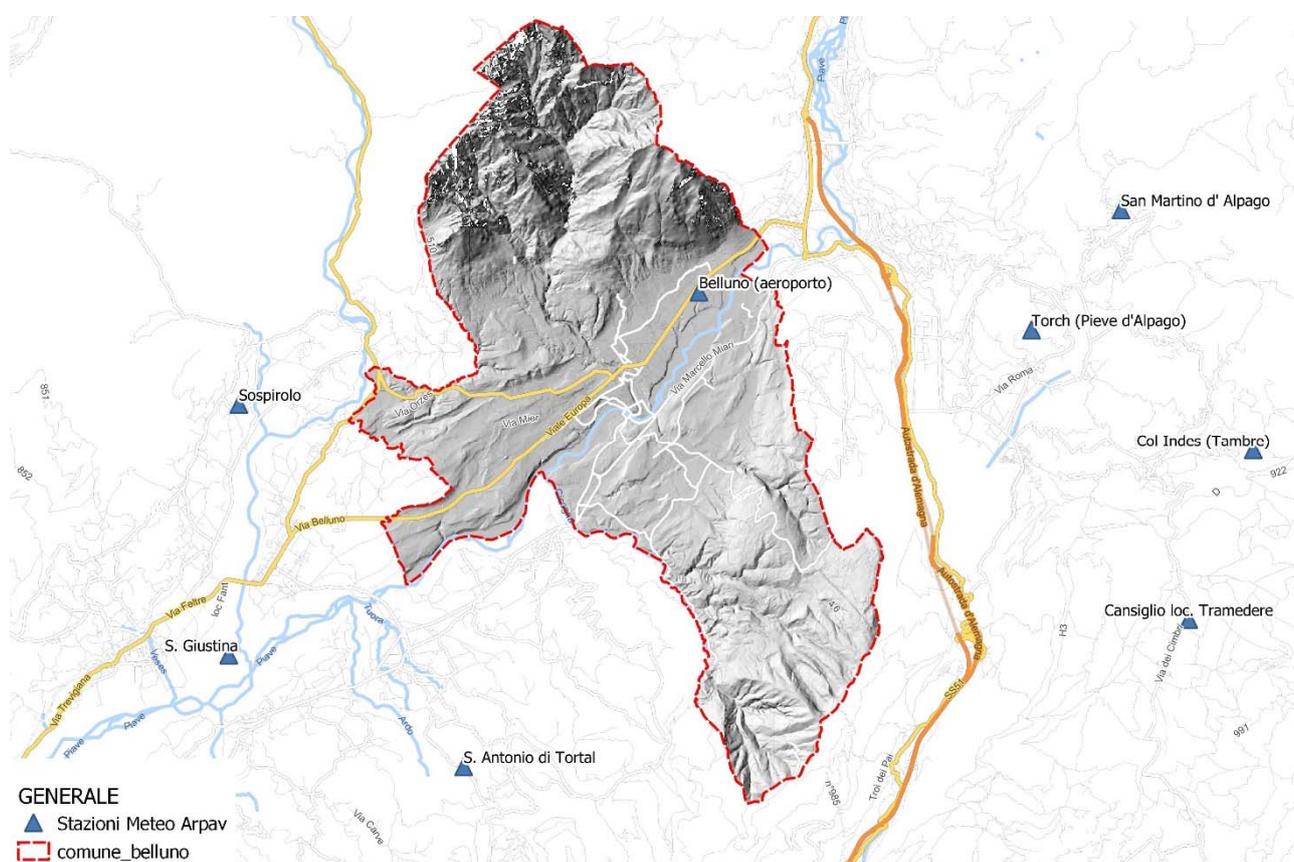


Figura 4-4 – Localizzazione delle stazioni meteo ARPAV rispetto al territorio comunale.

| Stazione Pluviometrica | Quota (m s.l.m.) | Precipitazione media annua 1994-2012 (mm) |
|------------------------|------------------|---|
| Belluno Aeroporto | 376 | 1400 |
| Torch di Alpago | 590 | 144.5 |
| Sospirolo | 385 | 1607.4 |
| Santa Giustina | 270 | 1447.3 |
| S. Antonio di Tortal | 540 | 1711.2 |

Tabella 1: Elenco Stazioni Pluviometriche Bacino Idrografico del Piave (fonte: ARPAV).

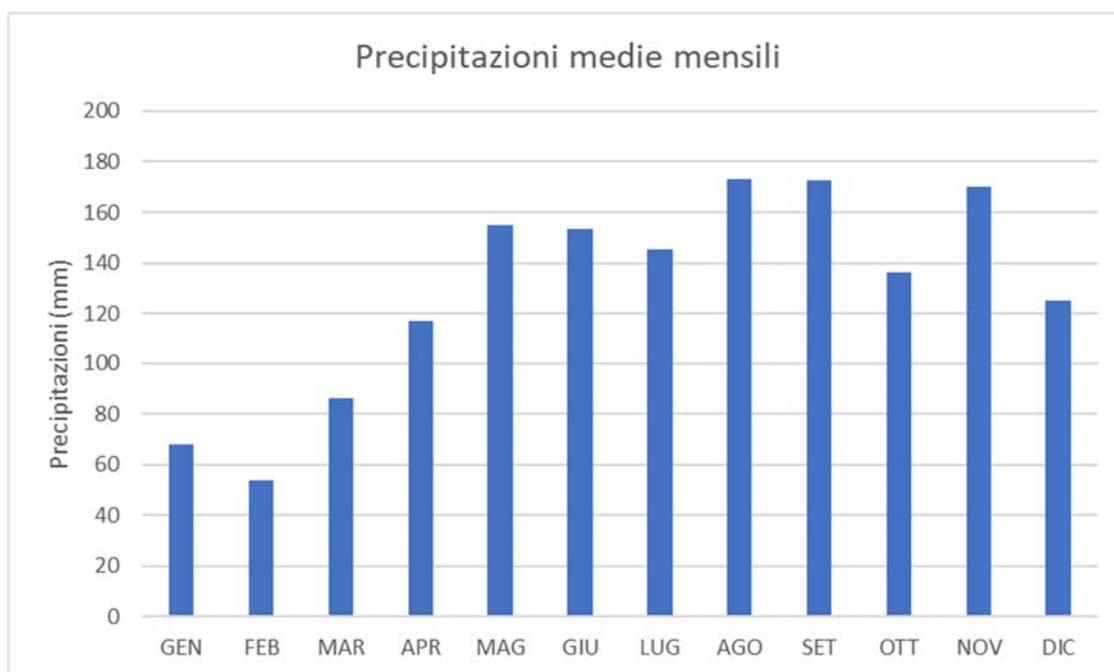


Tabella 2: Dati di precipitazione stazione di Belluno - ARPAV.

| Anno | GEN | FEB | MAR | APR | MAG | GIU | LUG | AGO | SET | OTT | NOV | DIC | Somma |
|-------|--------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|-------|--------|--------|-------|---------|--------|
| 2005 | 4.4 | 7.2 | 23 | 141.8 | 130 | 110.2 | 200.4 | 201.2 | 186.8 | 210.4 | 71.4 | 68.6 | 1355.4 |
| 2006 | 26.6 | 48.6 | 74 | 160 | 141 | 50 | 78.6 | 287.2 | 117 | 44.6 | 16.4 | 124 | 1168 |
| 2007 | 92.2 | 47.2 | 113.2 | 49.4 | 166.8 | 237.4 | 153.8 | 171.8 | 157.8 | 66.6 | 100.2 | 2.4 | 1358.8 |
| 2008 | 163 | 52 | 67.8 | 158.8 | 207 | 175.6 | 89.4 | 150.8 | 129.2 | 181.8 | 259.4 | 303.2 | 1938 |
| 2009 | 136.2 | 132.4 | 184.6 | 149.6 | 47.8 | 152.8 | 147.4 | 230.2 | 174 | 60.4 | 156.8 | 189.4 | 1761.6 |
| 2010 | 66.8 | 94 | 63.8 | 58 | 241.2 | 153 | 156 | 117 | 224 | 205.6 | 315.6 | 214.2 | 1909.2 |
| 2011 | 40.8 | 40.2 | 142.2 | 46.6 | 163 | 220.6 | 188.6 | 90.6 | 178.8 | 155.4 | 119.8 | 43.2 | 1429.8 |
| 2012 | 13 | 9.6 | 22.2 | 171.8 | 144 | 127 | 148.4 | 136 | 213.6 | 166 | 322.8 | 54.4 | 1528.8 |
| MEDIA | 67.875 | 53.9 | 86.35 | 117 | 155.1 | 153.325 | 145.325 | 173.1 | 172.65 | 136.35 | 170.3 | 124.925 | |

Tabella 3: Precipitazioni cumulate mensili medie del periodo 1994-2012 della stazione di Belluno.

4.3 Caratteristiche delle reti fognarie e della rete idraulica ricettore

Previo sopralluogo presso la Società Informatica territoriale del Gruppo BIM GSP, gestore delle reti acquedottistiche e fognarie, sono stati reperiti i tracciati delle reti presenti nella banca dati della società. Tale base informativa, riportata negli elaborati grafici, comprende le informazioni desunte dai progetti reperiti negli uffici tecnici comunali ed i dati ottenuti da apposite campagne di misura svolte dall'ente gestore. Le reti di fognatura sono suddivise in reti di smaltimento delle *acque nere*, provenienti dalle utenze domestiche, reti di smaltimento delle *acque bianche*, provenienti dal deflusso delle piogge attraverso i tetti e le strade e reti di smaltimento delle *acque miste* nel caso che i due tipi di deflusso precedentemente citati siano convogliati in un'unica condotta.

All'interno del territorio comunale sono presenti tre depuratori pubblici gestiti da BIM GSP e che recepiscono le condotte di fognatura che servono il comune di Belluno, come si può vedere dalla tabella, Dati ARPAV, e dalle cartografie riportate.

Tabella 4: Depuratori Pubblici in comune di Belluno.

| Nome_ul | Indirizzo | Tipo_scarico | Corpo_idrico | Num_ae | Classifica |
|--------------------------------|------------------------------|---------------------|--------------|--------|------------|
| Depuratore di Belluno -BIM GSP | Località Marisiga | Acque reflue urbane | Fiume Piave | 2700 | 1° CAT |
| Depuratore di Belluno -BIM GSP | Località Visome | Acque reflue urbane | T. Turriga | 700 | 2° CAT |
| Depuratore di Belluno -BIM GSP | Località Levego Sagogna | Acque reflue urbane | T. Meassa | 500 | 2° CAT |
| Depuratore di Belluno -BIM GSP | Località Giazzo | Acque reflue urbane | Rio Modol | 120 | 2° CAT |
| Depuratore di Belluno -BIM GSP | Frazione Castion Pittanzelle | Acque reflue urbane | T. Turriga | 3000 | 2° CAT |

Dall'analisi della cartografia si può vedere come il territorio del comune di Belluno possa essere suddiviso in due porzioni, una a nord del fiume Piave e l'altra a sud.

Nell'area di Belluno centro troviamo perlopiù una rete di fognatura di tipo misto, mentre tutta la zona di Cavarzano, Sala e tutta la dorsale di attività a ridosso della SS50, è servita perlopiù da fognatura nera. Il sistema fognario di Belluno ha come recettore finale una condotta Dn1000 che scorre lungo il fiume Piave a valle di Lambio e porta le acque al depuratore del BIM-GSP in località Marisiga (2700 AE). Arrivano al depuratore attraverso un altro ramo della rete anche le acque delle fognature (miste) che scolano le acque reflue di Sale, Giamosa e di altri nuclei a ridosso della SS50.

In sinistra Piave la rete è di minori dimensioni. Dalla frazione Cirvoi scende una condotta acque nere in gres Dn200 fino alla frazione di Faverga dove recepisce altri collettori di tipo misto e porta le acque al depuratore di Castion sul T. Turriga (3000 AE). Qui arrivano da altra rete anche le acque dell'abitato di Castion.

La frazione di Visome ha una sua rete acque nere separata la quale porta le acque al Depuratore di Visome (700AE) con scarico sul T.Turriga.

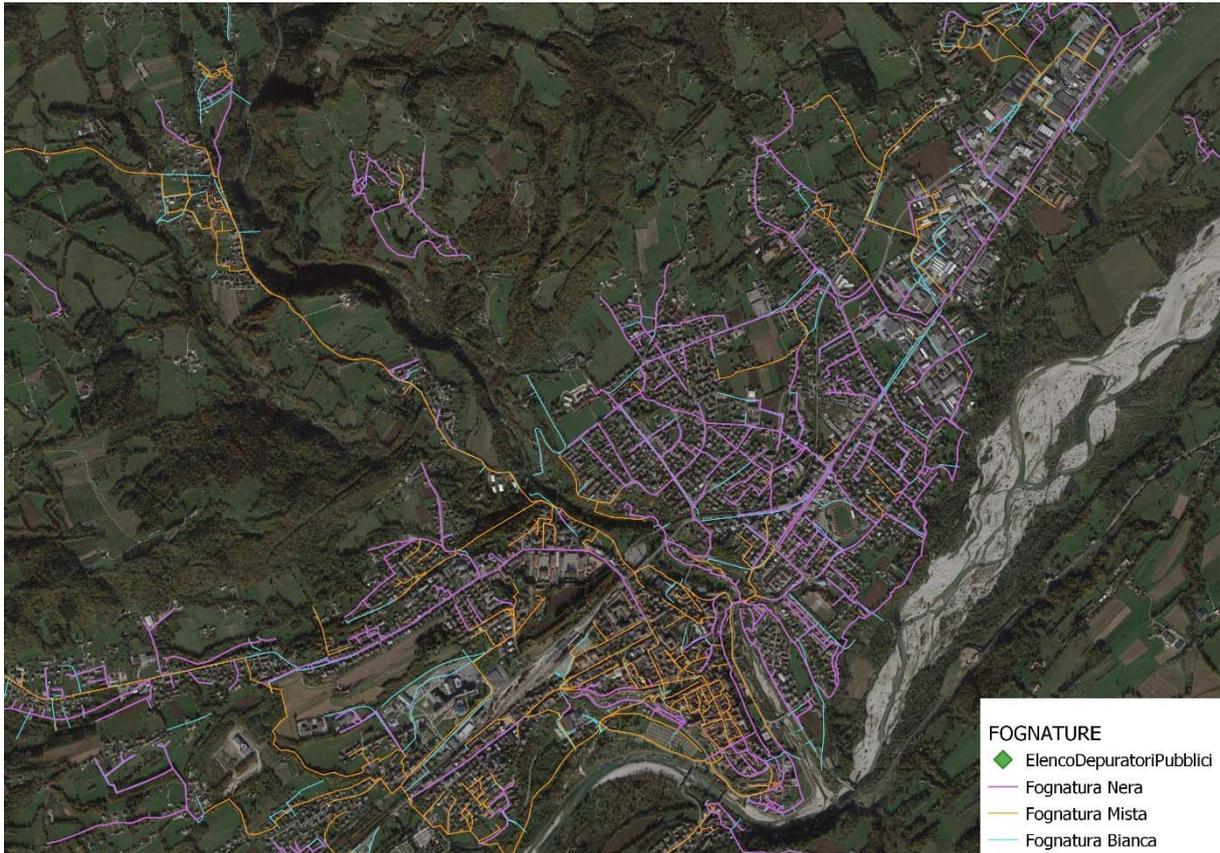


Figura 4-5: Ortofoto con individuazione delle reti di fognatura esistenti – porzione settentrionale.



Figura 4-6: Ortofoto con individuazione delle reti di fognatura esistenti – porzione meridionale.



Studio API
Associazione Professionale Ingegneri
Viale Pedavena 46 - 32032 Feltre (BL) tel. e fax 0439 302404
email info@studioapi.it web www.studioapi.it CF E P.IVA 00752840256

4.4 Caratteristiche geologiche geomorfologiche e litologiche

Le caratteristiche litologiche, idrogeologiche e geologiche dell' area di studio sono descritte nella relazione e nelle tavole grafiche di PAT dedicate.

5 DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE DEL TERRITORIO

5.1 Inquadramento generale

Il territorio comunale di Belluno contiene un importante rete idrografica il cui corso d'acqua principale è il fiume Piave che, con direzione sud-ovest, taglia il territorio comunale a metà e suddivide la rete idrografica minore in due: idrografia di destra Piave e sinistra Piave.

Il fiume Piave dopo Ponte nelle Alpi entra nel territorio del comune di Belluno, scorre per circa 5 km in un ampio alveo ghiaioso per poi infiltrarsi nella stretta di Belluno, dove confluisce il T. Ardo, supera quindi il ponte della Vittoria e il parco di Lambioi e prosegue riallargandosi verso valle.

La rete idrografica minore è quindi suddivisibile in affluenti di sinistra e di destra Piave, ed è così composta:

- **DESTRA PIAVE**

- Valle di Busalunga e Rio La Venegia che attraversano la SS50 a nord di Belluno e si uniscono poco prima di confluire nel Piave;
- Torrente Ardo, il più importante degli affluenti di destra del Piave, nasce dal monte Schiara e percorrendo la valle omonima arriva nei pressi del centro di Belluno confluendo in Piave a nord del Ponte della Vittoria;
- Rio delle Moneghe, che nasce in due rami distinti dai versanti a sud della SR204, attraversano la SS50 si uniscono e confluono in Piave a valle di Lambioi;
- Il Rio Siva che nasce dalle colline di Sois a monte della SS50 e confluisce nel Piave in zona denominata Ponte Siva.
- Il Torrente Gresal nasce dal monte Talvena, costituisce il confine con il comune di Sedico fino in località Casoni, da qui per circa 2.3 km è interamente contenuto nel territorio del Comune di Belluno per poi entrare nel comune di Sedico in località Roe Basse.
- Rio Salega: nasce in comune di Sedico dalle pendici del monte Peron, entra in comune di Belluno a Casoni per circa 1.8 km fino a Vignole.

- **SINISTRA PIAVE**

- Rio di Oltrevalle e Rio Vena D'Oro che nascono dalle pendici e dalle sorgenti dei versanti del Nevegal;
- Torrente Meassa, nasce dalla valle di Santa Giustina alle pendici del Monte Panada, scorre quindi verso nord drenando i versanti fino a confluire con la Valle di Vena D'Oro, supera la strada di sinistra Piave e presso Sagrogna confluisce in Piave;
- Il Rio Roggia che si localizza tra il T. Meossa e il Piave a nord di Caleipo e Sossai;
- Il Torrente Turriga che nasce dalle Pendici del Monte Faverghera, attraversa tutta la sinistra Piave da Castion a Visone e confluisce nel T. Cicogna;
- Il Torrente Cicogna, che nasce dalle pendici del Monte Agneleze e costituisce il confine ovest del comune di Belluno. Confluisce nel Piave a valle di Visome.

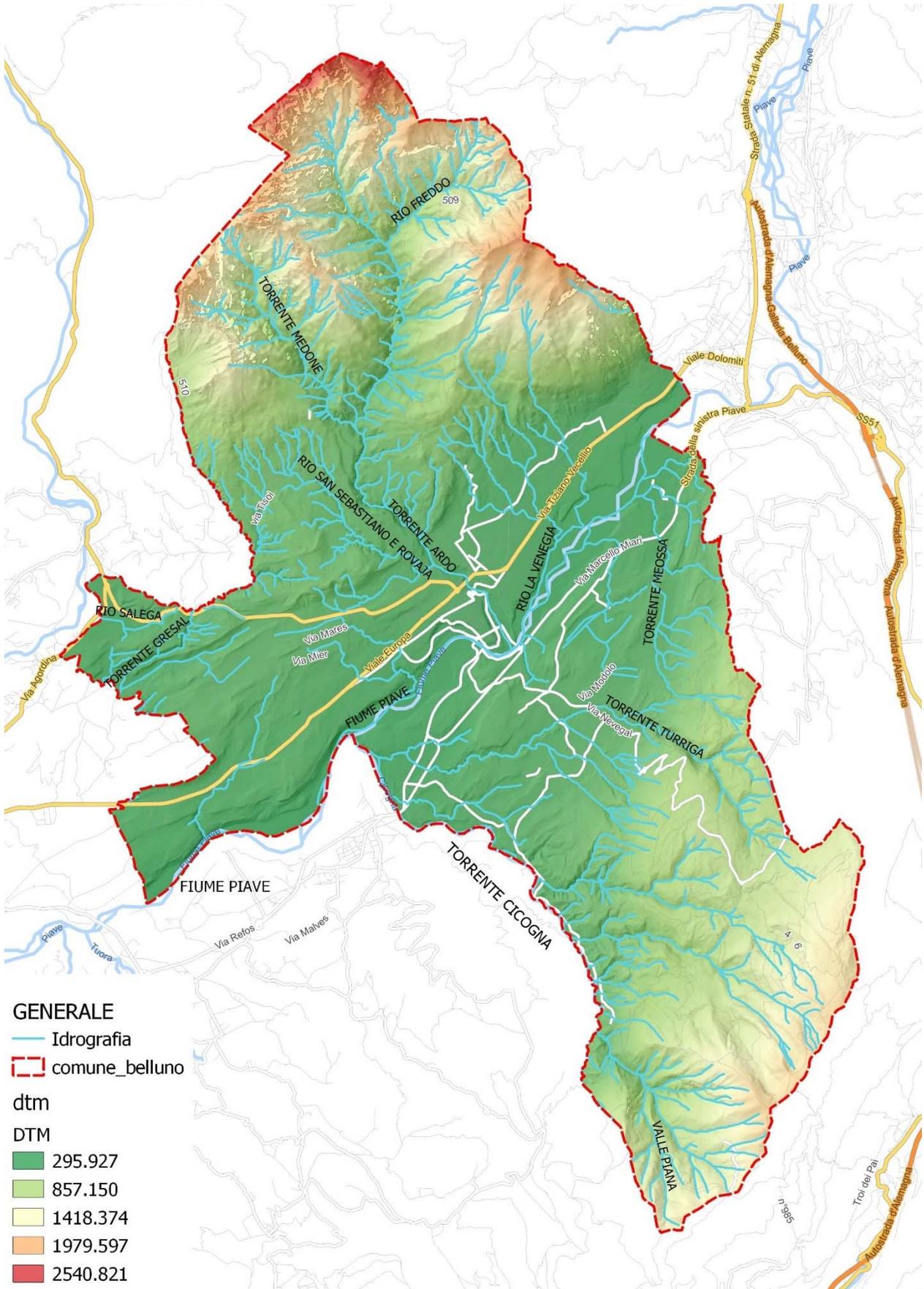


Figura 5-1 - Reticolo idrografico del territorio comunale.

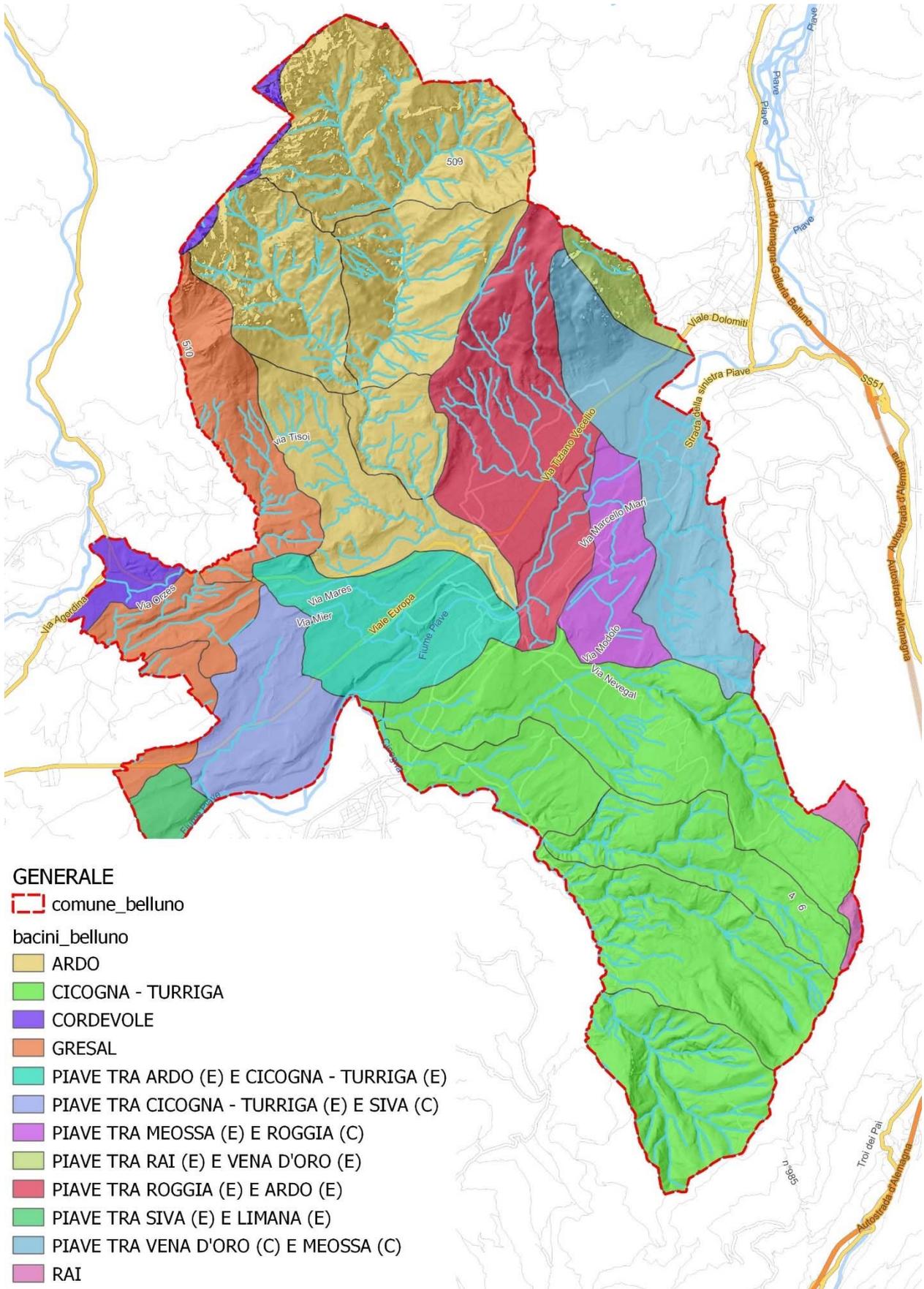


Figura 5-2 – Sottobacini dei torrenti minori presenti nel territorio comunale.

5.2 Il Fiume Piave

Le sorgenti del fiume Piave individuabili alle pendici del monte Peralba, in comune di Sappada (BL), ad una quota di circa 2000 metri sul livello del mare. Nel suo primo tratto il torrente scorre in direzione sud, attraversando i Piani del Cristo verso l'abitato di Cima Sappada. Qui il torrente piega verso ovest, dove nei pressi dell'abitato di Sappada riceve il contributo dei primi affluenti importanti. Infatti dalla sinistra idrografica si immettono il "Rio Siera di Sappada" e il "Rio Storto", mentre dal versante destro arrivano il "Rio del Mulino" e il "Rio Lerpa".

Ma l'affluente più importante è sicuramente il "Torrente Cordevole di Visdende", che si immette da destra nel Piave nei pressi dell'Ex Miniera di Salafossa scendendo da Cima canale in direzione sud. Il torrente Cordevole infatti ha una portata media paragonabile a quella del fiume Piave alla confluenza (circa 2.3 m³/s) ed un bacino idrografico di circa 71.5 km².

Dopo la confluenza quindi il Piave piega nuovamente in direzione sud-ovest dirigendosi verso gli abitati di San Pietro di Cadore e di Santo Stefano di Cadore. Lungo la valle riceve nuovamente contributi dagli affluenti laterali: in destra idrografica si immettono alcuni affluenti minori tra cui il "Rio Giau de Rin" e il "Torrente Rin", mentre in sinistra nei pressi della località Campolongo si immette in torrente Frison. Quest'ultimo è il secondo per importanza, con una portata media di 1.3 m³/s e un bacino idrografico di circa 35.7 km², ed arriva scorrendo verso nord dalla valle omonima.

A Vigo di Cadore il fiume Piave riceve le acque del torrente Ansiei, proveniente da Aronzo di Cadore, mentre da destra arrivano i torrenti Piova, Mauria, Talagona e Anfela.

A Perarolo di Cadore il Piave aumenta di molto le sue portate grazie alla confluenza del torrente Boite, e poco dopo, a Longarone, si immette anche il torrente Maè.

Il fiume Piave scorre così sud, attraversa la stretta gola di Ponte nelle Alpi, per poi allargare il suo alveo fino a Belluno. Qui riceve le acque del torrente Ardo, affluente di Destra.



Figura 5-3: Fiume Piave dopo Ponte nelle Alpi.

Il fiume Piave dopo Ponte nelle Alpi progressivamente si allarga a causa della riduzione della pendenza dell'alveo rispetto al tratto di monte, assumendo una morfologia prevalente a rami intrecciati in cui le portate di magra e morbida modellano nell'alveo dei canali meandriformi, creando alternativamente delle zone di erosione e di accumulo. A partire dalla località Anta fino alla frazione S. Pietro in Campo si estende nella golenia destra del Piave la vasta zona umida detta "fontane di Nogarè", tutelata come zona S.I.C.: le fontane sono delle risorgive che formano alcuni stagni e rii che scorrono lentamente verso il Piave.

Il fiume Piave entra così nella stretta di Belluno, dove confluisce il T. Ardo, supera quindi il ponte della Vittoria e il parco di Lambioi, dove effettua un'ampia curva protetta da un muro in cls e una sistemazione a pennelli in massi, e si dirige quindi verso Limana.



Figura 5-4: Piave a Lambioi – Belluno.

Il fiume Piave è il corso d'acqua più importante della provincia di Belluno e nel suo alveo scorrono portate importanti, che mediamente possono essere riassunte come da tabella seguente.

Tabella 5: Portate minime, medie e massime del Piave a Belluno 2008-2016 (fonte: ARPAV).

| Q(m ³ /s) | 2008 | 2009 | 2010 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| MIN | 5.61 | 9.93 | 8.76 | 6.79 | 9.93 | 10.55 | 7.72 | 7.24 |
| MED | 21.52 | 31.46 | 33.34 | 26.35 | 32.96 | 43.34 | 12.98 | 14.91 |
| MAX | 304.02 | 338.32 | 499.40 | 560.10 | 427.21 | 548.80 | 74.59 | 57.50 |

Nel grafico di Figura 5-5 si riporta l'andamento delle portate medie giornaliere nel periodo 2008-2018 rilevate all'idrometro di Belluno – Ponte della Vittoria. Come si può vedere l'andamento è tipico del regime torrentizio con picchi di portate in primavera e autunno. Nel grafico di Figura 5-6 si riportano le curve di durata del Piave a Belluno nel periodo 2008-2016.

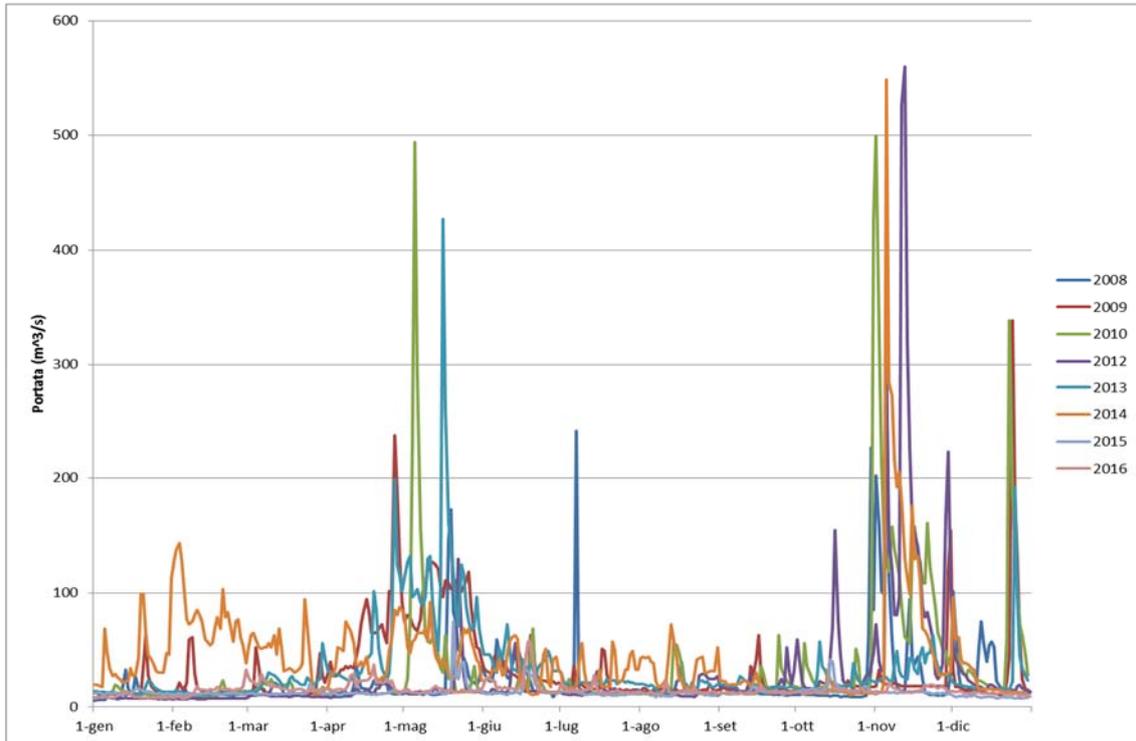


Figura 5-5: Portate medie giornaliere del Piave a Belluno 2008-2016 (fonte: ARPAV).

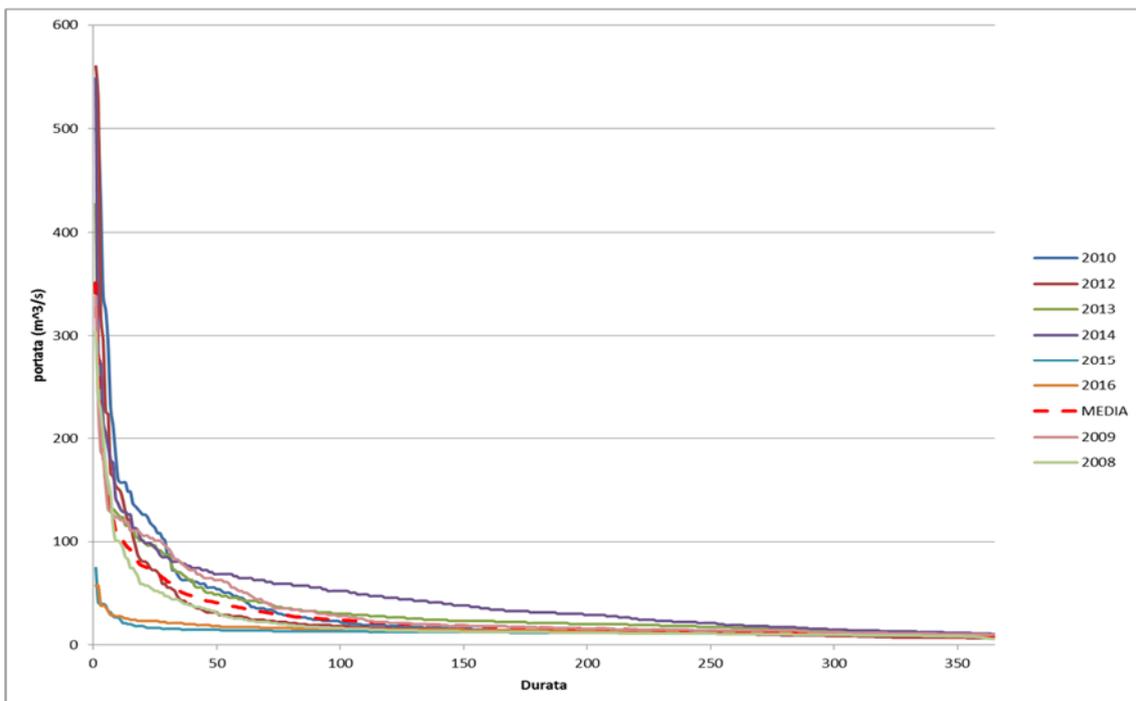


Figura 5-6: Curve di durata del Piave a Belluno 2008-2016.

5.3 Idrografia minore Destra Piave

Partendo da nord i primi corsi d'acqua minori che confluiscono nel Piave sono il **Rio Valle di Busalunga** e il **Rio Veneggia**, entrambi che nascono dalle pendici del Monte Serva (2133 m s.l.m.).

Il primo dopo il tratto di versante arriva nei pressi delle prime case in località Fiammoi, dove tombinato supera la strada comunale omonima, prosegue verso sud per essere nuovamente intubato per superare i capannoni a monte della SS50. A valle della statale esce quindi nuovamente a cielo aperto per dirigersi verso valle dove confluisce nel Rio Veneggia e quindi nel Piave.

Il rio Veneggia invece si forma dall'unione di diversi rami che scendono dai versanti del Monte Serva. Il principale (Rio Veneggia o Val dei Narei) scende dalla località omonima fino a Sargnano,

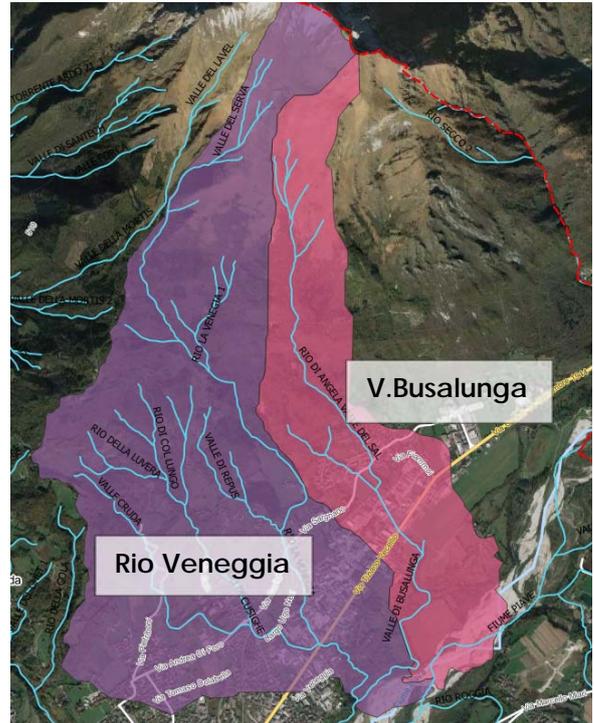


Figura 5-7: Bacini idrografici Valle di Busalunga e Rio Veneggia.

dove si unisce con la Valle dei Repus (località Pedeserva). Scende quindi verso la SS50 dove prima del centro Commerciale viene intubato in condotta Dn800. Nei pressi del ponte della SS50 esce e incontra il Rio di Cusighe (rio che si forma in località Cusighe attraverso l'unione del Rio Cusighe e del Rio Val Cruda). Il Rio Veneggia supera quindi la SS50 per dirigersi verso il fiume Piave.

Il torrente Ardo nasce dal monte Schiara nei pressi del rifugio Settimo Alpini, all'interno del Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi. Il suo corso, di circa 12 chilometri, si snoda interamente all'interno del comune di Belluno. Subito a valle della località Ponte Mariano riceve sulla sinistra le acque del Rio Freddo, che scorre alle pendici del versante settentrionale del monte Serva. A circa metà del suo cammino, a monte di Gioz, riceve le acque del torrente Medone, suo principale tributario (affluente di destra lungo 5 chilometri che scorre tra la Pala Alta e il monte Terne).

Lungo il suo corso sono presenti spettacolari forre, molto interessanti dal punto di vista naturalistico. Le forre del torrente Ardo sono ambienti altamente spettacolari. Fra le gole rocciose più rilevanti si ricordano quella di Corontola, presso Bolzano Bellunese, quella del "Pont de la Mortis", osservabile comodamente dal ponte omonimo, e quella pensile, oggi non più percorso dall'acqua, del "Bus del Buson", raggiungibile a piedi da Case Bortot.

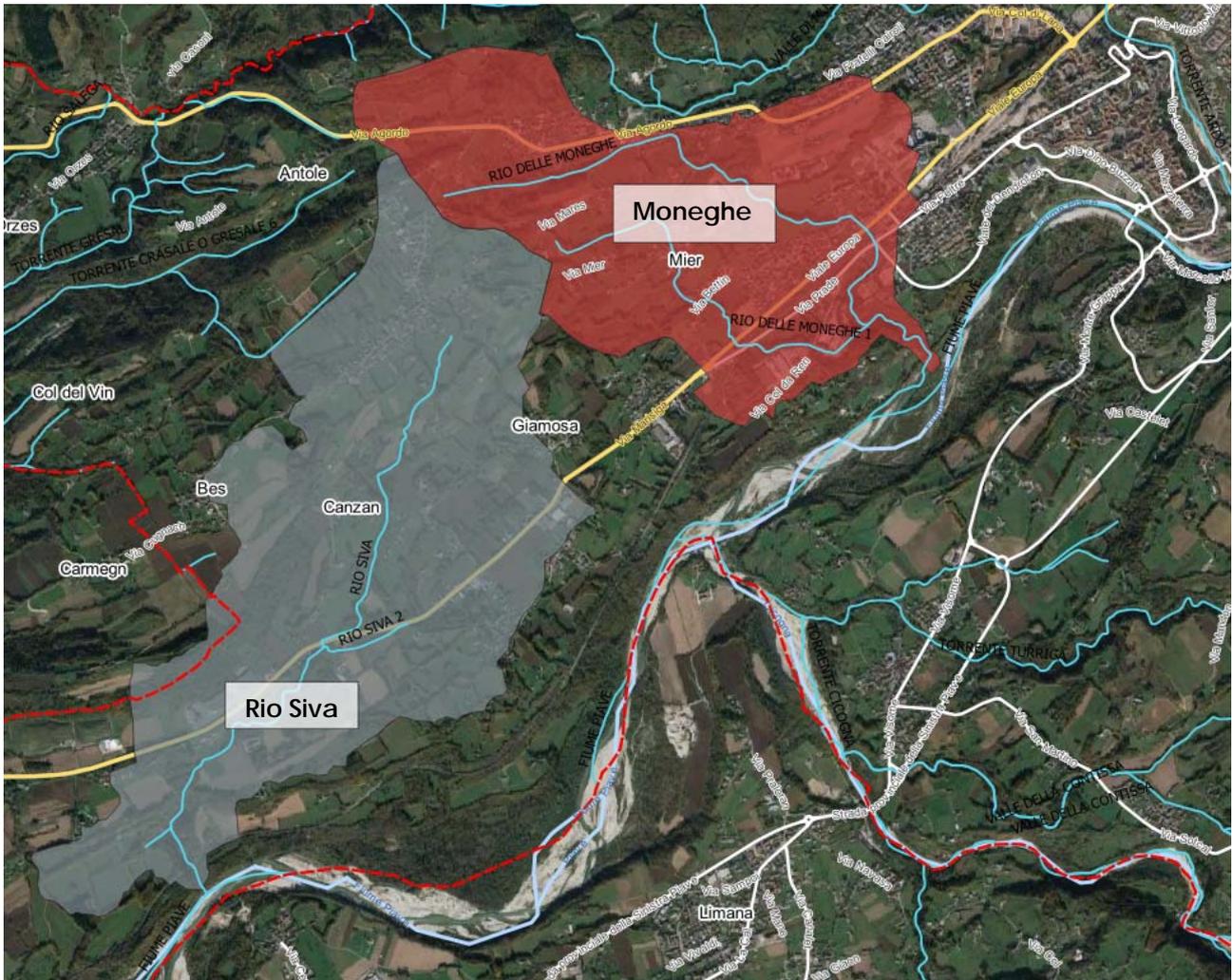


Figura 5-9: bacini idrografici del Rio delle Moneghe e del Rio Siva.

Il **T. Gresal** è un affluente di destra del F. Piave e costituisce il confine con il comune di Sedico fino in località Casoni, da qui per circa 2.3 km è interamente contenuto nel territorio del Comune di Belluno per poi entrare nel comune di Sedico in località Roe Basse.

Il corso d'acqua ha origine alle pendici del M. Pala Alta (1933 m s.m.) e scende con percorso tortuoso e acclive verso sud sino nei pressi della località Trevisoi (Belluno) dove cambia direzione dirigendosi verso ovest alla località Casoni (S.R. n. 203 Agordina) e quindi entrando nella parte a minor pendenza del suo corso. Dopo aver sottopassato la S.S. n. 50 in località Gresal (circa 13 km di percorso) esso prosegue attraversando la vasta area semipianeggiante compresa tra l'asse viario Belluno –Feltre e il corso del F. Piave.

Nel tratto compreso tra l'attraversamento della S.R. n. 203 in località Casoni e il citato attraversamento della S.S. n. 50, il torrente riceve in sinistra il contributo di alcuni piccoli corsi d'acqua i cui bacini sono ubicati, in tutto o in parte, nel territorio del Comune di Belluno.

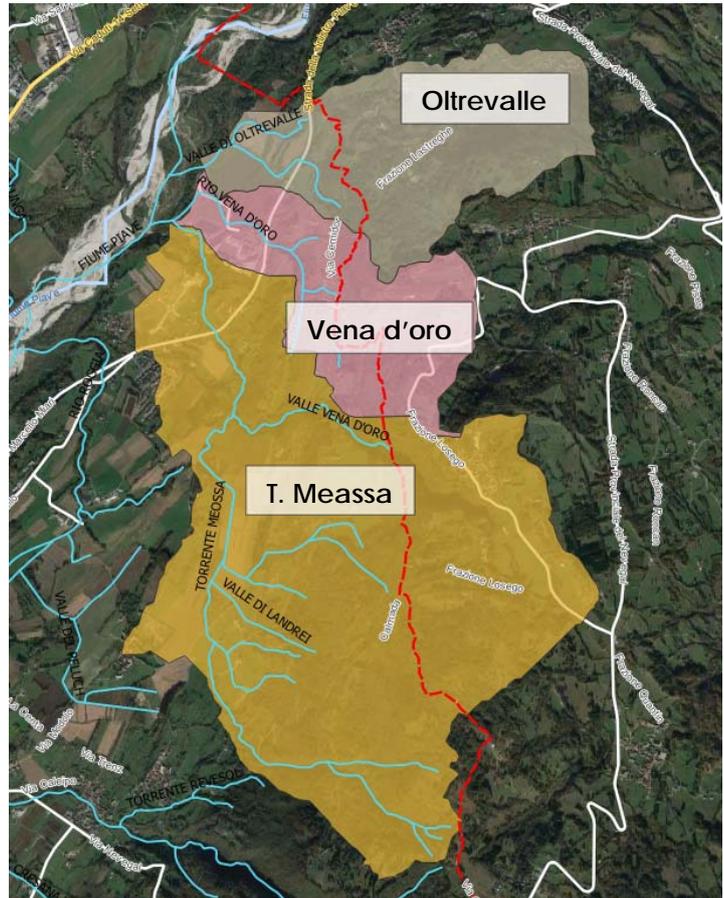
5.4 Idrografia minore Sinistra Piave

In Sinistra Piave troviamo diversi affluenti. Tra le località di Levego e Sagrognà giungono 3 corsi d'acqua.

Rio di Oltrevalle e Rio Vena D'Oro che nascono dalle pedici e dalle sorgenti dei versanti del Nevegal.

In particolare il Rio Vena D'Oro nasce dalle famose Sorgenti della Vena D'Oro che nella seconda metà dell'Ottocento fu sfruttata convogliandola in uno elegante stabilimento termale, corredato da albergo, parco e chiesetta neogotica. Nel 1869 infatti il cav. Giovanni Lucchetti fece ampliare il vecchio convento dei frati di San Pietro trasformandolo, per trent'anni, in una delle più importanti stazioni climatiche d'élite

Il Rio quindi scorre in direzione nord passando nei pressi dell'Ex Colonia Enel, si unisce al Rio Rive dei Cavalli e della Valle Pin per proseguire e gettarsi nel fiume Piave a Sagrognà.

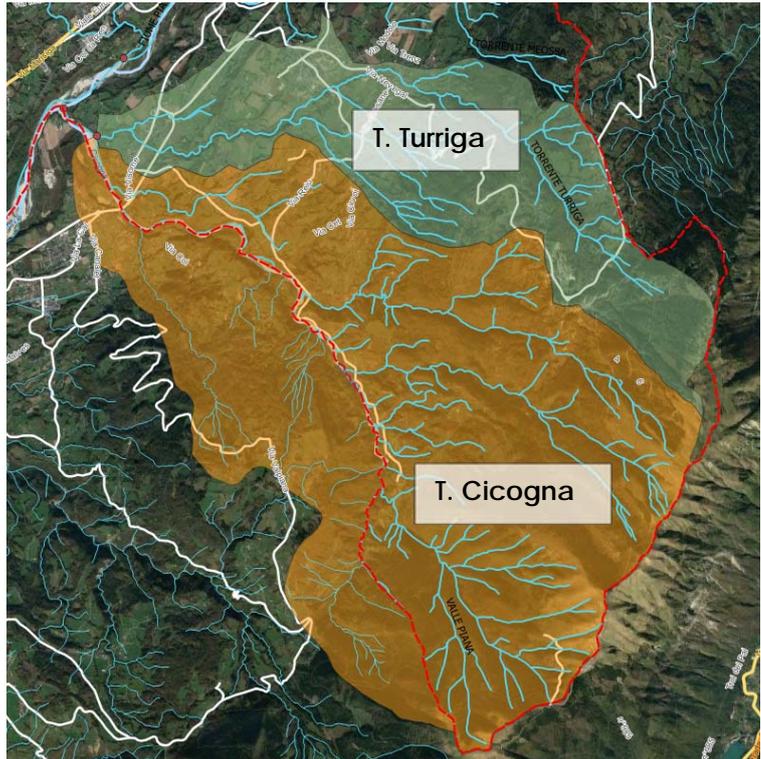


Torrente Meassa, o torrente Landrei nel primo tratto, nasce dalla valle di Santa Giustina alle pendici del Monte Panada, scorre quindi verso nord drenando i versanti (Val del Landrei, Val delle Busete e Valle di Vena D'oro). Diventa quindi torrente Meassa, supera la strada di sinistra Piave e confluisce nello stesso tra Sagrognà e Levego.

Spostandoci ancora verso ovest troviamo un piccolo corso d'acqua, denominato **Rio Roggia**. Questo piccolo corso d'acqua drena l'area di sinistra Piave compresa tra Pedescastello, Sossal e Modolo. Il corso d'acqua scorre verso nord per confluire nel Piave a valle di Levego.

Ben più importante è il reticolo afferente al **Torrente Cicogna**, e al suo affluente **Torrente Turriga**.

Il T. Cicogna nasce tra i comuni di Belluno e Limana in località Tibolla, alle pendici del Col Visentin (Prealpi Bellunesi), originandosi da numerosi ruscelli e rii (Valle della Fontana, V. dell'Ospedale, Valle Piana, Valle Spin). Scende verso la Valbelluna nella cosiddetta Valtibolla, toccando le borgate di Tassei, dove riceve il Rio Pissador, il Rio Foss, poi scende verso Piandelmonte, Ceresera, Cet, Castoi, in questo tratto riceve altri afflussi dalla Valle Malvan, Val dei Mus, dalla Val della Contissa, dalla Val del Burion, dalla Rio Lavedin



A Visome riceve le acque del Torrente Turriga, affluente molto importante con un bacino di 15.9 km² che si forma dalle Pendici del Nevegal scendendo lungo la Val di Mamante passando tra le frazioni di Sossai, Caleipo e Faverga. Da qui piega verso ovest ricevendo altri affluenti (Val Cresana, V. delle Pignole, V. di Madeago) scorrendo fino a Visome e confluendo nel Cicogna.

Il Cicogna, ricevuto il Turriga, sfocia nel Piave tra Praloran (comune di Limana) e Rivamaor (comune di Belluno).

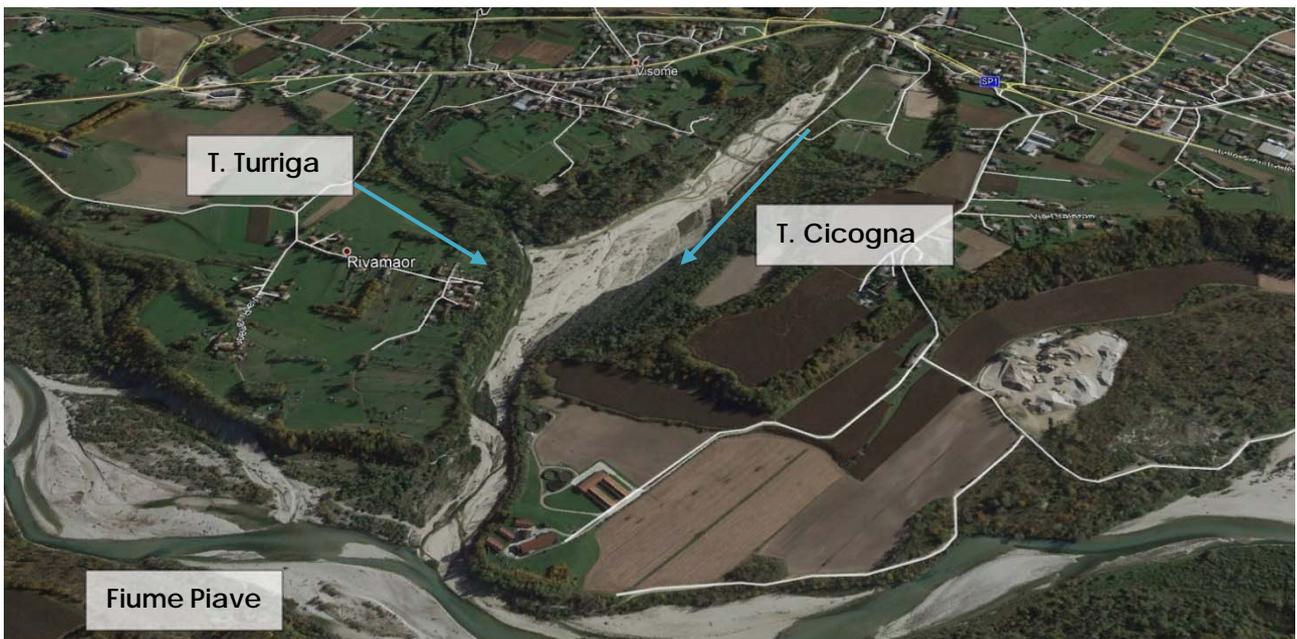


Figura 5-11: Confluenza Turriga – Cicogna nel fiume Piave.

5.5 Caratteristiche morfometriche dei bacini idrografici

Successivamente, tramite elaborazioni GIS, sono state determinate le caratteristiche morfometriche dei bacini idrografici principali e secondari in corrispondenza di diverse sezioni di chiusura.

Il tempo di corrivazione dei bacini è stato valutato mediante la formulazione di Giandotti; essa viene di seguito espressa:

$$T_c = \frac{4 \cdot \sqrt{S} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{H_m - H_0}} \quad \text{Giandotti (1934 - 1939)}$$

dove T_c è espresso in ore, L rappresenta la lunghezza dell'asta principale (km), H_m è l'altitudine media del bacino (m s.l.m.) ed H_0 è l'altitudine della sezione di chiusura (m s.l.m.);

Coerentemente alla descrizione svolta ai paragrafi precedenti si sono suddivisi i bacini idrografici per zona di appartenenza.

Di seguito si riportano le immagini e le tabelle riassuntive con le caratteristiche dei bacini idrografici indagati.

Tabella 6 - Caratteristiche morfometriche dei principali bacini idrografici.

| n | Bacini | Area (km ²) | L(km) | H(med) | H(min) | (Hmax) | Tc (ore) |
|----|--|-------------------------|-------|---------|--------|---------|----------|
| 1 | Rio Busalunga | 3.47 | 4.8 | 763.17 | 342.91 | 2020.7 | 1.05 |
| 2 | Torrente Venegia | 7.85 | 6.4 | 696.82 | 341 | 2131.34 | 1.38 |
| 3 | Torrente Ardo | 37.37 | 12 | 1043.14 | 331.45 | 2544 | 1.99 |
| 4 | Rio delle Moneghe | 3.48 | 3.7 | 431.36 | 323.67 | 572.86 | 1.57 |
| 5 | Rio Siva | 5.00 | 3.85 | 419.75 | 302.41 | 497.9 | 1.70 |
| 6 | Torrente Gresal (chiuso a Roe Basse) | 12.72 | 8.45 | 690.81 | 347.23 | 1910 | 1.82 |
| 7 | Rio Salega | 2.08 | 4.5 | 450.7 | 349 | 698 | 1.55 |
| 8 | Rio Oltrevalle | 2.25 | 1.2 | 394.8 | 353.53 | 546.95 | 1.52 |
| 9 | Rio Vena D'Oro | 1.65 | 1.75 | 436.38 | 350.98 | 604.1 | 1.05 |
| 10 | Torrente Meossa | 7.4 | 5.57 | 556.15 | 349.92 | 925 | 1.67 |
| 11 | Rio Roggia | 2.37 | 2.65 | 416.65 | 347.62 | 470.19 | 1.52 |
| 12 | Torrente Turriga | 15.87 | 10.05 | 715.80 | 327.55 | 1068.60 | 1.97 |
| 13 | Torrente Cicogna (a monte del Turriga) | 41.81 | 11.50 | 938.04 | 326.13 | 1751.80 | 2.33 |
| 14 | Torrente Cicogna (confluenza Piave) | 57.25 | 12.00 | 822.73 | 326.5 | 1751.9 | 2.71 |

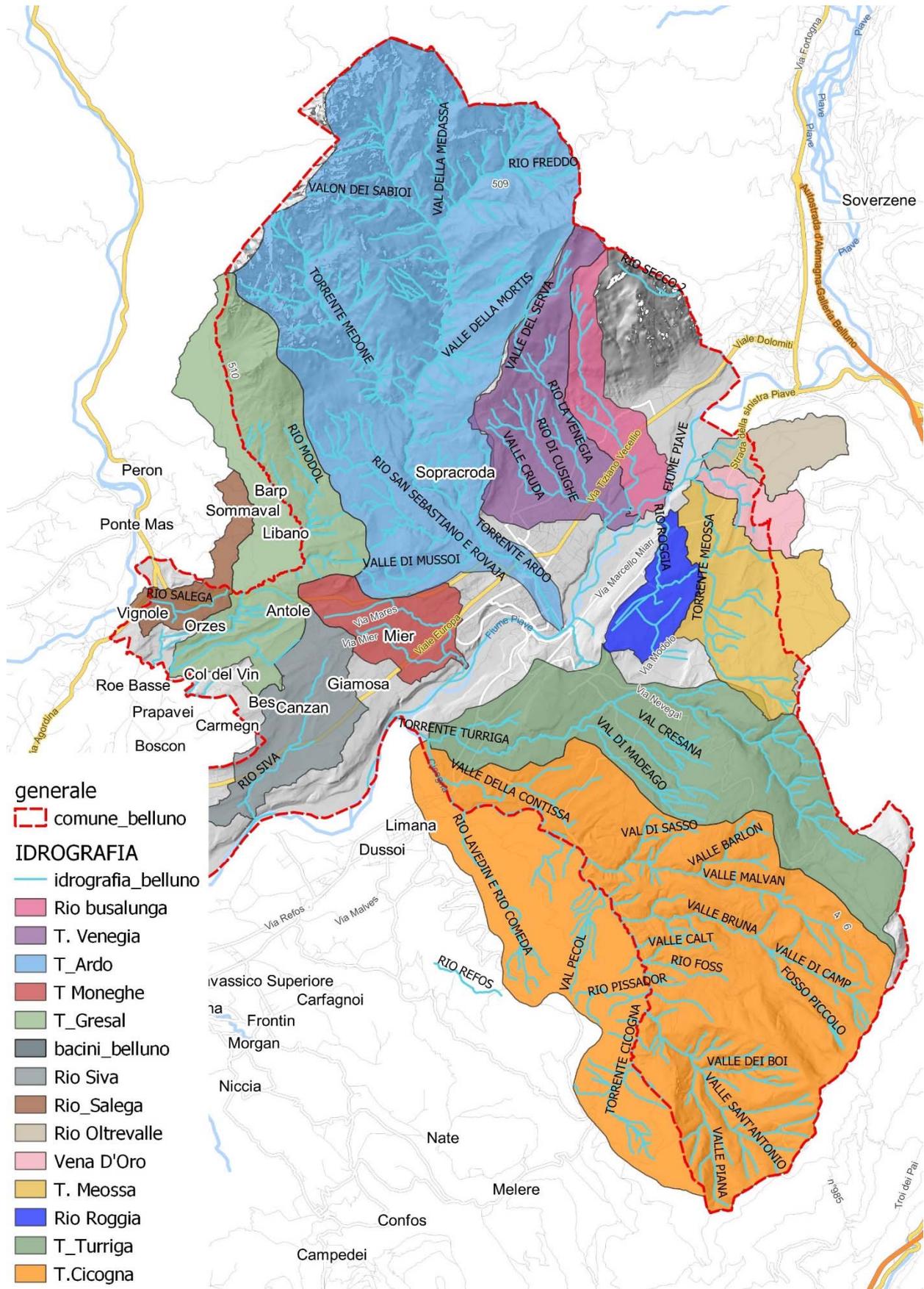


Figura 5-12 - Bacini idrografici corsi d'acqua comune di Belluno.

6 ANALISI DELLE PRECIPITAZIONI

6.1 Precipitazioni ARPAV

Lo scopo di un'analisi pluviometrica consiste nel determinare una stima dell'altezza di pioggia puntuale corrispondente ad una determinata durata e ad un assegnato tempo di ritorno, stima che generalmente viene espressa tramite le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica ricavate mediante regolarizzazione statistica di un campione di valori osservati. L'attendibilità della stima dipende quindi dalla numerosità del campione disponibile, che per le analisi pluviometriche è composto dai valori massimi annui registrati in una specifica stazione pluviometrica e per la medesima durata di precipitazione, ed assume quindi un carattere esclusivamente locale.

Il procedimento tiene conto dell'andamento generale dei parametri che caratterizzano il legame tra le grandezze h (altezza di pioggia), Tr (tempo di ritorno dell'evento) e t (tempo di pioggia) sull'intera superficie della regione esaminata. Le relazioni utilizzate per l'analisi regionale delle precipitazioni sono quindi espresse da una equazione del tipo:

$$h = f(x, t, Tr)$$

che fa dipendere esplicitamente l'altezza di afflusso meteorico, h , dalla posizione geografica del luogo, x , dalla durata della pioggia, t , e dal tempo di ritorno Tr ad essa associato. Tale equazione si può ottenere ricorrendo alla combinazione di una legge statistica per i valori estremi, che esprime la dipendenza dell'afflusso meteorico dal tempo di ritorno, con una curva di possibilità climatica che evidenzia invece l'influenza della durata sul fenomeno. I parametri di queste due leggi variano generalmente con la posizione geografica evidenziandone così l'effetto.

La formula di regionalizzazione è espressa dalla seguente Equazione 1.

$$h(x, t, Tr) = H(x) \cdot [1 + 0.35 \cdot Y(Tr)] \cdot t^{n(x)} \quad (1)$$

dove:

h = altezza di precipitazione [mm];

t = durata dell'evento [ore];

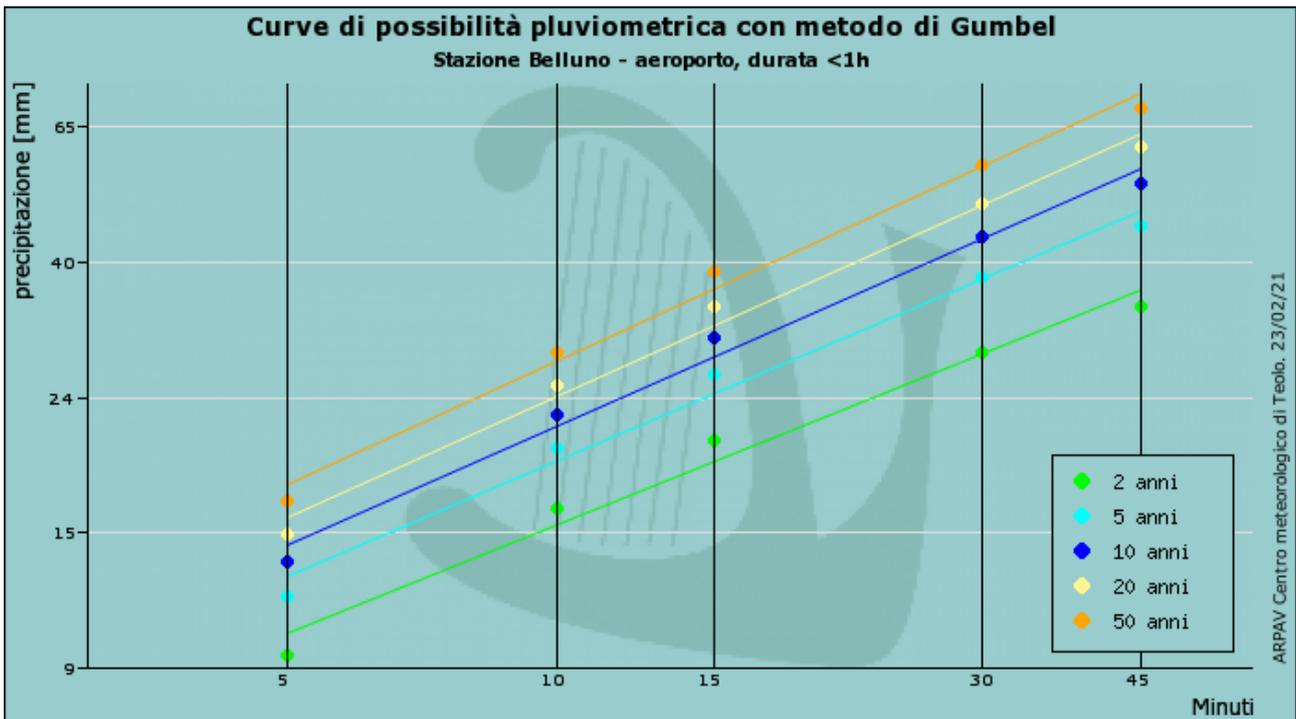
$Y(Tr) = -\ln(-\ln(1 - 1/Tr))$, variabile ridotta di Gumbel con Tr espresso in anni.

I dati assunti come riferimento per l'analisi idraulica dell'area di progetto sono stati derivati dai dati di pioggia della stazione pluviometrica di Belluno (dati dal 2004 ad oggi).

| Stazione | Belluno - aeroporto | |
|--------------|---------------------|-------------------|
| Quota | 377 | m s.l.m. |
| Coordinata X | 1750560 | Gauss-Boaga fuso |
| Coordinata Y | 5117458 | Ovest (EPSG:3003) |

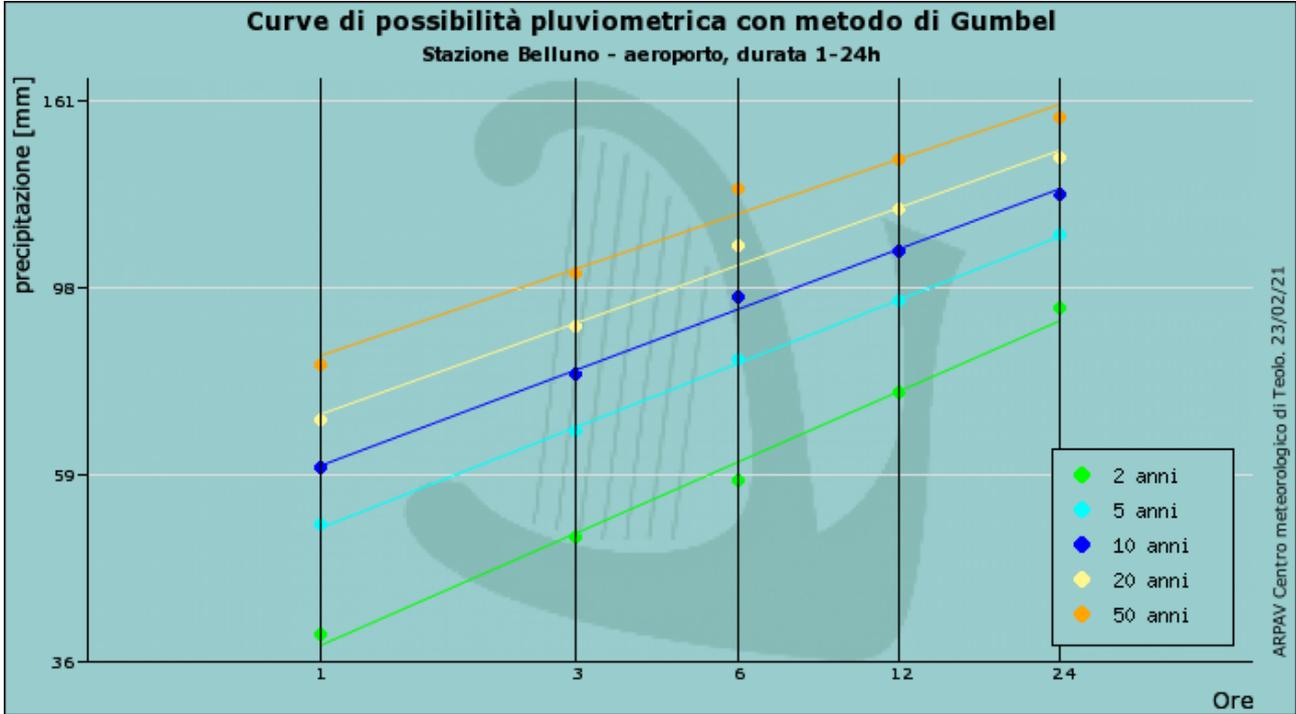
| | |
|---|---------------------|
| Comune | BELLUNO (BL) |
| Inizio attività sensore di pioggia 10/11/2004 | |
| Fine attività sensore di pioggia ancora attivo | |

Precipitazioni < 1h



| Parametri delle curve di possibilità pluviometriche con durata <1h (espressa in ore) | | |
|--|--------|-------|
| Tempo di ritorno | a | n |
| 2 anni | 42.218 | 0.579 |
| 5 anni | 57.139 | 0.616 |
| 10 anni | 67.042 | 0.632 |
| 20 anni | 76.553 | 0.644 |
| 50 anni | 88.875 | 0.656 |

Precipitazioni 1-24 h



| Parametri delle curve di possibilità pluviometriche con durata 1-24h (espressa in ore) | | |
|--|--------|-------|
| Tempo di ritorno | a | n |
| 2 anni | 37.483 | 0.274 |
| 5 anni | 51.481 | 0.245 |
| 10 anni | 60.798 | 0.232 |
| 20 anni | 69.76 | 0.223 |
| 50 anni | 81.384 | 0.213 |

6.2 Precipitazioni studi ADB

Ulteriore analisi a confronto con quella relativa ai Dati ARPAV è stata svolta facendo riferimento allo studio di regionalizzazione delle precipitazioni estreme condotto nell'ambito dello studio relativo al dimensionamento delle opere idrauliche, condotto nel 1996 dall'Autorità di bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione ("Legge 193 del 18/05/1989, Art. 23: Studi finalizzati alla redazione dei Piani di Bacino - Dimensionamento delle opere idrauliche"). Lo scopo principale della regionalizzazione delle precipitazioni estreme è quello di consentire la valutazione, attraverso semplici relazioni matematiche, dell'altezza dell'afflusso meteorico h in una qualsiasi località ricadente all'interno della regione esaminata, una volta fissati il tempo di ritorno Tr e la durata t della precipitazione stessa. Il procedimento che consente di raggiungere questo obiettivo non è una semplice estrapolazione dei risultati delle analisi statistiche usuali, applicate alle singole stazioni pluviometriche, ma si basa su procedimenti che tengono conto dell'andamento generale dei parametri che caratterizzano il legame tra le grandezze h , Tr e t sull'intera superficie della regione esaminata. Le relazioni utilizzate per l'analisi regionale delle precipitazioni sono quindi espresse da una equazione del tipo:

$$h = f(x, t, Tr)$$

che fa dipendere esplicitamente l'altezza di afflusso meteorico, h , dalla posizione geografica del luogo, x , dalla durata della pioggia, t , e dal tempo di ritorno Tr ad essa associato. Tale equazione si può ottenere ricorrendo alla combinazione di una legge statistica per i valori estremi, che esprime la dipendenza dell'afflusso meteorico dal tempo di ritorno, con una curva di possibilità climatica che evidenzia invece l'influenza della durata sul fenomeno. I parametri di queste due leggi variano generalmente con la posizione geografica evidenziandone così l'effetto. La formula di regionalizzazione proposta nello studio citato per il territorio dell'Autorità di Bacino è espressa dalla

$$h(x, t, Tr) = H(x) \cdot [1 + 0.35 \cdot Y(Tr)] \cdot t^{n(x)}$$

dove:

h = altezza di precipitazione [mm];

t = durata dell'evento [ore];

$Y(Tr) = -\ln(-\ln(1 - 1/Tr))$, variabile ridotta di Gumbel con Tr espresso in anni.

I parametri dell'equazione $H(x)$ ed $n(x)$ sono stati valutati nell'ambito dello studio dell'Autorità di Bacino, complessivamente per 584 stazioni pluviometriche e successivamente omogeneizzati prevenendo alla redazione di carte delle isolinee dei due parametri che permettono di determinare i valori dei parametri per qualsiasi punto del territorio di competenza dell'Autorità.

Sostituendo i valori di $H(x)$ ed $n(x)$ relativi alla zona indagata, ricavati mediante elaborazioni GIS dalla cartografia allegata allo studio e pari rispettivamente a 24 e 0.42, si ottengono le equazioni di possibilità climatica scritte nella classica forma:

$$h(Tr) = a \cdot t_p^n$$

caratterizzate dai parametri caratteristici a e n riportati di seguito.

Tabella 7 – Valori dei coefficienti a ed n in funzione del tempo di ritorno¹

| | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| Tr | 50 | 100 | 200 |
| Y(Tr) | 3.902 | 4.600 | 5.296 |
| a | 56.78 | 62.64 | 68.48 |
| n | 0.42 | 0.42 | 0.42 |

Nella seguente tabella sono indicate le precipitazioni critiche in funzione del tempo di ritorno e del tempo di pioggia per l'area oggetto di intervento:

Tabella 8 – Precipitazioni critiche in funzione del tempo di ritorno e del tempo di pioggia

| TR | 50 | 100 | 200 |
|--------------|-----|-----|-----|
| Durata (ore) | | | |
| 0.25 | 32 | 35 | 38 |
| 0.5 | 42 | 47 | 51 |
| 1 | 57 | 63 | 68 |
| 2 | 76 | 84 | 92 |
| 3 | 90 | 99 | 109 |
| 4.5 | 107 | 118 | 129 |
| 6 | 121 | 133 | 145 |
| 12 | 161 | 178 | 194 |
| 18 | 191 | 211 | 231 |
| 24 | 216 | 238 | 260 |
| 36 | 256 | 282 | 308 |
| 48 | 289 | 318 | 348 |

¹ *Autorità di Bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione (1996)* - Studio di regionalizzazione delle precipitazioni estreme condotto nell'ambito della redazione dei Piani di Bacino

7 ANALISI IDROLOGICA E MORFOLOGICA DEI BACINI IDROGRAFICI AI FINI DELLA DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA

In questo capitolo si riporta la descrizione della metodologia di analisi per la stima delle portate di piena dei corsi d'acqua principali del territorio del Comune di Belluno. In seguito, per ciascun bacino, si riporta l'analisi svolta con il software Adb Toolbox.

7.1 Metodologia di analisi

La determinazione delle portate di progetto si basa sulla costruzione di un modello matematico di trasformazione afflussi - deflussi capace di correlare l'intensità dell'evento meteorico con l'idrogramma di piena generato. L'utilizzo di un modello matematico possiede anche il vantaggio di restituire non solo la massima portata al colmo, ma anche il completo andamento temporale del fenomeno, la forma dell'idrogramma e il volume complessivo.

Il problema della trasformazione afflussi - deflussi viene generalmente scomposto in due fasi successive. La prima si propone di determinare la precipitazione efficace ovvero la frazione di pioggia totale (coefficiente di deflusso) che defluisce effettivamente attraverso la rete idrografica mentre la seconda simula la propagazione dei deflussi così ottenuti lungo la rete idrografica fino alla determinazione dell'andamento temporale delle portate transitate attraverso la sezione di chiusura del bacino.

Attualmente esiste un numero elevato di modelli concettuali in grado di simulare il comportamento idrologico del suolo. La pioggia efficace viene determinata attraverso la valutazione del coefficiente di deflusso che può essere ipotizzato costante nel tempo, nei modelli più semplificati, o variabile con il procedere dell'evento meteorico.

Molto utilizzati sono i modelli basati sulla ricostruzione dell'idrogramma unitario istantaneo (IUH) caratteristico che rappresenta la risposta del bacino ad impulso di precipitazione efficace perfettamente distribuita sull'intera superficie del bacino e avente volume unitario. Una volta definito l'IUH la ricostruzione dell'idrogramma reale avviene discretizzando l'idrogramma in ingresso in impulsi elementari e sommando le risposte ottenute da ciascuno di essi (integrale di convoluzione). Una volta definito il valore dei parametri richiesti dal modello la sua attendibilità viene verificata, quando possibile, attraverso la procedura di taratura. Nel caso in esame l'impossibilità di procedere con questa procedura, a causa dell'assenza di misurazioni contemporanee pluvio-idrometriche che non ha permesso la ricostruzione di eventi di piena reali, è consigliato di escludere l'utilizzo di quei modelli basati su grandezze non misurabili direttamente o indirettamente e la cui determinazione può avvenire esclusivamente dal confronto delle simulazioni con l'andamento degli eventi reali. Pertanto si è data preferenza ai modelli cosiddetti "fisicamente basati" che consentono di sfruttare le caratteristiche morfometriche, litologiche e pedologiche del bacino per la determinazione delle grandezze fisiche significative.

Nella presente analisi, per quanto riguarda la determinazione dello ietogramma efficace ci si è avvalsi della metodologia proposta dal Soil Conservation Service (1972) nota come il metodo del Curve Number. Per la successiva determinazione dell'idrogramma di piena è stato utilizzato il noto modello di Nash. Entrambi gli algoritmi sono meglio descritti nei paragrafi seguenti.

7.1.1 Il metodo del Curve Number

La determinazione della pioggia efficace, ovvero della frazione di pioggia che defluisce direttamente alla rete idrografica, viene condotta con il metodo del Curve Number (CN) che determina tale volume di deflusso tenendo conto della variazione del grado di saturazione del terreno durante l'evento meteorico. Questo metodo è stato scelto tra quelli disponibili, per la maggiore consistenza fisica dei suoi parametri che lo rende applicabile anche nel caso di assenza di osservazioni di fenomeni reali.

Il metodo prevede un progressivo aumento del coefficiente di deflusso da un valore nullo, dovuto alle perdite iniziali che assorbono completamente la precipitazione, ad un valore tendente a 1 seguendo una precisa legge dipendente dalle caratteristiche di permeabilità del suolo e del sottosuolo.

Il volume di deflusso V viene calcolato, a partire dalla precipitazione netta P_n in base all'equazione:

$$V = \frac{W}{S} \cdot P_n \quad (\text{Eq. 7.1})$$

dove W rappresenta il contenuto idrico del suolo e S la capacità idrica del suolo a saturazione.

P_n viene espressa dalla:

$$P_n = P - IA$$

dove P è la pioggia totale mentre IA rappresenta le perdite iniziali per intercettazione.

Tenendo conto che W può essere così espresso:

$$W = P_n - V$$

l'Eq. 2.1 diventa:

$$V = \frac{(P - IA)^2}{P + S - IA} \quad (\text{Eq. 7.2})$$

Il parametro S è caratteristico delle condizioni del terreno e viene calcolato come:

$$S = 25.4 \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (\text{Eq. 7.3})$$

a partire dal numero di curva CN.

Questo è un parametro che può venire determinato rifacendosi ad apposite tabelle predisposte dal Soil Conservation Service, in base alle caratteristiche pedologiche, vegetazionali e di uso del suolo, e alle precipitazioni del periodo immediatamente precedente a quello considerato.

Il secondo parametro da introdurre per applicare questo metodo è il valore delle perdite iniziali IA ; queste possono essere stimate anche mediante la relazione empirica:

$$IA = 0.2 \cdot S$$

(Eq. 7.4)

Assumendo valida l'eq.5.4 la quantità di deflussi diretti verso la rete idrografica può essere ricavata dalla lettura del grafico riportato in Figura 22 a partire dalla precipitazione totale.

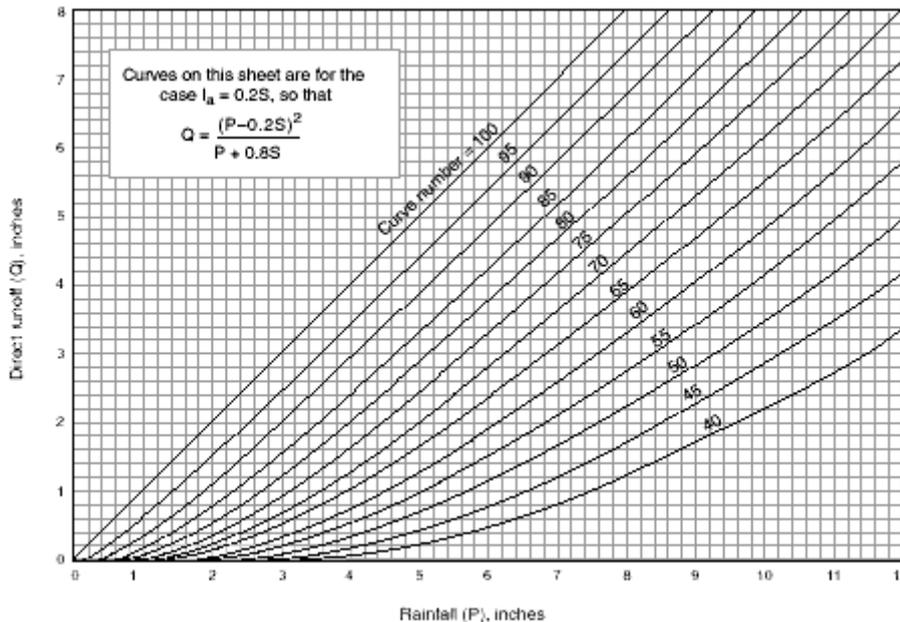


Figura 7-1 - Correlazione tra apporti meteorici e deflussi nella rete

Come si può notare, al procedere del fenomeno meteorico e quindi con l'aumento del volume d'acqua complessivamente caduto al suolo il rapporto tra precipitazione e deflussi è destinato ad aumentare.

Il metodo del Curve Number è stato messo a punto con pratiche applicazioni su bacini di modesta pendenza di versante e pertanto il suo utilizzo in altri ambiti va condotto con attenzione. La sua applicazione in bacini alpini italiani ha evidenziato la validità del metodo, ma ha consigliato di associare diversi valori del CN alle tipologie di suolo rispetto a quelli consigliati dal SCS. In particolare l'entità delle perdite iniziali si ritiene più corretto assumere $IA = (0.05 \div 0.10) S$.

Come si può desumere da quanto esposto, il metodo SCS fornisce unicamente il valore complessivo della pioggia efficace per l'intero evento; di conseguenza i modelli matematici, che operano in sequenza continua simulando il progredire nel tempo dei processi idrologici e quindi necessitano di conoscere il valore della pioggia efficace relativo a ciascun intervallo di tempo, calcolano tale valore come la differenza tra il valore complessivo della pioggia efficace alla fine dell'intervallo considerato e il valore che aveva raggiunto alla fine dell'intervallo precedente.

7.1.2 Ietogramma di precipitazione

Una attenzione particolare è stata posta alla forma e tipologia degli ietogrammi di pioggia da generare per le plogge con un certo tempo di ritorno. I

L'utilizzo delle LSPP comporta, per la modellazione idrologica, il dover scegliere tra le tipologie di ietogrammi e le loro caratteristiche al fine di riprodurre l'evento di pioggia più gravoso ai fini progettuali. Il modello idrologico propone 5 tipologie di ietogramma tutti discretizzati:

- a blocchi alterni (variante dello ietogramma ad intensità istantanea)
- ad intensità costante (assume una intensità costante della pioggia per tutta la durata dell'evento);
- ad intensità istantanea (variante amplificata dello ietogramma "Chicago" discretizzato);
- triangolare (intensità della pioggia crescente e decrescente in modo lineare);
- di Wallingford (variante ridotta dello ietogramma "Chicago" discretizzato).

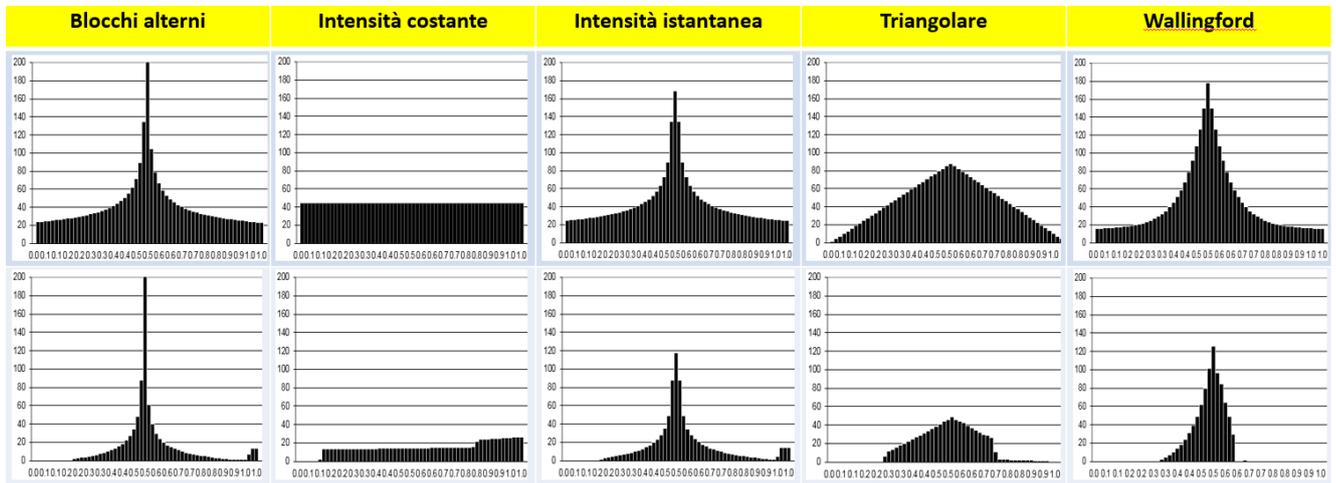


Figura 8.5 – Ietogrammi di pioggia totale (riga in alto), di pioggia efficace derivati (riga sotto) con le LSPP per uno stesso tempo di ritorno (200 anni). In ordinate le piogge (mm), in ascisse il tempo (in ore).

Per lo studio della forma dello ietogramma sono stati utilizzati i parametri delle precipitazioni di ARPAV riportati al Capitolo 6 per Tempi di Ritorno di 50 e 100 anni.

L'obiettivo del presente lavoro è quello della progettazione: pertanto sarà scelto lo ietogramma che comporterà le condizioni più gravose a favore della sicurezza. Dall'analisi condotta si è scelto lo ietogramma Wallingford, con picco centrale ed intervallo di calcolo di 5 minuti, idrogramma in uscita con intervallo di calcolo di 5 minuti, AMC imposto pari a 3 (condizioni più gravose), portata di deflusso iniziale pari a zero, portata di recessione del serbatoio lineare pari a 10^{-6} fattore di riduzione areale (ARF) automatico, fattore di riduzione per il controllo della durata critica della pioggia pari a 0.9, perdite iniziali "la" = 0.1, velocità massima di versante = 0.3m/s;

7.1.3 Valutazione del Curve Number

Il metodo del SCS consente di calcolare la pioggia efficace mediante l'uso di un singolo parametro (CN) che caratterizza la risposta idrologica del sistema suolo-soprassuolo. Il CN può variare da 0 a 100: i valori bassi di CN identificano situazioni poco favorevoli alla formazione dei deflussi superficiali, mentre il valore 100 caratterizza le superfici completamente impermeabili USDA-SCS (1985). I valori di CN vengono quindi assegnati alle diverse combinazioni suolo-soprassuolo mediante incrocio delle informazioni relative all'uso del suolo e ai tipi idrologici di suolo. Il metodo del SCS classifica i suoli in quattro gruppi idrologici (A, B, C, D) caratterizzati da infiltrabilità decrescente. Ricordando quanto riportato nel capitolo dedicato alla descrizione della morfologia del bacino, in particolare alla costituzione litologica dei versanti, allo sviluppo vegetazionale e all'uso del suolo, le caratteristiche idrologiche medie del bacino possono essere assimilate a quelle elencate nelle tabelle standard proposte dallo stesso SCS ai gruppi idrologici dei suoli di bassa infiltrabilità. Tale combinazione di suolo-soprassuolo suggerisce di attribuire al parametro Curve Number valori compresi tra 60 e 50 per i bacini maggiori e 45 per i bacini minori.

Al parametro IA (perdite iniziali) viene assegnato il valore di 5 mm rappresentativo di una condizione iniziale di media saturazione del suolo. Si ipotizza, quindi, che il fenomeno meteorologico che alimenta il processo idrologico presenti una fase iniziale nella quale l'afflusso viene completamente assorbito dal terreno aumentando il grado di saturazione del suolo, e una seconda fase in cui ha inizio la produzione del deflusso superficiale. Si noti che in questo modo le precipitazioni di debole intensità e di modesta durata non sono in grado di innescare alcuno deflusso superficiale.

Infine, per tener conto degli effetti del deflusso profondo, si è assunto che il 10% della precipitazione totale contribuisca ad alimentare tale componente.

7.1.4 Il deflusso profondo

La frazione di precipitazione assorbita da terreno, normalmente considerata inefficace dal punto di vista dei deflussi superficiali, in realtà non è completamente persa ai fini degli apporti alla rete idrografica. Una sua parte, sebbene dopo un processo di propagazione più lento, giunge al fondovalle fornendo il cosiddetto "deflusso profondo". L'entità di questi apporti nel tempo è notevolmente ridotta in termini di valori di picco, ma risultano non trascurabili in termini di volume complessivo e forniscono la cosiddetta curva di esaurimento del bacino.

Tra i diversi metodi esistenti in letteratura per giungere alla loro quantificazione, alcuni ipotizzano un comportamento stazionario e lineare in modo simile a quanto ipotizzato per i deflussi superficiali e quindi mirano a ricostruire un idrogramma unitario "profondo" rappresentativo del tempo di propagazione di questi apporti ricostruendo l'idrogramma finale mediante la risoluzione di un integrale di convoluzione.

Essendo diversa la velocità di propagazione verso la sezione di chiusura del bacino rispetto alla velocità che caratterizza il deflusso superficiale, non è consentito utilizzare lo stesso idrogramma

unitario utilizzato per i deflussi superficiali. Nel caso in questione è stata ipotizzata la similitudine dei parametri di forma dei due idrogrammi unitari mentre il tempo di risposta dell'idrogramma profondo è stata amplificata di tre volte amplificando opportunamente il relativo parametro di scala. La frazione di precipitazione destinata ad alimentare il deflusso profondo è stata ipotizzata costante durante l'intero fenomeno.

7.2 Torrente Gresal - Analisi morfologica ed idrologica

Per l'analisi idrologica del corso d'acqua ed in particolare per la determinazione delle portate di piena del torrente Gresal in corrispondenza del punto di chiusura del bacino alla confluenza in Piave, è stato applicato un modello afflussi deflussi utilizzando il DTM a cella 5 m costruito su base CTR disponibile nel Geoportale della Regione Veneto.

Le elaborazioni morfologiche ed idrologiche sono state eseguite attraverso il modello implementato nel software **AdBToolbox** del Ministero dell'Ambiente (www.pcn.minambiente.it), impiegato in questo contesto al bacino del Torrente Gresal.

Il software utilizzato permette la trasformazione delle precipitazioni meteoriche, con intensità variabili nel tempo, nei corrispondenti deflussi di piena nella rete idrografica. Le piogge efficaci sono calcolate con il metodo del Soil Conservation Service (SCS) utilizzando una mappa del CN che è stata determinata e calibrata sul particolare bacino in esame.

L'utilizzo del metodo SCS richiede la conoscenza di alcuni parametri matematici in grado di simulare il comportamento del territorio (perdite iniziali di pioggia, contenuto idrico nel suolo), in assenza di dati di monitoraggio in grado di rendere possibile la loro determinazione, questi parametri sono stati correlati alle caratteristiche morfometriche ed idrogeologiche del bacino idrografico come verrà meglio dettagliato ai successivi paragrafi.

La portata di piena del T.Gresal viene calcolata mediante applicazione di un modello afflussi deflussi e quindi mediante l'applicazione dei parametri a ed n dell'equazione di possibilità pluviometrica per tempo di ritorno di 50 anni e di 100 anni.

Nei seguenti paragrafi se ne descrive l'implementazione e si illustrano i risultati ottenuti.

Si precisa che nel caso in esame è stata effettuata una taratura dei parametri idrologici basata sull'analisi del solo bacino del T. Gresal chiuso alla confluenza con il Fiume Piave e delle sue peculiari caratteristiche geomorfologiche.

Per i successivi bacini non si riporta la descrizione completa del procedimento di analisi idromorfologica del bacino ma solamente i dati salienti e l'idrogramma risultante.

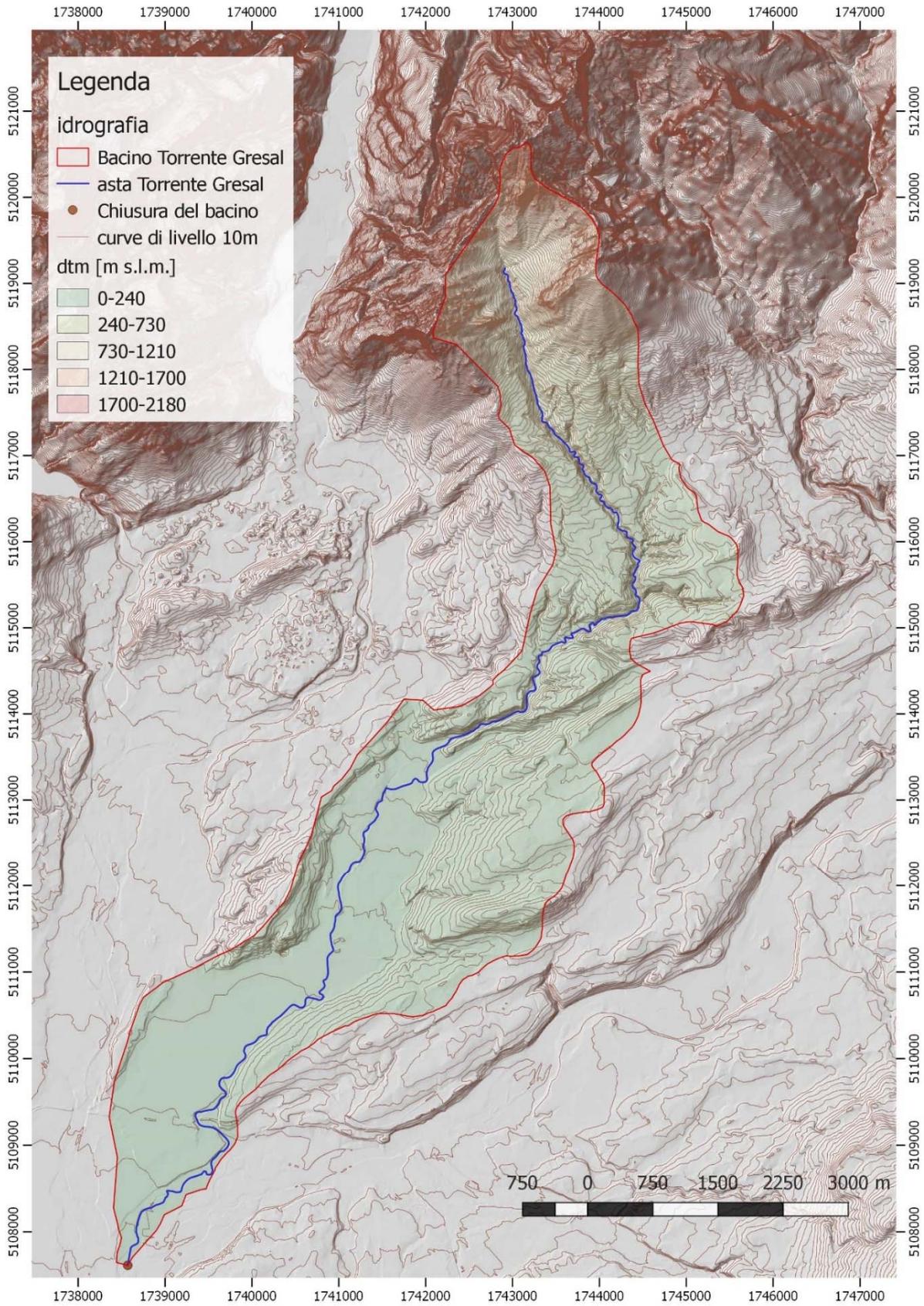


Figura 7-2 – DTM cella 5m nel bacino idrologico del T.Gresal- fonte Geoportale Regione Veneto

7.2.1 Elaborazione dei dati topografici mediante l'applicazione del modulo "Terrain Pro" di AdB Toolbox

Il bacino del Torrente Gresal chiuso alla confluenza con il Fiume Piave è stato individuato mediante applicazioni GIS in AdBToolbox sulla base del Modello Digitale del Terreno (DTM) a 5 m su base CTR disponibile dal Geoportale della Regione Veneto per una estensione complessiva di circa 25 km²

I dati topografici sono stati elaborati in tre fasi successive al fine di ottenere tutte le informazioni necessarie al calcolo dell'idrogramma liquido. In particolare sono state condotte le operazioni di seguito descritte:

Il DEM attraverso lo strumento [*DEM depit*] del software è stato "idrologicamente rifinito" ovvero è stata eseguita la rimozione delle depressioni (pits), necessaria per avere continuità di percorso tra tutte le celle del bacino idrologico e la sezione di chiusura del bacino stesso.

Sul DEM "*idrologicamente rifinito*" viene quindi eseguito il calcolo dell'area drenata ovvero viene determinata la direzione dei deflussi da ogni singola cella.

Infine, sempre attraverso il DEM depittato e l'identificazione del punto di chiusura, è possibile ottenere l'estrazione dello spartiacque del bacino definito in funzione delle esigenze di studio e di progetto, mediante lo strumento [*Watershed*].

Per quanto riguarda l'elaborazione morfologica del bacino sono state calcolate la mappa delle pendenze in scala 1:20.000) e delle esposizioni del bacino.

Sono stati inoltre calcolati i parametri morfometrici del bacino mediante gli strumenti di analisi geomorfologica del modello, in particolare è possibile ottenere la curva ipsometrica del bacino dimensionale ed adimensionale così come pure i dati relativi alle aree ed alle elevazioni e pendenze.

È stato infine estratto il profilo longitudinale del Torrente Gresal, nel caso in esame la geometria della sezione dell'alveo al punto di chiusura del bacino è stata ottenuta mediante appositi rilievi topografici .

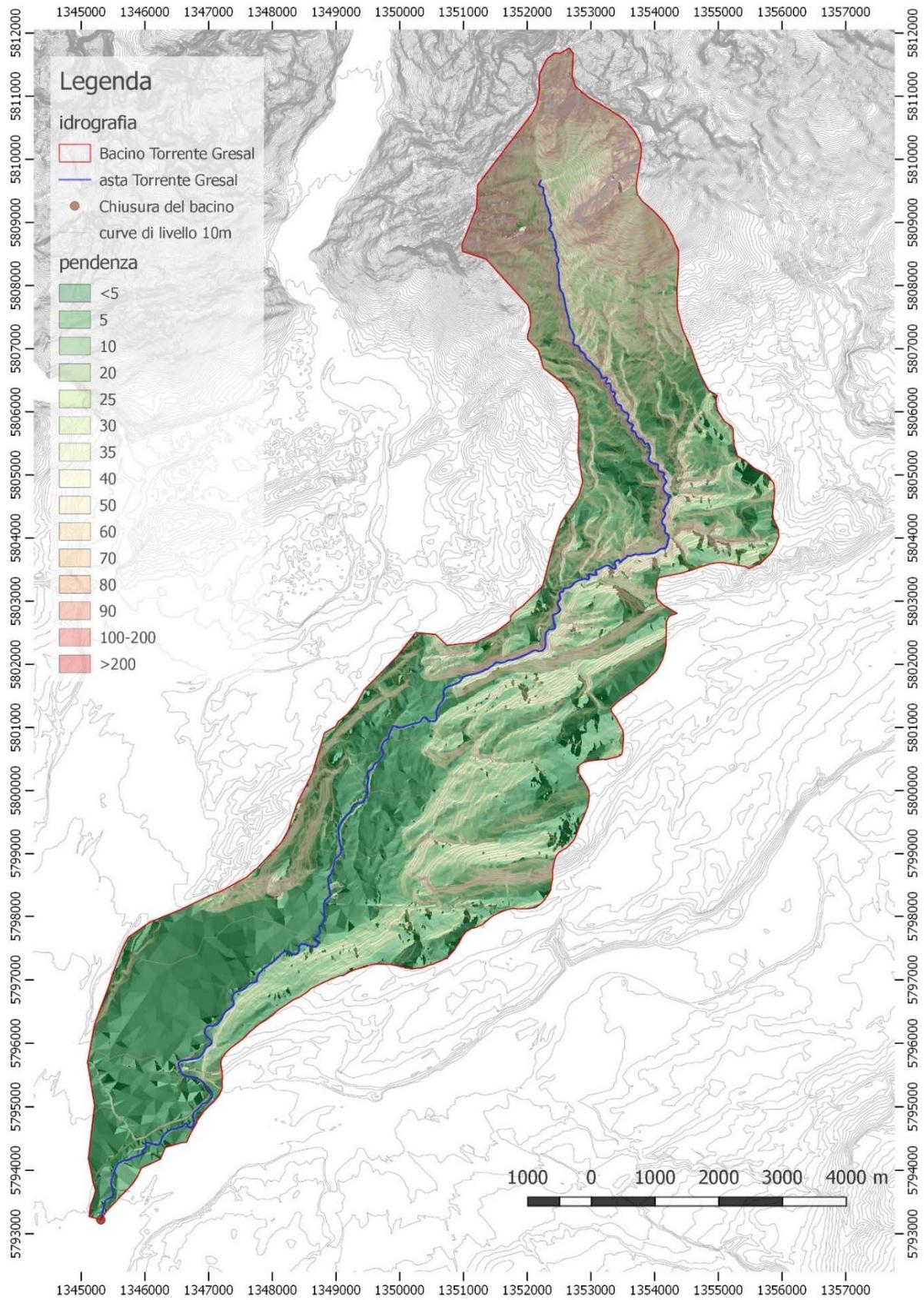


Figura 7-3 -Pendenze (m/m) calcolate nel bacino idrologico del T.Gresal.

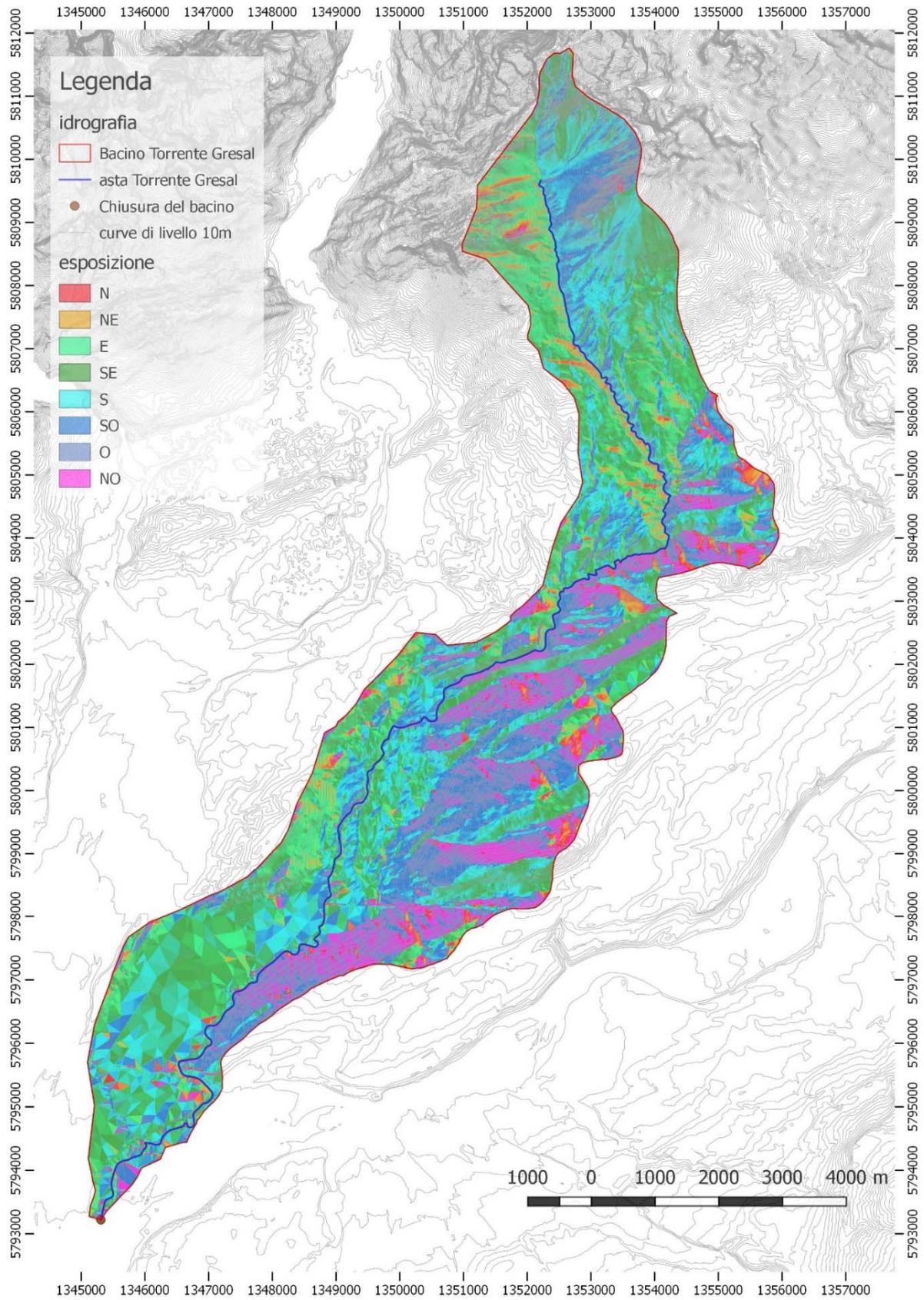


Figura 7-4 -Esposizione calcolata nel bacino idrologico del T.Gresal.

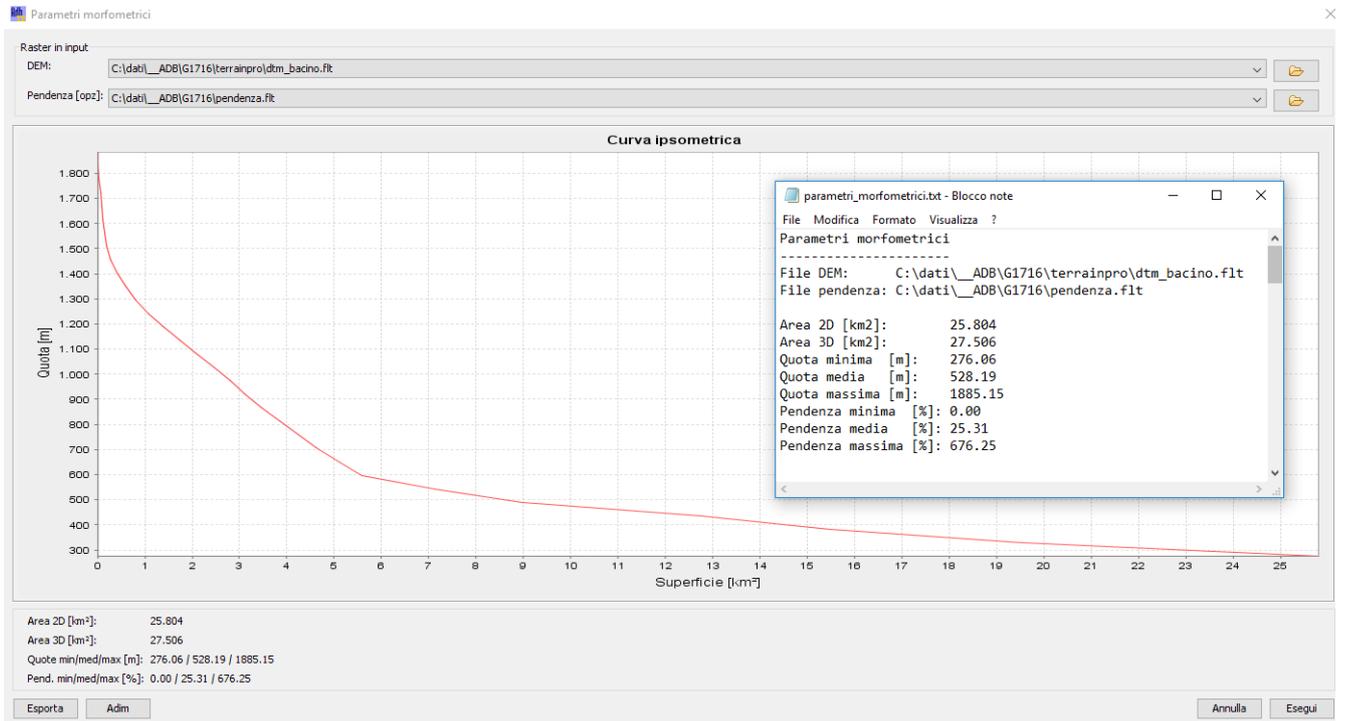


Figura 7-5 – Calcolo dei parametri morfometrici del bacino.

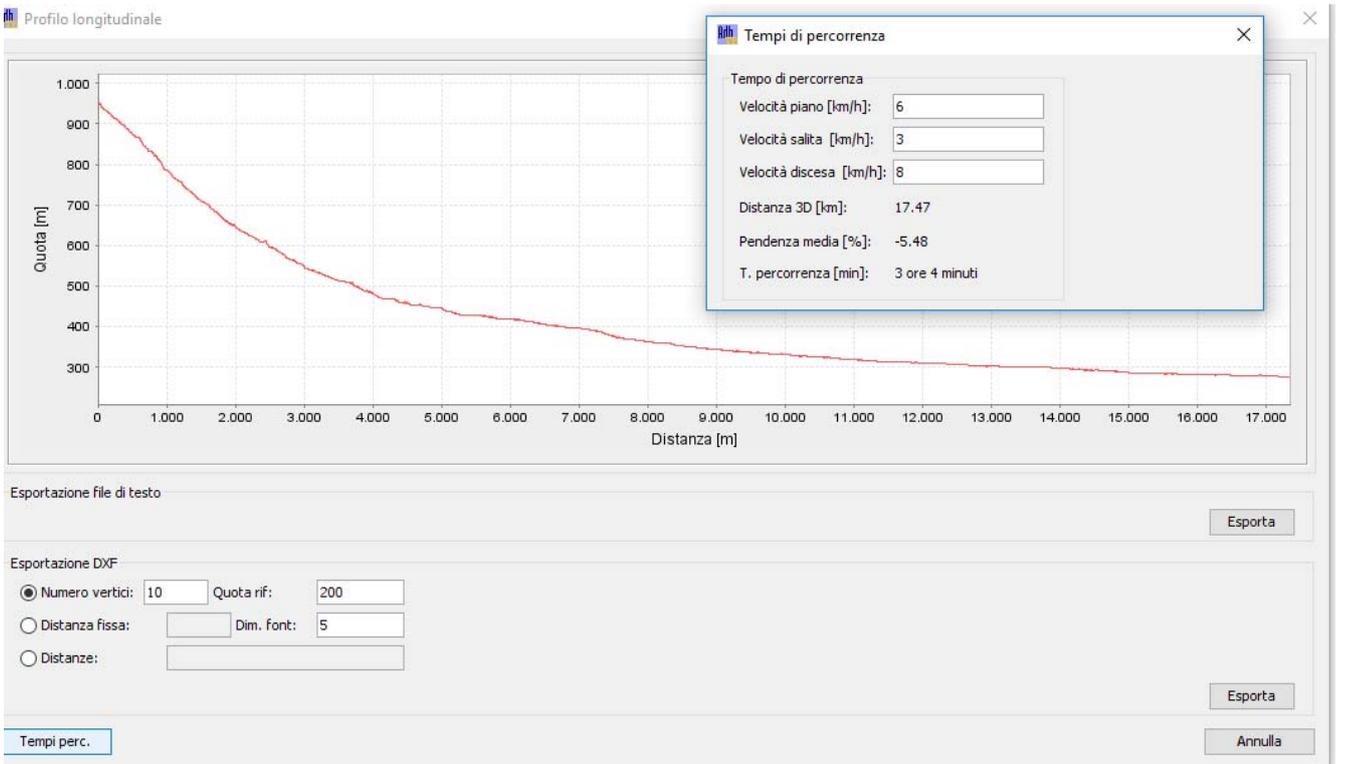


Figura 7-6 – Calcolo del profilo del T. Gresal.

Tabella 9 – Parametri morfometrici del Bacino del del T.Gresal.

| Parametro | Valore |
|----------------------------|---------|
| Area 2D [km ²] | 25.804 |
| Area 3D [km ²] | 27.506 |
| Quota minima [m s.m.] | 276.06 |
| Quota media [m s.m.] | 528.19 |
| Quota massima [m s.m.] | 1885.15 |
| Pendenza minima [%] | 0.001 |
| Pendenza media [%] | 25.30 |
| Pendenza massima [%] | 676.25 |



Figura 7-7 – Geometria della sezione del Torrente Gresal alla chiusura del Bacino Idrologico.

7.2.2 Calcolo dei tempi di propagazione e delle velocità di deflusso mediante l'applicazione del modulo "GeoPro" di AdB Toolbox.

L' applicazione del modulo " GeoPro" di AdB Toolbox consente di ottenere:

- il calcolo dell'area drenata da ogni singola cella e la direzione dei deflussi rifinita alla sola superficie del bacino idrografico estratto (*Upslope Area 2*).
- L'elaborazione, per l'area del bacino estratto, dei tempi di propagazione e delle velocità di deflusso lungo il versante e lungo il reticolo (*Routing*).

A partire dal DTM globale privo di depressioni, ritagliato sul bacino si ricava l'area drenata (*upslope area 2*), ogni cella viene collegata alla cella della sezione di chiusura attraverso un percorso univoco che, definisce la lunghezza totale del percorso del deflusso superficiale da ogni cella alla sezione di chiusura (lunghezza dei percorsi).

Per questa procedura è stato utilizzato il metodo D-8, algoritmo che definisce la direzione del flusso da una cella ad una sola delle 8 circostanti, ovvero verso quella che presenta la pendenza maggiore.

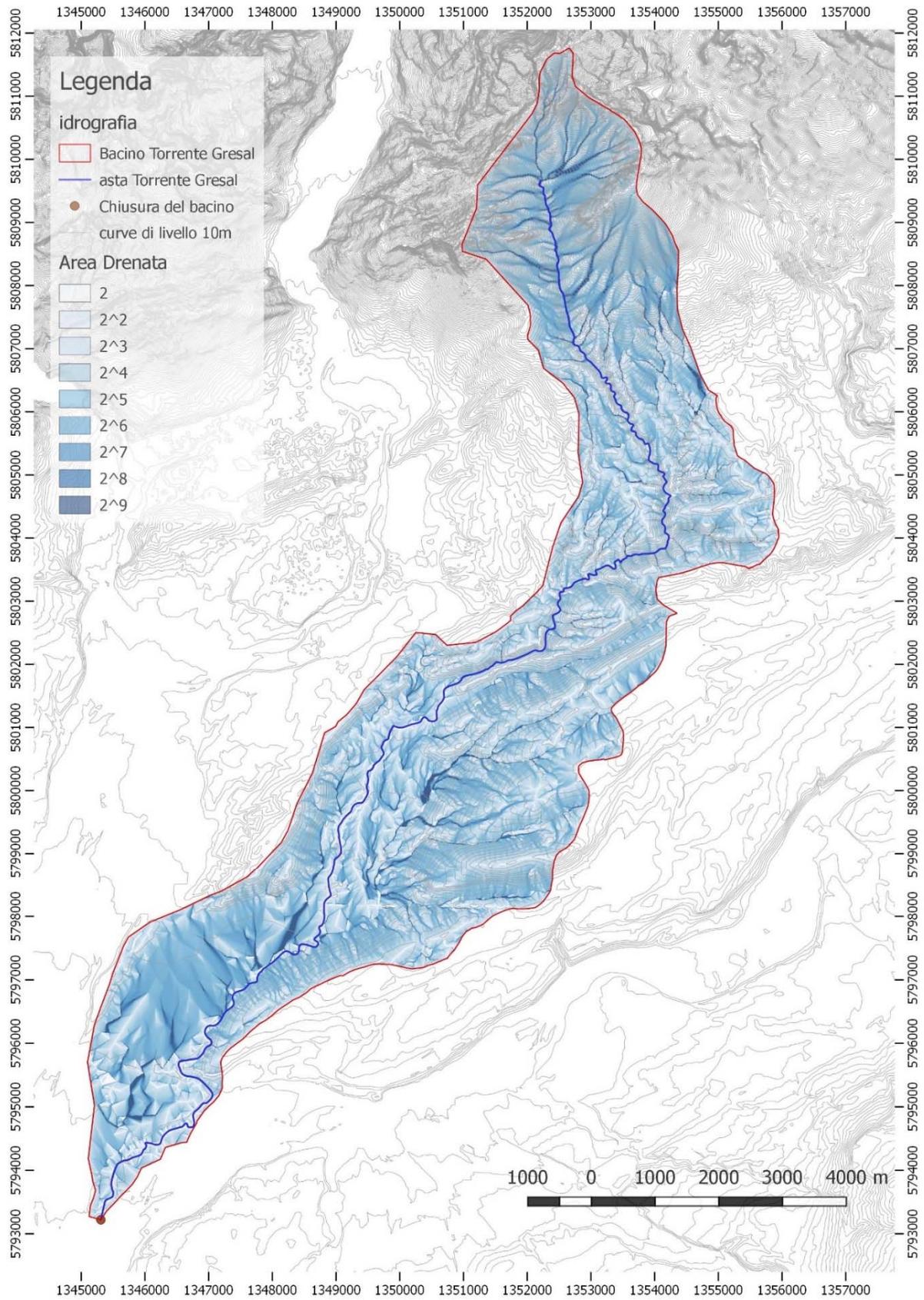


Figura 7-8 -Area drenata del Bacino idrografico del del T. Gresal. (UpSlope Area)

Per la definizione della mappa delle velocità di deflusso e dei tempi di propagazione (*routing*) è necessario disporre di informazioni relative all'uso del suolo e alla litologia dei terreni.

Si è utilizzata la cartografia tematica dell'uso del suolo (2006) e la Carta di permabilità dei suoli del veneto (2012) reperite nel Geoportale della Regione del Veneto di cui un estratto in figura seguente. Le velocità di versante utilizzate nella simulazione sono state in particolare ricavate da letteratura scientifica (Gregoretti e Degetto 2012), in particolare per le classi di copertura del suolo del bacino si sono utilizzati i valori della seguente figura.

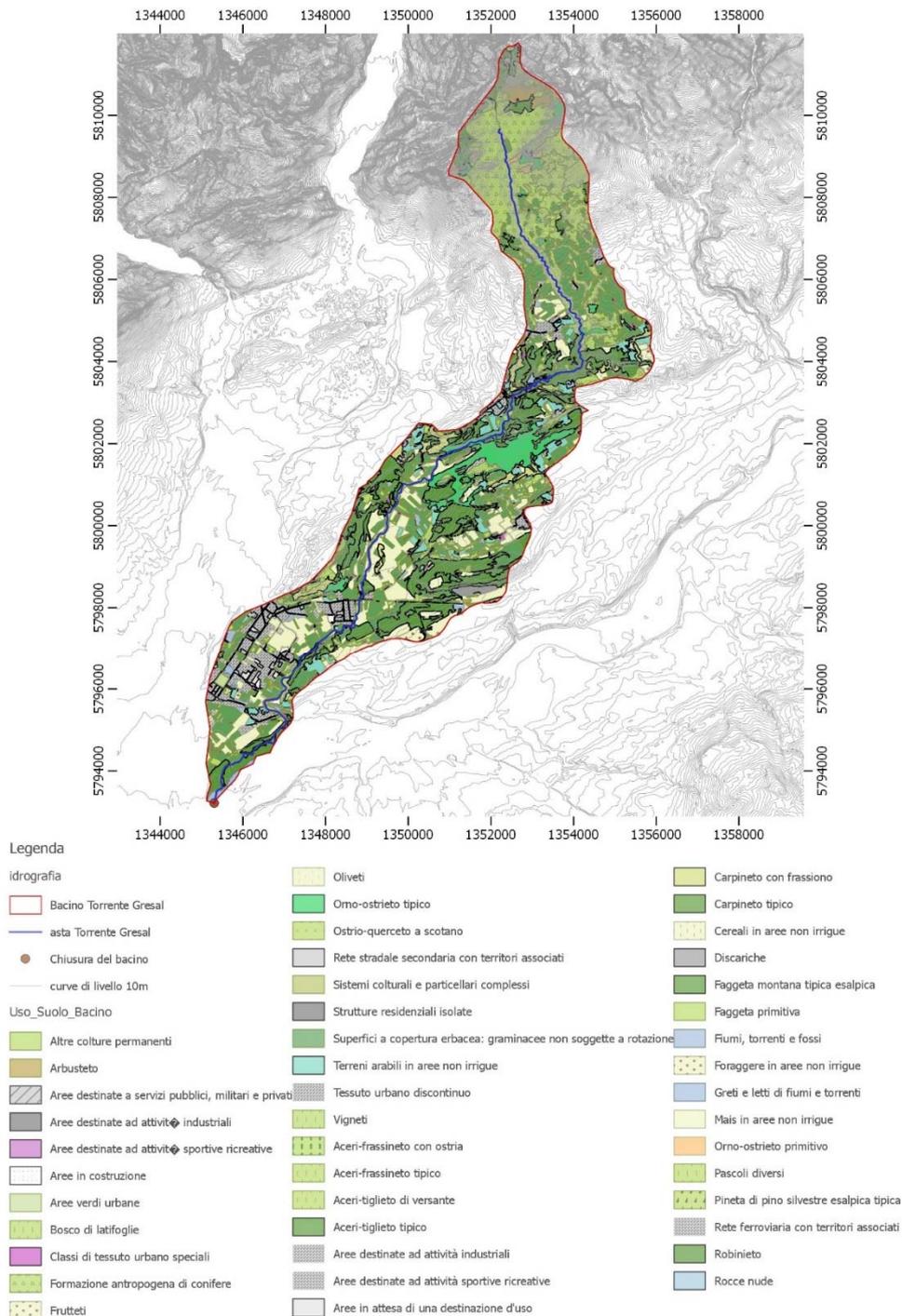


Figura 7-9 – Uso del suolo nel bacino del T. Gresal (fonte Regione Veneto 2006).

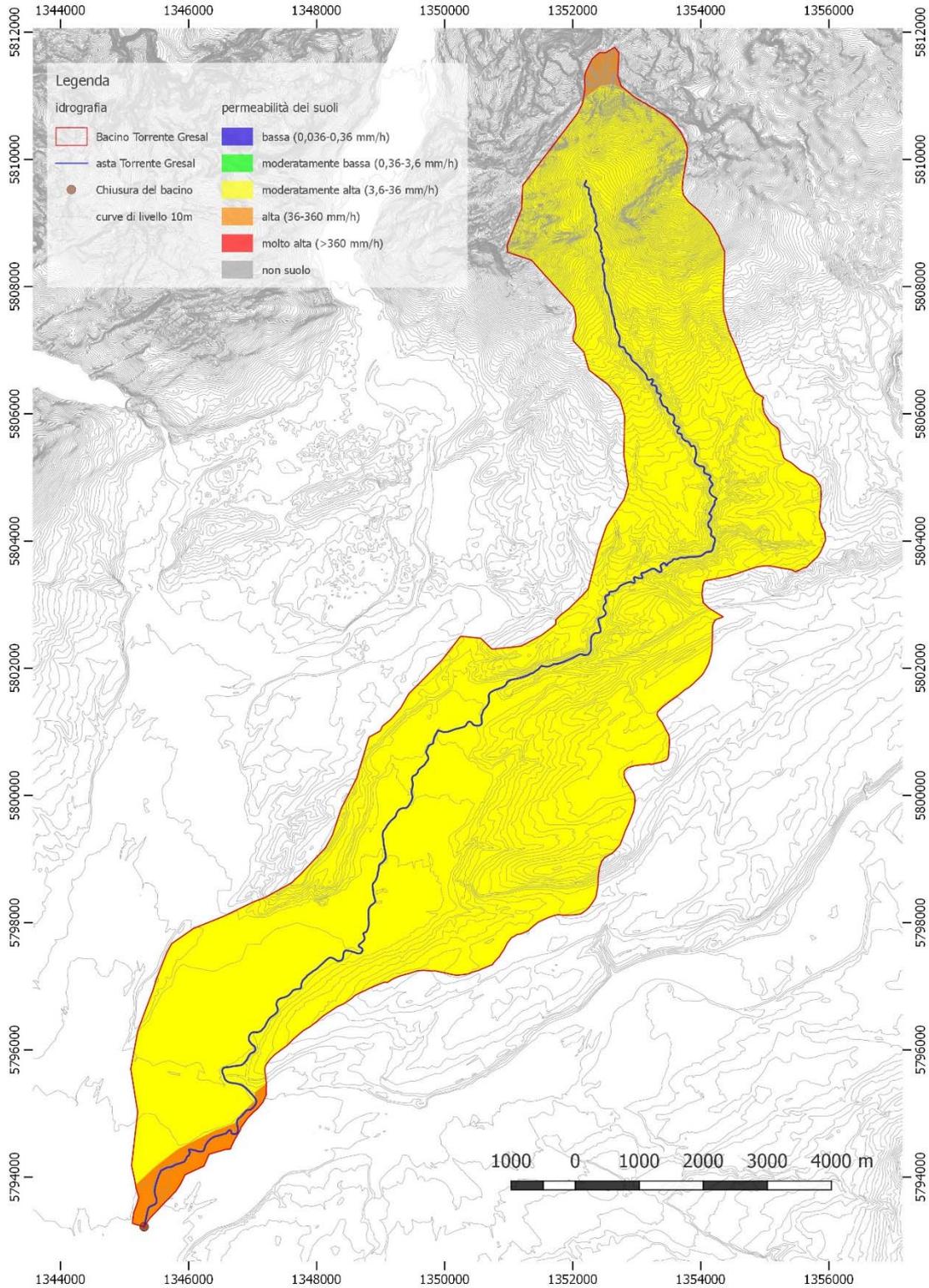


Figura 7-10 – Classi di permeabilità dei suoli nel bacino del del T. Gresal (fonte Regione Veneto 2012).

Tabella 10-Velocità di deflusso funzione della copertura del suolo.

| Codice copertura del suolo | Descrizione Copertura del suolo | Velocità di deflusso della lama d'acqua su versante (m/s) |
|-----------------------------------|---|--|
| 111 | Zona urbana continua | 0.25 |
| 112 | Zona urbana discontinua | 0.2 |
| 121 | Aree industriali e commerciali | 0.25 |
| 122 | Strade e ferrovie | 0.3 |
| 124 | Aeroporti | 0.2 |
| 131 | Aree estrattive | 0.1 |
| 132 | Discariche | 0.02 |
| 133 | Cantieri | 0.1 |
| 141 | Aree verdi urbane | 0.08 |
| 142 | Aree ricreative e sportive | 0.09 |
| 211 | Seminativi non irrigui | 0.09 |
| 212 | Seminativi irrigui | 0.09 |
| 213 | Risaie | 0.01 |
| 221 | Vigneti | 0.09 |
| 222 | Frutteti | 0.07 |
| 223 | Oliveti | 0.07 |
| 231 | Prati stabili | 0.08 |
| 241 | Colture miste | 0.08 |
| 242 | Colture complesse | 0.06 |
| 243 | Aree agrarie e naturali | 0.07 |
| 244 | Arboricoltura | 0.03 |
| 311 | Bosco latifoglie | 0.03 |
| 312 | Bosco conifere | 0.05 |
| 313 | Boschi misti | 0.04 |
| 321 | Pascoli | 0.15 |
| 322 | Arbusti e cespugli su suoli ghiaiosi | 0.1 |
| 323 | Vegetazione sclerofilla | 0.1 |
| 324 | Vegetazione in evoluzione | 0.1 |
| 331 | Alvei torrentizi | 1.5 |
| 332 | Rocce e rupi | 0.3 |
| 333 | Aree nude ghiaiose con vegetazione sparsa | 0.1 |
| 334 | Aree percorse da incendi | 0.15 |
| 335 | Ghiacciai e nevi perenni | 0.1 |
| 340 | Ghialoni ed erosioni attive | 0.1 |
| 411 | Golene | 0.5 |
| 412 | Torbiera | 0.02 |
| 511 | Fiumi | 2 |
| 512 | Laghi | 0.01 |

Per quanto riguarda la velocità su reticolo il modello prevede un ciclo reiterato di calcoli idrologici. Data la geometria della sezione di chiusura, il modello calcola la velocità media corrispondente alla portata di picco nella sezione di chiusura e la assegna a tutto il reticolo.

In questo modo si fa dipendere la velocità su reticolo dall'intensità di precipitazione: più la precipitazione è intensa, maggiore è il deflusso e maggiore è la velocità di deflusso nel reticolo.

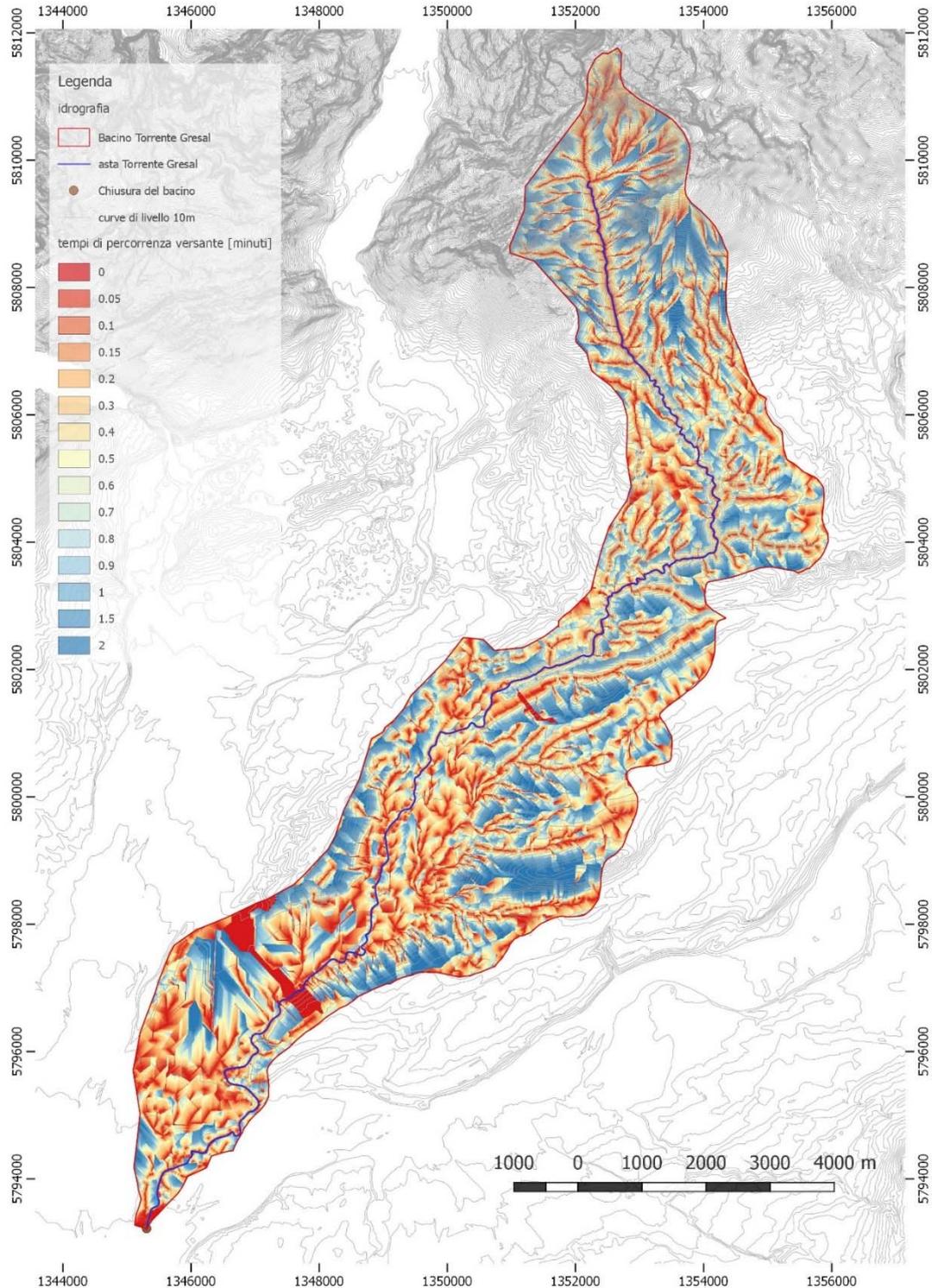


Figura 7-11 – Tempi di residenza di reticolo calcolate nel bacino idrologico del T. Gresal.

7.2.3 Determinazione della mappa del CN

Una volta definite le mappe di uso del suolo e dei gruppi idrologici secondo la codifica regionale e dell'area dolomitica in particolare è possibile tramite affinamenti successivi ottenere la mappa del CN come descritto di seguito.

La propensione al deflusso superficiale nel modello che utilizza il metodo del SCS è definita da una mappa dei valori di CN, numero di curva (*curve number*) che associa alla tipologia di suolo ed alla copertura del suolo una diversa attitudine a produrre deflusso superficiale.

Il CN è un parametro che viene utilizzato per calcolare il potenziale massimo di ritenzione del suolo (S) ovvero il volume di saturazione del suolo per area unitaria. Nel modello SCS maggiore è il valore di CN maggiore sarà la pioggia efficace ovvero quella che dà luogo al deflusso superficiale.

La mappa del CN è ottenuta da una riclassificazione della carta di copertura del suolo e della carta dei gruppi idrologici del suolo.

Il CN è un parametro che dipende anche dalle condizioni di saturazione del suolo, che vengono indicate con l'acronimo AMC (Antecedent Moisture Conditions), dove AMC1: terreno asciutto, AMC2: terreno parzialmente saturo, AMC3: terreno completamente saturo.

Il valore di CN è tabulato in funzione della tipologia di suolo per condizioni normali (AMC2) mentre per stabilire i valori di CN in condizioni di saturazione del terreno o di terreno asciutto devono essere applicate delle conversioni algebriche.

Per tener quindi conto delle reali condizioni del terreno che consentissero la ricostruzione dell'evento si è scelto di ricalcolare il Curve Number secondo la procedura implementata da Degetto – Gregoretto (2012) nell'ambito del progetto Interreg IIIb PARAmount dell'Alpine Space Programme. Tale procedura consente un calcolo di dettaglio del Curve Number non solo sulla base della copertura del suolo e dei gruppi idrologici, ma anche di tener conto delle pendenze locali del terreno e delle condizioni di saturazione.

Si è calcolato il CN in condizioni AMC3 mediante la seguente formula:

$$CN_{amc3}.flt = \frac{23 \cdot (CN_{amc2}.flt)}{10 + 0.13 \cdot (CN_{amc2}.flt)}$$

e si è ricalcolata la carta del CN sotto l'influenza della pendenza media "a" mediante quest'altra formula:

$$CN_{a}.flt = \frac{(CN_{amc3}.flt) - (CN_{amc2}.flt)}{3} \cdot (1 - 2 \cdot e^{-13.86 \cdot a}) + (CN_{amc2}.flt)$$

I risultati ottenuti sono rappresentati nella seguente figura.

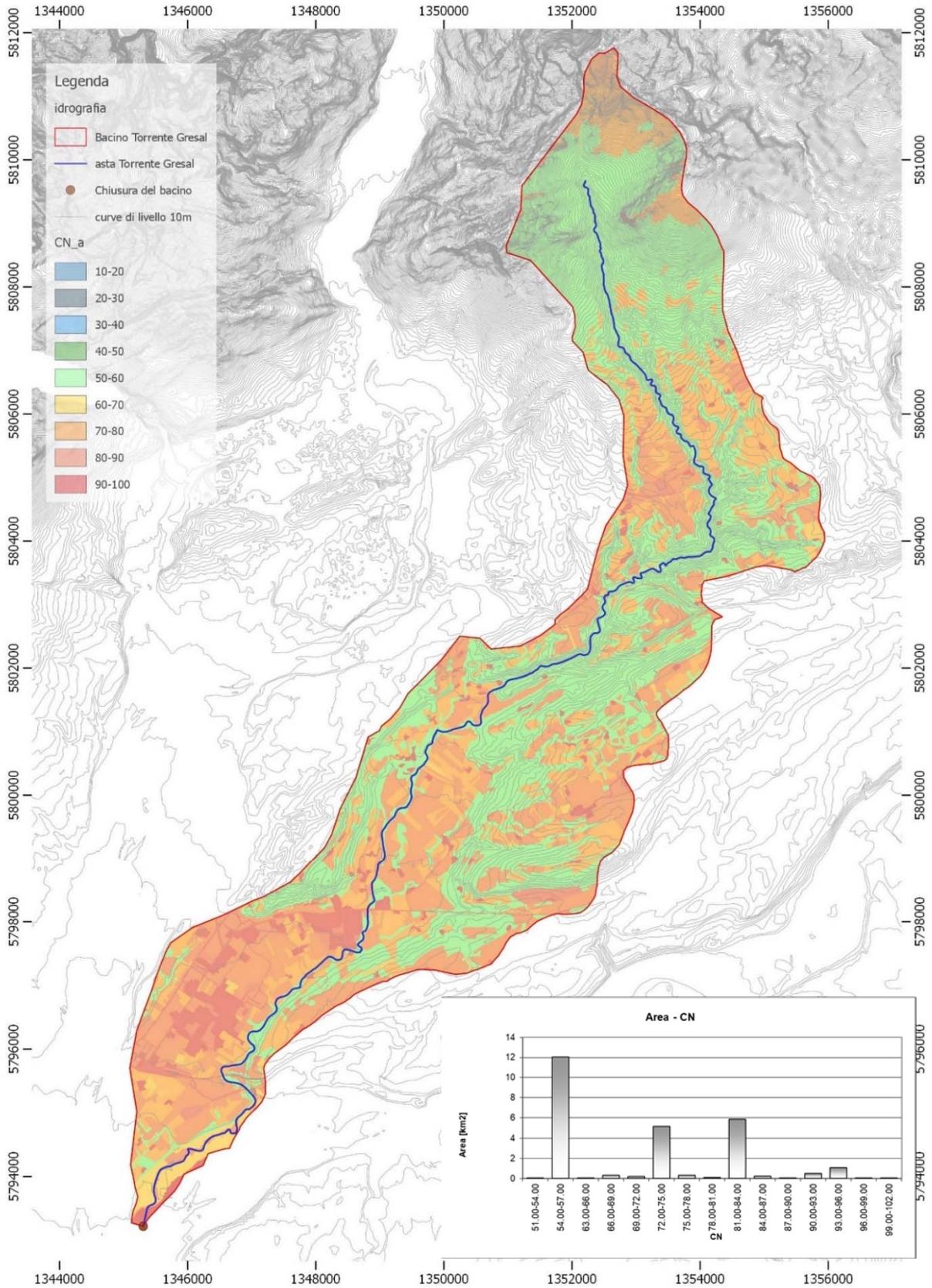


Figura 7-12 – Calcolo della mappa del CN per condizioni di terreno sature e in funzione delle pendenze locali del terreno.

7.2.4 Determinazione dell'idrogramma liquido per assegnato tempo di ritorno

Una volta preparati i dati nelle tre fasi sopradescritte, per il calcolo dell'idrogramma liquido si sono utilizzati i seguenti dati di input:

- mappa dei tempi di propagazione di versante;
- mappa dei tempi di propagazione di reticolo;
- mappa del CN;
- valori di "a" ed "n" delle curve di possibilità pluviometrica;
- parametri dello ietogramma:
 velocità di input posta pari a 2 m/s, geometria della sezione di deflusso ricavata dal rilievo eseguito con drone aereo trapezia con base pari a 5m e sponde con scarpa pari a 1, scabrezza pari a $35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.
- mappa delle velocità di deflusso.

Si sono quindi eseguite le simulazioni utilizzando i parametri a ed n delle curve di possibilità pluviometrica con tempo di ritorno di 50 anni e di 100 anni desunte dalle equazioni di possibilità climatica.

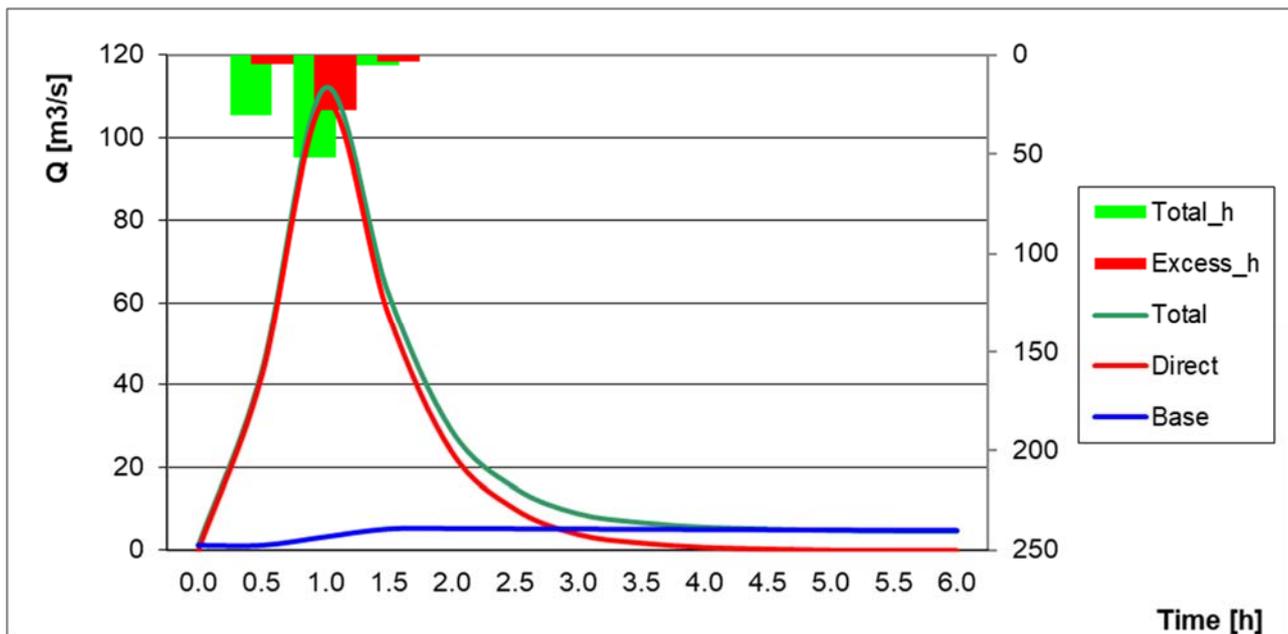


Figura 7-13 – T. Gresal - Idrogramma liquido calcolato, per l'evento con $Tr=50$ anni.

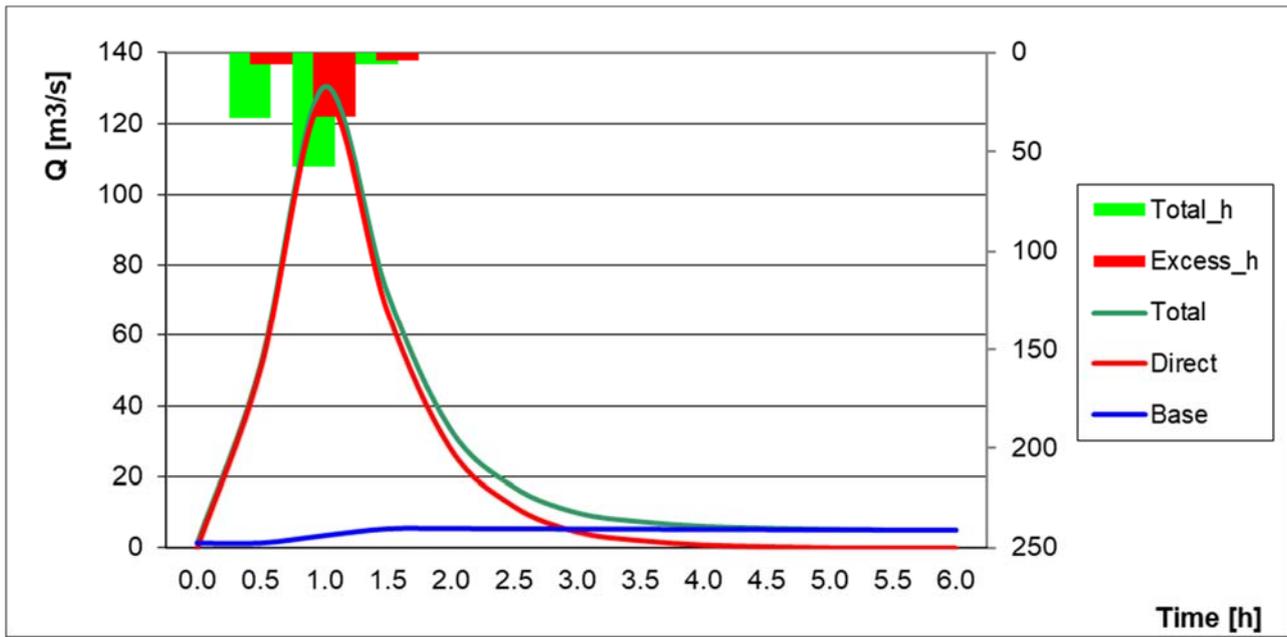


Figura 7-14 – T. Gresal - Idrogramma liquido calcolato, per l'evento con $Tr= 100$ anni.

Tabella 11 – T. Gresal - Quadro riassuntivo dei risultati.

| PORTATE DI PIENA | | | |
|---|---------|---------|----------------|
| | Diretto | di Base | Totale |
| Portata massima (m ³ /s) – TR50 | 108.744 | 5.157 | 111.978 |
| Portata massima (m ³ /s) – TR100 | 126.989 | 5.37 | 130.376 |
| Tempo al picco (h) | 1.00 | 0.00 | 100.00 |

7.3 Rio Salega - Analisi morfologica ed idrologica

Il bacino del Rio Salega, chiuso in via cautelativa in località Vignole di Sedico, ha un bacino di circa 2.0 km².

| n | Bacini | Area (km ²) | L(km) | H(med) | H(min) | (Hmax) | Tc (ore) |
|---|------------|-------------------------|-------|--------|--------|--------|----------|
| 7 | Rio Salega | 2.08 | 4.5 | 450.7 | 349 | 698 | 1.55 |

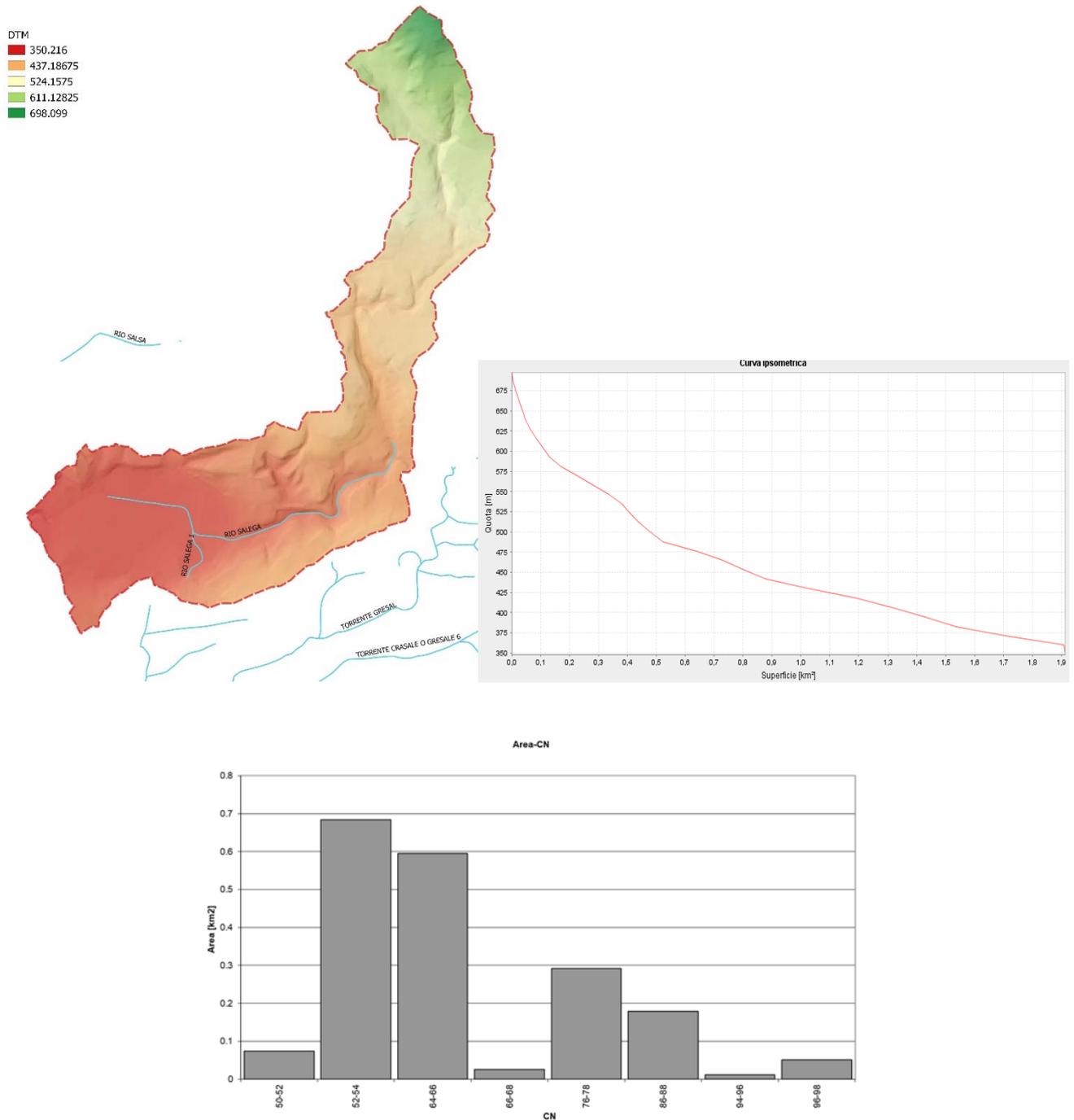


Figura 7-15 – Rio Salega – DTM Bacino idrografico, Curva ipsografica e Curve Number.

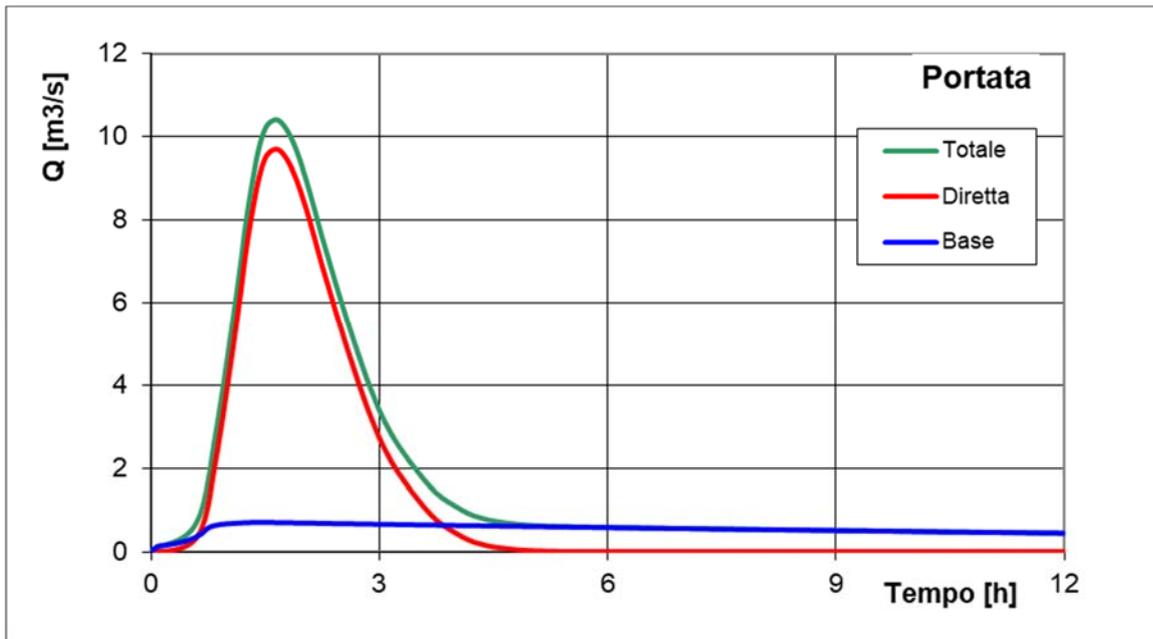


Figura 7-16: Rio Salega - Idrogramma liquido calcolato, per l'evento con $T_r=50$ anni.

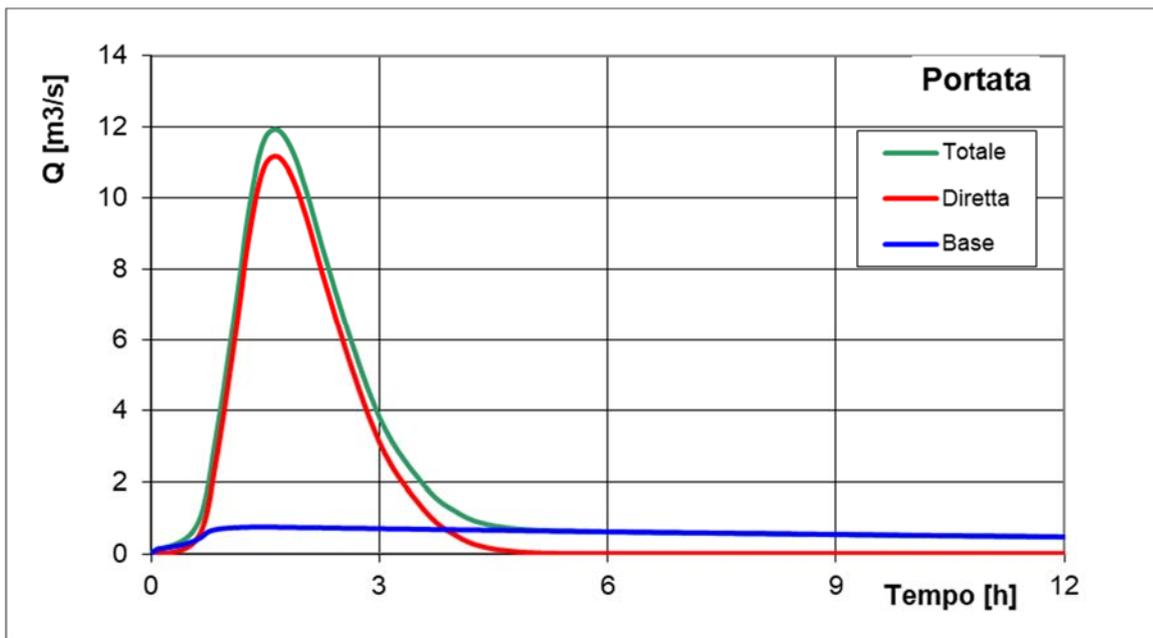


Figura 7-17: Rio Salega - Idrogramma liquido calcolato, per l'evento con $T_r=100$ anni.

Tabella 12 - Rio Salega - Quadro riassuntivo dei risultati.

| PORTATE DI PIENA | | | |
|--------------------------------|---------|---------|---------------|
| | Diretto | di Base | Totale |
| Portata massima (m3/s) - TR50 | 9.706 | 0.714 | 10.412 |
| Portata massima (m3/s) - TR100 | 11.178 | 0.746 | 11.916 |
| Tempo al picco (h) | 1.67 | 0.00 | 100.00 |

7.4 Rio Siva - Analisi morfologica ed idrologica

Il bacino del Rio Siva, chiuso alla confluenza in Plave, ha un bacino di circa 5.0 km².

| n | Bacini | Area (km ²) | L(km) | H(med) | H(min) | (Hmax) | Tc (ore) |
|---|----------|-------------------------|-------|--------|--------|--------|----------|
| 5 | Rio Siva | 5.00 | 3.85 | 419.75 | 302.41 | 497.9 | 1.70 |

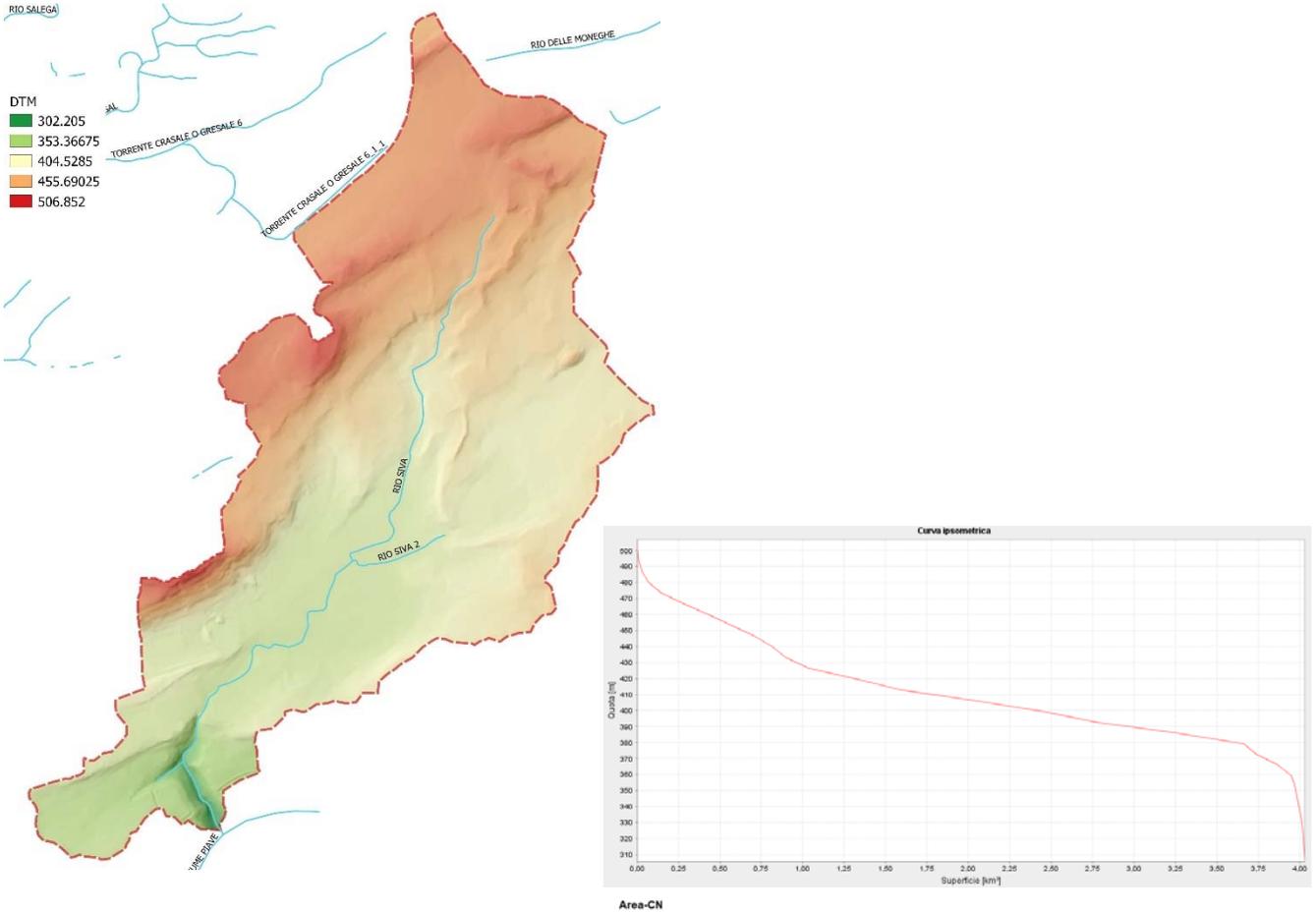


Figura 7-18 – Rio Siva – DTM Bacino idrografico, Curva ipsografica e Curve Number.

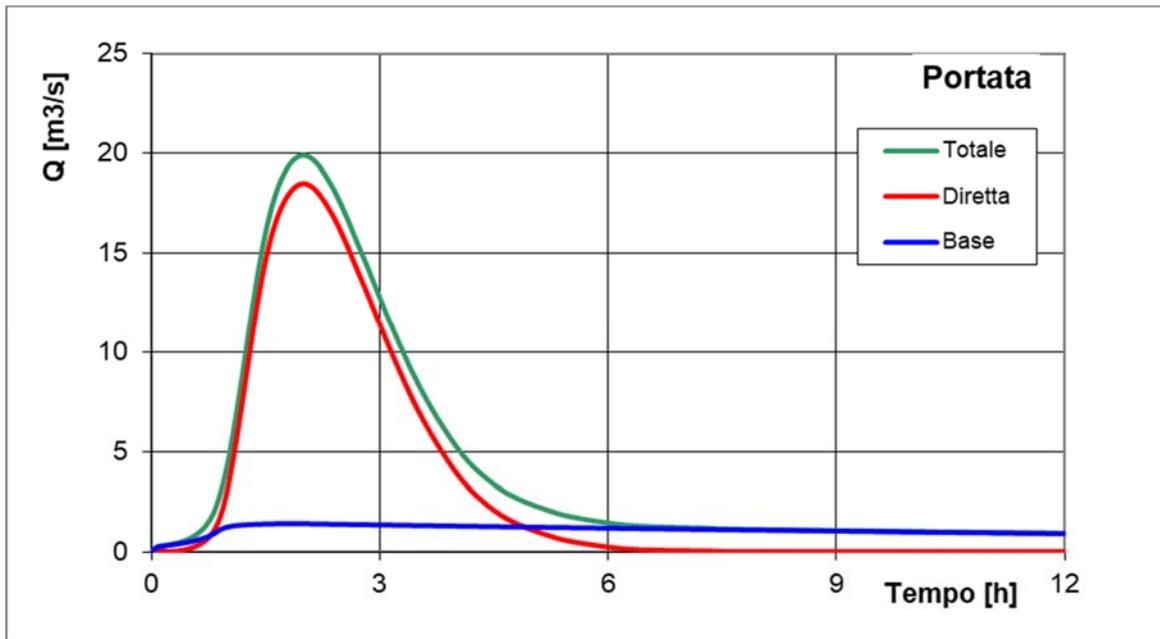


Figura 7-19: Rio Siva - Idrogramma liquido calcolato, per l'evento con $Tr= 50$ anni.

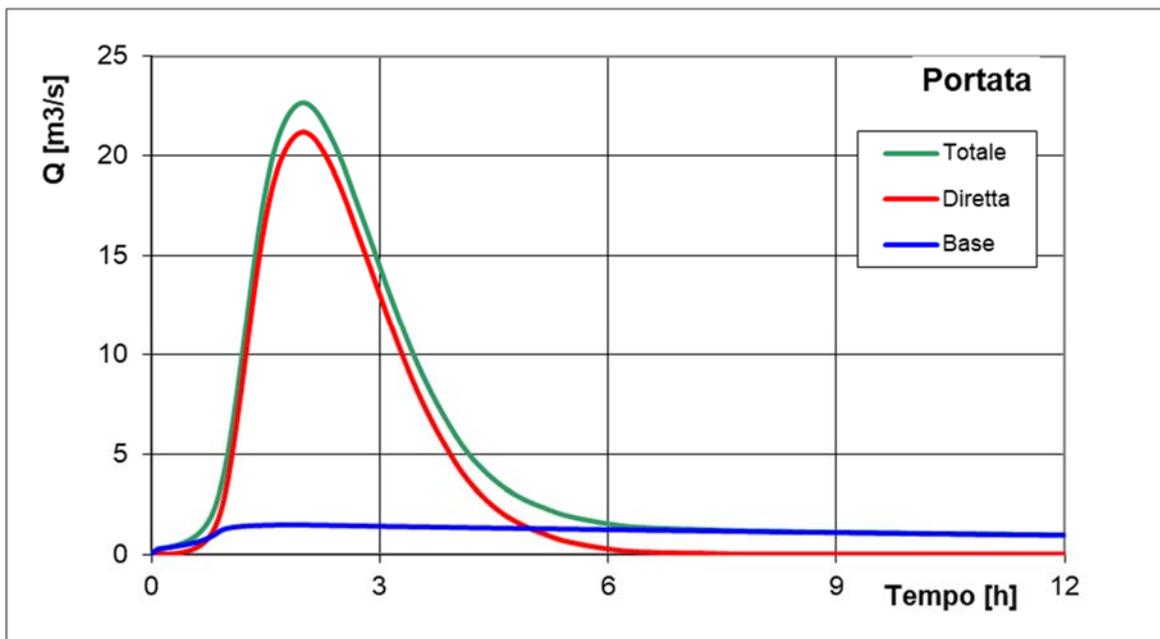


Figura 7-20: Rio Siva - Idrogramma liquido calcolato, per l'evento con $Tr= 100$ anni.

Tabella 13 – Rio Siva- Quadro riassuntivo dei risultati.

| PORTATE DI PIENA | | | |
|--------------------------------|---------|---------|---------------|
| | Diretto | di Base | Totale |
| Portata massima (m3/s) – TR50 | 18.472 | 1.445 | 19.907 |
| Portata massima (m3/s) – TR100 | 21.16 | 1.507 | 22.657 |
| Tempo al picco (h) | 1.67 | 0.00 | 100.00 |

7.5 Rio delle Moneghe - Analisi morfologica ed idrologica

Il bacino delle Moneghe, chiuso alla confluenza in Piave, ha un bacino di circa 3.8 km².

| n | Bacini | Area (km ²) | L(km) | H(med) | H(min) | (Hmax) | Tc (ore) |
|---|-------------------|-------------------------|-------|--------|--------|--------|----------|
| 4 | Rio delle Moneghe | 3.48 | 3.7 | 431.36 | 323.67 | 572.86 | 1.57 |

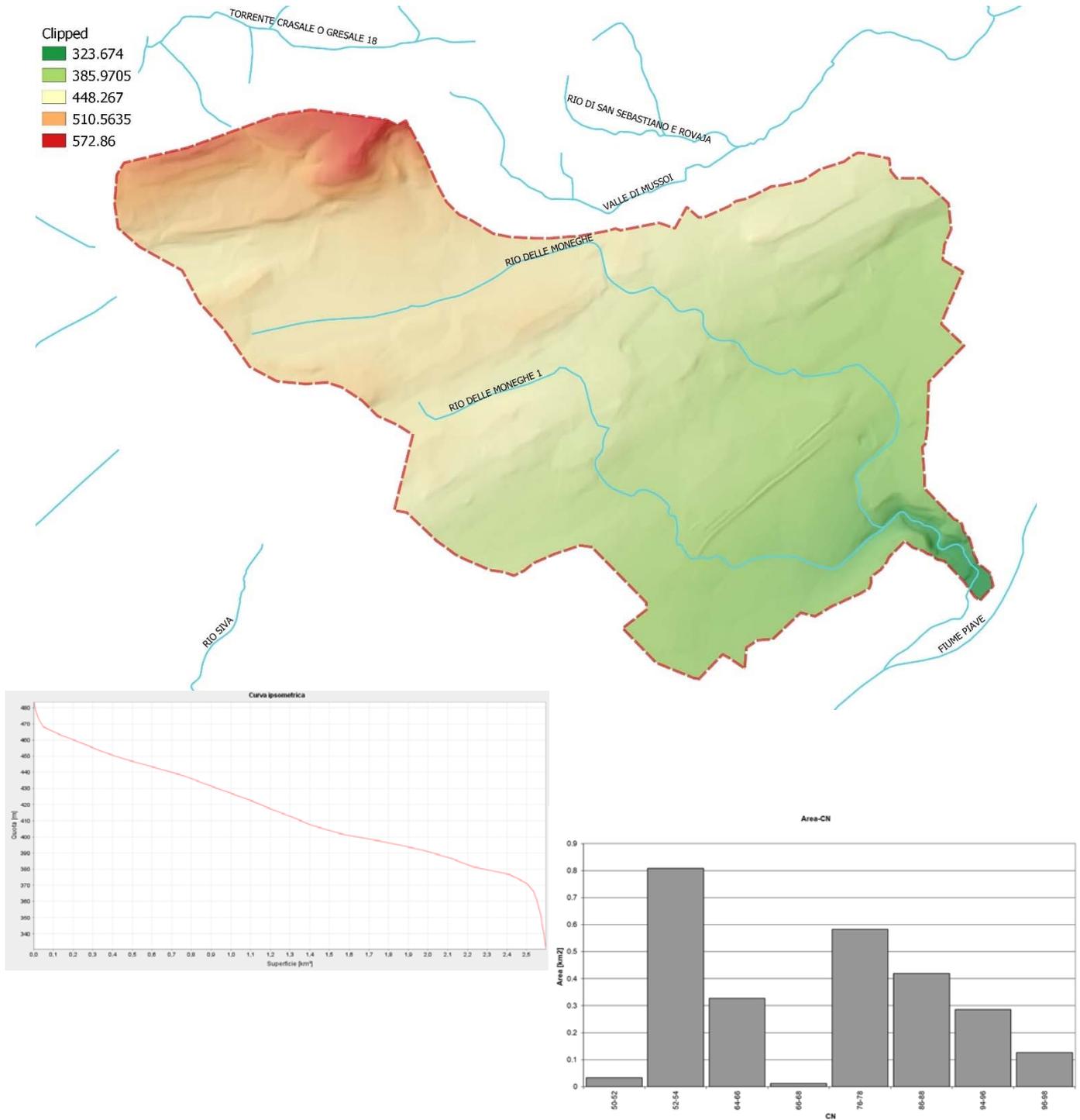


Figura 7-21 – Rio delle Moneghe – DTM Bacino idrografico, Curva ipsografica e Curve Number.

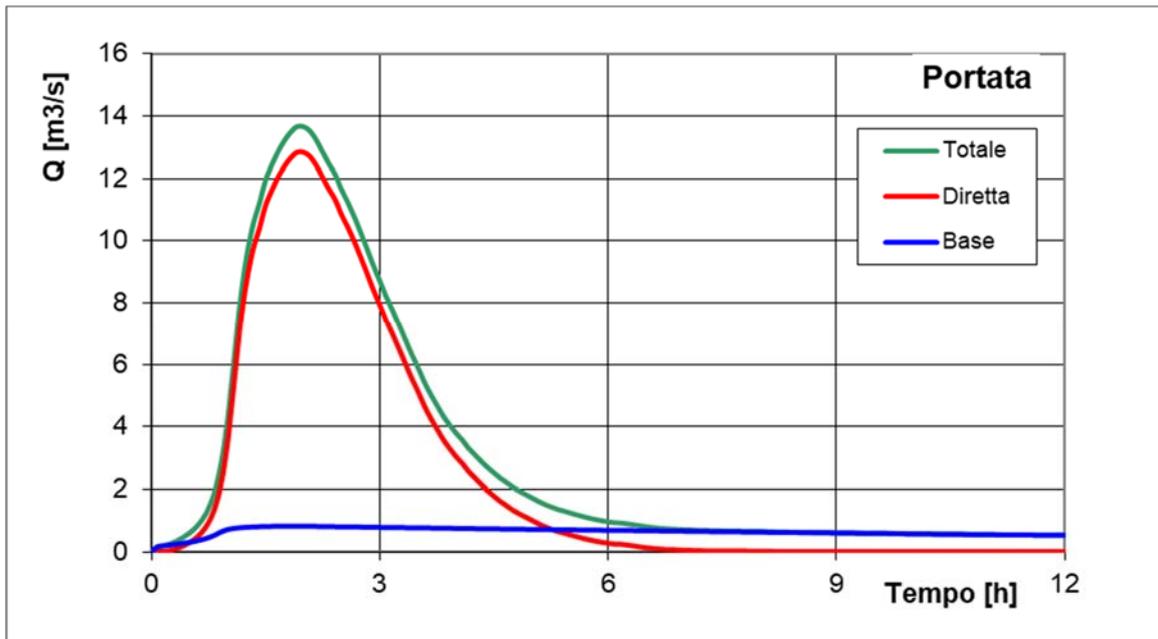


Figura 7-22: Rio delle Moneghe - Idrogramma liquido calcolato, per l'evento con $Tr= 50$ anni.

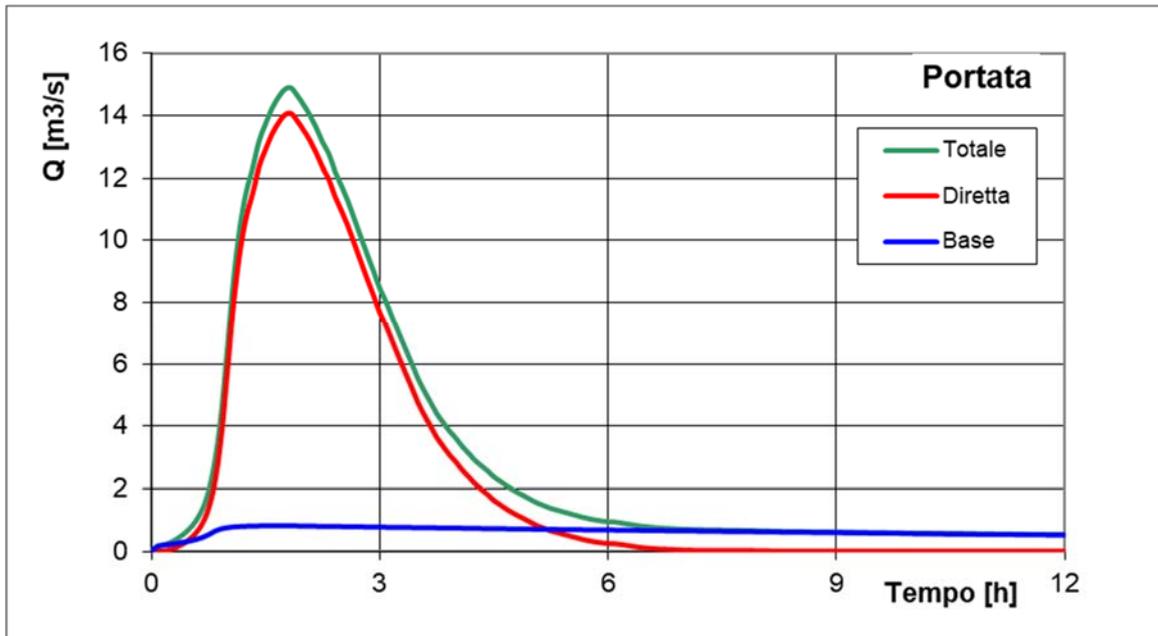


Figura 7-23: Rio delle Moneghe - Idrogramma liquido calcolato, per l'evento con $Tr= 100$ anni.

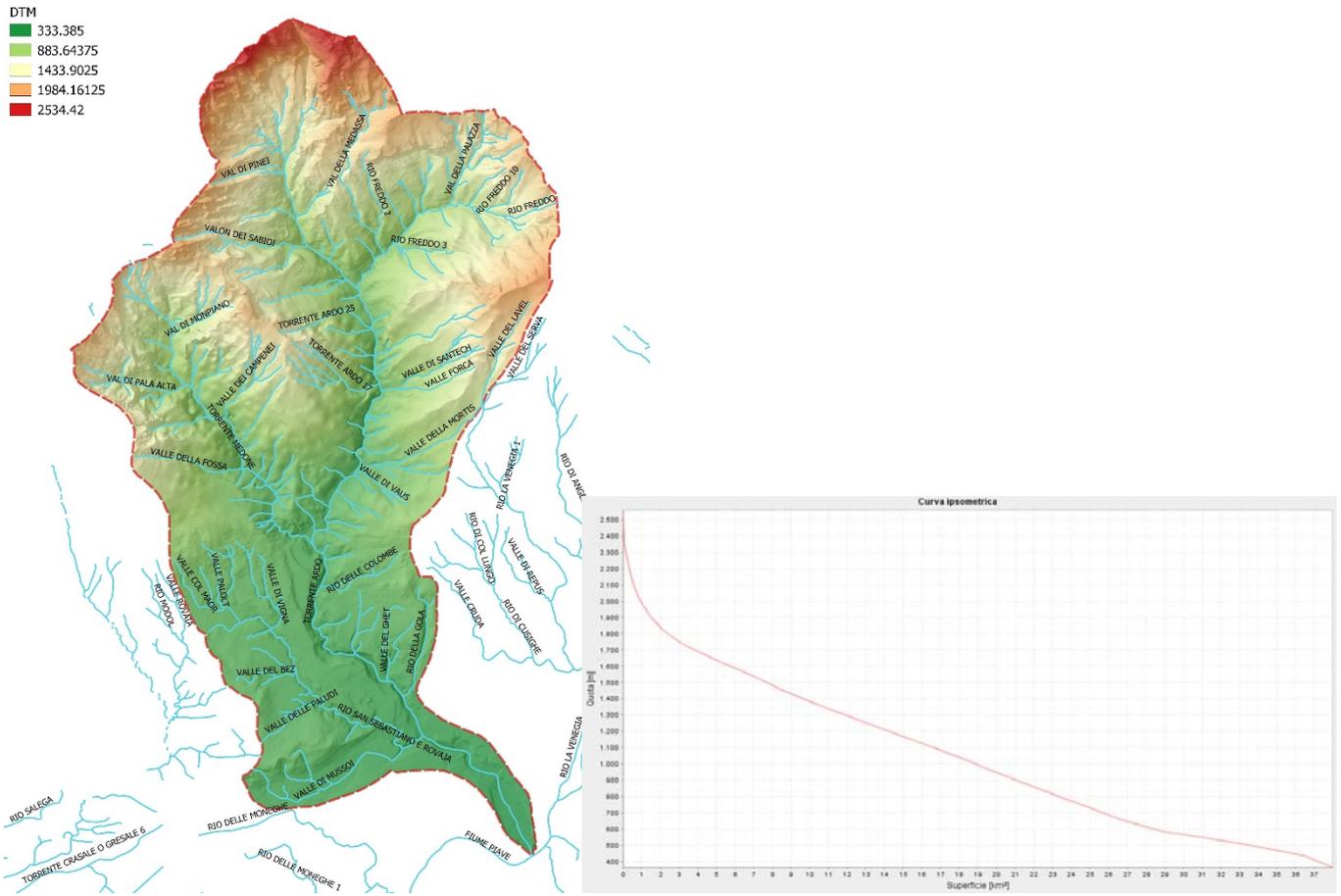
Tabella 14 - Rio delle Moneghe- Quadro riassuntivo dei risultati.

| PORTATE DI PIENA | | | |
|--------------------------------|---------|---------|---------------|
| | Diretto | di Base | Totale |
| Portata massima (m3/s) - TR50 | 12.838 | 0.824 | 13.661 |
| Portata massima (m3/s) - TR100 | 21.16 | 1.507 | 22.657 |
| Tempo al picco (h) | 1.92 | 0.00 | 115.00 |

7.6 Torrente Ardo - Analisi morfologica ed idrologica del bacino

Si considera il bacino del torrente Ardo, chiuso alla confluenza con il fiume Piave a Belluno.

| n | Bacini | Area (km ²) | L(km) | H(med) | H(min) | (Hmax) | Tc (ore) |
|---|---------------|-------------------------|-------|---------|--------|--------|----------|
| 3 | Torrente Ardo | 37.37 | 12 | 1043.14 | 331.45 | 2544 | 1.99 |



Area-CN

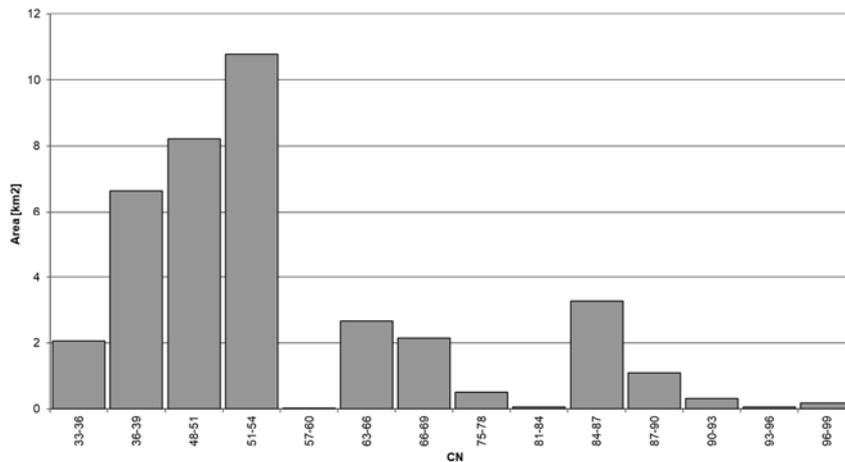


Figura 7-24 - Torrente Ardo - DTM Bacino idrografico, Curva ipsografica e Curve Number.

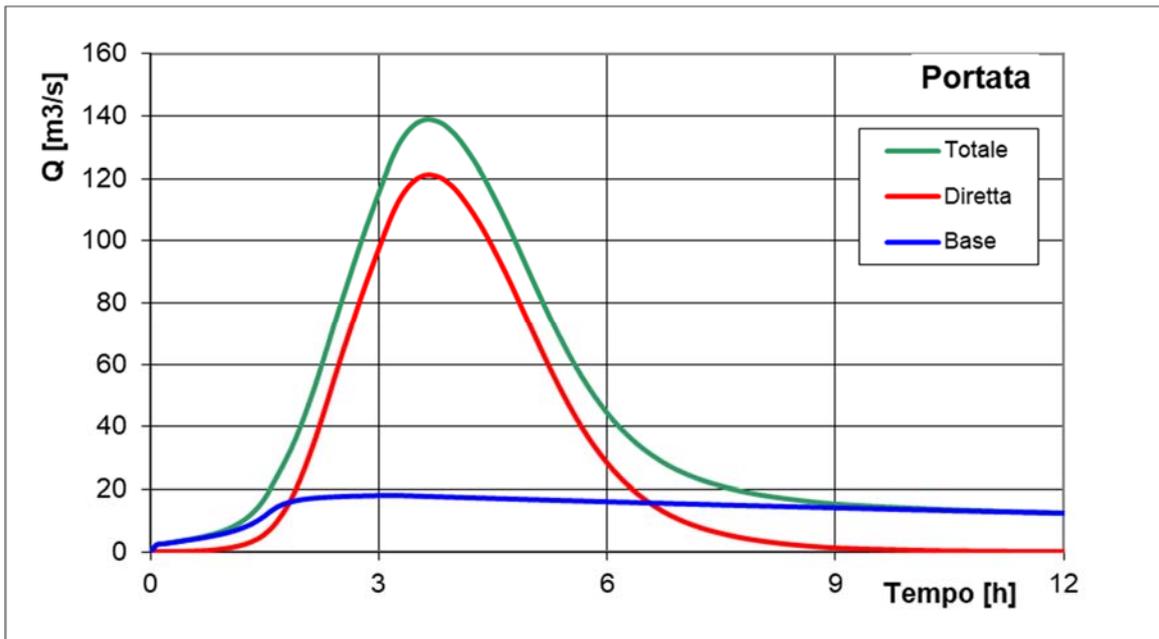


Figura 7-25: Torrente Ardo - Idrogramma liquido calcolato, per l'evento con $Tr= 50$ anni.

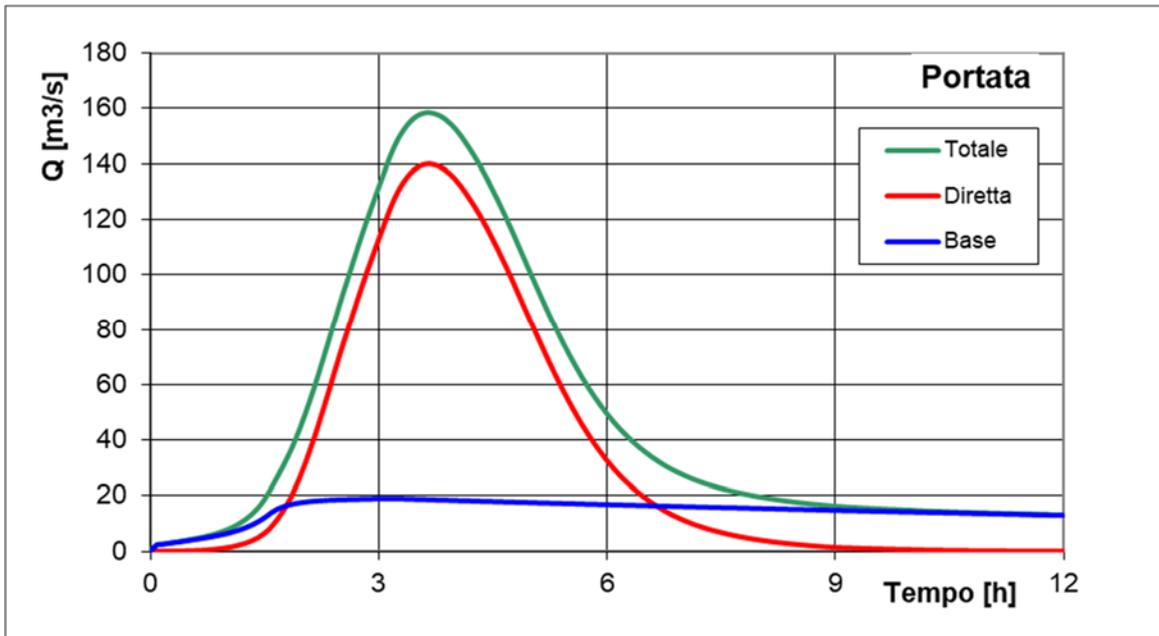


Figura 7-26: Torrente Ardo - Idrogramma liquido calcolato, per l'evento con $Tr= 100$ anni.

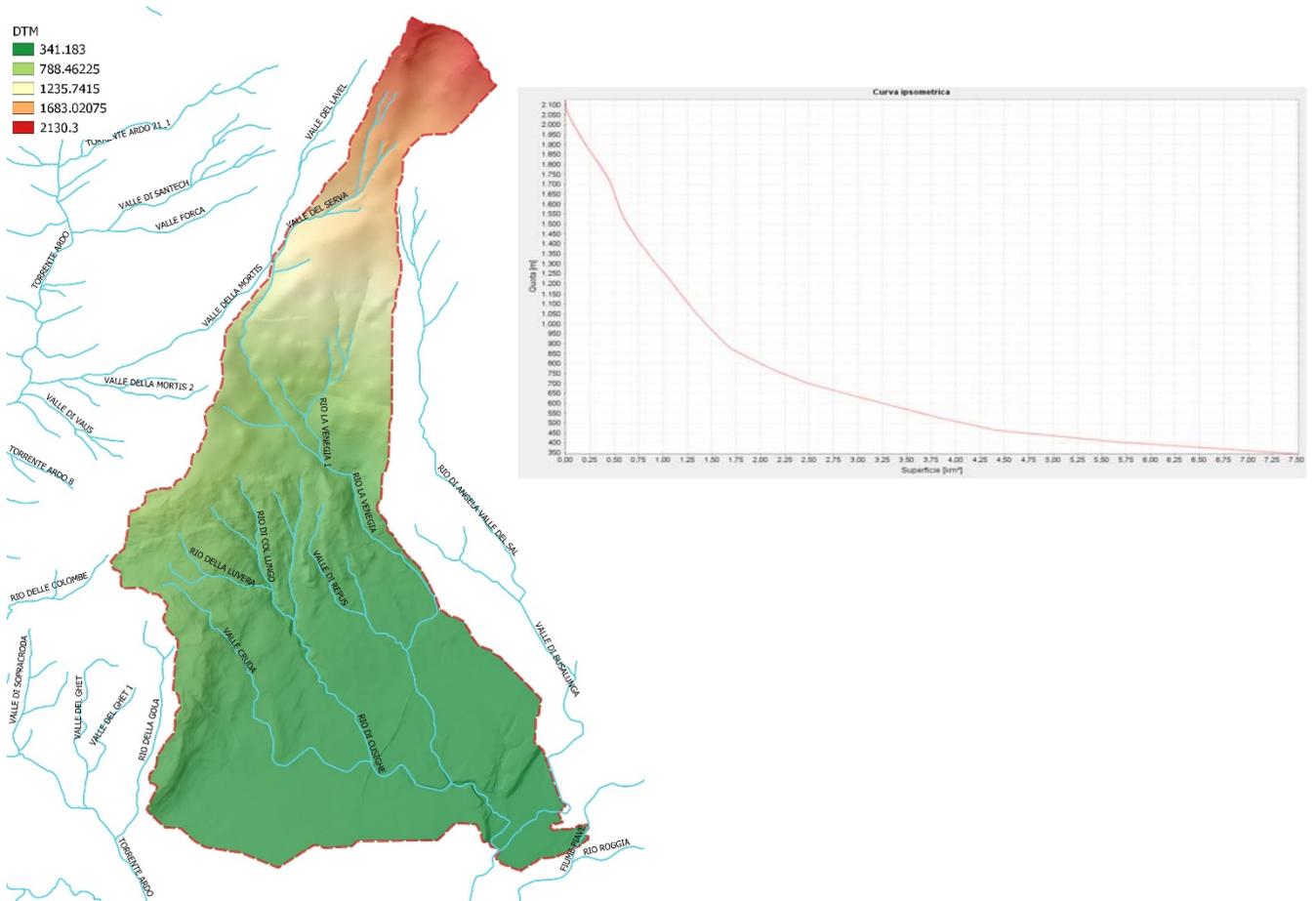
Tabella 15 - Torrente Ardo- Quadro riassuntivo dei risultati.

| PORTATE DI PIENA | | | |
|-------------------------------------|---------|---------|----------------|
| | Diretto | di Base | Totale |
| Portata massima (m^3/s) - TR50 | 121.189 | 18.132 | 138.965 |
| Portata massima (m^3/s) - TR100 | 140.02 | 19.087 | 158.732 |
| Tempo al picco (h) | 3.67 | 0.00 | 220.00 |

7.7 Rio Veneggia - Analisi morfologica ed idrologica

Il bacino del Rio Veneggia in analisi è chiuso nei pressi della confluenza con il fiume Piave.

| n | Bacini | Area (km ²) | L(km) | H(med) | H(min) | (Hmax) | Tc (ore) |
|---|-------------------|-------------------------|-------|--------|--------|---------|----------|
| 2 | Torrente Veneggia | 7.85 | 6.4 | 696.82 | 341 | 2131.34 | 1.38 |



Area-CN

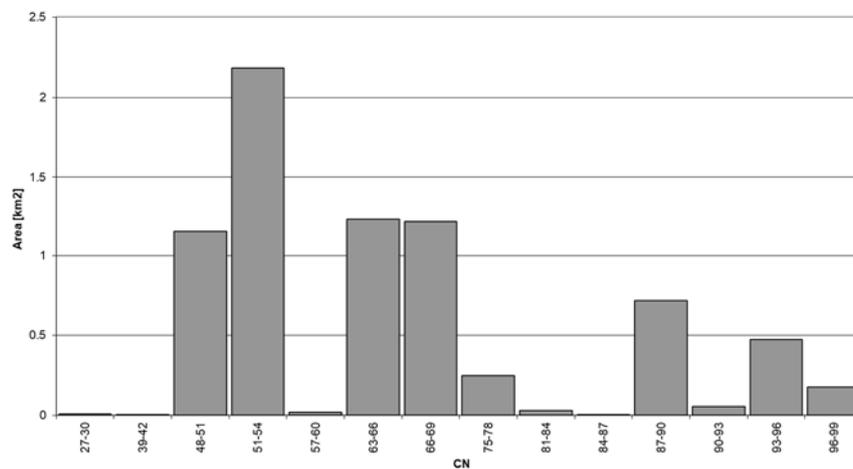


Figura 7-27 – Torrente Veneggia – DTM Bacino idrografico, Curva ipsografica e Curve Number.

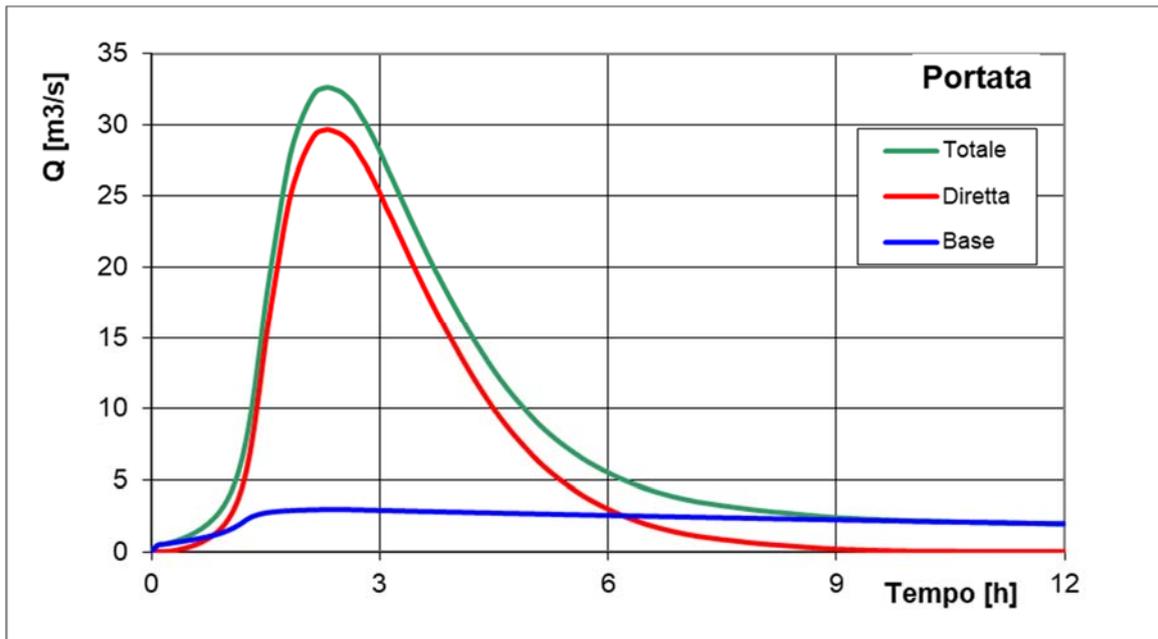


Figura 7-28: Torrente Veneggia - Idrogramma liquido calcolato, per l'evento con $Tr= 50$ anni.

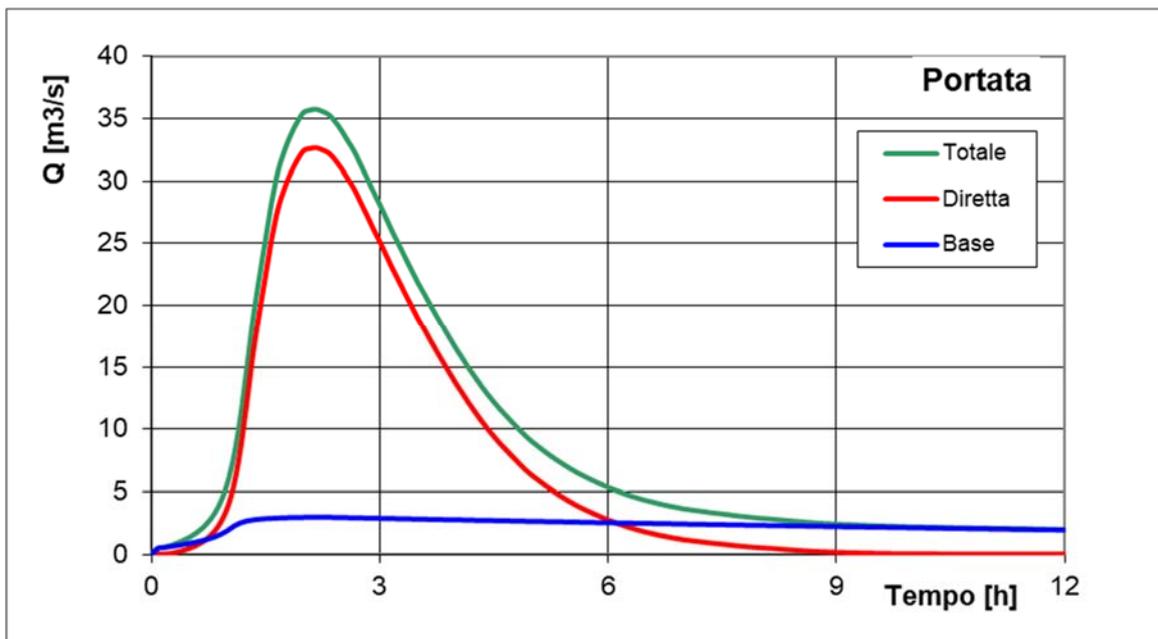


Figura 7-29: Torrente Veneggia - Idrogramma liquido calcolato, per l'evento con $Tr= 100$ anni.

Tabella 16 - Torrente Veneggia- Quadro riassuntivo dei risultati.

| PORTATE DI PIENA | | | |
|--------------------------------|---------|---------|---------------|
| | Diretto | di Base | Totale |
| Portata massima (m3/s) - TR50 | 29.698 | 2.949 | 32.639 |
| Portata massima (m3/s) - TR100 | 32.699 | 3.039 | 35.738 |
| Tempo al picco (h) | 2.17 | 0.00 | 130.00 |

7.8 Rio Valle Busalunga - Analisi morfologica ed idrologica

La sezione di chiusura per il Rio Valle di Busalunga è fissata nei pressi della confluenza con il Rio Veneggia/Piave.

| n | Bacini | Area (km ²) | L(km) | H(med) | H(min) | (Hmax) | Tc (ore) |
|---|---------------|-------------------------|-------|--------|--------|--------|----------|
| 1 | Rio Busalunga | 3.47 | 4.8 | 763.17 | 342.91 | 2020.7 | 1.05 |

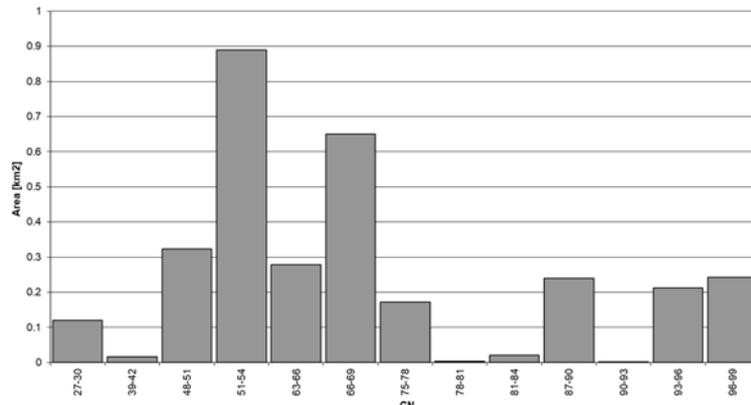
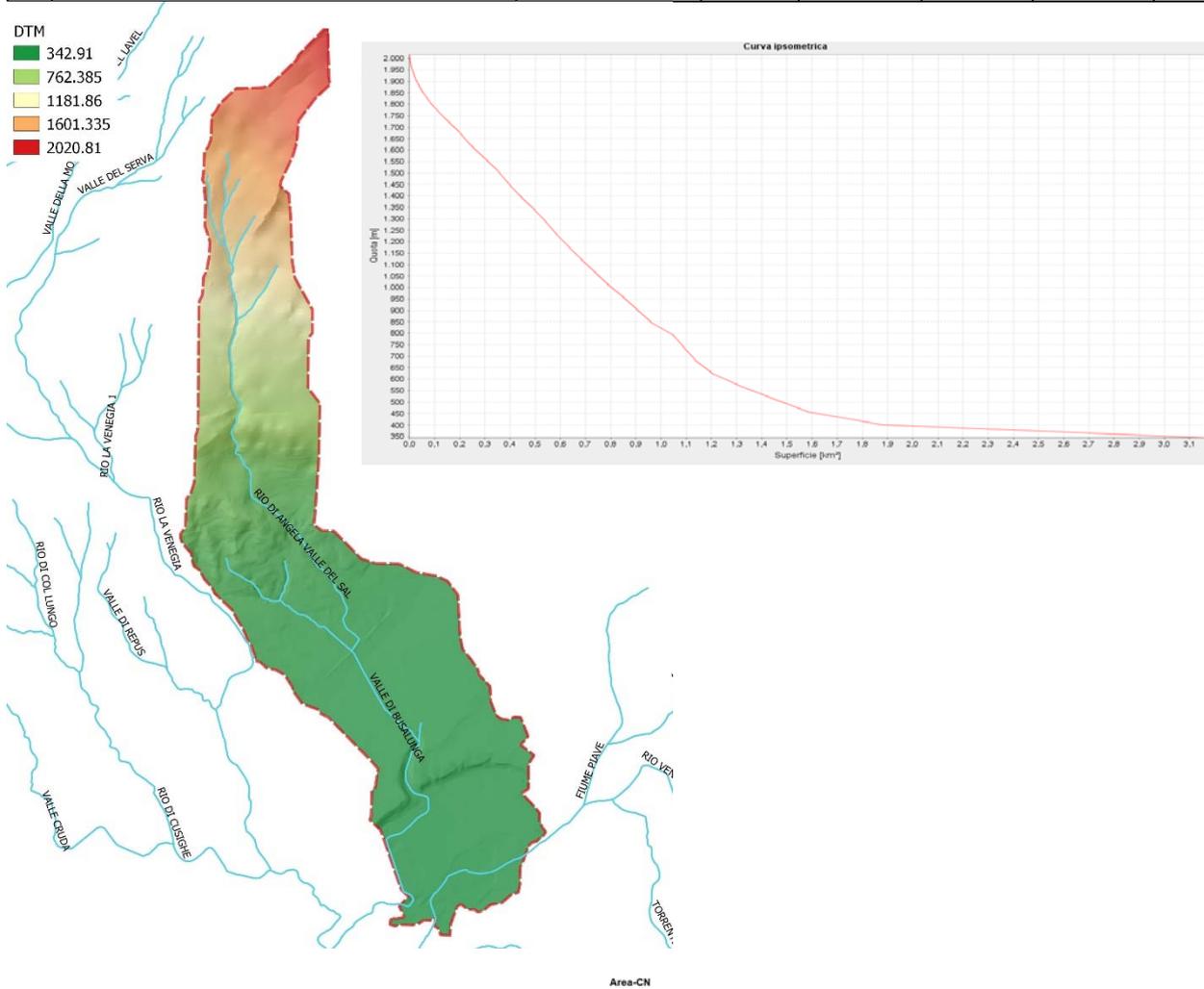


Figura 7-30 – Torrente Rio Busalunga – DTM Bacino idrografico, Curva ipsografica e Curve Number.

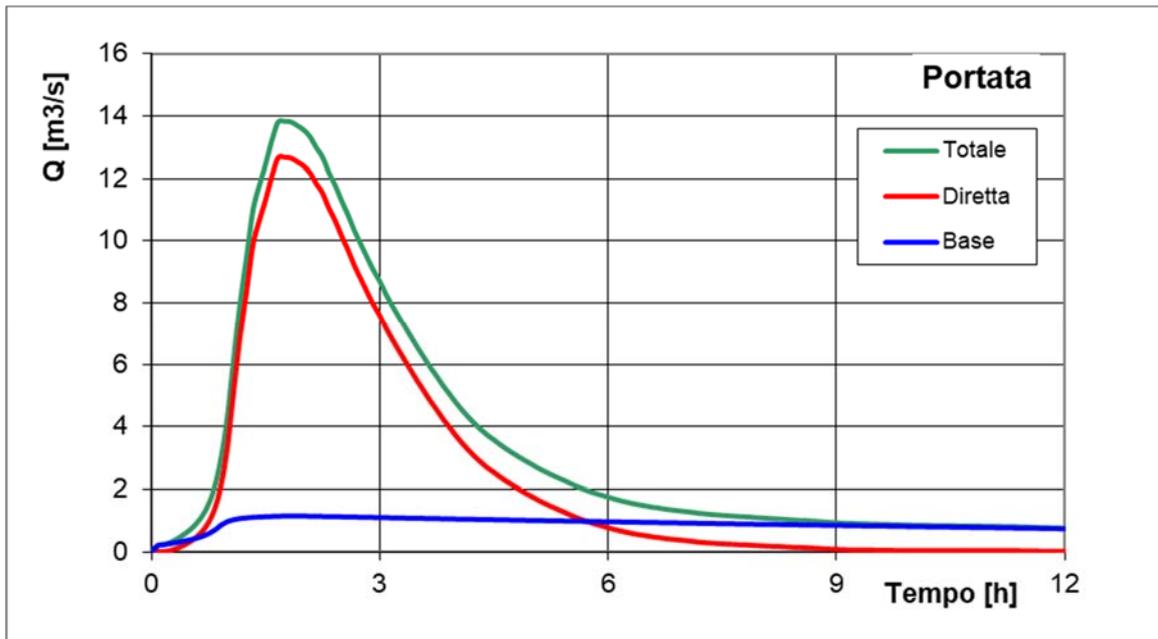


Figura 7-31: Torrente Busalunga - Idrogramma liquido calcolato, per l'evento con $Tr= 50$ anni.

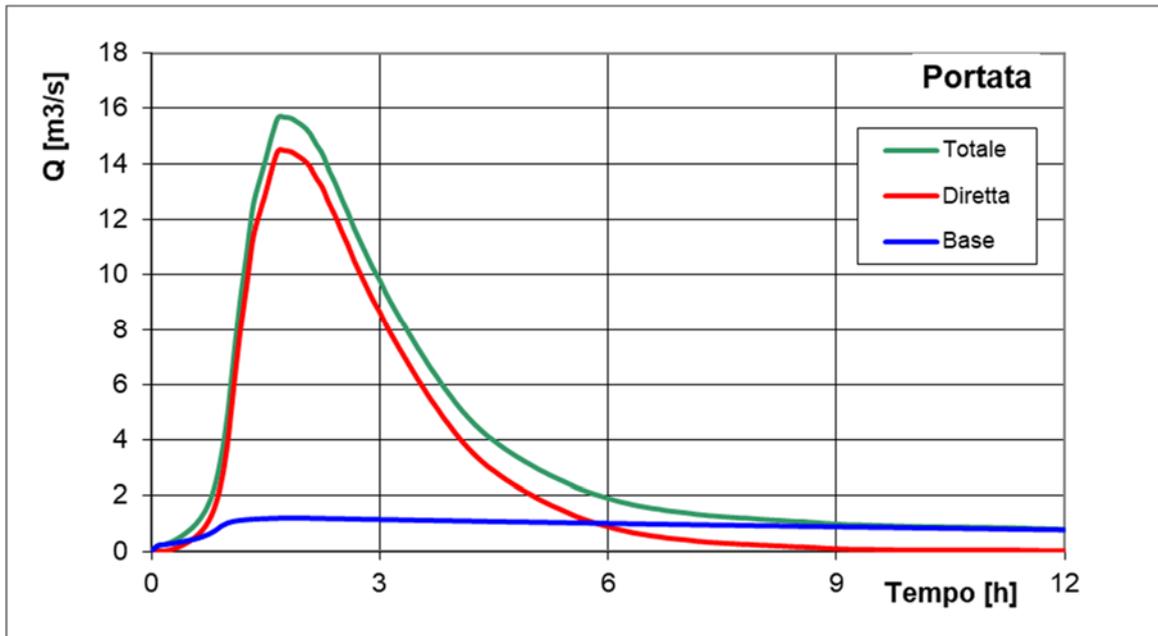


Figura 7-32: Torrente Busalunga - Idrogramma liquido calcolato, per l'evento con $Tr= 100$ anni.

Tabella 17 – Torrente Busalunga- Quadro riassuntivo dei risultati.

| PORTATE DI PIENA | | | |
|-------------------------------------|---------|---------|---------------|
| | Diretto | di Base | Totale |
| Portata massima (m^3/s) – TR50 | 12.669 | 1.168 | 13.831 |
| Portata massima (m^3/s) – TR100 | 14.484 | 1.222 | 15.701 |
| Tempo al picco (h) | 1.75 | 0.00 | 105.00 |

7.9 Rio Oltrevalle - Analisi morfologica ed idrologica del bacino

Il bacino del rio Oltrevalle viene chiuso alla confluenza con il fiume Piave a Levego.

| n | Bacini | Area (km ²) | L(km) | H(med) | H(min) | (Hmax) | Tc (ore) |
|---|----------------|-------------------------|-------|--------|--------|--------|----------|
| 8 | Rio Oltrevalle | 2.25 | 1.2 | 394.8 | 353.53 | 546.95 | 1.52 |

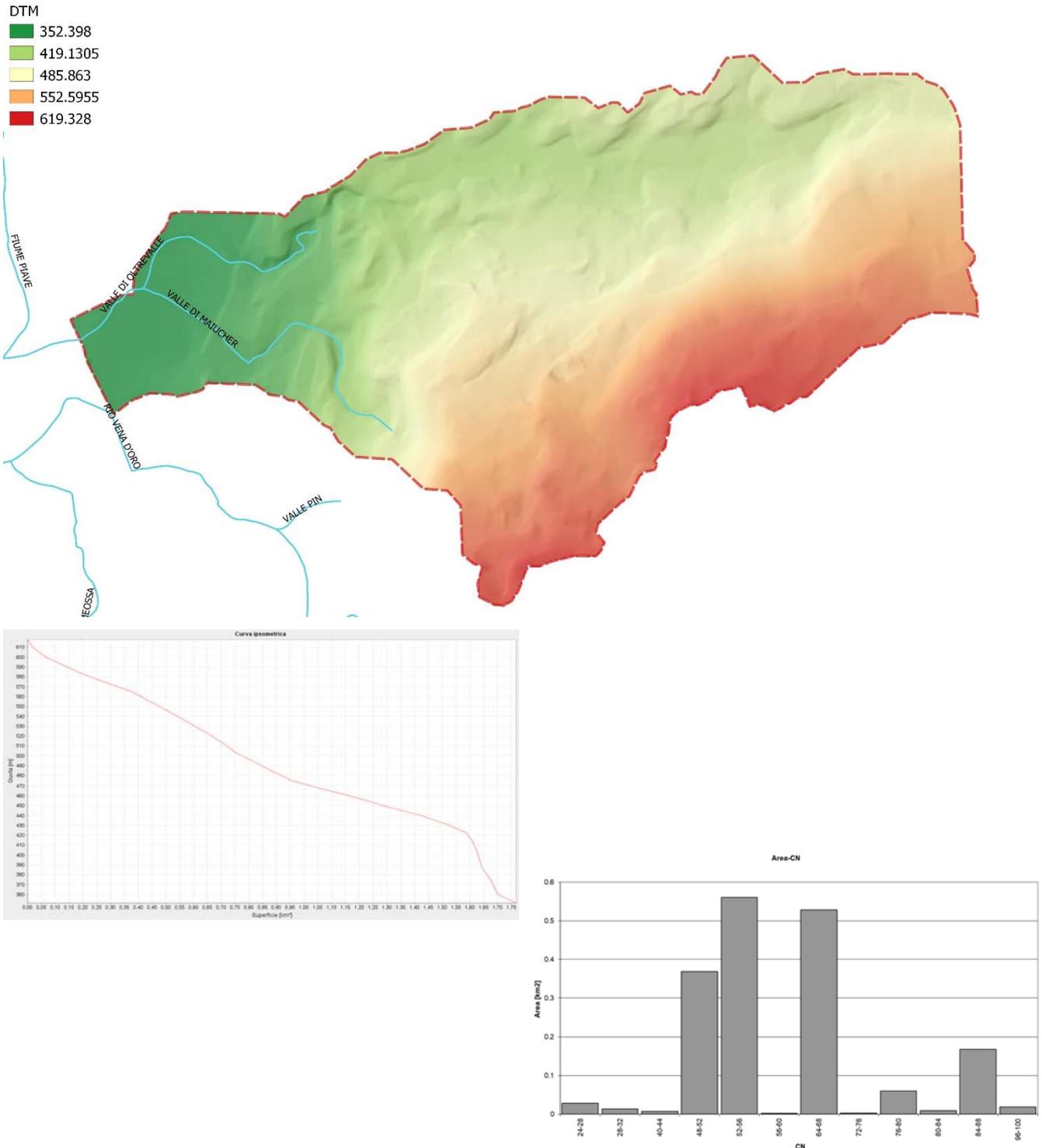


Figura 7-33 – Torrente Rio Oltrevalle – DTM Bacino idrografico, Curva ipsografica e Curve Number.

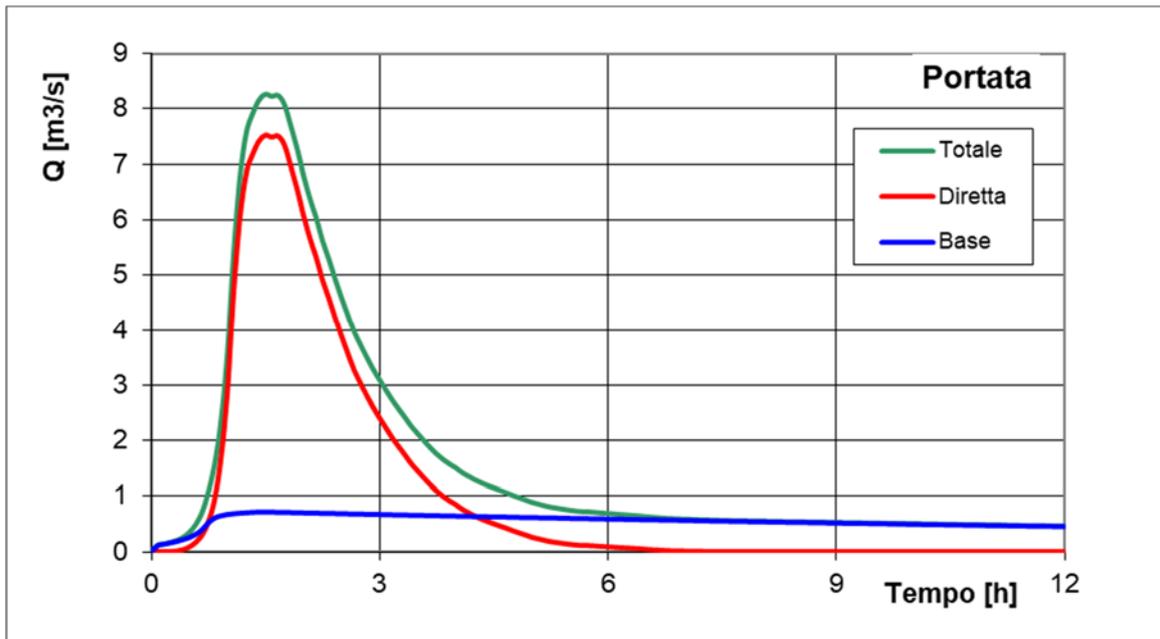


Figura 7-34: Rio Oltrevalle- Idrogramma liquido calcolato, per l'evento con $Tr= 50$ anni.

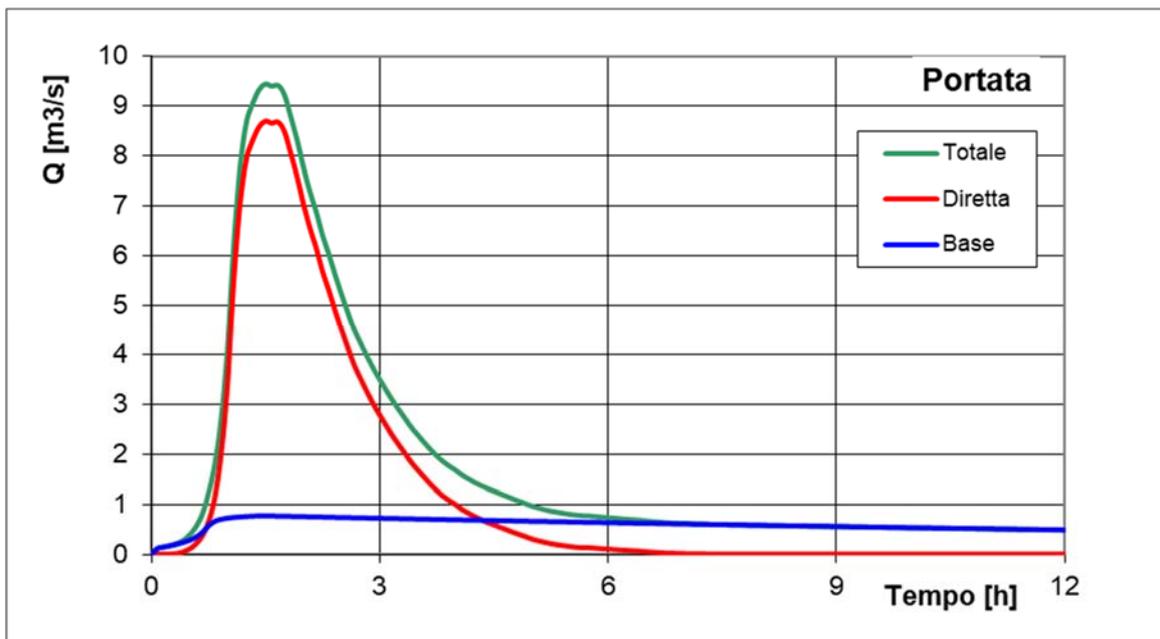


Figura 7-35: Rio Oltrevalle- Idrogramma liquido calcolato, per l'evento con $Tr= 100$ anni.

Tabella 18 – Rio Oltrevalle- Quadro riassuntivo dei risultati.

| PORTATE DI PIENA | | | |
|--------------------------------|---------|---------|--------------|
| | Diretto | di Base | Totale |
| Portata massima (m3/s) – TR50 | 7.533 | 0.73 | 8.263 |
| Portata massima (m3/s) – TR100 | 8.686 | 0.767 | 9.453 |
| Tempo al picco (h) | 1.50 | 0.00 | 90.00 |

7.10 Rio Vena D'Oro - Analisi morfologica ed idrologica del bacino

Il bacino del Rio Vena D'Oro viene chiuso a monte della confluenza con il Meassa nei pressi di Via Levego.

| n | Bacini | Area (km ²) | L(km) | H(med) | H(min) | (Hmax) | Tc (ore) |
|---|----------------|-------------------------|-------|--------|--------|--------|----------|
| 9 | Rio Vena D'Oro | 1.65 | 1.75 | 436.38 | 350.98 | 604.1 | 1.05 |

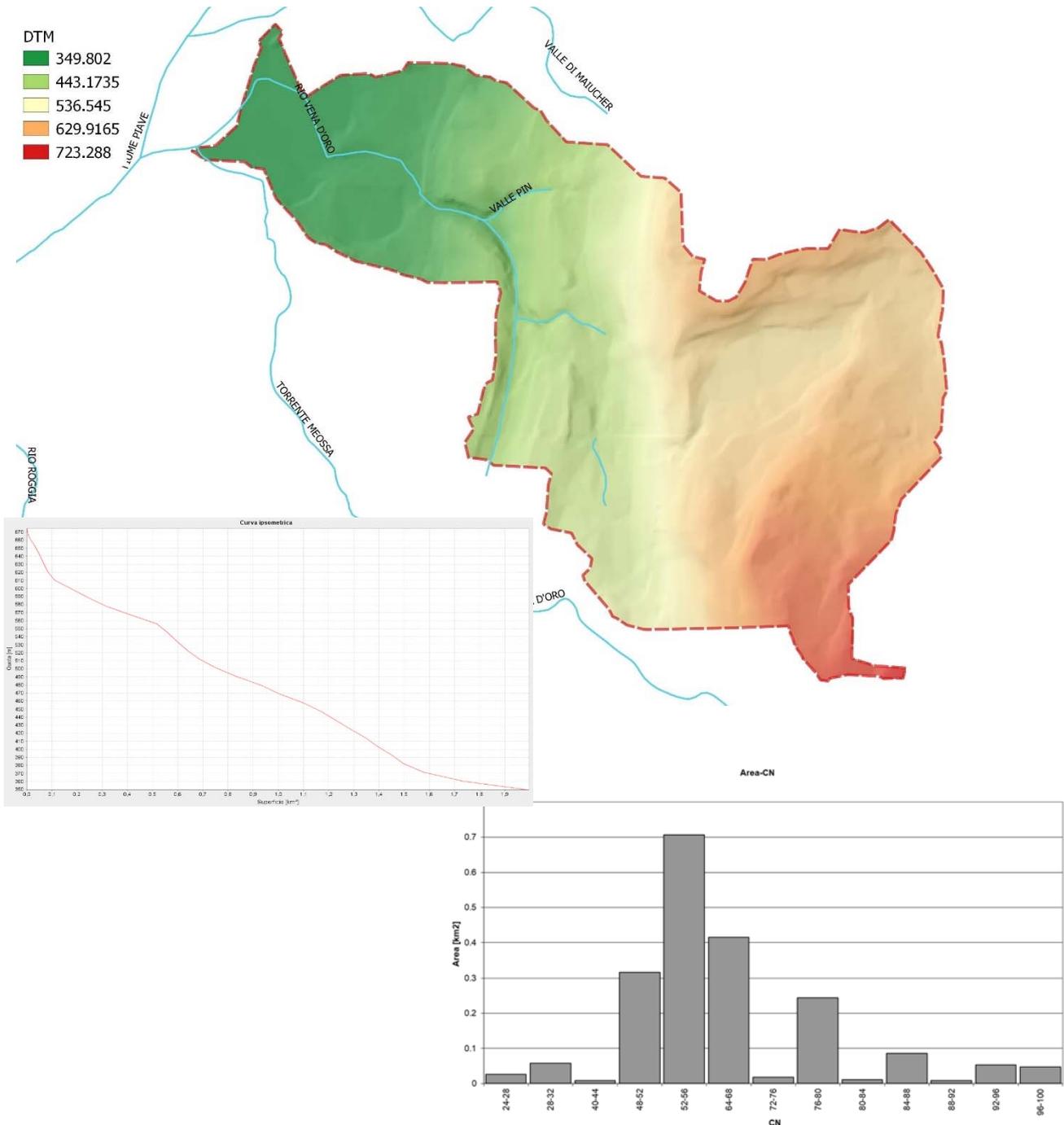


Figura 7-36 – Torrente Rio Vena D'Oro – DTM Bacino idrografico, Curva ipsografica e Curve Number.

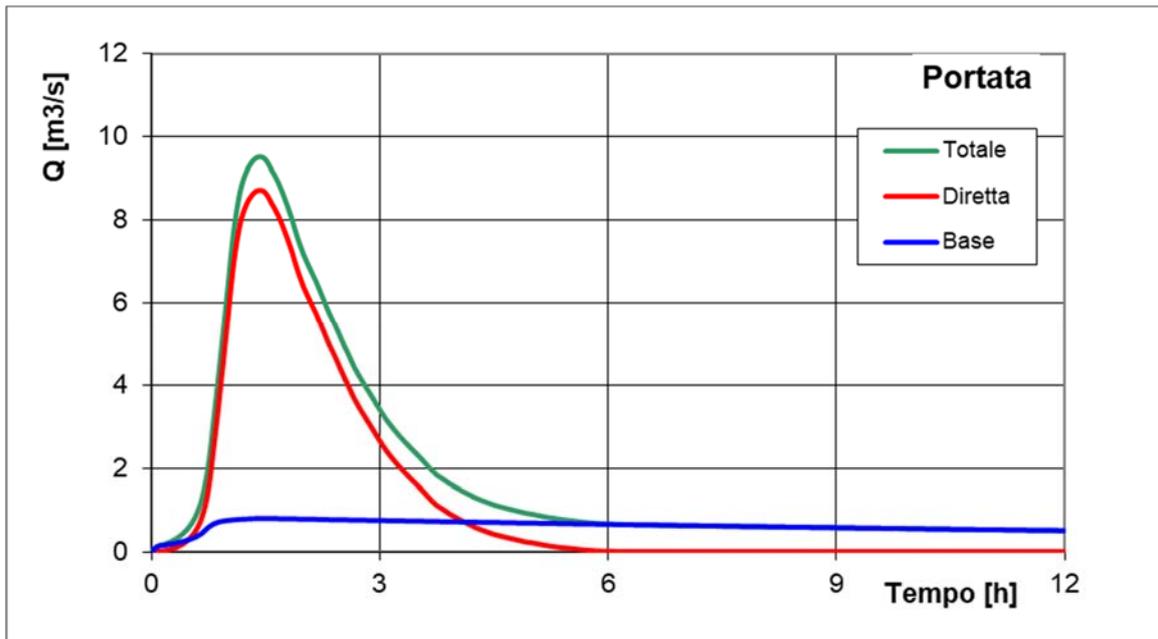


Figura 7-37: Rio Vena D'Oro- Idrogramma liquido calcolato, per l'evento con $Tr= 50$ anni.

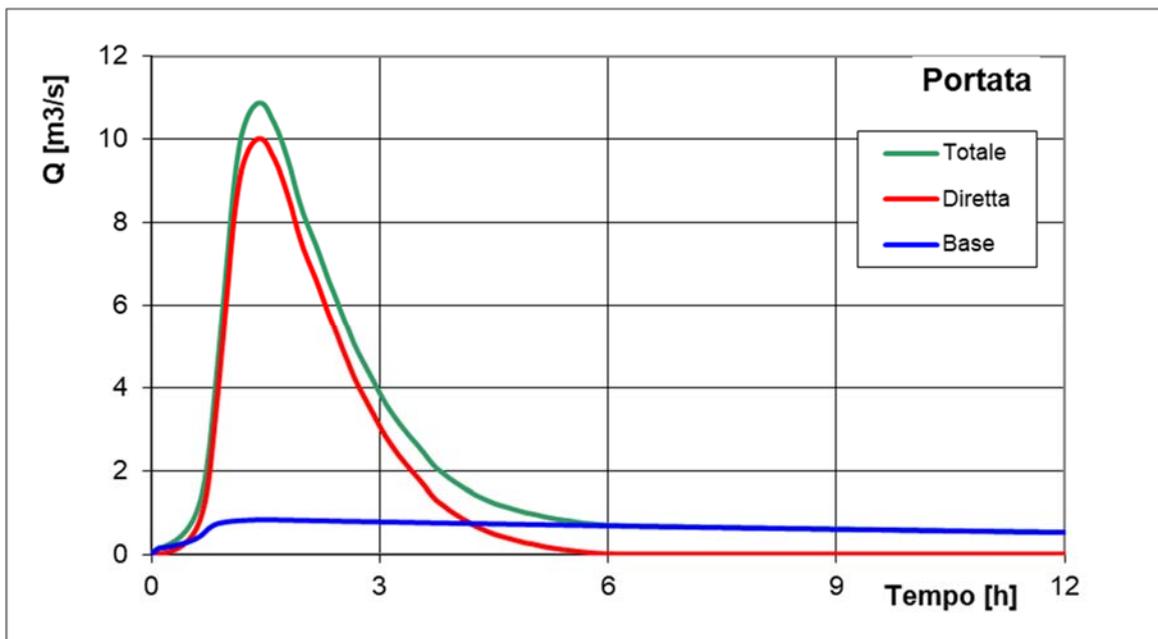


Figura 7-38: Rio Vena D'Oro- Idrogramma liquido calcolato, per l'evento con $Tr= 100$ anni.

Tabella 19 – Rio Vena D'Oro- Quadro riassuntivo dei risultati.

| PORTATE DI PIENA | | | |
|--------------------------------|---------|---------|---------------|
| | Diretto | di Base | Totale |
| Portata massima (m3/s) – TR50 | 8.726 | 0.799 | 9.526 |
| Portata massima (m3/s) – TR100 | 10.026 | 0.84 | 10.866 |
| Tempo al picco (h) | 1.42 | 0.00 | 90.00 |

7.11 Torrente Meassa - Analisi morfologica ed idrologica del bacino

L'analisi idrologica sul torrente Meassa viene svolta alla sezione di chiusura di Levego, prima della confluenza del Rio Vena D'Oro.

| n | Bacini | Area (km ²) | L(km) | H(med) | H(min) | (Hmax) | Tc (ore) |
|----|-----------------|-------------------------|-------|--------|--------|--------|----------|
| 10 | Torrente Meassa | 7.4 | 5.57 | 556.15 | 349.92 | 925 | 1.67 |

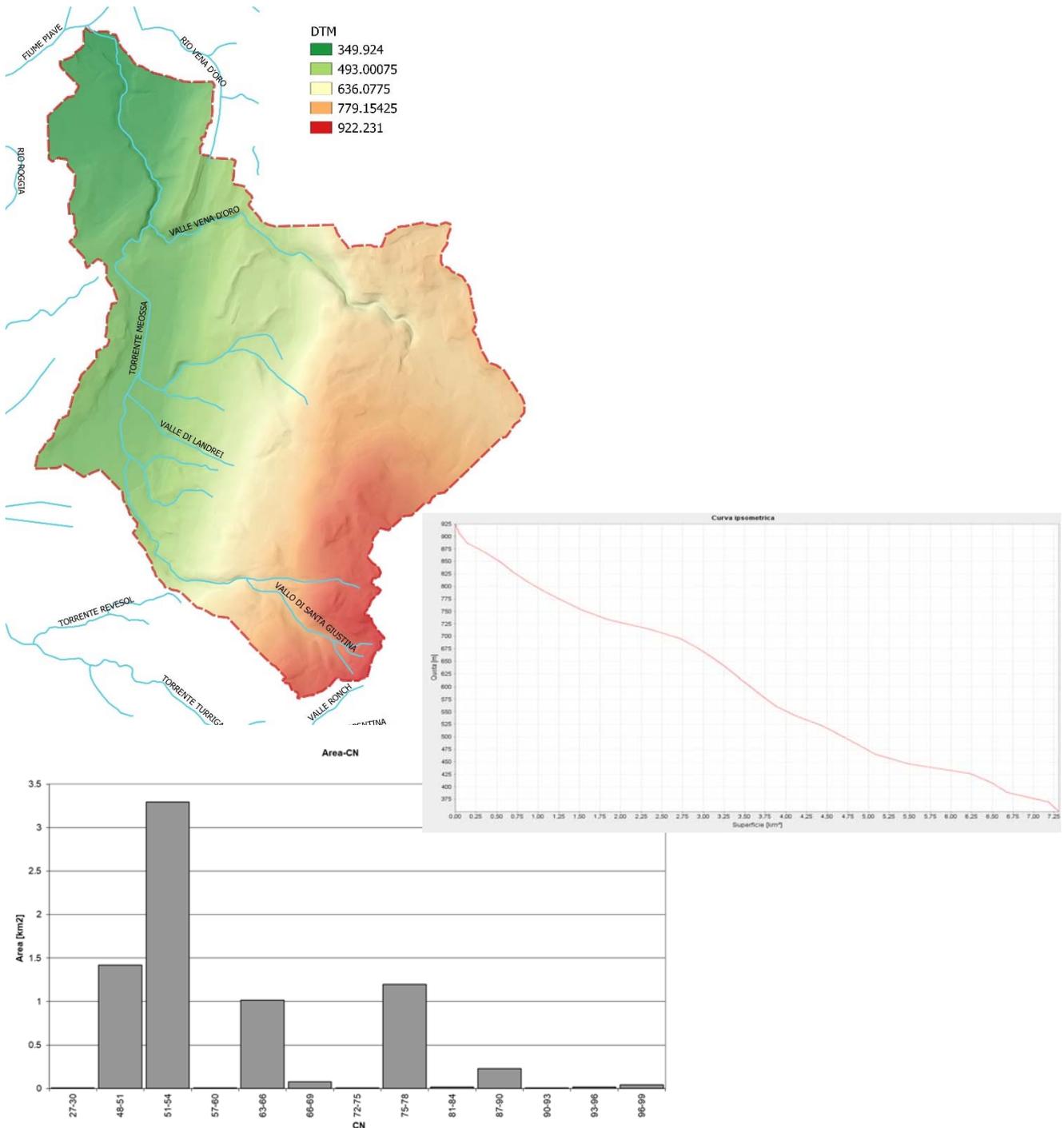


Figura 7-39 – Torrente Meassa – DTM Bacino idrografico, Curva ipsografica e Curve Number.

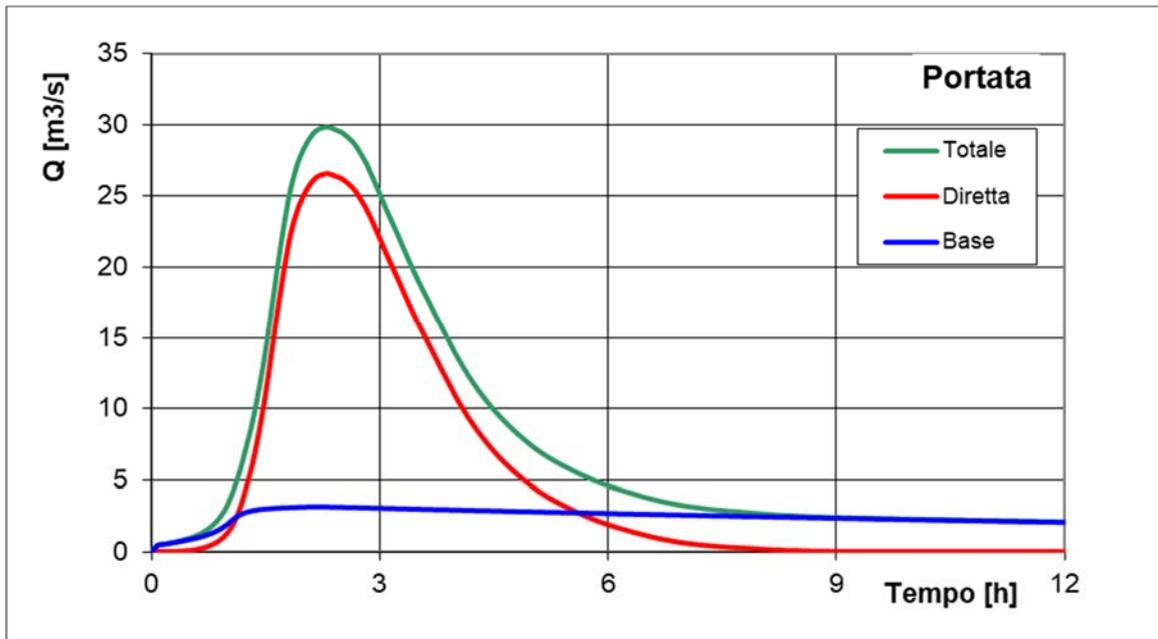


Figura 7-40: Torrente Meassa- Idrogramma liquido calcolato, per l'evento con $Tr= 50$ anni.

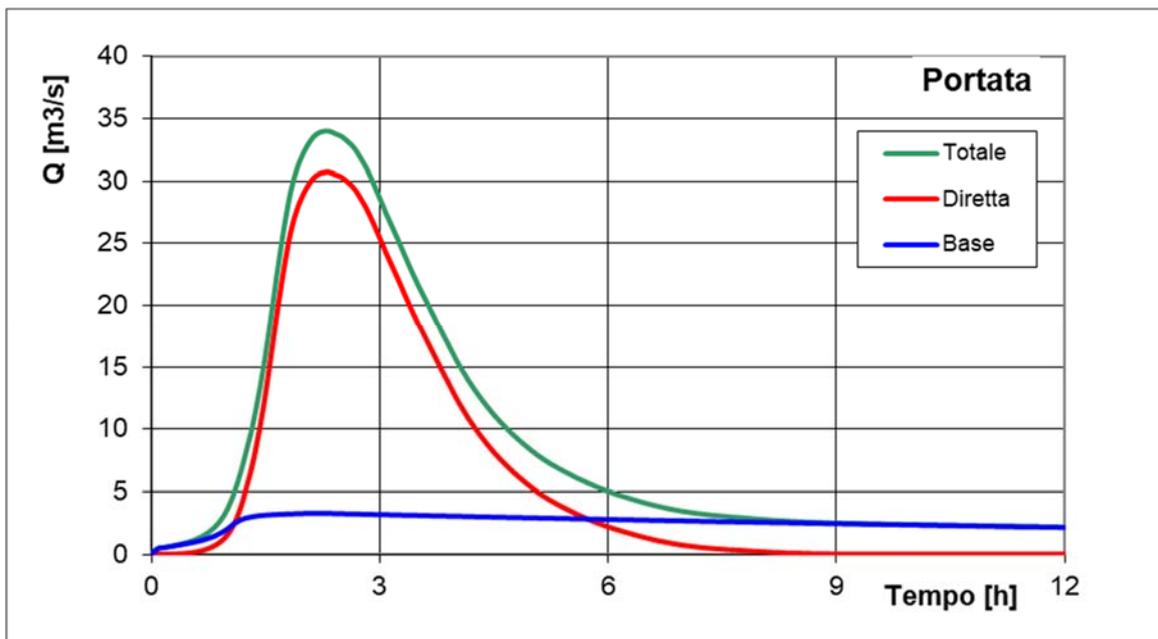


Figura 7-41: Torrente Meassa- Idrogramma liquido calcolato, per l'evento con $Tr= 100$ anni.

Tabella 20 – T. Meassa- Quadro riassuntivo dei risultati.

| PORTATE DI PIENA | | | |
|---|---------|---------|---------------|
| | Diretto | di Base | Totale |
| Portata massima (m^3/s) – TR50 | 26.626 | 3.182 | 29.792 |
| Portata massima (m^3/s) – TR100 | 30.698 | 3.334 | 34.015 |
| Tempo al picco (h) | 2.33 | 0.00 | 140 |

7.12 Rio Roggia - Analisi morfologica ed idrologica

Il piccolo bacino del Rio Roggia viene chiuso alla confluenza con il fiume Piave a Sagroña.

| n | Bacini | Area (km ²) | L(km) | H(med) | H(min) | (Hmax) | Tc (ore) |
|----|------------|-------------------------|-------|--------|--------|--------|----------|
| 11 | Rio Roggia | 2.37 | 2.65 | 416.65 | 347.62 | 470.19 | 1.52 |

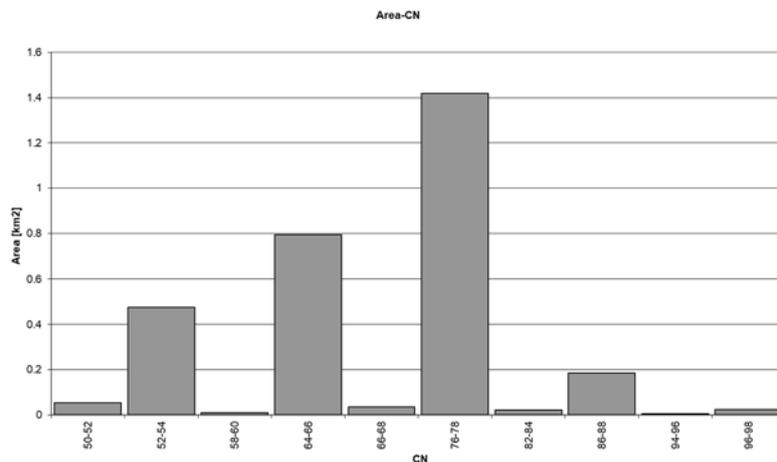
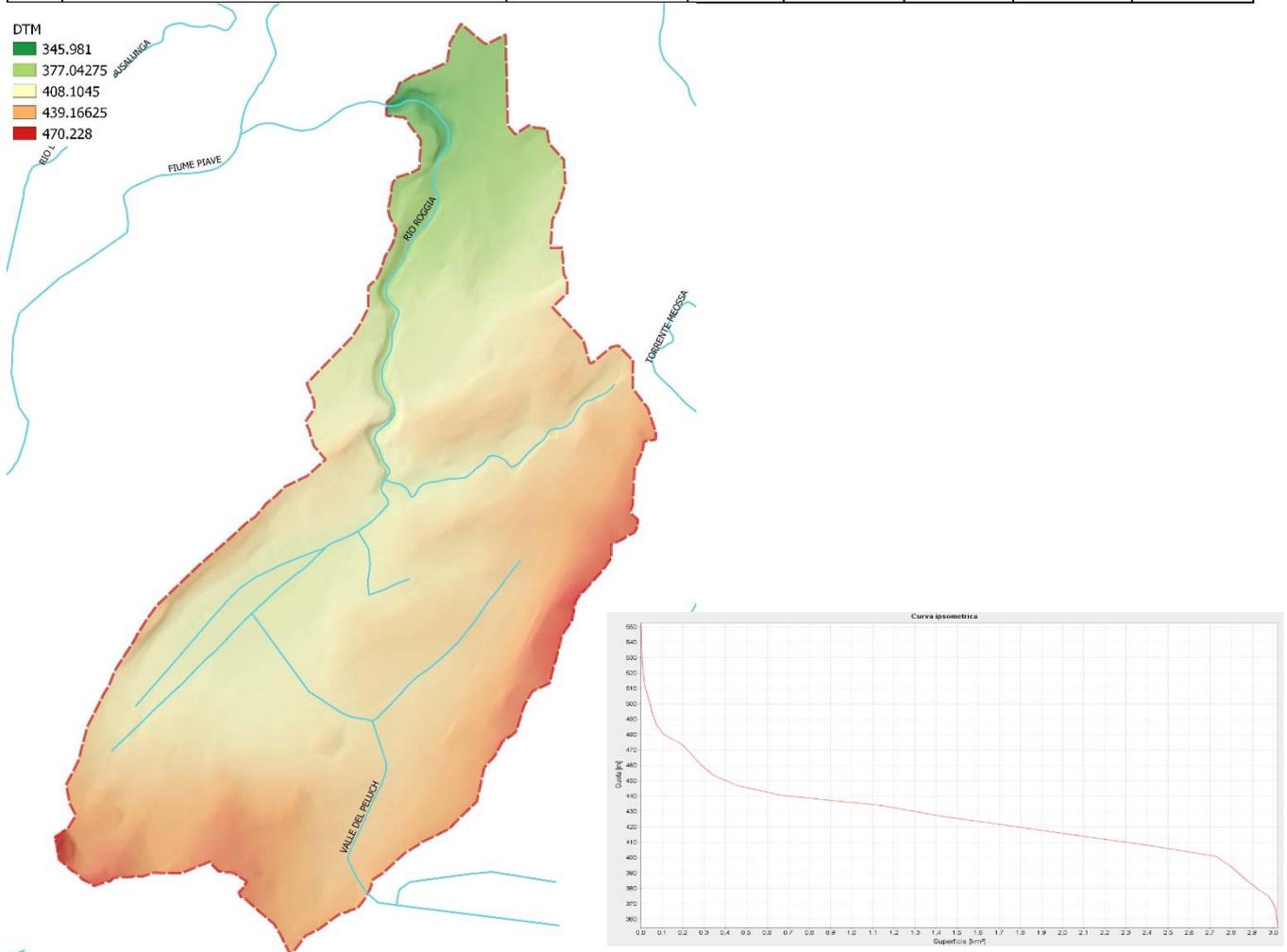


Figura 7-42 – Rio Roggia – DTM Bacino idrografico, Curva ipsografica e Curve Number.

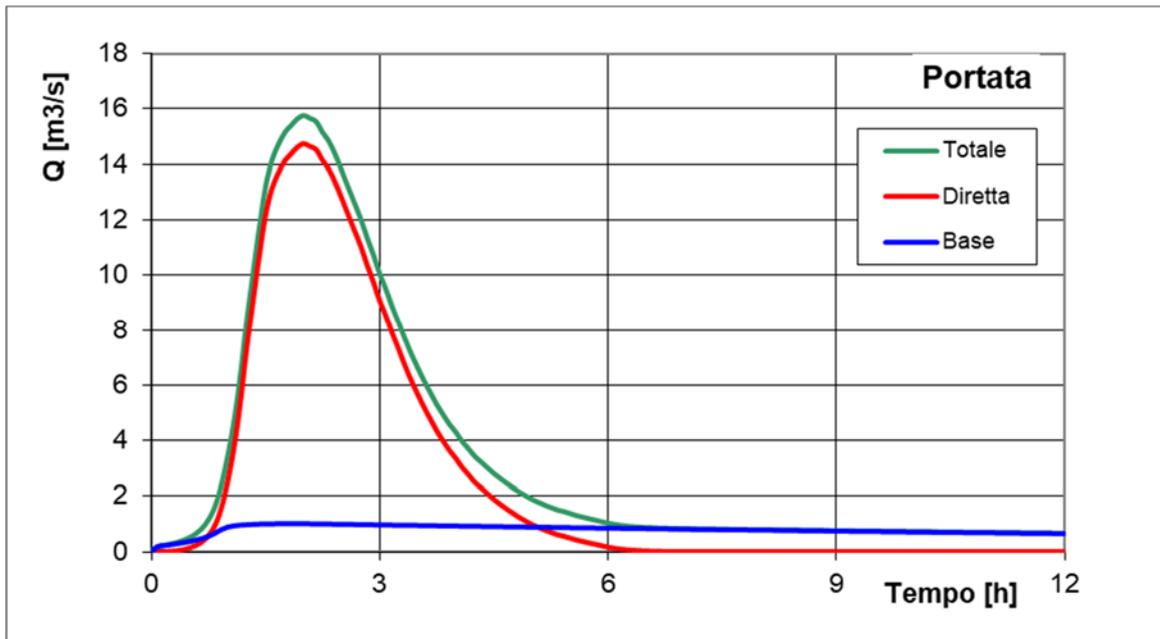


Figura 7-43: Rio Roggia- Idrogramma liquido calcolato, per l'evento con $T_r= 50$ anni.

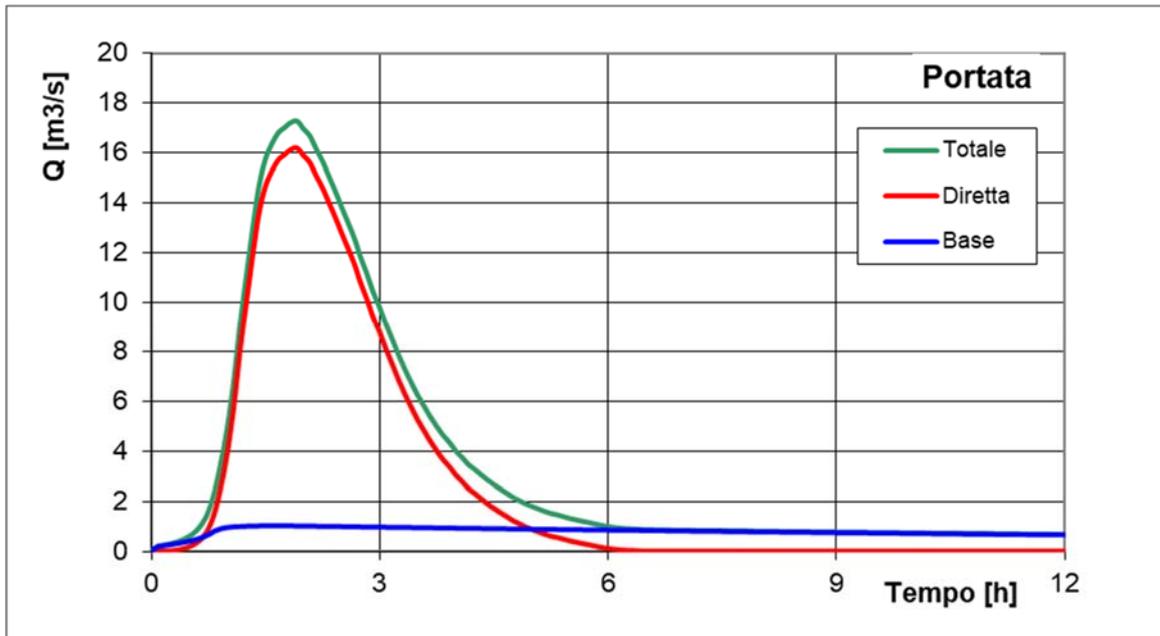


Figura 7-44: Rio Roggia- Idrogramma liquido calcolato, per l'evento con $T_r= 100$ anni.

Tabella 21 – Rio Roggia - Quadro riassuntivo dei risultati.

| PORTATE DI PIENA | | | |
|--------------------------------|---------|---------|--------|
| | Diretto | di Base | Totale |
| Portata massima (m3/s) – TR50 | 14.747 | 1.036 | 15.777 |
| Portata massima (m3/s) – TR100 | 16.201 | 1.061 | 17.249 |
| Tempo al picco (h) | 2.00 | 0.00 | 120.00 |

7.13 Torrente Turriga - Analisi morfologica ed idrologica del bacino

Il Torrente Turriga è un affluente del Torrente Cicogna, pertanto la sezione di chiusura del bacino idrografico è posizionata alla confluenza.

| n | Bacini | Area (km ²) | L(km) | H(med) | H(min) | (Hmax) | Tc (ore) |
|----|------------------|-------------------------|-------|--------|--------|---------|----------|
| 12 | Torrente Turriga | 15.87 | 10.05 | 715.80 | 327.55 | 1068.60 | 1.97 |

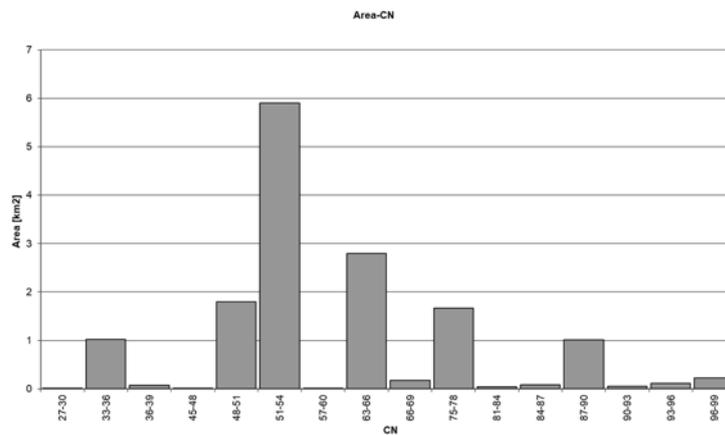
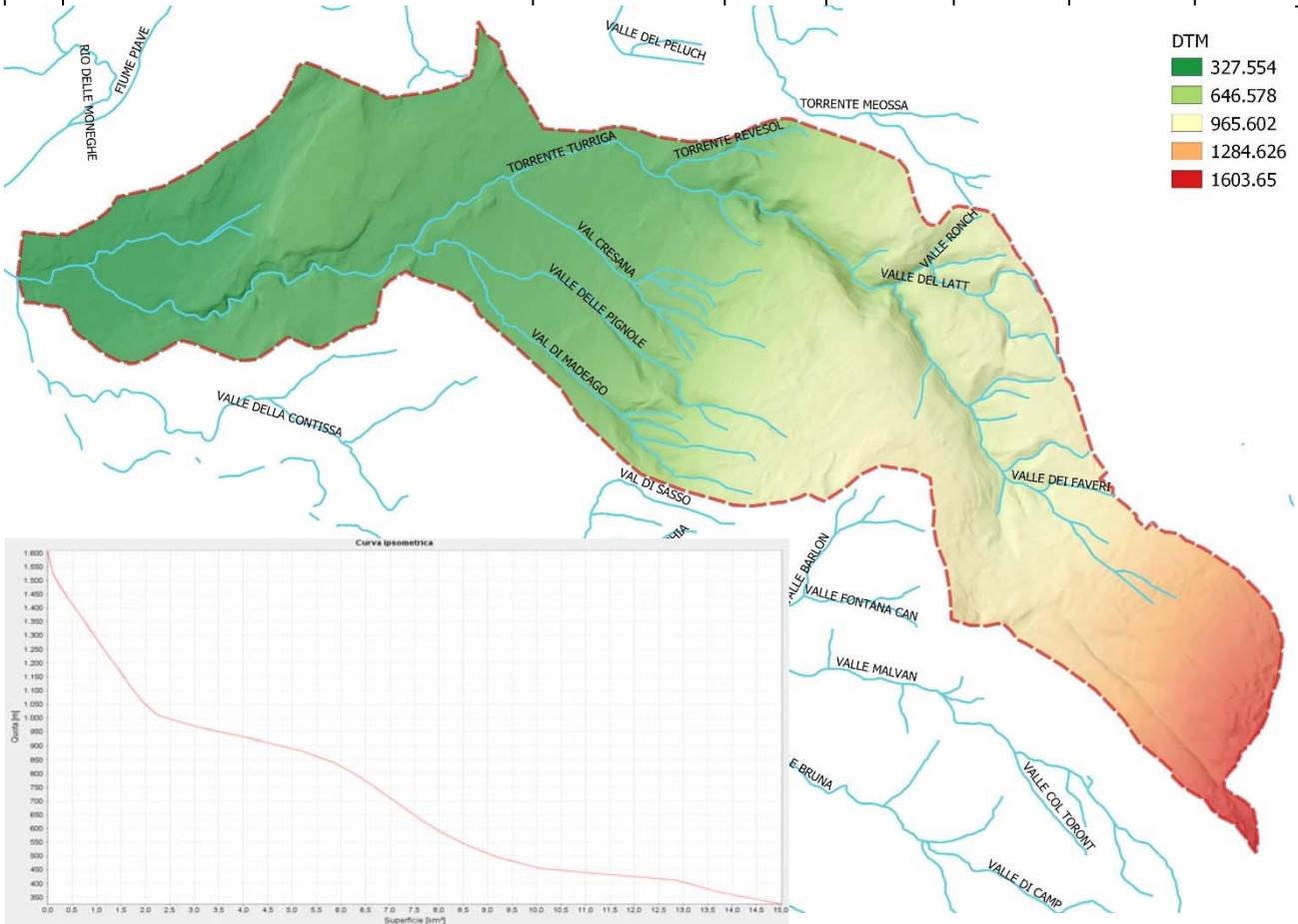


Figura 7-45 - Torrente Turriga - DTM Bacino idrografico, Curva ipsografica e Curve Number.

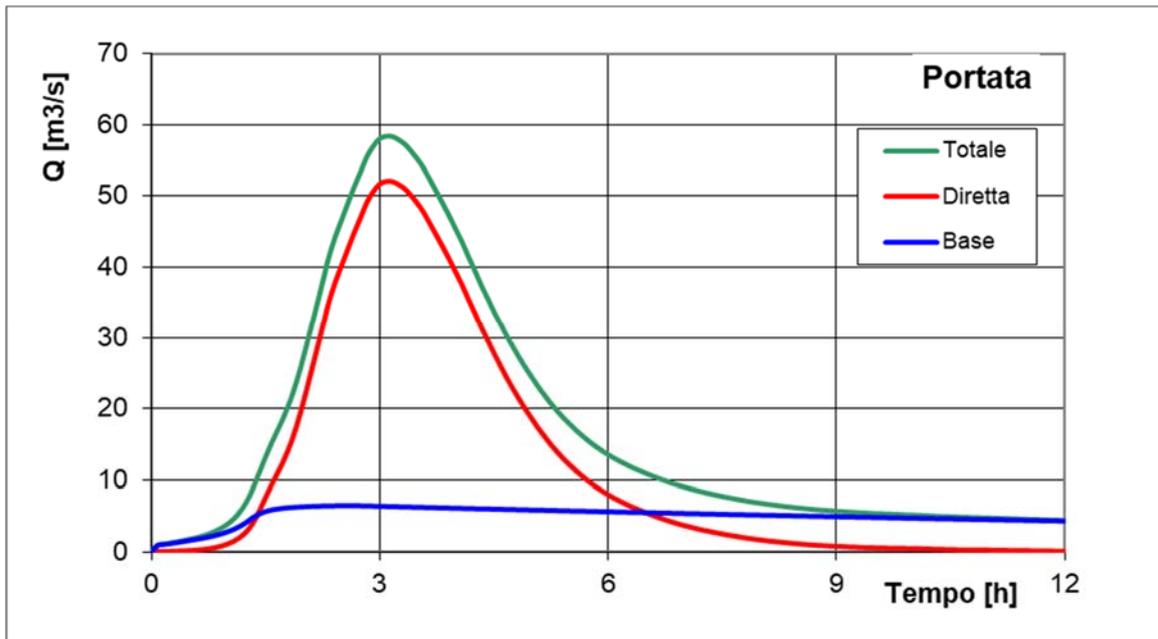


Figura 7-46: Torrente Turriga- Idrogramma liquido calcolato, per l'evento con $Tr= 50$ anni.

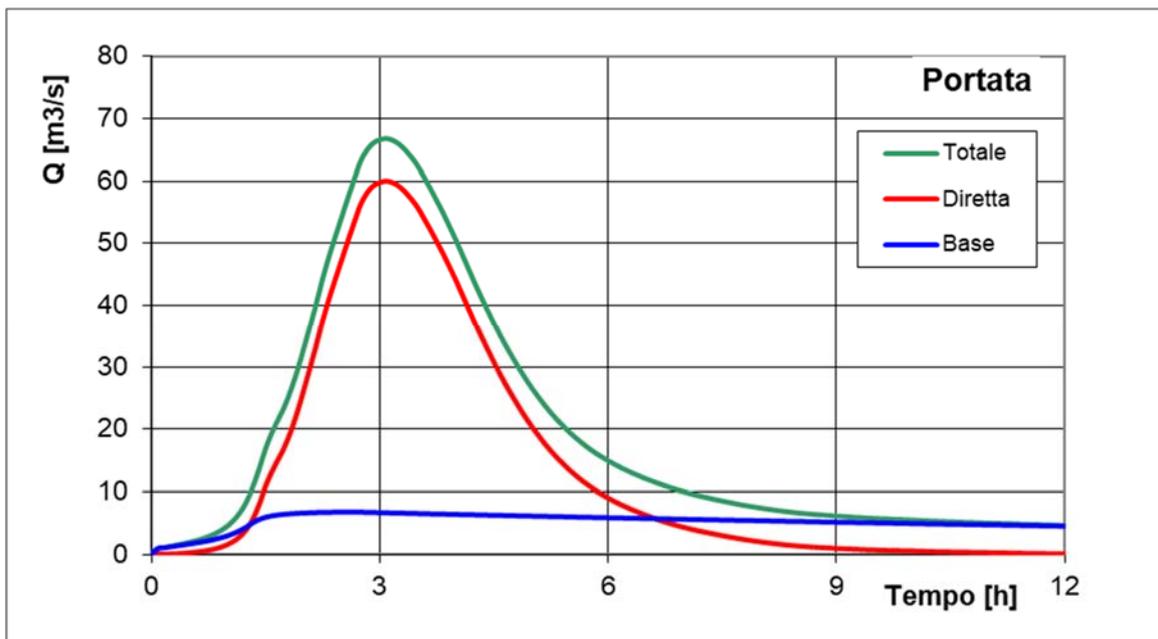


Figura 7-47: Torrente Turriga- Idrogramma liquido calcolato, per l'evento con $Tr= 100$ anni.

Tabella 22 - Torrente Turriga - Quadro riassuntivo dei risultati.

| PORTATE DI PIENA | | | |
|--------------------------------|---------|---------|---------------|
| | Diretto | di Base | Totale |
| Portata massima (m3/s) - TR50 | 52.099 | 6.493 | 58.467 |
| Portata massima (m3/s) - TR100 | 60.028 | 6.824 | 66.72 |
| Tempo al picco (h) | 2.00 | 0.00 | 120.00 |

7.14 T. Cicogna – Analisi morfologica e idrologica del bacino

Il Torrente Cicogna è il corso d'acqua principale del comune di Belluno in sinistra Piave. Sono state individuate due sezioni di chiusura, una a monte della confluenza con il Turriga (località Visome) e una alla confluenza nel Piave.

| n | Bacini | Area (km ²) | L(km) | H(med) | H(min) | (Hmax) | Tc (ore) |
|----|--|-------------------------|-------|--------|--------|---------|----------|
| 13 | Torrente Cicogna (a monte del Turriga) | 41.81 | 11.50 | 938.04 | 326.13 | 1751.80 | 2.33 |
| 14 | Torrente Cicogna (confluenza Piave) | 57.25 | 12.00 | 822.73 | 326.5 | 1751.9 | 2.71 |

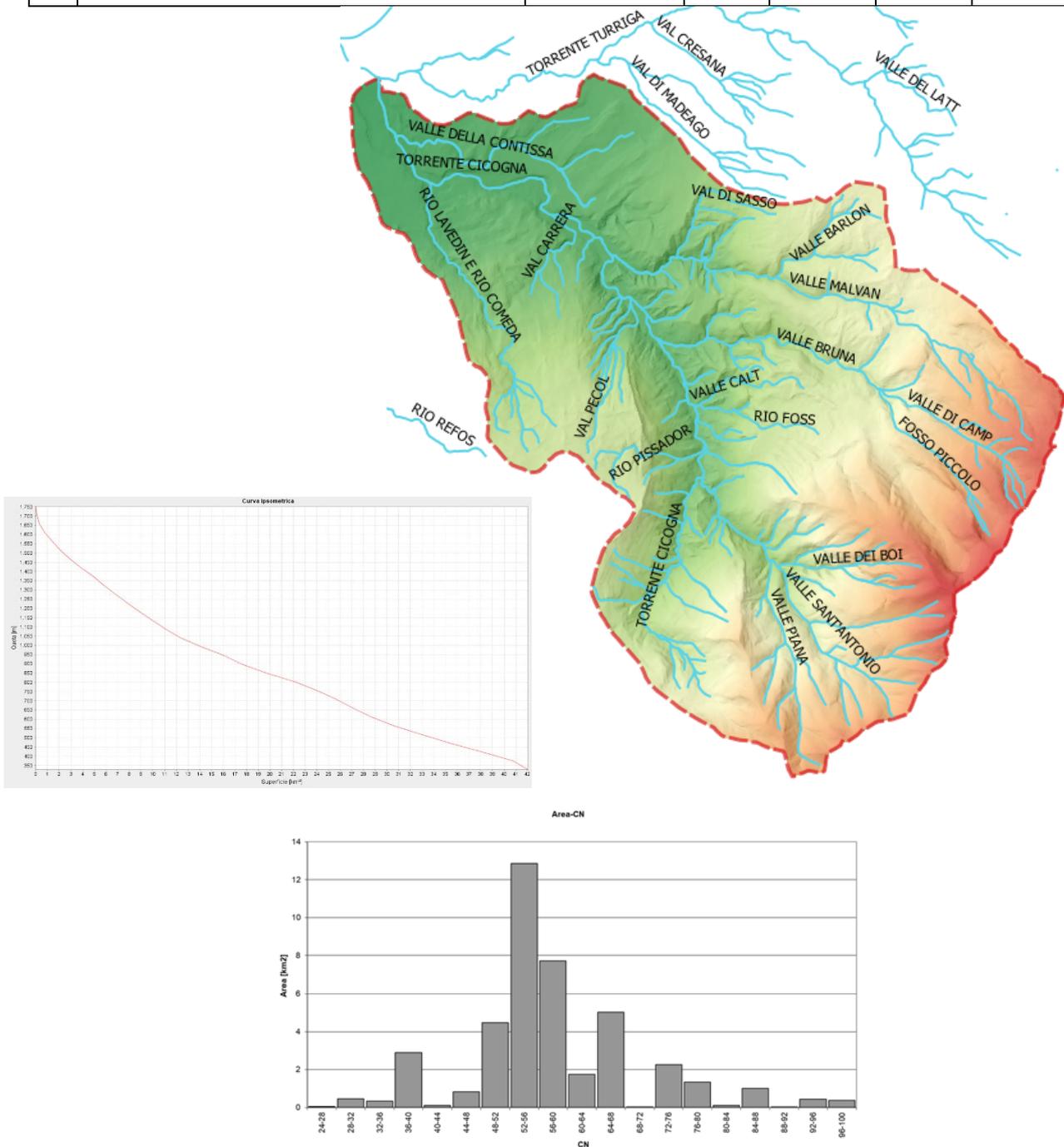


Figura 7-48 – Torrente Cicogna (a monte confluenza Turriga) – DTM Bacino idrografico, Curva ipsografica e Curve Number.

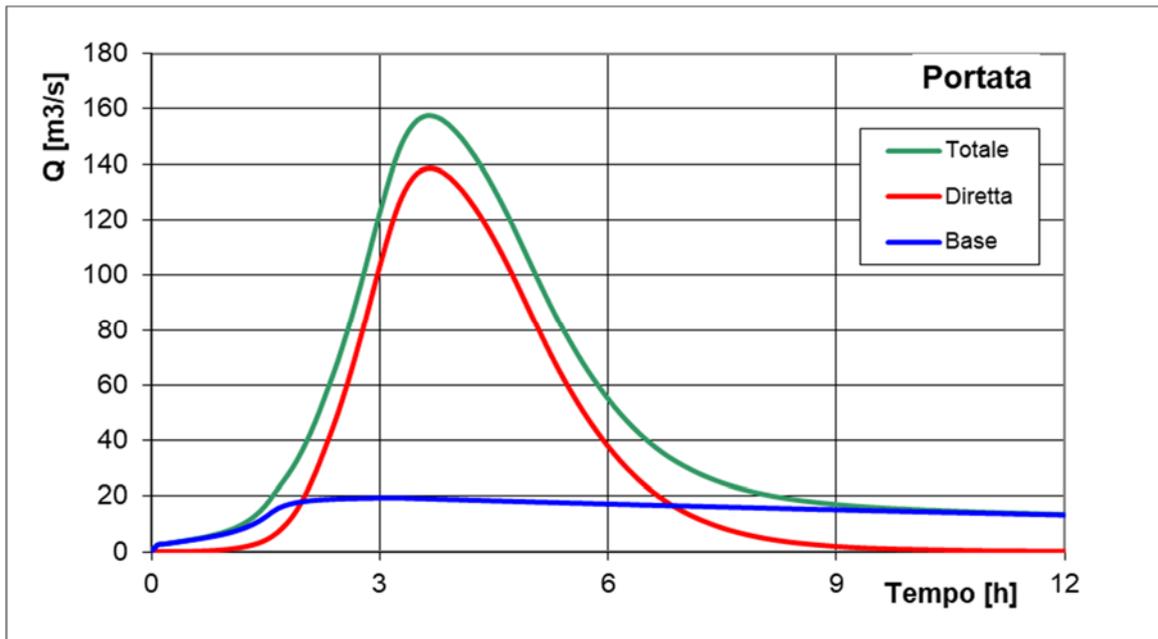


Figura 7-49: Torrente Cicogna a monte confluenza Turriga
 Idrogramma liquido calcolato, per l'evento con $Tr= 50$ anni.

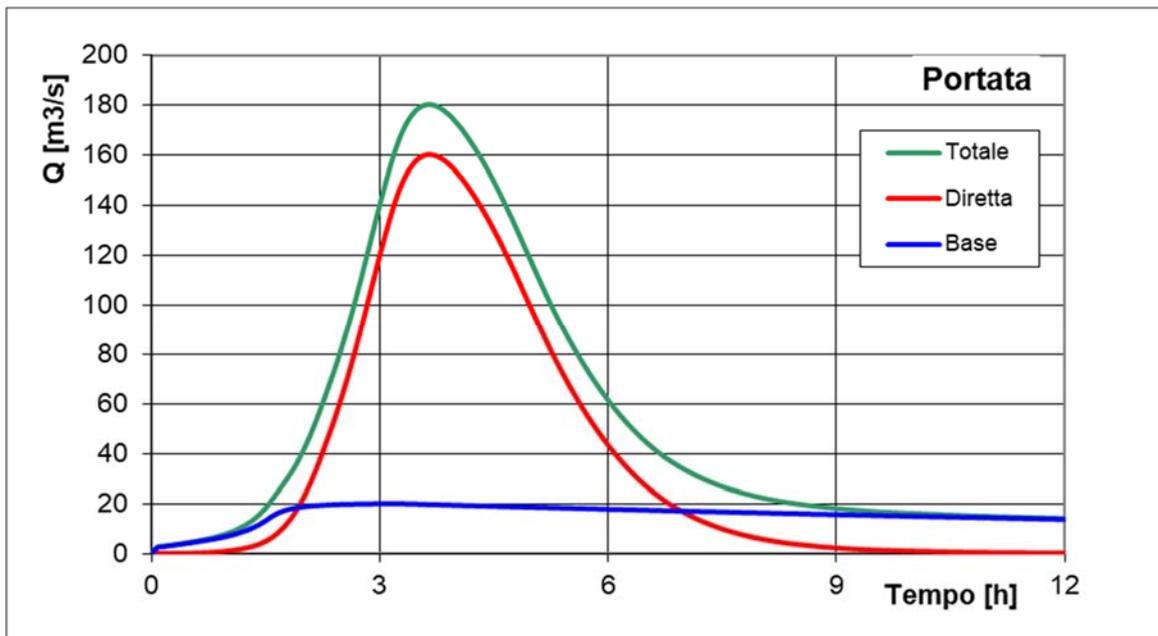


Figura 7-50: Torrente Cicogna a monte confluenza Turriga
 Idrogramma liquido calcolato, per l'evento con $Tr= 100$ anni.

Tabella 23 – Torrente Cicogna a monte confluenza Turriga - Quadro riassuntivo dei risultati.

| PORTATE DI PIENA | | | |
|-------------------------------------|---------|---------|----------------|
| | Diretto | di Base | Totale |
| Portata massima (m^3/s) – TR50 | 138.633 | 19.402 | 157.653 |
| Portata massima (m^3/s) – TR100 | 160.459 | 20.355 | 180.411 |
| Tempo al picco (h) | 3.67 | 0.00 | 220.00 |

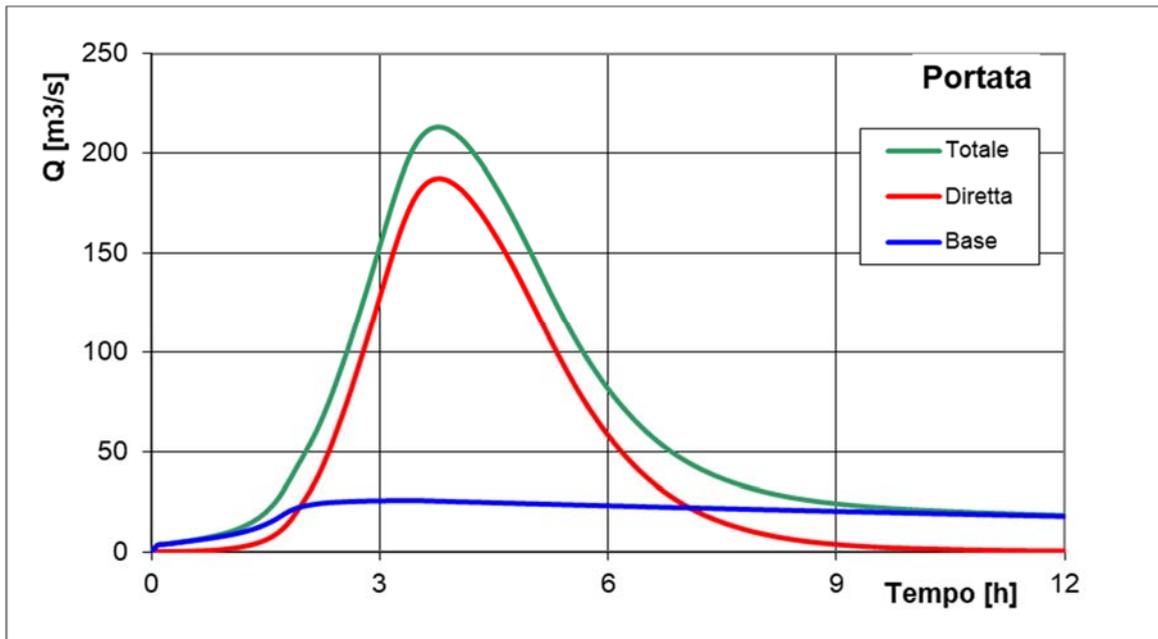


Figura 7-51: Torrente Cicogna in Piave
 Idrogramma liquido calcolato, per l'evento con $Tr= 50$ anni.

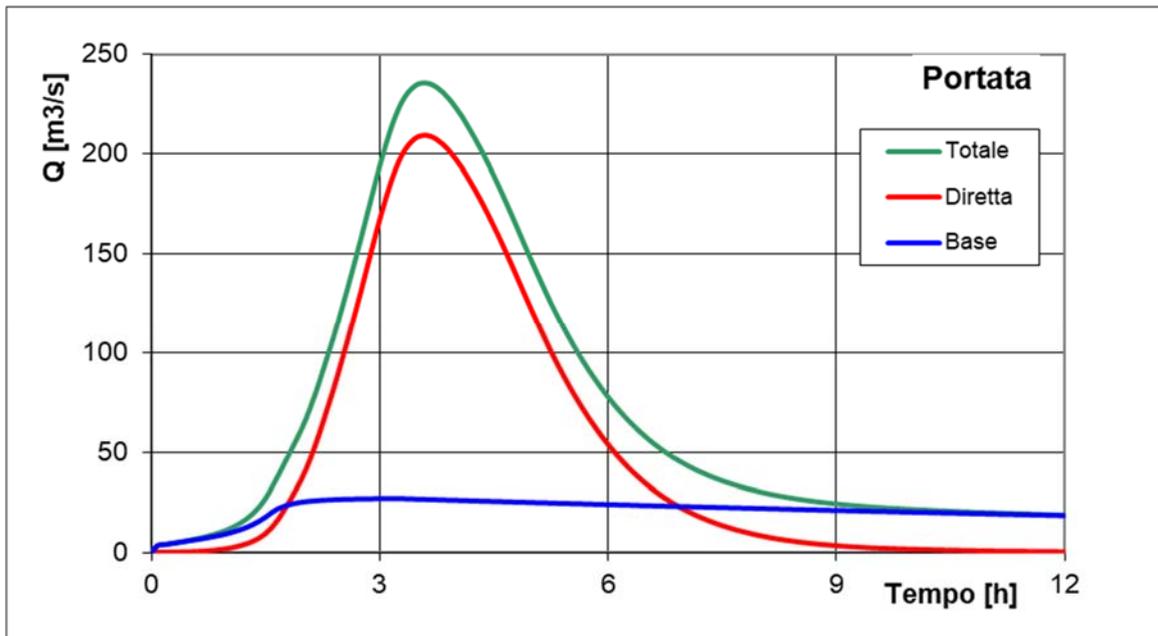


Figura 7-52: Torrente Cicogna in Piave
 Idrogramma liquido calcolato, per l'evento con $Tr= 100$ anni.

Tabella 24 – Torrente Cicogna in Piave- Quadro riassuntivo dei risultati.

| PORTATE DI PIENA | | | |
|--------------------------------|---------|---------|---------|
| | Diretto | di Base | Totale |
| Portata massima (m3/s) – TR50 | 187.683 | 25.887 | 213.24 |
| Portata massima (m3/s) – TR100 | 209.114 | 26.826 | 235.505 |
| Tempo al picco (h) | 3.75 | 0.00 | 220.00 |

7.15 Fiume Piave - Determinazione degli idrogrammi di piena

In analogia con quanto indicato nell'Allegato A alla DGR 2948/2009 e con quanto descritto nella relazione tecnica del PAI² allegata alla delibera n.3 del CI del 9 novembre 2012, per la verifica di sicurezza dell'area si è fatto riferimento alla piena con tempo di ritorno 100 anni.

Per quanto riguarda i dati utilizzati per l'idrologia di piena, si è fatto riferimento alle relazioni relative alla prima fase (1993) e seconda fase (1996) dello studio effettuato dalla Società SICEM e dall'Ing. Susin su incarico della stessa Autorità di Bacino al fine della redazione del Piano Stralcio per la Sicurezza del medio e basso corso del fiume Piave.

Gli studi idrologici dell'Ing. Susin sono stati effettuati negli anni 1993 e 1996 ed hanno avuto per fine la stima di portate, volumi e onde di piena nelle varie sezioni di interesse del Piave, in corrispondenza di preassegnati valori del tempo di ritorno.

I dati utilizzati sono stati prevalentemente quelli osservati alla stazione di Busche ($S = 3066 \text{ Km}^2$), in quanto sembrano essere i soli realmente affidabili.

Nello Studio vengono presentati un modello matematico di trasformazione afflussi - deflussi e uno di propagazione delle piene studiato per il fiume Piave e tarato su dati idrologici osservati.

Il modello di trasformazione afflussi-deflussi si basa su una schematizzazione di tipo concettuale del fenomeno e simula il comportamento del bacino come quello di un insieme di serbatoi e canali lineari per tenere conto dei fenomeni di invaso e di corrivazione.

Gli idrogrammi calcolati alle sezioni di chiusura dei singoli sottobacini vengono sovrapposti in corrispondenza delle confluenze, considerando anche gli effetti di eventuali propagazioni.

L'evento di progetto per cui si è analizzato il tratto allo studio mediante l'applicazione del modello bidimensionale descritto nel seguente capitolo corrisponde a tempo di ritorno pari a 100 anni con tempo di pioggia pari a 24 ore.

Il valore massimo delle portate stimate per la sezione di testa del Piave (a Ponte nelle Alpi) per l'evento di piena con tempo di ritorno di 100 anni è pari a $2\,280 \text{ m}^3/\text{s}$.

Si riporta di seguito in Figura 7-53 il grafico dell'idrogramma corrispondente a T_{r100} tp 24 ore.

² paragrafo 2.1.1.1 "la piena di riferimento"

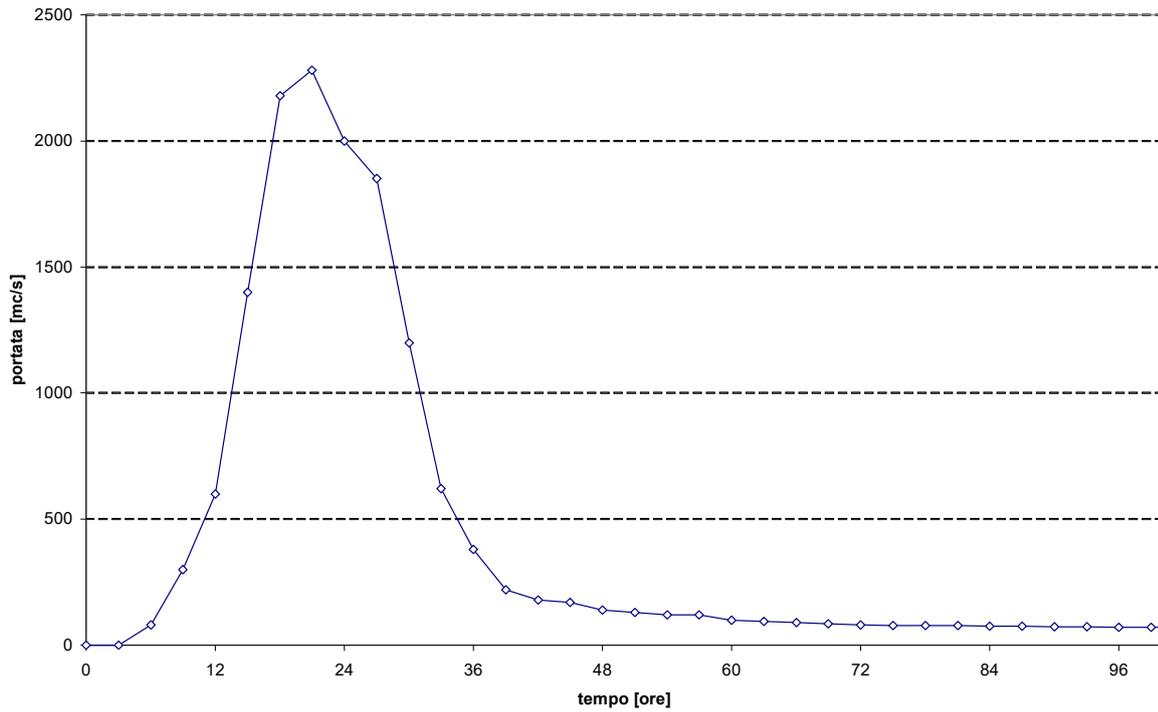


Figura 7-53 – Idrogramma per Tr100 tp24 ore del Fiume Piave a Ponte nelle Alpi (Susin Surian 1996).

8 TRASPORTO SOLIDO

Si vuole proporre, in questo capitolo, l'analisi dei fenomeni di trasporto solido che accompagnano la propagazione delle onde di piena dei torrenti analizzati. L'analisi è utile per comprendere la dinamica che accompagna questo tipo di fenomeno.

Nelle seguenti pagine sono state riportate alcune valutazioni relativamente ai corsi d'acqua più significativi, anche in termini di interferenze con la viabilità, e con trasporto solido importate.

8.1 Alimentazione solida di versante

Nei corsi d'acqua a carattere torrentizio, con abbondante quantità di materiale alluvionale incoerente più o meno grossolano, e dove la pendenza del profilo longitudinale del collettore principale risulta elevata, il fenomeno del trasporto solido può rappresentare il fattore di maggiore preoccupazione per la sicurezza del territorio limitrofo.

Il fenomeno del trasporto solido si manifesta con intensità particolarmente elevata in presenza di particolari fattori morfologici relativi ai versanti e al corso d'acqua:

- versanti costituiti da coltri detritiche incoerenti, anche se non particolarmente potenti, rese instabili dall'elevata acclività,
- alveo con elevata pendenza longitudinale con sponde prive di protezioni/rivestimenti di origine artificiale.

Il primo fattore assicura una notevole disponibilità di materiale solido che va ad alimentare la corrente di fondovalle attraverso un processo di erosione spondale (alimentazione solida laterale distribuita) e/o fenomeni gravitativi di versante concentrati (alimentazione solida laterale concentrata).

Il secondo fattore consente un'elevata capacità di trasporto solido dell'alveo ovvero la possibilità che la corrente sia accompagnata da elevate concentrazioni solide e che ingenti volumetrie di sedimento si propaghino verso valle.

Nel caso del territorio in esame l'apporto di materiale solido avviene sia in punti abbastanza concentrati, ovvero in corrispondenza di fenomeni di dissesto facilmente osservabili lungo la gran parte del reticolo idrografico, sia in depositi estesi presenti.

La granulometria del sedimento movimentabile dall'azione dell'acqua risulta molto grossolana, conseguenza del disfacimento della roccia fratturata, con presenza di blocchi di dimensioni notevoli.

Le condizioni morfologiche non consentono di escludere la possibilità di innesco di fenomeni di trasporto solido di particolare intensità noti come "debris flow" o "colate detritiche". Non mancano le cause di innesco, individuabili nei possibili distacchi franosi dai versanti notevolmente instabili. Inoltre, la pendenza dell'asta torrentizia è in grado di fornire una componente gravitativa sufficiente a mantenere in movimento una massa di elevata viscosità come quella che si viene a formare in presenza di colate detritiche.

In alternativa, sono da attendersi processi di trasporto solido iperconcentrato, comunque temibili in quanto capaci, in caso di precipitazioni prolungate, di accumulare progressivamente significativi volumi di sedimento all'interno del collettore.

8.2 Capacità di trasporto solido

La portata solida effettiva di fondo Q_s deriva dalle caratteristiche della corrente e dalla disponibilità di sedimento mobilizzabile lungo l'alveo. Quest'ultima è di difficile determinazione e soggetta a fluttuazioni repentine e imprevedibili (fenomeni franosi, cedimenti spondali, rottura del corazzamento). Nelle analisi di questo tipo si preferisce fare riferimento alla capacità di trasporto solido della corrente, ossia la massima quantità di sedimento che può essere convogliata verso valle. Nel caso in esame, i sopralluoghi effettuati hanno permesso di verificare la presenza in alveo di un notevole volume di sedimento movimentabile. Si ritiene pertanto ammissibile la possibilità che durante i fenomeni di piena la disponibilità di materiale movimentabile sia tale da compensare il volume di materiale che la corrente è effettivamente in grado di trascinare al fondo.

La capacità di trasporto solido esprime la quantità di sedimento che può essere mobilizzata da una corrente quando essa, possa disporre di una alimentazione solida da monte pari esattamente alla capacità del flusso di veicolare i sedimenti.

Per la valutazione della quantità di materiale mobilizzato nel corso di un evento di piena è possibile fare riferimento alla formula proposta da Schoklitsch (1962):

$$Q_s = \frac{K}{\rho_s} i^{3/2} (Q - Q_c) \quad (\text{Eq. 8.1})$$

dove:

ρ_s è la densità dei sedimenti (kg m^{-3});

K un parametro che mediamente assume valore pari a 5000;

Q_c è la portata liquida (critica) che innesca il trasporto di fondo (m^3/s).

La portata critica può essere dedotta dalla:

$$Q_c = 0.6 \frac{d_{50}^{1.5}}{i^{7/6}} B \quad (\text{Eq. 8.2})$$

L'equazione (4.2), pur essendo dedotta per pendenze modeste e per materiale solido trasportato a prevalente componente sabbiosa, è stata oggetto di numerose verifiche anche per pendenze elevate. Bathurst et al. (1987), indagando sulla applicabilità della formula a 'piccoli' corsi d'acqua con alveo caratterizzato da una ampia distribuzione granulometrica (1÷1000 mm) e pendenze superiori all'1%, hanno dimostrato come l'equazione (4.2), qualora si verificano eventi estremi tali da movimentare completamente il letto, l'equazione tende ad intensità di trasporto prossime a quelle reali.

Una seconda espressione molto riconosciuta è quella proposta da Smart e Jaeggi (1983), ottenuta da esperienze di laboratorio condotte con concentrazioni solide spinte fino all'inizio della generazione di un debris flow. Tale espressione risulta particolarmente idonea alla modellazione di fenomeni particolarmente critici, per pendenze longitudinali molto elevate. L'espressione, nella sua forma semplificata, risulta:

$$Q_s = 2.5 i^{1.6} Q \left(1 - \frac{\tau_c}{\tau} \right) \quad (\text{Eq. 8.3})$$

essendo:

Q_s = la portata solida convogliata come trasporto di fondo (m^3/s);

Q = la portata liquida (m^3/s);

i = la pendenza media del collettore (m/m);

τ = lo sforzo tangenziale medio sul contorno in funzione di Q (N/m^2);

τ_c = lo sforzo tangenziale di incipiente trasporto solido (N/m^2).

L'espressione utilizzata fornisce semplicemente i quantitativi solidi che la corrente è in grado di trascinare sul fondo alveo fornendo quindi la capacità di trasporto del torrente.

Questo parametro esprime la quantità di sedimento che può essere mobilizzata da una corrente quando essa possa disporre di un'alimentazione solida da monte pari esattamente alla capacità del flusso di veicolare i sedimenti. Tale capacità risulterà solamente teorica nel caso venga a mancare in alveo il quantitativo di materiale richiesto.

Lo sforzo tangenziale critico, valutabile mediante l'espressione analitica della curva di Shields (1957) dovuta a Brownlie (1981), è rappresentativo della stabilità della particella, che viene a dipendere principalmente dalle sue dimensioni, lo sforzo tangenziale medio che agisce sulla particella è dipendente dalla velocità dell'acqua. L'espressione di Smart e Jaeggi fa dipendere la portata solida al rapporto tra queste due grandezze.

Lo sforzo tangenziale medio viene a dipendere dalle condizioni di moto della corrente e pertanto viene calcolato, in funzione della portata, ipotizzando un moto uniforme e permanente e approssimando la sezione dell'alveo ad una forma trapezoidale con sponde inclinate di 45° . Dopo avere valutato i parametri idraulici che caratterizzano il moto lo sforzo tangenziale viene fornito dalla:

$$\tau = \gamma R i \quad (\text{Eq. 8.4})$$

In corrispondenza di ciascun valore di portata liquida sono stati determinati i parametri che identificano il moto della corrente, assumendo valida l'ipotesi di moto uniforme, ricavando quindi lo sforzo tangenziale. Nel caso questo risulti superiore allo sforzo tangenziale critico è stata determinata la concentrazione solida attraverso la (4.1).

8.3 Quantificazione del trasporto solido

Le espressioni per il calcolo della capacità di trasporto solido rappresentano uno scenario in cui il continuo accumulo di materiale prodotto dai fenomeni erosivi produca volumetrie in alveo.

Le espressioni descritte nel capitolo precedente sono state utilizzate per valutare il volume di sedimento solido che può essere trascinato a valle durante il passaggio di un'onda di piena di assegnata entità.

La sezione d'alveo di riferimento per questa valutazione sono state ubicate nei punti di restringimento della sezione di deflusso, dovuti alle interferenze dei corsi d'acqua con le infrastrutture esistenti o alla confluenza con il corso d'acqua principale. La portata liquida è stata assunta pari a quella valutata nell'analisi idrologica e riferita alla totalità del bacino drenato.

Si deve ricordare che il volume della parte solido è da intendersi privo di porosità. In termini di volumetria di ammasso il volume deve essere aumentato di circa il 30%.

8.3.1.1 Torrente Gresal

L'equazione di Schoklitsch è stata applicata assumendo $\rho_s = 2600 \text{ kg m}^{-3}$. La portata critica (Q_c) è risultata pari a $Q_c = 7.0 \text{ m}^3/\text{s}$.

Nella seguente figura son riportati i "sedimentogrammi" centennali che si sono determinati applicando l'idrogramma di piena calcolato al paragrafo precedente. In esse compaiono, sull'asse delle ascisse, i successivi intervalli temporali della durata di 1 h ai quali la relazione è stata applicata scomponendo l'idrogramma in una successione di intervalli in regime stazionario secondo la procedura proposta da D'Agostino e Lenzi (1996).

In figura viene riportato lo scenario atteso con tempo di ritorno pari a 100 anni per il quale il volume complessivo mobilitato a livello di bacino è stato stimato in poco più di 57 m^3 secondo la formulazione di Schoklitsch. Volendo simulare uno scenario particolarmente critico che prevede l'innescò di un fenomeno di trasporto solido iperconcentrato, è stata utilizzata anche la formula di Smart e Jaeggi. Le assunzioni sono state le seguenti:

- ✓ larghezza media del corso d'acqua: 10 m;
- ✓ coefficiente di scabrezza secondo Strickler: $25 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$;
- ✓ pendenza media del torrente: $i = 0.015 \text{ (m/m)}$;
- ✓ sforzo tangenziale critico di incipiente trasporto solido: 42.1 N m^{-2} .

Si deve ricordare che il volume della parte solido è da intendersi privo di porosità. In termini di volumetria di ammasso il volume deve essere aumentato di circa il 30%.

Nella tabella vengono riportati i volumi della parte solida mobilitati durante eventi meteorici di differente tempo di ritorno.

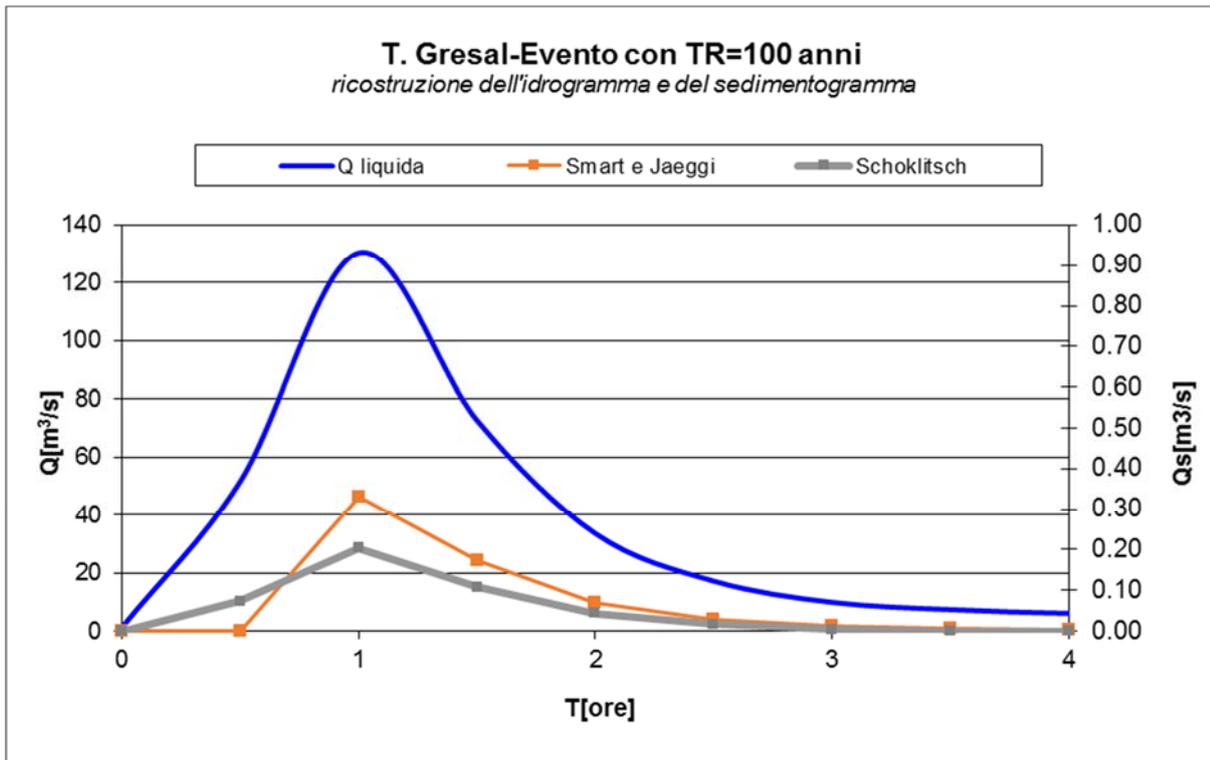


Figura 8-1 – T.Gresal- Idrogramma e sedimentogramma con $t_r=100$ anni

Tabella 25 – Volumi movimentabili in occasione della piena centenaria la formula di Schoklitsch (1962) e con quella di Smart e Jaeggi (1983)

| Tempo di ritorno | Portata liquida max | Volume parte solida | |
|------------------|---------------------|----------------------------|-------------------------|
| [anni] | [m³/s] | Smart e Jaeggi (1983) [m³] | Schoklitsch (1962) [m³] |
| 100 | 72.60 | 227 | 162 |

8.3.1.2 Torrente Ardo

L'equazione di Schoklitsch è stata applicata assumendo $\rho_s = 2600 \text{ kg m}^{-3}$. La portata critica (Q_c) è risultata pari a $Q_c = 25.75 \text{ m}^3/\text{s}$.

Nella seguente figura son riportati i "sedimentogrammi" centennali che si sono determinati applicando l'idrogramma di piena calcolato al paragrafo precedente. In esse compaiono, sull'asse delle ascisse, i successivi intervalli temporali della durata di 1 h ai quali la relazione è stata applicata scomponendo l'idrogramma in una successione di intervalli in regime stazionario secondo la procedura proposta da D'Agostino e Lenzi (1996).

In figura viene riportato lo scenario atteso con tempo di ritorno pari a 100 anni per il quale il volume complessivo mobilizzato a livello di bacino è stato stimato in poco più di 57 m^3 secondo la formulazione di Schoklitsch. Volendo simulare uno scenario particolarmente critico che prevede l'insacco di un fenomeno di trasporto solido iperconcentrato, è stata utilizzata anche la formula di Smart e Jaeggi. Le assunzioni sono state le seguenti:

- ✓ larghezza media del corso d'acqua: 40 m;
- ✓ coefficiente di scabrezza secondo Strickler: $25 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$;
- ✓ pendenza media del torrente: $i=0.02 \text{ (m/m)}$;
- ✓ sforzo tangenziale critico di incipiente trasporto solido: 48 N m^{-2} .

Nella tabella vengono riportati i volumi della parte solida mobilizzati durante eventi meteorici di differente tempo di ritorno.

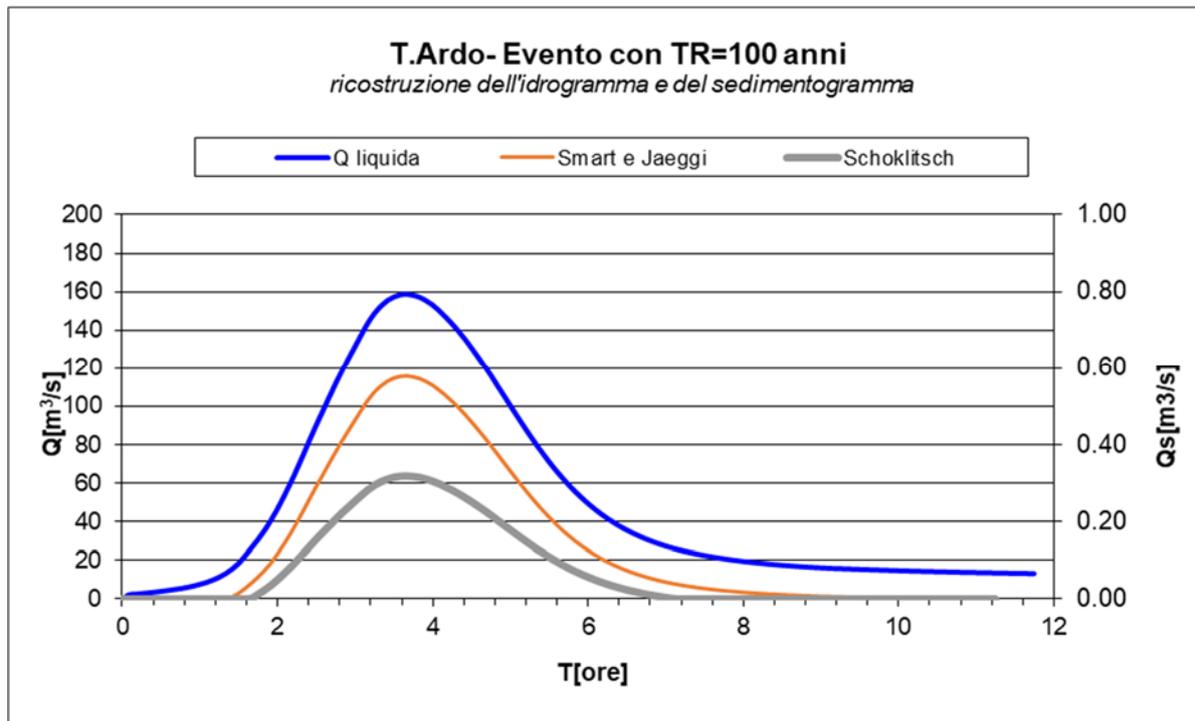


Figura 8-2 – T.Ardo - Idrogramma e sedimentogramma con $t_r=100$ anni

Tabella 26 – Volumi movimentabili in occasione della piena centenaria la formula di Schoklitsch (1962) e con quella di Smart e Jaeggi (1983)

| Tempo di ritorno [anni] | Portata liquida max [m³/s] | Volume parte solida Smart e Jaeggi (1983) [m³] | Volume parte solida Schoklitsch (1962) [m³] |
|----------------------------|-------------------------------|---|--|
| 100 | 160 | 7200 | 3600 |

8.3.1.3 Torrente Turriga

L'equazione di Schoklitsch è stata applicata assumendo $\rho_s = 2600 \text{ kg m}^{-3}$. La portata critica (Q_c) è risultata pari a $Q_c = 13.5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Nella seguente figura son riportati i "sedimentogrammi" centennali che si sono determinati applicando l'idrogramma di piena calcolato al paragrafo precedente. In esse compaiono, sull'asse delle ascisse, i successivi intervalli temporali della durata di 1 h ai quali la relazione è stata applicata scomponendo l'idrogramma in una successione di intervalli in regime stazionario secondo la procedura proposta da D'Agostino e Lenzi (1996).

In figura viene riportato lo scenario atteso con tempo di ritorno pari a 100 anni per il quale il volume complessivo mobilizzato a livello di bacino è stato stimato in poco più di 57 m³ secondo la formulazione di Schotlisch. Volendo simulare uno scenario particolarmente critico che prevede l'insacco di un fenomeno di trasporto solido iperconcentrato, è stata utilizzata anche la formula di Smart e Jaeggi. Le assunzioni sono state le seguenti:

- ✓ larghezza media del corso d'acqua: 15 m;
- ✓ coefficiente di scabrezza secondo Strickler: 25 m^{1/3} s⁻¹;
- ✓ pendenza media del torrente: i=0.015 (m/m);
- ✓ sforzo tangenziale critico di incipiente trasporto solido: 48.4 N m⁻².

Nella tabella vengono riportati i volumi della parte solida mobilizzati durante eventi meteorici di differente tempo di ritorno.

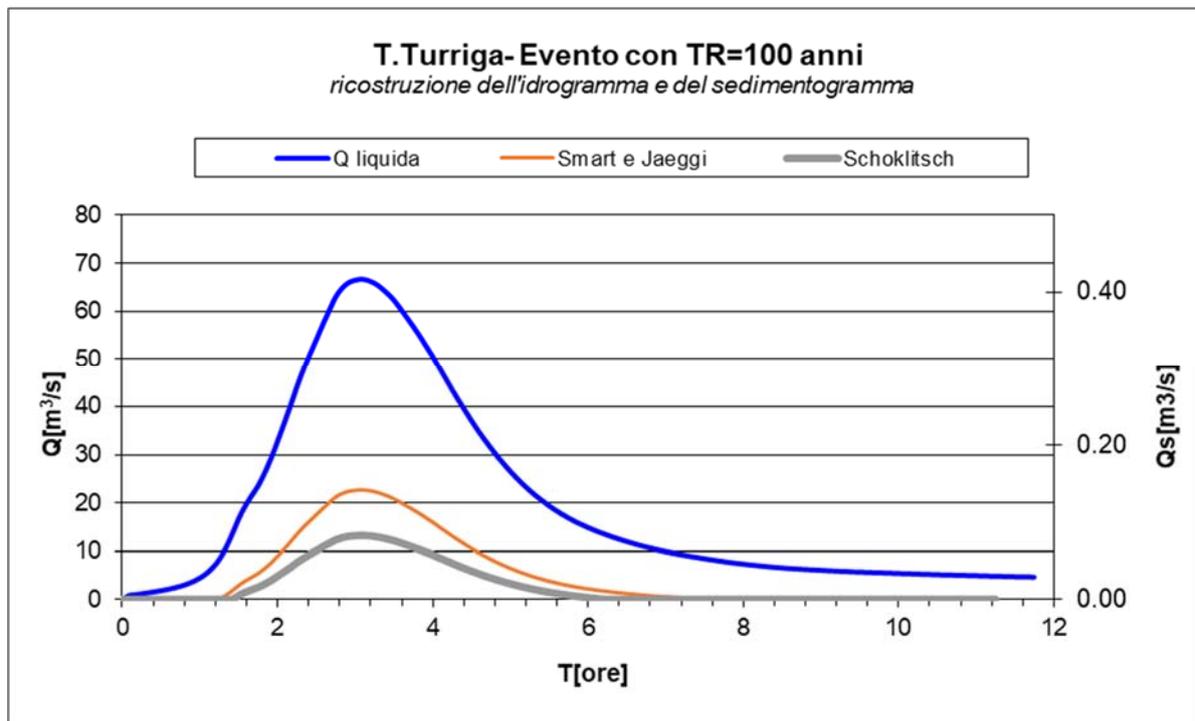


Figura 8-3 – T.ATurriga - Idrogramma e sedimentogramma con tr=100 anni

Tabella 27 – Volumi movimentabili in occasione della piena centenaria la formula di Schoklitsch (1962) e con quella di Smart e Jaeggi (1983)

| Tempo di ritorno [anni] | Portata liquida max [m ³ /s] | Volume parte solida Smart e Jaeggi (1983) [m ³] | Volume parte solida Schoklitsch (1962) [m ³] |
|----------------------------|--|--|---|
| 100 | 70 | 1550 | 823 |

8.3.1.4 Torrente Cicogna a monte del Turriga

L'equazione di Schoklitsch è stata applicata assumendo $\rho_s = 2600 \text{ kg m}^{-3}$. La portata critica (Q_c) è risultata pari a $Q_c = 19.45 \text{ m}^3/\text{s}$.

In figura viene riportato lo scenario atteso con tempo di ritorno pari a 100 anni per il quale il volume complessivo mobilizzato a livello di bacino è stato stimato in poco più di 57 m^3 secondo la formulazione di Schotlisch. Volendo simulare uno scenario particolarmente critico che prevede l'innescò di un fenomeno di trasporto solido iperconcentrato, è stata utilizzata anche la formula di Smart e Jaeggi. Le assunzioni sono state le seguenti:

- ✓ larghezza media del corso d'acqua: 15 m;
- ✓ coefficiente di scabrezza secondo Strickler: $25 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$;
- ✓ pendenza media del torrente: $i = 0.015 \text{ (m/m)}$;
- ✓ sforzo tangenziale critico di incipiente trasporto solido: 48.4 N m^{-2} .

Nella tabella vengono riportati i volumi della parte solida mobilizzati durante eventi meteorici di differente tempo di ritorno.

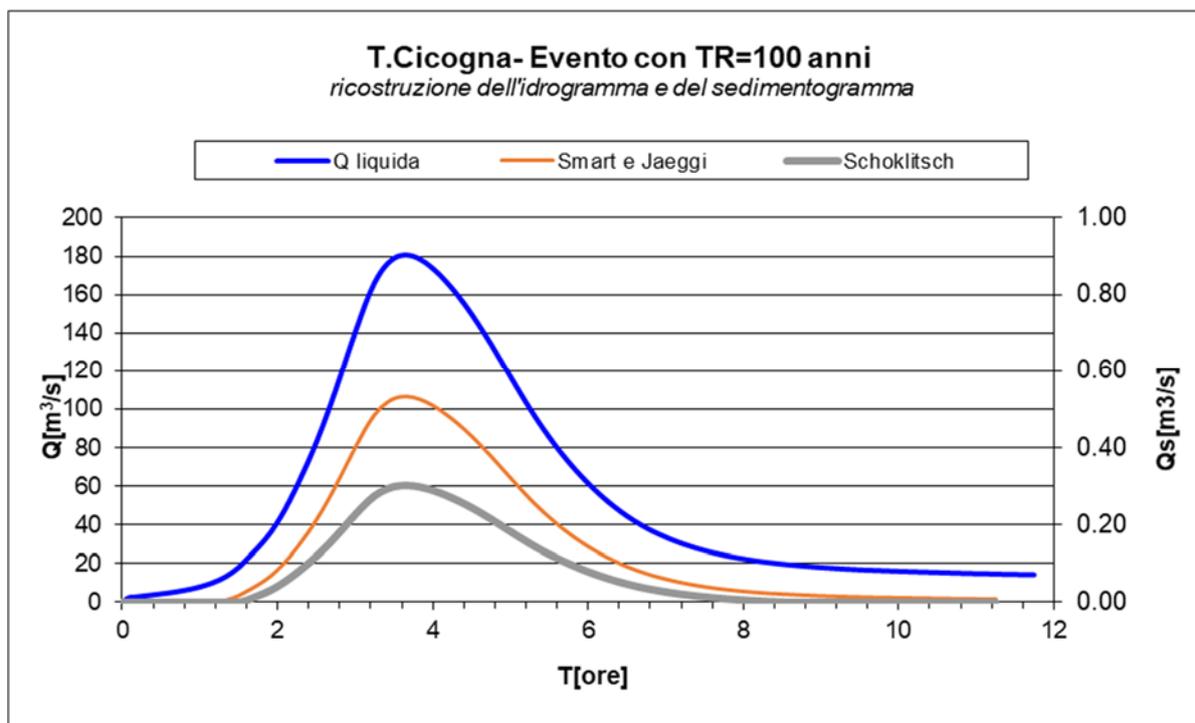


Figura 8-4 - T.Cicogna - Idrogramma e sedimentogramma con $t_r = 100$ anni

Tabella 28 - Volumi movimentabili in occasione della piena centenaria la formula di Schoklitsch (1962) e con quella di Smart e Jaeggi (1983)

| Tempo di ritorno | Portata liquida max | Volume parte solida | |
|------------------|---------------------|----------------------------|-------------------------|
| [anni] | [m³/s] | Smart e Jaeggi (1983) [m³] | Schoklitsch (1962) [m³] |
| 100 | 70 | 6900 | 3662 |

9 PERICOLOSITA' IDRAULICA

9.1 Il concetto di rischio

Con il termine di rischio, ed in riferimento a fenomeni di carattere naturale, si intende il prodotto di tre fattori: la pericolosità o probabilità di accadimento dell'evento calamitoso (P); la pericolosità di un elemento va pertanto riferita al periodo di ritorno T, che esprime l'intervallo di tempo nel quale l'intensità dell'evento calamitoso viene superata mediamente una sola volta; il valore degli elementi a rischio intesi come persone, beni localizzati, patrimonio ambientale (E); la vulnerabilità degli elementi a rischio (V), cioè l'attitudine a subire danni per effetto dell'evento calamitoso.

Generalmente il rischio può esprimersi mediante un coefficiente compreso tra 0 (assenza di danno o di pericolo) e 1 (massimo pericolo e massima perdita). Si definisce danno il prodotto del valore del bene per la sua vulnerabilità:

$$D = E \times V$$

In definitiva "la formula che descrive il rischio" assume il seguente aspetto:

$$R = P \times E \times V = P \times D.$$

Pertanto, si può dire che il rischio sia la combinazione di un certo livello di danno potenziale con un certo livello di pericolosità.

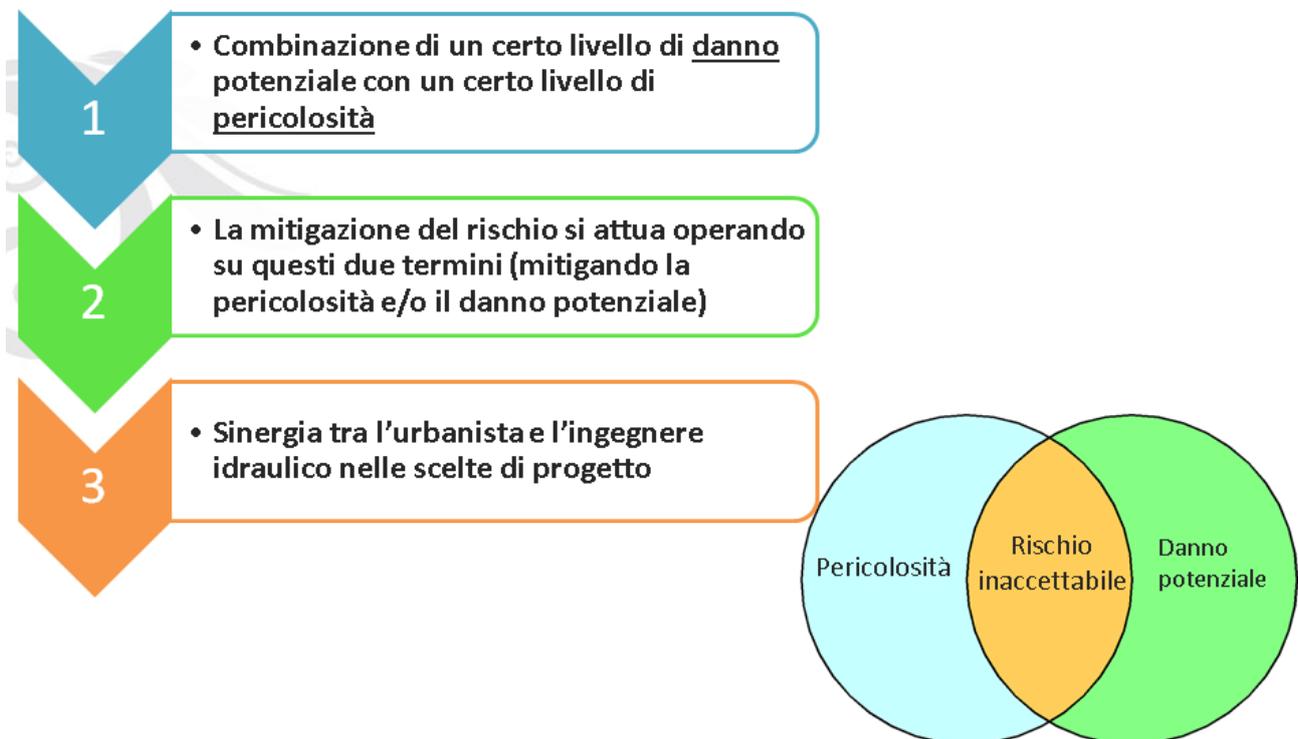


Figura 9-1 – Il concetto di rischio

La mitigazione del rischio si attua operando su questi due termini (mitigando la pericolosità e/o il danno potenziale).

9.2 Il Piano di Assetto Idrogeologico dei bacini idrografici dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave e Brenta-Bacchiglione (PAI-4 bacini)

Al fine di caratterizzare l'effettiva attitudine delle aree oggetto di studio ad essere soggetta ai fenomeni di esondazione, è necessario fare riferimento ai documenti ufficiali di pianificazione a scala di bacino redatti da parte dell'autorità idraulica competente.

Nel caso in esame il documento di riferimento è il "Progetto di Piano stralcio per l'assetto idrogeologico dei bacini dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave e Brenta-Bacchiglione" (PAI) (http://pai.adbve.it/PAI_4B_2012/idro_piave.html), realizzato dall'Autorità di Bacino dell'Alto Adriatico (2004) aggiornato nel giugno 2007 e adottato in via definitiva nel Novembre 2012 con delibera n.3 del Comitato istituzionale. La fase propositiva del (PAI) descrive le modalità con le quali il piano, sulla base degli "Atti di indirizzo e di coordinamento" di cui al D.P.C.M. 29.9.1998, ha inteso affrontare le problematiche di cui alla L. 267/1998 e della L. 365/2000.

In tal senso il PAI definisce, quali fondamentali punti di partenza, la caratterizzazione del territorio in termini di pericolosità (effetti sulla pianificazione del territorio), nonché la schematizzazione da attribuire al territorio in funzione dell'uso (programmazione per la rimozione delle cause e la mitigazione degli effetti).

Pertanto, già in fase di classificazione del territorio, in termini di pericolosità, si può stabilire una priorità di interventi che, in sede di classificazione del territorio in termini di rischio, potrà essere ulteriormente affinata. La cartografia allegata al PAI, riporta la perimetrazione delle aree aventi pericolosità idraulica differenziandole per livello di pericolosità, le aree fluviali e le "zone di attenzione", definite nell'art. 5 delle NTA del PAI, per le quali vi sono informazioni di possibili situazioni di dissesto a cui non è ancora stata associata alcuna classe di pericolosità e che sono individuate in cartografia con apposito tematismo e le relative norme tecniche sulle aree perimetrate che devono essere recepite dagli strumenti urbanistici di scala inferiore.

Nel luglio 2014, l'Autorità di Bacino ha formulato una proposta di associazione delle classi di pericolosità in tali aree (D.P.C.M. 21/11/2013 – GU n.97 28/11/2014)³,

Nel caso in esame, le aree perimetrate sono riportate nella tavola 50 di PAI e indicate nell'elaborato grafico 13.1 in allegato alla presente relazione e nella seguente figura.

La proposta è stata convertita in legge con Decreto Segretariale n. 4 del 10/02/2015.

Di seguito si riportano gli stralci delle Tavole del PAI che riguardano il territorio di Belluno, ovvero le Tavole 32, 36 e 53.

³ Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico dei bacini dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave, Brenta-Bacchiglione (CI 9/11/2012 - consultabile cliccando sui seguenti link:
http://www.adbve.it/Documenti/AREE_ATTENZIONE/index_AA.php?folder=VFJFvKITy9WYwXkb2JiaWFkZW5IL1ZFRlFUFJPUe9TVEFRlFQUdHSU9STkFNRU5UTw==

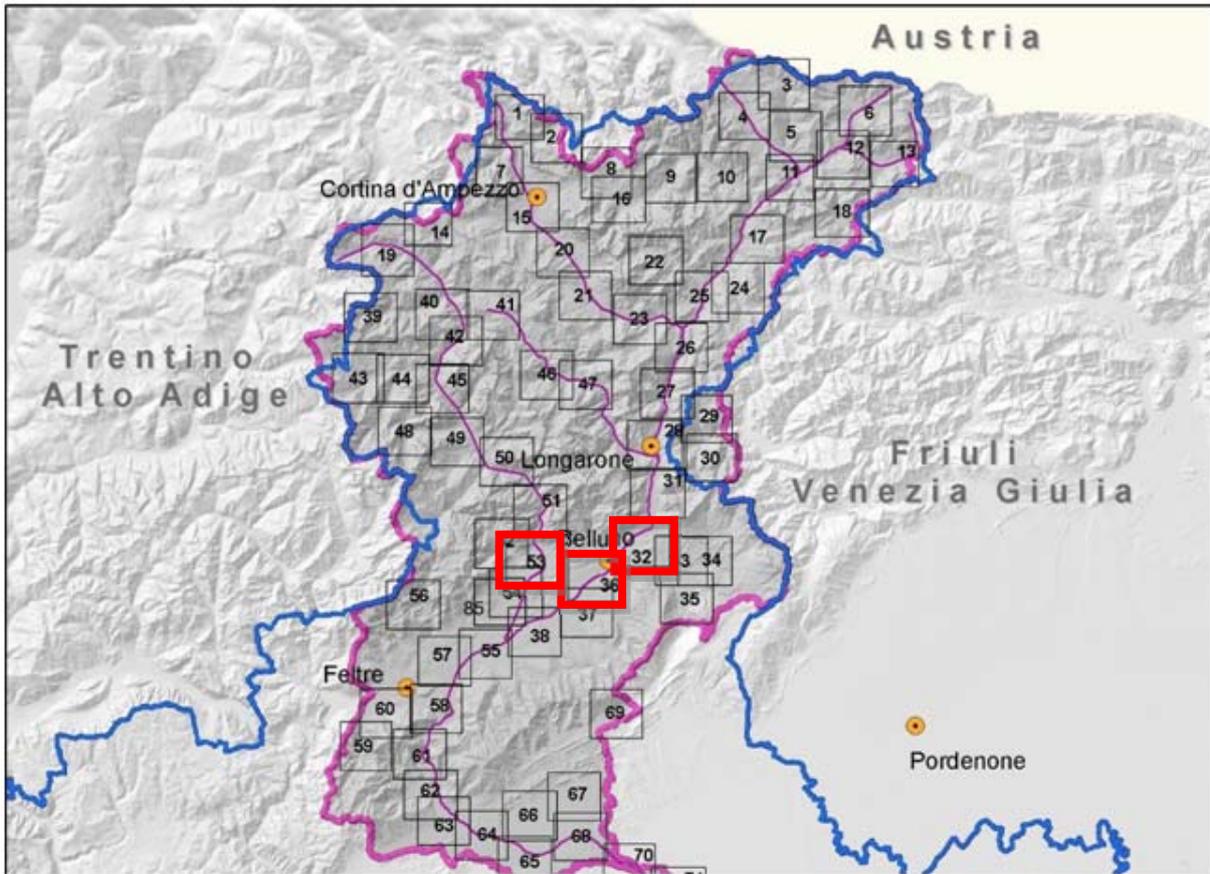


Figura 9-2 – Quadro di unione della cartografia del PAI del fiume Piave - Pericolosità idraulica con evidenziate le tavole ricadenti nel territorio esaminato.

La tavola nr 32 del PAI inquadra il territorio comunale a Nord di Belluno fino al confine comunale con Ponte nelle ALPI, di cui si riporta un estratto cartografico in *Figura 9-3 – Stralcio tavola 32 – Fiume Piave a nord di Belluno.*

Osservando la cartografia emerge visibilmente che nel territorio riportato non sono segnalate aree di pericolosità idraulica di nessun grado. L'alveo del fiume Piave e relativi affluenti (nel tratto terminale prima della confluenza) sono individuati come Area F – Aree Fluviali e normati dai relativi articoli della NTA del PAI.

Proseguendo verso valle, tavole 36, si possono invece adesso segnalare le aree di Pericolosità Idraulica P2 presenti in sponda sinistra e destra in corrispondenza della confluenza con il Torrente Ardo. Inoltre si evidenziano come importati le aree Pe e P3 mappate in zona Lamboi sulla sponda destra del Piave.

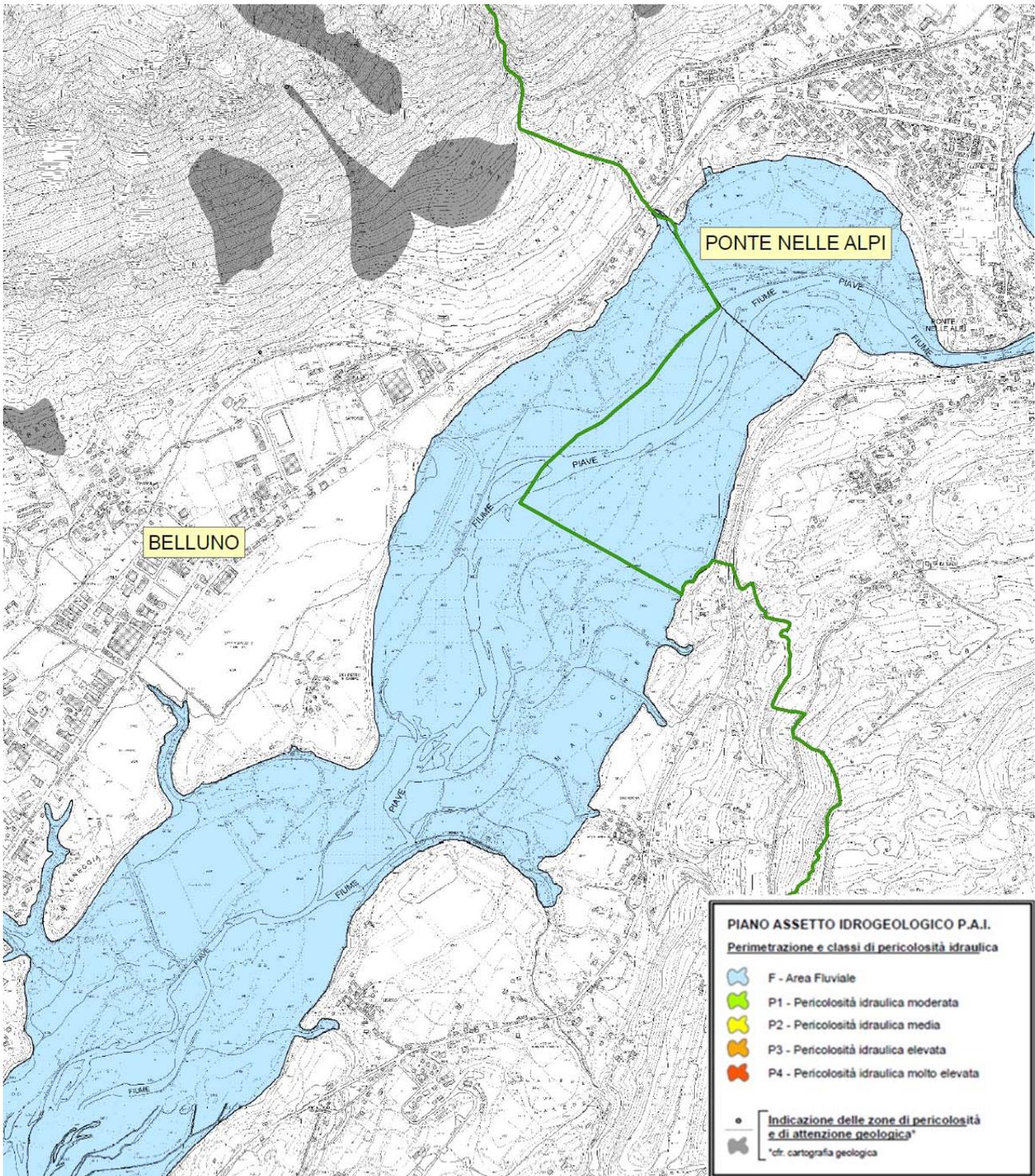


Figura 9-3 – Stralcio tavola 32 – Fiume Piave a nord di Belluno.

Riferendoci al corso del Torrente Ardo sono da segnalarsi:

- Area P2 in corrispondenza del Ponte degli Alpini e del Ponte Ferroviario;
- Area P2 in sponda destra località Fisterre Terme.
- Area P2 in sponda sinistra località Fisterre Ex Centrale Elettrica;

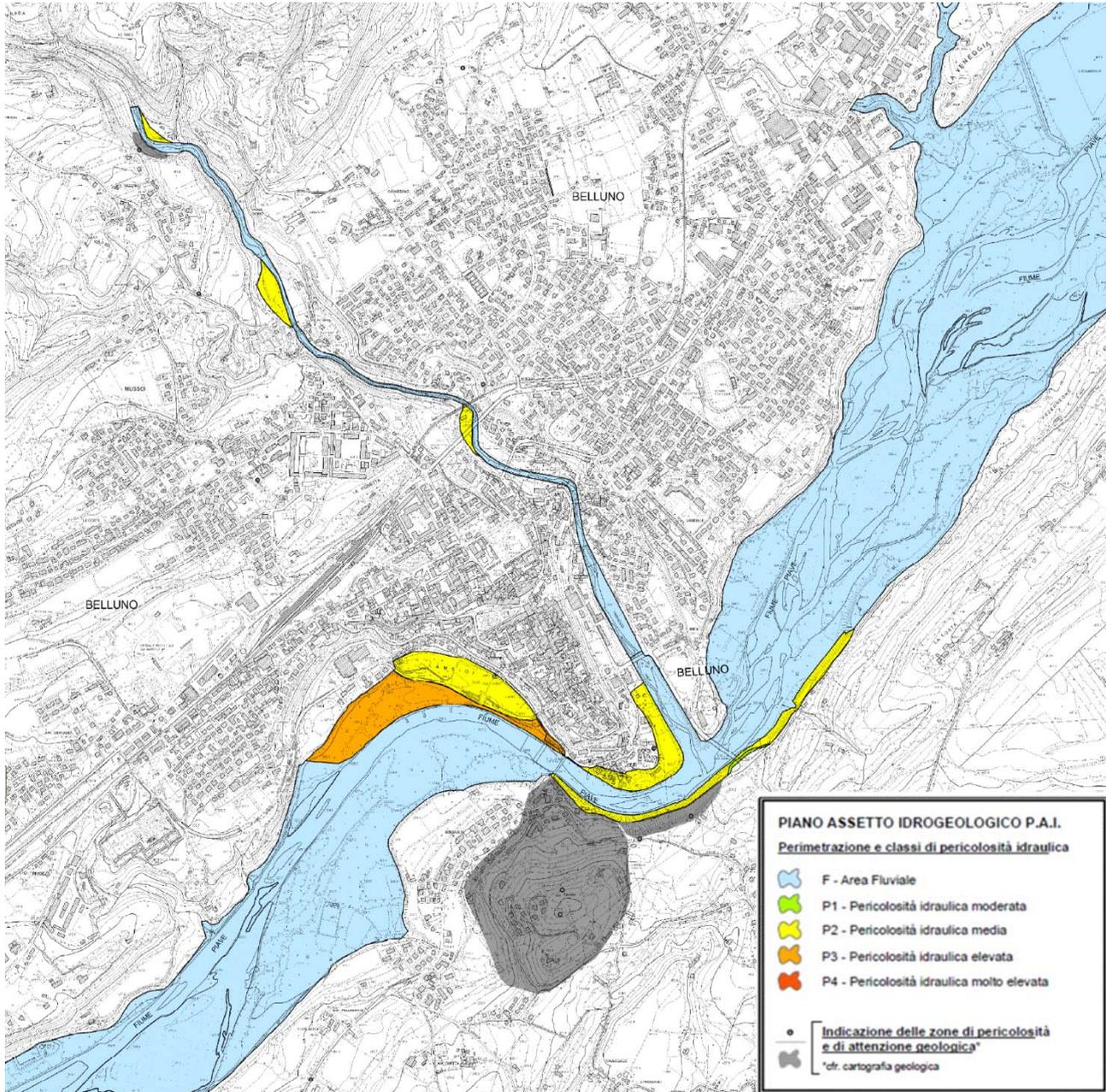


Figura 9-4 – Stralcio tavola 36 – Fiume Piave e Torrente Ardo a Belluno.

Sempre in Tavola 30 è inquadrata anche la confluenza del Torrente Cicogna (e Turriga) nel fiume Piave. In Comune di Belluno non sono cartografate aree di Pericolosità Idraulica, mentre nel comune di Limana sono invece mappate aree P1 e P2.

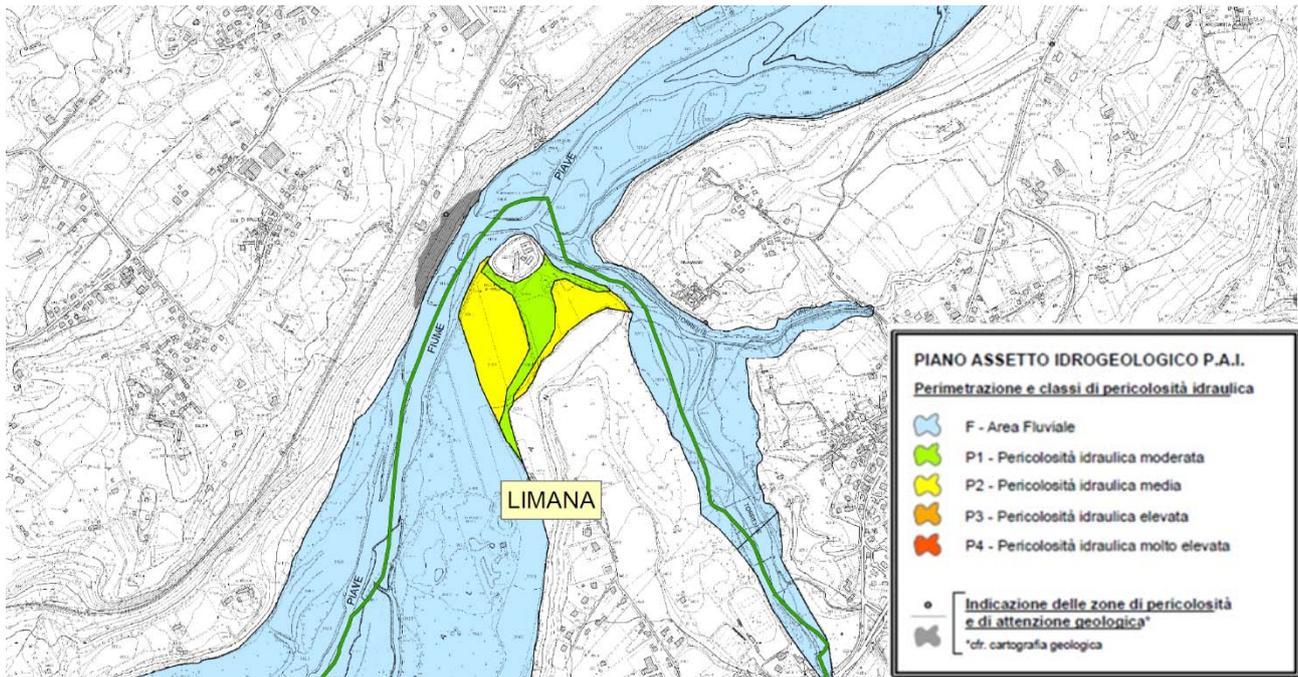


Figura 9-5 – Stralcio tavola 36 – Fiume Piave e Torrente Cicogna.

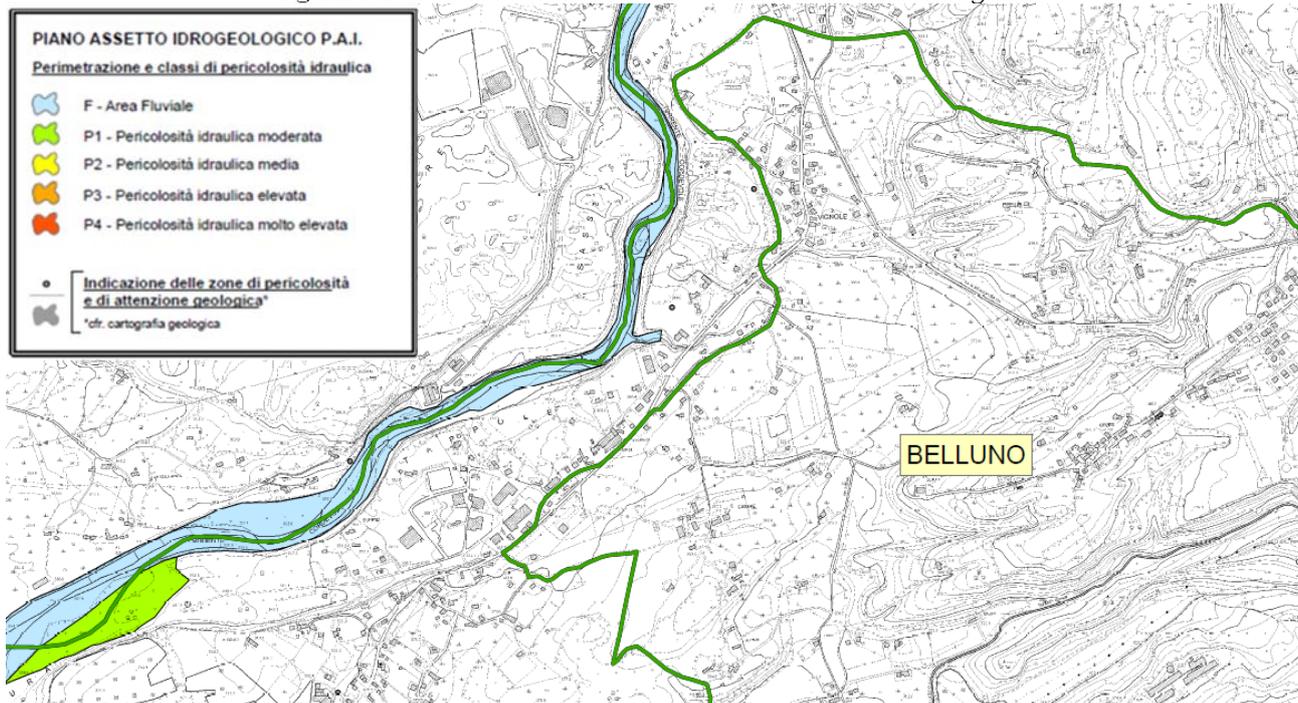


Figura 9-6 – Stralcio tavola 53 – Cordevole (comune di Sedico) e Gresal (Belluno).

Per quanto riguarda il Torrente Gresal non sono segnalate aree di pericolosità idraulica. Come visibile dagli elaborati grafici allegati alla presente relazione nessuno degli interventi di progetto legate a nuove edificazioni (Linee di Sviluppo e Ubanizzazione) sono collocati in vicinanza ad aree PAI. Solamente una zona a Servizi di Fascia di rispetto ambientale (Località Punta Anta) si trova a ridosso dell' Area Fluviale, ma vista la destinazione d'uso è ritenuta ammissibile e compatibile con le NTA.

9.3 Studi idraulici condotta nell'ambito della redazione del PAT

9.3.1 Studio idraulico del fiume Piave a Belluno

Nell'ambito della redazione del Piano di Assetto del Territorio del comune di Belluno si è ritenuto necessario svolgere un modello idraulico ad Hoc del Fiume Piave nel territorio comunale.

Per indagare gli effetti che produrrebbero gli idrogrammi di portata calcolati nei paragrafi precedenti nella rete idraulica in progetto è stata condotta un'analisi idraulica utilizzando il modello matematico mono - bidimensionale a moto vario TUFLOW (WBM Australia). Le caratteristiche del modello sono riportate nel sito www.tuflow.com.

Per la validazione del modello si può fare riferimento ai test sui vari software di modellazione idraulica bidimensionale disponibili sul mercato eseguiti dall'agenzia governativa del Regno Unito "UK Environmental Agency" nell'anno 2012 (Benchmarking of 2D Hydraulic Modelling), scaricabili dal seguente [link](#).

L'impostazione metodologica adottata per lo studio idraulico tiene conto sia delle caratteristiche idrauliche e morfologiche dei corsi d'acqua (modello monodimensionale) sia di quelle del territorio circostante (modello bidimensionale). Mediante l'applicazione del modello TUFLOW sono state quindi calcolate le principali grandezze idrauliche, quali i tiranti idrici e le velocità di deflusso e l'estensione delle aree interessate alla piena nello stato attuale.

9.3.1.1 Dati topografici

Per la modellazione del tratto fluviale oggetto di indagine si è fatto riferimento al rilievo laser altimetrico condotto nell'ambito del presente progetto, integrato nelle aree esterne con il rilievo Lidar svolto dall'Autorità di Bacino dell'Alto Adriatico a maglia 2 m svolto nel 2004. La seguente figura illustra graficamente il DTM ottenuto:



Figura 9-7 - DTM del fiume Piave in corrispondenza della zona di intervento

9.3.1.2 Geometria del modello

Con l'ausilio degli strumenti di pre e post processing presenti nel sistema GIS in uso, l'area di intervento è stata discretizzata con una griglia di 870 800 celle quadrate di lato 5 m, infittite a 2 m nei tratti con gradienti più elevati, rappresentato nelle seguenti figure.

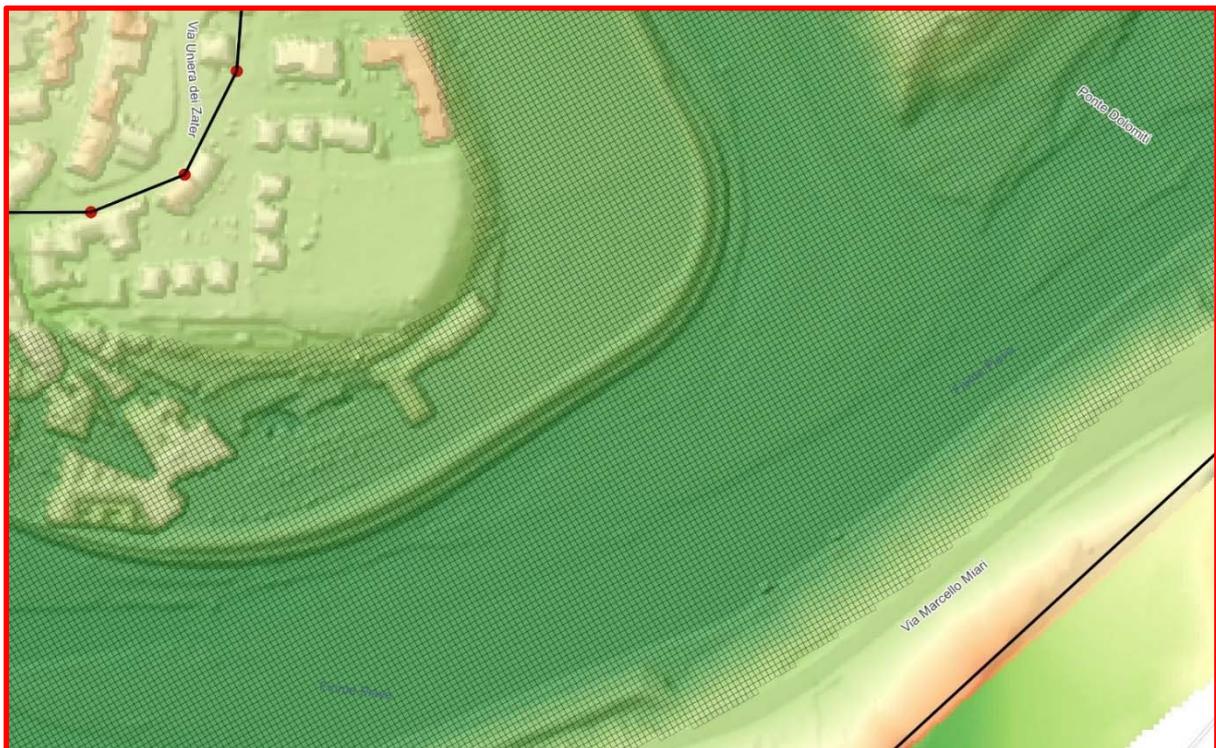
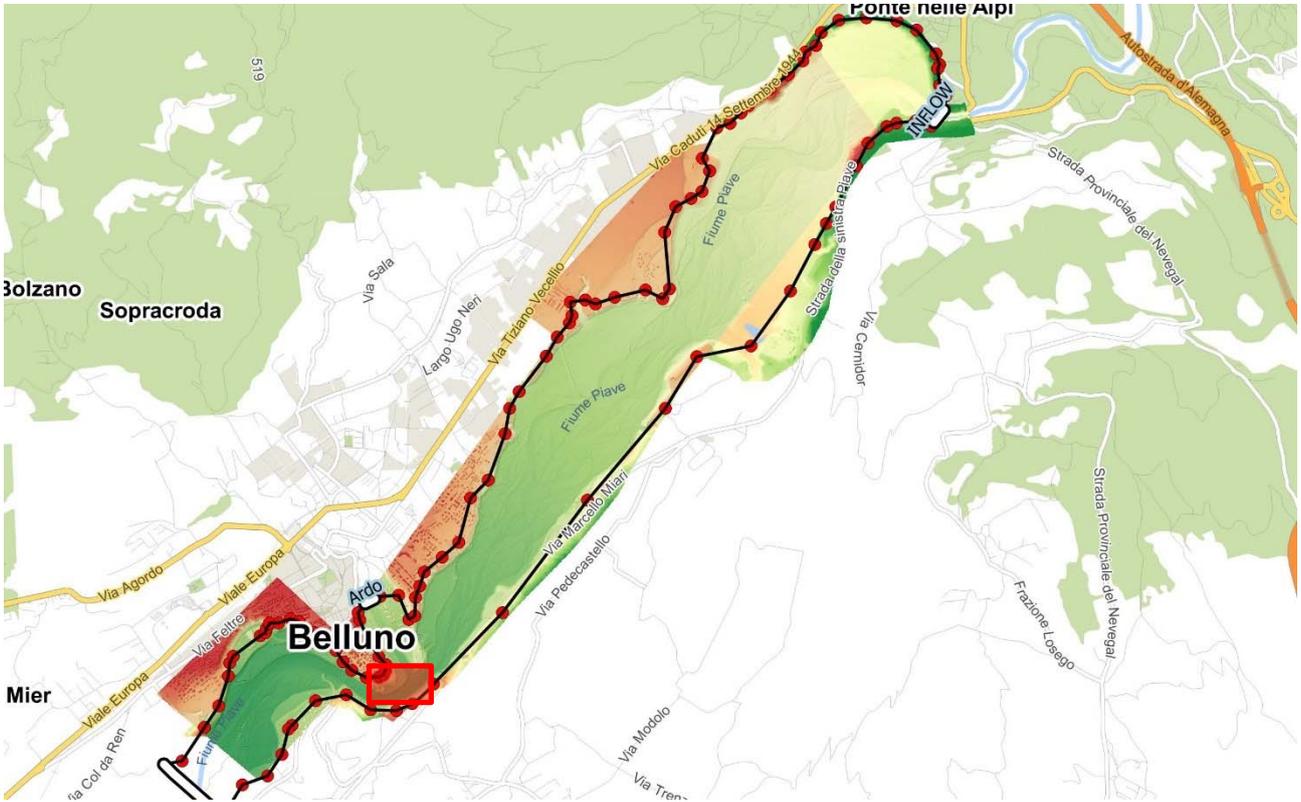


Figura 9-8 - Modello bidimensionale dell'area di studio

9.3.1.3 Scabrezza dell'alveo

La scabrezza del corso d'acqua è espressa attraverso il coefficiente di Manning n e rappresenta uno dei parametri fondamentali dell'equazione del moto:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_H^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

con A area della sezione di deflusso, R_H raggio idraulico e i pendenza del fondo. In mancanza di specifici valori sperimentali dedotti sulla base di apposite indagini, si è fatto riferimento ai dati di letteratura e a quelli utilizzati con soddisfacenti risultati in uguali simulazioni numeriche condotte su ambienti fluviali di analoghe caratteristiche. Tale attività ha condotto all'assegnazione di un coefficiente di Strickler pari a $16.67 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ($n=0.06$ di Manning) in accordo con le indicazioni normalmente reperibili in letteratura (U.S. Department of Agriculture 1929, 1934; Ven Te Chow, 1973, M. Hanif Chaudhry, 1993).

9.3.1.4 Condizioni al contorno

In analogia con quanto indicato nell'Allegato A alla DGR 2948/2009, l'evento preso come riferimento per la verifica di sicurezza dell'area è la piena con tempo di ritorno 100 anni.

Le portate in ingresso nel modello del sono state schematizzate con gli idrogrammi di portata in ingresso determinati nel precedente capitolo e riportato nella seguente figura

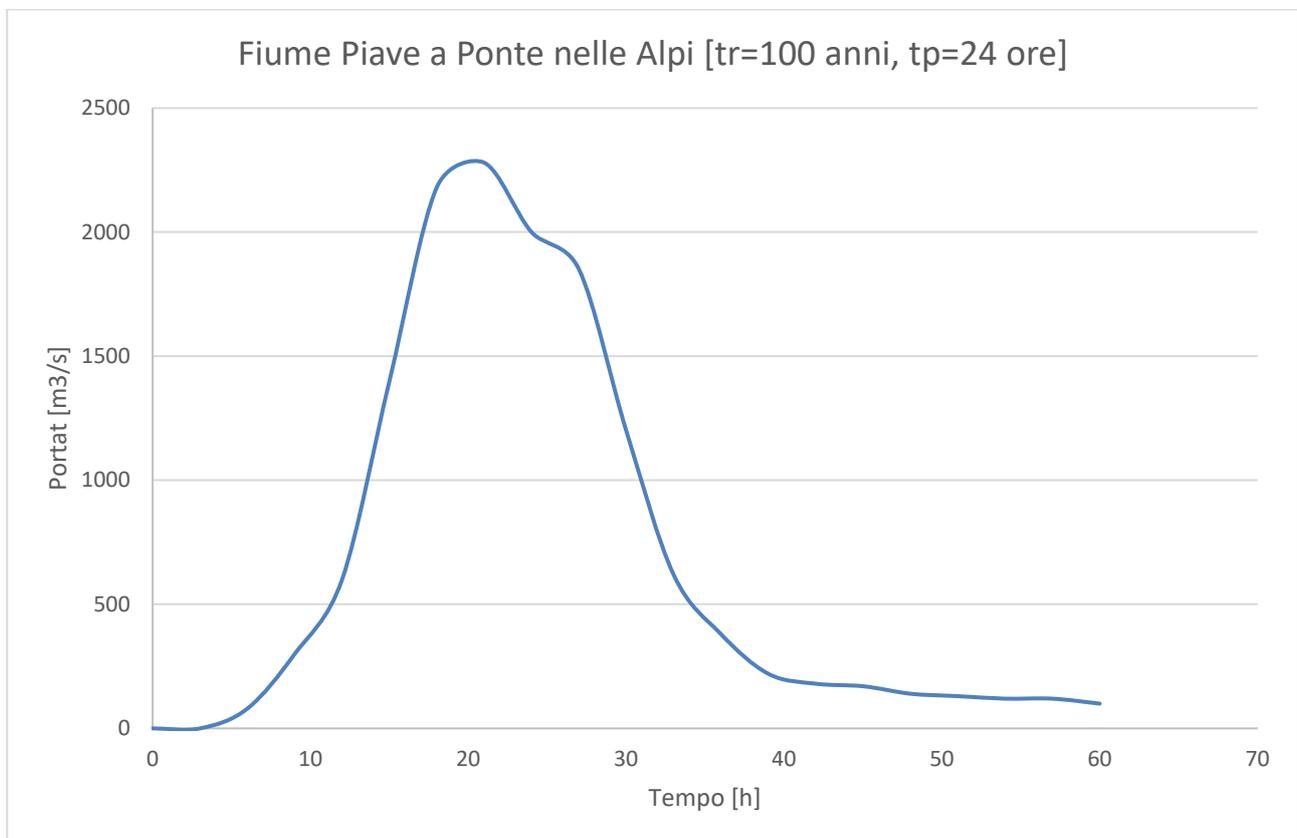


Figura 9-9 – Condizione al contorno di monte

Relativamente al torrente Ardo, in favore di sicurezza, è stato applicato l'idrogramma di piena In occasione della precipitazione risultata la più critica, ovvero quella di durata 5 ore, risulta una portata di 160.00 m³/s, con contemporaneità del picco con la piena del fiume Piave.

Relativamente alla condizione di valle dei modelli, è stata assunta il livello idrometrico a moto uniforme della sezione di chiusura con la pendenza del 0.5 %. Nella seguente Figura 9-10 si riportano gli schemi di sintesi delle condizioni al contorno applicate.

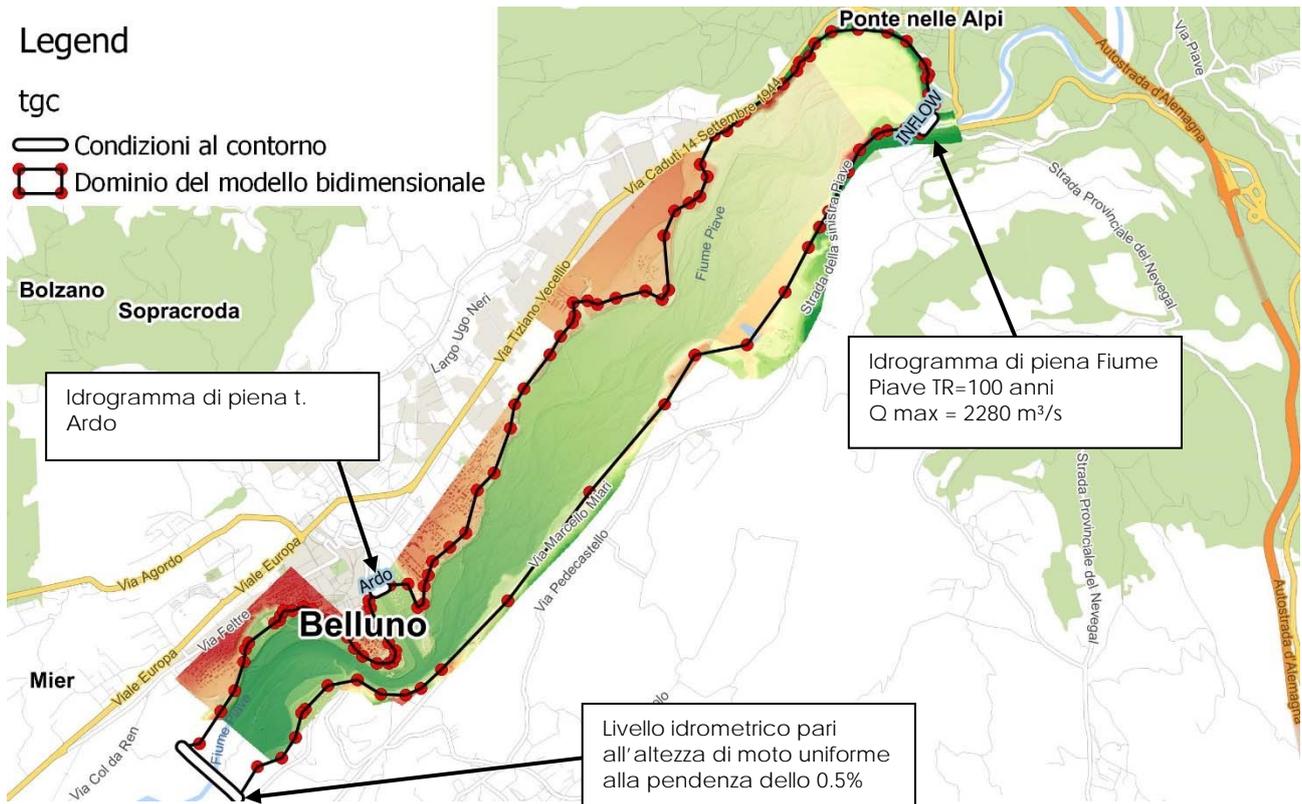


Figura 9-10 - Condizioni al contorno del modello

9.3.1.5 Risultati del modello

I risultati ottenuti sono l'involuppo dei massimi livelli idrometrici e delle massime altezze d'acqua al suolo registrate nel corso della simulazione.

Nella figura seguente si riportano le mappe delle aree allagabili (tiranti idrici) divise per settore. Analizzando i risultati si evidenzia che risultano alcune esondazioni dall'alveo del Piave, in particolare:

- Zona Lambioi, dove in destra i tiranti interessano l'area parco e verde urbano;
- A monte del Ponte della Vittoria in sponda destra fino al T. Ardo;
- Tra il ponte Bayley e il Ponte della Vittoria in sponda destra;
- A monte del Ponte della Vittoria in sponda destra fino al T. Ardo;

E' importante però evidenziare che le aree allagabili ottenute dal modello idraulico del fiume Piave realizzato per la redazione del PAT sono all'interno delle più ampie aree di pericolosità indicate dal PAI (Piano di Assetto Idrogeologico).

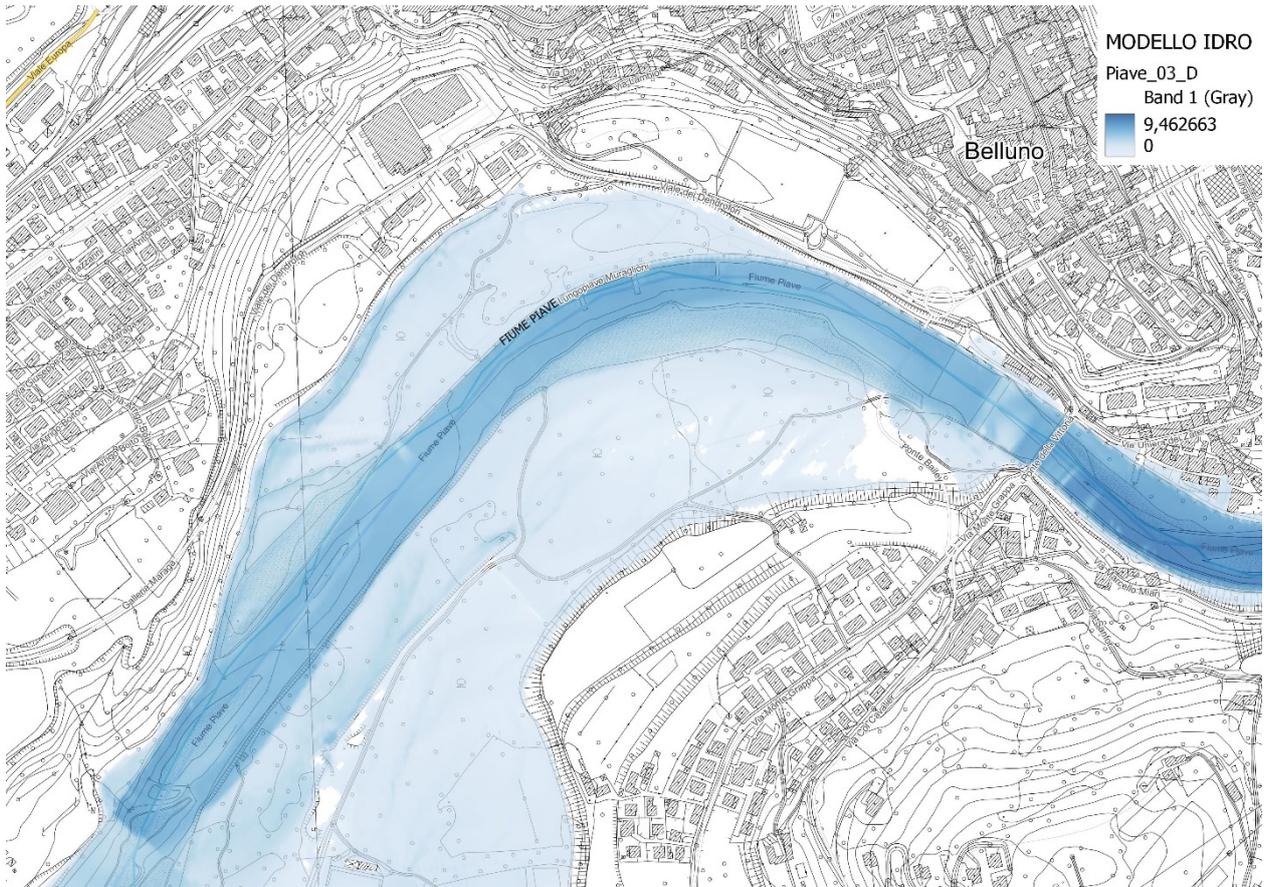


Figura 9-11 –massime altezze d’acqua al suolo nella zona Lambioi (tr=100 anni)

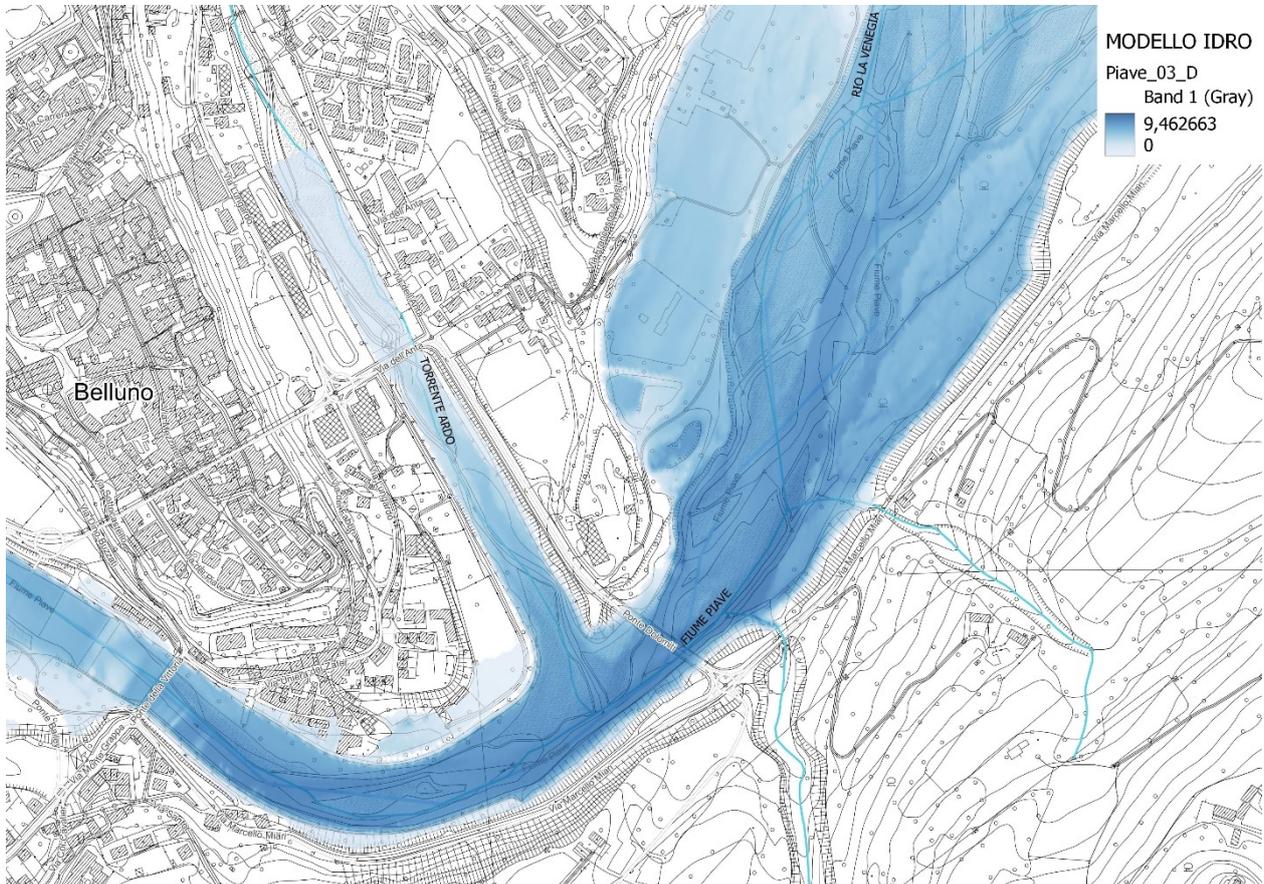


Figura 9-12 –massime altezze d’acqua al suolo nella zona di confluenza con T.Ardo (tr=100 anni)



Figura 9-13 –altezze d'acqua al suolo nell'area a monte della confluenza con T. Ardo ($t_r=100$ anni)

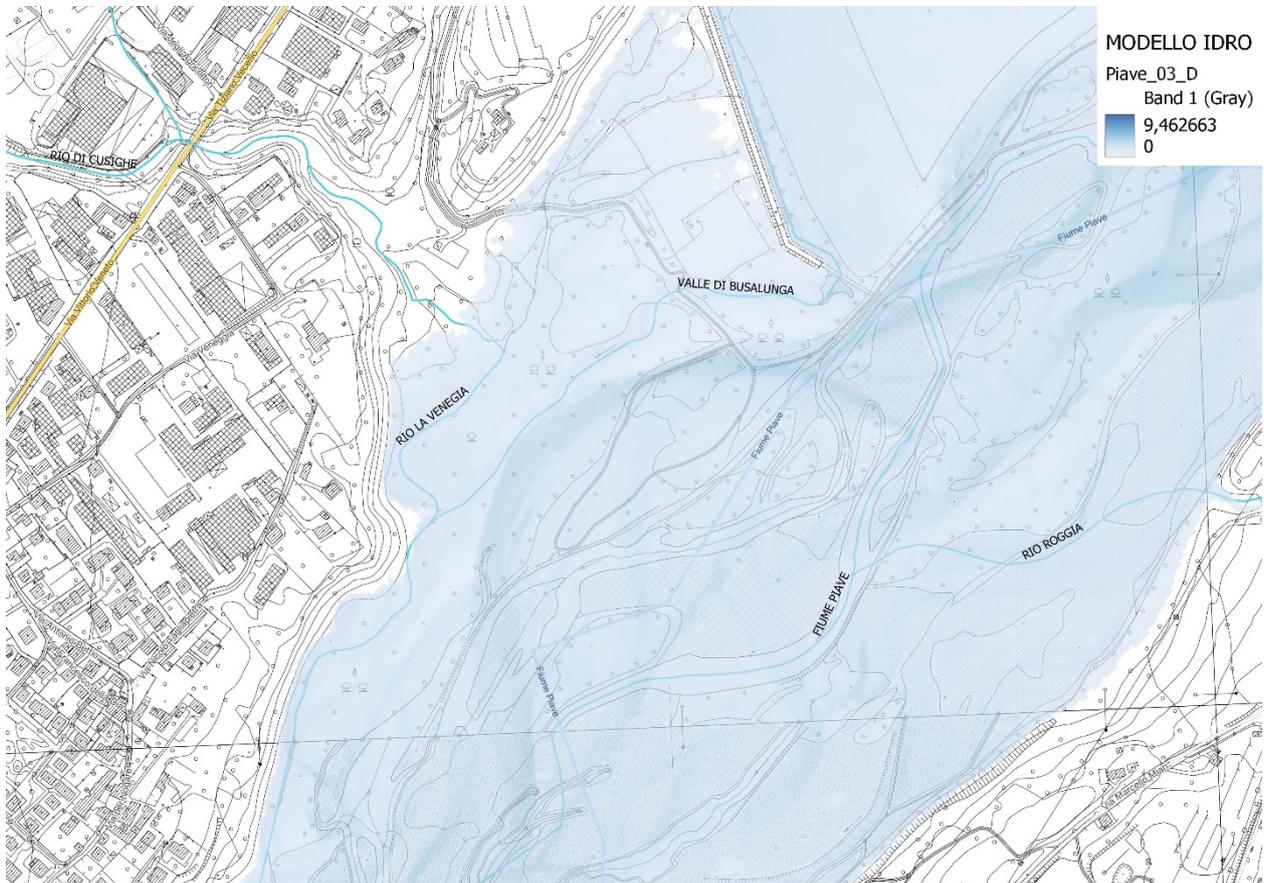


Figura 9-14 –altezze d'acqua al suolo nell'area a monte della confluenza con T. Ardo ($t_r=100$ anni)

9.4 Ulteriori studi idraulici

Poiché nell'area di studio del fiume Piave sono stati recentemente progettati e realizzati degli interventi di sistemazione idraulica nell'ambito dei *"Primi interventi urgenti di protezione civile in conseguenza degli eccezionali eventi meteorologici che hanno interessato il territorio della Regione Veneto, dal 27 ottobre a 5 novembre 2018"* ed in particolare il progetto *"Opere di mitigazione del rischio idraulico e idrogeologico ed aumento del livello di resilienza del fiume Piave mediante interventi diffusi di difesa spondale e ricalibratura dell'asta fluviale nel tratto compreso tra Borgo Piave e Lambioi. - INTERVENTO - LN145-2020-558-BL-168 - CUP J33H20000320001."*, redatto da IPROS Ingegneria Ambientale S.r.l., si riportano in questo capitolo i risultati del modello idraulico al fine di confrontarli con il PAI e il modello redatto dallo scrivente.

A tale scopo è stato impiegato un modello matematico di tipo bidimensionale, il cui dominio di calcolo è stato esteso ad un tratto del F. Piave che si estende per circa 4 km a cavallo del Ponte della Vittoria. Il modello include anche il tratto terminale del T. Ardo, a partire dal ponte della S.S. 50 e fino alla confluenza in Piave.

In particolare, la configurazione dell'alveo e delle piane golenali allagabili che è stata schematizzata nella modellazione corrisponde a quella attuale e comprende anche gli interventi più recenti effettuati in alveo, tra cui in particolare la riconfigurazione della soglia a valle del Ponte della Vittoria, effettuata nel 2018.

Rispetto alle valutazioni precedenti, in questo caso è stato inoltre possibile disporre di informazioni rilevate durante il passaggio della piena del novembre 2018 (la cosiddetta "Tempesta Vaia"), che hanno consentito di ottenere degli utili riscontri sperimentali sui risultati delle simulazioni in termini di quote idrometriche massime. L'evento del novembre 2018 costituisce infatti un evento di assoluta rilevanza poiché, in termini di portata massima, la piena che ha interessato il fiume Piave può essere classificata seconda solo al disastroso evento del novembre 1966.

I calcoli sono stati effettuati sia simulando la "Tempesta Vaia", allo scopo di verificare la risposta del modello per un evento reale recente e di calibrare al meglio i coefficienti di scabrezza impiegati nelle simulazioni, sia un evento sintetico con tempo di ritorno $T_r=100$ anni, che costituisce la piena di riferimento per la progettazione.

Quest'ultimo evento, la cui portata massima al colmo è pari a 2740 m³/s, è stato ricostruito nell'ambito dello studio del Prof. L. D'Alpaos dal titolo "Studio sulle condizioni di sicurezza idraulica delle aree che si affacciano in alveo in prossimità della confluenza tra il torrente Ardo e il fiume Piave" (2005).

Il tratto di Piave incuso nel dominio di calcolo si estende per circa 4.3 km a cavallo della sezione del Ponte della Vittoria a Belluno. Il dominio di calcolo comprende inoltre il tratto terminale del T. Ardo, per un'estesa di circa 1.5 km, fino al ponte della circonvallazione che supera a nord l'abitato di Belluno (S.S. 50).

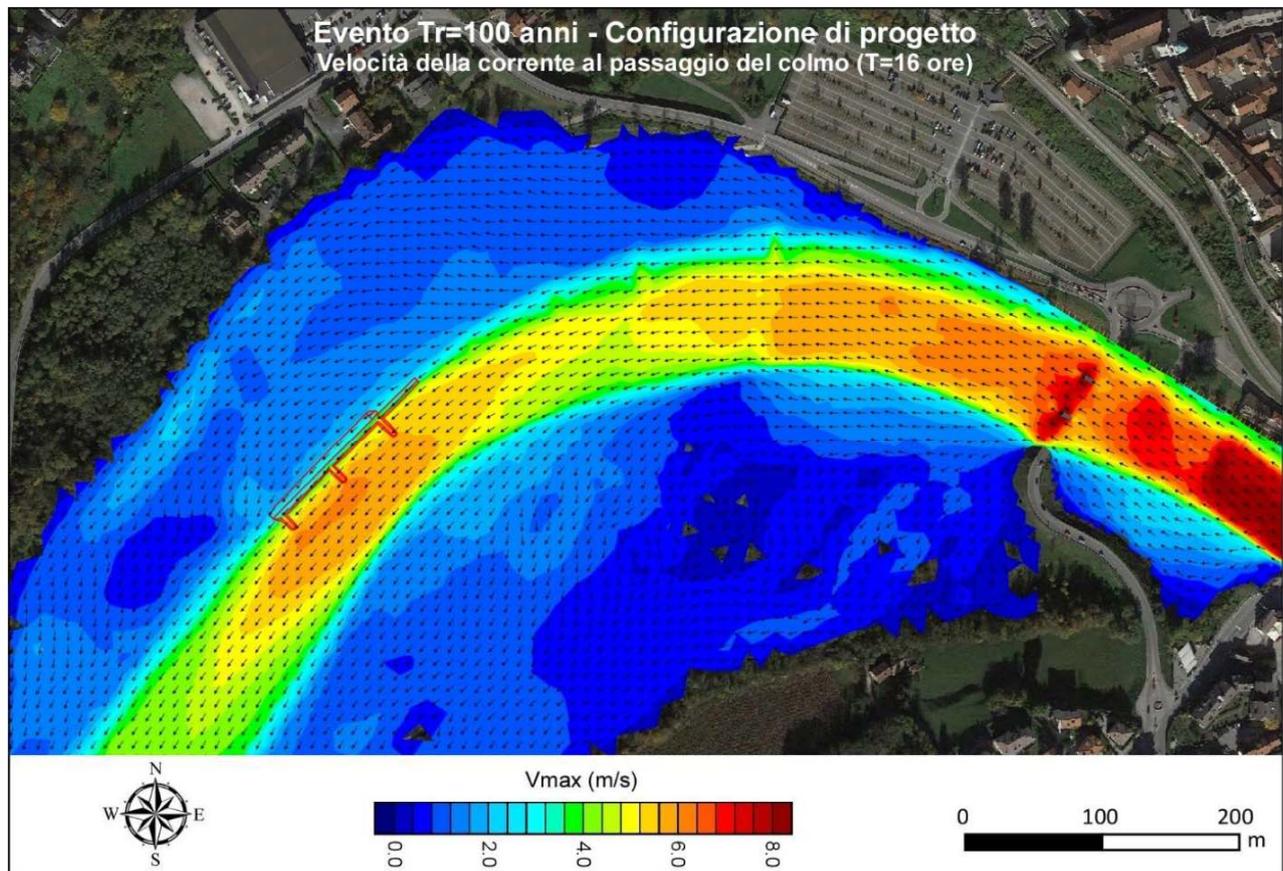
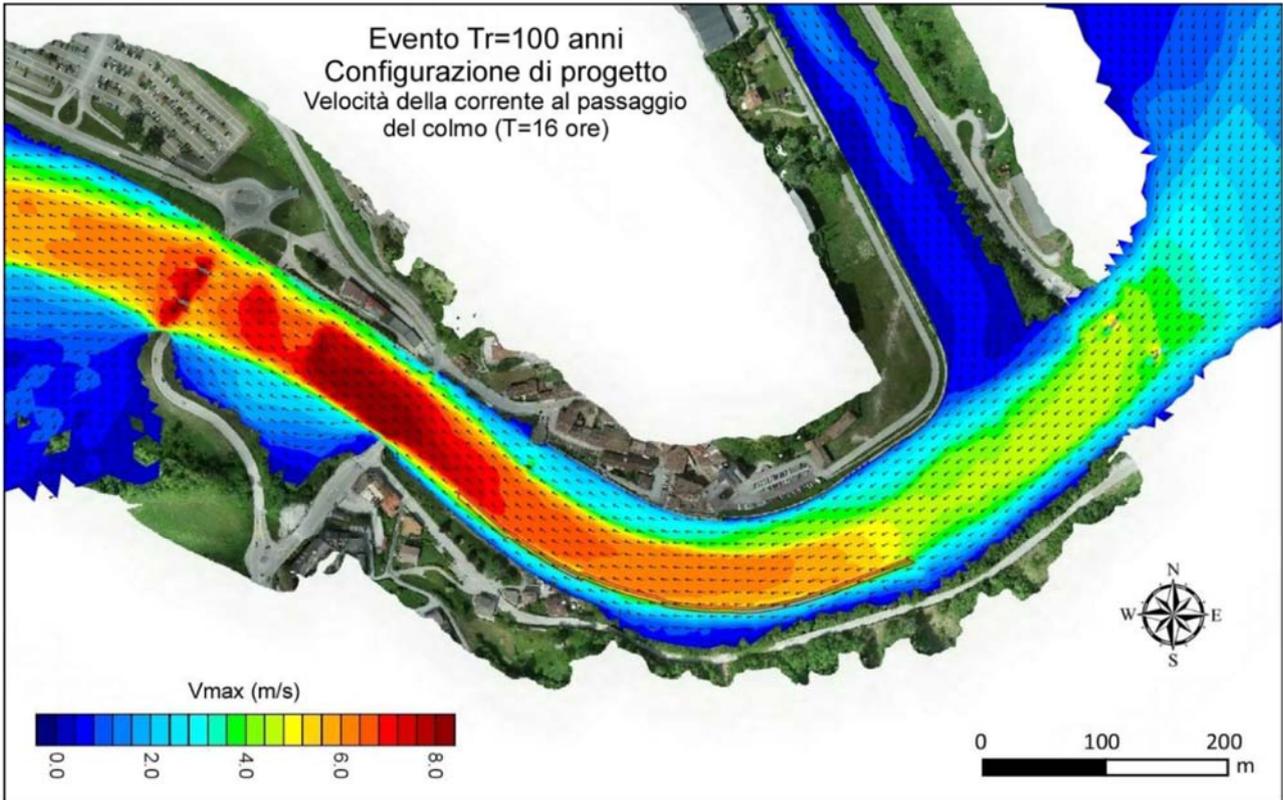


Figura 9-15: Evento con $T_r=100$ anni – Configurazione di progetto. Mappa della massima velocità della corrente nel F. Piave al passaggio del colmo di piena.

Lo studio idraulico effettuato nell'ambito del progetto "*Opere di mitigazione del rischio idraulico e idrogeologico ed aumento del livello di resilienza del fiume Piave mediante interventi diffusi di difesa spondale e ricalibratura dell'asta fluviale nel tratto compreso tra Borgo Piave e Lambioi. - INTERVENTO - LN145-2020-558-BL-168 - CUP J33H20000320001.*", redatto da IPROS Ingegneria Ambientale S.r.l., ha individuato le massime altezze idriche e le aree allagabili lungo il fiume Piave ed in particolare nell'area più delicata di Lambioi, Ponte della Vittoria e confluenza con il Torrente Ardo.

Le aree allagabili, calcolate tenendo conto delle opere previste dal progetto, sono sostanzialmente coincidenti a quelle calcolate con il modello idraulico creato per il PAT.

Inoltre è importante però evidenziare che anche le aree allagabili ottenute dal modello idraulico descritto sono all'interno delle più ampie aree di pericolosità indicate dal PAI (Piano di Assetto Idrogeologico).

9.5 Dissesti e allagamento Evento VAIA 2018

Nei giorni di fine Ottobre e Inizio Novembre 2018 la Regione Veneto, ed in particolare la provincia di Belluno, hanno subito un forte evento alluvionale che ha causato allagamenti e danni su tutto il reticolo idrografico provinciale come non accadeva dal famoso evento del 1966.

Per questo è importante verificare e individuare le aree oggetto di criticità e dissesti durante l'evento VAIA all'interno del Comune di Belluno.

Sono stati così reperiti attraverso il comune di Belluno le segnalazioni ricevute alla Protezione Civile dopo l'evento alluvionale. Le segnalazioni nel loro complesso comprendono una grande varietà di problematiche, dagli schianti di alberature, problemi ai tetti dovuti al vento, gelicidio, allagamenti et cetera.

Le segnalazioni sono state così verificate e selezionate solamente quelle riguardanti problemi di natura idraulica o idrogeologica. Sono state così individuate circa 50 segnalazioni riportate in Tabella 29.

Analizzando queste segnalazioni si può vedere che la maggior parte non è legata alla rete idrografica oggetto di valutazione di questo PAT, ma sono perlopiù, salvo alcuni casi, danni e allagamenti dovuti alla combinazione di forte pioggia e vento. Tabella 29: Segnalazioni danni e allagamenti Evento VAIA 2018

Le uniche segnalazioni riconducibili alla rete idrografica sono localizzate in Via dei Molini, tra il Ponte della Vittoria e la confluenza dell'Ardo, dove si registrano allagamenti dovuti alla piena del Piave e in zona Punta Anta, a nord della confluenza dell'Ardo, ove la piena del Piave ha distrutto un cantiere. Queste segnalazioni sono geograficamente localizzate in aree già perimetrare dal PAI come a pericolosità idraulica P2 (zona Via Mulini) e come Area Fluviale (località Punta Anta). Non risulta quindi necessario individuare nuove aree di Pericolosità Idraulica da inserire in cartografia di PAT.

Di seguito si riportano le cartografie di sovrapposizione delle Segnalazioni VAIA e delle Aree PAI.

Tabella 29: Segnalazioni danni e allagamenti Evento VAIA 2018

| NUMERO PROG | TIPO DI DANNO | INDIRIZZO |
|--------------------|----------------------|----------------------------------|
| 12 | allagamenti | via dei Molini 18 |
| 26 | allagamenti | Via Vittorio veneto, 296/a |
| 27 | allagamenti | Loc. Punta Anta |
| 43 | idrogeologico | Via Cordevole, 38 |
| 56 | allagamenti | parcheggio ex conerie colle |
| 57 | allagamenti | parcheggio ex conerie colle |
| 69 | allagamenti | via Dei Molini 7 |
| 73 | allagamenti | via Dei Molini 7 |
| 76 | vento-allagamenti | via Della Anta 60 |
| 106 | allagamenti | parcheggio ex conerie colle |
| 121 | allagamenti | Lambioi, 7 |
| 126 | allagamenti | |
| 140 | allagamenti | Via San Nicola, ex conerie colle |
| 145 | allagamenti | Via dei Molini, 7 |
| 144 | allagamenti | Via dei Molini, 7 |
| 155 | allagamenti | via dei Molini 18 |
| 156 | allagamenti | via dei Molini 18 |
| 159 | vento-allagamenti | Via Barozzi, 13 |
| 161 | vento-allagamenti | Via San Nicola, 6-44 |
| 162 | vento-allagamenti | Via Mier, 21 |
| 169 | vento-allagamenti | Via Medaglie d'Oro, 61 |
| 170 | vento-allagamenti | Via Medaglie d'Oro, 61 |
| 175 | allagamenti | Via dei Molini, 7 |
| 176 | allagamenti | Via Mezzaterra, 84 |
| 192 | vento-allagamenti | Piazzale Marconi 5 |
| 194 | idrogeologico | via Antole 113 |
| 199 | vento-allagamenti | via Sois 117 |
| 204 | idrogeologico | f. Piave |
| 209 | vento-allagamenti | Via Nongole, 81 |
| 210 | vento-allagamenti | Via Nongole, 77 |
| 211 | vento-allagamenti | via e. De Amicis 209 |
| 217 | vento-allagamenti | via Visome 245/A |
| 218 | vento-allagamenti | Via San Martino, 316 |
| 219 | idrogeologico | via S. Rocco 112 |
| 220 | idrogeologico | Via Libertà , 64 |
| 222 | vento-allagamenti | via A. Buzzati 21 |
| 231 | allagamenti | via dei Molini 17 |
| 233 | allagamenti | via Dei Molini 7 |
| 234 | allagamenti | via Dei Molini 7 |
| 235 | allagamenti | via dei Molini 7 |
| 238 | allagamenti | via dei Molini 7 |
| 247 | vento-allagamenti | Via Cornigol, 147 |
| 256 | allagamenti | Borgo Piave |
| 257 | allagamenti | Via dei Molini , 18 |
| 261 | allagamenti | Via dei Molini , 18 |
| 266 | allagamenti | Via Dei Molini, 7 |

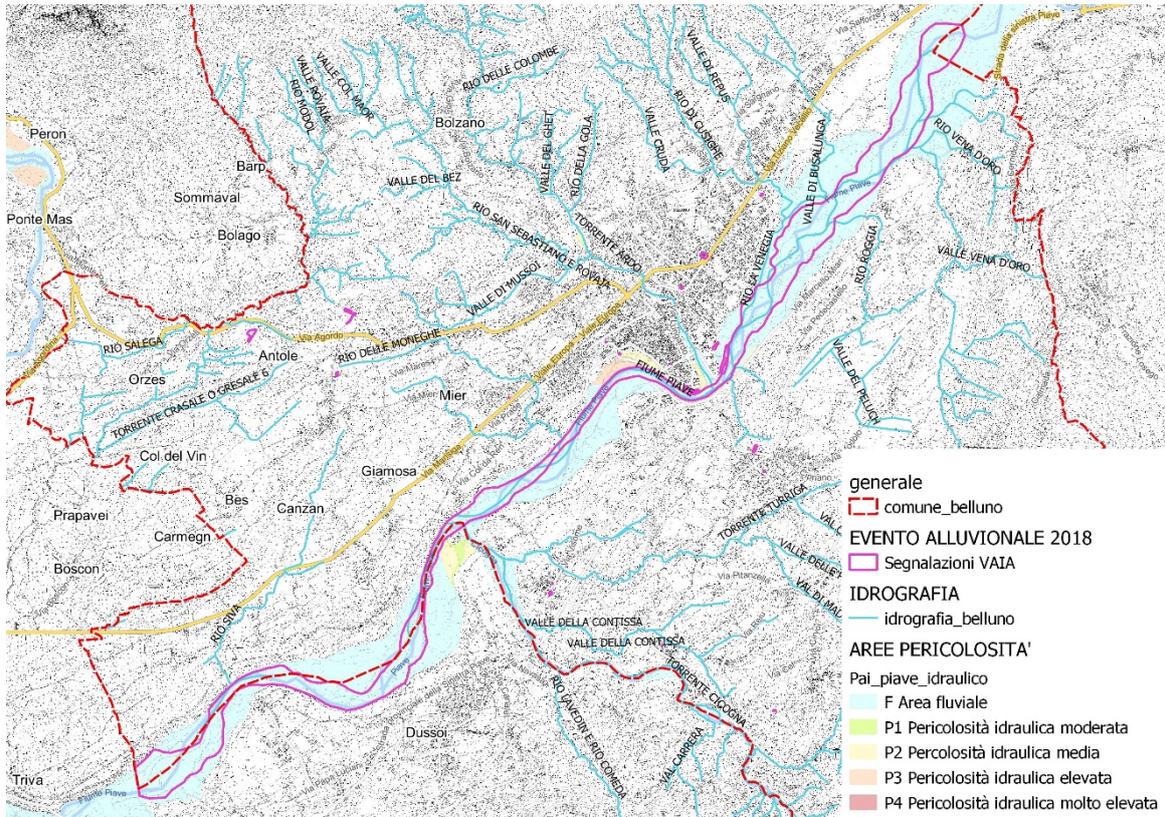


Figura 9-16: Sovrapposizione Segnalazioni VAIA e Aree PAI.

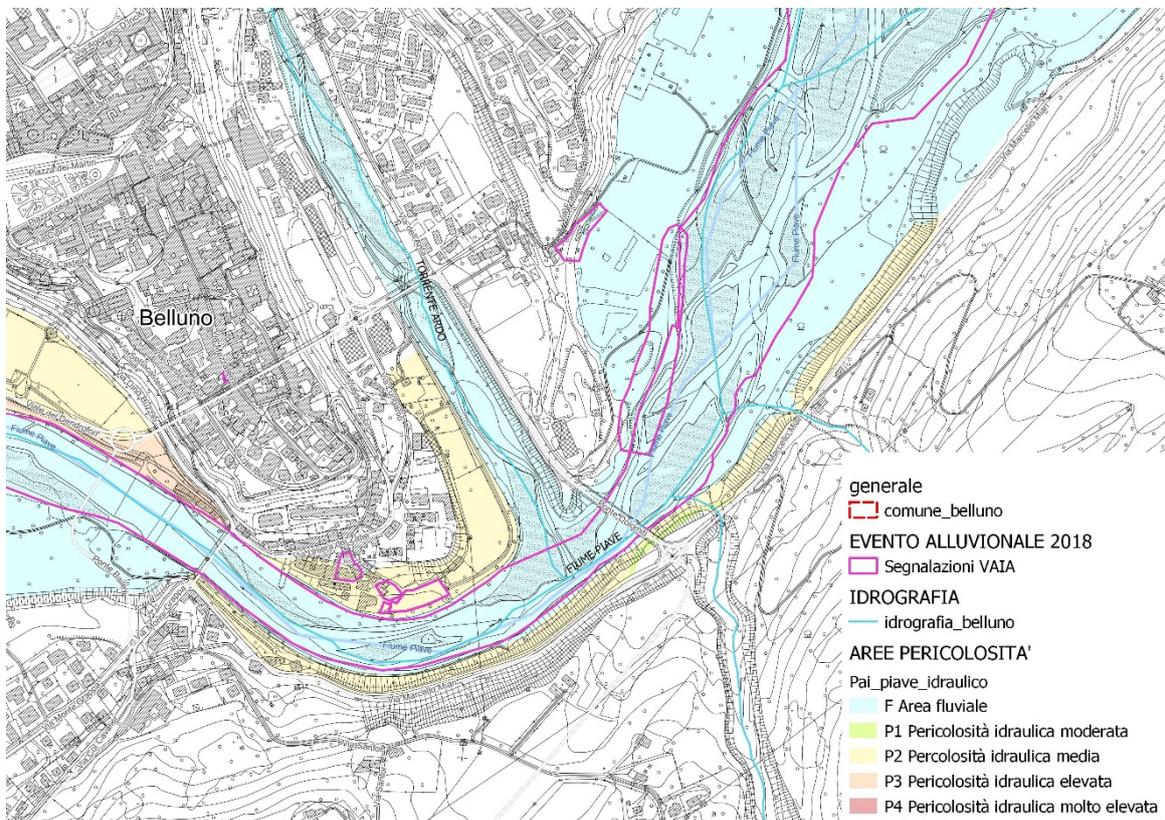


Figura 9-17: Sovrapposizione Segnalazioni VAIA e Aree PAI – Area Centro Belluno.

10 DESCRIZIONE DELI INTERVENTI

Gli interventi previsti dal PAT che possano prevedere una trasformazione della copertura del suolo e quindi necessitare di Valutazione di Compatibilità Idraulica sono suddivisi in tre tipologie principali: Linee di Sviluppo (ovvero aree di espansione Residenziali e per Attività Economiche), le Aree di Urbanizzazione Diffusa e i Servizi di Progetto.

Per quanto riguarda le Linee di Sviluppo, la pianificazione urbanistica ha fornito delle direzioni di sviluppo Residenziale o per Attività Economiche, sviluppo limitato in estensione da un secondo tematismo individuato in cartografia (Limiti fisici di espansione) o da altri elementi, come viabilità ed edificato esistente. Sono state così calcolate ed individuate in cartografia le Aree di Espansione.

Le Aree relative alle Linee di Sviluppo e i Servizi sono stati classificati secondo la loro superficie secondo quanto indicato nell' Allegato A alla DGR 2948/2009, con il criterio indicato nella seguente Tabella 30, come descritto nelle tabelle seguenti.

Le aree di Urbanizzazione diffusa sono aree in cui è consentita l'edificazione ma di cui però il PAT individua solo un "ambito limite", senza la possibilità di individuare compiutamente un'area specifica. Queste aree quindi non vengono classificate secondo la DGR 2948/2009, sapendo che solamente interventi, eventualmente individuanti più compiutamente nel PI e in futuri PUA e con aree di trasformazione superiori a 0.1 ha, saranno oggetto di compatibilità idraulica.

Tabella 30 – Criterio per la classificazione degli interventi in base alla superficie coinvolta (DGR 2948/2009)

| | Classe di intervento | Definizione |
|---|--|---|
| 0 | <i>Trascurabile impermeabilizzazione potenziale</i> | <i>Intervento su superfici di estensione inferiore a 0.1 ha</i> |
| 1 | <i>Modesta impermeabilizzazione potenziale</i> | <i>Intervento su superfici comprese fra 0.1 ha e 1 ha</i> |
| 2 | <i>Significativa impermeabilizzazione potenziale</i> | <i>Intervento su superfici comprese fra 1 e 10 ha e interventi su superfici di estensione oltre 10 ha con Imp. < 0.3</i> |
| 3 | <i>Marcata impermeabilizzazione potenziale</i> | <i>Intervento su superfici superiori a 10 ha con Imp. > 0.3</i> |

Si riportano quindi le indicazioni in merito alle superfici delle aree e alle Classi di Intervento in cui ricadono.

L'ubicazione degli interventi suddivisi nelle tipologie sopra elencate è riportata nell'elaborato grafico allegato alla presente VCI.

Tabella 31 – Classificazione degli interventi in base alla superficie coinvolta (DGR 2948/2009)

| <i>id</i> | <i>Tipo1</i> | <i>Tipo2</i> | <i>Superficie S[m²]</i> | <i>Classe di intervento</i> |
|-----------|---------------------|------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 250060010 | Residenziale | Confermate | 4,911 | 1 |
| 250060009 | Residenziale | Confermate | 2,435 | 1 |
| 250060414 | Residenziale | Nuova previsione | 15,059 | 2 |
| 250060415 | Residenziale | Nuova previsione | 35,331 | 2 |
| 250060020 | Residenziale | Nuova previsione | 10,417 | 2 |
| 250060018 | Residenziale | Nuova previsione | 3,907 | 1 |
| 250060405 | Residenziale | Nuova previsione | 13,166 | 2 |
| 250060021 | Residenziale | Nuova previsione | 8,805 | 1 |
| 250060413 | Residenziale | Nuova previsione | 10,331 | 2 |
| 250060019 | Residenziale | Nuova previsione | 6,951 | 1 |
| 250060011 | Residenziale | Confermate | 9,185 | 1 |
| 250060012 | Residenziale | Confermate | 8,526 | 1 |
| 250060013 | Residenziale | Confermate | 4,517 | 1 |
| 250060412 | Residenziale | Nuova previsione | 24,310 | 2 |
| 250060014 | Residenziale | Confermate | 11,289 | 2 |
| 250060022 | Residenziale | Nuova previsione | 6,527 | 1 |
| 250060023 | Residenziale | Nuova previsione | 6,857 | 1 |
| 250060403 | Residenziale | Confermate | 4,316 | 1 |
| 250060403 | Residenziale | Confermate | 5,964 | 1 |
| 250060416 | Residenziale | Nuova previsione | 6,375 | 1 |
| 250060017 | Residenziale | Nuova previsione | 14,952 | 2 |
| 250060024 | Residenziale | Nuova previsione | 7,491 | 1 |
| 250060001 | Residenziale | Confermate | 5,946 | 1 |
| 250060411 | Attività Economiche | Confermate | 26,684 | 2 |
| 250060410 | Attività Economiche | Confermate | 34,034 | 2 |
| 250060409 | Attività Economiche | Confermate | 13,686 | 2 |
| 250060407 | Attività Economiche | Confermate | 11,551 | 2 |
| 250060406 | Attività Economiche | Confermate | 21,389 | 2 |
| 250060417 | Attività Economiche | Nuova previsione | 11,429 | 2 |
| 250060418 | Attività Economiche | Nuova previsione | 40,197 | 2 |
| s1 | Servizi | FV = Fascia di rispetto ambientale | 17,309 | 2 |
| s2 | Servizi | FV = Fascia di rispetto ambientale | 19,529 | 2 |
| s3 | Servizi | FV = Fascia di rispetto ambientale | 56,638 | 2 |
| s4 | Servizi | FV = Fascia di rispetto ambientale | 8,348 | 1 |
| s5 | Servizi | FV = Fascia di rispetto ambientale | 4,416 | 1 |
| s6 | Servizi | S = Sportivi | 5,259 | 1 |
| s7 | Servizi | S = Sportivi | 30,542 | 2 |
| s8 | Servizi | S = Sportivi | 22,066 | 2 |
| s9 | Servizi | S = Sportivi | 37,522 | 2 |
| s10 | Servizi | S = Sportivi | 1,859 | 1 |
| s11 | Servizi | S = Sportivi | 4,780 | 1 |
| s12 | Servizi | V = Parchi | 26,933 | 2 |
| s13 | Servizi | V = Parchi | 2,042 | 1 |
| s14 | Servizi | V = Parchi | 0 | 1 |

| <i>id</i> | <i>Tipo1</i> | <i>Tipo2</i> | <i>Superficie S[m²]</i> | <i>Classe di intervento</i> |
|-----------|--------------|--------------|------------------------------------|-----------------------------|
| s15 | Servizi | V = Parchi | 11,979 | 2 |

11 APPLICAZIONE DEL PRINCIPIO DELL'INVARIANZA IDRAULICA

Secondo il principio dell'invarianza idraulica, previsto dall'Allegato A della DGR 2948/09 "Modalità operative ed indicazioni tecniche relative alla valutazione di compatibilità idraulica per la redazione di strumenti urbanistici", nella redazione dei nuovi strumenti urbanistici generali, deve essere prevista l'adozione di misure di mitigazione del rischio idraulico allo scopo di "trattenere le acque piovane per il tempo necessario a consentire un regolare smaltimento nella rete fognaria".

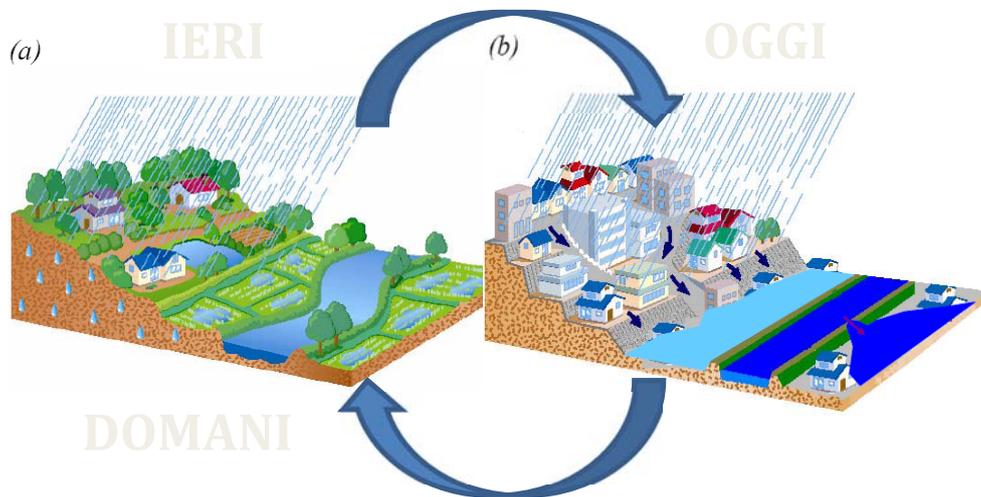


Figura 11-1 – Principio dell'invarianza idraulica

Nel caso in esame, facendo solo una valutazione geometrica, tutti gli interventi previsti dal PAT coinvolgono una superficie inferiore a 1000 m².

Secondo lo scrivente è però importante sottolineare che:

- **Le aree di Urbanizzazione diffusa** sono aree in cui è consentita l'edificazione ma di cui però il PAT individua solo un "ambito limite", senza la possibilità di individuare compiutamente un'area specifica. Queste aree quindi non vengono classificate secondo la DGR 2948/2009, sapendo che solamente interventi, eventualmente individuanti più compiutamente nel PI e in futuri PUA e con aree di trasformazione superiori a 0.1 ha saranno oggetto di compatibilità idraulica. Pertanto il calcolo del volume di laminazione per l'invarianza idraulica sarà svolto su un'area "tipologica" a cui verrà applicato un coefficiente di deflusso stimato per le aree residenziali, pertanto sarà ricavato solamente un volume specifico per m² (m³/m²).
- Per quanto riguarda i **Servizi di Progetto**, che fanno capo a 3 sottocategorie principali (Fasce di rispetto ambienta, Servizi Sportivi e Parchi Pubblici) si ritiene di poter escludere dalla Valutazione, a prescindere dall'area interessata, le aree per cui si prevede la destinazione a

Parco o Fascia di rispetto ambientale, immaginando che per tali aree l'impermeabilizzazione del territorio sarà trascurabile.

Per quanto riguarda la valutazione dei contributi dei restanti interventi, classificati come "Modesta Impermeabilizzazione Potenziale" e "Significativa Impermeabilizzazione Potenziale", si è ritenuto di adottare ai fini del presente studio l'estensione massima possibile in riferimento alle previsioni urbanistiche.

All'interno degli ambiti così definiti si è ipotizzata la completa urbanizzazione degli stessi secondo un modello a media densità, compatibile con aree di nuova espansione urbana. Tale ipotesi è da ritenersi cautelativa, poiché attribuisce a ciascuna area la massima urbanizzazione, situazione che se può verificarsi per la singola area, non può mai verificarsi per tutte le aree interessate poiché corrisponderebbe ad un consumo di volume superiore.

Come intervento di compensazione (si veda il successivo capitolo 12), per questa tipologia di aree di trasformazione si prevede di realizzare i parcheggi ed i piazzali mediante pavimentazioni che mantengano la capacità filtrante del terreno. Tale accorgimento permette di considerare le aree a parcheggio e piazzale come superfici semipermeabili con coefficiente di deflusso 0.6.

Le considerazioni sopra esposte hanno portato ad adottare la ripartizione tra le varie tipologie di superficie riportata in Tabella 32 per le Aree di Sviluppo Residenziale.

Per quanto riguarda le Aree di Sviluppo di Tipo Economico e produttivo si è applicato invece un modello di sviluppo tipologico caratterizzato da maggior superficie impermeabile con un Indice di Copertura pari al 60%. Esso è stato utilizzato per il calcolo della superficie impermeabilizzata potenziale e del coefficiente di deflusso.

Tabella 32 – Ripartizione superfici stimata e coefficiente di deflusso - Linee di sviluppo residenziale confermate e programmate

| <i>Linee di sviluppo residenziale confermate e programmate</i> | | |
|--|-------------------------------|---|
| <i>Tipo di superficie</i> | <i>Ripartizione superfici</i> | <i>Coefficiente di deflusso ϕ</i> |
| <i>Coperture, strade, piazzali</i> | 25% | 0.9 |
| <i>Superfici semi permeabili</i> | 15% | 0.6 |
| <i>Verde</i> | 60% | 0.2 |
| <i>Agricolo</i> | 0% | 0.2 |
| TOTALE | 100% | 0.44 |

Tabella 33 – Ripartizione superfici stimata e coefficiente di deflusso - Linee di sviluppo Attività Economiche

| <i>Linee di sviluppo Attività Economiche</i> | | |
|--|-------------------------------|---|
| <i>Tipo di superficie</i> | <i>Ripartizione superfici</i> | <i>Coefficiente di deflusso ϕ</i> |
| <i>Coperture, strade, piazzali</i> | 60% | 0.9 |
| <i>Verde o altro permeabile</i> | 40% | 0.2 |
| TOTALE | 100% | 0.62 |

Tabella 34 – Ripartizione superfici stimata e coefficiente di deflusso – Servizi sportivi

| <i>Linee di sviluppo Attività Economiche</i> | | |
|--|--|--|
|--|--|--|

| <i>Tipo di superficie</i> | <i>Ripartizione superfici</i> | <i>Coefficiente di deflusso ϕ</i> |
|------------------------------------|-------------------------------|---|
| <i>Coperture, strade, piazzali</i> | <i>20%</i> | <i>0.9</i> |
| <i>Verde o altro permeabile</i> | <i>80%</i> | <i>0.2</i> |
| <i>TOTALE</i> | <i>100%</i> | <i>0.34</i> |

11.1 Determinazione dei contributi specifici delle aree di trasformazione allo stato programmato

Per la determinazione del contributo specifico delle aree individuate in occasione di eventi meteorici di assegnata frequenza, si utilizza l'espressione di Turrazza:

$$Q = \frac{\phi \cdot H \cdot S}{t_p}$$

dove H è l'altezza di precipitazione tp è il tempo di pioggia e ϕ è il coefficiente di deflusso.

Per ciascuna area individuata è stato considerato il coefficiente di deflusso ϕ determinato nel precedente paragrafo sulla base dell'ambito di trasformazione di appartenenza, mentre come altezza di precipitazione H è stata considerata la precipitazione con tempo di ritorno 50 anni di durata tp pari a 30 minuti, ricavata nel paragrafo 6.1.

I risultati ottenuti sono riportati nella seguente tabella in termini di volume di deflusso totale, portata uscente e contributo specifico nella forma di coefficiente udometrico.

| ID | TIPO 1 | TIPO 2 | Superficie S[m ²] | Classe di intervento | Coeff. di deflusso ϕ | Altezza di precipitazione H[mm] | Volume di deflusso V[m ³] | Portata massima ammissibile [l/s] | Portata massima prevista [l/s] | Coeff. udometrico attuale u[l/s*ha] | Coeff. udometrico previsto u[l/s*ha] |
|-----------|---------------------|------------------------|-------------------------------|----------------------|---------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 250060010 | Residenziale | Confermate | 4911 | 1 | 0.44 | 56 | 122 | 30.8 | 67.7 | 63 | 138 |
| 250060009 | Residenziale | Confermate | 2435 | 1 | 0.44 | 56 | 60 | 15.3 | 33.6 | 63 | 138 |
| 250060414 | Residenziale | Nuova previsione | 15059 | 2 | 0.44 | 56 | 374 | 94.4 | 207.6 | 63 | 138 |
| 250060415 | Residenziale | Nuova previsione | 35331 | 2 | 0.44 | 56 | 877 | 221.4 | 487.1 | 63 | 138 |
| 250060020 | Residenziale | Nuova previsione | 10417 | 2 | 0.44 | 56 | 259 | 65.3 | 143.6 | 63 | 138 |
| 250060018 | Residenziale | Nuova previsione | 3907 | 1 | 0.44 | 56 | 97 | 24.5 | 53.9 | 63 | 138 |
| 250060405 | Residenziale | Nuova previsione | 13166 | 2 | 0.44 | 56 | 327 | 82.5 | 181.5 | 63 | 138 |
| 250060021 | Residenziale | Nuova previsione | 8805 | 1 | 0.44 | 56 | 219 | 55.2 | 121.4 | 63 | 138 |
| 250060413 | Residenziale | Nuova previsione | 10331 | 2 | 0.44 | 56 | 256 | 64.7 | 142.4 | 63 | 138 |
| 250060019 | Residenziale | Nuova previsione | 6951 | 1 | 0.44 | 56 | 173 | 43.6 | 95.8 | 63 | 138 |
| 250060011 | Residenziale | Confermate | 9185 | 1 | 0.44 | 56 | 228 | 57.6 | 126.6 | 63 | 138 |
| 250060012 | Residenziale | Confermate | 8526 | 1 | 0.44 | 56 | 212 | 53.4 | 117.6 | 63 | 138 |
| 250060013 | Residenziale | Confermate | 4517 | 1 | 0.44 | 56 | 112 | 28.3 | 62.3 | 63 | 138 |
| 250060412 | Residenziale | Nuova previsione | 24310 | 2 | 0.44 | 56 | 603 | 152.4 | 335.2 | 63 | 138 |
| 250060014 | Residenziale | Confermate | 11289 | 2 | 0.44 | 56 | 280 | 70.7 | 155.6 | 63 | 138 |
| 250060022 | Residenziale | Nuova previsione | 6527 | 1 | 0.44 | 56 | 162 | 40.9 | 90.0 | 63 | 138 |
| 250060023 | Residenziale | Nuova previsione | 6857 | 1 | 0.44 | 56 | 170 | 43.0 | 94.5 | 63 | 138 |
| 250060403 | Residenziale | Confermate | 4316 | 1 | 0.44 | 56 | 107 | 27.1 | 59.5 | 63 | 138 |
| 250060403 | Residenziale | Confermate | 5964 | 1 | 0.44 | 56 | 148 | 37.4 | 82.2 | 63 | 138 |
| 250060416 | Residenziale | Nuova previsione | 6375 | 1 | 0.44 | 56 | 158 | 40.0 | 87.9 | 63 | 138 |
| 250060017 | Residenziale | Nuova previsione | 14952 | 2 | 0.44 | 56 | 371 | 93.7 | 206.2 | 63 | 138 |
| 250060024 | Residenziale | Nuova previsione | 7491 | 1 | 0.44 | 56 | 186 | 46.9 | 103.3 | 63 | 138 |
| 250060001 | Residenziale | Confermate | 5946 | 1 | 0.44 | 56 | 148 | 37.3 | 82.0 | 63 | 138 |
| 250060411 | Attività Economiche | Confermate | 26684 | 2 | 0.60 | 56 | 903 | 167.2 | 501.7 | 63 | 188 |
| 250060410 | Attività Economiche | Confermate | 34034 | 2 | 0.60 | 56 | 1152 | 213.3 | 639.9 | 63 | 188 |
| 250060409 | Attività Economiche | Confermate | 13686 | 2 | 0.60 | 56 | 463 | 85.8 | 257.3 | 63 | 188 |
| 250060407 | Attività Economiche | Confermate | 11551 | 2 | 0.60 | 56 | 391 | 72.4 | 217.2 | 63 | 188 |
| 250060406 | Attività Economiche | Confermate | 21389 | 2 | 0.60 | 56 | 724 | 134.0 | 402.1 | 63 | 188 |
| 250060417 | Attività Economiche | Nuova previsione | 11429 | 2 | 0.60 | 56 | 387 | 71.6 | 214.9 | 63 | 188 |
| 250060418 | Attività Economiche | Nuova previsione | 40197 | 2 | 0.60 | 56 | 1360 | 251.9 | 755.7 | 63 | 188 |
| s6 | Servizi | S = Sportivi | 5259 | 1 | 0.34 | 56 | 101 | 33.0 | 56.0 | 63 | 107 |
| s7 | Servizi | S = Sportivi | 30542 | 2 | 0.34 | 56 | 586 | 191.4 | 325.4 | 63 | 107 |
| s8 | Servizi | S = Sportivi | 22066 | 2 | 0.34 | 56 | 423 | 138.3 | 235.1 | 63 | 107 |
| s9 | Servizi | S = Sportivi | 37522 | 2 | 0.34 | 56 | 720 | 235.2 | 399.8 | 63 | 107 |
| s10 | Servizi | S = Sportivi | 1859 | 1 | 0.34 | 56 | 36 | 11.6 | 19.8 | 63 | 107 |
| s11 | Servizi | S = Sportivi | 4780 | 1 | 0.34 | 56 | 92 | 30.0 | 50.9 | 63 | 107 |
| UD | Residenziale | Urbanizzazione diffusa | 1000 | 1 | 0.44 | 56 | 25 | 6.3 | 13.8 | 63 | 138 |

Tabella 35 – Determinazione dei contributi specifici delle aree di trasformazione allo stato programmato.



11.2 Definizione dell'impatto delle nuove previsioni urbanistiche sul regime idraulico del territorio

L'impatto delle nuove opere previste sul territorio deve essere mitigato con volumi di laminazione in grado di accumulare la differenza tra le portate scolanti l'area interessata a seguito della realizzazione dell'opera e le portate scolanti ante operam, ovvero garantire quindi che l'intervento non determini alterazioni della risposta idraulica del territorio e che venga mantenuto il principio dell'invarianza idraulica.

I risultati ottenuti sono riportati nella seguente tabella in termini di volume di laminazione totale e specifico.



| ID | CODICE AREA | DENOMINAZIONE | Superficie S[m ²] | Classe di intervento | Coeff. di deflusso ϕ | Coeff. udometrico attuale u[l/s*ha] | Coeff. udometrico previsto u[l/s*ha] | Volume di laminazione [m ³] | Volume di lam. specifico [m ³ *ha] |
|-----------|---------------------|------------------------|-------------------------------|----------------------|---------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---|---|
| 250060010 | Residenziale | Confermate | 4911 | 1 | 0.44 | 63 | 138 | 66 | 135 |
| 250060009 | Residenziale | Confermate | 2435 | 1 | 0.44 | 63 | 138 | 33 | 135 |
| 250060414 | Residenziale | Nuova previsione | 15059 | 2 | 0.44 | 63 | 138 | 204 | 135 |
| 250060415 | Residenziale | Nuova previsione | 35331 | 2 | 0.44 | 63 | 138 | 478 | 135 |
| 250060020 | Residenziale | Nuova previsione | 10417 | 2 | 0.44 | 63 | 138 | 141 | 135 |
| 250060018 | Residenziale | Nuova previsione | 3907 | 1 | 0.44 | 63 | 138 | 53 | 135 |
| 250060405 | Residenziale | Nuova previsione | 13166 | 2 | 0.44 | 63 | 138 | 178 | 135 |
| 250060021 | Residenziale | Nuova previsione | 8805 | 1 | 0.44 | 63 | 138 | 119 | 135 |
| 250060413 | Residenziale | Nuova previsione | 10331 | 2 | 0.44 | 63 | 138 | 140 | 135 |
| 250060019 | Residenziale | Nuova previsione | 6951 | 1 | 0.44 | 63 | 138 | 94 | 135 |
| 250060011 | Residenziale | Confermate | 9185 | 1 | 0.44 | 63 | 138 | 124 | 135 |
| 250060012 | Residenziale | Confermate | 8526 | 1 | 0.44 | 63 | 138 | 115 | 135 |
| 250060013 | Residenziale | Confermate | 4517 | 1 | 0.44 | 63 | 138 | 61 | 135 |
| 250060412 | Residenziale | Nuova previsione | 24310 | 2 | 0.44 | 63 | 138 | 329 | 135 |
| 250060014 | Residenziale | Confermate | 11289 | 2 | 0.44 | 63 | 138 | 153 | 135 |
| 250060022 | Residenziale | Nuova previsione | 6527 | 1 | 0.44 | 63 | 138 | 88 | 135 |
| 250060023 | Residenziale | Nuova previsione | 6857 | 1 | 0.44 | 63 | 138 | 93 | 135 |
| 250060403 | Residenziale | Confermate | 4316 | 1 | 0.44 | 63 | 138 | 58 | 135 |
| 250060403 | Residenziale | Confermate | 5964 | 1 | 0.44 | 63 | 138 | 81 | 135 |
| 250060416 | Residenziale | Nuova previsione | 6375 | 1 | 0.44 | 63 | 138 | 86 | 135 |
| 250060017 | Residenziale | Nuova previsione | 14952 | 2 | 0.44 | 63 | 138 | 202 | 135 |
| 250060024 | Residenziale | Nuova previsione | 7491 | 1 | 0.44 | 63 | 138 | 101 | 135 |
| 250060001 | Residenziale | Confermate | 5946 | 1 | 0.44 | 63 | 138 | 80 | 135 |
| 250060411 | Attività Economiche | Confermate | 26684 | 2 | 0.60 | 63 | 188 | 602 | 226 |
| 250060410 | Attività Economiche | Confermate | 34034 | 2 | 0.60 | 63 | 188 | 768 | 226 |
| 250060409 | Attività Economiche | Confermate | 13686 | 2 | 0.60 | 63 | 188 | 309 | 226 |
| 250060407 | Attività Economiche | Confermate | 11551 | 2 | 0.60 | 63 | 188 | 261 | 226 |
| 250060406 | Attività Economiche | Confermate | 21389 | 2 | 0.60 | 63 | 188 | 483 | 226 |
| 250060417 | Attività Economiche | Nuova previsione | 11429 | 2 | 0.60 | 63 | 188 | 258 | 226 |
| 250060418 | Attività Economiche | Nuova previsione | 40197 | 2 | 0.60 | 63 | 188 | 907 | 226 |
| s6 | Servizi | S = Sportivi | 5259 | 1 | 0.34 | 63 | 107 | 42 | 79 |
| s7 | Servizi | S = Sportivi | 30542 | 2 | 0.34 | 63 | 107 | 241 | 79 |
| s8 | Servizi | S = Sportivi | 22066 | 2 | 0.34 | 63 | 107 | 174 | 79 |
| s9 | Servizi | S = Sportivi | 37522 | 2 | 0.34 | 63 | 107 | 296 | 79 |
| s10 | Servizi | S = Sportivi | 1859 | 1 | 0.34 | 63 | 107 | 15 | 79 |
| s11 | Servizi | S = Sportivi | 4780 | 1 | 0.34 | 63 | 107 | 38 | 79 |
| UD | Residenziale | Urbanizzazione diffusa | 1000 | 1 | 0.44 | 63 | 138 | 14 | 135 |

Tabella 36 – Definizione dell'impatto delle nuove previsioni urbanistiche sul regime idraulico del territorio

12 MISURE DI COMPENSAZIONE

12.1 Prescrizioni generali

I Piani degli Interventi di PAT dovranno essere corredati di una Valutazione di Compatibilità Idraulica (VCI) ai sensi della D.G.R.V. 2948/2009 "Valutazione di compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici" secondo quanto indicato nelle Norme tecniche di attuazione (Allegato A3) del Piano di Tutela delle Acque (D.G.R.V. 107 5/11/2009).

Nella redazione delle VCI di PI potranno essere prese come riferimento le precipitazioni di progetto nella VCI di PAT. Tuttavia, per il calcolo delle portate scaricabili nel reticolo idrografico ricettore e dei volumi da destinare alla laminazione dovrà essere valutata l'effettiva superficie impermeabilizzata secondo le previsioni di PI.

Facendo riferimento alla seguente tabella, in analogia con quanto indicato nella DGRV 2943/2009, gli interventi di trasformazione di PAT che necessitano della realizzazione di interventi di mitigazione tesi al trattenimento delle acque sono quelli con classe di impermeabilizzazione potenziale pari a 1, 2 e 3, mentre quelli di classe 0 vengono giudicati non rilevanti.

Tabella 37 – Classificazione degli interventi in base alla superficie coinvolta

| id | Classe di intervento | Definizione |
|----|---|---|
| 0 | Trascurabile impermeabilizzazione potenziale | Intervento su superfici di estensione inferiore a 0.1 ha |
| 1 | Modesta impermeabilizzazione potenziale | Intervento su superfici comprese fra 0.1 ha e 1 ha |
| 2 | Significativa impermeabilizzazione potenziale | Intervento su superfici comprese fra 1 e 10 ha e interventi su superfici di estensione oltre 10 ha con Imp. < 0.3 |
| 3 | Marcata impermeabilizzazione potenziale | Intervento su superfici superiori a 10 ha con Imp. > 0.3 |

Essi sono indicati nell'Elaborato grafico di PAT "Carta della compatibilità idraulica".

Tutte le opere di scolo previste nell'ambito di interventi di lottizzazione devono essere adeguatamente dimensionate, in termini di capacità di invaso e portata, in rapporto alla estensione dell'intervento, alle sue caratteristiche costruttive ed alla potenzialità del sistema idraulico che ne costituisce il recapito.

Per le tratte di rete fognaria che non confluiscono direttamente nei canali consorziali, deve inoltre essere verificata l'idoneità idraulica dei collettori di acque bianche, comunali o privati, a servizio della lottizzazione, fino al punto di immissione nella rete consorziale. La realizzazione dei nuovi interventi non deve comunque comportare limitazioni alla capacità di deflusso delle acque dei terreni circostanti. Le quote del terreno dell'area oggetto di intervento dovranno essere inoltre progettate in modo da evitare lo scorrimento delle acque verso le zone limitrofe; in alternativa dovranno essere realizzate adeguate protezioni.

Il tempo di ritorno a cui fare riferimento per il dimensionamento dei volumi di laminazione è pari a 50 anni. I coefficienti di deflusso, ove non determinati analiticamente, andranno convenzionalmente assunti pari a 0.2 per le superfici permeabili (aree verdi anche con grigliati plastici portanti etc.); 0.6

per le superfici semipermeabili (grigliati drenanti, strade in terra battuta o stabilizzato) e 0.9 per le superfici impermeabili (tetti, terrazze, strade, piazzali). I metodi per la stima delle portate di piena (afflussi-deflussi) potranno essere di tipo concettuale ovvero modelli matematici.

Dovranno essere individuati i corpi idrici ricettori dei deflussi delle aree di intervento e verificata la loro capacità di sopportare i nuovi apporti.

In linea generale il volume di invaso da considerare per le aree urbane è quello che determina una portata specifica in uscita che garantisce il principio dell'invarianza idraulica, ovvero una portata specifica in uscita pari a quella ante operam.

Per la determinazione del volume d'invaso da considerare nella progettazione, può essere considerato quale contributo del velo superficiale e dei piccoli invasi (caditoie, pozzetti, ecc.), un valore massimo come da Tabella 6, elaborata in analogia con quanto riportato nelle Linee guida per la compatibilità idraulica definite dal Commissario straordinario per l'emergenza conseguente agli allagamenti di Mestre (3 agosto 2009)

Tabella 38 – Contributo al volume di invaso specifico degli invasi minori e di superficie (m³/ha) in funzione della natura dell'area scolante (Linee guida Commissario Straordinario per l'emergenza conseguente agli allagamenti di Mestre).

| Tipologia di superficie | Velo idrico superficiale [m ³ /ha] | Piccoli manufatti, caditoie, pozzetti etc. [m ³ /ha] | Totale invaso superficiale [m ³ /ha] |
|--|---|---|---|
| Superfici a verde | 25 | 10 | 35 |
| Superfici parzialmente drenanti, semipermeabili, ghiaia, terra battuta | 17 | 24 | 41 |
| Superfici asfaltate, edificate o comunque fortemente impermeabilizzate | 10 | 35 | 45 |

Per le modalità di realizzazione dei volumi da destinare a laminazione si potrà fare riferimento alle linee guida riportate nei seguenti paragrafi.

12.2 Prescrizioni relative alle aree a pericolosità idraulica e alle aree fluviali

Visto l'interessamento di alcuni interventi con Aree a Pericolosità Idraulica del PAI, meglio identificate al paragrafo 9.2 si riportano le Norme Tecniche di Attuazione del Piano stesso.

12.2.1 Disposizioni comuni

1. Le Amministrazioni comunali non possono rilasciare concessioni, autorizzazioni, permessi di costruire od equivalenti, previsti dalle norme vigenti, in contrasto con il Piano.
2. Possono essere portati a conclusione tutti i piani e gli interventi i cui provvedimenti di approvazione, autorizzazione, concessione, permessi di costruire od equivalenti previsti dalle norme vigenti, siano stati rilasciati prima della pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale dell'avvenuta adozione del PAI, fatti salvi gli effetti delle misure di salvaguardia precedentemente in vigore.

3. Nelle aree classificate pericolose e nelle zone di attenzione, ad eccezione degli interventi di mitigazione della pericolosità e del rischio, di tutela della pubblica incolumità e di quelli previsti dal Piano di bacino, è vietato, in rapporto alla specifica natura e tipologia di pericolo individuata:
 - a. eseguire scavi o abbassamenti del piano di campagna in grado di compromettere la stabilità delle fondazioni degli argini, ovvero dei versanti soggetti a fenomeni franosi;
 - b. realizzare tombinature dei corsi d'acqua;
 - c. realizzare interventi che favoriscano l'infiltrazione delle acque nelle aree franose;
 - d. costituire, indurre a formare vie preferenziali di veicolazione di portate solide o liquide;
 - e. realizzare in presenza di fenomeni di colamento rapido (CR) interventi che incrementino la vulnerabilità della struttura, quali aperture sul lato esposto al flusso;
 - f. realizzare locali interrati o seminterrati nelle aree a pericolosità idraulica o da colamento rapido.
4. Al fine di non incrementare le condizioni di rischio nelle aree fluviali e in quelle pericolose, fermo restando quanto stabilito al comma precedente ed in rapporto alla specifica natura e tipologia di pericolo individuata, tutti i nuovi interventi, opere, attività consentiti dal Piano o autorizzati dopo la sua approvazione, devono essere tali da:
 - a. mantenere le condizioni esistenti di funzionalità idraulica o migliorarle, agevolare e comunque non impedire il normale deflusso delle acque;
 - b. non aumentare le condizioni di pericolo dell'area interessata nonchè a valle o a monte della stessa;
 - c. non ridurre complessivamente i volumi invasabili delle aree interessate tenendo conto dei principi dell'invarianza idraulica e favorire, se possibile, la creazione di nuove aree di libera esondazione;
 - d. minimizzare le interferenze, anche temporanee, con le strutture di difesa idraulica, geologica o valanghiva.
5. Tutte le opere di mitigazione della pericolosità e del rischio devono prevedere il piano di manutenzione.
6. Tutti gli interventi consentiti dal presente Titolo non devono pregiudicare la definitiva sistemazione.

12.2.2 Disciplina degli interventi nelle aree a pericolosità idraulica molto elevata (P4)

1. Nelle aree classificate a pericolosità idraulica molto elevata P4 può essere esclusivamente consentita l'esecuzione di:

- a. opere di difesa, di sistemazione idraulica e dei versanti, di bonifica e di regimazione delle acque superficiali, di manutenzione idraulica e di sistemazione dei movimenti franosi, di monitoraggio o altre opere comunque volte ad eliminare, ridurre o mitigare, le condizioni di pericolosità o a migliorare la sicurezza delle aree interessate;
- b. interventi di nuova realizzazione e manutenzione di piste per lo sci, qualora non ricadano in aree interessate da fenomeni di caduta massi, purchè siano attuati i previsti piani di gestione del rischio;
- c. opere, connesse con le attività di gestione e manutenzione del patrimonio forestale, boschivo e agrario, purchè non in contrasto con le esigenze di sicurezza idraulica, geologica o valanghiva;
- d. realizzazione e manutenzione di sentieri, purchè non comportino l'incremento delle condizioni di pericolosità e siano segnalate le situazioni di rischio;
- e. interventi strettamente necessari per la tutela della pubblica incolumità e per ridurre la vulnerabilità degli edifici esistenti;
- f. interventi di manutenzione di opere pubbliche o di interesse pubblico;
- g. realizzazione o ampliamento di infrastrutture a rete pubbliche o di interesse pubblico, diverse da strade o da edifici, riferite a servizi essenziali non diversamente localizzabili o non delocalizzabili ovvero mancanti di alternative progettuali tecnicamente ed economicamente sostenibili, purchè, se necessario, dotate di sistemi di interruzione del servizio o delle funzioni; nell'ambito di tali interventi sono anche da ricomprendersi eventuali manufatti accessori e di servizio, di modesta dimensione e, comunque, non destinati all'uso residenziale o che consentano il pernottamento;
- h. realizzazione o ampliamento di infrastrutture viarie, ferroviarie e di trasporto pubblico nonchè di piste ciclopedonali, purchè siano contestualmente attuati i necessari interventi di mitigazione della pericolosità o del rischio; in particolare gli interventi di realizzazione di nuove infrastrutture stradali devono anche essere coerenti alle previsioni del piano di protezione civile ove esistente; adeguamenti delle infrastrutture viarie esistenti sono ammissibili anche in deroga all'obbligo di contestuale realizzazione degli interventi di mitigazione solo nel caso in cui gli adeguamenti si rendano necessari per migliorare le condizioni di sicurezza della percorribilità delle stesse;
- i. interventi di demolizione senza ricostruzione;
- j. interventi di manutenzione riguardanti edifici ed infrastrutture, purchè non comportino incremento di unità abitative o del carico insediativo;
- k. interventi di adeguamento degli edifici esistenti per motivate necessità igienico-sanitarie per il rispetto della legislazione in vigore anche in materia di abbattimento

delle barriere architettoniche, di sicurezza del lavoro e incremento dell'efficienza energetica;

- l. sistemazioni e manutenzioni di superfici scoperte di edifici esistenti;
 - m. posizionamento delle strutture di carattere provvisorio, non destinate al pernottamento di persone, necessarie per la conduzione dei cantieri per la realizzazione degli interventi di cui al presente articolo, a condizione che siano compatibili con le previsioni dei piani di protezione civile ove esistenti;
 - n. adeguamenti strutturali e funzionali di impianti per la lavorazione degli inerti solo nel caso in cui siano imposti dalle normative vigenti;
 - o. adeguamento strutturale e funzionale di impianti di depurazione delle acque reflue urbane imposti dalla normativa vigente;
 - p. realizzazione delle opere di raccolta, regolazione, trattamento, presa e restituzione dell'acqua;
 - q. interventi di riequilibrio e ricostruzione degli ambiti fluviali naturali nonché opere di irrigazione, purchè non in contrasto con le esigenze di sicurezza;
 - r. prelievo di materiale litoide, sabbie, limi, argille, torbe o assimilabili solo previa verifica che questo sia compatibile, oltrechè con le pianificazioni di gestione della risorsa, con le condizioni di pericolo riscontrate e che non provochi un peggioramento delle stesse;
 - s. adeguamento di impianti produttivi artigianali o industriali solo nel caso in cui siano imposti dalle normative vigenti;
 - t. opere a verde.
2. Gli elaborati progettuali degli interventi di cui al comma 1 devono essere corredati da una relazione tecnica che tenga conto in modo approfondito della tipologia di pericolo, redatta da un tecnico laureato abilitato, se prevista dalla normativa di settore. Le indicazioni contenute nella suddetta relazione devono essere integralmente recepite nel progetto delle opere di cui si prevede l'esecuzione.

12.2.3 Disciplina degli interventi nelle aree a pericolosità idraulica elevata (P3)

1. Nelle aree classificate a pericolosità idraulica elevata P3, possono essere consentiti tutti gli interventi di cui alle aree P4, nonché i seguenti:
 - a. interventi di restauro, risanamento conservativo e ristrutturazione di opere pubbliche o di interesse pubblico qualora non comportino mutamento della destinazione d'uso;

- b. interventi di restauro, risanamento conservativo e ristrutturazione di infrastrutture ed edifici, qualora non comportino aumento delle unità abitative o del carico insediativo;
 - c. ampliamento degli edifici esistenti, purchè non comportino mutamento della destinazione d'uso, nè incremento di superficie e di volume superiore al 10% del volume e della superficie totale, così come risultanti alla data di adozione del Progetto di Piano (7 ottobre 2004), e purchè siano anche compatibili con la pericolosità del fenomeno;
 - d. realizzazione di locali accessori di modesta entità a servizio degli edifici esistenti;
 - e. realizzazione di attrezzature e strutture mobili o provvisorie non destinate al pernottamento di persone per la fruizione del tempo libero o dell'ambiente naturale, a condizione che siano compatibili con le previsioni dei piani di protezione civile, che non ostacolino il libero deflusso delle acque e purchè non localizzate in aree interessate da fenomeni di caduta massi;
 - f. realizzazione o ampliamento di infrastrutture viarie, ferroviarie e di trasporto pubblico nonché ciclopedonali, non diversamente localizzabili o non delocalizzabili ovvero mancanti di alternative progettuali tecnicamente ed economicamente sostenibili, purchè non comportino l'incremento delle condizioni di pericolosità e non compromettano la possibilità di realizzazione degli interventi di mitigazione della pericolosità o del rischio; in particolare gli interventi di realizzazione di nuove infrastrutture stradali devono anche essere compatibili con le previsioni dei piani di protezione civile ove esistenti;
 - g. realizzazione di nuovi impianti di depurazione delle acque reflue urbane ove non diversamente localizzabili, purchè dotati degli opportuni accorgimenti tecnico-costruttivi e gestionali idonei anche ad impedire il rilascio nell'ambiente circostante di sostanze o materiali per effetto dell'evento che genera la situazione di pericolosità.
2. Gli elaborati progettuali degli interventi di cui al comma 1 devono essere corredati da una relazione tecnica che tenga conto in modo approfondito della tipologia di pericolo, redatta da un tecnico laureato abilitato, se prevista dalla normativa di settore. Le indicazioni contenute nella suddetta relazione devono essere integralmente recepite nel progetto delle opere di cui si prevede l'esecuzione.

12.2.4 Disciplina degli interventi nelle aree a pericolosità idraulica media (P2)

1. Nelle aree classificate a pericolosità idraulica media P2, possono essere consentiti tutti gli interventi di cui alle aree P4 e P3.

2. L'attuazione delle previsioni e degli interventi degli strumenti urbanistici vigenti alla data di adozione del PAI (g.m.a) è subordinata alla verifica da parte delle amministrazioni comunali della compatibilità con le situazioni di pericolosità evidenziate dal Piano e deve essere conforme alle disposizioni indicate dall'art. 8 delle NTA di PAI. Gli interventi dovranno essere realizzati secondo soluzioni costruttive funzionali a rendere compatibili i nuovi edifici con la specifica natura o tipologia di pericolo individuata.
3. Nelle aree classificate a pericolosità media P2 la pianificazione urbanistica e territoriale può prevedere:
 - a. nuove zone di espansione per infrastrutture stradali, ferroviarie e servizi che non prevedano la realizzazione di volumetrie edilizie, purchè ne sia segnalata la condizione di pericolosità e tengano conto dei possibili livelli idrometrici conseguenti alla piena di riferimento;
 - b. nuove zone da destinare a parcheggi, solo se imposti dagli standard urbanistici, purchè compatibili con le condizioni di pericolosità che devono essere segnalate;
 - c. piani di recupero e valorizzazione di complessi malghivi, stavoli e casere senza aumento di volumetria diversa dall'adeguamento igienico-sanitario e/o adeguamenti tecnico costruttivi e di incremento dell'efficienza energetica, purchè compatibili con la specifica natura o tipologia di pericolo individuata;
 - d. nuove zone su cui localizzare impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili, non diversamente localizzabili ovvero mancanti di alternative progettuali tecnicamente ed economicamente sostenibili, purchè compatibili con le condizioni di pericolo riscontrate e che non provochino un peggioramento delle stesse.

12.2.5 Disciplina degli interventi nelle aree a pericolosità idraulica moderata (P1) classificate dal PAI vigente o nell'ambito del presente PAT

Il piano di imposta dei fabbricati dovrà essere realizzato ad una quota superiore rispetto al livello di massima piena con adeguato franco. La realizzazione di locali a quote inferiori al piano stradale deve essere in linea di massima limitata ai casi in cui non siano praticabili soluzioni alternative. In tali situazioni, comunque, si ritiene necessaria la realizzazione di idonei interventi di impermeabilizzazione dei locali alle acque di falda, la protezione idraulica in corrispondenza degli accessi e la dotazione di sistemi autonomi di sollevamento delle acque fino ad una opportuna quota di sicurezza al di sopra del piano stradale. In tali circostanze resta comunque a carico del soggetto attuatore ogni rischio in ordine ad eventuali allagamenti dei locali in questione conseguente ad eventi eccezionali o a malfunzionamenti dei sistemi di protezione.

12.2.6 Disciplina delle aree fluviali

1. Nelle aree fluviali, richiamate le disposizioni di cui all'art. 8, sono escluse tutte quelle attività e/o utilizzazioni che diminuiscono la sicurezza idraulica e, in particolare, quelle che possono:
 - a. determinare riduzione della capacità di invaso e di deflusso del corpo idrico fluente;
 - b. interferire con la morfologia in atto e/o prevedibile del corpo idrico fluente;
 - c. generare situazioni di pericolosità in caso di sradicamento e/o trascinarsi di strutture e/o vegetazione da parte delle acque.
2. Le coltivazioni arboree o pluriennali con strutture di sostegno fisso, esistenti alla data di adozione del presente piano (01.12.2012) e i nuovi impianti sono ammessi, previa autorizzazione della Regione competente, se gli stessi non recano ostacolo al deflusso delle acque e all'evoluzione morfologica del corso d'acqua e rispondono ai criteri di compatibilità idraulica. Il rinnovo per completare il ciclo produttivo in atto al momento della scadenza dell'autorizzazione potrà essere consentito in deroga (se opportunamente motivato).
3. Nelle aree fluviali, gli interventi di qualsiasi tipo devono tener conto della necessità di mantenere, compatibilmente con la funzione alla quale detti interventi devono assolvere, l'assetto morfodinamico del corso d'acqua. Ciò al fine di non indurre a valle condizioni di pericolosità. Nelle aree fluviali è consentita, previa acquisizione dell'autorizzazione idraulica della Regione e nel rispetto dei criteri di cui al comma 1:
 - a. la realizzazione degli interventi finalizzati alla navigazione, compresa anche la nautica da diporto;
 - b. la realizzazione, ampliamento o manutenzione delle opere di raccolta, regolazione, trattamento, presa e restituzione dell'acqua;
 - c. la realizzazione, ampliamento o manutenzione di strutture a rete e di opere di attraversamento stradale, ciclopedonale e ferroviario. Le nuove opere vanno realizzate a quote compatibili con i livelli idrometrici propri della piena di riferimento tenuto conto del relativo franco di sicurezza;
 - d. l'installazione di attrezzature e strutture, purchè di trascurabile ingombro, funzionali all'utilizzo agricolo dei suoli nelle aree fluviali.

12.2.7 Preesistenze nelle aree fluviali

1. La Regione, su istanza del proprietario o di chi abbia il titolo per richiederlo, verifica l'esistenza delle condizioni per consentire l'esecuzione degli interventi di difesa e/o di mitigazione del rischio necessari ad assicurare l'incolumità delle persone e per la razionale gestione del patrimonio edilizio esistente, autorizzandone la realizzazione.
2. E' consentita la trasformazione d'uso di vani collocati al di sopra della quota di sicurezza idraulica, allo scopo di ridurre la vulnerabilità del patrimonio edilizio ed infrastrutturale esistente.

3. Possono essere realizzati, previa autorizzazione idraulica della Regione, esclusivamente interventi di:
- a. demolizione senza ricostruzione;
 - b. interventi di manutenzione ordinaria, straordinaria, restauro e risanamento conservativo riguardanti edifici, strutture ed infrastrutture, purchè non comportino incremento di unità abitative o del carico insediativo;
 - c. interventi di adeguamento degli edifici esistenti per motivate necessità igienico-sanitario, per il rispetto della legislazione in vigore anche in materia di abbattimento delle barriere architettoniche, di sicurezza del lavoro e incremento dell'efficienza energetica;
 - d. interventi di ampliamento degli edifici esistenti, purchè non comportino mutamento della destinazione d'uso, nè incremento di superficie e di volume superiore al 10% del volume e della superficie totale, e siano compatibili con la pericolosità del fenomeno nonché realizzati al di sopra della quota di sicurezza idraulica, e non comportino incremento di unità abitative o del carico insediativo;
 - e. sistemazioni e manutenzioni di superfici scoperte di edifici esistenti;
 - f. realizzazione di locali accessori di modesta entità a servizio degli edifici esistenti.
 - g. adeguamenti strutturali e funzionali di impianti per la lavorazione degli inerti solo nel caso in cui siano imposti dalle normative vigenti, o per migliorare le condizioni di sicurezza idraulica, o per consentire la razionale gestione dell'apparato produttivo;
 - h. adeguamento strutturale e funzionale di impianti di depurazione delle acque reflue urbane, imposte dalla normativa vigente; l'eventuale ampliamento è subordinato alla verifica preliminare, da parte della Regione, che non sussistono alternative al riposizionamento dell'impianto, nè che l'impianto induca modifiche significative al comportamento idrodinamico del corso d'acqua, nonché variazioni significative dei livelli del corso d'acqua;
 - i. adeguamento di impianti produttivi artigianali o industriali solo nel caso in cui siano imposti dalle normative vigenti, o per migliorare le condizioni di sicurezza idraulica, o per consentire la razionale gestione dell'apparato produttivo;

12.3 Principio dell'invarianza idraulica nella redazione dei P.I.

I volumi di laminazione delle piene possono essere ricavati realizzando aree a verde soggette a temporanea sommersione, vasche di laminazione, attraverso il sovradimensionamento delle condotte di scarico e dei pozzetti delle acque bianche oppure mediante sistemi di infiltrazione facilitata in cui convogliare i deflussi meteorici direttamente in falda. Tali sistemi vengono di seguito descritti.

1. Aree a verde soggette a temporanea sommersione

Le aree a verde dovranno avere una conformazione tale che attribuisca loro la duplice funzione di ricettore delle precipitazioni defluenti lungo le aree impermeabili limitrofe e di bacino di laminazione del sistema di smaltimento delle acque piovane. Esse dovranno quindi essere poste ad una quota inferiore rispetto al piano stradale circostante ed avere una conformazione planoaltimetrica che preveda la realizzazione di invasi superficiali adeguatamente disposti. Al fine di garantire un effettivo riempimento degli invasi realizzati ed il loro conseguente utilizzo per la laminazione delle piene, al termine della linea principale dovrà essere posto un dispositivo che limiti la portata scaricata.

2. Vasche di laminazione

Nel caso che il ridotto spazio a disposizione non consenta il ricorso ad aree a verde soggette a temporanea sommersione, le capacità possono essere ottenute mediante vasche di laminazione poste a valle dei collettori di raccolta delle acque piovane provenienti dai tetti e dalle superfici impermeabilizzate quali strade e parcheggi. Queste capacità possono essere realizzate attraverso interventi diffusi mediante pavimentazioni porose su strade e parcheggi e attraverso serbatoi domestici (rainwater harvesting) da realizzare al di sotto delle aree verdi di pertinenza di ciascun edificio. Al fine di garantire un effettivo riempimento degli invasi realizzati ed il loro conseguente utilizzo per la laminazione delle piene, al termine della linea principale dovrà essere posto un dispositivo che limiti la portata scaricata. Tali capacità di invaso temporaneo delle acque, che potrebbero essere utilizzate anche per il riuso delle acque con finalità di risparmio energetico, possono essere realizzati in calcestruzzo in opera o mediante la posa in opera di appositi elementi in polipropilene interrati che fungono da serbatoio delle acque in eccesso.

3. Sovradimensionamento delle condotte di scarico e dei pozzetti delle acque bianche

Nel caso che il ridotto spazio a disposizione non consenta il ricorso ad aree a verde soggette a temporanea sommersione, le capacità possono essere ottenute mediante il sovradimensionamento dei pozzetti e dei collettori di raccolta delle acque piovane provenienti dai tetti e dalle superfici impermeabilizzate quali strade e parcheggi, oppure con il sovradimensionamento delle canalette di raccolta a lato delle strade. Al fine di garantire un effettivo riempimento degli invasi realizzati ed il loro conseguente utilizzo per la laminazione delle piene, al termine della linea principale dovrà essere posto un dispositivo che limiti la portata scaricata.



4. Dispositivi di reimmissione in falda

Se la permeabilità del terreno lo permette, è possibile ricavare i volumi di laminazione mediante dei sistemi di smaltimento delle acque meteoriche in falda, mediante la realizzazione di una rete di pozzi perdenti e di trincee drenanti, limitando il valore della portata scaricata al valore della portata allo stato attuale. Questi sistemi, che fungono da dispositivi di reimmissione in falda, possono essere realizzati, a titolo esemplificativo, sottoforma di pozzetti o vasche o condotte disperdenti in cui sia consentito l'accumulo di un battente di acqua che favorisca l'infiltrazione e la dispersione nel terreno. Tuttavia le misure compensative andranno di norma individuate in volumi di invaso per la laminazione di almeno il 50% degli aumenti di portata. Qualora si voglia aumentare la percentuale di portata attribuita all'infiltrazione, fino ad una incidenza del 75%, il progettista dovrà documentare, attraverso appositi elaborati progettuali e calcoli idraulici, la funzionalità del sistema a smaltire gli eccessi di portata prodotti dalle superfici impermeabilizzate rispetto alle condizioni antecedenti la trasformazione, almeno per un tempo di ritorno di 100 anni.



13 CONCLUSIONI

Il presente studio ha analizzato la rete idrografico minore e maggiore del territorio del Comune di Belluno, studiando dal punto di vista idrologico e morfologico i principali bacini idrografici del territorio e inviando le portate di piena per eventi con tempo di ritorno di 50 e 100 anni.

L'analisi ha anche valutato le aree di Pericolosità Idraulica già individuate dal PAI, confrontandole con quelle determinate sulla base di modellistica idraulica svolta dallo scrivente e da altri studi pregressi, nonché confrontandola anche con le segnalazioni dei dissesti e allagamenti avvenuti durante l'evento VAIA di Ottobre - Novembre 2018.

Per quanto riguarda gli interventi previsti dal PAT si può affermare che essi sono compatibili con quanto indicato nelle NTA del Piano di Assetto Idrogeologico.

Per ciascun intervento è stato analizzata la superficie scolante e la stimata portata prodotto durante un evento meteorico con Tr50 anni. Inoltre i volumi destinati alla laminazione individuati sono sufficienti a garantire il principio dell'invarianza idraulica definito nella Delibera della Giunta Regionale del Veneto n. 2943/2009.



RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Autorità di Bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione (2012) - Progetto di Piano stralcio per l'assetto idrogeologico dei bacini dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave e Brenta-Bacchiglione - Legge n. 267/98 e Legge n. 365/00;

Autorità di Bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione (2000) - Progetto di Piano Stralcio per la Sicurezza idraulica del medio e basso corso del fiume Piave;

Autorità di Bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione (1996) - Quaderno 1 - Legge 183 del 18 maggio 1989, Art. 23: Studi finalizzati alla redazione dei piani di bacino - Dimensionamento delle opere idrauliche. Parte II Capitolo 4 "Regionalizzazione delle precipitazioni estreme nel territorio dell'Autorità" .;

Coccatto M., A. Boccato, G. Andreella (2008) - Lo studio di compatibilità idraulica nella vigente normativa regionale - FOIV Ingegneri del Veneto, Periodico di informazione della Federazione Regionale degli ordini degli ingegneri del Veneto - numero 24 - dicembre 2008;

Commissario Delegato per l'emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici del 26 settembre 2007 che hanno colpito parte del territorio della Regione Veneto (2009) - Valutazione di Compatibilità idraulica - Linee Guida.

Da Deppo L., C. Datei, P. Salandin (2001): Sistemazione dei corsi d'acqua - Edizioni Libreria Cortina;