



Autorità di Bacino
Distrettuale del Fiume Po



PROGETTO DI VARIANTE AL PAI

Fiume Adda da Le Prese alla confluenza nel lago di Como

RELAZIONE TECNICA

Dicembre 2022

Indice

1	Premessa	2
2	Ambito territoriale della Variante e pianificazione di bacino vigente	3
3	Le nuove conoscenze – Studi e progetti di riferimento	5
4	Eventi di piena storici	6
5	Assetto idraulico, morfologico, aspetti ambientale e quadro delle criticità e squilibri.....	8
5.1	Tratto dalla confluenza con il T. Frodolfo a Le Prese.....	8
5.2	Tratto da Le Prese a Grosotto	9
5.3	Tratto da Grosotto alla traversa di Sernio.....	9
5.4	Tratto dalla traversa di Sernio al ponte di Stazzona.....	10
5.5	Tratto dal ponte di Stazzona al ponte di Tresenda.....	10
5.6	Tratto dal ponte di Tresenda alla traversa del Baghetto.....	10
5.7	Tratto dalla traversa del Baghetto al ponte della Streppona	11
5.8	Tratto dal ponte della Streppona al ponte di Busteggia	12
5.9	Tratto ponte di Busteggia alla confluenza col T. Mallero	12
5.10	Tratto dalla confluenza col T. Mallero al ponte di Berbenno	13
5.11	Tratto dal ponte di Berbenno alla traversa di Ardenno	14
5.12	Tratto dalla traversa di Ardenno alla passerella di Paniga	15
5.13	Tratto dalla passerella di Paniga al ponte di Ganda	15
5.14	Tratto dal ponte di Ganda al ponte di Mantello.....	16
5.15	Tratto dal ponte di Mantello a Nuova Olonio/S. Agata.....	17
5.16	Tratto da Nuova Olonio/S. Agata alla foce	17
6	Opere interferenti	18
7	Assetto di progetto.....	20
7.1	Tratto da Premadio alla confluenza con il torrente Frodolfo.....	20
7.2	Tratto Le Prese - Tirano	20
7.3	Tratto Tirano - Masino.....	21
7.4	Tratto Masino – lago di Como	21
8	Aggiornamento della delimitazione delle fasce fluviali	23
9	Aggiornamento della delimitazione delle aree allagabili del PGRA.....	26
10	Aggiornamento delle portate e dei profili di piena	31

1 Premessa

Dal momento dell'approvazione del PAI fino ad oggi, il tratto di fiume Adda sopralacuale è stato oggetto di una estesa campagna di studi di carattere generale e specialistico, anche a seguito della costruzione di opere di difesa e infrastrutture viarie che ne hanno modificato il funzionamento idraulico, rendendo quindi necessario un aggiornamento del PAI medesimo.

Una prima iniziativa in tal senso è stata assunta da questa Autorità di bacino nel corso delle attività di predisposizione del I^ Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA 2015) attraverso la rivalutazione delle condizioni di criticità, la delimitazione delle aree allagabili per i 3 scenari di pericolosità e la formulazione di misure.

Nell'ambito dell'aggiornamento dello stesso PGRA per il secondo ciclo di pianificazione, la Valtellina è stata individuata come APSFR (Aree a Potenziale Rischio Significativo di Alluvioni) di livello distrettuale in coerenza con le disposizioni contenute nella Direttiva 2007/60/CE e D.Lgs. 49/2010.

Sulla base delle nuove conoscenze ed in continuità con gli atti di pianificazione già adottati, la presente relazione contiene la descrizione dell'assetto idraulico e morfologico attuale del corso d'acqua, delle caratteristiche ambientali e del quadro delle criticità e degli squilibri e, in rapporto ad essa, l'assetto di progetto proposto, l'aggiornamento della delimitazione delle fasce fluviali, delle aree allagabili e delle portate e profili di piena.

2 Ambito territoriale della Variante e pianificazione di bacino vigente

Il fiume Adda nasce in Val Alpisella, nelle alpi Retiche, a quota 2122 m. s.m.. Dopo aver disceso la Valle di Fraele, alimentando i Laghi di Cancano, riceve le acque del torrente Braulio, primo affluente di media portata. Giunge poi nel comune di Bormio, dove raccoglie le acque dei torrenti Viola, Bormina e Frodolfo, prosegue in direzione sud fino a Tirano per poi continuare, dopo la confluenza con il torrente Poschiavino, verso ovest lungo la Valtellina. All'altezza di Sondrio raccoglie le acque del torrente Mallero e successivamente dei torrenti Masino e Tartano. Dopo aver attraversato il Pian di Spagna si immette nel lago di Como presso Colico (Lecco).

L'asta del fiume Adda sopralacuale è suddivisibile in tre tratti distinti per andamento, caratteristiche fisiografiche e geomorfologiche:

- nella parte più settentrionale, che va da Bormio a Sondalo, il fiume scorre con andamento torrentizio in direzione nord-sud, presentando un tracciato più inciso, geologicamente poco evoluto e con scarse tracce di morfologia glaciale;
- il tratto centrale, da Sondalo a Tirano, presenta caratteristiche geomorfologiche sostanzialmente analoghe, modificando però la direzione del tracciato secondo la direttrice nordest- sudovest;
- l'ultimo tratto, tra Tirano ed il Lago di Como, presenta una decisa deviazione in direzione est-ovest ed un andamento più lento dovuto alle caratteristiche dell'ampio fondovalle in cui il fiume si colloca ed alla debole pendenza che lo contraddistingue. Questa particolare condizione ha fatto sì che, nell'ultimo tratto, l'Adda divagasse liberamente con anse e meandri, molti dei quali permangono a testimonianza dell'azione del fiume.

Una serie di affluenti secondari, con decorso quasi ortogonale a quello dell'asta principale, si innesta sul reticolo principale. Questi hanno generalmente le caratteristiche dei torrenti alpini, parecchi dei quali precipitano rapidamente a valle dove si aprono, poco prima della confluenza, in vasti coni di deiezione.

In destra idrografica il sistema degli affluenti del fiume Adda è costituito, tra gli altri, dai torrenti Viola, Poschiavino, Mallero e Masino e in sinistra dai torrenti Tartano, Madrasco e Venina.

Al reticolo idrografico naturale si aggiunge l'articolato e ricco sistema di invasi artificiali per la produzione di energia idroelettrica, risultato di una lunga e consolidata opera di sfruttamento della risorsa idrica avviatasi all'inizio del secolo, e ancor oggi di forte rilevanza locale e nazionale.

I serbatoi di massima capacità, costituiti dai laghi di Cancano e S. Giacomo, sono situati a monte di Tirano, mentre tra Grosio e Tirano sono localizzati i serbatoi di Fusino, Vasche, Nedrin, Sernio. A valle di Tirano, fino alla confluenza nel lago spiccano, sulla porzione di bacino in destra idrografica, i due grossi invasi di Campo Moro e Alpe Gera, localizzati nel bacino del Mallero, dove sono situati anche i serbatoi di minore capacità di Pirola e Palù. Nella porzione di bacino posta in sinistra idrografica sono concentrati numerosi invasi nell'ambito dei bacini del torrente Belviso e del torrente Venina: Frera, Ganda, Venina, Scais, Di Mezzo, Forni. Scendendo a valle, ancora in sinistra idrografica, nel bacino del torrente Tartano è localizzato il serbatoio di Colombera, e il bacino del torrente Bitto che ospita i laghi Inferno, Trona e Pescegallo.

I Comuni complessivamente interessati dalla Variante al PAI relativamente al fiume Adda sopralacuale sono: Bormio, Valdisotto, Sondalo, Grosio, Grosotto, Mazzo di Valtellina, Vervio, Tovo di Sant'Agata, Lovero, Sernio, Tirano, Villa di Tirano, Bianzone, Teglio, Castello dell'Acqua, Chiuro, Ponte in Valtellina, Piateda, Tresivio, Comune di Poggiridenti, Faedo Valtellino, Sondrio, Albosaggia, Castione Andevenno, Caiolo, Cedrasco, Postalesio, Berbenno Di Valtellina, Fusine, Colorina, Buglio in Monte, Forcola, Ardenno, Talamona, Dazio, Morbegno, Civo, Traona, Cosio Valtellino, Cercino, Mantello, Rogolo, Andalo Valtellino, Delebio, Dubino, Piantedo, Gera Lario, Colico.

La presente Variante aggiorna la delimitazione delle fasce fluviali del PAI (adottato con deliberazione n. 18 in data 26 aprile 2001 e approvato con DPCM 24 maggio 2001) e le delimitazioni del PGRA relativamente alle aree di pericolosità idraulica (RP), nel tratto di Adda sopralacuale come descritto nei capitoli successivi.

Sul corso d'acqua in questione, oltre al PAI sono di seguito elencati gli strumenti di pianificazione di bacino vigenti:

- Mappe di pericolosità e rischio di alluvioni di cui all'art. 6 del D.lgs. 49/2010, pubblicate con Decreto del Segretario Generale 122/2014 a seguito della presa d'atto del Comitato Istituzionale avvenuta con Deliberazione n.03/2013 e successivi aggiornamenti;
- Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) adottato nella seduta di Comitato Istituzionale del 17 dicembre 2015, con deliberazione n.4/2015, approvato nella seduta di Comitato Istituzionale del 3 marzo 2016, con deliberazione n.2/2016, ed in particolare Monografia dell'Area a rischio potenziale significativo di alluvioni (ARS) del Fiume Adda da Sondalo al lago di Como e successivi aggiornamenti.

3 Le nuove conoscenze – Studi e progetti di riferimento

Successivamente all'approvazione del PAI sono stati condotti sul tratto del fiume Adda sopralacuale studi e progetti di intervento che hanno aggiornato in misura considerevole il quadro conoscitivo del PAI. Si citano nel seguito i documenti più significativi.

Studi a scala di Bacino:

“Analisi Idraulica sull'asta dell'Adda Sopralacuale finalizzata alla redazione delle mappe di pericolosità e del rischio alluvioni” - Attuazione della direttiva 2007/60/CE a supporto del progetto di variante generale del PAI (2013), elaborato da Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po, Regione Lombardia e Provincia di Sondrio.

“Attività di studio finalizzata al completamento e aggiornamento delle analisi idrauliche sulle modalità di propagazione delle piene lungo l'asta dell'Adda e all'aggiornamento dell'assetto di progetto e delle fasce fluviali nell'Area a Potenziale Rischio Significativo (APSR) Valtellina, in attuazione della misura PGRA 2015 ITN-008-DI-040”, AdBPo (2022). Lo studio aggiorna le modalità di deflusso delle piene lungo l'asta del fiume Adda, con conseguente individuazione delle aree esondabili, utilizzando una modellazione bidimensionale.

Studi locali di dettaglio:

Comune di Albosaggia - Documento di valutazione di dettaglio delle condizioni di pericolosità e rischio locali ai sensi della D.G.R. n.X/6738 del 19/06/2017 (gen. 2018);

Comune di Poggiridenti - Proposta di revisione della mappatura del P.G.R.A. di pericolosità e del rischio idraulico del reticolo principale (apr. 2021);

Comune di Mazzo di Valtellina - Revisione della mappatura del PGRA entro i limiti comunali e aggiornamento delle fasce PAI – Studio idraulico di dettaglio (mar. 2018);

Comune di Montagna in Valtellina - Proposta di revisione della mappatura del P.G.R.A. di pericolosità e del rischio idraulico del reticolo principale (apr. 2021);

Comune di Sondrio - Proposta di revisione della mappatura del P.G.R.A. di pericolosità e del rischio idraulico del reticolo principale (giu. 2019);

Comune di Tovo di S. Agata - Proposta di revisione della mappatura del P.G.R.A. entro i limiti comunali – Studio idraulico di dettaglio (feb. 2020).

Progetti:

Comune di Mantello – Opere di adeguamento delle difese arginali sul fiume Adda a protezione dell'abitato (Progetto esecutivo 2019, Contabilità finale lavori 2021);

Comune di Morbegno – Opere di adeguamento delle difese arginali sul fiume Adda a protezione dell'abitato (Progetto esecutivo 2016);

Comune di Sondrio – Realizzazione del prolungamento del fosso colatore Agneda e dell'adeguamento del reticolo di drenaggio a protezione dell'abitato di Sondrio (Progetto definitivo 2019).

4 Eventi di piena storici

Gli eventi alluvionali più significativi, verificatisi lungo l'asta del fiume Adda, sono avvenuti nel 1911, in cui vennero colpite più aree, in particolare il T. Frodolfo ed il T. Lenasco (la portata registrata ad Ardenno fu di 1190 m³/s), nel 1960 con il disalveamento del T. Tartano e allagamenti tra Piateda e l'estrema periferia a monte di Sondrio, tra Berbenno e Ardenno e a monte di Morbegno, a Cà Ceschina, Castello, Caspoggio, e al Dosso dei Cristalli e nel 1987, dove fu coinvolta l'intera Valtellina. Nel corso di quest'ultimo evento si sono attivate numerose frane, disalveamenti ed intensi processi erosivi del F. Adda lungo il fondovalle con esondazioni in alcuni centri abitati ad opera di tributari dell'Adda. Il 28 luglio del 1987 la frana della Val Pola distrusse 4 nuclei abitati, provocando 29 vittime e sbarrando l'alveo dell'Adda con conseguente formazione di un lago. Nella media e bassa Valtellina si attivarono numerose frane nei bacini tributari che provocarono danni e vittime (21 in Val Tartano, 2 in Val di Tognò). La Piana della Selvetta fu allagata a seguito di una rotta arginale dell'Adda. I danni alla viabilità primaria e secondaria, alla linea ferroviaria, alle opere di difesa ed alle infrastrutture a rete furono enormi. La massima portata al colmo ad Ardenno fu di circa 1.600 m³/s. Si riporta, nella tabella seguente, una sintesi degli eventi storici che hanno interessato l'area oggetto di indagine.

Tab. 1 Eventi di piena storici

Evento di piena	Caratteristiche
Settembre 1950	Dissesto idrogeologico caratterizzato dal trasporto di oltre 1 milione di metri cubi di detriti nell'alta valle del torrente Mallero
Agosto 1951	Un'alluvione in Val Masino (piana dell'Alpe) demolisce alcuni ponticelli a monte dei Bagni del Masino. Allagamenti provocati dall'Adda si verificano presso Desco, tra Ardenno e Morbegno. All'estremità settentrionale del lago di Como un trasporto di massa torrentizio investe Gera Lario (provincia di Como) provocando 18 morti
1953	Dissesto idrogeologico provocato dal torrente Schiesone con trasporto di materiale detritico che danneggia un lungo tratto della ferrovia e un ponte, e alluviona oltre 100 ha di terreni nei comuni di Prata, Gordona e Samolaco
18 luglio 1953	Nubifragio e alluvioni colpiscono il torrente Schiesone in Valtellina
Settembre-dicembre 1960	Dissesti idrogeologici nelle province di Sondrio e di Como: il torrente Tartano disalvea e asporta un tratto di strada; allagamenti si verificano nella zona compresa tra Piateda e l'estrema periferia a monte di Sondrio, tra Berbenno e Ardenno e a monte di Morbegno, a Cà Ceschina, Castello, Caspoggio, e al Dosso dei Cristalli
Novembre 1963	Allagamenti a Colorina per l'ostruzione del ponte sul torrente Tartano
Settembre 1968	Alluvione a Mondadizza, comune di Sondalo
Maggio 1983	Dissesti idrogeologici in provincia di Sondrio, a seguito di piogge prolungate cadute nella seconda metà del mese, soprattutto nei giorni 21-23. Gli effetti più gravi si verificano nel tratto mediano della Valtellina, tra Chiuro e Bianzone, con valori di piogge che superano i 200 mm e con intensità costante, intorno a 5-6 mm/h per tutte le prime 20 ore dell'evento
7-24 aprile 1986	Piogge persistenti a partire dal giorno sette provocano guasti in tutte le province. Dalla Valmalenco alla Valmasino, si registrano numerosi straripamenti di torrenti e movimenti franosi
Luglio 1987	Abbondanti precipitazioni interessano la province di Sondrio, Como, Bergamo e Brescia. La Valtellina è stata la zona più colpita, con valori medi cumulati di precipitazione di circa 250 mm in tre giorni e punte di 305 mm unitamente a temperature elevate alle alte quote (l'isoterma a zero gradi attestata a quota 4.000 m s.m. determina il rapido scioglimento dei ghiacciai). Il volume di afflusso meteorico è stato stimato pari a 700 milioni di m ³ di cui circa 250 milioni di m ³ si sono trasformati in deflusso superficiale. Il volume di materiale solido mobilizzato è stato di circa 120 milioni di m ³ . La piena è stata concomitante su tutti i tributari dell'Adda con onde di piena di durata 4-6 ore tra Bormio e Tirano e 6-7 ore nella bassa valle. La massima portata al colmo ad Ardenno di circa 1.600 m ³ /s (la piena storica del 1911 registrava 1190 m ³ /s) causa rotte arginali per sormonto. Nella sezione di Fuentes la portata al colmo risulta di poco superiore ai 1.000 m ³ /s, laminata dal collasso degli argini a monte

Evento di piena	Caratteristiche
Novembre 2000	In occasione dell'evento di piena si sono verificati allagamenti delle aree del fondovalle del F. Adda prossime ai versanti accompagnati da fenomeni di trasporto di massa lungo la rete idrografica e sui conoidi

5 Assetto idraulico, morfologico, aspetti ambientale e quadro delle criticità e squilibri

Il tratto di fiume Adda compreso tra Bormio e Sondalo è fortemente caratterizzato dallo scenario delineatosi a seguito della sistemazione dell'area e del tratto di alveo interessati dalla frana di Val Pola. A valle di questa il corso d'acqua scorre con andamento rettilineo o debolmente sinuoso ed è presente una tendenza all'erosione di fondo, con conseguente scalzamento al piede dei versanti e presa in carico di rilevanti volumi di materiale solido.

Da Sondalo a Tirano il corso d'acqua scorre per lunghi tratti rettificato e contenuto da arginature strette; l'andamento planimetrico non ha subito variazioni rilevanti recenti. Nei tratti in cui il corso d'acqua ha maggiore libertà di divagazione, si osserva talvolta un andamento ramificato.

Da Tirano al ponte in località Stazzona il corso d'acqua è rettificato e totalmente artificializzato da opere di difesa continue su entrambe le sponde; non sono presenti variazioni planimetriche significative recenti.

Dal ponte in località Stazzona a Sondrio l'andamento del corso d'acqua risulta sensibilmente più vincolato. In alcuni casi, in seguito a fenomeni di abbassamento del profilo di fondo, si osserva la disattivazione di barre laterali, trasformate in golene stabili, oltre alla disattivazione di rami e canali secondari. Estesi rami secondari in sinistra all'altezza dell'abitato di Tresenda si sono disattivati nel corso dell'ultimo trentennio.

Da Sondrio alla confluenza al lago di Como il corso d'acqua risulta sostanzialmente rettilineo o debolmente sinuoso, con un breve tratto a meandri in prossimità di Dubino. Il grado di regimazione è consistente e il sistema di difese spondali e arginature è pressoché continuo. Le vaste aree della Piana della Selvetta tra Berbenno e Masino e del Pian di Spagna in prossimità della confluenza al lago di Como caratterizzano fortemente questo tratto del corso d'acqua.

Dal punto di vista geomorfologico la valle dell'Adda presenta, nel suo complesso, un basso grado di evoluzione, con forte pendenza dei versanti e delle aste torrentizie nella parte settentrionale, particolarmente esposta a fenomeni franosi, e minori pendenze nella parte valliva, maggiormente soggetta ad allagamenti.

Lungo l'asta sono presenti 4 sbarramenti per la derivazione di acqua a fini idroelettrici: la traversa in località Le Prese a Sondalo, la traversa di Sernio, la traversa del Baghetto a Chiuro e la traversa di Ardenno.

5.1 Tratto dalla confluenza con il T. Frodolfo a Le Prese

Lungo il tratto compreso tra la confluenza con il T. Frodolfo e la località Le Prese, il F. Adda è caratterizzato, in generale, da un alveo monocursale con andamento planimetrico abbastanza regolare e tratti curvilinei poco accentuati. Il tratto si origina in corrispondenza della confluenza tra il fiume Adda, a valle del ponte Santa Lucia, e il torrente Frodolfo. La confluenza è stata oggetto di recenti interventi volti a modificarne la configurazione per garantire una miglior capacità di deflusso. Sono state eseguite opere di regimazione della corrente per facilitare il transito del trasporto solido proveniente sia dall'Adda sia dal T. Frodolfo. Tutto il tratto, fino al viadotto della variante di Bormio, è caratterizzato da una rilevante problematica di sovralluvionamento. L'argine in destra è in terra e blocchi sciolti con presenza di vegetazione mentre in sinistra l'alveo è delimitato da un muro in c.a.. A valle del viadotto, le arginature sono state oggetto di recenti interventi: in destra è stata ricostruita la scogliera esistente e in corrispondenza della sommità della stessa è stato realizzato un parapetto che concorre al contenimento della portata, in sinistra gli argini, costituiti da muri in c.a., sono stati sopralzati.

A valle della passerella ciclo-pedonale del Sentiero Valtellina il fiume prosegue lambendo, in sinistra idraulica, lo stabilimento della Levissima, protetto da un muro arginale in c.a..

Proseguendo verso valle, in destra continua la scogliera in massi ciclopici mentre in sinistra si alternano tratti in scarpata naturale e in scogliera. La sezione di deflusso si allarga avvicinandosi al Ponte Zola, in corrispondenza del quale la larghezza dell'alveo subisce una brusca contrazione. Il Ponte Zola è costituito da un impalcato con 4 campate. A valle di esso è presente un manufatto a 3 campate per il sostegno di una condotta di A2A.

Il fiume prosegue lateralmente al centro abitato di Valdisotto con andamento monocursale e sezioni di larghezza media di 15-20 m, portandosi in adiacenza al versante orobico. Le sponde sono in parte naturali e in parte delimitate da muri in c.a.. La tratta termina in corrispondenza dell'area interessata dagli interventi di sistemazione idraulica e difesa del suolo eseguiti a seguito dell'alluvione del 1987 e della frana della Val Pola, costituiti da un bacino di calma in testa, due gallerie con funzione di by-pass, dimensionate per lo smaltimento di una portata di 500 mc/s, un canale provvisorio sul corpo di frana, un argine di contenimento dei detriti provenienti dal corpo di frana e una serie di opere di consolidamento del piede della frana (briglie e soglie).

5.2 Tratto da Le Prese a Grosotto

Il tratto di fiume Adda interessato dalla delimitazione delle fasce fluviali inizia in Comune di Sondalo, a valle dell'area interessata dagli interventi di cui al paragrafo precedente. Dopo un tratto iniziale caratterizzato dalla presenza in alveo di briglie di fondo, in corrispondenza della località Le Prese il corso del fiume è interrotto da una traversa di derivazione per la produzione di energia elettrica. A valle dello sbarramento, dopo l'immissione del torrente Rezzalasco, il fiume prosegue con pendenze elevate mantenendosi in adiacenza al versante retico. Le sponde si presentano naturali fino al centro abitato di Sondalo, che il fiume attraversa con andamento rettilineo, arginato da muri spondali. A valle di tale tratto canalizzato, che si estende per circa 1 km, l'alveo torna ad avere una connotazione più naturale, con pendenze elevate e presenza di briglie di fondo. In corrispondenza dell'abitato di Grosio il fiume si porta a ridosso del versante orobico fino alla confluenza con il torrente Roasco, a valle del ponte di Grosotto. La valle, lungo questa tratta, si presenta stretta e caratterizzata dalla presenza versanti laterali ripidi con numerosi valletti. I principali affluenti sono, oltre al sopracitato torrente Rezzalasco, i torrenti Lenasco, Valoncia, Migiondo e Ruina. Data la pendenza dell'asta fluviale, sussiste lungo la tratta una vistosa tendenza all'erosione di fondo, con conseguente scalzamento al piede dei versanti e presa in carico di rilevanti volumi di materiale solido. La granulometria è prevalentemente costituita da materiale di media e grande pezzatura, soprattutto ghiaie e ciottoli. Lungo la tratta, oltre agli attraversamenti della S.S. 38 posti a quote elevate tali da non influenzare l'andamento del fiume, sono presenti numerosi ponti, localizzati principalmente in corrispondenza dei centri abitati di Sodalo, Grosio e Grosotto.

5.3 Tratto da Grosotto alla traversa di Sernio

A valle della confluenza con il torrente Roasco, l'alveo del fiume Adda è caratterizzato da un susseguirsi di tratte in deposito e tratte in escavazione con andamento sinuoso. Lungo questa tratta, che si estende per circa 2 km, fino al ponte di Mazzo, le sponde si presentano naturali, a tergo delle quali sono presenti aree agricole e boschive che si estendono in sinistra fino alla S.S. 38 e in destra fino alla S.P. 27. A valle del ponte Mazzo l'alveo presenta un andamento rettilineo con larghezza media di circa 20 m fino al ponte di Vervio. Proseguendo a valle il fiume torna ad assumere una connotazione più naturale giungendo fino alla traversa di Sernio, dove lo sbarramento a scopo idroelettrico crea un modesto invaso. L'intera tratta è caratterizzata dalla presenza in sinistra idraulica del rilevato della S.S. 38 lungo cui sono presenti numerosi fornicci per il passaggio di mezzi e pedoni che, in caso di eventi di piena, possono diventare punti di passaggio del deflusso e quindi potenzialmente provocare allagamenti nelle aree a tergo della sede stradale.

Dalla confluenza con il t. Rosasco alla traversa sono presenti 3 ponti:

- il ponte di Mazzo, caratterizzato da numerose campate con pile in alveo, risulta sufficiente nei confronti della piena duecentennale;
- il ponte di Vervio, a campata unica con sezione idraulica ristretta genera rigurgiti a monte;
- il ponte di Lovero risulta sufficiente nei confronti della piena duecentennale.

La tratta è caratterizzata dall'assenza di affluenti di importanza rilevante. Tra gli elementi del reticolo che si immettono vi sono i torrenti Arlato, Carogna e Saiento in destra idraulica e i torrenti Campaccio, Ruinaccio e val Grande in sinistra.

5.4 Tratto dalla traversa di Sernio al ponte di Stazzona.

A valle della traversa di Sernio il fiume presenta un tratto a elevata pendenza con genera una tendenza all'erosione di fondo, con presa in carico di sedimenti in grado di limitare l'officiosità idraulica del tratto canalizzato di Tirano. L'Adda attraversa il centro abitato con sezioni di larghezza media di 25 m, arginato in destra e in sinistra da muri in pietrame e calcestruzzo. A valle del centro cittadino il tratto canalizzato prosegue sempre arginato con sezioni di larghezza maggiore (circa 40-50 m), fino alla confluenza con il torrente Poschiavino. L'argine destro è percorso da una strada alzaia e nel tratto cittadino dalla via lungo Adda destra. L'argine sinistro è interessato dalla strada provinciale fino alla SS 38. In corrispondenza della loc. S. Bernardo, per circa 1 Km, la strada se ne discosta individuando una modesta golena coltivata a meleto. A tergo degli argini vi sono zone agricole su entrambe i versanti fino alla zona urbanizzata, dove le costruzioni, produttive e poi residenziali, si affacciano direttamente sulla strada. A monte dell'immissione del torrente Poschiavino, l'alveo è stato recentemente oggetto di importanti interventi di consolidamento del piede degli argini e di stabilizzazione del fondo, anche con massi provenienti dall'erosione della conoide della Valchiosa, posta più a monte. Nel tratto successivo, dall'immissione del T. Poschiavino fino al ponte di Stazzona, il fondo è in materiale di media pezzatura, soprattutto ghiaie e ciottoli in massima parte provenienti dal torrente stesso, con qualche deposito appena a monte del ponte. Idraulicamente la tratta è condizionata dalla presenza dei ponti. I ponti cittadini, quattro in tutto, non risultano compatibili al transito della portata di piena duecentennale, in particolare il ponte di via del Commercio presenta una grave insufficienza a causa dell'intradosso basso. Il ponte di Stazzona, seppur sufficiente, non presenta adeguato franco idraulico. La struttura induce una strozzatura che provoca rigurgito a monte con livelli di pelo libero contenuti nelle arginature di recente realizzazione in destra mentre in sinistra si verificano allagamenti nelle circostanti aree agricole.

5.5 Tratto dal ponte di Stazzona al ponte di Tresenda

Questa è la tratta più naturale di tutto l'Adda, dove gli interventi antropici sono modesti. Lungo il primo tratto, a valle del ponte di Stazzona fino all'immissione del canale Rossi in destra, e del T. Rivallone in sinistra, l'alveo è canalizzato con larghezza variabile da 100 e 40 m. In destra vi è una piana agricola coltivata a meleto, mentre in sinistra la breve piana lascia posto alla conoide del T. Rivallone, dove sorge l'abitato di Stazzona. A valle dell'immissione del Canale Rossi è presente una vecchia arginatura. La piana si fa più ampia e leggermente depressa con vocazione agricola. A tergo della sponda sinistra, tra la conoide del T. Belviso e le pendici orobiche, si sviluppa una stretta e lunga piana agricola di indubbio interesse paesaggistico, percorsa dal sentiero Valtellina, che si chiude sullo sperone roccioso di Svandana (Stazzona) poco a valle dell'immissione del T. Rivallone, recentemente regimato. Lungo l'ultimo tratto, fino al ponte di Tresenda, il corso d'acqua serpeggia nella piana con grande possibilità di esondazione soprattutto in sinistra, dove si notano ancora gli effetti di passate escavazioni in alveo con ancora qualche accumulo presente in golena. L'alveo è caratterizzato da un susseguirsi di tratte in deposito e tratte in escavazione e locale formazione di isolotti e doppi alvei di piena ordinaria; l'evoluzione dell'alveo in questa tratta è piuttosto veloce. Il materiale di fondo è grossolano, generalmente ghiaioso con pezzatura più grossa (fino a ciottoli) in corrispondenza dell'immissione dei tributari orobici (quindi in sinistra orografica) del T. Belviso e del T. Rivallone, noto per la consistente attività di trasporto solido. Le sponde sono generalmente basse e quasi sempre naturali o al più protette da scogliere sciolte.

5.6 Tratto dal ponte di Tresenda alla traversa del Baghetto

La tratta, lunga circa 8 km si presenta abbastanza omogenea, con alveo quasi naturale, non particolarmente canalizzato e solo saltuariamente arginato. In località Tresenda, a valle delle immissioni dei torrenti Belviso e Bolazo, l'alveo presenta un andamento sinuoso con presenza di tre attraversamenti: una passerella pedonale, il ponte della S.S. 39 e il ponte Falk. A valle, fino alla località San Giacomo, la sponda sinistra non è mai arginata, e solo saltuariamente protetta da scogliere sciolte, la sponda destra si presenta anch'essa non arginata, e quasi sempre naturale. Tra il versante retico e il fiume si apre una piana, depressa dal punto di vista topografico e percorsa da alcuni canali di bonifica recentemente rizezionati. L'area è completamente agricola e svolge funzione di golena e naturale esondazione e di

modesta laminazione fino alla linea ferroviaria e alla SS. 38. A monte della statale vi sono attività produttive eccezionalmente invase dalle acque di rigurgito dei canali di bonifica suddetti. Per tutta la tratta l'alveo si presenta naturale con pendenze modeste e andamento leggermente sinuoso, con piccole zone di deposito soprattutto dovuto al trasporto solido dei torrenti orobici. Nelle tratte di attraversamento degli abitati di S. Giacomo e Tresenda l'alveo è canalizzato con la presenza della ferrovia a ridosso della sponda destra. La pezzatura del materiale d'alveo va dalle sabbie fini a monte dell'invaso, a grossolane nella tratta superiore, passante alle ghiaie e rari ciottoli. Lungo il tratto terminale, fino allo sbarramento del Baghetto, il fiume scorre quasi sempre a contatto del versante orobico, sospinto verso il centro della piana alluvionale dell'Adda. Appena a monte dello sbarramento la morfologia dell'alveo è chiaramente influenzata dalle quote di vaso, utili per lo sfruttamento idroelettrico della centrale di Boffetto. Lungo tutta la tratta sono presenti ampie curve in corrispondenza di alcune conoidi di valli laterali. La prima in corrispondenza di Tresenda, del T. Belviso, la seconda in corrispondenza di S. Giacomo, del T. Magina e Margatta. In entrambi i casi il fiume è sospinto verso il versante retico in corrispondenza dei due speroni rocciosi di Tresenda e S. Giacomo.

La tratta è caratterizzata dalla presenza di numerosi ponti, in particolare, da valle verso monte:

- il ponte della strada provinciale per Castello dell'acqua, a monte dello sbarramento del Baghetto, che per piene non ordinarie funziona in pressione;
- il ponte di S. Giacomo della strada comunale per Carona e Bondone insufficiente per la piena duecentennale;
- la passerella ciclo pedonale di S. Giacomo di impatto idraulico quasi nullo;
- il ponte della ex strada privata Falk di notevole impatto idraulico;
- il ponte di Tresenda della strada statale per Aprica con funzionamento in pressione;
- la passerella ciclo pedonale di Tresenda, soggetta ai livelli idrici rigurgitati dalle strutture di valle.

Queste ultime tre strutture sono ubicate in un tratto di fiume molto stretto, in corrispondenza dell'abitato di Tresenda e rappresentano strozzature significative. Il ponte Falk, realizzato con tre pile in alveo, crea evidente ostacolo al deflusso delle piene; esso è seguito a breve distanza da quello della SS. 39 di Aprica, realizzato in campata unica molto stretta tra le due spalle (solamente 50 m) e caratterizzato da un intradosso poco elevato rispetto al fondo. Tale situazione comporta un notevole rigurgito a monte che induce problematiche di allagamento delle aree circostanti.

5.7 Tratto dalla traversa del Baghetto al ponte della Streppona

La tratta iniziale, dallo sbarramento del Baghetto all'immissione del T. Armisa, in buona parte si presenta naturale. La conoide del T. Armisa e il suo apporto solido definiscono un'ampia curva. La corrente, sospinta da questo, ha profondamente eroso le pendici della preesistente conoide del T. Rhon nella sua parte terminale. La sponda destra risulta quindi molto acclive, mentre la sinistra degrada dolcemente verso i campi che occupano la conoide. Terminati i serpeggiamenti suddetti si apre in destra la piana di Chiuro. Nella parte più a valle, dove il fiume attraversa gli abitati di Boffetto in destra e Carolo in sinistra, la sezione trasversale è molto stretta e compresa tra due arginature in muratura e/o scogliera intasata in calcestruzzo. Diventa poi naturale, scorrendo in una sorta di forra tra il versante orobico e la sponda erosa della conoide del Rhon, con solamente alcune difese spondali realizzate dopo l'alluvione del 1987 dove localmente si manifestarono alcune importanti erosioni. Il regime è quasi torrentizio e la corrente è evidentemente veloce e turbolenta. Nel tratto terminale il fiume passa ai piedi del versante roccioso orobico, ivi sospinto dalla possente conoide del t. Rhon, erodendone le pendici con scarpate che, nella parte mediana, raggiungono anche i 50 m di altezza. Il fiume si è tagliato nei millenni il suo letto asportando i materiali più fini che compongono la conoide del Rhon e lasciando in sito i massi più grossolani, fino oltre il metro cubo (la tratta è denominata "bocioni"). L'alveo ha andamento leggermente serpeggiante, imposto dalla morfologia del sito. Nel tratto in oggetto sono presenti due ponti. Il primo a Boffetto, è un vecchio ponte in muratura ad arco, che con la sua sezione ristretta, assieme alla ristrettezza dell'alveo, comporta importanti perturbazioni idrauliche con localizzata esondazione a monte in sponda destra verso l'abitato di Boffetto. Il secondo, detto ponte di Sazzo, si trova sulla strada comunale per la

Valle di Arigna e le frazioni Orobiche, presenta una struttura simile alla precedente ma impostata nella forra a quote abbastanza elevate. La sua interferenza idraulica è quindi meno impattante. Lungo questa tratta non sono presenti contributi idrici significativi se non il già citato T. Armisa che durante l'alluvione del 1987 ha cambiato corso nella parte terminale ed è stato oggetto di un consistente intervento di regimazione e bonifica dell'intera conoide.

5.8 Tratto dal ponte della Streppona al ponte di Busteggia

La tratta si estende a valle del ponte della Streppona per circa 4 km ed è stata oggetto di consistenti interventi di arginatura eseguiti dopo l'alluvione del 1987. L'alveo risulta canalizzato con andamento leggermente serpeggiante e percorre la parte mediana della piana alluvionale dell'Adda. La sezione trasversale è compresa tra due argini in terra che distano tra di loro da circa 100 a 200 m. Il fiume scorre con un alveo attivo a media pendenza caratterizzato da un susseguirsi di tratte in deposito e tratte in escavazione e locale formazione di isolotti (il più consistente a valle del ponte di Amonini) e doppi alvei di piena ordinaria. Il fondo è costituito nella massima parte da ghiaie e piccoli ciottoli. Le modeste golene laterali sono in parte invase da piante ed arbusti; le sponde dell'alveo attivo si presentano quasi sempre protette da scogliere sciolte con alcuni tratti naturali con localizzati modesti fenomeni di scalzamento. Nella parte più a monte la sponda destra risulta acclive poiché incomincia ad essere interessata dalla conoide del T. Rhon, che sfocia senza problemi nel fiume appena a valle del ponte della Streppona. A circa metà di questa tratta il fiume è attraversato dal ponte della strada comunale per Amonini, struttura di non recente costruzione, non particolarmente influente dal punto di vista idraulico nonostante le due pile in alveo. La parte arginata, in destra idraulica, è percorsa dal sentiero Valtellina dalla sezione di fronte allo scarico della centrale Edison di Boffetto fino al ponte di Amonini; la parte arginata in sinistra è compresa tra il ponte della Streppona e il ponte di Amonini. Esternamente all'argine maestro in destra si estende la piana di Tresivio, Poggiridenti e Montagna, quasi completamente agricola e abbastanza depressa nella parte tra il fiume e la SS. 38; è percorsa da un canale di bonifica che sfocia in Adda poco a monte dell'immissione del T. Davaglione. Lo sbocco del T. Davaglione a valle e T. Rogna nella parte mediana, risulta quasi pensile e ben arginato. In sponda sinistra si estende invece la piana di Piateda compresa tra la conoide del T. Venina e le pendici delle Orobiche fino al ponte della Streppona. Tale piana è sostanzialmente agricola verso fiume e parzialmente antropizzata dall'abitato di Piateda al Piano con le sue frazioni. In questa tratta sfociano in Adda i canali delle centrali idroelettriche Edison di Venina e di Boffetto; i canali sono efficacemente protetti da arginature e quindi, anche se parzialmente pensili rispetto alla piana e oggetto di rigurgito in caso di livelli in Adda particolarmente alti, non provocano esondazioni. E' a quota leggermente superiore a quella della sponda destra e protetta da arginature puntualmente non sufficienti al contenimento della piena duecentennale. Nella parte terminale la piana è percorsa da un canale di bonifica che sfocia in Adda a monte del ponte per Faedo. Lungo la tratta, nella parte più a monte, sfociano in Adda due tributari orobici, il T. Paiosa e il T. Serio, senza interferenza idraulica alcuna. Oltre al già citato ponte Amonini, è presente il ponte di Busteggia che non presenta particolari criticità idrauliche.

5.9 Tratto ponte di Busteggia alla confluenza col T. Mallero

La tratta tra il ponte di Busteggia e la confluenza con il torrente Mallero, lunga quasi 5 km, presenta un alveo abbastanza regolare dove il fiume percorre le pendici delle Orobiche, lì sospinta dalla conoide del T. Mallero, e vi si discosta solamente nella parte iniziale per la presenza di un ampio serpeggiamento dovuto allo sbocco del T. Venina e della sua conoide. L'alveo di piena ordinaria è ben delimitato e talora coincidente con quello di piena eccezionale. Solamente in destra idraulica, in corrispondenza della tangenziale di Sondrio che sostanzialmente fa da argine golenale, le quote sono tali da essere oggetto di esondazione per piene anche ordinarie, individuando un'ampia golena attualmente occupata dal "parco cittadino dell'Adda". All'esterno di tale golena, prima di giungere alla zona antropizzata del capoluogo, esiste una piana principalmente a carattere agricolo, attraversata da alcuni canali e fossi di drenaggio che scaricano in Adda appena a valle del ponte per Albosaggia (scarico modificato da ANAS in sede di realizzazione della tangenziale di Sondrio). Le quote di tale porzione di territorio sono molto depresse e soffrono del rigurgito delle acque di piena del F. Adda che, come durante i fenomeni alluvionali del 1960

e 1987, vengono invase dalle acque. A seguito delle opere di adeguamento del reticolo di drenaggio e del prolungamento del fosso colatore Agneda, l'effetto del rigurgito e i relativi allagamenti nella piana retrostante il rilevato della statale risultano notevolmente diminuiti. In corrispondenza della porzione di territorio tra lo sbocco del T. Venina ed il versante orobico in sponda sinistra, si è formata nei secoli una boschina ripariale con rami morti del fiume di notevole interesse naturalistico, inserito dalla Regione Lombardia tra le riserve naturali ("Bosco dei Bordighi"); tale area è ovviamente più o meno interessata dalle piene anche ordinarie. L'alveo è un alternarsi di piccole aree di deposito (sabbie grossolane e ghiaie), raschi e modesti fondali (residuo delle zone di estrazione di inerti), con andamento gradevolmente sinuoso. La pendenza è più o meno costante per tutta la tratta. Le sponde sono quasi sempre naturali o al più consolidate da scogliere sciolte, che sono evidenti nella sponda sinistra di fronte all'immissione del T. Mallero e nella destra a valle del ponte di Faedo – Piateda).

In questo tratto vi sono tre attraversamenti viari e/o ciclabili del fiume. Procedendo da monte verso valle, si trovano:

- la passerella pedonale di Faedo di impatto idraulico quasi nullo;
- il ponte della strada provinciale per Albosaggia di impatto idraulico trascurabile;
- la passerella pedonale di Albosaggia di impatto idraulico quasi nullo.

Di particolare interesse si segnalano alcune immissioni di canali e/o fossi e torrenti che hanno interferenza con le piene. Procedendo da monte si segnalano:

- lo sbocco del T. Venina, in sinistra, marcatamente rigurgitato in caso di piena dell'Adda;
- lo sbocco del T. Orsenigo, in sinistra, a monte del ponte di Albosaggia, che, col suo piccolo ma evidente conoide costringe l'Adda ad una modesta sinusoide;
- lo scarico della centrale Enel di Sondrio, protetto da arginature e quindi, anche se pensile rispetto alla piana e oggetto di rigurgito in caso di livelli in Adda particolarmente alti, non provoca esondazioni;
- in destra, a valle del ponte di Albosaggia, il già citato sbocco del fosso colatore Agneda della piana di Sondrio;
- lo sbocco del T. Torchione, in sinistra, che non ha interferenza negativa col fiume se non per il modesto trasporto solido che deposita in Adda;
- la confluenza con il torrente Mallero, in destra idraulica, oggetto di massicci interventi dopo il 1987, con risagomatura dell'alveo, creazione di sacche di deposito e di importanti difese spondali; nell'ambito dello stesso intervento sono state consolidate le sponde del F. Adda sia in destra idraulica, verso lo sperone della Sassella, sia in sinistra per contrastare l'effetto del T. Mallero.

5.10 Tratto dalla confluenza col T. Mallero al ponte di Berbenno

Il tratto si presenta abbastanza naturale, non particolarmente canalizzato e solo saltuariamente arginato. Tra lo sbocco del T. Mallero e quello del T. Livrio, dal punto di vista morfologico il fiume è caratterizzato da una discreta pendenza e sezione sufficiente al transito delle piene, con invasione della golena sinistra anche per piene di carattere non eccezionale. Planimetricamente l'andamento è influenzato dalla vastissima conoide del T. Torchione, tributario del versante orobico, che lo costringe verso lo sperone retico della Sassella. Tra il fiume e questo transitano sia la ferrovia che la SS 38, protette da una modesta arginatura. Alla confluenza del T. Mallero, come detto, sono state eseguite opere di regimazione ed avviamento della corrente per facilitare il transito del solido proveniente dal T. Mallero. Anche sulla sponda sinistra sono state eseguite opere di consolidamento spondale per evitare scalzamenti provocati dalla più impetuosa e dominante corrente del T. Mallero rispetto a quello dell'Adda, come successe durante l'alluvione del 1987, e pertanto risulta idraulicamente ben protetta. Tra la confluenza del T. Mallero e lo sperone della Sassella la modesta area golenale ospita il parco cittadino del capoluogo. A monte del T. Vendolo (detto anche Bocco) vi è una modesta arginatura che si chiude sullo sperone roccioso della Sassella. Tra l'argine e il versante retico si apre una vasta piana, piuttosto depressa,

parzialmente occupata da una consistente zona produttiva (Castione) prospiciente la SS. 38. Solo più verso il versante montuoso tale piana è stata conservata a scopo agricolo. È percorsa da alcuni fossi di recapito di risorgive che sfociano in Adda a valle della zona industriale e risentono del rigurgito dal fiume. In questa tratta l'alveo di piena ordinaria si presenta in buono stato e abbastanza naturale, con andamento sinuoso imposto dalle conoidi laterali, retiche ed orobiche, e da discreta pendenza e quindi capacità di deflusso. Il fondo è caratterizzato da materiale di media pezzatura (ghiaie e ciottoli). A valle del T. Livrio è presente l'attraversamento della strada provinciale per Caiolo, costruito recentemente con una campata centrale molto ampia (circa 96,0 m), ininfluente sulle piene del fiume. Dallo sbocco del T. Livrio a quello del T. Cervio, le due sponde hanno caratteristiche diverse. La sponda destra è completamente naturale e confina con la piana tra la conoide alluvionale del T. Caldenno e quella del T. Vendolo. La sinistra è protetta da un argine maestro che separa l'Adda dal versante orobico. A tergo si identifica una prima piana alluvionale di Cedrasco, percorsa da canali di bonifica, di cui il principale (canale Bachetto) sfocia a monte dell'immissione del T. Crevio. Una seconda piana, situata più a monte, è occupata quasi interamente dall'Aviosuperficie di Caiolo e dal campo di golf. Tale area è protetta da un argine parzialmente insufficiente e risulta soggetta a rigurgito dal canale di bonifica principale (Canale Bachetto). Proseguendo verso valle, la sponda sinistra è priva di argini e solamente protetta da scogliera spondale. Tra il versante orobico e il fiume si apre una piana agricola, depressa dal punto di vista topografico e percorsa da alcuni canali di bonifica costruiti dopo l'alluvione del 1987. L'area, completamente agricola, svolge funzione di golenia con naturale esondazione e modesta laminazione. In sponda destra invece vi è un'arginatura che dal ponte di Berbenno prosegue fino alla vasta conoide del T. Caldenno. In questo tratto vi è la problematica immissione del T. Finale, oggetto di importanti interventi di regimazione nel tratto terminale, che sfocia in Adda in regime rigurgitato, quindi con problematiche di allagamenti nella piana che si presentava paludosa fino agli inizi degli anni '80 del secolo scorso, poi trasformata in zona produttiva. È attualmente in corso un intervento in corrispondenza dell'immissione per la formazione di una chiavica. In questo tratto l'alveo si presenta naturale con pendenze modeste e andamento leggermente sinuoso, con modeste zone di deposito soprattutto dovuto al trasporto solido del T. Cervio.

5.11 Tratto dal ponte di Berbenno alla traversa di Ardenno

Questo tratto è dal punto di vista morfologico pesantemente caratterizzato dalla presenza dell'invaso Enel di Ardenno, costruito all'inizio degli anni '60 del secolo scorso per alimentare la centrale di Monastero, allora proprietà delle Ferrovie dello Stato. Infatti per circa 6 km l'Adda è costretta tra due importanti arginature atte a garantire una quota d'invaso utile ai fini idroelettrici. Di fatto il fiume è pensile rispetto alla piana sia di destra (la vasta Piana della Selvetta) sia di sinistra (la modesta fascia pianeggiante ai piedi delle Orobie), dove sono ubicati i centri abitati di Selvetta e Sirta (sede comunale). Come noto durante l'alluvione del 1987 la rottura dell'argine destro in corrispondenza della "Punta di Rodolo" ha causato l'allagamento completo della Piana con successivi interventi di bonifica, di costruzione della cosiddetta "Via di Fuga" e di consolidamento degli argini da parte di Enel mediante diaframature. Il tratto quindi si presenta come un "lago artificiale" di modesta larghezza racchiuso dagli argini e occupato quasi completamente dalle acque dell'invaso. Le pendenze del fondo sono modestissime e le acque, anche in caso di piena, scorrono lente con battenti anche significativi. Il materiale costituente l'alveo è fine (limi e sabbie limose). Dal punto di vista idraulico l'invaso non costituisce ostacolo al transito delle piene ed anche le opere di sbarramento in caso di piena garantiscono il transito di portate anche bicentinarie con franchi accettabili. Solo nella tratta più a monte, dove l'effetto dell'invaso si annulla, l'alveo, pur sempre arginato su entrambe le sponde fino al ponte di Berbenno, assume una connotazione più naturale, con leggero aumento delle pendenze, ma planimetricamente più vario. Qui si immette in sinistra il T. Madrasco, torrente orobico caratterizzato da piene catastrofiche nell'abitato di Fusine (l'ultima nel 1987). Lo sbocco è stato opportunamente regimato e la corrente indirizzata verso valle, in modo tale da non costituire problemi in caso di piena. All'esterno dell'argine sinistro, tra l'alveo canalizzato del suddetto T. Madrasco, il conoide del T. Presio e il versante orobico della Punta di Rodolo, si apre una piana agricola, abbastanza depressa dal punto di vista topografico percorsa da alcuni fossi di bonifica, quindi soggetta a fenomeni di rigurgito delle piene dell'Adda. Diversi sono i ponti che attraversano il fiume. Partendo da monte si hanno i ponti Colorina, Selvetta e Sirta, questi ultimi due nella zona di invaso. In generale non costituiscono particolare ostacolo al transito delle piene. Come descritto dettagliatamente nel successivo

paragrafo la Piana della Selvetta può essere soggetta ad allagamenti a causa di fenomeni di rigurgito a valle della traversa Enel.

5.12 Tratto dalla traversa di Ardenno alla passerella di Paniga

Il tratto in oggetto è dal punto di vista morfologico molto tormentato e vario a causa della presenza in destra del T. Masino e in sinistra della conoide del T. Tartano, come noto molto attiva. All'uscita della traversa di Ardenno il fiume è spinto ad ogni piena verso il massiccio roccioso della Colma di Dazio e ne segue i contorni al piede descrivendo una "esse" molto marcata. Le confluenze del T. Masino, a monte in destra, e soprattutto del Tartano, apportano notevoli quantità di materiali solidi. In particolare le piene del Tartano possono provocare una notevole mobilitazione di materiale, con conseguente sovralluvionamento dell'alveo e il rischio di una sensibilmente riduzione della sezione idraulica a monte del conoide. Gli effetti di rigurgito provocati da tale strozzatura si ripercuotono notevolmente a monte, interessando la "Via di Fuga" e provocando allagamenti presso la Piana della Selvetta di estensione variabile in funzione della dinamica dell'evento. L'andamento planimetrico è caratterizzato da pendenze modeste a monte della strettoia e da un tratto a pendenza maggiore fino alla passerella di Paniga. La sponda destra a valle dello sbarramento fino alla confluenza del T. Masino è artificiale, costituita dalle opere di sghiaimento e scarico della opera di presa Enel. Più a valle la sponda è stata consolidata negli anni '80 del secolo scorso con una robusta scogliera che ridisegna lo sbocco del T. Masino e si raccorda a valle al versante roccioso della Colma di Dazio. La sponda destra si presenta naturale e rocciosa fino a valle del ponte della ferrovia e quindi fino alla passerella, delimitando verso l'abitato di Paniga una modesta golena agricola. Anche in sinistra a valle dello sbarramento, fino allo sbocco del canale di bonifica di Sirta, le sponde sono artificiali e rappresentano il prolungamento del muro andatore dell'opera Enel. Segue quindi un tratto di sponda più o meno naturale, con solo qualche consolidamento in scogliera di fronte all'immissione del T. Masino, sostanzialmente fino al ponte ferroviario. In corrispondenza dello sbocco del T. Tartano la sponda è rinforzata con robuste murature, aventi anche funzione di soglia di fondo della corrente idrica del torrente orobico. Il letto del fiume è caratterizzato dalla presenza costante di ciottoli di varia pezzatura, passando da quelli di più modeste dimensioni presenti nella parte più a monte, fino alla confluenza del T. Tartano, dove la pezzatura assume anche dimensioni di veri e propri massi. La presenza di questi depositi ha indotto negli anni 1980/90 l'allora Magistrato per il Po ad importanti interventi di svaso e riprofilatura, anche in funzione delle quote di scarico delle acque della Piana della Selvetta. Dato il continuo apporto di materiale da monte e l'enorme quantità depositata sul conoide, tali interventi di svaso continuano ancora ad oggi. Il tratto in esame è interessato dall'attraversamento della SS. 38 con un ponte realizzato dopo l'alluvione del 1987 che presenta due pile in alveo e spalle che individuano una larghezza d'alveo di oltre 100 m. Lungo la forra tra il T. Masino e il T. Tartano è presente il nuovo ponte di attraversamento della S.S. 38, che passando molto alto sul fiume non interferisce con il suo corso. Diversamente il ponte della ferrovia, a valle dell'immissione del T. Tartano, costituito da un'imponente struttura ad arco in piетrame e cls, rappresenta un'importante strozzatura con problemi di rigurgito e innalzamento delle quote di pelo libero a monte. Infine il ponte di Paniga, anch'esso ricostruito dopo il 1987, in acciaio e a campata unica non crea particolari problemi al transito delle piene.

5.13 Tratto dalla passerella di Paniga al ponte di Ganda

A valle della conoide del Tartano l'alveo percorre la piana alluvionale dell'Adda tra il versante retico di Campovico – Paniga e quello orobico tra Morbegno e Talamona, effettuando in corrispondenza dell'abitato di Morbegno una doppia curva molto marcata prima verso nord e poi verso sud, portandosi in adiacenza alla sponda retica. La tratta è caratterizzata dalla costante arginatura in sponda sinistra, costituita da un'argine in terra con difese spondali in scogliera intasata nel tratto più a monte e da muri spondali di più recente costruzione in corrispondenza dell'abitato di Morbegno. Sia l'argine che la passerella sono state costruite dopo gli eventi del 1987 che avevano invaso la piana di Talamona, completamente ricostruita e in parte sede di parco cittadino, con distruzione delle difese spondali allora esistenti e compromissione della vecchia passerella. Il rilevato della nuova S.S. 38 separa l'area golenale dalla piana retrostante. In sponda destra l'arginatura si attesta sulla spalla destra della passerella e

prosegue discostandosi dall'alveo di piena ordinaria fino alla vecchia centrale di Campovico. L'ampia golena agricola così individuata risulta soggetta a fenomeni di allagamento. Come per la sponda sinistra, il tratto terminale a monte del ponte di Ganda è stato recentemente oggetto di interventi, con la costruzione di muri arginali che garantiscono una maggiore protezione del centro abitato senza tuttavia essere sufficienti al contenimento della portata di piena duecentennale. L'ulteriore innalzamento delle arginature non risulta tuttavia effettuabile per motivi di compatibilità paesaggistica. In sinistra appena a valle del ponte di Ganda si immette il canale di bonifica della piana di Talamona e della zona industriale di Morbegno – Talamona. Come nei casi precedenti, attraverso tale canale si verificano fenomeni di rigurgito che interessano parte della piana agricola. La zona industriale, posta a quote più elevate, non risente di tale fenomeno. L'alveo nel tratto immediatamente a monte del ponte di Ganda è caratterizzato da pendenza modesta fino alla fine della "esse" dove sono ancora evidenti i segni delle escavazioni in alveo di un impianto di lavorazione degli inerti.

5.14 Tratto dal ponte di Ganda al ponte di Mantello

Lungo il tratto iniziale, a valle del ponte di Ganda fino all'isola della Valletta, l'Adda, spinto dalle alluvioni dell'ampia conoide del T. Bitto, corre parallelamente al versante retico. Il fiume si sviluppa quindi rettilineo tra la sponda destra, arginata dai muri di sostegno della strada provinciale Valeriana, e la sinistra, arginata lungo la via Lungo Adda. In sinistra sfocia il T. Bitto, recentemente oggetto di interventi di ottimizzazione della confluenza. In questa tratta vi sono due attraversamenti viabili importanti: il ponte storico di Ganda e il ponte della Strada Provinciale di Via Forestale. Il primo, costruito in pietrame, supera l'Adda con tre campate ad arco e tipica forma a cuspidate del piano viabile. Le luci sono molto strette e creano notevole ostacolo al passaggio della piena. Il secondo supera l'Adda con due campate senza creare grossi ostacoli alle piene. Appena a valle è stata recentemente costruita una soglia di fondo, a protezione del ponte stesso, ad una quota di gaveta piuttosto elevata. Proseguendo a valle, dall'isola della Valletta fino al ponte di Mantello, inizia una lunga tratta (circa 5 km) oggetto di consistenti interventi di arginatura eseguiti dopo l'alluvione del 1987. L'alveo risulta canalizzato con andamento curvilineo a seguire la conoide del vallone di Traona, proveniente dal versante retico. La sezione trasversale è compresa tra i due argini in terra che distano tra di loro circa 160-200 m, tra i quali corre il fiume individuando un alveo attivo caratterizzato da un susseguirsi di tratte in deposito e tratte in escavazione e locale formazione di isolotti e doppi alvei di piena ordinaria. Le modeste golene laterali sono fittamente vegetate da piante ed arbusti; le sponde dell'alveo attivo si presentano quasi sempre naturali con localizzati fenomeni di scalzamento.

La parte arginata inizia in corrispondenza dell'isola della Valletta dove l'argine destro si attesta alle murature di sostegno della strada Valeriana Retica, e quello di sinistra si smorza a livello campagna in corrispondenza del centro sportivo di Cosio Valtellino. A circa metà di questa tratta il fiume è attraversato dal ponte della strada provinciale per Traona, sufficiente nei confronti della piena bicentenaria. Esternamente all'argine maestro di destra si estende la piana di Traona, quasi completamente agricola e abbastanza depressa nella parte verso il fiume, tanto che è qui percorsa da un canale di bonifica, anche recapito del T. Vallone di Traona, che sfocia in Adda in corrispondenza dell'abitato di Piussogno. Date le quote da tale canale la piena può rigurgitare con allagamento di una estesa porzione di territorio agricolo. Lo sbocco del T. Valle di Siro, invece, risulta pensile e ben arginato. In sponda sinistra continua la piana detta della Bolgia, percorsa dal canale di bonifica e da una serie di fossi secondari e separata dal fiume Adda dal rilevato della S.S. 38 di recente costruzione. Quest'ultimo presenta numerosi fornicci per il passaggio di mezzi e persone che possono potenzialmente costituire vie di deflusso verso la piana retrostante in caso di elevati tiranti in alveo. La zona si estende tra le pendici delle Orobie fino all'abitato di Cosio Valtellino ed è abbastanza depressa rispetto alle quote di sponda, e soggetta quindi anch'essa a fenomeni di rigurgito con allagamento di una estesa porzione di territorio agricolo.

In corrispondenza dell'abitato di Mantello sono stati recentemente eseguiti interventi di innalzamento dei muri arginali in sponda destra che garantiscono una maggiore protezione del centro abitato senza tuttavia essere sufficienti al contenimento della portata di piena duecentennale. L'ulteriore innalzamento delle arginature non risulta tuttavia effettuabile per motivi di compatibilità paesaggistica.

5.15 Tratto dal ponte di Mantello a Nuova Olonio/S. Agata

Nel tratto a valle del ponte di Mantello, il fiume, dopo una modesta zona di deposito, aumenta la sua pendenza ed è caratterizzato da velocità più elevate e da un alveo attivo tendenzialmente in erosione. Sono presenti due soglie di fondo in massi sciolti costruite dopo gli eventi alluvionali del 1987. Dalla piana in sponda sinistra proviene la strada provinciale per Mantello, che attraversa l'Adda con un ponte in c.a. di recente costruzione, a valle del quale vi è una soglia di fondo in c.a. con gaveta in pietrame granitico. L'alveo si presenta naturale con un andamento caratterizzato da tre notevoli meandri inseriti nella piana alluvionale di Dubino - Delebio, con ridotta pendenza longitudinale. Le arginature esistenti si chiudono in destra in corrispondenza dello scarico della centrale di Monastero creando una modesta golena, mentre in sinistra, nella piana di Delebio, racchiudono una vasta golena attraversata dal Canale detto della Pala Marcia. Le aree tra i meandri sono generalmente agricole, poco elevate rispetto all'alveo inciso; l'area sinistra è addirittura depressa e percorsa da canali di drenaggio. Le sponde sono quasi sempre naturali, generalmente in buono stato, con qualche residuo di boschina ripariale di piante igrofile autoctone. In corrispondenza del meando più a monte il fiume è attraversato dal ponte di Dubino di recente costruzione che si può ritenere idraulicamente compatibile. A monte di detto ponte, in destra idraulica, è presente un'ampia golena tra gli abitati di Dubino e Mantello, delimitata dalle pendici retiche della costiera dei "Cech", attraversata da T. Vallate che sfocia in Adda a monte di Dubino. Tale alveo è pensile rispetto alla piana, pertanto non soggetto a rigurgito delle piene dell'Adda. In sponda sinistra la piana si raccorda dolcemente alla conoide alluvionale del T. Lesina che sfocia in Adda di fronte all'immissione del T. Vallate. Appena a monte scarica il canale di bonifica della piana detta della Bolgia, abbastanza depressa rispetto alle quote di sponda, estesa tra le pendici delle Orobie fino all'abitato di Cosio Valtellino. Entrambe le immissioni sono soggette a fenomeni di rigurgito. La zona è tendenzialmente agricola, tranne una zona produttiva di un certo impatto ubicata appena a valle del ponte per Mantello.

5.16 Tratto da Nuova Olonio/S. Agata alla foce

La tratta terminale fino allo sbocco a lago è caratterizzata da un evidente intervento antropico di rettifica dell'andamento naturale del fiume, che è stato intrapreso dal governo austriaco a partire dalla metà del 1800, finalizzato al recupero e alla bonifica delle aree impaludate occupate dai meandri del vecchio alveo che sfociava nel lago di Novate Mezzola a ovest di Nuova Olonio. Tale intervento ora individua un alveo di piena perfettamente incanalato con alcune piccole golene createsi naturalmente nel corso del secolo scorso, ben delimitato da importanti arginature inerbite. Esternamente agli argini si individuano due vaste aree di soggiacenza, influenzate dai livelli idrici del Lago di Como con periodiche sommersioni: a nord la piana totalmente agricola e/o incolta detta "Pian di Spagna" con le sue ben note peculiarità naturalistiche (Oasi naturale) e a sud la Piana agricola di Colico con i due rilievi rocciosi del Montecchio Nord e del Colle di Fuentes e più a monte la Piana agricola di S. Agata/Piantedo. L'alveo inciso presenta sponde quasi sempre naturali in buono stato di stabilità, così come altrettanto buono è lo stato degli argini. Le modeste golene sono parzialmente occupate da rara vegetazione di piante igrofile non particolarmente invasive. Granulometricamente l'alveo è caratterizzato da materiale fine (sabbie, limi con rare lenti ghiaiose). È comunque evidente il fenomeno di rigurgito dovuto alle quote del lago ed alle modestissime pendenze che caratterizzano il fondo, con battenti d'acqua significativi (2/4 m) anche nel periodo di magra. In questa tratta è presente il ponte della SS. 36, che con le numerose pile in alveo, crea ostacolo al transito di piene di carattere straordinario.

6 Opere interferenti

Sul tratto sopralacuale del fiume Adda sono presenti numerosi attraversamenti; essi sono in buona parte adeguati in relazione ai criteri della Direttiva Infrastrutture dell'Autorità di Bacino del Po e/o compatibili con il sistema territoriale presente.

Nella tabella che segue sono riportati i livelli e il franco idraulico, derivanti dagli esiti del recente studio di asta.

Tabella 2: parametri idraulici in corrispondenza degli attraversamenti presenti lungo il corso dell'Adda sopralacuale

Sez. ponte	Nome - Località	Livello intradosso (m s.l.m)	Livello idrico Tr 200 (m s.l.m)	Franco Tr 200 (m s.l.m)
204bis (m)	Gera Lario - SS36	204,08	201,95	2,13
213bis (m)	Dubino - SP4 dirA	208,87	206,09	2,78
217 (m)	Mantello - SP4 dirB	209,24	208,13	1,11
222bis (m)	Traona - SP4	216,00	214,98	1,02
228ter (m)	Morbegno - via forestale	229,54	226,47	3,07
230 (m)	Morbegno - Ganda	233,50	228,72	1,48
235bis (m)	Talamona - SP4	250,92	244,60	6,32
237 (m)	Talamona - ferrovia	260,30	257,17	-0,87
239bis (m)	Dazio - SS38	263,90	264,82	-0,92
242bis (m)	Forcola - via provinciale	268,15	267,68	0,47
245bis (m)	Forcola - Selvetta	269,68	269,04	0,64
253bis (m)	Berbenno - SP16 dirA	273,12	271,70	1,42
265 (m)	Caiolo - SP	283,34	279,61	2,59
272bis (m)	Sondrio - passerella pedonale	293,81	288,67	5,14
274 (m)	Sondrio Albosaggia - SP16	290,53	289,61	0,92
279 (m)	Faedo - passerella pedonale	297,92	292,30	5,62
280bis (m)	Montagna - SP19	295,27	293,43	1,84
285 (m)	Piateda - via per centrale Venina	300,44	299,66	0,78
289 (m)	Piateda - Steppona	313,75	312,54	-0,14
293 (m)	Piateda - Boffetto	323,53	323,56	-0,03
295bis (m)	Ponte in Valtellina - San luigi	348,57	347,34	-1,34
300 (m)	Castello dell'Acqua - Baghetto	352,38	353,40	-1,02
308 (m)	Teglio - San Giacomo	362,47	362,40	0,07
309 (m)	Teglio - passerella pedonale	363,98	363,69	0,29
316bis (m)	Teglio - Falk Tresenda	374,13	372,79	1,34
317 (m)	Teglio - SS39	373,00	375,48	-2,48

317 (m)	Teglio - passerella pedonale	374,37	375,48	-1,11
326 (m)	Villa di Tirano - SP25 - Stazzona	398,75	398,49	0,26
333 (m)	Tirano - via del Commercio	424,57	425,80	-1,23
334 (m)	Tirano - via Martiri	431,34	431,51	-0,17
335 (m)	Tirano - SS38	434,50	436,09	-2,29
344	Ponte Lovero	508,93	504,94	3,99
347 (m)	Vervio - via Provinciale	532,50	534,04	-1,54
350	Mazzo - SP27	554,80	550,35	4,45
356	Grosotto - via Molini	591,50	589,34	2,16
360	Grosotto - passerella centrale	609,38	610,36	-0,99
365	Grosio - ponte stradale	658,49	657,96	0,53
367	Grosio - SP27	685,95	678,20	7,75
368	Grosio -ponte fraz Vernuga	686,94	681,70	5,24
378	Sondalo - via Roma	856,74	851,01	5,73
381	Sondalo - Via I maggio	876,72	869,82	6,91
399	Sondalo - Le prese	950,16	951,07	-0,92

7 Assetto di progetto

L'assetto di progetto dell'asta del fiume Adda, da Le Prese al lago di Como, proposto nella presente Variante deriva dalle recenti elaborazioni dello studio d'asta (AdBPo, 2022).

L'attuale assetto idraulico e morfologico del corso d'acqua e le condizioni di criticità prevalenti, descritte al punto precedente, costituiscono il quadro di riferimento rispetto al quale è stato definito l'assetto di progetto definito. Si riportano di seguito gli interventi previsti dal PAI vigente e confermati con il presente aggiornamento e gli interventi individuati come necessari a seguito degli studi redatti successivamente al PAI e dalla modellazione idraulica bidimensionale alla base del presente studio.

7.1 Tratto da Premadio alla confluenza con il torrente Frodolfo

Il tratto del corso d'acqua non rientra all'interno delle aree interessate dal presente progetto di variante. Si riportano di seguito gli interventi già previsti nel PAI vigente e riconfermati nel presente aggiornamento.

La tratta è interessata da situazioni di instabilità morfologica - sovralluvionamenti e franamenti di sponda a valle di Premadio in loc. San Gallo - e dal rischio di esondazione presso Bormio.

Le linee specifiche di assetto prevedono azioni finalizzate alla riduzione dell'apporto solido dai versanti e alla protezione dei medesimi dallo scalzamento al piede da parte del F. Adda. Si prevedono in particolare le seguenti tipologie di opere:

- soglie e briglie per la stabilizzazione del fondo alveo;
- scogliere e muri di sostegno a protezione delle sponde;
- svasi e regolarizzazione dell'alveo;
- manutenzione dei versanti direttamente afferenti al corso d'acqua piantumazione ed inerbimento al fine di conseguire il contenimento dei fenomeni erosivi.

Tali linee di intervento possono considerarsi valide anche a valle della confluenza del t. Frodolfo, come detto soggetta a fenomeni di sovralluvionamento e problematiche di esondazione.

7.2 Tratto Le Prese - Tirano

Il tratto si caratterizza per l'intensità dei fenomeni di instabilità longitudinale e trasversale. I processi erosivi ad opera della corrente risultano amplificati dalla presenza lungo i fianchi vallivi di scarpate in erosione e di frane che danno origine a falde e coni di detrito (frana della Boscaccia presso Sondalo).

Tra Tiolo e Mazzo di Valtellina i fenomeni suddetti sono accompagnati dal sovralluvionamento di estesi tratti, con riduzione delle sezioni di deflusso, pregiudizio dell'efficienza idraulica e pericolo di esondazione.

Le linee di assetto prevedono di limitare il trasporto solido dell'asta torrentizia nel tratto in oggetto e di contrastare i fenomeni di erosione spondale e al fondo, allo scopo di contenere i fenomeni di scalzamento al piede dei versanti adiacenti all'alveo ed il conseguente apporto solido. L'assetto del corso d'acqua principale necessita di analoghe esigenze di intervento sui suoi tributari, in particolare quelli in destra, per i quali si prevedono anche opere di trattenuta del materiale solido all'apice delle rispettive conoidi. Si prevede infine l'esigenza di migliorare la funzionalità delle opere di stabilizzazione del fondo e intercettazione del trasporto solido a monte di Tirano al fine di garantire l'efficienza del tratto canalizzato nell'attraversamento del Comune.

Gli interventi previsti consistono in:

- adeguamento in quota delle opere esistenti ovvero realizzazione di nuove opere di contenimento dei livelli idrici e di controllo morfologico dell'alveo:
 - in destra, presso località Le Prese
 - in destra, presso Sondalo, a difesa del centro abitato
- opere di stabilizzazione del fondo alveo tramite soglie o briglie a carattere puntuale;

- difese spondali a carattere locale e sporadico a difesa degli abitati e a protezione al piede dei versanti;
- svassi nelle zone di accumulo e ricalibratura delle sezioni idrauliche in alcuni tratti di alveo;
- manutenzione straordinaria e ripristino funzionale dei manufatti di regimazione esistenti;
- presidio fornici lungo rilevato S.S. 38 a Tovo Sant'Agata

7.3 Tratto Tirano - Masino

Il tratto è interessato dalla presenza di numerose opere di difesa, anche se non tutte adeguate rispetto ai livelli di protezione prefissati. Localmente si rilevano riduzioni di sezione utile e di officiosità idraulica a causa dei depositi alluvionali, frequentemente in corrispondenza dei nodi di confluenza dei tributari.

Gli interventi previsti consistono in:

- adeguamento dei rilevati arginali esistenti ovvero realizzazione di nuove opere a difesa di abitati e infrastrutture. Gli interventi sono così localizzati:
 - in sinistra, presso Teglio, tra Tresenda e S. Giacomo
 - in destra, presso Tresenda, a difesa del centro abitato
 - in destra, presso San Giacomo, a difesa del centro abitato
 - nel tratto Piateda - Sondrio in sinistra e destra
 - in sinistra, presso Caiolo;
- consolidamento e/o nuova realizzazione delle opere di presidio spondale a carattere puntuale a difesa di infrastrutture;
- mantenimento della capacità di deflusso della sezione d'alveo in tutto il tratto canalizzato a valle di Tirano e presso le zone di confluenza dei tributari minori;
- stabilizzazione del fondo alveo tramite opere a carattere puntuale;

7.4 Tratto Masino – lago di Como

Le caratteristiche del tratto sono analoghe a quelle del tratto precedente. Ciò che contraddistingue quest'ultimo tratto dell'Adda è la presenza dell'area di Pian di Spagna in prossimità dello sbocco in Lario. Si tratta di una vasta area demaniale, parte della quale è stata destinata dalla legge 102/90 a riserva naturale, delimitata a sud dal tratto arginato dell'Adda e a nord dal tratto terminale del Mera. In virtù della sua notevole vocazione ambientale e naturalistica, il Piano prevede l'estensione della fascia B a tutta l'area in questione, con funzione di area di espansione e di ricostituzione di caratteristiche naturali.

Le linee di assetto di Piano si articolano nei seguenti punti:

- adeguamento dei rilevati arginali esistenti ovvero realizzazione di nuove opere a difesa di abitati e infrastrutture, con particolare riferimento all'argine in sinistra idraulica a valle del ponte di Ganda, in Comune di Morbegno, che risulta non adeguato al contenimento della piena duecentennale;
- presidio fornici lungo rilevato S.S. 38 a Cosio;
- ripristino della stabilità delle sponde recuperando anche la funzionalità delle opere di difesa esistenti nei punti in dissesto;
- mantenimento della capacità di deflusso della sezione d'alveo mediante la movimentazione locale di inerti da effettuarsi generalmente in tutto il tratto, in particolare, nei pressi dei centri abitati e in corrispondenza della confluenza con il t. Tartano e delle confluenze dei corsi d'acqua minori;

In Comune di Mantello (da sez. 217 a sez. 218) e di Morbegno (da sez. 230 a sez. 231) sono stati effettuati recenti interventi di adeguamento delle difese arginali che tuttavia risultano insufficienti al contenimento della piena con tempo di ritorno duecentennale. Data l'impossibilità per motivi di compatibilità

paesaggistica di effettuare un ulteriore innalzamento dei muri arginali risulta necessario il mantenimento di un presidio e la predisposizione di un Piano di Protezione Civile da attuare in caso di allarme di piena.

8 Aggiornamento della delimitazione delle fasce fluviali

La Variante contiene la proposta di delimitazione delle fasce fluviali del PAI delimitate in recepimento alle nuove conoscenze ad oggi disponibili ed in modo tale da garantire la coerenza con le delimitazioni delle aree allagabili del PGRA, seppur tenendo conto del diverso significato e dei diversi metodi di perimetrazione.

La delimitazione delle fasce proposta deriva dalle risultanze della modellazione idraulica bidimensionale del Fiume Adda e dagli studi e progettazioni effettuate sul territorio.

Per quanto riguarda la fascia A è stata confermata la delimitazione del PAI vigente, coerentemente con il metodo definito nel PAI medesimo, ad eccezione di alcuni tratti dove è stata aggiornata secondo criteri di carattere locale, attestandola su elementi fisici (argini, strade, terrazzi morfologici, ecc.) e in funzione delle risultanze del modello idraulico.

In linea generale la fascia C è stata delimitata considerando la fascia C del PAI vigente e l'area allagabile associata all'evento di piena cinquecentennale ottenuta con il modello idraulico bidimensionale del fiume Adda, utilizzata anche per definire le aree di pericolosità idraulica L – P1 del PGRA. La nuova fascia C è stata in generale delimitata attraverso l'involuppo delle due suddette delimitazioni, considerando tra le due quella più ampia, nel rispetto del principio di precauzione, tenendo comunque in considerazione criteri e particolarità di carattere locale.

Con riferimento alla fascia B sono state prese in considerazione la fascia B del PAI vigente, l'estensione dell'area allagabile associata alla piena duecentennale ottenuta con il modello idraulico bidimensionale del fiume Adda, utilizzata anche per definire le aree di pericolosità idraulica M – P2 del PGRA, e le opere di contenimento dei livelli (argini, muri, ecc.) apportando aggiornamenti specifici in relazione a valutazioni ed analisi di carattere idraulico-morfologico e territoriale.

Tab. 3 Variazioni di superficie delle fasce fluviali della proposta di Variante PAI

Tipo fascia fluviale	PAI vigente (area km ²)	Proposta di Variante PAI (area km ²)
Fascia A	17.83	19.05
Fascia B	37.70	39.04
Fascia C	74.53	75.57
	PAI vigente (lunghezza km)	Proposta di Variante PAI (lunghezza km)
Fascia B di progetto	22,00	24,81

Le fasce B di progetto esistenti sono state confermate in caso di permanenza della criticità delle aree da difendere. I nuovi tratti ove è stata prevista la fascia B di progetto sono stati definiti in funzione del livello di rischio associato all'evento di piena duecentennale di riferimento, con l'obiettivo di garantire un maggior grado di protezione ad aree urbanizzate potenzialmente soggette a fenomeni di allagamento. La tabella seguente descrive in sintesi localizzazione e modalità attuative dei limiti B di progetto.

Tab. 4 Localizzazione e modalità attuative dei limiti B di progetto da valle verso monte

N.	Comune/ località	Sponda	Localizzazione del limite Bpr	Modalità attuative per superare le criticità
1	Mantello	DX	Da sezione 217 a sezione 218	Azioni di presidio durante gli eventi di piena in corrispondenza del muro arginale e predisposizione di un piano di protezione civile
2	Mantello	DX	Da sezione 219 a sezione 220	Opere di difesa puntuale sul canale di drenaggio soggetto a fenomeni di

N.	Comune/ località	Sponda	Localizzazione del limite Bpr	Modalità attuative per superare le criticità
				rigurgito che provocano allagamenti nella piana retrostante
3	Morbegno	SX	Da sezione 227 a sezione 230	Adeguamento in quota delle opere esistenti (muro arginale) per garantire il contenimento della piena TR 200 anni e/o azioni di presidio durante gli eventi di piena. Adeguamento dell'immissione del canale di drenaggio soggetto a rigurgito in occasione di eventi di piena.
4	Morbegno	DX	Da sezione 230 a sezione 231	Azioni di presidio durante gli eventi di piena in corrispondenza del muro arginale e predisposizione di un piano di protezione civile
5	Piana della Selvetta	DX	Da sezione 241 a sezione 257	Azioni di presidio durante gli eventi di piena e predisposizione di un piano di protezione civile.
6	Caiolo	SX	Da sezione 260 a sezione 261	Verifica nel dettaglio della continuità e dell'adeguatezza in quota e sagoma delle opere di sponda. Interventi locali di adeguamento delle opere esistenti e realizzazione di nuove arginature ove non presenti per il contenimento della piena TR 200 anni
7	Da Montagna in Valtellina a Piateda	DX	Da sezione 281 a sezione 287	Interventi di riconnessione all'alveo di piena delle aree golenali
8	Piateda	SX	Da sezione 287 a sezione 289	Adeguamento in quota delle opere esistenti ovvero realizzazione di nuove opere di contenimento dei livelli idrici rispetto alla piena TR 200 anni
9	Piateda loc. Boffetto	DX	Da sezione 292 valle a sezione 293 monte	Azioni di presidio durante gli eventi di piena in corrispondenza del muro arginale e predisposizione di un piano di protezione civile
10	Teglio loc. S.Giacomo	SX	Da sezione 307 a sezione 309 monte	Adeguamento in quota delle opere esistenti ovvero realizzazione di nuove opere di contenimento dei livelli idrici rispetto alla piena TR 200 anni
11	Teglio	DX	Da sezione 309 a sezione 319	Verificare nel dettaglio la continuità e l'adeguatezza in quota e sagoma delle opere di difesa esistenti lungo la S.S. 38 e a protezione delle attività presenti. Prevedere interventi locali di adeguamento ovvero realizzazione di nuove opere di contenimento dei livelli idrici e/o azioni di presidio durante gli eventi di piena
12	Teglio loc. Tresenda	SX	Da sezione 316 a sezione 318	Adeguamento in quota delle opere esistenti ovvero realizzazione di nuove opere di contenimento dei livelli idrici rispetto alla piena TR 200 anni

N.	Comune/ località	Sponda	Localizzazione del limite Bpr	Modalità attuative per superare le criticità
13	Tovo di Sant'Agata	SX	Da sezione 345 a sezione 346	Azioni di presidio durante gli eventi di piena in corrispondenza dei fornici lungo il rilevato della S.S. 38
14	Sondalo	SX	Da sezione 379 a sezione 380	Verifica nel dettaglio della continuità e dell'adeguatezza in quota delle opere di sponda esistenti. Interventi locali di adeguamento per garantire il contenimento della piena TR 200 anni
15	Sondalo loc. Le Prese	DX	Da sezione 399 a sezione 401	Verifica nel dettaglio della continuità e dell'adeguatezza in quota delle opere di sponda esistenti. Interventi locali di adeguamento per garantire il contenimento della piena TR 200 anni

9 Aggiornamento della delimitazione delle aree allagabili del PGRA

Il tratto di fiume Adda interessato dalla delimitazione delle aree allagabili, oggetto della presente variante, è compreso tra Sondalo e lo sbocco nel lago di Como. Le aree allagabili del PGRA sono relative ai tre seguenti livelli: alluvioni frequenti (H), poco frequenti (M) e alluvioni rare (L).

Alle delimitazioni delle aree allagabili del PGRA vigente sono state apportate alcune modifiche in funzione delle nuove conoscenze disponibili, desunte dai risultati della modellazione idraulica bidimensionale del fiume Adda contenute nello studio di asta del 2022.

Di seguito vengono sinteticamente riportate le principali modifiche proposte rispetto alle delimitazioni vigenti.

Nel tratto in Comune di Sondalo le modifiche riguardano principalmente la delimitazione delle aree allagabili per alluvioni poco frequenti (M) in località Le Prese e presso il centro abitato del comune.

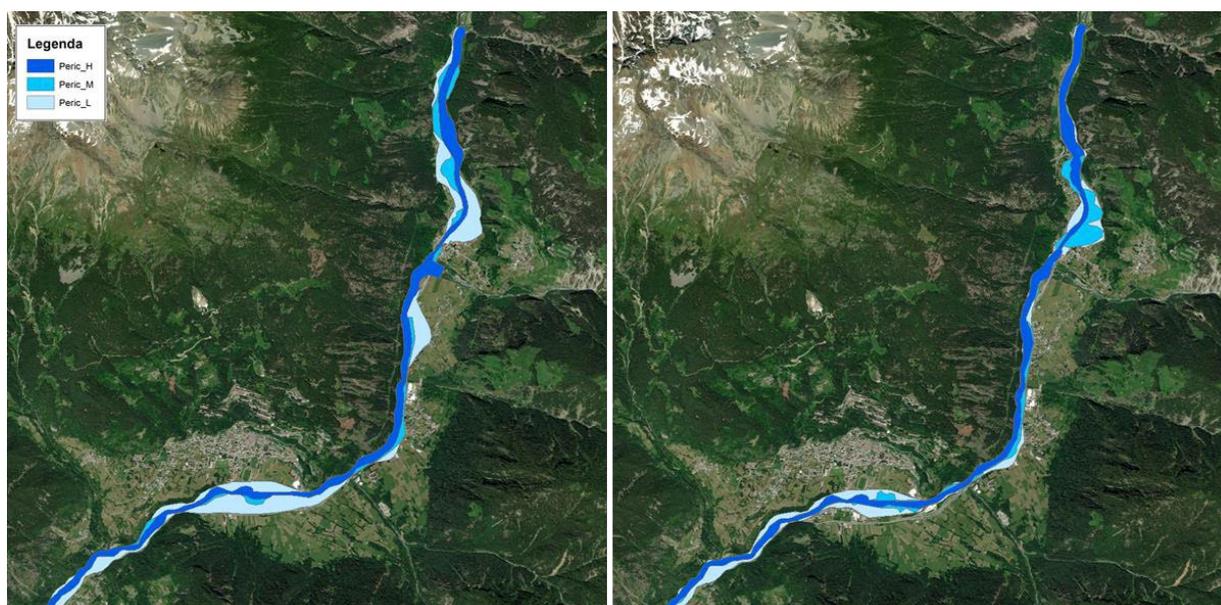


Fig. 1 – PGRA: a sinistra le aree allagabili del PGRA vigente e a destra la proposta di aggiornamento del PGRA in Comune di Sondalo

Nel tratto che interessa i comuni di Mazzo di Valtellina, Tovo Sant'Agata, Lovero e Sernio si evidenziano modifiche poco significative che riguardano tutte le perimetrazioni (H, M, L). Di maggiore rilevanza è l'allagamento dell'area a pericolosità frequente in Comune di Lovero, a causa degli allagamenti indotti dal passaggio di portata tramite i forni della S.S. 38, come messo in evidenza dalle risultanze del modello idraulico predisposto.

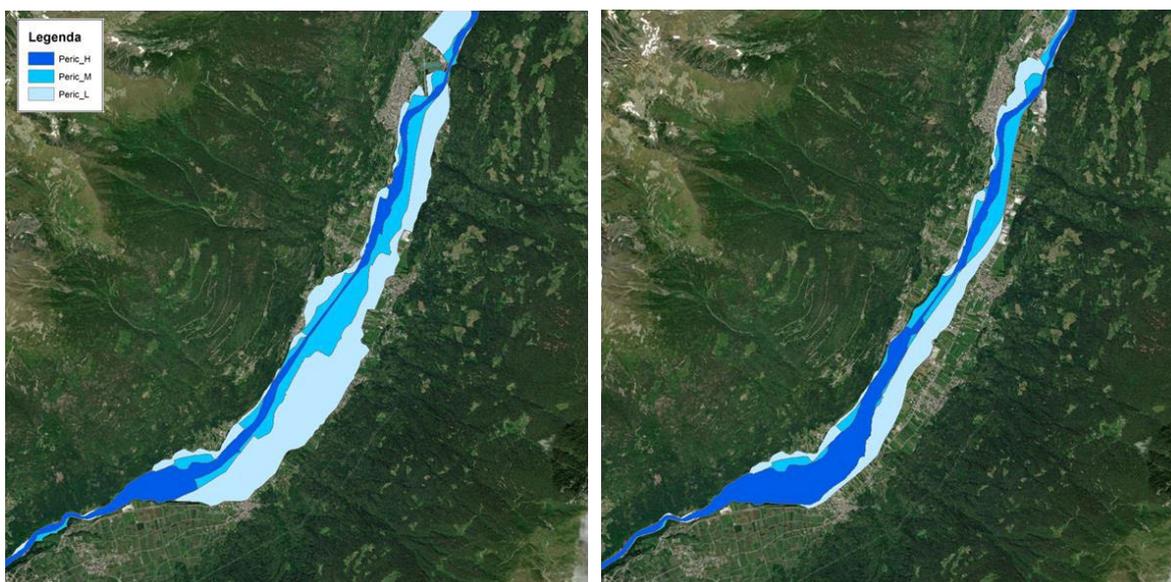


Fig. 2 – PGRA: a sinistra le aree allagabili del PGRA vigente e a destra la proposta di aggiornamento del PGRA nei comuni di Mazzo di Valtellina, Tovo Sant’Agata, Lovero e Sernio

Nei comuni di Tirano, Villa di Tirano e Bianzone l’aggiornamento interessa principalmente la modifica della perimetrazione delle aree classificate con un livello di pericolosità poco frequente (M) presso le zone agricole in sinistra idraulica a monte del ponte di Stazzona e in destra idraulica nella piana compresa tra l’Adda e la S.S. 38.



Fig. 3 – PGRA: a sinistra le aree allagabili del PGRA vigente e a destra la proposta di aggiornamento del PGRA nei Comuni di Tirano, Villa di Tirano e Bianzone

In Comune di Teglio la proposta di aggiornamento riguarda sia la perimetrazione dell’area con allagamenti frequenti (H) in località San Giacomo, sia un generalizzato allargamento dell’area soggetta ad allagamenti poco frequenti (M) nelle aree pianeggianti in sinistra e in destra idraulica del fiume Adda.

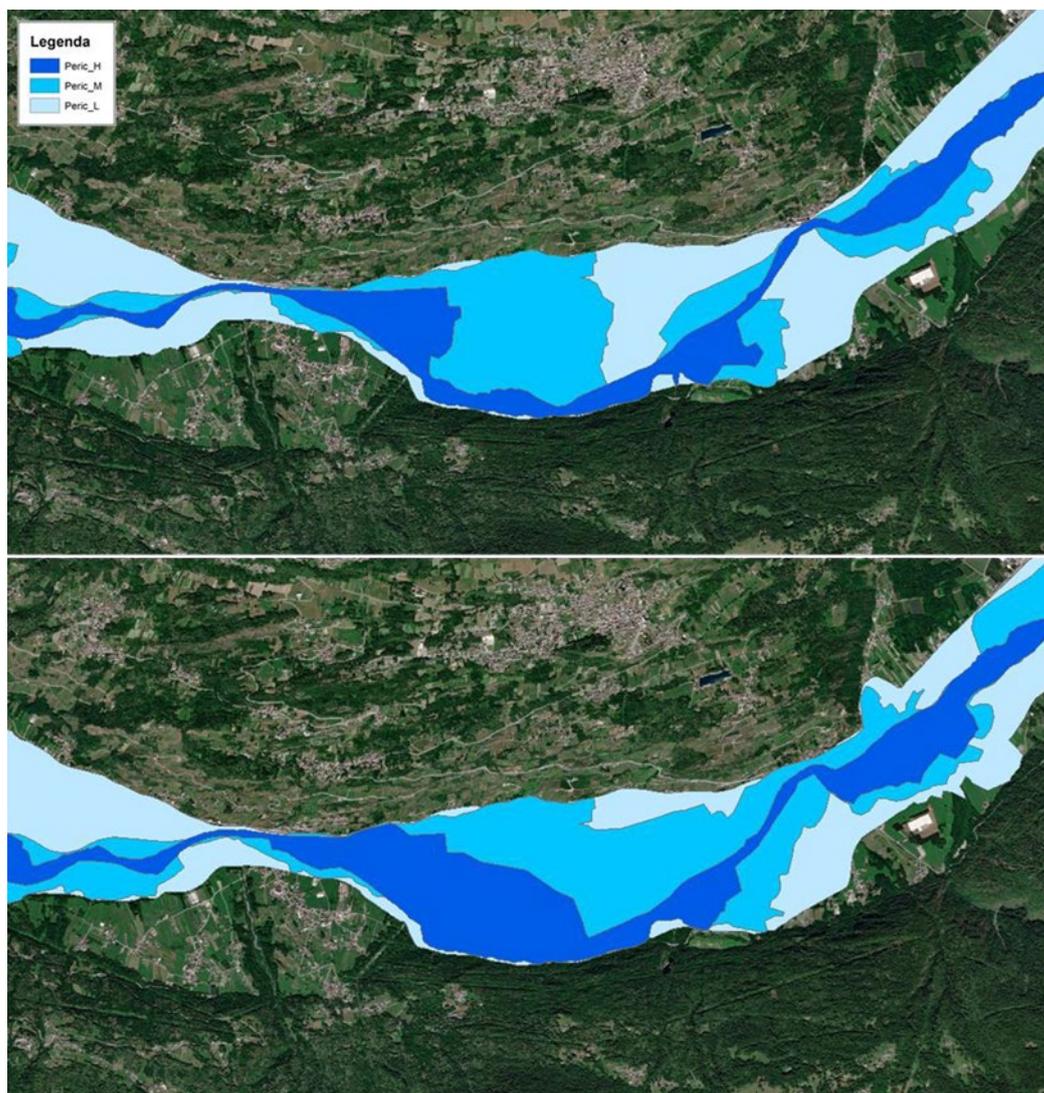


Fig. 4 – PGRA: in alto le aree allagabili del PGRA vigente e in basso la proposta di aggiornamento del PGRA nel Comune di Teglio

In Comune di Sondrio, a seguito dei sopracitati interventi sul fosso colatore Agneda, si evidenzia una riduzione significativa delle aree a pericolosità alta (H) e media (M).

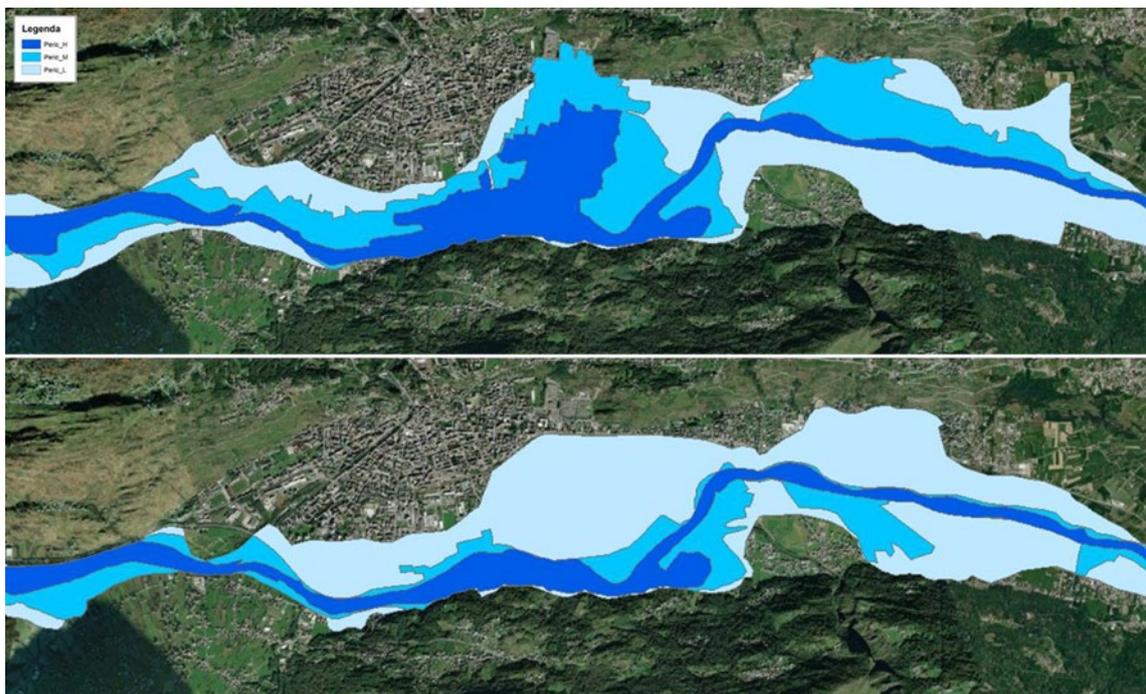


Fig. 5 – PGRA: in alto le aree allagabili del PGRA vigente e in basso la proposta di aggiornamento del PGRA in Comune di Sondrio

In Comune di Ardenno, la proposta riguarda un ampliamento della perimetrazione dell’area soggetta ad allagamenti poco frequenti (M) nella Piana della Selvetta che, come detto, è indotta non da insufficienze arginali ma dal possibile effetto di rigurgito da valle.



Fig. 6 – PGRA: a sinistra le aree allagabili del PGRA vigente e a destra la proposta di aggiornamento del PGRA in Comune di Ardenno

A valle di tale tratta, fino allo sbocco nel lago di Como, non si evidenziano significative modifiche della perimetrazione vigente, con locali modifiche in funzione delle risultanze della modellazione idraulica effettuata.

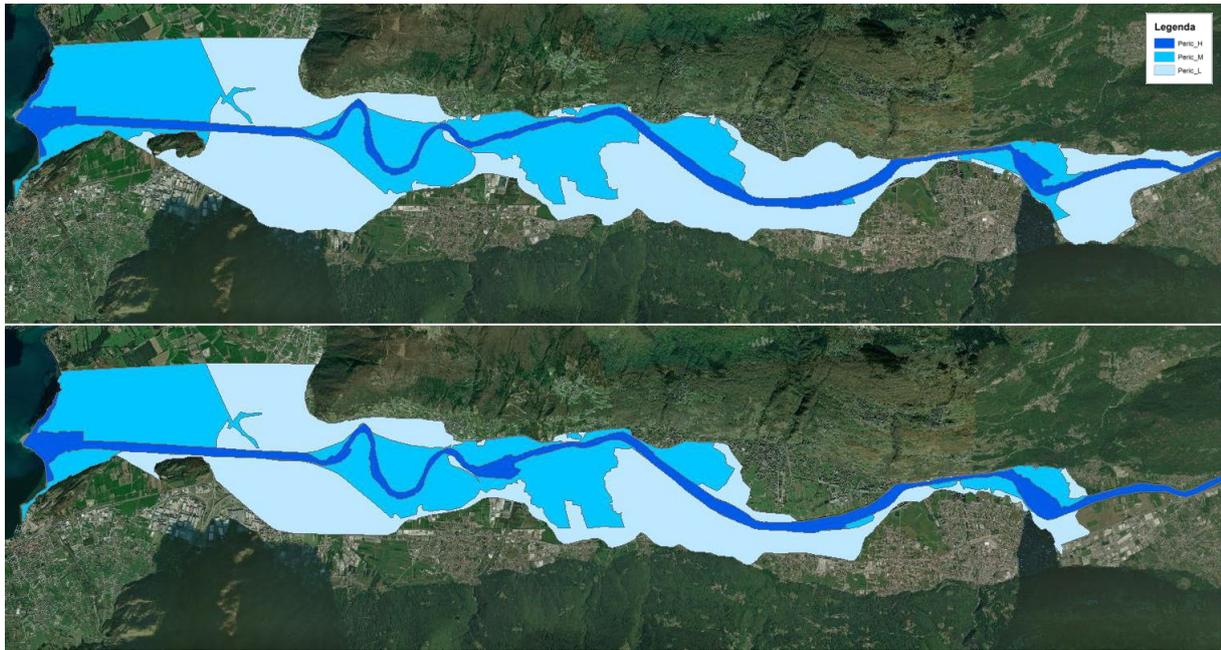


Fig. 7 – PGRA: in alto le aree allagabili del PGRA vigente e in basso la proposta di aggiornamento del PGRA da Ardenno allo sbocco nel lago di Como

10 Aggiornamento delle portate e dei profili di piena

L'allegato "Profili di Piena" del PGRA contiene i valori di portata al colmo nelle sezioni più significative del fiume Adda per i tempi di ritorno rispettivamente di 20, 200 e 500 anni e l'aggiornamento dei profili di piena ottenuti a seguito della modellazione idrologica e idraulica del fiume sviluppata nell'ambito della presente Variante.