

# COMUNE DI MONCENISIO

## VARIANTE STRUTTURALE n. 2 AL P.R.G.I. VIGENTE DI ADEGUAMENTO AL PAI PROGETTO PRELIMINARE

ai sensi della L. R. n. 56/77 e s.m.i., art. 17, 4 comma

ELABORATO

**H1**

### VERIFICHE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA ED IDROGEOLOGICA RELAZIONE IDROLOGICO - IDRAULICA

#### CONSORZIO FORESTALE ALTA VALLE SUSA

Via Pellousiere n°6 OULX (TO) C.A.P. 10056

Tel 0122 - 831079 Fax 0122 - 831282 E.MAIL cf.avs@tin.it

E.MAIL POSTA CERTIFICATA cfavs@postecar.it

P.Iva 03070280015 - C.F. 86501390016

**- AREA BACINI MONTANI -**



#### CODICE DOCUMENTO

area	anno incarico	n.commissa	revisione	n.elaborato	n. archivio
0 3	2 0 1 6	0 0 4	0 0	H 1	1 6 0 1

Motivo revisione :

GEN. 19

Ing. Virgilio Anselmo - Dott. For. Davide Spada

DATA

REDATTO DA:

GEN. 19

Dott. For. Alberto DOTTA

DATA

PROGETTISTA e R.D.D.

Dott. For. Alberto DOTTA

RESPONSABILE DI COMMESSA

COMMITTENTE

COMUNE MONCENISIO

Piazza Municipio n°1

Tel. 0122 - 653222



VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:



## *Sommario*

1	PREMESSA.....	3
1.1	Riferimenti normativi .....	3
1.2	La cartografia di riferimento.....	4
1.3	Criteri impiegati per la definizione delle aree a diversa pericolosità .....	5
2	IL QUADRO DELLE CONOSCENZE .....	7
2.1	Altra documentazione a disposizione.....	11
2.2	Analisi storica in merito agli eventi alluvionali trascorsi.....	11
3	LE INDAGINI IDROLOGICO-IDRAULICHE .....	12
3.1	Determinazione delle portate di riferimento .....	12
3.1.1	Il metodo impiegato.....	13
3.1.2	Risultati .....	16
3.2	Analisi idrauliche .....	17
3.2.1	Il metodo impiegato.....	19
3.2.2	Risultati .....	20
3.3	Verifica idraulica dei manufatti censiti mediante SICOD.....	22
3.4	Perimetrazione delle aree in dissesto .....	22
3.4.1	Il metodo impiegato.....	23
3.4.2	Risultati .....	24
4	VALUTAZIONI IN MERITO AL TRASPORTO SOLIDO .....	26
5	INVASI.....	31
5.1	Diga del Moncenisio .....	31
5.2	Invaso di Saint Nicolas (S. Nicolao) .....	32
5.3	Diga del lago Alpone (Lago di San Giorgio) .....	33
6	RISPOSTA ALLE OSSERVAZIONI E RICHIESTE DI CHIARIMENTI IN MERITO ALLA DOCUMENTAZIONE DI CARATTERE IDRAULICO.....	35
6.1	Punto 15: eventi alluvionali recenti .....	35
6.2	Punto 17: elaborati grafici .....	35
6.3	Punto 18: elaborati grafici .....	36
6.4	Punto 22: Direttiva Alluvioni .....	36
7	ELENCO ELABORATI.....	42
8	RIFERIMENTI .....	43
	Allegato - 1 . Corografia dei bacini idrografici.....	44
	Allegato - 2 . Comunicazione ENEL in merito all'entità dello scarico della Diga del Moncenisio in caso di svuotamento rapido.....	46
	Allegato - 3 . Verifica idraulica dei manufatti censiti mediante SICOD.....	47
	Allegato - 4 . Discrepanze di rappresentazione nella cartografia di riferimento ....	52

APPENDICE - A	Descrizione dello schema di calcolo adottato dal modello numerico hec-ras attivato in moto permanente.....	54
APPENDICE - B	. Valutazione della capacità di trasporto solido del Rio Gorge valutato sulla base dell'approccio proposto da Smart e Jaeggi.....	58
APPENDICE - C	. Verifica in moto permanente del T. Cenischia: risultati tabulari e sezioni. .	64

## **1 PREMESSA**

Il Comune di Moncenisio ha avviato la procedura di Variante strutturale per l'adeguamento del vigente P.R.G.C. al PAI.

Il presente studio, redatto su incarico del Consorzio Forestale Alta Valle Susa per conto del Comune di Moncenisio, rappresenta le verifiche di compatibilità idraulica rispetto allo stato del dissesto riportato nel PAI. Scopo delle indagini è la verifica e l'eventuale modifica/integrazione del quadro vigente del dissesto idraulico, in quanto lo strumento urbanistico vigente non risulta adeguato al PAI.

Nell'ottica di tale adeguamento la D.G.R del 7 aprile 2014 n° 64-7417, che reca gli indirizzi procedurali e tecnici in materia di difesa del suolo e pianificazione urbanistica, riporta i criteri a cui si devono attenere gli studi idrologici e idraulici al fine di uniformare le indicazioni contenute negli studi a supporto dei P.R.G.C..

Gli studi idraulici vengono condotti a supporto della redazione, da parte del geologo incaricato, della *"Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica"*, che deve obbligatoriamente essere inclusa negli elaborati di Piano e che riporta le indicazioni in merito all'edificabilità, ed agli eventuali condizionamenti, nell'intero territorio comunale.

La documentazione a corredo del presente studio, redatta in conformità con quanto previsto dalla D.G.R del 7 aprile 2014 n° 64-7417, è costituita da:

- 1) Relazione idrologico-idraulica illustrativa delle valutazioni idrauliche e morfologiche condotte (Elaborato H- 1).
- 2) Carta del reticolo idrografico (Elaborato H- 2).
- 3) Cartografia rappresentativa del quadro dei dissesti idraulici ad integrazione e/o modifica di quanto contenuto nel PAI (Elaborato H- 3).

### **1.1 Riferimenti normativi**

Le indagini sono state condotte in accordo con quanto previsto dalla normativa vigente, in particolare:

- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI – 2001);
- Direttiva *"Attuazione del PAI nel settore urbanistico e aggiornamento dell'Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici"* (2003);
- L.R. 5.12.1977 n.56 *"Tutela ed uso del suolo"*;
- L.R. 25.3.2013 n.3 *"Modifiche alla L.R. 5.12.1977 n.56 (Tutela ed uso del suolo) ed altre disposizioni regionali in materia di urbanistica e di edilizia"*;
- Circolare del Presidente della Giunta Regionale dell'8 maggio 1996, n.7/LAP;

- Specifiche tecniche per l'elaborazione degli studi geologici a supporto degli strumenti urbanistici (Nota Tecnica Esplicativa alla Circolare del Presidente della Giunta Regionale dell'8 maggio 1996, n.7/LAP);
- D.G.R. del 15 luglio 2002 n. 45-6656, *"Indirizzi per l'attuazione del PAI nel settore urbanistico"*;
- D.G.R. del 28 luglio 2009 n. 2-11830, *"Sostituzione degli allegati 1 e 3 della D.G.R. 45-6656 del 15/07/2002 con gli allegati A e B"*;
- D.G.R. del 7 aprile 2011 n. 31-1844, *"Indirizzi per l'attuazione del PAI: modifica della D.G.R. 2-11830 del 28.07.2009 e nuove disposizioni organizzative per l'espressione del parere sugli strumenti urbanistici nell'ambito delle procedure di adeguamento al PAI"*;
- Piano Territoriale di Coordinamento Territoriale (PTC<sup>2</sup> – agosto 2011). Progetto definitivo;
- D.G.R. del 7 aprile 2014 n. 64-7417, *"Indirizzi procedurali e tecnici in materia di difesa del suolo e pianificazione urbanistica"*.
- D.G.R. del 22 dicembre 2014 n. 17-792, *"Attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni, ai sensi del D.lgs 49/2010: presa d'atto delle mappe di pericolosità e di rischio e del progetto di Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA)"*;
- D.G.R. del 14 dicembre 2015 n. 8-2588, *"Attuazione della Direttiva 2007/60/CE - Piano di Gestione del rischio di alluvioni (PGRA) relativo al distretto idrografico del Po, di cui all'art. 7 del d.lgs. 49/2010. Approvazione della parte di competenza della Regione Piemonte"*.

## **1.2 La cartografia di riferimento**

La maggior parte della rete idrografica che interessa il territorio comunale è sottesa a bacini idrografici che si originano in territorio francese.

Il territorio oggetto di indagine è descritto delle seguenti basi cartografiche/altimetriche:

- a) Italia:
  - Cartografia Tecnica Regionale (CTR aggiornamento 2005) a scala 1:10000 della Regione Piemonte;
  - BDTRE – base cartografica di riferimento – a scala 1:10000 della Regione Piemonte (Edizioni 2015-2018).
  - Ripresa aerea ICE 2009-2011 – DTM della Regione Piemonte (DTM del territorio regionale acquisito con metodologia uniforme (LiDAR) in standard di livello 4. La risoluzione della griglia (passo) è di 5x5 m. La tolleranza altimetrica media è pari a

±0.30 m, tolleranza massima di ±0.60 m nelle aree di minor precisione corrispondenti alle aree boscate e densamente urbanizzate)<sup>(1)</sup>.

b) Francia:

- Cartografia Fraternali editore n° 3 "Val Susa – Val Cenischia – Rocciamelone – Val Chisone".
- Curve di livello 3D (equidistanza 20 m) derivanti da cartografia IGN – aggiornamento 2016, fornite in formato *shapefile* 3D.

In merito alla rappresentazione del territorio oggetto di indagine si evidenzia quanto segue:

- 1) l'accoppiamento tra la CTR delle Regione Piemonte (aggiornamento 2005) e la cartografia IGN è coerente. Si segnala che la viabilità e l'edificato che insistono sul territorio comunale non hanno subito variazioni di rilievo negli ultimi anni;
- 2) l'accoppiamento tra la BDTRE della Regione Piemonte e la cartografia IGN evidenzia alcune discrepanze di rappresentazione (es. confine di stato, edifici)<sup>(2)</sup>. Dettagli in Allegato - 4.

Al fine di ottemperare a quanto previsto dalla LR n. 1 del 05/02/2014 <sup>(3)</sup>, tenendo conto delle discrepanze sopra richiamate in merito al confine di stato ed ad alcuni edifici, la rappresentazione cartografica delle verifiche di compatibilità idraulica ed idrogeologica sarà effettuata sulla base della BDTRE edizione 2015 (in cui gli edifici sono rappresentati correttamente).

La trasposizione del quadro del dissesto in formato digitale sarà effettuata in conformità con le disposizioni della D.G.R. del 7 aprile 2014 n. 64-7417 (restituzione in formato *shapefile* con sistema di riferimento UTM-WGS84 fuso 32N).

### **1.3 Criteri impiegati per la definizione delle aree a diversa pericolosità**

Le condizioni di pericolosità indotte dai corsi d'acqua saranno determinate sulla base delle condizioni di dissesto individuate dal PAI o comunque conosciute.

La verifica di compatibilità idraulica e idrogeologica delle previsioni dello strumento urbanistico del Comune di Moncenisio viene effettuata mediante le seguenti valutazioni:

- 1) Analisi e rilievo degli elementi fisici naturali ed antropici caratterizzanti il corso d'acqua ed il territorio interessato.

---

<sup>(1)</sup> Si evidenzia che l'impiego del software *ConveRgo*, utilizzato per la redazione del prodotto, può incrementare il *range* di tolleranza plano-altimetrica.

<sup>(2)</sup> Si segnala in oltre che la BDTRE (edizione 2016, 2017 e 2018) contiene alcune anomalie nella rappresentazione di alcuni edifici dell'abitato che, per errore, sono stati rappresentati più volte.

<sup>(3)</sup> L'art. 10 della LR n. 1 del 05/02/2014 ha stabilito che "la base cartografica di riferimento per la Regione e per tutti i soggetti pubblici e privati che con essa si interfacciano è quella derivata dalla BDTRE".

- 2) Analisi storiche e utilizzo di studi effettuati in precedenza. Le indagini effettuate considerano anche notizie di eventi storici di piena, indagini geomorfologiche e indagini idrologiche-idrauliche stralciate da relazioni di calcolo delle opere idrauliche di correzione e difesa redatte a corredo dei progetti delle opere, a loro tempo, approvati.
- 3) Analisi idrologiche. L'analisi viene effettuata ai sensi della *"Direttiva sulla piena di progetto da assumere per la progettazione e le verifiche di compatibilità idraulica"*. La determinazione delle portate di piena con assegnato tempo di ritorno (tr 50, 200 e 500 anni) avviene mediante la formula del Metodo razionale. Viene impiegata l'analisi statistica delle osservazioni pluviometriche riportate nella Direttiva 2 del PAI.
- 4) Analisi idrauliche. Sono stati impiegati i seguenti criteri:
  - rete idrografica principale: il T. Cenischia non è oggetto di delimitazione delle fasce fluviali. Nel tronco di interesse, il corso d'acqua è in condizioni di elevato controllo di origine antropica in quanto i deflussi sono per lo più dirottati con canali in galleria per uso idroelettrico (diga del Moncenisio e invaso di S. Nicolao) e nel centro abitato la sezione è definita da una sistemazione a cunettone in cls. Nel centro abitato i livelli idrometrici, riferiti ai tempi di ritorno con tr 50, 200 e 500 anni, e la verifica degli attraversamenti, sono definiti sulla base di modellazione in moto permanente (codice di calcolo Hec-ras) condotta sulla base di sezioni rilevate a terra.
  - rete idrografica secondaria: in considerazione delle ridotte dimensioni dei bacini idrografici, la rete minore è rappresentata da una serie di incisioni, senza toponimi, che interessano aree esterne all'edificato. Le analisi vengono condotte al fine di delimitare i dissesti morfologici di carattere torrentizio con pericolosità molto elevata non perimetrata (aree EeL - dissesti lineari). Maggior dettaglio viene dedicato alle valutazioni sul trasporto solido delle incisioni che possono influenzare l'abitato.
- 5) Perimetrazione delle aree in dissesto. La perimetrazione delle aree di esondazione è stata definita sulla base di analisi semplificate. Preso atto della natura dei luoghi e delle caratteristiche idrauliche e morfologiche dell'area oggetto di interesse le indagini sono volte alla delimitazione di un'unica classe di pericolosità (aree a pericolosità molto elevata – Ee).
- 6) Valutazioni in merito al trasporto solido. Le analisi verranno impiegate per integrare le valutazioni idrauliche.



## 2 IL QUADRO DELLE CONOSCENZE

Il quadro delle conoscenze per il territorio di Moncenisio fa riferimento a quanto delineato nei seguenti documenti:

- a) Cartografia storica.
- b) Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI – 2001).
- c) Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA 2014-2015).
- d) Piano Territoriale di Coordinamento Territoriale (PTC<sup>2</sup> – agosto 2011. Aggiornamento cartografico giugno 2017). Progetto definitivo.

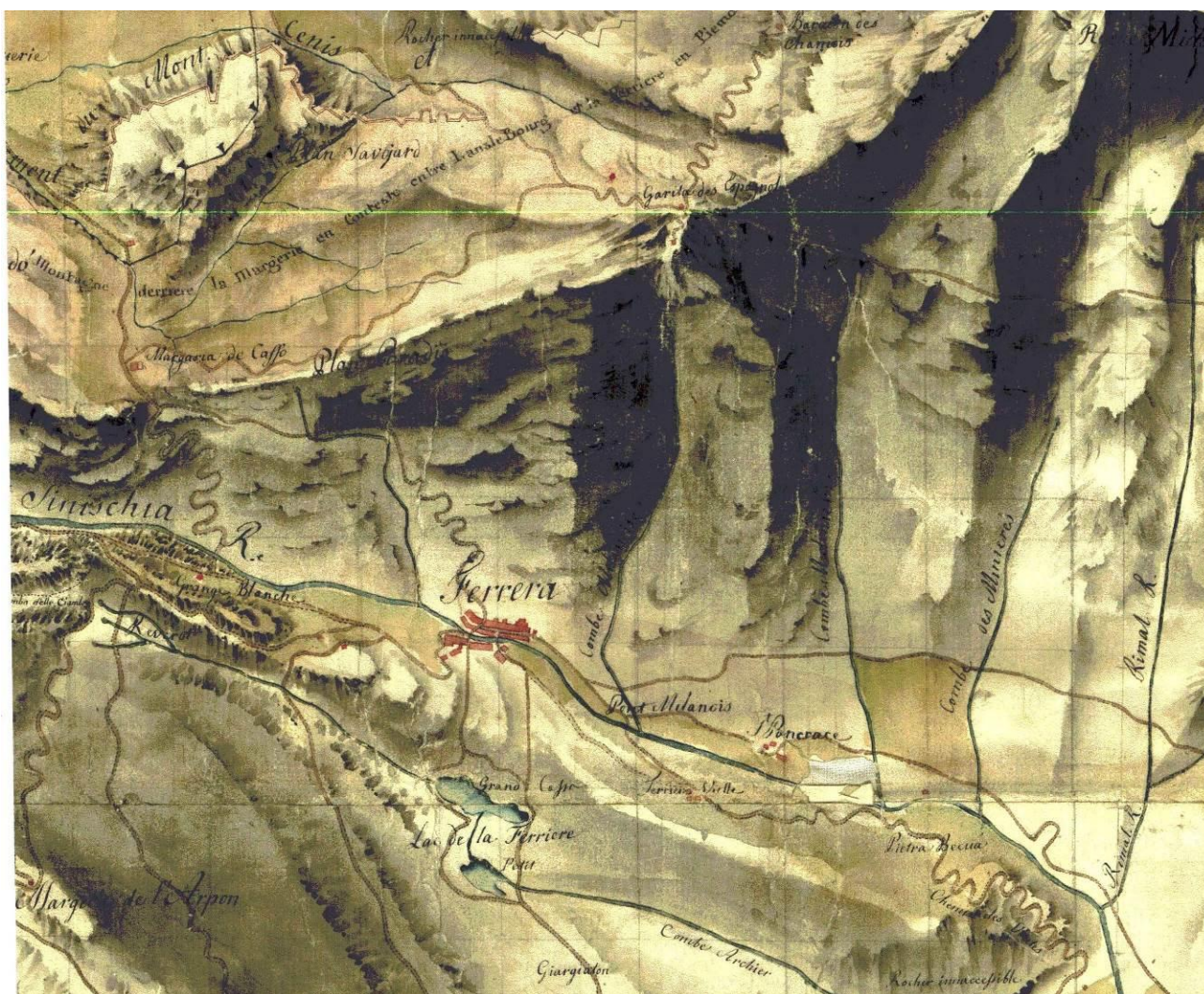


Figura 2-1. Estratto della cartografia di inizio ottocento in prossimità dell'abitato di Moncenisio (fonte Archivio storico di Firenze, titolo "Regioni del Moncenisio con tutto il bacino della Sinischia sino a Susa alla scala di 1 a 9450"). L'esame della documentazione mostra che il centro abitato è rimasto sostanzialmente invariato.

Nell'ambito del Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) si evidenzia quanto segue:

- il territorio comunale e l'intera asta del T. Cenischia, non sono interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali. Allo stato attuale non sono previsti Progetti di Variante alle Fasce che coinvolgano il T. Cenischia;
- L'Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici riporta la delimitazione delle aree in dissesto. La sintesi di quanto previsto per il territorio comunale di Moncenisio (Foglio 132 SEZ. II – Moncenisio) è riportato in Figura 2-2. In merito alle esondazioni ed ai dissesti morfologici di carattere torrentizio, il PAI individua, lungo l'asta del T. Cenischia a valle dell'abitato, un dissesto lineare non perimetrato di tipo EeL (aree a pericolosità molto elevata o elevata non perimetrata).

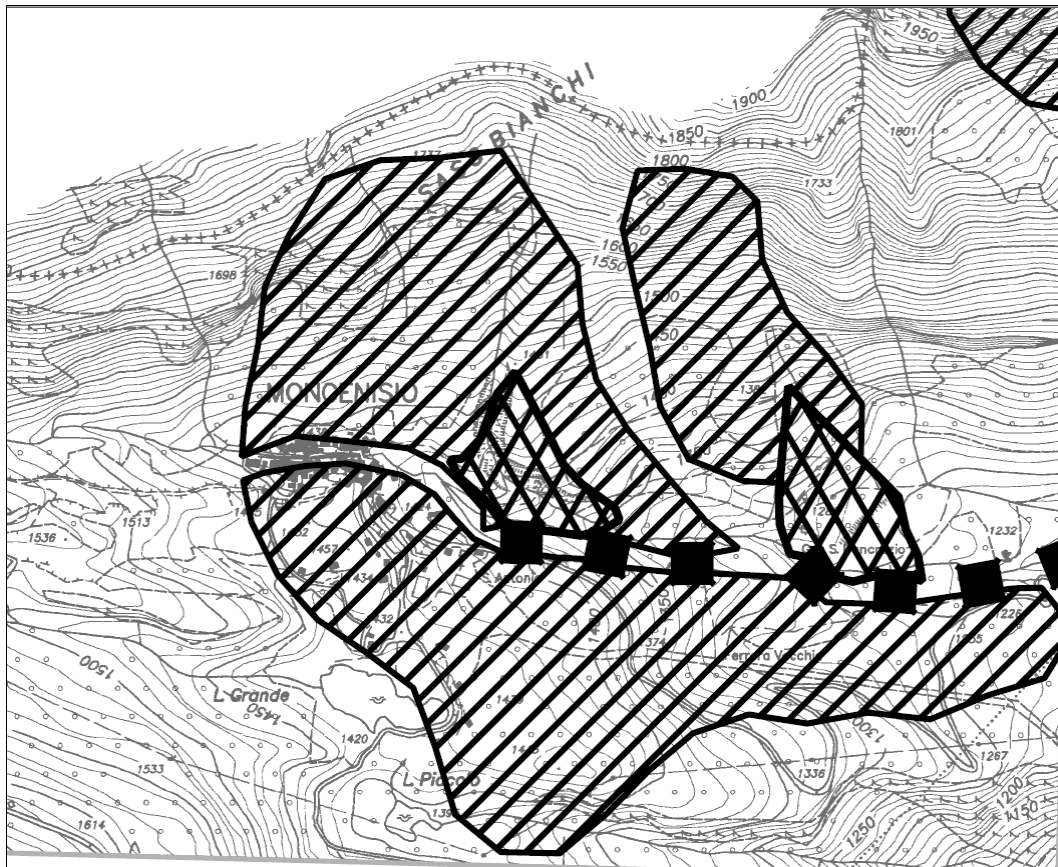


Figura 2-2. Quadro del dissesto in prossimità dell'abitato di Moncenisio contenuto nel PAI (tratto da "Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici - delimitazione delle aree in dissesto" Foglio 132 SEZ. II – Moncenisio - 2001). La campitura con linee diagonali rappresenta le aree di frana attiva (Fa); la campitura con linee diagonali incrociate rappresenta le aree di conoide attivo non protetto; il tratteggio rappresenta le aree con pericolosità molto elevata o elevata non perimetrata (EeL).



Nell'ambito del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni si evidenzia che, per l'intero tronco del T. Cenischia compreso nel territorio comunale, le aree prospicienti l' asta torrentizia sono classificate in area H con probabilità di alluvione frequente - tr 20/50 anni (vedi Figura 2-3).

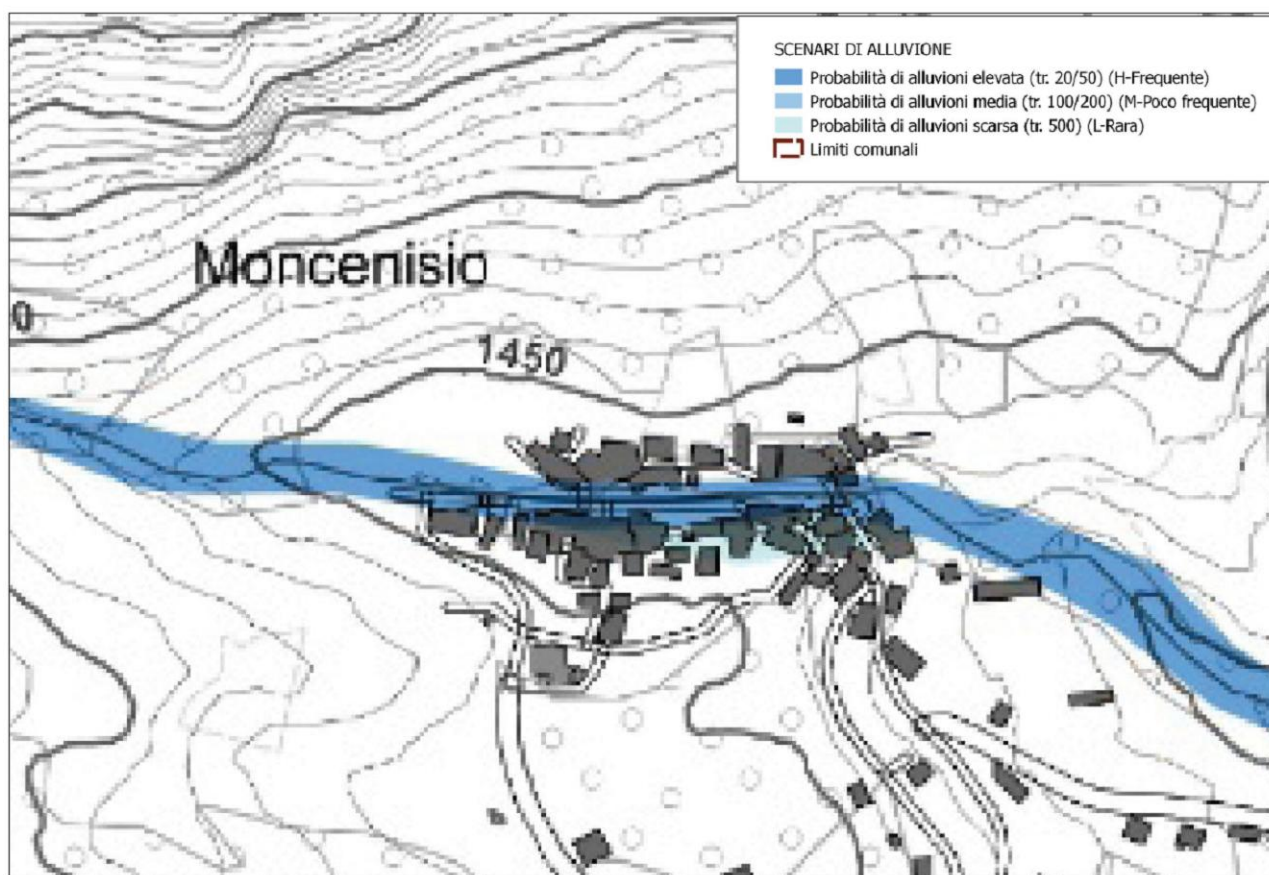


Figura 2-3. Scenari di alluvione in prossimità dell'abitato di Moncenisio contenuti nel PRGA (tratto da "Carta della pericolosità da alluvione" Foglio 132SE - 2015).

Nell'ambito del Piano Territoriale di Coordinamento Territoriale (PTC<sup>2</sup>) si evidenzia quanto segue:

- I dissesti riportati nella cartografia tematica confermano i contenuti del PAI (in particolare in merito all'individuazione dei conoidi attivi a pericolosità molto elevata). Riferimenti in Figura 2-4.
- La pericolosità dovuta alle valanghe è riportata in Figura 2-5.
- Nell'ambito delle principali criticità idrogeologiche delle opere di difesa idraulica censite, non sono cartografate o descritte criticità per l'abitato di Moncenisio (riferimento Tavola DS3).

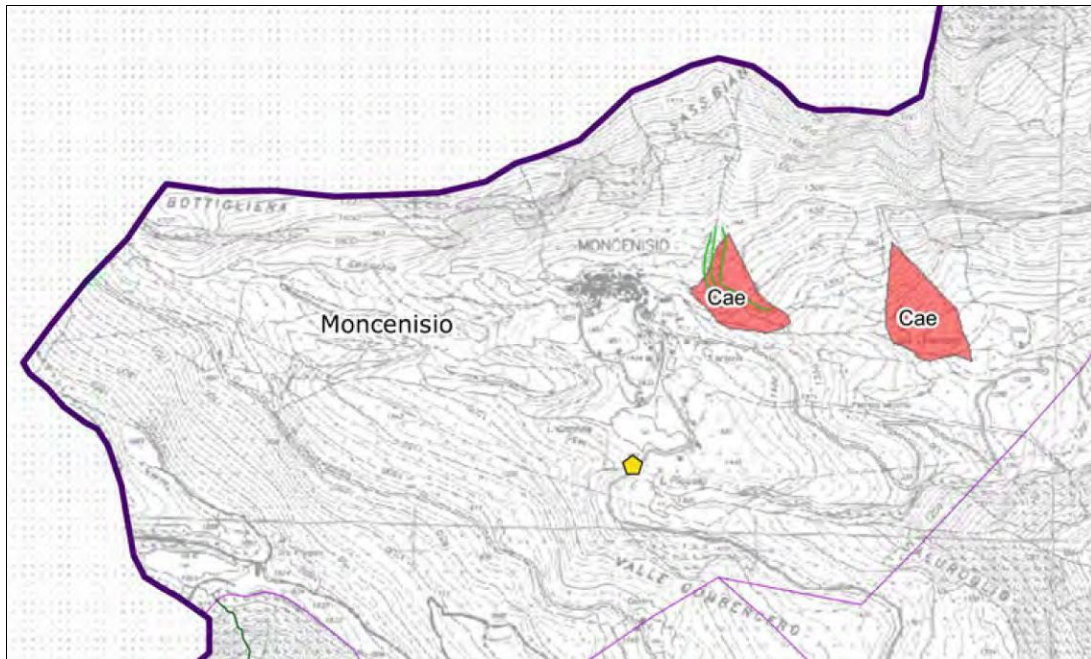


Figura 2-4. Quadro del dissesto in prossimità dell'abitato di Moncenisio contenuto nel PTC<sup>2</sup> (tratto da "Carta dei Dissesti" (Tavola DS2a - 2011). La campitura rossa indica i conoidi i conoidi attivi a pericolosità molto elevata, il graficismo verde indica i dissesti lineari a pericolosità molto elevata (EeL), il graficismo giallo indica una frana puntuale non classificata.

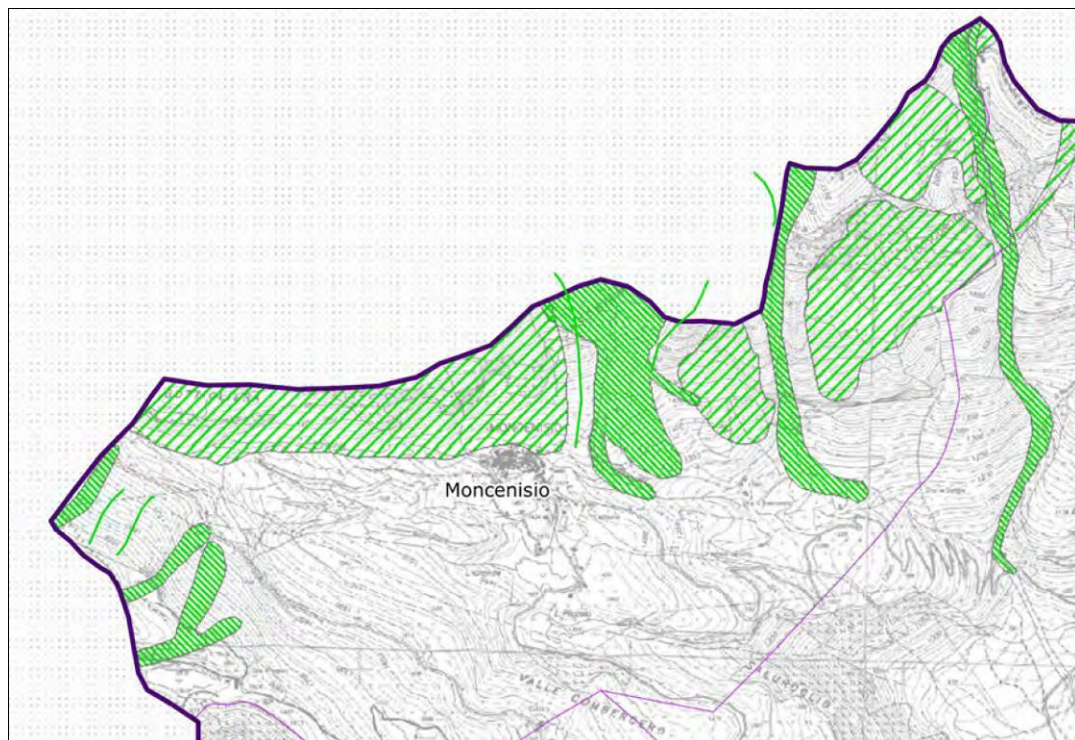


Figura 2-5. Quadro del dissesto in prossimità dell'abitato di Moncenisio contenuto nel PTC<sup>2</sup> (tratto da "Carta delle valanghe" (Tavola DS2b - 2011). La campitura con linee diagonali più rade rappresenta le aree soggette a pericolo; la campitura con linee diagonali più fitte rappresenta le aree delimitate sulla base della fotointerpretazione e di dati di archivio; la linea continua rappresenta una valanga minore delimitata sulla base delle fotointerpretazione.

## **2.1 Altra documentazione a disposizione**

L'indagine ha preso in considerazione le informazioni geomorfologiche e idrologiche-idrauliche riportate in studi redatti in precedenza (in particolare sono state consultate relazioni di calcolo di opere idrauliche e difesa redatte a corredo dei progetti delle opere, a loro tempo, approvati). Si fa riferimento ai seguenti documenti:

- COMUNITÀ MONTANA BASSA VAL DI SUSA (2003) *"Progetto di sistemazione generale del Torrente Cenischia nel territorio della Comunità Montana a seguito dell'evento alluvionale ottobre 2000 – 2° Lotto. Progetto definitivo"*, redatto da Polithema;
- COMUNE DI MONCENISIO (2006) *"Piano Regolatore Generale. Variante di adeguamento al PAI"*, redatto da Dott. Geol. Bruno;
- COMUNE DI MONCENISIO (2009): *"Interventi di sistemazione dell'opera di presa Pra Dellerà sul Torrente Cenischia a servizio di 5 bealere in Comune di Moncenisio – Progetto esecutivo"*, redatto da Consorzio Forestale Alta Valle Susa;
- COMUNE DI MONCENISIO (2009): *"Interventi di sistemazione Torrente Cenischia e Rio Gorge (cascata Rivo Giasset)"*, redatto da Consorzio Forestale Alta Valle Susa;

## **2.2 Analisi storica in merito agli eventi alluvionali trascorsi**

Nel tronco di interesse, il corso d'acqua è in condizioni di elevato controllo di origine antropica in quanto i deflussi sono per lo più dirottati con canali in galleria per uso idroelettrico (diga del Moncenisio e invaso di S. Nicolao) e nel centro abitato la sezione è definita da una sistemazione a cunettone in cls <sup>(4)</sup>.

La rete idrografica minore, rappresentata da una serie di incisioni che per posizione e acclività possono essere sede di scorrimento di valanghe, non origina significativi contributi idrici e di trasporto solido, salvo che in ridotte porzioni di conoide attivo poste in aree collocate a valle dell'edificato.

Fatte salve le premesse di cui sopra, l'indagine storica ha evidenziato quanto segue:

- la ricerca dell'esistenza di coperture relative agli eventi di piena storicamente più gravosi <sup>(5)</sup> su siti istituzionali (Ministero dell'Ambiente, Autorità di bacino, Regione Piemonte, ARPA) in merito al tronco di T. Cenischia in fregio al centro abitato, non ha evidenziato risultati di rilievo;
- la ricerca storica degli eventi che hanno coinvolto l'alta Val Cenischia evidenzia una serie di episodi legati alla rete idrografica minore (Rio Bar, Rio Claretto, Rio Mardarello, Torrente Crosiglione) che hanno più volte danneggiato infrastrutture e collegamenti stradali, sia con esondazioni che con colate detritiche (TROPEANO E TURCONI – 1999).

---

<sup>(4)</sup> In base alle informazioni raccolte l'opera è stata realizzata dall'ENEL sicuramente prima del 2000.

<sup>(5)</sup> Si citano, su tutti, gli eventi del 1957 e del 2000



- L'unico evento di rilievo di cui si è rinvenuta testimonianza riporta che *"lungo l'asta del rio Gorge, a valle della cascata, le acque a seguito dell'evento alluvionale del maggio 2008 non scorrono più nell'alveo naturale che si è occluso dal materiale inerte trasportato durante l'evento alluvionale raggiungendo l'abitato di Moncenisio"* (COMUNE DI MONCENISIO 2009-1). A seguito dell'evento citato sono state realizzate le opere previste dal progetto *"Sistemazione Torrente Cenischia e Rio Gorge (cascata rivo Giasset) – anno 2009"*.

In considerazione di quanto richiamato, le risultanze dell'indagine storica evidenziano l'opportunità di analizzare il ruolo del trasporto solido che è potenzialmente in grado di interessare la rete idrografica minore, in particolare per quanto riguarda la porzione posta a monte dell'abitato.

Al fine di osservare un criterio di massima cautela, anche se il potenziale detritico risulta ridotto, l'indagine viene condotta in modo da integrare le valutazioni idrauliche.

### **3 LE INDAGINI IDROLOGICO-IDRAULICHE**

Nel presente paragrafo si riassumono i criteri impiegati per la redazione delle verifiche di compatibilità idraulica. Sono previste le seguenti fasi:

- a) Valutazione delle portate di riferimento.
- b) Analisi idraulica con modello numerico 1D in moto permanente (hec-ras) del tronco d'alveo che attraversa il centro abitato, a partire da sezioni dell'alveo rilevate a terra.
- c) Definizione del campo di inondazione e delimitazione delle aree a diversa pericolosità.
- d) Indagini in merito al trasporto solido.

#### **3.1 Determinazione delle portate di riferimento**

L'analisi idrologica per la delimitazione delle portate di riferimento è stata condotta secondo i seguenti criteri:

- 1) L'indagine viene effettuata ai sensi della *"Direttiva sulla piena di progetto da assumere per la progettazione e le verifiche di compatibilità idraulica"*. La determinazione delle portate di piena con assegnato tempo di ritorno (tr 50, 200 e 500 anni) avviene mediante la formula del Metodo razionale <sup>(6)</sup>.
- 2) L'analisi pluviometrica impiegata fa riferimento all'analisi statistica delle osservazioni pluviometriche riportate nella Direttiva 2 del PAI.

---

<sup>(6)</sup> La scelta di adottare il metodo razionale in luogo della predisposizione di un modello afflussi-deflussi, è motivata dalle precedenti esperienze maturate in condizioni analoghe (piccoli bacini montani) nell'ambito dell'approvazione del quadro del dissesto nell'ambito di altri PRG. Nell'ambito delle osservazioni comunicate dai Settori regionali competenti infatti è stato fatto notare più volte che, per piccoli bacini, i valori portata ricavati con il metodo razionale sono più cautelativi e pertanto è preferibile che questi ultimi vengano impiegati per la predisposizione delle verifiche idrauliche.

- 3) La definizione dei bacini idrografici è avvenuta sulla base dei prodotti cartografici disponibili (DTM 5x5 m della Regione Piemonte e curve di livello 3D, equidistanza 20 m, derivanti da cartografia IGN).

Ai fini della determinazione delle portate di piena del T. Cenischia <sup>(7)</sup>, si considera che gli eventi di piena si verifichino in condizioni di massima allerta alla diga del Moncenisio (dettagli nel par. 5.1). Le portate di piena vengono quindi determinate sommando il valore di portata al colmo che si origina nella porzione di bacino compresa tra lo sbarramento e l'abitato di Moncenisio (calcolata con il metodo razionale per i tempi di ritorno di interesse), con massimo valore di portata che può provenire dalla diga in occasione di un evento in grado di determinare sia la condizione di massimo invaso che la contemporanea necessità di svuotamento rapido della diga attraverso lo scarico di fondo <sup>(8)</sup>. Tale ipotesi risulta cautelativa in quanto la probabilità combinata che gli eventi coincidano è superiore alla probabilità di accadimento dei singoli eventi.

### 3.1.1 IL METODO IMPIEGATO

In sintesi il metodo razionale considera il bacino idrografico come una singola unità e stima il valore al colmo della portata con le seguenti assunzioni:

- la precipitazione è uniformemente distribuita sul bacino;
- la portata stimata ha lo stesso tempo di ritorno T di quello dell'intensità di pioggia;
- l'intensità della precipitazione è considerata costante per tutto l'evento;
- trasformazione lineare dell'afflusso in deflusso, quindi assenza di fenomeni di immagazzinamento lungo la rete idrografica;
- lo ietogramma di progetto ha durata pari a quella del tempo di corrivazione (il tempo di corrivazione in termini pratici rappresenta l'intervallo di tempo dall'inizio della precipitazione oltre al quale tutto il bacino contribuisce al deflusso nella sezione terminale. Ai fini del calcolo risulta cautelativo adottare precipitazioni di durata pari al tempo di corrivazione in quanto l'intensità della precipitazione diminuisce con l'aumentare della durata di pioggia).

---

<sup>(7)</sup> Il T. Cenischia ha origine dall'ampia conca del colle del Moncenisio in territorio francese. La diga del Moncenisio e l'estensione ragguardevole del lago ne interrompono il corso stravolgendo completamente le caratteristiche idrologiche dell'area.

<sup>(8)</sup> Nell'occorrenza di un evento che determini sia la situazione di massimo invaso (a cui è associata l'evacuazione di una porta massima pari a 45 m<sup>3</sup>/s attraverso lo scarico di superficie) che la concomitante necessità di svuotamento rapido della diga attraverso lo scarico di fondo (massima capacità di convogliamento pari a 60 m<sup>3</sup>/s), il massimo valore di portata che può essere rilasciato verso l'Italia è pari a 105 m<sup>3</sup>/s.

Il valore di portata al colmo deriva dalla formula:

$$Q = k \times C \times i \times A$$

in cui:

Q = portata al colmo (m<sup>3</sup>/s);

k = fattore di conversione delle unità di misura, pari a 0.278;

C = coefficiente di trasferimento afflussi-deflussi;

A = area del bacino (km<sup>2</sup>);

i = intensità di pioggia (mm/h) calcolata come  $i \text{ (mm/h)} = \text{altezza di pioggia (mm)} / \text{tempo di pioggia (h)}$  dove: tempo di pioggia (tp) = tempo di corrivazione (tc).

Ai fini dell'indagine si precisa quanto segue:

- 1) Il tempo di corrivazione è stato calcolato sulla base dell'espressione proposta da Merlo (1973) tarata su piccoli bacini montani piemontesi:

$$tc = 0.396 \frac{L}{\sqrt{i}} \left( \frac{S}{L^2} \frac{\sqrt{i}}{\sqrt{i_v}} \right)^{0.72}$$

in cui:

tc = tempo di corrivazione (h)

S = superficie (km<sup>2</sup>);

L = lunghezza asta principale (km);

i = pendenza dell'asta principale;

iv = pendenza media dei versanti

- 2) La stima del coefficiente di trasferimento afflussi-deflussi è avvenuta per ciascun sottobacino mediante l'incrocio fra l'informazione relativa alla copertura e quella relativa al tipo idrologico di suolo. L'operazione è stata effettuata in ambiente GIS, associando il valore numerico attribuito a ciascun tipo di uso del suolo <sup>(9)</sup> ai relativi valori del coefficiente di deflusso scelti tra quelli rinvenibili in letteratura <sup>(10)</sup>.

La curva di probabilità pluviometrica impiegata, cioè della relazione che lega l'altezza di precipitazione alla sua durata, ha la seguente espressione:

$$h(t) = a(t)^n$$

---

<sup>(9)</sup> I dati riferiti alla copertura ed all'uso del suolo sono stati ricavati dalla cartografia tematica (Carta forestale e degli altri usi del territorio desunti dai PFT) distribuita dalla Regione Piemonte in ambiente ArcView (in formato shapefile). La cartografia è stata redatta nell'ambito della redazione dei Piani Forestali Territoriali dall'IPLA nel corso di una campagna di acquisizione e restituzione dati (1996-2005). Il dato è stato acquisito e restituito alla scala 1:10 000 mediante scansione e vettorializzazione dei dati sulla base della CTR regionale e verifica sul campo.

<sup>(10)</sup> RANZI R. & Rosso R. (1994). *FLEA - Manuale d'uso*.

ANSELMO associati

Via Vittorio Emanuele, 14 10023 CHIERI (Torino)

Tel./ Fax 011-941 58 35 e-mail: [info@anselmoassociati.it](mailto:info@anselmoassociati.it)



in cui  $h$  è l'altezza di pioggia (in mm),  $t$  la durata della pioggia (in ore), i parametri  $a$  e  $n$  dipendono dallo specifico tempo di ritorno considerato.

L'analisi pluviometrica impiegata fa riferimento all'analisi statistica delle osservazioni pluviometriche riportate nell'Allegato 3 della Direttiva 2 del PAI (2001) che fornisce, sulla base delle elaborazioni puntuali, una interpretazione della variabilità spaziale dei parametri pluviometrici con il metodo del kriging dei parametri  $a$  ed  $n$  delle linee segnalatrici, discretizzate in base ad un reticolo di 2 Km di lato.

I parametri pluviometrici impiegati per ciascun bacino idrografico fanno riferimento alla cella pluviometrica in cui ricade l'area (si evidenzia che la presenza dei valori anche per la porzione di territorio francese di interesse). Riferimenti in Tabella 3-1.

Tabella 3-1. Parametri pluviometrici per l'area oggetto di studio (tratto da Allegato 3 della Direttiva 2 del PAI - 2001)

Cella pluviometrica di riferimento	Parametri pluviometrici					
	Tr 50 anni		Tr 200 anni		Tr 500 anni	
(ID)	a	n	a	n	a	n
U96	27.24	0.47	32.34	0.469	35.69	0.469
U97	23.59	0.48	32.16	0.486	35.53	0.486
V96	26.88	0.48	31.96	0.48	35.31	0.479
T96	27.52	0.46	32.63	0.46	35.99	0.46

La delimitazione dei bacini idrografici fa riferimento alla cartografia numerica a disposizione (DTM 5x5 m della Regione Piemonte e curve di livello 3D, equidistanza 20 m, derivanti da cartografia IGN). La delimitazione dei bacini è riportata in Allegato - 1.

I parametri fisici caratteristici dei bacini così delimitati sono stati calcolati in ambiente WMS<sup>®</sup>, prodotto dalla Boss di Madison, che restituisce i dati morfometrici riassunti in Tabella 3-2.

Tabella 3-2. Parametri morfometrici calcolati per i bacini idrografici oggetto di studio.

Bacino idrografico (ID)	Parametri morfometrici						
	Area (kmq)	Lunghezza asta principale (km)	Pendenza asta principale (m/m)	Pendenza media dei versanti (m/m)	Coefficiente di deflusso (-)	Tc (h)	Cella pluviometrica di riferimento (ID)
Bacino 1	0.54	0.76	0.347	0.473	0.74	0.44	U97
Bacino 2	0.88	1.49	0.185	0.481	0.80	0.50	U97
Bacino 3 (Rio Gorge)	0.09	0.43	0.773	0.750	0.82	0.11	U96
Bacino 4 (Rio di Moncenisio)	0.40	1.38	0.597	0.786	0.82	0.21	U96
Bacino 5	0.71	1.28	0.765	0.789	0.85	0.31	V96
Bacino 6	0.36	1.10	0.715	0.907	0.77	0.20	V96
Bacino 7 (Rio Riondo)	4.25	5.17	0.524	0.690	0.83	0.86	V96
Bacino 8 (T. Cenischia) (Nota)	6.00	16.00	0.200	0.429	0.82	2.25	T96
Nota: porzione di bacino compresa tra lo sbarramento e l'abitato di Moncenisio							

### 3.1.2 RISULTATI

A seguito delle indagini effettuate, nella tabella seguente si riportano i valori delle portate di piena con assegnato tempo di ritorno con tr 50, 200 e 500 anni:

Bacino idrografico (ID)	Valori di portata al colmo per assegnato tempo di ritorno		
	Tr 50 (m <sup>3</sup> /s)	Tr 200 (m <sup>3</sup> /s)	Tr 500 (m <sup>3</sup> /s)
Bacino 1	4.6	5.5	6.1
Bacino 2	7.6	9.0	9.9
Bacino 3 (Rio Gorge)	1.7	2.0	2.3
Bacino 4 (Rio di Moncenisio)	5.8	6.8	7.5
Bacino 5	8.2	9.7	10.8
Bacino 6	4.8	5.7	6.3
Bacino 7 (Rio Riondo)	34.6	41.1	45.4
T. Cenischia			
Porzione di bacino compresa tra lo sbarramento e l'abitato di Moncenisio	64	76	84
Massima capacità di convogliamento dello scarico di fondo	60	60	60
Massima capacità di convogliamento dello scarico di superficie	45	45	45
T. Cenischia (*)	169	181	189
(*): tale ipotesi risulta cautelativa in quanto la probabilità combinata che gli eventi coincidano è superiore alla probabilità di accadimento dei singoli eventi.			

### **3.2 Analisi idrauliche**

Le analisi idrauliche sono state condotte secondo i seguenti criteri:

- 1) rete idrografica principale: nel tronco di interesse, il T. Cenischia è in condizioni di elevato controllo di origine antropica in quanto i deflussi sono per lo più regolati per uso idroelettrico (diga del Moncenisio e invaso di S. Nicolao) e nel centro abitato la sezione è definita da una sistemazione a cunettone in cls (vedi Figura 3-1). Al termine della sistemazione è rinvenibile un salto di fondo pari a circa 1.5 m (vedi Figura 3-2) Nel centro abitato i livelli idrometrici, riferiti ai tempi di ritorno con tr 50, 200 e 500 anni, e la verifica degli attraversamenti, sono definiti sulla base di modellazione in moto permanente (codice di calcolo Hec-ras) condotta sulla base di sezioni rilevate a terra.
- 2) rete idrografica secondaria: in considerazione delle ridotte dimensioni dei bacini idrografici, la rete minore è rappresentata da una serie di incisioni, senza toponimi, che interessano aree esterne all'edificato. Le analisi vengono condotte al fine di delimitare i dissesti morfologici di carattere torrentizio con pericolosità molto elevata non perimetrata (aree EeL - dissesti lineari). Maggior dettaglio viene dedicato alle valutazioni sul trasporto solido delle incisioni che possono influenzare l'abitato (dettagli nel par. 4).

L'indagine del T. Cenischia, nel tronco che interessa l'abitato, è stata effettuata secondo lo schema seguente:

- a) raccolta dei dati geometrici (rilievo sezioni e pendenza);
- b) determinazione del profilo del pelo libero: schematizzazione in moto permanente della rete di drenaggio mediante codice di calcolo hec-ras con individuazione delle sezioni e degli attraversamenti insufficienti al convogliamento della portata di progetto. L'ipotesi di moto permanente (che prevede portata costante nel tempo e geometria dell'alveo variabile di sezione in sezione) è stata impiegata considerando quanto segue:
  - Preso atto della natura dei luoghi (sia in termini di idraulico-morfologici che urbanistici) le indagini sono principalmente volte ad identificare l'insufficienza delle sezioni, considerando le condizioni più cautelative in ragione del fatto che il fondo valle risulta fortemente inciso e che non sono immaginabili divagazioni di rilievo in caso di esondazione <sup>(11)</sup>.

---

<sup>(11)</sup> In condizioni di moto permanente ogni sezione della rete idrografica viene verificata per il convogliamento della portata di riferimento senza considerare eventuali riduzioni della portata di riferimento laddove si verificassero tracimazioni a monte. Il risultato pertanto è sicuramente cautelativo in termini di identificazione di sezioni insufficienti.

- il rilievo topografico è circoscritto alle vicinanze dell'alveo (in tali condizioni la delimitazione delle aree coinvolte dall'esondazione è affidata principalmente al sopralluogo);
  - l'identificazione delle insufficienze della rete di drenaggio è prioritaria rispetto all'identificazione delle aree interessate dall'esondazione;
- c) L'indagine è stata integrata con le risultanze dell'indagine sul trasporto solido descritte nel par. 4. Le verifiche idrauliche dei ponti e degli attraversamenti presenti nel concentrico, nell'ambito della valutazione del franco idraulico, verranno effettuate tendo conto del ruolo del trasporto solido. A seguito dei risultati ottenuti, in via cautelativa, l'entità del trasporto solido viene valutato incrementando il livello di  $\frac{1}{3}$  dell'altezza determinato con la sola portata liquida.



Figura 3-1. Vista dell'alveo del T. Cenischia in corrispondenza dell'abitato (ripresa dal ponte di via IV Novembre con vista da valle verso monte). La sezione ha fondo largo 6 m e sponde alte 5 m.





Figura 3-2. Vista dall'alto del salto di fondo posto al termine della sistemazione (ripresa dal ponte di via IV Novembre con vista da monte verso valle).

### 3.2.1 IL METODO IMPIEGATO

Lo studio è stato condotto mediante la predisposizione di un modello per sezioni in moto stazionario monodimensionale (HEC-RAS, River Analysis System descritto in APPENDICE - A) che prevede portata costante nel tempo e geometria delle sezioni da rilievo.

La modellazione, che tiene conto della variazione delle dimensioni dell'alveo e delle singolarità localizzate, è stata effettuata sulla base di quanto richiamato nel seguito:

- 1) La geometria dell'alveo e degli attraversamenti è stata rilevata terra.
- 2) La condizione al contorno di monte (portata in ingresso) è fissata secondo i criteri esposti nel par. 3.1. Nel seguito si richiamano i valori, ricordando che sono stati calcolati nell'ipotesi che l'evento di piena si verifichi in condizioni di massima allerta alla diga del Moncenisio (tale ipotesi risulta cautelativa in quanto la probabilità combinata che gli eventi coincidano è superiore alla probabilità di accadimento dei singoli eventi).
  - Portata con tr 50 anni pari a  $169 \text{ m}^3/\text{s}$  (il valore di portata del solo bacino idrografico compreso tra lo sbarramento e l'abitato di Moncenisio è pari a  $64 \text{ m}^3/\text{s}$ );
  - Portata con tr 200 anni pari a  $181 \text{ m}^3/\text{s}$  (la portata del solo bacino idrografico è pari a  $76 \text{ m}^3/\text{s}$ );

- Portata con tr 500 anni pari a  $189 \text{ m}^3/\text{s}$  (la portata del solo bacino idrografico è pari a  $84 \text{ m}^3/\text{s}$ );
- 3) Le condizioni di scabrezza sono state fissate con riferimento ai valori  $n$  di Manning. I valori assegnati sono rispettivamente pari a:
- $n = 0.025 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$  per la porzione di alveo compresa tra le pareti del cunettone;
  - $n = 0.04 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$  l'alveo naturale a monte e valle del concentrico;
  - $n = 0.05 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$  per le golene e il piano campagna i.
- 4) Il motore di calcolo è stato impostato in condizioni di corrente "lenta" e successivamente anche in condizione "mista" in previsione che avvengano transizioni fra corrente veloce e corrente lenta. Nella sezione di valle è stata fissata la condizione di moto uniforme imponendo la pendenza  $j = 0.045$  pari a quella dell'alveo nel tronco considerato.

### 3.2.2 RISULTATI

I risultati, riepilogati in APPENDICE - C, mettono in evidenza quanto segue:

- 1) Nell'ipotesi di massima cautela, in cui sono presi in considerazione i valori di portata calcolati nell'ipotesi che l'evento di piena si verifichi in condizioni di massima allerta alla diga del Moncenisio (pari a 169, 181 e  $189 \text{ m}^3/\text{s}$ ), le sezioni risultano insufficienti lungo tutto il tratto considerato. I valori di velocità risultano compresi tra 5 e  $6.5 \text{ m/s}$ . I ponti risultano insufficienti (vedi Figura 3-3).
- 2) Per completezza di informazione si espongono anche i risultati riferiti all'ipotesi in cui vengono presi in considerazione i valori di portata provenienti dal solo bacino idrografico compreso tra lo sbarramento e l'abitato di Moncenisio (pari a 64, 76 e  $84 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Con questa ipotesi il profilo idrometrico risulta interamente contenuto in alveo e i valori di velocità sono compresi tra 4 e  $5 \text{ m/s}$ . I ponti hanno il franco superiore a 1 m e la linea dell'energia risulta contenuta nelle sezioni (vedi Figura 3-4).

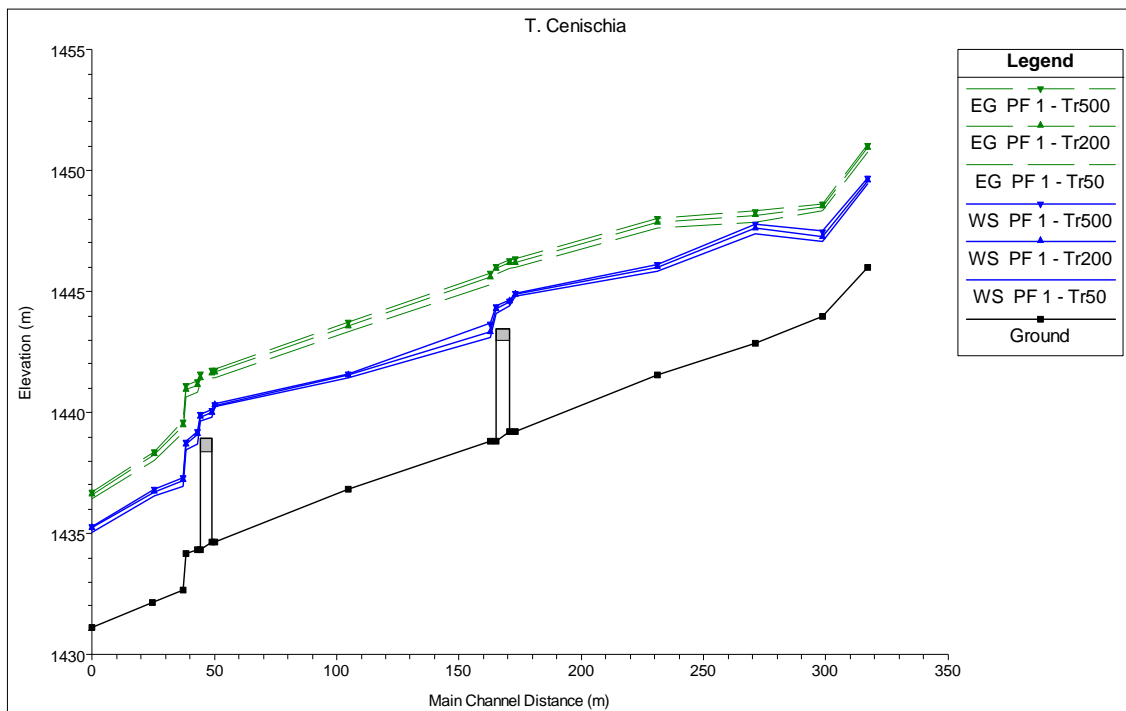


Figura 3-3. Profilo longitudinale del T. Cenischia in corrispondenza dell'abitato. Il profilo idrometrico rappresentato (linea blu) è riferito al transito dei valori di portata calcolati nell'ipotesi che l'evento di piena si verifichi in condizioni di massima allerta alla diga del Moncenisio (pari a 169, 181 e 189 m<sup>3</sup>/s). La linea verde rappresenta la linea dell'energia.

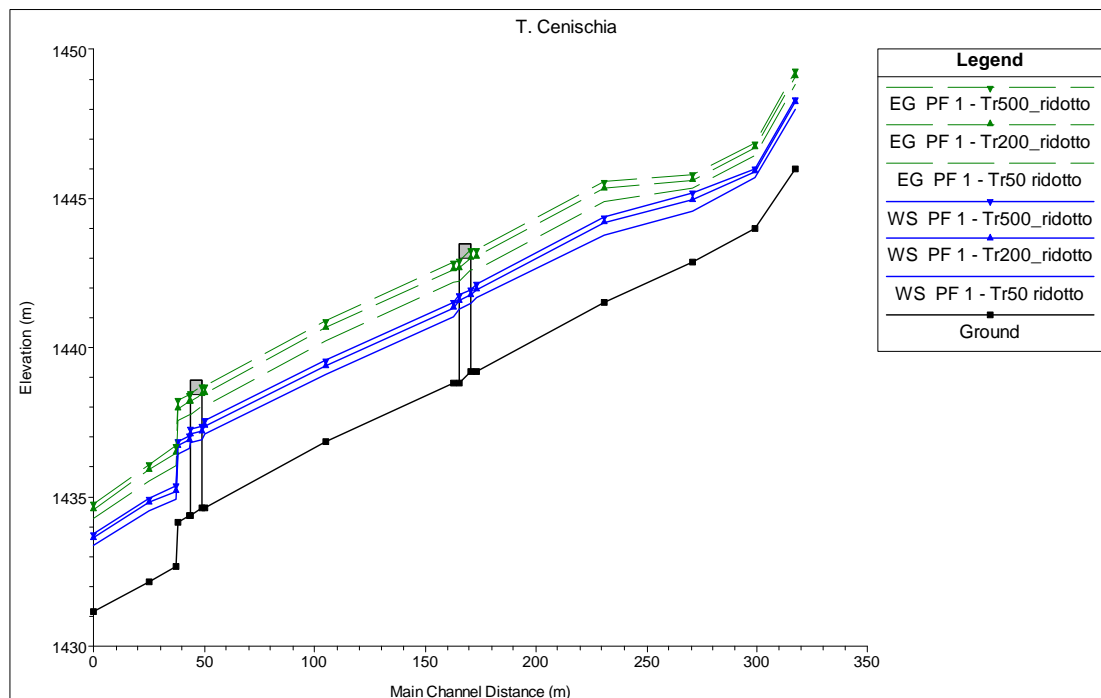


Figura 3-4. Profilo longitudinale del T. Cenischia in corrispondenza dell'abitato. Il profilo idrometrico rappresentato (linea blu) è riferito al transito dei valori di portata che si genera nell'ambito del bacino idrografico compreso tra lo sbarramento e l'abitato di Moncenisio (pari a 64, 76 e 84 m<sup>3</sup>/s). La linea verde rappresenta la linea dell'energia.

### **3.3 Verifica idraulica dei manufatti censiti mediante SICOD**

A corredo delle indagini idrauliche effettuate, si esplicita quanto emerso per i ponti/attraversamenti censiti nel SICOD.

Con rimando ai dettagli riportati in Allegato - 3 si specifica che, per ogni ponte/attraversamento, viene indicato:

- a) sezione di rilievo con indicazione del livello di piena con tr 200 anni. Si ricorda che sezioni sono rappresentate con vista da monte verso valle.
- b) rispetto del franco idraulico (secondo quanto previsto dalla Direttiva dell'Autorità di Bacino del Fiume Po) al transito della portata liquida con tr 200 anni. Viene riportata una tabella in cui sono riassunti la quota dell'intradosso ed il franco idraulico;
- c) rispetto del franco idraulico considerando un incremento per il trasporto solido ordinario. L'entità del trasporto solido viene valutata come il valore maggiore tra quello calcolato secondo i criteri riportati nel par. 4 e quello speditivamente ottenuto incrementando il livello di 1/3 dell'altezza determinato con la sola portata liquida.

Si specifica che le verifiche sono state effettuate in moto permanente.

### **3.4 Perimetrazione delle aree in dissesto**

La perimetrazione delle aree di esondazione e delle relative classi di pericolosità, è avvenuta sulla base delle analisi e delle valutazioni esposte nei paragrafi precedenti e di seguito sintetizzate:

- 1) il T. Cenischia, nel tronco di interesse, è in condizioni di elevato controllo di origine antropica in quanto i deflussi sono per lo più regolati per uso idroelettrico (diga del Moncenisio e invaso di S. Nicolao) e nel centro abitato la sezione è definita da una sistemazione a cunettone in cls. L'esame dei luoghi mostra che la porzione di centro abitato prospiciente il corso d'acqua è localizzato in un fondovalle fortemente inciso in cui non sono immaginabili divagazioni di rilievo in caso di esondazione (vedi par. 3.2);
- 2) quanto richiamato trova conferma nei contenuti del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA 2014-2015) in cui si evidenzia che, per l'intero tronco del T. Cenischia compreso nel territorio comunale, le aree prospicienti l'asta torrentizia sono classificate in area H con probabilità di alluvione frequente - tr 20/50 anni con limitata estensione areale degli allagamenti (vedi Figura 2-3).



### 3.4.1 IL METODO IMPIEGATO

Preso atto della natura dei luoghi, delle caratteristiche idraulico-morfologiche e delle consistenze urbanistiche presenti nell'area oggetto di interesse, la perimetrazione delle aree di esondazione è stata definita sulla base di analisi semplificate in cui le indagini sono volte alla delimitazione di un'unica classe di pericolosità (aree a pericolosità molto elevata – Ee). A tal fine sono stati impiegati i seguenti criteri:

- a) Definizione dei livelli idrometrici nel tronco di alveo che interessa il concentrico, riferiti ai tempi di ritorno con tr 50, 200 e 500 anni, sulla base di modellazione in moto permanente (codice di calcolo Hec-ras) condotta sulla base di sezioni rilevate a terra. La definizione delle portate di progetto è avvenuta con ipotesi cautelativa. Sono stati calcolati i valori di portata nell'ipotesi che l'evento di piena si verifichi in condizioni di massima allerta alla diga del Moncenisio (valori pari a 169, 181 e 189 m<sup>3</sup>/s per i tempi di ritorno di interesse).
- b) Delimitazione delle aree a pericolosità molto elevata – Ee sulla base del piano quotato. A tal fine è stata seguita la seguente procedura:
  - estrazione della base altimetrica sulla base dei contenuti DTM della Regione Piemonte acquisito con metodologia uniforme (LiDAR) in standard di livello 4 con risoluzione della griglia 5x5 m <sup>(12)</sup>;
  - sovrapposizione al piano quotato del limite degli allagamenti così come definito dal Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA 2014-2015);
  - materializzazione del limite di "soggiacenza" del terreno rispetto ai livelli di piena che deriva dall'intersezione GIS fra il livello idrometrico con tr 500 anni calcolato con hec-ras (superficie che interpola l'involuppo massimo dei profili di piena) e il DTM del terreno.

Ai fini della delimitazione delle aree di esondazione, il limite è stato posto come l'indicazione più cautelativa (scegliendo quindi la porzione più esterna) tra quello riportato nel PRGA e quello derivante dalla materializzazione del limite di "soggiacenza", fatta salva la presenza di evidenze morfologiche rinvenibili dal DTM.

---

<sup>(12)</sup> Tolleranza altimetrica media pari a  $\pm 0.30$  m, tolleranza massima di  $\pm 0.60$  m nelle aree di minor precisione corrispondenti alle aree boscate e densamente urbanizzate.

### 3.4.2 RISULTATI

La delimitazione delle aree di esondazione è riportata in Elaborato H- 3. I risultati delle indagini evidenziano quanto segue:

- 1) Il tronco di alveo del T. Cenischia che attraversa il centro abitato è caratterizzato da una sezione rettangolare rivestita in cls che, pur risultando insufficiente rispetto alle portate di progetto, garantisce una maggior capacità di convogliamento rispetto alla porzione di monte.
- 2) In caso di piena catastrofica (inteso come evento di piena con tr 50, 200 o 500 anni che si verifica in condizioni di contemporanea massima allerta alla diga del Moncenisio, cioè con probabilità combinata degli eventi superiore alla probabilità di accadimento dei singoli eventi) l'esondazione avrebbe origine in sponda sinistra nella porzione a monte dell'abitato (vedi Figura 3-5, Figura 3-6 e Figura 3-7).
- 3) Si evidenzia inoltre che l'incremento di velocità dell'acqua dovuto alla presenza della canalizzazione, ha reso necessaria, a valle della stessa, la realizzazione di un tratto di scogliera in massi cementati a difesa della sponda e dell'ultima casa di civile abitazione nonchè di un tratto di fognatura comunale (COMUNITÀ MONTANA BASSA VAL DI SUSA - 2003)

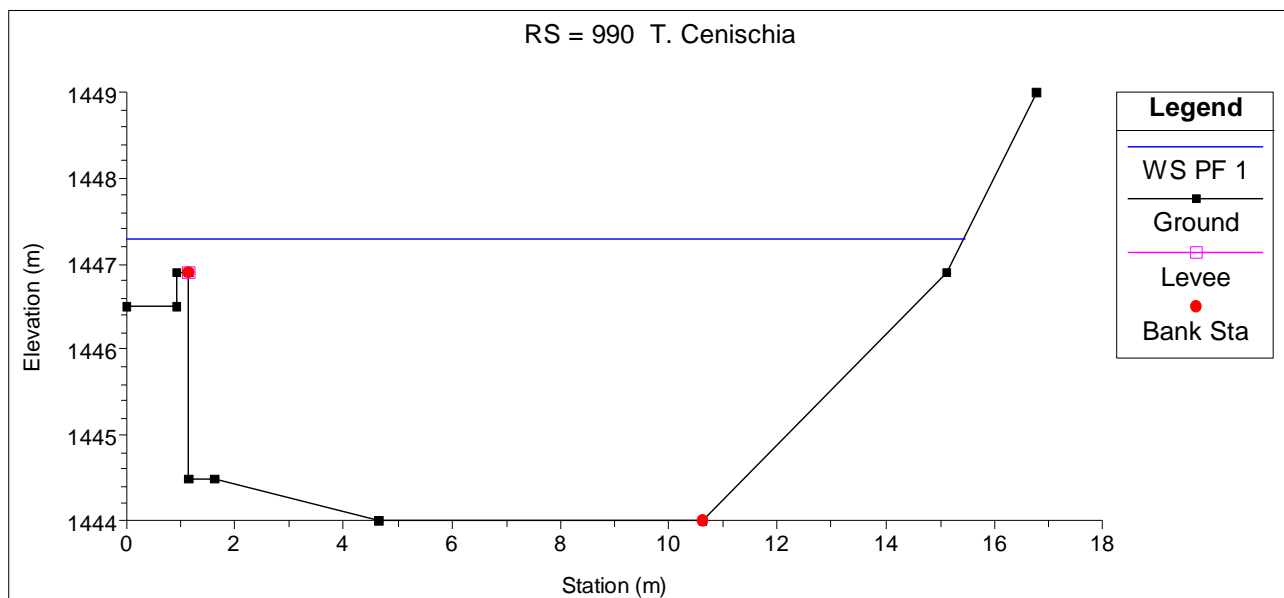


Figura 3-5. Rappresentazione del transito della portata con tr 200 anni (nell'ipotesi che l'evento di piena si verifici in condizioni di contemporanea massima allerta alla diga del Moncenisio) in corrispondenza della sezione d'alveo 990 a monte dell'abitato (dettagli in APPENDICE - C).

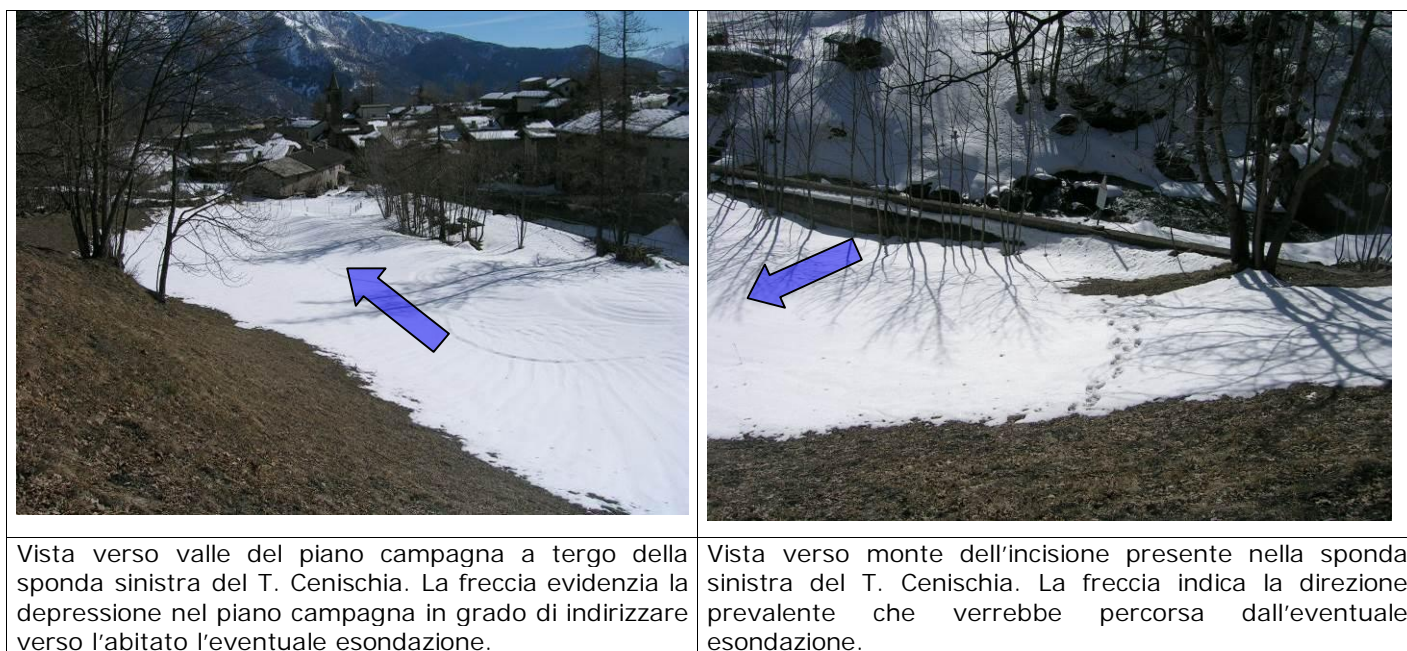


Figura 3-6. Sintesi della dinamica di esondazione che può originarsi a monte dell'abitato.

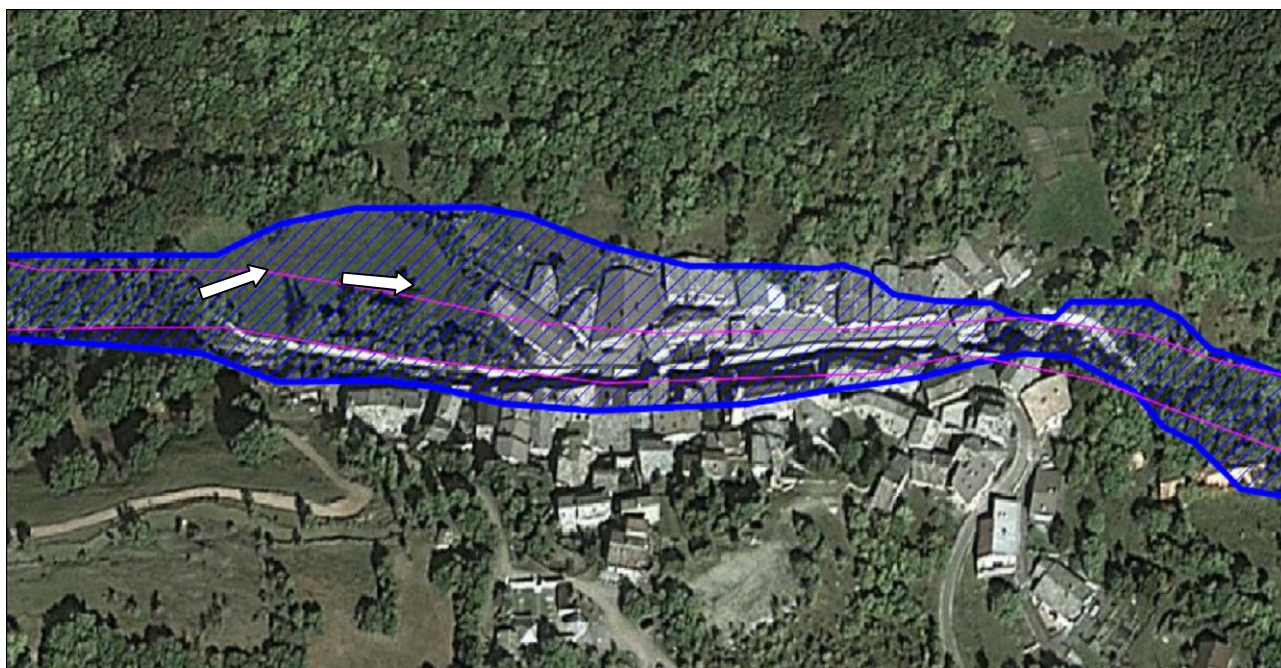


Figura 3-7. Sintesi della dinamica di esondazione che può originarsi a monte dell'abitato. In blu il limite di esondazione identificato dalle presenti analisi, in magenta la delimitazione delle aree esondabili con probabilità di alluvione frequente (tr 20/50 anni) riportata nel PRGA. La freccia riprende la direzione prevalente che verrebbe percorsa dall'eventuale esondazione riportata nella figura precedente.



#### **4 VALUTAZIONI IN MERITO AL TRASPORTO SOLIDO**

Il T. Cenischia e la rete idrografica minore nella porzione di territorio del Comune di Moncenisio, sono caratterizzati da una limitata mobilitazione di materiali inerti al contrario di quanto avviene più a valle, in particolare per quanto riguarda gli affluenti di sinistra che scendono dai pendii del Rocciamelone (es. Mardarello e Crosiglione).

Le indagini effettuate mostrano quanto segue:

- per il tronco d'asta del T. Cenischia che interessa il territorio comunale, la problematica legata al trasporto solido risulta pressochè trascurabile;
- nel tronco d'alveo che attraversa il centro abitato, la sezione è definita da una sistemazione a cunettone in cls con pendenza pari al 4% (in queste condizioni, poichè l'acqua è in grado di raggiungere velocità notevoli, viene favorito il trasporto verso valle e non si ha deposizione di sedimenti). L'incremento di velocità dell'acqua nella canalizzazione ha reso necessaria la realizzazione di un tratto di scogliera in massi cementati a difesa della sponda e dell'ultima casa di civile abitazione nonché di un tratto di fognatura comunale (COMUNITÀ MONTANA BASSA VAL DI SUSA - 2003);
- il potenziale detritico risulta ridotto (si nota infatti l'assenza di conoidi).
- la rete idrografica minore è rappresentata da una serie di incisioni, senza toponimi, che interessano aree esterne all'edificato. In considerazione della morfologia e delle ridotte dimensioni dei bacini idrografici, in generale non si evidenziano né contributi idrici di rilievo né trasporto solido significativo. In generale, per posizione ed acclività, tali impluvi risultano essere sede di scorrimento di valanghe. Dettagli in Figura 4-1 e Figura 4-2;
- una criticità evidente è rappresentata dall'incisione del Rio Gorge posto immediatamente a monte dell'abitato. Sulla base delle informazioni raccolte è stata rinvenuta una testimonianza che riporta che *"lungo l'asta del rio Gorge, a valle della cascata, le acque a seguito dell'evento alluvionale del maggio 2008 non scorrono più nell'alveo naturale che si è occluso dal materiale inerte trasportato durante l'evento alluvionale raggiungendo l'abitato di Moncenisio"* (COMUNE DI MONCENISIO 2009-1). A seguito dell'evento citato sono state realizzate le opere previste dal progetto *"Sistemazione Torrente Cenischia e Rio Gorge (cascata rivo Giasset) – anno 2009"*.

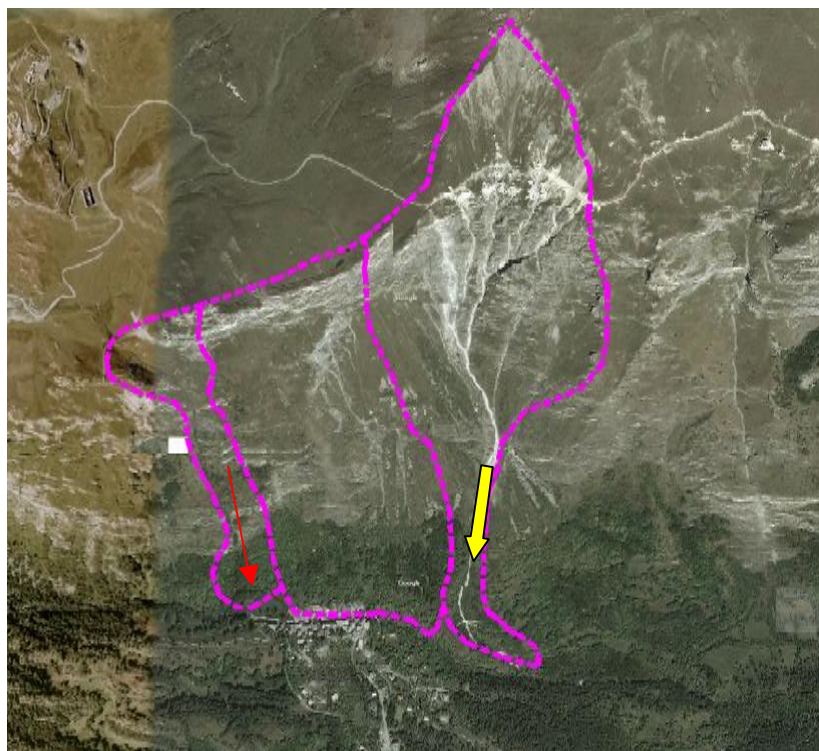


Figura 4-1. Ripresa satellitare dell'area di interesse. In rosso la posizione del Rio Gorge (a monte dell'abitato), in giallo il Rio di Moncenisio (a valle), in magenta i bacini idrografici sottesi. La porzione di versante tra i due bacini non è dotata di rete idrografica vera e propria essendo presenti numerose incisioni. Si evidenzia lo scarso potenziale detritico del bacino posto a monte e del versante alle spalle dell'abitato mentre risulta maggiormente significativo quello del bacino posto a valle.

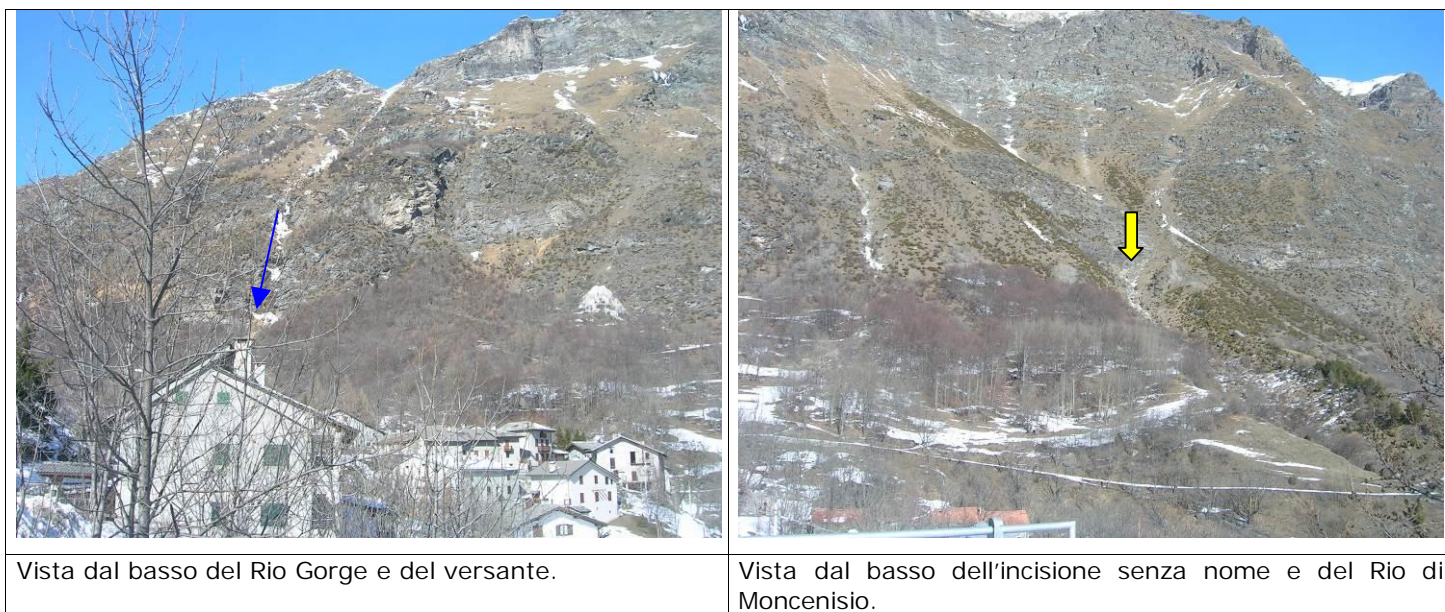


Figura 4-2. Ripresa della rete idrografica minore e dei versanti dall'abitato di Moncenisio. I colori richiamano quanto detto per la figura precedente.

In considerazione di quanto esposto, al fine di osservare un criterio cautelativo, anche se il potenziale detritico risulta ridotto, si intende valutare il ruolo del trasporto solido in riferimento alle aree esondabili nel tronco oggetto di interesse.

Le indagini idrauliche saranno integrate con le seguenti valutazioni sul trasporto solido:

- a) valutazione, per il rio Gorge posto a monte dell'abitato, della capacità di trasporto solido in occasione di un evento con tr 200 anni di tempo di ritorno in funzione delle caratteristiche idrologiche, geometriche e granulometriche del materiale d'alveo e idrauliche. Il fenomeno viene valutato in base alla formula proposta da MEYER-PETER E MÜLLER (1948) nella versione modificata da Smart e Jaeggi (SMART 1984). L'ipotesi risulta cautelativa in quanto si assume che il sedimento sia sicuramente disponibile (dettagli in APPENDICE - B). Per la determinazione delle portate di riferimento si richiamano i contenuti del par. 3.1.
- b) per quanto riguarda il T. Cenischia, le verifiche idrauliche dei ponti e degli attraversamenti presenti nel concentrico, nell'ambito della valutazione del franco idraulico, verranno effettuate tendo conto del ruolo del trasporto solido. L'entità del trasporto solido viene valutato come il valore maggiore tra quello calcolato al punto precedente e quello speditivamente ottenuto incrementando il livello di 1/3 dell'altezza determinato con la sola portata liquida <sup>(13)</sup>;

In merito ai risultati ottenuti rispetto alla valutazione del trasporto solido per il Rio Gorge si evidenzia quanto segue:

- 1) I risultati sono riassunti in Figura 4-3 e in Figura 4-4 (nelle tabelle riportate in APPENDICE - B si riporta per esteso l'applicazione della formula). Considerando un evento con tempo di ritorno 200 anni della durata complessiva di 3 ore, il picco della portata solida è pari a circa 3 m<sup>3</sup>/s. Il volume trasportabile (nell'assunzione che il materiale potenzialmente mobilizzabile sia concretamente disponibile) risulta essere pari a circa 13000 m<sup>3</sup> all'altezza della sezione di chiusura del bacino posta immediatamente a monte della confluenza con il T. Cenischia.
- 2) In conclusione si ricorda che la valutazione del trasporto solido resta una delle operazioni più incerte dell'idrologia applicata e anche questa formula ha evidenziato, secondo alcuni autori (Lenzi, 1999; Bathurst et al., 1987), che i volumi così calcolati sovrastimano quelli misurati. Questo è giustificato dal fatto che la formula valuta il

---

<sup>(13)</sup> La procedura fa riferimento a quanto osservato in casi analoghi in cui è stato chiesto di "incrementare di un termine pari ad 1/3 il tirante idrometrico, riservando in pratica al trasporto solido una quota di sezione pari ad 1/3 della sezione necessaria per il deflusso della portata idrologica. La delimitazione delle aree inondabili pertanto viene effettuata considerando la maggiorazione della quota idrometrica dovuta al trasporto solido" (Settori regionali competenti nell'ambito di pareri ed osservazioni espressi in occasione di altri tavoli tecnici).

materiale trasportato attraverso una sezione in occasione di un evento: nella realtà non sempre in alveo si ha disponibilità di sedimento e non è detto che tale materiale riesca ad arrivare in seguito ad un solo evento alla sezione di interesse, anche tenendo in conto un'eventuale corazzatura dell'alveo. La formula inoltre non tiene conto della morfologia torrentizia, che provoca una dissipazione irregolare dell'energia che potrebbe essere presa in considerazione solo con un diverso approccio modellistico. Inoltre, solo in caso di eventi eccezionali, i volumi stimati si avvicinano alle misure in campo e ciò è dovuto al fatto che il trasporto solido che si verifica in queste circostanze è principalmente funzione di portate che superano la soglia di innesco dei processi di trasporto.

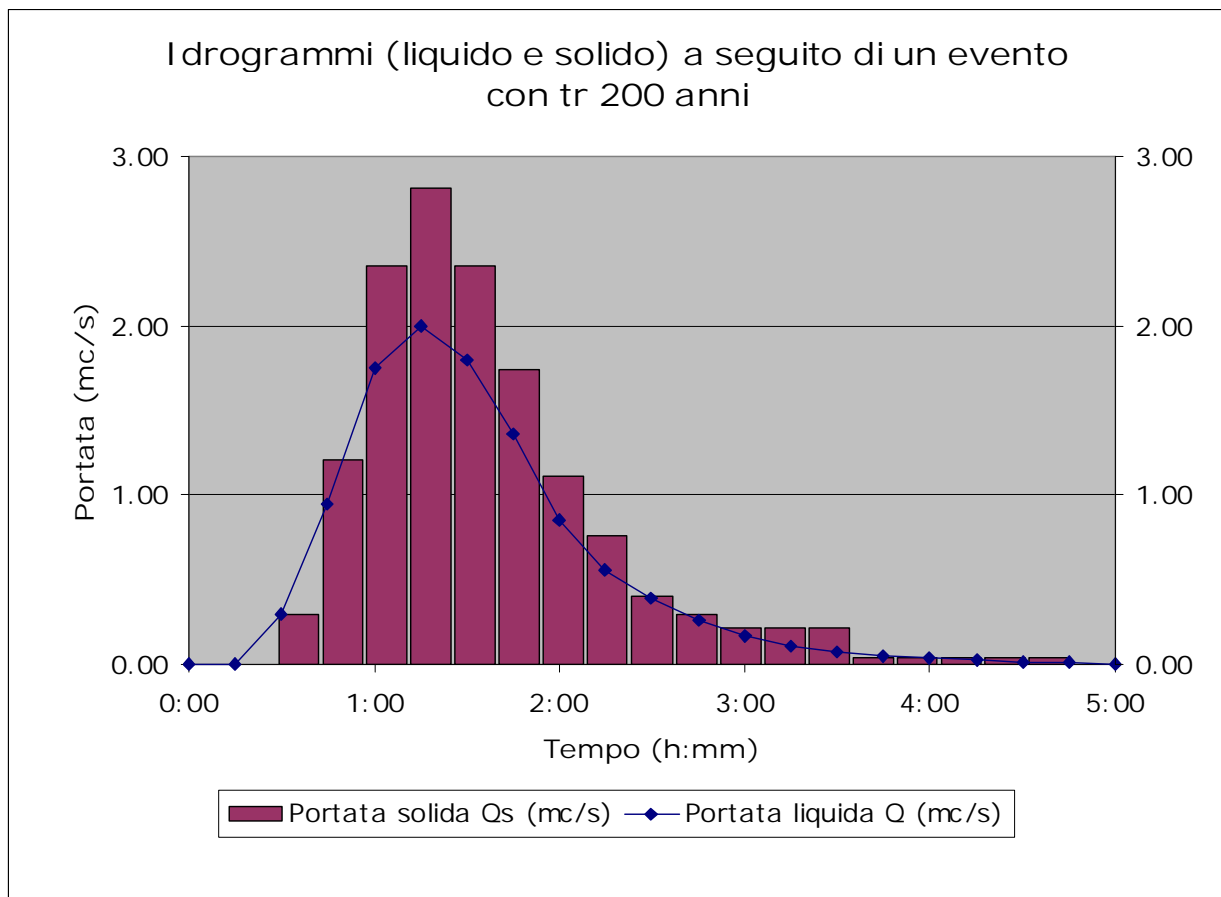


Figura 4-3. I drogrammi solido e liquido che si ipotizza che possano originarsi a seguito di un evento con tr 200 anni.



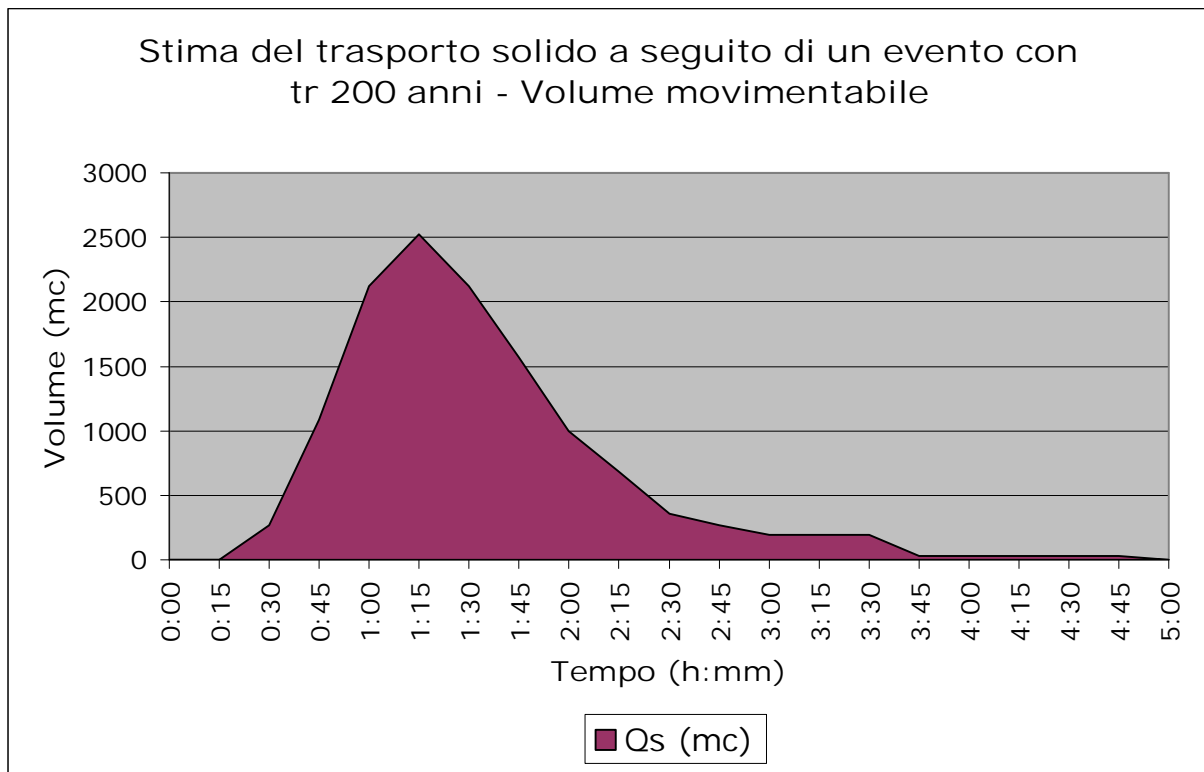


Figura 4-4. Stima del volume movimentabile a seguito di un evento con tr 200 anni (passo temporale di rappresentazione 15 minuti).



## 5 INVASI

La D.G.R. del 7 aprile 2014 n. 64-7417, "*Indirizzi procedurali e tecnici in materia di difesa del suolo e pianificazione urbanistica*", prevede che siano censiti gli invasi presenti sul territorio comunale e che, per quanto riguarda gli invasi di competenza regionale <sup>(14)</sup>, vengano valutate le aree del territorio comunale, poste a valle degli invasi, considerabili a rischio per deflussi causati dall'eventuale collasso degli sbarramenti artificiali corrispondenti.

In merito a quanto richiamato si evidenzia che, come indicato al punto 1.9.3 della Circ. PGR n. 7/LAP/96, tali valutazioni non avranno effetti sulla determinazione delle classi di pericolosità geologica ed idoneità all'utilizzazione urbanistica contenute nella cartografia di sintesi, ma si intendono esclusivamente a supporto del piano di protezione civile.

Con riferimento agli invasi che rivestono interesse per il territorio comunale di Moncenisio si espone quanto riportato nei paragrafi seguenti.

### 5.1 Diga del Moncenisio

La diga del Moncenisio è situata in territorio francese, pertanto è soggetta alla normativa francese.

La diga e l'invaso hanno le seguenti caratteristiche <sup>(15)</sup>:

- a) costruzione in terra e roccia tra il 1963 ed il 1968 (1969 anno di messa in funzione);
- b) corpo della diga di altezza pari a 120 m, lunghezza di 1400 m, larghezza alla base di 460 m e di 12 m al coronamento (posto a quota 1979 m slm);
- c) caratteristiche dell'invaso:
  - volume di invasore (alla quota dello scarico di superficie posto a 1974 m slm) pari a 320 ml di m<sup>3</sup> <sup>(16)</sup>;
  - volume totale di invasore (alla quota di massimo invasore pari a 1975 m slm) pari a 360 ml di m<sup>3</sup> <sup>(17)</sup>;

L'invasore in oggetto, se fosse in territorio italiano, rientrerebbe nella categoria dei "grandi invasi", (opere di sbarramento che superano i 15 metri di altezza o che determinano un

---

<sup>(14)</sup> Così come definiti dalla L.R. 25/2003 e dal Regolamento di attuazione 12/R del 2004. Si precisa che sono esclusi i laghetti totalmente interrati sotto il piano di campagna, le vasche ed i serbatoi non influenzabili da eventi naturali (piene, smottamenti) e non costituenti fonte di rischio per gli insediamenti circostanti.

<sup>(15)</sup> EDF "*Le barrage du Mont Cenis (73)*".

<sup>(16)</sup> Il volume di invasore è pari alla capacità del serbatoio compreso tra la quota delle soglie sfioranti degli scarichi e la quota di fondazione (tratto da Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti).

<sup>(17)</sup> Il volume totale di invasore è pari alla capacità del serbatoio compreso tra la quota di massimo invasore (quota massima a cui può giungere il livello dell'acqua dell'invasore ove si verifichi il più gravoso evento di piena previsto, escluso la sopraelevazione del moto ondoso) e la quota di fondazione (tratto da Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti).

volume di invaso superiore a 1.000.000 di metri cubi) nelle competenze del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Direzione generale per le Dighe e le Infrastrutture Idriche ed Elettriche.

Stando agli adempimenti di Protezione Civile necessari per questo tipo di strutture, la Regione Piemonte ha predisposto il *"Piano d' emergenza diga del Moncenisio (2013)"* in cui sono riportate le procedure di allertamento ed il modello di intervento al fine di definire le procedure tecnico-operative che permettano la gestione dei differenti livelli di allerta.

Nell'ambito dei contenuti della documentazione predisposta dalla Regione Piemonte è presente la *"Rappresentazione delle aree inondabili"* derivante dal calcolo dell'onda di sommersione dovuta all'ipotetico crollo della Diga del Moncenisio. La rappresentazione delle aree citate è riportata in Elaborato H- 3

Nell'ambito delle presenti valutazioni idrologiche e della determinazione delle portate del T. Cenischia in grado di giungere all'abitato di Moncenisio, assume rilevanza la quantificazione delle portate rilasciate a valle in occasione degli scenari di emergenza, al fine della definizione delle aree a diversa pericolosità.

Le *consignes* predisposte da EDF, che definiscono le modalità di monitoraggio e di allertamento per la gestione dell'impianto anche in condizioni di criticità, prevedono la possibilità che, in particolari situazioni, si rendano necessarie manovre di sicurezza.

In caso di necessità di svuotamento rapido del serbatoio è previsto, all'art. 1 della Convenzione stipulata 14 settembre 1960 tra il governo italiano e quello francese, che venga rilasciata verso l'Italia la portata di 60 m<sup>3</sup>/s pari alla capacità massima dello scarico di fondo. Lo scarico di superficie è in grado di convogliare 45 m<sup>3</sup>/s, alla quota di massimo invaso pari a 1975 m slm <sup>(18)</sup>.

## **5.2 Invaso di Saint Nicolas (S. Nicolao)**

Sul corso del T. Cenischia, a valle della Diga del Moncenisio, sempre in territorio francese, è presente l'invaso di S. Nicolao. L'invaso ha dimensioni ridotte (vedi Figura 5-1) in quanto ha il solo scopo di dirottare in galleria una parte delle acque provenienti da monte.

Nell'ambito delle valutazioni idrologiche e della determinazione delle portate del T. Cenischia che sono in grado di giungere all'abitato di Moncenisio, l'invaso di S. Nicolao non viene considerato in quanto, stando il ridotto volume che lo caratterizza, risulta influente ai fini della determinazione delle portate che, una volta queste ultime vengono rilasciate dalla Diga del Moncenisio.

---

<sup>(18)</sup> Fonte ENEL. Dettagli in Allegato - 2.  
ANSELMO associati  
Via Vittorio Emanuele, 14 10023 CHIERI (Torino)  
Tel./ Fax 011-941 58 35 e-mail: info@anselmoassociati.it

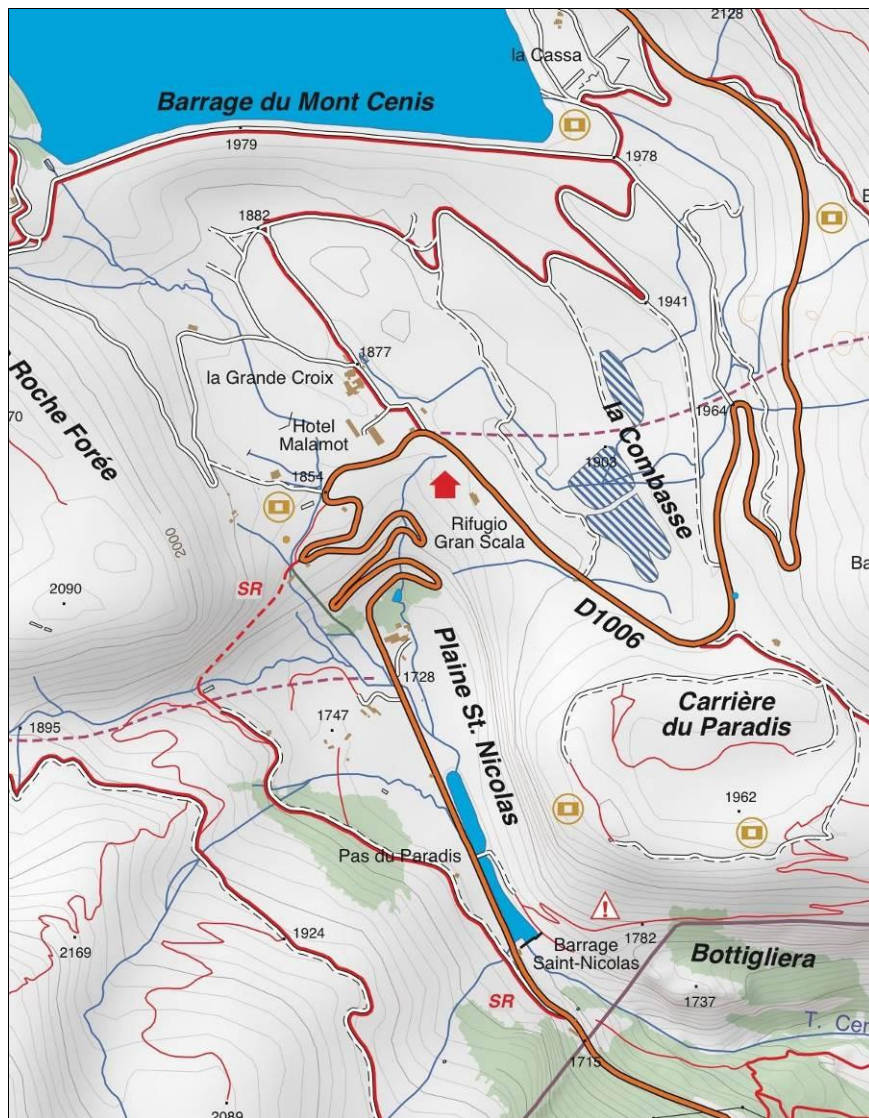


Figura 5-1. Corografia dell'invaso di St. Nicolas.

### 5.3 Diga del lago Alpone (Lago di San Giorgio)

Nell'ambito del censimento degli invasi di competenza regionale sul territorio comunale si segnala la diga del lago Alpone (o lago di San Giorgio, vedi Figura 5-2).

In merito all'invaso si evidenzia quanto segue:

- 1) La diga del lago Alpone, funzionale all'impianto idroelettrico di Venaus, si trova in Comune di Moncenisio. Le caratteristiche dell'opera sono:
  - diga a gravità massiccia – muratura di pietrame a secco;
  - altezza diga 8.5 m;
  - QMR originaria: 1822.9 m slm;
  - quota invaso naturale: 1818.0 m slm;
  - volume invaso originario: 98 000 m<sup>3</sup>.

- 2) Si segnala il cessato utilizzo ai fini della produzione idroelettrica delle acque immagazzinate nel lago. Il livello idrico è gestito alla quota naturale originaria ed è attualmente utilizzato come laghetto di pesca sportiva e luogo ricreativo (fonte ENEL 2013).
- 3) L'impianto è stato oggetto di intervento di messa in sicurezza: sbrecciamento/dismissione (luglio 2010).

A seguito della dismissione dell'impianto, si precisa che i laghetti che si trovano al di sotto del piano di campagna sono esclusi dagli adempimenti previsti dalla L.R. 25/2003.

Si segnala in oltre che il lago d'Alpone è situato nei pressi del confine comunale e che le aree poste a valle dell'ex invaso fanno parte del territorio comunale di Venaus (il versante infatti si trova alla testata di un bacino idrografico posto a monte dell'abitato di Bar Cenisio).

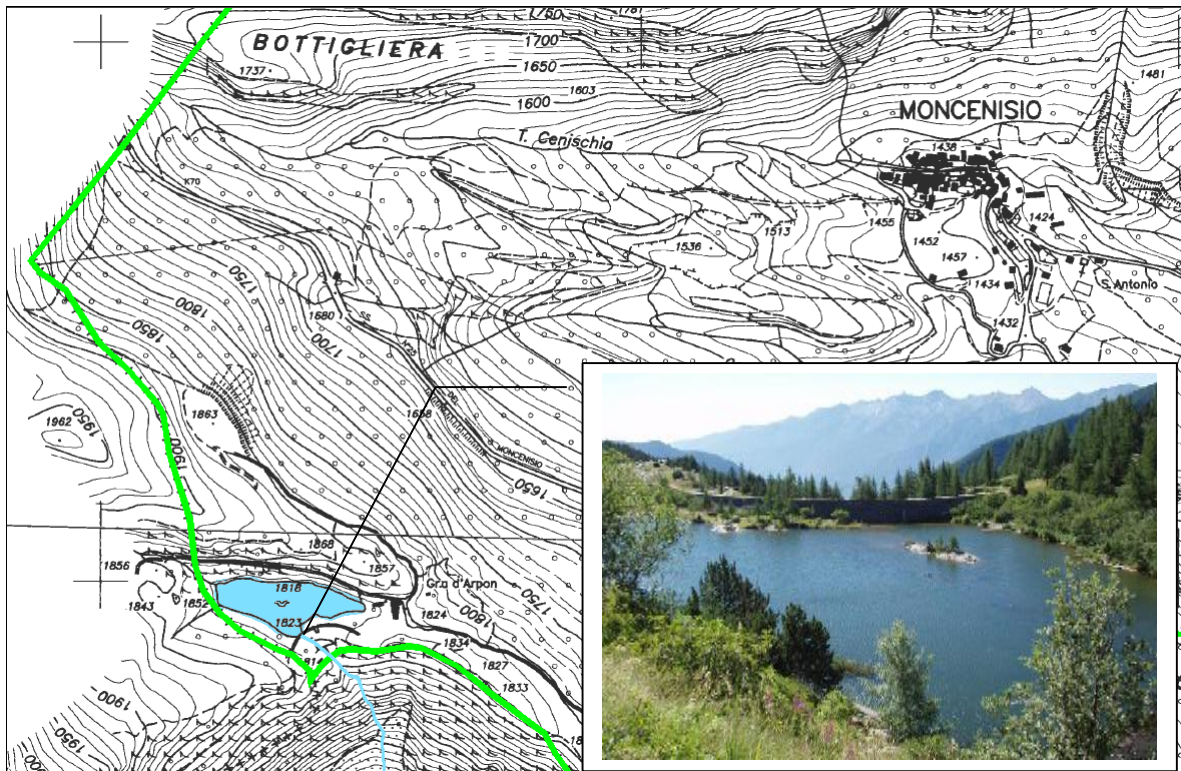


Figura 5-2. Corografia del lago d'Alpone: in verde il confine comunale, in azzurro l'invaso di interesse. Nel riquadro la vista da monte verso dello sbarramento.



## **6 RISPOSTA ALLE OSSERVAZIONI E RICHIESTE DI CHIARIMENTI IN MERITO ALLA DOCUMENTAZIONE DI CARATTERE IDRAULICO**

Il parere tecnico di competenza sulla documentazione di carattere geologico a supporto della Variante Strutturale n. 2 di adeguamento al PAI del Piano Regolatore del Comune di San Moncenisio realizzato dal Settore Tecnico regionale (prot. n. 23777/A1813A del 24.05.2018) riporta quanto segue:

Sulla base dell'iter istruttorio, e di quanto sopra esposto, e sulla base degli ambiti di competenza, si esprime parere favorevole alla Variante in oggetto, a seguito dell'accoglimento o dell'argomentazione delle osservazioni e delle richieste di chiarimenti sopra enunciate, che per maggior praticità sono state indicate con elenco puntuale numerico progressivo e con carattere sottolineato.

Al fine di facilitare l'individuazione della corrispondenza tra le richieste effettuate ed i chiarimenti e le argomentazioni forniti, il documento viene redatto per punti riprendendo la dicitura e la numerazione contenuta nel parere.

### **6.1 Punto 15: eventi alluvionali recenti**

Nell'ambito delle osservazioni e richieste di chiarimenti si evidenzia quanto segue:

15 di confermare la validità del quadro del dissesto proposto rispetto agli eventi alluvionali o nivologici recenti più importanti, cartografando eventualmente i fenomeni non indicati, e compilando la relativa scheda specie se di rilevanza per l'abitato;

In data 12.01.2018, in corrispondenza del tratto terminale del Rio di Moncenisio collocato sul versante sinistro, si è verificato un fenomeno di debris flow.

Il fenomeno è associabile a dinamiche di versante e non è collegato ad eventi alluvionali.

L'evento citato ha coinvolto un'area che nella cartografia rappresentativa dei dissesti derivati dall'analisi idraulica (Elaborato H- 3) è classificata come EeL (dissesti morfologici di carattere torrentizio con pericolosità molto elevata non perimetrata)

A seguito dell'esame degli effetti dell'evento citato, si conferma la validità del quadro del dissesto idraulico proposto rispetto agli eventi più recenti.

### **6.2 Punto 17: elaborati grafici**

Nell'ambito delle osservazioni e richieste di chiarimenti si evidenzia quanto segue:

17 il reticolo idrografico rappresentato nella relativa cartografia (Elab. H2) risulta non completamente conforme e congruente a quello rappresentato nella Carta Geomorfologica (Elab. A2); si chiede di apportare quindi le opportune modifiche al fine di rendere tali i due elaborati;

In considerazione di quanto esposto si è provveduto a modificare l'Elaborato H- 2 al fine di renderlo completamente conforme e congruente con quanto rappresentato nella Carta Geomorfologica.

### 6.3 Punto 18: elaborati grafici

Nell'ambito delle osservazioni e richieste di chiarimenti si evidenzia quanto segue:

- 18 l'elaborato H3 "Cartografia rappresentativa del quadro dei dissesti idraulici" dovrebbe essere rappresentativo, secondo il titolo, di tutti i dissesti di tipo idraulico, comprensiva quindi anche dei dissesti individuati con criterio morfologico; tale elaborato riporta in realtà le risultanze del solo studio idraulico. È necessario quindi o integrare l'elaborato con gli elementi di dissesto idraulico determinati in maniera geomorfologica, oppure specificare nel titolo che l'elaborato riporta solo i dissesti derivati da analisi idrauliche;

In considerazione di quanto esposto si è provveduto a modificare il titolo dell'Elaborato H- 3, specificando che nella tavola si riporta il quadro del dissesto derivato dall'analisi idraulica. E' stata in oltre inserita una nota esplicativa nello spazio dedicato alla legenda.

### 6.4 Punto 22: Direttiva Alluvioni

Nell'ambito delle osservazioni e richieste di chiarimenti si evidenzia quanto segue:

- 22 Dal confronto, pur in un quadro di relativa e generale coerenza, sono emerse alcune differenze che tuttavia non vengono evidenziate e discusse. Da un'analisi speditiva, il dissesto individuato nel PRGC pare più cautelativo di quello proposto dalla Direttiva Alluvioni (come del resto desumibile dalla metodologia applicata e descritta nell'elaborato H1 che ha previsto di utilizzare il risultato più cautelativo tra quanto definito nel PGRA e la delimitazione delle aree sulla base dei livelli di piena individuati dallo studio idraulico); unica eccezione è rappresentata da un'areale in destra idrografica nel concentrico con scenario di pericolosità L per la Direttiva a fronte di nessun dissesto potenziale segnalato negli elaborati di PRGC. Si chiede quindi di argomentare le motivazioni delle scelte effettuate in tale ambito.

In merito alle differenze riscontrabili nel concentrico (in destra idrografica) tra il quadro del dissesto idraulico definito nell'ambito degli elaborati del PRGC ed i contenuti della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE, si argomenta quanto segue:

- 1) In Figura 6-1 è riportato il confronto tra gli scenari di pericolosità da alluvione individuati nelle mappe del PGRA ed il quadro del dissesto definito nell'ambito degli elaborati del PRGC.
- 2) Si precisa che la delimitazione degli scenari da alluvione effettuata nell'ambito della redazione delle mappe citate (Direttiva alluvioni – PGRA), in assenza di studi a livello di asta precedenti alla Variante al PRG, è stata effettuata mediante fotointerpretazione.
- 3) L'esame della topografia mostra che la seconda fila di edifici in destra idrografica è sopraelevata rispetto all'edificato in fregio al torrente. La sovrapposizione dei limiti degli scenari da alluvione con il DTM mostra che il limite dello scenario di pericolosità scarsa (L – tr 500) riportato nelle mappe citate non tiene conto dei dislivelli esistenti (dettagli in Figura 6-2).
- 4) In Figura 6-3 si riporta una sezione trasversale del concentrico tracciata in prossimità dell'area di interesse (la sezione mostra che la seconda fila di edifici posti in destra idrografica è sopraelevata rispetto agli edifici posti in fregio al Torrente Cenischia; ulteriori dettagli sono riportati in Figura 6-4 e in Figura 6-5). La modellazione idraulica mostra che, soprattutto nel tratto del concentrico in cui l'alveo è regolare, i livelli delle

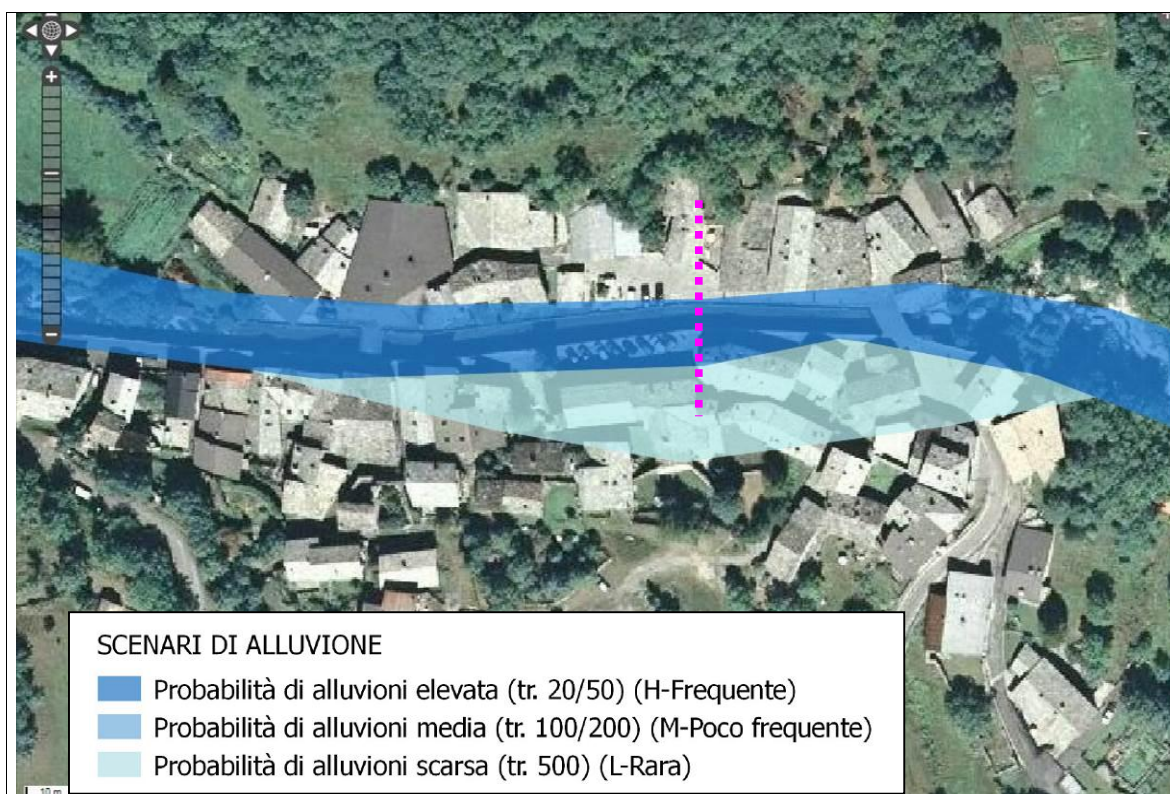
piene con tr 50, 200 e 500 anni, calcolati con modello in moto permanente, sono pressochè equivalenti (dettagli in APPENDICE - C). In fase di redazione del quadro del dissesto pertanto è stata delimitata un'unica classe di pericolosità (aree a pericolosità molto elevata – Ee). La delimitazione è stata effettuata materializzando il limite di "soggiacenza" del terreno rispetto ai livelli di piena che deriva dall'intersezione GIS fra il livello idrometrico con tr 500 anni calcolato con hec-ras (superficie che interpola l'involuppo massimo dei profili di piena) e il DTM del terreno.

- 5) Con riferimento alla richiesta di argomentazioni si precisa che, ai fini della delimitazione delle aree di esondazione, il limite è stato posto, in generale, quale indicazione più cautelativa (scegliendo quindi la porzione più esterna) tra quanto riportato nel PRGA e quanto derivabile dalla materializzazione del limite di "soggiacenza", fatta salva la presenza di evidenze morfologiche rinvenibili dal DTM o rilevabili con rilievo diretto. Nel caso specifico le evidenze topografiche mostrano che il limite si attesta in prossimità del dislivello tra la prima e la seconda fila di edifici.

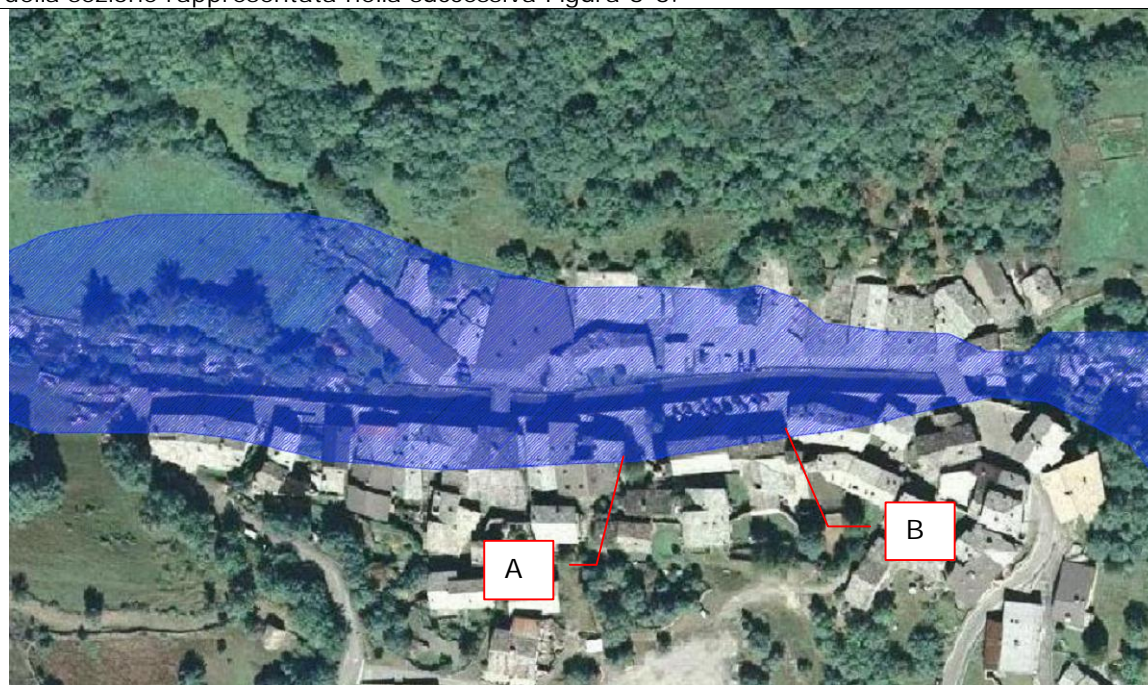
Tali differenze sono riconducibili al fatto che gli approfondimenti condotti nell'ambito delle verifiche di compatibilità idraulica a corredo della Variante al PRG hanno carattere di maggior dettaglio rispetto alle determinazioni effettuate nell'ambito della stesura delle Carte della Direttiva Alluvioni, sia in termini di rilievo topografico che di strumento impiegato.

In conclusione, con riferimento al Torrente Cenischia, il quadro del dissesto definito dalle indagini idrauliche a corredo della Variante al PRGC presenta alcune differenze rispetto ai contenuti della Direttiva Alluvioni. Le delimitazioni proposte, se condivise, rappresentano lo strumento per aggiornare i contenuti delle Mappe del PGRA attualmente vigenti.





Stralcio della "Carta della pericolosità da alluvione" Foglio 132SE (PGRA 2015) per il concentrico di Moncenisio (tratto da GIS Browser della Regione Piemonte). In destra idrografica si evidenzia un'area con probabilità di alluvioni scarsa (tr 500 anni). In magenta la posizione della sezione rappresentata nella successiva Figura 6-3.



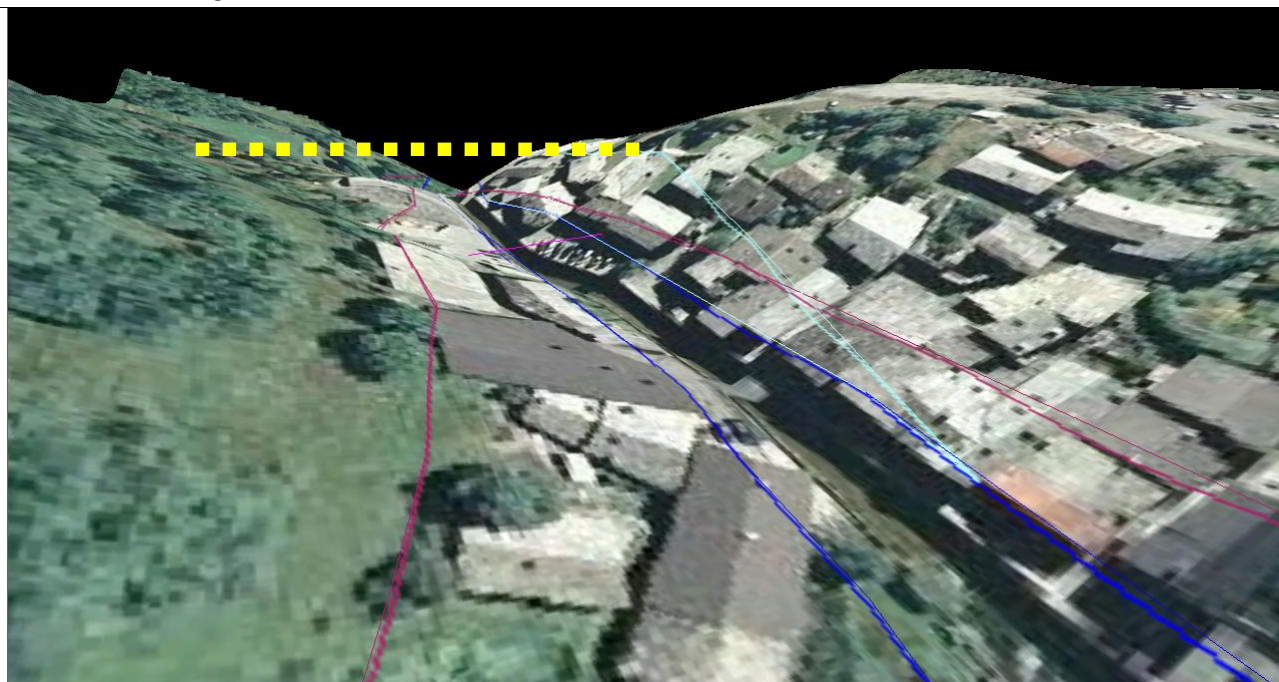
Stralcio dell'Elaborato H3 "Cartografia rappresentativa del quadro dei dissesti derivato dall'analisi idraulica ad integrazione e/o modifica di quanto contenuto nel PAI". Le lettere indicano la posizione delle immagini rappresentate in Figura 6-4 e in Figura 6-5.

Figura 6-1. Confronto tra gli scenari di pericolosità da alluvione individuati nelle mappe del PGRA ed il quadro del dissesto definito nell'ambito degli elaborati del PRGC.





Le frecce evidenziano la porzione di concentrico in destra idrografica sopraelevata rispetto all'edificato circostante in fregio al torrente.



Sovrapposizione dei limiti delle aree inondabili alla vista 3D del concentrico: in blu il limite dello scenario H riportato nelle mappe della Direttiva Alluvioni, in rosso il limite delle aree a pericolosità molto elevata Ee (classe unica) definite nell'ambito delle verifiche di compatibilità idraulica del PRG. In azzurro il limite dello scenario L riportato nelle mappe della Direttiva Alluvioni. Si pone l'attenzione sul fatto che in sinistra idrografica i limiti H-M-L della Direttiva Alluvioni coincidono. La linea gialla evidenzia che in destra idrografica il limite dello scenario di pericolosità scarsa (L – tr 500) riportato nelle mappe citate non tiene conto dei dislivelli esistenti.

Figura 6-2. Vista 3D del concentrico (da monte verso valle) ottenuta mediante la sovrapposizione del DTM con le ortofoto in ambiente GlobalMapper™.

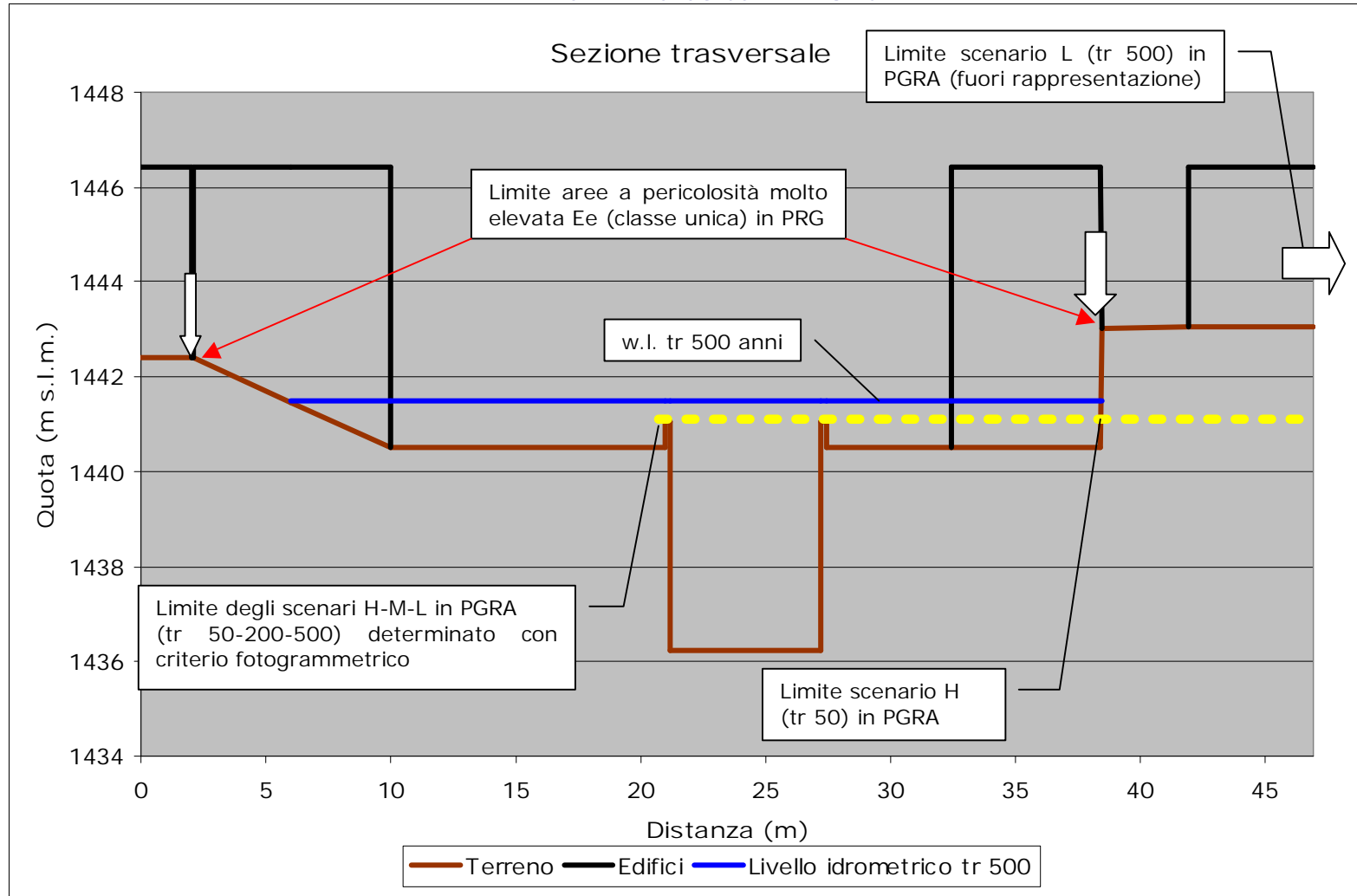


Figura 6-3. Sezione, vista da monte verso valle, dell'area di interesse (posizione in Figura 6-1). La sezione mostra che la seconda fila di edifici posti in destra è sopraelevata rispetto agli edifici posti in fregio al Torrente Cenischia. In fase di redazione del quadro del dissesto è stata delimitata un'unica classe di pericolosità (aree a pericolosità molto elevata – Ee) materializzando il limite di "soggiacenza" del terreno rispetto al livello idrometrico con tr 500 anni calcolato con hec-ras (riferito cautelativamente al valore di  $189 \text{ m}^3/\text{s}$  – rif. 3.1.2).





Figura 6-4. Vista da valle verso monte dell'edificio del concentrico in destra idrografica (la posizione da cui è ripresa l'immagine corrisponde alla posizione indicata con la lettera A in Figura 6-1). Si evidenzia come la seconda fila di edifici sia sopraelevata rispetto agli edifici posti in fregio al Torrente Cenischia (che corre oltre il parapetto sulla destra nell'immagine).



Figura 6-5. Vista da monte verso valle dell'edificio del concentrico in destra idrografica (la posizione da cui è ripresa l'immagine corrisponde alla posizione indicata con la lettera B in Figura 6-1). Si evidenzia come la seconda fila di edifici sia sopraelevata rispetto agli edifici in fregio al Torrente Cenischia (che corre oltre il parapetto sulla sinistra nell'immagine).

## **7 ELENCO ELABORATI**

Elaborato H- 1. Relazione idrologico – idraulica.

Elaborato H- 2. Carta del reticolo idrografico (scala 1: 5 000).

Elaborato H- 3. Cartografia rappresentativa del quadro dei dissesti derivato dall'analisi idraulica ad integrazione e/o modifica di quanto contenuto nel PAI (scala 1: 5 000).

## 8 RIFERIMENTI

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (2001): *PAI (Piano per l'Assetto Idrogeologico)*, Parma.

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (2001): *Piano per l'Assetto Idrogeologico -7- Norme di attuazione - Direttiva sulla piena di progetto da assumere per la progettazione e le verifiche di compatibilità idraulica*", Parma.

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (2006): *Piano per l'Assetto Idrogeologico -7- Norme di attuazione - Direttiva 4 criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B*, Parma – Aggiornamento 2006.

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO (2015): *Piano di gestione del rischio di alluvioni del Distretto Idrografico Padano (PGRA)*, Parma.

CHOW V.T. (1959): *Open-Channel Hydraulics*, McGraw-Hill, New York.

COMUNE DI MONCENISIO (2006) "*Piano Regolatore Generale. Variante di adeguamento al PAI*", I redatto da Dott. Geol. Bruno;

COMUNE DI MONCENISIO (2009): "*Interventi di sistemazione Torrente Cenischia e Rio Gorge (cascata Rivo Giasset)*", redatto da Consorzio Forestale Alta Valle Susa.

COMUNE DI MONCENISIO (2009): "*Interventi di sistemazione dell'opera di presa Pra Dellerà sul Torrente Cenischia a servizio di 5 bealere in Comune di Moncenisio – Progetto esecutivo*", redatto da Consorzio Forestale Alta Valle Susa;

COMUNITÀ MONTANA BASSA VAL DI SUSA (2003) "*Progetto di sistemazione generale del Torrente Cenischia nel territorio della Comunità Montana a seguito dell'evento alluvionale ottobre 2000 – 2° Lotto. Progetto definitivo*", redatto da Polithema;

IRPI-CNR (2008): *Indagine sulla pericolosità lungo la rete idrografica minore, con specifico riguardo a fenomeni di trasporto solido parossistico. Piene parossistiche ed eventi alluvionali storici in piccoli bacini dell'arco alpino piemontese.*

EDF (?): *Le barrage du Mont Cenis (73)*.

ENEL (2013): *Dighe di competenza regionale interventi di riabilitazione e di messa in sicurezza*, relatore G. De Renzis

LENZI M. (1999): *Dynamics of water and sediments in mountain basins: research developments and perspectives*, Dynamics of water and sediments in mountain basins, Quaderni di Idronomia Montana, 20, Editoriale Bios, 9-20.

MEUNIER M. (1988): *Éléments d'hydraulique torrentielle*. Etudes montagne. Cemagref Editions. Grenoble.

PROVINCIA DI TORINO (2011): *Piano Territoriale di Coordinamento Territoriale (PTC2 – agosto 2011). Progetto definitivo.*

SMART G.M. (1984): *Sediment transport formula for steep channels*, Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 110, N°3, March 1984, ASCE.

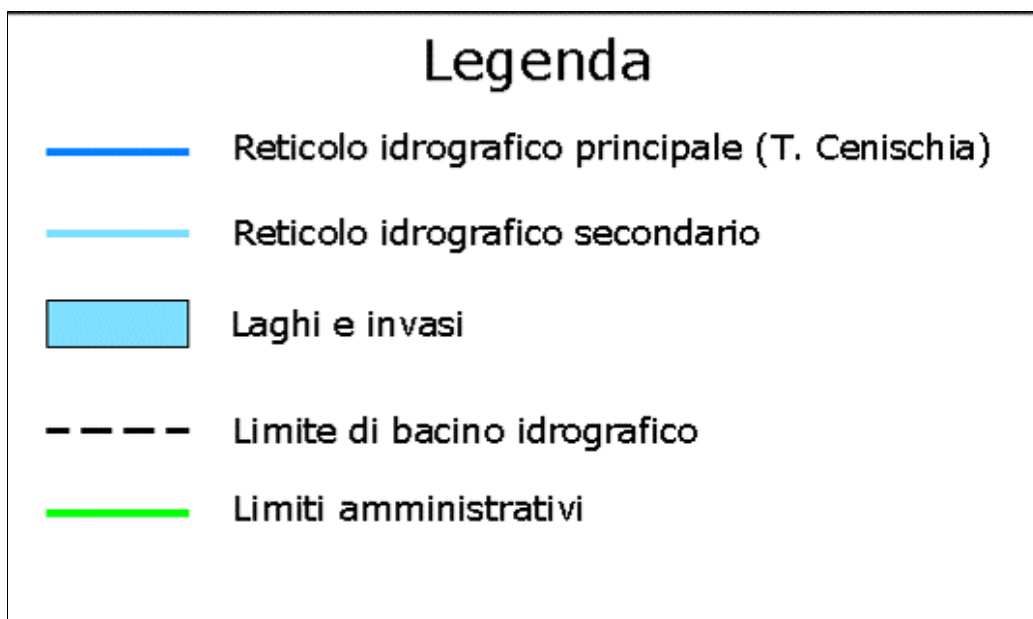
RANZI R. & ROSSO R. (1994). *FLEA - Manuale d'uso.*

REGIONE PIEMONTE (2013): *Piano d' emergenza diga del Moncenisio (2013)*.

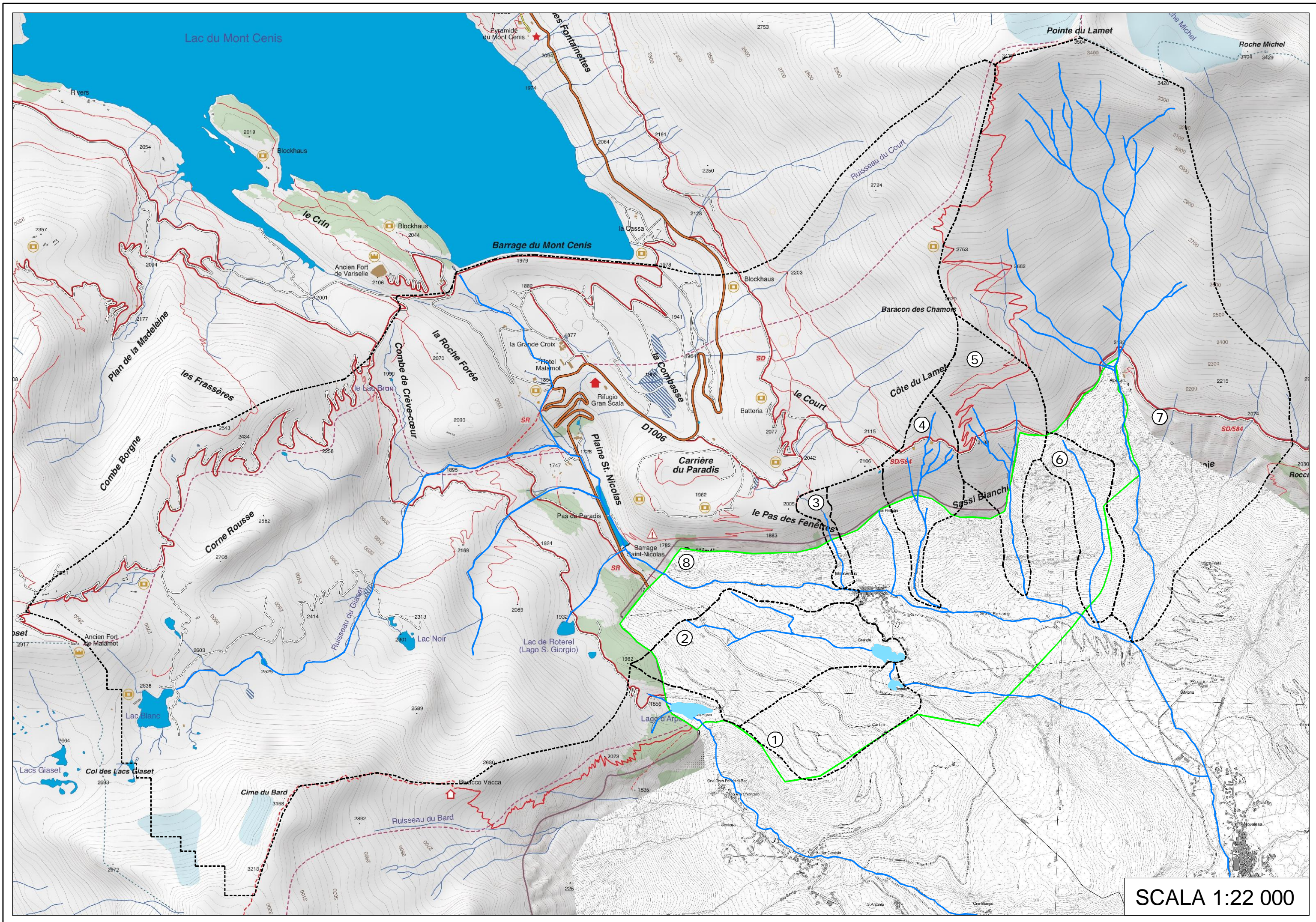
TROPEANO D., TURCONI L. (1999): *Valutazione del potenziale detritico in piccoli bacini delle Alpi Occidentali e Centrali*, Pubblicazione n. 2058 del GNDICI.



## Allegato - 1 . Corografia dei bacini idrografici










**Allegato - 2 . Comunicazione ENEL in merito all'entità dello scarico della Diga del Moncenisio in caso di svuotamento rapido**

 **Enel**  
Produzione

**SVILUPPO IMPIANTI**  
Ingegneria Civile e Idraulica  
Unità di Torino

10152 Torino - Via Padova n. 40  
Tel. 011/7783569 Fax 011/7783735

Prot. 7784001 0000165 *Reg. 100*

**Spett.le Studio di Ingegneria  
e Architettura tecnica**  
**Dott. Ing. CHIARLE Italo**  
Via Moretta, 49  
10139 TORINO

Torino, **31 MAG. 2000**

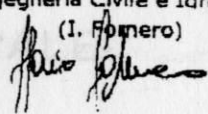
**Oggetto: Torrente Cenischia - Diga Moncenisio.**

Con riferimento alla Sua richiesta in data 22 maggio 2000, Le forniamo le seguenti informazioni.

La diga del Moncenisio, sita in territorio francese, è provvista di uno scarico di superficie e di uno scarico di fondo in grado di esitare verso l'Italia, con il livello d'invaso alla quota 1975, rispettivamente le portate di 45 e 60 m3/sec.

In caso di necessità di svuotamento rapido del serbatoio è previsto, dall'art. n. 1 della Convenzione stipulata il 14 settembre 1960 fra il governo italiano e quello francese, che venga rilasciata verso l'Italia la portata di 60 m3/sec, pari alla capacità massima dello scarico di fondo.

A disposizione per eventuali ulteriori chiarimenti, porgiamo cordiali saluti.

Ingegneria Civile e Idraulica  
(I. Romero)  


ICI-IFI-cm - 0280

Enel Produzione SpA  
Sede Legale 00198 Roma, Viale Regina Margherita 125  
Registro Imprese 193702/98 - R.L.A. 904903  
P.I. e C.F. 05817941001  
Capitale Sociale L. 13.465.600.000.000 i.v.

### **Allegato - 3 . Verifica idraulica dei manufatti censiti mediante SICOD**

Si specifica che, per ogni ponte/attraversamento, viene indicato quanto segue:

- a) sezione di rilievo con indicazione del livello di piena con tr 200 anni. Si ricorda che sezioni sono rappresentate con vista da monte verso valle.
- b) rispetto del franco idraulico (secondo quanto previsto dalla Direttiva dell'Autorità di Bacino del Fiume Po) al transito della portata liquida con tr 200 anni. Viene riportata una tabella in cui sono riassunti la quota dell'intradosso ed il franco idraulico;
- c) rispetto del franco idraulico considerando un incremento per il trasporto solido ordinario. L'entità del trasporto solido viene valutata come il valore maggiore tra quello calcolato secondo i criteri riportati nel par. 4 e quello speditivamente ottenuto incrementando il livello di 1/3 dell'altezza determinato con la sola portata liquida.

Al fine dell'interpretazione di quanto esposto nel presente Allegato, si specifica che:

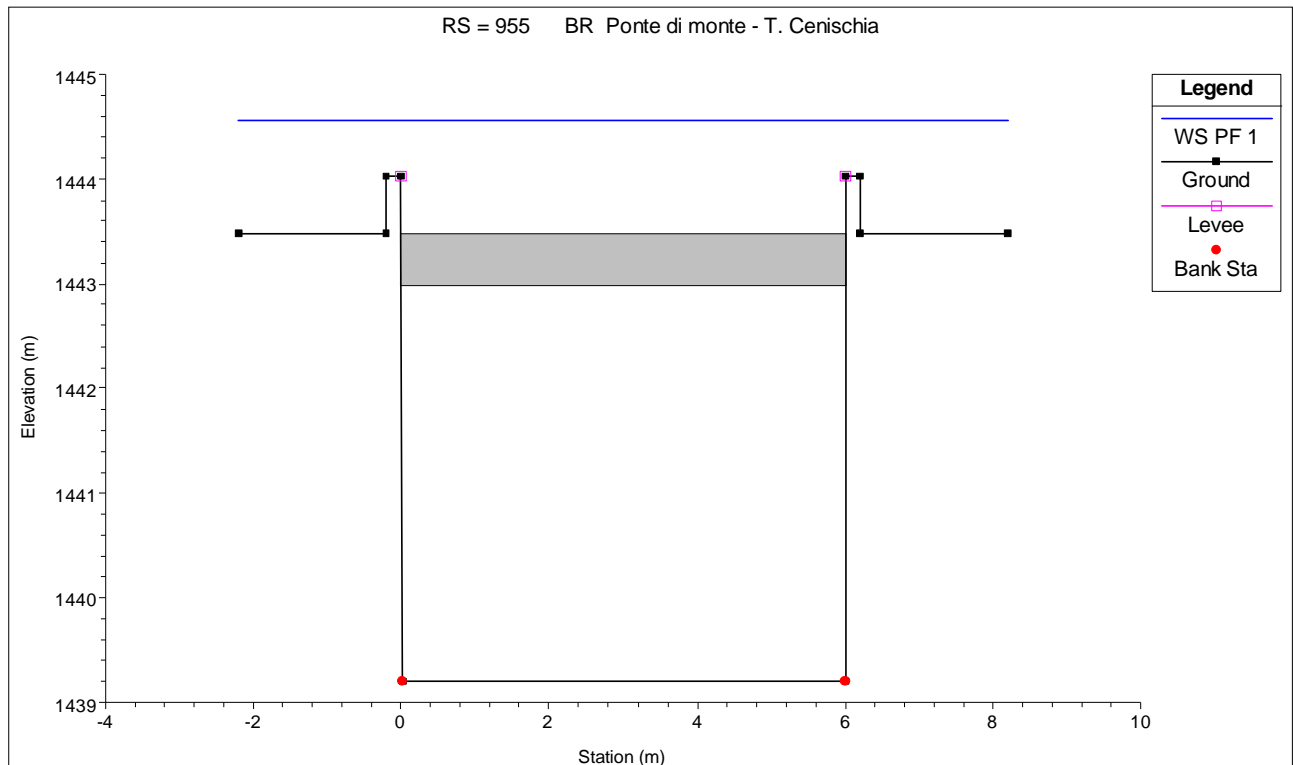
- 3) le verifiche sono state effettuate in moto permanente;
- 4) l'identificativo e la posizione dei ponti/attraversamenti fa riferimento ai contenuti del SICOD;
- 5) le quote assolute sono ricavate dal rilievo topografico appoggiato alla CTR.

In merito al franco idraulico si ricorda quanto riportato nella Direttiva 4 delle Norme di Attuazione del PAI:

- i contenuti della Direttiva sono riferiti alle infrastrutture così individuate: "si definisce come ponte o viadotto un manufatto di attraversamento con luce netta complessiva superiore a 6 m";
- le verifiche idrauliche devono normalmente rispettare i seguenti valori:
  - Tr 200 anni per i corsi d'acqua oggetto della delimitazione delle fasce;
  - Tr non inferiore a 100 anni per corsi d'acqua non interessati dalla delimitazione delle fasce;
- il franco minimo tra la quota idrometrica della piena di progetto e la quota di intradosso del ponte deve essere non inferiore a 0.5 volte l'altezza cinetica della corrente e comunque non inferiore a 1 m.

Nelle pagine seguenti sono riportate le sezioni rappresentative dei ponti/attraversamenti considerati ed una tabella in cui sono riassunte le caratteristiche richiamate.

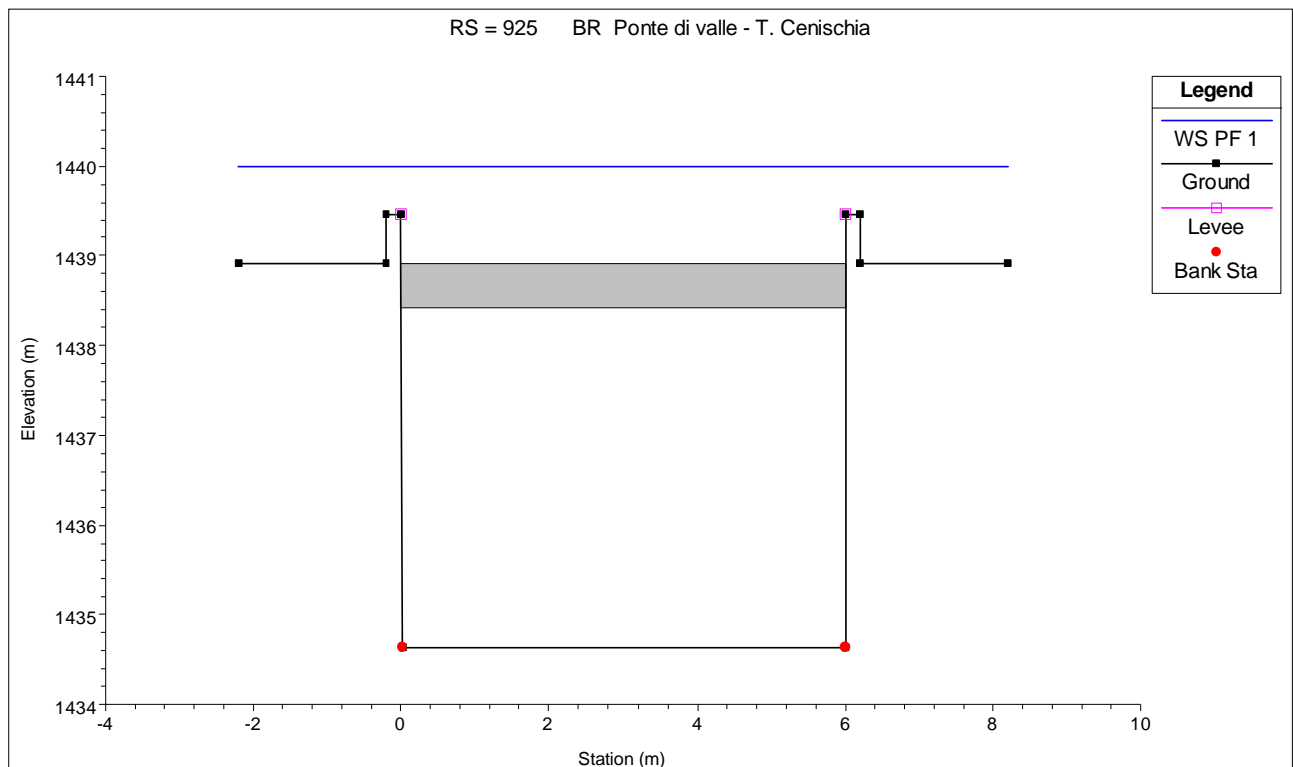
Ponte di monte





Comportamento dei ponti/attraversamenti		Franco idraulico	Presenza franco
Portata Tr 200 anni (m <sup>3</sup> /s)	181		
Quota intradosso (m s.l.m.)	1442.98		
Quota fondo (m s.l.m.)	1439.20		
Quota Tr 200 anni (m s.l.m.)	Superiore all' estradosso	negativo	NO
Quota Tr 200 anni + 1/3 altezza (m s.l.m.)	Superiore all' estradosso	negativo	NO
Velocità (m/s)	5.0		
Termine cinetico	1.27		
NOTA: Il dato è riferito al profilo idrometrico con tr 200 anni sono riferito all'ipotesi più cautelativa secondo cui l'evento di piena si verifica in condizioni di massima allerta alla diga del Moncenisio (portata pari a 181 m <sup>3</sup> /s).			

## Ponte di valle



Comportamento dei ponti/attraversamenti		Franco idraulico	Presenza franco
Portata Tr 200 anni (m <sup>3</sup> /s)	181		
Quota intradosso (m s.l.m.)	1438.42		
Quota fondo (m s.l.m.)	1434.64		
Quota Tr 200 anni (m s.l.m.)	Superiore all' estradosso	negativo	NO
Quota Tr 200 anni + 1/3 altezza (m s.l.m.)	Superiore all' estradosso	negativo	NO
Velocità (m/s)	5.0		
Termine cinetico	1.27		
NOTA: Il dato è riferito al profilo idrometrico con tr 200 anni sono riferito all'ipotesi più cautelativa secondo cui l'evento di piena si verifica in condizioni di massima allerta alla diga del Moncenisio (portata pari a 181 m <sup>3</sup> /s).			

#### **Allegato - 4 . Discrepanze di rappresentazione nella cartografia di riferimento**

In merito alla rappresentazione del territorio oggetto di indagine, richiamando i contenuti del par. 1.2, si evidenzia quanto segue:

- 1) l'accoppiamento tra la CTR delle Regione Piemonte (aggiornamento 2005) e la cartografia IGN è coerente sia in termini di confini nazionali che di continuità delle curve di livello (vedi Figura 8-2). Si segnala che la viabilità e l'edificato che insistono sul territorio comunale non hanno subito variazioni di rilievo negli ultimi anni;
- 2) l'accoppiamento tra la BDTRE (edizione 2016) della Regione Piemonte e la cartografia IGN evidenzia alcune discrepanze di rappresentazione in termini di accoppiamento dei confini nazionali (vedi Figura 8-3). Si segnala in oltre che la BDTRE edizione 2016 contiene alcune anomalie nella rappresentazione di alcuni edifici dell'abitato che, per errore, sono stati rappresentati più volte (vedi Figura 8-1).

Al fine di ottemperare a quanto previsto dalla LR n. 1 del 05/02/2014 (l'art. 10 della LR n. 1 del 05/02/2014 ha stabilito che "la base cartografica di riferimento per la Regione e per tutti i soggetti pubblici e privati che con essa si interfacciano è quella derivata dalla BDTRE"), tenendo conto delle discrepanze richiamate in merito al confine di stato ed ad alcuni edifici, la rappresentazione cartografica delle verifiche di compatibilità idraulica ed idrogeologica sarà effettuata sulla base della BDTRE edizione 2015 (in cui gli edifici sono rappresentati correttamente).

La trasposizione del quadro del dissesto in formato digitale sarà effettuata in conformità con le disposizioni della D.G.R. del 7 aprile 2014 n. 64-7417 (restituzione in formato *shapefile* con sistema di riferimento UTM-WGS84 fuso 32N).

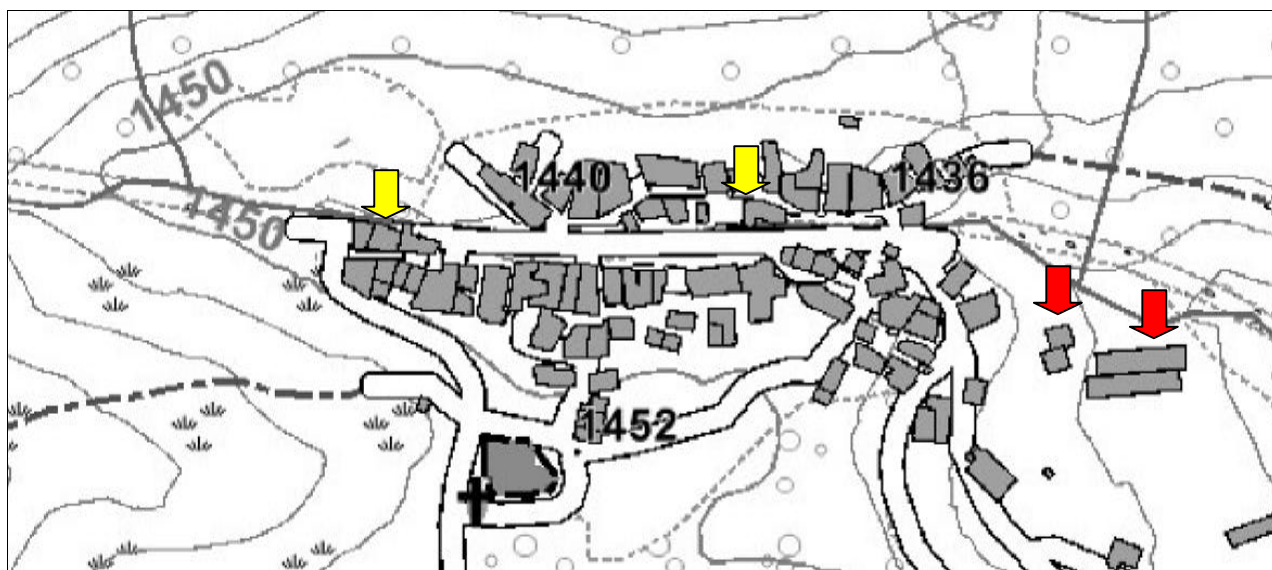


Figura 8-1. BDTRE – Regione Piemonte (edizioni 2016, 2017 e 2018). La rappresentazione dell'abitato di Moncenisio evidenzia che alcuni edifici, per errore, sono stati rappresentati più volte (esempi evidenziati dalle frecce rosse) o inseriti erroneamente (freccia gialla).



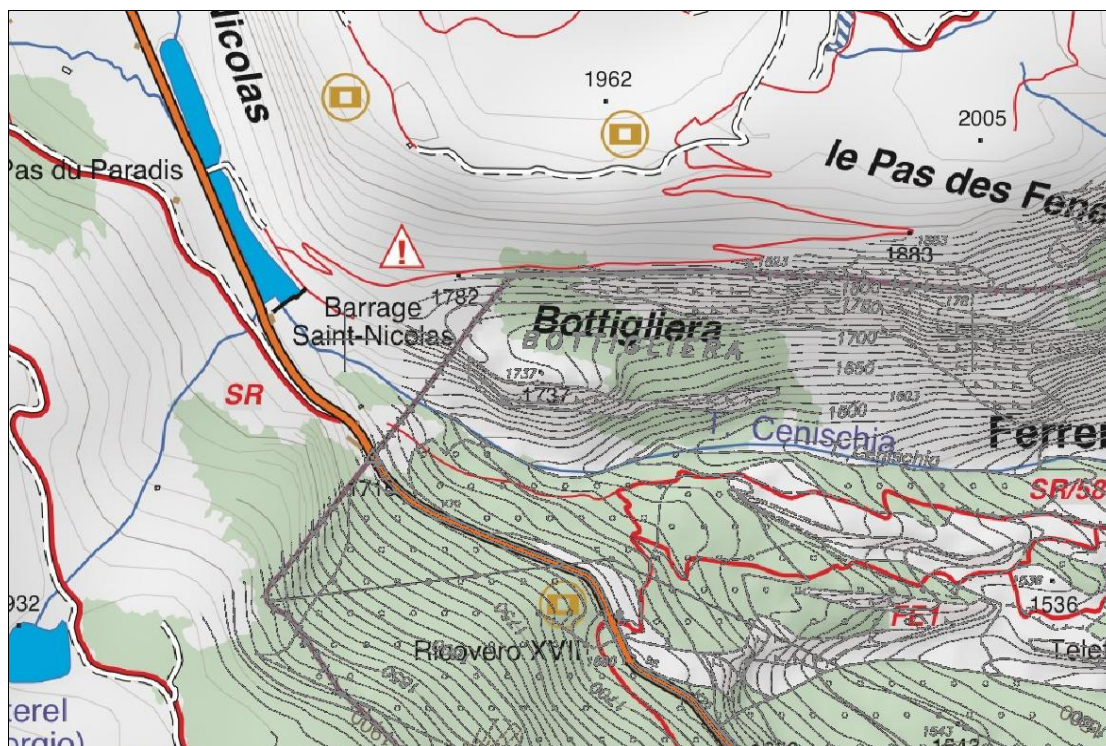


Figura 8-2. Stralcio dell'accoppiamento tra la CTR delle Regione Piemonte (aggiornamento 2005) e la cartografia IGN. Si evidenzia la coerenza della rappresentazione sia in termini di confini nazionali che di continuità delle curve di livello.

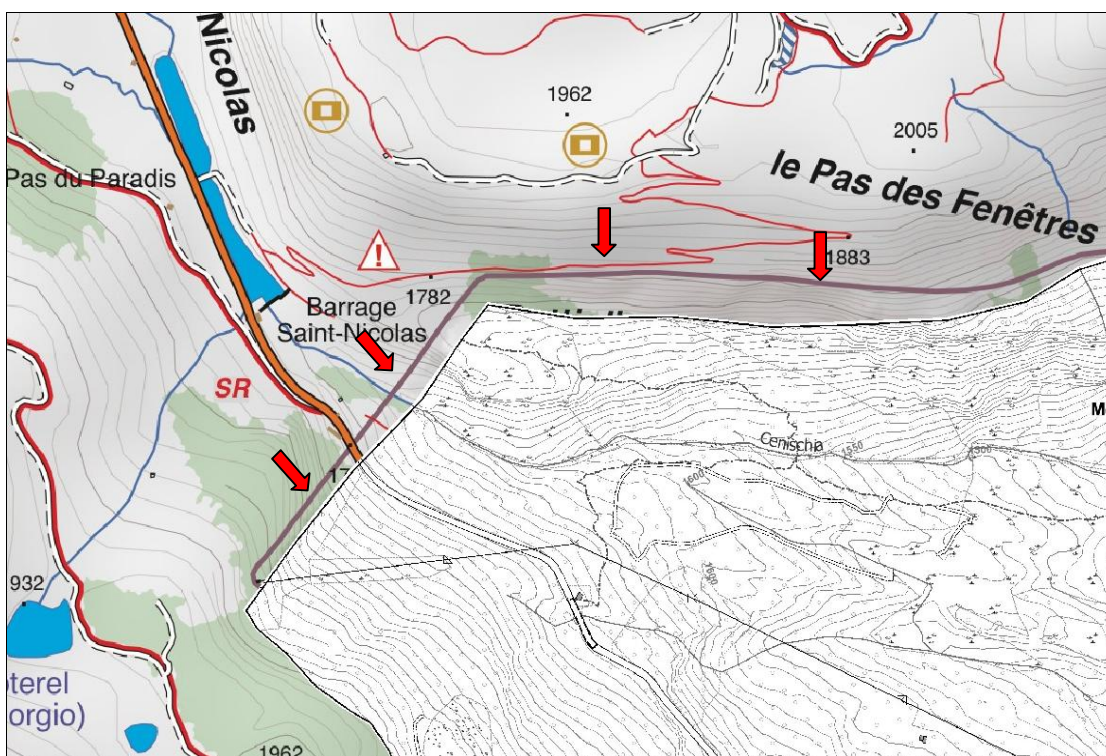


Figura 8-3. Stralcio dell'accoppiamento tra la BDTRE delle Regione Piemonte (aggiornamento 2016) e la cartografia IGN. Si evidenzia la discrepanza della rappresentazione in termini di confini nazionali (i confini sono rappresentati con tratteggio viola ed evidenziati dalla freccia).



## APPENDICE - A DESCRIZIONE DELLO SCHEMA DI CALCOLO ADOTTATO DAL MODELLO NUMERICO HEC-RAS ATTIVATO IN MOTO PERMANENTE.

La determinazione del profilo del pelo libero è stata effettuata mediante modellazione in moto permanente della portata di riferimento tramite il codice numerico HEC-RAS è stato messo a punto dalla Hydrologic Engineering Center (HEC) di Davies, California alla fine degli anni '60 con il nome HEC-2. Adattato all'ambiente Windows® nel 1996 con la nuova denominazione di HEC-RAS (River Analysis System) e dotato d'interfaccia GUI, il codice è attualmente disponibile nella release 4.1.3. Si tratta di un codice di calcolo diffuso a livello internazionale e ampiamente collaudato. Negli USA, in particolare, costituisce l'algoritmo di riferimento per la determinazione dei livelli idrici richiesto dalla FEMA nelle procedure connesse alla copertura assicurativa dei danni alluvionali.

Il codice di calcolo esegue la determinazione del profilo del pelo libero nelle condizioni di moto permanente monodimensionale. La versione 4.1.3 ha incluso l'analisi in moto vario e si prevede l'estensione all'analisi del trasporto solido su contorno mobile.

Il profilo del pelo libero è calcolato per ogni sezione trasversale risolvendo l'equazione dell'energia con una procedura iterativa denominata *standard step method* ampiamente descritta nei testi classici dell'idraulica delle correnti a pelo libero.

L'equazione dell'energia fra due sezioni trasversali (1) e (2), con la sezione 1 ubicata a valle della sezione 2, viene scritta nella forma classica, riferita all'unità di peso del liquido:

$$y_2 + z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = y_1 + z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

dove:

y profondità della corrente nella sezione (m)

z quota del fondo (m)

V velocità media della corrente nella sezione (portata totale/area totale)

$\alpha$  coefficiente di Coriolis che tiene conto della forma della sezione

g accelerazione di gravità (9.81 m/s<sup>2</sup>)

$h_e$  perdita di energia (m)

Il significato geometrico dei simboli è illustrato nella Figura A - 1.

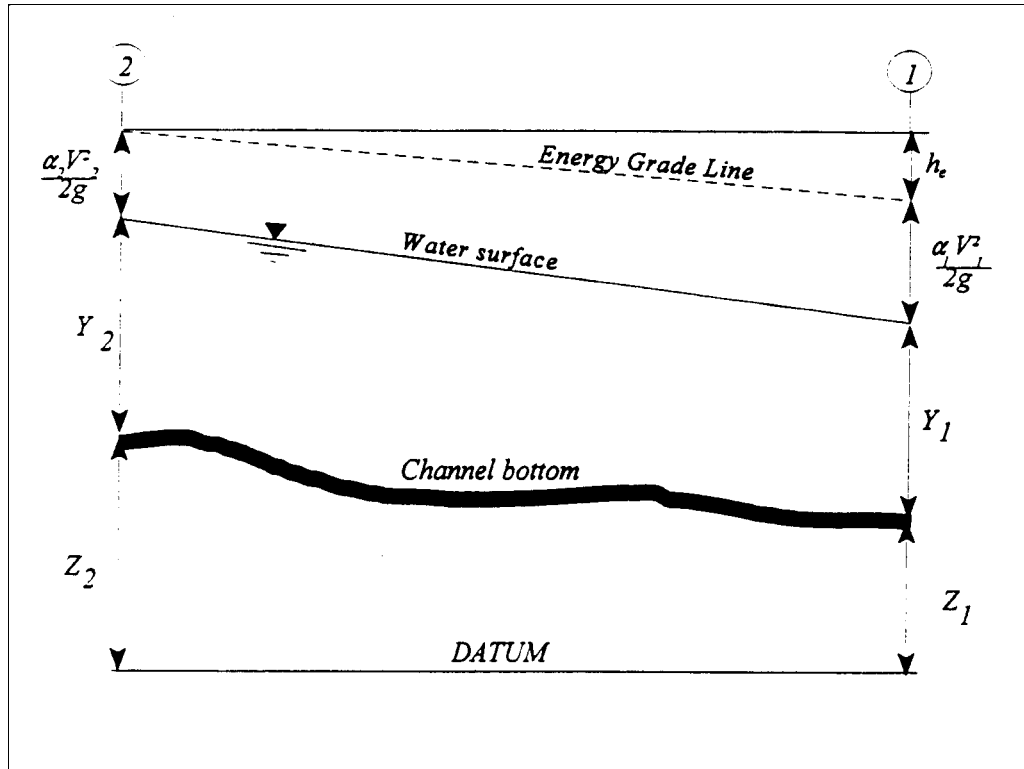


Figura A - 1. Rappresentazione dei termini dell'equazione dell'energia (da HEC, 1997)

La sezione trasversale del corso d'acqua viene rappresentata mediante ascissa e ordinata dei punti rilevati e schematizzata in tre settori rilevanti ai fini del convogliamento della portata: golena sinistra (indicata con pedice  $_{lob}$ ), canale principale (pedice  $_{ch}$ ), golena destra (pedice  $_{rob}$ ), ritenendo che in ciascuno dei tre settori la distribuzione di velocità sia uniforme (in caso contrario si procederà ad ulteriori suddivisioni, come riferito in seguito).

La perdita di energia tra due sezioni, espressa dal termine  $h_e$ , comprende le perdite dovute alla resistenza distribuita (in funzione della scabrezza) e le perdite localizzate per espansione o restringimento delle sezioni, secondo la relazione

$$h_e = L \cdot S_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

essendo:

$L$  lunghezza del tronco (in metri), ponderata in funzione della media delle portate defluenti nelle tre porzioni in cui può essere suddivisa divisa ciascuna sezione, secondo quanto detto sopra. La relazione per la ponderazione citata è

$$L = \frac{L_{lob} \bar{Q}_{lob} + L_{ch} \bar{Q}_{ch} + L_{rob} \bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{ch} + \bar{Q}_{rob}}$$

dove i simboli  $L$ , con il proprio pedice, indicano le distanze dei rispettivi settori in cui è stata divisa ciascuna sezione e i simboli  $Q$  le portate defluenti in ciascuna porzione delle due sezioni (in  $\text{m}^3/\text{s}$ );

$S_f$  pendenza media della linea dell'energia tra le due sezioni;

$C$  coefficiente di contrazione o di espansione. Si osservi che per espansione o contrazione non si intende aumento o diminuzione dell'area bagnata tra la sezione di monte e quella di valle, ma diminuzione o aumento del termine cinetico tra monte e valle.

Tipici valori dei coefficienti di contrazione ed espansione sono desumibili dalla seguente Tabella A 1 (i valori standard sono evidenziati in corsivo)

La determinazione della capacità di convogliamento totale della sezione richiede che la sezione trasversale sia suddivisa in settori ove la corrente defluisca con velocità uniformemente distribuita. I settori sono individuati mediante linee di separazione verticali, come illustrato nella Figura A - 2, in corrispondenza dei punti della sezione dove si pone la variazione di scabrezza in funzione delle caratteristiche della superficie.

Tabella A 1. Coefficienti di contrazione ed espansione tra sezioni.

	Contrazione	Espansione
Nessuna variazione	0.0	0.0
<i>Variazione graduale</i>	<i>0.1</i>	<i>0.3</i>
Tipica situazione in corrispondenza di un ponte	0.3	0.5
Brusca variazione	0.6	0.8

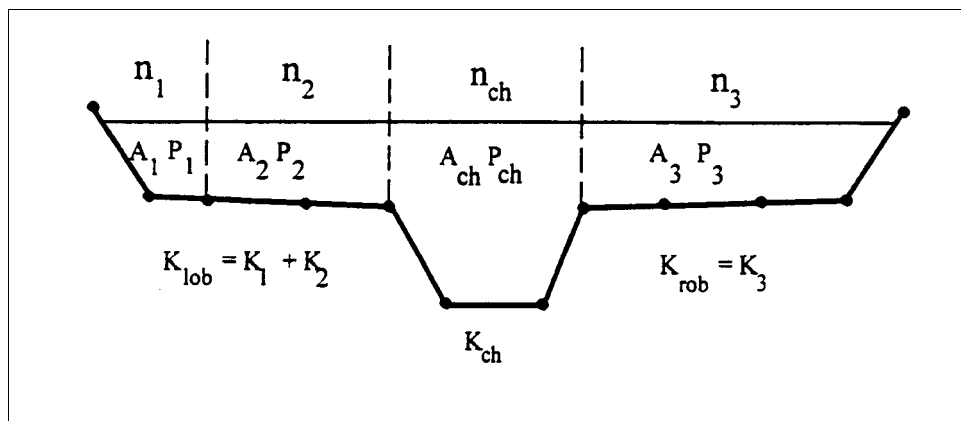


Figura A - 2. Suddivisione di una sezione trasversale in settori con scabrezza uniforme (da HEC, 1997)

La portata in ciascun settore è calcolata dalla formula

$$Q = K S_f^{0.5} \text{ m}^3/\text{s}$$

secondo la scrittura tradizionale nella letteratura idraulica anglosassone per cui:

$K$  capacità di convogliamento di ciascun settore ( $m^3/s$ )

$n$  coefficiente di scabrezza ( $m^{-1/3} s$ ) secondo Manning

$A$  area bagnata del settore di area ( $m^2$ )

$R$  raggio idraulico del settore (m)

Il programma provvede a sommare le portate parziali per ciascun settore e determina la portata dell'area golenale sinistra e destra di ciascuna sezione. La portata totale della sezione è data dalla somma di queste due portate e della portata relativa al canale principale, di norma considerato come unico settore. Qualora si desideri prendere in esame eventuali differenze di scabrezza nel canale principale, il programma ne deriva la scabrezza equivalente quale unico valore, se la pendenza delle scarpate è maggiore di 1 (verticale) su 5 (orizzontale) con la formula

$$n_c = \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (P_i n_i^{1/5})}{P} \right]^{2/3}$$

con:

$n_c$  coefficiente di scabrezza equivalente

$P$  contorno bagnato dell'intero canale principale

$P_i$  contorno bagnato della i-esima suddivisione

$n_i$  scabrezza della i-esima suddivisione

In caso contrario, ossia pendenza delle scarpate minore di 1 (verticale) su 5 (orizzontale), l'alveo principale viene trattato come un'area suddivisa in diversi settori analogamente a quanto avviene per le golene.

Con tali premesse, in caso di variazione della scabrezza nella sezione, viene calcolato il coefficiente di Coriolis secondo la formula generale:

$$\alpha = \frac{Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2 + \dots + Q_N V_N^2}{Q \bar{V}^2}$$

che può essere espressa in termini delle capacità di convogliamento di ciascuno dei tre settori della sezione. la relazione allora diventa

$$\alpha = \frac{(A_{tot})^2 \left[ \frac{(K_{lob})^3}{(A_{lob})^2} + \frac{(K_{ch})^3}{(A_{ch})^2} + \frac{(K_{rob})^3}{(A_{rob})^2} \right]}{(K_{tot})^3}$$

con il significato dei simboli precisato sopra.

Infine, la pendenza della linea dell'energia media fra due sezioni viene determinata nel codice di calcolo, salvo diversa richiesta, con la relazione

$$\bar{S}_f = \left( \frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2$$

essendo le due sezioni indicate con il relativo pedice numerico.



## APPENDICE - B . VALUTAZIONE DELLA CAPACITÀ DI TRASPORTO SOLIDO DEL RIO GORGE VALUTATO SULLA BASE DELL'APPROCCIO PROPOSTO DA SMART E JAEggi.

Al fine della valutazione dell'entità della portata solida si ammettono le seguenti ipotesi:

- Durante il fenomeno di piena si verificano condizioni di trasporto solido al fondo (per trascinamento) prossime alla capacità di trasporto.
- L'entità del materiale potenzialmente mobilizzabile è pari alla capacità della corrente di veicolare i sedimenti.
- Il fenomeno viene valutato in base alla formula proposta da MEYER-PETER E MÜLLER (1948) nella versione modificata da Smart e Jaeggi (SMART 1984). La formula è stata tarata in corsi d'acqua montani con pendenze comprese tra il 3 e il 20% e per materiale in alveo di dimensioni non omogenee.

L'espressione impiegata ha la forma nel seguito riportata:

$$\Phi = 4 \left[ \left( \frac{D_{90}}{D_{30}} \right)^{0.2} i^{0.6} C \theta^{0.5} (\theta - \theta_{cr}) \right]$$

essendo:

$$\Phi = \frac{G}{\left[ g \left( \frac{\gamma_s}{\gamma} - 1 \right) D_m^3 \right]^{0.5}}$$

fattore adimensionale di trasporto

$G$

portata solida per unità di larghezza ( $m^2/s$ )

$\gamma$

peso volumico dell'acqua ( $N/m^3$ )

$\gamma_s$

peso volumico del materiale solido ( $N/m^3$ )

$D_m$

diametro medio del materiale (m)

$$C = \frac{V}{(gYi)^{0.5}}$$

fattore di resistenza (adimensionale)

$i$

pendenza del canale (adimensionale)

$Y$

profondità media della corrente (m)

$$\theta = \frac{Yi}{\left( \frac{\gamma_s}{\gamma} - 1 \right) D_m}$$

parametro adimensionale di Shields

$\theta_{cr}$

valore critico del parametro di Shields

La formula è stata applicata utilizzando le masse volumiche  $\rho$  e  $\rho_s$  anziché i pesi volumici; il valore critico del parametro di Shields è stato assunto pari a 0.056.

La portata solida per unità di larghezza così ottenuta ( $m^2/s$ ) è stata moltiplicata per la larghezza dell'alveo occupata in occasione del transito della portata, ottenendo una  $G_s$  in  $m^3/s$ .

L'idrogramma liquido con tr 200 anni (vedi Figura B - 1) è stato elaborato mediante la seguente procedura:

- i. Il valore di portata al colmo (tratto dall'indagine richiamata nel par. 3.1) è pari a  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- ii. Il tempo di pioggia è stato ipotizzato pari 1h (il valore è cautelativo in quanto ben superiore rispetto al tempo di corrivazione pari a poco più di 0.1 h).
- iii. L'andamento temporale delle portate è stato ricavato mediante il metodo SCS dell'idrogramma unitario (SCS, 1972) che assume una relazione tra tempo di concentrazione, tempo di pioggia, durata dell'evento e portata. I valori delle ordinate dell'idrogramma sono determinate in base allo schema adimensionale riportato in letteratura <sup>(19)</sup>.

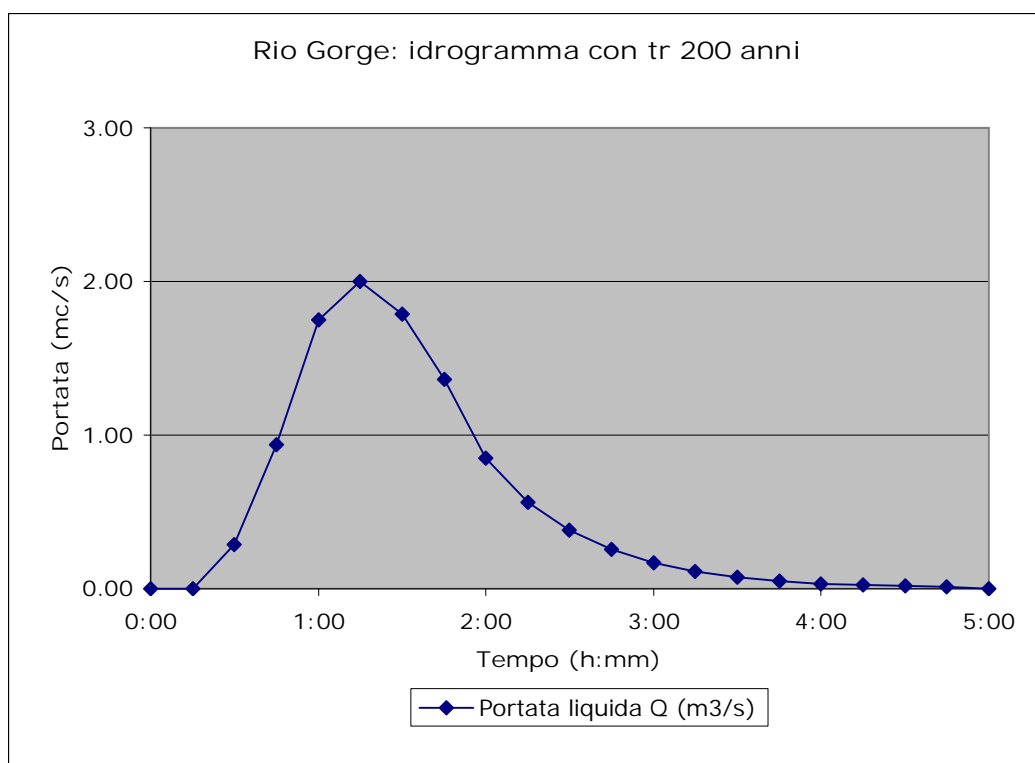


Figura B - 1. Idrogramma di riferimento con tr 200 anni per il Rio Gorge.

L'idrogramma è stato discretizzato in base ad intervalli di 15 minuti, perciò il valore di portata solida è stato trasformato in un volume ( $\text{m}^3$ ) di materiale trasportabile durante l'intervallo di tempo. Dalla somma dei valori parziali si è ottenuto il volume totale.

Per quanto riguarda i valori granulometrici si fa riferimento a quanto riportato in Figura B - 2. La posizione della granulometria e della sezione di riferimento sono riportate in Figura B - 3.

<sup>(19)</sup> DODSON INC. (1995): *ProHEC1 Plus*, Program Documentation (Tabella 6.4 pag. 6-8).  
ANSELMO associati  
Via Vittorio Emanuele, 14 10023 CHIERI (Torino)  
Tel./ Fax 011-941 58 35 e-mail: [info@anselmoassociati.it](mailto:info@anselmoassociati.it)

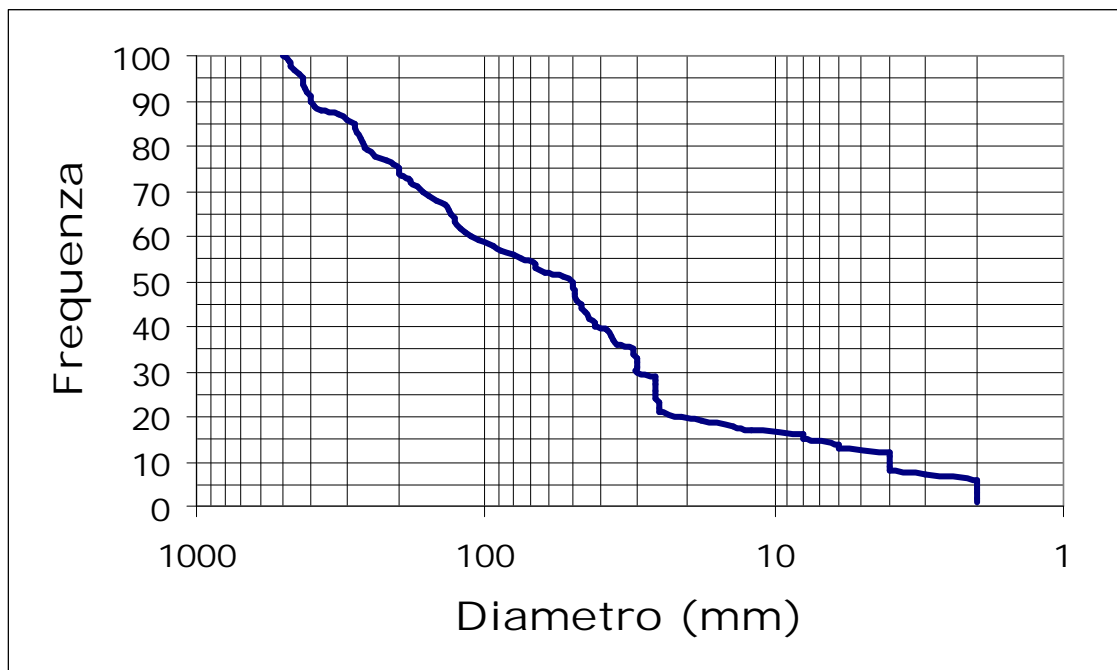


Figura B - 2. Granulometria rilevata in prossimità della sezione di riferimento ed impiegata per la stima del trasporto solido. I valori dei diametri di riferimento sono pari a  $D_{30} = 30$  mm,  $D_{50} = 50$  mm,  $D_{75} = 200$  mm,  $D_{90} = 400$  mm.



Figura B - 3. Posizione della granulometria e della sezione di riferimento.

I risultati sono riassunti in Tabella B - 1 e Tabella B - 2 ed in Figura B - 4 e Figura B - 5, che riportano per esteso l'applicazione della formula. Considerando un evento con tempo di ritorno 200 anni della durata complessiva di 3 ore, il picco della portata solida è pari a circa  $3 \text{ m}^3/\text{s}$ . Il volume trasportabile (nell'assunzione che il materiale potenzialmente mobilizzabile sia concretamente disponibile) risulta essere pari a circa  $13000 \text{ m}^3$  all'altezza della sezione di chiusura del bacino immediatamente a monte della confluenza con il T. Cenischia.

Tabella B - 1. Parametri costanti impiegati per l'applicazione della Formula di Smart e Jaeggi (SMART 1984).

Valori costanti							
i	$\rho_s$	$\rho$	D50	D30	D90	$\theta_{cr}$	n di Manning
	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(m)	(m)	(m)		(m <sup>(-1/3)/s</sup> )
0.5	2650	1000	0.05	0.03	0.4	0.056	0.1

Tabella B - 2. Applicazione per esteso della formula per la valutazione del trasporto solido.

Tempo	Portata liquida (Q)	Y	R	V	C	theta	K	PHI	G	B	Portata solida (Qs)	Ore	Volume solido
(h:mm)	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m/s)			(m <sup>2</sup> /s)		(m <sup>2</sup> /s)	(m)	(m <sup>3</sup> /s)	(h)	(m <sup>3</sup> )
0:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.25	0
0:15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.25	0
0:30	0.3	0.06	0.06	1.06	1.96	0.36	0.04	1.61	0.07	4.12	0.30	0.25	269
0:45	0.9	0.13	0.12	1.75	2.19	0.79	0.04	6.30	0.28	4.26	1.21	0.25	1087
1:00	1.8	0.19	0.18	2.22	2.30	1.15	0.04	11.96	0.54	4.38	2.36	0.25	2120
1:15	2.0	0.21	0.19	2.36	2.32	1.27	0.04	14.12	0.64	4.42	2.81	0.25	2527
1:30	1.8	0.19	0.18	2.22	2.30	1.15	0.04	11.96	0.54	4.38	2.36	0.25	2120
1:45	1.4	0.16	0.15	1.99	2.25	0.97	0.04	8.96	0.40	4.32	1.74	0.25	1567
2:00	0.9	0.12	0.12	1.75	2.28	0.73	0.04	5.78	0.26	4.26	1.11	0.25	997
2:15	0.6	0.10	0.10	1.48	2.11	0.61	0.04	4.01	0.18	4.20	0.76	0.25	682
2:30	0.4	0.07	0.07	1.18	2.01	0.42	0.04	2.13	0.10	4.14	0.40	0.25	358
2:45	0.3	0.06	0.06	1.06	1.96	0.36	0.04	1.61	0.07	4.12	0.30	0.25	269
3:00	0.2	0.05	0.05	0.95	1.91	0.30	0.04	1.15	0.05	4.10	0.21	0.25	191
3:15	0.1	0.05	0.05	0.95	1.91	0.30	0.04	1.15	0.05	4.10	0.21	0.25	191
3:30	0.1	0.05	0.05	0.95	1.91	0.30	0.04	1.15	0.05	4.10	0.21	0.25	191
3:45	0.1	0.02	0.02	0.52	1.65	0.12	0.04	0.17	0.01	4.04	0.03	0.25	27
4:00	0.0	0.02	0.02	0.52	1.65	0.12	0.04	0.17	0.01	4.04	0.03	0.25	27
4:15	0.0	0.02	0.02	0.52	1.65	0.12	0.04	0.17	0.01	4.04	0.03	0.25	27
4:30	0.0	0.02	0.02	0.52	1.65	0.12	0.04	0.17	0.01	4.04	0.03	0.25	27
4:45	0.0	0.02	0.02	0.52	1.65	0.12	0.04	0.17	0.01	4.04	0.03	0.25	27
5:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.25	0



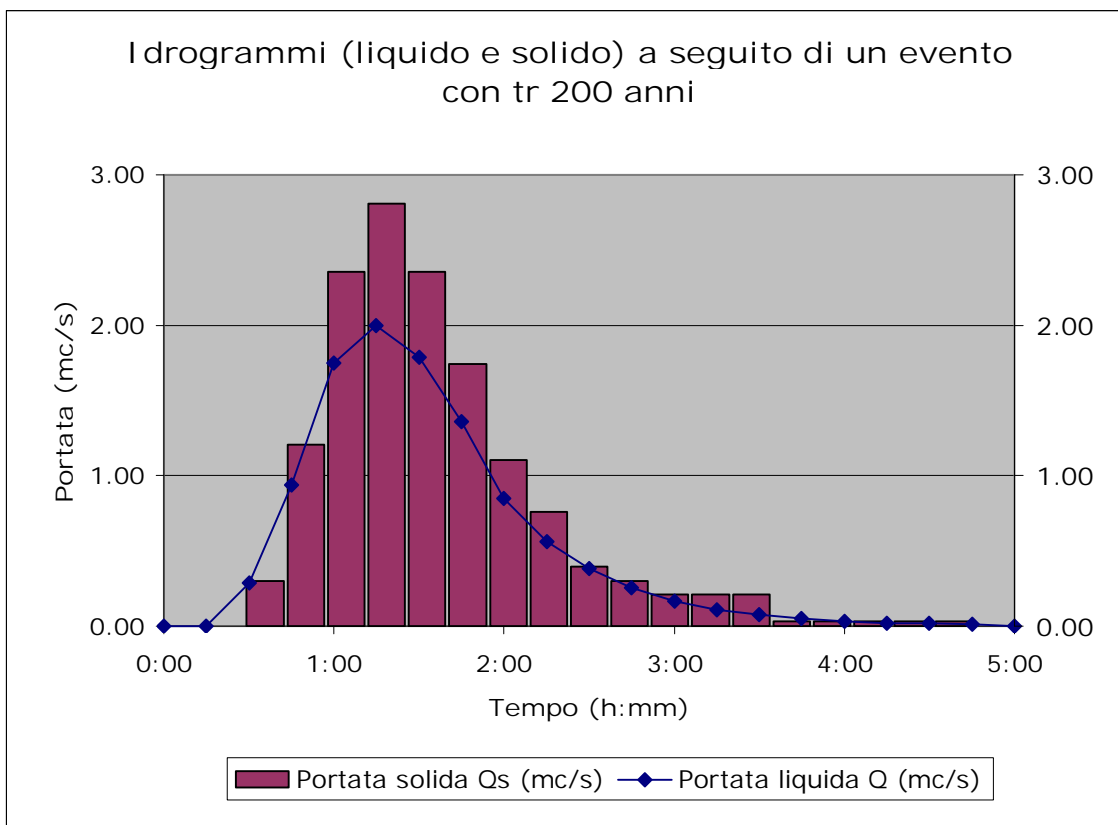


Figura B - 4. Idrogrammi solido e liquido che si ipotizza che possano originarsi a seguito di un evento con tr 200 anni.

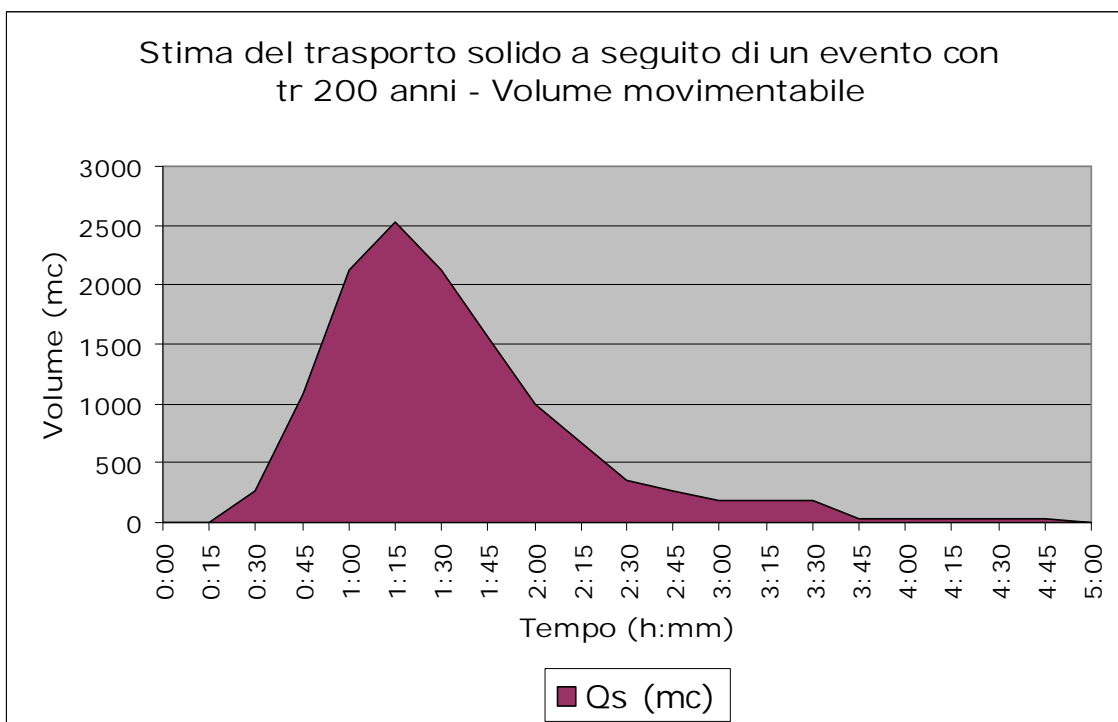


Figura B - 5. Stima del volume movimentabile a seguito di un evento con tr 200 anni (passo temporale di rappresentazione 15 minuti).

In conclusione si ricorda che la valutazione del trasporto solido resta una delle operazioni più incerte dell'idrologia applicata e anche questa formula ha evidenziato, secondo alcuni autori (LENZI, 1999; BATHURST et al., 1987), che i volumi così calcolati sovrastimano quelli misurati.

Questo è giustificato dal fatto che la formula valuta il materiale trasportato attraverso una sezione in occasione di un evento: nella realtà non sempre in alveo si ha disponibilità di sedimento e non è detto che tale materiale riesca ad arrivare in seguito ad un solo evento alla sezione misuratrice, anche tenendo in conto un'eventuale corazzatura dell'alveo. La formula inoltre non tiene conto della morfologia torrentizia, che provoca una dissipazione irregolare dell'energia che potrebbe essere presa in considerazione solo con un diverso approccio modellistico. Inoltre, solo in caso di eventi eccezionali, i volumi stimati si avvicinano alle misure in campo e ciò è dovuto al fatto che il trasporto solido che si verifica in queste circostanze è principalmente funzione di portate che superano la soglia di innesco dei processi di trasporto.

## APPENDICE - C. VERIFICA IN MOTO PERMANENTE DEL T. CENISCHIA: RISULTATI TABULARI E SEZIONI.

Ai fini dell'interpretazione dei risultati esposti si specifica quanto segue:

- le sezioni sono viste da monte verso valle;
- della decodifica delle abbreviazioni utilizzate corrisponde a:

River Sta : numero sezione (crescente da valle verso monte)  
Q total : portata di riferimento  
Min Ch El : quota minima del fondo  
W.S. Elev. : quota del pelo libero  
Crit- W.S. : quota del pelo libero allo stato critico  
E.G. Elev. : quota della linea dell'energia  
E.G. Slope : pendenza "motrice"  
Vel Chnl : velocità media nell'alveo principale  
Flow Area : area bagnata  
Froude : numero di Froude per l'alveo principale (la corrente è "veloce" per numero di Froude > 1)

I risultati a cui si fa riferimento ai fini della perimetrazione delle aree in dissesto considerano le condizioni monte calcolate secondo i criteri esposti al par. 3.1 (valori riferiti ad eventi di piena che si sommano al massimo valore di portata che può provenire dalla diga del Moncenisio. Si fa riferimento al tratteggio blu nella rappresentazione in sezione).

Per completezza di informazione si espongono anche i risultati relativi alla portata al colmo proveniente dal solo bacino idrografico compreso tra lo sbarramento e l'abitato di Moncenisio (tratteggio magenta nella rappresentazione in sezione).



Figura C - 1. Corografia delle sezioni impiegate per allestire il modello idraulico per la verifica del T. Cenischia.

Tabella C - 1. Tabulato di uscita del codice di calcolo hec-ras, attivato in moto permanente, relativo al T. Cenischia nel tronco oggetto di interesse. I profili idrometrici con tr 50, 200 e 500 anni sono riferiti all'ipotesi più cautelativa secondo cui l'evento di piena si verifica in condizioni di massima allerta alla diga del Moncenisio (portate pari a 169, 181 e 189 m<sup>3</sup>/s).

HEC-RAS River: Torrente Cenischia											
River Sta	Plan	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
1000	Tr50	169	1446	1449.5	1449	1450.8	0.0099	5.72	39.57	15.84	0.98
1000	Tr200	181	1446	1449.6	1450	1451	0.01	5.87	41.46	16.01	0.99
1000	Tr500	189	1446	1449.7	1450	1451.1	0.0099	5.94	42.91	16.14	0.99
990	Tr50	169	1444	1447.1	1447	1448.3	0.016	5.03	37.06	15.33	0.92
990	Tr200	181	1444	1447.4	1447	1448.5	0.013	4.83	41.72	15.57	0.84
990	Tr500	189	1444	1447.6	1447	1448.7	0.0116	4.73	44.68	15.72	0.8
980	Tr50	169	1442.9	1447.4	1446	1447.9	0.004	3.24	59.51	16.44	0.49
980	Tr200	181	1442.9	1447.7	1446	1448.2	0.0037	3.26	63.63	16.64	0.48
980	Tr500	189	1442.9	1447.9	1446	1448.3	0.0036	3.27	66.39	16.77	0.47
970	Tr50	169	1441.5	1445.8	1446	1447.6	0.0033	6.12	33.42	10.4	0.94
970	Tr200	181	1441.5	1446	1446	1447.9	0.0033	6.25	35.3	10.4	0.94
970	Tr500	189	1441.5	1446.1	1446	1448	0.0033	6.35	36.44	10.4	0.95
960	Tr50	169	1439.2	1444.8	1444	1446	0.0015	4.91	39.24	10.4	0.66
960	Tr200	181	1439.2	1444.9	1444	1446.2	0.0016	5.18	40.09	10.4	0.69
960	Tr500	189	1439.2	1444.9	1444	1446.4	0.0017	5.35	40.57	10.4	0.71
955		Bridge									
950	Tr50	169	1438.8	1443.1	1443	1445.3	0.0037	6.5	26.06	6.01	0.99
950	Tr200	181	1438.8	1443.3	1443	1445.6	0.0037	6.65	27.24	6.01	1
950	Tr500	189	1438.8	1443.5	1443	1445.8	0.0036	6.75	28.05	6.01	1
940	Tr50	169	1436.8	1441.2	1441	1443.3	0.0037	6.49	26.07	6.01	0.99
940	Tr200	181	1436.8	1441.4	1441	1443.6	0.0037	6.65	27.26	6.01	1
940	Tr500	189	1436.8	1441.5	1442	1443.8	0.0036	6.75	28.06	6.01	1
930	Tr50	169	1434.6	1440.4	1439	1441.5	0.0014	4.81	40.34	10.4	0.64
930	Tr200	181	1434.6	1440.3	1439	1441.7	0.0017	5.19	39.94	10.4	0.7
930	Tr500	189	1434.6	1440.4	1440	1441.8	0.0018	5.37	40.41	10.4	0.72
925		Bridge									
920	Tr50	169	1434.4	1438.7	1439	1440.9	0.0037	6.49	26.07	6.01	0.99
920	Tr200	181	1434.4	1438.9	1439	1441.2	0.0037	6.65	27.25	6.01	1
920	Tr500	189	1434.4	1439	1439	1441.4	0.0036	6.75	28.05	6.01	1
910	Tr50	169	1434.2	1438.5	1438	1440.6	0.0038	6.53	26.48	6.29	1
910	Tr200	181	1434.2	1438.7	1439	1441	0.0037	6.67	27.8	6.31	1
910	Tr500	189	1434.2	1438.8	1439	1441.1	0.0037	6.78	28.6	6.32	1
900	Tr50	169	1432.7	1437	1437	1439.1	0.0038	6.53	26.48	6.29	1
900	Tr200	181	1432.7	1437.2	1437	1439.5	0.0037	6.67	27.8	6.31	1
900	Tr500	189	1432.7	1437.3	1437	1439.6	0.0037	6.78	28.6	6.32	1
890	Tr50	169	1432.2	1436.6	1437	1438.1	0.0079	5.96	37.49	14	0.91
890	Tr200	181	1432.2	1436.7	1437	1438.3	0.0078	6.08	39.77	14.4	0.91
890	Tr500	189	1432.2	1436.8	1437	1438.4	0.0077	6.14	41.38	14.67	0.91
880	Tr50	169	1431.2	1435.1	1435	1436.4	0.0091	5.91	38.41	14.73	0.96
880	Tr200	181	1431.2	1435.3	1435	1436.6	0.0086	5.93	41.31	15	0.94
880	Tr500	189	1431.2	1435.3	1435	1436.7	0.0089	6.08	42.15	15	0.95



Tabella C - 2. Tabulato di uscita del codice di calcolo hec-ras, attivato in moto permanente, relativo al T. Cenischia nel tronco oggetto di interesse. Per completezza di informazione si espongono i profili idrometrici con tr 50, 200 e 500 anni riferiti all'ipotesi in cui siano presi in considerazione i valori di portata del solo bacino idrografico compreso tra lo sbarramento e l'abitato di Moncenisio (portate pari a 64, 76 e 84 m<sup>3</sup>/s).

HEC-RAS River: Torrente Cenischia											
River Sta	Plan	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	# Chl
1000	Tr50 ridotto	64	1446	1448	1448	1448.8	0.0116	4.3	18.36	12.25	0.97
1000	Tr200_ridotto	76	1446	1448.2	1448	1449.1	0.0113	4.53	20.98	12.89	0.97
1000	Tr500_ridotto	84	1446	1448.4	1448	1449.3	0.0111	4.66	22.76	13.31	0.97
990	Tr50 ridotto	64	1444	1445.7	1446	1446.5	0.0152	3.89	17.56	12.16	0.98
990	Tr200_ridotto	76	1444	1445.9	1446	1446.7	0.0149	4.1	19.9	12.45	0.98
990	Tr500_ridotto	84	1444	1446	1446	1446.9	0.0147	4.23	21.41	12.64	0.97
980	Tr50 ridotto	64	1442.9	1444.6	1445	1445.3	0.0151	3.88	17.61	12.17	0.98
980	Tr200_ridotto	76	1442.9	1445.1	1445	1445.7	0.0094	3.52	23.36	12.88	0.78
980	Tr500_ridotto	84	1442.9	1445.4	1445	1445.9	0.0072	3.33	27.54	13.37	0.69
970	Tr50 ridotto	64	1441.5	1443.8	1444	1444.9	0.0046	4.69	13.66	6	0.99
970	Tr200_ridotto	76	1441.5	1444.1	1444	1445.3	0.0044	4.97	15.32	6.01	0.99
970	Tr500_ridotto	84	1441.5	1444.2	1444	1445.6	0.0044	5.16	16.3	6.01	1
960	Tr50 ridotto	64	1439.2	1441.7	1441	1442.6	0.0035	4.31	14.87	6	0.87
960	Tr200_ridotto	76	1439.2	1442	1442	1443	0.0034	4.58	16.61	6	0.88
960	Tr500_ridotto	84	1439.2	1442.2	1442	1443.3	0.0033	4.75	17.71	6	0.88
955		Bridge									
950	Tr50 ridotto	64	1438.8	1441.1	1441	1442.2	0.0046	4.69	13.65	6	0.99
950	Tr200_ridotto	76	1438.8	1441.4	1441	1442.6	0.0044	4.97	15.3	6	0.99
950	Tr500_ridotto	84	1438.8	1441.5	1442	1442.9	0.0043	5.14	16.36	6	0.99
940	Tr50 ridotto	64	1436.8	1439.1	1439	1440.2	0.0046	4.69	13.65	6	0.99
940	Tr200_ridotto	76	1436.8	1439.4	1439	1440.7	0.0044	4.97	15.3	6	0.99
940	Tr500_ridotto	84	1436.8	1439.6	1440	1440.9	0.0043	5.14	16.37	6	0.99
930	Tr50 ridotto	64	1434.6	1437.1	1437	1438.1	0.0037	4.4	14.55	6	0.9
930	Tr200_ridotto	76	1434.6	1437.4	1437	1438.5	0.0035	4.64	16.4	6	0.9
930	Tr500_ridotto	84	1434.6	1437.6	1437	1438.7	0.0035	4.82	17.46	6	0.9
925		Bridge									
920	Tr50 ridotto	64	1434.4	1436.6	1437	1437.8	0.0046	4.69	13.64	6	0.99
920	Tr200_ridotto	76	1434.4	1436.9	1437	1438.2	0.0044	4.97	15.3	6	0.99
920	Tr500_ridotto	84	1434.4	1437.1	1437	1438.4	0.0043	5.14	16.36	6	0.99
910	Tr50 ridotto	64	1434.2	1436.4	1436	1437.6	0.0047	4.73	13.71	6.15	1
910	Tr200_ridotto	76	1434.2	1436.7	1437	1438	0.0045	5.01	15.38	6.17	1.01
910	Tr500_ridotto	84	1434.2	1436.9	1437	1438.2	0.0044	5.18	16.47	6.18	1
900	Tr50 ridotto	64	1432.7	1434.9	1435	1436.1	0.0047	4.73	13.71	6.15	1
900	Tr200_ridotto	76	1432.7	1435.2	1435	1436.5	0.0045	5.01	15.38	6.17	1.01
900	Tr500_ridotto	84	1432.7	1435.4	1435	1436.7	0.0044	5.18	16.47	6.18	1
890	Tr50 ridotto	64	1432.2	1434.5	1435	1435.5	0.0112	4.7	16	8.54	0.98
890	Tr200_ridotto	76	1432.2	1434.8	1435	1435.9	0.0108	4.95	18.31	8.94	0.97
890	Tr500_ridotto	84	1432.2	1435	1435	1436.1	0.0105	5.08	19.87	9.2	0.97
880	Tr50 ridotto	64	1431.2	1433.4	1433	1434.3	0.0112	4.52	17.38	10.58	0.97
880	Tr200_ridotto	76	1431.2	1433.6	1434	1434.6	0.0109	4.76	19.92	11.16	0.97
880	Tr500_ridotto	84	1431.2	1433.8	1434	1434.8	0.0106	4.89	21.6	11.53	0.97

