REGIONE LIGURIA

PROVINCIA DI GENOVA

COMUNI DI CICAGNA, TRIBOGNA e MOCONESI

Riattivazione dell'impianto mini idroelettrico denominato "Filanda" sul Torrente Lavagna

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

FASE DI VERIFICA - PARTE SECONDA

L. R..1998 n. 38 – L. R. .2013 n. 1 – T.U. 1775/1933

Proponenti: Donato Fossati, Tronchi Barbara, Gianfranco Artico, Alessandro Caramellino, Dellacasa Massimiliano

Maggio 2013

IL COORDINATORE DEL GRUPPO DI LAVORO

INDICE

PARTE SECONDA

3. QUADRO AMBIENTALE 142

3.1 Analisi della qualità ambientale 142

3.1.1 FISIOGRAFIA 142

3.1.2 ASSETTO IDROGEOLOGICO 143

3.1.2.1 Premessa 143

3.1.2.2 Inquadramento geologico e geomorfologico 144

3.1.2.2.1 Geologia 144

3.1.2.2.2 Geomorfologia 147

ALLEGATO1 Rilevamento geomorfologico tratti investigati 150

ALLEGATO2 Rilevamento naturalistico ambientale stazioni IFF 154

3.1.2.2.3 Zonazione sismica 158

3.1.2.3 ANALISI IDRAULICA 160

3.1.2.3.1 Determinazione della massima piena 160

3.1.2.3.4 Calcoli idraulici e valutazioni di merito 171

3.1.3 PEDOLOGIA 186

3.1.4 BIOCENOSI 190

3.1.4.1 IDROLOGIA 190

3.1.4.1.1 Morfometria 190

3.1.4.1.2 Idrologia naturale 195

3.1.4.1.3 Idrologia attuale 203

3.1.4.1.4 Deflusso minimo vitale 213

3.1.4.1.5 Idrologia prevista 227

3.1.4.1.6 Torrente Litteglia Idrologia naturale 229

3.1.4.1.7 Torrente Moconesi Idrologia naturale 232

3.1.4.1.8 Qualità biologicha delle acque 237

3.1.4.1.9 Funzionalità fluviale 237

3.1.4.1.10 Ittiofauna 237

3.1.4.1.11 Elenco derivazioni/Pozzi 238

PARTE 2^

3. QUADRO AMBIENTALE

3.1 Analisi della qualità ambientale

3.1.1 FISIOGRAFIA

L'area della superficie del bacino imbrifero sotteso alla chiusura è di 67.06 km^2.

Esso è costituito dal corso del Torrente Lavagna, disposto secondo un asse prevalente WNW - ESE, e dagli affluenti diretti di questo, distribuiti in modo decisamente asimmetrico: il versante Nord è molto più esteso rispetto al versante Sud, che invece risulta ridotto da un punto di vista della superficie e del contributo di volume d'acqua all'asta principale. Analogamente i versanti in sponda destra del Lavagna sono orientati principalmente a N, E, NE, mentre quelli in sponda sinistra hanno una distribuzione delle orientazioni più ampia dovuta ad una maggiore articolazione del reticolo idrografico (i versanti sono per lo più esposti a S, W e SW, ma non di rado a E e SE).

Per quanto riguarda gli affluenti, nel suo primo tratto, dalle sorgenti alla località Ferriere, il T. Lavagna non riceve tributari importanti se non il Rio di Vallebuona ed il Rio delle Ferriere, entrambi sulla destra orografica. Successivamente riceve, sempre in sponda destra, il Rio di Lumarzo, il T. Litteggia, il Rio della Bolle, il Rio Pendola, il Fosso di Roncazzi e quello di Camposasco, più altri di minore importanza.

Ma è la sponda orografica sinistra, come già accennato, a fornire i tributari maggiori: il Rio d'Urri, il T. Neirone, il Canale di Moconesi, il T. Malvaro ed il Canale di Isolona.

La particolare conformazione geografica del bacino determina una diversa esposizione alle perturbazioni meteorologiche che normalmente investono il litorale e una conseguente notevole variabilità spaziale delle precipitazioni, che risultano comprese tra i circa 1500 mm annui a ridosso dello spartiacque meridionale delle zone occidentali ed i 2000 mm della zona appenninica.

La massima cima è costituita dal gruppo del Monte Caucaso con i suoi 1237.40 m s.l.m, mentre l'altitudine media del bacino, chiuso in corrispondenza dell'impianto della Filanda a quota 133.61 m s.l.m., risulta essere di circa 623.63 m s.l.m.

Per determinare tale valore si è ritenuta valida l'espressione utilizzata dalla Regione Piemonte:

$$H = 0.5\ (0.9\ Hmax + Hmin)$$

dove Hmax è l'altezza massima del bacino in m s.l.m. e Hmin è l'altezza minima della sezione di chiusura in m s.l.m.

Nel caso in esame tali valori sono:

Hmax = 1237.40 m s.l.m. (M. Caucaso)

Hmin = 133.61 m s.l.m. (opera di presa)

3.1.2 ASSETTO IDROGEOLOGICO

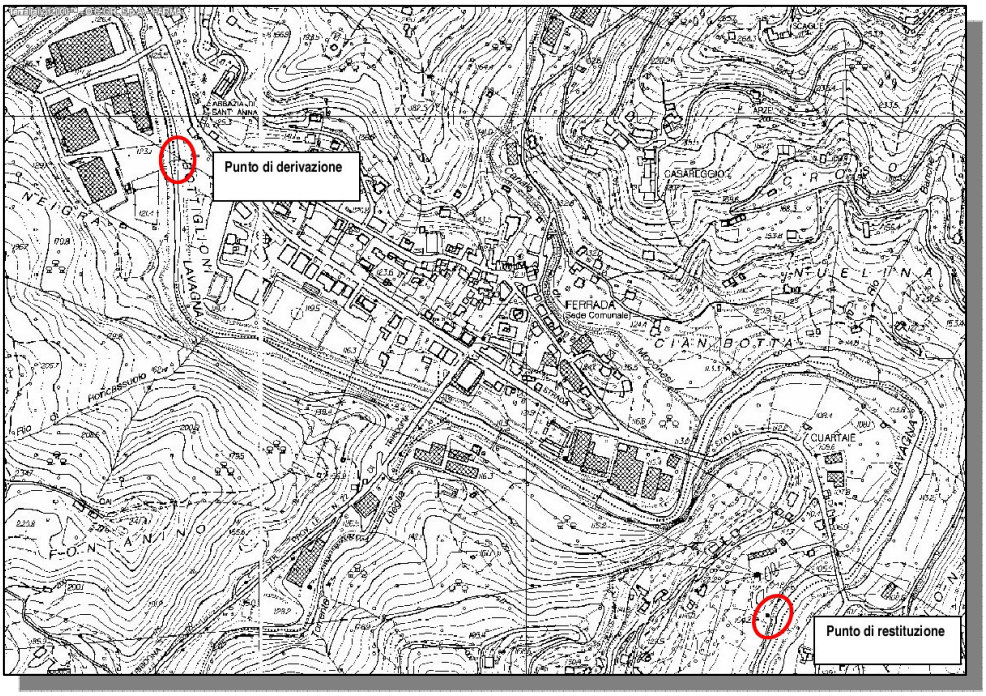
3.1.2.1 Premessa

La presente relazione è relativa alla domanda di concessione di derivazione d'acqua dal Torrente Lavagna nel Comune di Tribogna (GE) (Tav. 1 – Stralcio da Carta Tecnica Regionale n. 214150 scala 1:5.000).

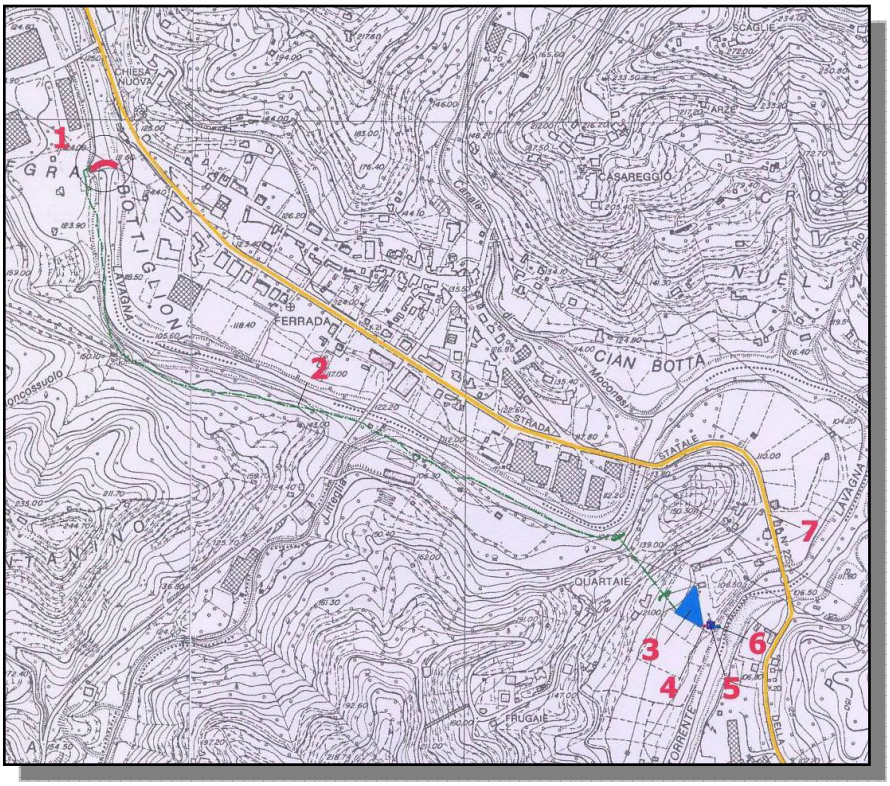
Di seguito saranno illustrate le caratteristiche geologiche e idrogeologiche dell'area interessata dagli interventi, compresa tra il punto di presa e la vasca di carico.

La cartografia ufficiale di riferimento e i dati relativi alla zona in esame, sono stati tratti da:

- Carta Tecnica Regionale della Regione Liguria scala 1:5.000 Sez. n. 214150
- Carta Geologica d'Italia
- Piano di Bacino Stralcio per la Difesa Idrogeologica, Geomorfologica, per la Salvaguardia della Rete Idrografica e per la Compatibilità delle Attività Estrattive – Torrente Lavagna (ai sensi dell'Art.17, Comma 6 ter, della Legge 18/5/1989 n°183).



Tav. 1 – Carta Tecnica Regionale – Scala 1:5.000. Ubicazione dei punti di derivazione e di rilascio.



Tav. 2 – Carta Tecnica Regionale – Scala 1:5.000.
Planimetria dell'impianto mini-idroelettrico "Filanda"; n. **1**: sbarramento esistente; n. **2** (tratto verde): opere di adduzione; n. **3**: vasca di accumulo; n. **4**: condotta forzata; n. **5**: locale macchine; n. **6**: canale di restituzione; in giallo è evidenziata la strada statale n. 225 della Fontanabuona.

3.1.2.2 Inquadramento geologico e geomorfologico

3.1.2.2.1 Geologia

Circa l'Inquadramento Geologico Regionale, il settore di territorio oggetto di indagine fa parte del Dominio Ligure Interno (Liguridi Interne – Unità Liguridi) dell'Appennino Settentrionale.

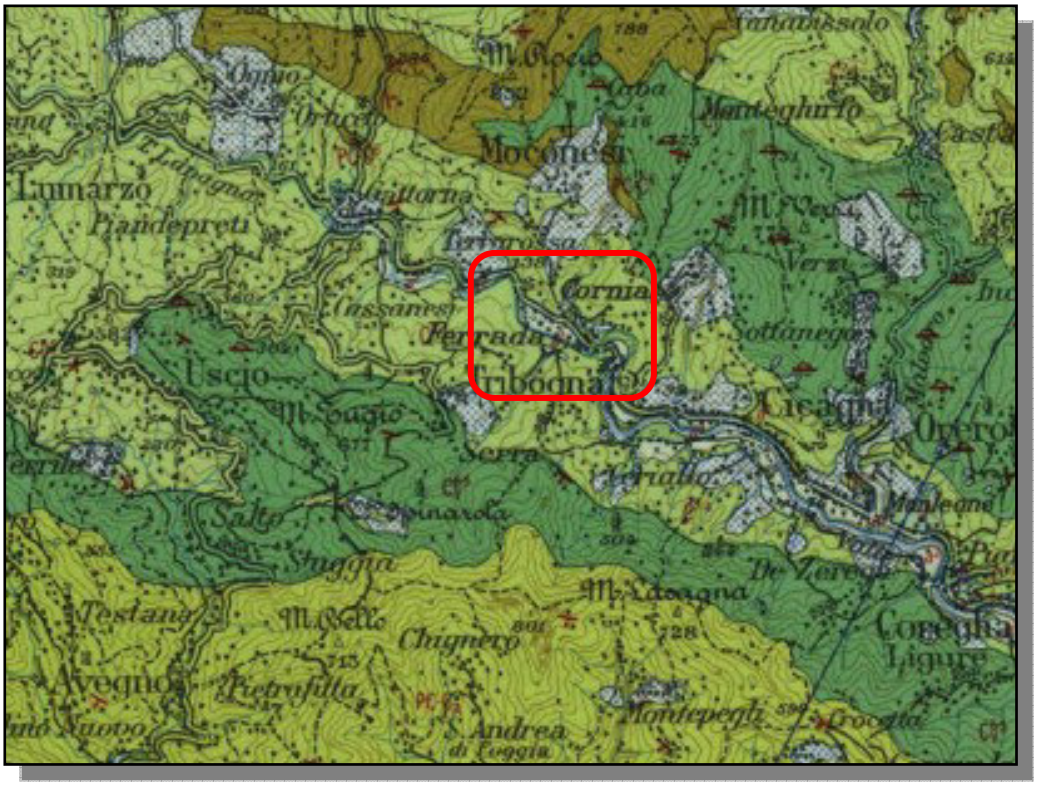
Litostratigraficamente, in corrispondenza dell'areale di interesse il substrato è ascrivibile alla Formazione di Val Lavagna nella Facies degli Scisti Manganesiferi (SMG); quest'ultima formazione si colloca nel Supergruppo della Val di Vara e, più in articolare, nell'Unità di M.te Gottero.

Per quanto attiene agli Aspetti Tettonico- Strutturali, l'interpretazione morfotettonica ha messo in evidenza sistemi di faglie circa diretti NW-SE e NE-SW; a scala territoriale, si riconoscono inoltre deformazioni rigide ad orientazione Nord-Sud ed Est-Ovest.

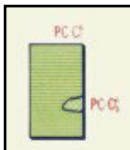
A scala di versante si registra una generalizzata e significativa variabilità delle giaciture di strato, legata agli intensi fenomeni plicativi, sia alla macroscala che alla mesoscala, a cui è stata sottoposta la F. di Val Lavagna nel corso della sua complessa evoluzione tettonico- strutturale.

Dall'esame della cartografia geologica alla scala 1:50.000 (Foglio 154 Susa – Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000) l'intero settore oggetto degli interventi presenta un substrato mesozoico riconducibile al complesso di Meana-M. Muretto costituito da una potente sequenza di metapeliti con inclusioni di metagabbri e serpentiniti.

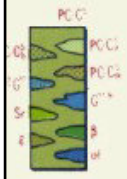
Di questo complesso fanno parte anche marmi e paragneiss con livelli quarzitici. In particolare il litotipo rappresentato nell'area è caratterizzato da un'elevata eterogeneità: la facies più comune è costituita da micascisti carbonatici, ma sono presenti anche calcemicascisti e intercalazioni di marmi, questi ultimi presenti in particolare al contatto con il basamento pretriassico. La copertura è di natura glaciale con till indifferenziati a matrice sabbioso limosa ("matrix supported") e ciottoli eterometrici.



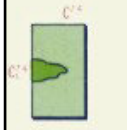
Tav. 3 – Carta Geiologica d'Italia – Foglio 83.



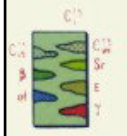
CALCARI DI OTTONE - Calcari marnosi, scagliosi, scuri alternati ad argilliti nerastre, localmente con livelli arenacei e intercalazioni di brecce (PCC^{1}_{b}) e calcari compatti; fauna rappresentata da rari esemplari di ***Inoceramus***. (Alla sommità delle "Arenarie di Casanova" nelle Valli Trebbia e Aveto; corrispondenti alle "Marne di Sopralacroce"?). ***PALEOCENE? - CRETACICO SUPERIORE?***



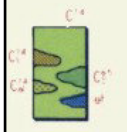
ARENARIE DI CASANOVA - Arenarie ed argilliti siltose scure, talora scistose, ben stratificate, con intercalazioni di marne, calcari marnosi e di calcari di tipo palombino; presenza di argilliti policrome con calcari e rare biocalcareniti (PCC^{1}_{a}), di brecce e conglomerati poligenici (PCC^{1}_{b}), e di brecce a matrice argillosa (olistostromi) (PCC^{1}_{ca}); la formazione include masse, anche di dimensioni notevoli, di ofioliti ($Sr, \varepsilon, \beta, ol$) più o meno brecciate, lembi di "Calcare a Calpionelle Ligure" ($C^{2}C^{1}$) e di diaspri (C^{1-4}), a volte ancora legati alle ofioliti; gli elementi inclusi negli olistostromi (M. Bregaceto) ed in intercalazioni biocalcarenitiche, microfauna a ticinelle, hedbergelle, planomaline [*P. buxtorfi* (GAND.)], rotalipore [*R. appenninica* (RENZ). *R. cushmani* (MORROW)]. (Passanti verso l'alto alle "Marne di Sopralacroce"). ***PALEOCENE? - ALBIANO?***



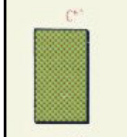
ARGILLITI DI MONTOGGIO - Argilliti grigio-scure con intercalazioni di livelli varicolori (C^{1-4}); microfauna a ***Rotalipora cushmani*** (MORROW). *R. appenninica* (RENZ). ***Ticinella roberti*** (GAND.). ***TURONIANO-CENOMANIANO.***



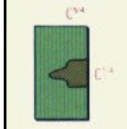
"ARGILLE A PALOMBINI" DI MONTE VERI - Alternanze di argille scure e di calcari di tipo palombino, con intercalazioni di biocalcareniti; brecce a matrice argillosa (olistostromi) prevalentemente calcaree (C^{1}_{ca}); brecce e arenarie ofiolitiche, brecce poligeniche (C^{1}_{cb}); la formazione ingloba masse, talora rilevanti, di ofioliti ($Sr, \varepsilon, \beta, ol$) più o meno brecciate e di graniti (γ); nelle biocalcareniti associazioni a trocoline, orbitolinidi, dasicladacee; nei calcari di tipo palombino presenza di radiolari, tintinnidi, nannoconi e ***Globigerinaceae***; in elementi di olistostromi (M. Grattara F°71-Voghera) presenza di ***Rotalipora appenninica*** (RENZ). ***Planomalina buxtorfi*** (GAND.) e ***Praeglobotruncana stephani*** (GAND.). ***TURONIANO? - ALBIANO?***



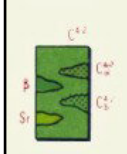
FORMAZIONE DI VAL LAVAGNA - Argilliti scistose, più o meno siltose, per lo più grigio-scure o nerastre, a volte varicolori (C^{1-4}), alternate ad arenarie e calcareniti fini con ossidi di ferro e di manganese diffusi; intercalazioni di calcari marnosi, calcari silicei ("pseudopalombini"), marne plumbee scistose ("ardesie"); scisti argillosi e arenaceo-marnosi zonati; rare oficalciti (ol); brecce a matrice argillosa (C^{1-4}_{ca}), talvolta a cogoli di palombino, diaspro, serpentinite, gabbro ecc.; microfauna ad anomaline; localmente sono state distinte, come Membro delle ardesie di Monte Verzi (C^{1}_{a}), le marne scistose plumbee ("ardesie"), in banchi di alcuni metri, alternate a strati di argilliti fogliettate (*CENOMANIANO-ALBIANO*). ***CRETACICO SUP. ALBIANO.***



FORMAZIONE DI RONCO - Calcari marnosi, marne calcaree e marne grigie, alternate ad arenarie, calcareniti ed argilliti scistose; microfauna a ***Planomalina buxtorfi*** (GAND.). ***Praeglobotruncana stephani*** (GAND.) e ***Ticinella*** sp. ***CENOMANIANO - ALBIANO.***



ARGILLITI DI MONTANESI - Argilliti scistose grigio-scure o nerastre, quarzose, albitizzate e calcitizzate, con scisti rossi (C^{1-4}). ***ALBIANO - APTIANO?***



"ARGILLE A PALOMBINI" DEL LAGO DI GIACOPIANE - Alternanze di argilliti grigio-scure, scagliettate, e di calcari silicei grigio-chiari, sublitografici ("calcare palombino"); interstrati di biocalcareniti gradate, soprattutto nella parte alta della formazione; localmente, a livelli diversi, le argilliti diventano prevalenti; presenza di masserelle ofiolitiche brecciate (Sr, β), brecce poligeniche (C^{2}_{b}) e brecce a matrice argillosa (C^{2}_{ca}); microfauna a tintinnidi e trocoline. ***APTIANO? - HAUTERIVIANO?***

3.1.2.2.2 Geomorfologia

Il quadro geomorfologico, a scala sia di areale che di sito, risultante dai rilievi di superficie, integrati dall'analisi delle Cartografie Tecniche Regionali (CTR in Scala 1:5.000) e delle foto aeree, è dettagliatamente esposto al Paragrafo 3.3. della Relazione Geologica e Geologico- Tecnica Preliminare, a cui si rimanda.

Nel presente lavoro verranno approfondite le tematiche inerenti gli aspetti geomorfologici e sedimentologici fluviali relativi al tratto di Torrente Lavagna interferente con gli interventi previsti.

2.1.1. Depositi Alluvionali

Tra i depositi sciolti di copertura legati alla presenza dei corsi d'acqua principali si possono distinguere:

- Depositi Alluvionali Mobili Attuali *(am)*, formati da materiale generalmente grossolano, corrispondono alle zone di alveo attuale ed attivo, ampliato dalle piene e dalle divagazioni stagionali dei corsi d'acqua.
  Lungo l'alveo del Torrente Lavagna il potere erosivo del corso d'acqua determina localmente l'asportazione dei materiali sciolti mettendo alla luce il basamento roccioso di natura argilloscistosa.
  Depositi alluvionali attuali sono riscontrabili solo sul fondovalle principale, dove appaiono in maniera discontinua a partire dalla zona di Cicagna per poi espandersi e diventare più potenti in prossimità di Pian dei Ratti, da dove il Lavagna scorre nelle proprie alluvioni.

- Depositi Alluvionali Terrazzati Recenti *(ar)*, rappresentano le aree pianeggianti lungo il corso del Torrente Lavagna, con ampio sviluppo nel tratto terminale, ed i fondovalle dei principali affluenti, come il Neirone ed il Malvaro. Detti terrazzi, rilevati qualche metro rispetto all'alveo attuale, sono ampiamente antropizzati, in quanto favorevoli per gli insediamenti e l'agricoltura, nonostante possano essere interessate dalle piene dei corsi d'acqua. Queste aree sono costituite in prevalenza da materiale argilloso-sabbioso e sabbioso-ghiaioso con prevalente frazione fine; localmente sono presenti concentrazioni di ghiaie anche grossolane disposte in lenti ed in orizzonti che possiedono buone caratteristiche come acquiferi.
  Queste alluvioni caratterizzano il fondovalle a partire da Ferrada di Moconesi fino alla confluenza del Torrente Sturla; piccole aree occupate da depositi fluviali recenti si ritrovano anche lungo il corso degli affluenti principali del Lavagna: in sponda sinistra in alcuni tratti del Torrente Neirone, del Torrente Moconesi e del Fosso Barbarasco e, più diffusamente, lungo il Torrente Malvaro ed il Canale di Isolona, in sponda destra solamente nei tratti più a valle del Torrente Litteglia.

- Depositi Alluvionali Terrazzati Antichi *(aa)*, rappresentati da piccoli lembi residuali situati a quote decisamente elevate rispetto al fondovalle attuale. Essi presentano sedimenti molto elaborati; si tratta di elementi a granulometria variabile con prevalenza delle parti fini, argilloso-sabbiose ben classate e talora con lenti ghiaiose.

I residui di depositi alluvionali più antichi risultano più frequenti nella parte mediana del bacino, sempre lungo la fascia del fondovalle, a quote sopraelevate rispetto ai terrazzi recenti e che variano dai 60m ai 205m s.l.m., nel tratto compreso tra gli abitati di Terrarossa e Calvari.

Localmente si è riscontrato un arrossamento di taluni orizzonti che potrebbero rappresentare episodi di ferrettizzazione (località Gallinaria).

- Depositi di Commistione delle Frange Detritiche Pedemontane *(dt)*, affiorano nei fondovalle, ai margini della piana in posizione pedemontana, ed hanno origine dalla commistione tra coltri di pendio e depositi di natura alluvionale, ossia derivanti dall'accumulo di materiale trasportato dal corso d'acqua.
  Gli orli e le radici dei terrazzi sono legati alla presenza di diverse superfici terrazzate, riconducibili a più fasi erosive e di deposito operate dal Torrente Lavagna, in un intervallo temporale compreso probabilmente tra la base del Pleistocene superiore e l'inizio dell'Olocene.

2.1.2. Processi Erosivi

Gli effetti degli intensi processi di morfodinamica che hanno interessato in passato la valle del Torrente Lavagna sono testimoniati sia dalle estese e potenti coperture detritiche che ricoprono i fondovalle ed i versanti che dal notevole numero di paleofrane censite.

Le condizioni erosive si manifestano in genere secondo le fenomenologie tipiche del ruscellamento diffuso e del ruscellamento incanalato ed in alcuni casi hanno significativa incidenza lungo le aste minori, specie nei tratti più montani, laddove incidono litotipi teneri o coltri di versante.

I fenomeni di ruscellamento diffuso e di erosione concentrata di fondo lungo gli impluvi si manifestano spesso associati e portano ad un dilavamento dei versanti con l'asportazione della coltre di suolo superficiale.

Le zone di bacino maggiormente interessate da questo tipo di fenomeni si riscontrano alle testate vallive dei Torrenti Moconesi e Malvaro, lungo gli spartiacque di Nord-Ovest e lungo quelli di Nord-Est.

Non sono da trascurare anche significative azioni erosive lungo il corso d'acqua principale, specie nella parte terminale.

Episodi di erosione spondale sono anch'essi piuttosto diffusi lungo i principali corsi d'acqua del reticolo idrografico; fenomeni di questo tipo, che portano talvolta allo scalzamento al piede di versanti o di opere idrauliche con i conseguenti dissesti indotti, sono localizzati principalmente lungo il corso del Torrente Lavagna, in corrispondenza di anse più o meno accentuate e, in maniera minore, lungo il corso del Torrente Malvaro.

2.1.3. Evoluzione della Rete Idrografica

L'evoluzione di una rete idrografica e, più in particolare, dei singoli corsi d'acqua che lo compongono, dipende essenzialmente da una serie di condizioni imposte dal sistema bacino idrografico (caratteristiche climatiche, geologiche, tettoniche), che il sistema stesso non è in grado di controllare, e da un insieme di variabili

che viceversa il sistema fluviale è capace di generare ed adattare (caratteristiche idrauliche geometriche e sedimentologiche).

I corsi d'acqua ad alveo naturale hanno la capacità di automodellarsi; la geometria, la pendenza, le forme fluviali ed i corpi sedimentari cambiano nel tempo per rispondere a variazioni di natura morfologica, sia di tipo naturale che di tipo antropico.

Il sistema è in grado di adattarsi a variazioni dell'apporto solido proveniente da monte, come nel caso di una maggiore erodibilità dei versanti, dovuta ad esempio ad un taglio della vegetazione boschiva, all'abbandono delle campagne, o viceversa ad un prelievo di inerti dal fondo dell'alveo.

Il sistema è inoltre capace di adattarsi a modifiche del regime liquido delle portate, che possono essere dovute a variazioni climatiche naturali, oppure a opere di derivazione per uso antropico o ancora a variazioni dell'uso del suolo a scala di bacino che possono indurre modifiche alla trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi superficiali.

Nel caso specifico, il Torrente Lavagna ha subito un'evoluzione polifasica: l'originaria superficie piana percorsa dal corso d'acqua meandriforme, formatasi in condizioni geostrutturali, geomorfologiche, idrologiche, climatiche molto diverse dalle attuali, in seguito alle variazioni del livello di base connesse ai processi distensivi plio-quaternari, è stata interessata dall'approfondimento/incisione del corso d'acqua con la formazione di meandri incassati.

ALLEGATO 1
RILEVAMENTO GEOMORFOLOGICO
TRATTI INVESTIGATI

Descrizione Generale

Lunghezza Totale = 2050 m

Larghezza = 10-35 m

Pendenza = 0.1 %

Tratto Rettilineo Compreso tra la Briglia e la 1^ Ansa - I

Lunghezza Lu_I = 240 m

Larghezza La_I = 10-15 m – 35 m in corrispondenza della briglia

Pendenza P_I = 0.1 %

Orientazione Tratto I = Nord-Sud – NNW-SSE

Opere Antropiche Interferenti = Briglia

Tipologie di Sponde = Terrazzate, in roccia alla base, in depositi alluvionali recenti terrazzati verso l'alto
Coltivazioni, boschi ed urbanizzazioni (capannoni, vie di comunicazione, ecc.)
Crolli per le pareti rocciose e scoscendimenti per le scarpate in materiali sciolti

Forme e Processi Fluviali = Terrazzamenti – Erosione di Fondo – Erosione Spondale – Barre Prevalentemente Laterali

Tipologia di Alveo = Roccia affiorante o subaffiorante con coperture alluvionali eterometriche medio- fini

Monte Briglia: Depositi alluvionali mobili attuali medio-fini su roccia sub affiorante
Barra laterale medio-fine senza massi

Valle Briglia: Roccia affiorante con solchi erosivi che seguono la stratificazione
Pool riempiti da depositi alluvionali fini-medi e profondità circa 50-80 cm
Riffle su roccia con deflusso concentrato lungo i solchi

Tratto Rettilineo Compreso tra la 1^ e la 2^ Ansa - II

Lunghezza Lu_{II} = 730 m

Larghezza La_{II} = 10-20 m

Pendenza P_{II} = 0.1 %

Orientazione Tratto II = WNW-ENE

Opere Antropiche Interferenti = Ponte stradale – Pontile in ferro

Tipologie di Sponde = Terrazzate, in roccia alla base, in depositi alluvionali recenti terrazzati verso l'alto

Coltivazioni, boschi ed urbanizzazioni (capannoni, vie di comunicazione, ecc.)

Crolli per le pareti rocciose e scoscendimenti per le scarpate in materiali sciolti

Interruzione per confluenza da destra del Rio Litteglia (inciso in roccia)

Forme e Processi Fluviali = Terrazzamenti – Erosione di Fondo – Erosione Spondale – Barre prevalentemente Laterali, occasionalmente a Losanga, entrambe medio- fini

Tipologia di Alveo = Roccia da affiorante a subaffiorante con coperture alluvionali eterometriche medio- fini, occasionalmente grossolane (∅ fino a 70-90 cm)

Monte Pontile: Riffle con depositi alluvionali mobili attuali grossolani (∅ fino a 70-90 cm, eterometrici, da subangolosi a subarrotondati, di varia natura), con scarsa frazione medio-fine, su roccia subaffiorante

Pool con depositi alluvionali mobili attuali medio- fini su roccia subaffiorante, talvolta affiorante

I massi sono più frequenti dopo la confluenza del Rio Litteglia

Valle Pontile: Pool creati in alveo dall'erosione concentrata su substrato affiorante

Barre laterali medio- fini (tipo pocket beach)

<u>Tratto Iniziale del Meandro Incassato Compreso tra la 2^ Ansa ed il 1^ Ponte della Strada Provinciale - III</u>

Lunghezza Lu_{III} = 200 m

Larghezza La_{III} = 10-25 m

Pendenza P_{III} = 0.1 %

Orientazione Tratto III = NE-SW

Opere Antropiche Interferenti = Ponte Strada Provinciale

Tipologie di Sponde = *Sponda Destra:* Parete rocciosa subverticale

Pieghe e/o faglie alla mesoscala

Crolli

Sponda Sinistra: Terrazzata, in roccia alla base, in depositi alluvionali recenti terrazzati verso l'alto

Urbanizzazioni (capannoni, vie di comunicazione, ecc.)

Scoscendimenti per le scarpate in materiali sciolti

Forme e Processi Fluviali = Porzione Meandro incassato con sponde in roccia - Terrazzamenti – Erosione di Fondo – Erosione Spondale – Barre prevalentemente laterali fini

Tipologia di Alveo = Roccia affiorante caratterizzata da erosione selettiva con formazione di canali di deflusso erosivi che seguono la stratificazione e pool di profondità fino a 1.5m
Barre prevalentemente laterali fini
Isolati blocchi (∅ fino a 50-80 cm)

Tratto Compreso tra il 1^ Ponte della Strada Provinciale ed il 2^ Ponte della Strada Provinciale - IV

Lunghezza Lu_{IV} = 880 m
Larghezza La_{IV} = 20-35 m
Pendenza P_{IV} = 0.1 %
Ampiezza Meandro A = 330 m
Lunghezza Meandro L = 380 m
Orientazione Tratto IV = Variabile
Opere Antropiche Interferenti = Ponti Strada Provinciale
Tipologie di Sponde = *Sponda Destra:* In Roccia alla base
Depositi alluvionali recenti terrazzati verso l'alto
Urbanizzazioni (edifici, vie di comunicazione, ecc.)
Scoscendimenti per le scarpate in materiali sciolti
Sponda Sinistra: Terrazzata, in Roccia alla base, più Acclive, in depositi alluvionali recenti terrazzati verso l'alto
Urbanizzazioni (vie di comunicazione, ecc.)
Crolli per le pareti in roccia
Scoscendimenti per le scarpate in materiali sciolti
Forme e Processi Fluviali = Meandro - Terrazzamenti – Erosione di fondo – Erosione spondale – Barre prevalentemente laterali fini
Tipologia di Alveo = Roccia da affiorante a subaffiorante con depositi alluvionali mobili attuali
Barre prevalentemente laterali fini-medie

ALLEGATO 2

RILEVAMENTO NATURALISTICO- AMBIENTALE

STAZIONI IFF

Stazione A - Sbarramento dell'impianto "Filanda"

La stazione presenta condizioni territoriali circostanti prettamente urbanizzate; nella fascia perifluviale mancano formazioni tipicamente riparie, ma sono comunque presenti formazioni funzionali di tipo arboreo caratterizzate dalla presenza di specie esotiche e invasive (in particolare Robinia pseudacacia), di ampiezza compresa tra 10 m e 30 m, sviluppate senza interruzioni significative.

Il tratto è caratterizzato da versanti acclivi a bassa efficienza di esondazione, con evidenza di fenomeni erosivi ma con discreta presenza di strutture di ritenzione e di elementi di diversità morfologica. Di qualità discreta risultano anche il livello di idoneità ittica, la successione degli elementi idromorfologici, il livello di frammentazione del detrito organico nonché la diversificazione della comunità macrobentonica; piuttosto degradata appare invece la componente vegetale dell'alveo bagnato, che presenta un'importante copertura perifitica.

- Punteggio stazione A: **152** in entrambe le sponde
- Livello di funzionalità: **III**
- Giudizio di funzionalità: **mediocre**



Fig. 5 – Stazione IFF, evidenziata dalla freccia rossa, all'altezza dello sbarramento dell'impianto "Filanda"

(immagine tratta e modificata da: www.regione.liguria.it/cartografiainterattiva).

Stazione B - A valle del ponte in loc. Ferrada

La stazione presenta condizioni territoriali circostanti prettamente urbanizzate; nella fascia perifluviale mancano formazioni tipicamente riparie, ma sono comunque presenti formazioni funzionali di tipo arboreo caratterizzate dalla presenza di specie esotiche e invasive (in particolare *Robinia pseudacacia*), di ampiezza compresa tra 10 e 30 metri, sviluppate senza interruzioni significative in sponda sinistra e con limitate frammentazioni in sponda destra.

Il tratto è caratterizzato da versanti acclivi a bassa efficienza di esondazione, con evidenza di fenomeni erosivi ma con ottima presenza di strutture di ritenzione in massi, e discreta diversità morfologica trasversale. Di qualità discreta risultano anche il livello di idoneità ittica, la successione degli elementi idromorfologici e il livello di frammentazione del detrito organico; la diversificazione della comunità macrobentonica appare invece limitata (con presenza di taxa tolleranti), così come piuttosto degradata appare la componente vegetale dell'alveo bagnato, che presenta un'importante copertura perifitica.

- Punteggio stazione B: **152** in sponda destra; **157** in sponda sinistra
- Livello di funzionalità: **III**

Giudizio di funzionalità: **mediocre**



Fig. 6 – Stazione IFF, evidenziata dalla freccia rossa, a valle del ponte in loc. Ferrada (immagine tratta e modificata da: www.regione.liguria.it/cartografiainterattiva).

Stazione C - Pressi del punto di restituzione delle acque derivate (immediatamente a valle del ponte sulla strada n. 225 della Fontanabuona)

La stazione presenta condizioni territoriali circostanti prettamente urbanizzate; nella fascia perifluviale mancano formazioni tipicamente riparie, ma sono comunque presenti formazioni funzionali caratterizzate dalla presenza di specie esotiche e invasive (in particolare *Robinia pseudacacia*), di ampiezza compresa tra 10 m e 30 m in sponda destra e tra 2 m e 10 m in sponda sinistra, sviluppate con limitate frammentazioni in sponda destra e con interruzioni frequenti in sponda sinistra.

Il tratto è caratterizzato da versanti acclivi a bassa efficienza di esondazione, con evidenza di fenomeni erosivi in sponda destra assenti invece sul lato sinistro, e con discreta presenza di strutture di ritenzione e di elementi di diversità morfologica. Di qualità discreta risultano anche il livello di idoneità ittica, la successione degli elementi idromorfologici, il livello di frammentazione del detrito organico nonché la diversificazione della comunità macrobentonica; piuttosto degradata appare invece la componente vegetale dell'alveo bagnato, che presenta un'importante copertura perifitica.

- Punteggio stazione C: **141** in sponda destra; **146** in sponda sinistra
- Livello di funzionalità: **III**
- Giudizio di funzionalità: **mediocre**



Fig. 7 – Stazione IFF, evidenziata dalla freccia rossa, nei pressi del punto di restituzione delle acque derivate (immagine tratta e modificata da: www.regione.liguria.it/cartografiainterattiva).

3.1.2.2.3 Zonazione sismica

L'area di studio non è stata oggetto di indagini geotecniche, comunque necessarie e richieste dal nuovo D.M. 14/01/2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"e per le quali si rimanda alla redazione del progetto esecutivo.

Il citato D.M. del 14.01.2008 entrato in vigore dal 01.07.2009, prevede al punto *"3.2.2 - Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche"*, in assenza di indagini dirette un approccio semplificato basato sull'individuazione di categorie di sottosuolo e topografiche di riferimento.

Per quanto riguarda le categorie di sottosuolo si ritiene che il sito possa rientrare nella classe B della Tab. 3.2.II di seguito riportata, ovvero ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3 m.

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

- **A** *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di Vs,30 superiori a 800 m/s,eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
- **B** *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).
- **C** *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT,30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu,30 < 250 kPa nei terreni a grana fine).
- **D** *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT,30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu,30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).
- **E** *Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m,* posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).

In riferimento alla categoria di sottosuolo si definisce la valutazione dell'azione sismica attraverso il coefficiente (S_S) di amplificazione stratigrafica. Nel caso specifico per la categoria A il valore di questo coefficiente è pari a 1,00.

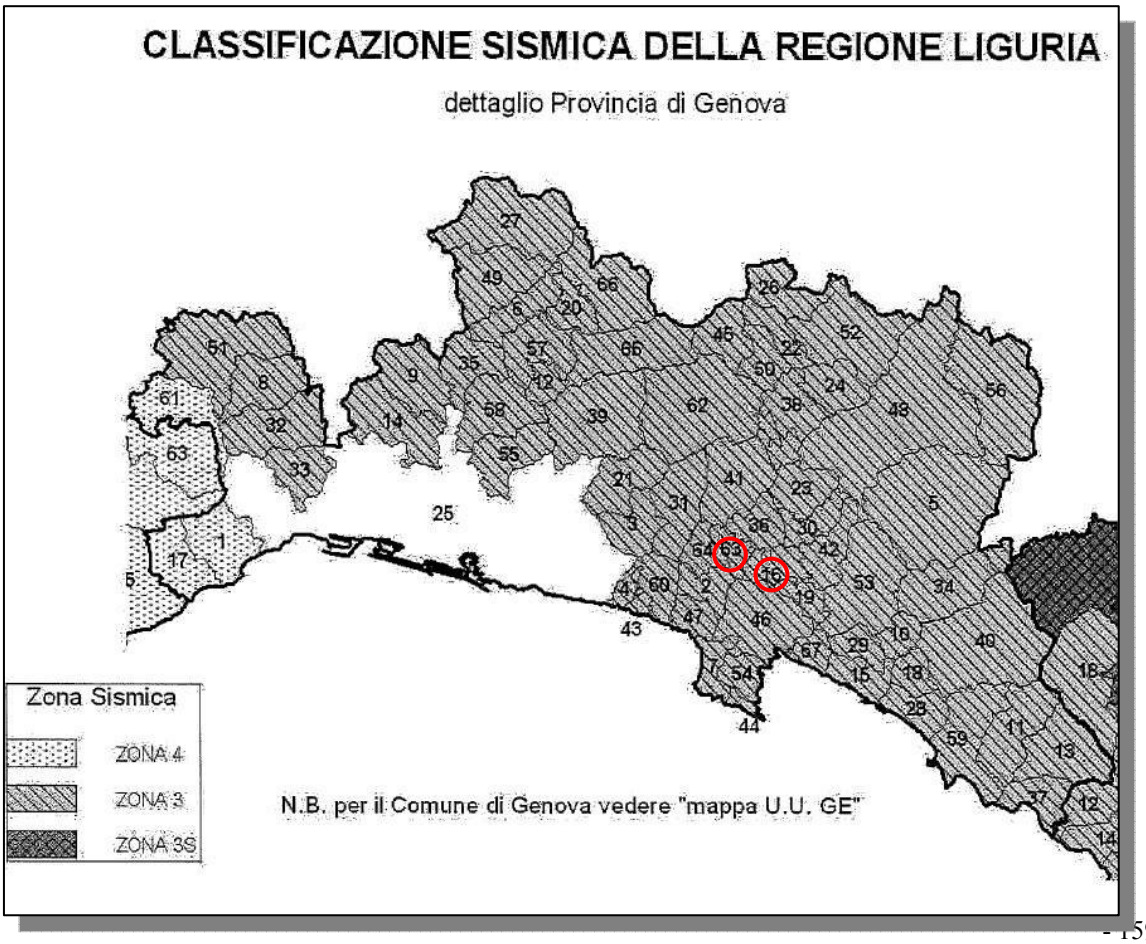
Le condizioni topografiche per il tratto considerato possono considerarsi pressoché uniformi considerato l'ambito morfologico entro il quale tutte le opere trovano la loro collocazione. Ai sensi della Tab. 3.2.IV del D.M. 14/01/2008, di seguito riportata, la categoria di riferimento è la T3, trattandosi di un settore di versante con pendenze comunque non superiori a 30°.

Tabella 3.2.IV – *Categorie topografiche*

- T1 Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15°$
- T2 Pendii con inclinazione media $i > 15°$
- T3 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15° \leq i \leq 30°$
- T4 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30°$

Analogamente alle categorie di sottosuolo anche per le categorie topografiche si definisce la valutazione dell'azione sismica attraverso un coefficiente (S_T) di amplificazione stratigrafica. Nel caso specifico per la categoria T3 il valore massimo di questo coefficiente è pari a 1,2.

Inoltre ai sensi della D.G. R. 19/11/2010, n. 1362 "D.M. 14.01.2008 Norme Tecniche per le Costruzioni. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria", la cui entrata in vigore risale al 01/01/2011, il Comune di Tribogna viene compreso tra quelli sismici e inserito in zona 3 obbligati al rispetto delle procedure di cui ai punti 4), 5), 7) e 8) della citata delibera e di cui si riporta il testo:



Tav. 4 – Classificazione sismica della Regione Liguria – Dettaglio della Provincia di Genova – I Comuni di Tribogna, Cicagna e Monleone sono classificati in Zona 3.

Le attuali Norme Tecniche per le Costruzioni hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona – e quindi territorio comunale – precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche.

Dal 1 luglio 2009 con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, per ogni costruzione ci si deve riferire ad un'accelerazione di riferimento propria, individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, secondo un reticolo a maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

La classificazione sismica (zona sismica di appartenenza del Comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli Enti.

3.1.2.3 ANALISI IDRAULICA

3.1.2.3.1 DETERMINAZIONE DELLA MASSIMA PIENA DEL TORRENTE

Oggetto del presente capitolo è il calcolo della massima altezza di piena che può raggiungere il Torrente Lavagna nella sezione interessata dalla traversa di presa.

I calcoli idraulici statistici che seguono sono basati sulla previsione di un evento piovoso eccezionale avente un periodo di ritorno pari a 100 e a 200 anni.

CONFIGURAZIONE GEOGRAFICA E CARATTERISTICHE DEL TORRENTE

Il bacino del T. Lavagna, ubicato sul versante tirrenico dell'Appennino Ligure, si sviluppa per un'estensione di poco oltre 160 km^2; nella parte settentrionale è delimitato da una marcata orografia, costituita dai rilievi appenninici, mentre a Sud uno spartiacque meno pronunciato lo separa dai bacini che si immettono direttamente sul litorale ligure.

Il T. Lavagna nasce da un gruppo di sorgenti situate sulle pendici meridionali del M.te Lavagnola (1132m) e scorre incassato fra le rocce fino alla confluenza, sulla destra idrografica, con il rio di Vallebuona in una valle orientata NE-SW. In tale tratto il T. Lavagna presenta un percorso ripido, incassato tra le rocce, con pendenza media di circa 15.5%.

Successivamente prosegue piegando leggermente verso SE fino a Ferriere, da dove l'andamento del suo corso prende decisamente la direzione NW-SE, che mantiene fino alla confluenza, sulla sinistra idrografica, con il Torrente Sturla (chiusura del bacino).

Scendendo verso valle la pendenza diminuisce oscillando nei vari tratti dal 2% all'8% mentre il torrente descrive ampie anse.

Il reticolo idrografico del bacino è sostanzialmente controllato da lineazioni tettoniche a direzione appenninica ed antiappenninica, circa perpendicolari tra loro, su cui si sono impostati il Torrente Lavagna ed i suoi principali affluenti. E' inoltre assai evidente la stretta correlazione con le sensibili variazioni dell'assetto del reticolo idrografico, a loro volta ricollegabili alle variazioni dei livelli di base sia generali che locali (ed in particolare, data la velocità relativa del fenomeno, per casi di cattura).

In tal senso, significativa caratteristica del corso d'acqua è la presenza di meandri incassati lungo l'intero sviluppo del fondovalle principale. Questo fenomeno si spiega con l'abbassamento del livello erosivo di base del fiume, in seguito al quale i meandri tendono ad incassarsi (cfr. paragrafi successivi).

La sezione tipica longitudinale del T. Lavagna presenta numerose variazioni di acclività a partire dallo spartiacque appenninico: si osservano in particolare più di sei rotture di pendenza, a delimitare diversi pianori morfologici (Brancucci et al., 1988).

Nel fondovalle si individuano, in corrispondenza dei lobi di meandro, delle creste che fungono da spartiacque locale; tali creste conservano nel proprio profilo longitudinale testimonianza delle superfici di spianamento morfologico relitte.

A partire dall'abitato di Gattorna iniziano, alternate a tratti con sponde rocciose, le zone alluvionali pianeggianti.

Nel suo primo tratto, dalle sorgenti alla località Ferriere, il Torrente Lavagna non riceve tributari importanti ad esclusione del Rio di Vallebuona e del Rio delle Ferriere, ambedue sulla destra idrografica.

Nel secondo tratto, che rappresenta l'asta principale del torrente, esso riceve sempre sulla destra orografica, il Rio di Lumarzo, il Torrente Litteglia, il Rio delle Bolle, il Rio Pendola, il Fosso di Roncazzi, il Fosso di Camposasco ed altri numerosi corsi d'acqua di minore importanza.

Il bacino del Torrente Lavagna presenta la particolare caratteristica di essere disposto in direzione Est-Ovest e di avere una forma asimmetrica decisamente sbilanciata sul versante sinistro nettamente più ramificato di quello destro.

Gli affluenti principali del T. Lavagna sono tutti situati in sponda orografica sinistra, dove il Torrente Lavagna riceve, da monte verso valle, come principali affluenti il Rio d'Urri, il Torrente Neirone, il Canale di Moconesi, il Torrente Malvaro ed il Canale di Isolona.

Infine, nei pressi di Carasco, nel Torrente Lavagna confluisce il T. Sturla formando il Fiume Entella.

Considerando l'acclività, il territorio risulta ricadere per la maggior parte (oltre il 60%) nelle classi, definite dal relativo Piano di Bacino, con pendenza compresa tra il 35% ed il 75%.

La porzione di territorio con pendenza compresa tra il 20 ed il 35% è poco più del 20%, mentre le aree pianeggianti o terrazzate rappresentano circa il 15% del bacino.

L'area della superficie del bacino imbrifero sotteso alla chiusura è di 67.06 km^2.

La massima cima è costituita dal gruppo del Monte Caucaso con i suoi 1237.40 m s.l.m, mentre l'altitudine media del bacino, chiuso in corrispondenza dell'impianto della Filanda (opera di presa) a quota 133.61 m s.l.m., risulta essere di circa 623.63 m s.l.m.

DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI MASSIMA PIENA

La Provincia di Genova ha predisposto un complesso studio idrologico che ha portato alla determinazione della curva di crescita della portata al colmo per diverse sezioni lungo l'asta principale del Torrente Lavagna.

Assumendo che l'intensità di pioggia locale si possa rappresentare come un processo stocastico continuo nel tempo, X(t), l'altezza di pioggia caduta in un prefissato intervallo di tempo, di lunghezza T, si ottiene integrando il processo stocastico. Mentre la probabilità che il valore massimo di altezza di pioggia non superi un certo valore durante un prefissato intervallo di tempo, rappresenta la funzione di affidabilità F(h).

C'è una relazione tra l'altezza di pioggia h, la durata T ed il livello di affidabilità F: la linea segnalatrice di probabilità pluviometrica locale rappresenta la relazione tra il quantile F-esimo e la durata.

Nella pratica spesso al posto del livello di affidabilità F viene impiegato il tempo di ritorno R, che rappresenta il valore atteso dell'intervallo tra due eventi meteorici con altezze superiori al valore h in una durata T: esso è definito come:

$$R = \frac{\Delta t\left(t_a/\Delta t\right)}{1 - F(h)}$$

dove Δt = periodo omogeneo dal punto di vista climatico (un certo mese o una stagione)

t_a = periodo di riferimento (comunemente l'anno)

Pertanto, data l'espressione sopra riportata, esisterà una relazione analitica tra altezza di pioggia h, durata T e periodo di ritorno R.

In questo modo la curva di crescita dell'altezza di pioggia temibile al crescere della durata per un assegnato valore del periodo di ritorno – indicata con $h_R(T)$ – assume la forma nota come *linea segnalatrice di probabilità pluviometrica locale*.

Nella pratica si assumono generalmente di lunghezza annuale sia il periodo omogeneo Δt che il periodo di riferimento ta, così che il periodo di ritorno venga ad essere misurato in anni, e la curva sul piano h-T con parametro R, viene denominata *linea segnalatrice R-ennale di probabilità pluviometrica* (LSPP) locale.

La forma della curva sul piano h-T a R fissato viene descritta mediante una legge di potenza del tipo:

$$h_R(T) = a(R)\, T^{\nu(R)}$$

dove i parametri a(R) e $\nu(R)$ dipendono dal periodo di ritorno considerato.

La legge di potenza di cui sopra scaturisce in realtà da un'impostazione deterministica legata ad una proprietà fisica che caratterizza spesso i nubifragi: la cosiddetta *invarianza di scala*. Questa proprietà esprime in pratica la somiglianza di ogni fenomeno di precipitazione, esaminato a due scale temporali differenti, a meno di un fattore di scala λ.

Alla luce di quanto sopra, l'espressione di potenza si può scrivere, nell'intervallo di durate entro il quale la precipitazione di presenta scala-invariante nel tempo, come:

$$h_R(T) = \mu_1(1+VK_R)T^n$$

Questa espressione identifica la famiglia di linee segnalatrici di probabilità pluviometrica in funzione di tre soli parametri:

n = esponente di scala

V = coefficiente di variazione globale

μ_1 = media della massima altezza di pioggia caduta nella durata di riferimento unitaria

mentre K_R rappresenta il fattore di frequenza, dipende dal modello probabilistico scelto e viene determinato spesso in funzione del periodo di ritorno.

Utilizzando questo tipo di formulazione, dunque, gli studi che sottendono il Piano di Bacino hanno determinato le curve di crescita dell'altezza di pioggia per le stazioni di riferimento.

Poiché il rischio idrologico legato al verificarsi dei fenomeni di piena non è prevedibile in termini deterministici, a causa della loro non linearità degli effetti e delle indeterminazioni legate alla stima dei parametri in gioco, viene generalmente valutato in termini probabilistici.

La variabile idrologica che meglio caratterizza le piene fluviali è la *portata al colmo di piena massima annuale* Q_p.

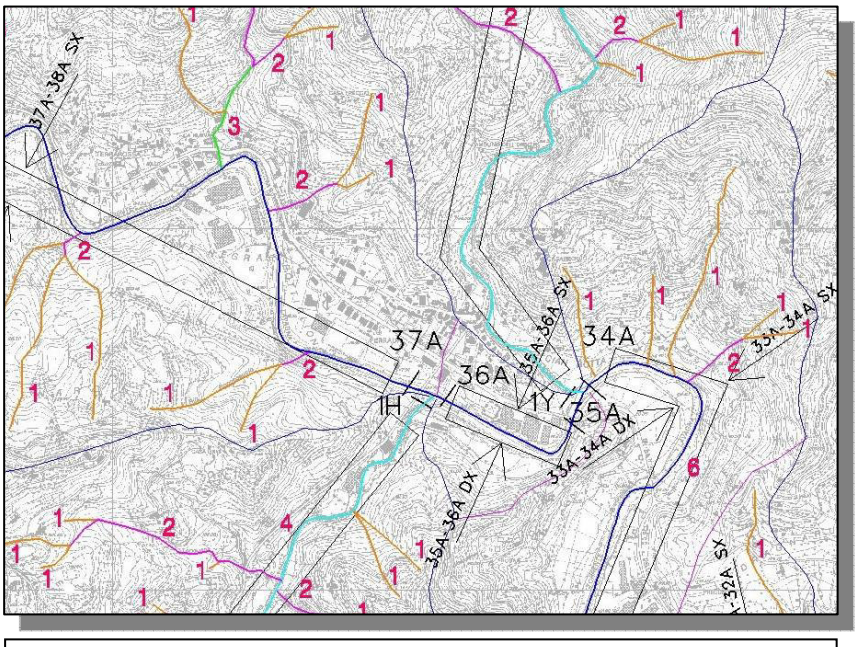
Il rischio idrologico pertanto viene valutato attraverso il concetto di periodo di ritorno R associato ad un valore di portata q_p osservato o osservabile, che può verificarsi in una certa sezione: il periodo di ritorno rappresenta il valore atteso dell'intervallo temporale tra due eventi di piena con portate superiori a q_p ($Q_p > q_p$).

Considerare con quale tempo di ritorno si può manifestare, in assoluto, l'evento idrologico $Q_p > q_p$ significa considerare il *rischio assoluto*.

Se però la necessità è quella di conoscere il rischio con cui l'evento $Q_p > q_p$ si può manifestare in un certo arco temporale L, si deve calcolare il *rischio relativo*, espresso dalla:

$$r = \Pr\left[Q_p > q_p \text{ almeno una volta in } L \text{ anni}\right] = 1 - \left[1 - 1/R\right]^L = 1 - \left[F_{Q_p}(q_p)\right]^L$$

Per il bacino in esame, chiuso in corrispondenza della briglia esistente, è possibile fare riferimento alla sezione 36A individuata dal Piano di Bacino:

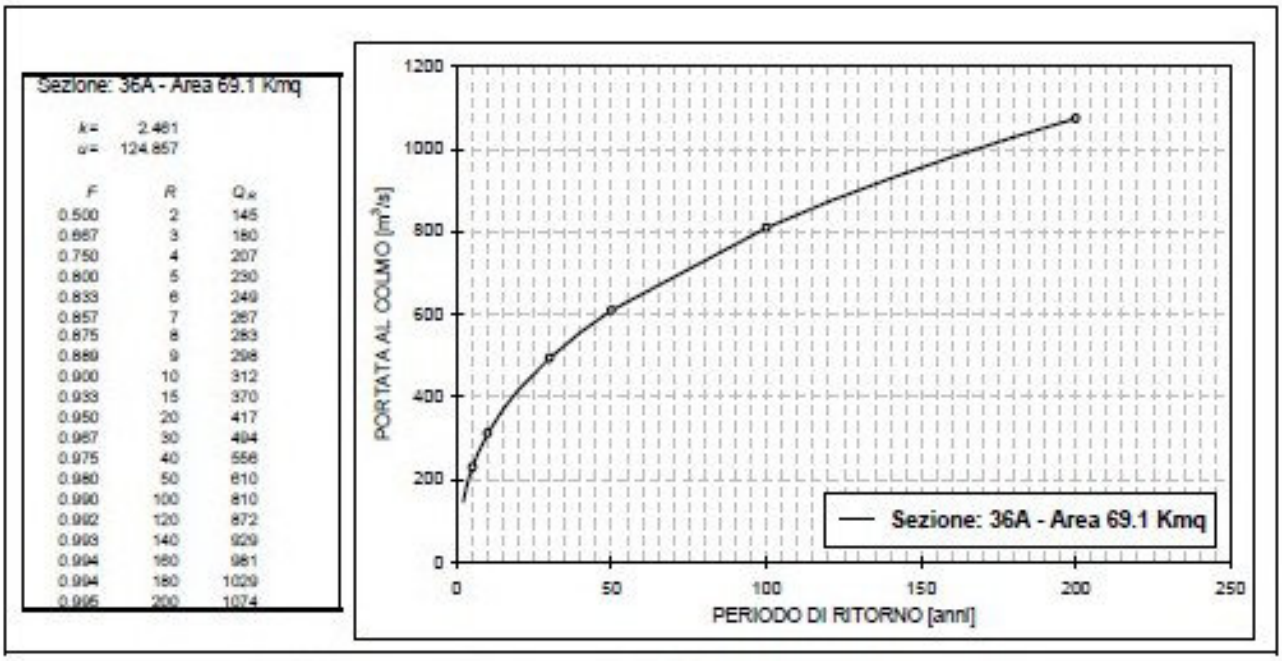




ID	Nome	SUPERFICIE
P	Rio Scaggia	1
Q	Rio Valle Mandria	1.125
O	Fosso di Camposasco	3.3625
R	Fosso D' Arena	2.0875
S	Fosso di Camporile	2.49375
N	Rio Valle Fredda	2.2
T	Fosso Barbarasco	5.74625
M	Rio Carnevale	2.2125
U	Rio Zuccarello	1.325
L	Rio Valle Sorda	1.9625
V	Canale di Isciona	9.17125
K	Torrente Pendola	1.95
W	Torrente Malvaro	29.9875
J	Rio della Bolla	1.05
X	Torrente Cornia	3.66875
I	Rio Cerialto	1.54375
Y	Canale di Moconesi	5.275
H	Torrente Lintegna	4.05625
G	Rio Rosso	1.60125
Z	Torrente Neirone	21.2275
E	Rio di Marsiglia	0.86875
E	Rio Lumarzo	7.15625
AA	Rio d'Uni	7.30625
D	Rio delle Ferriere	4.43125
C	Fosso Mezzan	1.825
B	Rio di Vallebuona	2.025
	Totale Bacino	162.66

Tav. 5 – Piano di Bacino Torrente Lavagna – Allegato 1 - Tav. 14 – Suddivisione del bacino e schematizzazione del reticolo idrografico.

La curva di crescita della portata al colmo per la sezione 36A è quella riportata di seguito:



Sezione: 36A - Area 69.1 Kmq

k= 2.461
α= 124.857

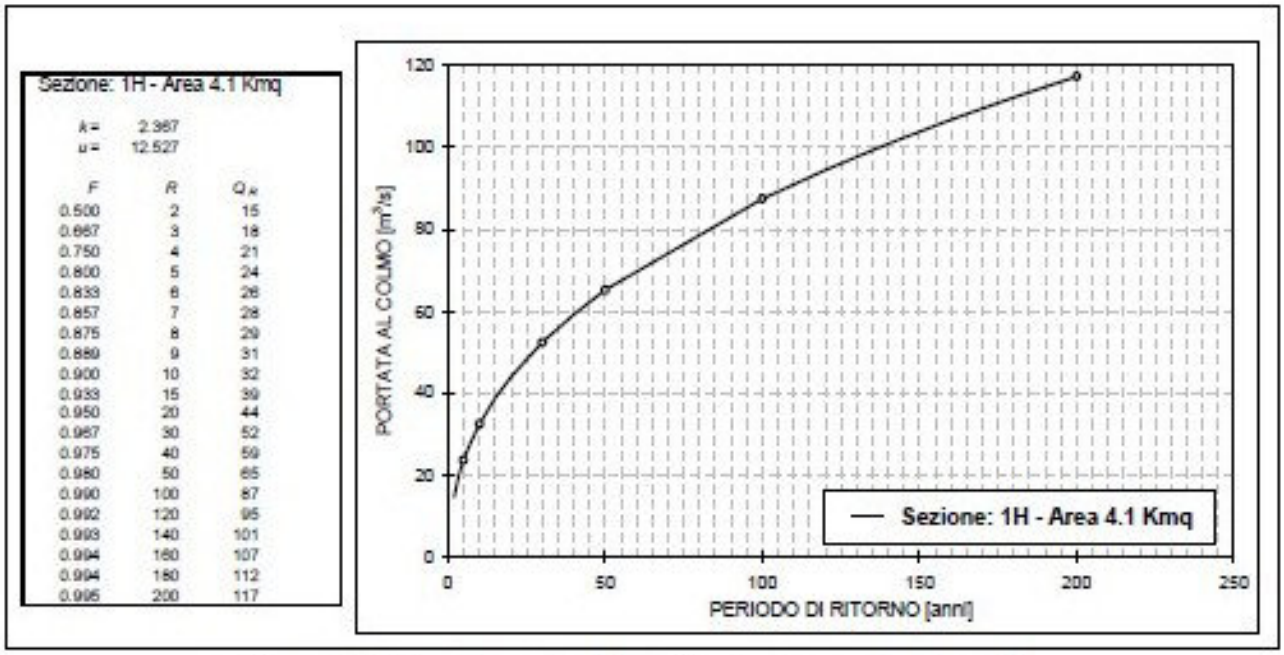
F	R	Q_R
0.500	2	145
0.667	3	180
0.750	4	207
0.800	5	230
0.833	6	249
0.857	7	267
0.875	8	283
0.889	9	298
0.900	10	312
0.933	15	370
0.950	20	417
0.967	30	494
0.975	40	556
0.980	50	610
0.990	100	810
0.992	120	872
0.993	140	929
0.994	160	981
0.994	180	1029
0.995	200	1074

Tav. 6 – Piano di Bacino Torrente Lavagna – Appendice C – Curve di crescita della portata al colmo – Sezione 36A.

Si evince che i valori di portata al colmo da adottare per i calcoli di cui al presente documento sono pari ai valori della tabella sotto riportata:

Tr (Anni)	*Q (m^3/s)*
100	810,00
200	1074,00

Considerata l'esistenza di un apporto idrico, tra il punto di presa e quello di rilascio, dovuto all'affluente Torrente Liteglia, in sponda orografica destra, che sottende un bacino di superficie pari a 4.1 km^2 circa, si riporta di seguito anche la sua curva di crescita caratteristica, indicativa di un'importante integrazione idrica che andrà spesso ad aggiungersi al DMV minimo garantito in alveo lungo l'asta principale.



Tav. 7 – Piano di Bacino Torrente Lavagna – Appendice C – Curve di crescita della portata al colmo – Sezione 1H.

I valori di portata al colmo propri del Torrente Liteglia, in analogia a quanto riportato

STIMA DEL TRASPORTO SOLIDO

Data la mancanza di stazioni di misura e di dati da letteratura o relazioni tecniche, possono solo essere avanzate considerazioni di tipo qualitativo con riferimento agli elementi ed alle fenomenologie di versante e di fondovalle che influenzano il trasporto solido delle aste torrentizie; in altri termini, è possibile definire una suscettività al trasporto di massa delle aste torrentizie.

In particolare, gli elementi che influenzano il trasporto solido sono identificabili in:

- *Litologia, condizioni tettoniche e strutturali delle formazioni geologiche che costituiscono il substrato delle zone elevate dei versanti interessate dalla fase erosiva dei corsi d'acqua.*

  A questo riguardo va notato che, pur essendo il bacino – per la maggior parte – caratterizzato da formazioni argilloscistose, alle quote elevate dei versanti sono presenti formazioni calcareo-marnose (Calcari di M.te

Antola), calcareo-arenacee (Ronco) ed arenacee (Termine Arenaceo Val Lavagna, Arenarie di M.te Zatta). L'erosione di queste formazioni fa sì che le acque trasportino verso valle materiale con elevate percentuali di frazioni granulometricamente grossolane.

Nelle sezioni medie interessate da litologie argilloscistose, il trasporto solido si arricchirà di componenti più fini.

- *Presenza di coperture detritiche (corpi paleofranosi, fasce detritiche pedemontane, alluvioni terrazzate, ecc.) e relative litologie e tessiture.*

  L'erosione da parte delle acque di questi corpi comporta un contributo al trasporto solido che va dai termini argillosi a quelli ghiaiosi fino a blocchi e massi.
- *Presenza di frane attive e quiescenti, che possono comportare improvvisi e significativi carichi di materiale detritico.*
- *Presenza di discariche.*

Le fenomenologie di versante e di fondovalle, che per la loro dinamica nel tempo influenzano il trasporto, possono essere individuate in:

- Evoluzione del profilo di equilibrio dei corsi d'acqua, con riferimento alla maturità delle diverse zone vallive ed al processo generale di ringiovanimento della valle (in questo caso le zone interessate dalle fasi di erosione e sedimentazione possono mutare nel tempo).
- Fenomeni di erosione spondale, con un arricchimento del trasporto solido delle acque di materiale alluvionale tendenzialmente classato e con un marcato grado di arrotondamento dei clasti.
- Uso del suolo: le modificazioni antropiche dello stato delle coperture (ad esempio da bosco a coltivato) hanno risvolti importanti sul tipo di materiale convogliato

Da queste indicazioni, tenuto conto che i principali corsi d'acqua dall'origine ai fondovalle attraversano formazioni geologiche diverse ed interessano coltri detritiche di differente tipologia, dalle numerose paleofrane e coperture mappate ai terrazzamenti alluvionali, appare evidente come il trasporto solido, se litologicamente si mantiene nei termini argillitico, calcareo ed arenaceo, presenti diagrammi granulometrici alquanto differenziati.

La differenziazione riguarda sia il versante destro del Torrente Lavagna, meno esteso e meno "antropizzato", che quello sinistro, assai più ampio e con un'estensione notevole, talora concentrata, di corpi idrici.

Da un punto di vista generale, il trasporto solido di un corso d'acqua avviene in tre forme:

- In soluzione sono trasportate sostanze dissociate in ioni.

- L'argilla ed il limo sono trasportati in sospensione, vale a dire sostenuti nell'acqua da movimenti turbolenti della corrente che porta verso l'alto i materiali fini e finissimi presenti nel corso d'acqua (trasporto in sospensione o trasporto torbido); questa frazione di materiali trasportati è denominata carico solido in sospensione.
- Le sabbie, le ghiaie ed anche i frammenti rocciosi più grandi si spostano direttamente sul fondo dell'alveo per rotolamento, slittamento o trascinamento e saltazione, costituendo il carico solido di fondo.

E' evidente che la possibilità di disporre di dati relativi al trasporto solido totale porterebbe ad una valutazione dell'entità dei processi erosivi più aderente alla situazione reale.

In mancanza di tali dati è comunque possibile applicare una formula di tipo empirico sperimentata da alcuni Autori (*Ciccacci et al., 1980*) che può esprimere una valutazione di larga massima dal punto di vista quantitativo.

Questa formula, che determina il parametro Deflusso Torbido Unitario *(T_u),* è stata sperimentata su 14 bacini idrografici italiani, che costituiscono un campione limitato ma sufficientemente rappresentativo delle condizioni fisiografiche della nostra penisola.

Poiché la percentuale del materiale trasportato in sospensione è molto alta (circa 90% alle nostre latitudini) rispetto a quella del materiale trascinato sul fondo, e non avendo misurazioni o dati sul trasporto in soluzione e di fondo, la formula utilizzata, che prende in considerazione soltanto il trasporto torbido o in sospensione, appare adeguata.

Utilizzando questa formula è possibile risalire all'entità del trasporto solido attraverso una valutazione quantitativa delle grandezze geomorfiche del bacino.

Il valore del trasporto solido di un bacino è espresso tramite il logaritmo del Deflusso Torbido Unitario Medio Annuo, trasporto unitario T_u (tonnellate per chilometro quadrato per anno).

Questa grandezza può fornire indicazioni sul grado di erodibilità delle rocce affioranti ed è un valore riferito all'unità di superficie, vale a dire indipendente dall'ampiezza totale del bacino.

$$Log\ T_u = 0.33479\ x\ D + 0.15733\ x + 1.3288$$

dove:

D = Densità di Drenaggio

Δ_a = Indice di Anomalia Gerarchica

L'Indice di Anomalia Gerarchia Δ_a esprime il rapporto tra il numero di anomalia gerarchica (G_a) ed il numero di segmenti di primo ordine (N_1) presenti nel reticolo.

A sua volta il Numero di Anomalia Gerarchica G_a esprime il numero minimo di segmenti di primo ordine potenzialmente necessari a far divenire il reticolo perfettamente gerarchizzato.

I suddetti parametri hanno, per il bacino in questione, i seguenti valori:

$$N_1 = 1990$$

$$G_a = 806$$

$$\Delta_a = 0.4$$

Il valore del trasporto solido unitario così calcolato risulta pari a T_u = 1257 t/km^2 per anno.

Dalla superficie totale del bacino si escludono le aree urbanizzate (circa 6.3km^2) che non contribuiscono a fornire materiale erodibile che incrementerebbe il trasporto solido.

Assumendo un peso specifico medio per il materiale trasportato di 2.5 t/m^3 si ottengono in prima approssimazione i seguenti valori di massa e volume:

$$T_{tot} = 195.18 \text{ t/anno}$$

$$V_{tot} = 78.07 \text{ m}^3\text{/anno}$$

Rapportando i valori di cui sopra, alla superficie del bacino sotteso all'opera di presa, si ottengono i seguenti valori di massa e volume:

$$T_{67.06} = 79.14 \text{ t/anno}$$

$$V_{67.06} = 31.65 \text{ m}^3\text{/anno}$$

	Trasporto liquido	***Trasporto solido***	***Portata di piena Totale***
TR 100	533.31	1,8	40,25
TR 200	612.38	2,1	47,49

2.1.1. Caratteristiche Morfologico- Sedimentarie e Trasporto Solido

La configurazione o le configurazioni assunte da un corso d'acqua sono direttamente connesse con le portate solide e liquide, ed in condizioni di stabilità climatica e geo-tettonica del bacino esiste un certo bilanciamento tra processi fluviali e forma del canale.

Le continue modificazioni dei parametri idrologici- idraulici e del trasporto dei sedimenti, che condizionano in ogni punto l'assetto del sistema fluviale, si trasformano in variazioni della geometria, delle dimensioni e del tracciato dell'alveo attraverso processi interattivi con il territorio adiacente.

Si tratta generalmente di un processo evolutivo continuo, che è l'espressione di un equilibrio instabile tra i fattori che danno luogo al sistema "fiume".

Pertanto, la conoscenza e l'interpretazione qualitativa e quantitativa dei sistemi fluviali, fornita da osservazioni dirette in campo, è uno strumento utile per una più accurata comprensione della loro dinamica e per cercare di ricostruire/modellare le loro tendenze evolutive.

La caratterizzazione del corso d'acqua e dei singoli tratti omogenei distinti si è basata sull'acquisizione, archiviazione ed elaborazione dei dati territoriali disponibili da studi precedenti, nonché sui dati desunti delle apposite campagne di rilievo svolte nell'ambito del presente studio e finalizzate all'individuazione delle singole unità morfologiche presenti nell'asta fluviale, ed all'integrazione dei dati sedimentologici, suscettibili di ulteriori aggiornamenti.

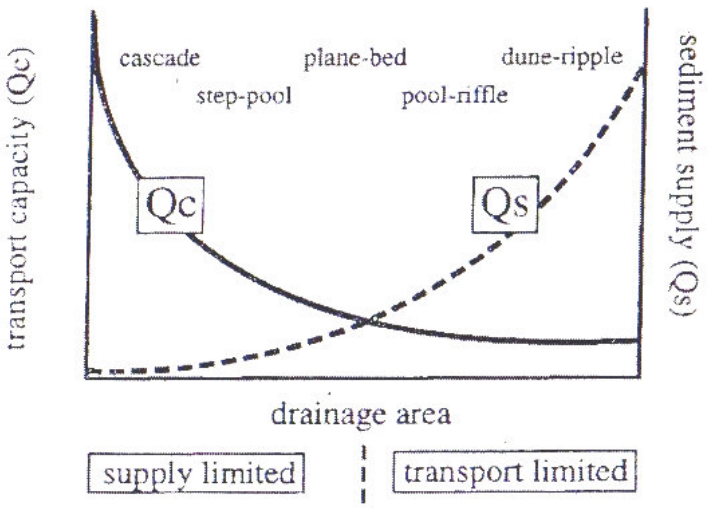
L'idea di suddividere il corso d'acqua in singole unità morfologiche, e di descriverne con continuità la strutturazione e l'alternanza, nasce dallo scopo di valutare se la tendenza evolutiva dei singoli tratti esaminati sia dominata dalla capacità di trasporto piuttosto che dalla disponibilità di sedimento (*sediment supply*).
Infatti ciascuna tipologia fluviale riflette un diverso grado di influenza tra capacità di trasporto e alimentazione solida da monte, che può essere rappresentato dal parametro

$$q_r = Q_c / Q_s$$

dove Q_c = capacità di trasporto

Q_s = disponibilità di sedimento

come è possibile osservare dalla seguente figura tratta da *Montgomery & Buffington (1997)*.



I tratti in roccia, sono contraddistinti dall'assenza in modo continuo di un letto alluvionale (sebbene un po' di materiale può essere accumulato in occasionali buche o a tergo di ostruzioni al flusso) e riflettono pertanto la capacità di trasferire notevoli quantità di sedimento ($q_r >> 1$).

I tratti alluvionali (rapida, step pool, letto piano, riffle pool e dune ripple) sono caratterizzati, invece, da un più ampio intervallo di valori per q_c.

Le tipologie a rapida ed a step pool, durante eventi con moderato deflusso, sono in grado di trasportare rapidamente ed efficacemente il materiale sopra gli elementi più grossolani che compongono il fondo. I massi più grandi sono praticamente immobili durante i deflussi ordinari, mentre possono diventare parzialmente o totalmente mobili per eventi di piena con tempi di ritorno superiori a 50 anni; in questo caso le unità morfologiche possono distruggersi per riformarsi in differenti tratti dell'alveo o trasformarsi completamente (*Lenzi et al., 2000*).

I corsi d'acqua caratterizzati da una morfologia a rapida e a step pool riflettono entrambi una limitata disponibilità di sedimento, anche se sono distinti da una diversa densità ed organizzazione spaziale dei grossi massi ($q_r > 1$).

Le tipologie a letto piano ed a riffle pool rappresentano una condizione di passaggio tra una morfologia limitata dall'alimentazione solida, $q_r > 1$, ed una limitata dalla capacità di trasporto dei sedimenti, $q_r \cong 1$ (*Montgomery & Buffington, 1997*).

Infatti i corsi d'acqua a letto piano ed a riffle pool mostrano una disponibilità di sedimenti abbastanza variabile e dipendente dal grado di corazzamento dell'alveo e dal conseguente valore di soglia di mobilità.
Dietrich et al. (1989) hanno osservato che un corso d'acqua non corazzato indica una capacità di trasporto bilanciata dalla disponibilità di sedimento, mentre una superficie corazzata indica delle condizioni di disponibilità di sedimento limitate. Quando però la corazzatura dell'alveo viene rotta, i valori del trasporto al fondo sono generalmente correlati con la portata liquida, dimostrando che il trasporto solido non è più limitato dalla disponibilità di sedimento in alveo (*Lenzi et al., 2000*).

Sebbene i riffle pool ed i letti piani mostrino entrambi un certo equilibrio tra disponibilità di sedimento e capacità di trasporto, la presenza di forme di deposito nei corsi d'acqua a riffle pool suggerisce una capacità di trasporto più limitata rispetto a quella dei letti piani.

Infine, le tipologie a dune ripple possono essere considerate "limitate" dalla capacità di trasporto, in quanto quest'ultima, essendo largamente inferiore all'alimentazione solida, ne condiziona la dinamica evolutiva ($q_r < 1$).

Come già esposto, la porzione di alveo investigata nel corso del presente studio è caratterizzata da alternanze tra tipologie "in roccia" ed "a riffle pool", testimoniando un relativo equilibrio tra i processi di trasporto e quelli di deposito.

3.1.2.3.4 CALCOLI IDRAULICI E VALUTAZIONI DI MERITO

BOCCA DI RILASCIO DEL DMV E SCALA DI RISALITA ITTIOFAUNA

La scala di risalita dell'ittiofauna sarà realizzata in sponda destra del Torrente Lavagna (130 lt/sec), così come la bocca di rilascio complementare del DMV (403 lt/sec).

Il passaggio per pesci, dal punto di vista idraulico, è progettato ed ottimizzato per essere alimentato da una portata di circa 0,130 m^3/s; tuttavia ne è previsto il regolare funzionamento anche con portate inferiori (fino ad un minimo di circa 0,06-0,07 m^3/s) e superiori (circa 0,150 – 0,180 m^3/s).

Per il superamento del dislivello di 1,50 m occorrono 6 bacini scalati di 0,25 m ciascuno, realizzati ripartendo con paratoie prefabbricate in metallo un canale principale in CLS a pendenza omogenea del 12,5%. Ogni bacino avrà lunghezza 2 m e larghezza 1,0 m. La comunicazione tra i bacini avviene tramite una fenditura laterale verticale (bocca a stramazzo parzialmente rigurgitata) di larghezza 0,20 m e bagnata dall'acqua di monte per un'altezza di 0,60 m alla portata ottimale stabilita. Le fenditure saranno posizionate alternativamente a dx e sx. Ogni fenditura sarà dotata di un deflettore metallico posizionato ortogonalmente al fine di migliorare l'idraulica della lama d'acqua stramazzante. Con questa portata ogni singolo bacino avrà una profondità media di 1,0 m, massima di circa 1,12 e minima di 0,88 m; l'altezza totale della paratoia è stabilita comunque in 1,20 m in modo da avere circa 0,10 m di franco per funzionare anche con aumenti di livello. In un secondo momento, in fase di esercizio, potrà essere valutata la possibilità di aprire un orifizio sul fondo delle paratoie di 0,10 x 0,10 m.

La velocità massima dell'acqua si sviluppa esclusivamente al momento dell'efflusso dalle fenditure ed è calcolata con la formula di Torricelli $V= (2gDH)^{0,5}$, pari a circa 2,21 m/s: valore tollerabile per la fauna ittica e inferiore alla velocità massima sostenibile. Nelle fenditure comunque la velocità media è calcolata con la formula di Leonardo e Castelli $V = Q/\Omega$ e pari a circa 1,08 m/s, mentre nei bacini risulta circa 0,1 m/s: valori assolutamente sostenibili dalla fauna ittica. In realtà si formano comunque gradienti e linee d'acqua variabili, per cui con il modello tecnico adottato il pesce ha la possibilità di nuotare a profondità maggiori o minori, oppure radente le pareti del bacino, trovando le condizioni migliori in funzione delle proprie capacità natatorie.

La dissipazione di potenza specifica, nelle condizioni di portata e di carico idraulico assegnati (Q=0,13 m^3/s – DH = 0,25 m), è calcolata con la formula $Pv = \rho gQDH/V$ ed è pari a circa 160 W/m^3, valore ottimale per un impianto simile (vedi paragrafo passaggi tecnici). Si sottolinea comunque che i valori ottenuti sono di riferimento, e che la distribuzione delle velocità si ripartisce secondo determinati gradienti.

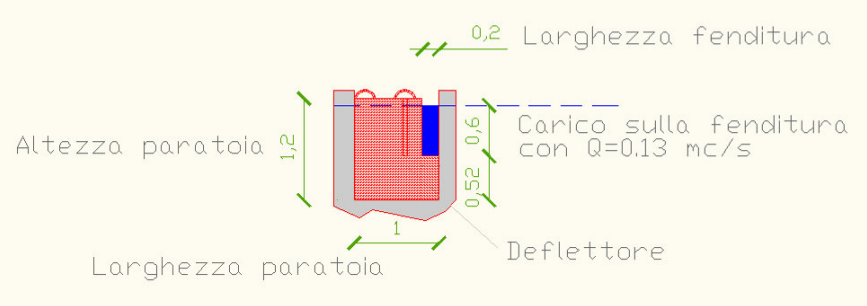


Figura 1. Sezione bacini – tipo

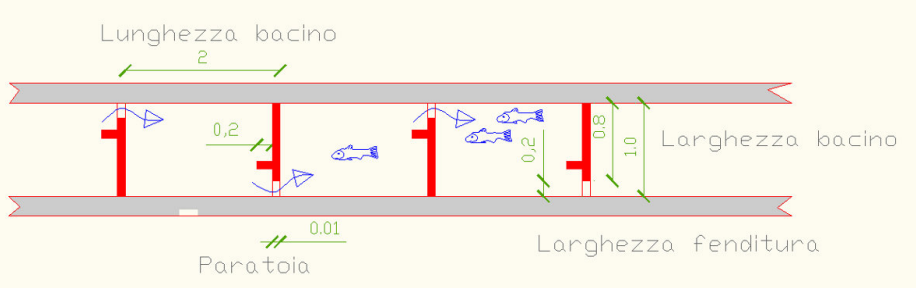


Figura 2. Schema longitudinale bacini – tipo

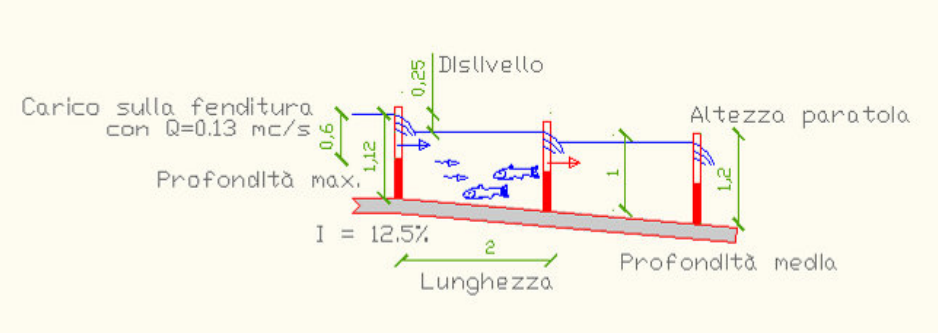


Figura 3. Profilo bacini – tipo

La progettazione dei bacini e la verifica del funzionamento idraulico è stata infine ricontrollata con apposito software francese per il dimensionamento di passaggi per pesci, di cui si riporta la schermata di calcolo. Il software ha validato il dimensionamento dell'opera con la portata ottimale assegnata e pari a 0,130 m^3/s.

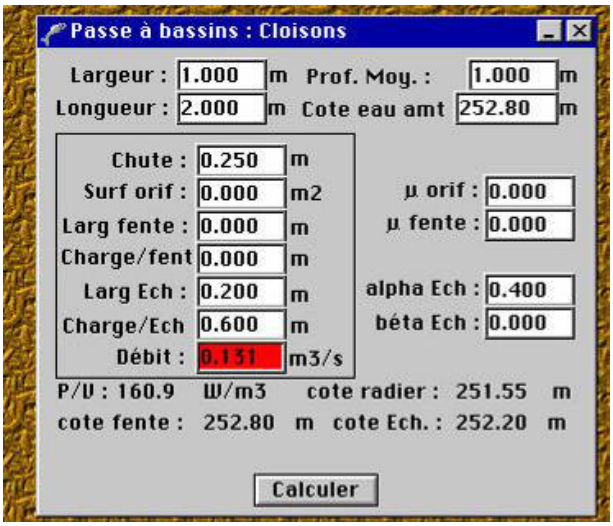


Figura 4. Schermata del foglio di calcolo per la verifica di dimensionamento

Nella fattispecie le ns. aste avranno: SCALA hmin = 130 l/sec.

RILASCIO COMPLEMENTARE hmin = 303 l/sec

STRAMAZZO CALIBRATO		
luce stramazzo	l	0,50 m
altezza di carico	h	0,49 m
distanza fondo alveo	H	0,20 m
coeff. di calcolo stramazzo	k =	0,526
VELOCITA' =		1,63 m
PORTATA DELLO STRAMAZZO =		403 l/s

SFIORATORE LIMITATORE PORTATE

A valle della griglia e sul canale a pelo libero, viene posta lo sfioratore limitatore delle portate, di seguito verificato:

CANALE derivatore

Dati della sezione

H=	**100**	cm	(Altezza sezione)
b=	**120**	cm	(Base minore sezione)
B=	**120**	cm	(Base maggiore)
Angolo	***0***	gradi	
Area=	*1,20*	mq	
Pendenza	**0,15**	%	
K	**75**	Coefficiente di scabrezza di Gauckler - Strickler	
Portata di progetto		1,550	mc/sec

H defl (cm)	Contorno bagnato	Area deflusso (mq)	Raggio idraulico (ml)	Portata (mc/sec)	Velocità (m/sec)
5	130,00	0,060	0,046	0,022	0,374
10	140,00	0,120	0,086	0,068	0,565
15	150,00	0,180	0,120	0,127	0,707
20	160,00	0,240	0,150	0,197	0,820
25	170,00	0,300	0,176	0,274	0,914
30	180,00	0,360	0,200	0,358	0,993
35	190,00	0,420	0,221	0,446	1,062
40	200,00	0,480	0,240	0,538	1,122
45	210,00	0,540	0,257	0,634	1,175
50	220,00	0,600	0,273	0,733	1,222
55	230,00	0,660	0,287	0,834	1,264
60	240,00	0,720	0,300	0,937	1,302
65	250,00	0,780	0,312	1,042	1,336
70	260,00	0,840	0,323	1,149	1,368
75	270,00	0,900	0,333	1,257	1,396
80	280,00	0,960	0,343	1,366	1,423
85	290,00	1,020	0,352	1,476	1,447
90	300,00	1,080	0,360	1,550	1,470
95	310,00	1,140	0,368	1,700	1,491
100	320,00	1,200	0,375	1,813	1,511

La portata di progetto defluisce con i seguenti dati:

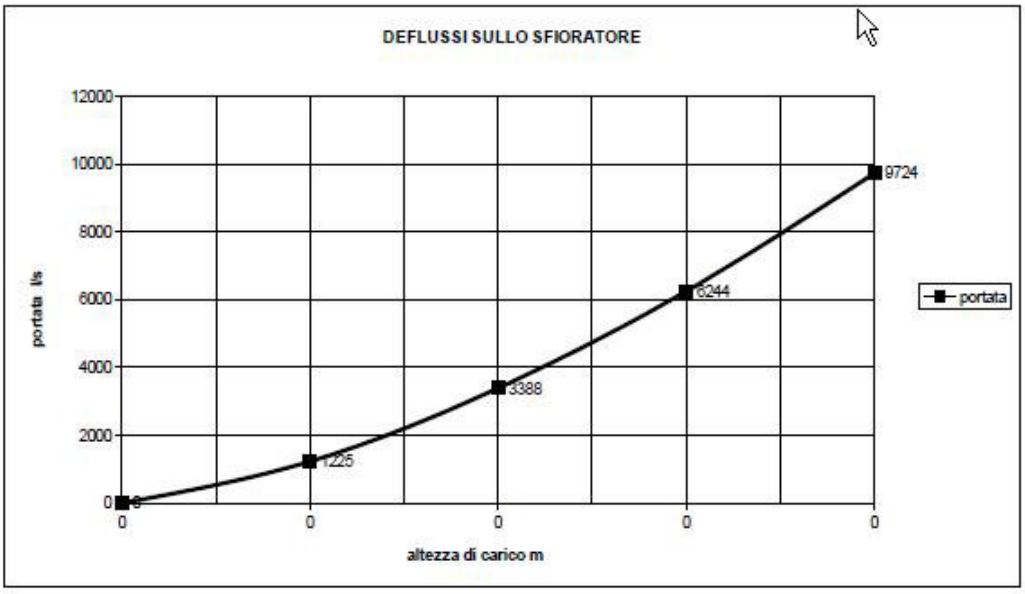
H defl (cm)	Contorno bagnato	Area deflusso (mq)	Raggio idraulico (ml)	Portata (mc/sec)	Velocità (m/sec)
90	300,00	1,080	0,360	1,550	1,470

SFIORATORE DI RESTITUZIONE

Le portate eccedenti sfiorano dallo sfioratore limitatore.
In caso di arresto dell'impianto lo sfioratore smaltisce tutte le portate in arrivo dalla presa.
Come visibile dal grafico sotto riportato dimostra che con 40 cm. di battente è in grado di far sfiorare poco meno dii 10.000 l/sec, pari alla portata presente per meno di 25 giorni all'anno.

SFIORATORE LATERALE		
luce stramazzo	l	20,00 m
altezza di carico	h	0,40 m
distanza fondo alveo	H	0,90 m
coeff. di calcolo stramazzo	k =	0,434
VELOCITA' =		1,22 m
PORTATA DELLO STRAMAZZO =		9724 l/s

altezza di carico	portata
0	0
0,10	1225
0,20	3388
0,30	6244
0,40	9724



CONTROLLO LIVELLO ACQUA

MISURATORI DI PORTATA

1 – SULLA TRAVERSA

Sulla traversa verrà installato un misuratore di livello elettronico, controllato tramite PC, al fine di mantenere il battente di carico del canale costante, corrispondente al livello.

In questo modo sarà possibile misurare costantemente in arrivo sulla traversa

Il sistema di misurazione, parte dalla tecnologia consolidata e garantita di misurare livelli di specchi d'acqua relativamente calmi con una sonda ad ultrasuoni di precisione.

Con la distanza tra sonda e specchio d'acqua contenuta entro i 300 cm., si possono raggiungere delle precisioni di misura dell'ordine di 0,2 – 0,3 cm., quindi molto affidabili.

La sonda che verrà installata con uno speciale braccio di supporto, rileverà di continuo il livello dello specchio d'acqua trasmettendo l'informazione al sistema che opportunamente tarato sarà in grado di fornire i dati di portata del Torrente Lavagna alla sezione di presa.

2 – SULLA CONDOTTA

In seguito viene proposta la misura della portata mediante l'installazione di:

- misuratore a ultrasuoni sula condotta forzata che rileva la portata totale turbinata

Attraverso il monitoraggio continuo delle portate in arrivo si garantisce il prelievo della sola portata di concessione.

APPARECCHIATURE UTILIZZATE

Per le misurazioni su condotta:
n. 1 sistema di misura di portata con sonda di livello ed elettronica di elaborazione dati

SONDA UTILIZZATA

Sono installate sonde "TERRY FERRARIS" :

- MODELLO MTT TX sulla condotta forzata diametro DN 1600 mm

Il tipo “MTT TX” è un misuratore di portata ad ultrasuoni a tempo di transito con trasduttore ad inserzione ideale per l’impiego in tubi per l’acqua.

MEMORIZZAZIONE DEI PARAMETRI

Prevista la possibilità, di memorizzare internamente al PLC uno storico della portata ed una totalizzazione della portata cumulativa.

Non sarà possibile modificare i parametri di calcolo della portata dal pannello operatore per ragioni di sicurezza da parte dell’utilizzatore finale.

PERDITA DI CARICO IMBOCCO CONDOTTA

Come verificabile nelle tavole di progetto la parte finale della vasca di carico termina con una tramoggia ribassata a valle del cordolo separatore e del successivo imbocco svasato della condotta forzata DN 1600 dell'impianto con:

$$S = (1,6^2 \times 3,14)/ 4 = 2,01\ m^2$$

Che comporterà una

$$V = 1,55/2,01 = 0,77\ m/s$$

In condizione di massima portata, cui corrisponderà una perdita di carico all'imbocco con Q = 0,100 mc/s pari a :

$$h = v^2 / 2g = 0,03$$

CONDOTTA FORZATA

Dalla camera di carico partirà la condotta forzata DN 1600 che alimentrà la centrale e sarà completamente interrata.

Sarà costruita, presumibilmente, con tubazioni di acciaio Fe 52-2 di spessore 8-14 mm, avente rivestimento bituminoso esterno di tipo pesante, suddivisa in singole verghe di lunghezza pari a 6 metri cadauno con estremità a bicchiere, che saranno saldate col sistema ad arco elettrico a più passate secondo la Norma UNI 6363.

Ad opera ultimata la condotta forzata sarà interrata a circa mediamente 1 metro di profondità sotto il piano campagna, misurato sull'estradosso della condotta. I materiali controllati nello stabilimento di produzione dovranno rispondere ai requisiti tecnici fissati dalla normativa vigente.

Nello stesso scavo della condotta verrà inserita una polifora ad uso guaina di protezione per i cavi dei telecomandi di controllo e misura dell'impianto. Ciò permetterà la regolazione in funzione della portata derivabile, nonchè il comando delle paratoie e dell'impianto di pulizia della griglia.

All'inizio della condotta sarà inserita una valvola di intercettazione con a valle valvola di sfiato (sicurezza per massima velocità e portata) che interromperà immediatamente l'afflusso dell'acqua in caso di guasto e/o fermo impianto. Prima della turbina sarà installata una valvola di intercettazione di idonea resistenza alle sovrappressioni.

Lo scarico di fondo con valvola dissipatrice, oltre ad opportuni blocchi di ancoraggio a peso/gravità ubicati nelle curve e nei cambi di pendenza, sarà opportunamente calcolati per resistere alle spinte idrostatiche ed idrodinamiche presenti e per fissare e/o bloccare la condotta evitando spostamenti o vibrazioni.

Per il dimensionamento idraulico fissata la portata massima derivabile, si è utilizzata la formula di Colebrooke per tubi acciaio usati, dove con la portata di concessione derivabile, con una lunghezza di 40 metri, risulta conveniente adottare un tubo DN 1600, infatti:

$$J = 8{,}2624 \times 10^{10} \times r_x \times q^2 \times d^5$$

Dove:

j	=	perdita di carico in mm/km
r	=	scabrezza
q	=	portata in l/sec.
d	=	diametro esterno della tubazione

Calcolo perdita di carico (cadente) formula di Colebrook

Dati di Calcolo

D 1,6 m
Q 1,55 m³/s
E 0,10 mm

Calcola

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2\log\left(\frac{2.51}{R_e\sqrt{\lambda}} + \frac{\varepsilon/D}{3.71}\right)$$

D = Diametro della condotta **Tabella diametri interni tubazioni**

Q = Portata della condotta

E = Scabrezza relativa

mm 0.00 - 0.02 tubi nuovi PE, PVC, Rame, Inox

mm 0.05 - 0.15 tubi nuovi Gres, Ghisa rivestita, Acciaio

mm 0.10 - 0.40 tubi in Cemento o con lievi incrostazioni

mm 0.60 - 0.80 tubi con incrostazioni e depositi

Risultati del calcolo

D	= 1.6	=	Diametro della condotta (m)
Q	= 1.55	=	Portata della condotta (m3/s)
E	= 0.1	=	Scabrezza (mm)
EPS	= 6.25E-05	=	Scabrezza Relativa
A	= 2.010619298	=	Area sezione in m2
V	= 0.770906755	=	Velocità m/sec
N	= 1.006E-06	=	Viscosità cinematica m2/sec
RE	= 1226094.2425447	=	Numero di Reynolds
Lambda	= 0.012597180779774	=	Coefficiente di resistenza con formula di Colebrook
J	= 0.00023858	=	**Perdita di Carico (cadente) con la formula di Darcy**

Nel caso in esame gli elementi fissati sono:

Diametro Nominale	1600 mm
Portata Media	41 l/s
Portata Massima	1550 l/s
Lunghezza	40 m
dislivello	17,16 m
Pendenza media	42 %
Velocità massima acqua	0,77 m/s
Perdita di carico unitaria	0,00023 m/Km
Perdita di carico totale	1,52 m

Condotta Forzata L = 40 ml DN 1600	
Portata (l/s)	1550
Velocità (m/s)	0,77
Perdita Dp unitaria (m. C.a/km)	0,0023
Dp condotta (m.c.a.)	0,10
Dp imbocco (m.c.a.)	0,03
Dp valvola a farfalla (m.c.a.)	0,09
Dp valvola a sfera (m.c.a.)	0,016
Dp curve unitaria (m.c.a.)	0,39
Dp curve (m.c.a.)	0,78
Dp totale (m.c.a.)	1,02

CALCOLO SOVRAPRESSIONE COLPO D'ARIETE

In riferimento alle richieste effettuate in sede di conferenza dei servizi e di sopralluogo, si allega di seguito il calco lo della sovrappressione del colpo d'ariete sulla sezione di passaggio della condotta della ferrovia effettuato con la formula di Allievi-Michaud

$$\text{h-ho} \leq \frac{2 \times L \times Vo}{g \times \tau}$$

L	=	40,00 m	(Lunghezza condotta camera di carico – centrale)
S	=	0,081 m	(Spessore della condotta)
D	=	1,600 m	(Diametro della condotta)
Ho	=	17,16 m	(dislivello tra camera di carico – e asse turbina)
Qo	=	1,55 mc/sec	
ϵ	=	$2{,}03 \times 10^{9}$	
ρ	=	1000 Kg/mc	
E	=	$1{,}96 \times 10^{11}$ N/mq	

h = 0,63 m

con il calcolo sopra riportato emerge che la sovrappressione del colpo di ariete è pari a 0,63 metri da sommare agli 17,16

pertanto la pressione totale in corrispondenza dell'attraversamento è pari a 17,79 metri

DIMENSIONAMENTO MECCANICO DELLE TUBAZIONI

Per dimensionare il diametro e lo spessore della condotta forzata si procede in accordo alle normative vigenti (UNI 6363-68, UNI 1285-68 e circolare 2136 del Ministero), con la formula di Colebrook ed in funzione del materiale usato (Fe 51-2-510N/mm ^{2}) della lunghezza della condotta della pressione di esercizio e del rispettivo colpo d'ariete, per tempi di manovra di 30 s.
Alla pressione statica di 49,4 Kg/cmq si aggiungerà il colpo d'arieta pari a circa 7,35 Kg/cmq, con un totale di p = 56,75 Kg/cmq, che si ripartirà in forma graduale decrescente dalla centrale alla presa determinando la scelta di spessori minimi lungo tutta la condotta, come segue:

$$S1 = (p \times D)/ 2 \times \text{sigma adm}$$

40 metri S1 = 8,0 mm

Nelle formule è stata considerata una pressione totale del tratto, un K con carico di sicurezza 3, ed un Rs 36 Kg/mmq, mentre 3 è il sovrametallo per compensare un eventuale usura del metallo.

Infine rispetto alla verifica all'implosione:

$$S >= 0{,}008 \times d.$$

BLOCCHI DI ANCORAGGIO

L'ancoraggio e fissaggio della condotta forzata DN 1600 richiede la realizzazione di blocchi dia ancoraggio nei punti di cambio di direzione (Verticale / Orizzontale).
La condotta realizzata con tubazione in acciaio saldato Fe 520/10, rivestita esternamente ed internamente avrà le seguenti caratteristiche:

- DN 1600
- Spessore 8,0 mm in funzione delle pressioni distribuite sulla lunghezza pari a circa 40 metri.

Come già detto la tubazione sarà fissata con blocchi di ancoraggio in corrispondenza dei vertici per i cambi di direzione più accentuati. L'esperienza insegna che le condotte interrate subendo sbalzi inferiori di temperatura, compensano benissimo le spinte di dilatazione termica o controbilanciandole con le contrazioni idrodinamiche contrarie e sfogando eventuali risultanti differenziali nell'attrito contro il terreno o nell'elasticità delle leggere angolazioni (< 10°) nn bloccate, libere di assorbire eventuali lievi spinte differenziali all'interno dell'elasticità dei materiali stessi.

Allo scopo di mantenere comunque un certo margine di sicurezza ed evitare possibili vibrazioni di manovra, considerando la lunghezza della condotta, si prevedono blocchi di ancoraggio a gravità, intercalati nei massimi vertici, considerando però le spinte risultanti in versione e misura ridotta dell'azione di attrito contro il terreno.

Con tali premesse sono stati appunto dimensionati i blocchi relativi ai singoli tratti della condotta forzata lungo il pendio, fino alla centrale.

Per la verifica di stabilità dei blocchi sono state fissate le seguenti condizioni:

- risultante della composizione delle forze agenti sul blocco e del peso dello stesso, deve cadere entro il terzo medio della superfizie di appoggio.
- Il coeffieciente di attrito massimo accettabile fra blocco di cls armato e terreno di appoggio (solido omogeneo) è fissato f = 0,5
- Il carico massimo unitario sul terreno considerato come stratificato di rocce tenere è fissato in d = 1,5 è 4 Kg/cmq.
- Non sono state considerate come superfici resistenti quelle laterali sui blocchi.

Spinta idrostatica verticale per la deviazione angolare

$$Fc = 2 \times p \times \text{sen}\,(a/2)$$

Spinta del peso della tubazione e dell'acqua.

$$Fp = (P\ \text{tubo} + P\ H2O) \times \text{sen}\ b$$

Con b angolo della livelletta, agente verso il basso nella direzione della condotta.

Non sono state considerate come superfici resistenti quelle laterali sui blocchi.

Spinta termica

$$\mathbf{Ft = +- 23,2 \times .}\ Dt \times S$$

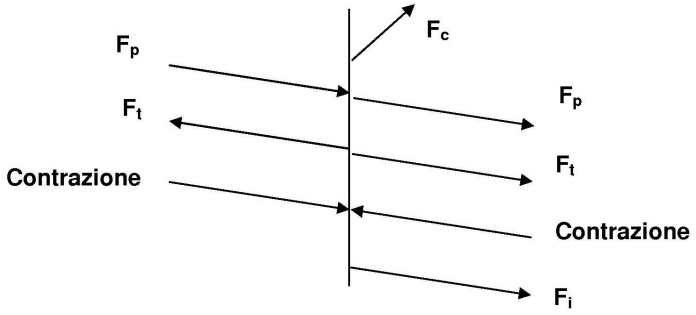
Agente secondo la direzione della livelletta e contraria alla Spinta per contrazione Poisson:

$$F = 0,471 \times p \times D^2$$

Spinta idrodinamica

Agente secondo la direzione della livelletta:

$$F = 0,785 \times p \times D^2$$



Nota Bene

La composizione delle forze col peso del blocco deve dare una risultante che cade entro il terzo medio di base e la sua componenente orizzontale deve essere inferiore alla componente verticale moltiplicato per il coefficiente d'attrito di 0,50.

Il peso del blocco deve essere sostenuto dall'area di base con 2,5-3,0 Kg/cmq.

LA CENTRALE

La sala macchine è posta a quota +116.00 m s.l.m. (per cui è garantito un salto utile di 17.37 m) ed ha dimensioni pari a 6.22 x 7.90 m^2 circa, per un'altezza di 6.13 m ed una volumetria complessiva di 300 m^3 circa. Il suo stato di conservazione si può considerare sufficientemente buono ed in grado di ospitare le nuove macchine e le apparecchiature, che grazie alla tecnologia avranno dimensioni sicuramente ridotte rispetto a quelle utilizzate in epoca di realizzazione dell'impianto stesso.-

L'edificio conterrà tutto l'equipaggiamento elettromeccanico dì produzione e di trasformazione dell'energia, costituito da:

- n. 2 Turbina mod. Francis, una per 1/3 della portata di progetto e l'altra per i 2/3 (come da calcoli di dimensionamento delle giranti allegati):
- N. 2 Alternatore,
- n. 1 Trasformatore,
- Quadri di comando,
- Quadri di controllo e protezione,
- Apparecchiature di misur

Di seguito si riporta il calcolo effettuato con il programma della **SOCIETA' NAZIONALE DELLE OFFICINE DI SAVIGLIANO (S.N.O.S.)** primario costruttore di turbine per impianti idroelettrici e fornitore tra gli altri di ENEL – GENERAL ELETRIC - MONTEDISON

GIRANTE PICCOLA



```
N. giri unitario     N1= 157.35  g/min
Portata unitaria     Q1= .104  mc/s
N. giri specifico   N1'= 68.31  g/min
Portata specifica   Q1'= .654  mc/s
N. pale girante      Zr= 13  pale  12 ÷ 13
N. pale Distrib.     Zd= 12  pale  12 ÷ 12
D. est. max pale Demax= 416.5  mm          434 ÷ 399
D. int. max pale Dimax= 379  mm   395 ÷ 363
D. est. min pale Demin= 371  mm   387 ÷ 356
D. int. min pale Dimin= 200  mm   208 ÷ 192
Diametro uscita      Du= 380  mm   396 ÷ 364
Apertura distrib.     a= 56  mm    59 ÷ 54
Raggio girante est. Re= 18  mm    19 ÷ 18
Raggio girante int. Ri= 250  mm   260 ÷ 239
Velocita' angolare   Ù= 78.5  rad/s
V.assolu. ingresso v1a= 3.9  m/s  3.7 ÷ 4
D. minimo valvola Dval= 424  mm   435 ÷ 419
V.tangenz.ingresso v1t= 13.3  m/s          12.8 ÷ 13.8
V.periferica est    u1= 15.6  m/s          16.2 ÷ 15
V.relativ.inTresso  w1= 4.5  m/s  5 ÷ 4.2
Ang. vel. ass.ingr. β'= 59 ° 30 ' 2 "      47 ÷ 73
Stampare .......??.. ( Y / N ) N
```

GIRANTE GRANDE

```
            TURBINA FRANCIS  IMPIANTO FILANDA TURBINA GRANDE

Salto.................H= 22.72 m
Portata...............Q= 1 mc/s          Q9= .9
Potenza nominale.....Pn= 194 Kw          264 CV
N. caratteristico....Nc= 245.4619        Ncmax= 457
N. giri...............N= 750 g/min       N.max= 1397.559
Diametro est.max.pale.D= 497 ÷ 456 mm
Largh. bocca girante..B= 161 ÷ 147 mm

Stampare .......??.. ( Y / N ) N
```

```
N. giri unitario     N1= 157.35  g/min
Portata unitaria     Q1= .189  mc/s
N. giri specifico   N1'= 78.18  g/min
Portata specifica   Q1'= .908  mc/s
N. pale girante      Zr= 11  pale  11 ÷ 12
N. pale Distrib.     Zd= 12  pale  12 ÷ 12
D. est. max pale Demax= 476.5  mm          497 ÷ 456
D. int. max pale Dimax= 366  mm   382 ÷ 351
D. est. min pale Demin= 466  mm   486 ÷ 446
D. int. min pale Dimin= 209  mm   218 ÷ 200
Diametro uscita      Du= 474  mm   495 ÷ 454
Apertura distrib.     a= 74  mm    77 ÷ 70
Raggio girante est. Re= 1  mm     1 ÷ 1
Raggio girante int. Ri= 286  mm   298 ÷ 274
Velocita' angolare   Ù= 78.5  rad/s
V.assolu. ingresso v1a= 4.4  m/s  4.2 ÷ 4.6
D. minimo valvola Dval= 538  mm   551 ÷ 526
V.tangenz.ingresso v1t= 12.5  m/s          12 ÷ 13
V.periferica est    u1= 16.6  m/s          17.3 ÷ 15.9
V.relativ.inTresso  w1= 6  m/s    6.8 ÷ 5.4
Ang. vel. ass.ingr. β'= 47 ° 2 ' 43 "      38 ÷ 57
Stampare .......??.. ( Y / N ) N
```

SCARICO

In fase di progetto la tubazione esistente per la restituzione della portata captata, sarà sostituita con due in acciaio ad alta densità, che restituiranno in alveo le acque derivate ad una quota pari a circa +110.44 m s.l.m., garantendo così un salto dall'opera di presa pari a 22.72 m.

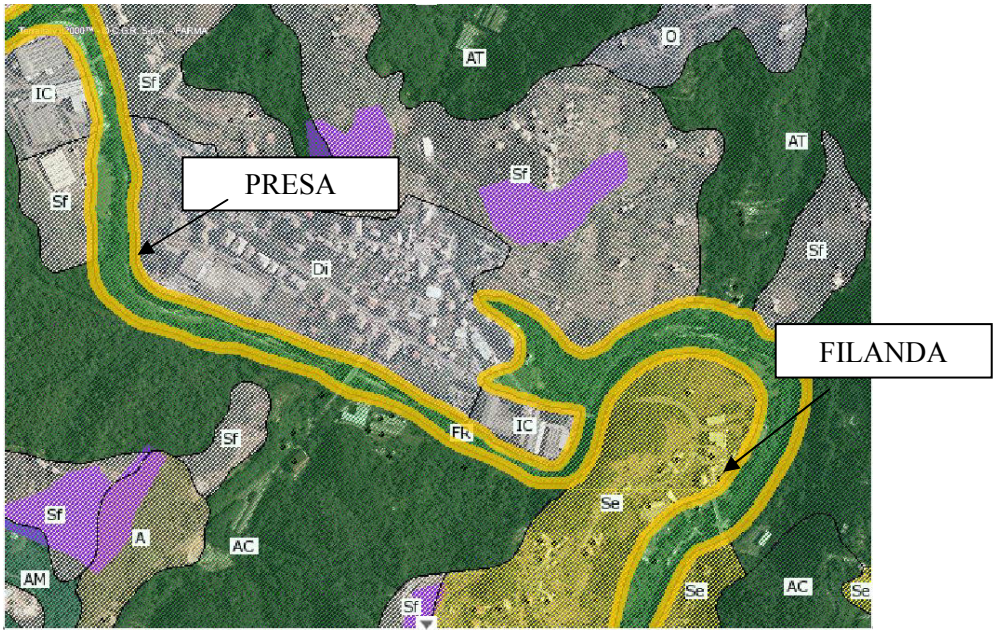
L'acqua, turbinata sarà restituita senza alterazioni di carattere chimico, e pertanto potrà rifluire in alveo mantenendo le condizioni iniziali.

3.1.3 PEDOLOGIA

Dalla cartorgrafia DELLA REGIONE LIGURIA pedologica del Piemonte (da ARPA) risulta che la tipologia di suoli maggiormente presenti nella zona d'intervento sia rappresentata da inceptisuoli, salvo una zona a mollisuoli nella parte alta del bacino (figg. 1 e 2).

Gli inceptisuoli sono suoli scarsamente evoluti e con poche caratteristiche diagnostiche, mostrando sovente una scarsa maturità pedologica.

Fig. 1 Carta uso del suolo



Risultato Interrogazione

Uso Suolo
Se

Uso Suolo: Fasce e Terrazzi
Attenzione in questo punto non ci sono elementi

Uso Suolo: Zone percorse dal fuoco
Attenzione in questo punto non ci sono elementi

Uso Suolo: Case Sparse
Attenzione in questo punto non ci sono elementi

Squadro 1:25000
214.2

Uso Suolo

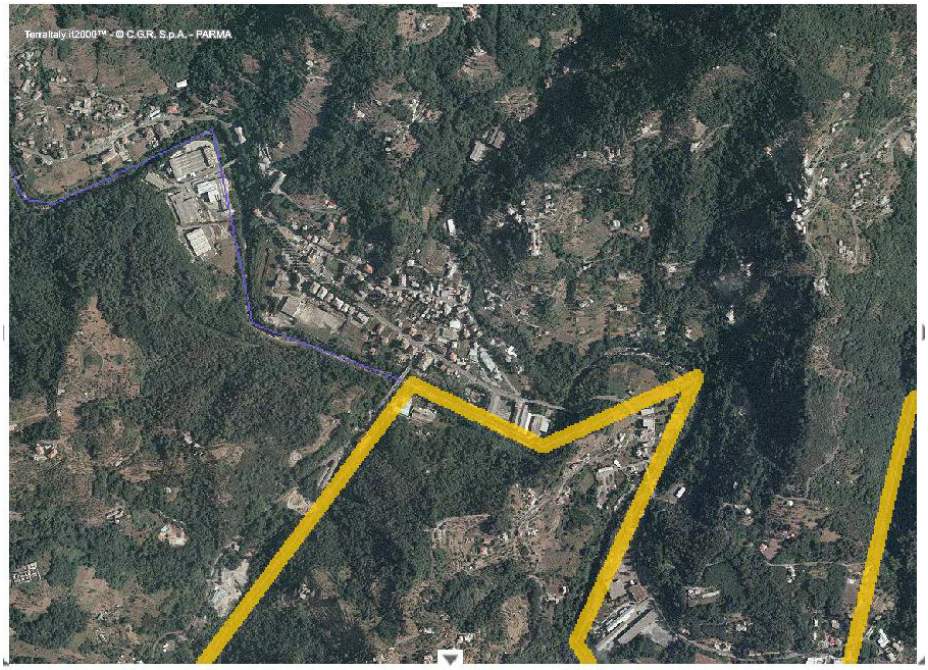
Risultato della Selezione	
Identificativo	72929
Codice	Se
Descrizione	SEMINATIVO SEMPLICE E ARBORATO

SITAR Servizi Informativi Territoriali e Ambientali Regionali

Uso Suolo

Risultato della Selezione	
Identificativo	74987
Codice	FR
Descrizione	FORMAZIONI RIPARIALI COMPRENDENTI I RELATIVI CORSI D'ACQUA E CANALI

SITAR Servizi Informativi Territoriali e Ambientali Regionali



Zone svantaggiate - DLgs 16 aprile 1997 n. 146 Proposta Regionale

Risultato della Selezione	
Identificativo	38
Perimetro [Km]	
Superficie [Ha]	
Codice ISTAT Provincia	010
Provincia	GENOVA
Codice ISTAT Comune	016
Comune	CICAGNA
Codice Belfiore	C673
Codice Avviamento Postale	16044
Azienda Sanitaria Locale	004 - CHIAVARESE
Ambito Edilizia Abitativa e Scolastica	L
Comunità Montana	GE4 - Comunità Montana Fontanabuona
Consorzio Comuni	
Denominazione Origine Protetta	3 - RIVIERA DI LEVANTE
Area Obiettivo 2 Documento Unico Prog. 1997/99	
Zone Montane L.991 1952 - L.1102 1971	I - interamente delimitato
Zone Svantaggiate DLGS. n. 146/97 proposta regionale	PS - particolarmente svantaggiato
Zone Svantaggiate DLGS. n. 146/97 proposta ministeriale	S - svantaggiato
Aree Svantaggiate L. 268/75	I - interamente delimitato
Livello Sismicità Ord. 3274/03	3B - bassa pericolosità

SITAR Servizi Informativi Territoriali e Ambientali Regionali

Le caratteristiche salienti di questo tipo di suoli sono rappresentate da roccia madre fortemente resistente all'alterazione o da posizioni fisiografiche tali da non favorire un'evoluzione del suolo verso forme più mature.

Infatti sono spesso suoli collocati su pendii troppo ripidi per potere essere coltivati e quindi spesso l'utilizzazione migliore risulta essere quella forestale, come in questo caso.

3.1.4 BIOCENOSI

3.1.4.1 IDROLOGIA

3.1.4.1.1 MORFOMETRIA

L'ecosistema fluviale interessato dal progetto in esame è quello del Torrente Lavagna nel tratto tra Ferrada e Queriolo comuni di Moconesi, Tribogna e Cicagna. Le caratteristiche morfometriche dell'intero bacino sotteso e della relativa asta fluviale sono indicate in tab.1

Tab. 1 - Parametri morfometrici del bacino sotteso alla sezione di presa.

Altitudine massima (**Hmax**)	m s.l.m.	**1237,40**
Altitudine mediana (**Hmed**)	m s.l.m.	**623,63**
Altitudine sezione (**Hsez**)	m s.l.m.	**133,61**
Superficie totale (**S**)	km^2	**67,06**
Superficie fascia altimetrica > 3.100 m s.l.m.	%	**0,00**
Superficie fascia altimetrica 3.100 - 2.700 m s.l.m.	%	**0,00**
Superficie fascia altimetrica 2.700 - 1.700 m s.l.m.	%	**0,00**
Superficie fascia altimetrica 1.700 - 600 m s.l.m.	%	**68,41**
Superficie fascia altimetrica < 600 m s.l.m.	%	**31,59**
Perimetro (**P**)	km	**133**
Indice di forma (**Ig**)		**4,48**
Lunghezza asta fluviale (**L**)	km	**20**
Pendenza media asta fluviale (**Pi**)	%	**5**
Portata media annua (**Q**)	mc/s	**2,757**
Indice fisico di produttività globale (**Ipf**)		**2,82**
Tempo di corrivazione (**Tc**)	ore	**2,06**

L'altitudine massima del bacino (Hmax = 1237.40 m s.l.m. Monte Caucaso) corrisponde alla vetta più elevata, sullo spartiacque. L'altitudine mediana (Hmed = 623,6375 m s.l.m.) è quella che separa il bacino in due porzioni di uguale estensione poste al di sopra e al di sotto di tale altitudine; essa è stata ricavata mediante la curva ipsografica secondo quanto previsto da Strahler (1952, 1968). La superficie totale del bacino è ripartita percentualmente in fasce altimetriche delimitate dai seguenti limiti (Durio *et al*., 1982)**:**

- **600 m s.l.m**., *limite climatico dello zero termico medio mensile di gennaio*; nelle porzioni territoriali poste a quote inferiori la neve caduta in quel mese fonde nel giro di pochi giorni; quindi non vi sono le condizioni climatiche invernali sufficientemente rigide per l'accumulo di neve al suolo;

- **1.700 m s.l.m**., *limite climatico dello zero termico medio del trimestre invernale*; al di sopra di quella altitudine la neve si accumula durante il periodo dicembre - gennaio - febbraio; nella fascia 600 ÷ 1.700 m s.l.m. le condizioni climatiche per l'accumulo sono intermedie in funzione della quota;
- **2.700 m s.l.m.**, *limite climatico dello zero termico medio annuo*; la temperatura media annua è pari a 0 °C; vi sono le condizioni climatiche adatte all'accumulo di neve al suolo per un semestre;
- **3.100 m s.l.m.**, *limite delle nevi persistenti*; al di sopra di tale altitudine vi sono le condizioni climatiche adatte per la formazione di ghiacciai.

Tanto più la forma di un bacino tende a quella circolare, tanto più breve è il tempo di concentrazione delle acque di ruscellamento. In un bacino allungato gli afflussi derivati da un rovescio sono più dispersi nel tempo. La forma del bacino può essere espressa con un indice numerico (**Ig**), detto **indice di Gravelius** (**indice di forma** o di **sinuosità**). Esso indica il rapporto tra il perimetro **P** del bacino e quello di una circonferenza racchiudente un'area **S** di uguale estensione**:**

$$\mathbf{Ig} = \frac{\mathbf{P}}{\mathbf{2} \cdot \sqrt{\boldsymbol{\pi} \cdot \mathbf{S}}}$$

In sostanza servono i dati relativi alla superficie del bacino e la lunghezza dello spartiacque. Se il bacino avesse una forma perfettamente circolare, sarebbe Ig = 1; tanto più la forma è lontana da quella circolare, tanto più Ig è superiore ad uno. L'indice di forma calcolato per l'intero bacino del T. Moconesi sotteso alla di chiusura considerata, è risultato pari a 4,48 ad indicare una forma tendente allungata.

Il dato sulla lunghezza del corso d'acqua è indicato in **tab. 1** con **L**, misurato dalle sorgenti alla sezione; esso è risultato pari a 20 km. Tale dato è utile ai fini del calcolo degli indici morfometrici e per le valutazioni idrologiche e biologiche. Utilizzando il metodo del triangolo equivalente è stata determinata la pendenza dell'asta fluviale, con Pi = 5,00 %.

Quando sono note le caratteristiche morfometriche di un bacino e del suo reticolo idrografico, è possibile valutare alcuni parametri che possono essere utili per l'interpretazione di determinati fenomeni fisici di particolare interesse. Fra questi è il **tempo di corrivazione** (**Tc**), cioè *il tempo teorico che una goccia d'acqua, caduta nel punto più periferico del bacino, impiega per giungere ad una determinata sezione del fiume*. Tale valore si ottiene con l'applicazione di formule più o meno complesse; fra quelle note dalla letteratura scientifica è stata usata quella di Giandotti che è la più utilizzata**:**

$$\mathbf{Tc} = \frac{\mathbf{4} \cdot \sqrt{\mathbf{S}} + \mathbf{1{,}5} \cdot \mathbf{L}}{\mathbf{0{,}8} \cdot \sqrt{\mathbf{Hmed} - \mathbf{Hsez}}}$$

dove**:** **S** (km^2) è la superficie di bacino sotteso alla sezione in corrispondenza della quale si vuole determinare Tc;

L (km) è la lunghezza del corso d'acqua dalle sorgenti alla sezione considerata;

Hmed è l'altitudine mediana del bacino sotteso alla sezione considerata;

Hsez è l'altitudine della sezione considerata.

Il tempo di corrivazione è utilizzato per la stima dei fenomeni di piena quando siano noti i valori delle massime precipitazioni, concentrate in breve tempo (su scala oraria), registrate alle stazioni pluviometriche. In linea di massima questo dato è tanto più piccolo quanto minori sono le dimensioni del bacino e tanto più vicino ad uno è l'indice di forma; in tali condizioni i fenomeni di piena sono determinati prevalentemente dai brevi ma violenti rovesci temporaleschi. I bacini di maggiori dimensioni, con minori pendenze delle aste fluviali, una buona gerarchizzazione ed un elevato indice di forma, presentano più alti tempi di corrivazione; quindi il maggior deflusso delle acque è conseguenza di precipitazioni pure intense, ma insistenti per tempi più lunghi. Il tempo di corrivazione per l'intero bacino dello T. Lavagna è risultato pari a 2,06 ore.

La determinazione della produttività ittica costituisce oggi un obiettivo importante per la gestione del patrimonio ittico, soprattutto in funzione della regolamentazione della "pressione alieutica" e dei ripopolamenti. La produttività ittica è funzione delle potenzialità trofiche di un corso d'acqua, questo visto come parte di un sistema più vasto costituito dal bacino imbrifero di competenza. Altrettanto importanti sono gli studi volti all'individuazione, lungo le aste fluviali, di zone, più o meno omogenee per quanto riguarda le associazioni ittiche. È infatti utile classificare i corsi d'acqua in base a tipologie differenti, destinate a gestioni diversificate soprattutto in funzione del tipo di popolazioni ittiche presenti. Semplificando molto esistono relazioni fra produttività, zonazione longitudinale e ambiente fisico. Normalmente le caratteristiche naturali di un piccolo torrente montano, poco produttivo e popolato da salmonidi, sono ben distinguibili da quelle di un ampio fiume di pianura, molto più produttivo e ricco di ciprinidi.

Per la determinazione della produttività e della zonazione longitudinale sono state proposte diverse metodologie, quasi tutte basate su alcuni parametri ritenuti fra i più significativi fra quelli ambientali che presiedono alle potenzialità trofiche, quali il regime dei deflussi, la pendenza e la larghezza degli alvei, la temperatura delle acque e la loro qualità (dai punti di vista chimico e biologico), la composizione qualitativa e quantitativa dei popolamenti ittici, ecc... In particolare, considerando solo i fattori fisici e a parità di altre condizioni, per linee molto generali e schematiche, si può affermare che la produttività aumenta al crescere della disponibilità d'acqua (portata) e della superficie di fondo (larghezza degli alvei); diminuisce al crescere della velocità della corrente e al diminuire della temperatura delle acque.

Tali variabili non sono di facile determinazione, in quanto richiedono rilevazioni direttamente sul "campo" in adatte e particolari condizioni ambientali. Altre variabili sono invece già note o molto più facilmente misurabili direttamente su carte topografiche di dettaglio; esse sono legate alle precedenti anche per mezzo di funzioni empiriche i cui parametri possono essere determinati sperimentalmente, come suggerito da un'ampia letteratura idrologica. Alla luce delle precedenti considerazioni si possono formulare le seguenti considerazioni:

1. la produttività aumenta con la disponibilità del volume d'acqua e quindi della portata media annua; f(Qmed);
2. la produttività diminuisce al crescere della altitudine mediana del bacino imbrifero (Hmed) in conseguenza del gradiente verticale climatico termico negativo; f(1/Hmed);
3. la produttività è in funzione della pendenza media Pi del corso d'acqua, in quanto all'aumentare di quest'ultima aumenta la velocità della corrente; f(1/ Pi).

Diventa allora possibile, secondo quanto proposto da Perosino e Spina (1988) e successivamente applicato nell'ambito della "*Carta Ittica Relativa al Territorio della Regione Piemontese*" (Regione Piemonte, 1991), calcolare degli indici di produttività per mezzo dei quali si cerca non tanto di fornire stime sulla produzione di biomassa ittica ma, piuttosto, di fornire valori numerici quali sintesi delle situazioni morfometriche ed idrologiche dei diversi corsi d'acqua da correlare con i dati relativi ad altre variabili ambientali in generale e con quelli forniti dagli studi di distribuzione dell'ittiofauna in particolare. Indicando con **Q** l'indice fisico di produttività secondo la portata media annua **Qmed** (m^3/sec) a livello di una determinata sezione, si potrà scrivere**:**

$$\mathbf{Q} = 3 + \mathbf{LogQmed}$$

Tale formulazione viene espressa secondo il logaritmo decimale della portata in modo da ridurre l'eccessivo ambito di variabilità compreso fra valori minimi (piccoli torrenti) e massimi (grandi fiumi di pianura) prevedibili rispettivamente di 0,001 m^3/sec e di 1.000 m^3/sec (con un rapporto di ben sei ordini di grandezza); il numero 3 è giustificato dalla necessità di evitare valori dell'indice negativi che si verificherebbero nel caso di calcoli di logaritmi di dati di portata inferiori all'unità; in tal modo l'indice Q potrà variare tra 1 e 5. Indicando con **H** l'indice fisico di produttività secondo l'altitudine mediana **Hmed** del bacino imbrifero (m s.l.m.) a monte di una determinata sezione**:**

$$\mathbf{H} = \frac{10}{\sqrt[3]{\mathbf{Hmed}}}$$

Con tale espressione i valori di H potranno essere compresi tra 0,5 e 2 circa per altitudini comprese tra 100 m s.l.m. e 4.000 m s.l.m., come limiti rappresentativi della variabilità. Indicando con P l'indice fisico di produttività secondo la pendenza media Pi dell'asta fluviale a monte di una determinata sezione**:**

$$\mathbf{P} = \frac{1}{\sqrt[3]{\mathbf{Pi}}}$$

Con quest'ultima espressione, considerando pendenze da 0,01 % al 50 %, i valori di P risultano compresi rispettivamente tra 4 e 0,1 circa. I valori dei tre suddetti indici (Q, H, P) possono essere rappresentabili su un diagramma a tre assi ortogonali ad individuare, quindi, un prisma retto le cui dimensioni sono rappresentative di un indice fisico globale Ipf definibile, quantitativamente, dal prodotto delle tre precedenti formulazioni**:**

$$\mathbf{Ipf} = \frac{10 \cdot (3 + \mathbf{LogQmed})}{\sqrt[3]{\mathbf{Hmed} \cdot \mathbf{Pi}}}$$

Esso, tenendo conto delle caratteristiche del reticolo idrografico, varia entro i limiti 0,5 ÷ 30 circa che, grosso modo, rappresentano i rapporti reali tra le produttività di un piccolo torrente di alta montagna e di un grande fiume di pianura. Le principali caratteristiche morfometriche ed idrologiche di un corso d'acqua possono essere così quantificate per mezzo di un unico valore che, unitamente alla classificazione del tipo di regime idrologico e al valore numerico dell'indice biotico rappresentativo della qualità delle acque, consente una visione immediata e sintetica della situazione ambientale.

In corrispondenza della sezione in oggetto risulta un valore pari a 2,82.

3.1.4.1.2 IDROLOGIA NATURALE

CARATTERISTICHE DEL BACINO IMBRIFERO

L'area della superficie del bacino imbrifero sotteso alla chiusura è di 67.06 km^2 (vedi Tav. 001). Esso è costituito dal corso del Torrente Lavagna, disposto secondo un asse prevalente WNW - ESE, e dagli affluenti diretti di questo, distribuiti in modo decisamente asimmetrico: il versante Nord è molto più esteso rispetto al versante Sud, che invece risulta ridotto da un punto di vista della superficie e del contributo di volume d'acqua all'asta principale. Analogamente i versanti in sponda destra del Lavagna sono orientati principalmente a N, E, NE, mentre quelli in sponda sinistra hanno una distribuzione delle orientazioni più ampia dovuta ad una maggiore articolazione del reticolo idrografico (i versanti sono per lo più esposti a S, W e SW, ma non di rado a E e SE).

Per quanto riguarda gli affluenti, nel suo primo tratto, dalle sorgenti alla località Ferriere, il T. Lavagna non riceve tributari importanti se non il Rio di Vallebuona ed il Rio delle Ferriere, entrambi sulla destra orografica. Successivamente riceve, sempre in sponda destra, il Rio di Lumarzo, il T. Litteggia, il Rio della Bolle, il Rio Pendola, il Fosso di Roncazzi e quello di Camposasco, più altri di minore importanza.

Ma è la sponda orografica sinistra, come già accennato, a fornire i tributari maggiori: il Rio d'Urri, il T. Neirone, il Canale di Moconesi, il T. Malvaro ed il Canale di Isolona.

La particolare conformazione geografica del bacino determina una diversa esposizione alle perturbazioni meteorologiche che normalmente investono il litorale e una conseguente notevole variabilità spaziale delle precipitazioni, che risultano comprese tra i circa 1500 mm annui a ridosso dello spartiacque meridionale delle zone occidentali ed i 2000 mm della zona appenninica.

La distribuzione delle piogge presenta nell'arco dell'anno due massimi, uno primaverile ed uno autunnale, e due minimi, uno estivo ed uno invernale; ma sono naturalmente le perturbazioni autunnali a provocare le piogge più intense.

La massima cima è costituita dal gruppo del Monte Caucaso con i suoi 1237.40 m s.l.m, mentre l'altitudine media del bacino, chiuso in corrispondenza dell'impianto della Filanda a quota 133.61 m s.l.m., risulta essere di circa 623.63 m s.l.m.

Per determinare tale valore si è ritenuta valida l'espressione utilizzata dalla Regione Piemonte:

$$H = 0.5\ (0.9\ H_{max} + H_{min})$$

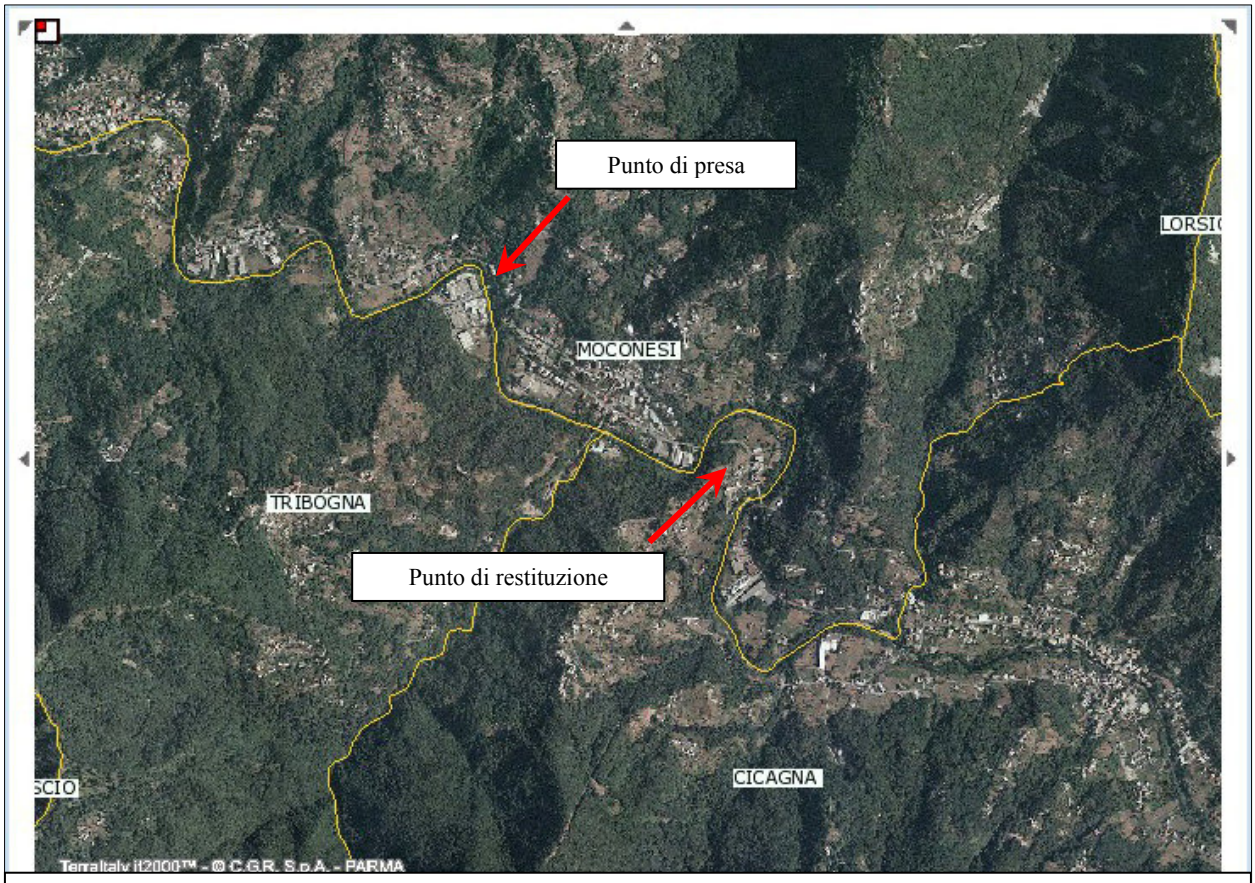
dove H_{max} = altezza massima del bacino in m s.l.m.

H_{min} = altezza minima della sezione di chiusura in m s.l.m.

Nel caso in esame tali valori sono:

Hmax = 1237.40 m s.l.m. (M. Caucaso)

Hmin = 133.61 m s.l.m. (opera di presa)



Tav. 6 –Individuzione del tratto del Torrente Lavagna interessato dall'intervento.

Al fine della determinazione della curva di durata delle portate si sono presi in considerazione i dati di pioggia giornalieri relativi a tre distinte stazioni pluviometriche distribuite nella parte prevalentemente superiore del bacino, coprendo un periodo di osservazione pari a 34 anni (1959-1987, 1994-1998), così da poter distribuire sulla superficie del bacino l'altezza di pioggia misurata e tener conto della già citata variabilità spaziale delle precipitazioni.

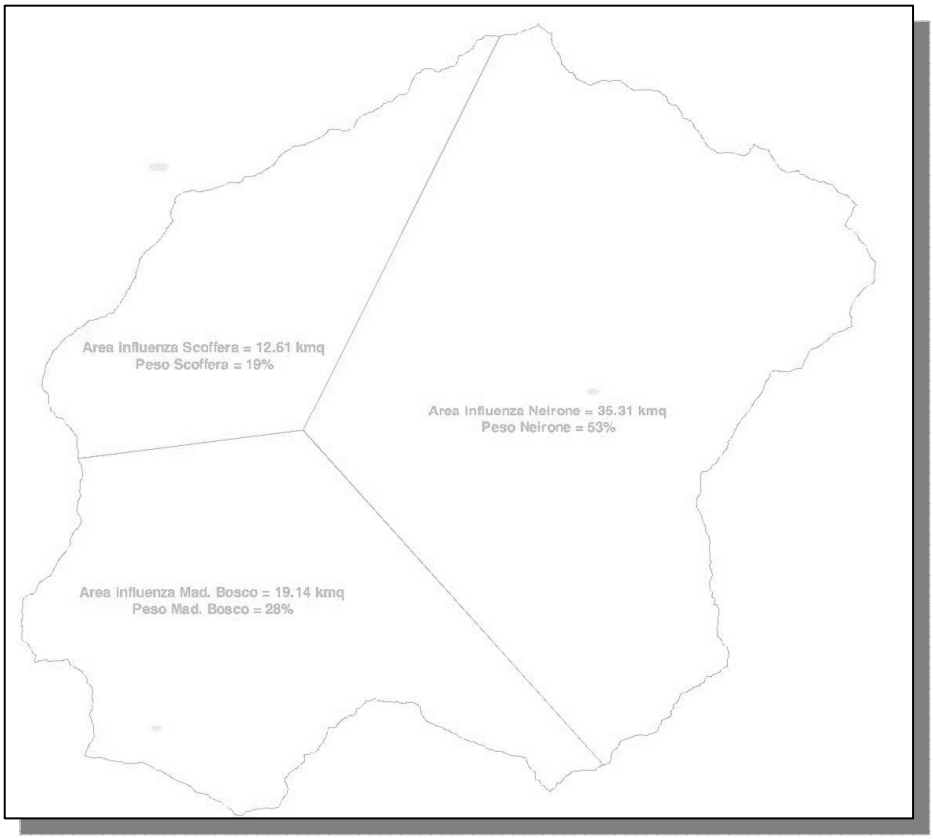
Le stazioni pluviometriche considerate sono dunque state:

Stazione	*Comune*	*Lat. N*	*Lg. E*	*Quota*
Scoffera	Torriglia	4925477	1510638	678
Madonna del Bosco	Lumarzo	4918071	1510650	376
Neirone	Neirone	4923633	1514618	332

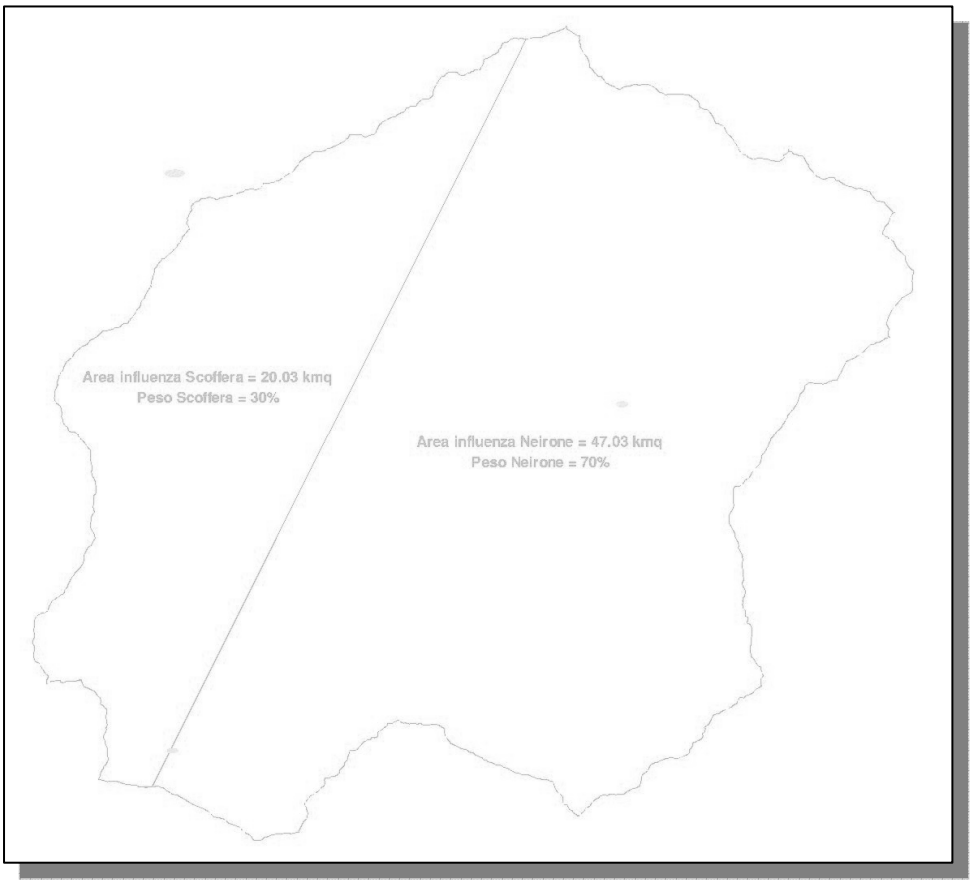
Di queste, solo la Scoffera è posta ad una quota superiore a quella media del bacino.

La distribuzione delle piogge è stata uniformata sulla superficie del bacino considerato utilizzando il metodo dei topoieti di Thiessen, e poiché i dati disponibili non coprono gli stessi anni in tutte e tre le stazioni di misura, sono state utilizzate tre diverse configurazioni:

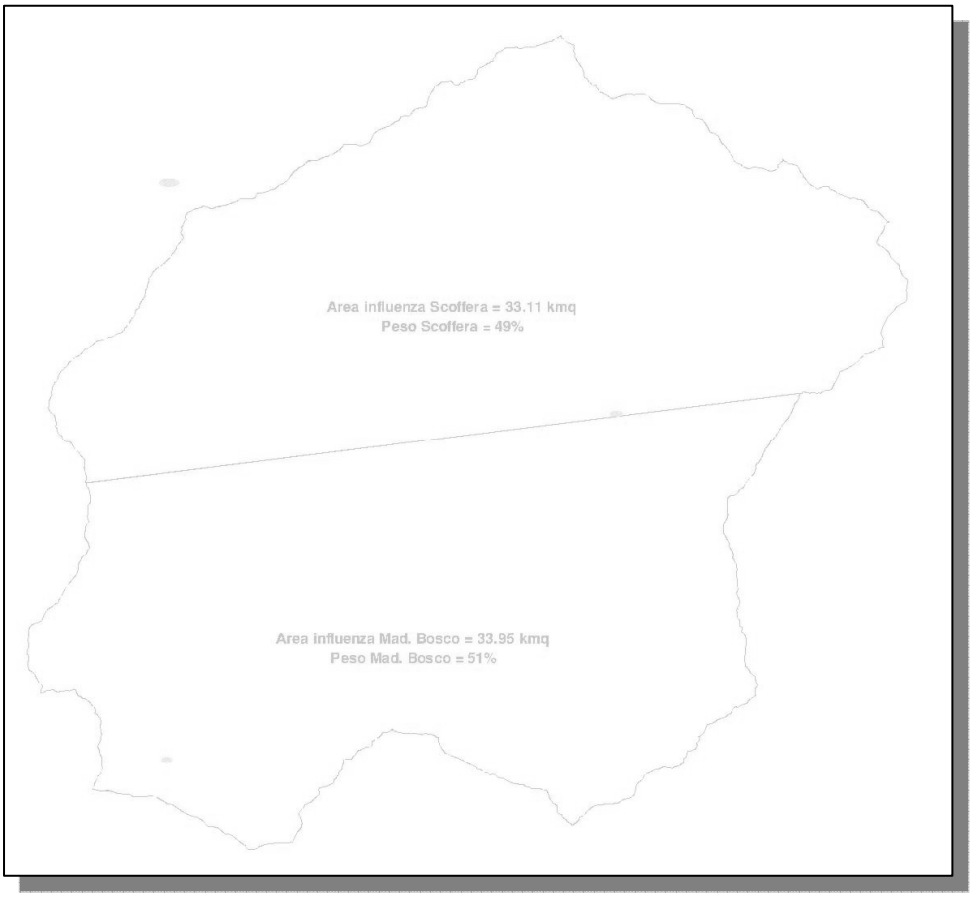
	Stazioni	*Area di influenza (km^2)*	*Peso (%)*	*Anni di osservazione*
Configurazione A	Madonna del Bosco Scoffera Neirone	19.14 12.61 35.31	28 19 53	1970-1976
Configurazione B	Scoffera Neirone	20.03 47.03	30 70	1960 1962-1967 1977-1981 1995-1996 1998
Configurazione C	Madonna del Bosco Scoffera	33.95 33.11	51 49	1968-1969



Tav. 7 – Metodo dei topoieti di Thiessen - Configurazione A.



Tav. 8 – Metodo dei topoieti di Thiessen - Configurazione B.



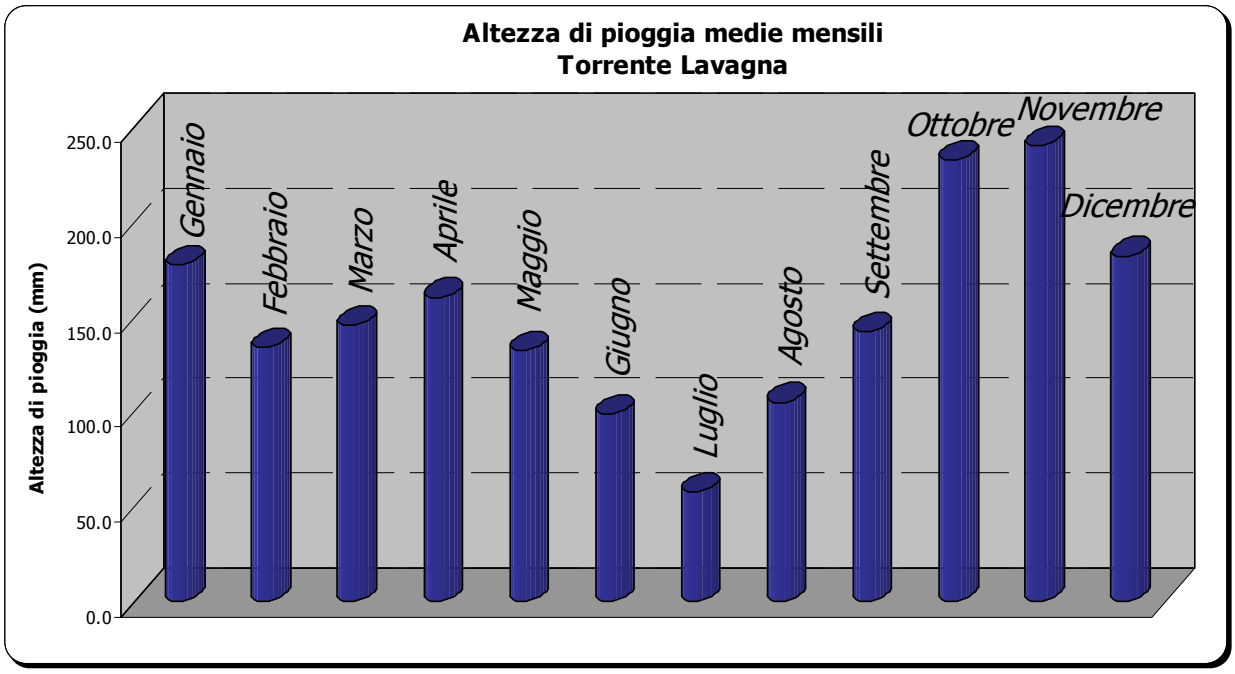
Tav. 9 – Metodo dei topoieti di Thiessen - Configurazione C.

Gli altri anni di osservazione comunque compresi dello studio sono stati coperti da un solo pluviometro, a causa dell'assenza dei dati necessari:

Stazioni	*Area di influenza (km²)*	*Peso (%)*	*Anni di osservazione*
Scoffera	67.06	100	1959 1982-1987 1997
Neirone	67.06	100	1961 1994

Tali dati sono stati elaborati utilizzando il metodo del Curve Number modificato come di seguito esplicato, e da essi è stata ricavata la curva di durata delle portate caratteristica del corso d'acqua in oggetto.-

Di seguito sono riassunti i valori medi mensili del periodo.-



Tav. 10 –Torrente Lavagna – Altezze di pioggia medie mensili.

Mesi	*Altezza di pioggia (mm)*
Gennaio	177.7
Febbraio	134.4
Marzo	146.0
Aprile	160.6
Maggio	132.7
Giugno	98.9
Luglio	58.2
Agosto	105.3
Settembre	142.7
Ottobre	232.8
Novembre	240.7
Dicembre	182.3

Modello esteso del Curve Number

Il modello utilizzato per un'analisi idrologica a scala di bacino deve tener conto delle modalità secondo cui le acque superficiali e sotterranee si muovono, ed essere in grado di riprodurre nel modo più completo e corretto possibile l'evento reale, fornendone una simulazione affidabile; allo stesso tempo deve sapersi adattare a possibili variazioni delle caratteristiche proprie dell'area oggetto di studio.

I problemi principali derivano dalla stima dei parametri impiegati dal modello stesso, e dalle correlazioni che fra questi possono esistere, essendo spesso i parametri dipendenti gli uni dagli altri.

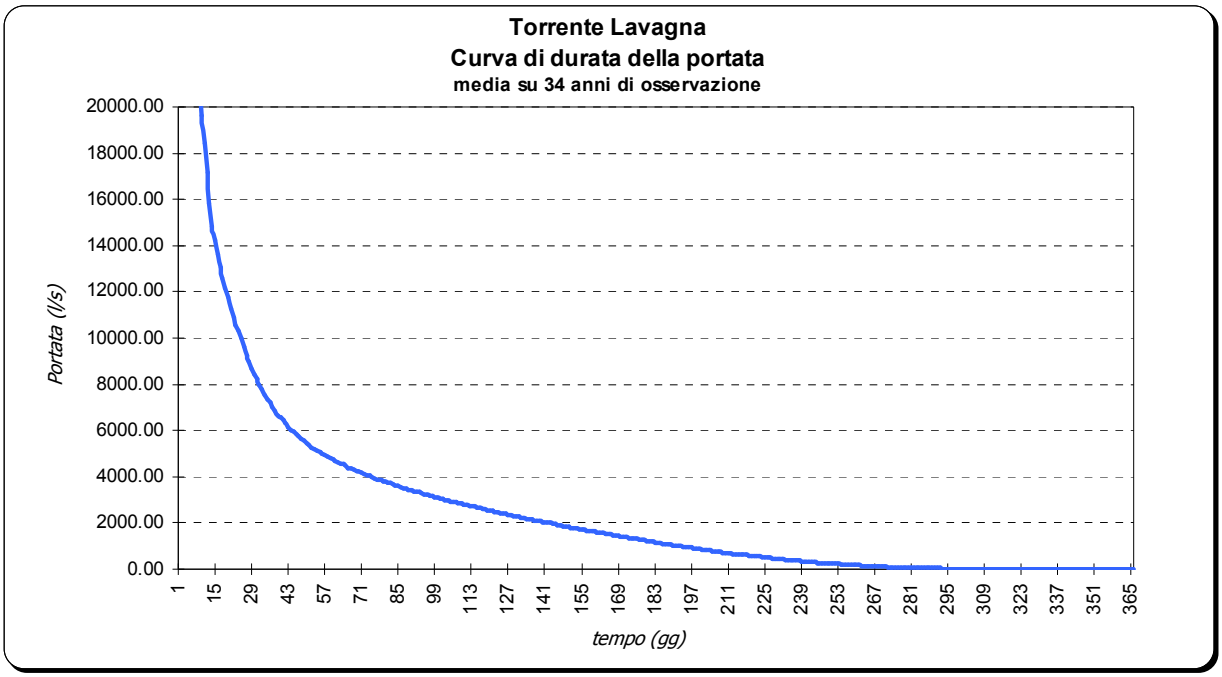
Il modello che classicamente viene utilizzato è quello proposto dal Soil Conservation Service, che riassume in un unico parametro, il Curve Number, rilevanti informazioni distribuite sul territorio, quali litologia e uso del suolo. È un modello tipicamente ad evento che presuppone l'inizializzazione dello stato del sistema.

In questa sede si è utilizzata una modellazione col metodo del CN estesa: partendo dalle caratteristiche del modello proposto dal Soil Conservation Service, si è inserito un modulo di memoria del processo di precipitazione antecedente. In questo modo si è ottenuta la possibilità di valutare lo stato di imbibizione del suolo e la conseguente curva di esaurimento nel tempo, stimando i contributi di ruscellamento e deflusso subsuperficiale avendo utilizzato come dati diretti unicamente le altezze di pioggia giornaliere.

Rispetto al classico modello del Soil Conservation Service, che tiene unicamente conto del ruscellamento superficiale, quello ora proposto consente di tener conto del volume d'acqua presente all'interno del sistema prima di eseguire un nuovo step temporale.

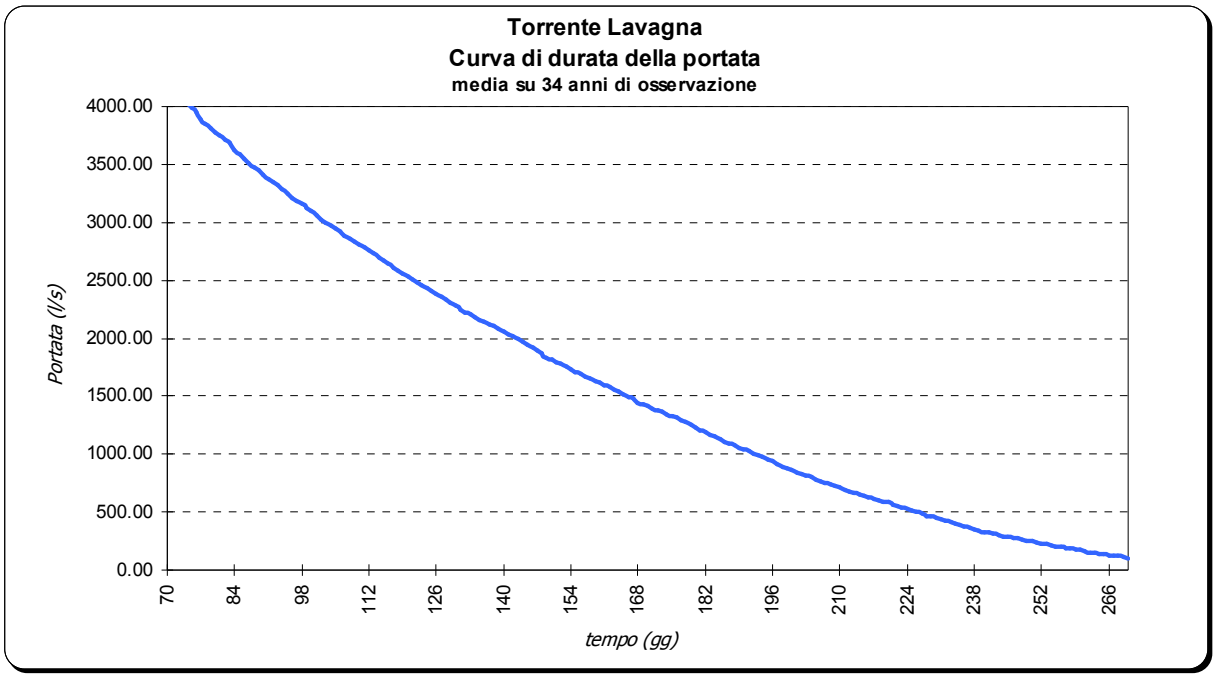
Curva di durata delle portate

L'elaborazione dei dati di pioggia giornalieri relativi alle stazioni pluviometriche di Scoffera, Madonna del Bosco e Neirone, per un periodo di osservazione pari a 34 anni (1959-1987, 1994-1998) secondo l'approccio metodologico appena proposto, ha portato alla determinazione della seguente curva di durata delle portate:



Tav. 11 –Torrente Lavagna – Curva di durata delle portate – Media su 34 anni di osservazione.

Di seguito viene proposto uno stralcio della curva sopra riportata che meglio inquadra l'area di interesse specifico:



Tav. 12 –Torrente Lavagna – Curva di durata delle portate – Media su 34 anni di osservazione.

Dalla curva sopra proposta si evince come il modello preveda periodi di assenza di portata, corrispondenti ai mesi estivi, ed un valore di portata massima pari a 70 m^3/s circa.

Considerando quanto fino a qui enunciato, si riportano di seguito i principali valori di interesse progettuale:

Q massima naturale [m^3/s]	71.20	da analisi dati di pioggia storici
Q media naturale [m^3/s]	3.11	da analisi dati di pioggia storici
Q media analitica [m^3/s]	2.76	da analisi del Piano di Bacino

3.1.4.1.3 IDROLOGIA ATTUALE

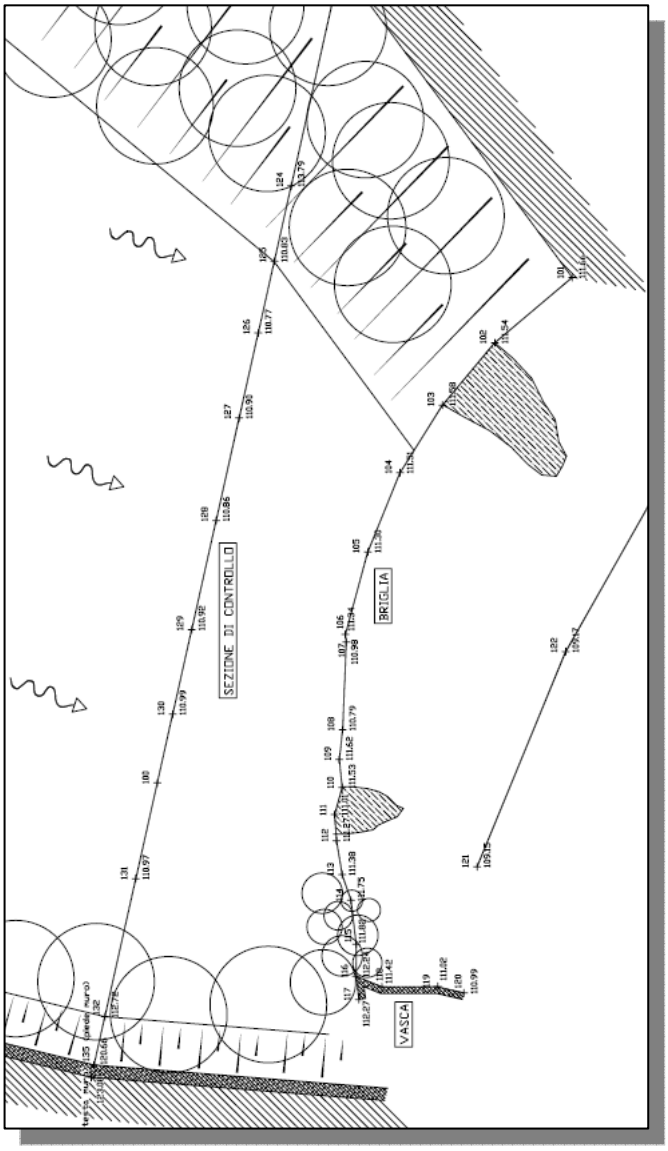
MISURE DIRETTE DI PORTATA

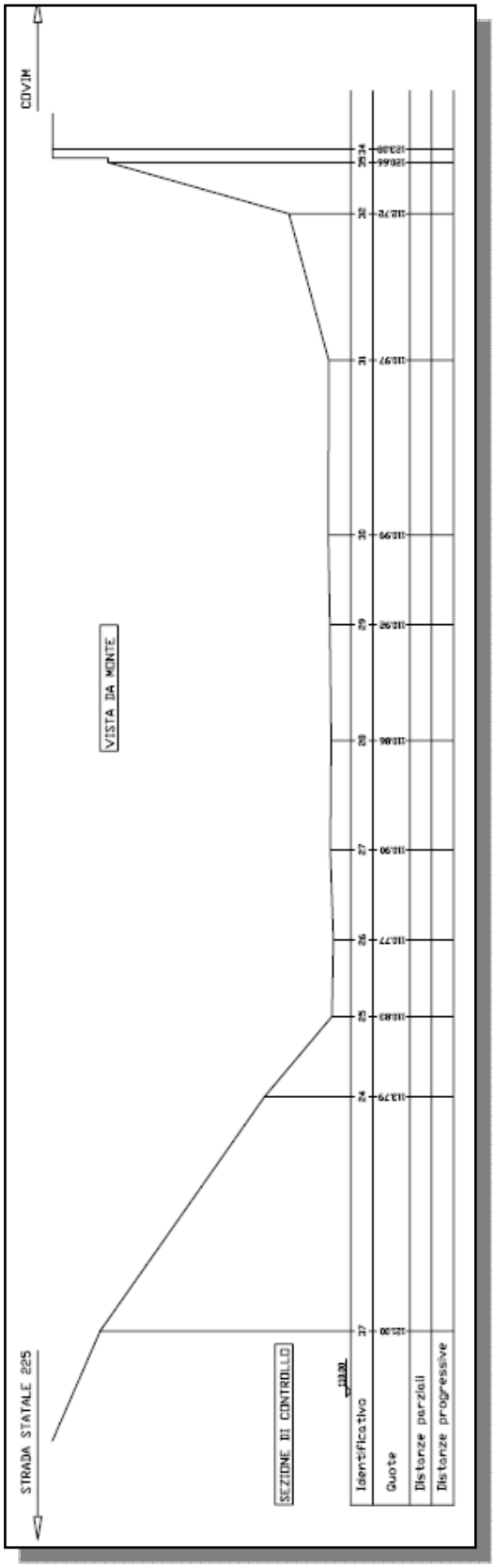
Al fine di fornire un'indicazione quantitativa attuale della portata e del comportamento del Torrente Lavagna in corrispondenza del punto di derivazione, è stato effettuato un monitoraggio della durata di un anno, con misure dirette di portata in alveo.

È stato eseguito un rilievo puntuale della sezione trasversale del corso d'acqua in corrispondenza del punto di misura prescelto, situato circa 20 m a monte della briglia – posizione in cui l'alveo risulta piuttosto regolare ed ampio per un tratto tale da poter considerare in prima approssimazione il moto dell'acqua uniforme - ed ivi sono state eseguite le misure di portata succitate.

Si propongono di seguito il rilievo plano- altimetrico della sezione di controllo, ed i dati forniti dalla campagna di misure.

Tav. 13 –Torrente Lavagna – Rilievo plano- altimetrico della sezione di controllo.





Tav. 14 –Torrente Lavagna – Sezione trasversale di controllo.

È stata rilevata tanto la sezione trasversale in corrispondenza della quale sono state effettuate le misure dirette di portata, quanto la briglia, posta circa 20 m a valle della sezione di controllo. Inoltre, per verifica del dislivello esistente, sono stati battuti due punti ai piedi della briglia.

A causa della fitta vegetazione non è stato possibile fornire un rilievo dettagliato della sponda sinistra, ma se ne è potuto ugualmente determinare l' andamento complessivo.

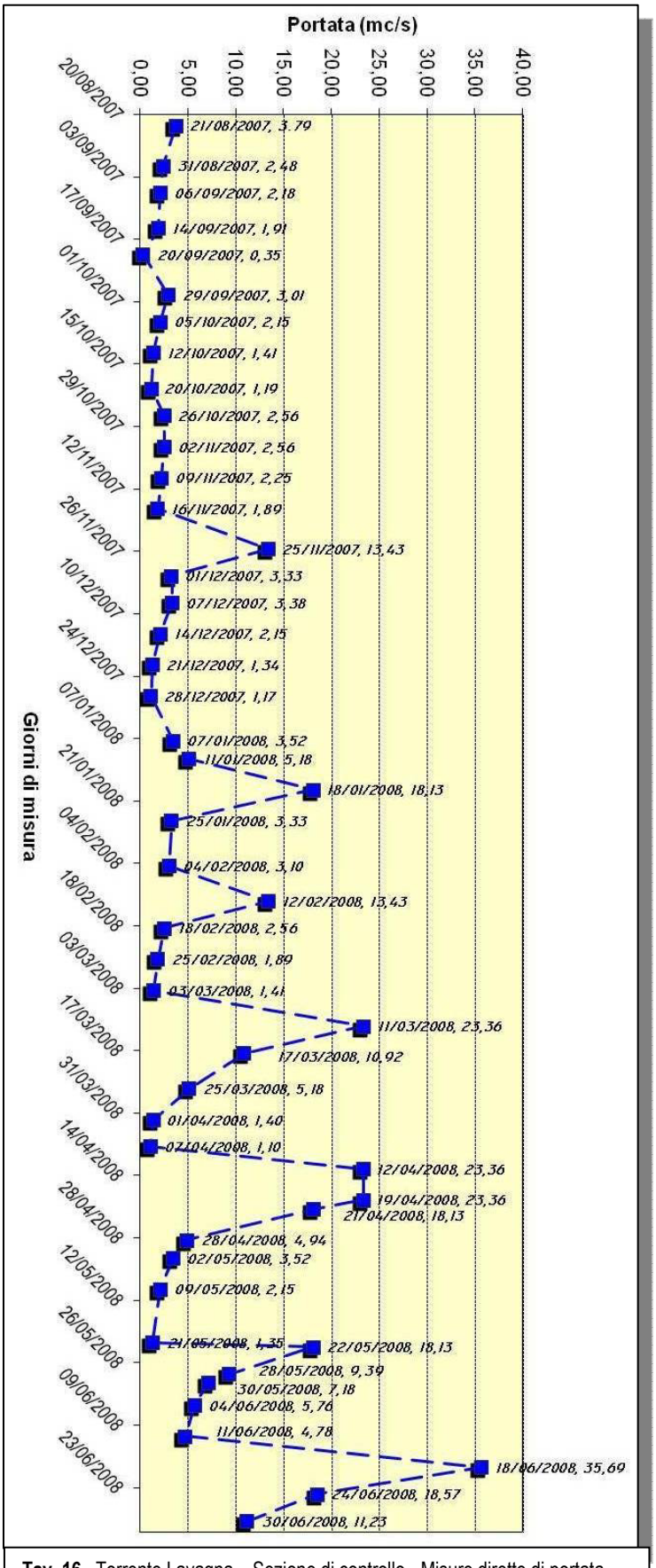
L'accesso alla briglia è permesso da un sentiero ubicato in sponda destra.

Data	Evento significativo	Data dell'evento significativo	Portata misurata [m^3/s]
22/08/2007	x	20-21/08/2007	3.79
31/08/2007	x	31/08/2007	2.48
06/09/2007	-	-	2.18
14/09/2007	-	-	1.91
20/09/2007	-	-	0.35
29/09/2007	x	28/09/2007	3.01
05/10/2007	-	-	2.15
12/10/2007	-	-	1.41
20/10/2007	-	-	1.19
26/10/2007	x	25-26/10/2007	2.56
02/11/2007	-	-	2.56
09/11/2007	-	-	2.25
16/11/2007	-	-	1.89
25/11/2007	x	22-23-24/11/2007	13.43
01/12/2007	-	-	3.33
07/12/2007	x	07/12/2007	3.38
14/12/2007	-	-	2.15
21/12/2007	-	-	1.34
28/12/2007	-	-	1.17
07/01/2008	x	nevicata	3.52
11/01/2008	-	-	5.18
18/01/2008	x	x	18.13
25/01/2008	-	-	3.33
04/02/2008	-	-	3.10

12/02/2008	x	11/02/2008	13.43
18/02/2008	-	-	2.56
25/02/2008	-	-	1.89
03/03/2008	-	-	1.41
11/03/2008	x	10/03/2008	23.36
17/03/2008	-	-	10.92
25/03/2008	-	-	5.18
01/04/2008	-	-	1.40
07/04/2008	-	-	1.10
12/04/2008	x	08-11/04/2008	23.36
19/04/2008	x	14-18/04/2008	23.36
21/04/2008	x	17-18/04/2008	18.13
28/04/2008	-	-	4.94
02/05/2008	-	-	3.52
09/05/2008	-	-	2.15
21/05/2008	-	-	1.35
22/05/2008	x	-	18.13
28/05/2008	-	-	9.39
30/05/2008	-	-	7.18
04/06/2008	-	-	5.76
11/06/2008	-	-	4.78
18/06/2008	x	14-18/06/2008	35.69
24/06/2008	-	-	18.57
30/06/2008	-	-	11.23

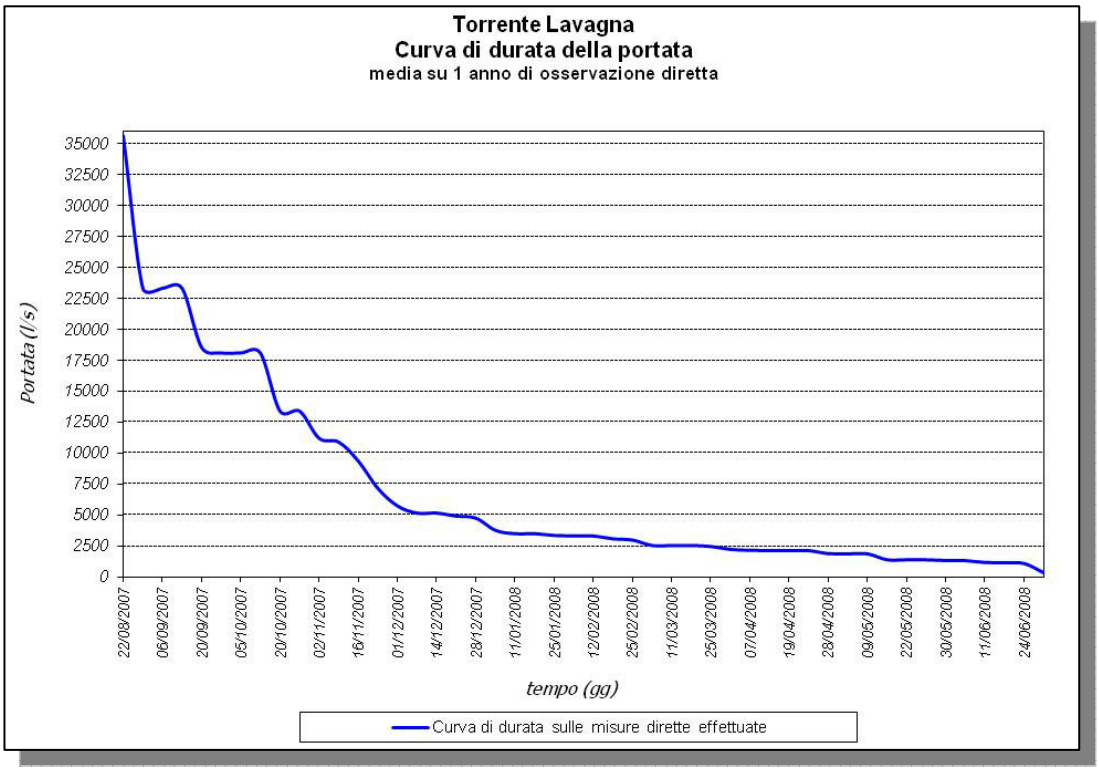
Tav. 15 –Torrente Lavagna – Sezione di controllo - Misure dirette di portata.

Le misure sono state effettuate con cadenza pressoché costante, settimanalmente, ponendo particolare attenzione agli eventi pluviometrici significativi – di cui si è data nota nella tabella sopra proposta.

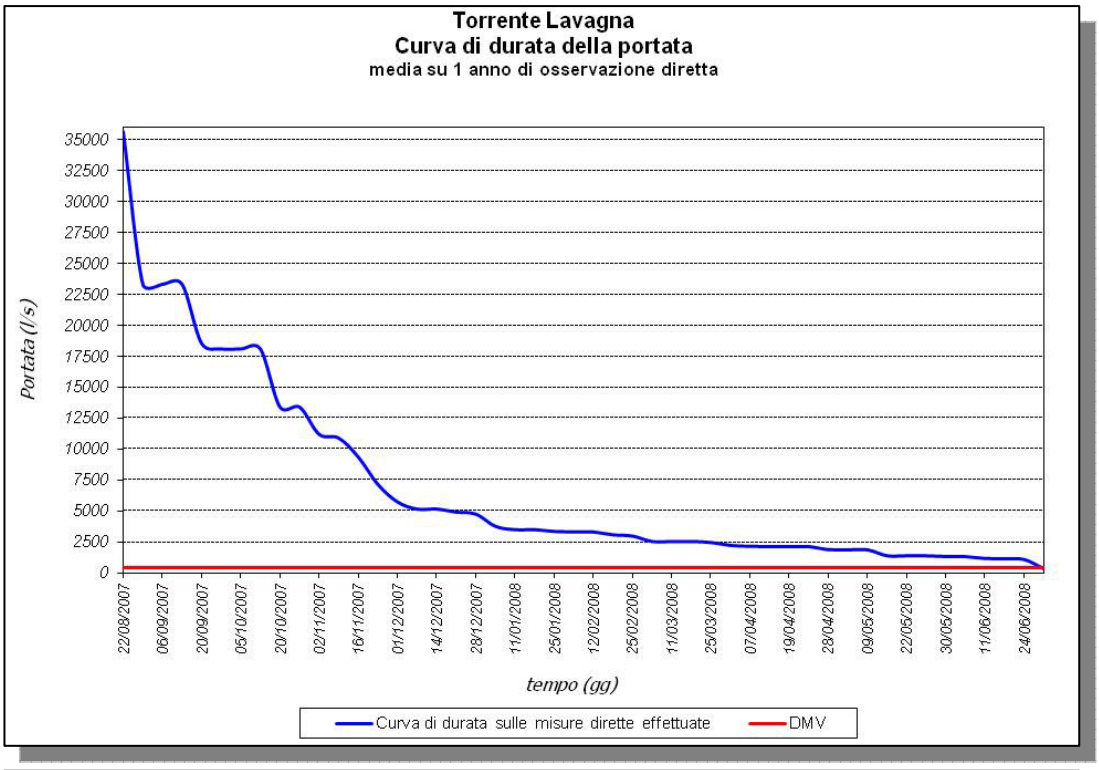


Tav. 16 –Torrente Lavagna – Sezione di controllo - Misure dirette di portata.

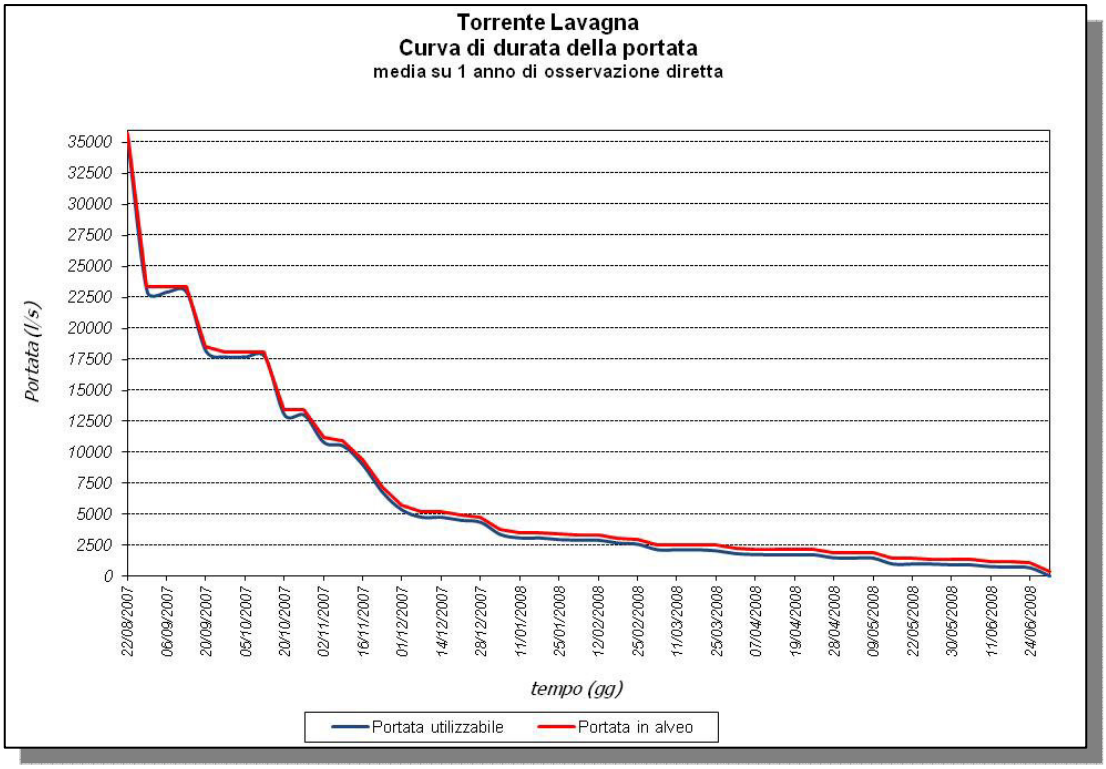
Lo studio delle misure effettuate ha permesso di rappresentare la curva di durata della portata presente in alveo e le analisi che di seguito si propongono:



Tav. 17 –Torrente Lavagna – Sezione di controllo - Misure dirette di portata – Curva di durata.



Tav. 18 –Torrente Lavagna – Sezione di controllo - Misure dirette di portata – Curva di durata – Portate misurate in alveo e e DMV = 0.443 m^3/s.



Tav. 19 –Torrente Lavagna – Sezione di controllo - Misure dirette di portata – Curva di durata – Confronto tra portate misurate in alveo e portate utilizzabili al netto del DMV.

I grafici sopra riportati espongono la risposta del Torrente Lavagna agli eventi pluviometrici occorsi (di cui però non è stato possibile avere le altezze di pioggia relative). Si nota come nell'anno durante il quale sono state effettuate le misure dirette in alveo (anno 2007-2008), la massima portata registrata sia stata quella del 18/06/2008, pari a 35.69 m^3/s, e la minima quella del 20/09/2007, pari a 0.35 m^3/s.

Considerando il Deflusso Minimo Vitale che si propone di garantire in alveo, pari a 0.443 m^3/s, si nota come tra il 22/08/2007 ed il 30/06/2008 la portata è risultata inferiore ad esso in una sola occasione. Anche se è verosinile che nelle giornate, soprattutto estive, che non sono state oggetto di misura si siano verificate portate inferiori al DMV, è altrettanto vero che la frequenza delle osservazioni dirette è stata tale da permettere di considerare ragionevole quanto sopra esposto.

In tabella, di seguito, si propone il confronto tra i valori di portata misurata e quelli che si sarebbero potuti derivare garantendo il DMV, pur rispettando la prescrizione di mantenere in alveo 1.00 m^3/s nel periodo Maggio-Giugno.

Risulta evidente, sulla base dei risultati ottenuti, la fattibilità della derivazione nelle more della salvaguardia dell'ecosistema fluviale esistente: se il regime pluviometrico ed il comportamento del Torrente Lavagna fossero rispecchiabili nei dati sotto riportati, il ripristino della Filanda, nei numeri propri del progetto che qui si propone, si dimostrerebbe non solo fattibile ma soprattutto sostenibile.

Data	Portata misurata [m^3/s]	DMV [m^3/s]	Portata derivabile [m^3/s]	Portata derivata [m^3/s]	Portata transitante in alveo [m^3/s]
22/08/2007	3.79	0.443	3.347	1.550	2.24
31/08/2007	2.48	0.443	2.037	1.550	0.93
06/09/2007	2.18	0.443	1.737	1.550	0.63
14/09/2007	1.91	0.443	1.477	1.477	**0.443**
20/09/2007	0.35	0.443	-	-	-
29/09/2007	3.01	0.443	2.567	1.550	1.46
05/10/2007	2.15	0.443	1.707	1.550	0.60
12/10/2007	1.41	0.443	0.967	0.967	**0.443**
20/10/2007	1.19	0.443	0.747	0.747	**0.443**
26/10/2007	2.56	0.443	2.117	1.550	1.01
02/11/2007	2.56	0.443	2.117	1.550	1.01
09/11/2007	2.25	0.443	1.807	1.550	0.70
16/11/2007	1.89	0.443	1.447	1.447	**0.443**
25/11/2007	13.43	0.443	12.987	1.550	11.88
01/12/2007	3.33	0.443	2.887	1.550	1.78
07/12/2007	3.38	0.443	2.937	1.550	1.83
14/12/2007	2.15	0.443	1.707	1.550	0.60
21/12/2007	1.34	0.443	0.897	0.897	**0.443**
28/12/2007	1.17	0.443	0.727	0.727	**0.443**
07/01/2008	3.52	0.443	3.077	1.550	1.97
11/01/2008	5.18	0.443	4.737	1.550	3.63
18/01/2008	18.13	0.443	17.687	1.550	16.58
25/01/2008	3.33	0.443	2.887	1.550	1.78
04/02/2008	3.10	0.443	2.657	1.550	1.55
12/02/2008	13.43	0.443	12.987	1.550	11.88
18/02/2008	2.56	0.443	2.117	1.550	1.01
25/02/2008	1.89	0.443	1.447	1.447	**0.443**
03/03/2008	1.41	0.443	0.967	0.967	**0.443**
11/03/2008	23.36	0.443	22.917	1.550	21.81
17/03/2008	10.92	0.443	10.477	1.550	9.37

25/03/2008	5.18	0.443	4.737	1.550	3.63
01/04/2008	1.40	0.443	0.957	0.957	**0.443**
07/04/2008	1.10	0.443	0.657	0.657	**0.443**
12/04/2008	23.36	0.443	22.917	1.550	21.81
19/04/2008	23.36	0.443	22.917	1.550	21.81
21/04/2008	18.13	0.443	17.687	1.550	16.58
28/04/2008	4.94	0.443	4.497	1.550	3.39
02/05/2008	3.52	1.000	3.077	1.550	1.97
09/05/2008	2.15	1.000	1.15	1.150	**1.00**
21/05/2008	1.35	1.000	0.35	0.350	**1.00**
22/05/2008	18.13	1.000	17.13	1.550	16.58
28/05/2008	9.39	1.000	8.39	1.550	7.84
30/05/2008	7.18	1.000	6.18	1.550	5.63
04/06/2008	5.76	1.000	4.76	1.550	4.21
11/06/2008	4.78	1.000	3.78	1.550	3.23
18/06/2008	35.69	1.000	34.69	1.550	34.14
24/06/2008	18.57	1.000	17.57	1.550	17.02
30/06/2008	11.23	1.000	10.23	1.550	9.68

Tav. 20 –Torrente Lavagna – Sezione di controllo - Misure dirette di portata – Tabella di analisi.

Analizzando l'ultima colonna a destra è dimostrabile come la risposta del Torrente Lavagna, nell'anno di misure, sia stato tale da permettere un'ipotesi ideale di sfruttamento quasi ininterrotto della risorsa idrica, arrivando a limitare la portata derivata per garantire il DMV indicato, solo 13 volte sulle 48 misure rilevate.

In realtà il fermo macchine, nei due mesi estivi, verrà dato comunque.

Si ribadisce come tutti i calcoli sopra proposti siano stati effettuati sulla base dell'approccio proposto dall'Autorità di Bacino del Fiume Magra, che interpreta il DMV nel senso più ampio, con lo scopo di tutelare la totalità degli "organismi acquatici, la funzionalità globale e la naturalità degli ecosistemi fluviali", e che a tal fine adotta il modello proposto dall' Autorità di Bacino del Po per i corsi d'acqua della Valtellina.

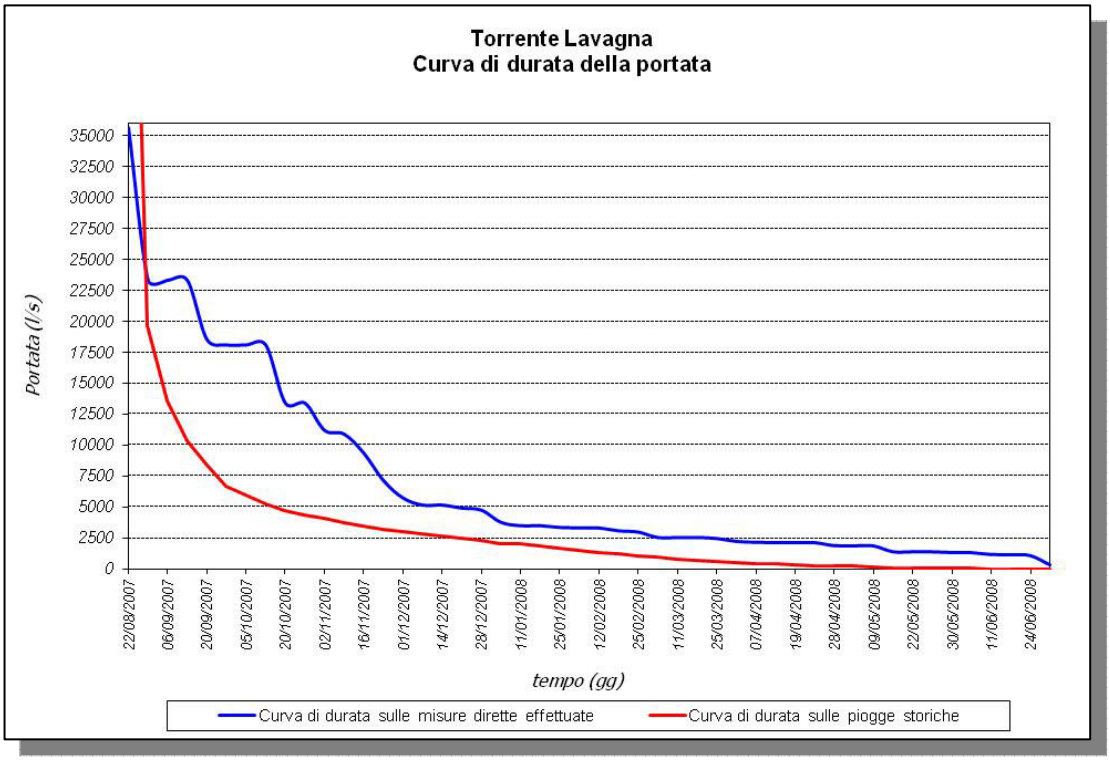
Si rimanda alle valutazioni ittiologico- ambientali del Dott. Ciuffardi ed alle indagini ambientali dello Studio Aquaterra per analisi più specifiche e dettagliate in merito.

CONFRONTO TRA DATI STATISTICI E MISURE REALI

Lo scopo della presente trattazione è, naturalmente, puramente indicativo, perché tale confronto non può avere valore statistico date le diverse scale temporali e spaziali su cui le due curve si basano; ma può fornire un'utile indicazione in merito al loro eventuale scostamento, fornendone una quantificazione numerica e comportamentale.

La curva di durata delle portate stimate in base ai dati storici pluviometrici è stata sovrapposta a quella ottenuta a partire dalle misure dirette di portata, distribuendone i valori in base alla stessa scala temporale.

Il risultato è riportato di seguito:



Tav. 21 –Torrente Lavagna – Confronto tra la curva di durata ottenuta a partire dai valori di portata direttamente misurati (anno 2007-2008), e la curva di durata ottenuta a partire dai dati pluviometrici storici (1959-1987, 1994-1998). La scala temporale considerata è quella delle misure dirette.

La curva di durata estrapolata dalle misure di portata è stata assunta, con un'approssimazione concordata con i tecnici dell'Ufficio V.I.A. della Regione Liguria, come rappresentativa del comportamento medio del tratto di corso d'acqua investigato.

Si può notare come i valori delle portate differiscano molto, da una curva all'altra: la prima, derivata dalle misure dirette in alveo, mostra valori decisamente più elevati, mentre la seconda, frutto di un'analisi a partire dai dati di pioggia storicamente rilevati, mostra un andamento più lineare e valori più contenuti. Naturalmente la prima curva fotografa il comportamento del Torrente Lavagna, chiuso in corrispondenza dell'opera di presa, durante un solo anno, pertanto le condizioni sono totalmente influenzate da una piovosità che non può essere mediata; la seconda curva invece rispecchia un'analisi pluriennale, pertanto ogni valore estremo viene mediato ed il comportamento complessivo linearizzato.

3.1.4.1.4 DEFLUSSO MINIMO VITALE

Essendo al momento della presentazione della domanda di concessione presso i competenti uffici della Provincia di Genova (***Pratica D/6246***) ancora in fase di studio, da parte della Provincia di Genova, il testo che normasse definizione e valutazione del DMV, si era fatto riferimento a quello previsto dall'Autorità di Bacino Interregionale del Fiume Magra.

Il Comitato Tecnico dell'Autorità di Bacino Regionale in data 15/03/2007 aveva espresso parere favorevole, con prescrizioni, all'avvio del procedimento per il rilascio di concessione di derivazione idrica (***Parere Prot. n. 42855 del 03/04/2007***), pertanto si ritiene opportuno confermare anche in questa sede il valore di DMV allora stimato, malgrado i più recenti studi a scala di bacino abbiano nel frattempo prodotto i risultati che nel seguito della trattazione verranno riportati.

Il DMV è la portata che deve scorrere effettivamente in alveo nel tratto compreso tra il punto di presa e quello di restituzione.

Tra i diversi approcci presenti in letteratura, l'Autorità di Bacino del Fiume Magra interpreta il DMV nel senso più ampio, con lo scopo di tutelare la totalità degli "organismi acquatici, la funzionalità globale e la naturalità degli ecosistemi fluviali", e a tal fine adotta il modello proposto dall' Autorità di Bacino del Po per i corsi d'acqua della Valtellina.-

Per meglio individuare e tarare i parametri più rappresentativi della natura del bacino idrografico, e per verificarne l'applicabilità, sono state effettuate numerose simulazioni su casi reali di domande di derivazione, testando diverse combinazioni dei valori di DMV specifico e dei parametri P,A, N, Lx e Mx.-

A seguito di tali simulazioni è stato scelto lo scenario ritenuto più soddisfacente e adeguato, sia perché tiene conto delle principali condizioni idrologiche, morfologiche ed ecologiche locali, sia perché è in grado di assegnare ad ogni parametro il peso corretto per rispettare l'importanza ecologica e le finalità di Piano volute dall'Autorità di Bacino stessa.-

Per le derivazioni ad uso idroelettrico, industriale o altri che non siano potabile ed irriguo, pertanto, la formula di calcolo cui si fa riferimento è la seguente:

$$DMV = S\ R_S\ P\ A\ Q_B\ Q_R\ N\ G\ L_{7,5} + M_{10}$$

dove S = superficie del bacino espressa in km^2

R_S = portata minima assoluta di rilascio proporzionale alla superficie del bacino sotteso dalla derivazione;

P = fattore che tiene conto dell'altezza media di precipitazione, espressa in mm;

A = fattore che tiene conto dell'altitudine media del bacino, espressa in m s.l.m.;

Q_B = fattore di qualità biologica del corso d'acqua;

Q_R =fattore di qualità delle acqua restituite;

N = fattore di naturalità, finalizzato a garantire una maggior tutela degli ambienti a più elevata naturalità, imponendo rilasci più elevati alle derivazioni che interessano aree di maggior pregio ambientale;

G = fattore geomorfologico, che consente di adeguare l'entità dei rilasci alla morfologia dell'alveo;

$L_{7,5}$ =fattore di lunghezza, che tiene conto della distanza tra il punto di presa e quello i restituzione;

M_{10} = fattore di modulazione di portata, finalizzato a garantire all'alveo una se pur minima variazione di portata che caratterizza in generale un corso d'acqua allo stato naturale, quando non sottoposto a prelievi.

$R_{specifico}$ (Rilascio Specifico)

Dopo aver sperimentato i valori 3 – 2.5 – 2.2 – 2 – 1.6, l'Autorità di Bacino ha adottato il valore più basso:

$$R_{specifico} = 1.6 \text{ l/s/km}^2$$

Fattore P (Precipitazioni)

Le classi da utilizzare sono le seguenti:

Precipitazioni medie bacino sotteso alla derivazione (mm/anno)	***Fattore P***
< 1200	1
1200 – 1400	1.2
1400 – 1600	1.4
1600 – 1800	1.6
>1800	1.8

Fattore A

Non avendo l'Autorità di Bacino del Po ancora avanzato alcuna proposta, quella del Magra ha individuato i seguenti valori:

Altitudine media bacino (m s.l.m.)	***Fattore A***
0 – 400	1.2
400 - 600	1.0
600 - 800	1.1
> 800	1.2

Si noti come il fattore A assuma i valori più elevati in corrispondenza degli estremi: la finalità perseguita dall'Autorità di Bacino è quella di tenere conto della riduzione dei deflussi tanto alle quote più alte a causa delle precipitazioni nevose, quanto a quelle più basse a causa delle maggiori evapotraspirazione ed infiltrazione in falda.-

Fattore Q_B (Qualità Biologica del corso d'acqua)

I valori associati al fattore Q_B, uno per ogni classe di qualità, sono 5, e sono stati assegnati in base alla qualità biologica misurata con l'Indice Biotico Esteso (IBE), metodo basato sullo studio della struttura delle comunità di macroinvertebrati che colonizzano i substrati fluviali:

Classe di qualità biologica (Metodo IBE)	***Fattore Q_B***
1^ (non inquinato)	1.0
2^ (leggermente inquinato)	1.1
3^ (inquinato)	1.2
4^ (nettamente inquinato)	1.3
5^ (fortemente inquinato)	1.4

Si può notare come tale scala prediliga le derivazioni di acque di buona qualità ed imponga invece rilasci maggiori nel caso di derivazioni di acque inquinate.

Questo è dovuto al fatto che in caso di acque inquinate è necessaria una diluizione maggiore degli inquinanti presenti, ed è pertanto necessario un rilascio maggiore di quanto invece non venga prescritto per acque pulite.

Tale norma persegue anche lo scopo di stimolare eventuali azioni di risanamento e mantenimento della qualità delle acque, col vantaggio di associare il miglioramento della qualità ecologica di un corso d'acqua con un incremento produttivo.-

Fattore Q_R (Qualità delle Acque Restituite)

La qualità delle acque restituite viene valutata attraverso un programma di controlli analitici che l'Autorità competente al rilascio della concessione ed alla sua vigilanza può eventualmente prescrivere.-

Si fa riferimento alla Tabella 7 (Livello di inquinamento espresso dai macrodescrittori) dell'All. 1 al D. Lgs. N. 152/99. Le analisi di cui sopra vengono effettuate su campioni d'acqua prelevati tanto a monte dell'opera di presa quanto a valle della restituzione: in base alla Tab. 7 si stabilisce il livello di inquinamento delle acque prelevate e restituite, e in base al numero di livelli di caduta della qualità dell'acqua si ricava il fattore Q_R:

Peggioramento registrato (n. livelli di inquinamento)	*Fattore Q_R*
0	1.0
1	1.2
2	1.4
3	1.6
4	1.8

Per la valutazione dello stato chimico, inoltre, vengono presi in considerazione, in funzione del tipo di utilizzo delle acque, uno o più dei macroinquinanti presenti nella Tab. 1 dell'All.1 al succitato Decreto Legislativo.

Sulla base dei risultati si perviene ad un giudizio finale che può essere buono, scadente o pessimo: nel caso di giudizio scadente o pessimo il valore di Q_R andrà moltiplicato per 1.5 o 2 rispettivamente.

Fattore N (Naturalità)

E' il fattore finalizzato alla protezione degli ambienti a più elevata naturalità, e impone rilasci maggiori alle derivazioni che interessano le aree di maggior pregio ambientale.

Per la sua definizione si applicano due metodi, il primo per l'ambiente fluviale ed il secondo per i sistemi ambientali che caratterizzano il territorio circostante; in ciascuno dei due casi si definisce un indice di naturalità, il più elevato dei quali andrà a determinare il fattore N complessivo.

- *Indice di naturalità per l'ambiente fluviale*

La valutazione viene effettuata applicando l'IFF (Indice di Funzionalità Fluviale) secondo la tabella seguente:

IFF	*Livello di Funzionalità*	*Giudizio*	*Indice di Naturalità*
261 – 300	I	Ottimo	5
251 – 260	I – II	Ottimo / buono	4
201 – 250	II	Buono	4
181 – 200	II – III	Buono / mediocre	3
121 – 180	III	Mediocre	3
101 – 120	III – IV	Mediocre / scadente	2
61 – 100	IV	Scadente	2
51 – 60	IV – V	Scadente / pessimo	1
14 - 50	V	Pessimo	1

Naturalmente nel tratto in esame si considera l'indice di naturalità più elevato riscontrato.-

Nel caso in cui tra il punto di derivazione e quello di restituzione si immetta un affluente con superficie cumulativa del bacino pari ad almeno metà della superficie del bacino sotteso all'opera di presa, si considera solo il tratto compreso tra il punto di presa e tale affluente.

- *Indice di naturalità per i sistemi ambientali che caratterizzano il territorio circostante*

In questo caso vengono considerati i versanti che insistono sul tratto di corso d'acqua considerato, e si effettua una valutazione sulla base del rapporto tra vegetazione reale e potenziale, secondo la tabella seguente:

Valore	***Classe***	***Caratteristiche ambientali***	***Indice di naturalità***
55	I	Ambienti a naturalità ottima (corrispondenti alla vegetazione potenziale: climax, subclimax, paraclimax, pseudoclimax e comunità prossime al climax)	5
20	II	Ambienti a naturalità forte (formazioni o stadi nella serie potenziale)	4
8	III	Ambienti seminaturali (arbusteti e boschi di chiara origine antropica: pinete, cedui di castagno, boscaglie degradate, ecc.)	3
2	IV	Ambienti a naturalità debole (pioppeti, oliveti, castagneti da frutto, orti, ecc.)	2
1	V	Ambienti artificiali con coperture vegetali (giardini, parchi urbani, ecc.)	1
0	-	Ambienti estremamente artificiali con copertura vegetale assente (città, strade, cave, discariche)	1

La definizione del fattore N si ottiene effettuando una media ponderata, moltiplicando i valori rilevati per le singole tipologie di vegetazione per la percentuale di superficie occupata da ciascuna di esse.

- *Fattore N*

Si ricava dalla seguente tabella, utilizzando l'indice di naturalità più elevato fra quelli ottenuti con i due metodi sopra esposti:

Indice di Naturalità	*Fattore N*
1 aree antropizzate fortemente compromesse	1
2 aree antropizzate ma con possibilità di naturalizzazione	1.15
3 aree naturali / seminaturali con evidenti interventi antropici	1.30
4 aree naturali / seminaturali	1.45
5 aree naturali di grande pregio	1.60

Il fattore N sarà aumentato di 0.1 nel caso in cui il tratto di corso d'acqua interessato ricada nell'areale trofico- riproduttivo di "specie ombrello" di interesse comunitario (aquila, lupo, ecc.).

Fattore G (Geomorfologico)

Attualmente il valore di questo fattore è stato fissato pari a 1, in quanto considerato ininfluente, alla luce dell'attuale livello di approfondimento disponibile delle conoscenze sulle caratteristiche del bacino, nel calcolo del DMV.

In realtà esso dovrebbe consentire di adeguare l'entità dei rilasci alla morfologia dell'alveo, tenendo anche conto dello spessore del materasso alluvionale, delle condizioni geomorfologiche dei versanti, della presenza di coltri incoerenti e di corpi detritici i di frana, ecc.

Fattore L $_{7.5}$ (Lunghezza)

Questo fattore è stato introdotto per tener conto della distanza tra l'opera di presa ed il punto di restituzione delle acque, e per favorire le derivazioni che, restituendo l'acqua a breve distanza, esercitino un impatto su tratti di alveo il più brevi possibile:

$$L_{7,5} = 1+ (D \times 0.075)$$

Questo sta a significare che per ogni chilometro di distanza (D) tra presa e restituzione, il fattore L7,5 aumenta del 7,5 % la portata da rilasciare in alveo.

Il fattore $L_{7,5}$ rispecchia la volontà dell'Autorità di Bacino del Magra di favorire l'utilizzo idroelettrico nelle situazioni più vocate, dove cioè elevata pendenza o portata consentono restituzioni a più breve distanza, riducendo l'estensione lineare dell'impatto ambientale dell'intervento.

Nel caso in cui nel tratto considerato si immetta un affluente di rilievo (con superficie cumulativa del bacino pari ad almeno la metà della superficie del bacino sotteso l'opera di presa, e privo di derivazioni che

trasferiscano le acque ad altri sottobacini senza restituirle al corso d'acqua stesso) è possibile richiedere una riduzione del fattore $_{L7,5}$.

Il Comitato Tecnico dell'Autorità di Bacino esprime parere vincolante e obbligatorio sull'ammissibilità della richiesta, è fissa un valore del fattore $L_{7,5}$ commisurato agli effettivi apporti degli affluenti e alla loro distanza dall'opera di presa.

Fattore M_{10} (Modulazione di Portata)

Lo scopo dell'introduzione di questo fattore è stato quello di garantire all'alveo almeno una percentuale delle variazioni di portata che caratterizzano il regime idrologico naturale e che influenzano i cicli biologici degli organismi e della vegetazione spondale:

$$M_{10} = 0.1\ (Q_{naturale} - DMV_{NonModulato})$$

La modulazione di portata è posta dunque pari al 10 % della differenza tra la portata naturale ed il DMV senza modulazione.

Nel caso in esame i valori sono i seguenti, tenuto conto delle peculiarità del Torrente Lavagna:

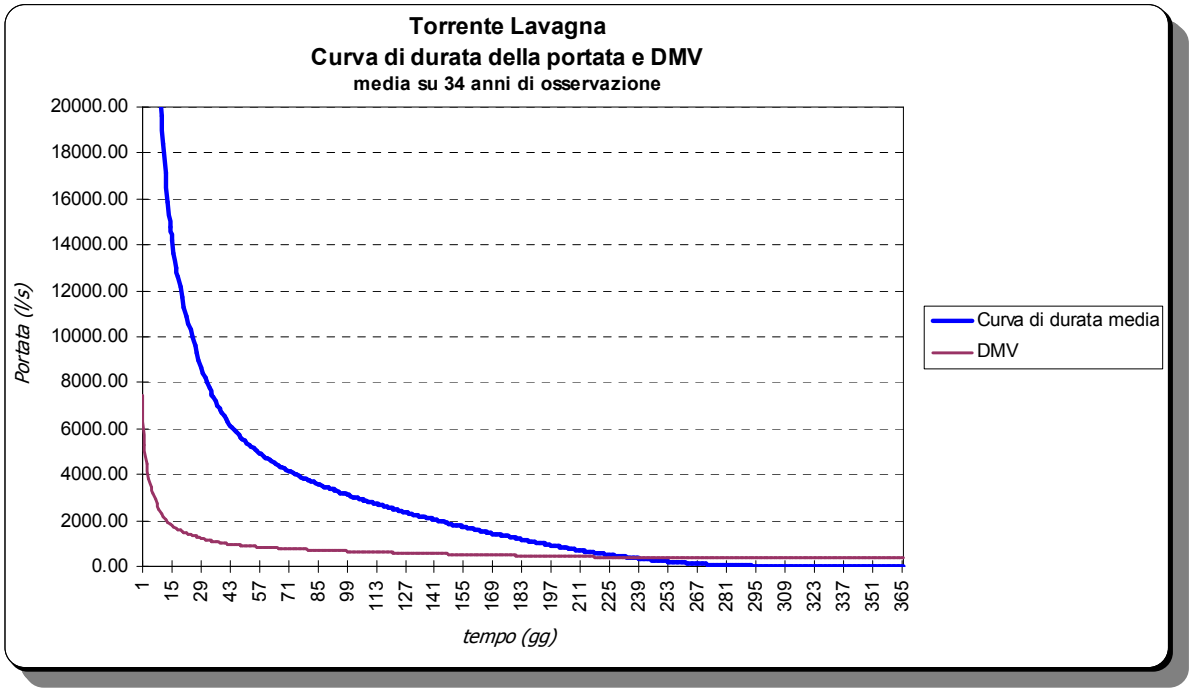
Precipitazione [mm/anno]	1812.3	$R_{specifico}$ [l/s/km^{2}]	1.6
Altitudine bacino [m s.l.m.]	623.63	Fattore P	1.8
Classe qualità biologica	1^	Fattore A	1.1
Peggioramento acque	0	Fattore Q_B	1
IFF	260	Fattore Q_R	1
Valore di naturalità	20	Fattore N	1.45
Indice di naturalità	4	Fattore G	1
Lunghezza presa - restituzione [km]	2.075	Fattore $L_{7,5}$	1.16
S_{bacino} [km^{2}]	67.06	$DMV_{non\ modulato}$ [l/s]	355.99
		Fattore M_{10} [l/s]	77.62
DMV [l/s] 433.61			

Applicando dunque la formula proposta al principio del capitolo, si ricava un valore medio indicativo di DMV pari a 433.61 l/s.-

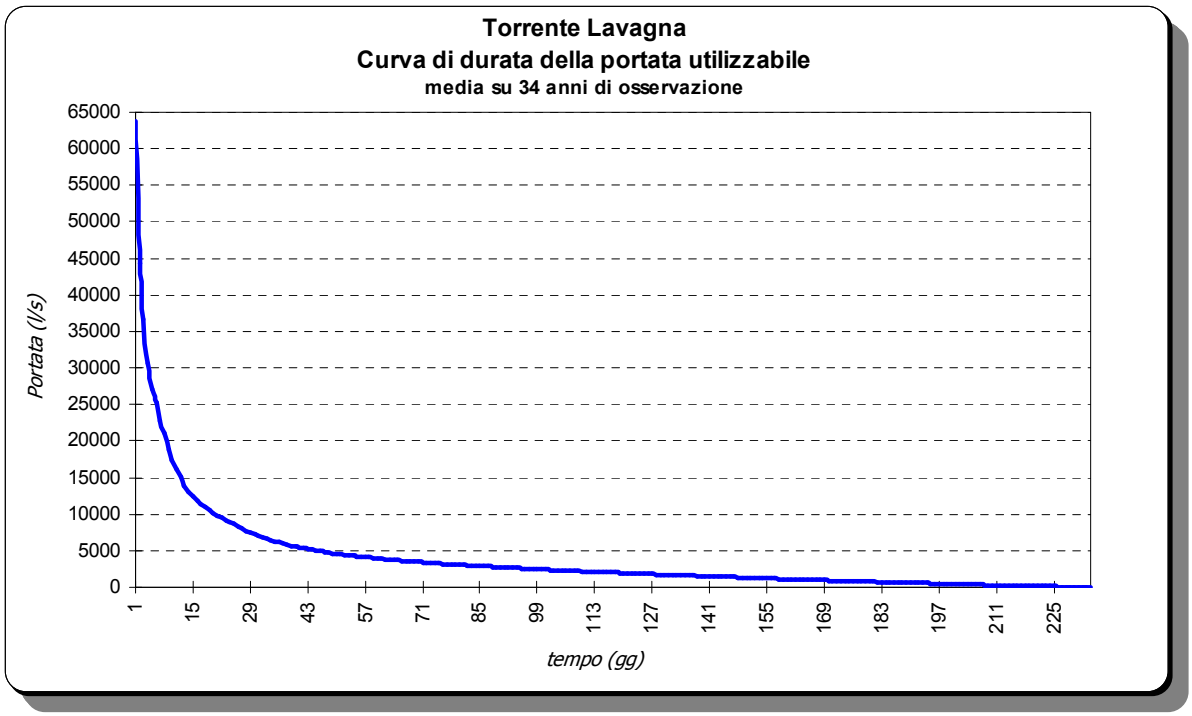
Si fa notare come nel caso in esame non sia stata eseguita alcuna analisi per la stima del fattore N: pertanto la sua valutazione è stata effettuata in termini del tutto cautelativi, utilizzando il secondo valore di Indice di Naturalità più elevato (pari a 4, cui corrisponde N = 1.45).

Si è deciso invece di considerare comunque pari a 1 i fattori Q_R e Q_B, poiché la derivazione avviene in un tratto sufficientemente elevato del corso d'acqua da poterlo ritenere in ottima approssimazione non inquinato; inoltre per definizione un impianto idroelettrico non altera in alcun modo la qualità delle acque utilizzate, e pertanto non si ritiene di poter registrare alcun peggioramento del livello di inquinamento delle acque stesse.-

Di seguito si riporta l'andamento del DMV così valutato confrontato con la curva di durata delle portate, e la curva di durata della portata effettivamente utilizzabile, tenendo conto, appunto, della necessità di mantenere in alveo il DMV:



Tav. 13 –Torrente Lavagna – Curva di durata delle portate e DMV – Media su 34 anni di osservazione.



Tav. 14 –Torrente Lavagna – Curva di durata delle portate utilizzabili – Media su 34 anni di osservazione.

Il calcolo del DMV, considerate valide le ipotesi di lavoro assunte, permette di stabilire a priori la quantità minima di portata che dovrà comunque essere garantita in alveo.

Occorre inoltre sottolineare che il Comitato Tecnico Provinciale (di cui si allega copia del parere – Pratica D/6246), fornendo parere favorevole all'ammissione della domanda di concessione all'istruttoria prevista dalla normativa vigente, ha prescritto, tra le altre condizioni, "la regolazione automatica del prelievo al fine di garantire il rispetto della portata limite stabilita in 433 l/s. Al di sotto del valore di 433 l/s di portata naturale il prelievo deve essere sospeso".

Pertanto tali accorgimenti tecnico- costruttivi verranno posti in atto, e contribuiranno alla determinazione ed al controllo delle modalità ed entità di captazione della portata naturale. Verrà così garantito, istante per istante, il DMV, aspetto fondamentale per il rilascio delle autorizzazioni necessarie e la salvaguardia della qualità delle acque e delle specie viventi.

CONFRONTO CON LA NORMATIVA VIGENTE

La Provincia di Genova nel Piano di Bacino Stralcio sul Bilancio Idrico relativo al bacino del Fiume Entella, approvato con D.C.P. n. 19 del 15/04/2009, ha fornito uno studio contenente la definizione del bilancio idrico e del DMV relativi a diversi tratti dei corsi d'acqua compresi nel bacino del Fiume.

In particolare, due sezioni sono relative al Torrente Lavagna: la n. 10 e la n. 17, rispettivamente caratterizzate da bacini con superficie pari a 165.39 km^2 e 18.08 km^2. Si riportano di seguito le principali grandezze di interesse:

Sez. 17		***Sez. 10***	
Q media [m^3/s]	0.78	Q media [m^3/s]	6.47
DMV [m^3/s]	0.0668	DMV [m^3/s]	0.5321
PORTATA MEDIA MENSILE			
Gen	1.3275	Gen	8.6751
Feb	1.0456	Feb	8.4091
Mar	1.0198	Mar	8.2770
Apr	0.8589	Apr	7.6585
Mag	0.5911	Mag	6.5233
Giu	0.1443	Giu	4.8163
Lug	0.0000	Lug	3.5380
Ago	0.0527	Ago	2.8534
Set	0.5352	Set	3.8276
Ott	1.1630	Ott	6.4104
Nov	1.4395	Nov	8.0987
Dic	1.1819	Dic	8.5081

Facendo riferimento ai dati sopra riportati, è stata effettuata una stima degli stessi relativi al bacino chiuso alla briglia di derivazione, che sottende un bacino, come già ampiamente specificato, di superficie pari a 67.06 km^2.

Di seguito si riferiscono i calcoli eseguiti ed i risultati ottenuti:

Mese	**S**pdb [km2]	**Q**pdb [m3/s]	**S**fil [km2]	**Q**fil [m3/s]
gen	18,08	1,3275	67,06	4,9238
feb	18,08	1,0456	67,06	3,8782
mar	18,08	1,0198	67,06	3,7825
apr	18,08	0,8589	67,06	3,1857
mag	18,08	0,5911	67,06	2,1924
giu	18,08	0,1443	67,06	0,5352
lug	18,08	0,0000	67,06	0,0000
ago	18,08	0,0527	67,06	0,1955
set	18,08	0,5352	67,06	1,9851
ott	18,08	1,1630	67,06	4,3136
nov	18,08	1,4395	67,06	5,3392
dic	18,08	1,1819	67,06	4,3838

Mese	**S**pdb [km2]	**Q**pdb [m3/s]	**S**fil [km2]	**Q**fil [m3/s]	**Q**Filanda
gen	165,39	8,6751	67,06	3,5175	4,2206
feb	165,39	8,4091	67,06	3,4096	3,6439
mar	165,39	8,2770	67,06	3,3560	3,5693
apr	165,39	7,6585	67,06	3,1053	3,1455
mag	165,39	6,5233	67,06	2,6450	2,4187
giu	165,39	4,8163	67,06	1,9528	1,2440
lug	165,39	3,5380	67,06	1,4345	0,7173
ago	165,39	2,8534	67,06	1,1570	0,6762
set	165,39	3,8276	67,06	1,5520	1,7685
ott	165,39	6,4104	67,06	2,5992	3,4564
nov	165,39	8,0987	67,06	3,2837	4,3115
dic	165,39	8,5081	67,06	3,4497	3,9167

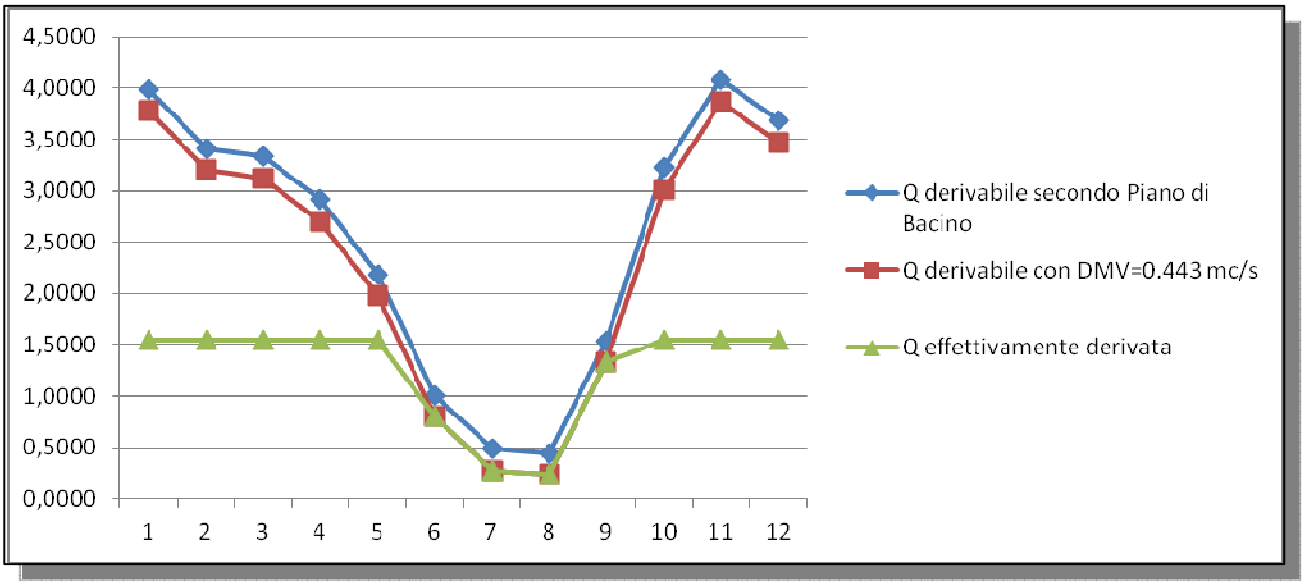
Mese	**S**pdb [km2]	**DMV**pdb [m3/s]	**S**fil [km2]	**DMV**fil [m3/s]
gen	18,08	0,0668	67,06	0,2478
feb	18,08	0,0668	67,06	0,2478
mar	18,08	0,0668	67,06	0,2478
apr	18,08	0,0668	67,06	0,2478
mag	18,08	0,0668	67,06	0,2478
giu	18,08	0,0668	67,06	0,2478
lug	18,08	0,0668	67,06	0,2478
ago	18,08	0,0668	67,06	0,2478
set	18,08	0,0668	67,06	0,2478
ott	18,08	0,0668	67,06	0,2478
nov	18,08	0,0668	67,06	0,2478
dic	18,08	0,0668	67,06	0,2478

Mese	**S**pdb [km2]	**DMV**pdb [m3/s]	**S**fil [km2]	**DMV**fil [m3/s]	**DMV**Filanda
gen	165,39	0,5321	67,06	0,2157	0,2318
feb	165,39	0,5321	67,06	0,2157	0,2318
mar	165,39	0,5321	67,06	0,2157	0,2318
apr	165,39	0,5321	67,06	0,2157	0,2318
mag	165,39	0,5321	67,06	0,2157	0,2318
giu	165,39	0,5321	67,06	0,2157	0,2318
lug	165,39	0,5321	67,06	0,2157	0,2318
ago	165,39	0,5321	67,06	0,2157	0,2318
set	165,39	0,5321	67,06	0,2157	0,2318
ott	165,39	0,5321	67,06	0,2157	0,2318
nov	165,39	0,5321	67,06	0,2157	0,2318
dic	165,39	0,5321	67,06	0,2157	0,2318

Spdb = Area sottesa fornito da Piano di Bacino; **S**fil = Area sottesa alla briglia di derivazione; **Q**pdb = portata fornita dal Piano di Bacino; **Q**fil = portata mediata; **Q**Filanda = portata stimata; **DMV**pdb = deflusso minimo vitale fornito dal Piano di Bacino; **DMV**fil = deflusso minimo vitale mediato; **DMV**Filanda = deflusso minimo vitale stimato.

DMV1	Q1	DMV2	Q2	Q2derivata
0,2318	3,9889	0,4430	3,7776	1,5500
0,2318	3,4121	0,4430	3,2009	1,5500
0,2318	3,3375	0,4430	3,1263	1,5500
0,2318	2,9137	0,4430	2,7025	1,5500
0,2318	2,1869	0,4430	1,9757	1,5500
0,2318	1,0123	0,4430	0,8010	0,8010
0,2318	0,4855	0,4430	0,2743	0,2743
0,2318	0,4445	0,4430	0,2332	0,2332
0,2318	1,5368	0,4430	1,3255	1,3255
0,2318	3,2247	0,4430	3,0134	1,5500
0,2318	4,0797	0,4430	3,8685	1,5500
0,2318	3,6850	0,4430	3,4737	1,5500

DMV1 = deflusso minimo vitale fissato da Piano di Bacino; **Q1** = portata derivabile da Piano di bacino; **DMV2** = deflusso minimo vitale stimato in sede di richiesta di concessione, e **ADOTTATO**; **Q2** = portata derivabile stimata in funzione dei calcoli sopra riportati; **Q2derivata** = portata che verrà **DERIVATA.**



Tav. 15 –Torrente Lavagna – Confronto tra la portata derivabile ricavata dalle analisi del Piano di Bacino con DMV=0.2318 m^3/s, la portata derivabile ottenuta a partire dai dati del Piano di Bacino ma mantenendo in alveo DMV=0.443 m^3/s, e portata effettivamente derivata.

Quanto sopra rende evidente come il mantenimento del valore di DMV calcolato come prima riportato - secondo le direttive stabilite dall'Autorità di Bacino del Fiume Magra - e poste in essere al momento della presentazione della domanda di concessione, rendano la curva della portata derivabile più bassa rispetto a quella derivata dall'analisi dei dati del Piano di Bacino.

Le analisi del Piano di Bacino, infatti, fissano a 2.7574 m^3/s la portata media derivabile nel caso di bacino sotteso di superficie pari a 67.06 km^2 e considerando un DMV1 pari a 0.2318 m^3/s; mantenendo invece valido il valore di DMV2 calcolato in fase di domanda di concessione, pari a 0.4430 m^3/s, la portata media derivabile scende a 2.3144 m^3/s, garantendo uno sfruttamento della risorsa idrica più conservativo, in termini naturalistici, e meno impattante sulla vita dell'asta di torrente sottesa alle opere idrauliche.

CONFRONTO TRA VALORI DI DMV STIMATI

Il presente documento intende fornire una panoramica il più possibile esaustiva anche degli studi già effettuati a corollario del progetto, che dello stesso fanno parte integrante ed a cui si allegano. Pertanto si riporta di seguito un confronto tra i diversi valori di DMV stimati negli elaborati a firma Dott. Luca Ciuffardi, in quelli a firma Studio Aquaterra - Studio Associato di Enrico Pini Prato e Sebastian Schweizer ed in quelli, sopra citati, presentati a supporto della domanda di concessione.

DMV_C [l/s]	250.80
DMV_A [l/s]	443.00 – 1000.00
DMV_{PdB}	231.80
DMV_{Conc} [l/s]	443.00

Tav. 16 –Torrente Lavagna – Confronto tra i diversi valori di DMV fissati nelle diverse fasi di studio. **DMV_C** = valore di DMV stimato negli studi ittiologici a cura del Dott. Luca Ciuffardi **DMV_A** = valore di DMV stimato negli studi naturalistici a cura di Aquaterra **DMV_{PdB}** = valore di DMV stimato negli studi del Piano di Bacino Torrente Lavagna **DMV_{Conc}** = valore di DMV fissato in sede di domanda di concessione

Tale disparità di valori discende dalla diversa tipologia di metodi utilizzata, e di conseguenza dai diversi parametri entrati in gioco: ad esempio il DMV_C è stato stimato secondo la metodologia indicata dall'Autorità di Bacino del Fiume Po, mentre DMV_{Conc} secondo quella dell'Autorità di Bacino del Fiume Magra.

Si sottolinea come le differenti analisi abbiano portato a evidenziare che il valore di DMV presentato in sede di domanda di concessione, e naturalmente qui confermato, proponga una portata garantita quasi doppia rispetto a quelle stimate tanto dal Dott. Ciuffardi quanto dagli studi del Piano di Bacino.

Per quanto attiene la valutazione dello Studio Aquaterra, il range di portata indicato è legato al fatto che le indagini ambientali sono state rivolte alla verifica del DMV da noi proposto e non tanto alla stima di un valore specifico. Pertanto il parametro DMV = 0.443 m^3/s viene confermato. La proposta tecnica aggiuntiva consiste nel garantire in alveo una portata pari a 1.00 m^3/s nel tipico periodo riproduttivo dei Ciprinidi reofili (Maggio – Giugno). Tale indicazione verrà rispettata.

INTERAZIONI ITTIOLOGICO- IDRAULICHE

A seguito degli approfondimenti proposti dal Dott. Ciuffardi, è stata stabilita la necessità di garantire un tirante idrico minimo, necessario alla conservazione dei popolamenti ittici e macrobentonitici, stimato in 40 cm circa.

Sulla base di quanto sopra ed in osservanza delle valutazioni geologiche e naturalistico- ambientali, sono state prese in considerazione tre sezioni – una volta investigati geomorfologicamente quattro tratti (riportati all'Allegato 1), e stabilite tre stazioni IFF per gli aspetti naturalistico- ambientali (le cui valutazioni sono riportate all'Allegato 2).

In corrispondenza di ciascuna sezione è stato quindi stimato il tirante idrico (vedi *Schede Tecniche Riassuntive* allegate), nelle seguenti condizioni:

- Pendenza costante nel tratto investigato
- Corrente a pelo libero
- Alveo cilindrico
- Superficie libera parallela al fondo
- Condizioni di moto uniforme

I valori di portata utilizzati sono stati i seguenti:

- La massima portata misurata, pari a **36 m^3/s** circa;
- Il valore di DMV già accettato dal Comitato Tecnico Provinciale, pari a **0.43 m^3/s** circa;
- Il valore di DMV fornito in sede di Valutazioni Ittiologico- Ambientali, pari a **0.30 m^3/s** circa.

I risultati della modellazione vengono proposti nelle *Schede Tecniche Riassuntive* allegate.

Per gli approfondimenti si rimanda alle Relazioni a firma Dott. Ciuffardi e Studio Aquaterra.

3.1.4.1.5 IDROLOGIA PREVISTA ALLA SEZIONE DI PRESA

Nella tabella sottoriportata si illustra lo scenario idrologico teorico ottenuto:

- applicando la metodoligia SOPRARIPORTATE per la determinazione delle portate naturali presenti in alveo;
- definendo il deflusso minimo vitale;
- Sottraendo il DMV dalle portate naturali transitanti in alveo otteniamo le disponibilità idrica derivabile dall'impianto in progetto, applicando in questo caso una limitazione al valore di portata massima derivabile.

Stabilita la portata minima di rilascio, si procede al confronto fra i regimi idrologici medi precedenti e seguenti la realizzazione dell'impianto idroelettrico in oggetto. In particolare la **tab. 3** riporta sia i valori medi mensili delle portate nella situazione attuale (cioè le portate che possono essere considerate quelle naturali; il deflusso minimo vitale di base **DMV = 433 l/s**, il **DMV,** la portata massima ad uso idroelettrico **Qmax = 1550 l/s** e le portate rilasciate in alveo.

portate	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno
Naturali	4,220	3,644	3,569	3,145	2,418	1,244	0,717	0,676	1,768	3,456	4,311	3,916	2,757
DMV base	0,433	0,433	0,433	0,433	0,433	0,433	0,433	0,433	0,433	0,433	0,433	0,433	0,433
derivabili	3,777	3,200	3,126	2,702	1,975	0,801	0,274	0,233	1,325	3,013	3,868	3,473	2,314
Derivate uso idroel.	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	0,801	0,274	0,233	1,325	1,55	1,55	1,55	1,252
Rilasciate	2,227	2,094	2,019	1,595	0,868	0,433	0,433	0,433	0,433	1,906	2,761	2,366	1,464

Tab. 17 – **Anno idrologico medio - Portate medie mensili** (l/s) **naturali** (attuali; in assenza di prelievi), **Dmv di base, Dmv, derivabili** (portate naturali al netto del Dmv), **derivate** (la portata di concessione), **rilasciate** (impianto idroelettrico in esercizio; valori ottenuti sottraendo dalle portate derivabili la portata massima derivabile uso idroelettrico Qmax = 1550 l/s, ma garantendo il DMV.

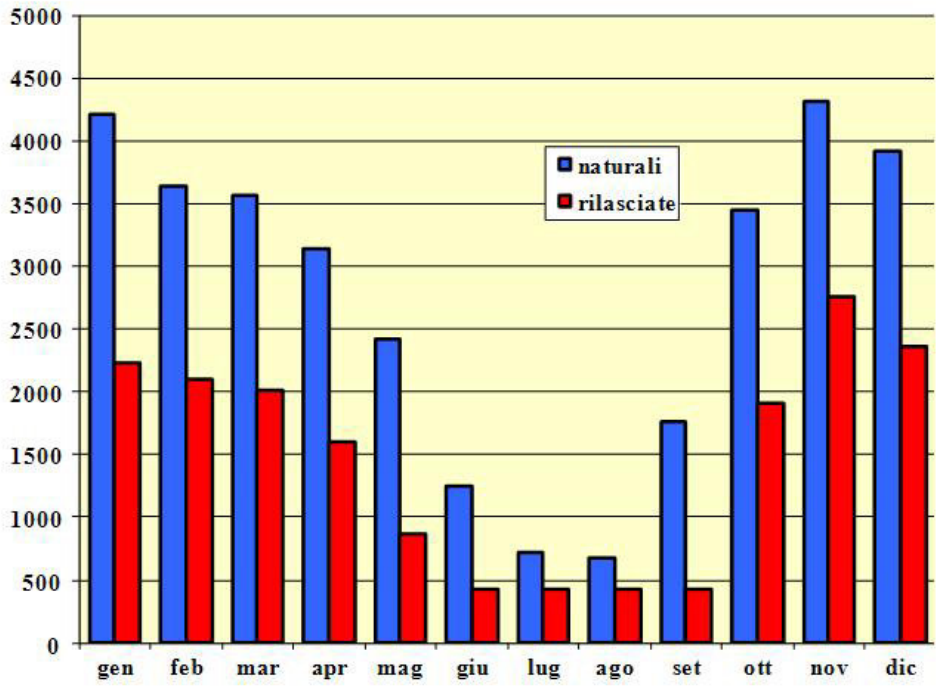


Fig. 18 - Regimi delle portate medie mensili (l/s) **naturali** (**istogrammi azzurri**) e **rilasciate** (**istogrammi rossi**) nella situazione dell'impianto idroelettrico in esercizio.

3.1.4.1.6.1 IDROLOGIA PREVISTA NEL TRATTO SOTTESO

L'analisi fin qui eseguita ha portato a determinare:

- La curva di durata delle portate utilizzabili relativa al Torrente Lavagna, ottenuta a partire da 34 anni di dati pluviometrici storici;
- La portata derivabile e quella che verrà effettivamente derivata, fornendone una stima a scala mensile
- Il DMV (Deflusso Minimo Vitale) che è necessario garantire in alveo tra il punto di presa e quello di restituzione per tutelare la totalità degli "organismi acquatici, la funzionalità globale e la naturalità degli ecosistemi fluviali": diversi studi, tra cui lo stesso Piano di Bacino Stralcio sul Bilancio Idrico relativo al bacino del Fiume Entella, hanno portato a stimare diversi valori possibili di DMV, ma come ampiamente esplicitato in precedenza è stato mantenuto il valore più alto fra quelli di cui sopra, con la volontà di confermare quello già approvato dal Comitato Tecnico dell'Autorità di Bacino Regionale in data 15/03/2007.

Le indagini hanno portato però ad evidenziare la presenza di due affluenti rilevanti del Torrente Lavagna – Torrente Litteglia e Torrente Moconesi, nel tratto compreso fra il punto di captazione e quello di restituzione, che sottendono un bacino di superficie pari rispettivamente a 4.03 km^2 e 5.30 km^2.

Nel tratto sotteso dall'impianto in progetto son presenti due affluenti importanti, non considerati nellaì'nalisi delle portate del Torrente Lavagna, il primo in destra orografica posto a circa 1/3 del percorso ed è il torrente Littegglia, il secondo che si innesta a circa 2/3 del tratto sotteso ed è il torrente di Moconesi è tributario di sinistra del Torrente Lavagna, e vi confluisce a valle dell'abitato di Ferrada, in corrispondenza della grande ansa creata dal Lavagna.

3.1.4.1.6 TORRENTE LITTEGLIA - IDROLOGIA NATURALE

CARATTERISTICHE DEL BACINO IMBRIFERO

Il Torrente Litteglia è tributario di destra del Torrente Lavagna, e vi confluisce in corrispondenza dell'abitato di Ferrada, immediatamente a valle del ponte che attraversa il Lavagna, lungo il tratto rettilineo della S.S. n. 225.

Affluendo nel Torrente Lavagna in un punto compreso fra la presa e la restituzione dell'impianto in oggetto, garantisce un apporto idrico utile a integrare e rafforzare il DMV, pertanto se ne propone di seguito un'analisi, se pure non dettagliata, dell'idrologia naturale.

L'area della superficie del bacino imbrifero sotteso all'affluenza del Torrente Litteglia nel Lavagna è di 4.03 km^2 (vedi Tav. 01). Esso è costituito dal corso del Torrente Litteglia, disposto secondo un asse prevalente

SW-NE di lunghezza pari a circa 2.8 km, e dagli affluenti diretti di questo, distribuiti in modo piuttosto simmetrico e con uno sviluppo maggiore e maggiormente ramificato nel tratto più alto del Litteglia stesso; il tratto più prossimo all'immissione nel Lavagna ha invece affluenti caratterizzati da minore lunghezza e assenza quasi totale di subaffluenti.

Il Torrente Litteglia nasce dalla confluenza del Rio Grande del Litteglia, che scorre sul versante di sinistra, ed il Rio Zerbone, che giunge da SSE. Subito a valle di tale confluenza, il Rio Coleio si immette nel Litteglia in sponda sinistra, rappresentando l'unico effettivo affluente di dimensioni significative, con il suo 1.2 km circa di sviluppo longitudinale. Da questo punto in poi, gli affluenti sono brevi e per lo più privi di ramificazioni, con bacini ridotti e quindi di limitato apporto idrico.

La massima cima è costituita dal Monte Borgo con i suoi 728.00 m s.l.m, mentre l'altitudine media del bacino, chiuso in corrispondenza dell'immissione del Torrente Litteglia nel Torrente Lavagna a quota 115.00 m s.l.m. circa, risulta essere di circa 385.10 m s.l.m.

Per determinare tale valore si è ritenuta valida l'espressione utilizzata dalla Regione Piemonte:

$$H = 0.5\ (0.9\ H_{max} + H_{min})$$

dove H_{max} = altezza massima del bacino in m s.l.m.
H_{min} = altezza minima della sezione di chiusura in m s.l.m.

Nel caso in esame tali valori sono:

Hmax = 728.00 m s.l.m. (M. Borgo)
Hmin = 115.00 m s.l.m. (affluenza nel T. Lavagna)

PORTATE MEDIE MENSILI

Poiché non sono stati effettuati, da parte della Provincia di Genova, studi di dettaglio relativi al Torrente Litteglia, è stato deciso di stimarne i valori di portata media mensile basandosi sui dati relativi al Torrente Moconesi, tributario di sinistra del Lavagna il cui bacino si può ritenere con buon grado di approssimazione analogo a quello sotteso al Torrente Litteglia.

La Provincia di Genova nel Piano di Bacino Stralcio sul Bilancio Idrico relativo al bacino del Fiume Entella, approvato con D.C.P. n. 19 del 15/04/2009, ha fornito uno studio contenente la definizione del bilancio idrico e del DMV relativi a diversi tratti dei corsi d'acqua compresi nel bacino del Fiume.

In particolare, una sezione è relativa al Torrente Moconesi - la n. 14 - caratterizzata da un bacino con superficie pari a 5.30 km^2. Si riportano di seguito le principali grandezze di interesse:

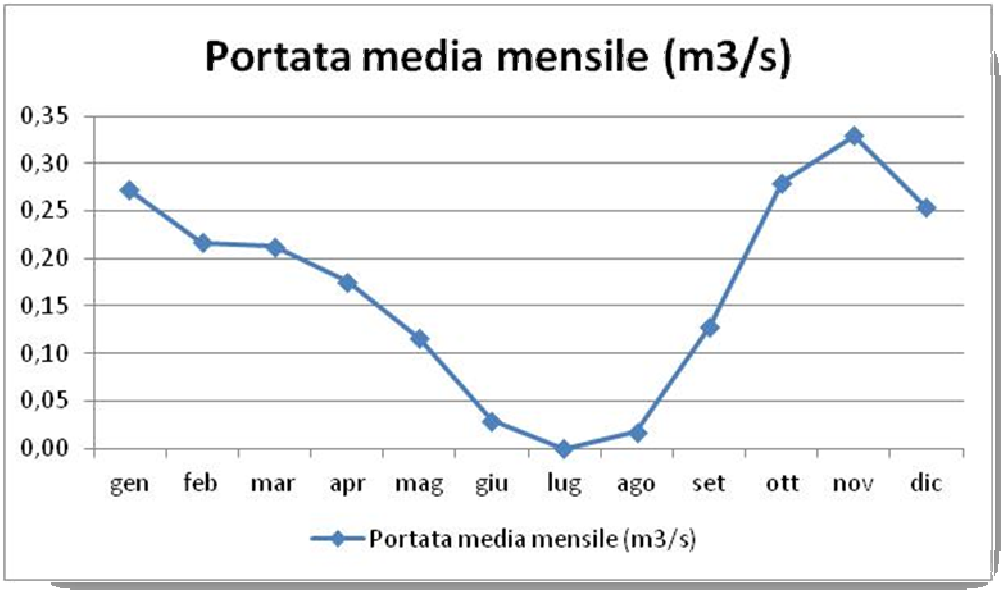
Sez. 14	
Q media [m^3/s]	0.22
DMV [m^3/s]	0.0191
PORTATA MEDIA MENSILE	
Gen	0.3584
Feb	0.2855
Mar	0.2795
Apr	0.2308
Mag	0.1522
Giu	0.0382
Lug	0.0000
Ago	0.0231
Set	0.1687
Ott	0.3683
Nov	0.4340
Dic	0.3337

Facendo riferimento ai dati sopra riportati, è stata effettuata una stima degli stessi relativi al bacino del Torrente Litteglia, che sottende un bacino, come già specificato, di superficie pari a 4.03 km^2.

Di seguito si riferiscono i calcoli eseguiti ed i risultati ottenuti:

Mese	**S**pdb [km2]	**Q**pdb [m3/s]	**S**Lit [km2]	**Q**Lit [m3/s]
gen	5,3	0,3584	4,03	0,2725
feb	5,3	0,2855	4,03	0,2171
mar	5,3	0,2795	4,03	0,2125
apr	5,3	0,2308	4,03	0,1755
mag	5,3	0,1522	4,03	0,1157
giu	5,3	0,0382	4,03	0,0290
lug	5,3	0,0000	4,03	0,0000
ago	5,3	0,0231	4,03	0,0176
set	5,3	0,1687	4,03	0,1283
ott	5,3	0,3683	4,03	0,2800
nov	5,3	0,4340	4,03	0,3300
dic	5,3	0,3337	4,03	0,2537

Spdb = Area sottesa fornito da Piano di Bacino; **S**Lit = Area sottesa al Torrente Litteglia;
Qpdb = portata fornita dal Piano di Bacino; **Q**Lit = portata pesata Torrente Litteglia.



Tav. 19 –Torrente Litteglia –Portata media mensile, ottenuta a partire dai dati del Piano di Bacino relativi al Torrente Moconesi, pesati sulla superficie del bacino stesso.

In questo caso, venendo meno l'analogia con quanto calcolato per il Torrente Lavagna, non viene preso in considerazione il calcolo del DMV poiché, naturalmente, le acque del Torrente Litteglia, non essendo oggetto di derivazione, non vengono sfruttate come risorsa idroelettrica ma anzi, concorrono ad incrementare la portata minima garantita che transiterà nel Torrente Lavagna a valle delle opere di captazione.

3.1.4.1.7 TORRENTE MOCONESI - IDROLOGIA NATURALE

CARATTERISTICHE DEL BACINO IMBRIFERO

Il Torrente Moconesi è tributario di sinistra del Torrente Lavagna, e vi confluisce a valle dell'abitato di Ferrada, in corrispondenza della grande ansa creata dal Lavagna.

Affluendo nel Torrente Lavagna in un punto compreso fra la presa e la restituzione dell'impianto in oggetto, garantisce un apporto idrico utile a integrare e rafforzare il DMV, pertanto se ne propone di seguito un'analisi, se pure non dettagliata, dell'idrologia naturale.

L'area della superficie del bacino imbrifero sotteso all'affluenza del Torrente Moconesi nel Lavagna è di 5.30 km^2 (vedi Tav. 01). Esso è costituito dal corso del Torrente Moconesi, disposto secondo un asse prevalente N-S di lunghezza pari a circa 3.5 km circa, e dagli affluenti diretti di questo, distribuiti in modo piuttosto asimmetrico, con uno sviluppo maggiore in sponda sinistra piuttosto che in destra.

Il Torrente Moconesi nasce dalla confluenza del Rio Grosso, che scorre in direzione N-S nel quadrante NW del bacino occupandone un'ampia porzione, ed il Rio dei Campi, che origina nel quadrante NE e segue anch'esso una direzione prevalente N-S. Subito a valle di tale confluenza, gli affluenti del Moconesi sono brevi (il maggiore ha uno sviluppo inferiore al chilometro) e per lo più privi di ramificazioni, con bacini ridotti e quindi di limitato apporto idrico.

La massima cima è costituita dal Monte Caucasoo con i suoi 1250.30 m s.l.m, mentre l'altitudine media del bacino, chiuso in corrispondenza dell'immissione del Torrente Moconesi nel Torrente Lavagna a quota 110.00 m s.l.m. circa, risulta essere di circa 617.63 m s.l.m.

Per determinare tale valore si è ritenuta valida l'espressione utilizzata dalla Regione Piemonte:

$$H = 0.5\ (0.9\ H_{max} + H_{min})$$

dove H_{max} = altezza massima del bacino in m s.l.m.
H_{min} = altezza minima della sezione di chiusura in m s.l.m.

Nel caso in esame tali valori sono:

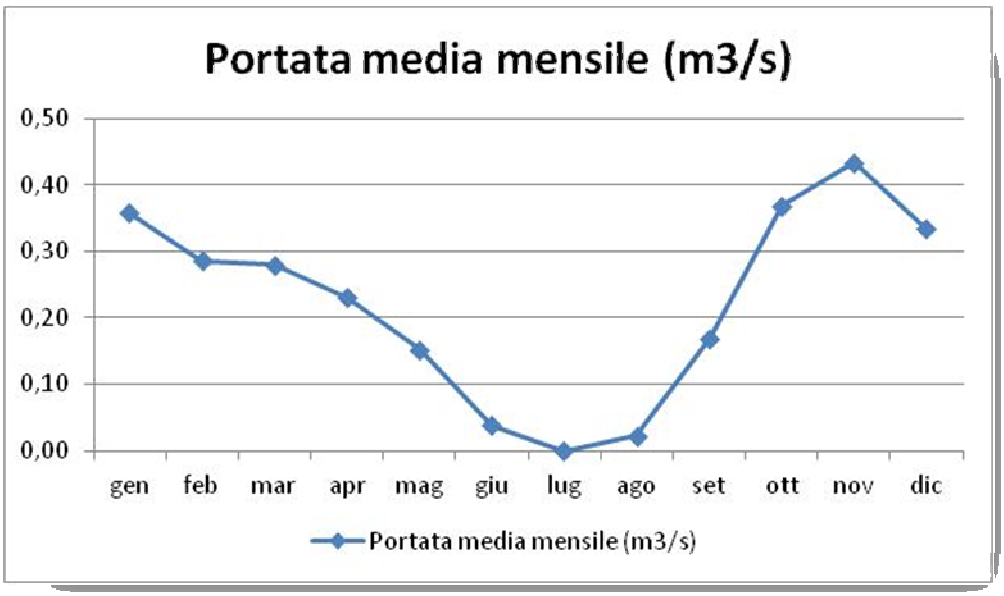
Hmax = 1250.30 m s.l.m. (M. Caucaso)
Hmin = 110.00 m s.l.m. (affluenza nel T. Lavagna)

PORTATE MEDIE MENSILI

La Provincia di Genova nel Piano di Bacino Stralcio sul Bilancio Idrico relativo al bacino del Fiume Entella, approvato con D.C.P. n. 19 del 15/04/2009, ha fornito uno studio contenente la definizione del bilancio idrico e del DMV relativi a diversi tratti dei corsi d'acqua compresi nel bacino del Fiume.

In particolare, una sezione è relativa al Torrente Moconesi - la n. 14 - caratterizzata da un bacino con superficie pari a 5.30 km^2. Si riportano di seguito le principali grandezze di interesse:

Sez. 14	
Q media [m^3/s]	0.22
DMV [m^3/s]	0.0191
PORTATA MEDIA MENSILE	
Gen	0.3584
Feb	0.2855
Mar	0.2795
Apr	0.2308
Mag	0.1522
Giu	0.0382
Lug	0.0000
Ago	0.0231
Set	0.1687
Ott	0.3683
Nov	0.4340
Dic	0.3337



Tav. 20 –Torrente Moconesi –Portata media mensile, ottenuta dai dati del Piano di Bacino Stralcio sul Bilancio Idrico del Fiume Entella – Sezione 14.

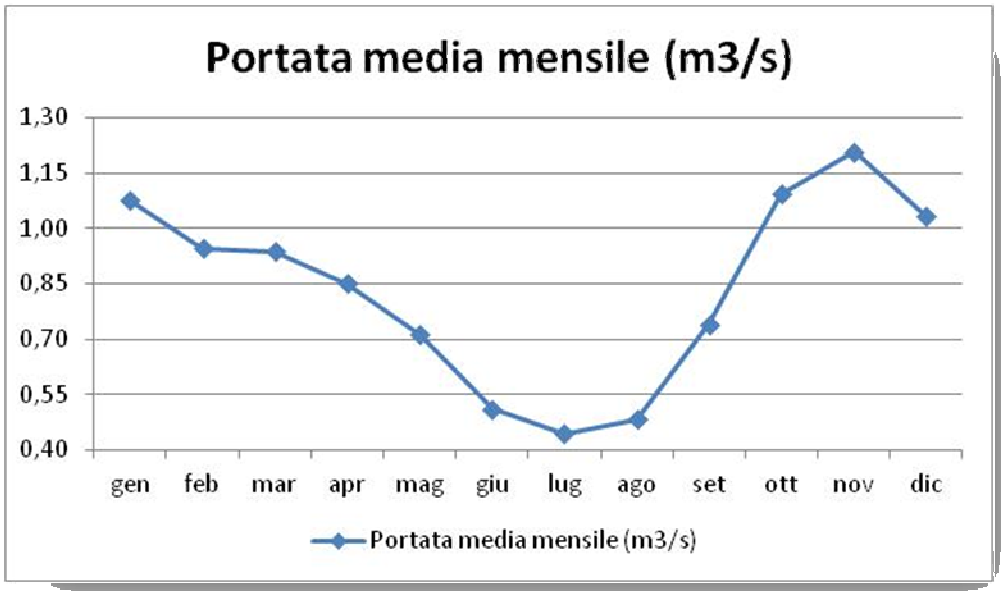
In questo caso non viene preso in considerazione il calcolo del DMV poiché, naturalmente, le acque del Torrente Moconesi, non essendo oggetto di derivazione, non vengono sfruttate come risorsa idroelettrica ma anzi, concorrono ad incrementare la portata minima garantita che transiterà nel Torrente Lavagna a valle delle opere di captazione.

CONCLUSIONI

Essi, con le loro portate, garantiscono una rilevante integrazione al DMV, la cui entità è stimabile nei valori che seguono, espressi sempre su scala mensile:

Mese	Q_{pdb} [m^3/s]
gen	0,633
feb	0,502
mar	0,491
apr	0,405
mag	0,267
giu	0,0672
lug	0
ago	0,0407
set	0,296
ott	0,648
nov	0,764
dic	0,59

Tali valori possono essere rappresentati dal grafico che segue:



Tav. 21 –Torrente Lavagna –Portata media mensile nel tratto compreso fra il punto di presa e quello di restituzione, ottenuta considerando gli apporti del DMV, del Torrente Litteglie e del Torrente Moconesi.

portate	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno
Naturali	2,227	2,094	2,019	1,595	0,868	0,433	0,433	0,433	0,433	1,906	2,761	2,366	1,464
Apporto Litteglia	0,275	0,217	0,212	0,175	0,115	0,029	0,000	0,0176	0,128	0,280	0,330	0,257	0,167
Apporto Moconesi	0,358	0,285	0,279	0,230	0,152	0,0382	0,000	0,0231	0,168	0,368	0,434	0,333	0,220
Derivate uso idroel.	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	0,801	0,274	0,233	1,325	1,55	1,55	1,55	1,252
In alveo tratto sotteso	2,860	2,596	2,510	2,000	1,135	0,500	0,433	0,474	0,729	2,554	3,525	2,956	1,851

Tab. 22 – **Anno idrologico medio - Portate medie mensili** (l/s) **naturali** (attuali; in assenza di prelievi), **Dmv di base, Dmv, derivabili** (portate naturali al netto del Dmv), **derivate** (la portata di concessione), **rilasciate** (impianto idroelettrico in esercizio; valori ottenuti sottraendo dalle portate derivabili la portata massima derivabile uso idroelettrico Qmax = 1550 l/s, ma garantendo il DMV.

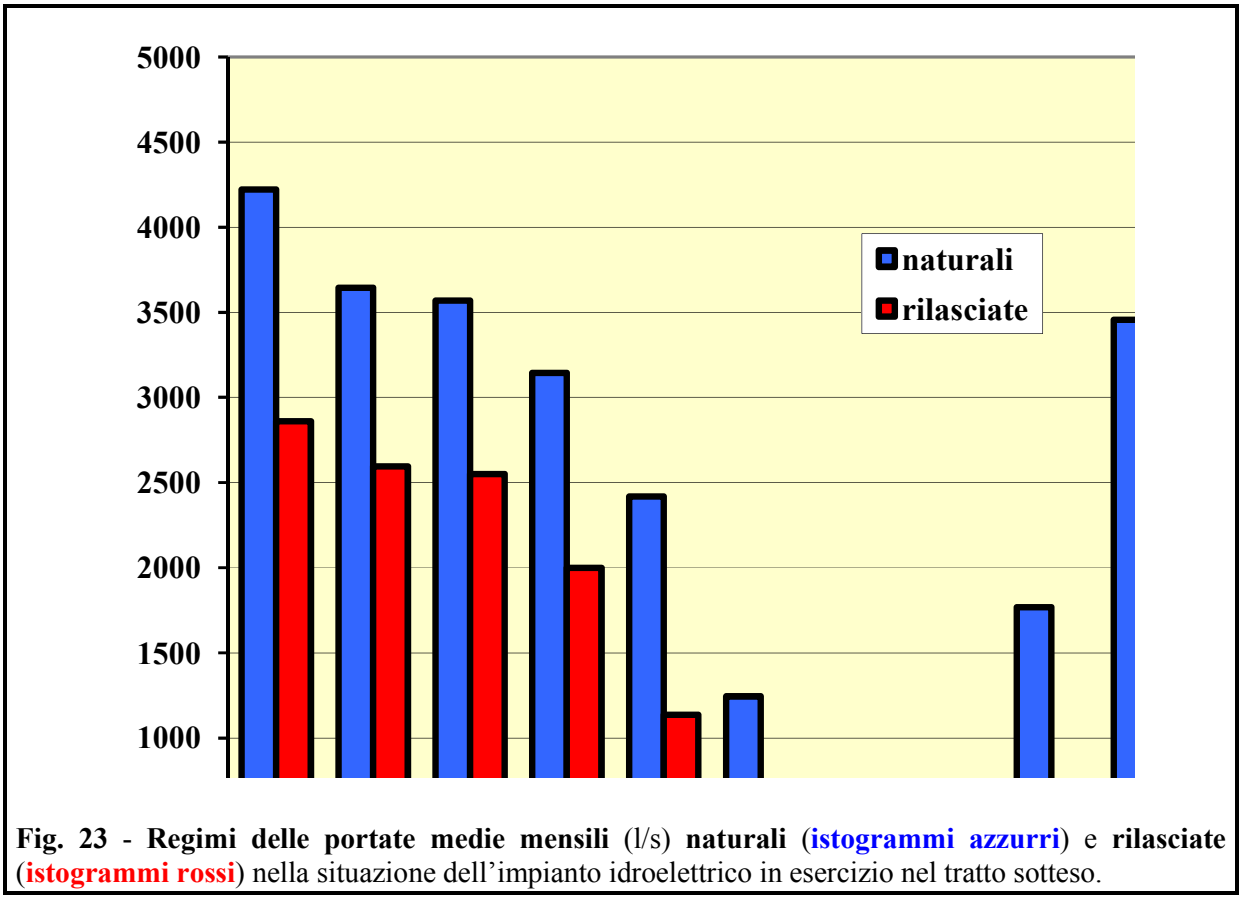


Fig. 23 - Regimi delle portate medie mensili (l/s) **naturali** (**istogrammi azzurri**) e **rilasciate** (**istogrammi rossi**) nella situazione dell'impianto idroelettrico in esercizio nel tratto sotteso.

3.1.4.1.8 QUALITÁ BIOLOGICA DELLE ACQUE

3.1.4.1.9 FUNZIONALITÁ FLUVIALE

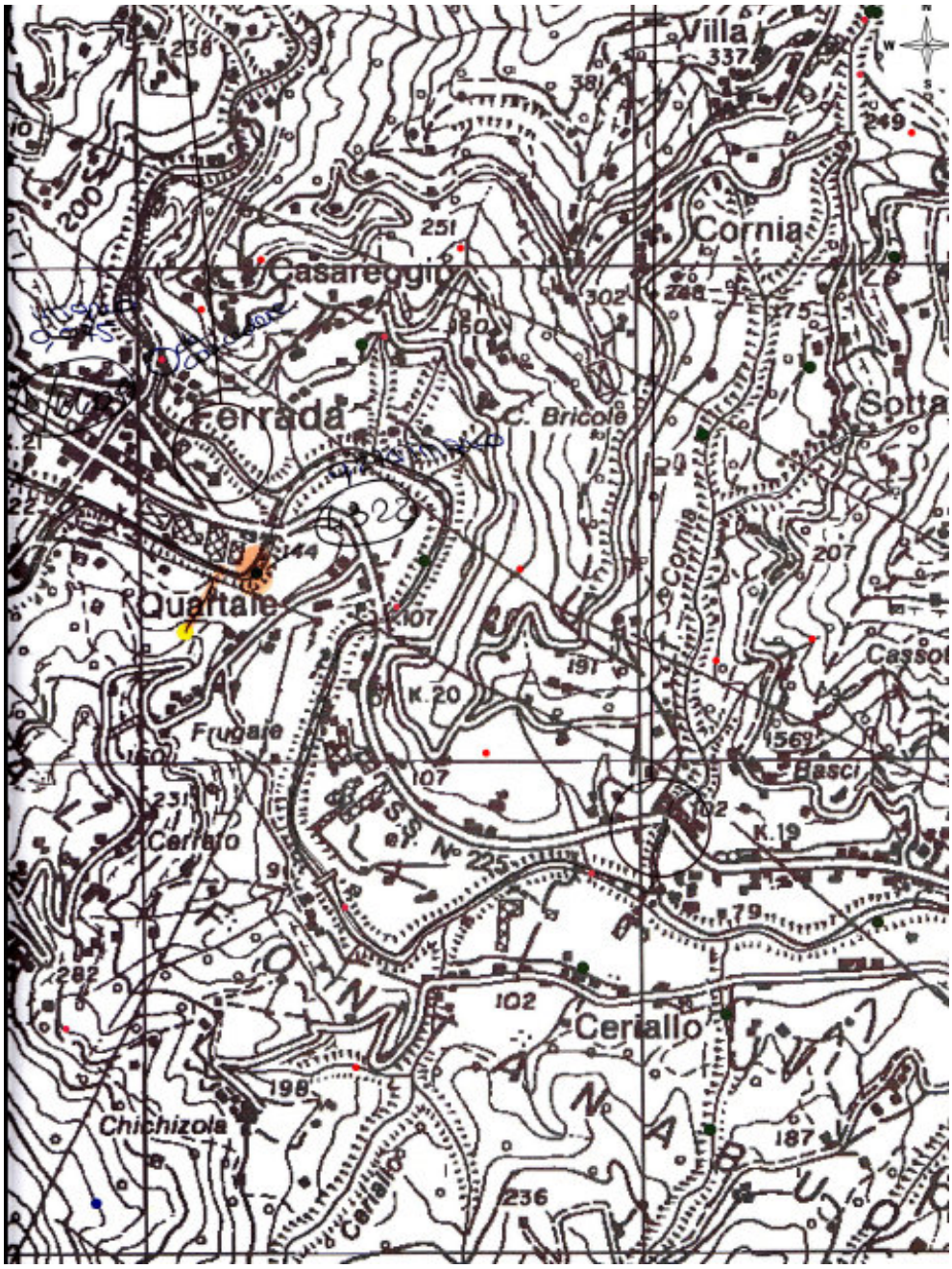
3.1.4.1.10 ITTIOFAUNA

Per la caratterizzazione dell'ittiofauna presente nel tratto di torrente Lavagna in oggetto, si rimanda alla relazione stilata appositamente dal Dott. Luca Ciuffardi, allegata al presente documenti e di cui fa parte integrante.

3. 11 ELENCO DERIVAZIONI/POZZI

N° denuncia	N.C.T. FOGLIO	MAPPALE	VIA UBICAZIONE	GBN	GBE	UTILIZZATO	USO	PROPRIETARIO	UTILIZZATORE	in terreno di proprietà	in terreno di terzi
1	7	130				no					
2	17	293	loc. monleone			si	irriguo	si	si		
3	12	81				si	irriguo	si			
4	9	195	loc. monleone								
5	17	140	iv novembre						si	si	
6								si			
7	6		loc. pian degli alberi			no		si			
8	17	113				si	irriguo	si			
9	17	450/115				si	irriguo	si			
10	15		loc. molinazzo			si	idropotabile				
11	17		loc. molinazzo			si	idropotabile				
12	17		loc.molino			no					
13						no		si			
14	6	459	via malvaro 13					si		si	
15	7	117	loc. carpenete			no		si		si	
16	15	20				si	irriguo	si		si	
17	6	619	via pian deglia alberi,28						si		
18	8	298	via prato,34			si	domestico				
19	7	130	loc. basci			no		si			
20											
21											
22											
23											

N° denuncia	N.C.T. FOGLIO	MAPPALE	VIA UBICAZIONE	GBN	GBE	UTILIZZATO	USO	PROPRIETARIO	UTILIZZATORE	in terreno di proprietà
1	22	300	loc. ferrada			no		si		
2	16	569	loc. ferrarcesa colombo	409190130	105150980	si	domestico	si		


Villa
337
Cornia
Casareggio
Cerrada
C. Bricole
Sotta
Quartale
Cornia
207
Cassot
K. 20
Frugale
Hasci
Cerraio
K. 19
Strada Prov. N° 225
Cerraiolo
Chichizola
187
236
102
107
144
191
198
282
251
302
249
175
231
79


Bassi
Terrarossa
Rezzonasca
Lavagna
Garbarini
Aveno
Serra
Monticelli
Rio
Croša
Cava
Cava
Ferra
Freccio
Triora
235
309
286
283
197
528
372
430
394
300
207
187
132
125
263
271
330
150
312