

**INDICE**

<b>1. PREMESSA</b>	<b>2</b>
<b>1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO</b>	<b>7</b>
<b>2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO</b>	<b>8</b>
<b>2.1 CENNI PALEOGEOGRAFICI</b>	<b>8</b>
<b>3. COMMENTO ALLA CARTA GEOLOGICO-STRUTTURALE</b>	<b>9</b>
<b>3.1 – CARATTERI GEOMORFOLOGICI E GEOLOGICI</b>	<b>9</b>
<b>3.2 – CARATTERI LITOLOGICI</b>	<b>11</b>
<b>3.2.1 Depositi superficiali</b>	<b>11</b>
<b>3.2.2 Substrato roccioso</b>	<b>13</b>
<b>4. ASPETTI PEDOLOGICI</b>	<b>21</b>
<b>5. OSSERVAZIONI CLIMATOLOGICHE</b>	<b>21</b>
<b>INQUADRAMENTO METEO-CLIMATICO</b>	<b>21</b>
5.1.1 Temperatura atmosferica	21
5.1.2 Radiazione solare globale	22
5.1.3 Precipitazioni	23
5.1.4 Intensità dei venti	24
<b>6. CARATTERISTICHE METEOROLOGICHE DELL'AREALE LACUSTRE 1998-2007</b>	<b>25</b>
<b>7. REGIME DEL LIVELLO LACUSTRE</b>	<b>27</b>
7.1 Regime del livello lacustre 1930-1997	28
<b>8. VALUTAZIONI IDROLOGICHE</b>	<b>35</b>
<b>8.1 CARATTERI IDROGEOLOGICI ED IDRAULICI</b>	<b>38</b>
8.1.1 Caratteristiche dei bacini idrografici	38
<b>9. CALCOLO DELLA PORTATA DI PIENA</b>	<b>46</b>
<b>10. STATO DI FATTO – PROFILI LONGITUDINALI TRATTI TOMBATI</b>	<b>48</b>
<b>11. CARATTERISTICHE IDRAULICHE DI PORTATA TRATTI TOMBATI</b>	<b>61</b>
<b>12. COMPATIBILITA' IDRAULICA E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE</b>	<b>63</b>

**Allegati fuori testo**

**Tavola 1:** Stralcio aerotogrammetrico con rilievo lungo i Corsi d'acqua tombati

**Tavola 2:** Bacini idrografici

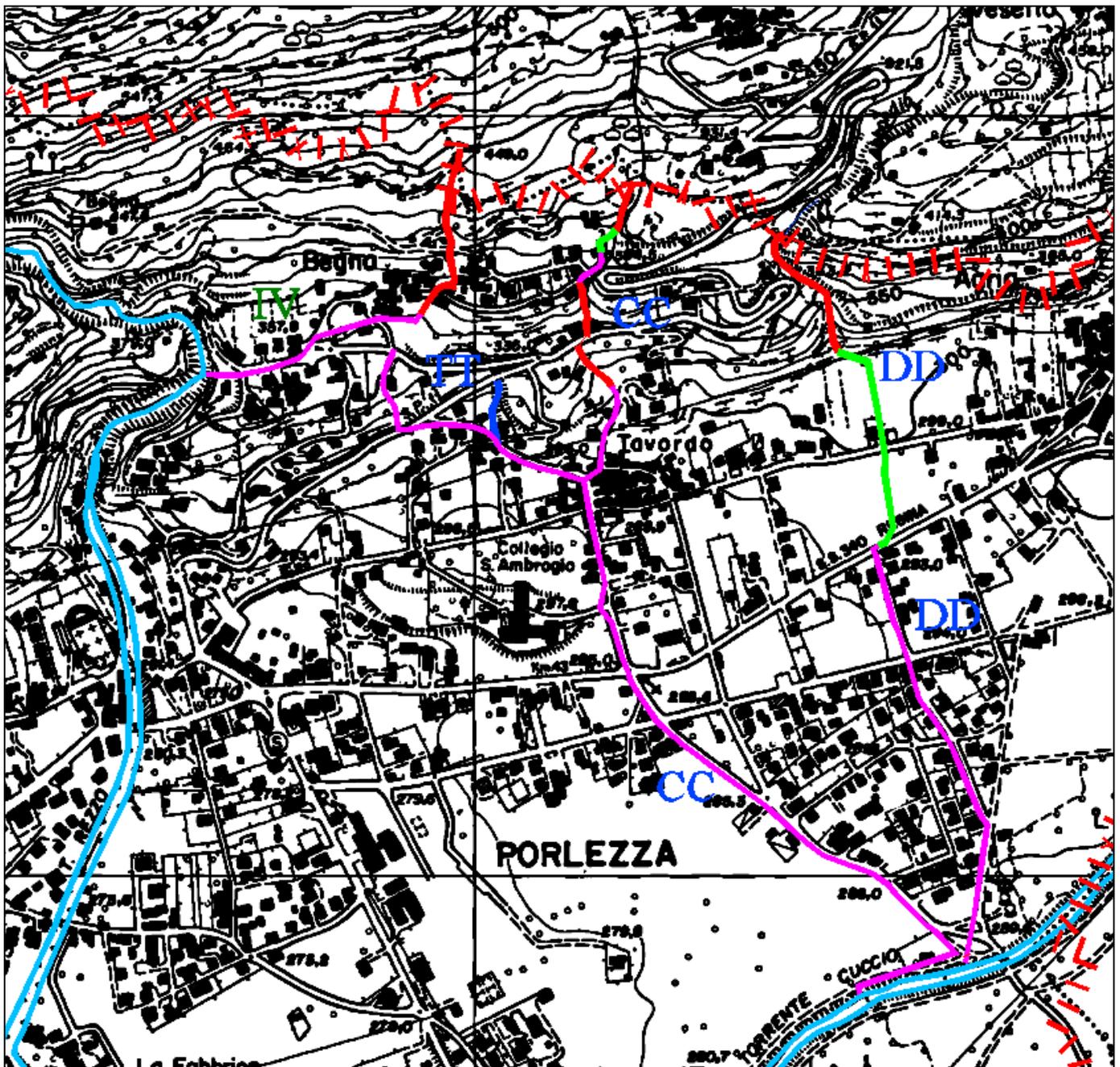
**Tavola 3:** Profili longitudinali Corsi D'acqua O-DD-IV

**Tavola 4:** Profili longitudinali Corsi D'acqua CC-TT

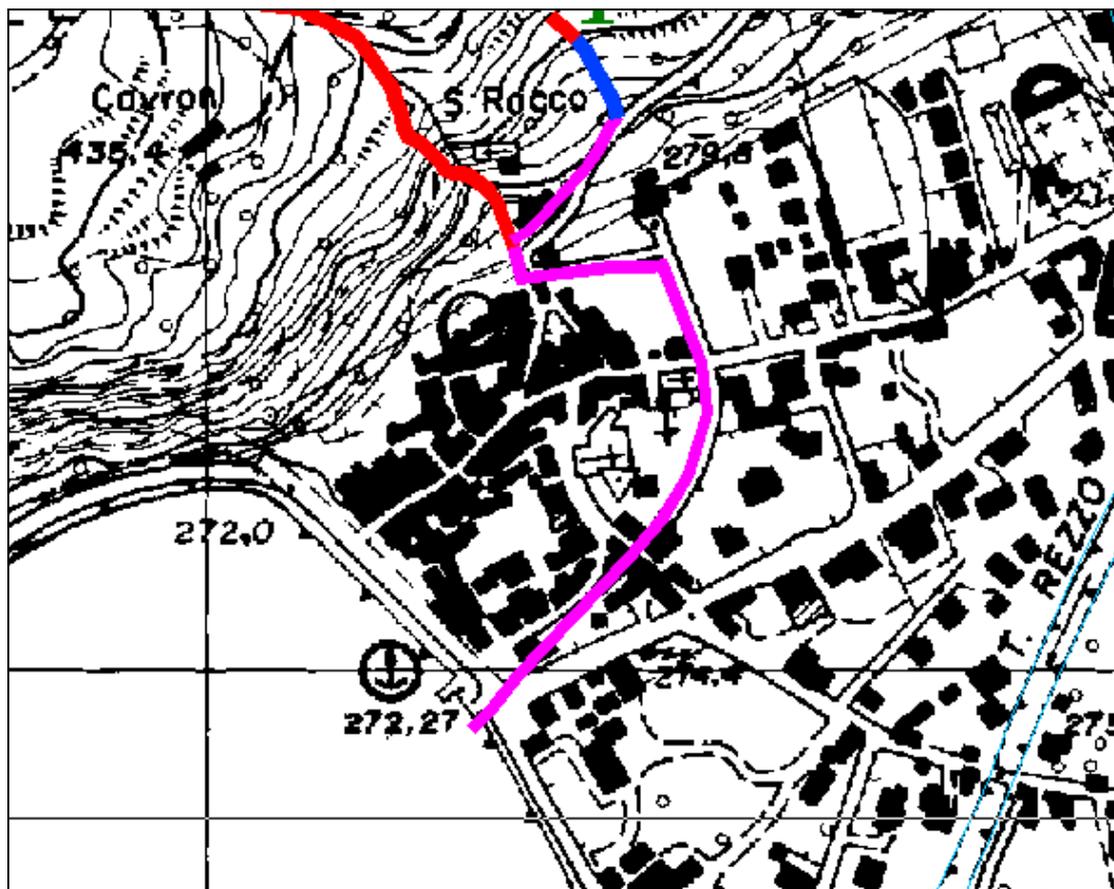
## 1. PREMESSA

Con incarico dell'AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI PORLEZZA, è stata eseguito uno studio per la valutazione della compatibilità idraulica di cinque torrenti tombati per poter perimetrare correttamente le fasce di rispetto.

I torrenti facenti parte di questo studio sono i seguenti: O, IV, TT, CC e DD.



*FIG. 1 Corografia generale -Estratto Carta Tecnica Regionale- Scala 1: 10.000  
Torrenti Tombati IV, TT, CC e DD*



**FIG. 2** Corografia generale -Estratto Carta Tecnica Regionale- Scala 1: 10.000  
Torrente Tombato O

**LEGENDA**

	Rete idrica principale		
	Rete idrica minore tombata riportata su mappa catastale	NN.25	Nomenclatura Corsi d'acqua esistenti da Studio della rete idrica Minore Approvato
	Rete idrica minore tombata non riportata su mappa catastale	VII	Nomenclatura Corsi d'acqua non individuati da Studio della rete idrica Minore Approvato Verificati esistenti
	Rete idrica minore a cielo aperto riportata su mappa catastale		
	Rete idrica minore a cielo aperto non riportata su mappa catastale		

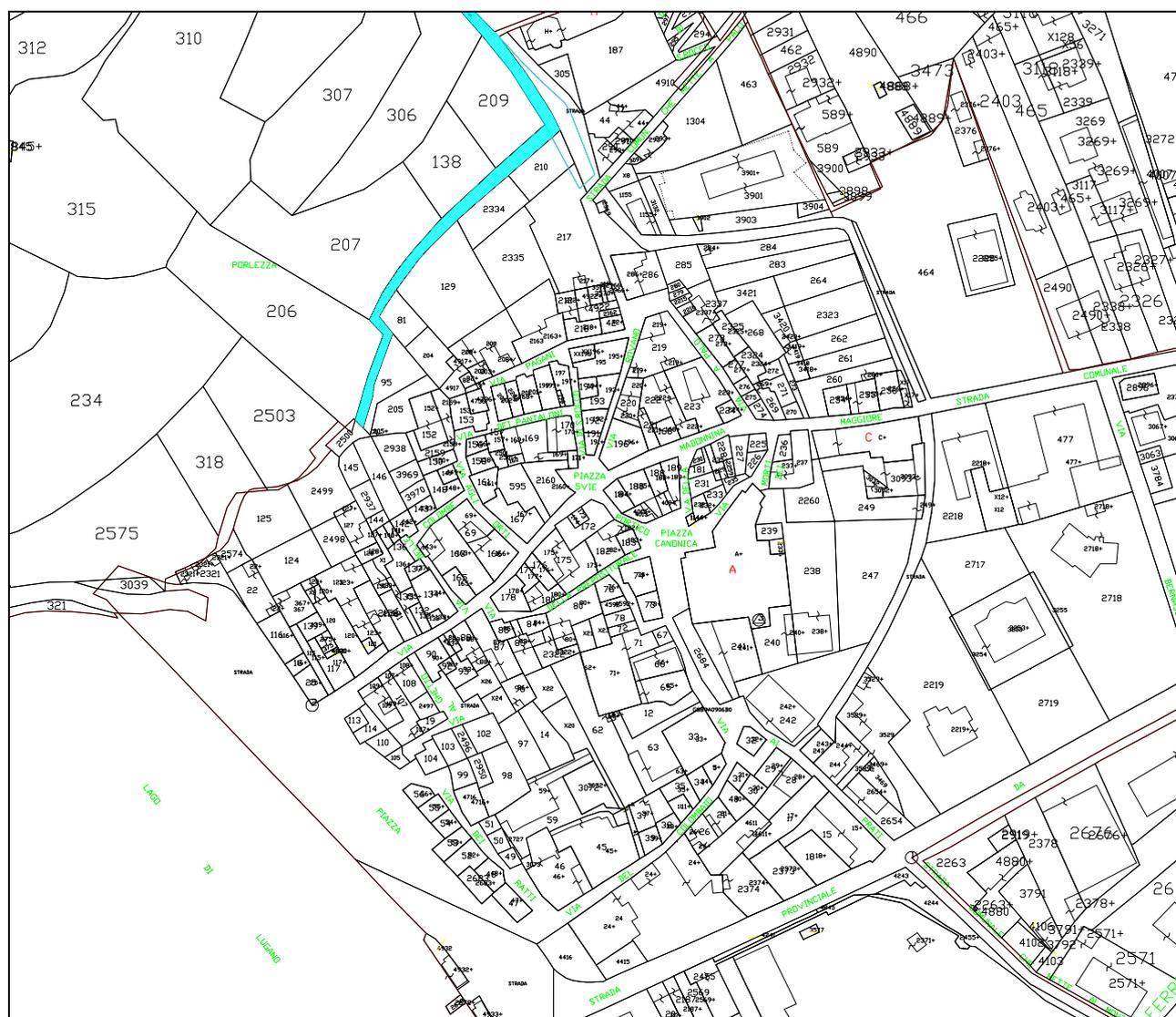
Il territorio comunale di Porlezza è attraversato nella porzione a monte di Tavordo tra Agria e Begna da quattro corsi d'acqua che a tratti risultano tombati, mentre in corrispondenza del centro storico del Comune da un corso d'acqua tombato. Attualmente la fascia di rispetto di tali corsi d'acqua è di 4 m per sponda ma con Studio Della Rete idrica Minore Comunale non Approvato Dal Comune.

Lo scopo principale del presente studio idraulico collegato al Piano di Governo del Territorio (PGT) è proprio quello di quantificare il livello attuale di pericolosità dei cinque torrenti, al fine di dotare il PGT di uno strumento che consenta di individuare le zone a differente grado di rischio idraulico.

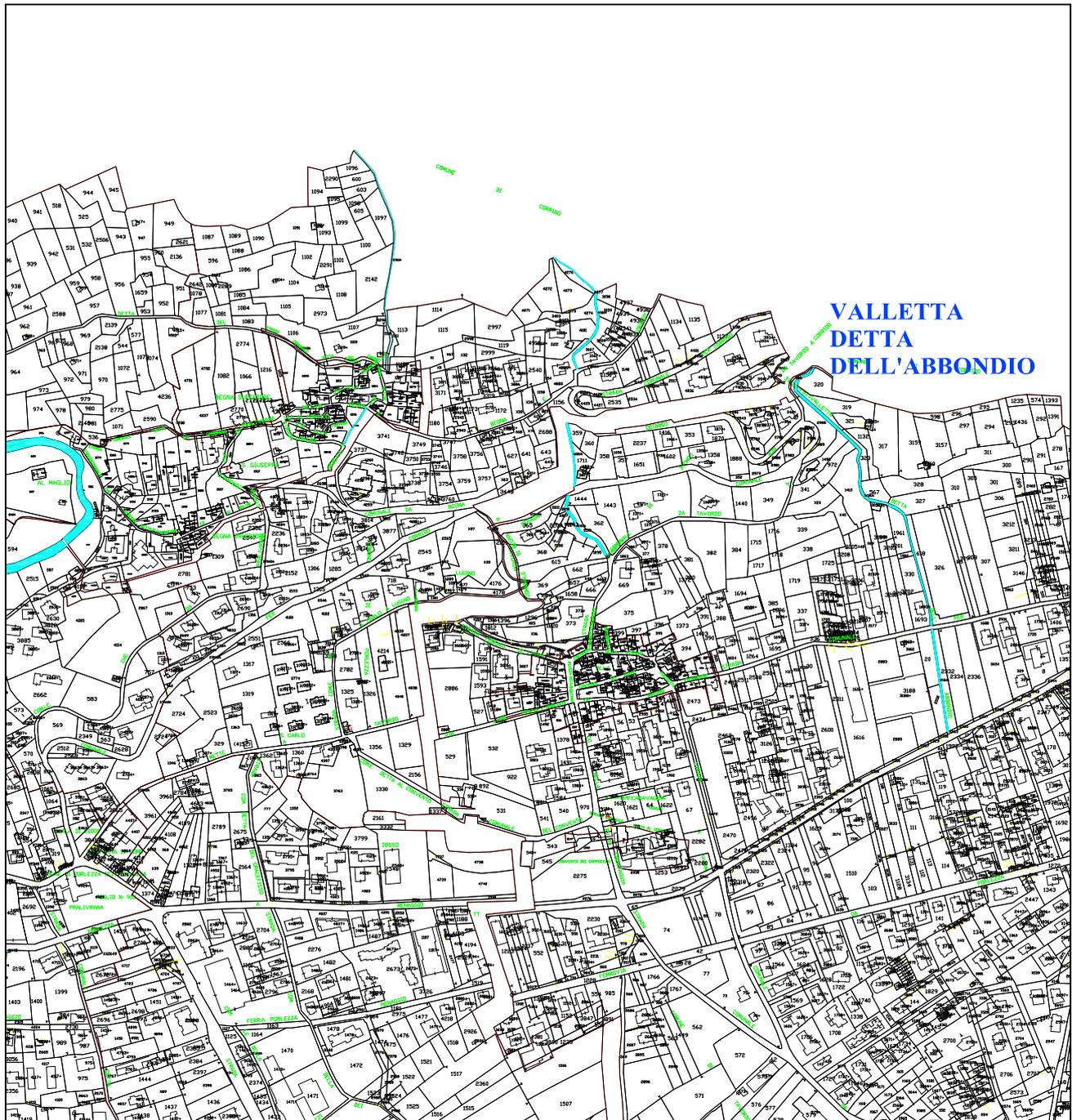
Data la varietà delle problematiche nel seguito di questa relazione i cinque corsi d'acqua verranno analizzati separatamente.

Lo scopo fondamentale dello studio di compatibilità idraulica è quello di far sì che le valutazioni urbanistiche, sin dalla fase della loro formazione, tengano conto dell'attitudine dei luoghi ad accogliere le eventuali nuove edificazioni, considerando le interferenze che queste hanno con i dissesti idraulici presenti e potenziali, nonché le possibili alterazioni del regime idraulico che le nuove destinazioni o trasformazioni di uso del suolo possono venire a determinare. In sintesi lo studio idraulico deve verificare l'ammissibilità delle previsioni contenute nello strumento urbanistico, prospettando soluzioni corrette dal punto di vista dell'assetto idraulico del territorio.

Di seguito si riporta l'estratto mappa catastale dei rispettivi corsi d'acqua oggetto di studio:



**FIG. 3** Estratto mappa catastale Torrente Tombato O



**FIG. 4** Estratto mappa catastale Torrenti Tombati IV, TT, CC e DD

Le elaborazioni contenute nella presente relazione si propongono, pertanto, di valutare la compatibilità idraulica dei corsi d'acqua tombati, basandosi sulla valutazione delle condizioni di rischio idraulico in rapporto alle condizioni di deflusso della piena.

L'impostazione metodologica delle verifiche di compatibilità idraulica è stata effettuata ai sensi della L.r.12/2005 (art.57) e della Dgr del 30 Novembre 2011 n. 2616.

Il presente studio quindi si prefigge l'obiettivo di valutare i seguenti aspetti:

Verifica di onda di piena dei tratti tombati;

Compatibilità idraulica dei tratti tombati esistenti;

A tale scopo è stato sviluppato un modello idraulico bidimensionale al fine di analizzare e confrontare le caratteristiche idrauliche dei tratti tombati oggetto di studio.

*Sono state quindi definite, con il modello bidimensionale, la compatibilità idraulica di deflusso delle acque all'interno delle tubazioni esistenti generate da una piena con tempo di ritorno di 100 anni.*

Di seguito si riporta la fotografia aerea dei corsi d'acqua oggetto di studio:



**FIG. 5** Fotografia aerea

## 1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il comune di Porlezza ha un' estensione di circa 17 Km<sup>2</sup>, confina a nord con il comune di Val Rezzo e quindi ruotando in senso orario con i comuni di Corrido, Carlazzo, Bene Lario, Ossuccio, Sala Comacina, Claino con Osteno e Valsolda. La porzione occidentale del comune è delimitata dal lago di Lugano o Ceresio. Dal punto di vista altimetrico la zona più depressa si trova in corrispondenza della riva del lago, in prossimità della foce del torrente Cuccio (270 m s.l.m.), mentre i punti altimetrici più alti sono il Monte Calbiga (1691 m) e il Monte Lenno (1589 m) nella porzione meridionale del comune e le Cime di Bronzone (1375 m) ed il Sasso Rosso (1395 m) nella settore settentrionale.



**FIG. 6** *Panoramica dalla Loc. Begna sul territorio comunale di Porlezza*

L'urbanizzazione del comune è soprattutto concentrata nel fondovalle pianeggiante e lungo le rive del lago, oltre a quest'area è presente una fascia urbanizzata che dalle rive del lago sale fino a circa 300-350 m s.l.m. in frazione Cima

Da un punto di vista cartografico il territorio comune di Porlezza è inserito all'interno dei fogli Porlezza sez. B3b5, Valsolda sez. B3a5, Lenno sez. B4b1, Val Rezzo sez. B3a4, San Bartolomeo-Val Cavagna sez. B3a4 della carta Tecnica della Regione Lombardia scala 1:10.000; nel Foglio 17, Chiavenna, della Carta d'Italia in scala 1:25.000 edita dall' I.G.M. e nel foglio 17, Chiavenna, della Carta Geologica d'Italia, in scala 1:100.000.



**FIG. 7** *Panoramica sul settore centro-meridionale del territorio comunale di Porlezza*

## 2.INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'inquadramento geologico del territorio comunale non può prescindere dall'analisi degli elementi geologici convenzionali (stratigrafia, analisi strutturale e cenni paleogeografici) derivanti dallo studio della bibliografia esistente.



**FIG. 8** *Panoramica Loc. Cima da Comune di Claino con Osteno*

### 2.1CENNI PALEOGEOGRAFICI

L'area in esame appartiene da un punto di vista geologico al dominio Sudalpino, situato a sud della Linea Insubrica. Il dominio Sudalpino si configura come una fascia di rilievi interessati da pieghe e sovrascorrimenti disposti in direzione E-W e costituiti da rocce sedimentarie.

Le rocce più antiche presenti nel territorio in esame sono triassiche (235-192 Ma), in questo periodo l'area esaminata era sommersa, numerose ed ampie piattaforme carbonatiche (Dolomia Principale) erano presenti un po' in tutta la Lombardia. Queste piattaforme costituivano degli edifici la cui porzione sommitale, pianeggiante veniva a trovarsi a profondità limitata (pochi metri sotto il livello del mare), occasionalmente si verificano locali emersioni con l'instaurarsi di processi pedogenetici. Intercalate alle piattaforme carbonatiche esistevano dei bacini intrapiattaforma dapprima di dimensioni limitate e con fondali asfittici, e progressivamente più estesi (Calcere di Zorzino).

A partire dal Norico si attivarono importanti faglie che determinarono drammatiche variazioni nell'area in esame, iniziano a individuarsi due diversi domini: la soglia di Lugano (zona emersa) ed il bacino fortemente subsidente del Monte Generoso (zona sommersa). All'inizio il bacino non era molto profondo e si depositarono progressivamente delle formazioni con un regolare incremento della componente carbonatica (Calcere di Zu, Dolomia Conchodon). Successivamente si ebbe un continuo e progressivo approfondimento e si instaurarono delle condizioni batiali (>1000 m), con queste condizioni si depositarono calcari risedimentati provenienti dalle zone rilevate e calcari con selce (calcere di Moltrasio) a testimonianza dell'elevata profondità del bacino.

Durante il periodo Quaternario (3.4 Ma -10.000 anni fa) il territorio comunale di Porlezza è stato per almeno tre volte interamente sommerso dai ghiacciai che scendendo dalla Valtellina e dalla Valchiavenna, risalirono lungo la valle di Menaggio e la Valle d'Intelvi. Queste lingue scendendo verso la pianura, modellarono le formazioni rocciose affioranti e trasportarono ingenti quantità di materiale. Durante la fase di ritiro dei ghiacciai grandi quantità di materiale sciolto furono depositati dando origine ai depositi glaciali ancora evidenti lungo i versanti montuosi attorno all'abitato di Porlezza.

L'ultima fase di modellamento è rappresentata dall'azione erosiva e di trasporto dei torrenti attuali che hanno concorso alla formazione delle principali vallate.

### 3.COMMENTO ALLA CARTA GEOLOGICO-STRUTTURALE

#### 3.1 – CARATTERI GEOMORFOLOGICI E GEOLOGICI

Sotto l'aspetto geomorfologico il territorio nel complesso manifesta caratteri tipici legati all'azione di escavazione glaciale, che ha determinato un'ampia valle con profilo a forma di "U" (valle di Porlezza-valle di Menaggio) e versanti tra loro simmetrici.

Questi ultimi risultano tuttavia gradonati a differenti quote altimetriche, a testimonianza delle fasi erosive concomitanti agli episodi di avanzamento e regressione delle lingue glaciali.

Successivamente al ritiro dei fronti glaciali si sono impostati processi erosivi legati all'azione fluviale e delle acque meteoriche, che hanno condotto all'attuale conformazione fisiografica.

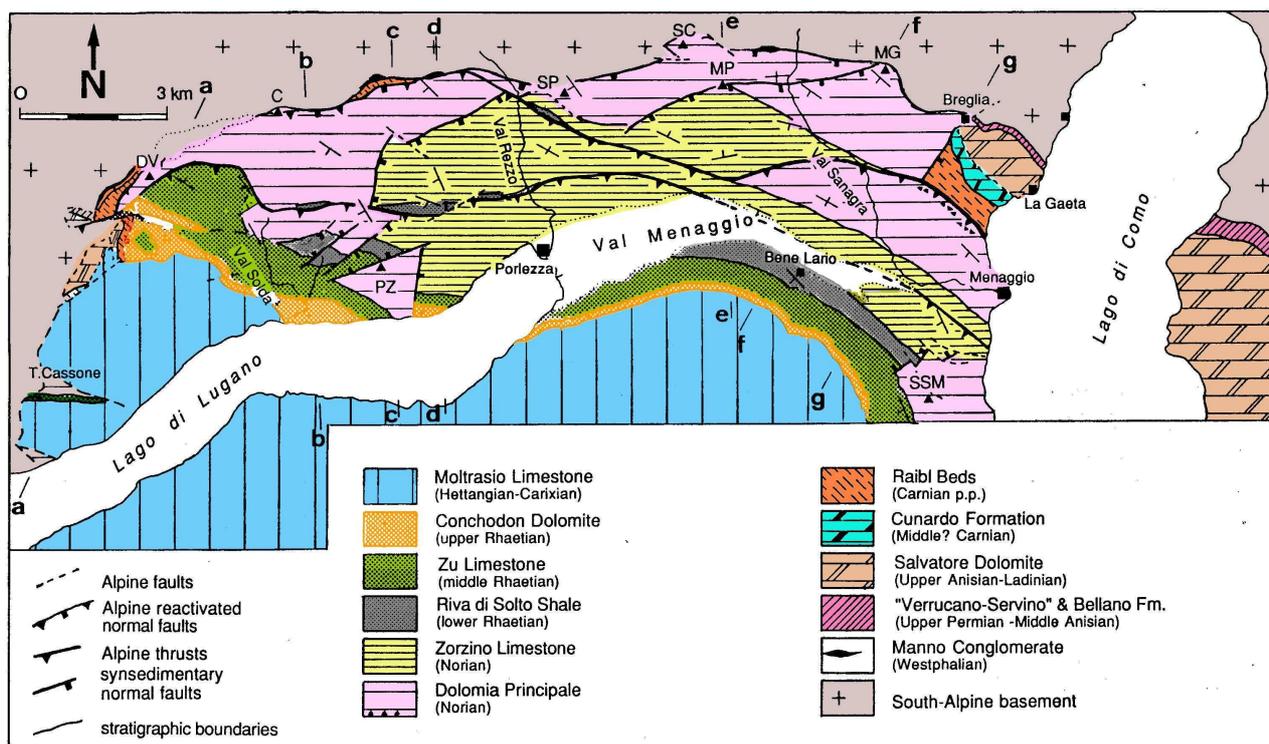
Essi si sono manifestati attraverso incisioni marcate del profilo topografico, favorite da fenomeni tettonici di sollevamento connessi con l'orogenesi alpina e, non da ultimo, da processi di alterazione chimico-fisica superficiale.

In ogni caso, intensità e significatività dei fenomeni sono strettamente legati al grado di erodibilità delle rocce affioranti. I caratteri fisiografici determinati dalla sovrainposizione degli effetti dell'erosione fluviale sulle preesistenti forme del rilievo, sono testimoniati dalle profonde incisioni torrentizie e dalla presenza di conoidi di deiezione edificate a seguito dei processi di trasporto e deposizione, in corrispondenza dello sbocco nella piana di fondovalle e/o nei bacini lacustri.

Le principali strutture di conoide sono quelle del T. Cuccio presente sul versante idrografico destro della valle di Porlezza e del T. Vallone su quella sinistra. Lo stralcio della carta morfologica Regionale, illustra schematicamente quanto descritto. Per quanto riguarda gli aspetti geologici, l'area di interesse appartiene alle Alpi Meridionali (Sudalpino) e si ubica al margine con il dominio alpino vero e proprio, identificabile immediatamente a Nord della valle di Porlezza, con limite individuato dal lineamento tettonico denominato "linea della Grona".



**FIG. 9** *Affioramento substrato roccioso*



Geologic map of the study area. Triangles at the base of the Dolomia Principale N of Menaggio indicate the occurrences of Ligomena Breccia. DV = Denti della Vecchia; C = Catelina; PZ = I Pizzoni; SP = Sassi della Porta; SC = Sassi di Cusino; MP = Monte Pidaggia; MG = Monte Grona; SSM = Sasso di S. Martino. The trace of the geologic profiles of figure 16 is indicated.

**FIG. 10** Carta geologica generale

L'ossatura dei rilievi montuosi del Sudalpino è rappresentata da formazioni rocciose di origine sedimentaria, di età compresa tra il Trias medio-sup. e il Giurassico inf., da ricondurre ad ambienti deposizionali di piattaforma carbonatica e di bacino marino.

I termini rocciosi sono stati successivamente ricoperti dai depositi superficiali di età quaternaria, a carattere sciolto, nel caso specifico legati alla fase würmiana del glacialismo lombardo. Questi ultimi sono spesso commisti a depositi eluvio-colluviali e/o di versante, derivanti dall'alterazione chimico-fisica delle rocce in situ. Di seguito vengono sinteticamente descritti i caratteri litologici delle principali unità affioranti, da quella più antica a quella più recente, mentre nella carta geologico-strutturale (da Bernoulli D. – modificata, 1984) viene rappresentata la loro distribuzione areale.

*Dolomia Principale (Norico)* - L'unità in esame è costituita da dolomie cristalline di colore grigio chiaro alle quali si alternano dolomie micritiche grigio scure con aspetto saccaroide alla fratturazione; sono inoltre presenti livelli di breccie. In affioramento l'unità presenta stratificazione in genere massiccia con bancate di spessore prossimo a 10 m anche se, localmente, si rinvencono livelli di spessore variabile tra 30 e 60 cm. Le zone di affioramento si individuano lungo la S.S. 340 Regina che costeggia il L. di Lugano, in località Cima e Cressogno (M. dei Pizzoni), e nel settore orientale della Valsolda. Più a Nord si hanno affioramenti variamente articolati posti a ridosso delle rocce costituenti il basamento cristallino alpino che, procedendo da Ovest a Est, interessano le seguenti cime: Denti della Vecchia, Sassi della Porta, Sasso di Cusino, M. Pidaggia, sino a raggiungere il M. Grona.

*Calcarea di Zorzino (Norico)* - Le zone di affioramento di tale unità sono strettamente connesse a quelle della Dolomia Principale in quanto ne costituiscono la continuità litologica verso l'alto; tuttavia i rapporti tra le due unità sono prevalentemente di carattere tettonico. Esse si dispongono lungo una fascia avente direzione Ovest-Est, posta immediatamente a Sud degli affioramenti della Dolomia Principale; a partire dal M. Bronzone costituiscono gran parte del versante in destra orografica della valle di Menaggio e il fondovalle stesso, laddove sono tuttavia ricoperti da depositi alluvionali quaternari. La formazione è costituita da calcari grigio scuri, microcristallini, spesso alterati in scaglie, con intercalazioni argillitiche; nel complesso è evidente una fitta stratificazione in livelli di spessore variabile da circa 0.1 m a 1 m.

*Argilliti di Riva di Solto (Retico inf.)* - In continuità stratigrafica con i calcari dello Zorzino, si rinvengono in affioramento lungo la S.S. 340 Regina presso Bene Lario, a Sud-Est del Lago di Piano, alla base del versante del M. Galbigo, con continuazione verso la Valsolda-val Canale; dal punto di vista litologico sono costituiti da argilliti nere di spessore da millimetrico a centimetrico, spesso alterate in sottili scaglie.

*Calcarea di Zu (Retico)* - Le zone di affioramento di tale unità interessano la porzione basale del versante Nord del M. Galbigo e la porzione occidentale della Valsolda. La formazione è costituita da calcari, calcari marnosi di colore grigio scuro e nocciola a grana fine, con intercalazioni argillitiche. Nel complesso l'unità manifesta stratificazione in banchi di spessore variabile da pochi decimetri a 1-1.5 m.

*Dolomia a Conchodon (Retico sup.)* - L'unità è rappresentata da calcari e calcari dolomitici di colore grigio chiaro stratificati in banchi aventi spessore variabile da 0.1 a 1.5 m. Gli affioramenti si rinvengono in una fascia allungata contigua ai sopraindicati termini del Calcarea di Zu.

*Gruppo del Medolo (Lias inf.- medio)* - La formazione è costituita da un complesso di calcari, calcari silicei e localmente calcari marnosi, in strati di 40-50 cm di spessore, talvolta gradati e laminati, con intercalazioni di marne aventi colorazione dal grigio scuro al nocciola. E' presente selce di colore grigio scuro, nera e bruna, sia in noduli sia a bande irregolari. L'unità interessa la porzione mediana e sommitale del versante Nord del M. Galbigo e tutta l'estensione dei versanti attorno al L. di Lugano.

## 3.2 – CARATTERI LITOLOGICI

In questo paragrafo vengono approfonditi gli aspetti litologici delle unità del substrato roccioso in precedenza descritte e della coltre dei depositi superficiali quaternari affioranti.

A tal fine sono stati utilizzati i tematismi specifici contenuti nelle “Carte Geoambientali della Comunità Montana delle Alpi Lepontine”, reperite presso la Provincia di Como, organizzata in modo da distinguere le unità litologiche dei depositi superficiali e quelle del substrato roccioso.

### 3.2.1 Depositi superficiali

I depositi presenti nell'area di studio sono stati classificati nelle seguenti unità:

- Depositi glaciali
- Depositi alluvionali e lacustri
- Depositi eluviali e colluviali
- Depositi detritici

*Depositi glaciali:* sono legati all'attività deposizionale delle fasi glaciali succedutesi durante il Pleistocene. Si tratta essenzialmente di Depositi morenici, rappresentati dall'unità del Morenico Würm Auct. (Unità mo) e sono connessi all'ultima fase di espansione dei fronti glaciali alpini verso Sud, avvenuta nel Pleistocene sup., circa 600.000 anni fa.

Da un punto di vista litologico i depositi morenici si presentano eterogenei essendo costituiti da ciottoli, ghiaie e sabbie immersi in matrice sabbioso-limosa; la componente grossolana si presenta perlopiù inalterata. Spesso inglobano massi erratici anche di notevoli dimensioni, costituiti da rocce ignee e metamorfiche di origine alpina e subordinatamente da rocce sedimentarie di età relativamente più recente, che evidenziano il più delle volte tracce della loro origine glaciale (striature).

La porzione sommitale è talora contraddistinta da fenomeni di alterazione superficiale per uno spessore di 1-1.5 m, con suoli ad evoluzione poco spinta di colore bruno.

I depositi morenici würmiani si rinvengono in corrispondenza dei ripiani morfologici presenti a differenti quote sui versanti che limitano la valle, laddove manifestano spessori relativamente più cospicui e maggiore continuità laterale. Essi ricoprono buona parte del versante destro della valle di Porlezza.

*Depositi alluvionali e lacustri* - I sedimenti in oggetto sono il risultato dell'accumulo di materiali detritici provenienti dai versanti ad opera dei corsi d'acqua, dilavati dalle acque meteoriche e di ruscellamento, successivamente risedimentati nelle aree di raccordo con il fondovalle e/o nel bacino lacustre del L. di Piano. Nell'area investigata i depositi alluvionali si possono suddividere in alluvioni recenti, alluvioni attuali e depositi di conoide.

Le alluvioni recenti formano l'estesa piana di fondovalle della valle di Porlezza e sono costituite in prevalenza da sabbie e ghiaie, con la frequente interdigitazione di depositi più fini provenienti dal dilavamento del versante (Unità ar).

I depositi di conoide sono identificati dalla caratteristica morfometria convessa e a ventaglio in corrispondenza dello sbocco dei corsi d'acqua nel fondovalle (Unità cd). Il materiale deposto è contraddistinto da una prevalenza di materiale grossolano (blocchi, ciottoli e ghiaie) verso la porzione apicale della conoide e dal prevalere di depositi a granulometria più fine (sabbie) verso quella distale. Il grado di arrotondamento dei clasti può essere maggiore rispetto a quello delle alluvioni mentre lo spessore complessivo delle strutture ammonta a qualche decina di metri.

Nell'area investigata i depositi di conoide caratterizzano gran parte dei corsi d'acqua allo sbocco nella piana di fondovalle e/o nel L. di Piano. Fra questi meritano particolare attenzione la conoide allo sbocco del T. Vallone, quella su cui sorge l'abitato di Porlezza, quella allo sbocco del T. Cuccio e quella alla base della valle Granisciola.

Le strutture di conoide e i depositi alluvionali in genere presentano tra loro rapporti di interdigitazione, in quanto i relativi processi di sedimentazione sono avvenuti pressoché contestualmente.

La deposizione nelle aree di fondovalle dei sedimenti alluvionali di conoide, attraverso il parziale sbarramento e deviazione delle acque decorrenti, ha creato le condizioni per favorire la sedimentazione di depositi lacustri (Unità Ap), litologicamente identificati da limi di colore grigio con intercalazioni di sabbie fini e frequente presenza di torbe, che interessano soprattutto l'estremità orientale del L. di Piano.

*Depositi eluviali* - Rappresentano la coltre superficiale che ricopre il substrato roccioso, dal quale si origina per disgregazione ed alterazione ad opera dei processi fisico-chimici, talora commista a depositi morenici. La porzione a diretto contatto con il substrato evidenzia ancora la struttura litologico-sedimentaria "relitta" del medesimo (regolite) mentre, proseguendo verso l'alto, il maggior grado di alterazione e disgregazione identifica un deposito costituito da frammenti liti spigolosi ed eterometrici, litologicamente costituiti da clasti di natura perlopiù calcarea immersi in abbondante matrice fine. In questo caso si parla di coltre eluviale.

In merito alle caratteristiche sopra descritte, i depositi in oggetto sono identificati rispettivamente con la sigla Unità el, sempre associate con quella identificativa del substrato roccioso sottostante, e talora a un valore che ne definisce lo spessore indicativo.

Per quanto attiene il versante Nord del M. Galbiga i depositi eluviali interessano soprattutto la porzione basale e quella sommitale del pendio, mentre sulla sponde opposta della valle di Porlezza essi risultano omogeneamente distribuiti.

*Depositi detritici di versante* - Rappresentano in pratica la porzione di eluvio trasportata verso valle dai processi di erosione e di trasporto degli agenti atmosferici, lungo il pendio. Sulla base di tali caratteristiche i depositi detritici o di versante, si concentrano verso la base del pendio, in corrispondenza di piccole incisioni vallive o laddove la morfologia ne permette la deposizione. Caratteristica dei depositi detritici (Unità dc) è l'assenza della matrice fine che "lega" lo scheletro grossolano, in quanto dilavata e asportata durante i processi erosivi. Gli spessori sono localmente variabili e possono raggiungere valori prossimi a 10 m.

### **3.2.2 Substrato roccioso**

Le unità geologiche analizzate alla scala generale possono essere classificate nelle seguenti unità litologiche:

*Calcari mediamente o sottilmente stratificati (Unità Cs)* - Affiorano su entrambi i versanti della valle di Porlezza; appartengono rispettivamente alle formazioni del Calcari di Zorzino e del Calcare di Zu. Come anticipato i primi contraddistinguono buona parte del versante orografico destro della valle di Porlezza e della piana di fondovalle, laddove sono ricoperti dai depositi quaternari, mentre i secondi affiorano in corrispondenza del porzione basale del versante orografico sinistro, nei pressi del centro abitato di Bene Lario. Le caratteristiche stratigrafiche e l'assetto geometrico delle due formazioni appaiono molto simili, in virtù di una litologia calcarea e calcareo marnosa con intercalazioni argillitiche e una giacitura degli strati con immersione in direzione Sud-Ovest e

inclinazione variabile da 30 a 50°. Tale assetto geometrico che identifica una struttura di tipo “monoclinalico” di tutta la serie triassica, in relazione alla disposizione fisiografica dei versanti della valle, determina una giacitura a franapoggio sul versante settentrionale (piano di stratificazione concorde con la pendenza del pendio) e una giacitura a reggipoggio su quello meridionale (piano di stratificazione opposto al pendio).

La copertura eluviale interessa buona parte delle unità sul versante settentrionale della valle mentre risulta più modesta e sottile nello spessore sul versante Sud.

*Argilliti (Unità Al)* - rientra in questa classe litologica l'unità delle Argilliti di Riva di Solto, affiorante nell'area rappresentata nell'elaborato cartografico unicamente a Sud-Ovest dell'abitato di Bene Lario. Dal punto di vista stratigrafico l'unità si presenta in sottili strati da millimetrici a centimetrici, con giacitura concorde a quella della precedente unità. La relativa copertura eluviale è presente unicamente in corrispondenza della base del versante.

*Calcari massicci e/o stratificati in grossi banchi (Unità Cm)* - Rappresentano i termini calcareo-dolomitici dell'unità della Dolomia a Conchodon; affiorano nell'area di studio in corrispondenza del versante meridionale della valle di Porlezza, all'incirca lungo la strada che collega l'abitato di Bene Lario alla località Selva Ghirlanda, laddove formano una sorta di “gradino morfologico”.

In presenza di stratificazione massiccia, l'unità manifesta una maggior resistenza nei confronti dei processi erosivi e/o di alterazione, limitando di fatto lo sviluppo della coltre eluviale.

*Calcari selciferi (Unità Cn)*: corrispondono all'unità del Gruppo del Medolo conosciuta anche col nome di Calcare di Moltrasio e affiorano su gran parte del versante Nord del M. Galbiga. La stratificazione è caratterizzata da una giacitura Sud-SudOvest a reggipoggio, con inclinazione media di 50°. La copertura eluviale interessa soprattutto la porzione sommitale del versante, mentre risulta assente nella rimanente area di affioramento dell'unità.

La carta geologica redatta alla scala 1:10.000 (Tav. 1, fig.3) illustra la distribuzione in superficie delle differenti formazioni rocciose e dei depositi superficiali. Nella stessa carta è riportata anche una sezione geologica orientata N-S.

In base alle caratteristiche litologiche e stratigrafiche durante la fase di rilevamento sono state distinte dalla più antica alla più recente le seguenti unità litostratigrafiche:

### **Substrato roccioso**

**Dolomia Principale** (Norico): dolomie e calcari dolomitici spesso ricristallizzati, stratificata in banchi di spessore da metrico a decametrico, depositati in un ambiente di piattaforma carbonatica con acque basse. Affiora limitatamente in corrispondenza delle Cime dei Pizzoni fino a quota 1290 m s.l.m.

**Calcere di Zorzino** (Norico): successione calcareo-marnosa, a strati sottili, contenenti intercalazioni calcarenitiche e brecce risedimentate. Affiora nella porzione settentrionale del territorio comunale dando origine alle Cime di Bronzone e al Monte Bronzone.

**Calcere di Zu** (Retico): calcari e calcari debolmente marnosi grigio-scuri, ben stratificati con bancature da decimetriche a metriche. Affiora in modo discontinuo lungo le pendici del Monte Calbiga e del Monte Lenno da quota 550 m a circa 350 m s.l.m. Il substrato roccioso è spesso ricoperto da colti di spessore molto variabile di depositi detritici di versante.

**Dolomia a Conchodon** (Retico sup.): costituita da calcari grigio-nocciola, calcari dolomitici a struttura saccaroide, per lo più privi di stratificazione, spesso dolomitizzati, è composta da calcareniti e calcareniti oolitiche, che testimoniano un ambiente di deposizione a bassa profondità con acque calde e agitate. Affiora in loc. Cima in corrispondenza del limite occidentale del territorio comunale fino a quota 350 m s.l.m. e lungo una stretta fascia alle pendici del Monte Lenno.

**Calcere di Moltrasio** (Giurassico inf.): potente successione costituita da calcari marnosi grigi scuri in strati da 20-40 cm ben suddivisi da interstrati marnoso-argillosi centimetrici. Si tratta di calcilutiti dove la matrice micritica è molto abbondante. La selce di colore scuro, può essere localmente diffusa formando lenti stratoidi o noduli irregolari. Alla base dell'unità gli strati sono più spessi. Affiora nella porzione più meridionale del territorio comunale da quota 1590 m s.l.m. fino a circa quota 600 m. s.l.m. costituendo il Monte Calbiga ed il Monte di Lenno

### **Depositi superficiali**

Sono localizzati prevalentemente nel fondovalle pianeggiante e sono stati differenziati in base ai processi che li hanno generati.

**Depositi glaciali Wurm (Plesitocene superiore 80.000-10.000)** sono costituiti da ciottoli suarrotondati, ghiaie e sabbie immersi in una matrice sabbiosa-limosa; la porzione superficiale è parzialmente pedogenizzata ed alterata per uno spessore di circa 0.50 m. Questi depositi hanno dato luogo a piccoli ripiani pianeggianti o a estesi cordoni lungo i versanti montuosi del Monte Calbiga, del Monte di Lenno (Pian Lero, Alpe di Nosarolo), delle Cime di Bronzone (Alpe di Cima, Valle dell'Alpe, loc. Palo, loc. Pradeil e loc. Cavron), nelle frazioni di Begna e Cima. Questi depositi si trovano fino a quota 1200 ed indicano la massima altezza raggiunta dai ghiacciai. All'interno di questi depositi sono presenti dei massi erratici di dimensioni maggiori di alcuni metri, si ricorda il masso erratico avente un volume di 20 mc rinvenuto a quota 429 m in corrispondenza del versante sovrastante Via Porto Letizia,.

**Depositi alluvionali e fluvioglaciali indistinti:** sono legati all'azione di trasporto e deposito ad opera delle acque correnti e delle acque di fusione dei ghiacciai. Formano i greti dei principali torrenti e la piana di Porlezza. Sono costituiti prevalentemente da ghiaie e sabbie con subordinate sabbie-limose e ghiaie, non rari sono i ciottoli di natura metamorfica o cristallina di dimensione decimetrica presenti all'interno di questo deposito.

**Coni di deiezione:** questi depositi sono costituiti da ciottoli grossolani subarrotondati con abbondante matrice sabbiosa e rozza stratificazione parallela al pendio. Alternano banchi con clasti più spigolosi con altri a matrice più abbondante. Allontanandosi dall'apice delle conoidi la granulometria dei depositi tende a diminuire. Nella carta geologica in scala 1:10.000 si è deciso di evidenziare due diversi tipi di conoide: alluvionale e mista.

I depositi di conoide alluvionale, caratterizzano estesamente la piana alluvionale e sono collegati all'azione di deposito operata da numerosi torrenti che dalle strette vallate laterali sfociano sulla piana, tra queste si citano le conoidi del torrente Rezzo e del torrente Cuccio. I depositi di conoide mista sono presenti alle pendici dei alcuni rilievi montuosi e sono dovute sia a movimento per gravità lungo i canali più impervi che al trasporto delle acque, si ricorda la conoide mista presente a monte del Santuario di N.S. della Caravina, lungo valle della Madonna.

**Depositi di versante:** sono costituiti da accumuli detritici, monolitologici, formati da clasti spigolosi di dimensione dal ciottolo al blocco, moderatamente selezionati privi o poveri in matrice. Formano coni o falde detritiche ai piedi di canali o di pareti rocciose. Si sono formati per distacco di singoli clasti dalle pareti o per crollo e frantumazione di maggiori blocchi rocciosi. Oltre alla gravità vi sono altri fenomeni che rielaborano in parte questi depositi: acque di dilavamento e creep.

Nell'area in esame depositi di versante sono presenti lungo le pendici del Monte Calbiga e del Monte Lenno, oltre che alle in frazione di Cima alle pendici del Monte Bronzone e del Monte dei Pizzoni.

In funzione del grado di stabilizzazione si possono distinguere

Accumuli detritici in attivo accrescimento o comunque non stabilizzati: sono costituiti da clasti spigolosi di natura calcarea, hanno dimensioni da centimetriche a decimetriche, formano degli accumuli instabili di materiale lungo il canale della Gramisciola, della Granosa e del torrente immediatamente a fianco.

Accumuli detritici inattivi e stabilizzati, sono ricoperti da suolo e vegetazione e talvolta i detriti di cui sono costituiti sono visibili solo in alcuni spaccati. Sono identificabili con criteri morfologici. si tratta di accumuli detritici antichi, rimaneggiati in parte dalle acque di dilavamento e successivamente colonizzati dalla vegetazione. Possono essere soggetti a processi erosivi.

I lineamenti strutturali dell'area condizionano in modo evidente la morfologia dei versanti. In particolare si deve sottolineare un'importante zona di debolezza tettonica orientata E-W che si imposta in corrispondenza della valle dell'Alpe e che dal limite comunale più occidentale continua fino alla frazione di Begna. Associata a questa linea di debolezza principale è la faglia presente sopra Cima; altre linee di debolezza, orientate N-S, NNW-SSE e NNE-SSW sono presenti lungo il versante a monte di Via Porto Letizia.

Nella carta geologica allegata allo studio è riportata anche una sezione geologica N-S costruita sia attraverso dati diretti (rilievo-geologico) che attraverso dati ricavati dalla bibliografia scientifica e dalle stratigrafie dei pozzi.

Di seguito è riportato uno stralcio della Carta Geologica:

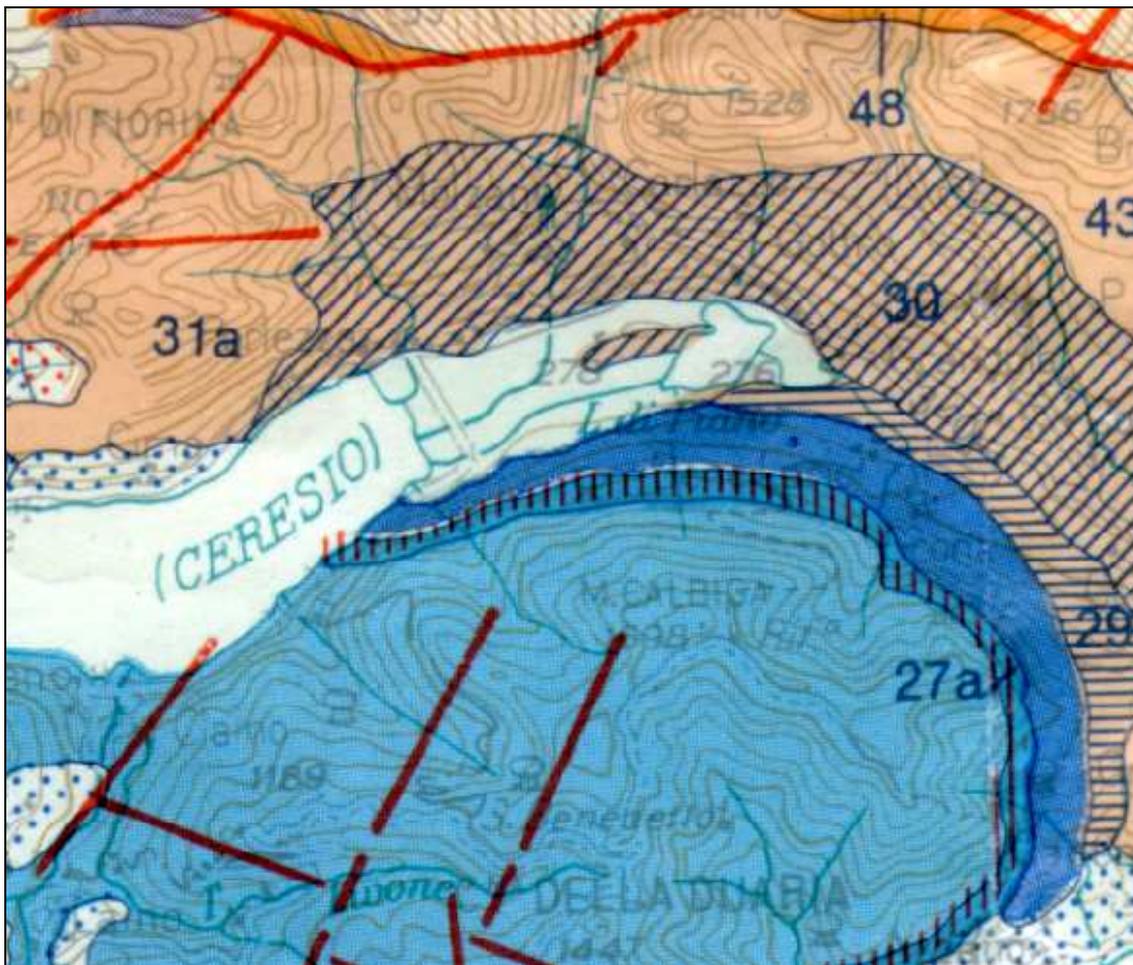


FIG. 11 Estratto della Carta Geologica della Lombardia CNR – Scala 1: 250.000

#### QUATERNARIO CONTINENTALE - "VILAFRANCHIANO"

OLOCENE		1 - Depositi fluviali dei greti attuali (Alluvium attuale - a) e terrazzati (Alluvium medio - b, Alluvium antico - c): ghiaie, sabbie e limi.
		2 - Detriti di falda e frane.
		3 - Lacustre olocenico e tardoglaciale: argille e limi (a); torba (b).
		4 - Morenico (a) e lacustre olocenico: ghiaie, blocchi, limi.
PLEISTOCENE		5 - Morenico Würm: ghiaie, blocchi e limi (a); Fluvioglaciale e Fluviale Würm: ghiaie, sabbie (b). PLEISTOCENE SUP.
		6 - Morenico Riss: ghiaie, blocchi e limi ferrettizzati (a); Fluvioglaciale, Fluviale e Lacustre Riss: ghiaie, sabbie e argille ferrettizzate (b). PLEISTOCENE MEDIO.
		7 - Morenico Mindel: ghiaie, limi e rari blocchi fortemente ferrettizzati (a); Fluvioglaciale, Fluviale e Lacustre Mindel: ghiaie, limi e argille fortemente ferrettizzate (b). PLEISTOCENE INF.
PLIOCENE		8 - "Ceppo" e formazioni simili, facies "Villafranchiane": conglomerati, sabbie, argille. PLEISTOCENE INF.-PLIOCENE SUP.

Sotto l'aspetto morfologico il territorio comunale di Porlezza può essere suddiviso in due settori, ciascuno caratterizzato da processi morfogenetici differenti:

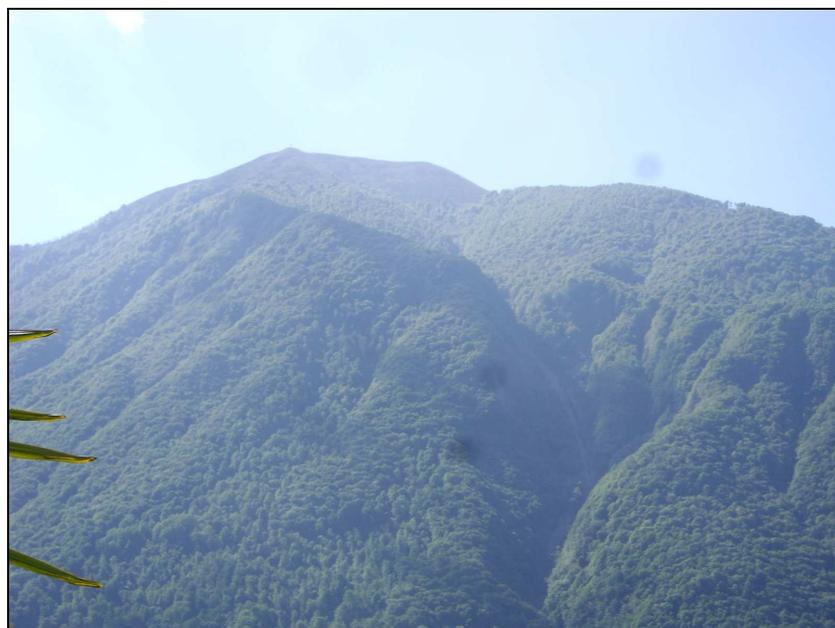
1) **Area montuosa:** comprende il versante settentrionale del Monte Calbiga e del Monte Lenno e i versanti meridionali delle Cime dei Bronzone e del monte dei Pizzoni.

L'affioramento pressoché continuo del substrato roccioso determina una elevata acclività del versante (pendenza media compresa tra il 60% e 100%), che è coperto in modo disuniforme da prati e boschi interrotti localmente da pareti rocciose subverticali (altezza media 20-40 m). Nelle porzioni topograficamente più elevate in corrispondenza delle cime dei monti (Cime di Bronzone, Monte Bronzone) si raggiungono pendenze costanti del 90%-100%, con pareti subverticali con altezze che arrivano oltre i 100 m. In queste aree sono numerosi gli orli di scarpata strutturale inattive.

Lungo i versanti del monte Bronzone sono da evidenziare delle aeree con franosità per crollo, per l'ubicazione delle quali si rimanda alla carta morfologica allegata, mentre lungo i versanti del monte Calbiga e Lenno sono evidenti lungo i principali impluvi fenomeni erosione concentrata e di trasporto in massa (colate fangose con blocchi detritici).

Gli alvei dei principali torrenti si sviluppano all'interno di valli incise con fondo a "V", caratterizzate da scarpate laterali aventi un' altezza variabile dai 2 ad oltre 5 m; lungo queste scarpate in più punti sono stati osservati fenomeni di erosione accelerata delle sponde con conseguente arretramento dell'orlo di scarpata torrentizia e trasporto a valle di materiale detritico.

La transizione dalla zona montuosa a quella immediatamente a valle, con relativa diminuzione della pendenza media, è caratterizzata dalla presenza di conoidi alluvionali (Val Fontanina, Val Maurizio, Valle della Gramisciola, Valle Cugnolo, Valle di Tremezzo, Valle Granosa, Valle Musa, Valle della Madonna, Valle del T. Cuccio e Valle del T. Rezzo), passanti lateralmente a falde di detrito che bordano in modo continuo le pendici delle pareti montuose.



**FIG. 12** *Panoramica monte Calbiga*

#### **b) Area pianeggiante**

Il motivo geomorfologico fondamentale della zona è rappresentato dall'ampia depressione valliva, orientata E-W, delimitata a sud dai i massicci del Monte Calbiga e Lenno a nord dal Monte Pidaggia e dal Monte Colmen dei Carac. Alla formazione di questa vallata contribuì in modo

sostanziale l'azione erosiva delle colate glaciali quaternarie che provenivano dalla Valtellina e che risalirono lungo la Valle di Menaggio. La depressione creata dall'erosione glaciale ha portato alla formazione di una tipica vallata glaciale a forma di "U", colmata poi da un lago con sedimentazione di limi e argille, e dai detriti portati a valle dai ghiacciai stessi ed dagli agenti ad essi collegati come i fiumi di origine glaciale che produssero estesi depositi fluvioglaciali.

Attualmente la profondità del substrato roccioso è stata stimata a oltre 40-50 m di profondità dal piano campagna. Nell'esecuzione del pozzo idropotabile N. 2, 1985 spinto fino a 50 m da p.c., il substrato roccioso non è stato rinvenuto fino alla profondità di -50 m dal p.c. Dopo il ritiro dei ghiacciai la morfologia della pianura è stata parzialmente modificata dai depositi dei detriti di falda e dalle conoidi alluvionali.

In tale settore i processi morfologici, sono connessi principalmente alla possibilità di esondazione dei corsi idrici in corrispondenza dello sbocco delle vallate sulla pianura al passaggio della zona montuosa alla zona pianeggiante ed in prossimità delle foci dei torrenti Cuccio e Rezzo.



**FIG. 13** *Fotografia Aerea*



**LEGENDA**

Area edificata o urbanizzata: residenza, servizi o misto	■ a tipologia prev. residenziale, mista e servizi	
Area edificata o urbanizzata: produttivo	● area verde, parco-giardino	
Case sparse		
Area in trasformazione		
Nucleo residenziale	■ Complesso industriale	▲
Complesso agro-zootecnico	● Complesso commerciale	▼
Impianto sportivo	▲ Servizi	★
Cascina	○ Campeggio	△
Complesso misto residenziale-produttivo		◻
Area agricola	seminativo, pioppeto, prato-pascolo	
	legnose agrarie	
Bosco		
Area incolta o sterile		
Scarpata morfologica		
Orio di terrazzo fluviale		
Circo glaciale		
Cresta di cordone morenico		
Golena		
Alveo abbandonato situato allo stesso livello del p.c.		
Alveo abbandonato incassato rispetto al p.c.		
Erosione di sponda		

Nicchia di frana recente	
Frana recente attiva	
Nicchia di frana antica	
Frana antica stabilizzata	
Area con franosità diffusa	
Frana di dimensioni non cartografabili	
Alveo abbandonato relativo a corsi minori	
Linea di accrescimento fluviale, vecchia linea di costa	
Conoide di deiezione	
Detriti sciolti, "ghiaioni"	
Fenomeni carsici	
Erosione diffusa	
Erosione incanalata	
Faglia o frattura principale	
Linea spartiacque	
Linea di scorrimento di valanga	
Opera paravalanga	

FIG. 14 Estratto della Carta Morfologica Regionale - Scala 1: 50.000

## 4.ASPETTI PEDOLOGICI

---

I suoli presenti nel territorio comunale di Porlezza sono prodotti dall'alterazione superficiale dei depositi di conoide dei torrenti Rezzo e Cuccio e dall'alterazione dei depositi fluvioglaciali Wurmiani.

I rilievi effettuati hanno permesso di distinguere tre diversi tipi di suoli:

Suoli conoide torrente Rezzo: sono suoli aventi una profondità variabile da 0.5-1.0 m scheletro da raro a frequente , tessitura franca e un buon drenaggio

*Class. USDA:*Typic Hapludollos,coarse loamy, mixed, mesic

Suoli conoide torrente Cuccio: si deve distinguere la porzione distale della conoide da quella prossimale. La prima è costituita da suoli aventi una profondità variabile da 0.25 m -1.0 m, tessitura franco-limosa, scheletro da assente a raro, drenaggio buono (*Class. USDA:*Typic Eutrochrepts, loamy, mixed, mesic) , mentre la seconda è formata da suoli molto sottili <0.25 cm, tessitura scheletrico sabbiosa, scheletro abbondante , buon drenaggio (*Class. USDA:*Typic Eutrochrepts, loamy skeletal, mixed, mesic).

Suoli area urbana e rimaneggiata: l'intervento dell'uomo ha modificato in queste aree la struttura del suolo non permettendo una corretta classificazione

## 5.OSSERVAZIONI CLIMATOLOGICHE

---

### INQUADRAMENTO METEO-CLIMATICO

Di seguito, si riporta anche un inquadramento generale dell'area lacustre comprendendo gli aspetti climatici, meteorologici e idrologici.

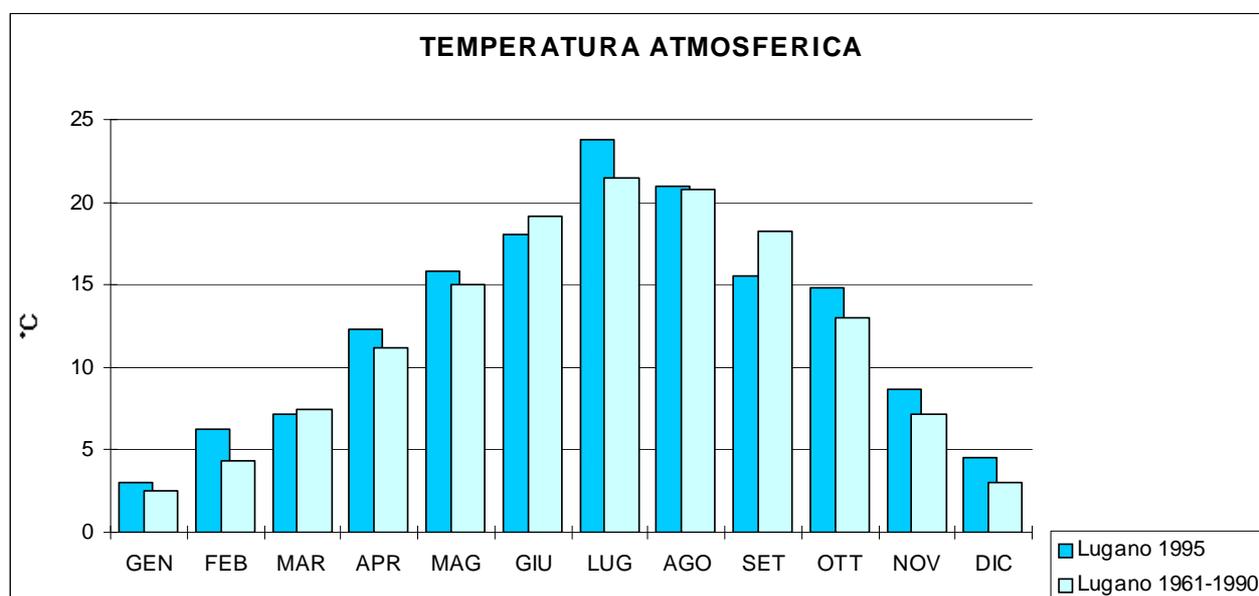
I dati utilizzati per le descrizioni dell'area sono stati tratti dai dati provenienti dall'Istituto Svizzero, comprendenti un lasso di tempo tra il 1961 e il 1995, rilevati presso la stazione di Lugano.

#### 5.1.1 Temperatura atmosferica

TEMPERATURA MEDIA 1995	12.5°C
TEMPERATURA MEDIA 1961-90	12.0°C

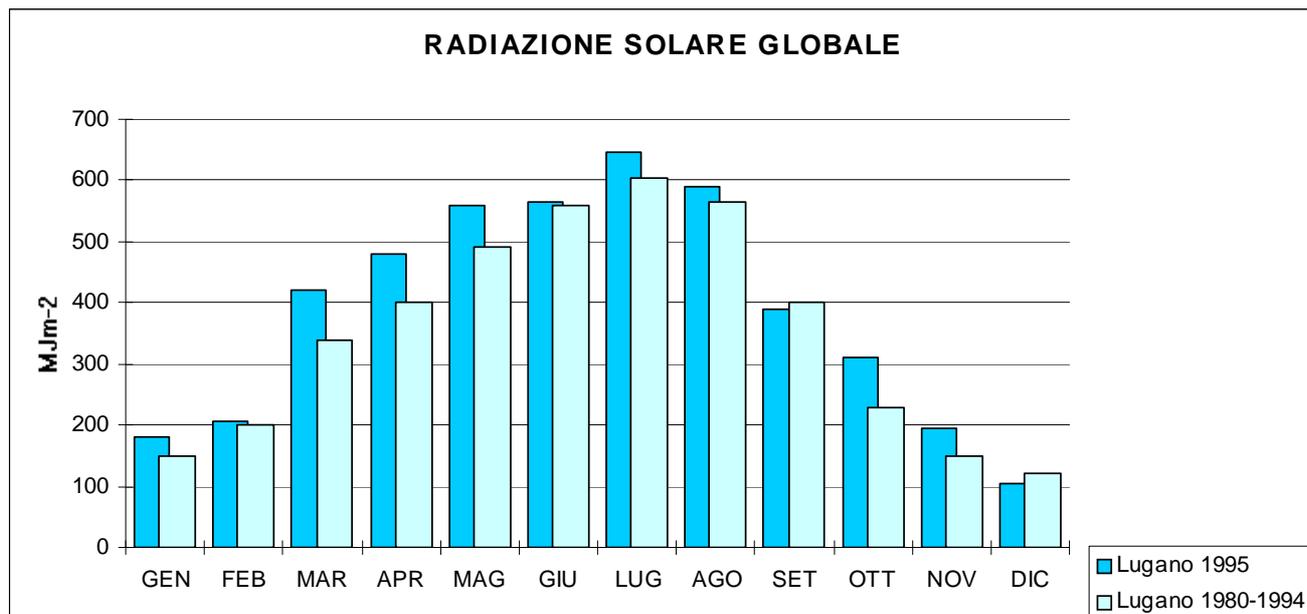
Come si rileva la tendenza al rialzo della temperatura iniziata nel 1980 si è manifestata anche nel 1995. La media annuale è superiore ai valori normali e il 1995 si pone come uno degli anni a temperatura maggiore tra quelli osservati. Come risulta dal grafico seguente, solo tre mesi (marzo, giugno e settembre) sono rimasti al di sotto della media: la maggiore differenza negativa si è avuta nel mese di settembre (-2.5°), che dal punto di vista meteorologico è stato il mese con valori peggiori di tutto l'anno. Gli altri mesi mostrano valori positivi di 1-2° e solo in agosto i valori sono simili alla norma. Il maggior incremento termico misurato è stato nel mese di febbraio con +2.1°C, caratterizzato da una temperatura media pari a 6.3° tra le più elevate del secolo.

### 5.1.2 Radiazione solare globale



<b>RADIAZIONE TOTALE 1995</b>	4547 MJ m <sup>-2</sup>
<b>RADIAZIONE TOTALE MEDIA 80-94</b>	4155 MJ m <sup>-2</sup>

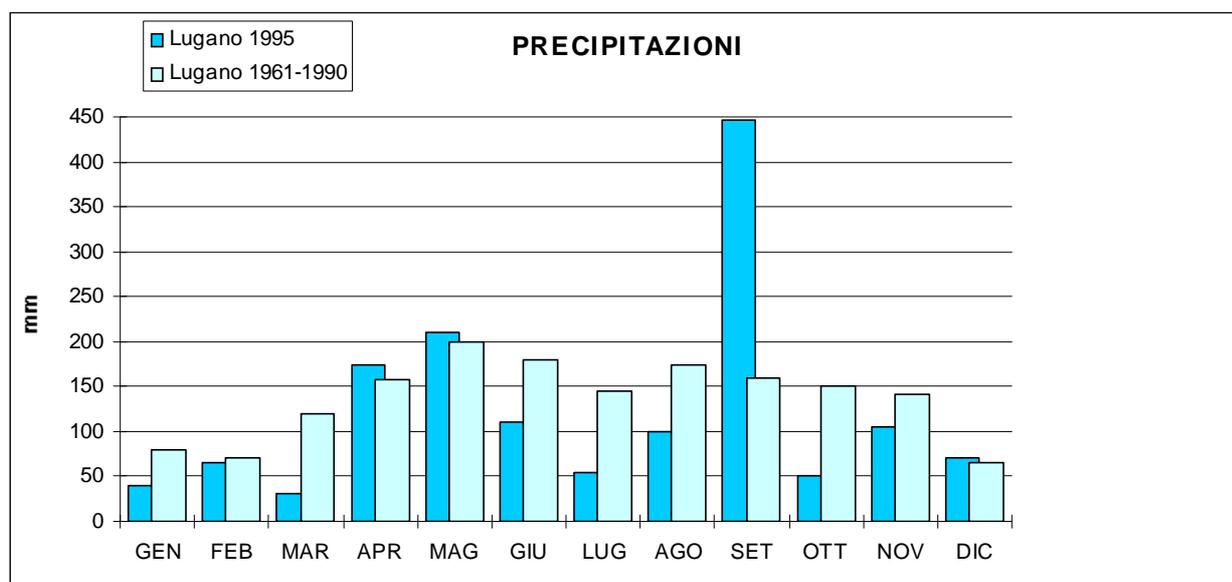
Come si può osservare dalla tabella il 1995 ha fatto registrare il valore più elevato dopo il 1982 (4595 MJ m<sup>-2</sup>). L'incremento rispetto alla media quindicennale è stato di 392 MJ m<sup>-2</sup>, pari al 9.4%. Nella figura seguente sono riportati i valori mensili che risultano tutti superiori alla media fatta eccezione solo per il mese di settembre e dicembre. Gli incrementi maggiori sono stati rilevati nei mesi di marzo, ottobre e novembre seguiti da gennaio, aprile e maggio.



### 5.1.3 Precipitazioni

PRECIPITAZIONI TOTALI 1995	1412 mm
PRECIPITAZIONE MEDIA 61-90	1606 mm

Il 1995 è caratterizzato da una piovosità inferiore alla norma con uno scarto di  $-194$  mm, contrassegnato da tre trimestri con valori bassi (gennaio-marzo, giugno-agosto, ottobre-dicembre) intercalati da due periodi umidi. Il mese con precipitazioni abbondanti è risultato essere settembre con 447 mm di pioggia.



Nel comune di Porlezza attualmente non sono in funzione stazioni di rilevamento meteorologiche, perciò ci si è dovuti basare su informazioni pubblicate sugli annali idrologici. Dall'analisi di queste pubblicazioni si è trovato che nel periodo 1921-1961 era in funzione una stazione pluviometrica nel comune di Porlezza.

Di seguito si riportano i valori estrapolati dagli annali idrologici italiani per la stazione sopracitata nel periodo (1921-1961):

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
<b>max</b>	160	310	348	245	328	392	298	312	344	396	561	263	2111
<b>med</b>	45	57	78	127	159	151	123	146	130	137	144	70	1365
<b>min</b>	0	0	0	0	15	16	21	19	2	0	6	0	758

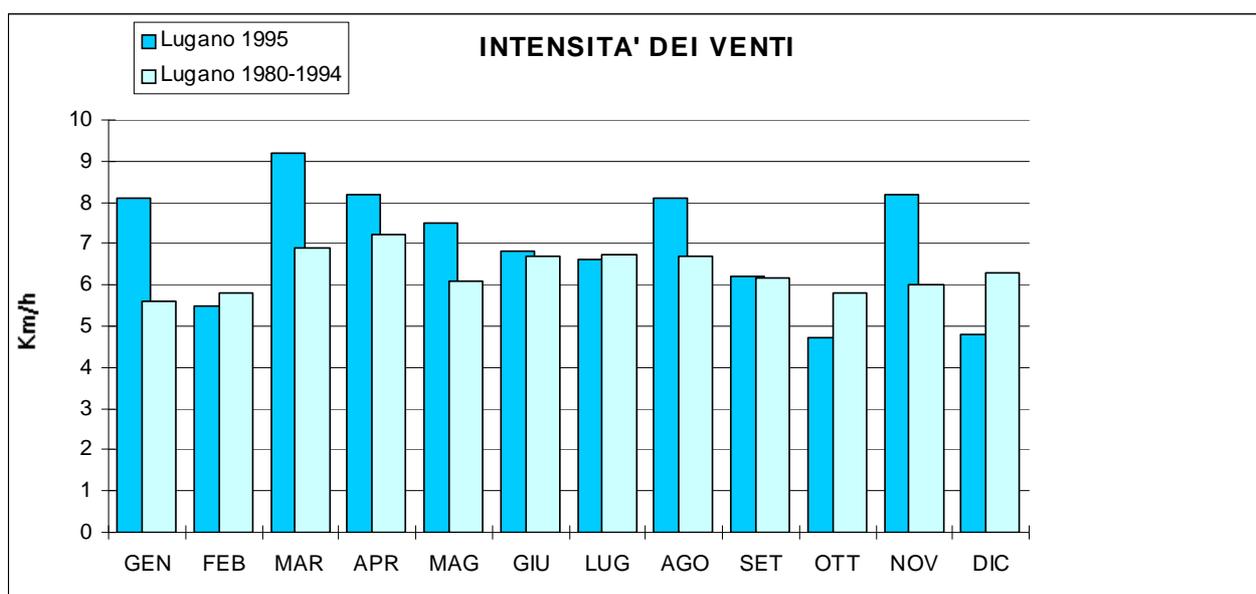
*Precipitazioni massime, medie e minime mensili -precipitazioni medie annue*

I dati pluviometrici esaminati indicano un regime di tipo prealpino, caratterizzato da una precipitazione media annua di 1350-1500 mm, con precipitazioni massime annuali fino a 2100 mm. L'evapotraspirazione annua calcolata secondo la formula di Thoruthwaite è di circa 700 mm.

*5.1.4 Intensità dei venti*

INTENSITA' DEI VENTI MEDIA 1995	6.94 Km/h
INTENSITA' DEI VENTI MEDIA 1980-94	6.27 Km/h

L'intensità dei venti nel 1995 è stata tra le più elevate rilevate nel periodo di osservazione risulta inferiore solo a quella del 1991 (7.05 Km/h). Come evidenziato nella seguente figura l'attività eolica è stata intensa nei mesi primaverili (marzo-maggio) oltre che a gennaio, agosto e novembre, mentre in ottobre ed in dicembre l'intensità dei venti è notevolmente inferiore.



Il valore di marzo si pone al terzo posto tra i massimi mensili dall'inizio delle registrazioni presso la stazione di Lugano. Per quanto riguarda la direzione dei venti si nota come il 50% dei venti corrispondono alla somma dei settori nord + nord-ovest e circa il 30% alla somma dei settori sud + sud-est.

## **6. CARATTERISTICHE METEOROLOGICHE DELL'AREALE LACUSTRE 1998-2007**

I dati utilizzati per la descrizione dell'andamento meteorologico del bacino del Lago di Lugano sono forniti dall'Ufficio Federale di Meteorologia e Climatologia e vengono registrati presso la Biblioteca Cantonale di Lugano. In particolare sono stati presi in considerazione quei parametri che risultano più strettamente legati alle vicende limnologiche del corpo lacustre, ed in particolare:

- la radiazione solare globale,
- la temperatura atmosferica,
- le precipitazioni,
- l'intensità e la direzione dei venti.

I dati relativi all'andamento mensile del biennio 2004-2005 sono stati confrontati, come di consueto, con i valori del periodo climatologico di riferimento 1961-90 per quanto concerne i parametri della temperatura atmosferica e delle precipitazioni, mentre per la radiazione solare il confronto viene effettuato con la media del ventennio 1980-99. Per quanto riguarda l'andamento generale dell'intensità e della direzione dei venti si propone invece il periodo di confronto 1986-2000, in quanto le misurazioni degli anni precedenti hanno evidenziato alcuni errori.

A livello generale, l'anno 2004 è risultato complessivamente mite ed esente da situazioni meteorologiche estreme, quali l'eccezionale combinazione di siccità e caldo verificatasi l'anno precedente. Il 2005 ha invece fatto registrare in alcuni mesi eventi meteorologici di rilievo, anche se non sempre chiaramente evidenziati dall'andamento dei valori mensili utilizzati per i grafici.

Particolarmente importante, per le sue conseguenze sull'evoluzione limnologica del bacino nord del Lago, è risultata la situazione meteo-climatica dei primi mesi del 2005, caratterizzata dalla combinazione di una forte attività eolica e di un drastico raffreddamento atmosferico: essa ha contribuito in modo determinante alla destratificazione dell'intera colonna d'acqua, per la prima volta dopo circa 40 anni di stabilità meromittica.

### **6.1. Radiazione solare globale**

Radiazione globale totale 2004 4678 MJ m<sup>-2</sup>

Radiazione globale totale 2005 4823 MJ m<sup>-2</sup>

Radiazione - media periodo 1980-99 4244 MJ m<sup>-2</sup>

In entrambi gli anni considerati si è registrato un irraggiamento complessivo particolarmente elevato: il dato relativo al 2005 corrisponde addirittura il massimo dell'intero periodo di confronto (+531 MJ m<sup>-2</sup> rispetto alla media).

Come illustrato dell'andamento dei valori mensili i maggiori incrementi si sono avuti soprattutto nel periodo compreso tra aprile e settembre, mentre valori vicini alla media o addirittura deficitari

(ottobre) sono stati rilevati nel corso dell'ultimo trimestre. Rispetto al 2004, il 2005 ha presentato un netto aumento d'irraggiamento in marzo (+79 MJ m<sup>-2</sup>) ed un marcato calo in settembre (-52 MJ m<sup>-2</sup>).

### **6.2. Temperatura atmosferica**

Temperatura - media 2004 12.7 °C - Temperatura - media 2005 12.6 °C

Temperatura - media periodo 1961-1990 12.0 °C

Il valore della temperatura media annua degli anni 2004 e 2005 è risultato molto simile: pur superando ancora nettamente il dato del periodo di riferimento, esso si situa ai livelli più bassi degli ultimi sette anni. Questo calo risulta ancora più appariscente, considerando che esso fa seguito ad un biennio (2002-2003) caratterizzato da valori termici particolarmente elevati (>13 °C). Dall'andamento delle medie mensili è possibile rilevare come solo pochi valori risultino inferiori alla media pluriennale: si tratta, in particolare, dei mesi di maggio 2004 (-0.6 °C), febbraio 2005 (-0.5 °C), e soprattutto dicembre 2005 (-1.2 °C). Come già accennato, le condizioni termiche dei primi mesi del 2005 sono risultate di fondamentale importanza ai fini del rimescolamento della colonna d'acqua del lago, in particolare nel bacino nord. Di fatto, anche se il grafico dei valori mensili non consente di evidenziare nel dettaglio la dinamica degli eventi, tra il 18 febbraio ed il 7 marzo le temperature medie giornaliere non hanno mai superato i 4 °C, e le minime sono risultate quasi sempre inferiori a 0 °C: in un periodo dell'anno, in cui già di per sé le acque lacustri si trovano in fase di avanzato raffreddamento, quest'ulteriore, importante perdita di calore ha provocato un aumento della densità delle acque superficiali, sufficiente a farle sprofondare fin sul fondo del lago. La particolare situazione termica dell'inverno 2004-2005 è confermata anche dal valore di temperatura atmosferica stagionale (media dicembre marzo), risultato essere il più basso degli ultimi 10 anni.

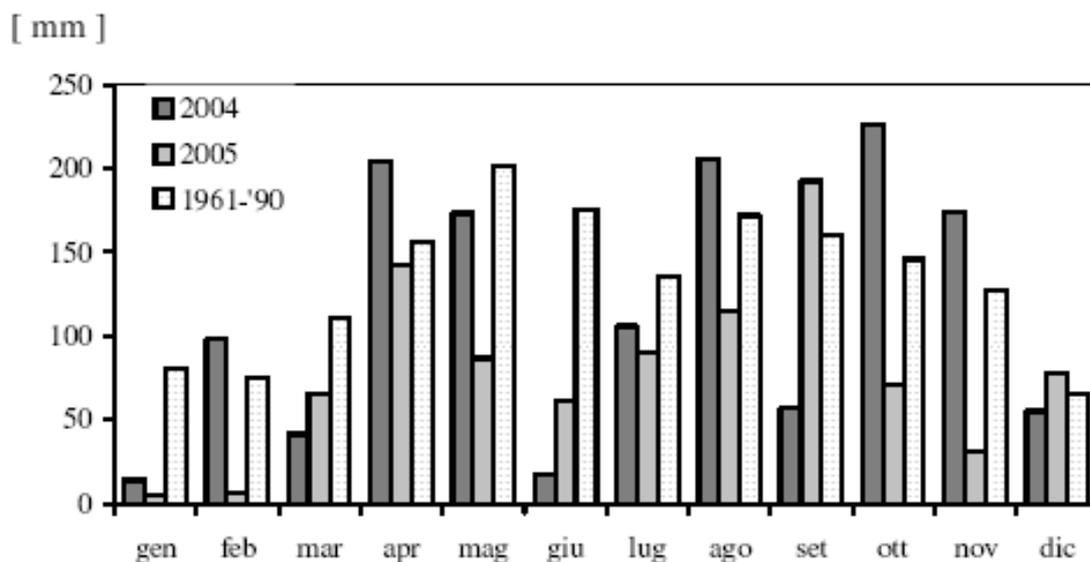
I maggiori incrementi termici rispetto alla media pluriennale si sono avuti in giugno (+2 °C) ed ottobre del 2004 (+1.3 °C), ed nel trimestre maggio-luglio del 2005 (tra +1.2 e +2.5 °C). In entrambi gli anni il mese più caldo è risultato luglio (rispettivamente con 22.0 e 22.9 °C), seguito nel 2004 da agosto (21.3 °C), mentre nel 2005 da giugno (21.4 °C). La temperatura ha toccato il suo massimo annuo il 23 luglio 2004 (32.4 °C), rispettivamente il 28 giugno 2005 (32.6 °C); le minime assolute sono invece state registrate il 22 dicembre 2004 (-2.3 °C) ed il 30 dicembre 2005 (-5.5 °C).

### **6.3. Precipitazioni**

Precipitazioni - totale 2004 1373 mm - Precipitazioni - totale 2005 947 mm - Precipitazioni - media periodo 1961-1990 1606 mm.

Dopo aver totalizzato nel corso del 2003 il quantitativo di precipitazioni più basso dell'intero periodo di riferimento, il 2004 ha fatto segnare un parziale recupero (nonostante i valori nettamente inferiori alla norma registrati per i mesi di gennaio, marzo, giugno e settembre), ma il 2005 ha fatto toccare un ulteriore record negativo, terminando con un deficit complessivo di oltre 650 mm (pari a 650 litri d'acqua per m<sup>2</sup>) rispetto alla media: in quest'ultimo anno solamente i mesi di settembre e dicembre presentano quantitativi superiori alla norma, mentre sono risultati estremamente siccitosi (quantitativi assoluti <50 mm; deficit compresi tra -75% e -93%) i mesi di gennaio, febbraio e novembre, e nettamente al di sotto della norma (deficit compresi tra -51% e -75%) i mesi di maggio, giugno ed ottobre. Questa carenza di precipitazioni ha avuto come conseguenza una forte

diminuzione dei deflussi dei corsi d'acqua, un generale abbassamento del livello dei laghi e delle falde acquifere, ed alcune limitazioni nell'approvvigionamento idrico.



## 7. REGIME DEL LIVELLO LACUSTRE

Per meglio inquadrare la situazione idrografia del territorio in esame si è ritenuto opportuno inserire nel presente studio alcuni dati meteorologici per poter valutare correttamente i fenomeni ad essi collegati.

Nel comune di Porlezza attualmente non sono in funzione stazioni di rilevamento meteorologiche, perciò ci si è dovuti basare su informazioni pubblicate sugli annali idrologici. Dall'analisi di queste pubblicazioni si è trovato che nel periodo 1921-1961 era in funzione una stazione pluviometrica nel comune di Porlezza. Di seguito si riportano i valori estrapolati dagli annali idrologici per la stazione sopra citata nel periodo (1921-1961):

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
<b>max</b>	160	310	348	245	328	392	298	312	344	396	561	263	2111
<b>med</b>	45	57	78	127	159	151	123	146	130	137	144	70	1365
<b>min</b>	0	0	0	0	15	16	21	19	2	0	6	0	758

### *Precipitazioni massime, medie e minime mensili -precipitazioni medie annue*

I dati pluviometrici esaminati indicano un regime di tipo prealpino, caratterizzato da una precipitazione media annua di 1350-1500 mm, con precipitazioni massime annuali fino a 2100 mm. Mediamente i giorni di pioggia all'anno sono 100. I mesi con maggior numero di giorni piovosi sono Maggio(14 gg), Giugno (11 gg) e Aprile (10 gg) mentre quelli meno piovosi sono Gennaio (4 gg) e Febbraio(5 gg). L'evapotraspirazione annua calcolata secondo la formula di Thoruthwaite è di circa 700 mm. Attraverso i dati sperimentali delle precipitazioni massime da 1 a 5 giorni

consecutivi estrapolati dagli annali idrogeologici è stata ricavata la stima delle piogge probabile in mm per differenti intervalli di tempo in funzione del tempo di ritorno di 5, 10 e 50 anni.

	1 GG	2 GG	3 GG	4 GG	5 GG
TR= 1 ANNO	94	129	156	180	192
TR= 10 ANNI	106	142	174	201	213
TR= 50 ANNI	131	171	213	249	258

Valori di pioggia probabili in mm, da 1 a 5 giorni consecutivi con tempi di ritorno di 5,10,50 anni

### 7.1 Regime del livello lacustre 1930-1997

Il livello medio mensile nel 1997 ha presentato valori invernali che hanno superato di circa 20 cm le medie di riferimento registrate nel periodo 1930-93. (vedasi figura). Durante l'estate il livello lacustre si è mantenuto al di sotto del periodo di riferimento di circa 10-15 cm, mentre a Settembre ha raggiunto valori eccezionalmente elevati. L'escursione di livello è risultata piuttosto elevata e nel corso dell'anno ha raggiunto il valore massimo di 83 cm calcolata come differenza tra il massimo assoluto di settembre (271.230) ed il minimo di Settembre (270.400). La quota media annua pari a 271.523 risulta superiore di 2.9 cm rispetto a quella del periodo di confronto. Di seguito si riportano i grafici relativi al regime mensile del livello medio ed i valori estremi per gli anni 1995, 1996, 1997 e 1993.

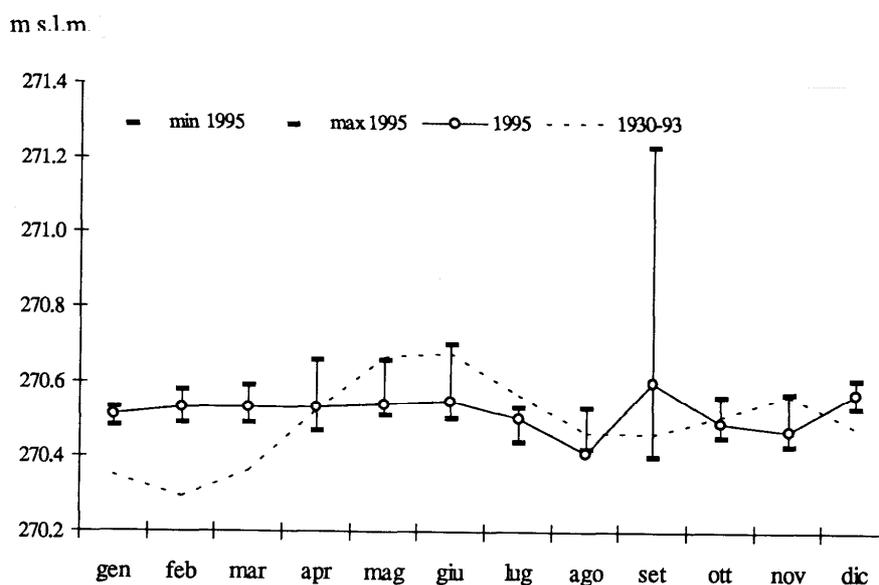


FIG. 15 Lago di Lugano, 1995 regime mensile del livello medio e valori estremi

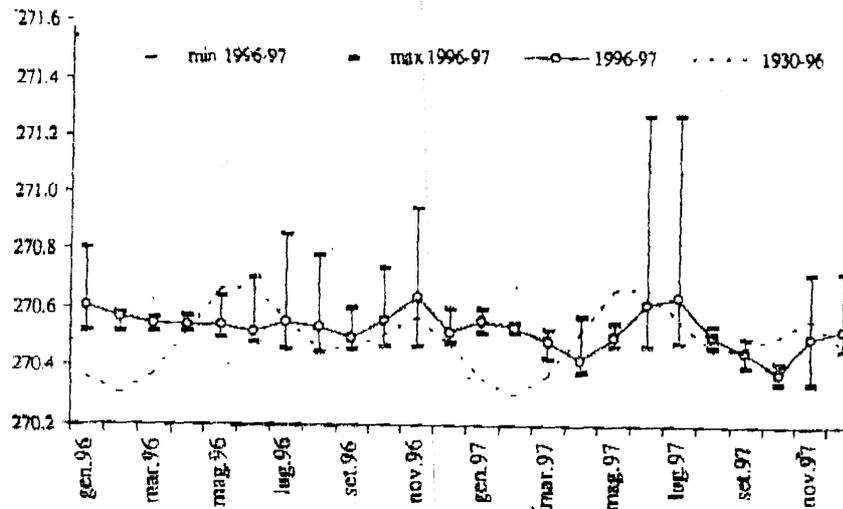


FIG. 16 Lago di Lugano, 1996-1997 regime mensile del livello medio e valori estremi

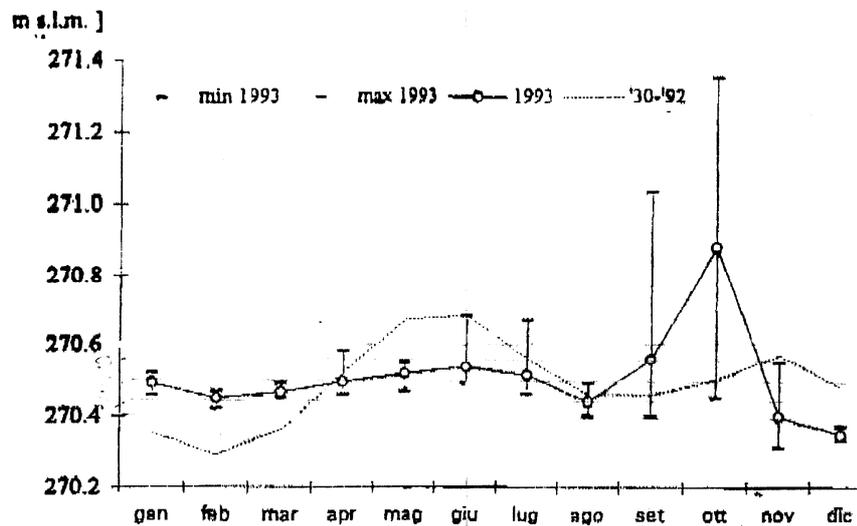
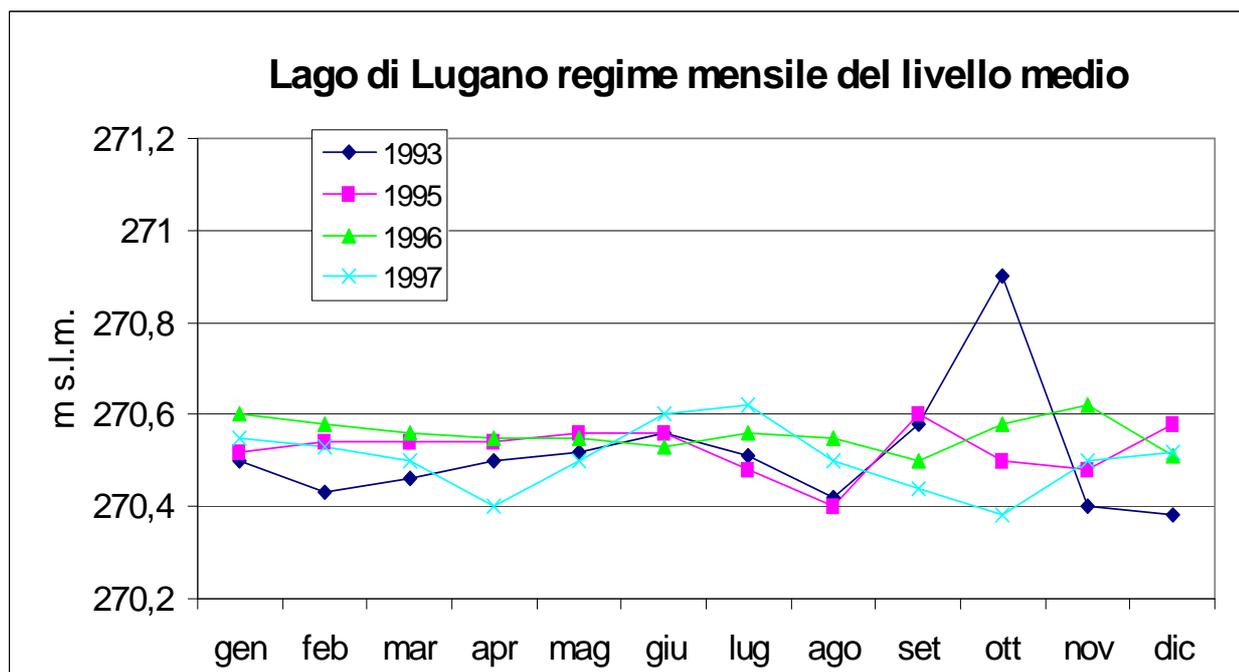


FIG. 17 Lago di Lugano, 1993 regime mensile del livello medio e valori estremi



I valori estremi massimi registrati :

1993 – mese di Ottobre	271.4
1995 - mese di Settembre	271.2
1996- mese di Novembre	271.0
1997- mese Giugno –Luglio	271.3

I valori estremi minimi registrati:

1993 – mese di novembre	270.3
1995- mese di Settembre	270.4
1996 mese di Agosto	270.5
1997 mese di Novembre	270.3

Dall'analisi di tali grafici si evince che le oscillazioni del livello lacustre nel Lago di Lugano non sono di entità elevata. Le variazioni tra il valore estremo massimo e quello minimo sono al massimo di 1.10 m corrispondente alla quota di 271.4 m s.l.m. nel periodo 1993-1997.

La variazione è di limitata entità per la presenza dello sbarramento ubicato in territorio Svizzero.

### 7.2 Regime del livello lacustre 2000

L'altezza media del livello lacustre per il 2000 è stata di m 270.57 m s.l.m. ed è i 8 cm superiore a quella del periodo di riferimento (1965-1999; 270.49 m s.l.m.). Ad eccezione di marzo e giugno il livello idrometrico medio è stato sempre superiore al periodo pluriennale (Fig. 3.2.). In aprile lo scarto ammontava a 14 cm, mentre in ottobre e novembre ha toccato rispettivamente 24.7 e 34.1 cm. Nel corso dell'anno il livello del lago ha fatto registrare la sua pnta massima il 17 ottobre

(271.381 m s.l.m.) ed il minimo il 25 marzo 270.312 m s.l.m.); l'escursione massima per il 2000 è stata di 107 cm.

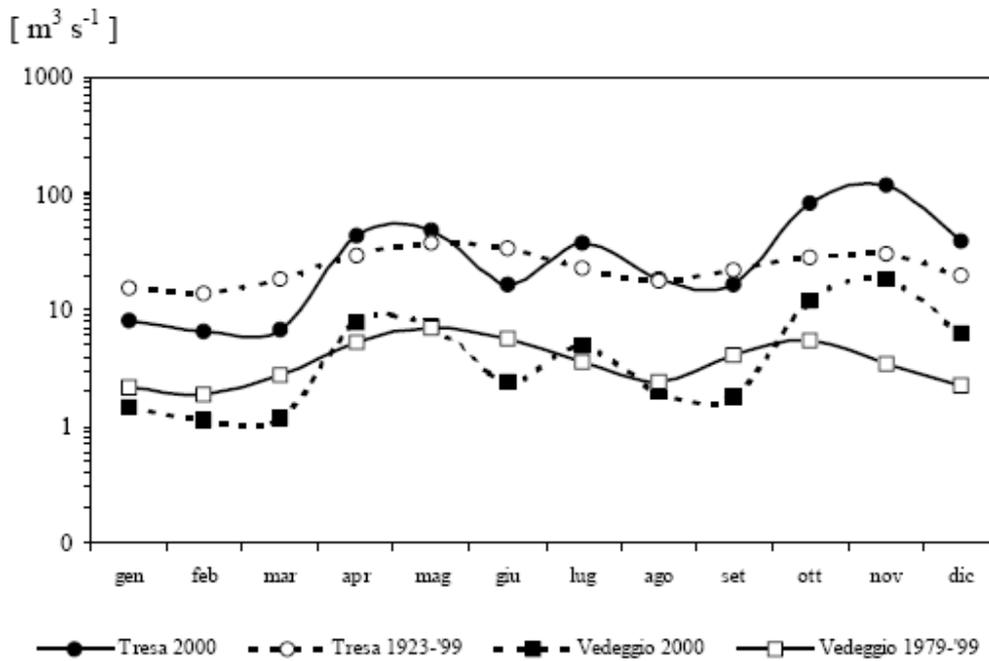
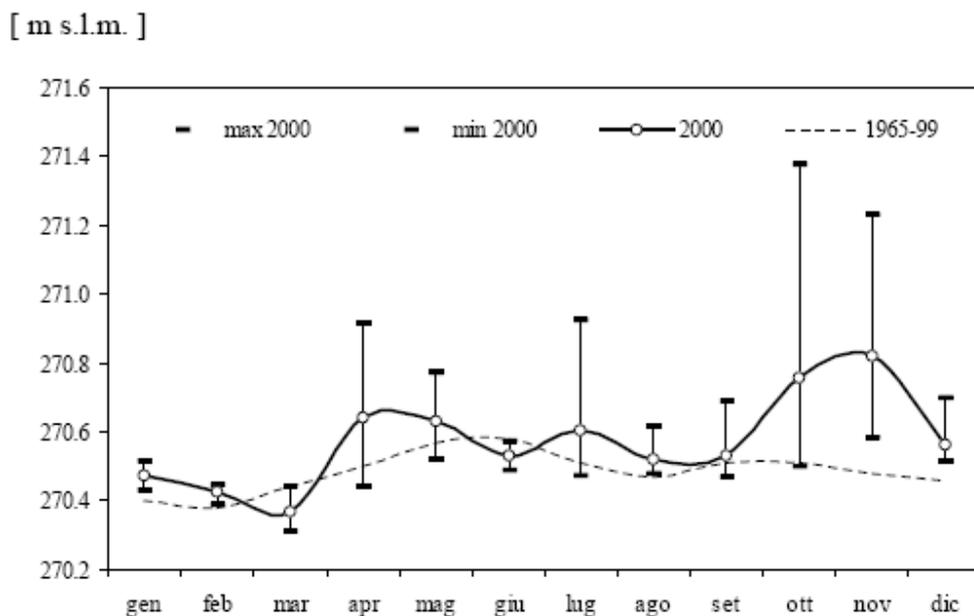


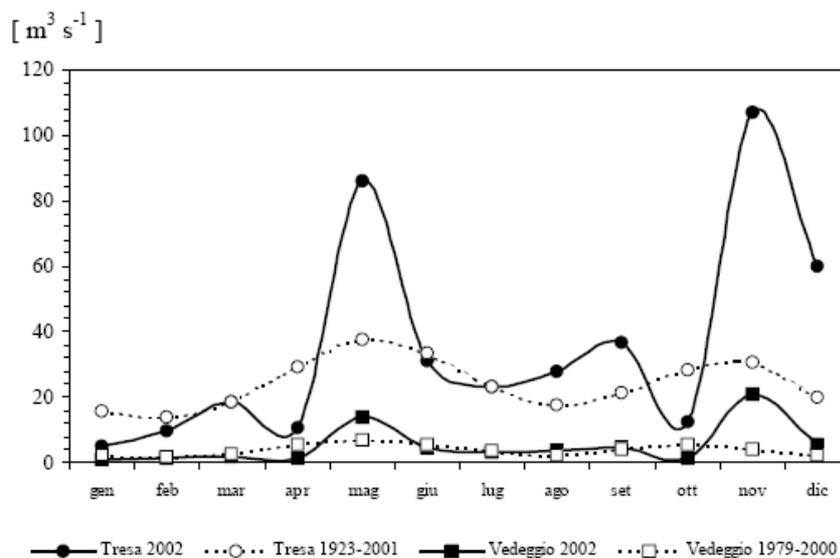
Fig. 3.1. Regime mensile di deflussi dei fiumi Tresa (emissario) e Vedeggio (principale immissario) e confronto con il periodo di riferimento.



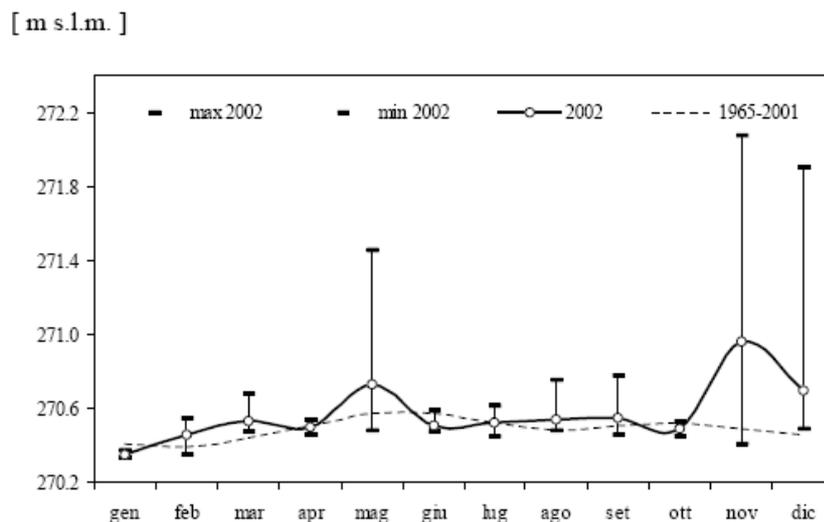
Lago di Lugano, 2000: regime mensile medio (o) e valori estremi (-) del livello lacustre e confronto con il periodo di riferimento.

### 7.3 Regime del livello lacustre 1998-2002

L'altezza media del livello lacustre nel 2002 è stata di m 270.57 m s.l.m. ed è risultata di 8 cm superiore a quella del periodo di riferimento (1965-2001; 270.49 m s.l.m.). Nel corso dell'anno il livello del lago ha fatto registrare la sua punta massima il 27 novembre con 272.08 m s.l.m., il valore più alto registrato dal 1965, che ha causato l'esondazione del Ceresio. Il minimo è stato misurato il 22 gennaio (270.33 m s.l.m.). L'escursione massima per il 2002 è stata di 175 cm.



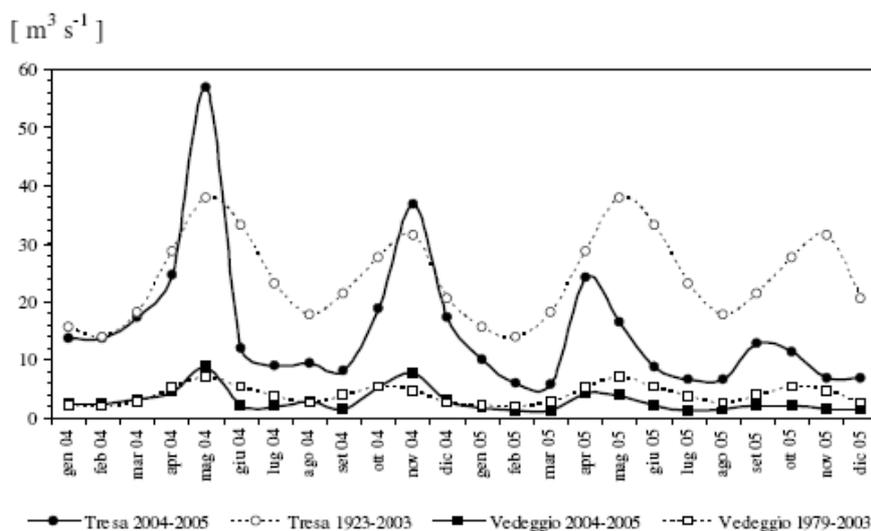
1. Regime mensile di deflussi dei fiumi Tresa (emissario) e Veduggio (principale immissario) e periodo di riferimento.



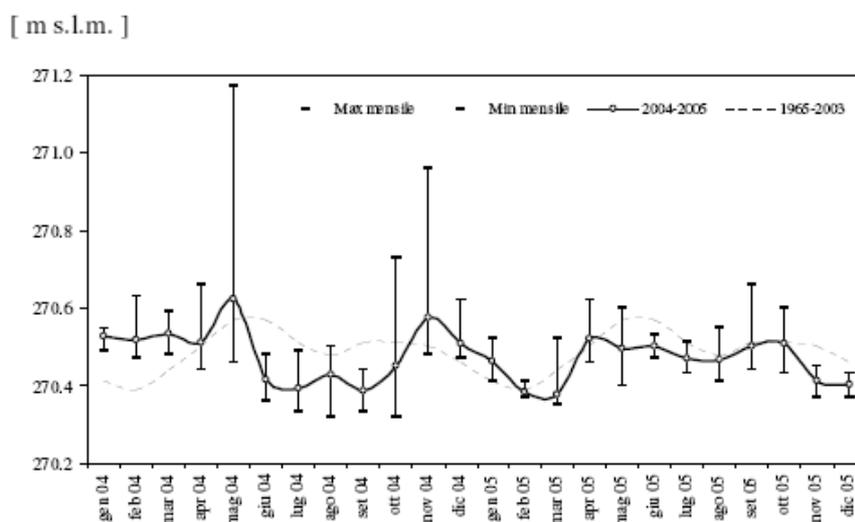
2. Lago di Lugano, 2002: regime mensile medio (o) e valori estremi (-) del livello lacustre e il periodo di riferimento.

### 7.4 Regime del livello lacustre 2004-2005

L'altezza media del livello lacustre nel 2004 ha toccato 270.49 m s.l.m., valore che coincide con quello del periodo di riferimento, mentre nel 2005 è stata di 270.46 m s.l.m. (-3 cm). Il minimo assoluto del biennio è stato registrato il 4 ottobre 2004 con 270.32 m s.l.m.. La punta massima, pari a 271.17, è stata raggiunta il 17 maggio 2004 per cui l'escursione massima corrispondeva 85 cm.



3.1. Regime mensile di deflussi dei fiumi Tresa (emissario) e Vedeggio (principale immissario) nel biennio 2004-2005 e nel periodo di riferimento.



3.2. Lago di Lugano, 2004-2005: regime mensile (o) e valori estremi (-) del livello lacustre, e confronto con periodo di riferimento.

### **7.5 Considerazioni del livello lacustre 1930-2005**

L'analisi delle oscillazioni del livello idrico misurato nel lago di Lugano (Ceresio) negli anni 1930-2005 mostra che le variazioni maggiori si sono verificate nei mesi di Luglio, Settembre ed Ottobre. L'entità di tali variazioni è al massimo di 1.10 m da quota 270.3 m s.l.m. a quota 271.4 m s.l.m. con valore massimo registrato di 272.08 m ms.l.m. (alluvione novembre 2002).

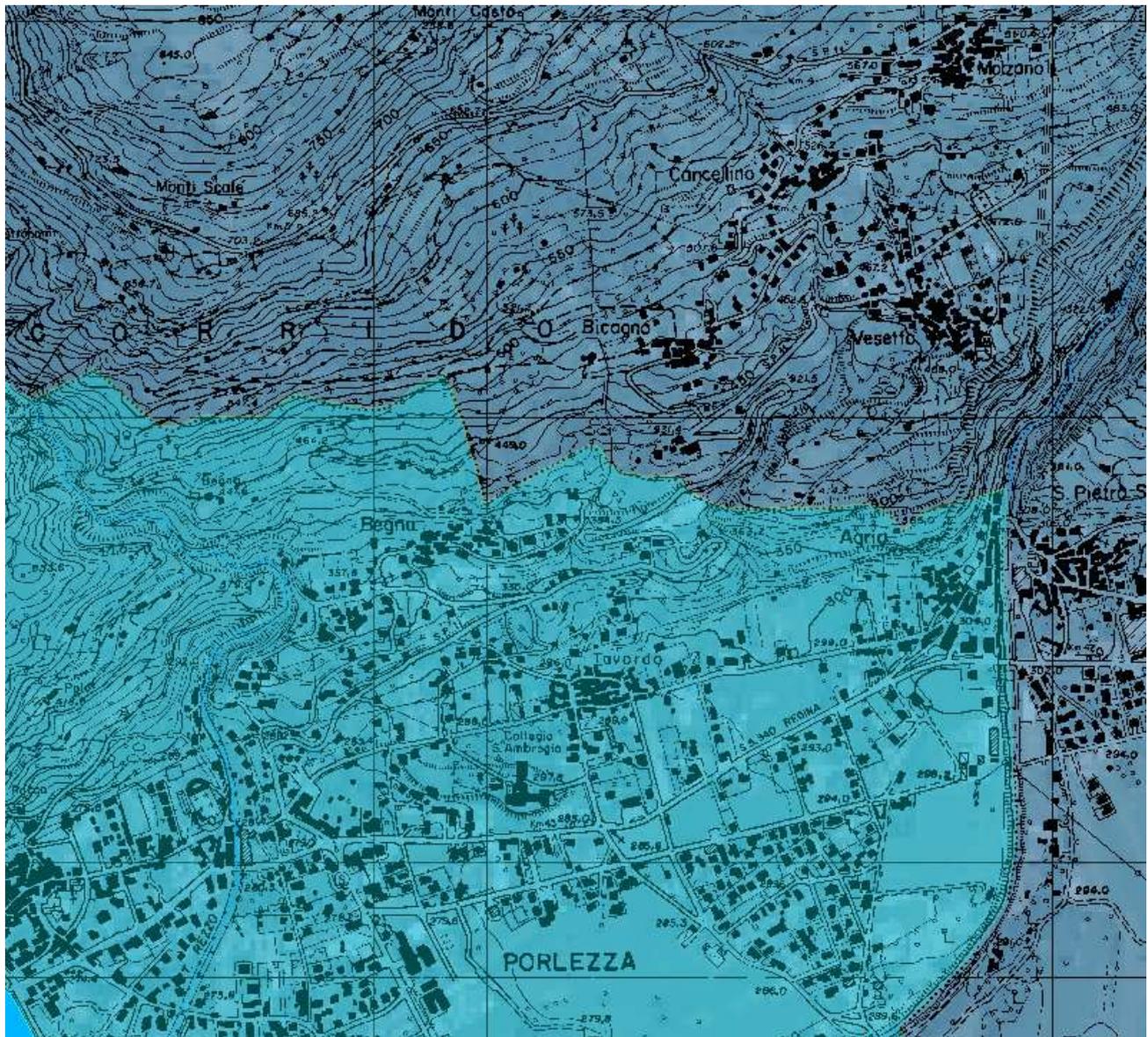
La variazione è di limitata entità per la presenza dello sbarramento ubicato in territorio Svizzero infatti precedentemente alla realizzazione di tale sbarramento le variazioni del lago erano superiori alla quota di 272.08 m s.l.m. come raffigurato nella seguente fotografia dell'alluvione del 1951:



**FIG. 18:** 1951 alluvione

## 8. VALUTAZIONI IDROLOGICHE

Utilizzando il programma idrologico della Regione Lombardia (dati idrologici ARPA) sono stati calcolati i valori di pioggia intensa in mm/h utilizzando il coefficiente pluviometrico orario considerando l'area oggetto di studio.





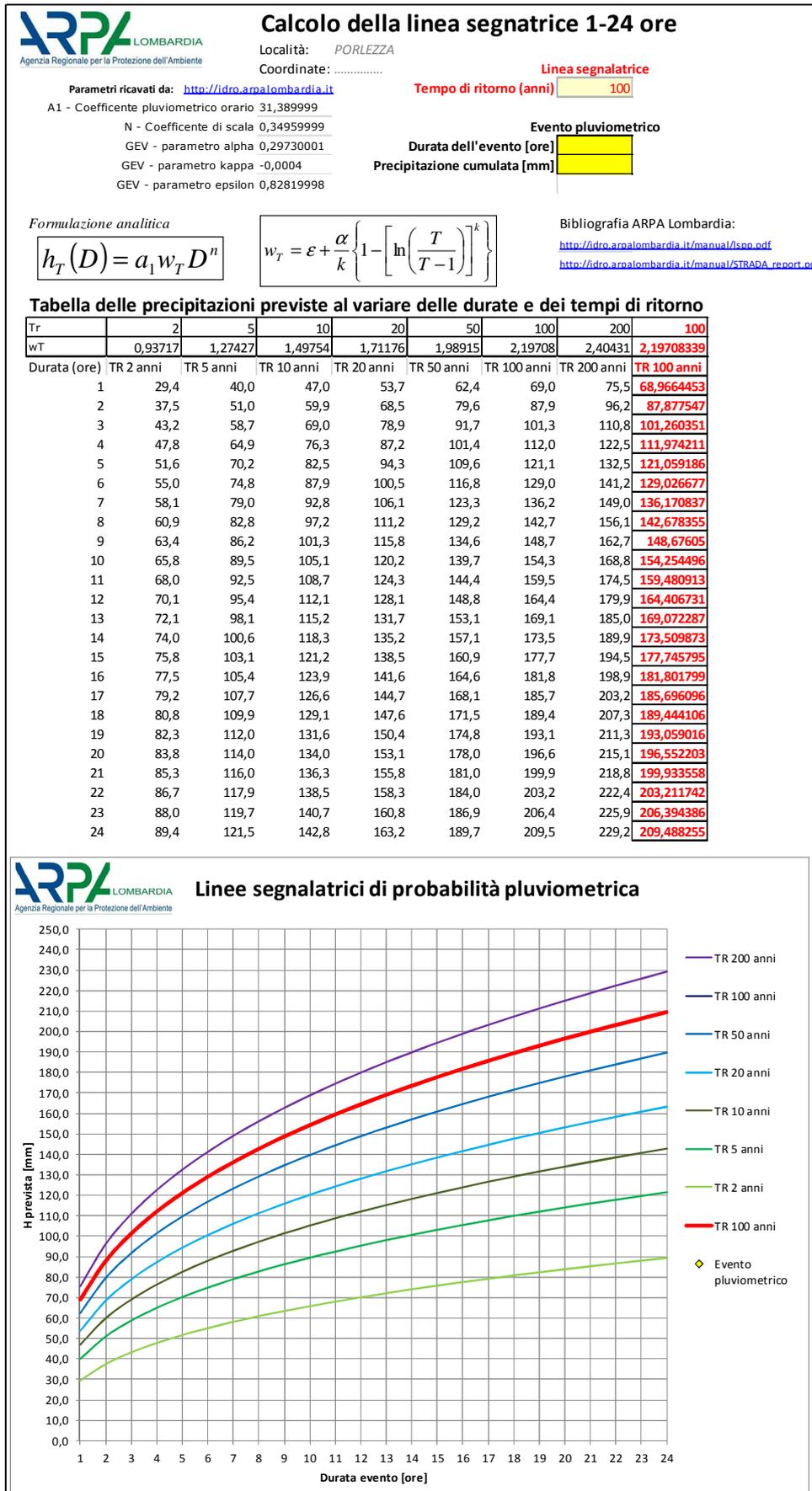
**FIG. 19** Valutazione Idrologiche con programma ARPA

<b>Livello: Parametri 1-24 ore</b>	
<b>Parametro</b>	<b>Valore</b>
A1 - Coefficiente pluviometrico orario	31.389999
N - Coefficiente di scala	0.34959999
GEV - parametro alpha	0.29730001
GEV - parametro kappa	-0.000399999999
GEV - parametro epsilon	0.82819998

Di seguito si riportano i coefficienti ricavati con tempi di ritorno di 5-10-20-50 e 100 anni:

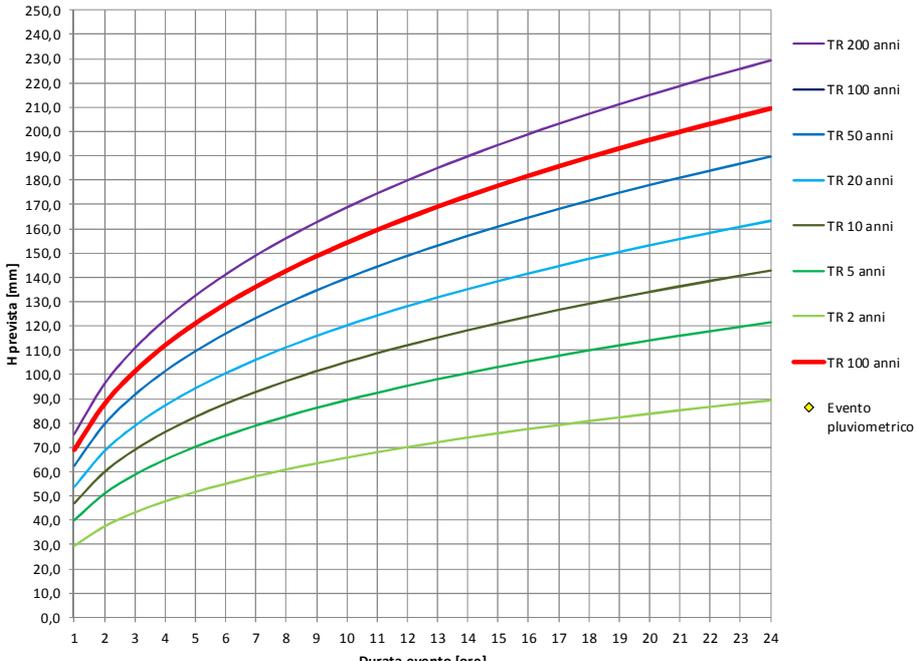
<b>PIOGGIA INTENSA IN mm/h</b>	
<b>TEMPI DI RITORNO</b>	
100	68.97

Di seguitosi riportano la tabella di calcolo della linea segnalatrice 1-24 ore e il diagramma delle Linee Segnalatrici di probabilità pluviometrica tratto dal programma idrologico di ARPA Lombardia per tempi di ritorno di 5-10-20-50 e 100 anni




### Linee segnatrici di probabilità pluviometrica

Agencia Regionale per la Protezione dell'Ambiente



The graph plots precipitation intensity (H prevista [mm]) on the y-axis (0 to 250) against event duration (Durata evento [ore]) on the x-axis (1 to 24). Multiple curves represent different return periods (TR): 2, 5, 10, 20, 50, 100, and 200 years. A red diamond symbol indicates the specific event point for a 100-year return period.

FIG. 20 Calcolo delle Linee Segnatrici con tempo di ritorno di 100 anni

## 8.1 CARATTERI IDROGEOLOGICI ED IDRAULICI

I deflussi del corso d'acqua sono connessi al regime delle precipitazioni, sebbene siano comuni sfasamenti tra massimi di precipitazione e di portata, in quanto quest'ultima nel caso specifico è regolata dalle caratteristiche litologiche, strutturali e di permeabilità delle rocce e della copertura.

Le caratteristiche litologiche e il grado di permeabilità dei bacini sono anche responsabili della diminuzione dei volumi idrici disponibili al deflusso superficiale, localmente anche consistente, connessa all'infiltrazione attraverso la coltre dei depositi superficiali.

A detta diminuzione dei volumi idrici disponibili al deflusso, concorre anche lo sviluppo della vegetazione e lo spessore dello strato di alterazione superficiale (copertura eluvio-colluviale e/o detritica), assai consistente nell'ambito del bacino idrografico considerato.

Gli alvei dei corsi d'acqua nei tratti a maggiore pendenza scorrono incassati entro sponde che incidono marcatamente i termini del substrato roccioso (avente giacitura a reggipoggio) mentre è minimo lo spessore del deposito superficiale; in tali settori l'alveo risulta pulito, non essendo presenti termini alluvionali quali blocchi e ciottoli.

Al contrario, nei tratti a minore pendenza è consistente la coltre di materiale eluvio-colluviale risultato dell'alterazione chimico-fisica della roccia; essa appare facilmente erodibile ed è incisa dall'erosione torrentizia per spessori anche di 5-6 m. In tale contesto morfologico gli alvei si imposta generalmente entro il deposito superficiale e, solo in alcuni tratti, direttamente sul substrato roccioso, laddove risulta spesso colmato da blocchi e ciottoli.

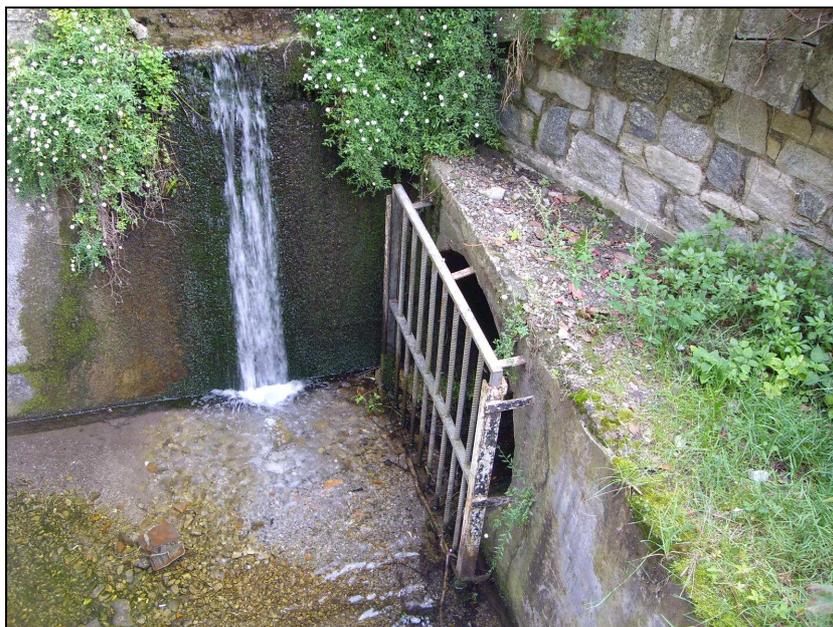
Di seguito si riporta per ciascun bacino idrografico le caratteristiche morfometriche dei corsi d'acqua e le caratteristiche morfologiche:

### 8.1.1 Caratteristiche dei bacini idrografici

**Torrente Avazone (O)** Si tratta di una modesta valle torrentizia che sfocia direttamente al Lago di Ceresio in corrispondenza dell'imbarcadere di Porlezza.

Il bacino idrografico del T. Avazone, nasce dalla porzione orientale del Monte Bronzone a quota 1165.5 m s.l.m. nel comune di Porlezza e si immette nel Lago di Ceresio a quota 271 m s.l.m. Il bacino è caratterizzato da un ordine gerarchico basso. Il reticolo idrografico ha decorso principale orientato N-S.

A quota 282.85 in corrispondenza dell'inizio del tratto tombato è presente una vasca di laminazione di dimensioni 4 x 6 m.



**FIG. 21:** Vasca di laminazione con inizio tratto tombato (Cls diametro 1250 mm)

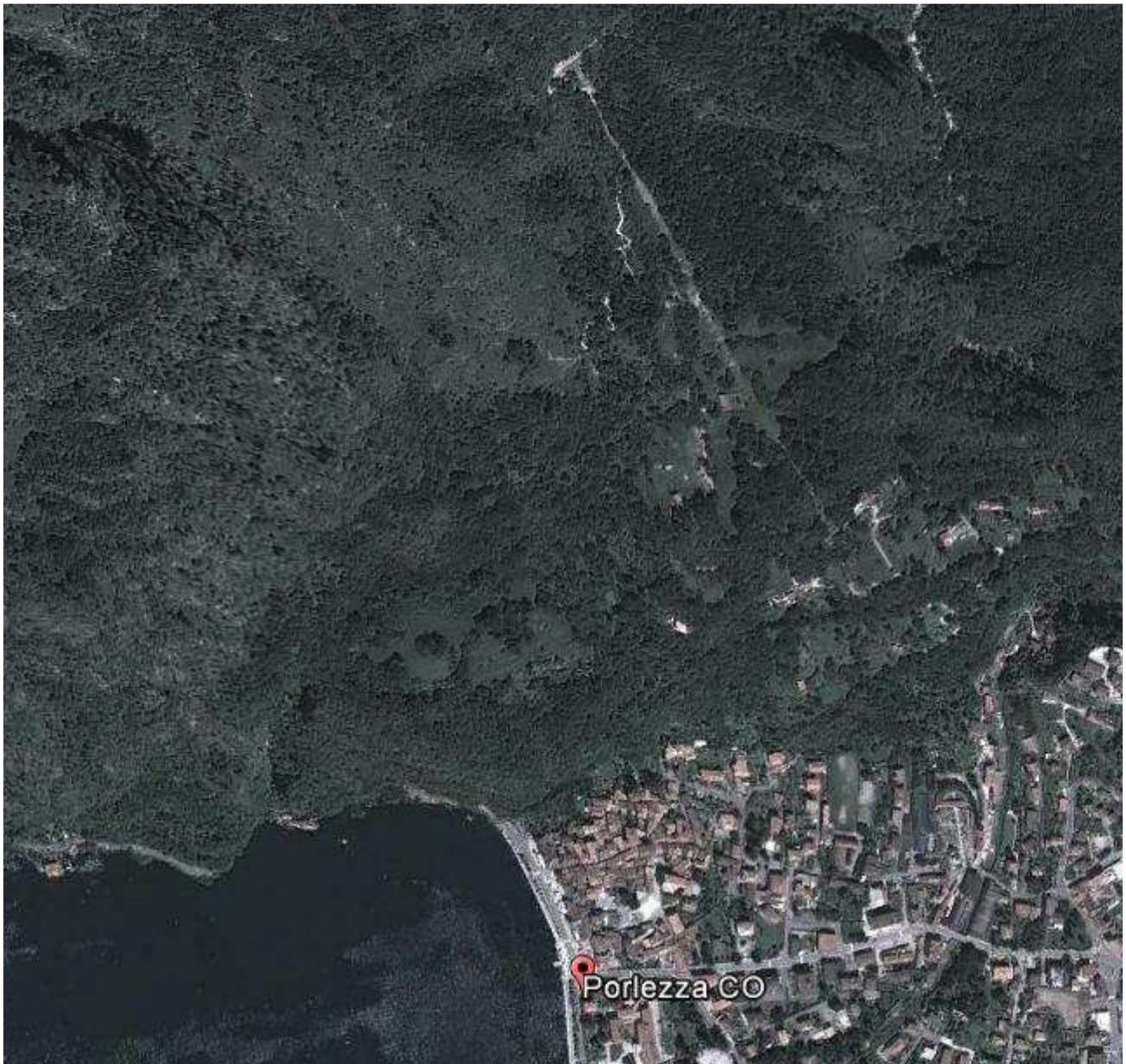
Alla base della Vasca di laminazione inizia il tratto tombato del corso d'acqua oggetto del nostro studio. Si tratta di una tubazione in Cls di diametro 1250 mm per una lunghezza complessiva di 428 m.

Considerando la sezione di chiusura del bacino a quota 282.85 m slm, in corrispondenza della vasca di laminazione, l'area sottesa dal bacino è di 0.34 Km<sup>2</sup>, l'asta principale ha una lunghezza di circa 0.8 km, la quota massima del bacino è di 1165.5 m slm, la minima 282.85 m slm.

Dal punto di vista dell'utilizzo del suolo si precisa che la maggior parte dell'area sottesa dal bacino del Corso d'acqua oggetto di studio è caratterizzato per circa il 42% da copertura a bosco, per il 45% a prato e incolto e solo il 3% da insediamenti antropici.

Le verifiche sono state condotte utilizzando tali percentuali permettendo così di introdurre un parametro riduttivo nel calcolo del tempo di corrivazione.

Alla sezione di chiusura situata a quota 282.85 m è stato calcolato il tempo di corrivazione  $T_c$  (tempo che una goccia d'acqua impiega a raggiungere il punto di misura partendo dal punto più distante rispetto alla sezione considerata) considerando un coefficiente di riduzione dipendente dalla litologia e dall'utilizzo del suolo, la pioggia critica  $P_c$  (la precipitazione massima corrispondente al tempo di corrivazione), la portata di massima piena utilizzando la formula di Giandotti:



*FIG. 22: Panoramica bacino T. Avanzone (O)*

**Torrente valle dell'Abbondio (DD):** Si tratta di una modesta valle torrentizia affluente del torrente Cuccio in sponda idrografica destra.

Il bacino idrografico della valle dell'ABBONDIO, nasce in Val Cavargna dal monte Colmen dei Carac a quota 1093.5 m s.l.m. nel comune di Cavargna e si immette nel T. Cuccio a quota 285.8 m s.l.m. nel comune di Porlezza. Il bacino è caratterizzato da un ordine gerarchico basso. Il reticolo idrografico ha decorso principale orientato N-S.



**FIG.23** Vasca di laminazione a quota 313 m.s.l.

A quota 312 m s.l.m. è presente una vasca di laminazione realizzata nel 2002 con progetto esecutivo approvato dalla Regione Lombardia con conferenza di servizi del 10 gennaio 2001.

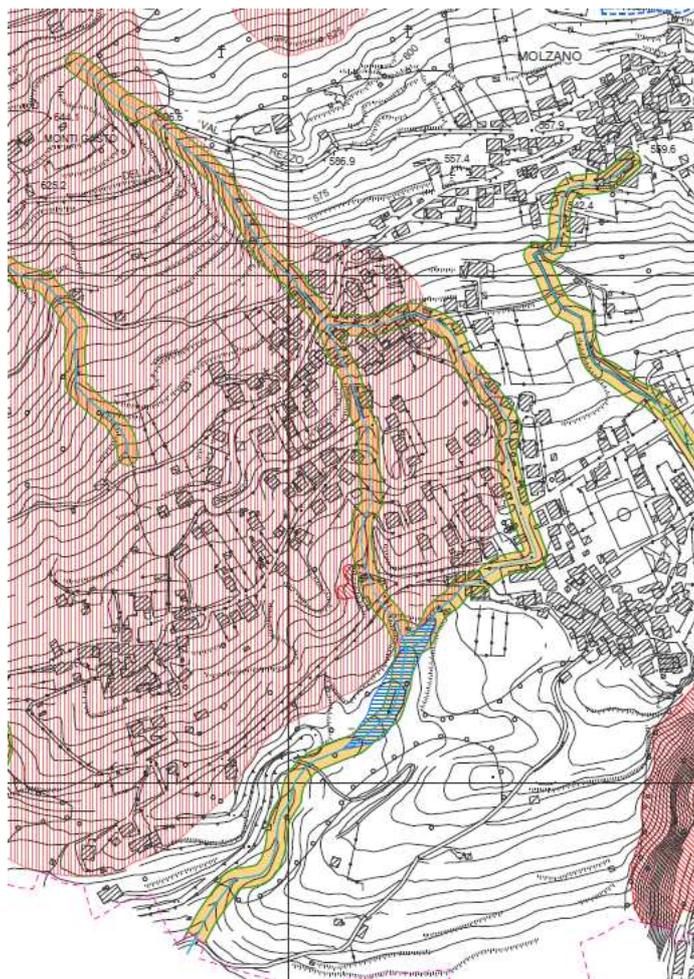


**FIG.24** Prevasca con inizio tratto corso d'acqua tombato.

Alla base della Vasca di laminazione inizia il tratto tombato del corso d'acqua oggetto del nostro studio. Si tratta di una tubazione in Cls di diametro 1000 mm per una lunghezza complessiva di 880 m.

Di seguito si allega stralcio dello studio della rete idrica minore del comune di Corrido che evidenzia tratti del T. Valle dell'Abbondio (DD) con le relative fasce di

rispetto.



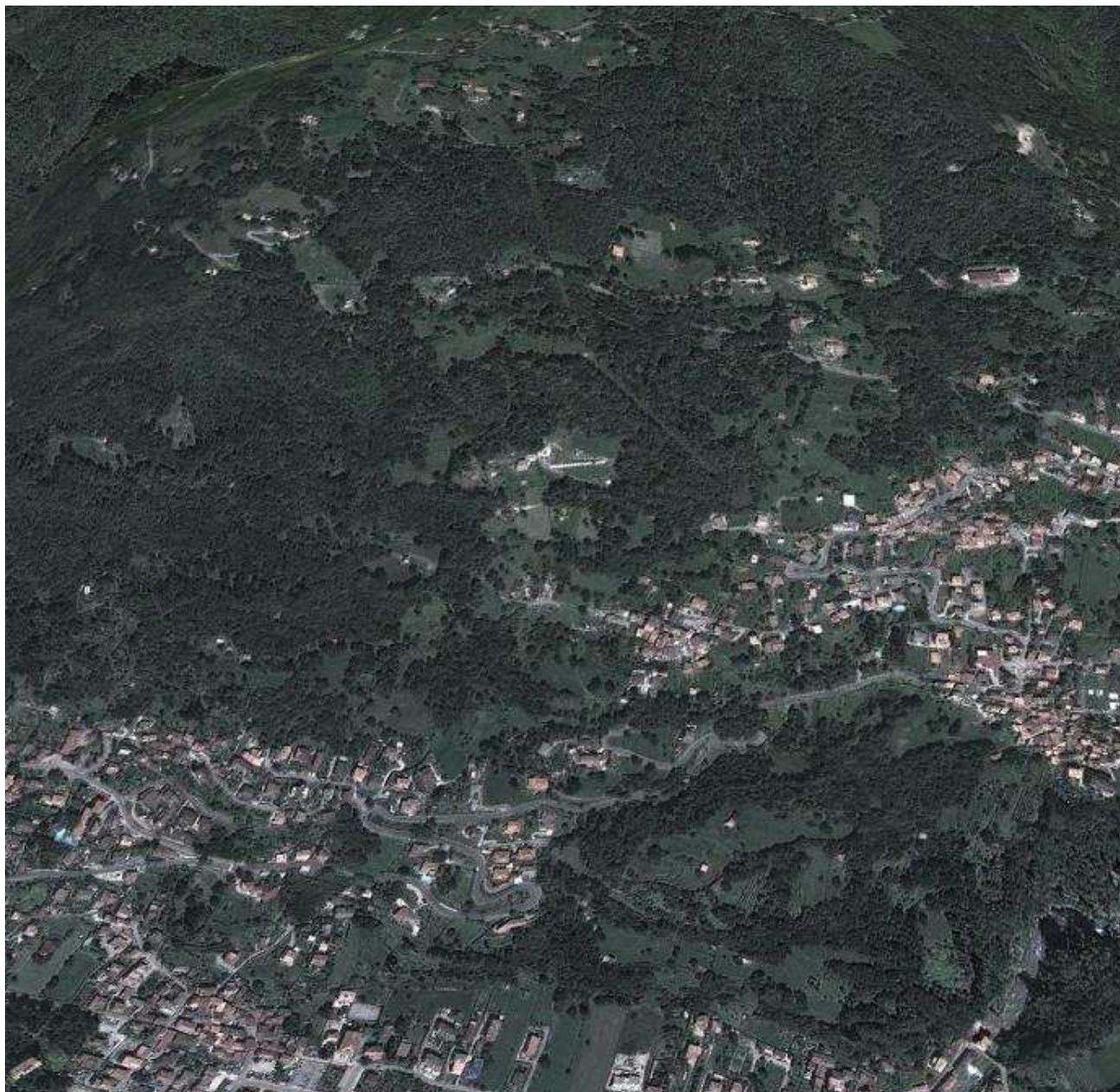
**FIG.25** Stralcio Carta Fascia di rispetto corso d'acqua T. abbondio da Comune di Corrido

Considerando la sezione di chiusura del bacino a quota 313,00 m, in corrispondenza della vasca di laminazione, l'area sottesa dal bacino è di 0.50 kmq, l'asta principale ha una lunghezza di circa 1.2 km, la quota massima del bacino è di 1093.5 m, la minima 313 m.

Dal punto di vista dell'utilizzo del suolo si precisa che la maggior parte dell'area sottesa dal bacino del Corso d'acqua oggetto di studio è caratterizzato per circa il 43% da copertura a bosco, per 51% a prato e incolto e solo il 6% da insediamenti antropici.

Le verifiche sono state condotte utilizzando tali percentuali permettendo così di introdurre un parametro riduttivo nel calcolo del tempo di corrivazione.

Alla sezione di chiusura situata a quota 313 m è stato calcolato il tempo di corrivazione  $T_c$  (tempo che una goccia d'acqua impiega a raggiungere il punto di misura partendo dal punto più distante rispetto alla sezione considerata) considerando un coefficiente di riduzione dipendente dalla litologia e dall'utilizzo del suolo, la pioggia critica  $P_c$  (la precipitazione massima corrispondente al tempo di corrivazione), la portata di massima piena utilizzando la formula di Giandotti:



**FIG.26** *Panoramica bacino idrografico T. Abbondio (DD)*

**Torrente CC:** si tratta di una modesta valle torrentizia affluente del torrente Cuccio in sponda idrografica destra.

Il bacino idrografico, nasce in Val Cavargna dal monte Colmen dei Carac a quota 1093.5 m s.l.m. nel comune di Cavargna e si immette nel T. Cuccio a quota 281 m s.l.m. nel comune di Porlezza. Il bacino è caratterizzato da un ordine gerarchico basso. Il reticolo idrografico ha decorso principale orientato N-S.

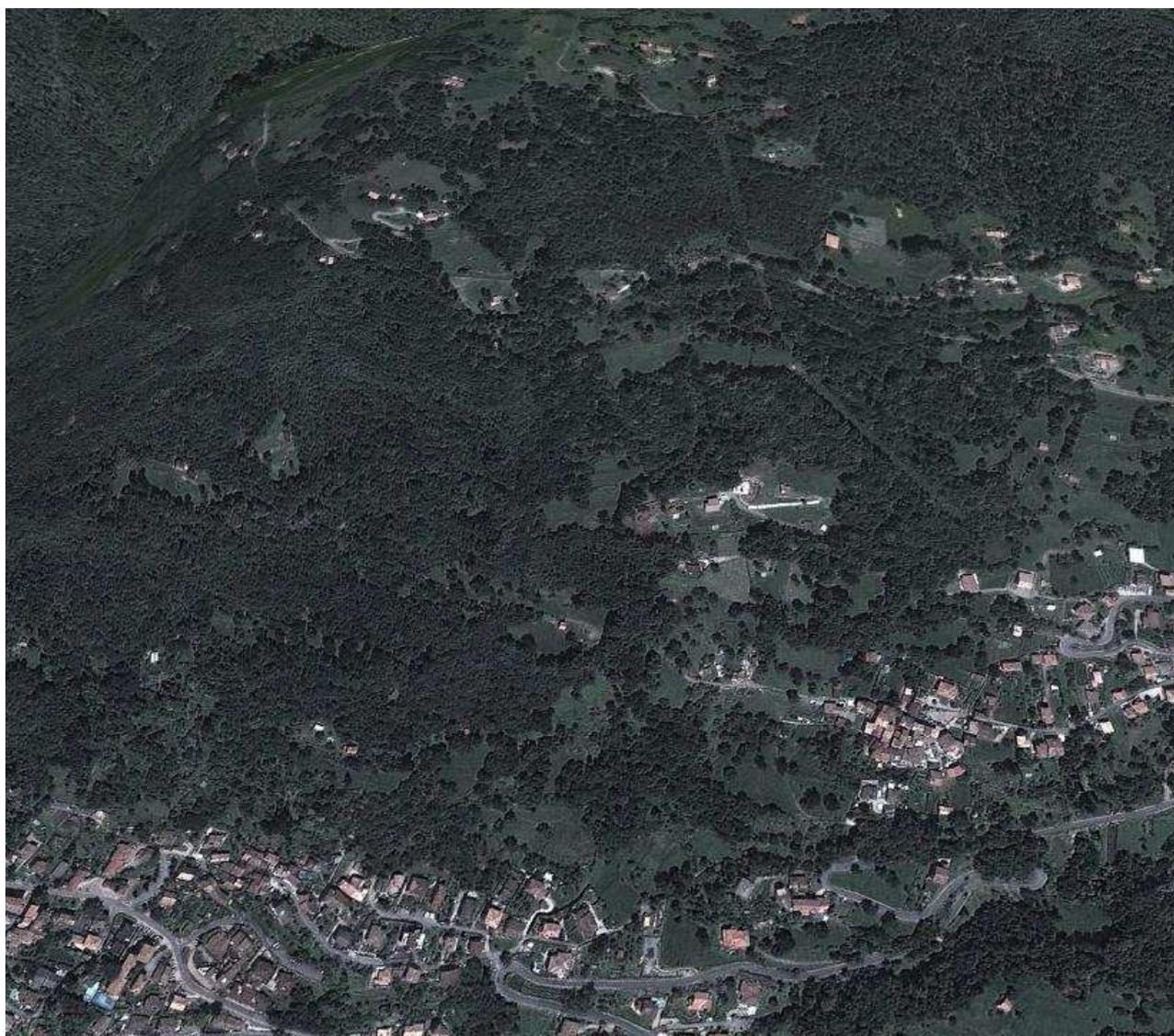
A quota 311 m s.l.m. è presente una vasca di laminazione. Alla base della Vasca di laminazione inizia il tratto tombato del corso d'acqua oggetto del nostro studio. Si tratta di una tubazione in Cls di diametro 1000 mm per una lunghezza complessiva di 1207.75 m.

Considerando la sezione di chiusura del bacino a quota 310 m, in corrispondenza della vasca di laminazione, l'area sottesa dal bacino è di 0.39 kmq, l'asta principale ha una lunghezza di circa 1.2 km, la quota massima del bacino è di 1093.5 m, la minima 311 m.

Dal punto di vista dell'utilizzo del suolo si precisa che la maggior parte dell'area sottesa dal bacino del Corso d'acqua oggetto di studio è caratterizzato per circa il 40% da copertura a bosco, per 54% a prato e incolto e solo il 6% da insediamenti antropici.

Le verifiche sono state condotte utilizzando tali percentuali permettendo così di introdurre un parametro riduttivo nel calcolo del tempo di corrivazione.

Alla sezione di chiusura situata a quota 311 m è stato calcolato il tempo di corrivazione  $T_c$  (tempo che una goccia d'acqua impiega a raggiungere il punto di misura partendo dal punto più distante rispetto alla sezione considerata) considerando un coefficiente di riduzione dipendente dalla litologia e dall'utilizzo del suolo, la pioggia critica  $P_c$  (la precipitazione massima corrispondente al tempo di corrivazione), la portata di massima piena utilizzando la formula di Giandotti:



**FIG.27** *Panoramica bacino idrografico Torrente CC*

**Torrente IV:** si tratta di una piccola valle torrentizia affluente del torrente Rezzo in sponda idrografica sinistra.

Il bacino idrografico, nasce in Val Cavargna dal monte Colmen dei Carac a quota 664.5 m s.l.m. nel comune di Cavargna e si immette nel T. Rezzo a quota 358 m s.l.m. nel comune di Porlezza. Il bacino è caratterizzato da un ordine gerarchico basso. Il reticolo idrografico ha decorso principale orientato N-S.

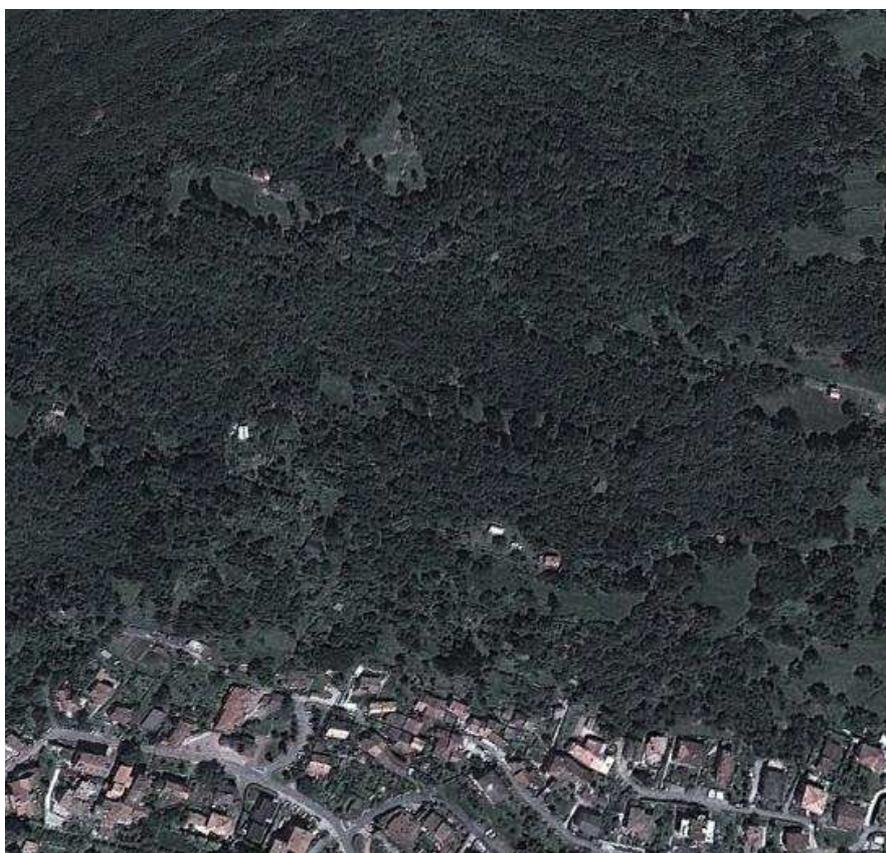
A quota 366 m s.l.m. è presente una vasca di laminazione.

Considerando la sezione di chiusura del bacino a quota 366 m, in corrispondenza della vasca di laminazione, l'area sottesa dal bacino è di 0.03 kmq, l'asta principale ha una lunghezza di circa 0.6 km, la quota massima del bacino è di 664.5 m, la minima 366 m.

Dal punto di vista dell'utilizzo del suolo si precisa che la maggior parte dell'area sottesa dal bacino del Corso d'acqua oggetto di studio è caratterizzato per circa il 75% da copertura a bosco, per 22% a prato e incolto e solo il 3% da insediamenti antropici.

Le verifiche sono state condotte utilizzando tali percentuali permettendo così di introdurre un parametro riduttivo nel calcolo del tempo di corrivazione.

Alla sezione di chiusura situata a quota 360 m è stato calcolato il tempo di corrivazione  $T_c$  (tempo che una goccia d'acqua impiega a raggiungere il punto di misura partendo dal punto più distante rispetto alla sezione considerata) considerando un coefficiente di riduzione dipendente dalla litologia e dall'utilizzo del suolo, la pioggia critica  $P_c$  (la precipitazione massima corrispondente al tempo di corrivazione), la portata di massima piena utilizzando la formula di Giandotti.



**FIG.28** *Panoramica bacino idrografico Torrente IV*

**Torrente TT:** si tratta di un piccolo corso d'acqua che non presenta alcun bacino idrografico di accumulo in quanto l'acqua che scorre risulta direttamente collegata al troppo pieno del bacino potabile del comune di Porlezza.

Da dati fornitici dal Comune di Porlezza la portata massima di accumulo all'interno di tale tubazione risulta essere di 20 l/s.



*FIG.29 Panoramica tratto corso d'acqua TT*

## **9.CALCOLO DELLA PORTATA DI PIENA**

E' stata valutata la portata di piena per tutti i bacini idrografici, utilizzando formule proposte da vari autori per avere più termini di confronto, tenendo conto delle caratteristiche morfometriche-idrogeologiche delle aree interessate e in relazione alle piogge, considerando i dati pluviometrici della stazione del Lago di Ceresio elaborati mediante la distribuzione di Gumbel integrata con i dati Idrologici del sistema ARPA Lombardia.

La verifica è stata finalizzata al contenimento delle piene ordinarie con tempo di ritorno ai 100 anni in funzione dell'obiettivo del contenimento del dissesto idrogeologico prendendo atto della possibilità dello spagliamento parziale delle acque trascinate negli eventi "eccezionali".

Il calcolo della portata massima è, comunque, fondamentale per prevedere il comportamento del corso d'acqua nel caso di precipitazioni eccezionali.

Mediante l'utilizzo di varie relazioni di idrologia, si calcola la portata di massima piena, considerando un tempo di ritorno di 100 anni, per i quattro bacini idrografici individuati nel territorio comunale.

#### Tempo di corrivazione ( $T_c$ )

È il Tempo impiegato dalle acque superficiali per percorrere l'intero bacino considerato dal punto più distante sino al punto di chiusura. Alla sezione di chiusura è stato calcolato il tempo di corrivazione  $T_c$  considerando un coefficiente di riduzione dipendente dalla litologia e dall'utilizzo del suolo (tempo che una goccia d'acqua impiega a raggiungere il punto di misura partendo dal punto più distante rispetto alla sezione considerata).

La stima di tale parametro, è stata ottenuta attraverso l'equazione proposta da Giandotti e Visentini, che considera l'area del bacino, la lunghezza dell'asta torrentizia principale, l'altezza media del bacino meno quella del punto di misura e due coefficienti in funzione della vegetazione e del grado di permeabilità.

$$T_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 15 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{H_{media}}}$$

dove  $A$  = area totale del Bacino sotteso dal punto di misura,  $L_m$  = lunghezza dell'asta principale,  $H_{media}$  = altezza media del bacino meno quella del punto di misura

#### Pioggia critica ( $P_c$ )

La pioggia critica rappresenta la quantità di acqua che cade sul bacino durante il tempo di corrivazione e che provoca un'onda di piena alla sezione considerata.

Nel caso specifico, considerando il tempo di corrivazione sopra indicato, il valore di pioggia critica è stato ricavato analiticamente dalla relazione

$$P = P_{max} \cdot \sqrt{\frac{T_c}{24}}$$

$p_{max}$  = precipitazione massima verificatasi in un giorno

#### Portata di massima piena ( $Q_{max}$ )

È stata valutata la portata di massima piena per il bacino utilizzando metodi formulati da vari autori, considerando un tempo di ritorno di 100 anni..

Secondo Giandotti, la portata del bacino può essere valutata con la seguente espressione:

$$Q_{max} = \frac{k \cdot p \cdot A}{T_c}$$

dove

$k$  = coefficiente dimensionale

$p$  = precipitazione massima verificatasi nel tempo  $T_c$

$T_c$  = tempo di corrivazione

$A$  = area del bacino

Secondo Kresnik, la portata del bacino può essere valutata con la seguente espressione:

$$Q_{\max} = \frac{32}{0.5 + \sqrt{A}} A \cdot a$$

con  $Q_{\max}$  espressa in m<sup>3</sup>/s

dove  $a$  = **coefficiente di deflusso**

**I calcoli del tempo di corrivazione e della portata massima da noi effettuati possono essere sintetizzati come segue:**

<b>BACINO IDROGRAFICO</b>	<b>Portata (m3/s) Piccoli bacini</b>	<b>Portata (m3/s) Kresnik</b>	<b>Portata (m3/s) Giandotti e Visentini</b>
<b>O</b>	3.1	3.8	3.6
<b>DD</b>	3.8	4.3	4.1
<b>CC</b>	3.3	3.9	3.7
<b>TT</b>	//	//	//
<b>IV</b>	0.3	0.45	0.4

Considerando i valori di portata sopra riportati sono stati calcolati i valori mediati per ciascun corso d'acqua.

<b>BACINO IDROGRAFICO</b>	<b>Portata mediata(m3/s)</b>
<b>O</b>	3.50
<b>DD</b>	4.06
<b>CC</b>	3.63
<b>TT</b>	//
<b>IV</b>	0.38

I valori sopra riportati sono stati calcolati utilizzando i valori di massima piena riferiti ad eventi con tempi di ritorno di 100 anni. La rappresentazione cartografica dei bacini idrografici sono riportate in Tavola 1 allegata fuori testo.

Si ricorda inoltre che in corrispondenza di tutti i punti di chiusura dei bacini idrografici dei corsi d'acqua oggetto di studio, i valori di massima portata sono stati calcolati non considerando i fenomeni di spagliamento che i corsi d'acqua possono avere durante il loro deflusso idrico superficiale che porterebbe ad un'ulteriore riduzione delle portate di almeno il 30-40%.

## **10. STATO DI FATTO – PROFILI LONGITUDINALI TRATTI TOMBATI**

Come si osserva dalle Tavole 3 e 4 allegata fuori testo, sono stati riportati i profili longitudinali di tutti i tratti tombati dei corsi d'acqua oggetto di studio.

Di seguito vengono descritte le caratteristiche morfometriche di ciascun tratto tombato con individuazione dei pozzetti e vasche di ispezione. Inoltre per ciascun corso d'acqua viene descritta la Vasca di Laminazione presente a monte di ciascun tratto tombato.

### **Corso d'acqua O – TORRENTE AVANZONE**

Il corso d'acqua risulta essere tombato a partire dalla quota 285.6 m s.l.m. fino ad una quota di 271 m s.l.m.

In corrispondenza dell'inizio del tratto tombato è presente una vasca di laminazione di dimensioni 4 x 6 m.



**FIG.30** Vasca di laminazione a quota 285.6 m.s.l

Il tratto tombato presenta una lunghezza di circa 428 m ed un dislivello di 14.6 m ed una pendenza media di 0.02.

Sono presenti tre tombotti: uno ad una distanza di 93 m a partire da monte, il secondo ad una distanza di 289.22 m ed uno ad una distanza di 391.17 m.



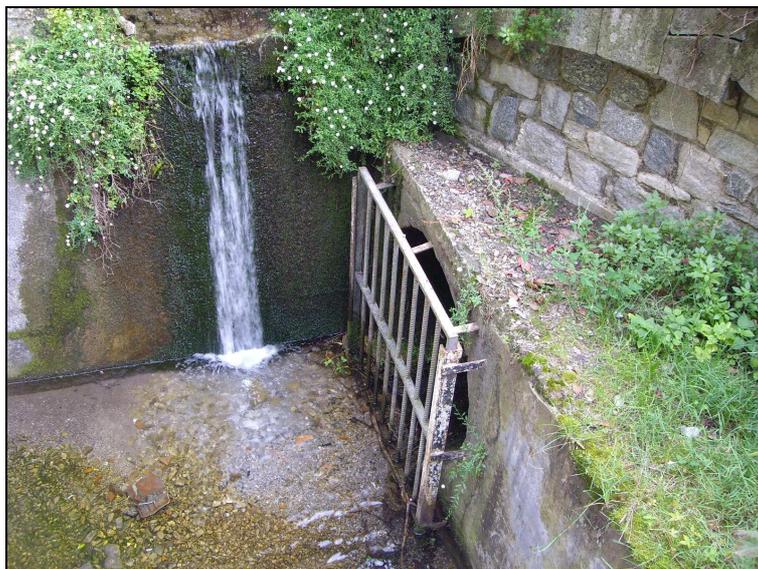
**FIG.31** Primo Tombotto a quota 280.65 m.s.l



**FIG.32** Secondo tombotto a quota 274.4 m.s.l



**FIG.33** Terzo Tombotto a quota 272.8 m.s.l



**FIG.34** Inizio Tratto Tombato con Tubazione in Cls di diametro 1250 mm

### ***Corso d'acqua DD***

Il corso d'acqua risulta essere tombato a partire dalla quota 312 m s.l.m. fino ad una quota di 285.8 m s.l.m.

In corrispondenza dell'inizio del tratto tombato è presente una vasca di laminazione di dimensioni interne 10.5 x 7.40 m con tubazione in Cls di diametro 1000 mm.



***FIG.35*** Vasca di laminazione a quota 312 m.s.l.m

Il tratto tombato presenta una lunghezza di circa 880 m ed un dislivello di 26.2 m ed una pendenza media di 0.04.

Sono presenti 9 tombotti: 1) ad una distanza di 146 m a partire da monte, 2) ad una distanza di 222 m; 3) ad una distanza di 283.42 m; 4) ad una distanza di 302.72 m; 5) ad una distanza di 399.52 m; 6) ad una distanza di 508.42 m; 7) ad una distanza di 580 m; 8) ad una distanza di 648 m; 9) ad una distanza di 696.52 m.



***FIG.36*** Primo Tombotto a quota 300.5 m.s.l.m.



**FIG.37** Secondo Tombotto a quota 297 m.s.l



**FIG.38** Terzo Tombotto a quota 294.2 m.s.l



**FIG.39** Quarto Tombotto a quota 293.7 m.s.l



**FIG.40** Quinto Tombotto a quota 292.1 m.s.l



**FIG.41** Sesto Tombotto a quota 290.9 m.s.l



**FIG.42** Settimo Tombotto a quota 290.4 m.s.l



**FIG.43** Ottavo Tombotto a quota 289.2 m.s.l



**FIG.44** Nono Tombotto a quota 288.8 m.s.l



**FIG.45** Collegamento con Alveo T.Cuccio a quota 284.5 m slm

### *Corso d'acqua IV*

Il corso d'acqua risulta essere tombato a partire dalla quota 366 m s.l.m. fino ad una quota di 358 m s.l.m.

In corrispondenza dell'inizio del tratto tombato è presente una vasca di laminazione di dimensioni interne 6.0 x 4.00 m con tubazione in Cls di diametro 1250 mm.



**FIG.46** Vasca di laminazione a quota 366 m.s.l

Il tratto tombato presenta una lunghezza di circa 275.3 m ed un dislivello di 8 m ed una pendenza di 0.033.

Sono presenti 4 tombotti: 1) ad una distanza di 9.5 m a partire da monte, 2) ad una distanza di 83.2 m; 3) ad una distanza di 126.5 m; 4) ad una distanza di 206.2 m.



**FIG.47** Primo Tombotto a quota 365 m.s.l



**FIG.48** Secondo Tombotto a quota 361.5 m.s.l



**FIG.49** Terzo Tombotto a quota 361.2 m.s.l



**FIG.50** Quarto Tombotto a quota 361.1 m.s.l



**FIG.51** Collegamento con Alveo T.Rezzo a quota 356.9 m slm

### **Corso d'acqua TT**

Il corso d'acqua risulta essere tombato a partire dalla quota 352.9 m s.l.m. fino ad una quota di 297.3 m s.l.m.

In corrispondenza dell'inizio del tratto tombato è presente un piccolo tombotto di dimensioni 1.4 x 1.4 m e altezza da piano strada di 1.00 m proveniente dal troppo pieno del bacino d'acqua comunale. Tubazione in Cls di diametro 400 mm.



**FIG.52** Primo Tombotto a quota 352.9 m.s.l collegato con troppo pieno bacino d'acqua potabile comunale

Il tratto tombato presenta una lunghezza di circa 372.24 m ed un dislivello di 55.6 m ed una pendenza media di 0.16.

Sono presenti 4 tombotti: 1) ad una distanza di 0.0 m a partire da monte, 2) ad una distanza di 109.9 m; 3) ad una distanza di 242.1 m; 4) ad una distanza di 372.24 m.



**FIG.53** Secondo Tombotto a quota 321.0 m.s.l



**FIG.54** Terzo Tombotto a quota 305.0 m.s.l



**FIG.55** Quarto Tombotto a quota 297.3m.s.l

### **Corso d'acqua CC**

Il corso d'acqua risulta essere tombato a partire dalla quota 311 m s.l.m. fino ad una quota di 281 m s.l.m.

In corrispondenza dell'inizio del tratto tombato è presente una vasca di laminazione di dimensioni interne 6.0 x 4.00 m.

Il tratto tombato presenta una lunghezza di circa 1207.75 m ed un dislivello di 30 m ed una pendenza media di 0.05.

Sono presenti 4 tombotti: 1) ad una distanza di 140.75 m a partire da monte, 2) ad una distanza di 271.65 m; 3) ad una distanza di 483.35 m; 4) ad una distanza di 1158.95 m.



**FIG.56** Primo Tombotto a quota 297.3 m.s.l



**FIG.57** Secondo Tombotto a quota 290.7 m.s.l



**FIG.58** Terzo Tombotto a quota 285.5 m.s.l



**FIG.59** Quarto Tombotto a quota 284.0 m.s.l

## 11. CARATTERISTICHE IDRAULICHE DI PORTATA TRATTI TOMBATI

In relazione alle caratteristiche geometriche, di pendenza e di materiale costruttivo delle tubazioni esistenti, sono state verificate le compatibilità idrauliche delle tubazione in funzione ai valori di portata dei corsi d'acqua riportate e descritte nel Paragrafo 9.

Le verifiche sono state condotte attraverso l'utilizzo di programmi che permettono di verificare in relazione alle caratteristiche geometriche della tubazione, della pendenza e del tipo di materiale le portate massime di invaso della tubazione stessa.

Di seguito per ciascun corso d'acqua tombato si riportano i valori di portata calcolati

### Corso d'acqua Avanzone (O)

Tubazione in Cls di diametro 1250 mm con pendenza media del tratto tombato pari a 0.02

$$v = k R^{2/3} i^{1/2}$$

D  m  
 \*  
 w  %  
 \*  
 i  m/m  
 \*  
 k   
 \*  
 Q  m<sup>3</sup>s

#### Legenda

D = Diametro interno del canale circolare - (es. 0.25)  
 w = Livello percentuale di riempimento nel canale - (es. 50)  
 i = Pendenza del canale - (es. 0.005)  
 Q = Portata nella condotta  
 k = Coefficiente di scabrezza - Vedi tabella:

Tabella coefficienti scabrezza di Gauckler-Strickler	
Tubi Pe, PVC, PRFV	k = 120
Tubi nuovi gres o ghisa rivestita	k = 100
Tubi in servizio con lievi incrostazioni o cemento ord.	k = 80
Tubi in servizio corrente con incrostaz. e depositi	k = 60
Canali con ciottoli e ghiaia sul fondo	k = 40

### Corso d'acqua S. Abbondio (DD)

Tubazione in Cls di diametro 1000 mm con pendenza media del tratto tombato pari a 0.04

$$v = k R^{2/3} i^{1/2}$$

D  m  
 \*  
 w  %  
 \*  
 i  m/m  
 \*  
 k   
 \*  
 Q  m<sup>3</sup>s

#### Legenda

D = Diametro interno del canale circolare - (es. 0.25)  
 w = Livello percentuale di riempimento nel canale - (es. 50)  
 i = Pendenza del canale - (es. 0.005)  
 Q = Portata nella condotta  
 k = Coefficiente di scabrezza - Vedi tabella:

Tabella coefficienti scabrezza di Gauckler-Strickler	
Tubi Pe, PVC, PRFV	k = 120
Tubi nuovi gres o ghisa rivestita	k = 100
Tubi in servizio con lievi incrostazioni o cemento ord.	k = 80
Tubi in servizio corrente con incrostaz. e depositi	k = 60
Canali con ciottoli e ghiaia sul fondo	k = 40

**Corso d'acqua (IV)**

Tubazione in Cls di diametro 1250 mm con pendenza media del tratto tombato pari a 0.033

$$v = k R^{2/3} i^{1/2}$$

**D**  m  
\*

**w**  %  
\*

**i**  m/m  
\*

**k**    
\*

**Q**  m<sup>3</sup>s

**Legenda**

**D** = Diametro interno del canale circolare - (es. 0.25)  
**w** = Livello percentuale di riempimento nel canale - (es. 50)  
**i** = Pendenza del canale - (es. 0.005)  
**Q** = Portata nella condotta  
**k** = Coefficiente di scabrezza - Vedi tabella:

Tabella coefficienti scabrezza di Gauckler-Strickler	
Tubi Pe, PVC, PRFV	k = 120
Tubi nuovi gres o ghisa rivestita	k = 100
Tubi in servizio con lievi incrostazioni o cemento ord.	k = 80
Tubi in servizio corrente con incrostaz. e depositi	k = 60
Canali con ciottoli e ghiaia sul fondo	k = 40

**Corso d'acqua (TT)**

Tubazione in Cls di diametro 400 mm con pendenza media del tratto tombato pari a 0.16

$$v = k R^{2/3} i^{1/2}$$

**D**  m  
\*

**w**  %  
\*

**i**  m/m  
\*

**k**    
\*

**Q**  m<sup>3</sup>s

**Legenda**

**D** = Diametro interno del canale circolare - (es. 0.25)  
**w** = Livello percentuale di riempimento nel canale - (es. 50)  
**i** = Pendenza del canale - (es. 0.005)  
**Q** = Portata nella condotta  
**k** = Coefficiente di scabrezza - Vedi tabella:

Tabella coefficienti scabrezza di Gauckler-Strickler	
Tubi Pe, PVC, PRFV	k = 120
Tubi nuovi gres o ghisa rivestita	k = 100
Tubi in servizio con lievi incrostazioni o cemento ord.	k = 80
Tubi in servizio corrente con incrostaz. e depositi	k = 60
Canali con ciottoli e ghiaia sul fondo	k = 40

**Corso d'acqua (CC)**

Tubazione in Cls di diametro 1000 mm con pendenza media del tratto tombato pari a 0.05

$$v = k R^{2/3} i^{1/2}$$

**D**  m

**w**  %

**i**  m/m

**k**

**Q**  m<sup>3</sup>/s

**Legenda**

**D** = Diametro interno del canale circolare - (es. 0.25)  
**w** = Livello percentuale di riempimento nel canale - (es. 50)  
**i** = Pendenza del canale - (es. 0.005)  
**Q** = Portata nella condotta  
**k** = Coefficiente di scabrezza - Vedi tabella:

Tabella coefficienti scabrezza di Gauckler-Strickler	
Tubi Pe, PVC, PRFV	k = 120
Tubi nuovi gres o ghisa rivestita	k = 100
Tubi in servizio con lievi incrostazioni o cemento ord.	k = 80
Tubi in servizio corrente con incrostaz. e depositi	k = 60
Canali con ciottoli e ghiaia sul fondo	k = 40

## ***12.COMPATIBILITA' IDRAULICA E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE***

Lo studio Idrogeologico di dettaglio condotto sui cinque corsi d'acqua tombati ha permesso di verificare le portate massime con tempi di ritorno di 100 anni. Sulla base dei rilievi di dettaglio dello stato di fatto di ciascun tratto tombato è stato possibile verificare le portate massime smaltibili dalle tubazioni esistenti.

Pertanto come si osserva dalla tabellina di seguito riportata, si osserva la compatibilità idraulica delle tubazioni esistenti (la portata della tubazione esistente risulta essere sempre maggiore di quella prevista per il corso d'acqua).

<b>Corso d'acqua</b>	<b>Portata Corso d'acqua(m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Portata (m<sup>3</sup>/s) Tubazione esistente</b>
<b>O</b>	3.50	6.24
<b>DD</b>	4.06	4.55
<b>CC</b>	3.63	8.00
<b>TT</b>	0.02	0.84
<b>IV</b>	0.38	5.44

Si ricorda inoltre che le verifiche effettuate sui bacini idrografici di ciascun corso d'acqua sono state effettuate non considerando i fenomeni di spagliamento che i corsi d'acqua possono avere durante il loro deflusso idrico superficiale che porterebbe ad un'ulteriore riduzione delle portate di almeno il 30-40%. Inoltre non è stato preso in considerazione il volume di acqua trattenuto dalle Vsche di Laminazione e dai tombotti di ispezione lungo i tratti di corsi d'acqua tombati.

***Occorre precisare che le Vasche di Laminazione presenti a monte di ciascun tratto di corso d'acqua tombato dovranno essere sempre pulite e non ostruite da materiale o ramaglia, in modo da poter garantire sempre il deflusso corretto delle acque.***

Sulla base di tali risultati si può ritenere possibile per i tratti di corso d'acqua analizzati (O-TT-CC-DD-IV) la diminuzione della fascia di rispetto da 10 a 4 m.

Si rimane comunque a disposizione per qualsiasi chiarimento.

*Osnago, FEBBRAIO 2015*

*Dott. Geol. Maurizio Penati*



*Dott.ssa Geol. Marialuisa Todeschini*

