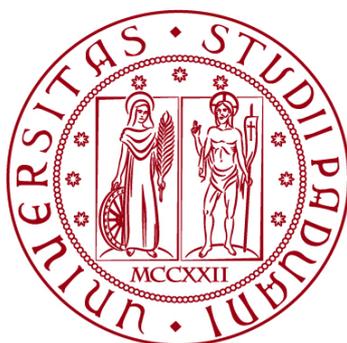


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E AMBIENTALE
Department Of Civil, Environmental and Architectural Engineering

Corso di Laurea Triennale in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio



TESI DI LAUREA

**ANALISI GEOTECNICA E IDROLOGICA
RELATIVA ALL'INVASO SUL TORRENTE ASTICO
IN LOCALITÀ MEDA, COGOLLO DEL CENGIO
(VI)**

Relatore: Chiar.mo PROF. PAOLO CARRUBBA

Laureando: NICOLA MARODIN

ANNO ACCADEMICO 2023-2024

INDICE

1.	INTRODUZIONE	3
2.	PREMESSE E CONTESTO GEOGRAFICO	5
3.	ANALISI GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E GEOTECNICA.....	7
3.1	Stratigrafia e natura del suolo	7
3.2	Tettonica e campi di fratture	9
3.3	Elementi conoscitivi specifici del sito in corrispondenza della sezione d'imposta	10
3.4	Caratteristiche idrogeologiche del bacino e relative considerazioni.....	13
3.5	Evaporazione e bilancio idrico.....	17
3.6	Analisi del rischio di franosità delle scarpate	23
3.7	Stabilità geotecnica dell'opera idraulica	26
4.	DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE IDRAULICHE	29
4.1	Bacino idrografico dell'Astico e l'invaso a Meda	29
4.2	Analisi dei volumi e delle opere idrauliche	30
4.3	Dimensionamento diga: sfioratori e canali di scarico	31
4.4	Casse di laminazione.....	33
4.5	Derivazione per produzione idroelettrica e irrigua	35
5.	CONCLUSIONI	39
	BIBLIOGRAFIA & SITOGRAFIA.....	41
	Bibliografia primaria	41
	Bibliografia secondaria.....	41
	RINGRAZIAMENTI	43

1. INTRODUZIONE

In un contesto storico in cui l'Italia necessita di avviare un processo di autonomia, se non di indipendenza, energetica, la Valle dell'Astico diventa oggetto di discussione in merito alla costruzione di una diga sul territorio amministrato dal Comune di Cogollo del Cengio (VI), nota come "Invaso di Meda".

Dopo la crisi petrolifera del '74, la chiusura delle centrali nucleari successiva al referendum abrogativo del 1983 e la svalutazione della Lira durante l'ultimo decennio del XX secolo, il Paese decide di avviare una politica di produzione di energia elettrica da altre fonti.

Nel 2004, per esempio, viene avanzato un progetto: la Val d'Astico sarà la sede per la costruzione di un'importante opera idraulica.

L'idea è quella di utilizzare l'infrastruttura come notevole riserva idrica per i periodi di secca, per la produzione (variabile) di energia idroelettrica e come opera di contenimento di eventuali piene del fiume, dovute ad eventi meteorologici estremi.

Annesse alla costruzione della diga sono previste la progettazione e la relativa costruzione delle casse di laminazione nei comuni di Breganze e di Sandrigo (entrambi geograficamente collocati al centro della provincia), non così distanti da quella che sarà l'analoga, ma cronologicamente successiva, opera di Caldogno.

L'infrastruttura fornirebbe un valore aggiunto a questo territorio, a partire dai nuovi posti di lavoro che si creerebbero, a seguire con l'importante questione dello stoccaggio di riserve d'acqua le quali potrebbero essere di grande rilevanza in periodi siccitosi dell'anno.

Viene condotto uno studio di carattere geotecnico e idrologico, con qualche riferimento all'idraulica, relazionando quello che è il progetto redatto da uno studio ingegneristico locale, su richiesta di quello che era il Consorzio di Bonifica Medio Astico-Bacchiglione, ora Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta.

Si studia la stratigrafia dell'area interessata e relative considerazioni ingegneristiche, la composizione geologica dei versanti con annesso rischio di franosità, l'analisi delle portate del torrente nell'anno, i tempi di ritorno utilizzati per la progettazione legati anche alle necessarie opere di sfioro, la quantità d'acqua mediamente immagazzinata e utilizzabile e l'ammontare di energia idroelettrica ricavabile.

Parallelamente alla stesura della relazione del progetto esistente, dunque, è interesse di quest'analisi fornire un'opinione tecnica sulla base delle conoscenze acquisite durante il percorso di laurea, potendone descrivere vantaggi e criticità.

2. PREMESSE E CONTESTO GEOGRAFICO

L'area in esame si trova nella media Valle dell'Astico, poco più a sud della confluenza del Torrente Posina, tra le località di Seghe e di Meda, ex frazioni del Comune di Velo d'Astico, al confine con il Comune di Cogollo del Cengio, nel nord della provincia di Vicenza.

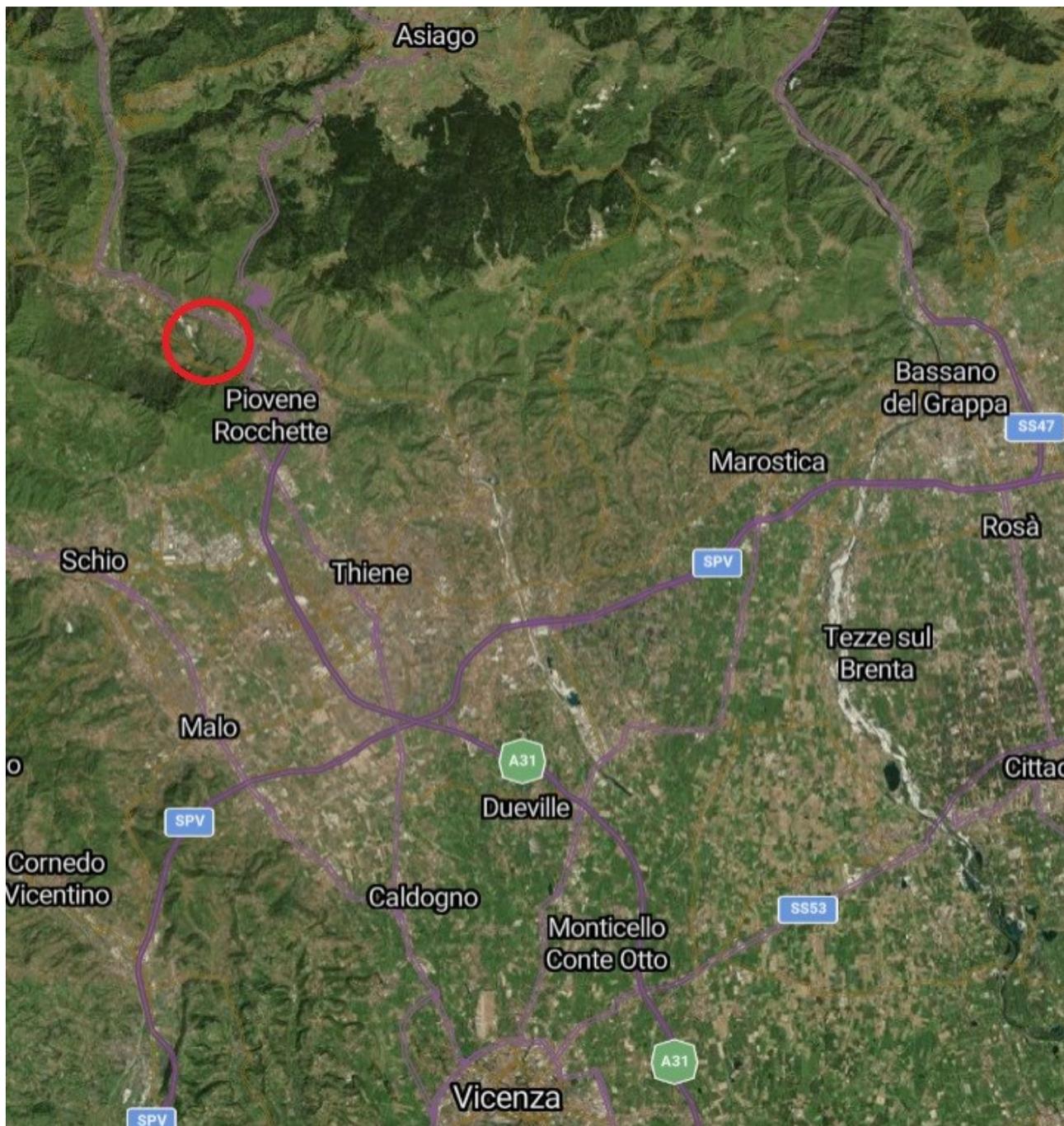


Figura 2.1 - Inquadramento geografico dell'area interessata dallo studio

Tra la fine degli anni '90 e i primi anni 2000, in questa zona si discuteva circa la realizzazione di un'opera di sbarramento del corso del fiume avente finalità di regimazione di eventuali piene. Visti la bontà della qualità delle acque, i volumi stoccabili e l'entità dell'opera, si è annessa alla progettazione la possibilità di sfruttare la risorsa idrica a fini idropotabili, irrigui e idroelettrici. La diga vede la sua collocazione nella prima strettoia morfologica formata dall'Astico lungo il suo corso, all'altezza della località Meda.

3. ANALISI GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E GEOTECNICA

Per inquadrare al meglio la conformazione geologica dell'area, nel 1987 sono state redatte dallo Studio di Geologia Applicata e Ingegneria (SGAI) una relazione geologica, una relazione geotecnica e una prospezione geofisica per conto di un raggruppamento temporaneo di imprese, il quale partecipò ad una gara d'appalto indetta dal Provveditorato Regionale per la sistemazione idraulica dei territori interessati dalla presenza dei bacini dei fiumi Bacchiglione e Retrone.

3.1 Stratigrafia e natura del suolo

Il territorio analizzato presenta formazioni geologiche appartenenti alla "Serie Veneta", la tipica formazione rocciosa esistente sul territorio della Pianura Veneta. Essendo una fascia pianeggiante pedemontana, ci si aspetta di rilevare dal territorio la presenza di ghiaie o, in generale, sedimenti altamente permeabili, dovuti all'erosione della montagna e al trasporto a valle da parte dei fiumi. Come evidenzia la *fig. 3.1.I*, le formazioni sono prevalentemente composte, infatti, da depositi morenici, alluvionali terrazzati e alluvionali attuali.

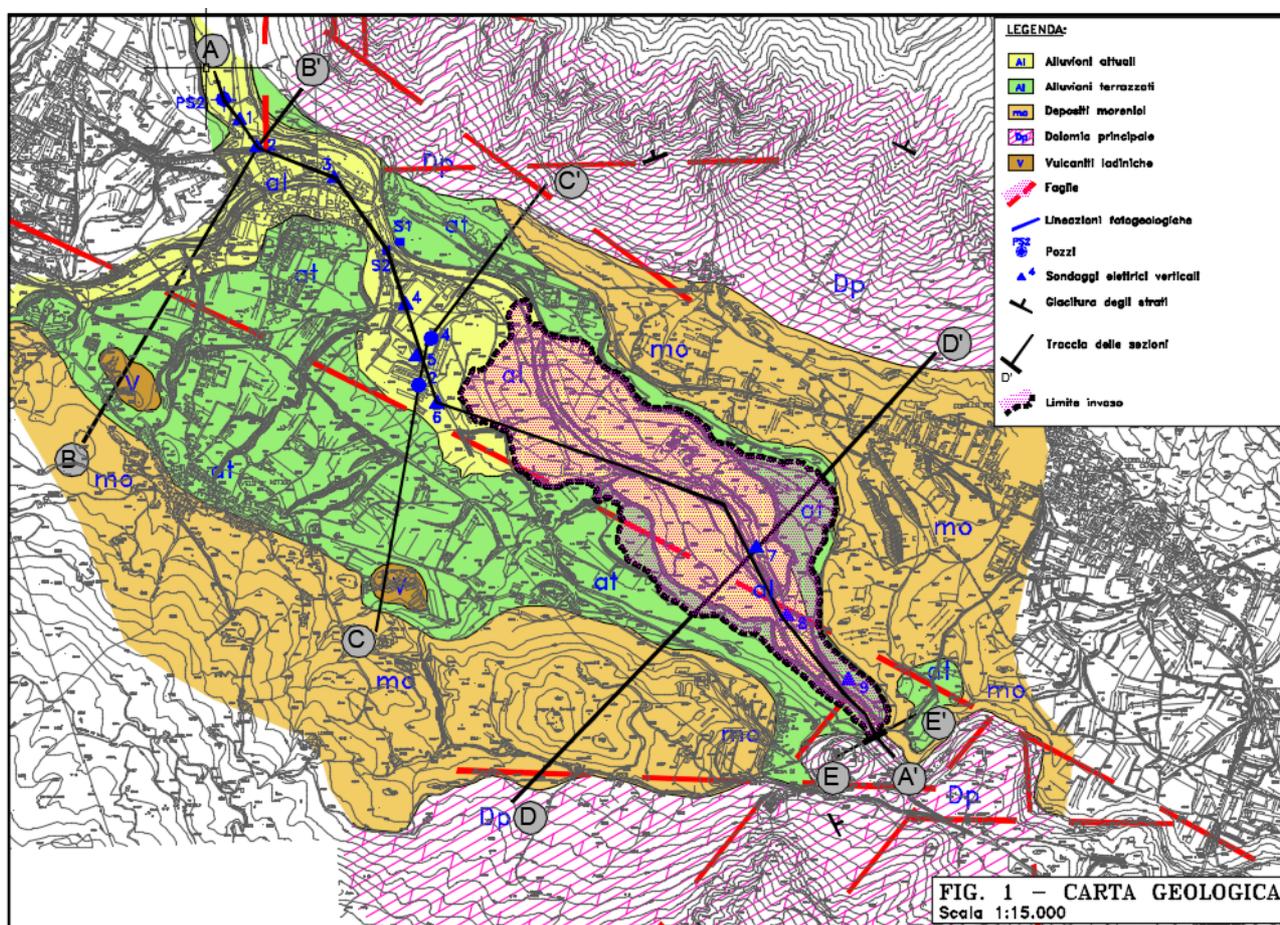


Figura 3.1.I - Carta geologica dell'area in esame

Viene, quindi, condotta un'analisi per ogni strato geologico che descrive il tratto pianeggiante sottoposto allo studio. Di seguito sono riportate in forma tabellare le caratteristiche di ogni formazione.

<u>FORMAZIONE</u>	<u>LITOLOGIA</u>	<u>SPESSORE</u>	<u>ETÀ</u>	<u>PERMEABILITÀ</u>
Vulcaniti (V)	Ladiniche Lave dacitiche, latitiche e piroclasti riolitici. Spesso argillificate per alterazione. Nuclei isolati.	Variabile	Ladinico	Nulla in presenza di argillificazione. Molto bassa per fratturazione quando non alterata.
Dolomia (Dp)	principale Presenta differenziazioni litologiche sia verticali che laterali. Parte superiore: grosse bancate di dolomie bianche, grigie e rosate. Parte mediana: alternanza di argille sottilmente stratificate. Parte inferiore: presenza di brecce e dolomie pisolitiche tra le dolomie. A luoghi la massa dolomitica si presenta intensamente fratturata e caratterizzata in modo importante dal fenomeno carsico. La formazione compare anche lungo i fianchi della valle dell'Astico.	800-1000 m	Norico-Retico	Elevata a causa della fessurazione e del carsismo.
Depositi morenici (mo)	Ciottoli e blocchi immersi in una matrice prevalentemente argilloso-sabbiosa.	Variabile, raggiunge il centinaio di metri	Quaternario (Wurm)	Medio-bassa grazie alla presenza della matrice a grana fine.
Alluvioni (At)	terrazzate Sedimenti a granulometria grossolana (ghiaia, sabbia con frequenti ciottoli). Alternanza di strati argillosi e limosi.	Fino a 100 m al massimo	Quaternario	Variabile: Alta nei livelli grossolani, Bassa o nulla nelle miscele argillose o limose.
Alluvioni attuali (Al)	Sedimenti prevalentemente ghiaiosi in matrice sabbiosa. Nei primi 10-20 m si notano livelli limosi e argillosi. Prevalenti le ghiaie in profondità.	Fino a 30 m al massimo	Quaternario	Variabile: Alta negli strati ghiaiosi, Bassa o nulla nei limi e nelle argille.

Si può notare dalla *fig.3.1.I* come l'area dell'invaso interessi principalmente terreni alluvionali attuali, e in misura molto minore le alluvioni terrazzate.

I depositi morenici, che si evidenziano largamente presenti sui fianchi della vallata, potrebbero descrivere anche una base d'appoggio per le strutture geologiche alluvionali che si sono create nel tempo; quindi, potrebbero essere presenti al di sotto delle fasce alluvionali. Purtroppo, non è possibile confermare o smentire quest'ipotesi per mancanza di sicuri elementi di datazione.

3.2 Tettonica e campi di fratture

Per proseguire lo studio in modo corretto, è essenziale delineare il contesto sismico-tettonico dell'area. In questo settore, che comprende anche gli affioramenti dolomitici interessati dallo sbarramento, si riconoscono vari elementi tettonici regionali. Si hanno:

1. Sistema a pieghe fagliate, il quale descrive la presenza di due principali sistemi di faglie: il primo con orientamento NO-SE, associato alla linea tettonica Schio-Vicenza, e il secondo con orientamento compreso tra NNO-SSE e NO-SE, associato al piegamento principale della tettonogenesi alpina.
2. Sistema delle pieghe in cascata, descritti da una serie di strutture ad anticlinali e sinclinali ad ampio raggio di curvatura (asse con andamento mediamente a ENE-OSO), i cui principali motivi tettonici sono rappresentati dall'anticlinale e dalla sinclinale dell'Altopiano dei Sette Comuni.
3. Sistema dei blocchi monoclinali, in cui una complessa serie di pieghe fagliate crea una forte linea di demarcazione tra la depressione padano-adriatica e il settore settentrionale con orientamento NE-SO.

Grazie al Progetto Finalizzato Geodinamica promosso dal CNR, è possibile avere una visione d'insieme sulla attività sismica della zona, consultando la carta neotettonica riportata in *fig.3.2.I*. La *fig. 3.2.II*, invece, riporta le lineazioni fotogeologiche e le principali faglie di importanza regionale che insistono sul territorio lungo il quale scorre il Fiume Astico.

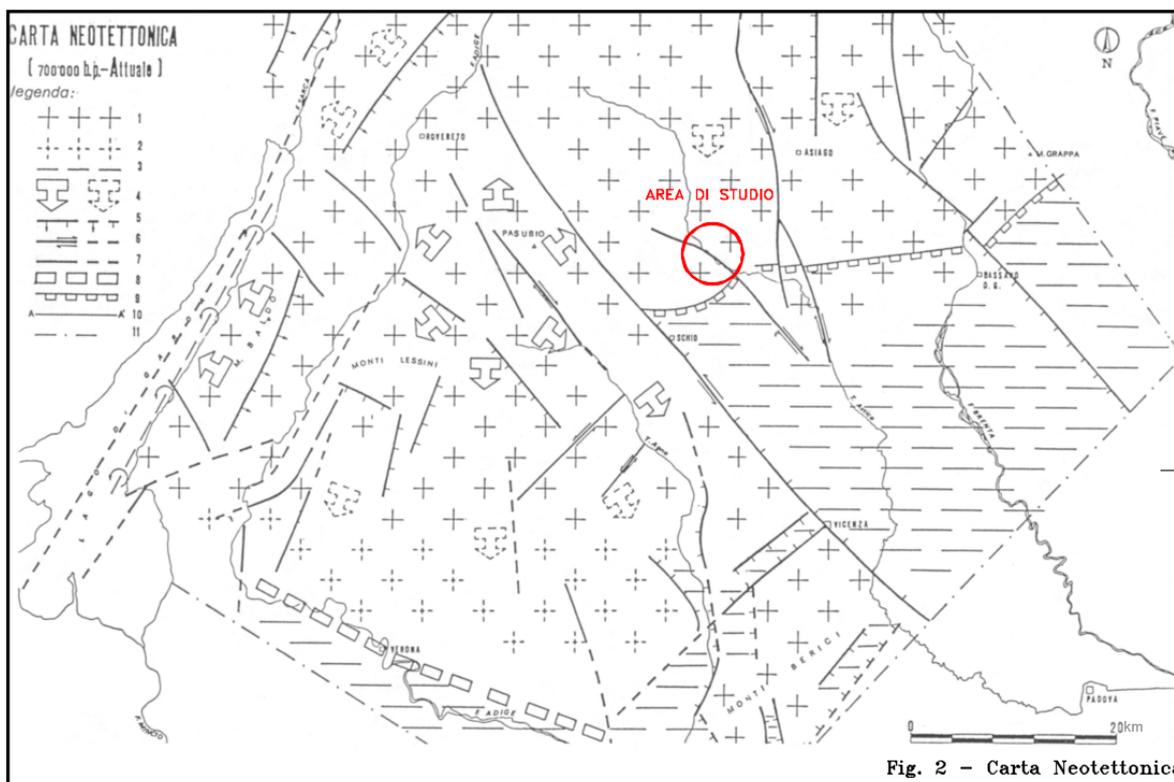


Figura 3.2.I - Carta neotettonica pubblicata dal CNR nell'ambito del Progetto Finalizzato Geodinamica

Da questa rappresentazione si evince che la faglia ad orientamento NO-SE che interessa il percorso dell'Astico è descritta come una dislocazione trascorrente sinistrorsa a spostamento orizzontale e storicamente attiva.

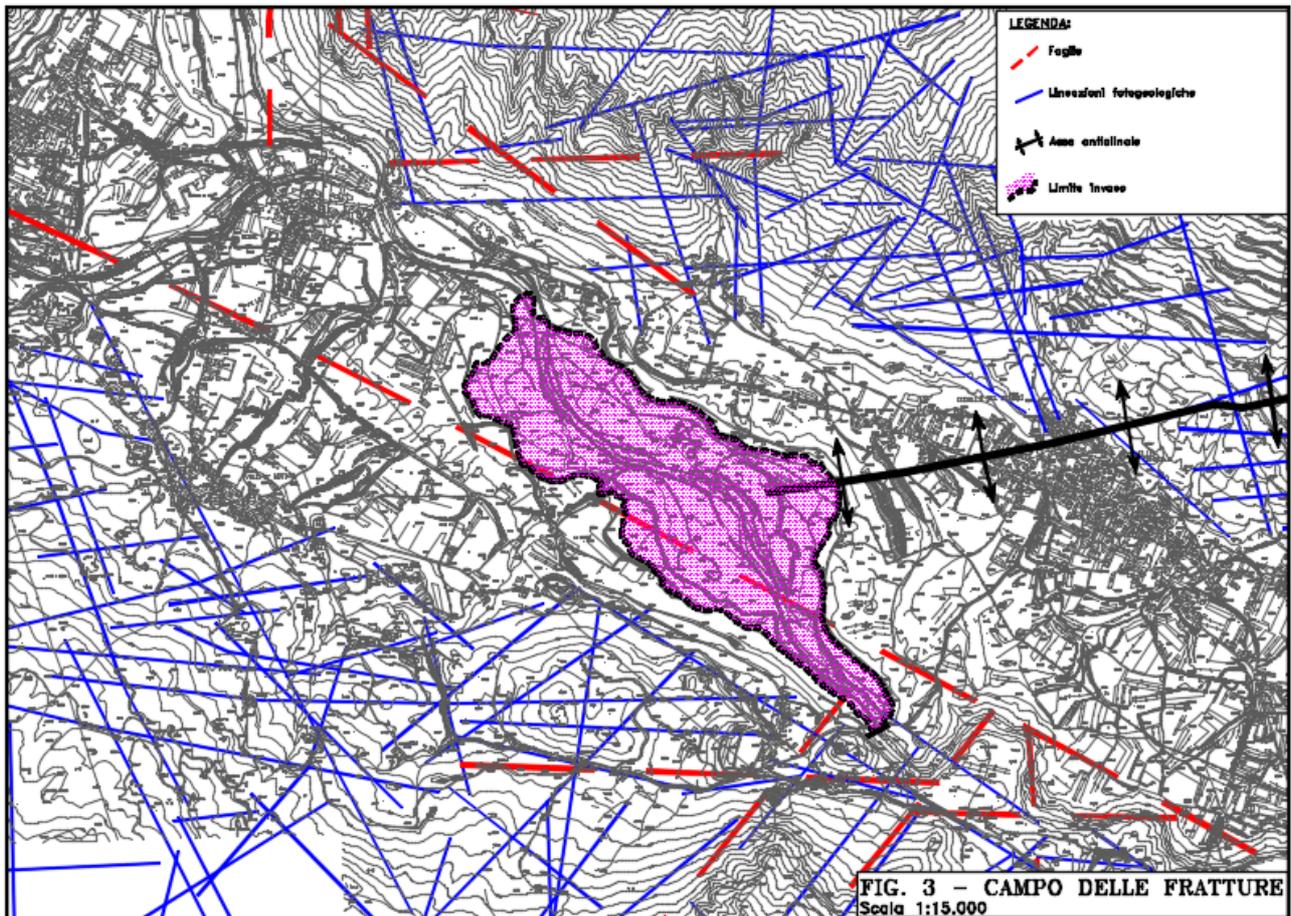


Figura 3.2.II - Campo delle fratture. Sono riportate le lineazioni fotogeologiche e le principali faglie che interessano l'area in esame

Tuttavia, un documento redatto nel 1986 dal Consorzio Studi Bacino Brenta segnala l'ubicazione di un evento sismico sulla faglia NO-SE principale che divide la vallata in destra e sinistra Astico in prossimità dell'area segnalata per la costruzione dell'opera. Il sisma è descritto con un basso volume focale e un epicentro non ben definito.

Sempre lo stesso documento conclude definendo, nel complesso, le province di Vicenza e Padova interessate da sismicità distribuita uniformemente e di bassa energia.

3.3 Elementi conoscitivi specifici del sito in corrispondenza della sezione d'imposta

Dallo stesso documento redatto nel 1987 dallo Studio di Geologia Applicata e Ingegneria, si sottolineano alcuni dati utili ricavati dalle analisi di laboratorio condotte, tra i quali:

- Peso di volume: 2,85 g/cm³,
- Resistenza a compressione monoassiale: 57,46 MPa,
- Angolo d'attrito di picco: 31° (in condizioni ottimali di resistenza),
- Angolo d'attrito residuo: 25° (fratturato e lisciato in corrispondenza della rottura),
- Coesione: 0 kg/cm²,
- Modulo elastico statico: 100'000 – 150'000 kg/cm².

Dalla *fig. 3.1.I* si evidenziano alcune sezioni nelle quali sono state condotte analisi stratigrafiche più specifiche e approfondite. Di seguito vengono elencate le sezioni singolarmente evidenziando e analizzando la stratigrafia di ognuna di esse, permettendo, così, di condurre un approfondimento in termini di stabilità, permeabilità e, di conseguenza, eventuali perdite laterali o al di sotto della diga.

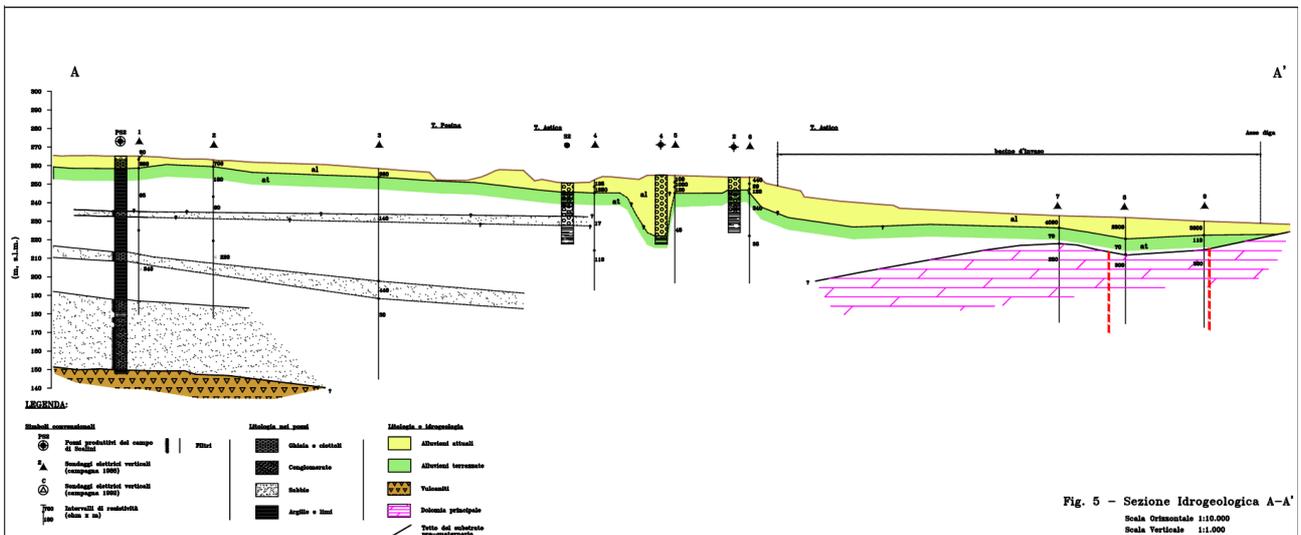


Figura 3.3.I - Sez. A-A': descrive la stratigrafia del sottosuolo lungo l'asta fluviale da poco prima della confluenza del Torrente Posina nel Fiume Astico alla sezione di sbarramento

Dalla *fig. 3.3.I* è possibile notare, a monte, l'alternanza nel sottosuolo di acquiferi e acquitardi, dunque strati più permeabili, sabbiosi, e altri più impermeabili, argillosi o limosi. Proseguendo verso valle (quindi in figura verso destra) gli acquiferi confinati diminuiscono via via sempre di più, lasciando spazio ai detriti alluvionali attuali o terrazzati e ai depositi morenici.

Tenendo fede alla legenda di espressa dalla *fig. 3.3.II*, per ottenere maggiori dettagli sul sottosuolo in vari punti lungo il corso del fiume vengono analizzate tramite sondaggi elettrici verticali (S.E.V.) altre quattro sezioni trasversali allo sviluppo del corso d'acqua, di cui vengono riportate di seguito le schematizzazioni stratigrafiche.

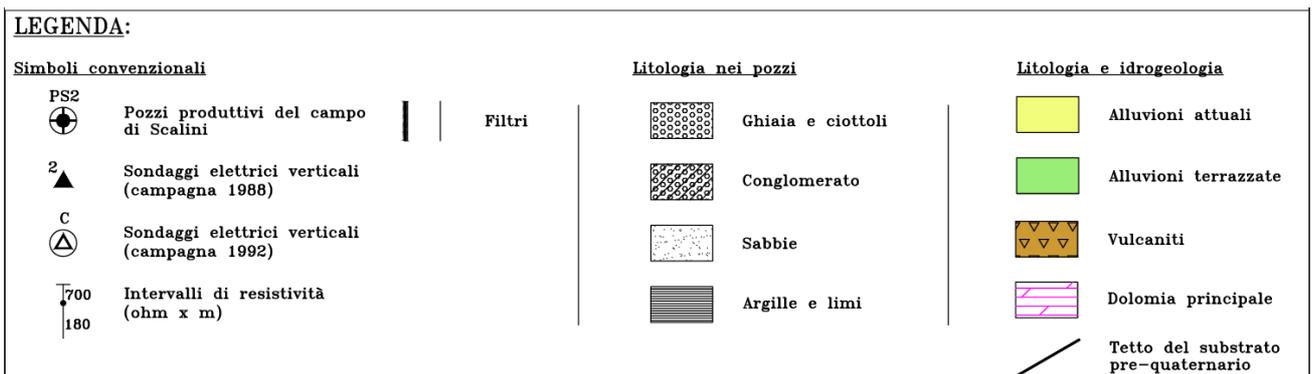


Figura 3.3.II - Legenda delle sezioni stratigrafiche

Di seguito si analizzano le sezioni B-B', C-C', D-D', E-E', ricavabili geograficamente dalla *fig. 3.1.I*.

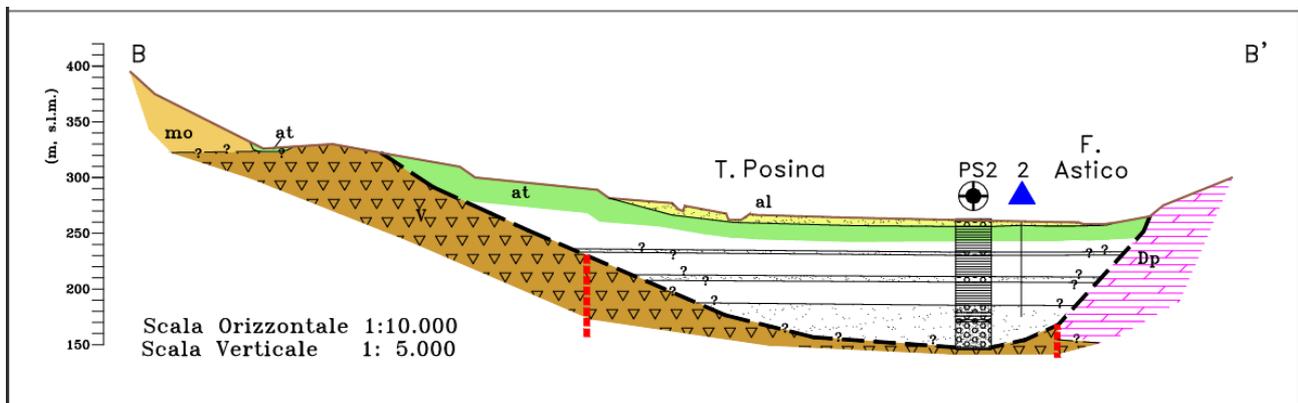


Figura 3.3.III - Schema della stratigrafia della sezione B-B' scelta a monte della confluenza tra il T. Posina e il F. Astico

Nella *fig. 3.3.III* è immediatamente riscontrabile che i due versanti montuosi proseguono anche nel sottosuolo con la medesima formazione rocciosa fungendo da basamento alla composizione stratigrafica dell'area. Le pareti in sinistra Astico sono costituite prevalentemente da Dolomia Principale, mentre la catena montuosa della destra idrografica è costituita da Vulcaniti Ladiniche fino ai primi rilievi collinari, per poi lasciare spazio ai depositi morenici.

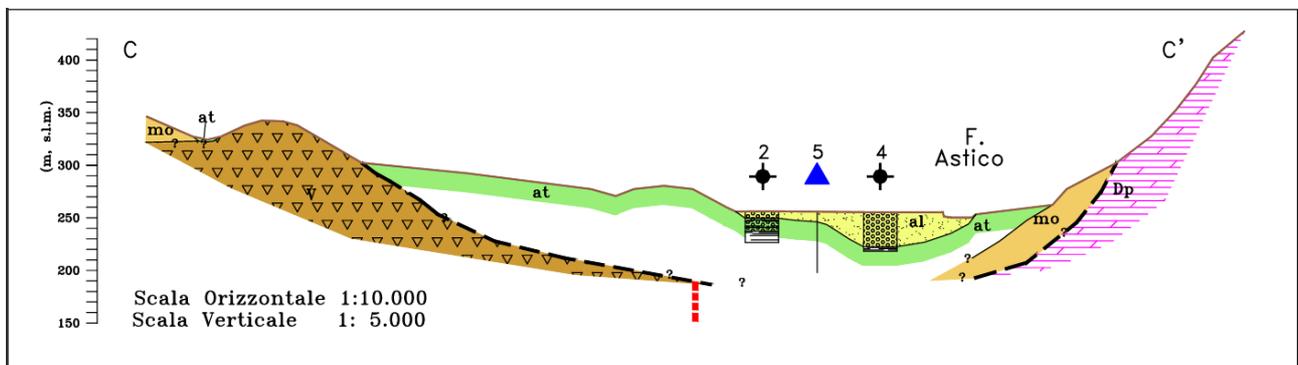


Figura 3.3.IV - Stratigrafia della sezione C-C' tra la confluenza e l'inizio del bacino, in corrispondenza della Zona Industriale di Seghe

Lungo il corso del fiume, lo sviluppo stratigrafico del sottosuolo è molto simile a quello della sezione A-A', con qualche differenza: lo strato di Vulcaniti e di Dolomia si abbassa, lasciando spazio ad alluvioni terrazzate ed attuali. A meno della presenza di strati argilloso-limosi, gli strati rocciosi impermeabili un po' alla volta si alzano, lasciando sempre meno spazio a materiale ghiaiosi o sabbiosi, di origine alluvionale, molto più permeabili.

Si nota anche attraverso la *fig. 3.3.V* che gli strati rocciosi diventano via via più superficiali; sempre la stessa figura evidenzia la compresenza delle due matrici prevalenti (Vulcaniti e Dolomia) a una quota pari a circa 220 m.s.l.m., quando nelle sezioni B-B' e C-C' (*fig. 3.3.III* e *3.3.IV*) erano all'incirca misurate tra i 150 e i 170 m.s.l.m.

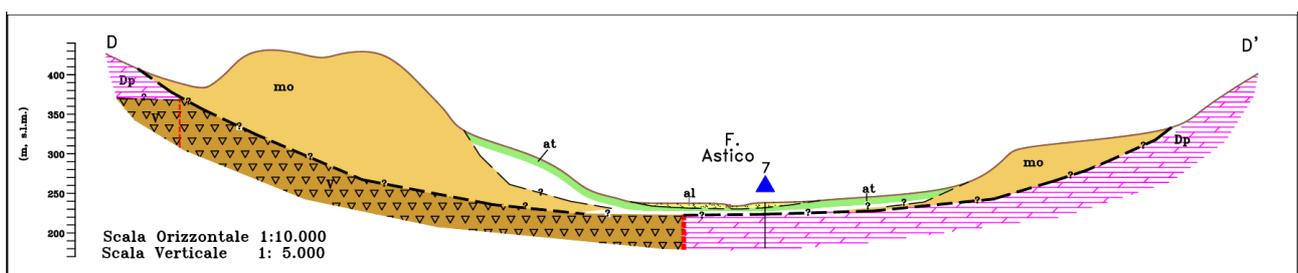


Figura 3.3.V - Stratigrafia nella sezione D-D' posta in corrispondenza del massimo sviluppo trasversale del bacino

Più ci si sposta verso valle, più gli strati alluvionali si assottigliano. Nel contempo, le formazioni vulcanitiche e dolomitiche si alzano sul livello del mare, ostacolando il fiume nel suo moto verso

valle (secondo gravità). È, dunque, normale aspettarsi un “bacino” di elementi alluvionali tra le sezioni B-B’ e D-D’ (fig. 3.3.III e fig. 3.3.V). Si evidenzia, inoltre, un particolare assolutamente rilevante riguardo alla costruzione del bacino; nella fig. 3.3.V in corrispondenza della netta divisione tra le due formazioni rocciose, è nota la presenza di una faglia di carattere trascorrente, la quale potrebbe influire sull’impermeabilità propria di questi minerali causando fratture della roccia.

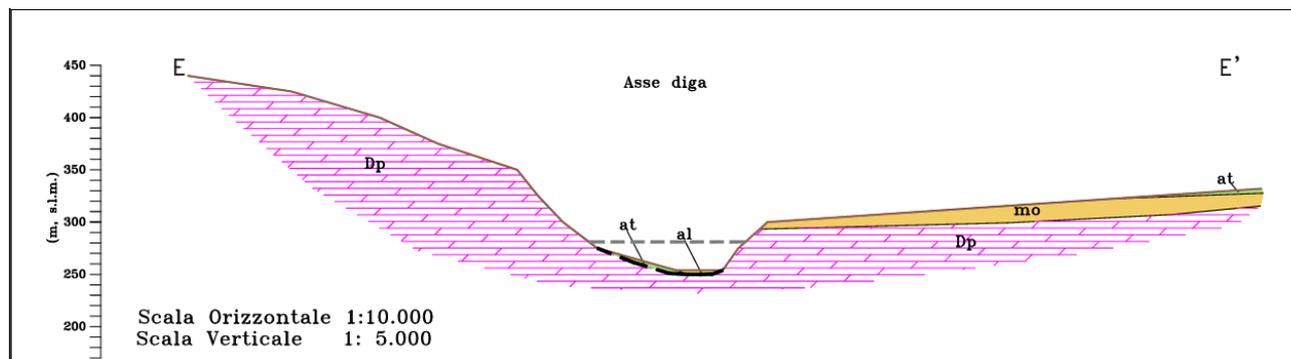


Figura 3.3.VI - Stratigrafia del sottosuolo nella sezione E-E', luogo di costruzione del manufatto idraulico

La fig. 3.3.VI fornisce informazioni molto importanti: il basamento d’appoggio di quella che sarà la diga è composto da sola Dolomia Principale, con qualche sottilissimo strato alluvionale. Inoltre, in questa sezione, il volume d’acqua del bacino sarebbe interamente contenuto dallo stesso tipo di formazione, sia il fondale sia le pareti. Questo tipo di analisi può condurre a due principali conclusioni: la prima, in ipotesi di perfette condizioni della roccia, quindi assimilabile a un mezzo continuo, identifica la totale impermeabilità del bacino in prossimità della sezione d’imposta; la seconda, più realistica, considera eventuali rotture dell’ammasso dolomitico, dovute a movimenti tettonici o al fenomeno carsico, caratteristico soprattutto della zona dell’altopiano dei Sette Comuni, implicando, quindi, l’esistenza di eventuali perdite d’acqua nell’intorno della diga dovute all’infiltrazione del fluido nelle cavità formatesi.

È bene, dunque, proseguire con un’analisi di carattere idrogeologico, al fine di valutare le perdite d’acqua per infiltrazione, la stabilità delle sponde e l’entità dei cedimenti verticali in corrispondenza dell’area di costruzioni dell’opera idraulica.

3.4 Caratteristiche idrogeologiche del bacino e relative considerazioni

Si procede ora con la descrizione qualitativa del sottosuolo al fine di stimare le eventuali perdite di volumi d’acqua e la tenuta della struttura nelle sue componenti naturali, le sponde, e artificiali, lo sbarramento.

Per svolgere questo tipo di analisi è necessario conoscere i parametri idraulici degli acquiferi e della diga.

La fig. 3.3.I, che descrive longitudinalmente la natura del sottosuolo, restituisce la posizione dei pozzi dai quali si ricavano i parametri (descritti in tab. 3.3.I) relativi agli acquiferi presenti.

Le alluvioni trasportate dal fiume coprono un appoggio costituito in prevalenza da Dolomia Principale; analizzando la medesima figura, e riprendendo quanto detto inizialmente al paragrafo 3.3, si evidenzia un particolare andamento della stratificazione alluvionale: a monte, tra le sezioni B-B’ e D-D’, si nota un progressivo ispessimento e successivo assottigliamento dello strato alluvionale. Ciò induce a pensare che questo andamento descriva un paleoalveo dell’Astico, creando, oggi, le caratteristiche proprie di una falda e instaurando un rapporto di interscambio di acqua, quindi di ricarica. Questo ragionamento implica la possibile esistenza di situazioni simili lungo il percorso verso valle.

Mediante l’attivazione di due pozzi è possibile risalire al valore dei parametri idraulici citati precedentemente.

Tabella 3.4.I - Parametri idraulici degli acquiferi misurati nel pozzo PS2 e nel pozzo 4

Acquifero	Pozzo PS2		Pozzo 4	
	Freatico	Confinato	Freatico	Confinato
B (s/m ²)	-	93	-	-
T (m ² /s)	-	0.0073	0,053 – 0,02	-
h netto saturo (m)	5	41	-	-
h tot (m)	5	41	-	-
K _{or} netto (m/s)	-	1,8 · 10 ⁻⁴	-	-
K _{or} mediato (m/s)	-	1,8 · 10 ⁻⁴	0,002	-
K _{or} /K _{ver}	-	-	-	-
K _{acquitardo} (m/s)	-	1,2 · 10 ⁻⁷	-	-
S _y	-	-	-	-
S	-	1,2 · 10 ⁻⁵	-	-
S _{specifico} (1/m)	-	3,0 · 10 ⁻⁷	-	-

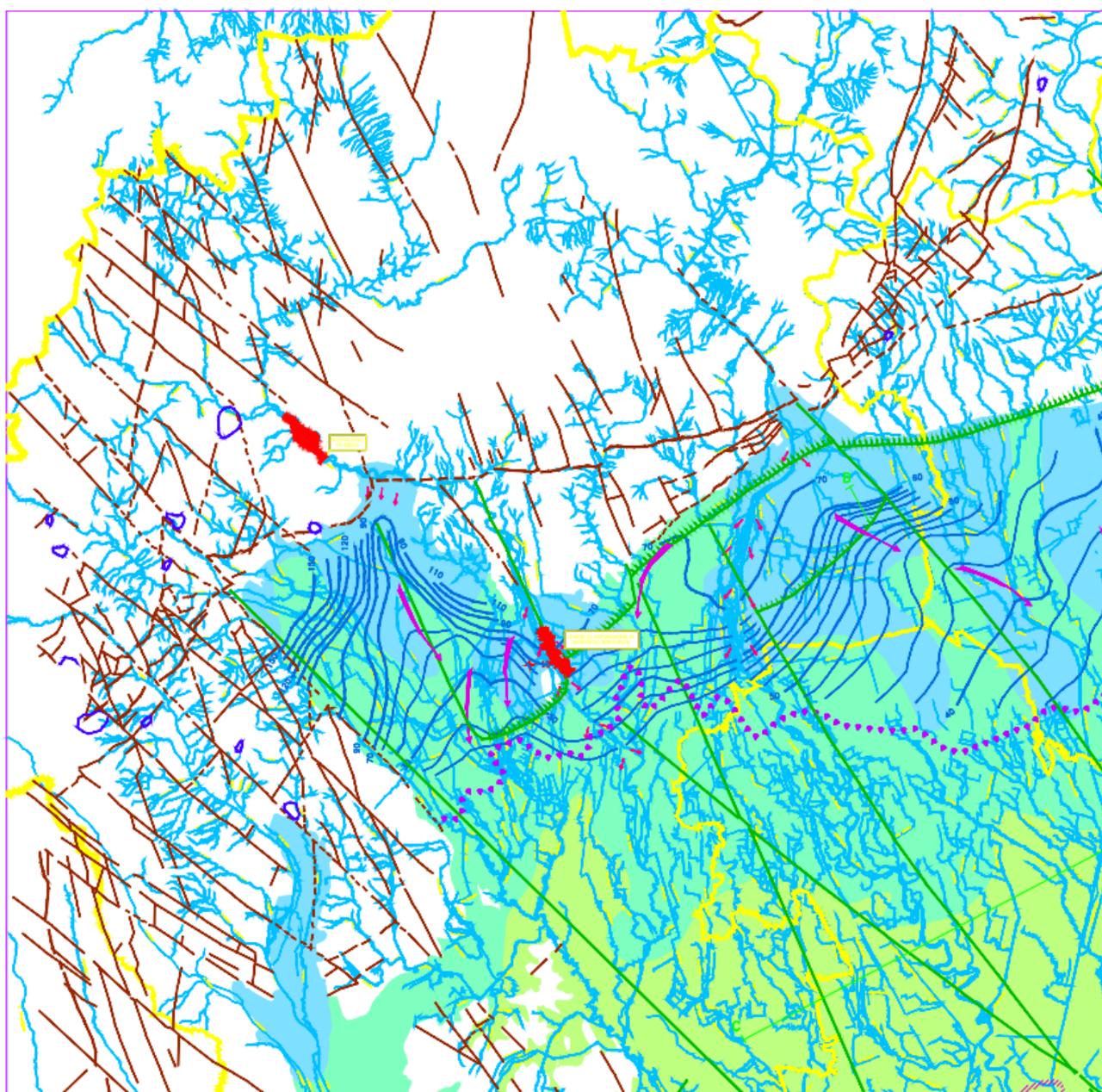


Figura 3.4.I - Carta idrogeologica dell'alto vicentino



Figura 3.4.II - Legenda della carta idrogeologica

Nella relazione geotecnica viene riportata una descrizione di sintesi dello studio effettuato sull'idrogeologia dell'area; testualmente: "In genere il sistema è multifalda ed è caratterizzato da una falda freatica superficiale in diretto contatto col corso d'acqua e da una o più falde più profonde di tipo confinato e protetto." Prosegue, poi, definendo l'esistenza quasi esclusiva di un rapporto di ricarica tra il corso d'acqua e l'acquifero freatico sottostante.

Marginalmente il bacino potrebbe trovarsi a contatto con degli strati alluvionali terrazzati; in questo caso, però, l'entità degli scambi sarebbe molto limitata, trascurabile.

Gli scambi verticali sarebbero, nel loro complesso, nulli, e questo limite è giustificato dalla bassissima permeabilità dell'aquitardo, calcolata attraverso la prova effettuata nel pozzo PS2, i cui dati sono riportati nella *tab. 3.4.I*.

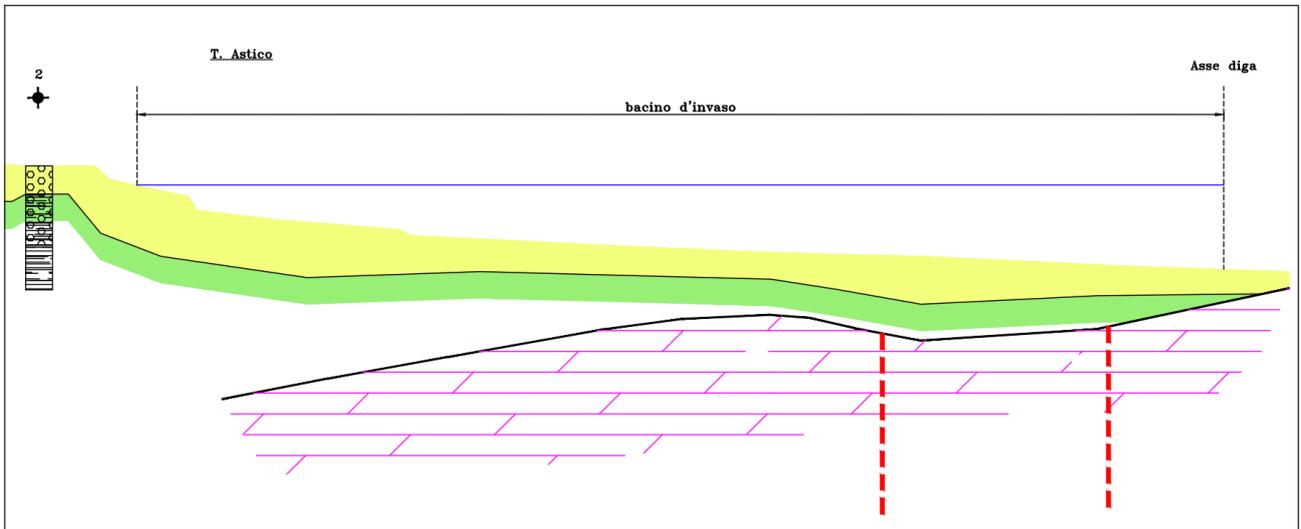


Figura 3.4.III - Sezione longitudinale del bacino d'invaso

La fig. 3.4.I riporta la sezione longitudinale della massima area allagata. È, dunque, visibile a monte del bacino che al variare dell'altezza del livello dell'acqua può variare l'incidenza o meno della falda freatica retrostante l'invaso. Dopo questa considerazione si giunge alla conclusione, però, che visti lo spessore e la pendenza dello strato alluvionale di epoca recente (fascia gialla), sarà la falda freatica ivi presente che andrà a ricaricare il bacino, e non il contrario.

Per quanto riguarda eventuali perdite in corrispondenza dell'asse della diga, quelle dovute a eventuali moti di filtrazione al di sotto del manufatto, sono nulle: i detriti alluvionali (fasce gialla e verde) saranno asportati, favorendo la costruzione dell'opera su un basamento roccioso (Dolomia principale), pertanto impermeabile.

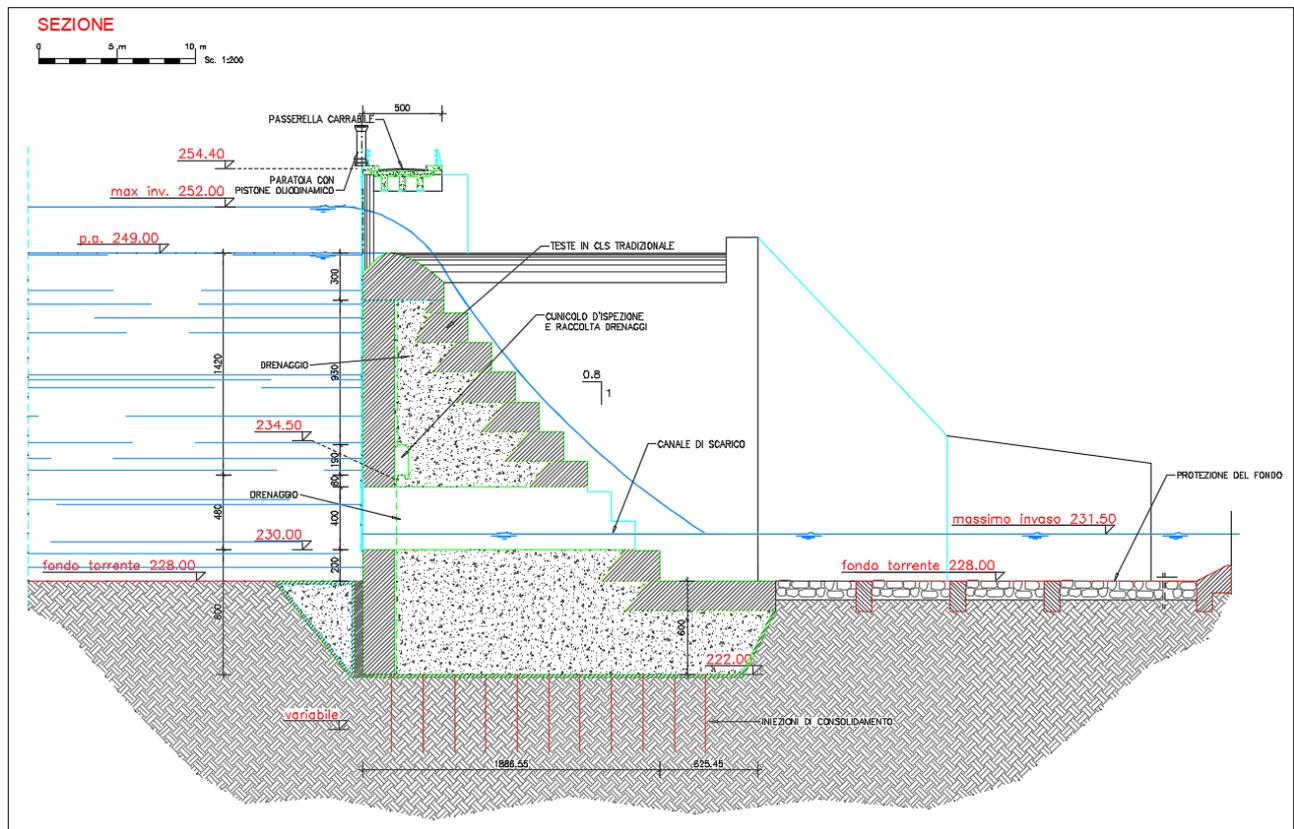


Figura 3.4.IV - Sezione della diga riportante materiali, quote e peli liberi

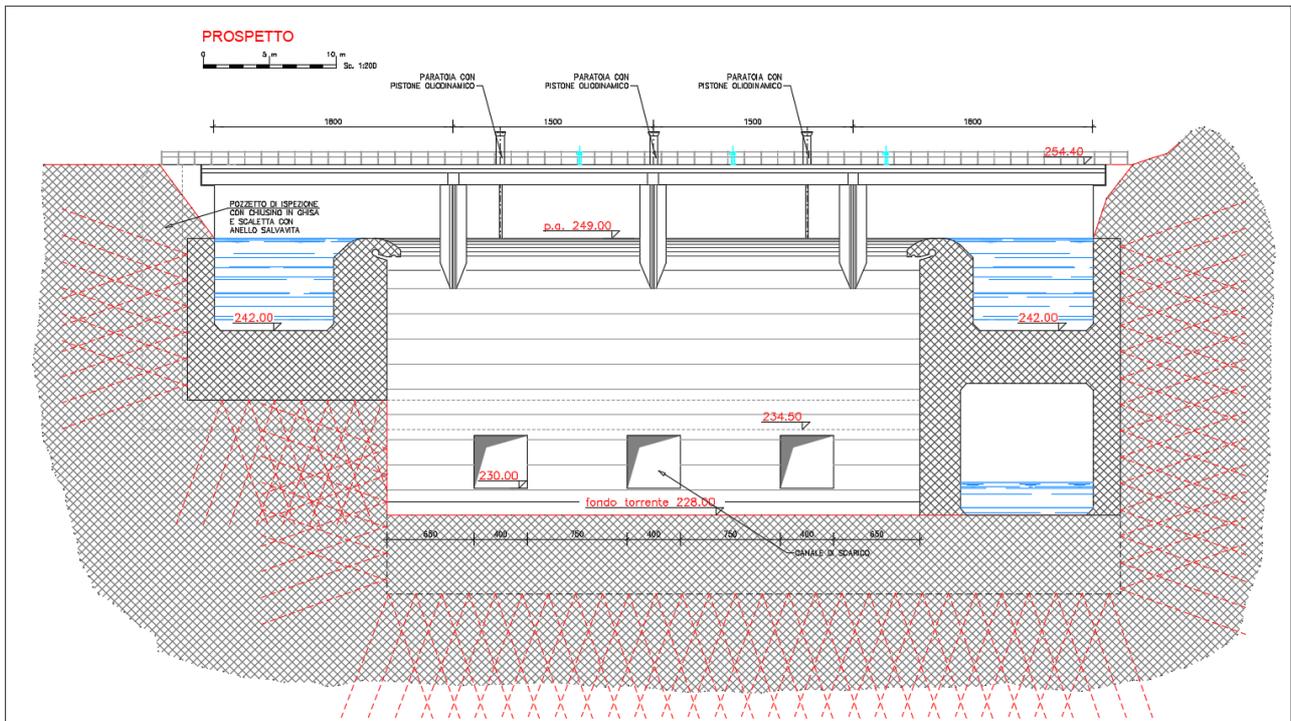


Figura 3.4.V - Prospetto della diga. È visibile che il materiale di rinforzo per l'impermeabilizzazione è disposto lungo tutto il perimetro bagnato della diga (fondazione e spalle)

Questa operazione, oltre a eliminare la possibilità di ottenere perdite per infiltrazione, fornirà ulteriore stabilità all'opera ingegneristica, andando ad escludere a priori, come citato precedentemente, la possibilità che si instaurino dei moti di filtrazione, destabilizzando la struttura verticalmente, orizzontalmente e prevenendo l'ipotesi del sifonamento. Altri dettagli in merito saranno trattati più approfonditamente in una fase successiva, quella di analisi della stabilità idraulica.

3.5 Evaporazione e bilancio idrico

Il bacino nella sua interezza svilupperà al massimo una superficie di circa 1,35 km². Al fine di valutare il grado di riempimento, il volume stoccato, la quantità d'acqua turbinabile ai fini idroelettrici e quella prelevabile a scopi irrigui o idropotabili, in fase di bilancio idrico, è essenziale poter stimare l'incidenza delle perdite di volume d'acqua dovute all'evaporazione.

Viene utilizzato il valore massimo di superficie allagabile per valutare l'entità volumetrica della pioggia che insiste direttamente sul lago artificiale, mentre il valore medio (preso alla massima regolazione, vedi di seguito) per stabilire la quantità evaporata, così da poter descrivere al meglio la stagione più calda e anche quella più fredda.

Chiaramente devono essere noti i valori medi annui della pioggia che insiste sul territorio, delle portate e della temperatura, indicativa, quest'ultima, del grado di irraggiamento solare dell'area.

Dal momento che non è possibile ottenere una formulazione generale che sia assolutamente valida per ogni specchio d'acqua, perché ogni territorio possiede caratteristiche geomorfologiche, atmosferiche climatiche e microclimatiche diverse, vengono implementate empiricamente diverse soluzioni. Sebbene l'incertezza di queste applicazioni sia significativa, possono, in ogni caso, dare l'idea dell'ordine di grandezza su cui ci si muove, permettendo, così, di proporre delle soluzioni valide. Di seguito il modello empirico di Visentini, uno dei metodi più utilizzati a livello italiano.

$$(1) E_m = 2,25 T_m^{1,5}$$

dove:

- E_m , è l'evaporazione media mensile (mm/mese),
- T_m , è la temperatura media mensile (°C).

- (2) $E_a = 75 T_a$
- (3) $E_a = 90 T_a$
- (4) $E_a = 90 T_a + 300$

dove:

- E_a , è l'evaporazione media annua (mm/anno),
- T_a , è la temperatura media annua (°C),
- (2), equazione valida per bacini collocati in una quota compresa tra 0 e 200 m.s.l.m.,
- (3), equazione valida per bacini collocati in una quota compresa tra 200 e 500 m.s.l.m.,
- (4), equazione valida per bacini collocati in una superiore ai 500 m.s.l.m.

Oppure esiste anche la formulazione di Keller, che, però, riguarda l'evapotraspirazione dell'intero bacino idrografico, inteso come area afferente, e quindi di scarsa utilità allo studio in esame.

- (5) $E_{tr} = 0,116 P_a + 460$
- (6) $E_{tr} = 0,058 P_a + 405$

dove:

- E_{tr} , è l'evapotraspirazione media annua (mm/anno),
- P_a , è l'altezza di pioggia media che cade in un anno,
- (5), equazione valida per bacini in pianura,
- (6), equazione valida per bacini montuosi.

Dal sito di *meteonetwork* (www.meteonetwork.eu) viene ricavato il grafico riportato in *fig. 3.5.1*, che descrive l'andamento durante l'anno delle precipitazioni e delle temperature.

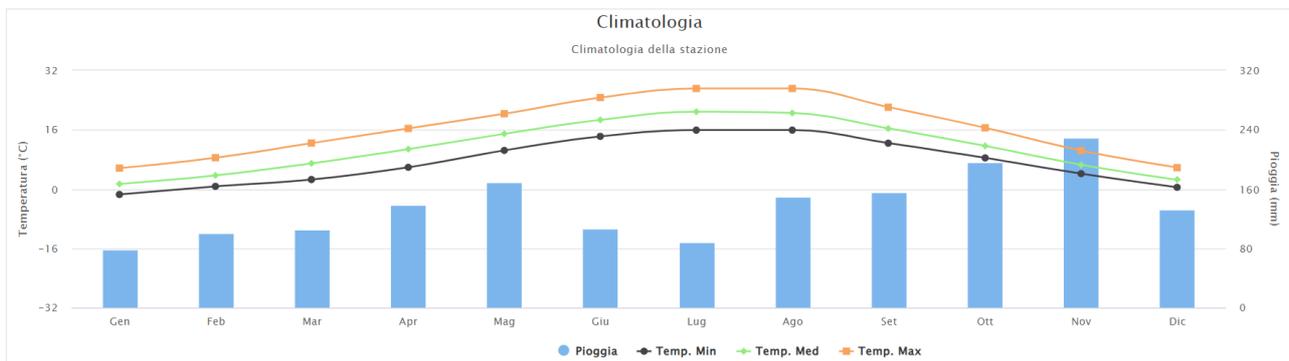


Figura 3.5.1 - Grafico riportante i dati di pioggia e temperatura misurati nella stazione meteo di Velo d'Astico

Si ricavano i valori medi annui di precipitazioni e temperatura nel Comune di Velo d'Astico, corrispondenti rispettivamente a 1.649,2 mm e 11,27 °C.

Mentre i cinque mesi più caldi (Maggio, Giugno, Luglio, Agosto e Settembre) registrano una temperatura media rispettivamente pari a 14,9 °C, 18,7 °C, 20,9 °C, 20,5 °C e 16,3 °C.

Il pelo libero del bacino in esame è progettato per raggiungere i 250 m.s.l.m., pertanto sarà sensato utilizzare le formulazioni (2) e (3) per ottenere un intervallo di valori plausibile.

Dalla prima equazione (2) si stima una perdita per evaporazione pari a 845,25 mm/anno, mentre la seconda la descrive attorno ai 1.014,3 mm/anno. Facendo una media, quindi cercando di conciliare condizioni simil-pianeggianti per i mesi più caldi e simil-collinari per quelli più freddi, si stima una perdita pari a circa 930 mm d'acqua all'anno; l'errore teorico di questa stima è, quindi, pari al 9,1%. Si ricorda che nella formulazione sono omesse le influenze dettate dalla geomorfologia del territorio, dalla radiazione solare, dall'azione del vento e da altri parametri climatici necessari a migliorare la precisione della stima.

È interessante notare come la perdita annua per evaporazione sia di 930 mm, mentre la pioggia caduta sia di quasi 1.650 mm, in un rapporto tra i due dati che si identifica in 0,56. Il che non significa che il 56% delle affluenze all'invaso venga perso, perché, chiaramente, ad incidere sul

bilancio volumetrico non è solo la precipitazione che cade tra i Comuni di Velo d'Astico e di Cogollo del Cengio, e quindi ciò che piove nell'immediato intorno del bacino, ma tutta quella che interessa l'intero bacino idrografico del Torrente Astico, quindi precedente alla sezione di sbarramento di Meda, la quale totalizza un'area afferente di circa 550 km².

Dalla relazione idraulica di progetto viene quantificata la capacità del bacino in 6 milioni di m³ in caso di minima regolazione (quota invaso 246 m.s.l.m.), in 9,5 milioni di metri cubi alla quota di massima regolazione posta a 249m.s.l.m., e aumentandola a 13,5 milioni in caso di piena, con un sovrizzo di 3 metri rispetto alla quota di massima regolazione (regimazione piene). Al fine di ottenere un bilancio idrico il più corretto e preciso possibile, sarà necessario stabilire correttamente le portate in ingresso (dal Torrente Astico e per ruscellamento, quest'ultimo strettamente legato alla precipitazione), in uscita, le richieste per i singoli utilizzi, l'evaporazione e la precipitazione.

Tabella 3.5.I - Valori di quota, volume d'invaso e superficie allagata a seconda dei casi possibili

CASI \ VARIABILI	QUOTA (m.s.l.m.)	VOLUME INVASO (milioni di m ³)	SUPERFICIE ALLAGATA (km ²)
MINIMA REGOLAZIONE (S ₁)	246	6	1,01
MASSIMA REGOLAZIONE (S ₂)	249	9,50	1,16
MASSIMO INVASO (S ₃)	252	13,50	1,35

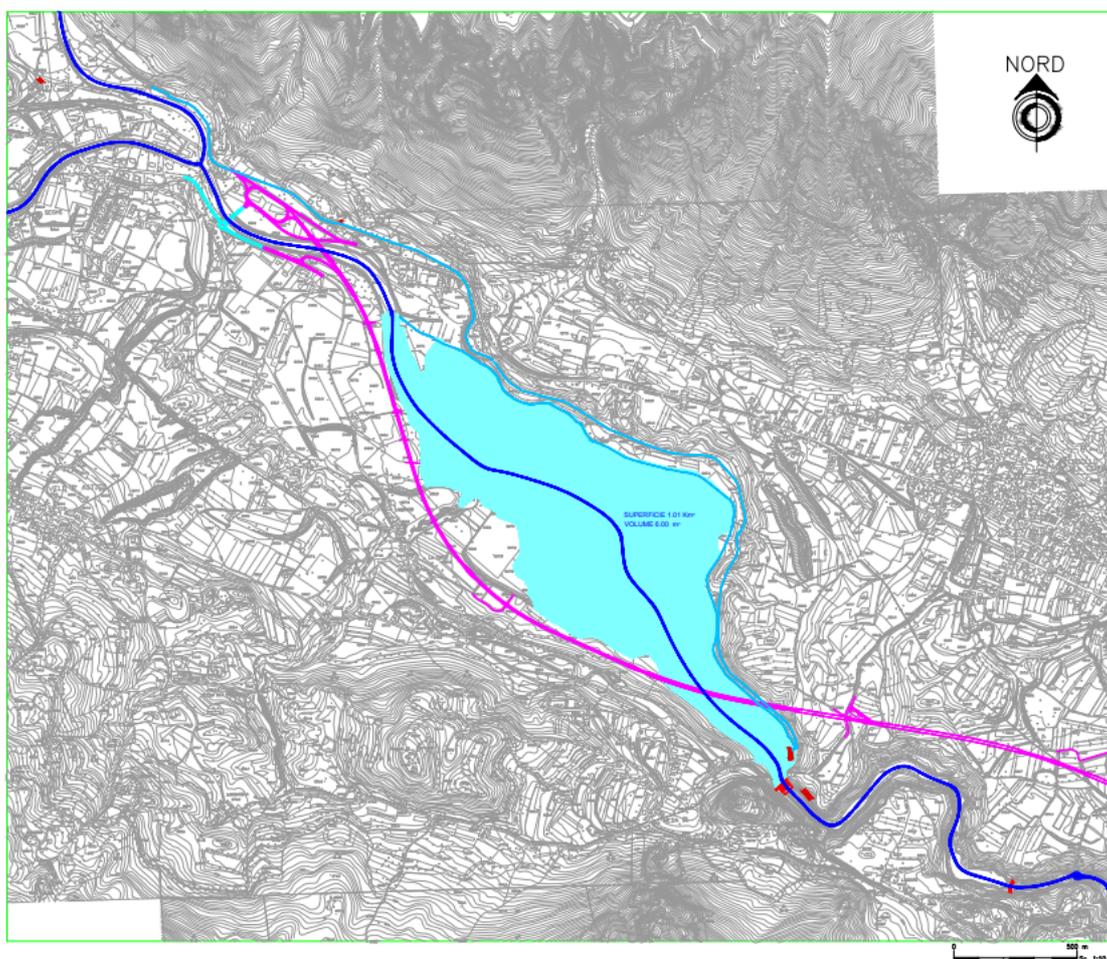


Figura 3.5.II - Superficie bacino alla quota di minima regolazione posta a 246 m.s.l.m.

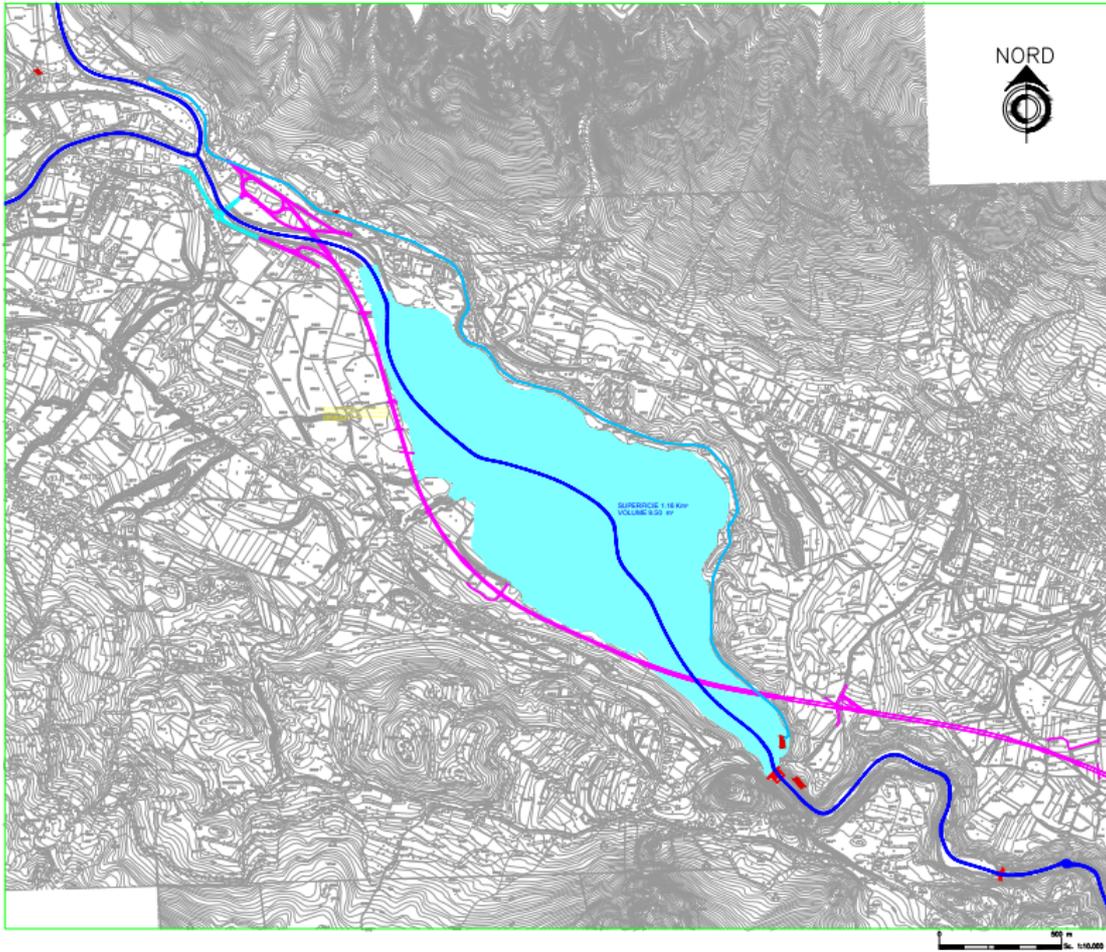


Figura 3.5.III - Superficie bacino alla quota di massima regolazione posta a 249 m.s.l.m.

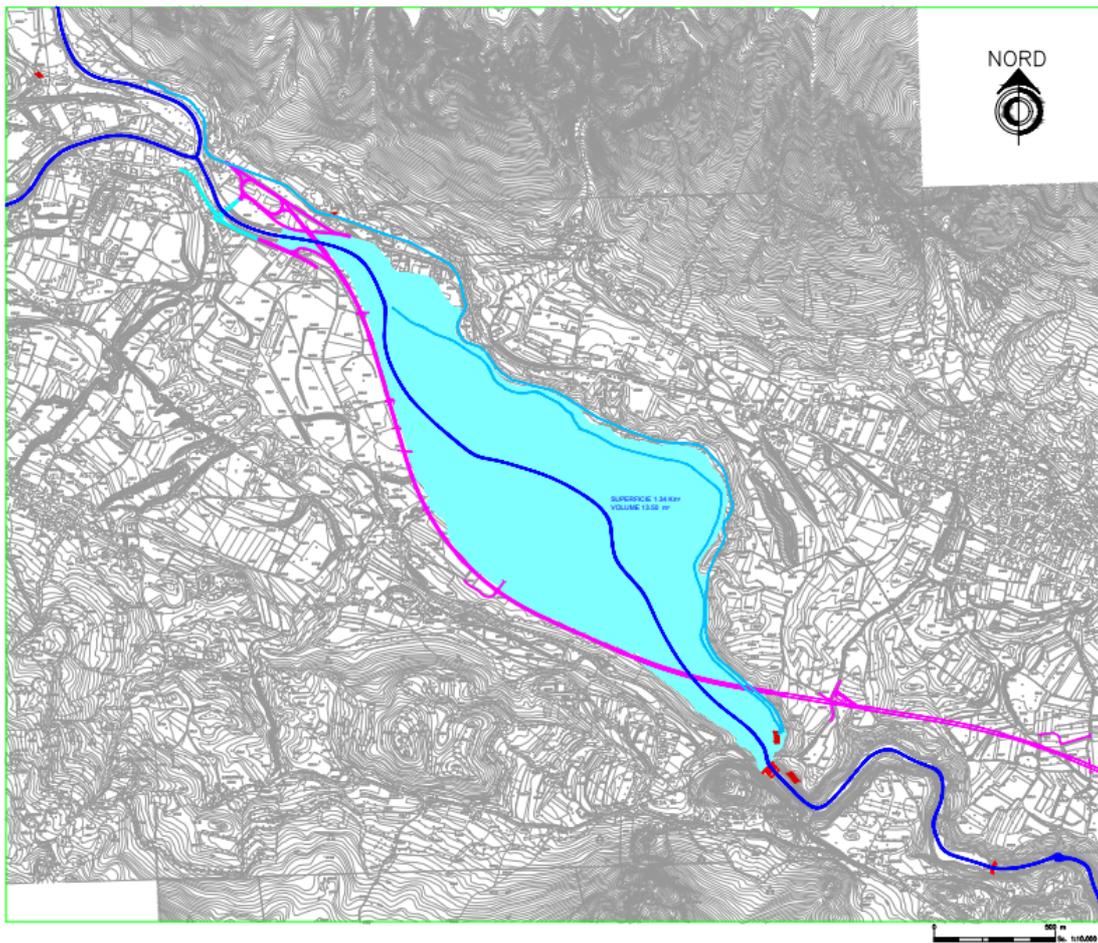


Figura 3.5.IV - Superficie bacino alla quota di massimo invaso posta a 252 m.s.l.m

Dunque, si avrà:

- un afflusso nella massima superficie coperta dal bacino (esclusa, quindi, l'area afferente che sarà inclusa in fase di trattazione delle portate in ingresso alla diga trasportate dall'Astico) pari a:

$$V_j = h \cdot S_1 \cdot 10^3 = 2.226.420 \text{ m}^3 \text{ di acqua piovana}$$

dove:

- V_j , è il volume d'acqua piovuto in un anno [m^3],
 - h , è la precipitazione [mm],
 - S , è la superficie,
 - 10^3 , è il rapporto di conversione.
- una perdita per evaporazione (si riferisce alla superficie massima del solo specchio d'acqua dell'invaso):

$$V_E = 930 \cdot S_2 \cdot 10^3 = 1.078.800 \text{ m}^3 \text{ di acqua evaporata}$$

Utilizzando la formulazione (1), invece, si può evidenziare l'incidenza mensile sul totale:

Tabella 3.5.II - Temperature medie mensili dei mesi più caldi dell'anno e perdite d'acqua per evaporazione

Mese	Temperatura media (°C)	Perdita (mm)
Maggio	14,3	129,41
Giugno	18,7	181,95
Luglio	20,9	214,98
Agosto	20,5	208,84
Settembre	16,3	156,32
Totale	-	891,50

Dalla *tab. 3.5.I*, infatti, si nota che il 65% dell'acqua evaporata dal bacino viene persa nei tre mesi più caldi dell'anno, corrispondenti all'estate meteorologica (605,77 mm), mentre più del 95% comprendendo anche Maggio e Settembre. Questo è un dato molto importante per capire al meglio come gestire la risorsa idrica durante i dodici mesi dell'anno.

In alternativa al metodo di Visentini, possono essere utilizzati altri due modelli per stimare l'evaporazione mensile, quello di Conti e quello di Dragoni-Valigi, in ordine:

$$E_m = k_c \cdot t_{vm} \cdot 760/p_m$$

dove:

- k_c , è il coefficiente di Romita,
- t_{vm} , è la tensione di vapore saturo media (mmHg),
- p_m , è la pressione barometrica media (mmHg).

Tabella 3.5.III - Tabella dei coefficienti di Romita

Mese	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
k_c	4,4	4,5	5,3	6	7,5	6,4	6,3	5,9	5,9	5,8	4,7	3,8

La tensione di vapore saturo è calcolata come di seguito:

$$t_{vm} = [2,08 + 0,042 \cdot (T_m + 10)]^{1,75}$$

dove:

- T_m , è la temperatura media mensile (°C).

Seguendo il metodo di Dragoni-Valigi, invece:

$$E_m = b \cdot i_m^{a_1} \cdot T_m^{a_2}$$

dove:

- i_m , è l'indice di insolazione mensile di Thornthwaite,

- T_m , è la temperatura media mensile,

- a_1 , è pari a 3,063

- a_2 , è pari a 0,486,

- b , è pari a 19,007.

E gli indici di insolazione di Thornthwaite sono riportati in *tab. 3.5.III*.

Tabella 3.5.IV - Tabella dei coefficienti di Thornthwaite

L\M	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
35	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	1,03	0,97	0,86	0,85
36	0,87	0,85	1,03	1,10	1,21	1,22	1,24	1,16	1,03	0,97	0,86	0,84
37	0,86	0,84	1,03	1,10	1,22	1,23	1,25	1,17	1,03	0,97	0,85	0,83
38	0,85	0,84	1,03	1,10	1,23	1,24	1,25	1,17	1,04	0,96	0,84	0,83
39	0,85	0,84	1,03	1,11	1,23	1,24	1,26	1,18	1,04	0,96	0,84	0,82
40	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,96	0,83	0,81
41	0,83	0,83	1,03	1,11	1,25	1,26	1,27	1,19	1,04	0,96	0,82	0,80
42	0,82	0,83	1,03	1,12	1,26	1,27	1,28	1,19	1,04	0,95	0,82	0,79
43	0,81	0,82	1,02	1,12	1,26	1,28	1,29	1,20	1,04	0,95	0,81	0,77
44	0,81	0,82	1,02	1,13	1,27	1,29	1,30	1,20	1,04	0,95	0,80	0,76
45	0,80	0,81	1,02	1,13	1,28	1,29	1,31	1,21	1,04	0,94	0,79	0,75
46	0,79	0,81	1,02	1,13	1,29	1,31	1,32	1,22	1,04	0,94	0,79	0,74
47	0,77	0,80	1,02	1,14	1,30	1,32	1,33	1,22	1,04	0,93	0,78	0,73

La *tab. 3.5.III* riporta i valori dei coefficienti di insolazione medi mensili suddivisi per latitudine e mese. Quindi si ottiene:

Tabella 3.5.V - Stima delle perdite con il Metodo di Conti nei cinque mesi più caldi dell'anno

Metodo di Conti						
Variabili\Mesi	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Totale
Temperatura [°C]	14,3	18,7	20,9	20,5	16,3	-
Perdita [mm]	99,38	108,97	120,26	110,36	87,96	526,93

Tabella 3.5.VI - Stima delle perdite con il Metodo di Dragoni-Valigi nei cinque mesi più caldi dell'anno

Metodo di Dragoni-Valigi						
Variabili\Mesi	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Totale
Temperatura [°C]	14,3	18,7	20,9	20,5	16,3	-
Perdita [mm]	151,06	180,40	194,90	151,69	83,22	761,27

Con entrambi i metodi si evince che la perdita stimata per evaporazione data somma delle perdite di tutti e cinque i giorni presi in considerazione è compresa tra il 56% e l'82%, valori di molto inferiori a quello calcolato attraverso il metodo di Visentini, il quale può essere definito molto cautelativo.

Supponendo ora di mantenere il valore più elevato come riferimento, in favore di sicurezza, 1.078.800 m³ d'acqua mediamente persi all'anno corrispondono a circa 2.956 m³/giorno, che equivalgono a una portata media evaporata di 0,034 m³/s. Vale a dire che mediamente la quantità d'acqua persa per evaporazione è di circa 34 litri al secondo. In riferimento ai valori di progetto, descritti in fase di pre-dimensionamento delle opere idrauliche, la portata media costante di utilizzo è stabilita in 8 m³/s. Dal momento che il livello dell'acqua è mantenuto costante, si suppone, questa, la media della portata in ingresso al bacino. Pertanto, è definito trascurabile l'output dovuto alla componente evaporativa (0,43% della portata in costante afflusso).

Tabella 3.5.VII - Bilancio idrologico effettuato considerando i principali attori (scambi con falda e infiltrazioni considerate nulle)

	AFFLUSSI		DEFLUSSI	
	Astico	Pioggia Bacino (S ₁)	Prelievi	Evaporazione (S ₂)
m³/s	~ 8	-	~ 8	-
mm/anno	-	1.649,2	-	930
m³/(anno*S₂) = m_{acqua}/anno	217,49	1,6492	217,49	0,93

Si considerano, quindi, trascurabili la ricarica di falda laterale e verticale (da o verso il bacino) e le perdite per infiltrazione sotto la diga.

Pertanto, si può giungere alla conclusione che, considerando una portata media in ingresso dal torrente di 8 m³/s (il quale totalizza un'area afferente di 550 km²), per il bacino di Meda (1,35 km² di estensione massima) si hanno:

- 217,49 m – altezza d'acqua in un anno per afflusso del Torrente Astico;
- 1,65 m – altezza d'acqua piovuta in un anno direttamente sul bacino;
- 0,93 m – altezza d'acqua evaporata in un anno direttamente dal bacino.

I numeri evidenziano l'incidenza minima (quasi completamente trascurabile) delle componenti di pioggia ed evaporazione; nella relazione tecnica di progetto, infatti, lo studio passa marginalmente per l'analisi di guadagno o perdita di volume per pioggia o evaporazione, a seconda.

3.6 Analisi del rischio di franosità delle scarpate

Per proseguire lo studio di fattibilità della diga in esame occorre fare riferimento alla tenuta delle sponde che circondano il lago.

Il perimetro del bacino è costituito da materiale alluvionale trasportato dal Torrente Astico e lì accumulato nel corso del tempo; per quanto il basamento abbia una natura rocciosa (dolomitica), in superficie si ha a che fare con materiale poroso: ghiaie, sabbie e terreni più o meno costipati.

A questo proposito, una volta allagata l'area e, di conseguenza, innalzati i livelli di falda, perché per capillarità l'acqua risale, è necessario verificare che le scarpate tengano, cercando di eliminare la possibilità che si verifichino fenomeni franosi o scorrimenti.

Per verificare ciò è necessario che la pendenza dei versanti sia inferiore al valore dell'angolo d'attrito interno del terreno. In questo modo la forza d'attrito prevale sullo scivolamento.

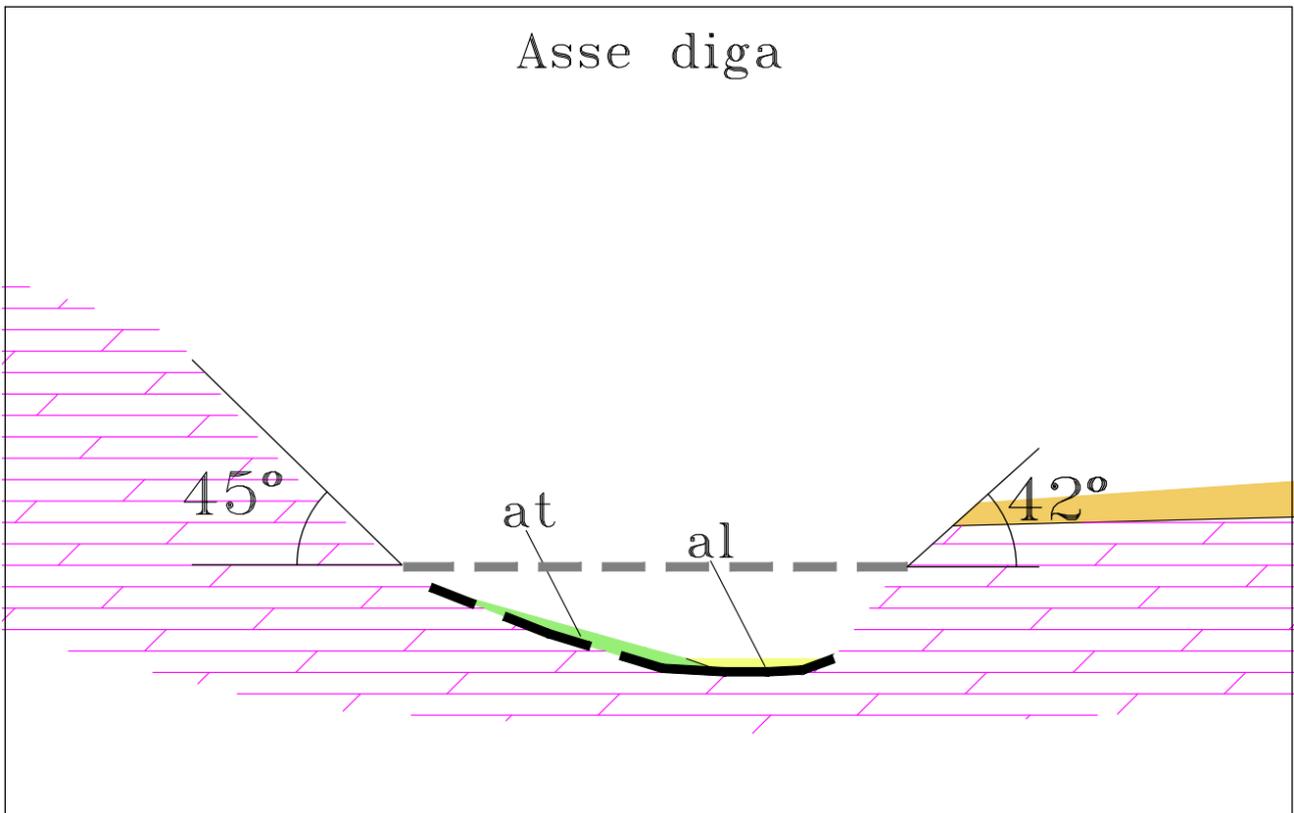


Figura 3.6.I - Inclinazione pendii nella sezione della diga

In corrispondenza della sezione di sbarramento i pendii sono costituiti da roccia dolomitica, e quindi, nonostante l'inclinazione, non si hanno particolari zone a rischio frane.

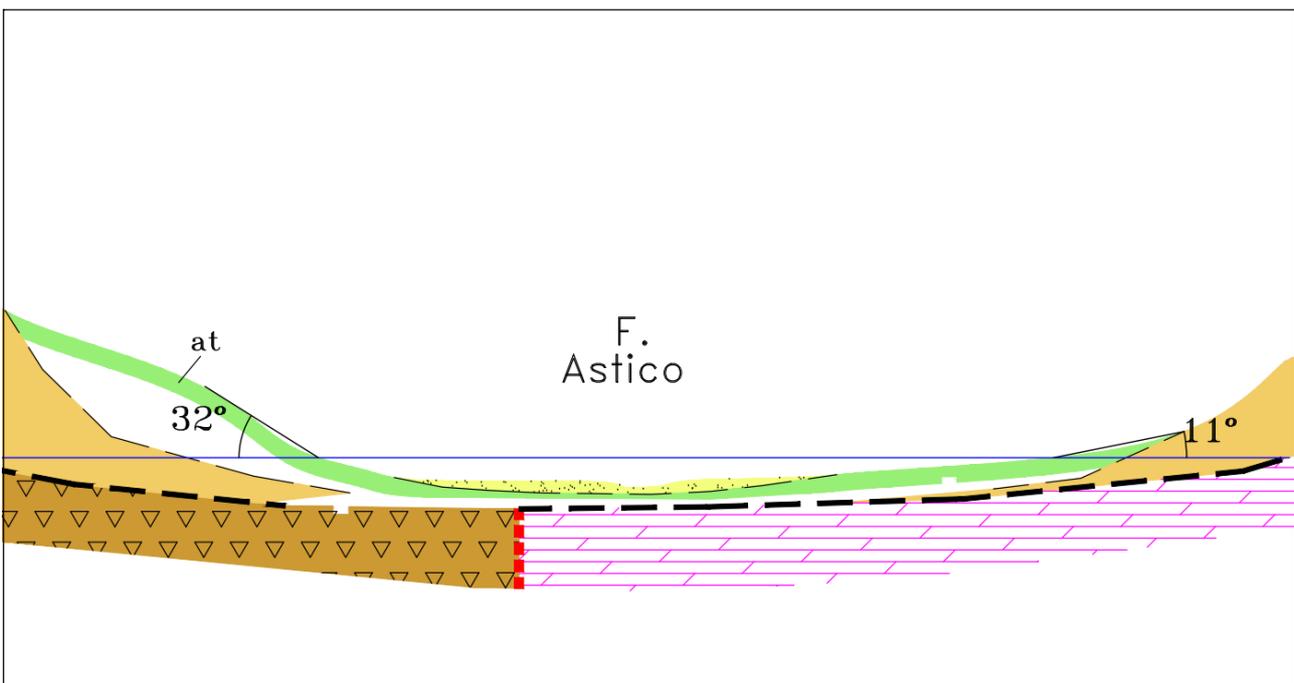


Figura 3.6.II - Inclinazione pendii nella sezione D-D', all'incirca a metà altezza del lago

Le angolature misurano l'ampiezza esistente tra il pelo libero dell'acqua e l'estremo più sporgente del terreno circostante.

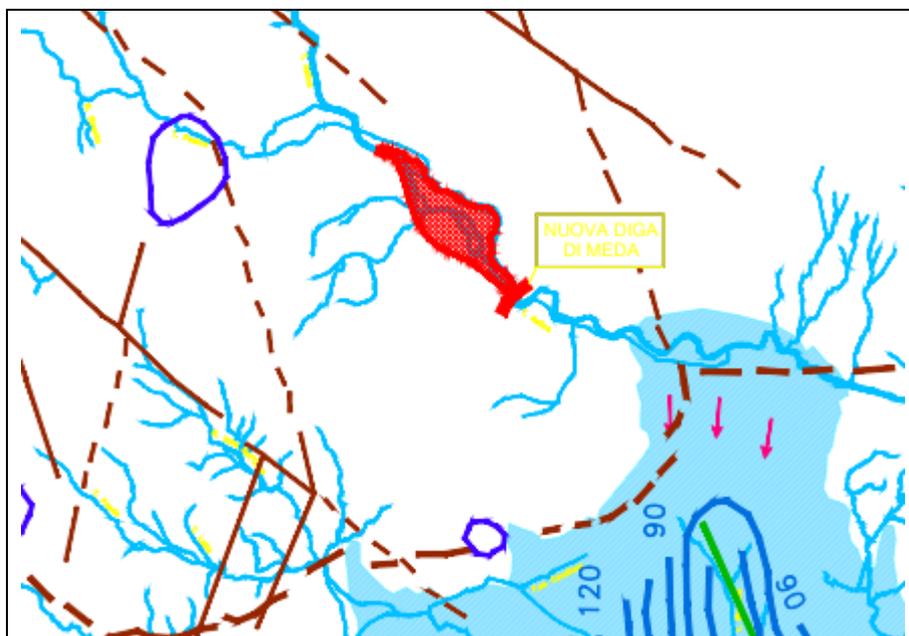


Figura 3.6.III - Carta idrogeologica dell'area in esame

Ricordando il valore dell'angolo d'attrito, posto a 31° in caso di perfette condizioni (di picco) e a 25° (detto residuo) in condizioni di saturazione, una pendenza di 32° è sicuramente allarmante.

Sebbene la carta idrogeologica di *fig. 3.6.III* circoscriva le principali frane di roccia in massa nella zona del Comune di Posina, in questo caso il rischio di frana del pendio non è da trascurare.

Procedendo in modo cautelativo, facendo quindi riferimento alla pendenza più bassa, quella di 25° , per ridurre il rischio di franosità è possibile procedere con una riprofilatura del pendio o con la posa di tiranti in acciaio.

La soluzione migliore vede sicuramente una combinazione delle due possibilità.

La prima ipotesi può vedere l'asportazione del materiale alluvionato superficiale fino a che non si raggiunge una pendenza inferiore ai 25° , soglia imposta dall'angolo d'attrito residuo, dato che teniamo conto dell'ipotesi peggiore.

Oppure si può procedere alla messa in sicurezza del versante escludendo l'asportazione del materiale e optando per l'inserimento di tiranti in acciaio che vanno a compattare e fissare il terreno, fornendo maggiore stabilità. Con l'inserimento del sistema tiranti-ancoraggio-reti, il versante è stabilizzato ottenendo un vantaggio dal punto di vista economico, prestazionale e ambientale. Scegliendo questa opzione, infatti, l'intervento antropico nel pendio è limitato.

Si opera inserendo delle fondazioni che fungono da ancoraggi, fisse in profondità nel terreno; queste vengono collegate tra loro mediante delle funi in acciaio, che assumeranno il ruolo dei tiranti. A completamento viene inserita una rete a maglia più o meno fitta, a seconda della necessità da soddisfare.

Nel caso in cui gli ancoraggi vengano posizionati ad una distanza tra loro importante, può essere che nella zona di terreno perimetrata da queste fondazioni si verifichino delle instabilità locali, dando luogo a piccoli cedimenti o scorrimenti del terreno superficiale. Per far sì che questo fenomeno non accada è bene valutare la granulometria del suolo interessato e prendere le opportune decisioni in merito.

Per verificare, invece, la tenuta della rete occorre procedere come di seguito:

- con la verifica di resistenza a taglio della maglia, prendendo il valore massimo di spinta perpendicolare ad essa;
- con la verifica a trazione, quindi considerando le forze massime agenti parallelamente al pendio.

L'instabilità del versante non è data solamente da rischio di franosità proprio del terreno, ma anche e soprattutto, visto che si tratta di un bacino artificiale, dall'ipotesi di svasso rapido, la quale inciderebbe nella stabilità dimezzando il fattore di sicurezza.

Si ritiene, quindi, necessaria una riprofilatura di sicurezza non eccedente i 15° o, in alternativa, opere di consolidamento del pendio.

3.7 Stabilità geotecnica dell'opera idraulica

Un'opera di queste dimensioni necessita, oltreché necessariamente di verifiche di stabilità dal punto di vista tecnico e idraulico, anche sotto l'aspetto geotecnico.

Il manufatto è incastonato nella roccia sottostante, e descrive le seguenti dimensioni:

- 21 m – l'altezza tra la cima della struttura e il fondo torrente (parte fuori terra);
- 6 m – la profondità della parte interrata della diga;
- 4,8 m – la lunghezza delle iniezioni di consolidamento;
- 18,9 m – la lunghezza del basamento (la base del triangolo di *fig. 3.7.II*);
- 32 m – la lunghezza tra gli estremi di monte e di valle del basamento superiore della diga (quota 228 m.s.l.m.).

Le verifiche geotecniche di stabilità a traslazione e a ribaltamento sono da effettuare nel caso in cui l'opera sia appoggiata, o inserita, in un terreno più o meno costipato e in cui a giocare a favore della stabilità è l'attrito nel primo caso e, sostanzialmente, il peso proprio dell'opera nel secondo caso.

Si procede, quindi, con la verifica a traslazione e a ribaltamento dell'opera, supponendo una rottura lungo tutta la sezione trasversale della diga all'altezza del fondo torrente (quota 228 m.s.l.m.).

In questo modo la struttura sarà divisa in due parti e poggerà su un basamento composto dallo stesso materiale con cui è fatta (calcestruzzo) (vedi *fig. 3.7.I*).

Successivamente, il sistema diga viene ulteriormente semplificato con figure geometriche basilari per semplificare i calcoli e permettere un'adeguata stima.

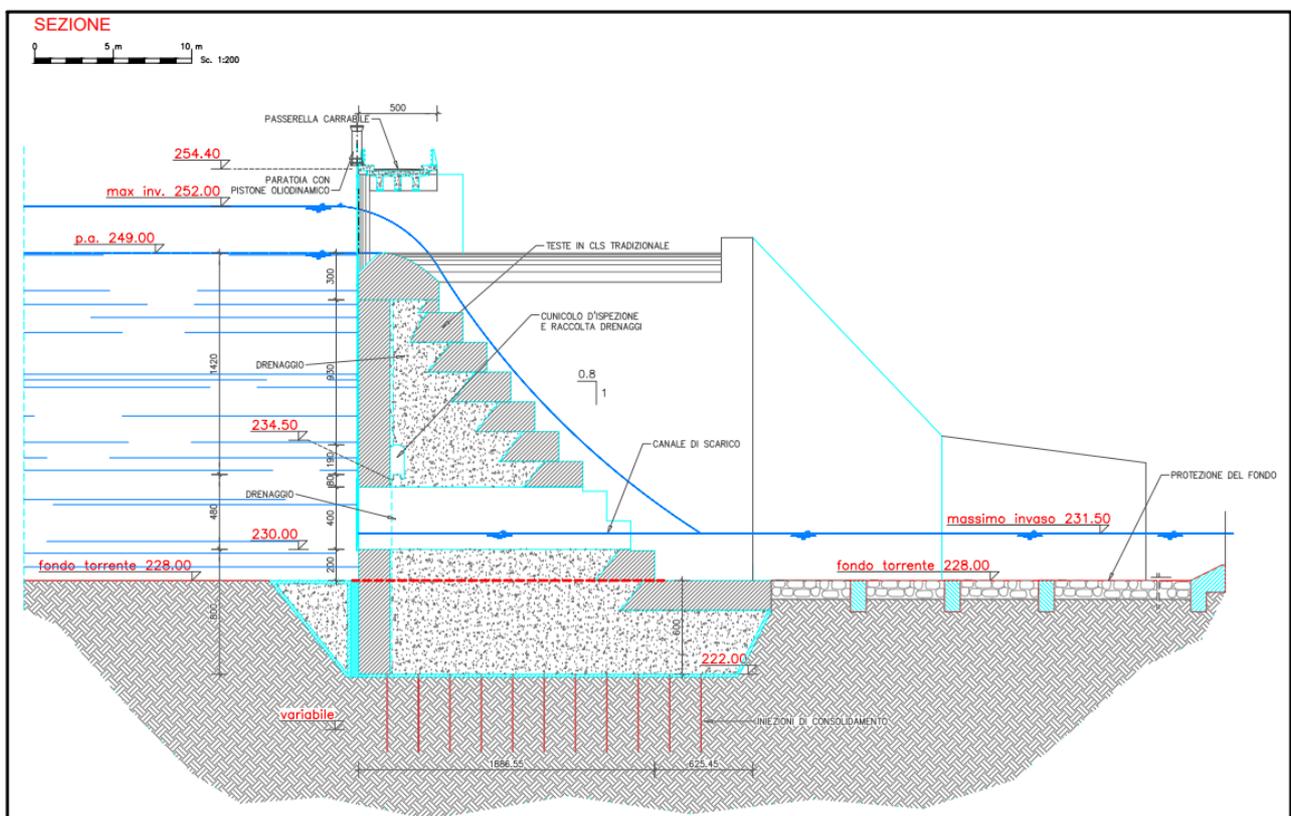


Figura 3.7.I - Sezione trasversale della diga tagliata in corrispondenza della linea rossa tratteggiata per ipotizzare uno scorrimento ed effettuare le verifiche geotecniche

Come detto, per la verifica a traslazione si ipotizza di lavorare con figure geometriche semplici, come quelle evidenziate con un tratto più spesso nella *fig. 3.7.II*.

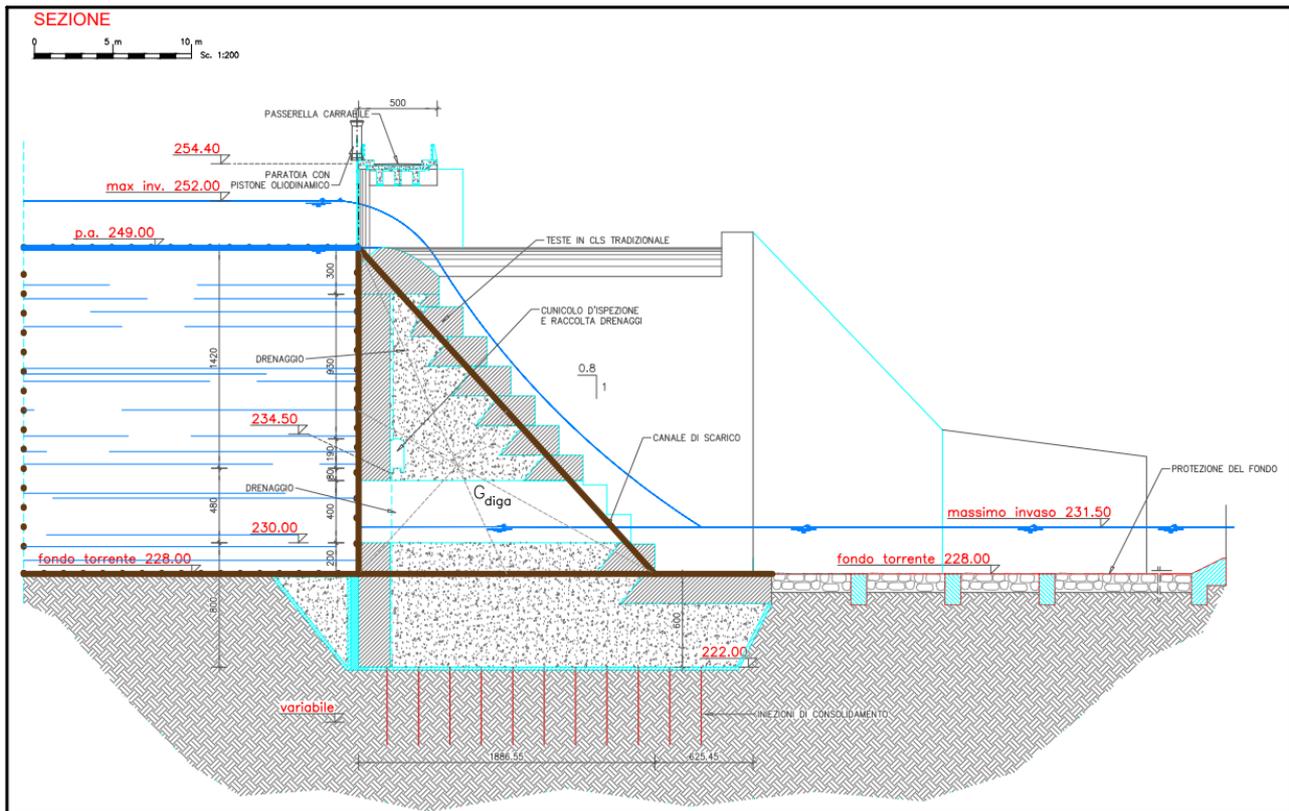


Figura 3.7.II - Schema per la verifica a traslazione

Si calcolano le principali forze agenti trascurando il battente d'acqua di 3 m che sovrasta l'estremo superiore della diga per effettuare i conti a favore di sicurezza, così come si assume completamente impermeabile il fondo torrente.

Le principali forze agenti, dunque, saranno:

- la spinta dell'acqua, considerata una forza instabilizzante;
- la forza d'attrito che si sviluppa tra la base della diga e l'appoggio su cui giace, considerata una forza stabilizzante.

Si procede pertanto a quantificare le suddette forze e a calcolare il fattore di sicurezza, FS, il quale deve essere superiore, per legge, al valore di 1,3 e così definito:

$$FS = F_{\text{stabilizzanti}} / F_{\text{instabilizzanti}}$$

dal quale, se l'opera è considerata sicura alla traslazione, si deve ottenere:

$$FS \geq 1,3.$$

Quindi:

$$F_{\text{Attrito}} = G_{\text{diga}} \cdot \text{tg}(\delta) = \gamma_{\text{cls}} (18,9 \cdot 21 \cdot 40)/2 \cdot \text{tg}(\delta) = 159.859 \text{ kN}$$

$$S_w = \gamma_w (21 \cdot 40) \cdot 21/2 = 86.524 \text{ kN}$$

dove:

- $\gamma_{\text{cls}} = 24 \text{ kN/m}^3$, è il peso di volume del calcestruzzo;
- $\gamma_w = 9,81 \text{ kN/m}^3$, è il peso di volume dell'acqua;

- $\delta = 40^\circ$, è l'angolo d'attrito tra calcestruzzo e calcestruzzo (si può porre anche a 45° , ma è stato diminuito a favore di sicurezza).

Ottenendo:

$$FS = 1,85$$

Pertanto, la verifica di stabilità a traslazione è soddisfatta.

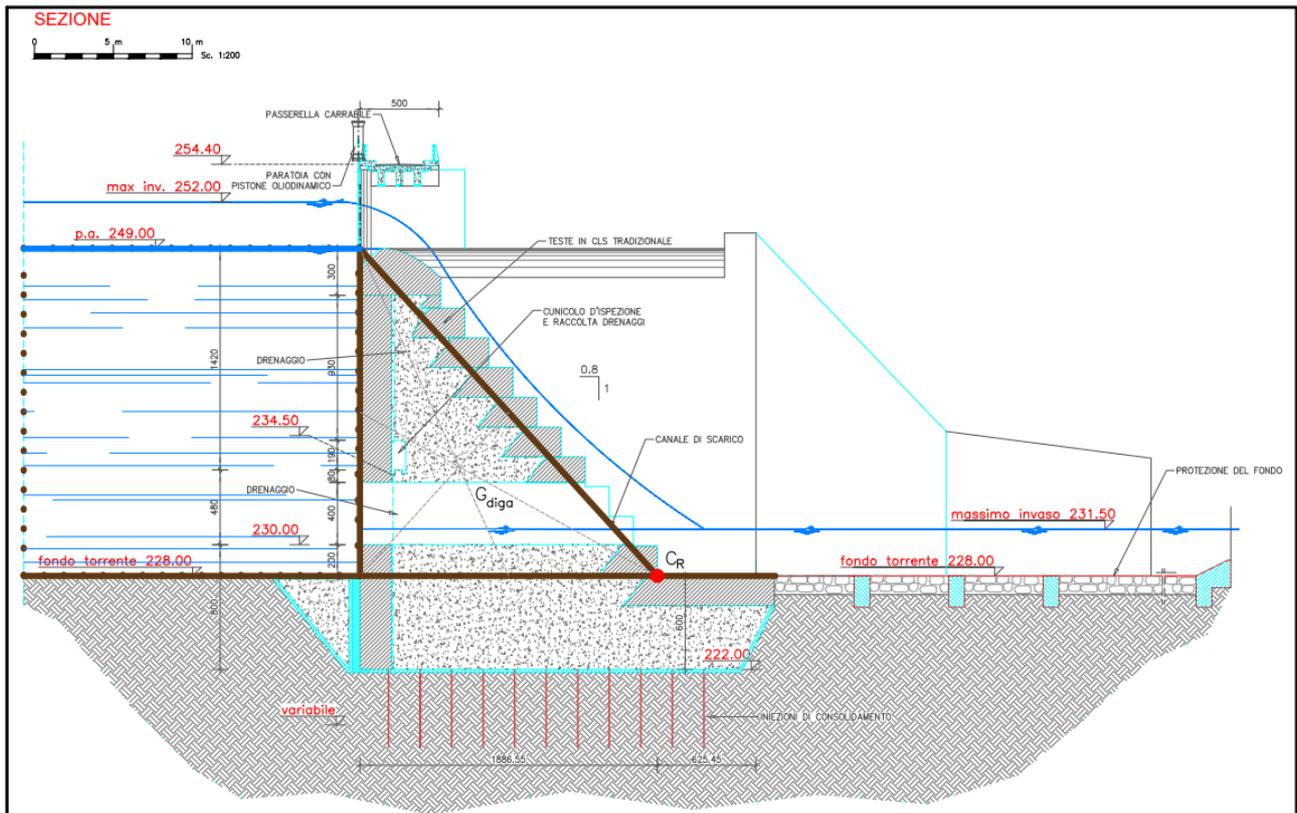


Figura 3.7.III - Schema per la verifica a ribaltamento (in rosso è evidenziato il centro di rotazione C_R)

Per quanto riguarda, invece, la stabilità a ribaltamento si ha che si suppone la rotazione avvenga attorno al centro di rotazione C_R posto al piede della diga, come si evidenzia dalla *fig. 3.7.III*.

Nella stessa figura è evidenziato anche il baricentro del corpo diga, assunto di sezione trasversale triangolare, con G_{diga} . Si procede calcolando i momenti stabilizzanti (peso proprio dell'opera) e instabilizzanti (spinta dell'acqua) attorno al centro C_R .

Anche in questo caso si considerano due principali forze a generare momento, trascurando le altre che sarebbero quasi tutte a favore di sicurezza.

$$M_{diga} = G_{diga} \cdot b = \gamma_{cls} (18,9 \cdot 21 \cdot 40)/2 \cdot 18 \cdot 2/3 = 2.286.144 \text{ kNm}$$

$$M_w = \gamma_w (21 \cdot 40) \cdot 21/2 \cdot 21/3 = 605.670 \text{ kNm}$$

Il cui fattore di sicurezza, che per legge dev'essere maggiore o uguale a 1,5, corrisponde a:

$$FS = \Sigma (M_{Stabilizzanti}) / \Sigma (M_{Instabilizzanti})$$

Ottenendo:

$$FS = 3,77$$

Pertanto, anche la verifica a ribaltamento è soddisfatta.

4. DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE IDRAULICHE

Come detto inizialmente, lo scopo principale della creazione del bacino è da destinare alla buona capacità di ridurre i potenziali danni che un evento eccezionale di piena potrebbe causare.

Dopo l'evento definito catastrofico del 1966 si corre ai ripari cercando di individuare soluzioni ingegneristiche al rischio idraulico e al dissesto idrogeologico. Quello fu un evento con tempi di ritorno stimati tra i 300 e i 500 anni, per il quale sarebbero stati necessari oltre 15mln di metri cubi d'invaso per regimare la piena.

Nei primi anni 2000, infatti, tra le varie proposte nasce quella della costruzione della diga di Meda, che avrebbe dovuto lavorare in accoppiata alle casse di laminazione di Breganze-Sandrigò.

4.1 Bacino idrografico dell'Astico e l'invaso a Meda

Il Torrente Astico nasce nel Comune di Folgaria, da un affioramento delle falde del Monte Sommo Alto a quota 1.441 m.s.l.m. e scende dai monti passando il confine trentino per proseguire il suo corso in provincia di Vicenza. Da Lastebasse passando per San Pietro Valdistico, Pedescala e Arsiero, arriva a Velo d'Astico e Cogollo del Cengio, accumulando un'area contributiva di 550 km². Contributi importanti sono dati anche dal Torrente Posina e dal Torrente Assa, che scende dall'Altopiano di Asiago convogliando anche alcune delle acque del Torrente Ghelpach (quelle che non sono state perse nelle gole carsiche dell'altopiano).

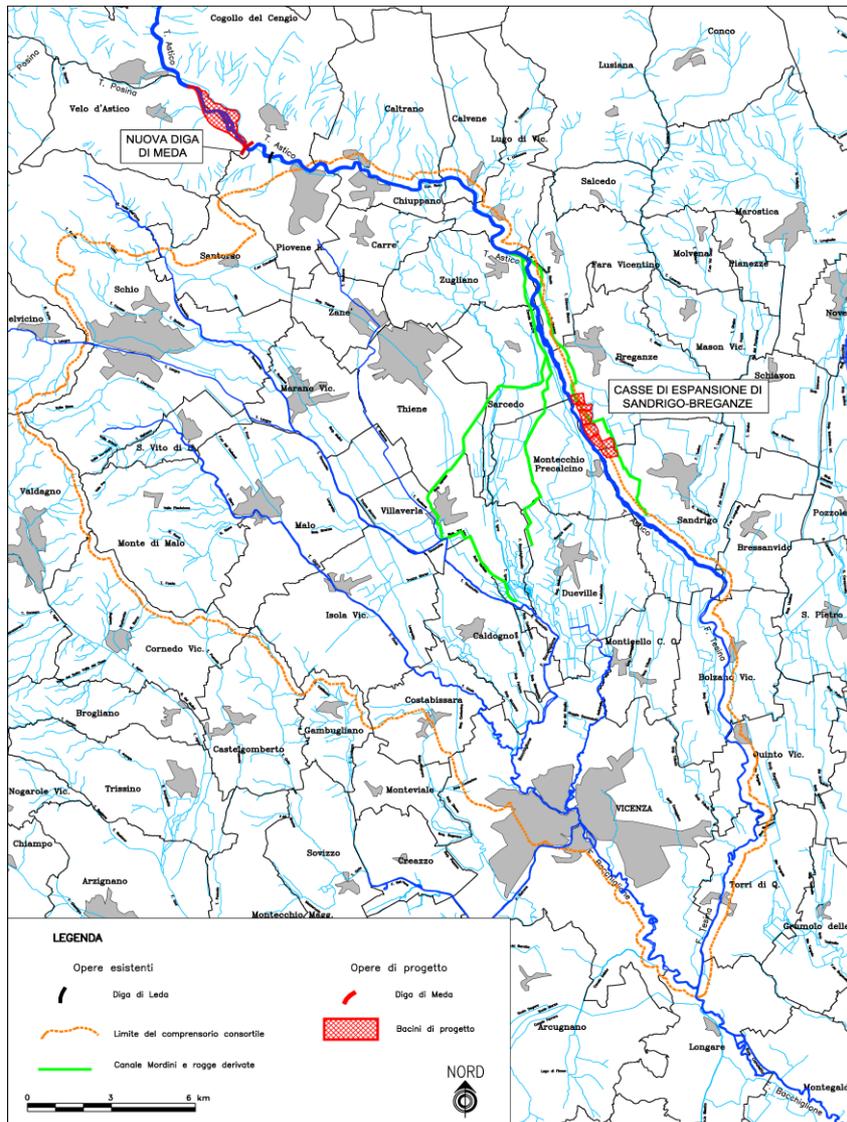


Figura 4.1.I - Basso corso dell'Astico, bacini del Leogra-Timonchio e dell'alto Bacchiglione

Il suo corso prosegue per Sarcedo e si apre in pianura fino all'affluenza con il Tesina, all'altezza di Bressanvido, il quale poi si unisce al Bacchiglione a valle di Vicenza, in località Debba.

Il regime pluviometrico della Provincia di Vicenza è di tipo equinoziale, incidendo maggiormente nelle mezze stagioni, in primavera e in autunno. Viene riportato testualmente dalla relazione tecnica di progetto: “Nella zona pedemontana la piovosità raggiunge valori più elevati, specialmente a ridosso dei versanti rivolti ad oriente (oltre 1300 mm/anno a Thiene e Isola Vicentina, rispetto a 1200 registrati a Bassano del Grappa). Nelle vallate presenti in questa zona le correnti marine si incuneano determinando un aumento di piovosità che, specialmente a quote elevate, contribuisce al settore occidentale delle Prealpi vicentine caratteri climatici nettamente differenziati rispetto alla zona dell'Altopiano dei Sette Comuni. Risalendo le valli dell'Astico, del Leogra, dell'Agno e del Guà si misurano valori di piovosità media annua sempre più elevati (1440 mm a Cogollo del Cengio, 1640 mm a Velo d'Astico, 1500 mm a Valdagno, 1850 mm a Recoaro Terme) fino a quote di 800-1400 m di altitudine dove, specialmente sui versanti rivolti verso l'Adriatico, le precipitazioni sono fondamentalmente di tipo orografico. Il fenomeno è particolarmente intenso sul comprensorio del Pasubio, dove le piogge superano i 2000-2200 mm/anno, distribuiti in 123 giorni. Gli elevati valori di precipitazione raggiunti nella fascia pedemontana rendono ragione dell'instabilità degli alvei e dei versanti a forte pendenza nel corso degli eventi di maggiore intensità.”

4.2 Analisi dei volumi e delle opere idrauliche

“Da nuove indagini, condotte mediante complessi algoritmi di calcolo nell'ambito del presente progetto, sulla base dei volumi resi disponibili dalle opere previste (~10 milioni di m³ a Meda e ~15 milioni di m³ a Breganze-Sandrigo) e dalla regolazione/gestione delle stesse prevista (cfr. elaborato n. O), nonché sulla base delle opere idrauliche accessorie proposte (paratoie e soglie sfioranti) è emerso che le opere progettate sono in grado di ridurre sensibilmente il rischio idraulico del fiume Bacchiglione.”, riporta sempre la relazione tecnica generale.

La diga in progetto è una struttura a gravità, con quota di coronamento a 254.5 m.s.l.m. e altezza complessiva (dislivello fra coronamento e punto più basso della superficie di fondazione) di 32.5 metri. La quota a cui ha inizio lo sfioro di supero delle acque in eccedenza (quota di massima regolazione) è 249 m.s.l.m., che consente un volume di invaso pari a circa 10 milioni di m³. La quota di massimo invaso è di circa 252 m.s.l.m. a cui corrisponde un volume di oltre 13 milioni di m³.

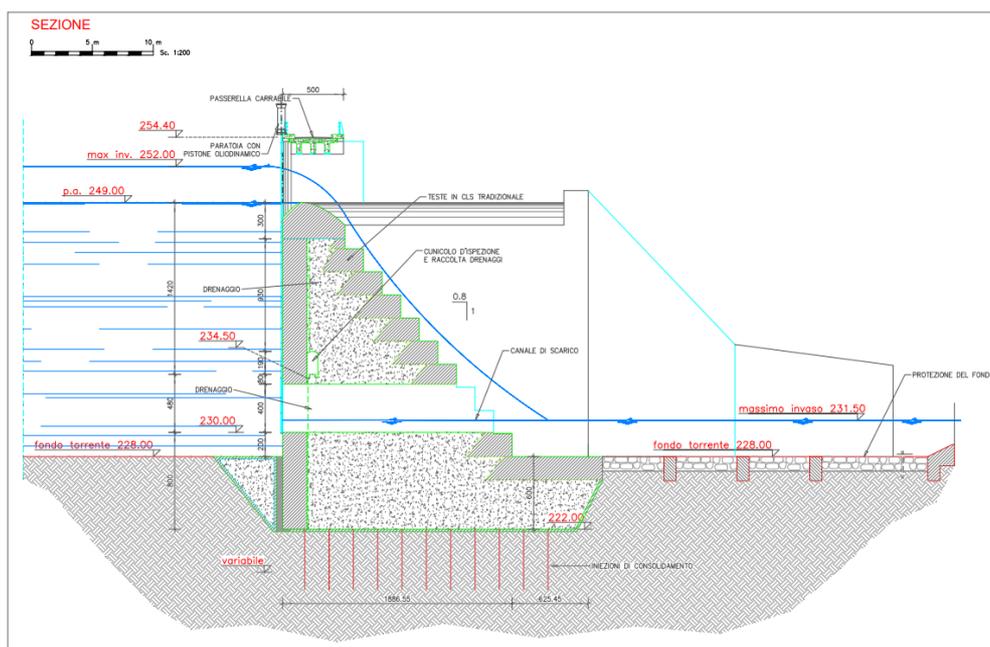


Figura 4.2.I - Sezione della diga. Sono riportati i materiali di costruzione, le varie quote prese in considerazione e alcuni particolari costruttivi

La quota d'invaso è mantenuta costante tra i 246 m e i 249 m sul livello del mare, a seconda del verificarsi o meno di eventi atmosferici. Il mantenimento costante del pelo libero del lago garantisce un prelievo medio annuo di 8 m³/s ai fini idroelettrici e di 3 m³/s nel periodo irriguo.

L'opera è stata dimensionata in riferimento a eventi estremi come quello del 1966; la quota di massimo invaso, infatti, è stata determinata considerando il livello raggiunto nel bacino al verificarsi dell'evento estremo. Come evento estremo si è considerato l'idrogramma di piena di una pioggia con Tr = 500 anni che ha come picco di portata massima il valore di circa 800 m³/s. Supponendo quindi il verificarsi dell'evento estremo in concomitanza alla massima regolazione del serbatoio, si ha che la quota di massimo invaso è di circa 252.00 m.s.l.m., totalizzando 13,5 milioni di m³ di invaso.

4.3 Dimensionamento diga: sfioratori e canali di scarico

Il profilo scelto per la progettazione degli sfioratori superficiali è il profilo Scimemi-Creager. Pertanto, si applica la formulazione seguente:

$$q = Cq \cdot h \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

dove:

- q, è la portata specifica sfiorata, per unità di lunghezza [m³/(s*m)],
- Cq, è il coefficiente di portata specifico per il tipo di sagoma utilizzato dell'area effettiva del volume d'acqua [-],
- h, il carico d'acqua (MAX INVASO – MAX REGOLAZIONE = 3 m) [m],
- g, è l'accelerazione di gravità [m/s²].

E si ottiene che:

$$q = 11,0477 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$L = Q / q = 800 / 11,0477 = 72,41 \text{ m}$$

Pertanto, la lunghezza dello sfioratore sarà di 75 m. Dato che la larghezza del corpo della diga è di 40 m, si aggiungeranno due canali di sfioro laterali complessivamente di 35 m, attraverso i quali sfioreranno 370 m³/s d'acqua.

Data l'importanza dei valori di portata da trattare, è necessario aggiungere all'opera dei canali di scarico; sono 3 di forma quadrata 4×4 m². Rappresentano 48 m². Affiancati ai 9×9 m² del canale di bypass del torrente attivo durante i lavori di costruzione della diga, e successivamente in caso di piena, totalizzano 129 m² di canali scaricatori in caso di troppo pieno.

Tabella 4.3.I - Valori di aree di sfioro, scarico e portate scaricabili

	Sfioratori*		Canali	
	Centrale (40 m)	Spalle (35 m)	Scaricatori**	Bypass***
Area [m²]	57,6	50,4	38,89	65,61
Q scaricabile [m³/s]	441,91	386,67	770,41	1.266,93
Totale [m³/s]	828,58		2.037,34	

Da considerare che:

* per gli sfioratori:

- $Aq = Cq \cdot L_{sf} \cdot h$;
- h = 3 m, l'altezza massima invasabile;

$$- v_{\text{acqua}} = (2 * g * h)^{1/2} = 7,67 \text{ m/s};$$

** per i canali di scarico:

$$- A = Cq * L_{\text{sc}}^2 * n_{\text{scarichi}};$$

$$- Cq = \sim 0,81;$$

$$- h = h_{\text{MAX in vaso}} - (h_{\text{fondo}} + h_{\text{sc}} + L_{\text{sc}}/2) = 20 \text{ m, ci si riferisce alla quota baricentrica};$$

$$- v_{\text{acqua}} = (2 * g * h)^{1/2} = 19,81 \text{ m/s};$$

*** per il bypass:

$$- A = Cq * L_{\text{bypass}}^2;$$

$$- Cq = \sim 0,81;$$

$$- h = h_{\text{MAX in vaso}} - (h_{\text{fondo}} + L_{\text{bypass}}/2) = 19 \text{ m, ci si riferisce alla quota baricentrica};$$

$$- v_{\text{acqua}} = (2 * g * h)^{1/2} = 19,31 \text{ m/s}.$$

In *tab. 4.3.I* sono riportati i valori teorici di potenzialità di scarico o sfioro da parte delle strutture preposte, a meno di qualche errore di stima. Per poter accettare tutti i valori calcolati sarebbe necessario avere in ingresso una portata tale da mantenere costante il livello del lago a 252 m.s.l.m. per un periodo abbastanza lungo.

Il by-pass, invece, è dimensionato per smaltire le piene ordinarie e potrà essere riutilizzato come scarico di fondo (o sghiaiatore) o come galleria su cui installare opere di derivazione. Dall'analisi idrologica che fu condotta per eventi con tempi di ritorno medi di 10 anni, si ha una portata massima da scaricare di 350 m³/s. Considerando i tempi di cantiere e la possibilità che lo stesso venga eventualmente sommerso, la galleria prevista, con diametro 10 metri circa, risulta più che sufficiente allo scopo destinato.

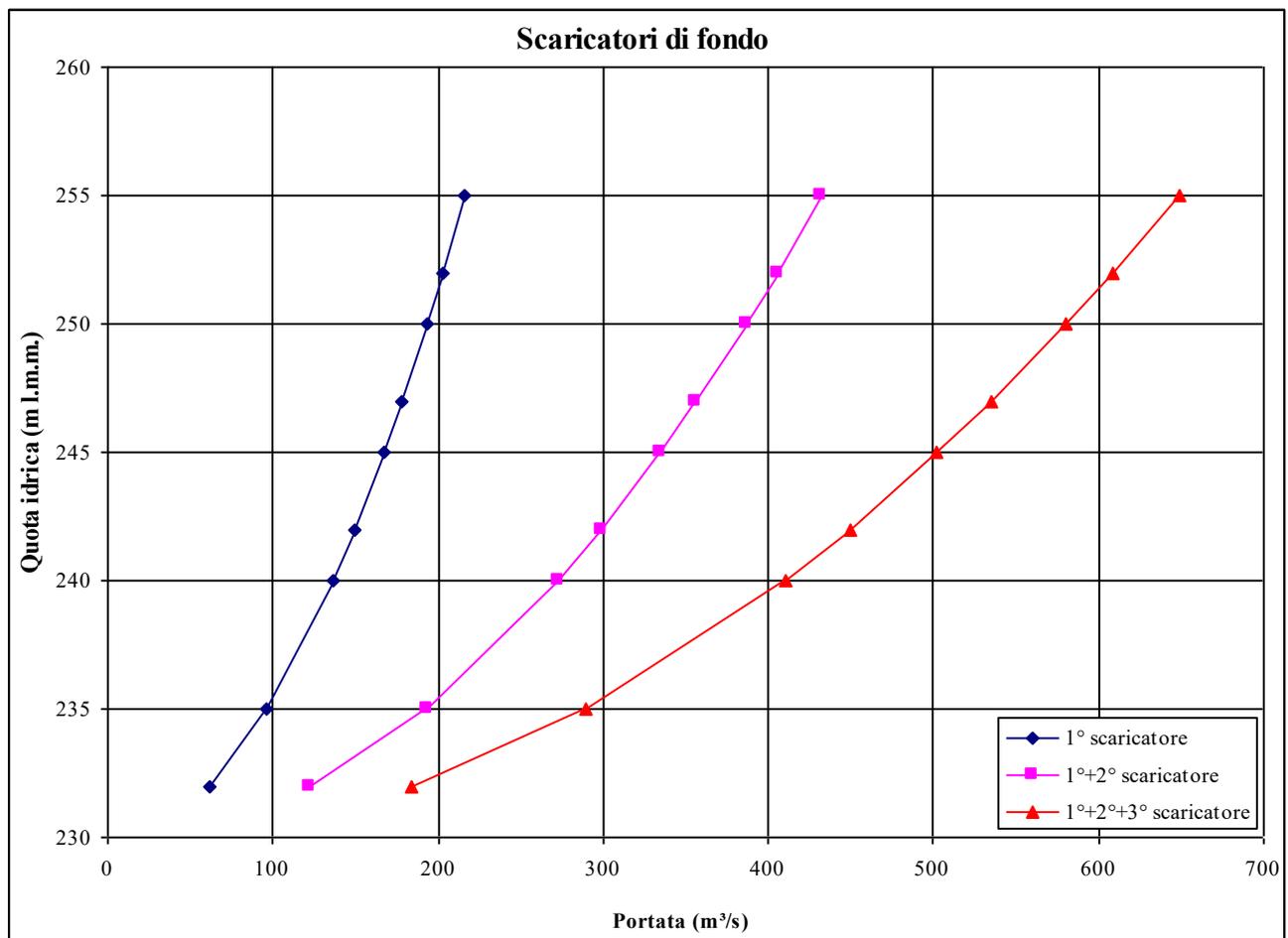


Figura 4.3.I - Grafico riportante la portata scaricata in base alla quota invasata e al numero di canali aperti (Relazione idraulica)

In questo grafico, infatti, è visibile la vicinanza di valori calcolati.

In ogni caso, viene riportato nella relazione che già con 3 scaricatori in funzione si riesce a garantire il transito a valle della portata massima sopportabile di 400 m³/s con una quota di invaso di 240 m.s.l.m., avendo quindi a disposizione per la laminazione delle piene un volume di circa 8 milioni di metri cubi. Per la piena di riferimento del 1966, però, il volume disponibile non sarebbe stato sufficiente e conducendo una laminazione regolata come descritto sopra, il bacino risulterebbe pieno proprio in corrispondenza del picco di piena: a valle si sarebbe misurata una portata massima di 700 m³/s.

Oppure, ancora, esiste un'altra soluzione per la laminazione della piena: lo svasso rapido.

Considerando come condizione iniziale l'invaso massimo di regolazione del bacino (249 m.s.l.m.), come livello di svasso completato la quota di 230 m.s.l.m. e regolando la portata uscente a 400m³/s, lo scarico del bacino avviene in circa dieci ore. Con tali tempi l'onda di piena deve ancora presentarsi nei suoi valori critici (il tempo di corrivazione è stimato tra le 24 e le 28 ore). In questo modo sarebbero a disposizione per la laminazione 13,5 milioni di m³.

4.4 Casse di laminazione

È necessario, però, provvedere altre integrazioni a questo volume. Le ex cave di ghiaia di Breganze-Sandrigio sarebbero un ottimo escamotage per controllare, anche a valle, la portata dell'Astico, assumendo il ruolo di vere e proprie casse di laminazione.

All'altezza delle cave il torrente assumerebbe portate di picco di circa 500 m³/s; questo valore non è compatibile con l'idrografia che è descritta più a valle, e può accettare al massimo portate di 350/400 m³/s, imponendo la regimazione di circa 14 milioni di metri cubi con un'opera di derivazione che conta al massimo 150 m³/s.

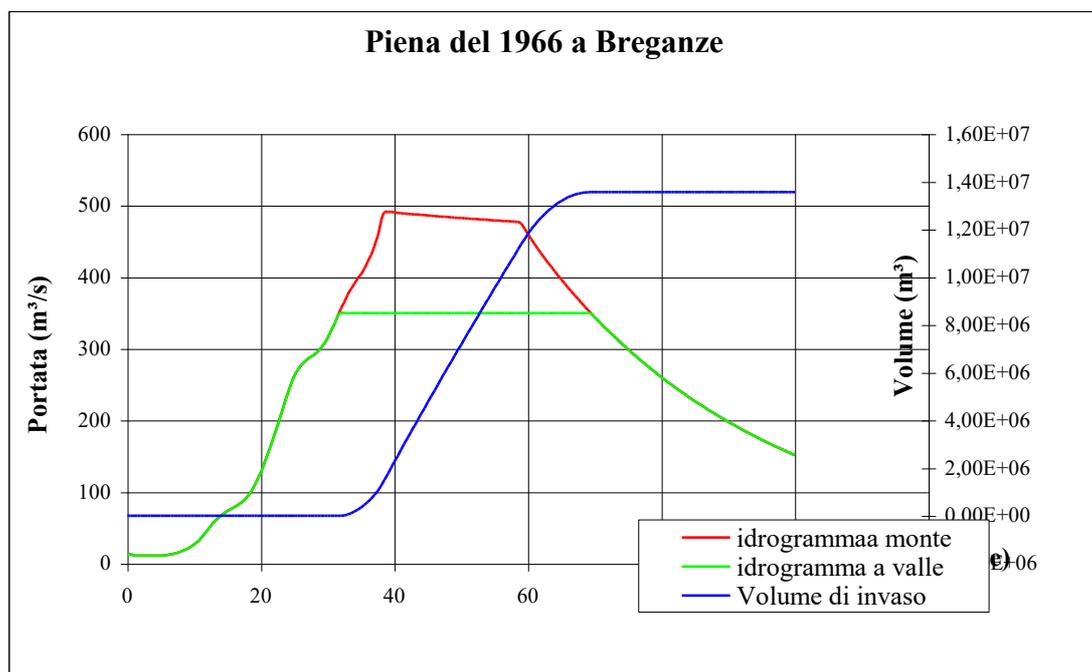


Figura 4.4.I - Idrogramma di piena del Torrente Astico in corrispondenza delle casse di Breganze-Sandrigio (Relazione Idraulica)

Così facendo le casse possono fornire un volume d'invaso pari a circa 15 milioni di metri cubi.

Un sistema di laminazione così costituito è formato da un'opera di derivazione, una vasca di sedimentazione del materiale più grossolano trasportato dalla corrente e dal bacino di raccolta.

L'opera di derivazione verrà realizzata in sinistra Astico a valle della strada provinciale Nuova Gasparona, appena a ovest dell'azienda Laverda.

Le principali opere da realizzare per la realizzazione delle vasche di laminazione sono:

- varice di calma,
- sifoni autoadescanti,
- soglie dissipatrici,
- vasca di sedimentazione,
- bacino di raccolta delle acque.

La varice di calma consente la sedimentazione del materiale più grossolano in modo da evitare l'occlusione dei sifoni e l'intasamento dei bacini d'invaso. Avrà una larghezza di 40 metri ed una lunghezza di circa 50 metri, sufficienti a garantire la sedimentazione delle sabbie più grossolane fino a un diametro di 1.5mm. Di fondamentale importanza è la progettazione corretta del fondo, che sarà in leggera contropendenza (circa dell'1% in direzione dell'Astico) in modo da garantire la sua autopulizia in fase di esaurimento dell'evento.

L'acqua viene, poi, devoluta tramite due batterie da 7 sifoni autoadescanti rettangolari (2×1 metri) di tipo Gregotti con una capacità totale di derivazione di 150 m³/s.

La prima batteria entra in funzione quando viene raggiunto il livello di 94,5 m.s.l.m. con una capacità di circa 70 m³/s, mentre la seconda subentra alla quota di 94,8 m.s.l.m. regolando il deflusso fino alla portata prevista di progetto. Successivamente, tra i sifoni e la sedimentazione, vengono inserite delle soglie dissipatrici, con l'introduzione di gradoni di fondo dell'altezza di circa 50 cm col fine di dissipare l'energia di flusso dell'acqua. A questo punto entra nella vasca di sedimentazione, lunga 100 m, con lo scopo di far sedimentare il materiale solido sospeso e quello più fino, per evitare l'intasamento della cava. Successivamente l'acqua entra nel bacino formato dalle cave.

Una volta svolto il ruolo di laminazione, è necessario procedere allo svuotamento graduale dei bacini. Vengono progettati due condotti con 3 luci di scarico inserite in sinistra idrografica da 3×3 m; è possibile scaricare 50 m³/s d'acqua svuotando il 90% del volume accumulato in 4 giorni utilizzando solo uno dei condotti, oppure dimezzare le tempistiche a 2 giorni, utilizzando entrambi i condotti.

Il 10% deve essere disperso in altro modo. Corrisponde a circa 1,5 milioni di m³ d'acqua e fungerà da ricarica per le falde raggiunte dalla profondità delle cave.

Noti i parametri di permeabilità e area di infiltrazione, attraverso la Legge di Darcy è possibile ricavare la portata che si infiltra ricaricando gli acquiferi:

$$Q_{inf} = k \cdot i \cdot A$$

posti:

- $k = 3,5 \cdot 10^{-4}$ m/s, la conducibilità idraulica della falda,
- $i = (70 - 60) / (65 - 60) = 2$, la perdita di carico (dove 60, 65, 70 sono le varie quote di falda e acqua nella cava),
- $A = 40.000$ m², l'area d'infiltrazione delle casse.

Si ottiene un valore di:

$$Q_{inf} = 3,5 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 4 \cdot 10^4 = 28 \text{ m}^3/\text{s}$$

Considerando il mezzo poroso parzialmente saturo, la difficoltà di simulare il comportamento reale della dispersione nel terreno e per l'eterogeneità dello stesso, il coefficiente di permeabilità viene ridotto di metà. In tal caso la portata di infiltrazione complessiva è di circa 14 m³/s, pari a circa 0.35 l/(s m²), "valore confrontabile con quanto trovato dagli studi condotti nello specifico dal Prof. Geologo Antonio Dal Prà dell'Università di Padova", viene riportato in fase di progetto nella relazione idraulica.

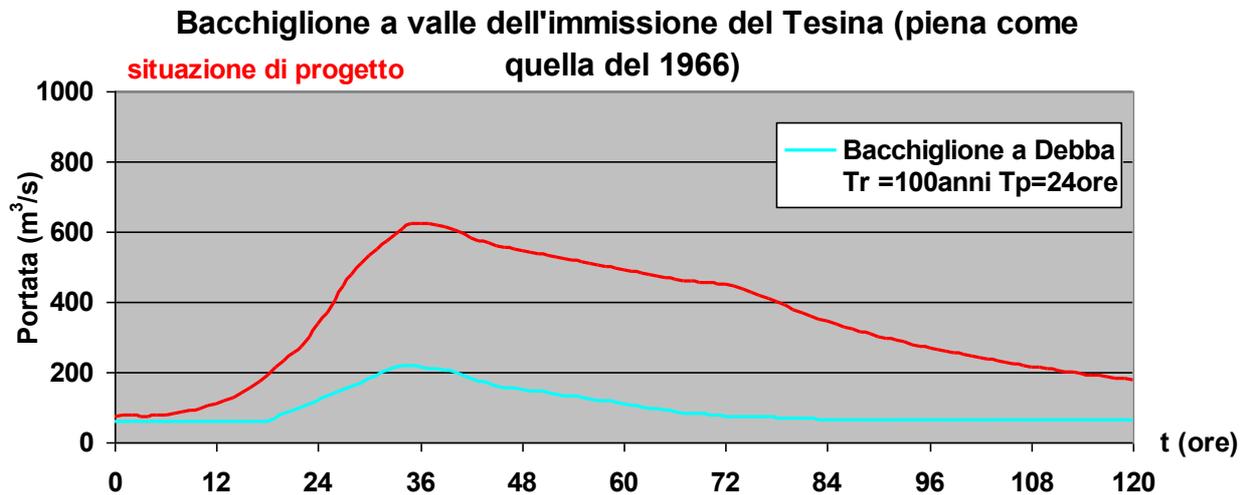


Figura 4.4.II - Differenza di portata prevista nel Fiume Bacchiglione con e senza la costruzione delle opere di progetto

4.5 Derivazione per produzione idroelettrica e irrigua

Come viene riportato nel progetto, la natura torrentizia dell'Astico e l'assenza di un vero bacino montano, determinano un regime idrologico estremamente variabile con valori estremi di portata in brevi periodi dell'anno (in primavera ed autunno), seguiti da lunghi periodi siccitosi caratterizzati da assenza totale di deflusso superficiale; inoltre questo comportamento è accentuato nella zona pedecollinare compresa tra Lugo di Vicenza e Dueville, dove l'enorme materasso alluvionale disperde in falda l'intero deflusso.

Tuttavia, le acque dell'Astico sono utilizzate prevalentemente per scopi irrigui. L'acqua è raccolta dal Canal Mordini e poi destinata all'irrigazione soddisfava, al tempo, i bisogni idrici di circa 1.700 ettari. La portata massima prelevata, nonché quella massima concessa, era di $5.65 \text{ m}^3/\text{s}$, con un utilizzo medio durante il periodo irriguo di $3 \text{ m}^3/\text{s}$. Noti questi dati, attraverso il grafico di fig. 4.5.I, è possibile ricavare il volume destinabile a questo scopo.

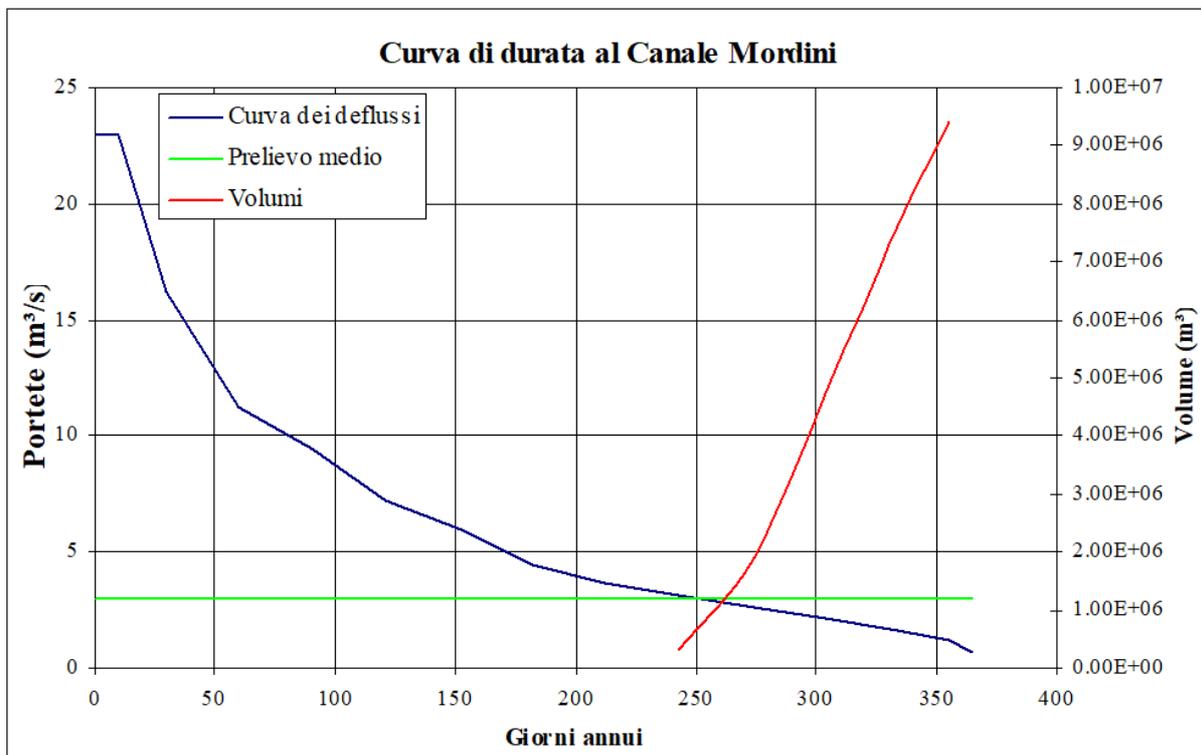


Figura 4.5.I - Grafico che evidenzia l'andamento dei deflussi, dei prelievi e permette di stimare il volume richiesto a scopo irriguo

Da questo grafico è possibile ricavare il volume destinabile all'irrigazione, ed è pari a circa 9,5 milioni di metri cubi d'acqua.

L'invaso deve, però, soddisfare anche alla richiesta di produzione idroelettrica.

Infatti, lungo il tratto di torrente che va da Schiri a Chiuppano, esistono già quattro centraline di produzione idroelettrica, ma ad acqua fluente:

- ENEL $Q_n = 4 \text{ m}^3/\text{s}$;
- ENEL $Q_n = 2.125 \text{ m}^3/\text{s}$;
- Eusebio Energia S.p.A. (ex Marzotto-Lanerossi) $Q_n = 5.9 \text{ m}^3/\text{s}$.

Le prime due centraline fanno capo alle acque derivate da due canalette indipendenti in sinistra Astico che prelevano a quote differenti a monte e a valle della confluenza Astico-Posina. Una delle due canalette e la centrale idroelettrica di Meda saranno sommerse dall'invaso.

La centralina dell'Eusebio Energia fa capo alla derivazione in destra Astico a monte dell'attuale diga di Leda. Una volta turbinata l'acqua viene rilasciata in Astico presso la centrale di produzione in località Bessè di Chiuppano.

La realizzazione della nuova diga di Meda implica la dismissione delle centraline ENEL, la ristrutturazione gestionale dell'attuale derivazione della centrale di Bessè e la realizzazione di una nuova centrale al piede della diga per lo sfruttamento del salto tra i due laghi di ca 18.

Supponendo di destinare almeno 6 milioni di metri cubi di volume di regolazione della diga a fine idroelettrico, dall'integrazione temporale delle portate medie fluenti in prossimità della diga di progetto è possibile determinare una portata media costante di utilizzo di circa $8.0 \text{ m}^3/\text{s}$ e massima di $12 \text{ m}^3/\text{s}$.

Attualmente con il sistema di produzione idroelettrica della diga di Leda, poco più a valle di Meda, non c'è la possibilità di regolare la portata turbinata concentrando i prelievi nelle ore di massimo rendimento economico. La realizzazione del nuovo bacino di invaso di Meda, oltre ai vantaggi di laminazione evidenziati anche dalla *fig. 4.4.II*, permette la modulazione delle portate derivate ai fini idroelettrici, concentrando il rilascio nelle due fasce orarie diurne più redditizie (indicativamente dalle 6 alle 10 e dalle 18 alle 20).

La centrale verrà realizzata in sinistra Astico (*fig. 4.5.II*), a mezzacosta sul fronte della gola scavata dal torrente. Le acque turbinate verranno reimmesse in Astico attraverso un condotto di scarico profilato a diffusore con bocca di scarico all'interno dell'area provvista di protezione del fondale. È prevista inoltre l'installazione di apparecchiature di misura e controllo delle portate scaricate.

Tale gestione consente una riduzione di circa la metà dell'attuale consumo idrico giornaliero (ai fini idroelettrici) a parità di rendimento economico. Ovvero a parità di volume d'acqua turbinata si ha un incremento della produzione energetica.



Figura 4.5.II - Vista in pianta dello sbarramento, della superficie di protezione dal risalto idraulico e della nuova centrale idroelettrica

Di seguito, *fig. 4.5.III*, la vista in sezione e in pianta della nuova centrale mette in evidenza l'esistenza di 3 turbine a produrre energia idroelettrica.

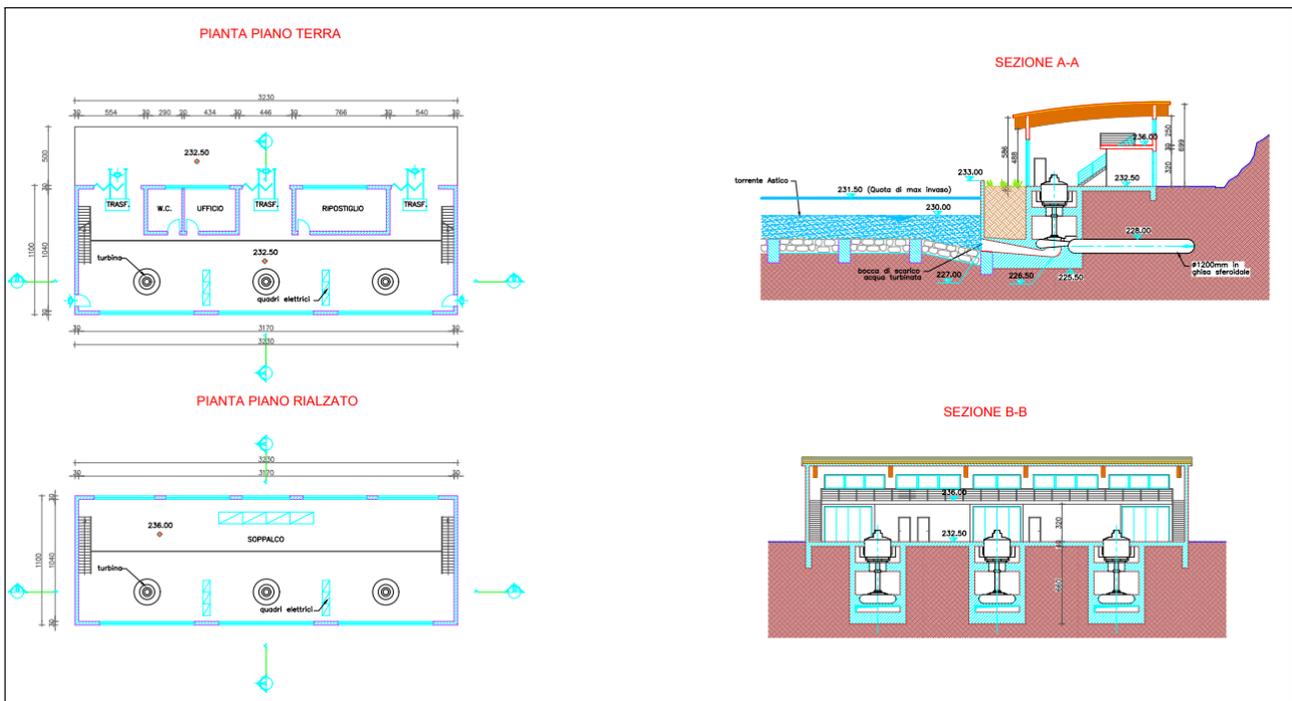


Figura 4.5.III - Vista in vari punti di osservazione della nuova centrale idroelettrica

Ora, si può anche calcolare la potenza idroelettrica assorbibile dalle turbine, che è pari a:

$$P_{\text{ass, media}} = \gamma_w Q_m H_T = 1.412,64 \text{ kW}$$

$$P_{\text{ass, MAX}} = \gamma_w Q_{\text{MAX}} H_T = 2.118,96 \text{ kW}$$

dove:

- γ_w , è il peso di volume dell'acqua,
- $Q_m = 8 \text{ m}^3/\text{s}$, è la portata turbinabile media,
- $Q_{\text{MAX}} = 12 \text{ m}^3/\text{s}$, è la portata turbinabile massima,
- $H_T = 18 \text{ m}$, è il salto d'acqua, l'energia potenziale.

Considerando che questa è la potenza teorica assorbibile e che la potenza utile è inferiore a questo valore, in ogni caso ciò significa che in un'ora vengono prodotti, teoricamente, 1.412,64 kWh di energia. Per effettuare conti in termini quotidiani, sapendo che la fornitura domestica standard è di 3,5 kW, quest'opera potrebbe rifornire più di 400 case servite dotate di questa potenza.

5. CONCLUSIONI

In conclusione a quanto trattato, considerando che il progettato ha oramai 20 anni di vita e note le attuali problematiche esistenti a livello energetico, idraulico e idrogeologico, si può affermare che la realizzazione di un'opera di questo tipo andrebbe sicuramente in aiuto di quelle già esistenti sul territorio (come il vicino bacino di Caldogno, per esempio).

In riferimento alle relazioni e alle tavole di progetto, invece, ci sarebbe da riconsiderare l'aspetto organizzativo, in quanto sotto certi aspetti alcuni temi non sono bene trattati, oppure non troppo approfonditi, trascurati.

Durante lo studio nell'ambito idrogeologico e geotecnico, il corpo centrale della tesi, si è riscontrata la necessità di appurare le tecniche scelte per la messa in sicurezza dei pendii e la stabilizzazione del corpo diga.

Nonostante le verifiche di stabilità condotte diano riscontro positivo, è consigliabile l'utilizzo del calcestruzzo armato nella costruzione dello sbarramento, anziché del calcestruzzo tradizionale, più facilmente soggetto a frattura quando sottoposto a trazione; l'armatura, longitudinale e trasversale, contribuirebbe a fornire elasticità al manufatto, aumentando, di fatto, la resistenza a trazione e taglio, a fronte delle importanti dimensioni longitudinali.

BIBLIOGRAFIA & SITOGRAFIA

Bibliografia primaria

Studio ingegneristico, Thiene (VI), Studio Altieri S.p.A., www.studioaltieri.it.

Bibliografia secondaria

*Odorizzi Davide, **Efficacia degli invasi artificiali nella mitigazione della siccità in agricoltura**, Tesi di Laurea, Corso di Laurea Magistrale in Scienze e Tecnologie Agrarie, A.A. 2022-23*

*Marchi - Rubatta, **Meccanica dei Fluidi**, UTET, 1999*

*Ven Te Chow, **Open-Channel Hydraulics**, McGRAW-HILL BOOK COMPANY, 1959*

*Larry W. Mays, **Water Distribution Systems Handbook**, McGraw-Hill, 1999*

*Colombo - Colleselli, **Elementi di geotecnica**, Zanichelli, 1993*

RINGRAZIAMENTI

Sono stati tre anni fantastici.

Ho vissuto una quantità immane di esperienze.

Ho conosciuto veramente tantissime persone.

Il percorso universitario è stato un percorso coronato dal lavoro, talvolta dagli impegni sportivi e più spesso da quelli sociali. Se a 16 anni non avessi cominciato a lavorare, ora sono sicuro che non sarei stato capace di dare lo stesso valore alla scelta che ho fatto tre anni fa: grazie Mamma e grazie Papà!

Vissi il primo anno in modalità duale: la mattina c'era lezione (seguii sempre e solo al PC), il pomeriggio si studiava e la sera si lavorava. Sempre così, ogni giorno.

L'impegno universitario è un impegno importante, allora presi una scelta altrettanto importante: smisi di lavorare, mi licenziai. Da quel momento, non che prima non lo fosse, il mio rendimento è balzato alle stelle, e tra le stelle è rimasto, in mezzo a tutti i miei obiettivi e a tutte le mie ambizioni. Questa mia perseveranza con la quale ho portato avanti la mia carriera penso che provenga principalmente da due fonti: la mia personalità e il mio carattere si distinguono per questa qualità; mentre la seconda è l'educazione che mi è stata impartita fin da bambino. Questa volta devo ringraziare tutta la mia Famiglia: oltre ai miei Genitori e a mio Fratello Samuel, i miei Nonni, i miei Zii, i miei Cugini.

Grazie a loro e grazie alle scelte che ho preso fino ad oggi, sono la persona che sono e intraprendo le strade che decido di percorrere, usando la testa, ma non solo.

Ringrazio i miei primissimi datori di lavoro, dai quali ho imparato molto, veramente molto.

Lo spazio è da dedicare ovviamente anche ai miei Amici, che non sono mai e mai mancati, nell'aiuto, nello svago, nella festa e nella compassione.

Voglio ringraziare i professori che mi hanno aiutato a scrivere questa tesi di laurea: il mio fantastico relatore e il mio professore di Idraulica. Oltre a loro, però, ci sono stati altri mitici professori nel corso dei tre anni: persone vere. Un particolare ringraziamento voglio riservarlo alla mia professoressa di Ingegneria Sanitaria Ambientale, una persona unica.

Proseguo ringraziando tutte quelle persone competenti che mi hanno dato una dritta, e per competenza mi riferisco, sì, all'ambito ingegneristico, ma anche a quello umano.

Voglio assolutamente ricordarmi anche dei genitori dei miei amici, e dei loro nonni, perché ho imparato qualcosa di utile e buono da ognuno di loro.

Questa tesi e il titolo che mi sarà consegnato sono solo il frutto di un lungo e importantissimo percorso, incorniciato da scelte, sacrifici, gioie, responsabilità, coscienza e maturità.

È e sarà sempre, quello universitario, un percorso di assoluta e importantissima crescita, alla ricerca di ciò che è noto, di ciò che non lo è e di ciò che potrà esserlo; in perfetta analogia con la ricerca di sé. In questo tempo, come dicevo all'inizio, ho conosciuto tante persone, e ho conosciuto me stesso.

E tra le tante cose che ho capito, ce ne sono due in particolare che adoro: il mio saper essere curioso sempre e in ogni dove, senza tante volte nemmeno capire che cosa mi affascina delle cose, e il mio saper socializzare con le persone, chiunque esse siano. Forse mi posso descrivere anche un po' egocentrico? Allora, se è questo l'esempio che posso dare e se queste sono le esperienze che si possono provare... è bene che lo conoscano più persone possibili.

Ma questo è solo l'inizio.

Grazie a tutti!

Nicola