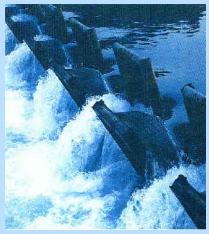
CONSORZIO DEL TICINO



TRAVERSA DELLA MIORINA
COMUNE DI CASTELLETTO SOPRA TICINO (NO)

LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER IL RIPRISTINO DELLA CAPACITA' D'INVASO DI RITENUTA

INTERVENTO SU CAMPATE 3 E 4 IN SPONDA DESTRA TICINO

PROGETTO ESECUTIVO
RILIEVO TOPOGRAFICO E BATIMETRICO
CON INDIVIDUAZIONE MATERIALE FONDO ALVEO

PROGETTAZIONE, COORDINAMENTO DELLE ATTIVITÀ SPECIALISTICHE, STRUTTURE PROVVISIONALI E CANTIERIZZAZIONE

MAJONE&PARTNERS ENGINEERING

DOTT. ING. DENIS CERLINI
DOTT. ING. NICOLA PESSARELLI
DOTT. ING. BEATRICE MAJONE

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:
DORIANA BELLANI

CARPENTERIE

B&B PROGETTI

DOTT. ING. STEFANO BARBARESI
DOTT. ING. FRANCESCO BARBARESI

VIA DEL MONACO, 3 - 61121 PESARO (PU)
TEL. 0721403695 - FAX 072140895
EMAIL: bbprogetti.barbaresi@gmail.com
P.I. 02304940410

COORDINAMENTO PER LA SICUREZZA

STUDIO DI ARCHITETTURA ED INGEGNERIA
M I C R O N

DOTT.ING. MASSIMO MARSILI
via Brescia n.2 - 20063 Cernusco sul Naviglio (MI)
Tel. 335.67.63.018
E-Mail: massimo.marsili@studiomicron.it

ASPETTI IDRAULICI PAESAGGISTICI E AMBIENTALI

BLU progetti

DOTT. ING. MASSIMO SARTORELLI

DATA:		SCALA:	TAVOLA:
MAG 2021	REV.1 LUGLIO 2021		RTB 09
	REV.2	FILE:	
	REV.3		

La presente tavola è tutelata dai diritti di copyright. Artt. 1151-2-3 C.C.

INDICE

1. PREMESSA 2

2. METODOLOGIA DI LAVORO 3

2.1 DEFINIZIONE DELLE CONDIZIONI DI RIFERIMENTO DELLA MISURA 3
2.2 IL RILIEVO 3
2.3 IL RILIEVO BATIMETRICO 4
2.4 IL RILIEVO TOPOGRAFICO E LA SUA GEOREFERENZIAZIONE 4

3. ESECUZIONE E ELABORAZIONE DEI RILIEVI 5

3.1 RILIEVO BATIMETRICO – ATTIVITÀ DI CAMPO 5
3.2 RILIEVO BATIMETRICO - ELABORAZIONE DEI DATI E RISULTATI 8
3.3 RILIEVO TOPOGRAFICO 10

4. ACCESSIBILITÀ DEL CANTIERE DALLA RETE STRADALE 11

4.1 PERCORSO DA SS33 DEL SEMPIONE O DA USCITA A26 CASTELLETTO TICINO VERSO IL CANTIERE 11
4.2 ULTIMO TRATTO VERSO IL CAVALCAVIA DELL'A26 12
4.3 TRA IL CAVALCAVIA DELL'A26 E IL TICINO 13
4.4 IL TRATTO DI ALZAIA LUNGO IL TICINO 15
4.5 AREA IN PROSSIMITÀ DELLO SBARRAMENTO 17

5. CONSIDERAZIONI SULLA PROFONDITÀ DELL'ACQUA DURANTE I LAVORI 19

5.1 QUOTE IDROMETRICHE RAPPRESENTATIVE 19
5.2 ANALISI DEI RISULTATI 21

1. PREMESSA

Il presente documento costituisce la relazione relativa al *Rilevo topografico e batimetrico con individuazione materiale fondo alveo* del progetto esecutivo relativo agli interventi di manutenzione straordinaria per il ripristino della capacità di invaso e ritenuta della traversa della Miorina.

Una descrizione generale dell'intervento in progetto, delle fasi operative e della programmazione temporale del cantiere è riportata nella relazione generale.

L'analisi degli aspetti idrologici e idraulici, compresa la modellazione idraulica dell'incile del lago nelle varie fasi del cantiere, è riportata nella Relazione idrologica e idraulica (Allegato RID02). Gli aspetti legati alla sicurezza in cantiere e alle procedure di osservare qualora sia previsto un evento di piena che possa mettere a rischio la sicurezza del cantiere, sono trattati nel Piano di sicurezza e coordinamento (PSC45).

Il rilievo batimetrico ha interessato le aree prossime allo sbarramento sia nell'area di monte che in quella di valle, al fine di valutare le quote del fondale nei tratti d'intervento per garantire le operazioni di manutenzione in totale sicurezza. I rilievi sono stati effettuati in due fasi distinte: nel Gennaio 2020 è stata rilevata la parte di monte e le parte sinistra dell'alveo di valle (necessario per la progettazione degli interventi di manutenzione straordinaria delle campate 1 e 2 in sponda lombarda); successivamente, nel Marzo 2021 il rilievo è stato integrato e completato per quanto riguarda la sponda destra. Successivamente il lavoro è stato integrato con il rilievo topografico e la successiva elaborazione per l'estrapolazione di alcune sezioni della sponda piemontese, per l'allestimento in sicurezza e la corretta gestione degli spazi di cantiere. In particolare le lavorazioni che avverranno attraverso l'utilizzo di pontoni galleggianti opportunamente ancorati sui quali verranno posizionati i mezzi di cantiere (vibroinfissore, gru, etc…) dovranno potersi muoversi liberamente considerando il loro pescaggio e le variazioni minime e massime dei livelli idrici del lago. E' stata infine effettuata anche una valutazione qualitativa dell'accessibilità dei mezzi al cantiere.

Nella presente relazione tecnica vengono quindi illustrate le modalità operative adottate, le elaborazioni effettuate, i risultati ottenuti.

2. METODOLOGIA DI LAVORO

L'esecuzione del rilievo e la sua successiva elaborazione e analisi è stata eseguita attraverso le fasi di seguito illustrate:

- Individuazione dei capisaldi di riferimento per la successiva georeferenziazione del rilievo;
- Definizione delle condizioni di riferimento della misura;
- Misura dei parametri dell'acqua per la taratura in loco della strumentazione per il rilievo batimetrico;
- Esecuzione del rilievo morfobatimetrico;
- Elaborazione dei dati;
- Analisi delle curve batimetriche;
- Restituzione cartografica e analitica degli elaborati.

2.1 *Definizione delle condizioni di riferimento della misura*

Le misure effettuate sono state riferite alla quota effettiva del pelo libero del lago al momento del rilievo.

Il pelo libero del corpo idrico sarà, quindi, la condizione di riferimento della misura e la quota del fondo (in m s.l.m.) sarà calcolata come quota istantanea del pelo libero a cui viene sottratta la misura di profondità, registrata dall'ecoscandaglio.

2.2 *Il rilievo*

Per l'esecuzione di un rilievo morfobatimetrico è necessaria la rilevazione contemporanea di almeno 5 parametri, di cui 4 ricavati dalla strumentazione GPS: l'ora, le tre coordinate (latitudine, longitudine e quota) e la misura di profondità fornita dall'ecoscandaglio.

Durante l'esecuzione del rilievo, per ciascun punto battuto, i suddetti parametri vengono elaborati e registrati da un software dedicato, in grado di associare i valori ottenuti dal sistema GPS e dall'ecoscandaglio. In questo modo, tramite una restituzione a video, è possibile visualizzare il rilievo effettuato e agire tempestivamente sul risultato,

ad esempio infittendo i punti di misura dove risultano scarsi o predisponendo specifiche rotte di navigazione per indagare determinate aree.

2.3 *Il rilievo batimetrico*

Le misure batimetriche sono state effettuate attraverso l'ausilio di un PC a cui sono collegati un sistema idrografico composto da un ecoscandaglio "ODOM Hydrotrac" e un trasduttore "SMSW200-4" ed un sistema di posizionamento GPS TopconHiperV. In questo modo sul PC sono registrati simultaneamente sia le coordinate sia il valore di profondità misurato dall'ecoscandaglio.

Prima dell'inizio del rilievo batimetrico viene effettuata la taratura dell'ecoscandaglio, calcolando la velocità di propagazione del suono in acqua attraverso la formula di Del Grosso, che utilizza dati di temperatura, conduttività e pressione misurati in loco.

2.4 *Il rilievo topografico e la sua georeferenziazione*

Per l'esecuzione del rilievo è stata utilizzata la metodologia differenziale (DGPS) attraverso l'utilizzo di due ricevitori GPS, il primo, denominato base, posizionato su un punto prestabilito e un secondo, denominato rover, posizionato sul natante. Questa metodologia consente di ottenere una precisione, in tempo reale, pari a ±10 mm + 1 ppm sul piano orizzontale e di ±15 mm sul piano verticale e in post-elaborazione di ±3 mm sul piano orizzontale e di ±5 sul piano verticale.

L'adozione di questo sistema di posizionamento consente di passare in coordinate WGS1984 – UTM fuso 32N attraverso una rototraslazione e una proiezione.

3. ESECUZIONE E ELABORAZIONE DEI RILIEVI

3.1 Rilievo batimetrico – attività di campo

Come precedentemente descritto, le oscillazioni di quota del pelo libero del bacino nell'arco di tempo del rilievo costituiscono le condizioni di riferimento della misura.

Il primo rilievo è stato effettuato il 23 gennaio 2020 per quanto concerne l'area posta a monte della traversa ed il 24 gennaio 2020 per l'area di valle; durante l'esecuzione del rilievo il livello idrico si è mantenuto costante e pari rispettivamente a 194.03 m s.l.m. per la zona a monte dello sbarramento e pari a 192.61 m s.l.m. per la zona di valle.

Il secondo rilievo è stato effettuato il 3 Marzo 2021 dalle 11.30 alle 14.30; durante l'esecuzione del rilievo il livello idrico si è mantenuto costante e pari rispettivamente a 194.00 m s.l.m. per la zona a monte dello sbarramento e pari a 192.60 m s.l.m. per la zona di valle.

Figura 1: Gli idrometri a monte (sinistra) e a valle (destra dello sbarramento)

Il rilievo morfobatimetrico viene eseguito scandagliando la zona oggetto di studio effettuando la navigazione lungo le sponde del bacino e seguendo le rotte per formare una maglia quadrata su tutta la superficie da indagare.

Nell'immagine seguente vengono illustrati i punti battuti durante l'esecuzione del rilievo batimetrico.

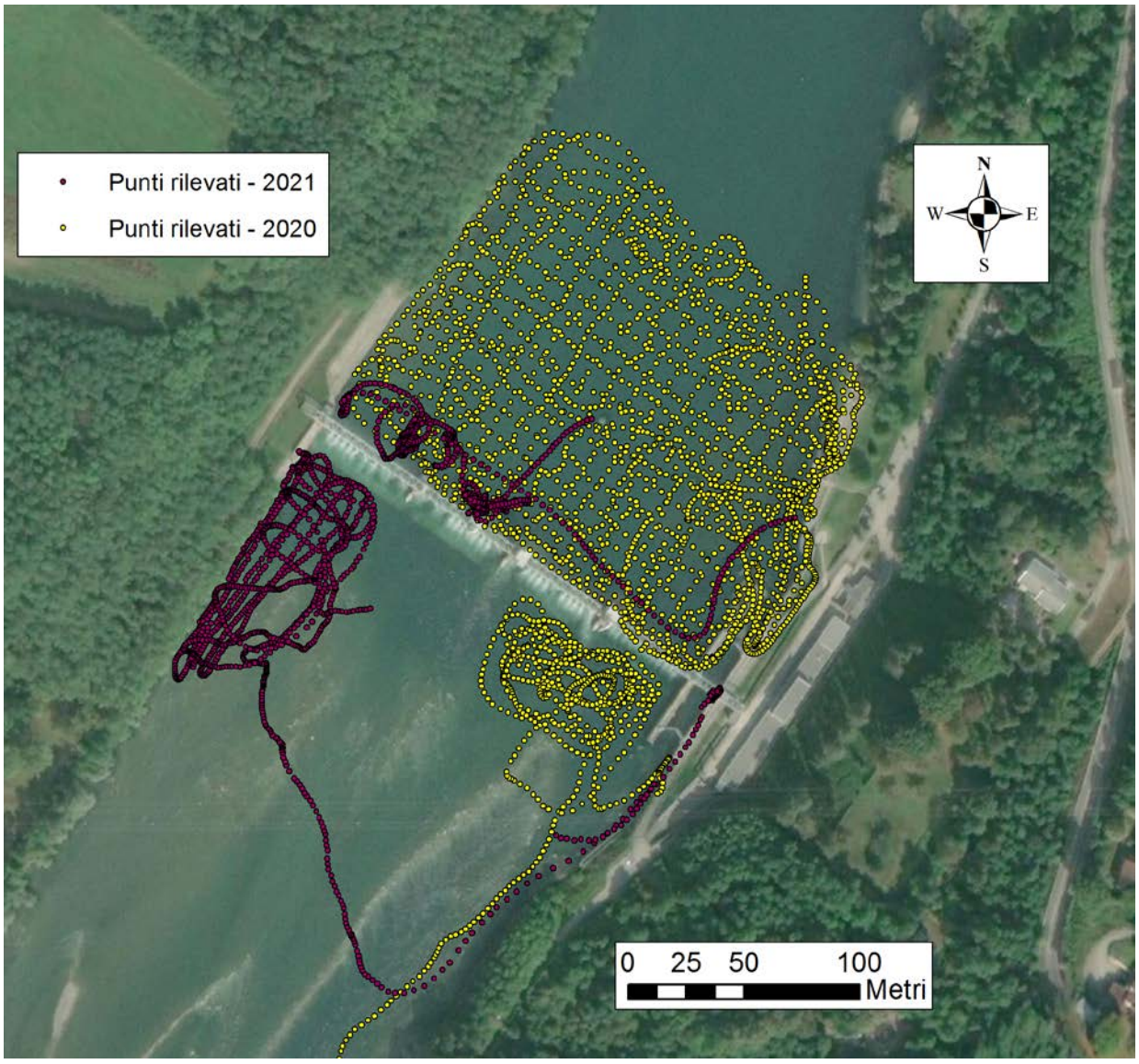


Figura 2: Punti battuti nei rilievi nel Gennaio 2020 e nel Marzo 2021

Figura 3: Fasi del rilievo batimetrico a valle dello sbarramento

Figura 3: Acquisizione del caposaldo topografico (a sinistra) e masso a monte della III campata (a destra)

3.2 *Rilievo batimetrico - Elaborazione dei dati e risultati*

I dati raccolti e memorizzati durante il rilievo sono stati esportati per poi essere elaborati e corretti attraverso l'utilizzo di altri software. La prima elaborazione ha riguardato il sistema di proiezione; i dati registrati sono stati convertiti utilizzando il software "Meridiana" (GeoTop) con la conversione delle coordinate in WGS1984 – UTM fuso 32N, così da ottenere un'unica cartografia piana associabile alla rete geodetica nazionale predisposta dall'Istituto Geografico Militare (rete IGM95).

Successivamente è stato necessario un controllo dei dati per la verifica della loro correttezza e l'eliminazione di eventuali anomalie.

Attraverso l'ausilio dei software Microsoft Excel, ArcGIS (ESRI) e Autocad (Autodesk) si è risaliti ai valori di quota del fondo per ogni punto (espressi in m s.l.m. e riferiti alla quota 0 dell'IGM).

Figura 4: Strumentazione utilizzata per l'esecuzione del rilievo

Dalle misure idrometriche disponibili è stato possibile risalire alla quota del pelo libero durante le fasi del rilievo; il pelo libero risulta la condizione di riferimento della misura: le quote assolute di ciascun punto rilevato sono state ricavate sottraendo alla quota del pelo libero la profondità rilevata dall'ecoscandaglio.

Tramite questo procedimento si è potuto ricostruire un piano quotato nelle zone a monte e a valle dello sbarramento.

Nella seguente tabella sono riportati i livelli idrometrici di riferimento del rilievo, già anticipati nel paragrafo 2.1.

Tabella 1: Livelli idrici rilevati - Condizione di misura di riferimento

Giorno del rilievo	Quota livello idrico in m s.l.m.
23/01/2020 – Area di monte	194.03
24/01/2020 – Area di valle	192.61
3/03/2021 – Area di monte	194.00
3/03/2021 – Area di valle	192.60

3.3 *Rilievo topografico*

Una rilevazione topografica del versante piemontese per l'estrapolazione di alcune sezioni è di fondamentale importanza sia in fase iniziale di trasporto per le operazioni di manovra dei bilici sia in fase di preparazione e allestimento del cantiere.

Il rilievo è stato effettuato il 5 Marzo 2021 ed ha interessato tutta la l'area circostante la sponda del fiume Ticino e la pila di sostegno dell'opera di regolazione. La strumentazione utilizzata e le modalità di elaborazione dei dati topografici sono le stesse già illustrate nel paragrafo 2.4.

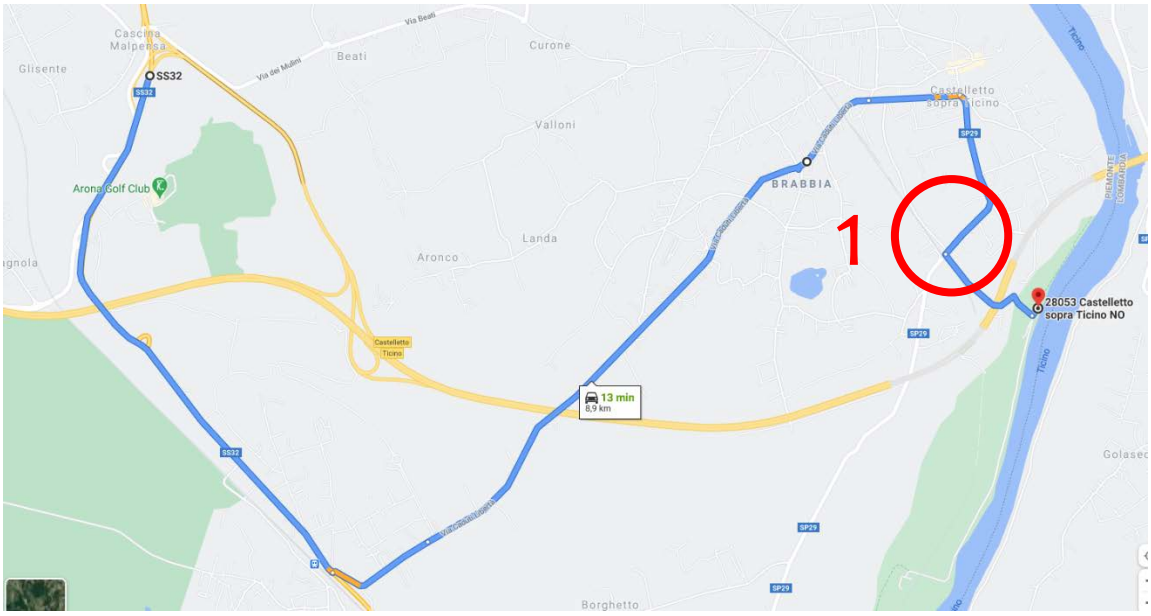
Le planimetrie e le sezioni elaborate sulla base del rilievo topografico sono riportate nella Tavola 04/15.

Figura 4: Fasi del rilievo topografico a sul versante piemontese nella zona di cantiere

4. ACCESSIBILITÀ DEL CANTIERE DALLA RETE STRADALE

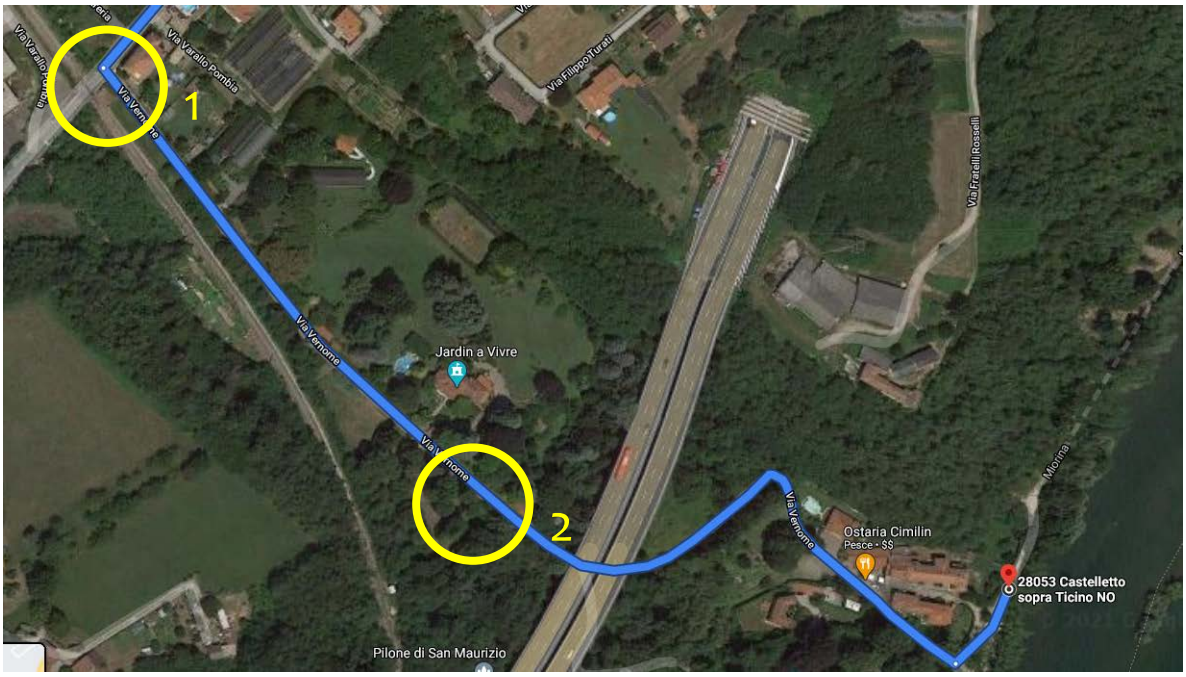
4.1 Percorso da SS33 del Sempione o da uscita A26 Castelletto Ticino verso il cantiere

Il percorso ipotizzato parte dalla Strada Statale 32 in direzione Oleggio passando per la stazione ferroviaria di Borgo Ticino seguendo Via Caduti libertà fino a Castelletto sopra Ticino, imboccando qui la Strada Provinciale 29. Tutta questa strada è facilmente percorribile da tutti i tipi di mezzi, fino al punto 1 ovvero l'inizio della via Vernome, strada che conduce sotto al cavalcavia dell'autostrada, dalla SP29.



L'incrocio tra la SP29 e la via Vernome visto dalla via Vernome

4.2 *Ultimo tratto verso il cavalcavia dell'A26*

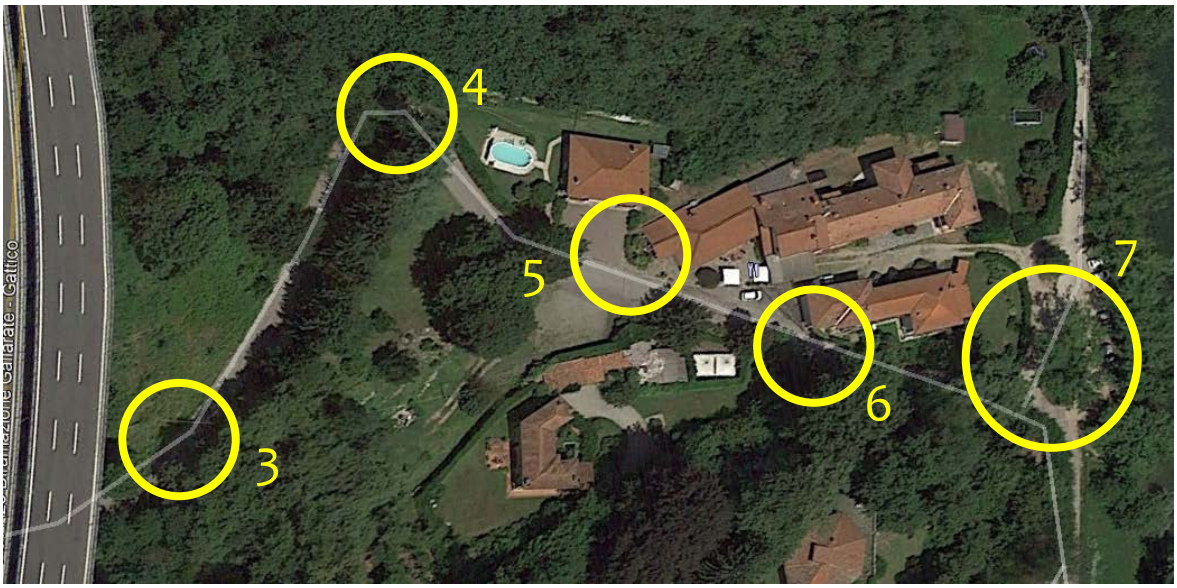


Il cavalcavia dell'A26 è alto oltre 10 m, quindi non c'è problema di passaggio per i mezzi. Il punto 2 è un attraversamento dei cavi della bassa tensione in via Vernome a 6.00 m di altezza su lato destro (e per un tratto anche sul lato sinistro) della strada. Per il resto la strada non presenta particolari problemi di transito per i mezzi di cantiere.

Via Vernome tra la SP 29 e il viadotto autostradale

Il cartello che segnala la bassa tensione

4.3 *Tra il cavalcavia dell'A26 e il Ticino*



Subito dopo il ponte la strada è larga 5 m e quindi ben percorribile. A seguire c'è un doppio attraversamento della linea a bassa tensione il cui punto più basso è segnalato all'altezza di 5 m (punto 3). In questo tratto la larghezza della strada si mantiene prossima ai 5 m. La curva che si incontra oltre l'attraversamento della A26 e prima delle abitazioni (punto 4) non presenta particolari problemi di percorribilità.

Oltre la curva, all'altezza del piccolo parcheggio presente sul lato sud della strada, è presente un attraversamento di una linea elettrica ad un'altezza di circa 420 - 450 cm (punto 5).

Avvicinandosi al fiume Ticino si riscontra poi la presenza di un platano inarcato verso la strada, che potrebbe limitare il transito di mezzi eccessivamente larghi (punto 6).

Oltre il platano la larghezza della strada si riduce significativamente. Nel punto in cui è più stretta, circa una ventina di metri oltre il platano, è larga 3.9 m. Superato questo punto, la larghezza torna essere superiore a 4 m e cresce progressivamente fino a quando aggiunge la sponda del fiume Ticino. Qui la strada diventa sterrata, si allarga e curva verso nord. Al centro della strada è presente un nucleo di piante che è possibile aggirare da entrambi i lati, ma si ritiene che la traiettoria più agevole sia quella che passa all'interno delle piante (punto 7).

La curva prima delle abitazioni

L'attraversamento dei cavi presso il parcheggio

Il platano inclinato

Il restringimento oltre il platano

La curva presso la sponda del Ticino da Via Vernome (a sinistra) e dall'alzaia del Ticino (a destra)

4.4 *Il tratto di alzaia lungo il Ticino*

Tutto il tratto di alzaia, lungo complessivamente circa 400 m, si presenta dritto e la larghezza utile della strada è quasi sempre maggiore di 2.5 m.

Nel primo tratto, dall'incrocio all'area ricreativa, la strada è asfaltata e con modesti interventi di potatura la larghezza utile può essere portata a 4.0 m.

Prima di entrare nell'area ricreativa sulla sinistra c'è un recinto marrone con all'interno delle altalene, che limita la larghezza della strada a 3.5 m. Più avanti ci sono due restringimenti causati dalle strutture in legno dell'area ricreativa. Il primo restringimento lascia una larghezza utile di 2.6 m, ma lato monte si possono facilmente effettuare degli spostamenti delle strutture in legno e delle mattonelle in calcestruzzo. Il secondo lascia una larghezza utile di oltre 3.0 m, quindi potrebbe non essere necessario spostare le strutture.

Proseguendo oltre l'area ricreativa, la larghezza della strada continua ad essere prossima a 2.5 m, ma la vegetazione potrebbe costituire un fattore limitante per il transito dei mezzi di cantiere. Potrebbe rendersi necessario qualche intervento di potatura o abbattimento.

Il tratto di alzaia tra l'incrocio e l'area ricreativa

Il recinto prima dell'area ricreativa

Uno degli ostacoli presenti all'interno dell'area ricreativa

Le piante lungo la strada nel tratto prima della traversa

4.5 *Area in prossimità dello sbarramento*

Prima di raggiungere l'area recintata in prossimità dello sbarramento è presente una doppia curva che potrebbe limitare il transito dei mezzi di cantiere. La strada in questo punto, che di fatto sarà già ricompreso nell'area di cantiere, può essere temporaneamente rettificata senza particolari oneri aggiuntivi.

Come aree di manovra all'interno dell'area di cantiere sono state individuate due opzioni rappresentate sommariamente nelle immagini che seguono.

Doppia curva presso l'area di cantiere vista da entrambe i versi

Area di manovra – opzione 1

Area di manovra – opzione 2

5. CONSIDERAZIONI SULLA PROFONDITÀ DELL'ACQUA DURANTE I LAVORI

5.1 Quote idrometriche rappresentative

Scopo di questo capitolo conclusivo è di valutare in che misura e con che margine di sicurezza è possibile navigare a monte e a valle dello sbarramento durante il cantiere, con particolare riferimento ai periodi in cui è prevista la movimentazione dei pontoni per l'infissione e la rimozione delle palancole.

A tal proposito sono state effettuate delle sezioni sulle quali sono stati riportati, sia per il tratto di monte che quello di valle, i livelli idrici ritenuti maggiormente rappresentativi delle diverse condizioni idrauliche che si possono instaurare durante il periodo dei lavori, indicando anche il pescaggio dei pontoni, per il quale si è assunto un valore medio di 100 cm, che possono diventare 150 cm qualora l'escavatore operi in punta e il carico non sia quindi uniformemente distribuito.

Per quanto concerne le **quote idrometriche a monte dello sbarramento** valgono le considerazioni di seguito riportate. In regime regolato, il livello del lago misurato all'idrometro di Sesto Calende, il cui zero idrometrico si trova a 193.016 m slm., varia tra -50 cm (limite di minima regolazione) e +50 cm; oltre tale livello, in fase di cantiere, è prevista la completa apertura dello sbarramento, il che determina l'instaurarsi del deflusso in regime libero.

Il livello idrometrico di -50 cm a Sesto Calende (192.52 m s.l.m.), in condizioni di sbarramento regolato, corrisponde a una quota idrometrica variabile tra 192.30 e 192.50 m s.l.m. nella zona posta a monte dello sbarramento.

Il livello idrometrico di +0 cm a Sesto Calende (193.02 m s.l.m.), in condizioni di sbarramento regolato, corrisponde a una quota idrometrica variabile tra 192.80 e 193.00 m s.l.m. nella zona posta a monte dello sbarramento.

In condizioni di regime libero (sbarramento abbattuto), la situazione più critica in termini di pescaggio si verifica invece quando l'altezza idrometrica a Sesto Calende è prossima a +50 cm, condizione a cui corrisponde una quota idrometrica a monte dello sbarramento di circa 193.10 m s.l.m..

Sulla base di quanto appena sinteticamente enunciato, nelle elaborazioni grafiche presentate nelle pagine che seguono sono quindi evidenziate queste quote rappresentative dell'oscillazione dei livelli atteso:

1) 193.00 livello minimo "probabile" (lago a +0 cm all'idrometro di Sesto Calende);
2) 192.40 livello minimo "straordinario" (lago a circa -50 cm all'idrometro di Sesto Calende);
3) 191.40 livello minimo "straordinario", a cui è stato sottratto il pescaggio medio del pontone;
4) 190.90 livello minimo "straordinario", a cui è stato sottratto il pescaggio massimo del pontone.

Per quanto riguarda invece le **quote idrometriche a valle dello sbarramento**, da un'analisi dei dati storici relativi agli ultimi 15 anni, emerge che il livello idrometrico alla diga di Porto della Torre[1] è normalmente tenuto oltre 192.30 m s.l.m. Livelli inferiori si registrano in caso di piene (sbarramento di Porto della Torre aperto), di livello del lago prossimo o inferiore a 0 cm rispetto all'idrometro di Sesto Calende o in caso di anomalie.

Il livello idrometrico mantenuto da Enel Green Power a monte dello sbarramento di Porto della Torre e, in misura minore la portata erogata dal lago, sono le variabili idrauliche che determinano il livello idrometrico a valle della traversa della Miorina.

In linea generale si è osservato che, quando vengono erogate portate maggiori di a 130 – 140 mc/s, il livello idrometrico a valle della Morina difficilmente scende sotto il valore di 192.30 m s.l.m. Nel caso in cui, a causa di una limitata disponibilità di risorsa idrica, il Consorzio del Ticino debba ridurre la portata erogata dal lago al di sotto dei suddetti valori, la quota idrometrica a valle dello sbarramento della Miorina può raggiungere quote prossime a +192.00 m s.l.m..

[1] Porto della Torre è una traversa a servizio di un impianto idroelettrico ad acqua fluente che si trova 5,8 km a valle dello sbarramento, la gestione della quale influisce sui livelli idrometrici a valle della Miorina. Per dettagli si veda la relazione idrologica e idraulica di progetto (Elaborato RID02).

In tutti i casi tali valori possono essere modificati, anche in modo significativo, da come viene gestito l'invaso a monte dello sbarramento di Porto della Torre.

Sulla base di queste considerazioni, per la quota idrometrica a valle dello sbarramento della Miorina sono state assunte queste quote rappresentative dell'oscillazione dei livelli atteso:

1) 192.30 livello minimo "probabile" (lago a +0 cm all'idrometro di Sesto Calende);
2) 192.00 livello minimo "straordinario" (lago a circa -50 cm all'idrometro di Sesto Calende);
3) 191.00 livello minimo "straordinario", a cui è stato sottratto il pescaggio medio del pontone;
4) 190.50 livello minimo "straordinario", a cui è stato sottratto il pescaggio massimo del pontone.

5.2 *Analisi dei risultati*

Sulla base di quanto descritto nei paragrafi precedenti ed assunto che il pescaggio di riferimento assunto per i pontoni è di 100 cm come valore medio e di 150 cm come valore massimo, sono state tracciate alcune sezioni rappresentative all'interno delle aree oggetto di intervento, così come rappresentato in Figura 5.

Le sezioni monte-A e valle-A interessano anche la sponda lombarda, dove saranno attraccati i pontoni e dove saranno effettuate le manovre di carico e scarico delle palancole e dei macchinari; esse sono state tracciate da est verso ovest, ossia la progressiva "zero" si riferisce al primo punto di sezione "lato Lombardia".

Le sezioni monte-B e monte-C, parallele allo sbarramento e posizionate a monte dello stesso, sono state tracciate da ovest verso est, quindi il primo punto dei grafici corrisponde in questo caso alla sponda piemontese.

Lo stesso vale per le sezioni valle-B e valle-C, che interessano solo la quarta campata.

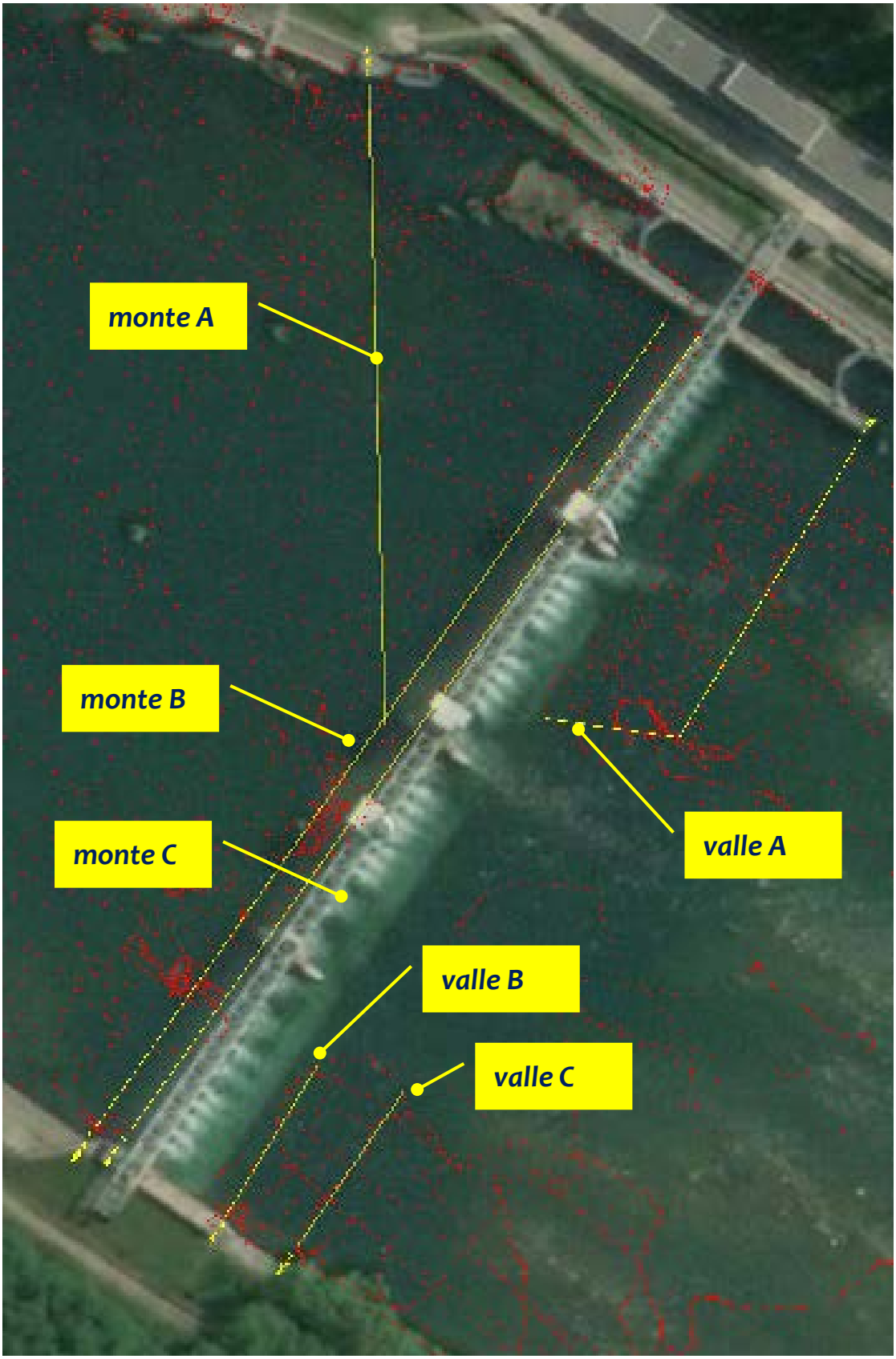


Figura 5: Traccia delle sezioni rappresentative della zona d'intervento

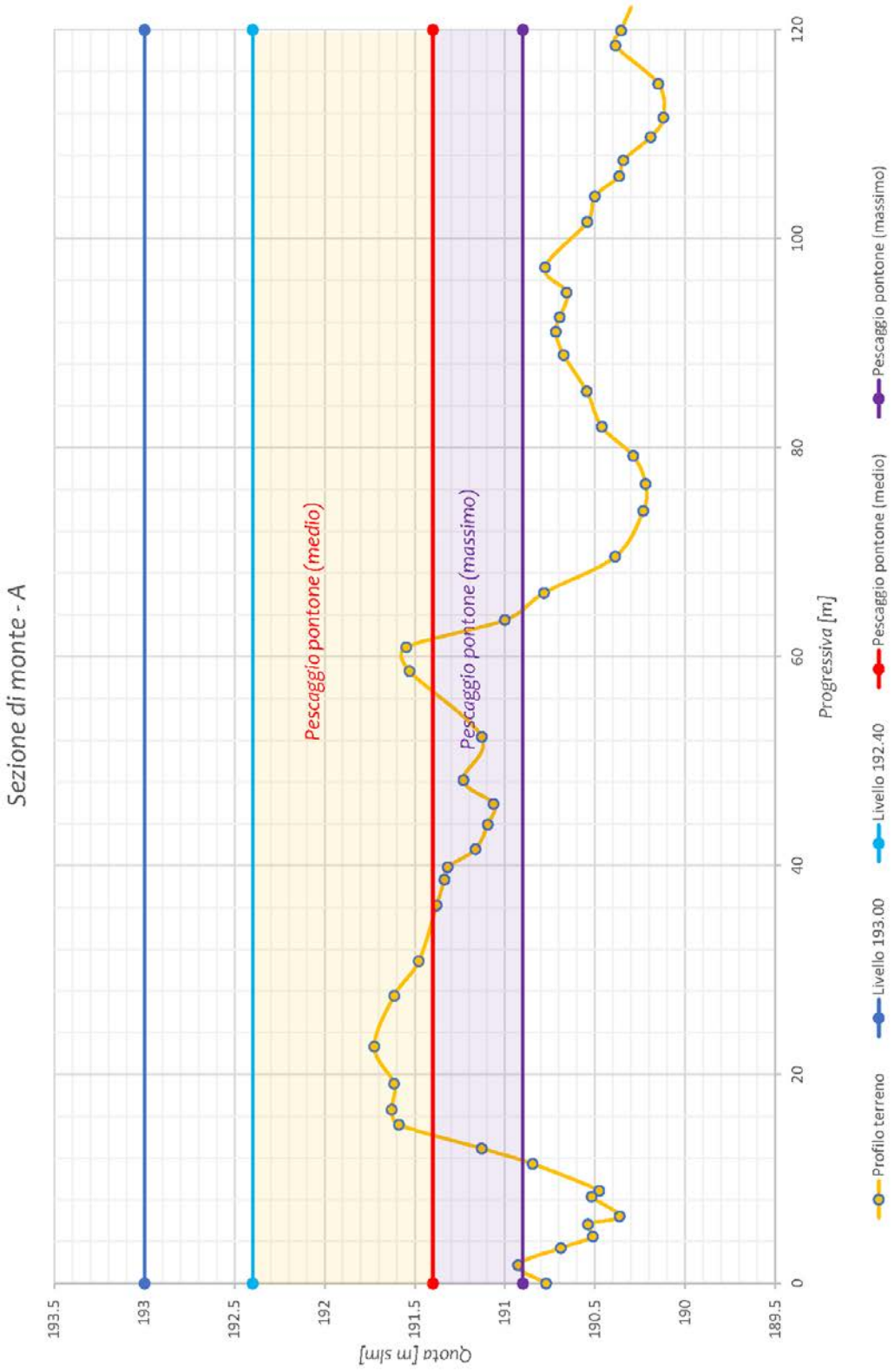


Figura 6: Sezione a monte della traversa - A

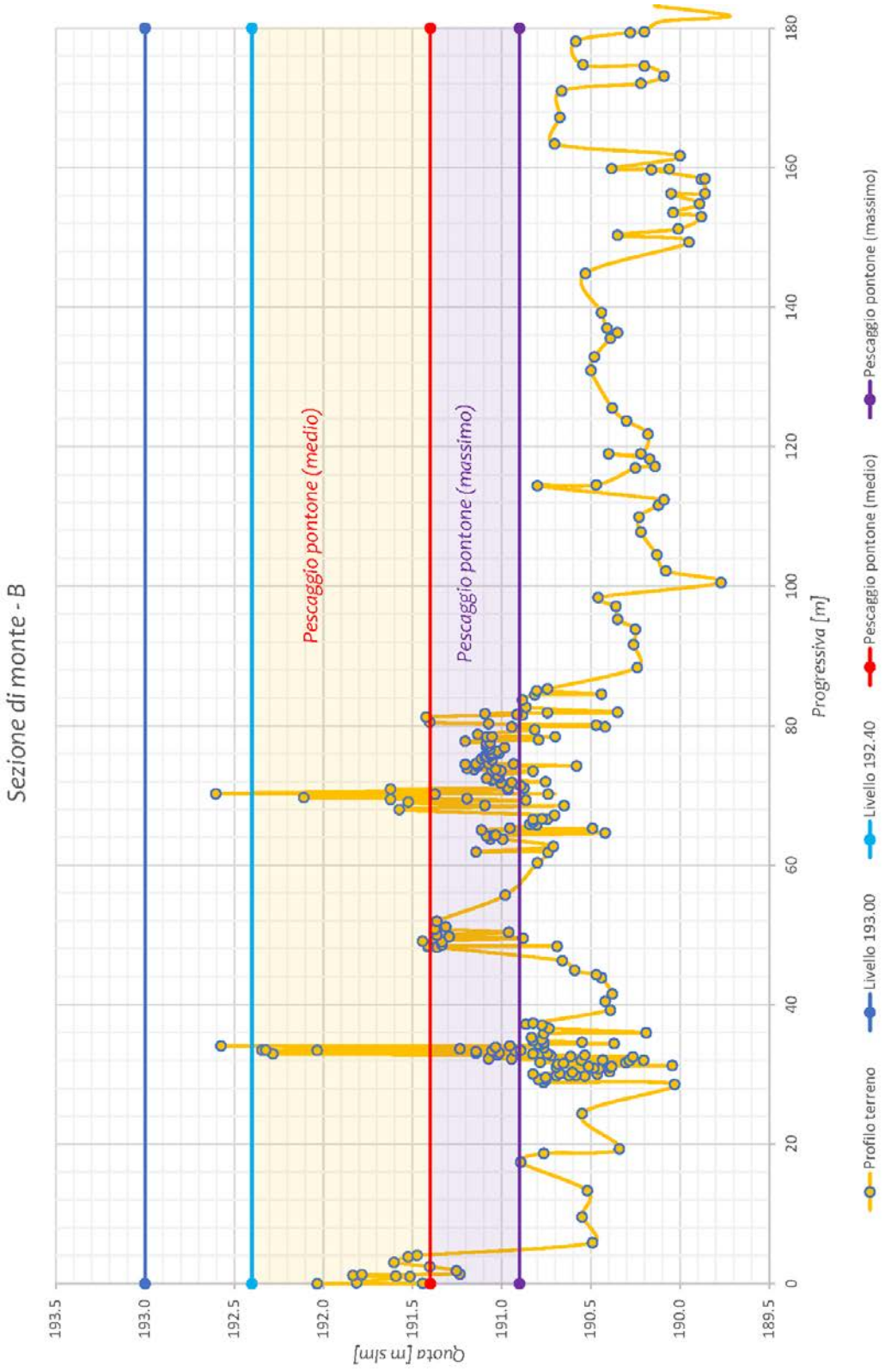


Figura 7: Sezione a monte della traversa – B

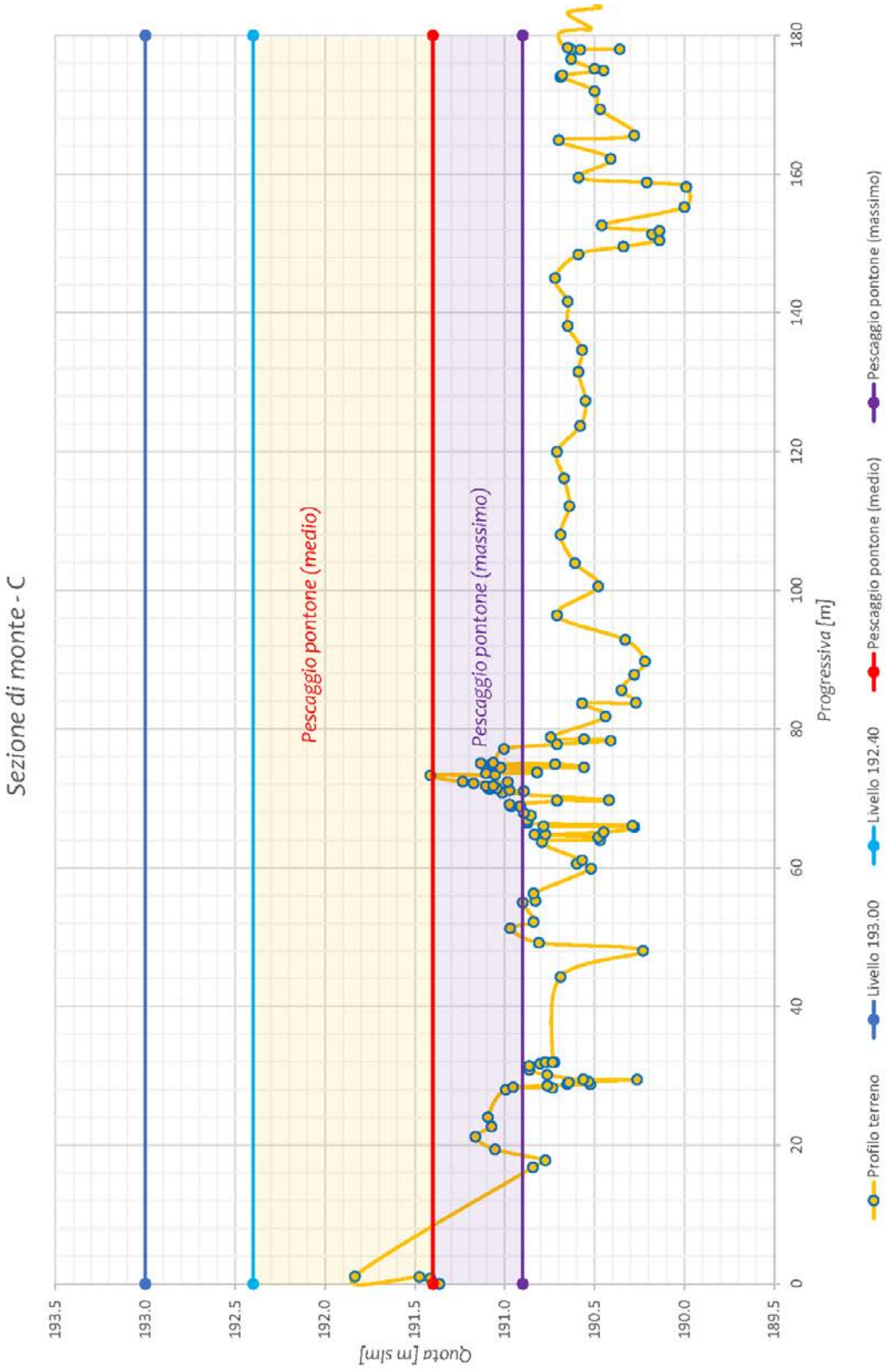


Figura 8: Sezione a monte della traversa – C

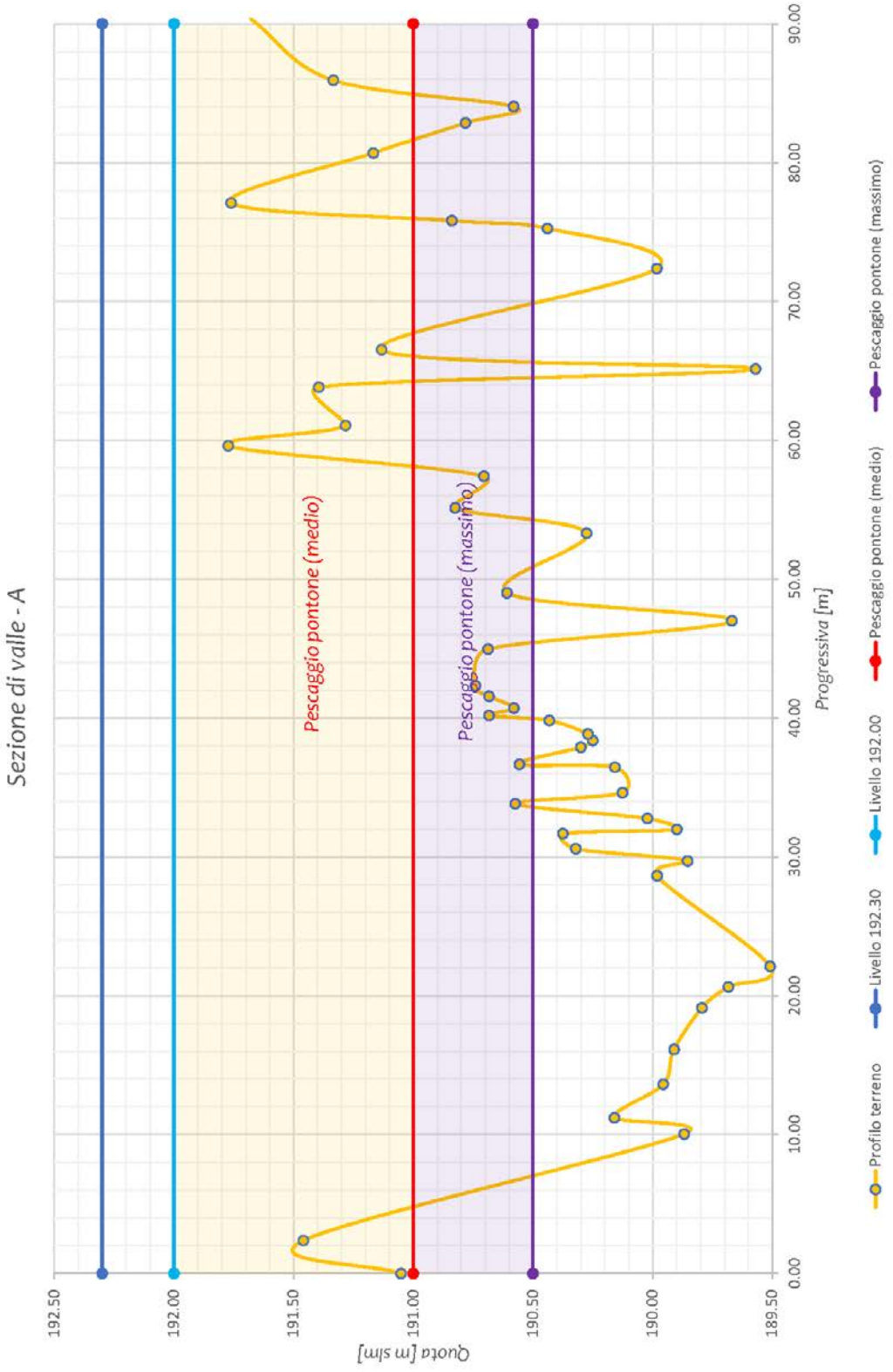


Figura 9: Sezione a valle della traversa – A

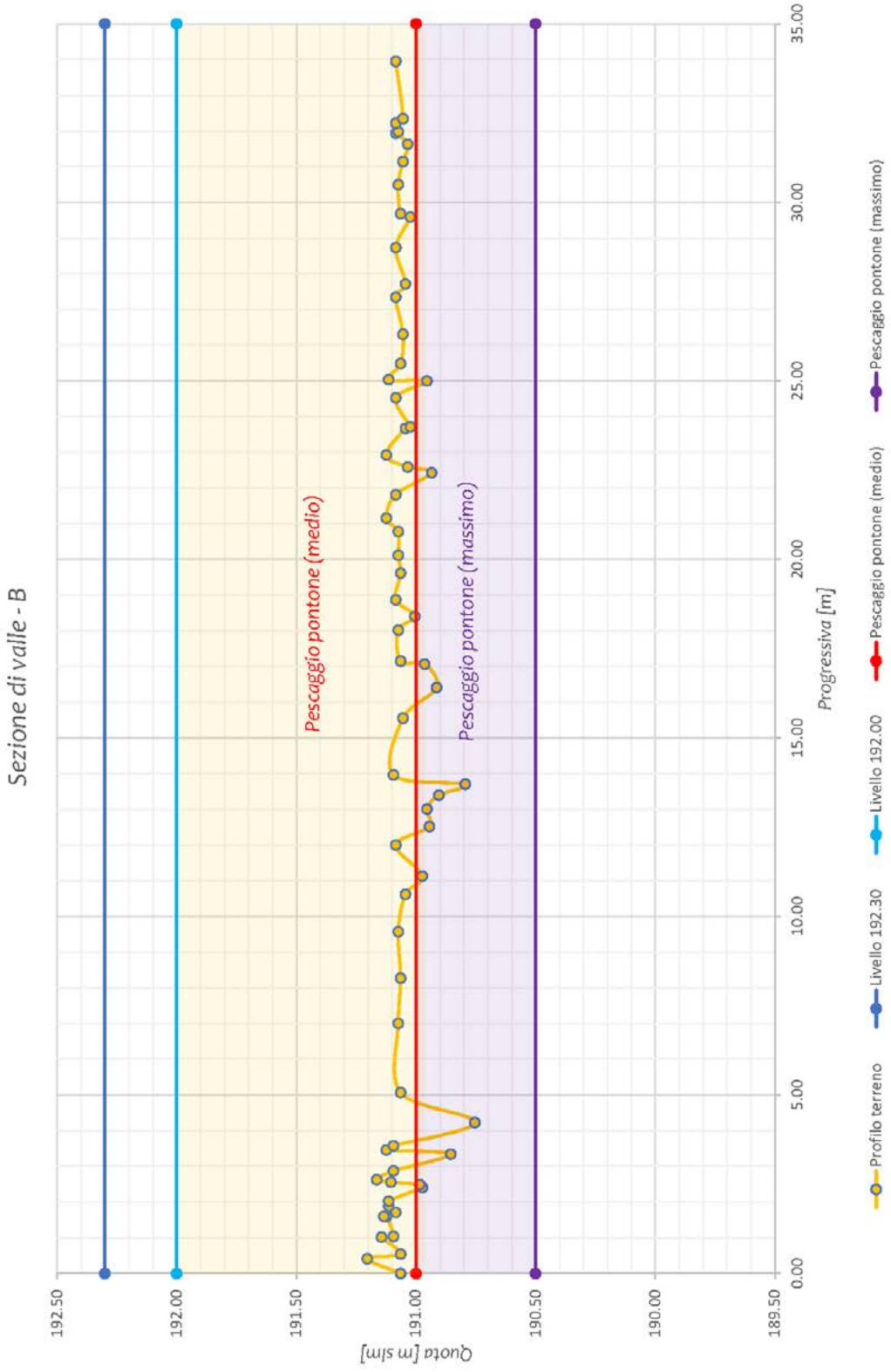


Figura 10: Sezione a valle della traversa – B

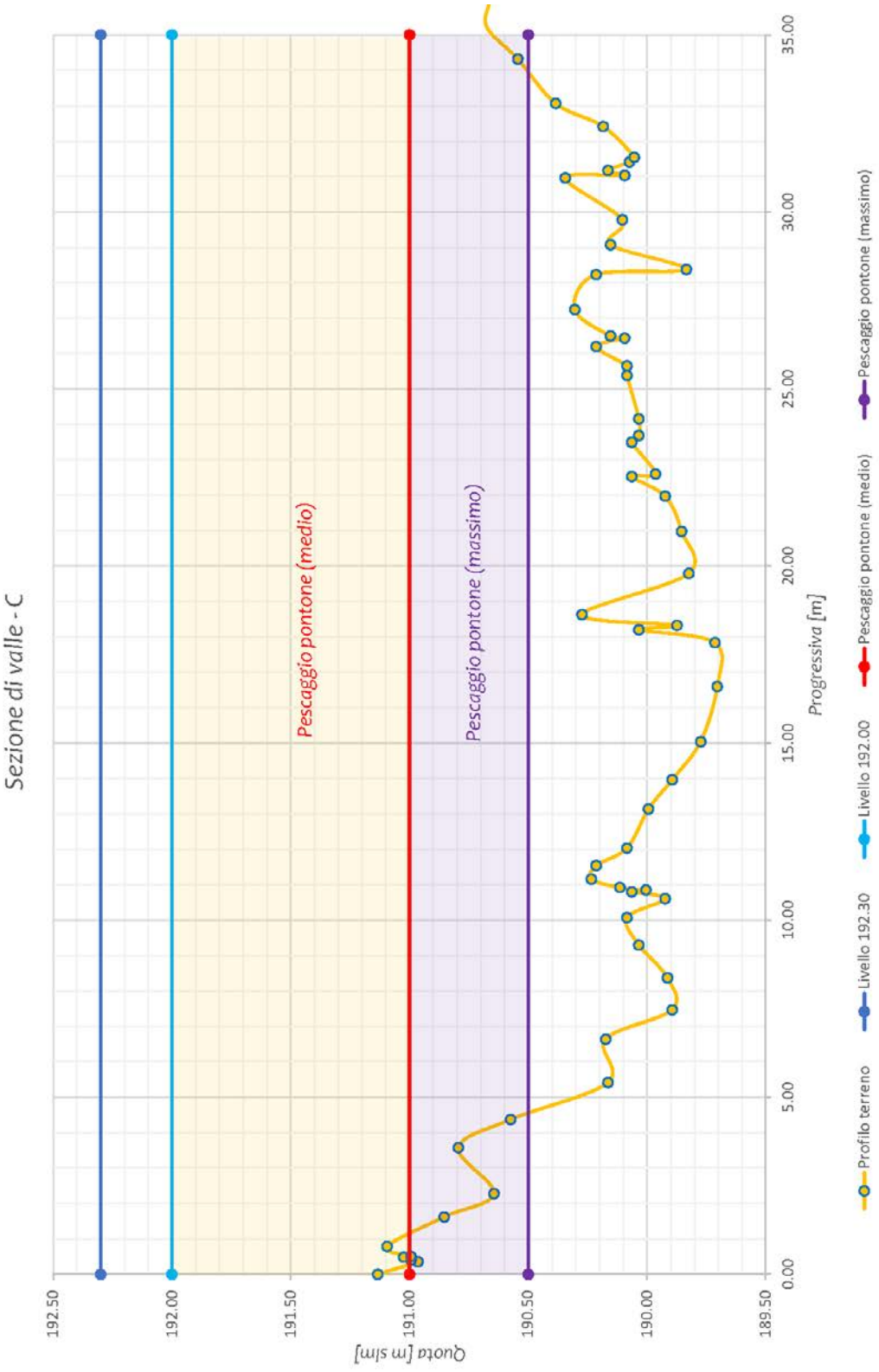


Figura 11: Sezione a monte della traversa - C

Prendendo in considerazione il livello idrometrico più svantaggioso, ossia quello a quota inferiore, come meglio evidenziato nelle sezioni sopra riportate, **nell'area di monte** il problema principale è rappresentato dai trovanti che si trovano in corrispondenza della terza e della quarta campata. In corrispondenza dei trovanti e attorno ad essi la navigazione non è possibile neanche quando il lago è invasato; quando il livello idrometrico a Sesto Calende è prossimo a -50 cm (quota idrometrica a monte della Miorina di 192.40 m s.l.m.) i trovanti emergono addirittura dall'acqua.

Nel tragitto tra ormeggio e area di intervento (sezione monte-A) ci sono alcuni punti in cui, in condizioni di livello basso, la profondità dell'acqua potrebbe non essere sufficiente. Si tenga presente che, durante gli spostamenti, il carico del pontone è ben distribuito e quindi la condizione di pescaggio massimo (linea viola) non si dovrebbe mai verificare).

Nell'area di valle le condizioni sono sicuramente più critiche: dalle sezioni emerge che, quando il lago si trova in regime di magra, in diversi punti il tirante idrico non è sufficiente a garantire la manovrabilità del pontone in sicurezza. A tal proposito è bene precisare che i risultati del rilievo, specialmente in prossimità delle portine aperte (e quindi delle pile), possono essere stati alterati dall'eccessiva turbolenza presente: la formazione di bolle d'aria e le oscillazioni della barca provocate dalla corrente possono alterare in modo anche rilevante i risultati del rilievo. Questo vale in particolare per la sezione valle-A, nella parte di destra del grafico, che rappresenta i punti prossimi alle portine che, durante il rilievo batimetrico, erano aperte.

In corrispondenza della terza campata, nel marzo 2021 non è stato possibile effettuare il rilevo batimetrico a causa dell'eccessiva turbolenza, ma è ragionevole pensare che la configurazione del fondo sia analoga a quella rilevata in corrispondenza della quarta campata, dove è stato invece effettuato un accurato rilievo batimetrico (sezioni valle-B e valle-C).

In corrispondenza della quarta campata la profondità dell'acqua risulta adeguata quando il lago è invasato, mentre raggiunge i valori limite quando il lago è prossimo al livello di minima regolazione. In questi casi, specialmente in prossimità dello sbarra-

mento (sezione valle-B) e vicino alla riva (sezione valle-C) non è possibile operare con i mezzi in punta e il pescaggio medio del pontone è prossimo alla profondità dell'acqua (linea rossa).

In tutti i casi è certo che nell'alveo a monte e a valle sono presenti massi di diverse dimensioni, che potrebbero costituire degli elementi di criticità per la navigazione dei pontoni.

Durante la fase di lavoro D, "*Pulizia alveo per infissione palancole*", (Tav 06/17) è necessario effettuare una ricognizione puntuale di tutti i massi presenti nelle aree dove si muoveranno i pontoni. Alcuni di questi, come quello presente a monte della portina 100, difficilmente potranno essere rimossi e dovrà quindi essere segnalati e aggirati dai natanti. Altri, di dimensioni minori, dovranno essere sollevati e spostati in luoghi dove non interferiscono con la navigazione dei pontoni.

Figura 12: L'alveo a valle dello sbarramento durante il rilievo batimetrico