

Studio idraulico, morfometrico ed idrologico del tratto terminale del Fosso del Palo finalizzato all'espletamento della *verifica completa* di compatibilità idraulica (L.R. 22/20111 art.10), in adempimento a quanto richiesto dalla Provincia di Fermo settore Genio Civile con nota n.0035666 del 26/11/2014, per il progetto del piano attuativo di iniziativa privata in variante al PRG dell'area Ex FIM, denominata APT2, sub comparto A, situata in via Faleria, nel comune di Porto Sant'Elpidio (FM).

Committente: *ditta FIM spa*

INDICE

1.1	PREMESSA	pag. 2
1.2	ELABORAZIONE DATI PLUVIOMETRICI.....	pag. 4
1.3	CALCOLO PORTATE DI MASSIMA PIENA	pag. 7
1.4	VERIFICA IDRAULICA.....	pag. 14
1.5	VERIFICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA.....	pag. 21

La presente relazione è composta da n° 24 pagine e dai seguenti allegati:

ALLEGATI

TAB.1	DATI PLUVIOMETRICI stazione Porto Sant'Elpidio
TAV.1	COROGRAFIA scala 1:10 000
TAV.2	BACINO IDROGRAFICO FOSSO DEL PALO
TAV.3	COROGRAFIA Tracciato terminale fosso del Palo scala 1:2.000
TAV.4	SEZIONI IDRAULICHE 10-40 risultati verifiche 1°, 2° e 3° simulazione
TAV.5	SEZIONI IDRAULICHE 50-80 risultati verifiche 1°, 2° e 3° simulazione
TAV.6	PROFILO risultati verifiche 1°, 2° e 3° simulazione
TAV.7	PROFILO 3D risultati verifiche 1°, 2° e 3° simulazione
TAV.8	SEZIONE IDRAULICA n.38 risultati verifica in back analysis
N.8	TABULATI VERIFICHE IDRAULICHE ESEGUITE
TAV.9	PLANIMETRIA AREE INONDABILI

1.1.PREMESSA

In ottemperanza alle integrazioni richieste con nota n. 0035666 del 26/11/2014 della Provincia di Fermo settore Genio Civile, il presente lavoro integra il "Rapporto di Verifica della Compatibilità Idraulica e definizione delle misure volte al perseguimento di Invarianza Idraulica (L.R. 22/2011 art.10) per il progetto di piano attuativo di iniziativa privata in variante al PRG dell'area Ex FIM, denominata APT2 sub comparto A, situata in via Faleria, nel comune di Porto Sant'Elpidio (FM)", redatto dallo scrivente in data 23 Luglio 2014.

In particolare la finalità del presente studio integrativo risulta essere la **verifica completa di compatibilità idraulica** (III livello di analisi) dell'area progetto in questione, redatta ai sensi della *L.R. 22/2011 art.10 cap. 2.4.1* ed espletata attraverso l'analisi idrologica-idraulica del Fosso del Palo che rappresenta l'unico elemento idrografico di possibile influenza verso il sito in esame.

L'analisi idrologica-idraulica è stata condotta, sulla base di quanto concordato con i tecnici della Provincia di Fermo sez. Genio Civile, attraverso un'analisi idrologica, esecuzioni di rilievi topografici di dettaglio e verifiche idrauliche lungo il tratto inferiore del Fosso del Palo.

Nello specifico, per ciò che concerne le verifiche idrauliche, in adempimento a quanto dettato dalle *Linee Guida - All. "A" -Sviluppo della verifica di compatibilità idraulica* dell'Autorità di Bacino della regione Marche per i corsi d'acqua con bacini inferiori a 25 kmq con influenza della foce a mare, le verifiche idrauliche del Fosso del Palo sono state effettuate nelle condizioni più gravose fra le ipotesi di portate con tempi di ritorno (TR) di 100, 50 e 30 anni, con un livello marino statico equivalente pari rispettivamente alla media dei massimi annuali, con tempo di ritorno di 10 e 100 anni.

In base ai risultati delle verifiche, inoltre, è stato eseguito anche un procedimento di back-analysis al fine di individuare la massima capacità di deflusso dell'opera idraulica a maggiore criticità.

Nelle previsioni delle massime portate, sono state trascurate, ai fini della sicurezza, tutte le opere di regimentazione idraulica ed attraversamento, situate a monte dell'area oggetto in esame ed in particolare del ponte ferroviario, non

considerando quindi effetti di “strozzatura” e/o riduzioni di portata del fosso da parte di opere antropiche, mentre sono state valutate e verificate tutte le sezioni di valle rispetto all'asse ferroviario, fino allo sbocco sul mare; questo, sempre in un ottica di massima cautela ed al fine di non trascurare eventuali problematiche di “rigurgito idrico” del fosso verso l'area studiata, nel caso di insufficienza drenante di sezioni idrauliche presenti a valle dell'area in esame. Per ultimo nella valutazione degli afflussi idrici all'interno del bacino di studio, sono stati considerati anche gli apporti antropici, relativi alle fognature di acque chiare, i cui scarichi, talora, riversano all'interno dell'alveo studiato.

La modellazione idraulica e le verifiche sono state eseguite mediante uso di software specifici, in particolar modo la simulazione della propagazione dell'onda di piena lungo il reticolo idraulico è stata condotta utilizzando il programma HEC-RAS sviluppato da “Hydrologic Engineering Center” del US Army Corps of Engineers (USA), che ha permesso di determinare l'altezza dei livelli idrici nelle varie sezioni reali considerate per le diverse portate ipotizzate, evidenziando quindi le possibili criticità del reticolo stesso per i diversi tempi di ritorno e/o per differenti condizioni al contorno.

I dati pluviometrici utilizzati per il calcolo delle piene sono stati estratti dagli Annali Idrologici, pubblicati annualmente a cura del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN), nello specifico è stata utilizzata la stazione di Porto Sant'Elpidio.

La base cartografica utilizzata per la modellazione e la stesura degli elaborati è la Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000 della Regione Marche e la ortofotocarta del comune di Porto Sant'Elpidio in scala 1:5.000 ed 1:2000; quest'ultima carta, nello specifico è stata opportunamente implementata attraverso l'esecuzione di un rilievo topografico di precisione con teodolite-satellitare, che ha permesso di georeferenziare in maniera dettagliata ed attraverso sopralluoghi reiterati, i punti significativi necessari allo studio della verifica idraulica (*pendenze dell'alveo nei suoi differenti punti, sezioni ecc...*), mentre il rilievo delle geometrie, principalmente delle opere antropiche presenti lungo l'alveo del fosso, quali scatolari, argini, attraversamenti ecc., sono state misurate direttamente in sito dallo scrivente. Il rilievo topografico di precisione è stato esteso ad un intorno significativo nel tratto prospiciente il confine meridionale dell'area, nello specifico sono state prese in considerazione tutte le opere presenti nel settore immediatamente a valle del sottopasso ferroviario, al fine di poter effettuare una ricostruzione di dettaglio

della conformazione topografica dell'area e poter ipotizzare, con ragionevole precisione, le possibili direzioni di deflusso delle acque superficiali e quindi tracciare un probabile perimetro delle aree potenzialmente esondabili, nonché valutare l'influenza della opere antropiche presenti.

1.2 ELABORAZIONE DATI PLUVIOMETRICI

Nella analisi di calcolo e nelle verifiche delle opere idrauliche, la determinazione delle altezze idrometriche e delle portate hanno un ruolo di fondamentale importanza. Dai dati pluviometrici dedotti in funzione delle frequenze e della distribuzione dei valori per il tempo di ritorno prescelto, scaturiscono le ipotesi per il dimensionamento delle opere stesse. I dati pluviometrici di una stazione di misura delle precipitazioni, si estraggono dagli Annali Idrologici, pubblicati annualmente a cura del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN). La elaborazione di tali dati si attua ricercando la relazione esistente tra l'altezza delle precipitazioni e le loro durate per un determinato periodo di ritorno considerato. Affinché le elaborazioni siano attendibili i dati di riferimento devono essere sufficientemente estesi nel tempo (almeno 20-30 anni). Le relazioni $h=h(t)$ sono espresse generalmente nella forma seguente:

$$h=at^n$$

dove a ed n sono costanti in funzione del periodo di ritorno.

stazione di misura delle piogge

La stazione di misura presa in considerazione è quella di Porto Sant'Elpidio, quindi dati estremamente rappresentativi dell'area oggetto di studio, i quali sono stati desunti dagli Annali Idrologici redatti dal Servizio Idrografico e Mareografico di Bologna. L'elaborazione dei dati dedotti dagli Annali idrologici, ipotizzando tempi di ritorno differenti e compresi tra 100 e 20 anni, ha consentito di ricavare la relazione dell'altezza delle precipitazioni con la loro durata in relazione ai fattori "a" e "n" (vedi tabelle ed elaborazioni successive).

tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione di un bacino idrologico è il tempo necessario a far confluire quella parte di precipitazione, che contribuisce alla piena, in particolare quella che scorre in superficie, dal punto più distante del percorso idrologico alla sezione di chiusa del bacino, nel caso specifico rappresentata dalla sezione di via Pesaro, area questa antistante il sito FIM oggetto di studio, durante un evento di intensità e di durata tale da generare un deflusso di piena. Nella planimetria del Bacino Idrografico redatta in allegato sono stati riportati i valori dei tempi di corrivazione calcolati in base ai diversi autori (*Giandotti, Viparelli, Pizzoli, Puglisi, Ventura, Tournon, Pasini, Kirpich, Johnstone-cross, California Culvert Pratiche, Nracs-Scs*) che fanno riferimento a diverse tipologie di bacini idrografici (estensione, altimetria, ecc.). Tra tutti i metodi di calcolo utilizzati, il più usato, nel caso di un bacino di piccole dimensioni (<100 kmq), per il calcolo del tempo di corrivazione è il metodo di Giandotti, adottato anche nel presente studio, la cui formula fa riferimento agli elementi fondamentali del processo cinematico che avviene nel bacino. I risultati forniti da tale formula per bacini di limitata estensione areale (<100 kmq) sono da considerarsi normalmente come sovrastimati.

Formula di Giandotti:

$$t_c (h) = \frac{4(Sb)^{1/2} + 1.5 L_p}{0.8 (H_m)^{1/2}}$$

Sb = superficie bacino

Sb = 3,141 kmq

Lp = lunghezza del bacino

Lp = 3,586 km

Pm = pendenza media del bacino

Pm = 2.1%

Hm = altezza media del bacino

Hm = 63 mt

t_c (h) = **1.94 h**

Formula di Giandotti

coefficiente di deflusso

Il coefficiente di deflusso o coefficiente di *Runoff* è il rapporto tra la quantità di deflusso e la quantità di precipitazione e dipende da diversi fattori quali il tipo di terreno, il grado di saturazione, il tipo di vegetazione, la pendenza, ecc. Sono diversi e differenti i metodi per la determinazione di tale coefficiente, in questo caso si è adottato *il metodo di Kennessey* (1930), in quanto ritenuto più idoneo, visto il discreto numero di fattori di cui tiene conto. Tale metodo presuppone che il coefficiente di deflusso sia la somma di tre coefficienti C_a , C_v e C_p che si riferiscono alla acclività media, alla tipologia di copertura vegetale ed alla permeabilità dei suoli, inoltre tali valori sono in funzione di un indice detto di aridità, cioè condizioni di imbibizione del terreno.

INDICE DI ARIDITA'	<25	25 - 40	>40
PERMEABILITA' (CP)		coefficienti	
1° - molto scarsa	0.21	0.26	0.3
2° - mediocre	0.12	0.16	0.20
3° - buona	0.06	0.08	0.10
4° - elevata	0.03	0.04	0.05
ACCLIVITA' (CA)		coefficienti	
1° - >35%	0.22	0.26	0.30
2° - 35% - 10%	0.12	0.16	0.20
3° - 10% - 3.5%	0.01	0.03	0.05
4° - <3.5%	-	0.01	0.03
COPERTURA VEGETALE (CV)		coefficienti	
1° - roccia nuda	0.26	0.28	0.30
2° - pascoli	0.17	0.21	0.25
3° - terra coltivata	0.07	0.11	0.15
4° - bosco d'alto fusto	0.03	0.04	0.05

Nel caso specifico, il bacino idrografico del fosso in esame (vedi corografia allegata in appendice) risulta caratterizzato da un indice di aridità basso (<25, considerando una piovosità media di 650 mm/anno ed una temperatura media di 16°), è stata imposta, per fini estremamente cautelativi una permeabilità molto scarsa con $C_p=0.21$, nonostante la presenza di terreni limoso-sabbiosi e talora sabbiosi della coltre di natura eluvio-colluviale che caratterizzano dal punto di vista geologico l'intero bacino imbrifero in questione, ma con lo scopo di tenere conto che nella parte basale del bacino talora parte della superficie risulta impermeabilizzata dalla urbanizzazione. Mentre per quanto riguarda l'acclività, si considera che la superficie del bacino è caratterizzata da

una pendenza media compresa tra 10% e 2%, da cui risulta un coefficiente $C_a=0.01$; infine per la copertura vegetale, si è considerato, come la superficie del bacino sia caratterizzata da terra agricola coltivata, da cui scaturisce un valore di $C_v=0.07$. Il valore complessivo del coefficiente di deflusso risulta pertanto essere pari a:

$$C = C_p + C_a + C_v = 0.29 \quad (\text{metodo di Kennessey 1930}).$$

Considerando nel bacino la presenza esclusivamente nella porzione terminale di superfici urbanizzate impermeabili a cui può essere attribuito un coefficiente di deflusso di 0.80, effettuando una media pesata con la capacità di deflusso sopra determinata attribuita alle superfici verdi permeabili ($C=0.29$), si ricava un coefficiente di deflusso medio per l'intero bacino pari a **$C_m=0.30$** .

1.3 CALCOLO DI MASSIMA PIENA

ANALISI DEL BACINO IDROGRAFICO

Il bacino idrografico del Fosso in esame si estende interamente all'interno della porzione meridionale del territorio comunale di Porto Sant'Elpidio, per una superficie complessiva, in corrispondenza dell'area sottesa dall'opera di attraversamento ritenuta più significativa ai fini dello studio, di circa 3,141 km². Il bacino del *Fosso del Palo* presenta una forma allungata, con asse di allungamento disposto secondo la direzione Ovest-Est.

a) parametri morfometrici

I principali parametri morfogenetici del bacino idrografico del Fosso del Palo, all'altezza della sezione considerata (attraversamento Via Pesaro), sono i seguenti:

<i>area bacino idrografico</i>	$A_b = 3.141 \text{ km}^2$
<i>perimetro bacino idrografico</i>	$P_b = 9,593 \text{ km}$
<i>lunghezza asta fluviale principale</i>	$L = 3323 \text{ mt}$
<i>pendenza media %</i>	$P = 0.021$

Un metodo ampiamente usato per il calcolo della portata di piena è il *metodo razionale*. La formula razionale fornisce il valore della portata di piena Q (m^3/s) in funzione del tempo di ritorno T (anni), a partire dal volume specifico dei deflussi (pioggia netta o pioggia depurata) h_n (mm), in funzione dell'ampiezza dell'area scolante A (km^2) e del tempo di percorrenza dei deflussi stessi, detto tempo di corrivazione t_c (ore).

$$Q = \frac{C \cdot h \cdot A \cdot k}{t_c}$$

dove:

Q = portata di massima piena al colmo per un dato tempo di ritorno, ipotizzato di 200 anni;

C = coefficiente di deflusso, rapporto tra gli afflussi meteorici e i corrispondenti deflussi superficiali;

k = costante (0,2777);

S = area del bacino (km);

h = altezza di precipitazione riferita t_c per un dato tempo di ritorno (mm);

t_c = tempo di corrivazione (ore).

INTERA AREA SOTTESA ALLA SEZIONE CONSIDERATA

$C_{\text{DEFLUSSO}}=0.30$		S (kmq)=3,141		$t_c=1.94$ h (Giandotti)	
Tr (anni)	a	n	t_c (ore)	h (mm)	Q(mc/sec)
5	37.9901712	0.2800	1,94	46.00	6.2
10	46.1679302	0.2940	1,94	56.44	7.61
20	54.0103663	0.3003	1,94	66.31	8.94
30	58.5213887	0.3032	1,94	71.99	9.71
50	64.1599885	0.3061	1,94	79.08	10.67
100	71.7649381	0.3093	1,94	88.65	11.96
200	79.3416959	0.3119	1,94	98.18	13.24
500	89.3373039	0.3146	1,94	110.76	14.94
1000	96.8914766	0.3163	1,94	120.26	16.22

I valori della portata di massima piena Q calcolati per i diversi tempi di ritorno (30,50 e 100 anni) previsti dalle linee guida redatte dall'Autorità di Bacino della Regione Marche, nel Marzo 2014, recanti indicazioni e suggerimenti per la corretta stesura della V.C.I. e della V.I.I. relativamente alla

verifica di compatibilità idraulica completa (analisi III livello), adottando come tempo di corrivazione t_c quello ricavabile dalla formula di Giandotti ($t_c=1.94$), possono essere così riassunti:

Portata di massima Tempo di Ritorno 30 anni	$Q_1= 9,71$ mc/s
Portata di massima Tempo di Ritorno 50 anni	$Q_2= 10.67$ mc/s
Portata di massima Tempo di Ritorno 100 anni	$Q_3= 11.96$ mc/s

Nella determinazione dei valori di massima piena, inoltre, **al fine di tener conto dell'ipotetico apporto di acque chiare di natura antropica all'interno del bacino del fosso studiato**, per effetto dei collettori fognari di acque chiare che attualmente scaricano all'interno del corso d'acqua, la cui quantificazione risulta essere molto difficoltosa e all'atto pratico dimostratasi praticamente improba, si è provveduto ad un allargamento della superficie del bacino nel tratto terminale urbanizzato, rispetto a quella determinato su base esclusivamente morfologica. E' da ritenere ragionevole che tale accorgimento risulta essere sufficiente e sicuramente cautelativo per operare una compensazione tra le ipotetiche quantità di acque di dilavamento raccolte fuori dal bacino imbrifero da condotte fognarie e portate (in contropendenza) all'interno dell'alveo del fosso in esame, e viceversa le acque pluviali del bacino del fosso dell'alveo allontanate da condotte fognarie, magari di acque nere, in area esterna al bacino stesso (es: depuratore).

b) Stato attuale del sito

(Vedi Corografia tracciato fosso del palo allegata in appendice)

Il tratto terminale del fosso del Palo preso in esame avente una lunghezza complessiva di 600 mt è quello che va dalla sezione 80 ubicata in prossimità di via della Pace all'altezza del complesso della Croce Verde, coincidente con la regimentazione antropica del corso d'acqua (*lo stesso a monte risulta avere un tracciato completamente naturale*), sino alla sezione 10 posta in prossimità di Via Faleria (lungomare) sita a pochi metri dalla foce del fosso stesso. La

regimentazione del fosso, in corrispondenza della sezione 80, comincia scatolare chiuso in c.a., per un tratto di circa 70-80 mt al sino ad attraversare l'intera via Della Pace,



Foto 1: scatolare presente oltre la sezione 80, al di sotto di via Della Pace

quindi ritorna a cielo aperto scorrendo all'interno di un sistema "antierosivo" di forma rettangolare con alla base un materasso Reno associato a delle cestonate che fungono da sponda. Procedendo verso valle, per un altro tratto di circa 70 mt, il fosso scorre nuovamente all'interno di un altro scatolare sito al di sotto di via del Palo e dell'attraversamento della statale Adriatica.



Foto 2: scatolare all'uscita della statale Adriatica

Oltre la strada nazionale il fosso risulta costituito da una canaletta di magra, di sezione quadra in c.a (80 cm larga per 40 cm di altezza) coperta da elementi prefabbricati in cls amovibili con sponde in terra, che per il tratto che costeggia il ristorante il Gambero risultano rafforzate da cestoni di rete zincata riempiti di pietrame (di recentissima realizzazione) .



Foto 3: tratto a cielo aperto adiacente il ristorante "Il Gambero"

Dopo circa 90 mt., alla sezione 58 si intercetta il ponte della ferrovia, il quale presenta una sezione rettangolare di 3.8 mt. di base per 1.3 mt. di altezza, con alla base un canaletta di minima, sempre dalla forma rettangolare, larga 80 cm ed alta 40 cm.



Foto 4: ponte sulla ferrovia

Più a valle, ad una distanza di circa 60 mt. è posto invece l'attraversamento di Via Pesaro (sezione 38), che rappresenta l'opera idraulica più significativa ai fini dello studio di compatibilità in quanto risulta essere la più vicina all'area di variante urbanistica Fim oggetto di studio. Dalle informazioni raccolte sembrerebbe trattarsi di un'opera temporanea di cantiere, realizzata nelle fasi provvisorie di costruzione dell'adiacente sottopasso ferroviario, ed oggi rimasto nelle medesime condizioni in attesa della realizzazione di una struttura adeguata. Essa risulta composta da un mezzo tubo "finsider" ondulato della lunghezza di circa 10 mt., avente un diametro interno di 2.4 mt. con alla base una mezza canaletta in cemento rotocompresso del diametro di 80 cm.



Foto 5: sezione 38, opera di attraversamento del fosso in corrispondenza di via Pesaro

Tale canaletta di minima con argini in terra prosegue quindi, per un tratto di circa 110 mt, fino alla sezione 19 dove si riscontra l'ultimo attraversamento, in corrispondenza del lungomare Faleria distante appena 40 mt dalla foce e composto, lato ovest, da n.3 tubi in cemento del diametro netto di 115 cm, mentre lato est da un ponte in c.a di forma rettangolare di 5.3 mt di base e circa 1.9 mt. di altezza, all'interno del quale si rinvenivano più condotte che ne riducono la sezione di deflusso.



Foto 6: sezione 19 ponte su lungomare Faleria, lato monte



Foto 7: ponte su lungomare Faleria, lato valle

Per le dimensioni geometriche delle sezioni in questione si rimanda alla tav. Corografia tracciato fosso del Palo allegata in appendice.

1.4 VERIFICA IDRAULICA

Per la modellazione idraulica del deflusso nei corsi d'acqua sia naturali che artificiali si utilizzano schematizzazioni diverse in funzione dei dati disponibili e del grado di accuratezza del risultato che si intende ottenere. La prima differenziazione riguarda la schematizzazione dimensionale utilizzata, che può essere monodimensionale, bidimensionale o tridimensionale. Ai fini pratici la schematizzazione più utilizzata è sicuramente quella monodimensionale soprattutto per la semplicità che la caratterizza. Essa fornisce in ogni caso risultati soddisfacenti quando la componente principale di moto è lungo una direzione prevalente. In questo caso le caratteristiche di moto vengono valutate su ogni singola sezione trasversale del corso d'acqua e poi viene valutata la singola interferenza con le sezioni contigue. Nel caso specifico del fosso del Palo è stata adottata una tipologia di **schema monodirezionale** in quanto assolutamente soddisfacente, dato che non trattasi di un ampio corso d'acqua dove la propagazione delle acque avviene attraverso meandri e/o barre che dividono i flussi in componenti di spostamento anche di tipo laterale, ma nel caso di studio essendo il corso d'acqua estremamente piccolo, concentra il suo deflusso lungo una linea orientata verso la massima pendenza e priva di accentuate divagazioni.

Oltre allo schema di moto, un'altra distinzione va condotta in base alle condizioni temporali o regime di moto che può essere di tipo: *uniforme*, *permanente* e *vario*. Si ha un moto *permanente* quando le caratteristiche del deflusso restano costanti in funzione del tempo e moto *vario* quando esse variano. Il moto *uniforme* è un caso particolare di quello *permanente*, quando il deflusso avviene in un alveo cilindrico. Una corrente a pelo libero è in moto uniforme se scorre in un alveo cilindrico con la superficie libera parallela al fondo, in natura si trovano situazioni di questo genere solo in canali ed alvei completamente artificiali ed in perfetto stato di manutenzione. Pertanto una corrente a pelo libero è da considerarsi in moto permanente gradualmente variato quando sono presenti variazioni graduali di sezione e di direzione, ma in ogni caso la pressione può ritenersi distribuita idrostaticamente e la portata non varia nel tempo. Una corrente a pelo libero è in moto vario quando sono presenti brusche variazioni di portata in una sezione che si trasmettono quindi alle sezioni circostanti. Nel caso specifico per il fosso studiato, si è ritenuto ragionevole ipotizzare un regime di **moto di tipo permanente**.

Per la verifica idraulica del tratto terminale del corso d'acqua ed in particolare lo studio delle sezioni esistenti di attraversamento e/o di rivestimento, è stato utilizzato il **programma HEC-RAS 4.1.0 sviluppato da "Hydrologic Engineering Center" del US Army Corps of Engineers (USA)**. Tale programma serve per simulare la propagazione dell'onda di piena lungo il reticolo idraulico e determinare quindi l'altezza che il livello idrico raggiunge nelle varie sezioni evidenziando quindi possibili criticità del reticolo stesso. Inoltre permette di simulare il comportamento di eventuali opere da realizzare lungo i corsi d'acqua. Nel presente calcolo è stato utilizzato, come anticipato in precedenza, uno schema *monodimensionale* che è quello implementato nel software HEC-RAS associato a delle condizioni di *moto permanente* che prevede caratteristiche del deflusso che restano costanti in funzione del tempo.

Per la definizione del profilo liquido, in base alle caratteristiche geometriche dell'alveo del fosso in studio, considerando i valori del coefficiente di *Froude* emersi dai calcoli, si è utilizzato uno schema di **CORRENTE VELOCE** (*supercritical flow*). Per le condizioni di contorno sia a monte che a valle in corrispondenza delle due sezioni estreme (di monte e di valle) del tratto considerato, si è considerato per la condizione di contorno a monte la pendenza media del tratto di canale a monte (Normal Depth) pari a 2.3%. Per la condizione di contorno a valle è stata utilizzata l'opzione Known Water Surface Elevations (WSE) rappresentante al valore noto dell'altezza d'acqua, che nel caso specifico risulta essere il valore dell'innalzamento del livello marino per i vari tempi di ritorno. In dettaglio, vista l'assenza di dati ufficiali da parte della Regione Marche, considerata la complessità della valutazione dell'effetto congiunto del moto ondoso e marea, sull'innalzamento del livello marino sottocosta, sono stati utilizzati, in accordo con i tecnici del Genio Civile di Fermo, i dati ricavati nell'ambito del "Progetto di piano per la difesa del mare e la riqualificazione ambientale della Regione Emilia Romagna (ARPA -Regione Emilia-Romagna -1996), che risultano essere:

hm=1.35 mt *massimi annuali*
hm=1.80 mt *Tempo di ritorno 10 anni*
hm=2.00 mt *Tempo di ritorno 100 anni*

Alla luce di quanto sopra riportato, in ottemperanza con quanto dettato dai "Criteri, modalità e indicazioni tecnico-operative per la redazione della verifica di compatibilità idraulica degli strumenti di pianificazione territoriale e per l'invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali" (BUR Marche n.19 del 17/02/2014), facendo inoltre riferimento, alle linee guida redatte

dall'Autorità di Bacino della Regione Marche, nel Marzo 2014, recanti indicazioni e suggerimenti per la corretta stesura della V.C.I. e della V.I.I, nello sviluppo delle verifiche idrauliche del tratto terminale del *Fosso del Palo* sono state effettuate tre diverse ipotesi di progetto, nonché una di *back analysis* allo scopo di valutare la massima capacità di deflusso dell'opera idraulica risultata sottodimensionata (sez.38) che rappresenta quindi, anche per la collocazione prospiciente l'area FIM, l'opera di maggior criticità presente nell'area. Le verifiche idrauliche sono state effettuate schematicamente secondo le seguenti simulazioni:

1° simulazione	
Portata di monte Tempo di Ritorno (TR) di 100 anni	Q= 11.96 mc/s
Livello marino equivalente – media dei massimi annuali	h= 1.35 mt
2° simulazione	
Portata di monte Tempo di Ritorno (TR) di 50 anni	Q= 10.67 mc/s
Livello marino equivalente – Tempo di ritorno di 10 anni	h= 1.80 mt
3° simulazione	
Portata di monte Tempo di Ritorno (TR) di 30 anni	Q= 9.71 mc/s
Livello marino equivalente – Tempo di ritorno di 100 anni	h= 2.00 mt
4° simulazione -back analysis	
Portata di monte Tempo di Ritorno (TR) di 20 anni	Q= 8.94 mc/s
Livello marino equivalente – Tempo di ritorno di 100 anni	h= 2.00 mt

RISULTANZE VERIFICHE IDRAULICHE

A monte dell'attraversamento ferroviario, benchè come detto si rinvengono diverse opere idrauliche, in via cautelativa e conservativa, nei calcoli è stato considerato come se l'alveo fosse privo di qualsiasi impedimento e/o restringimento tale da ridurre l'afflusso alla sezione di progetto, mentre sono

stati presi in considerazione gli attraversamenti, nella loro completa reale geometria, posti a valle della Strada Statale n.16 per valutare la loro efficienza idraulica e le possibili problematiche e conseguenze sull'area oggetto di trasformazione (allagamento per effetto rigurgito delle sezioni di valle) nel caso gli stessi dovessero risultare insufficienti con le portate di massima piena ipotizzate e le condizioni al contorno considerate.

Il tratto dell'alveo del fosso studiato nella verifica idraulica risulta essere in gran parte rivestito in cemento, considerato, nei sopralluoghi eseguiti, in discrete condizioni di conservazione, pertanto, per quanto riguarda i valori del coefficiente di scabrezza, si è potuto far riferimento ai valori **di resistenza di Manning** per canali artificiali di seguito riportata unitamente alla tabella per il calcolo del coefficiente di resistenza di tronco:

<i>Tipo di superficie</i>	<i>Minimo</i>	<i>Normale</i>	<i>Massimo</i>
Canali rivestiti in			
<i>Acciaio (canalette)</i>	0.011	0.012	0.017
<i>Lamiera ondulata</i>	0.021	0.025	0.030
<i>Legno con buon grado di finitura</i>	0.010	0.012	0.015
<i>Legno grezzo</i>	0.012	0.015	0.018
<i>Calcestruzzo liscio</i>	0.011	0.013	0.015
<i>Calcestruzzo grezzo</i>	0.014	0.017	0.020
<i>Conglomerato bituminoso liscio</i>		0.013	
<i>Conglomerato bituminoso grezzo</i>		0.016	
<i>Mattoni vetrificati</i>	0.011	0.013	0.015
<i>Mattoni con intonaco</i>	0.012	0.015	0.018
<i>Pietrame con giunti stilati</i>	0.018	0.025	0.030
<i>Scogliera</i>	0.023	0.032	0.035
<i>Gunita (sezione di scavo regolarizzata)</i>	0.016	0.019	0.023
<i>Gunita (sezione irregolare)</i>	0.018	0.022	0.025
<i>Erba</i>	0.030		0.500

<i>Condizioni del corso d'acqua</i>		<i>Valori del coefficiente</i>
Materiale d'alveo	Sabbie e limi	n₀
	Ghiaie e sabbie	
	Ciottoli e sabbie	
	Roccia	
Forma della sezione trasversale	Regolare	n₁
	Abbastanza regolare	
	Moderatamente irregolare	
	Molto irregolare	
Grado di uniformità longitudinale	Variazioni graduali	n₂
	Saltuarie strettoie e varici	
	Frequenti cambi di sezione	
Effetto delle ostruzioni	trascurabile	n₃
	Poco importante	
	Apprezzabile	
	Forte	
Vegetazione	Scarsa	n₄
	Media	
	Importante	
	Molto importante	
Grado di sinuosità	Scarso	n₅
	Apprezzabile	
	Notevole	

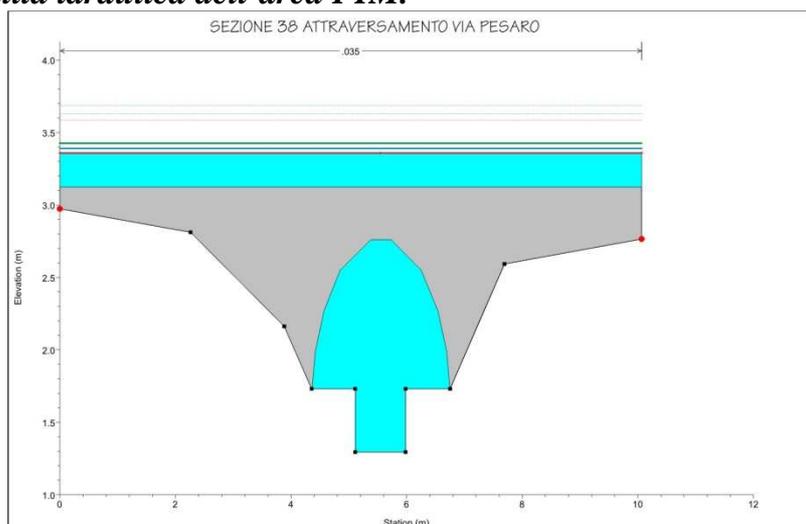
Si è adottato un valore *di resistenza di Manning*, (anche in questo caso interpretando in maniera cautelativa la scelta dei parametri) pari a **0.35** per la determinazione del coefficiente di resistenza, considerando la somma dei vari coefficienti relativi ad un alveo rivestito talora in calcestruzzo liscio (0.013) ed in parte da erba (0.030) per una media pesata considerata di (0.020) con una forma della sezione trasversale regolare (0.000), un grado di uniformità longitudinale con variazioni graduali (0.000) e un effetto delle ostruzioni poco importante (0.015).

La *pendenza motrice* (J) utilizzata per le condizioni di contorno a monte (Normal Depth), è stata valutata in maniera estremamente dettagliata, grazie

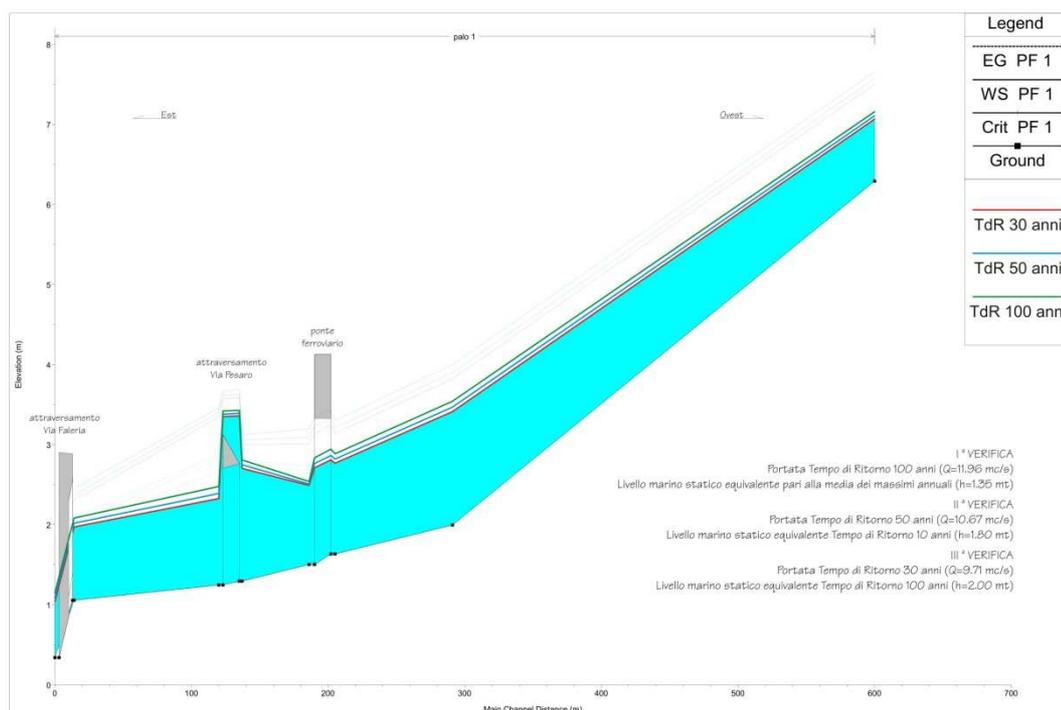
al rilevamento topografico di dettaglio eseguito per lo scopo, ed è risulta essere pari a **0.023** (2.3%).

In allegato alla presente relazione vengono riportate le tabelle riassuntive di tutte le sezioni attuali derivanti dalle diverse simulazioni, con le relative caratteristiche specifiche. Dalla simulazione ottenuta dal software adottato, oltre alle tabelle sopra citate, in cui sono riassunti i valori di velocità di corrente, numero di *Frode* ecc..., emergono anche delle visualizzazioni grafiche in cui viene descritto il livello dell'onda di piena sulle singole opere presenti lungo l'alveo, rappresentate da sezioni e profili, unitamente alla rappresentazione grafica dei risultati dei calcoli sull'intero profilo longitudinale del tratto del Fosso del Palo considerato.

Dai calcoli eseguiti si evince come per tutte le sezioni e gli attraversamenti sul fosso del Palo considerati, anche se con franchi di sicurezza differenti, sono verificati per tutte e quattro le simulazioni (vedi sezioni allegate in appendice) ovvero per le portate di 11.96 mc/s (TR 100), 10.67 mc/s (TR 50), 9.71 mc/s (TR 30) e 8.94 mc/s (TR 20), con le rispettive condizioni al contorno (livello medio del mare), ad eccezione della sezione n.38, cioè quella relativa all'attraversamento di via Pesaro, che invece è verificata esclusivamente con la portata minore (8.94 mc/s) relativa ad un tempo di ritorno di appena 20 anni con livello marino statico equivalente con tempo di ritorno di 100 anni (h=2.00 mt.) Alla luce di ciò si allega, di seguito, il grafico della sezione suddetta ed il profilo generale, ***che rappresenta alla luce dell'ubicazione anche l'opera più significativa ai fini della valutazione della compatibilità idraulica dell'area FIM.***



PROFILO TRATTO FINALE FOSSO DEL PALO



Dalla rappresentazione grafica risulta evidente che tutte e tre le superfici di colore rosso, azzurro e verde, rappresentanti rispettivamente le portate di $Q=11.96$ mc/s, $Q=10.67$ mc/s e $Q=9.71$ mc/s, risultano comprese al di sotto dei rettangolini grigi rappresentanti gli impalcati dei vari attraversamenti presenti, ad esclusione della sezione 38 di via Pesaro, fatto questo che testimonia come nella situazione attuale tale sezione risulti sottodimensionata per una portata di piena con tempo di ritorno pari e/o superiore a 30 anni. La 4° simulazione in cui è stata effettuata una back analysis attraverso una progressiva riduzione dei valori della portata sino ad ottenere la massima capacità di deflusso dell'elemento idraulico, ha evidenziato che l'opera può essere considerata verificata per una portata con tempo di ritorno di 20 anni pari a 8.94 mc/s (vedi documenti e grafici allegati in appendice).

Pertanto, nelle attuali condizioni, risulta evidente l'esigenza di prendere atto dell'insufficienza dell'opera di attraversamento di via Pesaro e di conseguenza la necessità di realizzare una nuova opera idraulica adeguatamente dimensionata in base ai risultati delle verifiche effettuate, alla quale si consiglia di associare, a fini cautelativi, degli interventi di mitigazione

idraulica del lato monte della sezione di via Faleria, dato il minimo franco di sicurezza scaturito dalle verifiche idrauliche eseguite. Si ritiene pertanto consigliabile, in questo ultimo caso, eliminare i 3 tubi in cemento presenti, estendendo e ripristinando anche nel tratto in questione, la sezione di valle adeguatamente dimensionata.

1.5 VERIFICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

In ottemperanza con le integrazioni richieste dalla Provincia di Fermo sez. Genio Civile con nota n. 0035666 del 26/11/2014, a completamento della verifica di compatibilità idraulica di tipo preliminare realizzata dallo scrivente in data luglio 2014, a cui si rimanda per le considerazioni idrografico-bibliografico e storico contenute, è stata effettuata una **verifica completa di compatibilità idraulica** (III livello di analisi) dell'area progetto in questione, ai sensi di quanto previsto dalla *L.R. 22/2011 art.10 cap. 2.4.1*, basata sui risultati della presente verifica idraulica eseguita e sulla base di considerazioni di carattere morfologico, topografico ed idrologico.

A tale specifico scopo è stato effettuato un rilievo topografico di dettaglio anche della zona prospiciente il confine occidentale dell'area progetto Ex-Fim e nell'intorno significativo dell'attraversamento di Via Pesaro, al fine di poter ricostruire le principali direzioni di deflusso delle potenziali acque superficiali di esondazione nonché l'influenza delle opere antropiche esistenti nel caso specifico del sottopasso ferroviario esistente e quindi di redigere una carta di sintesi riportante il probabile perimetro delle aree esondabili (*Planimetria aree inondabili*).

Sulla base di quanto suddetto risulta ragionevole sostenere che nel caso di portate importanti del fosso del Palo quantificabili dai calcoli superiori a circa 9.0 mc/s (portata di tempo di ritorno di 20 anni) l'opera di attraversamento di via Pesaro, se nel frattempo non verrà adeguata, risulterà insufficiente a garantire il deflusso per cui le acque in eccesso, a seguito dell'effetto sbarramento operato dall'opera, tenderanno a tracimare sia in destra che in sinistra idrografica dell'alveo del Fosso del Palo nell'area immediatamente a monte dell'opera idraulica di Via Pesaro, per una quantità massima

ipotizzabile, valutando i risultati scaturiti con tempi massimi di ritorno di 100 anni di circa 3 mc/sec (11.96 mc/sec – 9.00 mc/sec). In particolare in destra idrografica le acque tenderanno a defluire con direzione prevalentemente N-S al di sopra di un'area verde incolta pressoché pianeggiante e/o debolmente digradante verso Sud delimitata verso Est dal marciapiede di Via Pesaro, impostata ad una quota topografica assoluta compresa tra 2.502 e 2.134 mt sopra il livello medio del mare. In sinistra idrografica le acque di tracimazione tenderanno invece a defluire dapprima su un'area verde e poi invadere via Pesaro e confluire verso la rampa dell'adiacente sottopasso ferroviario fino al fondo dello stesso, il cui piano basale risulta impostato ad una quota topografica di -1.2 mt. sotto il livello medio del mare, ed avente un'altezza netta di circa 4.0 mt., acque che grazie al sistema di pompe di sollevamento esistente verranno poi emunte ed allontanate. Per quanto concerne le direzioni preferenziali di deflusso delle acque in eccesso, valutate considerando la topografia di dettaglio del sito (*vedi planimetria aree inondabili allegata in appendice*), esse si indirizzeranno dapprima verso Sud per poi, nel caso di persistenza dell'alluvione indirizzarsi anche verso Ovest, prima sul campo quindi sulla rampa di accesso del sottopasso.



Foto 8-9: vista della rampa di via Pesaro, con a fianco l'area di variante FIM posta ad una quota topografica di tutta sicurezza

Sulla base delle considerazioni suddette il probabile perimetro della aree alluvionabili riportato sulla *Planimetria delle Aree esondabili* in allegato, alla luce della conformazione morfologica dell'area e delle opere antropiche esistenti, si estende sia in destra idrografica per una superficie della lunghezza stimabile di 90 mt larga 20 mt., che in sinistra idrografica principalmente per una stretta fascia della lunghezza di circa 80 mt, larga 8 mt, pari all'estensione della rampa di accesso del sottopasso, avente asse di allungamento disposto

secondo la direzione E-W. In particolare, in sinistra idrografica il convogliamento delle acque all'interno del sottopasso è indotto dalla morfologia dell'area unitamente dalla tipologia e conformazione dell'opera che funge da immagazzinamento e laminazione delle acque di esondazione.

Dalla lettura della carta delle Aree esondabili si evince chiaramente come l'area oggetto di Variante risulti quindi esente da qualsiasi rischio idraulico da parte del Fosso del Palo, anche a fronte di un probabile esondazione indotta dall'insufficiente capacità di deflusso dell'attraversamento di Via Pesaro, vista la presenza del sottopasso ferroviario che funge da opera di raccolta e di allontanamento per mezzo delle pompe esistenti delle acque di tracimazione. Pertanto i risultati e le considerazioni del presente studio confermano quanto emerso nella precedente verifica di compatibilità preliminare realizzata su base storica-bibliografica con elementi morfologici.

Infine occorre considerare che tutto il settore meridionale dell'area progetto ex-FIM oggetto di variante più prossima all'alveo del fosso del Palo ha una destinazione urbanistica a verde e/o a parcheggio, mentre i comparti A e B dove verrà concentrata l'edificazione sono distanti oltre 300 mt., ad una distanza cioè di tutta sicurezza dal fosso in questione.

Viene ribadito, inoltre, che l'urbanizzazione dell'area ex FIM, nonostante la modificazione delle quote topografiche del sito tra la situazione attuale e quella post opera prevista dal progetto, di fatto, non aggrava in alcun modo le condizioni di rischio idraulico delle zone circostanti, in quanto la nuova area nelle zone confinanti rimarrà impostata alla medesima quota delle aree contermini, mentre si innalzerà solo in corrispondenza dei comparti A e B dove verrà concentrata l'edificazione, rispetto al piano campagna attuale, dove però sarà previsto un sistema di raccolta delle acque, in grado di drenare le acque provenienti dall'area stessa e in grado di mantenere idraulicamente isolata la nuova lottizzazione.

Pertanto, alla luce di tali considerazioni si esprime parere favorevole circa la compatibilità idraulica dell'area di trasformazione urbanistica per il progetto del piano attuativo di iniziativa privata in variante al PRG dell'area Ex FIM, denominata APT2 sub comparto A, il quale, a seguito della verifica completa di III livello effettuata con analisi idrologica-idraulica del Fosso del Palo che rappresenta l'elemento idrografico più prossimo al sito in esame, risulta esente da fenomeni di esondazione da

parte del fosso suddetto, inoltre si esclude, per effetto dell'urbanizzazione, qualsiasi tipo di alterazione del regime idraulico sulle aree contermini, indotta dalle scelte urbanistiche e nello specifico dalle modifiche del piano attuale di campagna, che nel caso specifico non comporteranno variazioni significative delle linee di deflusso delle acque dilavanti.

Infine si allega alla presente relazione, fuori testo, la dichiarazione aggiornata al nuovo studio dello scrivente, in qualità di tecnico incaricato, circa la verifica-asseverazione di compatibilità ed invarianza idraulica della trasformazione urbanistica in questione, nel rispetto di quanto dettato dalla LR 22/2011 art 10 e dei contenuti dei *“criteri, modalità e indicazioni tecnico-operative per la redazione della verifica di compatibilità idraulica degli strumenti di pianificazione territoriale e per l'invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali”* (BUR Marche n.19 del 17/02/2014).

Porto Sant'Elpidio, 05 Febbraio 2015

il geologo
Dr. Massimo Basili
ORDINE DEI GEOLOGI DELLA REGIONE MARCHE
geologo specialista
numero 277 albo sezione A (1984)



DATI PLUVIOMETRICI

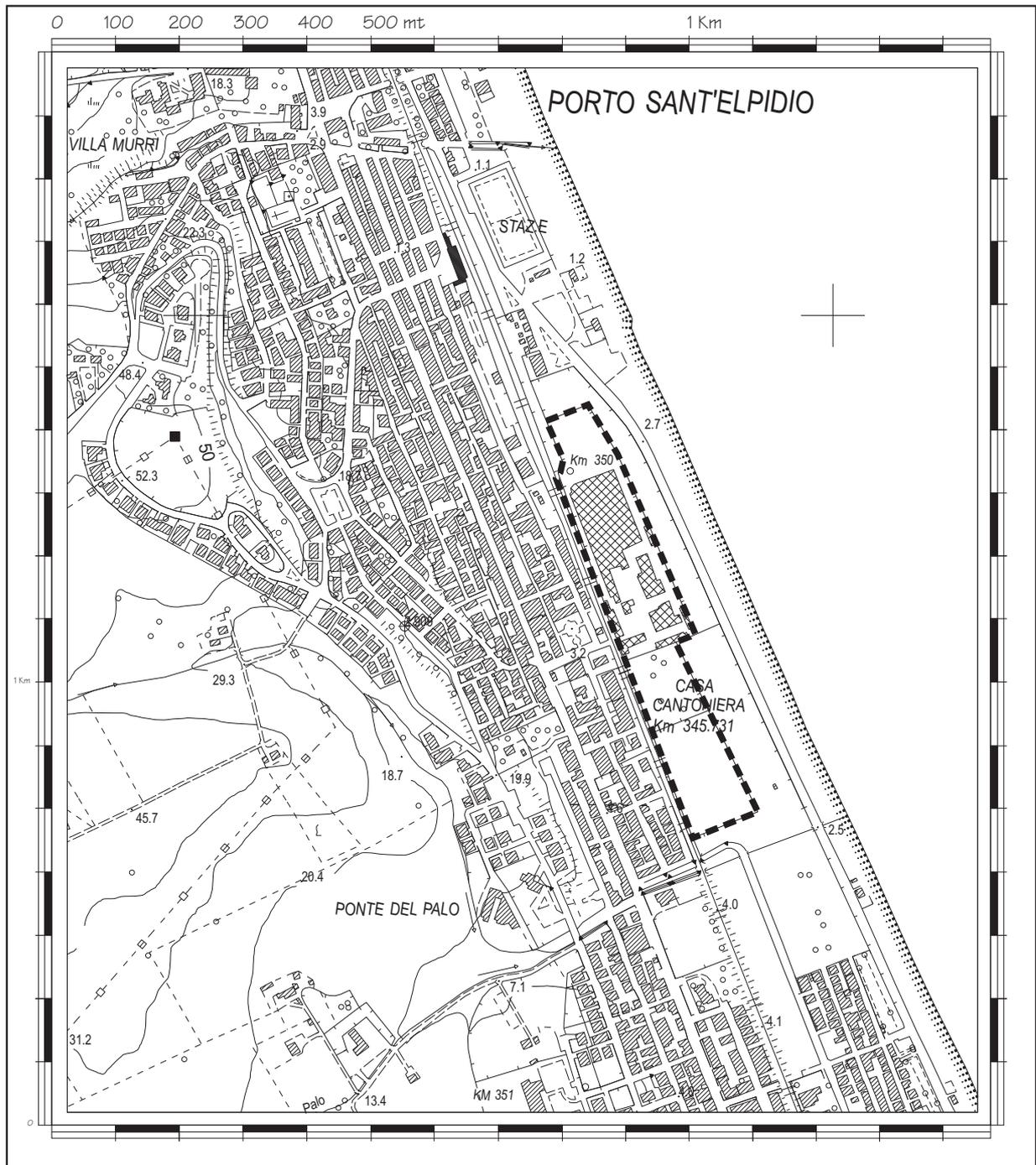
N. Dati 47
 Stazione Porto Sant'Elpidio
 m. s.l.m. 25

ANNI	T = 5 MIN	T = 10 MIN	T = 15 MIN	T = 30 MIN	T = 45 MIN
	mm	mm	mm	mm	mm
1935	24.00	36.20	48.60	49.80	50.00
1936	18.00	20.40	28.40	40.40	61.40
1937	24.60	28.20	38.4	53.40	106.4
1938	33.80	38.20	38.4	38.40	44.00
1939	62.60	71.60	71.60	72.60	72.80
1940	10.00	18.00	21.20	29.20	48.40
1941	13.40	14.40	22.00	23.40	31.60
1942	17.80	23.00	23.00	23.60	30.40
1943	22.60	33.00	54.40	83.60	85.00
1947	32.60	60.00	95.00	120.40	138.00
1948	22.80	28.00	31.80	32.00	38.80
1950	14.50	16.40	18.20	25.80	27.00
1951	35.00	44.40	44.80	44.80	53.20
1952	22.40	38.20	69.80	98.80	110.80
1953	18.60	26.20	36.60	55.20	59.80
1954	16.20	20.80	25.00	32.40	43.00
1955	40.60	42.80	52.00	72.60	77.60
1956	24.40	25.40	28.60	33.60	65.00
1957	33.80	38.60	44.40	50.20	71.00
1958	23.20	28.20	37.20	61.20	72.20
1959	63.00	128.4	149.60	226.20	236.40
1960	45.00	45.40	45.40	46.20	46.20
1961	18.00	36.80	50.40	72.20	77.00
1962	26.40	34.40	35.60	49.20	76.60
1964	25.60	32.60	33.80	38.8	40.00
1967	33.00	45.60	46.00	50.60	52.20
1968	15.40	24.60	29.60	36.40	48.40
1969	19.00	27.60	44.20	55.00	59.00
1970	21.00	34.00	35.20	35.20	40.80
1971	35.60	37.80	48.4	53.00	53.40
1972	41.00	70.80	70.80	70.80	70.80
1973	21.60	23.60	35.40	39.80	56.40
1974	14.20	23.20	37.00	44.60	49.40
1975	34.00	45.60	48.20	49.40	57.00
1976	39.40	70.80	70.80	80.00	101.00
1977	41.00	44.60	50.00	62.20	63.80
1978	25.60	32.20	43.80	60.80	80.60
1980	32.00	32.60	36.00	42.60	44.20
1981	32.00	33.40	38.40	40.20	68.80
1982	48.00	49.20	49.20	50.00	75.20
1983	18.20	19.20	23.20	23.20	23.20
1984	22.40	36.40	37.80	42.00	62.40
1985	10.60	16.00	21.00	27.00	44.40
1986	24.80	27.20	28.20	28.20	31.00
1987	10.40	11.80	19.20	31.00	31.00
1988	38.00	48.20	48.20	48.20	78.20

COROGRAFIA



Scala 1:10.000



stralcio Carta Tecnica Regionale n.304100-304140, comune di Porto Sant'Elpidio (FM)



AREA DI INDAGINE

TEMPO DI CORRIVAZIONE CALCOLATO (ore)

GIANDOTTI	1.94
VIPARELLI	0.62
PEZZOLI	1.26
PUGLISI	2.81
VENTURA	1.56
TOURNON	2.38
PASINI	1.63
KIRPICH	0.47
JOHNSTONE-CROSS	0.39
CALIFORNIA CULVERT PRATICE	0.68
NRCS-SCS	1.92

PLANIMETRIA BACINO IDROGRAFICO DEL FOSSO DEL PALO

rapp. 1:20.000



Legenda



ingombro area in esame



ingombro bacino idrografico del fosso del Palo

dati bacino idrografico

superficie	3,141 kmq
quota max. slm	110 mt.
quota minima slm (sezione chiusura)	2,6 mt
quota media slm	63 mt
perimetro	9593 mt
pendenza media versanti	0,07
distanza max spartiacque-sezione	3586 mt
curve number (CN)	70

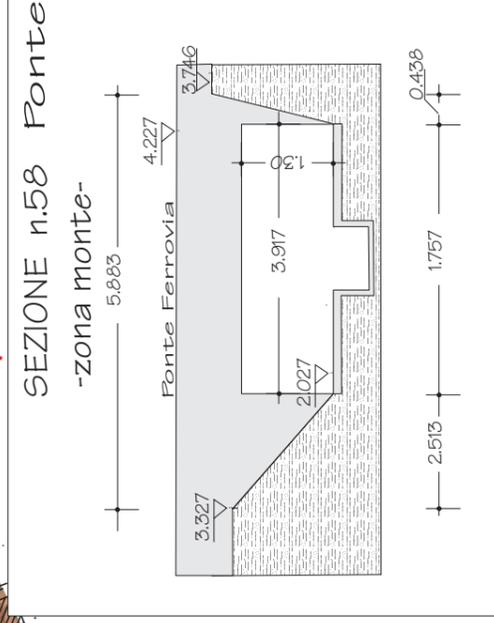
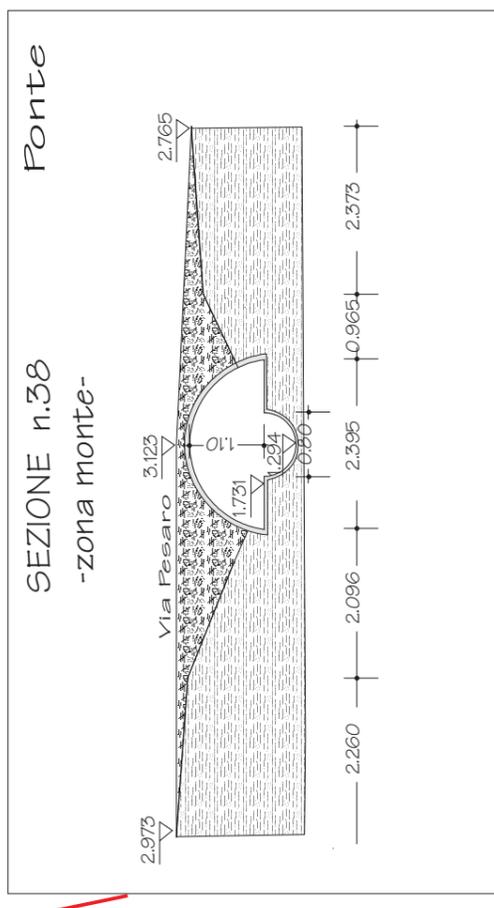
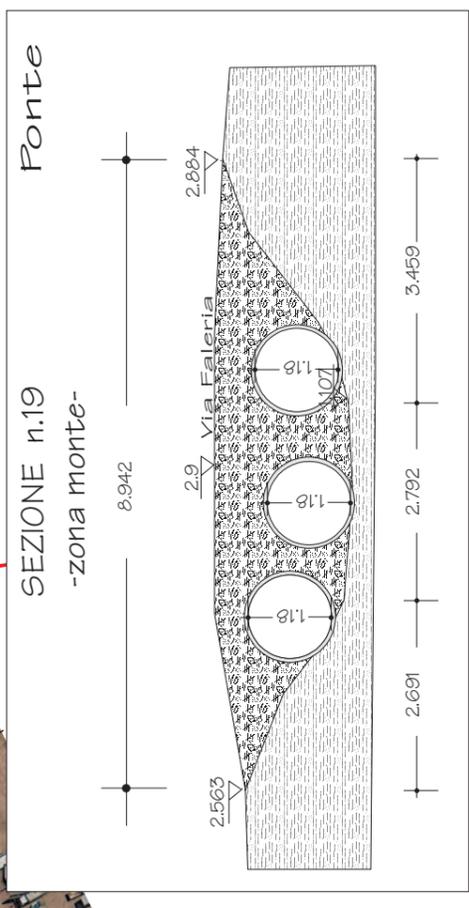
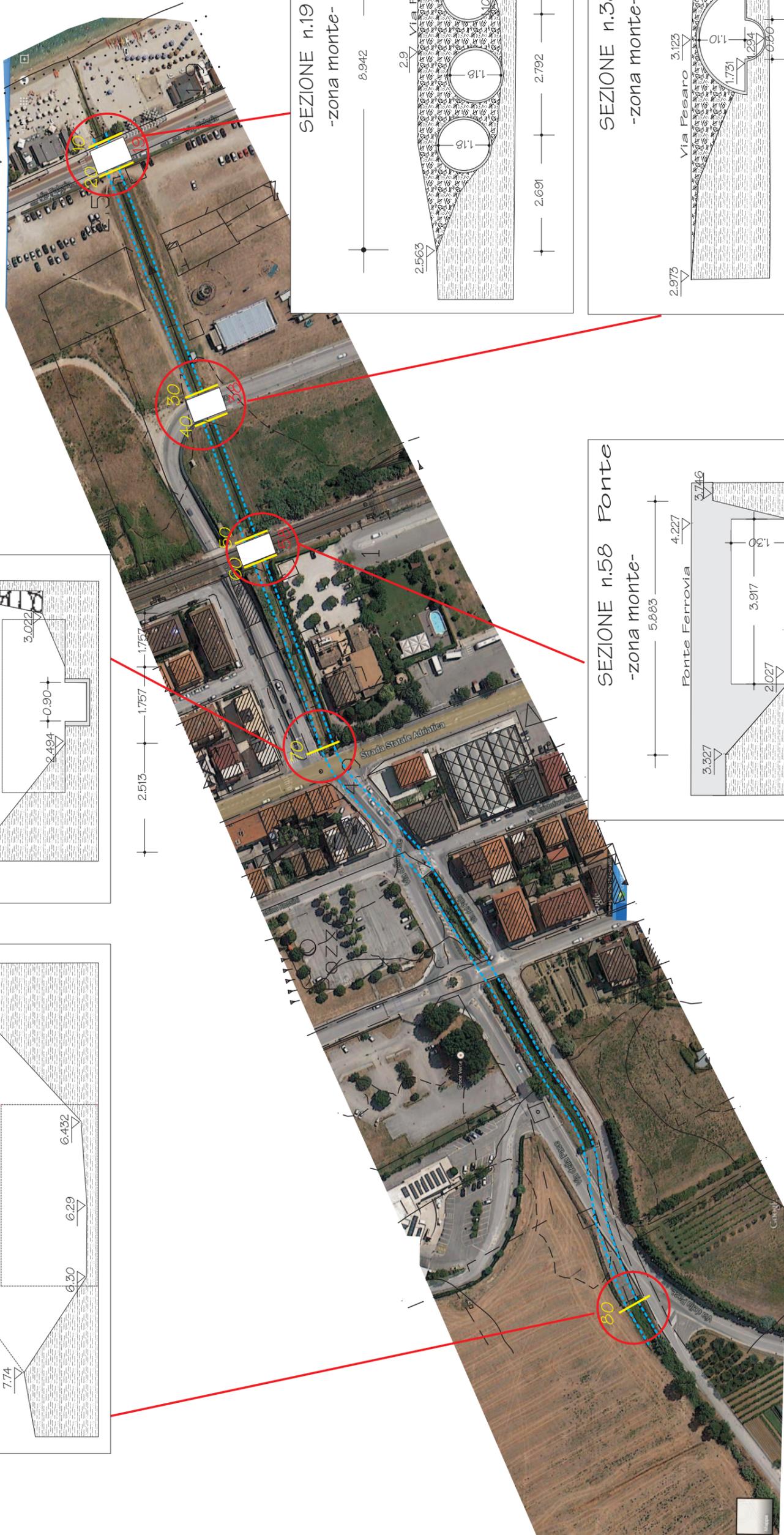
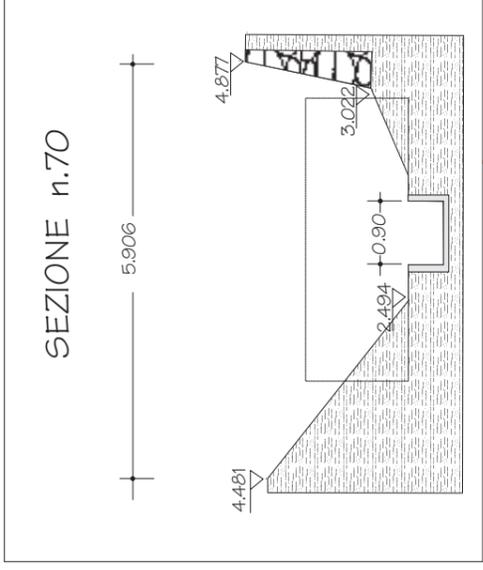
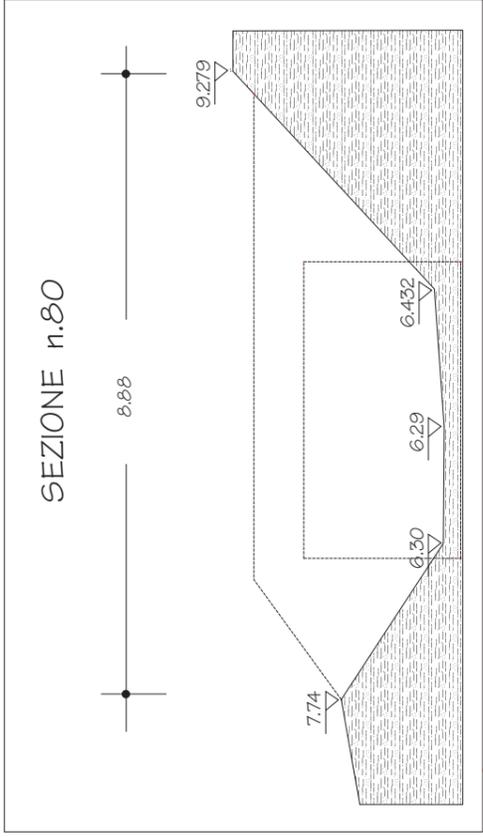
parametri di forma bacino

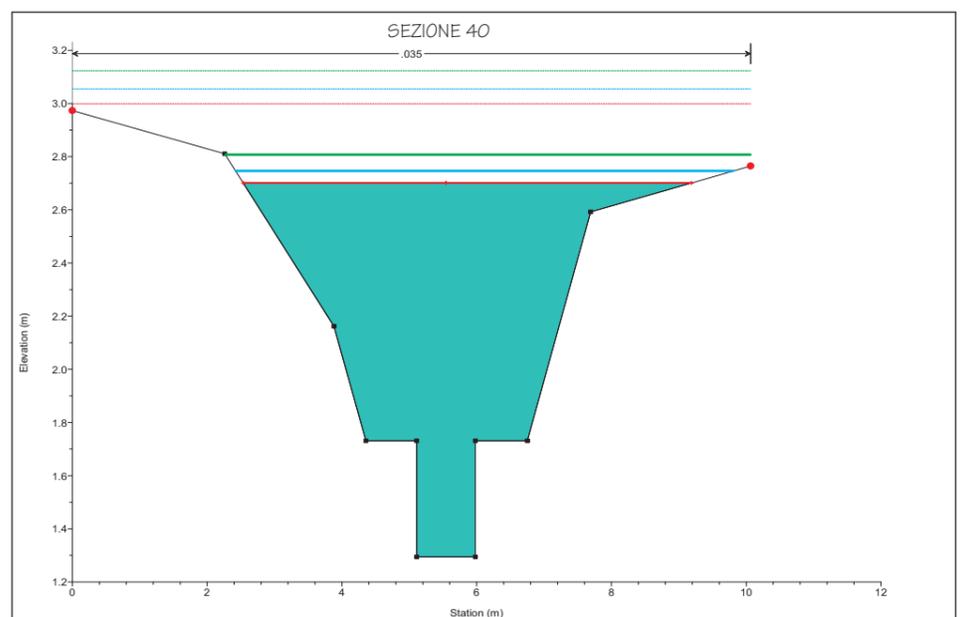
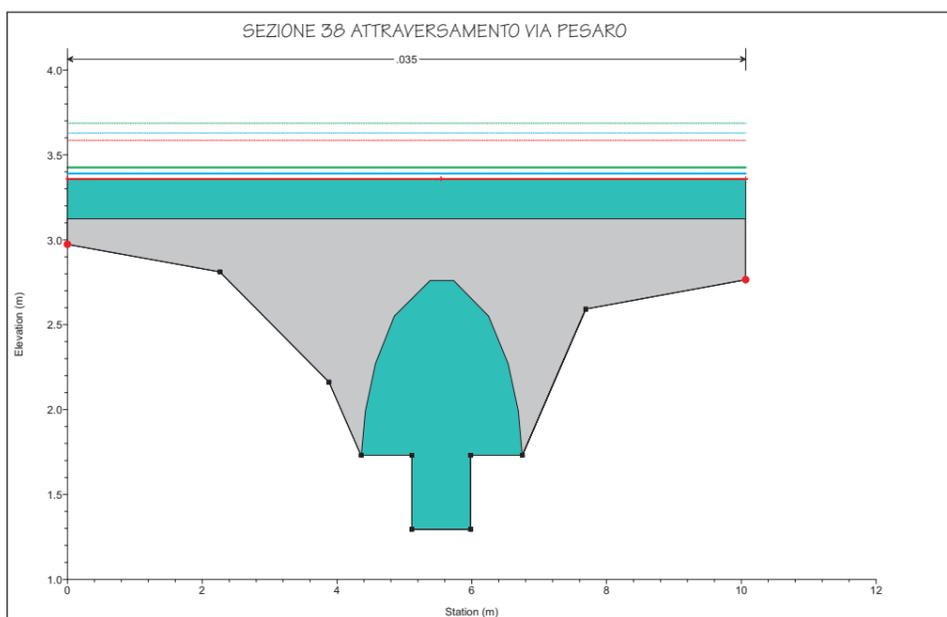
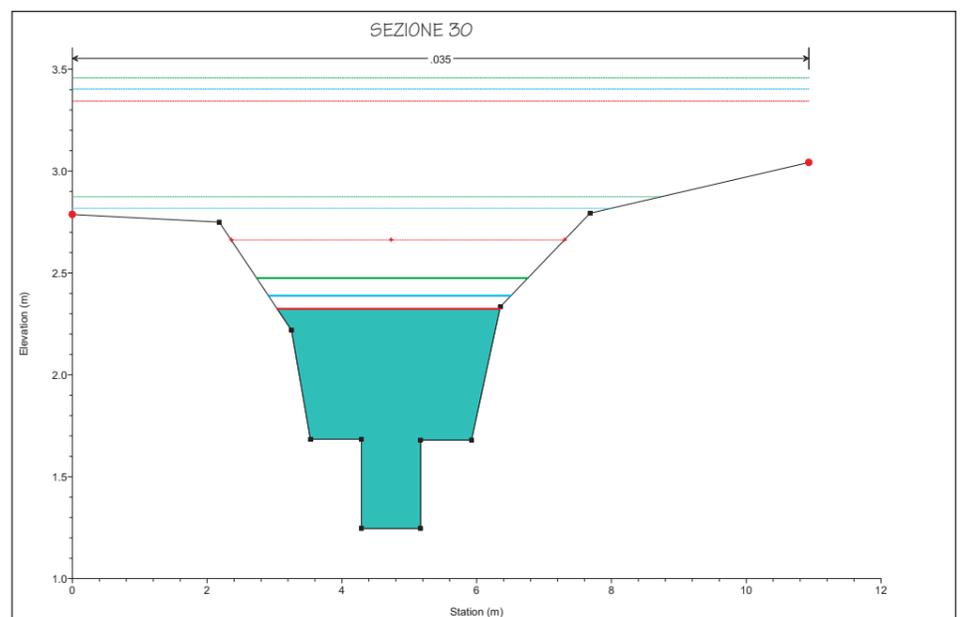
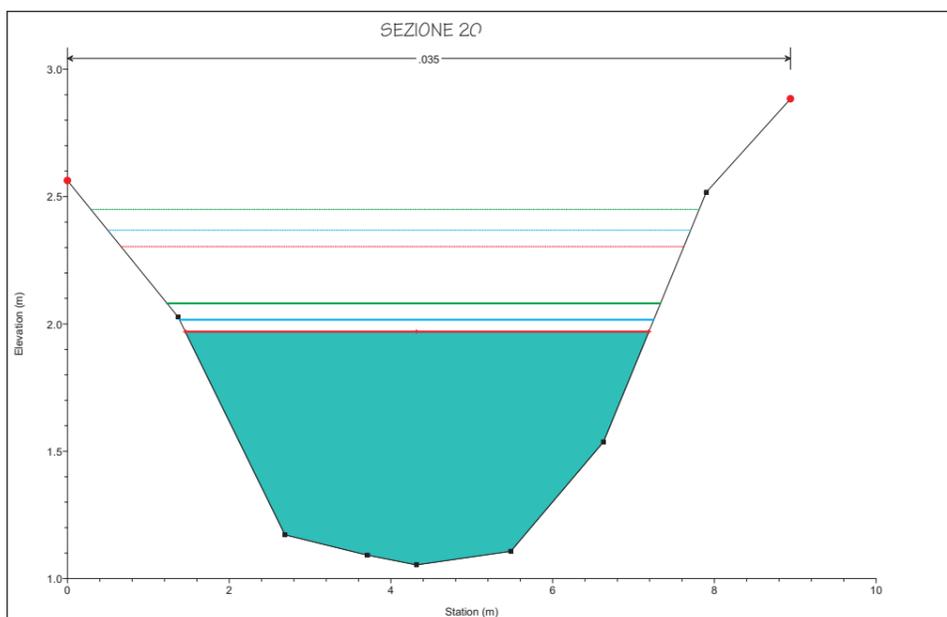
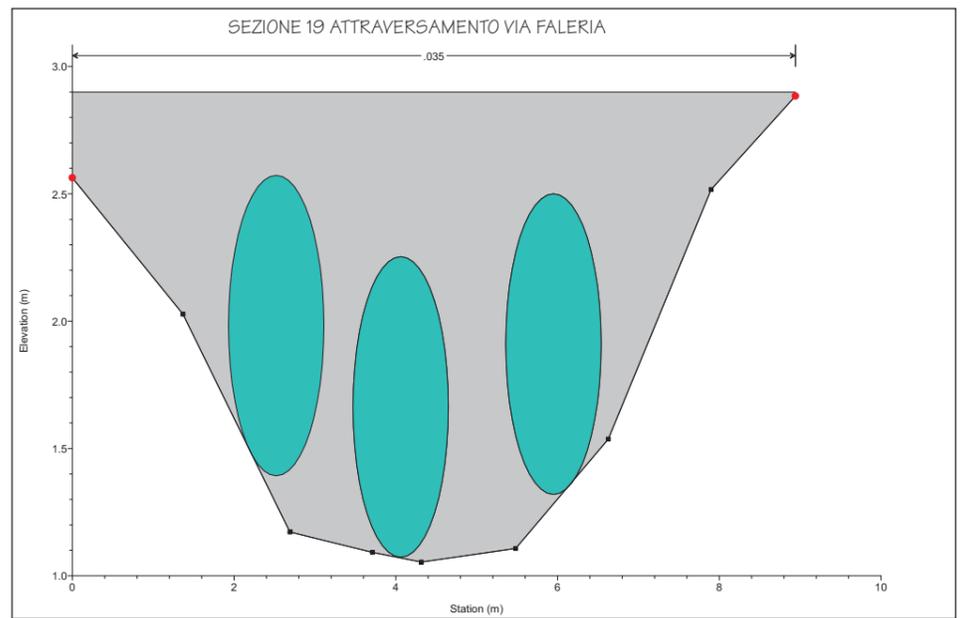
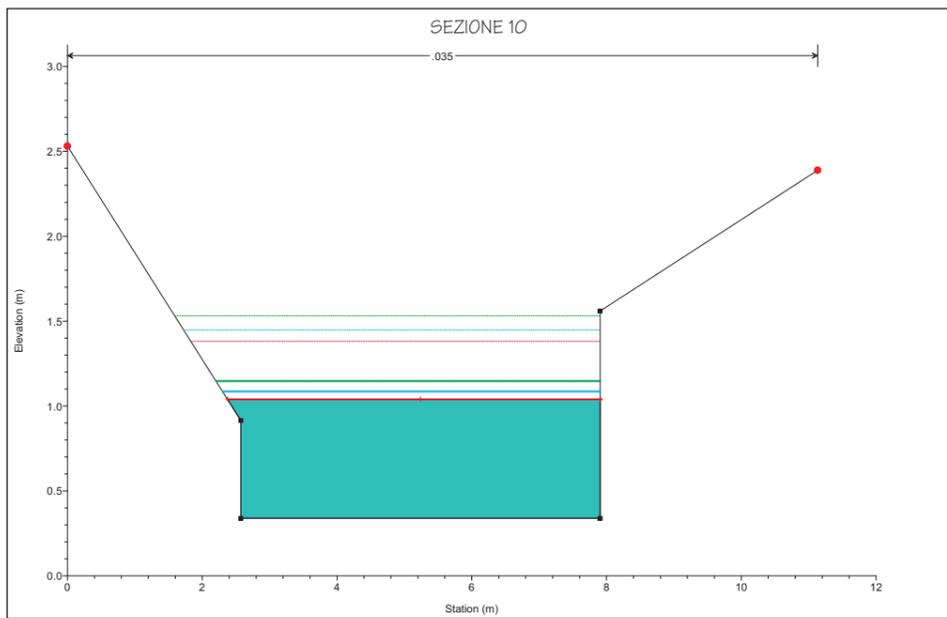
rapporto di circolarità	0,43
coefficiente di uniformità	1,53
fattore di forma	0,28
rapporto di allungamento	0,60

asta fluviale

lunghezza	3,323 km
pendenza media	0,021

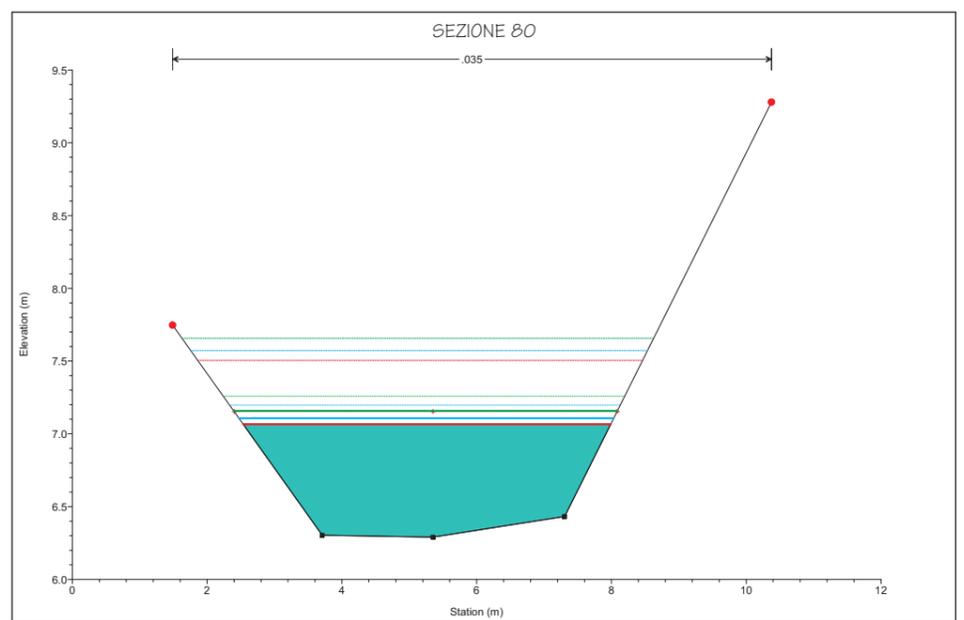
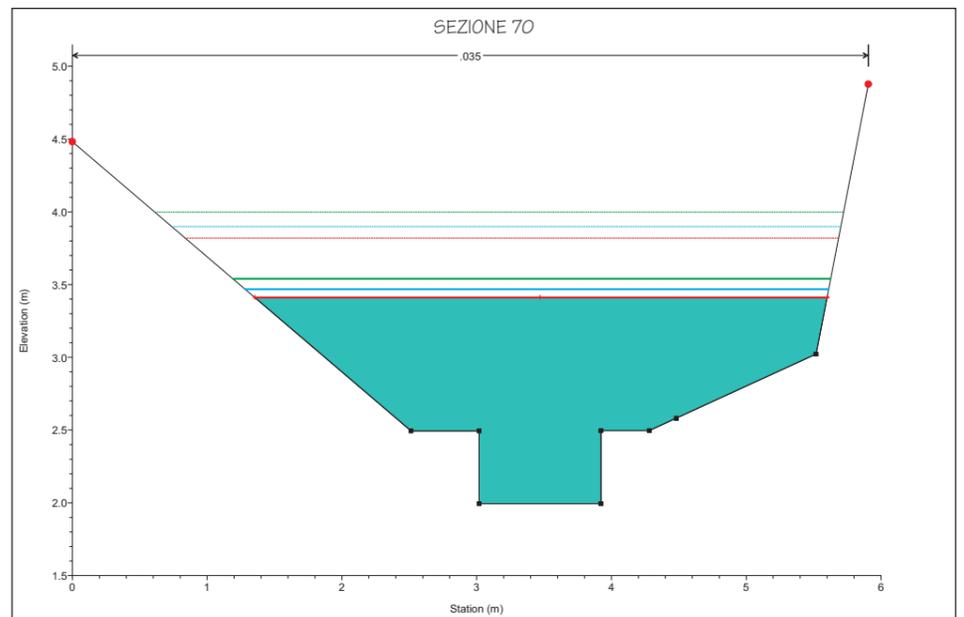
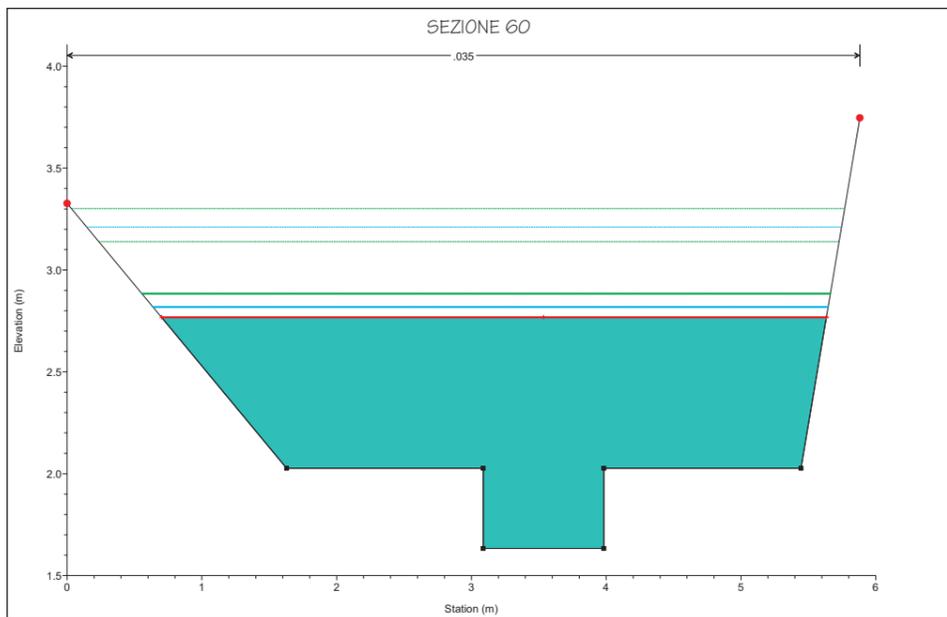
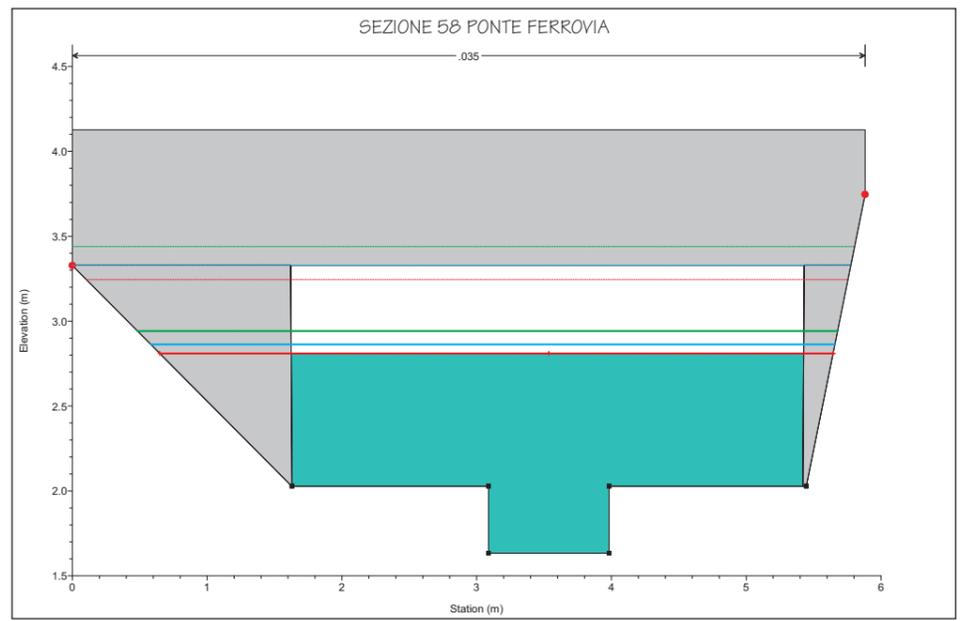
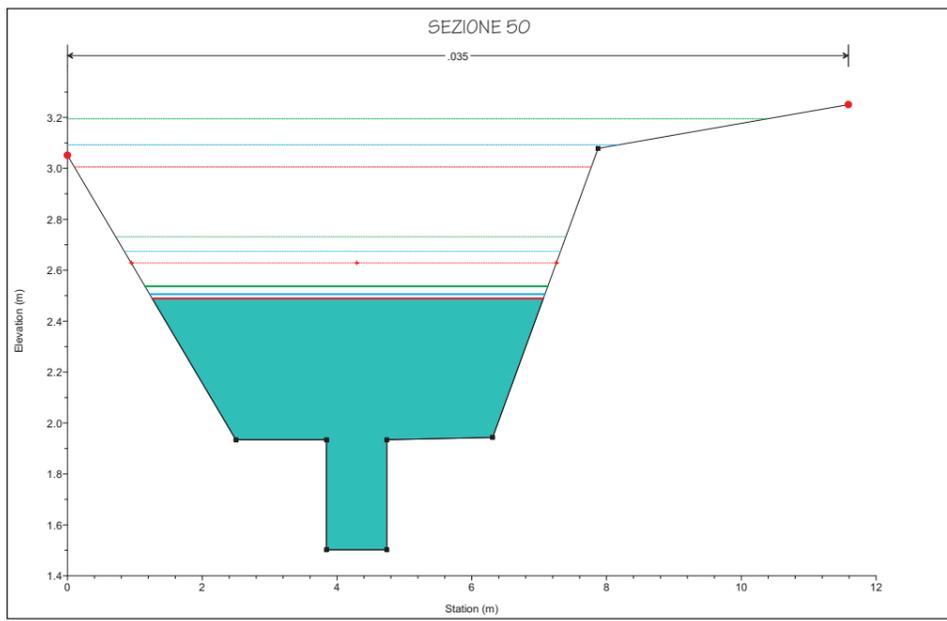
COROGRAFIA tracciato
terminale fosso Del Palo
scala 1:2000





SEZIONI 10-40

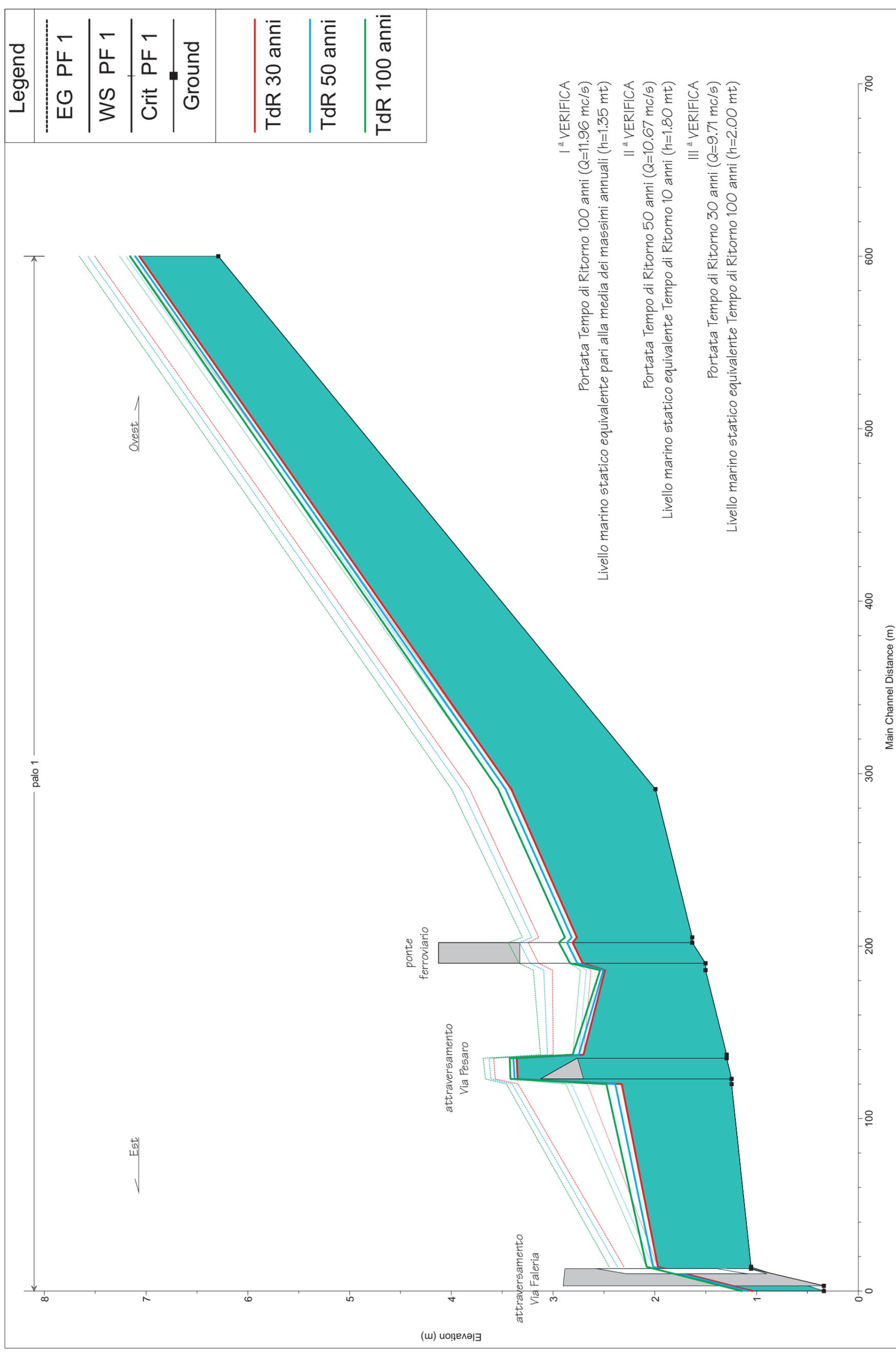
<p>I^a VERIFICA Portata Tempo di Ritorno 100 anni ($Q=11.96 \text{ mc/s}$) Livello marino statico equivalente pari alla media dei massimi annuali ($h=1.35 \text{ mt}$)</p> <p>II^a VERIFICA Portata Tempo di Ritorno 50 anni ($Q=10.67 \text{ mc/s}$) Livello marino statico equivalente Tempo di Ritorno 10 anni ($h=1.80 \text{ mt}$)</p> <p>III^a VERIFICA Portata Tempo di Ritorno 30 anni ($Q=9.71 \text{ mc/s}$) Livello marino statico equivalente Tempo di Ritorno 100 anni ($h=2.00 \text{ mt}$)</p>	<p>— TdR 30 anni</p> <p>— TdR 50 anni</p> <p>— TdR 100 anni</p>	<p>Legend</p> <p>----- EG PF 1</p> <p>----- WS PF 1</p> <p>----- Crit PF 1</p> <p>■ Ground</p> <p>● Bank Sta</p>

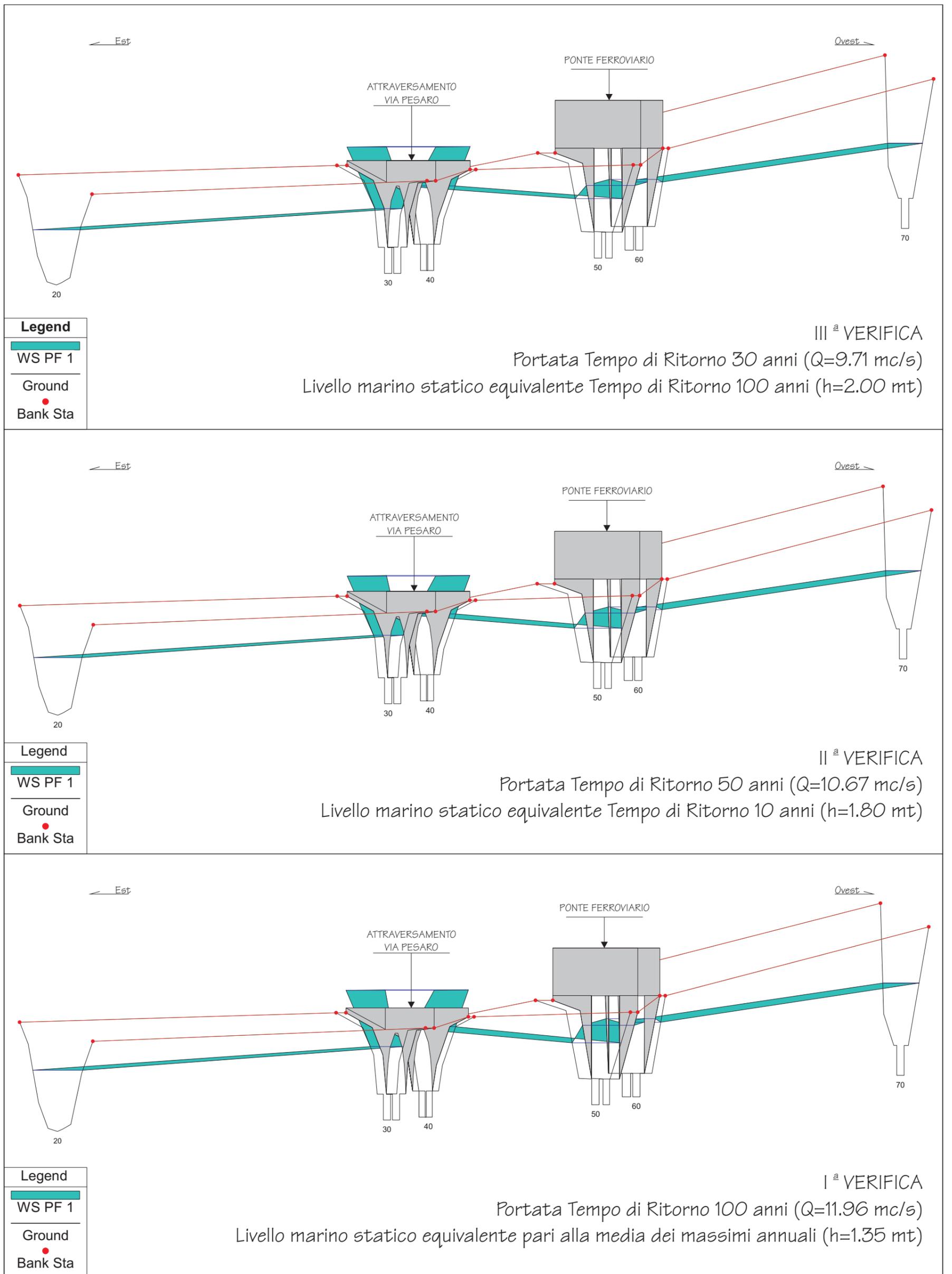


SEZIONI 50-80

<p>I^a VERIFICA Portata Tempo di Ritorno 100 anni ($Q=11.96 \text{ mc/s}$) Livello marino statico equivalente pari alla media dei massimi annuali ($h=1.35 \text{ mt}$)</p> <p>II^a VERIFICA Portata Tempo di Ritorno 50 anni ($Q=10.67 \text{ mc/s}$) Livello marino statico equivalente Tempo di Ritorno 10 anni ($h=1.80 \text{ mt}$)</p> <p>III^a VERIFICA Portata Tempo di Ritorno 30 anni ($Q=9.71 \text{ mc/s}$) Livello marino statico equivalente Tempo di Ritorno 100 anni ($h=2.00 \text{ mt}$)</p>	<p>— TdR 30 anni</p> <p>— TdR 50 anni</p> <p>— TdR 100 anni</p>	<p>Legend</p> <p>----- EG PF 1</p> <p>----- WS PF 1</p> <p>----- Crit PF 1</p> <p>■ Ground</p> <p>● Bank Sta</p>

PROFILO TRATTO FINALE FOSSO DEL PALO





PROFILO 3D TRATTO FINALE FOSSO DEL PALO

FOSSO DEL PALO

IV^a VERIFICA

Portata Tempo di Ritorno 20 anni ($Q=8.94 \text{ mc/s}$)

Livello marino statico equivalente Tempo di Ritorno 100 anni ($h=2.00 \text{ mt}$)

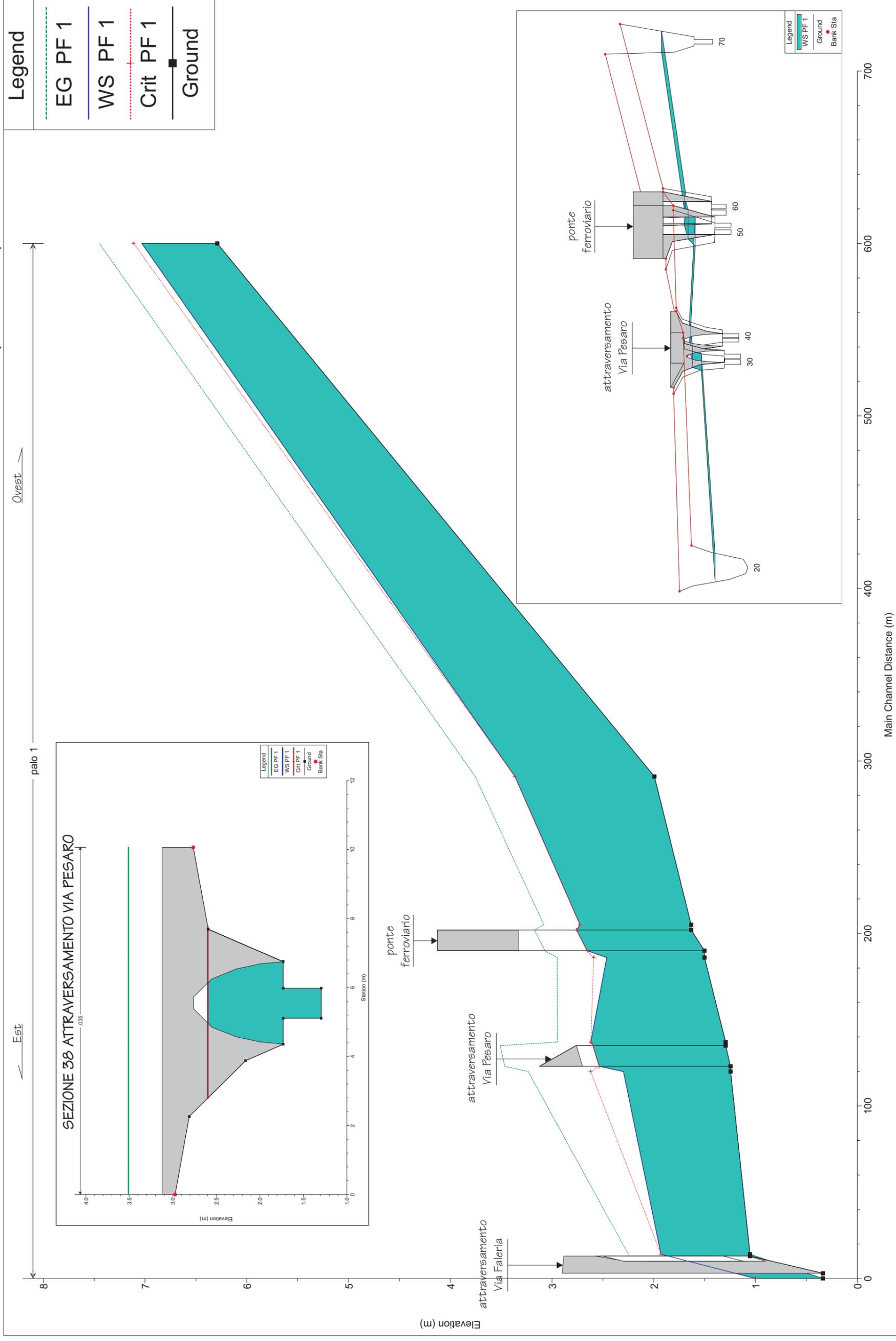


TABELLA 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	80	PF 1	11.96	6.29	7.16	7.26	7.66	0.023035	3.13	3.82	5.70	1.22
1	70	PF 1	11.96	1.99	3.54	3.54	4.00	0.020390	3.00	3.99	4.44	1.01
1	60	PF 1	11.96	1.63	2.88	2.88	3.30	0.019483	2.86	4.18	5.11	1.01
1	58		Bridge									
1	50	PF 1	11.96	1.50	2.54	2.73	3.19	0.043877	3.59	3.33	5.98	1.54
1	40	PF 1	11.96	1.29	2.81	2.81	3.12	0.018437	2.49	4.80	7.80	1.01
1	38		Bridge									
1	30	PF 1	11.96	1.25	2.48	2.87	3.46	0.062677	4.39	2.72	4.03	1.70
1	20	PF 1	11.96	1.05	2.08	2.08	2.45	0.015121	2.69	4.45	6.10	1.01
1	19		Culvert									
1	10	PF 1	11.96	0.34	1.15	1.15	1.53	0.017984	2.75	4.35	5.70	1.01

TABELLA 2

Reach	River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m ³ /s)	Q Channel (m ³ /s)	Q Right (m ³ /s)	Top Width (m)
1	80	PF 1	7.66	7.16	0.50				11.96		5.70
1	70	PF 1	4.00	3.54	0.46	6.69	0.01		11.96		4.44
1	60	PF 1	3.30	2.88	0.42				11.96		5.11
1	58		Bridge								
1	50	PF 1	3.19	2.54	0.66	0.13	0.02		11.96		5.98
1	40	PF 1	3.12	2.81	0.32				11.96		7.80
1	38		Bridge								
1	30	PF 1	3.46	2.48	0.98	0.12	0.07		11.96		4.03
1	20	PF 1	2.45	2.08	0.37	2.88	0.18		11.96		6.10
1	19		Culvert								
1	10	PF 1	1.53	1.15	0.39				11.96		5.70

I^a VERIFICA

Portata Tempo di Ritorno 100 anni (Q=13.95 mc/s)

Livello marino statico equivalente pari alla media dei massimi annuali (h=1.35 mt)

TABELLA 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	80	PF 1	10.67	6.29	7.11	7.20	7.57	0.023032	3.02	3.53	5.56	1.21
1	70	PF 1	10.67	1.99	3.47	3.47	3.90	0.020572	2.91	3.67	4.33	1.01
1	60	PF 1	10.67	1.63	2.82	2.82	3.21	0.019753	2.78	3.84	5.01	1.01
1	58	Bridge										
1	50	PF 1	10.67	1.50	2.51	2.67	3.09	0.041232	3.39	3.15	5.87	1.48
1	40	PF 1	10.67	1.29	2.75	2.75	3.06	0.019353	2.46	4.33	7.39	1.03
1	38	Bridge										
1	30	PF 1	10.67	1.25	2.39	2.82	3.40	0.068637	4.46	2.39	3.60	1.75
1	20	PF 1	10.67	1.05	2.02	2.02	2.37	0.015402	2.63	4.06	5.86	1.01
1	19	Culvert										
1	10	PF 1	10.67	0.34	1.09	1.09	1.45	0.018186	2.66	4.01	5.61	1.01

TABELLA 2

Reach	River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m3/s)	Q Channel (m3/s)	Q Right (m3/s)	Top Width (m)
1	80	PF 1	7.57	7.11	0.47				10.67		5.56
1	70	PF 1	3.90	3.47	0.43	6.72	0.01		10.67		4.33
1	60	PF 1	3.21	2.82	0.39				10.67		5.01
1	58	Bridge									
1	50	PF 1	3.09	2.51	0.59	0.12	0.01		10.67		5.87
1	40	PF 1	3.06	2.75	0.31				10.67		7.39
1	38	Bridge									
1	30	PF 1	3.40	2.39	1.01	0.13	0.08		10.67		3.60
1	20	PF 1	2.37	2.02	0.35	3.01	0.20		10.67		5.86
1	19	Culvert									
1	10	PF 1	1.45	1.09	0.36				10.67		5.61

II^a VERIFICA

Portata Tempo di Ritorno 50 anni (Q=12.44 mc/s)

Livello marino statico equivalente Tempo di Ritorno 10 anni (h=1.80 mt)

TABELLA 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	80	PF 1	9.71	6.29	7.07	7.15	7.51	0.023032	2.94	3.31	5.45	1.20
1	70	PF 1	9.71	1.99	3.41	3.41	3.82	0.020703	2.83	3.43	4.25	1.01
1	60	PF 1	9.71	1.63	2.77	2.77	3.14	0.019986	2.70	3.59	4.93	1.01
1	58		Bridge									
1	50	PF 1	9.71	1.50	2.49	2.63	3.01	0.037342	3.18	3.05	5.81	1.40
1	40	PF 1	9.71	1.29	2.70	2.70	3.00	0.018375	2.42	4.02	6.65	0.99
1	38		Bridge									
1	30	PF 1	9.71	1.25	2.32	2.66	3.34	0.071985	4.47	2.17	3.31	1.76
1	20	PF 1	9.71	1.05	1.97	1.97	2.30	0.015507	2.56	3.79	5.73	1.01
1	19		Culvert									
1	10	PF 1	9.71	0.34	1.04	1.04	1.38	0.018361	2.59	3.75	5.53	1.00

TABELLA 2

Reach	River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m3/s)	Q Channel (m3/s)	Q Right (m3/s)	Top Width (m)
1	80	PF 1	7.51	7.07	0.44				9.71		5.45
1	70	PF 1	3.82	3.41	0.41	6.74	0.01		9.71		4.25
1	60	PF 1	3.14	2.77	0.37				9.71		4.93
1	58		Bridge								
1	50	PF 1	3.01	2.49	0.52	0.12	0.01		9.71		5.81
1	40	PF 1	3.00	2.70	0.30				9.71		6.65
1	38		Bridge								
1	30	PF 1	3.34	2.32	1.02	0.14	0.08		9.71		3.31
1	20	PF 1	2.30	1.97	0.33	3.07	0.21		9.71		5.73
1	19		Culvert								
1	10	PF 1	1.38	1.04	0.34				9.71		5.53

III^a VERIFICA

Portata Tempo di Ritorno 30 anni (Q=11.33 mc/s)

Livello marino statico equivalente Tempo di Ritorno 100 anni (h=2.00 mt)

TABELLA 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	80	PF 1	8.94	6.29	7.03	7.11	7.45	0.023029	2.86	3.12	5.37	1.20
1	70	PF 1	8.94	1.99	3.36	3.36	3.75	0.020770	2.77	3.23	4.18	1.00
1	60	PF 1	8.94	1.63	2.72	2.72	3.08	0.020197	2.64	3.38	4.87	1.01
1	58		Bridge									
1	50	PF 1	8.94	1.50	2.46	2.59	2.95	0.036936	3.09	2.89	5.71	1.39
1	40	PF 1	8.94	1.29	2.62	2.62	2.95	0.018894	2.54	3.53	5.33	1.00
1	38		Bridge									
1	30	PF 1	8.94	1.25	2.30	2.62	3.23	0.068106	4.29	2.09	3.24	1.70
1	20	PF 1	8.94	1.05	1.93	1.93	2.25	0.015719	2.51	3.56	5.62	1.01
1	19		Culvert									
1	10	PF 1	8.94	0.34	1.00	1.00	1.33	0.018516	2.53	3.53	5.47	1.00

TABELLA 2

Reach	River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frcn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m ³ /s)	Q Channel (m ³ /s)	Q Right (m ³ /s)	Top Width (m)
1	80	PF 1	7.45	7.03	0.42				8.94		5.37
1	70	PF 1	3.75	3.36	0.39	6.75	0.01		8.94		4.18
1	60	PF 1	3.08	2.72	0.36	1.76	0.01		8.94		4.87
1	58		Bridge								
1	50	PF 1	2.95	2.46	0.49	0.12	0.01		8.94		5.71
1	40	PF 1	2.95	2.62	0.33	1.26	0.05		8.94		5.33
1	38		Bridge								
1	30	PF 1	3.23	2.30	0.94	0.22	0.00		8.94		3.24
1	20	PF 1	2.25	1.93	0.32	3.04	0.18		8.94		5.62
1	19		Culvert								
1	10	PF 1	1.33	1.00	0.33				8.94		5.47

IV^a VERIFICA

Portata Tempo di Ritorno 20 anni (Q=8.94 mc/s)

Livello marino statico equivalente Tempo di Ritorno 100 anni (h=2.00 mt)

sottopasso ferroviario



PLANIMETRIA AREE INONDABILI

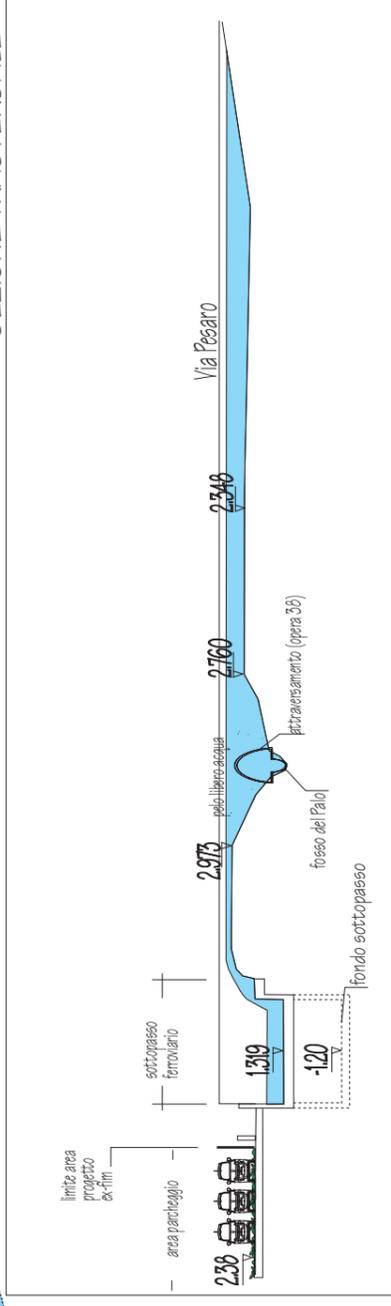
Eventi con tempo di ritorno ≥ 30 anni

andamento
fossato del Palo

SCALA 1:500



SEZIONE TRASVERSALE



LEGENDA

- Ingresso area Ex-Fim oggetto di variante
- Opere idrauliche esistenti
- probabile perimetro aree esondabili
- Direzione di deflusso dei volumi esondati
- quote topografiche assolute
- traccia sezione trasversale