

REGIONE PIEMONTE

PROVINCIA DI VERCELLI

COMUNE DI ALTO SERMENZA



CONSORZIO FORESTALE VALLE DEL LAMPONE

PROGRAMMA DI SVILUPPO RURALE 2014-2020

Misura 4.3.4 "Infrastrutture per l'accesso e la gestione delle risorse forestali e pastorali"

**REALIZZAZIONE DI VIABILITA' FORESTALE A SERVIZIO
DEL COMPENSORIO FORESTALE DELLA VALLE DEL LAMPONE**

PROGETTO DEFINITIVO GUADO RIO PENNA

aggiornamento settembre 2021

RELAZIONE IDRAULICA



A cura di:

Simone Lonati

dott. in Scienze Forestali ed Ambientali

Simone Lonati



Studio

Alpi.Agro.Forest.

Alpicoltura, Agronomia e Foreste

Simone Lonati

dott. in Scienze Forestali ed Ambientali

Consulenza forestale, agraria, agro-pastorale, ambientale,
protezione dal dissesto del territorio

Selvicoltura, sistemazioni idrauliche, ingegneria naturalistica,
inerbimenti, pianificazione forestale e pastorale, V.I.A., giardini e verde pubblico,
strutture ed infrastrutture rurali, valorizzazione del territorio e della biodiversità,
pastoralismo, gestione faunistica, fitosociologia, fitogeografia e fitoecologia

Via Garibaldi, 18 - 13017 Quaronna (VC)
tel. 0163.432.423; tel./fax 0163.430.009; cell. 349.577.33.58
e-mail: simonelonati@libero.it - Part. IVA 02015970029

Quaronna, settembre 2021

INDICE

1. Introduzione	3
2. Metodologia	3
3. L'attraversamento del Rio Penna con un guado ad andamento "a corda molle"	3
4. Lo studio idrologico ed idraulico	8
5. Verifiche idrauliche nelle sezioni di rilievo.....	10
6. Area esondabile con tr 200 anni.....	15
7. Conclusioni	15

1. Introduzione

La presente relazione idraulica vuole calcolare i livelli di piena duecentennale, con opportuno franco idraulico, dell'attraversamento sul Rio Penna, corso d'acqua di competenza demaniale dove la strada in progetto attraverserà con un guado "a corda molle".

2. Metodologia

Le portate duecentennali sono state calcolate con la formula di Pezzoli adatta per i piccoli bacini alpini. Calcolata la portata di piena con tempo di ritorno 200 anni è stata determinata l'altezza raggiunta dall'acqua nelle differenti sezioni, di cui due poste a monte dell'attraversamento, una posta al centro del guado della strada forestale ed una terza posta a valle dell'attraversamento stesso. Per fare questo, partendo dalla formula: Portata (Q) = Velocità x Area della sezione, viene calcolata la velocità con la formula di Chezy ed il coefficiente di Chezy in rapporto al coefficiente di Strickler Ks (come da metodologia espressa all'Allegato 2 "Direttiva contenente i criteri della valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B" pubblicato sul G. U. del 24/09/1999 serie generale 225 pag. 152 art. 4.8.4).

Per calcolare il perimetro bagnato e l'area della sezione in funzione dell'altezza raggiunta dall'acqua con tempo di ritorno duecentennale (h_{Qt200}) soprattutto per le sezioni di forma irregolare, si sono costruiti i grafici dell'altezza raggiunta nella sezione in relazione all'area bagnata ed al perimetro bagnato per fasce di altezza ogni 5 centimetri. Dalla linea di interpolazione dei punti dei grafici deriva quindi la funzione che permette di calcolare in modo continuo l'area bagnata ed il perimetro bagnato in funzione dell'altezza raggiunta dalla piena duecentennale (h_{Qt200}).

Si è infine tracciata planimetricamente, in base al livello raggiunto nelle varie sezioni, l'area di esondazione duecentennale.

3. L'attraversamento del Rio Penna con un guado ad andamento "a corda molle"

In un punto la strada in oggetto, con guado con andamento "a corda molle," attraversa il Rio Penna di competenza demaniale.

Qui di seguito è riportata la documentazione fotografica relativa al Rio Penna. La numerazione dei punti di presa fotografica è estratto diretto del progetto principale della

strada forestale “Valle del Lampone” e riporta la stessa identica numerazione di progetto al fine di non creare confusione. Per la collocazione dei punti di presa fotografica, corrispondenti alla numerazione delle fotografie, si veda il riquadro in basso a sinistra della Tavola 1Pen e planimetria in scala 1:100 riportata sulla stessa tavola.



Fotografia 24 - Al fondo (dove si vede collocato l'operatore con maglia bianca) il Rio Penna, dove sarà necessario costruire un guado di attraversamento.



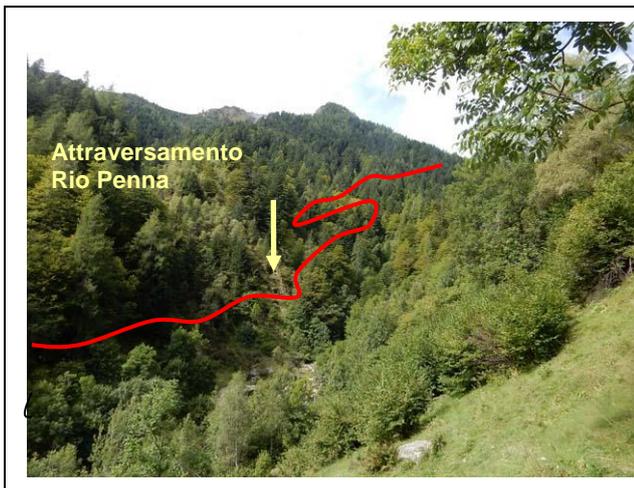
Fotografia 25 - Particolare del luogo di attraversamento del Rio Penna che verrà realizzato con guado con andamento “a corda molle”.



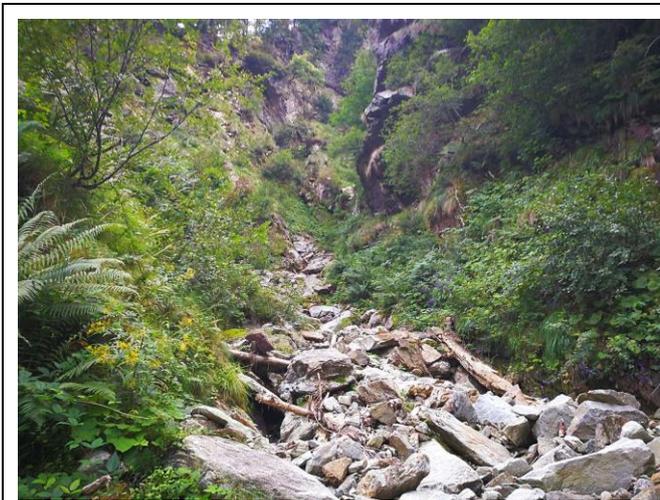
Fotografia 26 - Vista d'insieme dell'attraversamento sul Rio Penna.



Fotografia 27 - L'attraversamento del Rio Penna visto dall'alto.

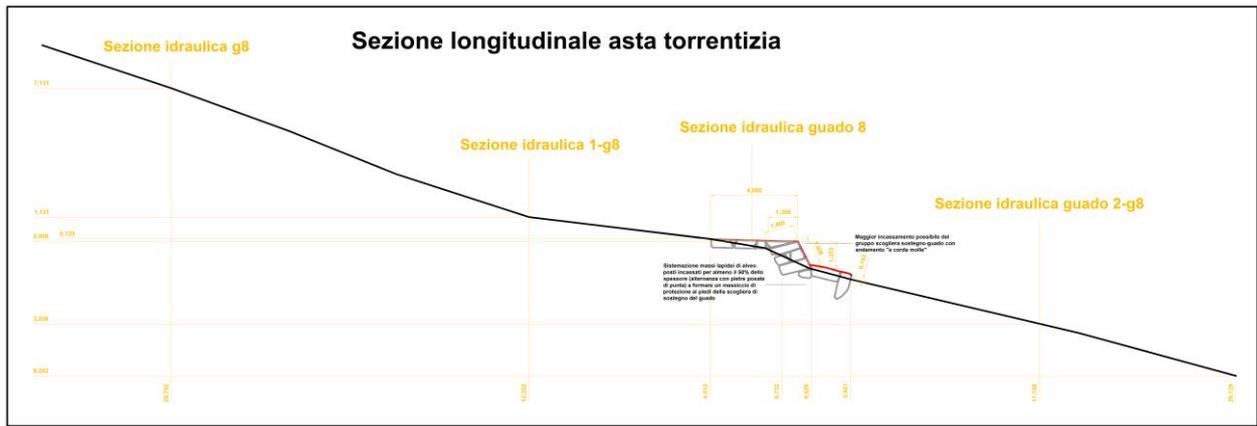


Fotografia 28 - Osservazione del tracciato della strada in progetto dalla Frazione Oro di sotto con in primo piano l'impluvio del Rio Penna.

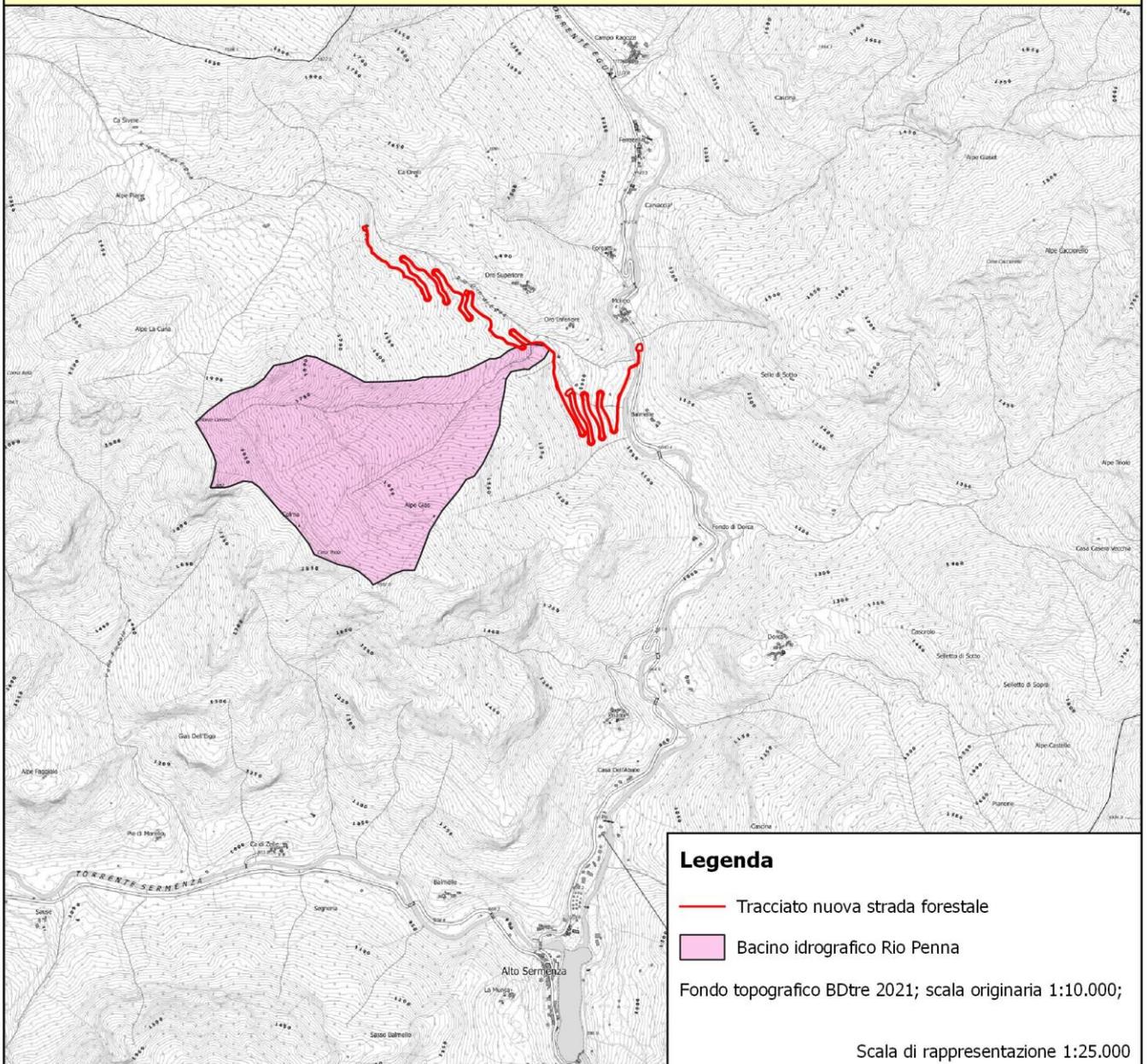


Fotografia A - L'alveo del Rio Penna nella zona dell'area d'intervento: si nota la pezzatura del materiale d'alveo costituito da grossi blocchi di crollo, successivamente leggermente fluitati nei secoli o millenni dalle piene.

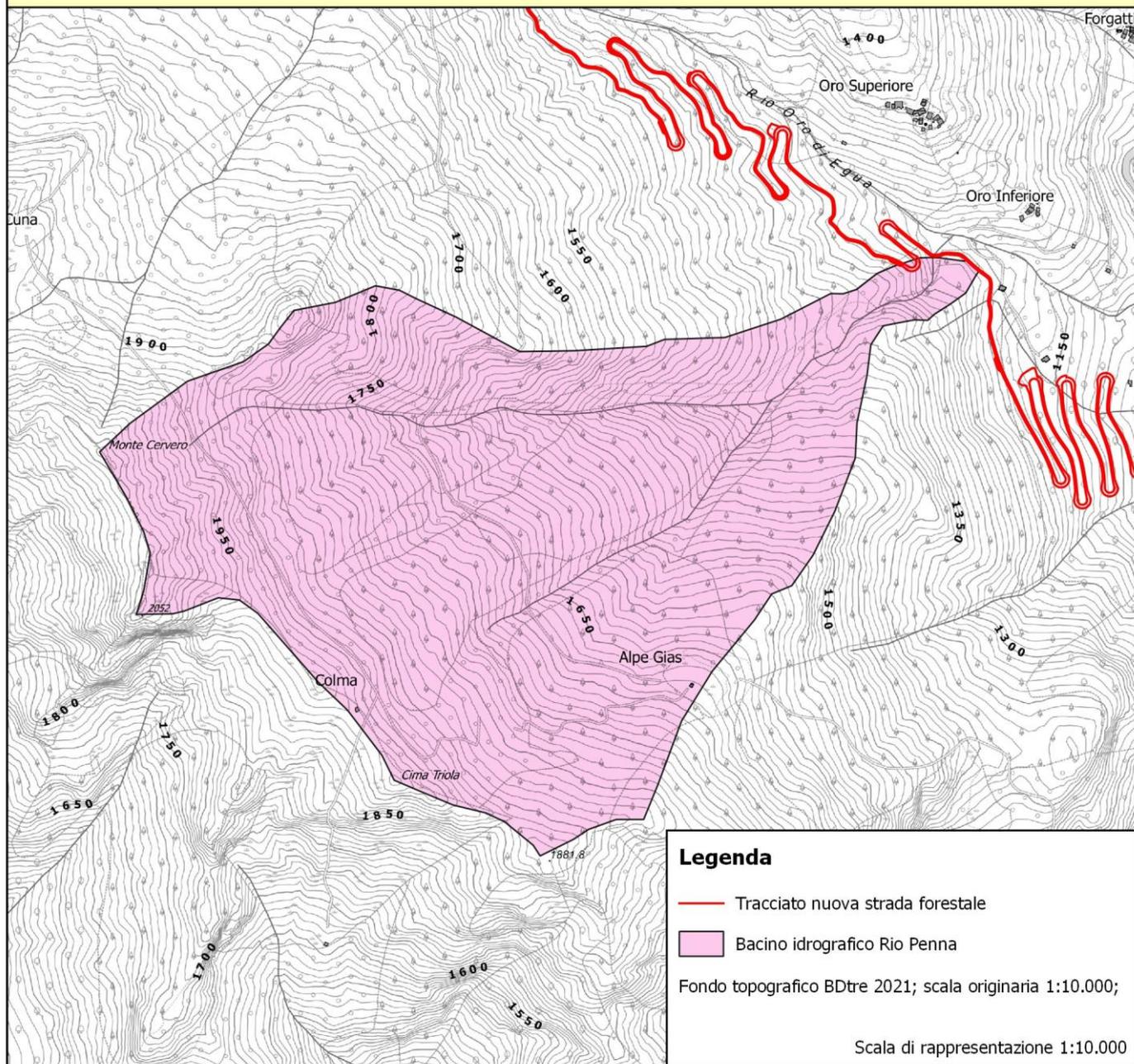
Sezione longitudinale basso Rio Penna (scala 1:350)



COROGRAFIA GENERALE



COROGRAFIA DI DETTAGLIO



4. Lo studio idrologico ed idraulico

Lo studio idrologico effettuato ha fatto leva su determinazioni analitiche svolte in riferimento alle metodologie proprie della geomorfologia quantitativa, utilizzando le curve di probabilità pluviometrica previste nell'**ALLEGATO 1** di cui agli Indirizzi per l'attuazione del PAI nel settore urbanistico – Criteri per la valutazione della pericolo e del rischio lungo il reticolo idrografico.

In tale direttiva la stazione pluviometrica più prossima è quella di Rimasco per la quale sono state estrapolate curve di possibilità climatiche per Tr pari a 200 anni. I dati sono quelli a seguito riportati:

<u>LOC. RIMASCO</u>		
Tr200	a = 61,72	n = 0,530

I dati relativi a Tr pari a 200 dalle serie pluviometriche riportate sono stati impiegati nelle calcolazioni idrologiche svolte dallo scrivente e quindi nelle verifiche idrauliche sviluppate in successivo paragrafo della presente relazione.

Sotto un profilo più strettamente operativo si è determinato innanzitutto il valore del **tempo di corrivazione (Tc)** utilizzando la formula proposta da PEZZOLI, così esprimibile:

$$T_c = 0,055 * Lap / p$$

dove:

Lap = lunghezza asta principale

p = pendenza non percentualizzata

TEMPO DI CORRIVAZIONE (Tc)

Rio	Tc (h)	Lap	p
Rio Penna	0,1420	1,464	0,567

Nota il tempo di corrivazione si è quindi passati alla determinazione della **pioggia critica** per i vari tempi di ritorno (Tr) prefissati con la seguente formula:

$$H = a * (T_c)^n$$

dove "a" e "n" rappresentano i coefficienti delle curve di possibilità climatica in precedenza citate:

PIOGGIA CRITICA (H)

Rio	<u>Pioggia critica rapportata al Tc</u>	<u>Pioggia critica rapportata oraria</u>
Rio Penna	21,94 mm	154,46 mm /h

Dati i rispettivi valori determinati per la pioggia critica, si è quindi passati a calcolare la **portata di massima piena** per le diverse sezioni di deflusso prese in considerazione utilizzando la classica formula razionale così esprimibile:

$$Q = (C * S_b * H) / 3.6$$

dove “**C**” individua il *coefficiente di deflusso*, al quale è stato attribuito il valore pari a 0.65 ed “**S_b**” la superficie di bacino (0,6973 Km²). I dati ottenuti dal calcolo sono i seguenti:

PORTATA LIQUIDA TR 200 (Q_{Tr200})	
Rio	Portata alla sezione di deflusso (Q _{Tr200})
Rio Penna	19,45 mc/sec

I dati calcolati sono da intendersi come riferiti essenzialmente alla componente liquida e quindi ad essi dovrà aggiungersi la componente solida mobilizzabile nell'unità di tempo. Per ciò che attiene alla determinazione del carico solido, si è fatto riferimento alla formula di SOKOLOVSKY (1968), così esprimibile:

$$T_s = 1.000 * H * a * S_b * B \text{ (in mc)}$$

dove:

B = volume del sedimento in mc acqua (0,5)

H = precipitazione massima che provoca l'evento ragguagliata al tempo di corrivazione (T_c)

a = coefficiente di deflusso (fissato pari a 0,65)

Pertanto è ipotizzabile che presso le sezioni terminali del bacino sia apportato nell'unità di tempo un quantitativo di detrito così determinabile:

APPORTO SOLIDO TR 200 (Q_{S200})	
Rio	Apporto solido alla sezione di deflusso (Q _{S200})
Rio Penna	9,72 mc/sec

Conseguentemente in aggiunta alla componente liquida si determinerà l'entità totale di apporti nell'unità di tempo a seguito riportata:

PORTATA TOTALE TR 200 (Q_{tot-Tr200})	
Rio	Portata totale alla sezione di deflusso (Q _{TotTr200})
Rio Penna	29,17 mc/sec

A tali valori ci si è pertanto rifatti nelle relative verifiche idrauliche sviluppate di seguito.

5. Verifiche idrauliche nelle sezioni di rilievo

Si è impostato uno schema di calcolo dove:

- 1) in entrata (Quadro B) si inseriscono la portata duecentennale, le caratteristiche dimensionali della sezione e la pendenza dell'alveo;
- 2) il perimetro bagnato (C) e l'area bagnata (A) sono calcolate in funzione dell'altezza di piena duecentennale incognita raggiunta nella sezione oggetto di verifica e risultante nel Quadro A, determinata in centimetri con una cifra decimale (precisione frazioni intere di millimetro);
- 3) In questo modo la verifica viene fatta partendo dalla relazione di Chezy e calcolando il coefficiente di Chezy con la formula di Gauckler-Strickler che tiene anche conto del coefficiente di Strickler (K_s) in funzione della rugosità del fondo dell'alveo. Viene poi messa a confronto la portata duecentennale calcolata dagli annali idrologici (valore riquadrato di colore rosso in fondo a sinistra del Quadro C) con il valore della piena duecentennale calcolato dalla formula di Chezy (valore riquadrato di colore rosso in fondo a destra del Quadro C) in funzione dei parametri geometrici e fisici della sezione, tutto determinato in funzione dell'altezza incognita della portata duecentennale h_{Qtc200} . Per tentativi si imputa poi il valore dell'altezza incognita della piena duecentennale h_{Qtc200} nel Quadro A (in alto a sinistra dello schema di calcolo) così che il valore h_{Qtc200} da determinare è quello che permette la miglior uguaglianza tra i valori di portata di piena duecentennale posti al fondo del Quadro C, riquadrati di colore rosso. La precisione dell'uguaglianza ha una minima tolleranza fermandosi il calcolo a determinare l'altezza della piena duecentennale h_{Qtc200} approssimata ad unità intere di millimetro, non essendo in questo caso necessario scendere alla precisione del decimo di millimetro, tenendo anche conto che si tratta di un flusso idrico che presenta irregolarità del pelo libero in relazione alla velocità di deflusso e scabrosità del fondo.

Rio Penna sezione idro g8

Altezza portata di piena duecentennale $h_{Qt200} = 83,1$ cm;

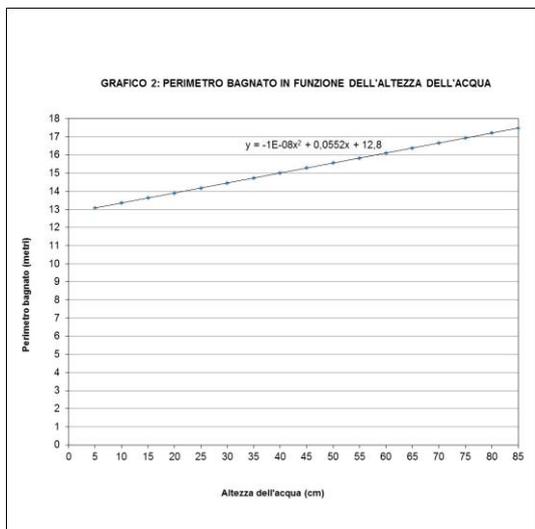
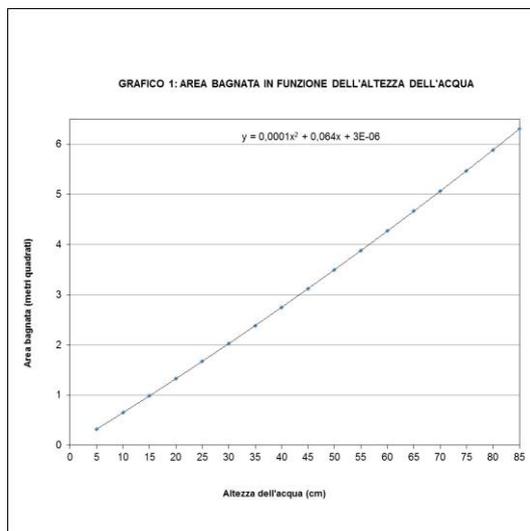
RIO PENNA SEZIONE idro g8

DATO VARIABILE DA RICAVARE:

QUADRO A				
Risultato formula di Strickler, altezza dell'acqua raggiunta nella sezione dalla portata con tempo di ritorno 200 anni h_{Qt200}				
Fattore	Descrizione	Calcolo valore	Valore	Unità di misura
h_{Qt200}	Altezza del pelo libero dell'acqua nella sezione nel caso si verificasse una piena di portata $Qt200$	Valore da ricavare calcolabile per tentativi nella formula di Strickler (condizione di uguaglianza dei due membri della funzione nel Quadro C di colore giallo)	83,1 cm	

DATI DI INGRESSO

QUADRO B				
Fattore	Descrizione	Calcolo valore	Valore	Unità di misura
$Qt200$	Portata che si verifica con l'evento di piena con tempo di ritorno $Tc200$ anni	Da relazione geologica redatta dal dot. Zantonelli (vedere relazione geologica)	29,17	m ³ /secondo
Ks	Coefficiente di Strickler assunto da specifiche tabelle in relazione alla scabrezza	Come da tabella 2 dell'allegato 2 l'Diretiva contenente i criteri della valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B* pubblicato sul G. U. del 24/09/1999 serie generale 225 pag. 152 art. 4.8.4	20	metri ^{1/3} x secondo ⁻¹
A_{Qt200}	Area bagnata in condizioni $Qt200$	Ricavata in funzione dell'altezza h_{Qt200} dalla funzione $A_{Qt200} = -1 \times 10^{-5} \times h_{Qt200}^2 + 0,054 \times h_{Qt200} + 3 \times 10^{-5}$ del grafico 1.	6,01	metri quadrati
C_{Qt200}	Perimetro bagnato in condizioni $Qt200$	Ricavata in funzione dell'altezza h_{Qt200} dalla funzione $C_{Qt200} = -1 \times 10^{-5} \times h_{Qt200}^2 + 0,0552 \times h_{Qt200} + 12,8$ del grafico 2.	17,39	metri
R_{Qt200}	Raggio idraulico = rapporto tra A_{Qt200} e C_{Qt200}	A_{Qt200} / C_{Qt200}	0,35	metri
i	Pendenza tratto di alveo considerato	Da rilievi in campo (profilo nell'intorno della sezione)	0,24%	rapporto altezza/lunghezza



QUADRO C
VERIFICA VALORE h_{Qt200} (altezza del pelo libero dell'acqua nella sezione in condizioni $Qt200$)

La verifica viene fatta partendo dalla relazione di Chezy e calcolando il coefficiente di Chezy con la formula di Gauckler-Strickler che tiene conto del coefficiente di Strickler (Ks) in funzione della rugosità del fondo dell'alveo. Viene poi messa a confronto la portata duecentennale calcolata dagli annuali idrologici (valore riquadrato di colore rosso in fondo a sinistra del Quadro C) con il valore della piena duecentennale calcolato dalla formula di Chezy (valore riquadrato di colore rosso in fondo a destra del Quadro C) in funzione dei parametri geometrici e fisici della sezione, tutto determinato in funzione dell'altezza incognita della portata duecentennale h_{Qt200} . Per tentativi si imputa poi il valore dell'altezza incognita della piena duecentennale h_{Qt200} nel Quadro A (in alto a sinistra dello schema di calcolo) così che il valore h_{Qt200} da determinare è quello che permette la miglior uguaglianza tra i valori di portata di piena duecentennale posti al fondo del Quadro C, riquadrati di colore rosso. La precisione dell'uguaglianza ha una minima tolleranza fermandosi il calcolo a determinare l'altezza della piena duecentennale h_{Qt200} approssimata ad unità intere di millimetro, non essendo in questo caso necessario scendere alla precisione del decimo di millimetro, tenendo conto che si tratta di un flusso idrico che presenta irregolarità del pelo libero in relazione alla velocità di Chezy.

Portata tempo di ritorno 200 anni $Q_{t200} = V \times A = \chi \times R^{1/2} \times i^{1/2} \times A$
 dove:
 V = velocità acqua nella sezione (m/sec)
 A = area bagnata (m²)
 R = raggio idraulico pari a A/C
 i = pendenza del fondo
 χ : coefficiente di Chezy che dipende dalla scabrezza e dal raggio idraulico.
 $\chi = 1/n \times R^{1/6} = Ks \times R^{1/6}$
 dove:
 n = coefficiente di Manning; 1/n espresso in metri^{1/3} x secondo⁻¹
 Ks = coefficiente di Strickler espresso in metri^{1/3} x secondo⁻¹

Quindi:
 Portata tempo di ritorno 200 anni $Q_{t200} = V \times A = \chi \times R^{1/2} \times i^{1/2} \times A = Ks \times R^{1/6} \times R^{1/2} \times i^{1/2} \times A = Ks \times R^{2/3} \times i^{1/2} \times A$

L'equazione è verificata quando l'altezza dell'acqua (impostata nella sezione A di colore viola) permette l'uguaglianza tra i due membri dell'equazione seguente:

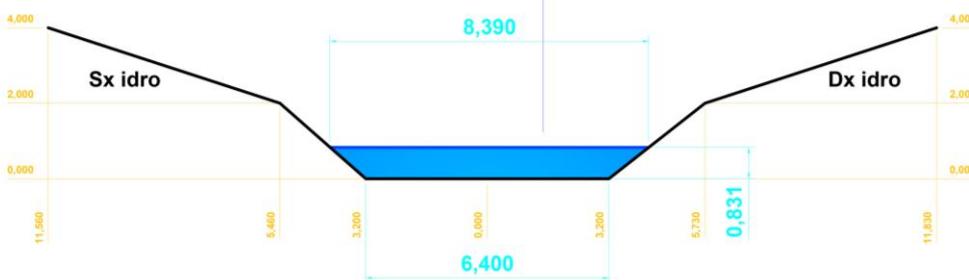
Portata tempo di ritorno 200 anni $Q_{t200} = Ks \times R^{2/3} \times i^{1/2} \times A$

29,170	29,170	m ³ /secondo	Differenza uguaglianza (causa approssimazione in millimetri)	0,000
--------	--------	-------------------------	--	-------

Sezione idro g8 (scala 1:200)

Sezione idro g8

Altezza idrica con tempo di ritorno 200 anni (h_{Qt200})



Rio Penna sezione idro 1-g8 monte guado

Altezza portata di piena duecentennale $h_{Qt200} = 45,3 \text{ cm}$;

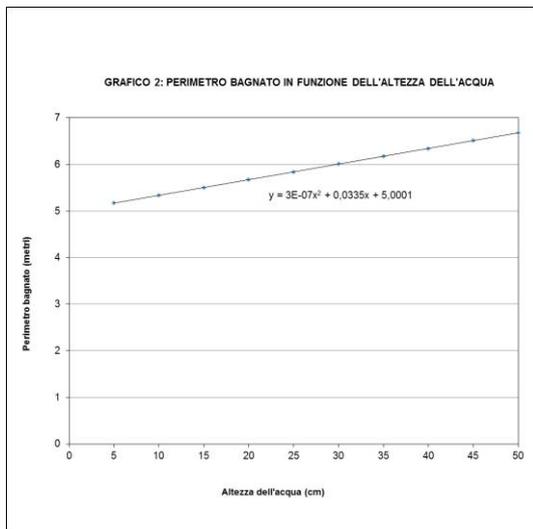
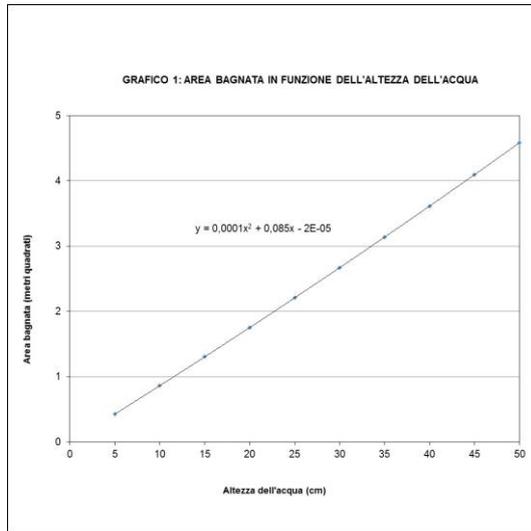
RIO PENNA SEZIONE idro 1-g8

DATO VARIABILE DA RICAVARE:

QUADRO A				
Risultato formula di Strickler, altezza dell'acqua raggiunta nella sezione dalla portata con tempo di ritorno 200 anni h_{Qt200}				
Fattore	Descrizione	Calcolo valore	Valore	Unità di misura
h_{Qt200}	Altezza del pelo libero dell'acqua nella sezione nel caso si verificasse una piena di portata $Qt200$	Valore da ricavare calcolabile per tentativi nella formula di Strickler (condizione di uguaglianza dei due membri della funzione nel Quadro C di colore giallo)	45,3 cm	

DATI DI INGRESSO

QUADRO B				
Fattore	Descrizione	Calcolo valore	Valore	Unità di misura
$Qt200$	Portata che si verifica con l'evento di piena con tempo di ritorno $T=200$ anni	Da relazione geologica redatta dal dot. Zantonelli (vedere relazione geologica)	29,17	m ³ /secondo
Ks	Coefficiente di Strickler assunto da specifiche tabelle in relazione alla scabrezza	Come da tabella 2 dell'allegato 2 l'Diretiva contenente i criteri della valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B* pubblicato sul G. U. del 24/09/1999 serie generale 225 pag. 152 art. 4.8.4	20	metri ^{1/3} x secondo ⁻¹
A_{Qt200}	Area bagnata in condizioni $Qt200$	Ricavata in funzione dell'altezza h_{Qt200} dalla funzione $A_{Qt200} = 0,0001 \times h_{Qt200}^2 + 0,085 \times h_{Qt200} - 2 \times 10^{-5}$ del grafico 1.	4,06	metri quadrati
C_{Qt200}	Perimetro bagnato in condizioni $Qt200$	Ricavata in funzione dell'altezza h_{Qt200} dalla funzione $C_{Qt200} = 3 \times 10^{-3} \times h_{Qt200}^2 + 0,0335 \times h_{Qt200} + 5,0001$ del grafico 2.	6,52	metri
R_{Qt200}	Raggio idraulico = rapporto tra A_{Qt200} e C_{Qt200}	A_{Qt200} / C_{Qt200}	0,62	metri
i	Pendenza tratto di alveo considerato	Da rilevati in campo (profilo nell'intorno della sezione)	0,24%	rapporto altezza/lunghezza



QUADRO C
VERIFICA VALORE h_{Qt200} (altezza del pelo libero dell'acqua nella sezione in condizioni $Qt200$)

La verifica viene fatta partendo dalla relazione di Chezy e calcolando il coefficiente di Chezy con la formula di Gauckler-Strickler che tiene conto del coefficiente di Strickler (Ks) in funzione della rugosità del fondo dell'alveo. Viene poi messa a confronto la portata duecentennale calcolata dagli annuali idrologici (valore riquadrato di colore rosso in fondo a sinistra del Quadro C) con il valore della piena duecentennale calcolato dalla formula di Chezy (valore riquadrato di colore rosso in fondo a destra del Quadro C) in funzione dei parametri geometrici e fisici della sezione, tutto determinato in funzione dell'altezza incognita della portata duecentennale h_{Qt200} . Per tentativi si imputa poi il valore dell'altezza incognita della piena duecentennale h_{Qt200} nel Quadro A (in alto a sinistra dello schema di calcolo) così che il valore h_{Qt200} da determinare è quello che permette la miglior uguaglianza tra i valori di portata di piena duecentennale posti al fondo del Quadro C, riquadrati di colore rosso. La precisione dell'uguaglianza ha una minima tolleranza fermandosi il calcolo a determinare l'altezza della piena duecentennale h_{Qt200} approssimata ad unità intere di millimetro, non essendo in questo caso necessario scendere alla precisione del decimo di millimetro, tenendo conto che si tratta di un flusso idrico che presenta irregolarità del pelo libero in relazione alla velocità di

Formula di Chezy:
 Portata tempo di ritorno 200 anni $Q = V \times A = \chi \times R^{1/2} \times i^{1/2} \times A$
 dove:
 V = velocità acqua nella sezione (m/sec)
 A = area bagnata (m²)
 R = raggio idraulico pari a A/C
 i = pendenza del fondo
 χ : coefficiente di Chezy che dipende dalla scabrezza e dal raggio idraulico e calcolato con la formula di Gauckler-Strickler:
 $\chi = 1/n \times R^{1/6} = Ks \times R^{1/6}$
 dove:
 n = coefficiente di Manning; $1/n$ espresso in metri^{1/3} x secondo⁻¹
 Ks = coefficiente di Strickler espresso in metri^{1/3} x secondo⁻¹

Quindi:
 Portata tempo di ritorno 200 anni $Q = V \times A = \chi \times R^{1/2} \times i^{1/2} \times A = Ks \times R^{1/6} \times R^{1/2} \times i^{1/2} \times A = Ks \times R^{2/3} \times i^{1/2} \times A$
 $Qt200$

L'equazione è verificata quando l'altezza dell'acqua (impostata nella sezione A di colore viola) permette l'uguaglianza tra i due membri dell'equazione seguente:

Portata tempo di ritorno 200 anni $Q = Ks \times R^{2/3} \times i^{1/2} \times A$
 $Qt200$

29,170	29,137	m ³ /secondo	Differenza uguaglianza (causa approssimazione in millimetri)	0,033
--------	--------	-------------------------	--	-------

Sezione idro 1-g8 (scala 1:250)

Sezione 1-g8 monte guado



Rio Penna sezione idro guado 8

Altezza portata di piena duecentennale h Qtc200 = 63,6 cm;

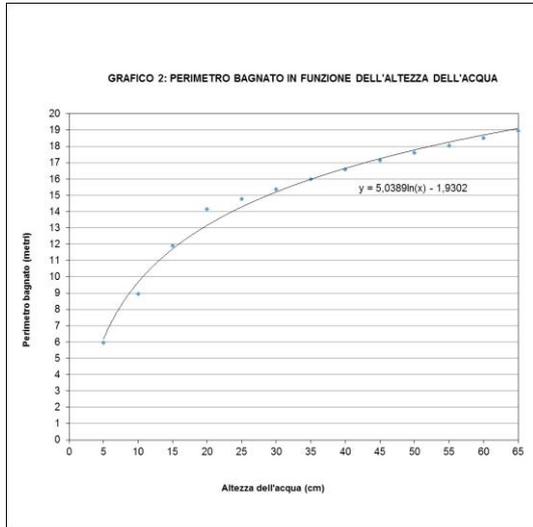
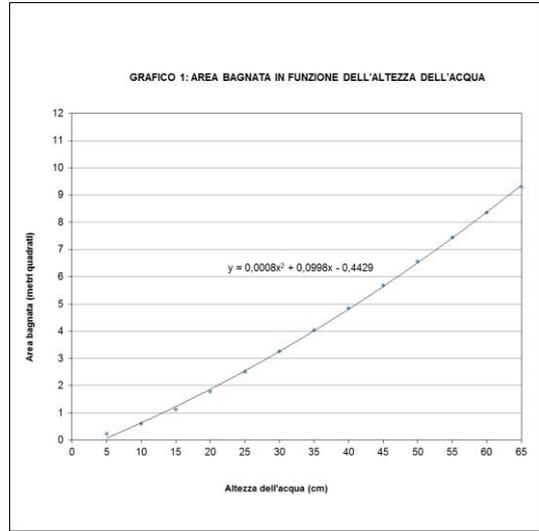
RIO PENNA SEZIONE idro guado g8

DATO VARIABILE DA RICAVARE:

QUADRO A				
Risultato formula di Strickler, altezza dell'acqua raggiunta nella sezione dalla portata con tempo di ritorno 200 anni h Qtc200				
Fattore	Descrizione	Calcolo valore	Valore	Unità di misura
h Qtc200	Altezza del pelo libero dell'acqua nella sezione nel caso si verificasse una piena di portata Qtc200	Valore da ricavare calcolabile per tentativi nella formula di Strickler (condizione di uguaglianza dei due membri della funzione nel Quadro C di colore giallo)	63,6 cm	

DATI DI INGRESSO

QUADRO B				
Fattore	Descrizione	Calcolo valore	Valore	Unità di misura
Qtc200	Portata che si verifica con l'evento di piena con tempo di ritorno Tc200 anni	Da relazione geologica redatta dal dot. Zantonelli (vedere relazione geologica)	29,17	m ³ /secondo
Ks	Coefficiente di Strickler assunto da specifiche tabelle in relazione alla scabrezza	Come da tabella 2 dell'allegato 2 "Direttiva contenente i criteri della valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B" pubblicato sul G. U. del 24/09/1999 serie generale 225 pag. 152 art. 4.8.4	30	metri ^{1/3} x secondo ⁻¹
A Qtc200	Area bagnata in condizioni Qtc200	Ricavata in funzione dell'altezza h Qtc200 dalla funzione A Qtc200 = 0,0007 x h Qtc200 ³ + 0,0998 x h Qtc200 - 0,4429 del grafico 1.	9,14	metri quadrati
C Qtc200	Perimetro bagnato in condizioni Qtc200	Ricavata in funzione dell'altezza h Qtc200 dalla funzione C Qtc200 = 5,0389 x ln(h Qtc200) - 1,9302 del grafico 2.	18,99	metri
R h200	Raggio idraulico = rapporto tra A Qtc200 e C Qtc200	A Qtc200 / C Qtc200	0,48	metri
i	Pendenza tratto di alveo considerato	Da rilevati in campo (profilo nell'intorno della sezione)	0,030	rapporto altezza/lunghezza



QUADRO C
VERIFICA VALORE h Qtc200 (altezza del pelo libero dell'acqua nella sezione in condizioni Qtc200)

La verifica viene fatta partendo dalla relazione di Chezy e calcolando il coefficiente di Chezy con la formula di Gauskier-Strickler che tiene conto del coefficiente di Strickler (Ks) in funzione della rugosità del fondo dell'alveo. Viene poi messa a confronto la portata duecentennale calcolata dagli annuali idrologici (valore riquadrato di colore rosso in fondo a sinistra del Quadro C) con il valore della piena duecentennale calcolato dalla formula di Chezy (valore riquadrato di colore rosso in fondo a destra del Quadro C) in funzione dei parametri geometrici e fisici della sezione, tutto determinato in funzione dell'altezza incognita della portata duecentennale h Qtc200. Per tentativi si imputa poi il valore dell'altezza incognita della piena duecentennale h Qtc200 nel Quadro A (in alto a sinistra dello schema di calcolo) così che il valore h Qtc200 da determinare è quello che permette la miglior uguaglianza tra i valori di portata di piena duecentennale posti al fondo del Quadro C, riquadrati di colore rosso. La precisione dell'uguaglianza ha una minima tolleranza fermandosi il calcolo a determinare l'altezza della piena duecentennale h Qtc200 approssimata ad unità intere di millimetro, non essendo in questo caso necessario scendere alla precisione del decimo di millimetro, tenendo conto che si tratta di un flusso idrico che presenta irregolarità del pelo libero in relazione alla velocità di

Formula di Chezy:
 Portata tempo di ritorno 200 anni Q h200 = V x A = C x R^{2/3} x i^{1/2} x A
 dove:
 V = velocità acqua nella sezione (m/sec.)
 A = area bagnata (m²)
 R = raggio idraulico pari a AVC
 i = pendenza del fondo
 C: coefficiente di Chezy che dipende dalla scabrezza e dal raggio idraulico.
 C = 1/n x R^{2/3} = Ks x R^{2/3}
 dove:
 n = coefficiente di Manning; 1/n espresso in metri^{-1/3} x secondo⁻¹
 Ks = coefficiente di Strickler espresso in metri^{1/3} x secondo⁻¹

Quindi:
 Portata tempo di ritorno 200 anni Q h200 = V x A = C x R^{2/3} x i^{1/2} x A = Ks x R^{2/3} x R^{2/3} x i^{1/2} x A = Ks x R^{4/3} x i^{1/2} x A

L'equazione è verificata quando l'altezza dell'acqua (impostata nella sezione A di colore viola) permette l'uguaglianza tra i due membri dell'equazione seguente:

Portata tempo di ritorno 200 anni Q h200 = Ks x R^{4/3} x i^{1/2} x A

29,170	29,167	m ³ /secondo	Differenza uguaglianza (causa approssimazione in millimetri)	0,003
--------	--------	-------------------------	--	-------

Sezione idro guado 8 (scala 1:250)

Sezione guado 8



Rio Penna sezione idro 2-g8 valle guado

Altezza portata di piena duecentennale $h_{Qt200} = 46,2 \text{ cm}$;

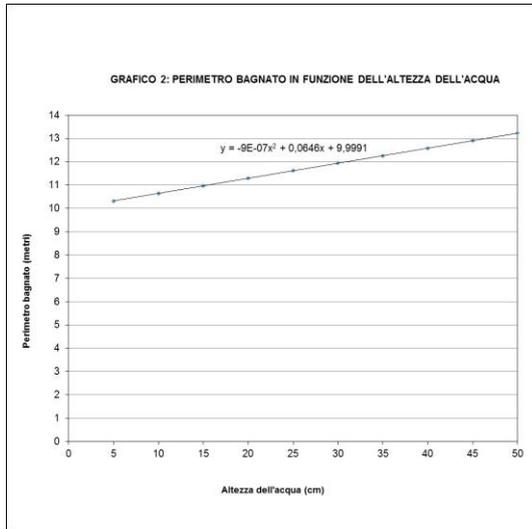
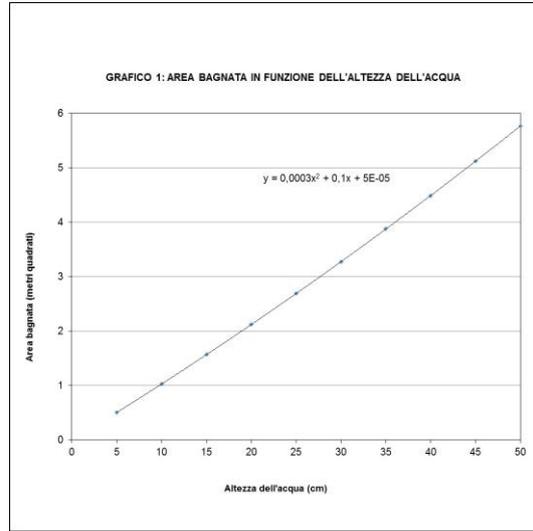
RIO PENNA SEZIONE idro 2-g8

DATO VARIABILE DA RICAVARE:

QUADRO A				
Risultato formula di Strickler, altezza dell'acqua raggiunta nella sezione dalla portata con tempo di ritorno 200 anni h_{Qt200}				
Fattore	Descrizione	Calcolo valore	Valore	Unità di misura
h_{Qt200}	Altezza del pelo libero dell'acqua nella sezione nel caso si verificasse una piena di portata $Qt200$	Valore da ricavare calcolabile per tentativi nella formula di Strickler (condizione di uguaglianza dei due membri della funzione nel Quadro C di colore giallo)	46,2 cm	

DATI DI INGRESSO

QUADRO B				
Fattore	Descrizione	Calcolo valore	Valore	Unità di misura
$Qt200$	Portata che si verifica con l'evento di piena con tempo di ritorno $T=200$ anni	Da relazione geologica redatta dal dot. Zantonelli (vedere relazione geologica)	29,17	m ³ /secondo
K_s	Coefficiente di Strickler assunto da specifiche tabelle in relazione alla scabrezza	Come da tabella 2 dell'allegato 2 "Direttiva contenente i criteri della valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B" pubblicato sul G. U. del 24/09/1999 serie generale 225 pag. 152 art. 4.8.4	20	metri ^{1/3} x secondo ⁻¹
A_{Qt200}	Area bagnata in condizioni $Qt200$	Ricavata in funzione dell'altezza h_{Qt200} dalla funzione $A_{Qt200} = 0,0003 \times h_{Qt200}^2 + 0,1 \times h_{Qt200} + 5 \times 10^{-5}$ del grafico 1.	5,26	metri quadrati
C_{Qt200}	Perimetro bagnato in condizioni $Qt200$	Ricavata in funzione dell'altezza h_{Qt200} dalla funzione $C_{Qt200} = 9 \times 10^{-3} \times h_{Qt200}^2 + 0,0646 \times h_{Qt200} + 9,9991$ del grafico 2.	12,98	metri
R_{Qt200}	Raggio idraulico = rapporto tra A_{Qt200} e C_{Qt200}	A_{Qt200} / C_{Qt200}	0,41	metri
i	Pendenza tratto di alveo considerato	Da rilevati in campo (profilo nell'intorno della sezione)	0,25%	rapporto altezza/lunghezza



QUADRO C

VERIFICA VALORE h_{Qt200} (altezza del pelo libero dell'acqua nella sezione in condizioni $Qt200$)

La verifica viene fatta partendo dalla relazione di Chezy e calcolando il coefficiente di Chezy con la formula di Gauckler-Strickler che tiene conto del coefficiente di Strickler (K_s) in funzione della rugosità del fondo dell'alveo. Viene poi messa a confronto la portata duecentennale calcolata dagli annuali idrologici (valore riquadrato di colore rosso in fondo a sinistra del Quadro C) con il valore della piena duecentennale calcolato dalla formula di Chezy (valore riquadrato di colore rosso in fondo a destra del Quadro C) in funzione dei parametri geometrici e fisici della sezione, tutto determinato in funzione dell'altezza incognita della portata duecentennale h_{Qt200} . Per tentativi si imputa poi il valore dell'altezza incognita della piena duecentennale h_{Qt200} nel Quadro A (in alto a sinistra dello schema di calcolo) così che il valore h_{Qt200} da determinare è quello che permette la miglior uguaglianza tra i valori di portata di piena duecentennale posti al fondo del Quadro C, riquadrati di colore rosso. La precisione dell'uguaglianza ha una minima tolleranza fermandosi il calcolo a determinare l'altezza della piena duecentennale h_{Qt200} approssimata ad unità intera di millimetro, non essendo in questo caso necessario scendere alla precisione del decimo di millimetro, tenendo conto che si tratta di un flusso idrico che presenta irregolarità del pelo libero in relazione alla velocità di

Formula di Chezy:
 Portata tempo di ritorno 200 anni $Q_{t200} = V \times A = \chi \times R^{1/2} \times i^{1/2} \times A$
 dove:
 V = velocità acqua nella sezione (m/sec.)
 A = area bagnata (m²)
 R : raggio idraulico pari a A/C
 i : pendenza del fondo
 χ : coefficiente di Chezy che dipende dalla scabrezza e dal raggio idraulico.
 $\chi = 1/n \times R^{1/6} = K_s \times R^{1/6}$
 dove:
 n = coefficiente di Manning; $1/n$ espresso in metri^{1/3} x secondo⁻¹
 K_s = coefficiente di Strickler espresso in metri^{1/3} x secondo⁻¹)

Quindi:
 Portata tempo di ritorno 200 anni $Q_{t200} = V \times A = \chi \times R^{1/2} \times i^{1/2} \times A = K_s \times R^{1/6} \times R^{1/2} \times i^{1/2} \times A = K_s \times R^{2/3} \times i^{1/2} \times A$

L'equazione è verificata quando l'altezza dell'acqua (impostata nella sezione A di colore viola) permette l'uguaglianza tra i due membri dell'equazione seguente:

Portata tempo di ritorno 200 anni $Q_{t200} = K_s \times R^{2/3} \times i^{1/2} \times A$

29,171	29,139	m ³ /secondo	Differenza uguaglianza (causa approssimazione in millimetri)	0,031
--------	--------	-------------------------	--	-------

Sezione idro 2-g8 valle guado (scala 1:250)

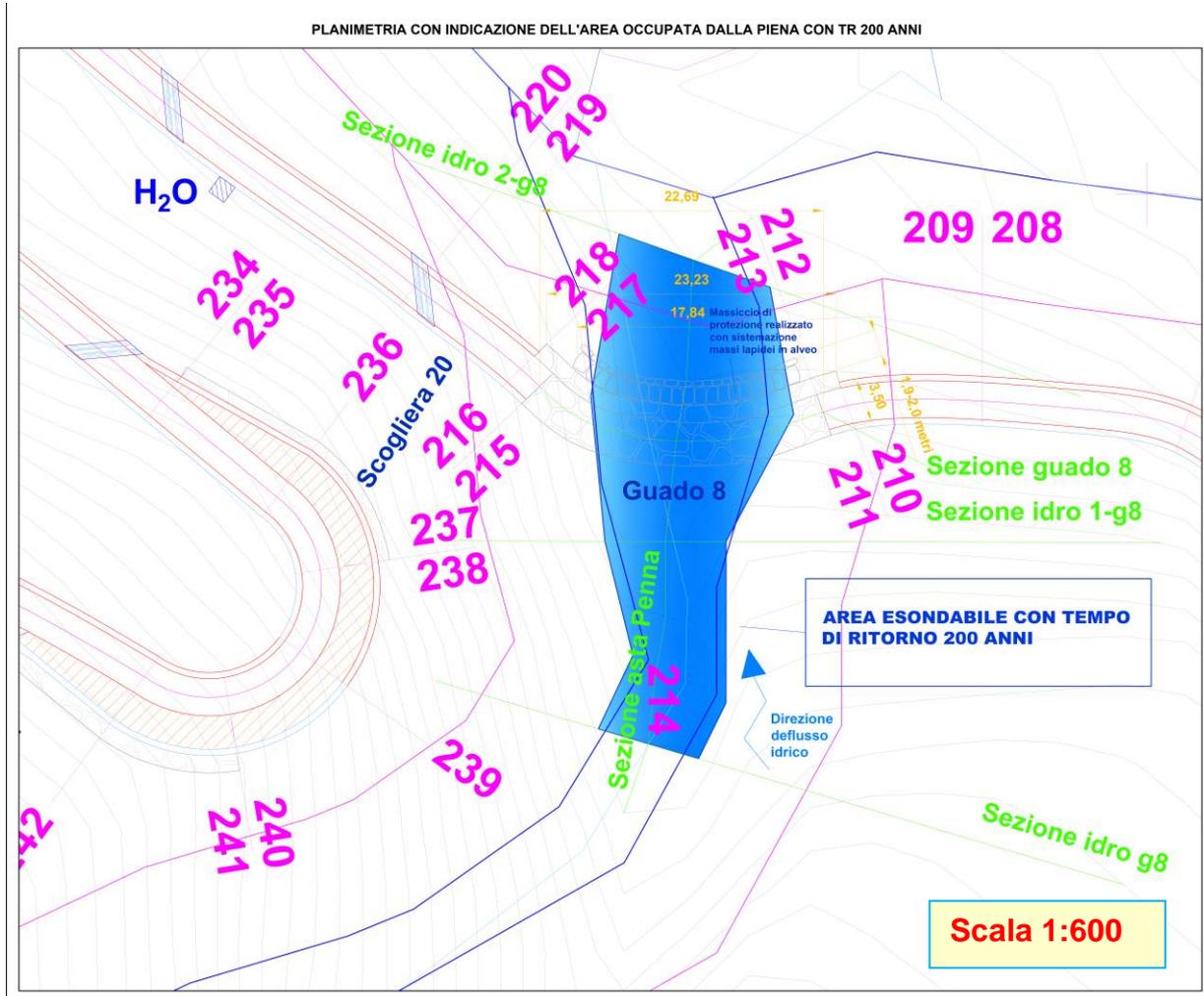
Sezione 2-g8 valle guado



6. Area esondabile con tr 200 anni

In base al livello idrico in ciascuna sezione si è disegnata l'area di esondazione con tempo di ritorno duecentennale con lo studio esteso sia a monte che a valle del guado.

La rappresentazione è indicata nella seguente figura:



7. Conclusioni

Dalle verifiche effettuate risulta che il livello di piena duecentennale non fuoriesce dalle sezioni attuali naturali ed in particolare non fuoriesce nemmeno dalla sezione di progetto del guado dove la piena duecentennale si alza di una altezza, al centro della corda molle, di 63,6 cm (0,636 metri) con un franco di 46,4 cm (0,464 metri).

Quindi l'opera presenta una sufficiente sicurezza idraulica.