

COMUNE DI CAPANNOLI

Provincia di PISA

PIANO DI LOTTIZZAZIONE POSTO IN CAPANNOLI (PI) VIA DEI MILLE

SCHEMA NORMA AUP 1.6

ASPETTI IDRAULICI

Committenti:

RECCE Rocco
RECCE Roberto
PERNA Marianna
MARINARI Fabio
SBROCCHI Sauro
LUCIANI Luciana

PROGETTAZIONE IDRAULICA:



H.S. INGEGNERIA srl

Via A. Bonistalli 12
50053 Empoli (FI)
Tel. e Fax 0571-725283
e.mail info@hsingegneria.it
web www.hsingegneria.it
P.IVA 01952520466

Dott. Ing. PAOLO PUCCI

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Firenze n.4624

CODICE ELABORATO

Oggetto:

Relazione idraulica

ANNO	LIVELLO	IDENT. PROGETTO	TIPOLOGIA	NUMERO ELABORATO
2014	PL	AUP16	REL	01

FILE:
7

SCALA:

-

DATA EMISSIONE:

Febbraio 2014

REVISIONE	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DATA
00	Adeguamento TR200 Botro delle Pietre - Laminazione portate pluviometriche	PP	PP	PP	Febbraio 2014

Il presente elaborato è di esclusiva proprietà, a norma di legge, dei professionisti incaricati. E' vietata la riproduzione, anche parziale, o il trasferimento a terzi senza specifica autorizzazione scritta

PROGETTO	COMMITTENTI	DATA
AUP 1.6 – Relazione idraulica	Recce Rocco, Recce Roberto, Perna Marianna, Marinari Fabio, Sbocchi Sauro, Luciani Luciana	Febbraio 2014

Indice generale

1. PREMESSA.....	2
2. ADEGUAMENTO DEL BOTRO DELLE PIETRE ALLA PORTATA CON TEMPO DI RITORNO 200 ANNI.....	3
2.1. Portata di progetto.....	3
2.2. Geometria del modello.....	4
2.3. Coefficienti di scabrezza.....	4
2.4. Condizioni al contorno.....	4
2.5. Modellazione idraulica dello stato attuale.....	5
2.6. Modellazione idraulica dello stato di progetto.....	5
3. DIMENSIONAMENTO DEGLI INTERVENTI NECESSARI PER IL NON INCREMENTO DEL RISCHIO IDRAULICO A VALLE DELL'INTERVENTO.....	7
3.1. Incremento di rischio per sottrazione di volume alla naturale esondazione.....	7
3.2. Interventi per il non incremento di rischio connesso all'impermeabilizzazione.....	7
3.2.1. Parametri di progetto.....	8
3.2.1.1. Pluviometria.....	8
3.2.1.2. Permeabilità.....	8
3.2.1.3. Portate stato attuale e di progetto.....	8
3.2.2. Dimensionamento del sistema di laminazione.....	9
4. CONCLUSIONI.....	11
ALLEGATO 1. ANALISI IDRAULICHE DEL BOTRO DELLE PIETRE.....	12
ALLEGATO 1.1. Bacino idrografico.....	12
ALLEGATO 1.2. Planimetria del rilievo topografico.....	13
ALLEGATO 1.3. Modellazione idraulica dello stato attuale.....	14
ALLEGATO 1.4. Modellazione idraulica dello stato di progetto.....	15
ALLEGATO 1.5. Sezioni tipologiche Botro delle Pietre.....	16
ALLEGATO 2. SEZIONI TERRITORIALI AUP 1.6.....	17
ALLEGATO 3. SCHEMA TIPOLOGICO SISTEMA DI LAMINAZIONE DELLE PORTATE PER CIASCUNO DEI 4 LOTTI.....	18

PROGETTAZIONE IDRAULICA	PAGINA
Dott. Ing. PAOLO PUCCI (H.S. INGEGNERIA srl) Via Andrea Bonistalli 12, 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail info@hsingegneria.it	1/18

PROGETTO	COMMITTENTI	DATA
AUP 1.6 – Relazione idraulica	Recce Rocco, Recce Roberto, Perna Marianna, Marinari Fabio, Sbrocchi Sauro, Luciani Luciana	Febbraio 2014

1. PREMESSA

La presente relazione idraulica è redatta dal sottoscritto Ing. PAOLO PUCCI (H.S. INGEGNERIA srl) su incarico di RECCE Rocco – RECCE Roberto – PERNA Marianna – MARINARI Fabio – SBROCCHI Sauro – LUCIANI Luciana, a supporto del progetto della lottizzazione AUP 1.6 nel Comune di Capannoli (PI).

Il progetto della lottizzazione, al quale si rimanda per informazioni di dettaglio, è curato dallo studio professionale MB & PARTNERS di Capannoli (PI).

Gli scopi delle indagini ivi effettuate sono i seguenti:

- **progettare l'adeguamento alla massima portata duecentennale** sotto il profilo idraulico del tratto **del Botro delle Pietre** che attraversa la lottizzazione e i relativi attraversamenti;
- **progettare i sistemi necessari per garantire il non incremento del rischio idraulico** a seguito dell'attuazione della trasformazione.

Non sono state analizzate le condizioni relative alla fattibilità della trasformazione sotto il profilo idraulico in quanto per le stesse risulta già incaricato un altro professionista.

PROGETTAZIONE IDRAULICA	PAGINA
Dott. Ing. PAOLO PUCCI (H.S. INGEGNERIA srl) Via Andrea Bonistalli 12, 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail info@hsingegneria.it	2/18

PROGETTO	COMMITTENTI	DATA
AUP 1.6 – Relazione idraulica	Recce Rocco, Recce Roberto, Perna Marianna, Marinari Fabio, Sbocchi Sauro, Luciani Luciana	Febbraio 2014

2. ADEGUAMENTO DEL BOTRO DELLE PIETRE ALLA PORTATA CON TEMPO DI RITORNO 200 ANNI

Per il dimensionamento idraulico del tratto di interesse del Botro delle Pietre, per una lunghezza complessiva di circa 50m dall'inizio della lottizzazione fino a Via dei Mille, si è impiegato il software di calcolo HEC-RAS 4.1.0 prodotto dal Corpo degli Ingegneri dell'esercito americano, implementando un modello a moto permanente monodimensionale.

Le simulazioni idrauliche sono state limitate al tratto di intervento, in quanto a valle è presente un tombamento con sezione circolare di diametro 80 cm che risulta non sufficiente per lo smaltimento anche di portate trentennali, come indicato nello "Studio di verifiche idrauliche di supporto alla pianificazione del territorio comunale", Viti-Pagliara-Nardi, Novembre 2003, Comune di Capannoli – Piano Strutturale, della quale si riporta un estratto nella figura seguente (il bacino di interesse è il bacino 3M):

CAPANNOLI - COLLETTORI BACINI MINORI
Centro Urbano di Capannoli

N. Coll.	Rif. HMS		L(m)	i	Dim	Qmax(mc/s)	Q ₃₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀
1	Bacino 3M	Inizio tratto intubato	180	0.016	Φ 800	1.24	1.31	1.61	1.86
2	Junction 5	3M+3V	95	0.037	Φ 800	1.84	3.28	4.06	4.67
3	Bacino 4M	Inizio tratto intubato	190	0.022	Φ 600	0.66	0.50	0.68	0.79
4	Junction 6	JUN5+4M+4V	170	0.016	Φ 1000	2.19	4.03	4.96	5.72
5	Bacino 5M	Inizio tratto intubato	175	0.046	Φ 1200	6.04	0.60	0.73	0.84
6	Junction 7	JUN6+5M+5V	245	0.007	Φ 1000	1.45	5.20	6.42	7.40
7	Bacino 6M	Inizio tratto intubato	210	0.015	Non definito	----	1.36	1.68	1.94
8	Junction 8	JUN7+6M+6V	130	0.005	Φ 1000	1.22	7.68	9.44	10.9
9	Junction 8	JUN7+6M+6V	350	0.012	Φ 1600	6.64	7.68	9.44	10.9
10	Junction 9	JUN8+7	200	0.005	Scat. 200x125	5.20	7.96	9.73	11.12

 portata eccedente Qmax

Pertanto, l'adeguamento progettato in questa sede svolgerà la sua funzione solo nel caso in cui si provveda in futuro all'adeguamento anche del tratto di valle.

A favore di sicurezza le simulazioni sono state eseguite in condizioni di corrente lenta, con un incremento dei livelli liquidi rispetto alla condizione di corrente veloce che la pendenza del fondo comporterebbe.

2.1. Portata di progetto

Per dimensionare sotto il profilo idraulico l'adeguamento del Botro delle Pietre è necessario in primo luogo determinare la portata di progetto per un evento duecentennale.

Lo "Studio di verifiche idrauliche di supporto alla pianificazione del territorio comunale", Viti-Pagliara-Nardi, Novembre 2003, Comune di Capannoli – Piano Strutturale, indica le seguenti portate massime al variare del tempo di ritorno per il bacino del Botro delle Pietre:

PROGETTAZIONE IDRAULICA	PAGINA
Dott. Ing. PAOLO PUCCI (H.S. INGEGNERIA srl) Via Andrea Bonistalli 12, 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail info@hsingegneria.it	3/18

PROGETTO	COMMITTENTI	DATA
AUP 1.6 – Relazione idraulica	Recce Rocco, Recce Roberto, Perna Marianna, Marinari Fabio, Sbocchi Sauro, Luciani Luciana	Febbraio 2014

Elemento	Q30 [m3/s]	Q100 [m3/s]	Q200 [m3/s]
Bacino 3M	1.31	1.61	1.86
Junction 5	3.28	4.06	4.67

Il tratto di interesse si colloca a valle dell'elemento Bacino 3M e a monte dell'elemento Junction 5, nel quale confluiscono il bacino di monte (agricolo) e quello di valle (urbano). A favore di sicurezza, quindi, la portata duecentennale è stata calcolata come percentuale riferita alla superficie del bacino chiuso in corrispondenza di Via dei Mille rispetto alla superficie complessiva sottesa dall'elemento Junction 5. La superficie complessiva sottesa dalla Junction 5 risulta pari a 0.329 km², come indicato nello Studio Viti-Pagliara-Nardi, mentre la superficie del bacino chiuso a Via dei Mille, sulla base della CTR in scala 1:2000, è pari a 0.189 km². Pertanto la percentuale di riferimento è pari a $0.189/0.329 = 57.45\%$.

Applicando tale percentuale alla massima portata duecentennale della Junction 5 si ottiene una portata di progetto per il tratto di interesse pari a:

$$Q_{200} = 4.67 \times 57.45\% = 2.68 \text{ m}^3/\text{s}$$

2.2. Geometria del modello

La geometria del modello idraulico è stata determinata sulla base del rilievo topografico fornito dallo studio MB & PARTNERS di Capannoli; sono state desunte dal rilievo 7 sezioni trasversali del Botro, relative al tratto di intervento di lunghezza di circa 50 m.

Per lo stato di progetto si è provveduto a risagomare le sezioni idrauliche con il criterio di ottenere un franco minimo sul ciglio di sponda pari a 1/5 dell'altezza liquida, come per l'attraversamento carrabile e pedonale previsto.

In allegato al presente documento si riporta la planimetria con l'indicazione delle sezioni trasversali.

2.3. Coefficienti di scabrezza

Sulla base dei dati di letteratura, considerando una copertura a verde per il tratto del Botro che verrà risagomato a cielo aperto, il coefficiente di scabrezza n di Manning è stato assunto pari a:

$$n = 0.028$$

Per lo scolare in c.a. di attraversamento carrabile del fosso è stato assegnato un coefficiente n di Manning pari a:

$$n = 0.018$$

2.4. Condizioni al contorno

Per le simulazioni idrauliche, sia allo stato attuale che allo stato di progetto, si è assunta come condizione al contorno di monte e di valle quella di deflusso in condizioni di moto uniforme, con pendenza della linea dell'energia pari alla pendenza del fondo (0.02 m/m a valle e 0.032 m/m a monte).

E' stato quindi isolato il tratto di intervento, considerando il Botro adeguato sia a monte che a

PROGETTAZIONE IDRAULICA	PAGINA
Dott. Ing. PAOLO PUCCI (H.S. INGEGNERIA srl) Via Andrea Bonistalli 12, 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail info@hsingegneria.it	4/18

PROGETTO	COMMITTENTI	DATA
AUP 1.6 – Relazione idraulica	Recce Rocco, Recce Roberto, Perna Marianna, Marinari Fabio, Sbocchi Sauro, Luciani Luciana	Febbraio 2014

valle, in previsione di eventuali interventi futuri.

2.5. Modellazione idraulica dello stato attuale

La modellazione idraulica dello stato attuale ha mostrato che il tratto in oggetto del Botro delle Pietre è del tutto inadeguato allo smaltimento della portata con tempo di ritorno 200 anni, anche senza tener conto della strozzatura prodotta dal tombamento con sezione circolare diametro 80 cm presente a valle in corrispondenza di Via dei Mille.

In allegato al presente documento si riportano i risultati della modellazione idraulica ottenuti dal software HEC RAS.

2.6. Modellazione idraulica dello stato di progetto

Per consentire lo smaltimento della massima portata con tempo di ritorno 200 anni nel tratto in adiacenza all'AUP 1.6 è stata progettata una sezione trapezia, con larghezza al fondo di 0.6 m e scarpa delle sponde 1 su 1, con altezza minima delle sponde pari a 1 m.

Al fondo alveo è stata assegnata una pendenza costante pari a circa 0.0286 m/m.

In questo modo si ottiene un franco minimo superiore ad 1/5 dell'altezza liquida.

Ovviamente l'adeguamento consentirà lo smaltimento in sicurezza della portata duecentennale solo qualora si provveda in futuro all'adeguamento anche del tratto del Botro delle Pietre a valle della zona di intervento.

Per quanto riguarda l'attraversamento carrabile (culvert 6.5 nel modello HEC-RAS) posto nella parte a monte della lottizzazione, si prevede di impiegare due condotte scatoari affiancate di 1200x1200mm di sezione, con un franco di sicurezza ampiamente superiore ad 1/5 dell'altezza liquida. L'attraversamento dovrà essere dotato a monte e a valle di opportuni raccordi con scogliera cementata dalla sezione trapezia risagomata alla sezione rettangolare del doppio scatolare.

Per la passerella pedonale si prevede la realizzazione della stessa senza ingombro dell'alveo del Botro, con franco quindi pari a quello della sezione trapezia, superiore ad 1/5 dell'altezza liquida.

Nella tabella seguente si riassumono i risultati ottenuti dal software HEC-RAS, con indicati i franchi di sicurezza, i franchi di sicurezza minimi (1/5 dell'altezza liquida) e conseguente verifica:

Sezione	Portata	Quota del fondo	Quota pelo libero	Velocità	Altezza d'acqua	Franco di sicurezza	Franco di sicurezza minimo	Verifica
-	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m)	-
08	2.68	1.25	2.07	2.28	0.83	0.17	0.166	Si
07	2.68	0.96	1.70	1.35	0.74	0.46	0.148	Si
6.5	Culvert							
06	2.68	0.55	1.41	1.15	0.86	0.34	0.172	Si
05	2.68	0.36	1.18	2.28	0.82	0.18	0.164	Si

PROGETTAZIONE IDRAULICA	PAGINA
Dott. Ing. PAOLO PUCCI (H.S. INGEGNERIA srl) Via Andrea Bonistalli 12, 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail info@hsingegneria.it	5/18

PROGETTO	COMMITTENTI	DATA
AUP 1.6 – Relazione idraulica	Recce Rocco, Recce Roberto, Perna Marianna, Marinari Fabio, Sbochi Sauro, Luciani Luciana	Febbraio 2014

04	2.68	0.12	0.94	2.28	0.82	0.18	0.164	Si
03	2.68	-0.03	0.80	2.28	0.82	0.18	0.164	Si
02	2.68	-0.26	0.57	2.28	0.82	0.18	0.164	Si
01	2.68	-0.50	0.32	2.28	0.82	0.18	0.164	Si

Da quanto riportato in tabella si evince che tutte le sezioni trasversali risultano verificate nei confronti della massima portata duecentennale, con un franco minimo superiore ad 1/5 dell'altezza liquida.

In allegato al presente documento si riportano i risultati della modellazione idraulica effettuata con il software HEC-RAS, oltre alla sezione tipologica del tratto con sezione trapezia e dell'attraversamento carrabile con doppio scatolare.

PROGETTO	COMMITTENTI	DATA
AUP 1.6 – Relazione idraulica	Recce Rocco, Recce Roberto, Perna Marianna, Marinari Fabio, Sbocchi Sauro, Luciani Luciana	Febbraio 2014

3. DIMENSIONAMENTO DEGLI INTERVENTI NECESSARI PER IL NON INCREMENTO DEL RISCHIO IDRAULICO A VALLE DELL'INTERVENTO

A seguito dell'attuazione della trasformazione si può avere incremento del rischio idraulico a valle per i due seguenti effetti:

- **eventuale sottrazione di volume alla naturale esondazione** delle acque a monte di Via dei Mille;
- **incremento della portata defluente nel Botro delle Pietre connesso all'impermeabilizzazione** della porzione di territorio interessata dalla lottizzazione.

I due effetti sono stati analizzati separatamente, per individuare l'entità degli stessi e conseguentemente progettare gli interventi necessari per garantire il non incremento del rischio idraulico a valle.

3.1. Incremento di rischio per sottrazione di volume alla naturale esondazione

Sulla base del rilievo topografico fornito da MB & Partners si sono tracciate una serie di sezioni territoriali ortogonali a Via dei Mille, lungo la naturale pendenza di versante. In allegato al presente documento si riporta la planimetria delle sezioni territoriali tracciate e le sezioni stesse, che hanno mostrato che allo stato attuale Via dei Mille non è costruita in rilevato rispetto al terreno a monte. Quindi, in caso di esondazione delle acque dal Botro delle Pietre o scorrimento diffuso sul piano campagna, Via dei Mille non costituisce ostacolo al deflusso verso valle delle stesse, senza che vi sia alcun volume di invaso a monte della strada.

Pertanto si può concludere che, non essendovi allo stato attuale alcun volume disponibile a monte della strada, la realizzazione della trasformazione non comporterà alcuna sottrazione di volume e di conseguenza alcun incremento di rischio a valle sotto questo profilo.

Sulla base di quanto sopra, non vi è necessità di alcuna opera di compenso di volumetrie sottratte alla naturale esondazione, poiché non sussiste alcuna sottrazione di volume.

3.2. Interventi per il non incremento di rischio connesso all'impermeabilizzazione

A seguito dell'attuazione della trasformazione buona parte dei terreni interessati dall'AUP 1.6, attualmente interamente a verde, saranno impermeabilizzati, con conseguente incremento del coefficiente di deflusso superficiale.

L'incremento del coefficiente di deflusso comporta un incremento delle portate defluenti dalla zona in esame; tale effetto deve essere annullato anche in considerazione del fatto che il tombamento del Botro delle Pietre in corrispondenza di Via dei Mille, come già evidenziato in precedenza, risulta inadeguato già per lo smaltimento di portate trentennali. Pertanto, affinché la trasformazione non induca incremento di rischio, è necessario prevedere un sistema di laminazione delle portate in caso di eventi pluviometrici, che garantisca che allo stato di progetto si vada a scaricare nel Botro una portata al massimo pari a quella che si aveva nella condizione pre- intervento.

Tale obiettivo sarà conseguito mediante la realizzazione di appositi volumi di invaso, ricavati nei

PROGETTAZIONE IDRAULICA	PAGINA
Dott. Ing. PAOLO PUCCI (H.S. INGEGNERIA srl) Via Andrea Bonistalli 12, 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail info@hsingegneria.it	7/18

PROGETTO	COMMITTENTI	DATA
AUP 1.6 – Relazione idraulica	Recce Rocco, Recce Roberto, Perna Marianna, Marinari Fabio, Sbocchi Sauro, Luciani Luciana	Febbraio 2014

condotti di fognatura bianca opportunamente sovradimensionati, che scarichino le acque nel Botro delle Pietre mediante una bocca tarata in grado di limitare la portata a quella che si aveva prima dell'attuazione dell'AUP 1.6.

3.2.1. Parametri di progetto

3.2.1.1. Pluviometria

In primo luogo è necessario fissare un evento pluviometrico di riferimento, sul quale dimensionare gli interventi necessari per il non incremento della portata defluente.

Gli studi idraulici a supporto della pianificazione del Comune di Capannoli per il bacino 3M, corrispondente alla parte a monte di Via dei Mille, indicano un tempo di corrivazione pari a 0.32 ore. Pertanto si è assunto come evento di riferimento un evento trentennale di durata 0.32 ore.

La curva di possibilità pluviometrica trentennale indicata nel suddetto studio è la seguente:

$$h = 61 \cdot t^{0.65} \quad \text{TR 30 anni, } t < 1 \text{ ora}$$

Pertanto, per l'evento di riferimento si ha una precipitazione attesa pari a:

$$h(\text{TR}30, t=0.32\text{h}) = 29.09 \text{ mm}$$

3.2.1.2. Permeabilità

Allo stato attuale l'area risulta interamente a verde, e quindi può essere assegnato un coefficiente di deflusso pari a:

$$\varphi_{\text{att}} = 0.2$$

Allo stato di progetto si prevede la realizzazione di 4 lotti. Per ciascuno di essi, considerando a favore di sicurezza di avere superficie impermeabile per il 75% della superficie e superficie parzialmente permeabile per il restante 25%, si ha un coefficiente di deflusso pari a:

$$\varphi_{\text{prog}} = 1 \times 0.75 + 0.4 \times 0.25 = 0.85$$

I lotti hanno una superficie di 795 mq ciascuno. A favore di sicurezza si trascura la presenza delle vasche di recupero delle acque meteoriche, obbligatorie secondo il vigente RU, ipotizzando che esse siano piene al momento dell'evento critico.

3.2.1.3. Portate stato attuale e di progetto

Le portate massime allo stato attuale e di progetto defluenti da ciascun lotto sono state calcolate con riferimento alla formula razionale, espressa dalla seguente:

$$Q = 278 \cdot \varphi \cdot A \cdot h / T_c \quad [\text{l/s}]$$

dove φ è il coefficiente di deflusso, A la superficie scolante in km², h l'altezza di pioggia attesa in mm e T_c il tempo di corrivazione in ore.

Per ciascuno dei quattro lotti si ha quindi:

$$Q_{\text{att}} = 278 \cdot 0.2 \cdot 0.000795 \cdot 29.09 / 0.32 = 4.02 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{prog}} = 278 \cdot 0.85 \cdot 0.000795 \cdot 29.09 / 0.32 = 17.08 \text{ l/s}$$

Pertanto, per garantire il non incremento della portata defluente nel Botro delle Pietre per

PROGETTAZIONE IDRAULICA	PAGINA
Dott. Ing. PAOLO PUCCI (H.S. INGEGNERIA srl) Via Andrea Bonistalli 12, 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail info@hsingegneria.it	8/18

PROGETTO	COMMITTENTI	DATA
AUP 1.6 – Relazione idraulica	Recce Rocco, Recce Roberto, Perna Marianna, Marinari Fabio, Sbochi Sauro, Luciani Luciana	Febbraio 2014

l'evento di riferimento, è necessario progettare un sistema in grado di laminare la portata uscente da ciascun lotto ad un massimo di 4.02 l/s.

3.2.2. Dimensionamento del sistema di laminazione

Il dimensionamento del sistema di laminazione è stato eseguito mediante il software INVASI prodotto dalla società Hydraulic Software srl con sede in Capannori (LU).

Il codice di calcolo risolve per via iterativa l'equazione dell'invaso:

$$\frac{dV}{dt} = Q_i(t) - Q_u(h(t))$$

dove la variazione di volume dV nell'invaso nell'intervallo di tempo dt è uguale alla differenza tra la portata entrante all'istante t e la portata uscente all'istante t funzione dell'altezza h del pelo libero nel sistema di invaso.

La portata uscente è calcolata mediante l'equazione delle luci a battente:

$$Q_u(h) = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

dove μ è il coefficiente di efflusso dalla luce a battente, A la sezione della luce, g l'accelerazione di gravità e h il battente sul baricentro della luce.

Nel caso in esame sono stati impiegati i seguenti parametri per l'esecuzione del calcolo del sistema di laminazione:

Portata entrante:	Q = 17.08 l/s
Portata massima uscente:	Q _{lim} = 4.02 l/s
Coefficiente efflusso luce:	μ = 0.6401 (luce con punto più basso sul fondo)
Volume nel sistema a t = 0:	0 mc

La laminazione verrà effettuata in una tubazione circolare di 600mm di diametro interno e lunghezza 60m. Inserendo nel codice di calcolo tale dimensione della fognatura costituente il sistema di invaso e la dimensione della luce di scarico approssimata all'intero superiore misurato in cm (diametro Ø5cm) si ottiene il seguente tabulato di calcolo fornito dal software:

File creato da H.S.Invasi©
www.hssrl.net

Dati dell'invaso correttamente dimensionato e verificato:

Invaso a sezione circolare con le misure seguenti:

Raggio = 30 cm
Lunghezza = 60 m

Tempo della simulazione = 1140 sec
Numero delle luci di sbocco = 1

PROGETTAZIONE IDRAULICA	PAGINA
Dott. Ing. PAOLO PUCCI (H.S. INGEGNERIA srl) Via Andrea Bonistalli 12, 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail info@hsingegneria.it	9/18

PROGETTO	COMMITTENTI	DATA
AUP 1.6 – Relazione idraulica	Recce Rocco, Recce Roberto, Perna Marianna, Marinari Fabio, Sbocchi Sauro, Luciani Luciana	Febbraio 2014

Area della luce di sbocco = 19,63 cm²
 In caso di luce circolare pari ad un diametro di 5 cm
 Altezza del baricentro della luce rispetto al punto più basso della vasca = 2,5 cm
 Coefficiente di deflusso μ = 0,64015
 Quantità di acqua già invasata all'istante t=0 = 0 m³

Portata in ingresso costante = 17,08 litri/sec
 Portata massima in uscita = 4,02 litri/sec
 Portata media in uscita = 2,77 litri/sec
 Altezza raggiunta nell'istante finale = 55,11 cm

Dati verificati utilizzando le formule:

$$Q = A * \mu * (2 * g * h)^{(1/2)}$$

$$T = \int [A / (Q_a - Q_e)] dh$$

Equazioni verificate iterativamente con 5000 iterazioni

Pertanto, secondo quanto indicato in precedenza, per ciascun lotto il sistema di laminazione sarà costituito da una tubazione circolare con diametro interno 600mm e lunghezza 60m, che raccoglierà le acque di pioggia e le convoglierà ad un pozzetto con un setto verticale di altezza 60 cm, nel quale sarà predisposto un foro di 5 cm di diametro, secondo lo schema riportato in allegato.

Con il sistema di laminazione progettato, a seguito della trasformazione si garantisce il non incremento della portata defluente nel Botro delle Pietre per l'evento di riferimento.

PROGETTAZIONE IDRAULICA	PAGINA
Dott. Ing. PAOLO PUCCI (H.S. INGEGNERIA srl) Via Andrea Bonistalli 12, 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail info@hsingegneria.it	10/18

PROGETTO	COMMITTENTI	DATA
AUP 1.6 – Relazione idraulica	Recce Rocco, Recce Roberto, Perna Marianna, Marinari Fabio, Sbocchi Sauro, Luciani Luciana	Febbraio 2014

4. CONCLUSIONI

La presente relazione idraulica è redatta dal sottoscritto Ing. PAOLO PUCCI (H.S. INGEGNERIA srl) a supporto del progetto della lottizzazione AUP 1.6 nel Comune di Capannoli (PI).

Gli scopi delle indagini ivi effettuate sono i seguenti:

- progettare l'adeguamento alla massima portata duecentennale sotto il profilo idraulico del tratto del Botro delle Pietre che attraversa la lottizzazione e i relativi attraversamenti;
- progettare i sistemi necessari per garantire il non incremento del rischio idraulico a seguito dell'impermeabilizzazione connessa alla realizzazione della trasformazione.

Per quanto concerne l'**adeguamento del Botro delle Pietre alla massima portata duecentennale** è stata progettata una sezione trapezia a cielo aperto, con larghezza al fondo di 0.6 m e scarpa delle sponde 1 su 1, con altezza minima delle sponde pari a 1m. Per l'attraversamento carrabile è stata progettata una soluzione con due condotte scatolari affiancate di 1200x1200mm di sezione.

Il tratto tombato in corrispondenza e a valle di Via dei Mille risulta non adeguato allo smaltimento della portata già per eventi trentennali, come evidenziato negli studi idraulici del Comune di Capannoli; pertanto, l'adeguamento ivi progettato, svolgerà la sua funzione solo in caso di un futuro adeguamento alla duecentennale del tratto di valle.

Per quanto concerne il **non incremento del rischio idraulico al contorno determinato dalla trasformazione** si è osservato quanto segue:

- non si produce alcuna sottrazione di volume alla naturale esondazione delle acque in quanto Via dei Mille non è in rilevato rispetto al piano campagna, come da sezioni territoriali allegate;
- si ha un incremento delle portate defluenti nel Botro delle Pietre a seguito dell'impermeabilizzazione dei terreni interessati dall'AUP 1.6.

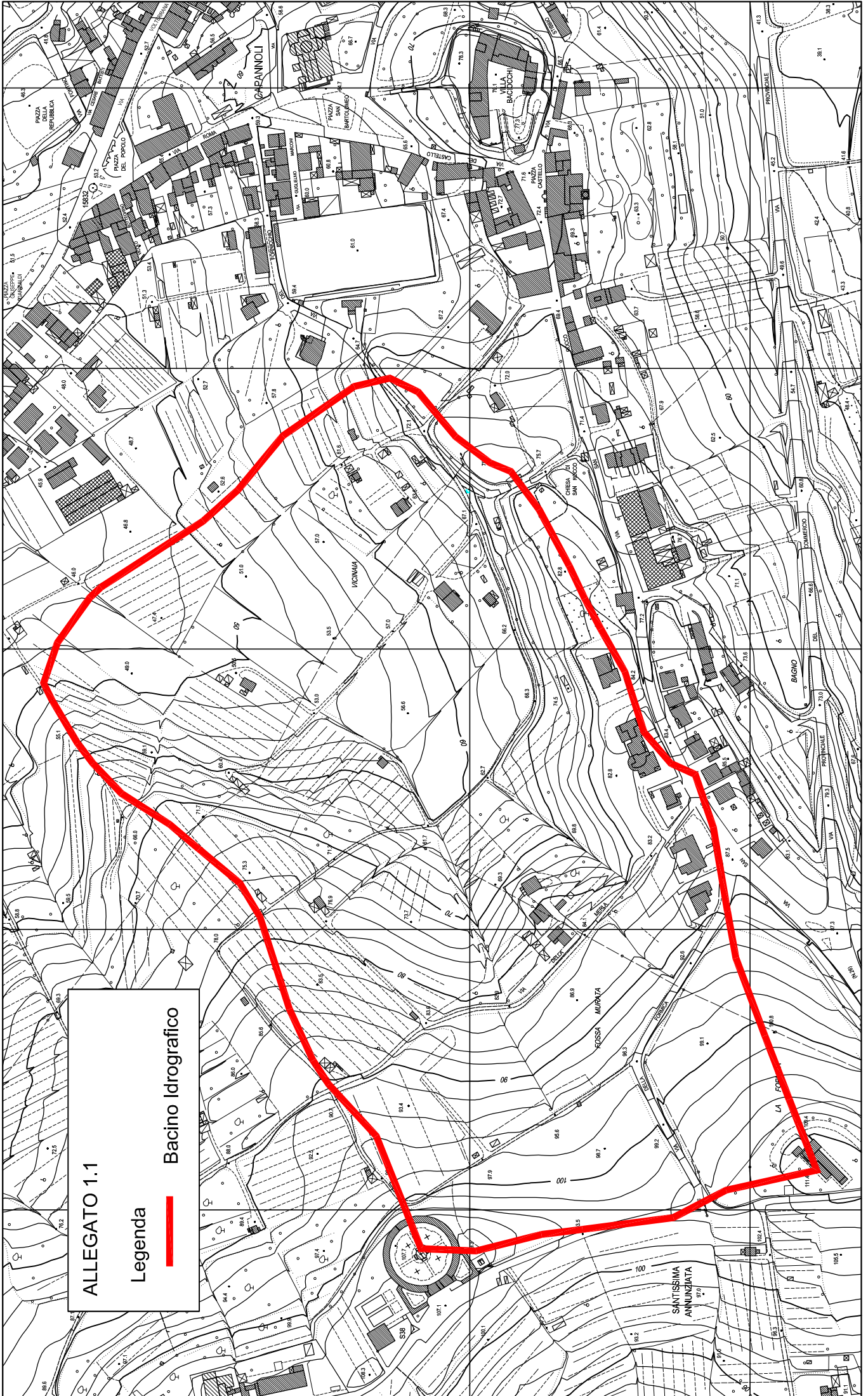
Per garantire il non incremento del rischio a seguito della trasformazione è stato quindi progettato un sistema di laminazione delle portate che per ciascuno dei quattro lotti sarà costituito da una tubazione circolare di 600mm di diametro, con scarico mediante una bocca tarata di diametro 5cm in grado di limitare la portata massima allo stato di progetto a quella che si aveva allo stato attuale per l'evento pluviometrico di riferimento.

PROGETTAZIONE IDRAULICA	PAGINA
Dott. Ing. PAOLO PUCCI (H.S. INGEGNERIA srl) Via Andrea Bonistalli 12, 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail info@hsingegneria.it	11/18

PROGETTO	COMMITTENTI	DATA
AUP 1.6 – Relazione idraulica	Recce Rocco, Recce Roberto, Perna Marianna, Marinari Fabio, Sbocchi Sauro, Luciani Luciana	Febbraio 2014

ALLEGATO 1. ANALISI IDRAULICHE DEL BOTRO DELLE PIETRE
--

ALLEGATO 1.1. <i>Bacino idrografico</i>
--



ALLEGATO 1.1

Legenda



Bacino Idrografico

PROGETTO	COMMITTENTI	DATA
AUP 1.6 – Relazione idraulica	Recce Rocco, Recce Roberto, Perna Marianna, Marinari Fabio, Sbocchi Sauro, Luciani Luciana	Febbraio 2014

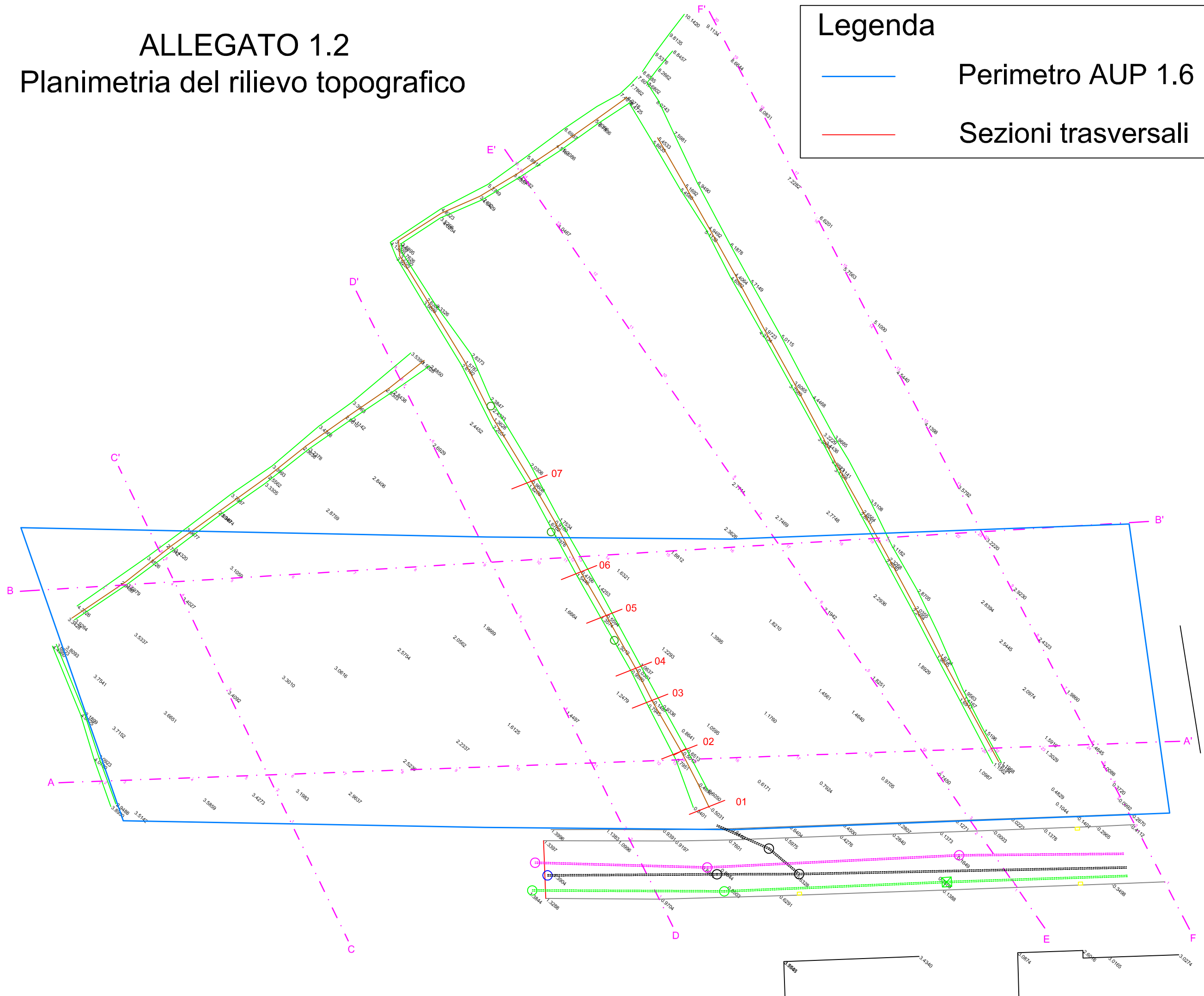
ALLEGATO 1.2. *Planimetria del rilievo topografico*

ALLEGATO 1.2

Planimetria del rilievo topografico

Legenda

- Perimetro AUP 1.6
- - - Sezioni trasversali



PROGETTO	COMMITTENTI	DATA
AUP 1.6 – Relazione idraulica	Recce Rocco, Recce Roberto, Perna Marianna, Marinari Fabio, Sbocchi Sauro, Luciani Luciana	Febbraio 2014

ALLEGATO 1.3. *Modellazione idraulica dello stato attuale*

PROGETTAZIONE IDRAULICA	PAGINA
Dott. Ing. PAOLO PUCCI (H.S. INGEGNERIA srl) Via Andrea Bonistalli 12, 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail info@hsingegneria.it	14/18

HEC-RAS Plan: Q200-Att River: Botro Pietre Reach: Botro Pietre Profile: TR200

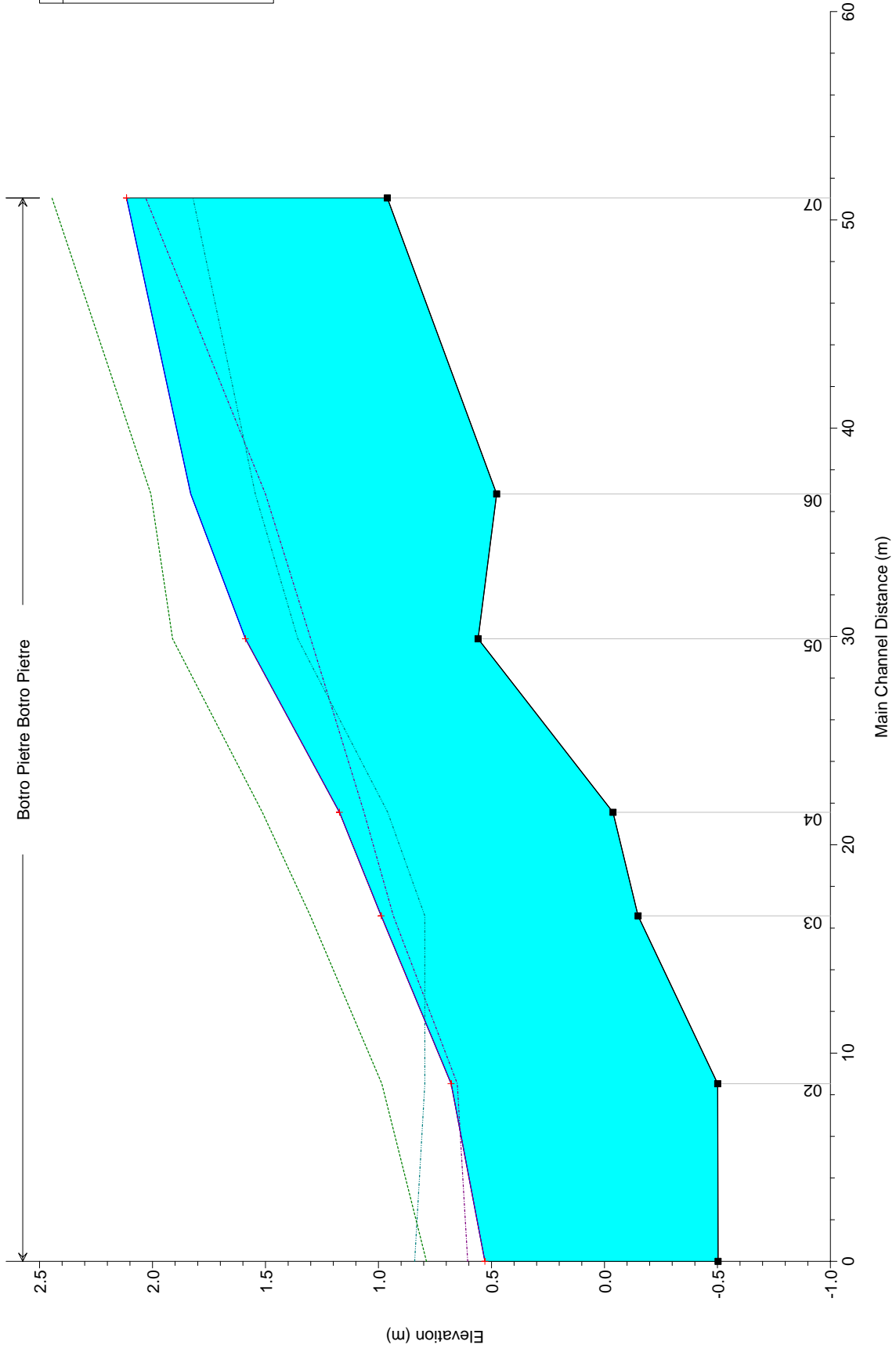
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	L. Freeboard (m)	R. Freeboard (m)	Max Chl Dpth (m)
Botro Pietre	07	TR200	2.68	0.96	2.11	2.11	2.44	0.019427	2.55	1.05	1.59	1.00	-0.09	-0.29	1.15
Botro Pietre	06	TR200	2.68	0.48	1.83	1.83	2.01	0.008323	1.86	1.44	1.73	0.65	-0.33	-0.29	1.35
Botro Pietre	05	TR200	2.68	0.56	1.59	1.59	1.91	0.017792	2.51	1.07	1.65	1.00	-0.29	-0.23	1.03
Botro Pietre	04	TR200	2.68	-0.04	1.17	1.17	1.51	0.020853	2.59	1.03	1.51	1.00	-0.11	-0.21	1.21
Botro Pietre	03	TR200	2.68	-0.15	0.99	0.99	1.30	0.018073	2.48	1.08	1.72	1.00	-0.05	-0.19	1.14
Botro Pietre	02	TR200	2.68	-0.50	0.68	0.68	0.99	0.018175	2.45	1.09	1.83	1.01	-0.03	0.12	1.18
Botro Pietre	01	TR200	2.68	-0.50	0.53	0.53	0.79	0.014476	2.25	1.19	2.31	1.00	0.08	0.31	1.03

20140129_BotroPietre Plan: Q200-ATTUALE

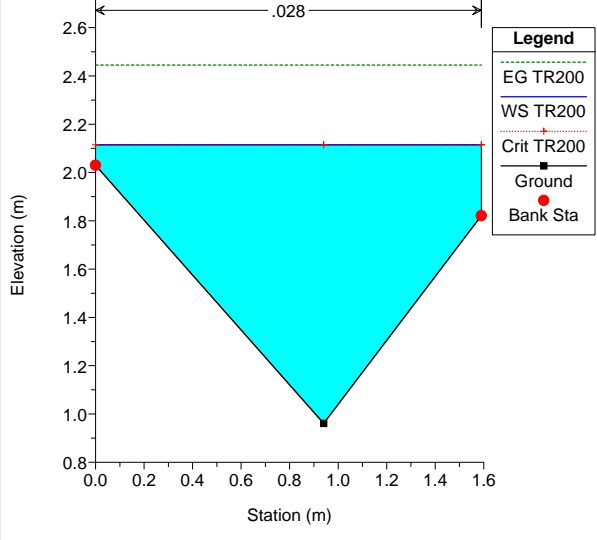
Geom: Attuale

Botro Pietre Botro Pietre

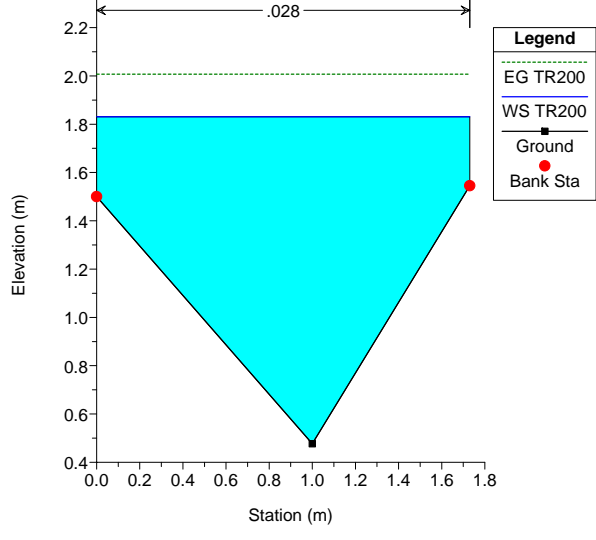
Legend	
EG TR200	— (dotted green line)
WS TR200	— (solid blue line)
Crit TR200	— (dotted red line)
Ground	— (solid black line)
LOB	— (dotted purple line)
ROB	— (dotted cyan line)



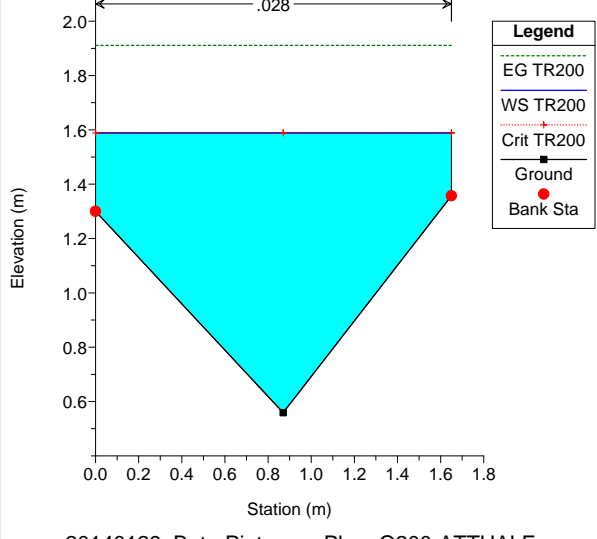
20140129_BotroPietre Plan: Q200-ATTUALE
Geom: Attuale
RS = 07



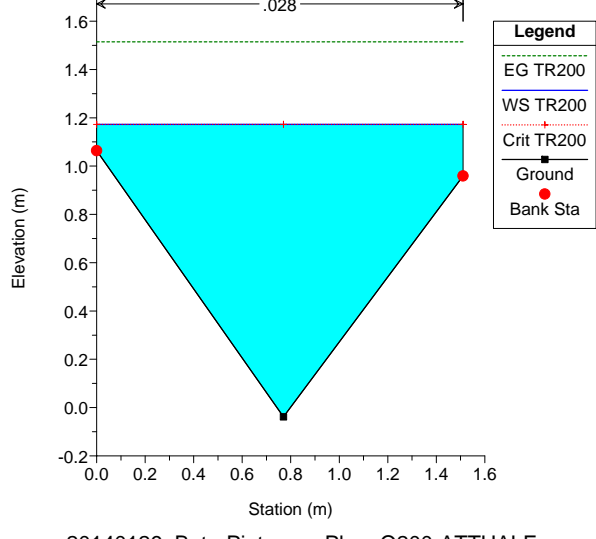
20140129_BotroPietre Plan: Q200-ATTUALE
Geom: Attuale
RS = 06



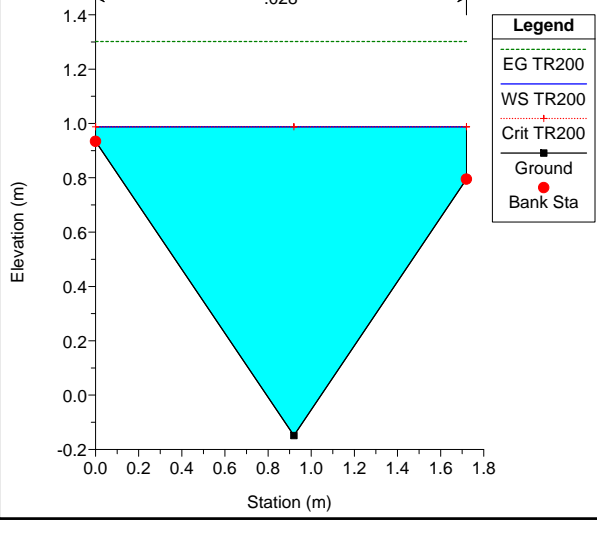
20140129_BotroPietre Plan: Q200-ATTUALE
Geom: Attuale
RS = 05



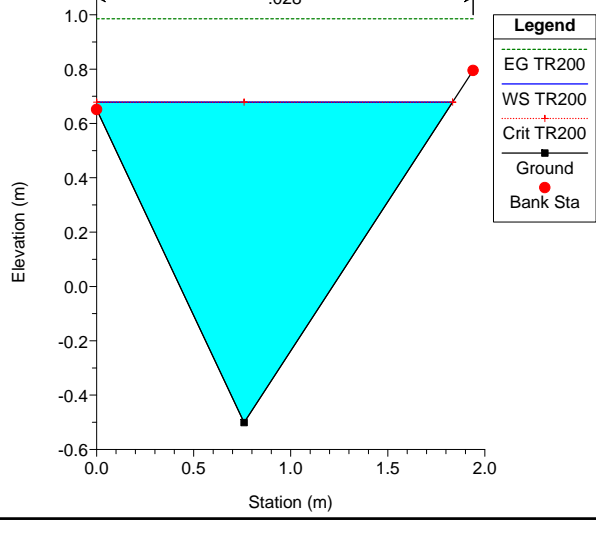
20140129_BotroPietre Plan: Q200-ATTUALE
Geom: Attuale
RS = 04



20140129_BotroPietre Plan: Q200-ATTUALE
Geom: Attuale
RS = 03

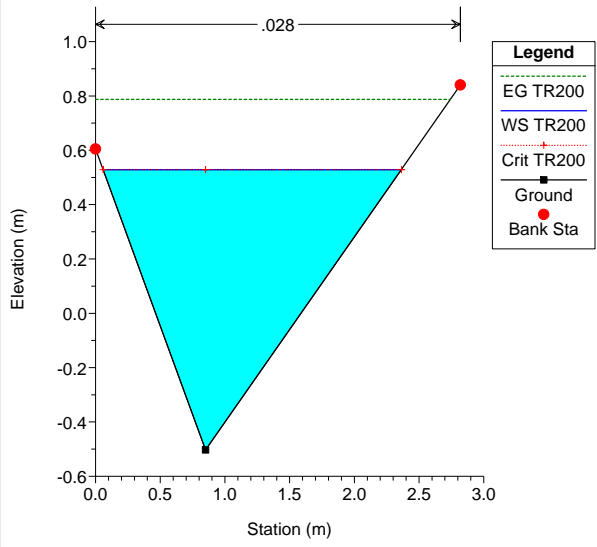


20140129_BotroPietre Plan: Q200-ATTUALE
Geom: Attuale
RS = 02



20140129_BotroPietre Plan: Q200-ATTUALE

Geom: Attuale
RS = 01



PROGETTO	COMMITTENTI	DATA
AUP 1.6 – Relazione idraulica	Recce Rocco, Recce Roberto, Perna Marianna, Marinari Fabio, Sbocchi Sauro, Luciani Luciana	Febbraio 2014

ALLEGATO 1.4. <i>Modellazione idraulica dello stato di progetto</i>

HEC-RAS Plan: Plan 03 River: Botro Pietre Reach: Botro Pietre Profile: TR200

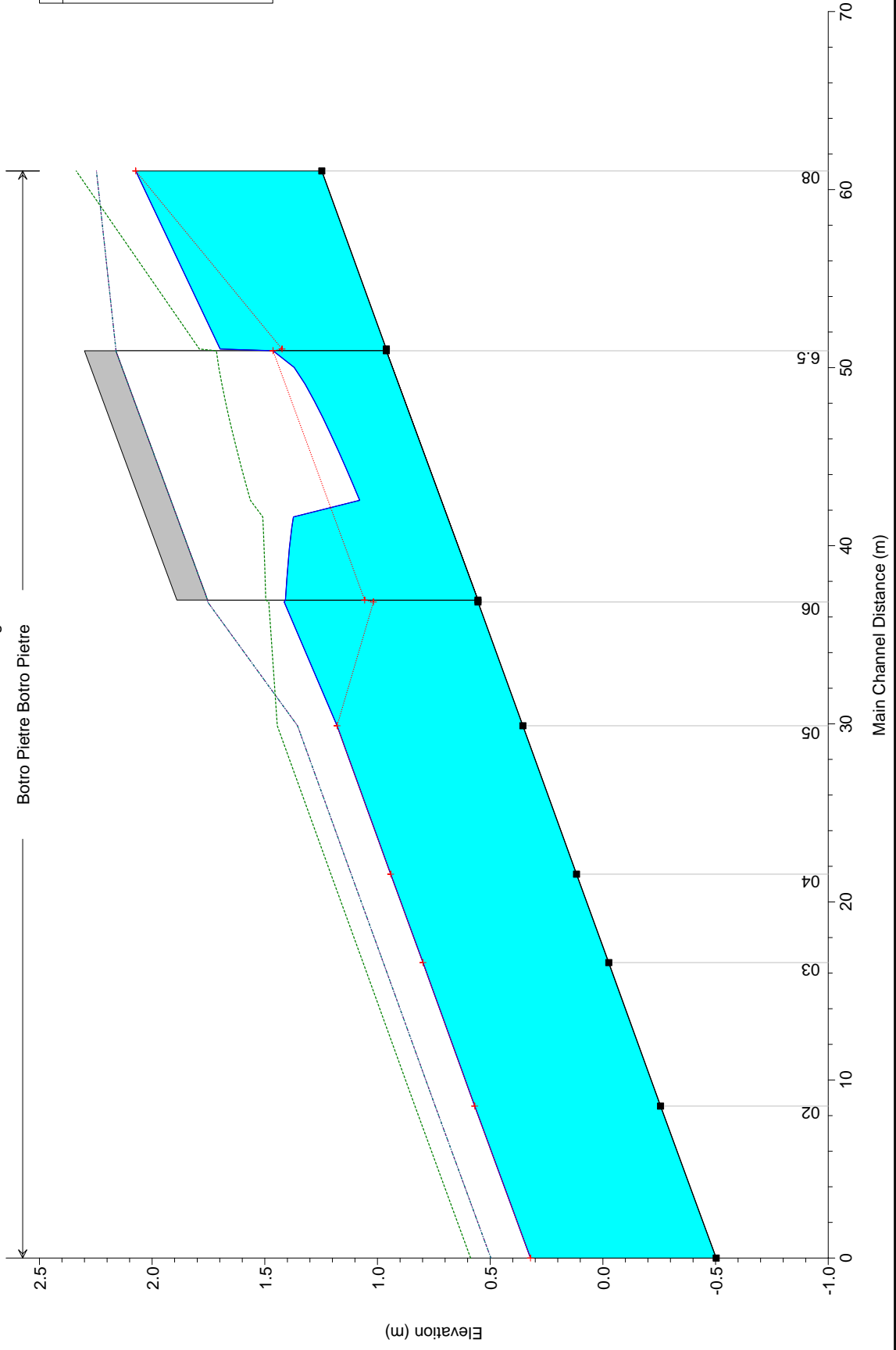
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	L. Freeboard (m)	R. Freeboard (m)	Max Chl Dpth (m)
Botro Pietre	08	TR200	2.68	1.25	2.07	2.07	2.34	0.013738	2.28	1.18	2.25	1.00	0.17	0.17	0.83
Botro Pietre	07	TR200	2.68	0.96	1.70	1.42	1.79	0.001578	1.35	1.99	2.70	0.50	0.46	0.46	0.74
Botro Pietre	6.5		Culvert												
Botro Pietre	06	TR200	2.68	0.55	1.41	1.02	1.48	0.001018	1.15	2.32	2.70	0.40	0.34	0.34	0.86
Botro Pietre	05	TR200	2.68	0.36	1.18	1.18	1.44	0.013832	2.28	1.17	2.25	1.01	0.18	0.18	0.82
Botro Pietre	04	TR200	2.68	0.12	0.94	0.94	1.21	0.013831	2.28	1.17	2.25	1.01	0.18	0.18	0.82
Botro Pietre	03	TR200	2.68	-0.03	0.80	0.80	1.06	0.013834	2.28	1.17	2.25	1.01	0.18	0.18	0.82
Botro Pietre	02	TR200	2.68	-0.26	0.57	0.57	0.83	0.013824	2.28	1.17	2.25	1.01	0.18	0.18	0.82
Botro Pietre	01	TR200	2.68	-0.50	0.32	0.32	0.59	0.013862	2.28	1.17	2.25	1.01	0.18	0.18	0.82

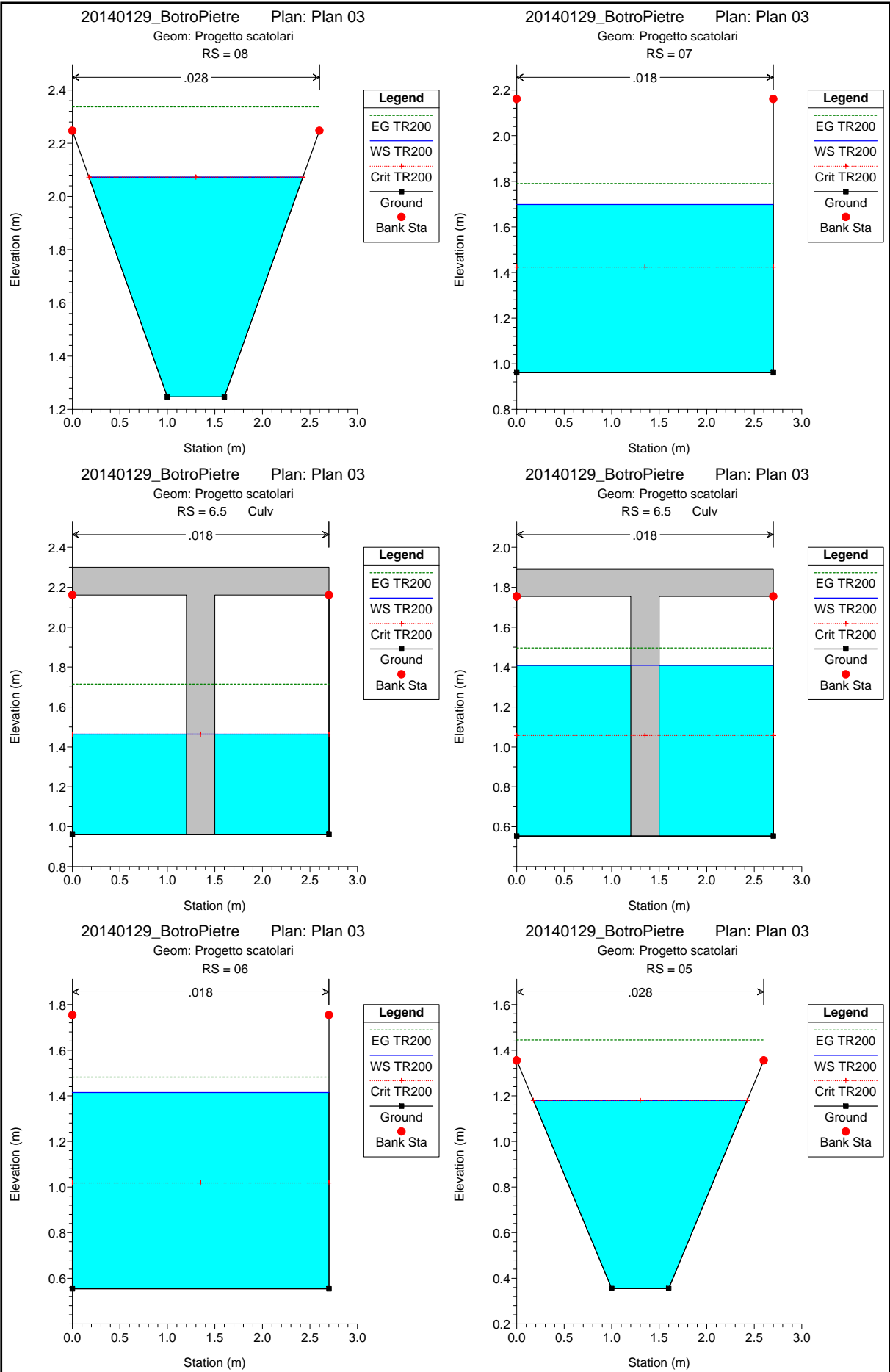
20140129_BotroPietre Plan: Plan 03

Geom: Progetto scablarì

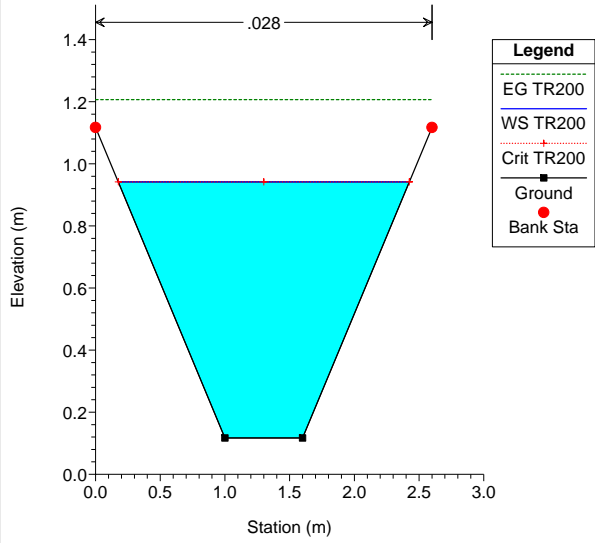
Botro Pietre Botro Pietre

Legend	
EG TR200	— (dotted green line)
WS TR200	— (solid blue line)
Crit TR200	— (dotted red line)
Ground	— (solid black line)
LOB	— (dotted purple line)
ROB	— (dotted cyan line)

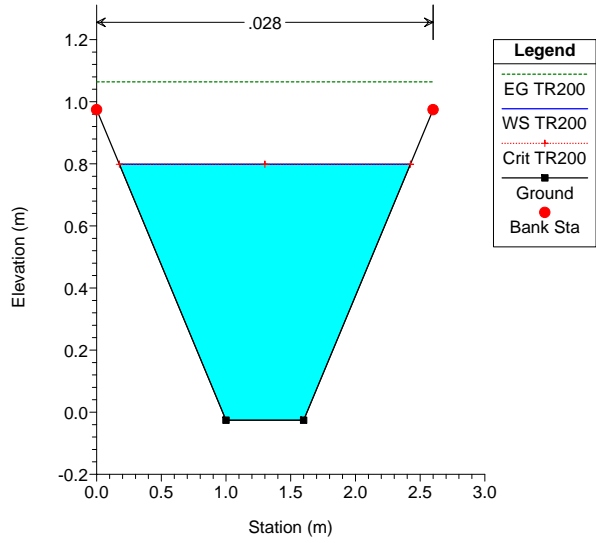




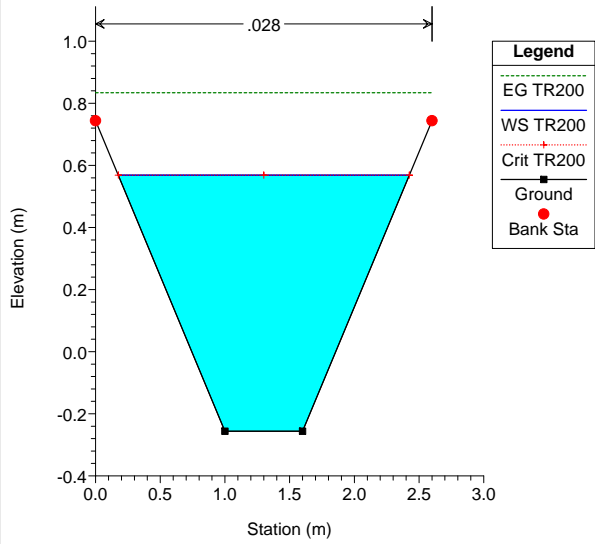
20140129_BotroPietre Plan: Plan 03
 Geom: Progetto scatolari
 RS = 04



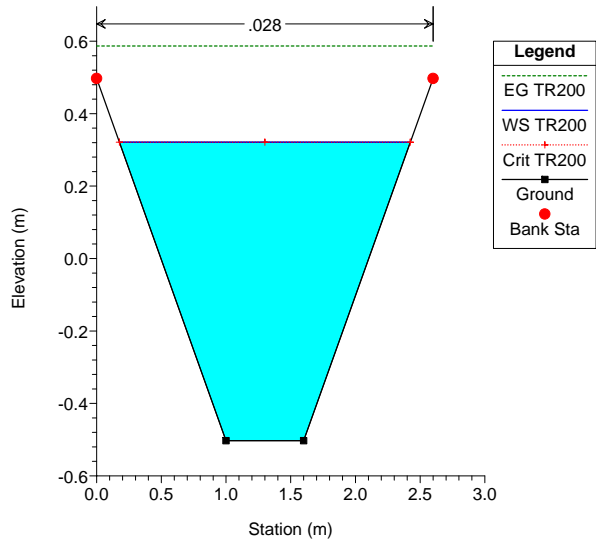
20140129_BotroPietre Plan: Plan 03
 Geom: Progetto scatolari
 RS = 03



20140129_BotroPietre Plan: Plan 03
 Geom: Progetto scatolari
 RS = 02



20140129_BotroPietre Plan: Plan 03
 Geom: Progetto scatolari
 RS = 01



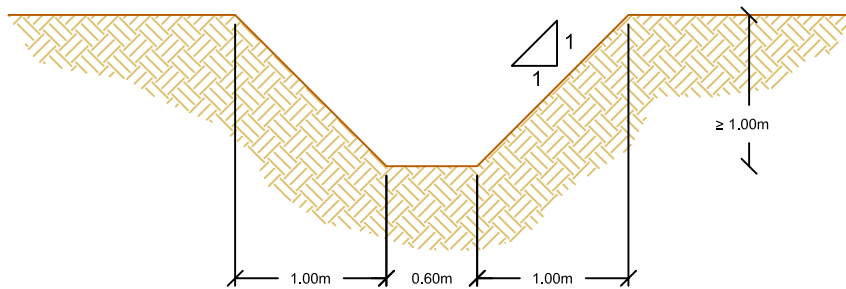
PROGETTO	COMMITTENTI	DATA
AUP 1.6 – Relazione idraulica	Recce Rocco, Recce Roberto, Perna Marianna, Marinari Fabio, Sbocchi Sauro, Luciani Luciana	Febbraio 2014

ALLEGATO 1.5. *Sezioni tipologiche Botro delle Pietre*

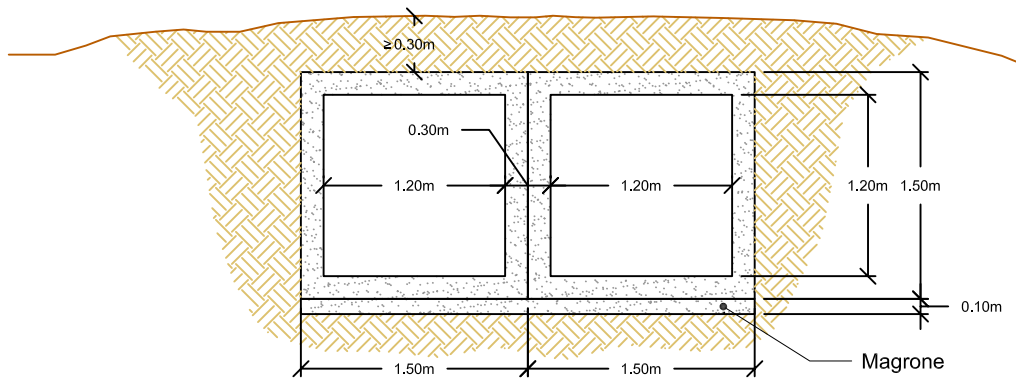
PROGETTAZIONE IDRAULICA	PAGINA
Dott. Ing. PAOLO PUCCI (H.S. INGEGNERIA srl) Via Andrea Bonistalli 12, 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail info@hsingegneria.it	16/18

SEZIONI TIPOLOGICHE ADEGUAMENTO BOTRO DELLE PIETRE ALLA PORTATA TR200 ANNI

Tratti a cielo aperto



Attraversamento carrabile



Pendenza del fondo tratto di intervento $i = 0.0286$ m/m

PROGETTO	COMMITTENTI	DATA
AUP 1.6 – Relazione idraulica	Recce Rocco, Recce Roberto, Perna Marianna, Marinari Fabio, Sbocchi Sauro, Luciani Luciana	Febbraio 2014

ALLEGATO 2. SEZIONI TERRITORIALI AUP 1.6

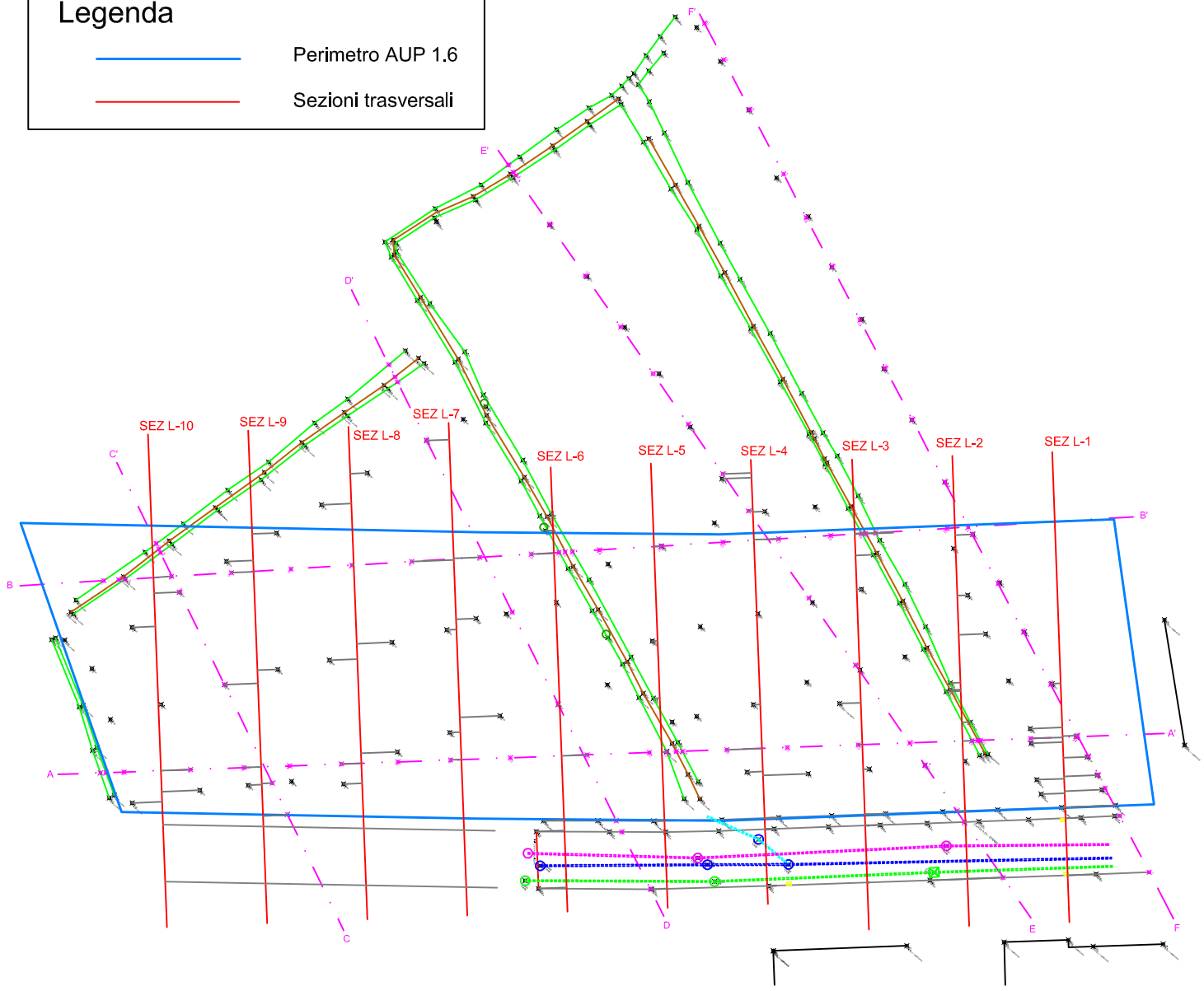
PROGETTAZIONE IDRAULICA	PAGINA
Dott. Ing. PAOLO PUCCI (H.S. INGEGNERIA srl) Via Andrea Bonistalli 12, 50053 Empoli (FI) Tel. e Fax 0571-725283 e.mail info@hsingegneria.it	17/18

ALLEGATO 2

Sezioni territoriali AUP 1.6

Legenda

- Perimetro AUP 1.6
- Sezioni trasversali



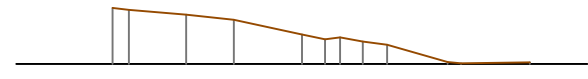
SEZ L-1



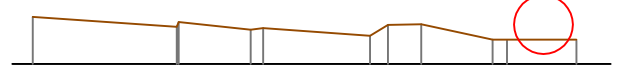
SEZ L-6



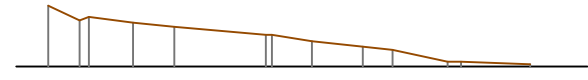
SEZ L-2



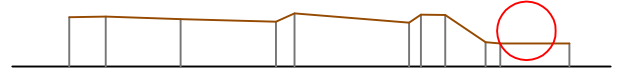
SEZ L-7



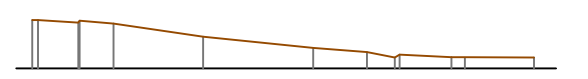
SEZ L-3



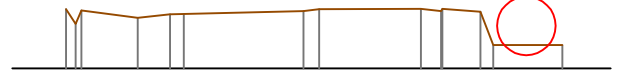
SEZ L-8



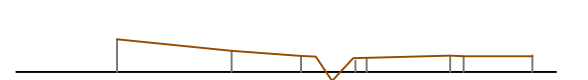
SEZ L-4



SEZ L-9



SEZ L-5



SEZ L-10

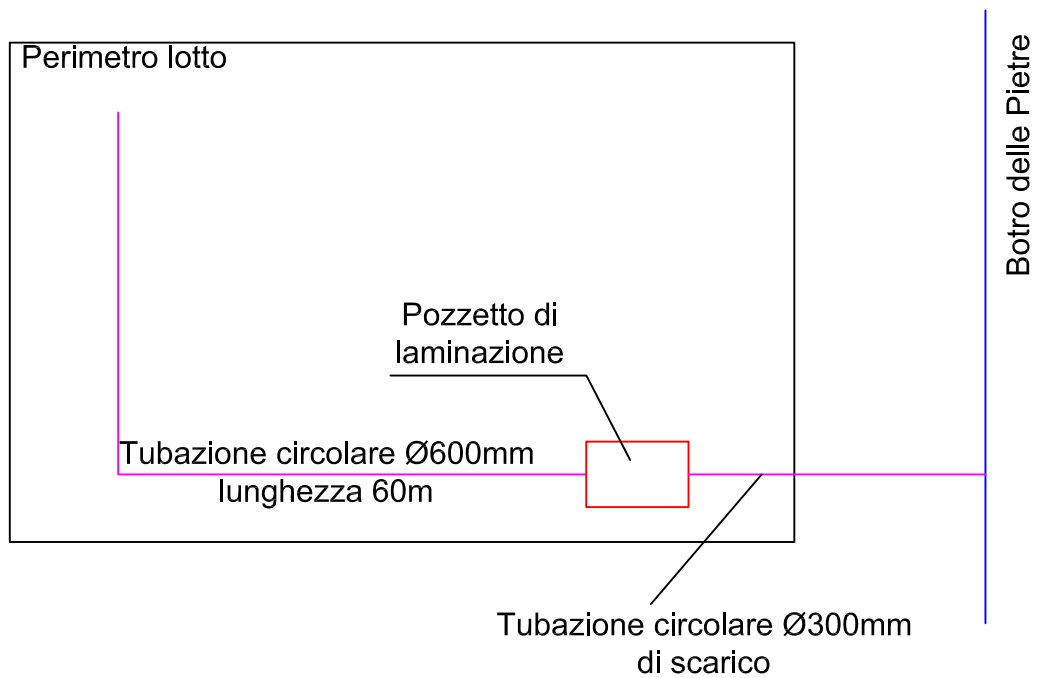


PROGETTO	COMMITTENTI	DATA
AUP 1.6 – Relazione idraulica	Recce Rocco, Recce Roberto, Perna Marianna, Marinari Fabio, Sbochi Sauro, Luciani Luciana	Febbraio 2014

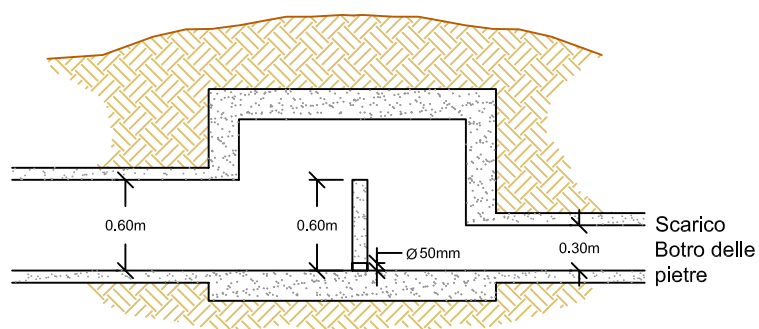
<p align="center">ALLEGATO 3. SCHEMA TIPOLOGICO SISTEMA DI LAMINAZIONE DELLE PORTATE PER CIASCUNO DEI 4 LOTTI</p>
--

SCHEMI TIPOLOGICI SISTEMA DI LAMINAZIONE

Schema funzionale



Pozzetto di laminazione



Lo schema tipologico sopra riportato è descritto per il singolo lotto. Ciascuno dei 4 lotti di cui è costituito l'AUP 1.6 dovrà essere dotato del proprio sistema sulla base del sopraindicato schema.