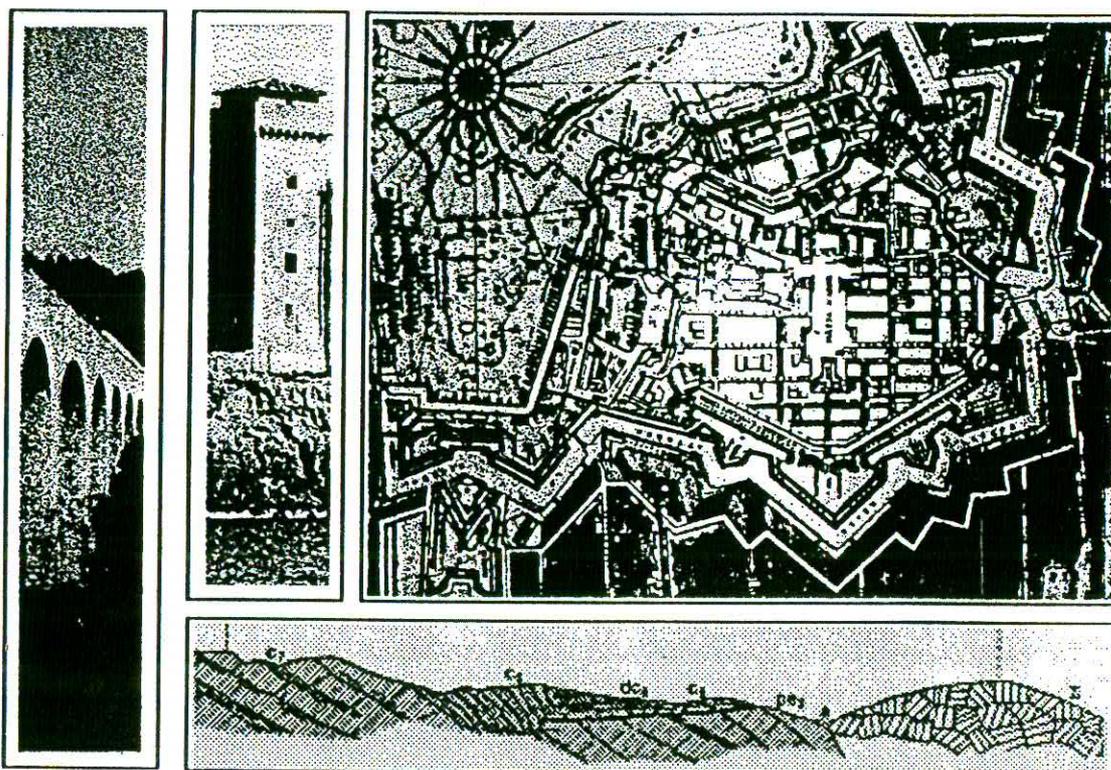


COMUNE DI LIVORNO  
Ufficio Urbanistica

*Piano Strutturale*  
*Indagini geologico-tecniche di supporto*  
*alla pianificazione urbanistica*

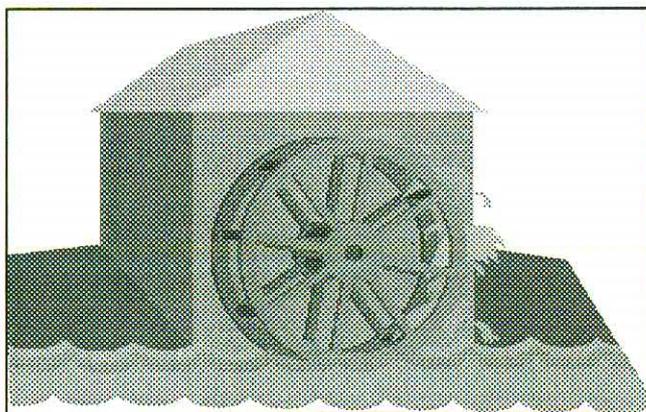
**CARTOGRAFIA TEMATICA**



Allegato

Studi geologici  
michelucci libero e rafanelli antonio  
Piazza della Repubblica 59 - Via del Mare 34  
LIVORNO

VERIFICA DELLE SEZIONI IDRAULICHE  
DEL RIO ARDENZA  
TRA COLLINAIA E LA FOCE



## 1. PREMESSA

La presente relazione, redatta con la collaborazione del Dott. Geol. Luciano Cauli, è finalizzata alla verifica delle sezioni idrauliche del Rio Ardenza nel tratto terminale da Collinaia alla foce dei Tre Ponti, per una lunghezza di circa 2.7 km.

Le sezioni esaminate (sezioni 1÷4 in scala 1:500 e le altre in scala 1:200 per un totale di 28) ed indicate in Planimetria scala 1:5.000 sono quelle rilevate dal Genio Civile della Regione Toscana.

Per alcune sezioni si è ritenuto opportuno semplificare il profilo adeguandolo ad una forma di tipo trapezia.

Per i caratteri fisiografici del corso d'acqua si è fatto riferimento alla relazione del Prof. Ing. A. Peruginelli: "Studio idraulico del tratto terminale del Rio Ardenza".

I calcoli si riferiscono a eventi pluviometrici con tempi di ritorno di 200 anni.

Fanno parte della relazione i calcoli relativi alla verifica idraulica delle sezioni eseguita in condizioni di moto uniforme.

## 2. VALUTAZIONE DELLA PORTATA AL COLMO

### 2.1. Coefficiente di deflusso.

La stima del deflusso superficiale, tenendo conto dell'influenza contemporanea dei diversi parametri caratteristici dei piccoli bacini (clima, pendenza dei versanti, permeabilità del substrato, stato vegetativo, e non ultima l'utilizzazione dei suoli), si affida soprattutto a metodi empirici di larga approssimazione. In questi metodi, ad ogni parametro viene attribuito un valore numerico sulla base di osservazioni del terreno (in campagna, da carte topografiche, da foto aeree, ecc.) e dalla somma dei valori ottenuti si passa ad una valutazione percentuale del deflusso superficiale.

Il metodo usato è quello di Cook (vedi tabella allegata) che viene applicato in bacini di piccola estensione areale, per i quali il coefficiente di deflusso può essere considerato indipendente dalla intensità della pioggia. Il metodo consiste nel definire i seguenti quattro parametri: pendenza, capacità d'infiltrazione, copertura vegetale e ritenzione superficiale. Nello stato attuale si può quantificare il valore del coefficiente di deflusso superficiale pari a 0.7. In tabella 1 è riportato schematicamente il procedimento usato:

tab. 1 - Deflusso superficiale determinato col metodo di Cook

BACINO	PARAMETRI				
	TP	IN	CV	RS	$\Sigma$
Rio Ardenza	15	25	15	15	70

dove:

- PT Pendenza del terreno
- IN Infiltrazione
- CV Copertura vegetale
- RS Ritenzione superficiale
- $\Sigma$  Sommatoria

**TAB - Coefficiente di deflusso (Metodo di Cook)**  
valido per bacini molto piccoli

Parametri		Descrizione e relativi valori		
Pendenza media terreno	Ripido ed aspro Pendenza >30%	Collinare Pend. 10-30%	Ampie ondulazioni Pend. 5-10%	Relat. pianegg. Pend. 0-5%
Infiltrazione	40 Roccia pratic. affiorante o ricoperta da un sottile strato di suolo con capacità di infiltrazione praticamente nulla	30 Infiltrazione bassa per la presenza di terreni argillosi	20 Infiltrazione normale per la presenza di terreni argillosi con elevato contenuto in sabbia	10 Infiltrazione elevata per la presenza di sabbia, detriti di faida, conoidi detritiche, terrazzi, depositi fluvio-glaciali
Copertura vegetale	20 Mancanza di vegetazione Roccia nuda con vegetazione rada	15 Da scarsa a mediocre. Buona copertura vegetale su meno del 10% del bacino	10 Da mediocre a buona. Circa il 50% del bacino ricoperto da tappeto erboso o bosco	5 Da buona a ottima. Circa il 90% del bacino ricoperto da tappeto erboso o bosco
Ritenzione superficiale	20 Trascurabile. Superficie del suolo con poche depressioni. Corsi d'acqua ripidi. Assenza di paludi o acquittrini	15 Bassa. Rete idrografica di piccoli corsi d'acqua ben definita. Assenza di paludi o acquittrini	10 Normale. Superficie del suolo con sensibili depressioni. Laghi e paludi su meno del 2% del bacino	5 Elevata. Superficie del suolo con molte depressioni. Reticolo idrografico mal definito

Il coefficiente di deflusso così ottenuto è confrontabile con quello ottenuto interpolando i valori di "c" riportati nella tabella che segue, nella quale il coefficiente di deflusso è posto in correlazione con la superficie del bacino mediante la relazione:

$$c = \alpha \cdot \beta \cdot \delta$$

Area del bacino km <sup>2</sup>	$\alpha$	$\beta$	$\delta$	c
1	1.0	1.0	0.8	0.8
1÷100	0.9	0.95	0.8	0.68
10÷100	0.8	0.9	0.75	0.54

Per un bacino di 21.14 km<sup>2</sup> si ha un valore di  $c = 0.65$

## 2.2. Tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione del bacino in studio, in assenza di misurazioni sperimentali, è stato determinato mediando la formula sperimentali di Giandotti.

$$t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5 \cdot L}{0.8\sqrt{h_m}}$$

dove:

S = Superficie del bacino

L = Lunghezza dell'asta fluviale

hm = Altitudine media

Il tempo di corrivazione risulta pari a 3.3 ore.

Le caratteristiche morfometriche del bacino del Rio Ardenza sono riportate in tabella 2.

tab. 2 - Caratteristiche morfometriche del bacino

denominazione bacino	S km <sup>2</sup>	L km	hm m slm	i	t ore
Rio Ardenza	21.14	9.9	156.5	0.018	3.3

dove:

S = Superficie del bacino

L = Lunghezza dell'asta fluviale

hm = Altitudine media

i = Pendenza media del corso d'acqua

tc = Tempo di corrivazione del bacino

### 2.3. Dati pluviometrici

Sul Rio Ardenza non sono presenti stazioni di misura delle portate del Servizio Idrografico del Ministero dei Lavori Pubblici o di altri Enti. Si è pertanto reso necessario, per la determinazione al colmo di piena, fare riferimento ai dati pluviometrici di breve durata registrati nella stazione pluviometrografica di Livorno.

Attraverso l'elaborazione statistica dei dati pluviometrici disponibili si è determinata la curva di possibilità pluviometrica di tipo probabilistico relative ad un tempo di ritorno di 200 anni come in seguito indicato.

Lo studio è stato condotto elaborando i valori massimi annuali di precipitazione intensa di durata 30', 1, 2, 3, 6, 12, 24 ore, pubblicati dal S.I. dal 1935 al 1992, mediante le leggi statistiche della distribuzione di Gumbel, Log-Normale e di Fuller.

I dati, per la stazione pluviometrografica di Livorno sono riportati nella tabella seguente:

tab.3 - dati relativi alla stazione pluviometrografica di Livorno

ANNO	10'	30'	1 h	2 h	3 h	6 h	12 h	24 h
1935		48,9	78,3	109,3	110,0	143,0	155,7	169,2
1936		30,0	46,4	46,5	46,6	46,6	47,6	52,8
1937		30,0	43,6	50,2	50,8	56,8	61,2	89,4
1938		20,0	21,8	29,5	39,2	40,0	60,6	60,6
1939		18,8	35,4	40,0	40,3			
1940		40,0	70,8	86,2	86,2	98,0	120,4	122,4
1941		18,4	30,4	37,0	39,8	46,2	60,8	65,0
1942		34,8	40,0	67,5	77,6	93,6	149,8	162,4
1947		19,0	26,0	35,4	42,5			
1948		26,2	28,2	30,3	33,0	34,8	36,4	36,8
1949		30,0	36,0	41,0	52,0	66,0	88,4	88,4
1950		23,6	33,8	38,0	42,2	45,4	78,8	79,2
1951		17,0	18,0	20,0	25,0	33,0	43,0	50,4
1952		30,4	32,6	37,0	43,0	51,4	54,8	81,0
1953		34,0	35,0	35,0	35,0	35,0	40,4	52,0
1954	20,0	43,0	48,2	61,0	69,0	69,0	70,6	40,6
1955	27,0	56,0	77,8	77,8	77,8	77,8	77,8	79,2
1956	5,0	12,0	13,0	14,0	19,4	29,0	29,6	29,6
1957	7,5	18,0	21,8	22,0	22,4	22,6	23,6	46,8
1958	7,0	13,0	18,8	22,7	25,4	30,6	41,0	41,0
1959	11,0	21,5	23,2	27,2	43,2	50,4	80,4	88,4
1960	15,6	23,0	29,6	35,0	38,6	45,4	45,4	57,8
1961	18,0	35,0	47,2	62,2	74,2	82,6	84,8	88,6
1962	14,0	19,4	28,8	39,0	46,6	55,2	59,0	60,0
1963	21,0	40,0	45,4	50,8	54,2	60,6	60,6	71,6
1964	20,0	52,5	87,0	119,0	125,6	151,8	153,0	180,8
1965	13,0	25,0	38,0	39,5	42,2	65,2	68,0	72,0
1966	14,0	23,0	34,6	54,5	67,0	75,8	75,8	83,0
1967	18,0	41,8	48,0	48,3	48,6	48,6	48,6	48,6
1968	16,0	26,0	37,0	51,7	53,2	58,6	58,8	68,2
1969	16,0	25,5	27,0	40,5	47,0	47,0	47,0	47,0
1970	24,0	51,0	87,0	129,8	138,4	141,6	157,6	195,8
1971	14,0	27,0	47,0	60,0	75,8	111,6	115,8	146,0
1972			19,8	26,0	29,4	30,8	39,8	41,2
1973		34,2	55,8	56,4	56,8	56,8	56,8	93,4

1974			34,8	35,5	35,8	36,0	36,0	41,6
1975			35,6	56,8	56,8	56,8	56,8	93,4
1976	13,5		41,0	46,2	49,0	70,4	78,2	79,6
1977			18,0	24,1	27,4	29,6	34,0	34,0
1978	5,2		18,0	23,4	27,0	28,6	29,4	20,4
1979	12,3		29,6	43,0	50,2	60,4	60,4	65,2
1980	11,5		31,0	47,4	56,2	57,6	61,0	80,6
1981	19,5		31,2	41,8	47,6	47,6	55,0	60,8
1982	10,4		19,2	20,0	20,4	25,6	37,0	44,2
1983	16,0		24,6	24,7	24,8	29,6	36,2	36,2
1984	14,0		49,6	55,7	59,0	87,6	96,6	96,6
1985	10,6		20,4	24,4	26,6	31,6	31,6	38,6
1986	13,4	21,0	29,4	34,1	36,6	36,6	44,8	57,4
1987	12,8	30,6	38,4	49,3	55,2	58,8	66,0	67,8
1988	8,5	20,0	35,0	52,0	63,0	88,0	120,0	123,0
1989	11,0	21,0	37,0	42,0	45,2	46,8	46,8	46,8
1990	17,0	46,0	76,0	84,0	95,5	110,0	122,6	122,6
1991	10,0		25,0	39,0	44,0	59,0	61,2	61,2
1992	10,0	15,6	29,5	32,0	35,4	35,4	35,4	66,0

#### 2.4. Elaborazioni statistiche

I dati della stazione, per la durata di 30', 1, 2, 3, 6, 12 e 24 ore, sono stati elaborati statisticamente mediante le distribuzioni di Gumbel e Log-normale (momenti e della verosimiglianza) e di Fuller. I risultati della elaborazione sono riportati in allegato.

I parametri caratteristici dei tre metodi sono riportati in tabella 4

Tabella 4

Metodi statistici		
Legge di distribuzione	Variabile ridotta	Parametri della distribuzione
Gumbel	$y = \alpha \square (q_{\max} - v)$	$\alpha = \frac{1,283}{\sigma}$ $v = \mu - \frac{0,577}{\alpha}$
Log-normale a 2 parametri	$z = a \log \square (q_{\max}) + b$	$a = \frac{1,517}{\sqrt{\log \frac{1 + \sigma^2}{\mu^2}}}$ $b = \frac{1,151}{a - a \cdot \log(\mu - q_0)}$
Fuller- Coutagne	$q_{\max} = \alpha \square (1 + \beta \log T)$	$\alpha = \mu - \sigma$ $\beta = \frac{\sigma}{0,434 \cdot q_1}$
$v =$ norma della serie $\mu =$ media della serie $\sigma =$ scarto quadratico medio		

Il metodo che ha fornito il migliore adattamento dei campioni alle leggi di distribuzione considerate, verificato mediante il test del  $\chi^2$  (per il livello di significatività di 0.05,  $\chi^2_a = 5.99$ ), è risultato quello di Fuller che peraltro fornisce i valori di pioggia per il tempo di ritorno di 200 anni più cautelativo (v. tab.5).

tab.5

DURATA PIOGGIA	media	$\sigma$	$\alpha$	$\beta$	$\chi^2$
30'	29.055	11.408	17.647	1.489	0.000
1 h	37.678	17.797	19.881	2.061	0.259
2 h	46.587	23.814	22.773	2.408	0.259
3 h	51.365	24.825	26.539	2.154	0.259
6 h	59.554	30.437	29.119	2.407	0.115
12 h	67.325	34.761	32.564	2.458	0.115
24 h	75.485	39.435	36.050	2.519	0.115

I valori dell'altezza di precipitazione massima, in mm, calcolati per il tempo di ritorno  $T=200$  anni sono riportati in tab. 6.

tab. 6

DURATA	30'	1 h	2 h	3 h	6 h	12 h	24 h
$h_{\max}(T=200)$	78.09	114.17	148.94	158.07	190.38	216.74	244.98

La curva di probabilità pluviometrica si è ottenuta per interpolazione, con il metodo della regressione ai minimi quadrati, dei valori di durata e di intensità di pioggia sopra indicati.

La curva analiticamente espressa dalla relazione:

$$h = at^n$$

dove:

- h = altezza di pioggia calcolata secondo la legge di Gumbel;
- t = durata della pioggia critica
- a, n = parametri che vengono forniti dalla regressione lineare nel piano bilogaritmico logh-logt utilizzando il metodo dei minimi quadrati

risulta:

$$h = 107.66 \cdot t_c^{0.352}$$

Per un tempo di corrivazione  $t_c=3.3$  ore si ha:

$$h = 163.82 \text{ mm}$$

## 2.5. Valutazione della portata di progetto

Lo studio dei parametri idro-geomorfologici e le elaborazioni sopra descritte consentono di quantificare la presumibile portata di progetto del Rio Ardenza, calcolata alla sezione del Ponte in località "Tre Ponti" che sarà adottata per le sezioni comprese nel tratto di interesse

Per la determinazione della portata di piena si è fatto ricorso alla formula razionale:

$$Q = cS \frac{h_{\max}}{3.6 \cdot Tc} = 204 \text{ m}^3/\text{s}$$

dove Q = portata al colmo (m<sup>3</sup>/s)  
 c = coefficiente di deflusso  
 S = superficie del bacino (kmq)  
 h<sub>max</sub> = altezza di pioggia (mm) nel tempo tc;  
 tc = tempo di corrivazione del bacino (ore)

Al fine di avere un significativo elemento di confronto la portata al colmo è stata determinata anche mediante il metodo dell'*Idrogramma Unitario Sintetico*, adimensionale, del *Soil Conservation Service* che trova sempre maggiore applicazione per bacini di superficie compresa tra 2.5 e 250 km<sup>2</sup>. Tale metodo introduce un coefficiente adimensionale, *Curve Number* (CN), calcolato in funzione delle seguenti caratteristiche:

- pedologiche (profondità e tessitura del terreno);
- idrologiche (velocità di infiltrazione, capacità di ritenuta idrica massima dei suoli);
- dell'uso del suolo (grado e tipo di copertura vegetale);
- condizioni di saturazione del terreno precedentemente agli eventi di pioggia che determinano la portata al colmo nella sezione di interesse.

Il coefficiente NC è stato valutato sulla base delle indicazioni ricavate dalle osservazioni di campagna e dalla distribuzione della copertura vegetale sul bacino interessato.

Chiamando p<sub>1</sub>, p<sub>2</sub>, p<sub>3</sub> ... p<sub>n</sub> le percentuali della superficie totale S aventi rispettivamente valori del coefficiente CN<sub>1</sub>, CN<sub>2</sub>, CN<sub>3</sub> ... C<sub>n</sub>, il valore da assumere per il bacino è ricavabile col criterio pesato dalla:

$$CN = p_1CN_1 + p_2CN_2 + p_3CN_3 + \dots + p_nCN_n$$

In base alle caratteristiche dell'area in esame sono state individuatecinque classi distinte di uso del suolo e i terreni sono stati così classificati:

- aree urbane 3%
- terreni agricoli 40%
- prati, pascoli 10%
- aree boschive 42%
- aree nude 5%

Entrando nella tabella 7, corrispondente a condizioni medie dello stato di umidità anteriormente all'evento pluviometrico, cautelativamente in colonna D (suoli impermeabili) si è assunto:

	%	CN	pi-CN
aree urbane	3	92	2.8
terreni agricoli	40	91	36.4
prati, pascoli	10	89	8.9

tab. 7

<b>Coefficiente CN per varie combinazioni suolo-copertura (Condizioni II)*</b>					
Uso del suolo	Modalità di coltivazione e permanenza della copertura	Permeabilità del suolo			
		A	B	C	D
Incolto, maggese		77	86	91	94
Colture a filare	Ordinaria, suolo sovente nudo	72	81	88	91
	Ordinaria, suolo sempre coperto	67	78	85	89
	A curve di livello, suolo sovente nudo	70	79	84	88
	A curve di livello, suolo sempre coperto	65	75	82	86
	Terrazzata suolo sovente nudo	66	74	80	82
	Terrazzata, suolo sempre coperto	62	71	78	81
Cereali	Ordinaria, suolo sovente nudo	65	76	84	88
	Ordinaria, suolo sempre coperto	63	75	83	87
	A curve di livello, suolo sovente nudo	63	74	82	85
	A curve di livello, suolo sempre coperto	61	73	81	84
	Terrazzata, suolo sovente nudo	61	72	79	82
	Terrazzata, suolo sempre coperto	59	70	78	81
Leguminose o prati temporanei	Ordinaria, suolo sovente nudo	66	77	85	89
	Ordinaria, suolo sempre coperto	58	72	81	85
	A curve di livello, suolo sovente nudo	64	75	83	85
	A curve di livello, suolo sempre coperto	55	69	78	83
	Terrazzata, suolo sovente nudo	63	73	80	83
	Terrazzata, suolo sempre coperto	51	67	76	80
Pascoli	Ordinaria, suolo sovente nudo	68	77	85	89
	Ordinaria, suolo talvolta coperto	49	72	81	85
	Ordinaria, suolo sempre coperto	39	75	83	85
	A curve di livello, suolo sovente nudo	47	69	78	83
	A curve di livello, suolo talvolta nudo	25	73	80	83
	A curve di livello, suolo sempre coperto	6	67	76	80
Prati permanenti		30	58	71	78
Boschi	Suolo sovente nudo	45	66	77	83
	Suolo talvolta nudo	36	60	73	79
	Suolo sempre coperto	25	55	70	77
Aree di fattoria		59	74	82	86
Aree urbane		74	84	90	92
A = Suoli molto permeabili (sabbie e ghiaie, ben drenate) B = Suoli moderatamente permeabili (tessitura mista, scarsamente drenata) C = Suoli poco permeabili (tessitura prevalentemente fine, a lenta infiltrazione) D = Suoli impermeabili (argillosi, non drenanti) * (Condizioni medie dello stato di umidità, anteriormente all'evento pluviometrico)					

tab. 8

Tavola di conversione dei Curve Number	
Condizione AMC II	Condizione AMC III
100	100
98	99
96	99
94	98
92	97
90	96
88	95
86	94
84	93
82	92
80	91
78	90
76	89
74	88
72	86
70	85
68	84
66	82
64	81
62	79
60	78

aree boschive	42	83	34.8
aree nude	5	94	4.7
TOTALE			87.6

Al valore di CN=98 di tabella 7 corrisponde, in condizioni di completa saturazione del suolo (AMCIII di tabella 8) il valore da adottarsi di CN = 95.

Il metodo S.C.S. si basa sull' ipotesi che la pioggia efficace ( $P_e$ ) che determina il deflusso sia minore o uguale all'altezza di pioggia caduta ( $P$ ), e similmente che l'altezza di acqua ritenuta dal bacino ( $F_a$ ) sia minore o uguale alla massima ritenzione possibile ( $S$ ). Definita la quantità di pioggia iniziale ( $I_a = 0.2 \cdot S$ ) per la quale non si verifica alcun deflusso, per il principio di continuità, si avrà:

$$P = P_e + I_a + F_a \quad \text{da cui} \quad P_e = P - (I_a + F_a) = P - R$$

L'altezza di pioggia non trasformabile in deflusso ( $S$ ) è definita dalla espressione:

$$S = 25.4 \cdot \left[ \frac{1000}{CN} - 10 \right]$$

Le perdite per ritenzione e infiltrazione nel terreno ( $I_a + F_a$ ) sono definite dalla relazione:

$$I_a + F_a = 0.2 \cdot S + \frac{S \cdot (P - 0.2 \cdot S)}{P + 0.8 \cdot S}$$

La pioggia efficace ( $P_e$ ) che determina l'evento di piena sarà dunque:

$$P_e = P - I_a - F_a.$$

L'idrogramma unitario sintetico del S.C.S. definito dai parametri:

- durata della pioggia ( $t_r = 2/15 t_c$ , dove  $t_c =$  tempo di corrivazione);
- ritardo del colmo ( $t_l = 0.6 t_c$ );
- tempo di picco ( $t_p = 10/9 t_l = 5 t_r$ );
- tempo di base ( $t_{bt} = 8/3 t_p = 2.67 t_p$ ).

La portata di picco riferita all'idrogramma unitario adimensionale si ricava mediante la:

$$Q_p = 0.208 \cdot \frac{A}{t_p}$$

L'idrogramma unitario si costruisce riportando in ascisse i rapporti  $t/t_p$  e in ordinate i rapporti  $q/q_p$ .

tab. 9

$t/t_p$	$q/q_p$	$t/t_p$	$q/q_p$
0.0	0.000	2.2	0.207
0.2	0.100	2.4	0.147

0.4	0.310	2.6	0.107
0.6	0.660	2.8	0.077
0.8	0.930	3.0	0.055
1.0	1.000	3.2	0.040
1.2	0.930	3.4	0.029
1.4	0.780	3.6	0.021
1.6	0.560	3.8	0.015
1.8	0.390	4.0	0.011
2.0	0.280	4.5	0.005

In tabella 10 è riportato lo schema di calcolo adottato per la valutazione della portata al colmo del Rio Ardenza.

Nella colonna ti del riquadro "Calcolo della pioggia efficace" sono riportati le durate di pioggia espresse da  $(1, 2, 3 \dots n) \cdot t_r$ , dove  $t_r = 2/15 t_c$  (vedi riquadro degli "Elementi dell'idrogramma unitario"); in colonna  $P_i$  e  $R_i$  sono espresse rispettivamente, in mm, le piogge espresse dalla legge di pioggia  $h = at^n$  e le perdite per ritenzione e infiltrazione. Nelle colonne  $dP_i$  e  $dR_i$  sono indicati i valori incrementali di pioggia e di ritenzione ricavati rispettivamente dalla differenza  $P_{(i+1)} - P_i$  ed  $R_{(i+1)} - R_i$ . I valori di  $P_e = P_i - R_i$  esprimono, per la definizione già data, i valori della pioggia efficace per ogni singola durata di pioggia.

In colonna Ordinate UH, (riquadro "Calcolo della portata al colmo") sono indicati i prodotti dei valori adimensionali dell'idrogramma unitario ( $q/q_p$ ) di tabella per la portata di picco  $Q_p$ . I valori della portata (in  $m^3/s$ ) indicati nella ultima colonna a destra sono espressi dalla sommatoria dei singoli contributi di pioggia efficace alla portata di picco  $Q_i = (q/q_p) \cdot Q_p \cdot dP_{ei}$ . Il valore maggiore della portata esprime la portata al colmo ( $Q$ ). In figura 2 è riportato il grafico dell'idrogramma corrispondente all'evento di pioggia considerato.

La portata di  $220 m^3/s$  calcolata col metodo del Curve Number risulta confrontabile con quella di  $204 m^3/s$  determinata col metodo della formula razionale.

### 3. VERIFICA DELLE SEZIONI

Nota la portata massima  $Q_{max} = 220 m^3/s$ , la pendenza del corso d'acqua nel tratto compreso tra Collinaia e la foce, e il coefficiente di scabrezza di Manning-Gaukler-Strickler, le sezioni sono state verificate, in condizioni di moto uniforme, mediante la relazione di Manning:

$$Q = k A R^{2/3} \sqrt{i}$$

dove:  $i$  = pendenza media dell'asta fluviale (pari a 0.0013),  $k$  = coefficiente di scabrezza, assunto pari a 40 (corrispondente a corsi d'acqua puliti, rettilinei, flusso permanente, senza rapide o punti profondi),  $A$  = area della sezione bagnata ed  $R$  = raggio idraulico.

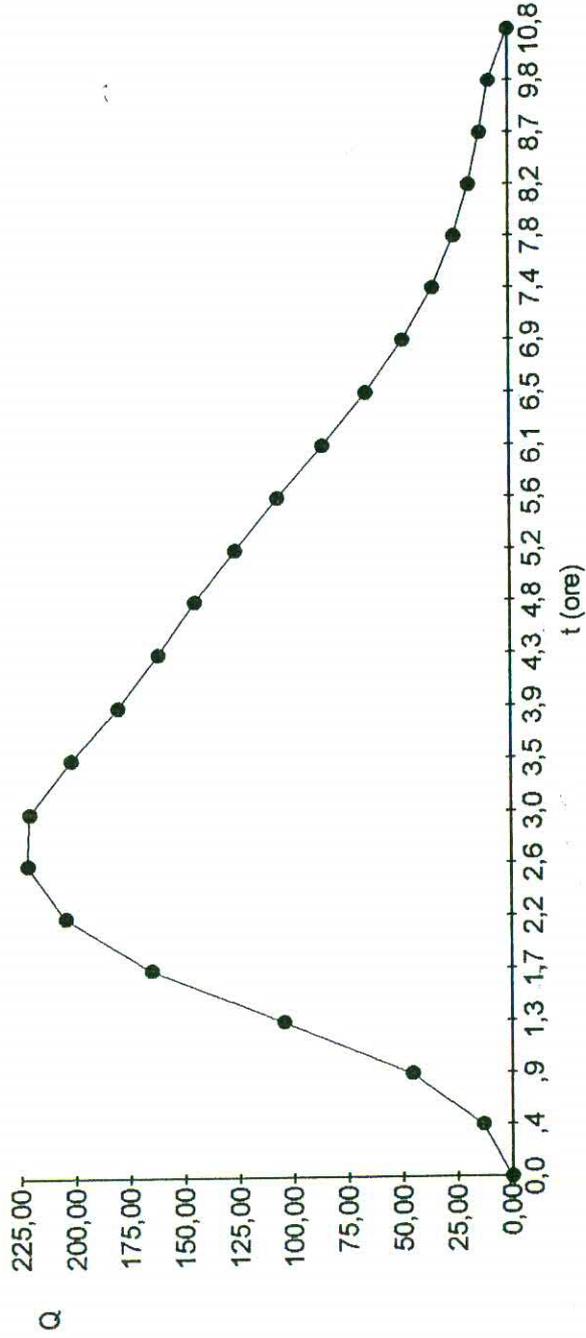
Le verifiche effettuate su 28 sezioni sono riportate in allegato.

Di seguito per le sezioni non verificate vengono indicati i valori, in metri, di superamento della sommità degli argini.

CALCOLO DELLA PORTATA AL COLMO

**RIO ARDENZA**

METODO DELL'IDROGRAMMA UNITARIO SCS





Sez.	Argine DX	Argine SX	Note
17	-0.03	-0.03	sezione non verificata
20	-0.28	-0.28	sezione non verificata
22	-0.13	-0.13	sezione non verificata
24	-0.08	+0.12	sezione non verificata rispetto all'argine DX
25	-0.28	-0.28	sezione non verificata
26	-0.28	-0.28	sezione non verificata
27	-0.28	-0.28	sezione non verificata

Per le sezioni sopra elencate risulterebbe, per un'altezza di massima piena corrispondente a un tempo di ritorno di 200 anni, un superamento degli argini di 3-30 cm.

Considerando che questi valori sono stati ricavati con:

- sezioni con valori di scarpa mediati e quindi che non tengono conto della presenza in alcuni punti di aree golenali che di fatto ampliano l'area delle sezioni stesse;
- calcoli eseguiti in condizioni di moto uniforme e non in condizioni di moto permanente, per cui non si fa riferimento al reale profilo dell'altezza idrica di piena;
- portata alla foce mentre a monte della SS Aurelia manca il contributo del Fosso Folconi (Prugnolliccia)-Le Brescie
- coefficiente di Gauckler-Strikler assunto pari a 40, che in condizioni di ordinaria manutenzione può essere anche maggiore;

si può ragionevolmente supporre che tutte le sezioni esaminate siano da considerarsi verificate.

Livorno, Settembre 1996

*Determinazione delle altezze di massima pioggia  
mediante regolarizzazione dei dati storici  
delle precipitazioni intense di durata: 10', 30', 1h, 2h, 3h, 6h, 12h, 24h  
secondo le distribuzioni di Gumbel, Log-normale e Fuller*

## PROGRAMMA PHIDRO - VERS.3

DETERMINAZIONE DELLE ALTEZZE DI MASSIMA PIOGGIA  
 MEDIANTE REGOLARIZZAZIONE DEI DATI STORICI  
 DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE DI DURATA 10 MINUTI  
 REGISTRATI NEL PERIODO: 1935-1992  
 STAZIONE: LIVORNO

NOME FILE ARCHIVIO: LI34\_10

Valori dei parametri statistici per n. 34 dati

Distribuzione di Gumbel Do (K-S) = 0.229

MEDIA	SQM	Sk(As)	Ku(Cu)	CV
14.024	5.053	0.179	3.048	0.360

Metodo dei momenti	X(P=0.368)	X(P=0.9)
	11.750	20.616

ALFA	1/ALFA	NORMA	K1	D	CHI <sup>2</sup>
0.2538	3.9395	11.750	0.772	0.0648	1.882

Metodo della max verosimiglianza	X(P=0.368)	X(P=0.9)
	11.628	21.571

ALFA	1/ALFA	NORMA	K1	D	CHI <sup>2</sup>
0.2263	4.4183	11.628	0.875	0.0644	0.794

Distribuzione Log-normale [base 10]

MEDIA	SQM	Sk(As)	Ku(Cu)	CV
14.024	5.053	0.385	3.267	0.152

Metodo dei momenti	X(P=0.1)	X(P=0.9)
	8.429	20.649

COEFFICIENTI (MAIONE):	A	B	CHI <sup>2</sup>
	6.589	-7.382	1.882

Metodo della max verosimiglianza	X(P=0.1)	X(P=0.9)
	7.921	21.632

COEFFICIENTI :	A( $\mu$ )	B( $\sigma$ )	CHI <sup>2</sup>
	1.117	0.170	1.882

Tempo di ritorno anni	Distrib. Gumbel		Distrib. Log-Norm	
	M.M.	M.V.	M.M.	M.V.
10	20.616	21.571	20.671	21.632
25	24.351	25.761	24.361	26.006
50	27.122	28.868	27.053	29.285
100	29.873	31.953	29.730	32.566
150	31.477	33.752	31.330	34.524
200	32.613	35.027	32.444	35.917
250	33.494	36.015	33.306	36.974
300	34.214	36.822	34.012	37.928
400	35.349	38.095	35.221	39.366
500	36.229	39.082	36.093	40.461
1000	38.961	42.147	38.842	43.931

## PROGRAMMA PHIDRO - VERS.3

DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE DI DURATA 30 MINUTI  
REGISTRATI NEL PERIODO: 1935-1992

STAZIONE: LIVORNO NOME FILE ARCHIVIO: LI40\_30

Valori dei parametri statistici per n. 40 dati

Distribuzione di Gumbel Do (K-S) = 0.212

MEDIA	SQM	Sk(As)	Ku(Cu)	CV
29.055	11.408	0.519	2.620	0.393

Metodo dei momenti	X(P=0.368)	X(P=0.9)
	23.923	43.940

ALFA	1/ALFA	NORMA	K1	D	CHI <sup>2</sup>
0.1124	8.8950	23.923	0.856	0.0725	1.500

Metodo della max verosimiglianza	X(P=0.368)	X(P=0.9)
	23.866	43.477

ALFA	1/ALFA	NORMA	K1	D	CHI <sup>2</sup>
0.1147	8.7149	23.866	0.841	0.0742	0.500

Distribuzione Log-normale [base 10]

MEDIA	SQM	Sk(As)	Ku(Cu)	CV
29.055	11.408	0.003	2.296	0.118

Metodo dei momenti	X(P=0.1)	X(P=0.9)
	16.641	43.949

COEFFICIENTI (MAIONE):	A	B	CHI <sup>2</sup>
	6.079	-8.706	1.500

Metodo della max verosimiglianza	X(P=0.1)	X(P=0.9)
	16.433	44.388

COEFFICIENTI :	A( $\mu$ )	B( $\sigma$ )	CHI <sup>2</sup>
	1.431	0.168	1.500

Tempo di ritorno anni	Distrib. Gumbel		Distrib. Log-Norm	
	M.M.	M.V.	M.M.	M.V.
10	43.940	43.477	43.999	44.388
25	52.374	51.740	52.572	53.256
50	58.630	57.871	58.899	59.891
100	64.841	63.955	65.241	66.523
150	68.462	67.504	69.055	70.478
200	71.029	70.018	71.720	73.291
250	73.018	71.967	73.787	75.423
300	74.643	73.559	75.483	77.347
400	77.205	76.070	78.397	80.248
500	79.193	78.017	80.503	82.455
1000	85.363	84.062	87.168	89.446

## PROGRAMMA PHIDRO - VERS.3

DETERMINAZIONE DELLE ALTEZZE DI MASSIMA PIOGGIA  
 MEDIANTE REGOLARIZZAZIONE DEI DATI STORICI  
 DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE DI DURATA 1 ORA  
 REGISTRATI NEL PERIODO: 1935-1992  
 STAZIONE: LIVORNO

NOME FILE ARCHIVIO: LI54\_1

Valori dei parametri statistici per n. 54 dati

Distribuzione di Gumbel  $D_0 (K-S) = 0.184$ 

MEDIA	SQM	Sk(As)	Ku(Cu)	CV
37.678	17.797	1.757	4.262	0.472

Metodo dei momenti	X(P=0.368)	X(P=0.9)
	29.671	60.898

ALFA	1/ALFA	NORMA	K1	D	CHI <sup>2</sup>
0.0721	13.8763	29.671	1.077	0.0859	3.222

Metodo della max verosimiglianza	X(P=0.368)	X(P=0.9)
	30.118	57.524

ALFA	1/ALFA	NORMA	K1	D	CHI <sup>2</sup>
0.0821	12.1786	30.118	0.931	0.0743	2.259

Distribuzione Log-normale [base 10]

MEDIA	SQM	Sk(As)	Ku(Cu)	CV
37.678	17.797	0.082	2.845	0.122

Metodo dei momenti	X(P=0.1)	X(P=0.9)
	19.160	60.570

COEFFICIENTI (MAIONE):	A	B	CHI <sup>2</sup>
	5.129	-7.860	2.296

Metodo della max verosimiglianza	X(P=0.1)	X(P=0.9)
	19.664	59.662

COEFFICIENTI :	A( $\mu$ )	B( $\sigma$ )	CHI <sup>2</sup>
	1.535	0.188	2.296

Hmax=f(T)

Tempo di ritorno anni	Distrib. Gumbel		Distrib. Log-Norm	
	M.M.	M.V.	M.M.	M.V.
10	60.898	57.524	60.652	59.662
25	74.055	69.072	74.899	73.123
50	83.816	77.638	85.696	83.371
100	93.504	86.141	96.738	93.748
150	99.154	91.100	103.477	99.994
200	103.157	94.613	108.228	104.463
250	106.261	97.337	111.933	107.863
300	108.795	99.562	114.989	110.941
400	112.793	103.070	120.269	115.599
500	115.893	105.791	124.108	119.155
1000	125.518	114.239	136.377	130.494

PROGRAMMA PHYDRO - VERS.3

DETERMINAZIONE DELLE ALTEZZE DI MASSIMA PIOGGIA  
 MEDIANTE REGOLARIZZAZIONE DEI DATI STORICI  
 DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE DI DURATA 2 ORE  
 REGISTRATI NEL PERIODO: 1935-1992  
 STAZIONE: LIVORNO

NOME FILE ARCHIVIO: LI54\_2

Valori dei parametri statistici per n. 54 dati

Distribuzione di Gumbel Do (K-S) = 0.184

MEDIA	SQM	Sk(As)	Ku(Cu)	CV
46.587	23.814	2.783	6.045	0.511

Metodo dei momenti	X(P=0.368)	X(P=0.9)
	35.874	77.657

ALFA	1/ALFA	NORMA	K1	D	CHI <sup>2</sup>
0.0539	18.5673	35.874	1.192	0.0767	2.481

Metodo della max verosimiglianza	X(P=0.368)	X(P=0.9)
	36.765	72.333

ALFA	1/ALFA	NORMA	K1	D	CHI <sup>2</sup>
0.0633	15.8057	36.765	0.990	0.0577	1.778

Distribuzione Log-normale [base 10]

MEDIA	SQM	Sk(As)	Ku(Cu)	CV
46.587	23.814	0.060	3.186	0.123

Metodo dei momenti	X(P=0.1)	X(P=0.9)
	22.362	76.941

COEFFICIENTI (MAIONE):	A	B	CHI <sup>2</sup>
	4.778	-7.730	3.963

Metodo della max verosimiglianza	X(P=0.1)	X(P=0.9)
	23.251	75.335

COEFFICIENTI :	A(μ)	B(σ)	CHI <sup>2</sup>
	1.622	0.199	3.963

Tempo di ritorno anni	Distrib. Gumbel		Distrib. Log-Norm	
	M.M.	M.V.	M.M.	M.V.
10	77.657	72.333	77.052	75.335
25	95.262	87.320	96.640	93.451
50	108.322	98.437	111.672	107.379
100	121.286	109.473	127.191	121.586
150	128.846	115.908	136.727	130.182
200	134.203	120.469	143.477	136.353
250	138.355	124.003	148.758	141.059
300	141.747	126.890	153.123	145.326
400	147.096	131.444	160.683	151.796
500	151.244	134.975	166.196	156.747
1000	164.123	145.938	183.897	172.590

PROGRAMMA PHYDRO - VERS.3

DETERMINAZIONE DELLE ALTEZZE DI MASSIMA PIOGGIA  
 MEDIANTE REGOLARIZZAZIONE DEI DATI STORICI  
 DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE DI DURATA 3 ORE  
 REGISTRATI NEL PERIODO: 1935-1992  
 STAZIONE: LIVORNO

NOME FILE ARCHIVIO: LI54\_3

Valori dei parametri statistici per n. 54 dati

Distribuzione di Gumbel Do (K-S) = 0.184

MEDIA	SQM	Sk(As)	Ku(Cu)	CV
51.365	24.825	2.402	5.693	0.483

Metodo dei momenti	X(P=0.368)	X(P=0.9)
	40.196	83.755

ALFA	1/ALFA	NORMA	K1	D	CHI <sup>2</sup>
0.0517	19.3562	40.196	1.109	0.0911	4.519

Metodo della max verosimiglianza	X(P=0.368)	X(P=0.9)
	40.956	78.972

ALFA	1/ALFA	NORMA	K1	D	CHI <sup>2</sup>
0.0592	16.8929	40.956	0.950	0.0694	1.093

Distribuzione Log-normale [base 10]

MEDIA	SQM	Sk(As)	Ku(Cu)	CV
51.365	24.825	0.063	2.975	0.114

Metodo dei momenti	X(P=0.1)	X(P=0.9)
	25.697	83.220

COEFFICIENTI (MAIONE):	A	B	CHI <sup>2</sup>
	5.024	-8.365	2.111

Metodo della max verosimiglianza	X(P=0.1)	X(P=0.9)
	26.517	81.784

COEFFICIENTI :	A(μ)	B(σ)	CHI <sup>2</sup>
	1.668	0.191	2.111

Hmax=f(T)

Tempo di ritorno anni	Distrib. Gumbel		Distrib. Log-Norm	
	M.M.	M.V.	M.M.	M.V.
10	83.755	78.972	83.334	81.784
25	102.108	94.989	103.365	100.538
50	115.723	106.871	118.600	114.852
100	129.238	118.666	134.223	129.371
150	137.119	125.544	143.775	138.122
200	142.703	130.418	150.517	144.388
250	147.032	134.196	155.781	149.159
300	150.568	137.282	160.124	153.479
400	156.144	142.149	167.634	160.019
500	160.468	145.922	173.099	165.016
1000	173.895	157.640	190.587	180.963

## PROGRAMMA PHYDRO - VERS.3

DETERMINAZIONE DELLE ALTEZZE DI MASSIMA PIOGGIA  
 MEDIANTE REGOLARIZZAZIONE DEI DATI STORICI  
 DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE DI DURATA 6 ORE  
 REGISTRATI NEL PERIODO: 1935-1992  
 STAZIONE: LIVORNO

NOME FILE ARCHIVIO: LI52\_6

Valori dei parametri statistici per n. 52 dati

Distribuzione di Gumbel  $Do (K-S) = 0.188$ 

MEDIA	SQM	Sk(As)	Ku(Cu)	CV
59.554	30.437	1.911	4.576	0.511

Metodo dei momenti	X(P=0.368)	X(P=0.9)
	45.861	99.266

ALFA	1/ALFA	NORMA	K1	D	CHI <sup>2</sup>
0.0421	23.7318	45.861	1.192	0.0950	3.192

Metodo della max verosimiglianza	X(P=0.368)	X(P=0.9)
	46.698	92.506

ALFA	1/ALFA	NORMA	K1	D	CHI <sup>2</sup>
0.0491	20.3561	46.698	1.004	0.0895	3.750

Distribuzione Log-normale [base 10]

MEDIA	SQM	Sk(As)	Ku(Cu)	CV
59.554	30.437	0.133	2.561	0.116

Metodo dei momenti	X(P=0.1)	X(P=0.9)
	28.589	98.351

COEFFICIENTI (MAIONE):	A	B	CHI <sup>2</sup>
	4.778	-8.240	1.654

Metodo della max verosimiglianza	X(P=0.1)	X(P=0.9)
	29.463	96.602

COEFFICIENTI :	A( $\mu$ )	B( $\sigma$ )	CHI <sup>2</sup>
	1.727	0.201	1.654

Hmax=f(T)

Tempo di ritorno anni	Distrib. Gumbel		Distrib. Log-Norm	
	M.M.	M.V.	M.M.	M.V.
10	99.266	92.506	98.493	96.602
25	121.768	111.807	123.528	120.094
50	138.461	126.126	142.741	138.187
100	155.031	140.339	162.575	156.666
150	164.693	148.626	174.761	167.858
200	171.540	154.500	183.388	175.897
250	176.847	159.052	190.137	182.029
300	181.182	162.770	195.715	187.592
400	188.019	168.635	205.377	196.030
500	193.321	173.182	212.422	202.489
1000	209.782	187.302	235.044	223.173

PROGRAMMA PHYDRO - VERS.3

DETERMINAZIONE DELLE ALTEZZE DI MASSIMA PIOGGIA  
 MEDIANTE REGOLARIZZAZIONE DEI DATI STORICI  
 DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE DI DURATA 12 ORE  
 REGISTRATI NEL PERIODO: 1935-1992  
 STAZIONE: LIVORNO NOME FILE ARCHIVIO: LI52\_12

Valori dei parametri statistici per n. 52 dati

Distribuzione di Gumbel Do (K-S) = 0.188

MEDIA	SQM	Sk(As)	Ku(Cu)	CV
67.325	34.761	1.596	3.801	0.516

Metodo dei momenti	X(P=0.368)	X(P=0.9)
	51.687	112.678

ALFA	1/ALFA	NORMA	K1	D	CHI <sup>2</sup>
0.0369	27.1029	51.687	1.207	0.1280	2.808

Metodo della max verosimiglianza	X(P=0.368)	X(P=0.9)
	52.557	104.701

ALFA	1/ALFA	NORMA	K1	D	CHI <sup>2</sup>
0.0432	23.1715	52.557	1.015	0.1204	3.077

Distribuzione Log-normale [base 10]

MEDIA	SQM	Sk(As)	Ku(Cu)	CV
67.325	34.761	0.142	2.533	0.115

Metodo dei momenti	X(P=0.1)	X(P=0.9)
	32.070	111.575

COEFFICIENTI (MAIONE):	A	B	CHI <sup>2</sup>
	4.735	-8.414	1.654

Metodo della max verosimiglianza	X(P=0.1)	X(P=0.9)
	32.933	109.757

COEFFICIENTI :	A(μ)	B(σ)	CHI <sup>2</sup>
	1.779	0.204	1.654

Hmax=f(T)

Tempo di ritorno anni	Distrib. Gumbel		Distrib. Log-Norm	
	M.M.	M.V.	M.M.	M.V.
10	112.678	104.701	111.738	109.757
25	138.376	126.672	140.428	136.856
50	157.440	142.971	162.484	157.777
100	176.364	159.149	185.280	179.185
150	187.399	168.583	199.299	192.169
200	195.218	175.269	209.230	201.501
250	201.280	180.451	217.002	208.624
300	206.230	184.683	223.426	215.089
400	214.039	191.359	234.559	224.900
500	220.093	196.535	242.680	232.414
1000	238.893	212.608	268.771	256.496

## PROGRAMMA PHYDRO - VERS.3

DETERMINAZIONE DELLE ALTEZZE DI MASSIMA PIOGGIA  
 MEDIANTE REGOLARIZZAZIONE DEI DATI STORICI  
 DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE DI DURATA 24 ORE  
 REGISTRATI NEL PERIODO: 1935-1992  
 STAZIONE: LIVORNO

NOME FILE ARCHIVIO: LI52\_24

Valori dei parametri statistici per n. 52 dati

Distribuzione di Gumbel Do (K-S) = 0.188

MEDIA	SQM	Sk(As)	Ku(Cu)	CV
75.485	39.435	1.865	4.468	0.522

Metodo dei momenti	X(P=0.368)	X(P=0.9)
	57.744	126.936

ALFA	1/ALFA	NORMA	K1	D	CHI <sup>2</sup>
0.0325	30.7471	57.744	1.226	0.0805	1.269

Metodo della max verosimiglianza	X(P=0.368)	X(P=0.9)
	58.794	118.817

ALFA	1/ALFA	NORMA	K1	D	CHI <sup>2</sup>
0.0375	26.6727	58.794	1.045	0.0629	2.038

Distribuzione Log-normale [base 10]

MEDIA	SQM	Sk(As)	Ku(Cu)	CV
75.485	39.435	0.036	2.900	0.115

Metodo dei momenti	X(P=0.1)	X(P=0.9)
	35.632	125.606

COEFFICIENTI (MAIONE):	A	B	CHI <sup>2</sup>
	4.686	-8.554	1.462

Metodo della max verosimiglianza	X(P=0.1)	X(P=0.9)
	36.200	124.589

COEFFICIENTI :	A( $\mu$ )	B( $\sigma$ )	CHI <sup>2</sup>
	1.827	0.209	1.462

Hmax=f(T)

Tempo di ritorno anni	Distrib. Gumbel		Distrib. Log-Norm	
	M.M.	M.V.	M.M.	M.V.
10	126.936	118.817	125.791	124.589
25	156.089	144.107	158.471	156.269
50	177.717	162.869	183.641	180.845
100	199.185	181.492	209.695	206.082
150	211.703	192.352	225.735	221.428
200	220.575	200.047	237.104	232.475
250	227.451	206.013	246.005	240.918
300	233.067	210.884	253.366	248.586
400	241.925	218.569	266.127	260.234
500	248.794	224.527	275.440	269.165
1000	270.122	243.029	305.381	297.840



## PROGRAMMA FULLER

STAZIONE: LIVORNO NOME FILE ARCHIVIO: LI40\_30  
DETERMINAZIONE DELLE ALTEZZE MASSIME DI PIOGGIA  
MEDIANTE REGOLARIZZAZIONE DEI DATI STORICI  
DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE DI DURATA 30 MINUTI  
REGISTRATI NEL PERIODO: 1935-1992  
\*\*\* DISTRIBUZIONE DI FULLER-COUTAGNE \*\*\*

-----  
Valori dei parametri statistici per n. 40 dati  
-----

MEDIA	SQM	$\alpha$	$\beta$	CHI <sup>2</sup>
29.055	11.408	17.647	1.489	0.000

-----

-----  
Tempo di ritorno  
anni

P/H max

10	43.91
25	54.37
50	62.28
100	70.18
150	74.81
200	78.09
250	80.64
300	82.72
400	86.00
500	88.54
1000	96.45

-----



PROGRAMMA FULLER

DETERMINAZIONE DELLE ALTEZZE MASSIME DI PIOGGIA  
MEDIANTE REGOLARIZZAZIONE DEI DATI STORICI  
\*\*\* DISTRIBUZIONE DI FULLER-COUTAGNE \*\*\*

STAZIONE: LIVORNO

NOME FILE ARCHIVIO: LI54\_2

PRECIPITAZIONI INTENSE DI DURATA 2 ORA

REGISTRATI NEL PERIODO: 1935-1992

-----  
Valori dei parametri statistici per n. 54 dati  
-----

MEDIA	SQM	$\alpha$	$\beta$	CHI <sup>2</sup>
46.587	23.814	22.773	2.408	0.259

-----

-----  
Tempo di ritorno  
anni

P/H max

10	77.61
25	99.43
50	115.93
100	132.44
150	142.09
200	148.94
250	154.26
300	158.60
400	165.45
500	170.76
1000	187.27

-----



PROGRAMMA FULLER

DETERMINAZIONE DELLE ALTEZZE MASSIME DI PIOGGIA  
MEDIANTE REGOLARIZZAZIONE DEI DATI STORICI  
\*\*\* DISTRIBUZIONE DI FULLER-COUTAGNE \*\*\*

STAZIONE: LIVORNO

NOME FILE ARCHIVIO: LI52\_6

PRECIPITAZIONI INTENSE DI DURATA 6 ORE

REGISTRATI NEL PERIODO: 1935-1992

-----  
Valori dei parametri statistici per n. 52 dati  
-----

MEDIA	SQM	$\alpha$	$\beta$	CHI <sup>2</sup>
59.554	30.437	29.117	2.407	0.115

-----

Hmax=f(T)

Tempo di ritorno anni	P/H max
10	99.20
25	127.09
50	148.19
100	169.28
150	181.62
200	190.38
250	197.17
300	202.72
400	211.48
500	218.27
1000	239.37

-----

PROGRAMMA FULLER

DETERMINAZIONE DELLE ALTEZZE MASSIME DI PIOGGIA  
 MEDIANTE REGOLARIZZAZIONE DEI DATI STORICI  
 \*\*\* DISTRIBUZIONE DI FULLER-COUTAGNE \*\*\*

STAZIONE: LIVORNO NOME FILE ARCHIVIO: LI52\_12  
 PRECIPITAZIONI INTENSE DI DURATA 12 ORE  
 REGISTRATI NEL PERIODO: 1935-1992

-----  
 Valori dei parametri statistici per n. 52 dati  
 -----

MEDIA	SQM	$\alpha$	$\beta$	CHI <sup>2</sup>
67.325	34.761	32.564	2.458	0.115

-----  
 Hmax=f(T)  
 -----

Tempo di ritorno anni	P/H max
--------------------------	---------

10	112.60
25	144.45
50	168.55
100	192.64
150	206.74
200	216.74
250	224.49
300	230.83
400	240.83
500	248.59
1000	272.68

-----

PROGRAMMA FULLER

DETERMINAZIONE DELLE ALTEZZE MASSIME DI PIOGGIA  
MEDIANTE REGOLARIZZAZIONE DEI DATI STORICI  
\*\*\* DISTRIBUZIONE DI FULLER-COUTAGNE \*\*\*

STAZIONE: LIVORNO

NOME FILE ARCHIVIO: LI52\_24

PRECIPITAZIONI INTENSE DI DURATA 24 ORE

REGISTRATI NEL PERIODO: 1935-1992

-----  
Valori dei parametri statistici per n. 52 dati  
-----

MEDIA	SQM	$\alpha$	$\beta$	CHI <sup>2</sup>
75.485	39.435	36.050	2.519	0.115

-----

Hmax=f(T)

Tempo di ritorno anni	P/H max
10	126.85
25	162.98
50	190.32
100	217.65
150	233.64
200	244.98
250	253.78
300	260.97
400	272.32
500	281.12
1000	308.45

-----

*Regressione lineare nel piano bilogarithmico*

PROGRAMMA PREREG

Regressione lineare nel piano bilogarithmico:

$$\log h = n \cdot \log t + \log a$$

Dati in input

-----  
Numero delle coppie di dati N = 5  
relativi alla distribuzione di FULLER

Durata (ore)	Pioggia (mm)	Log t	Log P
0.500	78.090	-0.301	1.893
1.000	114.170	0.000	2.058
2.000	148.940	0.301	2.173
3.000	158.090	0.477	2.199
6.000	190.380	0.778	2.280

Dati in output

-----  
Tempo di ritorno = 200.000  
Tempo di corrivazione = 3.300

Coefficiente a = 107.664

Coefficiente n = 0.352

Coefficiente di correlazione r = 0.979

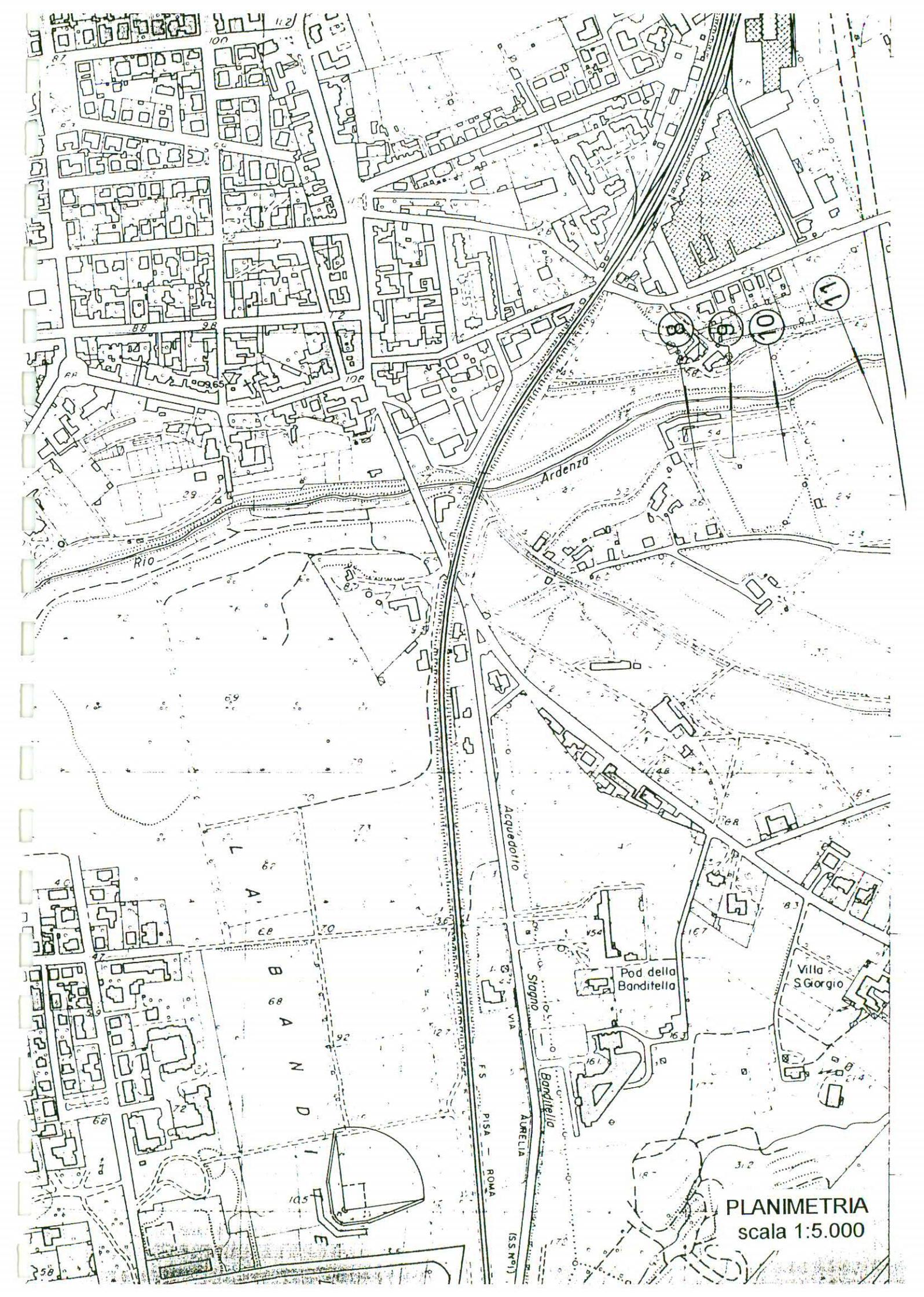
Equazione di possibilità climatica:

$$h = 107.664 T_c^{0.352}$$

Altezza max di pioggia h = 163.82 mm

*Planimetrie*  
*scala 1:5.000*





PLANIMETRIA  
scala 1:5.000



Poderi S. Martino

Pod. le Casine

Collinaja

Villa di Bellavista

Bellavista

Villa la Morazzana

Giorgia

PLANIMETRIA  
scala 1:5.000



PLANIMETRIA  
scala 1:5.000

*Verifica idraulica delle sezioni del Rio Ardenza  
tra Collinaia e la Foce*

PROGRAMMA [VERSEZ]

Determinazione dell'altezza del pelo libero,  
e dell'altezza critica in condizioni di moto uniforme

Formula di Manning

Coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strickler

SEZ. 1

\* DATI IN INPUT:

Portata	(mc/s ) =	220.000
Larghezza al fondo	(m) =	9.500
Altezza dell'argine sinistro	(m) =	4.200
Altezza dell'argine destro	(m) =	4.200
Scarpa della sponda sinistra	(1/z) =	4.000
Scarpa della sponda destra	(1/z) =	1.000
Pendenza dell'alveo	=	0.00130
Coefficiente di scabrezza	(k) =	40.000
Coefficiente di Coriolis	=	1.000

\* DATI IN OUTPUT:

Altezza di moto uniforme	(m) =	4.137
Velocità di moto uniforme	(m/s) =	2.680
Larghezza P.L.	(s) =	30.186
Area della sezione bagnata	(mq) =	82.091
Perimetro bagnato	(m) =	32.408
Raggio idraulico	(m) =	2.533
Numero di Froude	(F) =	0.421
Altezza critica	(m) =	2.926
Velocità critica	(m) =	5.053
Pendenza critica	=	0.00450

Alveo a debole pendenza - Corrente lenta

-----  
Sezione verificata  
-----

## PROGRAMMA [VERSEZ]

Determinazione dell'altezza del pelo libero,  
e dell'altezza critica in condizioni di moto uniforme

Formula di Manning

Coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strickler

SEZ. 2

## \* DATI IN INPUT:

Portata	(mc/s) =	220.000
Larghezza al fondo	(m) =	8.500
Altezza dell'argine sinistro	(m) =	6.800
Altezza dell'argine destro	(m) =	4.500
Scarpa della sponda sinistra	(1/z) =	2.500
Scarpa della sponda destra	(1/z) =	2.860
Pendenza dell'alveo	=	0.00130
Coefficiente di scabrezza	(k) =	40.000
Coefficiente di Coriolis	=	1.000

## \* DATI IN OUTPUT:

Altezza di moto uniforme	(m) =	4.170
Velocità di moto uniforme	(m/s) =	2.681
Larghezza P.L.	(s) =	30.851
Area della sezione bagnata	(mq) =	82.044
Perimetro bagnato	(m) =	32.362
Raggio idraulico	(m) =	2.535
Numero di Froude	(F) =	0.419
Altezza critica	(m) =	2.994
Velocità critica	(m) =	5.016
Pendenza critica	=	0.00450

Alveo a debole pendenza - Corrente lenta

-----  
Sezione verificata  
-----

PROGRAMMA [VERSEZ]

Determinazione dell'altezza del pelo libero,  
e dell'altezza critica in condizioni di moto uniforme

Formula di Manning

Coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strickler

SEZ. 3

\* DATI IN INPUT:

Portata	(mc/s ) =	220.000
Larghezza al fondo	(m) =	8.500
Altezza dell'argine sinistro	(m) =	6.500
Altezza dell'argine destro	(m) =	4.500
Scarpa della sponda sinistra	(1/z) =	2.250
Scarpa della sponda destra	(1/z) =	2.750
Pendenza dell'alveo	=	0.00130
Coefficiente di scabrezza	(k) =	40.000
Coefficiente di Coriolis	=	1.000

\* DATI IN OUTPUT:

Altezza di moto uniforme	(m) =	4.241
Velocità di moto uniforme	(m/s) =	2.716
Larghezza P.L.	(s) =	29.704
Area della sezione bagnata	(mq) =	81.010
Perimetro bagnato	(m) =	31.351
Raggio idraulico	(m) =	2.584
Numero di Froude	(F) =	0.421
Altezza critica	(m) =	3.038
Velocità critica	(m) =	5.067
Pendenza critica	=	0.00447

Alveo a debole pendenza - Corrente lenta

-----  
Sezione verificata  
-----

PROGRAMMA [VERSEZ]

Determinazione dell'altezza del pelo libero,  
e dell'altezza critica in condizioni di moto uniforme

Formula di Manning

Coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strickler

SEZ. 4

\* DATI IN INPUT:

Portata	(mc/s) =	220.000
Larghezza al fondo	(m) =	9.200
Altezza dell'argine sinistro	(m) =	6.000
Altezza dell'argine destro	(m) =	5.000
Scarpa della sponda sinistra	(1/z) =	2.620
Scarpa della sponda destra	(1/z) =	1.780
Pendenza dell'alveo	=	0.00130
Coefficiente di scabrezza	(k) =	40.000
Coefficiente di Coriolis	=	1.000

\* DATI IN OUTPUT:

Altezza di moto uniforme	(m) =	4.274
Velocità di moto uniforme	(m/s) =	2.767
Larghezza P.L.	(s) =	28.004
Area della sezione bagnata	(mq) =	79.499
Perimetro bagnato	(m) =	29.910
Raggio idraulico	(m) =	2.658
Numero di Froude	(F) =	0.427
Altezza critica	(m) =	3.030
Velocità critica	(m) =	5.150
Pendenza critica	=	0.00443

Alveo a debole pendenza - Corrente lenta

-----  
Sezione verificata  
-----

PROGRAMMA [VERSEZ]

Determinazione dell'altezza del pelo libero,  
e dell'altezza critica in condizioni di moto uniforme

Formula di Manning

Coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strickler

SEZ. 5

\* DATI IN INPUT:

Portata	(mc/s) =	220.000
Larghezza al fondo	(m) =	10.000
Altezza dell'argine sinistro	(m) =	4.750
Altezza dell'argine destro	(m) =	4.750
Scarpa della sponda sinistra	(1/z) =	2.250
Scarpa della sponda destra	(1/z) =	1.000
Pendenza dell'alveo	=	0.00130
Coefficiente di scabrezza	(k) =	40.000
Coefficiente di Coriolis	=	1.000

\* DATI IN OUTPUT:

Altezza di moto uniforme	(m) =	4.446
Velocità di moto uniforme	(m/s) =	2.873
Larghezza P.L.	(s) =	24.448
Area della sezione bagnata	(mq) =	76.573
Perimetro bagnato	(m) =	27.233
Raggio idraulico	(m) =	2.812
Numero di Froude	(F) =	0.435
Altezza critica	(m) =	3.080
Velocità critica	(m) =	5.349
Pendenza critica	=	0.00434

Alveo a debole pendenza - Corrente lenta

-----  
Sezione verificata  
-----

PROGRAMMA [VERSEZ]

Determinazione dell'altezza del pelo libero,  
e dell'altezza critica in condizioni di moto uniforme

Formula di Manning

Coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strickler

SEZ. 6

\* DATI IN INPUT:

Portata	(mc/s ) =	220.000
Larghezza al fondo	(m) =	10.000
Altezza dell'argine sinistro	(m) =	4.750
Altezza dell'argine destro	(m) =	4.750
Scarpa della sponda sinistra	(1/z) =	1.620
Scarpa della sponda destra	(1/z) =	1.620
Pendenza dell'alveo	=	0.00130
Coefficiente di scabrezza	(k) =	40.000
Coefficiente di Coriolis	=	1.000

\* DATI IN OUTPUT:

Altezza di moto uniforme	(m) =	4.433
Velocità di moto uniforme	(m/s) =	2.888
Larghezza P.L.	(s) =	24.364
Area della sezione bagnata	(mq) =	76.174
Perimetro bagnato	(m) =	26.880
Raggio idraulico	(m) =	2.834
Numero di Froude	(F) =	0.438
Altezza critica	(m) =	3.081
Velocità critica	(m) =	5.352
Pendenza critica	=	0.00433

Alveo a debole pendenza - Corrente lenta

-----  
Sezione verificata  
-----

PROGRAMMA [VERSEZ]

Determinazione dell'altezza del pelo libero,  
e dell'altezza critica in condizioni di moto uniforme

Formula di Manning

Coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strickler

SEZ. 7

\* DATI IN INPUT:

Portata	(mc/s) =	220.000
Larghezza al fondo	(m) =	10.000
Altezza dell'argine sinistro	(m) =	4.500
Altezza dell'argine destro	(m) =	4.500
Scarpa della sponda sinistra	(1/z) =	1.950
Scarpa della sponda destra	(1/z) =	1.660
Pendenza dell'alveo	=	0.00130
Coefficiente di scabrezza	(k) =	40.000
Coefficiente di Coriolis	=	1.000

\* DATI IN OUTPUT:

Altezza di moto uniforme	(m) =	4.337
Velocità di moto uniforme	(m/s) =	2.845
Larghezza P.L.	(s) =	25.658
Area della sezione bagnata	(mq) =	77.329
Perimetro bagnato	(m) =	27.910
Raggio idraulico	(m) =	2.771
Numero di Froude	(F) =	0.436
Altezza critica	(m) =	3.033
Velocità critica	(m) =	5.276
Pendenza critica	=	0.00437

Alveo a debole pendenza - Corrente lenta

-----  
Sezione verificata  
-----

PROGRAMMA [VERSEZ]

Determinazione dell'altezza del pelo libero,  
e dell'altezza critica in condizioni di moto uniforme

Formula di Manning

Coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strickler

SEZ. 8

\* DATI IN INPUT:

Portata	(mc/s ) =	220.000
Larghezza al fondo	(m) =	10.000
Altezza dell'argine sinistro	(m) =	4.900
Altezza dell'argine destro	(m) =	4.700
Scarpa della sponda sinistra	(1/z) =	1.000
Scarpa della sponda destra	(1/z) =	2.120
Pendenza dell'alveo	=	0.00130
Coefficiente di scabrezza	(k) =	40.000
Coefficiente di Coriolis	=	1.000

\* DATI IN OUTPUT:

Altezza di moto uniforme	(m) =	4.481
Velocità di moto uniforme	(m/s) =	2.890
Larghezza P.L.	(s) =	23.980
Area della sezione bagnata	(mq) =	76.128
Perimetro bagnato	(m) =	26.840
Raggio idraulico	(m) =	2.836
Numero di Froude	(F) =	0.436
Altezza critica	(m) =	3.098
Velocità critica	(m) =	5.378
Pendenza critica	=	0.00433

Alveo a debole pendenza - Corrente lenta

-----  
Sezione verificata  
-----

PROGRAMMA [VERSEZ]

Determinazione dell'altezza del pelo libero,  
e dell'altezza critica in condizioni di moto uniforme

Formula di Manning

Coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strickler

SEZ. 9

\* DATI IN INPUT:

Portata	(mc/s ) =	220.000
Larghezza al fondo	(m) =	10.000
Altezza dell'argine sinistro	(m) =	4.700
Altezza dell'argine destro	(m) =	4.700
Scarpa della sponda sinistra	(1/z) =	1.000
Scarpa della sponda destra	(1/z) =	1.700
Pendenza dell'alveo	=	0.00130
Coefficiente di scabrezza	(k) =	40.000
Coefficiente di Coriolis	=	1.000

\* DATI IN OUTPUT:

Altezza di moto uniforme	(m) =	4.606
Velocità di moto uniforme	(m/s) =	2.945
Larghezza P.L.	(s) =	22.436
Area della sezione bagnata	(mq) =	74.700
Perimetro bagnato	(m) =	25.598
Raggio idraulico	(m) =	2.918
Numero di Froude	(F) =	0.438
Altezza critica	(m) =	3.158
Velocità critica	(m) =	5.478
Pendenza critica	=	0.00429

Alveo a debole pendenza - Corrente lenta

-----  
Sezione verificata  
-----

PROGRAMMA [VERSEZ]

Determinazione dell'altezza del pelo libero,  
e dell'altezza critica in condizioni di moto uniforme

Formula di Manning

Coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strickler

SEZ. 10

\* DATI IN INPUT:

Portata	(mc/s) =	220.000
Larghezza al fondo	(m) =	10.000
Altezza dell'argine sinistro	(m) =	4.750
Altezza dell'argine destro	(m) =	4.750
Scarpa della sponda sinistra	(1/z) =	1.620
Scarpa della sponda destra	(1/z) =	1.620
Pendenza dell'alveo	=	0.00130
Coefficiente di scabrezza	(k) =	40.000
Coefficiente di Coriolis	=	1.000

\* DATI IN OUTPUT:

Altezza di moto uniforme	(m) =	4.433
Velocità di moto uniforme	(m/s) =	2.888
Larghezza P.L.	(s) =	24.364
Area della sezione bagnata	(mq) =	76.174
Perimetro bagnato	(m) =	26.880
Raggio idraulico	(m) =	2.834
Numero di Froude	(F) =	0.438
Altezza critica	(m) =	3.081
Velocità critica	(m) =	5.352
Pendenza critica	=	0.00433

Alveo a debole pendenza - Corrente lenta

-----  
Sezione verificata  
-----

PROGRAMMA [VERSEZ]

Determinazione dell'altezza del pelo libero,  
e dell'altezza critica in condizioni di moto uniforme

Formula di Manning

Coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strickler

SEZ. 11

\* DATI IN INPUT:

Portata	(mc/s) =	220.000
Larghezza al fondo	(m) =	10.000
Altezza dell'argine sinistro	(m) =	4.700
Altezza dell'argine destro	(m) =	4.700
Scarpa della sponda sinistra	(1/z) =	1.800
Scarpa della sponda destra	(1/z) =	1.500
Pendenza dell'alveo	=	0.00130
Coefficiente di scabrezza	(k) =	40.000
Coefficiente di Coriolis	=	1.000

\* DATI IN OUTPUT:

Altezza di moto uniforme	(m) =	4.418
Velocità di moto uniforme	(m/s) =	2.880
Larghezza P.L.	(s) =	24.578
Area della sezione bagnata	(mq) =	76.378
Perimetro bagnato	(m) =	27.061
Raggio idraulico	(m) =	2.822
Numero di Froude	(F) =	0.438
Altezza critica	(m) =	3.073
Velocità critica	(m) =	5.339
Pendenza critica	=	0.00434

Alveo a debole pendenza - Corrente lenta

-----  
Sezione verificata  
-----

PROGRAMMA [VERSEZ]

Determinazione dell'altezza del pelo libero,  
e dell'altezza critica in condizioni di moto uniforme

Formula di Manning

Coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strickler

SEZ. 12

\* DATI IN INPUT:

Portata	(mc/s) =	220.000
Larghezza al fondo	(m) =	10.000
Altezza dell'argine sinistro	(m) =	4.700
Altezza dell'argine destro	(m) =	4.700
Scarpa della sponda sinistra	(1/z) =	2.070
Scarpa della sponda destra	(1/z) =	1.550
Pendenza dell'alveo	=	0.00130
Coefficiente di scabrezza	(k) =	40.000
Coefficiente di Coriolis	=	1.000

\* DATI IN OUTPUT:

Altezza di moto uniforme	(m) =	4.336
Velocità di moto uniforme	(m/s) =	2.843
Larghezza P.L.	(s) =	25.696
Area della sezione bagnata	(mq) =	77.391
Perimetro bagnato	(m) =	27.966
Raggio idraulico	(m) =	2.767
Numero di Froude	(F) =	0.436
Altezza critica	(m) =	3.031
Velocità critica	(m) =	5.274
Pendenza critica	=	0.00437

Alveo a debole pendenza - Corrente lenta

-----  
Sezione verificata  
-----

PROGRAMMA [VERSEZ]

Determinazione dell'altezza del pelo libero,  
e dell'altezza critica in condizioni di moto uniforme

Formula di Manning

Coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strickler

SEZ. 13

\* DATI IN INPUT:

Portata	(mc/s) =	220.000
Larghezza al fondo	(m) =	10.000
Altezza dell'argine sinistro	(m) =	4.500
Altezza dell'argine destro	(m) =	4.500
Scarpa della sponda sinistra	(1/z) =	2.000
Scarpa della sponda destra	(1/z) =	1.670
Pendenza dell'alveo	=	0.00130
Coefficiente di scabrezza	(k) =	40.000
Coefficiente di Coriolis	=	1.000

\* DATI IN OUTPUT:

Altezza di moto uniforme	(m) =	4.323
Velocità di moto uniforme	(m/s) =	2.838
Larghezza P.L.	(s) =	25.865
Area della sezione bagnata	(mq) =	77.517
Perimetro bagnato	(m) =	28.080
Raggio idraulico	(m) =	2.761
Numero di Froude	(F) =	0.436
Altezza critica	(m) =	3.025
Velocità critica	(m) =	5.264
Pendenza critica	=	0.00437

Alveo a debole pendenza - Corrente lenta

-----  
Sezione verificata  
-----

PROGRAMMA [VERSEZ]

Determinazione dell'altezza del pelo libero,  
e dell'altezza critica in condizioni di moto uniforme

Formula di Manning

Coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strickler

SEZ. 14

\* DATI IN INPUT:

Portata	(mc/s ) =	220.000
Larghezza al fondo	(m) =	10.000
Altezza dell'argine sinistro	(m) =	4.700
Altezza dell'argine destro	(m) =	4.500
Scarpa della sponda sinistra	(1/z) =	2.050
Scarpa della sponda destra	(1/z) =	1.670
Pendenza dell'alveo	=	0.00130
Coefficiente di scabrezza	(k) =	40.000
Coefficiente di Coriolis	=	1.000

\* DATI IN OUTPUT:

Altezza di moto uniforme	(m) =	4.311
Velocità di moto uniforme	(m/s) =	2.832
Larghezza P.L.	(s) =	26.037
Area della sezione bagnata	(mq) =	77.675
Perimetro bagnato	(m) =	28.224
Raggio idraulico	(m) =	2.752
Numero di Froude	(F) =	0.436
Altezza critica	(m) =	3.019
Velocità critica	(m) =	5.255
Pendenza critica	=	0.00438

Alveo a debole pendenza - Corrente lenta

-----  
Sezione verificata  
-----

PROGRAMMA [VERSEZ]

Determinazione dell'altezza del pelo libero,  
e dell'altezza critica in condizioni di moto uniforme

Formula di Manning

Coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strickler

SEZ. 15

\* DATI IN INPUT:

Portata	(mc/s) =	220.000
Larghezza al fondo	(m) =	10.000
Altezza dell'argine sinistro	(m) =	4.600
Altezza dell'argine destro	(m) =	4.600
Scarpa della sponda sinistra	(1/z) =	1.620
Scarpa della sponda destra	(1/z) =	1.760
Pendenza dell'alveo	=	0.00130
Coefficiente di scabrezza	(k) =	40.000
Coefficiente di Coriolis	=	1.000

\* DATI IN OUTPUT:

Altezza di moto uniforme	(m) =	4.396
Velocità di moto uniforme	(m/s) =	2.872
Larghezza P.L.	(s) =	24.857
Area della sezione bagnata	(mq) =	76.610
Perimetro bagnato	(m) =	27.266
Raggio idraulico	(m) =	2.810
Numero di Froude	(F) =	0.437
Altezza critica	(m) =	3.063
Velocità critica	(m) =	5.322
Pendenza critica	=	0.00435

Alveo a debole pendenza - Corrente lenta

-----  
Sezione verificata  
-----

PROGRAMMA [VERSEZ]

Determinazione dell'altezza del pelo libero,  
e dell'altezza critica in condizioni di moto uniforme

Formula di Manning

Coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strickler

SEZ. 16

\* DATI IN INPUT:

Portata	(mc/s) =	220.000
Larghezza al fondo	(m) =	10.000
Altezza dell'argine sinistro	(m) =	4.500
Altezza dell'argine destro	(m) =	4.500
Scarpa della sponda sinistra	(1/z) =	1.940
Scarpa della sponda destra	(1/z) =	1.620
Pendenza dell'alveo	=	0.00130
Coefficiente di scabrezza	(k) =	40.000
Coefficiente di Coriolis	=	1.000

\* DATI IN OUTPUT:

Altezza di moto uniforme	(m) =	4.350
Velocità di moto uniforme	(m/s) =	2.851
Larghezza P.L.	(s) =	25.486
Area della sezione bagnata	(mq) =	77.179
Perimetro bagnato	(m) =	27.775
Raggio idraulico	(m) =	2.779
Numero di Froude	(F) =	0.436
Altezza critica	(m) =	3.039
Velocità critica	(m) =	5.286
Pendenza critica	=	0.00436

Alveo a debole pendenza - Corrente lenta

-----  
Sezione verificata  
-----

PROGRAMMA [VERSEZ]

Determinazione dell'altezza del pelo libero,  
e dell'altezza critica in condizioni di moto uniforme

Formula di Manning

Coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strickler

SEZ. 17

\* DATI IN INPUT:

Portata	(mc/s) =	220.000
Larghezza al fondo	(m) =	10.000
Altezza dell'argine sinistro	(m) =	4.600
Altezza dell'argine destro	(m) =	4.600
Scarpa della sponda sinistra	(1/z) =	1.620
Scarpa della sponda destra	(1/z) =	1.000
Pendenza dell'alveo	=	0.00130
Coefficiente di scabrezza	(k) =	40.000
Coefficiente di Coriolis	=	1.000

\* DATI IN OUTPUT:

Altezza di moto uniforme	(m) =	4.632
Velocità di moto uniforme	(m/s) =	2.956
Larghezza P.L.	(s) =	22.137
Area della sezione bagnata	(mq) =	74.432
Perimetro bagnato	(m) =	25.370
Raggio idraulico	(m) =	2.934
Numero di Froude	(F) =	0.438
Altezza critica	(m) =	3.170
Velocità critica	(m) =	5.498
Pendenza critica	=	0.00428

Alveo a debole pendenza - Corrente lenta

-----  
Sezione non verificata rispetto all'argine sinistro  
Sezione non verificata rispetto all'argine destro  
Sezione non verificata  
-----

PROGRAMMA [VERSEZ]

Determinazione dell'altezza del pelo libero,  
e dell'altezza critica in condizioni di moto uniforme

Formula di Manning

Coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strickler

SEZ. 18

\* DATI IN INPUT:

Portata	(mc/s) =	220.000
Larghezza al fondo	(m) =	10.000
Altezza dell'argine sinistro	(m) =	4.750
Altezza dell'argine destro	(m) =	4.750
Scarpa della sponda sinistra	(1/z) =	0.750
Scarpa della sponda destra	(1/z) =	1.670
Pendenza dell'alveo	=	0.00130
Coefficiente di scabrezza	(k) =	40.000
Coefficiente di Coriolis	=	1.000

\* DATI IN OUTPUT:

Altezza di moto uniforme	(m) =	4.717
Velocità di moto uniforme	(m/s) =	2.969
Larghezza P.L.	(s) =	21.415
Area della sezione bagnata	(mq) =	74.088
Perimetro bagnato	(m) =	25.077
Raggio idraulico	(m) =	2.954
Numero di Froude	(F) =	0.437
Altezza critica	(m) =	3.201
Velocità critica	(m) =	5.552
Pendenza critica	=	0.00427

Alveo a debole pendenza - Corrente lenta

-----  
Sezione verificata  
-----

PROGRAMMA [VERSEZ]

Determinazione dell'altezza del pelo libero,  
e dell'altezza critica in condizioni di moto uniforme

Formula di Manning

Coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strickler

SEZ. 19

\* DATI IN INPUT:

Portata	(mc/s) =	220.000
Larghezza al fondo	(m) =	10.000
Altezza dell'argine sinistro	(m) =	4.750
Altezza dell'argine destro	(m) =	4.750
Scarpa della sponda sinistra	(1/z) =	0.750
Scarpa della sponda destra	(1/z) =	1.670
Pendenza dell'alveo	=	0.00130
Coefficiente di scabrezza	(k) =	40.000
Coefficiente di Coriolis	=	1.000

\* DATI IN OUTPUT:

Altezza di moto uniforme	(m) =	4.717
Velocità di moto uniforme	(m/s) =	2.969
Larghezza P.L.	(s) =	21.415
Area della sezione bagnata	(mq) =	74.088
Perimetro bagnato	(m) =	25.077
Raggio idraulico	(m) =	2.954
Numero di Froude	(F) =	0.437
Altezza critica	(m) =	3.201
Velocità critica	(m) =	5.552
Pendenza critica	=	0.00427

Alveo a debole pendenza - Corrente lenta

-----  
Sezione verificata  
-----

PROGRAMMA [VERSEZ]

Determinazione dell'altezza del pelo libero,  
e dell'altezza critica in condizioni di moto uniforme

Formula di Manning

Coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strickler

SEZ. 20

\* DATI IN INPUT:

Portata	(mc/s) =	220.000
Larghezza al fondo	(m) =	10.000
Altezza dell'argine sinistro	(m) =	4.700
Altezza dell'argine destro	(m) =	4.700
Scarpa della sponda sinistra	(1/z) =	0.850
Scarpa della sponda destra	(1/z) =	0.950
Pendenza dell'alveo	=	0.00130
Coefficiente di scabrezza	(k) =	40.000
Coefficiente di Coriolis	=	1.000

\* DATI IN OUTPUT:

Altezza di moto uniforme	(m) =	4.977
Velocità di moto uniforme	(m/s) =	3.053
Larghezza P.L.	(s) =	18.958
Area della sezione bagnata	(mq) =	72.060
Perimetro bagnato	(m) =	23.396
Raggio idraulico	(m) =	3.080
Numero di Froude	(F) =	0.437
Altezza critica	(m) =	3.303
Velocità critica	(m) =	5.745
Pendenza critica	=	0.00421

Alveo a debole pendenza - Corrente lenta

-----  
Sezione non verificata rispetto all'argine sinistro  
Sezione non verificata rispetto all'argine destro  
Sezione non verificata  
-----

PROGRAMMA [VERSEZ]

Determinazione dell'altezza del pelo libero,  
e dell'altezza critica in condizioni di moto uniforme

Formula di Manning

Coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strickler

SEZ. 21

\* DATI IN INPUT:

Portata	(mc/s) =	220.000
Larghezza al fondo	(m) =	10.000
Altezza dell'argine sinistro	(m) =	4.650
Altezza dell'argine destro	(m) =	4.650
Scarpa della sponda sinistra	(1/z) =	1.700
Scarpa della sponda destra	(1/z) =	1.000
Pendenza dell'alveo	=	0.00130
Coefficiente di scabrezza	(k) =	40.000
Coefficiente di Coriolis	=	1.000

\* DATI IN OUTPUT:

Altezza di moto uniforme	(m) =	4.606
Velocità di moto uniforme	(m/s) =	2.945
Larghezza P.L.	(s) =	22.436
Area della sezione bagnata	(mq) =	74.700
Perimetro bagnato	(m) =	25.598
Raggio idraulico	(m) =	2.918
Numero di Froude	(F) =	0.438
Altezza critica	(m) =	3.158
Velocità critica	(m) =	5.478
Pendenza critica	=	0.00429

Alveo a debole pendenza - Corrente lenta

-----  
Sezione verificata  
-----

PROGRAMMA [VERSEZ]

Determinazione dell'altezza del pelo libero,  
e dell'altezza critica in condizioni di moto uniforme

Formula di Manning

Coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strickler

SEZ. 22

\* DATI IN INPUT:

Portata	(mc/s) =	220.000
Larghezza al fondo	(m) =	10.000
Altezza dell'argine sinistro	(m) =	4.650
Altezza dell'argine destro	(m) =	4.650
Scarpa della sponda sinistra	(1/z) =	1.670
Scarpa della sponda destra	(1/z) =	0.710
Pendenza dell'alveo	=	0.00130
Coefficiente di scabrezza	(k) =	40.000
Coefficiente di Coriolis	=	1.000

\* DATI IN OUTPUT:

Altezza di moto uniforme	(m) =	4.735
Velocità di moto uniforme	(m/s) =	2.972
Larghezza P.L.	(s) =	21.269
Area della sezione bagnata	(mq) =	74.023
Perimetro bagnato	(m) =	25.023
Raggio idraulico	(m) =	2.958
Numero di Froude	(F) =	0.436
Altezza critica	(m) =	3.207
Velocità critica	(m) =	5.563
Pendenza critica	=	0.00427

Alveo a debole pendenza - Corrente lenta

-----  
Sezione non verificata rispetto all'argine sinistro  
Sezione non verificata rispetto all'argine destro  
Sezione non verificata  
-----

PROGRAMMA [VERSEZ]

Determinazione dell'altezza del pelo libero,  
e dell'altezza critica in condizioni di moto uniforme

Formula di Manning

Coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strickler

SEZ. 23

\* DATI IN INPUT:

Portata	(mc/s) =	220.000
Larghezza al fondo	(m) =	10.000
Altezza dell'argine sinistro	(m) =	4.650
Altezza dell'argine destro	(m) =	4.650
Scarpa della sponda sinistra	(1/z) =	1.800
Scarpa della sponda destra	(1/z) =	1.000
Pendenza dell'alveo	=	0.00130
Coefficiente di scabrezza	(k) =	40.000
Coefficiente di Coriolis	=	1.000

\* DATI IN OUTPUT:

Altezza di moto uniforme	(m) =	4.574
Velocità di moto uniforme	(m/s) =	2.932
Larghezza P.L.	(s) =	22.808
Area della sezione bagnata	(mq) =	75.037
Perimetro bagnato	(m) =	25.888
Raggio idraulico	(m) =	2.899
Numero di Froude	(F) =	0.438
Altezza critica	(m) =	3.143
Velocità critica	(m) =	5.453
Pendenza critica	=	0.00430

Alveo a debole pendenza - Corrente lenta

-----  
Sezione verificata  
-----

PROGRAMMA [VERSEZ]

Determinazione dell'altezza del pelo libero,  
e dell'altezza critica in condizioni di moto uniforme

Formula di Manning

Coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strickler

SEZ. 24

\* DATI IN INPUT:

Portata	(mc/s) =	220.000
Larghezza al fondo	(m) =	10.000
Altezza dell'argine sinistro	(m) =	5.000
Altezza dell'argine destro	(m) =	4.800
Scarpa della sponda sinistra	(1/z) =	1.000
Scarpa della sponda destra	(1/z) =	1.000
Pendenza dell'alveo	=	0.00130
Coefficiente di scabrezza	(k) =	40.000
Coefficiente di Coriolis	=	1.000

\* DATI IN OUTPUT:

Altezza di moto uniforme	(m) =	4.877
Velocità di moto uniforme	(m/s) =	3.033
Larghezza P.L.	(s) =	19.753
Area della sezione bagnata	(mq) =	72.546
Perimetro bagnato	(m) =	23.793
Raggio idraulico	(m) =	3.049
Numero di Froude	(F) =	0.438
Altezza critica	(m) =	3.269
Velocità critica	(m) =	5.677
Pendenza critica	=	0.00423

Alveo a debole pendenza - Corrente lenta

-----  
Sezione non verificata rispetto all'argine destro  
-----

PROGRAMMA [VERSEZ]

Determinazione dell'altezza del pelo libero,  
e dell'altezza critica in condizioni di moto uniforme

Formula di Manning

Coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strickler

SEZ. 25

\* DATI IN INPUT:

Portata	(mc/s ) =	220.000
Larghezza al fondo	(m) =	10.000
Altezza dell'argine sinistro	(m) =	4.650
Altezza dell'argine destro	(m) =	4.650
Scarpa della sponda sinistra	(1/z) =	1.000
Scarpa della sponda destra	(1/z) =	1.000
Pendenza dell'alveo	=	0.00130
Coefficiente di scabrezza	(k) =	40.000
Coefficiente di Coriolis	=	1.000

\* DATI IN OUTPUT:

Altezza di moto uniforme	(m) =	4.877
Velocità di moto uniforme	(m/s) =	3.033
Larghezza P.L.	(s) =	19.753
Area della sezione bagnata	(mq) =	72.546
Perimetro bagnato	(m) =	23.793
Raggio idraulico	(m) =	3.049
Numero di Froude	(F) =	0.438
Altezza critica	(m) =	3.269
Velocità critica	(m) =	5.677
Pendenza critica	=	0.00423

Alveo a debole pendenza - Corrente lenta

-----  
Sezione non verificata rispetto all'argine sinistro  
Sezione non verificata rispetto all'argine destro  
Sezione non verificata  
-----

PROGRAMMA [VERSEZ]

Determinazione dell'altezza del pelo libero,  
e dell'altezza critica in condizioni di moto uniforme

Formula di Manning

Coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strickler

SEZ. 26

\* DATI IN INPUT:

Portata	(mc/s) =	220.000
Larghezza al fondo	(m) =	10.000
Altezza dell'argine sinistro	(m) =	4.600
Altezza dell'argine destro	(m) =	4.600
Scarpa della sponda sinistra	(1/z) =	1.000
Scarpa della sponda destra	(1/z) =	1.000
Pendenza dell'alveo	=	0.00130
Coefficiente di scabrezza	(k) =	40.000
Coefficiente di Coriolis	=	1.000

\* DATI IN OUTPUT:

Altezza di moto uniforme	(m) =	4.877
Velocità di moto uniforme	(m/s) =	3.033
Larghezza P.L.	(s) =	19.753
Area della sezione bagnata	(mq) =	72.546
Perimetro bagnato	(m) =	23.793
Raggio idraulico	(m) =	3.049
Numero di Froude	(F) =	0.438
Altezza critica	(m) =	3.269
Velocità critica	(m) =	5.677
Pendenza critica	=	0.00423

Alveo a debole pendenza - Corrente lenta

-----  
Sezione non verificata rispetto all'argine sinistro  
Sezione non verificata rispetto all'argine destro  
Sezione non verificata  
-----

PROGRAMMA [VERSEZ]

Determinazione dell'altezza del pelo libero,  
e dell'altezza critica in condizioni di moto uniforme

Formula di Manning

Coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strickler

SEZ. 27

\* DATI IN INPUT:

Portata	(mc/s) =	220.000
Larghezza al fondo	(m) =	10.000
Altezza dell'argine sinistro	(m) =	4.600
Altezza dell'argine destro	(m) =	4.600
Scarpa della sponda sinistra	(1/z) =	1.000
Scarpa della sponda destra	(1/z) =	1.000
Pendenza dell'alveo	=	0.00130
Coefficiente di scabrezza	(k) =	40.000
Coefficiente di Coriolis	=	1.000

\* DATI IN OUTPUT:

Altezza di moto uniforme	(m) =	4.877
Velocità di moto uniforme	(m/s) =	3.033
Larghezza P.L.	(s) =	19.753
Area della sezione bagnata	(mq) =	72.546
Perimetro bagnato	(m) =	23.793
Raggio idraulico	(m) =	3.049
Numero di Froude	(F) =	0.438
Altezza critica	(m) =	3.269
Velocità critica	(m) =	5.677
Pendenza critica	=	0.00423

Alveo a debole pendenza - Corrente lenta

-----  
Sezione non verificata rispetto all'argine sinistro  
Sezione non verificata rispetto all'argine destro  
Sezione non verificata  
-----

PROGRAMMA [VERSEZ]

Determinazione dell'altezza del pelo libero,  
e dell'altezza critica in condizioni di moto uniforme

Formula di Manning

Coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strickler

SEZ. 28

\* DATI IN INPUT:

Portata	(mc/s) =	220.000
Larghezza al fondo	(m) =	10.000
Altezza dell'argine sinistro	(m) =	5.000
Altezza dell'argine destro	(m) =	5.000
Scarpa della sponda sinistra	(1/z) =	1.060
Scarpa della sponda destra	(1/z) =	0.940
Pendenza dell'alveo	=	0.00130
Coefficiente di scabrezza	(k) =	40.000
Coefficiente di Coriolis	=	1.000

\* DATI IN OUTPUT:

Altezza di moto uniforme	(m) =	4.877
Velocità di moto uniforme	(m/s) =	3.032
Larghezza P.L.	(s) =	19.754
Area della sezione bagnata	(mq) =	72.555
Perimetro bagnato	(m) =	23.800
Raggio idraulico	(m) =	3.048
Numero di Froude	(F) =	0.438
Altezza critica	(m) =	3.269
Velocità critica	(m) =	5.677
Pendenza critica	=	0.00423

Alveo a debole pendenza - Corrente lenta

-----  
Sezione verificata  
-----