

# COMUNE DI SAN GIULIANO TERME

---

## PROGETTO DI RECUPERO AMBIENTALE E PAESAGGISTICO DELLA EX CAVA DELLA CROCE

in attuazione della Scheda Norma Comparto 113 - Sistema Ambientale



Proponente: **PISA RECYCLING SRL**  
via del Marmicciolo 2, Ospedaletto (Pisa)



Coordinamento e Progettazione: **Dott. Arch. Giovanni Giusti, Dott. Geol. Fabrizio Alvares**

Urbanistica e paesaggio: **Dott. Arch. Giovanni Giusti**

Geologia: **Dott. Geol. Fabrizio Alvares**

Aspetti Agronomici: **Dott. Agr. Riccardo Orsini**

Studio di Incidenza: **Dott.ssa Biol. Alessandra Fregosi**

Mobilità e infrastrutture: **Dott. Ing. Massimo Ferrini – Tages srl**

Supporto alla progettazione:

Valutazione previsionale di impatto acustico: **Dott.ssa Irene Menichini – Silence Project**

Valutazione emissioni polveri diffuse: **Dott. Ing. Giovanni Magnani – TecnoAmbiente srl**

Rilevi topografici Laser Scanner: **GEORILIEVI Geom. Marco Deri**

Ottobre 2022

### RELAZIONE STUDIO IDRAULICO

# R6

# Progetto di recupero ambientale e paesaggistico della ex cava della Croce Relazione idraulica

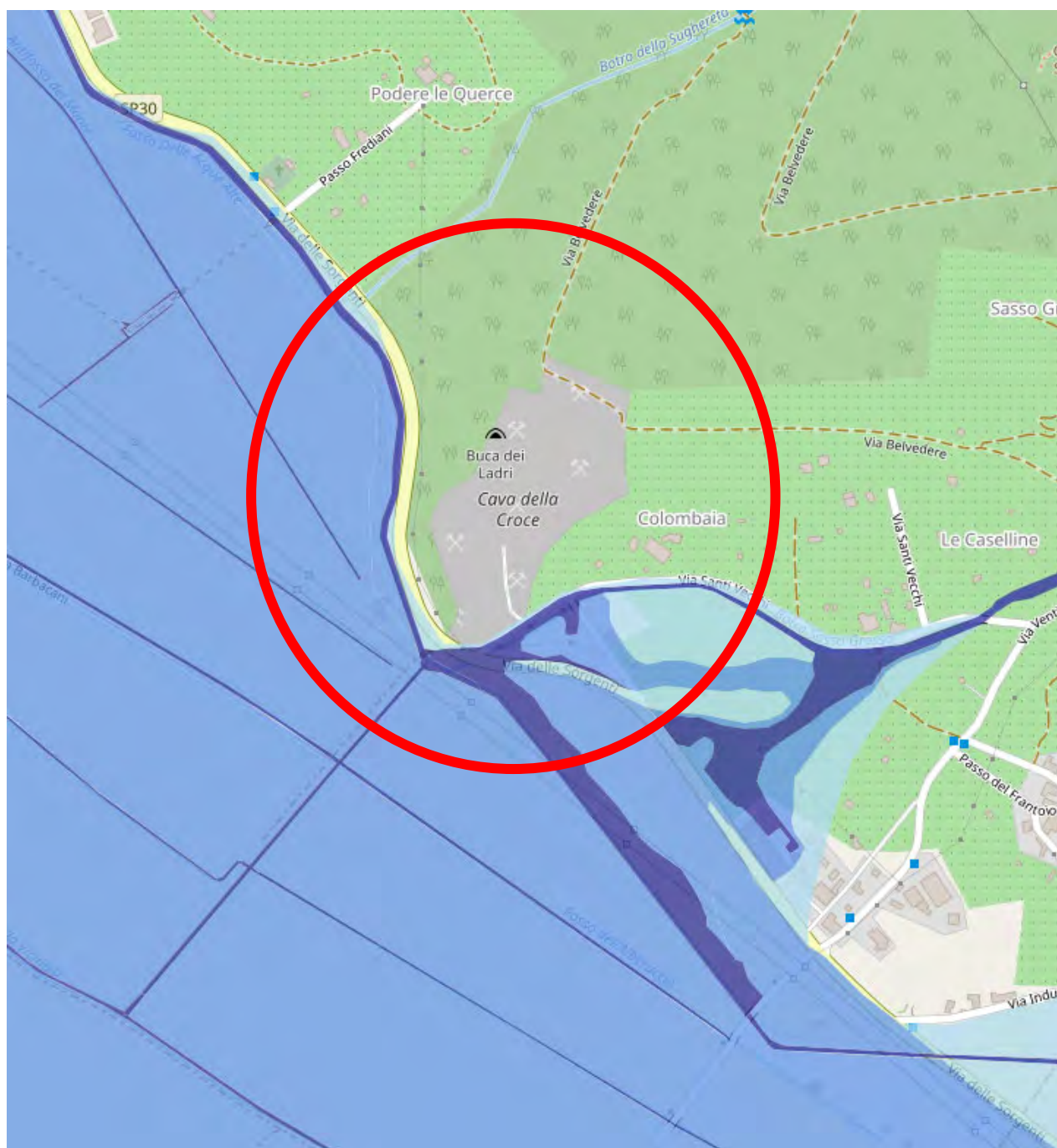
## INTRODUZIONE

Il presente studio analizza l'idrologia e l'idraulica della ex cava del Crocino (fig.1)



*Fig.1 - planimetria*





*Figura 2. Area di interesse (PGRA attuale)*

Nella Tav.01 sono riportati i corsi d'acqua e i bacini di interesse. Di seguito e' riportato il reticolo idrografico.



*Fig.3 Reticolo idrografico (Regione Toscana)*

Il bacino imbrifero e' riportato nella figura seguente.



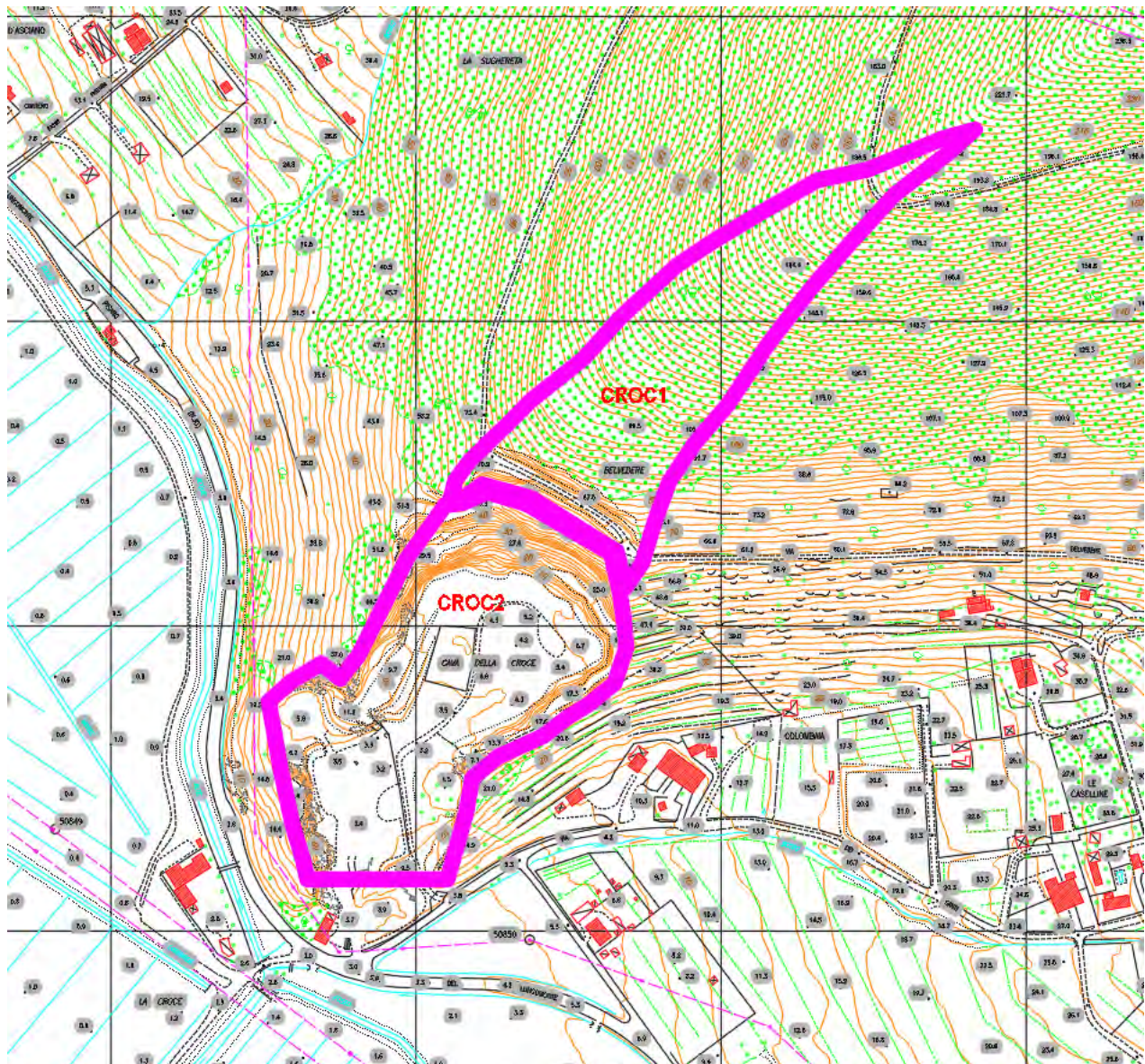


Fig.3b bacini sulla ctr 1:2000

## 1 MODELLO IDROLOGICO

### Determinazione della curva di possibilità pluviometrica

*Le curve di possibilità pluviometrica sono quelle ricavate dalla Regione Toscana nel suo ultimo aggiornamento per  $t > 1$  ora*

$$h = 65 t^{0.29} \quad (Tr=30 \text{ anni})$$

$$h = 90 t^{0.32} \quad (Tr=200 \text{ anni})$$

$$h = 103 t^{0.32} \quad (Tr=500 \text{ anni})$$

Per tempi di pioggia minori di 1 ora la elaborazione delle piogge intense fornisce (valori della stazione di Asciano Pisano):

$$h = 59 t^{0.483} \quad (Tr=30 \text{ anni})$$

$$h = 83.1 t^{0.483} \quad (Tr=200 \text{ anni})$$

$$h = 97.9 t^{0.483} \quad (Tr=500 \text{ anni})$$

Per quanto riguarda la definizione della pioggia di progetto, nella pratica ingegneristica vengono adottati ietogrammi cosiddetti "sintetici", tali cioè da non rappresentare il reale andamento dell'evento pluviometrico, ma in grado di introdurre nelle procedure di trasformazione afflussi-deflussi una variabilità temporale della pioggia che dia luogo a risultati che si possano ritenere cautelativi. La legge di distribuzione che si introduce rappresenta, in tal modo, quello che si definisce "ietogramma di progetto". Nella letteratura tecnica esistono diverse metodologie per la definizione del suddetto "ietogramma di progetto", mentre in molti paesi la scelta del tipo di ietogramma è fissata da apposite normative, cosa del tutto assente nel nostro paese.

Nel caso in esame, tra le varie procedure disponibili si è utilizzata quella basata su uno ietogramma noto come tipo "Chicago", che ha come caratteristica principale il fatto che per ogni durata, anche parziale, l'intensità media della precipitazione è congruente con quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica di assegnato periodo di ritorno. Questo pluviogramma, qualunque sia la sua durata, contiene al suo interno tutte le piogge massime di durate inferiori. Questo fatto lo rende idoneo a rappresentare le condizioni di pioggia critica indipendentemente dalla durata complessiva della pioggia adottata.

Nella sua costruzione si tiene conto sia delle piogge sia inferiori che superiori all'ora.

E' stato scelto uno ietogramma tipo Chicago di durata pari a 2 ore e picco centrale.

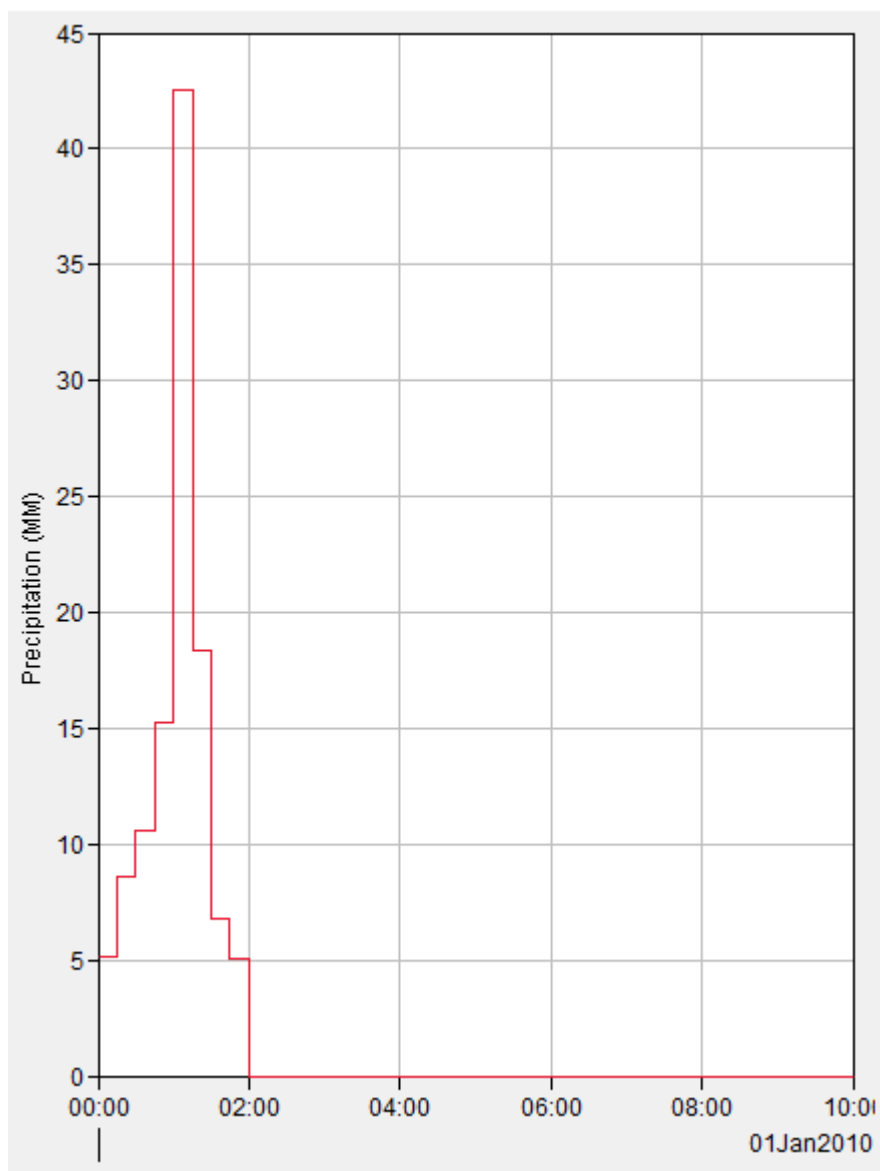
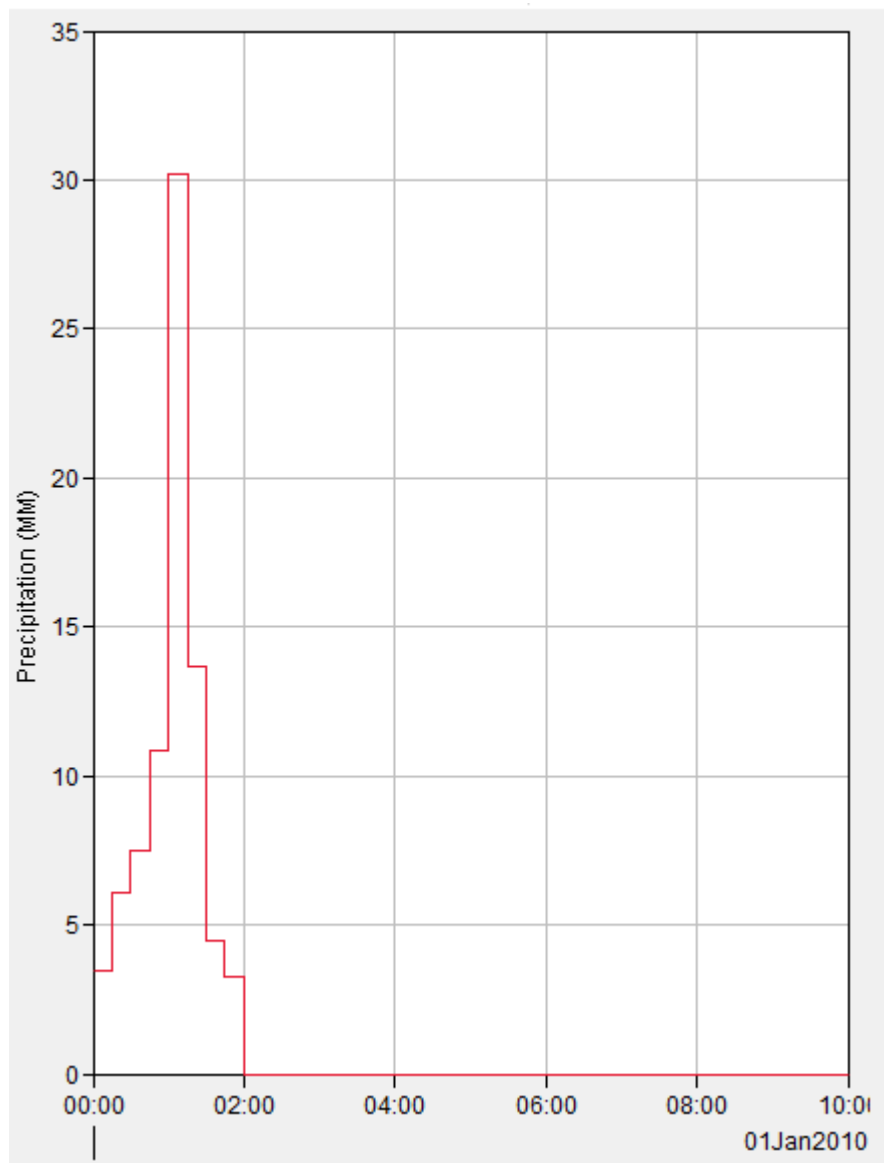


Fig.4 Ietogramma di progetto  $Tr=200$  anni



*Fig.5 Ietogramma di progetto  $Tr=30$  anni*

### **Determinazione del CN del S.C.S.**

La quantizzazione delle perdite, strettamente legate alle caratteristiche del suolo, come detto all'inizio del capitolo, è necessaria per l'individuazione della pioggia netta, cioè la pioggia che va a produrre deflusso superficiale. Per la quantizzazione delle perdite ci sono vari metodi, ma nel presente studio è stato utilizzato il metodo CN del Soil Conservation Service, che congloba quest'ultime, che dipendono da vari fattori quali l'infiltrazione, intercezione, immagazzinamento nelle depressioni superficiali, in un unico termine.



Questo metodo permette di determinare istante per istante il quantitativo di pioggia che dà vita a deflusso superficiale, detta pioggia netta, mediante la seguente formula:

$$R_n = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a + S)} \quad (2.9)$$

Con:

- $P_n$  la pioggia netta misurata in mm
- $P$  la pioggia totale misurata in mm
- $I_a$  è la perdita iniziale che dipende da  $S$  ed è misurata in mm
- $S$  è la capacità di ritenzione potenziale misurata in mm.

Il primo passo è quello di andare a determinare la capacità di infiltrazione data dalla seguente relazione:

$$S = 25.4 \cdot \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (2.10)$$

Il coefficiente CN è un parametro variabile da 0 a 100 i cui valori sono tabellati in funzione delle caratteristiche litologiche, dell'uso del suolo e del grado di imbibizione. Per quanto riguarda l'aspetto litologico e quindi di permeabilità del terreno, i suoli sono distinti in quattro categorie (A, B, C, D) a permeabilità decrescente come si può notare dalla tabella 1 del Soil Conservation Service.

<b>Caratteristiche geomorfologiche e di permeabilità</b>	
<i>Gruppo</i>	<i>Caratteristiche</i>
<b>A</b>	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
<b>B</b>	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme

	mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
<b>C</b>	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
<b>D</b>	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

Tabella 1 Classificazione litologica dei suoli secondo il Soil Conservation Service

Dal lavoro effettuato per il piano strutturale del Comune di Cecina si ha la carta geologica e di uso del suolo.

		Coefficienti CN				
<b>USO DEL SUOLO</b>		<b>Classi</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>Terreno coltivato</b>						
Senza trattamenti di conservazione		<b>1</b>	<b>72</b>	<b>81</b>	<b>88</b>	<b>91</b>
Con interventi di conservazione		<b>4,9</b>	<b>62</b>	<b>71</b>	<b>78</b>	<b>81</b>
<b>Terreno da pascolo</b>						
Senza trattamenti di conservazione			<b>68</b>	<b>79</b>	<b>86</b>	<b>89</b>
Con interventi di conservazione			<b>39</b>	<b>61</b>	<b>74</b>	<b>80</b>
<b>Praterie</b>						
Buone condizioni			<b>30</b>	<b>58</b>	<b>71</b>	<b>78</b>
<b>Terreni boscosi o forestati</b>						
Terreno sottile, sottobosco povero, senza foglie		<b>6</b>	<b>45</b>	<b>66</b>	<b>77</b>	<b>83</b>
Sottobosco e copertura buoni			<b>25</b>	<b>55</b>	<b>70</b>	<b>77</b>
<b>Spazi aperti, prati rasati, parchi</b>						
Buone condizioni con almeno il 75% dell'area con copertura arborea		<b>3</b>	<b>39</b>	<b>61</b>	<b>74</b>	<b>80</b>
Condizioni normali con copertura erbosa intorno al 50%			<b>49</b>	<b>69</b>	<b>79</b>	<b>84</b>
<b>Aree commerciali (impermeabilità 85%)</b>			<b>89</b>	<b>92</b>	<b>94</b>	<b>95</b>
<b>Distretti industriali (impermeabilità 72%)</b>			<b>81</b>	<b>88</b>	<b>91</b>	<b>93</b>
<b>Aree residenziali</b>						
Estensione lotti	Impermeabilità media %:					
1/8 acre	65 %	<b>2</b>	<b>77</b>	<b>85</b>	<b>90</b>	<b>92</b>
¼ acre	38 %		<b>61</b>	<b>75</b>	<b>83</b>	<b>87</b>
1/3 acre	30 %		<b>57</b>	<b>72</b>	<b>81</b>	<b>86</b>

½ acre	25 %		54	70	80	85
1 acre	20 %		51	68	79	84
<b>Parcheggi impermeabilizzati, tetti, piazzali ecc.</b>			98	98	98	98
<b>Strade</b>						
Pavimentate, con cordoli e fogne			98	98	98	98
Inghiaiate o selciate con buche			76	85	89	91
In terra battuta (non asfaltate)			72	82	87	89

Tabella 2-Parametri CN relativi a AMC II per le quattro classi litologiche e per i vari tipi di uso del suolo.

Il coefficiente CN dipende anche dalle condizioni di umidità del suolo ipotizzate, che sono espresse dalla condizione dell'A.M.C. (Antecedent Moisture Condition).

Dalla tabella 2 si ricava il valore del CNII, ma la reale condizione A.M.C. relativa all'evento considerato si determina attraverso il valore dell'altezza di pioggia caduta nei cinque giorni precedenti l'evento stesso, secondo quanto indicato in tabella 3 di seguito riportata.

CLASSE A.M.C.	STAGIONE DI RIPOSO	STAGIONE DI CRESCITA
<b>I</b>	<12.7	<35.5
<b>II</b>	12.7—28.0	35.5—53.3
<b>III</b>	>28.0	>53.3

Tabella 3-Individuazione delle condizioni di umidità antecedenti individuate in base alla precipitazione totale nei 5 giorni precedenti l'evento considerato.

Se la reale condizione del suolo risulta diversa da quella di A.M.C. II, allora si deve correggere il valore del coefficiente CN, riportandolo alla reale condizione A.M.C.. Per far questo si utilizza la seguente tabella 4.

CLASSE A.M.C.			CLASSE A.M.C.		
I	II	III	I	II	III
100	100	100	40	60	78
87	95	98	35	55	74



78	90	96		31	50	70
70	85	94		22	40	60
63	80	91		15	30	50
57	75	88		9	20	37
51	70	85		4	10	22
45	65	82		0	0	0

Tabella 4-Individuazione del valore del parametro CN per tutte e tre le condizioni di umidità

In questo studio, tenendo in considerazione le caratteristiche del territorio e delle piogge medie annuali, facciamo riferimento, in via del tutto cautelativa, al coefficiente CN di classe A.M.C. II.

Per valori diversi del CN all'interno dello stesso sottobacino si usa:

$$CN_{med} = \frac{\sum_t CN_t \cdot A_t}{\sum_t A_t} \quad (2.11)$$

Una volta determinato il coefficiente CN è possibile ricavare il parametro S, cioè la capacità d'infiltrazione.

Per determinare, però, la pioggia netta è necessario conoscere anche della perdita iniziale  $I_a$  che è data dalla seguente relazione:

$$I_a = \beta \cdot S \quad (2.12)$$

Con :

- S la capacità d'infiltrazione sopra definita
- $\beta$  coefficiente adimensionale che varia tra 0.1 e 0.2. (nel presente studio si assume  $\beta$  pari a 0.1 in via del tutto cautelativa).

Per la determinazione degli idrogrammi di piena in corrispondenza delle sezioni di chiusura di tutti i bacini esaminati, si è utilizzato un algoritmo di calcolo che, per la trasformazione afflussi-

deflussi, si basa sull'impiego dell'idrogramma sintetico di Clark (Clark, 1945). Tale metodo schematizza il processo di trasformazione afflussi-deflussi mediante un canale lineare ed un serbatoio lineare.



*Fig.6 Carta Regionale del CN-II per la zona di interesse.*

Per i bacini oggetto del presente studio sono stati assunti i seguenti parametri:

## Area

Subbasin	Area (KM2)
croc2	0.035
croc1	0.026

## CN-III

Subbasin	Initial Abstraction (MM)	Curve Number
croc2	11.9	81
croc1	17.4	74.5

## Parametri Idrogramma di Clark

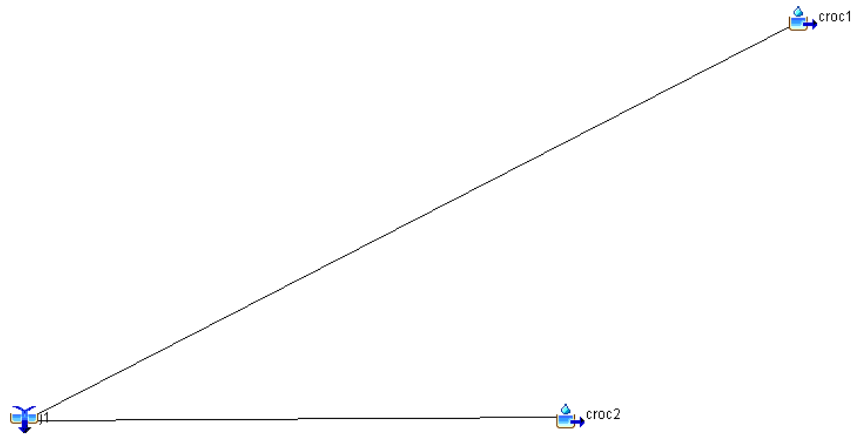
Subbasin	Time of Concentration (HR)	Storage Coefficient (HR)
croc2	0.25	0.38
croc1	0.15	0.1

Di seguito la loro schematizzazione idrologica.

## 2. Risultati dell'analisi idrologica

Lo schema idrologico risulta:





*Fig.7 Schema del modello idrologico Botro delle Bagnole e Botro Riannoli (in tav.1 sono riportati i sottobacini utilizzati nello schema idrologico)*

Le simulazioni sullo schema dei bacini così realizzato sono state definite con il codice di calcolo Hec Hms.

### **Stato di progetto**

Lo stato di progetto prevede la sistemazione a versante dell'area come in fig. 8

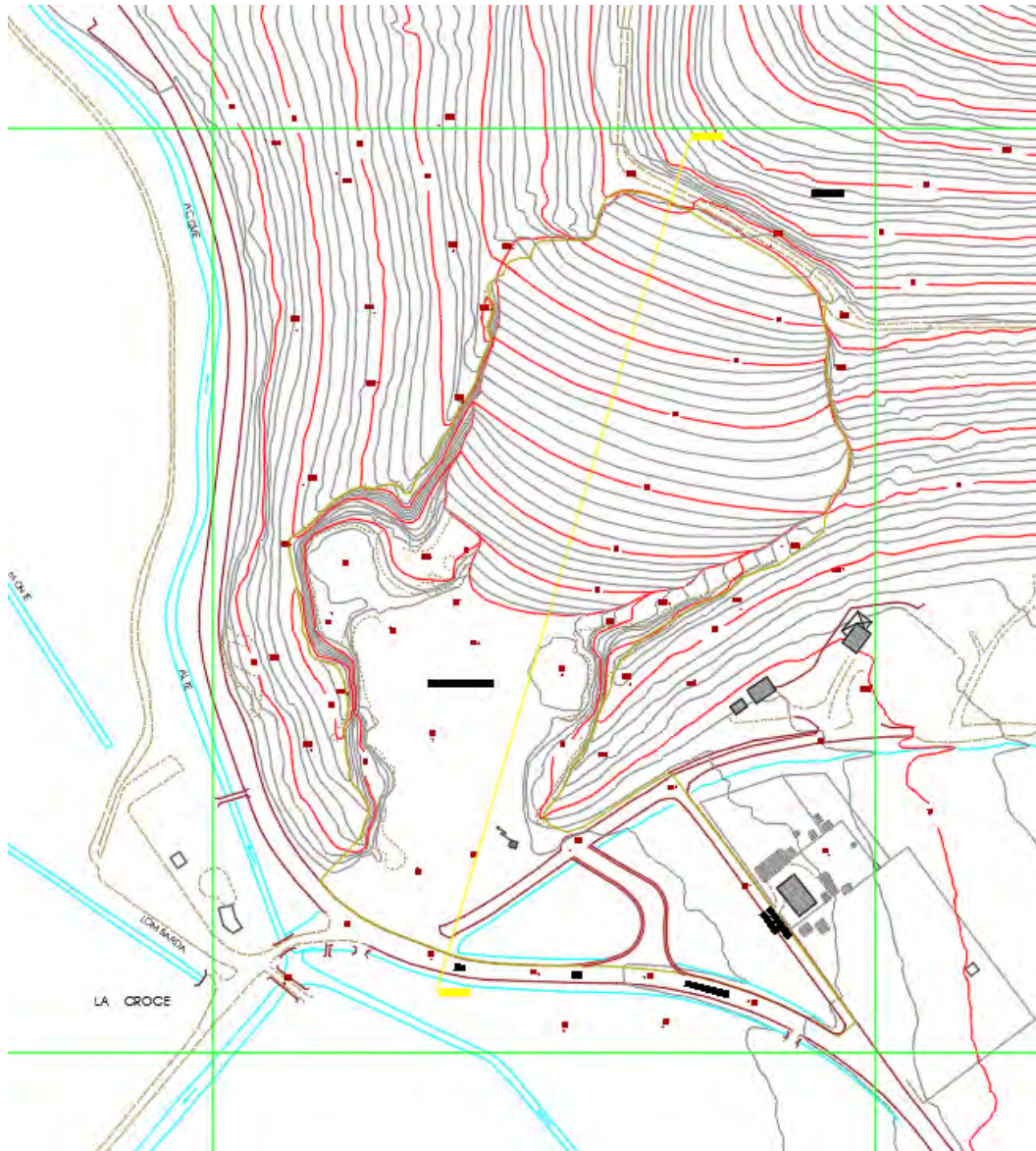


Fig.8 stato di progetto

Il bacino croc1, nel progetto, risulta essere lo stesso dello stato attuale.

Il bacino croc2 assume i parametri di progetto (validi anche per le fasi intermedie):

parametri di clark

Subbasin	Time of Concentration (HR)	Storage Coefficient (HR)
croc2	0.15	0.22
croc1	0.15	0.1

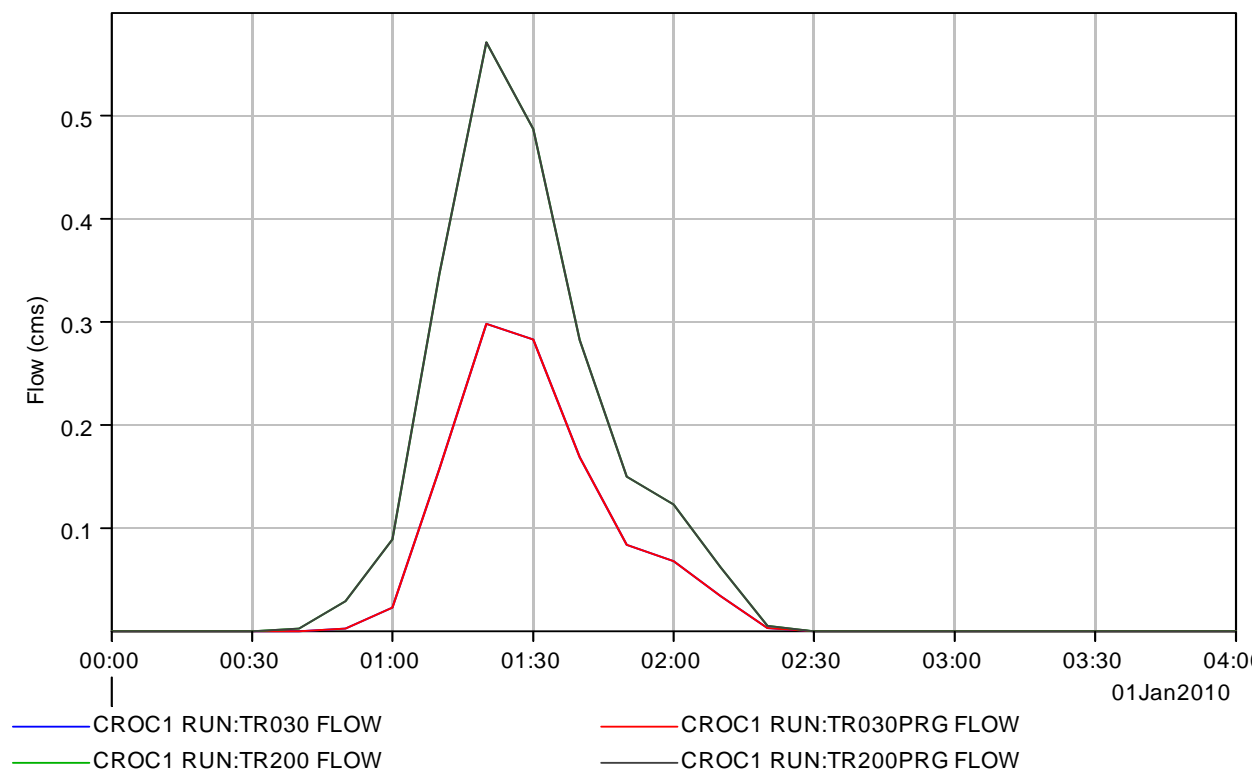
Restando gli stessi gli altri parametri.

Nelle figure e nella tabella di seguito sono riportati i risultati delle modellazioni idrologiche svolte:

## Idrogrammi stato attuale e di progetto

Per lo stato attuale si hanno i seguenti idrogrammi di piena.

**Legenda es:** J2 RUN TR 030 FLOW = NODO J2, TEMPO DI RITORNO PARI A 30 ANNI, IDROGRAMMA DI PIENA.





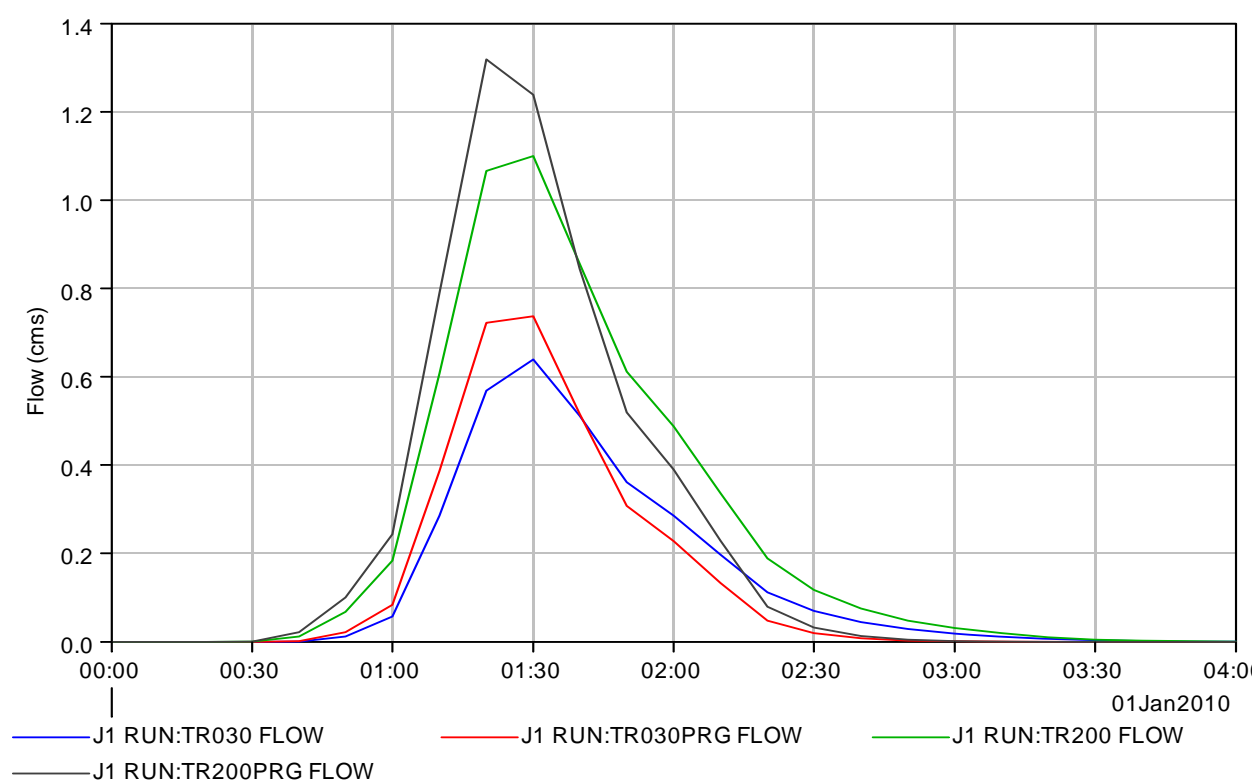
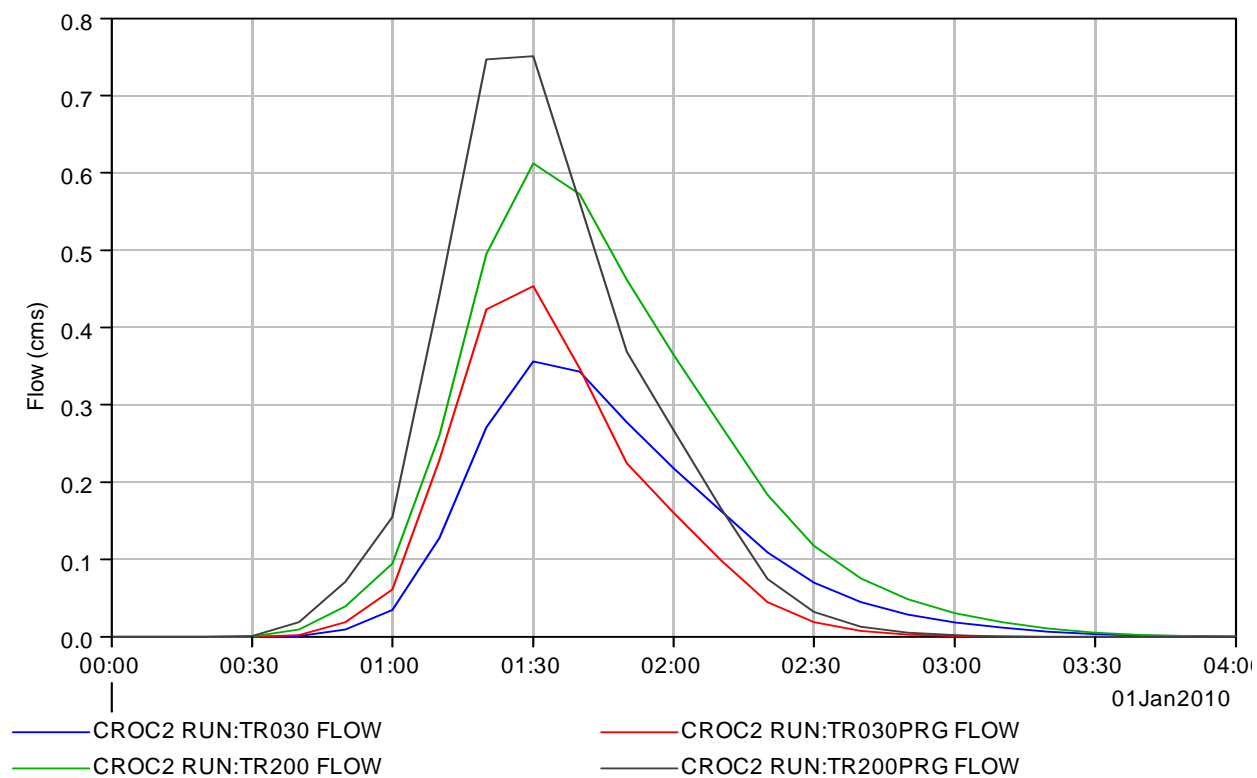


Fig.9 Idrogrammi di piena (continua)

Le portate di picco sono riassunte nella seguente tabella.

**Portate di picco per i vari sottobacini**

bacino	A (kmq)	Q30 (mc/s)	Q200 (mc/s)
Croc1att	0.026	0.3	0.6
Croc2att	0.035	0.4	0.6
<b>j1att</b>	<b>0.061</b>	<b>0.7</b>	<b>1.2</b>
Croc1prg	0.026	0.3	0.6
Croc2prg	0.035	0.5	0.8
j1prg	0.061	0.75	1.3

Nello stato di progetto si ha una variazione delle portate massime dovute al cambio dei parametri di clark del bacino croc2.

La portata max di acqua da far sedimentare e mandare allo scarico risulta pari a 1.3 mc/s per la Tr200 .

Tale portata viene convogliata attraverso un canale di gronda realizzato ai piedi della sistemazione che dirige le acque in un invaso per le acque superficiali. Da tale invaso le acque escono mediante un canale di drenaggio che in parte fa infiltrare le acque stesse in falda (sfruttando il carsismo della zona e in parte porta tali acque residue nel reticolo superficiale attuale senza aggravio del rischio idraulico a causa del fatto che tali acque andavano nel reticolo superficiale anche prima della sistemazione stessa (vedi fig.10).

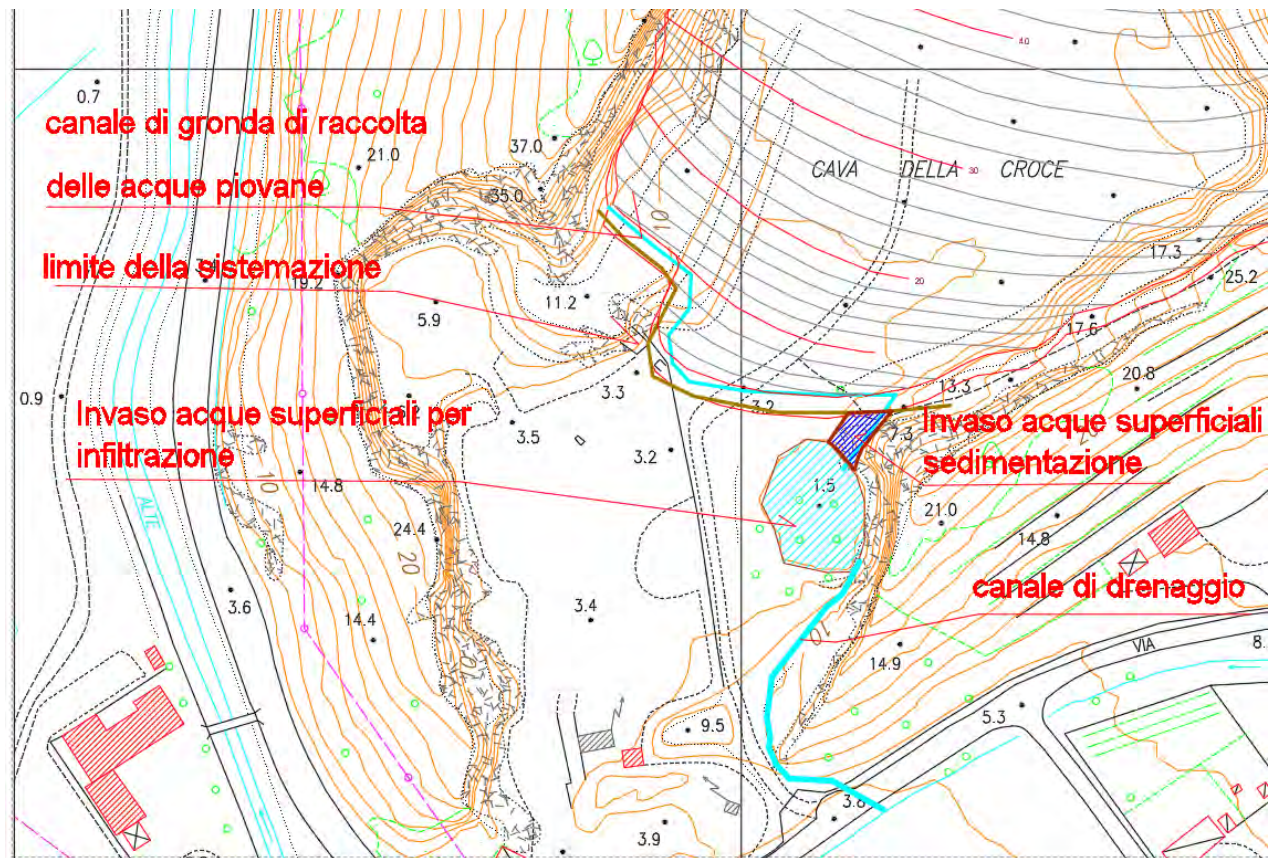


Fig.10 sistemazione idraulica

Il canale e' stato dimensionato per la portata duecentennale. Il canale e' largo 1 m alla base e scarpa sponde 1 su 1.

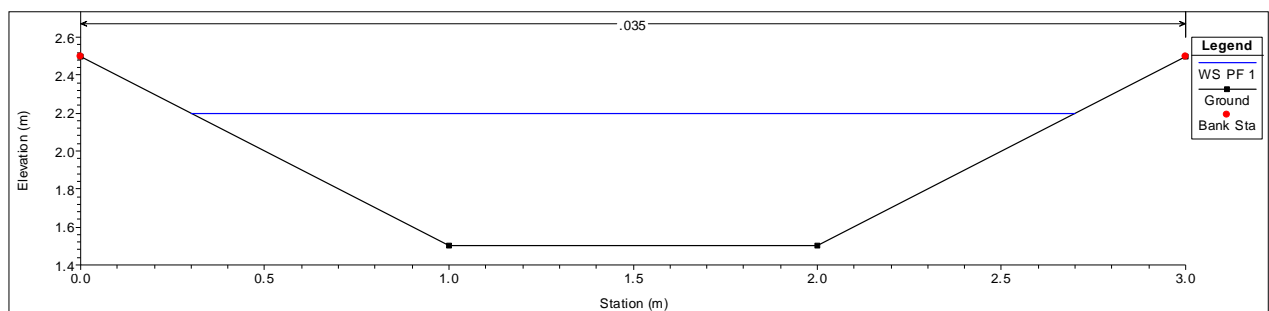


Fig.11 sezione trasversale del canale

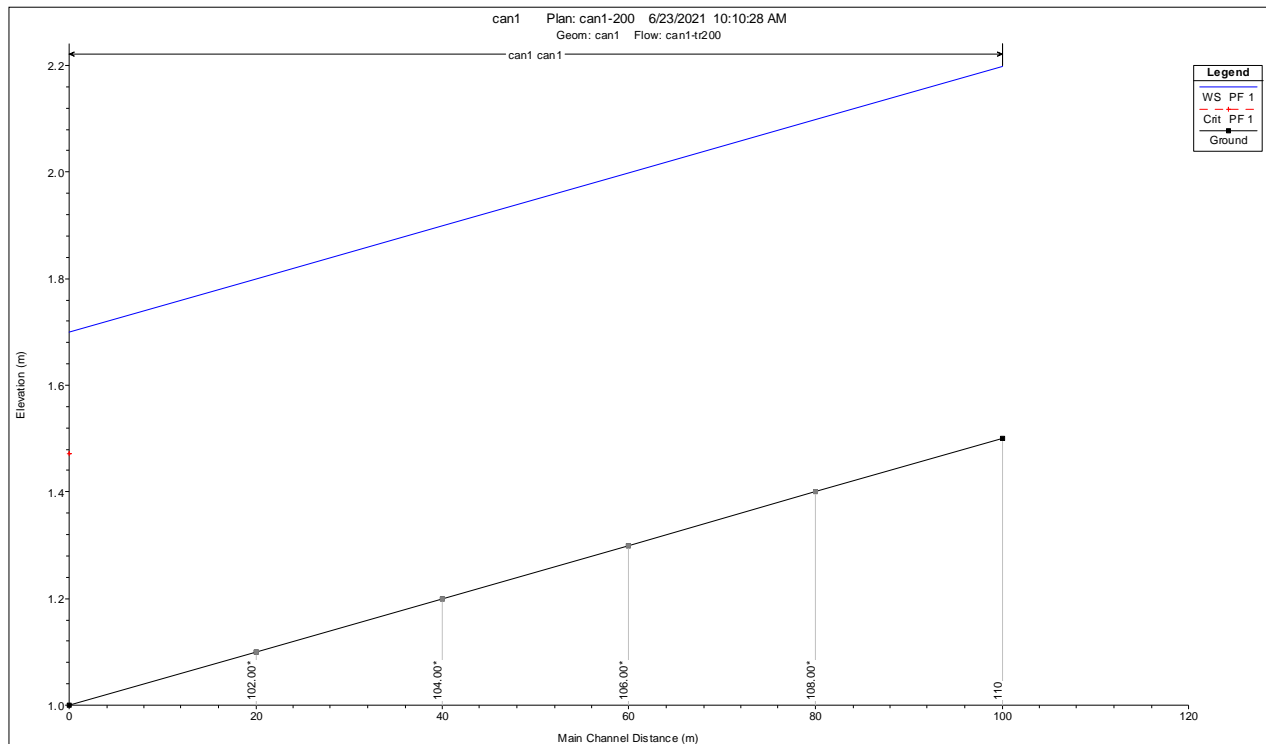


Fig.12 profilo longitudinale

In appendice 1 sono riportati i risultati del calcolo.

La sezione di progetto e' una sezione trapezia con scarpa delle sponde 1:1 e larghezza al fondo pari a 1 m. Il fondo e le sponde sono costituite con materiale drenante al fine di far infiltrare gran parte delle acque superficiali.

L'attraversamento della stradina sterrata prima dell'immissione nel reticolo superficiale sara' effettuato con una tubazione di diametro 800 mm.

E' presente una vasca di sedimentazione controllata da una briglia e una vasca per infiltrazione delle acque nel sottosuolo.



## CONCLUSIONI

E' stato effettuato il calcolo idraulico della cava del crocino.

Quanto sopra a espletamento dell'incarico affidatomi.

Pisa, giugno 2022

Prof. Ing. Stefano Pagliara



*Prof. Ordinario di Protezione Idraulica del Territorio e Costruzioni Marittime  
ICAR02 Costruzioni idrauliche, marittime e idrologia  
Presso l' Università di Pisa*