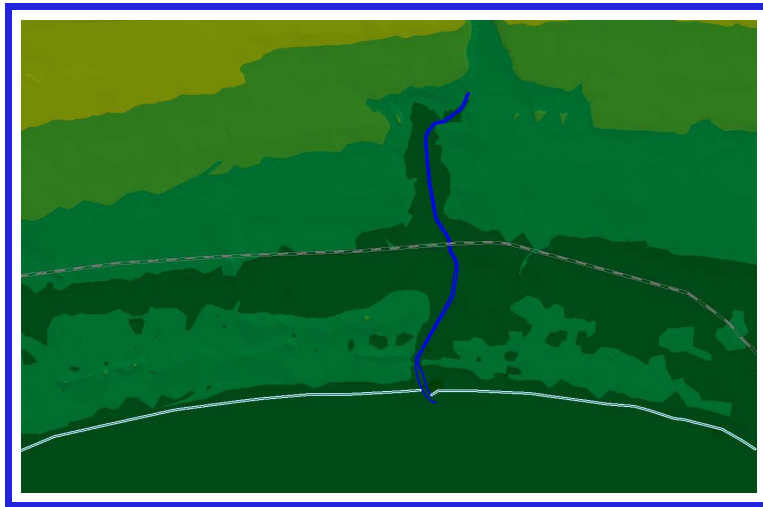


# ***COMUNE DI MASSAFRA***

***Analisi del rischio idraulico nel bacino del canale  
Patemisco e dei suoi principali affluenti***

***I Parte – Tratto di valle del Patemisco***



***ELABORATO : RELAZIONE GENERALE - SINTESI***

***Consulente: Ing. Dario Tricoli***

***Agosto 2005***

**Comune di Massafra  
Provincia di Taranto**

***Analisi del rischio idraulico nel bacino del canale Patemisco  
e dei suoi principali affluenti***

***I Parte – Tratto di valle del Patemisco***

**Agosto 2005**

**Consulente: Ing. Dario Tricoli**

# 1 Premessa

Il presente studio è finalizzato all'analisi del rischio idraulico nel bacino idrografico del Canale Patemisco nel comune di Massafra, provincia di Taranto.

Il canale Patemisco presenta il tratto terminale sistemato artificialmente, completamente rivestito in lastre di cemento, della lunghezza di circa 3 Km, con una sezione a doppio trapezio. Nella parte più alta del bacino, il reticolo idrografico è costituito dalle tre gravine principali **Colombato**, **Madonna della Scala** e **San Marco**, che attraversano il centro abitato di Massafra, posto a monte della SS 7, e la zona industriale, posta a valle della medesima statale. In quest'ultima zona in particolare, il reticolo idrografico non risulta in grado di simulazione le portate che si registrano in occasione di eventi di piena di importanza media e alta, per cui va in crisi, con conseguenti danni alle infrastrutture ed al patrimonio edilizio, come verificatosi negli ultimi anni, in particolare negli eventi del settembre 2003 e dicembre 2005. Per ovviare in parte a questa situazione, sono attualmente in fase di avvio alcuni interventi per i quali il comune di Massafra ha ottenuto un finanziamento CIPE.

Una soluzione definitiva alle problematiche del rischio idraulico del comune di Massafra potrà aversi solo a seguito di un'analisi del rischio idraulico di dettaglio sul territorio, che prima evidenzi le cause del dissesto allo stato attuale, quindi delimiti le aree attualmente a rischio ed individui, infine, le tipologie di intervento da mettere in atto al fine della mitigazione del rischio idraulico.

In questa ottica si inserisce il presente studio, che costituisce un primo stralcio dell'Analisi del rischio idraulico nel bacino del canale Patemisco, ed è finalizzato a perimetrare le aree soggette a diversa pericolosità idraulica nel tratto terminale dello stesso canale, al fine di chiedere una ripermutazione del rischio idraulico indicato sulla cartografia del PAI Puglia.

L'analisi del rischio idraulico è stata condotta attraverso una prima fase propedeutica di reperimento dati cartografici e meteorologici. E' stata quindi condotta una modellazione idrologica dell'intero bacino idrografico del canale Patemisco e quindi una modellazione idraulica del suo tratto terminale.

Le metodologie utilizzate nelle varie fasi, che saranno nel seguito descritte in dettaglio, sono in pieno accordo con le indicazioni contenute nel PAI Puglia. In particolare, per la modellazione idrologica è stato utilizzato un modello a parametri concentrati con l'ausilio del software HEC – HMS. Per la valutazione del profilo idrico nel reticolo e la perimetrazione, sono stati invece utilizzati un modello idraulico in regime di moto vario con schema quasi bidimensionale con l'ausilio del software HEC – RAS e uno con schema bidimensionale dove le caratteristiche morfologiche lo richiedevano.

L'analisi del rischio idraulico nel territorio comunale di Massafra è stata svolta in tre fasi temporali distinte che hanno riguardato porzioni del reticolo idraulico sempre nel bacino del canale Patemisco e precisamente:

- I. 2005 - tratto terminale del Canale Patemisco, dalla Masseria Patemisco fino alla foce, condotta con un modello di calcolo in regime di moto vario con schema quasi-bidimensionale;
- II. 2008 - tratto di monte del Canale Patemisco, comprendente anche le gravine Colombato, Madonna della Scala e San Marco, condotta con un modello di calcolo in regime di moto permanente con schema monodimensionale;
- III. 2009 – Gravina del Palombaro e Gravina delle Cave di Tufo, condotta con un modello di calcolo in regime di moto vario con schema bidimensionale.

Nel seguito vengono descritte le attività condotte e i principali risultati conseguiti nella prima fase di attività.

## 2 Reperimento dati idro-pluviometrici eventi “storici” per taratura modellistica

La prima fase dello studio è stata completamente dedicata alla raccolta dei dati disponibili per la zona di interesse, in particolare sono stati reperiti da varie fonti dati cartografici, dati pluviometrici e dati relativi agli eventi alluvionali occorsi negli ultimi anni. Per caratterizzare il regime pluviometrico della zona sono stati utilizzati in particolare i dati provenienti dal Rapporto del VaPi e i dati contenuti nella Relazione del PAI Puglia. Per conoscere invece le zone storicamente inondate sono state utilizzate tutte le fonti disponibili a livello comunale.

## 3 Modello idrologico

Il fenomeno della trasformazione afflussi-deflussi che avviene in un bacino idrografico investito da un evento pluviometrico può essere studiato con vari metodi a secondo dei dati disponibili e del grado di dettaglio ed accuratezza del risultato che si intende ottenere. Tutti questi metodi sono riconducibili alle seguenti tipologie:

- concettuali: quando il fenomeno viene schematizzato nel dettaglio e scomposto nelle sue varie componenti per ciascuna delle quali si adotta un modello matematico che simula quanto avviene nella componente stessa (es: metodo dell'idrogramma unitario o il metodo cinematico);
- statistici: quando si fa unicamente un'analisi statistica dei deflussi e quindi le portate di piena del bacino idrografico vengono valutate sulla base di equazioni matematiche che possono dipendere anche da caratteristiche morfologiche del bacino stesso (es. : metodi di regionalizzazione delle piene del VaPi);
- formule empiriche: quando le portate massime vengono calcolate sulla base di semplici relazioni tarate sulla base di dati sperimentali (es: formule di Gherardelli-Marchetti, Mongiardini, Forti, De Marchi e Pagliaro).

Nel presente studio ci occuperemo esclusivamente dei metodi concettuali che sono quelli implementati nel software HEC-HMS utilizzato per condurre le simulazioni idrologiche. Tali metodi analizzano separatamente le varie fasi in cui il fenomeno di trasformazione afflussi-deflussi può essere scomposto e che sono:

- separazione delle piogge;
- formazione della piena;
- propagazione della piene;
- deflusso di base.

Di seguito si da una breve descrizione teorica dei metodi utilizzati per per schematizzare ognuna delle fasi sopra elencate.

---

### Separazione delle piogge

Il massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizioni di saturazione o capacità di ritenzione del suolo (S) deriva dalla seguente relazione:

$$S = 254 \times (100/CN - 1)$$

dall'analisi del risultato di molte osservazioni sperimentali ne deriva che la perdita iniziale (Ia) è legata alla capacità di ritenzione del suolo (S) dalla relazione

$$Ia = 0.2 \times S$$

che è quindi il valore da utilizzare in mancanza di altri dati disponibili.

Il valore del Curve Number (CN) va, invece, rilevato in funzione dei dati contenuti nella tabella sotto riportata in funzione del tipo di copertura e uso del suolo e del tipo di suolo.

TIPO DI COPERTURA E USO DEL SUOLO	TIPO DI SUOLO			
	A	B	C	D
<b>TERRENO COLTIVATO</b>				
senza trattamento di conservazione	72	81	88	91
con interventi di conservazione	62	71	78	81
<b>TERRENO DA PASCOLO</b>				
cattive condizioni	68	79	86	89
buone condizioni	39	61	74	80
<b>PRATERIE</b>				
buone condizioni	30	58	71	78
<b>TERRENI BOSCOSE O FORESTATI</b>				
terreno sottile, sottobosco povero, senza foglie	45	66	77	83
sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
<b>SPAZI APERTI, PRATI RASATI, PARCHI</b>				
buone condizioni con almeno il 75% dell'area con copertura erbosa	39	61	74	80
condizioni normali, con copertura erbosa intorno al 50%	49	69	79	84
<b>AREE COMMERCIALI (Impermeabilità 85%)</b>	89	92	94	95
<b>DISTRETTI INDUSTRIALI (Imp. 72%)</b>	81	88	91	93
<b>AREE RESIDENZIALI</b>				
Impermeabilità media	%			
	77	85	90	92
	65	61	75	83
	38	57	72	81
	30	54	70	80
	25	51	68	79
<b>PARCHEGGI IMPERMEABILIZZATI, TETTI</b>	98	98	98	98
<b>STRADE</b>				
Pavimentate con cordoli e fognature	98	98	98	
Inghiaiate o selciate con buche	76	85	89	91
In terra battuta (non asfaltate)	72	82	87	89

Le classi di suolo sono riportate nella tabella successiva. In generale il valore del CN del bacino risulterà da una media pesata dei CN delle singole unità fisiografiche omogenee in cui il bacino può essere scomposto.

CLASSI DI SUOLI PERMEABILITA'
GRUPPO A - Suoli aventi scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde, con scarsissimo limo ed argilla e ghiaie profonde, molto permeabili. Capacità di infiltrazione in condizioni di saturazione molto elevata.
GRUPPO B - Suoli aventi moderata potenzialità di deflusso. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A. Elevate capacità di infiltrazione anche in condizioni di saturazione.
GRUPPO C - Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta. Suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidi. Scarsa capacità di infiltrazione e saturazione.
GRUPPO D - Potenzialità di deflusso molto elevata. Argille con elevata capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie. Scarsissima capacità di infiltrazione a saturazione.

Ogni metodo di separazione delle piogge è influenzato dal grado di saturazione del suolo al momento del verificarsi dell'evento di pioggia. Il valore del CN del Soil Conservation Service come sopra descritto è associabile a condizioni medie di saturazione che corrispondono al valore 2 di Antecedent Moisture Condition (AMC) che come indicato nella tabella seguente è ricavabile in funzione dell'altezza di pioggia registrata nei cinque giorni che precedono l'evento e dello stato vegetativo.

Classe AMC	Precipitazione nei 5 giorni precedenti [mm]	
	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I	<13	<36
II	13-28	36-54
III	>28	>54

Per ottenere il valore di CN relativo alle altre due condizioni di saturazione si usano le relazioni seguenti:

$$CN(I) = \frac{4,2 \text{ CN(II)}}{10 - 0,058 \text{ CN(II)}}$$

$$CN(III) = \frac{23 \text{ CN(II)}}{10 + 0,13 \text{ CN(II)}}$$

### Formazione della piena

Per definire l'idrogramma unitario di Clark come metodo per la formazione della piena occorre stimare i relativi parametri che sono :

Tc = tempo di concentrazione (**Time of Concentration hr**);

Sc = coefficiente di immagazzinamento (**Storage Coefficient hr.**);

Per la stima iniziale del parametro **Tc** si utilizza lo stesso metodo utilizzato nel caso dell'idrogramma unitario del **Soil Conservation Service**. Per il parametro **Sc**, invece, un'espressione che si trova in letteratura è la seguente:

$$Sc = c \times Tc \quad (\text{Russel, Kenning, Sumcell, 1979})$$

dove **c** è un parametro di calibrazione che, in funzione dell'uso del suolo, assume i seguenti valori:

area densamente forestata	8 – 12
area prevalentemente agricola	1.5 – 2.8
centri abitati	1.1 – 2.1

### **Propagazione della piene**

Con il metodo del tempo di ritardo la stima dell'idrogramma di piena alla sezione di chiusura è fatta con una semplice composizione degli idrogrammi dei singoli sottobacini. A tale proposito è necessario stimare i ritardi con cui gli idrogrammi dei vari sottobacini arrivano alla sezione di chiusura.

Un tale metodo presenta una grave limitazione nel fatto che la propagazione dei singoli idrogrammi lungo l'asta principale è indipendente dalle condizioni della stessa, si trascura in pratica l'effetto di laminazione e concentrazione che può avere in realtà l'asta principale.

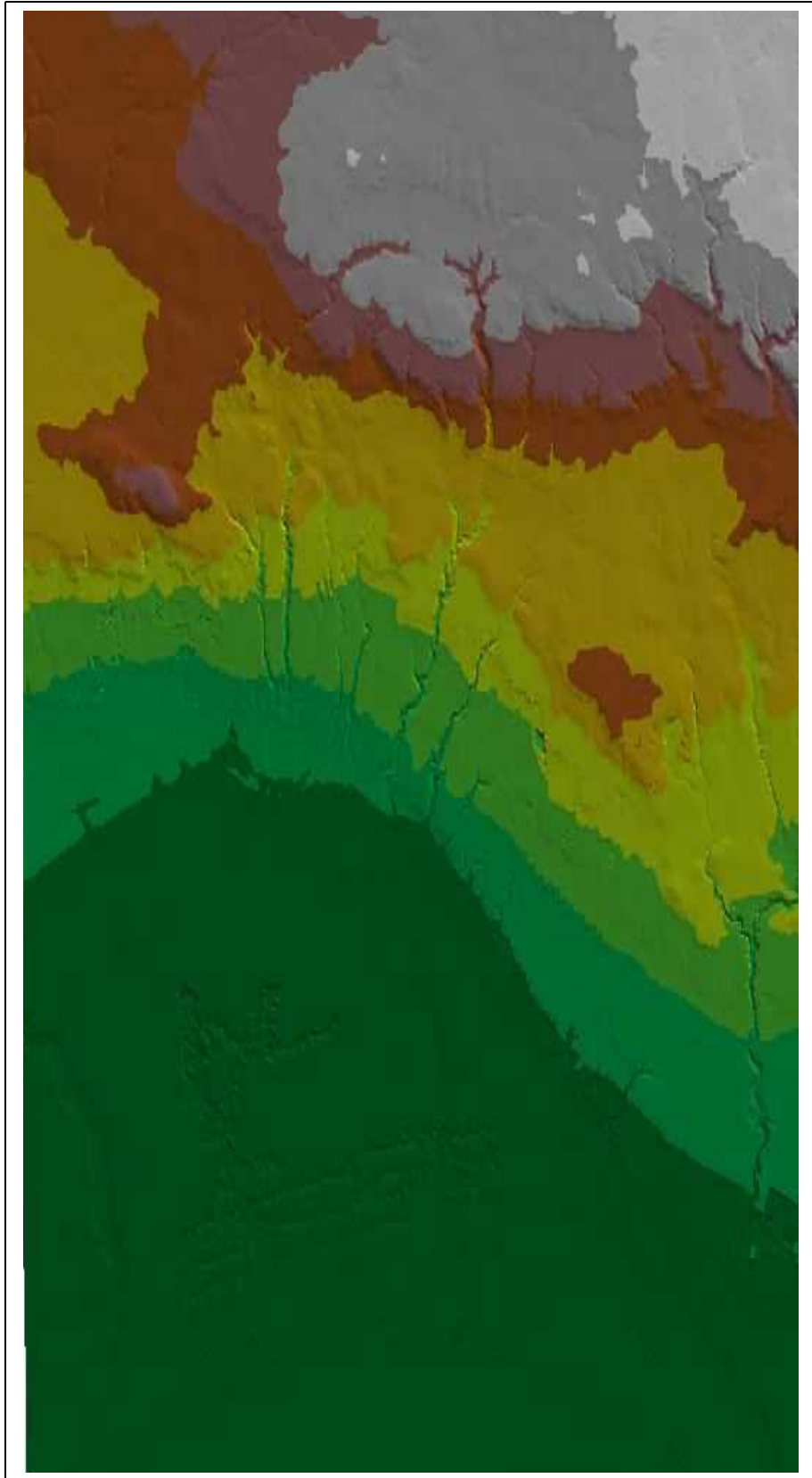
Tale ipotesi può sembrare eccessivamente semplificativa, in realtà, con una buona stima del tempo di ritardo dei singoli sottobacini, può portare a dei risultati abbastanza soddisfacenti. Occorre però considerare che questo metodo è molto più semplice ed immediato da applicare, rispetto a quello della propagazione delle piene, e quindi ben si presta ad una prima stima delle caratteristiche del deflusso nella sezione di chiusura.

---

## **3.1 Preparazione dem**

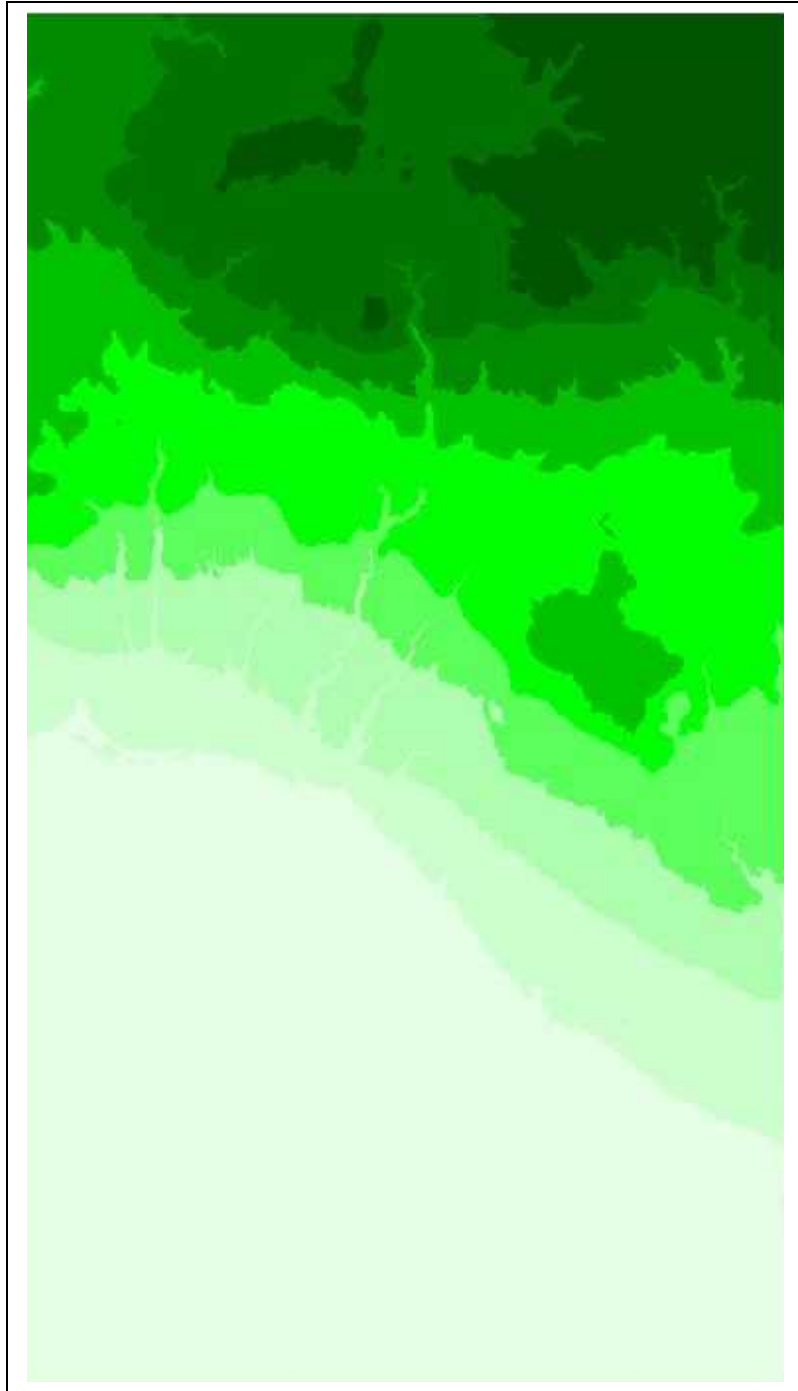
Al fine di estrarre i dati morfologici ed altimetrici del bacino idrografico oggetto di studio dai dati cartografici esistenti, è stato implementato un sistema informativo territoriale della zona nel quale sono state inserite tutte le banche dati geografiche disponibili.

In particolare, al fine di ricostruire l'altimetria del bacino è stata utilizzata la Cartografia Tecnica Regionale in scala 1:5000 ed in formato digitale di recente realizzazione per la zona. E' stato quindi generato un modello digitale del terreno in forma di Triangular Irregular Network (TIN), vedi fig. 2.1.a. E quindi di Digital Elevation Model (DEM), vedi fig. 2.1.b. In una seconda fase il DEM è stato predisposto per le elaborazioni idrologiche successive attraverso un procedimento di riempimento delle depressioni e marcatura con il reticolo idraulico.



*Fig. 2.1.a - TIN*





*Fig. 2.1.b - DEM*

### **3.2 Scomposizione in sottobacini**

Sulla base del modello digitale del terreno (DEM) è stata individuata, attraverso un procedimento automatico, la scomposizione in sottobacini del bacino idrografico del Canale Patemisco utilizzando un valore minimo di superficie pari a.....

La fig. 2.2.a mostra la scomposizione in sottobacini, i cui parametri morfologici sono riportati nella tabella Tab. 2.2.a

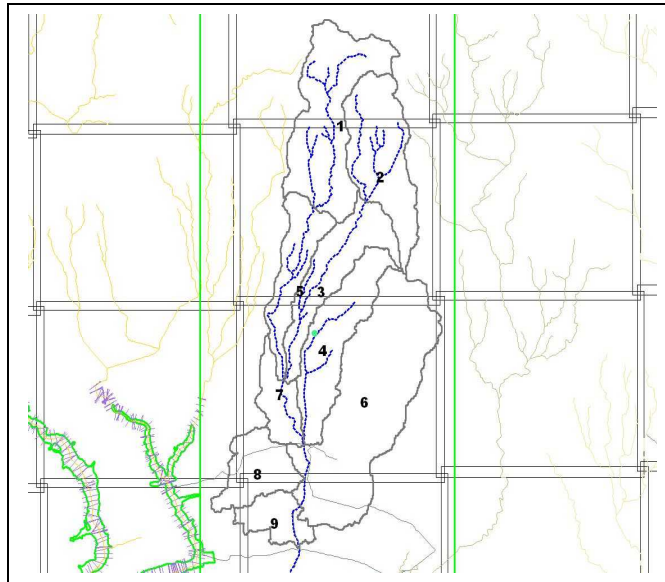
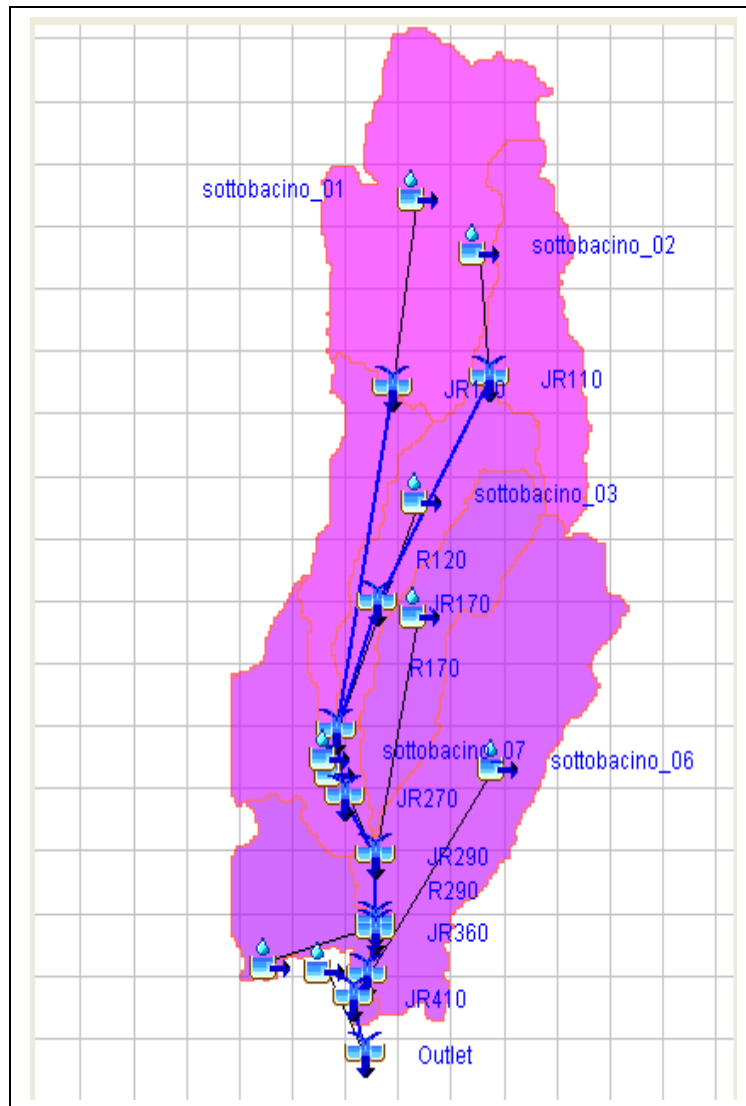


Fig. 2.2.a

<i>C O D I C E, N, 4,0</i>	<i>AREA HMS, N,12,3</i>	<i>%</i>	<i>C N</i>	<i>G R I D C O D E, N, 10, 0</i>	<i>W S H I D, N, 11, 0</i>	<i>PERIME TER,N,1 1,9</i>	<i>EL EV AT IO N, N,1 2,4</i>	<i>SLP END PT,N, 12,3</i>	<i>SLP 1085, N,12, 3</i>	<i>LONGES TFL,N,1 2,3</i>	<i>CENTRO IDAL,N, 12,3</i>	<i>BASI NSL P,N,8 ,2</i>	<i>NAME,C,2 0</i>
1	12.346	16.69%	87	1	1	25950	351	0.03	0.038	8311.575	4155.787	11.53	R70W10
2	9.349	12.64%	85	4	4	20450	338	0.04	0.05	5368.072	2684.036	9.03	R40W40
3	7.146	9.66%	82	11	11	23632.59	159	0.03	0.036	9205.813	4602.907	11.37	R170W110
4	8.261	11.17%	81	13	13	22400	115	0.03	0.036	8959.062	4479.531	7.61	R220W130
5	5.28	7.14%	80	12	12	18850	114	0.03	0.034	7745.889	3872.945	13.75	R120W120
6	20.674	27.95%	80	18	18	32000	109	0.03	0.026	10616.91	5308.452	5.27	R360W180
7	3.136	4.24%	67	23	23	11850	37	0.014	0.015	4450.61	2225.305	4.18	R270W230
8	4.74	6.41%	66	33	33	13800	33	0.008	0.006	4549.569	2274.784	3.4	R340W330
9	3.042	4.11%	65	38	38	12200	29	0.007	0.004	3947.056	1973.528	5.97	R410W380

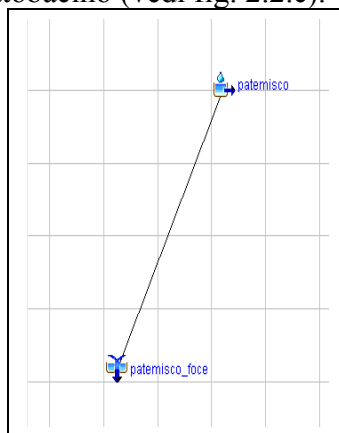
Tab. 2.2.a

La schematizzazione del bacino è stata quindi realizzata (fig. 2.2.b) inserendo opportunamente giunzioni e tronchi.



*Fig. 2.2.b - Schema modello completo*

In considerazione del fatto che la modellazione idrologica è finalizzata ad effettuare la verifica idraulica del tratto terminale del Canale Patemisco, che corrisponde in pratica alla sezione di chiusura del bacino, è stata fatta anche una schematizzazione semplificata del modello fisico del bacino in cui è presente un unico sottobacino (vedi fig. 2.2.c).



*fig. 2.2.c - Schema modello semplificato*

### 3.3 Valutazione CN (uso del suolo – litologia)

Per la valutazione del Curver Number (CN), parametro del relativo metodo del Soil Conservation Service per la simulazione del fenomeno della separazione delle piogge sono state utilizzate le banche dati relative ad uso del suolo (Corine – terzo livello – vedi fig. 2.3.a) e litologica (fig.2.3.b) derivate su base geologica (vedi fig. 2.3.c).

La Tab. 2.3.a mostra le classi di uso del suolo presenti nei vari sottobacini; la Tab 2.3.b mostra le classi geologiche e litologiche. Al fine della determinazione del CN, le classi litologiche sono state quindi riclassificate ed accorpate secondo la classificazione dei suoli, basata essenzialmente sulle velocità di infiltrazione, riportate in tab. 2.3.c.

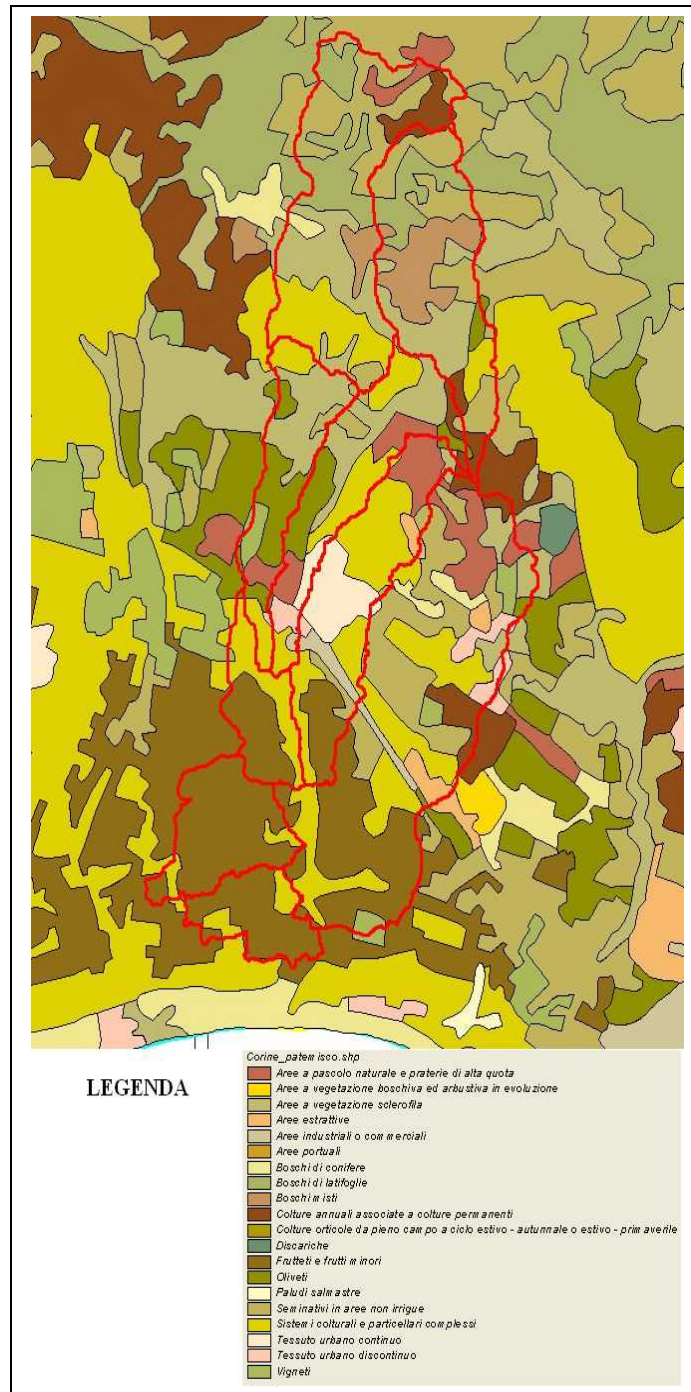


Fig. 2.3.a - CORINE

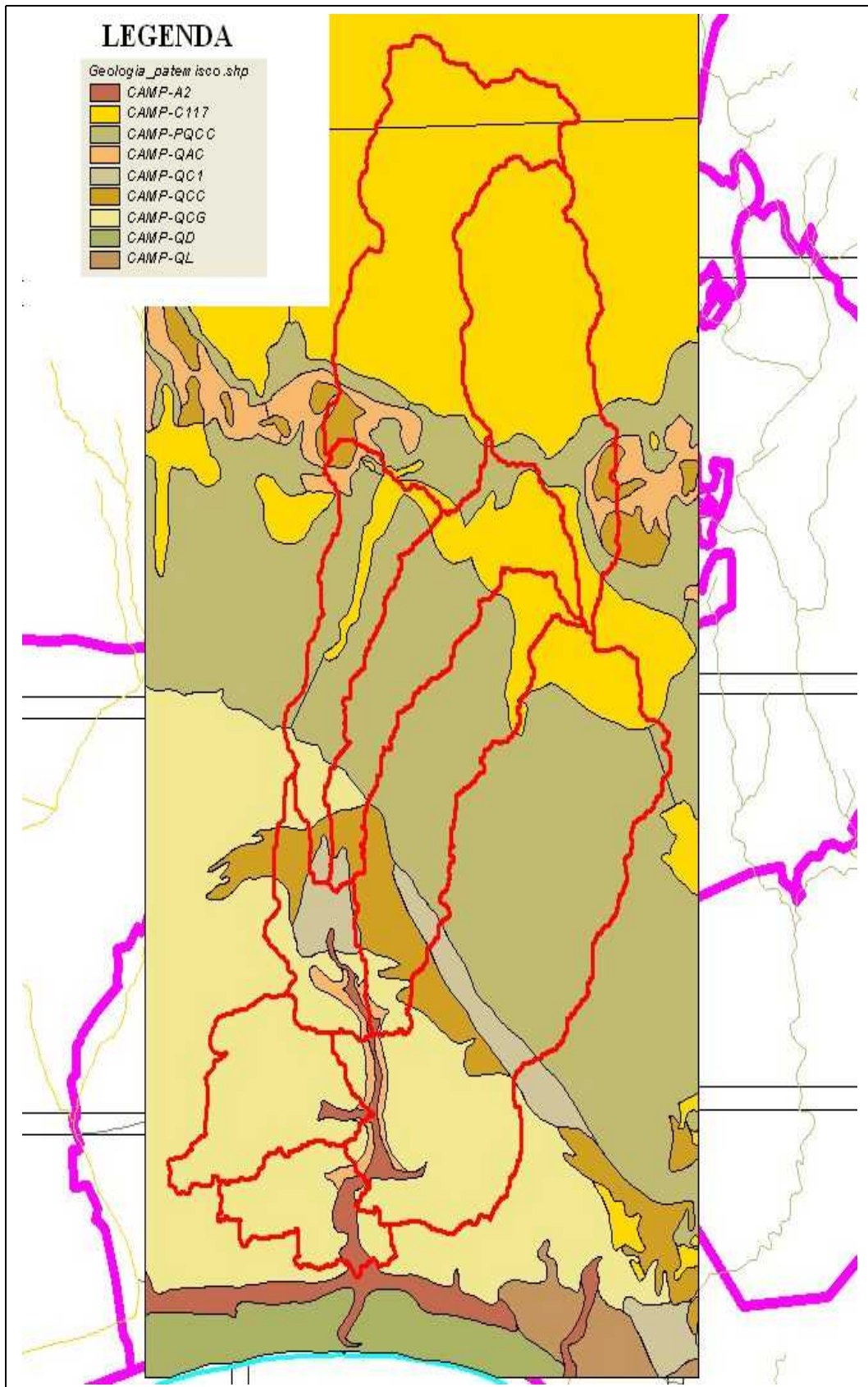
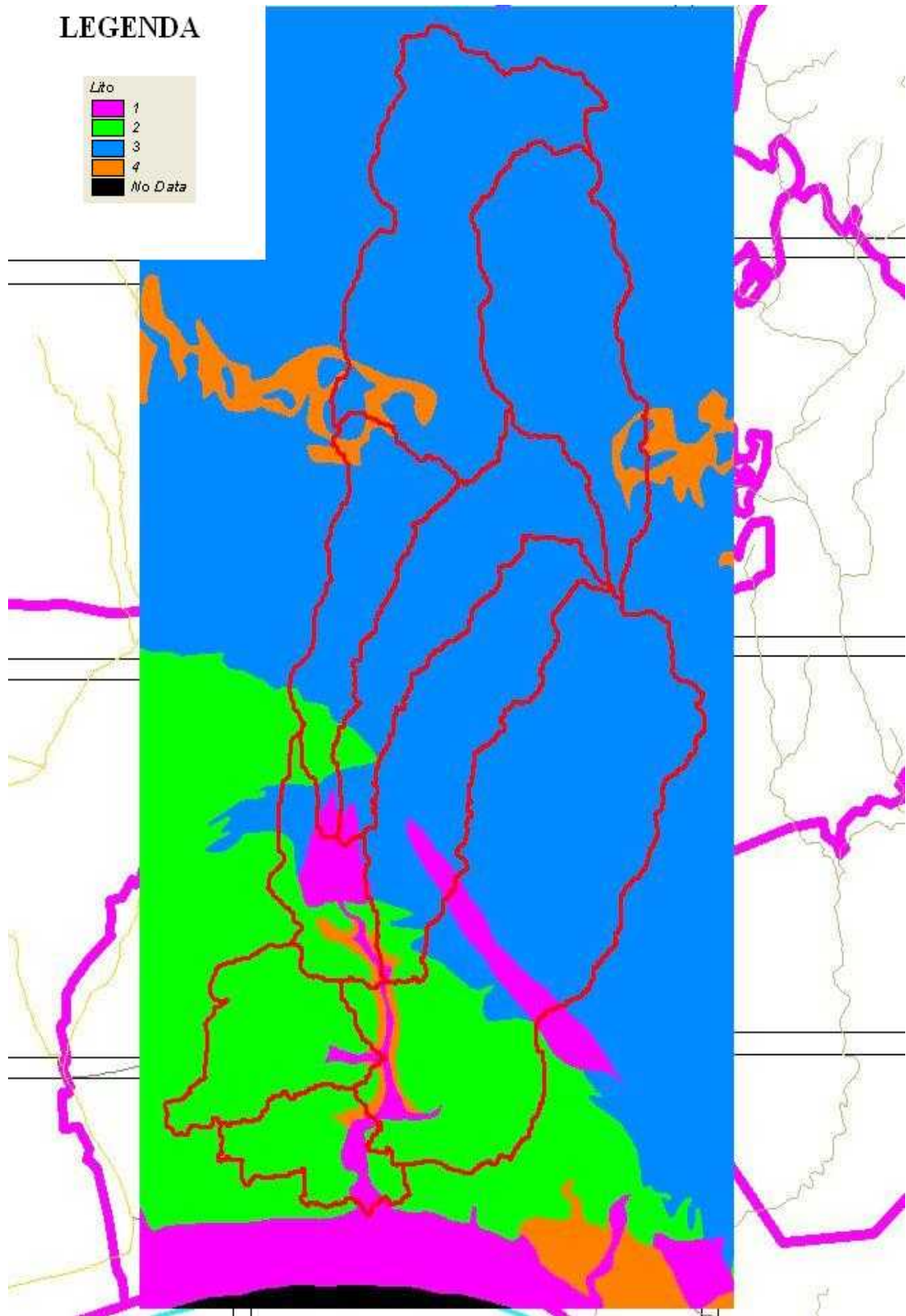


Fig. 2.3.b – Carta Geologica



*Fig. 2.3.c – Carta Litologica*

<i>N</i>	<i>FIRST_LEV E</i>	<i>DESC</i>	<i>COUNT</i>	<i>SUM_ARE A</i>	<i>sup (kmq)</i>	<i>%</i>
1	111	Tessuto urbano continuo	1	1919756.978	1.919756978	2.60%
2	112	Tessuto urbano discontinuo	3	1054525.088	1.054525088	1.43%
3	121	Aree industriali o commerciali	1	753107.2743	0.753107274	1.02%
4	131	Aree estrattive	3	839787.9069	0.839787907	1.14%
5	211	Seminativi in aree non irrigue	11	11404083.21	11.40408321	15.42%
6	221	Vigneti	5	1104259.346	1.104259346	1.49%
7	222	Frutteti e frutti minori	1	14535465.93	14.53546593	19.65%
8	223	Oliveti	6	3182751.222	3.182751222	4.30%
9	241	Colture annuali associate a colture permanenti	3	2582230.837	2.582230837	3.49%
10	242	Sistemi colturali e particellari complessi	9	16096061.84	16.09606184	21.76%
11	311	Boschi di latifoglie	2	3624984.753	3.624984753	4.90%
12	312	Boschi di conifere	3	727836.7522	0.727836752	0.98%
13	313	Boschi misti	1	2707114.371	2.707114371	3.66%
14	321	Aree a pascolo naturale e praterie di alta quota	5	4039060.775	4.039060775	5.46%
15	323	Aree a vegetazione sclerofila	6	9387392.224	9.387392224	12.69%
16	324	Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione	1	17515.4254	0.017515425	0.02%

*Tab. 2.3.a*

<i>N</i>	<i>LAYER</i>	<i>DESCRIZIONE</i>	<i>COUNT</i>	<i>SUM_AREA</i>	<i>SUP (KMQ)</i>	<i>%</i>	<i>classe permeabilità</i>
1	CAMP-A2	Sabbie, limi e ghiaie attuali recenti Alluvioni recenti ed attuali, depositi palustri e sabbie costiere attuali.	2	1073588.808	1.073588808	1.45%	A
2	CAMP-C117	Calcere di Altamura Strati e banchi calcarei a Rudiste ed Echinidi con a letto prevalenza di calcari dolomitici di color grigio scuro. Permeabile per fessurazione e carsismo.	13	23328543.23	23.32854323	31.54%	C
3	CAMP-PQCC	Calcareniti di Gravina Biocalcareniti massicce, generalmente a grana fine, trasgressive sul calcare di Altamura. Permeabili per porosità.	7	26065995.95	26.06599595	35.24%	C
4	CAMP-QAC	Argille del Bradano Argille marnose e marne argillose con intercalazioni sabbiose. Impermeabili.	8	1770863.753	1.770863753	2.39%	D
5	CAMP-QC1	Conglomerati, ghiaie e sabbie poligeniche terrazzate Conglomerati, ghiaie e sabbie poligeniche terrazzate con provenienza continentale. Molto permeabili.	3	2286793.873	2.286793873	3.09%	A
6	CAMP-QCC	Calcareniti di M. Castiglione Biocalcareniti grossolane (compatte o farinose), con breccie calcaree. Permeabili per porosità.	12	4181368.633	4.181368633	5.65%	C
7	CAMP-QCG	Conglomerati, ghiaie e sabbie poligeniche terrazzate Conglomerati, ghiaie e sabbie ed elementi arrotondati, di provenienza appenninica. Le sabbie sono costituite da sabbie bianche e rossastre depositati in antichi cordoni litorali. Molto permeabili.	3	15268763.26	15.26876326	20.64%	B

Tab. 2.3.b

CLASSI DI SUOLI PERMEABILITA'
GRUPPO A - Suoli aventi scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde, con scarsissimo limo ed argilla e ghiaie profonde, molto permeabili. Capacità di infiltrazione in condizioni di saturazione molto elevata.
GRUPPO B - Suoli aventi moderata potenzialità di deflusso. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A. Elevate capacità di infiltrazione anche in condizioni di saturazione.
GRUPPO C - Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta. Suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidi. Scarsa capacità di infiltrazione e saturazione.
GRUPPO D - Potenzialità di deflusso molto elevata. Argille con elevata capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie. Scarsissima capacità di infiltrazione a saturazione.

Tab. 2.3.c



Utilizzando un procedimento automatico di confronto tra uso del suolo e classe di suolo, è stato quindi valutato il valore di CN per l'intero bacino idrografico e per i sottobacini nei quali è stato composto (vedi Tab. 2.3.e). La fig. 2.3.d mostra invece la cartina delle zone oggetto di studio con evidenziato i valori di CN.

<i>N</i>	<i>FIRST_LEV E</i>	<i>DESC</i>	<i>COUN T</i>	<i>SUM_ARE A</i>	<i>sup (kmq)</i>	<i>%</i>	<i>classe CN (MAIONE)</i>	<i>CN</i>
1	111	Tessuto urbano continuo	1	1919756.978	1.9198	2.60%	H0	<i>77,85,90,92</i>
2	112	Tessuto urbano discontinuo	3	1054525.088	1.0545	1.43%	H1	<i>61,75,83,87</i>
3	121	Aree industriali o commerciali	1	753107.2743	0.7531	1.02%	F	<i>89,92,94,95</i>
4	131	Aree estrattive	3	839787.9069	0.83979	1.14%	F	<i>89,92,94,95</i>
5	211	Seminativi in aree non irrigue	11	11404083.21	11.4041	15.42%	A1	<i>72,81,88,91</i>
6	221	Vigneti	5	1104259.346	1.1043	1.49%	A2	<i>62,71,78,81</i>
7	222	Frutteti e frutti minori	1	14535465.93	14.5355	19.65%	A2	<i>62,71,78,81</i>
8	223	Oliveti	6	3182751.222	3.1828	4.30%	A2	<i>62,71,78,81</i>
9	241	Colture annuali associate a colture permanenti	3	2582230.837	2.5822	3.49%	A2	<i>62,71,78,81</i>
10	242	Sistemi colturali e particellari complessi	9	16096061.84	16.0961	21.76%	A2	<i>62,71,78,81</i>
11	311	Boschi di latifoglie	2	3624984.753	3.6250	4.90%	D1	<i>45,66,77,83</i>
12	312	Boschi di conifere	3	727836.7522	0.7278	0.98%	D1	<i>45,66,77,83</i>
13	313	Boschi misti	1	2707114.371	2.7071	3.66%	D1	<i>45,66,77,83</i>
14	321	Aree a pascolo naturale e praterie di alta quota	5	4039060.775	4.0391	5.46%	B1	<i>68,79,86,89</i>
15	323	Aree a vegetazione sclerofila	6	9387392.224	9.3874	12.69%	D1	<i>45,66,77,83</i>
16	324	Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione	1	17515.4254	0.0175	0.02%	D1	<i>45,66,77,83</i>

*Tab. 2.3.d*

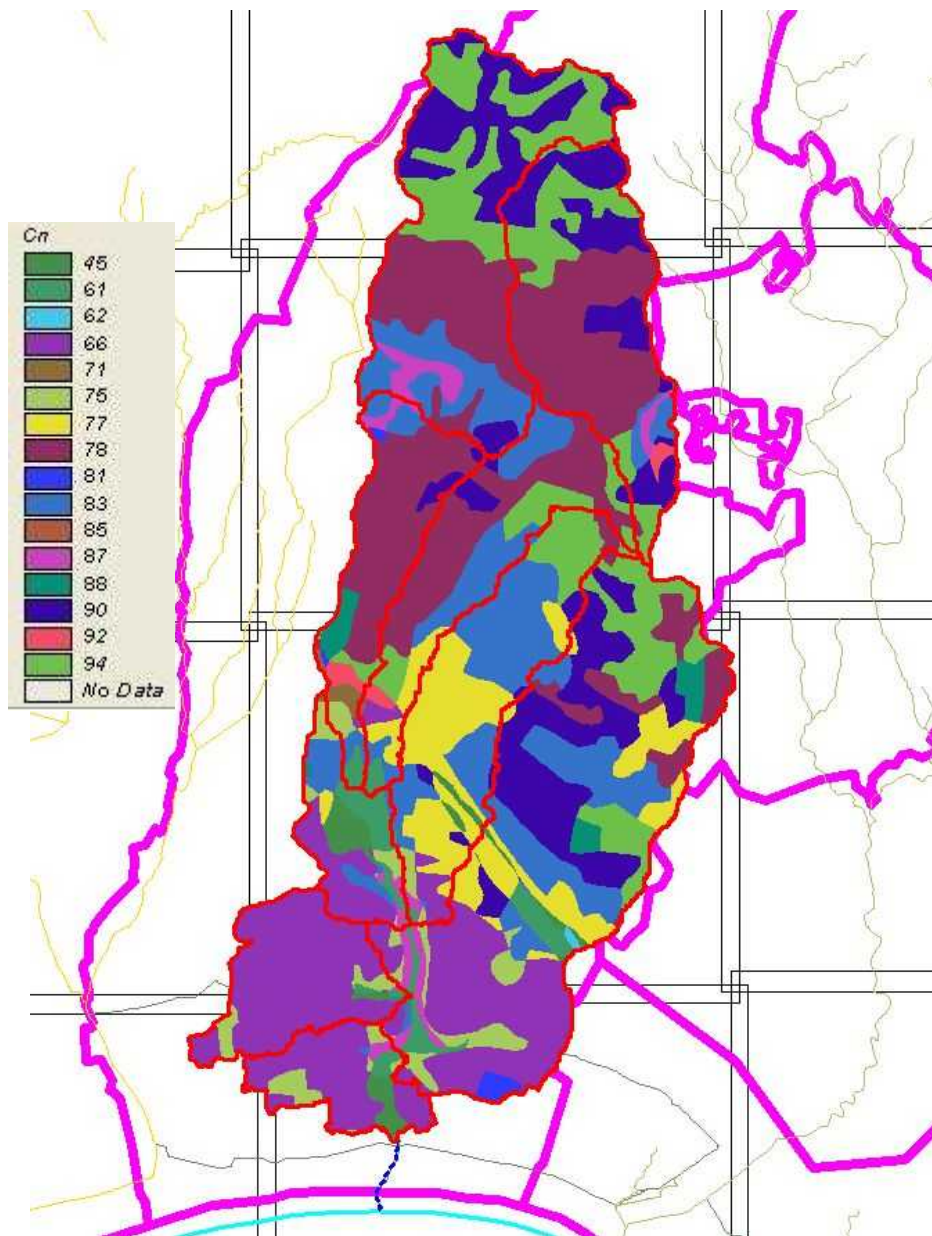


Fig. 2.3.d – Curve Number

### 3.4 Stima parametri elementi idrologici (sottobacini/tronchi)

Come già illustrato in precedenza, la fase di formazione della piena viene affrontata con il metodo dell'idrogramma unitario di Clark, il cui parametro  $T_c$  è stato ricavato tramite la formula di Kirpich

$$T_c = 0.0078 \cdot L^{0.77} \cdot \left( \frac{S}{100} \right)^{-0.385}$$

dove  $L$  è la lunghezza del canale e  $S$  è la pendenza media del bacino. Il parametro  $S_c$ , invece, è stato ricavato dalla formula di Russel

$$S_c = T_c \cdot c$$



	<b>NAME</b>	<b>pendenz a</b>	<b>V (m/s)</b>	<b>tr (sec)</b>	<b>tr(min)</b>
<b>tronco_01</b>	R110	0.037099	2	2318.15	38.64
<b>tronco_02</b>	R120	0.023776	2	3385.80	56.43
<b>tronco_03</b>	R170	0.015282	2	1276.05	21.27
<b>tronco_04</b>	R230	0.007507	2	666.05	11.10
<b>tronco_05</b>	R270	0.006161	2	649.25	10.82
<b>tronco_06</b>	R290	0.001634	2	612.15	10.20
<b>tronco_07</b>	R350	0.001600	2	62.50	1.04
<b>tronco_08</b>	R360	0.000262	2	381.05	6.35
<b>tronco_09</b>	R390	0.000383	2	261.25	4.35
<b>tronco_10</b>	R410	0.000205	2	487.75	8.13

Tab. 2.4.b

### 3.5 Inserimento dati modello meteo

Al fine della predisposizione delle caratteristiche pluviometriche da utilizzare per la simulazione idrologica si è ritenuto opportuno utilizzare i risultati delle elaborazioni statistiche disponibili nella zona e contenute, in particolare, nel Rapporto del progetto VAPI e nella relazione del PAI Puglia. Dal rapporto VAPI sono stati estratti i coefficienti della curva di possibilità pluviometrica espressa nella forma

$$h = a \cdot t^n$$

facendo riferimento **sottozona 5** nella quale è situato quasi per intero il bacino del Patemisco. Per questa zona i parametri a ed n riferiti ai tempi di ritorno di 30 e 200 anni e le altezze di pioggia relative a diverse durata sono evidenziati nella tab. 2.5.a

Tr	A	N	1	3	6	12	24
<u>30 anni</u>	56.4	0.21	56.4	71.04	82.17	95.04	109.93
<u>200 anni</u>	90.24	0.21	90.24	113.66	131.47	152.06	175.89

Tab. 2.5.a

#### 3.5.1 Ietogrammi di taratura

Per la taratura del modello è stato utilizzato l'evento del giorno 8 settembre 2003, caratterizzato da una pluviometria totale di circa 230 mm, il cui ietogramma misurato alla stazione di Massafra è riportato in fig. 2.5.a.

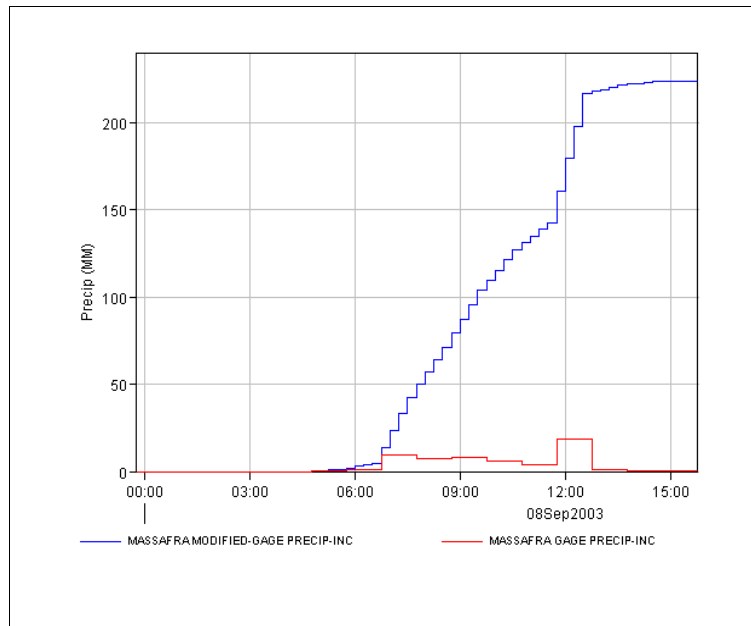


fig. 2.5.a

### 3.5.2 Ietogrammi di progetto

Per la simulazione degli eventi di progetto si è utilizzato uno istogramma Chicago, coerente con le altezze totali di pioggia calcolate attraverso la CPP, con picco in posizione centrale per le quattro durate di pioggia prescelte **3, 6, 12 e 24 ore** e per i due tempi di ritorno **30 e 200 anni**.

Nelle fiure 2.5.b e 2.5.c si riportano gli istogrammi relativi alle durate di 24 per i due tempi di ritorno sopra citati.

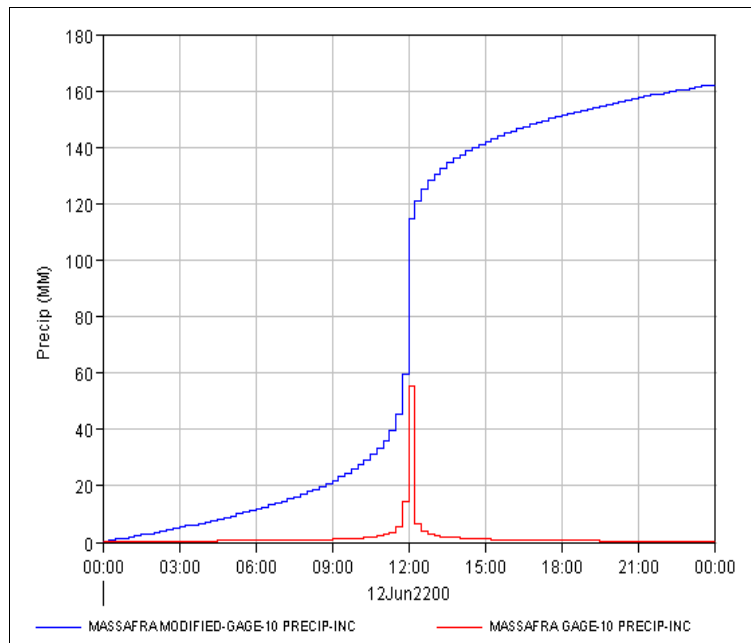


fig. 2.5.b

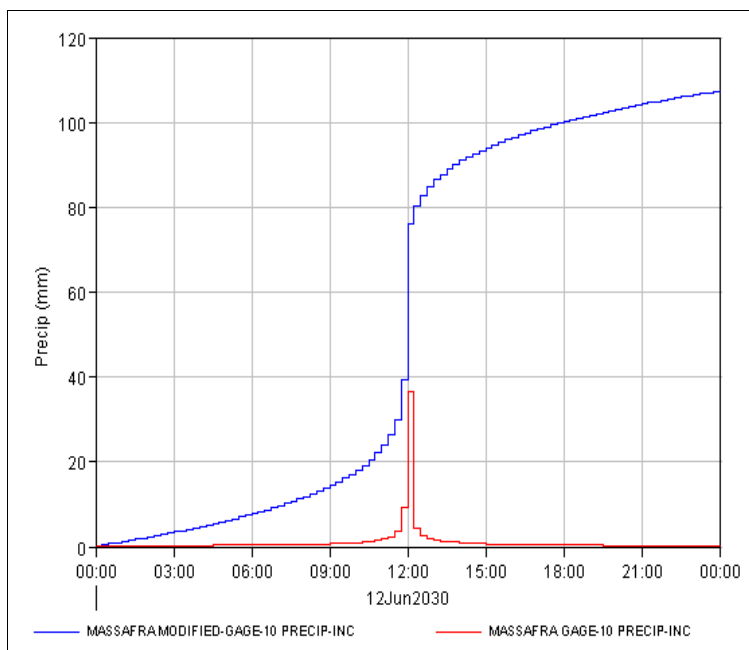


fig. 2.5.c

### 3.6 Taratura modello

Una volta predisposto il modello idrologico in realtà occorre farne la taratura per calibrare i parametri i cui valori, pur rientrando in intervalli ristretti, non sono esattamente definiti. Per effettuare la taratura del modello occorrerebbe disporre delle conoscenze di eventi di piena, sia dal punto di vista della pluviometria che dell'idrometria. In realtà, nel bacino del Canale Patemisco risultano disponibili unicamente misurazioni di pioggia. Ciò nondimeno, si è proceduto ad una taratura, almeno qualitativa, del modello utilizzando l'evento alluvionale del settembre 2003, durante il quale si sono registrati diversi danni ed allagamenti, per cui il livello idrico massimo raggiunto risulta ricostruibile in alcuni punti del reticolo idrografico oggetto di studio. In fig. 2.6.a sono riportati gli idrogrammi ottenuti dalla simulazione dell'evento pluviometrico dell'8 settembre 2003 utilizzando le due diverse schematizzazioni fisiche del bacino in precedenza descritte.

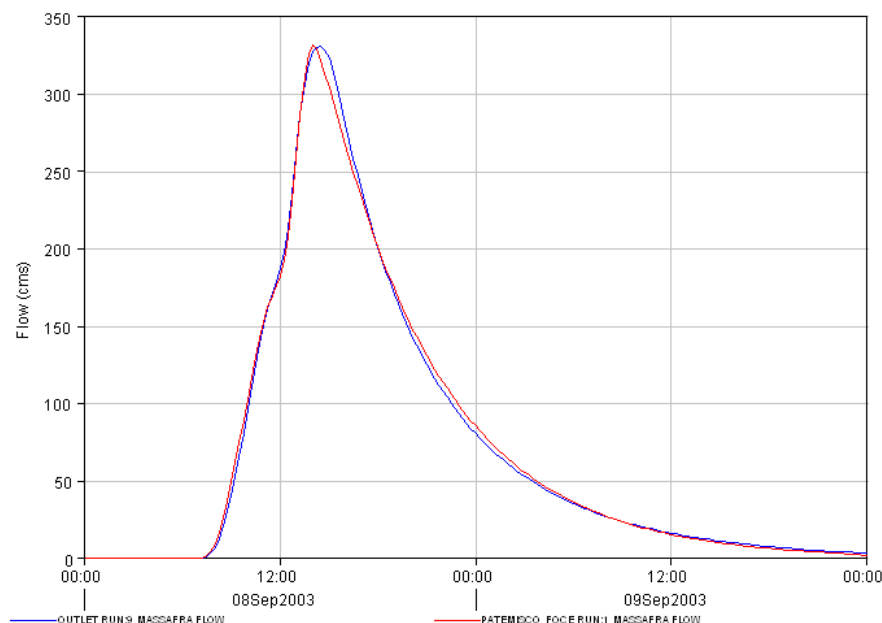


fig. 2.6.a

### 3.7 Simulazione eventi di progetto

Verificata attraverso la fase di taratura la bontà del modello, si è quindi passati alla simulazione degli eventi di progetto utilizzando gli ietogrammi di progetto, come specificato nel paragrafo 2.5.2 relativi alle durate di pioggia di 3, 6, 12 e 24 ore, ed ai tempi di ritorno di 30 e 200 anni. In fig. 2.7.a e 2.7.b sono riportati rispettivamente i risultati del modello completo e di quello semplificato alla sezione di chiusura del bacino, mentre nella Tab. 2.7.a e 2.7.b sono riportati i risultati di sintesi per i due modelli. I due eventi sopra citati sono caratterizzati da una portata massima di circa 100 e 190 mc/s mentre il volume di deflusso è di circa 60 e 110 Mmc rispettivamente.

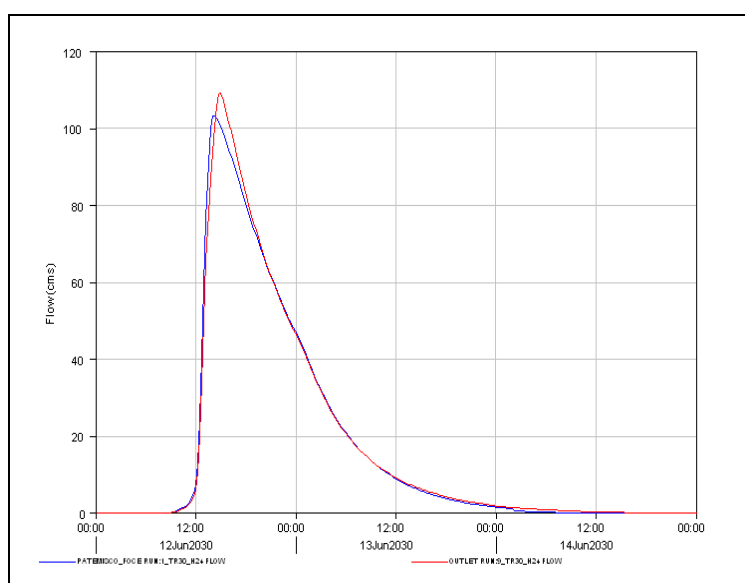


Fig.2.7.a

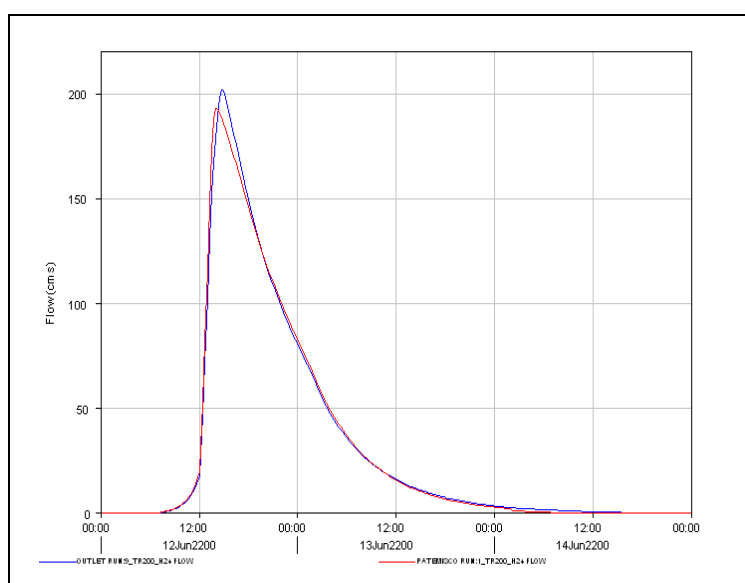


Fig.2.7.b

Analisi del rischio nel bacino del canale Patemisco e dei suoi principali affluenti – I parte

	Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
sim_1_bac_tr30_h24	patemisco	73.98	103.29	12Jun2030, 14:15	58.86
	patemisco_foce	73.98	103.29	12Jun2030, 14:15	58.86
Sim_9_bac_tr30_h24	Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
	JR110	9.35	16.58	12Jun2030, 13:15	66.6
	JR120	12.35	18.68	12Jun2030, 13:30	69.98
	JR170	9.35	16.55	12Jun2030, 14:00	66.6
	JR230	34.12	57.29	12Jun2030, 14:00	65.63
	JR270	34.12	57.27	12Jun2030, 14:15	65.63
	JR290	45.52	76.34	12Jun2030, 14:30	63.08
	JR350	50.26	83.4	12Jun2030, 14:30	61.04
	JR360	50.26	83.24	12Jun2030, 14:30	61.04
	JR390	70.93	105.43	12Jun2030, 14:45	60.4
	JR410	70.93	105.19	12Jun2030, 14:45	60.4
	R110	9.35	16.55	12Jun2030, 14:00	66.6
	R120	12.35	18.68	12Jun2030, 14:30	69.98
	R170	9.35	16.54	12Jun2030, 14:15	66.6
	R230	34.12	57.27	12Jun2030, 14:15	65.63
	R270	34.12	57.21	12Jun2030, 14:30	65.63
	R290	45.52	76.03	12Jun2030, 14:45	63.08
	R350	50.26	83.24	12Jun2030, 14:30	61.04
	R360	50.26	83.15	12Jun2030, 14:45	61.04
	R390	70.93	105.19	12Jun2030, 14:45	60.4
	R410	70.93	104.96	12Jun2030, 15:00	60.4
	sottobacino_01	12.35	18.68	12Jun2030, 13:30	69.98
	sottobacino_02	9.35	16.58	12Jun2030, 13:15	66.6
	sottobacino_03	7.15	11.47	12Jun2030, 13:30	61.84
	sottobacino_04	8.26	14.84	12Jun2030, 13:30	60.33
	sottobacino_05	5.28	12.43	12Jun2030, 13:00	58.86
	sottobacino_06	20.67	22.42	12Jun2030, 14:15	58.86
	sottobacino_07	3.14	6.77	12Jun2030, 13:00	42.56
sottobacino_08	4.74	9.2	12Jun2030, 13:00	41.48	
sottobacino_09	3.04	7.48	12Jun2030, 12:45	40.43	
Outlet	73.97	109.25	12Jun2030, 15:00	59.58	

Tab. 2.7.a



Analisi del rischio nel bacino del canale Patemisco e dei suoi principali affluenti – I parte

	Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
sim_1_bac_tr200_h24	patemisco	73.98	192.76	12Jun2200, 14:00	107.25
	patemisco_foce	73.98	192.76	12Jun2200, 14:00	107.25
Sim_9_bac_tr200_h24	Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
	JR110	9.35	29.83	12Jun2200, 13:15	117.42
	JR120	12.35	33.08	12Jun2200, 13:30	121.67
	JR170	9.35	29.79	12Jun2200, 13:45	117.42
	JR230	34.12	103.68	12Jun2200, 14:00	116.09
	JR270	34.12	103.54	12Jun2200, 14:15	116.09
	JR290	45.52	138.98	12Jun2200, 14:30	112.59
	JR350	50.26	153.51	12Jun2200, 14:30	109.68
	JR360	50.26	153.29	12Jun2200, 14:30	109.68
	JR390	70.93	193.95	12Jun2200, 14:45	108.97
	JR410	70.93	193.78	12Jun2200, 14:45	108.97
	R110	9.35	29.79	12Jun2200, 13:45	117.42
	R120	12.35	33.05	12Jun2200, 14:30	121.67
	R170	9.35	29.75	12Jun2200, 14:15	117.42
	R230	34.12	103.54	12Jun2200, 14:15	116.09
	R270	34.12	103.3	12Jun2200, 14:30	116.09
	R290	45.52	138.87	12Jun2200, 14:30	112.59
	R350	50.26	153.29	12Jun2200, 14:30	109.68
	R360	50.26	152.66	12Jun2200, 14:45	109.68
	R390	70.93	193.78	12Jun2200, 14:45	108.97
	R410	70.93	193	12Jun2200, 15:00	108.97
	sottobacino_01	12.35	33.08	12Jun2200, 13:30	121.67
	sottobacino_02	9.35	29.83	12Jun2200, 13:15	117.42
	sottobacino_03	7.15	21.12	12Jun2200, 13:15	111.24
	sottobacino_04	8.26	27.56	12Jun2200, 13:15	109.23
	sottobacino_05	5.28	23.2	12Jun2200, 13:00	107.25
	sottobacino_06	20.67	41.81	12Jun2200, 14:00	107.25
	sottobacino_07	3.14	13.65	12Jun2200, 13:00	83.41
sottobacino_08	4.74	18.69	12Jun2200, 13:00	81.71	
sottobacino_09	3.04	15.28	12Jun2200, 12:45	80.04	
Outlet	73.97	201.79	12Jun2200, 14:45	107.78	

Tab. 2.7.b

Le figure 2.7.c e d mostrano rispettivamente l'idrogramma di piena e la scomposizione dello ietogramma nelle sue varie componenti per gli eventi di durata 24 ore e tempo di ritorno rispettivamente di 30 e 200 anni ottenuti con la schematizzazione semplificata del bacino del Patemisco.

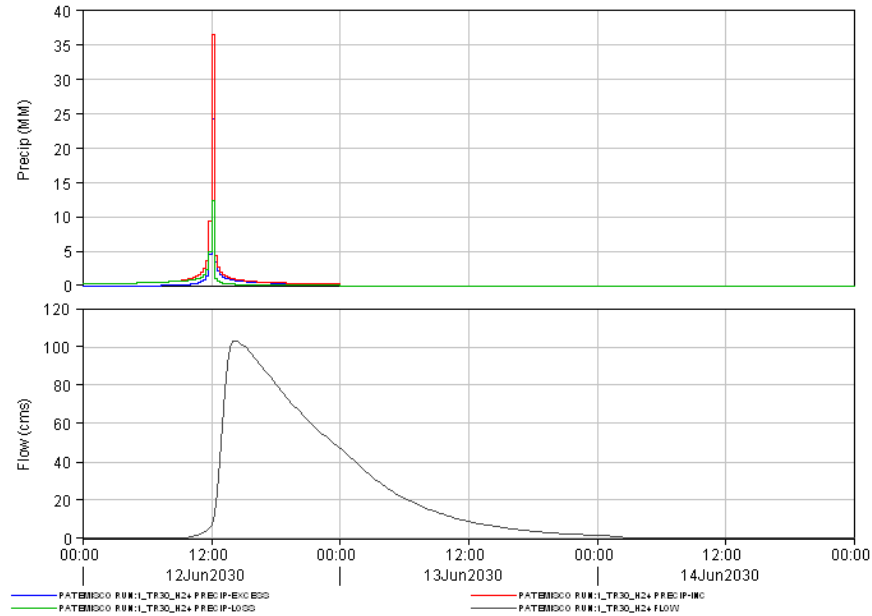


Fig.2.7.c

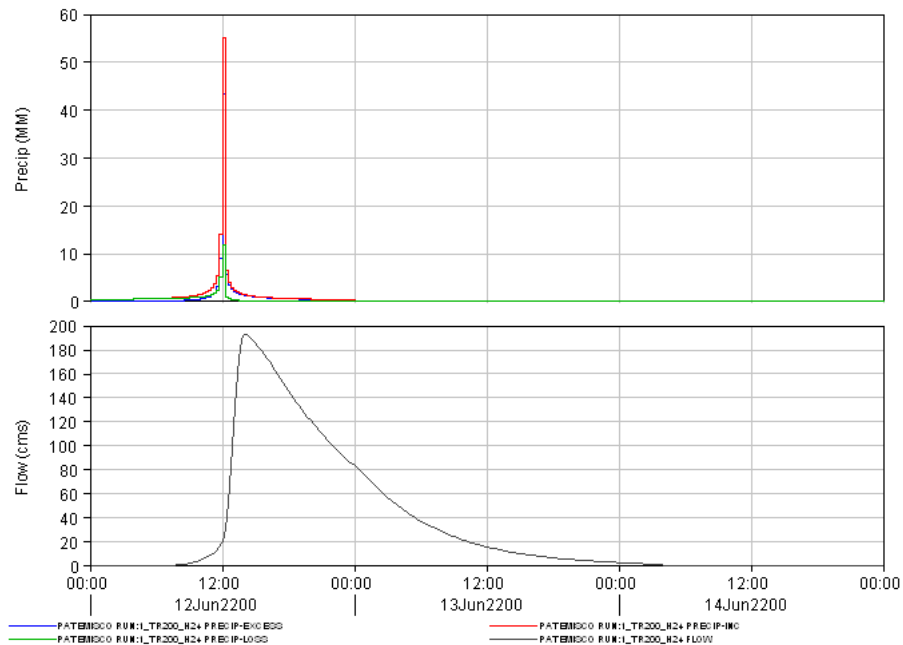


Fig.2.7.d

## 4 Modello idraulico

Al fine della predisposizione del modello idraulico del tratto terminale del canale Patemisco, è stato realizzato un rilievo topografico del corso d'acqua nell'ambito del quale sono state battute circa 20 sezioni. Il rilievo topografico è finalizzato alla conoscenza plano-altimetrica del canale e della geometria degli attraversamenti che si trovano lungo il canale. Le caratteristiche morfologiche del canale Patemisco, che nel tratto oggetto di studio è arginato, fanno sì che in questo tratto il canale non riceva contributi dal terreno che attraversa, che è invece drenato da due canali, in destra e sinistra del Patemisco, di acque basse che afferiscono all'impianto di bonifica dello stesso.

Quindi, le portate in arrivo superano quelle smaltibili, che sono tra i 30 e i 50 m<sup>3</sup>/s, gli argini vengono sormontati ed i volumi in eccesso si riversano nella piana alluvionale che il canale attraversa. Essendo le portate smaltibili inferiori anche alla portata con tempo di ritorno di 30 anni, al fine di simulare correttamente il comportamento idraulico del canale, si è scelto di utilizzare un modello idraulico in regime di moto vario con schema di moto quasi bidimensionale.

---

### ***Moto vario quasi-bidimensionale***

Nel caso in cui per la presenza di arginature o di particolari situazioni morfologiche, durante il deflusso si abbiano fuoriuscite d'acqua in zone limitrofe al corso ma comunque ad esso idraulicamente connesse nelle quali l'acqua stessa tende ad avere una diffusione in più direzioni allora la schematizzazione monodimensionale non è più sufficiente a simulare tale fenomeno di propagazione. In questi casi occorre ricorrere ad una schematizzazione bidimensionale che però è molto complessa ed onerosa sia dal punto di vista del modello di calcolo che dei dati da utilizzare. In alcuni casi un buon compromesso tra complessità di calcolo e grado di precisione dei risultati si può ottenere utilizzando uno schema di moto cosiddetto quasi-bidimensionale che è caratterizzato da uno schema monodimensionale lungo il reticolo idrografico e da celle d'accumulo, connesse idraulicamente con il reticolo e tra di loro, che rappresentano le zone limitrofe ai corsi d'acqua dove la propagazione dell'acqua non avviene attraverso uno schema monodimensionale.

Nello schema di moto quasi-bidimensionale la propagazione dell'onda di piena lungo il reticolo idraulico viene schematizzata tramite le classiche equazioni di moto di De Saint Venant in regime di moto vario. Le celle d'accumulo sono invece schematizzate come semplici serbatoi nei quali il pelo libero trasla in modo sincrono su tutta la superficie. Questa in particolare costituisce la più grossa limitazione del modello che occorre considerare nel momento della verifica e utilizzo dei risultati ottenuti. A tale proposito si può affermare che l'utilizzo di uno schema di moto quasi-bidimensionale da risultati affidabili in termini di funzionamento del modello idraulico complessivo mentre può essere necessario affinare i risultati che si ottengono all'interno di ogni cella con l'utilizzo di metodi più approfonditi in funzione anche del grado di dettaglio richiesto per i risultati della verifica idraulica. Per simulare il comportamento della cella come un serbatoio è necessario inserire la sua curva altezza/superficie/volume oltre che le caratteristiche delle connessioni idrauliche.

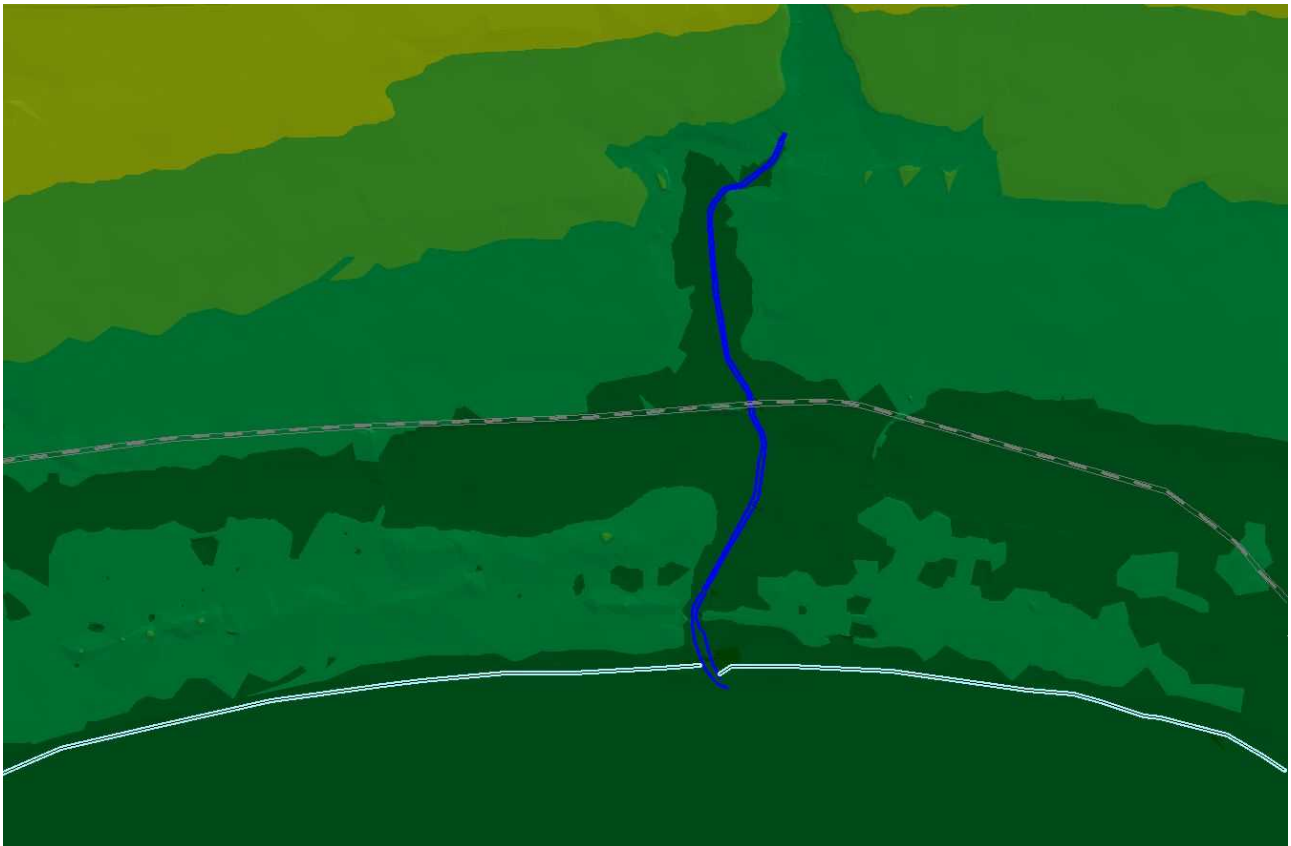
Il tratto terminale del canale Patemisco è una tipica situazione in cui l'utilizzo di uno schema di moto quasi-bidimensionale garantisce buoni risultati. In questo caso la separazione tra le celle d'accumulo ed il corso d'acqua è rappresentato dalle arginature mentre la separazione tra le celle stesse è costituita da rilevati stradali. Nella schematizzazione del modello le connessioni idrauliche tra le celle d'accumulo ed il reticolo idrografico vengono realizzate tramite sfioratori laterali opportunamente dimensionati e posizionati. Questi sfioratori laterali devono essere posizionati in corrispondenza delle sezioni nelle quali il modello segnala una fuoriuscita d'acqua dal reticolo idraulico e possono essere schematizzati con semplici briglie o con tombini. In ogni caso, il loro funzionamento è necessariamente bidirezionale. Nell'effettuazione della simulazione è necessario verificare che non ci siano sormonti arginali, fuoriuscite d'acqua dal reticolo, al di fuori di quelle localizzate in corrispondenza degli sfioratori laterali e che quindi vanno ad interessare le celle d'accumulo. Per far sì che ciò avvenga e per assicurare quindi un corretto funzionamento del modello idraulico può essere necessario provare ad innalzare fittiziamente la quota degli argini.

In modo analogo a quanto fatto per la connessione idraulica tra corso d'acqua e celle adiacenti, occorre assicurare gli scambi d'acqua tra celle comunicanti inserendo nella schematizzazione idraulica opportune connessioni, il cui funzionamento è regolato da un'opera idraulica briglia o tombino, le cui caratteristiche (dimensioni e quota di imposta) vanno scelte in funzione delle caratteristiche fisiche delle connessioni reali, che possono essere rappresentate da tombini o tratti più depressi di un rilevato stradale o ferroviario.

Per la determinazione delle caratteristiche morfologiche delle celle d'accumulo del modello è stato predisposto un TIN della zona. Il modello idraulico è stato quindi implementato dapprima in condizioni di moto permanente, per determinare in ogni tratto le portate smaltibili, e quindi un moto vario per determinare i volumi d'acqua fuoriusciti dal corso d'acqua ed infine la conseguente laminazione delle piene. Di seguito vengono dapprima descritte le varie fasi dell'implementazione del modello idraulico ed in seguito vengono illustrati i principali risultati ottenuti.

#### **4.1 Preparazione modello digitale del terreno**

La generazione del Tin è stata fatta sulla base delle informazioni plano-altimetriche derivate



dalla Cartografia Tecnica Regionale, integrate con quelle ottenute a seguito del rilievo fotografico. Le fig. 3.1.a e 3.1.b mostrano rispettivamente il TIN ed il DEM della zona.

*Fig 3.1.a*

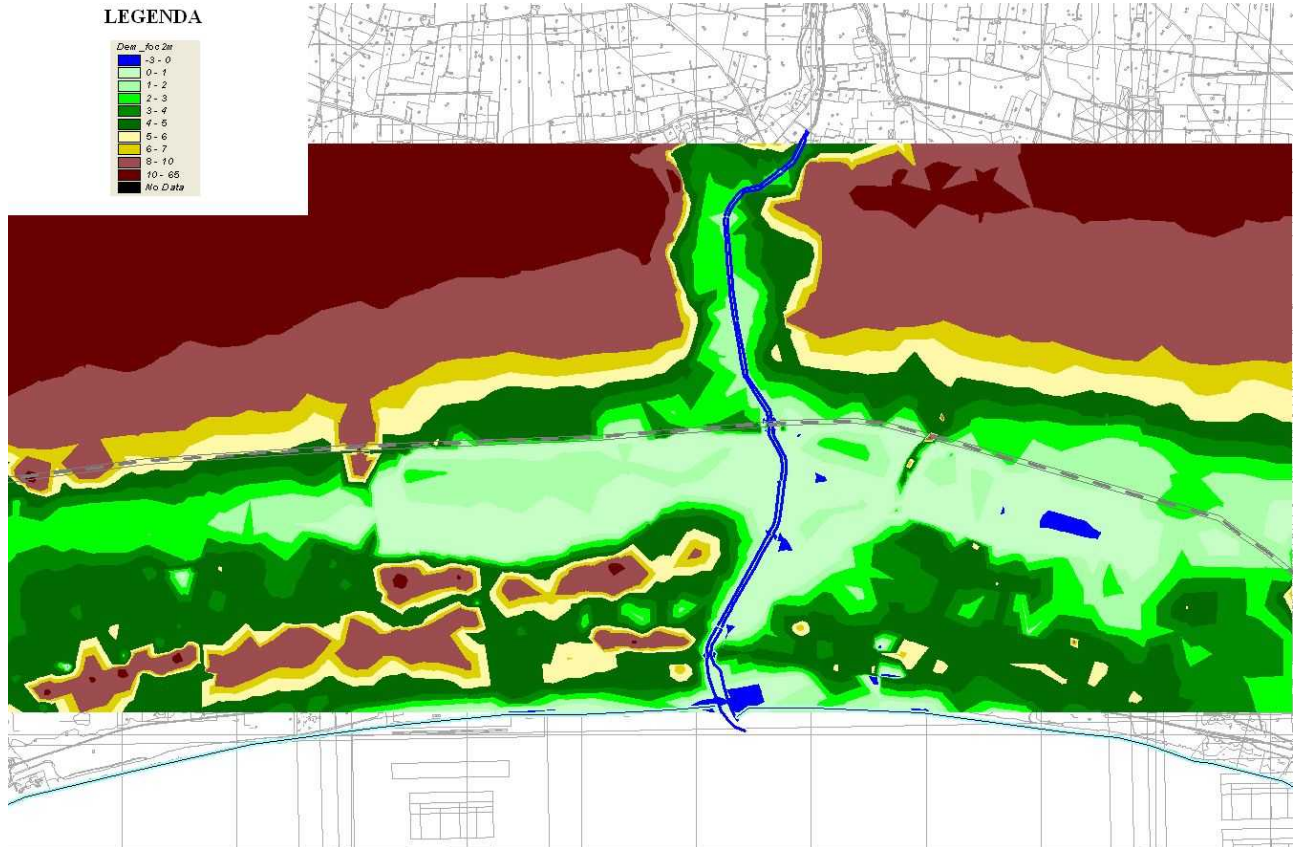


Fig.3.1.b

## 4.2 Inserimento geometria aste fluviali

Si è passato quindi all'implementazione della geometria del modello idraulico attraverso l'inserimento delle sezioni e degli attraversamenti rilevati (vedi fig. 3.2.a)

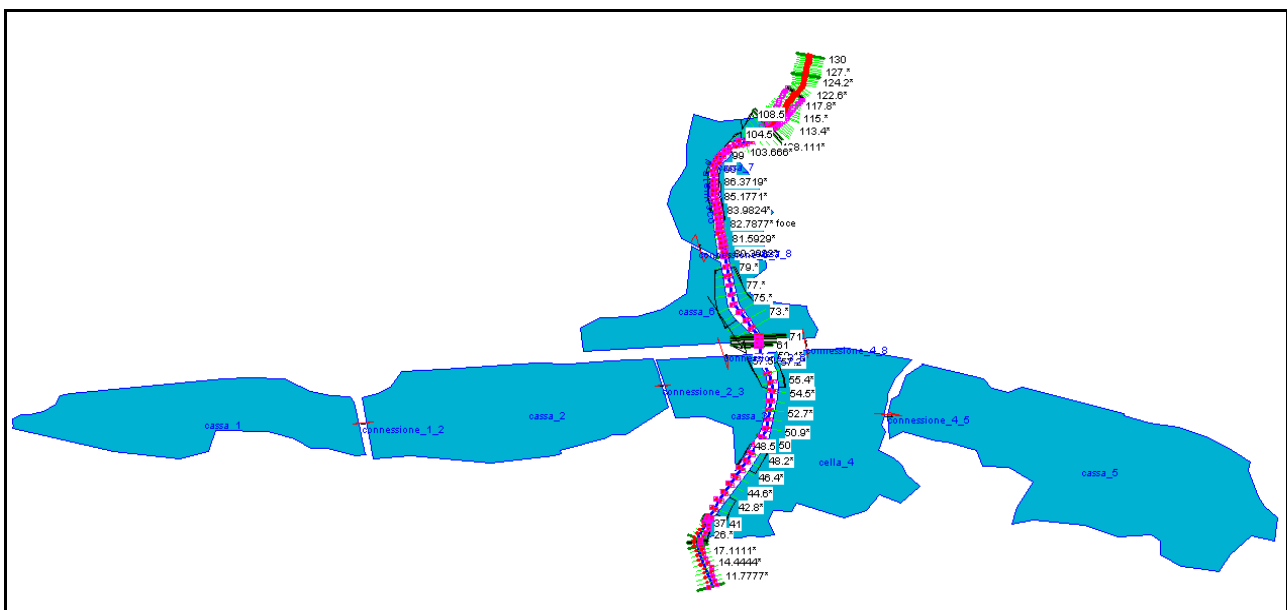


Fig 3.2.a

### 4.2.1 Sezioni

Considerata la regolarità del corso d'acqua, le sezioni rilevate topograficamente sono in numero ridotto, tutte posizionate nei punti notevoli. Per esigenza del modello idraulico si è invece fatto ricorso a numerose sezioni interpolate che il software utilizzato genera in maniera automatica a partire da quelle rilevate ed inserite manualmente.

### 4.2.2 Attraversamenti

Nel corso del rilievo topografico si è proceduto alla corretta rilevazione della geometria degli attraversamenti, che nel tronco oggetto di studio sono in numero di 8; quattro dei quali su infrastrutture di importanza notevole (SS106 e le due complanari, e la linea ferroviaria), sono ben dimensionati e non ostacolano il deflusso delle acque; i restanti 4 (provinciale e 3 strade di minore importanza), invece presentano l'impalcato molto basso che interferisce anche in modo rilevante con il deflusso delle acque.

### 4.2.3 Celle di accumulo

Per la predisposizione dello schema di moto quasi-bidimensionale del modello idraulico, sono state individuate 8 celle di accumulo nella pianura alluvionale attraversate dal Canale Patemisco (vedi fig. 3.2.b), 3 delle quali sono posizionate a monte della SS106 e le altre 5 nella zona a valle. Le 3 celle d'accumulo di monte sono tutte contigue con il Canale, mentre delle 5 di valle solo 2 sono contigue con il corso d'acqua, mentre le altre 3 sono state inserite per simulare il comportamento dell'intero comprensorio di acque basse che si estende ad EST fino al fiume Tara e ad OVEST fino alla Lama di Lenne. Le celle di accumulo sono delimitate da discontinuità rappresentate da rilevati viari e/o argini.

Le celle d'accumulo contigue al corso d'acqua sono connesse idraulicamente ad esso in corrispondenza delle sezioni in cui si verifica il sormonto delle arginature. Ogni cella, inoltre, è connessa idraulicamente a quelle attigue in corrispondenza di depressioni nel rilevato, che le separa e/o tombini che ne interrompono la continuità. Nella Tab. 3.2.a sono riportate le curve altezza – volume delle varie celle d'accumulo; per il dettaglio del posizionamento e delle caratteristiche delle concessioni idrauliche delle celle con il corso d'acqua si rimanda invece allo schema del modello idraulico su software HEC-RAS, che si allega alla presente relazione.

		VOLUMI CASSE (mc)							
		Quota (m)							
N. cella		1	2	3	4	5	6	7	8
	1	0	21168	126138	395313	753987	1163639	1583249	2006373
	2	7556	310392	840643	1386251	1931881	2477511	3023135	3568784
	3	352	103162	251570	407819	564159	720499	876840	1033180
	4	12896	248155	595353	1020514	1520530	2026595	2532674	3038736
	5	33227	357998	862290	1518251	2333619	3182074	4031499	4880930
	6	1	281	27296	130820	288415	455440	622466	789490
	7	0	58	11061	74544	184898	301582	418265	534949
	8	2	2774	35256	121955	259266	414911	570554	726197

Tab. 3.2.a

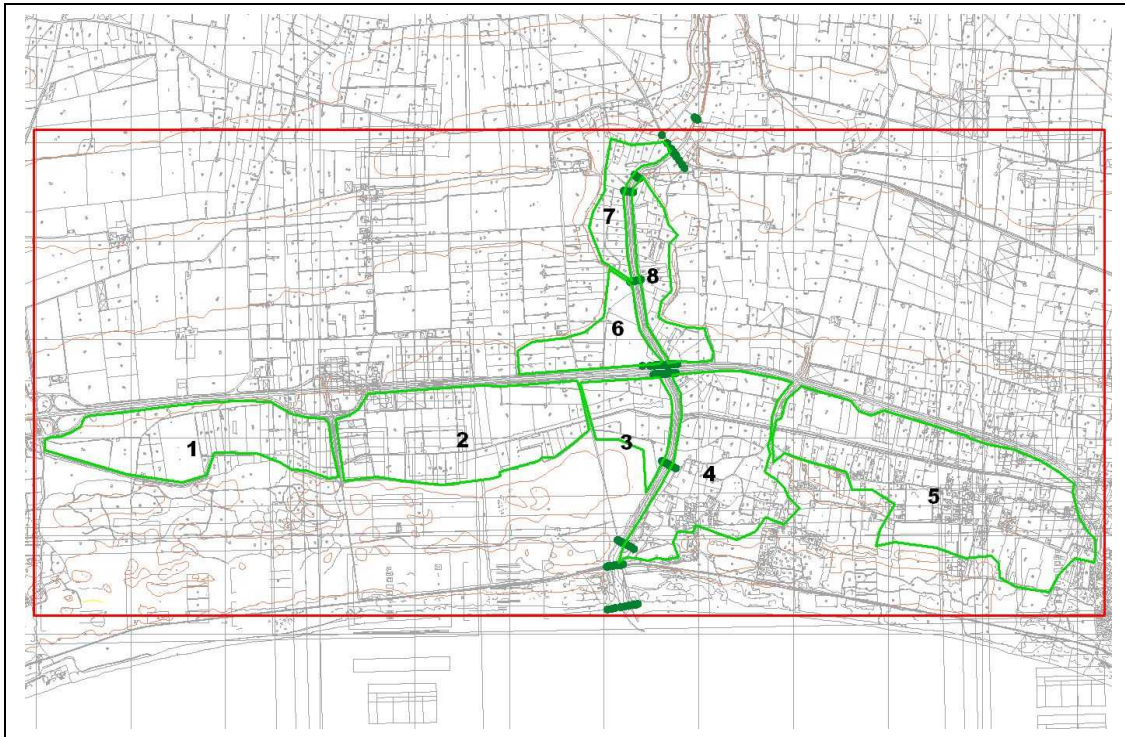


fig. 3.2.b

### 4.3 Inserimento condizioni iniziali/al contorno

Una volta predisposta la geometria del modello idraulico, si è passati quindi all'inserimento delle condizioni iniziali e delle condizioni al contorno attraverso il modulo relativo all'inserimento dei dati di portata, sia in regime di moto permanente che in regime di moto vario.

#### 4.3.1 Moto permanente

Si è proceduto alla modellazione in regime di moto permanente unicamente al fine di determinare le portate smaltibili nei vari tronchi. Le portate inserite sono indicate nella Tab. 3.3.a. Come condizioni al contorno sono state imposte a valle il livello fisso del recapito finale quota 0.00 s.l.m.m ed a monte la pendenza del 0.002%. I risultati relativi sono riportati nella fig. 3.3.a.

Cod. profilo	Portata (mc/s)
PF1	10 mc/s
PF2	20 mc/s
PF3	30 mc/s
PF4	40 mc/s
PF5	50 mc/s
PF6	60 mc/s
PF7	70 mc/s
PF8	80 mc/s
PF9	90 mc/s
PF10	100 mc/s

Tab. 3.3.a

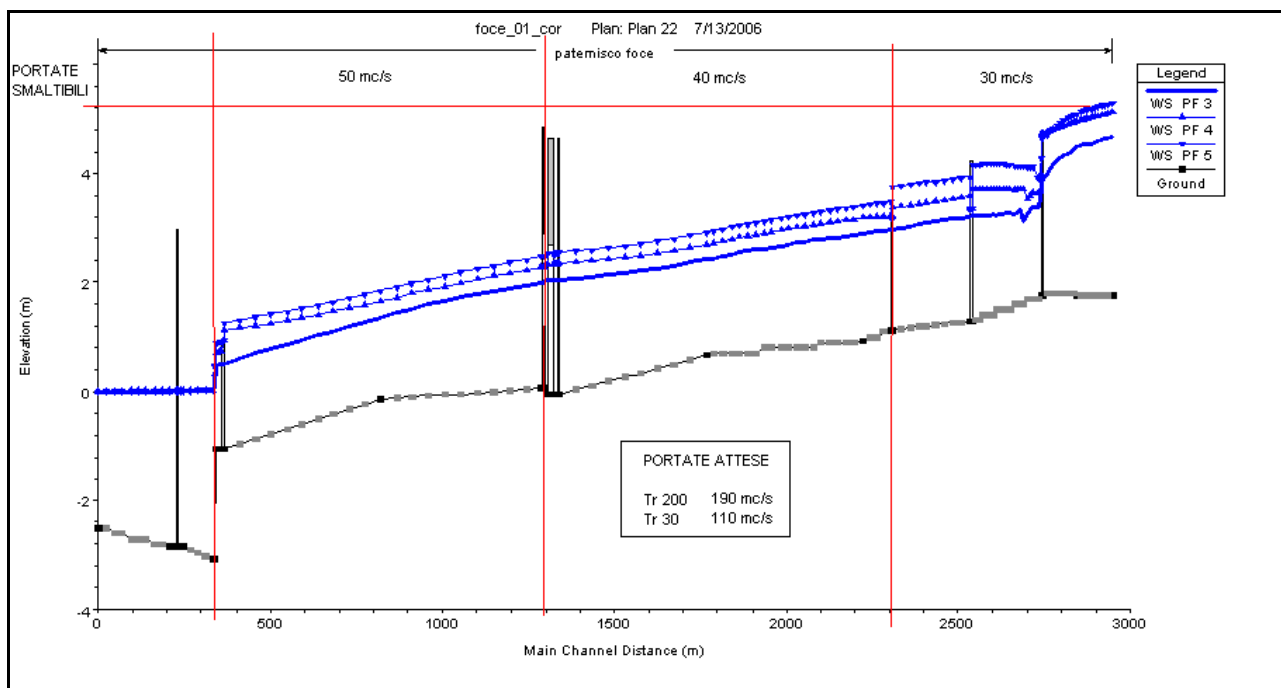


Fig. 3.3.a

#### 4.3.2 Moto vario

Per effettuare le simulazioni in regime di moto vario sono state inserite le condizioni iniziali che corrispondono ad una portata pari a 10 m<sup>3</sup>/s per il reticolo idraulico ed un'altezza iniziale nelle celle d'accumulo prossima alla quota minima.

Come condizioni al contorno è stata utilizzata, a valle, la quota del livello medio mare. A monte invece sono stati inseriti gli idrogrammi calcolati attraverso il modello idrologico relativi a diverse durate di pioggia e tempi di ritorno, vedi par. 2.7.

#### 4.4 Taratura modello

Per la taratura del modello, come già accennato in precedenza, è stato utilizzato l'evento del settembre 2003 che ha permesso, più che una vera e propria taratura, un confronto dei risultati ottenuti per verificarne la bontà. In effetti al termine della simulazione degli eventi di progetto ed in particolare di quello con tempo di ritorno di 200 anni le situazioni di allagamento erano molto simili a quelle che in realtà si sono verificate durante l'evento alluvionale sopra citato.

#### 4.5 Simulazione eventi di progetto

Predisposto tutto il modello idraulico, si è passati alla simulazione degli eventi di progetto con le varie durate di pioggia e differenti tempi di ritorno.

I principali risultati ottenuti sono riportati nelle figure 3.5.a e b (profili massimo del pelo relativamente alla simulazione degli eventi di progetto con durata di 24 ore e tempo di ritorno di 30 e 200 anni. Nelle figure 3.5.c, d, e e f sono invece riportati gli idrogrammi valutati nelle due sezioni estreme, monte sez. 130 e valle sez. 10, sempre relativamente ai sopra citati eventi di progetto.



Analisi del rischio nel bacino del canale Patemisco e dei suoi principali affluenti – I parte

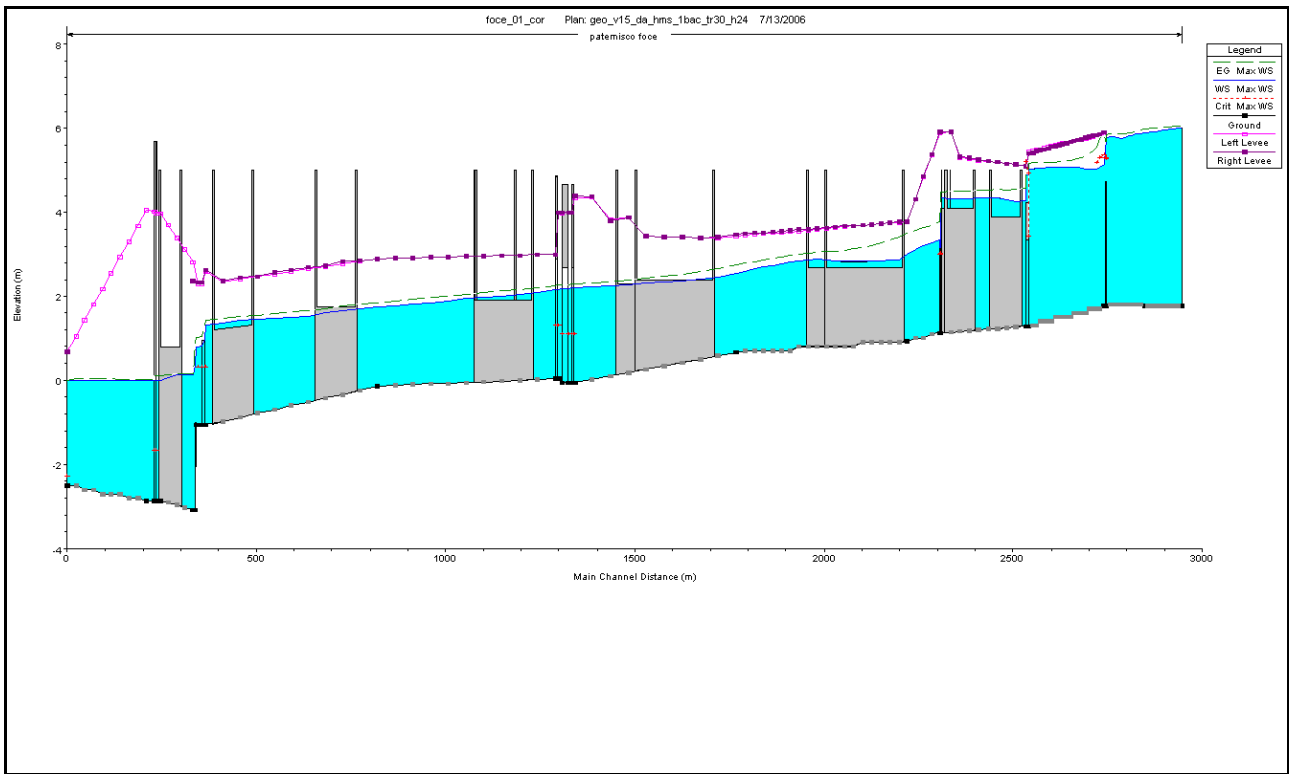


Fig. 3.5.a - Profilo massimo del pelo: evento di progetto con durata di 24 ore e Tr 30 anni

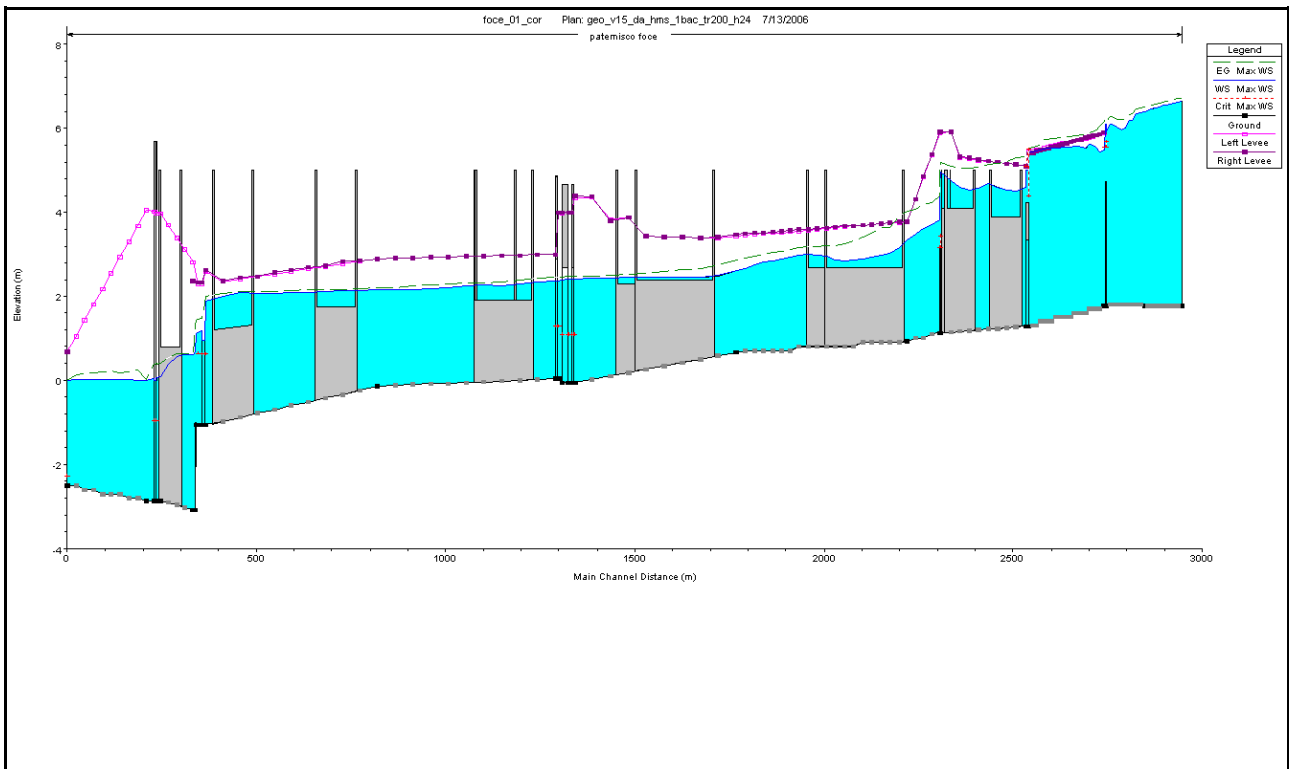


Fig. 3.5.b - Profilo massimo del pelo: evento di progetto con durata di 24 ore e Tr 30 anni

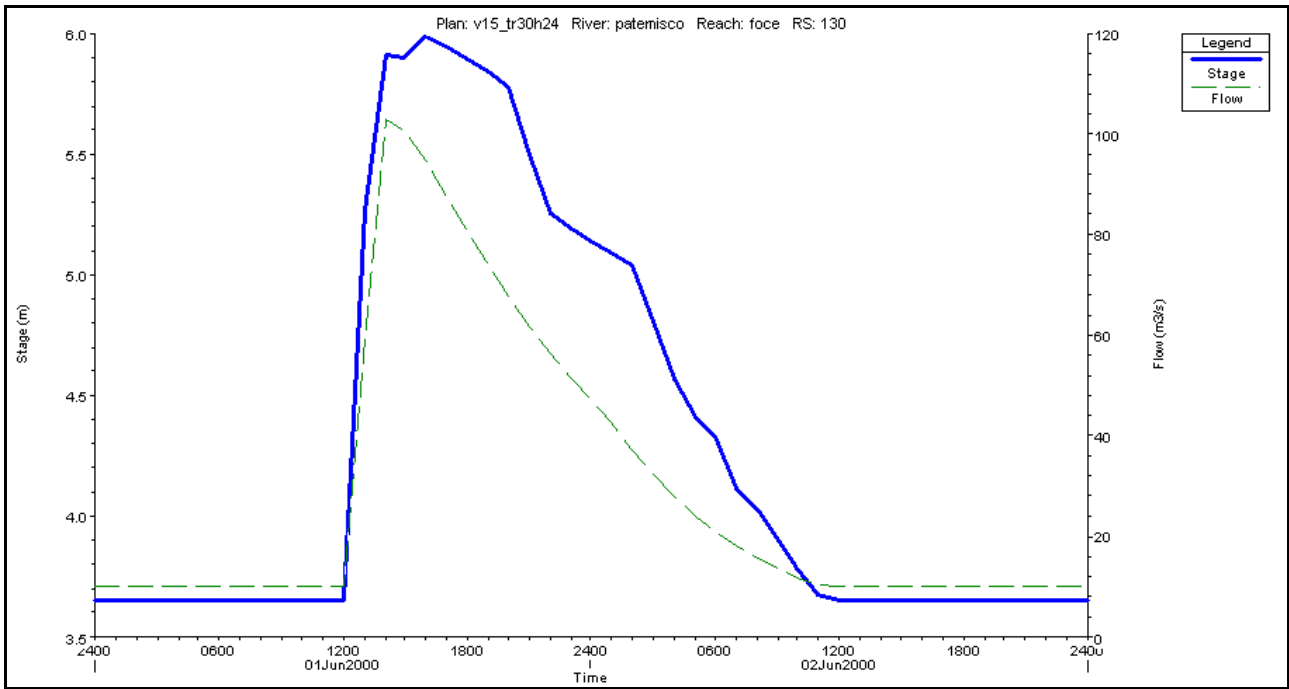


Fig. 3.5.c - Idrogramma sez. 130: evento di progetto con durata di 24 ore e Tr 30 anni

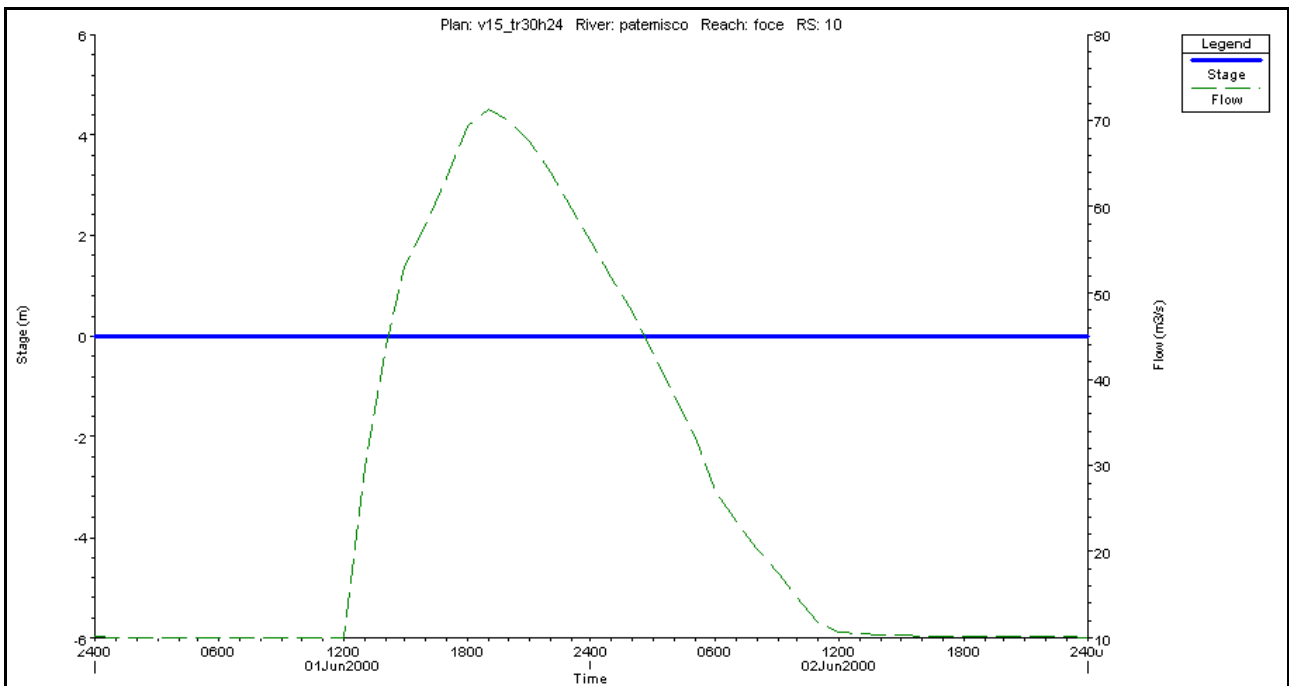


Fig. 3.5.d - Idrogramma sez. 10: evento di progetto con durata di 24 ore e Tr 30 anni

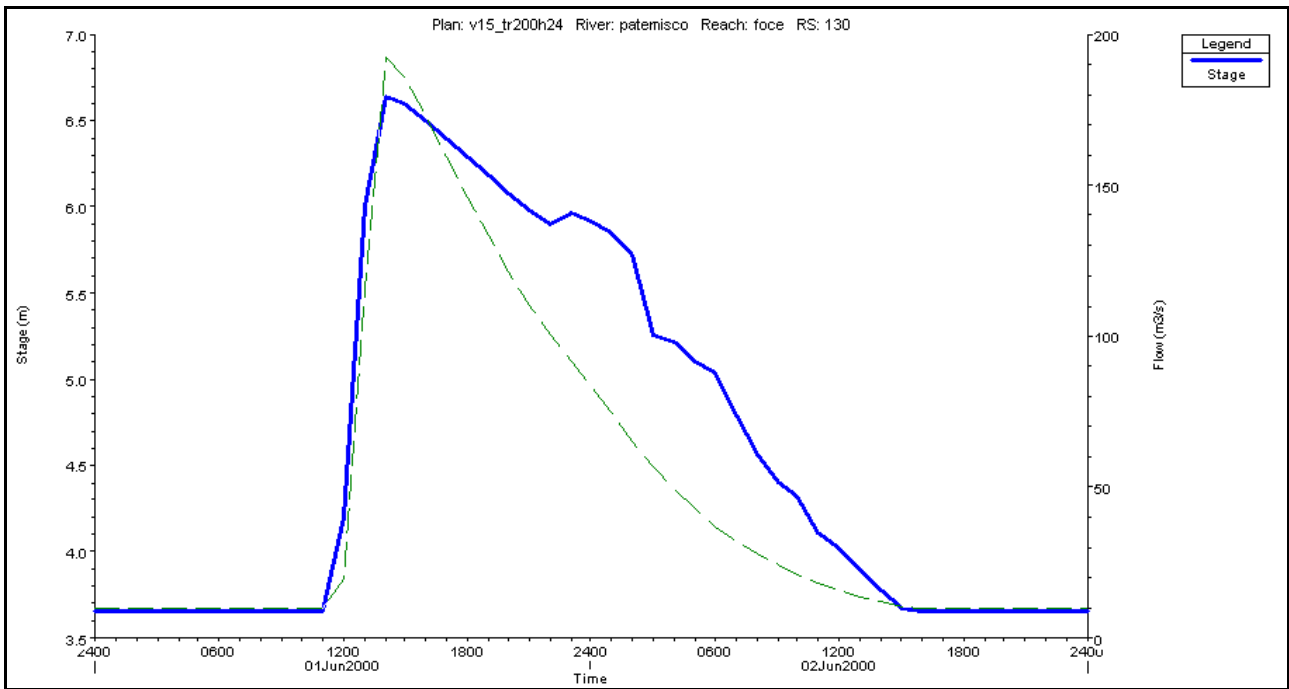


Fig. 3.5.e - Idrogramma sez. 130: evento di progetto con durata di 24 ore e Tr 200 anni

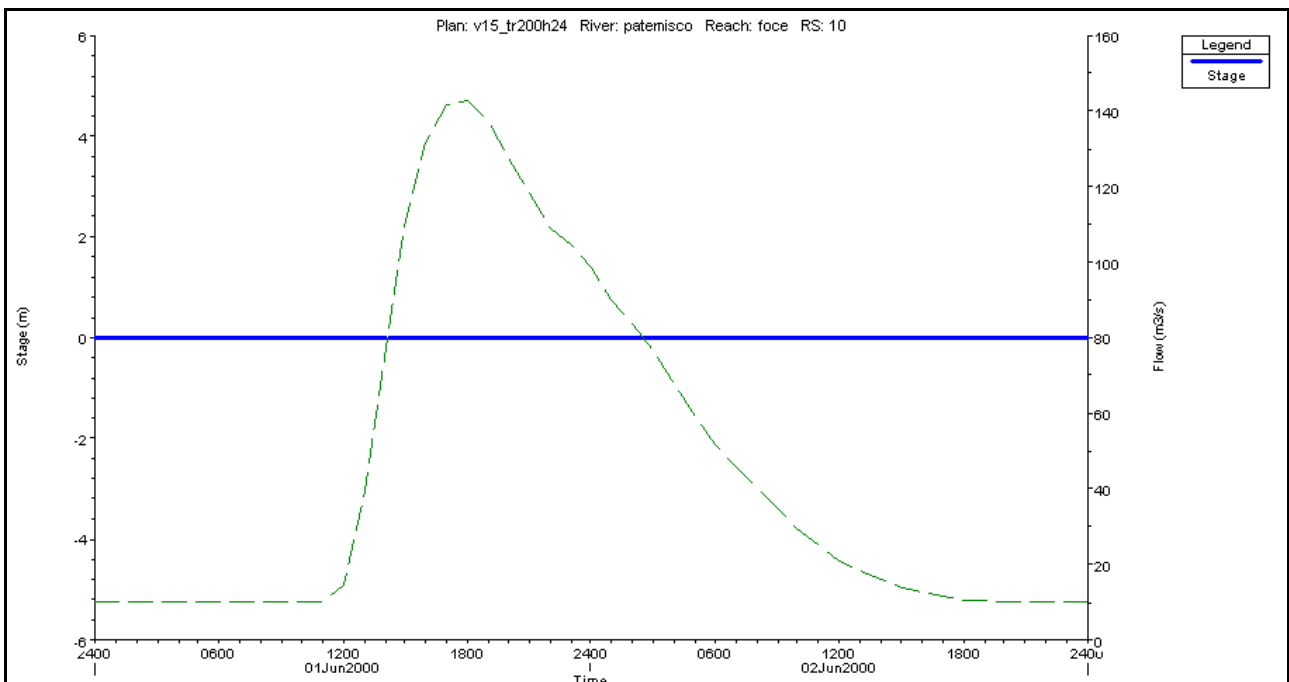


Fig. 3.5.f- Idrogramma sez. 10: evento di progetto con durata di 24 ore e Tr 200 anni

Nell'allegato A si riportano idrogrammi relativi ad altre sezioni di interesse lungo il canale Patemisco

#### 4.6 Perimetrazione aree a pericolosità idraulica

A seguito delle fuoriuscite d'acqua dal reticolo idrografico verso le celle d'accumulo si verificano allagamenti nelle piane alluvionali attraversate dal canale più ridotti per gli eventi di progetto con tempo di ritorno di 30 anni e più estesi con  $Tr = 200$  anni.

Attraverso l'elaborazione dei risultati ottenuti dal modello idraulico nel sistema informativo territoriale si è quindi proceduto alla perimetrazione delle aree allagabili. La fig. 3.6.a mostra l'inviluppo delle aree allagate a seguito degli eventi di progetto con  $Tr = 30$  anni (in giallo) di quelli relativi a  $Tr = 200$  anni (in blu). Le fig. 3.6.b e 3.6.c mostrano invece i battenti massimi registrati a seguito degli eventi più importanti.

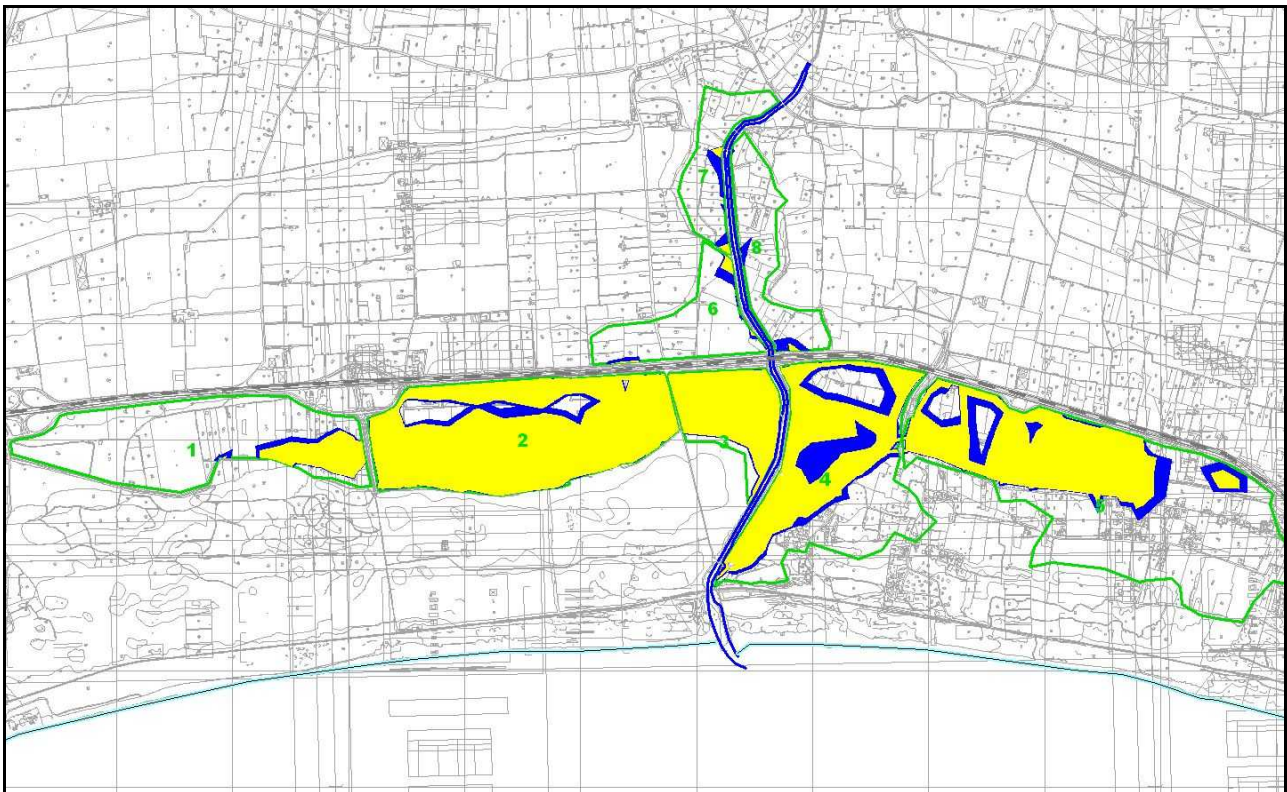


Fig. 3.6.a

Il dettaglio dei risultati ottenuti a seguito della simulazione di due eventi di progetto sopra indicati sono riportati, in forma tabellare in allegato A.

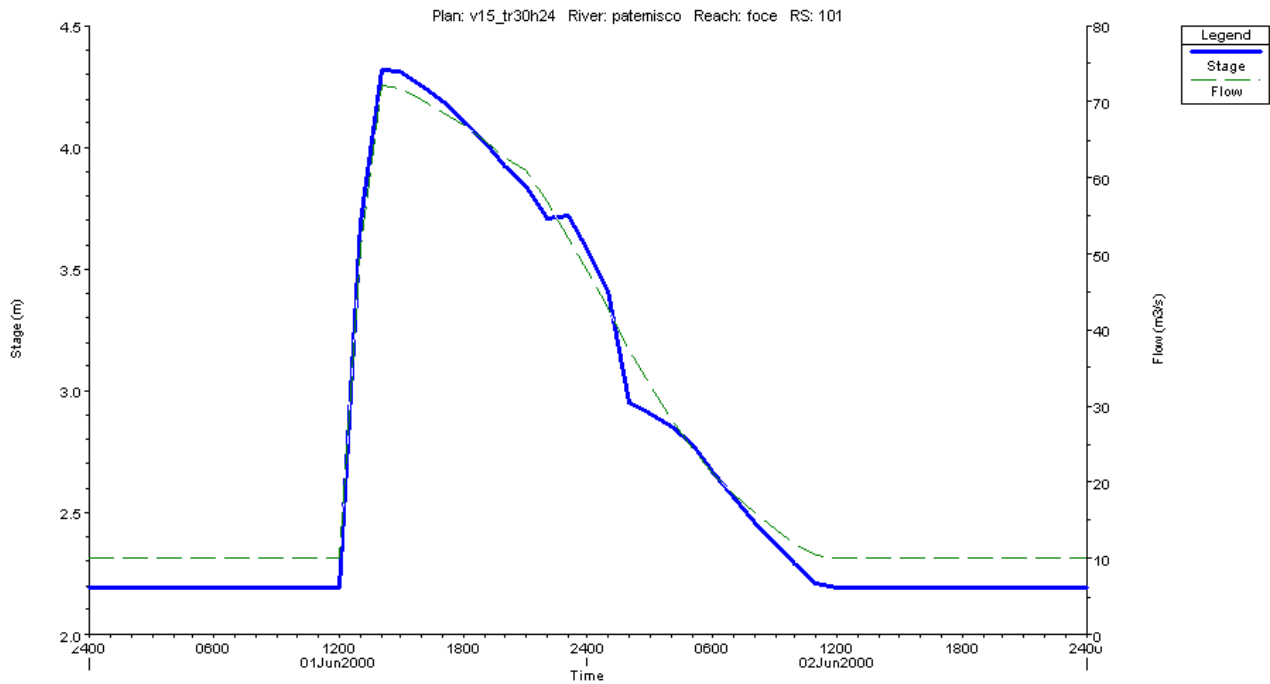


Fig. 3.6.b – Battenti idrici (Tr 30 – h 24)

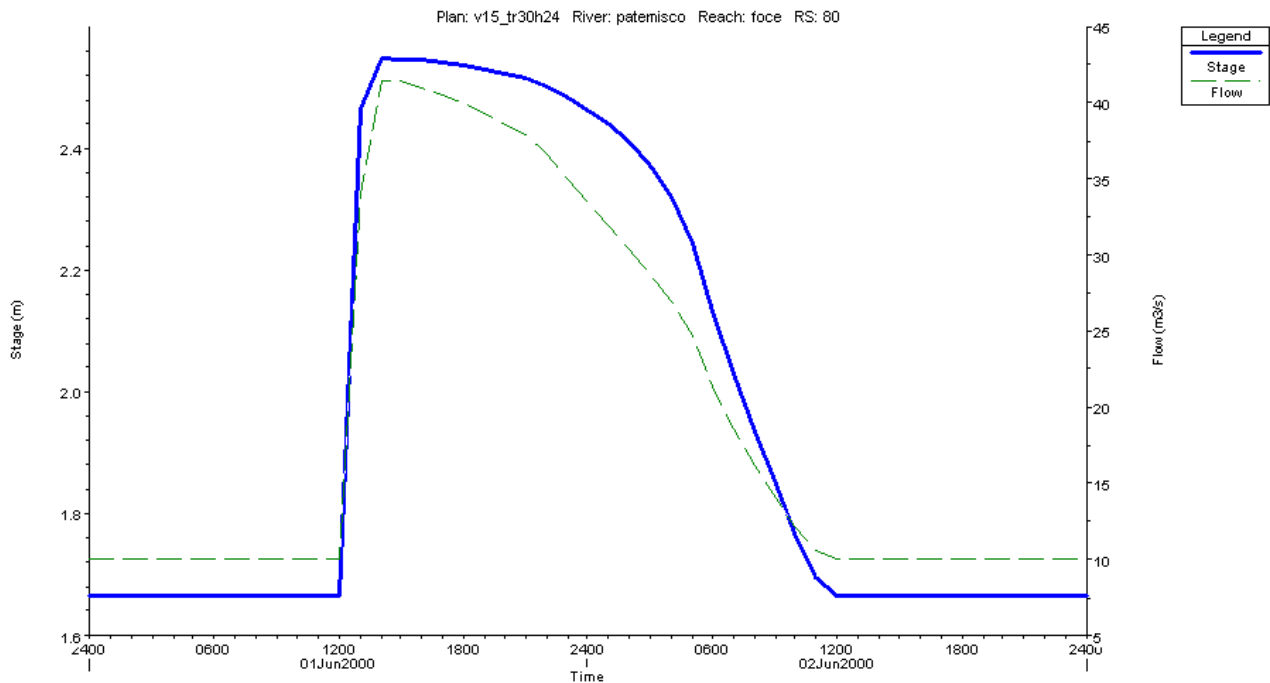


Fig.3.6.c - - Battenti idrici (Tr 200 – h 24)

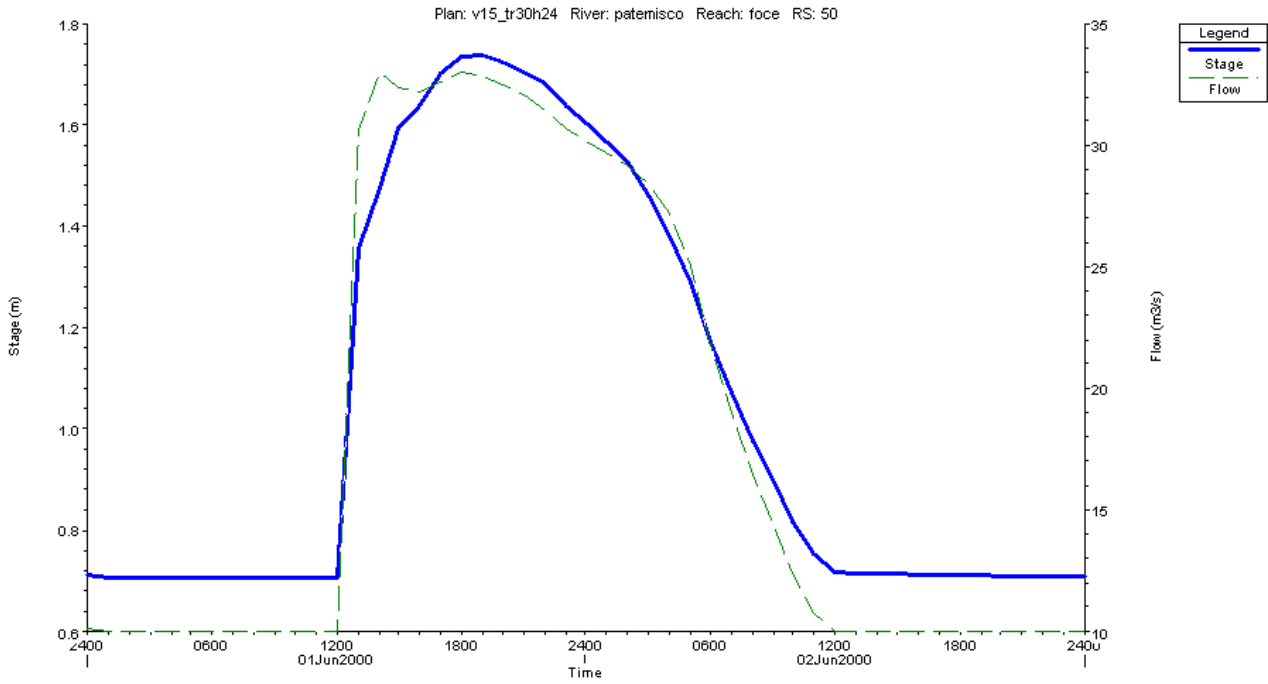
## Allegato A



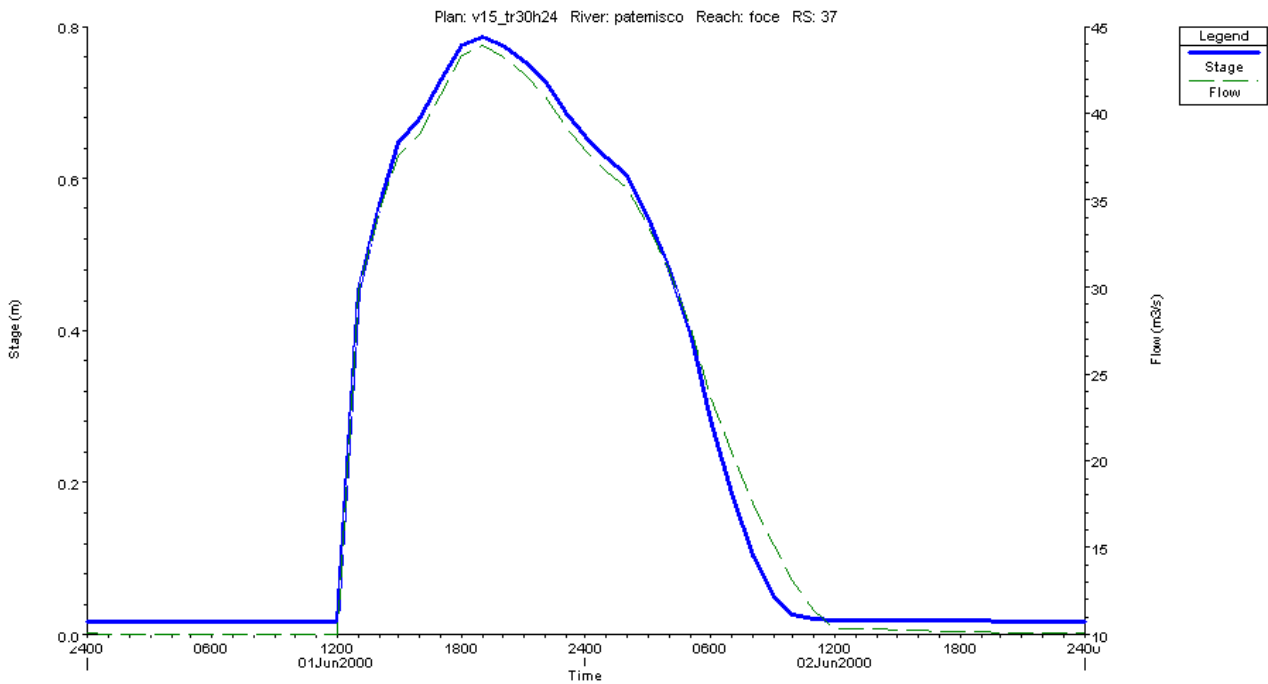
*Idrogramma sez. 101: evento di progetto con durata di 24 ore e Tr 30 anni*



*Idrogramma sez. 80: evento di progetto con durata di 24 ore e Tr 30 anni*

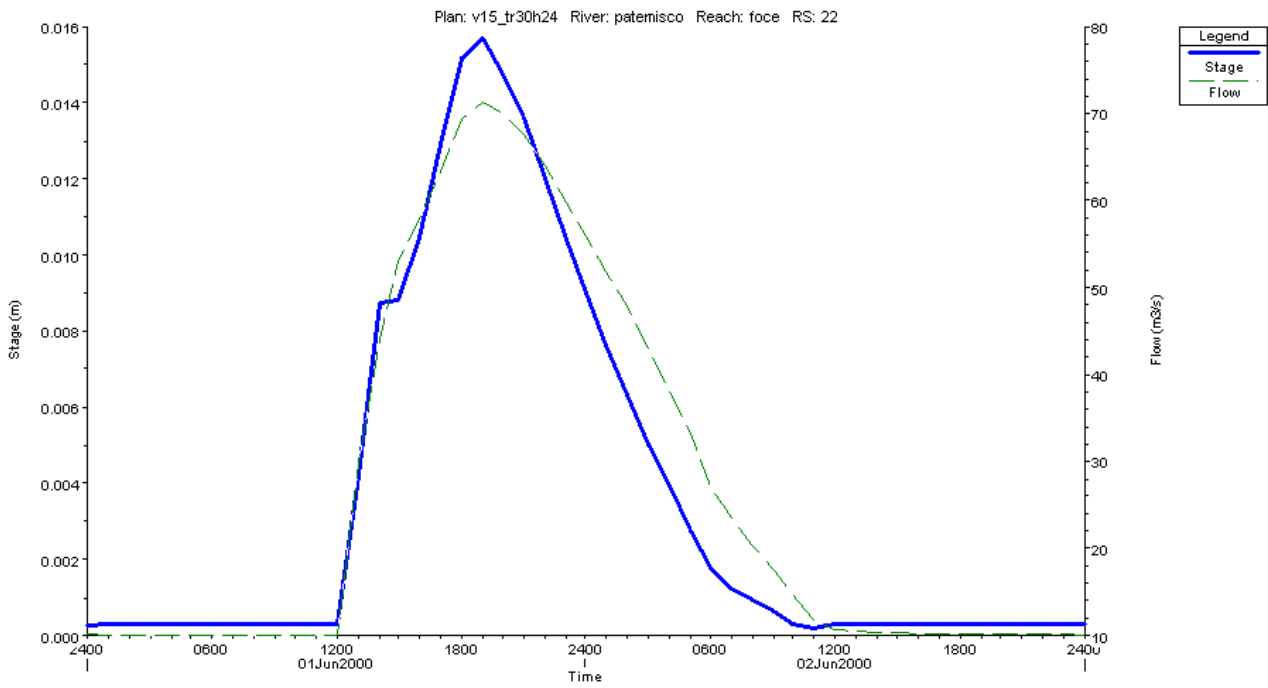


*Idrogramma sez. 50: evento di progetto con durata di 24 ore e Tr 30 anni*

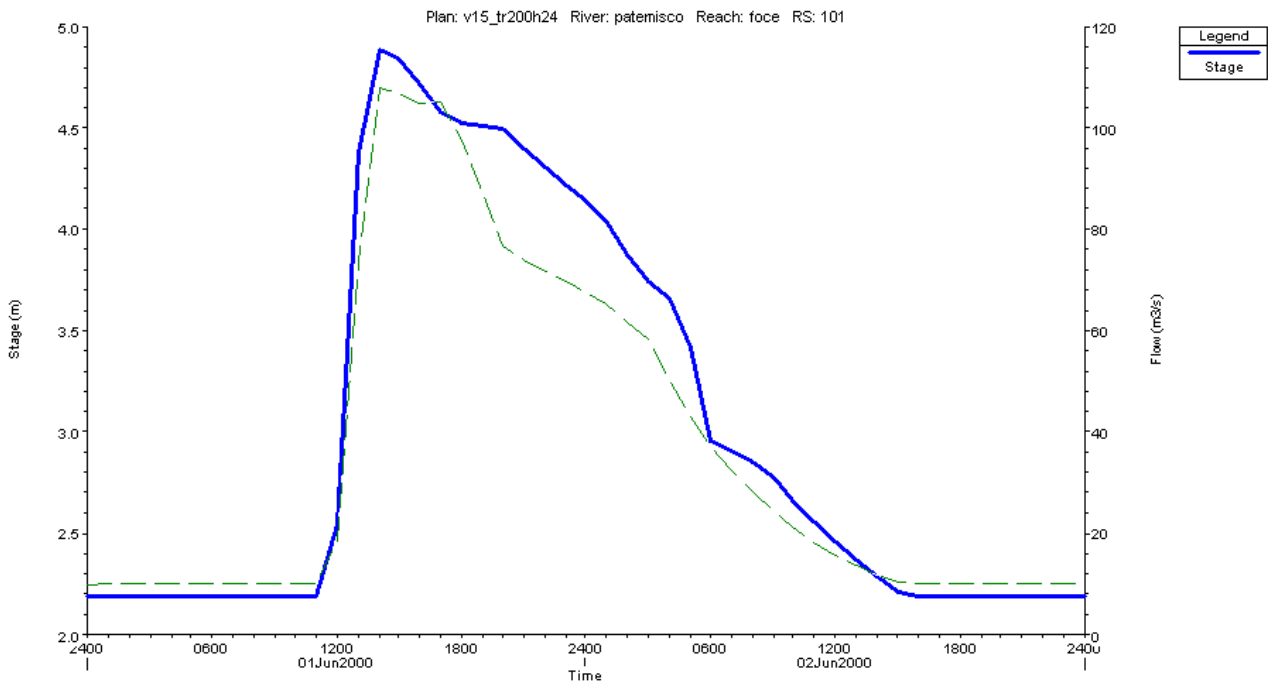


*Idrogramma sez. 37: evento di progetto con durata di 24 ore e Tr 30 anni*

Analisi del rischio nel bacino del canale Patemisco e dei suoi principali affluenti – I parte



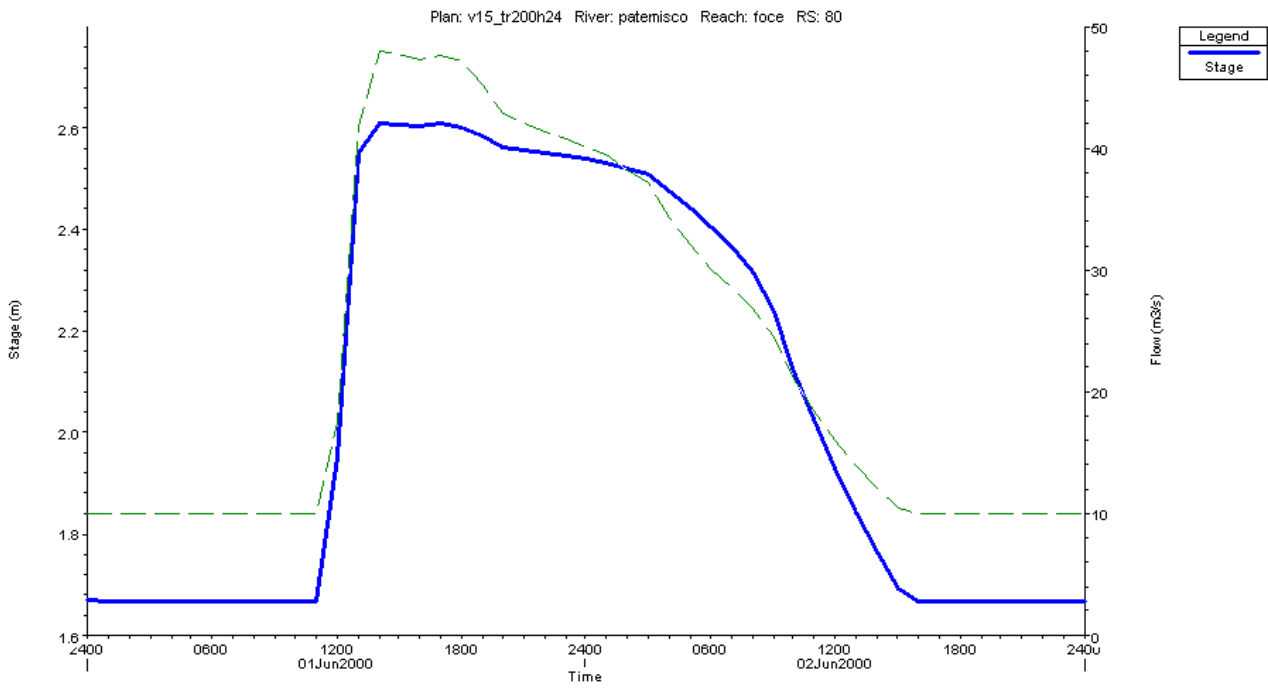
*Idrogramma sez. 22: evento di progetto con durata di 24 ore e Tr 30 anni*



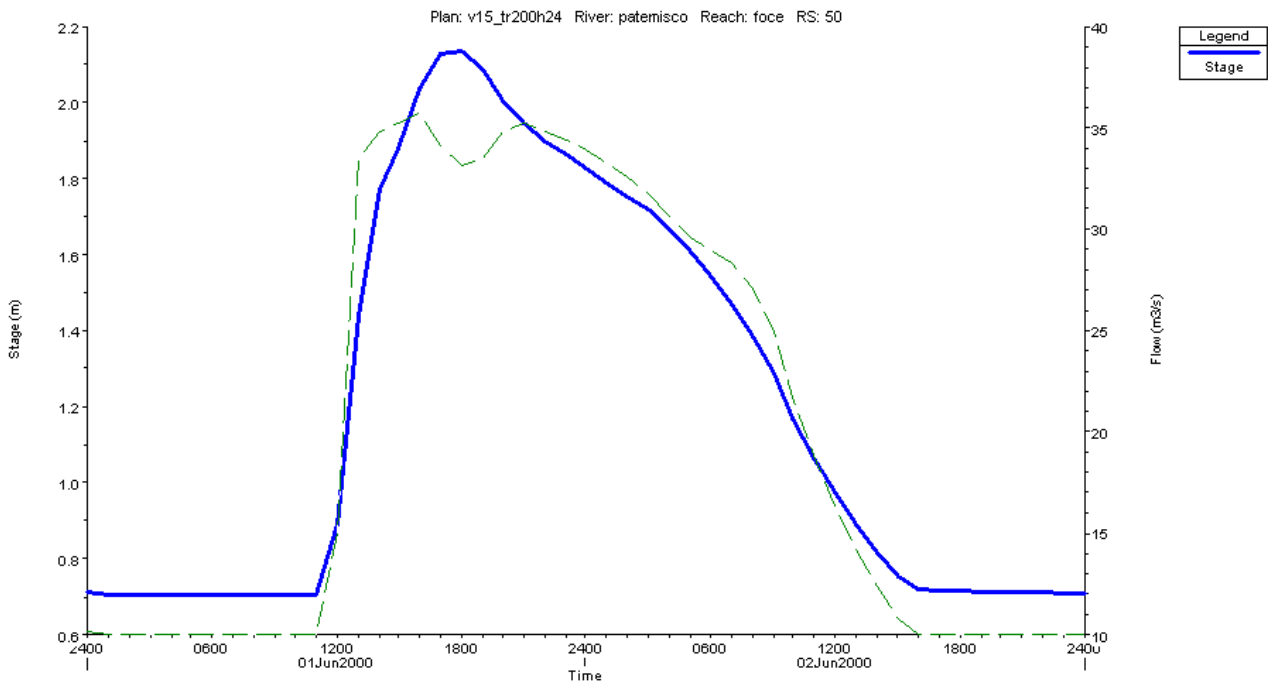
*Idrogramma sez. 101: evento di progetto con durata di 24 ore e Tr 200 anni*



Analisi del rischio nel bacino del canale Patemisco e dei suoi principali affluenti – I parte

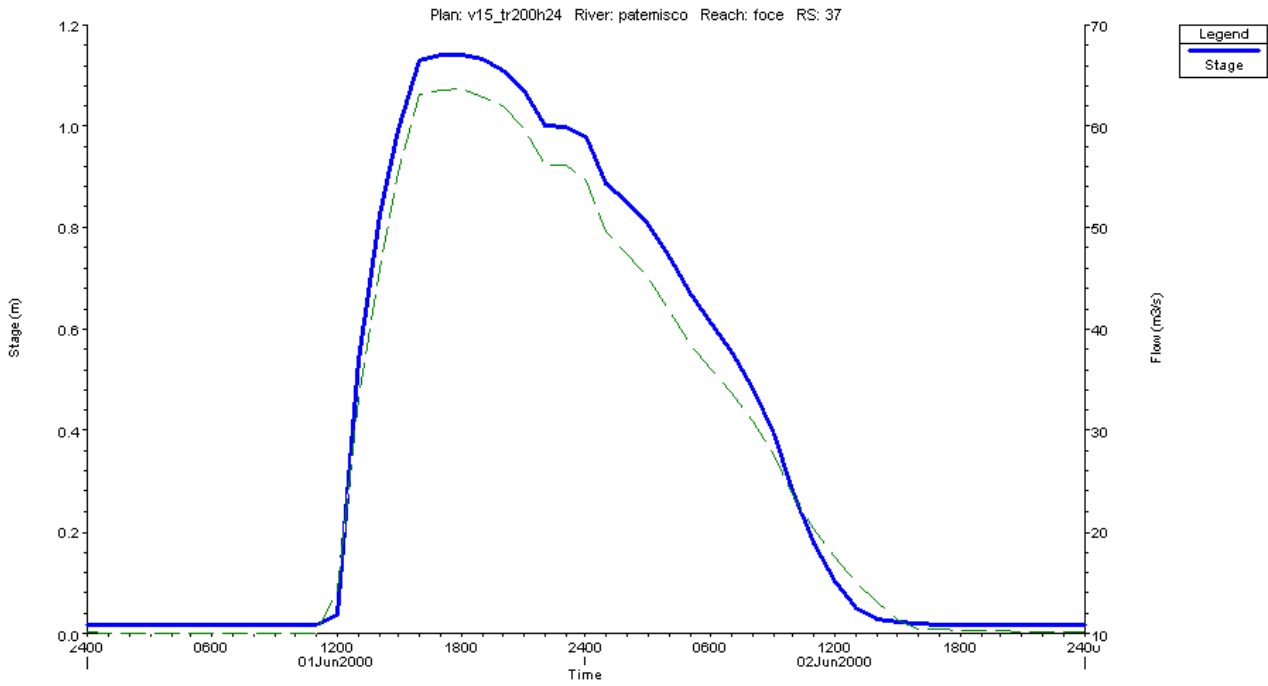


*Idrogramma sez. 80: evento di progetto con durata di 24 ore e Tr 200 anni*

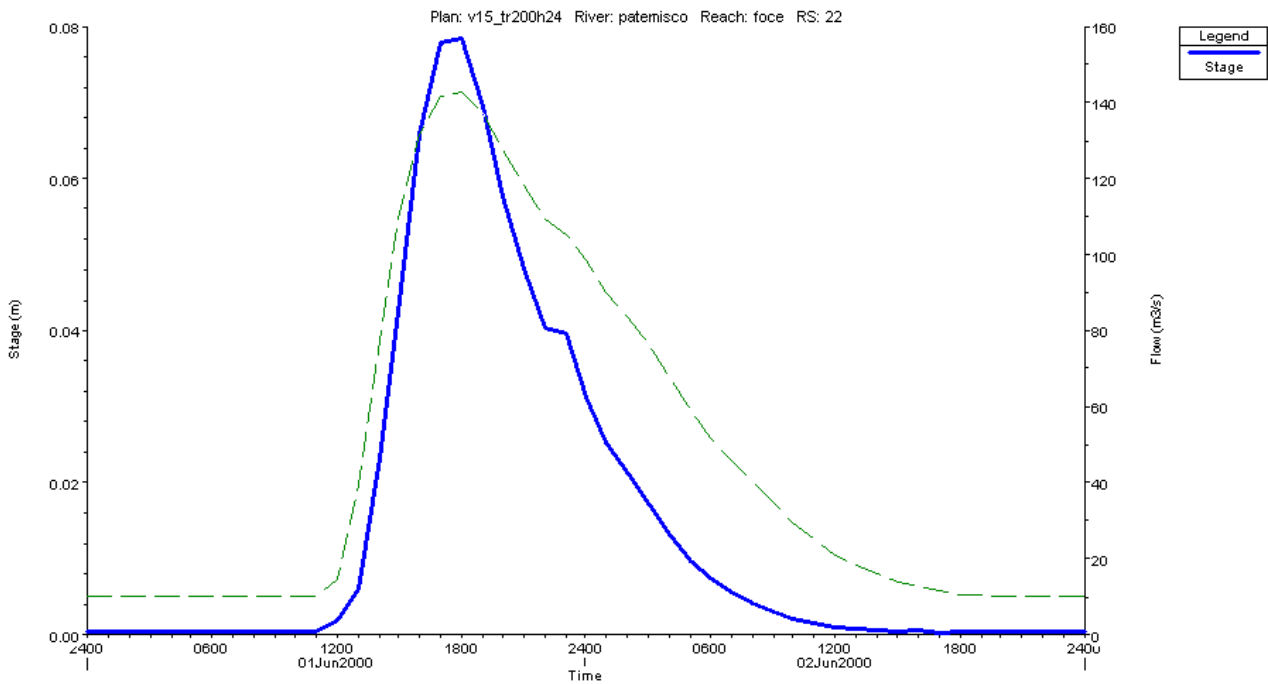


*Idrogramma sez. 50: evento di progetto con durata di 24 ore e Tr 200 anni*

Analisi del rischio nel bacino del canale Patemisco e dei suoi principali affluenti – I parte



*Idrogramma sez. 37: evento di progetto con durata di 24 ore e Tr 200 anni*



*Idrogramma sez. 22: evento di progetto con durata di 24 ore e Tr 200 anni*

Analisi del rischio nel bacino del canale Patemisco e dei suoi principali affluenti – I parte

SEZIONI												
HEC-RAS Plan: v15_tr30h24 River: patemisco Reach: foce Profile: Max WS												
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude #
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	Chl
foce	130	Max WS	97.27	1.76	6.00		6.07	0.00	1.47	126.21	118.75	0.27
foce	125	Max WS	96.87	1.76	5.89		5.97	0.00	1.66	112.46	118.75	0.32
foce	121	Max WS	95.06	1.76	5.75	5.28	5.83	0.00	1.68	99.15	88.75	0.33
foce	120	Bridge										
foce	119	Max WS	112.59	1.76	5.14	5.37	5.84	0.01	4.07	45.10	88.75	0.91
foce	111	Max WS	103.50	1.29	5.04	3.44	5.16	0.00	1.65	75.80	38.15	0.30
foce	110	Bridge										
foce	109	Max WS	103.28	1.29	4.28		4.58	0.00	2.44	46.88	38.44	0.51
foce	108.5	Lat Struct										
foce	104.5	Lat Struct										
foce	101.5	Lat Struct										
foce	101	Max WS	72.30	1.13	4.33	3.03	4.48	0.00	1.74	41.66	17.44	0.36
foce	100	Bridge										
foce	99	Max WS	72.30	1.13	3.35		3.77	0.00	2.86	25.29	16.06	0.73
foce	90	Max WS	72.24	0.93	3.01		3.48	0.00	3.05	23.72	15.54	0.79
foce	87.5	Lat Struct										
foce	87.4	Lat Struct										
foce	80	Max WS	41.60	0.66	2.55		2.75	0.00	1.97	21.09	15.61	0.54
foce	78.5	Lat Struct										
foce	78.4	Lat Struct										
foce	71	Max WS	35.41	-0.05	2.20	1.11	2.29	0.00	1.27	27.82	15.93	0.31
foce	70	Bridge										
foce	69	Max WS	35.41	-0.05	2.20		2.28	0.00	1.26	28.31	16.78	0.31
foce	66	Max WS	35.40	-0.05	2.19	1.11	2.28	0.00	1.27	27.90	16.21	0.31
foce	65	Bridge										
foce	64	Max WS	35.40	-0.05	2.18		2.27	0.00	1.28	27.71	16.21	0.31
foce	61	Max WS	35.37	0.05	2.15	1.30	2.26	0.00	1.48	23.90	16.11	0.39
foce	60	Bridge										
foce	59	Max WS	35.37	0.05	2.14		2.25	0.00	1.49	23.76	15.90	0.39
foce	57.5	Lat Struct										
foce	56.5	Lat Struct										
foce	50	Max WS	32.97	-0.14	1.74		1.84	0.00	1.42	24.20	19.84	0.38
foce	48.5	Lat Struct										
foce	48.4	Lat Struct										
foce	43.5	Lat Struct										
foce	41	Max WS	43.93	-1.06	1.32	0.33	1.43	0.00	1.53	30.26	21.73	0.36
foce	40	Bridge										
foce	39	Max WS	43.93	-1.06	0.82		1.05	0.00	2.13	20.65	14.77	0.57
foce	37	Max WS	43.92	-1.06	0.79	0.33	1.03	0.00	2.18	20.18	14.69	0.59
foce	35	Inl Struct										
foce	30	Max WS	43.92	-3.07	0.14		0.17	0.00	0.73	59.89	19.12	0.13
foce	27.5	Lat Struct										
foce	22	Max WS	71.33	-2.85	0.02		0.10	0.00	1.30	56.91	33.61	0.27
foce	21	Max WS	71.23	-2.85	0.01	-1.66	0.10	0.00	1.30	56.74	33.52	0.27
foce	20	Bridge										
foce	19	Max WS	34.18	-2.85	0.01		0.03	0.00	0.63	56.68	33.48	0.13
foce	18	Max WS	34.16	-2.85	0.01		0.03	0.00	0.63	56.59	33.43	0.13
foce	10	Max WS	10.10	-2.50	0.00	-2.28	0.00	0.00	0.11	87.93	37.38	0.02

Analisi del rischio nel bacino del canale Patemisco e dei suoi principali affluenti – I parte

CELLE D'ACCUMULO								
HEC-RAS Plan: v15_tr30h24 Profile: Max WS								
Storage Area	Profile	W.S. Elev (m)	SA Min El (m)	Net Flux (m3/s)	SA Area (1000 m2)	SA Volume (1000 m3)	SA Volume (1000 m3)	
cassa_1	Max WS	1	2.06	0.00	-0.09	104.96	27.76	735.01
cassa_2	Max WS	2	2.06	0.00	-2.62	530.22	343.36	634.02
cassa_3	Max WS	3	2.06	0.00	-54.41	148.40	112.34	359.26
Cassa_4	Max WS	4	1.43	0.00	-27.09	235.25	113.21	1.43
cassa_5	Max WS	5	1.33	0.00	3.67	324.75	141.82	10.13
cassa_6	Max WS	6	2.1	0.00	-6.15	27.02	2.89	81.83
cassa_7	Max WS	7	2.43	0.00	82.78	11.00	4.78	103.86
cassa_8	Max WS	8	1.44	0.00	34.56	2.76	1.24	571.09

PONTI										
HEC-RAS Plan: v15_tr30h24 River: patemisco Reach: foce Profile: Max WS										
Reach	River Sta	Profile	E.G. US. (m)	Min El Prs (m)	BR Open Area (m2)	Prs O WS (m)	Q Total (m3/s)	Min El Weir Flow (m)	Q Weir (m3/s)	Delta EG (m)
foce	120	Max WS	5.83	4.50	15.38		95.06	4.74		-0.13
foce	110	Max WS	5.16	3.34	24.87		103.50	4.62	26.78	0.46
foce	100	Max WS	4.48	3.18	22.49	3.96	72.30	4.28		0.41
foce	70	Max WS	2.29	2.70	35.73		35.41	4.65		0.01
foce	65	Max WS	2.28	2.70	36.09		35.40	4.65		0.01
foce	60	Max WS	2.26	2.90	36.29		35.37	4.85		0.01
foce	40	Max WS	1.43	0.94	22.47	1.17	43.93	2.33		0.26
foce	20	Max WS	0.10	4.01	153.80		71.23	5.68		0.07

SFIORATORI LATERALI														
HEC-RAS Plan: v15_tr30h24 River: patemisco Reach: foce Profile: Max WS														
Reach	River Sta	Profile	Q US (m3/s)	Q Leaving Total (m3/s)	Q DS (m3/s)	Q Weir (m3/s)	Wr Top Width (m)	Weir Max Depth (m)	Weir Avg Depth (m)	Min El Weir Flow (m)	E.G. US. (m)	W.S. US. (m)	E.G. DS (m)	W.S. DS (m)
foce	108.5	Max WS	103.28	20.98	82.29	20.98	75	0.45	0.4	3.9	4.56	4.27	4.54	4.35
foce	104.5	Max WS	82.29	7.66	72.3	7.66	70	0.22	0.21	4.1	4.51	4.32	4.48	4.32
foce	101.5	Max WS	75.84	2.33	72.3	2.33	20	0.23	0.22	4.1	4.49	4.32	4.48	4.33
foce	87.5	Max WS	72.24	13.26	43.8	13.26	200	0.23	0.15	2.7	3.46	2.95	3.06	2.88
foce	87.4	Max WS	72.24	17.51	41.6	17.51	250	0.23	0.16	2.7	3.46	2.95	3.02	2.87
foce	78.5	Max WS	41.6	0.16	35.45	0.16	48.83	0.04	0.02	2.4	2.65	2.44	2.4	2.29
foce	78.4	Max WS	41.6	4.29	35.43	4.29	189.55	0.14	0.07	2.3	2.65	2.44	2.36	2.26
foce	57.5	Max WS	35.35	-7.32	32.98	-7.32	150	0.18	0.16	1.9	2.2	2.08	2.07	1.96
foce	56.5	Max WS	34.57	10.23	32.98	10.23	100	0.24	0.2	1.8	2.16	2.05	2.07	1.96
foce	48.5	Max WS	32.97	-19.35	39.03	-19.35	100	0.31	0.31	1.75	1.8	1.7	1.68	1.56
foce	48.4	Max WS	32.97	13.35	39.03	13.35	100	0.3	0.24	1.4	1.8	1.7	1.68	1.56
foce	43.5	Max WS	38.95	-4.94	43.93	-4.94	100	0.23	0.18	1.2	1.54	1.44	1.45	1.34
foce	27.5	Max WS	43.92	-27.51	71.23	-27.51	50	0.63	0.63	0.8	0.16	0.13	0.1	0.01

Analisi del rischio nel bacino del canale Patemisco e dei suoi principali affluenti – I parte

SEZIONI												
HEC-RAS Plan: v15_tr200h24 River: patemisco Reach: foce Profile: Max WS												
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
foce	130	Max WS	192.66	1.76	6.65		6.72	0.00	1.70	202.29	118.75	0.29
foce	125	Max WS	192.65	1.76	6.39		6.50	0.00	2.05	172.47	118.75	0.36
foce	121	Max WS	192.65	1.76	5.91	5.67	6.16	0.00	2.94	113.62	88.75	0.56
foce	120	Bridge										
foce	119	Max WS	192.58	1.76	5.48		6.16	0.01	4.49	75.78	88.75	0.92
foce	111	Max WS	182.55	1.29	5.43	4.39	5.54	0.00	1.79	171.29	122.89	0.31
foce	110	Bridge										
foce	109	Max WS	196.26	1.29	4.60		5.32	0.00	3.88	59.30	38.44	0.76
foce	108.5	Lat Struct										
foce	104.5	Lat Struct										
foce	101.5	Lat Struct										
foce	101	Max WS	107.32	1.13	4.96	3.44	5.17	0.00	2.04	52.60	17.44	0.37
foce	100	Bridge										
foce	99	Max WS	110.80	1.13	3.81		4.39	0.00	3.39	32.72	16.71	0.77
foce	90	Max WS	106.48	0.93	3.33		4.03	0.00	3.71	28.70	15.54	0.87
foce	87.5	Lat Struct										
foce	87.4	Lat Struct										
foce	80	Max WS	48.54	0.66	2.62		2.86	0.00	2.19	22.15	15.61	0.59
foce	78.5	Lat Struct										
foce	78.4	Lat Struct										
foce	71	Max WS	34.09	-0.05	2.41	1.09	2.47	0.00	1.09	31.14	15.93	0.25
foce	70	Bridge										
foce	69	Max WS	34.09	-0.05	2.41		2.47	0.00	1.08	31.83	16.78	0.25
foce	66	Max WS	34.09	-0.05	2.41	1.09	2.47	0.00	1.09	31.33	16.21	0.25
foce	65	Bridge										
foce	64	Max WS	34.09	-0.05	2.40		2.46	0.00	1.09	31.21	16.21	0.25
foce	61	Max WS	34.09	0.05	2.38	1.28	2.46	0.00	1.23	27.70	16.56	0.30
foce	60	Bridge										
foce	59	Max WS	34.09	0.05	2.37		2.45	0.00	1.23	27.61	16.52	0.30
foce	57.5	Lat Struct										
foce	56.5	Lat Struct										
foce	50	Max WS	33.33	-0.14	2.14		2.20	0.00	1.10	32.54	21.16	0.26
foce	48.5	Lat Struct										
foce	48.4	Lat Struct										
foce	43.5	Lat Struct										
foce	41	Max WS	63.22	-1.06	1.88	0.63	2.01	0.00	1.61	43.17	23.29	0.33
foce	40	Bridge										
foce	39	Max WS	64.13	-1.06	1.18		1.48	0.00	2.42	27.35	20.83	0.60
foce	37	Max WS	63.99	-1.06	1.15	0.64	1.46	0.00	2.48	26.58	20.62	0.62
foce	35	Inl Struct										
foce	30	Max WS	63.95	-3.07	0.61		0.65	0.00	0.93	68.96	20.41	0.16
foce	27.5	Lat Struct										
foce	22	Max WS	143.57	-2.85	0.08		0.41	0.00	2.54	59.14	34.80	0.53
foce	21	Max WS	143.35	-2.85	0.06	-0.96	0.39	0.00	2.57	58.33	34.38	0.54
foce	20	Bridge										
foce	19	Max WS	143.35	-2.85	0.04		0.38	0.00	2.59	57.71	34.04	0.54
foce	18	Max WS	34.82	-2.85	0.01		0.03	0.00	0.64	56.66	33.47	0.13
foce	10	Max WS	10.06	-2.50	0.00	-2.29	0.00	0.00	0.11	87.93	37.38	0.02

Analisi del rischio nel bacino del canale Patemisco e dei suoi principali affluenti – I parte

CELLE D'ACCUMULO								
HEC-RAS Plan: v15_tr200h24 Profile: Max WS								
Storage Area	Profile	W.S. Elev	SA Min El	Net Flux	SA Area	SA Volume	SA Volume	
		(m)	(m)	(m3/s)	(1000 m2)	(1000 m3)	(1000 m3)	
cassa_1	Max WS	1	2.32	0.00	-0.17	104.96	54.60	1776.59
cassa_2	Max WS	2	2.32	0.00	0.17	530.22	479.76	2106.76
cassa_3	Max WS	3	2.32	0.00	-167.31	148.40	150.56	419.14
Cassa_4	Max WS	8	2.07	0.00	-61.98	347.17	271.33	2.04
cassa_5	Max WS	4	1.74	0.00	7.92	324.75	272.08	20.25
cassa_6	Max WS	5	2.45	0.00	0.33	27.02	12.34	393.40
cassa_7	Max WS	6	2.75	0.00	199.44	11.00	8.26	127.03
cassa_8	Max WS	7	2.1	0.00	91.67	32.49	6.07	2878.34

PONTI										
HEC-RAS Plan: v15_tr200h24 River: patemisco Reach: foce Profile: Max WS										
Reach	River Sta	Profile	E.G. US.	Min El Prs	BR Open Area	Prs O WS	Q Total	Min El Weir Flow	Q Weir	Delta EG
			(m)	(m)	(m2)	(m)	(m3/s)	(m)	(m3/s)	(m)
foce	120	Max WS	6.16	4.50	15.38		192.65	4.74		0.09
foce	110	Max WS	5.54	3.34	24.87		182.55	4.62	71.40	0.08
foce	100	Max WS	5.17	3.18	22.49		107.32	4.28	18.49	0.66
foce	70	Max WS	2.47	2.70	35.73		34.09	4.65		0.00
foce	65	Max WS	2.47	2.70	36.09		34.09	4.65		0.01
foce	60	Max WS	2.46	2.90	36.29		34.09	4.85		0.00
foce	40	Max WS	2.01	0.94	22.47	1.65	63.22	2.33		0.33
foce	20	Max WS	0.39	4.01	153.80		143.35	5.68		0.04

SFIORATORI LATERALI														
HEC-RAS Plan: v15_tr200h24 River: patemisco Reach: foce Profile: Max WS														
Reach	River Sta	Profile	Q US	Q Leaving Total	Q DS	Q Weir	Wr Top Width	Weir Max Depth	Weir Avg Depth	Min El Weir Flow	E.G. US.	W.S. US.	E.G. DS	W.S. DS
			(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
foce	108.5	Max WS	196.26	43.61	152.32	43.61	75	0.75	0.65	3.9	5.31	4.56	5.14	4.66
foce	104.5	Max WS	151.24	30.53	107.32	30.53	70	0.74	0.53	4.1	5.07	4.55	5.14	4.88
foce	101.5	Max WS	128.63	14.39	107.32	14.39	20	0.83	0.75	4.1	5.1	4.75	5.16	4.94
foce	87.5	Max WS	106.48	28.94	53.09	28.94	200	0.53	0.25	2.7	3.98	3.27	3.21	2.95
foce	87.4	Max WS	106.48	37.04	48.55	37.04	250	0.53	0.25	2.7	3.98	3.27	3.18	3
foce	78.5	Max WS	48.27	3.17	34.72	3.17	200	0.08	0.06	2.4	2.74	2.48	2.55	2.45
foce	78.4	Max WS	48.27	11.22	34.09	11.22	250	0.18	0.16	2.3	2.74	2.48	2.52	2.44
foce	57.5	Max WS	34.01	-34.13	33.49	-34.13	150	0.42	0.42	1.9	2.42	2.34	2.33	2.25
foce	56.5	Max WS	36.13	35	33.49	35	100	0.49	0.46	1.8	2.38	2.29	2.33	2.25
foce	48.5	Max WS	33.32	-47.71	33.7	-47.71	100	0.57	0.57	1.75	2.18	2.13	2.15	2.1
foce	48.4	Max WS	33.32	50.47	33.7	50.47	100	0.73	0.72	1.4	2.18	2.13	2.15	2.1
foce	43.5	Max WS	33.66	-23.37	63.22	-23.37	100	0.87	0.82	1.2	2.11	2.07	2.03	1.93
foce	27.5	Max WS	63.94	-79.11	143.35	-79.11	50	1.27	1.27	0.8	0.64	0.58	0.4	0.07