



PROVINCIA
DI MODENA

IL RISCHIO IDRAULICO e LA REALTA' MODENESE



Ad Acta
projects

Ad Acta Projects S.r.l.
Via Postriva 20 - 41012 Modena
P.IVA: 020802742 - Fax: 0521/71119

26/04/2007

Adelio Pagotto
Yos Zorzi

Programma dell'intervento

- Cenni Teorici sul Rischio Idraulico
- Prime Applicazioni nella Pianificazione Provinciale (PTCP)
- Nuovi Approcci Metodologici
- Proposte ed Attuazione Opere Mitigative nella Provincia di Modena



PROVINCIA
DI MODENA

RISCHIO IDRAULICO CENNI TEORICI

	t = 50 anni			
T (anni)	20	100	200	500
1/T	0.05	0.01	0.005	0.002
1-1/T	0.95	0.99	0.995	0.998
Pericolosità	0.92	0.39	0.22	0.10

Il *rischio idraulico* viene quantificato combinando i fattori di *Pericolosità*, *Valore* e *Vulnerabilità* ovvero *Pericolosità* e *Danno* degli elementi a rischio

La Pericolosità dell'evento di tempo di ritorno T(anni), rappresenta la probabilità composta di non superamento che esso si manifesti nel corso di un periodo temporale prefissato t (anni), è calcolata secondo l'espressione:

$$P(\text{Pericolosità}) = 1 - (1 - 1/T)^t$$

dove t, assunto pari a 50 anni, rappresenta, generalmente, l'orizzonte temporale di riferimento per la pianificazione.

Classi di pericolosità utilizzate 

Ad ActA
projects

Ad Acta Projects S.r.l.
Via Poena, 212 - 41100 Modena
P. IVA: 02762420969
Tel. 059292777 - Fax 059291118

26/04/2007



PROVINCIA
DI MODENA

RISCHIO IDRAULICO CENNI TEORICI

Se la valutazione del rischio di esondazione è conseguente a **crollo di rilevato arginale**

è necessario considerare la probabilità congiunta dell'evento idrologico ($T_r = 100$ anni), e del crollo del rilevato arginale; poiché i due eventi non sono indipendenti la probabilità che essi accadano contemporaneamente è data dal prodotto della probabilità incondizionata dell'evento idrologico centenario per la probabilità condizionata dell'evento di crollo, ovvero la probabilità che l'altro evento accada dopo che si è verificato il primo.

Ad ActA
projects

Ad Acta Projects S.r.l.
Via Poena, 210 - 41100 Modena
P. IVA: 02762420969
Tel. 059292777 - Fax 059291118

26/04/2007



PROVINCIA
DI MODENA

RISCHIO IDRAULICO Crollo Arginale

Classi pericolosità

t = 50 anni			
T (anni) = 100			
P (evento idrologico centenario) = 0.01			
P (crollo argine) =	Bassa 0.25	Media 0.50	Alta 0.75
P (composta) =	0.0025	0.005	0.0075
Pericolosità =	0.118	0.222	0.314

L'analisi socio-economica fornisce la *vulnerabilità* in funzione del tirante idraulico e il *valore*. Noto quanto sopra è possibile, sulla base delle indicazioni relative alle quote assolute del pelo libero e del piano campagna, determinare il *danno* atteso associato ad un elemento a rischio ed a quel tempo di ritorno. Il prodotto di questo per la pericolosità dell'evento corrisponde definisce il *rischio* idraulico relativo.

Ad ActA
projects

Ad Acta Projects S.r.l.
Via Poena 115 - 41100 Modena
P. IVA: 02762400969
Tel. 05929277 - Fax 059291118

26/04/2007



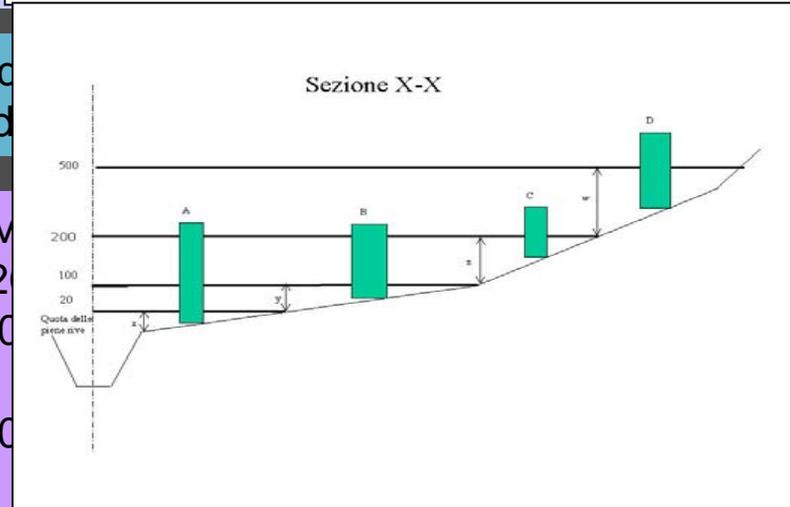
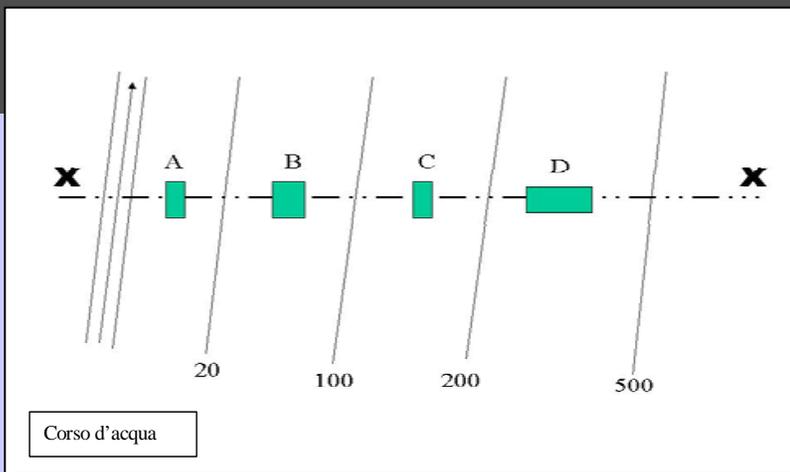
PROVINCIA
DI MODENA

RISCHIO IDRAULICO Valutazione Tirante Idrico nelle aree di esondazione

CRITERI

La valutazione del tirante idraulico a rigore di
ciascun evento di esondazione di dato tempo d

il territorio a rischio può essere suddiviso trasv
banda A: interna all'area di esondazione $T=2$
banda B: interna all'area di esondazione $T=10$
esondazione $T=20$ anni;
banda C: interna all'area di esondazione $T=20$
esondazione $T = 100$ anni
banda D: interna all'area di esondazione $T=500$ anni ma esterna all'area di
esondazione $T = 200$ anni.



Ad ActA
projects

Ad Acta Projects S.r.l.
Via Padova 318 - 41128 Modena
P. IVA: 02762400969
Tel. 059292777 - Fax 059291118

26/04/2007





PROVINCIA
DI MODENA



RISCHIO IDRAULICO Valutazione Tirante Idrico nelle aree di esondazione

TdR	Banda A	Banda B	Banda C	Banda D
500	h500-hsr	h500-h20	h500-h100	h500-h200
200	h200-hsr	h200-h20	h200-h100	-
100	h100-hsr	h100-h20	-	-
20	h20-hsr	-	-	-

La suddivisione in bande coincidenti con i limiti di esondazione relativi a diversi tempi di ritorno consente di avere una adeguata rappresentazione della variabilità trasversale del tirante, senza parcellizzare eccessivamente l'area di studio, e mantenendo una forte relazione con i risultati dell'analisi idraulica (livelli idrici e tempi di ritorno) .

- x = H20-Hsr, tirante idrico per T=20 anni riferito alla sommità delle rive;
- y = H100-H20, incremento del tirante idrico tra TdR =100 e 20 anni;
- z = H200-H100, incremento del tirante idrico tra TdR =200 e 100 anni;
- w = H500-H200, incremento del tirante idrico tra TdR =500 e 200 anni

I valori medi del tirante così individuati servono da input per le analisi socioeconomiche: sulla base di essi si può stimare la vulnerabilità legata a ciascun evento simulato e quindi l'entità del danno degli elementi a rischio (**Areali, Lineari e Puntuali**).



PROVINCIA
DI MODENA

Calcolo del Massimo RISCHIO IDRAULICO

Per il calcolo del **rischio** devono essere combinate le elaborazioni relative alla **socio-economia** e quelle relative all'**idraulica**

Il **danno** stimato per ogni elemento (ovvero la composizione del suo valore con la sua vulnerabilità all'evento simulato) dovrà quindi essere moltiplicato per la pericolosità associata ad esso e quindi per ogni elemento è possibile calcolare il **rischio** per un dato tempo di ritorno.
Per ogni elemento si calcolano 4 valori del rischio idraulico attuale.

Ad esempio, indicate le grandezze coinvolte con le loro iniziali e mettendo a pedice il tempo di ritorno considerato per l'evento, per l'area generica "k" si avrà:

$$R_{k,20} = D_{k,20} * P_{20}$$

$$R_{k,100} = D_{k,100} * P_{100}$$

$$R_{k,200} = D_{k,200} * P_{200}$$

$$R_{k,500} = D_{k,500} * P_{500}$$

Ad ActA
projects

Ad Acta Projects S.r.l.
Via Poena, 215 - 41100 Modena
P. IVA: 02762420969
Tel. 059292777 - Fax 0592921118

26/04/2007

CLASSI DI MASSIMO RISCHIO IDRAULICO

Nella realtà Modenese, in base a valutazioni, si possono adottare le seguenti classi di rappresentazione del Rischio Idraulico:

1° classe	$0 \leq \text{rischio massimo} < 3.5$	(basso)
2° classe	$3.5 \leq \text{rischio massimo} < 7$	(medio o moderato)
3° classe	$7 \leq \text{rischio massimo} < 15$	(elevato)
4° classe	$15 \leq \text{rischio massimo} < 40$	(molto elevato)

Per quanto concerne il *rischio* associato agli elementi interessati dall'esondazione da crollò arginale, essendo unico il valore del tempo di ritorno (100 anni) e quindi della pericolosità, si può rappresentare un unico valore di rischio calcolato per i vari elementi secondo la stessa ripartizione di cui sopra.



RISCHIO IDRAULICO

In forma funzionale si può scrivere:

Danno = Valore * Vulnerabilità

Rischio = Danno * Pericolosità con:

Valore = f (bene esposto)

Vulnerabilità = f (bene esposto, caratteri idraulici dell'evento) = 0 ⇐ 1

Pericolosità = f (frequenza dell'evento, orizzonte di previsione) = 1-(1-1/T)t

dove T e t , entrambi espressi in anni, rappresentano rispettivamente il Tempo di Ritorno dell'evento e l'orizzonte temporale di riferimento per la pianificazione.

In generale quindi il *rischio* è così composto:

Rischio = f (bene esposto, caratteri idraulici dell'evento, frequenza dell'evento, orizzonte di previsione)

- 1. Il valore numerico della vulnerabilità da associare ad ogni elemento a rischio è funzione sia della natura intrinseca del bene offeso (deperibilità per il contatto con l'acqua),**
- 2. sia della pericolosità dell'evento considerato in quanto, preso un elemento a rischio, la sua aliquota compromessa in seguito ad un allagamento può dipendere:**
 - dall'altezza raggiunta dall'acqua sul piano campagna (espresso come tirante idrico) che a sua volta è funzione dell'intensità o magnitudo dell'evento;
 - da caratteristiche idrauliche quali la velocità di deflusso delle acque di inondazione (dinamica debole e/o forte del fenomeno);
 - dal tempo di permanenza delle acque di alluvione (particolarmente per l'agricoltura e per le infrastrutture viarie).



PROVINCIA
DI MODENA

L'ESPERIENZA DELLA PROVINCIA DI MODENA (PTCP vigente)

COSTRUZIONE DELLA CARTA DI CRITICITA' IDRAULICA a seguito di CROLLO ARGINALE

All'interno della Carta di criticità idraulica sono state mappate per l'ambito di pianura (corrispondente ai tratti arginati dei fiumi):

- ① aree ad elevata pericolosità idraulica rispetto all'energia dell'acqua esondata;
- ② aree depresse ad elevata criticità idraulica con possibilità di permanenza dell'acqua a livelli maggiori di 1 m;
- ③ aree depresse ad elevata criticità idraulica e aree a rapido scorrimento ad elevata criticità idraulica;
- ④ aree depresse a media criticità idraulica con bassa capacità di smaltimento;



PROVINCIA
DI MODENA

L'ESPERIENZA DELLA PROVINCIA DI MODENA (PTCP vigente)

COSTRUZIONE DELLA CARTA DI CRITICITA' IDRAULICA a seguito di CROLLO ARGINALE

In occasione della rottura arginale si assume che la portata di massima piena contenuta nell'alveo sia uguale a $Q_f = 1000 \text{ m}^3/\text{s}$

X lunghezza della breccia, si sono analizzate alcune rotte storiche verificatesi negli argini dei Fiumi Secchia e Panaro; si ritiene che un valore di circa **100 m** di sviluppo longitudinale sia verosimile

Altezze arginali e portate di rotta

per $h < 5 \text{ m}$, $Q_{\text{picco}} \approx 1/3 Q_f \approx 300 \text{ m}^3/\text{s}$;

per $5 \leq h \leq 10 \text{ m}$, $Q_{\text{picco}} \approx 1/2 Q_f \approx 500 \text{ m}^3/\text{s}$

per $h > 10 \text{ m}$, $Q_{\text{picco}} \approx 4/5 Q_f \approx 800 \text{ m}^3/\text{s}$

si è ipotizzato che l'onda in uscita si propaghi all'interno di una serie di tubi di flusso (in numero pari a 20) disposti radialmente rispetto alla breccia arginale e aventi sezione rettangolare con larghezza variabile e crescente verso campagna

Ad ActA
projects

Ad Acta Projects S.r.l.
Via Poena, 812 - 41100 Modena
P.le. Ind. 27/28/29/30
Tel. 059/27277 - Fax 059/21118

26/04/2007



PROVINCIA
DI MODENA

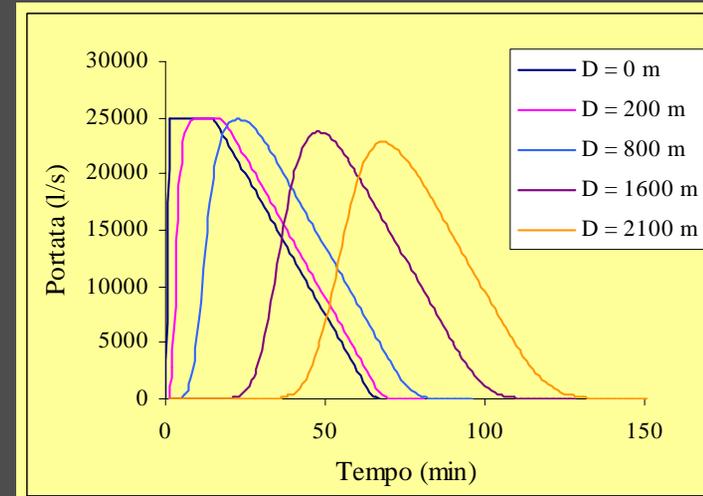
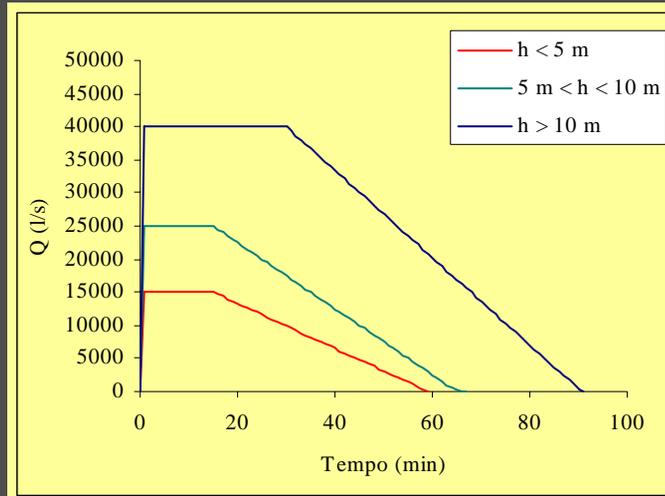
L'ESPERIENZA DELLA PROVINCIA DI MODENA (PTCP vigente)

COSTRUZIONE DELLA CARTA DI CRITICITA' IDRAULICA a seguito di CROLLO ARGINALE

Il calcolo delle modificazioni che l'onda subisce durante il trasferimento lungo i tubi di flusso, è effettuato con modello alla **Muskingum**.

$$\frac{dS(t)}{dt} = I(t) - Q(t)$$

$$W = KQ + KX(I - Q) = K[XI + (1 - X)Q]$$



Ad Acta
projects

Ad Acta Projects S.r.l.
Via Feltrina 215 - 41100 Modena
P.le. L. 02762340969
Tel. 059292777 - Fax 059291118

26/04/2007

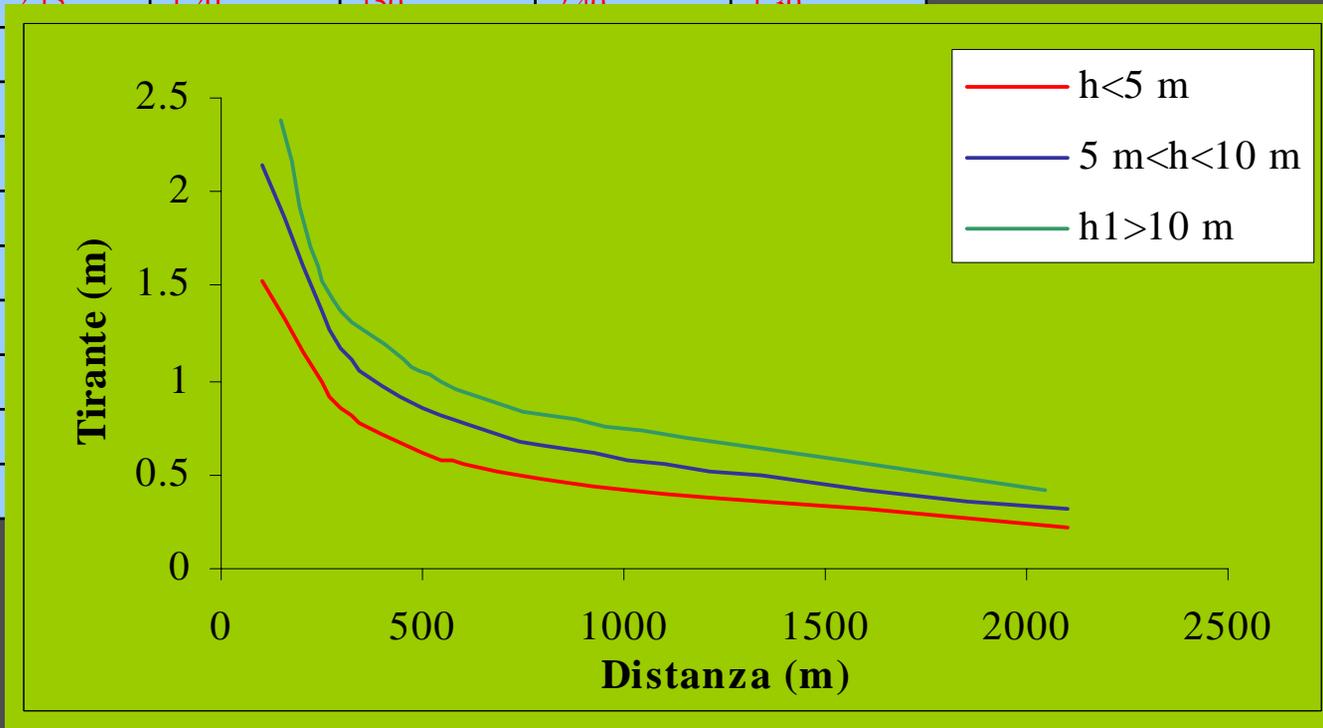


**PROVINCIA
DI MODENA**

L'ESPERIENZA DELLA PROVINCIA DI MODENA (PTCP vigente)

COSTRUZIONE DELLA CARTA DI CRITICITA' IDRAULICA a seguito di CROLLO ARGINALE

	5 m		10 m		h > 10 m		
Distanza (m)	Tirante (m)	Velocità (m/s)	Tirante (m)	Velocità (m/s)	Distanza (m)	Tirante (m)	Velocità (m/s)
100	1.50	1.00	2.15	1.20	150	2.40	1.30
200	1.15	0.85					
300	0.85	0.70					
400	0.70	0.60					
500	0.60	0.55					
600	0.55	0.50					
800	0.50	0.40					
1100	0.40	0.35					
1600	0.30	0.30					
2100	0.20	0.25					



Ad Acta
projects

Ad Acta Projects S.r.l.
Via Poenza 212 - 41100 Modena
P.le. Ind. 27782340368
Tel. 059292777 - Fax 059291118

26/04/2007



PROVINCIA
DI MODENA

L'ESPERIENZA DELLA PROVINCIA DI MODENA (PTCP vigente)

COSTRUZIONE DELLA CARTA DI CRITICITA' IDRAULICA a seguito di CROLLO ARGINALE

Supponendo che l'edificio resista, in seguito all'azione tagliante indotta dall'onda, fino ad una tensione di **5000 kg/m²** (valore indicativo che tiene conto dell'irrigidimento esercitato dai solai e dai muri trasversali)

Classe di altezza arginale	Fascia di rispetto
5 m	$\Delta = 150$ m
10 m	$\Delta = 250$ m
$h > 10$ m	$\Delta = 320$ m

La forza esercitata dalla corrente contro l'edificio è stata valutata come somma della componente cinetica e della idrostatica :

Ad ActA
projects

Ad Acta Projects S.r.l.
Via Postriva 212 - 41100 Modena
P. IVA n. 02762340969
Tel. 059292777 - Fax 059291118

26/04/2007

$$F = \frac{1}{2} \rho U^2 h c + \frac{1}{2} \gamma h^2$$

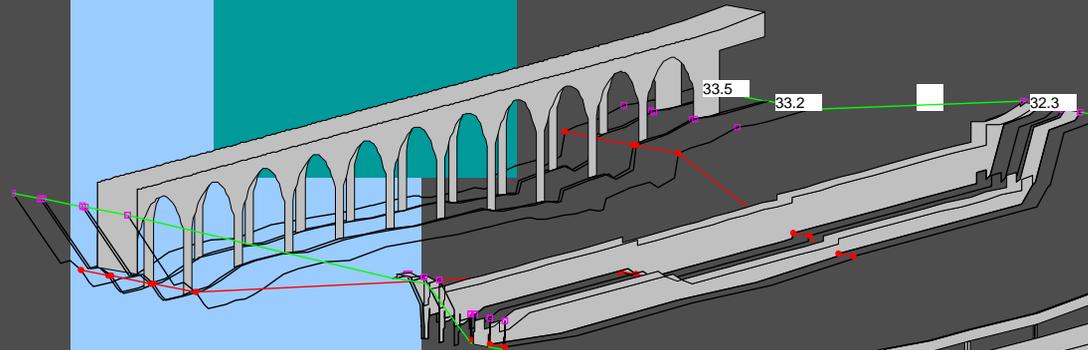


PROVINCIA
DI MODENA

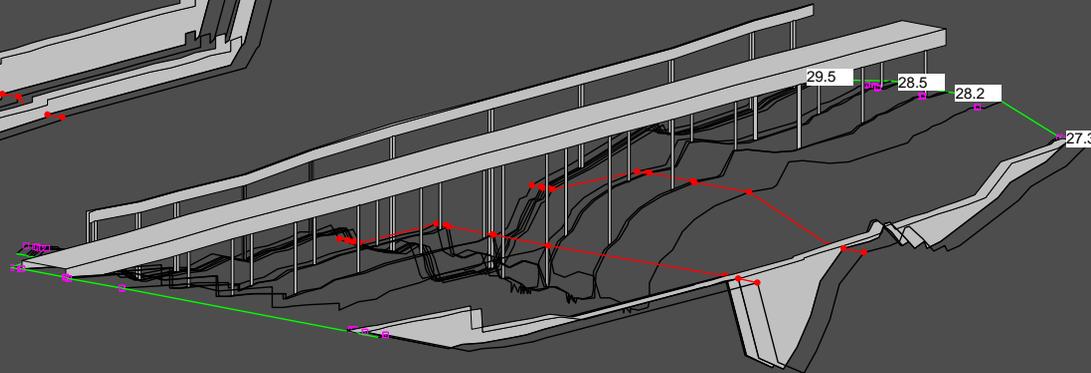
L'ESPERIENZA DELLA PROVINCIA DI MODENA

LA COSTRUZIONE DELLA FASCE FLUVIALI MEDIANTE MODELLO IN MOTO PERMANENTE

Secchia - Autobrennero - Prg Def Plan: Progetto
Geom: Progetto Flow: Attuale



Secchia - Autobrennero - Prg Def Plan: Progetto
Geom: Progetto Flow: Attuale



Ad ActA
projects

Ad Acta Projects S.r.l.
Via Poiana, 215 - 41100 Modena
P.le. Ind. 27/28/29/30/31/32
Tel. 059/292777 - Fax 059/291118

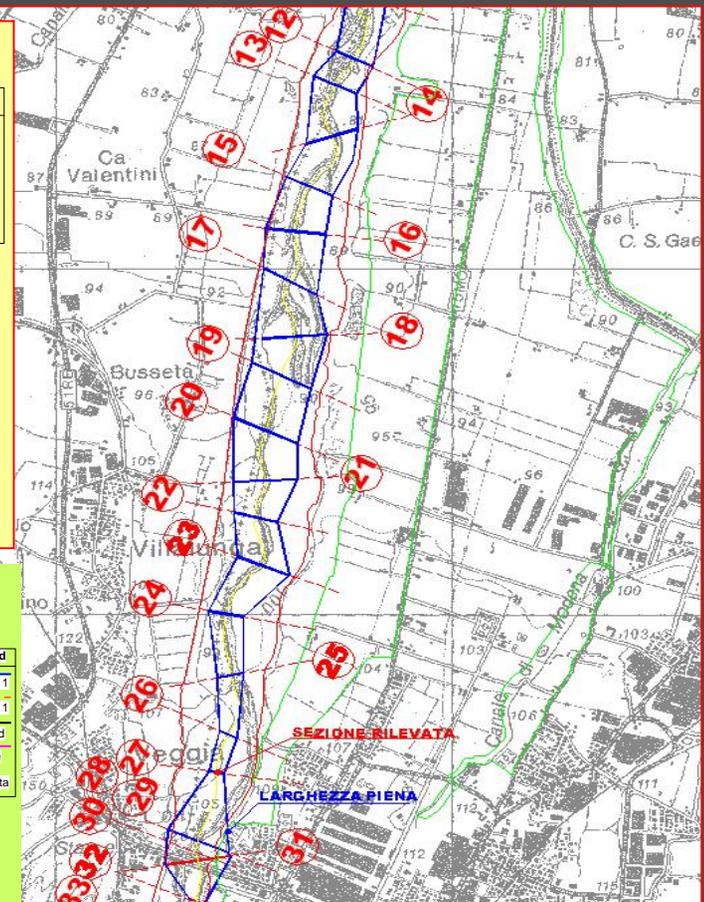
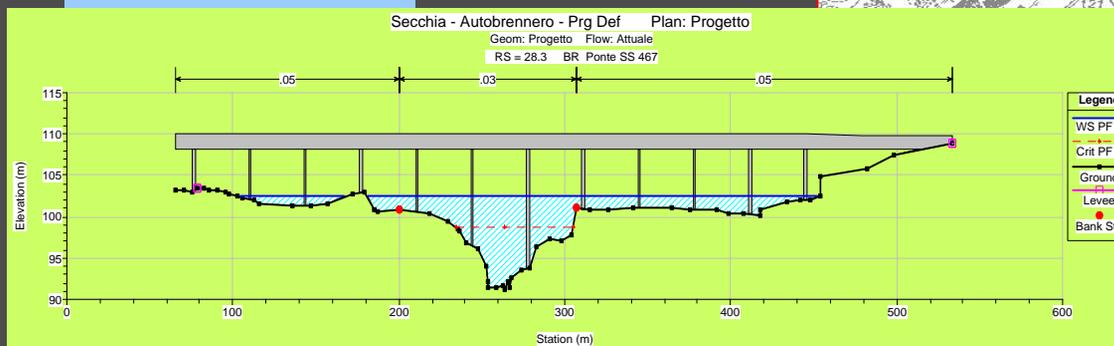
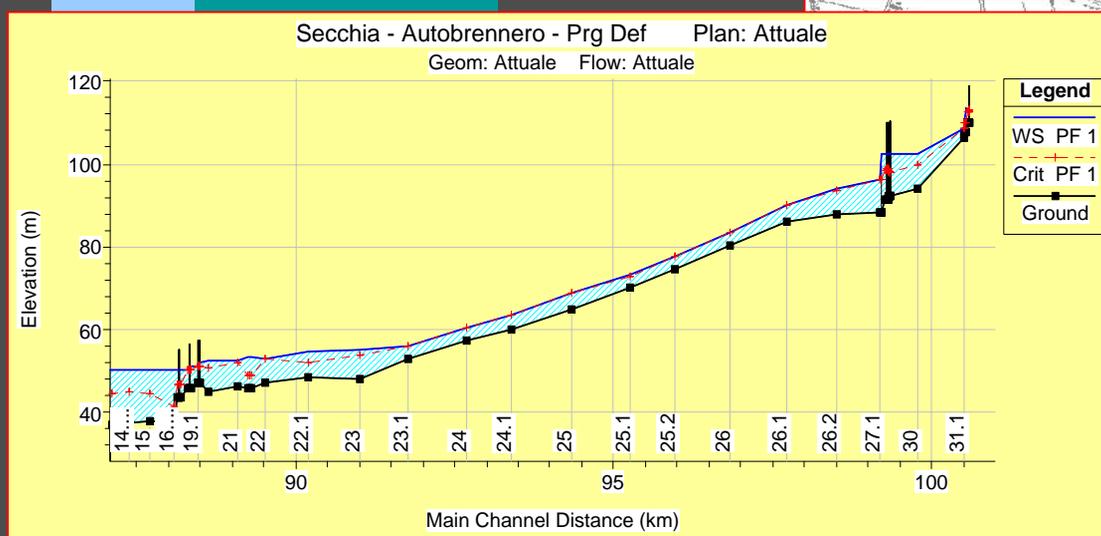
26/04/2007



PROVINCIA
DI MODENA

L'ESPERIENZA DELLA PROVINCIA DI MODENA

LA COSTRUZIONE DELLA FASCE FLUVIALI MEDIANTE MODELLO IN MOTO PERMANENTE

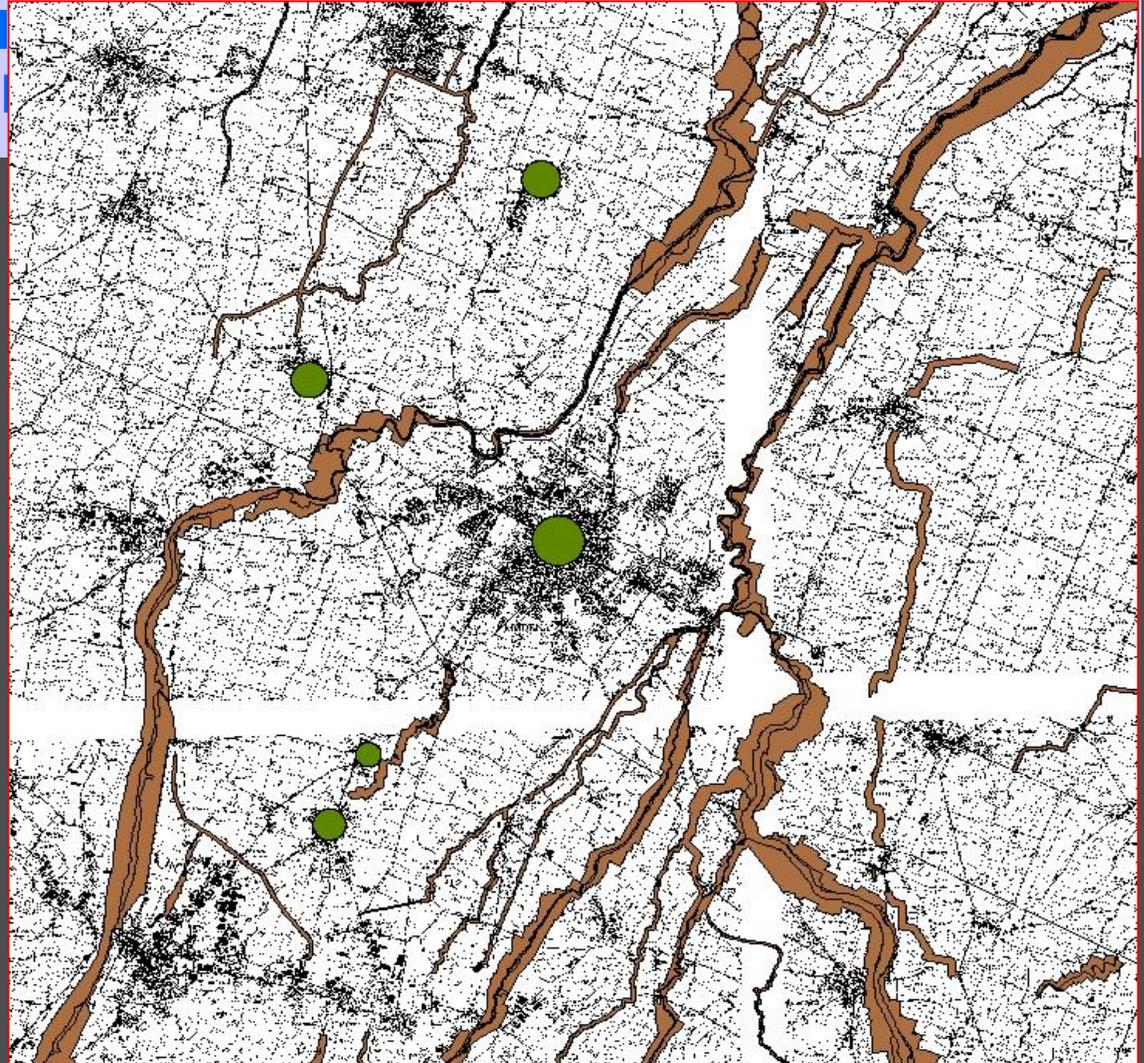




PROVINCIA
DI MODENA

L'ESPERIENZA DELLA PROVINCIA DI MODENA

LA COSTRUZIONE
MODELLO IN



Ad ActA
projects

Ad ActA Projects S.r.l.
Via Poiana 212 - 41018 Modena
P.le. L. 27/02/2004
Tel. 0521/232388
Fax 0521/232389

26/04/2007



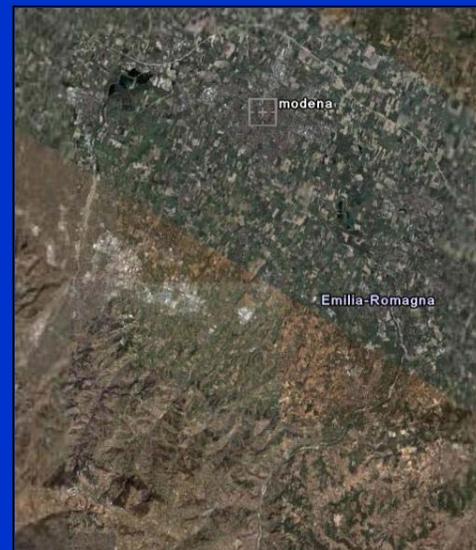
PROVINCIA
DI MODENA

LE NUOVE METODOLOGIE PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO E DELLE FASCE FLUVIALI

Nuovi Strumenti e metodologie per la valutazione del rischio
idraulico in ambito territoriale

L'ultima frontiera per le valutazioni del rischio idraulico associato ad un territorio si avvale delle tecnologie di immagini telerilevate assieme ai Modelli Digitali del Terreno (DEM)

Un Modello Digitale di Elevazione, anche noto come DEM, dall' inglese Digital Elevation Model, o anche come DSM, dall'inglese Digital Surface Model, è la rappresentazione della distribuzione delle quote di una certa superficie, in formato digitale.



Ad ActA
projects

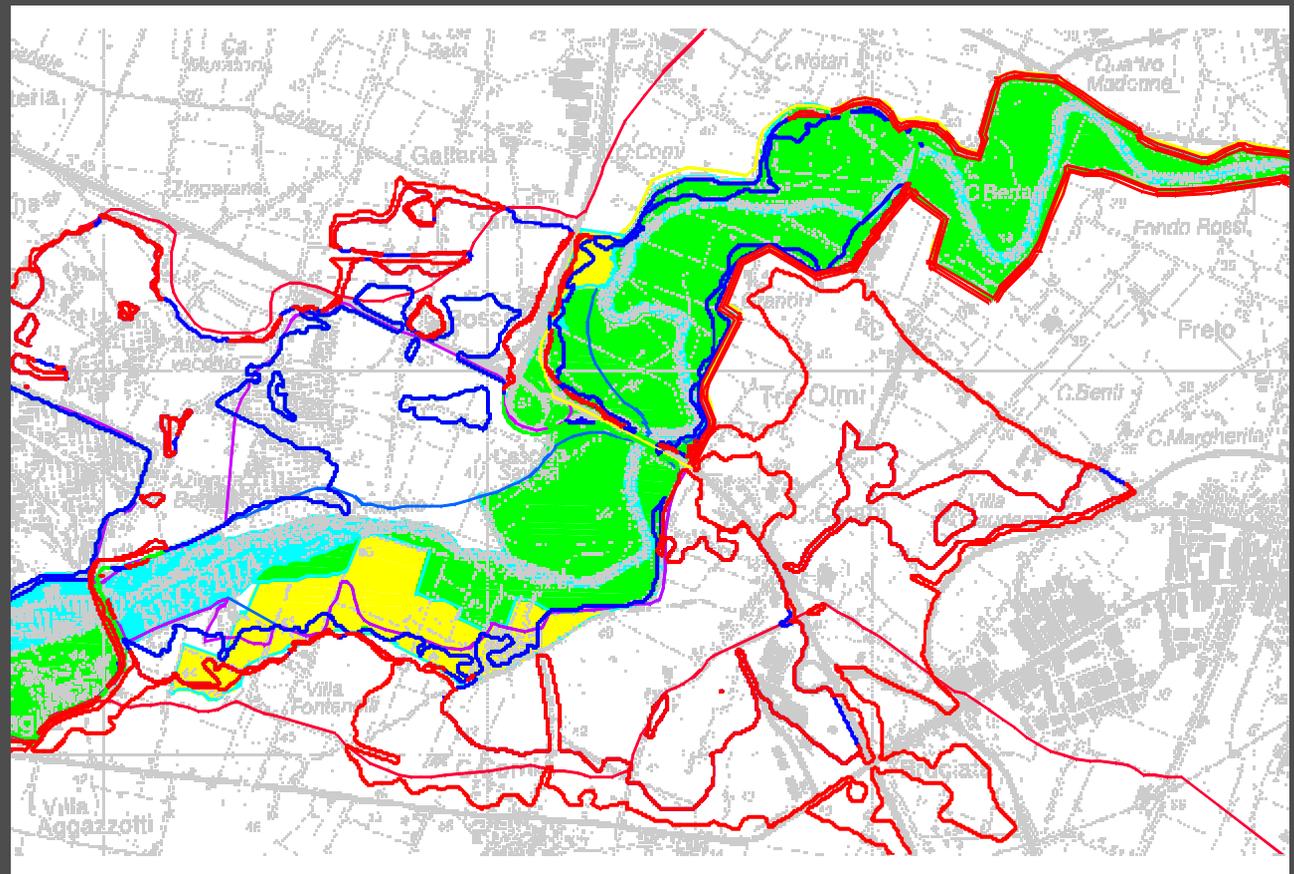
Ad Acta Projects S.r.l.
Via Poiana, 212 - 41100 Modena
P.le. L. 27762/240386
tel. 059292777 - fax 059291118

26/04/2007



PROVINCIA
DI MODENA

LE NUOVE METODOLOGIE PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO E DELLE FASCE FLUVIALI



Ad ActA
projects

Ad ActA Projects S.r.l.
Via Poiana 210 - 41018 Modena
P.le. L. 27/02/2004/2006
tel. 059/2721111 - fax 059/271111

26/04/2007



PROVINCIA
DI MODENA

NODI CRITICI E OPERE DI MITIGAZIONE

Ad ActA
projects

Ad Acta Projects S.r.l.
Via Poiana, 215 - 41100 Modena
Part. IVA: 0276240366
Tel. 059292777 - Fax 059291118

26/04/2007



PROVINCIA
DI MODENA

RISCHIO IDRAULICO NEL TERRITORIO MODENESE



Ad ActA
projects

Ad Acta Projects S.r.l.
Via Poiana, 212 - 41100 Modena
P. IVA: 0276240366
Tel. 059292777 - Fax 059291118

26/04/2007

GRAZIE PER L'ATTENZIONE