

SISTEMA DI ALLERTA PER EVENTI DI TRACIMAZIONE ONDOSA IN AMBITO PORTUALE

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI
GENOVA**



**Candidato : Ilaria Termignoni
Relatore: Prof. Ing. Giovanni Besio**

**Facoltà di Ingegneria
A.A. 2013/2014**

TRACIMAZIONE

- White water: schizzi violenti quando l'onda frange sulla struttura
- Spray: generata dall'azione del vento
- Green water: colonna d'acqua supera il ciglio dell'opera



Tracimazione di tipo «white water» oltre una diga costiera a Porto, Portogallo.



Tracimazione di tipo «green water».





VIDEO DELLA TRACIMAZIONE SULLA DIGA FORANEA DI PORTO SOLE, SAN REMO 23/01/2013



Mitigazione del rischio di tracimazione tramite un sistema di allerta

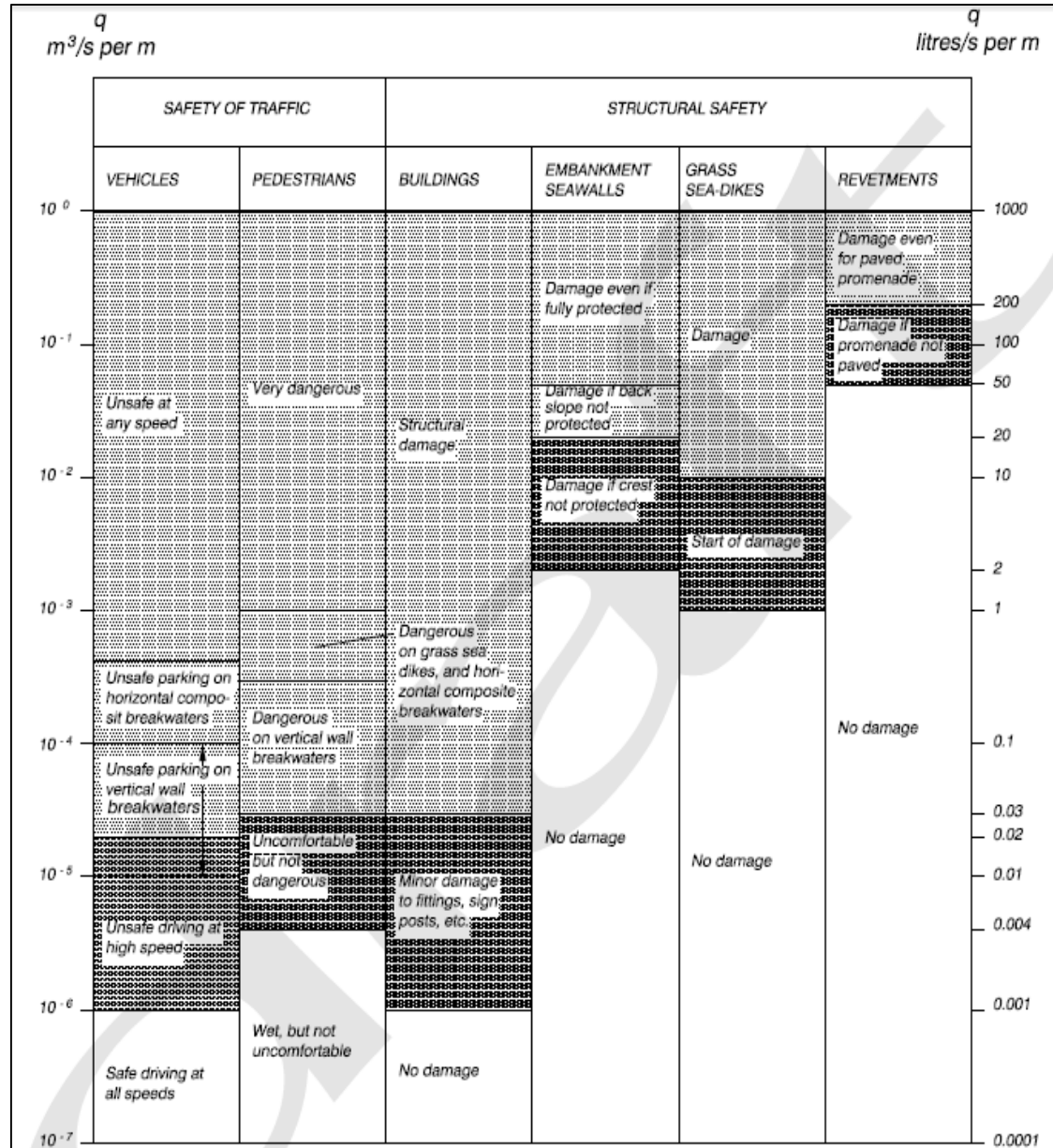


Tracimazione d'onda nel porto di Kiho, Giappone.

	massima allerta
	pericolo
	attenzione
	in sicurezza

Sistema di allerta
per la diga del Porto di Savona.

Effetti di tracimazione di Van Der Meer.



Limiti di tracimazione per i pedoni.

Hazard type and reason	Mean discharge	Max volume ⁽¹⁾
	q (l/s/m)	$V_{\max}$ (l/m)
Trained staff, well shod and protected, expecting to get wet, overtopping flows at lower levels only, no falling jet, low danger of fall from walkway	1–10	500 at low level
Aware pedestrian, clear view of the sea, not easily upset or frightened, able to tolerate getting wet, wider walkway ⁽²⁾ .	0.1	20–50 at high level or velocity

Limiti di tracimazione per i veicoli.

Hazard type and reason	Mean discharge	Max volume
	q (l/s/m)	$V_{\max}$ (l/m)
Driving at low speed, overtopping by pulsating flows at low flow depths, no falling jets, vehicle not immersed	10–50 ⁽¹⁾	100–1,000
Driving at moderate or high speed, impulsive overtopping giving falling or high velocity jets	0.01–0.05 ⁽²⁾	5–50 ⁽²⁾ at high level or velocity

Limiti di tracimazione per gli edifici.

Hazard type and reason	Mean discharge	Max volume
	q (l/s/m)	$V_{\max}$ (l/m)
Significant damage or sinking of larger yachts	50	5,000–50,000
Sinking small boats set 5–10 m from wall. Damage to larger yachts	10 ⁽¹⁾	1,000–10,000
Building structure elements	1 ⁽²⁾	~
Damage to equipment set back 5–10 m	0.4 ⁽¹⁾	~

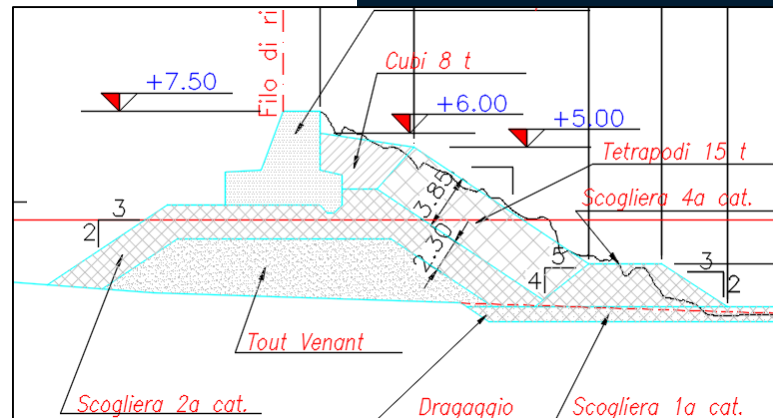
Porto di Savona



Porto di Savona



**DIGA A GETTATA
DI MASSI**



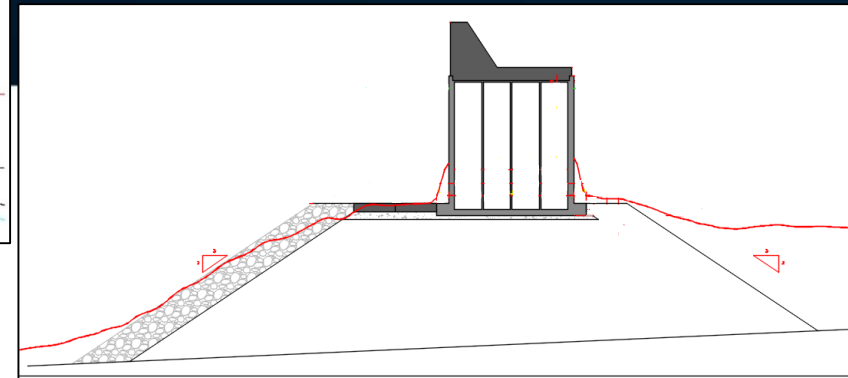
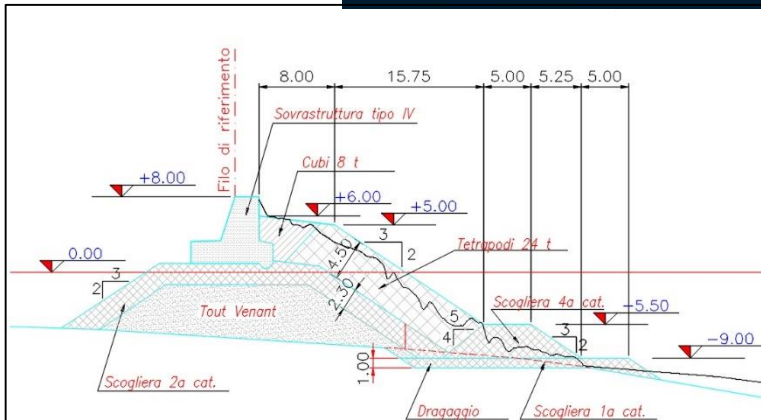
Porto di Savona



SAVONA
TERMINAL
AUTO

DEPOSITO
MERCİ
VARIE

STOCCAGGIO
RINFUSE
LIQUIDE



PARAMETRI

TRACIMAZIONE:

- l'altezza d'onda H_{m0}
- l'angolo di attacco: fattore di riduzione γ_β
- la profondità del fondo al piede della struttura h_s
- la profondità della berma d
- la quota del muro paraonde R_c
- la scabrezza della diga a gettata: coefficiente γ_f

Diga a gettata di massi

$$\frac{q}{\sqrt{gH_{m0}^3}} = 0.2 \exp\left(-2.3 \frac{R_c}{H_{m0} \gamma_f \gamma_\beta}\right)$$

sezione	Rc [m]	γ_f
A	6,0	0,45
B	6,0	0,40
C	6,5	0,40
D	7,5	0,38
E	7,5	0,38
F	8,0	0,38
G	8,0	0,38
H1	8,0	0,38
H2	8,0	0,38
I1	8,0	0,38
I2	8,0	0,38



Diga a parete verticale

d [m]	h [m]	Rc [m]
14	33.5	8

$$d_* = 1.35 \frac{d}{H_{m0}} \frac{2\pi h_s}{gT_{m-1,0}^2} \longrightarrow$$

Regime non
impulsivo:
Portata di tipo «green
water»

$$\frac{q}{\sqrt{gH_{m0}^3}} = 0.04 \exp\left(-1.8 \frac{R_c}{H_{m0} \gamma}\right)$$

Dati del vento da CFSR

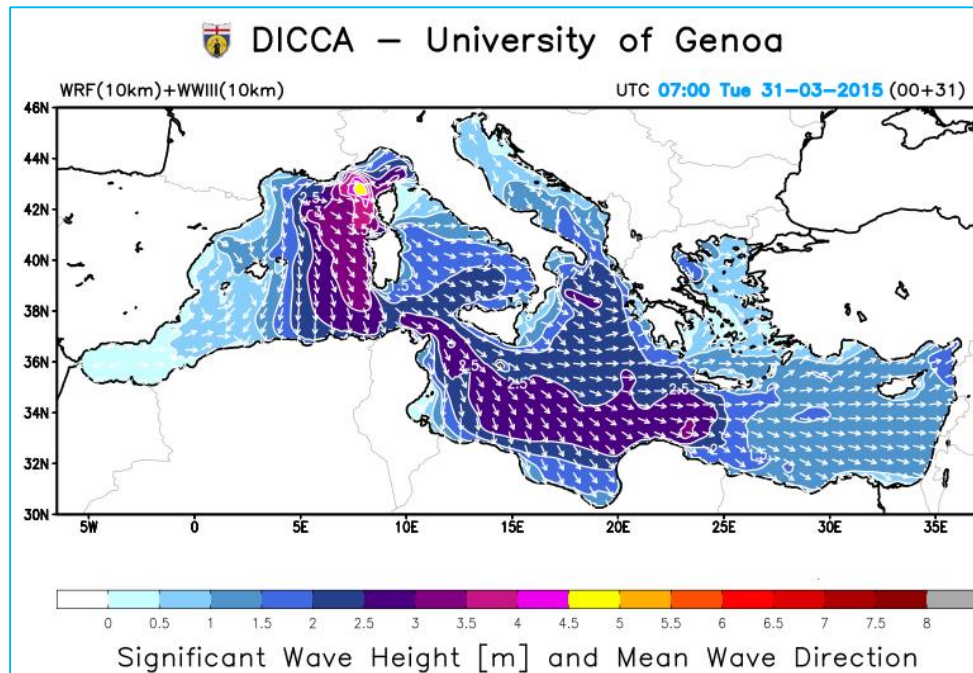
Modello meteorologico WRF

WAVEWATCHIII

Modello di generazione e propagazione del moto ondoso nel bacino del Mediterraneo

SWAN

Modello di propagazione moto ondoso dal largo fino alla diga Griglia strutturata 10X6 Km, risoluzione 28x35 m
Sequenza di moti stazionari



RE-ANALISI MOTO ONDO
NEL BACINO DEL
MEDITERRANEO
GENNAIO 1979 –GIUGNO 2014
AD OPERA DI UNA CATENA
MODELLISTICA SVILUPPATA
DAL DICCA



Dati del vento da CFSR → Modello meteorologico WRF



↓
WEWEWATCHIII

Modello di generazione e propagazione del moto ondoso nel bacino del Mediterraneo

↓
SWAN

Modello di propagazione moto ondoso dal largo fino alla diga
Griglia strutturata 10X6 Km, risoluzione 28x35 m
Sequenza di moti stazionari

Fenomeni simulati:

- Dissipazione al fondo
- Frangimento

Fenomeni trascurati:

- Whitecapping
- Interazioni non lineari di energia
- Set-up
- Diffrazione

Fenomeni parametrizzati in funzione delle caratteristiche della diga:

- Riflessione $K_R=0.2$ diga a gettata
 $K_R=0.7$ diga a parete verticale
- Trasmissione nulla

MAREGGIATE SIMULATE:

8-9 Dicembre 2006

1-2 Gennaio 2010

4-5-6 Novembre 2011

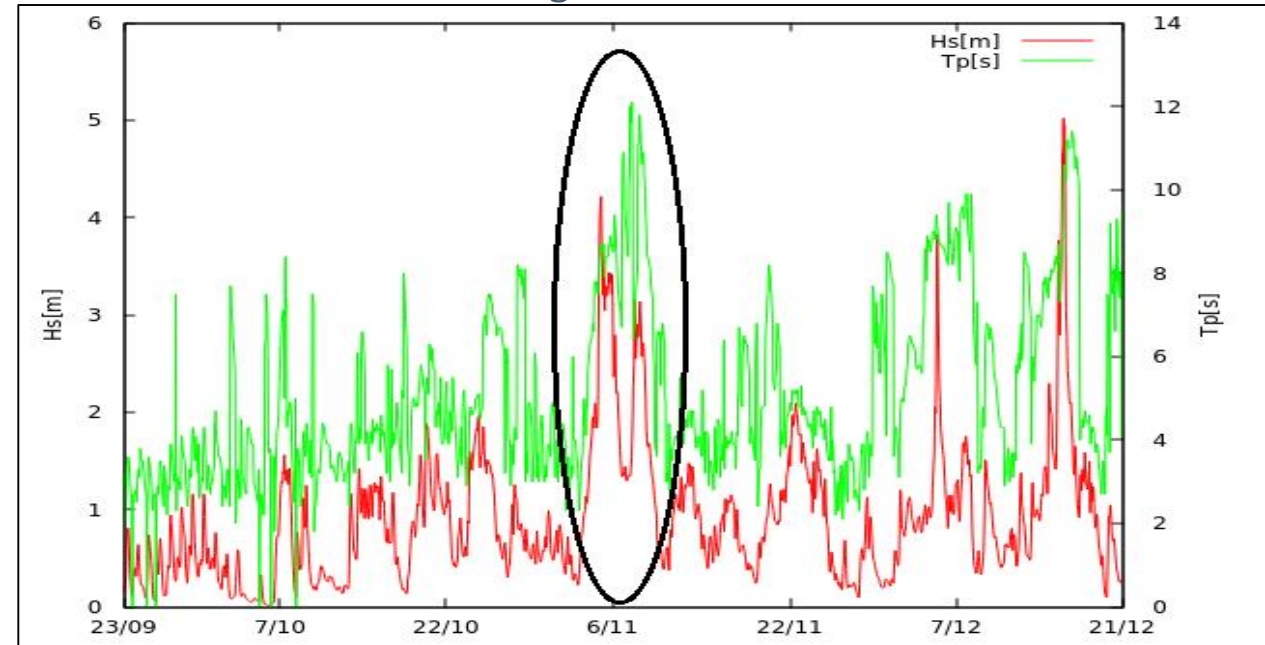
27-28 Ottobre 2012

25-26 Dicembre 2013

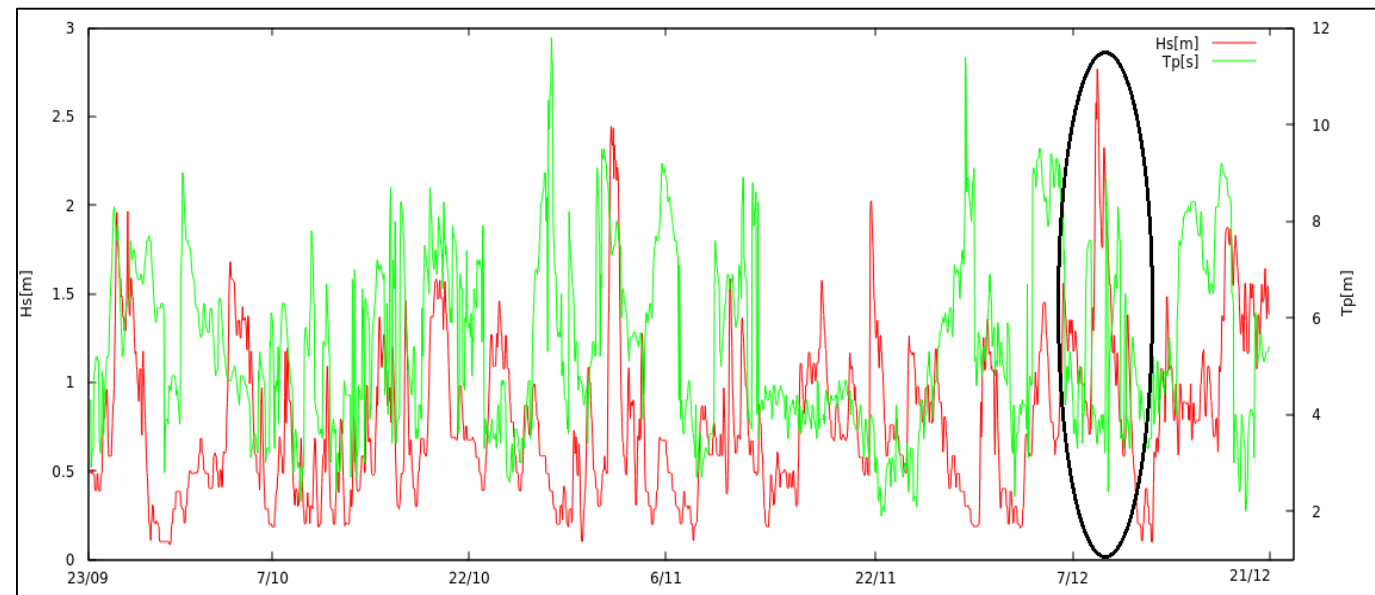
MAREGGIATA 8-9 Dicembre 2006



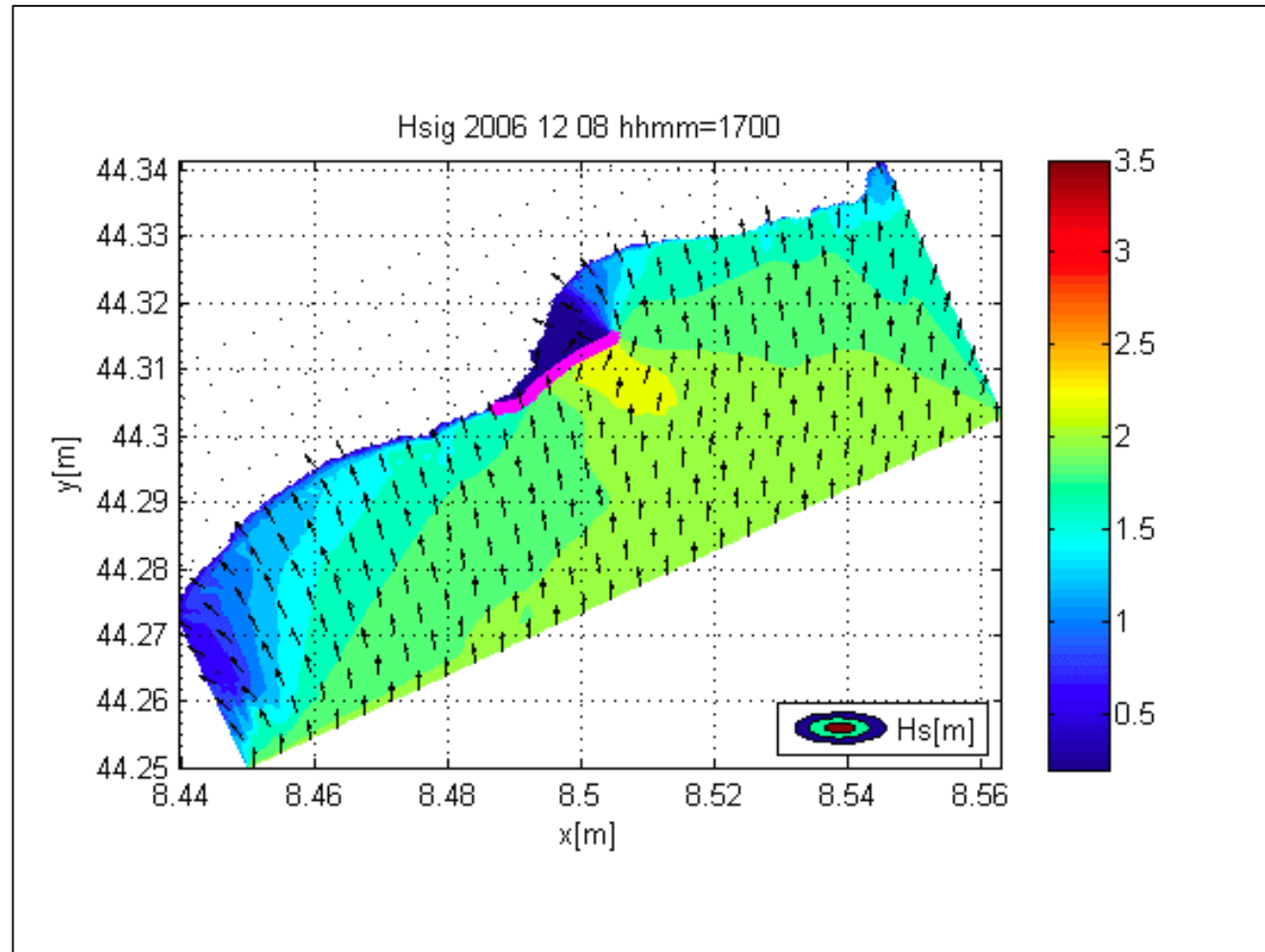
Moto ondoso al largo di Savona in Autunno 2011.



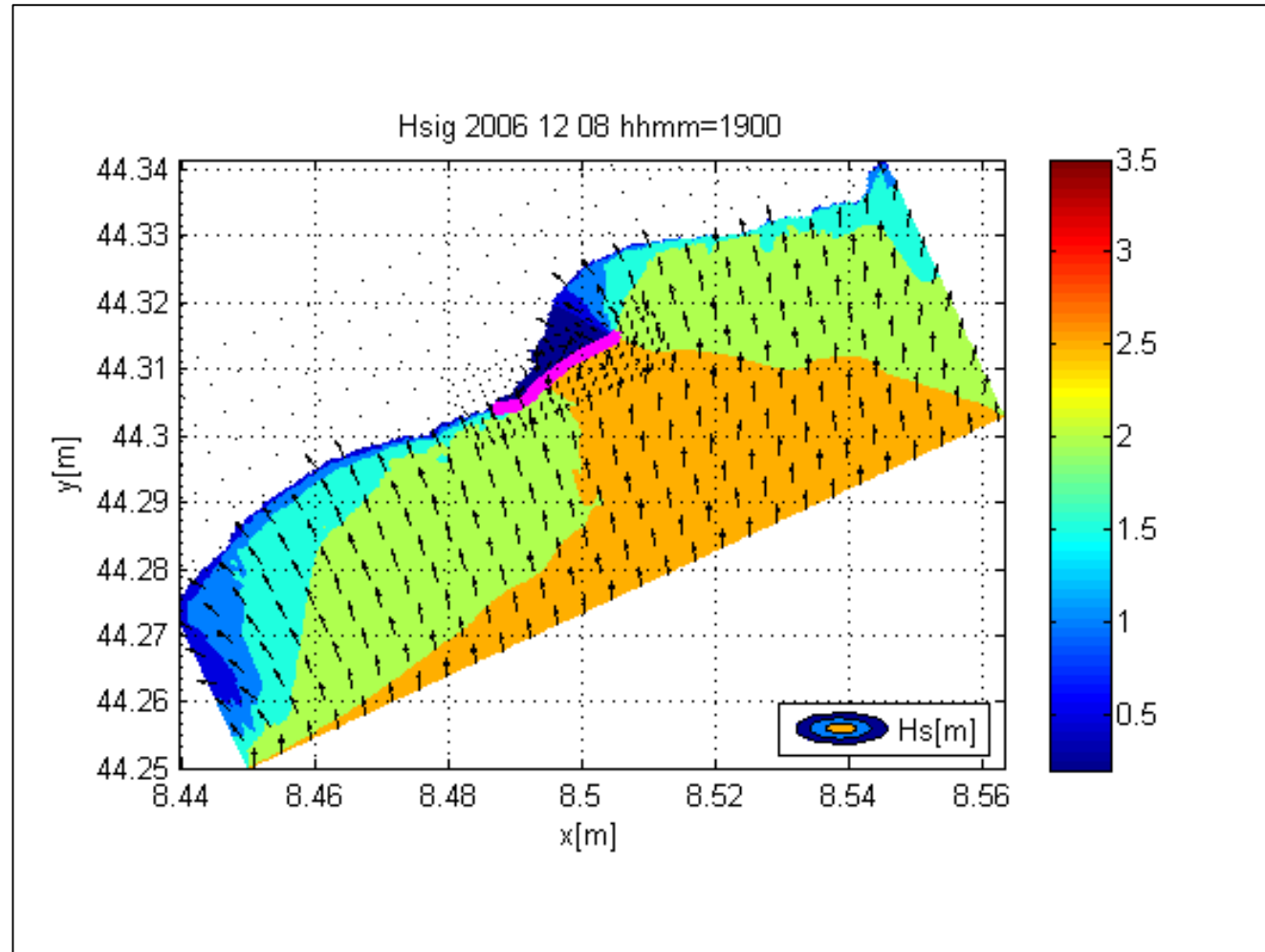
Moto ondoso al largo di Savona in Autunno 2006.



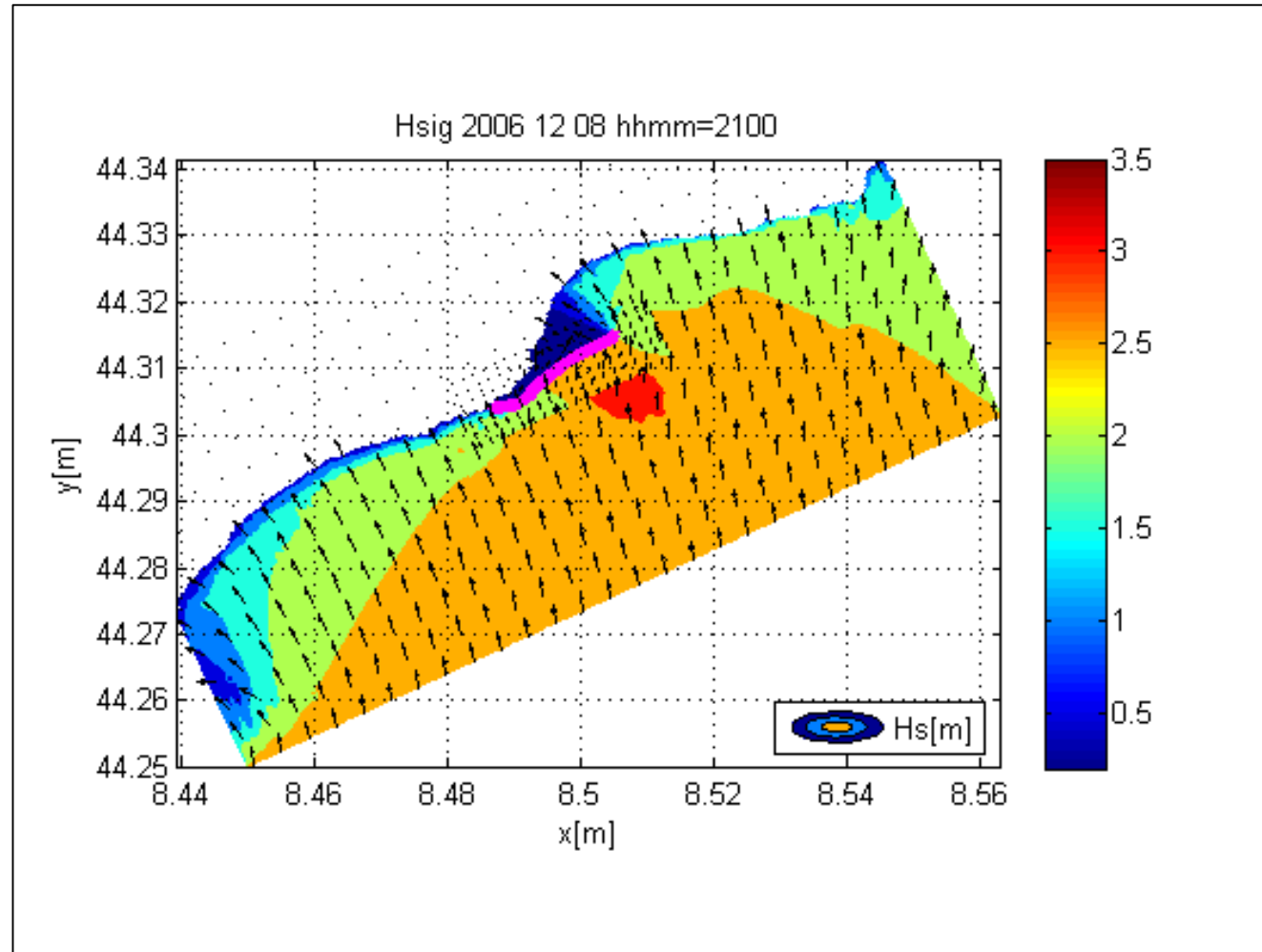
MAREGGIATA 8-9 Dicembre 2006



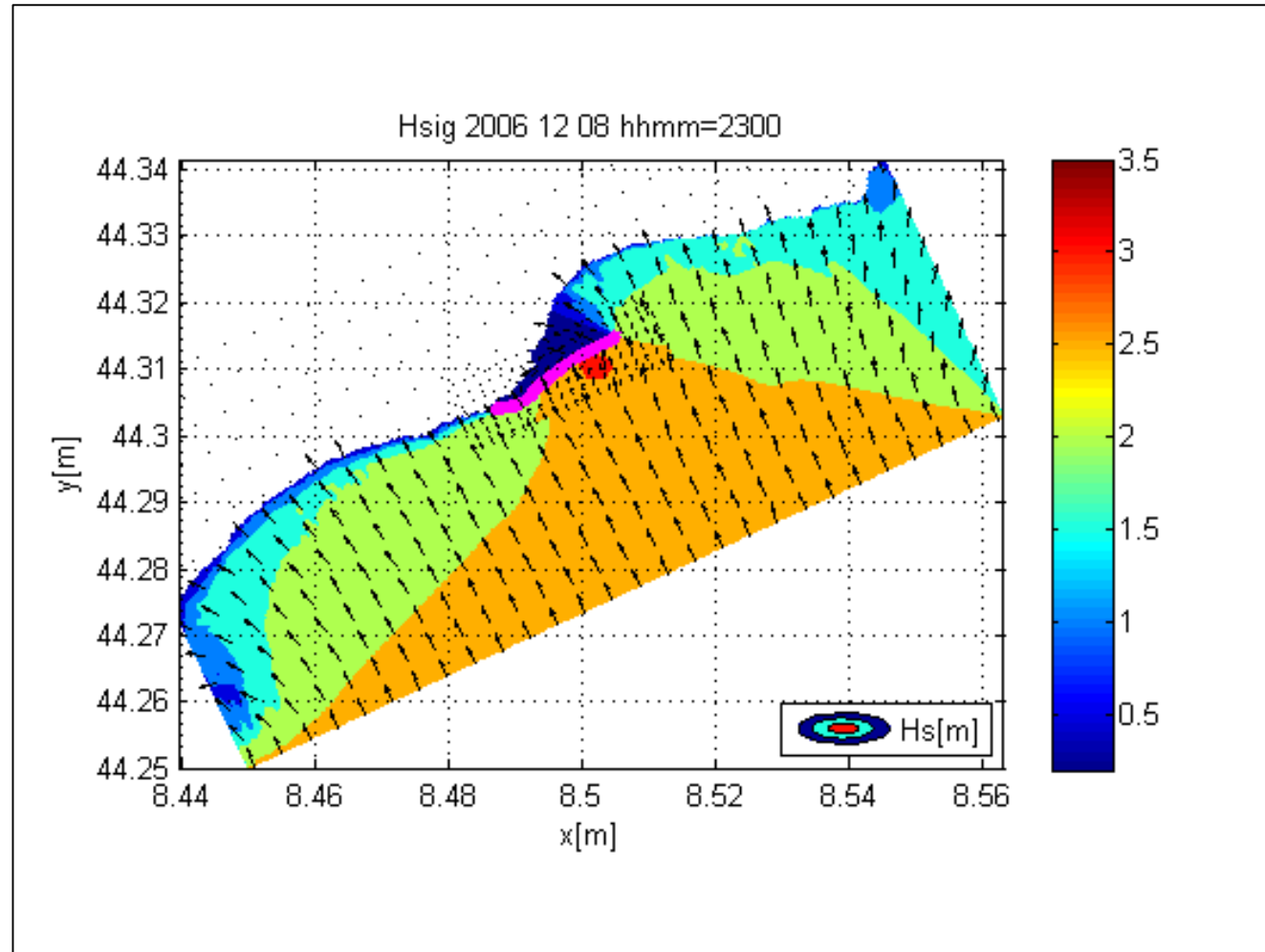
MAREGGIATA 8-9 Dicembre 2006



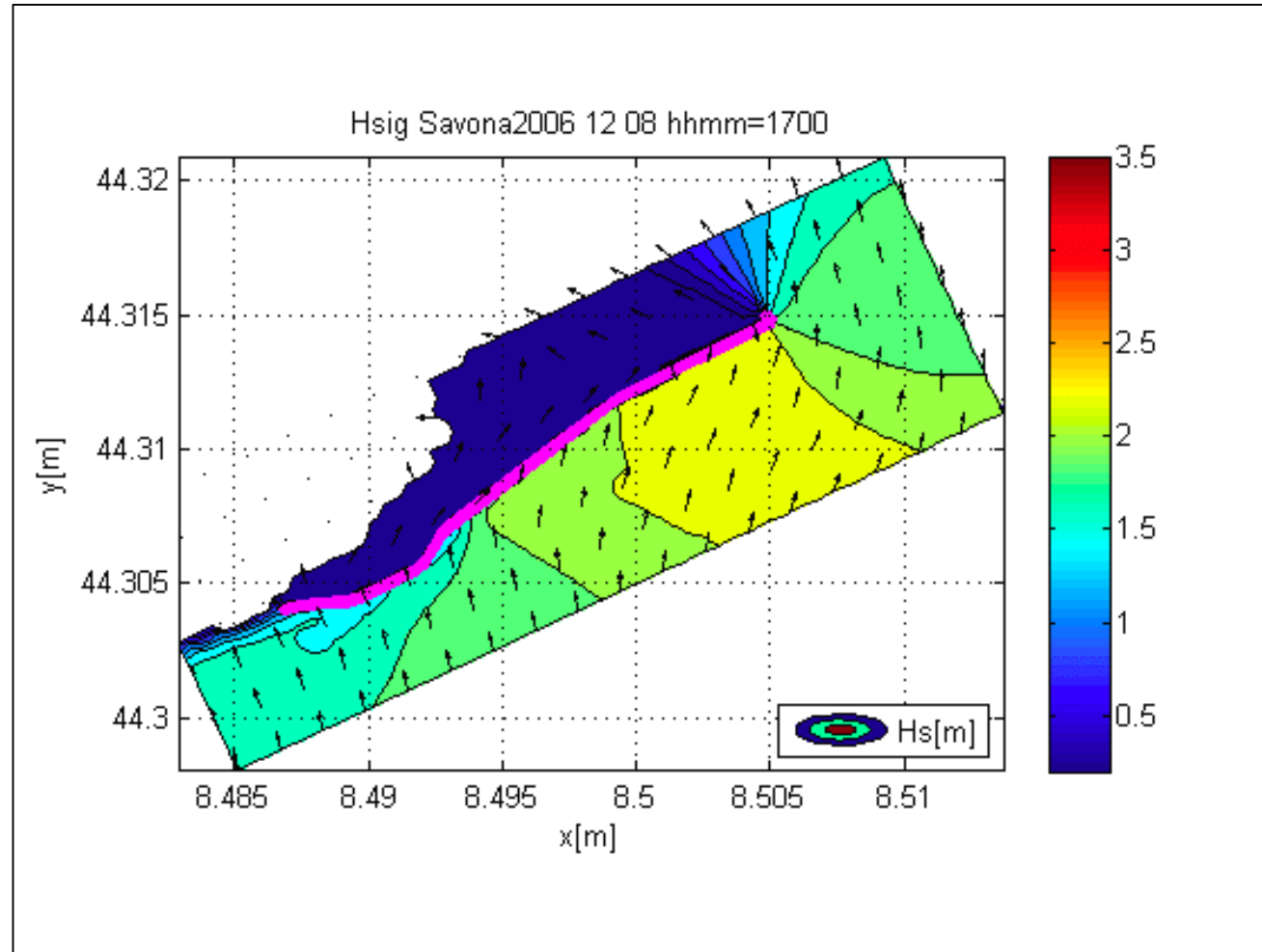
MAREGGIATA 8-9 Dicembre 2006



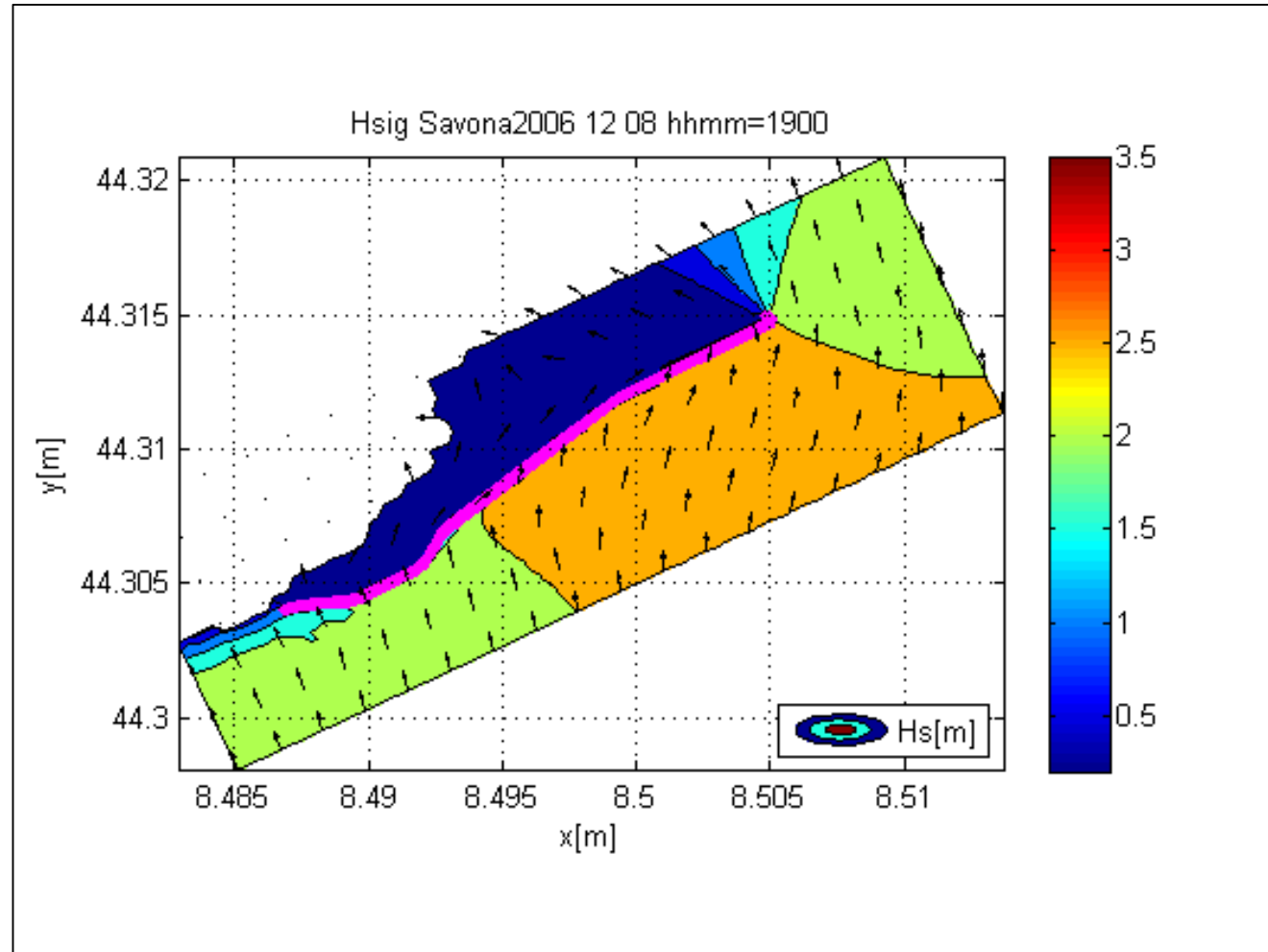
MAREGGIATA 8-9 Dicembre 2006



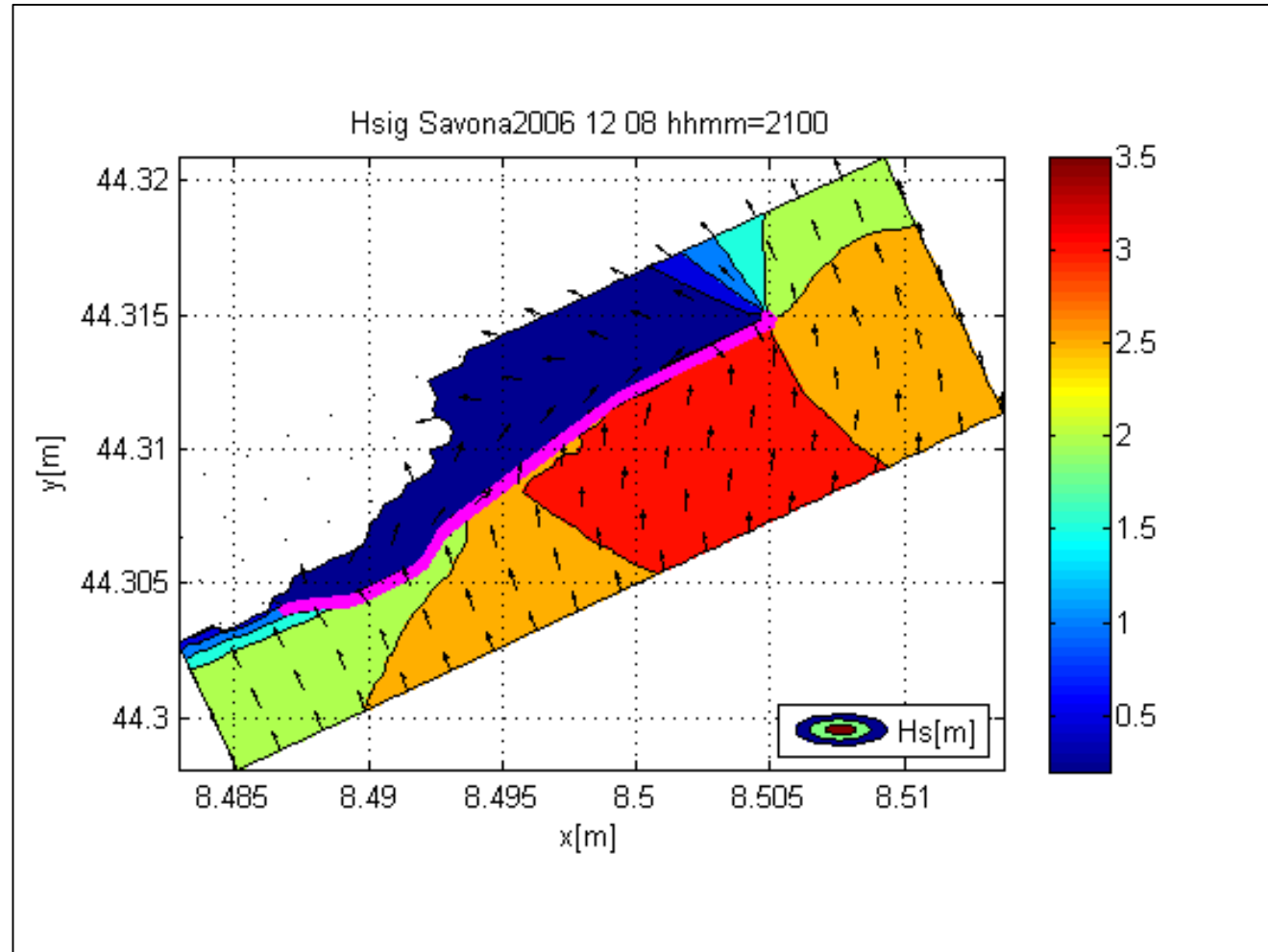
MAREGGIATA 8-9 Dicembre 2006



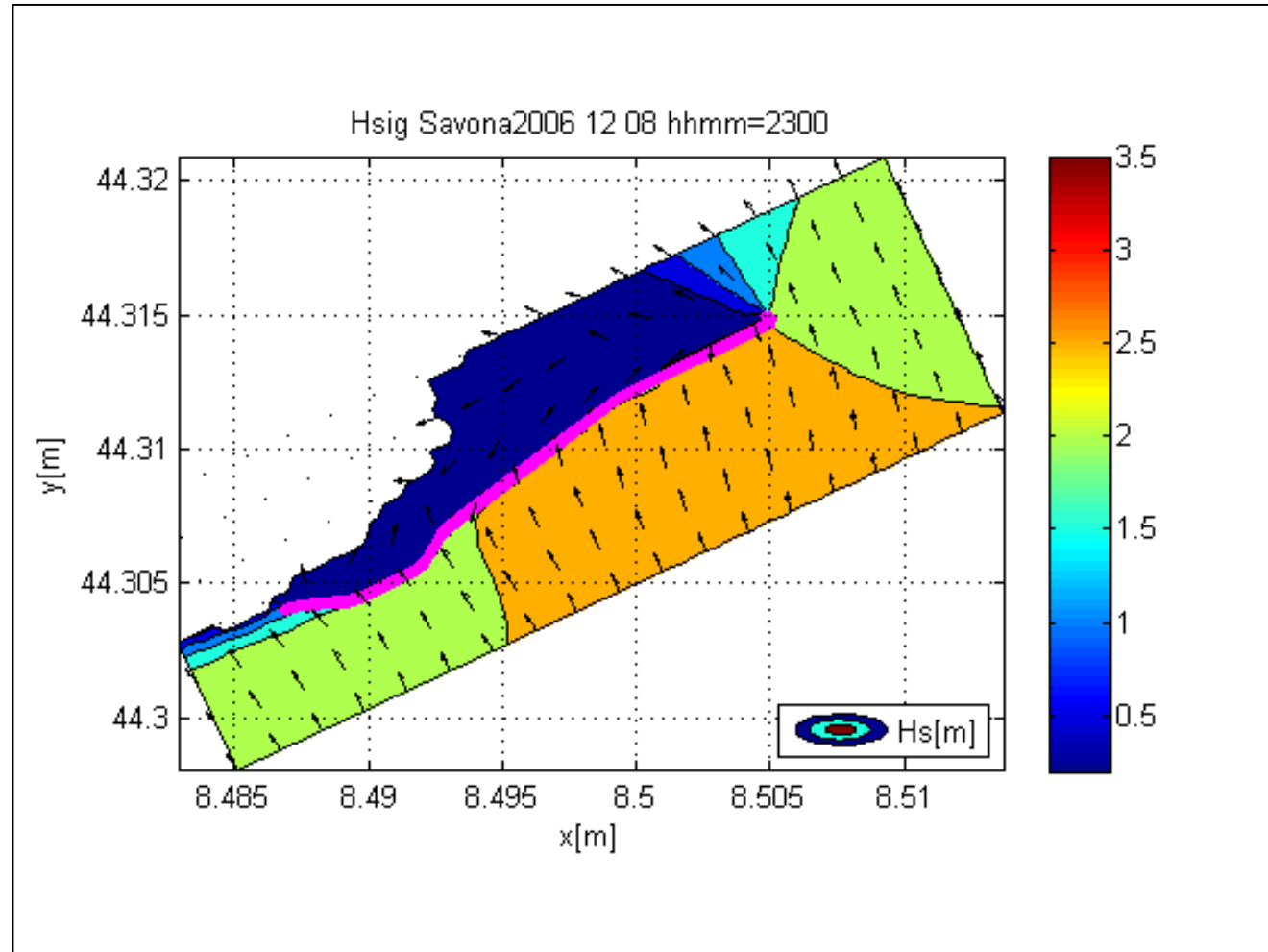
MAREGGIATA 8-9 Dicembre 2006



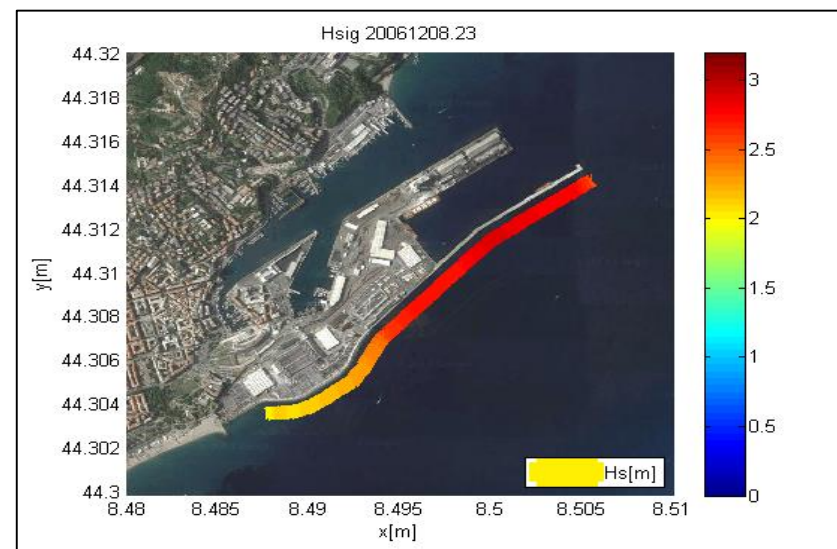
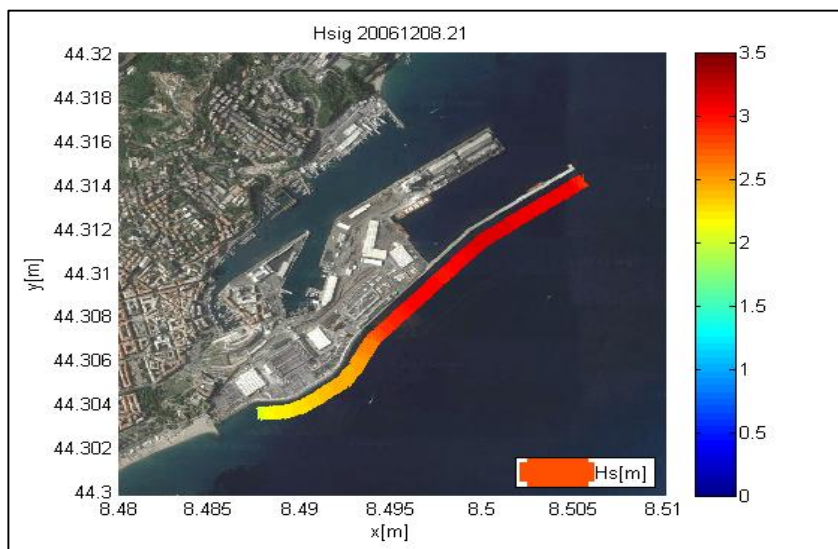
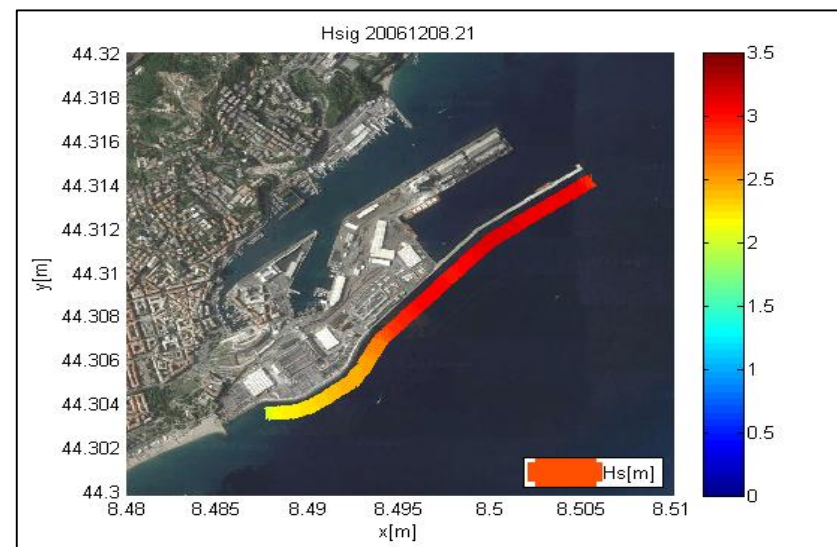
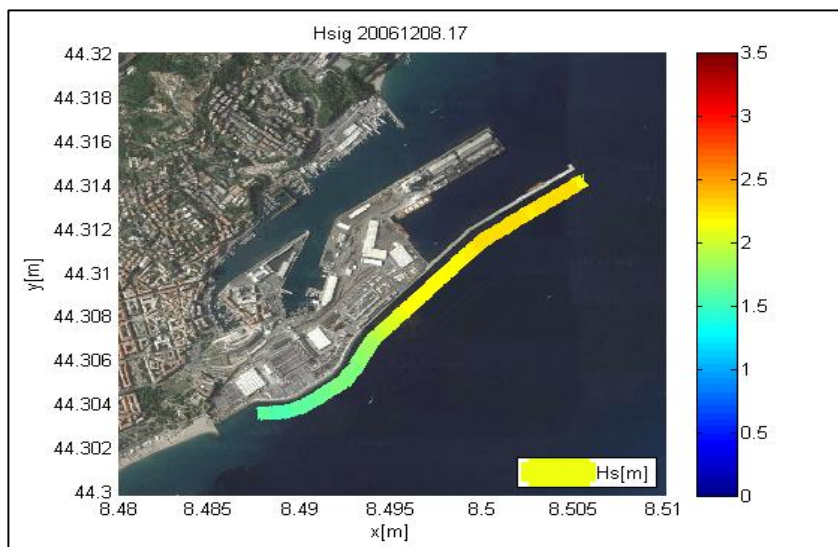
MAREGGIATA 8-9 Dicembre 2006



MAREGGIATA 8-9 Dicembre 2006



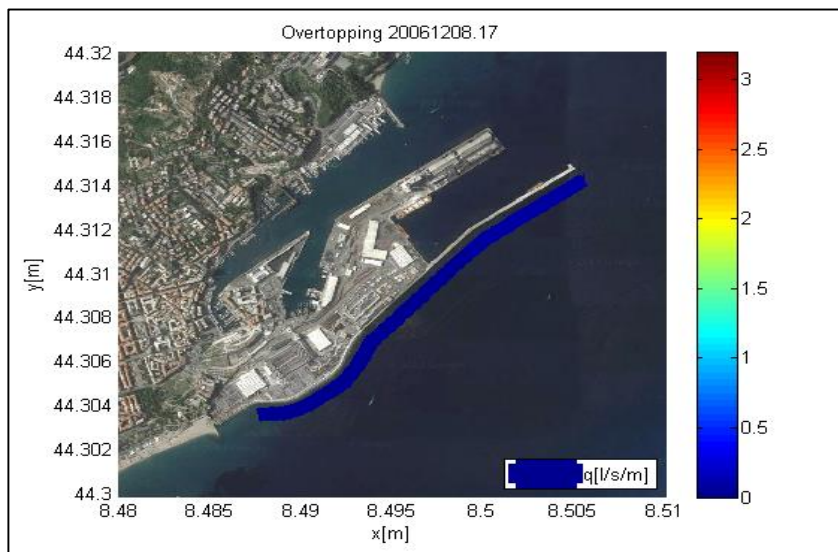
MAREGGIATA 8-9 Dicembre 2006



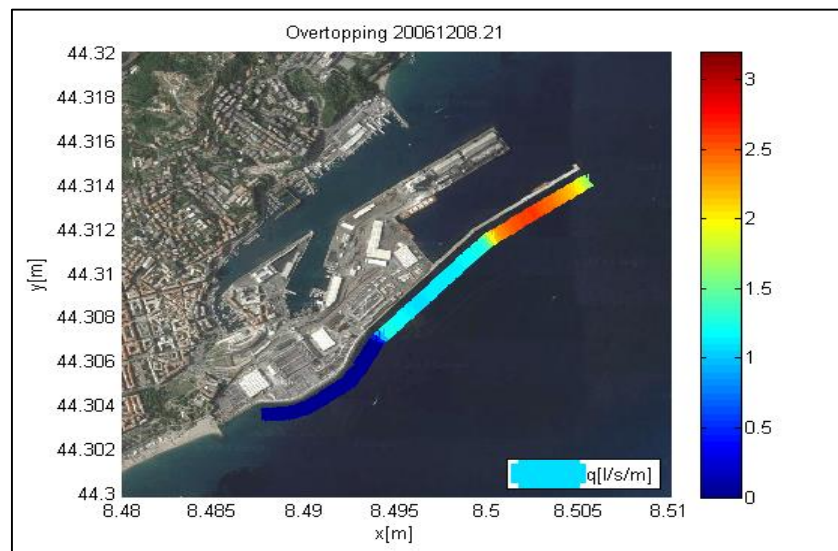
MAREGGIATA 8-9 Dicembre 2006



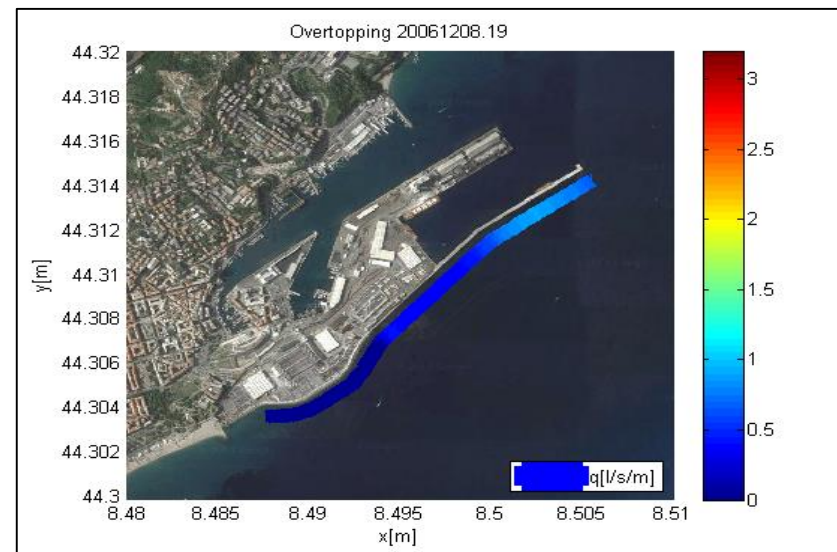
$$q_{\max} = 0.08 \text{ l/s/m}$$



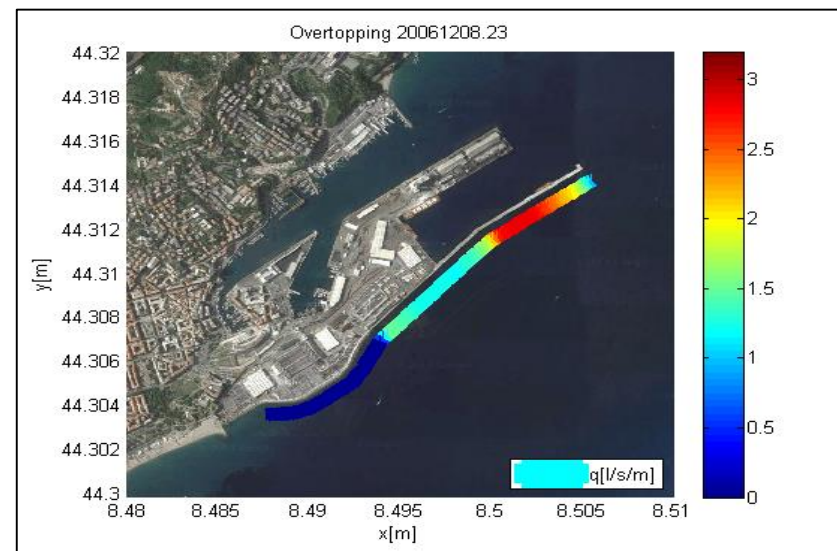
$$q_{\max} = 2.62 \text{ l/s/m}$$



$$q_{\max} = 0.90 \text{ l/s/m}$$



$$q_{\max} = 2.84 \text{ l/s/m}$$



SISTEMA DI ALLERTA



q [l/s/m]		pedoni	
1 0.1 0.03		massima allerta	rischio di ingiuria e di caduta dalla diga per ogni utente
		pericolo	rischio di ingiuria per pedoni non protetti ed addestrati
		attenzione	rischio per i pedoni che si trovano sul ciglio della diga, possibilità di bagnarsi
		in sicurezza	condizione in sicurezza

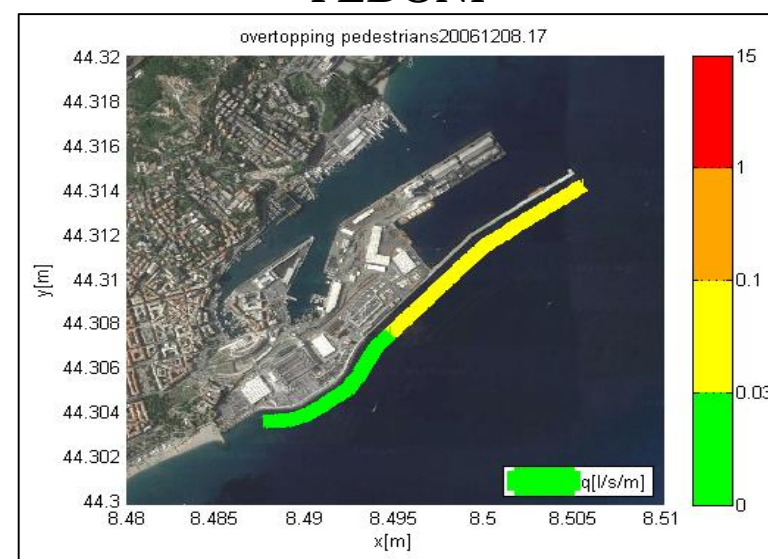
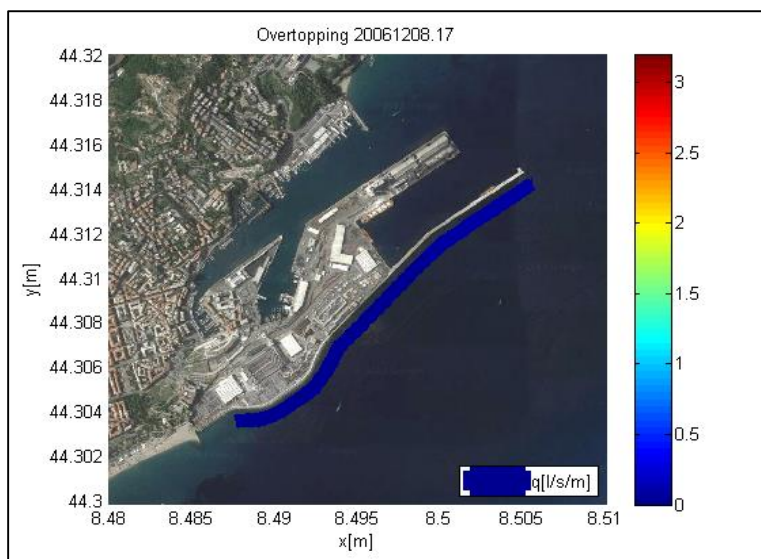
q [l/s/m]		veicoli	
10 1 0.03		massima allerta	elevato rischio per ogni veicolo fermo o transitante
		pericolo	rischio per veicoli ad elevate e medie velocità, rischio a parcheggiare
		attenzione	rischio a parcheggiare
		in sicurezza	condizione in sicurezza

q [l/s/m]		edifici	
10 1 0.4		massima allerta	rischio di danni significativi
		pericolo	rischio di danni agli elementi non strutturali degli edifici
		attenzione	rischio di danni all'attrezzatura posta a 5-10 m dal muro
		in sicurezza	condizione in sicurezza

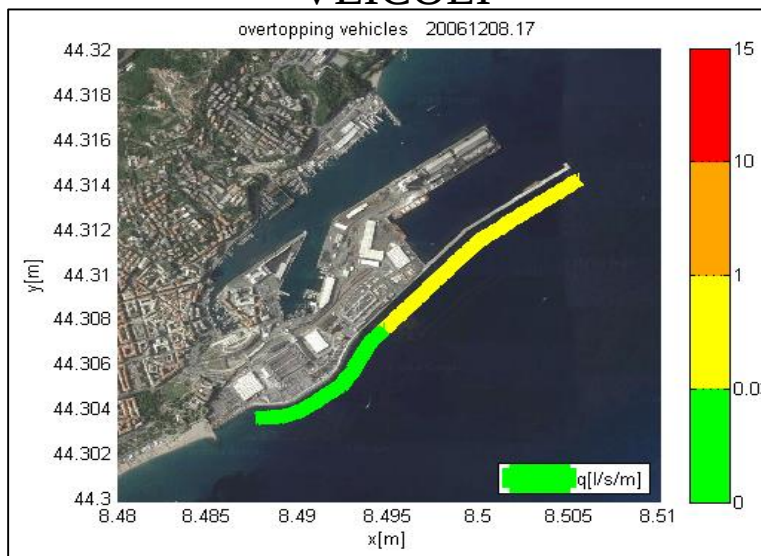
MAREGGIATA 8-9 Dicembre 2006



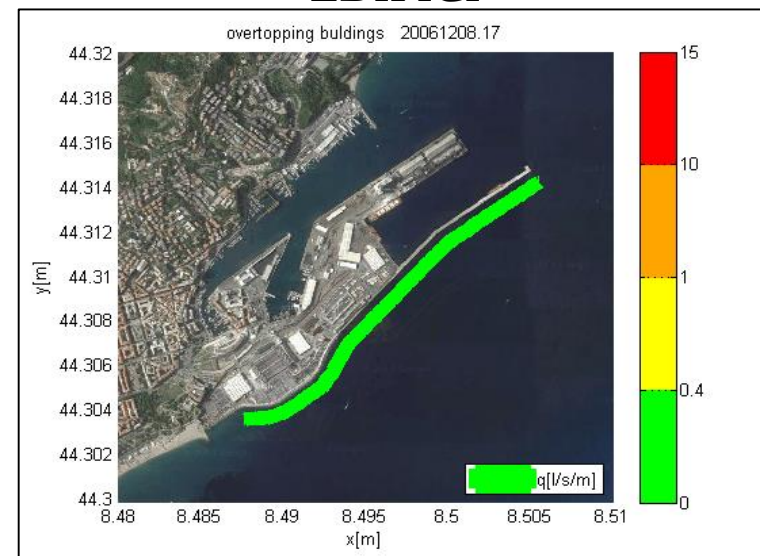
PEDONI



VEICOLI



EDIFICI

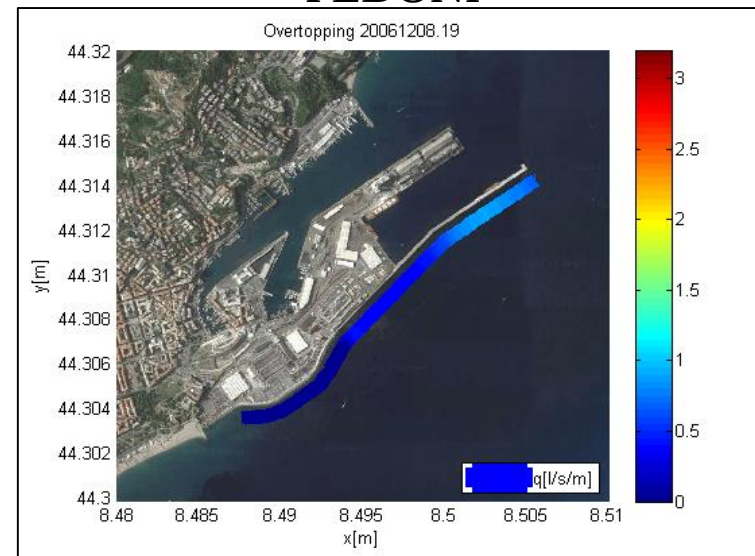
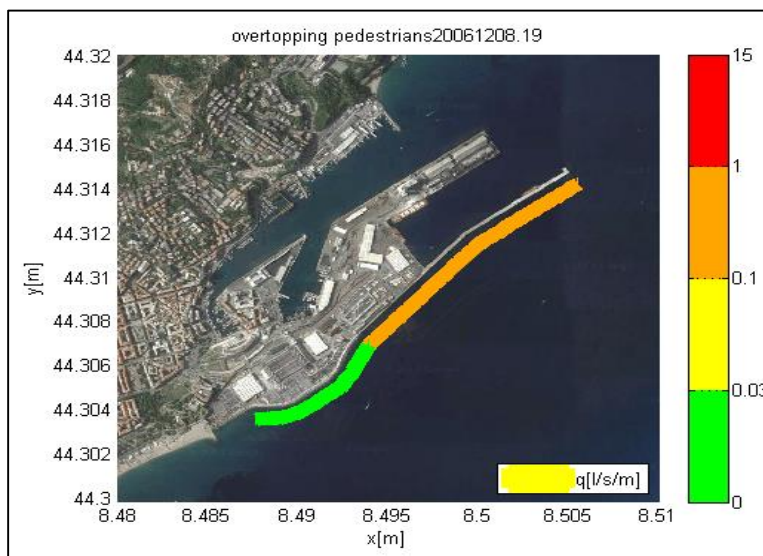


$$q_{\max} = 0.08 \text{ l/s/m}$$

MAREGGIATA 8-9 Dicembre 2006

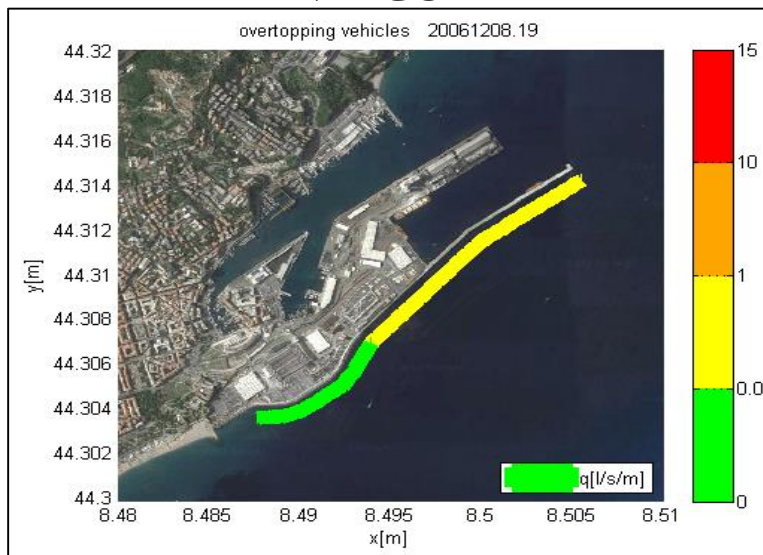


PEDONI

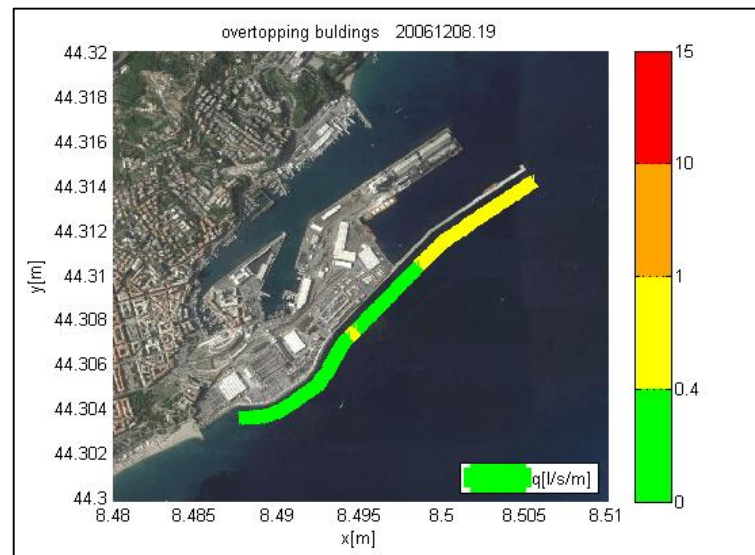


$$q_{\max} = 0.90 \text{ l/s/m}$$

VEICOLI



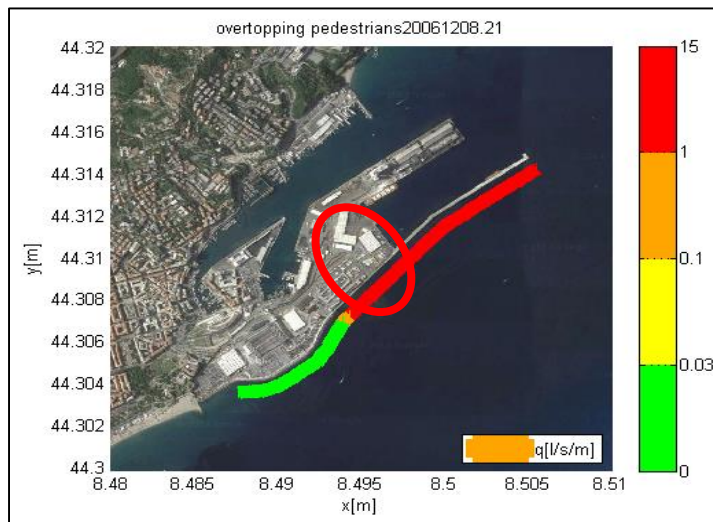
EDIFICI



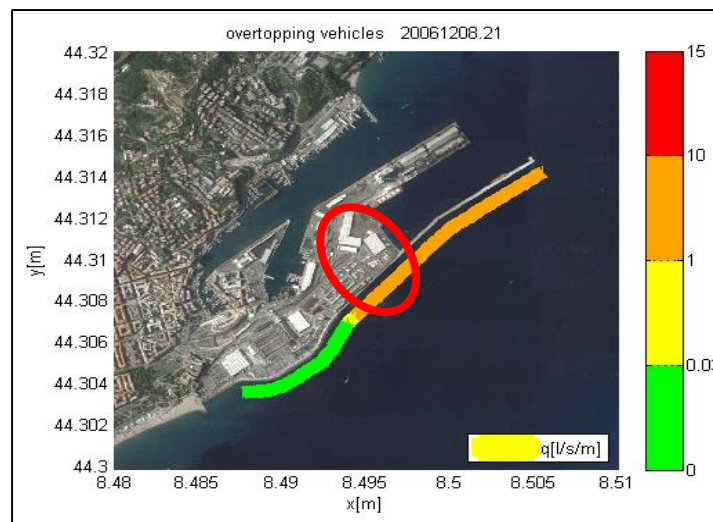
MAREGGIATA 8-9 Dicembre 2006



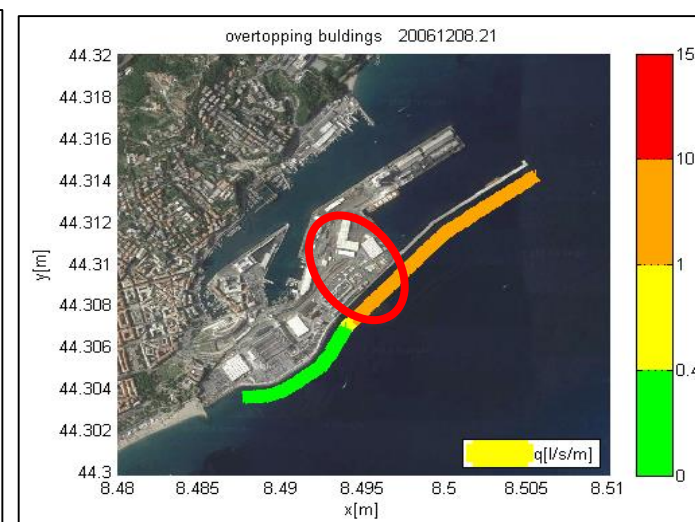
PEDONI



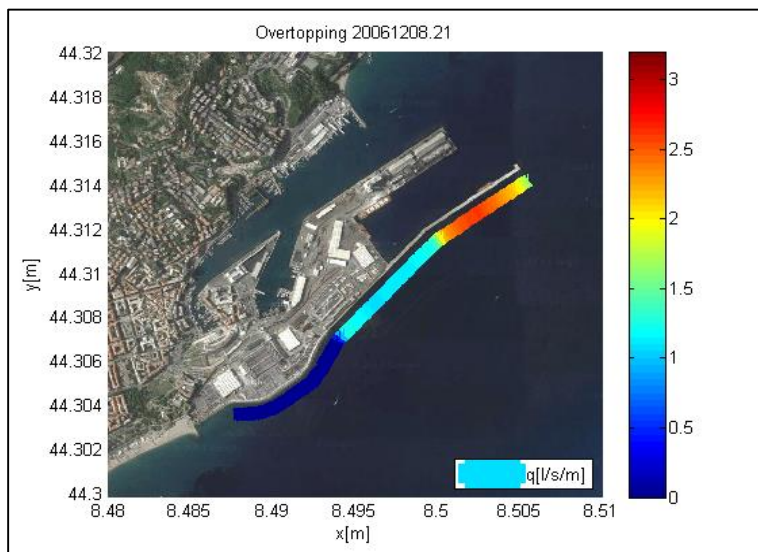
VEICOLI



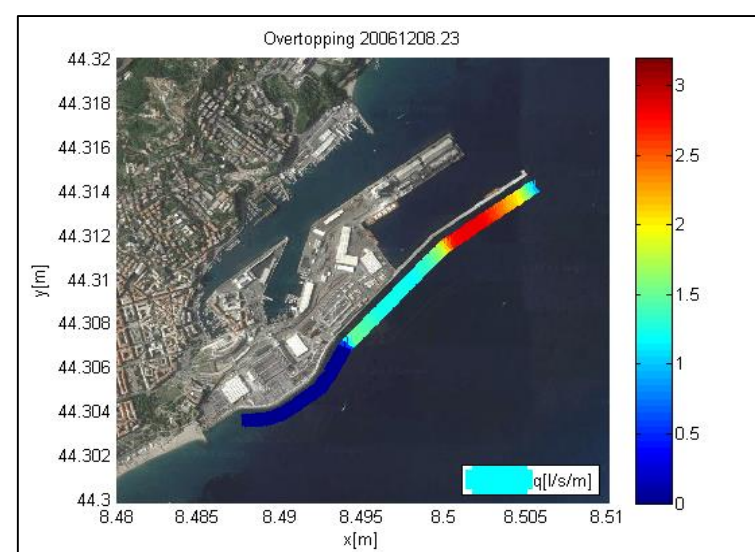
EDIFICI



$$q_{\max} = 2.62 \text{ l/s/m}$$



$$q_{\max} = 2.84 \text{ l/s/m}$$



SISTEMI DI ALLERTA DURANTE LE MAREGGIATE



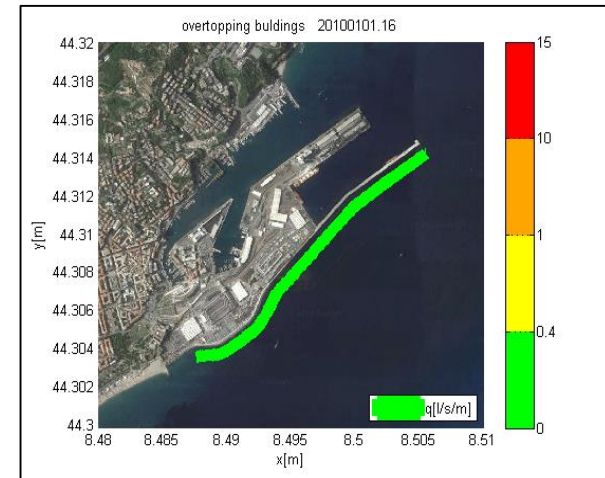
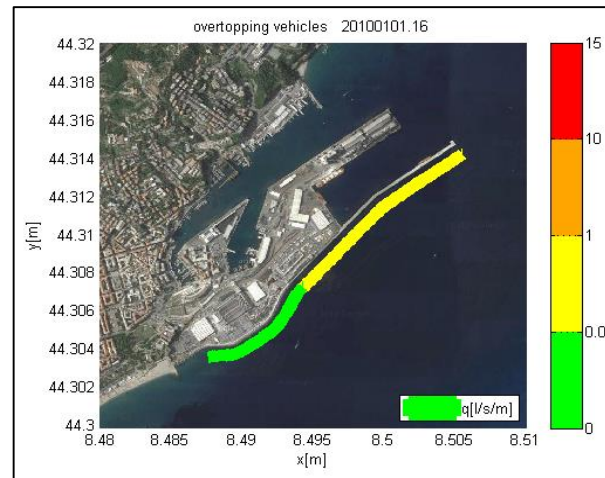
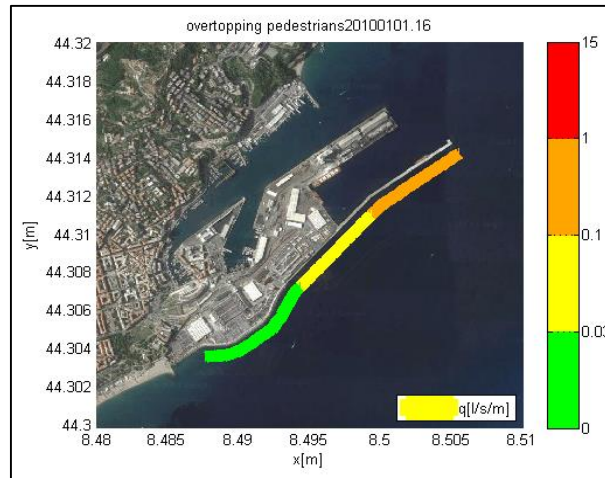
PEDONI

VEICOLI

EDIFICI

1-2 Gennaio 2010

$$q_{\max} = 0.31 \text{ l/s/m}$$



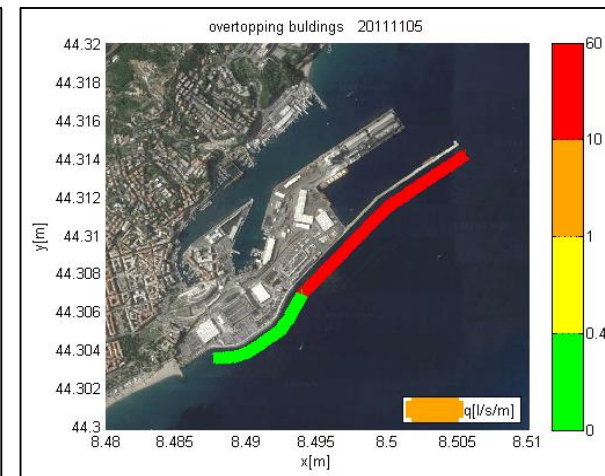
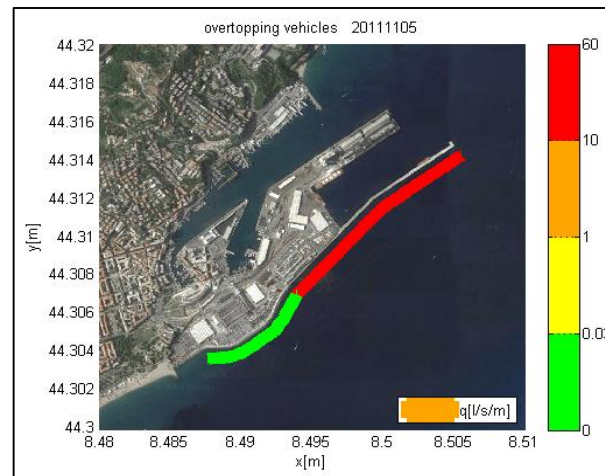
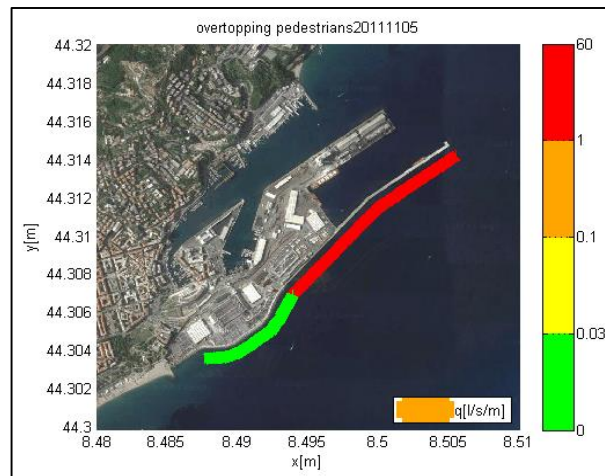
4-5-6 Novembre 2011

$$q_{\max} = 60 \text{ l/s/m}$$

PEDONI

VEICOLI

EDIFICI



SISTEMI DI ALLERTA DURANTE LE MAREGGIATE

27-28 Ottobre 2012

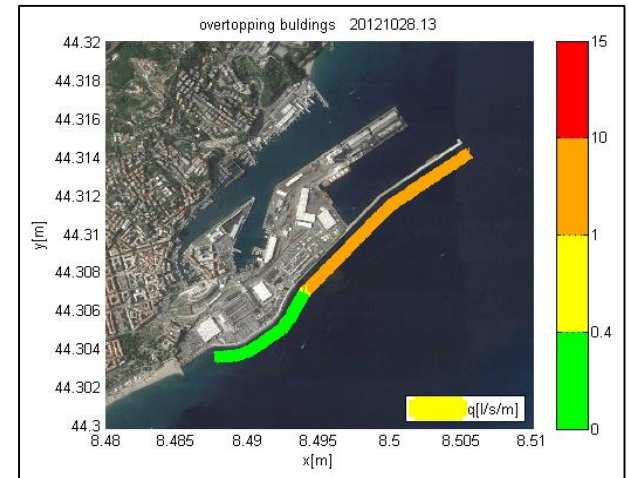
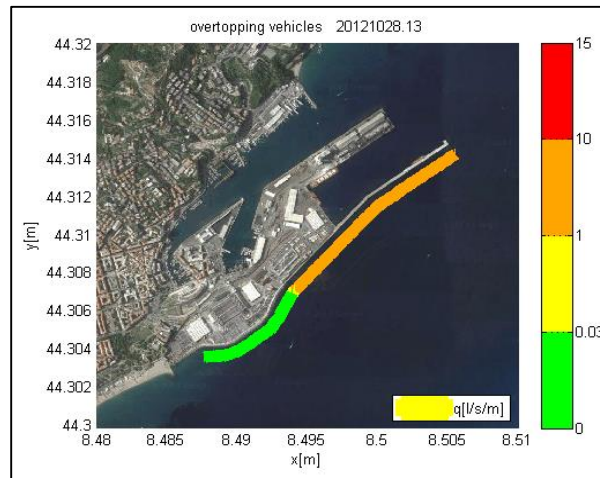
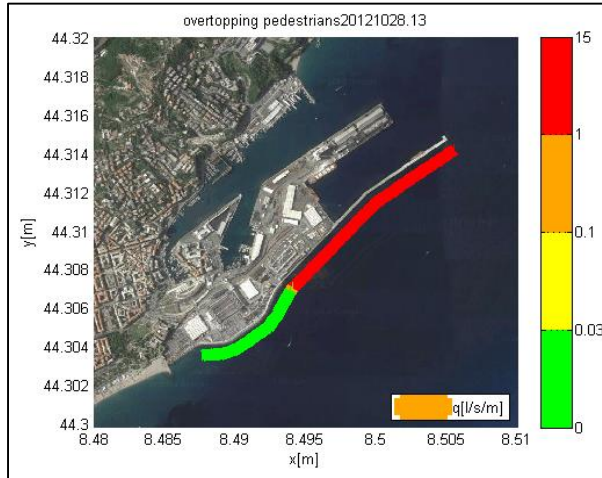
PEDONI

VEICOLI

EDIFICI



$$q_{\max} = 4 \text{ l/s/m}$$



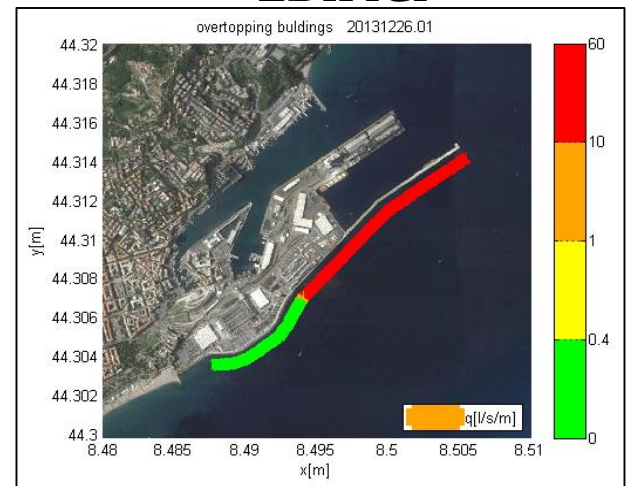
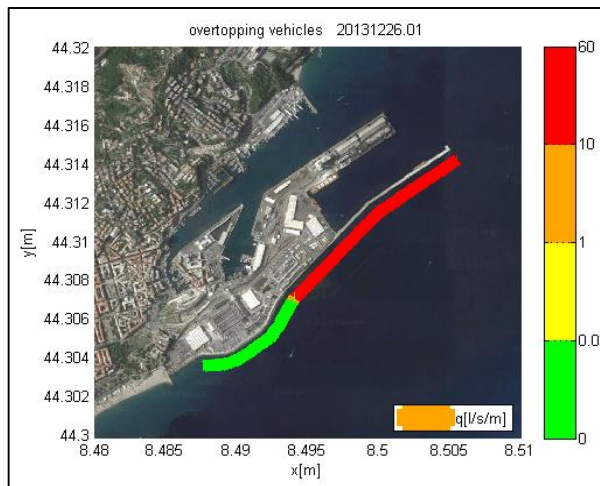
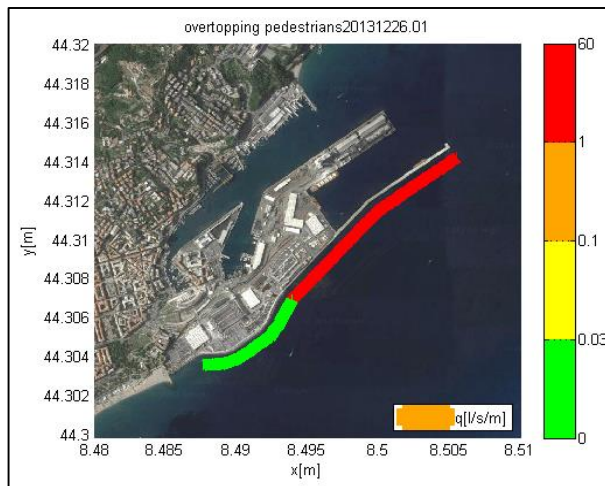
25-26 Dicembre 2013

PEDONI

VEICOLI

EDIFICI

$$q_{\max} = 30 \text{ l/s/m}$$



CONCLUSIONI



La zona a tergo della diga a gettata sempre in condizioni di sicurezza: $q < 0.03$ l/s/m

La zona 32 del porto la più critica: area di deposito in prossimità della diga a parete verticale

- $q \approx 1$ l/s/m rischio per utenti e merci.
- $q \approx 10$ l/s/m rischio elevato per pedoni, veicoli e edifici.

SVILUPPI FUTURI: Sistema di allerta in tempo reale

Catena modellistica operativa di previsione a 5 giorni del moto ondoso nel bacino del Mediterraneo www.dicca.unige.it/meteocean

