

I RISULTATI SULL'ANALISI DELLE MAREGGIATE STORICHE IN EMILIA-ROMAGNA

*Andrea Valentini, Paolo Ciavola
& Italian Micore Group*



micore - www.micore.eu -

Bologna, 9 febbraio 2010

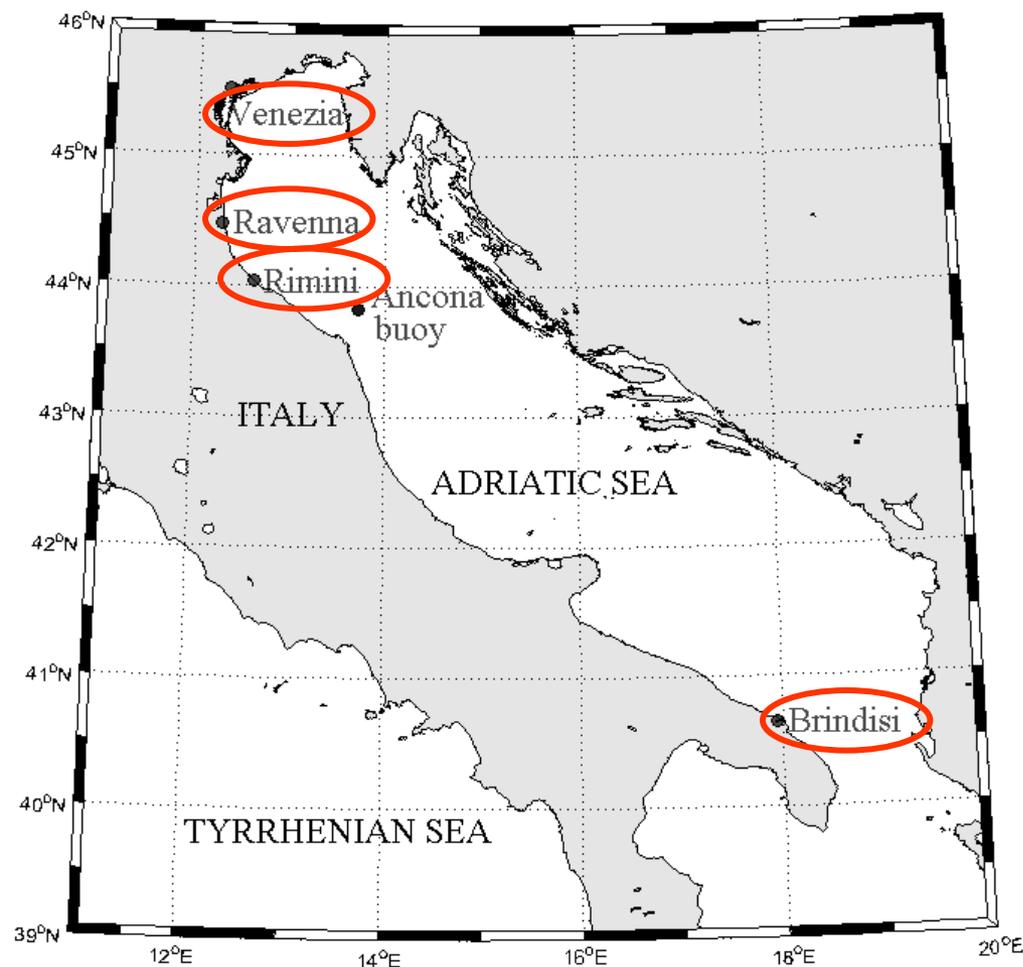


Università di Ferrara

fondata nel 1391

- ✦ Analisi climatologica (49 anni) della *storminess* nel bacino Adriatico
 - Analisi basata su dati meteorologici e non ondametrici
 - Dati SYNOP e non rianalisi (ECMWF-ERA40) per la scarsa risoluzione spaziale (100 km)

- ✦ Analisi di breve durata (16 anni) delle mareggiate in Emilia Romagna
 - Analisi basata su dati ondametrici



✦ Dati SYNOP (*osservazioni meteo al suolo ed in quota, rilevate alle ore sinottiche e diffusi in tutto il mondo attraverso la rete GTS (Global Telecommunication System)*)

✦ Periodo dati: 1950-2009

✦ Variabili considerate:

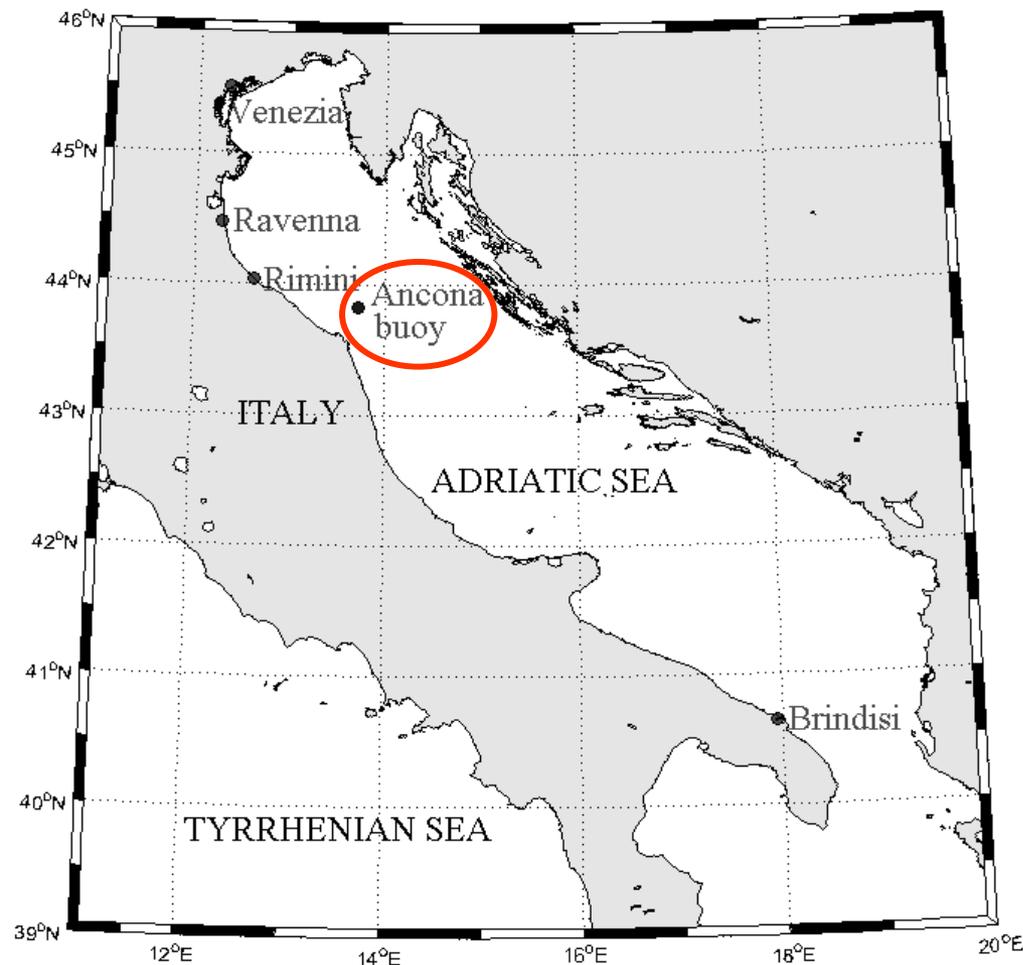
- Velocità del vento a 10 m dal suolo
- Direzione del vento
- Pressione atmosferica

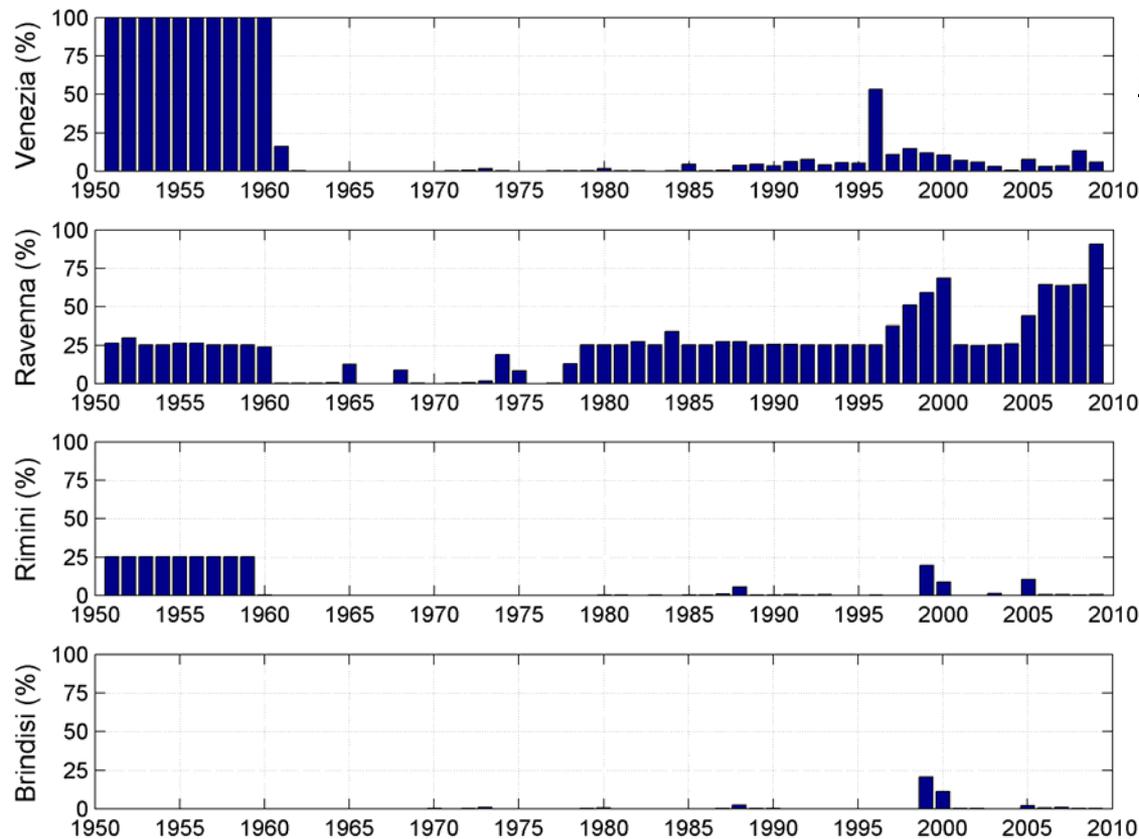
✦ Rete Ondametrica Nazionale RON-Ancona (ISPRA-APAT-)

✦ Periodo dati: 1999-2004

✦ Variabili considerate:

- Altezza significativa
- Direzione dell'onda



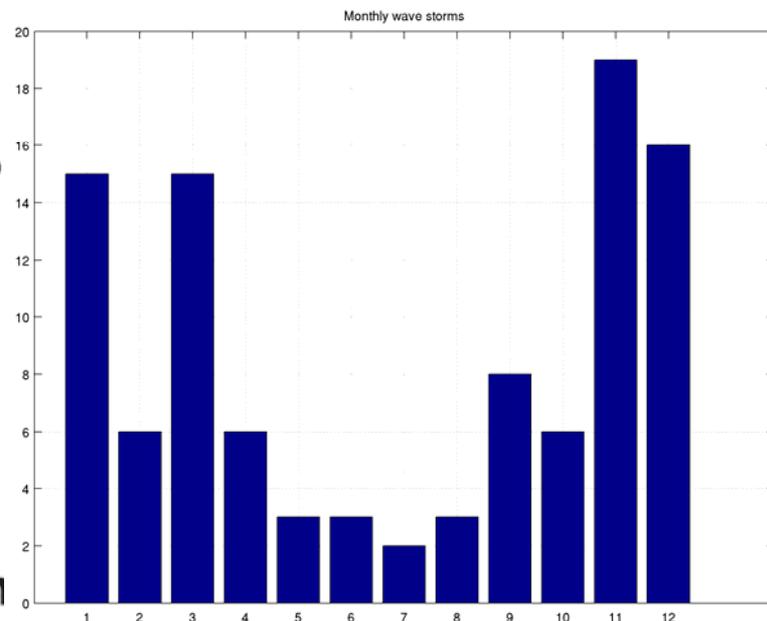


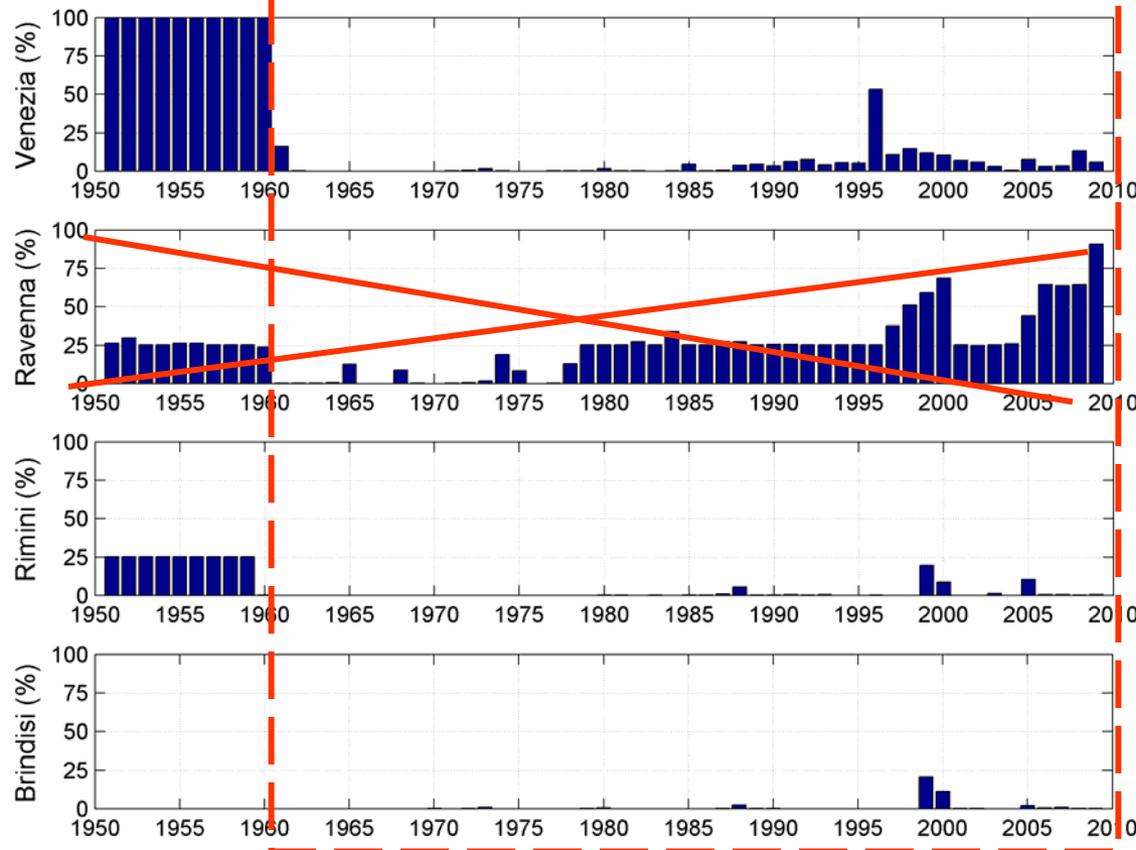
SYNOP 1950-2009

- ✦ 1950-1960 inutilizzabile
- ✦ Ravenna inutilizzabile
- ✦ Alta percentuale di dati mancanti a Venezia nel 1996 (~50%)
- ✦ Alta percentuale (~20%) dati mancanti 99-00

Onde 1999-2004

- ✦ Si esclude il periodo estivo (meteorologia Giu-Ago)



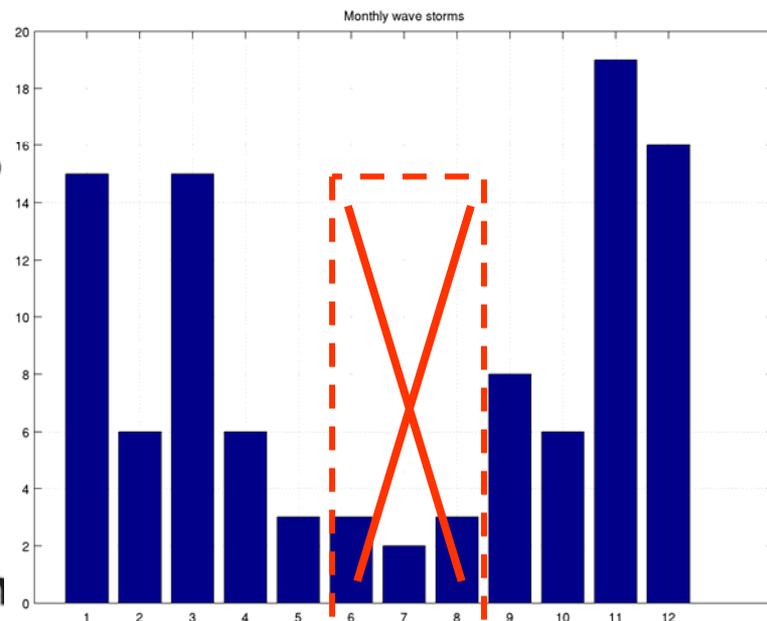


SYNOP 1950-2009

- ✦ 1950-1960 inutilizzabile
- ✦ Ravenna inutilizzabile
- ✦ Alta percentuale di dati mancanti a Venezia nel 1996 (~50%)
- ✦ Alta percentuale (~20%) dati mancanti 99-00

Onde 1999-2004

- ✦ Si esclude il periodo estivo (meteorologia Giu-Ago)



m

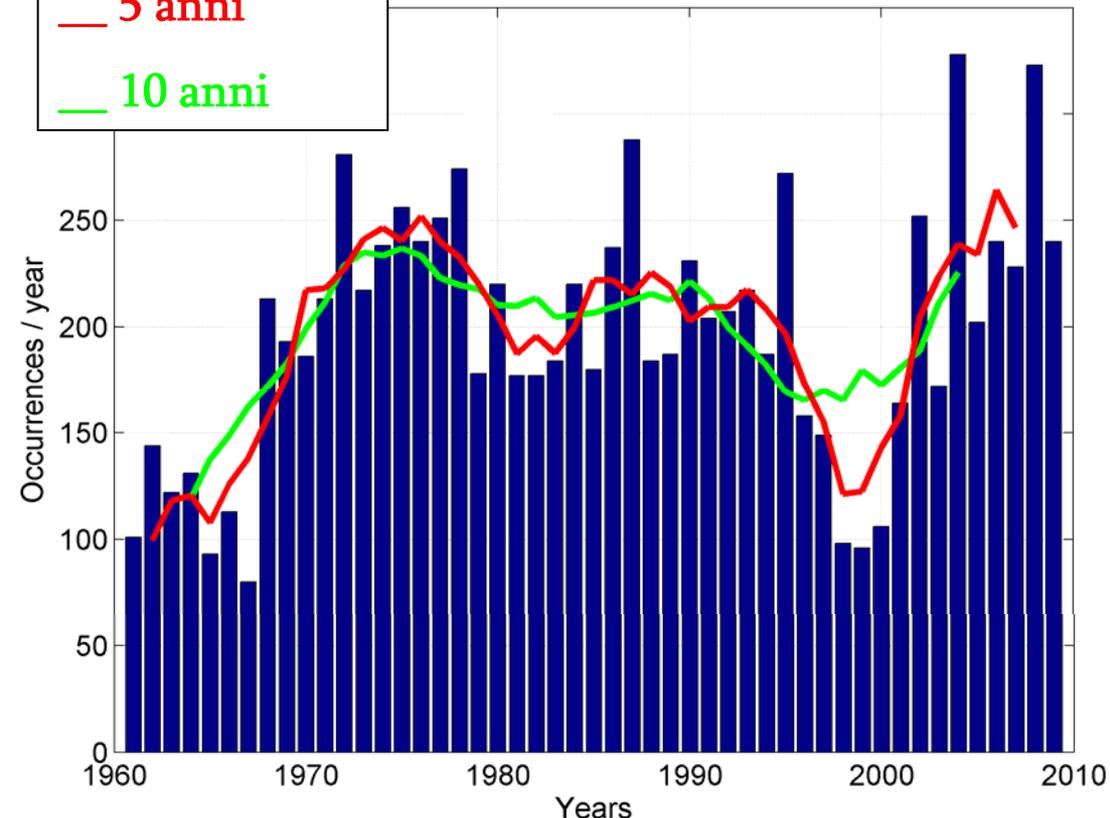
- ✦ Mareggiata selezionata usando una finestra mobile di 48 ore, selezionando come evento la misura che uguaglia il massimo della finestra (Smits *et al.*, 2003, Palutikof *et al.*, 1999).
- ✦ Una volta costruito il dataset degli eventi si è tenuto conto di quelli superiori al 90mo percentile per tenere in considerazione solo gli eventi estremi (una limitazione di questo metodo sta nel fatto che in questo modo non si hanno indicazioni sulla durata dell'evento)
- ✦ Selezionati gli eventi si sono usati i dati SYNOP per ricercare le tipiche situazioni “avverse”, cioè le condizioni meteorologiche prima e durante le mareggiate selezionate.
- ✦ Le grandezze prese in considerazione sono state
 - Pressione al livello del mare
 - Velocità del vento
 - Direzione del vento
 - Esclusi mesi estivi (giugno, luglio, agosto)
- ✦ Condizioni avverse identificate:
 - MSLP compresa tra 950 e 1050
 - Differenza di MSLP tra Venezia e Brindisi < 2 mb (proxy di Scirocco)
 - Condizioni verificatesi 12 ore prima dell'evento
 - Intensità del vento compresa tra i 4 ed i 50 nodi
 - Direzione vento a Brindisi compresa tra i 30° (NE) ed i 210° (SW)
 - Direzione vento a Venezia: compresa tra 0° (N) e 180° (S) → solo venti da EST

Medie mobili:

— 5 anni

— 10 anni

Meteorological storminess



✦ Nessun trend climatologico definito per la storminess negli ultimi 50 anni

✦ 1998-2000 significativa diminuzione della storminess

✦ Andamenti variabili a gruppi di 5-8 anni nell'ultima parte del periodo

Parte del dataset (1950-2000) è stato investigato da Pirazzoli e Tomasin (1999, 2003) arrivando a conclusioni in merito ai trend di regimi di vento:

- Diminuzione dei venti di Bora
- Diminuzione collegata alla variabilità climatica interannuale (NAO e temperature)

→ al 2000!!



PIATTAFORMA ACQUA ALTA

Periodo disponibilità dati: 2001-2006/03

Grandezze: altezza, periodi, NO direzioni

Disponibilità dato: 3 ore



NAUSICAA: directional wave buoy



Position: 44 12.875°N - 12 28.551°E
 Water depth: 9.8 m on a sandy bottom



arpa SM

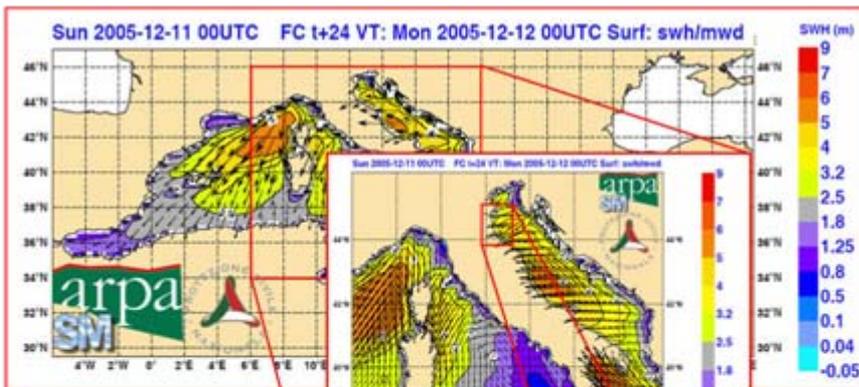


NAUSICAA – EMILIA ROMAGNA
Periodo disponibilità dati: 2007/06 - oggi
Grandezze: altezza, periodi, direzione
Disponibilità dato: 30 minuti

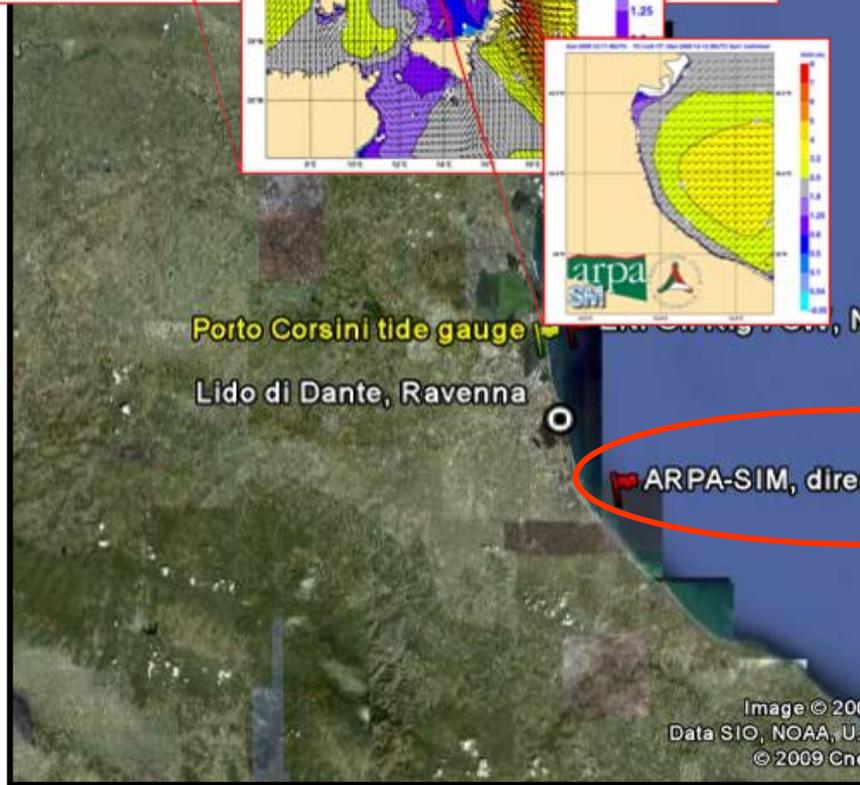


Image © 2009 DigitalGlobe
 Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
 © 2009 Cnes/Spot Image

© 2009 Google



MEDITARE – SWAN ARPA-SIMC
Periodo disponibilità dati: 2004/9 - oggi
Grandezze: altezza, periodi, direzione
Disponibilità dato: 1 ora

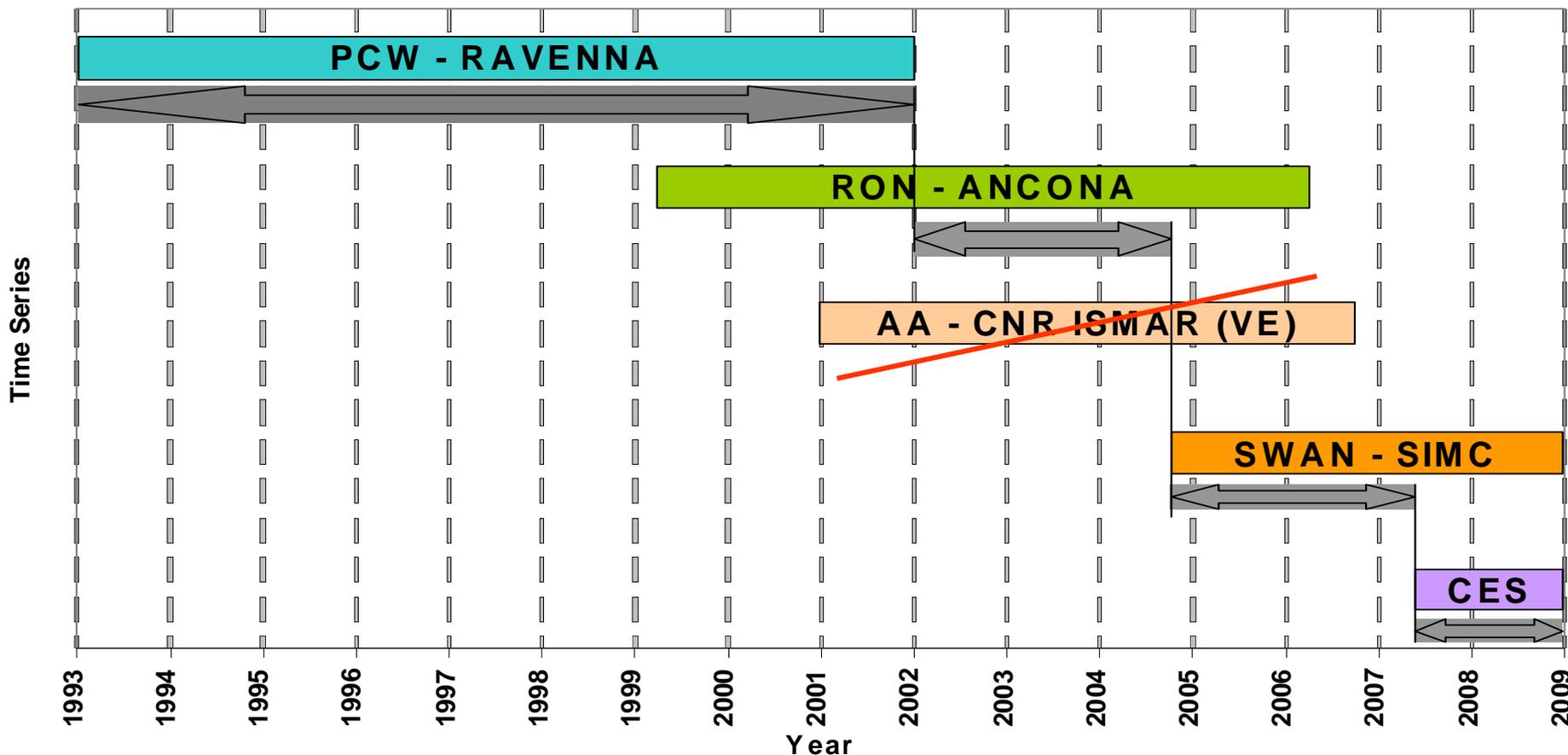


Ancona-RON, directional wave buoy
 ©2009 Google

Image © 2009 DigitalGlobe
 Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
 © 2009 Cnes/Spot Image

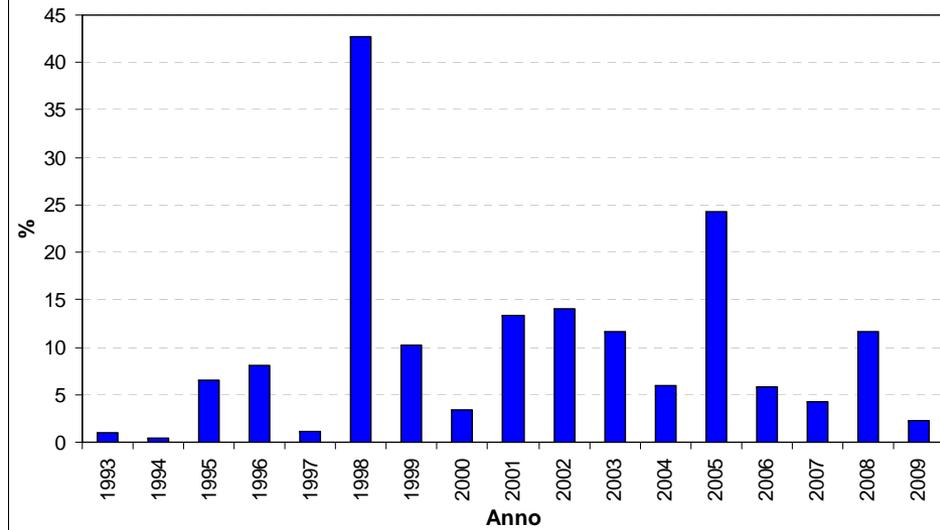


DATASETS



- ✦ PCW non direzionali per le onde (vento)
- ✦ RON Ancona trasposta (metodo del fetch efficace)
- ✦ Dati ACQUA ALTA CNR-ISMAR triorari

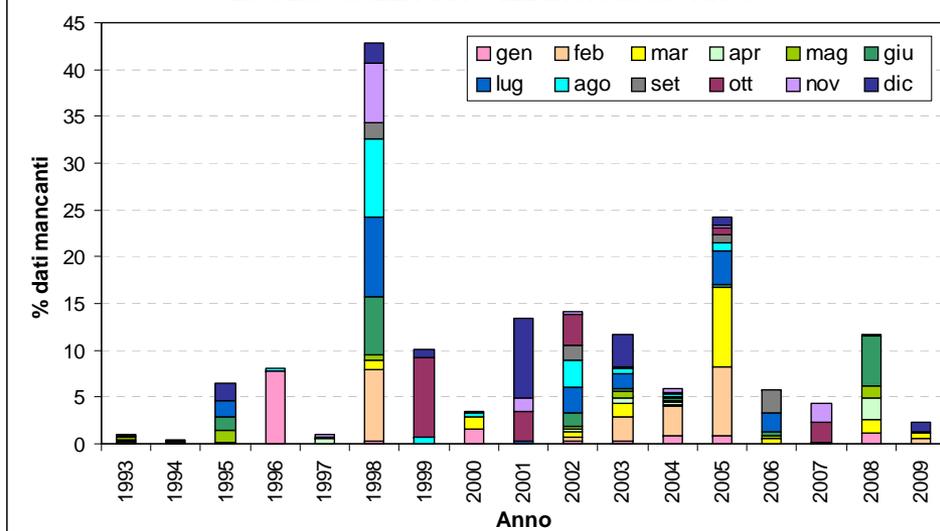
DATI MANCANTI PRECENTUALE



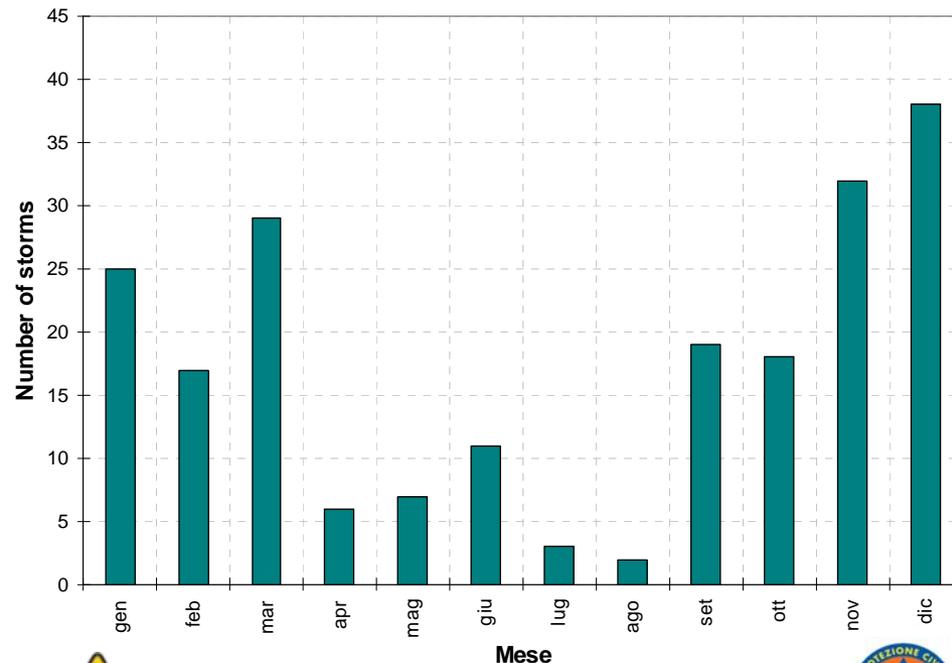
✦ Alta percentuale di dati mancanti 1998 (>40%)

✦ 2006 → ~25%

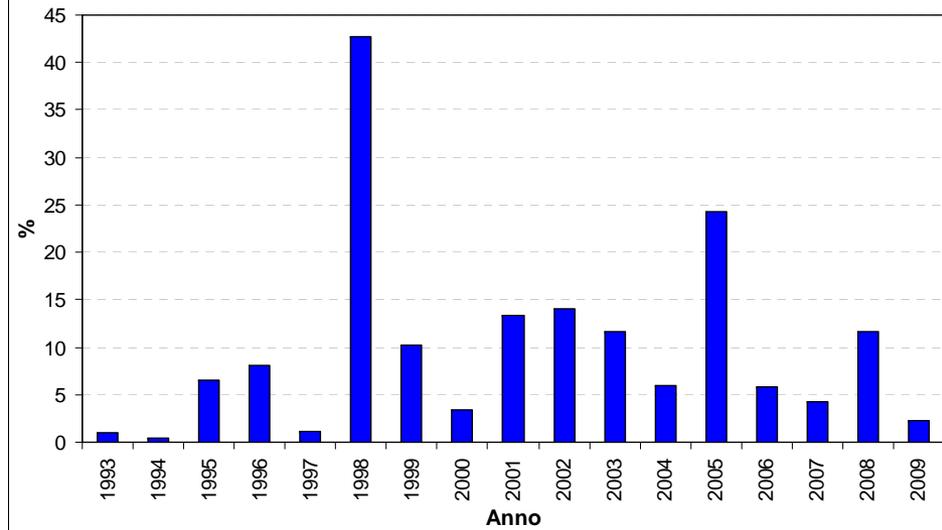
PERCENTUALE ANNUALE DATI MANCANTI



Distribuzione annuale mareggiate 1993-2009



DATI MANCANTI PRECENTUALE

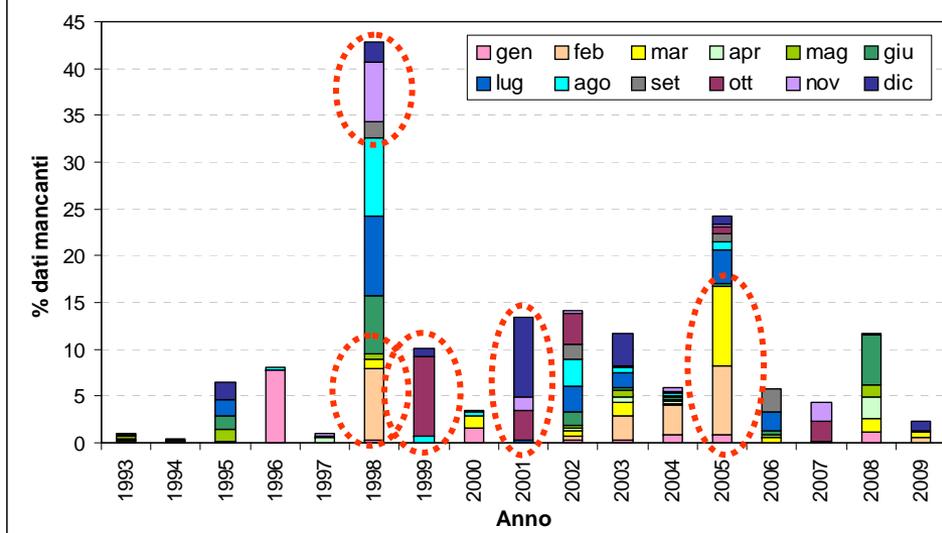


✦ Mareggiate concentrate nei periodi:

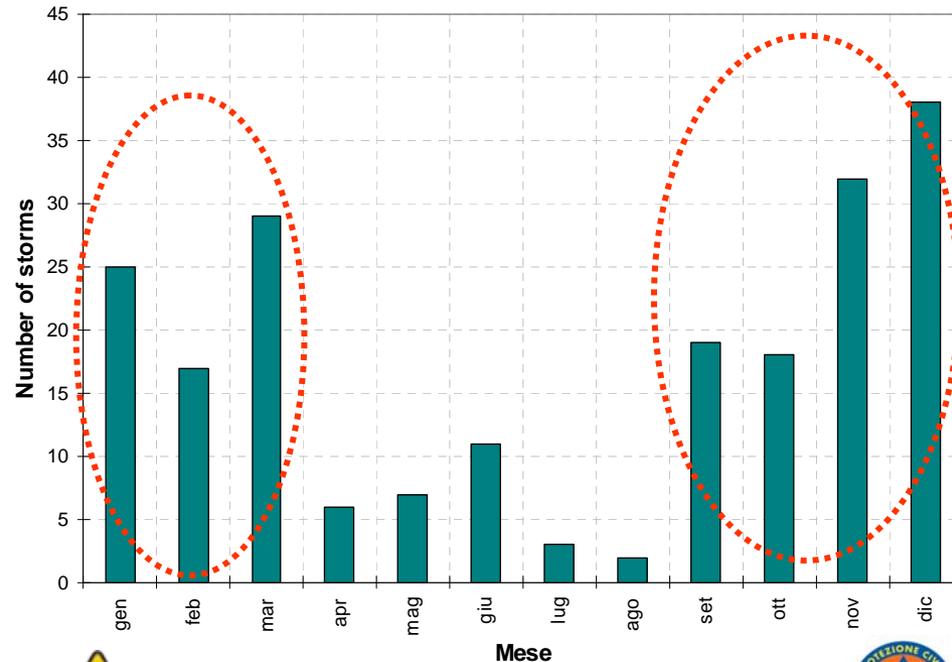
- Gennaio-Marzo
- Settembre-Dicembre

✦ Importanza dei dati mancanti: '98-'99-'01-'05

PERCENTUALE ANNUALE DATI MANCANTI



Distribuzione annuale mareggiate 1993-2009



Successione temporale degli stati di mare caratterizzati da...

✦ *APAT: “Italian Wave Atlas” – 2004*

- persistenza dell’altezza d’onda soprasoglia di **1 m** maggiore di **12 ore** consecutive;
- attenuazione dell’altezza d’onda sotto la soglia di 1 m per meno di **6 ore** consecutive;
- appartenenza della direzione di provenienza $\pm 30^\circ$ rispetto alla direzione iniziale.
- La mareggiata viene identificata assegnandole i valori di altezza d’onda, periodo e direzione corrispondenti al culmine d’intensità della successione di stati di mare

✦ *CNR-ISMAR: “Wind and Waves in the Northern Adriatic Sea” (Cavaleri et al., 1996)*

- Altezza significativa massima superiore a **2 m**;
- Intervallo tra due picchi successivi di almeno **24 ore**;
- Tra due picchi successivi, l’altezza significativa si abbassa a meno del 50% del primo picco.

✦ *E. Mendoza and J. Jiménez : “Factors controlling vulnerability to storm impacts along the Catalanian Coast” - International Coastal Engineering Conference, 2004.*

- Altezza significativa minima di **1.5 m** e durata minima di **6 ore**;
- Periodo medio di **7–8 secondi**
- Intervallo minimo tra due successivi eventi di **12 ore** caratterizzazione dell’intensità della mareggiata attraverso l’utilizzo del suo contenuto energetico

✦ *ARPA-SIMC*

- Altezza significativa superiore a **1.5 m** per un tempo di almeno **6 ore**;
- Due eventi sono separati se l’altezza significativa rimane inferiore a 1,5 m per almeno **3 ore**;
- Nessun filtro sulla direzione

E. Mendoza and J. Jiménez : “Factors controlling vulnerability to storm impacts along the Catalanian Coast” - International Coastal Engineering Conference, 2004.

L'altezza significativa viene integrata nel tempo:

$$E^* = \int_{t_1}^{t_2} H_s^2 dt \quad [m^2 \cdot hr]$$

In questo modo possiamo classificare le mareggiate in base al suo contenuto energetico che è in grado di trasferire al sistema costa.

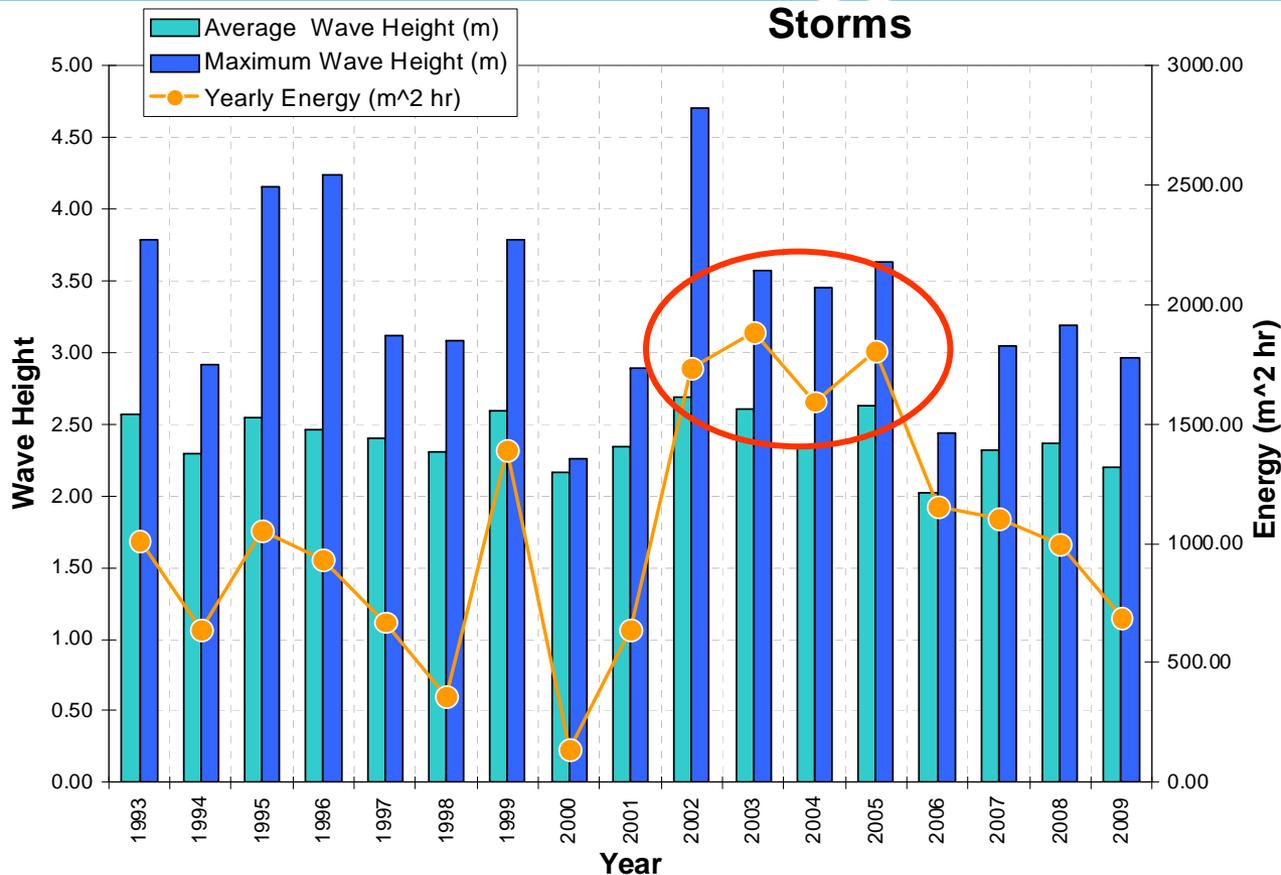
| CLASS | Energy Density [m ² hr] |
|-----------------|------------------------------------|
| I weak | $E^* \leq 58.4$ |
| II moderate | $58.4 < E^* \leq 127.9$ |
| III significant | $127.9 < E^* \leq 389.7$ |
| IV intense | $389.7 < E^* \leq 706.9$ |
| V very intense | $E^* > 706.9$ |

| Event | DAY | MONTH | YEAR | HOOR | MINUTE | ENERGY* | CLASS | DURATION [hr] | DIRECTION max E* | Hs max | Wave Dataset |
|-------|-----|-------|------|------|--------|---------|-------|---------------|------------------|--------|--------------|
| 1-93 | 1 | 1 | 1993 | 11 | 30 | 384.8 | 3 | 66.5 | 57 | 3.79 | PCW |
| 2-93 | 28 | 2 | 1993 | 17 | 0 | 187.5 | 3 | 37.0 | 69 | 3.19 | PCW |
| 3-93 | 8 | 3 | 1993 | 6 | 0 | 36.4 | 1 | 8.0 | 62 | 2.55 | PCW |
| 4-93 | 25 | 3 | 1993 | 8 | 0 | 115.8 | 2 | 22.0 | 34 | 3.14 | PCW |
| 5-93 | 26 | 3 | 1993 | 13 | 30 | 96.9 | 2 | 25.0 | 23 | 2.61 | PCW |
| 6-93 | 6 | 7 | 1993 | 14 | 30 | 40.9 | 1 | 10.5 | 49 | 2.66 | PCW |
| 7-93 | 24 | 9 | 1993 | 14 | 0 | 39.1 | 1 | 10.5 | NaN | 2.33 | PCW |
| 8-93 | 2 | 10 | 1993 | 10 | 30 | 31.4 | 1 | 13.0 | NaN | 1.74 | PCW |
| 9-93 | 30 | 11 | 1993 | 1 | 0 | 34.1 | 1 | 12.5 | 316 | 1.87 | PCW |
| 10-93 | 26 | 12 | 1993 | 10 | 30 | 42.7 | 1 | 16.5 | 323 | 1.86 | PCW |
| 1-94 | 20 | 1 | 1994 | 21 | 30 | 78.6 | 2 | 22.0 | 29 | 2.36 | PCW |
| 2-94 | 12 | 2 | 1994 | 12 | 0 | 127.5 | 2 | 41.5 | 19 | 2.26 | PCW |
| 3-94 | 27 | 3 | 1994 | 1 | 30 | 21.8 | 1 | 6.5 | 97 | 2.23 | PCW |
| 4-94 | 11 | 6 | 1994 | 21 | 0 | 71.7 | 2 | 20.0 | 78 | 2.51 | PCW |
| 5-94 | 5 | 10 | 1994 | 7 | 0 | 19.3 | 1 | 7.0 | 80 | 1.82 | PCW |
| 6-94 | 6 | 10 | 1994 | 19 | 0 | 48.1 | 1 | 12.0 | 48 | 2.46 | PCW |
| 7-94 | 6 | 11 | 1994 | 7 | 0 | 36.0 | 1 | 15.0 | 161 | 1.78 | PCW |
| 8-94 | 21 | 12 | 1994 | 10 | 30 | 65.3 | 2 | 16.5 | 19 | 2.29 | PCW |
| 9-94 | 22 | 12 | 1994 | 21 | 30 | 169.2 | 3 | 35.0 | 52 | 2.91 | PCW |
| 1-95 | 3 | 1 | 1995 | 11 | 30 | 228.8 | 3 | 48.0 | 32 | 2.77 | PCW |
| 2-95 | 13 | 1 | 1995 | 20 | 0 | 170.1 | 3 | 48.0 | 66 | 2.46 | PCW |

| | | ENERGY* | CLASS | DURATION [hr] | DIRECTION max E* | Hs max |
|------------------|-----------------|------------|----------|---------------|------------------|-------------|
| 1993-2009 | AVERAGES | 86 | 2 | 21 | 64 | 2.42 |
| | MAXIMUM | 463 | 4 | 93 | 344 | 4.70 |
| | MINIMUM | 17 | 1 | 6 | 3 | 1.59 |

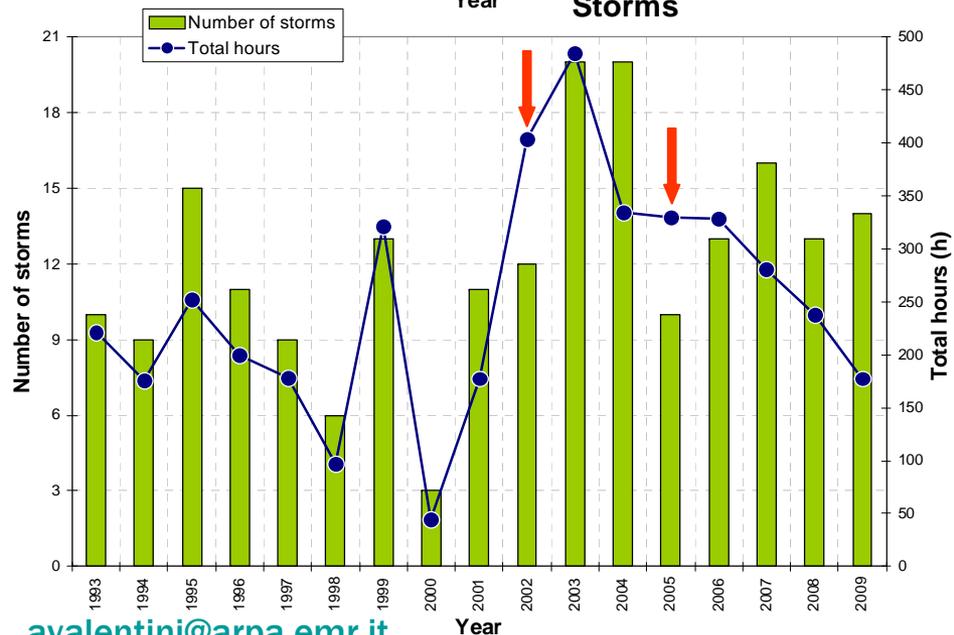
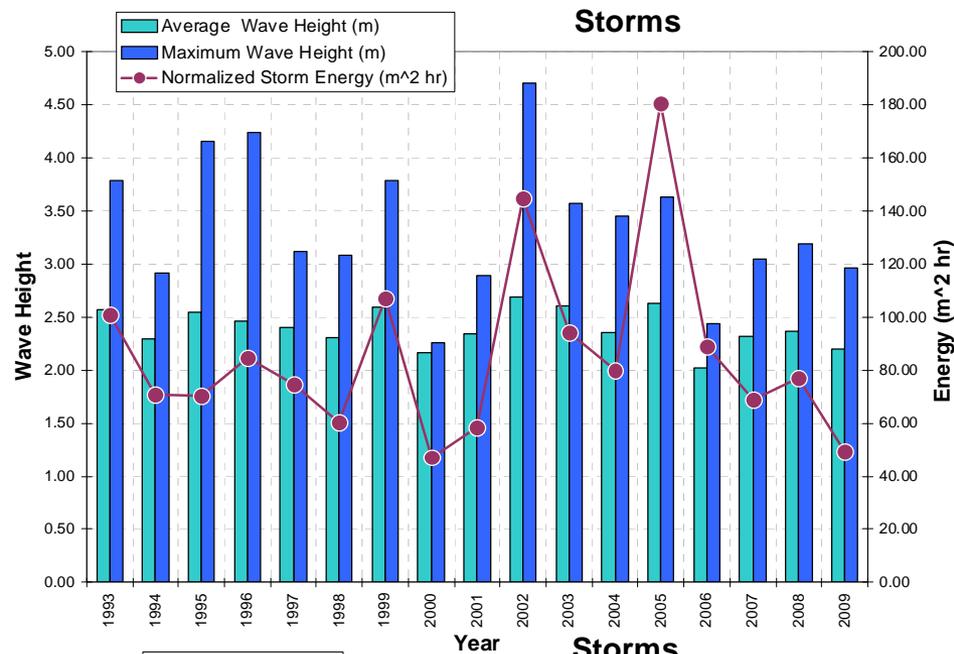
- ✦ 1993-2009: 205 eventi, con una durata media di 21 ore ed un massimo di 93 ore.
- ✦ Mediamente gli eventi sono di provenienza ENE (64°) con un'altezza significativa massima mediamente di 2.43 m.

| Event date | Damaged Adriatic Regions | Emilia Romagna Critical Sites documented | Information Source | Information type | Marine dataset | Storm characteristics |
|---|---|--|---|--------------------------------------|---|--|
| <i>November 5th 1966</i> | Veneto, Emilia-Romagna | Ferrara Province | STB FE | Cartography | Storminess Synops | E-250 yr surge coupled with 6 m waves |
| | | | On-line newspaper archive | Event description | | |
| <i>December 22th 1979</i> | Emilia-Romagna | Cesenatico,... | Idroser _ARPA DT | Event description | Storminess Synops | |
| <i>December 8-10th 1992</i> | Emilia-Romagna Veneto Friuli Venezia Giulia Marche | Cesenatico | On-line newspaper archives: Corriere della Sera and La Repubblica | Newspaper article | Storminess Synops VE - tidal gauge Eni's data | Duration: 37.5hrs Hmax: 3.94m Hav:2.29m Dir:NE Surge:? |
| | | | Emilia -Romagna info | Aerial photoes Coastal geomorphology | | |
| | | | Venezia Tidal-centre | Tidal data | | |
| <i>September 24th 2004</i> | Emilia-Romagna Veneto Marche, Abruzzo | Regional coastline | RER Technical services + SGSS | Lidar survey Damages reports | RON ARPA-SIM VE - tidal gauge | Duration: 68hrs Hmax: 5.65m Hav:2.13m Dir:NE Surge:yes |
| | | | Civil Protection | | | |
| | | | Coast guard | | | |
| | | | Newspaper | Damages report | | |
| | | | RER Technical services | Event description | | |
| | | | Newspaper | | | |
| <i>December 10-13th 2008</i> | Emilia-Romagna Veneto Friuli Venezia Giulia, Marche | Regional coastline | Meteo info (ARPA-SIM) | Sea-state | RON ARPA-SIM VE - tidal gauge | Cluster: 43.5hrs Hmax: 2.17m Surge:yes Dir: NE |
| | | | RER Technical services | Damages reports | | |
| | | | Newspaper | Event description | | |



- ✦ Altezze d'onda medie e massime si mantengono sostanzialmente invariate
- ✦ Il contenuto energetico annuale totale, invece, raggiunge valori massimi nel periodo **2002-2005**.

Il dataset 02-04 si riferisce alla boa di Ancona (acque profonde) trasposti sulla nostra costa, mentre i successivi si riferiscono a condizioni in cui il fondale comincia ad influenzare la dinamica ondosa.

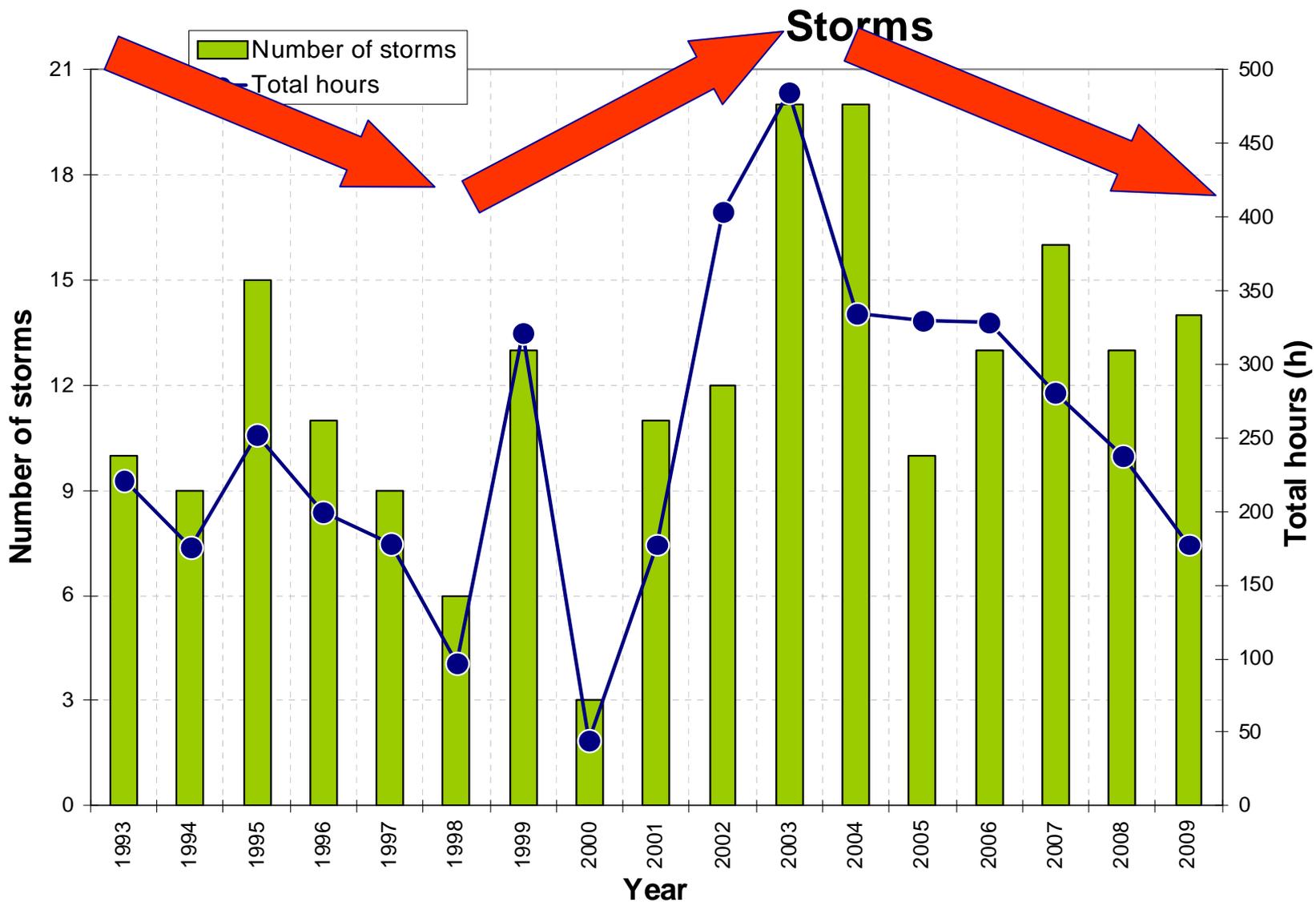


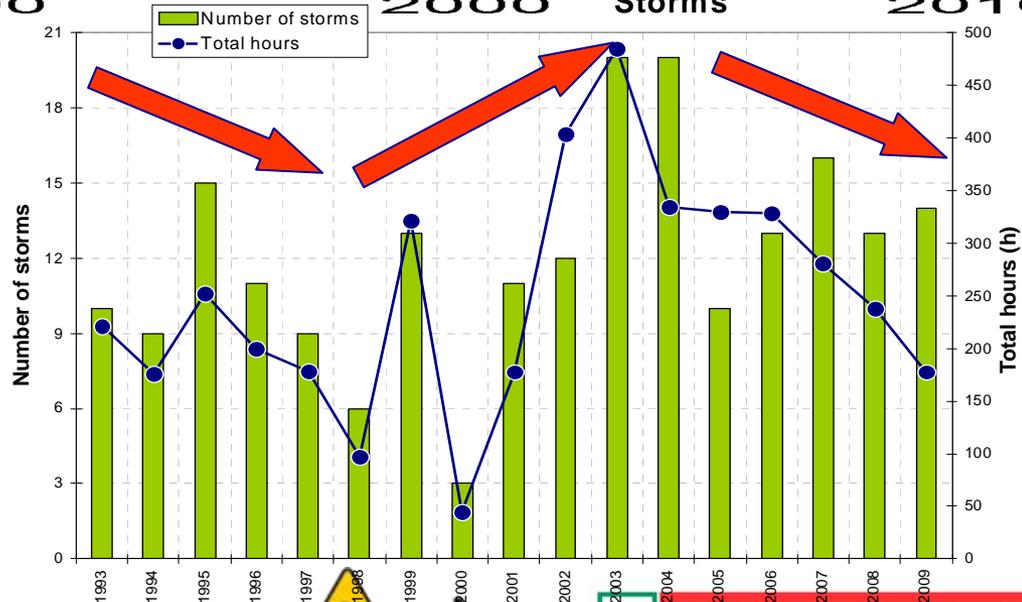
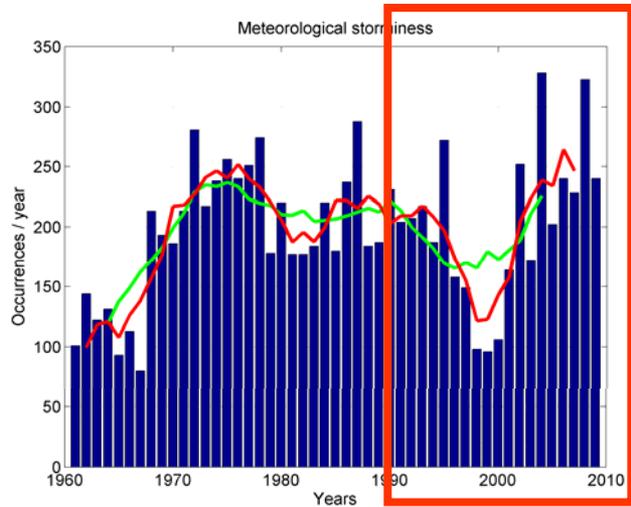
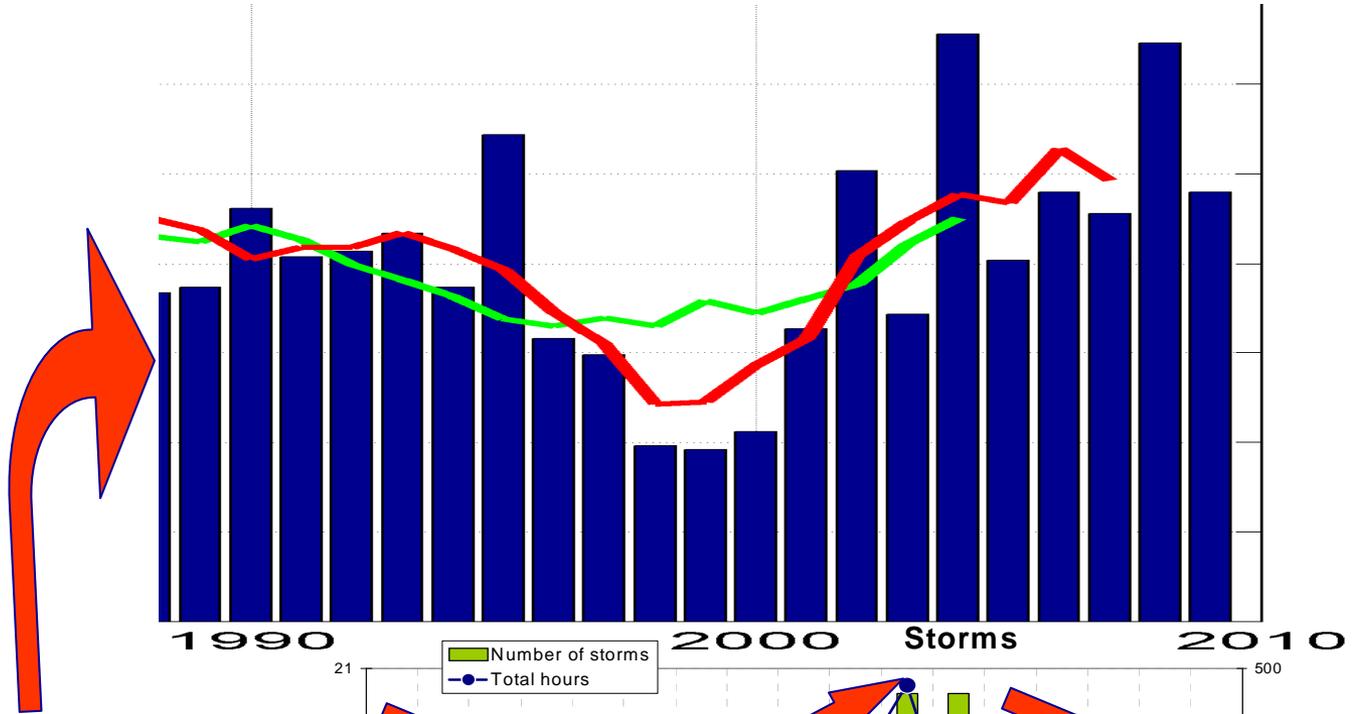
L'energia normalizzata e le ore totali forniscono indicazioni più precise

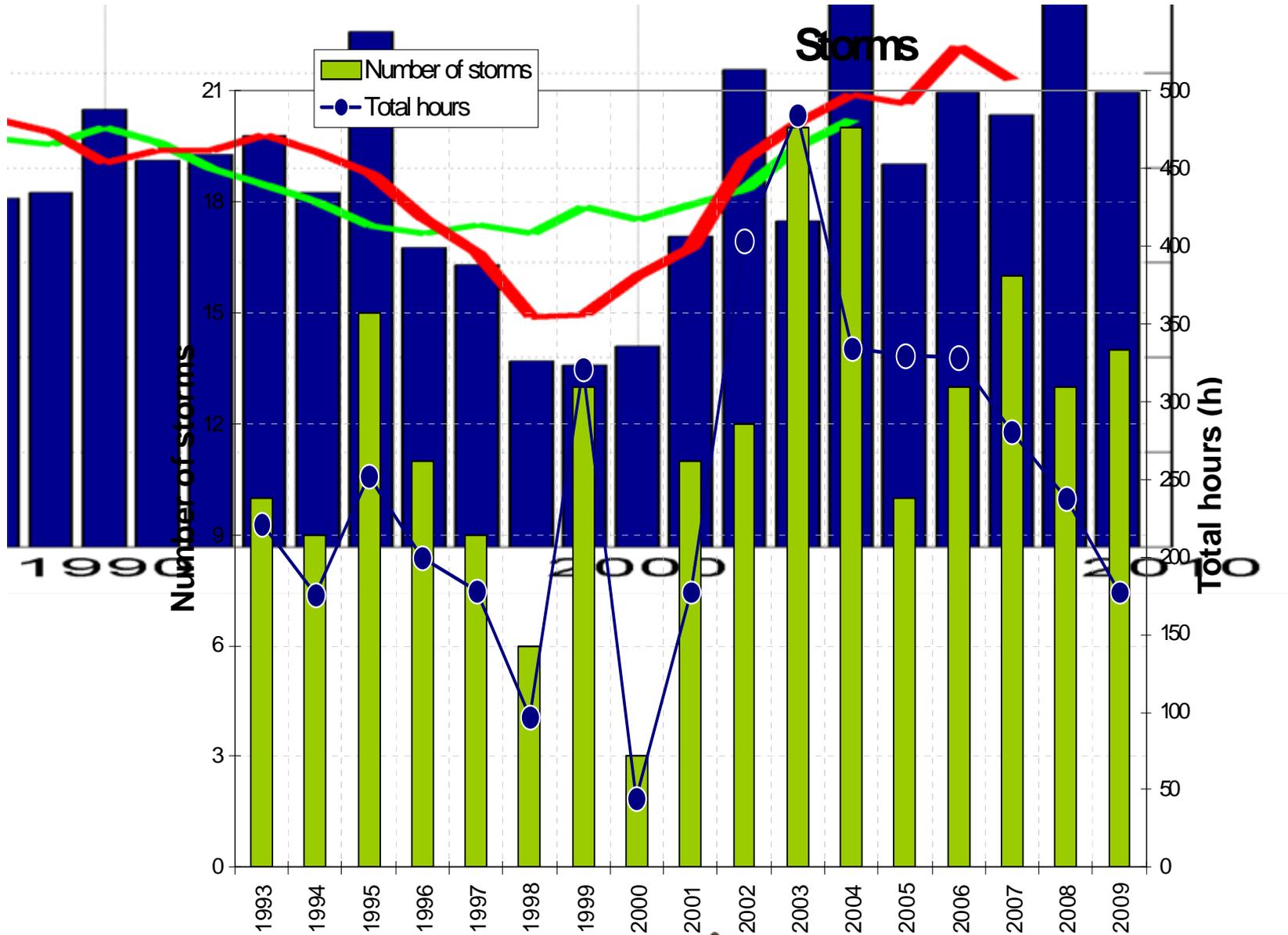
- ✦ 2002 e 2005 molto energetici
 - 2002: cluster di 5 eventi tra il 14/11 ed il 6/12 di classe 3 e 4 e con altezze massime di 4.70 m con direzione NNE
 - 2005: l'anno con maggior numero di mareggiate ad elevata classe energetica; 4 di classe 3 e 2 di classe 4 (nessun anno ha 2 eventi di classe 4!)

✦ Gli ultimi 3 anni mostrano un calo non tanto del numero delle mareggiate, quanto nel loro contenuto energetico

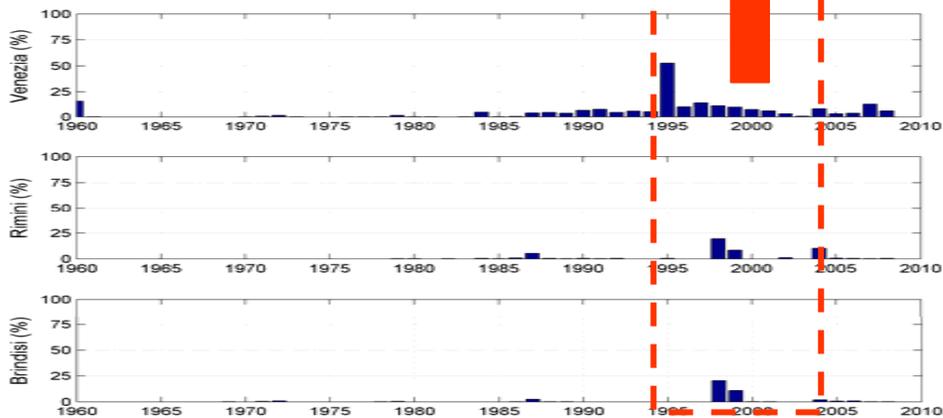
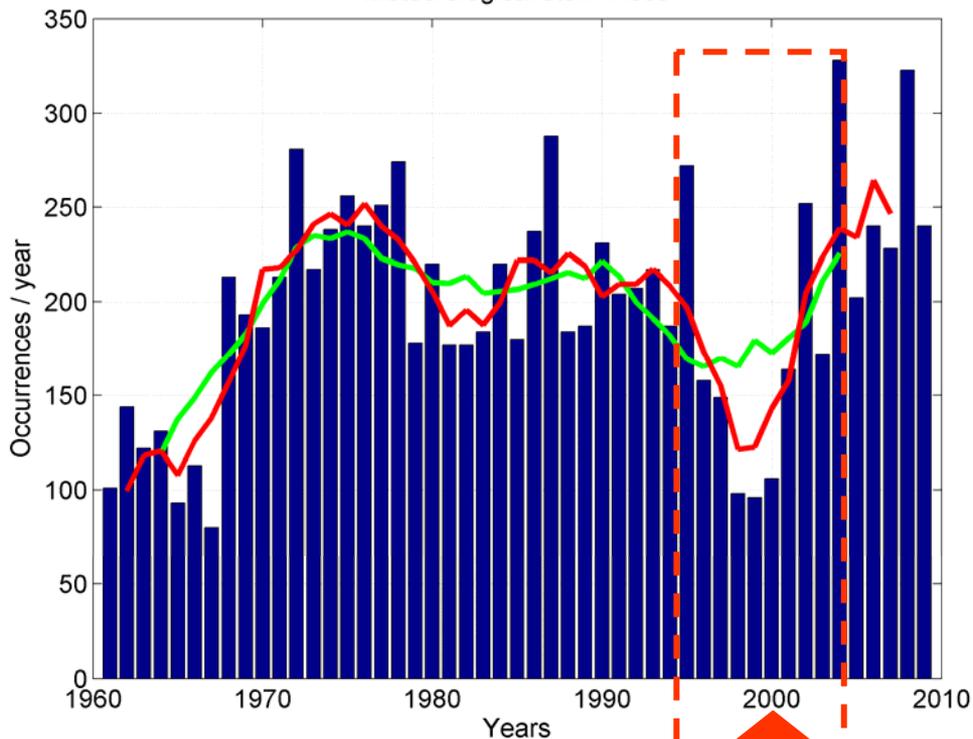
La disomogeneità delle fonti di dati, comunque, e la brevità delle serie temporali disponibili non permettono di attestare con chiarezza un trend di lungo periodo



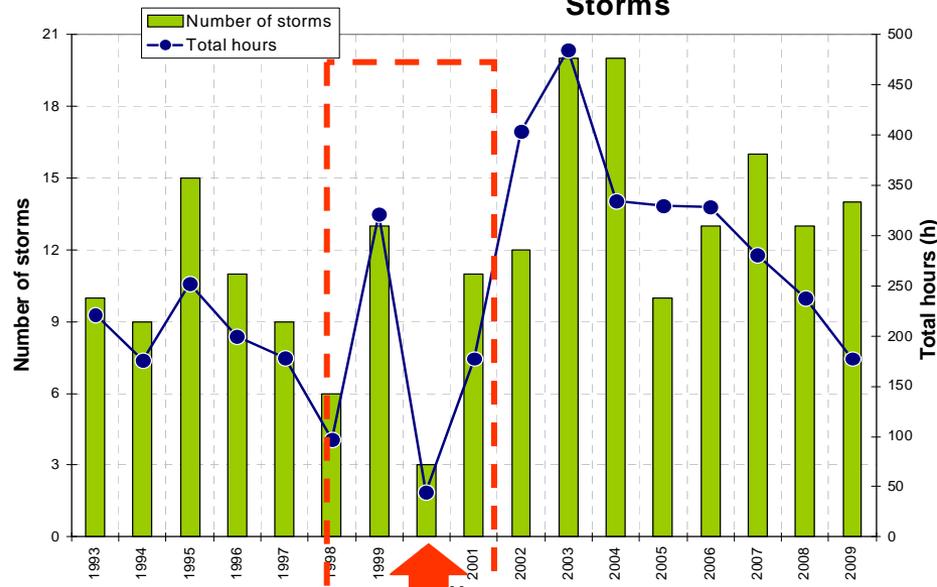




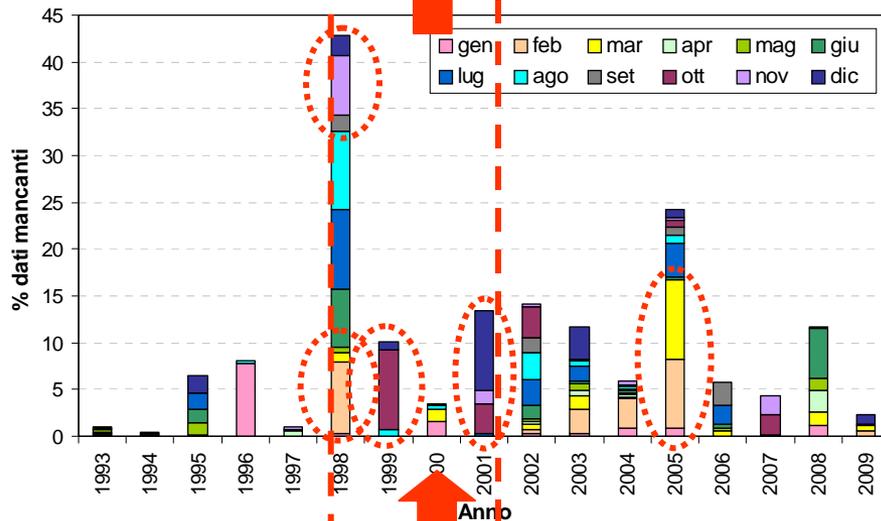
Meteorological storminess



Storms



PERCENTUALE ANNUALE DATI MANCANTI



Assunto che i dataset sono molto eterogenei e discontinui

- ✦ Non è evidente un trend climatologico (di lungo periodo, 50 anni)
- ✦ Si possono però identificare dei trend di breve periodo che potrebbero essere correlati con variazioni interannuali degli indici climatologici
- ✦ L'anno 2000 rappresenta un minimo dal punto di vista energetico
 - Sia dall'analisi di lungo periodo 1960-2009 (49 anni) della *storminess*
 - Sia dall'analisi di breve periodo 1993-2009 (16 anni) delle mareggiate
 NB: i due dataset sono completamente scorrelati ed indipendenti tra loro
- ✦ Gli anni più energetici, come contenute energetico normalizzato, risultano essere il 1999, 2002, e 2005
- ✦ Gli ultimi 4-5 anni manifestano un trend discendente dell'energia delle mareggiate (non un trend discendente del numero di mareggiate)
 - Stesso numero di mareggiate ma meno energetiche (Hs o durate inferiori)



Grazie!

