



*Ministero dell' Ambiente
e della Tutela del Territorio e del Mare*



Il Delta del Po nel cambiamento climatico

Alberto Luchetta

ARPAV - Dipartimento Regionale per la Difesa del Territorio

Hanno collaborato:

ARPAER: S. Pecora, M. Preti

ARPAV: I. Saccardo, G. Sanavio

Parma, 16 luglio 2007



IN COLLABORAZIONE CON IL SISTEMA DELLE AGENZIE AMBIENTALI



IL DELTA DEL PO: ECOSISTEMA SENSIBILE TRA UOMO E NATURA

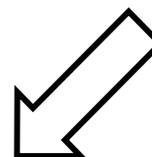
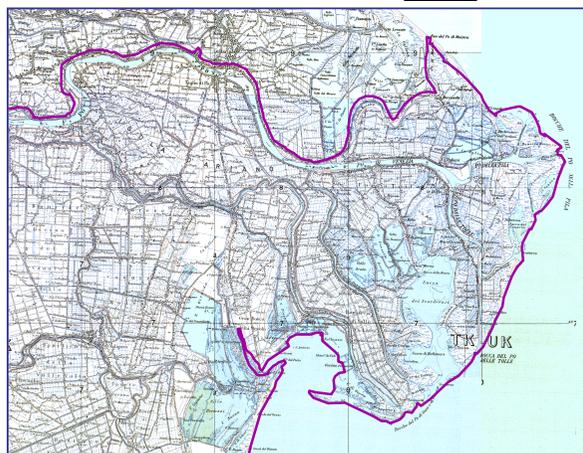
- Il Delta del Po è un ambiente naturale di particolare pregio e valore, molto complesso e **in continua evoluzione**, e proprio per queste caratteristiche è anche **molto fragile e sensibile alle variazioni introdotte sia dall'azione antropica sia dalle principali componenti naturali del "sistema"**.
- E' zona umida di rilevanza internazionale e rappresenta un elemento strategico per la rete ecologica del bacino del Po e **può assumere un ruolo di "indicatore di sintesi" dello stato di salute ambientale dell'intero bacino.**
- Le recenti condizioni di magra idrologica con l'ingresso del cuneo salino nell'entroterra hanno messo in evidenza **una situazione di grande criticità per il Delta e di sensibilità ai cambiamenti climatici**





II BACINO IDROGRAFICO

- Accentuazione degli eventi estremi (magre e piene)
- Modifica nell'utilizzo della risorsa idrica
- Ridotto apporto dei sedimenti



II TERRITORIO DEL DELTA

- Subsidenza
- Intrusione salina
- Attività produttive



MARE ADRIATICO

- Aumento livello
- Aumento energia delle onde

LE CRITICITA' NEL TERRITORIO DEL DELTA RIGUARDANO SOPRATTUTTO I SEGUENTI ASPETTI:

Gli ecosistemi

Gli approvvigionamenti idrici (idropotabili, irrigui ed industriali)

L'assetto idromorfologico

La vulnerabilità dalle piene e dalle mareggiate

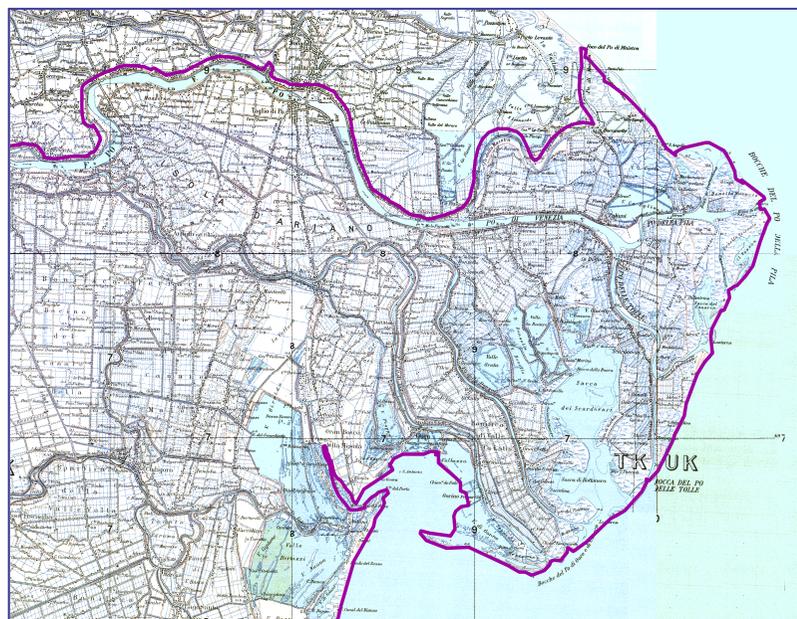
TEMATICHE PARTICOLARMENTE SENSIBILI AI CAMBIAMENTI CLIMATICI:

Lo stato ecologico;
La presenza di habitat e specie di flora e fauna rilevanti d'interesse regionale, nazionale, comunitario;
L'idrologia del Po e la gestione della risorsa idrica a scala di bacino;
L'idrologia del Delta;
La risalita del cuneo salino nei principali rami del Delta e l'intrusione in falda;
Il livello del Mare Adriatico;
L'energia delle onde;
L'evoluzione morfologica;
La vulnerabilità idraulica.

Si tratta in ogni caso di temi tutti fortemente interrelati tra loro.

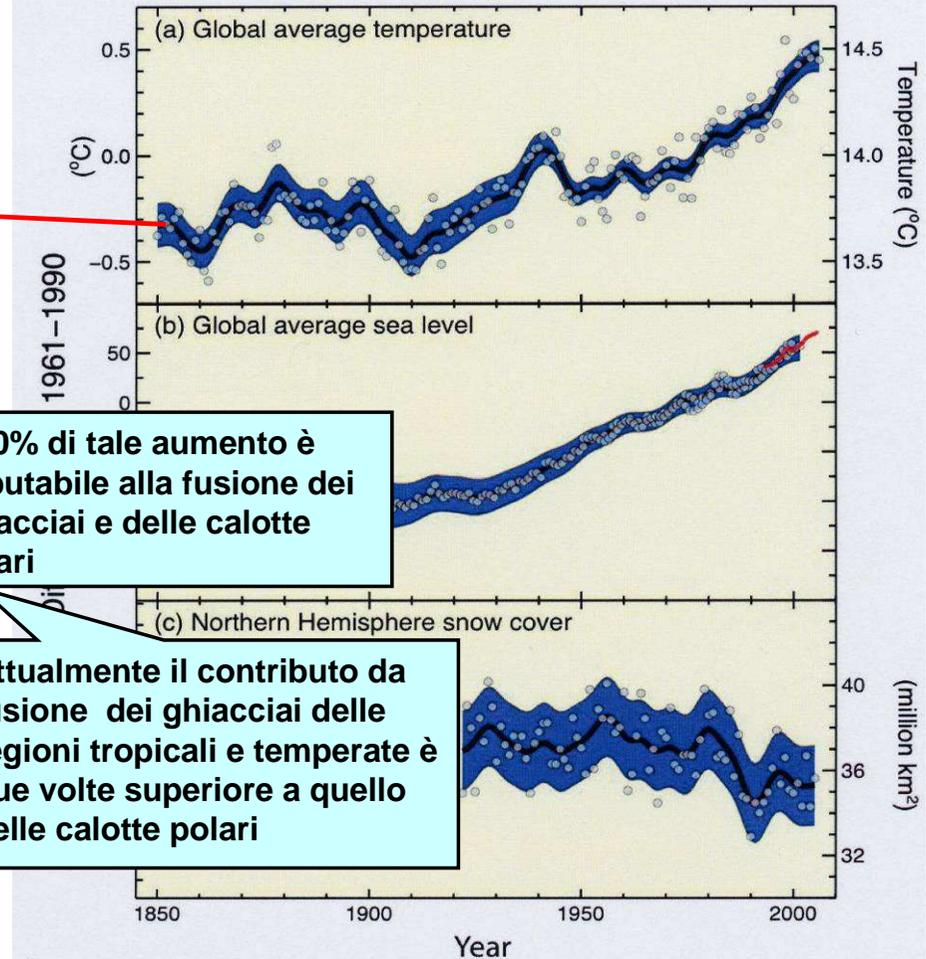


L'INNALZAMENTO DEL MARE





Changes in Temperature, Sea Level and Northern Hemisphere Snow Cover



**Aumento temperatura ultimi
 100 anni: 0,74°C**

**Aumento del livello del mare
 ultimi 100 anni: 0,17 m (3,1
 mm/anno nel periodo
 1993/2003)**

**Riduzione dell'estensione del
 manto nevoso: 10% dal 1966
 ad oggi**

**Il 40% di tale aumento è
 imputabile alla fusione dei
 ghiacciai e delle calotte
 polari**

**Attualmente il contributo da
 fusione dei ghiacciai delle
 regioni tropicali e temperate è
 due volte superiore a quello
 delle calotte polari**

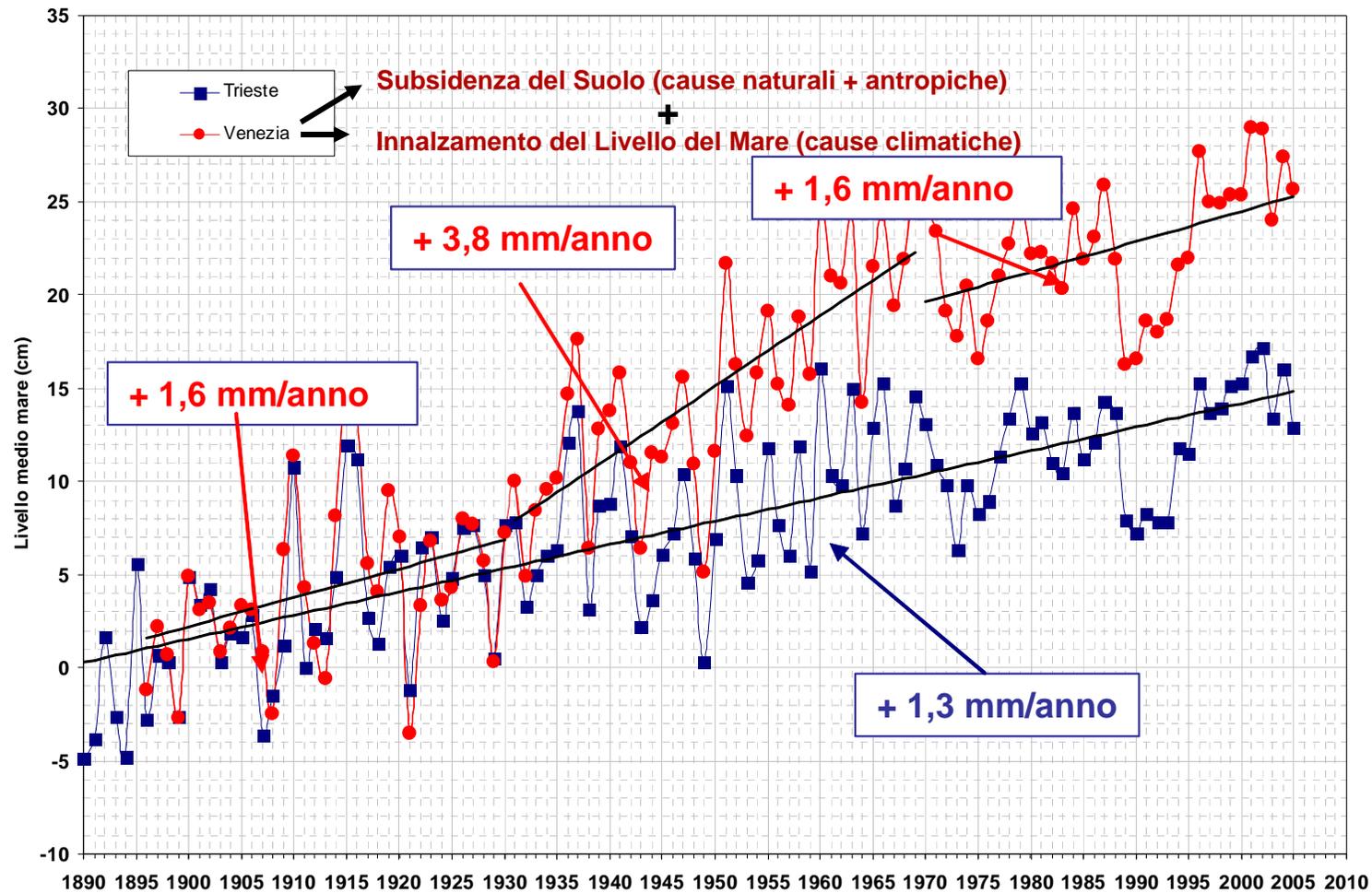
LIVELLO MEDIO MARE A TRIESTE E A VENEZIA



L'innalzamento del livello del mare nell'Adriatico è sino ad oggi minore rispetto a quello su scala globale in quanto:

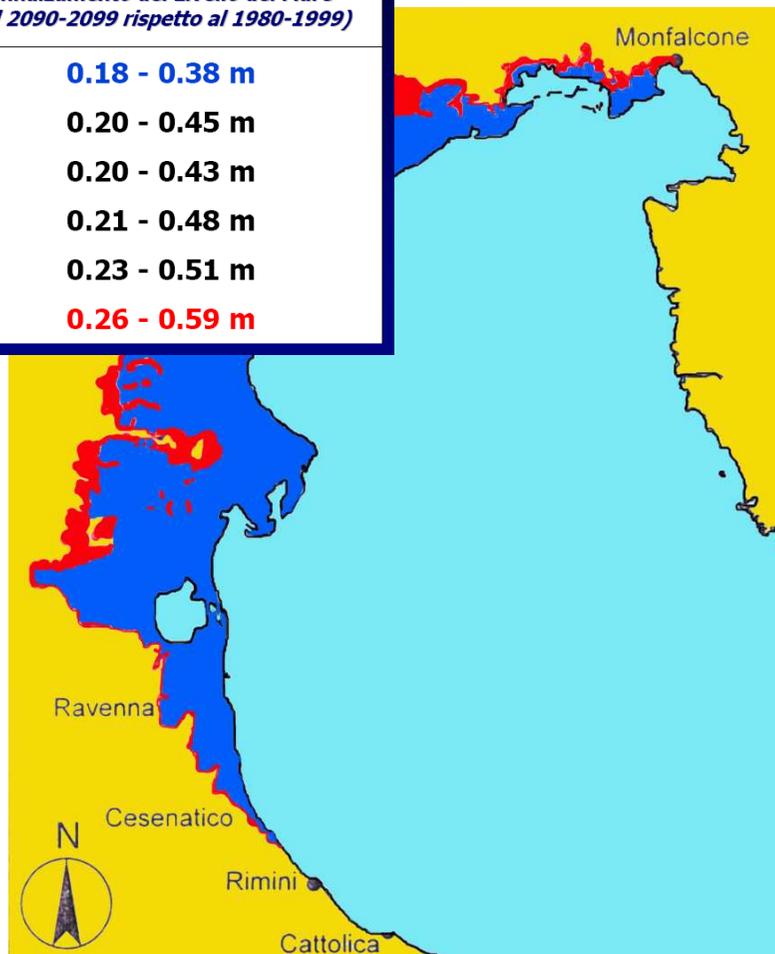
- Il Mediterraneo è un mare "chiuso"**
- Le precipitazioni nel bacino del Mediterraneo appaiono in diminuzione mentre l'evaporazione e l'evapotraspirazione sono certamente in aumento**
- Gli apporti dei fiumi sono in diminuzione (soprattutto negli affluenti del Mar Nero) anche a motivo dei maggiori utilizzi irrigui**

LIVELLO MEDIO MARE A TRIESTE E A VENEZIA



Proiezioni dell'innalzamento del livello globale del mare:

SCENARIO:	Innalzamento del Livello del Mare (al 2090-2099 rispetto al 1980-1999)
B1	0.18 - 0.38 m
A1T	0.20 - 0.45 m
B2	0.20 - 0.43 m
A1B	0.21 - 0.48 m
A2	0.23 - 0.51 m
A1FI	0.26 - 0.59 m



In considerazione anche dell'aumento dell'energia delle onde sulle coste particolarmente esposte

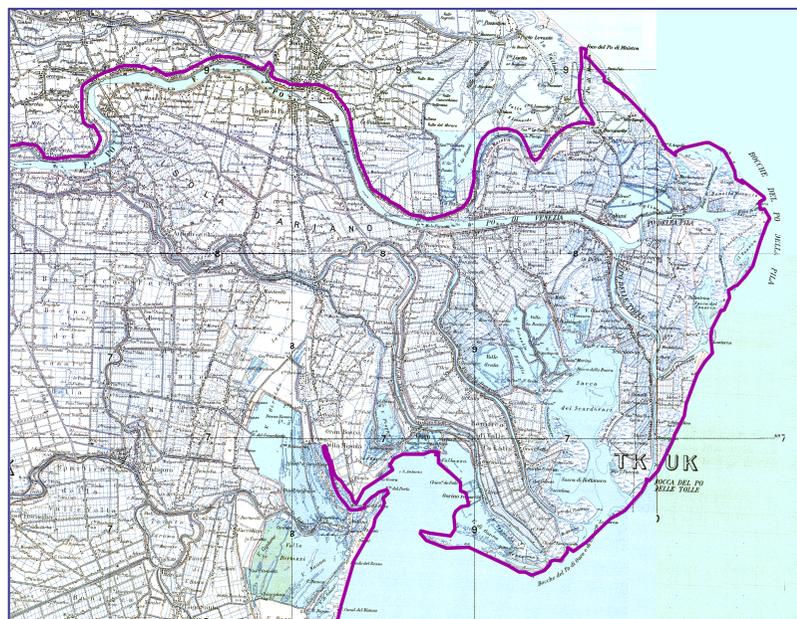
Territorio potenzialmente inondato nell'anno 2100 con tempi di ritorno di 1 e 100 anni

(CENAS, 1997)

Programma Coastal Evolution of North Adriatic Sea

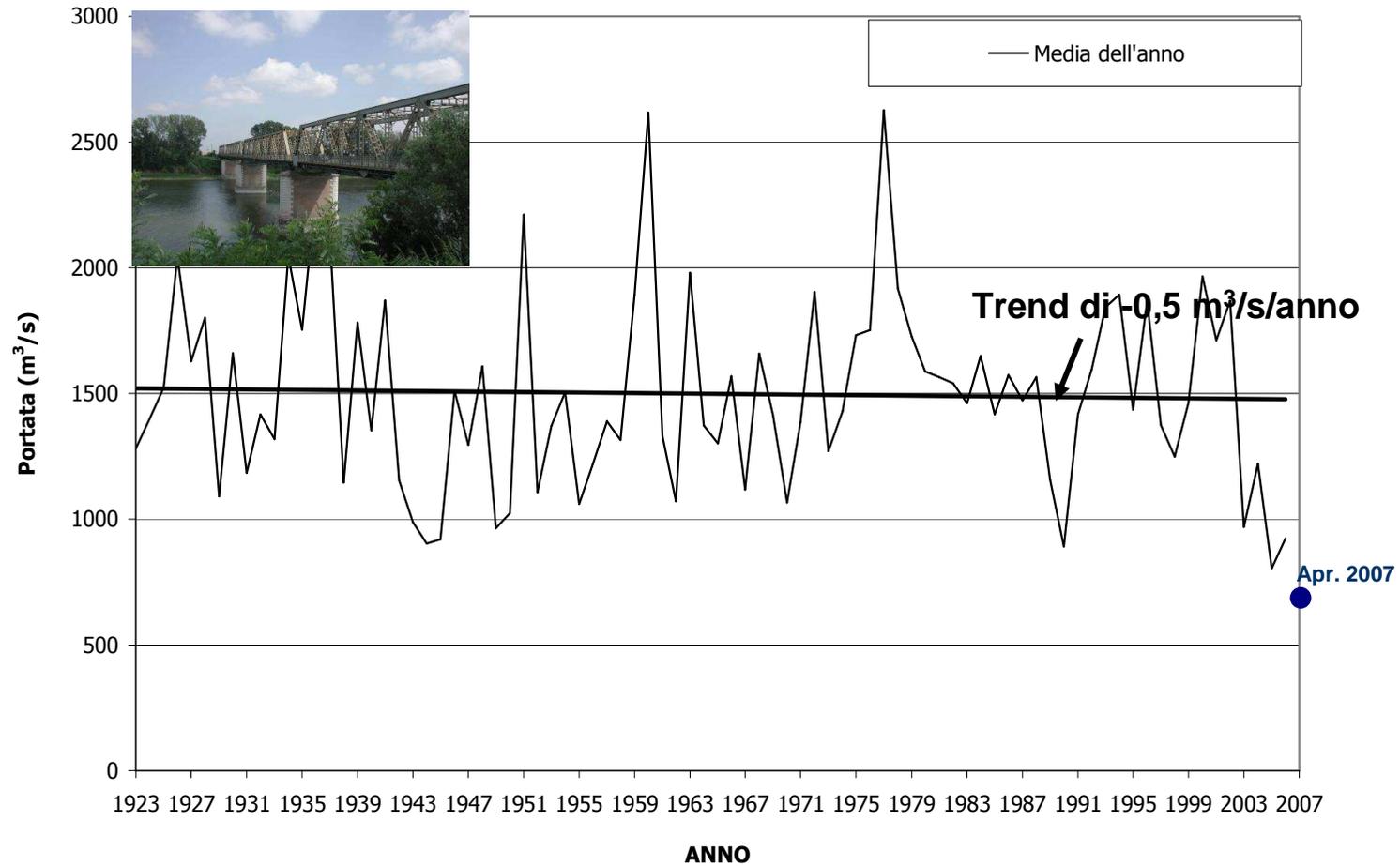
Da U. Simeoni e M. Bondesan

L'IDROLOGIA DEL BACINO DEL PO E DEL DELTA E LE MODIFICHE CLIMATICHE





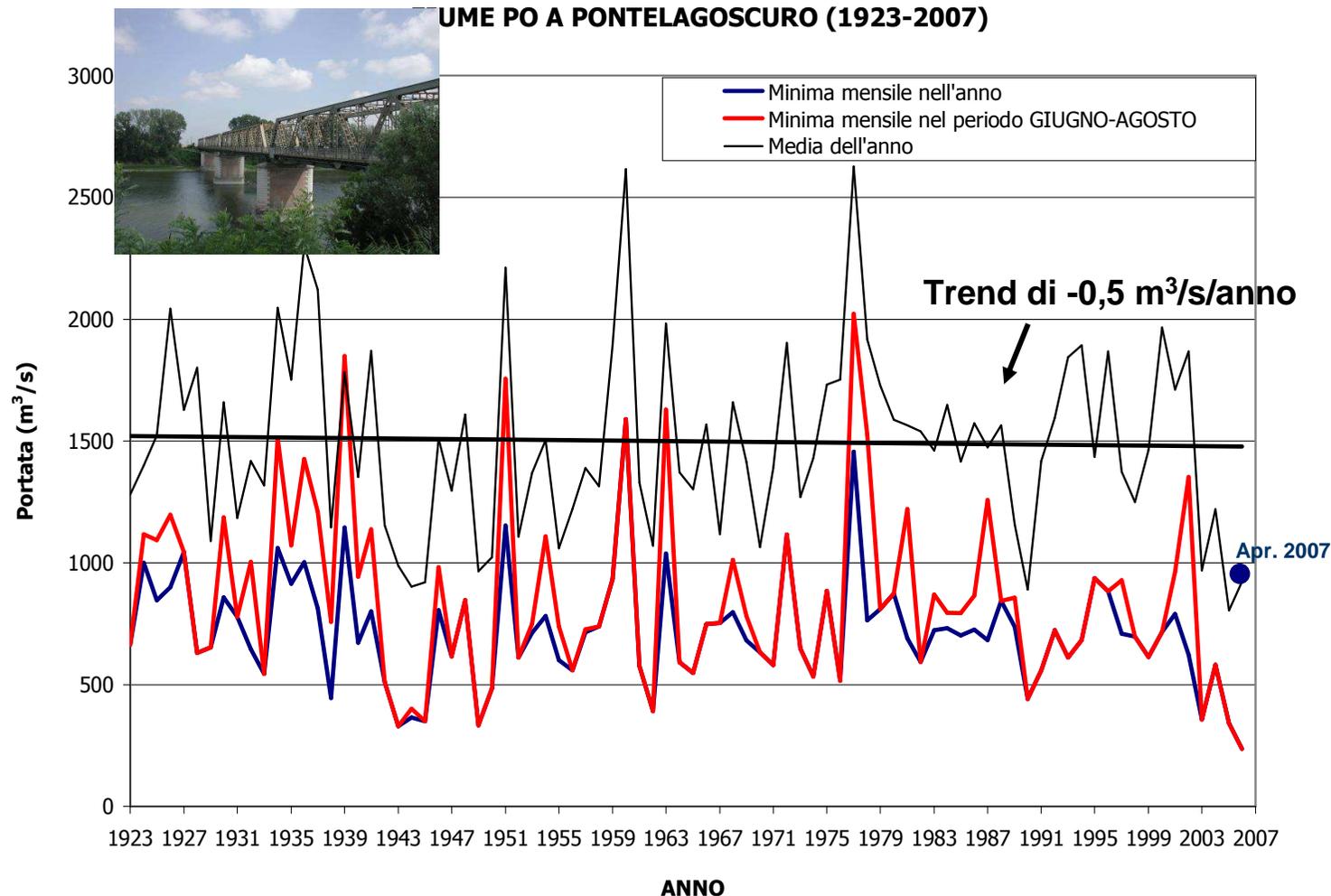
**ANDAMENTO DELLE PORTATE MEDIE ANNUALI
 FIUME PO A PONTELAGOSCURO (1923-2007)**



Si osserva la sequenza di anni particolarmente critici :2003, 2004, 2005, 2006, 2007



**ANDAMENTO DELLE PORTATE MEDIE ANNUALI E MINIME MEDIE MENSILI
 VOLUME PO A PONTELAGOSCURO (1923-2007)**



Si osserva la sequenza di anni particolarmente critici :2003, 2004, 2005, 2006, 2007

LA GESTIONE DELLA RISORSA IDRICA A MONTE DI PONTELAGOSCURO

Mutata gestione dei serbatoi di produzione idroelettrica negli ultimi anni

Diversa richiesta di energia nei mesi dell'anno
Avvio della borsa dell'energia dal 2004

Prezzo medio picco (€/MWh):

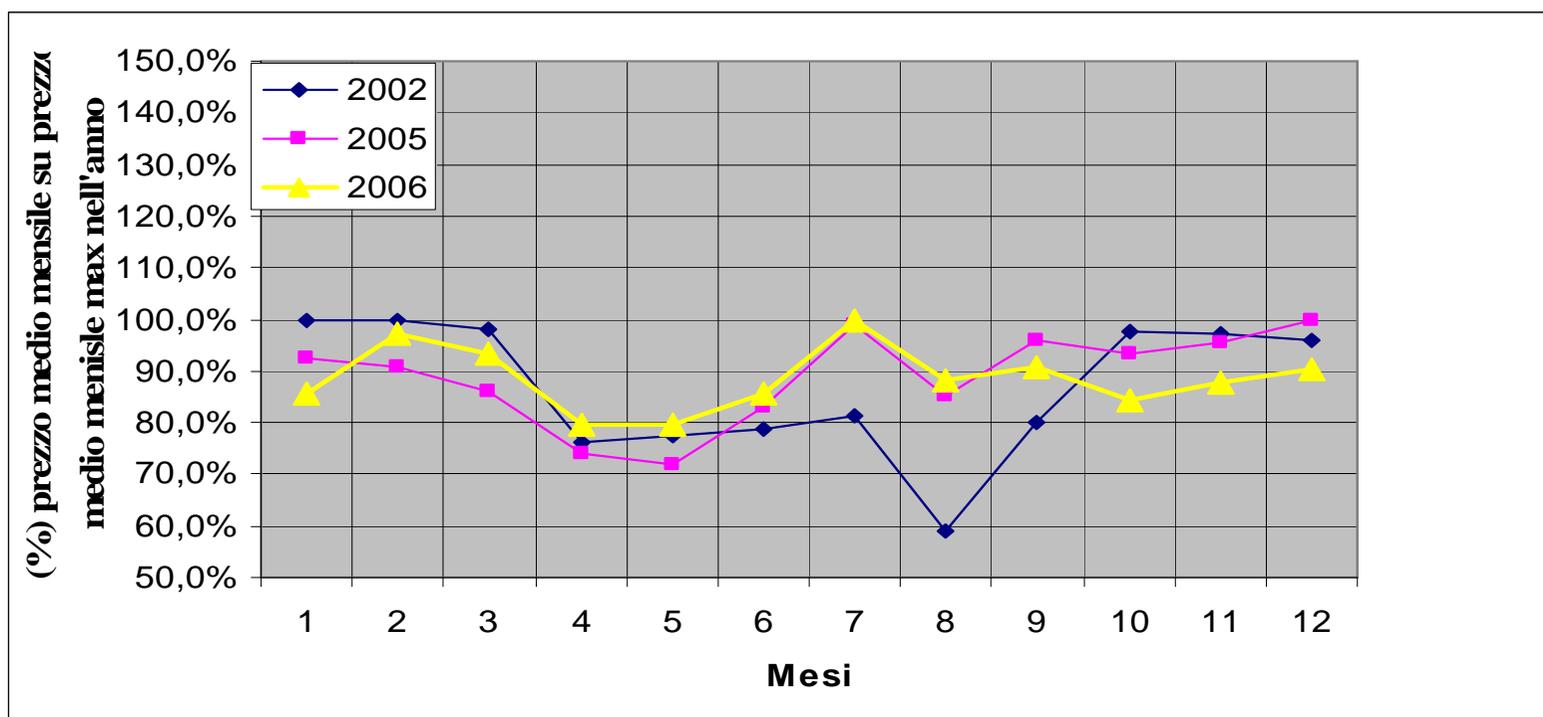
98,4 aprile 2006

134,8 luglio 2006

Prezzo max picco (€/MWh):

148,0 aprile 2006

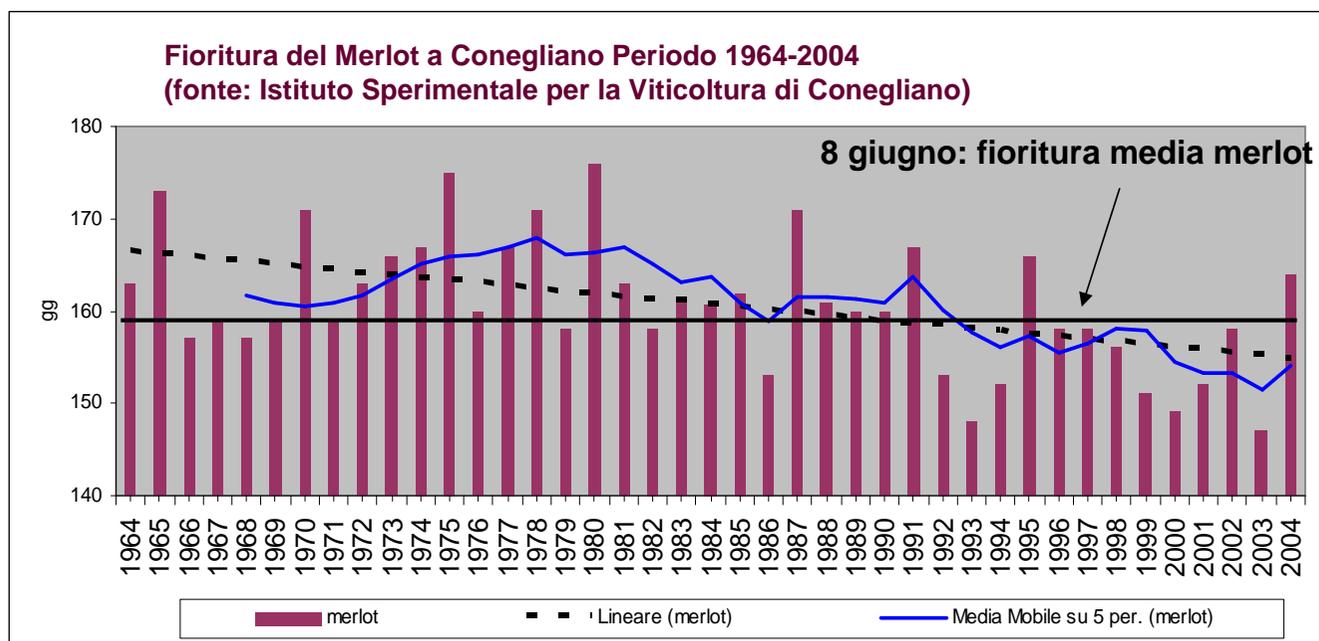
378,5 luglio 2006



LA GESTIONE DELLA RISORSA IDRICA A MONTE DI PONTELAGOSCURO

A seguito dell'aumento delle temperature nei mesi primaverili si osserva un incremento degli usi irrigui nei mesi da marzo a giugno. Incremento imputabile anche:

- al sensibile cambio di colture in alcuni territori (specializzate, ortofrutticole, riso)
- per l'anticipo delle semine



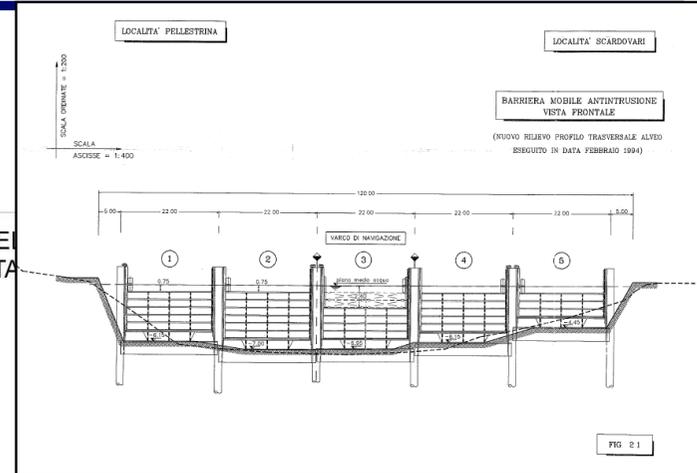
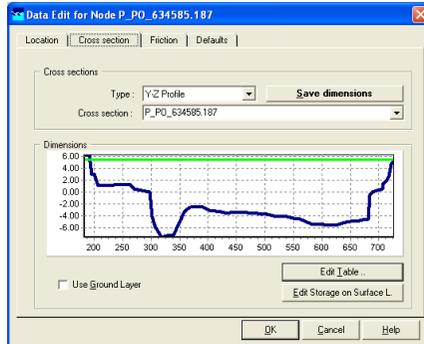
LA RIPARTIZIONE DELLE PORTATE NEL DELTA

- Influenza la dinamica del trasporto di sedimenti in occasione delle piene, quindi la morfologia delle lagune e degli alvei dei rami.
- Influenza la risalita del cuneo salino in magra.
- Influenza gli usi della risorsa idrica nei singoli rami.

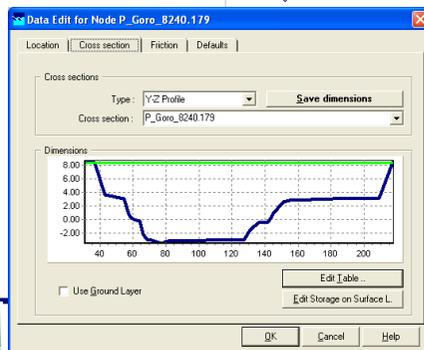
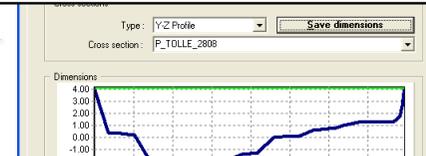
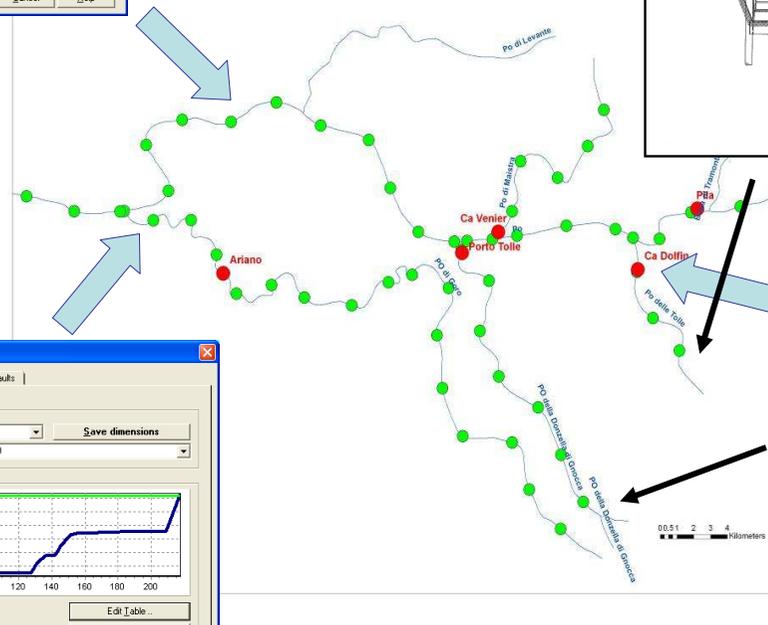
Il problema è di rilevante importanza e per questo sono già state avviate attività di modellazione matematica (a cura A.I.PO e ARPAEr-SIM) e l'esecuzione di rilievi per la taratura del modello (a cura ARPAEr-SIM e ARPAV).



MODELLO MATEMATICO DI RIPARTIZIONE DELLE PORTATE NEL DELTA E PROGRAMMA DI MISURA DELLA RISALITA DEL CUNEO SALINO



CARTOGRAFIA DEL DELTA DEL
PER IL MONITORAGGIO DELLA RISALITA

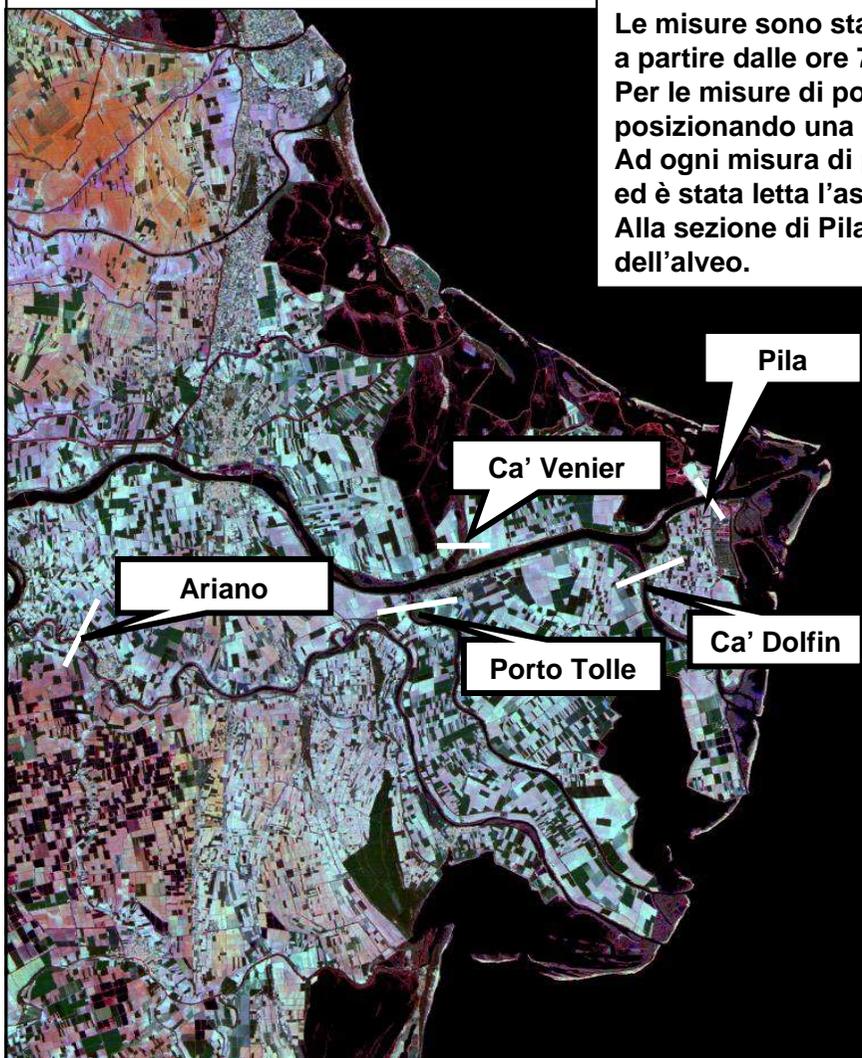


cambiamento climatico

CAMPAGNE SPERIMENTALI DI MISURA DELLA RIPARTIZIONE DELLE PORTATE E DI INTRUSIONE SALINA



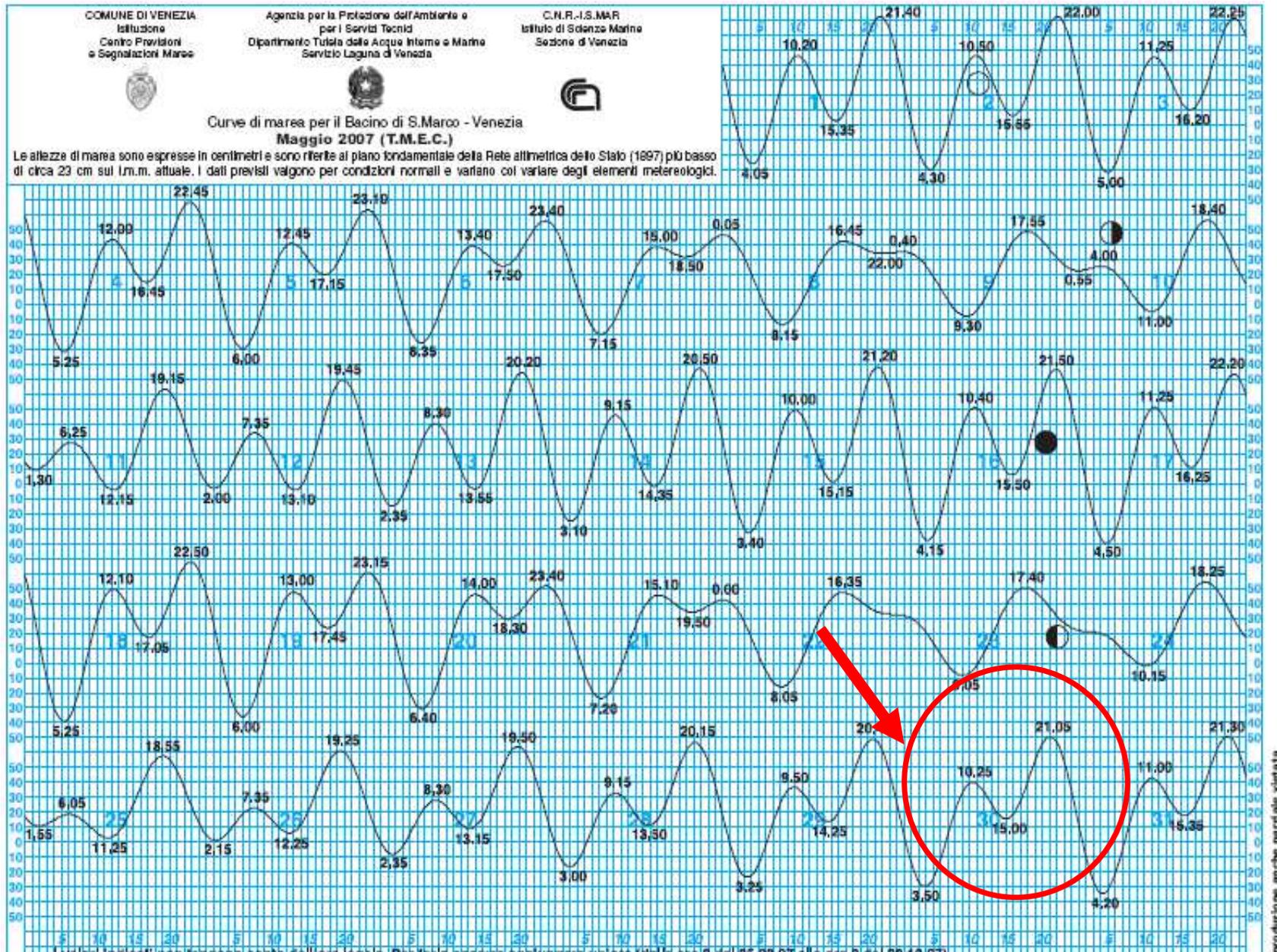
Le misure sono state effettuate il 30 Maggio 2007 durante un emiciclo di marea, a partire dalle ore 7.00 GMT fino alle ore 15.30 circa GMT.
Per le misure di portata è stata utilizzata strumentazione doppler da natante, posizionando una barca per ogni ramo del delta.
Ad ogni misura di portata è stata registrata l'altezza misurata dal teleidrometro ed è stata letta l'asta idrometrica in corrispondenza della sezione.
Alla sezione di Pila è stato rilevato il profilo di salinità nel punto più profondo dell'alveo.





Curve di marea per il Bacino di S.Marco - Venezia
Maggio 2007 (T.M.E.C.)

Le altezze di marea sono espresse in centimetri e sono riferite al piano fondamentale della Rete altimetrica dello Stato (1897) piú basso di circa 23 cm sul I.n.m. attuale. I dati previsti valgono per condizioni normali e variano col variare degli elementi meteorologici.

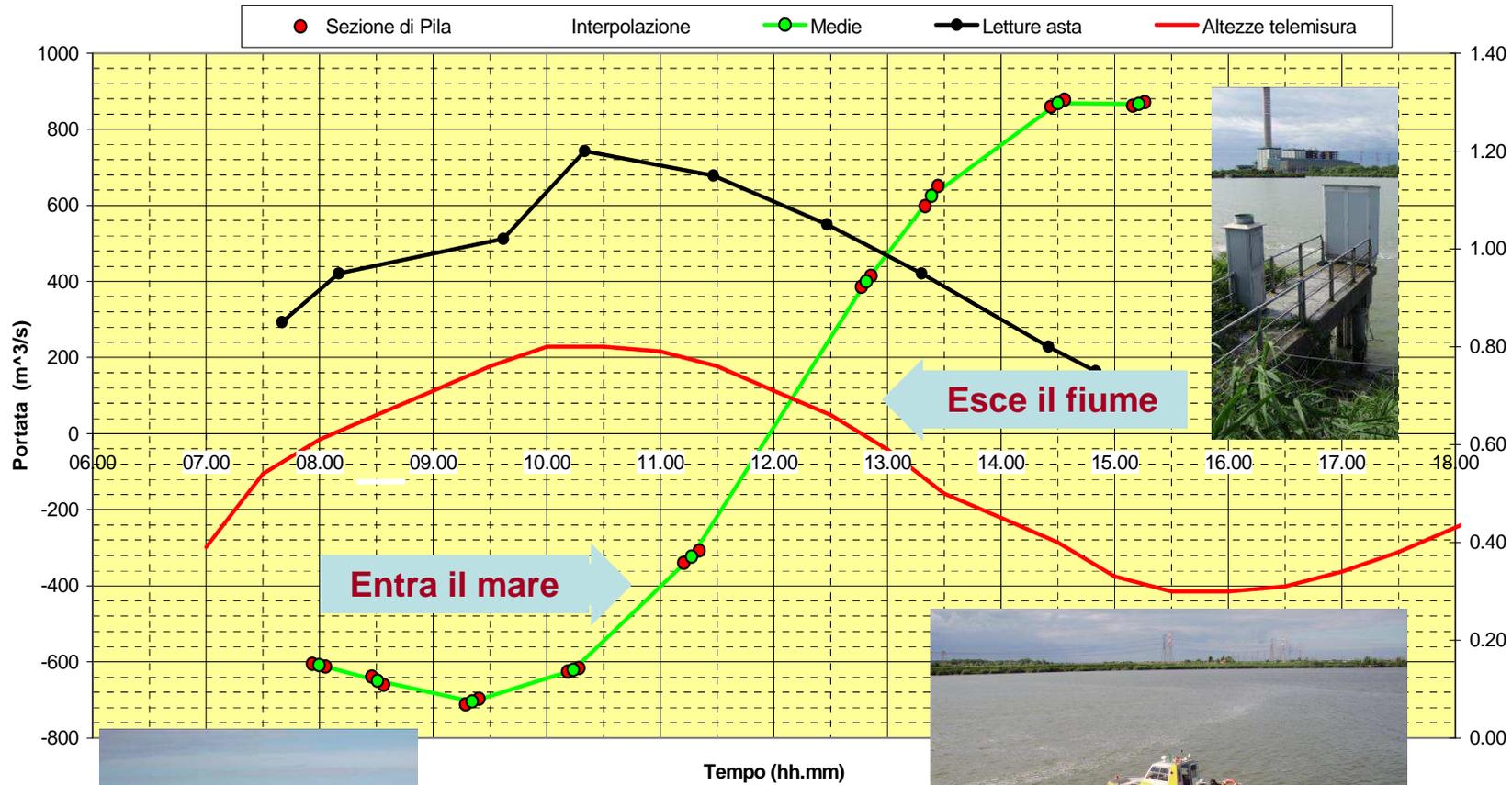


I valori indicati non tengono conto dell'ora legale. Per farle occorre aggiungere un'ora (dalle ore 2 del 25.03.07 alla ore 2 del 28.10.07)

MISURA DI PORTATA SUL PO A PILA 30 maggio 2007



Sezione di Pila

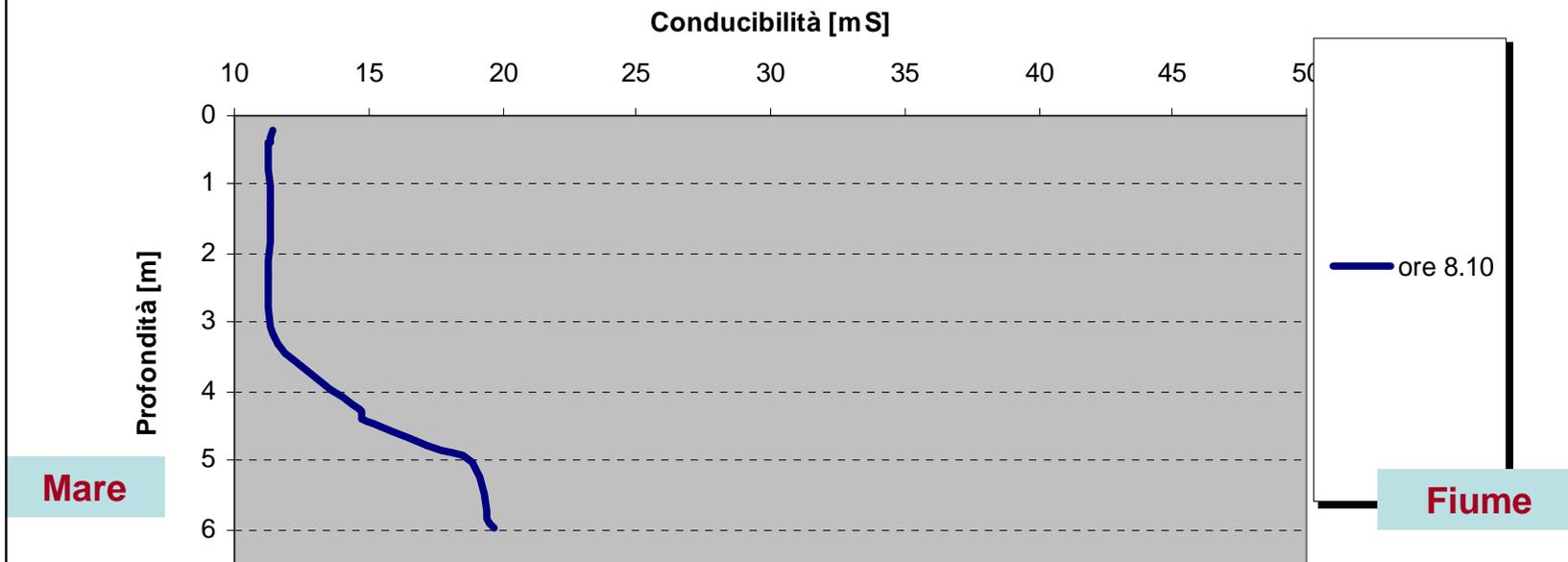


Portata di riferimento a Pontelagoscuro
intorno ai 500 m³/s



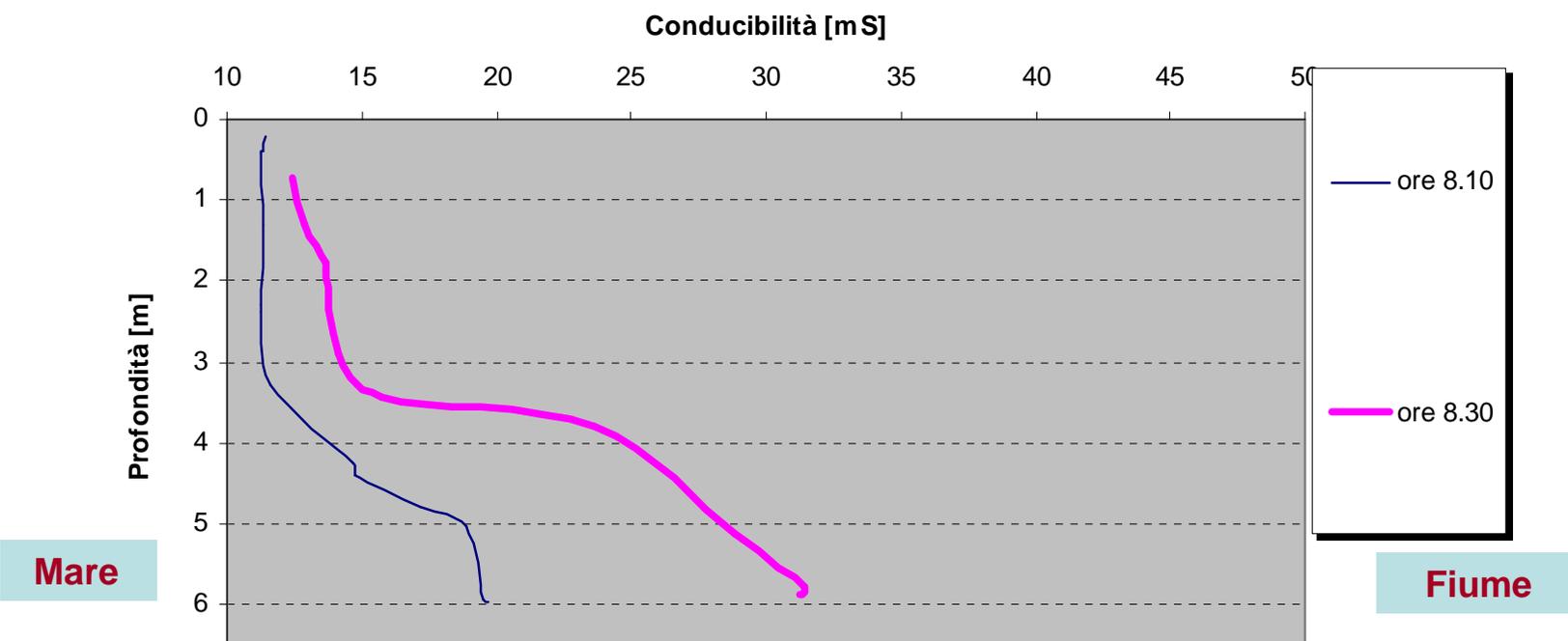
PROFILI DI SALINITA' NEL PO A PILA

30 maggio 2007



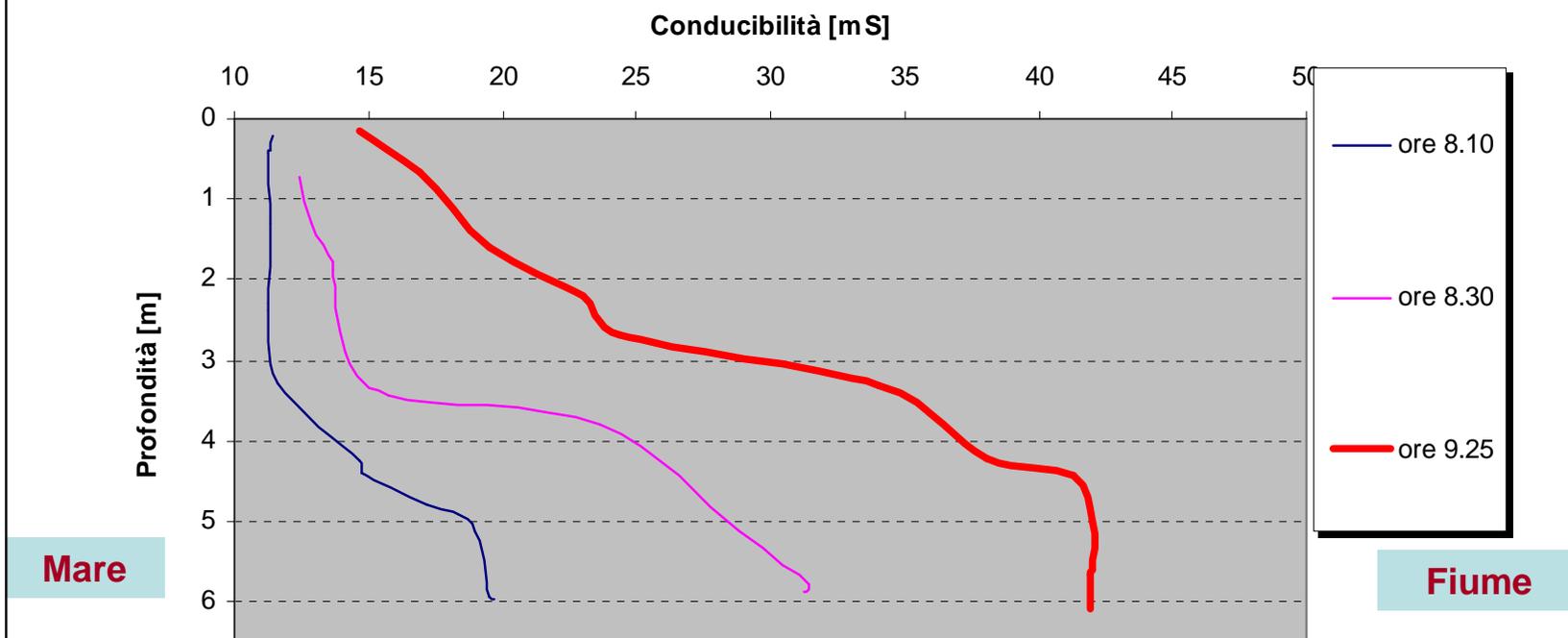
PROFILI DI SALINITA' NEL PO A PILA

30 maggio 2007



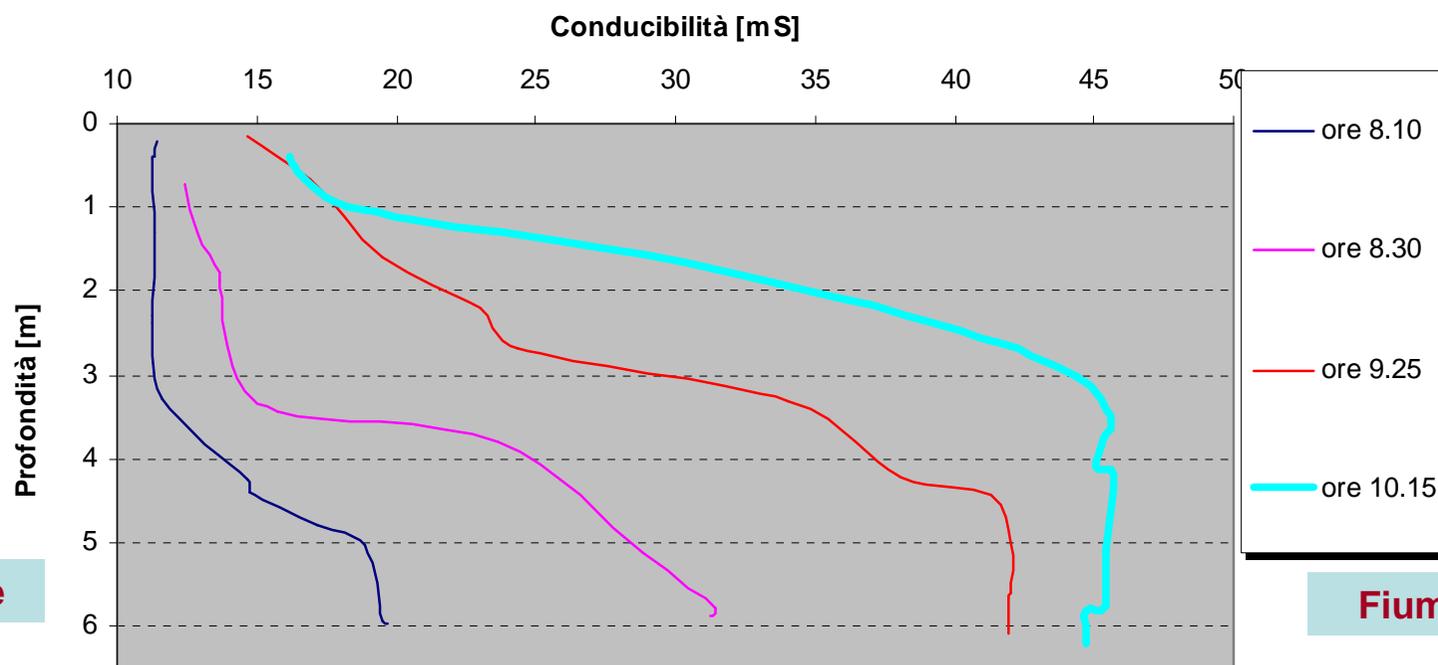
PROFILI DI SALINITA' NEL PO A PILA

30 maggio 2007



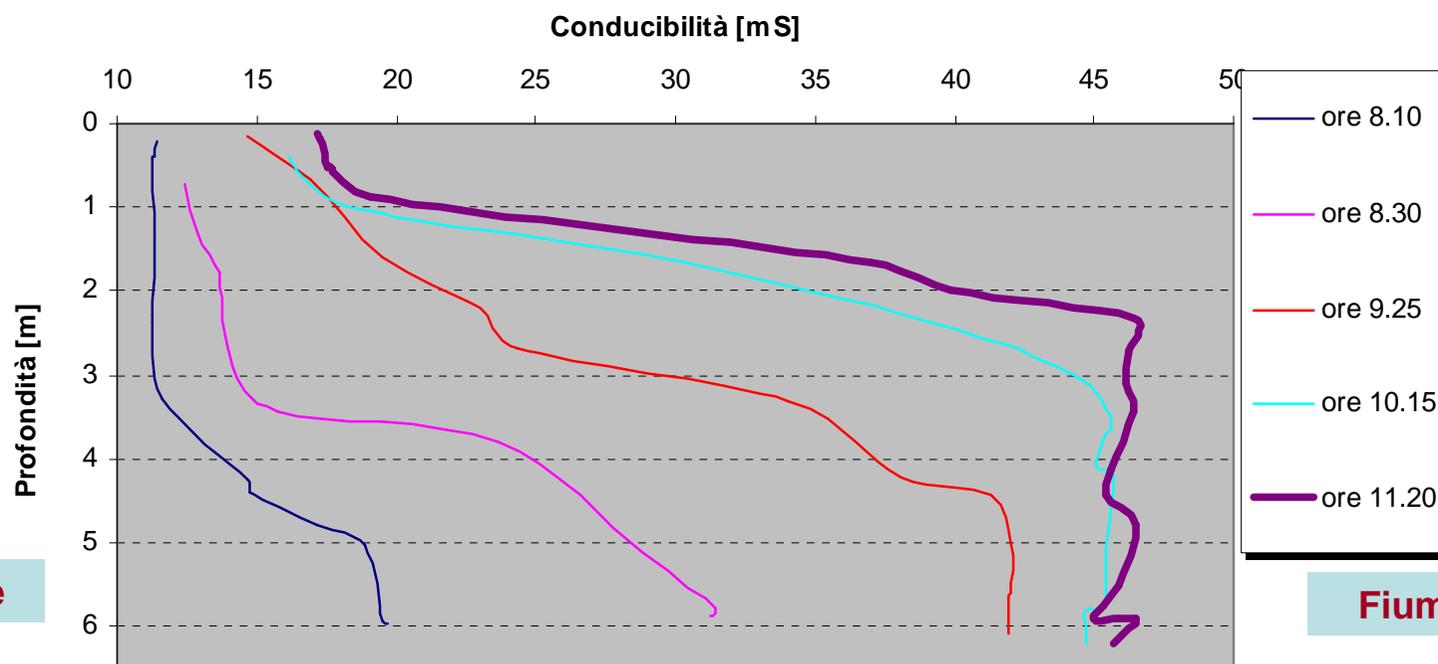
PROFILI DI SALINITA' NEL PO A PILA

30 maggio 2007



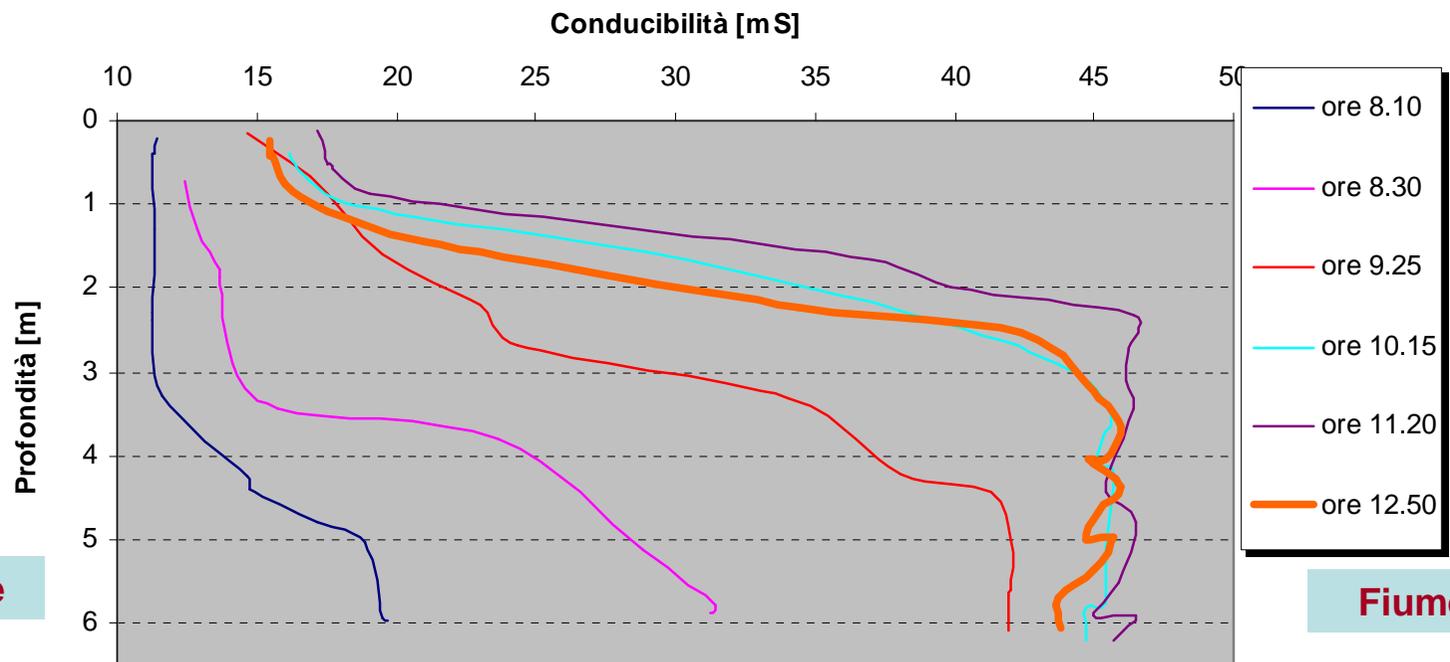
PROFILI DI SALINITA' NEL PO A PILA

30 maggio 2007



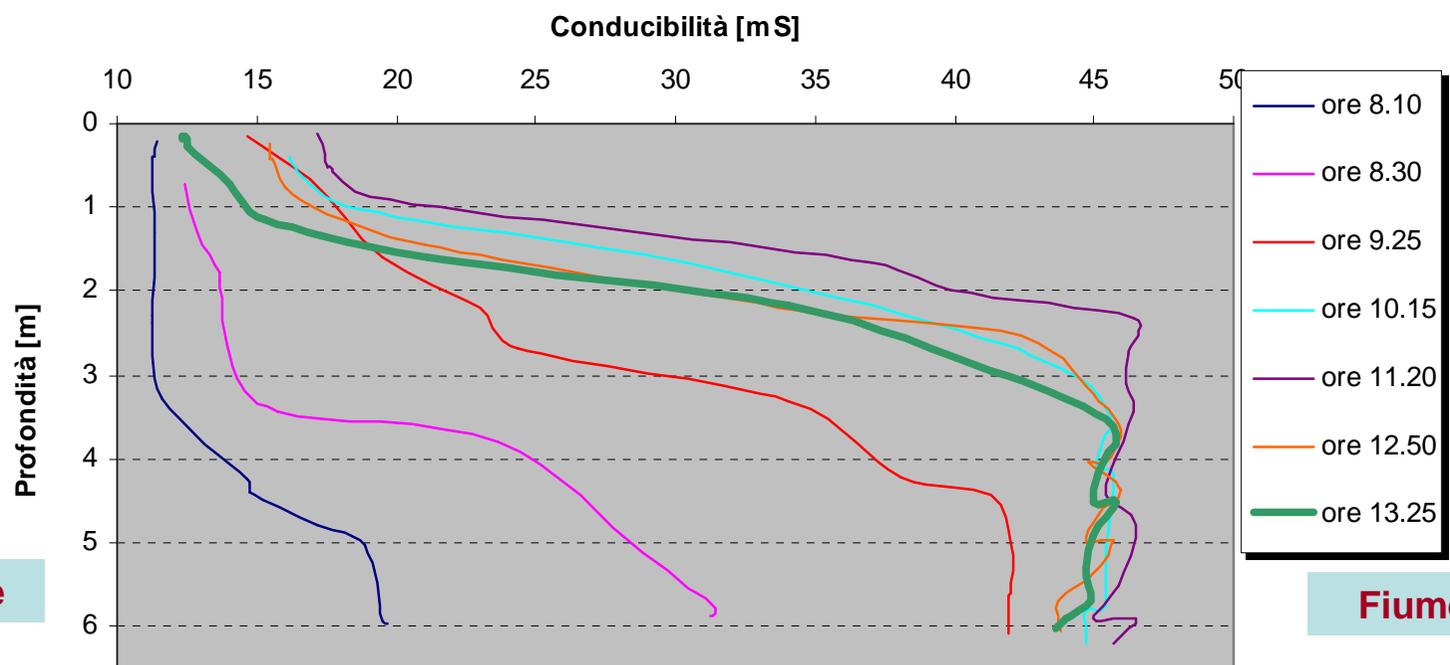
PROFILI DI SALINITA' NEL PO A PILA

30 maggio 2007



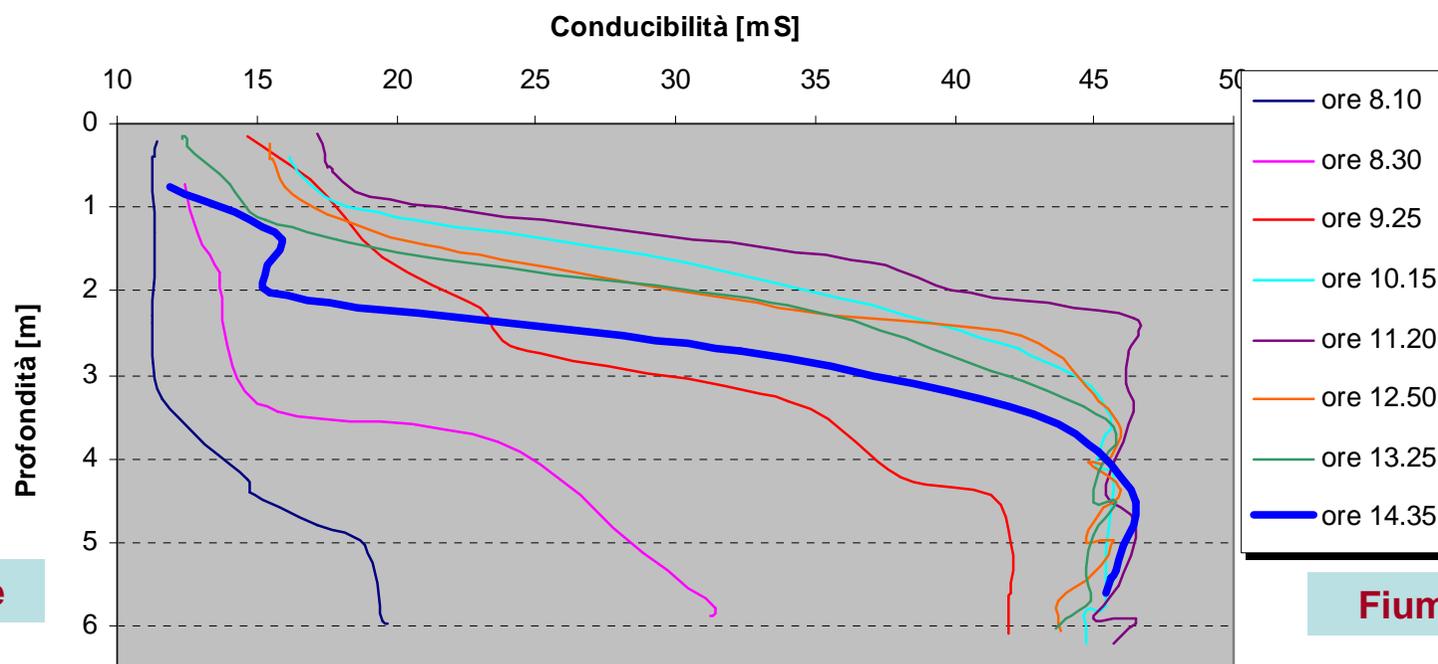
PROFILI DI SALINITA' NEL PO A PILA

30 maggio 2007



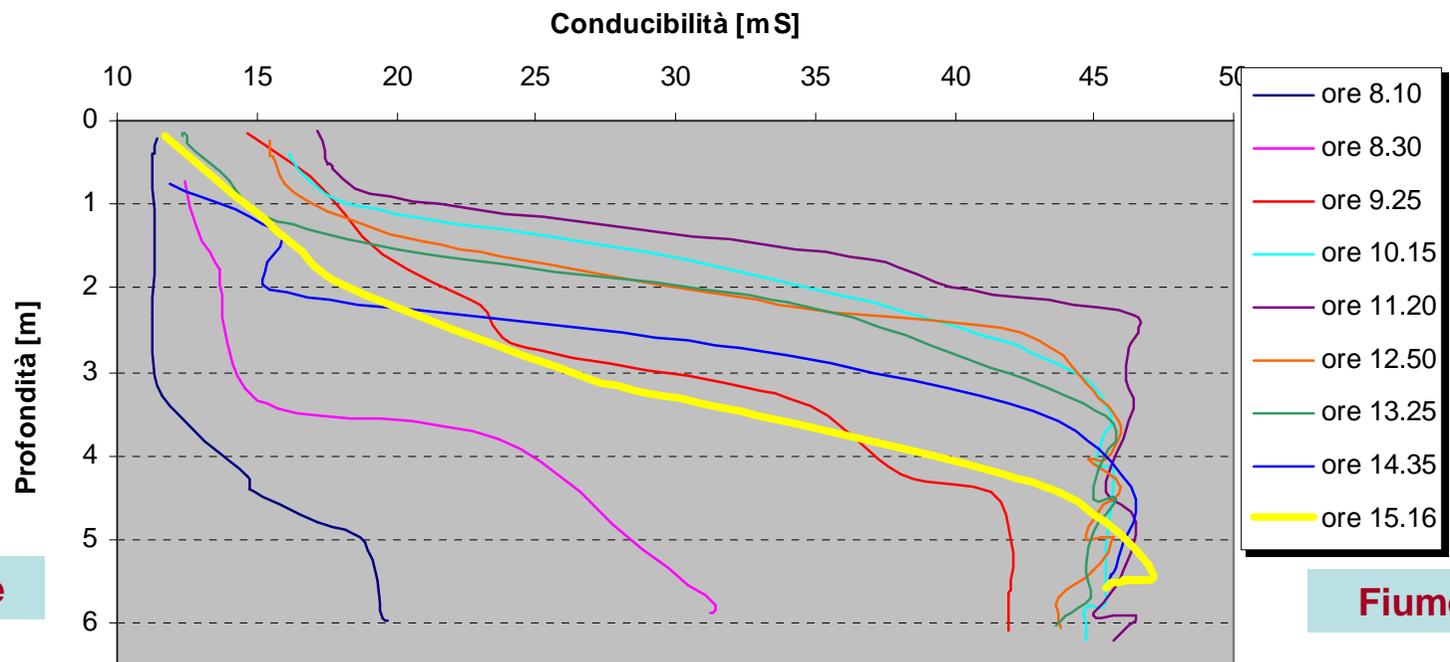
PROFILI DI SALINITA' NEL PO A PILA

30 maggio 2007

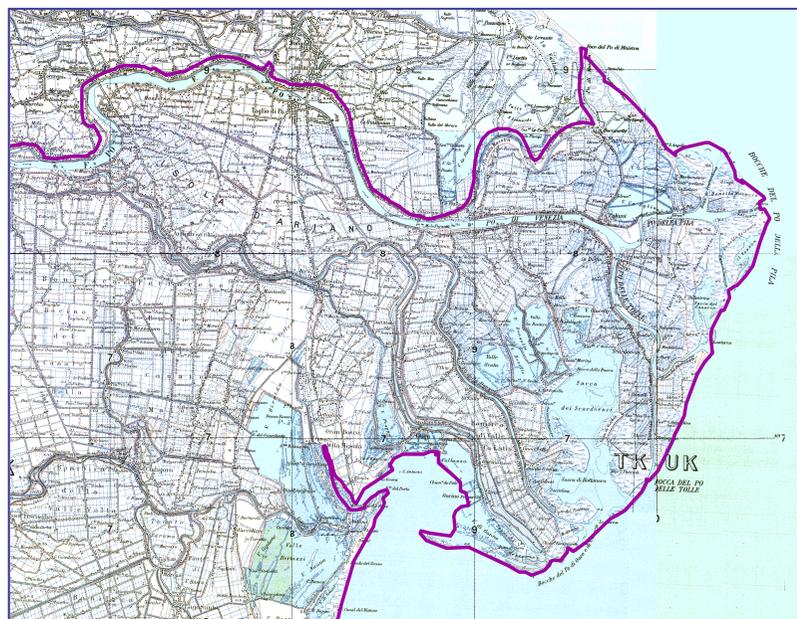


PROFILI DI SALINITA' NEL PO A PILA

30 maggio 2007



LA RISALITA DEL CUNEO SALINO

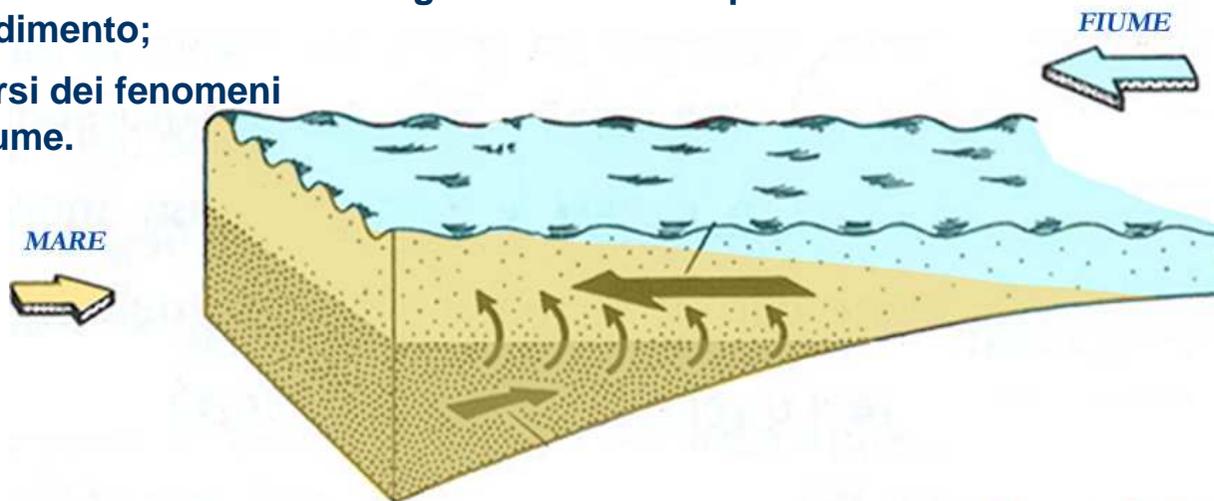


E' un fenomeno naturale che si verifica sempre, per l'oscillazione della marea, e non rappresenta un problema in condizioni di equilibrio.

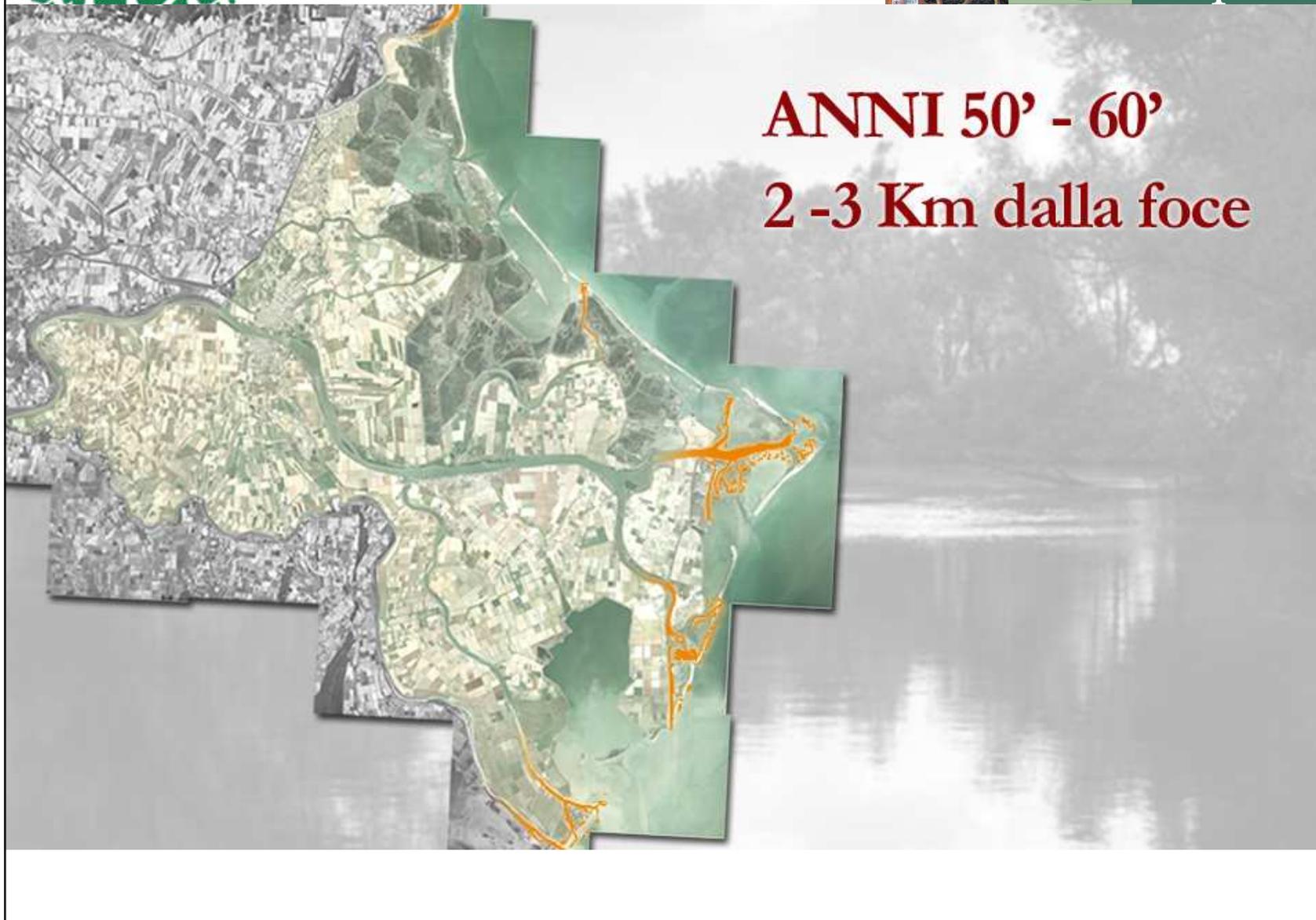
Tale fenomeno costituisce un problema quando questa ingressione di acque salate penetra molto all'interno del corso d'acqua.

La causa del marcato fenomeno di risalita del cuneo salino dal mare entro i tratti terminali dei rami deltizi del Po e nelle falde è da ricercare :

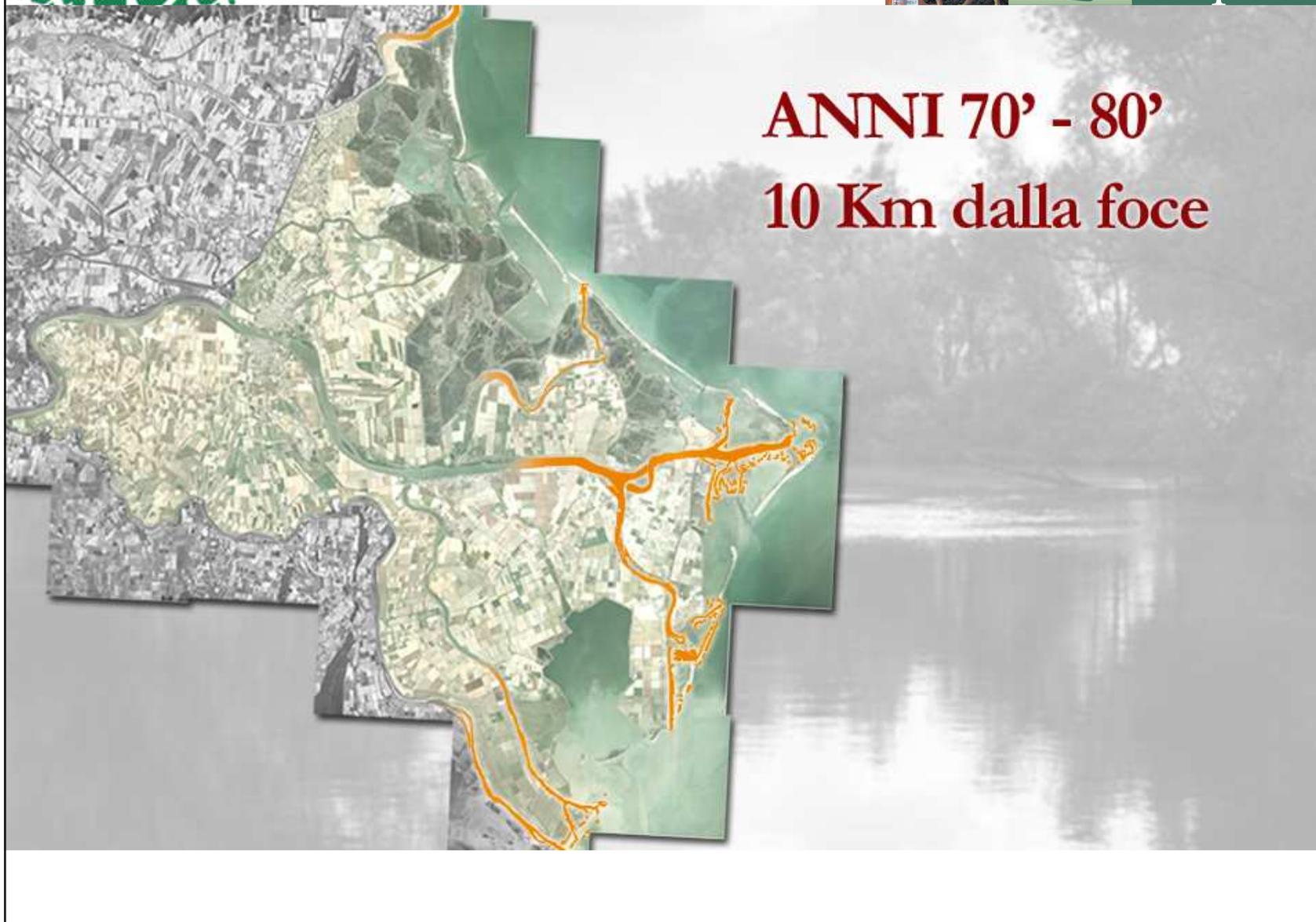
- nell'abbassamento di tutto il territorio rispetto al livello del mare;
- nell'innalzamento del livello del mare;
- nel più accentuato abbassamento degli alvei del Delta per la riduzione del trasporto di sedimento;
- nell'accentuarsi dei fenomeni di magra del fiume.



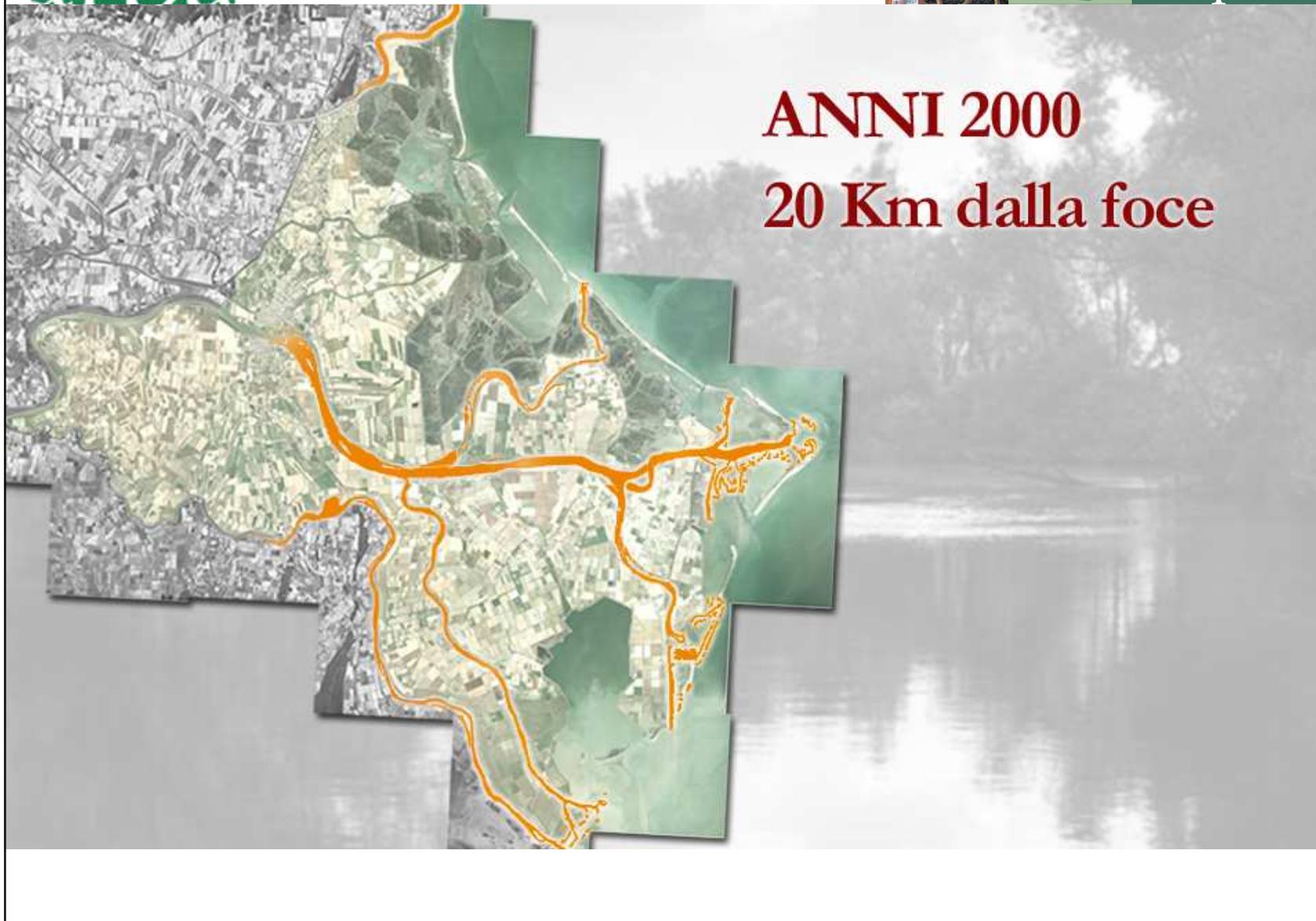
Cuneo Salino



ANNI 50' - 60'
2 -3 Km dalla foce



ANNI 70' - 80'
10 Km dalla foce



ANNI 2000
20 Km dalla foce

RILEVAMENTO DELLE PORTATE A PONTELAGOSCURO

99	GIUGNO				LUGLIO				AGOSTO				SETTEMBRE			
	2003	2004	2005	2006	2003	2004	2005	2006	2003	2004	2005	2006	2003	2004	2005	2006
	mc/s	mc/s	mc/s	mc/s	mc/s	mc/s	mc/s	mc/s	mc/s	mc/s	mc/s	mc/s	mc/s	mc/s	mc/s	mc/s
1	596	1.186			606	495	229	257	445	572	226	235	521	630	923	626
2	663	1.141			597	498	241	253	447	534	249	231	512	614	821	636
3	691	1.145			514	504	229	236	462	505	244	231	502	636	772	644
4	659	1.143			472	492	286	246	450	496	253	275	498	657	733	640
5	667	1.185		448	438	483	311	246	400	494	294	326	500	668	680	622
6	707	1.197		405	425	486	284	222	363	501	496	440	504	683	668	588
7	711	1.163	475	394	406	460	279	215	338	551	540	398	523	686	668	567
8	703	1.099	484	352	374	439	331	257	319	669	434	356	527	679	698	567
9	703	1.010	439	330	336	445	387	315	303	724	386	323	555	655	710	564
10	691	911	414	330	307	469	506	347	295	686	352	302	623	668		588
11	619	831	403	315	299	522	518	347	307	685	318	277	620	690		594
12	566	794	378	294	286	740	525	325	324	692	325	318	686	725		622
13	540	826	347	288	278	896	531	297	308	672	360	392	780	729		598
14	497	959	345	265	280	931	574	263	293	717	394	390	748	748		581
15	465	1.056	313	249	284	840	515	259	296	751	408	400	666	868		615
16	465	995	332	236	280	708	460	249	327	697	394	423	636	999		725
17	486	913	328	251	271	601	409	226	356	631	384	420	591	1.005		1.105
18	483	851	509	244	264	525	348	238	365	562	386	472	561	984		3.408
19	497	802	493	226	257	487	323	230	365	515	363	622	539	980		4.183
20	515	751	411	255	253	456	293	211	354	496	352	654	540	918		3.390
21	516	728	381	244	263	423	284	189	364	497	355	721	529	855		2.514
22	526	767	347	224	275	390	293	189	403	528	408	753	521	814	1.180	1.924
23	483	755	323	236	260	374	304	189	406	582	484	714	520	777	1.105	1.604
24	455	704	306	236	255	394	295	193	440	712	563	662	513	784	1.037	1.377
25	424	661	292	238	265	498	279	206	457	722	601	629	513	793	986	1.211
26	388	613	285	232	337	698	284	217	457	691	587	608	521	784	936	1.115
27	375	594	263	236	438	870	268	204	456	701	577	640	526	762	892	1.130
28	382	587	268	244	473	842	257	202	483	743	570	622	535	741		1.785
29	414	572	261	236	456	746	241	217	498	761	618	629	517	713		3.011
30	486	531	236	234	412	677	237	253	502	712	796	626	535	688		2.690
31					419	615	233	239	507	667	963	629				

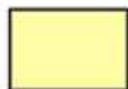
**RISALITA DEL CUNEO SALINO
PER Q TRA 250 E 300 m³/s**



cpav

SITUAZIONE ATTUALE

30.000 ha



**AREA SOFFERENTE PER LA
RISALITA DEL CUNEO SALINO
PER Q TRA 250 E 300 m³/s**



**AREA SOFFERENTE PER LA
RISALITA DEL CUNEO SALINO
PER Q TRA 180 E 200 m³/s**



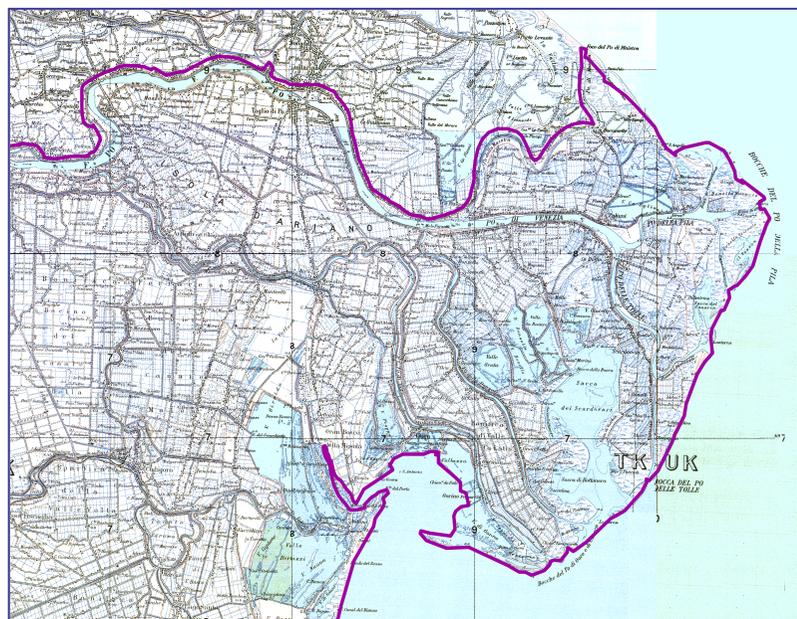
EFFETTI DELLA MARCATA RISALITA DEL CUNEO SALINO



- **Interruzione delle derivazioni irrigue**
- **Interruzione degli approvvigionamenti acquedottistici**
- **Salinizzazione delle falde**
- **Inaridimento delle zone litoranee e microdesertificazioni**

Con pesanti effetti anche sugli habitat e sugli ecosistemi

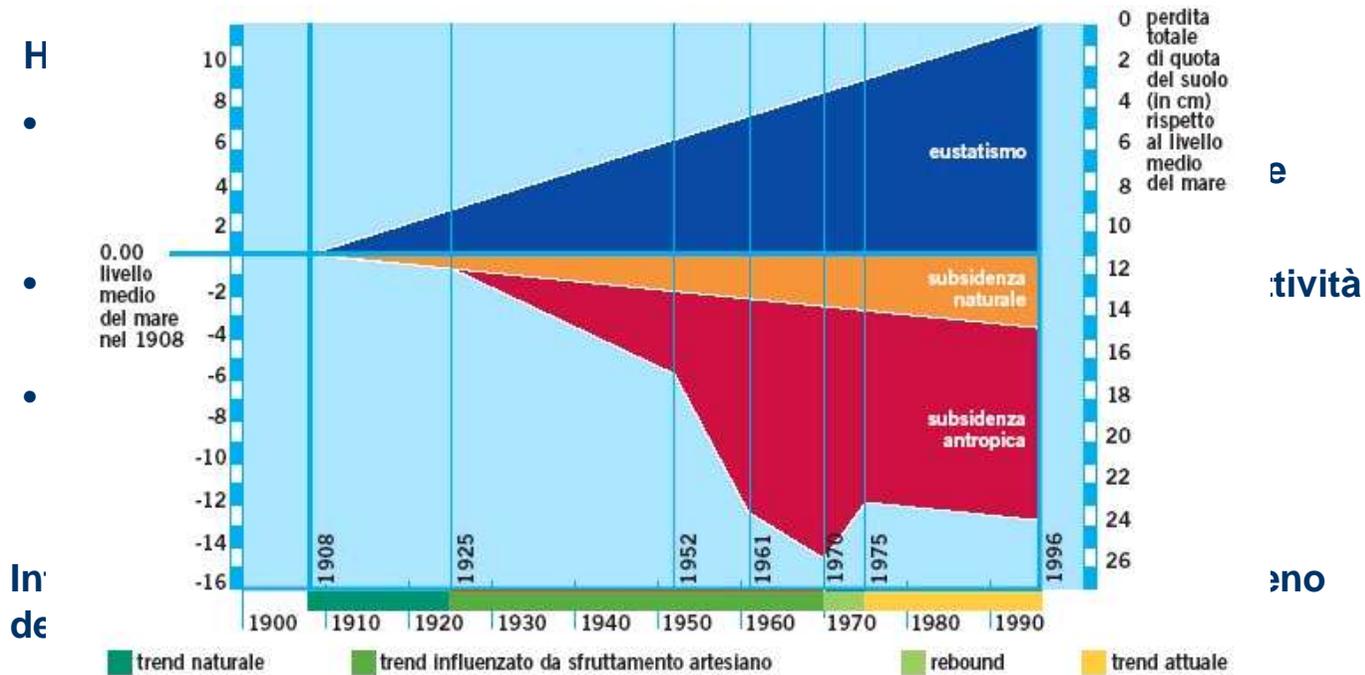
LA SUBSIDENZA



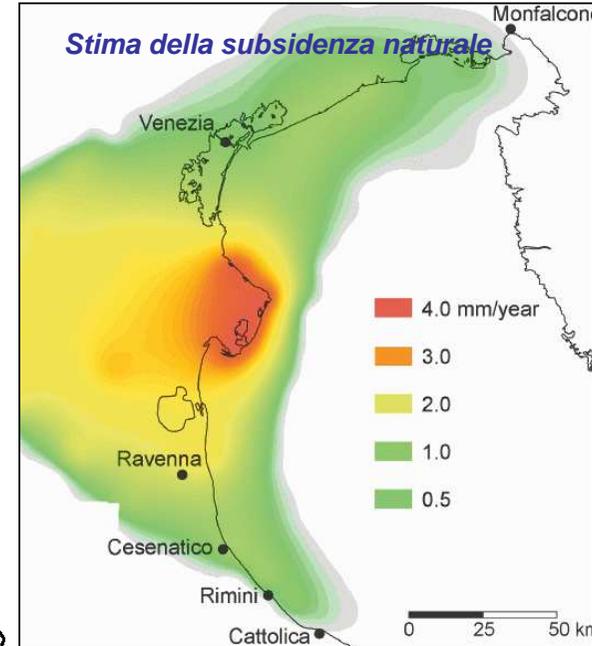
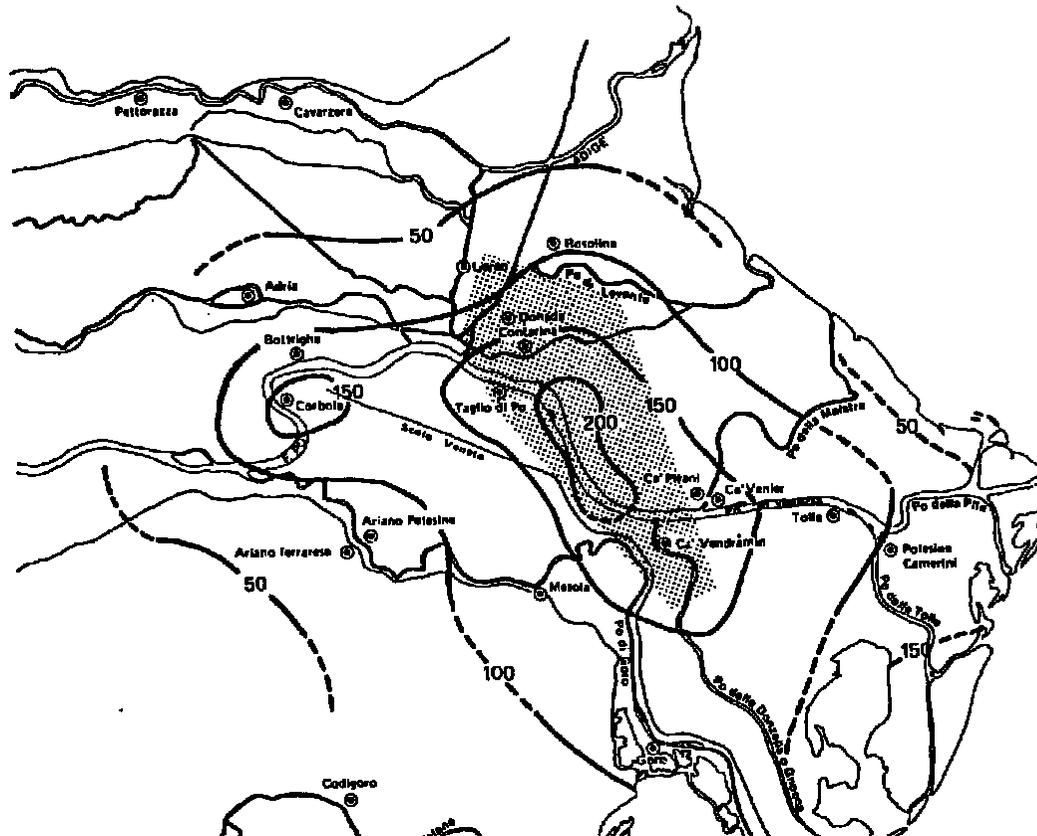


E' sia di origine naturale, per processi di compattazione dei sedimenti nel tempo, sia, e per la maggior parte, per motivi antropici (emungimento di gas naturale e di acque sotterranee).

Il territorio polesano è stato interessato dagli anni '50 da un intenso fenomeno di abbassamento, soprattutto a seguito dell'estrazione del metano dal sottosuolo, con punte di 3-4 metri.



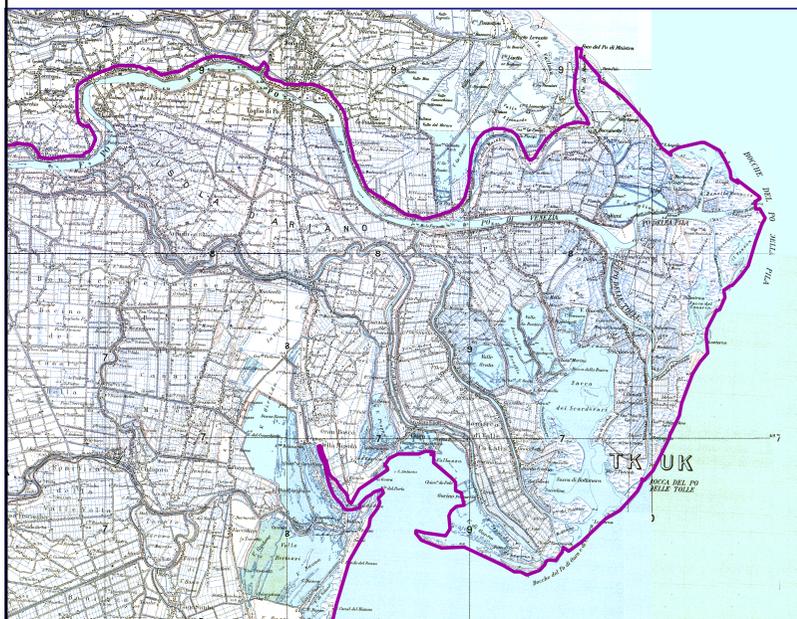
**ABBASSAMENTO (in cm) NEL
 PERIODO 1951 al 1962 DOVUTO
 ALL'ESTRAZIONE DI ACQUE
 METANIFERE**



Da:
 Brighenti, Borgia e Mesini "Subsidence

OGGI LA SUBSIDENZA ANTROPICA SI E' NOTEVOLMENTE RIDOTTA: da recenti rilievi di precisione effettuati da ARPAER risulta che nel Delta meridionale la subsidenza è pari a 7 – 8 mm/anno, quindi ormai prossima ai livelli naturali.

LA VULNERABILITA' DEL DELTA ALLE ESONDAZIONI



CRITICITA' →

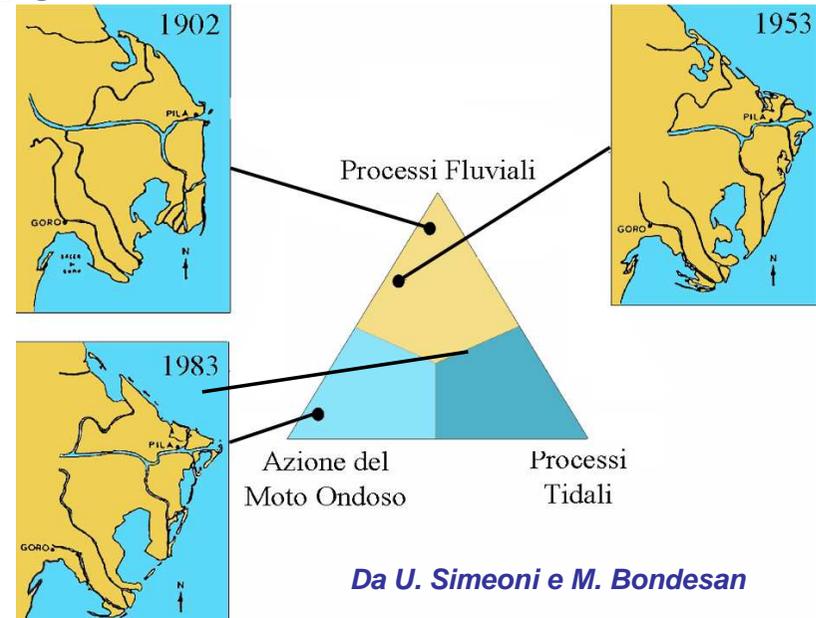
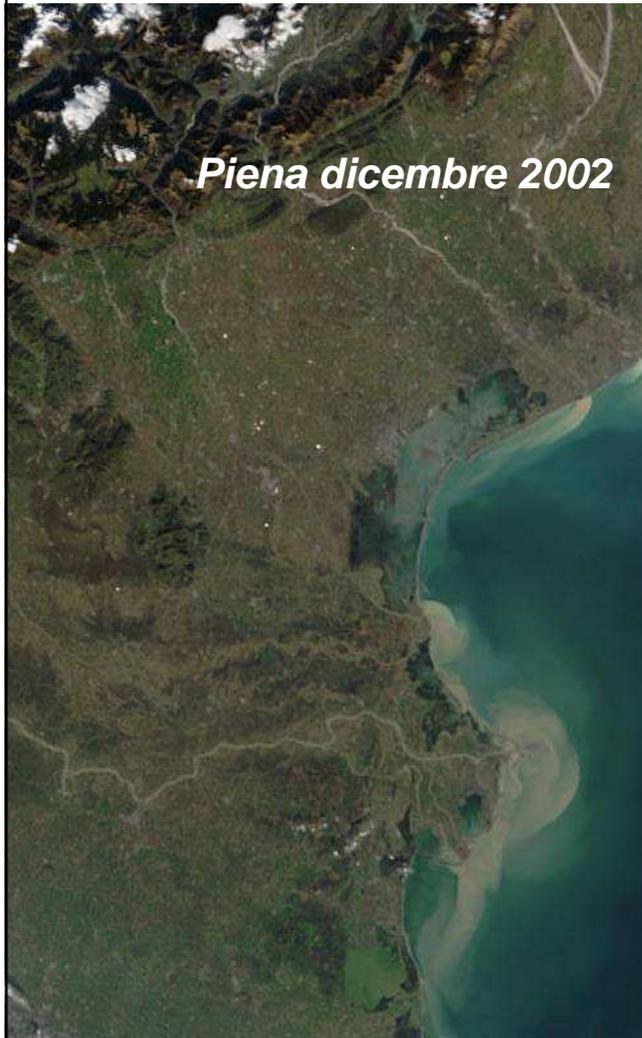
Progressivo aumento delle portate di piena

Progressiva riduzione del trasporto solido

Azione del mare

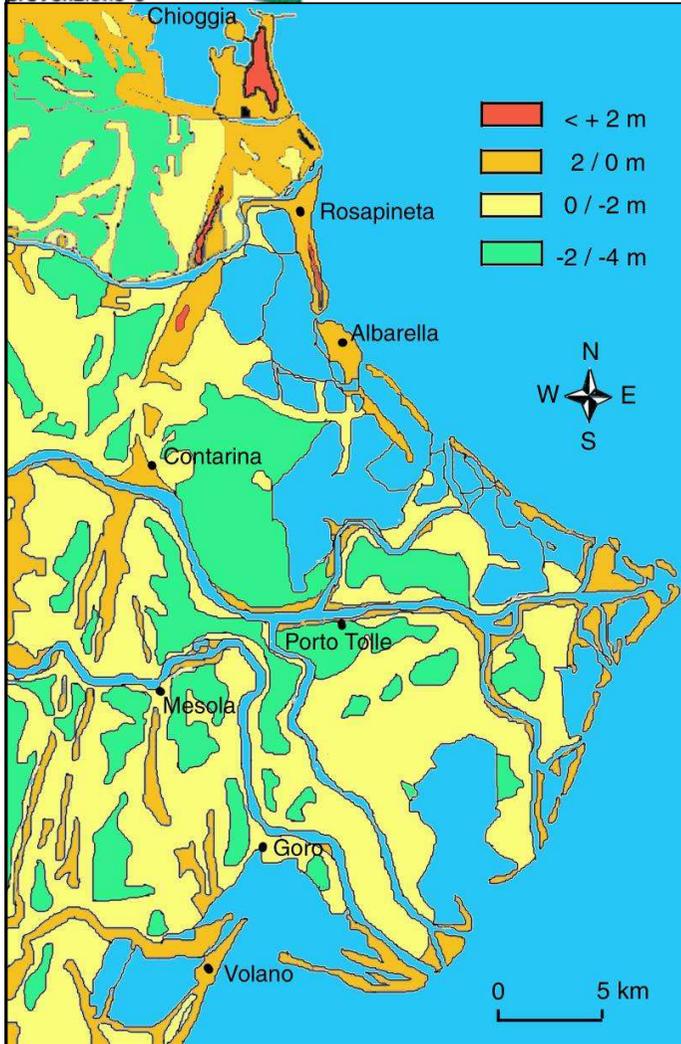
Subsidenza

RECENTE EVOLUZIONE DEL DELTA ED INFLUENZA DEL RIDOTTO TRASPORTO SOLIDO

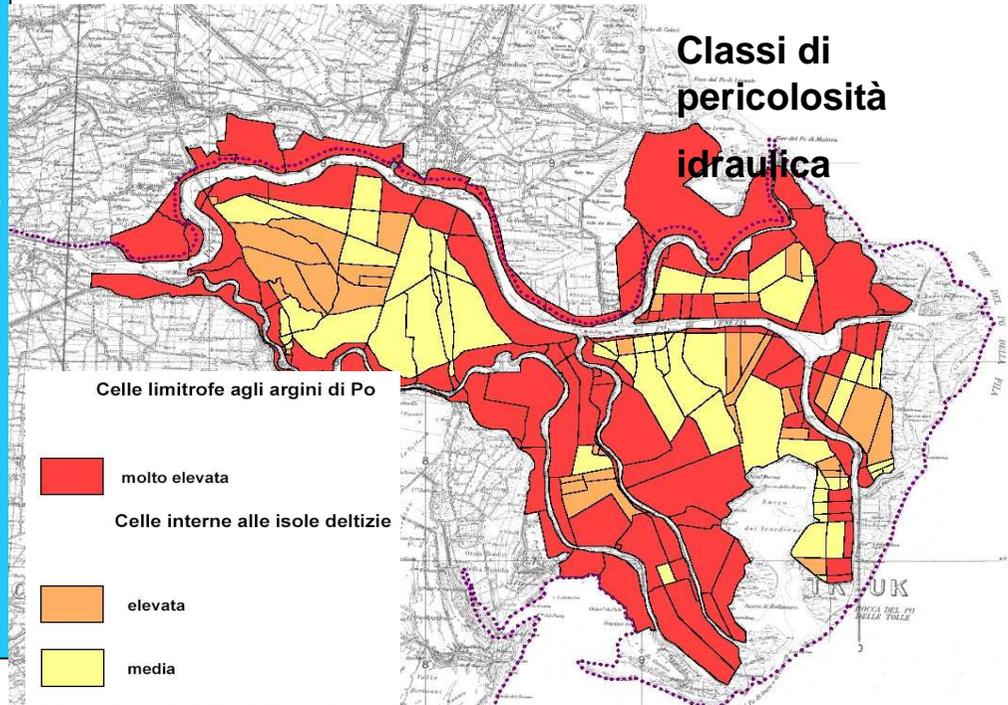


Stima dell'apporto torbido :
12,8 Mt/anno nel 1918-43
4,7 Mt/anno nel 1986-91

A partire dagli anni '50 le estrazioni dagli alvei hanno registrato un notevole incremento, determinato dallo sviluppo del sistema viario e dell'edilizia. I valori estratti dal bacino del Po sono progressivamente aumentati dai 2,5 milioni di m³/anno fino a raggiungere 12,0 milioni di m³/anno negli anni '60-'80. A partire dal 1983 si è avuta una inversione di tendenza (Da PAI).



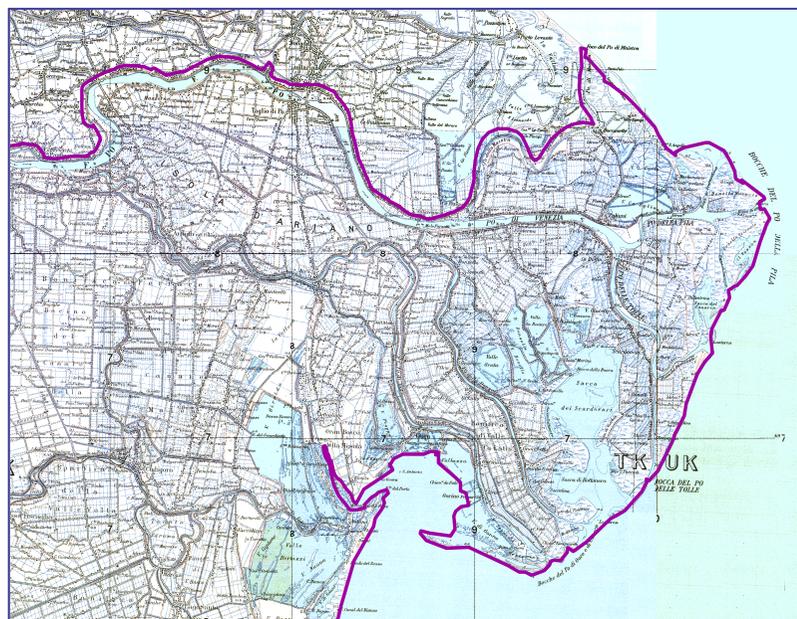
- Sono la prima opera di difesa delle terre e degli abitati del Delta dal mare.



SCANNO DI SCARDOVARI



SENSIBILITA' AI CAMBIAMENTI CLIMATICI DEGLI ECOSISTEMI





A seguito dell'accentuazione delle condizioni di magra:

- **Aumento dei livelli di concentrazione dei principali parametri chimico-fisici;**
- **Riduzione dei gradienti di temperatura e salinità nella colonna d'acqua;**
- **Stress distrofici con aumenti di fenomeni di bloom algali e fenomeni di morie di pesci.**



A seguito dell'incremento degli eventi di piena:

- **Le comunità biologiche subiscono un drastico impoverimento in biodiversità e abbondanza a causa del loro trasporto verso il mare aperto;**
- **Le sponde risultano impoverite e desertificate con diminuzione delle capacità di autodepurazione del corpo idrico;**
- **Impoverimento della risorsa ittica per quanto riguarda le specie che vivono bene in ambiente salmastro (molluschi, pesci, crostacei);**

A seguito del cambiamento della morfologia e del morfodinamismo delle lagune:

- **aumento del particolato sospeso e della sedimentazione a livello lagunare che porta inevitabilmente alla diminuzione della profondità dell'acqua;**



A motivo anche dei cambiamenti climatici è possibile l'affermazione di specie animali e vegetali alloctone a discapito delle specie indigene.

PROBLEMI RICONDUCEBILI AL CAMBIAMENTO CLIMATICO NELLA COMPLESSITA' DEL "SISTEMA" DELTA DEL PO

II TERRITORIO DEL DELTA

II BACINO IDROGRAFICO

Problemi di carattere "globale"

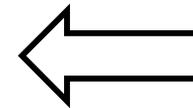
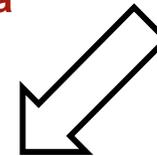
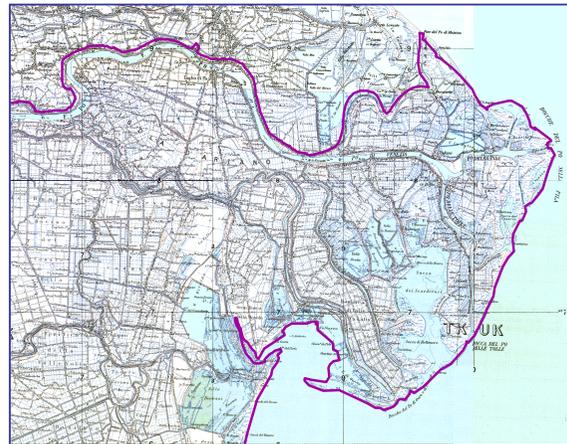
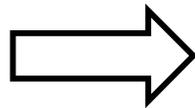
- ✓ Soluzioni a scala mondiale

Problemi di bacino:

- ✓ Interventi di razionalizzazione e gestione delle risorse
- ✓ Interventi per la realizzazione di infrastrutture

Costante adattamento ai continui cambiamenti:

- ✓ Mediante adeguate azioni e la realizzazione di opere che tengano conto sia della necessità di sviluppo del territorio, sia della sensibilità del "sistema Delta"

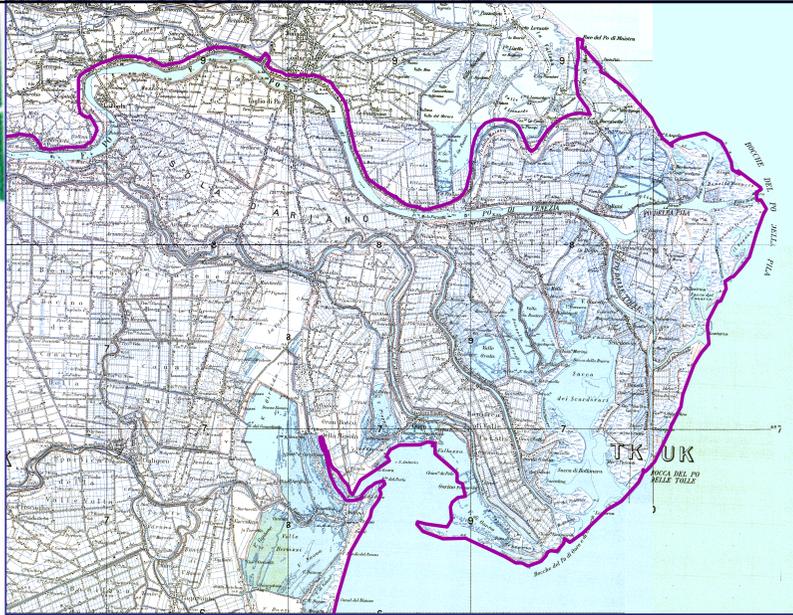


MARE ADRIATICO

Problemi di carattere "globale"

- ✓ Soluzioni a scala mondiale

arpa
agenzia
regionale
prevenzione e
ambiente dell'emilia-romagna



arpav



GRAZIE

