

QUALITA' E SOSTENIBILITA' DELLE RISORSE IDRICHE

Maurizio Pettine

ISTITUTO di RICERCA sulle ACQUE – Roma

pettine@irsa.cnr.it



Conferenza del Dipartimento Terra e Ambiente
nell'Anno Internazionale del Pianeta Terra

CNR, Aula Convegni, 22-23 Maggio 2008

SIGNIFICATO DI SOSTENIBILITA'

DIRETTIVE e PROGRAMMI QUADRO EUROPEI

LA MODELLAZIONE IDROLOGICA

- l'analisi di compatibilità
- i modelli di trasporto e ecologici

NUOVI INQUINANTI, NUOVI PROBLEMI ??, NUOVI METODI

SETTORI DA PRIVILEGIARE

- *dalle indagini "micro" alla comprensione dei processi*



SIGNIFICATO DI SOSTENIBILITA'

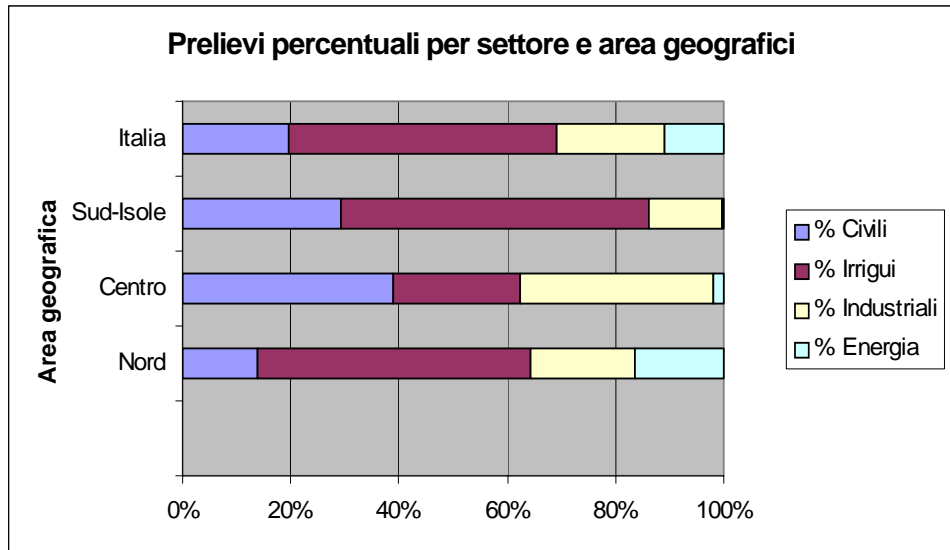
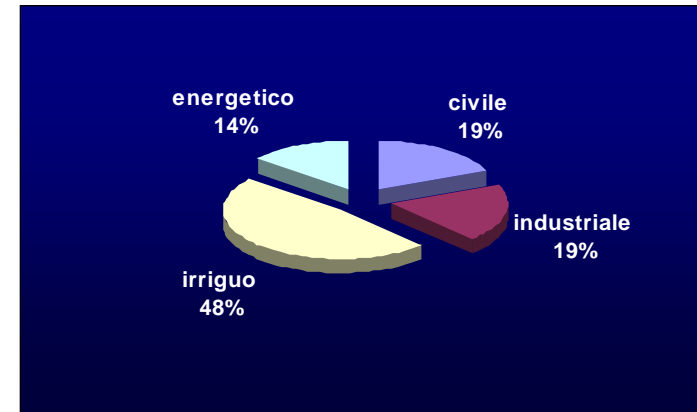
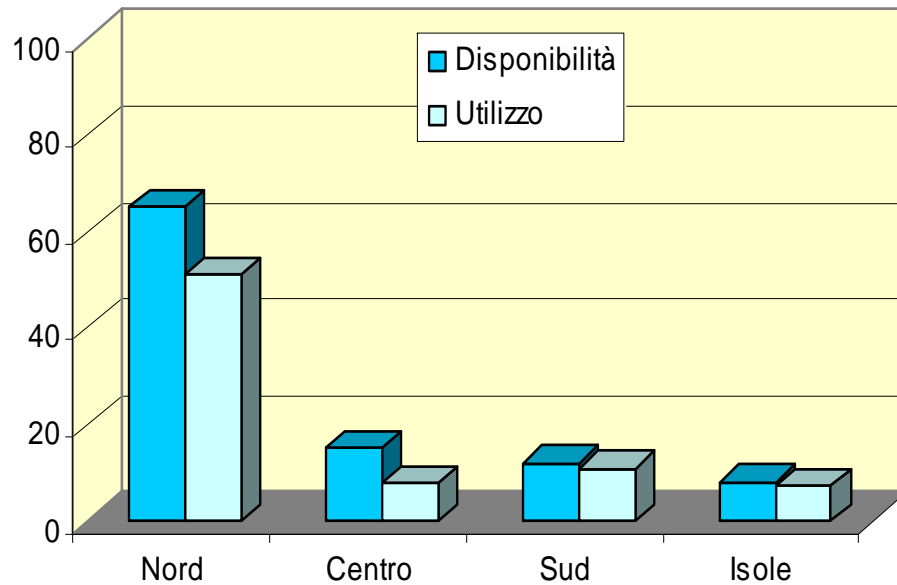
Sviluppo sostenibile significa progettare un sistema economico e sociale che assicuri nel tempo l'aumento dei redditi reali e quindi, oltre allo sviluppo economico, anche un miglioramento della qualità della vita, rispettoso dei fruitori attuali e futuri e degli aspetti ecologici e ambientali (*World Commission on Environment and Development, 1987*).



Utilizzi della risorsa idrica in Italia

Boeri, 2007

Disponibilità complessiva reale, stimata tenendo conto delle acque accumulate nel sottosuolo e negli invasi artificiali, 51 miliardi di m³/anno



LE DIRETTIVE EUROPEE

La Water Framework Directive (2000/60 EC)

L'acqua è indispensabile per la vita e la salute umana, la conservazione della biodiversità e lo sviluppo socioeconomico, è quindi un patrimonio ereditario da tutelare.

Le politiche gestionali devono mirare a:

- Impedire un ulteriore deterioramento, proteggere e migliorare lo stato dei corpi idrici superficiali e sotterranei;
- Sostenere un utilizzo idrico basato sulla protezione a lungo termine delle risorse idriche disponibili, fondato sui principi di: precauzione e azione preventiva, riduzione alla fonte dei danni causati all'ambiente, chi inquina paga.
- Ridurre gradualmente gli scarichi di sostanze prioritarie, ed eliminare gli scarichi di sostanze pericolose prioritarie entro il 2020;
- Contribuire a mitigare gli effetti delle inondazioni e delle siccità



6th Framework Programme

Molti progetti finanziati nell'ambito del 6° P.Q. interessano la tematica dello sviluppo sostenibile. Alcuni esempi:

- **AQUASTRESS:** ha l'obiettivo di sviluppare approcci multidisciplinari per la diagnosi e la mitigazione degli stress idrici con particolare riferimento a quelle regioni che soffrono per scarsità cronica della risorsa e una eccessiva pressione umana sui corpi idrici; **privilegia gli aspetti della quantità della risorsa;**
- **NEWATER:** ha l'obiettivo di sviluppare approcci multidisciplinari per una gestione integrata ed adattativa delle risorse idriche; **privilegia gli aspetti del coinvolgimento della partecipazione pubblica;**
- **TEMPQSIM:** ha l'obiettivo di integrare i modelli di qualità esistenti con moduli specifici per fiumi temporanei che tengono conto delle differenze nei meccanismi di generazione del runoff, negli scambi acque superficiali/acque sotterranee, nei processi di accumulo, di risospensione e trasformazione della sostanza organica e dei nutrienti; **tiene conto sia di quantità che di qualità della risorsa;**
- **REBECCA:** ha l'obiettivo di sviluppare metodologie per una classificazione dello stato ecologico coerente con quello chimico; **privilegia gli aspetti della qualità.**



7th Framework Programme

Activity 6.2 Sustainable management of resources

Approfondire le conoscenze di base per sviluppare modelli avanzati e strumenti per una gestione sostenibile delle risorse, la conservazione della biodiversità e la riduzione degli impatti ambientali. Obiettivi: prevedere la dinamica degli ecosistemi e il loro recupero, mitigare la degradazione ed evitare la perdita di importanti elementi strutturali e funzionali degli ecosistemi.

Area 6.2.1.2 Water Resources

Sviluppare metodologie, modelli, indicatori integrati da usare per una valutazione integrata dello stato ecologico dei corpi idrici e quantificare gli effetti combinati di pressioni e di interventi di gestione a livello di bacino. Intercalibrazione di metodologie e armonizzazione su scala Europea allargata, valutazione del livello di incertezza associato alla stima dello stato ecologico e analisi delle ripercussioni in termini di interventi e costi/benefici.

Progetto MIRAGE: estensione di TEMPQSIM, ruolo di corpi idrici temporanei nella dinamica di nutrienti, sostanza organica e inquinanti prioritari



Direttiva sulle acque sotterranee (2006/118/CE)

Impegni prioritari per gli acquiferi

Nell'ambito degli adempimenti previsti dalla Direttiva 2006/118/CE del 12 dicembre 2006, è richiesto a ciascun stato membro di:

- stabilire i valori soglia per tutti gli inquinanti e gli indicatori di inquinamento che mettono a rischio il raggiungimento del buono stato chimico delle acque sotterranee;
- individuare le tendenze significative e durature all'aumento in tutti i corpi idrici sotterranei caratterizzati a rischio;
- definire i metodi e i criteri di riferimento per stabilire tali valori e tali tendenze ai fini di definire lo stato quali/quantitativo della risorsa acque sotterranee.

Gli sforzi di ricerca sono orientati a dare risposte affidabili alle sopracitate richieste.



LA MODELLAZIONE IDROLOGICA

- Modelli di gestione delle risorse idriche rappresentativi della disponibilità della risorsa e della domanda servono per l'analisi di compatibilità in termini di indicatori economici, ambientali e sociali e l'elaborazione di possibili scenari di stress idrico. Richiedono ulteriori sforzi di ricerca tesi a:
 - incrementare il legame tra processo decisionale, monitoraggio dei dati e di informazioni;
 - migliorare le politiche di gestione dell'uso dell'acqua (BMP);
 - estendere gli studi sul rischio di fallanza dell'approvvigionamento.

- Modelli idrologici di flusso e di trasporto di acque (superficiali e sotterranee) richiedono ulteriori sforzi di ricerca, in particolare tesi a sviluppare le conoscenze su:
 - le interazioni tra i diversi processi per un'ampia gamma di scale spaziali e temporali;
 - metodi innovativi per la valutazione dei parametri e delle variabili di stato descrittivi dei processi;
 - metodologie di analisi geostatistica per la riduzione dell'incertezza su dati di monitoraggio ambientale;
 - stima della ricarica delle falde tramite metodi innovativi per la valutazione dello stato di non saturazione delle rocce e l'utilizzo di tecniche di diagnosi differenti (geofisiche, geoelettriche, analisi di immagini etc.).

I modelli idrologici rappresentano uno degli input fondamentali per lo sviluppo di modelli di trasporto di inquinanti e di modelli ecologici.



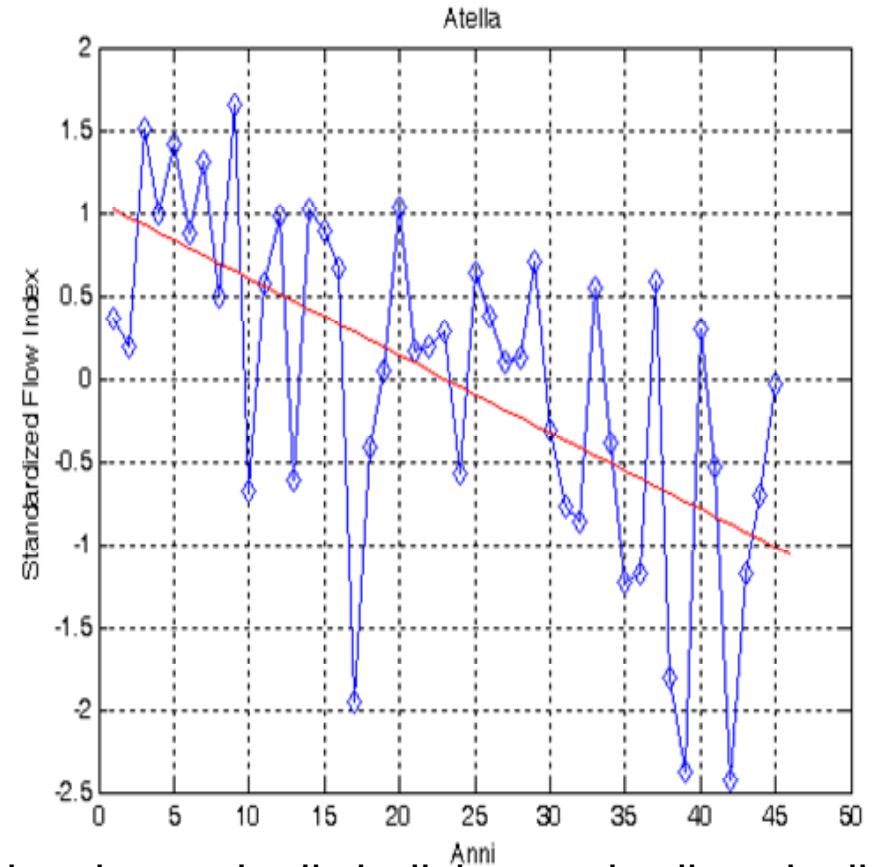
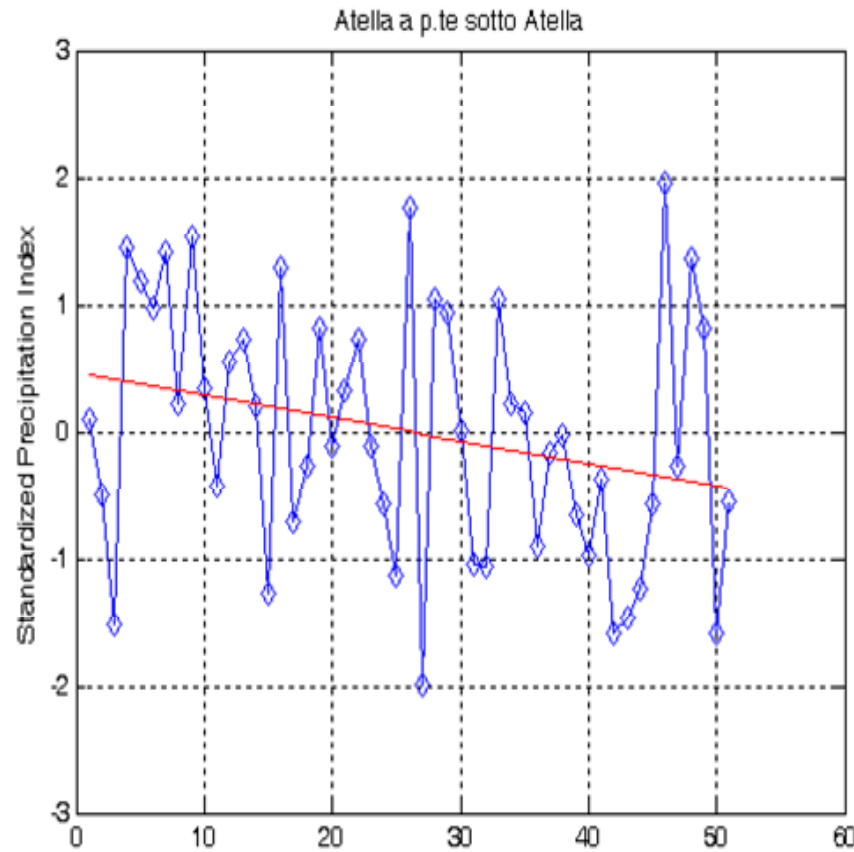
Monitoraggio della siccità

Le attività (progetto Siccità con AdB Tevere, Water scarcity and Drought Expert Network, AdB Puglia, Protezione Civile) mirano a definire indicatori che consentano:

- Early warning dell'evento a diverse scale spazio-temporali (stabilire relazioni tra precursori meteoidrologici e impatti);
- Gestione ottimizzata degli eventi di siccità: implementazione di misure di mitigazione (razionamento prelievi, usi riserve strategiche etc,) a intensità crescente con l'aggravarsi dell'evento;
- Individuazione di soglie (precipitazioni, portate, livelli serbatoi naturali e artificiali) ai fini dell'esenzione dal raggiungimento degli obiettivi di qualità della WFD 2000/60 EC, in accordo con art. 4 co. 6;
- Relazione tra indici meteo-idrologici (fenomeno naturale) e indici socio-economici (impatto sul sistema delle utenze).



Variazione degli indici meteo-idrologici: Bacino dell'Ofanto (Di Santo et al., 2007)

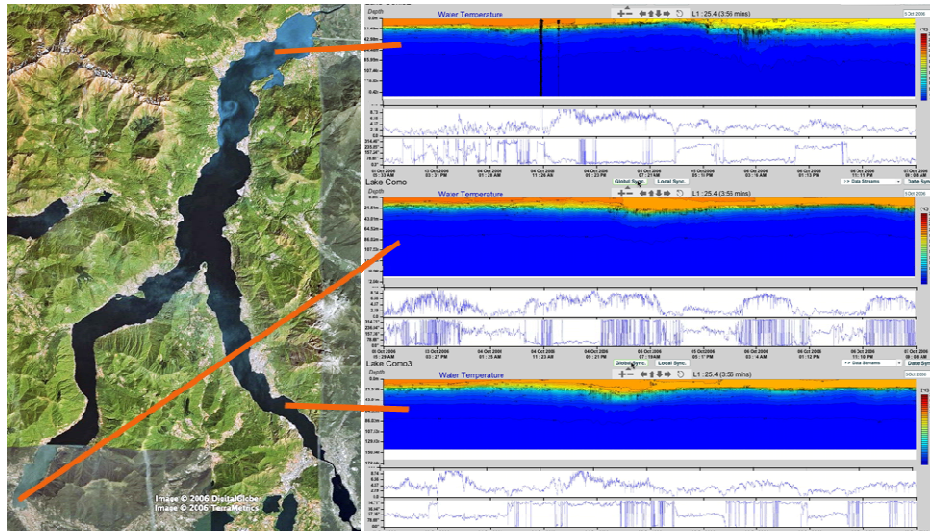
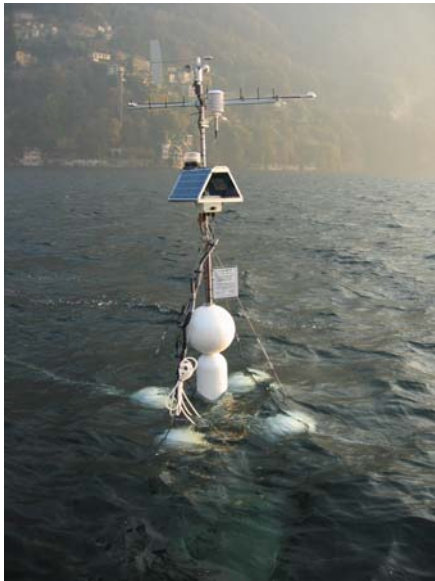


Open question: differenti rates di diminuzione degli indici standardizzati di precipitazione e di portata → differenti regole di gestione a seguito di cambiamenti della distribuzione della piovosità



LA MODELLAZIONE ECOLOGICA

Il *real time management system* del Lago di Como

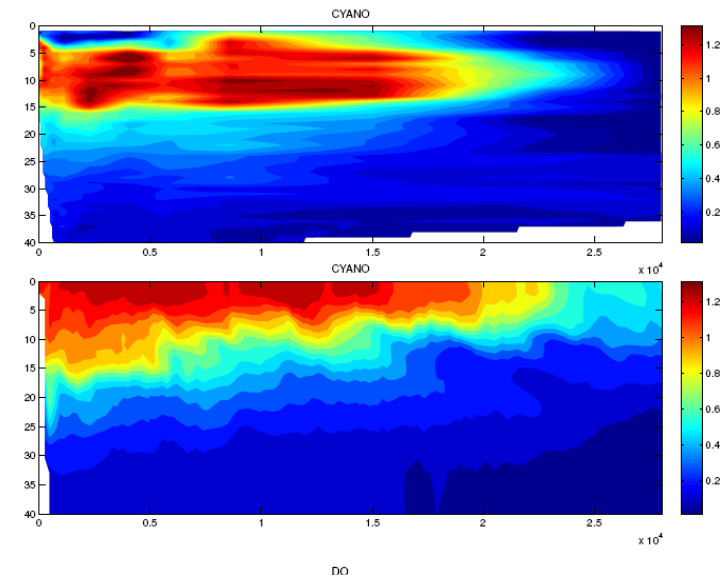
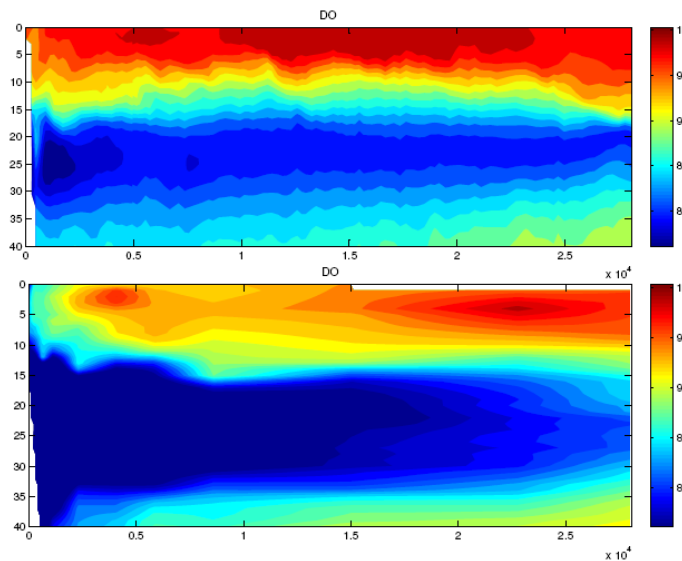


Il sistema di gestione in tempo reale del Lago di Como è attualmente costituito da Tre stazioni LDS che misurano i driver meteorologici e la struttura termica nei tre bracci del lago. I dati prodotti dalla strumentazione sono utilizzati come dati di input per un modello tridimensionale (idrodinamico ecologico) del lago.

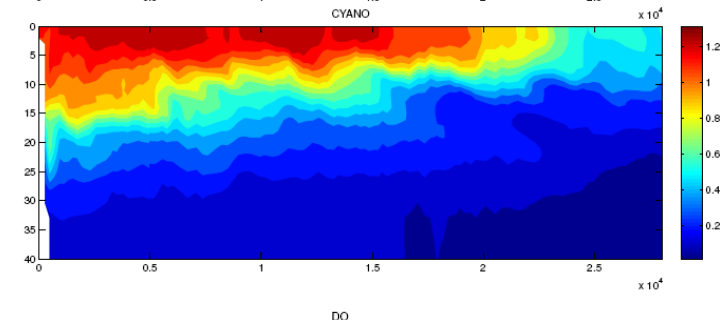
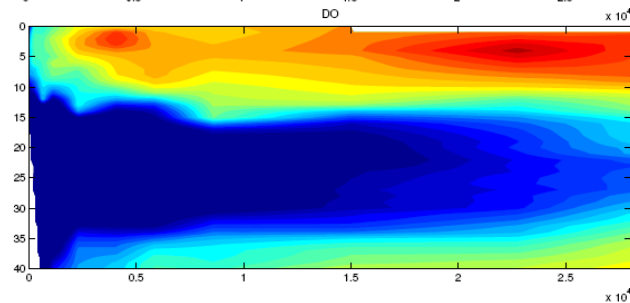


Sviluppo del modello idrodinamico - ecologico

Modello



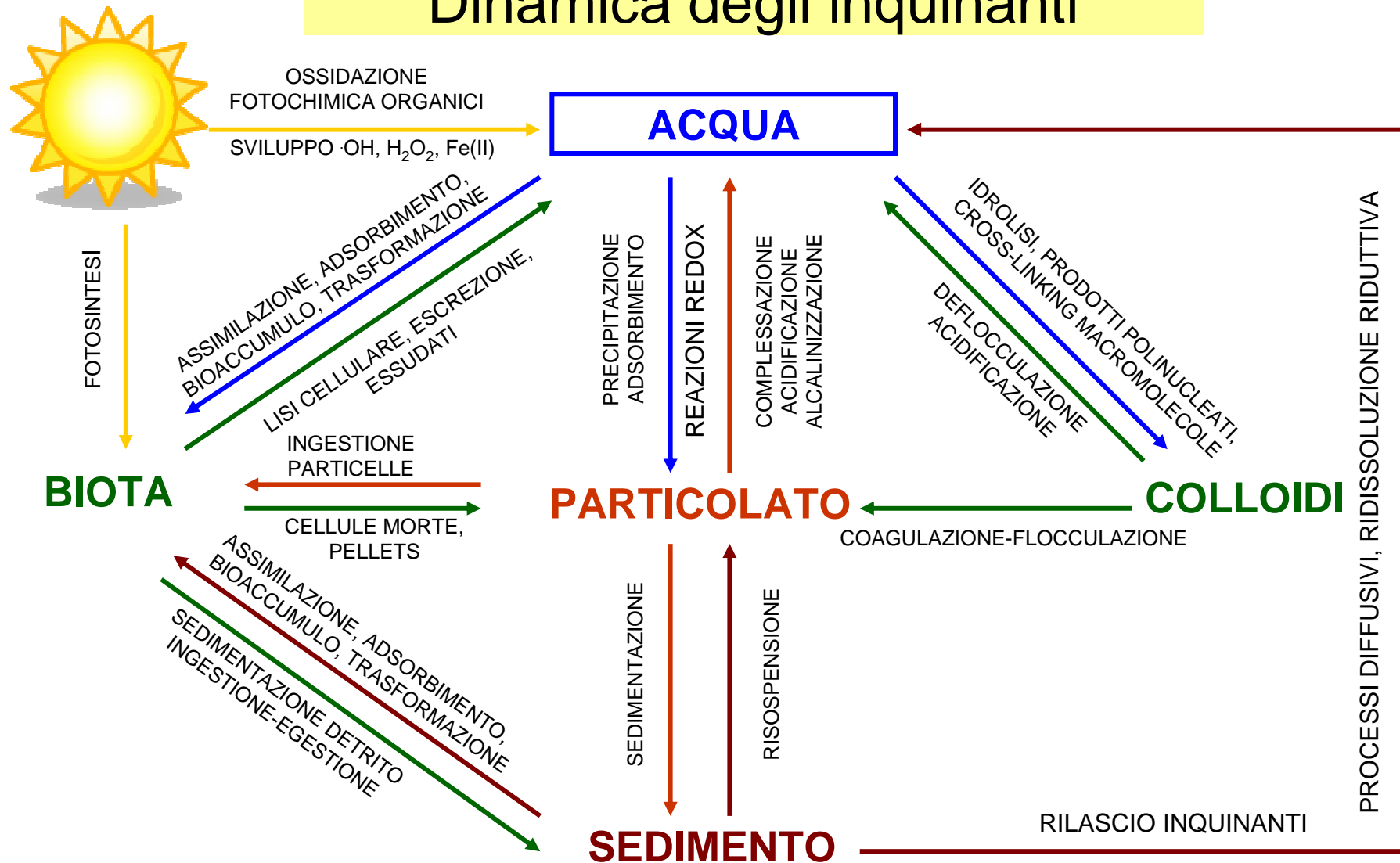
Sperimentale



I dati raccolti dai misuratori in continuo e in campagne di misura intensive vengono integrati nel modello idrodinamico – ecologico per produrre scenari di evoluzione sul breve e sul lungo periodo

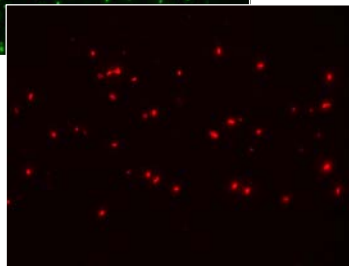
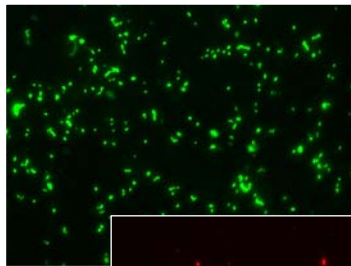


Dinamica degli inquinanti



Ecologia microbica

- E' una disciplina dimenticata dalle direttive europee in tema di acque superficiali e sotterranee. Eppure, quando si vanno ad analizzare i processi che governano il funzionamento degli ecosistemi, condizionandone gli scenari evolutivi, il ruolo delle comunità microbiche è indiscutibile.
- Le nuove tecnologie molecolari e l'uso di traccianti specifici consentono di analizzare le modificazioni strutturali e funzionali delle comunità microbiche *in situ* portando ad una migliore comprensione delle alterazioni dei processi biogeochimici e della dinamica degli inquinanti (trasferimento, degradazione e accumulo).



- Nell'ambito del Progetto Europeo MIRAGE, ad es., sarà studiato il ruolo della comunità microbica associata a sedimenti fluviali nella degradazione e circolazione di SPP, tra cui nonilfenolo, IPA etc.
- L'applicazione di sonde molecolari può consentire l'identificazione di specie in grado di metabolizzare microinquinanti (ad. es. erbicidi s-triazinici) in acque sotterranee e può fornire informazioni utili per modelli di migrazione di inquinanti in zona insatura.



Acque di falda: il problema dell'arsenico

In molte regioni italiane e del mondo le concentrazioni di As nelle acque di falda sono superiori ai limiti per l'uso potabile introdotti dalla revisione del 2001. Capire i processi responsabili di queste concentrazioni è utile per ipotizzare scenari futuri (fenomenologie naturali, aumentata mobilitazione antropica dell'elemento, etc.)

Molti processi responsabili sono già stati individuati e fanno riferimento per lo più ad acquiferi interessati da variazioni redox:

- As associato a ossidi di Fe(III) può divenire solubile a seguito della ridissoluzione riduttiva di Fe;
- As associato a minerali di natura piritica può essere solubilizzato se le condizioni divengono ossidanti (ad es. la trivellazione di pozzi);

Sono possibili altri processi ?? : l'alcalinizzazione, lo sfruttamento dei fluidi geotermici, l'attività microbica e il ruolo dei siderofori, etc., la dinamica di elementi correlati (es. Sb, V, etc.)



NUOVI INQUINANTI, NUOVI PROBLEMI ??, NUOVI METODI



Conferenza del Dipartimento Terra e Ambiente
nell'Anno Internazionale del Pianeta Terra

CNR, Aula Convegni, 22-23 Maggio 2008

Rischi ambientali da nanoparticelle

Lo sviluppo delle nanotecnologie in diversi settori industriali (cosmetico, microelettronico, catalisi, vernici e rivestimenti, combustibili etc.) e il probabile loro incremento nei prossimi anni, se da un lato deve essere sostenuto e incoraggiato, dall'altro deve farci interrogare sugli eventuali rischi connessi.

Le eventuali ricadute possono essere molteplici e riguardare sia l'esposizione dell'uomo a nanoparticelle rilasciate in atmosfera (ad es. da additivi usati nei combustibili o in prodotti aerosol indoors), che l'ambiente acquatico, il suolo (ad es. da nanoparticelle utilizzate con funzione antimicrobica, come n-Ag utilizzato per capi di abbigliamento).

Prestigiose organizzazioni scientifiche stanno affrontando il problema e ampio spazio è dato nel 7° P.Q. alle nanoscienze, sia dal punto di vista tecnologico che dal punto di vista della valutazione dei rischi.



Interazioni nanoparticelle - ambiente

I nanomateriali attualmente più utilizzati sono a base di Ag, Al-Ox, Fe-Ox, SiO₂, TiO₂, ZnO, C₆₀. Le indicazioni emerse suggeriscono che eventuali rischi sono ristretti a quelle produzioni che utilizzano nanoparticelle in forma libera piuttosto che “embedded”. Questo perché le nanoparticelle avendo **dimensioni < 100 nm** sono caratterizzate da un aumento significativo del rapporto area superficiale/volume con ripercussioni sulla Salute umana e sugli Ecosistemi.

Salute umana: le nanoparticelle sono potenzialmente in grado di penetrare nelle cellule umane più facilmente delle particelle aventi dimensioni 1 – 10 µm, hanno una elevata attività biologica legata alle peculiari proprietà superficiali;

Ecosistemi acquatici: le nanoparticelle possono interagire direttamente con gli organismi esercitando effetti tossici e dando luogo a fenomeni di accumulo (sta emergendo un nuovo campo di ricerca, la Nano-ecotossicologia) e hanno effetti indiretti influenzando la dinamica dei colloidi e i fenomeni di adsorbimento e trasporto in mezzi porosi.



Inquinanti emergenti (EP)

- **Endocrine Disrupting Chemicals (EDC):** ormoni naturali, prodotti di sintesi, ecc., diverse centinaia di prodotti sono già stati considerati come potenziali modificatori endocrini
- **Sostanze farmaceutiche e per la cura della persona:** antibiotici, analgesici, antinfiammatori, antisettici, psicofarmaci, agenti anti UV, droghe, ampiamente utilizzati e diffusi nell'ambiente. Molti si sono dimostrati persistenti, in grado di bioaccumularsi e di esercitare forte tossicità. A seguito di un'esposizione molto bassa ma ampiamente diffusa in acqua e suolo, si possono verificare danni agli ecosistemi e alla specie acquatiche e anche una diminuzione di efficacia dei medicinali.
- **Composti perfluorurati (PFC_s)** ampiamente usati nei fluoropolimeri ed elastomeri utilizzati in prodotti industriali e di consumo (metal plating, schiume fire.fighting, tessuti, materiali d'imballaggio e prodotti di pulizia). L'EPA US ha invitato i produttori a ridurre del 95 % le emissioni calcolate nel 2000 entro il 2010. A livello europeo la vendita e l'uso di PFOS è soggetta a restrizioni dal giugno 2007.
- **Additivi industriali nelle benzine, Ritardanti di fiamma, Pesticidi di nuova generazione**

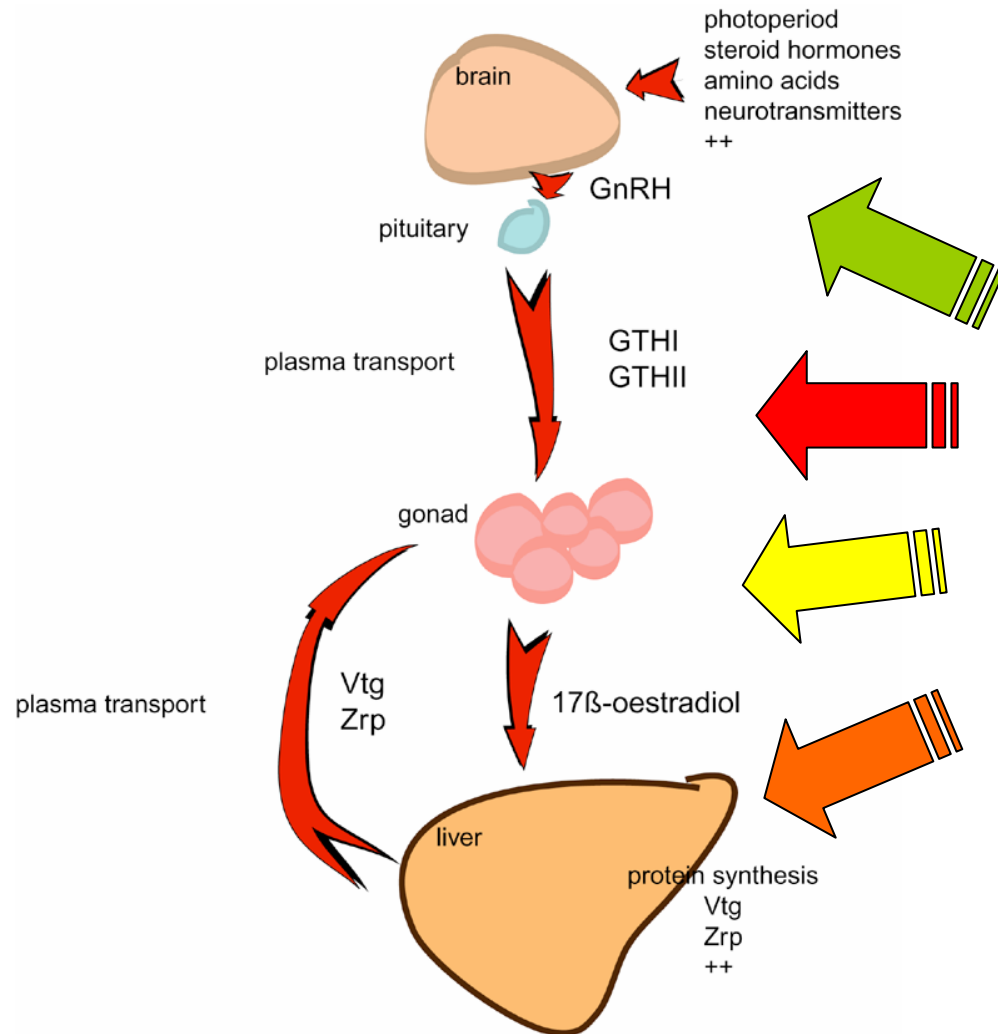


Elementi del gruppo del platino (PGE)

- **Gli elementi del gruppo del platino** hanno assunto una rilevanza ambientale soprattutto a seguito dell'introduzione delle marmitte catalitiche che contengono platino o palladio e rodio: **sono emessi come particolato in forma di metallo o ossido a tassi di centinaia di ng per km per veicolo**). Altre fonti di emissione e rilascio nell'ambiente sono le leghe dentali, l'elettronica, medicinali anticancerogeni e catalizzatori in varie applicazioni industriali.
- PGE si ritrovano in microparticelle in atmosfera, nell'ambiente urbano e nei sedimenti di fiumi. Le forme metalliche sono relativamente inerti, mentre le forme solubilizzate esercitano effetti tossici marcati.
- Evidenze sperimentali suggeriscono una parziale mobilizzazione di questi metalli nel sedimento in presenza di organismi (quali ad es. policheti etc) e successiva parziale assimilazione della frazione solubilizzata. Sono anche riportate evidenze su accumulo da parte di organismi di acqua dolce.
Le conoscenze sulle modalità di circolazione e sul destino di questi inquinanti debbono essere ulteriormente sviluppate.



Gli alteratori endocrini



Gli alteratori endocrini interferiscono a molti livelli e con diverse modalità lungo l'asse ipotalamo-ipofisi-gonade

Estrogenici

Antiestrogenici

Androgenici

Antiandrogenici

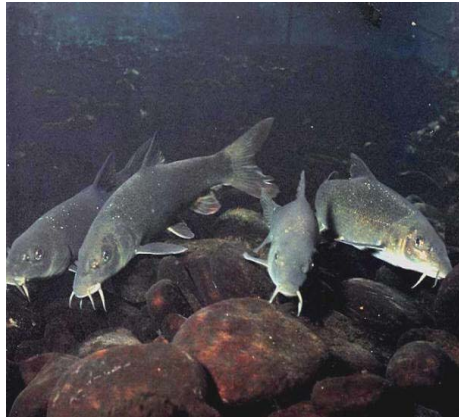
(agonisti e antagonisti)



Arukwe & Goksøyr (2003): Comp. Hepatol.
Conferenza del Dipartimento Terra e Ambiente
nell'Anno Internazionale del Pianeta Terra

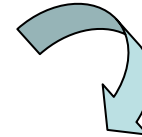
CNR, Aula Convegni, 22-23 Maggio 2008

Tossicogenomica e Tossicoproteomica Ambientali

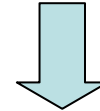


Il 90% dei maschi di barbi adulti catturati nel fiume Po mostra una femminilizzazione più o meno estesa delle gonadi: dal 50% a più del 90% del **testicolo è diventato ovario**. *Viganò et al. (2001)* A questi sono seguiti altri riscontri su altre specie.

Quali le conseguenze a livello di popolazione e comunità?



Non siamo in grado di predire gli effetti a lungo termine, né siamo in grado, esaminando i cambiamenti di una comunità, di indicare le cause responsabili



Tossicogenomica e Tossicoproteomica si vanno configurando come nuove discipline in grado di produrre gli strumenti interpretativi (biomarkers) per l'indagine ambientale.

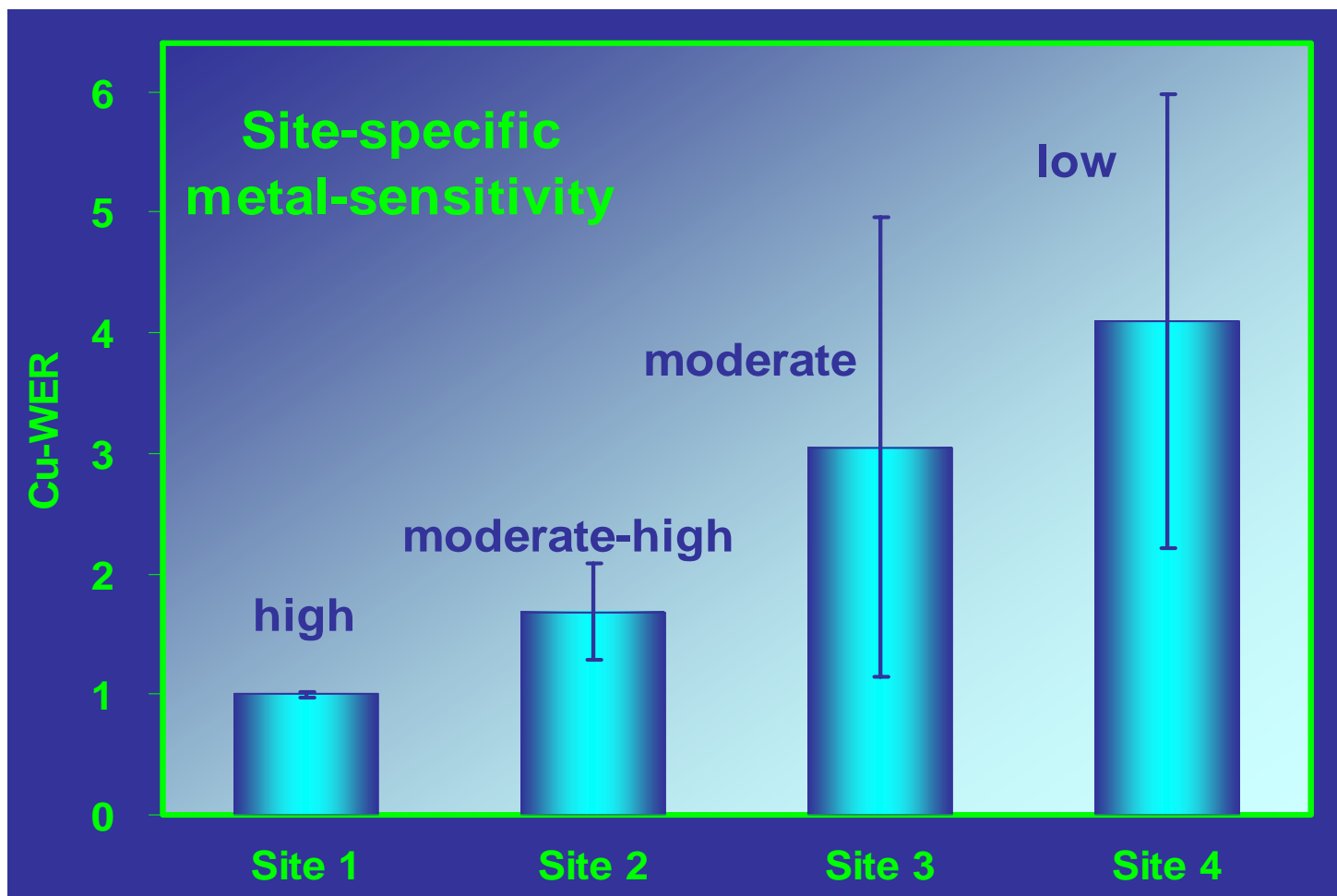


Esigenze di ricerca nel settore analitico

- Sviluppo di metodi analitici validati per sostanze prioritarie (es. cloroalcani C10-C13) per le quali al momento non esistono
- Miglioramento di metodi analitici già disponibili al fine di ottenere limiti di rivelabilità in linea con gli EQS richiesti, ad es. polibromodifenileteri, tributilstagno
- Sviluppo di metodi validati per inquinanti emergenti (ad es. perfluorurati, prodotti farmaceutici)
- Sviluppo di metodi di speciazione in fase liquida e solida e di metodi per valutare la biodisponibilità di inquinanti
- Metodi per gli elementi di qualità biologica



Biodisponibilità

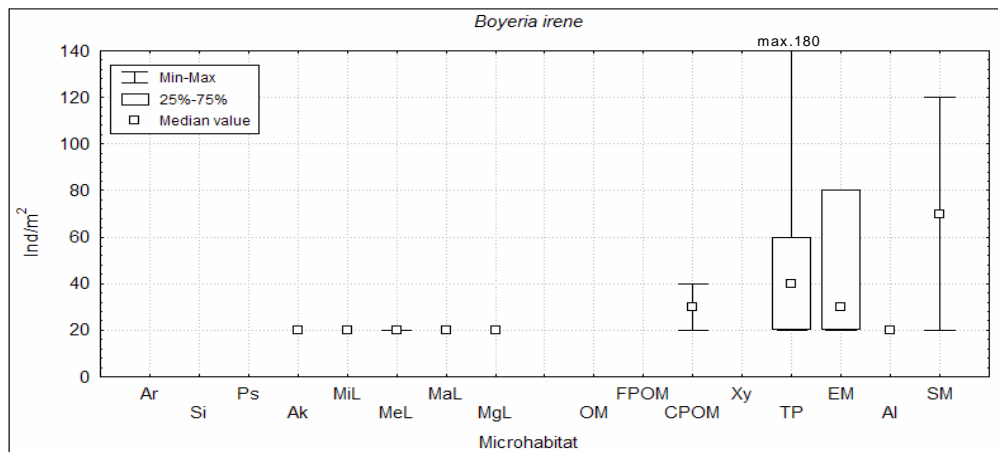


Analisi delle componenti autoecologiche di taxa macrobentonici

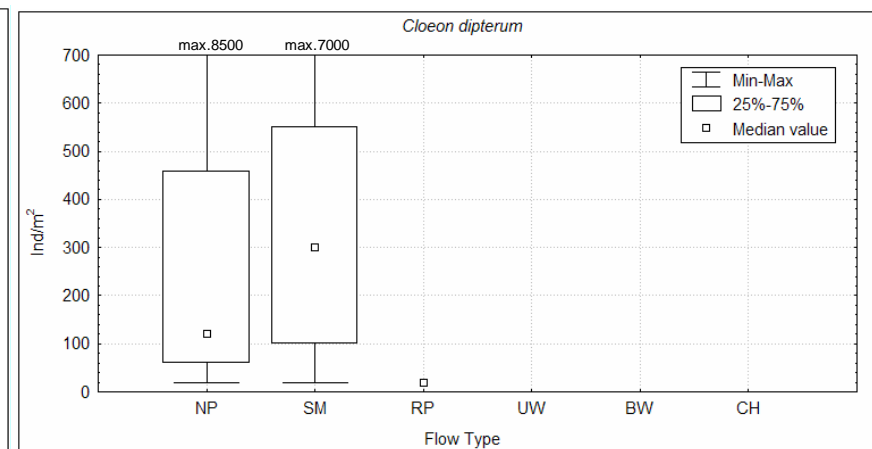
Lo studio della struttura della comunità dei macroinvertebrati in funzione delle caratteristiche dei corpi idrici (tipo di substrato, condizioni di flusso etc.) è utile per determinare indici biotici in grado di interpretare e descrivere l'impatto di alterazioni antropiche;

L'individuazione di taxa indicatori di pressioni specifiche è uno degli obiettivi da perseguire.

Specie con preferenza per microhabitat organici

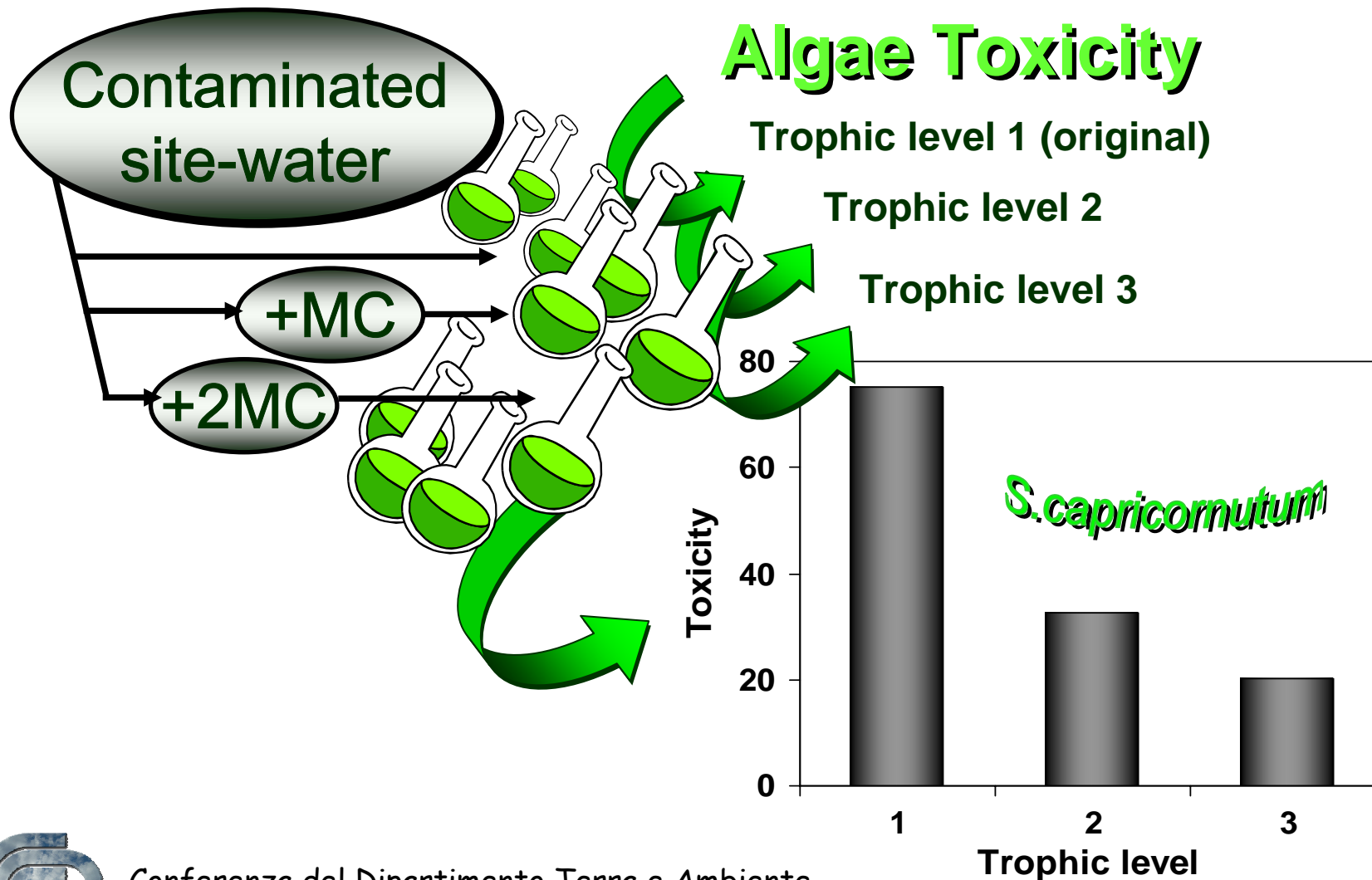


Specie con preferenza per acque ferme o poco correnti



Integrazione tra stato chimico e stato ecologico

Interazioni tra livello trofico e tossicità



Settori di indagine da privilegiare dalle indagini “micro” alla comprensione dei processi

- Lo sviluppo dei metodi analitici (chimici, biologici)
- La dinamica degli inquinanti, le trasformazioni, le cinetiche etc.
- Il ruolo della comunità microbica
- Le discipline emergenti: tossicogenomica, tossicoproteomica, nanoecotossicologia
- I modelli ecologici
- L'analisi e la modellazione delle interazioni tra i diversi processi idrologici (evapotraspirazione, ricarica delle falde, flusso nel mezzo saturo, interazione acque superficiali/acque sotterranee, etc.) su diverse scale spazio-temporali
- Lo sviluppo di modelli e strumenti di decisione finalizzati alla gestione sostenibile delle risorse idriche, recependo le istanze della Direttiva 2000/60 relativamente al ruolo degli stakeholders.



Si ringraziano per il contributo di idee e discussioni

A. Barra Caracciolo, A. Buffagni, S. Capri, D. Copetti, S. Fazi, L. Guzzella,
M. Mingazzini, R. Pagnotta, L. Patrolecco, S. Polesello, E. Preziosi, G.
Tartari, L. Viganò, M. Vurro, A. Zoppini



Conferenza del Dipartimento Terra e Ambiente
nell'Anno Internazionale del Pianeta Terra

CNR, Aula Convegni, 22-23 Maggio 2008

Grazie
per la vostra attenzione



Conferenza del Dipartimento Terra e Ambiente
nell'Anno Internazionale del Pianeta Terra

CNR, Aula Convegni, 22-23 Maggio 2008