



# Progetto di Piano del Bilancio Idrico per il Distretto del fiume Po


Piano di Gestione del Distretto Idrografico del Fiume Po

Art. 14 dell'Allegato "Misure urgenti e indirizzi attuativi generali del Piano di Gestione"  
alla Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 1/2010 di adozione del Piano di Gestione.

Proposta per la valutazione del Comitato Tecnico e del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume  
Po

## Allegato 4 alla Relazione Generale

# Drought Early Warning System Po Sistema di modellistica di distretto

Data	Creazione:	Modifica: 07/10/2016
Tipo	Relazione	
Formato	Microsoft Word – dimensione: pagine 27	
Identificatore	<a href="#">07_10_2016_Allegato4_DEWSPO.doc</a>	
Lingua	it-IT	
Gestione dei diritti		CC-by-nc-sa





## Indice

1.	PREMESSA: GENESI DELLA MODELLISTICA DEWS-PO	5
2.	ATTIVITÀ UNITARIA CONOSCITIVA E DI CONTROLLO DEL BILANCIO IDRICO VOLTA ALLA PREVENZIONE DEGLI EVENTI DI MAGRA ECCEZIONALE NEL BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME PO"	7
2.1.	Individuazione di elementi per la definizione dello stato del bilancio idrico	8
2.2.	Stima dei fabbisogni irrigui	8
2.3.	Definizione del sistema di monitoraggio	9
3.	IL SISTEMA DEWS-PO	10
3.1.	Caratteristiche di base - La piattaforma FEWS	10
3.2.	Funzionalità del modello DEWS-Po	10
3.2.1.	Output e prodotti del sistema DEWS-Po	11
3.3.	L'infrastruttura informatica per la modellazione idrologica/idraulica nel bacino	13
3.4.	Gli accordi per lo sviluppo delle conoscenze e la gestione della risorsa idrica nel bacino del Po.	14
3.5.	Descrizione della catena modellistica	15
3.6.	Il modello idraulico	16
3.7.	Utilizzi dell'acqua	18
3.8.	Manovre dei serbatoi	19
3.9.	Acque sotterranee	19
3.10.	Opzioni di gestione delle risorse idriche	20
3.11.	Energia idroelettrica	21
3.12.	Propagazione idraulica	21
3.13.	Performance del bacino	21
3.14.	Analisi degli approvvigionamenti	22
3.15.	Aspetti di qualità dell'acqua	22
3.16.	Applicazioni tipiche	22
3.17.	I modelli di scenario	23
4.	IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO DEL BACINO DEL PO	25





## 1. PREMESSA: GENESI DELLA MODELLISTICA DEWS-PO

Nel Distretto del Fiume Po è attivo un sistema di modellistica integrata meteorologica, idrologica ed idraulica soggetto ad una gestione attualmente condivisa tra le Amministrazioni Regionali del distretto (e loro Agenzie Regionali di Protezione Ambientale), Autorità di Bacino del Fiume Po, AIPO e DPCN. Il sistema consente di monitorare le grandezze idrometeorologiche in tempo reale ed in previsione, ai fini della gestione degli stati di piena e di magra dei corsi d'acqua del bacino.

Il sistema è nato per le finalità della "Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 27/02/2004 "Indirizzi operativi per la gestione organizzativa e funzionale del sistema di allerta nazionale e regionale per il rischio idrogeologico e idraulico ai fini di protezione civile", allorché con deliberazione n. 25 del 5 aprile 2006<sup>1</sup> il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po ha approvato la proposta d'inserire nel programma triennale di interventi per l'attuazione del PAI un progetto per un "Sistema di modellistica idraulica per la previsione delle piene fluviali dell'asta principale del fiume Po", per un importo stimato pari a 1.500.000 €.

E' stato successivamente integrato, attraverso un Protocollo di accordo siglato in data 21 dicembre 2006 tra Autorità di bacino del Fiume Po e AIPO, con la catena modellistica necessaria a supportare della gestione integrata delle risorse idriche, e previsione, monitoraggio e gestione *realtime* degli stati di magra e di carenza idrica del fiume Po.

Infatti, nel 2003, 2005 e 2006 il bacino del Po è stato colpito da eventi di carenza idrica conseguenti a siccità meteorologica e idrologica (incremento fino a fino a 2,5 °C delle temperature medie, calo delle precipitazioni del 20% circa, precipitazioni nevose e volumi dei ghiacciai in calo molto rilevante, deflussi idrici medi alla chiusura del bacino in calo del 20-25%, in estate fino al 40%). In particolare, la gravità della crisi del 2003 ha dato avvio ad una strategia di intervento che oltre a migliorare la gestione della situazione in atto, ha dato l'avvio ad una prassi operativa di grande efficacia che si è consolidata negli anni successivi in un modello di gestione integrata delle crisi idriche del bacino.

In primis, a partire da un'iniziativa del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (DPCN), è stato attivato un "Tavolo tecnico" coordinato dall'Autorità di Bacino in seno all'Unità di crisi, cui hanno preso parte tutti i soggetti coinvolti nella gestione della risorsa idrica presenti sul bacino del Po (Ministeri, Regioni, gestori e produttori elettrici, Consorzi di regolazione dei laghi, consorzi di bonifica ed irrigazione).

L'attività del Tavolo è quindi evoluta nella predisposizione di due Protocolli d'intesa: il "Protocollo d'intesa finalizzato alla gestione unitaria del bilancio idrico del bacino idrografico del fiume Po", siglato il 18 luglio 2003, con le seguenti linee di intervento da attuare durante lo stato di emergenza:

- aumento dei rilasci da parte delle società che gestiscono gli invasi montani nei bacini di Orco, Dora Baltea, Adda, Oglio e Mincio;
- il trasferimento diretto a valle dei laghi delle portate aggiuntive rilasciate dagli invasi montani;
- la diminuzione dei prelievi irrigui del 10% rispetto ai valori del momento lungo tutti i corsi d'acqua alpini principali dall'Orco al Mincio (Sesia escluso).

Il secondo, siglato in data 8 giugno 2005, per istituzionalizzare l'"Attività unitaria conoscitiva e di controllo del bilancio idrico volta alla prevenzione degli eventi di magra eccezionale nel bacino idrografico del fiume po", contenente tra le linee d'azioni prioritarie, la "*necessità di un sistema di monitoraggio condiviso e*

---

<sup>1</sup> "Art. 21 legge 18 maggio 1989, n. 183. "Programma di interventi in materia di difesa del suolo per il triennio 2001 – 2003, adottato con Deliberazione C.I. n. 27/2001". Variazioni al Programma d'interventi di competenza dell'Agenzia Interregionale per il fiume Po (AIPO)"





*immediatamente attivabile e accessibile per tutte le grandezze relative ai prelievi ed alle disponibilità idriche. Il tradizionale sistema di raccolta delle informazioni necessarie ai fini del calcolo del bilancio idrico è risultato incompatibile con i tempi dell'emergenza: l'inadeguatezza riguarda sia la completezza delle informazioni, sia la chiarezza e la tempestività con cui sono state fornite. Occorre definire preventivamente soggetti, situazioni, modalità, contenuti e tempi del trasferimento dei dati necessari alla rappresentazione in tempo reale della situazione. Un sistema siffatto appare utile anche nella gestione ordinaria rispetto alla condivisione dei dati sul territorio.", in base a cui ha potuto attuarsi il progetto per la realizzazione della modellistica per la gestione della risorsa idrica e delle magre nel bacino del Po.*

## DEWS-PO: Drought Early Warning System per il fiume Po



**AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO**  
Bacino di rilievo nazionale

via Giuseppe Garibaldi, 75 - 43121 Parma - tel. 0521 2761 - [www.adbpo.it](http://www.adbpo.it) - [partecipo.bilancioidrico@adbpo.it](mailto:partecipo.bilancioidrico@adbpo.it)

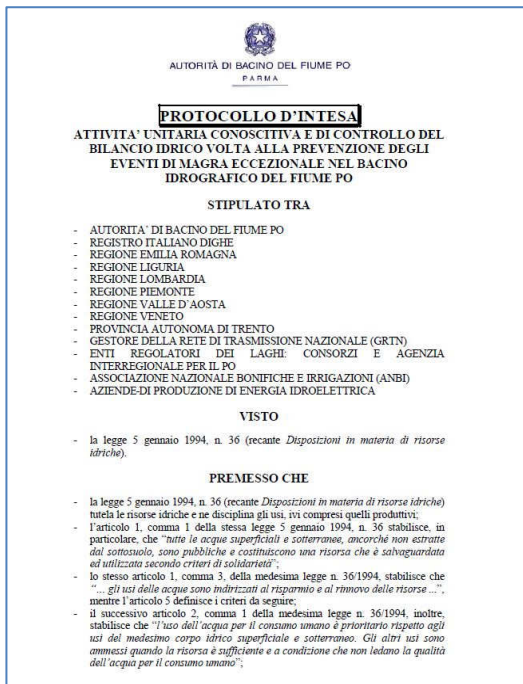
Il "Sistema di modellistica a supporto della gestione delle risorse idriche per la previsione delle magre fluviali dell'asta principale del Po" consente le attività di monitoraggio e *early warning*, la produzione di dati per la gestione *realtime*, la simulazione di scenari di disponibilità e di utilizzo della risorsa in diverse condizioni di regime idrico, e la valutazione degli effetti di differenti manovre gestionali della risorsa durante le crisi.

Il sistema, durante la gestione ordinaria, si configura come il nucleo operativo per lo studio dell'evoluzione del bilancio idrico, consentendo anche la valutazione sul lungo periodo degli effetti delle scelte pianificatorie, e l'analisi degli scenari di cambiamenti climatici.





## 2. ATTIVITÀ UNITARIA CONOSCITIVA E DI CONTROLLO DEL BILANCIO IDRICO VOLTA ALLA PREVENZIONE DEGLI EVENTI DI MAGRA ECCEZIONALE NEL BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME PO"



L'Attività Unitaria Conoscitiva e di Controllo del bilancio idrico volta alla prevenzione degli eventi di magra eccezionale nel bacino idrografico del fiume Po (nel seguito Attività Unitaria) ha dato origine ad un programma di azioni finalizzate a costruire appositi strumenti di conoscenza e di controllo del bilancio idrico, che consentissero anche di monitorare/prevedere la sua evoluzione in relazione agli stati di magra idrologica.

Detti strumenti dovevano permettere la rappresentazione dell'evoluzione di "macrocomponenti" del bilancio idrico del bacino del Po in tempi adeguati per l'eventuale attivazione degli interventi necessari da parte delle Amministrazioni e dei gestori della risorsa la fine di ridurre gli impatti delle crisi idriche.

Le macrocomponenti che furono identificate in prima battuta erano:

- AFFLUSSO METEORICO SUL BACINO (da definire sia a livello spaziale che temporale)
- ACCUMULO IDRICO E VINCOLI DI GESTIONE NEGLI INVASI DI ALTA QUOTA
- ACCUMULO IDRICO E VINCOLI DI GESTIONE NEI LAGHI
- DISPONIBILITÀ E FABBISOGNI IRRIGUI IN PIANURA (aste principali)
- FABBISOGNI E VINCOLI DI DEFLUSSO NELL'ASTA DEL PO

Si prevedeva pertanto che fossero adeguatamente individuate, quantificate e dettagliate le macrocomponenti per mezzo di opportuni indici e parametri; lo schema del reticolo idrico del bacino rappresentato nella modellistica risponde quindi, in modo semplificato ma efficace, a tale scopo.

Il modello di "reticolo drenante" riprodotto nella modellistica deve consentire la rappresentazione di elementi geografici, geometrici, di estrazione/immissione di risorsa, d'invaso, ecc., sia a carattere puntuale che distribuito; deve presentare inoltre la flessibilità necessaria ad essere aggiornato in modo da seguire le modifiche strutturali/gestionali del sistema di gestione della risorsa nel bacino. Deve infine consentire la trattazione di altri fattori quali gli effetti d'interscambio alveo fluviale/falda sotterranea, risalita salina, eccetera.

Per il monitoraggio e la previsione dell'evoluzione dello stato del bilancio idrico, e/o la costruzione di scenari what-if e di cambiamento climatico, è necessaria la possibilità di rappresentare le componenti meteorologiche.





## 2.1. Individuazione di elementi per la definizione dello stato del bilancio idrico

Un obiettivo fondamentale a cui deve rispondere il sistema per risultare utile e efficace nelle fasi di monitoraggio ordinario e gestione degli eventi estremi, è la rappresentazione di criteri, elementi e fattori per la valutazione della situazione "in atto", al fine dell'individuazione delle criticità sia relative all'equilibrio del bilancio idrico nel lungo termine, che alla gestione *realtime*.

Il sistema deve, a regime, consentire la visualizzazione di determinate grandezze che funzionino come "interruttori" di avvio delle diverse fasi dell'attività di gestione e mitigazione del rischio siccità<sup>2</sup>. Occorre quindi individuare tali grandezze sulla base di riferimenti oggettivi e facilmente controllabili.

Un primo elenco di "grandezze soglia" è stato individuato nel seguente, e risulta parzialmente implementato nel Sistema DEWS-Po allo stato attuale<sup>3</sup>:

- indicatori di siccità (per un determinato ambito: indice di piovosità o altezza di pioggia cumulata, indicatori statistici/probabilistici, ecc).
- volume invasato nei grandi laghi (o percentuale del volume complessivo di massimo invasato);
- deflussi (o livelli) in Po;
- volume accumulato negli invasi idrolettrici (o percentuale del volume complessivo di massimo invasato).

A seconda dell'ambito territoriale interessato, devono essere individuate sezioni di riferimento specifiche del reticolo idrografico, atte a definire precisi ambiti d'intervento: per l'asta Po da Isola Sant'antonio in giù sono individuate sei sezioni di riferimento per il calcolo e il monitoraggio del bilancio idrico<sup>4</sup>. Altre sezioni dovranno essere introdotte:

- a seguito dell'analisi del bilancio idrico per gli ambiti di interesse sub-distrettuale;
- a seguito degli esiti dell'analisi di impatto e vulnerabilità da effettuarsi per l'implementazione della Direttiva Magre, di cui all'Allegato 3 alla Relazione Generale del presente Piano.

Si sottolinea che l'individuazione di "*momenti di controllo*" che segnalino in anticipo con la maggiore attendibilità possibile, evoluzioni in senso critico della situazione del bilancio idrico rappresenta uno strumento fondamentale per la parte di gestione *realtime*. Tali momenti di controllo sono stati individuati nell'ambito della stesura delle linee guida per l'utilizzo delle uscite modellistiche, e sono compiutamente descritti nell'Allegato 3 alla Relazione Generale del presente Piano.

## 2.2. Stima dei fabbisogni irrigui

L'uso irriguo riveste il 70% dell'utilizzo complessivo di risorsa nel bacino del Po, ed una percentuale maggiore durante il periodo irriguo. La costituzione di un quadro di riferimento che permetta la quantificazione delle necessità idriche attuali e future dei diversi ambiti territoriali e nelle diverse situazioni idrologiche e climatiche, tenendo conto di tipologia ed estensione colturale, costituisce un'azione sempre più necessaria man mano che gli usi si intensificano, e nell'attuale situazione in cui la risorsa disponibile diminuisce a causa di scenari climatici e del tasso di inquinamento dei corpi idrici superficiali e sotterranei.

<sup>2</sup> Le fasi della gestione delle siccità sono descritte nell'Allegato 3 alla Relazione Generale del Presente Piano.

<sup>3</sup> Nei paragrafi successivi sono chiaramente individuati gli aspetti che possono ritenersi adeguatamente trattati, gli aspetti che richiedono un'integrazione, e le funzionalità previste per le quali non sono mai iniziate le attività di progettazione esecutiva/implementazione.

<sup>4</sup> Vedere Relazione Generale del presente Piano.





La definizione dei fabbisogni è inoltre una componente fondamentale della stima dell'efficienza dell'utilizzo idrico, e un tassello conoscitivo indispensabile per la progettazione della gestione ottimale della risorsa idrica nell'ottica del perseguimento del risparmio.

Per quest'ultimo tale scopo, si prevede un apposito strumento, la cui caratteristiche e funzionalità devono essere ancora discusse e concordate.

### 2.3. Definizione del sistema di monitoraggio

Un sistema di monitoraggio è costituito da una componente osservativa tecnologica, intesa come l'insieme degli strumenti di misura, raccolta, elaborazione e pubblicazione dei dati; da una componente metodologica, in base a cui i dati raccolti vengono "interpretati" per fornire la valutazione della situazione; deve essere quindi completato dalla rete degli utilizzatori/controllori, ovvero da una rete dei soggetti che devono accedere a diverso titolo alla conoscenza del bilancio idrico per finalità di utilizzo, gestione della risorsa, gestione delle emergenze, controllo e rilascio delle autorizzazioni, eccetera.

Nella predisposizione del programma di attività per l'Attività Unitaria, si è ritenuto innanzitutto di dover definire:

- una *cadenza temporale del monitoraggio (pluriennale, annuale, saltuaria, mensile, settimanale, giornaliera)* che sia adeguata ai tempi di evoluzione degli eventi in questione, ed alle finalità del monitoraggio effettuato;
- la più opportuna *aggregazione spaziale* dei dati acquisiti;
- la rete di soggetti cui i diversi tipi di monitoraggio sono destinati.

Una modalità attuativa per la definizione del monitoraggio può essere costituita dalla compilazione di tabelle della tipologia di Tabella 1, in cui i fattori monitorati, che devono ricoprire le macrocomponenti del bilancio già elencate in precedenza, sono caratterizzati in base alla cadenza, l'unità di misura utilizzata, la finalità del monitoraggio, il destinatario del monitoraggio.

<b>FATTORE</b>	<b>Cadenza</b>	<b>Destinatario</b>	<b>Unità di misura</b>
Da definire	da definire	da definire	da definire

Tabella 1 - Fattori del monitoraggio, finalità, destinatari.



### 3. IL SISTEMA DEWS-PO

Il presente paragrafo presenta una descrizione di massima dell'infrastruttura informatica attualmente disponibile presso diverse Amministrazioni del distretto del Po (Centri Funzionali ai sensi della Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 27/02/2004). Per approfondimenti sulle caratteristiche tecniche della modellistica gestita dal sistema, si rimanda alla letteratura di settore relativa al sistema FEWS, disponibile in rete. Approfondimenti sulle caratteristiche e potenzialità dell'infrastruttura informatica verranno forniti contattando la Segreteria Tecnica dell'Autorità di Bacino del Fiume Po.

#### 3.1. Caratteristiche di base - La piattaforma FEWS<sup>5</sup>

La piattaforma FEWS costituisce un sistema per il monitoraggio e l'early warning nei settori dell'idrologia e dell'idraulica, costituito da un insieme di moduli progettati per costruire sistemi di previsione idrologica su misura in base alle specificità territoriali.

La piattaforma, o shell, è il modulo di base che consente di integrare modelli meteorologici, idraulici e idrologici in un sistema dotato di un Data Base per la gestione degli input e degli output, e di utilità per la gestione delle simulazioni e la rappresentazione dei risultati. La shell incorpora una vasta libreria di utilities per il trattamento generale dei dati; inoltre la ditta produttrice rende disponibile una vasta gamma di modelli di previsione esterni da integrare nel sistema attraverso un'interfaccia distribuita gratuitamente. Tale interfaccia consente di integrare qualsiasi tipo di modello commerciale o sviluppato dall'utenza, solo adeguando i formati di interscambio.

La shell è dotata di moduli che consentono di importare dati in tempo reale da sorgenti esterne, come dati meteo web, o dati idrologici da DB esterni. Questi dati includono ad esempio serie temporali ottenute da telemetria, livelli idrici, precipitazioni e dati meteo osservati, dati previsionali meteorologici, dati radar e previsioni meteo numeriche. I dati vengono importati utilizzando formati di interscambio standard, come CSV, XML, e GRIBASCII. L'importazione di dati esterni supporta anche previsioni meteo ora comunemente prodotte da un certo numero di agenzie di previsione meteorologica.

Il sistema FEWS può essere utilizzato sia come sistema modellistico individuale sul pc, che come applicazione client-server distribuita con elevato grado di automazione, come nel caso del sistema sviluppato per il bacino del Po.

#### 3.2. Funzionalità del modello DEWS-Po

La piattaforma FEWS, implementata per il bacino del fiume Po, e bacini romagnoli<sup>6</sup>, è implementata sia con la modellistica per la previsione e gestione delle piene, che con la modellistica relativa al monitoraggio dell'utilizzo della risorsa idrica, previsione e gestione delle magre del fiume Po.

Quest'ultima è composta da un'unica catena modellistica, costituita dalle seguenti componenti:

- modellistica meteorologica (in comune con catene modellistiche per la previsione/gestione delle piene): rende disponibili previsioni meteorologiche sul bacino con orizzonti temporali variabili da una settimana a tre mesi;

<sup>5</sup> Per maggiori informazioni sulla piattaforma FEWS: <http://www.deltares.nl/en/software/479962/delft-fews>

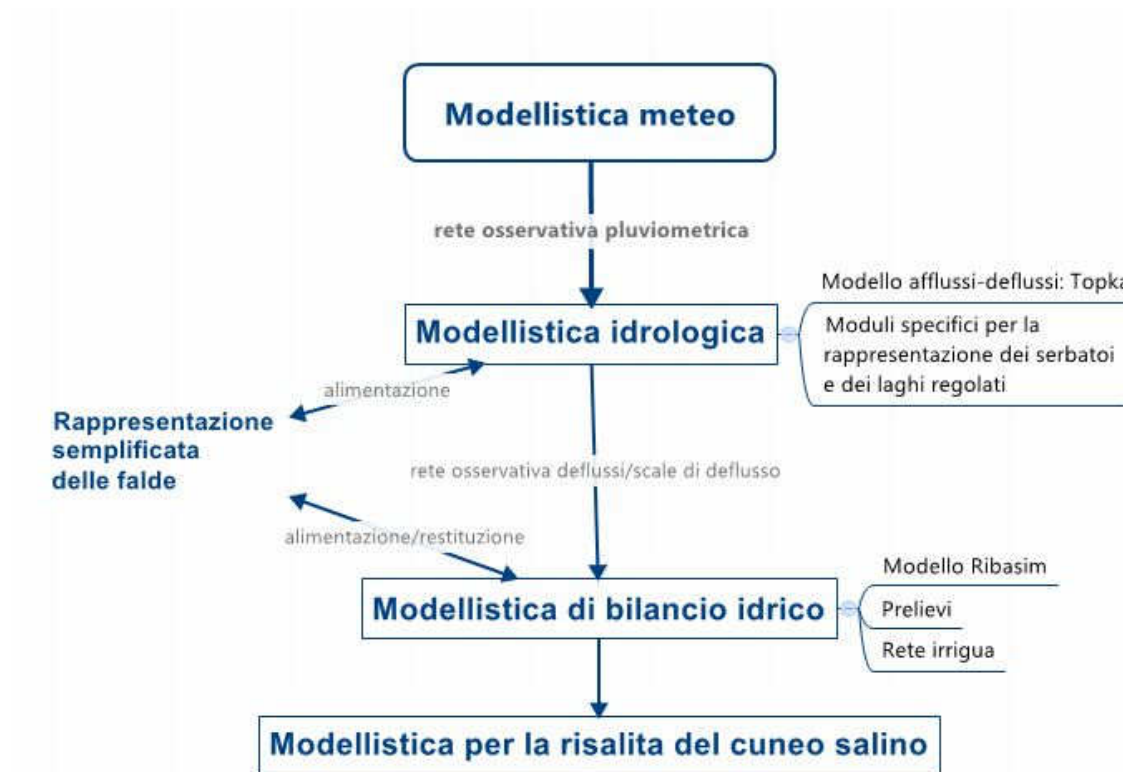
<sup>6</sup> l'implementazione per i bacini romagnoli è stata effettuata dalla Regione Emilia Romagna, in quanto non ricadente all'interno della delimitazione territoriale del bacino del Po. E' qui citata in quanto ricadente nell'ambito del bacino del Po per l'utilizzo idrico (Canale Emiliano Romagnolo) e ricadente nei confini del distretto.

- modellistica afflussi-deflussi: modello idrologico completo distribuito TOPKAPY: consente di rappresentare tutti i processi idrologici, dall'atmosfera al sottosuolo, in maniera distribuita su maglia DEM.
- modellistica idraulica/di bilancio idrico: il modello RIBASIM; alimentato dal modello afflussi-deflussi, consente di rappresentare la rete idrica naturale e artificiale dotata di: punti di prelievo della risorsa, associati a regole di derivazione; rappresentazione degli utilizzatori; punti di interscambio con il sistema delle acque sotterranee; punti di controllo delle portate.

A ciò risultano complementari, e implementati nel sistema:

- la modellistica per la simulazione della risalita salina nei rami del delta del Po;
- moduli specifici per la simulazione degli invasi artificiali e naturali regolati.

Altri tipi di modellistica, tra cui un modello di diffusione delle sostanze inquinanti, un modello per la rappresentazione di dettaglio degli acquiferi, un modello per la gestione dei comprensori irrigui sono stati sviluppati in modalità off-line, o per piccole porzioni del bacino.



### 3.2.1. Output e prodotti del sistema DEWS-Po

L'output principale del Sistema DEWS-Po è il monitoraggio in tempo reale e in previsione degli afflussi, delle temperature e dei deflussi nel bacino del Po, obiettivo per cui il modello è stato implementato sotto l'urgenza della gestione degli eventi di emergenza. La rappresentazione modellistica riguarda, anche se con diversi livelli di definizione, tutto il bacino contribuyente; in particolare, la modellistica meteorologia e la modellistica idrologica sono caratterizzate da un output di tipo distribuito che consente l'ottenimento dei valori delle variabili di output per qualsiasi livello di aggregazione, geografica o amministrativa, coerente con la risoluzione delle griglie di calcolo adottate.



Tuttavia il modello è stato fino ad ora utilizzato, alla scala del distretto, per il monitoraggio e previsione delle grandezze in corrispondenza delle stazioni di riferimento su Po, in particolare a valle di Isola Sant'Antonio.

Il passo di calcolo è giornaliero.

Per poter ottenere una simulazione di qualità delle portate reali in alveo, oltre alla modellazione afflussi-deflussi è implementata, attraverso il modello Ribasim di bilancio idrico, la modellazione degli usi della risorsa (prelievi), e delle relative restituzioni.

Tale modellazione è attualmente effettuata mediante l'introduzione di semplificazioni che si sono rese necessarie da una parte a causa di lacune nella disponibilità dei dati, dall'altra in quanto l'obiettivo del monitoraggio e della previsione sull'asta del Po a valle di Isola Sant'Antonio non richiede necessariamente una descrizione di dettaglio della distribuzione spaziale dei prelievi.

Le approssimazioni maggiori riguardano:

- la rappresentazione delle sole grandi derivazioni (tutti gli usi);
- la rappresentazione aggregata - diversi livelli di aggregazione in funzione della complessità dei sistemi rappresentati - dei prelievi effettuati su ciascuna asta. Le portate vengono infatti prelevate, nel modello, non tutte in corrispondenza dell'ubicazione reale dei punti di derivazione, ma in punti determinati in modo da rispettare il bilancio idrologico complessivo giornaliero di asta alla confluenza in Po. Occorre precisare tuttavia che nel tempo intercorso dal primo sviluppo ad oggi, la rappresentazione è stata molto arricchita, ad esempio mediante l'inserimento di più punti di prelievo sulle aste che alimentano i grandi sistemi irrigui del bacino (canali irrigui interbacino).
- la stima delle regole di derivazione: si è scelto di non utilizzare i valori costanti riportati nei disciplinari di concessione in quanto non realistici. Tuttavia, in assenza di dati osservati, i prelievi sono simulati attraverso l'introduzione di un "andamento medio" stimato in base alle informazioni disponibili relativamente al periodo dal 2000 al 2012. La massima portata media derivabile è inoltre limitata dal vincolo di dover lasciare nel corpo idrico una portata corrispondente al valore del DMV, laddove è definito.
- la stima della domanda non è effettuata in base ai fabbisogni, ma in base alle informazioni sul prelievo effettuato nel periodo dal 2000 al 2012.

La rappresentazione giornaliera dei prelievi ha consentito la creazione di serie storiche di volumi prelevati alle scale temporali annuale e mensile, per i bacini contribuenti chiusi in corrispondenza delle sezioni di riferimento del Po, da Isola Sant'Antonio a Pontelagoscuro. Le serie ottenute non includono il prelievo idroelettrico con restituzione a monte del punto di prelievo rappresentato, e non sono caratterizzate per singolo uso.

Disattivando la simulazione dei prelievi, è possibile ottenere dal modello la stima delle portate "naturalizzate", cioè che potrebbero essere osservate in assenza di uso antropico della risorsa. Il dato è molto importante, in quanto:

- è alla base del calcolo della disponibilità idrica, secondo la formula utilizzata nel presente Piano;
- è alla base della definizione delle portate ecologiche, secondo le linee guida rese disponibili in forma quasi definitiva dalla Commissione europea, in quanto consente l'analisi approfondita dell'evoluzione del regime idrologico annuale, interannuale e intrannuale del fiume Po.

Per creare le serie delle portate naturalizzate è stato simulato il periodo dal 1990 al 2012 utilizzando l'input meteorologico osservato. Anche questo valore, tuttavia, è soggetto ad una approssimazione, derivante dall'aver mantenuto la rappresentazione reale delle manovre di regolazione dei laghi alpini<sup>7</sup>.

E' inoltre implementato il calcolo dei principali indicatori di disponibilità idrica e di siccità.

---

<sup>7</sup> La scelta è giustificata e documentata nell'ambito della Relazione Generale del presente Piano e nel relativo Allegato 1.



In conclusione, pur con le approssimazioni descritte, il sistema rende disponibili i seguenti output principali, fondamentali per le attività necessarie alla pianificazione di distretto:

- serie storiche di grandezze idrologiche, in qualsiasi punto della rete idrografica, tra le quali l'evapotraspirazione e l'infiltrazione;
- serie di portate naturalizzate;
- serie di prelievo;
- serie di indicatori di siccità.

Sono quindi disponibili altre tipologie di output.

### 3.3. L'infrastruttura informatica per la modellazione idrologica/idraulica nel bacino

Il sistema per la gestione complessiva della modellistica del distretto è distribuito su più nodi, residenti presso i Centri Funzionali e Centri di Competenza del bacino del Po ai sensi della Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 27/02/2004, costituendo una infrastruttura a rete con diversi livelli di operatività, basata su tecnologia del tipo *client-server*.

Tale sistema è costituito:

- da un master controller, che gestisce il lancio dei run e contiene la configurazione e i dati di input e output delle varie catene modellistiche;
- dai client per la visualizzazione dei risultati e il lancio manuale dei run;
- dalle shell, server che ospitano fisicamente i singoli modelli (idraulici, idrologici, eccetera) che ricevono i dati di input dal master controller e restituiscono i risultati, che poi vengono messi a disposizione dei client.

Il sistema principale, la cui infrastruttura hardware è in capo ad AIPO, si trova a Parma, ed è gestito dal SIMC dell'ARPA Emilia Romagna, Area Idrologia e Idrografia, che tiene aggiornata la configurazione e la modellistica contenuta nelle shells, che costituiscono il riferimento rispetto a cui sono aggiornati gli altri nodi del sistema.

Gli altri *master controller*, (periferici) ricevono i dati di aggiornamento attraverso continue attività di sincronizzazione con il master principale di Parma. Essi sono in dotazione ai seguenti CF:

- Protezione Civile Regionale Regione Lombardia;
- ARPA Piemonte;
- ARPA Veneto;
- ARPA Valle D'Aosta;
- (DNPC - in procinto di attivazione).

I master controller in dotazione alla Protezione Civile della Regione Lombardia e di ARPA Piemonte sono anch'essi dotati di *shell* complete, che attualmente funzionano da backup in caso di necessità, le quali vengono aggiornate dal provider centrale.

In conclusione l'infrastruttura presente nel distretto consentirebbe un maggior grado di operatività anche nei nodi decentrati, con conseguente possibilità di contribuire all'aggiornamento del sistema centrale e verifica bidirezionale. L'architettura consente inoltre di caricare catene modellistiche di interesse regionale o locale sulle *shell* periferiche, e la valutazione della possibilità di condividere le risorse di interesse distrettuale con il sistema centrale.



### 3.4. Gli accordi per lo sviluppo delle conoscenze e la gestione della risorsa idrica nel bacino del Po.

Si ripropone in Tabella 2 l'elenco degli accordi stipulati dall'Autorità di Bacino del fiume Po per lo sviluppo delle conoscenze relative alla gestione della risorsa idrica ed allo sviluppo del relativo sistema di modellistica di distretto. I testi integrali degli accordi sono disponibili sul sito dell'Autorità di Bacino

Data stipula	Tipo di accordo
18 luglio 2003	"Protocollo d'intesa finalizzato alla gestione unitaria del bilancio idrico del bacino idrografico del fiume Po", siglato il 18 luglio 2003 tra Autorità
8 giugno 2005	"Protocollo d'intesa - Attività unitaria conoscitiva e di controllo del bilancio idrico volta alla prevenzione degli eventi di magra eccezionale nel bacino idrografico del fiume Po", tra Autorità di Bacino del fiume Po, Registro Italiano Dighe, Regione Emilia Romagna, Regione Liguria, Regione Lombardia, Regione Piemonte, Regione Valle D'Aosta, Regione Veneto, Provincia Autonoma di Trento, GRTN, Enti regolatori dei laghi: Consorzi e AIPO, ANBI, aziende di produzione di energia idroelettrica.
21 dicembre 2006	Protocollo di accordo tra Autorità di bacino Po e AIPO per l'integrazione del sistema di modellistica idraulica per la previsione e il controllo delle piene fluviali dell'asta principale del fiume Po.
22 ottobre 2009	Protocollo di intesa per lo svolgimento in collaborazione di attività di collaborazione e cooperazione tecnico - scientifica di interesse comune tra INEA e Autorità di bacino fiume Po.
26 settembre 2011	ACCORDO QUADRO del 26 settembre 2011 tra L'Autorità di Bacino del Fiume Po e l'AIPO per lo "svolgimento in collaborazione di attività di interesse comune volte a migliorare l'utilizzo e sviluppare i sistemi modellistici..."
11 luglio 2012	Accordo di programma per lo svolgimento in collaborazione e cooperazione di attività tecnico operativa di interesse comune tra ANBI e Autorità di bacino di rilievo nazionale.
13 luglio 2016	Protocollo d'intesa per l'istituzione dell'Osservatorio Permanente sugli utilizzi idrici in atto nel distretto idrografico del fiume Po

**Tabella 2 - Elenco degli accordi**

Altri accordi correlati:

- 2005 - "Atto di convenzione tra il Dipartimento Nazionale di protezione Civile, Autorità di Bacino del Fiume Po, AIPO, ARPA Emilia Romagna, Regione Lombardia, ARPA Piemonte, Regione Autonoma della Valle D'Aosta, Regione Veneto per la realizzazione di un sistema di modellistica idraulica per la previsione e controllo delle piene fluviali dell'asta principale del fiume Po."
- 2012 - "Atto di convenzione tra il Dipartimento di Protezione Civile Nazionale, l'Agenzia Interregionale del Fiume Po, l'Autorità di Bacino del Po, la Regione Emilia Romagna, la Regione Lombardia, la Regione Piemonte, la Regione Veneto e la Regione Autonoma Valle D'Aosta per la gestione del sistema di modellistica idraulica per la previsione e controllo delle piene fluviali dell'asta principale del fiume Po".



### 3.5. Descrizione della catena modellistica

Il sistema per la previsione e il monitoraggio implementato da ARPA-SIMC a disposizione dell'Autorità di Bacino del Fiume Po si basa sostanzialmente su due catene di modellistica idro-meteorologica e sulla valutazione di diversi indici di letteratura.

La modellistica prevede l'utilizzo di un'unica combinazione modellistica per quanto riguarda l'idrologia e l'idraulica: un modello idrologico distribuito e fisicamente basato che accoppia l'approccio cinematico alla topografia del bacino alimentato (TOPKAPI) e un modello di bilancio e gestione della risorsa idrica RIBASIM (River BASin SIMulation), (Delft Hydraulics). La catena è implementata in due configurazioni operative che forniscono previsioni delle variabili di stato di interesse su due orizzonti temporali sostanzialmente diversi: un primo orizzonte di breve-medio termine che si sviluppa nei 14 giorni successivi; un secondo orizzonte di lungo termine che si sviluppa invece nell'arco di 3 mesi.

La catena previsionale a breve termine collega diversi input meteorologici fino a fornire una previsione a 14 giorni. In dettaglio:

- da 0 a 6 giorni vengono utilizzate le previsioni del European Centre for Medium range for Weather Forecast (ECMWF) con risoluzione spaziale 25x25 km;
- da 7 a 14 giorni viene utilizzata la previsione di ensemble ECMWF EPS con risoluzione spaziale 60x60 km.

Ogni segmento della previsione viene aggiornato con la massima frequenza compatibile per quel sistema previsionale. Le previsioni di breve-medio termine coprono l'area del Nord Italia con una griglia di circa 25 Km di lato a cadenza giornaliera per la precipitazione, a cadenza esadecimaria per la temperatura. Il risultato della catena a breve termine è deterministico e la risoluzione spaziale di calcolo a cui gira il modello è di 250x250 m.

La catena di lungo termine utilizza la previsione stagionale dell'ECMWF in combinazione con un Weather Generator (WG).

Il Weather Generator viene utilizzato per disaggregare nello spazio e nel tempo le piogge previste che sono disponibili ad una risoluzione di 50x50 km. In particolare la catena modellistica viene alimentata da diverse risposte previsionali a seconda dell'orizzonte temporale:

- Previsione di ensemble mensile (15-30 giorni) aggiornata a cadenza settimanale (risoluzione spaziale 50 Km)
- Previsione di ensemble stagionale (1-3 mesi) aggiornata a cadenza mensile (risoluzione spaziale 50 Km)

I risultati del WG prodotti offline vengono condizionati alla media prevista da forecast stagionale. Il risultato del WG viene campionato estraendo il sottocampione che permette di rispettare la media di precipitazione prevista per i tre mesi successivi. In questo senso il risultato della catena a lungo termine è probabilistico e permette una quantificazione dell'incertezza associata alla previsione. In entrambe le catene il passo temporale del modello è giornaliero.

Tornando all'idrologia e all'idraulica, il dettaglio con il quale il modello RIBASIM descrive le diverse parti del sistema è consistente con la complessità del sistema rappresentato. Il reticolo è schematizzato in archi omogenei, per ogni arco viene descritta una eventuale derivazione giornaliera, che descrive in modo aggregato tutte le derivazioni del tratto (per ogni utilizzo principalmente irriguo, ma anche potabile o di altra natura).

Sono presenti e schematizzati i serbatoi idroelettrici e quelli per uso irriguo o idropotabile dove è presente una interazione di falda che migliora la descrizione della portata in alveo modulando il rilascio nella zona pedemontana (a questa scala non vi è nessuna pretesa di modellare variabili con un significato fisico e risulta quindi impensabile inserire o derivare dati quali l'altezza della falda acquifera). La falda è una per ogni corso d'acqua. La taratura dei parametri di falda si basa sugli idrometri pedemontani.



In particolare, il modello idrologico fornisce delle portate medie giornaliere in ognuna delle sezioni richieste dal modello di bilancio il quale poi media i dati sullo step di calcolo settimanale. Tali sezioni corrispondono alle chiusure dei bacini di testa (a monte delle strutture idrauliche modellate), alle confluenze di bacini secondari (privi di strutture idrauliche), ai contributi degli interbacini considerati e agli idrometri dotati di scale di deflusso affidabili (recording node). La schematizzazione della rete idraulica utilizzata nel modello RIBASIM riprende essenzialmente quella utilizzata nel modello piene. Per quanto riguarda i prelievi ad uso irriguo, è stato scelto di cumulare il valore di concessione per corso d'acqua e definire delle regole di prelievo complessive. Soltanto in casi particolari (come grandi canali irrigui) sono state analizzate le regole di utilizzo di ogni singola struttura. Al fine di valutare le quantità d'acqua fluenti a scala settimanale si è reso necessario implementare anche i nodi serbatoio. La complessità dei sistemi artificiali di invaso e la numerosità degli stessi impianti distribuiti nell'intero bacino, ha fatto propendere per una simulazione dei serbatoi semplicemente come volumi stoccati rilasciati in caso di crisi idrica. Tale assunzione, suffragata dal fatto che l'utilizzo "normale" di tali serbatoi si riflette sulla calibrazione del modello idrologico, ha permesso di individuare delle macrodighe distribuite nelle diverse aste fluviali. Il comportamento delle falde è stato simulato utilizzando il modulo per la simulazione semplificata delle acque sotterranee presente in RIBASIM accoppiato ad un nodo biforcazione a monte in modo da limitare l'analisi alle sole interazioni fiume- falda, infatti è stata riprodotta la dispersione (secondo una legge esponenziale) nelle zone di alta pianura ottenendo una portata di risorgiva sulla base di un bilancio del serbatoio sotterraneo.

Come per il modello di piena è possibile applicare un post-processing ai risultati modellistici al fine di ottenere una valutazione dell'affidabilità delle previsioni considerate. In particolare si ritiene promettente anche nel caso delle magre da un punto di vista tecnico scientifico, l'approccio bayesiano MCP (Model Conditional Processor ) proposto dal prof. E. Todini per la previsione delle piene. Questo approccio permette la stima dell'incertezza predittiva sfruttando il contenuto informativo delle diverse simulazioni offerte dal modello idrologico-idraulico.

### 3.6. Il modello idraulico

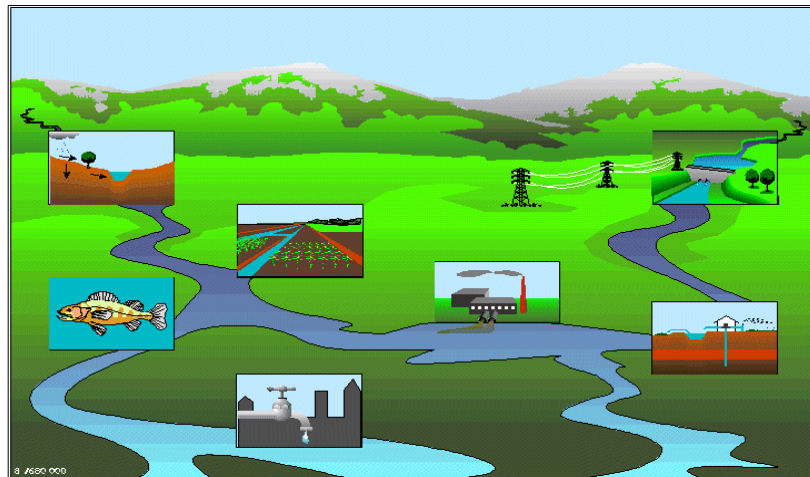
Il sistema di previsione dei fenomeni siccitosi e per la gestione delle risorse idriche sarà basato sul modello di distribuzione idrica RIBASIM (River BASin SIMulation), sviluppato da Delft Hydraulics.

RIBASIM è un modello generico per la simulazione del comportamento di bacini idrografici caratterizzati da diverse condizioni idrologiche, che risponde alla legge di continuità tra nodi collegati tra loro da link.

Il modello di simulazione è uno strumento flessibile che unisce gli input idrologici alle diverse attività produttive che hanno esigenze idriche differenziate all'interno del bacino, fornendo un'ampia casistica di misure legate alla gestione infrastrutturale e operativa.

Peculiarità di RIBASIM è che non necessita di interfaccia ARCVIEW/ARCGIS ma consente comunque la visualizzazione di mappe con tecnologia GIS.





**Figura 1 – RIBASIM (RIVER BASIN SIMULATION): uno strumento per la pianificazione e gestione delle risorse idriche**

Le tipologie di analisi del modello sono le seguenti:

- valutazione dei limiti delle risorse e il potenziale di sviluppo nel bacino;
- valutazione di misure atte ad incrementare la situazione di approvvigionamento idrico: misure concernenti cambiamenti nelle infrastrutture, operazioni di controllo e gestione della domanda;
- valutazione dell'origine dell'acqua per ogni sezione della rete idrografica del bacino;
- valutazione dell'impatto di acque di scarico, prelievi e qualità dell'acqua.

La simulazione del bilancio idrico di un bacino idrografico forma la base per questa analisi. RIBASIM fornisce i mezzi per preparare questo tipo di bilancio in modo dettagliato, prendendo in considerazione anche il riuso dell'acqua.

Il modello RIBASIM simula la distribuzione idrica nel bacino in condizioni di moto permanente. Anche se il modello è concepito per calcoli con passo di stato permanente, è disponibile anche uno schema Muskingum-Cunge che consente il calcolo idrodinamico lungo i corsi d'acqua dove è necessario stimare i tempi di propagazione.

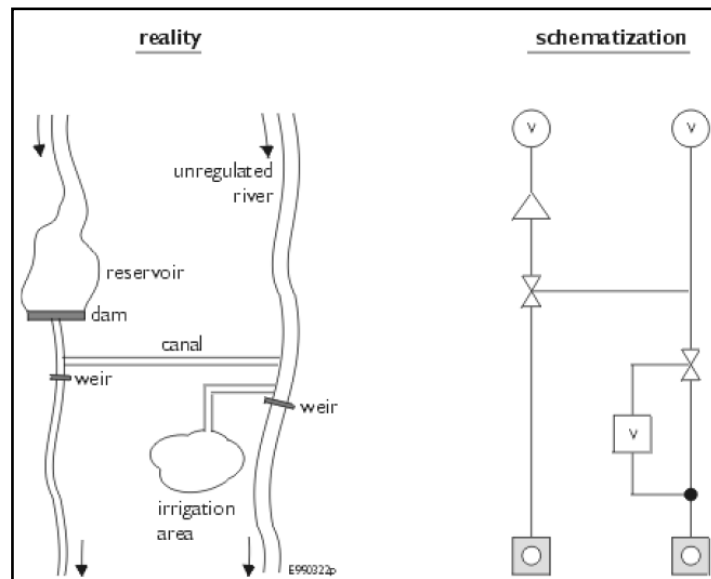


Figura 2 – Esempio di schema idraulico applicato in RIBASIM

### 3.7. Utilizzi dell'acqua

In RIBASIM sono considerati i seguenti utilizzi dell'acqua e/o portatori di interessi:

- zone irrigate (agricoltura);
- acquacoltura;
- uso domestico;
- uso industriale;
- zone umide;
- allevamenti;
- perdite per evaporazione;
- navigazione;
- usi ricreativi;
- natura, ecologia and ambiente (mantenimento del Deflusso Minimo Vitale);
- diritto all'acqua;
- trasferimenti tra bacini;
- ricarica della falda;
- generazione di energia idroelettrica;

Inoltre RIBASIM può includere alcune caratteristiche particolari:

- la richiesta idrica e la sua allocazione per colture soggette ad irrigazione e/o per acquacoltura nelle zone di acqua salmastra sono incluse in moduli separati;
- la modellazione delle zone umide può essere allineata con opzioni di schematizzazione specifica del reticolo.



### 3.8. Manovre dei serbatoi

RIBASIM contiene un modulo robusto per la simulazione delle manovre dei serbatoi, utilizzato per modellare serbatoi ad utilizzo singolo o plurimo, laghi e aree di invaso. Vengono infatti inserite nel modello le regole operative su cui si basano le manovre.

### 3.9. Acque sotterranee

RIBASIM contiene un modulo per la simulazione semplificata delle acque sotterranee che computa il bilancio idrico dell'acquifero considerando le caratteristiche dell'acquifero stesso, gli ingressi esterni, le ricariche della falda, le estrazioni di acqua di falda e le perdite laterali:

- le opzioni di gestione delle acque sotterranee sono disponibili per simulare varie azioni;
- può essere modellato l'uso congiunto di acque superficiali (corsi d'acqua e serbatoi) e sotterranee;
- è considerata la capacità di emungimento dalla falda acquifera.

In Figura 3 è mostrata una situazione esemplificativa in cui sono presenti:

- due corsi d'acqua che forniscono acqua per irrigazione a due aree adiacenti,
- due acquiferi, A e B, da cui l'acqua è estratta da vari utenti,
- due sistemi di irrigazione che prelevano acqua dagli acquiferi A e B e dalle acque superficiali,
- un'area urbana che preleva acqua dall'acquifero A.

Sono rappresentati inoltre i flussi in ingresso e uscita agli acquiferi dai confini esterni così come gli scambi tra un acquifero e l'altro.

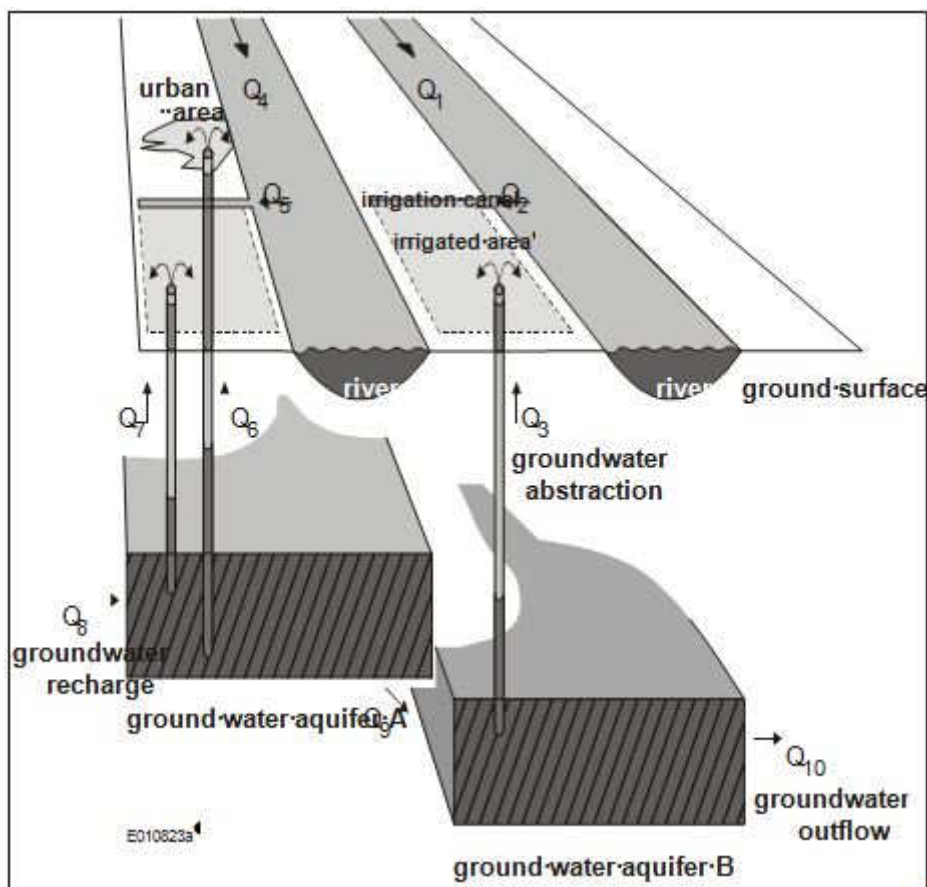


Figura 3 – Situazione esemplificativa di utilizzi variegati di acqua superficiale e di acqua di falda.

### 3.10. Opzioni di gestione delle risorse idriche

RIBASIM ha un setup generale. Possono essere modellate molte procedure di allocazione e di gestione della risorsa.

In particolare, sono disponibili le seguenti funzionalità:

- priorità di allocazione della risorsa idrica per utenti singoli;
- priorità di approvvigionamento per utenti singoli;
- regole operative per serbatoi singoli o gruppi di essi;
- regole di gestione delle acque sotterranee;
- regole operative per le strutture diversive;
- allocazione della risorsa basata sul target di domanda e sul target di rilascio;
- allocazione della risorsa proporzionale;
- riutilizzo di acque reflue.



### 3.11. Energia idroelettrica

La produzione di energia idroelettrica può essere modellata ai serbatoi e alle centrali idroelettriche. L'energia prodotta è calcolata in base alle caratteristiche delle centrali e ai livelli dei serbatoi stessi.

La produzione di energia costituisce una delle attività principali di utilizzo idrico nel bacino ed è pienamente considerata nelle opzioni di gestione delle risorse idriche.

### 3.12. Propagazione idraulica

RIBASIM accetta di base ogni tipologia di passo temporale (la maggior parte delle simulazioni dei bacini sono eseguite su base mensile, quindicinale, decadale, settimanale o giornaliera) nel nostro caso è stato utilizzato il passo settimanale.

Nella maggior parte delle situazioni sono utilizzate le equazioni del bilancio di massa nelle simulazioni. Quando questo non è valido, RIBASIM offre molte procedure per canali idrologici e serbatoi tra cui:

- la formula di Manning,
- la relazione deflusso-livello idrometrico,
- il metodo di Muskingum,
- il metodo di Puls,
- il metodo non lineare di Laurenson "lag and route".

### 3.13. Performance del bacino

Utilizzando un set di simulazioni, tipicamente fatte per un range di sviluppi o strategie di gestione diverse, la performance del bacino è valutata in termini di:

- allocazione della risorsa idrica,
- tagli alla risorsa idrica,
- produzione di energia idroelettrica,
- bilancio idrico totale del bacino,
- composizione del flusso,
- produzione agricola,
- controllo degli eventi di piena,
- affidabilità degli approvvigionamenti idrici,
- utilizzo delle acque sotterranee,
- ecc...

L'utilizzatore può selezionare il format in cui i risultati saranno mostrati o esportati:

- grafici,
- mappe tematiche,



- animazioni,
- tabelle,
- fogli di calcolo.

### 3.14. Analisi degli approvvigionamenti

RIBASIM calcola la composizione del flusso in ogni punto del bacino. Fonti come il runoff da un sottobacino, da fognature domestiche e industriali, da deflusso agricolo, da acque sotterranee, da acqua dei serbatoi, ecc... sono mostrate come componenti del flusso.

Questa composizione può essere usata come base per l'analisi di fonti idriche per i vari utenti e inoltre come una prima valutazione di qualità delle risorse idriche.

### 3.15. Aspetti di qualità dell'acqua

RIBASIM calcola la concentrazione di sostanze in ogni segmento fluviale e in ogni corpo idrico, e calcola inoltre il bilancio delle sostanze per ogni utente delle risorse idriche. Qualsiasi livello di sostanze può essere definito dall'utente come ad esempio il sale, il BOD, l'azoto, il fosforo, i batteri, sostanze tossiche, ecc... Sono considerate sia la depurazione naturale che quella artificiale nella modellazione della ritenzione naturale nei corsi d'acqua e nei corpi idrici, così come gli impianti di depurazione di acque reflue.

Il calcolo è basato sul bilancio di massa e l'allocazione della risorsa. La concentrazione di sostanze inquinanti ai confini del sistema è specificata come relazione tra la concentrazione di sostanze delle acque di falda e delle acque di drenaggio.

Gli aspetti qualitativi non saranno approfonditi nel presente progetto pur restando disponibili le potenzialità di sviluppo.

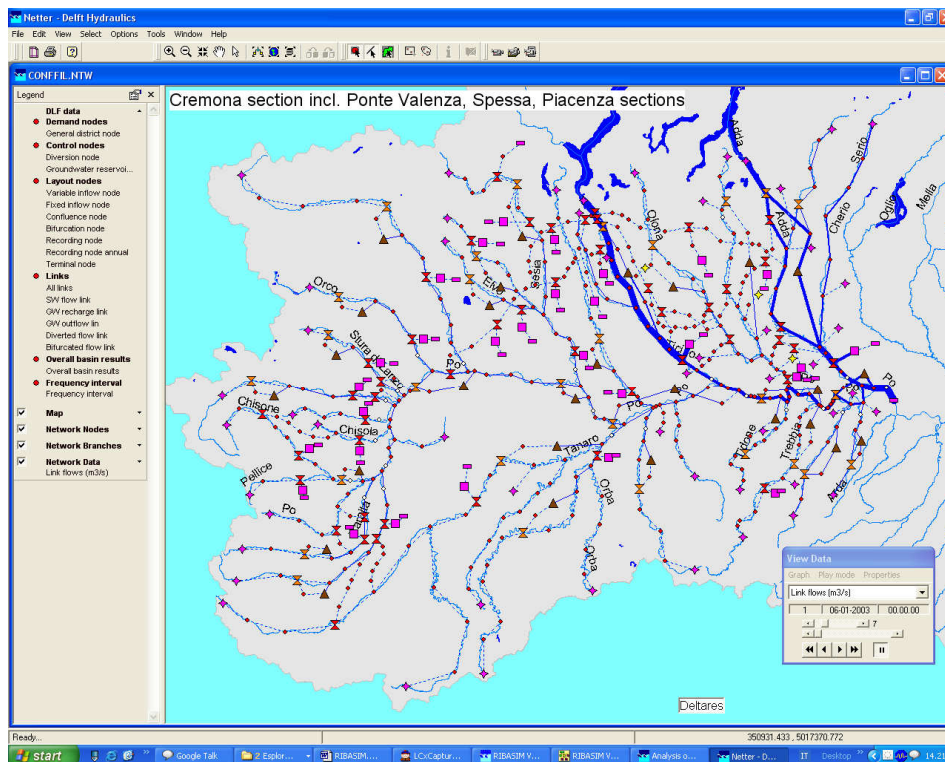
### 3.16. Applicazioni tipiche

RIBASIM può essere usato per la pianificazione e la gestione.

Pianificazione di bacino a lungo termine: la preparazione di piani di bacino a lungo e medio termine, come ad esempio su orizzonti temporali dai 10 ai 25 anni. Tutti i tipi di misure (tecniche, operative e istituzionali) possono essere analizzate con RIBASIM. Inoltre il software permette di rispondere a domande del tipo: fino a che estensione è possibile lo sviluppo? Che conflitti potenziali tra utilizzatori possono sorgere e quali sono gli impatti di varie alternative di sviluppo?

Programmazione di allocazione della risorsa a breve termine (semestrale o annuale): preparazione di piani operativi stagionali per il bacino. RIBASIM può essere usato per determinare ad esempio un piano di rotazioni colturali basato sulla capacità di accumulo del serbatoio e sui flussi previsti in ingresso.

Programmazione di operazioni stagionali: nelle stagioni basate sulla situazione reale in campo, sulla precipitazione e sulle previsioni aggiornate è possibile programmare un'allocazione della risorsa per le settimane o i mesi successivi. Inoltre il software permette di rispondere a domande del tipo: quale è l'allocazione della risorsa in caso di penuria d'acqua? Quale è l'impatto di specifiche azioni di gestione?



**Figura 4 – Animazione dei risultati di uno scenario di gestione simulato in RIBASIM**

I risultati della simulazione di RIBASIM possono essere processati con un numero di postelaborazioni standard in grafici, fogli di calcolo, mappe e tabelle. Per una interpretazione veloce dei risultati possono essere prodotti una serie di grafici a video (ad esempio durante i test di calibrazione) attraverso gli strumenti di visualizzazione delle serie storiche e delle simulazioni. I grafici possono mostrare gli schemi colturali applicati, l’allocazione della risorsa idrica, la carenza idrica per utente, la reale superficie di stoccaggio dell’acquifero, il bilancio idrico generale del bacino e la produzione di energia. Le tabelle derivano dalla sintesi dei risultati principali (percentuale di successo, quantità d’acqua allocata, carenze idriche, percentuale di utilizzo idrico, produzione energetica), in particolare possono essere prodotte tabelle definite dall’utente e personalizzate con i risultati specifici di alcune variabili su un determinato periodo di tempo.

### 3.17. I modelli di scenario

Nel modello RIBASIM sono compresi scenari di simulazione “What-if” (“Cosa succederebbe se...”) che comportano diverse situazioni di precipitazione o derivazione dell’acqua.

Esempi di scenari di simulazione possono essere i seguenti:

- Che flusso ci si può aspettare in ingresso al bacino?
- Cosa può succedere se aumentano le aree irrigate, o se si cambia conduzione colturale (ad esempio immettendo una specie idroesigente come l’actinidia in un’area dove c’era erba medica)?
- Come si deve modificare l’allocazione della risorsa in base a uno scenario futuro di diminuzione delle precipitazioni o di aumenti notevoli delle temperature nel periodo estivo (cambiamenti climatici in generale)?



- Fornendo le risorse idriche disponibili e le loro variazioni naturali, fino a che estensione un bacino fluviale si può sviluppare in termini di serbatoi, di schemi irrigui, di sistemi di approvvigionamento idrico, evitando tagli inaccettabili per i vari utenti?
- Quando e dove sorgono i conflitti per l'uso della risorsa idrica?
- Che combinazione di infrastrutture e operazioni di gestione possono fornire un ottimo uso della risorsa disponibile?

Inserendo i dati necessari in RIBASIM si può dar risposta alle domande sopra esposte e a molte altre, fornendo così un valido strumento di ausilio alla programmazione, pianificazione e gestione dell'allocazione della risorsa idrica, limitando i conflitti e stabilendo delle priorità d'uso.





## 4. IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO DEL BACINO DEL PO

La catena modellistica è composta dal modello di bilancio (RIBASIM) e da un modello idrologico distribuito (a risoluzione spaziale variabile da 200 a 1000 m a seconda del tipo di bacino, zona di pianura e/o di montagna) e fisicamente basato che accoppia l'approccio cinematico alla topografia del bacino alimentato (TOPKAPI).

Quest'ultimo viene alimentato da previsioni meteorologiche deterministiche (LAMI) e/o stagionali a seconda della finestra temporale esplorata (14 gg oppure 3 mesi).

La previsione in ingresso al modello idrologico sarà composta da una opportuna combinazione dei campi di precipitazione e temperatura in uscita dalle varie catene modellistiche meteorologiche, a partire dalla previsione a breve-medio termine fino ad arrivare ad un orizzonte stagionale. Ogni segmento della previsione verrà aggiornato con la massima frequenza compatibile per quel sistema previsionale.

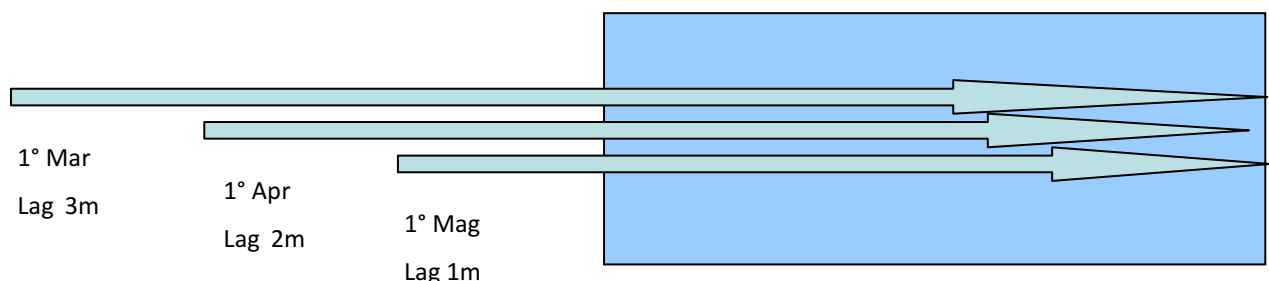
Le previsioni di breve-medio termine coprono l'area del Nord Italia con una griglia di circa 25 Km di lato a cadenza giornaliera per la precipitazione, a cadenza esoraria per la temperatura.

Il dettaglio giornaliero per la parte di previsione stagionale verrà ottenuto tramite un post-processing probabilistico (weather generator).

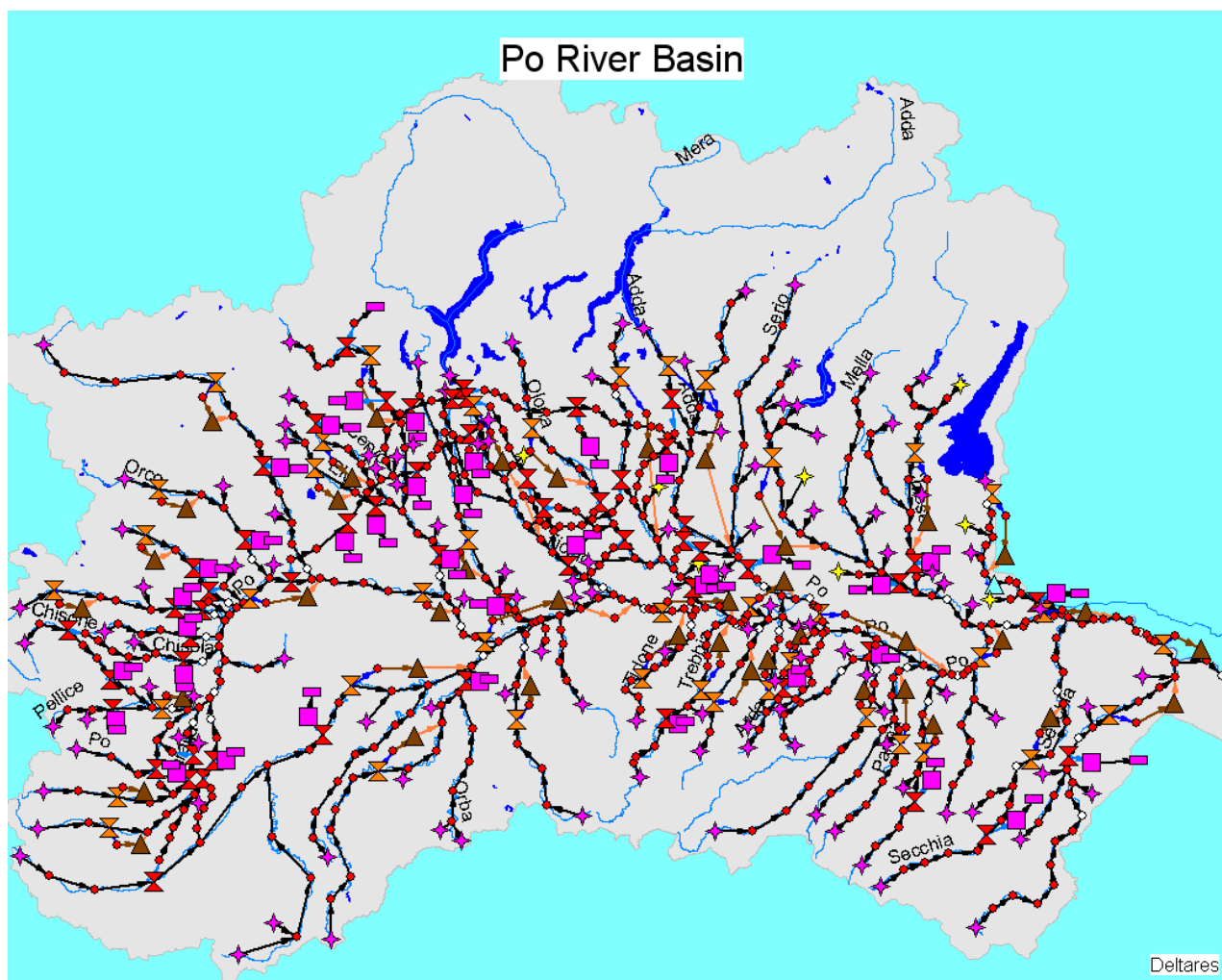
Dal punto di vista operativo la catena modellistica viene alimentata da diverse risposte previsionali a seconda dell'orizzonte temporale:

- -Previsione deterministica ECMWF (0-6 giorni) aggiornata a cadenza giornaliera (a risoluzione spaziale 2.8 Km)
- -Previsione di ensemble ECMWF EPS (7-14 giorni) aggiornata a cadenza giornaliera (a risoluzione spaziale 10 Km)
- -Previsione di ensemble mensile (15-30 giorni) aggiornata a cadenza settimanale (a risoluzione spaziale 50 Km)
- -Previsione di ensemble stagionale (1-3 mesi) aggiornata a cadenza mensile (a risoluzione spaziale 50 Km)

Giu-Lug-Ago



Per quanto riguarda il valore cumulato fornito dalla previsione stagionale si opera una disaggregazione dal grigliato stagionale (50 Km) alla risoluzione spaziale del modello idrologico applicando la tecnica degli analoghi mediante il weather generator.



**Figura 5 – Schematizzazione simulata con RIBASIM**

Il modello idrologico fornisce delle portate medie giornaliere in ognuna delle sezioni richieste dal modello di bilancio il quale poi media i dati sullo step di calcolo settimanale.

Tali sezioni corrispondono alle chiusure dei bacini di testa (a monte delle strutture idrauliche modellate), alle confluenze di bacini secondari (privi di strutture idrauliche), ai contributi degli interbacini considerati e agli idrometri dotati di scale di deflusso affidabili (**recording node**).

La schematizzazione della rete idraulica utilizzata nel modello RIBASIM riprende essenzialmente quella utilizzata nel modello piene.

Per quanto riguarda i **prelievi ad uso irrigo**, è stato scelto di cumulare il valore di concessione per corso d'acqua e definire delle regole di prelievo complessive. Soltanto in casi particolari (come grandi canali irrigui) sono state analizzate le regole di utilizzo di ogni singola struttura.

Al fine di valutare le quantità d'acqua fluenti a scala settimanale si è reso necessario implementare anche i **nodi serbatoio**.

La complessità dei sistemi artificiali di invaso e la numerosità degli stessi impianti distribuiti nell'intero bacino, ha fatto propendere per una simulazione dei serbatoi semplicemente come volumi stoccati rilasciati in caso di crisi idrica. Tale assunzione, suffragata dal fatto che l'utilizzo "normale" di tali serbatoi si riflette sulla



calibrazione del modello idrologico, ha permesso di individuare delle macrodighe distribuite nelle diverse aste fluviali.

Il **comportamento delle falde** è stato simulato utilizzando il modulo per la simulazione semplificata delle acque sotterranee presente in RIBASIM accoppiato ad un nodo biforcazione a monte in modo da limitare l'analisi alle sole interazioni fiume- falda, infatti è stata riprodotta la dispersione (secondo una legge esponenziale) nelle zone di alta pianura ottenendo una portata di risorgiva sulla base di un bilancio del serbatoio sotterraneo.