

# **SIMBAT**

## **WATER RESOURCE ALLOCATION AND MANAGEMENT**



**Manuale Utente**



# INDICE

1	IL MODELLO DI SIMULAZIONE (INTRODUZIONE)	1
1.1	LA SCHEMATIZZAZIONE DEL RETICOLO IDROGRAFICO	5
2	LE COMPONENTI DEL SISTEMA (NOZIONI BASE)	8
2.1	I NODI DI INPUT	8
2.2	I NODI SERBATOIO	9
2.2.1	Bilancio dei volumi d'acqua	12
2.2.2	Modalità di Gestione	18
2.3	I NODI IDROELETTRICI	23
2.4	I NODI IRRIGUI	27
2.5	I NODI MUNICIPALI/INDUSTRIALI	30
2.6	I NODI DERIVAZIONE	32
2.7	I NODI SOLLEVAMENTO	35
2.8	I NODI CONTROLLO DI FLUSSO	35
2.9	I NODI CONFLUENZA	37
2.10	GLI ELEMENTI ARCO	38
3	COME UTILIZZARE SIMBAT	40
3.1	FAMILIARIZZARE CON L'INTERFACCIA GRAFICA	40
3.2	COSTRUZIONE DEL RETICOLO IDROGRAFICO	44
3.3	L'INSERIMENTO DEI DATI DI INPUT	46
3.3.1	Nodo Input	47
3.3.2	Nodo Serbatoio	50
3.3.3	Nodo Derivazione	62
3.3.4	Nodo Irriguo	71

3.3.5	Nodo Municipale/Industriale	76
3.3.6	Nodo controllo di flusso	80
3.3.7	Nodo Idroelettrico	83
3.3.8	Nodo Sollevamento	91
3.3.9	Nodo Confluenza	97
3.3.10	Nodo End	99
3.4	IMPOSTAZIONI PRE-SIMULAZIONE	100
3.5	LA PRODUZIONE DELL'OUTPUT	102
4	LA PROGRAMMAZIONE IN JAVA	108
4.1	JAVA NEL MODELLO DI SIMULAZIONE	118
	ALLEGATO A	122

## **1 IL MODELLO DI SIMULAZIONE (INTRODUZIONE)**

La gestione della risorsa idrica, in un reticolo idrografico naturale ed artificiale comunque complesso, può essere simulata con modelli matematici basati sul criterio “nodi ed archi”, in cui il nodo rappresenta la componente principale del sistema nel quale l’acqua viene gestita (serbatoi, aree irrigue, confluenze, impianti idroelettrici, ecc.), mentre gli archi rappresentano le naturali o artificiali connessioni del sistema.

Utilizzando questo metodo “nodi-archi” si possono descrivere in maniera sintetica, ma nello stesso tempo estremamente efficace per il procedimento matematico di simulazione, le configurazioni tipiche della maggioranza dei sistemi fluviali. Infatti, ad ogni nodo corrispondono ipotesi di “comportamento” idraulico e di gestione traducibili mediante equazioni, che regolano il nodo e che fanno parte integrante del modello. Qualitativamente possiamo dire che lo schema ottenibile è una sorta di “diagramma di flusso”, in cui l’acqua introdotta nei nodi di partenza attraversa via via altri nodi e lì è prelevata, smistata, usata o immagazzinata, il tutto secondo un passo temporale che può essere la settimana o il mese.

Nella Tabella 1.1 sono elencati, con i rispettivi simbolismi, i tipi di nodo che nella versione attuale si possono inserire nella presente modellistica di simulazione.

Naturalmente al fine di rappresentare un determinato bacino è richiesta una dettagliata analisi delle situazioni presenti e future per sviluppare la schematizzazione a nodi ed archi più appropriata.

Il modello proposto, realizzato utilizzando le opportunità fornite dal linguaggio di programmazione Java per sviluppare l'architettura del software (vedasi capitolo 4), si presenta con un'interfaccia grafica intuitiva ed efficace, che permette una rapida implementazione dei reticoli di simulazione attraverso una procedura grafica interattiva (Figura 1.1).

In particolare, oltre alcune semplici opzioni grafiche attivabili dal menù principale con "grafica", è possibile disegnare, collegare, spostare e rimuovere (barra menù a sinistra della finestra in Figura 1.1) i nodi in maniera molto semplice, sottolineando che il collegamento, eseguito da monte a valle, implica l'automatica definizione del senso di percorrenza dello schema e quindi la topologia del grafo.

La schematizzazione del reticolo prodotta ed il relativo progetto (dati di input ed output) possono essere salvati con estensione .phc, ovviamente alla stessa schematizzazione possono corrispondere più ipotesi di progetto che debbono essere salvate su più file .phc.

L'originalità del modello risiede tuttavia nelle successive fasi di calcolo/simulazione, in cui è stata implementata un'ampia scelta di opzioni e parametri gestionali, e nella procedura di interpretazione dei dati di output, che permette di valutare il danno derivante da deficit idrico. Infatti tale modello può essere efficacemente utilizzato per la stima dei deficit idrici delle varie utenze, in pratica i volumi di acqua erogati alle singole aree (irrigue, industriali, municipali), ottenuti come output della simulazione, forniscono immediatamente un'indicazione dell'eventuale deficit idrico, ovvero dello scarto tra il fabbisogno idrico richiesto ed il volume di acqua effettivamente fornito. Tale deficit può quindi essere interpretato come indicazione per

un'eventuale successiva simulazione; nello stesso tempo, in presenza di una significativa serie storica di dati, può essere elaborato in termini di danno che un'eventuale carenza di risorsa provoca all'interno di ciascun settore.

**Tabella 1.1** - Tipi di nodo nel modello di simulazione.

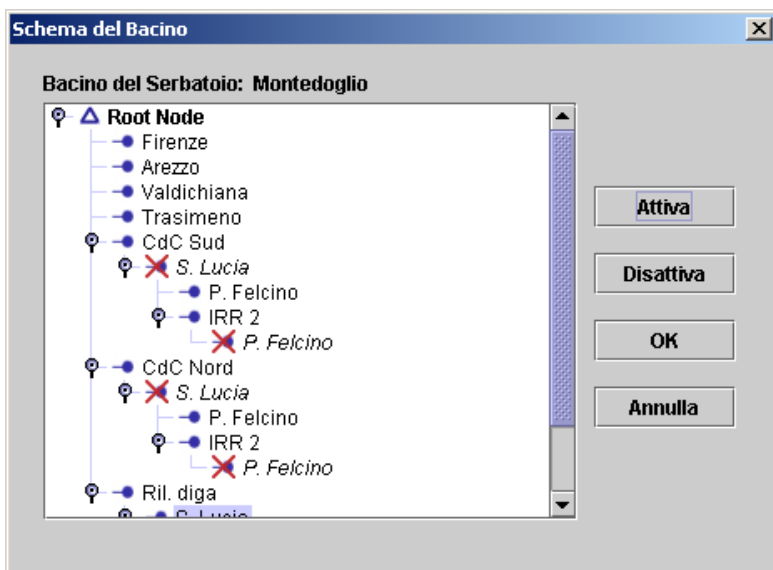
	Nodo di input del flusso (nodo di partenza)
	Nodo serbatoio
	Nodo impianto idroelettrico
	Nodo stazione sollevamento
	Nodo irriguo
	Nodo municipale o industriale
	Nodo di controllo del flusso
	Nodo derivazione
	Nodo confluenza
	Nodo end
	Arco di collegamento



## **1.1 LA SCHEMATIZZAZIONE DEL RETICOLO IDROGRAFICO**

La fase di schematizzazione del reticolo idrografico prevede essenzialmente la possibilità di gestire la risorsa per le varie utenze attraverso i nodi serbatoio ed i nodi derivazione. Le caratteristiche gestionali di questi due nodi sono essenzialmente simili, con la ovvia differenza che nel primo caso esiste la possibilità di gestire un volume utile accumulato, mentre nel secondo caso la gestione è limitata solo ai volumi fluenti.

Una delle maggiori potenzialità del nodo serbatoio consiste nella capacità di leggere il reticolo e di definire automaticamente la “topologia” dello stesso, individuando quindi le relazioni intercorrenti tra i vari nodi del reticolo (monte, valle, ecc). In questo modo il serbatoio è in grado di individuare le utenze che rientrano nella propria area di gestione (Figura 1.2), ciascuna con la propria richiesta idrica, e di definire automaticamente il totale dei rilasci che dovrebbero essere effettuati in ogni periodo di simulazione. Tutto ciò tenendo conto anche delle eventuali immissioni da sorgenti laterali, potenzialmente in grado di soddisfare parte delle richieste delle utenze di valle, affidando in questo modo al serbatoio il compito di integrare le eventuali richieste idriche non completamente soddisfatte.



**Figura 1.2** - Esempio di grafo delle utenze di valle per il recupero dei volumi restituiti.

Un altro aspetto innovativo del modello consiste nella capacità di gestire la risorsa con riferimento non solo al singolo periodo di simulazione, ma operando una proiezione temporale delle proprie disponibilità e delle richieste idriche delle utenze del bacino di gestione, nel tentativo quindi di operare una gestione di più ampio periodo orientata ad una corretta distribuzione nel tempo della risorsa disponibile.

Il rilascio totale operato dal serbatoio in ogni periodo è quindi funzione di una procedura di bilancio dei volumi d'acqua da impegnare eseguita sui successivi periodi di simulazione. L'ampiezza di tale finestra dipende dal numero

e tipologia di utenze presenti nel reticolo, nonché dal periodo di simulazione in esame (interno al periodo irriguo o meno).

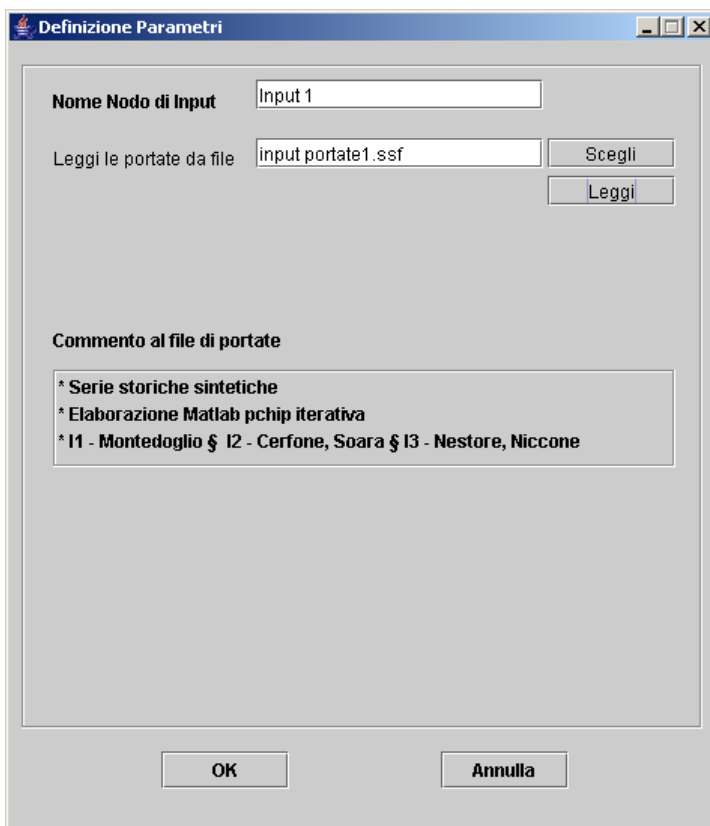
## **2 LE COMPONENTI DEL SISTEMA (NOZIONI BASE)**

Un primo esame più dettagliato delle componenti del sistema di schematizzazione del reticolo idrografico è finalizzato essenzialmente ad evidenziare le caratteristiche principali di ciascun nodo. Per quanto riguarda la fase di input dei dati, si rimanda al capitolo successivo che affronta in maniera dettagliata l'inserimento di dati alfanumerici e la scelta delle opzioni che interessano gli aspetti gestionali della simulazione secondo un approccio pratico-applicativo. In questa fase si intende invece mettere in evidenza il significato generale delle principali opzioni che il modello mette a disposizione.

### **2.1 I NODI DI INPUT**

Questi nodi rappresentano sorgenti, tributari, acque sotterranee o altro, ovvero i punti in cui l'acqua entra nel sistema fluviale.

Operativamente i flussi, nel periodo di tempo base adottato, si assumono originati in questi nodi e si possono utilizzare come dati di input direttamente i valori dedotti dalle serie storiche di portate naturali, siano esse registrate o sinteticamente generate (Figura 2.1).



**Figura 2.1** - La finestra per la definizione delle portate in ingresso al modello.

## 2.2 I NODI SERBATOIO

L'ipotesi standard che adotta il modello è che ciascun serbatoio operi in maniera indipendente da altri eventuali serbatoi in serie od in parallelo presenti nel reticolo idrografico schematizzato, che pertanto possono essere messi in relazione con il nodo in esame solo attraverso la logica del flusso nello schema nodi-archi.

Avendo assunto le seguenti notazioni:

$Q_S(i)$  = flusso entrante nel serbatoio nel periodo di simulazione  $i$ ;

$S_S(i)$  = volume invasato all'inizio del periodo di simulazione  $i$ ;

$EV_S(i)$  = evaporazione dal serbatoio durante il periodo di simulazione  $i$ ;

$W_S(i)$  = volume di acqua disponibile durante il periodo di simulazione  $i$ ;

$D_{Sj}(i)$  = rilascio effettivo per l'utenza  $j$  nel periodo di simulazione  $i$ ;

è possibile definire le seguenti equazioni

$$W_S(i) = S_S(i) + Q_S(i) - EV_S(i) \quad (1.1)$$

$$EV_S(i) = \alpha(i) \cdot ev_S(i) \cdot A_S(i) \quad (1.2)$$

dove  $\alpha(i)$  rappresenta il coefficiente di conversione unitaria,  $ev_S(i)$  l'evaporazione per unità di superficie nel periodo considerato ed  $A_S(i)$  è l'area superficiale del serbatoio all'inizio del periodo di simulazione  $i$ , ottenuta attraverso la curva superfici-volumi. In realtà, il modello opera un doppio passaggio, determinando in un primo momento l'altezza corrispondente ad un determinato volume invasato (curva Volumi invasati-Altezze) e poi la superficie dello specchio liquido mediante la curva Altezze-Superfici. I coefficienti per la definizione delle suddette curve, o in alternativa un numero discreto di punti che

verranno interpolati linearmente dal modello, devono essere definiti nella finestra **Generale** del nodo serbatoio (Figura 2.2)

Il rilascio totale operato dal serbatoio nel periodo è funzione di una procedura di valutazione eseguita sui successivi periodi di simulazione, il cui numero dipende dal numero e tipologia di utenze presenti nel reticolo, nonché dal periodo di simulazione in esame (interno al periodo irriguo o meno).

A tale scopo, se non diversamente specificato, il nodo serbatoio considera come utenze ricadenti nella propria area di gestione tutte quelle che sono potenzialmente raggiungibili attraverso il reticolo. Ciò ovviamente può generare situazioni fortemente discordanti da quelle reali, con aree di gestione troppo estese.

Pertanto, è possibile delimitare l'area di gestione dell'invaso inserendo, a valle delle ultime utenze che si intende siano servite dallo stesso, dei delimitatori costituiti da nodi confluenza opportunamente configurati (paragrafo 3.3.9). Questo accorgimento è fondamentale per il corretto funzionamento del software, in quanto consente al programma di definire i fabbisogni da soddisfare e quindi di gestire le risorse immagazzinate.

**Definizione Parametri**

**Generale**   **Evaporazione**   **Gestione**

**Nome Invaso**

Volume Iniziale  Mmc      Quota Minima  mslm

Volume Morto  Mmc      Quota Morto  mslm

Volume Max  Mmc      Quota Max  mslm

**Curve HV - HS**

☒ Approssimazione Parametrica   ☐ Forma Discreta

H - V		H - S		Quota [mslm]	Volume [Mmc]	Area [Kmq]
<input checked="" type="radio"/> potenza	<input checked="" type="radio"/> potenza	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>
<input type="radio"/> poli	<input type="radio"/> poli	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>
a <input type="text" value="4.9035"/>	a <input type="text" value="10.472"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>
b <input type="text" value="0.4591"/>	b <input type="text" value="0.756"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>
c <input type="text" value="0.0"/>	c <input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>

**OK**      **Annulla**

**Figura 2.2** - La finestra *Generale* del nodo serbatoio.

### **2.2.1 Bilancio dei volumi d'acqua**

In questa fase lo scopo è quello di individuare una possibile metodologia di gestione che permetta di non annullare mai completamente i rilasci verso le utenze di valle.

Essa consiste innanzitutto nel calcolo del *Total Requirement Volume (TRV)* da tutte le  $n$  utenze presenti



all'interno del bacino di gestione, per la finestra temporale di controllo  $t=i:i+k$ , attraverso l'equazione

$$TRV(i) = \sum_{t=i}^{i+k} \sum_{j=1}^n FA_j^*(t) \quad (1.3)$$

dove il termine  $FA_j^*(t)$  rappresenta il fabbisogno dell'utenza  $j$  nel periodo  $t$ -esimo, dove  $i \leq t \leq i+k$ , incrementato delle eventuali perdite di trasporto lungo gli archi di collegamento dal serbatoio all'utenza. A tale scopo è necessario tenere conto del fatto che alcuni nodi potrebbero usufruire delle eventuali restituzioni di altre utenze di monte, nonché dei contributi derivanti dalle immissioni laterali eventualmente presenti a valle dell'invaso.

E' pertanto possibile scrivere:

$$FA_j^*(t) = \left\{ FA_j(t) - \sum_m \left[ \left( \prod_{am=1}^{zm} (1 - \gamma_{am}) \right) \cdot RES_m(t) \right] - \sum_s \left[ \left( \prod_{as=1}^{zs} (1 - \gamma_{as}) \right) \cdot IMM_s(t) \right] \right\} \cdot \prod_{aj=1}^{zj} \left( \frac{1}{1 - \gamma_{aj}} \right) \quad (1.4)$$

dove  $FA_j(t)$  rappresenta il fabbisogno netto richiesto dall'utenza  $j$ , mentre

$$\left[ \prod_{am=1}^{zm} (1 - \gamma_{am}) \right] \cdot RES_m(t) \quad (1.5)$$

$$\left[ \prod_{as=1}^{zs} (1 - \gamma_{as}) \right] \cdot IMM_s(t) \quad (1.6)$$

rappresentano, rispettivamente, la parte “utile” della restituzione (ovvero al netto delle perdite) dell’utenza di monte  $m$ , ed il contributo (sempre al netto delle perdite) delle eventuali immissioni laterali.

Con  $\gamma_{aj}$ ,  $\gamma_{am}$  e  $\gamma_{as}$  sono stati indicati i coefficienti delle perdite di trasporto sulle  $z$  aste appartenenti rispettivamente al percorso serbatoio-utenza  $j$ , utenza di monte-utenza  $j$  ed immissione laterale-utenza  $j$ . Da notare come tali valori intervengano in maniera differente a seconda che si debba procedere in direzione monte-valle - ovvero conoscendo il valore di partenza e dovendo calcolare quello di arrivo (restituzioni ed immissioni laterali) – o in direzione valle-monte, cioè conoscendo il valore da recapitare all’utenza e dovendo determinare il volume da rilasciare dall’invaso.

Infine è da segnalare come  $RES_m$  sia funzione della tipologia di utenza in esame secondo le seguenti relazioni:

$$RES_m(t) = \begin{cases} FA_m(t) \cdot (1 - \gamma_{mun}) \cdot (1 - \varepsilon_{mun}) & \text{nodo idropotabile} \\ FA_m(t) \cdot (1 - \eta_{irr}) \cdot \varepsilon_{irr} & \text{nodo irriguo} \\ FA_m(t) & \text{nodo idroelettrico e ambientale} \end{cases} \quad (1.7)$$

dove

$\gamma_{mun}$  = perdite di distribuzione interne al nodo municipale

$\varepsilon_{mun}$  = acqua dissipata al nodo municipale

$\eta_{irr}$  = efficienza distribuzione/adacquamento

$\varepsilon_{irr}$  = return flow

Si rende poi necessario calcolare il *Total Available Volume* ( $TAV$ ) nel serbatoio ( $S$ ), nel medesimo periodo di controllo  $t = i:i+k$ , tenendo conto del volume iniziale ( $S_S$ ), dell'apporto derivante dagli afflussi all'invaso ( $Q_S$ ) e delle perdite dovute all'evaporazione ( $EV_S$ ), nonché dei volumi riservati per il mantenimento del Deflusso Minimo Vitale ( $DMV$ ) nelle  $c$  sezioni di controllo ricadenti nel bacino di gestione

$$TAV_S(i) = S_S(i) + \sum_{t=i}^{i+k} Q_S(t) - \sum_{t=i}^{i+k} EV_S(t) - \sum_{t=i}^{i+k} \sum_{j=1}^c DMV_j(t) \quad (1.8)$$

La decisione di entrare in gestione o meno dipende quindi dal valore assunto dal rapporto tra il *Total Requirement Volume* ed il *Total Available Volume*.

$$\alpha_{rid}(i) = \frac{TAV_S(i)}{TRV(i)} \quad (1.9)$$

Nel caso in cui tale rapporto assuma un valore maggiore di 1, non viene operata alcuna riduzione dei rilasci in quanto non si prevedono, allo stato delle cose, problemi nel soddisfare la richiesta futura e pertanto a tutte le utenze verrà rilasciato quanto effettivamente richiesto. Nel caso in cui il rapporto assuma invece un valore minore di 1, si ritiene di dover operare una riduzione dei rilasci destinati alle utenze, in cui l'*Available Volume* da gestire nel periodo di simulazione  $i$  è funzione proprio del valore  $\alpha_{rid}$  così ottenuto.

$$AV(i) = \alpha_{rid}(i) \cdot \sum_{j=1}^n FA_j^*(i) \quad (1.10)$$

Come in ogni modello di simulazione/ottimizzazione, gli afflussi fluviali e le richieste idriche sono modellate in maniera deterministica, ovvero sono considerati noti per ogni periodo di interesse. Nella fase di valutazione sopra illustrata, è quindi possibile scegliere se utilizzare direttamente la serie storica di dati inseriti in input, oppure se procedere ad una rielaborazione di tali dati di input, optando per una valutazione eseguita sulle richieste di un anno tipo (medio) o caratterizzato da un determinato tempo di ritorno (Tabella 2.1).

**Tabella 2.1** - Modalità per la stima del *Total Available Volume* (si veda la finestra gestione, Figura 2.3).

Anno tipo	Dai valori delle serie storiche di dati di input si ricava un anno tipo mediando su ciascun periodo dell'anno (1° settimana, 2° settimana...).
Tempo di ritorno	In base al tempo di ritorno specificato, periodo per periodo viene eseguita l'elaborazione statistica dei dati delle serie storiche assumendo la distribuzione di Gumbel.
Serie storica	In questo caso è sufficiente prendere direttamente i valori presenti nei files delle serie storiche di input.

Tuttavia, con qualunque modalità si operi, nella fase di bilancio dei volumi si presenta il problema di determinare l'evaporazione totale dall'invaso. Ciò si traduce nella

necessità di determinare la superficie dello specchio liquido per i periodi successivi a quello in esame, dipendente a sua volta dal corrispondente volume invasato attraverso le relazioni altezze-volumi e altezze-superfici definite. E' quindi necessario operare attraverso una procedura sequenziale a partire dalla relazione che permette di calcolare il volume invasato in un determinato periodo di simulazione, grazie al fatto che i termini ivi presenti si riferiscono tutti al periodo immediatamente precedente e quindi sostanzialmente noti.

$$\begin{aligned} S_S(i) &= S_S(i-1) + Q_S(i-1) - EV_S(i-1) - \sum_{j=1}^n D_{Sj}(i-1) \\ S_S(i+1) &= S_S(i) + Q_S(i) - EV_S(i) - \sum_{j=1}^n D_{Sj}(i) \\ S_S(i+k) &= S_S(i+k-1) + Q_S(i+k-1) - EV_S(i+k-1) - \sum_{j=1}^n D_{Sj}(i+k-1) \end{aligned} \tag{1.11}$$

I valori unitari di evaporazione (espressi in mm) possono essere invece inseriti utilizzando la corrispondente finestra. Tali valori possono riferirsi ad un anno tipo, ad una serie storica o ad una situazione mista, in cui per alcuni anni si utilizzano valori tipo mentre per altri è disponibile una serie storica. Tale logica, utilizzata anche per dati di input di altri nodi, permette di impiegare al meglio tutti i dati disponibili, mentre per l'importazione di dati da file si utilizza la stessa procedura vista in precedenza per il nodo di input (formato testo con estensione .ssf).

## 2.2.2 Modalità di Gestione

Noti i valori di  $\alpha_{rid}$ , calcolati ciclicamente all'inizio di ogni periodo di simulazione, il modello stabilisce se procedere all'attivazione della modalità di gestione. Dalle relazioni (1.9) e (1.10) viene definito l'*Available Volume* nel periodo di simulazione in esame, da gestire secondo una delle tre modalità implementate nel modello: gestione proporzionale; gestione percentuale; gestione prioritaria (Figura 2.3).

The image shows a software window titled "Definizione Parametri" with three tabs: "Generale", "Evaporazione", and "Gestione". The "Gestione" tab is active. It contains two main sections: "Modalità di Gestione" and "Stima Volume Totale Disponibile".

**Modalità di Gestione:**

- ☒ Proporzionale
- ☐ Percentuale
- ☐ Prioritaria

**Stima Volume Totale Disponibile:**

- ☒ Anno Tipo
- ☐ Tempo di ritorno
- ☐ Serie Storica

Below these sections are two options, each with a text input field and two buttons ("Scegli" and "Leggi"):

- ☐ **Volume Minimo di Regolazione**  
  
Scegli Leggi
- ☐ **Volume Massimo di Invaso**  
  
Scegli Leggi

At the bottom of the dialog are "OK" and "Annulla" buttons.

**Figura 2.3** - Le modalità di gestione e di stima del Total Available Volume.

### **Gestione Proporzionale**

Questa modalità è finalizzata a garantire una fornitura idrica, benché fortemente ridotta, a tutte le utenze che rientrano nel bacino di gestione per tutto il periodo di simulazione in condizioni di gestione. All'interno di ciascun periodo (settimana, mese) la risorsa idrica è distribuita in modo “egualitario” tra le varie utenze interessate, ovvero proporzionalmente al fabbisogno teorico richiesto. La reiterazione del suddetto controllo per ogni intervallo temporale di simulazione permette al modello di variare automaticamente la percentuale di riduzione nella gestione della risorsa.

### **Gestione Percentuale**

L'*Available Volume* non è più distribuito secondo un principio egualitario, come nel caso precedente, ma sulla base di percentuali  $\beta\%$  definite a priori dall'utente, secondo una procedura che esamina i nodi secondo la loro successione da monte a valle lungo il reticolo, muovendosi simultaneamente lungo tutte le aste a valle del serbatoio. Questa modalità di gestione, certamente molto semplice da applicare, non tiene tuttavia conto delle effettive richieste di risorsa idrica da parte delle utenze, può quindi portare a situazioni di squilibrio con volumi eccessivi o fortemente deficitari rispetto alle richieste. Tuttavia è stata comunque implementata in quanto consente di simulare delle forzature

nella gestione della risorsa, che possono essere utilizzate in particolari scenari di simulazione condizionati da fattori amministrativi che rappresentano dei vincoli locali nella complessità del bacino idrografico di studio.

### **Gestione Prioritaria**

Rappresenta la modalità di gestione più avanzata e coerente con le normative esistenti in materia di gestione della risorsa idrica (Legge 36, 1994). In questo caso, infatti, il volume di risorsa, all'interno di ciascun periodo, è allocato secondo un ordine di priorità prestabilito ed in base alla suddivisione della richiesta idrica di ciascuna utenza in un determinato numero di scatti (Figura 2.4). Poiché l'*Available Volume* nel periodo,  $AV(i)$ , è inferiore a quello totale richiesto nello stesso periodo dalle utenze interessate,  $FA_0(i)$ , la procedura riduce la fornitura dell'utenza caratterizzata da priorità minore della prima frazione percentuale  $\delta\%$  di volume stabilito, ottenendo un nuovo volume totale richiesto  $FA_1(i) < FA_0(i)$ . Se tale volume risulta essere ancora maggiore di  $AV(i)$ , procedo alla riduzione della fornitura anche per l'utenza con il successivo ordine di priorità, sempre di un valore pari alla sua prima frazione percentuale, che potrà anche essere differente dal valore di frazione della priorità precedente e successiva. Se, dopo aver sottratto le prime frazioni percentuali a tutte le utenze, in ordine di priorità crescente, il volume richiesto è ancora



superiore a quello disponibile, la procedura riprende nuovamente dall'utenza a priorità minore. Il calcolo prosegue come illustrato finché l'*Available Volume* non risulta maggiore del totale delle richieste idriche (Figura 2.5).

The image shows a software window titled "Definizione Parametri" with three tabs: "Generale", "Fabbisogni", and "Gestione". The "Gestione" tab is selected. The window contains three sections: "Proporzionale", "Percentuale", and "Prioritaria".

- Proporzionale:** A text box containing "Non sono necessari ulteriori parametri".
- Percentuale:** A text box labeled "Assegnazione volume disponibile" with a numeric input field set to "0.0" and a percentage symbol "%".
- Prioritaria:** A section with three parameters:
  - "Priorità Utenza" with a numeric input field set to "0".
  - "Passo di riduzione percentuale" with a numeric input field set to "0.0" and a percentage symbol "%".
  - "Volume Minimo" with two radio buttons: "Costante" (selected) and "Da serie storica". The "Costante" option has a numeric input field set to "0.0" and the unit "Mmc". There is a "Leggi" button next to the "Da serie storica" option.

At the bottom of the window are two buttons: "OK" and "Annulla".

**Figura 2.4** - La finestra per l'inserimento dei parametri di gestione.

Si osserva che poiché le frazioni percentuali della richiesta da sottrarre a ciascuna utenza possono essere

differenziate è possibile attribuire ancora maggior peso all’utenze con priorità più elevate, oppure non penalizzare eccessivamente le utenze con priorità inferiori.

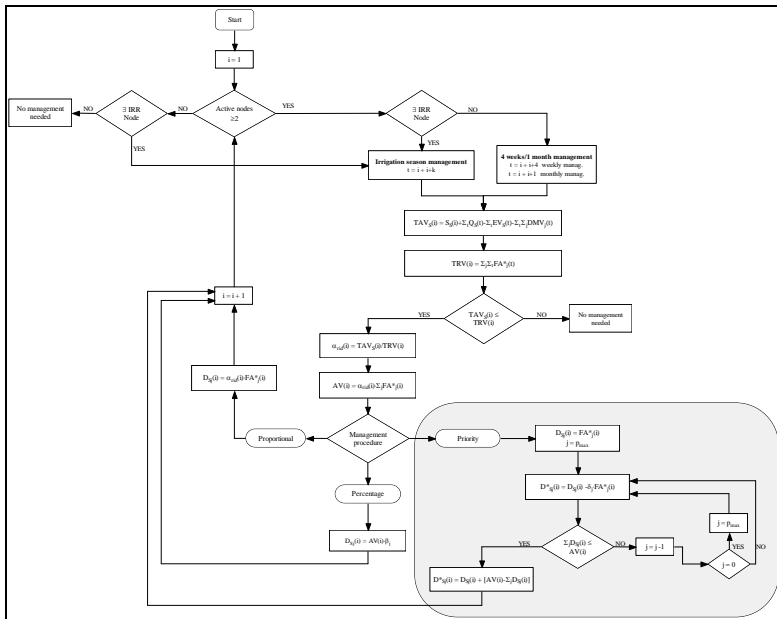
Priority 1		Priority 2		Priority 3
% reduction		% reduction		% reduction
5		15		20
Min. Volume		Min. Volume		Min. Volume
				45

**Figura 2.5** - Schema di funzionamento in gestione prioritaria.

Inoltre è stata prevista la possibilità di inserire, utenza per utenza, un valore del volume minimo invasato nel serbatoio di riferimento al di sotto del quale sospendere completamente la fornitura all’utenza corrispondente.

Tutto ciò rende questa modalità di gestione della risorsa idrica alquanto flessibile, in quanto si può passare da una gestione molto rigida e penalizzante per le utenze a priorità minore (frazioni percentuali o volume minimo molto elevati) ad una gestione molto più uniforme (frazioni percentuali piccole e volume minimo uguale per ogni utenza).

In Figura 2.6 si riporta il diagramma di flusso generale delle procedure di bilancio dei volumi e di gestione del modello.



**Figura 2.6** - Diagramma di flusso dello schema di funzionamento del modello.

## 2.3 I NODI IDROELETTRICI

Gli impianti idroelettrici possono essere definiti in base alla tipologia impiantistica come:

- **impianti ad acqua fluente:** non dispongono di una capacità significativa di regolazione dei deflussi, per cui la portata sfruttata coincide con quella disponibile nel corso d'acqua (a meno di una quota di deflusso minimo vitale, necessaria per salvaguardare l'ecosistema). Pertanto la

turbina produce con modi e tempi totalmente dipendenti dalla disponibilità del corso d'acqua: se il corso d'acqua è in magra e si scende sotto un livello minimo di portata, cessa la produzione di energia elettrica;

- **impianti a deflusso regolato (a bacino)** (con la centrale, in genere, al piede di una diga): sono provvisti di una capacità di invaso alla presa del corso d'acqua atta a modificare il regime delle portate utilizzate dalla centrale.

La finestra generale (

Figura 2.7) consente di definire le informazioni di carattere generale, presenti in tutti i nodi di utilizzo, mentre in particolare possono essere definite le caratteristiche delle turbine presenti nell'impianto, fino ad un massimo di cinque macchine. Si sottolinea che si può stabilire per ciascuna turbina una percentuale di volume turbinato, nella settimana o mese, rispetto al totale affluente al nodo ed un periodo di eventuale non funzionamento della stessa.

Nel modello è stata implementata, all'interno del nodo idroelettrico, la possibilità di definire sia la tipologia a serbatoio che quella ad acqua fluente (Figura 2.8). Nel primo caso l'impianto sarà visto come un'utenza a tutti gli effetti, quindi con dei propri fabbisogni ed in competizione per la risorsa, mentre nel secondo l'impianto non influirà sulle scelte gestionali ma turbinerà solamente le portate transitanti nella sezione, con l'ovvio limite minimo di funzionamento. In ogni caso si tratta di un nodo non

dissipativo, ovvero tutta la portata in ingresso al nodo verrà restituita in uscita.

**Definizione Parametri**

**Generale** | Tipologia | Fabbisogni | Gestione

**Generale**

Nome Impianto:

Gestione Impianto: ☒ Proporzionale ☐ Percentuale ☐ Prioritaria

Minima portata di funzionamento:  mc/s

**Turbine installate**

**Turbina 1** | Turbina 2 | Turbina 3 | Turbina 4 | Turbina 5

Potenza installata:  MW

Max portata turbinabile:  mc/s

Rendimento impianto:  Percentuale  %

☐ Disattiva dal  /  al  /  (Periodo / Anno)

OK Annulla

**Figura 2.7** - La finestra *Generale* del nodo idroelettrico.

Sulla base del salto utile disponibile e delle caratteristiche di efficienza delle turbine installate, il modello esegue una stima dell'energia elettrica producibile, in megawatt (MW), in ciascun periodo di simulazione, attraverso la seguente relazione

$$P(i) = \sum_{j=1}^5 \frac{9.81}{1000} \cdot \eta_j \cdot Q_j \cdot H_n \quad (1.12)$$

dove  $\eta_j$  e  $Q_j$  sono rispettivamente il rendimento e la portata turbinata dalla  $j$ -esima turbina mentre  $H_n$  è il salto idraulico utile dell'impianto.

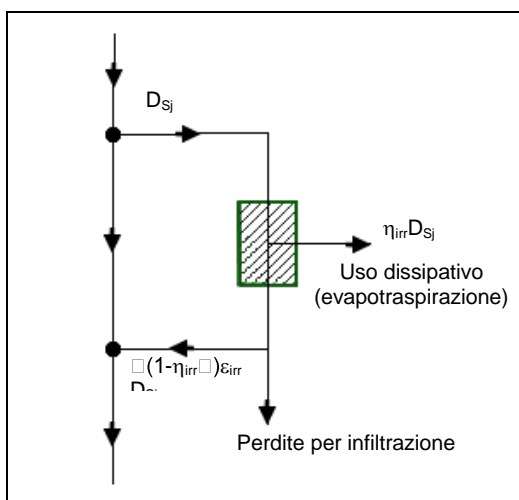
Quest'ultimo può venire calcolato secondo differenti modalità, in base alle impostazioni definite per l'impianto in esame. Per la tipologia di impianto a serbatoio, il salto utile è calcolato, periodo per ogni periodo, come differenza tra l'altezza di invaso del serbatoio di riferimento e la quota assoluta delle turbine dell'impianto. Per la tipologia ad acqua fluente, invece, si può scegliere se fornire un salto utile medio costante nel tempo oppure definire una scala dei deflussi, del tipo  $y = ax^b + c$ , mediante la quale ottenere, dal volume transitante nella sezione di interesse, la corrispondente altezza della corrente e quindi il salto utile rispetto alla quota di installazione delle turbine.

**Figura 2.8** - La finestra per la definizione della tipologia di impianto.

## 2.4 I NODI IRRIGUI

Il funzionamento del nodo irriguo può essere schematizzato nella forma illustrata nella Figura 2.9. Il volume destinato all'utenza ( $Ds_j$ ), depurato delle perdite dovute all'efficienza di adacquamento/distribuzione interne al nodo considerato ( $(1-\eta_{irr})Ds_j$ ), viene dissipato attraverso il processo di evapotraspirazione ed abbandona quindi il

reticolo idrografico in esame. Del volume non evapotraspirato, una parte può venire reindirizzato in alveo attraverso il coefficiente di ruscellamento superficiale ( $(1 - \eta_{irr}) \varepsilon_{irr} D_{sj}$ ), mentre la restante parte si considerata infiltrata in profondità, abbandonando anch'essa il reticolo di simulazione.



**Figura 2.9** - Schema di funzionamento del nodo irriguo.

Il fabbisogno lordo dell'utenza è espresso in termini di altezza d'acqua (mm) richiesta in ciascun periodo di simulazione, che il modello converte nel corrispondente volume di acqua (Mm<sup>3</sup>) sulla base del valore di superficie irrigata (Figura 2.10), che può essere costante o variato di anno in anno. Il fabbisogno può venire inserito in termini di anno medio, di serie storica o in modalità mista (Figura 2.11), utilizzando anche dati importati da file secondo



l'estensione .ssf già vista in precedenza. Tale finestra di definizione dei fabbisogni è sostanzialmente la stessa per tutte le tipologie di utenza, differendo solo per l'unità di misura delle richieste idriche.

The image shows a software window titled "Definizione Parametri" with three tabs: "Generale", "Fabbisogni", and "Gestione". The "Generale" tab is selected. The window contains the following fields and controls:

- Nome area irrigua:** A text box containing "IRR 1".
- Superficie irrigua:** A text box containing "0.0" followed by the unit "ha".
- Superficie irrigata:** A section containing two radio buttons:
  - ☒ **Valore costante:** A text box containing "750.0" followed by the unit "ha".
  - ☐ **Valori da file:** A text box is empty, and there are two buttons labeled "Scegli" and "Leggi" to its right.
- Efficienza irrigua:** A section containing two rows of text boxes:
  - Efficienza distribuzione/adacquamento:** A text box containing "80.0" followed by the unit "%".
  - Perdite per ruscellamento (Return Flow):** A text box containing "20.0" followed by the unit "%".

At the bottom of the window are two buttons: "OK" and "Annulla".

**Figura 2.10** - La finestra *Generale* del nodo irriguo.

**Definizione Parametri**

**Generale Fabbisogni Gestione**

☒ **Anno Tipo**

Leggi/Edita anno tipo

☐ **Serie Storica**

Leggi serie da file

☐ **Misto**

Serie Storica dal  al  File

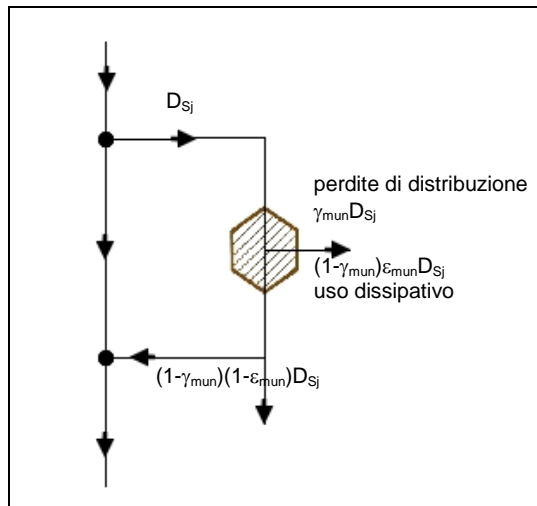
Anno Tipo dal  al

**Figura 2.11** - La finestra per l'inserimento dei fabbisogni del nodo irriguo

## 2.5 I NODI MUNICIPALI/INDUSTRIALI

Questi nodi rappresentano rispettivamente punti o zone di derivazione di acqua per rifornimento idropotabile di città, industrie o altro. Il flusso da e verso il nodo è schematicamente illustrato nella Figura 2.12. Il volume destinato all'utenza ( $Ds_j$ ), depurato delle perdite di distribuzione interne al nodo considerato ( $\gamma_{mun}Ds_j$ ), viene

parzialmente dissipato ed abbandona quindi il reticolo idrografico in esame, assieme alle stesse perdite. Il volume restante, funzione sia del valore delle perdite che di quello di efficienza dissipativa del nodo  $((1-\gamma_{mun})(1-\varepsilon_{mun})D_{Sj})$ , in seguito ad opportuni trattamenti di depurazione viene generalmente restituito in alveo, rendendosi così disponibile per altre utenze di valle.



**Figura 2.12** - Schema di funzionamento del nodo Municipale/industriale.

L'organizzazione delle finestre di input (Figura 2.13) segue la logica vista nei casi precedenti, in particolare il fabbisogno del nodo è espresso in migliaia di metri cubi di volume d'acqua ( $10^3 \text{ m}^3$ ) richiesta in ciascun periodo di simulazione, che il modello converte in milioni di metri cubi in quanto questa è l'unità di misura utilizzata in fase di

gestione/simulazione del reticolo. Anche in questo caso il fabbisogno può venire inserito in termini di anno medio, di serie storica o in modalità mista.

The image shows a software window titled "Definizione Parametri" with three tabs: "Generale", "Fabbisogni", and "Gestione". The "Generale" tab is selected. Inside the window, there is a text field labeled "Nome del nodo Civile/Industriale" containing the text "Firenze". Below this, there are three rows of input fields with labels and units:

Label	Value	Unit
Portata massima	0.0	mc/s
Perdite distribuzione	20.0	%
Efficienza dissipativa al nodo	30.0	%

At the bottom of the window, there are two buttons: "OK" and "Annulla".

**Figura 2.13** - La finestra *Generale* del nodo municipale

## 2.6 I NODI DERIVAZIONE

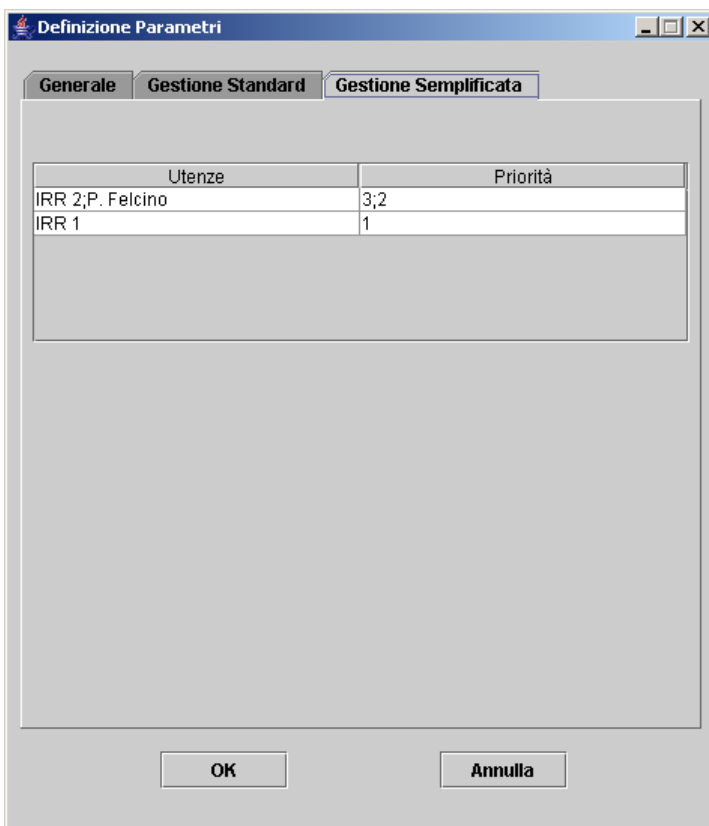
Come anticipato in precedenza, la schematizzazione del reticolo idrografico prevede essenzialmente la possibilità di gestire la risorsa per le varie utenze attraverso i nodi serbatoio ed i nodi derivazione. Questi ultimi, che

rappresentano le prese che deviano la portata agli altri nodi del sistema, hanno caratteristiche gestionali essenzialmente simili a quelle dei serbatoi, con la ovvia differenza che in questo caso la gestione è limitata ai soli volumi fluenti.

Il funzionamento delle derivazioni si limita ad un semplice smistamento delle portate destinate alle varie utenze se il sistema non è in gestione, mentre sono vincolate a gestire le portate in ingresso in modo coerente con il funzionamento del serbatoio cui fanno riferimento nei periodi di gestione effettiva.

Inoltre è stata inserita una gestione semplificata delle portate fluenti (Figura 2.14) per quei nodi derivazione che si trovino fuori da un bacino di gestione, rappresentanti quindi prelievi diretti dall'alveo senza alcun serbatoio di monte. La gestione implementata si richiama ad una sorta di gestione prioritaria, ma risulta sensibilmente più rigida di quella operata dai nodi serbatoio.

Infatti, anche in questo caso è richiesta, in condizioni di rilasci multipli, la definizione delle priorità nel soddisfacimento dei rilasci attesi (utenze) ma, contrariamente alla procedura illustrata in precedenza, si procede a partire dall'utenza a maggiore priorità, cercando di soddisfarne completamente le richieste, procedendo quindi, in caso di ulteriore disponibilità di risorsa, progressivamente per le utenze a priorità inferiore.



**Figura 2.14** - La finestra per l'inserimento dei parametri per la gestione semplificata.

Tale procedura appare al momento la più idonea per schematizzare il funzionamento di prelievi senza la possibilità di gestire un volume d'acqua su più intervalli temporali di simulazione, prelievi che nella maggioranza dei casi sono a servizio di un solo utente o di una sola tipologia di utenti.

## **2.7 I NODI SOLLEVAMENTO**

La presenza di impianti di sollevamento all'interno di uno schema di reticolo idrografico può essere determinata da svariate esigenze (irrigue, industriali, civili, etc). Per poter rappresentare simili situazioni è stata implementata questa tipologia di nodo che permette di definire, attraverso le caratteristiche di funzionamento delle pompe che costituiscono l'impianto di sollevamento, la portata da sollevare ed i relativi consumi energetici. Come per il nodo idroelettrico, anche in questo caso è possibile scegliere tra la tipologia di impianto a serbatoio (in cui l'impianto sarà visto come un'utenza a tutti gli effetti, quindi con dei propri fabbisogni ed in competizione per la risorsa), e quella ad acqua fluente, in cui l'impianto non influirà sulle scelte gestionali ma solleverà solamente le portate transitanti nella sezione non destinate ad altre utenze di valle, fino all'eventuale raggiungimento del valore indicato, con un ovvio limite minimo di funzionamento.

## **2.8 I NODI CONTROLLO DI FLUSSO**

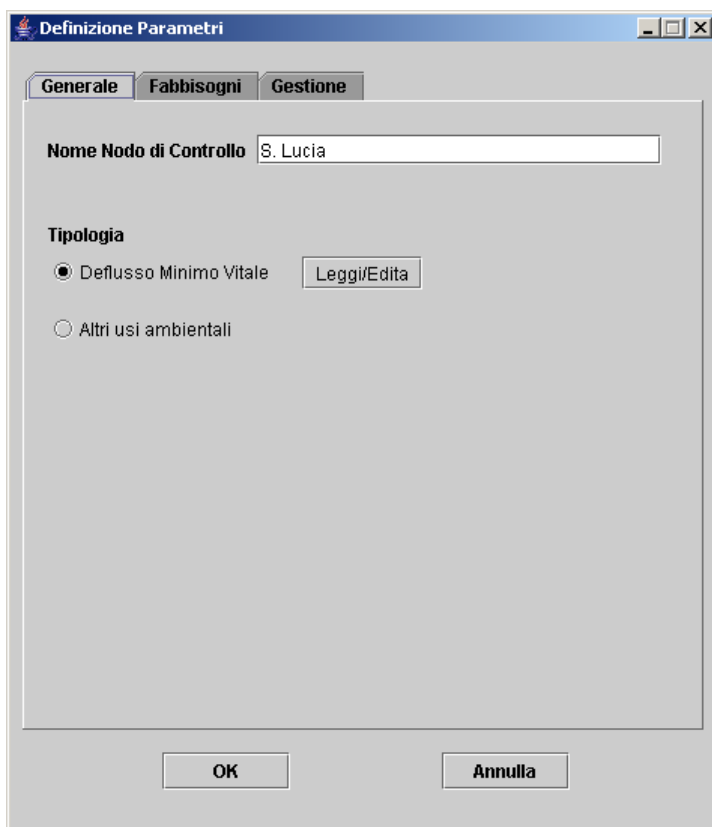
Il deflusso minimo vitale (DMV) è la minima portata di acqua che deve essere garantita nel corso d'acqua per motivazioni strettamente ambientali. La definizione di tale portata non è facile, in quanto la stessa può essere valutata sulla base di due diversi punti di vista: quello idrologico (basato su dati statistici e formule empiriche) e quello

idrobiologico (basato su criteri interdisciplinari, in genere applicabili solo al corso d'acqua studiato). Fra i due metodi possono esistere delle differenze anche non trascurabili, o comunque di natura soggettiva, nei risultati. In ogni caso la stima del DMV è un'operazione assai delicata il cui risultato deve essere interpretato con notevole accortezza, soprattutto in ragione dei vincoli che può imporre alle altre tipologie di utilizzo.

La presente tipologia di nodo è atta a rappresentare sia sezioni di particolare interesse, generalmente coincidenti con sezioni strumentate in cui si vuole imporre il rispetto del Deflusso Minimo Vitale, sia delle tipologie di usi ambientali, quali attività ricreative in alveo (Figura 2.15). Mentre nel primo caso al soddisfacimento delle portate richieste viene data precedenza assoluta, al di fuori quindi dalla logica di competizione e gestione della risorsa, nel secondo caso il nodo è visto come una vera e propria utenza, soggetta alle stesse regole di gestione delle utenze irrigue od idropotabili.

In entrambi i casi si tratta però di nodi non-dissipativi, ovvero in cui si può verificare il soddisfacimento di eventuali dati di portata richiesta ma senza alcun tipo di dissipazione della stessa, pertanto con una completa restituzione a valle della portata in ingresso.





**Figura 2.15** - La finestra *Generale* del nodo di controllo di flusso.

## 2.9 I NODI CONFLUENZA

I nodi di confluenza indicano la giunzione tra tributari naturali o canali artificiali. L'equazione che governa il flusso è quella di continuità.

$$D_s(i) = \sum_{z=1}^h Q_z(i) \quad (1.13)$$

dove

$D_s(i)$  = flusso uscente dal nodo  $s$  nel periodo di simulazione  $i$ ;

$Q_z(i)$  = flusso entrante al nodo  $s$  dallo  $z$ -esimo arco nel periodo di simulazione  $i$ ;

Inoltre tali nodi possono essere utilizzati come “flag” per delimitare l’area di gestione di un invaso.

## **2.10 GLI ELEMENTI ARCO**

L’elemento arco ha la funzione di collegamento tra i vari nodi, che rappresentano i soggetti principali in cui si esplicano le modalità di gestione. Tuttavia è stata prevista una finestra di attributi (Figura 2.16) anche per l’elemento arco, finestra che si può aprire con il tasto di destra del mouse in corrispondenza della freccia dell’arco.

Attualmente la caratteristica numerica attivabile riguarda il dato percentuale sulle perdite di trasporto, con il quale si possono stimare nella gestione dei volumi le eventuali quantità perse per fenomeni di evaporazione media lungo le aste o per altri fattori particolari di perdita. Si sottolinea che gli archi possono essere comunque frammentati e semplicemente uniti da nodi confluenza per evidenziare particolari tratti soggetti a perdite non trascurabili.

Gran parte degli altri attributi di tipo numerico, in particolare i parametri funzione di trasferimento, rappresentano delle ipotesi progettuali per futuri

approfondimenti ed ampliamenti della modellistica in esame.

**Definizione Parametri**

**Nome Arco** Montedoglio - Derivaz 2

☐ Arco Disattivo... dal 0 / 0 al 0 / 0 (Periodo / Anno)

**Generale**

Lunghezza 0.0 m Tipologia Condotta ▼

Portata Massima 9999.0 mc/s

Perdite di trasporto 0.0 % Penalità 0.0

**Parametri funzione di trasferimento**

Scabrezza (Manning) 0.0

Sezione Rettangolare ▼

Dimensione Base 0.0 m

Pendenza Fondo 0.0 Pendenza Sponde 0.0 %

OK Annulla

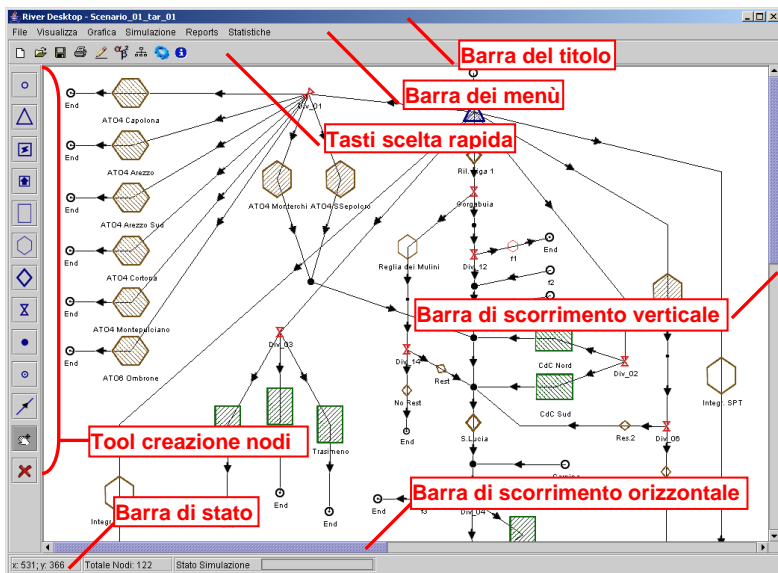
**Figura 2.16** - La finestra dell'elemento arco.

### **3 COME UTILIZZARE SIMBAT**

In questo capitolo verrà descritta brevemente l'interfaccia grafica del modello ed esaminate in dettaglio le finestre di input dei dati alfanumerici, mettendone in evidenza il significato fisico all'interno della simulazione e le eventuali attenzioni da porre nell'inserimento degli stessi.

#### **3.1 FAMILIARIZZARE CON L'INTERFACCIA GRAFICA**

In Figura 3.1 è rappresentata una classica schermata di SimBaT. Al centro vi è il desktop grafico in cui appare lo schema topologico dello scenario implementato, costituito da archi e nodi. In alto a sinistra, al di sotto della barra del titolo, si trova la barra dei menù a tendina e sotto questa i pulsanti di accesso rapido alle principali funzioni. Sulla sinistra dello schermo, disposta in verticale, è posizionata la barra per l'inserimento, l'eliminazione e lo spostamento dei vari tipi di nodo e degli archi di connessione.



**Figura 3.1** – La schermata di lavoro di SimBaT.

La barra dei menu a tendina consente di accedere alle voci di seguito descritte (Figura 3.2):

**File:** consente di aprire e/o salvare i file .phc delle simulazioni; inoltre la voce **Stampa su file** consente di salvare in formato immagine (.jpg) lo schema topologico relativo al file .phc caricato.

**Visualizza:** permette di far apparire o scomparire la **Barra degli Strumenti** (in alto a sinistra sotto quella dei menù a tendina), la **Barra di Stato** (al piede della finestra principale, contenente informazioni relative a posizione cartesiana del cursore, al numero di nodi inseriti e dello stato di avanzamento della simulazione quando questa viene avviata) e la **Toponomastica** dei nodi.

Grafica: consente di visualizzare il pannello fluttuante delle **Opzioni Grafiche**. Dati alcuni inconvenienti relativi al *refresh* dello schermo è opportuno che tale pannello sia sempre attivato (si evita così l'effetto *panning* quando ci si muove all'interno della finestra principale).

Simulazione: da questo menù si accede alle voci **Opzioni Simulazione**, **Inizializza Simulazione** e **Simula Reticolo**, che costituiscono il cuore dell'applicazione.

La prima voce consente di accedere ad una maschera (la cui compilazione è obbligatoria) per la definizione del passo temporale (mensile o settimanale), dell'Intervallo di simulazione (es. dall'anno 1952 all'anno 2006) e della durata per l'anno tipo della stagione irrigua (es. dalla 22<sup>a</sup> alla 43<sup>a</sup> settimana).

Selezionando la voce **Inizializza simulazione** si avvia una procedura guidata di verifica della corretta implementazione dello schema topologico caricato (ad es: il software verifica che non vi siano nodi non collegati al resto del reticolo) e per la definizione delle logiche di recupero delle portate non dissipate dai nodi di monte (vedi paragrafo 2.2.1 )

La procedura di inizializzazione del reticolo va eseguita ogni qualvolta vengano apportate delle modifiche allo schema topologico (inserimento/cancellazione di nodi, modifica delle aree di gestione degli invasi). Detta procedura consiste nel ripetere per ogni vaso

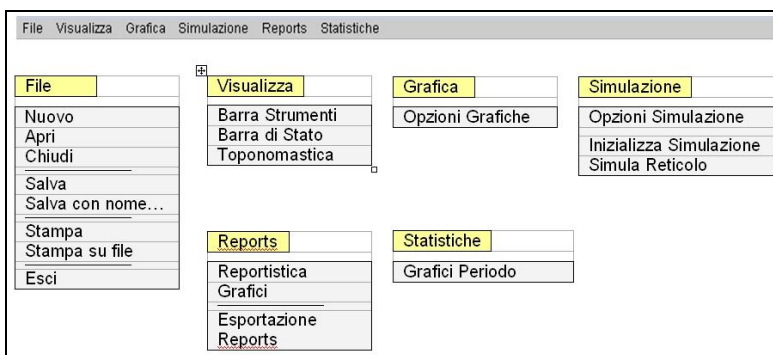
eventualmente presente nello schema topologico la seguente serie di operazioni:

- dalla *combobox* **Scegli il Bacino da gestire**, selezionare uno degli invasi esistenti;
- dopo aver premuto il pulsante *Imposta*, si aprirà la maschera **Schema del Bacino**. Per renderla attiva è necessario chiudere la finestra **Scegli Serbatoio**;
- nella finestra **Schema del Bacino**, definire le eventuali restituzioni da recuperare e da parte di quali nodi, quindi chiudere la finestra e ricominciare con l'invaso successivo (se presente).

Con la voce **Simula Reticolo** si avvia il programma di calcolo, che girerà solo se i parametri relativi ai singoli nodi e archi sono stati impostati correttamente. Alla fine della simulazione, il cui stato di avanzamento è visibile nella *progress bar* della barra di stato, comparirà una maschera con la scritta **Simulazione riuscita**. A questo punto posizionandosi in corrispondenza di ciascun nodo, per mezzo del menù contestuale selezionabile con il pulsante destro del *mouse*, potranno essere visualizzati i diagrammi relativi a diversi parametri (ad es. input, deficit e restituzione al nodo).

- Reports: consente di visualizzare i grafici dei vari nodi e di esportare i risultati in formato ASCII.

- Statistiche: permette di aprire la maschera **Grafici Periodo**, dalla quale impostata la settimana di riferimento, il serbatoio di interesse, la tipologia di grafico (Volumi-Rilasci e/o Volumi-Deficit) e i nodi utenza di riferimento, si ottengono i relativi diagrammi, che possono essere salvati come immagine o stampati per mezzo del menu contestuale apribile con il pulsante destro del mouse.



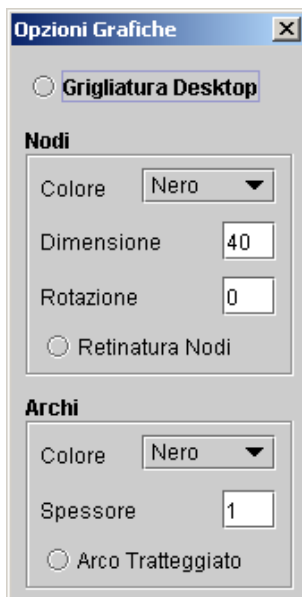
**Figura 3.2** - La composizione della barra dei menù.

### 3.2 COSTRUZIONE DEL RETICOLO IDROGRAFICO

La costruzione del reticolo idrografico è un'operazione estremamente facile ed intuitiva. L'inserimento di nuovi nodi avviene, infatti, semplicemente selezionando la tipologia di nodo desiderata nella barra di sinistra dello schermo e cliccando nel punto dell'area di lavoro in cui si desidera inserire il nodo. Il modello è dotato di un controllo che impedisce la sovrapposizione dei nuovi nodi con quelli già presenti, per cui è possibile che nonostante si clicchi in un area apparentemente libera, il nodo non venga inserito.



Preventivamente all'inserimento del nodo, nella apposita finestra delle opzioni grafiche (Figura 3.3) è possibile selezionare il colore, la dimensione e l'angolo di rotazione. Per alcune tipologie di nodo è anche possibile selezionare la campitura del simbolo.



**Figura 3.3** - La finestra delle opzioni grafiche.

L'inserimento di un arco di collegamento tra due nodi è altrettanto semplice: è sufficiente selezionare il bottone corrispondente nella barra di sinistra, cliccare sul nodo origine dell'arco e quindi su quello finale. E' prevista anche la possibilità di inserire dei punti intermedi dell'arco, creando così una spezzata, semplicemente cliccando nei punti di interesse prima di selezionare il nodo finale.

Anche per l'elemento arco, preventivamente al suo inserimento, è possibile selezionare il colore, lo spessore e scegliere tra linea continua o tratteggiata.

🔔 A seguito di problemi di *refresh* congeniti nel linguaggio di programmazione Java, evidenti soprattutto in fase di scorrimento dello schermo, si consiglia di mantenere aperta la finestra **Opzioni Grafiche** in quanto ciò forza il modello ad eseguire l'operazione di *refresh*.

La stampa dello schema costruito può essere eseguita attraverso il relativo comando da menù.

### 3.3 L'INSERIMENTO DEI DATI DI INPUT

L'inserimento grafico del nodo all'interno dell'area di lavoro è il primo passo per la costruzione del reticolo. Ovviamente il passo successivo consiste nell'inserimento, nodo per nodo, dei dati di input veri e propri, ovvero dei parametri caratteristici che saranno utilizzati nel corso della simulazione. A tale scopo è necessario aprire la finestra per la definizione dei parametri del nodo, cliccando con il tasto destro del mouse sul nodo di interesse e selezionando quindi la voce **Impostazioni**. Poiché tale finestra risulta ovviamente dipendente dalla tipologia di nodo considerato, di seguito si riporta una breve descrizione della stessa e dei principali valori da inserire al variare del tipo di nodo.

### 3.3.1 Nodo Input

I nodi di input rappresentano sorgenti, tributari, acque sotterranee o altro, ovvero i punti in cui l'acqua entra nel sistema fluviale.

I flussi, in ogni step temporale base adottato, sono originati in questi nodi e percorrono il reticolo nella sua sequenza monte-valle. Come dati di input possono essere utilizzati direttamente i valori dedotti dalle serie storiche di portate naturali, siano esse registrate o sinteticamente generate.

Tali dati possono essere importati da files ASCII (.ssf) contenenti le portate ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) attribuite per ciascuno periodo di simulazione (settimana/mese) allo specifico nodo, con separatore di campi costituito da “ ; ” (punto e virgola) e separatore decimale “ . ” (punto), lasciando le prime tre righe per commenti e la quarta per le intestazioni delle colonne (vedasi Allegato A). I commenti presenti in tali righe vengono quindi visualizzati nell'apposito box presente a centro finestra (Figura 3.4).

Il file può presentare, oltre alle necessarie colonne **Anno** e **Periodo**, molteplici colonne di dati, ciascuna rappresentativa di una serie storica di portate. Cliccando sul tasto **Leggi** viene aperta la finestra (Figura 3.5) per la visualizzazione del file prescelto in cui, attraverso la lista a discesa posizionata nella parte alta della finestra, è

possibile selezionare la colonna e quindi la serie storica di interesse.

**Definizione Parametri**

**Nome Nodo di Input**

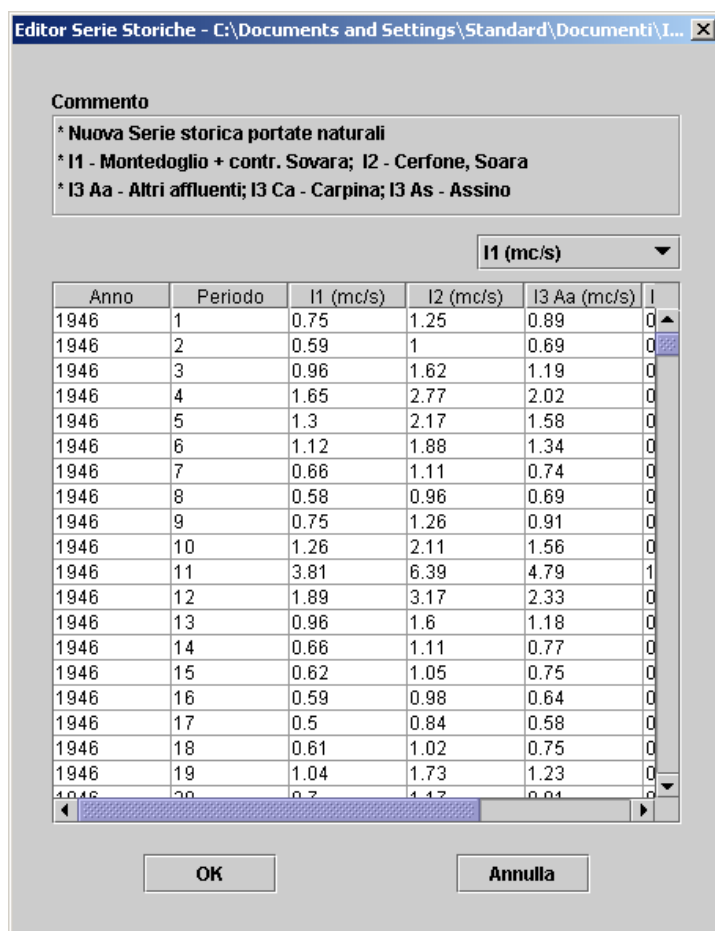
Leggi le portate da file

**Commento al file di portate**

\* Nuova Serie storica portate naturali  
\* I1 - Montedoglio + contr. Sovara; I2 - Cerfone, Soara  
\* I3 Aa - Altri affluenti; I3 Ca - Carpina; I3 As - Assino

**Figura 3.4** - La finestra per la definizione delle portate in ingresso al modello.

Se si utilizza Microsoft Excel, è sufficiente salvare il file scegliendo *Salva con nome...*, selezionare il tipo di file “CSV (delimitato dal separatore di elenco)” e quindi forzare il nome del file mettendolo tra virgolette con l’estensione richiesta (“nomefile.ssf”).



**Figura 3.5** – La finestra per la selezione della serie storica di interesse.

Al momento non è possibile visualizzare in SimBaT il grafico dell'andamento delle portate immesse (né prima né dopo l'esecuzione della simulazione). Occorre a tale scopo avvalersi di fogli di calcolo esterni e delle relative opzioni grafiche.

### 3.3.2 Nodo Serbatoio

Le caratteristiche fisiche principali di un vaso sono definite da due funzioni: la curva Volumi invasati-Altezze, che descrive la variazione della capacità di vaso del serbatoio con la quota della superficie liquida e quella Superfici-Altezze, che descrive la variazione della superficie dello specchio liquido al variare della quota dello stesso. Dalla combinazione delle due curve è possibile ricavare quella Superfici-Volumi invasati. Entrambe le suddette curve possono essere efficacemente approssimate da delle funzioni potenza o polinomiali del II ordine:

Potenza

$$H = a_1 V^{b_1}$$

$$H = a_2 S^{b_2}$$

Polinomiale

$$H = a_1 V^2 + b_1 V + c_1$$

$$H = a_2 S^2 + b_2 S + c_2$$

dove  $V$  è il volume invasato in milioni di metri cubi ( $Mm^3$ ),  $S$  è la superficie dello specchio liquido in chilometri quadrati ( $Km^2$ ),  $H$  è la quota in metri (m) dello specchio liquido al di sopra di uno zero convenzionale mentre  $a$ ,  $b$  e  $c$  sono dei parametri del modello analitico.

Nel modello è quindi possibile scegliere con quale tipo di funzione approssimare le curve volumi invasati-altezze e superfici-altezze, in maniera completamente indipendente l'una dall'altra, oppure scegliere di rappresentare tali andamenti mediante una serie di punti discreti, che verranno interpolati linearmente dal modello. I coefficienti per la definizione delle suddette curve, o in alternativa la

serie di punti discreti, devono essere definiti nella finestra **Generale** del nodo serbatoio (Figura 3.6). Per accedere alla maschera di definizione delle caratteristiche del nodo invaso è sufficiente posizionarsi in corrispondenza dell'elemento topologico (triangolo) e aprire il menu contestuale con il tasto destro del mouse, scegliendo l'opzione **Impostazioni**.

**Definizione Parametri**

**Generale** | Evaporazione | Gestione

**Nome Invaso**

Volume Iniziale  Mmc      Quota Minima  mslm

Volume Morto  Mmc      Quota Morto  mslm

Volume Max  Mmc      Quota Max  mslm

**Curve HV - HS**

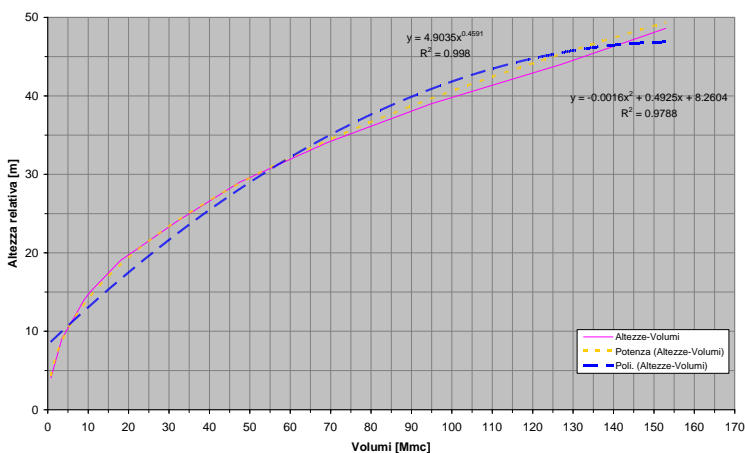
☒ Approssimazione Parametrica    ☐ Forma Discreta

H - V			H - S			Quota [mslm]   Volume [Mmc]   Area [Kmq]		
<input checked="" type="radio"/> potenza	<input checked="" type="radio"/> potenza		<input checked="" type="radio"/> potenza	<input checked="" type="radio"/> potenza		<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>
<input type="radio"/> poli	<input type="radio"/> poli		<input type="radio"/> poli	<input type="radio"/> poli		<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>
a <input type="text" value="4.9035"/>	a <input type="text" value="10.472"/>		a <input type="text" value="10.472"/>	a <input type="text" value="10.472"/>		<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>
b <input type="text" value="0.4591"/>	b <input type="text" value="0.756"/>		b <input type="text" value="0.756"/>	b <input type="text" value="0.756"/>		<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>
c <input type="text" value="0.0"/>	c <input type="text" value="0.0"/>		c <input type="text" value="0.0"/>	c <input type="text" value="0.0"/>		<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>

OK      Annulla

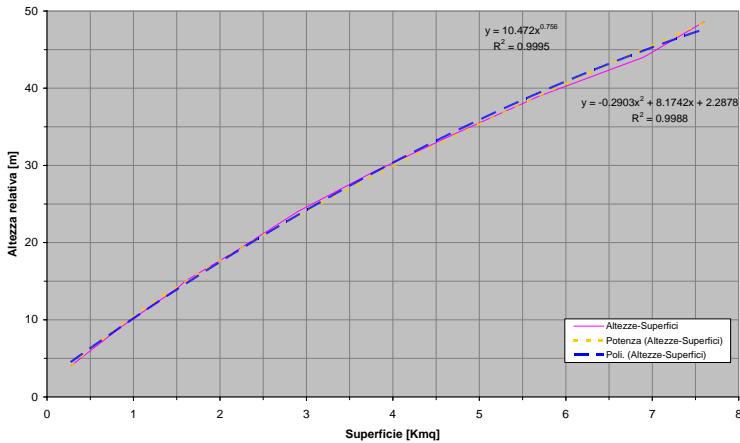
**Figura 3.6** – La finestra *Generale* del nodo serbatoio.

In Figura 3.7 e Figura 3.8 sono riportati, a titolo di esempio, gli andamenti delle curve reali, dell'approssimazione con funzione potenza e quella con funzione polinomiale per l'invaso di Montedoglio sul fiume Tevere. E' importante precisare che, come si osserva anche nelle suddette figure, le curve si riferiscono ad un'altezza convenzionale. Per riportare la curva in termini di quota assoluta il modello incrementa i valori di altezza calcolati di una quantità pari al valore inserito nella cella Quota minima, che corrisponde alla quota della base della diga, ovvero ad una condizione di volume invasato nullo.



**Figura 3.7** – Confronto tra gli andamenti delle curve Volumi invasati-Altezze per l'invaso di Montedoglio sul fiume Tevere.





**Figura 3.8** - Confronto tra gli andamenti delle curve Superfici-Altezze per l'invaso di Montedoglio sul fiume Tevere.

Le perdite per evaporazione dallo specchio liquido sono stimate, periodo per periodo, moltiplicando il valore dell'area della superficie del lago  $A_S(i)$ , ottenuta attraverso la curva Superfici-Volumi, ed il valore  $ev_S(i)$  di evaporazione per unità di superficie nel periodo considerato (in mm). In realtà, il modello opera un doppio passaggio, determinando in un primo momento l'altezza corrispondente ad un determinato volume invasato (curva Volumi invasati-Altezze) e poi la superficie dello specchio liquido mediante la curva Altezze-Superfici.

E' importante precisare che nella definizione dei 6 punti discreti, la prima terna deve consistere necessariamente nella terna *Quota minima-0-0*, la seconda ai valori relativi al volume morto, e l'ultima in quella corrispondente alla situazione di massimo invaso.

I valori unitari di evaporazione, espressi in mm, possono essere inseriti utilizzando la corrispondente finestra (Figura 3.9). Tali valori possono riferirsi a un anno tipo, a una serie storica o a una situazione mista, in cui per alcuni anni si utilizzano valori tipo mentre per altri è disponibile una serie storica. Poiché tale logica è utilizzata in maniera identica anche per i dati di input degli altri nodi, verrà descritta in dettaglio solo in questo caso, rimandando poi a questo paragrafo.

Consideriamo inizialmente il caso di **Anno Tipo**: cliccando sul corrispondente tasto **Leggi/Edita** si apre la finestra riportata in Figura 3.10, dove è possibile inserire manualmente i dati relativi ai 12 mesi od alle 52 settimane, in base alla scelta effettuata del passo temporale di simulazione. Specialmente nel caso di passo settimanale, può risultare utile caricare i valori di input da un file testo appositamente editato esternamente al modello. A tale scopo è sufficiente cliccare sul tasto **Carica** ed andare a selezionare il file di interesse, che deve avere estensione “.Ato” ma che è sostanzialmente simile a quello visto per i valori di portata dei nodi input (vedi Allegato A). Si tratta infatti di un file in formato testo con separatore di campi “ ; “ (punto e virgola) e separatore decimale “ . “ (punto), in cui le prime due righe sono destinate ad eventuali commenti. Se si utilizza Microsoft Excel, è sufficiente salvare il file scegliendo *Salva con nome...*, selezionare il tipo di file

“CSV (delimitato dal separatore di elenco)” e quindi forzare il nome del file mettendolo tra virgolette con l’estensione richiesta (“nomefile.ato”).

The image shows a software window titled "Definizione Parametri" with three tabs: "Generale", "Evaporazione", and "Gestione". The "Evaporazione" tab is selected. It contains three radio button options: "Anno Tipo" (selected), "Serie Storica", and "Misto".

- Anno Tipo:** Includes a text field "Leggi/Edita anno tipo" and a button "Leggi/Edita".
- Serie Storica:** Includes a text field "Leggi serie da file", a "Scegli" button, and a "Leggi" button.
- Misto:** Includes two sets of date ranges and file selection:
  - Serie Storica:** "dal" and "al" text boxes (both containing "0") followed by a "File" text box, "Scegli", and "Leggi" buttons.
  - Anno Tipo:** "dal" and "al" text boxes (both containing "0") followed by a "Leggi/Edita anno tipo" text field and a "Leggi/Edita" button.

At the bottom of the window are "OK" and "Annulla" buttons.

**Figura 3.9** – La finestra per l’inserimento dei dati di evaporazione.

**Edita fabbisogni anno tipo**

**Mensile (mm)**

Gen	0.0	Apr	0.0	Lug	0.0	Ott	0.0
Feb	0.0	Mag	0.0	Ago	0.0	Nov	0.0
Mar	0.0	Giu	0.0	Set	0.0	Dic	0.0

**Settimanale (mm)**

1	0.0	9	0.0	17	0.0	25	0.0	33	0.0	41	0.0	49	0.0
2	0.0	10	0.0	18	0.0	26	0.0	34	0.0	42	0.0	50	0.0
3	0.0	11	0.0	19	0.0	27	0.0	35	0.0	43	0.0	51	0.0
4	0.0	12	0.0	20	0.0	28	0.0	36	0.0	44	0.0	52	0.0
5	0.0	13	0.0	21	0.0	29	0.0	37	0.0	45	0.0		
6	0.0	14	0.0	22	0.0	30	0.0	38	0.0	46	0.0		
7	0.0	15	0.0	23	0.0	31	0.0	39	0.0	47	0.0		
8	0.0	16	0.0	24	0.0	32	0.0	40	0.0	48	0.0		

**Carica** **OK** **Annulla**

**Figura 3.10** – La finestra per l'inserimento dei dati di input in modalità *Anno tipo*.

L'importazione dei dati in modalità serie storica avviene attraverso la stessa procedura vista in precedenza per il nodo di input (formato testo con estensione .ssf). Nel caso di inserimento dei dati in modalità mista, la cui procedura di inserimento non è altro che una combinazione delle due procedure precedenti, è necessario specificare che i due intervalli di funzionamento (anno tipo e serie storica) devono essere definiti in modo tale da non sovrapporsi,

coprendo al tempo stesso l'intero intervallo di simulazione prescelto.

L'ultima scheda della finestra di inserimento dati del nodo serbatoio è quella denominata **Gestione** (Figura 3.11), in cui si deve definire la modalità di gestione delle utenze in caso di deficit idrico (proporzionale, percentuale, prioritaria secondo quanto visto nel paragrafo 2.2.2). Tale scelta determinerà anche il comportamento dei nodi derivazione ricadenti all'interno dell'area di gestione del serbatoio, che saranno in questo modo vincolati ad operare in modo coerente con quanto prescelto in questa scheda.

Sempre in questa scheda va definita la metodologia per la stima del *Total Requirement Volume (TRV)* e del *Total Available Volume (TAV)*, il cui confronto determina l'entrata in modalità gestita sulla base del valore assunto dal rapporto tra il *TAV* ed il *TRV*:

$$\alpha_{rid}(i) = \frac{TAV_S(i)}{TRV(i)} \quad (1.9)$$

Come in ogni modello di simulazione/ottimizzazione, gli afflussi fluviali e le richieste idriche sono modellate in maniera deterministica, ovvero sono considerati noti per ogni periodo di interesse. Nella suddetta fase di valutazione, è quindi possibile scegliere se utilizzare direttamente la serie storica di dati inseriti in input (ove presente), oppure se procedere ad una rielaborazione di tali

dati, optando per una valutazione eseguita sulle richieste di un anno tipo (medio) o caratterizzato da un determinato tempo di ritorno (vedi Tabella 2.1).

The image shows a software window titled "Definizione Parametri" with three tabs: "Generale", "Evaporazione", and "Gestione". The "Gestione" tab is active. It contains two main sections: "Modalità di Gestione" and "Stima Volume Totale Disponibile".

**Modalità di Gestione:**

- ☒ Proporzionale
- ☐ Percentuale
- ☐ Prioritaria

**Stima Volume Totale Disponibile:**

- ☒ Anno Tipo
- ☐ Tempo di ritorno
- ☐ Serie Storica

Below these sections are two options for volume regulation:

- ☐ **Volume Minimo di Regolazione**  
  
[Scegli] [Leggi]
- ☐ **Volume Massimo di Invaso**  
  
[Scegli] [Leggi]

At the bottom of the dialog are two buttons: "OK" and "Annulla".

**Figura 3.11** - Le modalità di gestione e di stima del *Total Available Volume*.

Infine è possibile definire se utilizzare, in luogo di un volume minimo di invaso costante rappresentato dal Volume Morto, una serie storica di volumi minimi che consente di rappresentare eventuali volumi di compenso

pluriennali. L'importazione dei dati avviene attraverso la stessa procedura vista in precedenza per il nodo di input (formato testo con estensione .ssf). In maniera esattamente identica si può scegliere di utilizzare una serie storica di volumi di massimo invaso, in luogo di un volume massimo costante rappresentato dal Volume Max.



Occorre sottolineare che, con l'attuale versione del software, nella costruzione del reticolo a monte di un nodo invaso può essere posto **solo il nodo di input** di alimentazione. Qualsiasi altro elemento non consentirebbe il corretto svolgimento della simulazione.



Analogamente, a valle di ogni nodo serbatoio deve essere necessariamente definito un **unico** arco uscente con tipologia ***Alveo Naturale***, in quanto ciò risulta fondamentale per l'indirizzamento automatico delle eventuali portate di sfioro e delle portate destinate a nodi controllo di flusso (DMV). Tali portate, infatti, percorrono, tra tutti gli itinerari possibili, quello costituito dal minor numero di aste naturali, ovvero il più diretto (ed il più ovvio). A tale scopo anche gli archi di restituzione da eventuali nodi utenza (irrigui, municipali/industriali, idrolettrici...) devono preferibilmente essere definiti con tipologia diversa da ***Alveo Naturale***.



Nella modalità di gestione prioritaria, il numero di priorità definito per le utenze di ciascun livello del reticolo (tutte le utenze che vengono “viste” direttamente dal

serbatoio senza passare attraverso un nodo derivazione) deve essere **univoco**. Per maggiori informazioni si rimanda al paragrafo successivo.

### **Scheda GENERALE**

*Nome Invaso*: campo per l'inserimento del nome del nodo.

*Volume Iniziale*: volume invasato all'inizio della simulazione.

*Volume Morto*: volume morto dell'invaso.

*Volume Max*: volume di massimo invasato del serbatoio.

*Quota Minima*: quota assoluta della base della diga (quota d'alveo).

*Quota Morto*: quota corrispondente al volume morto.

*Quota Max*: quota corrispondente alla condizione di massimo invasato del serbatoio.

### **Approssimazione Parametrica H-V/H-S**

*Potenza-poli*: consentono la selezione della tipologia di funzione che approssima le curve altezze-volumi ed altezze-superfici ( $y = ax^b$  o  $y = ax^2+bx+c$ ).

*a, b, c*: parametri delle funzioni potenza/polinomiale.

### **Forma discreta**

*Quota-Volume-Area*: terne di valori per la descrizione delle curve altezze-volumi ed altezze-superfici.

### **Scheda EVAPORAZIONE**

#### **Anno tipo**

*Leggi/Edita*: apre la finestra per la visualizzazione/modifica dei valori di evaporazione nella modalità anno tipo.

#### **Serie storica**

*Scegli*: consente la selezione del file di input della serie storica di valori di evaporazione.



**Leggi:** apre la finestra per la visualizzazione e la selezione della colonna di riferimento del file di input dell'evaporazione.

***Misto***

**Dal:** anno iniziale dell'intervallo di funzionamento nella sottomodalità anno tipo/serie storica.

**Al:** anno finale dell'intervallo di funzionamento nella sottomodalità anno tipo/serie storica.

**Scegli:** consente la selezione del file di input di valori di evaporazione nella sottomodalità serie storica.

**Leggi:** apre la finestra per la visualizzazione e la selezione della colonna di riferimento del file di input dell'evaporazione nella sottomodalità serie storica.

**Leggi/Edita:** apre la finestra per la visualizzazione/modifica dei valori di evaporazione nella sottomodalità anno tipo.

**Scheda GESTIONE**

***Modalità di gestione***

**Proporzionale-Percentuale-Prioritaria:** consentono la scelta della modalità di ripartizione della risorsa nei periodi di effettiva gestione.

***Stima Volume Totale Disponibile***

**Anno tipo-Tempo di ritorno-Serie storica:** determinano la modalità di trattamento dei dati di input disponibili nelle valutazioni del Total Available Volume (TAV) e Total Requirement Volume (TRV).

**Volume Minimo di Regolazione:** consente di definire un volume minimo di invaso variabile da periodo a periodo in luogo del volume morto, costante per tutta la simulazione.

*Scegli:* consente la selezione del file di input della serie storica di valori di volume minimo di regolazione.

*Leggi:* apre la finestra per la visualizzazione e la selezione della colonna di riferimento del file di input del volume minimo di regolazione.

**Volume Massimo di Invaso:** consente di definire un volume massimo di invaso variabile da periodo a periodo in luogo del volume max, costante per tutta la simulazione.

*Scegli:* consente la selezione del file di input della serie storica di valori di volume massimo di invaso.

*Leggi:* apre la finestra per la visualizzazione e la selezione della colonna di riferimento del file di input del volume massimo di invaso.

### **3.3.3 Nodo Derivazione**

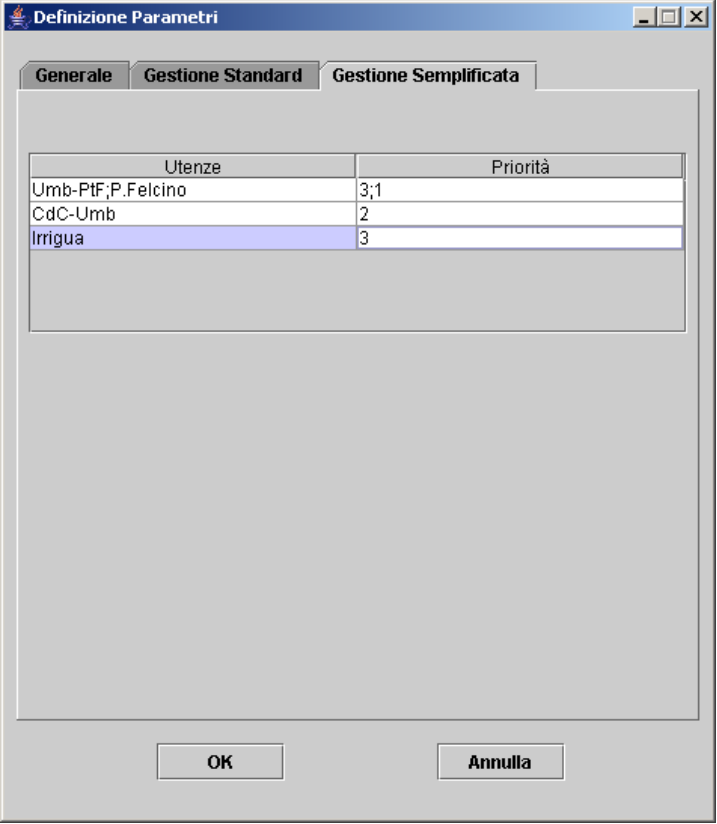
Come anticipato in precedenza, il modello sviluppato prevede essenzialmente la possibilità di gestire la risorsa per le varie utenze attraverso i nodi serbatoio ed i nodi derivazione. Questi ultimi, che rappresentano le prese che deviano la portata agli altri nodi del sistema, hanno caratteristiche gestionali essenzialmente simili a quelle dei serbatoi, con la ovvia differenza che in questo caso la gestione è limitata ai soli volumi fluenti.

Per un corretto utilizzo dei nodi derivazione risulta fondamentale comprendere a fondo il funzionamento del modello. A tale scopo è preferibile ricorrere ad una trattazione per punti che riporti l'intera casistica di situazioni

che si possono verificare nella schematizzazione di un reticolo idrografico.

- Nodi derivazione **non ricadenti** all'interno di un'area di gestione dei serbatoi presenti nel reticolo, rappresentanti quindi prelievi diretti dall'alveo senza alcun serbatoio di monte. In questo caso si parla di derivazioni extrabacino, che risultano pertanto svincolate da quelle che sono le scelte gestionali operate nei nodi serbatoio, e che procedono ad una ripartizione delle portate fluenti attraverso una modalità di gestione denominata **Gestione semplificata** (Figura 3.12). La gestione implementata si richiama ad una sorta di gestione prioritaria, ma risulta sensibilmente più rigida di quella operata dai nodi serbatoio. Infatti in questo caso il volume fluente viene prima di tutto destinato all'utenza a maggior priorità (numero minore nella casella **Priorità utenza**) fino al completo soddisfacimento della richiesta (se sufficiente) e solo dopo viene presa in esame l'utenza con ordine di priorità successivo. Il procedimento prosegue così fino al completo esaurimento del volume disponibile, o al completo soddisfacimento di tutte le utenze. Potrebbe pertanto verificarsi che le utenze più svantaggiate risultino totalmente deficitarie mentre quelle più favorite si trovino con la richiesta completamente soddisfatta. Per cercare di aggirare, almeno parzialmente, tale problema, nella **Gestione semplificata** è possibile definire utenze

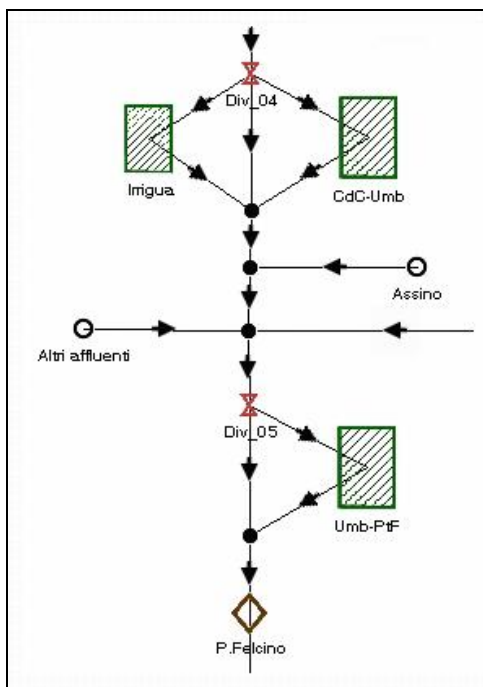
caratterizzate da un ugual valore di priorità, in modo che tra loro il volume disponibile sia ripartito proporzionalmente alla richiesta.



**Figura 3.12** – La finestra per la Gestione semplificata delle utenze.

Un ulteriore approfondimento deve essere destinato ad illustrare la modalità di ricerca delle utenze di valle da parte delle derivazioni extrabacino. La ricerca avviene “lanciando dei ricercatori” lungo ciascun arco uscente dal nodo, che

procedono verso valle fino ad incontrare un nodo utenza. Se nella propria ricerca il ricercatore incontra un ulteriore nodo derivazione, esso viene “sdoppiato”, andando così a coprire (percorrere) tutti i possibili itinerari di valle. Una volta incontrate le prime utenze su ciascun itinerario, la ricerca si interrompe e le utenze trovate vengono comunicate al nodo derivazione che per primo ha lanciato la ricerca. Quest’ultimo quindi raggruppa le utenze in base all’arco uscente da cui si origina l’itinerario che arriva all’utenza considerata (Figura 3.12 e Figura 3.13). In questo caso ulteriori nodi derivazione sono pertanto considerati “trasparenti”, e producono il solo frazionamento del percorso di ricerca.



**Figura 3.13** – Esempio di nodo derivazione extrabacino (si veda anche Figura 3.12).

- Nodi derivazione **ricadenti** all'interno di un'area di gestione dei serbatoi presenti nel reticolo. In questi casi il funzionamento delle derivazioni si limita ad un semplice smistamento delle portate destinate alle varie utenze se il sistema non è in gestione, mentre sono vincolate a gestire le portate in ingresso in modo **coerente** con il funzionamento del serbatoio cui fanno riferimento nei periodi di gestione effettiva (Gestione standard). In realtà anche nel caso di gestione proporzionale, in cui la riduzione delle richieste avviene secondo un fattore costante per tutte

le utenze, la funzione dei nodi derivazione si limita ad un semplice smistamento delle portate destinate alle varie utenze direttamente dal serbatoio. Nelle modalità di gestione percentuale e prioritaria, invece, il modello procede ripartendo la risorsa per livelli. Un livello può essere definito come l'insieme delle utenze che vengono "viste" direttamente dal serbatoio (o da una derivazione) senza dover passare attraverso nodi derivazione. Il nodo derivazione, infatti, in questo caso produce una sorta di interruzione nella ricerca delle utenze di valle, venendo visto da monte come un particolare nodo utenza, con dei propri parametri di gestione (Figura 3.14) e dei fabbisogni costituiti dalla somma dei fabbisogni di tutte le utenze di valle (ma sempre interne all'area di gestione). I parametri che devono essere inseriti per la gestione del nodo derivazione da monte sono illustrati di seguito, in base al tipo di gestione prescelta:

Modalità Proporzionale: non è necessario definire alcun ulteriore parametro in quanto la ripartizione della risorsa all'interno di ciascun periodo (settimana, mese) di gestione avviene in modo "egualitario" tra le varie utenze interessate, ovvero proporzionalmente al fabbisogno teorico richiesto.

Modalità Percentuale: è necessario inserire la sola percentuale per la ripartizione della risorsa idrica disponibile nel periodo da destinarsi all'utenza in

esame. La somma dei valori inseriti per le utenze dello stesso livello del reticolo devono a rigore sommare a 100 (un errore in tale senso non determina il blocco del programma ma dei risultati non corretti).

Modalità Prioritaria: è necessario inserire l'ordine di priorità dell'utenza (univoca per le utenze di uno stesso livello), il passo per la riduzione percentuale della richiesta e l'eventuale volume di invaso nel serbatoio di riferimento al di sotto del quale sospendere completamente l'alimentazione della utenza (vedi paragrafo 2.2.2 per spiegazioni sulla modalità di gestione).

Allo stesso tempo il nodo derivazione si comporta verso valle come un serbatoio e, come per il serbatoio (vedi paragrafo precedente), richiede che l'ordine di priorità assegnato alle utenze di uno stesso livello sia **univoco**.



Nella costruzione del reticolo, analogamente a quanto detto per i nodi serbatoio, a valle di ogni nodo derivazione deve essere necessariamente definito un **unico** arco uscente con tipologia **Alveo Naturale**, in quanto ciò risulta fondamentale per l'indirizzamento delle portate destinate a nodi controllo di flusso (DMV).



**Definizione Parametri**

**Generale** **Gestione Standard** **Gestione Semplicata**

**Proporzionale**

Non sono necessari ulteriori parametri

**Percentuale**

Assegnazione volume disponibile 0.0 %

**Prioritaria**

Priorità Utenza 0

Passo di riduzione percentuale 0.0 %

Volume Minimo

☒ Costante 0.0 Mmc ☐ Da serie storica

Scegli Leggi

OK Annulla

**Figura 3.14** - Finestra di definizione dei parametri per la gestione da monte.

### **Scheda GENERALE**

*Nome nodo derivazione*: campo per l'inserimento del nome del nodo.

### **Scheda GESTIONE STANDARD**

#### ***Proporzionale***

Nessun ulteriore parametro da inserire.

### ***Percentuale***

*Assegnazione volume disponibile:* percentuale per la ripartizione della risorsa disponibile tra le utenze di uno stesso livello.

### ***Prioritaria***

*Priorità Utenza:* ordine di priorità per la ripartizione della risorsa tra le utenze di uno stesso livello. Numero minore corrisponde a priorità maggiore. Tale valore deve essere unico all'interno di uno stesso livello.

*Passo di riduzione percentuale:* valore della percentuale di riduzione della richiesta dell'utenza per ogni passo di iterazione.

### ***Volume minimo***

*Costante-Da serie storica:* consentono di selezionare la modalità di funzionamento del volume minimo di invaso nel serbatoio di riferimento al di sotto del quale sospendere l'alimentazione dell'utenza.

*Scegli:* consente la selezione del file di input dei valori di volume minimo di invaso nella modalità serie storica.

*Leggi:* apre la finestra per la visualizzazione e la selezione della colonna di riferimento del file di input del volume minimo di invaso nella modalità serie storica.

### **Scheda GESTIONE SEMPLIFICATA**

*Utenze:* colonna per l'elencazione delle prime utenze trovate lungo ciascun itinerario che si origina dal nodo derivazione. Le utenze sono raggruppate in base al primo arco dell'itinerario che le raggiunge (arco uscente dal nodo derivazione).

*Priorità:* colonna per la definizione dell'ordine di priorità delle utenze, per la ripartizione della risorsa disponibile.

### 3.3.4 Nodo Irriguo

Nella scheda **Generale** della finestra di inserimento dei dati di input del nodo irriguo (Figura 3.15) devono essere inseriti i parametri relativi all'efficienza di adacquamento/distribuzione interna al nodo considerato ed il coefficiente di ruscellamento superficiale per l'eventuale restituzione in alveo del volume non evapotraspirato, dove la restante parte si considera infiltrata in profondità, abbandonando il reticolo di simulazione. Per lo schema di funzionamento del nodo irriguo ed una sua descrizione si rimanda al paragrafo 2.4.



Il parametro denominato **Superficie irrigua** non è al momento attivato.

Un parametro fondamentale che deve essere inserito è la **Superficie irrigata** (in ha), e che può essere definita alternativamente come valore costante per tutta la durata della simulazione o come serie storica variabile da periodo a periodo (anche se all'interno di una stessa stagione irrigua è ragionevole mantenerne il valore costante). Il fabbisogno lordo dell'utenza è espresso in termini di altezza d'acqua (mm) richiesta in ciascun periodo di simulazione, che il modello converte nel corrispondente volume di acqua ( $\text{Mm}^3$ ) sulla base del suddetto valore di superficie irrigata. L'importazione dei dati di superficie irrigata in modalità serie storica avviene attraverso la stessa procedura vista in

precedenza per il nodo di input (formato testo con estensione .ssf).

L'importazione dei dati di fabbisogno avviene attraverso la stessa procedura vista in precedenza per l'evaporazione del nodo serbatoio, ed a tale paragrafo si rimanda per una descrizione di dettaglio della stessa.

Fondamentale è la scheda che contiene i parametri necessari alle varie modalità di funzionamento in regime gestito, per la quale valgono le stesse indicazioni fornite per il nodo derivazione (vedi paragrafo 3.3.3).

The screenshot shows a software window titled "Definizione Parametri" with three tabs: "Generale", "Fabbisogni", and "Gestione". The "Generale" tab is active. It contains the following fields and controls:

- Nome area irrigua:** A text box containing "IRR 1".
- Superficie irrigua:** A text box containing "0.0" followed by the unit "ha".
- Superficie irrigata:** A section containing two radio buttons:
  - ☒ **Valore costante:** A text box containing "750.0" followed by the unit "ha".
  - ☐ **Valori da file:** An empty text box, with "Scegli" and "Leggi" buttons to its right.
- Efficienza irrigua:** A section containing two text boxes:
  - Efficienza distribuzione/adacquamento:** A text box containing "80.0" followed by the unit "%".
  - Perdite per ruscellamento (Return Flow):** A text box containing "20.0" followed by the unit "%".

At the bottom of the window are two buttons: "OK" and "Annulla".

**Figura 3.15** - La finestra *Generale* del nodo irriguo.

### **Scheda GENERALE**

*Nome area irrigua:* campo per l'inserimento del nome del nodo.

*Superficie irrigua:* valore della superficie irrigua (parametro attualmente non utilizzato dal modello).

### ***Superficie irrigata***

*Valore costante-Valore da file:* consentono di selezionare la modalità di funzionamento del valore di superficie irrigata necessario per la conversione del fabbisogno dell'utenza,

espresso in termini di altezza d'acqua (mm) richiesta in ciascun periodo di simulazione, nel corrispondente volume di acqua ( $\text{Mm}^3$ ).

*Scegli*: consente la selezione del file di input della serie storica di superficie irrigata.

*Leggi*: apre la finestra per la visualizzazione e la selezione della colonna di riferimento del file di input della superficie irrigata.

### ***Efficienza irrigua***

*Efficienza distribuzione/adacquamento*: valore dell'efficienza di distribuzione/adacquamento interna al nodo considerato.

*Perdite per ruscellamento (return flow)*: coefficiente di ruscellamento superficiale per la restituzione in alveo del volume non evapotraspirato.

### **Scheda FABBISOGNI**

#### ***Anno tipo***

*Leggi/Edita*: apre la finestra per la visualizzazione/modifica dei fabbisogni lordi dell'utenza nella modalità anno tipo.

#### ***Serie storica***

*Scegli*: consente la selezione del file di input della serie storica dei fabbisogni lordi dell'utenza.

*Leggi*: apre la finestra per la visualizzazione e la selezione della colonna di riferimento del file di input dei fabbisogni lordi.

#### ***Misto***

*Dal*: anno iniziale dell'intervallo di funzionamento nella sottomodalità anno tipo/serie storica.

*Al*: anno finale dell'intervallo di funzionamento nella sottomodalità anno tipo/serie storica.

*Scegli:* consente la selezione del file di input dei fabbisogni lordi nella sottomodalità serie storica.

*Leggi:* apre la finestra per la visualizzazione e la selezione della colonna di riferimento del file di input dei fabbisogni lordi nella sottomodalità serie storica.

*Leggi/Edita:* apre la finestra per la visualizzazione/modifica dei valori dei fabbisogni lordi nella sottomodalità anno tipo.

### **Scheda GESTIONE**

#### ***Proporzionale***

Nessun ulteriore parametro da inserire.

#### ***Percentuale***

*Assegnazione volume disponibile:* percentuale per la ripartizione della risorsa disponibile tra le utenze di uno stesso livello.

#### ***Prioritaria***

*Priorità Utenza:* ordine di priorità per la ripartizione della risorsa tra le utenze di uno stesso livello. Numero minore corrisponde a priorità maggiore. Tale valore deve essere unico all'interno di uno stesso livello.

*Passo di riduzione percentuale:* valore della percentuale di riduzione della richiesta dell'utenza per ogni passo di iterazione.

#### ***Volume minimo***


*Costante-Da serie storica:* consente di selezionare la modalità di funzionamento del volume minimo di invaso nel serbatoio di riferimento al di sotto del quale sospendere l'alimentazione dell'utenza.

*Leggi:* apre la finestra per la visualizzazione e la selezione della colonna di riferimento per la definizione del volume minimo

di invaso nella modalità serie storica (il file a cui fa riferimento è quello contenente la serie storica dei fabbisogni).

### **3.3.5 Nodo Municipale/Industriale**

Nella scheda **Generale** della finestra di inserimento dei dati di input del nodo municipale (Figura 3.16) devono essere inseriti i parametri relativi alle perdite di distribuzione interne al nodo considerato e del valore di efficienza dissipativa dello stesso. Ciò determina il volume che abbandona il reticolo idrografico in esame, ed al contempo il volume che viene generalmente restituito in alveo, rendendosi così disponibile per altre utenze di valle.

 Il parametro denominato **Portata massima** non è al momento utilizzato dal modello.

L'organizzazione delle finestre di input segue la logica vista nei casi precedenti, in particolare il fabbisogno del nodo è espresso in migliaia di metri cubi di volume d'acqua ( $10^3 \text{ m}^3$ ) richiesta in ciascun periodo di simulazione, che il modello converte in milioni di metri cubi in quanto questa è l'unità di misura utilizzata in fase di gestione/simulazione del reticolo.

L'importazione dei dati di fabbisogno avviene attraverso la stessa procedura vista in precedenza per l'evaporazione del nodo serbatoio, ed a tale paragrafo si rimanda per una descrizione di dettaglio della stessa.

Lo stesso dicasi per le definizioni dei parametri necessari alle varie modalità di funzionamento in regime



gestito, per i quali valgono le stesse indicazioni fornite per il nodo derivazione (vedi paragrafo 3.3.3).

The image shows a software window titled "Definizione Parametri" with three tabs: "Generale", "Fabbisogni", and "Gestione". The "Generale" tab is selected. Inside the tab, there is a text field labeled "Nome del nodo Civile/Industriale" containing the word "Municipale". Below this, there are three rows of input fields: "Portata massima" with a value of "0.0" and unit "mc/s"; "Perdite distribuzione" with a value of "20.0" and unit "%"; and "Efficienza dissipativa al nodo" with a value of "30.0" and unit "%". At the bottom of the window are two buttons: "OK" and "Annulla".

**Figura 3.16** - La finestra *Generale* del nodo municipale.

### **Scheda GENERALE**

*Nome del nodo Civile/Industriale*: campo per l'inserimento del nome del nodo.

*Portata massima*: valore della massima portata per l'alimentazione del nodo. Può rappresentare il limite fisico delle

condotte di adduzione (parametro attualmente non utilizzato dal modello).

*Perdite di distribuzione:* coefficiente rappresentativo delle perdite della rete di distribuzione interna al nodo. Ciò determina il volume di risorsa che abbandona il reticolo idrografico.

*Efficienza dissipativa al nodo:* valore dell'efficienza dissipativa del nodo. Ciò determina l'ulteriore volume di risorsa che abbandona il reticolo idrografico, ed al contempo il volume che in seguito ad opportuni trattamenti di depurazione viene generalmente restituito in alveo.

### **Scheda FABBISOGNI**

#### **Anno tipo**

*Leggi/Edita:* apre la finestra per la visualizzazione/modifica dei fabbisogni dell'utenza nella modalità anno tipo.

#### **Serie storica**

*Scegli:* consente la selezione del file di input della serie storica dei fabbisogni dell'utenza.

*Leggi:* apre la finestra per la visualizzazione e la selezione della colonna di riferimento del file di input dei fabbisogni.

#### **Misto**

*Dal:* anno iniziale dell'intervallo di funzionamento nella sottomodalità anno tipo/serie storica.

*Al:* anno finale dell'intervallo di funzionamento nella sottomodalità anno tipo/serie storica.

*Scegli:* consente la selezione del file di input dei fabbisogni nella sottomodalità serie storica.

*Leggi:* apre la finestra per la visualizzazione e la selezione della colonna di riferimento del file di input dei fabbisogni nella sottomodalità serie storica.

*Leggi/Edita:* apre la finestra per la visualizzazione/modifica dei valori dei fabbisogni nella sottomodalità anno tipo.

### **Scheda GESTIONE**

#### ***Proporzionale***

Nessun ulteriore parametro da inserire.

#### ***Percentuale***

*Assegnazione volume disponibile:* percentuale per la ripartizione della risorsa disponibile tra le utenze di uno stesso livello.

#### ***Prioritaria***

*Priorità Utenza:* ordine di priorità per la ripartizione della risorsa tra le utenze di uno stesso livello. Numero minore corrisponde a priorità maggiore. Tale valore deve essere unico all'interno di uno stesso livello.

*Passo di riduzione percentuale:* valore della percentuale di riduzione della richiesta dell'utenza per ogni passo di iterazione.

#### ***Volume minimo***

*Costante-Da serie storica:* consente di selezionare la modalità di funzionamento del volume minimo di invaso nel serbatoio di riferimento al di sotto del quale sospendere l'alimentazione dell'utenza.

*Leggi:* apre la finestra per la visualizzazione e la selezione della colonna di riferimento per la definizione del volume minimo di invaso nella modalità serie storica (il file a cui fa riferimento è quello contenente la serie storica dei fabbisogni).

### 3.3.6 Nodo controllo di flusso

Il nodo controllo di flusso presenta una doppia modalità di funzionamento, potendo rappresentare sia sezioni di particolare interesse, generalmente coincidenti con sezioni strumentate in cui si vuole imporre il rispetto del Deflusso Minimo Vitale, sia delle tipologie di usi ambientali, quali attività ricreative in alveo. La scelta della modalità di funzionamento avviene attraverso la selezione della voce corrispondente nella scheda **Generale** della finestra di inserimento dei dati di input (Figura 3.17).

Nel primo caso al soddisfacimento delle portate richieste viene data precedenza assoluta, rimanendo fuori quindi dalla logica di competizione e gestione della risorsa. In tale modalità è possibile definire esclusivamente un anno tipo (mensile o settimanale) di portate da mantenere in alveo, editabile attraverso il bottone **Leggi/Edita** situato nella stessa scheda. In tale modalità di funzionamento le schede **Fabbisogni** e **Gestione** risultano disattivate.

Nel secondo caso il nodo è visto come una vera e propria utenza, soggetta alle stesse regole di gestione delle utenze irrigue od idropotabili, e ciò determina l'attivazione delle successive schede **Fabbisogni** e **Gestione**, valendo quanto detto per queste ultime circa l'inserimento dei parametri.



**Figura 3.17** - La finestra *Generale* del nodo controllo di flusso.

In entrambi i casi si tratta però di nodi non-dissipativi, ovvero in cui si può verificare il soddisfacimento di eventuali dati di portata richiesta ma senza alcun tipo di dissipazione della stessa, pertanto con una completa restituzione a valle della portata in ingresso.

### **Scheda GENERALE**

*Nome nodo di controllo:* campo per l'inserimento del nome del nodo.

## ***Tipologia***

*Deflusso Minimo Vitale-Altri Usi Ambientali*: consentono la selezione della modalità di funzionamento del nodo di controllo di flusso.

*Leggi/Edita*: apre la finestra per la visualizzazione/modifica dei valori di portata dell'utenza in formato anno tipo nella modalità Deflusso Minimo Vitale.

## **Scheda FABBISOGNI**

### ***Anno tipo***

*Leggi/Edita*: apre la finestra per la visualizzazione/modifica dei fabbisogni dell'utenza nella modalità anno tipo.

### ***Serie storica***

*Scegli*: consente la selezione del file di input della serie storica dei fabbisogni dell'utenza.

*Leggi*: apre la finestra per la visualizzazione e la selezione della colonna di riferimento del file di input dei fabbisogni.

### ***Misto***

*Dal*: anno iniziale dell'intervallo di funzionamento nella sottomodalità anno tipo/serie storica.

*Al*: anno finale dell'intervallo di funzionamento nella sottomodalità anno tipo/serie storica.

*Scegli*: consente la selezione del file di input dei fabbisogni nella sottomodalità serie storica.

*Leggi*: apre la finestra per la visualizzazione e la selezione della colonna di riferimento del file di input dei fabbisogni nella sottomodalità serie storica.

*Leggi/Edita*: apre la finestra per la visualizzazione/modifica dei valori dei fabbisogni nella sottomodalità anno tipo.

### **Scheda GESTIONE**

#### ***Proporzionale***

Nessun ulteriore parametro da inserire.

#### ***Percentuale***

*Assegnazione volume disponibile:* percentuale per la ripartizione della risorsa disponibile tra le utenze di uno stesso livello.

#### ***Prioritaria***

*Priorità Utenza:* ordine di priorità per la ripartizione della risorsa tra le utenze di uno stesso livello. Numero minore corrisponde a priorità maggiore. Tale valore deve essere unico all'interno di uno stesso livello.

*Passo di riduzione percentuale:* valore della percentuale di riduzione della richiesta dell'utenza per ogni passo di iterazione.

#### ***Volume minimo***

*Costante-Da serie storica:* consente di selezionare la modalità di funzionamento del volume minimo di invaso nel serbatoio di riferimento al di sotto del quale sospendere l'alimentazione dell'utenza.

*Leggi:* apre la finestra per la visualizzazione e la selezione della colonna di riferimento per la definizione del volume minimo di invaso nella modalità serie storica (il file a cui fa riferimento è quello contenente la serie storica dei fabbisogni).

### **3.3.7 Nodo Idroelettrico**

La finestra **Generale** (Figura 3.18) consente di definire in particolare le caratteristiche delle turbine presenti nell'impianto, fino ad un massimo di cinque macchine, e le modalità di ripartizione del volume totale affluente al nodo

tra le stesse. A tale scopo sono presenti 3 opzioni, ancora denominate ***proporzionale***, ***percentuale*** e ***prioritaria***. Nella prima il volume è ripartito proporzionalmente al volume massimo turbinabile da ciascuna turbina, nella seconda la ripartizione avviene in base al valore percentuale definito per ciascuna turbina, mentre nella terza essa avviene attraverso una modalità sostanzialmente simile a quella illustrata nella gestione semplificata delle derivazioni, in cui l'ordine di priorità delle turbine deriva dall'ordine delle schede di inserimento dei dati di input.

Inoltre è possibile definire per ogni turbina un eventuale periodo di non funzionamento della stessa ed una minima portata di funzionamento dell'impianto, al di sotto della quale non è possibile o conveniente turbinare la portata transitante.



Il parametro ***Potenza installata*** non è utilizzato dal modello, ma è un promemoria per l'utente.



**Definizione Parametri**

**Generale** | Tipologia | Fabbisogni | Gestione

**Generale**

Nome Impianto:

Gestione Impianto: ☒ Proporzionale ☐ Percentuale ☐ Prioritaria

Minima portata di funzionamento:  mc/s

**Turbine installate**

Turbina 1 | Turbina 2 | Turbina 3 | Turbina 4 | Turbina 5

Potenza installata:  MW

Max portata turbinabile:  mc/s

Rendimento:  Percentuale  %

☐ Disattiva dal  /  al  /  (Periodo / Anno)

OK Annulla

**Figura 3.18** - La finestra *Generale* del nodo idroelettrico.

Nella scheda **Tipologia** (Figura 3.19) è necessario scegliere la tipologia di impianto del nodo idroelettrico, essendo stata implementata la possibilità di definire sia la tipologia a serbatoio che quella ad acqua fluente. In ogni caso si tratta di un nodo non dissipativo, ovvero tutta la portata in ingresso al nodo verrà restituita in uscita.

Nella tipologia a serbatoio, la selezione del nome del serbatoio di riferimento nell'apposita finestra a discesa è

puramente indicativa, in quanto è direttamente quest'ultimo che vede se il nodo ricade o meno all'interno della propria area di gestione. E' invece necessario inserire la quota assoluta a cui sono posizionate le turbine per il calcolo, periodo per ogni periodo, del salto utile come differenza tra l'altezza di invaso del serbatoio di riferimento e la quota suddetta.

Nella tipologia ad acqua fluente, invece, si può scegliere se fornire un salto utile medio costante nel tempo oppure definire una scala dei deflussi, del tipo  $y = ax^b + c$ , mediante la quale ottenere, dal volume transitante nella sezione di interesse, la corrispondente altezza della corrente e quindi il salto utile rispetto alla quota di installazione delle turbine (in fase di attivazione).

Per le successive schede **Fabbisogni** e **Gestione** vale quanto detto per le altre utenze circa l'inserimento dei parametri.

Il parametro **Massima Portata di Funzionamento** dovrebbe essere utilizzato per definire l'eventuale valore di portata che annulla il salto disponibile per sommersione dello stesso, nel caso di impianto ad acqua fluente.

**Figura 3.19** - La finestra per la definizione della tipologia di impianto.

### **Scheda GENERALE**

*Nome impianto:* campo per l'inserimento del nome del nodo.

### ***Gestione impianto***

*Proporzionale-Percentuale-Prioritaria:* consentono la scelta della modalità di ripartizione della risorsa tra le turbine.

*Minima portata di funzionamento:* valore della minima portata fluente al di sotto della quale non è possibile o conveniente turbinare la portata transitante.

## ***Turbine installate***

*Potenza installata:* è un parametro non utilizzato attualmente dal modello. Può essere utilizzato solo come promemoria da parte dell'utente.

*Max portata turbinabile:* definisce la massima portata turbinabile dalla singola turbina (limite fisico).

*Rendimento:* valore del rendimento della singola turbina.

*Percentuale:* valore della percentuale per la ripartizione della risorsa fluente tra le turbine nella omonima modalità di funzionamento.

*Disattiva dal/al:* permettono di definire un intervallo di disattivazione della singola turbina (rottura, manutenzione). E' necessario inserire il periodo e l'anno di inizio/fine intervallo di disattivazione.

## **Scheda TIPOLOGIA**

### ***Impianto a serbatoio***

*Serbatoio di riferimento:* definisce a quale serbatoio deve fare riferimento l'impianto. In realtà tale selezione è superflua, essendo direttamente il serbatoio a riconoscere gli impianti che ricadono nella propria area di gestione.

*Quota assoluta turbine:* valore della quota assoluta di posizionamento delle turbine per il calcolo del salto utile.

### ***Impianto ad Acqua Fluente***

*Massima portata di funzionamento:* valore della massima portata fluente al di sopra della quale non è possibile far funzionare l'impianto. Utilizzata per rappresentare particolari situazioni in cui si possano verificare problemi in tale direzione.

*Salto Utile Medio*: possibilità di definire un valore del salto utile medio, cosante per tutta la simulazione, per il calcolo della potenza elettrica producibile dall'impianto.

*Quota Assoluta Turbine*: valore della quota assoluta di posizionamento delle turbine per il calcolo del salto utile, nel caso in cui si sia scelto di non utilizzare un salto utile medio.

***Parametri Scala Deflusso***

*a, b, c*: parametri delle funzioni potenza ( $H = aQ^2 + c$ ) che approssima la Scala di Deflusso nella sezione considerata.

***Scheda FABBISOGNI***

***Anno tipo***

*Leggi/Edita*: apre la finestra per la visualizzazione/modifica dei fabbisogni dell'utenza nella modalità anno tipo.

***Serie storica***

*Scegli*: consente la selezione del file di input della serie storica dei fabbisogni dell'utenza.

*Leggi*: apre la finestra per la visualizzazione e la selezione della colonna di riferimento del file di input dei fabbisogni.

***Misto***

*Dal*: anno iniziale dell'intervallo di funzionamento nella sottomodalità anno tipo/serie storica.

*Al*: anno finale dell'intervallo di funzionamento nella sottomodalità anno tipo/serie storica.

*Scegli*: consente la selezione del file di input dei fabbisogni nella sottomodalità serie storica.

*Leggi*: apre la finestra per la visualizzazione e la selezione della colonna di riferimento del file di input dei fabbisogni nella sottomodalità serie storica.

*Leggi/Edita*: apre la finestra per la visualizzazione/modifica dei valori dei fabbisogni nella sottomodalità anno tipo.

### **Scheda GESTIONE**

#### ***Proporzionale***

Nessun ulteriore parametro da inserire.

#### ***Percentuale***

*Assegnazione volume disponibile*: percentuale per la ripartizione della risorsa disponibile tra le utenze di uno stesso livello.

#### ***Prioritaria***

*Priorità Utenza*: ordine di priorità per la ripartizione della risorsa tra le utenze di uno stesso livello. Numero minore corrisponde a priorità maggiore. Tale valore deve essere unico all'interno di uno stesso livello.

*Passo di riduzione percentuale*: valore della percentuale di riduzione della richiesta dell'utenza per ogni passo di iterazione.

#### ***Volume minimo***

*Costante-Da serie storica*: consente di selezionare la modalità di funzionamento del volume minimo di invaso nel serbatoio di riferimento al di sotto del quale sospendere l'alimentazione dell'utenza.

*Leggi*: apre la finestra per la visualizzazione e la selezione della colonna di riferimento per la definizione del volume minimo di invaso nella modalità serie storica (il file a cui fa riferimento è quello contenente la serie storica dei fabbisogni).

### 3.3.8 Nodo Sollevamento

La finestra **Generale** (Figura 3.20) del nodo sollevamento è in tutto simile a quella già illustrata per il nodo idroelettrico. Essa infatti consente di definire le caratteristiche delle pompe presenti nell'impianto (massimo cinque macchine) e le modalità di ripartizione del volume totale affluente al nodo tra le stesse. Le opzioni di ripartizione sono le medesime viste per il nodo idroelettrico (**proporzionale**, **percentuale** e **prioritaria**). Anche in questo caso è possibile definire un periodo di non funzionamento delle pompe ed una minima portata di funzionamento dell'intero impianto (limite fisico dell'impianto). Il valore di prevalenza media di ciascuna pompa è necessario per il calcolo dei consumi energetici corrispondenti al sollevamento delle portate. Per le pompe a rigore dovrebbero essere fornite le curve di funzionamento che legano tra loro i valori di portata, prevalenza ed efficienza. Tenuto conto delle finalità del modello sviluppato, si è preferito utilizzare un approccio semplificato ed approssimato e pertanto si parla di valori di prevalenza, portata e rendimento medi.

**Definizione Parametri**

**Generale** | Tipologia | Fabbisogni | Gestione

**Generale**

**Nome Impianto** Sollevamento

**Gestione Impianto** ☒ Proporzionale ☐ Percentuale ☐ Prioritaria

**Minima portata di funzionamento** 0.5 mc/s

**Pompe installate**

**Pompa 1** | Pompa 2 | Pompa 3 | Pompa 4 | Pompa 5

Prevalenza media 15.0 m

Portata media 7.5 mc/s

Rendimento 0.8 Percentuale 0.0 %

☐ **Disattiva** dal 0 / 0 al 0 / 0 (Periodo / Anno)

**OK** **Annulla**

**Figura 3.20** - La finestra *Generale* del nodo sollevamento.

Anche in questo caso è possibile scegliere tra la tipologia di impianto a serbatoio e quella ad acqua fluente (Figura 3.21). E' necessario a tale proposito chiarire un aspetto importante, evidenziando le differenze con il nodo idroelettrico: nel caso di impianto idroelettrico ad acqua fluente, infatti, trattandosi di un nodo **non** dissipativo che restituisce i volumi prelevati subito a valle dell'opera di presa e vista la funzione stessa del nodo, si è ritenuto



opportuno non fornire alcun limite, se non quello fisico di impianto, alle portate da turbinare. Al contrario, nel caso di impianto di sollevamento ad acqua fluente, si è scelto di inserire comunque dei valori di fabbisogno, da intendersi come massima portata da sollevare nel periodo. In mancanza di ciò, infatti, verrebbe sollevata tutta la portata fluente disponibile nel periodo, anche se non richiesta con conseguenti problemi di notevoli consumi energetici.

**Definizione Parametri**

**Generale** | **Tipologia** | **Fabbisogni** | **Gestione**

☒ **Impianto a Serbatoio**

Serbatoio di riferimento: Tevere

☐ **Impianto ad Acqua Fluente**


Non sono necessari ulteriori parametri

**ATTENZIONE:**  
nel caso di impianto a serbatoio i fabbisogni sono quelli di un'utenza in competizione per la risorsa, mentre nell'impianto ad acqua fluente hanno il solo scopo di limitare superiormente il volume massimo da sollevare (in caso contrario verrebbe sollevata tutta la portata fluente disponibile)

OK Annulla

**Figura 3.21** - La finestra per la definizione della tipologia di impianto.

Per le successive schede **Fabbisogni** e **Gestione** vale quanto detto per le altre utenze circa l'inserimento dei parametri.

 Il nodo sollevamento prevede la definizione di due archi uscenti dal nodo stesso: un arco, necessariamente caratterizzato da tipologia **Canale artificiale** o **Condotta**, su cui viene indirizzata la portata sollevata dal nodo, ed un altro con tipologia **Alveo Naturale** su cui vengono indirizzate le portate residue, ovvero quelle che eccedono le richieste del singolo periodo. In caso di assenza di un arco con tipologia **Canale artificiale** o **Condotta**, l'equazione di continuità al nodo non sarebbe soddisfatta in quanto le portate sollevate non verrebbero reimmesse correttamente nel reticolo.

### **Scheda GENERALE**

*Nome impianto*: campo per l'inserimento del nome del nodo.

#### ***Gestione impianto***

*Proporzionale-Percentuale-Prioritaria*: consentono la scelta della modalità di ripartizione della risorsa tra le turbine.

*Minima portata di funzionamento*: valore della minima portata fluente al di sotto della quale non è possibile o conveniente turbinare la portata transitante.

#### ***Pompe installate***

*Prevalenza media*: è un parametro non utilizzato attualmente dal modello. Può essere utilizzato solo come promemoria da parte dell'utente.

*Portata media:* definisce la massima portata turbinabile dalla singola turbina (limite fisico).

*Rendimento:* valore del rendimento della singola turbina.

*Percentuale:* valore della percentuale per la ripartizione della risorsa fluente tra le turbine nella omonima modalità di funzionamento.

*Disattiva dal/al:* permettono di definire un intervallo di disattivazione della singola turbina (rottura, manutenzione). E' necessario inserire il periodo e l'anno di inizio/fine intervallo di disattivazione.

### **Scheda TIPOLOGIA**

#### ***Impianto a serbatoio***

*Serbatoio di riferimento:* definisce a quale serbatoio deve fare riferimento l'impianto. In realtà tale selezione è superflua, essendo direttamente il serbatoio a riconoscere gli impianti che ricadono nella propria area di gestione.

#### ***Impianto ad Acqua Fluente***

Nessun ulteriore parametro da inserire.

### **Scheda FABBISOGNI**

#### ***Anno tipo***

*Leggi/Edita:* apre la finestra per la visualizzazione/modifica dei fabbisogni dell'utenza nella modalità anno tipo.

#### ***Serie storica***

*Scegli:* consente la selezione del file di input della serie storica dei fabbisogni dell'utenza.

*Leggi:* apre la finestra per la visualizzazione e la selezione della colonna di riferimento del file di input dei fabbisogni.

### ***Misto***

*Dal:* anno iniziale dell'intervallo di funzionamento nella sottomodalità anno tipo/serie storica.

*Al:* anno finale dell'intervallo di funzionamento nella sottomodalità anno tipo/serie storica.

*Scegli:* consente la selezione del file di input dei fabbisogni nella sottomodalità serie storica.

*Leggi:* apre la finestra per la visualizzazione e la selezione della colonna di riferimento del file di input dei fabbisogni nella sottomodalità serie storica.

*Leggi/Edita:* apre la finestra per la visualizzazione/modifica dei valori dei fabbisogni nella sottomodalità anno tipo.

### **Scheda GESTIONE**

#### ***Proporzionale***

Nessun ulteriore parametro da inserire.

#### ***Percentuale***

*Assegnazione volume disponibile:* percentuale per la ripartizione della risorsa disponibile tra le utenze di uno stesso livello.

#### ***Prioritaria***

*Priorità Utenza:* ordine di priorità per la ripartizione della risorsa tra le utenze di uno stesso livello. Numero minore corrisponde a priorità maggiore. Tale valore deve essere unico all'interno di uno stesso livello.

*Passo di riduzione percentuale:* valore della percentuale di riduzione della richiesta dell'utenza per ogni passo di iterazione.

### ***Volume minimo***

*Costante-Da serie storica:* consente di selezionare la modalità di funzionamento del volume minimo di invaso nel serbatoio di riferimento al di sotto del quale sospendere l'alimentazione dell'utenza.

*Leggi:* apre la finestra per la visualizzazione e la selezione della colonna di riferimento per la definizione del volume minimo di invaso nella modalità serie storica (il file a cui fa riferimento è quello contenente la serie storica dei fabbisogni).

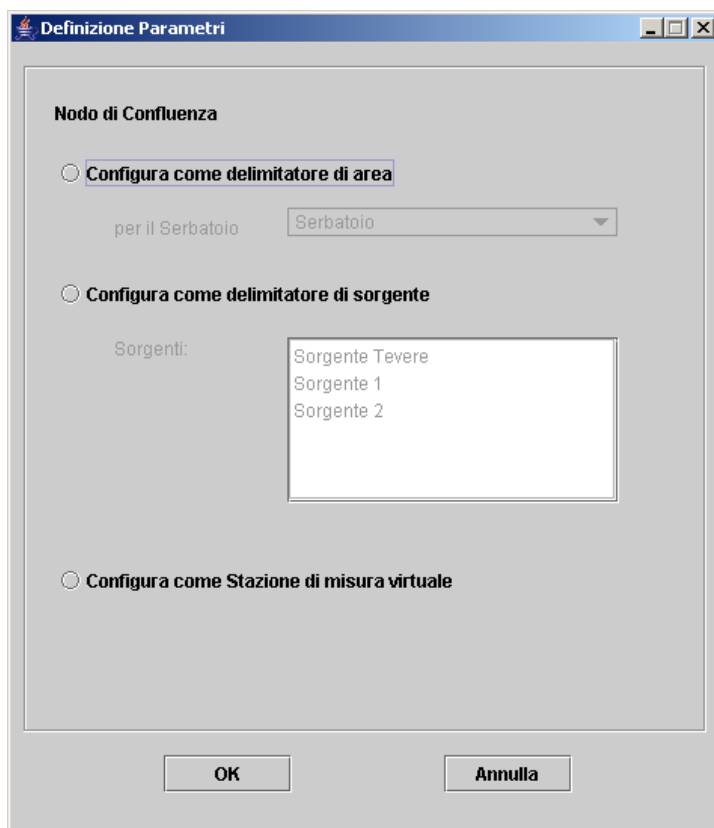
### **3.3.9 Nodo Confluenza**

I nodi di confluenza rappresentano la congiunzione tra più archi, siano essi tributari naturali o canali artificiali. L'equazione che governa il flusso è quella di continuità.

Inoltre tali nodi possono essere utilizzati come “flag” per delimitare l'area di gestione di un invaso o di influenza delle eventuali immissioni laterali presenti nel reticolo (Figura 3.22). Queste ultime infatti ripartiscono i propri volumi di input, periodo per periodo, proporzionalmente alle richieste delle utenze che ricadono nella propria area di gestione. In questo modo i nodi serbatoio che gestiscono le utenze possono tener conto di tale apporto di risorsa e limitare il loro intervento all'integrazione dei volumi necessari, senza sprechi.

Mentre il nodo confluenza può delimitare l'area di un solo serbatoio alla volta, esso può essere selezionato come delimitatore di più sorgenti contemporaneamente.

Ciò è possibile aprendo il relativo menu contestuale (tramite un click del pulsante destro del mouse sopra il nodo di confluenza) e spuntando la voce **Configura come delimitatore di area** e/o **Configura come delimitatore di sorgente**, selezionando quindi dal corrispondente menu l'invaso (o le sorgenti) di interesse.



**Figura 3.22** - La finestra del nodo confluenza.



Nel caso si intenda delimitare l'area di gestione di un invaso, è necessario inserire un nodo confluenza opportunamente configurato lungo ciascuna asta e a valle dell'ultima utenza servita (civile, irrigua, ambientale, ecc.).

### **Scheda**

*Configura come delimitatore di area:* consente di utilizzare il nodo confluenza per delimitare l'area di gestione di un serbatoio presente nel reticolo.

*per il Serbatoio:* finestra a discesa per la selezione del serbatoio per il quale vale l'effetto di delimitazione dell'area di gestione.

*Configura come delimitatore di sorgente:* consente di utilizzare il nodo confluenza per delimitare l'area di influenza delle eventuali immissioni laterali presenti nel reticolo.

*Sorgenti:* finestra per la selezione multipla delle sorgenti per le quali vale l'effetto di delimitazione dell'area di influenza.

*Configura come Stazione di misura virtuale:* opzione non ancora attivata che permetterà di avere in uscita i dati sia numerici che grafici dell'idrogramma del nodo, altrimenti non disponibili.

### **3.3.10 Nodo End**

La presenza di questo tipo di nodo è obbligatoria al termine di ciascuna linea del reticolo e segnala (*flag*) al codice di SimBaT dove interrompere i calcoli del bilancio di massa.

In corrispondenza di tale elemento topologico non è possibile impostare alcun parametro o visualizzare risultati della simulazione. Ad esempio, per conoscere le portate in

uscita dal sistema occorre porre prima di esso un nodo di controllo.

### 3.4 IMPOSTAZIONI PRE-SIMULAZIONE

Prima di poter lanciare la simulazione vera e propria è necessario accertarsi di aver definito alcuni fondamentali parametri ed aver eseguito l'inizializzazione del reticolo.

A tale scopo è sufficiente selezionare la voce ***Simulazione/Opzioni simulazione*** dalla barra dei menù: ciò determina l'apertura della finestra riportata in Figura 3.23, in cui è necessario definire il passo temporale da utilizzare nella simulazione (mensile, settimanale), gli anni di inizio/fine dell'intervallo da simulare e i periodi di inizio/fine della stagione irrigua, parametro quest'ultimo importante per la procedura di valutazione del bilancio dei volumi d'acqua.

Fondamentale è anche la procedura di inizializzazione del reticolo idrografico, attraverso la quale i serbatoi ricercano e riconoscono la propria area di gestione e le relative utenze, permettendo inoltre di definire se e quali restituzioni in alveo delle utenze recuperare per l'alimentazione di quelle di valle.



**Opzioni di Simulazione**

**Passo temporale di simulazione**

☒ Mensile  
☐ Settimanale

**Intervallo di simulazione**


Dal 1951 al 1978 (anno)

**Definizione stagione irrigua**

Dal 23 al 43 (periodo)

OK Annulla

**Figura 3.23** - La finestra delle opzioni di simulazione.

 L'inizializzazione va ripetuta ogni volta che viene modificato il reticolo idrografico (inserimento/cancellazione di nodi, modifica delle connessioni tra i nodi, modifica della delimitazione delle aree di gestione/influenza di serbatoi ed immissioni laterali). A causa di un problema di codice non ancora completamente risolto, nel caso in cui sia stata modificata la delimitazione di una o più aree di gestione/influenza, prima di eseguire nuovamente l'inizializzazione è necessario procedere all'inserimento – cancellazione di un nodo fittizio, per determinare l'azzeramento delle informazioni relative al vecchio reticolo.

### 3.5 LA PRODUZIONE DELL'OUTPUT

Le uscite dei risultati della simulazione sono state valutate sia in termini di output numerico che in forma grafica. In particolare per ogni nodo presente nel sistema (appartenente alle tipologie *serbatoio*, *irriguo*, *municipale*, *idroelettrico*, *sollevamento*, *controllo di flusso*), è possibile ottenere in output un file di tipo testo (nome simulazione-nome nodo.txt) con separatore di campo “ ; ”, separatore decimale “ . ” e con una prima riga di intestazione dei campi. Per la definizione dei nodi di interesse si deve selezionare la voce **Reports/Esportazione Reports** dalla barra dei menù e selezionare quindi il nome dei nodi dalla corrispondente lista (Figura 3.24).



**Figura 3.24** - Finestra di selezione dei nodi da esportare.

Il numero ed il contenuto dei campi dipende dal tipo di nodo, ad esempio:

### **Nodo serbatoio**

campo 1	campo 2	campo 3	campo 4	campo 5
Anno	Periodo	Input (Mmc)	Volume Disponibile (Mmc)	Alfa

campo 6	campo 7
Output (Mmc)	Sfioro (Mmc)

Si osserva che il coefficiente  $\alpha$  nel campo 5 si riferisce alle formule 1.9 e 1.10.

### **Nodo irriguo**

campo 1	campo 2	campo 3	campo 4	campo 5
Anno	Periodo	Input (Mmc)	Deficit (Mmc)	Output (Mmc)

### **Nodo civile**

campo 1	campo 2	campo 3	campo 4	campo 5
Anno	Periodo	Input (Mmc)	Deficit (Mmc)	Output (Mmc)

### **Nodo controllo di flusso**

campo 1	campo 2	campo 3	campo 4
Anno	Periodo	Input (mcs)	Passante (mcs)

Si osserva che l'input nel campo 3 si riferisce alle portate derivanti dal serbatoio (esclusi gli sfiori), da immissioni laterali e da restituzioni esplicitamente destinate al nodo di controllo, mentre la portata passante (campo 4) potrebbe essere maggiorata da altri valori non espressamente destinati al nodo di controllo del flusso. In

pratica il valore in campo 3 fornisce un'idea di quanto il nodo in esame pesi nella gestione della risorsa.

### **Nodo idroelettrico**

campo 1	campo 2	campo 3	campo 4	campo 5
Anno	Periodo	Passante (mcs)	Turbinato (mcs)	Salto Utile (m)

campo 6	campo 7	campi 8-12
Potenza (Mw)	Eccesso (mcs)	Portate turbinate da singole turbine (mcs)

### **Nodo sollevamento**

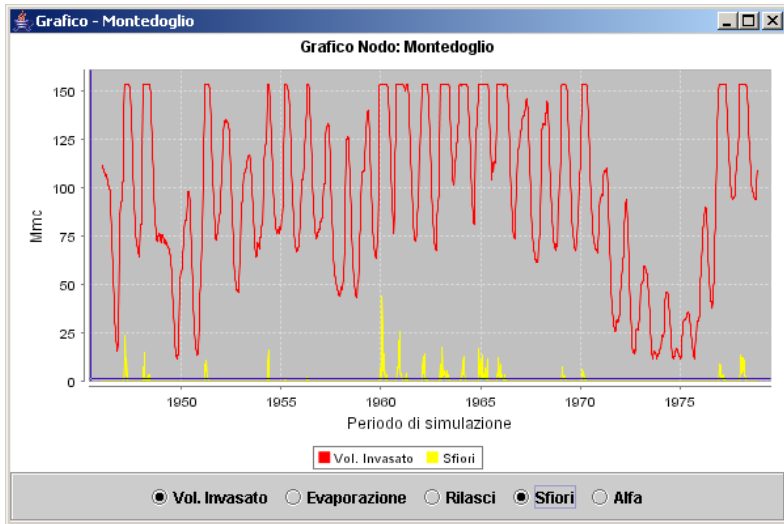
campo 1	campo 2	Campo 3	campo 4	campo 5	campo 6	campo 7
Anno	Periodo	Input (Mmc)				

Tutti gli output numerici così concepiti possono essere facilmente caricati in un qualsiasi foglio elettronico, o programma gestore di database, per produrre elaborazioni e grafici. Si precisa che è anche possibile esportare il dato sintetico annuale attivando il relativo radio button **Annuale**.

Nel modello è stata implementata anche la visualizzazione grafica delle variabili di maggior interesse per ogni singolo nodo (ricadente nelle categorie sopra menzionate). Tale visualizzazione dei risultati è possibile sia selezionando la voce **Reports/Grafici** dalla barra dei menù, attraverso una finestra in tutto simile a quella dell'esportazione numerica, sia cliccando con il tasto destro del mouse sul nodo di interesse e selezionando quindi la voce **Grafico**.

Anche in questo caso il numero ed il contenuto dei grafici dipende dal tipo di nodo (Figura 3.25).

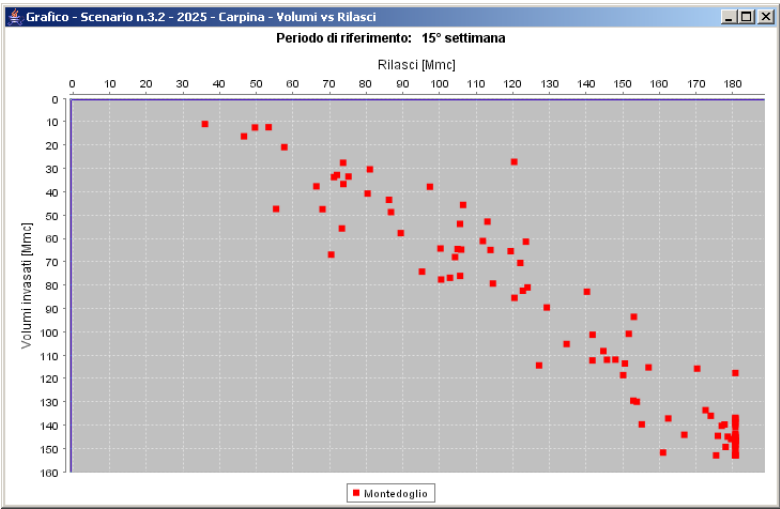
La voce reportistica prevede la possibilità di implementare una tipologia di report dedicata. Al momento tale opzione non è attiva.



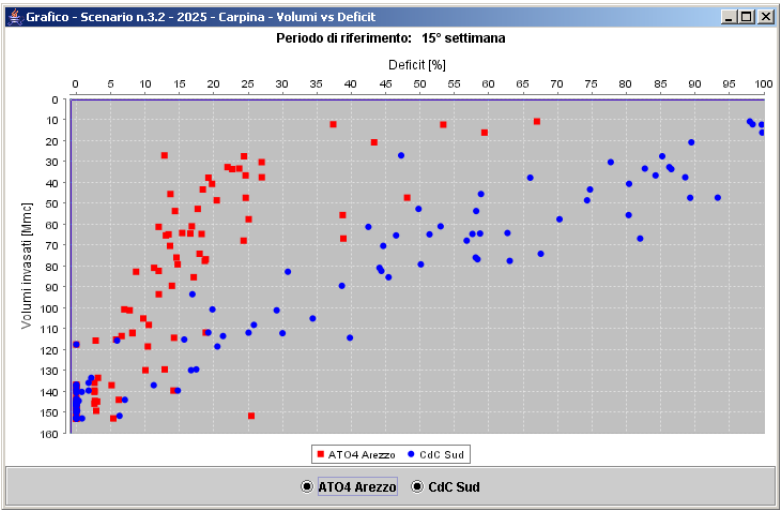
**Figura 3.25** - Esempio di grafico per il nodo serbatoio.

L'ultima opzione del menù di output riguarda la voce **Statistiche**. Sotto questa voce è possibile costruire dei grafici con riferimento ad un assegnato periodo della simulazione (voce **Grafici Periodo**). Le tipologie di grafico sono due: la prima permette di evidenziare i rilasci totali dal serbatoio in funzione del volume di invaso nel periodo selezionato (Figura 3.26); la seconda pone in relazione i deficit di uno o più nodi utenza, selezionati nella finestra

sottostante, in funzione sempre del volume di invaso nel periodo selezionato (Figura 3.27).



**Figura 3.26** - Esempio di grafico Volume invasato-Rilasci.



**Figura 3.27** - Esempio di grafico Volume invasato-Deficit.



## 4 LA PROGRAMMAZIONE IN JAVA

Il modello sviluppato è stato scritto interamente in *Java*, pertanto in questo capitolo viene fornita una breve descrizione delle caratteristiche fondamentali di tale linguaggio di programmazione.

Il linguaggio di programmazione e l'ambiente *Java* sono stati sviluppati dai ricercatori della *Sun Microsystems* al fine di risolvere i più comuni problemi della programmazione moderna, primi fra tutti la semplicità e la portabilità.

*Java* infatti è un linguaggio di programmazione indipendente dalla piattaforma, completamente orientato all'oggetto e *multi-threaded*. Oltre a queste moderne caratteristiche, esso dà la possibilità di creare applicazioni (*applet*) in grado di essere richiamate ed eseguite da apposite applicazioni *client* del *World Wide Web*. E' stata proprio quest'ultima caratteristica, unica nel suo genere, a rendere *Java* subito molto popolare nel giro di pochissimo tempo. Infatti, già dopo pochi anni dalla sua invenzione, il *www* è divenuto un vero e proprio ambiente di lavoro e sviluppo che necessitava di risorse sempre più evolute. Ciò che mancava al *www* era uno specifico linguaggio di programmazione, le cui peculiarità fondamentali dovevano essere necessariamente l'indipendenza dalla piattaforma usata dal *client* e la sicurezza: entrambe queste caratteristiche erano fornite dal linguaggio di programmazione *Java*.



Nonostante ciò, è importante ribadire che *Java* può essere usato come un linguaggio di programmazione indipendente dal *WWW*.

La similitudine sintattica con il più diffuso linguaggio di programmazione permette un più rapido apprendimento di *Java* da parte dei programmatori di *C* e di *C++* ( ad esempio, le istruzioni *for*, *if*, *else* sono del tutto analoghe a quelle del *C*). *Java* tuttavia differisce da essi per alcune caratteristiche fondamentali. In particolare, *Java* è totalmente orientato all'oggetto.

A differenza del *C++* che deve essere compatibile con il *C*, in un programma *Java* tutte le istruzioni sono contenute nelle classi, le quali, una volta compilate, costituiscono ognuna un modulo a sé stante. Inoltre in *Java* non esiste la possibilità di accedere direttamente alla memoria. Non sono previsti né puntatori, né funzioni di allocazione e deallocazione della memoria. Questa caratteristica, se da una parte fa perdere flessibilità al linguaggio, rende *Java* particolarmente sicuro, affidabile e robusto. Infatti, tutto ciò che è definito privato (*private*) è effettivamente escluso da un accesso non permesso, mentre nel *C++*, attraverso i puntatori, si può facilmente accedere direttamente a ciò che è stato definito privato e quindi tale tipo di dichiarazione è comunque sorpassabile. Inoltre, in *Java* l'impossibilità di manipolare direttamente la memoria rende più affidabili i programmi. Infatti, la maggior parte degli errori che si

verificano in fase di esecuzione in un programma scritto in C o C++ sono dovuti ad accessi incorretti alla memoria eseguiti dai puntatori e dalle funzioni di allocazione e deallocazione della memoria. In *Java*, invece, la gestione dell'allocazione e della deallocazione della memoria è gestita automaticamente.

Inoltre in *Java* si possono implementare più *thread* contemporaneamente, ovvero un singolo programma può eseguire più compiti separati nello stesso tempo. Questa caratteristica non è presente nel C++. Attraverso l'istruzione *synchronized* è possibile mandare in esecuzione più metodi che accedono alle stesse variabili istanziate senza che vi sia il pericolo che il valore delle variabili, a cui un metodo in esecuzione sta accedendo, sia cambiato da un altro metodo. Più in generale, attraverso l'istruzione *synchronized* si impone che lo stato di un oggetto sia cambiato solo da un metodo alla volta.

Infine, attraverso i metodi nativi, un programma *Java* può includere programmi scritti in C e C++, dando la possibilità al programmatore di usare il vecchio software che egli ha già sviluppato con questi linguaggi.

Altra caratteristica di *Java* sono le dimensioni ridotte del software, in modo che esso possa funzionare anche su sistemi molto piccoli. L'interprete, le classi e le "librerie" *Java* di base non superano nel loro complesso i 250 *Kbytes*.

### *Semplicità*

Il linguaggio *Java* è stato progettato per essere semplice. I programmatori della *Sun* ritengono che il C++ sia un linguaggio ridondante. Esso infatti deriva dal C, che non è orientato all'oggetto e a cui sono state aggiunte le classi al fine di creare un linguaggio orientato all'oggetto. La conseguenza di ciò è che inevitabilmente il C++ possiede caratteristiche che appartengono al C e che pertanto non rientrano nella filosofia dei linguaggi orientati all'oggetto. Per questa ragione, tutte le caratteristiche del C++ ritenute ridondanti sono state tolte da *Java*, in modo che quest'ultimo potesse divenire un linguaggio di programmazione più snello e facile da leggere.

### *Neutralità all'architettura*

La neutralità dell'architettura rappresenta una caratteristica importante in un mondo informatico sempre maggiormente popolato dai più svariati sistemi hardware e sistemi operativi. Con la fortissima crescita delle reti telematiche questa esigenza è divenuta ancora più pressante. Inoltre, per sviluppare prodotti software per il *www*, la neutralità dall'architettura costituisce un parametro assolutamente indispensabile.

Al fine di raggiungere la neutralità dall'architettura, *Java* affida l'esecuzione dei suoi programmi ad una macchina virtuale. Più specificatamente, un sorgente *Java* viene tradotto dal compilatore *Java* (*Javac*) non in istruzioni

macchina reali, ma in istruzioni macchina virtuali, i *bytecodes*. Sarà compito poi della macchina virtuale *Java* (l'interprete *Java*) di leggere ed eseguire queste istruzioni tramite la generazione "*on the fly*" del codice macchina reale specifico per il sistema su cui il programma *Java* viene eseguito.

Sorgente *Java*  $\Rightarrow$  compilatore *Java*  $\Rightarrow$  *bytecodes*  $\Rightarrow$  interprete *Java*  $\Rightarrow$  codice macchina specifico.

I programmi *Java* quindi non hanno bisogno di alcun riadattamento quando vengono portati su sistemi differenti da quelli su cui sono stati sviluppati. I *bytecodes* rappresentano un codice macchina virtuale di elevata astrazione in modo che possano trovare una rappresentazione reale su ogni macchina. I programmi *Java* compilati in *bytecodes* possono viaggiare attraverso reti telematiche ed essere eseguiti sulle macchine provviste dell'interprete *Java*. Quest'ultimo è incluso nelle ultime versioni di *Netscape Navigator*, il quale è quindi in grado di interpretare particolari programmi *Java* (*applet*) e visualizzare l'uscita di questi programmi nella propria finestra.

### Sicurezza

Poiché *Java* è stato progettato per funzionare in ambienti distribuiti o di rete, la sicurezza è un parametro molto importante. Si pensi, ad esempio, alla possibilità di

virus informatici scritti *Java*. Nell'ambiente del *www* ciò risulterebbe ancor più pericoloso, dal momento che gli *applet* vengono scaricati automaticamente durante la navigazione in Internet.

In fatto di sicurezza, *Java* offre innanzitutto la sue caratteristiche strutturali: gestione automatica della memoria in fase di esecuzione dei programmi e assenza di puntatori. Oltre a ciò, *Java* è stato dotato di altre caratteristiche che provvedono ad aumentarne la sicurezza. L'elenco che segue puntualizza queste caratteristiche.

- **Verifica dei *bytecodes*.** Prima di eseguire i *bytecodes*, l'interprete *Java* provvede a verificare se essi contengono istruzioni che violano alcune norme di sicurezza. Una verifica analoga viene eseguita pure in fase di compilazione, ma ciò ovviamente non è sufficiente. Infatti, i *bytecodes* ricevuti da ogni parte del mondo possono provenire da compilatori opportunamente modificati che sorvolano sulle istruzioni che producono danni al sistema. Si rende perciò necessaria anche una verifica in fase di esecuzione da parte dell'interprete. Essa provvede ad appurare se:

- vi sia forzatura di puntatori (per esempio, un puntatore ad un intero viene fatto puntare ad un *float*);
- vi sia violazione delle restrizioni di accesso alle risorse del sistema (p.e. accesso a particolari file);

- gli oggetti non siano usati appropriatamente, ovvero per gli scopi per i quali non sono stati progettati;
- vi siano chiamate ai metodi delle classi non con gli argomenti del tipo appropriato;
- Verifica durante il caricamento delle classi. Un programma *Java* normalmente durante la sua esecuzione fa riferimento ad un certo numero di classi. Quest'ultime possono risiedere sia sul sistema che esegue il programma, sia essere importate dalla rete. L'interprete *Java* tiene sempre ben distinti questi due generi di classi. Prima di caricare una classe dall'esterno, l'interprete si assicura sempre che essa non sia presente sul sistema locale. In questo modo non si verifica mai che una classe standard presente sul sistema locale sia scambiata con una classe importata dall'esterno.
- **Interfacciamento sicuro con i protocolli Internet.** *Java* dà la possibilità di scambiare informazione interfacciandosi con i vari protocolli Internet (FTP, HTTP, Telnet, etc.). La comunicazione attraverso questi protocolli può essere stabilita con svariati livelli di sicurezza. Per esempio, è possibile disabilitare tutti gli accessi alla rete, oppure abilitare l'accesso solo agli *host* da cui è già stato importato del codice, etc.

Infine, come mezzo estremo per garantire la sicurezza, si può provvedere a implementare una autenticazione dei

*bytecodes* attraverso metodi di crittografia a chiave pubblica.

### Ampie librerie di classi di base

Il sistema *Java* di base fornisce le librerie di classi adatte a sviluppare numerose applicazioni di qualsiasi genere. I principali gruppi delle classi fondamentali sono:

- *java.lang*: tipi di base sempre importati in ogni programma. Per esempio qui si trovano la dichiarazione di *Object* (superclasse di tutte le classi) e la dichiarazione del tipo *Class*, che serve per creare una classe di qualunque genere.
- *java.io*: librerie di classi adatte per gestire *stream* di dati e accesso casuale ai file.
- *java.net*: librerie di classi che provvedono a gestire *socket*, interfacce *telnet*, URL.
- *java.util*: librerie di utilità varie, come data, orologio, tecniche di codifica e decodifica, etc.
- *java.awt*: *Abstract Windowing Toolkit*. libreria di classi adatta a sviluppare applicazioni per ambienti a finestra. Contiene interfacce grafiche standard come gestione degli eventi, colori, barre di scorrimento e pulsanti.

### Interazione con i browser per Internet

*Java* possiede una classe apposita (*class applet*) che permette di inserire in un documento HTML riferimenti ad applicativi (*applet*) che possono essere eseguiti a distanza

da un *browser* adatto, come lo specifico *HotJava* della *Sun* o *Netscape*.

Si noti che, a differenza dei programmi richiamati tramite la tradizionale interfaccia CGI, i programmi applet sono eseguiti dal client e non dal server. Ciò consente di scrivere programmi che richiedono anche tempi di esecuzione lunghi (come animazione, o calcoli matematici), poiché la macchina impegnata è quella del *client* e quindi sul server si riversa solo la parte del lavoro che riguarda la trasmissione dei *bytecodes* (programma *Java* compilato). Tutto ciò rappresenta pure una garanzia di sicurezza per il server, che si limita ad inviare solo dei dati (i *bytecodes*), e non concede a *client* remoti di eseguire programmi sul server stesso.

### Prestazioni

Sebbene la velocità del linguaggio interpretato *Java* sia sufficiente per molte applicazioni, può essere necessario ottenere una velocità maggiore. Se i *bytecodes* vengono trasformati completamente in codice macchina, i ricercatori della *Sun* assicurano che si ottengono prestazioni analoghe a quelle fornite dai programmi implementati in *C* e *C++*.

### La macchina virtuale Java

Per l'esecuzione dei programmi *Java* si fonda su una macchina virtuale, affine ad un microprocessore reale, la quale esegue le istruzioni elementari (*bytecodes*) generate



dal compilatore *Java* (*javac*). La macchina virtuale *Java* è stata progettata con criteri di estrema semplicità e linearità.

In definitiva, *Java* è un linguaggio a basso livello, completamente orientato all'oggetto, studiato per la programmazione della macchina *Java*. Similmente al C, le istruzioni fondamentali del linguaggio *Java* sono poche e vicine al linguaggio macchina *Java*, perciò non danno la possibilità di scrivere rapidamente programmi complessi. Al fine di estendere le capacità del linguaggio, *Java* è corredato di ampie librerie di classi di base. Tramite quest'ultime, si può produrre software evoluto, che va dalle applicazioni per ambienti grafici a finestre a programmi che gestiscono i socket per la comunicazione in rete. Ovviamente, le librerie di classi sono estendibili da parte del programmatore. Un sorgente di codice *Java* è un file ASCII (o, più in generale, UNICODE) con estensione *\*.java* contenente le istruzioni del linguaggio *Java*. Una volta compilato il sorgente java, ogni classe dichiarata in esso dà origine a un file con estensione *\*.class*. In altre parole, ogni classe "sorgente" genera la sua corrispondente classe compilata in *bytecodes*. In effetti, nel linguaggio *Java* la dichiarazione di classi non costituisce affatto un'operazione di alto livello. Anzi, essa è molto vicina alla macchina *Java*. Il "microprocessore virtuale" *Java*, infatti, possiede una architettura fondata sulle classi. Similmente a ciò che avviene anche nel linguaggio *Java*, i programmi in codice

macchina (*bytecodes*), sono tutti contenuti in classi (file con estensione *\*.class*). La macchina *Java* carica ed esegue classi di *bytecodes*, con una successione del tipo seguente:

Classi del linguaggio *Java* (sorgente *\*.java*)  $\Rightarrow$   
compilazione

$\Rightarrow$  Classi in linguaggio macchina (*\*.class*)  $\Rightarrow$   
macchina *Java*

Generalmente, buona parte delle classi in linguaggio macchina di cui fa uso un programma scritto da un utente si trova in libreria. Una classe di libreria non è altro che una classe di linguaggio macchina (*\*.class*) ai cui metodi hanno accesso tutti gli altri programmi. Essa può essere ottenuta dalla semplice compilazione di un sorgente in linguaggio *Java*.

## **4.1 JAVA NEL MODELLO DI SIMULAZIONE**

### Struttura

Il modello, interamente scritto in *Java*, è un progetto che si sviluppa in cinque *packages* nei quali risiedono le classi che lo compongono. Ogni *package* è dedicato ad una singola funzionalità o aspetto del programma quali: l'insieme delle GUI (*Graphic User Interface*), la definizione delle varie tipologie di nodi, la reportistica, la simulazione del reticolo in esame ed in ultimo un insieme di classi generiche istanziate da varie parti del programma stesso.

### *Il package GUI*

In questo *package* risiedono tutte le classi preposte alla generazione delle interfacce grafiche, la più importante tra queste è la classe *Desktop* che oltre ad essere lo sfondo grafico su cui disegnare il reticolo funge anche da contenitore di tutti nodi e gli archi che compongono il reticolo stesso, ognuno con le sue specifiche. La classe *Desktop*, infatti, ne estende un'altra: la *JContainer* ed è proprio da quest'ultima che eredita il comportamento di contenitore.

Ogni qualvolta si aggiunge un componente al reticolo questo viene aggiunto all'elenco dei *figli* della classe *Desktop* e, oltre che graficamente, si differenzia dagli altri per le informazioni che possiede riguardanti la sua posizione, la tipologia e per un contatore sequenziale di istanza.

Tutti i nodi/archi contenuti nel reticolo sono solamente oggetti di tipo grafico definiti da attributi che ne consentono la visualizzazione, quindi al fine di integrare le restanti caratteristiche peculiari di nodo/arco nell'oggetto grafico è presente un'ulteriore attributo dati che è legato all'oggetto nodo/arco.

### *Il package DATI*

Le classi che compongono il *package* DATI vengono istanziate al momento della creazione di un nodo nel reticolo, conseguentemente legano all'oggetto grafico

presente sul *Desktop* un oggetto che contiene tutti gli attributi caratteristici dello specifico nodo/arco, oltre ai metodi che ne definiscono le caratteristiche funzionali.

In questi oggetti sono altresì immagazzinate tutte le informazioni relative ai nodi in termini di caratteristiche generali (superficie, efficienza idrica, restituzione in alveo, ecc), fabbisogni e parametri di gestione, oltre a tutto ciò che riguarda la reportistica legata alla fase di simulazione.

### *Il package SIMULAZIONE*

Questo *package* rappresenta il nucleo funzionale del programma in quanto è responsabile dell'intero processo di simulazione del reticolo.

L'omonima classe Simulazione costituisce la classe principale del *package* e gli oggetti ad essa appartenenti sono sessioni di simulazione, che per essere svincolate dell'interfaccia principale vengono istanziate come processi (*thread*) a sé stanti.

Tra le altre classi che compongono il *package* va menzionata quella definita *Sequencer*, le cui istanze sono oggetti in grado di percorrere univocamente il reticolo e sono utilizzati sia in fase di simulazione come portatori delle risorse idriche, sia in fase di riconoscimento del reticolo idrografico definito.

### *Il package REPORTS*

Nel *package* REPORTS troviamo le due classi che servono ad immagazzinare tutte le informazioni che costituiscono la reportistica, sia essa legata alle caratteristiche generali della simulazione (registrazione degli eventi notevoli a livello reticolo), sia relativa ad un singolo nodo (registrazione dei dati idrometrici dei nodi stessi periodo per periodo).

### *Il package UTILS*

In quest'ultimo *package* sono contenute una serie di classi preposte a fornire dei servizi di utilità al programma stesso quali: le funzioni di filtro dei files, la gestione della stampa, la costruzione della struttura dei grafici, il *rendering* di alcune unità grafiche e la definizione di oggetti quali il Gestore-Reticolo, ovvero un oggetto che relaziona il serbatoio con le utenze che rientrano nel suo bacino di influenza.


**LA STRUTTURA DEI FILES DI INPUT**

### Esempio di file di input di serie storiche di valori (\*.ssf)

```

* Nuova Serie storica portate naturali |
* I1 - Montedoglio; I2 - Cerfone, Soara | Righe di commento
* I3 Aa - Altri affluenti; I3 Ca - Carpina |
Anno;Periodo;I1 (mc/s);I2 (mc/s);I3 Aa (mc/s);I3 Ca (mc/s)
1946;1;0.75;1.25;0.89;0.32
1946;2;0.59;1;0.69;0.25
1946;3;0.96;1.62;1.19;0.43
1946;4;1.65;2.77;2.02;0.73
1946;5;1.3;2.17;1.58;0.57
1946;6;1.12;1.88;1.34;0.49
1946;7;0.66;1.11;0.74;0.27
1946;8;0.58;0.96;0.69;0.25
1946;9;0.75;1.26;0.91;0.33
1946;10;1.26;2.11;1.56;0.56
1946;11;3.81;6.39;4.79;1.73
1946;12;1.89;3.17;2.33;0.84
1946;13;0.96;1.6;1.18;0.43
1946;14;0.66;1.11;0.77;0.28
1946;15;0.62;1.05;0.75;0.27
1946;16;0.59;0.98;0.64;0.23
1946;17;0.5;0.84;0.58;0.21
1946;18;0.61;1.02;0.75;0.27
1946;19;1.04;1.73;1.23;0.45
1946;20;0.7;1.17;0.81;0.29
1946;21;1.04;1.73;1.24;0.45
[...]
1946;43;8.14;13.63;10.21;3.7
1946;44;13.02;21.81;16.31;5.91
1946;45;19.24;32.22;24.16;8.75
1946;46;45.48;76.2;57.29;20.75
1946;47;18.57;31.11;23.32;8.45
1946;48;10.61;17.78;13.3;4.82
1946;49;17.4;29.17;21.93;7.95
1946;50;8.58;14.38;10.76;3.9
1946;51;4.09;6.84;5.1;1.85
1946;52;2.89;4.82;3.6;1.31
[...]

```

 *Intestazione colonne*

**Nota:**

La medesima struttura del file di input di serie storiche (\*.ssf) riportato nell'esempio precedente si applica in tutti i casi in cui si intende caricare tale tipologia di dati, con l'ovvia accortezza di utilizzare l'appropriata unità di misura del dato in esame.

In teoria nulla impedisce di utilizzare un unico file contenente tutte le serie storiche di dati di cui si intende fare uso nel modello (una colonna per ogni serie storica), trovandosi così ad avere un file con tipologia di dati ed unità misura molteplici.

Nella tabella sottostante sono riportati tutti i casi in cui è possibile inserire dati di input attraverso un file \*.ssf, con le corrispondenti unità di misura del dato richieste dal modello.

<b>Nodo</b>	<b>Tipologia dato</b>	<b>Unità misura</b>
Input	Portate	mc/s
Serbatoio	Evaporazione	mm
Serbatoio	Volume Minimo di regolazione	Mmc
Serbatoio	Volume Massimo di invaso	Mmc
Irriguo	Superficie irrigata	ha
Irriguo	Fabbisogno	mm
Municipale/Industriale	Fabbisogno	10 <sup>3</sup> mc
Idroelettrico	Fabbisogno	MW
Sollevamento	Fabbisogno	Mmc
Controllo di Flusso	Deflusso Minimo Vitale	mc/s
Derivazione	Volume minimo gestione prioritaria	Mmc



### Esempio di file per il caricamento dei dati di evaporazione in anno tipo (\*.ato)

* Simulazioni Scenario IIMSC40		<i>Righe di commento</i>
* Evaporazione da invaso		
Periodo;Evap (mm)		<i>Intestazione colonne</i>
1;0.0		
2;0.0		
3;0.0		
4;0.0		<i>Dati relativi alla simulazione</i>
5;0.0		<i>con passo temporale mensile</i>
6;0.0		
7;0.0		
8;0.0		
9;0.0		
10;0.0		
11;0.0		
12;0.0		
1;7.68		
2;7.68		
3;7.68		
4;7.68		
5;8.2		
6;8.2		
7;8.2		
8;8.2		
9;9		
10;9		
11;9		
12;9		
13;13		
14;13		
15;13		
[...]		
46;13		
47;13		
48;13		
49;8.5		
50;8.5		
51;8.5		
52;8.5		

**Esempio di file per il caricamento dei dati di fabbisogno irriguo in anno tipo (\*.ato)**

* Simulazioni Scenario IIMSC40		<i>Righe di commento</i>
* Fabbisogno irriguo max		
Periodo;Irr (mm)		<i>Intestazione colonne</i>
1;0.0		
2;0.0		
3;0.0		
4;0.0		<i>Dati relativi alla simulazione</i>
5;0.0		<i>con passo temporale mensile</i>
6;0.0		
7;0.0		
8;0.0		
9;0.0		
10;0.0		
11;0.0		
12;0.0		
1;0.0		
2;0.0		
3;0.0		
4;0.0		
5;0.0		
6;0.0		
7;0.0		
8;0.0		
9;0.0		
10;0.0		
11;0.0		
12;0.0		
13;0.0		
14;0.0		
15;0.0		
[...]		
46;0.0		
47;0.0		
48;0.0		
49;0.0		
50;0.0		
51;0.0		
52;0.0		

### Esempio di file per il caricamento dei dati di fabbisogno idropotabile in anno tipo (\*.ato)

* Simulazioni IIMSC40 scenario 2023		<i>Righe di commento</i>
* Fabb. idropotabile ATO4 Tevere		
Periodo; ATO4 Tev (10 <sup>3</sup> mc)		<i>Intestazione colonne</i>
1;0.0		
2;0.0		
3;0.0		
4;0.0		
5;0.0		<i>Dati relativi alla simulazione</i>
6;0.0		<i>con passo temporale mensile</i>
7;0.0		
8;0.0		
9;0.0		
10;0.0		
11;0.0		
12;0.0		
1;71.3		
2;71.3		
3;71.3		
4;71.3		
5;71.3		
6;71.3		
7;71.3		
8;71.3		
9;71.3		
10;71.3		
11;71.3		
12;71.3		
13;71.3		
14;71.3		
15;71.3		
[...]		
46;71.3		
47;71.3		
48;71.3		
49;71.3		
50;71.3		
51;71.3		
52;71.3		

**Esempio di file per il caricamento dei dati di deflusso minimo vitale in anno tipo (\*.ato)**

* Simulazioni Scenario IIMSC40		<i>Righe di commento</i>
* Nodo DMV Ril.Diga 1 (Tevere)		
Periodo;DMV (mc/s)		<i>Intestazione colonne</i>
1;0.0		
2;0.0		
3;0.0		
4;0.0		
5;0.0		<i>Dati relativi alla simulazione</i>
6;0.0		<i>con passo temporale mensile</i>
7;0.0		
8;0.0		
9;0.0		
10;0.0		
11;0.0		
12;0.0		
1;1.25		
2;1.25		
3;1.25		
4;1.25		
5;1.25		
6;1.25		
7;1.25		
8;1.25		
9;1.25		
10;1.25		
11;1.25		
12;1.25		
13;1.25		
14;1.25		
15;1.25		
[...]		
47;1.25		
48;1.25		
49;1.25		
50;1.25		
51;1.25		
52;1.25		