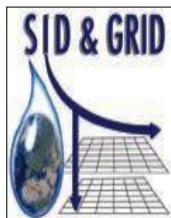




Regione Toscana

Programma POR - CREO FSE 2007-2013



SID&GRID Manuale utente v. 1.02

A cura di:

C. Schifani

(CNR – Istituto di Scienza e Tecnologie dell’informazione “A. Faedo” - Pisa)

I. Borsi

(Università di Firenze – Dip. di Matematica e Informatica “U. Dini”)

R. Rossetto

(Scuola Superiore Sant'Anna - Pisa)

Data compilazione v. 1.02: Luglio 2013 - rev. 28

Progetto SID&GRID:

Simulazione e sistemi IDroinformatici per la Gestione delle Risorse IDriche

Questo manuale è rilasciato in:



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/it/>

Prefazione

La piattaforma modellistica SID&GRID implementa un modello idrologico integrato in un'interfaccia GIS, dove tutti i dati sono gestiti attraverso un Data Base Management System (DBMS), permettendo la valutazione dei bilanci idrici e la disponibilità della risorsa idrica nello spazio e nel tempo, al fine di supportare i processi di pianificazione.

Il software SID&GRID è il risultato finale dell'omonimo progetto di ricerca **SID&GRID - Simulazione e sistemi IDroinformatici per la Gestione delle Risorse IDriche** sviluppato negli anni 2010-2013 e finanziato dalla Regione Toscana su fondi del programma europeo POR FSE 2007-2013.

Questo manuale descrive le operazioni necessarie per una corretta installazione del software e le linee guida per il suo utilizzo.

Il software è stato testato su casi di studio, sia dal gruppo di sviluppatori che da utenti esterni al gruppo di ricerca. Tuttavia, future applicazioni del software potrebbero rivelare errori e imperfezioni che ad oggi non sono state riscontrate. Gli utenti sono pertanto pregati di comunicare e commentare eventuali errori che si riscontrino sia nel software che nel presente manuale. Tali comunicazioni possono essere inviate ad uno dei seguenti indirizzi mail degli autori:

Iacopo Borsi: borsi@math.unifi.it

Rudy Rossetto: rudy.rossetto@sssup.it

Claudio Schifani: cla.schifani@gmail.com

Copie gratuite del software e del presente manuale sono scaricabili dalla sezione **Archivio** del sito del progetto: <http://sidgrid.isti.cnr.it>

Per citare questo Manuale:

Schifani, C. Rossetto, R., Borsi, I. SID&GRID – Manuale Utente v. 1.0 – Aprile 2013 URL: <http://sidgrid.isti.cnr.it>

Coordinamento scientifico:

M. Primicerio (Università di Firenze – Dip. di Matematica e Informatica “U. Dini”)

E. Bonari (Scuola Superiore Sant'Anna - Pisa)

P. Mogorovich (CNR – Istituto di Scienza e Tecnologie dell’Informazione A. Faedo - Pisa)

Si ringraziano per la collaborazione durante lo svolgimento del progetto: Autorità di Bacino del Fiume Serchio, Ingegnerie Toscane srl, Studio Associato Georisorse, Regione Toscana - Ufficio Tecnico del Genio Civile di Area Vasta e Settore Tutela e Gestione delle Risorse Idriche, ARPAT, ASA SpA.

Si ringrazia per la revisione del Manuale:

G.P. Beretta – Università degli Studi di Milano; **S. Menichetti** – ARPAT; **P. Mogorovich** – ISTI CNR

Indice

Abstract.....	5
1 Introduzione	7
2 Requisiti	8
3. Installazione	9
3.1 Installazione di gvSIG e Sextante.....	9
3.2 Installazione di Postgresql e PostGIS 1.5	9
3.3 Installazione di Geoserver 2.4.2 o superiore.....	10
3.4 Installazione dell'estensione SID&GRID per gvSIG desktop	11
3.5 Configurazione di SID&GRID.....	11
3.6 Avvio di SID&GRID	12
4. Il Modello idrologico SID&GRID	14
4.1 Processi simulati	15
4.2. Descrizione del flusso di lavoro in SID&GRID.....	16
4.3 Opzioni preselezionate e limitazioni	19
5. Creazione del geodatabase e di un nuovo modello idrologico	20
5.1. Creazione del geodatabase.....	20
5.2. Creazione di uno scenario di simulazione	20
6. Discretizzazione spaziale e temporale del modello	22
6.1. Costruzione della griglia alle differenze finite	22
6.2 Discretizzazione temporale	24
6.3 Definizione dei layer e assegnazione delle proprietà di base.....	26
7 Strumenti per la parametrizzazione dei <i>model_layer</i>.....	28
7.1 Attribuzione manuale con strumenti di selezione ed editing.....	28
7.2 Overlay guidato con un dato vettoriale poligonale (Da poligoni).....	29
7.3 Overlay guidato con un dato raster (Da raster)	30
7.4 Overlay interpolato con un dato raster (Da raster - interpolatore).....	31
7.5 Trasferimento variabili da Model grid a Model grid (Copia).....	31
7.6 Visualizzazione 3D e sezioni.....	31
7.6.1 Visualizzatore 3D	32
7.6.2 Sezioni.....	32
8. Implementazione dei processi da simulare: condizioni al contorno e termini di sorgente/pozzo	35
8.1 Time Variant Specified Head – CHD (condizione di carico imposto)	35
8.2 Recharge – RCH (condizione di flusso imposto)	37
8.3 Well – WEL (condizione di flusso imposto)	38
8.4 River - RIV (condizione di flusso dipendente dal carico)	40
8.5 Drain - DRN (condizione di flusso dipendente dal carico).....	45
8.6 General Head Boundary- GHB (condizione di flusso dipendente dal carico)	48
8.7 Evapotranspiration – EVT (condizione di flusso dipendente dal carico)	51
8.8 Streamflow routing – SFR.....	52
8.8.1 Limitazioni	55
9 Simulazione della zona insatura (UZF, VSF)	56
9.1 Modulo Unsaturated-Zone Flow Package - UZF	56
9.1.1 Limitazioni	58
9.2 Processo Variably Saturated Flow - VSF	59
10 Modellazione dei deflussi non incanalati (<i>Cascading Flow - CFL</i>)	63

11 Generazione dei file input (traduttori)	64
11.1 File fondamentali (Pacchetti base)	64
11.2 Time Variant Specific Head package (CHD)	67
11.3 Recharge package (RCH).....	68
11.4 Well package (WEL).....	69
11.5 River package (RIV)	69
11.6 Drain package (DRN).....	70
11.7 General Head Boundary package (GHB).....	71
11.8 Evapotraspirazione package (EVT).....	71
11.9 Stream Flow package (SFR2)	72
11.10 Unsaturated Zone Flow package (UZF)	72
11.11 Variably Saturated Flow process (VSF).....	73
11.11.1 <i>Richard's Equation Flow package (REF)</i>	73
11.11.2 <i>Seepage Face package (SPF)</i>	74
11.11.3 <i>Surface Ponding package (PND)</i>	75
11.11.4 <i>Surface Evaporation package (SEV)</i>	75
11.11.5 <i>Root Zone Evaporation package (RZE)</i>	76
11.12 Cascading Flow package (CFL).....	76
12 Esecuzione della simulazione	77
12.1 Il pannello di controllo per l'esecuzione della simulazione.....	77
12.2 Gage package (GAG)	80
12.3 Bilancio della zona insatura e del contenuto di acqua su singole celle utilizzando UZF	82
13 Raffinamento locale della griglia (<i>Local Grid Refinement - LGR</i>)	85
14 Ulteriori strumenti sviluppati in gvSIG	91
14.1 Strumento per il parametro Leaf Area Index (LAI).....	91
14.2 Creazione del Weather layer	92
14.3 Calcolo del parametro PET	93
14.4 Calcolo del valore di pioggia netta	94
15 Strumenti di analisi dei risultati.....	96
15.1 Visualizzazione dei risultati.....	96
15.2 Analisi dei risultati prodotti con il CFL package.....	97
15.3 Analisi dei risultati prodotti con LGR.....	99
15.4 Pubblicazione servizi WMS dei risultati del modello.....	100
15.4.1 Pubblicare un dato raster	101
15.4.2 Pubblicare uno stile (SLD)	102
Bibliografia	104
Appendice A - SchemaTabelle Algoritmi River, Drain, GHB	106
Appendice B - Caricamento dei dataset dal geodatabase.....	107
Appendice C - Connessioni a livello di codice.....	109

Abstract

La piattaforma modellistica SID&GRID implementa un modello idrologico integrato in un'interfaccia GIS, dove tutti i dati sono gestiti attraverso un Data Base Management System (DBMS), permettendo la valutazione dei bilanci idrici e la disponibilità della risorsa idrica nello spazio e nel tempo, al fine di supportare i processi di pianificazione.

L'interfaccia grafica utente è basata sul *framework open source* gvSIG per gestire ed effettuare simulazioni con un modello idrologico. I dati sono gestiti attraverso Postgresql/PostGIS e la loro condivisione sul web avviene attraverso GEOSERVER.

Il modello idrologico implementato in SID&GRID permette, a partire da dati meteo climatici, idrogeologici e di copertura di uso del suolo, di simulare l'intero ciclo idrologico (accoppiando le acque superficiali alle sotterranee) o sottoinsiemi di esso.

Il modello è stato sviluppato modificando il codice MODFLOW-LGR per:

- (a) investigare la zona insatura in 3d in raffinamenti locali;
- (b) simulare il ruscellamento superficiale;
- (c) determinare le precipitazioni al netto dell'intercettazione dovuta alla copertura vegetale.

Questo manuale descrive le operazioni necessarie per una corretta installazione del software e le istruzioni per l'utilizzo delle sue componenti.

Nel Cap. 1 è presentato l'insieme dei codici e software che compongono l'architettura, mentre nel Cap. 2 sono elencati i requisiti per l'installazione e nel Cap. 3 la procedura di installazione. Il Cap. 4 presenta il modello idrologico e le sue funzionalità, ponendo pure in evidenza limitazioni e opzioni preselezionate, e descrive il flusso di lavoro.

A partire dal Cap. 5 si presenta la procedura guidata di implementazione di un nuovo modello idrologico e del relativo geodatabase. Nel Cap. 6 è trattata la discretizzazione spazio-temporale del dominio di studio con la creazione della griglia alle differenze finite e la suddivisione temporale in *stress period*.

Gli strumenti per la parametrizzazione dei *model_layer* sono presentati nel Cap. 7: l'utente ha la possibilità di operare selezioni e attribuzioni utilizzando classici strumenti GIS oppure di utilizzare i nuovi strumenti sviluppati nell'ambito del progetto importando informazioni da file vettoriali o *raster*. Sono presentate le possibilità di visualizzazione 2D e 3D della geometria del dominio di studio.

Nel Cap. 8 sono proposti moduli più comuni per l'implementazione delle condizioni al contorno e dei termini di sorgente/pozzo previsti per il codice MODFLOW (**CHD, RCH, WEL, RIV, DRN, GHB, EVT, SFR2**).

Nel Cap. 9 l'utente viene introdotto alla simulazione dei deflussi nella zona insatura attraverso l'utilizzo dell'**Unsaturated Zone Package (UZF)**, metodo

semplificato unidimensionale) oppure del processo **Variably Saturated Flow (VSF)**, per la simulazione in 3D utilizzando l'equazione di Richards).

Nel Cap. 10 è presentato il pacchetto **Cascading Flow (CFL)** creato in SID&GRID per la simulazione del deflusso superficiale non incanalato ed il suo *routing* lungo l'asta di corsi di acqua.

Il Cap. 11 tratta invece l'utilizzo dei traduttori per la preparazione dei file input richiesti dal solutore numerico. Sono descritte tutte le interfacce sviluppate per la creazione dei file di testo necessari alla effettuazione delle simulazioni. Il Cap. 12 presenta invece l'interfaccia per l'effettuazione delle simulazioni.

Il metodo **Local Grid Refinement (LGR)** è esposto nel Cap. 13 per operare il raffinamento locale della griglia al fine di migliorare la qualità della soluzione in zone ove è attesa una brusca variazione del gradiente idraulico oppure ove si volesse procedere alla simulazione di dettaglio della zona insatura.

Il Cap. 14 presenta una serie di strumenti (in particolare tre componenti aggiuntivi di gvSIG) per la parametrizzazione e la descrizione di alcuni processi all'interfaccia suolo/atmosfera. In particolare, sono resi disponibili: i) un database di riferimento per il **Leaf Area Index (LAI)**; ii) uno strumento per il calcolo dell'evapotraspirazione potenziale (**Potential Evapotranspiration - PET**); un algoritmo per il calcolo della pioggia netta al suolo, a seguito del processo di intercettazione da parte della vegetazione.

Nel Cap. 15 sono infine descritte le capacità di estrazione e visualizzazione dei risultati.

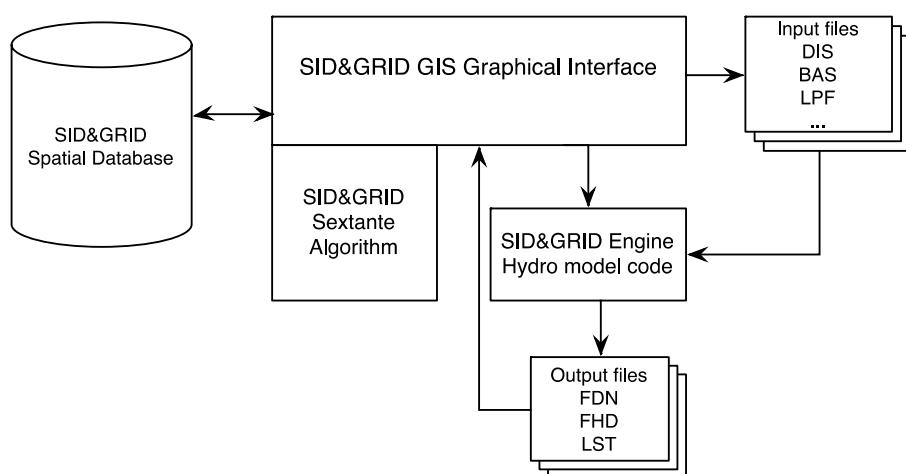
1 Introduzione

SID&GRID (*Simulazione e sistemi IDroinformatici per la Gestione delle Risorse IDriche*) è una piattaforma per la modellistica idrologica (fisicamente basata e spazialmente distribuita) integrata in ambiente GIS. Si compone di un insieme di librerie e software, alcuni dei quali sono stati modificati o sviluppati *ex novo* e in particolare:

- *plugin SID&GRID* per gvSIG;
- libreria di *scripting* per gvSIG;
- nuovo gruppo di geoalgoritmi sviluppati nel *framework* SEXTANTE integrato in gvSIG;
- modifiche ed integrazioni al codice numerico MODFLOW – USGS.

Il *framework* SID&GRID usa i seguenti software *open source*:

- **gvSIG** (<http://www.gvsig.org/web/>);
- **SEXTANTE** Java version (<https://code.google.com/p/sextante/>);
- **PostgreSQL e PostGIS** (<http://www.postgresql.org/>);
- **ZoneBudget**
(<http://water.usgs.gov/nrp/gwsoftware/zonebud3/zonebudget3.html>);
- **Geoserver** (<http://geoserver.org/display/GEOS/Welcome>).



Il presente manuale all'uso di SID&GRID presuppone che l'utente abbia conoscenze e competenze di analisi spaziale in ambiente GIS e di modellistica numerica (Bear & Verruijt, 1987; Anderson & Woessner, 1991; Spitz & Moreno, 1996; Brutsaert, 2005) e, in particolare, una competenza minima nell'utilizzo del codice numerico MODFLOW.

2 Requisiti

L'utilizzo di **SID&GRID** prevede l'installazione di un insieme di strumenti software integrati. **SID&GRID** è compatibile con ambienti Windows, Linux e Mac Os X.

Requisiti di sistema (indipendenti dalla piattaforma):

- Java Virtual Machine 1.6 + Java 3D;
- almeno 300 MB disponibili sul proprio HD;
- almeno 2 GB di Ram (4 GB sono consigliati);
- sistemi operativi: Win XP, Win 7, Linux, MacOS 10.6 o superiore.

SID&GRID richiede che i seguenti software siano installati sul proprio PC:

- **gvSIG CE** (<http://gvsigce.org/>) su sistemi operativi Win XP, Win 7, Linux, MacOS 10.6 **oppure gvSIG desktop 1.11** (<http://www.gvsig.org/web/>) su sistemi operativi Win XP (*attualmente non compatibile con Win Vista, Win 7 o superiore - seppur non testato estensivamente la versione gvSIG desktop 1.12 è stata utilizzata con successo su Win 7*);
- modulo Sextante ver. 0.7 o superiore per gvSIG CE e desktop;
- **mflgr_sidgrid**, eseguibile del modello idrogeologico **SID&GRID**;
- eseguibile del software **Zone Budget**.

Inoltre, i seguenti software devono essere installati sul proprio PC o comunque raggiungibili via rete:

- **PostgreSQL 9.0.13** con estensione spaziale **PostGIS 1.5**.

N.B.: PostGIS 2.0 non è attualmente supportato; installando la versione 9.0.13 a 32 bit di PostgreSQL sarà possibile installare la versione 1.5 di PostGIS per mezzo dello Stackbuilder.

I seguenti software sono opzionali, e determinano solo la possibilità di utilizzare opzioni avanzate rispetto ai requisiti minimi richiesti:

- **GRASS GIS 6.4** o superiore da collegare a Sextante GIS per specifiche elaborazioni GIS;
- **Geoserver 2.4.2** o superiore.

N.B.: Postgresql con PostGIS e Geoserver possono essere installati anche sulla propria macchina e tale configurazione è consigliabile per la prima installazione e fasi di test e prova di SID&GRID.

3. Installazione

3.1 Installazione di gvSIG e Sextante

Il primo passo consiste nell'installare il software GIS desktop gvSIG seguendo i requisiti riportati nel Cap. 2. Per gli utenti OSX è consigliabile scaricare la versione CE dal sito <http://gvsigce.sourceforge.net/joomla/>

Dopo avere installato il software GIS è consigliabile verificare la presenza del modulo Sextante tra gli strumenti di gvSIG. Basterà controllare la toolbar di gvSIG per verificare la presenza di Sextante.

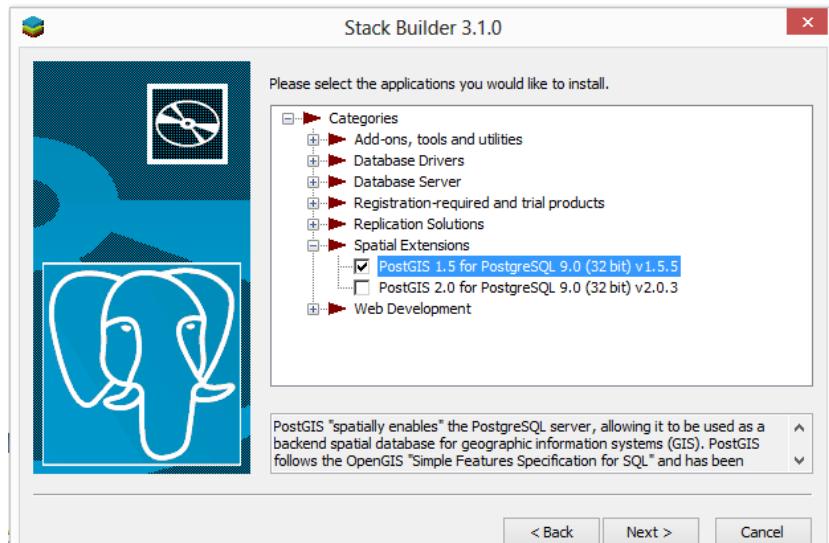


Se la toolbar di gvSIG non contiene gli strumenti di Sextante GIS, bisognerà procedere con l'installazione manuale dello strumento. Per la procedura di installazione si rimanda al sito del progetto Sextante GIS <http://gvsigce.sourceforge.net/joomla/index.php/sextante>

3.2 Installazione di Postgresql e PostGIS 1.5

L'installazione di **PostgreSQL** e **PostGIS** può variare in base alla piattaforma utilizzata. Per l'installazione di **PostgreSQL**, scaricare una delle versioni dal sito web <http://www.enterprisedb.com/products-services-training/pgdownload> ed eseguire l'installazione (per sistema OS Windows suggeriamo di installare la versione 9.0.13 a 32 bit). Inserire la password per il *database superuser* (ad es. postgres). Una volta completata l'installazione, sarà possibile installare **PostGIS**.

N.B.: SID&GRID è compatibile con la versione 1.5 di PostGIS e non con la 2.0, pertanto bisognerà prestare attenzione a selezionare PostGIS 1.5 durante la procedura guidata.

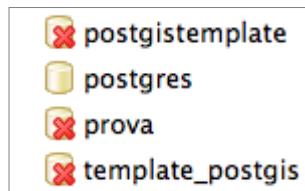


N.B.: se non si utilizza Stackbuilder, per un'installazione standard di PostGIS si rimanda al sito web

http://postgis.net/windows_downloads

da cui è possibile scaricare gli eseguibili per il proprio sistema operativo (ad es. pg91) e consultare una semplice guida all'installazione.

Terminata l'installazione, verificarne il buon esito avviando l'interfaccia grafica PgAdmin per controllare che il server sia attivo e che sia presente almeno un *template PostGIS* come mostrato in figura



N.B.: il nome del template PostGIS può variare in funzione dei dati forniti durante la procedura di installazione. Analogamente potranno essere configurate le credenziali di accesso (user e password) nel corso dell'installazione. E' consigliabile salvare tali parametri come promemoria in un file di testo.

3.3 Installazione di Geoserver 2.4.2 o superiore

L'installazione di **Geoserver** per la pubblicazione dei dati geografici con servizi *OGC* varia in funzione delle proprie esigenze. Oltre l'installazione e configurazione tipica in ambienti *web server*, è possibile scaricare specifiche versioni in grado di essere eseguite sulla propria macchina desktop. Di seguito si illustra tale opzione tralasciando l'installazione server poiché dipendente dalla propria configurazione di sistema e di rete.

Dal sito di Geoserver <http://geoserver.org/display/GEOS/Stable> sono disponibili:

- una versione eseguibile in Java (indipendente dal sistema operativo);
- una versione compilata ed installante per Windows;
- una versione compilata ed installante per Mac OS X.

Dopo avere installato la versione scelta, Geoserver sarà raggiungibile via browser al seguente indirizzo di default: <http://localhost:8080/geoserver>

Per approfondimenti sull'uso e l'amministrazione di Geoserver si rimanda al manuale in linea: <http://docs.geoserver.org/stable/en/user/>

3.4 Installazione dell'estensione SID&GRID per gvSIG desktop

Dalla pagina di download scaricare i due archivi:

- ***bin.zip***;
- ***src.zip***;

contenenti rispettivamente gli eseguibili e i file sorgente.

Dopo avere scaricato la versione di SID&GRID per il proprio sistema operativo si può procedere con l'installazione manuale delle librerie e degli eseguibili per il corretto funzionamento di SID&GRID.

La cartella ***bin*** scaricata come file .zip conterrà i seguenti pacchetti:

- a) ***it.sidgrid.extension*** (cartella di estensione per gvSIG);
- b) ***it.sidgrid.scripting*** (cartella di script per gvSIG);
- c) ***sextante_sidgrid.jar*** (libreria di geoalgoritmi per Sextante GIS - contenuta nella cartella ***sidgrid_sextante_module***);
- d) ***mflgr_sidgrid*** (eseguibile del solutore numerico del modello idrogeologico);
- e) ***zonbud*** (eseguibile del software per il calcolo del bilancio idrico zonale).

Le cartelle **a)** e **b)** andranno copiate nella directory di gvSIG

gvSIG Desktop 1.xx>gvSIG>extensiones

all'interno dei binari di gvSIG.

Il file **c)** andrà copiato nella directory dell'estensione di Sextante GIS ***gvSIG Desktop 1.xx>gvSIG>>extensiones>es.unex.sexante***

I file eseguibili **d)** ed **e)** potranno essere collocati in qualunque directory del proprio PC. Si consiglia, a tal proposito, di creare una directory nella propria Home nominandola ***sidgrid*** dove collocare questi due eseguibili.

N.B. Specialmente in ambiente Windows non è consigliabile usare la directory Documents and Settings poiché potrebbe creare malfunzionamenti nei link con il software. In ogni caso è sempre sconsigliato usare directory con spazi quando si lavora con SID&GRID o comunque in ambiente GIS e DB.

3.5 Configurazione di SID&GRID

Dopo avere installato le componenti software e le librerie richieste da SID&GRID è necessario configurare il sistema in funzione del proprio DBMS PostgreSQL e Geoserver con cui si intende lavorare. Per fare ciò occorre aprire con un editore di testo il file ***db.properties*** presente nella directory ***it.sidgrid.extension***.

Nella sua configurazione di default, il file conterrà le seguenti impostazioni:

jdbc=postgresql
db.host=localhost
db.port=5432
db.user=postgres
db.passwd=postgres
db.template=postgistemplate
db.url=jdbc:postgresql://localhost
geo.resturl=http://localhost:8080/geoserver
geo.restuser=admin
geo.restpassw=geoserver
geo.workspace=sidgrid

Tale configurazione si basa sull'installazione base di Postgresql/PostGIS e Geoserver. In funzione dei parametri che l'utente avrà definito, sarà possibile aggiornarli per il proprio sistema. Si riporta di seguito un esempio.

Sul proprio PC è stato installato Postgresql/PostGIS con user e password diversi da quelli di default, in particolare:

user=mario

password=rossi

Si dovrà procedere ad aggiornare le voci:

db.user=mario

db.passwd=rossi

*e successivamente chiudere e salvare le modifiche al file. Analogamente si presterà attenzione al nome del template postgis creato in fase di installazione e lo si cambierà dove necessario. Ad esempio si suppone che nel proprio DB il template di PostGIS abbia come nome postgis_template, di conseguenza il parametro **db.template** andrà modificato in:*

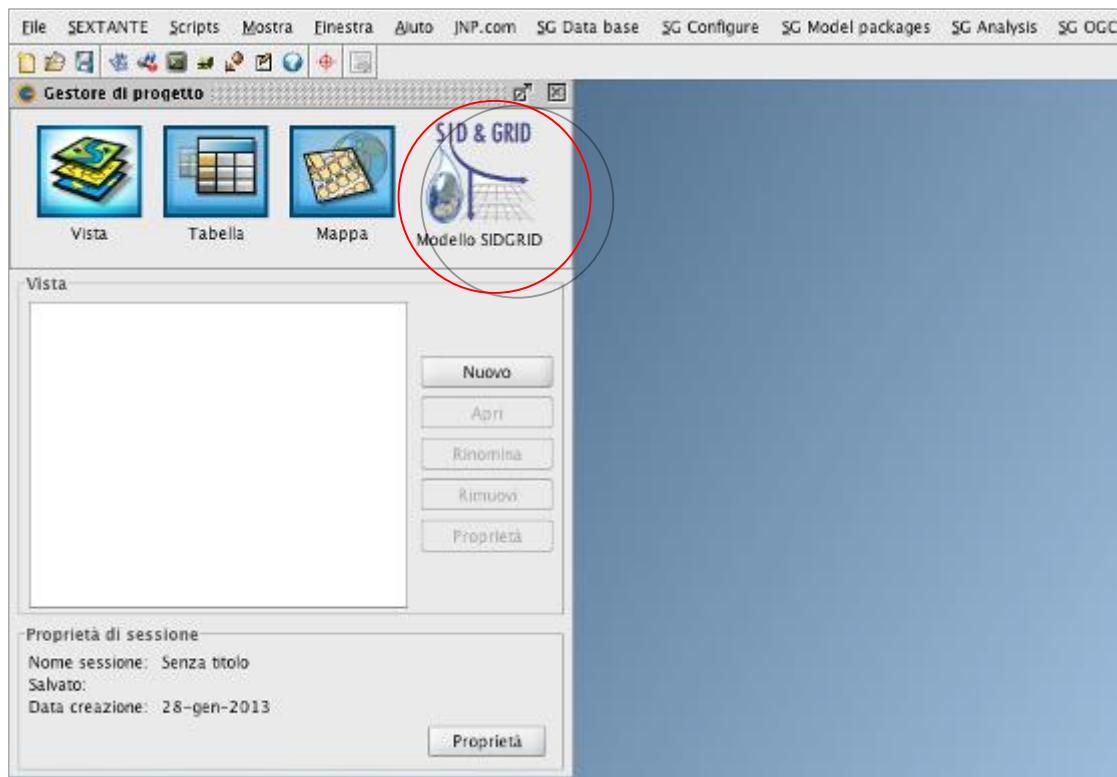
db.template=postgis_template

3.6 Avvio di SID&GRID

Dopo avere installato e configurato il sistema di SID&GRID, si potrà avviare il software GIS desktop gvSIG che, se è stato installato correttamente, si presenterà come in figura.

L'interfaccia conterrà la barra degli strumenti di SID&GRID e l'oggetto **Hydrological model** nel **Gestore di progetto** di gvSIG.

Adesso SID&GRID è installato e configurato correttamente.



4. Il Modello idrologico SID&GRID

Il modello idrologico implementato in SID&GRID permette, a partire dai dati meteo-climatici, come pioggia e temperature, di simulare l'intero ciclo idrologico, oppure di focalizzarsi solo su alcune parti di esso. In particolare, i processi simulati sono i seguenti:

1. intercettazione delle piogge da parte della copertura vegetale, al fine di determinare la cosiddetta "pioggia netta";
2. flusso 3D nella zona satura accoppiato e/o integrato con flusso 1D o 3D all'interno della zona insatura;
3. ruscellamento superficiale (deflusso superficiale non incanalato);
4. deflusso superficiale incanalato e accoppiamento con il sottosuolo (con zona satura e/o insatura).

Il codice numerico è basato su **MODFLOW- 2005** (Harbaugh, 2005), versione **Local Grid Refinement - LGR** (Mehl and Hill, 2005), per il quale sono state sviluppate alcune estensioni. Inoltre, è stato creato un algoritmo di calcolo esterno a tale codice per determinare il tasso di pioggia netta, quale input necessario per il codice stesso.

MODFLOW è un codice distribuito e fisicamente basato per la simulazione dei deflussi delle acque sotterranee sviluppato da USGS a partire dagli anni '80 (McDonald & Harbaugh, 1988). MODFLOW utilizza per la soluzione dell'equazione di governo uno schema alle differenze finite in cui il dominio spaziale è suddiviso in celle a maglia rettangolare. La discretizzazione temporale è invece effettuata per mezzo di **Stress Periods** (SP), ovvero intervalli temporali in cui le condizioni al contorno ed i termini di sorgente pozzo sono costanti. Gli SP possono essere suddivisi in n passi di tempo (**Time Step**, TS) ai quali calcolare, in ogni cella del dominio, la soluzione cercata. Tale discretizzazione è mantenuta anche per i nuovi package sviluppati.

Il modello implementato permette quindi la simulazione, a seconda dei moduli implementati, delle variabili idrologiche, quali carico idraulico delle acque sotterranee, tasso di ricarica, livello del corso d'acqua e portata in corsi d'acqua superficiali, ecc., nello spazio e nel tempo.

Più in dettaglio, riportiamo qui di seguito il materiale sviluppato:

- a) estensione del processo **Variable Saturated Flow (VSF)** (Thoms et al., 2006) alla versione LGR del codice MODFLOW: ciò permette, su un modello di scala regionale, di selezionare una o più aree di interesse sulle quali ottenere una risoluzione dettagliata della zona insatura (flussi in 3D) e dei processi ad essa tipicamente collegati (effetto *ponding*, processi evapotraspirativi in funzione dello sviluppo dell'apparato radicale, ecc.);
- b) nuovo pacchetto **Cascading Flow (CFL)** (Borsi et al., 2013), che implementa un algoritmo semplice, ma efficace, per stimare il termine di deflusso superficiale non incanalato nel bilancio complessivo delle acque superficiali, e le loro

relazioni con i deflussi nel mezzo saturo ed insaturo. Questo pacchetto è attivabile ogni qualvolta si utilizzino i pacchetti **VSF** o **Unsaturated Zone Flow (UZF)**; Niswonger et al., 2006);

- c) estensione in gvSIG (come *script Jython*) per la stima della cosiddetta pioggia netta, cioè il tasso di precipitazione al suolo al netto dei fenomeni di intercettazione ed evaporazione diretta dovuti alla presenza della copertura vegetale. Questa estensione implementa un modello evolutivo (descritto da una equazione differenziale ordinaria non lineare) della quantità di acqua immagazzinata nelle coperture vegetali e sottoposta a un determinato tasso di evaporazione.

Le istruzioni per utilizzare a) e b) sono integrate nella descrizione delle funzioni implementate in gvSIG per la creazione dei dati input del codice numerico. Quanto presentato in c) è invece descritto nel Cap. 14 **Ulteriori strumenti sviluppati in gvSIG**, in quanto l'utilizzo è autonomo rispetto al codice numerico. Pertanto possono essere utilizzati sia come strumento di analisi a sé stante, sia come metodo per una corretta determinazione dei dati input per il codice di calcolo.

N.B.: In accordo con quanto sopra esposto, in tutti gli strumenti di creazione del modello implementati in SID&GRID (e descritti nel seguito di questo manuale) è utilizzata, salvo eccezioni, la terminologia e le notazioni originali riportate nelle varie descrizioni del codice MODFLOW.

Salvo dove esplicitamente indicato, viene omesso il significato dei singoli parametri, rimandando per una più approfondita documentazione ai manuali dei pacchetti MODFLOW oppure alla Online Guide to MODFLOW <http://water.usgs.gov/nrp/gwsoftware/modflow2000/MFDOC/>

Durante i primi utilizzi di SID&GRID attraverso l'esecuzione dei tutorial, si consiglia l'utente di prendere dimestichezza con la documentazione del codice MODFLOW ed in particolare delle principali concettualizzazioni utilizzate.

4.1 Processi simulati

La famiglia dei codici MODFLOW contiene una vasta gamma di processi e pacchetti da poter simulare. L'attuale versione di SID&GRID implementa solo una parte di essi, che tuttavia sono quelli utili per la simulazione delle principali forzanti su un sistema idrologico e idrogeologico. Di seguito elenchiamo i pacchetti MODFLOW simulati, suddivisi per categorie (Harbaugh, 2005).

- Pacchetti base:
 - **Basic (BAS)**
 - **Discretization (DIS)**
 - **Layer Property Flow (LPF)**
- Processi idrologici:

- **Variable Saturated Flow (VSF)**, dotato dei pacchetti:
 - **Richards' Equation Flow (REF)**
 - **Seepage Face Flow (SPF)**
 - **Surface Ponding (PND)**
 - **Surface Evaporation (SEV)**
 - **Root Zone Evaporation (RZE)**
- **Cascading Flow (CFL)**
- Processi idrogeologici:
 - • **Condizioni di carico imposto:**
 - **Time-Variant specified Head (CHD)**
 - • **Condizioni di flusso imposto:**
 - **Recharge (RCH)**
 - **Well (WEL)**
 - • **Condizioni di flusso dipendente dal carico:**
 - **River (RIV)**
 - **Drain (DRN)**
 - **General Head Boundary (GHB)**
 - **Evapotranspiration (EVT)**
 - **Stream Flow Routing (SFR)**
 - **Unsaturated Zone Flow (UZF)**
- Solutori numerici:
 - **Preconditioned Conjugate-Gradiente (PCG)**
- Metodo di raffinamento:
 - **Local Grid Refinement (LGR)**

4.2. Descrizione del flusso di lavoro in SID&GRID

Il flusso di lavoro in SID&GRID è tale per cui l'utente svolgerà tutte le operazioni per l'implementazione del modello, l'esecuzione delle simulazioni e la visualizzazione dei risultati all'interno del software GIS.

SID&GRID si basa su un'architettura logica in cui l'implementazione di ciascun

processo segue una procedura ben codificata nella quale si passerà da un generico layer GIS ad un ***model_layer/Model Data Object*** per poi arrivare al file richiesto dal solutore numerico (file di testo).

Nel prosieguo del testo verranno utilizzati alcuni termini chiave dal punto di vista semantico, di seguito specificati:

- ***Layer GIS*** – indica il generico strato informativo geografico non ancora normalizzato sullo scenario di modellazione;
- ***model_layer*** – il sottosuolo del dominio di studio viene discretizzato dall'utente in n. strati (***model_layer***), che possono, ad es., corrispondere alle unità idrostratigrafiche individuate nel modello concettuale;
- ***Model Data Object (MDO)*** – indica il layer GIS di cui sopra, normalizzato secondo le proprietà base del modello in implementazione e contenente (almeno) le informazioni sulla discretizzazione spaziale (i riferimenti di riga e colonna) e le informazioni relative alla discretizzazione temporale (SP);
- ***File modello*** – sono i file di testo, generati ad es. a partire da MDO, necessari per l'effettuazione della simulazione.

In tale contesto, il primo gruppo di operazioni riguarda la corretta organizzazione dei data set per l'area di studio. Ovvero l'importazione nella ***Vista*** (in appropriato sistema di riferimento) dei dati vettoriali e raster e l'esecuzione di operazioni di creazione di nuovi file vettoriali, selezione, ritaglio, digitalizzazione ed interpolazione che dovessero essere necessarie.

Una volta completata questa operazione si procederà alla creazione del geodatabase ed alla definizione delle proprietà di base del modello idrologico (Cap. 5).

Successivamente si passerà alla definizione della geometria 3D del dominio di studio, ovvero alla definizione dei layer di sottosuolo del modello (***model_layer***), e della discretizzazione temporale: a ciò segue la parametrizzazione idrodinamica (inclusa l'assegnazione delle condizioni iniziali) di ciascun ***model_layer*** implementato (Cap. 6 e 7).

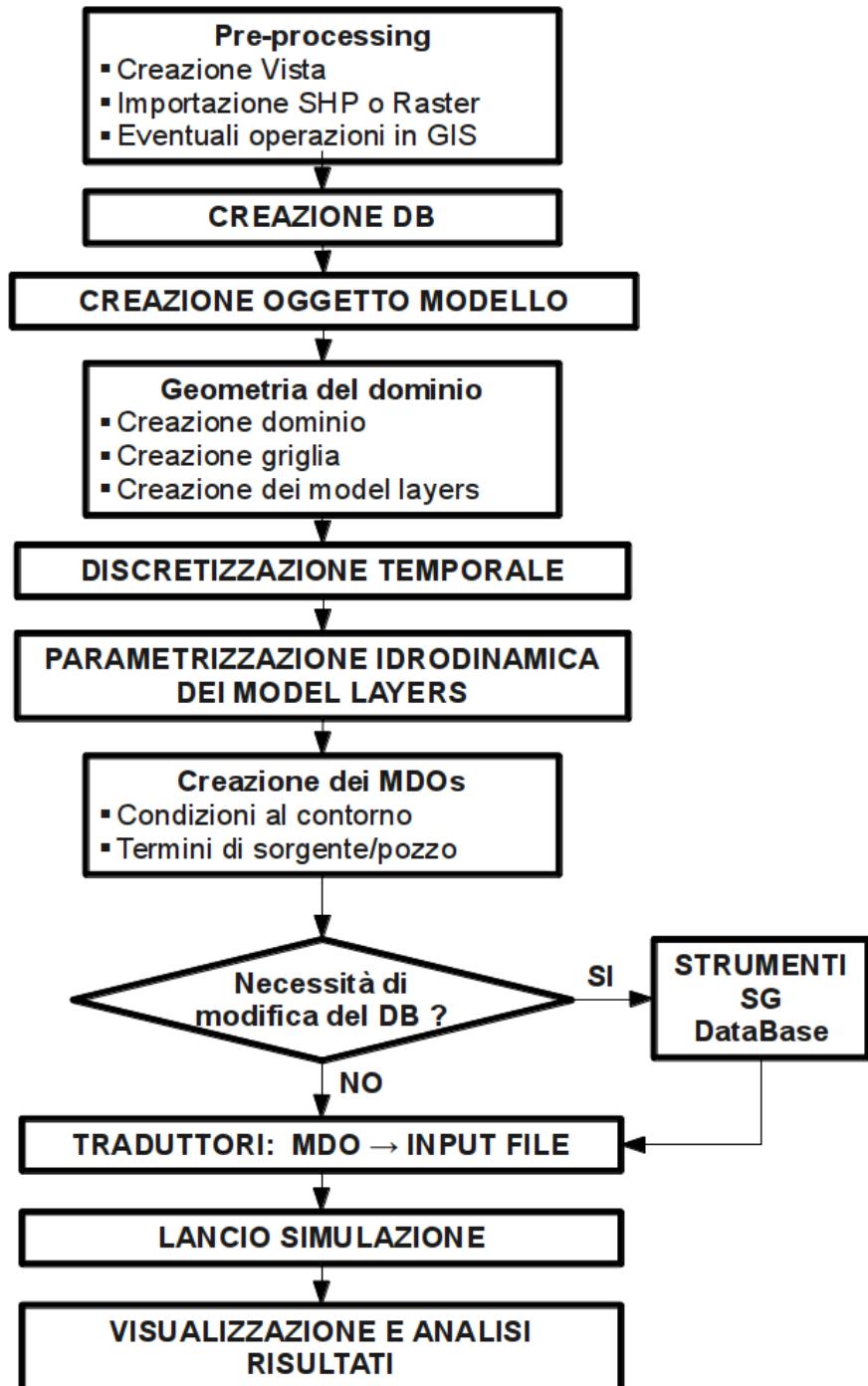
Per mezzo di una serie di tool appositamente sviluppati nell'ambito del progetto SID&GRID (attraverso il modulo ***SG Configure***; Cap. 8) si implemteranno le condizioni al contorno ed i termini di sorgente e pozzo, prima importando i necessari layer GIS e quindi trasformandoli in MDO.

Tutte le Tabelle create saranno modificabili attraverso il modulo ***SG Database***.

Svolte queste operazioni i vari ***model_layer*** e MDO saranno tradotti in una serie di file testuali (ad es.: ***DIS.txt***, ***BAS.txt***, ***LPF.txt***, etc.) necessari per l'effettuazione della simulazione (attraverso ***SG Model Packages***; Cap. 11).

Per l'effettuazione delle simulazioni, l'utente passerà, attraverso il ***Gestore di Progetto***, dalla ***Vista*** al ***Hydrological model***. Lì, una volta selezionati i pacchetti con cui effettuare la simulazione, si potrà lanciare la simulazione (Cap. 12).

La visualizzazione, ad es., dell'andamento dei carichi idraulici è possibile da ***SG Configure*** (Cap. 15), mentre quella dei bilanci idrologici zonali (ottenuti utilizzando il codice ***Zone Budget***) da ***SG Analysis*** (Cap. 15 - **funzione non attualmente descritta**).



4.3 Opzioni preselezionate e limitazioni

Nella costruzione dei file input per i pacchetti sopra elencati, SID&GRID è stato progettato con alcune limitazioni riguardanti l'inserimento di alcuni flag ed opzioni. Questi sono preimpostati come valori fissati (cioè non selezionabili dall'utente attraverso l'interfaccia): tale scelta è legata all'esigenza di guidare l'utente verso l'utilizzo del codice nelle situazioni più usuali, in modo da limitare la richiesta di inserimento di parametri.

Nella descrizione dei singoli pacchetti (Cap. 8 e seguenti) saranno dettagliate tali limitazioni per ognuno di essi. Qui di seguito, invece, riportiamo solo la limitazione relativa ai file di base necessari per la corretta esecuzione del codice:

- pacchetto **Discretization (DIS)**: non è prevista l'esistenza di alcun *confining bed*, quindi il parametro **LAYCBD** è sempre uguale a 0 (Harbaugh, 2005);
- in nessun pacchetto è attiva l'opzione di inserimento parametri (voce **Parameters** in MODFLOW), utilizzata per la calibrazione in automatico;
- le opzioni di default previste per il controllo dell'output (file **.oc**) sono le seguenti:
 - (a) ad ogni **Time step** di ogni SP vengono salvati sia il valore di carico idraulico che quello di abbassamento (*drawdown*);
 - (b) i valori vengono salvati in formato binario (per evitare la creazione di file di grosse dimensioni), pertanto la loro lettura deve essere effettuata con gli strumenti di visualizzazioni creati per SID&GRID o con applicazioni similari;
 - (c) nel **list file** (report finale della simulazione) ad ogni *time step* di ogni SP viene stampato il bilancio, ma non i valori di carico idraulico calcolati per ogni cella, sempre per evitare che il report risulti un file di testo di dimensioni eccessive.

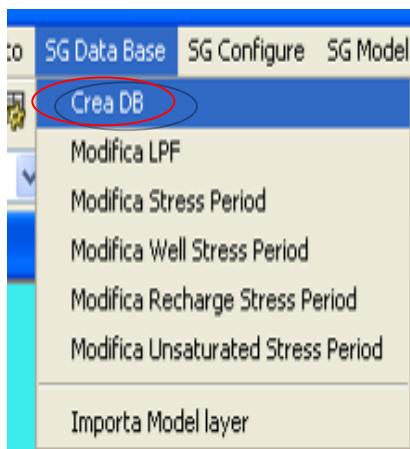
Tuttavia, è importante notare che queste restrizioni riguardano solo l'interfaccia grafica: la versione SID&GRID del codice MODFLOW è infatti in grado di simulare modelli con qualsiasi di queste opzioni attivate. Pertanto, l'utente esperto che voglia modificare le scelte preimpostate, potrà farlo variando i rispettivi flag e parametri direttamente sui file input di MODFLOW che vengono creati alla fine del processo di modellazione.

5. Creazione del geodatabase e di un nuovo modello idrologico

L'inizio di un nuovo scenario di modellazione prevede la creazione di una **Vista**, di un database e di un nuovo modello idrologico. Per la creazione di una nuova **Vista** selezionare **Nuovo**, rinominarla e definirne le **Proprietà** (es. sistema di coordinate).

5.1. Creazione del geodatabase

Per creare un nuovo geodatabase in cui archiviare tutti i dati di input geografici per il modello occorrerà attivare il tool **Crea DB** dal menu **SG Data Base**.



Una volta creato, il geodatabase sarà disponibile anche dall'interfaccia PgAdmin di Postgresql. Dopo la creazione, l'utente troverà le seguenti tabelle (che saranno popolate in seguito):

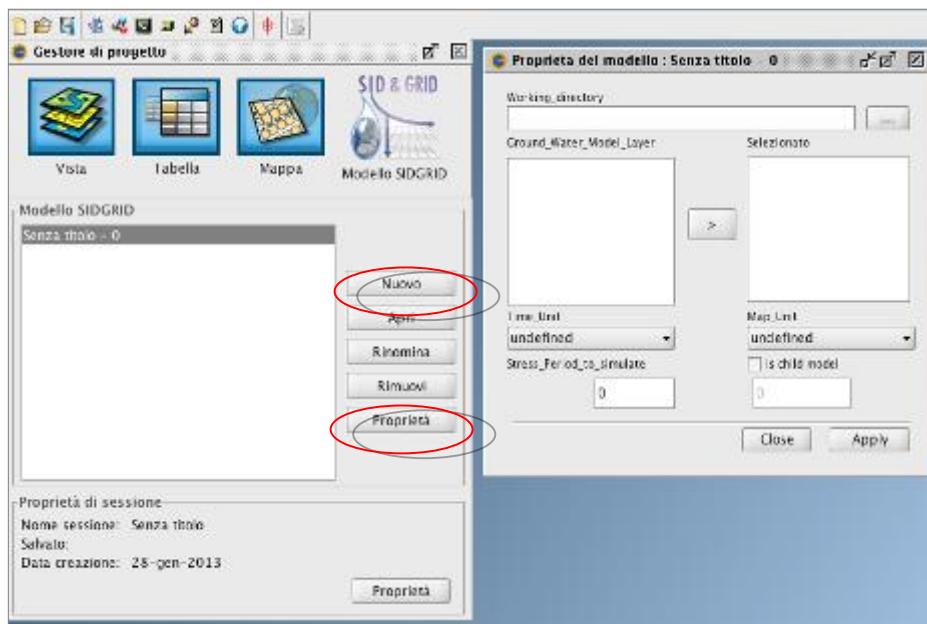
- ***streamflow***;
- ***gridrefine***;
- ***lpf***;
- ***soiltype***.

N.B. assegnare nomi senza spazi e con lettere minuscole per evitare alias.

5.2. Creazione di uno scenario di simulazione

Creato il geodatabase, si potrà procedere con la creazione di un nuovo scenario di modellazione in gvSIG che conterrà i principali parametri di configurazione della simulazione. Dal **Gestore di progetto** si seleziona **Hydrological model** e quindi **Nuovo**. Verrà creato un nuovo oggetto che dovrà essere opportunamente rinominato.

Selezionando l'oggetto e cliccando su **Proprietà** si accederà al pannello di configurazione come mostrato in figura.



Nel pannello delle **Proprietà del modello** si definirà:

- la **Working directory** dello scenario in cui saranno archiviati tutti i file testuali di input e gli output della simulazione;
- le unità di misura **spaziali (Map Unit)** e **temporali (Time Unit)** del modello;
- il numero di **SP** che si intende simulare (**Stress period to simulate**);
- la **lista** dei layer GIS che compongono la geometria del modello. La lista a sinistra conterrà tutti i layer disponibili nella sessione GIS, a destra dovranno essere riportati i soli model layer selezionati per la geometria del modello;
- l'eventuale indicazione se il modello è un **Child model** o un **Parent model** (questa opzione verrà trattata più avanti, si veda il Cap. 13).

In questo momento la lista dei layer è vuota: torneremo, una volta definiti i *model_layer*, ad indicare quali andranno a costituire lo scenario di simulazione.

6. Discretizzazione spaziale e temporale del modello

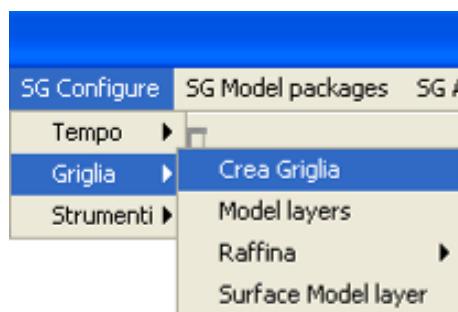
Una volta definita la concettualizzazione del dominio di studio e preparati i relativi file geografici, si passerà all'implementazione della geometria 3D definendo la griglia alle differenze finite in pianta e la discretizzazione verticale. Successivamente si dovrà definire la discretizzazione temporale. E' quindi prima necessario valutare e decidere:

- la dimensione di cella;
- il numero degli SP da simulare.

6.1. Costruzione della griglia alle differenze finite

Per la costruzione della griglia di calcolo si devono definire i limiti spaziali del dominio di studio. Deve pertanto essere creato un file vettoriale poligonale, che contenga la porzione di spazio entro la quale si vuole effettuare la simulazione e in cui verrà generata la griglia di calcolo. Si suggerisce, di creare il poligono definendo l'estensione lungo la x e lungo la y in maniera tale che ciascuna di esse sia multiplo della dimensione di cella scelta (es.: se la dimensione di cella è 100 m l'estensione lungo la x potrà essere 1000 m, ma non 1025).

L'utente dispone di un menu dedicato alla costruzione della griglia del modello.



Per creare la griglia si attiva lo strumento:

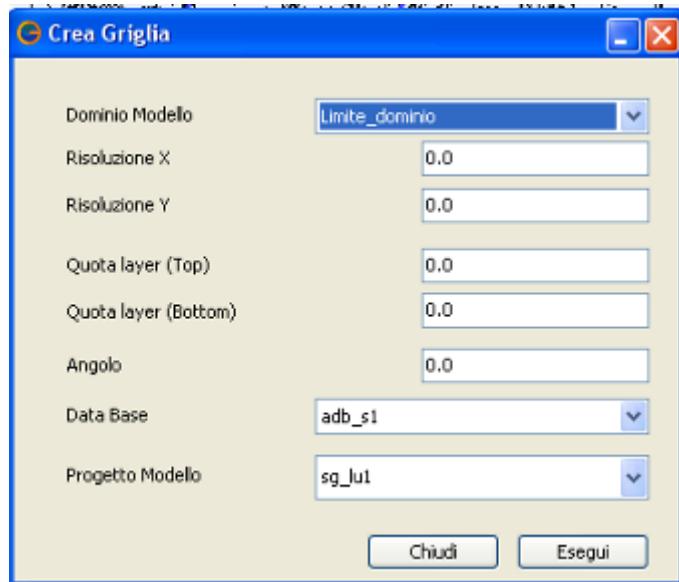
SG Configure>Crea griglia.

Lo strumento richiede il dato vettoriale (precedentemente creato) che costituirà l'estensione del dominio di analisi del modello e genera la griglia assegnandola al *model_layer_1*, per il quale successivamente dovranno essere specificati ulteriori parametri quali, ad es., la quota di tetto e di letto dell'unità idrostratigrafica rappresentata e le proprietà idrodinamiche.

Dovranno quindi essere inseriti i dati:

- **Dominio Modello**= file .shp del dominio di studio;
- **Risoluzione X** = dimensione della cella in x ;
- **Risoluzione y**= dimensione della cella in y;
- **Quota layer (Top)**= quota di tetto del *model_layer_1* (questo parametro può rimanere 0 se si intendono importare valori variabili cella cella in seguito);
- **Quota layer (Bottom)**=quota di letto del *model_layer_1* (questo parametro può rimanere 0 se si intendono importare valori variabili cella cella in seguito);

- seguito);
- **Angolo**= angolo di rotazione della cella;
 - **Data Base**= geodatabase in cui archiviare i dati relativi al *model_layer_1*;
 - **Progetto Modello**= modello per cui creare la griglia.



Una finestra chiederà, nel corso dell'elaborazione, se si intende salvare il layer nel geodatabase o se lo si vuole mantenere come layer temporaneo. Ciò può essere utile nel caso di test preliminari. La griglia creata sarà caricata nella *Table Of Content (TOC)* di gvSIG con il nome di ***model_layer_1***.

*N.B. i nomi del layer che compongono la geometria del modello avranno tutti lo stesso nome più un progressivo numerico(es.: ***model_layer_1***, ***model_layer_2***, etc.). Tali nomi non devono essere modificati dall'utente poiché ciò costituisce il metadato per gli algoritmi di traduzione e scrittura del file di input che verranno descritti in seguito.*

Il layer creato avrà una struttura dati definita da SID&GRID e conterrà i campi con le seguenti specifiche:

- **ID**= identificativo univoco di cella;
- **ROW**= numero di riga;
- **COL**= numero di colonna;
- **BORDER**= flag che indica se la cella è sul bordo del dominio (1) o interna (0);
- **ACTIVE**= flag corrispondente al parametro **IBOUND** in MODFLOW, indica se la cella è attiva (1), non attiva (0) o se a questa è assegnato un carico imposto (-1);
- **TOP**= valore di quota di tetto della cella;
- **BOTTOM**= valore di quota di letto della cella;

- ***STRT***= valore del carico idraulico a t=0 (condizione iniziale);
- ***K_x***= valore della conducibilità idraulica lungo l'asse x;
- ***K_y***= valore della conducibilità idraulica lungo l'asse y;
- ***K_z***= valore della conducibilità idraulica lungo l'asse z;
- ***S_s***= valore del coefficiente di immagazzinamento specifico (*specific storage*);
- ***S_y***= valore della produttività specifica (*specific yield*)
- ***NT***= non implementato (*creato per future release*);
- ***NE***= non implementato(*creato per future release*);
- ***DRYWET***= flag che indica se la funzione *rewetting* è attiva (1) per la cella oppure no (0).

Una volta definiti i *model_layer* (si veda il Cap. 6.3), per ogni cella di ciascuno di essi si dovrà definire se essa è attiva, il valore di tetto (***TOP***) e di letto (***BOTTOM***), il valore della conducibilità idraulica nelle tre direzioni dello spazio (***K_x***, ***K_y***, ***K_z***), il valore delle proprietà per l'immagazzinamento (***S_s***, ***S_y***), il valore delle condizioni iniziali (***STRT***), il valore della variabile ***DRYWET***. La variabile ***DRYWET*** dovrà essere attivata esclusivamente per le celle il cui campo ***ACTIVE*** sia uguale ad 1 (ovvero siano attive). Gli strumenti per effettuare queste attribuzioni sono descritti nel successivo Cap. 7.

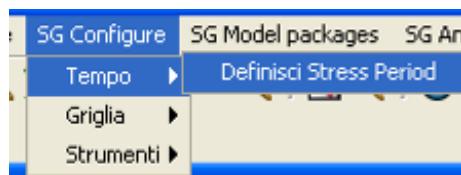
N.B.: ogni volta che si compie un'operazione, e questa è andata a buon fine, si suggerisce di salvare.

6.2 Discretizzazione temporale

Una volta decisa la scansione temporale (in *Stress period*) su cui effettuare la simulazione, questa dovrà essere implementata nel modello in costruzione. Dal menu:

SG Configure>Tempo>Definisci Stress Period

si accede all'interfaccia per la definizione della tabella relativa agli SP del modello. In questa fase l'utente dovrà popolare la tabella con il numero totale di SP che intende simulare. L'utente potrà sempre decidere, nel corso della costruzione del modello, di simularne solo un sottoinsieme attraverso l'apposita voce disponibile nelle proprietà del modello (Cap. 5.2).

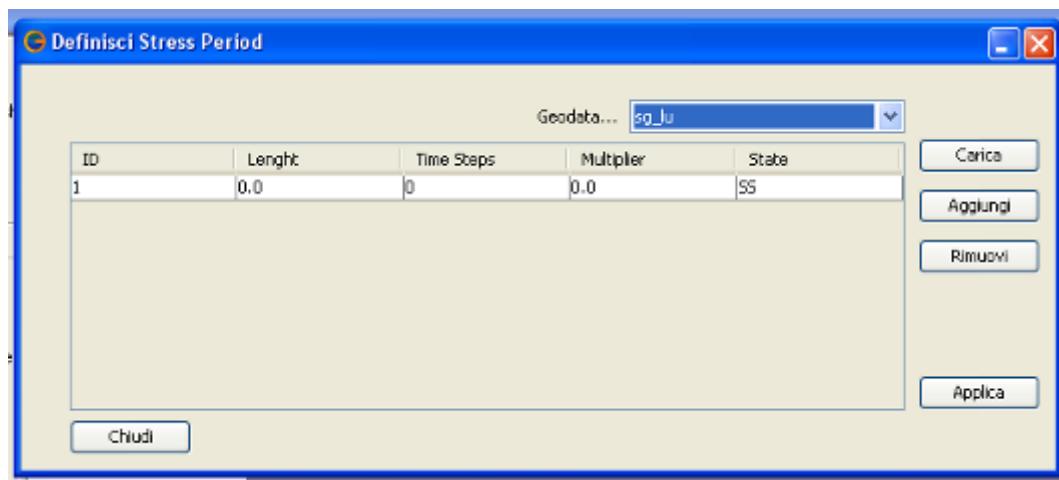


Si aprirà una tabella vuota che andrà popolata manualmente (***Aggiungi***) o caricando un file (***Carica***). Per quest'ultima opzione, il formato della tabella

importata dovrà rispettare il seguente schema dati:

- **ID**= intero univoco;
- **Length**= double;
- **Time Steps**= intero;
- **Multiplier**= double;
- **State**= text.

N.B.: il campo State ammette solo i valori di SS per simulazione in stazionario e TR per transitorio. E' importante mantenere il valore di stringa in maiuscolo.



Completata la compilazione, si procederà con la registrazione dei dati nel geodatabase attraverso il comando **Applica**. La tabella sarà visibile nella sezione **Tabella** di gvSIG.

In qualunque momento l'utente potrà modificare gli SP utilizzando il comando **Modifica Stress Period** dal menu **SG Data Base**.

L'utente accederà ad una interfaccia simile alla precedente da cui potrà aggiornare i valori inseriti in precedenza nel geodatabase. Le modifiche saranno visibili nella tabella **stressperiod** (sempre nella sezione **Tabella** di gvSIG).

id	lenght	time_steps	multiplier	state
1	1.0	1	1.0	SS
2	244.0	4	1.0	TR
3	30.0	2	1.0	TR
4	31.0	2	1.0	TR
5	25.0	2	1.0	TR
6	36.0	2	1.0	TR

 Below the table, a status message reads '0 / 6 Totale record selezionati.'"/>

6.3 Definizione dei layer e assegnazione delle proprietà di base

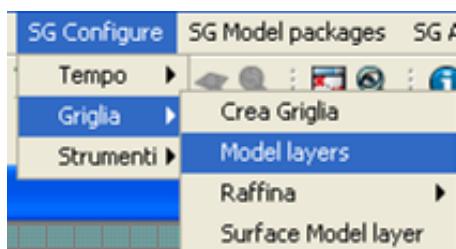
Una volta definita la griglia alle differenze finite e la discretizzazione temporale è necessario andare ad implementare i *model_layer*, potenzialmente corrispondenti alle unità idrostratigrafiche individuate) che saranno stati definiti nel modello concettuale.

Lo strumento è raggiungibile dal menu:

SG Configure>Griglia>Models layers

attivando in gvSIG il *model_layer_1*.

Il comando consente l'inserimento dei *model_layer* e delle relative proprietà di base, sulla base dell'estensione della griglia come precedentemente definita.



Attraverso l'interfaccia l'utente potrà aggiungere (*Aggiungi*) i *model_layer* che compongono il proprio modello ed associare a questi le relative proprietà di base. Come già detto, i successivi *model_layer* saranno numerati progressivamente. Si ricorda che tali nomi non devono essere modificati poiché costituiscono "chiavi" per alcuni algoritmi di SID&GRID.

I parametri da impostare fanno riferimento al pacchetto **LPF** di MODFLOW a cui si rimanda per le specifiche. In particolare, dalla finestra **Model layers** si definiscono:

- **TOP**= valore di quota di tetto per tutte le celle del *model_layer*;
- **BOTTOM**= valore di quota di letto per tutte le celle del *model_layer*;
- **Model Layer**= denominazione di ciascun *model_layer*;

- **Layer Type**= tipo idrologico del layer del modello (**convertible** oppure **confined**);
- **Layer avg**= metodo per il calcolo della trasmissività tra le celle (**harmonic**, **logarithmic** oppure **arithmetic mean**);
- **Constant anisotropy**= flag per indicare se l'anisotropia orizzontale in un *model_layer* è costante o se varia da cella a cella;
- **Anisotropy value**= se il layer è anisotropo, il campo sarà abilitato per l'inserimento di un valore costante di anisotropia. In caso di *model_layer* isotropo inserire il valore **1**;
- **Layer vka**= flag che indica il tipo di valori specificati per la variabile **K_z** (VKA in MODFLOW) nella tabella degli attributi del *model_layer_n*:
 - se **0** allora **K_z**=conducibilità idraulica verticale,
 - se **diverso da 0** allora **K_z**=rapporto tra la conducibilità orizzontale e verticale;
- **Layer wet**= flag per indicare se la cella è attiva per la funzione **rewetting (1)** oppure no (**0**).

Sebbene l'interfaccia proponga in automatico i valori di **TOP** e di **BOTTOM** per ciascun *model_layer*, se non si è nel caso di un modello semplice con *model_layer* orizzontali, tali dati, potranno essere inseriti successivamente (si veda il Cap. 7) assegnando ad ogni cella il valore appropriato.

N.B.: in questa fase il model_layer_1 è ancora un layer orizzontale.

A questo punto si dovrà selezionare il **Geodatabase** di riferimento per lo scenario che si sta simulando ed eseguire il tool **Esegui**.

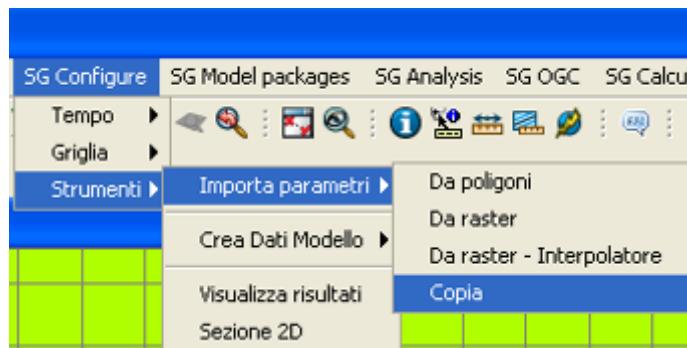
Oltre ai *model_layer*, che saranno aggiunti nella TOC di gvSIG, la tabella LPF sarà stata aggiornata con i dati inseriti nell'interfaccia **Model layers** ora utilizzata.

7 Strumenti per la parametrizzazione dei *model_layer*

Una volta creati i *model_layer*, in questa fase saranno implementati i dati necessari alla definizione delle superfici di tetto e di letto delle unità idrostratigrafiche (comunemente corrispondenti ai *model_layer* stessi), la distinzione in celle attive/inattive, i parametri idrodinamici e individuate le celle attive per cui si vuole sia attiva la funzione ***rewetting***.

SID&GRID implementa, oltre alle possibilità di attribuzione manuale con strumenti di selezione ed editing, quattro metodologie di attribuzione delle variabili, di seguito descritte. Queste ultime sono raggiungibili dal percorso:

SG Configure>Strumenti>Importa parametri.



7.1 Attribuzione manuale con strumenti di selezione ed editing

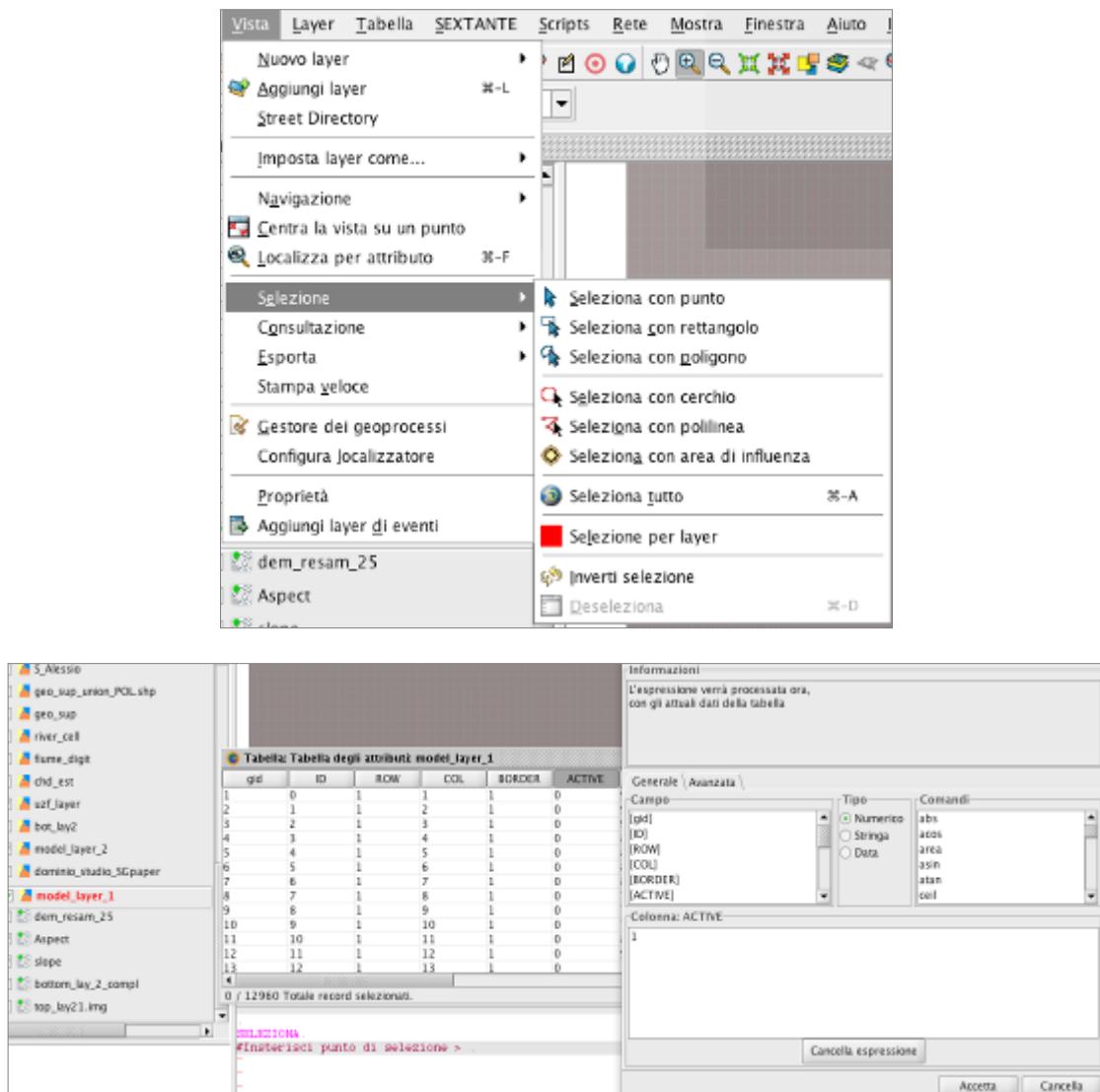
La prima metodologia è propria degli ambienti di lavoro GIS e si basa sugli strumenti, presenti in gvSIG, per la selezione spaziale, alfanumerica e di editing alfanumerico con l'apposito calcolatore. Tale procedura è applicabile per ciascun parametro archiviato nella tabella alfanumerica di ciascun *model_layer*. Di seguito si riporta un esempio relativo alla definizione delle celle attive/inattive.

Definizione delle celle attive attraverso il campo ACTIVE

La procedura può essere eseguita con l'uso di due tool presenti in gvSIG. Una volta creato il poligono in cui sono comprese le celle attive sulle quali si vuole effettuare la simulazione, la procedura si basa su una selezione spaziale tra il dominio areale dello scenario di modellazione ed il poligono creato.

Vista>Seleziona>Seleziona per layer

Alle celle così selezionate si andrà ad attribuire il valore 1 (flag per cella attiva) per mezzo del calcolatore (***Espressione***).



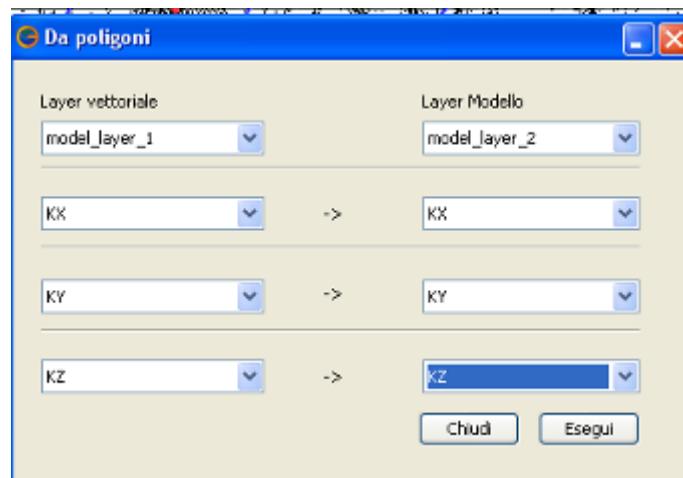
N.B. Approfondimenti su tali strumenti sono reperibili nel manuale utente di gvSIG

<http://www.gvsig.org/web/projects/gvsig-desktop/docs/user>

7.2 Overlay guidato con un dato vettoriale poligonale (Da poligoni)

Se l'utente dispone di uno strato informativo poligonale relativo, ad esempio, ai valori di K_x , K_y e K_z , può associare tali valori a ciascuna cella del *model_layer*. L'algoritmo si basa sulla verifica di copertura di ciascun centroide delle celle del *model_layer* sulla base degli areali geometrici di input. L'interfaccia consente l'incrocio fino ad un massimo di tre parametri per volta.

L'esempio riporta il caso di incrocio e trasferimento delle variabili K_x , K_y e K_z dal *model_layer_1* al *model_layer_2*.



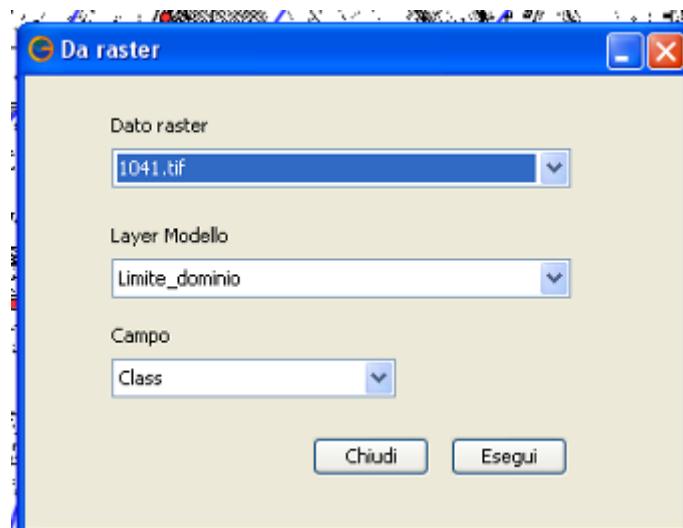
7.3 Overlay guidato con un dato raster (*Da raster*)

Lo strumento ***Da raster*** consente di trasferire i valori di pixel di un dato raster (es. Modello Digitale delle Elevazioni) alle celle dei *model_layer* rispettando la struttura dati definita in SID&GRID. Condizione necessaria per l'esecuzione dell'algoritmo è che il raster abbia la stessa estensione spaziale della griglia del modello, ovvero, stesso:

- numero di righe e di colonne;
- dimensione in x e y della cella;
- origine SO della matrice.

SG Configure>Strumenti>Importa parametri>*Da raster*

L'interfaccia richiede un dato raster (***Dato raster***) di input, ed il *model_layer* (***Layer Modello***) e l'indicazione del relativo ***Campo*** alfanumerico (presente nella tabella del *model_layer* in cui aggiornare i valori).



7.4 Overlay interpolato con un dato raster (Da raster - interpolatore)

Questo strumento è utile nel caso di dominio e *model_layer* con celle ruotate (es. 30°). Lo strumento richiede gli stessi input del semplice **Da raster**, ma prima di procedere con l'incrocio dei pixel e delle celle del *model_layer*, elabora un dataset temporaneo con la media dei valori presenti in ciascun pixel per ogni cella del dato vettoriale del *model_layer*. Lo strumento si basa sull'algoritmo **Grid statistics in polygon** presente nella libreria di Sextante GIS.

Lo strumento **Da raster - interpolatore** è raggiungibile da:

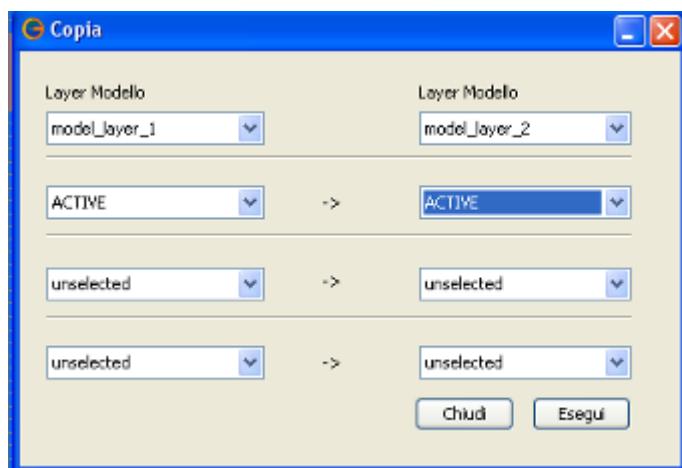
SG Configure>Strumenti>Importa parametri>Da raster - interpolatore

7.5 Trasferimento variabili da Model grid a Model grid (Copia)

Questo particolare tool consente di trasferire i valori da un *model_layer* vettoriale ad un altro *model_layer* vettoriale. I *model_layer*, a differenza del precedente tool devono avere la medesima struttura, ovvero devono essere geometricamente uguali (es.: è possibile trasferire i valori dal *model_layer_1* al *model_layer_2* di uno stesso modello).

Lo strumento **Copia** è raggiungibile da:

SG Configure>Strumenti>Importa parametri>Copia



7.6 Visualizzazione 3D e sezioni

Oltre agli strumenti di analisi di gvSIG e Sextante GIS per verificare eventuali incongruenze tra i layer del modello (es. *map calculator*), SID&GRID integra due tool specifici per la verifica visiva qualitativa della geometria del modello appena costruito.

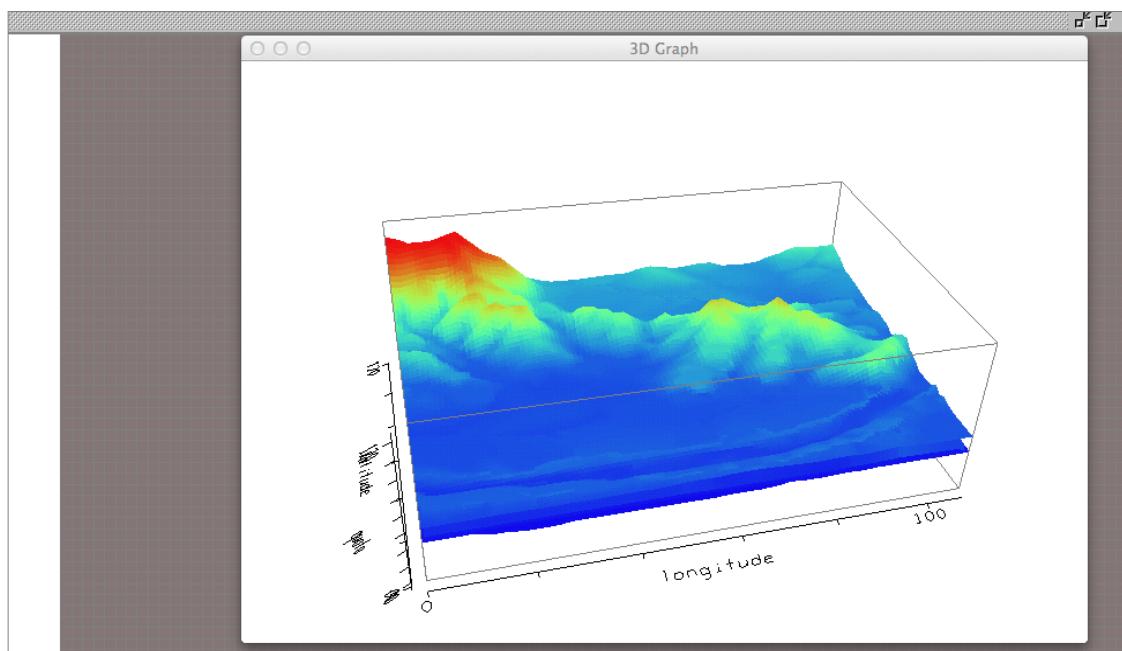
7.6.1 Visualizzatore 3D

Il visualizzatore usa librerie ViSAD¹ e restituisce a schermo il modello tridimensionale della struttura dei *model_layer* selezionati nella finestra delle proprietà dello scenario di simulazione (Cap. 5.2).

Lo strumento si attiva con il comando



dopo avere selezionato il modello da restituire si aprirà una finestra navigabile con il mouse.



Lo strumento consente di analizzare qualitativamente la morfologia dell'area di studio al fine di ottenere informazioni utili per la successiva fase di implementazione dei processi da simulare.

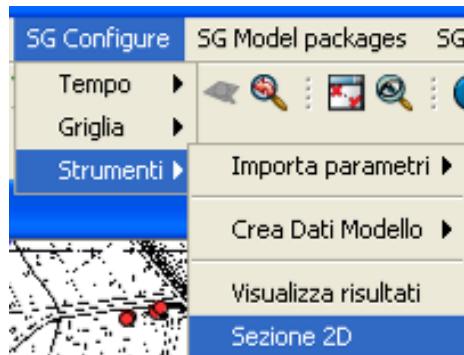
7.6.2 Sezioni

Oltre allo strumento di visualizzazione 3D, SID&GRID dispone di un tool per la restituzione bidimensionale dei profili altimetrici dei *model_layer*. Lo strumento richiede come dato di input un file .shp lineare che rappresenta la linea di sezione.

Il tool è basato sull'algoritmo di Sextante **Profile**, ma con dati multipli di input vettoriali invece che *raster*. Allo strumento si accede dal menu

¹ <http://www.ssec.wisc.edu/~billh/visad.html>

Si veda anche l'appendice B per la licenza

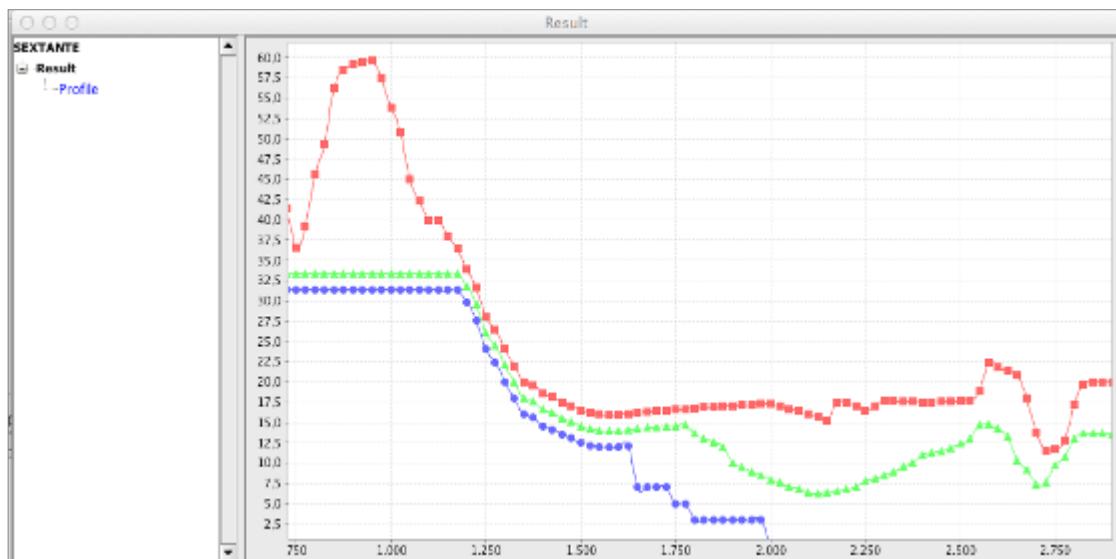
SG Configure>Strumenti>Sezione 2D

L'interfaccia grafica richiede:

- **Cross section layer**= il dato vettoriale lineare di input (linea di sezione);
- **Models_layers**= la selezione dei *model_layer* che compongono il modello idrogeologico (es. *model_layer_1* e *model_layer_2*).



Il risultato sarà una sezione in cui è presentato, lungo l'asse x o y, l'andamento delle quote di tetto e di letto del *model_layer_1* e dei successivi *model_layer*.



8. Implementazione dei processi da simulare: condizioni al contorno e termini di sorgente/pozzo

Una volta definita la parametrizzazione geometrica ed idrodinamica del dominio di studio, è necessario, sulla base del modello concettuale, assegnare le necessarie condizioni al contorno e gli eventuali termini di sorgente/pozzo. In sintesi, andiamo a esprimere con appropriate definizioni matematiche, i processi che operano nel ciclo idrologico concettualizzato. Per la concettualizzazione di gran parte dei processi si consiglia di visionare la ***Online Guide to MODFLOW*** alla voce ***Ground-Water Flow Processes>Ground-Water Flow Packages>Boundary Conditions:***

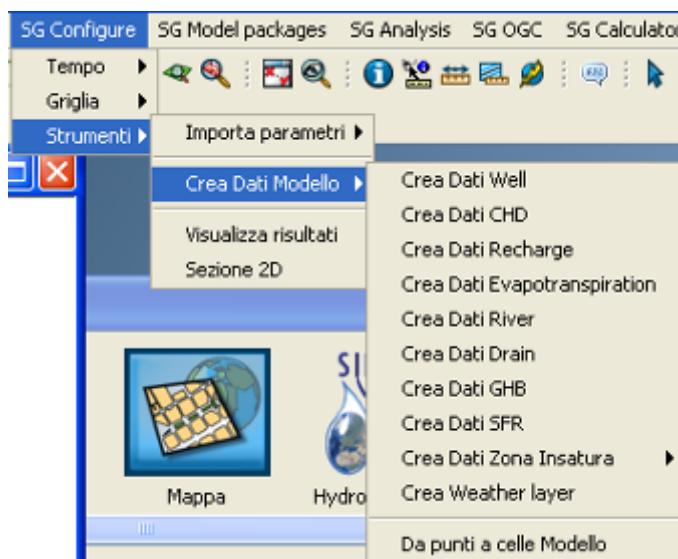
<http://water.usgs.gov/nrp/gwsoftware/modflow2000/MFDOC/>

In SID&GRID possono essere implementate condizioni al contorno di primo tipo (carico imposto variabile nel tempo), di secondo tipo (flusso imposto) oppure di terzo tipo (flusso dipendente dal carico).

Come detto nel Cap. 4.2, in SID&GRID l'implementazione di ciascun processo segue una procedura ben codificata nella quale si passerà da un generico layer GIS ad un MDO per arrivare al file richiesto dal solutore numerico. Ciascuna procedura si articola in almeno due fasi, in taluni casi tre (suddivise in più step):

1. caricamento del layer GIS di base;
2. normalizzazione del layer GIS in MDO;
3. scrittura del file di testo di input per il solutore numerico del modello SID&GRID.

I moduli si attivano dalla sezione ***Strumenti*** in ***SG Configure***.



8.1 Time Variant Specified Head – CHD (condizione di carico imposto)

Attraverso il modulo ***CHD***, implementato per mezzo del ***Time-Variant Specified-***

Head package del codice MODFLOW è possibile simulare una condizione di primo tipo o a carico imposto. Con tale condizione si simula ad es. la presenza di corpi idrici di grandi dimensioni. L'implementazione del **CHD** richiede la creazione di un nuovo data set poligonale discretizzato secondo la griglia del modello a partire da un dato lineare. Il modulo si attiva da:

SG Configure>Strumenti>Crea Dati Modello>Crea Dati CHD

e richiede l'immissione di cinque dati:

- **Geodatabase**= il geodatabase del modello su cui si sta implementando il CHD;
- **Layer lineare**= un file .shp lineare lungo cui deve essere attribuita la condizione;
- **Time Table**= la tabella **stressperiod** da cui derivare la discretizzazione temporale dei dati alfanumerici;
- **Da layer Modello**= il *model_layer* più elevato nel modello cui attribuire la condizione;
- **A layer Modello**= l'ultimo *model_layer* cui attribuire la condizione.



Eseguito l'algoritmo, nominato il nuovo dataset e salvato nel geodatabase, il layer MDO sarà visibile nella vista di lavoro. La tabella attributi conterrà i campi relativi a ciascun SP. In una successiva sessione di editing del dato alfanumerico, con ad es. la calcolatrice dei campi (**Espressione**), si dovrà implementare il valore del carico idraulico da assegnare alla linea per ciascun SP (campo **1_shead**, **2_shead**, **3_shead** e seguenti). Non essendo ancora implementata la possibilità di interpolare linearmente i dati lungo il segmento, il campo **1_ehead** e successivi non devono essere implementati.

N.B.: al momento non è possibile implementare con una singola operazione un dataset di partenza di tipo poligonale o puntuale costituito da più punti. Per cui

sarà necessario costruire una o più linee che comprendono le celle alle quali si vuole assegnare la condizione.

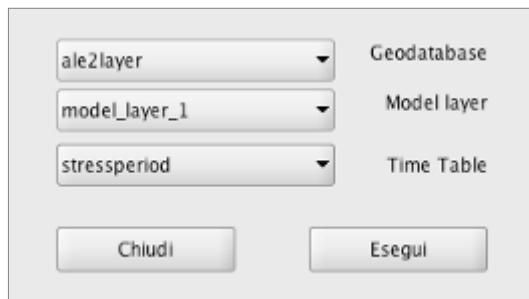
ro	col	xyz	from_lay	to_lay	1_shead	1_ehead	2_shead	2_ehead	3_shead	3_ehead	4_shead	4_ehead
1	29	0	1	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	29	0	1	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	29	0	1	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	29	0	1	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	29	0	1	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	29	0	1	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	29	0	1	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	29	0	1	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	29	0	1	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	29	0	1	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	29	0	1	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	29	0	1	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	29	0	1	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	29	0	1	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	29	0	1	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

8.2 Recharge – RCH (condizione di flusso imposto)

Attraverso il modulo **RCH**, utilizzando il **Recharge Package** di MODFLOW, viene assegnato all'acquifero il valore di ricarica per ogni cella. Se si sceglie di implementare questo pacchetto, l'utente dovrà preliminarmente calcolare il tasso di ricarica (inteso come lama d'acqua) da assegnare ad ogni cella del modello. L'implementazione del processo di ricarica richiede la creazione di un nuovo data set poligonale discretizzato secondo la griglia del modello. Il modulo si attiva da: **SG Configure>Strumenti>Crea Dati Modello>Crea Dati Recharge**.

Lo strumento richiede l'immissione di tre dati:

- **Geodatabase**= il geodatabase del modello su cui si sta implementando la ricarica;
- **Model layer**= un generico *model_layer* da cui derivare la griglia di discretizzazione per la normalizzazione di riga e colonna;
- **Time Table**= la tabella **stressperiod** da cui derivare la discretizzazione temporale dei dati alfanumerici.



Eseguito l'algoritmo, nominato il nuovo data set e salvato nel geodatabase, il layer GIS sarà visibile nella vista di lavoro. La tabella attributi conterrà i campi relativi al tasso di ricarica per ciascun SP (*sp_1_rech*, *sp_2_rech*, etc.). I campi dovranno essere compilati in una sessione di editing del dato alfanumerico (calcolatrice dei campi) o con il trasferimento dei valori da layer vettoriali e/o *raster con i tool*

descritti nel Cap. 7.

Il campo variabile ***irch*** deve essere implementato solo in un particolare caso, per la specifica del quale si rimanda l'utente al ***Recharge Package*** consultabile sulla ***Online Guide to MODFLOW***.

gid	ro	col	sp_1_rech	sp_1_irch	sp_2_rech	sp_2_irch	sp_3_rech	sp_3_irch	sp_4_rech	sp_4_irch	sp_5_rech	sp_5_irch
1	1	1	0.0010	0.0	0.0010	0.0	0.0	0.0	0.0013	0.0	0.0	0.0
2	1	2	0.0010	0.0	0.0010	0.0	0.0	0.0	0.0013	0.0	0.0	0.0
3	1	3	0.0010	0.0	0.0010	0.0	0.0	0.0	0.0013	0.0	0.0	0.0
4	1	4	0.0010	0.0	0.0010	0.0	0.0	0.0	0.0013	0.0	0.0	0.0
5	1	5	0.0010	0.0	0.0010	0.0	0.0	0.0	0.0013	0.0	0.0	0.0
6	1	6	0.0010	0.0	0.0010	0.0	0.0	0.0	0.0013	0.0	0.0	0.0
7	1	7	0.0010	0.0	0.0010	0.0	0.0	0.0	0.0013	0.0	0.0	0.0
8	1	8	0.0010	0.0	0.0010	0.0	0.0	0.0	0.0013	0.0	0.0	0.0
9	1	9	0.0010	0.0	0.0010	0.0	0.0	0.0	0.0013	0.0	0.0	0.0
10	1	10	0.0010	0.0	0.0010	0.0	0.0	0.0	0.0013	0.0	0.0	0.0
11	1	11	0.0010	0.0	0.0010	0.0	0.0	0.0	0.0013	0.0	0.0	0.0
12	1	12	0.0010	0.0	0.0010	0.0	0.0	0.0	0.0013	0.0	0.0	0.0
13	1	13	0.0010	0.0	0.0010	0.0	0.0	0.0	0.0013	0.0	0.0	0.0
14	1	14	0.0010	0.0	0.0010	0.0	0.0	0.0	0.0013	0.0	0.0	0.0

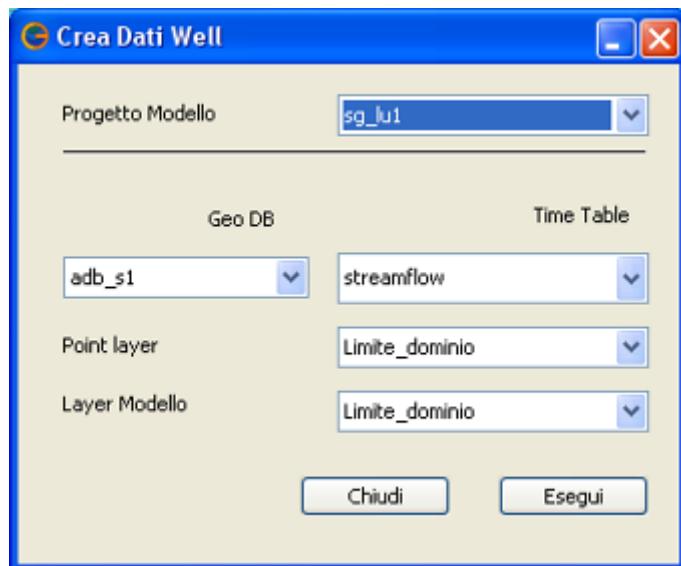
8.3 Well – WEL (condizione di flusso imposto)

Il modulo ***Well*** permette di rappresentare, utilizzando il ***Well Package*** di MODFLOW, una condizione di II tipo o flusso imposto. Per convenzione, tale flusso è negativo se si va ad estrarre acqua dall'acquifero, positivo se si intende simulare una iniezione o un afflusso.

Il primo passo consiste nel caricare nella ***Vista*** lo strato informativo contenente la localizzazione dei punti ai quali si vuole assegnare un flusso imposto. È comune, ad esempio, disporre di un file .shp puntuale contenente le informazioni geometriche ed alfanumeriche dei pozzi per un dominio più ampio di quello simulato. Come prima operazione si dovrà procedere a individuare ed estrarre quelli contenuti nell'area di studio; successivamente si procederà con la loro normalizzazione rispetto alla discretizzazione spaziale (griglia) e temporale (SP) del modello che si sta implementando.

Dopo avere selezionato e ritagliato (***clip***) i pozzi di interesse, si potrà attivare il modulo da:

SG Configure>Strumenti>Crea Dati Modello>Crea dati Well



L’interfaccia richiede una serie di parametri per poter eseguire la normalizzazione in MDO e salvare il risultato nel geodatabase.

- **Progetto Modello**= il progetto del modello per cui si sta implementando il *Well package*;
- **Geo DB**= il geodatabase su cui si stanno archiviando i dati del modello;
- **Time Table**= la tabella *stressperiod* del geodatabase (presente nella sezione *Tabelle* di gvSIG);
- **Point layer**= il layer GIS dei punti da normalizzare;
- **Layer Modello**= è necessario indicare uno tra i *model_layer* che compongono la geometria del modello poiché il dato che verrà utilizzato è la discretizzazione della griglia in pianta.

Completata la fase di normalizzazione, il file MDO conterrà anche le informazioni di riga e colonna della griglia del modello ed una serie di campi numerici quanti sono gli SP previsti nella simulazione.

L’utente potrà avviare una sessione di editing in cui definire per ciascun pozzo:

- **from lay**= *model_layer* geometricamente più in alto cui è assegnata la condizione;
- **to lay**= ultimo *model_layer* in cui la condizione è attiva;
- **active**= i punti attivi avranno valore 1 (di default sono tutti attivi);
- **sp_n**= campi contenenti i valori del flusso imposto (positivi o negativi) per ciascun SP che si intende simulare.

2010	Mar_2010	ROW	COL	from_lay	to_lay	active	sp_1	sp_2	sp_3	sp_4	sp_5	sp_6
0.0	-4320.0	101	54	2	2	1	-2000.0	-1000.0	-1000.0	-1000.0	0.0	
0.0	-4320.0	103	55	2	2	1	-2000.0	-1000.0	-1000.0	-1000.0	0.0	
0.0	-4320.0	102	55	2	2	1	-2000.0	-1000.0	-1000.0	-1000.0	0.0	
0.0	-4320.0	104	56	2	2	1	-2000.0	-1000.0	-1000.0	-1000.0	0.0	
0.0	-4320.0	106	63	2	2	1	-4000.0	-3000.0	-2500.0	-2000.0	-1000.0	0.0
0.0	-4320.0	105	52	2	2	1	-4000.0	-3000.0	-2500.0	-2000.0	-1000.0	0.0
0.0	-4320.0	104	44	2	2	1	-4000.0	-3000.0	-2500.0	-2000.0	-1000.0	0.0
0.0	-4320.0	104	38	2	2	1	-4000.0	-3000.0	-2500.0	-2000.0	-1000.0	0.0
0.0	-4320.0	104	28	2	2	1	-4000.0	-3000.0	-2500.0	-2000.0	-1000.0	0.0
0.0	-4320.0	104	22	2	2	1	-4000.0	-3000.0	-2500.0	-2000.0	-1000.0	0.0
0.0	55	22	2	2	1	14.0	12.0	10.0	12.0	10.0	8.0	
0.0	55	23	2	2	1	14.0	12.0	10.0	12.0	10.0	8.0	
0.0	55	24	2	2	1	14.0	12.0	10.0	12.0	10.0	8.0	
0.0	55	25	2	2	1	14.0	12.0	10.0	12.0	10.0	8.0	
0.0	55	26	2	2	1	14.0	12.0	10.0	12.0	10.0	8.0	

N.B.: fare attenzione nell'assegnazione dei prelievi a ciascun pozzo nel caso la condizione venga assegnata su più layer, in quanto, al momento, ciò implica una automatica ripartizione del prelievo assegnato su ciascun layer.

8.4 River - RIV (condizione di flusso dipendente dal carico)

Il modulo **River** permette di rappresentare, utilizzando il **River Package** di MODFLOW, una condizione di III tipo o flusso dipendente dal carico. Tale pacchetto è comunemente utilizzato per simulare le relazioni tra il livello del corso d'acqua noto, tipicamente di acque superficiali (fiumi, laghi, ecc.), e il carico idraulico simulato delle acque sotterranee. Per la formulazione concettuale di tale condizione consultare il manuale di MODFLOW-2005 oppure la **Online Guide to MODFLOW**.

Il *workflow* per l'utilizzo del package si articola in più passaggi ed è al momento precipuamente concepito per essere utilizzato su elementi lineari. In una successiva *release*, verrà reso disponibile anche uno strumento per l'assegnazione areale della condizione. Assegnazioni areali possono adesso essere effettuate producendo .shp lineari che intercettino tutte le celle che si vogliono interessate dalla condizione. In caso di più elementi lineari, la procedura andrà ripetuta per ciascuno di essi.

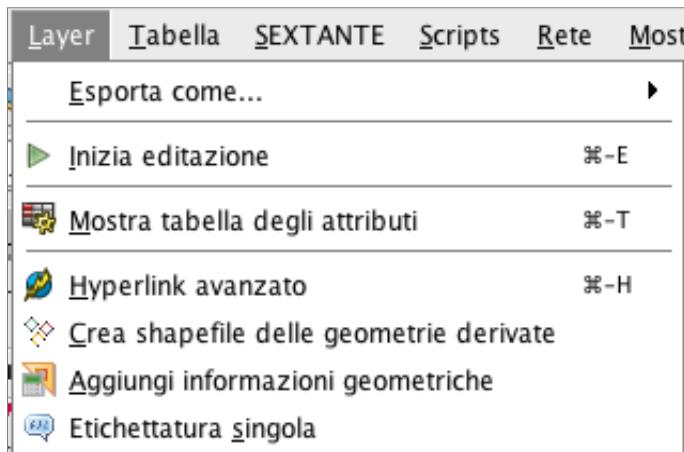
La procedura può essere suddivisa in cinque *STEP*, di seguito elencati.

STEP 1 - Creazione/Importazione dell'elemento lineare

Caricare il file .shp lineare ed estrarre il/i tratto/i da implementare nel modello. Il segmento dovrà essere contenuto entro il limite del modello con celle attive e avere un campo alfanumerico **Lunghezza** contenente il valore di lunghezza del tratto stesso. Nel caso di modifiche alla geometria (con sessioni di editing) si dovrà sempre procedere all'aggiornamento o alla creazione del campo **Lunghezza**.

N.B.: Il campo **Lunghezza** può essere aggiunto con la funzione **Aggiungi informazioni geometriche** di gvSIG.

E' inoltre necessario che lo .shp lineare venga creato digitalizzando nella direzione del deflusso, per permettere la corretta interpolazione lineare dei parametri (di cui si dice nel successivo STEP 2).



STEP 2 - Implementazione della Tabella river_sp.dbf

L'implementazione dei segmenti lineari necessita, oltre che della componente geometrica, anche delle informazioni alfanumeriche relative alla discretizzazione temporale dei parametri all'inizio ed alla fine del segmento. Questi saranno successivamente interpolati linearmente. Pertanto, è necessario **compilare** e **caricare** in gvSIG (nella sezione **Tabelle**) una nuova tabella (.dbf) la cui struttura dati è la seguente:

SP	RS_I	RS_E	BT_IN	BT_OUT	HC_IN	HC_OUT	THICK_IN	THICK_OUT
1.0	15.6	14.0	14.5	13.5	1200.0	1200.0	1.0	1.0
2.0	15.5	13.9	14.5	13.5	1200.0	1200.0	1.0	1.0
3.0	15.4	13.8	14.5	13.5	1200.0	1200.0	1.0	1.0
4.0	15.6	14.0	14.5	13.5	1200.0	1200.0	1.0	1.0
5.0	15.5	13.9	14.5	13.5	1200.0	1200.0	1.0	1.0
6.0	15.4	13.8	14.5	13.5	1200.0	1200.0	1.0	1.0

La tabella di sopra mostra un esempio con 6 SP (identificati nel campo **SP**) per ciascuno dei quali sono parametrizzati i valori dei campi:

- **RS_I**= livello del corso d'acqua (in quota assoluta slmm) all'inizio del segmento;
- **RS_E**= livello del corso d'acqua (in quota assoluta slmm) alla fine del segmento;
- **BT_IN**= quota del letto fluviale/lacustre all'inizio del segmento;
- **BT_OUT**= quota del letto fluviale/lacustre alla fine del segmento;
- **HC_IN**= conducibilità idraulica del letto semipermeabile all'inizio del segmento;
- **HC_OUT**= conducibilità idraulica del letto semipermeabile alla fine del segmento;
- **THICK_IN**= spessore del letto semipermeabile all'inizio del segmento;
- **THICK_OUT**= spessore del letto semipermeabile alla fine del segmento.

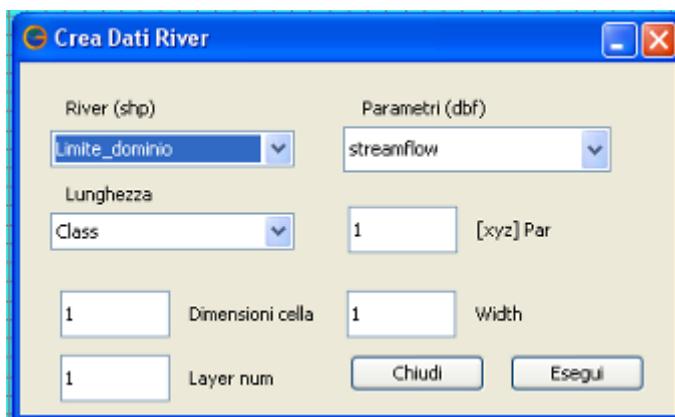
La tabella può essere compilata sia esternamente che internamente a gvSIG con una sessione di editing. Un esempio di Tabella direttamente utilizzabile è il file ***river_sp.dbf*** che può essere scaricato dall'***Archivio*** del sito web del progetto **SID&GRID**. Si consiglia di denominare la tabella ***river_sp***.

STEP 3 – Creazione del layer geografico puntuale

Con questa operazione il file .shp lineare viene trasformato in punti sulla base delle dimensioni della cella, si da avere un punto per ogni cella della griglia. Inoltre, i dati inseriti nella Tabella saranno interpolati linearmente utilizzando i valori all'inizio ed alla fine del segmento.

Eseguire lo strumento:

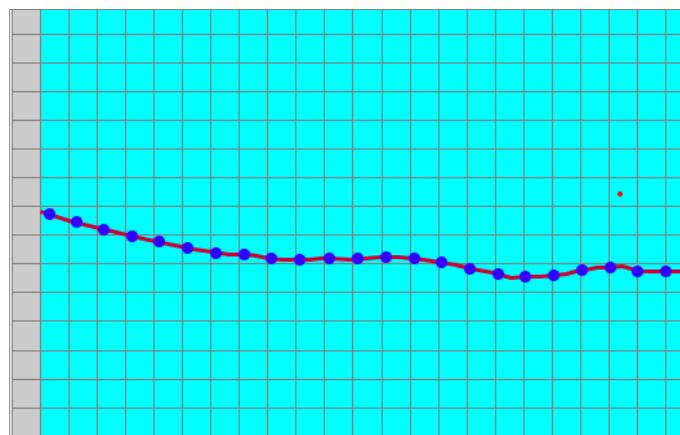
SG Configure>Strumenti>Crea Dati Modello>Crea Dati River



Si aprirà l'interfaccia che andrà compilata inserendo i seguenti dati:

- **River**= file .shp lineare del tratto in analisi;
- **Parametri**= tabella dbf di parametrizzazione per l'interpolazione lineare (v. STEP 2);
- **Lunghezza**= campo lunghezza del file .shp lineare;
- **Width**= larghezza della sezione bagnata dell'elemento lineare;
- **Dimensioni cella**= dimensione di cella del modello;
- **Layer num**= *model_layer* cui dovrà essere assegnata la condizione;
- **[xyz] Par**= parametro opzionale numerico (es.: identificativo nel caso di presenza di più elementi lineari).

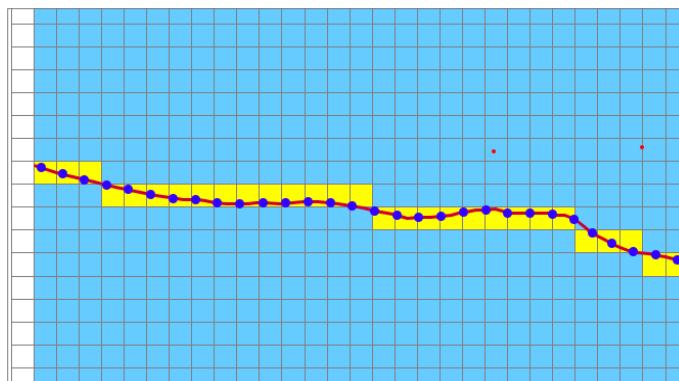
Lo strumento restituirà un nuovo dato temporaneo, puntuale, per ogni cella del modello in cui, ad ogni cella, i valori dei parametri sono derivati dall'interpolazione lineare dei valori assegnati all'inizio ed alla fine della linea.



STEP 4- Verifica del layer puntuale river

Il layer temporaneo (es. **riv_point_tmp**) dovrà essere salvato come .shp file e caricato nella vista del progetto di gvSIG.

Verificare che tutti i punti dello *shape* appena creato incrocino le celle del modello senza lasciare “vuoti” oppure non vi siano più punti in una stessa cella lungo la linea. Tale operazione può essere effettuata, oltre che a vista, procedendo con una selezione spaziale tra il dato puntuale ed il *model_layer* con lo strumento **Seleziona per layer** con operatore **Contengono**.



Se la selezione dà esito positivo (non ci sono vuoti lungo il tratto) si può procedere con la normalizzazione del dato puntuale nel dato poligonale delle celle del modello. Se l'esito è negativo e ci si trova in presenza di “vuoti” si dovrà ripetere la procedura (*STEP 3*) dopo avere modificato in editing il tratto laddove è stato riscontrato l'errore (*STEP 1-2*).

N.B.: nel caso di più tratti si dovranno ripetere gli STEP 1, 2, 3 e 4 avendo cura di selezionare nello shapefile il tratto da normalizzare ed attribuire un progressivo al parametro [xyz] per ciascun tratto (es. tratto 1 - [xyz] = 1; tratto 2 - [xyz] = 2, etc.). Per ciascun tratto si dovrà disporre di una relativa tabella river_sp_n.

Dopo avere creato tutti i file .shp puntuali (uno per ciascun tratto) si procederà con un Merge (Geoprocesso in Sextante) al fine di ottenere un unico file .shp puntuale per tutti i tratti implementati.

Al momento nell'implementazione del River package non è possibile specificare una lunghezza del corso d'acqua che sia superiore (o inferiore) a quella della lunghezza della cella. Questo valore influenza sul calcolo della conduttanza, per cui l'utente deve valutare il potenziale errore introdotto da questa semplificazione. L'utente può comunque calcolare manualmente il valore della conduttanza per le celle in cui questa semplificazione è grossolana e direttamente sostituire il valore della conduttanza calcolato nel campo appropriato del file .shp appena prodotto.

Al momento non è possibile implementare con una singola operazione un dataset di partenza di tipo poligonale o puntuale costituito da più punti. Per cui sarà necessario costruire una o più linee che comprendono le celle alle quali si vuole assegnare la condizione.

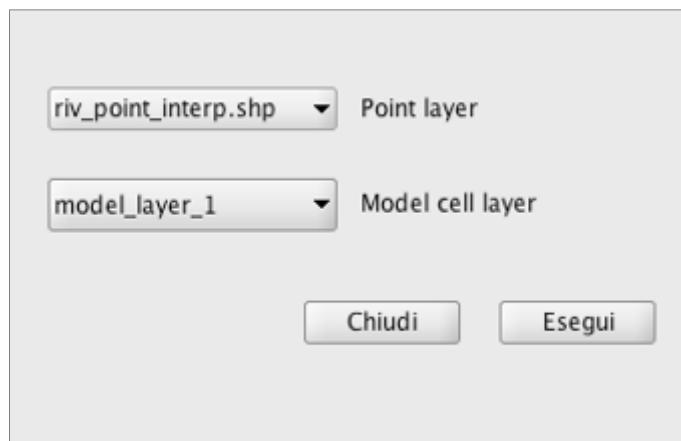
STEP 5 – Creazione del MDO River

Con questa operazione si trasforma il layer puntuale in un MDO pronto per essere

tradotto in file di testo per l'esecuzione della simulazione (si veda il Cap. 12).

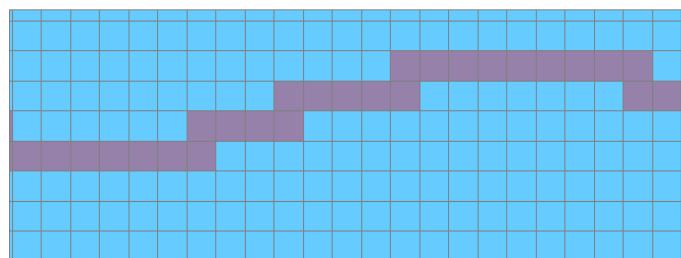
Attivare lo strumento:

SG Configure>Strumenti>Crea Dati Modello>Da punti a celle Modello



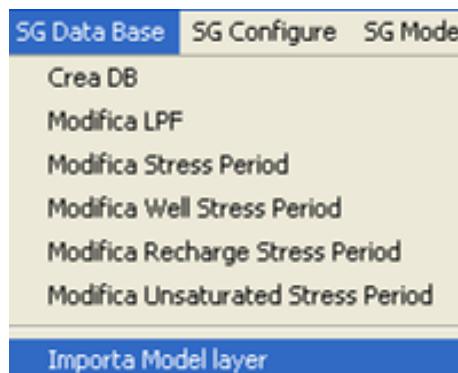
I dati di input sono:

- **Point layer**= layer puntuale, interpolato, prodotto nello *STEP 3*; nel caso di più tratti si dovrà assegnare il file .shp risultante dal geoprocesso di **Merge** come descritto nella nota sopra;
- **Layer Modello**= un generico *model_layer* da cui derivare la griglia di discretizzazione per la normalizzazione di riga e colonna.



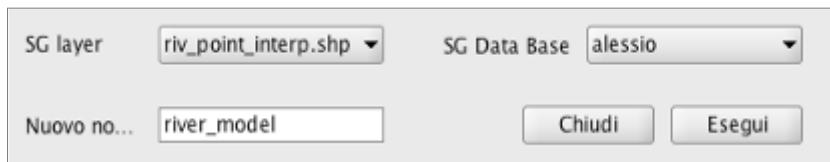
Il nuovo dato sarà di tipo poligonale su struttura di cella del modello.

Concludere la procedura rinominando il file. shp temporaneo e salvando il dato nel geodatabase con lo strumento **Importa Model layer** (da **SG Database**).



Gli input sono:

- **SG layer**= MDO layer da importare;
- **SG Data base**= geodatabase del modello;
- **Nome**= denominazione del file



8.5 Drain - DRN (condizione di flusso dipendente dal carico)

Anche il modulo **Drain** permette di rappresentare, utilizzando il **Drain Package** di MODFLOW, una condizione di III tipo o flusso dipendente dal carico. Tale pacchetto è comunemente utilizzato per simulare il drenaggio delle acque di falda o anche dell'emergenza della falda. Per la formulazione concettuale di tale condizione consultare il manuale di MODFLOW-2005 oppure la **Online Guide to MODFLOW**.

Il *workflow* per l'utilizzo del *package* è analogo a quello visto per il **River**; anche gli strumenti presenti per il modulo **DRAIN** sono al momento precipuamente concepiti per essere utilizzati su elementi lineari. In una successiva *release*, verrà reso disponibile anche uno strumento per l'assegnazione areale della condizione. Assegnazioni areali possono adesso essere effettuate producendo .shp lineari che intercettino tutte le celle che si vogliono interessate dalla condizione. In caso di più elementi lineari, la procedura andrà ripetuta per ciascuno di essi.

Analogamente alla precedente, la procedura può essere suddivisa in cinque *STEP*, di seguito elencati.

STEP 1- Creazione/ Importazione dell'elemento lineare

Caricare il file .shp lineare ed estrarre il/i tratto/i da implementare nel modello. Il segmento dovrà essere contenuto entro il limiti del modello con celle attive e avere un campo alfanumerico **Lunghezza** contenente il valore di lunghezza del tratto stesso. Nel caso di modifiche alla geometria (con sessioni di editing) si dovrà sempre procedere con l'aggiornamento o la creazione del campo **Lunghezza**.

N.B.: Il campo Lunghezza può essere aggiunto con la funzione Aggiungi informazioni geometriche di gvSIG.

E' inoltre necessario che lo .shp lineare venga creato digitalizzando nella direzione del deflusso, per permettere la corretta interpolazione lineare dei parametri (di cui si dice nel successivo STEP 2).

STEP 2 - Implementazione della Tabella drain_sp.dbf

L'implementazione dei segmenti lineari necessita, oltre che della componente

geometrica, anche delle informazioni alfanumeriche relative alla discretizzazione temporale dei parametri all'inizio ed alla fine del segmento. Questi saranno successivamente interpolati linearmente. Pertanto, è necessario **compilare** e **caricare** in gvSIG (nella sezione **Tabelle**) una nuova tabella (.dbf) la cui struttura dati è la seguente:

SP	ELEV_I	ELEV_E	HC_IN	HC_OUT	THICK_IN	THICK_OUT
1.0	17.3	14.5	8.64	8.64	0.5	0.5
2.0	17.3	14.5	8.64	8.64	0.5	0.5
3.0	17.3	14.5	8.64	8.64	0.5	0.5
4.0	17.3	14.5	8.64	8.64	0.5	0.5
5.0	17.3	14.5	8.64	8.64	0.5	0.5
6.0	17.3	14.5	8.64	8.64	0.5	0.5

La tabella sopra mostra un esempio con 6 SP (identificati nel campo **SP**) per ciascuno dei quali sono parametrizzati i valori dei campi:

- **ELEV_I**= quota del fondo del dreno all'inizio del segmento;
- **ELEV_E**= quota del fondo del dreno alla fine del segmento;
- **HC_IN**= conducibilità idraulica del letto semipermeabile all'inizio del segmento;
- **HC_OUT**= conducibilità idraulica del letto semipermeabile alla fine del segmento;
- **THICK_IN**= spessore del letto semipermeabile all'inizio del segmento;
- **THICK_OUT**= spessore del letto semipermeabile alla fine del segmento.

La tabella può essere compilata sia esternamente che internamente a gvSIG con una sessione di editing. Un esempio di Tabella direttamente utilizzabile è il file **drain_sp.dbf** che può essere scaricato dall'**Archivio** del sito web del progetto **SID&GRID**. Si consiglia di denominare la tabella **drain_sp**.

STEP 3 - Creazione del layer geografico puntuale

Con questa operazione il file .shp lineare viene trasformato in punti sulla base delle dimensioni della cella, si da avere un punto per ogni cella della griglia. Inoltre, i dati inseriti nella Tabella saranno interpolati linearmente utilizzando i valori all'inizio ed alla fine del segmento.

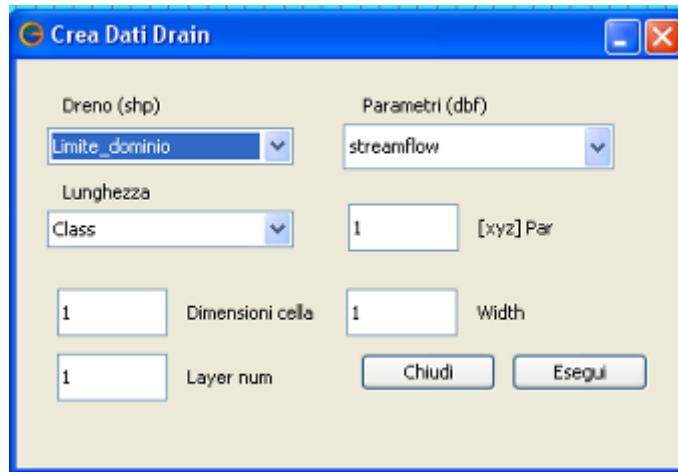
Eseguire lo strumento:

SG Configure>Strumenti>Crea Dati Modello>Crea Dati Drain

Si aprirà l'interfaccia che andrà compilata inserendo i seguenti dati:

- **Drain**= file .shp lineare del segmento;
- **Parametri**= tabella .dbf di parametrizzazione per l'interpolazione lineare (v. **STEP 2**);
- **Lunghezza**= campo lunghezza del file .shp lineare del segmento;

- **Width**= larghezza della sezione bagnata del dreno;
- **Dimensioni cella**= dimensione di cella del modello;
- **Layer num**= *model_layer* cui verrà assegnata la condizione;
- **[xyz] Par**= parametro opzionale numerico (es. identificativo nel caso di più tratti).



Lo strumento restituirà un nuovo dato temporaneo, puntuale, per ogni cella del modello in cui, ad ogni cella, i valori dei parametri sono derivati dall'interpolazione lineare dei valori assegnati all'inizio ed alla fine della linea.

STEP 4 - Verifica del layer puntuale Drain

Il layer temporaneo (es. *drn_point_tmp*) dovrà essere salvato come .shp file e caricato nella vista del progetto di gvSIG.

Verificare che tutti i punti dello *shape* appena creato incrocino le celle del modello senza lasciare “vuoti” oppure non vi siano più punti in una stessa cella lungo la linea. Tale operazione può essere effettuata, oltre che a vista, procedendo con una selezione spaziale tra il dato puntuale ed il *model_layer* con lo strumento **Selezione per layer** con operatore **Contengono**.

Se la selezione dà esito positivo (non ci sono vuoti lungo il tratto) si può procedere con la normalizzazione del dato puntuale nel dato poligonale delle celle del modello. Se l'esito è negativo e ci si trova in presenza di “vuoti” si dovrà ripetere la procedura (*STEP 3*) dopo avere modificato in editing il tratto laddove è stato riscontrato l'errore (*STEP 1-2*).

N.B.: nel caso di più tratti si dovranno ripetere gli STEP 1, 2, 3 e 4 avendo cura di selezionare nello shapefile il tratto da normalizzare ed attribuire un progressivo al parametro [xyz] per ciascun tratto (es. tratto 1 – [xyz] = 1; tratto 2 – [xyz] = 2, etc.). Per ciascun tratto si dovrà disporre di una relativa tabella drain_sp_n.

Dopo avere creato tutti i file .shp puntuali (uno per ciascun tratto) si procederà con un Merge (Geoprocesso in Sextante) al fine di ottenere un unico file .shp puntuale per tutti i tratti implementati.

Al momento nell'implementazione del Drain package non è possibile specificare una lunghezza del corso d'acqua che sia superiore (o inferiore) a quella della lunghezza della cella. Questo valore influenza sul calcolo della conduttanza, per cui l'utente deve valutare il potenziale errore introdotto da questa semplificazione.

L'utente può comunque calcolare manualmente il valore della conduttanza per le celle in cui questa semplificazione è grossolana e direttamente sostituire il valore della conduttanza calcolato nel campo appropriato del file .shp appena prodotto.

Al momento non è possibile implementare con una singola operazione un dataset di partenza di tipo poligonale o puntuale costituito da più punti. Per cui sarà necessario costruire una o più linee che comprendono le celle alle quali si vuole assegnare la condizione.

STEP 5 – Creazione del MDO Drain

Con questa operazione si trasforma il layer puntuale in un MDO pronto per essere tradotto in file di testo per l'esecuzione della simulazione (si veda il Cap. 12).

Attivare lo strumento:

SG Configure>Strumenti>Crea Dati Modello>Da punti a celle Modello

I dati di input sono:

- **Point layer**= layer puntuale, interpolato, prodotto nello STEP 3; nel caso di più tratti si dovrà assegnare il file .shp risultante dal geoprocesso di **Merge** come descritto nella nota sopra;
- **Layer Modello**= un generico *model_layer* da cui derivare la griglia di discretizzazione per la normalizzazione di riga e colonna.

Il nuovo dato sarà di tipo poligonale su struttura di cella del modello.

Concludere la procedura rinominando il file. shp temporaneo e salvando il dato nel geodatabase con lo strumento **Importa Model layer** (da **SG Database**).

Gli input sono:

- **SG layer**= MDO layer da importare;
- **SG Data base**= geodatabase del modello;
- **Nome**= denominazione del file

8.6 General Head Boundary- GHB (condizione di flusso dipendente dal carico)

Il modulo **General Head Boundary**, utilizzando il **GHB Package** di MODFLOW, permette la rappresentazione di un generico limite di III tipo, utilizzando, ad es., una isopieza esterna al dominio di studio o il limite di un esteso corpo idrico superficiale (mare, lago, etc.). Per la formulazione concettuale di tale condizione consultare il manuale di MODFLOW-2005 oppure la **Online Guide to MODFLOW**.

Il processo di implementazione del pacchetto **GHB** è analogo ai precedenti con la sola differenza che, al momento, non è abilitata la funzione di interpolazione lineare dei dati. In caso di più tratti lineari, la procedura andrà ripetuta per ciascuno di essi selezionando di volta in volta il tratto (record corrispondente) nello file .shp di origine.

STEP 1- Creazione/Importazione dell'elemento lineare

Caricare il file .shp lineare ed estrarre il/i tratto/i da implementare nel modello. Il segmento dovrà essere contenuto entro il limite del modello con celle attive e avere un campo alfanumerico **Lunghezza** contenente il valore di lunghezza del tratto stesso. Nel caso di modifiche alla geometria (con sessioni di editing) si dovrà sempre procedere all'aggiornamento o alla creazione del campo **Lunghezza**.

*N.B.: Il campo **Lunghezza** può essere aggiunto con la funzione **Aggiungi informazioni geometriche** di gvSIG.*

E' inoltre necessario che lo .shp lineare venga creato digitalizzando nella direzione del deflusso, per permettere la corretta interpolazione lineare dei parametri (di cui si dice nel successivo STEP 2).

STEP 2- Implementazione della Tabella ghb_sp.dbf

L'implementazione dei segmenti lineari necessita, oltre che della componente geometrica, anche delle informazioni alfanumeriche relative alla discretizzazione temporale dei parametri all'inizio ed alla fine del segmento. Questi saranno successivamente interpolati linearmente. Pertanto, è necessario **compilare** e **caricare** in gvSIG (nella sezione **Tabelle**) una nuova tabella (.dbf) la cui struttura dati è la seguente:

SP	BHE_I	HC_IN	THICK_IN
1.0	12.0	218.0	15.0
2.0	11.9	218.0	15.0
3.0	11.8	218.0	15.0
4.0	11.7	218.0	15.0
5.0	11.6	218.0	15.0
6.0	11.5	218.0	15.0

La tabella sopra mostra un esempio con 6 SP (identificati nel campo **SP**) per ciascuno dei quali sono parametrizzati i valori dei campi:

- **BHE_I**= valore del carico idraulico per la linea;
- **HC_IN**= conducibilità idraulica del mezzo saturo lungo la linea;
- **THICK_IN**= spessore saturo dell'acquifero.

La tabella può essere compilata sia esternamente che internamente a gvSIG con una sessione di editing. Un esempio di Tabella direttamente utilizzabile è il file **ghb_sp.dbf** che può essere scaricato dall'**Archivio** del sito web del progetto **SID&GRID**. Si consiglia di denominare la tabella **ghb_sp**.

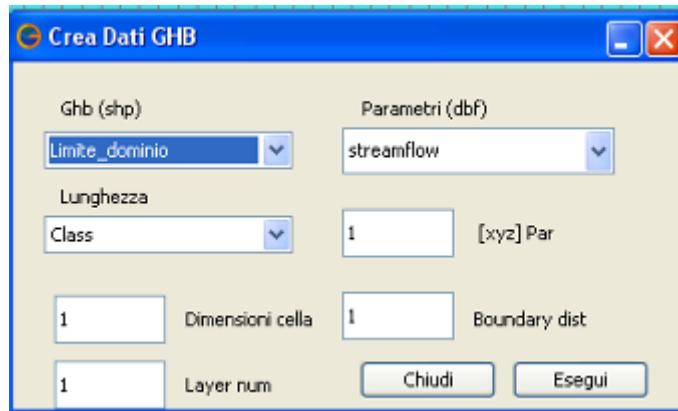
*Al momento nell'implementazione del **GHB package** non è possibile specificare uno spessore saturo (variabile **THICK**) variabile da cella a cella. Questo valore influisce sul calcolo della conduttanza, per cui l'utente deve valutare il potenziale errore introdotto da questa semplificazione. L'utente può comunque calcolare manualmente il valore della conduttanza per le celle in cui questa semplificazione è grossolana e direttamente sostituire il valore della conduttanza calcolato nel campo appropriato del file .shp appena prodotto.*

STEP 3 - Creazione del layer geografico puntuale

Con questa operazione il file .shp lineare viene trasformato in punti sulla base delle dimensioni della cella, si da avere un punto per ogni cella della griglia. Inoltre, i dati inseriti nella Tabella saranno interpolati linearmente utilizzando i valori all'inizio ed alla fine del segmento.

Eseguire lo strumento:

SG Configure>Strumenti>Crea Dati Modello>Crea Dati GHB



Si aprirà l'interfaccia che andrà compilata inserendo i seguenti dati:

- **Ghb**= file .shp lineare del tratto;
- **Parametri**= tabella .dbf di parametrizzazione per gli SP (v. STEP 2);
- **Lunghezza**= campo lunghezza del file .shp lineare del segmento;
- **Boundary dist**= distanza del limite (es. isopieza) utilizzato dal limite del modello;
- **Dimensioni cella**= dimensione di cella del modello;
- **Layer num**= *model_layer* cui sarà assegnata la condizione;
- **[xyz] Par**= parametro opzionale numerico (es. identificativo nel caso di più tratti).

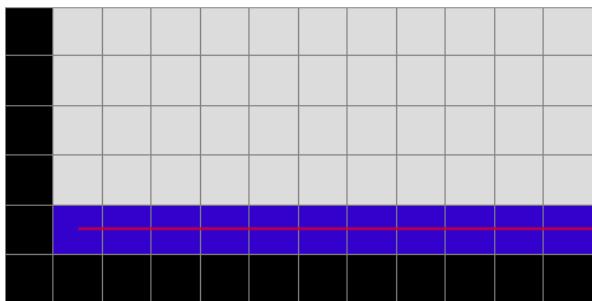
Lo strumento restituirà un nuovo dato di tipo puntuale.

STEP 4 - Verifica del layer puntuale GHB

Il layer temporaneo (es. **ghb_point_tmp**) dovrà essere salvato come .shp file e caricato nella vista del progetto di gvSIG.

Verificare che tutti i punti dello *shape* appena creato incrocino le celle del modello senza lasciare “vuoti” oppure non vi siano più punti in una stessa cella lungo la linea. Tale operazione può essere effettuata, oltre che a vista, procedendo con una selezione spaziale tra il dato puntuale ed il *model_layer* con lo strumento **Seleziona per layer** con operatore **Contengono**.

Se la selezione dà esito positivo (non ci sono vuoti lungo il tratto) si può procedere con la normalizzazione del dato puntuale nel dato poligonale delle celle del modello. Se l'esito è negativo e ci si trova in presenza di “vuoti” si dovrà ripetere la procedura (STEP 3) dopo avere modificato in editing il tratto laddove è stato riscontrato l'errore (STEP 1-2).



*N.B.: nel caso di più tratti si dovranno ripetere gli STEP 1, 2, 3 e 4 avendo cura di selezionare nello shapefile il tratto da normalizzare ed attribuire un progressivo al parametro [xyz] per ciascun tratto (es. tratto 1 - [xyz] = 1; tratto 2 - [xyz] = 2, etc.). Per ciascun tratto si dovrà disporre di una relativa tabella **ghb_sp_n**. Dopo avere creato tutti i file .shp puntuali (uno per ciascun tratto) si procederà con un **Merge** (Geoprocesso in Sextante) al fine di ottenere un unico file .shp puntuale per tutti i tratti implementati.*

STEP 5 _ Creazione MDO GHB

Con questa operazione si trasforma il layer puntuale in un MDO pronto per essere tradotto in file di testo per l'esecuzione della simulazione (si veda il Cap. 12).

Attivare lo strumento:

SG Configure>Strumenti>Crea Dati Modello>Da punti a celle Modello

I dati di input sono:

- **Point layer**= layer puntuale, interpolato, prodotto nello STEP 3; nel caso di più tratti si dovrà assegnare il file .shp risultante dal geoprocesso di **Merge** come descritto nella nota sopra;
- **Layer Modello**= un generico *model_layer* da cui derivare la griglia di discretizzazione per la normalizzazione di riga e colonna.

Il nuovo dato sarà di tipo poligonale su struttura di cella del modello.

Concludere la procedura rinominando il file. shp temporaneo e salvando il dato nel geodatabase con lo strumento **Importa Model layer** (da **SG Database**).

Gli input sono:

- **SG layer**= MDO layer da importare;
- **SG Data base**= geodatabase del modello;
- **Nome**= denominazione del file.

8.7 Evapotranspiration – EVT (condizione di flusso dipendente dal carico)

Il modulo **Evapotranspiration** permette, attraverso l'**Evapotranspiration Package** di MODFLOW, di simulare l'evapotraspirazione dalla zona satura. Per utilizzare questo package, l'utente dovrà preliminarmente calcolare il tasso di evapotraspirazione massimo atteso dalla zona satura (variabile **evtr**), la superficie al di sopra della quale il tasso di evapotraspirazione è corrispondente a **evtr** (variabile **surf**), determinare la profondità dal piano campagna oltre alla quale il processo è nullo (variabile **exdp**). L'implementazione del processo di

evapotraspirazione richiede la creazione di un nuovo data set poligonale discretizzato secondo la griglia del modello.

Per attivare il modulo:

SG Configure>Strumenti>Crea Dati Modello>Crea Dati Evapotranspiration



Lo strumento richiede l'immissione di tre dati:

- **Geodatabase**= il geodatabase del modello su cui si sta implementando la ricarica
- **Layer Modello**= un generico *model_layer* da cui derivare la griglia di discretizzazione per la normalizzazione di riga e colonna.
- **Time Table**= la tabella *stressperiod* da cui derivare la discretizzazione temporale dei dati alfanumerici.

Eseguito l'algoritmo, nominato il nuovo data set e salvato nel geodatabase, il layer sarà visibile nella vista di lavoro. La tabella attributi conterrà i campi relativi ai parametri precedentemente descritti per ciascun SP (*sp_1_surf*, *sp_1_evtr*, *sp_1_exdp*, etc.). I campi dovranno essere compilati in una sessione di editing del dato alfanumerico (calcolatrice dei campi) o con il trasferimento dei valori da dati vettoriali e/o raster con i tool descritti nel Cap. 7.

gid	row	col	sp_1_surf	sp_1_evtr	sp_1_exdp	sp_2_surf	sp_2_evtr	sp_2_exdp	sp_3_surf	sp_3_evtr	sp_3_exdp
1	1	1	97.91	0.0010	3.0	97.91	0.0010	3.0	0.0	0.0	0.0
2	1	2	95.315	0.0010	3.0	95.315	0.0010	3.0	0.0	0.0	0.0
3	1	3	90.438	0.0010	3.0	90.438	0.0010	3.0	0.0	0.0	0.0
4	1	4	87.79	0.0010	3.0	87.79	0.0010	3.0	0.0	0.0	0.0
5	1	5	85.174	0.0010	3.0	85.174	0.0010	3.0	0.0	0.0	0.0
6	1	6	82.764	0.0010	3.0	82.764	0.0010	3.0	0.0	0.0	0.0
7	1	7	78.603	0.0010	3.0	78.603	0.0010	3.0	0.0	0.0	0.0
8	1	8	75.156	0.0010	3.0	75.156	0.0010	3.0	0.0	0.0	0.0
9	1	9	74.945	0.0010	3.0	74.945	0.0010	3.0	0.0	0.0	0.0
10	1	10	74.234	0.0010	3.0	74.234	0.0010	3.0	0.0	0.0	0.0
11	1	11	79.324	0.0010	3.0	79.324	0.0010	3.0	0.0	0.0	0.0
12	1	12	90.397	0.0010	3.0	90.397	0.0010	3.0	0.0	0.0	0.0
13	1	13	101.991	0.0010	3.0	101.991	0.0010	3.0	0.0	0.0	0.0

8.8 Streamflow routing – SFR

Il pacchetto **Streamflow-routing (SFR)** sviluppato dall'USGS (Niswonger & Pradic, 2005) permette di simulare il deflusso incanalato, trasferendo ad un tempo t la portata fluente ad una determinata sezione in un corso d'acqua alla successiva a valle (in MODFLOW-2005 o MODFLOW-LGR) utilizzando una

approssimazione alle onde viaggianti dell'equazione di Saint-Venant. Il pacchetto permette la simulazione della zona insatura al di sotto del letto fluviale. Per l'utilizzo del pacchetto si suggerisce l'approfondita lettura del manuale relativo. L'implementazione del pacchetto **SFR** richiede la tabella .dbf **streamflow**, presente nel geodatabase del modello (si veda il Cap 5), ed almeno un file .shp lineare. La tabella è inizialmente vuota, ovvero è presente la sola struttura dati con valori nulli dei record. Di seguito verrà descritta la procedura di implementazione per un segmento al quale applicare **SFR** e si illustrerà come procedere nel caso di più segmenti.

STEP 1- Implementazione della tabella

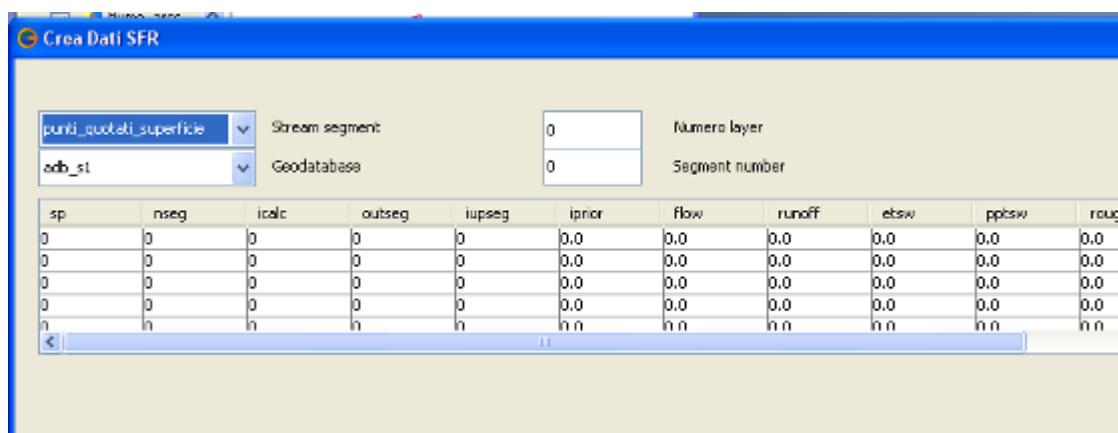
Caricare il file .shp lineare del corso d'acqua che si intende simulare e selezionare la *feature* (es. tratto di fiume) su cui applicare il *package*. Ciascun tratto del corso d'acqua in **SFR** è chiamato **segment** e tale denominazione è mantenuta nella GUI dello strumento per un facile riferimento al manuale di **SFR**. Ogni cella costituente il segmento è denominata **reach**.

Per implementare **SFR**, aprire lo strumento da:

SG Configure/Strumenti/Crea Dati Modello/Crea Dati SFR

Lo strumento richiede l'inserimento dei seguenti dati:

- file .shp contenente il segmento cui applicare **SFR (Stream segment)**;
- il **Geodatabase** del modello;
- il *model_layer* cui sarà applicato **SFR (Numero layer)**;
- il numero identificativo del segmento (**Segment number**).



Inoltre, per ciascun segmento dovrà essere popolata la tabella, relativa alla discretizzazione temporale, come mostrato in figura. I campi della tabella sono i seguenti e si riferiscono ai parametri del pacchetto **SFR**. Di seguito ne viene data una sintetica descrizione: è raccomandato l'utilizzo del manuale di **SFR** per un'adeguata e corretta comprensione dei termini e assegnazione dei parametri.

- **sp**= progressivo identificativo degli SP;
- **nseg**= identificativo del segmento;
- **icalc**= intero utilizzato per definire il metodo con cui è calcolato il livello del corso d'acqua*;
- **outseg**= il numero identificativo del segmento a valle del segmento in questione;

- **iupseg**= il numero identificativo del segmento a monte dalla cui diversione si origina eventualmente il segmento in questione;
- **iprior**= se **iupseg#0**, indica il sistema di priorità nella diversione;
- **flow**= la portata in ingresso all'inizio del corso d'acqua (in L^3/T);
- **runoff**= il valore del deflusso superficiale non incanalato in ingresso in ogni *reach* del segmento;
- **etsw**= il volume di acqua rimosso per unità di area rimosso per evapotraspirazione dal corso d'acqua (in L/T);
- **pptsw**= l'afflusso di acqua meteorica per unità di area in arrivo sul corso d'acqua (in L/T);
- **roughch**= coefficiente di scabrezza di Manning per il segmento in ogni *reach*;
- **hcond1**= conducibilità idraulica del letto del corso d'acqua all'inizio del segmento;
- **thickm1**= spessore del letto semipermeabile all'inizio del segmento;
- **elevup**= quota del letto fluviale/lacustre all'inizio del segmento;
- **width1**= ampiezza media del corso d'acqua all'inizio del segmento;
- **thts1**= contenuto d'acqua a saturazione nella zona insatura al di sotto della parte iniziale del segmento;
- **thti1**= contenuto d'acqua iniziale nella zona insatura al di sotto della parte iniziale del segmento;
- **eps1**= esponente di Brooks-Corey nella zona insatura al di sotto della parte iniziale del segmento;
- **uhc1**= conducibilità idraulica verticale nella zona insatura al di sotto della parte iniziale del segmento;
- **hcond2**= conducibilità idraulica del letto del corso d'acqua alla fine del segmento;
- **thickm2**= spessore del letto semipermeabile alla fine del segmento;
- **elevdn**= quota del letto fluviale/lacustre alla fine del segmento;
- **width2**= ampiezza media del corso d'acqua all'inizio del segmento;
- **thts2**= contenuto d'acqua a saturazione nella zona insatura al di sotto della parte finale del segmento;
- **thti2**= contenuto d'acqua iniziale nella zona insatura al di sotto della parte finale del segmento;
- **eps2**= esponente di Brooks-Corey nella zona insatura al di sotto della parte finale del segmento;
- **uhc2**= conducibilità idraulica verticale nella zona insatura al di sotto della parte finale del segmento.

**N.B.: Per il parametro ICALC, cambiare il parametro di default attualmente impostato a 0, inserendo sempre e solo il valore 1.*

Se viene usato il Cascading Flow Package (CFL, si veda il Cap. 10) oppure l'opzione per la generazione del deflusso superficiale non incanalato tramite il pacchetto Unsaturated Zone Flow (UZF, si veda il Cap. 9.1) il valore della variabile runoff deve essere 0.

Al termine dell'operazione, verrà creato un nuovo file .shp temporaneo contenente le celle del segmento SFR e saranno inseriti i relativi record per gli SP

nella tabella ***streamflow*** del geodatabase. Nel caso in cui si voglia aggiungere un ulteriore segmento, l'interfaccia andrà compilata con un identificativo progressivo (es. 2 se il primo segmento ha ***id=1***)

sp	nseg	icalc	outseg	iupseg	iprior	flow	runoff	etsw
1	2	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	2	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	2	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	2	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	2	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	2	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

STEP 2- Salvataggio nel geodatabase

Nel caso di un solo segmento, basterà salvare il nuovo file .shp nel geodatabase con lo strumento ***Importa Model Layer*** (da ***SG Data Base***). Nel caso di più segmenti e dunque più file .shp (uno per ciascun segmento) si procederà prima con un ***Merge*** tra i file .shp e successivamente importando il file unito nel geodatabase. Nel caso di più segmenti, a differenze dei package ***River***, ***Drain*** e ***GHB***, si precisa che la tabella *streamflow* sarà sempre unica e conterrà *n* record per ciascun SP per ciascun segmento.

8.8.1 Limitazioni

Al momento, l'interfaccia per tradurre i dati in file input per l'effettuazione della simulazione possiede la seguente limitazione:

- il metodo di rappresentazione del letto del corso d'acqua è sempre e solo impostato come rettangolare. Ciò implica l'utilizzo dell'equazione di Manning come relazione fra battente e flusso (Niswonger & Prudic, 2006). A livello di parametrizzazione, questo significa che il parametro ***ICALC*** è valido solo se impostato ***ICALC=1***.

9 Simulazione della zona insatura (UZF, VSF)

SID&GRID prevede per il trattamento della zona insatura due possibili alternative: l'utilizzo di ***Unsaturated-Zone Flow Package (UZF***; Niswonger et al., 2006) o di ***Variably Saturated Flow (VSF***; Thoms et al., 2006). Il primo permette la stima dell'infiltrazione efficace a partire dal valore delle precipitazioni al suolo; il secondo, attraverso la soluzione della equazione di Richards in tre dimensioni, consente l'analisi della variazione del contenuto di umidità del suolo nella zona insatura. L'uso dell'uno non è compatibile con l'altro nello stesso dominio. Quindi, se si decide di implementare ***UZF*** non si potrà implementare anche ***VSF*** e viceversa. Un uso accoppiato dei due moduli è possibile solo utilizzando il ***Local Grid Refinement (LGR)*** implementando, ad esempio, ***UZF*** sul modello ***parent*** e ***VSF*** su uno o più modelli ***child*** (cfr. Cap. 12). Si consigliano gli utenti di consultare i relativi manuali durante l'implementazione.

9.1 Modulo Unsaturated-Zone Flow Package - UZF

Unsaturated-Zone Flow Package (UZF; Niswonger et al., 2006) è sviluppato per la simulazione dell'immagazzinamento e del deflusso nella zona insatura e per la stima, da essa, dell'evapotraspirazione e della infiltrazione efficace verso gli acquiferi; il *package* permette inoltre la stima del ruscellamento superficiale diretto verso corsi d'acqua superficiali. Utilizzando UZF non devono essere implementati i pacchetti ***Recharge*** e ***Evapotranspiration***.

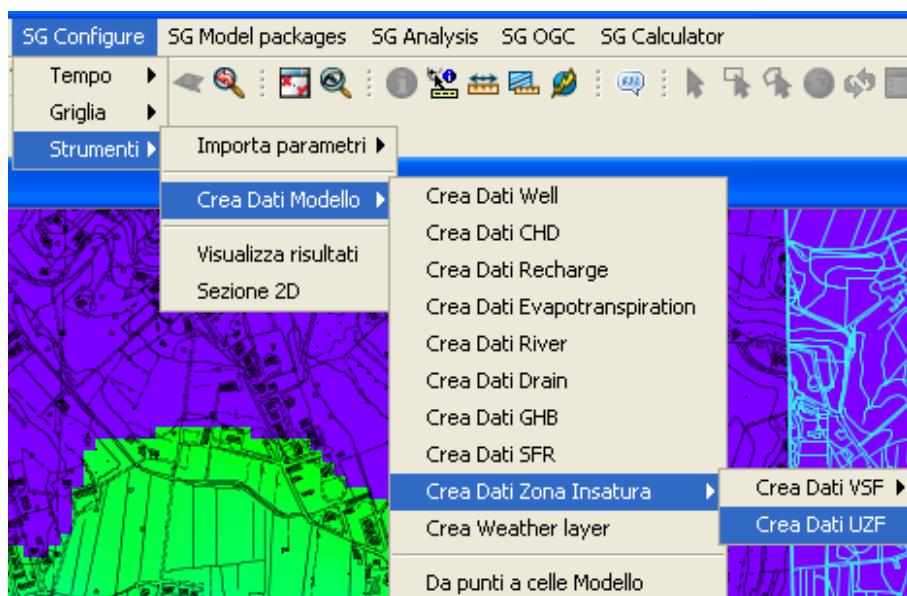
L'implementazione del modulo ***UZF*** richiede la creazione di due nuovi data set: il layer ***UZF*** ed il ***Surface Model Layer***.

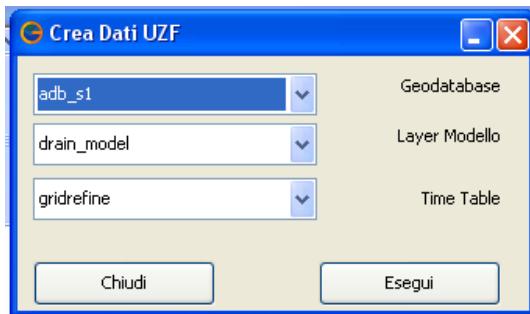
STEP 1 – Creazione del data set UZF

Attraverso questo modulo vengono inseriti i dati minimi necessari per l'applicazione del pacchetto ***UZF***.

Dal menu:

SG Configure>Strumenti>Crea Dati Modello>Crea Dati zona insatura>Crea dati UZF





Compilare i dati:

- **Geodatabase**= il geodatabase del modello;
- **Layer Modello**= un generico *model_layer* da cui derivare la griglia di discretizzazione per la normalizzazione di riga e colonna;
- **Time table**= tabella *stressperiod* del modello.

Il nuovo data set conterrà, oltre i riferimenti di riga e colonna, le seguenti informazioni per ciascun SP:

- **uzfbound**= array di interi che identifica il dominio attivo per **UZF**;
- **sp_n_finf**= il dato di pioggia netta al suolo;
- **sp_n_pet**= il dato di evapotraspirazione potenziale (**PET**);
- **sp_n_extdp**= il dato di *extinction depth*;
- **sp_n_extwc**= il dato di *extinction water content*.

gid	row	col	uzfbound	sp_1_finf	sp_1_pet	sp_1_extdp	sp_1_extwc	sp_2_finf	sp_2_pet	sp_2_extdp	sp_2_extwc
1	1	1	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1	2	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	1	3	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	1	4	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	1	5	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	1	6	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	1	7	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	1	8	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	1	9	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	1	10	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	1	11	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	1	12	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Il set di campi appena descritto con il prefisso **sp** è ripetuto tante volte quanti sono gli SP previsti dalla simulazione, come mostrato nella tabella seguente.

*N.B. per la compilazione dei campi del **UZF** layer e del seguente **Surface Model Layer** si rimanda agli strumenti di editing e di importazione dei parametri (cfr. Cap. 7).*

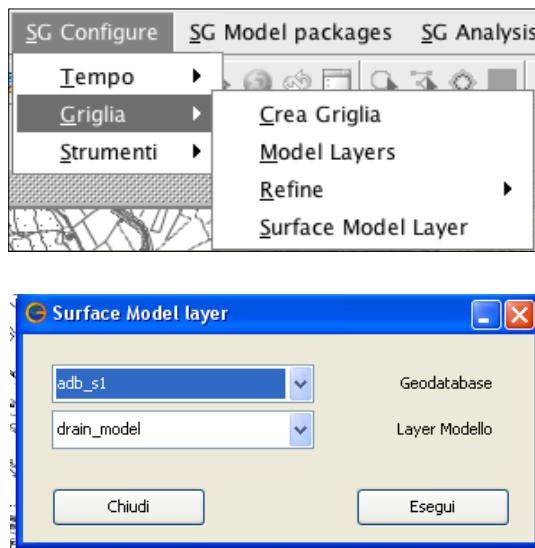
STEP 2 - Creazione del Surface Model Layer (SML)

La creazione del **Surface Model Layer (SML)** è quanto meno necessaria per specificare il legame con il pacchetto **SFR2**, sia che questo sia implementato o meno. Nel primo caso, un valore positivo della variabile indicherà i segmenti di **SFR2** ai quali trasferire il *run off*, nel secondo caso il valore 0 indicherà l'assenza di trasferimento o del pacchetto **SFR2**.

Inoltre, i parametri *Manning*, *Slope* e *Aspect* dovranno essere specificati nel caso in cui si intenda simulare il *runoff* con il pacchetto **Cascading Flow (CFL)** che sarà descritto nel Cap. 10.

Aprire l'interfaccia dello strumento dal menu:

SG Configure/Griglia/Surface Model Layer



Compilare i dati:

- **Geodatabase**= geodatabase del modello;
- **Model layer**= un generico *model_layer* da cui derivare la griglia di discretizzazione per la normalizzazione di riga e colonna.

Il nuovo data set, raggiungibile dalla sezione **Tabella** di gvSIG e identificato come **surface_lay**, conterrà, oltre ai riferimenti di riga e colonna, le seguenti informazioni:

- **manning**= coefficiente di Manning per ciascuna cella del modello;
- **slope**= valori di pendenza per ciascuna cella del modello;
- **aspect**= valori di esposizione (*aspect*) per ciascuna cella del modello;
- **irunbnd**= array di interi per definire i *segment* del modulo **SFR2** se attivo (v. *Online Guide to MODFLOW- UZF package*).

Tabella: Tabella degli attributi: surface_lay						
gid	row	col	manning	slope	aspect	irunbnd
1	1	1	0.03	11.35	149.336	0
2	1	2	0.03	13.661	119.264	0
3	1	3	0.03	14.897	123.159	0
4	1	4	0.03	14.819	130.921	0
5	1	5	0.03	12.226	129.371	0
6	1	6	0.03	11.644	119.451	0
7	1	7	0.03	14.141	116.192	0
8	1	8	0.03	12.63	132.139	0
9	1	9	0.03	7.418	148.366	0
10	1	10	0.03	9.67	232.899	0
11	1	11	0.03	22.407	255.747	0
0 / 12960 Totale record selezionati.						

9.1.1 Limitazioni

L'interfaccia per l'implementazione del pacchetto UZF contiene le seguenti limitazioni:

- il layer del modello sul quale è applicato **UZF** è sempre il layer 1

(NUZTOP=1);

- per l'esecuzione di ***UZF***, la conducibilità idraulica verticale è sempre letta dai dati relativi al pacchetto ***LPF (IUFZOPT=2)***;
- il valore della variabile ***NTRAIL2*** (numero delle onde viaggianti utilizzato per definire il profilo di umidità del suolo a seguito di un decremento del tasso di infiltrazione) è di default pari a 15– l'utente ha facoltà di variarlo solo una volta prodotto il file ****.UZF*** attraverso un editor di testo;
- il valore della variabile ***NSETS2*** (numero di ***wave sets***; Niswonger et al., 2006) è di default pari a 20– l'utente ha facoltà di variarlo solo una volta prodotto il file ****.UZF*** attraverso un editor di testo;
- la variabile ***NUZGAG*** (per definire il numero di celle in cui verrà presentato in output il profilo di umidità del suolo ed il relativo bilancio) non è attiva;
- il valore della variabile ***SURFDEP*** (valore medio della profondità dell'ondulazione superficiale per ogni cella) è di default pari a 0.2– l'utente ha facoltà di variarlo solo una volta prodotto il file ****.UZF*** attraverso un editor di testo;
- il valore della variabile ***EPS*** (esponente di Brooks-Corey) è di default pari a 3.3 – l'utente ha facoltà di variarlo solo una volta prodotto il file ****.UZF*** attraverso un editor di testo;
- il valore della variabile ***THTS*** (contenuto d'acqua a saturazione) è di default pari a 0.3 – l'utente ha facoltà di variarlo solo una volta prodotto il file ****.UZF*** attraverso un editor di testo;
- il valore della variabile ***THTI*** (contenuto d'acqua all'inizio della simulazione) è di default pari a 0.2 – l'utente ha facoltà di variarlo solo una volta prodotto il file ****.UZF*** attraverso un editor di testo.

9.2 Processo Variably Saturated Flow - VSF

Variably Saturated Flow (VSF; Thoms et al., 2006) è un processo sviluppato per la simulazione del flusso nella zona insatura in MODFLOW attraverso la soluzione 3D dell'equazione di Richards. Nella versione SID&GRID questo processo è stato ri-compilato per poter essere utilizzato congiuntamente a MODFLOW-2005 (si veda Borsi et al., 2013).

In **VSF** sono presenti cinque *package*:

- ***Richard's Equation Flow (REF1)***, per la conversione dell'equazione di governo da un caso speciale (mezzo saturo – legge di Darcy) dell'equazione di Richard's alla forma completa dell'equazione per il flusso in un mezzo a saturazione variabile;
- ***Seepage Face (SPF1)***, introduce una serie di condizioni al contorno alla superficie del suolo – costituisce, in sintesi, l'espansione del dominio di simulazione di MODFLOW alla zona vadosa;
- ***Surface Ponding (PND1)***, permette il controllo dello strato di acqua libera alla superficie del suolo (*surface ponding*) limitando la formazione di carichi idraulici irrealistici in celle superficiali causata da esfiltrazione o tassi di precipitazioni elevati in suoli asciutti;
- ***Surface Evapotranspiration (SEV1)***, permette la stima dell'evaporazione da suolo nudo dal *model_layer_1*;
- ***Root Zone Evapotranspiration (RZE1)***, permette la stima della traspirazione

attraverso l'apparato radicale della vegetazione da celle prossime alla superficie del suolo.

VSF permette la simulazione dei deflussi nel mezzo insaturo sopra la tavola d'acqua e permette una più accurata modellazione delle relazioni tra zona satura e insatura.

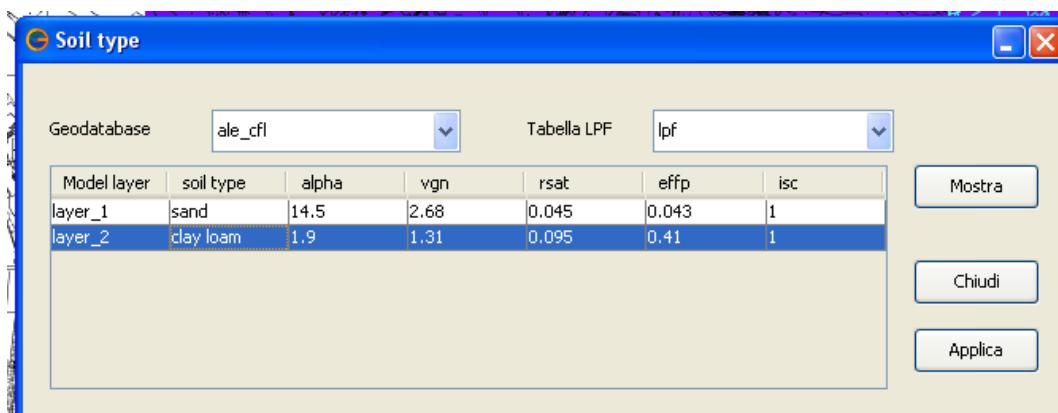
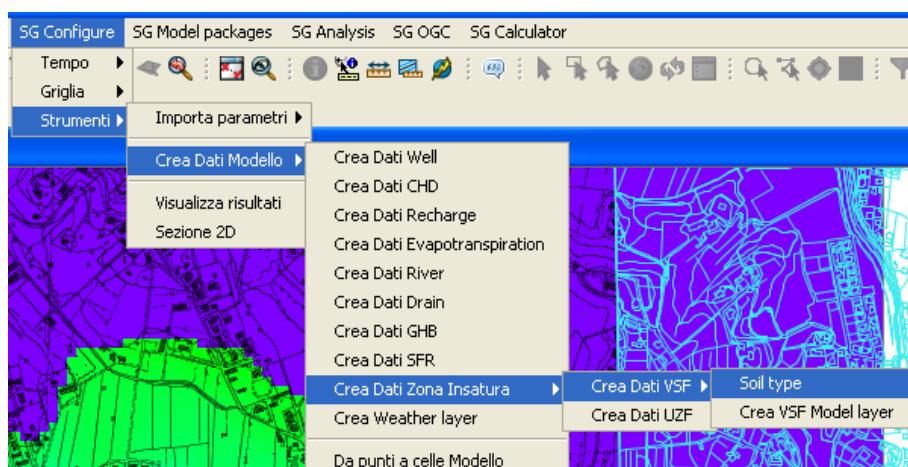
L'implementazione del modulo **VSF** richiede la compilazione della tabella **soiltype** del geodatabase e la creazione di un nuovo data set **VSF layer**. La procedura implica la realizzazione dei seguenti STEP.

L'implementazione del processo **VSF** richiede l'esecuzione di una serie di step di seguito descritti.

STEP 1 - Compilazione della tabella soiltype

La compilazione della tabella **soiltype** è necessaria per la preparazione del pacchetto REF1. Per raggiungere la finestra di compilazione:

SG Configure>Strumenti>Crea Dati modello>Crea Dati zona insatura>Crea Dati VSF>Soil type



Selezionare il geodatabase e la tabella **LPF** del modello, quindi selezionare **Mostra**.

Nel caso in cui si avesse anche un modello *child*, tra le tabelle **LPF** archiviate nel database si dovrà selezionare la relativa *child* (es. *lpf_child*).

Compilare quindi la tabella per ciascun *model_layer* inserendo i seguenti dati:

- **Soil type**= in questo campo si definisce la tipologia di suolo;

- ***Alpha***= parametro α della curva idraulica di van Genuchten;
- ***Vgn***= parametro n_v della curva idraulica di van Genuchten;
- ***Rsat***= valore della ***residual soil saturation***;
- ***Efp***= valore della porosità efficace (*effective porosity*);
- ***Isc***= flag (intero) per il calcolo delle curve idrauliche (di norma il valore 1 è quello più idoneo).

Compilata la tabella si registreranno le modifiche con il comando ***Applica***.

STEP 2 - Creazione del data set VSF layer

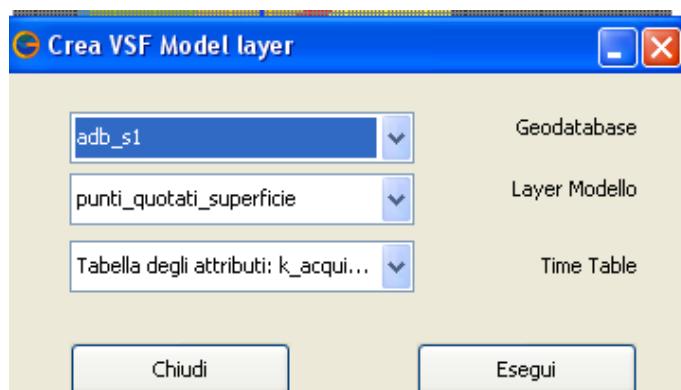
L'implementazione del ***VSF layer*** prevede l'inserimento di informazioni relative ai pacchetti ***SPF1***, ***PND1***, ***RZE1***, ***SEV1*** (Thoms et al., 2006). L'utente dovrà pertanto inserire tutti e i soli valori relativi ai pacchetti realmente utilizzati, lasciando il valore nullo per i parametri non necessari.

Lo strumento si attiva da:

SG Configure>Strumenti>Crea Dati modello>Crea Dati zona insatura>Crea Dati VSF>Crea VSF layer

Compilare i dati:

- ***Geodatabase***= geodatabase del modello;
- ***Layer Modello***= un generico *model_layer* da cui derivare la griglia di discretizzazione per la normalizzazione di riga e colonna;
- ***Time table***= tabella *stressperiod* del modello.



Oltre ai riferimenti di riga e colonna, il nuovo data set conterrà le seguenti informazioni per ciascun SP:

- ***seep***= intero per definire se attraverso la cella in questione si potrà avere esfiltrazione (>0 se c'è esfiltrazione; ≤ per indicare una normale cella di MODFLOW);
- ***pond***= spessore dell'acqua nella zona di ristagno (variabile cella cella);
- ***sp_n_pev_p***= evaporazione potenziale da suolo nudo per le celle del *model_layer_1*;
- ***sp_n_rtdpt***= profondità dell'apparato radicale dal piano campagna;
- ***sp_n_rtbot***= valore dell'attività dell'apparato radicale nella parte terminale;
- ***sp_n_rttop***= valore dell'attività dell'apparato radicale nella parte superiore;
- ***sp_n_hroot***= pressione equivalente al punto di appassimento per la pianta in esame;

- ***sp_n_rzl***= intero che definisce il *model_layer* superiore da cui ha inizio la rimozione di acqua per evapotraspirazione.

Il set di campi appena descritti con il prefisso *sp* sono ripetuti tante volte quanti sono gli SP previsti dalla simulazione, come mostrato nella tabella seguente.

row	col	seep	pend	sp_1_pew_p	sp_1_ridpt	sp_1_rtbet	sp_1_rtssp	sp_1_hroot	sp_1_rzl	sp_2_pew_p
1	1	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0
1	2	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0
1	3	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0
1	4	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0
1	5	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0
1	6	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0
1	7	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0
1	8	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0
1	9	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0
1	10	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0
1	11	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0
1	12	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0
1	13	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0

N.B.: per la compilazione dei campi del **VSF layer** si rimanda agli strumenti di editing e di importazione dei parametri (cfr. Cap. 7).

STEP 3 – Utilizzo del REZ1 package

Qualora si intenda utilizzare il pacchetto REZ1 si dovrà implementare anche il parametro PET (evapotraspirazione potenziale). Tale dato è inserito nel modulo **UZF**, che quindi **dovrà essere creato solo per questo parametro**.

Dal menu:

SG Configure>Strumenti>Crea Dati Modello>Crea Dati zona insatura>Crea dati UZF



Compilare i dati:

- **Geodatabase**= geodatabase del modello;
- **Layer Modello**= un generico *model_layer* da cui derivare la griglia di discretizzazione per la normalizzazione di riga e colonna;
- **Time table**= tabella *stressperiod* del modello.

Compilare per ciascun SP solo i dati relativi alla variabile ***sp_n_pet*** (dato di evapotraspirazione potenziale, **PET**) senza compilare i campi ***uzfbound*; *sp_n_finf*; *sp_n_extdp*; *sp_n_extwc***.

10 Modellazione dei deflussi non incanalati (**Cascading Flow - CFL**)

Il pacchetto **Cascading Flow (CFL)** è stato appositamente creato per SID&GRID e simula il deflusso superficiale generato a seguito di eventi di saturazione del terreno. Questo pacchetto, oltre a permettere la stima del deflusso superficiale non incanalato nel bilancio, permette anche la stima del deflusso in ingresso lungo l'asta di corsi di acqua.

L'algoritmo implementato in **CFL** stima il deflusso in funzione delle pendenze derivate dal modello digitale di elevazione (**Digital Elevation Model - DEM**) e dell'uso del suolo ed è basato su un'approssimazione dell'equazione di Saint-Venant. **CFL** è attivabile sempre e solo assieme a uno dei pacchetti per la simulazione della zona insatura (**UZF** o **VSF**). Il lettore interessato a maggiori dettagli sul modello implementato e sul pacchetto **CFL** può consultare Borsi et al. (2013 – copia dell'articolo può essere fornita su richiesta).

Il modulo **CFL** non richiede la creazione di ulteriori data set, ma la sola compilazione dei parametri presenti nel **Surface Model Layer** (cfr. Cap. 9).

In particolare, i campi necessari sono:

- **Manning**= coefficiente di Manning per le diverse tipologie di suolo;
- **Slope**= valori di pendenza per ciascuna cella del modello;
- **Aspect**= valori di esposizione per ciascuna cella del modello.

E' importante precisare che i valori di pendenza e esposizione saranno derivati dal modello digitale delle elevazioni (DEM) che dovrà essere adeguatamente corretto tramite la funzione di *sink filling* presente in SEXTANTE. Il coefficiente di Manning potranno essere trasferiti da un layer di uso del suolo dove a ciascuna tipologia di uso del suolo sia associato un valore di coefficiente di Manning.

Per gli strumenti di importazione di valori da dati vettoriali e/o raster si rimanda al Cap. 7.

11 Generazione dei file input (traduttori)

I dati fin qui implementati per la descrizione della geometria del dominio di studio, la sua parametrizzazione idrodinamica e la selezione dei processi idrologici che si intendono simulare sono stati salvati nel geodatabase, ma non presentano un formato che possa essere processato direttamente dal motore numerico del modello. Pertanto, prima di potere eseguire una simulazione è necessario tradurre i data set preparati in input leggibili dal solutore numerico. Questa procedura è disponibile in SID&GRID nella sezione **SG Model Packages**. Nei paragrafi che seguono saranno descritti i traduttori disponibili in **SID&GRID** coerentemente con quanto trattato nei Cap. 6, 7, 8, 9 e 10.

Per l'effettuazione della simulazione sono richiesti una serie di file **"fondamentali"**, quali **.NAM**, **.LPF**, **.DIS**, **.BAS**, **.OC**. Questi sono prodotti attraverso una interfaccia unica, dove si trova anche il pannello per la parametrizzazione del solutore **.PCG**. La ragione dell'inclusione di quest'ultimo in tale interfaccia sta nel fatto che al momento l'unico solutore implementato in **SID&GRID** è il **Preconditioned Conjugated-Gradient - PCG**.

Oltre ai file sopra citati, sarà necessario, di volta in volta, produrre i file per gli specifici processi idrologici implementati nello scenario (es. **CHD**, **RIV**, **WEL**, etc.) utilizzando un apposito traduttore.

Una volta creati questi file sarà possibile procedere alla esecuzione della simulazione ed alla successiva visualizzazione dei risultati.

11.1 File fondamentali (Pacchetti base)

La discretizzazione spaziale e temporale, la parametrizzazione idrodinamica di ciascun *model_layer* e, come già detto, l'impostazione dei parametri del solutore viene tradotta per mezzo dello strumento

SG Model Packages>Pacchetti base

Questo strumento permette inoltre la creazione di un file di configurazione degli output per il quale non sono attualmente previste possibilità di modifica dei parametri via interfaccia.

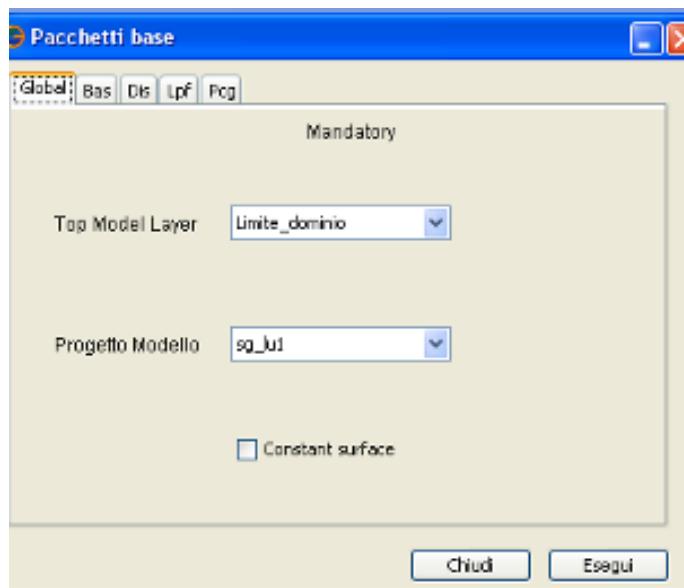
L'interfaccia presenta cinque schede da compilare, descritte di seguito.

Scheda Global.

Attraverso la scheda Global si vanno a specificare il dominio di studio ed il progetto del modello per cui si vuole andare ad effettuare la simulazione.

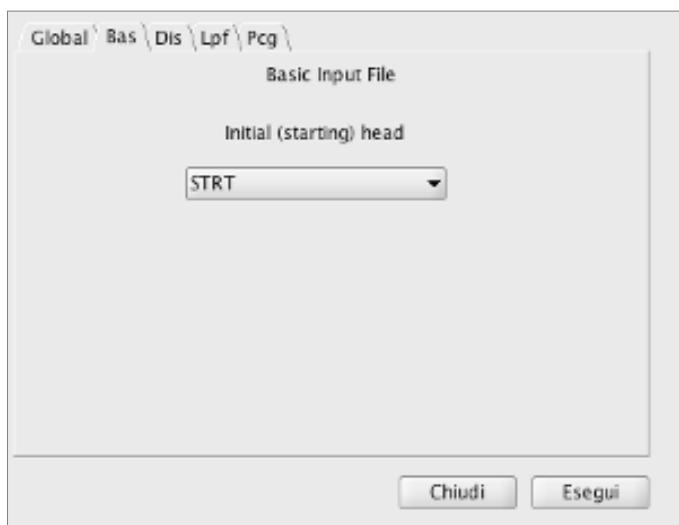
Inserire i dati:

- **Top Model Layer=** *model_layer_1* (oppure nel caso di un modello *child*, *model_layer_1* del *child* – si veda il Cap.12);
- **Progetto Modello:** il modello di cui si vogliono scrivere gli input;
- **Constant surface:** flag da attivare solo nel caso in cui le superfici siano piatte (es. prisma rettangolare).



Scheda Bas.

E' utilizzata per la scrittura del file input relativo al **Basic package (.BAS)**.



L'unico dato da specificare è l'indicazione del campo utilizzato per definire le condizioni iniziali (**STRT**).

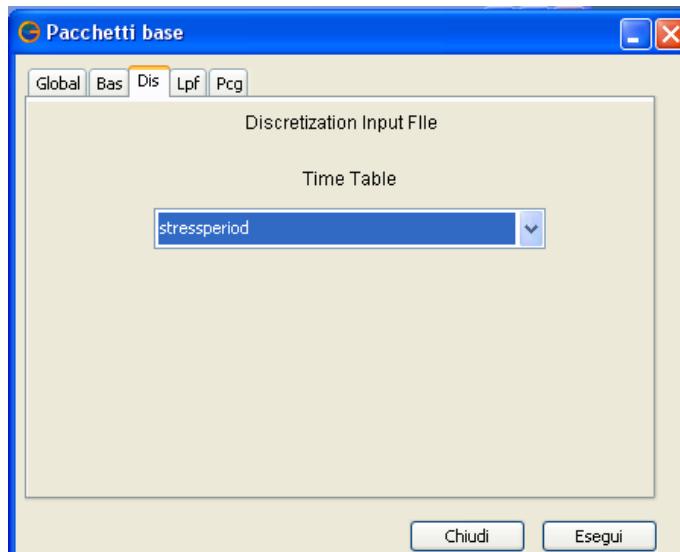
- **Initial (starting) head**= campo del *model_layer* in cui è archiviato l'*array* denominato **STRT**.

Scheda Dis.

E' utilizzata nella scrittura del file input . **Discretization (DIS)** e richiede solamente l'indicazione di quale sia la tabella in cui sono specificati gli SP.

Inserire i dati:

- **Time table**= tabella *stressperiod* del progetto;

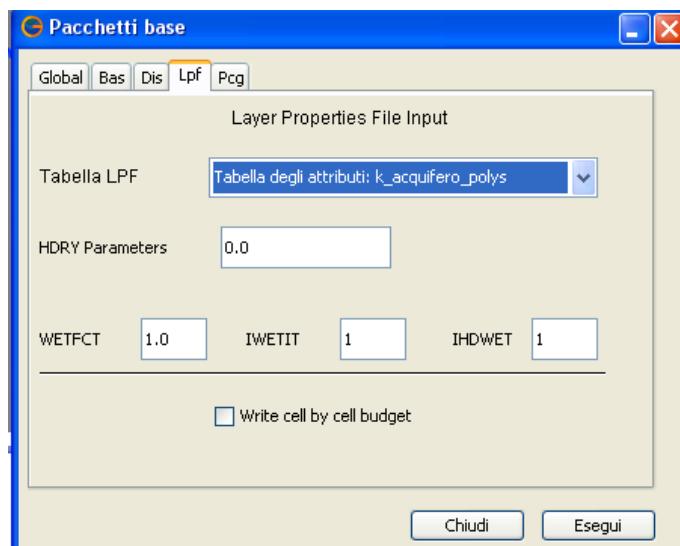


Scheda LPF.

E' utilizzata nella scrittura del file input relativo ***Layer-Property Flow (LPF) package***.

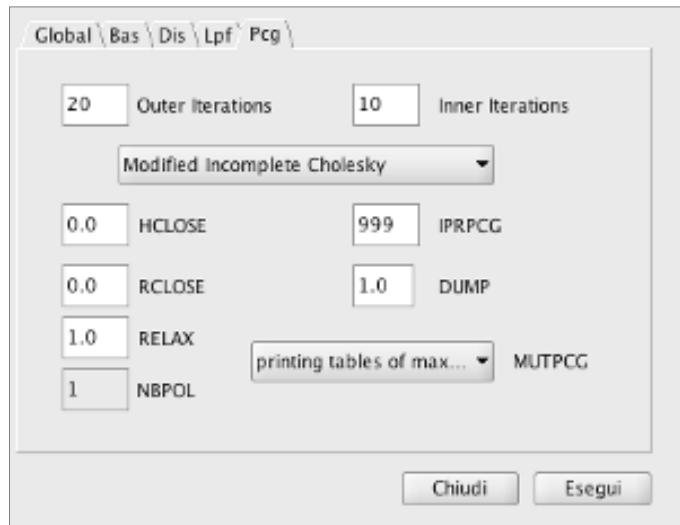
Richiede l'inserimento delle seguenti informazioni:

- **LPF table**= tabella *lpf* del modello o relativa *lpf* del modello *child* (si veda il successivo Cap. 12);
- **HDRY Parameters**= valore del carico idraulico assegnato alle celle che diventano secche nel corso della simulazione;
- **WETFCT**= fattore che è incluso nel calcolo del carico idraulico ed è inizialmente assegnato a una cella, quando la cella viene convertita da secca a "bagnata";
- **IWETIT**= è il numero di iterazioni attese prima che il codice provi a risaturare le celle secche;
- **IHDWET**= flag per determinare quale equazione è utilizzata per definire il carico idraulico alle celle che da secche vengono bagnate (si veda il manuale di MODFLOW-2005 per le equazioni);
- **Write cell by cell budget**= flag per la scrittura nel file binario del bilancio cella-cellula.



Scheda Pcg.

E' utilizzata nella scrittura del file relativo al solutore **Preconditioned Conjugate-Gradient (.PCG)**.



Inserire i dati:

- **Outer iterations**= numero massimo di iterazioni esterne;
- **Inner Iterations**= numero di iterazioni interne;
- **Modified incomplete Cholesky/Polynomial**= metodo per il condizionamento della matrice;
- **HCLOSE**= criterio di convergenza per il carico idraulico, in [L];
- **RCLOSE**= criterio residuo di convergenza, in [L^3/t]
- **RELAX**= parametro di rilassamento (usato solo con *Modified Incomplete Cholesky*);
- **NBPOL**= utilizzato per indicare se il valore del limite massimo dell'eigenvalue è 2 oppure deve essere calcolato (usato solo con *Polynomial*);
- **IPRPCG**= opzione di output per il file .PCG;
- **DAMP**= damping factor;
- **MUTPCG**= flag che controlla la stampa delle informazioni sulla convergenza dal solutore.

Una volta eseguito, lo strumento scriverà nella **Working directory** delle proprietà del modello i seguenti file:

- File **.DIS**;
- file **.BAS**;
- file **.LPF**;
- file **.GEO** (file di meta-information contenente i parametri di georeferenziazione del modello);
- file **.PCG**.

11.2 Time Variant Specific Head package (CHD)

Questo traduttore permette la preparazione dei file relativi al pacchetto **CHD**, qualora esso sia implementato.

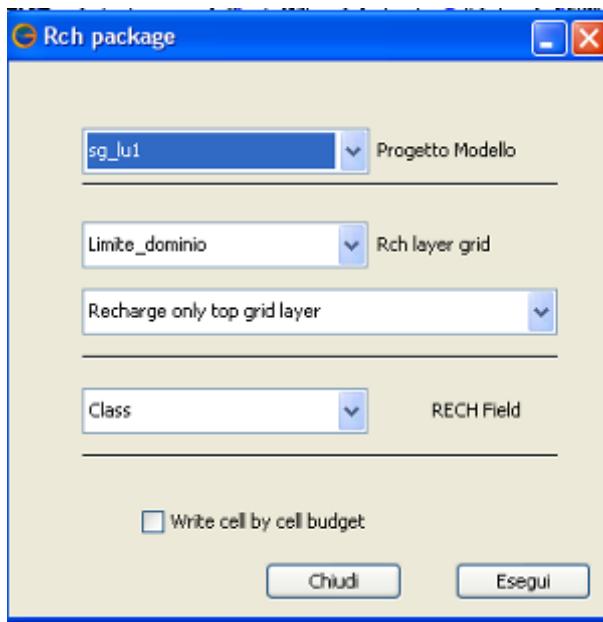


Richiede l'inserimento delle seguenti informazioni:

- **Progetto Modello**= il modello per cui si vogliono scrivere gli input;
- **Chd Model layer**= è il data set del pacchetto **CHD** (si veda il Cap. 8.1);
- **First Shead field**= il campo dei valori di carico idraulico relativo al primo SP (**1_shead**);
- **Write cell by cell budget**= flag per la scrittura nel file binario del bilancio cella-cellula.

11.3 Recharge package (RCH)

Questo traduttore permette la preparazione dei file relativi al pacchetto **RCH**, qualora esso sia implementato.



Richiede l'inserimento delle seguenti informazioni:

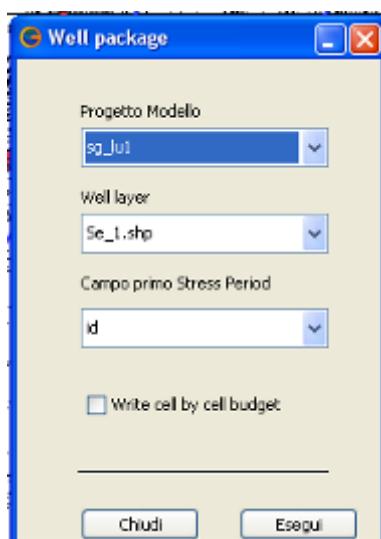
- **Progetto Modello**= il modello per cui si vogliono scrivere gli input;
- **Rch layer grid**= è il data set del pacchetto **RCH** (si veda il Cap. 8.2);
- **Recharge option code**:
 - >*Recharge only top grid layer*,

- >*Vertical distribution in layer variable IRCH,*
- >*Recharge is applied to the highest active cell in each vertical column;*
- **RECH field**= il campo dei valori di ricarica relativo al primo SP (*sp_n_rech*);
- **Write cell by cell budget**= flag per la scrittura nel file binario del bilancio cella-cellula.

N.B.: si consiglia l'utente di consultare il manuale di MODFLOW-2005 al fine di prendere conoscenza delle implicazioni insite nella scelta della variabile Recharge option code.

11.4 Well package (WEL)

Questo traduttore permette la preparazione dei file relativi al pacchetto **WEL**, qualora esso sia implementato.

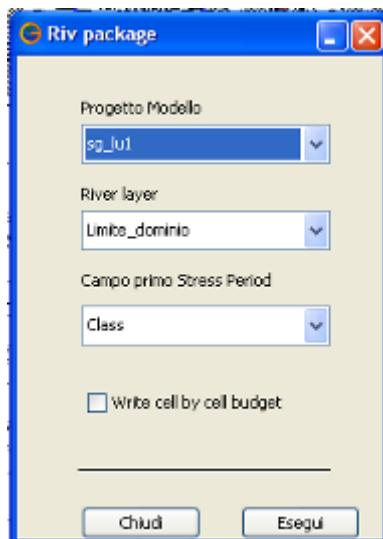


Richiede l'inserimento delle seguenti informazioni:

- **Progetto Modello**= il modello per cui si vogliono scrivere gli input;
- **Well layer**= è il data set del pacchetto **WEL** (vedi Cap. 8.3);
- **Campo primo Stress Period**= il campo dei valori di flusso imposto relativo al primo SP (*sp_n*);
- **Write cell by cell budget**= flag per la scrittura nel file binario del bilancio cella-cellula.

11.5 River package (RIV)

Questo traduttore permette la preparazione dei file relativi al pacchetto **RIV**, qualora esso sia implementato.

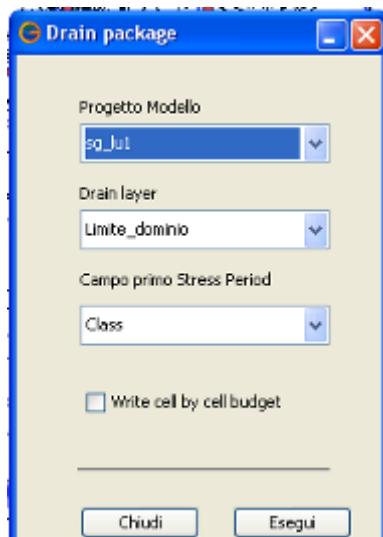


Richiede l'inserimento delle seguenti informazioni:

- **Progetto Modello**= il modello per cui si vogliono scrivere gli input;
- **River layer**= è il data set del pacchetto **RIV** (v. Cap. 8.4);
- **Campo primo Stress Period**= il campo dei valori del livello del corso d'acqua relativo al primo SP (*stage_n*);
- **Write cell by cell budget**= flag per la scrittura nel file binario del bilancio cella-cellula.

11.6 Drain package (DRN)

Questo traduttore permette la preparazione dei file relativi al pacchetto **DRN**, qualora esso sia implementato.



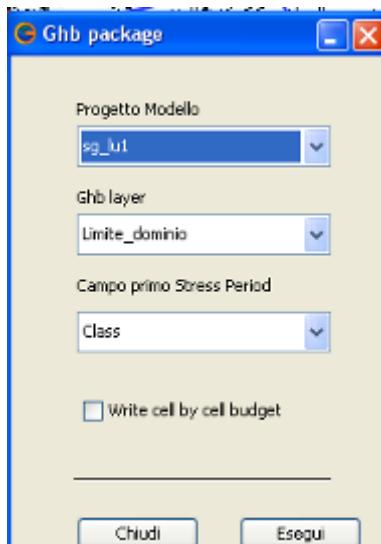
Richiede l'inserimento delle seguenti informazioni:

- **Progetto Modello**= il modello per cui si vogliono scrivere gli input;
- **Drain layer**= è il data set del pacchetto **DRN** (v. Cap. 8.5);
- **Campo primo Stress Period**= il campo dei valori della base del dreno relativo al primo SP (*eleva_n*);
- **Write cell by cell budget**= flag per la scrittura nel file binario del bilancio

cella-cellula.

11.7 General Head Boundary package (*GHB*)

Questo traduttore permette la preparazione dei file relativi al pacchetto *GHB*, qualora esso sia implementato.

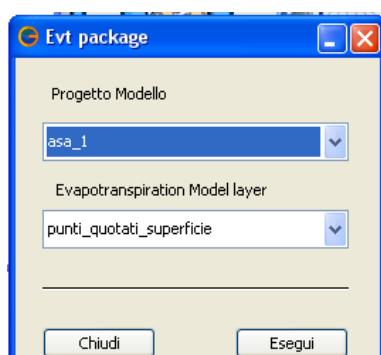


Richiede l'inserimento delle seguenti informazioni:

- **Progetto Modello**= il modello per cui si vogliono scrivere gli input;
- **Ghb layer**= è il data set del pacchetto *GHB* (v. Cap. 8.6);
- **Campo primo Stress Period**= il campo dei valori della base del dreno relativo al primo SP (*from_n*);
- **Write cell by cell budget**= flag per la scrittura nel file binario del bilancio cella-cellula.

11.8 Evapotraspiration package (*EVT*)

Questo traduttore permette la preparazione dei file relativi al pacchetto *EVT*, qualora esso sia implementato.

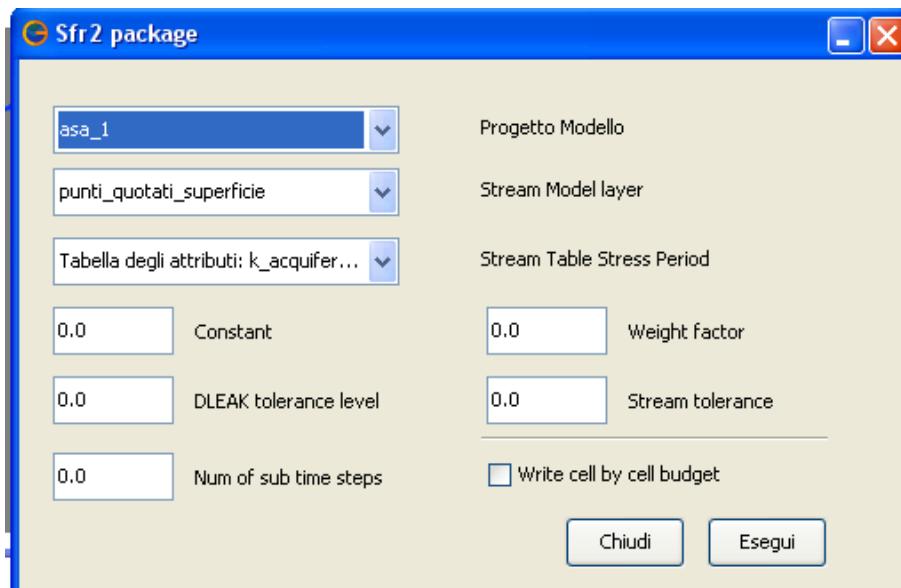


Richiede l'inserimento delle seguenti informazioni:

- **Progetto Modello**= il modello di cui si vogliono scrivere gli input;
- **Evapotraspiration Model layer**= è il data set del pacchetto *EVT* (v. Cap. 8.7).

11.9 Stream Flow package (**SFR2**)

Questo traduttore permette la preparazione dei file relativi al pacchetto **SFR2**, qualora esso sia implementato.

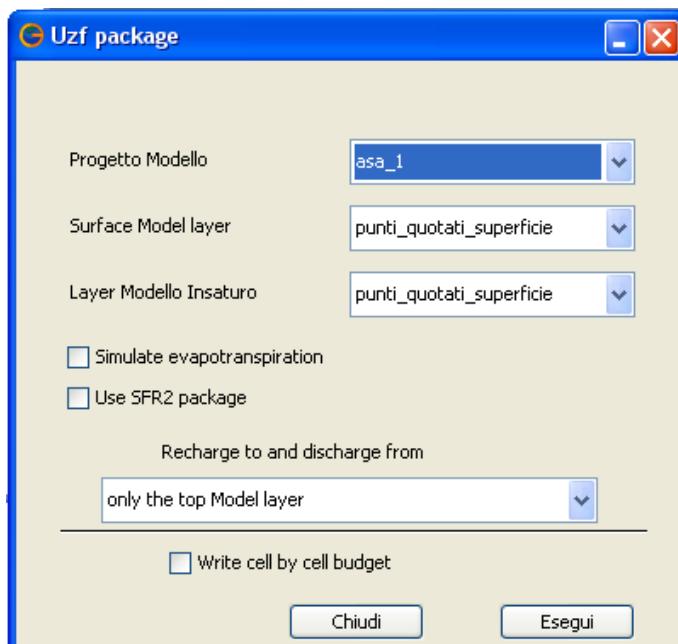


Richiede l'inserimento delle seguenti informazioni:

- **Progetto Modello**= il modello di cui si vogliono scrivere gli input;
- **Stream Model layer**= data set del pacchetto **SFR2** (si veda il Cap. 8.8);
- **Stream Table Stress Period**= tabella della discretizzazione temporale per **SFR2** (si veda il Cap. 8.8);
- **Constant**= fattore di conversione utilizzato per il calcolo del livello del corso d'acqua. Il valore è 1 se l'unità di misura è m^3/s ;
- **Weight factor**= numero per definire il peso utilizzato nel calcolo della variazione dell'immagazzinamento nel corso d'acqua. Il valore è compreso tra 0.5 e 1;
- **DLEAK tolerance level**= valore di tolleranza del battenete idraulico utilizzato nella valutazione degli scambi tra il reach in analisi e la cella del modello. Il valore è in unità di lunghezza [L] – 0.0001 è un valore normalmente sufficiente se l'unità usata è in m;
- **Num of sub time steps**= intero utilizzato per definire il numero di passi di tempo (*time steps*) annidati utilizzati per il trasferimento del deflusso incanalato (variabile **NUMTIM**);
- **Stream tolerance**= numero utilizzato per definire il valore della convergenza dell'onda cinematica utilizzata per il trasferimento in transitorio del deflusso incanalato (variabile **FLWTOL**);
- **Write cell by cell budget**= flag per la scrittura nel file binario del bilancio cella-cellula.

11.10 Unsaturated Zone Flow package (**UZF**)

Questo traduttore permette la preparazione dei file relativi al pacchetto **UZF**, qualora esso sia implementato.



Richiede l'inserimento delle seguenti informazioni:

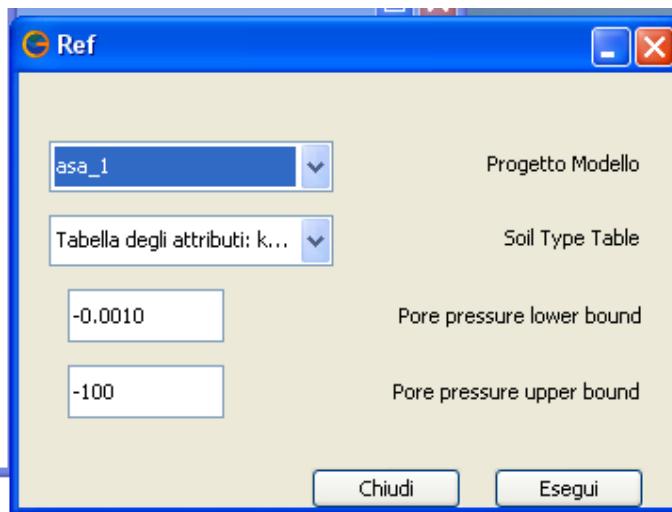
- **Progetto Modello**= il modello di cui si vogliono scrivere gli input;
- **Surface Model layer**= data set *Surface Model Layer* (si veda il Cap. 9.1);
- **Layer Modello Insaturo**= è il data set del pacchetto **UZF** (si veda il Cap. 9.1);
- **Simulate evapotraspirazione**= flag per attivare la simulazione dell'evapotraspirazione;
- **Use SFR2 package**= flag per abilitare SFR2 congiuntamente a UZF;
- **Recharge to and discharge from**= metodo di applicazione della ricarica;
- **Write cell by cell budget**= flag per la scrittura nel file binario del bilancio cella-cellula.

11.11 Variably Saturated Flow process (VSF)

Per la preparazione dei file necessari ad effettuare simulazioni con **VSF** sono state sviluppate una serie di interfacce. Oltre al pacchetto **REF** l'utente dovrà infatti tradurre i pacchetti per i processi idrologici che intende simulare (**SPF**, **PND**, **SEV** e/o **RZE**). Nei Cap. seguenti sono descritte le interfacce ed i dati richiesti.

11.11.1 Richard's Equation Flow package (REF)

Questo traduttore permette la preparazione dei file relativi al pacchetto **REF**.

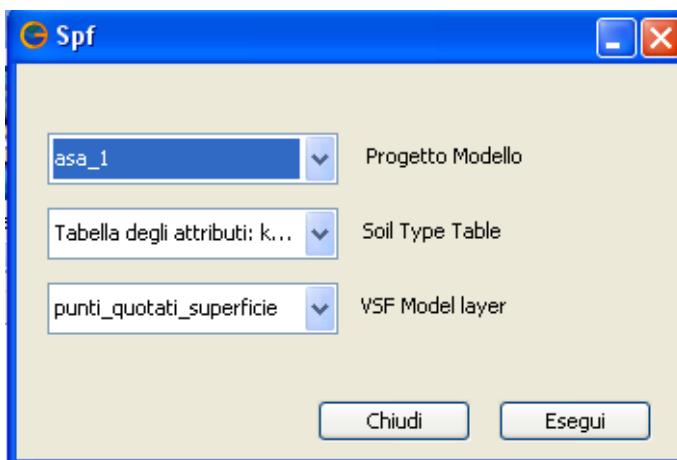


Richiede l'inserimento delle seguenti informazioni:

- **Progetto Modello**= il modello di cui si vogliono scrivere gli input;
- **Soil Type Table**= tabella delle tipologie di suolo per ciascun layer (si veda il Cap. 9.2);
- **Pore pressure lower bound**= limite (in prossimità di saturazione) dell'intervallo specificato per la pressione di poro (per il calcolo della curva idraulica). Il valore -0.001 (m) è sufficiente per la maggior parte dei casi (variabile **PTABA**);
- **Pore pressure upper bound**= limite (a elevata suzione) dell'intervallo specificato per la pressione di poro (per il calcolo della curva idraulica). Il valore -100 (m) è sufficiente per la maggior parte dei casi (variabile **PTABB**).

11.11.2 Seepage Face package (SPF)

Questo traduttore permette la preparazione dei file relativi al pacchetto **SPF**.

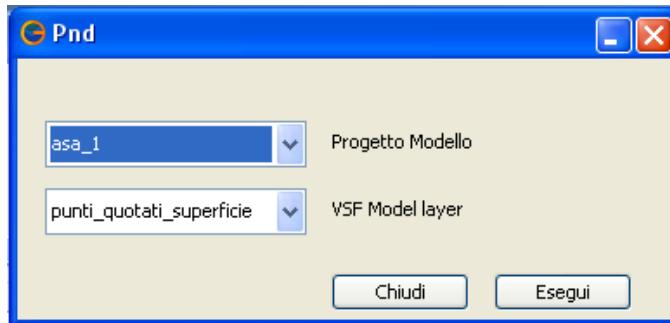


Richiede l'inserimento delle seguenti informazioni:

- **Progetto Modello**= Il modello di cui si vogliono scrivere gli input;
- **Soil Type Table**= tabella delle tipologie di suolo di ciascun layer (si veda il Cap. 9.2);
- **VSF Model Layer**= data set relative al **VSF layer** (si veda il Cap. 9.2).

11.11.3 Surface Ponding package (PND)

Questo traduttore permette la preparazione dei file relativi al pacchetto **PND**.

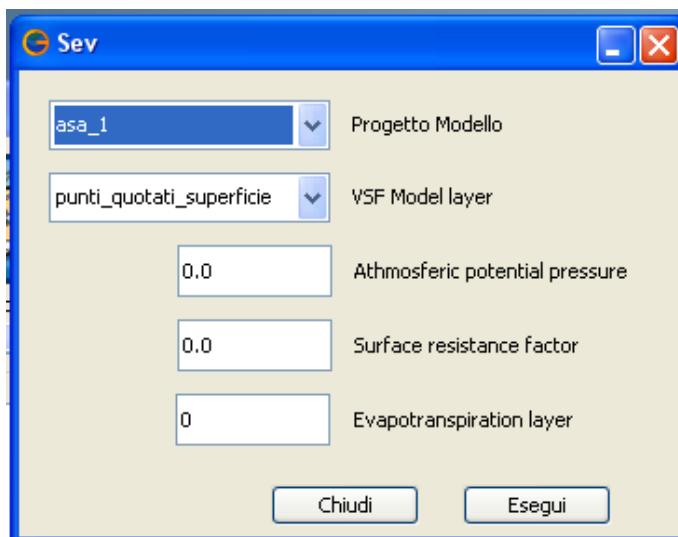


Richiede l'inserimento delle seguenti informazioni:

- **Progetto Modello**= il modello di cui si vogliono scrivere gli input;
- **VSF Model Layer**= data set relative al **VSF layer** (si veda il Cap. 9.2).

11.11.4 Surface Evaporation package (SEV)

Questo traduttore permette la preparazione dei file relativi al pacchetto **SEV**.



Richiede l'inserimento delle seguenti informazioni:

- **Progetto Modello**= il modello di cui si vogliono scrivere gli input;
- **VSF Model Layer**= data set relative al **VSF layer** (si veda il Cap. 9.2);
- **Atmospheric potential pressure**= pressione atmosferica (variabile **HA**);
- **Surface resistance factor**= valore della resistenza superficiale per le celle cui è assegnata la condizione (variabile **SRES**);
- **Evapotranspiration layer**= layer dal quale avviene il flusso evapotraspirativo (variabile **SEL**).

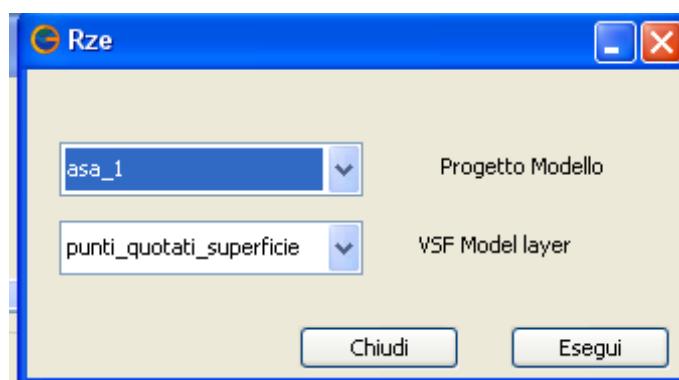
N.B.: per la presente versione del traduttore del SEV package esistono le seguenti

limitazioni:

- *il valore della pressione atmosferica (variabile HA) non varia per ciascun SP. Si suggerisce pertanto di utilizzare un valore medio o di andare a modificare manualmente il file tradotto;*
- *il valore della variabile SRES è costante per tutte le celle del layer attraverso il quale avviene il flusso evapotraspirativo;*
- *il valore della variabile SEL è riferito ad un layer.*

11.11.5 Root Zone Evaporation package (RZE)

Questo traduttore permette la preparazione dei file relativi al pacchetto **SEV**.

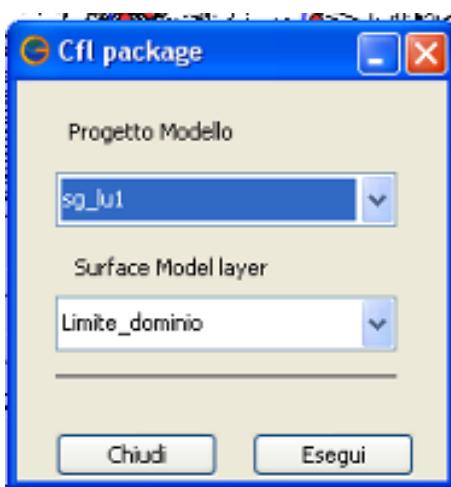


Richiede l'inserimento delle seguenti informazioni:

- **Progetto Modello**= il modello di cui si vogliono scrivere gli input;
- **VSF Model Layer**= data set relative al **VSF layer** (si veda il Cap. 9.2).

11.12 Cascading Flow package (CFL)

Questo traduttore permette la preparazione dei file relativi al pacchetto **CFL**.



Richiede l'inserimento delle seguenti informazioni:

- **Progetto Modello**= il modello per cui si vogliono scrivere gli input;
- **Surface Model layer**= è il data set **Surface Model Layer** (si veda il Cap. 10).

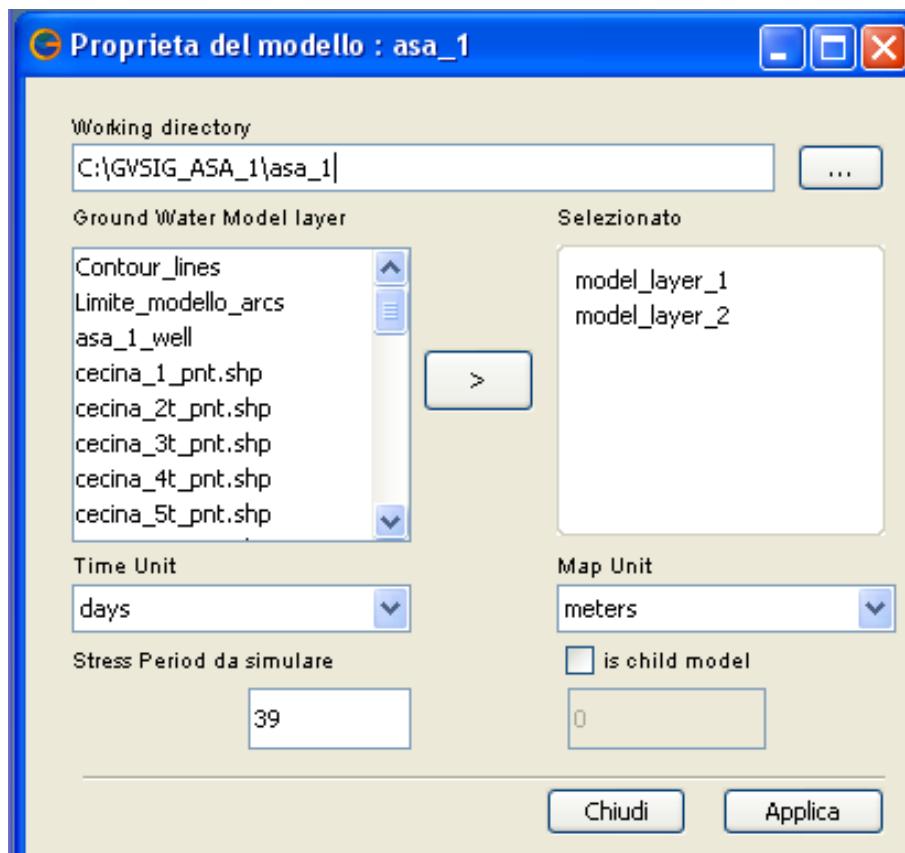
12 Esecuzione della simulazione

Una volta implementato lo scenario di simulazione, la gestione della simulazione avviene attraverso l'oggetto **Hydrological Model**. Prima di procedere con la simulazione, e dopo avere tradotto i file geografici in file di input con i traduttori illustrati nei Cap. precedenti, si deve completare e controllare la finestra delle proprietà dello scenario di modellazione.

Dal **Gestore di Progetto** selezionare

Hydrological Model

attivare il modello di cui si intende effettuare la simulazione e entrare in **Proprietà**.



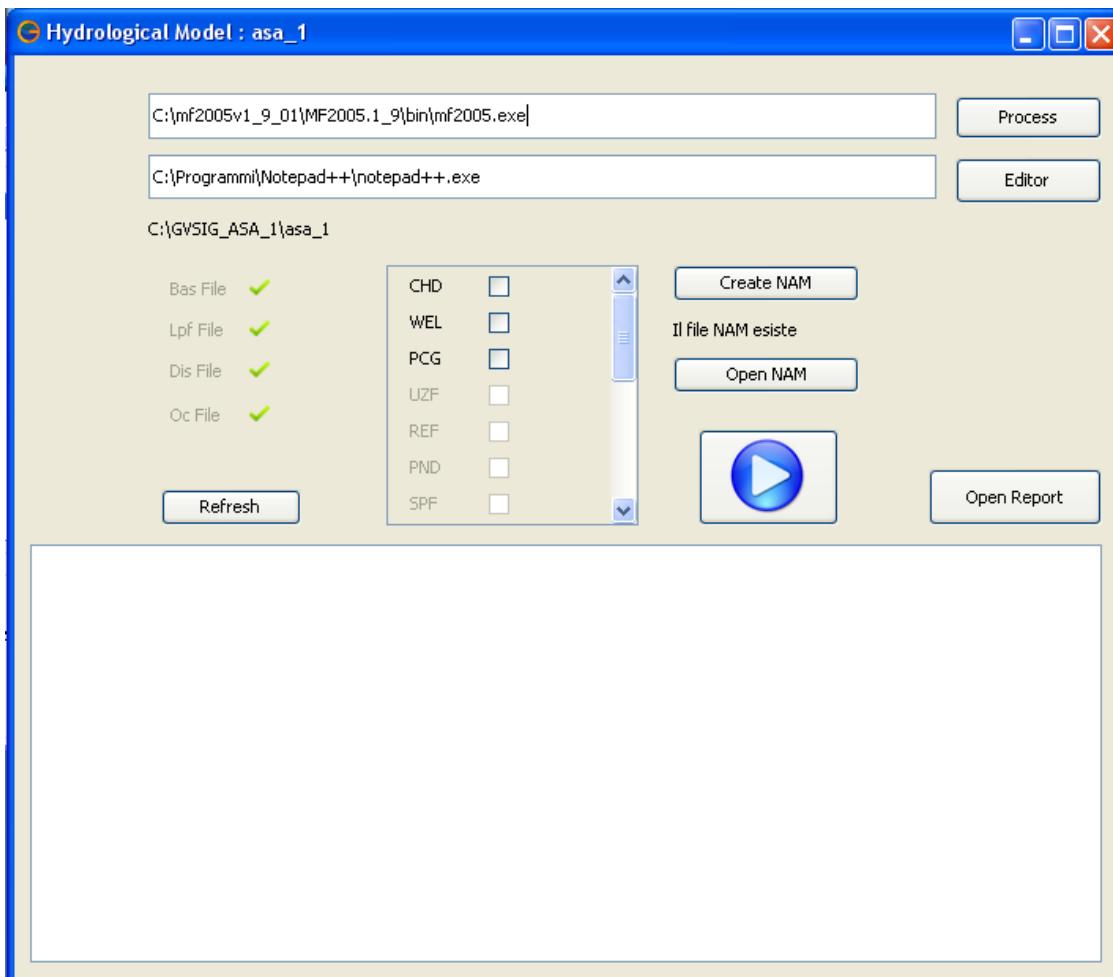
Controllata la **Working directory**, le unità di tempo (**Time Unit**) e spazio (**Map Unit**), il numero di SP che si intende simulare (**Stress Period da simulare**) è necessario andare a specificare dalla lista dei layer GIS (**Ground Water Model layer**) quelli che compongono la geometria del modello e importarli nella finestra denominata **Selezionato**.

La lista a sinistra conterrà tutti i layer disponibili nella sessione GIS, a destra dovranno essere riportati i soli model layer selezionati per la geometria del modello (nella Fig. sopra, ad es., il *model_layer_1* ed il *model_layer_2*).

Una volta terminata questa procedura selezionare **Applica** e quindi **Chiudi**.

12.1 Il pannello di controllo per l'esecuzione della simulazione

Mantenendo attivo l'oggetto **Hydrological Model**, selezionare **Apri** per avviare l'interfaccia di controllo per l'esecuzione della simulazione (*dashboard*).



La prima volta che viene aperta, l’interfaccia si presenterà con alcuni campi vuoti che andranno compilati come segue:

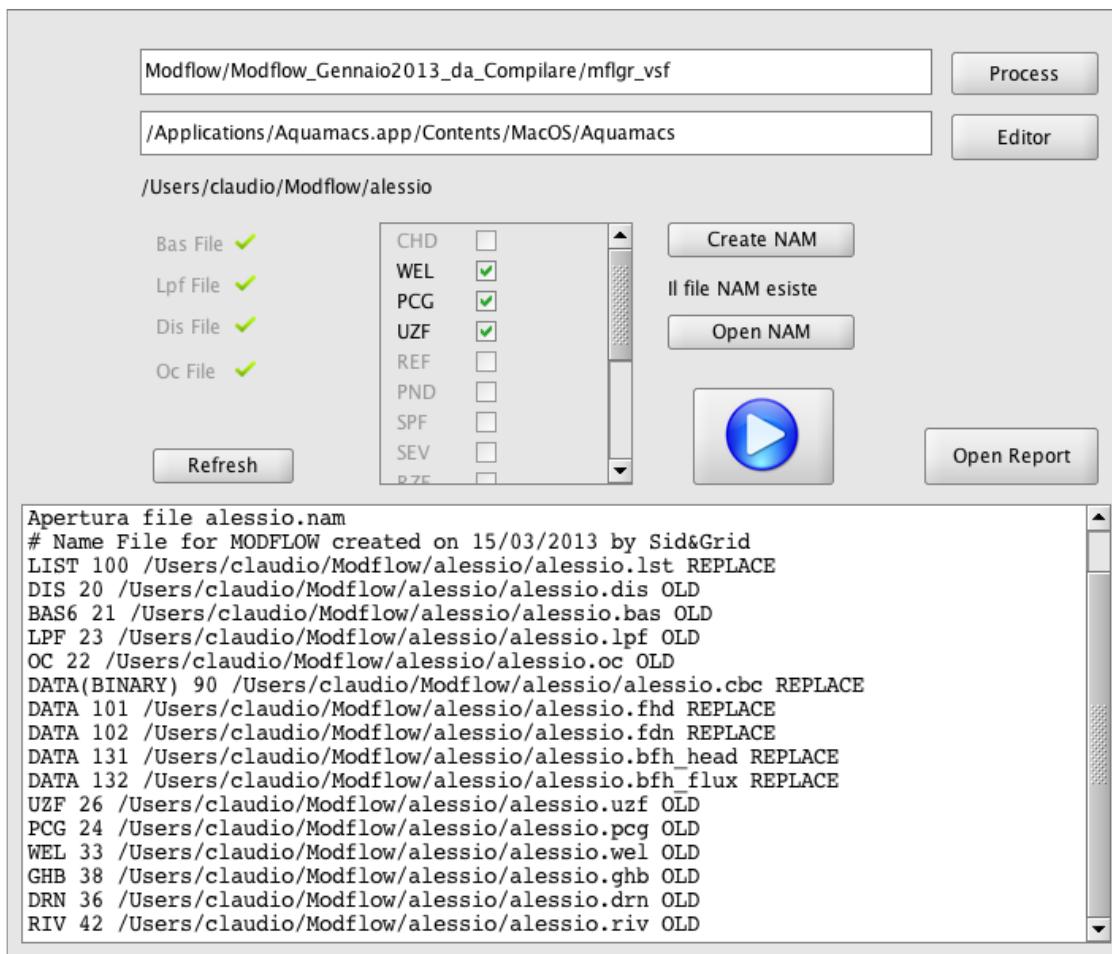
- **Process**= percorso nel proprio PC dell’eseguibile del modello SID&GRID (ovvero il file ***mfgr_sidgrid.exe***);
- **Editor**= percorso nel proprio PC di un editor di testo con cui aprire il report del modello.

Verificare che a fianco dei pacchetti di base (lista in colonna sulla sinistra: **.Bas**, **.Lpf**, **.Dis**, **.Oc**) sia presente il flag di colore verde. Nel caso contrario si dovrà procedere con la scrittura di tali file seguendo la procedura descritta nel Cap. 11.

Selezionare i pacchetti dei processi che si intende simulare: saranno ovviamente selezionabili solamente i pacchetti di cui sono stati scritti i file di input, mentre quelli per cui non esiste il file di input saranno visualizzati in grigio. Anche in questo caso, se mancassero dei file di input di cui esistono i data set geografici si dovrà procedere con la scrittura di tali file seguendo la procedura descritta nei precedenti paragrafi.

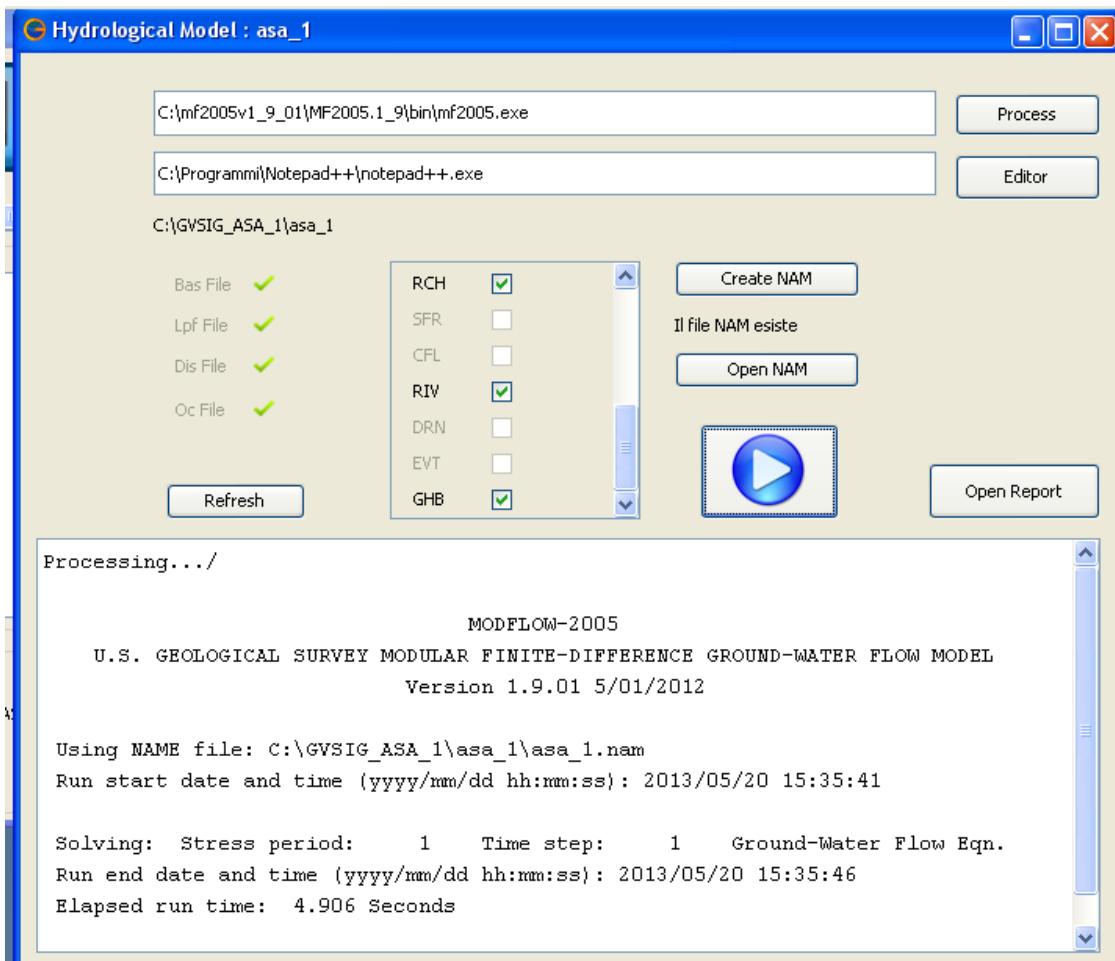
N.B. qualora si attivi la vista senza chiudere la dashboard del modello. Dopo avere scritto gli input file del modello si dovrà cliccare su **refresh e verificare che il flag sia diventato verde.**

Con il comando **Create NAM** verrà scritto il file di configurazione per il solutore del modello. Senza questo file la simulazione non potrà iniziare. Aprire il file **.NAM** appena creato con il comando **Open NAM** e verificare che i file relativi ai processi che si intende simulare siano presenti. Il file **.NAM** contiene anche ulteriori parametri che l'utente non potrà modificare perché richiesti ed impostati in automatico dal sistema.



Dopo avere verificato il file **.NAM**, si potrà eseguire la simulazione con il comando **PLAY** posto sotto il tasto **Apri NAM**. Il sistema ci informerà quali pacchetti si stanno utilizzando e avvierà la simulazione, il cui procedere sarà visibile nella consolle.

Con il tasto **Open Report** si potrà aprire il report della simulazione (anche con soluzione in corso) ove verificare eventuali messaggi di errore e visualizzare quindi il bilancio idrologico complessivo.



12.2 Gage package (GAG)

Il pacchetto **GAGE** è uno strumento di MODFLOW che si accoppia all'utilizzo di SFR2. Con esso è infatti possibile definire celle del dominio con funzione di stazioni di monitoraggio per un determinato corso d'acqua cui siano fornite le informazioni su battute idraulico, portata fluente e scambi tra acque superficiali e sotterranee simulati.

Queste informazioni si troveranno in uno/più file output specifico/i (in formato testo) che potranno poi essere utilizzati per l'elaborazione dei dati, esportandoli come fogli Excel o con altri software di elaborazione dati.

La procedura per l'implementazione del **GAGE** package può essere sintetizzata in due **STEP**.

STEP 1 - Modifica del file .NAM

La prima operazione consiste nell'aggiungere al file **.NAM** del modello, una linea in cui si specifica il nome del file in cui saranno scritte le informazioni in input (con estensione ***.gag**), dotato della sua **UNIT** distinta (numero intero) come ogni altro file presente nel **.NAM**, e preceduto dalla parola chiave **GAGE**. Ad esempio (in rosso le parti che l'utente deve definire):

GAGE NUMERO nomedirectory\nameofile.gag

ovvero

```
GAGE      46 testsfr2.gag
```

Inoltre, sempre nel file **.NAM**, dovremo aggiungere per ogni stazione di monitoraggio una linea che servirà a specificare il relativo file di output. Chiamiamo **NUMGAGE** il numero di queste stazioni; supponiamo di voler assegnare al modello **NUMGAGE= 3** stazioni di monitoraggio.

Dovremo allora aggiungere al file **.NAM** tre ulteriori righe, ed ognuna dovrà essere preceduta dalla parola chiave **DATA** (caratteristica dei file output) e dalla sua propria **UNIT** (diversa da quella definita in precedenza). Ad es.:

```
DATA      88 nomedirectory\stazione1.out
DATA      89 nomedirectory\stazione2.out
DATA      90 nomedirectory\stazione3.out
```

ovvero

DATA	83 testsfr2.gg1
DATA	84 testsfr2.gg2
DATA	85 testsfr2.gg3

N.B.: nell'esempio i nomi dei file sono del tutto arbitrari e possono essere variati a piacere.

*Nell'assegnazione dei valori delle **UNIT** (nell'esempio sopra, i numeri: 88, 89, 90) è necessario verificare che essi non siano stati già utilizzati nelle righe precedenti del file **.NAM**. Si ricorda infatti che ogni file deve avere la sua propria e distinta **UNIT** (non sono possibili ripetizioni, pena l'interruzione della simulazione).*

STEP 2 - Creazione del file .gag

Precisato questo, occorre creare un nuovo file di testo (con un comune editore di testo) e salvarlo nella directory di lavoro con estensione ***.gag** (nell'esempio: **nomefile.gag**). In esso devono essere contenute le seguenti informazioni:

- **linea 1= NUMGAGE** (il numero di stazioni previste, che deve essere uguale al numero di file **output** inclusi nel file **.NAM**, nell'esempio: 3);
- **linea 2 (e successive)=** per ogni stazione, inserire:
GAGESEG GAGERCH UNIT OUTTYPE

dove:

- **GAGESEG**= e' un numero intero che indica il *segment* del corso d'acqua al quale si riferisce la stazione;
- **GAGERCH**= e' un numero intero che indica il *reach* del corso d'acqua al quale si riferisce la stazione;
- **UNIT**= è il numero intero inserito nel file **.NAM** relativo al file output in cui vengono scritte le informazioni per quella stazione;
- **OUTTYPE**= è un numero intero che indica l'opzione che si sceglie per la scrittura delle informazioni alla stazione di monitoraggio. Il numero deve essere scelto tra **0** e **7**, secondo la seguente codifica:
 - **0** (valore di default)= viene scritta la serie temporale per le variabili tempo, battente del corso d'acqua, deflusso uscente e concentrazione di soluti (quest'ultimo dato non è attualmente simulabile in SID&GRID);
 - **1**= valori di default più spessore della massa d'acqua, ampiezza della sezione

- bagnata, flusso calcolato al punto medio del *reach*;
- **2**= valori di default più valore di conduttanza del letto semipermeabile nel *reach*, differenza di carico idraulico attraverso il letto semipermeabile, gradiente idraulico attraverso il letto semipermeabile;
 - **3**= NON UTILIZZABILE IN SID&GRID;
 - **4**= tutti i valori elencati in precedenza;
 - **5**= usato solo se nel *reach* sono presenti affluenti/defluenti. In tal caso, viene scritta la serie temporale per le variabili tempo, battente del corso d'acqua, flusso deviato, massimo del tasso di deviazione assegnato, flusso all'inizio e alla fine del segmento precedente la deviazione;
 - **6**= usato solo se **SFR2** è accoppiato a **UZF** per simulare la (eventuale) zona insatura al di sotto del letto semipermeabile. In tal caso, viene scritta la serie temporale per le variabili tempo, battente del corso d'acqua, carico idraulico nella falda, flusso attraverso il letto semipermeabile, variazione dell'immagazzinamento nella zona insatura, ricarica;
 - **7**= usato solo se **SFR2** è accoppiato a **UZF** per simulare la (eventuale) zona insatura al di sotto del letto semipermeabile. In tal caso, viene scritta la serie temporale per le variabili tempo e il contenuto d'acqua al di sotto del letto del corso d'acqua (nella zona insatura).

Nell'esempio precedente, potremo quindi scrivere un file input **nomefile.gag** come segue:

```
3
1 4 83 2
1 5 84 2
2 1 85 2
```

In altre parole, abbiamo impostato:

- la stazione 1, sul corso d'acqua numero 1, nella cella corrispondente al *reach* 4 del corso d'acqua;
- la stazione 2, sul corso d'acqua numero 1, nella cella corrispondente al *reach* 5 del corso d'acqua;
- la stazione 3, sul corso d'acqua numero 2, nella cella corrispondente al *reach* 1 del corso d'acqua.

Per tutte e tre le stazioni abbiamo scelto di salvare le informazioni relative all'opzione 2.

12.3 Bilancio della zona insatura e del contenuto di acqua su singole celle utilizzando UZF

Similmente a quanto fatto precedentemente con il pacchetto **GAGE**, utilizzando il pacchetto **UZF** è possibile definire delle "stazioni di monitoraggio" alle quali osservare il bilancio della zona insatura ed il contenuto di umidità del suolo. In questo Cap. vengono illustrati i passi per la creazione dei file necessari ad ottenere in output i sopra specificati risultati. Per poter utilizzare questo strumento è necessario modificare il file **.UZF** e creare *n* linee (una per ogni cella monitorata) corrispondenti ai relativi file di output nel file **.NAM**.

STEP 1 - Modifica del file .UZF: inserimento del numero di celle monitorate

Una volta generato il file **.UZF** (si veda il Cap. 11.10) è necessario andare a modificarlo, introducendo l'indicazione relativa al numero ed alla posizione delle celle da monitorare.

Per quanto riguarda il numero delle celle da monitorare è necessario modificare la variabile NUZGAGES. Sotto sono riportate le prime linee di un ipotetico file **.UZF**.

Il valore dell'ultima variabile sulla *linea 1* è **0 (in rosso)**, ovvero in questo modello non è prevista l'osservazione di alcun punto della zona insatura.

```
#UZF Package input for test simulation 2
    1 1 1 1 0 61 25 20 4 0  NUZTOP IUFZOPT IRUNFLG IETFLG
IUFZFCB1 IUFZFCB2 NTRAIL NSETS NUZGAGES
```

Volendo introdurre il monitoraggio di 3 celle varieremo tale valore scrivendo il numero 3, come sotto riportato.

```
#UZF Package input for test simulation 2
    1 1 1 1 0 61 25 20 4 3  NUZTOP IUFZOPT IRUNFLG IETFLG
IUFZFCB1 IUFZFCB2 NTRAIL NSETS NUZGAGES
```

STEP 2 - Modifica del file .UZF: specifica delle celle monitorate

Si deve quindi procedere a specificare la posizione delle celle in questione.

Scorrendo il file **.UZF** in questione, arriveremo alla linea in cui è specificato il valore della variabile **THTS**, cui seguiranno le specifiche relative all'infiltrazione (variabili **NUZF1** e **FINF**) così come specificato precedentemente attraverso l'interfaccia.

```
CONSTANT 3.5                                BROOK-COREY EPSILON
CONSTANT 0.30                               THTS
1                                         NUZF1      STRESS PERIOD 1
INTERNAL 1.000E-09 (10F4.0) 0     FINF      STRESS PERIOD 1
1.0 2.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
2.0 1.0 2.0 0.0 0.0 8.0 8.0 5.0 0.0 0.0
```

Si andranno quindi a specificare su una linea per ogni cella una serie di variabili con le informazioni sulla posizione della cella (**IUZROW**, **IUZCOL**), la **UNIT** (**IFTUNIT**) e la tipologia di output richiesto (**IUFZOPT**) tra la linea **THTS** e la linea **NUZF1**. Ad es., volendo introdurre tre celle da monitorare, il file verrà scritto nella seguente forma (in rosso le linee di nuova creazione):

```
CONSTANT 0.30                               THTS
3 6 65 1
6 3 66 2
10 5 67 3
1                                         NUZF1      STRESS PERIOD 1
```

Leggendo la prima delle nuove linee create vediamo che la cella ad essere monitorata si trova nella riga **3**, colonna **6**, ha **UNIT 65** e verranno visualizzati nel file di output i risultati relativi all'opzione **1**.

Le tre opzioni previste in **UZF** sono le seguenti:

- **1**= permette il salvataggio in output di tempi, carico idraulico, spessore della

zona insatura, e per il *time step* in oggetto la cumulata dell'infiltrazione, della ricarica, dell'immagazzinamento e la sua variazione, e dell'esfiltrazione;

- **2**= permette il salvataggio dei dati previsti dall'opzione 1 ed inoltre il flusso volumetrico di infiltrazione, di ricarica, di variazione dell'immagazzinamento e di esfiltrazione;
- **3**= permette il salvataggio in output di tempi, carico idraulico, spessore della zona insatura seguiti dal contenuto di acqua a varie profondità della zona insatura.

STEP 3 - Modifica del file .NAM

Infine, è necessario aggiungere al file **.NAM** del modello, analogamente a quanto descritto nel Cap. precedente, per ogni cella monitorata una linea che servirà a specificare il relativo file di output. Nell'esempio in questione dovremo allora aggiungere al file **.NAM** tre ulteriori righe, ed ognuna dovrà essere preceduta dalla parola chiave **DATA** (caratteristica dei file output) e dalla sua propria **UNIT**. Ad es.:

```
DATA      65 nomedirectory\stazione1.out  
DATA      66 nomedirectory\stazione2.out  
DATA      67 nomedirectory\stazione3.out
```

ovvero

```
DATA      65 out\cel1.uzf1  
DATA      66 out\cel2.uzf2  
DATA      67 out\cel3.uzf3
```

N.B.: nell'esempio i nomi dei file sono del tutto arbitrari e possono essere variati a piacere.

*Nell'assegnazione dei valori delle **UNIT** (nell'esempio sopra, i numeri: 65, 66, 67) è necessario verificare che essi non siano stati già utilizzati nelle righe precedenti del file **.NAM**. Si ricorda infatti che ogni file deve avere la sua propria e distinta **UNIT** (non sono possibili ripetizioni, pena l'interruzione della simulazione).*

13 Raffinamento locale della griglia (*Local Grid Refinement - LGR*)

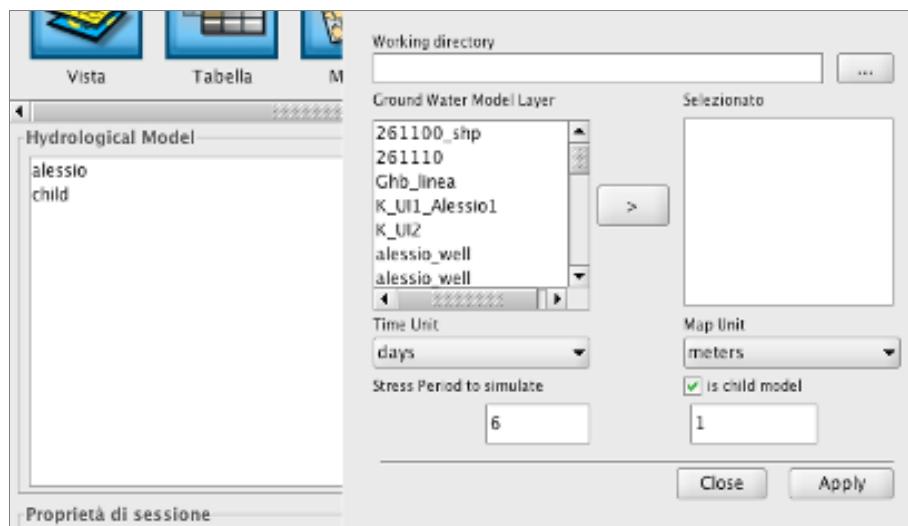
In aree in cui è attesa una brusca variazione del gradiente idraulico, ad es. nell'intorno di campi pozzi in cui sono presenti forti emungimenti, è auspicabile una migliore qualità della soluzione. Ciò tradizionalmente si ottiene nello schema alle differenze finite raffinando la maglia della griglia in queste aree sia lungo le righe sia lungo le colonne.

SID&GRID consente di raffinare il dominio di studio attraverso il metodo ***Local Grid Refinement - LGR*** (Mehl and Hill, 2005). SID&GRID fornisce una serie di interfacce grafiche in grado di gestire agevolmente uno o più *child model* (ovvero un blocco di celle della griglia con discretizzazione spaziale più fine della griglia in cui sono inserite) collegandoli direttamente al *parent model* implementato. La creazione di un *child model* richiede configurazioni e alcuni passaggi che saranno descritti di seguito.

N.B.: E' consigliabile intervenire con il raffinamento solo dopo aver implementato e completato il modello parent, ed anche dopo aver verificato la convergenza del modello. Pertanto, si suggerisce prima di eseguire per il modello parent tutte le istruzioni contenute nel Cap. 11 e 12 e, a posteriori, implementare le operazioni per il raffinamento descritte in questo capitolo.

STEP 1 – Creazione di un oggetto modello child

La creazione di un blocco di celle a maggiore risoluzione ha inizio dal **Gestore di progetto** con la creazione di un nuovo **Hydrological Model** ed accedendo alle proprietà dello stesso come mostrato in figura.



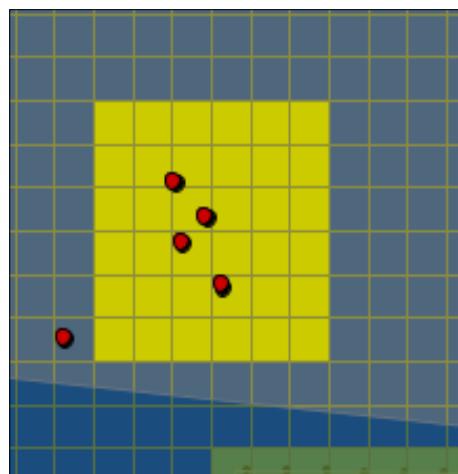
Il nuovo modello dovrà avere la stessa **Working directory** del *parent model*, le stesse **unità di misura** e la stessa **discretizzazione temporale** (stressperiod).

Non si dovrà creare un nuovo geodatabase, poiché il *child model* utilizzerà le risorse del *parent model*, in particolare la tabella stressperiod.

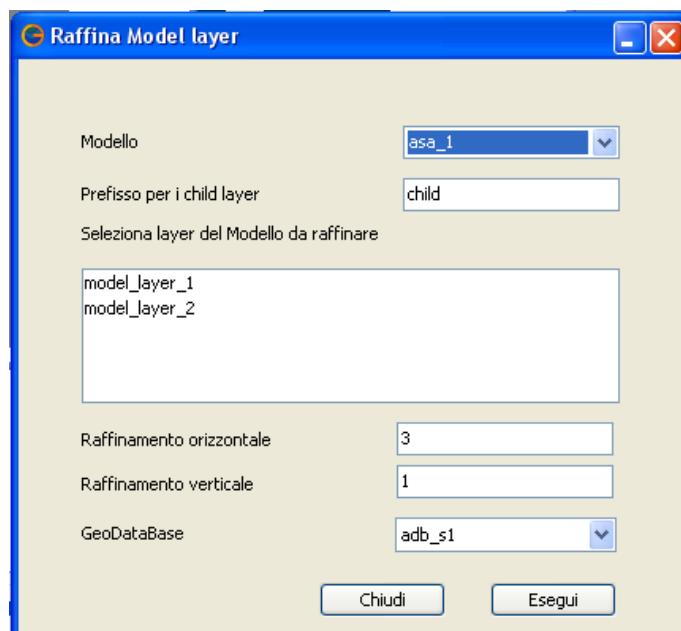
Prima di procedere con la selezione dei *layer* che compongono la geometria del nuovo modello *child*, si dovrà costruire la nuova geometria dotata di una propria discretizzazione orizzontale e verticale.

STEP 2 - Costruzione della griglia child derivata dal parent model

Si deve quindi creare la griglia del modello *child* utilizzando le informazioni geometriche del *parent model*. Aprire la vista del *parent model* e selezionare sul *model_layer_1* l'area che si intende raffinare. L'area da raffinare deve essere un rettangolo che comprenda almeno 4 celle del *parent model*. Inoltre, nessuna delle celle da raffinare deve trovarsi sul limite del dominio *parent*. Per selezionare l'area di interesse si possono utilizzare i vari strumenti di selezione presenti in gvSIG per questo tipo di operazione (ad es.: selezione per rettangolo, selezione tramite filtro, ecc.).



Con la selezione attiva, aprire l'interfaccia dello strumento, dal menu
SG Configure>Griglia>Raffina>Raffina Model layer

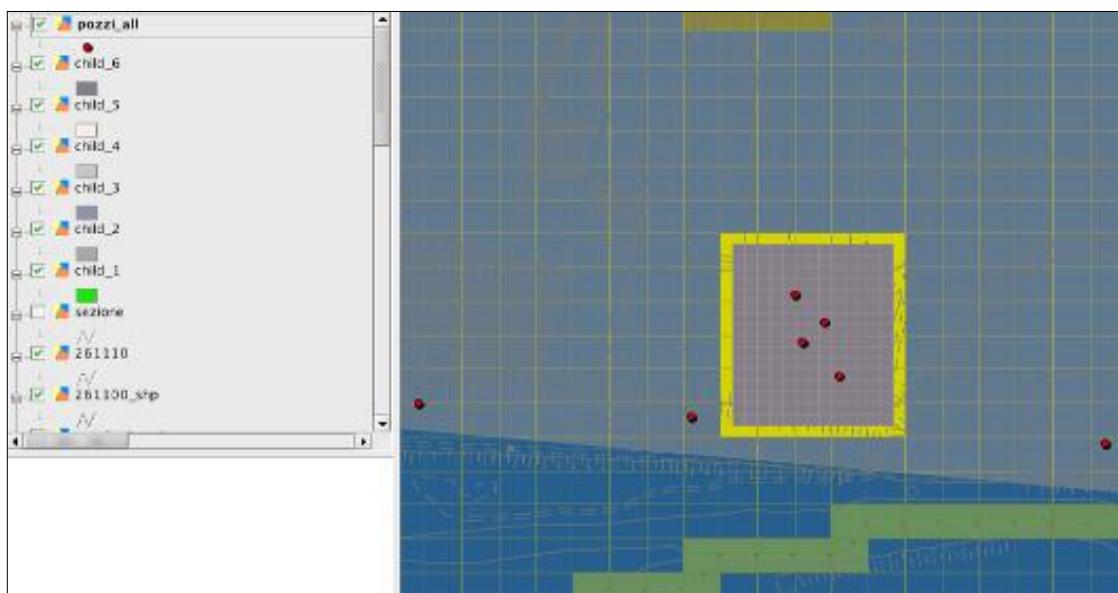


Inserire i dati richiesti nell'interfaccia:

- **Modello**= *parent model* tra gli *Hydrological Model* del progetto;
- **Prefisso per i child layer**= prefisso da aggiungere ai nuovi *child model_layer* (ad es. *child*). Ciò è necessario per distinguerli chiaramente dai *model_layer*

- del modello *parent*;
- **Select layer del Modello da raffinare**= SID&GRID consente di raffinare uno o più layer del *parent model*. Il *model_layer_1* andrà sempre selezionato poiché è condizione necessaria per il modulo LGR;
- **Raffinamento orizzontale**= come suddividere ciascuna cella del *parent model*; è obbligatorio inserire un intero dispari (1 nel caso non si voglia raffinare);
- **Raffinamento verticale**= specificare in quanti *layer child* suddividere ciascun *layer parent*. E' obbligatorio inserire un intero dispari (1 nel caso non si voglia raffinare);
- **Geodatabase**= il geodatabase del modello.

Al termine della procedura saranno caricati e visibili nella TOC di gvSIG i nuovi *model_layer child* (nel caso della figura precedente saranno creati 6 *child model_layer*) individuati dal prefisso specificato nel presente **STEP**.



I parametri di tetto e di letto (rispettivamente **TOP** e **BOTTOM**) di ciascun *child model_layer* saranno derivati e calcolati in automatico dall'algoritmo, così come saranno derivati anche tutti i parametri idrodinamici.

Il sistema creerà anche la relativa tabella **lpf** del *child model* e la aggiungerà alle tabelle del progetto. La nuova tabella potrà essere modificata con lo strumento **SG data base>Modifica LPF** così come la tabella LPF del *parent model*.

Model Layer	Layer type	Layer avg	Anisotropia...	Val. anisotro...	Layer vka	Layer wet	Show
child_1...	confined...	harmonic...	si	1.0	0	inactive	
child_2...	confined...	harmonic...	si	1.0	0	inactive	
child_3...	confined...	harmonic...	si	1.0	0	inactive	
child_4...	confined...	harmonic...	si	1.0	0	inactive	
child_5...	confined...	harmonic...	si	1.0	0	inactive	
child_6...	confined...	harmonic...	si	1.0	0	inactive	

Chiudi **Apply**

STEP 3 - Aggiornamento del valore ACTIVE per le celle di bordo.

Ciascun modello *child* assume che sulle celle del bordo sia sempre impostata una condizione di carico imposto. Quest'ultimo (ad ogni TS) sarà quello corrispondente al valore interpolato sui vari nodi di bordo a partire dal valore della corrispondente cella del modello *parent* (si veda Mehl e Hill, 2005 per i dettagli sull'accoppiamento *parent/child*).

Ne segue che le celle di bordo di ogni modello *child* devono avere come valore **IBOUND** un intero negativo. Questo trasmette al codice l'informazione che sulle celle, ove questo valore è negativo, il carico idraulico deve essere uguale a quello imposto. Il flag **IBOUND** corrisponde in ogni *model_layer* al campo **ACTIVE** (si veda il Cap. 6.1).

Pertanto per ogni *child* si dovrà scegliere un intero negativo da assegnare alle celle di bordo. Questo valore dovrà anche essere inserito anche nella tabella **LGR** al momento della sua compilazione attarverso il campo **Ibflg** (si veda il successivo **STEP 6**). Ogni *child* del modello (se presenti più di uno) deve avere un proprio valore di **Ibflg**, quindi il valore nel campo **ACTIVE** varierà in ogni *model_layer child*.

N.B.: Per praticità, si consiglia di assegnare al child_1 un valore di IBFLG=-10, a un eventuale child_2 il valore IBFLG=-20, e così via. Ciò faciliterà l'utente nel corrispondente valore da inserire successivamente nella tabella LGR (STEP 6).

Per aggiornare il valore **ACTIVE** del *model_layer* di ogni *child* occorre:

- portarsi su *child_1*;
- fare una selezione con **Filtro** sul campo **BORDER**, con il parametro di filtro **BORDER=1**;
- con la selezione (che riguarderà tutte le celle del bordo, e dunque della prima e ultima riga e della prima e ultima colonna), in edizione, portarsi sul campo **ACTIVE** e inserire il valore di **Ibflg** scelto, ad esempio -10;
- chiudere l'edizione salvando le modifiche apportate.

Come già ricordato precedentemente, la procedura sopra descritta deve essere ripetuta per ogni *model_layer* del singolo *child*, inserendo sempre lo stesso valore per ogni modello *child*. Pertanto, terminata la procedura per il primo *model_layer*, l'utente può utilizzare lo strumento **Copia o Importa da poligoni** (accessibile da **SG Configure > Strumenti > Importa parametri > Copia oppure > Da poligoni**)

e copiare dal *child_1* il campo **ACTIVE** sul campo **ACTIVE** del successivo *child_n* dello stesso modello *child* (esempio da *child_1* a *child_2*, ecc.)

STEP 4 – Implementazione dei pacchetti da simulare nel child model

Ogni *child model* va trattato come un normale oggetto **Hydrological Model**, pertanto anche per esso dovranno costruirsi i relativi dataset per ciascun processo che si intende simulare. Ad esempio, nel semplice caso di prelievi assegnati con una condizione di flusso imposto (**Well**), si dovrà seguire la procedura descritta nel Cap. 8 avendo cura di selezionare solo i punti che ricadono nel dominio del *child model*.

N.B.: Una volta scritti i pacchetti base per un child, andare a verificare nel rispettivo file *.BAS che per ciascun layer i valori IBOUND sulle celle di bordo (prima e ultima riga e prima e ultima colonna) siano uguali al valore IBFLG scelto allo STEP 3.

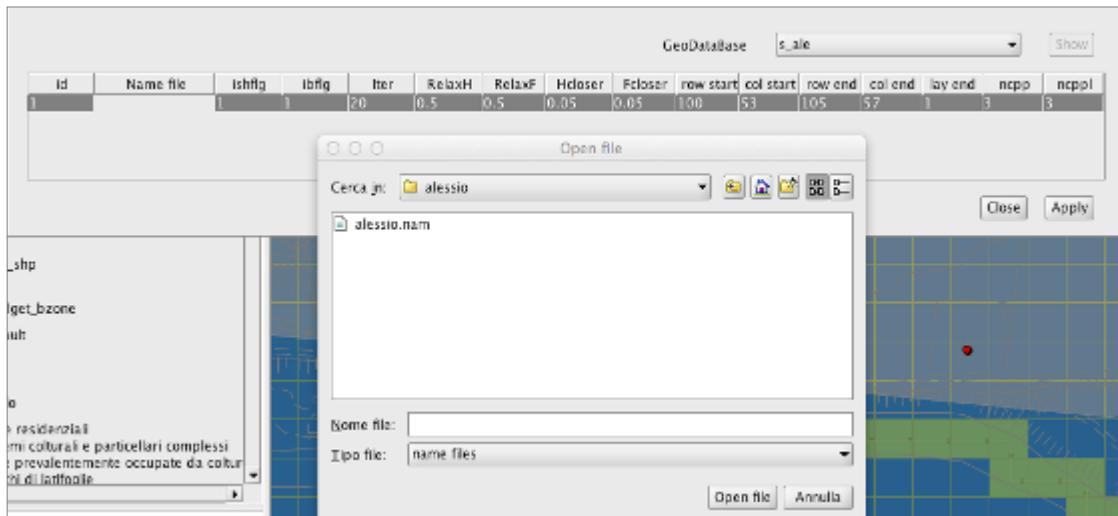
STEP 5 – Scrittura del file NAM per il/i modello/i child

A questo punto è necessario procedere con la scrittura del file .NAM per ogni modello *child*, come già effettuato per il modello *parent* (si veda il Cap. 12).

STEP 6 – Compilazione della tabella LGR (gridrefine)

Una volta completato lo **STEP** precedente (per il modello *parent* e per ogni *child*) occorre inserire le informazioni per integrare i vari modelli (Mehl e Hill, 2005). Per fare ciò è necessario compilare la tabella *gridrefine* da

SG Configure>Griglia>Raffina>Tabella LGR



Ciascun record corrisponderà ad un *child model* (oggetto del Modello Idrologico):

- **Id**= identificativo progressivo del *child model*;
- **Name file**= file **.NAM** del relativo *child model*;
- **Ishflg**= flag utilizzato per definire se i carichi idraulici derivanti dalla simulazione del modello *parent* devono essere utilizzati come condizione iniziale per il modello *child*;
- **Ibflg**= valore negativo utilizzato per definire le celle di bordo tra un modello *parent* ed i *child*. Questo deve corrispondere al valore (negativo) **ACTIVE** scelto ed inserito nel model layer del child in question (si veda **STEP 3**);

- **Iter=** (ovvero **MXLGRITER**) massimo numero di iterazioni per **LGR**;
- **RelaxH=** fattore di rilassamento per i carichi idraulici;
- **RelaxF=** fattore di rilassamento per i deflussi;
- **Hcloser=** criterio di convergenza per il carico idraulico in **LGR**;
- **Fcloser=** criterio di convergenza per i flussi in **LGR**.

I seguenti campi non saranno modificabili dall'utente poiché calcolati in automatico:

- **Row start**
- **Col start**
- **Row end**
- **Col end**
- **Lay end**
- **Nccp**
- **Ncppl**

STEP 7 – Scrittura del file LGR

Le informazioni inserite nello **STEP** precedente sono quelle necessarie per la scrittura del file input **.LGR**, cioè il file utilizzato da MODFLOW per reperire tutte le informazioni sull'accoppiamento fra modello *parent* e modello/i *child*.

Pertanto, per completare la procedura occorre avviare il relativo traduttore, da **SG Model Packages > LGR Control file**

Dall'interfaccia, assegnare il nome del modello *parent* e selezionare la tabella *gridrefine* creata allo step precedente (come suggerito dall'interfaccia).

Il file **.lgr** si troverà nella **Working directory** insieme ai file del modello *parent*.

STEP 8 - Esecuzione della simulazione

Per l'esecuzione della simulazione di un modello con il metodo **LGR** occorre avviare la simulazione solo per il modello *parent*. Il sistema riconoscerà automaticamente la presenza di un file **.LGR** all'interno della directory di lavoro ed eseguirà la simulazione accoppiata (*parent* con uno o più modelli *child*).

14 Ulteriori strumenti sviluppati in gvSIG

In questo capitolo vengono descritte le istruzioni per utilizzare tre componenti aggiuntivi di gvSIG, creati all'interno di SID&GRID. Questi strumenti riguardano la parametrizzazione e la descrizione di alcuni processi all'interfaccia suolo/atmosfera, al fine di completare l'accoppiamento del modello numerico con questo importante settore del ciclo idrologico. In particolare, nell'ordine sono presentati:

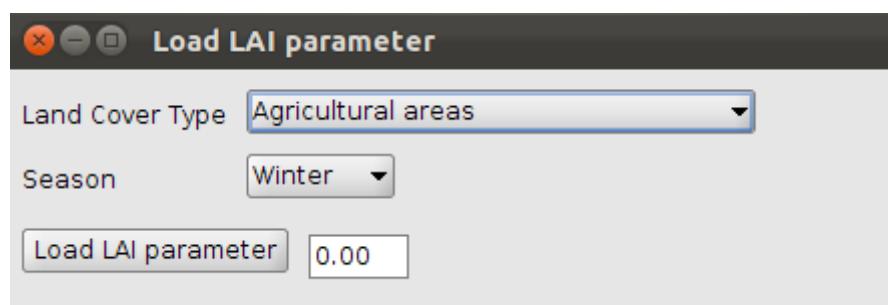
- strumento che ha come output valori di riferimento per il ***Leaf Area Index (LAI)***;
- strumento per il calcolo dell'evapotraspirazione potenziale (***Potential Evapotranspiration - PET***);
- algoritmo per il calcolo della pioggia netta al suolo, a seguito del processo di intercettazione operato dalla vegetazione.

14.1 Strumento per il parametro Leaf Area Index (LAI)

Il parametro LAI (in italiano Indice di Area Fogliare) è necessario per calcolare alcuni parametri legati all'influenza della vegetazione sui processi idrologici all'interfaccia suolo/atmosfera. In particolare, in SID&GRID è necessario per il calcolo del parametro PET (si veda il Cap. successivo). Questo parametro è strettamente connesso al tipo di vegetazione e dunque all'uso del suolo. Esso è espresso come un numero decimale (generalmente varia da 0.0 a 19.0). Essendo correlato all'uso del suolo selezionato, può essere impostato automaticamente uguale a 0 per tutte le zone in cui la vegetazione è assente. Negli altri casi, non sempre questo parametro è facilmente accessibile dai comuni dati base territoriali: lo strumento di SID&GRID ha quindi la funzione di fornire valori di **LAI**, basati su una classificazione ripresa da Neitsch (2005), per le più comuni tipologie di uso del suolo.

Per utilizzare lo strumento, aprire:

SG Calculator>Parametro LAI



Nell'interfaccia si dovrà andare a selezionare l'uso del suolo desiderato (**Land Cover Type**) e la stagione (**Season**) per cui ci vuole ottenere il valore del parametro. Cliccando quindi su

Load LAI parameter

nella casella di testo comparirà il valore di **LAI** richiesto.

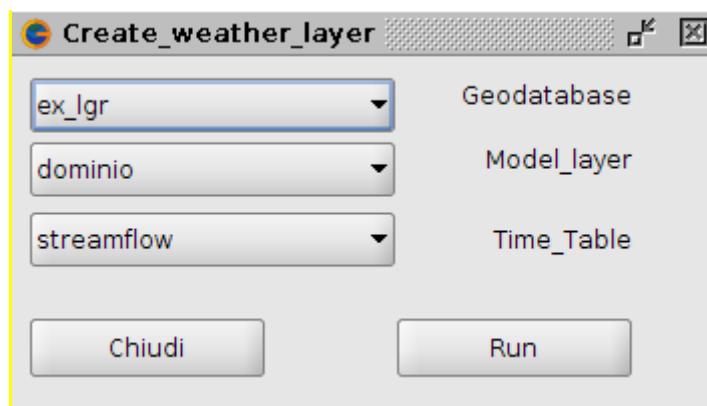
14.2 Creazione del Weather layer

Questa operazione è necessaria qualora si voglia utilizzare uno degli strumenti successivamente descritti integrandoli nell'utilizzo di un modello MODFLOW. Corrisponde alla creazione nella vista corrispondente (per ogni SP impostato nel modello) di un file vettoriale che, per ogni cella della griglia, può ospitare i dati necessari al calcolo della PET e/o del valore di pioggia netta.

N.B.: Qualora si vogliano utilizzare i successivi strumenti in modo autonomo da un modello MODFLOW, sarà necessario creare uno shape file puntuale (ad esempio corrispondente alle stazioni meteo presenti sul dominio di interesse) con la stessa struttura del Weather layer qui descritto.

Per creare il **Weather layer** è sufficiente attivare:

SG Configure>Tools>Spatial Object Definitions>Create weather layer



Dall'interfaccia definire quindi:

- **Geodatabase**= geodatabase del modello;
- **Model_layer**= uno dei *model_layer* già creati;
- **Time_Table**= tabella *stressperiod*.

La tabella degli attributi del **Weather layer** ha i campi riportati in Fig.

Tabella: Tabella degli attributi: weatherlayer_weather														
row	col	tmin_sp1	tmax_sp1	ra_sp1	pet_sp1	rain_sp1	pnet_sp1	lcover_sp1	vcover_sp1	lai_sp1	tmin_sp2	tmax_sp2	ra_sp2	pet_sp2
1	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

In questo layer sono presenti i seguenti campi (oltre al campo riga, *row*, ed al campo colonna, *column*, per ogni SP):

- ***tmin_spn***= la temperatura minima registrata nel periodo di riferimento, (°C);
- ***tmax_spn***= la temperatura massima registrata nel periodo di riferimento, (°C);
- ***ra_spn***= il valore di radiazione solare relativa alla latitudine di riferimento, (MJ/m² day) - si veda ad esempio il sito del CRA (<http://cma.entepra.it/homePage.htm>);
- ***pet_spn***= evapotraspirazione potenziale; nel caso si voglia utilizzare l'apposito strumento per il calcolo di tale parametro (si veda paragrafo successivo), il campo che deve essere lasciato vuoto;
- ***rain_spn***= il valore di precipitazione linda nel periodo di riferimento, (mm/day);
- ***pnet_spn***= campo che ospita il valore della pioggia netta, risultato della procedura implementata, e che dunque deve essere lasciato vuoto;
- ***lcover***= è il dato di uso del suolo, che deve essere indicato secondo la codifica Livello 1 del Corine Land Cover (cfr. <http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>);
- ***vcover***= la frazione di suolo occupata da vegetazione, espressa in decimali compresi tra 0 e 1 (es: 70% di copertura dovrà essere espresso in 0.7);
- ***lai***= *Leaf Area Index* (cfr. paragrafo precedente).

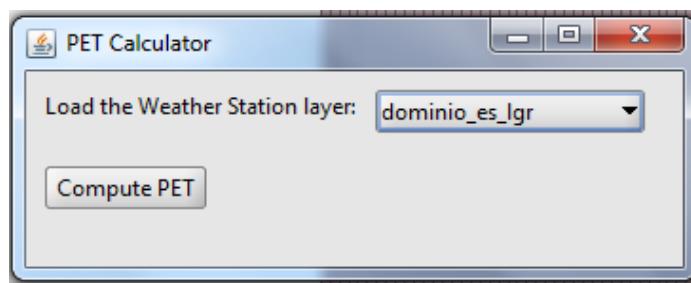
N.B.: le unità di misura devono essere coerenti con quelle sopra indicate. Non tutti i parametri sono necessari per entrambi gli strumenti descritti nei paragrafi successivi: qualora si voglia utilizzare uno solo di questi, i campi non necessari possono essere lasciati a valore 0.

14.3 Calcolo del parametro PET

L'evapotraspirazione potenziale, **Potential Evapotranspiration (PET)** è un dato input per i pacchetti del codice MODFLOW che simulano l'evapotraspirazione. In particolare, esso è un dato necessario per **UZF** e i pacchetti **SEV** e **RZE** in **VSF**.

In letteratura esistono numerosi metodi per il calcolo della PET: in SID&GRID è stato adottato il metodo di Hargreaves (Neitsch et al., 2005), che a discapito di una minor precisione e duttilità richiede una bassa parametrizzazione (e dunque risulta agilmente applicabile). Per avviare lo strumento:

SG Calculator>PET



Dall'interfaccia selezionare:

Load the Weather Station layer= il file vettoriale contenente i dati meteo climatici, cioè il **Weather layer** creato come descritto nel Cap. 14.2.

Per la derivazione della **PET** è necessario che nel **Weather layer** siano popolati i seguenti campi (per ogni SP):

- **Tmin;**
- **Tmax;**
- **Ra.**

Cliccando su **Compute PET** il campo **PET** del **Weather layer** (per ogni SP) verrà popolato con il valore calcolato.

N.B. Il valore di PET viene riportato nell'unità di misura scelta del modello. Qualora lo strumento venga utilizzato indipendentemente da un modello MODFLOW (il codice riconosce automaticamente questa eventualità) il valore di PET è riportato nell'unità di misura standard mm/day.

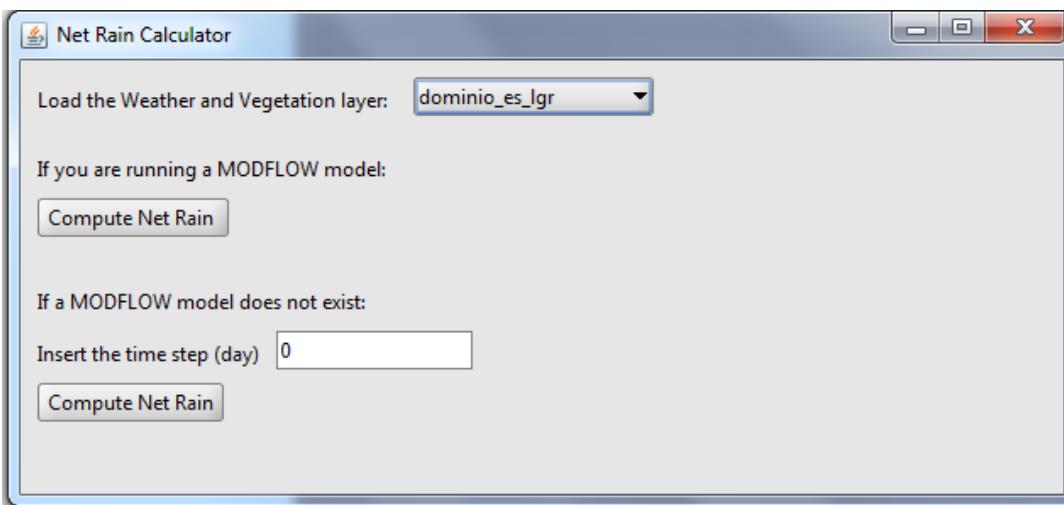
14.4 Calcolo del valore di pioggia netta

Questo strumento permette di popolare il campo **pnet_spn** del **Weather layer** con il valore di pioggia netta, cioè il valore di precipitazione al netto di un'eventuale processo di intercettazione dovuto alla copertura vegetale del suolo. Questo valore (*pnet*) potrà poi essere utilizzato come dato input per i pacchetti di soluzione della zona insatura in MODFLOW, e in particolare per popolare:

- la variabile **FINF** nel caso si utilizzi **UZF**;
- la variabile **RCH** per il pacchetto **RCH** nel caso si utilizzi **VSF** (si ricorda che per usare **VSF** è necessario accoppiarlo al pacchetto **RCH** in cui specificare, appunto, il valore di pioggia che cade al suolo, disponibile per l'infiltrazione).

Per avviare lo strumento:

SG Calculator>Pioggia netta



Attraverso l'interfaccia selezionare:

- **Load the Weather and Vegetation layer**= il file vettoriale contenente i dati meteo climatici, cioè il *Weather layer* creato come descritto nel Cap. 14.2. Per il calcolo di **pnet_spn** è necessario che nel *Weather layer* siano popolati i seguenti campi (per ogni SP): **pet**, **rain**, **lcover**, **vcover**, **lai**.

Per la descrizione dei parametri si veda il Cap. 14.2.

I campi **pet** e **lai** possono essere popolati utilizzando gli strumenti descritti nei precedenti Cap.

Nell'interfaccia occorre anche decidere se si stia utilizzando lo strumento integrato in un modello MODFLOW o no. Solo nel caso di utilizzo autonomo da MODFLOW, occorre inserire nel campo di testo la lunghezza del passo temporale di interesse (**Insert the time step (day)**) espresso in giorni.

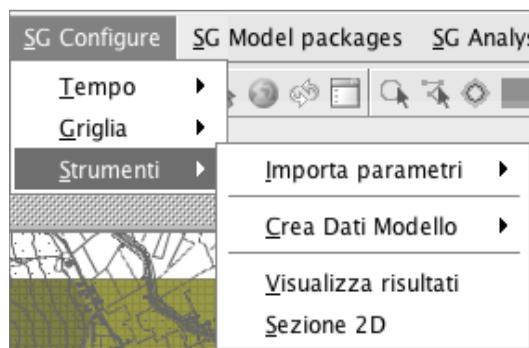
Cliccando sul tasto **Compute Net Rain** corrispondente all'opzione scelta, si avvia l'algoritmo di calcolo e dopo qualche secondo il campo **pnet** sarà popolato con i valori di pioggia netta calcolati dal modello.

15 Strumenti di analisi dei risultati

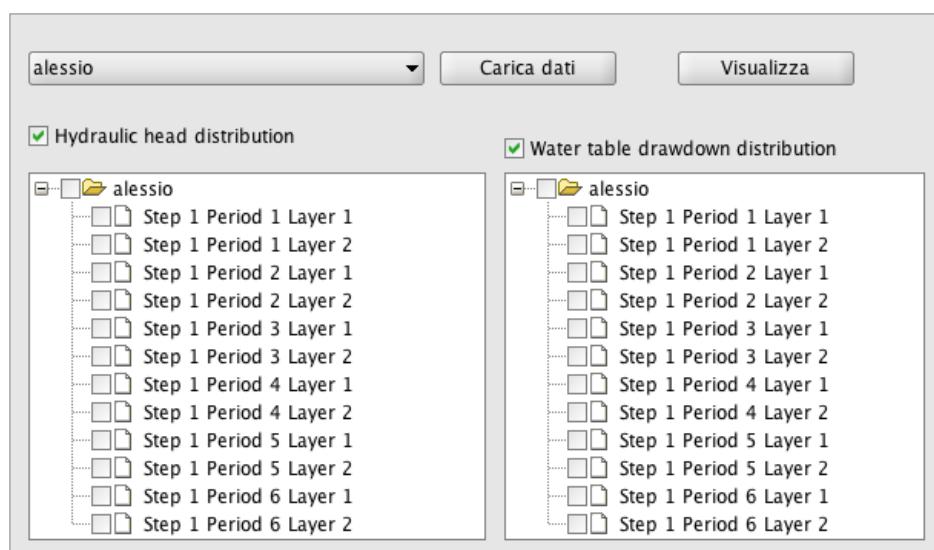
Una volta effettuata la simulazione è possibile visualizzare e analizzare i risultati utilizzando gli strumenti offerti dal GIS gvSIG. Ogni simulazione oltre al report testuale produce due file output dove sono salvati i valori del carico idraulico (*total head* o semplicemente *head*) e degli abbassamenti del carico idraulico rispetto al valore iniziale, per ogni *time step* e per ogni *model_layer*. Tali file possono essere visualizzati nel GIS come dati raster relativi alle soluzioni per ciascun *model_layer* per *time step* relativi ad ogni SP.

15.1 Visualizzazione dei risultati

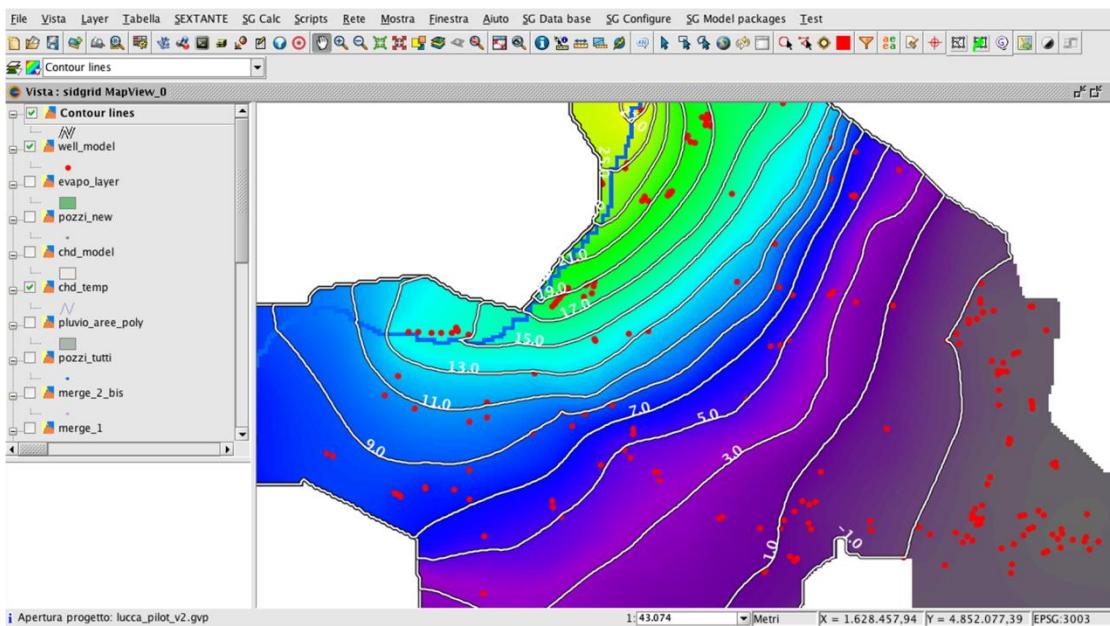
Per visualizzare i risultati è necessario essere nella **Vista** e selezionare **SG Configure>Strumenti>Visualizza risultati**



Nella finestra, è necessario scegliere dal menu a tendina il modello (**Hydrological Model**) di cui visualizzare i risultati e quindi selezionare **Carica dati**. Scegliere quindi gli output da visualizzare e cliccare **Visualizza**. I risultati saranno restituiti in mappa.



Di seguito un esempio di visualizzazione della distribuzione del carico idraulico risultante dall'esecuzione di un modelloidrogeologico.



15.2 Analisi dei risultati prodotti con il CFL package

Qualora sia attivato il pacchetto CFL, nella directory vengono creati tre file di testo, denominati nel seguente modo:

1. tot_Horton_runoff.dat
2. tot_Dunnian_runoff.dat
3. cascading_flow.dat

In essi, per ogni SP, per ogni time step viene stampato l'array (righe per colonne, corrispondente alla griglia di simulazione) dei seguenti valori:

- i) il flusso di ruscellamento superficiale che si è generato in quella cella come processo Hortoniano (cioè dovuto alla saturazione della cella stessa);
- ii). il flusso di ruscellamento che si è generato in quella cella per processo di tipo Dunniano (cioè dovuto alla esfiltrazione di acqua di falda avvenuta nella cella stessa);
- iii). il flusso netto di acqua che si è generato in quella cella rispetto alle celle contermini. In altre parole questo valore corrisponde alla differenza fra acqua ricevuta dalle (9) celle che contornano la cella stessa e l'acqua ceduta alle stesse celle. Ne segue che un valore positivo indica che in quel time step la cella ha ricevuto più acqua di quanta ne abbia ceduta, mentre un valore negativo indicherà la situazione opposta. Il valore nullo, evidentemente, dice che è stata ricevuta tanta acqua quanta ne è stata ceduta.

Tutti i valori sopra descritti sono espressi come flussi volumetrici, dunque con dimensioni [M³/T], in accordo con le unità di misura scelte per il modello.

Si precisa inoltre che:

- a) nei TS in cui non vi è ruscellamento su tutta la griglia (cioè in nessuna delle celle è stato raggiunto un valore diverso da zero delle quantità sopra esposte), allora per quel time step il dato non viene stampato (per motivi di salvaguardia di spazio e scrittura di dati superflui, poiché l'*array* righe per colonne risulterebbe un array con valori 0).
- b) il primo SP non è mai presente nei file suddetti, in accordo con la definizione del processo stesso, il cui computo inizia dal secondo SP in poi (si veda la descrizione del pacchetto CFL).

15.2.1 Visualizzazione in gvSIG dei dati in formato testo

Malgrado i file sopra esposti siano in formato testo (e dunque non direttamente utilizzabili come layer geografici), i dati in essi contenuti possono essere facilmente trasformati in file raster e dunque visualizzati e analizzati in gvSIG utilizzando gli strumenti dedicati a questa tipologia di file.

L'operazione è manuale, ma piuttosto semplice. Ipotizziamo di voler trasformare in file raster il dato di flusso di cascading flow al time step 2 dello SP 3, risultato del modello denominato TOYMODEL. Seguire la procedura:

- 1) andare nella directory di lavoro;
- 2) fra i vari file presenti selezionare TOYMODEL.geo, ed aprirlo con un editore di testo a piacere (Blocconote, Notepad, ecc.);
- 3) salvare con nome questo file, utilizzando un nome a piacere, ma con estensione *.asc (ad esempio: cascading_3_2.asc);
- 4) dallo stesso editore di testo aprire il file Cascading_flow.dat;
- 5) cercare nel file la linea:
`## ---- Stress Period , Time Step , Total Cascading flow (M^3/L) 3 2`
- 6) selezionare l'*array* sottostante (è l'*array* di valori relativo allo SP e al time step a cui siamo interessati), e copiarlo;
- 7) tornare sul file creato cascading_3_2.asc e incollare l'*array* sotto al testo già presente;
- 8) salvare e chiudere il file.

Il file cascading_3_2.asc è adesso importabile in gvSIG come layer raster, e come tale su di esso possono essere utilizzati tutti gli strumenti GIS disponibili (tavola dei colori, contouring, ecc.)-

N.B.: la procedura sopra descritta può essere ripetuta per tutti i file di output in formato testo che presentino un dato in formato array (righe per colonne).

15.3 Analisi dei risultati prodotti con LGR

Qualora l'utente abbia utilizzato la tecnica di raffinamento LGR, il risultato della simulazione deve essere analizzato con alcuni accorgimenti aggiuntivi. In particolare, ricordiamo che il risultato in sé (sia in termini di analisi del bilancio idrico che in quelli di visualizzazione della soluzione) deve essere sempre considerato come l'accoppiamento dei risultati relativi al modello *parent* e di quelli relativi al modello *child* (o ai modelli *child*, in caso di più raffinamenti). Nel seguito, per semplicità di esposizione, ci riferiremo al caso di un singolo raffinamento (un solo modello *child*).

Ricordiamo che i modelli *parent* e *child* si accoppiano tra loro attraverso le celle di interfaccia (corrispondenti alle celle al contorno del modello *child*, cioè quelle della prima e ultima riga e prima e ultima colonna) nel seguente modo (Mehl e Hill, 2005):

- i) il modello *child* ha come condizione al contorno quella di carico imposto, calcolata ad ogni iterazione mediante interpolazione sulle celle *child* del valore calcolato nella cella *parent* all'iterazione precedente;
- ii) il modello *parent* ha come condizione al contorno quella di flusso imposto, calcolato ad ogni iterazione come valor medio dei flussi calcolati nelle rispettive celle *child*, all'iterazione precedente. La zona di dominio occupata dal modello *child* non è considerata (è come se in quella parte di griglia vi fosse poligono di celle inattive, e si imponesse una condizione di flusso imposto ai bordi di questo dominio).

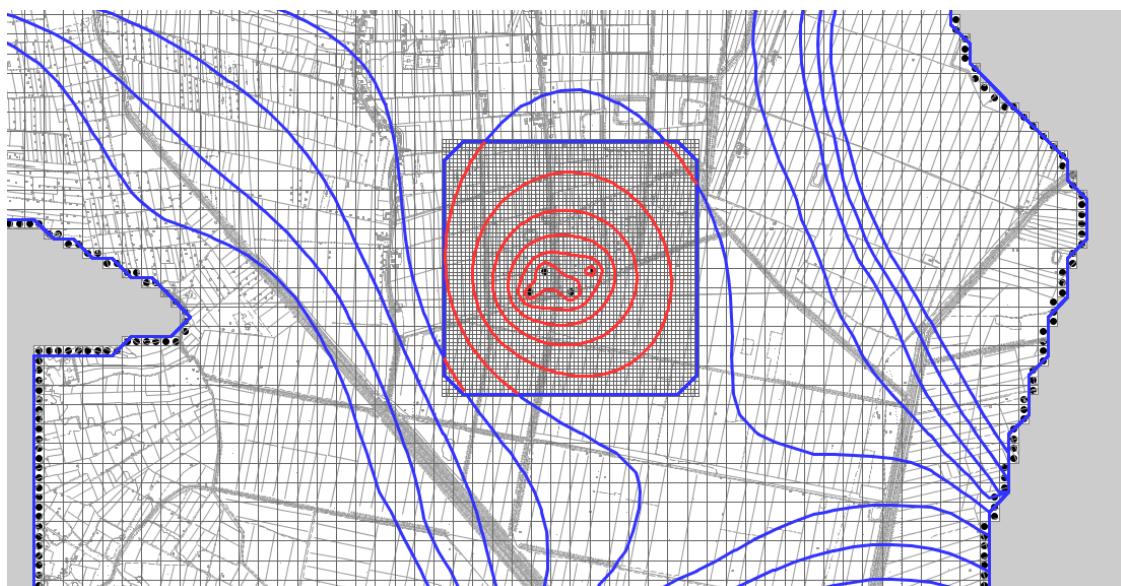
Pertanto, nel bilancio del modello *parent*, l'influenza del metodo di accoppiamento si legge attraverso una voce aggiuntiva del bilancio, denominata *PARENT FLUX B.C.*. In altre parole, da questo termine di bilancio l'utente comprende quanto flusso sia passato o ricevuto dalla zona raffinata con il modello *child*. Di seguito è riportato un esempio di bilancio per il modello parent.

VOLUMETRIC BUDGET FOR ENTIRE MODEL AT END OF TIME STEP 9 IN STRESS PERIOD 2			
CUMULATIVE VOLUMES	L**3	RATES FOR THIS TIME STEP	L**3/T
IN:		IN:	
---		---	
STORAGE =	60311.2031	STORAGE =	2793.0474
CONSTANT HEAD =	0.0000	CONSTANT HEAD =	0.0000
WELLS =	326167.9688	WELLS =	14500.0000
HEAD DEP BOUNDS =	0.0000	HEAD DEP BOUNDS =	0.0000
PARENT FLUX B.C. =	1351.4591	PARENT FLUX B.C. =	0.0000
TOTAL IN =	387830.6563	TOTAL IN =	17293.0469
OUT:		OUT:	
---		---	
STORAGE =	137172.5781	STORAGE =	5345.6094
CONSTANT HEAD =	0.0000	CONSTANT HEAD =	0.0000
WELLS =	0.0000	WELLS =	0.0000
HEAD DEP BOUNDS =	163840.0781	HEAD DEP BOUNDS =	7007.2417
PARENT FLUX B.C. =	86820.6563	PARENT FLUX B.C. =	4940.3945
TOTAL OUT =	387833.3125	TOTAL OUT =	17293.2461
IN - OUT =	-2.6563	IN - OUT =	-0.1992
PERCENT DISCREPANCY =	-0.00	PERCENT DISCREPANCY =	-0.00

N.B.: in accordo con quanto sopra esposto, l'utente non troverà nel bilancio del parent tutte quelle voci relative agli stress (pozzi, ricarica, river, drain, ecc.) che sono contenuti esclusivamente nella zona di raffinamento occupata dal child. Essi, coerentemente, saranno computati solo nel bilancio del modello child.

Anche per quel che concerne la visualizzazione dei risultati (ad esempio operando un *contouring* della soluzione, al fine di visualizzare le isoline di carico idraulico) vale quanto sopra ricordato, e cioè che la corretta analisi della soluzione deve essere fatta sull'accoppiamento della soluzione *parent* con quella *child*.

A titolo di esempio, si riportano nell'immagine seguente le isoline di carico per un modello in cui è stato raffinata la zona circostante un campo pozzi con un *child*. La soluzione del *parent* (in blu) non insiste sulla zona di raffinamento, dove invece la soluzione è quella relativa al modello *child* (in rosso). Si nota in particolare come sulle celle di bordo le isoline del *parent* seguono perfettamente l'andamento della griglia: in altre parole, qui il flusso è perfettamente perpendicolare al contorno della griglia, in accordo con la condizione di flusso imposto che caratterizza l'accoppiamento fra *parent* e *child*, come sopra ricordato.



15.4 Pubblicazione servizi WMS dei risultati del modello

SID&GRID è in grado di interfacciarsi con Geoserver per la pubblicazione di servizi **OGC Web Map Service** (<http://www.opengeospatial.org/standards/wms>) tramite la libreria Java di **Geosolution Geoserver-manager** (<http://code.google.com/p/geoserver-manager/>)

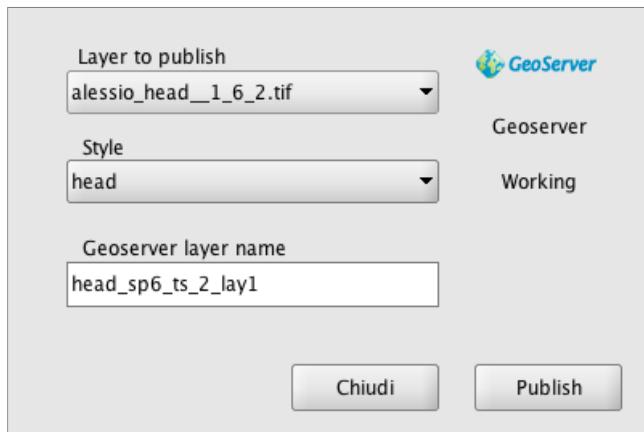


I parametri di connessione a Geoserver sono definiti del file *db.properties* descritto nel Cap. 3.

15.4.1 Pubblicare un dato raster

Per pubblicare un dato raster di output del modello si dovrà selezionare lo strumento

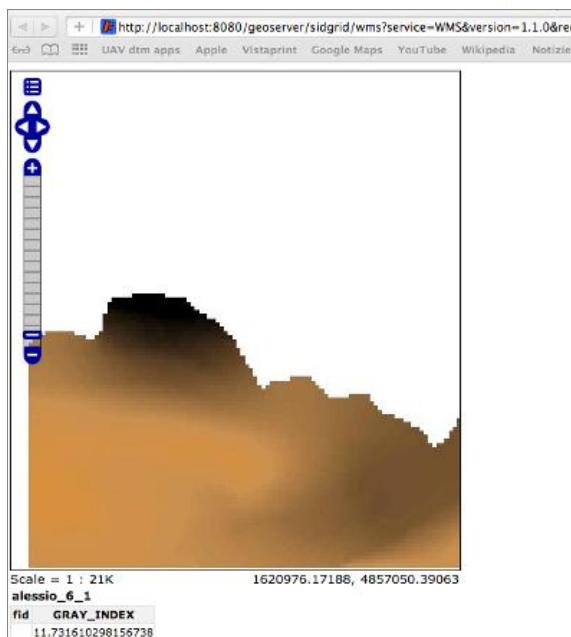
SG OGC>Publish raster output



Dovranno quindi essere inseriti i seguenti dati:

- **Layer to publish**= dataset raster da pubblicare;
- **Style**= stile da associare al raster per il servizio WMS;
- **Geoserver layer name**= nome del dataset da associare al servizio WMS di Geoserver.

Cliccando su **Publish** lo stile sarà disponibile come servizio WMS e pertanto visualizzabile sia in *GIS OGC compliant* (es. gvSIG, Qgis, uDig, etc) o integrabile in applicazioni WebGis.



15.4.2 Pubblicare uno stile (SLD)

Un file **SLD (Style Legend Descriptor)** è un file con struttura *xml* in grado di tematizzare il dataset vettoriale o raster pubblicato con servizi OGC. Dopo avere visualizzato un raster output del modello si potrà definirne lo stile in SLD in funzione della restituzione che si desidera avere. Si rimanda al manuale online: <http://docs.geoserver.org/latest/en/user/styling/sld-cookbook/rasters.html> con diversi esempi di tematizzazione raster con file legenda SLD

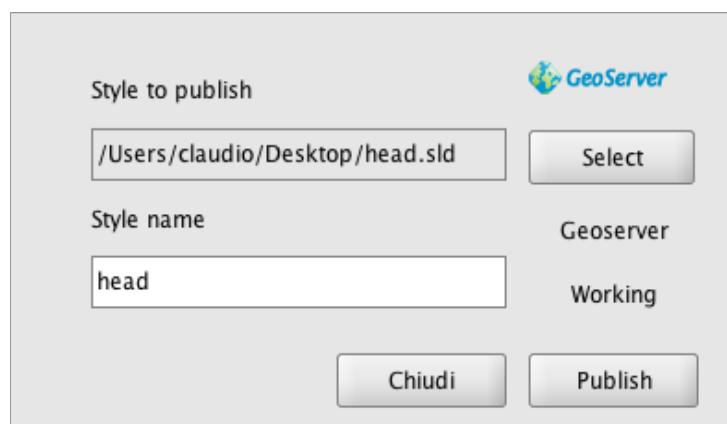
Di seguito un esempio di stile SLD a partire da uno stile già presente in Geoserver e successivamente modificato.

```

1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <sld:StyledLayerDescriptor xmlns="http://www.opengis.net/sld" xmlns:sld="http://www.opengis.net/sld"
  >/>v1" version="1.0.0">
3   <sld:NamedLayer>
4     <sld:Name>hydro</sld:Name>
5   <sld:UserStyle>
6     <sld:Name>hydro</sld:Name>
7     <sld:title>simple hydro style</sld:title>
8     <sld:Abstract>Classic color progression</sld:Abstract>
9     <sld:FeatureTypeStyle>
10       <sld:Name>name</sld:Name>
11       <sld:Rule>
12         <sld:RasterSymbolizer>
13           <sld:Geometry>
14             <ogc:PropertyName>geon</ogc:PropertyName>
15           <sld:Geometry>
16           <sld:ColorMap>
17             <sld:ColorMapEntry color="#000000" quantity="0.0" quantityType="Absolute" label="nodata"/>
18             <sld:ColorMapEntry color="#AFAFAA" quantity="0" label="values"/>
19             <sld:ColorMapEntry color="#00FF00" quantity="2"/>
20             <sld:ColorMapEntry color="#FFFF00" quantity="5" label="values"/>
21             <sld:ColorMapEntry color="#FF7F00" quantity="9" label="values"/>
22             <sld:ColorMapEntry color="#BF7FFF" quantity="12" label="values"/>
23             <sld:ColorMapEntry color="#000000" quantity="15" label="values"/>
24           </sld:ColorMap>
25         </sld:RasterSymbolizer>
26       </sld:Rule>
27     </sld:FeatureTypeStyle>
28   </sld:UserStyle>
29 </sld:NamedLayer>
30 </sld:StyledLayerDescriptor>
```

Dopo avere preparato lo stile e definito i valori in funzione dei valori di banda del raster che si intende pubblicare, sarà possibile caricarlo in Geoserver con lo strumento

SG OGC>Publish style



Selezionare lo stile (file SLD) appena creato e scrivere il nome che si vuole associare allo stile. Cliccando su **Publish** lo stile sarà disponibile tra quelli di Geoserver.

N.B.: gli strumenti per la pubblicazione in Geoserver saranno attivi solo se la connessione al server di mappe è attiva ed i parametri sono stati correttamente configurati nel file db.properties.

Bibliografia

Anderson M.P. and Woessner W. W. 1991, Applied Groundwater Modeling: Simulation of Flow and Advective Transport, Academic Press Elsevier.

Bear, J. and Verruijt, A. 1987, Modeling groundwater flow and pollution: with computer programs for sample cases, Theory and applications of transport in porous media, D. Reidel Pub. Co.

Borsi, I., Rossetto R., Schifani C., Hill M.C., 2013, Modeling unsaturated zone flow and runoff processes by integrating MODFLOW-LGR and VSF, and creating the new CFL package. Journal of Hydrology 488, 33-47.

Brutsaert, W., 2005. Hydroogy An Introduction. Cambridge University Press.

Harbaugh, A.W., 1990, A computer program for calculating subregional water budgets using results from the U.S. Geological Survey modular three-dimensional ground-water flow model: U.S. Geological Survey Open-File Report 90-392, 46 p.

Harbaugh, A.W., 2005, MODFLOW-2005, The U.S. Geological Survey modular ground-water model -- the Ground-Water Flow Process: U.S. Geological Survey Techniques and Methods 6-A16, variously p.

McDonald, M., and A. Harbaugh, 1988, A Three-Dimensional Finite-Difference Ground-Water Flow Model (U.S. Geological Survey, Denver, CO), chapter A1, Book 6 Modeling Techniques of U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations

Mehl, S.W., Hill, M.C., 2005. MODFLOW-2005, The US Geological Survey Modular Ground Water Model Documentation of the Multiple Refined Areas Capability of Local Grid Refinement (LGR) and the Boundary Flow and Head (BFH) package: US Geological Survey Techniques and Methods, 6-A21.

Neitsch S.L. ,Arnold J.G., Kiniry J.R., Williams J.R., 2005. SWAT: Soil and Water Assessment Tool, Theoretical Documentation.

Niswonger R.G. and Pradic D.E., 2005. Documentation of the Streamflow-Routing (SFR2) Package to include unsaturated flow beneath streams—A modification to SFR1. Version 1.30 April 2010. U.S. Geological Survey Techniques and Methods 6-A13, 50 p.

Niswonger, R., Pradic, D., Regan, R., 2006. Documentation of the Unsaturated-Zone Flow (UZF1) Package for modeling unsaturated flow between the land surface and the water table with MODFLOW-2005: US Geological Survey Techniques and Methods 6-A19, 62 p.

Spitz K. and Moreno J.(1996), A Practical Guide to Groundwater and Solute Transport Modeling, Wiley.

Thoms, B.R., Johnson, R., Healy, R., 2006. Users guide to the Variably Saturated

Flow (VSF) Process for MODFLOW: US Geological Survey Techniques and Methods 6A18.

USGS, 2013. On line guide to MODFLOW,

<http://water.usgs.gov/nrp/gwsoftware/modflow2000/MFDOC/index.html?introduction.htm> (ultimo accesso: Giugno 2013)

Appendice A - SchemaTabelle Algoritmi River, Drain, GHB

Schema delle tabelle necessarie per gli algoritmi:

- *Crea dati River*
- *Crea dati Drain*
- *Crea dati GHB*

Struttura Tabella river_sp_n

SP,N, RS_I,N, RS_E,N, BT_IN,N BT_OUT, HC_IN,N HC_OUT, THICK_IN, THICK_OUT,
 5,2 5,2 5,2 ,5,2 N,5,2 ,7,2 N,7,2 N,4,2 N,4,2

SP,	Numeric,5,2
RS_I,	Numeric,5,2
RS_E,	Numeric,5,2
BT_IN,	Numeric,5,2
BT_OUT,	Numeric,5,2
HC_IN,	Numeric,7,2
HC_OUT,	Numeric,7,2
THICK_IN,	Numeric,4,2
THICK_OUT,	Numeric,4,2

Struttura Tabella drain_sp_n

SP,N,5, ELEV_I,N,5, ELEV_E,N,5 HC_IN,N,7, HC_OUT,N,7 THICK_IN,N,4 THICK_OUT,N,4
 4 4 ,4 6 ,6 ,3 ,3

SP,	Numeric,5,4
ELEV_I,	Numeric,5,4
ELEV_E,	Numeric,5,4
HC_IN,	Numeric,7,6
HC_OUT,	Numeric,7,6
THICK_IN,	Numeric,4,3
THICK_OUT,	Numeric,4,3

Struttura Tabella ghb_sp_n

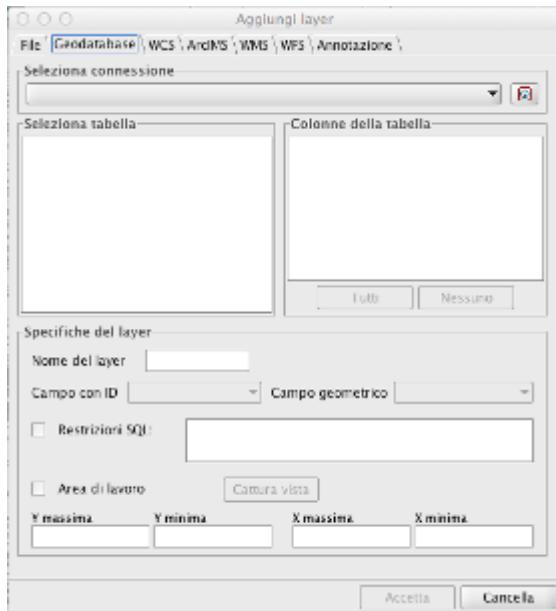
SP,N,4,2 BHE_I,N,5,2 HC_IN,N,7,2 THICK_IN,N,6,2

SP,	Numeric,4,2
BHE_I,	Numeric,5,2
HC_IN,	Numeric,7,2
THICK_IN,	Numeric,6,2

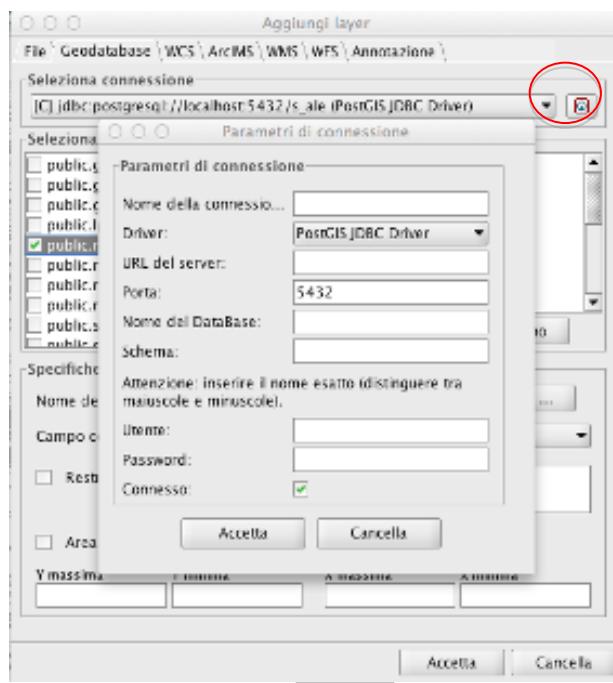
Appendice B - Caricamento dei dataset dal geodatabase

Nel corso di una sessione di SID&GRID l'utente può trovarsi costretto a dovere caricare o ricaricare manualmente i dataset archiviati nel geodatabase. La procedura è quella canonica in ambiente gvSIG, che sarà di seguito descritta, con un semplice accorgimento.

Dalla sezione **Tabella**, accedere al comando **Aggiungi layer** e selezionare la scheda **Geodatabase**.



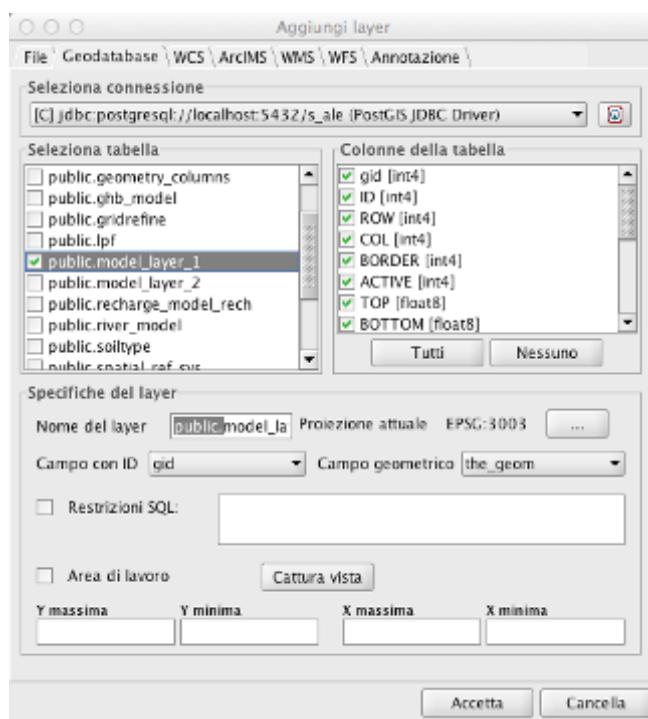
Se non è disponibile la connessione al geodatabase, dal menu a tendina, si dovrà prima impostarla cliccando sul tasto a destra (evidenziato con un cerchio rosso nella figura seguente).



Selezionare la connessione se ne esiste una già attiva altrimenti compilare la scheda **Parametri di connessione** per il proprio geodatabase:

- **Nome della connessione**= può non essere specificato;
- **Driver**= se si carica una tabella selezionare Postgres, se uno shp Postgis;
- **URL del server**= inserire *localhost* se in locale, se in remoto l'indirizzo completo del server;
- **Porta**= 5432;
- **Nome del Database**= nome del geodatabase al quale vogliamo connetterci;
- **Schema**= la voce **Schema** può essere lasciata in bianco;
- **Nome utente**= username utilizzato nella installazione di PostgreSQL;
- **Password**= password utilizzata nella installazione di PostgreSQL;
- **Connesso**= mettere un flag a questa voce.

La nuova connessione sarà adesso disponibile e si potrà selezionare il dataset che si desidera caricare.



Nella casella di testo **Nome del layer** rimuovere il riferimento allo schema *public* lasciando solo il nome del dataset (es. *model_layer_1* e non *public.model_layer_1*).

N.B.: E' possibile caricare un singolo dataset per volta.

Appendice C - Connessioni a livello di codice

Esempio di connessione a livello di codice tra gli algoritmi sviluppati in SEXTANTE e le interfacce grafiche dedicate per SID&GRID in gvSIG.

Di seguito si riporta il caso per la modellazione del **Model Data Object** dei pozzi necessario per il **Well package** di SID&GRID.

PointToWellAlgorithm.java in SEXTANTE

```
public class PointToWellAlgorithm extends GeoAlgorithm{

    public static final String RESULT      = "RESULT";
    public static final String LAYER       = "LAYER";
    public static final String GRID        = "GRID";
    public static final String NSP         = "NSP";

    @Override
    public void defineCharacteristics() {
        setName(Sextante.getText("Point to Well"));
        setGroup(Sextante.getText("Groundwater tool (sidgrid)"));

        try {
            m_Parameters.addInputVectorLayer(LAYER,
Sextante.getText("Point"), AdditionalInfoVectorLayer.SHAPETYPE_POINT, true);
            m_Parameters.addNumericalValue(NSP, Sextante.getText("Num
stress period"),

AdditionalInfoNumericalValue.NUMERICAL_VALUE_INTEGER, 0);
            addOutputVectorLayer(RESULT,
Sextante.getText("Well_model"));

        } catch (RepeatedParameterNameException e) {
            // TODO Auto-generated catch block
            e.printStackTrace();
        }
    }

    @Override
    public boolean processAlgorithm() throws GeoAlgorithmExecutionException {
        final IVectorLayer layer =
m_Parameters.getParameterValueAsVectorLayer(LAYER);
        final int dStressPeriod = m_Parameters.getParameterValueAsInt(NSP);

        final Class[] inputFieldTypes = layer.getFieldTypes();
        final String[] inputFieldNames = layer.getFieldNames();
        final Class[] outputFieldTypes = new Class[inputFieldTypes.length + 5 +
dStressPeriod];
        final String[] outputFieldNames = new String[inputFieldTypes.length + 5 +
dStressPeriod];

        for (int i = 0; i < inputFieldTypes.length; i++) {
            outputFieldTypes[i] = inputFieldTypes[i];
            outputFieldNames[i] = "_" + inputFieldNames[i];
        }

        outputFieldTypes[inputFieldTypes.length] = Integer.class;
        outputFieldTypes[inputFieldTypes.length+1] = Integer.class;
        outputFieldTypes[inputFieldTypes.length+2] = Integer.class;
        outputFieldTypes[inputFieldTypes.length+3] = Integer.class;
        outputFieldTypes[inputFieldTypes.length+4] = Integer.class;

        int count = inputFieldTypes.length + 5;
        for (int i = count; i < outputFieldTypes.length; i++)
{
            outputFieldTypes[i] = Double.class;
        }
    }
}
```

```

        }

        outputFieldNames[inputFieldTypes.length] = "ROW";
        outputFieldNames[inputFieldTypes.length+1] = "COL";
        outputFieldNames[inputFieldTypes.length+2] = "from_lay";
        outputFieldNames[inputFieldTypes.length+3] = "to_lay";
        outputFieldNames[inputFieldTypes.length+4] = "active";

    ...
}

```

La classe di interfaccia grafica *PointToWell.java* di gvSIG chiama ed esegue in un apposito *thread* l'algoritmo *Point to well* di SEXTANTE.

```

...
PointToWellAlgorithm alg = new PointToWellAlgorithm();
ITaskMonitor test_waitingpanel = new DefaultTaskMonitor("PointToWellAlgorithm", true,
null);
try {
    int nsp = stresstable.getModelo().getRowCount();
    VectorialFileDriver driver = (VectorialFileDriver)
LayerFactory.getDM().getDriver("gvSIG shp driver");
ParametersSet params = alg.getParameters();
params.getParameter(PointToWellAlgorithm.LAYER).setParameterValue(layerPoint);
params.getParameter(PointToWellAlgorithm.NSP).setParameterValue(nsp);
OutputObjectsSet outputs = alg.getOutputObjects();
Output out = outputs.getOutput(PointToWellAlgorithm.RESULT);
out.setOutputChannel(new FileOutputStreamChannel(".shp"));

alg.execute(test_waitingpanel, m_OutputFactory);
test_waitingpanel.close();
String layerName = Model+"_well";
IProjection viewProj = mapCtrl.getMapContext().getViewPort().getProjection();
shape = LayerFactory.createLayer(layerName, driver, new File ("_.shp"),
viewProj);

mapCtrl.getMapContext().getLayers().addLayer(shape);
FLayer point = mapCtrl.getMapContext().getLayers().getLayer(layerName);
*****
Link Model Data Object to
GeoDataBase by SQL
*****
int save = JOptionPane.showConfirmDialog(null, PluginServices.getText(this,
"Save to database?"));

if (save==JOptionPane.YES_OPTION)
{
    Utils.saveToPostGIS( (FLyrVect) point, (String) jComboDB.getSelectedItem());
}
...
}

```