



## Progetto FREEWAT

Strumenti software gratuiti e open source per la gestione della risorsa idrica (FREE and open source software tools for WATER resource management)

Acque superficiali

Falde acquifere

Inquinamento acqua

### DESCRIZIONE

Lo sfruttamento, la gestione sostenibile, ed il deterioramento della qualità delle acque sotterranee e l'uso congiunto di acque sotterranee e superficiali sono temi di rilevante attualità e di interesse per lo sviluppo socio-economico ed il mantenimento degli ecosistemi. A livello normativo, la gestione di queste problematiche è strettamente connessa alla messa in opera di ampie reti di monitoraggio sempre più all'avanguardia che forniscono quantità di dati che, se opportunamente interpretati, sono utili per sviluppare efficienti piani di gestione delle risorse idriche sotterranee.

I sistemi di informazione geografica (GIS) permettono di archiviare, gestire, analizzare e visualizzare ampi dataset, facilitando così l'utilizzo di complessi strumenti ICT (Information and Communication Technology), quali i modelli numerici idrologici, che consentono di simulare la distribuzione della risorsa idrica nello spazio e nel tempo, tenendo conto degli stress antropogenici e fornendo informazioni prontamente utilizzabili ai decisori.

Poiché il GIS è una tecnologia ben consolidata, l'uso di tecniche di modellazione si sta continuamente diffondendo, e in molti casi i dati raccolti sono liberamente scaricabili, la produzione di strumenti software open source e gratuiti può contribuire a migliorare le capacità di gestione delle acque sotterranee, supportando l'implementazione delle normative sull'acqua (es. la direttiva quadro dell'UE sulle acque).

In questo contesto si inserisce il progetto H2020 FREEWAT, il cui principale risultato consiste in una piattaforma open source e gratuita che integra in QGIS diversi codici per la simulazione di processi idrologici (tra cui il flusso di acque sotterranee e l'interazione con corpi idrici superficiali, il trasporto di sostanze contaminanti, l'uso congiunto di acque superficiali e sotterranee, l'analisi di sensitività e la stima dei parametri di un modello numerico), al fine di semplificare l'applicazione delle direttive Europee e delle normative nazionali sull'acqua.

La struttura complessiva del progetto H2020 FREEWAT è basata su: i) il coordinamento di precedenti ricerche finanziate a livello nazionale ed europeo per creare la piattaforma FREEWAT; ii) sostenere la diffusione della piattaforma FREEWAT attraverso percorsi di formazione specifica e una serie applicazioni a casi di studio; iii) sperimentare l'applicazione di FREEWAT in un approccio partecipativo innovativo che vada a riunire il personale tecnico e le parti interessate nello sviluppo e nella simulazione di scenari per l'applicazione di politiche per la gestione della risorsa idrica; iv) comunicare le attività e i risultati di FREEWAT a livello internazionale al fine di promuovere la sua applicazione. Questi quattro elementi hanno guidato il flusso di lavoro del progetto.

Lo sviluppo della piattaforma FREEWAT è stato supportato dal risultato di un sondaggio condotto nella prima fase del progetto per elaborare una griglia di valutazione, sulla base della quale identificare i codici/moduli da integrare nella piattaforma stessa. Questo è stato fatto andando ad intersecare le esigenze/priorità relative alle problematiche di gestione delle risorse idriche con la disponibilità di strumenti software per affrontare tali problematiche. I questionari di cui sopra sono stati distribuiti a 14 partner del progetto FREEWAT e a numerosi stakeholder (istituti di ricerca, autorità governative, aziende di consulenza geoambientali, autorità di distretto idrografico) nei paesi dell'UE e non solo. Le priorità identificate si riferiscono alla gestione dell'acqua in ambiente rurale (compresa la gestione delle sostanze agrochimiche) e ad una gestione sostenibile delle acque sotterranee in termini di qualità e quantità delle stesse. Diverse necessità sono poi legate direttamente o indirettamente all'uso congiunto delle acque superficiali e sotterranee, e alle interazioni tra corpi idrici superficiali e sotterranei. Le necessità e le priorità sono state quindi collegate anche alle direttive e ai relativi regolamenti UE. Durante lo sviluppo della piattaforma FREEWAT si è perciò





cercato di dare risposta alle priorità identificate.

La piattaforma FREEWAT è oggi un plugin per il GIS desktop QGIS (QGIS Development Team, 2009), che consente di accoppiare la potenza degli strumenti di geo-elaborazione e post-elaborazione tipici dei software GIS per l'analisi dei dati spaziali, a quella dei modelli numerici per la simulazione di numerosi processi idrologici (per lo più beneficiando di codici sviluppati della famiglia USGS). Come tale, la piattaforma FREEWAT è concepita con una struttura modulare, in cui diversi codici per la simulazione del ciclo idrologico (con focus prevalente sull'analisi del flusso delle acque sotterranee) e processi idrochimici sono integrati nel desktop QGIS. I dati di input e output sono gestiti tramite il database spaziale SpatiaLite (SpatiaLite Development Team, 2011). Elemento centrale nello sviluppo di questa piattaforma è l'utilizzo di codici esclusivamente open source.

## OBIETTIVI

Gli strumenti ad oggi implementati nella piattaforma FREEWAT possono essere suddivisi in due grandi classi. Nella prima includiamo gli strumenti per l'analisi dei dati idrochimici e idrogeologici (modulo AKVAGis) e gli strumenti per il pre-processamento dei dati e per l'analisi delle serie temporali (modulo OAT). La seconda classe è costituita da una serie di strumenti per l'implementazione del modello numerico e include prevalentemente codici della famiglia MODFLOW USGS, che sono prevalentemente dedicati alla gestione delle acque sotterranee. Di seguito dettagliamo gli strumenti disponibili.

Il modulo AkvaGIS offre diversi strumenti per l'analisi e l'interpretazione dei dati idrochimici e idrogeologici. Le capacità di detto modulo permettono di preparare grafici e realizzare analisi statistiche su dati idrochimici per la valutazione della qualità delle acque sotterranee, fino all'interpretazione di dati idrogeologici e alla generazione di mappe tematiche per la costruzione di modelli concettuali

Lo strumento Observation Analysis Tool (OAT) fornisce all'Utente funzionalità avanzate per l'analisi delle serie temporali, in vista anche di una crescente diffusione delle reti di monitoraggio, on-line e in tempo reale. OAT è progettato per facilitare l'importazione, l'analisi e la visualizzazione dei dati della serie temporale e l'utilizzo di questi dati per supportare la costruzione di modelli numerici e la loro calibrazione.

La simulazione del flusso delle acque sotterranee può essere effettuata utilizzando MODFLOW-2005 (Harbaugh, 2005), un codice distribuito, fisicamente basato, sviluppato da USGS. Il flusso associato ai pozzi, la ricarica efficace, l'evapotraspirazione, i dreni e i corpi idrici superficiali possono essere simulati attraverso specifici pacchetti MODFLOW, tra i quali il pacchetto Lake (Merritt & Konikow, 2000), per la simulazione dell'interazione lago-acquifero.

In FREEWAT, un modello idrologico può essere accoppiato con uno o più modelli di trasporto dei soluti, per simulare il trasporto advettivo-dispersivo multi-specie, nella zona satura, usando MT3DMS (Zheng & Wang, 1999). La simulazione del trasporto di soluti 1D all'interno della zona insatura è possibile utilizzando uno tra i seguenti strumenti:

- il modulo USB (Unsaturated Solute Balance), per stimare la quantità di contaminante che, rilasciato al piano campagna, percola attraverso la zona insatura guidato da un flusso verticale puramente advettivo e raggiunge la tavola d'acqua, dove va a costituire una sorgente a concentrazione costante per la zona satura, dove viene applicato MT3DMS;
- il codice MT3D-USGS (Bedekar et al. 2016) per la simulazione del flusso advettivo-dispersivo nella zona insatura.

L'integrazione in FREEWAT del codice SEAWAT (Langevin et al. 2007) consente di simulare i flussi dipendenti dalla viscosità e dalla densità. Ciò permette di affrontare la simulazione di processi di intrusione di acqua di mare o la valutazione delle risorse geotermiche a bassa e media entalpia.

La gestione delle risorse idriche è realizzata integrando MODFLOW-OWHM (One-Water Hydrologic flow Model, Hanson et al. 2014), all'interno del quale il modulo Farm Process consente di simulare dinamicamente le componenti di domanda e di fornitura dell'uso dell'acqua per delle sotto-regioni del modello in cui si svolgono attività idro-esigenti, come quelle legate all'agricoltura. Viene così ottenuto un modello idrologico integrato e accoppiato, che permette la stima delle possibili allocazioni idriche derivanti dall'uso congiunto di acque superficiali e sotterranee. La gestione delle risorse in ambiente rurale può essere anche eseguita tenendo conto di eventuali norme per la regolarizzazione dell'approvvigionamento idrico.

UCODE\_2014 (Poeter et al. 2014) è integrato per eseguire analisi di sensibilità e stima dei parametri, con l'obiettivo di migliorare la calibrazione dei modelli, riducendo il divario tra carico idraulico e flussi simulati e i dati osservati. Per eseguire questa analisi, possono essere utilizzati diversi statistici, al fine di valutare la costruzione del modello e di selezionare i parametri da stimare utilizzando un metodo di regressione inverso basato sulla valutazione di una funzione obiettivo.



## FASI DEL PROGETTO

Le attività del progetto si sono sviluppate principalmente su due assi: 1. sviluppo della piattaforma FREEWAT e capacity building, 2. applicazione della piattaforma FREEWAT e coinvolgimento di stakeholder locali (approccio partecipato).

1. Le attività eseguite durante la prima fase del progetto hanno riguardato innanzi tutto lo sviluppo in senso stretto della piattaforma FREEWAT. Il principale risultato di questa attività è una piattaforma di simulazione gratuita ed open source, integrata in QGIS, che integra in un unico ambiente strumenti di pre-processing e analisi data, codici numerici gratuiti ed open source per la simulazione di processi idrologici (tra cui il flusso di acque sotterranee e l'interazione con corpi idrici superficiali, il trasporto di sostanze contaminanti, l'uso congiunto di acque superficiali e sotterranee, l'analisi di sensitività e la stima dei parametri di un modello numerico), strumenti di post-processing per la visualizzazione e l'analisi dei risultati. La piattaforma FREEWAT non è altro che un plugin di QGIS, liberamente scaricabile dal sito del progetto, insieme ad un set completo di **6 manuali utente, 1 reference manual e tutorial completi di dataset** per lo svolgimento di esercitazioni pratiche volte ad acquisire dimestichezza con gli strumenti integrati all'interno della piattaforma. Allo sviluppo della piattaforma FREEWAT hanno fatto seguito le attività di capacity building e trasferimento tecnologico, volte innanzitutto a formare i partner del progetto sull'utilizzo degli strumenti integrati all'interno della piattaforma (Training the Trainers). Ognuno dei partner è stato poi coinvolto in attività di capacity building su scala nazionale. Ciò ha portato alla formazione di circa 1200 persone da 53 Paesi in tutto il mondo e al coinvolgimento di più di 400 istituzioni tra enti di ricerca, imprese private e pubbliche amministrazioni.
2. La seconda fase del progetto ha riguardato l'applicazione della piattaforma FREEWAT a 14 casi di studio in Paesi UE e non UE, per dimostrare l'efficacia delle misure previste nei piani di gestione dei bacini idrografici al fine di migliorare lo stato qualitativo dei corpi idrici sotterranei in esame. Al fine di garantire un'efficace comunicazione dei risultati ottenuti per ogni caso di studio ai decisori, è stato adottato un innovativo approccio partecipato, consistente nel coinvolgimento attivo degli stakeholder locali non solo nella fase finale di discussione dei risultati, ma durante tutte le fasi di applicazione della piattaforma per lo specifico caso di studio. Per ogni caso di studio è stato costituito un Focus Group (FG) formato da stakeholder locali (autorità di bacino, enti di ricerca, enti di protezione ambientale, associazioni ambientaliste, ecc.), che hanno partecipato a sette incontri con l'obiettivo di discutere la metodologia da adottare, la definizione del modello concettuale e dei dati necessari per lo specifico caso di studio. Il FG ha anche preso decisioni sugli scenari da simulare per testare la fattibilità delle misure previste. In occasione dei sette incontri è stata anche discussa la percezione dei partecipanti sull'utilizzo di strumenti ICT per la gestione delle acque sotterranee.

Per ognuno dei modelli sviluppati è stato prodotto un report tecnico, mentre i modelli e i dataset utilizzati sono raccolti in un apposito repository. Alcuni dei modelli implementati sono stati presi in carico e utilizzati per scopi operativi da parte delle autorità locali responsabili della gestione dello specifico corpo idrico oggetto dell'applicazione della piattaforma FREEWAT.

## RISULTATI RAGGIUNTI

La **piattaforma FREEWAT** è stata progettata per soddisfare le necessità di autorità idriche e imprese pubbliche/private nel costruire una rappresentazione altamente informativa e dinamica dei sistemi idrologici, tenendo conto della grande quantità di dati attualmente disponibili. Ciò con il fine ultimo di sostenere adeguatamente i risultati della ricerca scientifica per promuovere la loro reale applicazione di scala, replicabilità e assunzione da parte dei responsabili politici e delle autorità idriche.

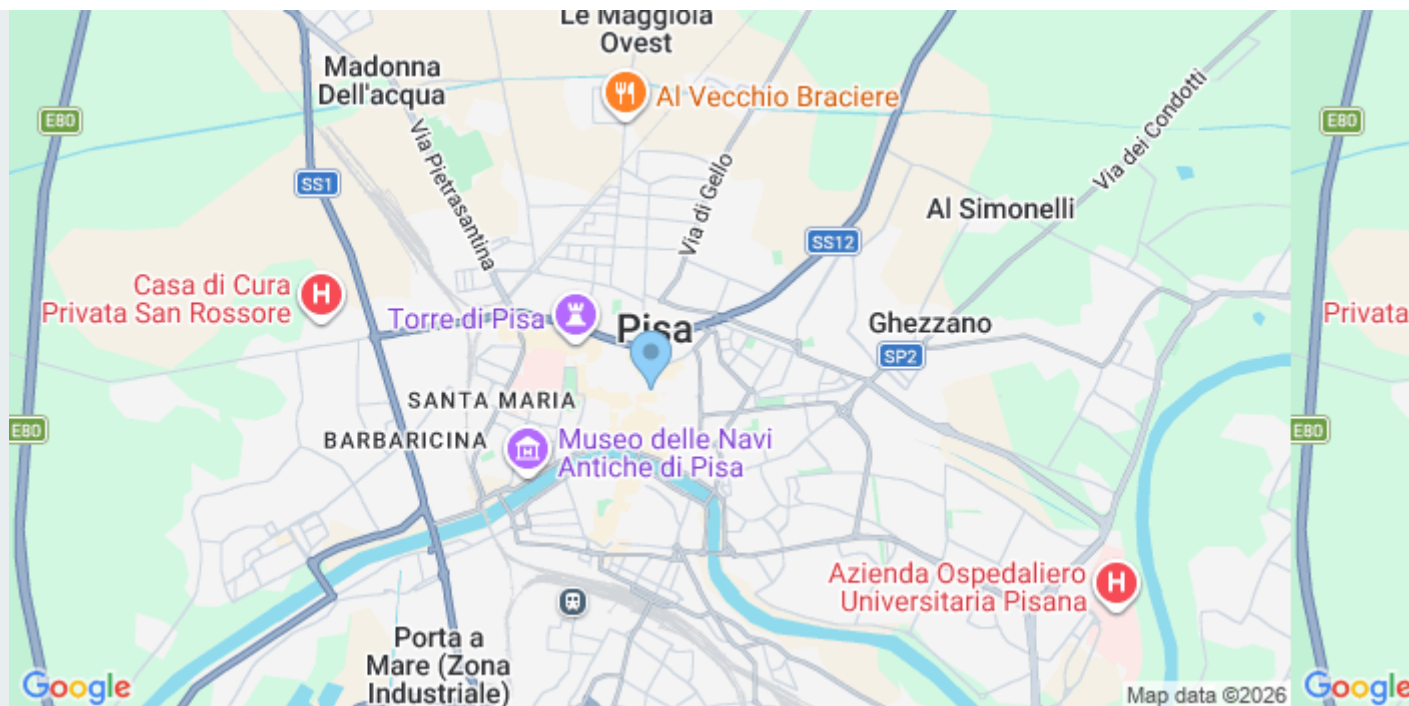
La piattaforma FREEWAT è oggi utilizzata a livello globale da circa 1000 utenti (con download effettuato da più di 3000 persone). Utilizzando la piattaforma FREEWAT vengono tenuti corsi universitari (in corsi di laurea, Master, Summer School, etc.), svolte tesi di laurea, corsi professionalizzanti e realizzate attività professionali. Ad oggi circa 1500 persone sono state formate all'utilizzo della modellistica per mezzo di FREEWAT direttamente dai membri del Consorzio FREEWAT.

FREEWAT ha un sito web attivo [www.freewat.eu](http://www.freewat.eu) ed è attivo sui canali LinkedIn (circa 770 followers), Twitter (1240 followers) e Facebook (260 followers).

FREEWAT è stato inoltre insignito del premio 6th Mülheim Water Award.

Il progetto FREEWAT ha dato luogo a circa 60 presentazioni a convegni e congressi e 16 pubblicazioni peer-reviewed tutte liberamente accessibili e scaricabili attraverso il sito web di progetto.

La piattaforma FREEWAT unisce la potenza degli strumenti GIS di elaborazione e post-elaborazione per l'analisi dei dati spaziali (inclusa la gestione e la visualizzazione dei risultati delle elaborazioni effettuate), a quella dei codici di simulazione. In questo modo è possibile anche valorizzare i dati derivanti dalle attività di monitoraggio richieste dalla WFD.



**Acronimo**  
FREEWAT

**Protocollo**  
642224

**Programma di riferimento**  
[Horizon 2020](#)

**Beneficiario coordinatore**  
SCUOLA SUPERIORE SANT'ANNA

**Contatti**  
Rudy Rossetto

**Contributo EU**  
1.411.162,50

**Anno Call**  
2014

**Anno di inizio**  
2015

**Anno di chiusura**  
2017

**Sede del Beneficiario**

P.zza Martiri della Libertà  
56127 Pisa PI  
Italia

**Regione**  
Toscana

**Descrizione Area**

Italia, EU, Africa, Turchia, Svizzera,  
Ucraina