



**SARDEGNA
RICERCHE**

Sardegna FESR 2014/2020 - ASSE PRIORITARIO I

“RICERCA SCIENTIFICA, SVILUPPO TECNOLOGICO E INNOVAZIONE”

**Azione 1.1.4 Sostegno alle attività collaborative di R&S per lo sviluppo di nuove tecnologie sostenibili,
di nuovi prodotti e servizi**

WAN M3.3 Linee guida sull'utilizzo della piattaforma TESTARE



**SARDEGNA
RICERCHE**

TESTARE

WAN M3.3 Linee guida sull'utilizzo della piattaforma

CUP PROGETTO: F21B17000790005

PROGRAMMA "AZIONI CLUSTER TOP-DOWN" - POR FESR SARDEGNA 2014-2020

Ed: 1.0 Data: 02/04/2021



**SARDEGNA
RICERCHE**

STATO DEL DOCUMENTO

PROGETTO: TESTARE			
TITOLO DEL DOCUMENTO: WAN M3.3 Linee guida sull'utilizzo della piattaforma			
CUP PROGETTO: F21B17000790005			
ENTE FINANZIATORE: SARDEGNA RICERCHE			
PROGRAMMA " AZIONI CLUSTER TOP-DOWN " - POR FESR SARDEGNA 2014-2020			
IDENTIFICATIVO DIVERABLE: WAM M 3.3			
EDIZ.	REV.	DATA	AGGIORNAMENTO
1	0	02/04/2021	Prima emissione

STATO DI AGGIORNAMENTO			
PAR	EDIZ.	REVISIONE	MOTIVO DELL'AGGIORNAMENTO

NUMERO TOTALE PAGINE:	24
-----------------------	----

AUTORE: Pierluigi Cau



**SARDEGNA
RICERCHE**

SOMMARIO

DESCRIZIONE DEL PROGETTO TESTARE.....	5
INFORMAZIONI GENERALI	9
SCOPO DEL DOCUMENTO	9
LA PIATTAFORMA.....	10
INSTALLAZIONE DELLE APPLICAZIONI	12
TOMCAT.....	12
WildFly / JBOSS.....	12
LINEE GUIDA SULL'INSTALLAZIONE	13
AGGIORNAMENTO DELLE CONNESSIONI.....	13
SWAT APP	15
Modflow APP	18
ODM APP.....	20
USABILITÀ ED ERGONOMIA.....	21
CONCLUSIONI.....	24



**SARDEGNA
RICERCHE**

DESCRIZIONE DEL PROGETTO TESTARE

Con la piattaforma **H2020**, l'Europa dei 27 ha stabilito degli **ambiziosi obiettivi di sviluppo tecnologico** finalizzati al **miglioramento dell'utilizzo delle risorse**, alla **minimizzazione della produzione dei rifiuti ed al loro reimpiego**, alla ricerca di soluzioni di sistema **nell'ottica di una economia circolare**. Una delle condizioni da soddisfare al fine di cogliere gli obiettivi di H2020 è lo sviluppo di tecnologie che permettano di affrontare queste sfide sia puntualmente che a scala di sistema combinando lo sviluppo con la sostenibilità ambientale.

Le grandi sfide poste dall'Europa in tema di prevenzione dell'inquinamento e di risanamento sono molteplici. Si stima che **solo in Europa il numero totale dei siti inquinati sia circa 300.000**, mentre il numero potenziale potrebbe superare 1.500.000 (<http://www.eea.europa.eu/publications/92-9157-202-0/page306.html>). Secondo Johnson et al. (2006), il degrado del suolo europeo a causa di cattiva gestione agricola (550 milioni di ettari) è circa il 30% del totale del suolo degradato. Eurostat 2011 evidenzia che oltre lo **0,3% della superficie del suolo in Europa è contaminata** da attività minerarie (tra cui miniere abbandonate) o attività connesse. Il Sulcis Iglesiente è un esempio di questa situazione: si trovano in esso concentrati 113 siti minerari dismessi (169 in tutta la Sardegna), oltre 65 Mt di residui minerari (71 a livello regionale), siti industriali con (co)contaminazione da metalli pesanti ed idrocarburi, e presenza di **5 grandi insediamenti industriali nel comparto energetico e metallurgico**. Nel complesso, la Sardegna è tra le regioni italiane con la maggiore superficie inquinata.

Il miglioramento delle **tecniche per la caratterizzazione, il monitoraggio, la bonifica di suoli contaminati e il recupero dei suoli degradati** è da un lato **un'opportunità economica per le aziende e la PA** (si può stimare grossolanamente in svariate centinaia di milioni di euro la spesa per il ripristino di aree industriali contaminate in Sardegna) e dall'altro è di primaria importanza per ripristinare i sistemi naturali compromessi dalle attività antropiche, recuperare aree del territorio per scopi produttivi e turistico-culturali, ed è pertanto di **strategica importanza per la Sardegna**.

Il progetto si prefigge di **mettere a sistema soluzioni allo stato dell'arte fondendo competenze per la caratterizzazione e il monitoraggio delle matrici ambientali ed industriali**, di tecnologie per il **riuso e la valorizzazione di residui industriali**, di **Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione (ICT)** per favorire la **progettazione e la messa in opera di interventi** di risanamento ambientale e soluzioni a **basso impatto ambientale per le aziende del Cluster**. Il ICT sarà il collante delle tecnologie di indagine e sfrutterà infrastrutture a micro-servizi, i nuovi paradigmi del "Internet of Things (IoT)", esponendo sul CLOUD sistemi evoluti di analisi ad alto valore aggiunto. I metodi tradizionali di monitoraggio e caratterizzazione (ad esempio basati su carotaggi, analisi in laboratorio, sistemi a sonde multiparametriche, ecc.) sono costosi e spesso inefficaci a trattare i problemi e le dinamiche ambientali che si incontrano. **TESTARE** affronta il complesso problema di come **combinare lo sfruttamento delle risorse e la protezione dell'ambiente**. Esso si prefigge di applicare **strumenti innovativi dal punto di vista del processo, servizio e prodotto**, e che offrano la **miglior sostenibilità** sotto il profilo **ambientale ed economico**.



SARDEGNA RICERCHE

Partendo dai buoni risultati della ricerca, acquisiti durante progetti di ricerca europei e nazionali, l'Università di Cagliari (**UNICA**), Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche (**DSCG**), Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale ed Architettura (**DICAAR**), ed il Centro di Ricerca e Sviluppo, Studi Superiori in Sardegna (**CRS4**) e **SOTACARBO** intendono promuovere una suite di prodotti operativi per la gestione e il miglioramento delle performance ambientali ed economiche. Il progetto propone quindi l'utilizzo di strumenti innovativi e a basso costo per la caratterizzazione delle matrici ambientali e materiali industriali, la pianificazione degli interventi di risanamento e recupero e il monitoraggio.

Il progetto, **di durata pari a 30 mesi**, è articolato in un sistema di azioni raggruppate in WPs:

WP1. Sistema di caratterizzazione, di monitoraggio e di miglioramento delle funzionalità di matrici ambientali ed industriali. In particolare, il focus sarà sull'uso di metodi e strumenti i) non invasivi di geofisica per la caratterizzazione delle matrici ambientali acqua e suolo ii) per la caratterizzazione di bioindicatori e di matrici ambientali, iii) per la caratterizzazione delle proprietà di carbonatazione (intrappolamento della CO₂) delle scorie di combustione (, iv) per la caratterizzazione delle proprietà utili a definire i possibili usi alternativi delle scorie industriali (ad esempio come materiali da costruzione). Inizialmente, le risposte alle esigenze manifestate dalle aziende verranno date sulla base di risultati ottenuti in progetti di ricerca precedenti, e successivamente si arricchiranno dei nuovi risultati ottenuti con la fase di sperimentazione ed implementazione del progetto TESTARE.

WP2. Sistema di sperimentazione di bonifica e/o riutilizzo di materiali industriali e formulazione di prospettiva di sostenibilità ambientale. In questa fase avverrà la sperimentazione in fase di laboratorio e, in alcuni casi, pilota. Il focus degli esperimenti sarà su prove di valorizzazione degli scarti industriali per a) usi di **carbonatazione**, b) come materiali alternativi per **pavimentazioni stradali**; c) applicazione di protocolli di **bio-rimedio** a problemi di **co-contaminazione da metalli pesanti ed idrocarburi** in siti industriali.

WP3. Messa in opera di una infrastruttura per l'acquisizione, l'archiviazione e l'interpretazione dei dati ambientali. L'obiettivo è di favorire una razionale organizzazione dei dati, la messa in opera di strumenti di analisi e servizi web per la fruizione dell'informazione e l'interpretazione delle dinamiche ambientali. In sintesi, verrà messo in opera una infrastruttura web innovativa che esporrà una serie di servizi ad alto valore aggiunto per le aziende con la finalità di: 1) **archiviare, ed esporre dati eterogenei** provenienti dalla caratterizzazione e dal monitoraggio 2) esporre una serie di **applicazioni per analizzare le dinamiche ambientali nel spazio e nel tempo**; 3) permettere l'analisi di scenari attraverso l'uso di due modelli numerici ad approccio fisico per lo studio delle matrici suolo e acque (**SWAT e Modflow**).

WP4. Diffusione dei risultati ottenuti dal cluster presso altre aziende, stakeholder ed altri **attori della sostenibilità ambientale ed economica.**

Il cluster di imprese è costituito da società leader nel settore che hanno interessi nel campo delle tecnologie ambientali e della sostenibilità **ambientale: SARTEC, CARBOSULCIS, IGEA, ECOSERDIANA e RISANASARDA.** Importante contributo al progetto sarà anche fornito dagli studi di ingegneria che portano in dote le esperienze di chi fa i piani di caratterizzazione e i progetti



**SARDEGNA
RICERCHE**

di bonifica. A queste si affiancano alcune società che hanno un interesse primario nelle attività di **ICT: CONSULMEDIA; KARAL IS GROUP, DIGITABILE**. Completano la compagine del cluster due società che hanno un interesse primario nello **sviluppo di materiali** ad alta sostenibilità ambientale, **NTC COSTRUZIONI GENERALI e CONGLOMERATI BITUMINOSI**. Con lo sviluppo dei vari WP del progetto, queste imprese trovano in **TESTARE** risposte a vari tipi di esigenze tecnologiche interconnessi e funzionali a sviluppare la loro capacità di innovazione e di partecipazione al miglioramento della sostenibilità ambientale di filiere produttive di rilievo sia a scala locale che non.

Il soggetto proponente, una **ATI** (come precedentemente detto **UNICA- responsabile CRS4 e SOTACARBO**) ha accumulato importanti esperienze e competenze nei campi specifici per i quali le aziende hanno manifestato delle loro esigenze di innovazione e sviluppo. **TESTARE** ha le sue basi anche sulla capacità di lavorare in stretta connessione tra i partner dell'ATI. Le esperienze precedenti più significative sono i progetti top-down **SMERI, SMART ed INNO (2014-2015)**, che hanno dato luogo a vari follow-up, i più significativi sono i progetti **LIFE (RESOL)** e progetti **H2020 (MSCA-ITN – PLUS)** in corso di valutazione, ed un progetto **FP7- ERANETMED2 – 72094** risultato vincitore ed attualmente in fase di negoziazione per il suo avvio. Queste esperienze precedenti hanno avuto un valore sia scientifico che tecnico ed erano finalizzate alla **capacity building delle aziende** nel campo della **sostenibilità ambientale** con sviluppo di un **toolkit di tecnologie ambientali ed ICT**. La composizione delle compagini di ricerca interne ai Dipartimenti (DSCG e DICAAR) dell'Università di Cagliari sono anche esse frutto di progetti di ricerca precedenti svolti a partire dal 2010 (**BioPhyto- Legge 7 Contenimento CO2, etc.**)

Gli **obiettivi** delle attività del cluster sono, in sintesi, i) **aumentare le capacità tecnologiche delle aziende** trasferendo il **know-how** di **TESTARE**, al fine di **migliorarne i processi, i prodotti ed i servizi**; ii) stimolare la creazione di una **rete trasversale delle competenze** delle aziende nel campo della **sostenibilità ambientale**; iii) **ridurre i costi di gestione, monitoraggio ed intervento delle aziende nel campo ambientale**; iv) stimolare e coadiuvare le aziende a sviluppare servizi, prodotti e processi che aumentino la **competitività delle aziende nel mercato locale e non**; v) avere un **impatto a scala di filiera** tramite la realizzazione del paradigma dell'economia circolare e della chiusura del ciclo dei rifiuti.

Le imprese coinvolte nella composizione iniziale del cluster hanno manifestato dei precisi interessi verso le tematiche attorno ai quali sono stati costruiti i WP. Il WP di coordinamento dei risultati e loro diffusione, oltre a gestire il corretto raggiungimento degli obiettivi previsti e la realizzazione dei prodotti del progetto, è preposto a garantire gli standard di qualità e a coordinare l'interazione con le imprese coinvolte. Un attento piano di trasferimento tecnologico e di diffusione dei risultati è calato sulle esigenze delle imprese favorendo momenti pratici di utilizzo degli strumenti di **TESTARE**. Diverse azioni sono state previste per aumentare l'impatto della diffusione ben oltre il CLUSTER delle aziende partecipanti, che ha visto già in fase di scrittura e ideazione del progetto il coinvolgimento delle istituzioni e diversi attori operanti nel settore come **ARPAS, RAS, ORDINE DEGLI INGEGNERI e ORDINE DEI GEOLOGI**. **L'Ufficio stampa di UNICA, l'ufficio di Valorizzazione del CRS4, con la collaborazione importante di SARDEGNA RICERCHE**



**SARDEGNA
RICERCHE**

saranno uno degli strumenti del piano di diffusione dei risultati e di coinvolgimento di altre imprese delle filiere coinvolte dal cluster iniziale.



**SARDEGNA
RICERCHE**

INFORMAZIONI GENERALI

Le tecnologie sviluppate e messe a sistema nel progetto TESTARE affrontano il problema di come combinare lo sfruttamento delle risorse e la protezione dell'ambiente.

Attraverso la collaborazione tra il Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche dell'Università di Cagliari, il CRS4 e la SOTACARBO e diverse aziende operanti in diversi settori del dominio ambientale si è messo a sistema la buona ricerca e la necessità di avere prodotti usabili e affidabili. Le soluzioni proposte sono quindi espressione e sintesi degli indirizzi forniti dalle imprese partecipanti al cluster sui seguenti aspetti:

- competenze per la caratterizzazione e il monitoraggio delle matrici ambientali ed industriali
- tecnologie per il riuso e la valorizzazione di residui industriali. In particolare verrà affrontato il problema delle ceneri volanti (fly ash)
- tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT) per favorire la progettazione e la messa in opera di interventi di risanamento ambientale e soluzioni a basso impatto ambientale.

SCOPO DEL DOCUMENTO

Le linee guida sull'utilizzo della piattaforma mirano a fornire una immagine immediata delle tecnologie proposte. Qui di seguito verrà spiegato come usare le soluzioni / tecnologie sviluppate. Si rimanda ai rapporti tecnici la trattazione esaustiva dello stack tecnologico e dell'analisi funzionale alla base delle App sviluppate e dei risultati sperimentali ottenuti.

LA PIATTAFORMA

Le potenzialità di sviluppo per il settore ICT / ambientale sono solo parzialmente esplorate se si pensa all'enorme mole di dati territoriali digitali prodotti e, per contro, al basso numero di applicazioni scientificamente consistenti disponibili oggi nel mercato internazionale. GEOSS e Copernicus sono esempi importanti di infrastrutture di dati, servizi e applicazioni.

I sondaggi sulla soddisfazione degli utenti dei servizi esistenti forniti da GEOSS e Copernicus evidenziano che, sebbene in generale soddisfatti, gli utenti evidenziano molti limiti (ad esempio, come dettagliato nel sondaggio per i due Copernicus Climate Change Service (C3S) e il Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS). Le limitazioni riguardano in particolare il recupero dei dati e la necessità di elaborare i dati grezzi in informazioni utilizzabili per gli utenti finali come decisori e società private. Al di là dei limiti, la diffusione dei servizi di Copernicus nei settori pubblico e privato continua a crescere, ma permangono ancora importanti divari tra le esigenze specifiche degli utenti finali di prodotti su misura e la loro offerta attuale. La penetrazione di Copernicus per quanto riguarda i dati ambientali (EO) rimane ancora limitata sebbene la crescita potenziale sia enorme. Attualmente, l'agricoltura, il monitoraggio degli oceani, la risposta ai disastri naturali e la sicurezza sono i segmenti che stanno beneficiando maggiormente dei dati ambientali di Copernicus (rapporto di mercato dell'UE febbraio 2019). Ma tali indagini mostrano anche che l'uso di soluzioni basate sull'EO in alcuni settori, come quello dell'acqua, del suolo e dell'agricoltura, può essere migliorato. Le criticità che ne hanno ostacolato finora lo sviluppo sono dovute in prevalenza alla complessità e alla vastità della materia. Sono necessarie diverse competenze nelle diverse discipline:

- della fisica dei fenomeni per la comprensione della realtà territoriale, nonché lo sviluppo di modelli concettuali e numerici per la modellizzazione della realtà ambientale e previsione di scenari;
- di ICT per l'alta specializzazione dei sistemi informativi ambientali che sono chiamati a gestire in maniera ottimale le risorse di calcolo/connettività/reportistica, e di archiviazione;
- dell'ingegneria ambientale per lo studio di applicazioni, sistemi e interventi su misura che abbiano senso relativamente alle varie problematiche in studio.

Le aziende hanno partecipato attivamente alle fasi decisionali fornendo informazioni utili sulle proprie necessità e casi d'uso. In particolare, l'usabilità del sistema e i diversi test eseguiti hanno permesso di creare applicativi originali e fortemente allineati alle esigenze dell'utilizzatore (vedi paragrafo "USABILITÀ ..."). La piattaforma è stata quindi testata operativamente attraverso diversi Use Case come riportato nel Rapporto Tecnico "WAM M.3.4. Rapporto sull'utilizzo della piattaforma".

Sono stati sviluppati tre prodotti indipendenti che rispondono a tre problematiche differenti:

- 1) l'applicazione **SWAT APP** per gestire l'I/O del modello SWAT;
- 2) l'applicazione **Modflow APP** per gestire l'I/O del modello Modflow



**SARDEGNA
RICERCHE**

3) L'applicazione **ODM2 APP** per gestire il dato di monitoraggio ambientale.

Le tecnologie, l'analisi funzionale, le scelte architettoniche e le soluzioni software sviluppate nel progetto TESTARE sono dettagliate nei deliverable "WAM-R.3.1-Analisi funzionale dell'applicazione web-based", "WAM-R. 3.2. Descrizione dell'architettura e delle tecnologie" e "WAM-R. 3.3 Descrizione delle applicazioni e delle interfacce utente".

Lo scopo di queste APP è migliorare la fruibilità del dato ambientale, supportare l'uso di strumenti scientifici (modelli ambientali) e dati per la gestione e la pianificazione ambientale, e supportare la comunicazione tra il tecnico ambientale e il gestore.

Le scelte e il processo di usabilità è stato sviluppato attraverso il confronto sistematico con le aziende del cluster, quindi gli utenti tecnici e non.

Testare Home About

Testare!

Tecnologie e Strumenti di caratterizzazione e gestione avanzata dell'ambiente.

[Learn more >](#)

Back-end e Database

Le soluzioni software sviluppate nel progetto TESTARE sono cloud-ready e realizzate secondo il paradigma a componenti. La scelta architettonica del cloud è motivata dal fatto che il cloud è idoneo a risolvere problemi prestazionali e di scalabilità. L'infrastruttura dati spaziale è basata sulle specifiche dei modelli ambientali usati nel progetto (ModFLOW, SWAT) e le specifiche del Observation Data Model Ver. 2 (ODM2) per gestire il monitoraggio ambientale. Il database scelto è PostgreSQL (POSTGIS) con la spatial extension: un Relational Database Management System (RDBMS) allo stato dell'arte, rilasciato in open source.

[View details on the ODM2 >](#)

Il front-end

Per l'interfaccia utente, si è scelto di sviluppare delle soluzioni intuitive e di facile fruizione, dove la complessità applicativa e tecnologica è nascosta all'utilizzatore. Le diverse APP consumano nel front-end le API e i web service esposti dalla piattaforma di back-end. L'ergonomia del software è stata particolarmente curata ed è frutto dell'interazione tra il team di sviluppo e le aziende partecipanti al progetto. Le App sviluppate (e.g. SWAT APP, Modflow APP, e ODM APP) espongono servizi complessi per interrogare e visualizzare il dato di I/O dei modelli ambientali e derivati dai monitoraggi. Il risultato è uno strumento ad alto valore aggiunto per le aziende con la finalità di archiviare, ed esporre sui web dati eterogenei.

[The Sardinia Use Case >](#)

Le APP

ODM2 APP. Questa APP si basa su un modello dati concettuale per la fruizione dell'informazione ottimizzata per il monitoraggio ambientale, integrando e implementando logiche funzionali di gestione del db e le conseguenti procedure di qualità.

SwatApp è basato sul modello idrologico *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT), per supportare i decisori nel campo della gestione sostenibile delle risorse idriche sotterranee e di superficie.

Modflow App è una soluzione pensata per il modello idrogeologico alle differenze finite Modflow. Questa App permette di gestire dati eterogenei di input e output del modello.

[The Tunisia Use Case >](#)

Finanziato da Sardegna Ricerche - POR FESR 2014-2020.

Figure 1. Punto di accesso delle soluzioni tecnologiche sviluppate - <http://acqua.crs4.it:8080/testare/>.



**SARDEGNA
RICERCHE**

INSTALLAZIONE DELLE APPLICAZIONI

Le applicazioni sono prodotti software client-server e possono essere esposte sul web oppure funzionare localmente in un normale desktop. Il requisito è che vengano esposte da un Web Application Container (e.g. TOMCAT/WyldFly-JBOSS).

TOMCAT

Il prodotto software Apache Tomcat, chiamato per semplicità Tomcat, è un server web nella forma di contenitore servlet, rilasciato in open source. TOMCAT è stato sviluppato ed è attualmente mantenuto dalla Apache Software Foundation che implementa le specifiche JavaServer Pages (JSP) e servlet. La sua distribuzione standard include anche le funzionalità di web server tradizionale, che corrispondono al prodotto Apache.

TOMCAT è distribuito sotto la Licenza Apache, ed è scritto interamente in Java; può quindi essere eseguito su qualsiasi architettura su cui sia installata una JVM.

TOMCAT fornisce una soluzione ottimale per l'esecuzione di applicazioni web sviluppate in linguaggio Java.

Storicamente, TOMCAT era nato nel contesto del Jakarta Project, ed era pertanto identificato con il nome di Jakarta Tomcat; attualmente è oggetto di un progetto indipendente

Dal punto di vista tecnico il Tomcat non è un servizio che implementa la specifica Java EE in maniera completa, in quanto tale specifica, oltre le servlet ed alle JSP, supporta tantissime altre tecnologie. Quindi Tomcat non può essere considerato un application server anche se supporta solo parzialmente alcune tecnologie di Java EE (ovvero Servlet e JavaServer Pages), lo sviluppatore è libero di importarne altre soluzioni come le JPA o altre tecnologie sempre in ambiente Java EE. Tomcat può essere utilizzato anche come contenitore servlet per framework come Spring framework.

WildFly / JBOSS

WildFly (precedentemente noto come JBoss AS o semplicemente JBoss) è un application server open source multiplatforma. Questo prodotto software è interamente scritto e sviluppato in Java. WildFly implementa le specifiche Java EE.

Originariamente creato dalla società "JBoss Inc.", nel 2006, il sistema è sta oggi mantenuto da Red Hat e viene gestito come progetto open source, sostenuto da un'enorme rete di sviluppatori.

A WildFly sono associati una quantità di altri prodotti, incluso Hibernate, Undertow, JBoss ESB, jBPM, JBoss Rules (ex Drools), Infinispan, JGroups, Gatein, SEAM, JBoss Transaction, e ActiveMQ.

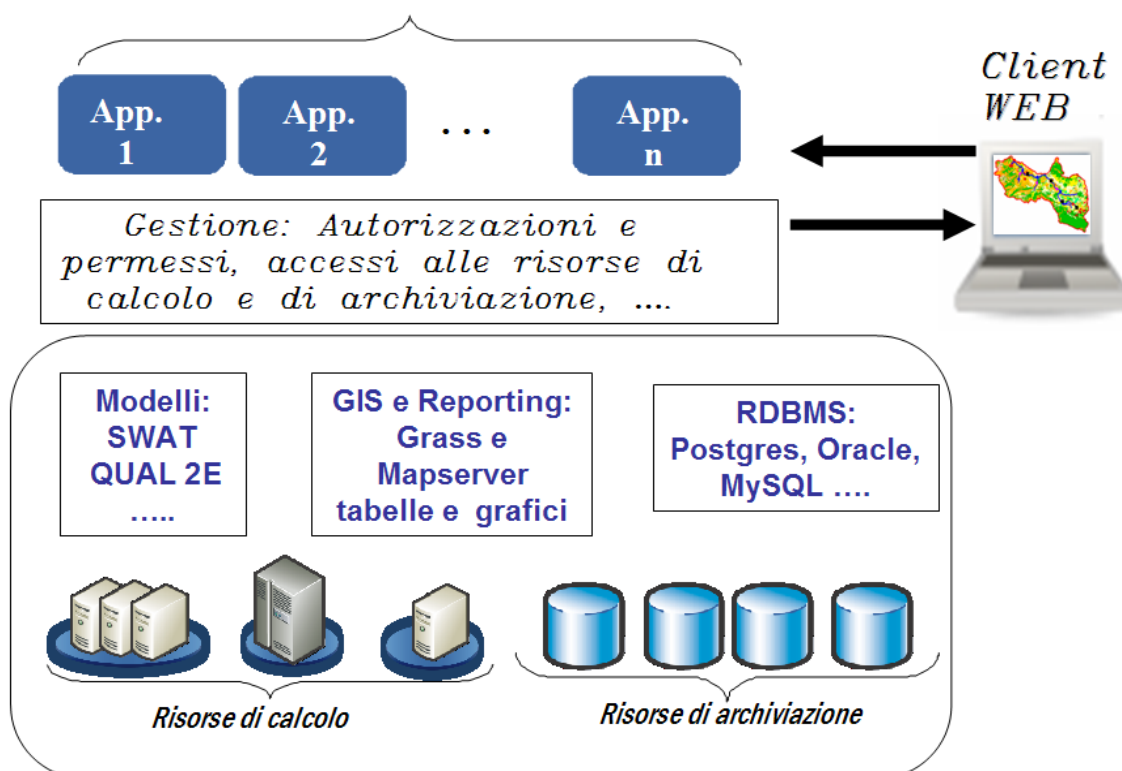
LINEE GUIDA SULL'INSTALLAZIONE

Le App possono funzionare su ambienti LINUX/Unix/Windows.

Queste sono state rilasciate secondo due modalità:

- JSON del progetto di ogni singola applicazione. Questo è utile per apportare modifiche, mantenere il codice e continuare eventualmente lo sviluppo.
- WAR dell'applicazione per poter essere esposto da un Web Application Container come Jboss o Tomcat.

Per l'installazione è sufficiente copiare il WAR all'interno della apposita cartella di Tomcat. È consigliabile usare una adeguata risorsa di memoria.



AGGIORNAMENTO DELLE CONNESSIONI

È possibile in ogni momento collegare le applicazioni a istanze di database differenti. In altri termini, le applicazioni SWAT APP, ModFlow APP e ODM APP si collegano a basi dati che contengono i dati di I/O di

SWAT, di Modflow e del monitoraggio secondo lo standard ODM2. Ogni simulazione produce un database differente. Si può quindi collegare le applicazioni a diverse banche dati per esporre i report sul web.

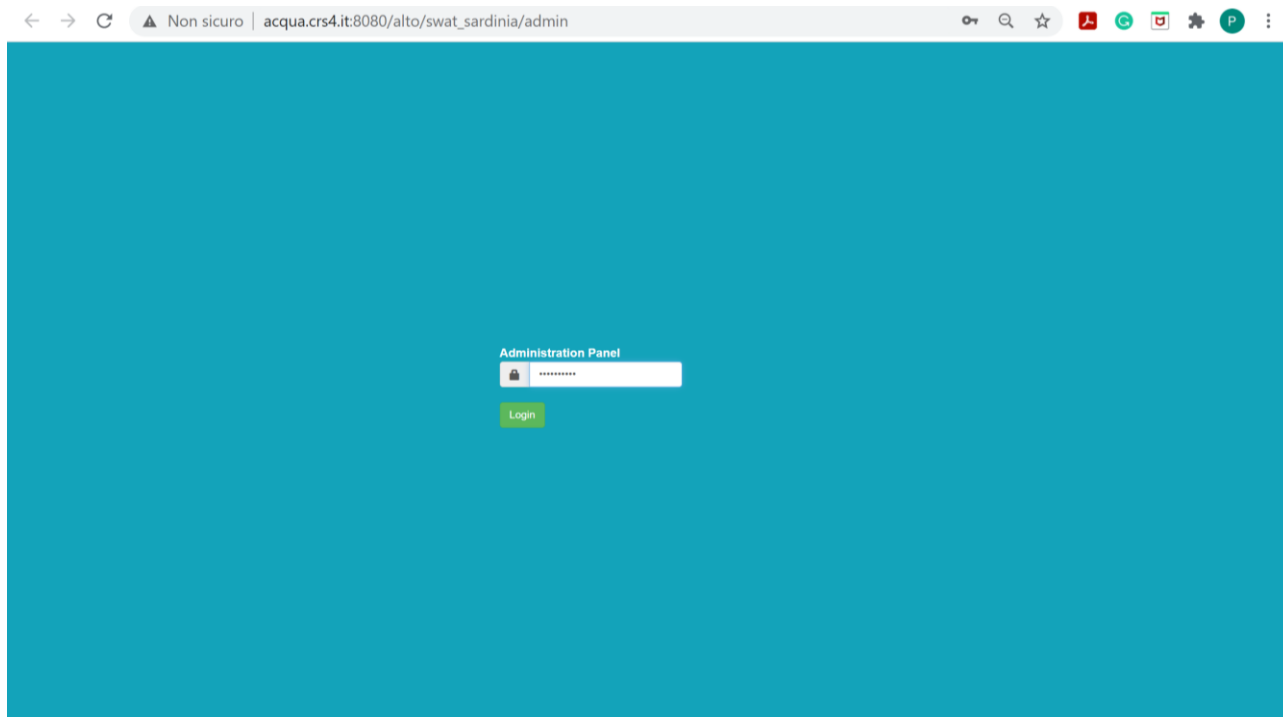


Figure 2. Punto di accesso al modulo di gestione dell'App. Per accedere alla sezione di aggiornamento delle connessioni è richiesto di autenticarsi al servizio.

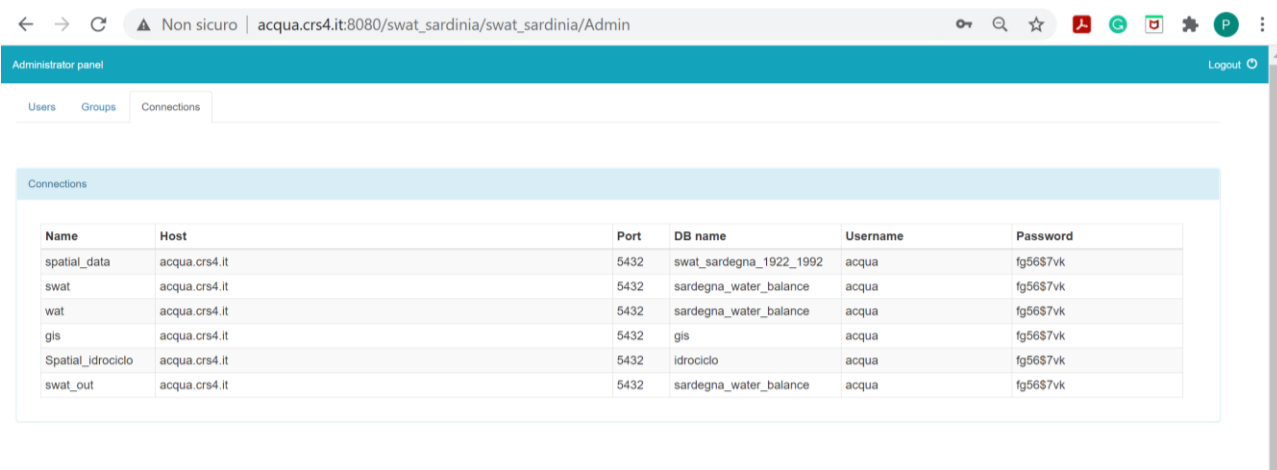


Figure 3. Per editare i campi di connessione è sufficiente cliccare sul campo di interesse.

I parametri di connessione sono:

- Name:
- Host
- Port
- DB name
- Username
- Password

SWAT APP

Il cuore di SWAT APP è costituito dal modello SWAT (Soil and Water Assessment Tool). SWAT è un modello idrologico distribuito a scala di bacino, che permette di simulare il ciclo integrato dell'acqua e di valutare l'impatto nel medio-lungo termine delle pratiche di gestione del territorio, quindi pressioni diffuse di origine agricola e zootecnica e puntuali (scarichi di origine civile e industriale). L'applicazione del modello richiede specifiche informazioni sulle condizioni meteorologiche, caratteristiche del suolo, topografia, vegetazione, uso del suolo e pressioni antropiche.



Figure 4. Cruscotto di gestione dell'I/O di SWAT.

Attraverso l'interfaccia è possibile navigare le simulazioni e scaricare i relativi dati.

SWAT può simulare i più importanti processi di trasporto di nutrienti e pesticidi sia nella fase terrestre sia nella fase acquatica (Joseph C. et al, 2015). Esso permette inoltre di applicare una serie di personalizzazioni riguardanti gli input climatici utili proprio a quegli studi focalizzati sugli impatti, a scala di bacino, dei cambiamenti climatici (Douglas-Mankin et al., 2010). Il modello è stato utilizzato per studiare casi studio e processi ambientali in tantissime realtà geografiche, condizioni ambientali, territoriali, geo-pedologiche e climatiche (Rouholahnejad Freund, et. al, 2017).



**SARDEGNA
RICERCHE**

L'utilizzo di un modello come SWAT impone la messa in opera di attente procedure di i) analisi delle condizioni di funzionamento di un bacino idrografico tramite lo sviluppo di un modello concettuale, ii) analisi dei dati a disposizione e creazione dell'input del del modello numerico, iii) analisi di sensitività, e iv) calibrazione e validazione del modello, spesso utilizzando Toolkit ad hoc (Chawanda et al. 2020a, Chawanda et al. 2020b).

Maggiori informazioni su SWAT, per scaricare il software del modello, e per avere le specifiche dei dati di Input e di Output di SWAT è possibile collegarsi al sito ufficiale: <http://swat.tamu.edu/>

La caratteristica principale del modello è la possibilità di simulare / calcolare il bilancio dell'acqua, dei sedimenti e dei nutrienti in maniera integrata. Il calcolo è effettuato su singole unità omogenee di risposta idrologica (Hydrologic Response Units, HRU), che rappresentano le aree caratterizzate da un'unica combinazione tra pendenza, copertura del suolo, tipo di suolo, e pratica gestionale. Il modello permette di rappresentare efficacemente anche bacini privi di dati di monitoraggio e quindi di quantificare l'impatto relativo delle pressioni puntuali e diffuse sulla qualità dell'acqua o su altre variabili di interesse. Dal punto di vista computazionale, la simulazione anche di grandi bacini non richiede un eccessivo investimento di tempo, di hardware e calcolo o risorse finanziarie. Inoltre, trattandosi di un modello *open source*, il suo impiego offre ulteriori vantaggi: è gratuito; è editabile (il che permette di adeguarlo ad esigenze particolari); è adoperato da una vasta comunità di utenti sparsi in tutto il mondo; e ciò favorisce un confronto ed un aggiornamento continui. Il modello è stato testato con successo in diverse realtà geografiche e condizioni climatiche.

Sebbene presenti una facilità anche eccessiva di utilizzo, il modello è in realtà estremamente complesso soprattutto quando si vogliono studiare fenomeni legati alla qualità dell'acqua o al trasporto dei sedimenti o più semplicemente si vuole entrare nel merito della ripartizione tra le componenti del ciclo idrologico (e.g. deflusso veloce e lento). SWAT nella sua distribuzione classica ha definite al suo interno tutta una serie di variabili, archiviate in diversi database che rendono l'utilizzo del modello immediato. Tuttavia questo aspetto se da un lato ha permesso anche a non esperti di utilizzare lo strumento, ha di contro lo svantaggio di ingenerare tutta una serie di errori che per l'utente inesperto risultano difficilmente rilevabili. A titolo di esempio, se si procede alla valutazione del carico di ossigeno disciolto e si esegue il modello nella versione SWAT 2005 utilizzando i database di default forniti nella versione AvSWAT, per la Sardegna si trovano valori di ossigeno disciolto eccessivi rispetto alle condizioni reali (anche dell'ordine del 400 % rispetto al valore di saturazione dell'ossigeno). Nel dettaglio, questo comportamento anomalo è dovuto alla componente di ossigenazione atmosferica controllato nel modello dalla velocità di aerazione secondo la diffusione di Fickian (k_2). Questo parametro può variare tra 0 e 50 [day^{-1}] e nel database è posto proprio al limite superiore, cioè 50 (valore che può andare bene per i grandi fiumi americani). Applicando la formulazione di Owen (k_2 è correlato alla turbolenza e alla profondità dell'acqua del fiume) si evince che per i fiumi della Sardegna k_2 può assumere valori compresi tra 0.1 e 5 [day^{-1}].

Nel seguito si riportano solo le equazioni principali del modello inerente al bilancio dell'acqua e si rimanda alla documentazione ufficiale per gli approfondimenti. L'equazione del bilancio è sintetizzata dalla seguente relazione:



**SARDEGNA
RICERCHE**

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_i - Q_{sup,i} - ET_i - W_i - Q_{gw,i}) \quad (1)$$

dove SW_t è il contenuto finale di acqua del suolo, SW_0 è il contenuto iniziale di acqua del suolo, t è il tempo espresso in giorni, R_i è l'afflusso meteorico, $Q_{sup,i}$ è il ruscellamento, ET_i è l'evapotraspirazione, W_i è la percolazione e $Q_{gw,i}$ è l'ammontare d'acqua che una volta attraversato lo strato di suolo arriva al canale. Tutti i termini del bilancio qui e nel seguito, se non diversamente specificato, sono espressi in millimetri d'acqua equivalenti.

L'evapotraspirazione effettiva viene calcolata sulla base dell'evapotraspirazione potenziale. Questa può essere quantificata tramite i metodi di Hargreaves, Penman-Monteith e Priestley-Taylor. Valutata l'evapotraspirazione potenziale, quella effettiva viene suddivisa in evaporazione dell'acqua intercettata dalle piante e contributo per traspirazione, sublimazione ed evaporazione diretta dal suolo.

Per il calcolo del ruscellamento SWAT utilizza il metodo dell'infiltrazione di Green & Ampt (Green & Ampt, 1911) e il metodo del curve-number (USDA Soil Conservation Service, 1972), riportato nell'equazione (2):

$$Q_{sup} = \frac{(R - I_a)^2}{(R - I_a + S)} \quad \text{con} \quad S = 25.4 \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (2)$$

dove Q_{sup} è la porzione di pioggia che si trasforma in ruscellamento, R è l'altezza di pioggia del giorno, I_a è la perdita iniziale, S è il parametro di ritenzione che esprime il massimo volume specifico d'acqua che il terreno può trattenere in condizioni di saturazione e CN è il curve number, funzione del tipo e dell'uso del suolo.

L'acqua nel suolo può essere assorbita dalle piante, rimossa per evaporazione e percolare negli strati più profondi per ricaricare l'acquifero. Alle nostre latitudini, i primi due termini predominano rispetto all'ultimo. Le caratteristiche del suolo, come tessitura, contenuto di argilla, dimensioni dei vuoti, ecc., hanno un effetto fondamentale sulle dinamiche con cui l'acqua si muove in esso. Le dimensioni dei vuoti, ad esempio, controllano i processi di drenaggio durante e dopo gli eventi di pioggia, l'aerazione del suolo, il movimento dell'acqua anche quando i macropori sono ormai poveri d'acqua e la ritenzione idrica. Per determinare le proprietà del suolo si fa riferimento ai termini capacità di campo (FC) e il punto di appassimento (WP) direttamente correlati alle dimensioni dei vuoti.

Il termine di percolazione è calcolato in SWAT tramite l'equazione:

$$W = SW_{excess} \cdot \left(1 + \exp \left[\frac{-\Delta t}{TT_{perc}} \right] \right) \quad \text{con} \quad TT_{perc} = \frac{SAT - FC}{K_{sat}} \quad (3)$$

dove $SW_{excess} = SW - FC$ se $SW > FC$

e $SW_{excess} = 0$ se $SW < FC$

Nell'equazione (3) per ogni strato di suolo, SW_{excess} è l'acqua drenata giornalmente, SW è il volume d'acqua giornaliera dello strato che può essere drenata, FC è il contenuto d'acqua alla capacità di campo, Δt è il passo temporale, TT_{perc} [ora] è il tempo necessario ad attraversare lo strato di suolo,



**SARDEGNA
RICERCHE**

SAT è l'ammontare d'acqua presente nel terreno quando questo è completamente saturo e K_{sat} è la conducibilità idraulica in condizione di saturazione [mm/ora].

La componente di base che ricarica il canale è calcolata tramite la seguente relazione:

$$Q_{gw,i} = Q_{gw,i-1} \cdot \exp[-\alpha_{gw} \cdot \Delta t] + W_{rch,i} \cdot (1 - \exp[-\alpha_{gw} \cdot \Delta t]) \quad (4)$$

$$W_{rch,i} = W_i \cdot \left(1 - \exp\left[-\frac{1}{\delta_{gw}}\right]\right) + W_{rch,i-1} \cdot \exp\left[-\frac{1}{\delta_{gw}}\right] \quad (5)$$

dove α_{gw} è la costante di esaurimento, Δt è il passo temporale, W_{rch} la ricarica della falda e δ_{gw} è il ritardo con il quale l'acqua drenata dallo strato superiore diviene effettivamente ricarica. La stima della costante di esaurimento può essere effettuata analizzando i valori di deflusso durante i periodi di assenza di pioggia nel bacino, infatti quando l'acquifero non riceve alcuna alimentazione diretta, l'equazione (4) diviene:

$$Q_{gw,i} = Q_{gw,0} \cdot \exp[-\alpha_{gw} \cdot t] \quad (6)$$

dove $Q_{gw,0}$ è la ricarica di falda all'inizio del periodo di esaurimento ($t=0$) e t (espresso in giorni) è l'intervallo di tempo dall'inizio di tale periodo.

Il modello include inoltre una serie di routine che permettono di quantificare oltre al deflusso e all'umidità immagazzinata nei suoli, il carico di sedimenti, dei nutrienti e pesticidi, convogliati verso l'asta principale in ogni sottobacino, nonché il trasporto fino alla sezione di chiusura e le trasformazioni chimiche per nutrienti e pesticidi. Come si può evidenziare, i diversi processi descritti dal modello SWAT consentono di ottenere un'ampia gamma di informazioni, per un dato bacino, utili per diverse applicazioni operative.

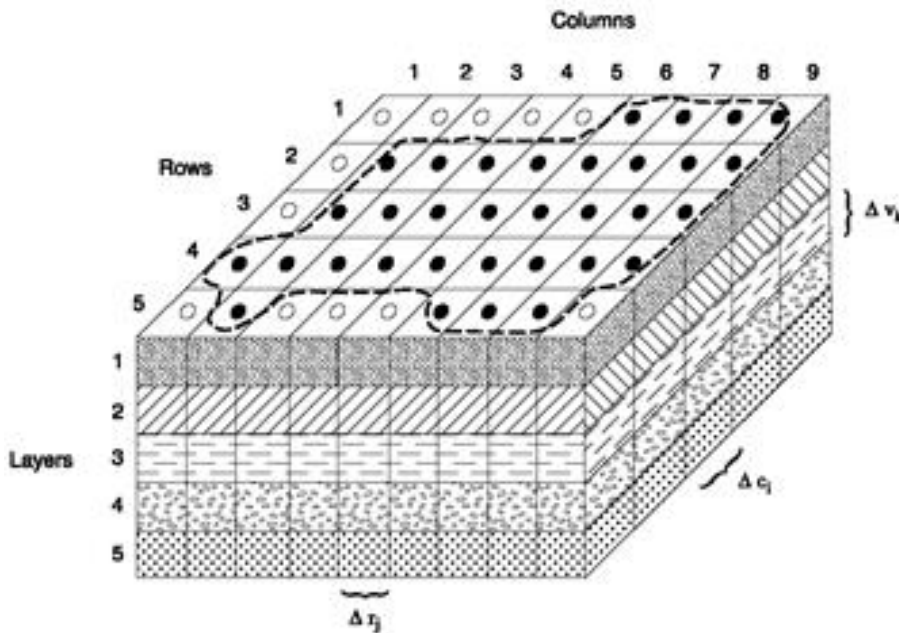
Modflow APP

Cuore della APP è MODFLOW. Questo è un modello alle differenze finite per simulare la dinamica delle acque sotterranee (Hughes, et al. 2017). Il modello è stato sviluppato dal "United States Geological Survey (USGS), agenzia scientifica statunitense, leader nello sviluppo di modelli ambientali. Il Modflow è il software di modellazione delle acque sotterranee più utilizzato al mondo e presenta un elevato grado di affidabilità. Sono state sviluppate diverse interfacce che consentono l'inserimento dati attraverso procedure semplici ed utilizzano le più moderne tecnologie grafiche 3D. Tramite il software MODFLOW è possibile costruire un modello di una falda acquifera sia in condizione di falda indisturbata sia in presenza manufatti o di variazioni delle condizioni di alimentazione che modificano il naturale deflusso sotterraneo. **Tramite MODFLOW è possibile studiare le falde acquifere quindi fenomeni di flusso, l'abbassamento della superficie freatica dovuta a pompaggi, l'impatto della siccità e conseguenti diminuzione della ricarica zenitale e l'analisi di scenari di rischio e risanamento**, nonché di evidenziare probabili bersagli e vie di trasporto di un contaminante venuto in contatto con la falda idrica sotterranea.



**SARDEGNA
RICERCHE**

L'utilizzo di strumenti di modellazione da parte di professionisti (e.g. geologi, ingegneri), società, e agenzie ambientali (e.g. ARPAS, ADIS) è ormai in crescita. Si sta osservando un trend positivo che vede il passaggio dal mondo accademico e dalla ricerca verso il mondo dei "consumer" e di chi prende decisioni e gestisce problemi reali.



Modflow è ottimale per lo studio di acquiferi complessi. La costruzione di un modello numerico di una falda acquifera presuppone la conoscenza delle caratteristiche geometriche, idrauliche del mezzo poroso, geologiche e idrogeologiche dell'acquifero oggetto di studio. I prerequisiti per la modellazione numerica di un acquifero sono la costruzione di un modello concettuale prima e matematico poi che permettano di schematizzare il problema ai suoi soli tratti essenziali, senza per questo perdere le caratteristiche di rappresentatività e verosimiglianza con la realtà. Importanti informazioni da cui derivare le caratteristiche geologiche del sottosuolo sono ad esempio analisi stratigrafiche da pozzi e sondaggi geognostici, indagini di geofisica, etc..

Per maggiori informazioni sul modello si consiglia di visitare il sito ufficiale: https://www.usgs.gov/mission-areas/water-resources/science/modflow-and-related-programs?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects

L'utilizzo di un modello come Modflow impone la messa in opera di attente procedure di i) analisi delle condizioni di funzionamento di un bacino idrogeologico tramite lo sviluppo di un modello concettuale, ii) analisi dei dati a disposizione e creazione dell'input del del modello numerico, iii) analisi di sensitività, e iv) calibrazione e validazione del modello, spesso utilizzando Toolkit ad hoc come PEST. Per maggiori informazioni si può visitare: <https://pesthhomepage.org/>.

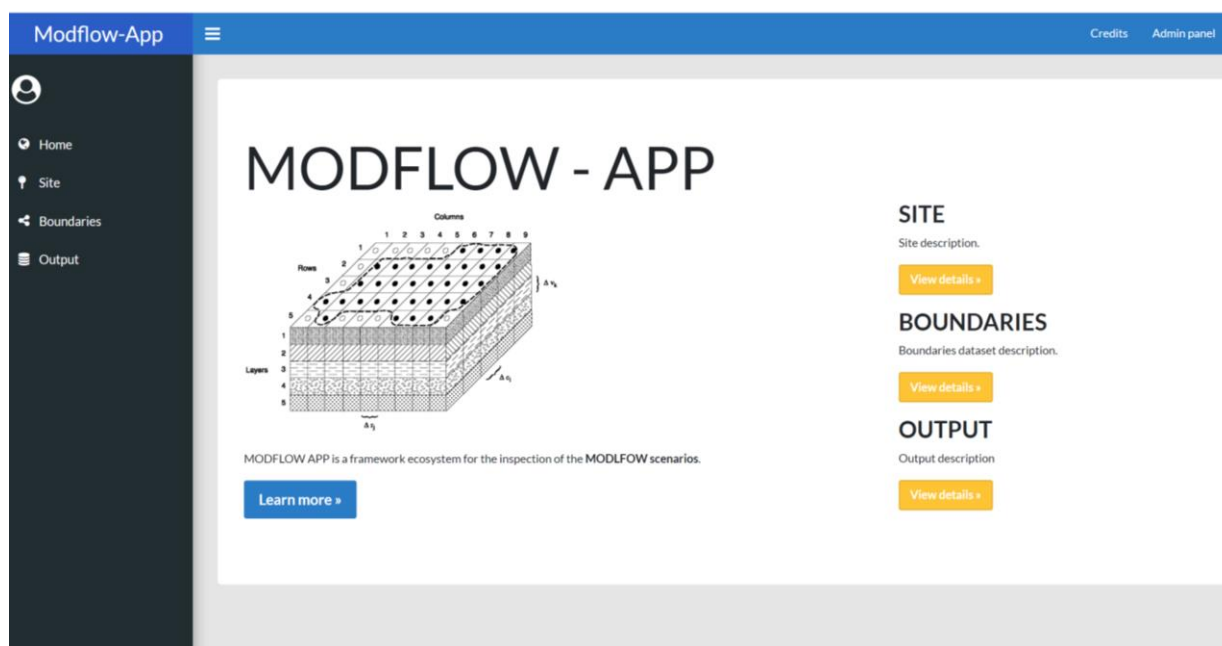


Figure 5. Interfaccia di gestione del I/O di Modflow.

Attraverso l'interfaccia è possibile navigare le simulazioni e scaricare i relativi dati.

ODM APP

L'acquisizione e l'archiviazione del dato è solo in apparenza un processo semplice. Si supponga ad esempio di acquisire la misura di una grandezza per un numero molto elevato di volte in una data location, avendo a disposizione uno strumento la cui sensibilità è maggiore dell'accuratezza dell'operazione di misura. Ammettiamo poi che da una certa data la misura venga presa da un altro operatore con uno strumento diverso che salva la misura con una unità di misura diversa. Ammettiamo poi che vogliamo confrontare quelle misure, prese in un determinato luogo (Italia ad esempio) con misure analoghe prese in luoghi con fuso orario differente (ad esempio in Cina).

Per la corretta modellazione di questo flusso di dati e le relative operazioni di analisi, deve essere previsto che la misura sia vestita di una serie di informazioni al contorno che sono importanti quanto la misura stessa. Da questa semplice esempio si evince l'importanza di usare un modello dati basato su una concettualizzazione in grado di vestire la misura delle corrette informazioni a corredo (metadati) utili e sufficienti a capire il significato del dato stesso.

Il Observation Data Model (ver. 2) - ODM2 (Horsburgh, J. S., 2016) è uno schema concettuale per l'archiviazione del dato ambientale (e.g. di monitoraggio, caratterizzazione, di simulazione) e del relativo metadato. ODM APP si collega a una implementazione fisica del modello ODM.

Per maggiori informazioni sul modello dati, su esempi di applicazione e per contribuire al progetto è possibile consultare il sito di riferimento: <https://www.odm2.org/>

La App permette quindi la gestione del dato ed espone sul web il relativo report. Date le esigenze del progetto, sono state implementate le seguenti parti dello schema: Sampling Feature, Core, Result, Measurement, Vocabularies.

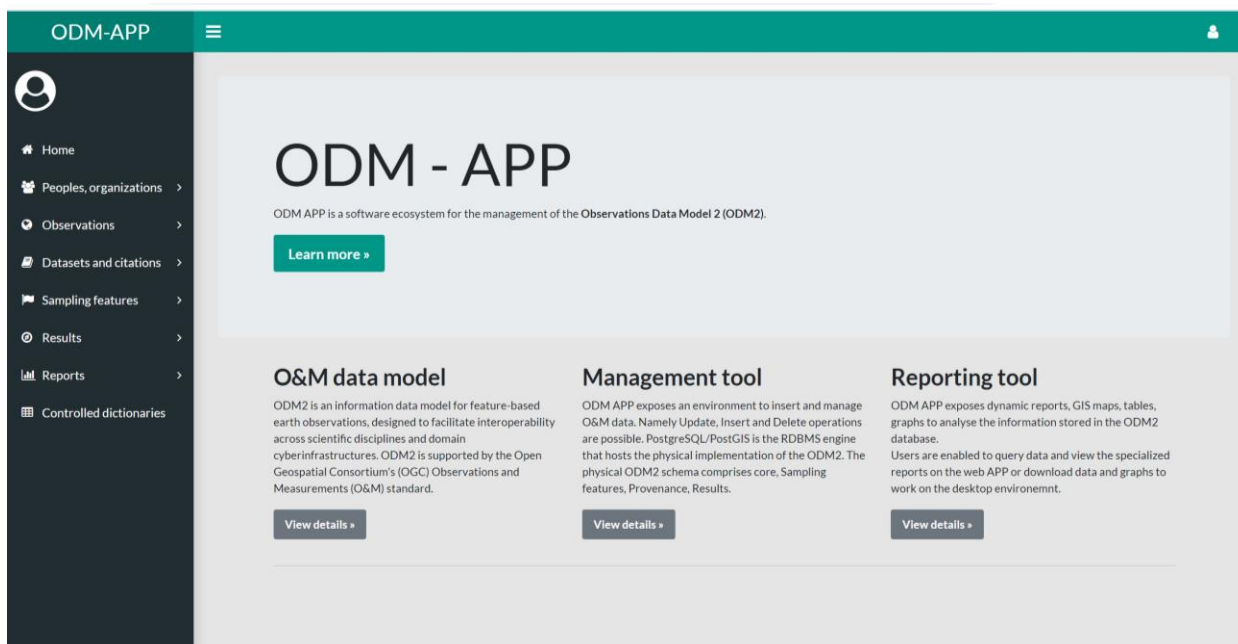


Figure 6. Interfaccia di gestione e analisi del dato di monitoraggio

Attraverso l'interfaccia è possibile navigare i dati di monitoraggio di un sito contaminato e scaricare i relativi dati.

USABILITÀ ED ERGONOMIA

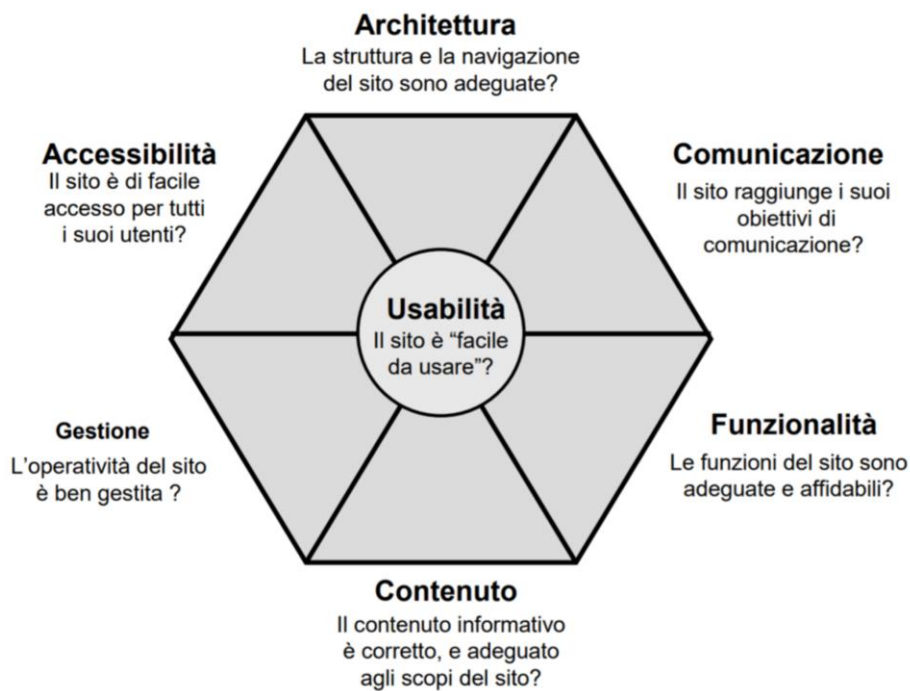
Lo standard ISO (International Organization for Standardization) definisce l'usabilità come l'efficacia, l'efficienza e la soddisfazione con le quali determinati utenti raggiungono determinati obiettivi in determinati contesti. In parole semplici, l'usabilità può essere intesa come il grado di semplicità e gradimento con cui si compie l'interazione tra l'uomo e il software.



**SARDEGNA
RICERCHE**

In TESTARE l'usabilità non è intesa come una proprietà intrinseca dello strumento sviluppato. Durante il progetto è stato seguito un processo di interazione tra chi ha sviluppato il prodotto e gli utenti che lo utilizzano, al fine di fare aderire il prodotto alle finalità. Durante lo sviluppo quindi idee, necessità e caratteristiche degli utenti fruitori hanno plasmato il funzionamento del prodotto e influenzato il design del prodotto stesso, tuttavia è anche vero che anche il tecnico sviluppatore ha influenzato il potenziale utilizzatore.

Il prodotto non coincide quindi con il modello iniziale dell'utente, quindi l'idea che l'utente ha del prodotto e del suo funzionamento, né con l'idea che inizialmente ha avuto il progettista. Il grado di usabilità delle soluzioni sviluppate è migliorata proporzionalmente all'avvicinamento dei due modelli (modello del progettista, e modello dell'utente).



Durante lo sviluppo i test hanno riguardato i seguenti aspetti:

- Architettura
- Accessibilità
- Gestione
- Funzionalità



- Contenuto
- Comunicazione

Le applicazioni web viste dalla prospettiva dell'utente hanno evidenziato i seguenti elementi:

1. Gli utenti vogliono trovare rapidamente ciò che cercano
2. Se non sanno esattamente ciò che cercano, vogliono comunque accedere in modo rapido ed efficace alle informazioni contenute nelle App.

In generale se un'applicazione/servizio è “efficace” per chi l’ha progettato, questo non è detto che sia “usabile” per l’utente e viceversa. In linea con la definizione adattata da Visciola, 2000, un sito/applicazione web è “usabile” quando soddisfa i bisogni (informativi) dell’utente finale che lo sta usando e interrogando, fornendogli facilità di accesso e navigabilità e consentendo un adeguato livello di comprensione dei contenuti.



**SARDEGNA
RICERCHE**

CONCLUSIONI

Il progetto TESTARE è un progetto che offre una gamma di tecnologie per il monitoraggio e la gestione dell'ambiente. Come detto in precedenza, questo documento vuole essere una sintesi dei metodi e dei materiali impiegati, si rimanda ai deliverables di ciascuna attività specifica per la descrizione dei risultati ottenuti nello sviluppo dei paradigmi sperimentali selezionati.

Gli indicatori di risultato che ci eravamo prefissati nel progetto sono riassunti nel quadro indicato di seguito, il lettore può capire da una visione sinottica degli indicatori dei risultati quali siano i vantaggi dell'approccio di TESTARE. Gli approcci sperimentali sviluppati sono modulari e replicabili in molteplici contesti.