

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA TUSCIA DI VITERBO

**DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE PER L'AGRICOLTURA, LE FORESTE, LA NATURA E
L'ENERGIA**

Corso di Dottorato di Ricerca in

SCIENZE E TECNOLOGIE PER LA GESTIONE FORESTALE E AMBIENTALE - XXV Ciclo

**UNA INFRASTRUTTURA TECNOLOGICA PER APPLICAZIONI WEBGIS SU DATI GEOGRAFICI
ETEROGENEI E DISTRIBUITI PER LA VALUTAZIONE DELLA CAPACITA' AUTODEPURATIVA DELLA
VEGETAZIONE FLUVIALE**

(s.s.d. AGR/10)

Tesi di dottorato di:

Dott. Nicola Lopez

Coordinatore del corso

Prof. (Rosanna Bellarosa)

Tutore

Dott. (Vito Felice Uricchio)

Co-tutore

Prof. (Antonio Leone)

Data della discussione

27/05/2013

Sommario

Introduzione	5
Capitolo 1. Obiettivo.....	9
1.1. Indicatori/Algoritmi ambientali	10
1.2. Datasource eterogenei.....	12
1.3. Hardware/software e Servizi web.....	12
Capitolo 2. INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe	15
2.1. Politiche ambientali della Comunità Europea	15
2.2. ESDI ed NSDI	17
2.3. Inquadramento Europeo	18
2.3.1. GMES/FedEO.....	19
2.4. Il contesto Italiano	20
2.4.1. CNIPA.....	22
2.4.2. Progetti in Italia.....	23
2.5. Nel resto del mondo: GEOSS	24
2.6. In Sintesi	26
Capitolo 3. Gli Open Standard	27
3.1. L'Open Geospatial Consortium (OGC).....	27
3.2. Le Specifiche di Implementazione usate nel progetto.....	30
3.3. Cenni sul Geographic Markup Language.....	30
3.4. Introduzione a OpenGIS Web Service	31
3.4.1. Il Documento delle Capacità di un OWS.....	33

3.4.2.	Web Map Service (WMS).....	34
3.4.2.1.	Operazione GetCapabilities.....	36
3.4.2.2.	Operazione GetMap	37
3.4.2.3.	Operazione GetFeatureInfo	37
3.4.3.	Web Coverage Service (WCS)	37
3.4.4.	Web Feature Service (WFS)	38
3.4.4.1.	Operazione GetCapabilities.....	38
3.4.4.2.	Operazione DescribeFeatureType	39
3.4.4.3.	Operazione GetFeature	39
3.4.4.4.	Operazione LockFeature	40
3.4.4.5.	Operazione Transaction	41
3.4.5.	I Servizi di Catalogo	41
3.4.5.1.	Catalogue Service	42
3.4.5.2.	Web Registry Service (WRS).....	43
3.5.	Introduzione ai Web Service.....	43
3.5.1.	Lo Stack Protocollare	47
3.5.2.	SOAP: Simple Object Access Protocol	48
3.5.2.1.	Specifiche SOAP.....	48
3.5.2.2.	Note sul Paradigma di Comunicazione	49
3.5.2.3.	Il Messaggio SOAP	49
3.5.2.4.	Note su SOAP & HTTP	50
3.5.3.	WSDL: Web Service Description Language	50
3.5.4.	UDDI: Universal Description, Discovery and Integration.....	52
3.5.4.1.	UDDI Data Model.....	53

3.5.4.2.	SOAP-API	53
3.5.4.3.	UDDI Business Registry	54
3.5.4.4.	Publishing & Discovery.....	55
3.5.5.	OpenGIS e Web Service	56
3.5.5.1.	SOAP	56
3.5.5.2.	WSDL.....	57
3.5.5.3.	UDDI.....	57
Capitolo 4.	Hardware/Software e servizi Web	58
4.1.	P.Mapper.....	58
4.1.1.	P.Mapper e OpenGIS.....	60
4.2.	Mapserver	60
4.3.	Postgre-SQL/Postgis.....	61
4.4.	Geonetwork.....	61
4.5.	Geoserver	63
4.6.	Q-GIS	63
4.7.	Operazioni possibili sull'interfaccia web del prototipo di WebGIS.....	64
4.8.	Hardware/software e servizi web.....	67
4.8.1.	Catalog Service for the Web (CSW)	70
4.8.2.	La Base di Dati	71
5.2.2.1.	Il Servizio Web.....	72
4.9.	Definizione delle tipologie di scenari e casi d'uso	73
4.9.1.	Pubblicazione di dati geospaziali	73
4.9.2.	Ricerca distribuita	74
4.9.3.	Visualizzazione di dati geospaziali	76

4.9.4.	Elaborazione di dati geospaziali	77
4.9.5.	Concatenazione di servizi	79
Capitolo 5.	Casi di studio	82
5.1.	Casi di studio.....	82
5.1.1.	Lama San Giorgio.....	86
5.1.2.	Canale Asso.....	90
5.2.	Considerazioni sui risultati ottenuti dagli indicatori	101
Capitolo 6.	Principali risultati conseguiti e sviluppi futuri.....	106
6.1.	Conclusioni	106
6.2.	Punti di forza e di debolezza dell'Architettura SDI implementata	111
6.3.	Considerazioni	111
6.4.	Sviluppi Futuri.....	113
Glossario		114
Acronimi e sigle		121
Terminologia e Notazione		122
Terminologia		122
Notazione.....		125
Riferimenti Bibliografici		127

Introduzione

La diffusione della rete internet, avvenuta nell'arco di trent'anni, ha fatto in modo che vi fosse una crescente disponibilità di datasource e tecnologie utilizzabili ad esempio tramite web service, sia della capacità di banda trasmissiva; questo ha portato ad un rapido incremento delle infrastrutture in grado di trarne vantaggio. Il mondo dei GIS ha visto nell'ambiente del world wide web un mezzo estremamente valido per l'ampia divulgazione di contenuti geografici.

Lo sviluppo dei GIS (Mogorovich, 2007) e della rete internet ha portato alla definizione di una nuova disciplina, trasversale nell'ambito dei sistemi informativi territoriali (SIT): i WebGIS (Gomorasca, 2004).

La disciplina WebGIS si occupa non solo degli aspetti strettamente informatici legati alla distribuzione dei dati geografici, ma anche dei processi di preparazione ed elaborazione dei dati per poter essere rappresentati correttamente utilizzando le tecnologie legate al web (*Web Cartography*) (Plewe, 2007) .

L'intersezione/relazione tra Cartografia, ambiente Internet e sistemi GIS è denominata Web Cartography.

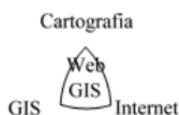


Fig. 1

Relazione fra cartografia, ambiente Internet e sistemi GIS; l'intersezione fra cartografia ed Internet è denominata Web Cartography.

Possono essere distinti i “sistemi WebGIS” e le “applicazioni WebGIS”. Con il termine sistema WebGIS si intende un GIS caratterizzato da un insieme di tecnologie che lo rendono in grado, attraverso la rete internet, di distribuire contenuti geografici (ad esempio sotto forma di mappe) e di rendere disponibili funzionalità GIS. L'applicazione WebGIS è invece una componente del sistema WebGIS e costituisce il mezzo con cui un Ente dà la possibilità ad un utente remoto di accedere a funzionalità e dati geografici mediante una interfaccia eseguita sull'elaboratore dell'utente.

Il modello informatico è client-server dove lato server è presente un'entità in grado di pubblicare dati geografici che l'entità client può utilizzare.

I primi sistemi WebGIS erano progettati per visualizzare mappe in formato raster, tramite un web browser (Explorer, Mozilla, Chrome ecc.), con la possibilità di effettuare operazioni di ingrandimento (zoom) e spostamento dell'area visualizzata sulla mappa (pan). Tali operazioni erano effettuate solo sulla rappresentazione dei dati geografici e comportavano solamente l'invio della porzione di mappa relativa all'area di visualizzazione richiesta dal client. Questi sistemi hanno poco a che vedere con la definizione di sistema WebGIS in quanto un WebGIS è un sistema GIS e quindi deve essere in grado di fornire, oltre ai dati geografici, operazioni per elaborarli. Lato server è quindi necessaria la presenza di un'applicazione che possa accedere a dati geografici, manipolarli e restituirli all'entità client; tale applicazione è indicata con il termine motore GIS. Esistono molti esempi di applicazioni WebGIS a seconda della "localizzazione" dell'esecuzione delle operazioni GIS (sul client, sul server oppure soluzioni ibride che prevedono la distribuzione dell'elaborazione su entrambi i lati) e l'insieme di funzionalità che il sistema fornisce. Lato client è presente un'interfaccia utente per interagire sia con i dati inviati dal server, che con i dati locali.

Sono possibili diversi approcci per distribuire il carico computazionale di un WebGIS: se tutte le informazioni sono elaborate sul server:

- risposta veloce;
- ogni interazione dell'utente richiede il nuovo invio della mappa da parte del server.

parleremo di SERVER SIDE

se una parte delle elaborazioni sono effettuate dal client, con funzioni o intere applicazioni realizzate da plug-in o applet Java:

- il client deve scaricare il plug-in (pesante ma si scarica una sola volta) o l'applet;
- si possono inviare dati più complessi e "intelligenti" con alcune operazioni effettuate direttamente sul client;
- è possibile integrare i dati del server con dati locali

in tal caso parleremo di CLIENT SIDE.

Un tema di primo piano, nell'ambito dei WebGIS, riguarda come i dati geografici possono venir restituiti sul client. Le possibili rappresentazioni sono mediante immagini (raster) codificate nei formati PNG, JPG e GIF, oppure tramite formati vettoriali come SHP, SVG, SWF, PDF, WebCGMo soluzioni proprietarie basate su applet Java.

Ognuno di questi formati ha i propri pregi e difetti per quanto riguarda velocità di trasferimento, accuratezza rappresentativa e interattività; ultimamente i formati

vettoriali si stanno diffondendo largamente in quanto permettono sofisticate manipolazioni dei dati geografici sul client.

Analizzando i sistemi WebGIS attualmente esistenti ed accessibili al pubblico, si nota che fondamentalmente rispetto ai primi sistemi sviluppati sono stati fatti molti passi avanti in quanto, fino a poco tempo fa, mancava la componente tipica di un GIS: l'analisi geografica (topologica).

L'analisi geografica realizzata tramite GIS (in questo lavoro sono per brevità solo operazioni GIS desktop) sono finalizzate alla gestione ed all'analisi delle relazioni spaziali esistenti fra gli elementi geografici in esame. Ne segue che, a differenza delle operazioni effettuabili sulla rappresentazione grafica di una mappa, le operazioni di analisi topologica operano sui dataset geografici che definiscono la mappa. Il risultato di un'operazione GIS è anch'esso un dataset geografico contenente la rappresentazione della relazione spaziale, fra le entità geografiche, estratta mediante l'esecuzione dell'operazione.

Oggi i WebGIS implementati offrono essenzialmente funzionalità di tipo WebMap in cui sono previste due sole categorie di operazioni di:

- *visualizzazione*: consente la rappresentazione di dati geografici in formato grafico (vettoriale o raster), aggiunta o rimozione di temi, modifica degli stili di visualizzazione dei temi;
- *navigazione*: permettono di interagire con la mappa, rappresentata sul client, al fine di consultarne i contenuti; ad esempio funzionalità di zoom e pan.

Alcune applicazioni web di recente concezione permettono di eseguire interrogazioni sugli attributi dei dati geografici e limitare i dati ad una specifica area geografica di interesse, oppure fornire funzionalità per il calcolo di percorsi stradali.

Per quanto riguarda i dati, le applicazioni disponibili si basano prevalentemente su dati geografici codificati secondo formati proprietari e non, legati al motore GIS che li elabora. L'**eterogeneità** dei formati di codifica che limita l'integrazione dei dati all'interno dell'applicazione stessa ma può essere superata tramite standard di comunicazione.

L'esigenza di condividere dati geospaziali eterogenei, nel corso degli anni ha fatto sì che l'**interoperabilità** dei servizi WebGIS diventasse uno standard di fatto presso enti pubblici e università. Il termine interoperabilità è utilizzato in ambito tecnologico per indicare un elevato grado di sinergia di sistemi diversi col fine di offrire servizi o funzionalità nuove. L'interoperabilità dei servizi WebGIS di questo progetto è resa possibile tramite l'allestimento di una infrastruttura tecnologica realizzata ad hoc alla

base di cui c'è la tecnologia Open Source (Cavallini et al., 2005, 2007) con l'obiettivo di favorire l'elaborazione e la diffusione dei dati geospaziali.

In tale ottica il progetto di ricerca, nell'ambito delle attività connesse con la direttiva europea INSPIRE e quella italiana IntesaGIS ed al fine di realizzare una integrazione operativa dell'insieme dei fruitori di informazioni geografiche nell'ambito delle Università e della Pubblica Amministrazione Locale, ha realizzato la sperimentazione di un prototipo di sistema WebGIS che consentirebbe, ai più disparati Enti Pubblici, di condividere via Internet dataset geografici eterogenei e di accedere agli stessi in modo completamente neutrale alla piattaforma GIS posseduta e quindi far interoperare diversi datasource.

Capitolo 1. Obiettivo

Il progetto di ricerca si pone in uno scenario in cui sono presenti server di dati geografici e sistemi WebGIS composti da un insieme di server ed un insieme di client, distribuiti in varie parti del mondo. I server di dati possono essere raggruppati in relazione all'interfaccia di accesso offerta: "server proprietari" (ad esempio ArcIMS, GeoMedia WebMap, MapInfo) e "server OpenGIS" (**Web Map Services**, **Web Coverage Services** e **Web Feature Services**). Un sistema WebGIS deve consentire sia la visione, l'accesso e l'integrazione dei dati geografici resi disponibili dai due tipi di server; tali dati sono **eterogenei** in quanto caratterizzati da formato di codifica, sistema di riferimento e tipologia distinti. Perché siano consentite attività multi disciplinari, il sistema deve garantire l'interoperabilità sui dati geografici integrati; questo significa consentire l'esecuzione di operazioni di analisi topologica come: analisi di prossimità, overlay, calcolo di percorsi, interrogazioni sia sulla componente spaziale che sugli attributi dei dati geografici.

Per realizzare un sistema WebGIS con le caratteristiche sopra elencate, il lavoro di tesi si è concentrato sulla progettazione e realizzazione di un'infrastruttura server side in grado di porsi orizzontalmente rispetto ai dati distribuiti sul web. L'infrastruttura permette di accedere ed integrare dati geografici eterogenei provenienti da diverse tipologie di sorgenti dati, remote e locali.

Sui dati geografici integrati, l'infrastruttura garantisce l'interoperabilità funzionale e fornisce un insieme di operazioni tipiche dei sistemi GIS destinate all'uso in ambito di analisi geografiche.

In particolare il progetto di ricerca propone una infrastruttura tecnologica e quindi anche un metodo, con strumenti WebGIS, datasource eterogenei e indicatori ambientali ottenuti tramite monitoraggio in SITU, per valutare la capacità autodepurativa della vegetazione fluviale di due torrenti (Lama S. Giorgio e il Canale Asso) tipici del clima semi-arido della Puglia. Il metodo consiste quindi nell'implementare un'architettura costituita da:

1. Indicatori/Algoritmi ambientali
2. Datasource eterogenei
3. Hardware/software e Servizi web

Un'architettura siffatta fornisce un approccio orizzontale con uno strumento innovativo per le valutazioni ambientali in senso lato e nella fattispecie per *“la valutazione della capacità autodepurativa della vegetazione fluviale”*.

1.1. Indicatori/Algoritmi ambientali

Gli indicatori ambientali usati sono:

1. l'abbattimento di BOD5 (Biochemical Oxygen Demand) in aree umide per l'area campione **Lama S. Giorgio (LSG)**
2. l'Indice Biologico Esteso (IBE) e l'Indice di Funzionalità Fluviale (IFF) per l'area campione **Canale Asso (CA)**

Le zone umide hanno un ruolo molto efficace per la rimozione degli inquinanti come i nutrienti, metalli, e altri composti dal suolo, per il controllo delle inondazioni, per aumentare la biodiversità e offrono valore estetico e habitat per fauna selvatica. Le piante rilasciano ossigeno in un ambiente generalmente carente di ossigeno nella zona umida e, attraverso le radici, creano una zona ossidata, dove possono verificarsi trasformazioni aerobiche e attività batteriche che abbattano la sostanza organica e i composti azotati. Questi suoli possono tranquillamente mantenere nella loro struttura oltre il 99% delle sostanze inquinanti potenziali, come i nutrienti (azoto e fosforo), pesticidi e sostanze organiche. L'immagazzinamento più efficace è attribuita ai terreni saturi, tipici delle zone umide. L'indicatore **BOD5** (Biochemical Oxygen Demand) domanda di ossigeno biochimico (mg/l di O₂) è stato assunto come misura indiretta del carico organico inquinante (biodegradabile). Praticamente quanto O₂ è richiesto dai batteri per biodegradare il carico organico in 5 giorni.

Il Decreto n. 152/1999 (Disposizioni sulla tutela delle acque e dall'inquinamento) ha introdotto il "sistema integrato per il monitoraggio e controllo" delle risorse idriche per qualità e quantità. Il decreto definisce i parametri standard per esprimere la qualità ambientale complessiva delle risorse idriche superficiali, integrando la chimica (**LIM** - Livello di Inquinamento da Macrodescrittori, Tab.7 Allegato 1 D.152/99) e l'approccio biologico (**IBE** - Indice Biotico Esteso, Woodiwiss, 1964; Ghetti, 1993).

L'IBE si basa sull'analisi della struttura della comunità di macroinvertebrati che

colonizzano le differenti tipologie fluviali. La presenza o assenza di determinati taxa permettono di qualificare il corso d'acqua. L'IBE è un indicatore per la descrizione dello stato ambientale delle acque interne assieme al LIM e al SECA. L'indice SECA (Stato Ecologico dei Corsi d'Acqua) è una classificazione dei corsi d'acqua effettuata incrociando i dati risultanti dai macrodescrittori del D.Lgs 152/99 con quelli dell'IBE.

Nel passato l'attenzione si è focalizzata sulla ricerca di indici chimici, microbiologici e, soprattutto, biologici. Accanto ai consolidati indici biotici di valutazione della qualità dell'ambiente acquatico come l'IBE che mantengono la loro piena validità consentendo approfondite valutazioni sullo specifico comparto indagato – si è resa necessaria l'individuazione di metodi di valutazione più olistici e sintetici che, allargando l'orizzonte dell'indagine, tenessero conto di un più ampio ventaglio di elementi ecosistemici e indagassero sull'insieme dei processi coinvolti nelle dinamiche fisiche e biologiche fluviali.

L'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ANPA) ha riunito nel 1998 un gruppo di lavoro che ha apportato varie modifiche alle domande e alle risposte delle schede, al loro significato e al loro peso, creando nel giugno 2000: l'Indice di Funzionalità Fluviale – **IFF**.

Indice di Funzionalità Fluviale. L'IFF esprime soprattutto il livello di funzionalità ecologica attraverso la "lettura" sul campo dei principali fattori descrittivi delle condizioni ecologiche globali di un corso d'acqua. Si tratta quindi di uno strumento specialistico, che richiede per la sua applicazione un elevato livello di conoscenza degli aspetti caratterizzanti le funzioni ecologiche dei fiumi. Lo stato della vegetazione delle rive e del territorio, la morfologia delle sponde, la struttura dell'alveo bagnato, **le proprietà autodepurative e la composizione della vita acquatica vengono rilevati per un determinato segmento fluviale per essere poi codificati in un punteggio**, variabile da 14 a 300 e suddiviso in intervalli, ciascuno riferibile ad un giudizio sintetico di qualità. Ad ogni intervallo è inoltre associato un colore di riferimento, il che permette la restituzione dei risultati su supporto cartografico attraverso una mappa della funzionalità fluviale, di immediata lettura e comprensione.

Nel lavoro di tesi è stata indagata l'influenza di organizzazione del territorio fluviale, espressa in termini di IFF con qualità dell'acqua, sia da un punto di vista biologico (rappresentato dall'indice IBE con il supporto di una Biologa dottoranda presso il Politecnico di Bari) che da un punto di vista paesaggistico (IFF on il supporto di un

ingegnere idraulico dottoranda presso il Politecnico di Bari). In questo modo è possibile valutare la capacità autodepurativa di un corso d'acqua, sottolineando la resilienza ambientale e la sostenibilità all'inquinamento organico.

1.2. Datasource eterogenei

Per valutare l'abbattimento di BOD5 , l'IBE e l'IFF bisogna innanzitutto fare un'analisi della morfologia dei due torrenti tramite strumenti WebGIS su datasource eterogenei. In particolare la morfologia del territorio viene valutata tramite Modetto Digitale del Terreno (DTM) ed in particolare un DTM molto innovativo che è il rilievo LIDAR ad un metro di risoluzione a terra e con risoluzione altimetrica di qualche decina di centimetri che viene offerto come servizio WCS (vedi paragrafo 1.3) dal geoportale regionale dell'Autorità di Bacino della Puglia (<http://wmsadbp.dyndns.org:8008/geoserver/LIDAR/wcs?>). Per il reticolo idrografico si è usato quello realizzato dall'Autorità di Bacino della Puglia ad una scala nominale del 5.000 offerto tramite servizio WFS (vedi paragrafo 1.3) (<http://wmsadbp.dyndns.org:8008/geoserver/LIDAR/wfs?>). Per l'uso del suolo si è usato e implementato quello della Carta Tecnica Regionale con la classificazione Corine al livello 4 offerto tramite servizio WFS (http://iws.sit.puglia.it/ecwp/ecw_wms.dll?). Come base cartografica si è usata l'ortofoto AGEA 2010 a 0.5 m di risoluzione della Regione Puglia offerta tramite servizio WMS (vedi paragrafo 1.3) (http://iws.sit.puglia.it/ecwp/ecw_wms.dll?). Tutti i layers elaborati e prodotti nell'ambito di questo progetto di ricerca sono stati pubblicati anch'essi tramite servizi WMS, WCS e WFS (vedi paragrafo 1.3) e inseriti in un catalogo di metadati tramite servizi CSW.

1.3. Hardware/software e Servizi web

Gli strumenti che si sono utilizzati per ottenere una *“Infrastruttura tecnologica per applicazioni WebGIS su dati geografici eterogenei e distribuiti per la valutazione della capacità autodepurativa della vegetazione fluviale”* sono altamente tecnologici ed in grado di garantire una interoperabilità tra i diversi enti coinvolti nel popolamento ed elaborazione dei dataset e nella realizzazione della cartografia legate

alle aree con *vegetazione fluviale*.

Presso il CNR IRSA (Ente di ricerca presso il quale si è svolto il dottorato) si è implementata la parte **Hardware/software** su una macchina con doppio quad-core con un server Apache laddove si è installato Mapserver (Magni, 2005) che è un programma Open Source in grado di generare mappe, a partire da basi di dati, e di renderle disponibili per applicazioni Internet (WebGIS). Mapserver è un WebGIS di tipo server side ovvero tutte le operazioni GIS sono eseguite sul server. MapServer è conforme agli standard dell'Open Geospatial Consortium (WMS 1.1.1, WMS 1.1.0, WMS 1.0.0, WMC LO, WFS 1.0.0, SLD 1.0, GML 2.0, Filter 1.0.0, WMS 1.1.1) (Renso, 2005).

L'aspetto interessante di questa tecnologia risiede nella capacità dell'infrastruttura di integrare "al volo" dati locali (da file e/o RDBMS geografici) con dati remoti ottenuti da un server compatibile con lo standard WMS/WCS/WFS ottenendo così la piena interoperabilità dei dati.

I servizi web implementati nell'architettura presente presso l'IRSA sono stati resi disponibili tramite un **Geoserver** in grado di fornire servizi utili per la *valutazione della capacità autodepurativa della vegetazione fluviale* e in particolare:

1. Il servizio Web Map Service (WMS) che consente la visualizzazione dinamica dell'overlay di mappe georiferite a partire da sorgenti di dati geografici distribuite (Ortofoto della Regione Puglia). Una mappa di un sito WMS è intesa come un'immagine raster del dato geografico (png o jpeg).
2. Il servizio di Web Coverage Service (WCS) che estende l'interfaccia WMS per permettere l'accesso a coverage geografici (DTM-LIDAR dei casi di studio) che rappresentano valori o proprietà di localizzazioni geografiche piuttosto che immagini generate da WMS.
3. Il servizio Web Feature Service (WFS) che permette ad un client l'importazione di oggetti (reticolo idrografico Autorità di Bacino e uso del suolo della Regione Puglia) mentre la creazione, la cancellazione e la modifica/aggiornamento degli oggetti è permessa dal WFS-T (transazionale).

Poiché la Regione Puglia è una Regione all'avanguardia nei confronti delle informazioni territoriali cartografiche uniformi, infatti è l'unica regione in Italia che ha fatto realizzare una carta tecnica regionale al 5.000, una ortofoto regionale al 10.000 (pixel di risoluzione a terra 0.5 m) e una serie di carte derivate che vengono aggiornate periodicamente ogni 4 anni e pertanto, alla luce di questo, si sono utilizzate queste

banche dati geotopocartografiche offerte direttamente come servizi web dalla Regione mentre le elaborazioni e i casi di studio del progetto di ricerca sono stati anche essi pubblicati online tramite servizi web direttamente dal server del CNR IRSA.

Altro servizio web implementato sul server CNR IRSA è un catalogatore di metadati **Geonetwork** in grado di fornire uno strumento di facile accesso laddove sono immagazzinate le informazioni (metadati) dei datasouce eterogenei utili alle valutazioni degli indici usati in questo progetto di ricerca. In particolare offre il servizio Catalog Service for the Web (CSW) tramite una un'interfaccia per servizi di ricerca, di navigazione, e di interrogazione di metadati su dati, servizi, a altre risorse potenziali. Si riferisce alla pubblicazione Internet-based di informazioni su applicazioni spaziali, di geo-servizi e di dati spaziali (metadati) in un'infrastruttura di dati territoriali. Il servizio include solo i metadati, cioè l'informazione puramente descrittiva dei dati, non i dati stessi. I metadati vengono gestiti secondo le norme ISO 19115 (per applicazioni spaziali e dati geo-spaziali) e ISO 19119 (per geo-servizi). Il CSW ha acquisito particolare importanza nella direttiva comunitaria INSPIRE (vedi Capitolo 2).

Capitolo 2. Infrastructure for SPatial InfoRmation in Europe

2.1. Politiche ambientali della Comunità Europea

Le banche dati geografiche ovvero georiferibili (associabili al territorio) hanno particolare importanza in quanto necessarie al fine di poter attuare politiche di gestione del territorio sia da parte di enti pubblici che di aziende private. Fenomeni come alluvioni, terremoti, incidenti, non sono limitati dai confini amministrativi; un'analisi finalizzata alla pianificazione di un intervento che si limiti ai soli dati territoriali di tale area, risulterebbe lacunosa ed inefficace. Le politiche ambientali della Comunità Europea hanno dato vita ad un ampio sistema di monitoraggio ambientale: il "Quinto programma di azione per l'ambiente" (AGENDA 21 .it - EcoSitoWeb per il territorio e lo sviluppo sostenibile 1992-1999). Il successivo piano, "Sesto programma di azione per l'ambiente" (Sesto programma di azione per l'ambiente 2002), sottolinea la necessità di fondare politiche ambientali al fine di rendere le informazioni facilmente disponibili e di migliorarne la qualità. I Data Source Territoriali (dati territoriali) rivestono un ruolo importante dato che permettono di integrare informazioni provenienti da varie discipline in modo da poterle utilizzare nei più disparati settori. Una descrizione del territorio, coerente, accessibile e di qualità, permette la coordinazione nella fornitura di informazioni ed il monitoraggio in tutta la Comunità Europea. Per questi motivi è stata presentata la direttiva INSPIRE (Infrastructure for SPatial InfoRmation in Europe 2007) sia al Parlamento Europeo che al Consiglio dell'Unione Europea. La direttiva mira a rendere disponibile dati territoriali interoperabili a sostegno delle politiche nazionali e comunitarie. INSPIRE è un progetto della Commissione Europea con l'obiettivo di realizzare Infrastrutture di Dati Territoriali a scala europea: ESDI (European Spatial Data Infrastructure).

La direttiva (dal 15/05/2007) INSPIRE ha lo scopo di creare un piano giuridico per la realizzazione e l'attivazione, in Europa, di un'infrastruttura per l'informazione territoriale (ESDI), a sostegno sia delle amministrazioni pubbliche che del singolo cittadino. L'obiettivo di INSPIRE è rendere disponibili informazioni geografiche rilevanti, armonizzate e di qualità per la formulazione, l'implementazione ed il monitoraggio delle politiche europee che hanno impatto sul territorio.

La direttiva INSPIRE segue i seguenti principi (INSPIRE: principles):

1. I dati devono essere raccolti e mantenuti ad un livello tale da consentire la massima efficacia.
2. Deve essere possibile combinare in modo continuo informazioni territoriali provenienti da diverse fonti in Europa e condividerle tra più utilizzatori ed applicazioni.
3. Deve essere possibile condividere con tutti gli altri livelli¹ le informazioni raccolte ad un dato livello.
4. L'informazione geografica necessaria per un buon governo a tutti i livelli, deve essere abbondante, secondo condizioni che non ne limitino un ampio e diversificato uso.
5. Deve essere facile l'individuazione delle informazioni geografiche disponibili per valutarne l'adeguatezza ad un uso specifico e conoscere quali condizioni applicare per il loro uso.
6. I dati geografici devono essere di facile comprensione ed interpretazione, si devono poter visualizzare facilmente nel contesto adeguato.

Uno dei principali obiettivi dell'iniziativa INSPIRE è di rendere disponibile una quantità maggiore di dati di elevata qualità ai fini dell'elaborazione delle politiche comunitarie e della loro attuazione. Per questo motivo, la proposta mira all'ottimizzazione dello sfruttamento dei dati esistenti ed a dotarli di una valida documentazione (metadati) senza prevedere campagne di raccolta di nuovi dati territoriali.

L'interoperabilità è di rilevante importanza perché consente agli stati membri dell'UE di non apportare modifiche ai formati dei dati originali, conservando così i propri sistemi e schemi organizzativi; l'interoperabilità è raggiungibile solo grazie all'integrazione. Per far questo, la direttiva prevede che ci siano standard comuni (Open Geospatial Consortium, OGC) per la conversione dei dati territoriali.

E' compito degli stati membri quindi, creare infrastrutture spaziali a livello nazionale (NSDI, National Spatial Data Infrastructure) mentre è compito della direttiva europea gestire il coordinamento di tali infrastrutture affinché possano essere fra loro compatibili. Tali infrastrutture di dati geografici nazionali devono permettere di:

- condividere le informazioni territoriali fra i vari livelli dell'amministrazione pubblica;
- combinare le informazioni territoriali provenienti da più fonti.

Con l'adozione di questa direttiva, gli stati membri istituiscono e gestiscono servizi di rete

¹ Nella terminologia di INSPIRE, con il termine *livello* si fa riferimento ad un ente/ufficio/dipartimento all'interno della gerarchia amministrativa.

per il trasferimento di dati e metadati ed i servizi ad essi correlati.

Tali servizi permettono di effettuare:

- ricerche: sia di dati, sia di servizi relativi ai dati territoriali;
- consultazione: visualizzazione, navigazione, variazione della scala (zoom) e variazione della porzione di territorio visualizzato (pan);
- conversione: di trasformazione di coordinate dei dati;
- invocazione di servizi sui dati territoriali.

E' inoltre garantita la creazione di metadati sui dati territoriali ed i servizi ad essi legati.

2.2. ESDI ed NSDI

Come anticipato nel precedente paragrafo, l'infrastruttura ESDI è realizzata dallo sforzo congiunto degli stati afferenti alla Comunità Europea, dove ogni stato costruisce un proprio NSDI.

Un NSDI è un'applicazione di Spatial Data Infrastructure (SDI); uno SDI permette la ricerca, il recupero e la valutazione di dati geografici da parte di enti governativi, commerciali, privati ed accademici. Non comprende solamente l'insieme di dati ed i servizi ad essi legati, ma anche tutte le infrastrutture legislative ed amministrative di coordinamento necessarie affinché lo SDI risulti effettivamente funzionale su tutti i livelli: locali, regionali, nazionali ed internazionali.

L'infrastruttura Europea ha il compito di fornire un'infrastruttura legislativa ed architetture al fine di armonizzare i vari SDI nazionali.

L'infrastruttura ESDI è genericamente denominata come Global Spatial Data Infrastructure (GSDI). A livello internazionale, oltre ad ESDI di INSPIRE, esistono le seguenti infrastrutture GSDI:

- NSDI, USA,
- SNIG, Portogallo,
- ASDI, Australia,
- NaLIS, Malesia,
- NSIF, sud Africa.

2.3. Inquadramento Europeo

Per avere un quadro generale sullo stato dell'arte degli NSDI negli stati dell'Unione Europea, si può far riferimento al documento di valutazione "Spatial Data Infrastructure in Europe: state of play, Spring 2004" (Jos Van Orshoven, 2004).

Il rapporto divide i 32 stati² in due tipologie a seconda che il ruolo di coordinatore del NSDI sia rivestito dal National Mapping Agency (NMA, da non confondere con il Produttore Nazionale di Dati, NDP), oppure da un ministero o dipartimenti amministrativi. Di questi stati, sono stati valutati un insieme di portali web da cui è stata estratta una lista di dataset seguendo cinque temi prioritari:

- 1) Trasporti,
- 2) Idrografia,
- 3) Elevazione,
- 4) Catasto,
- 5) Indirizzi.

I criteri di scelta dei dataset candidati all'inclusione all'interno di INSPIRE (ed all'uso nella valutazione del documento), si basano su:

- 1) disponibilità ed accessibilità dei metadati;
- 2) copertura del territorio nazionale;
- 3) dettaglio spaziale (un intervallo di scale fra 1:10.000 e 1:50.000);
- 4) carattere analitico.

L'esame effettuato sulle infrastrutture nazionali, ha rivelato alcuni casi in cui i contenuti degli SDI regionali risultano molto più accurati di quelli dello NSDI³; in simili situazioni sono stati considerati gli SDI.

Il rapporto è composto da due tabelle (Jos Van Orshoven, 2011)., una rappresenta la situazione nel 2011, mentre la seconda evidenzia i miglioramenti fatti dagli stati membri dall'ultimo rapporto risalente al 2010.

Comparando le due tabelle (limitando l'analisi ai 15 stati membri), si nota omogeneità a livello di organizzazione e coordinamento fra i vari livelli, in quanto tutti gli stati hanno mediamente una situazione conforme alla proposta INSPIRE.

Per quanto riguarda le leggi sulla protezione dei dati e privacy si ha una situazione mediocre che, nell'arco di un anno (fra il 2010 e 2011), non è migliorata.

² 15 Stati membri; 10 nuovi membri; 3 stati candidati; 4 stati appartenenti alla EFTA (European Free Trade Association, composta da: Svizzera, Norvegia, Islanda e Liechtenstein).

³ Spagna e Belgio

Miglioramenti sostanziali sono stati fatti nell'ambito tecnico legato ai dati, mentre nei settori relativi alla qualità dei metadati, all'accessibilità dei dati e dell'armonizzazione degli NSDI, la situazione è pressoché stazionaria.

2.3.1.GMES/FedEO

Il programma Global Monitoring for Environment and Security (GMES) è promosso dalla Comunità Europea e dall'Agenzia Spaziale Europea per collegare i provider di dati ed informazioni con gli utenti finali, così che l'informazione ambientale e quella relativa alla sicurezza possano meglio essere comprese e rese disponibili alle persone che ne hanno bisogno, tramite nuovi o potenziati servizi.

In questo contesto, si distinguono il progetto Heterogeneous Mission Accessibility - Interoperability (HMA-I), avviato durante la fase preparatoria di GMES dalle Agenzie Spaziali Europea e Canadese, che hanno identificato alcune missioni spaziali considerate capacità essenziali della Componente Spaziale di GMES (tra le altre, Cosmo Skymed, Radarsat-2, ecc.) e ne hanno definito i requisiti di interoperabilità. In particolare, HMA-I definisce l'architettura e gli standard di interoperabilità dei ground segment per consentire l'accesso ai dati in modo generale e indipendente dalla missione, includendo:

- Scoperta di servizi e collezioni;
- Interrogazione di cataloghi;
- Programmazione e ordini;
- Analisi di fattibilità di missione;
- Accesso online ai dati.

Più recentemente, l'Agenzia Spaziale Europea, insieme ad altre agenzie spaziali nazionali (ASI, CNES, CSA, DLR), utenti (EUSC) e altri membri dell'OGC (tra cui IMAA-CNR) ha promosso il Federated Earth Observation Missions Pilot (FedEO), un'ampia piattaforma internazionale per la prototipazione operativa e la dimostrazione di requisiti e protocolli di Osservazione della Terra.

FedEO testerà e valuterà le specifiche OGC in un contesto industriale e fornirà feedback sulle loro capacità di migliorare l'accesso e le applicazioni di dati e servizi per l'Osservazione della Terra. In particolare, FedEO offrirà supporto a servizi persistenti e un ambiente di dimostrazione e test di protocolli basato sul Service Support Environment di ESA.

FedEO sarà focalizzato sul migliorare i seguenti servizi:

- Ricerca in cataloghi di collezioni e servizi;
- Servizi di ricerca in cataloghi;
- Programmazione satellitare e ordini di prodotti;
- Accesso a dati online;
- Trasmissione multicast da satellite;
- Servizi di riproiezione e ortorettifica;
- Concatenazione di servizi.

2.4. Il contesto Italiano

I maggiori produttori di informazione geografica italiana (NDP) sono:

- L'Agenzia del Territorio (Ministero delle Finanze): nata all'interno della riforma del Ministero dell'Economia e delle Finanze. Ha il compito di assicurare al cittadino ed agli enti pubblici e privati, una corretta ed efficace gestione dell'anagrafe dei beni immobiliari attraverso l'offerta di servizi relativi al catasto, alla pubblicità immobiliare ed alla cartografia.
- Istituto Geografico Militare: ha il compito di fornire supporto geotopografico alle Unità e Comandi dell'Esercito Italiano oltre che svolgere la funzione di Ente Cartografico di Stato (relativo alle terre emerse).
- Istituto Idrografico della Marina: ente della Marina Militare, ha il compito di eseguire il rilievo sistematico dei mari al fine di produrre la documentazione nautica ufficiale e diffondere l'informazione nautica, per la sicurezza della navigazione e la salvaguardia della vita umana in mare.
- Centro Informazioni Geotopografiche Aeronautiche: soddisfa sia la necessità degli utenti dell'Aeronautica Militare sia quelle delle altre Forze Armate e, nei limiti delle leggi e dei regolamenti in vigore, le necessità civili della Nazione.

Per quanto concerne le altre informazioni territoriali, si fa riferimento agli organi amministrativi delle Regioni, Province e Comuni. Su questo sfondo si muove Intesa GIS⁴, l'intesa fra Stato, Regioni e Province per i sistemi informativi geografici. Intesa GIS è stata approvata dalla Conferenza Stato Regioni e Province Autonome nella seduta del 26 settembre 1996 e coinvolge diverse Amministrazioni Centrali ed organismi statali, come il Centro Nazionale per la Pubblica Amministrazione

⁴ Intesa GIS non è una legge.

(CNIPA), i Comuni (ANCI) e Province (UPI)⁵.

L'obiettivo di Intesa GIS è "lo sviluppo di interventi coordinati per realizzare in Italia entro 6-8 anni le basi informative territoriali gestite su elaboratore a copertura dell'intero territorio nazionale, necessarie per l'esercizio delle funzioni di interesse locale, regionale e nazionale".

Questo si traduce nella produzione di specifiche tecniche comuni, produzione di dati compatibili con le specifiche e la messa in opera di attività finalizzate a rendere pubbliche informazioni geografiche tramite la produzione di cataloghi cartografici.

L'infrastruttura di rete è pensata in modo da poter scambiare dati geografici fra il nodo centrale, National Digital Mapping Portal (NDMP, un portale web), ed i nodi periferici della rete, le amministrazioni federate.

Lo NDMP mantiene gli strati di informazioni nazionali relativi al sistema di riferimento cartografico, mentre le amministrazioni federate offrono informazioni locali presenti nei loro archivi.

A livello italiano il sistema di riferimento cartografico è detenuto dal Portale Cartografico Nazionale (per opera del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio MATT) (Portale Cartografico Italiano www.pcn.minambiente.it/GN/) mentre la costruzione dei livelli base delle mappe topografiche, basata sulle sorgenti regionali, locali e sui cataloghi di metadati, è affidata al Centro Interregionale di coordinamento e documentazione per le informazioni territoriali (Centro Interregionale).

Facendo riferimento ad alcuni temi su cui si basa il rapporto di valutazione degli NSDI Europei (Building Block) (Vanden Brouke, 2011), si notano i seguenti fatti:

- non si ha nessuna informazione per quanto riguarda la qualità dei dati di riferimento e dei dati tematici. Intesa GIS ha preparato delle specifiche tecniche (Capitolato tecnico) perché siano adottate da tutte le autorità pubbliche; alcune regioni utilizzano già tali specifiche (ad es. la Puglia).
- le linee guida per l'interoperabilità dei dati iniziano a seguire quelle dettate dallo standard ISO 19111⁶ ed dal consorzio OpenGIS. Nella maggior parte dei casi, per il trasferimento dei dati sono utilizzati formati proprietari pubblici (come shape file di ESRI o DWG di AutoCAD), malgrado Intesa GIS stia spingendo verso il formato di codifica open introdotto dal consorzio OpenGIS: GML.
- l'italiano costituisce prevalentemente l'unica lingua in cui è presentata la

⁵ Inoltre, Regioni e province Autonome, Comunità Montane (UNCCEM) e le Aziende per la gestione dei pubblici servizi (Confservizi).

⁶ ISO19111 definisce lo schema concettuale per la descrizione di riferimenti spaziali tramite coordinate.

documentazione degli SDI. Solo alcuni portali supportano documentazione in più lingue (l'unico esempio in tal senso è costituito dal sito delle rete civica dell'Alto Adige che offre contenuti in inglese, tedesco, italiano e francese e ladino (Rete civica dell'Alto Adige).

- i metadati ISO 19115⁷ sono quasi assenti e se esistenti, sono molto eterogenei nel formato e nella qualità (un esempio interessante è costituito dal sito della regione Emilia-Romagna (Portale regione Emilia-Romagna).

Servizi di accesso a metadati fanno riferimento ai seguenti siti:

- Portale Cartografico Nazionale (Portale Cartografico Italiano www.pcn.minambiente.it/GN/);
- Centro Interregionale (Centro Interregionale, <http://www.centrointerregionale-gis.it.>);
- Portale della regione Emilia-Romagna basato sul software ArcIMS;
- sito delle rete civica dell'Alto Adige, Ufficio informatica geografica e statistica (Rete civica dell'Alto Adige, Ufficio informatica geografica e statistica).

2.4.1. CNIPA

L'art. 59 del Codice dell'Amministrazione Digitale (D.Lgs 7 marzo 2005, n. 82), dedicato ai dati territoriali, ha istituito il Comitato per le regole tecniche sui dati territoriali delle pubbliche amministrazioni, con specifici compiti in materia. Con lo stesso articolo è stato istituito, presso il Comitato per le regole tecniche sui dati territoriali delle pubbliche amministrazioni (CNIPA), il Repertorio nazionale dei dati territoriali quale punto di riferimento e di raccordo per agevolare la conoscenza dei dati di interesse generale disponibili presso le pubbliche amministrazioni.

Il Comitato ha il compito di definire le regole tecniche per la realizzazione delle basi dei dati territoriali, la documentazione, la fruibilità e lo scambio dei dati stessi tra le pubbliche amministrazioni centrali e locali in coerenza con le disposizioni del sistema pubblico di connettività. A tal fine propone le regole tecniche sul repertorio nazionale dei dati territoriali e per la formazione delle basi dati territoriali delle singole amministrazioni, nonché alla definizione delle regole tecnico-economiche per l'utilizzo dei dati in questione tra le pubbliche amministrazioni centrali e locali e da

⁷ ISO19115 definisce i Metadati, fa parte degli standard prodotti da ISO/TC211 e definisce gli schemi necessari per descrivere le informazioni geografiche ed i servizi, e fornisce informazioni relative all'identificazione, l'estensione, la qualità, gli schemi temporali e spaziali, i riferimenti spaziali e la distribuzione di dati geografici numerici.

parte dei privati.

Come specificato dal regolamento (DM 2 maggio 2006, n.237) di composizione e funzionamento, il Comitato si avvale del CNIPA per le attività di segreteria tecnica, nonché per compiti istruttori, di studio e di supporto tecnico scientifico.

Il Comitato opera attraverso Gruppi di Lavoro impegnati su temi specifici. Particolarmente rilevante ai fini della SDI del CNR è il Gruppo di Lavoro 5 - Infrastruttura nazionale dei dati territoriali, la cui responsabilità è dell'Istituto Geografico Militare (IGM).

2.4.2.Progetti in Italia

L'applicazione di metodi e tecnologie dell'informazione e della comunicazione all'informazione geospaziale è una disciplina recente denominata Geomatica, la cui crescente importanza è comprensibile, dato che si stima che circa il 90% di tutte le informazioni utilizzate dai governi abbiano caratteristiche o attributi geo-spaziali. Nell'ambito dei vari progetti italiani tale disciplina è utilizzata per la ricerca scientifica nel settore dell'Informatica per le Scienze della Terra e dello Spazio (Earth and Space Sciences Informatics: ESSI). Recentemente, sono nate Comunità ESSI in importanti Organizzazioni scientifiche quali: l'American Geophysics Union (AGU) e la European Geosciences Union (EGU). Nel mese di Marzo 2008 si è tenuto un importante summit per discutere un coordinamento tra le organizzazioni ESSI.

La ricerca in ambito ESSI ha evidenziato che l'informazione geospaziale ha una struttura ed una semantica complessa, che, specialmente nell'ambito delle tematiche di rischio e nel settore GMES, è fortemente dipendente dal tempo. Queste caratteristiche, insieme alla scala dei fenomeni cui si riferisce e, di conseguenza, alle grandi dimensioni tipiche dell'informazione geospaziale, implicano necessariamente una ampia eterogeneità di rappresentazione, di gestione e di utilizzo.

Per facilitare la disponibilità, l'accesso e l'interoperabilità dell'informazione geospaziale su ampia scala, la ricerca attuale si è orientata verso architetture di servizi basate su tecnologie Web e codifiche basate su modelli di dati semi-strutturati. Tuttavia, fino ad adesso, i dati di Scienze della Terra e dello Spazio, sono stati scarsamente presi in considerazione, privilegiando, invece, i dati di gestione del territorio

tradizionalmente piu' vicini ad una gestione online. Analogamente, le applicazioni in tempo-reale o quasi reale, tipiche del settore GMES (Global Monitoring for Environment and Security), sono state limitate dalla scarsa qualità di servizio delle infrastrutture di comunicazione e dalla potenza di calcolo effettivamente disponibile.

I seguenti paragrafi descrivono, brevemente, alcuni rilevanti attività di standardizzazione e sperimentazione a cui il presente documento fa riferimento.

In Italia, oltre ad Intesa GIS, esistono vari progetti laterali in ambito GIS, uno di questi è il progetto SIGMA TER (Servizi Integrati catastali per il Monitoraggio Amministrativo Territoriale, Σ^3).

Il progetto SIGMA TER propone la costruzione di un'infrastruttura informatica che consenta l'interscambio di informazioni catastali e territoriali fra "Regione - Agenzia del Territorio" e "Regione – Enti Locali" ("SIGMA TER, Servizi Integrati catastali per il Monitoraggio Amministrativo Territoriale, Σ^3 ").

Prevede inoltre allo sviluppo di un ampio numero di servizi, basati sui dati catastali e territoriali, rivolti sia ai singoli cittadini che alle imprese.

Il ruolo dell'Agenzia del Territorio sarà di realizzare la componente d'interscambio e revisione dei dati (servizi infrastrutturali), mentre le regioni andranno a sviluppare applicazioni destinate all'interazione con la componente d'interscambio (servizi orientati all'utenza finale).

2.5. Nel resto del mondo: GEOSS

GEOSS è un "sistema di sistemi", composto da sistemi per l'Osservazione della Terra, sistemi di raccolta di dati primari georiferiti e sistemi per la creazione e distribuzione di prodotti di geoinformazione. Nonostante tutti i sistemi facenti parte di GEOSS potranno continuare ad operare entro i loro mandati, essi potranno influenzarsi a vicenda in modo che GEOSS diventi molto di più che la somma dei sistemi elementari. Questa sinergia si svilupperà via via che ogni membro di GEOSS supporterà gli accordi comuni, progettati per facilitare gli accessi alle osservazioni e ai prodotti condivisi e per renderli più comparabili e comprensibili.

Come dichiarato nei GEOSS Data Sharing Principles: "Ci sarà un ampio e aperto scambio di dati, metadati e prodotti entro GEOSS, nel rispetto delle politiche e delle norme nazionali e internazionali. Tutti i dati, metadati e prodotti saranno disponibili con un

minimo tempo di ritardo e ad un costo minimo. Tutti i dati, metadati e prodotti ai fini di insegnamento e ricerca saranno possibilmente resi disponibili senza costo o al solo costo di riproduzione”.

GEOSS si concentrerà soprattutto su problemi a scala regionale e globale e su applicazioni inter-settoriali, ma faciliterà anche l’operatività e il miglioramento di sistemi per l’Osservazione della Terra focalizzati su bisogni nazionali, locali e di settori specifici. In questo contesto, gli ingenti investimenti globali hanno già dato dei sostanziali benefici sociali, ma tali benefici saranno aumentati tramite le azioni collettive rese possibili da GEOSS.

Al momento, l’implementazione di GEOSS si concentra su nove aree di beneficio per la società umana:

- Mitigazione e gestione dei disastri
- Sanità
- Energia
- Cambiamento climatico
- Acqua
- Previsioni meteorologiche
- Ecosistemi
- Agricoltura
- Biodiversità

Il successo di GEOSS dipenderà dalla cooperazione dei fornitori di dati ed informazioni nell’accettare e implementare un set di accordi d’interoperabilità, includenti specifiche tecniche per la raccolta, l’elaborazione, l’immagazzinamento e la diffusione di dati, metadati e prodotti condivisi. L’interoperabilità di GEOSS sarà basata su standard non proprietari, con preferenza per standard de iure internazionali. L’interoperabilità sarà focalizzata sulle interfacce, definendo solamente come i componenti dei sistemi si interfacciano tra di loro e quindi minimizzando ogni impatto su sistemi influenzati, a parte per l’interfacce con l’architettura condivisa.

Infatti, GEOSS è un sistema confederato che diventerà progressivamente più potente, via via che i membri di GEO e le organizzazioni partecipanti collegheranno i propri componenti in GEOSS (GEO di per sé non gestisce nessuno dei componenti di GEOSS, a parte il sito web ed alcuni servizi amministrativi). I componenti che sono stati già aggiunti dai membri di GEO e dalle organizzazioni partecipanti possono essere raggruppati nelle seguenti categorie:

- Componenti per acquisire osservazioni: basati su sistemi preesistenti locali, nazionali, regionali e globali, da potenziare come richiesto dai nuovi sistemi di osservazione;
- Componenti per processare dati in informazione utilizzabile: i quali forniscono il valore aggiunto dalle tecniche di modellazione, integrazione e assimilazione come input ai sistemi di supporto decisionale, come richiesto in risposta ai bisogni sociali;

Componenti richiesti per scambiare e diffondere dati e informazioni osservabili: includendo la gestione, l'accesso e l'archiviazione di dati e altre risorse.

2.6. *In Sintesi*

Il sorgere di questi progetti ed iniziative nasce dalla presa di coscienza, da parte di enti governativi, che le informazioni territoriali sono di fondamentale importanza per una corretta amministrazione del territorio. Tale necessità ha portato a focalizzare gli sforzi per migliorare la qualità dei dati e dei servizi ad essi legati al fine di costruire un'infrastruttura flessibile che permetta l'accesso alle informazioni territoriali in modo semplice, immediato ed omogeneo.

Il panorama italiano, come quello europeo, come quello mondiale mostrano che questi sforzi stanno producendo risultati, anche se in maniera lenta ma progressiva.

Capitolo 3. Gli Open Standard

3.1. *L'Open Geospatial Consortium (OGC)*

A seguito di quanto detto nel capitolo precedente, la direttiva INSPIRE non fornisce raccomandazioni di tipo implementative, tanto meno specifiche riguardanti determinate piattaforme o tecnologie di sviluppo da utilizzare; al contrario, Intesa GIS indirizza verso le specifiche OpenGIS (OpenGIS, 2002) per raggiungere il grado di interoperabilità ed integrazione richiesto da INSPIRE.

Open Geospatial Consortium (OpenGIS) OGC è un'organizzazione internazionale, composto da oltre 250 membri fra aziende ed enti del settore GIS, che ha come obiettivo la definizione di un insieme di raccomandazioni e specifiche tecniche per i servizi geospaziali e di localizzazione (location based) per massimizzare lo sfruttamento di dati territoriali, in particolare per lo scambio di dati e per la realizzazione di servizi in ambiente distribuito.

OGC lavora, attraverso programmi definiti dai propri membri, a stretto contatto con i governi, l'industria privata, e l'università per creare interfacce di programmazione di applicazioni softwareGIS che siano "aperte ed estensibili". Le specifiche definite da OGC sono pubbliche e disponibili gratuitamente.

Nell'ambito di INSPIRE è spesso sottolineata la necessità di interfacce comuni e di interoperabilità; questo è lo scopo primario di OGC: sviluppare e promuove interfacce comuni ed aperte che permettano l'integrazione e la cooperazione fra sistemi eterogenei via Web.

In prima analisi, il compito del consorzio OpenGIS è di sviluppare Open Standard che permettano l'interoperabilità tra i GIS commerciali e non⁸.

Uno standard è indicato come open (secondo OpenGIS) se:

- è creato in un processo internazionale ed aperto a cui partecipano varie aziende, quindi uno standard non proprietario;
- non è sottoposto a diritti di autore od a forme di royalty;
- l'accesso alle specifiche è consentito gratuitamente e pubblicamente;

⁸ Gli Open Standard oggi sono molto diffusi anche da software GIS non commerciali

- è privo di discriminazioni verso persone o gruppi;
- le specifiche sono indipendenti dalle tecnologie di implementazione.

Attenzione a non confondere Open Source con Open Standard: la dicitura Open Source indica che il codice prodotto deve rimanere di pubblico dominio. Il fine di un Open Standard è di far interoperare vari prodotti, commerciali e Open Source.

L'uso di interfacce, conformi alle specifiche OGC, significa semplificare attività come:

- ricerca di dati, ignorando la loro posizione fisica;
- integrazione, combinazione ed uso di informazioni spaziali provenienti da sorgenti eterogenee;
- effettuare sovrapposizione, di dati spaziali aventi sistemi di riferimento diversi;
- permettere operazioni distribuite su dati distribuiti;
- lavorare in un ambiente indipendente dalla piattaforma, open platform.

La possibilità di usufruire di un open platform è data dall'uso di interfacce open definite tramite le specifiche OGC.

L'ideazione, lo sviluppo, l'armonizzazione ed il mantenimento delle interfacce, è formalizzato dal consorzio attraverso un insieme di documenti, detti specifiche:

- **Abstract Specification** (AS), composto da due modelli: il **modello essenziale** (essential model) che stabilisce un collegamento concettuale fra il software ed il mondo reale. Il **modello astratto**, (abstract model) che descrive il software indipendentemente dall'implementazione. La specifica astratta è composta da un insieme di argomenti, topics, (fra loro correlati) che definiscono l'architettura di base ed il comportamento delle interfacce. Ne segue che tutte le interfacce ed i protocolli sviluppati, fanno riferimento ai concetti fondamentali descritti nella specifica in modo da risultare interoperabili fra loro. La AS definisce modelli di riferimento per lo sviluppo delle specifiche di implementazione OpenGIS (Implementation Specifications).
- **Implementation Specification** (IS), queste specifiche sono indirizzate ad un "pubblico" tecnico (produttori di software) in quanto definiscono la struttura delle interfacce fra componenti software, secondo quanto stabilito nelle specifiche AS.

Il ciclo di vita delle specifiche è formalizzato dai seguenti documenti⁹:

- **Discussion Paper**, il suo scopo è di creare una discussione nell'ambiente dell'informazione geospaziale su argomenti specifici. Questi documenti non riflettono la posizione ufficiale del consorzio.

⁹ Ne vengono riportati solo alcuni, per la lista completa, consultare <http://www.opengeospatial.org/>.

- **Raccomandation Paper**, contiene una discussione su tecnologie da rilasciare al pubblico. Questi documenti riflettono la posizione ufficiale del consorzio.
- **Request for Comments (RFC)**, contengono tutte le proposte candidate a divenire IS. Su tali proposte sono richiesti commenti da parte dei membri del consorzio.

L'elaborazione dei documenti e delle specifiche è effettuata dai membri del consorzio, divisi in tre gruppi, detti comitati:

- Il **Technical Committee**, si occupa di coordinare lo sviluppo e la modifica delle AS oltre che a coordinare lo sviluppo e l'adozione delle IS. E' diviso in gruppi di lavoro (Working Group, WG), dove ognuno si occupa di sviluppare specifiche di implementazione per vari temi (CAD, metadati, linguaggi di interrogazione, sistemi di riferimento, ...). È compito dei gruppi di lavoro proporre le richieste RFC.
- **Planning Committee (PC)**, ha il compito di:
 1. approvare le raccomandazioni per l'adozione ed il rilascio di specifiche da parte del comitato tecnico, TC;
 2. accettare le specifiche candidate a divenire IS, proposte dal TC;
 3. valutare, ed eventualmente adottare, le revisioni eseguite dal TC sulle IS adottate (Adopted Implementation Specification).
- **Strategic Management Advisory Committee (SMAC)**, permette ai membri di partecipare ai processi strategici di pianificazione del consorzio e di sostenere le operazioni necessarie al raggiungimento della missione del consorzio. Questo comitato lavora in parallelo con il TC ed il PC.

Il fatto che un produttore assicuri che il suo software sia conforme alle specifiche OpenGIS¹⁰ significa che supporta l'accesso trasparente a dati geospaziali ed a risorse di geoprocessing distribuite in un ambiente di rete. Perché un software sia considerato conforme deve superare dei processi di test relativi alle rispettive specifiche; il programma Conformance Testing & Interoperability Evaluation descrive tale processo di attestazione di conformità. Se un prodotto software implementa le specifiche OpenGIS, non implica che sia conforme alle specifiche che implementa.

Riassumendo, OpenGIS definisce un insieme di Open Standard, non proprietari e soggetti a revisione; tali standard operano su un'infrastruttura architetturale che consiste in un modello tecnico di riferimento, un insieme di componenti standard, specifiche

¹⁰ I marchi OpenGIS®, Open GIS® e open GIS™ sono registrati in modo da proteggere legalmente gli standard.

e relazioni fra i vari elementi dell'architettura (secondo quanto definito nella AS).

Il consorzio si “limita” ad organizzare standard riconosciuti con specifiche guida e promuoverne l'adozione; per questo, OGC può essere paragonato al World Wide Web Consortium (W3C) od al Internet Engineering Task Force (IETF).

Il compito di definire standard nel campo dell'informazione spaziale digitale è della commissione TC211 dello International Standards Organization, ISO/TC211. La commissione stabilisce un insieme strutturato di standard¹¹ (internazionali) relativi ad oggetti e fenomeni associabili direttamente od indirettamente al territorio. Tali standard specificano, per l'informazione geografica, metodi, strumenti e servizi per la gestione dei dati.

Esiste una stretta collaborazione fra ISO/TC211 e OGC (spesso le persone coinvolte sono le stesse) in modo tale che il lavoro dei due gruppi sia coerente; molte specifiche OGC sono divenute standard ISO o sono in attesa di esse approvate.

3.2. Le Specifiche di Implementazione usate nel progetto

Il consorzio OGC ha definito molte specifiche di implementazione: si accennerà solo a quelle implementate ed usate nel progetto di ricerca inerenti al linguaggio di codifica dei dati vettoriali (GML), ai servizi per lo scambio di dati (*Web Feature Service*, *Web coverage Service* e *Web Map Service*) e di interrogazione sui metadati (*Catalog Service*). Questi quattro servizi sono generalmente riferiti come “OGC Web Service, OWS”.

3.3. Cenni sul Geographic Markup Language

Fino a qualche tempo fa, per poter utilizzare dati geospaziali, era di rilevante importanza conoscerne il formato: in base all'applicazione con cui erano stati codificati si avevano diversi formati proprietari (SHAPE, DXF, MDB, ...). Questo comporta dei problemi al momento in cui nasce una forte necessità di interscambio di dati e di elaborazione su insiemi di dati, codificati in formati eterogenei.

Uno dei capisaldi dell'opera di armonizzazione iniziata da OGC, consiste nella creazione di un linguaggio *open* per descrivere i dati geospaziali, che:

¹¹ Attraverso i progetti definiti dai documenti ISO: ISO 6709 e da ISO19101 sino a ISO19143.

- separi contenuto e rappresentazione;
- sia sufficientemente estendibile per supportare vari scenari di rappresentazione;
- permetta una codifica efficiente per le geometrie;
- sia pensato per lo scambio e la memorizzazione delle informazioni spaziali ed in ambienti Internet;
- permetta una semplice integrazione fra sorgenti di dati geospaziali e non (specialmente per dati rappresentati in XML);
- fornisca un insieme comune di oggetti geografici per la modellazione al fine di ottenere interoperabilità ed indipendenza dalle applicazioni.

Il lavoro ha portato alla definizione di un dialetto XML, chiamato **Geographic MarkupLanguage** (GML), specifico per le informazioni geospaziali.

GML basa la rappresentazione dei dati geospaziali definendo un'unità fondamentale dell'informazione geospaziale: **feature**. Nella AS relativa a GML (Cliff Kottman et al., 2009), è definita come “un’astrazione di un fenomeno o entità del mondo reale”, mentre una geographic feature è una feature associata ad una locazione relativa al territorio.

3.4. Introduzione a OpenGIS Web Service

I servizi OpenGIS Web Service (OWS), o servizi OGC, sono di rilevante importanza per l'interoperabilità fra sistemi GIS; con interoperabilità si indica la “capacità di sistemi eterogenei di scambiarsi dati ed istruzioni in tempo reale e di fornire servizi”.

Un servizio OGC è composto da un insieme d'operazioni che ne compongono l'interfaccia (Fig 2). Un servizio comunica con un client attraverso un protocollo di rete che trasporta le richieste per accedere alle operazioni.

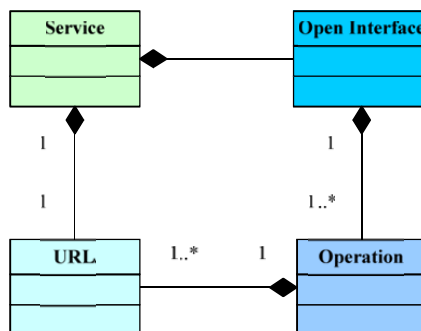


Fig. 2 Elementi che compongono un servizio OWS.

HTTP-GET e/o HTTP-POST In base a quale metodo si utilizzi, cambia la composizione della URL:

- **HTTP-GET:** la richiesta per invocare l'operazione è costruita nella URL secondo la codifica KVP (*key value pair*). All'indirizzo del servizio è appesa una stringa che inizia con il carattere "?" seguito da un insieme di coppie <chiave,valore> delimitate dal carattere "&". Si avrà quindi una URL composta da protocollo://host[:porta]/percorso?{key[=value]&}. Ad esempio: `http://webgisserver.istito.cnr.it/mypath/dosomething.php?key1=value1&...`
- **HTTP-POST:** il metodo POST è utilizzato in prevalenza, quando si vuol mandare dati contenuti in una form HTML oppure per scavalcare le limitazioni sulle richieste HTTP-GET poste dai web server; i dati sono incapsulati all'interno del entity body della richiesta HTTP.

Il servizio risponde con un documento contenente ciò che è stato richiesto (accompagnato sempre dal tipo MIME) oppure con un'eccezione se, ad esempio, il contenuto della richiesta inviata non è valido per l'istanza di servizio.

Come detto, un servizio espone un insieme di operazioni ma secondo il diagramma dell'architettura dei servizi OWS (Fig. 3), una è comune a tutti: **GetCapabilities**, che restituisce al chiamante un documento che descrive le "capacità" dei servizi OGC.

3.4.1. Il Documento delle Capacità di un OWS

La richiesta *GetCapabilities* permette di recuperare il documento dei metadati (meta informazioni) che descrivono la capacità di un server che implementa un servizio OWS; i metadati rendono il server OWS parzialmente auto descrittivo.

Ogni servizio ha una versione che fa riferimento alla revisione della rispettiva specifica di implementazione; quando viene effettuata la richiesta al server OWS, questi confronta la versione specificata nella richiesta con la propria. Se le due versioni non coincidono, è intrapresa una negoziazione secondo versioni alternative; OGC incoraggia implementazioni di più versioni della stessa specifica.

Il documento delle capacità è codificato in XML secondo un appropriato schema XML definito da OGC; il documento delle capacità è diviso in quattro sezioni che ogni istanza di OWS deve avere:

ServiceIdentification: contiene metadati relativi al servizio, alcuni elementi sono descritti nella Tab. 1;

ServiceProvider: riporta informazioni generiche sul gestore del server ove risiede il servizio OWS (istanza di servizio), come: nome del contatto, recapiti del provider. ecc. ;

OperationsMetadata: per ogni operazione sono definiti l'insieme di URL ed i rispettivi protocolli per invocarle. Un'operazione può essere resa disponibile su altri server e tramite più protocolli, ad esempio HTTP e SOAP (Fig. 2);

Content: contenuti specifici del dominio del servizio OWS.

Nei paragrafi successivi saranno presentati i servizi OGC presi in esame in questo lavoro di tesi ed i dettagli più importanti delle rispettive specifiche.

Metadati	Descrizione
<i>Name</i>	Nome assegnato all'istanza del OWS.
<i>Title</i>	Titolo rivolto all'utenza umana per identificare il servizio.
<i>Abstract</i>	Descrizione narrativa del servizio.
<i>KeywordList</i>	Parole chiavi utili a fini di ricerca nel catalogo dei servizi.
<i>OnlineResource</i>	URL HTTP di livello superiore del servizio: tipicamente il portale relativo al sito Internet che ospita servizio o dell'azienda proprietaria.
<i>ContactInformation</i>	Informazioni riguardanti una persona fisica che riveste il ruolo di contatto.
<i>Fees</i>	Indica il costo di utilizzo del servizio oppure per il recupero dati. Se il valore è "NONE" significa che non esiste nessuna forma di pagamento.
<i>AccessConstraints</i>	Descrive le restrizione imposta dal gestore del servizio. Se il valore è "NONE" significa che non esiste alcuna restrizione.

Tab. 1

Alcuni metadati relativi alla sezione ServiceIdentification.

3.4.2. Web Map Service (WMS)

Un WMS produce mappe da dati georeferenziati; una **mappa** è "una rappresentazione visiva dei dati" e non i dati stessi. Tipicamente una mappa è rappresentata da un WMS in vari formati raster (come JPEG, GIF e PNG¹²) e alcuni WMS sono in grado di restituire mappe in formato vettoriale come Scalable Vector Graphic (SVG) e Web Computer Graphic Metafile (WebCGM).

Un WMS permette di personalizzare una mappa includendo nella richiesta i seguenti parametri:

- informazioni da mostrare nella mappa, uno o più layer;
- stile di visualizzazione da associare ai layer;
- porzione dei dati che costituiscono la mappa (estensione), *bounding box*;

¹² Joint Photographic Experts Group, Portable Network Graphics.

- sistema di riferimento spaziale delle coordinate (*Spatial Reference System*, SRS).

Il servizio WMS può fornire mappe sia in sistemi di riferimento proiettati che geografici;

- dimensioni, in pixel, della mappa specificando altezza e larghezza;
- sfondo trasparente.

Si possono identificare tre tipi di *Web Map Service*:

basic WMS: permette il semplice recupero di mappe da una banca dati a cui ha diretto accesso. Espone le seguenti operazioni:

- o *GetCapabilities* (obbligatorio): ottiene i metadati relativi al servizio;
- o *GetMap* (obbligatorio): restituisce la mappa richiesta;
- o *GetFeatureInfo* (opzionale): fornisce informazioni sui layer della mappa.

Cascading Web Map Server: funziona da centro di aggregazione di dati geospaziali provenienti da altri WMS. Rispetto agli altri WMS si comporta come un client, mentre rispetto ad un client funziona come un WMS standard. Questo modello è riferito come *chaining web service*, Fig. 4.

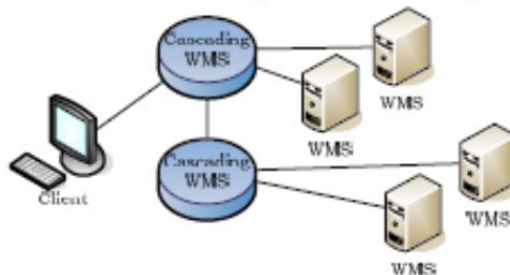


Fig. 4

Esempio di un Cascading WMS.

WMS con specifica *Styled Layer Descriptors* (SLD): un WMS semplice permette di utilizzare uno specifico stile di visualizzazione, per uno o più layer, scelto da un insieme predefinito. La specifica SLD si applica a quei WMS che si limitano a produrre mappe e non possiedono una propria banca dati. La mappa viene creata utilizzando i dati provenienti da un servizio OGC *Web Feature Service* e lo stile di visualizzazione applicato è definito dall'utente al momento della richiesta. Le operazioni disponibili sono:

- *DescribeLayer*: restituisce la feature type corrispondente al layer indicato;
- *GetLegendGraphic*: restituisce i simboli di legenda tramite una URL;

- *GetStyle*: utilizzato per recuperare stili definiti dall'utente dal WMS;
- *PutStyle*: utilizzato per memorizzare stili definiti dall'utente nel WMS.

3.4.2.1. Operazione GetCapabilities

La prima operazione di un *basic WMS* presa in esame è *GetCapabilities* che restituisce i metadati inerenti al servizio. La parte peculiare del servizio è quella delimitata dal tag XML <Capability>; al suo interno vi sono quattro sottosezioni:

1. **Request**: in cui sono definite le risorse per le operazioni del servizio; stando alla specifica per OWS, le operazioni possono essere disponibili presso altre URL e mediante protocolli distinti
2. **Exceptions**: al suo interno sono definiti i formati delle eccezioni restituite dal servizio in caso si verifichino degli errori.
3. **Layer**: insieme di elementi che rappresentano i layer disponibili per creare una mappa; l'inizio di una mappa è preannunciato dall'elemento <Layer> (secondo OGC, una mappa dovrebbe contenere almeno un layer). L'elemento <Layer> possiede sia proprietà sia attributi (Tab. 2), inoltre è possibile costruire una struttura gerarchica di layer con livelli di ereditarietà per alcune proprietà ed attributi. Una gerarchia di layer è detta **categoria** se l'elemento <Layer> radice ha la proprietà <Title>, ma non <Name>. Una categoria si limita a raggruppare layer con attributi e proprietà comuni. Un caso particolare di gerarchia si ha quando l'attributo <Name> è specificato, allora è possibile utilizzare l'intero insieme di layer specificando solo il nome della categoria (per un esempio di sezione <Layer>, vedere appendice A.1).
4. **Style**: all'interno di un elemento <Layer>, vi possono essere più stili (<Style>) di visualizzazione predefiniti e descritti in XML; uno stile contiene inoltre la URL alla legenda associata al layer. Se gli stili sono definiti per la radice di una gerarchia, allora i figli potranno ereditarli.

Metadati	Descrizione
<i>Name</i>	Identifica il layer all'interno del servizio.
<i>Title</i>	Titolo rivolto all'utenza umana per identificare il servizio.
<i>Abstract</i>	Si tratta di una descrizione narrativa del layer.
<i>KeywordList</i>	Delimita un insieme di termini chiavi utili alla ricerca all'interno del catalogo.
<i>SRS</i>	<i>Spatial Reference System</i> , indica il sistema di riferimento del layer.

<i>LatLonBoundingBox</i>	Definisce il <i>Minimum Bounding Box</i> , MBR (estensione), della mappa in EPSG:4326 ²⁴ (sistema di riferimento delle coordinate geografiche con datum WGS84).
<i>BoundingBox</i>	Per ogni layer vi può essere un insieme di elementi che definiscono lo MBR secondo un dato sistema di riferimento spaziale.
<i>MetadataUrl</i>	URL che punta alla definizione dei metadati, opzionale.
<i>Style</i>	Uno o più stili di visualizzazione utilizzabili per il layer
<i>FeatureListURL</i>	Definisce un collegamento ad una lista di feature rappresentate nel layer.

Tab. 2

Alcuni metadati relativi all'elemento layer.

3.4.2.2. Operazione GetMap

Per poter creare ed ottenere una mappa bisogna invocare l'operazione *GetMap*. L'invocazione comporta la specifica di tutti i parametri necessari alla definizione della mappa, oltre che ad esplicitare la versione dell'interfaccia che si intende utilizzare.

3.4.2.3. Operazione GetFeatureInfo

Si tratta di un'operazione opzionale e permette di ricevere informazioni sulla feature della mappa se il layer corrispondente è marcato come "interrogabile".

L'operazione consente di ottenere informazioni relative ad un punto indicato tramite le sue coordinate sulla mappa. La specifica da piena libertà su come e cosa il servizio deve restituire (Jeff de La Beaujardière, 2002). In generale è restituita un'immagine oppure una pagina HTML; l'oggetto restituito è accompagnato dal suo tipo MIME (Kris Kolodziej, 2003).

WMS è un protocollo *stateless* e quindi non tiene traccia delle mappe prodotte; l'esecuzione di un'operazione *GetFeatureInfo* richiede che ogni volta siano forniti i parametri necessari alla ricostruzione della mappa.

3.4.3. Web Coverage Service (WCS)

Estende l'interfaccia WMS per permettere l'accesso a coverage (DTM, DSM ecc.) geografici che rappresentano valori o proprietà di localizzazioni geografiche piuttosto che immagini generate da WMS.

3.4.4. Web Feature Service (WFS)

Un WFS è un'interfaccia per permettere ad un client di recuperare, interrogare e modificare dati geospaziali codificati in GML.

I WFS si dividono in due tipi:

- **Basic WFS:** permette il recupero e l'interrogazione delle feature. Espone le seguenti operazioni (oltre alla *GetCapabilities*):
 1. *DescribeFeatureType*: fornisce la descrizione di ogni feature type che il servizio espone;
 2. *GetFeature* (obbligatorio): consente di recuperare le feature codificate in GML.
- **Transaction WFS:** per la modifica di dati esistenti e l'inserimento di nuove feature (codificate in GML). Le operazioni disponibili sono:
 1. *Transaction*: per definire le operazioni di trasformazione sulle istanze di feature type.
 2. *LockFeature*: pone un blocco (effettuazione di un'operazione di *lock*) sulle istanze di feature type;
 3. *GetFeatureWithLock*: si comporta come l'operazione *GetFeature*, solo che il WFS pone un blocco sui dati richiesti.

3.4.4.1. Operazione GetCapabilities

In questo caso le sezioni peculiari relative al WFS sono due:

1. *FeatureTypeList*: riporta la lista delle feature type che l'istanza di servizio espone.
A differenza del servizio WMS, le feature type non sono strutturate secondo una gerarchia. In testa alla lista sono riportate le feature type e tutte le operazioni su di esse eseguibili, la specifica prevede inoltre che ad ogni feature type sia possibile assegnare operazioni specifiche. La Tab. 3 mostra alcuni metadati associati ad ogni feature type;
2. *FilterCapabilities*: Questa sezione non è obbligatoria e riporta un insieme di operazioni che il servizio supporta; tali operazioni, indicate dall'elemento `<Filter>`, sono definite in una specifica OGC (Panagiotis A. Vretanos. 2010). Si hanno principalmente tre tipi di operatori:
 1. Operatori Spaziali: permettono di esprimere condizioni in base alle relazioni spaziali che intercorrono fra le feature, come ad esempio intersezione e

contenimento. Degno di nota è l'operatore BBOX (*Bounding Box*) impiegato per definire una zona d'interesse rettangolare sui dati. Nonostante possa essere derivata dagli altri operatori, è stata implementata in quanto è di uso frequente in quanto aiuta a ridurre la mole di dati da trasferire;

2. Operatori di Confronto: utilizzati per costruire espressioni basate sugli attributi;
3. Operatori Logici AND, OR, NOT: permettono di comporre espressioni complesse combinando gli altri operatori.

La specifica prevede operatori aritmetici e la possibilità di invocare funzioni offerte dal server.

Elemento	Descrizione
<i>Name</i>	Nome qualificato da un namespace del feature type
<i>Title</i>	Titolo, leggibile da persone, per identificare la feature type
<i>Abstract</i>	Descrizione approfondita del feature type.
<i>Keyword</i>	Termini chiave utili per la ricerca all'interno del catalogo.
<i>SRS</i>	Indica il sistema di riferimento da utilizzare per esprimere lo stato della feature.
<i>Operation</i>	Contiene le operazioni supportate dalla singola feature.
<i>LatLongBoundingBox</i>	Indica il <i>bounding box</i> della feature type, espresso secondo il SRS.
<i>MetadataURL</i>	Ha cardinalità "0..*" e definisce un URL relativo ai metadati relativi ai dati geospaziali.

Tab. 3

Metadati relativi alle feature type elencate nel documento Capability per servizi WFS.

3.4.4.2. Operazione DescribeFeatureType

Genera lo application schema relativo alle feature type fornite dal WFS; nella richiesta vengono specificate di quali feature type si è interessati riceve lo schema XML.

3.4.4.3. Operazione GetFeature

Permette il recupero di un insieme feature offerte dal servizio WFS; nella richiesta oltre al nome della feature type (identificato dal tag XML <Name>) è possibile indicare il numero massimo di istanze di feature type da ricevere. Se è presente la sezione *FilterCapabilities*, sarà possibile indicare restrizioni sui dati. I dati restituiti, per questa versione del servizio WFS (v1.1.1), saranno resi in GML v2., 3.1 e 3.2 tramite il Geosever.

Nel caso di un *transaction WFS* è possibile effettuare modifiche alla base di dati; essendo in un ambiente distribuito e sottoposto a tempi di latenza dovuti al protocollo della piattaforma, è inevitabile l'insorgere di problemi di aggiornamento. Lo scenario più frequente prevede due client che aggiornano lo stesso insieme di feature in modo concorrente, portando quindi ad avere dati non consistenti. Un secondo scenario prevede un malfunzionamento sul server, dove risiede l'istanza di WFS, mentre è in esecuzione un insieme di operazioni di modifica sui dati

E quindi necessario un meccanismo che garantisca sia la **serializzabilità** che l'**affidabilità** delle operazioni sui dati.

L'**affidabilità** permette di prevenire il secondo scenario; si definisce il meccanismo delle transazioni come una sequenza di operazioni di lettura e scrittura che iniziano con l'operazione di *begin* e terminano con un'operazione di *commit* se la transazione è andata a buon fine, altrimenti con un'operazione di *rollback* per riportare la base di dati allo stato precedente all'inizio della sequenza di operazioni. La **serializzabilità** consente di poter eseguire transazioni intercalate come se avvenissero in modo sequenziale. Per introdurre questi meccanismi, la specifica relativa a WFS prevede le operazioni *LockFeature* e *Transaction*.

3.4.4.4. Operazione LockFeature

La strategia classica per implementare la serializzabilità delle transazioni è di permettere solo ad una transazione di modificare il proprio insieme di dati. Questo è realizzato ponendo un **blocco** sui dati; si tratta di una marcatura interpretabile dal DBMS. La specifica d'implementazione WFS prevede un **blocco a lungo termine** per ovviare a problemi di latenza della rete. La richiesta per l'operazione di *LockFeature* permette inoltre di definire un tempo di scadenza obbligatoria del blocco specificando nella richiesta il parametro EXPIRY seguito dal tempo espresso in minuti.

Il blocco sulle feature può essere posto in due modi:

- **esplicito**, definendo la lista di istanze di feature type da bloccare;
- **condizionale**, vengono bloccate tutte le feature che soddisfano le condizioni di un filtro (restrizione) specificato all'interno dell'elemento <Filter>.

Questi due metodi possono coesistere in una richiesta.

Il meccanismo della serializzabilità per servizi WFS prevede molti altri aspetti che esulano questo lavoro, per maggiori dettagli si rimanda a “Panagiotis A. Vretanos, Web

Feature Service Implementation Specification v1.1.1” disponibile tramite il portale del consorzio OpenGIS.

3.4.4.5. Operazione Transaction

Questa operazione permette di definire una transazione; è preceduta da un’operazione di *LockFeature* che restituisce l’identificatore di blocco, LOCKID su cui opera la transazione. Nella richiesta, oltre al parametro LOCKID, per ogni tipo di operazione saranno indicate le feature coinvolte.

Le sezioni, di una transazione, che definiscono le operazioni di modifica sono:

- **Insert:** contiene tutte le nuove feature da inserire; sono codificate in GML e devono essere validate tramite lo application schema relativo alla feature type, ottenuto tramite l’operazione *DescribeFeatureType*. L’operazione restituisce gli identificatori delle nuove feature secondo l’ordine di inserimento;
- **Update:** questa operazione è simile all’operazione SQL di *update* in quanto si specificano le proprietà da aggiornare (tramite <nomeProprietà, nuovoValore>, rispettando il tipo della proprietà) potendo utilizzare un’espressione condizionale espressa tramite l’elemento <Filter>;
- **Delete:** utilizza l’elemento <Filter> per eliminare le feature.

Alla fine della richiesta di transazione, è indicato come il blocco deve essere rilasciato; l’operazione di transazione restituisce un documento XML dove è riportato lo stato di successo ed informazioni aggiuntive nel caso siano state aggiunte nuove feature.

3.4.5.I Servizi di Catalogo

I servizi di catalogo permettono di recuperare dati geospaziali o servizi basandosi sui metadati che li descrivono (ad esempio i metadati identificati in XML con <Keyword> e <KeywordList>). OGC ha previsto rispettivamente due servizi:

- *Catalogue Service* (CAT),
- *Web Registry Service* (WRS).

3.4.5.1. Catalogue Service

Fornisce un'interfaccia per effettuare operazioni di accesso, manutenzione, ricerca e organizzazione su cataloghi di dati spaziali. L'interfaccia consente ad un utente (umano e software) di ricercare informazioni all'interno basi di dati remote e distribuite.

Secondo il modello dell'architettura di riferimento, Fig. 5, OGC CAT può fare richieste ad un altro OGC CAT (ricerca distribuita tramite interfaccia OGC) oppure verso un *metadata repository* (una base di metadati) tramite un'interfaccia proprietaria.

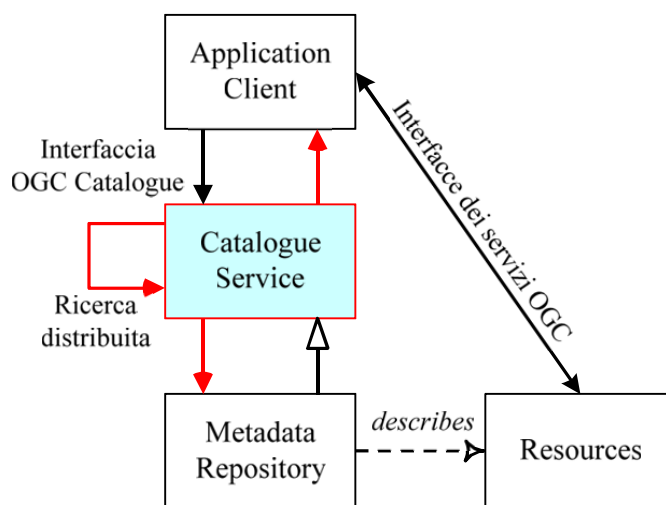


Fig. 5

Modello dell'architettura di riferimento per il servizio OGC Catalogue

Il servizio OGC CAT espone un proprio linguaggio di interrogazione, *OGC Common catalogue query language* (stile *SQL Select-From-Where*), per il recupero delle informazioni. Tale linguaggio costituisce un'astrazione per interrogare il repository, questo garantisce una sua libera implementazione.

Se l'interrogazione del catalogo riporta dati ritenuti utili, il client ottiene tutte le informazioni per raggiungere le risorse di cui ha bisogno; tali risorse sono altri servizi OGC che espongono l'interfaccia standard definita da OWS.

Il servizio è schematizzato, Fig. 6, mediante 4 classi che offrono le funzionalità necessarie al catalogo:

Discovery (obbligatorio): fornisce l'interfaccia necessaria alla ricerca di risorse all'interno del catalogo;

Session: permette di creare sessioni interattive fra i client e server;

BrokeredAccess: permette di richiedere una risorsa che è registrata all'interno del

catalogo ma non visibile all'utente;

Manager: permette di creare transazioni per effettuare operazioni di aggiornamento del catalogo.

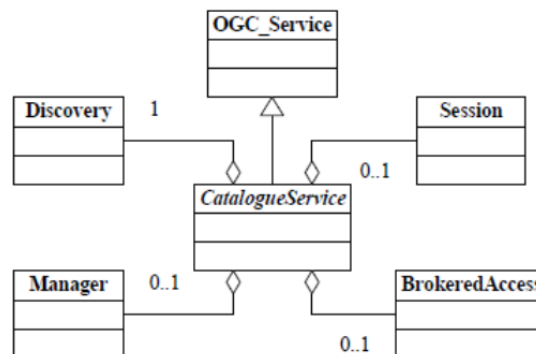


Fig. 6

Modello statico UML del OGC Catalogue Service.

3.4.5.2. Web Registry Service (WRS)

Il servizio WRS definisce un meccanismo per classificare, registrare, descrivere e mantenere informazioni riguardanti risorse basate sulla specifica OWS.

Questo servizio è proposto in un discussion paper del 20 febbraio 2001 (Lou Reich) di cui attualmente non esiste una specifica di implementazione.

Con l'emergere di nuove tecnologie, questo è comprensibile; esistono due discussion paper, uno del 2003 (Josh Lieberman et al., 2003) ed un secondo (2005) (Jérôme Sonnett, 2005) in cui è proposto l'adozione della specifica "Universal Description, Discovery and Integration" (UDDI), affrontata nel paragrafo 3.5.4.

3.5. Introduzione ai Web Service

Un'architettura consolidata per l'interoperabilità e l'integrazione di sistemi eterogenei, è costituita da *Service-Object Architecture* (SOA). Si tratta di un modello a componenti per mettere in relazione differenti unità funzionali, detti servizi, attraverso interfacce ben definite. Tali interfacce sono definite in maniera neutra ed indipendente dalla piattaforma hardware, dal sistema operativo e dal linguaggio di programmazione.

La **Web Service Architecture** (WSA) risulta essere un'architettura da utilizzare per raggiungere l'obiettivo di SOA.

WSA è composta da tre protocolli fondamentali (ma generici in quanto non legati a ciò che

esprimono) sviluppati da Microsoft ed IBM e soggetti a revisione da parte del consorzio W3C. Orizzontalmente, l'organizzazione *Web Service Interoperability Organization* (WS-I) ha il compito di organizzare, integrare, armonizzare e promuovere tale tecnologia.

Secondo la definizione data dal consorzio W3C, a livello concettuale, un web service è “un sistema software che consente un'interazione interoperabile fra macchine attraverso la rete ed ha un'interfaccia descritta in un formato processabile da una macchina (WSDL: *Web Service Description Language*). I sistemi interagiscono con un web service mediante messaggi descritti tramite una grammatica derivata da XML e tipicamente trasportati tramite HTTP ” (David Booth et al., 2004).

In seconda analisi si può affermare che un web service è un'interfaccia verso un insieme di funzionalità costituenti un **servizio** indirizzabile attraverso una URL http. Un servizio è una risorsa astratta che descrive la capacità di eseguire un insieme operazioni (Hugo Haas et al., 2004).

Ad un'interfaccia è associata una descrizione contenuta in un documento, *service description*, espresso in un linguaggio comprensibile dalle applicazioni. Si definisce inoltre la **semantica** di un web service come il comportamento che ci si aspetta dal servizio interagendo con esso. Esprime, quindi, l'effetto dell'invocazione del servizio. L'invocazione delle operazioni di un servizio e l'eventuale risposta, avvengono tramite messaggi codificati secondo un dato formalismo; attualmente i più usati sono i seguenti:

- *XML Remote Procedure Call* (XML-RPC),
- *Simple Object Access Protocol* (SOAP).

L'abbinamento di questi formati con l'uso di HTTP, come piattaforma distribuita, fa sì che i web service costituiscano una piattaforma *open* in quanto non vi è alcun legame né con un determinato sistema operativo né con i linguaggi di sviluppo.

Il comune uso della rete Internet prevede l'interazione fra un'entità server in grado di fornire contenuti ed un web browser capace di visualizzarli; questa è una visione del Web umano-centrica (*Human-Centric Web*). Nell'architettura web service si ha una visione *Application-Centric* del Web, dove lo scambio di contenuti avviene fra applicazioni.

Si può obiettare che la WSA non introduce alcuna innovazione in quanto da sempre si sono sviluppate soluzioni basate su CGI o Java Servlet per la condivisione di dati e procedure. Tali soluzioni, dette *Tight-Coupling*, in quanto sono caratterizzate da

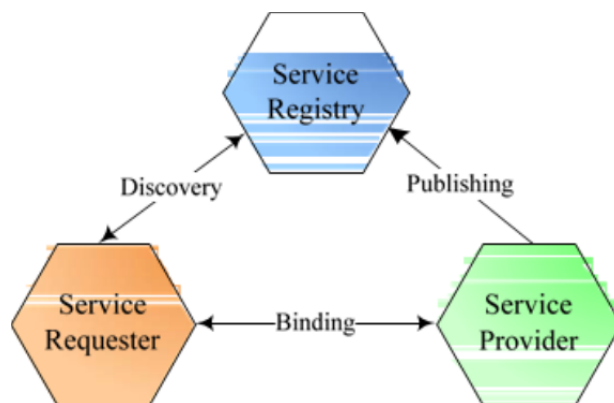
interfacce strettamente legate alle funzionalità realizzate. L'architettura web service offre un modello *loose coupling* capace di adattarsi alle evoluzioni delle tecnologie e delle infrastrutture utilizzate per realizzare i servizi.

Se si confronta l'architettura web service con quella consolidata di CORBA (od anche DCOM, EJB)¹³, vediamo che questi ultimi forniscono un'architettura orientata agli oggetti di tipo *Tight-Coupling* pensata per creare un ambiente di calcolo distribuito, mentre la tecnologia WSA è pensata per l'interoperabilità.

Nell'architettura web service, un servizio è una notazione astratta implementata da un **agente**, dove un agente è una porzione di software in grado di inviare e ricevere messaggi. Gli agenti vanno ad implementare le funzionalità che il servizio descrive; ne segue che due agenti distinti possono implementare uno stesso web service.

Lo scambio di messaggi, previsto dall'architettura, avviene fra gli attori descritti in Fig 7:

- **Service requester**: è un'entità (*requester entity*: un'applicazione od una persona) che utilizza le funzionalità del servizio¹⁴. Esso prevede un *requester agent* per lo scambio di messaggi;
- **Service provider**: un'entità (*provider entity*, un server) in grado di distribuire su Internet uno o più servizi. Tali servizi sono realizzati da *provider agent*;
- **Service registry**: può essere considerato come un catalogo dove gli sviluppatori di web service pubblicano il service description relativo al web service. Questo servizio è controllato da un operatore che decide quali informazioni possono esser memorizzate, chi può accedervi e quali operazioni può effettuare sulle registrazioni. Un esempio è il *Microsoft UDDI Business Registry Node* (Microsoft UDDI Business Registry Node).

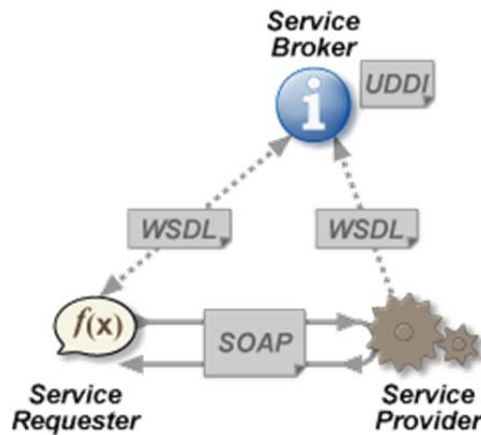


¹³ CORBA, Common Object Request Broker Architecture; DCOM, Distributed Component Object Module; EJB, Enterprise Java Bean

¹⁴ Nulla vieta che sia un altro web service.

Fig. 7

Attori ed operazioni dell'architettura dei web service.



Supponendo noto l'indirizzo del servizio, l'integrazione di un web service da parte di un *service requester* avviene tramite l'operazione di *Binding*:

1. sia *requester entity* che *provider entity* concordano (riconoscono) la descrizione del servizio e la semantica che andranno a governare lo scambio di messaggi. Il riconoscimento può avvenire in vari modi: entrambe le entità utilizzano uno standard noto; il *requester entity* espone sia la semantica che il documento di descrizione del servizio;
2. entrambi gli agenti devono implementare/includere sia semantica che descrizione del servizio prima che possa avere inizio l'interazione vera e propria;
3. l'interazione avviene tramite lo scambio di messaggi definiti secondo una grammatica da entrambi nota.

Facendo riferimento alla terminologia utilizzata nel paradigma ad oggetti, si può definire questa procedura come *early binding* in quanto il riferimento al service provider è definito all'interno del requester agent a tempo di compilazione.

Il caso più interessante vede l'assenza dell'indirizzo del servizio; è intrapresa un'operazione preliminare di *Discovery*, da parte del service requester verso il service registry. Questa operazione permette di ricercare all'interno di un catalogo, il servizio che soddisfa le necessità del *requester entità*.

Questo tipo di integrazione del servizio è definito come *Just-In-Time Integration* e può essere considerata come un *late binding*: essa permette l'integrazione del servizio a tempo di esecuzione.

L'operazione di *Publishing* consente ad un service provider di inserire lo schema e la semantica del servizio nel catalogo, gestito dal service registry.

3.5.1. Lo Stack Protocollare

Come detto, l'architettura WSA è una implementazione di SOA che prevede l'uso di specifici elementi definiti mediante una pila protocollare (Fig 8) in cui ogni strato risolve un determinato compito:

Discovery: fornisce il meccanismo che consente ad un service requester di recuperare la descrizione di un servizio; il meccanismo più utilizzato è *Universal Description, Discovery and Integration* (UDDI);

Description: implementa la descrizione del servizio (service description) facendo riferimento agli strati sottostanti. Al suo interno sono riportati i formati ed i protocolli utilizzati per lo scambio di messaggi, il protocollo di "impacchettamento" e di trasporto. Per far questo, è utilizzato un linguaggio per la creazione del documento *service description*. Il linguaggio utilizzato è *Web Service Description Language* (WSDL);

Packaging: uno dei passi fondamentali per raggiungere l'interoperabilità è poter comunicare tramite un linguaggio comprensibile da tutte le entità. L'uso di HTML come formato da passare allo strato trasporto non è una scelta indicata in quanto è un linguaggio strettamente legato alla rappresentazione dei dati. La scelta più naturale ricade su un protocollo di comunicazione basato su XML: *Simple Object Access Protocol* (SOAP). SOAP non è l'unico protocollo utilizzato, XML *Remote Procedure Call* è completamente basato su HTTP e consente lo scambio di messaggi codificati in XML tramite richieste HTTP-GET / HTTP-POST e risposte poste nell'intestazione HTTP-RESPONSE di HTTP;

Transport: questo strato include i protocolli utilizzati per mettere in comunicazione molteplici applicazioni. Facendo riferimento alla pila protocollare di Internet, questo strato corrisponde al livello *Application*. Troviamo quindi un insieme di protocolli quali HTTP, FTP, SMTP, TCP e *Block Extensible Exchange Protocol* (BEEP);

Network: coincide con lo strato di Trasporto ed instradamento della pila protocollare di Internet: TCP/IP.

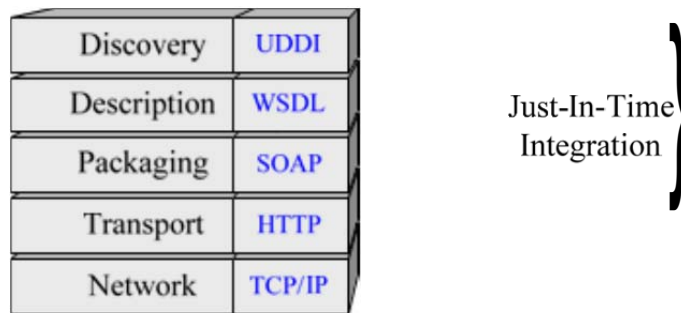


Fig. 8

Pila protocollare dei web service.

I primi tre strati sono responsabili del meccanismo di *Just-In-Time-Integration*, come mostra la Fig. 8.

Verranno di seguito presentati solo gli strati più alti della pila protocollare dei *web service*, tralasciando quelli affini alla pila protocollare di Internet.

3.5.2. SOAP: Simple Object Access Protocol

Simple Object Access Protocol, SOAP, è un protocollo basato su XML per lo **scambio di informazioni** fra applicazioni; tipicamente è utilizzato assieme ad HTTP per effettuare richieste per *Remote Procedure Call* (RPC).

A differenza delle infrastrutture CORBA, Java RMI e DCOM, SOAP è completamente basato su XML; questo garantisce l'assoluta indipendenza dalla piattaforma.

3.5.2.1. Specifiche SOAP

Per rendere possibile un'interazione fra due agenti, è necessario stabilire delle regole per l'invocazione di un metodo di web service, lo scambio di messaggi e la codifica dei dati. Per far ciò, SOAP prevede tre specifiche:

- **Envelope Specification:** definisce le regole d'incapsulamento dei dati da trasferire, come ad esempio: nome di metodi, parametri formali e valori da restituire;
- **Data Encoding Rule:** regole di codifica dei tipi di dato. Ad esempio per rappresentare un valore, una data od una valuta;
- **RPC Convention:** definisce le convenzioni per la messaggistica unidirezionale e bidirezionale (RPC) fra agenti.

3.5.2.2. Note sul Paradigma di Comunicazione

SOAP può essere utilizzato in due contesti:

- **Electronic Document Interchange**, EDI: modello di messaggistica impiegato in abito commerciale per scambio di documenti finanziari. Tipicamente questo modello impiega la specifica *electronic business XML* (ebXML) che adotta SOAP come protocollo di messaggistica (Electronic Business using eXtensible Markup Language). In questo caso si ha un modello detto *SOAP document-style*;
- **Remote Procedure Call**, RPC: modello standard d'interazione fra applicazioni, basato su XML, dove un agente può invocare un metodo (operazione) esposto da un altro agente software. Il modello, in questo contesto, è definito *SOAP RPC-style*.

3.5.2.3. Il Messaggio SOAP

Un messaggio SOAP, creato secondo la specifica, è composto principalmente da tre sezioni (Fig. 9):

1. **Envelope**: elemento obbligatorio e costituisce la radice del documento. Fornisce un sistema d'impacchettamento del messaggio in quanto lo delimita tramite gli elementi XML <Envelope>. Da notare che la versione della specifica SOAP non è indicata come per XML tramite un numero, bensì tramite namespace, es:
SOAP 1.1: <http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/>.
SOAP 1.2¹⁵: <http://www.w3.org/2001/09/soap-encoding>.
2. **Header**: è paragonabile alle intestazioni di HTTP, si tratta di una sezione opzionale che consente di accludere un insieme di elementi come firme digitali, account per sistemi di pagamento ed altro;
3. **Body**: obbligatorio, incapsula il *payload* del messaggio SOAP. Tipicamente richieste e risposte di invocazioni di RPC. In caso si presentino errori, SOAP prevede una sezione *Fault* per riportare una descrizione dettagliata degli errori.

¹⁵ Riferito anche come SOAP 2.0 per le sostanziali differenze da SOAP 1.1 .

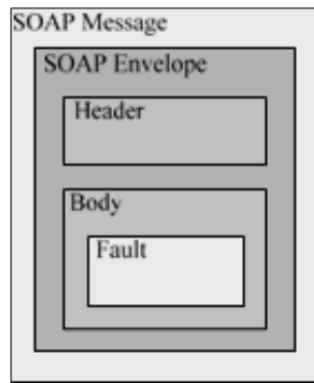


Fig. 9

Schema di un tipico messaggio SOAP

SOAP prevede due insiemi di tipi per i parametri formali e per i valori restituiti:

- *Simple*: sono tutti quei tipi che rappresentano un solo valore, come ad esempio un intero, un float od una valuta;
- *Compound*: tipi che rappresentano un raggruppamento di tipi Simple, ad esempio: vettori, record, tipo data.

La loro codifica segue la convenzione utilizzata in XML e definita dallo XML Schema Part 2 (XML Schema Part 2).

3.5.2.4. Note su SOAP & HTTP

Come già accennato, SOAP non è strettamente legato ad un protocollo di trasporto, ma attualmente la sua specifica prevede solo HTTP in quanto risulta il più utilizzato.

Una richiesta SOAP è inviata al server web solo tramite il metodo HTTP-POST, all'interno della richiesta HTTP deve essere presente l'intestazione "SOAPAction". Si tratta di un URI, utilizzato per indicare lo scopo della richiesta senza dover esaminare l'intero contenuto del messaggio.

3.5.3. WSDL: Web Service Description Language

Web Service Description Language, WSDL, contribuisce all'interoperabilità fra applicazioni indipendentemente dal protocollo che queste utilizzano per codificare i messaggi. E' una specifica utilizzata per descrivere un web service attraverso una grammatica XML. Tale descrizione rappresenta un "patto" fra il service provider ed il service requester.

Attraverso WSDL, un client può localizzare un servizio, conoscerne ed invocarne metodi

offerti. Per far questo, la specifica prevede sei elementi principali (Fig. 10):

1. **Definition**: rappresenta la radice del documento e, contiene il nome del web service, dichiara i namespace utilizzati all'interno del documento.
2. **Type**: descrive come SOAP utilizza la codifica per i tipi di dato, prevista da XML Schema Part 2;
3. **Message**: descrive la messaggistica unidirezionale, definisce il nome del messaggio ed uno o più elementi che fanno riferimento ai "valori" che il messaggio trasporta;
4. **portType**: elemento di fondamentale importanza poiché permette di definire l'interfaccia del *web service*. Combinando più elementi *Message* è possibile creare un metodo (**operazione**). WSDL supporta quattro tipi di operazioni:
 - *One-Way*: ricezione di un messaggio da parte del servizio, messaggistica unidirezionale;
 - *Request-Response*: il servizio riceve una richiesta ed inoltra una risposta, messaggistica bidirezionale;
 - *Solicit-Response*: il servizio invia un messaggio ed attende un messaggio di risposta;
 - *Notification*: il servizio invia un messaggio verso molteplici destinatari, per una comunicazione stile *broadcast*. Non si aspetta risposte.
5. **Binding**: indica come il servizio sarà implementato;
6. **Service**: contiene il riferimento (mediante URL) per invocare il servizio. Oltre agli elementi sopra elencati, n'esistono due secondari, detti "di utilità":
 1. **Documentation**: al cui interno è riportata la documentazione destinata all'utenza umana;
 2. **Import**: consente di importare documenti WSDL o schemi XML.

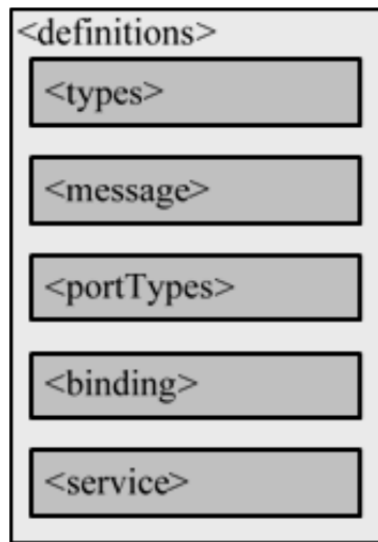


Fig. 10

Struttura del documento WSDL.

WSDL fornisce un modo per raggruppare elementi XML semplici in modo da rappresentare l'interfaccia di un web service; la Fig. 11 mostra questa strutturazione. L'interfaccia (*portType*) di un web service è composta da operazioni ed ognuna di queste è composta da uno o più messaggi (tipicamente per RPC sono due).

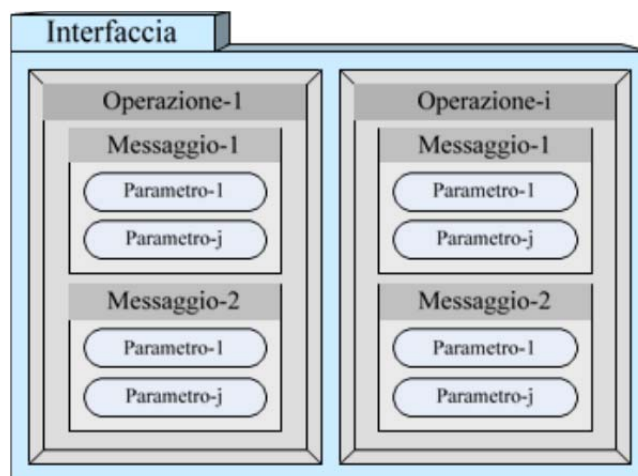


Fig. 11

Composizione dell'interfaccia di un web service tramite elementi descritti in WSDL.

3.5.4. UDDI: Universal Description, Discovery and Integration

Universal Description, Discovery and Integration (UDDI) è una specifica tecnica che formalizza operazioni di **descrizione**, **ricerca** ed **integrazione** di web service, presentata nel 2000 come risultato della collaborazione fra tre aziende del settore

informatico (Microsoft, IBM ed Ariba) che hanno poi invitato altre aziende a collaborare.

L'architettura di UDDI prevede tre elementi principali:

- *UDDI Data Model*,
- SOAP-API,
- *UDDI Business Registries*.

3.5.4.1. UDDI Data Model

Si tratta di uno schema XML per descrivere imprese e *web service* dove, al centro del modello, vi sono quattro tipi di informazioni:

1. ***Business Entity***: include informazioni relative dell'azienda, quali: nome descrizione, indirizzo, contatti. Ogni azienda è identificata da un valore unico¹⁶;
2. ***Business Service***: per uno o più web service riporta nome, descrizione ed una lista opzionale di *binding template*;
3. ***Binding Template***: indica al requester agent come e dove accedere al web service;
4. ***tModel***: significa modello tecnico (*technical model*) e fornisce puntatori a specifiche tecniche esterne. Queste specifiche indicano come interfacciarsi con i metodi del servizio. Ciò porta a concludere che tali specifiche altro non sono che documenti WSDL. Questo modello è applicabile anche ad altre risorse come pagine web, documenti, altri tipi di servizi (CORBA).

3.5.4.2. SOAP-API

Per interagire coi dati relativi ai servizi, all'interno dei registri, la specifica prevede un insieme di API basate su SOAP. Un registro è una base di dati che rappresenta lo *UDDI Data Model*. Le API vanno a costituire due interfacce:

1. *Publishing*: prevede sedici operazioni per consentire ad un'azienda di registrare i propri servizi;
2. *Inquiry* (o *Discovery*): dieci operazioni per ricercare ed ottenere, dai registri, informazioni relative ad un servizio od un'azienda.

¹⁶ Ad esempio, per Microsoft il valore è 0076b468-eb27-42e5-ac09-9955cff462a3

Un servizio, all'interno del registro, è indicato come *UDDI business service*.

3.5.4.3. UDDI Business Registry

Noto come *UDDI cloud services*, rappresenta un insieme di “siti operatori” che implementano la specifica UDDI. Un esempio di operatori che offrono pubblicamente il servizio sono Microsoft, NTT COM ed IBM mentre Hewlett-Packard sta pianificando l'adesione (Per una lista completa, <http://www.uddi.org/register.html>).

Un *UDDI Business registry* può essere considerato come un web service che espone un'interfaccia SOAP per interagire con una base di dati.

Il *cloud service* fornisce una banca dati logicamente centralizzata ma fisicamente distribuita; le informazioni memorizzate, una volta pubblicate, sono periodicamente replicate sugli altri nodi (ogni 24 ore). Si tratta quindi di una rete globale di registri UDDI federati (*Federated UDDI Registries*) che posseggono la stessa interfaccia SOAP per pubblicare e ricercare informazioni, Fig. 8.

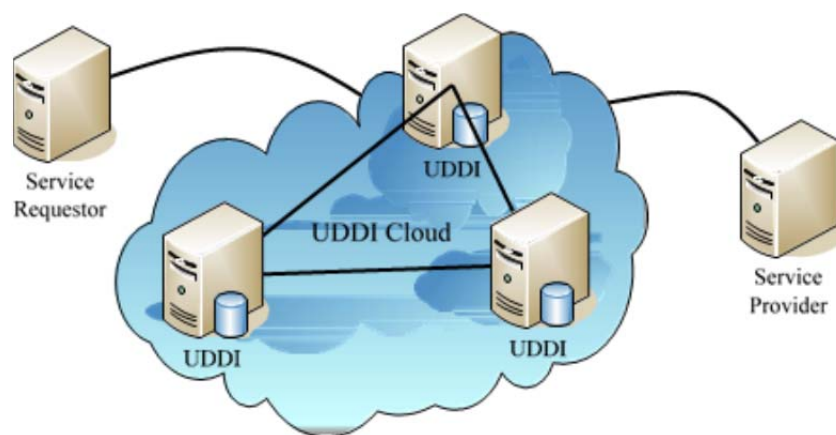


Fig. 12

Esempio di rete globale di registri UDDI federati.

I dati mantenuti all'interno dei registri UDDI sono tipicamente classificati in tre categorie:

1. *White Pages*: tutte le informazioni generiche relative alle compagnie registrate (nome, recapiti, indirizzi, contatti);
2. *Yellow Pages*: classificazione generale dei dati secondo la compagnia od il servizio offerto;

3. *Green Pages*: informazioni tecniche relative al web service, generalmente un puntatore ad una specifica esterna (*tModel*) ed un indirizzo per invocare il *web service* (URL).

Nel caso in cui UDDI mantiene informazioni relative ad un web service SOAP, nella categoria dei *Green Pages*, il *tModel* sarà costituito da il description service definito in WSDL.

Da notare che UDDI può esser utilizzato per pubblicare informazioni relative ad altri servizi web come:

- pagine web,
- indirizzi e-mail
- servizi basati su CORBA, Java RMI, DCOM, ...

3.5.4.4. Publishing & Discovery

Un service provider, per pubblicare web service presso un sito operatore UDDI (service registry), deve seguire i seguenti cinque passi:

1. registrarsi come UDDI *business entity*, quindi come entità aziendale in grado di offrire servizi, presso un operatore UDDI. Generalmente ogni operatore offre l'accesso secondo i propri termini d'uso. La registrazione permette di avere un account per accedere al registro;
2. immettere informazioni riguardanti l'azienda. Più le informazioni saranno precise e dettagliate e più saranno utili al momento della fase di *Discovery*;
3. registrare i servizi offerti dall'azienda;
4. per ogni UDDI *business service* specificare informazioni quali la categoria, il campo di applicazione (finanziario, statistico, meteorologico, ...) del servizio;
5. registrare il documento di service description di ogni servizio specificando la URL per poterlo riferire.

Questi passaggi sono possibili grazie all'interfaccia di *publishing*; esistono molti strumenti per sviluppare applicazioni di registrazione, ad esempio *UDDI for Java* (UDDI4J) di IBM, ma tipicamente i siti operatori offrono interfacce basate su *form* HTML (come IBM e Microsoft) (Microsoft, <https://test.uddi.microsoft.com>, IBM, <https://www.3-ibm.com/services/uddi/testregistry/protect>). Da notare che, l'autenticazione e la comunicazione verso gli operatori avviene secondo un protocollo sicuro (HTTPS).

La ricerca di un servizio o di un'azienda avviene compilando una richiesta SOAP ed

inviandola ad un operatore UDDI. Se la richiesta esplicita un preciso servizio, l'operatore UDDI invierà il service description. Altrimenti, se la richiesta è un'interrogazione, saranno restituite le informazioni relative alle compagnie ed i servizi che soddisfano la richiesta.

E' possibile ricercare servizi e compagnie senza utilizzare direttamente l'interfaccia di *discovery* esposta dagli operatori; Microsoft offre un'interfaccia basata su *form* HTML per consultare i registri, ma esistono altri strumenti come *UDDI Browser* di SOAPClient.org (SOAP Client, <http://www.soapclient.com/uddisearch.html>)

3.5.5. OpenGIS e Web Service

Le specifiche del consorzio OGC non sono abbastanza mature per implementare l'architettura web service, ma non è nemmeno ipotizzabile che possa essere ignorata dal lavoro del consorzio.

Con la stesura del *OpenGIS Web Service 2.0* (OWS2) (Jérôme Sonnett, 2005), è stato redatto un *Discussion Paper* (Centro Interregionale) in cui sono presi in esame i tre elementi principali dell'architettura WSA.

3.5.5.1. SOAP

Uno dei temi principali riguardanti l'adozione di SOAP consiste nell'affrontare le problematiche di incapsulamento di dati binari di grandi dimensioni (*Binary Large Object*, BLOB) all'interno del messaggio.

Essendo SOAP basato su XML, per includere dati di tipo BLOB, si possono prevedere due strategie:

Rappresentazione del dato secondo la codifica BinHex o Base64. Questo porta all'introduzione di due passi forzati di codifica e decodifica con un conseguente degrado delle prestazioni ed aumento della quantità di banda necessaria per trasferire il messaggio.

Inserimento del dato BLOB come **allegato** nel messaggio SOAP, utilizzando lo standard MIME. Questa soluzione è contemplata come possibile caratteristica di SOAP 2.0 (Henrik Frystyk Nielsen, et al., 2003). È definito un *Compound SOAP Structure*, composto dal messaggio SOAP (*Primary SOAP Message Part*) ed una parte secondaria (*Secondary Part*) costituito dall'allegato. Come mostrato in Fig. 10,

il messaggio SOAP è delimitato da *SOAPMessage*, mentre gli allegati sono contenuti all'interno di *SecondaryBagPart*.

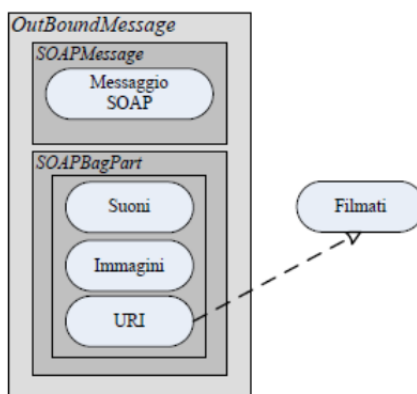


Fig. 13

*Compound SOAP Structure per immagini, suoni e filmati.
I filmati in questo caso sono riferiti tramite una URI.*

3.5.5.2. WSDL

OWS2 segue le raccomandazioni date dal WS-I per quanto riguarda la definizione degli schemi, ma non considera necessaria la completa compatibilità. La specifica per i web service non contempla l'operazione di *binding* tramite HTTP-POST ed HTTP-GET (KVP *binding*), al contrario di OWS. Esistono alcuni problemi di adattamento dallo standard di codifica KVP caso per caso.

3.5.5.3. UDDI

Per quanto riguarda UDDI non vi è niente da segnalare in quanto una volta che OWS2 rispecchia le raccomandazioni di WS-I, i servizi possono essere pubblicati all'interno dei registri UDDI.

Capitolo 4. Hardware/Software e servizi Web

4.1. P.Mapper

Per poter creare un insieme di Open Web Service in grado di svolgere operazioni GIS è necessario disporre di un motore GIS in grado di offrire un insieme di API per eseguire operazioni di manipolazione sui dati geospaziali.

Dato che il consorzio OpenGIS ha definito alcuni servizi (oltre a WFS, WCS, WMS, CAT), alcune operazioni come la trasformazione di coordinate da un sistema di riferimento ad un altro, sono disponibili sotto forma di servizi OWS. In realtà la quantità di specifiche implementate e rese pubbliche sono ancora non tantissime; le implementazioni delle specifiche OWS1 attualmente rese disponibili, possono essere classificate come:

- **compatibili**, come nella maggior parte dei casi e quindi non si ha la piena certezza dell'aderenza con la specifica OWS1;
- **conformi**, in generale sono quelle per i servizi di distribuzione di dati, mostrati in Fig. 3.

Soprattutto non esistono specifiche di implementazione relative alla distribuzione via web di funzionalità ed operazioni geografiche.

Esistono varie soluzioni software GIS proprietarie ed Open Source; in questo lavoro di tesi è stato impiegato *P.Mapper v4.2*, in quanto si tratta di un ambiente GIS per l'elaborazione di dati spaziali e la pubblicazione dei risultati su web. E' stato scelto perché offre:

- combinato con un motore GIS come Mapserver: un insieme di meccanismi e funzionalità che supportano la gestione dei dati geografici ed operazioni su di essi;
- supporto per formati di sorgenti dati proprietari come ARC/INFO, ArcView, MapInfo, AutoCAD, MGE, MicroStation, Oracle8i Spatial Object Model, SQL Server, Postgis;
- la conformità con le specifiche per WFS v1.0, WMS v1.1.1 e GML v2.1.2. che lo rendono interoperabile con altre soluzioni software;
- la composizione di mappe da dataset geografici con formati e sistemi di riferimento spaziali eterogenei;
- vari formati di restituzione cartografica fra cui due vettoriali: *Scalable Vector Graphic* (SVG) e *Computer Graphic Metafile* (CGM).

P.Mapper è un'applicazione sviluppata in un'estensione del linguaggio PHP ovvero PHP/Mapscript che permette di controllare dinamicamente MapServer mediante la sintassi e

la logica della programmazione ad oggetti del linguaggio di scripting PHP. Il motore di visualizzazione di p.mapper è basato sulla tecnologia AJAX, Asynchronous JavaScript eXML che rende l'applicazione molto veloce in quanto ogni generazione di una nuova mappa è caratterizzata dal trasferimento della sola immagine lasciando intatto il frame per visualizzarla.

La logica della programmazione ad oggetti del linguaggio di scripting PHP consente di:

- gestire il modello **relazionale** dei dati. Sono previste un insieme di classi per rappresentare tutti gli aspetti e meccanismi per la manipolazione relazionale dei dati geografici;
- gestire la componente spaziale dei dati geografici, permettendo di manipolare: la **geometria** dei dati;
- i **sistemi di riferimento delle coordinate** (proiezione e trasformazione): impostazione, modifica, creazione di sistemi di riferimento spaziale degli oggetti spaziali;
- effettuare la **rappresentazione cartografica**: copre tutti gli aspetti legati alla creazione di una mappa: impostazione del sistema di riferimento di mappa, vestizione degli strati informativi, creazione di *hotspot* e *tooltip*¹⁷, selezione del formato grafico di restituzione (raster o vector);
- eseguire **trasformazioni**: effettuare operazioni su più dataset geografici, basate sulla geometria o sugli attributi, su più dataset.

Come detto, P.Mapper è una piattaforma di sviluppo e la distribuzione di informazioni geografiche su web e quindi si appoggia ad un web server.

Un'applicazione, composta ad esempio da pagine PHP, utilizza le classi che il sistema rende disponibile mediante il web server che ha il compito di istanziarle.

Per quanto riguarda P,Mapper, il web server istanzia solo una classe principale con cui è possibile accedere al servizio di sistema “*MapServer.exe*” che costituisce il motore GIS (Fig 14). Tale servizio, rappresentato da un processo, è il motore di P.Mapper; le successive classi vengono istanziate direttamente dal servizio in modo che gli oggetti creati appartengano allo stesso ambiente dell'istanza di servizio.

¹⁷ Un hotspot è un punto attivo sulla mappa; tale punto può reagire ad un evento di mouse tramite un determinato comportamento (aprire pagine HTML, mostrare immagini, eseguire script,...). Un tooltip è un'etichetta, associata alle feature della mappa, che riporta le proprietà descrittive della feature.

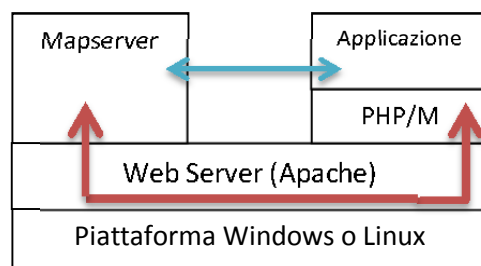


Fig. 14

Architettura di una tipica applicazione PHP che sfrutta P.Mapper. La freccia marrone indica la prima interazione fra l'applicazione e P.Mapper tramite web server, mentre l'altra rappresenta le successive interazioni dirette.

4.1.1. P.Mapper e OpenGIS

Il supporto ai servizi definiti da OWS1, è fornito da P.Mapper attraverso librerie ed applicativi, distribuiti separatamente dalla community internazionale dell'OGC.

Per interagire con i servizi WFS, WMS e WCS e per poter trattare dati codificati in GML, sono implementati in p.mapper tre adattatori che consentono di accedere in modo trasparente alle sorgenti dati geografiche. Per la pubblicazioni di dati geografici mediante i servizi WFS e WMS e WCS è stato usato GeoServer (vedi paragrafo 4.5).

4.2. Mapserver

Il programma usato in grado di generare mappe, a partire da basi di dati, e di renderle disponibili per applicazioni Internet (WebGIS) è Mapserver. Essendo un prodotto Open Source la disponibilità del codice sorgente garantisce la massima interoperabilità e possibilità di personalizzazione, sia delle applicazioni Web, sia del programma stesso. Questo consente anche a strutture di medie e piccole dimensioni (quindi non solo CNR, Università, Stato, Regioni, Province, ma anche piccoli Comuni, associazioni, PMI, ecc.) di pubblicare le loro informazioni geografiche via Internet, incrementando quindi la diffusione delle informazioni territoriali nella società. Mapserver è un webgis di tipo server side ovvero tutte le operazioni GIS sono eseguite sul server.

MapServer è conforme agli standard dell'Open Geospatial Consortium (WMS 1.1.0, WMS 1.0.0, WMC 1.0, WFS 1.0.0, SLD 1.0, GML 2 e 3, Filter 1.0.0, WMS 1.1.1). WMS rappresenta un protocollo standard di interscambio/interoperabilità per sistemi GIS Web-based che consente

la visualizzazione dinamica dell'overlay di mappe georiferite a partire da sorgenti di dati geografici distribuite. Una mappa di un sito WMS è intesa come un'immagine raster del dato geografico (png o jpeg). L'aspetto interessante di questa tecnologia risiede nella capacità del MapServer di integrare "al volo" dati locali (da file e/o rdbms geografici) con dati remoti ottenuti da un server compatibile con lo standard WMS ottenendo così la piena interoperabilità dei dati.

4.3. Postgre-SQL/Postgis

Il database base management system usato che, con l'estensione per la gestione dei dati spaziali e geografici PostGIS, ha permesso di realizzare il GEOdatabase nel quale sono state implementate le basi informative elaborate da applicazioni GIS più complesse quali Q-GIS, Arcview e Geomedia. In particolare la condivisione di geodati centralizzati è una necessità nei gruppi di lavoro grandi ed eterogenei come quello costituito da CNR, Università, Enti Pubblici e Ministero. Postgre-SQL è un database libero che, fondandosi su standard OGC, si pone come ottima soluzione per chi ricerchi l'interoperabilità tra applicazioni desktop e Web nel campo del GIS. Permette l'accesso multiutente a grandi moli di dati, sia geografici che alfanumerici (cartografia, schede informative e metadati del prototipo implementato presso il CNR) e la gestione delle relazioni tra di essi, garantendone l'integrità. Postgre-SQL / PostGIS permette la gestione dei dati tridimensionali e si interfaccia con prodotti open source per la pubblicazione sul web come il WebGIS Mapserver del Progetto di Ricerca.

4.4. Geonetwork

L'utilizzo di GeoNetwork che è uno strumento open source di catalogazione che consente di usufruire di dati spaziali in maniera efficiente e flessibile ha permesso di catalogare le metainformazioni dei layers prodotti e di quelli utilizzati tramite servizi web. Componente fondamentale di GeoNetwork è GeoServer. Mentre il primo cataloga collezioni di dati geografici, il secondo li distribuisce via web.

GeoNetwork oltre ad essere un'applicazione open source di catalogazione di risorse georeferite è un framework di metadati, utenti e strumenti che sono interattivamente connessi (come nodi) per poter usufruire di dati spaziali in maniera efficiente e flessibile. Si basa sul principio di decentralizzazione del dato, che viene gestito dal suo creatore e condiviso con gli altri utenti tramite la rete internet. L'obiettivo principale del progetto è quello di accrescere la

collaborazione, ridurre la duplicazione del dato, aumentare la consistenza e qualità dell'informazione e infine migliorare l'accessibilità a una grande varietà di dati geografici. Utilizzando il protocollo standard client-server Z39.50 per la ricerca e l'estrazione di dati da database distribuiti, GeoNetwork è sia in grado di accedere ad altri cataloghi remoti che rendere disponibili i propri dati ad altri servizi di catalogazione. La prima versione di GeoNetwork è stata rilasciata nel 2003 per iniziativa di FAO (Food and Agriculture Organization) e WFP (World Food Programme), a cui si è aggiunto nello sviluppo UNEP (United Nations Environment Programme) l'anno successivo, con lo scopo di condividere in maniera effettiva i propri geodatabase e le proprie risorse geografiche quali immagini satellitari, mappe e relativi dati statistici. L'applicazione è stata realizzata come Free and Open Source Software (FOSS) per consentire alla comunità di utenti di beneficiare dei risultati ottenuti e di contribuire allo sviluppo.

GeoNetwork si basa sugli Open Standards per servizi e protocolli come l'ISO/TC211 e le specifiche dell'Open Geospatial Consortium (OGC). L'architettura di GeoNetwork aderisce in massima parte al Geospatial Portal Reference Architecture, cioè alle linee guida definite dall'OGC per la implementazione di un portale geospaziale aderente agli standard. Il software viene rilasciato con licenza GNU General Public License (GPL) ed è disponibile come progetto open source sul sito SourceForge.net (<http://sourceforge.net/projects/geonetwork>).

La funzionalità di ricerca distribuita è stata migliorata nelle varie versioni, consentendo di trovare rapidamente dati aggiornati evitando duplicati. Nel supportare un'emergenza, un fattore chiave è infatti la velocità con cui si reperiscono le informazioni. L'utilizzo di immagini satellitari per valutare l'entità dell'emergenza e quindi ricavare una cartografia di analisi è di supporto alla definizione di una strategia di intervento. Occorre quindi poter condividere rapidamente le informazioni ricavate con le altre agenzie e gli uffici dislocati nelle varie parti del mondo. Al progetto hanno aderito altre agenzie delle UN ed enti tra cui la UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (UNOCHA), la World Health Organization (WHO), il Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR), il Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM), l'Agenzia Spaziale Europea (ESA), il Federal Geographic Data Committee (FGDC) il Global Change Information and Research Centre (GCIRC) of China. GeoNetwork può considerarsi ormai uno standard de facto delle Nazioni Unite.

4.5. Geoserver

L'uso di GeoServer che è un server open source per la visualizzazione e l'editing di dati spaziali ha consentito di distribuire on line tramite servizi WMS e WFS i risultati ottenuti dal progetto di ricerca. All'interno di GeoNetwork viene usato per la consultazione dei layers della SDI. Ciò è possibile in quanto GeoServer supporta i protocolli WFS (Web Feature Service), WMS (Web Map Service) dell'OGC per produrre JPEG, PNG, SVG, KML/KMZ, GML, PDF e Shapefiles e i WCS (Web Coverage Service).

Anche GeoServer è un server GeoSpaziale Open Source scritto in Java, seguendo le comuni pratiche Java Enterprise, per la gestione, disseminazione e analisi di dati geospaziali. GeoServer permette di distribuire, manipolare e analizzare i dati usando i più diffusi standard OGC (WMS, WFS, WCS, WPS), senza però dimenticare estensioni specifiche per una interazione trasparente con client come Google Earth e software commerciale in genere, né gli ormai diffusi approcci basati su protocolli REST e GeoJSON per la distribuzione semplificata di semplici dati vettoriali. Pertanto geoserver ha una serie di funzionalità per la creazione di SDI interoperabili, con particolare attenzione alle nuove funzionalità introdotte in GeoServer 2.2 e all'analisi di dati spaziali con il protocollo WPS 1.0.

4.6. Q-GIS

La principale applicazione usata di desktop mapping per elaborare i dati campionati è QuantumGIS. Esso ha una interfaccia user friendly che integra i formati ed ai protocolli dell'OpenGIS Consortium (OGC organizzazione internazionale per la standardizzazione nei Sistemi Informativi Territoriali - www.opengeospatial.org)

E' stato scelto perché è un desktop mapping user friendly che integra tutte le funzioni del GIS open Source GRASS che, grazie alla sua struttura modulare, per l'editing avanzato e geoprocessing dispone di plug-in che permettono di aumentare la sua funzionalità (Steiniger, 2008).

Con Q-GIS e altri software come Arcview e Geomedia si sono realizzate ed elaborate le basi dati geografiche (base di conoscenza) che poi verranno utilizzate dal WebGIS.

L'utilizzo di desktop mapping commerciali come Arcview e Geomedia è dovuto alla necessità di elaborare vecchi progetti sviluppati su questo software.

4.7. Operazioni possibili sull'interfaccia web del prototipo di WebGIS

Qualsiasi strumento GIS non si limita solo ad organizzare i dati secondo un modello prestabilito, bensì offre supporto al processo di analisi di fenomeni di natura spaziale.

A tal fine, sono previste un insieme di operazioni che **estraggono** nuove informazioni dai dati in base agli aspetti intrinseci legati ai fenomeni fisici rappresentati. Viene effettuata una riorganizzazione dei dati per evidenziare aspetti specifici. Tali operazioni sono dette “operazioni GIS”, “operazioni geografiche” od anche “operazioni topologiche”.

In questo lavoro di tesi sono qui riportate solo alcune operazioni implementate nel WebGIS:

- Facendo destro del mouse sul layer acceso ☒ compare questa



finestrella dalla quale è possibile renderlo trasparente, zoomare sul layer specifico o aver le informazioni sul layer

- Cliccando sui tre    link è possibile copiare il link alla videata corrente, stampare la mappa o scaricare il file della videata alla scala di visualizzazione



- I layer cartografici di colore grigio chiaro

sono visualizzabili a scale di dettaglio minori del 50.000

- Il marcatore  ti permette di aggiungere la descrizione alla località marcata e fare editing del punto nel geodatabase collegato all'interfaccia WebGIS
- righello  ti permette di calcolare lunghezze e superfici

La schermata per l'inserimento di punti di campionamento (editing) nel geodatabase presuppone un accreditamento al sistema che si presenta nel seguente modo:



Interfaccia di login al sistema

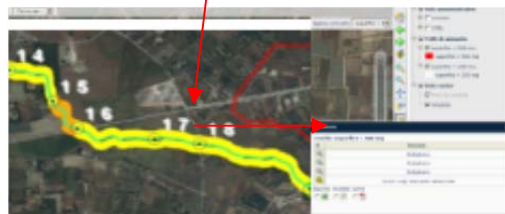
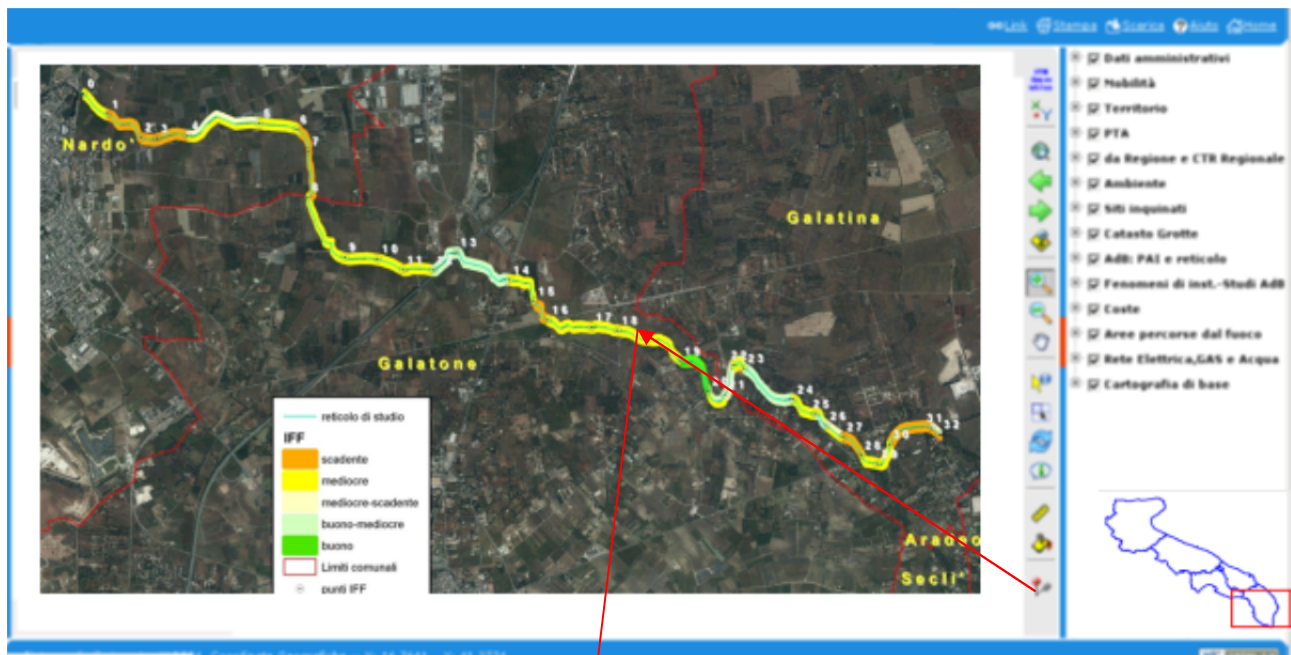
L'interfaccia del WebGIS successiva mostra come si combinano più tecnologie open source conformi alle specifiche dell'OGC.



Integrazione di strumenti GIS per l'inserimento di punti di campionamento

Grazie alla sua interoperabilità, potrà essere sfruttata per realizzare sistemi per la gestione integrata di realtà territoriali omogenee diverse da quelle considerate nei casi di studio del Capitolo 5 (dati provenienti da insieme di enti Pubblici come Università, Comuni, Province, Regioni).

L'operatore, appena si accredita al geodatabase accede ad una pagina web laddove inserire, attraverso l'editing on-line, l'ubicazione del sito, dopodiché, cliccando sullo stesso punto si apre una finestra che mostra l'ID del sito cliccando sul quale si accede ad una pagina web in php che mostra una serie di campi da compilare ovvero quelli della scheda del sito.



Personalizzazione dello strumento con il quale inserire il punto di campionamento

Identificativo progetto:			
Data Iniziale:			
Data Ultima Modifica:			
SEZIONE A - I			
Cognome:		Nome:	
Cognome di nascita:		Provincia:	
Indirizzo di residenza:		C.A.P.:	
Telefono:		E-mail:	
☐ Proprietario ☐ Responsabile tecnico ☐ Amministratore delegato ☐ Altro (specificare):		Professione: Indirizzo:	
DATI:			
Regione locale:			
Codice Fiscale / Partita IVA:			
Indirizzo della sede legale:			

Interfaccia con cui inserire e i dati rilevati

Una volta compilata la scheda si procede con il salvataggio della stessa. Le diverse schede sono memorizzate nel geodb come mostra la figura successiva

	Scheda IFF	Lunghezza (m)	SPONDA SX	SPONDA DX	Tratto	
	1	398,32	scadente	scadente	dal punto 0 al punto 1	
	2	255,47	mediocre	mediocre	dal punto 1 al punto 2	
	3	351,26	scadente	scadente	dal punto 2 al punto 3	
	4	128,28	scadente	scadente	dal punto 3 al punto 4	
	5	248,29	scadente	scadente	dal punto 4 al punto 5	
	6	627,24	mediocre-scadente	mediocre	dal punto 5 al punto 6	
	7	209,99	scadente	scadente	dal punto 6 al punto 7	
	8	294,92	mediocre	mediocre	dal punto 7 al punto 8	
	9	381,55	scadente	scadente	dal punto 8 al punto 9	
	10	608,00	mediocre	mediocre	dal punto 9 al punto 10	
	11	257,19	mediocre	mediocre	dal punto 10 al punto 11	
	12	212,53	mediocre	mediocre	dal punto 11 al punto 12	
	13	236,12	mediocre	mediocre	dal punto 12 al punto 13	
	14	251,35	buono-mediocre	buono-mediocre	dal punto 13 al punto 14	
	15	513,90	buono-mediocre	buono-mediocre	dal punto 14 al punto 15	
	16	312,44	mediocre	mediocre	dal punto 15 al punto 16	
	17	209,40	scadente	scadente	dal punto 16 al punto 17	
	18	378,76	mediocre	mediocre	dal punto 17 al punto 18	

Esempio di Lista dei dati inseriti nel database Postgres

4.8. Hardware/software e servizi web

L'infrastruttura creata utilizzando gli strumenti sopra descritti è composta da un insieme di hardware, software e web service, accessibili pubblicamente tramite HTTP e in grado di fornire le operazioni GIS necessarie al calcolo degli indicatori ambientali usati nei casi di studio e descritti nel paragrafo 1.1 .

Le Fig. 15 e 16 mostrano l'architettura SDI usata per poter implementare i casi di studio LSG e CA partendo da Datasorce distribuiti presso diversi enti pubblici pugliesi e pertanto caricati nel sistema tramite servizi (Ortofoto, LIDAR, Uso del Suolo e reticolo idrografico). Il frutto delle elaborazioni fatte e i tematismi prodotti come IBE e/o IFF possono essere utilizzati e distribuiti come servizi. Qualsiasi PC in grado di accedere alla rete Internet può usufruire dei servizi di elaborazione su dati geospaziali prodotti nell'ambito di questo progetto. È stato scelto di centralizzare i layers elaborati e prodotti presso il CNR IRSA sul geodatabase centralizzato su una sola macchina altamente performante e già disponibile presso l'IRSA.

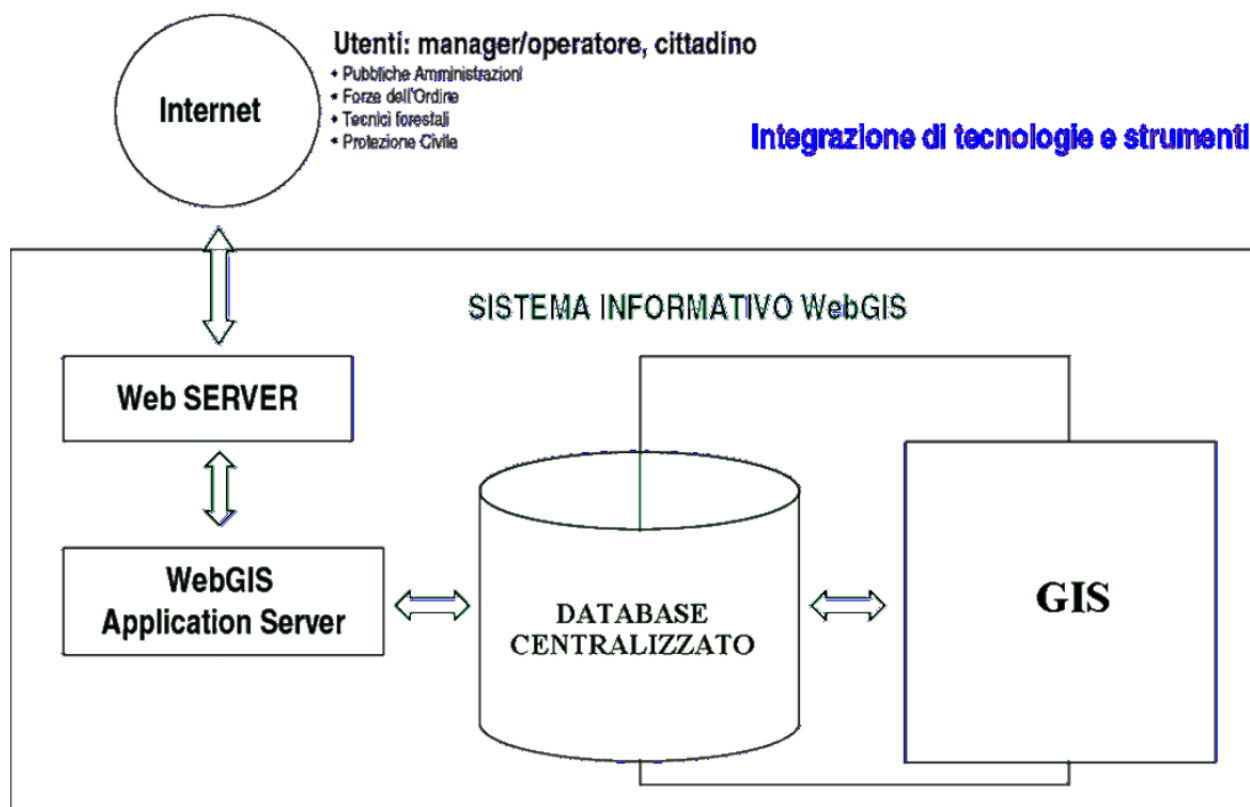


Fig. 15

Struttura Hardware/software e servizi web del progetto

Oltre ai web service utilizzati e generati dall'architettura è stato previsto un servizio di catalogazione di dati per WFS e WMS e WCS attraverso Geonetwork.

L'architettura dei servizi offerti illustrata in FIG. 15 evidenzia gli elementi portanti dell'infrastruttura.

- Il web server: è l'elemento software in grado di pubblicare contenuti su internet (in questo sistema è stato impiegato Apache);
- Mapserver: è un programma in grado di generare mappe, a partire da basi di dati, e di renderle disponibili per applicazioni Internet (WebGIS).
- Il GeoDatabase: è un DataBase Centralizzato nel quale vengono implementate le basi informative elaborate da applicazioni GIS più complesse quali Q-GIS, Arcview e Geomedia.
- Il Geoserver: è un server open source per la visualizzazione e l'editing di dati spaziali e la distribuzione di servizi
- Il Geonetwork: è un software per catalogare tutti i metadati.

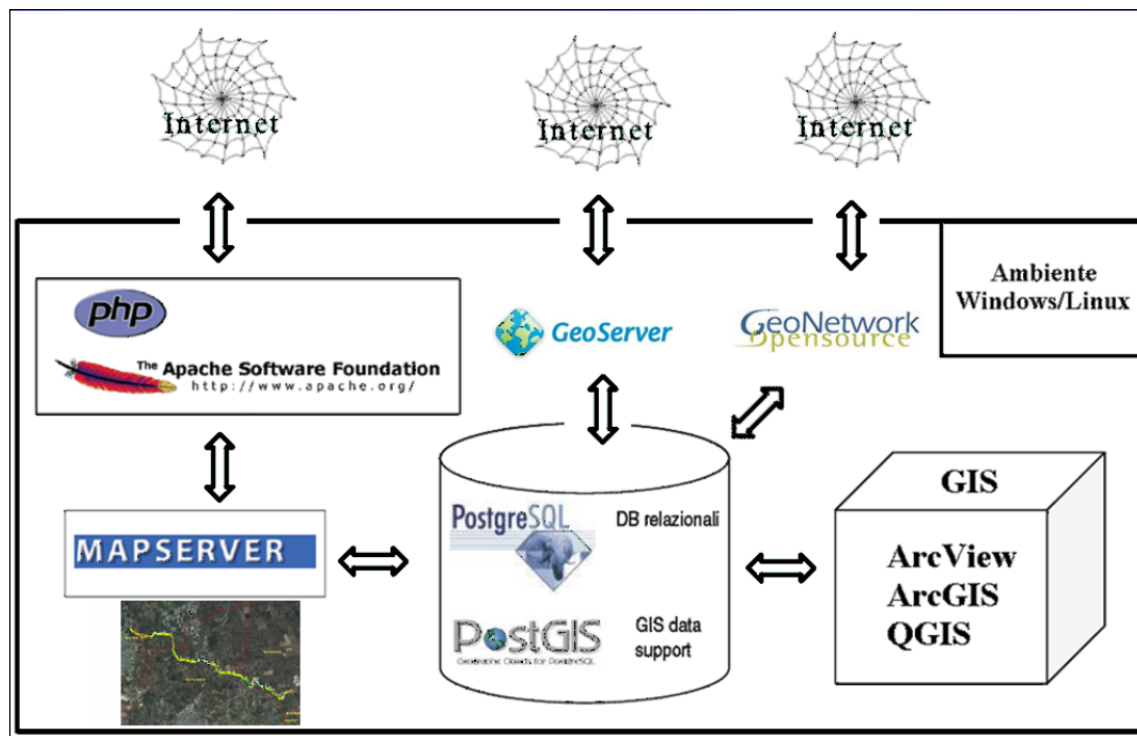


Fig. 16

Struttura dettagliata Hardware/software e servizi web del progetto (SDI)

L'infrastruttura creata è composta di un insieme di web service, accessibili pubblicamente tramite HTTP, in grado di fornire le operazioni GIS precedentemente elencate. Tali web service saranno indicati come *GIS Operations - Web Service* (per brevità, GO-WS).

La Fig. 17 mostra i possibili casi d'uso dei servizi GO-WS. Qualsiasi dispositivo in grado di accedere alla rete Internet e di inviare richieste XML può usufruire dei servizi di elaborazione su dati geospaziali. È stato scelto di centralizzare i servizi GO-WS su di una sola macchina server, in quanto necessitano del motore GIS Mapserver.

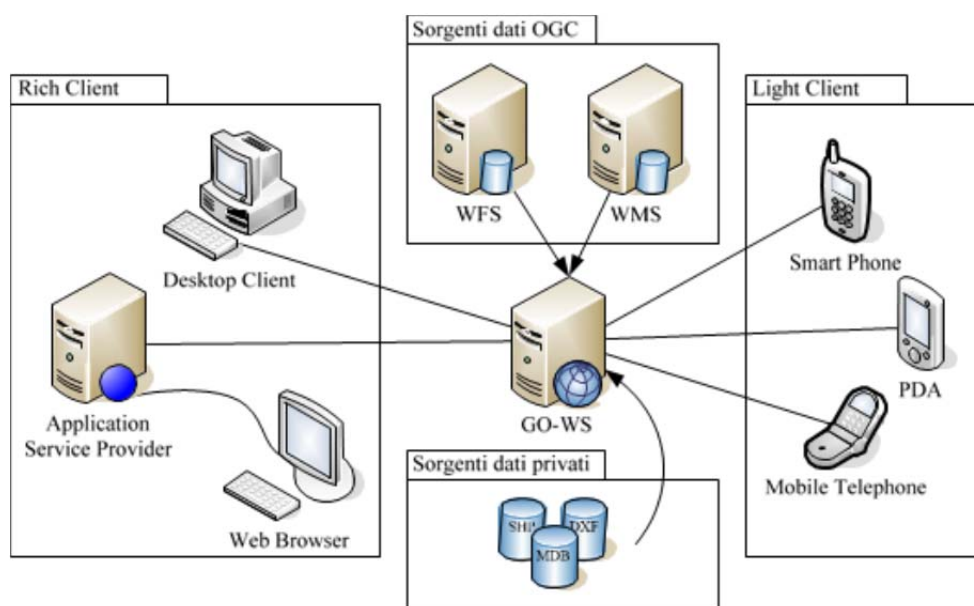


Fig. 17

Diagramma d'uso dei web service GIS da parte di varie tipologie di client.

Oltre ai GO-WS è stato previsto un servizio di catalogo per WFS e WMS che sopperisce all'assenza di un modulo di interfaccia per accedere ai servizi OGC CAT.

L'architettura dei servizi GO-WS, illustrata in Fig. 18, evidenzia i due elementi portanti dell'infrastruttura (discussi nel capitolo 3):

- il web server: l'elemento software in grado di pubblicare contenuti su internet. In questo lavoro è stato impiegato Apache;
- Mapserver: è il motore GIS scelto per questo lavoro di tesi.
- P.Mapper per realizzare le operazioni GIS sul Web

GIS Operation - Web Service (GO-WS)		
P.Mapper - Engine Interface		Web Server (Apache)
Mapserver – GIS Engine		

Fig. 18

Architettura dei servizi GO-WS.

4.8.1.Catalog Service for the Web (CSW)

Tutti i servizi sopra citati utilizzano meta dati per poter operare sui dati offerti da uno o più servizi OGC. Tali informazioni, riportate nei documenti di capacità dei servizi, sono

accessibili tramite il servizio CAT di OGC implementato su Geonetwork

Tale servizio è pubblicamente accessibile ed in grado di fornire semplici operazioni per memorizzare le meta informazioni provenienti dalle istanze dei servizi WFS e WMS e WCS.

A differenza dei servizi GO-WS, questo non necessita la presenza di un motore GIS in quanto interagisce direttamente con i servizi tramite il protocollo HTTP. L'unico elemento software necessario è un DBMS in grado di garantire sia la serializzabilità che l'affidabilità per prevenire inconsistenze all'interno della base di dati.

L'architettura del servizio CSW prevede (Fig. 19), oltre ad un DBMS (Postgres/Postgis) un'interfaccia del catalogo per offrire i metadati dei servizi e le operazioni per interagire con il catalogo.

Per quanto riguarda il DBMS, Postgres/Postgis è stato ritenuto valido in quanto open source e molto potente. L'impiego di Geonetwork consente di usufruire di un insieme di funzioni, necessarie per interagire con il DBMS.

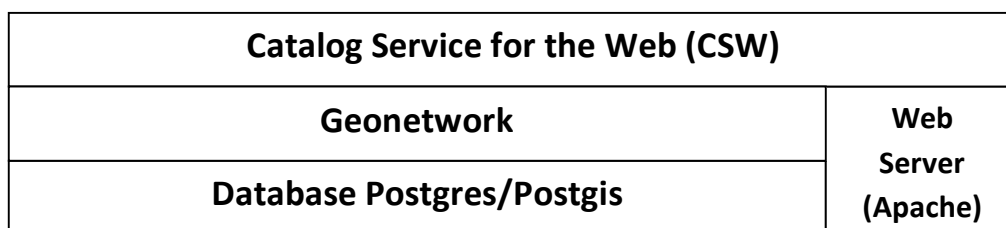


Fig. 19

Architettura del servizio CSW

4.8.2. La Base di Dati

Le banche dati implementate nel progetto di ricerca possono essere suddivise in quelle presenti nel Geodatabase Postgres/Postgis che sono costituite da tutti i layers raster vettoriali prodotti dalle elaborazioni sia dai software GIS come QGIS sia quelle frutto delle elaborazioni prodotte dal WebGIS, quelli immagazzinati attraverso metadati in Geonetwork e quelli provenienti da Web Services di altri Enti Pubblici. I dati geotopocartografici disponibili sotto forma vettoriale e raster sono stati inseriti nel geodatabase Postgis tramite plugins di QGIS in grado di esportare il dato in Postgres.

I dati elaborati e prodotti localmente e quelli provenienti da servizi di altri enti pubblici sono stati catalogati in Geonetwork. Il nucleo del catalogo è una base di dati in cui sono memorizzati i metadati riportati all'interno dei documenti delle capacità delle istanze dei servizi OGC. Il catalogo è stato strutturato per mantenere meta dati riguardanti:

- dove si trova il servizio OGC,
- di quale tipo di servizio OGC si tratta
- i termini chiave ed il nome assegnatogli (per i dettagli relativi a questi attributi, vedere la Tab. 1);
- gli strati informativi
- informazioni relative ai layer, quali: nome, tipo di geometria, termini chiave, descrizione
- posizione dei metadati e posizione del dataset
- il sistema di riferimento e box di contenimento di uno strato: per ogni strato informativo sono riportati i sistemi di riferimento spaziali supportati dal servizio OGC.

I Web Services di altri Enti Pubblici sono il Modello Digitale del Terreno (DTM) ed in particolare un DTM molto innovativo che è il rilievo LIDAR ad un metro di risoluzione a terra e con risoluzione altimetrica di qualche decina di centimetri che viene offerto come servizio WCS dal geoportale regionale dell'Autorità di Bacino della Puglia (<http://wmsadbp.dyndns.org:8008/geoserver/LIDAR/wcs?>). Per il reticolo idrografico si è usato quello realizzato dall'Autorità di Bacino della Puglia ad una scala nominale del 5.000 offerto tramite servizio WFS (<http://wmsadbp.dyndns.org:8008/geoserver/LIDAR/wfs?>). Per l'uso del suolo si è usato e implementato quello della Carta Tecnica Regionale con la classificazione Corine al livello 4 offerto tramite servizio WFS (http://iws.sit.puglia.it/ecwp/ecw_wms.dll?). Come base cartografica si è usata l'ortofoto AGEA 2010 a 0.5 m di risoluzione della Regione Puglia offerta tramite servizio WMS (http://iws.sit.puglia.it/ecwp/ecw_wms.dll?).

5.2.2.1. Il Servizio Web

Come precedentemente esposto nel capitolo 3, in generale un servizio è identificato attraverso la sua URL ed il tipo di servizio OGC. L'invocazione di un metodo del servizio "Local Catalogue Service" (che riguarda un inserimento od una sincronizzazione) scatuisce una richiesta HTTP-GET all'istanza del servizio OGC, per ottenere il rispettivo documento delle capacità.

4.9. Definizione delle tipologie di scenari e casi d'uso

Gli strumenti introdotti consentono di individuare alcune tipologie di scenari e casi d'uso rappresentativi, che hanno condotto all'architettura SDI del CNR di Fig. 16.

Si possono identificare i seguenti attori:

User – utente (eventualmente remoto) dei servizi digitali offerti dalla SDI del CNR, fornito di opportuni strumenti software (principalmente un browser web);

Portale della SDI del CNR – punto di accesso principale alla SDI del CNR;

Portale tematico – punto di accesso a un sottosistema tematico della SDI del CNR, interoperabile con la SDI del CNR stessa, ma comunque autonomo;

System administrator – amministratore di sistema, fornito di opportuni strumenti software.

4.9.1. Pubblicazione di dati geospaziali

La pubblicazione di dati geospaziali è un caso d'uso primario della SDI del CNR, per il quale non esistono soluzioni standard generiche, indipendenti dalla tipologia di dati da pubblicare. Si possono comunque identificare i seguenti casi d'uso generali, che dovranno essere supportati dall'implementazione della SDI del CNR:

Pubblicazione di un dataset

Un utente abilitato accede al portale SDI del CNR ed invia un dataset, completo dei relativi metadati. Il sistema valida e codifica opportunamente i dati ricevuti e, se corretti, li memorizza. Se la validazione fallisce, o se il dataset è già pubblicato, il sistema risponde con un messaggio di errore.

Aggiornamento di un dataset pubblicato

Un utente abilitato accede al portale SDI del CNR ed invia un dataset, completo dei relativi metadati, che sia stato precedentemente pubblicato sul sistema. Il sistema valida e codifica opportunamente i dati ricevuti e, se corretti, li memorizza al posto di quelli già pubblicati. Se la validazione fallisce, o se il dataset non è presente, il sistema risponde con un messaggio di errore.

Rimozione di un dataset pubblicato

Un utente abilitato invia al sistema l'identificatore di un dataset. Se il dataset è presente, il sistema lo rimuove, altrimenti risponde con un messaggio di errore.

Integrazione di un dataset pubblicato

Un utente abilitato invia al sistema informazioni da aggiungere a un dataset già presente. Il sistema valida e codifica opportunamente i dati ricevuti e, se corretti, li fonde opportunamente con quelli già presenti. Se la validazione o la fusione falliscono, o se il dataset non è presente, il sistema risponde con un messaggio di errore.

4.9.2. Ricerca distribuita

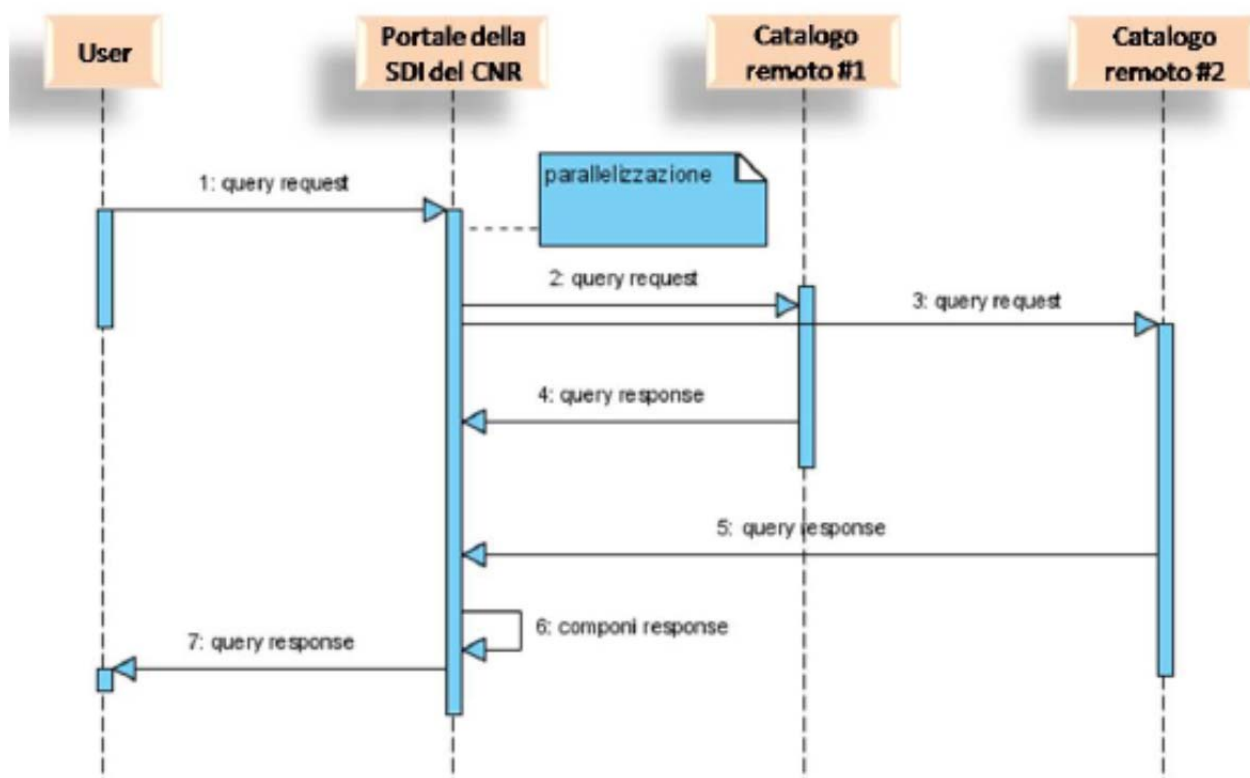
La ricerca distribuita è un caso d'uso fondamentale della SDI del CNR, che presuppone l'esistenza di molteplici cataloghi. Per ragioni di performance, porzioni di tali cataloghi potranno essere precedentemente importate ed indicizzate sul portale della SDI del CNR. Tale soluzione è particolarmente adatta a collezioni quasi statiche, o non disponibili attraverso il Web.

Tuttavia, non è concepibile che l'intera base di dati possa essere centralizzata in un unico catalogo. Per questo, la SDI del CNR dovrà supportare sia la ricerca distribuita su cataloghi remoti ed eterogenei, sia la ricerca locale, eventualmente utilizzando metadati relativi a collezioni fornite da cataloghi stessi.

I metadati che sono stati conservati nel portale della SDI del CNR dipendono dall'approccio utilizzato per la ricerca su tali metadati. Nel caso di ricerche distribuite, è sufficiente conservare i metadati dei cataloghi remoti cui le richieste saranno istradate. Eventualmente, informazioni sui dati contenuti in tali cataloghi remoti (reperate ad esempio durante l'esecuzione di ricerche precedenti) potranno essere temporaneamente conservate, per migliorare la performance (caching). Nel caso di ricerche locali, i metadati presenti dovranno essere sufficienti a consentire una qualunque ricerca.

La Figura seguente rappresenta un esempio di ricerca distribuita in parallelo su due cataloghi remoti. La tabella successiva descrive più dettagliatamente le fasi rappresentate.

Esempio di ricerca distribuita:



Fasi di una ricerca distribuita:

Fase	Descrizione
Condizioni iniziali	Il portale della SDI del CNR è configurato con le informazioni necessarie a raggiungere due cataloghi remoti.
1: query request	L'utente invia un richiesta di ricerca sul portale della SDI del CNR, specificando opportuni parametri di ricerca.
2: query request	Il portale della SDI del CNR invia un richiesta di ricerca a catalogo remoto #1, specificando opportuni parametri di ricerca, derivanti da quelli specificati dall'utente.
3: query request	Il portale della SDI del CNR invia un richiesta di ricerca a catalogo remoto #1, specificando opportuni parametri di ricerca, derivanti da quelli specificati dall'utente.
4: query response	Il catalogo remoto #1 ritorna i risultati della ricerca al portale.
5: query response	Il catalogo remoto #2 ritorna i risultati della ricerca al portale.
6: componi response	Il portale della SDI del CNR combina i risultati parziali ritornati dai cataloghi remoti in una unica response.

7: query response

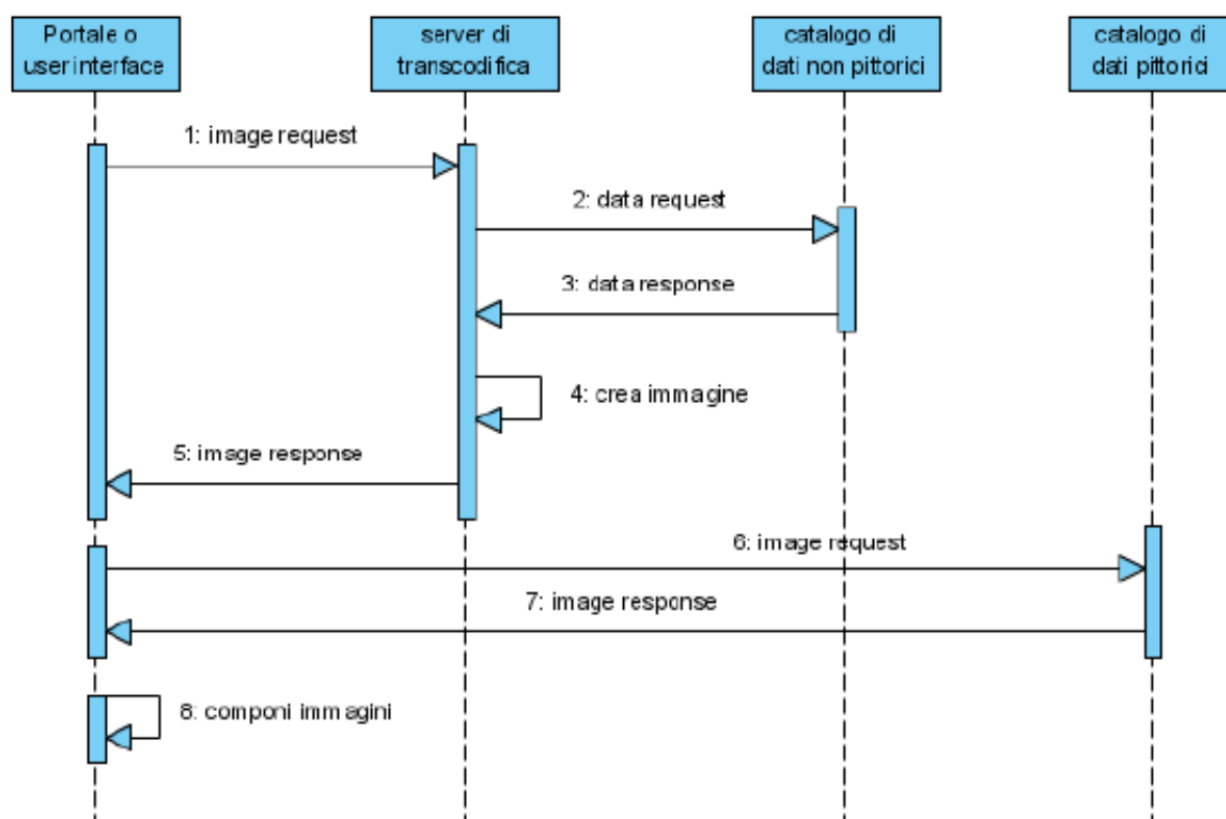
Il portale della SDI del CNR ritorna i risultati complessivi all'utente.

4.9.3. Visualizzazione di dati geospaziali

La visualizzazione di dati geospaziali è una delle principali modalità di interazione di una SDI con gli utenti umani e per fornire contenuto dinamico ai siti Web ed alle pubblicazioni on-line. Alcuni dati sono già codificati in formati pittorici, adatti alla presentazione senza bisogno di ulteriori elaborazioni. Altri dati geospaziali, invece, possono necessitare di codifiche opportune, per permetterne la rappresentazione grafica. Infine, la visualizzazione di dati geospaziali implica tipicamente la composizione/sovrapposizione di layers in un'unica immagine.

La Figura successiva rappresenta un esempio di visualizzazione di dati geospaziali, ottenuti da una fonte di dati pittorici e da una fonte di dati non pittorici, attraverso un processo di transcodifica. La tabella successiva descrive più dettagliatamente le fasi rappresentate.

Esempio di visualizzazione di dati:



Fasi di una visualizzazione di dati:

Fase	Descrizione
Condizioni iniziali	Il portale della SDI del CNR (o l'interfaccia utente) è configurato con le informazioni necessarie per interagire con alcuni cataloghi di dati pittorici e un server di transcodifica
1: image request	Il portale della SDI del CNR (o l'interfaccia utente) invia al server di transcodifica una richiesta per un'immagine, includendo l'URL di un catalogo di dati non pittorici e informazioni di stile per la rappresentazione. Variante: il server di transcodifica è configurato staticamente per accedere tale catalogo di dati non pittorici.
2: data request	Il server di transcodifica invia al catalogo di dati non pittorici un'opportuna richiesta di dati, in dipendenza dalla richiesta ricevuta nella fase 1.
3: data response	Il catalogo di dati non pittorici ritorna i dati richiesti.
5: crea immagine	Il server di transcodifica crea un'immagine dai dati ritornati, applicando le informazioni di stile ricevute nella fase 1.
4: image response	L'immagine è ritornata al portale (o all'interfaccia utente).
6: image request	Il portale della SDI del CNR (o l'interfaccia utente) invia al catalogo di dati pittorici una ulteriore richiesta per un'immagine sulla stessa area di quella richiesta nella fase 1.
7: image response	Il catalogo di dati pittorici ritorna l'immagine richiesta.
8: componi immagini	Il portale della SDI del CNR (o l'interfaccia utente) crea una immagine composta sovrapponendo le immagini ricevute.

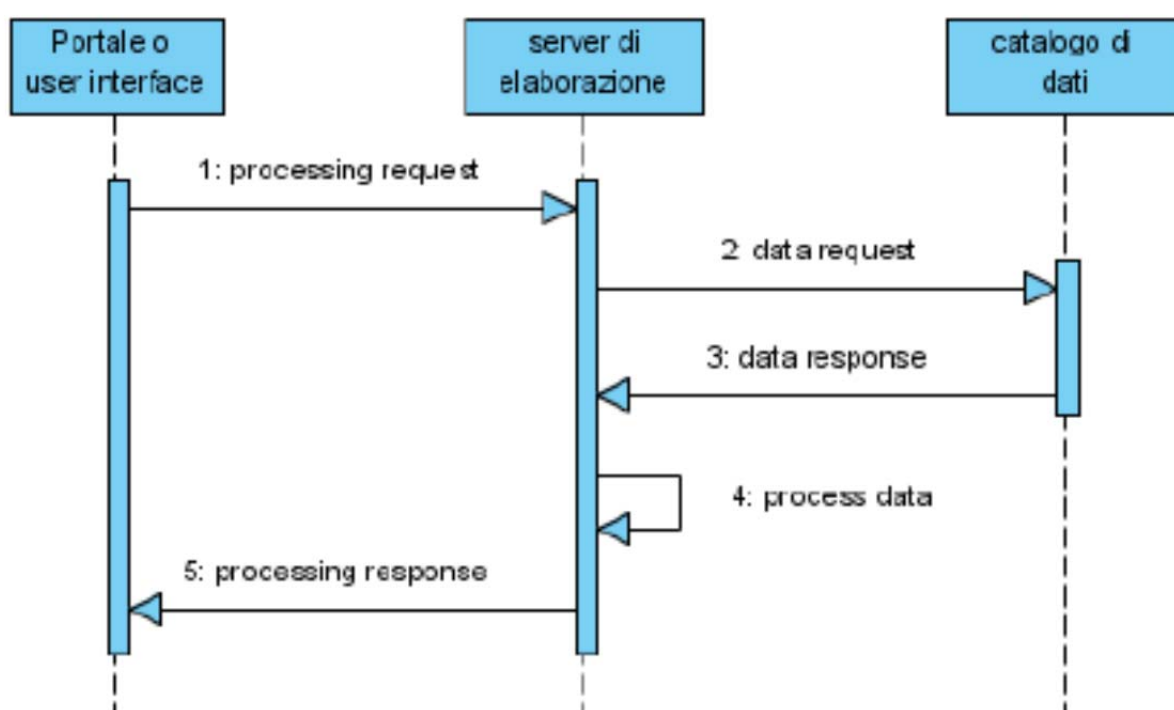
4.9.4.Elaborazione di dati geospaziali

L'elaborazione di dati geospaziali è un caso d'uso frequente in tutti quegli scenari in cui i sistemi di acquisizione e archiviazione non coincidano con i sistemi in cui i dati devono poter essere

utilizzati. In particolare, i dati derivanti dall'Osservazione della Terra necessitano tipicamente di svariate elaborazioni (calibrazione, ricampionamento, segmentazione, ecc.), spesso specificamente definite dall'utente finale. Naturalmente, i servizi e le risorse per l'elaborazione dei dati sono di particolare importanza per la SDI del CNR.

La Figura successiva rappresenta un esempio di elaborazione di dati geospaziali, ottenuti da un catalogo di dati attraverso un server di elaborazione. La tabella successiva descrive più dettagliatamente le fasi rappresentate.

Esempio di elaborazione di dati:



Fasi di una elaborazione di dati:

Fase	Descrizione
Condizioni iniziali	Il portale della SDI del CNR (o l'interfaccia utente) è configurato con le informazioni necessarie per interagire con un catalogo di dati e un server di elaborazione.
1: processing request	Il portale della SDI del CNR (o l'interfaccia utente) invia al server di elaborazione una richiesta di processare dei dati, includendo l'URL di un catalogo di dati e eventuali parametri di elaborazione.
2: data request	Il server di elaborazione invia all'URL del catalogo di dati, ricevuto nella fase 1, una richiesta

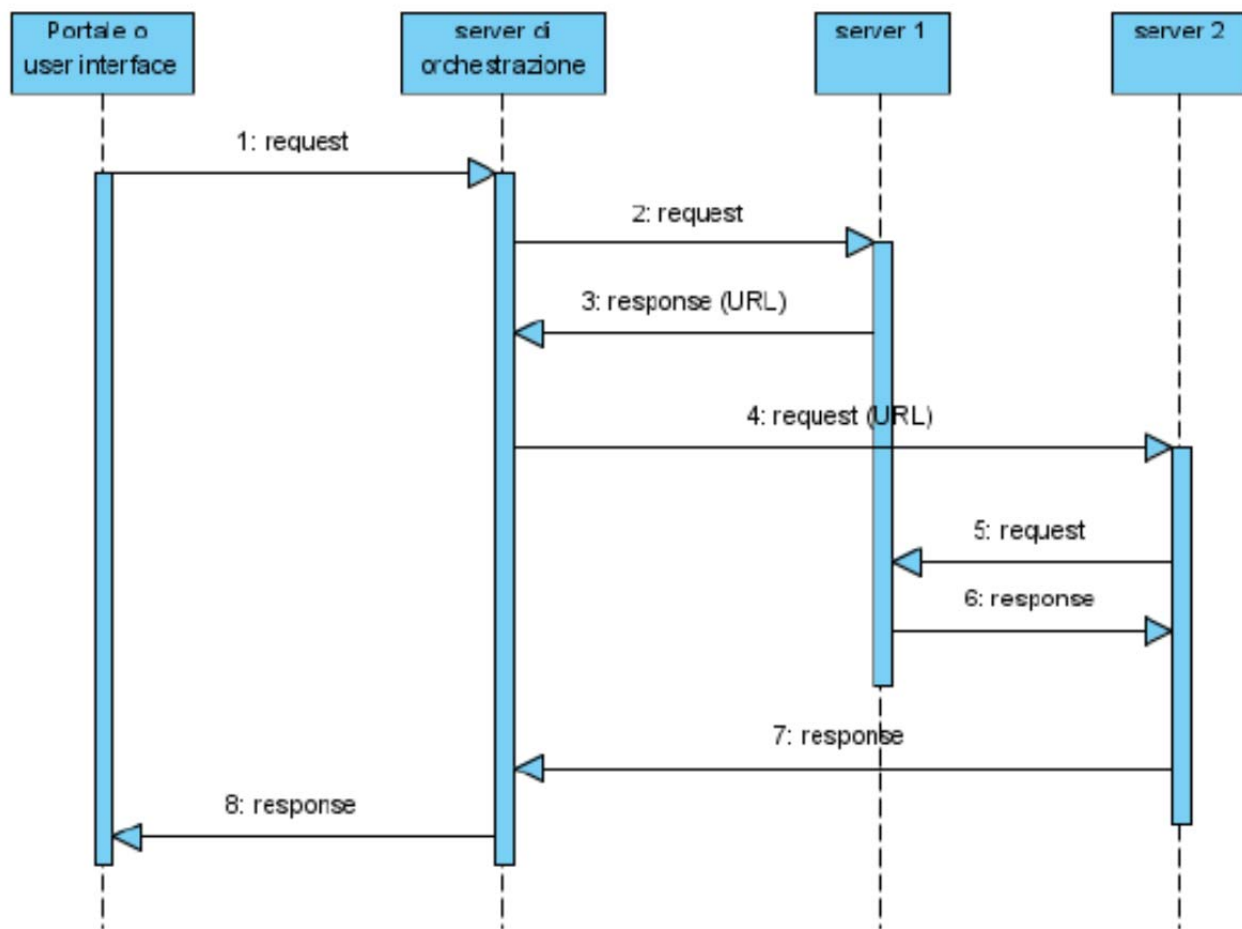
	di dati.
3: date response	Il catalogo di dati ritorna i dati richiesti.
4: process data	Il server di elaborazione esegue il processo richiesto, utilizzando eventualmente i parametri forniti nella fase 1.
5: processing response	Il risultato dell'elaborazione è ritornato al portale (o all'interfaccia utente).

4.9.5.Concatenazione di servizi

Il tipico caso d'uso reale potrà includere una combinazione dei casi d'uso precedenti, variamente concatenati, per le esigenze dell'utente. La descrizione di tale combinazione di servizi può essere catturata in un linguaggio formale per la definizione di flussi di lavoro, quali ad esempio il BPEL. Il controllo di una concatenazione di servizi può quindi essere delegato ad un apposito servizio di gestione dei flussi di lavoro, come rappresentato sotto dal componente server di orchestrazione.

La figura successiva rappresenta un esempio tra tanti di concatenazione di servizi, segnatamente l'invocazione di due servizi in serie, coordinata da un terzo server di orchestrazione. La tabella successiva descrive più dettagliatamente le fasi rappresentate.

Esempio di concatenazione di servizi



Fasi di una concatenazione di servizi:

Fase	Descrizione
Condizioni iniziali	Il portale della SDI del CNR (o l'interfaccia utente) è configurato con le informazioni necessarie per interagire con un server di orchestrazione, sul quale sia stato preventivamente definito e memorizzato un flusso di lavoro.
1: request	Il portale della SDI del CNR (o l'interfaccia utente) invia al server di orchestrazione una richiesta di eseguire il flusso di lavoro.
2: request	Il server di orchestrazione inizia il flusso di lavoro inviando una richiesta di dati al server 1.
3: response (URL)	Il server 1 ritorna una risposta con l'URL al quale sono resi disponibili i dati risultanti dalla richiesta nella fase 2.
4: request (URL)	Il server di orchestrazione invia al server 2, anello successivo del flusso di lavoro, una richiesta con l'URL ottenuto nella fase 3.
5: request	Il server 2 richiede i dati dal server 1.

6: response	Il server 1 ritorna al server 2 i dati richiesti.
7. response	Il server 2 esegue elaborazioni ulteriori sui dati ottenuti nella fase 6 e ritorna al server di orchestrazione il risultato finale del flusso di lavoro. Variante: il server 2 ritorna al server di orchestrazione una risposta con l'URL al quale è reso disponibile il risultato finale del flusso di lavoro.
8: response	Il server di orchestrazione ritorna al portale (o all'interfaccia utente) il risultato finale ottenuto nella fase 7. Variante: il server di orchestrazione ritorna al portale (o all'interfaccia utente) l'URL ottenuto nella variante della fase 7.

Capitolo 5. Casi di studio

Al fine di poter testare l'architettura SDI sopra descritta si sono considerati dei casi studio su aree campione sulle quali altre tesi di dottorato realizzate presso il Politecnico di Bari stavano producendo una grossa quantità di dati ambientali con monitoraggio e rilievi in SITU.

5.1. *Casi di studio*

Una delle funzionalità più importanti del paesaggio, è il suo ruolo nel controllo della qualità dell'acqua (Haycock e Muscutt, 1995) e la prevenzione dell'inquinamento, grazie alle strutture del paesaggio, quali le zone umide e la vegetazione ripariale che funge da zona tampone (buffer areas) degli inquinanti (Novotny, 2004). Le zone umide sono aree che perennemente inondate o sature di acque superficiali, con frequenza e durata sufficiente a sostenere la vegetazione, tipicamente adattata alla vita in condizioni di terreno saturo (US Army Corps of Engineers, 1995). Le fasce ripariali vegetate sono aree buffer (BAs), in grado di intercettare (da un punto di vista qualitativo e quantitativo) le acque reflue, deflusso ipodermico, sedimenti e sostanze chimiche che provengono dai campi coltivati, riducendone così l'esportazione ai corpi idrici superficiali (Welsch, 1991; Dosskey et al, 1997, Postel e Carpenter 1997, Field, et al., 2006).

Inoltre, con le BAs si pensa di promuovere e di fornire l'habitat per la vita acquatica, producendo una vasta gamma di ecosistemi e di servizi per l'uomo, sia quelli con valore d'uso (come il miglioramento dell'acqua, a scopo potabile e irriguo; la laminazione delle piene, l'estetica e la fruizione per il tempo libero; bird watching), sia altri di più vasta scala (sia spaziale che temporale), come la mitigazione del clima locale, la lotta al cambiamento climatico globale, l'incremento della biodiversità, opportunità scientifiche e didattiche, il senso di benessere conseguente alla consapevolezza di vivere in un ecosistema sano (USDA-NRCS 1999; Holmes et al., 2004).

Per queste ragioni, le BAs sono considerate tra i più importanti fattori che influenzano gli indicatori chimici e biologici di qualità delle acque, ad esempio le proprietà di drenaggio del suolo (Solano, Soriano e Ciria, 2004). Di conseguenza, i responsabili dell'ambiente in tutto il mondo e le agenzie, compresa l'Italia (Testo Unico Ambiente: D. Lgs. 4/2008), favoriscono il mantenimento di zone tampone ripariali come una best practices di gestione per la conservazione della qualità dell'acqua.

Diversi studi, condotti da un certo numero di anni, hanno dichiarato che le zone umide e le aree tampone ripariali all'interfaccia tra campi agricoli e corpi idrici può ridurre significativamente la quantità di sostanze inquinanti agricole (fonti diffuse di inquinamento: Peterjohn et al, 1984;. Lowrance et al., 1985;. Lowrance et al., 1985;. Jacobs e Gilliam, 1985; Schultz et al., 1995).

Una delle applicazioni dell'infrastruttura tecnologica implementata attraverso il dottorato è quella di valutare le capacità autodepurative di aree umide in canali intermittenti, e la loro capacità di preservare la qualità dell'acqua.

Le aree di studio sono la Lama San Giorgio (LSG), un torrente, con flusso intermittente, tipica del clima semi-arido di queste zone (Fig. 20) e il Canale Asso (CA) (Fig. 22).

Prevalentemente, il letto dei due torrenti ha una sezione ad U, ma sono anche possibili a forma di V, in funzione della evoluzione dei processi di erosione. Questo lo si è verificato tramite il rilievo LIDAR dell'AdB Puglia caricato tramite servizio WCS nel gis desktop QGIS e valutando la sezione del torrente. Rare, ma intense, inondazioni possono verificarsi, come è tipico dei climi semi-aridi (dati dell'idrografico della Regione Puglia). Queste caratteristiche fisiche generano un paesaggio molto interessante, con micro-habitat di specie animali e vegetali protette dalla Direttiva "Habitat" dell'Unione europea (92/43/CEE), e molti uccelli, rettili e anfibi inclusi nella Lista Rossa della direttiva (SIC e ZPS caricati nell'interfaccia di P.Mapper tramite servizi WFS dal portale regionale).

L'alveo di LSG e CA varia nello spazio: a volte è stretto, a volte relativamente ampio, e si nota che le zone umide di ingresso si sviluppano naturalmente proprio in queste ultime sezioni (Fig. 20 e Fig. 22).

Dopo aver stabilito la natura dei due torrenti, è necessario verificare se il contesto è idoneo a sostenere le zone umide e alcune considerazioni preliminari che sono necessarie:

- Tipo di suolo (uso del suolo dal servizio WFS del portale cartografico regionale).
- Falda: un flusso continuo di base o falda acquifera alta è necessario per supportare la vegetazione delle zone umide (dati bibliografici provenienti dal Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia).
- Ubicazione topografica: una zona umida dovrebbe tener conto depressioni naturali, pianure alluvionali (DTM servizio WCS AdB Puglia) e aree naturali (parchi naturali caricati nell'interfaccia di P.Mapper tramite servizi WFS dal portale regionale). Inoltre, si dovrebbe tentare di scegliere un impianto esteticamente "adatto" al paesaggio (paesaggio nativo).
- Basamento: deve essere vicino alla superficie, per impedire il flusso di scavo (dati bibliografici provenienti dal Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia).

- Presenza o assenza di vegetazione naturale e il suo tipo (uso del suolo dal servizio WFS del portale cartografico regionale).

Nel caso specifico, tra questi aspetti, quelli più significativi sono la **morfologia del canale** e, in particolare, depressioni naturali. Essi sono stati considerati come fattori che regolano l'idoneità del torrente allo sviluppo delle zone umide, grazie al costante accumulo di acqua (quando la falda emerge), o di semplice elevata umidità del terreno, anche in periodi asciutti.

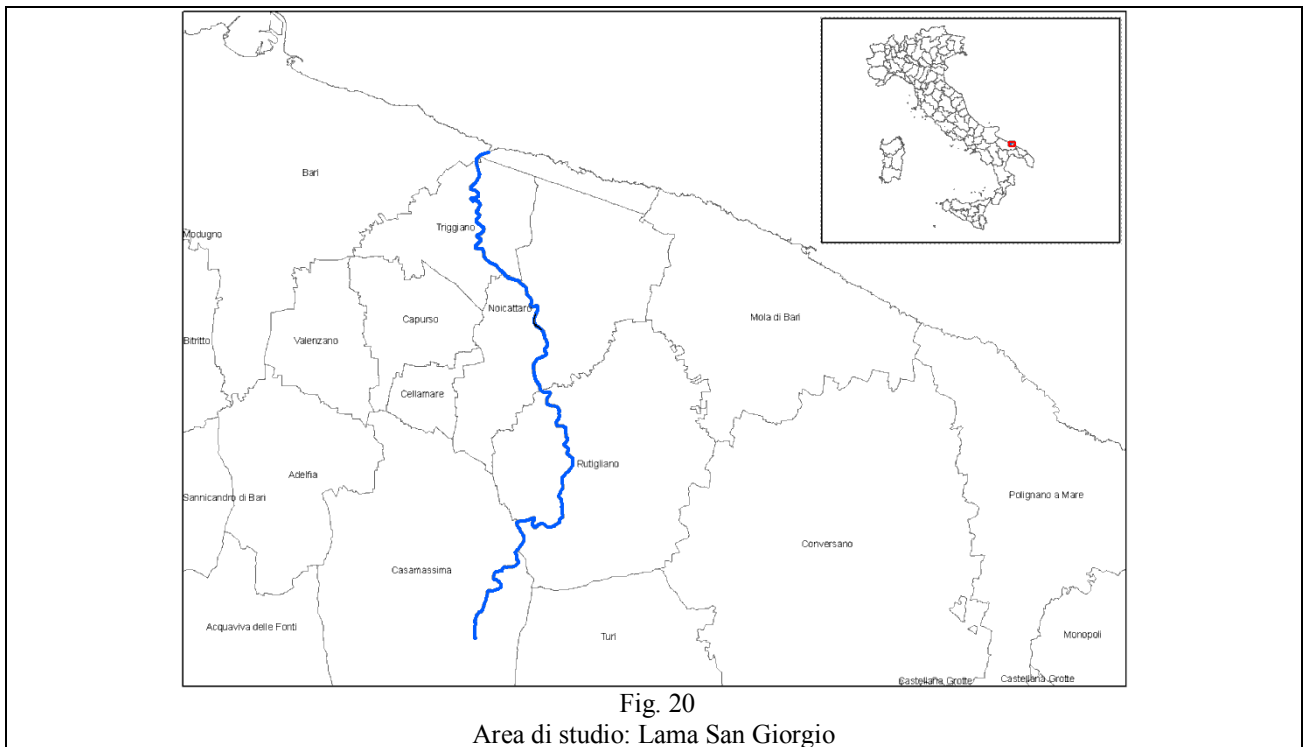




Fig. 21

Morfologia, uso del suolo (vigneti) e aree umide di Lama San Giorgio

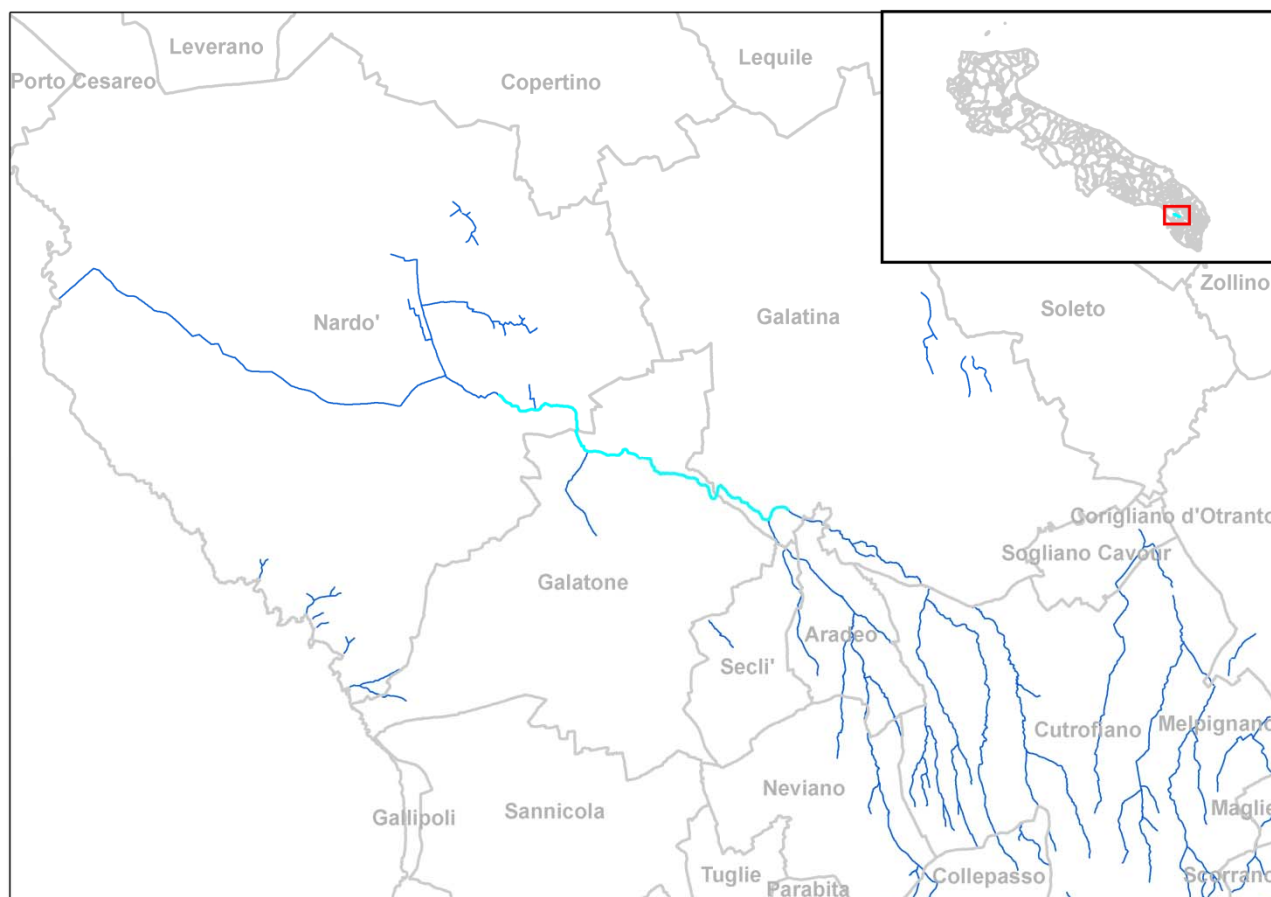


Fig. 22

Area di Studio: Canale Asso



Fig. 23

Morfologia, impianti di depurazione, uso del suolo e aree umide del Canale Asso

È quindi necessario indagare la topografia del paesaggio e, in particolare i seguenti due aspetti:

1. L'effettiva presenza delle zone umide naturali, ricavata dall'analisi dalle foto aeree (servizio WMS Regione Puglia) e indagini di terra (Fig. 24).
2. La morfologia, attraverso un modello digitale del terreno (DTM-LIDAR, servizio WCS) con una risoluzione (dimensione raster) di 1 m e strumenti GIS software open source come QGIS. Q-GIS e/o commerciali come Arcview-ArcGis 10.0 (con tool: Spatial Analyst e 3D Analyst che utilizzano i servizi WMS e WCS).

5.1.1.Lama San Giorgio

Lama San Giorgio (LSG) (caricato tramite il servizio WFS dell'AdB Puglia), ha una lunghezza di circa 40 km e un bacino di 238 km² (lunghezza e superficie misurate direttamente tramite lo strumento "righello" sull'interfaccia web del WebGIS).

Nella prima fase dello studio è stata controllata la relazione tra la presenza di effettiva umidità in ingresso alla depressione di LSG e morfologia del canale, valutandone le depressioni naturali, attraverso le elaborazioni GIS del DTM (WCS). In questo modo, è possibile valutare, quantitativamente, le zone umide di LSG potenzialmente in grado di svilupparsi e, quindi, avere un ruolo di BAs, che, a sua volta, conferisce al torrente un ruolo depurativo naturale dell'inquinamento organico: BOD e nutrienti provenienti da fognature civili, per esempio, o

nutrienti (P e N) da fonti diffuse di origine agricola o, in altre parole, i carichi sostenibili di inquinamento organici per Lama San Giorgio.

Le zone umide in ingresso di Lama San Giorgio, come mostrato in Fig. 24, sono state rilevate sia da terra che nella foto aerea (WMS).

Questo è un tipico caso in cui si sviluppa spontaneamente una zona umida, dove la linea che passa attraverso i punti più bassi ha una depressione che permette l'accumulo di umidità sufficiente per lo sviluppo del canneto. La foto e le sezioni trasversali e longitudinali nella Fig. 24 mostrano che il canneto non occupa l'intero canale, ma la sua morfologia suggerisce che la zona umida potrebbe facilmente svilupparsi in questa sezione.

Tramite l'utilizzo di GIS e relativo DTM (WCS), è immediatamente possibile valutare la morfologia del canale.

Valutazione di autodepurazione nella zona umida

Per valutare zone umide autodepurative, è necessario calcolare la loro geometria. Nel caso studio, valutata la presenza di una depressione naturale, le sue dimensioni sono state calcolate (Fig. 25):

- Lunghezza: 52 m, Larghezza: 32 m; Area 1.662 m²

Per valutare il volume delle zone umide, si è considerata come profondità della radice del canneto un valore di 0,50 m (una misura di sicurezza rispetto la profondità della radice, normalmente maggiore di 0,70 m).

L'autodepurazione per LSG è stata valutata in termini di abbattimento di BOD5 (Biological Oxygen Demand) è una misura di ossigeno utilizzato dai microrganismi per decomporre acque reflue (in cinque giorni, a 20°C), inquinate da composti organici, provenienti, ad esempio, da insediamenti civili.



Fig. 24

Sito dove il metodo è stato applicato.
Le line rosse indicano le sezioni trasversali e longitudinali

Longitudinal (thalweg) profile

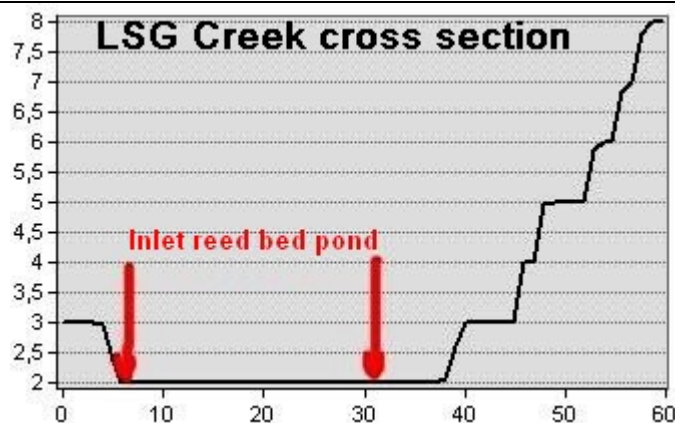
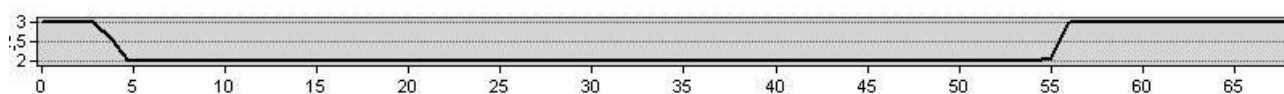


Fig. 25

Sezione trasversale e longitudinale

La relazione più diffusa tra **BOD₅** e la **geometria delle zone umide** è la seguente (equazione di Kickuth, US-EPA, 2000):

$$A_{\text{wetland}} = \frac{Q * [\ln(C_0) - \ln(C_1)]}{K_{\text{BOD}_5}} \quad [\text{m}^2]$$

dove $\ln$ è il simbolo logaritmo naturale e:

- Q = media **flusso giornaliero delle acque reflue** [m^3/d];
- C_0 = media BOD_5 delle **zone umide in ingresso acque reflue** [mg/l];
- C_t = media BOD_5 delle acque reflue **di uscita delle zone umide** (essendo t il tempo di residenza) [mg/l];
- K_{BOD_5} = costante di de-ossigenazione, la letteratura (US-EPA, 2000) dà una serie di 0,06-1,5 d^{-1} , prudenzialmente, è stato considerato un valore di 0,08 d^{-1} .

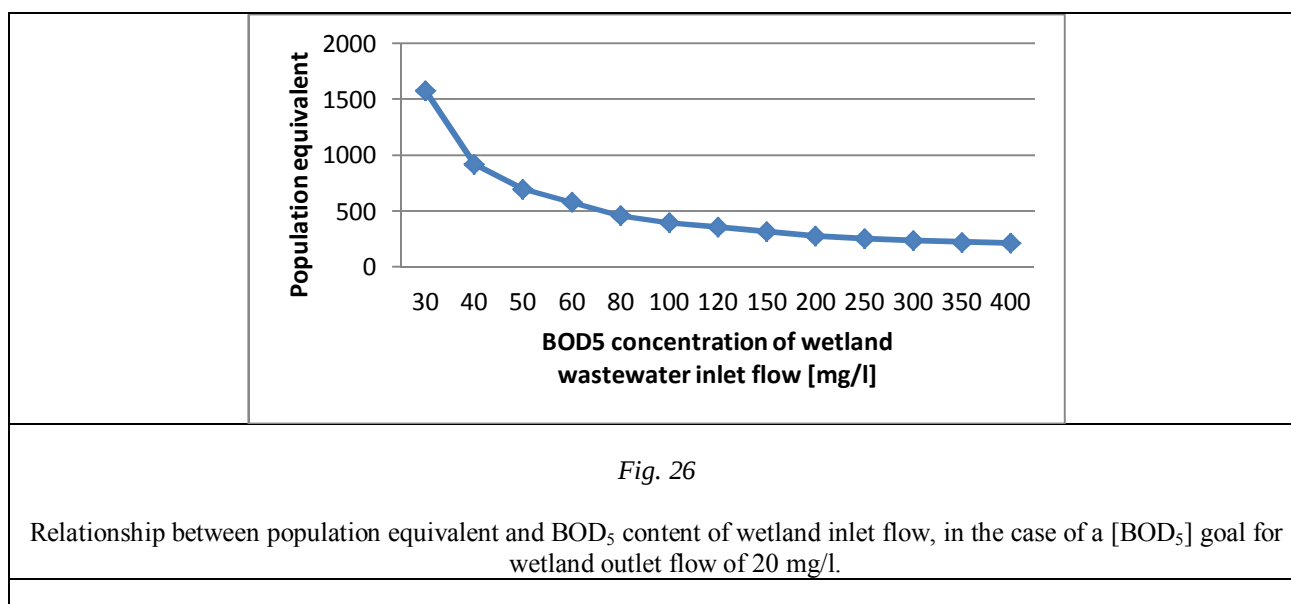
Questo calcolo permette la stima della capacità di autodepurazione della zona umida, in termini di abitanti equivalenti (PE) i cui reflui possono essere depurati. Questo concetto si riferisce alla quantità di BOD_5 consumato per la depurazione di reflui proveniente da qualsiasi attività, rapportando detta quantità al BOD_5 di una persona. Si tratta di una misura di inquinamento, che rappresenta la media del carico organico biodegradabile per persona al giorno.

Considerato una disponibilità di acqua di 200 l/d ($0,2 \text{ m}^3/\text{d}$) per persona, se PE è il numero di abitanti equivalenti, il flusso delle acque reflue giornaliera è $Q=0,2*PE$ e, esplica l'equazione Kickuth da $Q=0,2*PE$, è possibile correlare PE alla capacità autodepurativa delle aree umide:

$$PE = \frac{1662 * 0,08}{0,2 * [\ln(C_0) - \ln(C_t)]}$$

Questa equazione consente di correlare il carico antropico PE, l' inquinamento in ingresso ($\ln(C_0)$), l' inquinamento alla fine della zona umida, ($\ln(C_t)$), come mostrato nel grafico in Fig. 26, dove sono stati considerati:

- Un obiettivo di autodepurazione di 20 mg/l di media per il BOD_5 delle zone umide di uscita (C_t).
- Vari medi BOD_5 delle zone umide in ingresso (C_0), tracciata sull'asse x del grafico.
- Conseguente popolazione equivalente (PE), le cui acque reflue possono essere trattati con zone umide.



5.1.2.Canale Asso

L'area di studio (Fig. 22) mostra il caratteristico clima mediterraneo caldo, estate secca e inverni umidi.

Utilizzando la classificazione climatica di Köppen (Köppen et al., 1936), il clima è subtropicale clima estivo secco o mediterraneo (Csa) come segue:

- zona "C" hanno una temperatura media superiore a 10 ° (50 F) nei mesi più caldi e una media nel più freddo tra 20 a 0 ° (da 68 a 32 F)
- la seconda lettera indica il loro andamento: "s" rappresenta estati secche: in primo luogo, di Köppen ha definito un mese secco come un mese con meno di un terzo di quello del mese più piovoso inverno, e con meno di 30 mm di precipitazioni in un mesi estivi,
- la terza lettera indica il grado di calore estivo: "a" rappresenta una temperatura media nel mese più caldo superiore a 22 ° C (72 ° F)

Il Canale Asso (caricato tramite il servizio WFS dell'AdB Puglia) è di lunghezza circa 26 km di lunghezza (lunghezza e superficie misurate direttamente tramite lo strumento "righello" sull'interfaccia web del WebGIS, vedi paragrafo 4.7), con un bacino di 225 km² di grandi dimensioni e l'area di studio è di circa 10 km di lunghezza (Fig. 24). La caratteristica più interessante è la presenza di tre impianti di depurazione operativi (Consorzio Maglie, Aradeo e Galatone pallini fuxia in Fig. 27 e Fig. 28), i cui punti di scarico sono nel fiume Asso (Tab. 4) (inseriti direttamente tramite lo strumento "marcatore del punto di interesse" sull'interfaccia web del WebGIS, vedi paragrafo 4.7) .

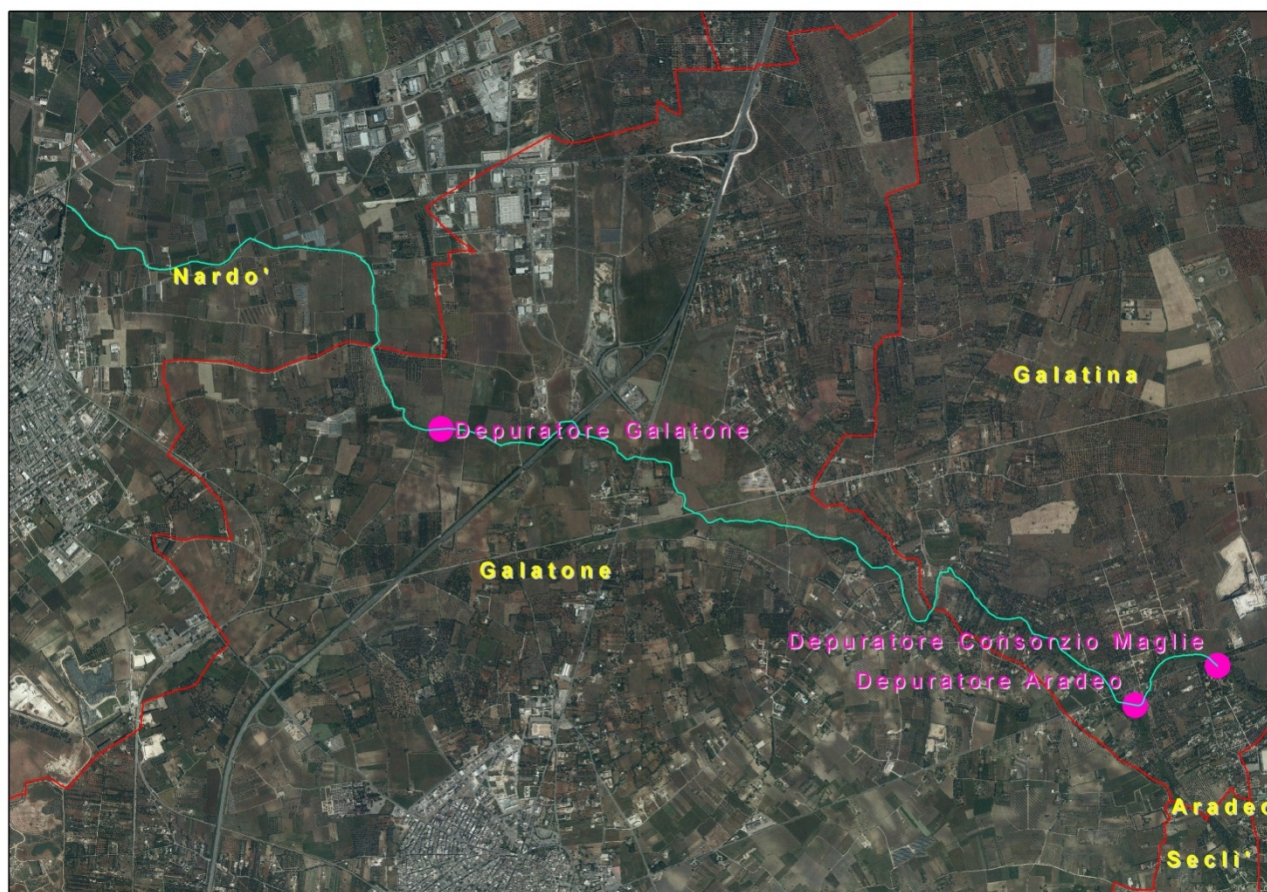


Fig. 27

Impianti di depurazione dell'area di studio

Depuration plant	Name and inlet type	Point distance (km)	Plant capability (n° AE)	Generate load (AE urban)	Capacity (l/s)	Wastewater treatment
Maglie consortile	Asso channel (CISNS)	9,73	59.827	110.263	225	Secondary
Aradeo	Raschione channel (CISNS)	9,3	9.755	14.601	225	Secondary
Galatone	Asso channel (CISNS)	3,35	17.996	23.389	37	Secondary

Tab. 4

Principali Caratteristiche degli impianti di depurazione

L'IBE ha lo scopo di “formulare diagnosi della qualità di ambienti di acque correnti sulla base delle modificazioni nella composizione delle comunità di macroinvertebrati, indotte da fattori di inquinamento delle acque e dei sedimenti o da significative alterazioni fisiche dell'alveo bagnato.” (Ghetti, 1997)

La base del rilevamento è l'analisi della struttura delle comunità macrobentoniche: valori decrescenti dell'indice indicano una più o meno marcata destrutturazione della comunità stessa e quindi un allontanamento dalla situazione ideale in cui dovrebbe trovarsi una determinata tipologia fluviale. Sfruttando la dipendenza degli animali bentonici dai substrati e la particolarità della comunità di essere costituita da **popolazioni con diversi livelli di sensibilità alle condizioni di stress**, l'IBE fornisce informazioni di tipo integrale, evidenziando gli effetti prodotti nel tempo da una fonte di alterazione: possiede, quindi, una buona capacità di sintesi. Tuttavia, essendo difficile stabilire una relazione biunivoca tra causa ed effetto, non è possibile identificare il tipo di alterazione che ha prodotto la deviazione dalla "comunità attesa": l'indice ha bassa capacità analitica.

Un corretto campionamento e una verosimile ricostruzione della comunità della sezione indagata è una condizione essenziale per una corretta applicazione dell'indice.

L'indice viene inizialmente calcolato come valore numerico ricavato mediante una tabella a doppia entrata: l'ingresso verticale è costituito dal numero di unità sistematiche presenti nel campione, escludendo la presenza di specie trasportate dalla corrente (drift); l'ingresso orizzontale, invece, è definito dal gruppo faunistico più sensibile e (per plecoteri, efemeroteri e tricoteri) dal numero di unità sistematiche rinvenute che ad esso appartengono. I valori del punteggio sono compresi tra 1 e 14. Tale intervallo è suddiviso in ulteriori 5 porzioni a cui sono associate le classi di qualità (Tab. 5). Ad ogni classe è riferito un colore diverso, una codificazione che risulta particolarmente utile per la stesura di carte tematiche.

CLASSI DI QUALITA'	VALORE DI IBE	GIUDIZIO DI QUALITA'	COLORE RELATIVO ALLA CLASSE DI QUALITA'
Classe I	10-11-12+	Ambiente non inquinato o comunque non alterato in modo sensibile	
Classe II	8-9	Ambiente con moderati sintomi di inquinamento o di alterazione	
Classe III	6-7	Ambiente inquinato o comunque alterato	
Classe IV	4-5	Ambiente molto inquinato o comunque molto alterato	
Classe V	0-1-2-3	Ambiente fortemente inquinato o fortemente alterato	

Tab. 5

Tabella di conversione dei valori di IBE in classi di qualità.

Scheda IFF	Luglio 2011	Settembre 2011	Gennaio 2012	Gennaio 2013	GIUDIZIO	CLASSE

1	OTTIMO		SCARSO		OTTIMO	I
5	PESSIMO		PESSIMO		PESSIMO	V
10	BUONO				BUONO	II
15		SUFFICIENTE			SUFFICIENTE	III
21		SCARSO			SCARSO	IV
29		SUFFICIENTE			SUFFICIENTE	III
31	BUONO			PESSIMO	BUONO	II
32	PESSIMO		PESSIMO		PESSIMO	V
30				SCARSO	SCARSO	IV
8				SUFFICIENTE	SUFFICIENTE	III

Tab. 6

IBE sul Canale Asso in quattro periodi (Luglio 2011, Settembre 2011, Gennaio 2012, Gennaio 2013)- (Fonte Tesi della dottoranda Biologa Flavia Milone Politecnico di Bari)

Di solito l'IBE è preferibile calcolarlo nel periodo di magra ecco perché il GIUDIZIO della Tab. 6 è quello preso nei mesi caldi.

I risultati frutto del campionamento sono stati immagazzinati nel Geodatabase PostGIS dell'architettura SDI Fig. 16 ed associati al punto di campionamento. L'inserimento è stato possibile direttamente da coloro che hanno realizzato il campionamento attraverso una interfaccia web di dataentry collegata direttamente al geodatabase (vedi paragrafo 4.7).



Fig. 28

IBE sul Canale Asso in quattro periodi (Luglio 2011, Settembre 2011, Gennaio 2012, Gennaio 2013) e impianti di depurazione (pallino fuxia)

Il periodo di rilevamento dell'IFF consigliato per un'applicazione corretta dell'Indice di Funzionalità Fluviale è quello compreso fra il regime idrologico di morbida e di magra, e comunque in un periodo di attività vegetativa. Le Indagini preliminari devono raccogliere il

- regime idrologico;
- climatologia della zona;
- utilizzo del territorio circostante;
- fauna;
- flora;

- morfologia fluviale;
- componente vegetazionale delle rive.

La struttura della scheda IFF è costituita da una serie di 14 domande, raggruppabili in 4 gruppi funzionali:

- 1- condizioni vegetazionali delle rive e del territorio circostante al corso d'acqua (domande 1-4);
- 2- ampiezza relativa dell'alveo bagnato e struttura fisica e morfologica delle rive (domande 5 e 6);
- 3- struttura dell'alveo (domande 7-11);
- 4- caratteristiche biologiche (domande 12-14).

Scheda di rilevamento. 1° gruppo funzionale: condizioni vegetazionali delle rive e del territorio circostante

1-		sponda	Sx	Dx
	1) - Stato del territorio circostante			
	•Coperto da foreste e boschi		25	25
	•Prati, pascoli, boschi, pochi arativi ed incolti		20	20
	•Colture stagionali in prevalenza e/o arativi misti e/o colture permanenti		5	5
	•Aree urbanizzate		1	1
	2) - Vegetazione presente nella fascia perfluviale primaria			
	•Presenza di formazioni arboree riparie		30	30
	•Presenza formazioni arbustive riparie (saliceti arbustivi) e/o canneto		25	25
	•Presenza di formazioni arboree non riparie		10	10
	•Costituita da specie arbustive non riparie o erbacea o assente		1	1
	2bis) - Vegetazione presente nella fascia perfluviale secondaria (muri)			
	•Presenza di formazioni arboree riparie		20	20
	•Presenza di formazioni arbustive riparie (saliceti arbustivi) e/o canneto		15	15
	•Presenza di formazioni arboree non riparie		5	5
	•Costituita da specie arbustive non riparie o erbacea o assente		1	1
	3) - Ampiezza della fascia di vegetazione perfluviale			
	•Fascia di vegetazione perfluviale > 30 m		20	20
	•Fascia di vegetazione perfluviale 5-30 m		15	15
	•Fascia di vegetazione perfluviale 1-5 m		5	5
	•Fascia di vegetazione perfluviale assente		1	1
	4) - Continuità della fascia di vegetazione perfluviale			
	•Fascia di vegetazione perfluviale senza interruzioni		20	20
	•Fascia di vegetazione perfluviale con interruzioni		10	10
	•Interruzioni frequenti o solo erbacea continua e consolidata		5	5
	•Suolo nudo o vegetazione erbacea rada		1	1

Scheda di rilevamento. 2° gruppo funzionale: ampiezza relativa dell'alveo bagnato e struttura fisica e morfologica delle rive

	sponda	Sx	Dx
5) - Condizioni idriche dell'alveo			
Larghezza dell'alveo di morbida inferiore al triplo dell'alveo bagnato		20	
•Alveo di morbida maggiore del triplo dell'alveo bagnato con fluttuazioni di portata a ritorno frequente		15	
•Alveo di morbida maggiore del triplo dell'alveo bagnato con fluttuazioni di portata a ritorno stagionale		5	
•Alveo bagnato inesistente o quasi o presenza di impermeabilizzazioni della sezione trasversale		1	
6) - Conformazione delle rive			
•Rive trattenute da radici arboree e/o massi		25	25
•Rive trattenute da erbe e arbusti e/o con interventi di rinaturalizzazione		15	15
•Rive trattenute da un sottile strato erboso o scogliera non trattenuta		5	5
•Rive nude e/o con interventi artificiali		1	1

Scheda di rilevamento. 3° gruppo funzionale struttura dell'alveo

7) - Strutture di ritenzione degli apporti trofici (solo alveo bagnato)

•Alveo con grossi massi e/o vecchi tronchi stabilmente incassati o fasce di cann.	25
•Massi e/o rami presenti con deposito di sedimento o canneto o idrofite rade	15
•Strutture di ritenzione libere e mobili con le piene o assenza di canneto o idrofite	5
•Alveo di sedimenti sabbiosi e/o ghiaiosi privo di alghe o sagomature artificiali	1
•Isce a corrente uniforme	

8) - Erosione delle rive

•Nessuna o poco evidenti	20	20
•Erosioni solamente nelle curve e/o nelle strettoie	15	15
•Erosioni frequenti con scavo delle rive e delle radici	5	5
•Erosione molto evidente con rive scavate e franate o presenza di interventi artificiali	1	1

9) - Naturalità della sezione trasversale

•Sezione naturale	15
•Naturale con lievi interventi artificiali	10
•Artificiale con qualche elemento naturale	5
•Sezione artificiale	1

10) - Fondo dell'alveo

•Irregolare, stabile e diversificato	25
•A tratti mobile e con poco sedimento	15
•Facilmente mobile	5
•Artificiale o cementificato	1

11) - Raschi, pozze e meandri

•Ben distinti ricorrenti; rapporto tra distanza di raschi (o meandri) e larghezza dell'alveo bagnato pari a 5-7:1	25
•Presenti a distanze diverse e con successione irregolare (7-15:1)	20
•Lunghe pozze che separano corti raschi o viceversa, pochi meandri (15-25:1)	10
•Meandri, raschi e pozze assenti, percorso raddrizzato (>25:1)	1

2-

Scheda di rilevamento. 4° gruppo funzionale caratteristiche biologiche

12) - Vegetazione in alveo bagnato in acque a flusso turbolento

•Assente o costituita da gruppi di idrofite con copertura complessiva <10%	15
•Costituita da idrofite con copert. complessiva tra 10 e 35%, feltro perifitico visibile	10
•Costituita da idrofite con copertura complessiva >35%, feltro perifitico discreto	5
•Costituita esclusivamente da alghe filamentose, feltro perifitico spesso	1

12bis) - Vegetazione in alveo bagnato in acque a flusso laminare

•Periphyton scarso: copertura di idrofite <5%	15
•Periphyton visibile: copertura di idrofite <35%	10
•Periphyton discreto: alghe filamentose; copertura di idrofite >35%	5
•Periphyton spesso e/o idrofite assenti o solo alghe filamentose	1

13) - Detrito

•Composto da frammenti vegetali riconoscibili e fibrosi	15
•Composto da frammenti vegetali fibrosi e polposi	10
•Composto da frammenti polposi	5
•Detrito anaerobico	1

14) - Comunità macrobentonica

•Ben strutturata e diversificata, adeguata alla tipologia fluviale	20
•Sufficientemente diversificata ma con struttura alterata rispetto a quanto atteso	10
•Poco equilibrata e diversificata con prevalenza di taxa tolleranti l'inquinamento	5
•Assenza di una comunità strutturata, presenza di pochi taxa tutti piuttosto tolleranti l'inquinamento.	1

Anche per l'IFF i risultati frutto del campionamento sono stati immagazzinati nel Geodatabase PostGIS dell'architettura SDI Fig. 16 ed associati al punto di campionamento. L'inserimento è stato possibile direttamente da coloro che hanno realizzato il campionamento attraverso una interfaccia web di dataentry collegata direttamente al geodatabase (vedi paragrafo 4.7).

Il punteggio dell'IFF complessivo (valore minimo di 14 e massimo 300), viene tradotto in cinque livelli di funzionalità (I indica la situazione migliore e V la peggiore), ai quali corrispondono i relativi giudizi di funzionalità, individuati cartograficamente da colori convenzionali.

<i>VALORE DI IFF</i>	<i>LIVELLO DI FUNZIONALITA'</i>	<i>GIUDIZIO DI FUNZIONALITA'</i>	<i>Colore</i>
261-300	I	ELEVATO	BLU
251-260	I-II	ELEVATO-BUONO	BLU-VERDE
201-250	II	BUONO	VERDE
181-200	II-III	BUONO-MEDIOCRE	VERDE-GIALLO
121-180	III	MEDIOCRE	GIALLO
101-120	III-IV	MEDIOCRE-SCADENTE	GIALLO-ARANCIO
61-100	IV	SCADENTE	ARANCIO
51-60	IV-V	SCADENTE-PESSIMO	ARANCIO-ROSSO
14-50	V	PESSIMO	ROSSO

Tab. 7

Tabella di conversione dei valori di IFF in classi di qualità.

Scheda IFF	Lunghezza (m)	SPONDA SX	SPONDA DX	Tratto
1	398,32	scadente	scadente	dal punto 0 al punto 1
2	255,47	mediocre	mediocre	dal punto 1 al punto 2
3	351,26	scadente	scadente	dal punto 2 al punto 3
4	128,28	scadente	scadente	dal punto 3 al punto 4
5	248,29	scadente	scadente	dal punto 4 al punto 5
6	627,24	mediocre-scadente	mediocre	dal punto 5 al punto 6
7	209,99	scadente	scadente	dal punto 6 al punto 7
8	294,92	mediocre	mediocre	dal punto 7 al punto 8
9	381,55	scadente	scadente	dal punto 8 al punto 9
10	608,00	mediocre	mediocre	dal punto 9 al punto 10
11	257,19	mediocre	mediocre	dal punto 10 al punto 11
12	212,53	mediocre	mediocre	dal punto 11 al punto 12
13	236,12	mediocre	mediocre	dal punto 12 al punto 13

14	251,35	buono-mediocre	buono-mediocre	dal punto 13 al punto 14
15	513,90	buono-mediocre	buono-mediocre	dal punto14 al punto 15
16	312,44	mediocre	mediocre	dal punto 15 al punto 16
17	209,40	scadente	scadente	dal punto 16 al punto 17
18	378,76	mediocre	mediocre	dal punto 17 al punto 18
19	205,00	mediocre	mediocre	dal punto 18 al punto 19
20	585,27	mediocre	mediocre	dal punto 19 al punto 20
21	378,57	buono	buono	dal punto 20 al punto 21
22	207,29	buono-mediocre	mediocre	dal punto 21 al punto 22
23	243,96	mediocre-scadente	mediocre-scadente	dal punto 22 al punto 23
24	136,65	mediocre	mediocre	dal punto 23 al punto 24
25	487,09	buono-mediocre	buono-mediocre	dal punto 24 al punto 25
26	221,90	mediocre	mediocre	dal punto 25 al punto 26
27	137,96	mediocre	buono-mediocre	dal punto 26 al punto 27
28	154,91	mediocre-scadente	mediocre	dal punto 27 al punto 28
29	213,48	scadente	scadente	dal punto 28 al punto 29
30	157,28	mediocre	mediocre	dal punto 29 al punto 30
31	197,58	mediocre	mediocre	dal punto 30 al punto 31
32	74,95	mediocre-scadente	scadente	dal punto 31 al punto 32

Tab. 8

Risultati dell'indice FFI per il CA (Fonte Tesi della dottoranda Biologa Flavia Milone Politecnico di Bari)

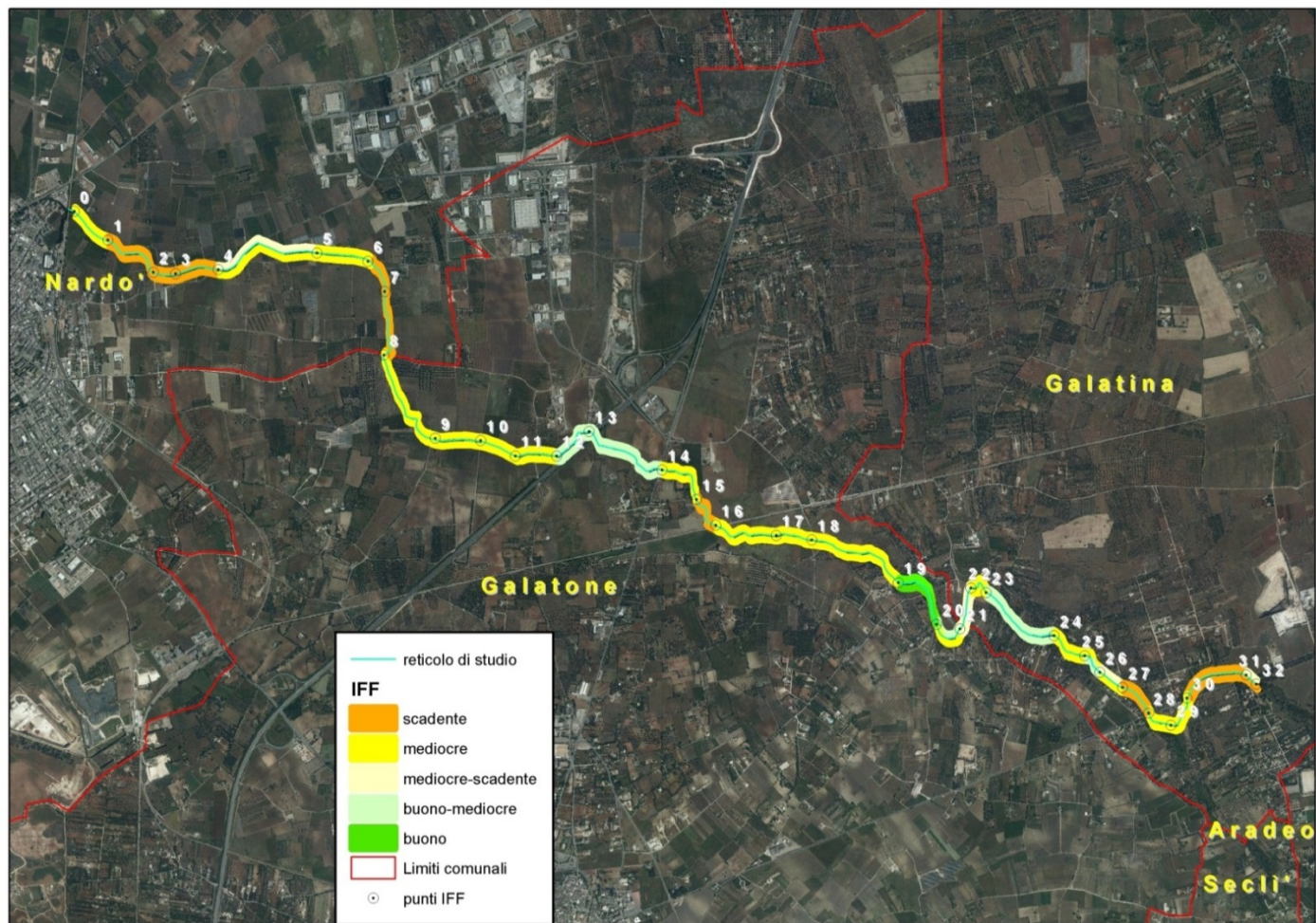


Fig. 29

IFF lungo il Canale Asso

5.2. Considerazioni sui risultati ottenuti dagli indicatori

I risultati sembrano confermare l'ipotesi di una stretta correlazione tra la presenza di canneto (LSG) e la morfologia del canale. Mentre nel caso del CA la forte correlazione è tra impianti di depurazione, uso del suolo e la morfologia del canale.

L'autodepurazione è un ottimo processo attraverso il quale vengono migliorati i terreni contaminati da coltivazione di piante che hanno la capacità di eliminare le sostanze chimiche contaminanti. Inoltre l'associazione di piante e microorganismi nella rizosfera sembra migliorare la rimozione dei contaminanti (Leone et al, 2008).

L'Ecologia del paesaggio attualmente è considerata un "ponte tra ecologia di base e applicata" (Farina, 1998) e incorpora elementi provenienti da discipline quali la pianificazione territoriale, la geografia, l'architettura, il restauro, e la gestione forestale per affrontare i problemi ecologici e l'interazione umana con il paesaggio. L'ecologia del paesaggio ha il suo punto di forza sul fatto che i confini sono quelli naturali e fisiografici e non che quelli giurisdizionali (Naiman, 1992).

Al fine di ottenere una visione globale del sistema e sostenere i risultati dei due diversi indici (IBE e IFF) sono state studiate le influenze del paesaggio e della rete idrica superficiale.

Il Paesaggio circostante ha un uso del suolo (servizio WFS regionale) classificato in agricolo (giallo), urbano (grigio) e naturale (verde) (Fig. 30). La rete idrografica (servizio WFS AdB Puglia) e le linee di flusso che influenzano il tratto del Canale dell'Asso sono stati studiati e classificati e si è ottenuta una gerarchizzazione rappresentata dal colore diverso dei rami rappresentato dalla quantità di acqua accumulata e le varie ramificazioni hanno un ordine gerarchico crescente in funzione dell'acqua che vi converge (Figura 31). Infatti, i primi numeri mostrano una minore quantità di acqua, mentre l'ultimo una maggiore quantità di acqua, a cui è stato associato con una colorazione diversa (Figura 31).

Gli impianti di depurazione si trovano nei punti IFF 32, 29 e 10.

Muovendosi da monte a valle del Canale Asso il paesaggio circostante dell'impianto di depurazione di Maglie (punti 32 e 31) era composto da sistema naturale. In particolare nel punto 31, a valle dell'impianto di depurazione di Maglie, le linee di flusso, causano una maggiore qualità biologica e la funzionalità di questa sezione.

A valle dell'impianto di depurazione Aradeo vi è in sistema di urbanizzazione e in parte dei sistemi agricoli. Osservando le linee di flusso e l'erosione di terreno circostante, producono una qualità sufficiente di acqua nel canale Asso. Questo aspetto è collegato alla copertura vegetale e stabilità nel punto 29.

Gran parte del paesaggio circostante dal punto 21 al 15 è rappresentato dai sistemi agricoli.

In teoria il dilavamento dei terreni, nella sezione 21 aveva agito negativamente su aspetti di funzionalità e biologici di questo tratto.

In seguito la qualità IBE e IFF è stata migliorata (fino al 15), con l'aiuto di una buona qualità dell'acqua proveniente da linee di flusso.

Inoltre, il sistema è in grado di controllare carichi esterni, grazie alla sua complessità e conseguente vulnerabilità intrinseca bassa. In altre parole, il torrente Asso, in questo tratto, ha la resilienza sufficiente a tamponare carichi esterni come l'impianto di scarico depurazione Aradeo.

A monte di depurazione Galatone, la capacità di biorisanamento del canale è superiore alle altre sezioni.

Il paesaggio circostante e le sue linee di flusso aiutano la sezione a mantenere una buona stabilità.

Dal punto 8 al 5 di circondare probabilmente la capacità di depurazione di Galatone è molto scarsa, a cui si aggiunge la scarsa stabilità del sistema (come la copertura vegetale), infatti diminuisce la qualità biologica e la funzionalità di questo tratto.

Nella punto 1 ultima sezione, la stabilità di questo tratto dipendono dalla stagione. In effetti, nel periodo secco la qualità biologica è migliore del periodo umido. Il paesaggio circostante è un sistema agricolo. Nel mese di luglio la siccità prolungata mantiene stabile il sistema biologico. Al contrario, in inverno, quando le piogge sono più frequenti, il canale è più frequentemente sottoposto a regimi che causano un peggioramento dell'IBE e dell'IFF. I processi di trasporto e sedimentazione successiva, spostano e modificano il substrato del canale in cui risiedono macroinvertebrati. Risultato, anche la qualità della funzionalità è modificata.

Questa discussione di risultati ci porta a dire che il paesaggio dovrebbe essere considerato sempre da un punto di vista olistico, relativistico e dinamico. L'olismo è considerato una caratteristica fondamentale dell'ecologia del paesaggio (Naveh e Lieberman, 1994; Antrop, 1996). Il paesaggio deve essere considerato un insieme complesso che è maggiore della

somma delle sue parti componenti (Gobattani et al., 2011). I concetti di territorio e paesaggio sono fondamentalmente diversi. Il territorio si riferisce ad una certa parte del territorio, in molti casi organizzata e mantenuta dal suo proprietario. Il Paesaggio si riferisce alla percezione ambientale di una porzione di territorio ed è considerato un bene culturale comune. Oggi il termine "paesaggio" viene utilizzato come un concetto astratto (Marc Antrop., 1999-2000).

Pertanto si può concludere dicendo che l'infrastruttura SDI implementata grazie alla possibilità di usare datasource ambientali eterogenei e distribuiti ben si presta per una valutazione olistica del paesaggio.

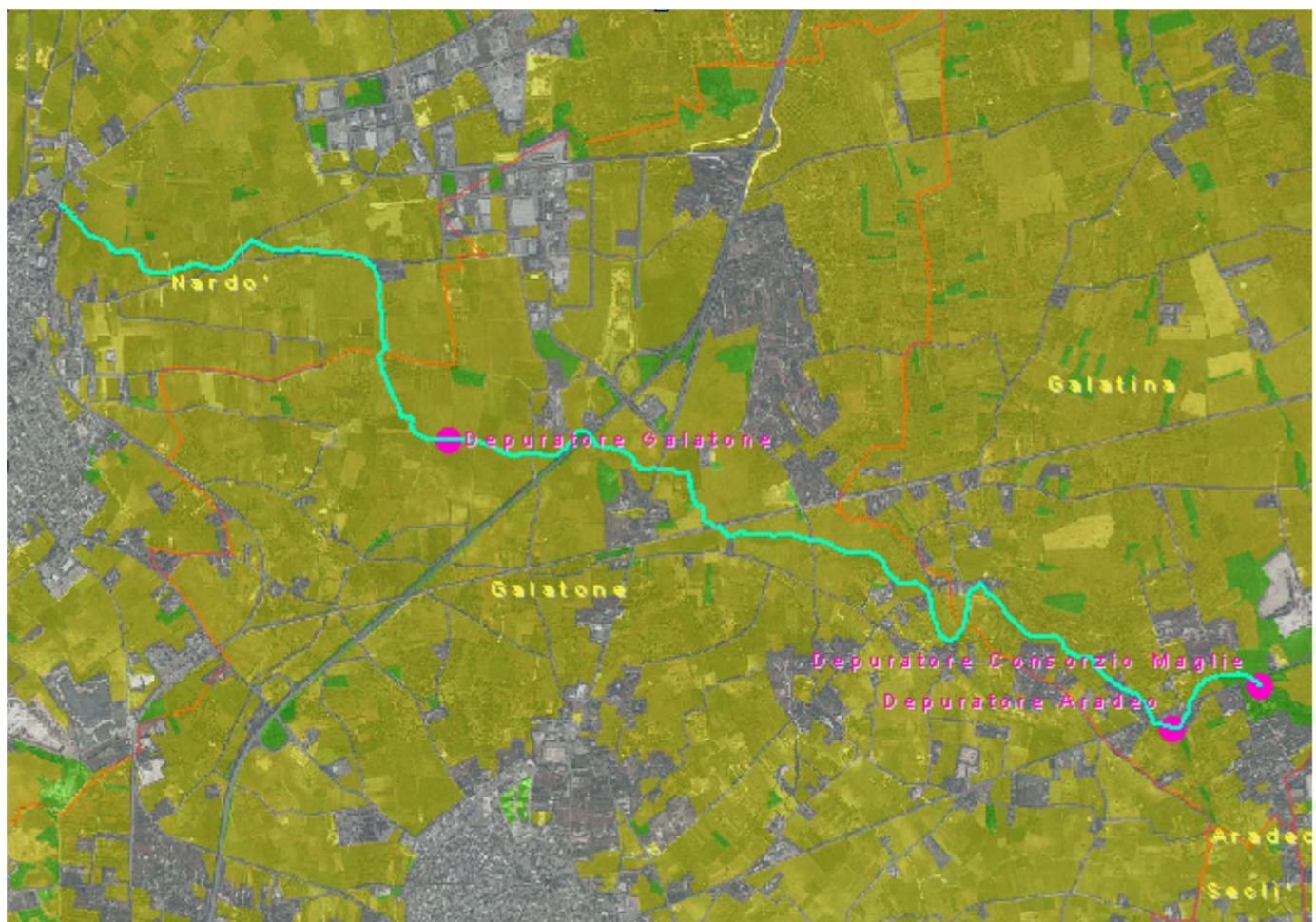


Fig. 30

Uso del suolo: agricolo (giallo), urbanizzato (grigio) e naturale (verde)

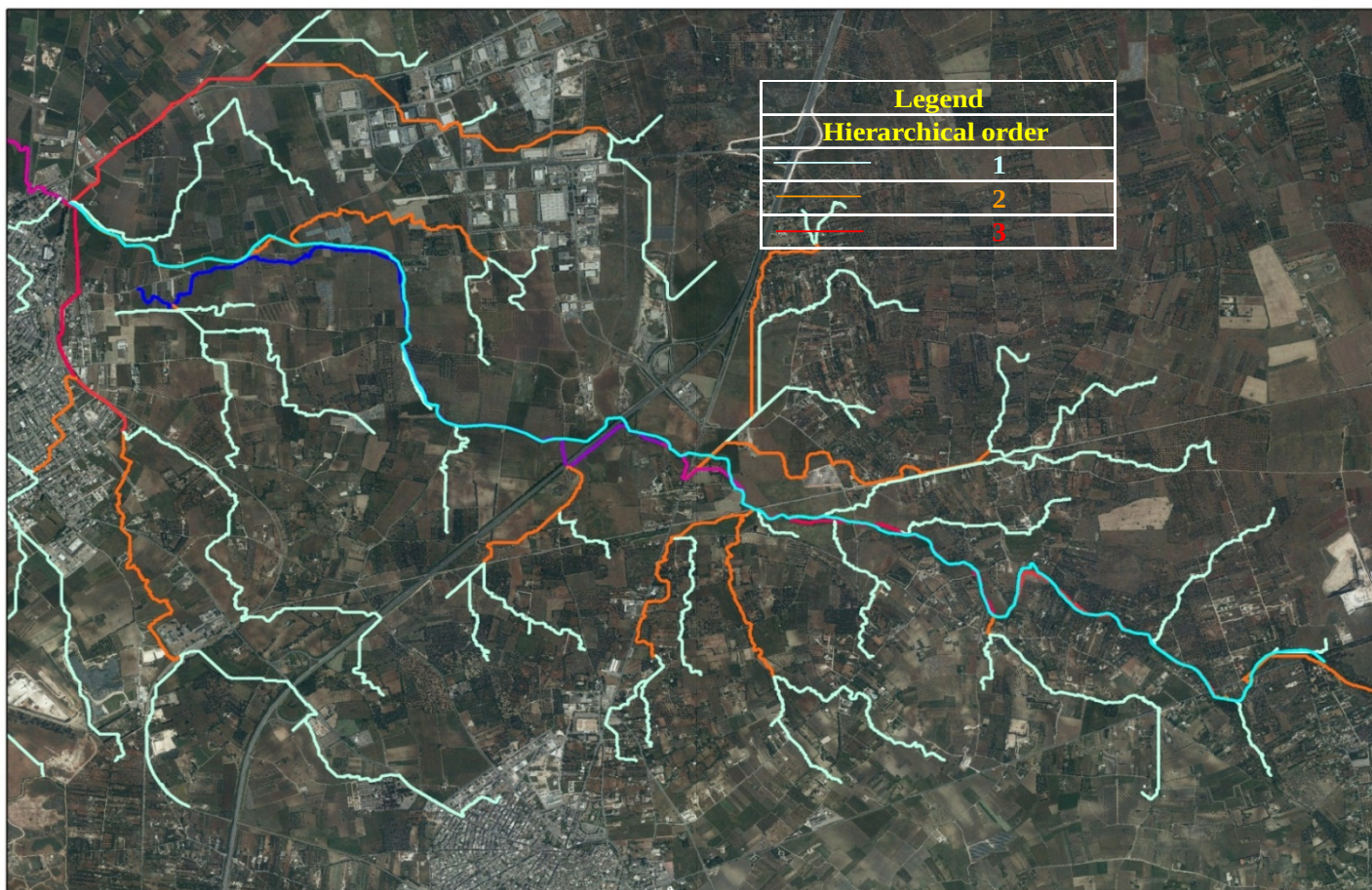


Fig. 31

Gerarchia Idrografica del canale Asso

Capitolo 6. Principali risultati conseguiti e sviluppi futuri

6.1. Conclusioni

Per quanto riguarda gli indicatori ambientali BOD5 IBE e IFF ulteriori studi sono necessari per confermare definitivamente le ipotesi fatte attraverso lo studio di un gran numero di siti e considerando gli altri fattori limitanti dello sviluppo delle zone umide (tipo di suolo, falde freatiche, ecc.). In conseguenza, una valutazione quantitativa di aree idonee per lo sviluppo di zone umide e della loro capacità di abbattere gli inquinanti organici e nutrienti è fondamentale fattore di analisi della funzionalità del paesaggio.

Il numero di abitanti (PE della formula Kickuth) può essere considerato come un indicatore di questa funzionalità, concetto fondamentale in generale, ma soprattutto se applicato a LSG che, come tutti i torrenti dei climi aridi e semi-aridi, non è comunemente considerata in grado di avere una capacità auto depurativa, perché normalmente priva di portata. Le zone umide garantiscono quindi una nuova funzionalità a questi corsi d'acqua e, inoltre, la loro presenza è importante per molti altri servizi che queste strutture assicurano al paesaggio: lo sviluppo della biodiversità; la laminazione delle piene; la riduzione della velocità dell'acqua durante gli eventi alluvionali (con conseguente deposito e filtro di inquinanti); la mitigazione del clima; la valorizzazione estetica; il valore di amenità per il tempo libero. Un altro aspetto importante all'approccio proposto consiste in una migliore gestione delle acque reflue. Tracciare un grafico come quello di Fig. 26 permette di impostare una relazione quantitativa tra i carichi antropici e il sistema ambientale, considerando quest'ultimo come una risorsa, anziché come un problema. Oltre l'approccio tecnico, che sta attualmente subendo la raffinatezza necessaria, il metodo sperimentato offre diversi altri vantaggi per l'ottimizzazione delle pratiche di gestione:

- Non considera le acque di scarico che raggiungono la fine di LSG come un problema, uno spreco "noioso", ma come una risorsa, che crea un nuovo paesaggio funzionale.
- Sviluppa ecosistemi fondamentali, quali le zone umide.
- Fornisce agli amministratori ed *end users* la piena consapevolezza di tutti gli scenari di carico sull'ambiente, non solo nello specifico settore della depurazione, ma in tutto il sistema ambientale. Questo è importante, perché per gli impianti di trattamento di acque reflue non è sempre possibile, durante il loro ciclo di vita, che rispettino perfettamente

il progetto iniziale ed, in particolare, si può verificare che la composizione dei rifiuti e cambiamenti nel numero di PE superino i valori per cui è stato dimensionato l'impianto, che quindi non sarà in grado di soddisfare gli standard di qualità. Pertanto, è strategicamente importante avere la possibilità di una risorsa ulteriore, proveniente dal territorio. Il metodo proposto consente valutazioni quantitative, attraverso l'analisi morfologica, ovvero analizzando le depressioni naturali e la geometria delle zone umide. L'obiettivo è quello di valutare l'autodepurazione come rapporto tra i carichi umani (abitanti equivalenti che producono inquinamento organico) e la capacità del sistema per sostenere questi carichi. Il metodo ha bisogno di un ulteriore miglioramento da un punto di vista tecnico, ma sembra molto promettente, perché definisce quantitativamente un aspetto fondamentale del paesaggio, come zona umida di ingresso e le relative potenzialità reti idriche e fognarie. Inoltre dà agli amministratori ed *end users* la consapevolezza sugli scenari di scarico, non solo nella pianta servizi igienico-sanitari, ma in tutto il sistema. Inoltre, aumentare la funzionalità LSG significa dare al torrente un collegamento più forte con il contesto e identità al paesaggio fluviale.

L'IBE e l'IFF invece possono essere considerati utili indicatori della funzionalità del paesaggio nel caso di torrenti non privi di portata come il CA. Utilizzando software GIS/WebGIS e modelli digitali del terreno di dettaglio, offerti anche tramite servizi WCS, il sistema proposto permette una valutazione rapida ed economica delle aree naturalmente vocate ad ospitare una zona umida e, quindi, la capacità di autodepurazione delle acque reflue inquinate da composti organici. Aver raggiunto questo obiettivo appare molto utile, in termini di valutazione della funzionalità del paesaggio.

L'infrastruttura realizzata permette di accedere ed integrare dati geografici eterogenei, provenienti da sorgenti remote e locali.

La possibilità di integrare dati eterogenei implica poter considerare allo stesso modo dati caratterizzati da sistema di riferimento spaziale, formato di codifica e tipologia fra loro diversi.

Sui dati geografici integrati, l'infrastruttura è in grado di offrire un insieme di operazioni geografiche orientate all'analisi spaziale. Tali operazioni, accessibili mediante la rete Internet, sono organizzate modularmente in modo tale da permetterne l'aggiunta di nuove, sfruttando la scalabilità dell'infrastruttura (Consorti, 2011).

L'elemento portante sui cui poggia l'infrastruttura, è costituito dal motore GIS di Mapserver che mette a disposizione le seguenti caratteristiche:

accessibilità, per accedere ai dati geografici posti in una locazione di memoria locale o remota;

integrabilità, cioè la capacità di trattare i dati geografici indipendentemente dalle loro caratteristiche, avendo inoltre la possibilità di uniformarli secondo uno specifico sistema di riferimento;

interoperabilità, consiste in un insieme di meccanismi e funzionalità per realizzare ed eseguire operazioni geografiche sui dati integrati.

Per l'accesso ai dati remoti non proprietari sono state tenute in considerazione le raccomandazioni date da Intesa GIS riguardo alle specifiche dei servizi per la diffusione di dati geografici via Internet definite dal consorzio OpenGIS: Web Feature Service (WFS), Web Map Service (WMS) ed il linguaggio Geographic Markup Language (GML).

Per ridurre la complessità d'uso del motore GIS, è stato usato P.Mapper che costituisce un'interfaccia in grado di fornire un insieme di operazioni geografiche facilmente utilizzabili. Tale interfaccia è composta da una sezione principale, che si occupa di trattare i meccanismi legati alla gestione del motore GIS, e da una subalterna in cui sono implementate le operazioni geografiche.

Combinando il motore Mapserver con il framework P.Mapper; il risultato è utilizzabile in qualsiasi contesto in cui sono richieste delle operazioni GIS.

Sul Geoserver, sono stati implementati quattro servizi remoti (GIS Operations – Web Service, GO-WS) per offrire operazioni geografiche su insiemi di dati eterogenei (locali e remoti). Tali operazioni, sono rese accessibili attraverso la rete Internet impiegando la tecnologia dell'open web service.

Le caratteristiche di questa tecnologia, hanno permesso di risolvere le problematiche legate all'interoperabilità ed all'integrazione funzionale fra piattaforme diverse. Ciò si traduce nella possibilità di utilizzare le operazioni GIS implementate indipendentemente da: sistema operativo, linguaggio, ambiente di sviluppo e tipologia di dispositivo in cui l'applicazione si trova.

Utilizzando l'architettura SDI proposta con strumenti GIS/WebGIS e modelli digitali del terreno di dettaglio, offerti anche tramite servizi WCS, i metodi proposti permettono una valutazione rapida ed economica delle aree naturalmente vocate ad ospitare una zona umida e, quindi, la capacità di autodepurazione delle acque reflue inquinate da composti organici. Aver raggiunto questo obiettivo appare molto utile, in termini di valutazione della funzionalità del paesaggio.

L'implementazione dell'infrastruttura SDI realizzata, utilizzata per valutare la capacità autodepurative dei due canali LMS e CA, può essere usata nei più disparati casi laddove serve combinare informazioni remote e locali. Il beneficio di tale infrastruttura di dati spaziali è per gli utenti finali in quanto raggruppa prodotti e dati distribuiti (esempio: dati ambientali, morfologici, etc.) normalmente offerti da vari fornitori (Regioni, Province, Ministeri ecc.) in modo eterogeneo e con modalità diverse, complesse e spesso non on-line.

Tramite questa SDI (accessibile da portali Web o da cataloghi di servizi), l'utente finale può più facilmente reperire le risorse (es. dati, servizi digitali, modelli on-line) che corrispondono alle sue esigenze. Tale reperimento è facilitato anche da una distribuzione tematica e locale delle risorse delle varie SDI presenti sul territorio nazionale ed europeo (Ministero dell'Ambiente, Regioni, CNR). I prodotti, la raccolta di dati ed i cataloghi di servizi sono inseriti all'interno di un ambiente distribuito e sono connessi a servizi d'accesso e di processazione dei dati, offrendo con questo una soluzione all-in-one per gli utenti della SDI implementata presso il CNR IRSA .

La SDI del CNR supporta i fornitori di risorse (dati, servizi, modelli, etc.) offrendo loro la possibilità di pubblicare ed integrare le loro risorse, nuove o già esistenti, all'interno di un'infrastruttura all-in-one per risorse e prodotti. Le loro risorse, sia semplici che composte, possono essere promosse e rese disponibili su portali a livelli diversi (portale centrale, portali locali e tematici), in base alle caratteristiche delle risorse stesse. I portali distribuiti hanno accesso a strumenti basati su standard aperti, efficaci dal punto di vista dei costi, che permettono di pubblicare e gestire le risorse proprietarie, controllandone l'accesso e l'utilizzo e mantenendo il totale controllo del backend sull'infrastruttura locale di origine della risorsa. Tali risorse possono essere combinate con altre, eventualmente fornite da terze parti (es. industria e pubblica Amministrazione.), facilitando così la realizzazione di prodotti avanzati a valore aggiunto di informazioni ambientali e territoriali, ottenute distribuendo le varie fasi processuali a specialisti diversi. I fornitori di risorse possono infine offrire tali risorse tramite le pagine dei propri portali, od in modalità M2M tramite un layer d'integrazione dell'accesso alle risorse, ad esempio tramite un catalogo di risorse e/o prodotti.

L'architettura della SDI implementata permette quindi il raggiungimento dei seguenti obiettivi d'alto livello:

- Fornire un'infrastruttura complessiva, gestita autonomamente, che consenta l'interazione tra fornitori di risorse (dati, servizi e modelli) e prodotti, fornitori di

risorse e utenti finali;

- Permette l'interazione tra le risorse, senza richiedere modifiche alle risorse stesse nell'infrastruttura del fornitore;
- Permette in modo semplice la pubblicazione e il concatenamento di servizi sincroni e asincroni (es. elaborazioni di dati sincrone ed asincrone) per processi online e offline;
- Permettere la composizione delle risorse in risorse più complesse;
- Supporta l'evolubilità e la manutenibilità delle risorse (es. mappe tematiche, etc.);
- Permette in modo semplice l'identificazione e l'accesso alle risorse ed ai prodotti richiesti, con indicazioni sul progresso della procedura, fino al suo completamento;
- Integra risorse di domini disciplinari diversi (e.g. rilevamenti in-situ, osservazione della terra, meteorologia, etc) per sfruttare le relative sinergie;
- Permette ai fornitori di risorse di registrare, promuovere e fornire i propri prodotti su portali tematici e locali;
- Minimizza gli investimenti dei fornitori di risorse appoggiandosi su standard aperti.

Quindi l'utilizzo di tecnologie GIS Open Source per l'immissione, la gestione e la elaborazione centralizzata di dati georiferiti tramite interfaccia Web sulla SDI implementata permette di ottimizzarne la raccolta (anche distribuita sul territorio) e migliorarne la gestibilità attraverso database relazionali (in particolare il DBMS Open Source). In questo modo i dati sono resi immediatamente disponibili agli strumenti software utilizzati per le analisi spaziali e statistiche e per le applicazioni web che rendono fruibile il dato geografico per l'utente web.

Concludendo appare evidente che, **così come prevede il CNIPA (Centro Nazionale Informatica Pubblica Amministrazione) attraverso la normativa** sul *Riuso dei dati pubblici* (Decreto legislativo 24 gennaio 2006, n. 36), con questa infrastruttura tecnologica SDI (Hardware/Software e servizi web) si utilizzano Data Source già disponibili e pagati dalla Pubblica Amministrazione (Ortofoto, DTM, Uso del Suolo, CTR, Reticolo Idrografico), si utilizzano piattaforme software Open Source e Software liberi (MapServer, Apache, Geoserver, Geonetwork, Postgres/Postgis) (Decreto legislativo 24 gennaio 2006, n. 36, e Il comma 1 dell'articolo 68 del codice dell'amministrazione digitale CAD, di cui al decreto legislativo 7 marzo 2005, n. 82) e pertanto **la soluzione proposta ben si presta ad essere implementata in qualsiasi Ente Pubblico/Università** dando la possibilità, senza alcun costo per la PA, a essere realizzato e utilizzato non solo per la valutazione degli indici ambientali sopra descritti.

6.2. Punti di forza e di debolezza dell'Architettura SDI implementata

I punti di forza possono quindi essere schematizzati:

- accessibilità a dati geografici, distribuiti e locali;
- integrabilità di dati geografici eterogenei;
- integrabilità funzionale: poter utilizzare le operazioni geografiche sviluppate in vari ambienti di sviluppo e piattaforme;
- interoperabilità: poter eseguire operazioni geografiche su dati geografici eterogenei;
- interoperabilità funzionale: combinare le operazioni geografiche sviluppate con i costrutti ed i meccanismi di vari ambienti di sviluppo;
- supporto degli standard OpenGIS: WMS, WFS e GML;
- modularità dell'architettura e strutturazione a strati;
- l'infrastruttura inoltre, si basa su prodotti open source per piattaforme Window Server e Linux.
- costi legati solo alla infrastruttura Hardware perché i software Open Source e i dati geografici distribuiti.

Non è stato possibile valutare a pieno le prestazioni delle operazioni offerte dell'infrastruttura, data la scarsa quantità di feature geografiche attualmente ottenibili mediante servizi WFS.

Il supporto agli standard OpenGIS, offerto da Mapserver mediante espansioni esterne, non consente l'uso delle ultime versioni delle specifiche e quindi accedere a funzionalità avanzate come, ad esempio, la rappresentazione di dati geografici tridimensionali via WFS.

6.3. Considerazioni

L'infrastruttura SDI implementata, avendo affrontato gli aspetti e le problematiche legate alla diffusione di servizi su dati geografici distribuiti, costituisce uno strumento informatico per raggiungere gli obiettivi dei progetti Comunitari legati alla realizzazione di infrastrutture secondo le direttive di INSPIRE.

Mapserver e Geoserver si sono rivelati strumenti potenti e flessibili in quanto hanno permesso la gestione dei dati geografici e la creazione di operazioni GIS in modo semplice e rapido. Inoltre, le caratteristiche di web mapping hanno permesso di poter distribuire documenti grafici codificati nel formato SHP e GML tramite Geoserver.

Il supporto ai servizi WFS e WMS WCS in Mapserver, unito alla possibilità di importare ed esportare dataset geografici codificati in GML, è reso possibile mediante l'uso di Geoserver che vanno ad aggiungere nuovi formati di dati. Geoserver si è rivelato versatile ed affidabile (tranne in alcuni casi), consentendo di fornire dati geografici remoti e multi disciplinari, offerti da a vari enti internazionali e prelevati dagli stessi.

Dall'esame e dall'uso dei due servizi e del linguaggio definiti dal consorzio OpenGIS, è emerso che le rispettive specifiche sono soggette ad un continuo lavoro di revisione (mirato a consolidare, aggiornare ed espandere le specifiche) che porta alla necessità di disporre di nuove versioni capaci di supportare il maggior numero di versioni possibile. Questo, perché non è detto le istanze dei servizi implementino più versioni della stessa specifica.

Una nota negativa sulla codifica dei dati dei servizi WFS, riguarda il fatto che si basa su XML. In caso di trasferimenti di grandi quantità di dati, si possono avere lunghi tempi di attesa. Alcuni fornitori di dati, prevedono l'uso dei servizi WFS per offrire un campionario di dati geografici. L'utilizzatore dei dati li valuterà per poi scaricarli completamente in un secondo momento (in vari formati, sia proprietari sia codificati in GML), così che da poterli utilizzare localmente.

L'impiego del framework P.Mapper come ambiente di sviluppo ed esecuzione si è rivelato insostituibile perché, utilizzando un facile linguaggio di script, ha semplificato notevolmente l'implementazione sia di nuove funzioni sia dei web service GO-WS. Questa scelta ha portato ad inevitabili problemi legati alla mancanza di supporto da parte della documentazione destinata allo sviluppatore.

L'uso dei servizi sviluppati, ha permesso di realizzare in breve tempo e con poco sforzo, un'applicazione WebGIS in grado di fornire operazioni geografiche orientate all'analisi spaziale su dati eterogenei e distribuiti. Un responsabile della semplicità di realizzazione è nuovamente il framework P.Mapper e le tecnologie ad esso legate, in quanto ha permesso di considerare i web service realizzati come normali classi e di realizzare velocemente pagine web dinamiche.

6.4. Sviluppi Futuri

L'infrastruttura si presta per future espansioni, ad esempio:

- definire le operazioni geografiche su insiemi di feature;
- nuove operazioni geografiche;

Un'interessante espansione prevede lo sviluppo di servizi GIS legati ai dispositivi mobili quali Personal Digital Assistant (PDA) e telefoni cellulari. Ad esempio, perché un cellulare possa visualizzare mappe in formato vettoriale come l'SVG, è necessario che il documento sia convertito nel formato SVG Tiny.

Una serie di nuove tecnologie GIS, in sviluppo attraverso questo progetto di ricerca, potrà infine dare luogo ad una nuova generazione di funzioni ed ambiti applicativi che consentiranno nuovi modelli di interazione tra i diversi Enti Pubblici, Università e il cittadino, inclusa la possibilità di scambiare informazioni tramite gli standard WMS, WCS e WFS. Da ciò derivano due importanti vantaggi per gli utenti finali del dato geografico: inutilità di duplicazione dei dati in locale, certezza di consultare/utilizzare una versione certificata dei dati richiesti in quanto il dato viene distribuito direttamente da chi lo produce o ne certifica l'attendibilità.

Glossario

ASP: *Active Server Page*. Tecnologia per definire pagine web dinamiche.

BBOX: *Bounding Box*. Rettangolo di contenimento utilizzato per feature geografiche

BPEL (l'acronimo sta per Business Process Execution Language) è un linguaggio basato sull'XML costruito per descrivere formalmente i processi commerciali ed industriali in modo da permettere una suddivisione dei compiti tra attori diversi.

CAD: *Computer Aided Design*: con questo termine si intende generalmente uno strumento software che consente sia la progettazione che il disegno industriale.

CAT: *OGC Catalogue Service*. Servizio web del consorzio OpenGIS, utilizzato per realizzare un catalogo interrogabile al fine di individuare le istanze dei servizi OpenGIS.

CGI: *Common Gateway Interface*. Tecnologia che consente lo sviluppo di applicazioni lato server e la generazione di pagine dinamiche mediante l'uso di vari linguaggi di programmazione quali C/C++, PERL, PHP.

CGM: *Computer Graphic Metafile*. Formato grafico vettoriale utilizzato per illustrazioni tecniche in ambito industriale.

CLIENT: componente in grado di invocare operazioni da un server.

COM: *Component Object Module*. Protocollo sviluppato da Microsoft orientato agli oggetti per poter mettere in comunicazione varie parti di applicazioni.

COMPONENTE: artefatto software, e.g. un sistema di osservazione, un sistema di elaborazione dati, un portale web. I componenti possono esporre interfacce per fornire accesso a funzioni e/o dati.

CORBA: *Common Object Request Broker Architecture*. Standard per consentire la comunicazione via rete fra componenti software, indipendentemente dalla piattaforma su cui si trovano e dalla tecnologia di implementazione.

COVERAGE: feature che associa le posizioni di uno spazio limitato (dominio spaziotemporale) ai valori di un set di parametri (range values).

CRS (Sistema di Coordinate di Riferimento): insieme dei riferimenti utilizzati per individuare la posizione di un oggetto nello spazio.

DATASET: insieme coerente di dati e metadati.

DATASET COLLECTION: collezione includente dataset e/o altre dataset collection, che può eventualmente includere propri metadati.

DCOM: *Distributed COM*. Insieme di interfacce sviluppate da Microsoft per consentire ad applicazioni client di invocare servizi ad applicazioni server attraverso la rete. DCOM si basa su COM.

EbXML: L'iniziativa ebXML fu concepita grazie alla diffusa necessità di consentire alle aziende di qualsiasi dimensione ed in qualsiasi posizione geografica di condurre delle transazioni elettroniche in modo semplice, affidabile e a buon mercato¹⁸.

EDI: *Electronic Data Interchange*. Indica un modo di dialogare tra partners commerciali attraverso le reti di telecomunicazione.

EJB: *Enterprise Java Beans*. Si tratta di una componente architetturale lato server, per la piattaforma Java 2 Enterprise Edition (J2EE). La tecnologia EJB consente di sviluppare rapidamente e semplicemente applicazioni (basate sulla tecnologia Java) distribuite, transazionali, sicure e portabili¹⁹.

FEATURE: astrazione di un fenomeno del mondo reale.

FEATURE GEOGRAFICA: feature associata (in modo diretto o indiretto) ad una posizione relativa alla Terra.

¹⁸ Centro Informazioni Europeo di Informazione su ebXML: http://www.ebxml.eu.org/It/cosa_e'ebXML.htm

¹⁹ Sun Developer Network, <http://java.sun.com/products/ejb/>

FTP: *File Transfer Protocol*. Protocollo della pila protocollare di internet progettato appositamente per lo scambio di file attraverso la rete internet.

GEOSS: The Global Earth Observation System of Systems - è un'iniziativa di organizzazione globale delle attività di Osservazione della Terra, coordinata dal GEO (Gruppo sulle Osservazioni della Terra). Il GEO è un'iniziativa intergovernativa globale a cui partecipano oltre agli Stati Membri (80 inclusa la Commissione Europea) anche 56 organismi intergovernativi, internazionali e regionali.

GIF: *Graphic Interchange Format*. Formato grafico bitmap compresso (basato sull'algoritmo di compressione *lzw*, di tipo conservativo) pensato per l'ambiente web.

GML: *Geographic Markup Language*. Dialecto XML per modellare dati geografici.

HTML: *HyperText Markup Language*. Linguaggio per la pubblicazione di ipertesti su web W3C.

HTTP: *HyperText Transport Protocol*. Protocollo della pila protocollare di internet utilizzato per trasferire ipertesti su internet²⁰.

IETF: *Internet Engineer Task Force*. E' una grande Comunità internazionale aperta ai progettisti di reti, agli operatori, ai fornitori e ai ricercatori interessati allo sviluppo dell'architettura di Internet e al regolare funzionamento di Internet²¹.

IIS: *Internet Information Server*. Software prodotto da Microsoft per la gestione di un server internet (*web server*).

JAVA RMI : *Java Remote Method Invocation*. Sinteticamente, permette ad un oggetto in esecuzione su una Java Virtual Machine (JVM) di invocare un metodo di un altro oggetto in esecuzione su di una seconda JVM attraverso la rete.

²⁰ W3C: <http://www.w3.org/>

²¹ The Tao of IETF :<http://www.ietf.org/tao.html#what>

INTERFACCIA: insieme individuato e nominabile di operazioni che caratterizzano il comportamento di un componente.

INTEROPERABILITÀ: abilità di collegare uno o più componenti o servizi per eseguire un particolare compito congiunto, a prescindere dalla conoscenza dell'implementazione sottostante. Può essere realizzata a livello dei componenti e/o delle interfacce di servizio, per esempio attraverso l'adozione di standard comuni.

JPG: Formato per immagini raster, compresse attraverso l'algoritmo JPEG (*JointPhotographic Expert Group*).

JSP: *Java Server Page*. Equivalente di ASP ma basato su JAVA.

KVP: *Key Value Pair*. Modo di codificare coppie <nome, valore>, nella forma *nome=valore*, tipicamente impiegato in richieste HTTP-GET;

MAPPA: rappresentazione dell'informazione geografica.

METADATI: insieme di informazioni ancillari ai dati, a supporto della loro localizzazione spaziotemporale, classificazione, etc.

MBR: *Minimum Bounding Box*. Rettangolo che delimita l'estensione di un oggetto grafico.

MIME: *Multipurpose Internet Mail Extension*. Protocollo internet per estendere il protocollo SMTP in modo da consentire l'aggiunta, all'interno di e-mail, di contenuti multimediali quali immagini suoni, video od oggetti binari.

P.Mapper. Applicazione server open source, per la manipolazione di dati geografici e la loro distribuzione attraverso la rete internet.

ODBC: *Open Database Connectivity*. Si tratta di API standard, indipendenti dal linguaggio di programmazione, per accedere a vari DBMS

OGC: *OpenGIS Consortium*. Un consorzio di aziende che ha come obiettivo la definizione di un insieme di raccomandazioni e specifiche tecniche per massimizzare lo sfruttamento di dati territoriali, in particolare per lo scambio di dati e per la realizzazione di servizi in ambiente distribuito.

OPERAZIONE: specifica procedura che un componente può essere chiamato ad eseguire.

PHP: *PHP: Hypertext Preprocessor*. Linguaggio di programmazione interpretato per lo sviluppo di applicazioni server e pagine Internet dinamiche.

PNG: *Portable Network Graphics*. Formato standard per immagini raster caratterizzato da un sistema di compressione dati senza perdita di dati.

SMTP: *Simple Mail Transfer Protocol*. Protocollo del livello trasporto per e-mail.

SERVER: componente che implementa un servizio, sul quale un client può invocare un'operazione.

SERVICE (servizio): insieme distinto di funzionalità di un componente, definito da una semantica di comportamento e un protocollo di comunicazione attraverso interfacce.

SOA: *Service-Oriented Architecture*. E' un'architettura per consentire l'interoperabilità e l'integrazione fra agenti software eterogenei attraverso la rete.

SOAP: *Simple Object Access Protocol*. Protocollo basato su XML per lo scambio di informazioni fra applicazioni; è tipicamente utilizzato assieme ad HTTP per effettuare richieste per *Remote Procedure Call* (RPC).

SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE (SDI): insieme coerente di tecnologie di base, policy e accordi istituzionali che facilitano la disponibilità e l'accesso ai dati spaziali.

SRS: *Spatial Reference System*. Indica un sistema di riferimento delle coordinate dei dati spaziali.

STANDARD: approccio documentato per condurre un'attività o un compito. Uno standard può essere *de jure* (di diritto) o *de facto* (adottato informalmente) all'interno di una comunità o di un ambito applicativo. Gli standard di diritto sono tipicamente gestiti da organizzazioni di sviluppo di standard.

SVG: *Scalable Vector Graphics*. Linguaggio per descrivere grafica bidimensionale ed applicazioni grafiche in XML²².

ISO/TC211 : E' responsabile per l'organizzazione ISO, di stabilire un insieme strutturato di standard legati alle informazioni relative ad oggetti o fenomeni che sono direttamente od indirettamente associati ad una locazione relativa alla Terra. Questi standard possono specificare, per le informazioni geografiche, metodi, strumenti e servizi per la gestione dei dati, acquisizione elaborazione, analisi, presentazione e trasferimento in formati digitali²³.

TAG: Un tag è una parola chiave o un termine associato a un'informazione (un'immagine, una mappa geografica, un post, un video clip ...), che descrive l'oggetto rendendo possibile la classificazione e la ricerca di informazioni basata su parole chiave.

TCP: *Transmission Control Protocol*. Protocollo dello strato "trasporto" della rete Internet, in grado di fornire alle applicazioni un servizio affidabile ed orientato alla connessione.

UML: Unified Modeling Language In ingegneria del software, UML (Unified Modeling Language, "linguaggio di modellazione unificato") è un linguaggio di modellazione e specifica basato sul paradigma object-oriented. Il linguaggio nacque con l'intento di unificare approcci precedenti (dovuti ai tre padri di UML e altri), raccogliendo le migliori prassi nel settore e definendo così uno standard industriale unificato. L'UML svolge un'importantissima funzione di "lingua franca" nella comunità della progettazione e programmazione a oggetti. Gran parte della letteratura di settore usa UML per descrivere soluzioni analitiche e progettuali in modo sintetico e comprensibile a un vasto pubblico.

²² W3C: <http://www.w3.org/>

²³ ISO/Tc211 : <http://www.isotc211.org/>

URL: *Uniform Resource Locator*. E' un sottoinsieme di URI (Universal Resource Identifier, [IETF rfc1630]) per identificare risorse attraverso i loro meccanismi primari di accesso²⁴.

W3C: *World Wide Web Consortium*. Si occupa di sviluppare tecnologie per l'interoperabilità (specifiche, linee guida, software, strumenti) al fine di portare il web al suo massimo potenziale²⁵.

WCS: *Web Coverage Service*. Servizio remoto destinato alla distribuzione di mappe mediante documenti grafici coverage.

WFS: *Web Feature Service*. Servizio remoto destinato alla distribuzione e manipolazione di feature class geografiche.

WMS: *Web Map Service*. Servizio remoto destinato alla distribuzione di mappe mediante documenti grafici raster e vettoriali.

WSDL: *Web Service Description Language*. Specifica utilizzata per **descrivere** un web service attraverso una grammatica XML

WS-I : *Web Service Interoperability Organization*. Organizzazione composta da aziende, il cui scopo è di promuovere l'interoperabilità dei web servizi fra piattaforme, sistemi operativi e linguaggi di sviluppo²⁶.

XML: *eXtensible Markup Language*. Formato testuale largamente utilizzato; è impiegato ad esempio per lo scambio di dati.

XSD: *XML Schema*. E' una grammatica XML utilizzata per descrivere la struttura dei documenti XML; è il diretto successore di Document Type Definition (DTD).

²⁴ IETF: rfc239

²⁵ W3C: <http://www.w3.org/>

²⁶ WS-I: <http://www.ws-i.org/>

Acronimi e sigle

API: Application Programming Interface
BPEL: Business Process Execution Language
BOD5: Biochemical Oxygen Demand
CA: Canale Asso
CRS: Coordinate Reference System
CSW: Catalog Service for the Web
CTS: Coordinate Transformation Service
DBMS: Data Base Management System
DCP: Distributed Computing Platform
DTM: Digital Terrain Model
GML: Geographic Markup Language
GO-WS: *Gis Operations - Web Service*.
KVP: Key-value pair
GEO: Global Earth Observation
GEOSS: Global Earth Observation System of Systems
IBE: Indice Biologico Esteso
IFF: Indice di Funzionalità Fluviale
ISO: International Organization for Standardization
LIDAR: Laser Imaging Detection and Ranging
LIM: Livello di Inquinamento da Macrodescrittori
LSG: Lama San Giorgio
OGC: Open Geospatial Consortium
REST – Representational State Transfer
SDI: Spatial Data Infrastructure
SOA: Service-Oriented Architecture
UML: Unified Modeling Language
WCS: Web Coverage Service
WFS: Web Feature Service
WMS: Web Map Service

Terminologia e Notazione

Terminologia

All'interno del documento sono utilizzati i seguenti termini:

- Classe: nella programmazione orientata agli oggetti una classe è un costrutto di un linguaggio di programmazione usato come modello per creare oggetti. Il modello comprende attributi e metodi che saranno condivisi da tutti gli oggetti creati ((istanze), ovvero oggetti istanziati).
- Dataset: insieme di dati strutturati.
- Dati geografici: definisce un insieme di dati che rappresentano gli oggetti fisici del territorio, composti da: componente spaziale (dati spaziali): primitive geometriche quali punto, linea e poligono, componente alfanumerica (dati alfanumerici): attributi (caratteristiche) quantitativi e qualitativi associati ai dati spaziali.
- Dati Territoriali: sinonimo di *dati geografici*.
- Datum: descrive l'origine e l'orientamento del sistema di coordinate. Il Datum geodetico individua l'uso di uno specifico ellissoide orientato nel centro di emanazione secondo date condizioni. Ad esempio, ED50 (European Datum 50) definito mediante l'ellissoide di Heyford, centro di emanazione posto nelle vicinanze della città di Potsdam (Germania) e calcolato nel 1950.
- Ellissoide: Data la complessità di modellazione del geoide (ad esempio, per la rappresentazione di angoli e distanze), si approssima con un ellissoide. I punti del geoide sono riportati sull'ellissoide in dipendenza di un punto specifico, detto centro di emanazione (o punto di emanazione). che individua punto di tangenza tra il geoide ed ellissoide. Alcuni esempi di ellissoidi sono: Heyford (noto come ellissoide internazionale), WGS84 () e Bessel.
- EPSG4326: sistema di riferimento geografico, definito dallo European Petroleum Survey Group, con datum WGS 84.
- FOSS: Free and Open Source Software (acronimo FOSS o F/OSS) oppure Free/Libre/Open Source Software (acronimo FLOSS) è il software che è contemporaneamente software libero ed open source. E' software liberamente rilasciato con licenze atte a concedere agli utenti il diritto di utilizzare, copiare, studiare, cambiare

e migliorare il software attraverso la disponibilità del suo codice sorgente.

- Geographical Information System (GIS): “un potente insieme di strumenti in grado di acquisire, immagazzinare, recuperare, trasformare, analizzare e riprodurre dati spaziali riferiti al territorio”²⁷.
- Geoide: Date le irregolarità della superficie terrestre, esso è rappresentato mediante un geoide o sferoide terrestre; si tratta di una superficie normale in ogni punto alla direzione della forza di gravità.
- Istanza: è un particolare oggetto di una determinata classe. Ogni istanza è separata dalle altre, ma condivide le sue caratteristiche generali con gli altri oggetti della stessa classe. Per esempio, il mio cane, "killer", può essere rappresentato da un oggetto istanziato a partire dalla classe "cane".
- Layer: insieme di dati geografici che rappresentano elementi geografici omogenei.
- Mappa: Rappresentazione grafica di un insieme di temi, ogni tema ha una propria posizione all'interno della gerarchia della mappa. La gerarchia dei temi stabilisce l'ordine di vista dei temi.
- La programmazione orientata agli oggetti (OOP, Object Oriented Programming): è un modello di programmazione che permette di definire oggetti software in grado di interagire gli uni con gli altri attraverso lo scambio di messaggi. È particolarmente adatta nei contesti in cui si possono definire delle relazioni di interdipendenza tra i concetti da modellare (contenimento, uso, specializzazione). Un ambito che più di altri riesce a sfruttare i vantaggi della programmazione ad oggetti è quello delle interfacce grafiche.
- Recordset: indica un insieme di tuple di attributi; possiede quindi la stessa semantica di dataset, ma è impiegato in contesti prettamente implementativi o di prodotti software. Tipicamente un recordset modella in memoria un sotto insieme di una tabella afferente ad una base di dati.
- Sistema di coordinate: Insieme di riferimenti, individuati da assi orientati, per individuare un punto nello spazio.
- Sistema di riferimento: è utilizzato come abbreviazione per la dicitura più esatta “Sistema di riferimento delle coordinate”.
- Sistema di riferimento delle coordinate (Coordinate Reference System, CRS): è un sistema di coordinate associato alla superficie terrestre attraverso un DATUM. Esistono

²⁷ P.A. Borrough, 1986.

sottotipi di CRS quali: geografico (basato sul modello ellissoidale della Terra con coordinate angolari) e proiettato (la superficie della Terra rappresentata su di un piano).

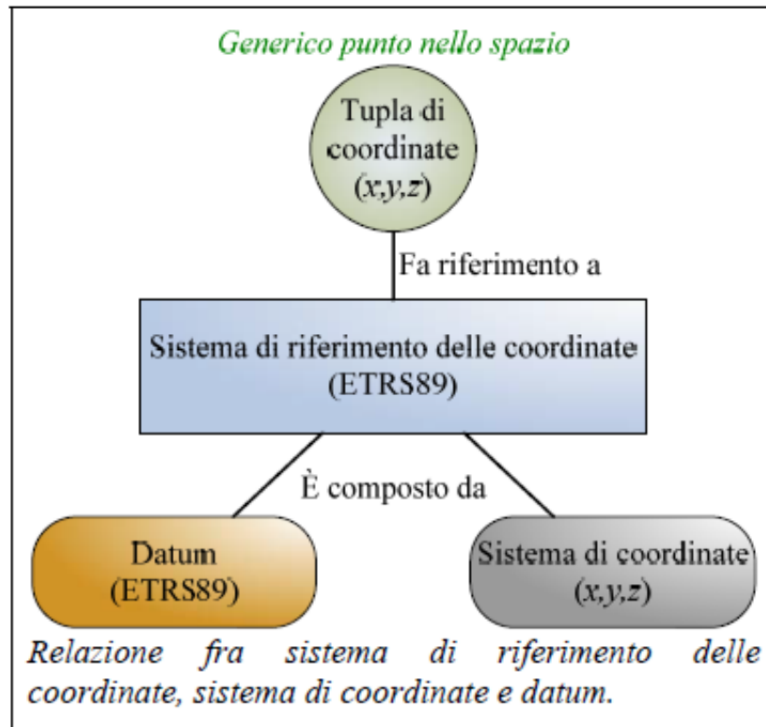


Fig. 32

Relazione fra sistema di riferimento delle coordinate, sistema di coordinate e datum.

- Sistema di Riferimento Spaziale (Spatial Reference System, SRS): vedi sistema di riferimento delle coordinate.
- Sorgente dati: indica un'area di memorizzazione (locale o remota) in cui sono presenti dataset; ad un livello più concreto una sorgente dati identifica una base di dati. Una sorgente dati possiede un formato di codifica che caratterizza l'organizzazione dei dati (indici, tabelle di appoggio, ...).
- Sistema Informativo Territoriale (SIT): è spesso utilizzato come sinonimo di GIS, ma in realtà un SIT fa riferimento al territorio, a tutto ciò che afferisce al territorio indipendentemente dall'aspetto geografico. Si può dire che un GIS è fa parte sicuramente un SIT, ma non è vero il viceversa.
- Strato Informativo: sinonimo di layer.
- Tema: generalmente i termini layer e "tema" sono sinonimi; in questo lavoro di tesi il termine "tema" è impiegato per indicare la rappresentazione grafica di un layer di una mappa.
- UTM: Universal Trasversal Mercatore, sistema di riferimento proiettato in cui le

coordinate dell'ellissoide sono riportate su di un piano. Si tratta di una proiezione cilindrica in cui gli angoli tra le direzioni spiccatasi dai singoli punti, risultano inalterati (proiezione conforme o ortomorfa).

Notazione

- I termini anglosassoni sono evidenziati in *corsivo* la prima volta che sono incontrati nel testo.
- Il carattere **Courier New** evidenzia porzioni di codice del linguaggio di sviluppo.
- Alcuni diagrammi contenuti in questo documento sono rappresentati secondo la notazione dello Unified Modelling Language (UML). In particolare, le strutture statiche possono essere espresse tramite diagrammi di classe, la cui notazione è brevemente illustrata nel seguito.

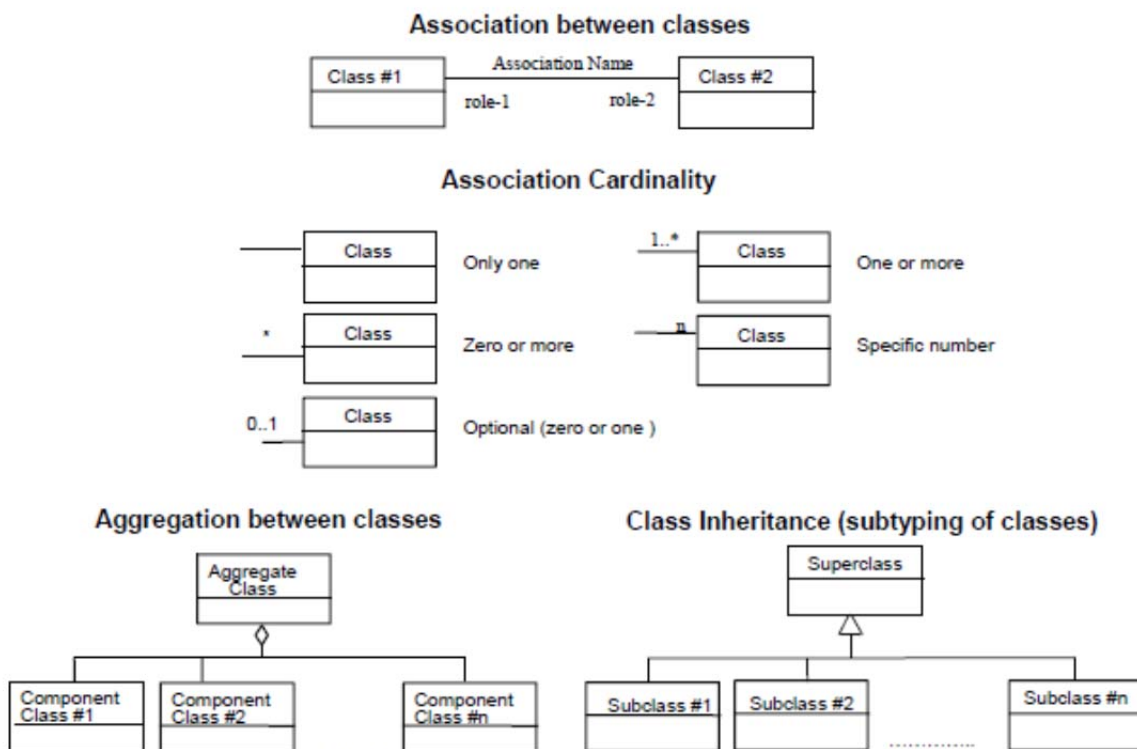


Fig. 33
Notazione dei diagrammi di classe UML

Le tipologie (stereotipi) di classi UML più comunemente utilizzate sono le seguenti:

- 1- <<Interface>> definizione di un insieme di operazioni supportate da oggetti con questa interfaccia. Una Interface non può contenere alcun attributo;
- 2- <<DataType>> descrittore di un insieme di valori non forniti di identità (i.e.

esistenza indipendente e possibilità di effetti collaterali). Un DataType è una classe senza operazioni, il cui scopo principale è contenere informazioni;

- 3- <<CodeList>> enumerazione flessibile che usa stringhe per esprimere una lista di potenziali valori.

Riferimenti Bibliografici

AGENDA 21 .it - EcoSitoWeb per il territorio e lo sviluppo sostenibile 1992-1999 - Quinto programma di azione per le aziende “Per uno sviluppo durevole e sostenibile”

Atlante Italiano: www.atlanteitaliano.it

Carl Reed, “*Technical Committee Policies and Procedures*”: 11/10/10;

Cavallini P., Menegon S., *Open Source sul Web: MapServer*, in “MondoGIS”, n. 48, 2005, pp. 51-54.

Cavallini P., Piccardi S., *Cosa significa Open Source? Cos'è il software libero? Applicazioni ai GIS*, in “MondoGIS”, n. 59, 2007, pp.62-66.

Centro Interregionale, <http://www.centrointerregionale-gis.it>.

Cliff Kottman and Carl Reed, “*The OpenGIS™ Abstract Specification Topic 5: Features, Version 5*”: 15/01/2009;

Cliff Kottman , “*The OpenGIS™ Abstract Specification Topic 8: Relationships Between Features, Version 4*”: 26/03/1999;

V. Consorti, *La scalabilità dell’offerta di software gis*, in “MondoGIS”, n. 26, 2001, pp. 27-29.

Douglas Nebert, Arliss Whiteside “*OpenGIS® Catalogue Services Specification v2.0*”: 11/05/2004;

David Booth, Hugo Haas, Francis McCabe, Eric Newcomer, Michael Champion, Chris Ferris, David Orchard, “*Web Services Architecture, W3C Working Group Note 11*”-§1.4 February 2004: <http://www.w3.org/TR/2004/NOTE-ws-arch-20040211>;

Douglas D. Nebert, “*Developing Spatial Data Infrastructures, The SDI Cookbook v2.0*”: 25/01/2004;

Dosskey, M.G., R.C. Schultz, and T.M. Isenhardt (1997), *How To Design a Riparian Buffer for Agricultural Land*, *Agroforestry Notes*, 4: 14-20;

Electronic Business using eXtensible Markup Language, ebXML: <http://www.ebxml.org>;

Ethan Cerami, “*Web Services Essentials Distributed Applications with XML- RPC, SOAP, UDDI & WSDL*”: prima edizione Febbraio 2002;

Eric NewComer, “*Understanding Web Services- XML, WSDL, SOAP and UDDI*”: Maggio 2002.

Farina, A., 1998. *Principles and Methods in Landscape Ecology*, Cambridge, England.

Field R., S. D. Struck, A. N. Tafuri, M. A. Ports (eds.), (2006), *BMP Technology in Urban Watersheds: Current and Future Directions*. VA: American Society of Civic Engineers, pp. 336.

Geographic Markup Language (GML) Implementation Specification, v2.1.2” 17/09/2002;

“*Global Spatial Data Infrastructure Association*”, <http://www.gsdi.org/>;

Gobattani F., Pelorosso R., Lauro G., Leone A., Monaco R. (2011). *A procedure for mathematical analysis of landscape evolution and equilibrium scenarios assessment, Landscape and Urban Planning*, (103): 289-302. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2011.08.011.

M. Gomarasca, *Elementi di geomatica: con elementi di: geodesia e cartografia, fotogrammetria, telerilevamento, informatica, sistemi di ripresa, sistemi di posizionamento satellitare, elaborazione digitale delle immagini, sistemi informativi*

territoriali, sistemi di supporto alle decisioni, SIT in rete, INSPIRE eGMES, dizionario tecnico, acronimi, Associazione italiana di rilevamento, Firenze, 2004.

Haycock, N. E., and A. D. Muscutt (1995), *Landscape management strategies for control of diffuse pollution*, *Landscape and Urban Planning*, 31:313–321;

Henrik Frystyk Nielsen, Hervé Ruellan, W3C Working Group Note, “*SOAP 1.2 Attachment Feature*” 12/11/2003;

Holmes, P. T., J.C. Bergstrom, E. Huszar, S.B. Kask, and F. Orr III (2004), *Contingent Valuation, Net Marginal Benefits, and the Scale of Riparian Ecosystem Restoration*, *Ecological Economics* 49: 19-30.

Hugo Haas, Allen Brown, “*Web Services Glossary*”:11/02/2004

“*INSPIRE, Infrastructure for SPatial InfoRmation in Europe*”, <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/>.

INSPIRE: principles <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/index.cfm/pageid/48>

Java Web Service Developer Pack: <http://www.java.sun.com/webservice/jwsdp/index.jsp>;

Jeff de La Beaujardière, “*Web Map Service Implementation Specification v1.1.1*”: Capitolo 7, paragrafo 3 sezione 1, 16/01/2002;

Jérôme Sonnett, “*OWS2 Common Architecture: WSDL SOAP UDDI*” 17/02/2005.

John Herring, “*The OpenGIS™ Abstract Specification Topic 1: Feature Geometry (ISO 19107 SpatialSchema), Version 5*”: 10/05/2001;

Jos Van Orshoven, “*Spatial Data Infrastructure in Europe: State of Play Spring 2004*”: 18/08/2004.

Jos Van Orshoven, “*Spatial Data Infrastructure in Europe: State of Play 2011*”.

Josh Lieberman, Lou Reich, Peter Vretanos, “OGC Web Services UDDI Experiment”: 17/02/2003;

Kris Kolodziej, “OpenGIS® Web Map Server Cookbook”, capitolo 1, paragrafo 5 sezione 3: 18/08/2003;

Leone A., M. N. Ripa, L. Boccia, A. Lo Porto (2008), *Phosphorus export from agricultural land: a new simple quantitative methodology*, *Biosystems Engineering*. 101 (2): 270-280;

Lou Reich, *Web Registry Server Discussion Paper v0.0.2*;

Louis Reich, “Web Registry Server Discussion Paper v0.0.2”:26/01/2001;

Lowrance R., Leonard R., Sheridan J. (1985), Managing Riparian Ecosystems to Control Non-point Pollution, *Journal of Soil and Water Conservation* 55: 87-91.

D. Magni, *Introduzione a MapServer*, 2005.

Marc Antrop, 1999. *Background concepts for integrated landscape analysis Agriculture, Ecosystems and Environment* 77 (2000) 17-28.

Marc Antrop, Veerle Van Eetvelde, 2000. *Holistic aspects of suburban landscape: visual image interpretation and landscape metrics*. *Landscape and Urban Planning* 50 (2000) 43-58.

Microsoft UDDI Business Registry Node, <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa286530.aspx>;

Microsoft, <https://test.uddi.microsoft.com>, IBM, <https://www.3-ibm.com/services/uddi/testregistry/protect>;

Mitsch, W.J., J. G. Gosselink (1979) *The Wetlands Textbook*. 4th Edition, ISBN: 0471699675, Wiley, John & Sons.

P. Mogorovich, M. Rumor, 2008. *Dispense di Approfondimento del corso di Sistemi Informativi Territoriali I*, Consorzio Nettuno.

Naiman, R. J. (Ed.), 1992. *Watershed Management*. Springer, New York, USA.

Naveh, Z., Lieberman, A., 1994. *Landscape ecology: theory and application*. Springer, New York.

Novotny V. (2004), *Linking Pollution To Water Body Integrity*. Literature Review, Technical Report No. 1, Center for Urban Environmental Studies, Northeastern University, Boston, MA 02115

Open Geospatial Consortium Inc. (OGC) , <http://www.opengeospatial.org/>;

OpenGIS® Geographic Markup Language Implementation Specification, version 2.1.2; 17 September 2002;

Panagiotis A. Vretanos, “*OpenGIS Filter Encoding 2.0 Encoding Standard*”: 22/11/2010;

Panagiotis A. Vretanos “*Web Feature Service Implementation Specification v1.0.0*”: 19/09/2002;

Peterjohn W. T., D. L. Correll (1984), *Nutrient Dynamics in an Agricultural Watershed: Observation on the Role of a Riparian Forest*, *Ecology* 65:1466-1475.

Plewe B., *Web cartography in the United States* in “*Cartography and Geographic Information Science*”, vol. 34, n. 2, 2007.

Portale regione Emilia-Romagna,
<http://www.regione.emilia-romagna.it/carto/reper/default.htm>.

Postel S., Carpenter S. (1997), *Freshwater Ecosystem Services*, in *Nature's Services*. Gretchen Daily ed. Island Press: Washington D.C. pp 195-214;

Relazione sulla “*Proposta di Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio che istituisce un’infrastruttura per l’informazione nella comunità (INSPIRE)*”, Bruxelles 23/07/2004 COM(2004) 516 Definitivo 2004/0175 (COD).

Renso C., *Web&GIS - Approfondimento su MapServer by UMN*, 2005.

Schultz R. C., Colletti J. P., Isenhardt T. M., Simkins W. W., Mize C. W. Thompson M. L. (1995), *Design and Placement of a Multi-Species Riparian Buffer Strip System*, *Agroforestry Systems* 29: 1–16.

“SIGMA TER, *Servizi Integrati catastali per il Monitoraggio Amministrativo TERitoriale, Σ3*”, <http://www.sigmater.it/>.

Sesto programma di azione per le aziende “*Ambiente 2010: il nostro futuro la nostra scelta*” GU L 242 del 10.9.02.

Simon Cox, Adrian Cuthbert, Ron Lake, Richard Martell, “*OpenGIS*®

Solano M.L.; P. Soriano; M.P. Ciria (2004), *Constructed Wetlands as a Sustainable Solution for Wastewater Treatment in Small Villages*, *Biosystems Engineering* (2004) 87 (1), 109–118.

SOAP Client, <http://www.soapclient.com/uddisearch.html>;

Steiniger S., E. Bocher, *An Overview on Current Free and Open Source Desktop GIS Developments*, 2008.

US-Army Corps of Engineers (1995). *Section 404 of the Clean Water Act and Wetlands*. Special Statistical Report. Regulatory Branch, U.S. Army Corps of Engineers.

USDA-NRCS (1999), *Buffers, Common Sense Conservation*, Internet URL: <http://www.nhq.usda.gov/CCS/BufrsPub.html>

US-EPA (2000), *Constructed Wetland Treatment of Municipal Wastewaters*. Cincinnati, Ohio, 2000. (EPA Report No. EPA-625/R-99-010).

Vanden Brouke, Peter Beusen, Alessandro Annoni, “*Spatial Data Infrastructure in Italy: State of Play 2011*”.

Welsch, D.J. (1991), *Riparian forest buffers: Function, and design for protection and enhancement of water resources*. USDA Forest Service. Radnor, Pennsylvania. Northeastern Area. NA-PR-07-91. 23 pp.

Wenjue Jia, Yumin Chen, Jianya Gong, Aixia Li; *State Key Laboratory for Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing*, Wuhan University, “*Web Service Based Web Feature Service*”

William Lalonde, “*Styled Layer Descriptor Implementation Specification v1.0.0*”: 19/09/2002;

XML Schema Part 2: Datatypes Second Edition: <http://www.w3.org/TR/xmlschema-2/>.