

Il progetto WEQUAL: monitorare e prevedere lo stato ecomorfologico dei corsi d'acqua

Francesco Ferraiolo ^(a), Nadia Zorzi ^(a), Giuliano Sauli ^(b), Gianluca Ristorto ^(c),
Alex Bojeri ^(c), Riccardo Corso ^(d), Fabrizio Mazzetto ^(d), Raimondo Gallo ^(d),
Fulvia Quagliotti ^(c)

^(a) Maccaferri Innovation Center Srl, Via Alessandro Volta 13/A, 39100 Bolzano, tel. 0471-094777, fax 0471-094775, n.zorzi@it.maccaferri.com

^(b) Naturstudio Scarl, Via del Monte 2, 34121 Trieste, 040-638688, naturstudio@naturstudio.it

^(c) MAVTech Srl, Via Alessandro Volta 13/A, 39100 Bolzano, tel. 0471-094778, fax 0471-094779, mavtech@mavtech.eu

^(d) Libera Università di Bolzano – Facoltà di Scienze e Tecnologie, Piazza Università 5, 39100 Bolzano, tel. 0471-017180, fax 0471-017009, fabrizio.mazzetto@unibz.it

Introduzione

Negli ultimi anni, l'interesse attorno ai temi delle infrastrutture verdi (*Green Infrastructures*) e dello sviluppo sostenibile è andato gradualmente crescendo. A livello europeo, questa tendenza è stata accompagnata dalla diffusione di politiche e direttive atte a tutelare e migliorare lo stato ecologico dei corsi d'acqua, che rappresentano una particolare tipologia di Green Infrastructure. In questo contesto, le decisioni prese da tecnici e progettisti che operano nell'ambito delle sistemazioni idrauliche possono essere decisive nel garantire la diffusione e la salvaguardia degli ecosistemi fluviali. Per questo, nell'ambito del progetto FESR-Alto Adige WEQUAL (*WEb service center for QUALity multidimensional design and remote-sensing monitoring of Green Infrastructure*), è in corso di sviluppo un sistema di supporto alle decisioni pensato per favorire la progettazione di interventi di ingegneria idraulica dal limitato impatto sugli ecosistemi fluviali.

Il progetto WEQUAL

Il sistema di supporto alle decisioni sviluppato nell'ambito del progetto WEQUAL si compone essenzialmente di due elementi: una metodologia di valutazione dello stato di qualità ecomorfologica dei corsi d'acqua e una piattaforma web che ne consenta un'applicazione agevole.

La metodologia di valutazione è destinata essenzialmente a due tipologie di applicazione: l'analisi dello stato ecomorfologico attuale del corso d'acqua e la previsione dello stato ecomorfologico atteso a lungo termine in seguito ad un ipotetico intervento di sistemazione idraulica. Nel primo caso, la metodologia è intesa come strumento per individuare, in maniera semplice e quanto più oggettiva possibile, i punti di forza e le criticità ambientali del sito in cui il progettista dovrà intervenire. Nel secondo caso, la metodologia consentirà il confronto tra diverse soluzioni progettuali, allo scopo di individuare quella in grado di limitare l'impatto sull'ambiente e, possibilmente, di migliorare la

qualità ecomorfologica del sito, coerentemente con quanto indicato nella Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE e nelle Linee Guida di Italia Sicura (Menduni et al., 2017).

La metodologia di valutazione si ispira a metodi consolidati come l'IFF (Siligardi et al., 2007), il CARAVAGGIO (Buffagni et al., 2013) e l'IDRAIM (Rinaldi et al., 2016) e si basa sull'utilizzo di indicatori di qualità riferiti a diversi elementi biologici e idromorfologici. Tuttavia, in WEQUAL, sono stati privilegiati criteri quantitativi e speditivi, che consentono di attribuire i valori degli indicatori in maniera semi-automatizzata e quanto più possibile oggettiva.

In caso di valutazione della qualità ecomorfologica allo stato attuale, un buon numero di indicatori può essere attribuito con l'ausilio della geomatica, a partire da dati LiDAR, immagini RGB e immagini multispettrali. Nell'ambito del progetto WEQUAL, l'acquisizione di tali dati viene condotta mediante opportuna sensoristica, montata su SAPR (Sistemi Aeromobili a Pilotaggio Remoto) appositamente sviluppati. I SAPR costruiti presentano diverse configurazioni (ala fissa o rotante) e classi di peso, in funzione del sensore imbarcato e dell'autonomia richiesta dal profilo di missione. I dati acquisiti con tali tecniche sono poi elaborati mediante opportuni algoritmi, che estraggono dai dati territoriali le informazioni sintetiche necessarie all'attribuzione del valore agli indicatori. I risultati così ottenuti vengono utilizzati in primo luogo per supportare la valutazione dello stato attuale e, in secondo luogo, vengono inseriti in un database di casistiche rilevanti, destinato a indirizzare la valutazione previsionale, che avviene tramite il confronto di diverse alternative progettuali.

Inoltre, il progetto WEQUAL prevede lo sviluppo di una piattaforma web dedicata, su base WebGIS, accessibile tramite semplice *login*, che rappresenta il mezzo per l'applicazione della metodologia. Nella sua versione finale, la piattaforma ospiterà una serie di procedure guidate, che consentiranno la classificazione della qualità ecomorfologica tramite la valutazione dei diversi indicatori, la corretta gestione dei dati territoriali in input e in output e la visualizzazione dei risultati.

Nelle sezioni seguenti si propongono alcuni approfondimenti dei vari aspetti fin qui presentati: la metodologia di valutazione, le piattaforme di volo e i sensori utilizzati per l'acquisizione dei dati, gli algoritmi di calcolo implementati per l'elaborazione dei dati territoriali e la piattaforma web quale strumento di valutazione.

Metodologia di valutazione

Il metodo di valutazione della qualità ecomorfologica è pensato per essere applicato su tratti omogenei del corso d'acqua oggetto di studio. Per classificare lo stato di qualità ecomorfologica, esso considera quindici diversi indicatori tecnico-ambientali. Gli indicatori riguardano aspetti come: l'uso del suolo nelle fasce laterali esterne al corridoio fluviale, la continuità laterale tra fasce esterne e corridoio fluviale, la continuità verticale e longitudinale, la morfologia d'alveo, la capacità di ritenzione della sostanza organica, il regime idrico, la qualità chimica e biologica delle acque, l'idoneità ittica, la vegetazione della fascia ripariale, la *carbon sequestration* della vegetazione spondale e la

carbon footprint delle opere presenti nel tratto. A ciascun indicatore viene attribuito un punteggio, in base a criteri quantitativi, applicabili agli elementi di qualità precedentemente elencati. I valori degli indicatori vengono poi sommati e il risultato viene tradotto in termini di classe di qualità ecomorfologica (elevata, buona, sufficiente, scarsa, cattiva).

In caso di valutazione della condizione attuale, i valori di alcuni indicatori possono essere dedotti tramite una procedura semi-automatizzata, che richiede in input DTM (*Digital Terrain Model*), DSM (*Digital Surface Model*), CHM (*Canopy Height Model*) e immagini multispettrali a cinque bande dell'area di studio, con risoluzione possibilmente alta.

La valutazione previsionale, invece, richiederà essenzialmente informazioni sugli scenari progettuali (contesto di lavoro, opere previste e loro caratteristiche, eventuali interventi di mitigazione). Queste indicazioni verranno poi incrociate con il database di casistiche rilevanti costruito nell'ambito di WEQUAL, per valutare gli "effetti tipo" attesi per gli scenari di progetto.

Acquisizione dati

Nell'ambito del progetto WEQUAL, l'acquisizione dei dati geografici per il monitoraggio dello stato attuale avviene con l'ausilio di sensoristica montata su SAPR appositamente costruiti.

I sensori utilizzati sono tre: un sensore LiDAR, un sensore multispettrale e un sensore RGB.

Per gli scopi del progetto sono stati utilizzati:

- un sensore LiDAR a due echi, adatto a separare le quote del terreno da quelle delle chiome vegetate;
- una camera multispettrale a cinque ottiche, in grado di acquisire misure di riflettanza nelle lunghezze d'onda del *blue*, *green*, *red*, *rededge* e *near-infrared*;
- una camera RGB con sensore CMOS da 20.1MP, con zoom ottico 3x, utile ad acquisire immagini con grande angolo visivo;
- una videocamera integrata.

I sensori sono stati montati su diversi vettori aerei, appositamente realizzati.

Il sensore LiDAR e la camera multispettrale sono stati imbarcati su SAPR ad ala rotante (Figure 1 e 2). Un terzo SAPR ad ala rotante di peso inferiore ai 300g integra una videocamera (Figura 3). I SAPR ad ala rotante sono in grado di decollare e atterrare in spazi ristretti, di trasportare sensori dal peso non trascurabile e di volare in modalità *hovering* (a punto fisso) anche a quote basse, rendendo possibile l'acquisizione di dati ad alta risoluzione. Tuttavia, la loro autonomia di volo e la velocità di rilievo sono piuttosto ridotte, a svantaggio della copertura di aree vaste.

Un SAPR ad ala fissa, invece, è stato predisposto per il trasporto della fotocamera RGB e della camera multispettrale (Figura 4). Esso consente di coprire ampi spazi in breve tempo ed è inoltre caratterizzato da una buona

stabilità di volo. Il decollo e l'atterraggio di questo SAPR richiedono però spazi ampi.



Figura 1 – SAPR DJI S900 ad ala rotante su cui è montato il sensore LiDAR



Figura 2 – SAPR Q4E ad ala rotante su cui è montata la camera multispettrale



Figura 3 – SAPR DJI SPARK ad ala rotante con videocamera integrata



Figura 4 – SAPR AGRI-1900 ad ala fissa, in grado di trasportare la fotocamera RGB e la camera multispettrale

In ambiente montano, questi vettori possono essere fatti volare controllando la quota di volo della piattaforma tramite modelli DTM, come quelli generalmente messi a disposizione dagli enti territoriali o rilasciati pubblicamente. In questo modo, la qualità dei dati rilevati sarà spazialmente omogenea.

I quattro SAPR con sensoristica montata consentono di acquisire:

- nuvola di punti LiDAR;
- immagini multispettrali;
- immagini RGB;
- registrazione video dell'area di studio.

Dalla nuvola di punti, opportunamente processata, si possono ricavare poi DTM e DSM ad alta risoluzione, nonché il CHM.

Algoritmi di analisi

Nell'ambito del progetto WEQUAL, i dati rilevati dalla sensoristica vengono processati tramite alcuni algoritmi di calcolo, in corso d'implementazione e ottimizzazione. Infatti, dall'analisi dei dati territoriali è possibile ricavare informazioni sintetiche utili alla valutazione dei singoli indicatori.

Allo stato attuale di sviluppo, gli algoritmi già implementati consentono di:

- identificare l'uso del suolo (Figura 5) a partire da ortofoto multispettrali, mediante il calcolo di indici vegetativi, come ad esempio NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), e l'introduzione di soglie

percentili. In tal modo è possibile calcolare la percentuale di copertura areale delle diverse classi di uso del suolo;

- classificare le aree vegetate in funzione dell'altezza degli esemplari (Figura 6), mediante ortofoto multispettrali e CHM. In questo modo è possibile calcolare la percentuale di copertura areale vegetale delle diverse classi di vegetazione;
- delimitare in maniera automatica le fasce spondali (Figura 7) a partire dal DTM, in funzione delle pendenze locali. Questa operazione appare funzionale all'applicazione degli algoritmi in corso d'implementazione, che consentiranno di valutare la continuità della vegetazione in fascia spondale, la sua ampiezza, la morfologia d'alveo, la presenza di discontinuità longitudinali e la biomassa vegetale spondale, ispirandosi a lavori come ad esempio quello di Michez et al. (2013) o di Tompalsku P. et al (2017).

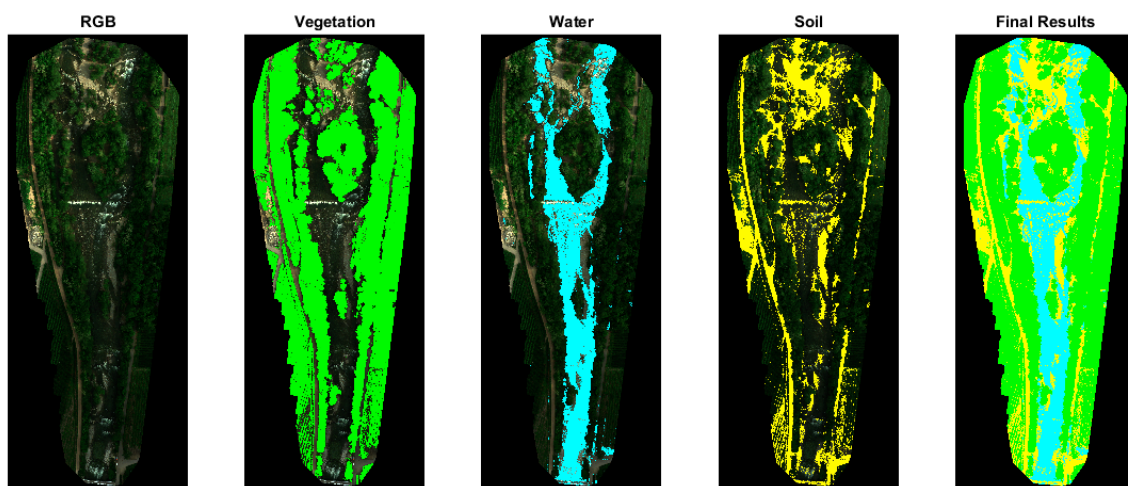


Figura 5 – Identificazione dell'uso del suolo a partire dalle immagini multispettrali

Vegetation Classes: RED = Grass, YELLOW = Bushes, GREEN = Small Trees, BLUE = High Trees

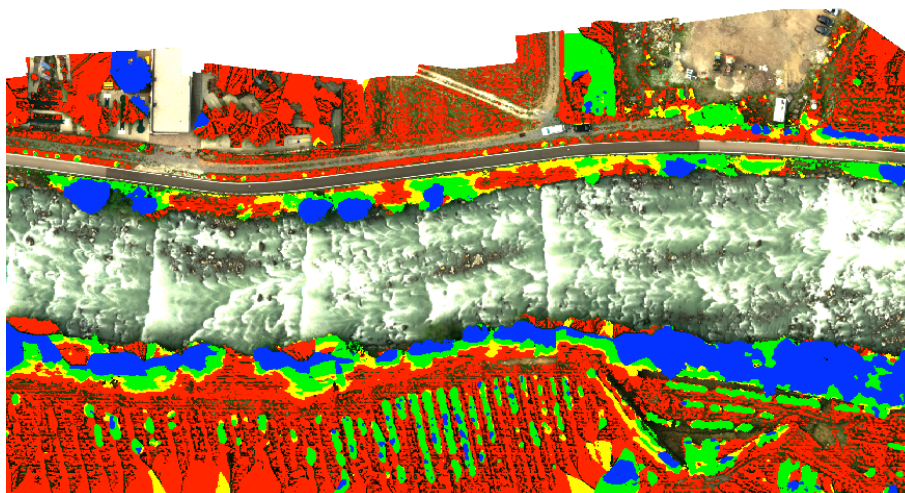


Figura 6 – Identificazione delle classi di vegetazione a partire da immagini multispettrali e CHM

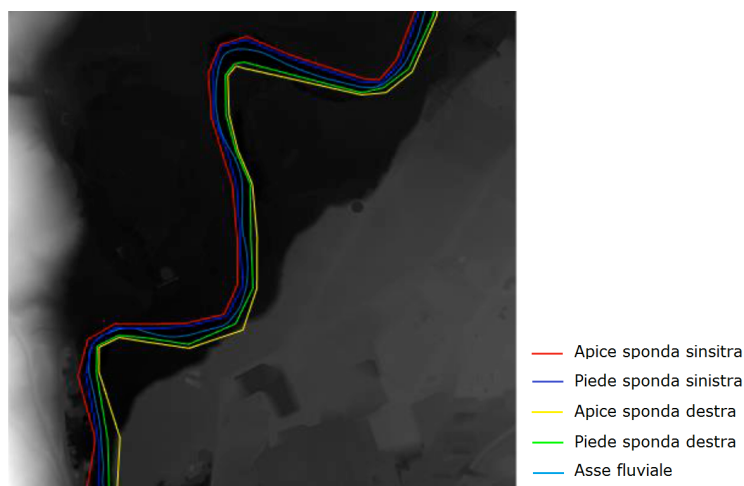


Figura 7 – Delimitazione delle fasce spondali

Applicando i criteri di classificazione della metodologia WEQUAL ai valori sintetici ottenuti tramite processamento dei dati territoriali è possibile attribuire agli indicatori tecnico-ambientali i relativi valori e calcolare il punteggio di qualità ecomorfologica del sito d'indagine, garantendo una certa oggettività nella valutazione e coprendo l'intera area d'indagine. Questo approccio consente quindi di superare alcune delle difficoltà tipiche dei rilievi a terra, come ad esempio l'accessibilità del sito d'indagine, e di ridurre le tempistiche del rilievo specialmente in riferimento alla componente vegetale.

Nell'ambito del progetto WEQUAL, la metodologia di valutazione e la procedura di processamento dei dati sono già state applicate ad una serie di casi studio rappresentativi e sufficientemente documentati e altre applicazioni verranno condotte nel corso del progetto. In tal modo s'intende testare metodologia ed algoritmi ed individuare l'impatto medio atteso per diverse tipologie di opere idrauliche. Gli esiti delle valutazioni verranno poi inseriti in un database dedicato, destinato a orientare il confronto tra soluzioni progettuali da un punto di vista ambientale.

Piattaforma web

La metodologia di valutazione e le procedure di analisi dei dati saranno integrate in una piattaforma web, accessibile tramite registrazione.

Le diverse tipologie di valutazione (analisi dello stato attuale e confronto delle alternative progettuali) saranno implementate sotto forma di servizi web, che condurranno l'utente attraverso l'applicazione della metodologia di valutazione. In questo modo il progettista potrà effettuare le proprie analisi senza necessità di installare un *software* specifico sul proprio dispositivo.

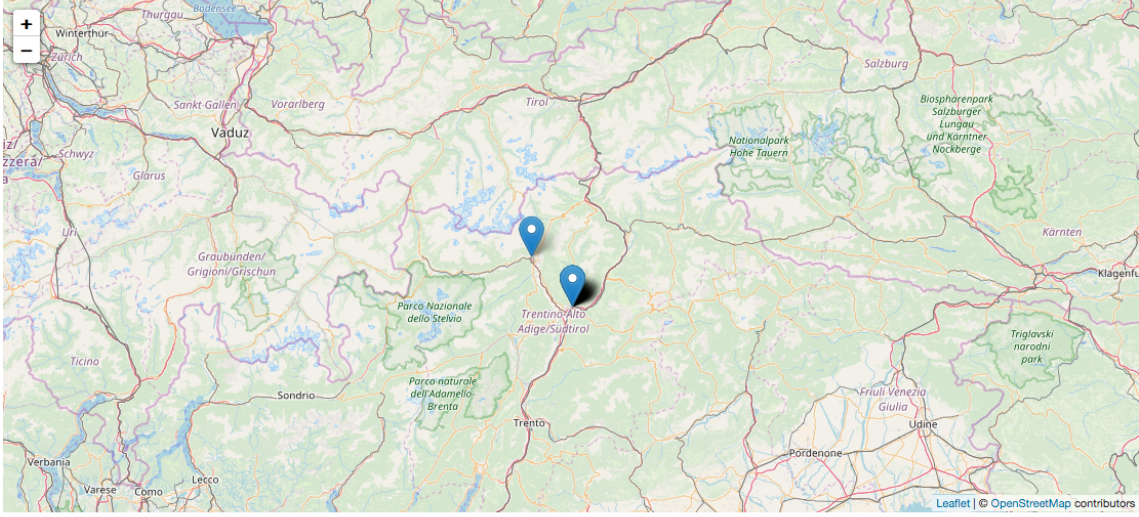
La piattaforma, sviluppata privilegiando i linguaggi *open source*, sarà in grado di gestire e visualizzare sia i dati territoriali utili all'analisi sia gli output della valutazione. A tale scopo, la piattaforma (la cui homepage prototipale è mostrata in Figura 8) disporrà delle funzionalità GIS necessarie al trattamento dei dati territoriali e consentirà di scaricare gli esiti delle procedure di analisi.

Wequal customer
Home
Lingua
Staging

Rilievo teleoperato e biochimico
Richiedi

Qualità ambientale
Valuta

Alternative progettuali
Confronta

Progetti creati


Name	Tipo	Stato	Ultima modifica	Azione
Bolzano	Rilievo	inviato	13:41 - 14/07/2018	Visualizza
Lagundo	Qualità	inviato	08:26 - 13/07/2018	Visualizza

Figura 8 – Homepage prototipale della piattaforma web, che implementerà la metodologia di valutazione WEQUAL

Conclusioni

Gli strumenti sviluppati nell'ambito del progetto WEQUAL sono pensati per fornire ai tecnici un supporto alle decisioni in fase di progettazione di interventi di ingegneria idraulica. La metodologia di valutazione, una volta messa a punto, consentirà di individuare soluzioni progettuali che non siano solo tecnicamente efficaci, ma anche strategiche dal punto di vista ambientale, favorendo così la diffusione di *Green Infrastructures*.

L'utilizzo di dati territoriali all'interno della metodologia di valutazione permetterà di rendere l'analisi oggettiva e speditiva, grazie alle procedure automatizzate, riducendo il margine d'incertezza del risultato. Inoltre, la piattaforma web consentirà ai progettisti di accedere facilmente alle procedure di valutazione e ai risultati, favorendo l'inclusione degli aspetti ambientali nel processo di progettazione.

Riferimenti bibliografici

Buffagni A., Demartini D., Terranova L. (2013), *Manuale di applicazione del metodo CARAVAGGIO - Guida al rilevamento e alla descrizione degli habitat fluviali*, Istituto di Ricerca Sulle Acque del CNR, Roma, pp. 293

Direttiva 2000/60/CE (2000), "Direttiva Quadro Acque" del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2000

Menduni G., Brath A., Iannarelli E., Zarra C. (2017), *Linee guida per le attività di programmazione e progettazione degli interventi per il contrasto del rischio idrogeologico*, Associazione Idrotecnica Italiana, Roma, pp. 48

Michez A., Piégav H., Toromanoff F., Brogna D., Bonnet S., Lejeune P., Claessens H. (2013), "LiDAR derived ecological integrity indicators for riparian zones: application to the Houille river in Southern Belgium/Northern France", *Ecological Indicators*, 34, pp. 627-640.

Rinaldi M., Surian N., Comiti F., Bussetini M. (2016), *IDRAIM: sistema di valutazione idromorfologica, analisi e monitoraggio dei corsi d'acqua*, ISPRA, Roma, pp. 400

Siligardi M., Baldaccini G.N., Bernabei S., Bucci M.S., Cappelletti C., Chierici E., Ciutti F., Floris B., Franceschini A., Mangini L., Minciardi M.R., Monauni C., Negri P., Pineschi G., Pozzi S., Rossi G., Sansoni G., Spaggiari R., Tamburo C., Zanetti M. (2007), *IFF 2007: indice di funzionalità fluviale: nuova versione del metodo revisionata e aggiornata*, ANPA, Roma, pp. 336

Tompalski P., Coops N.C., White J.C., Wulder M.A., Yuill A. (2017), "Characterizing streams and riparian areas with airborne laser scanning data", *Remote Sensing of Environment*, 192, pp. 73-86