

Regione Umbria
Servizio Sistemi naturalistici e zootecnia
Sezione Aree protette e progettazione integrata



Umbria

**PARCO REGIONALE
DEL FIUME TEVERE**

Sistema idraulico e risorse idriche

PSR Umbria 2007-2013
Misura 323 - azione a)



Regione Umbria

PIANO PARCO REGIONALE DEL TEVERE

Il sistema idrico è caratterizzato dalla presenza degli invasi e dei relativi utilizzi idroelettrici di Corbara e Alviano. Queste opere condizionano l'andamento geomorfologico del corso d'acqua oltre che nelle vicinanze dell'invaso anche nei tratti a valle, andando ad alterare il regime idrico e sedimentario naturale. Pertanto i corsi d'acqua presentano scarsa diversità d'alveo (sia geomorfologica che ecologica) e problemi legati a picchi di rilascio (erosioni localizzate, variazioni rapide delle condizioni idrobiologiche, emissione di sedimenti).

I dati sulla qualità delle acque del fiume Tevere sono ricavati dal *Piano di Tutela delle Acque*, dallo Studio *Valutazione dello stato ecologico e chimico dei corpi idrici fluviali dell'Umbria* (ARPA Umbria 2013) e dai *Progetti di Gestione* degli invasi di Corbara e di Alviano (Endesa 2005).

Anche le concentrazioni di nutrienti rappresentano un elemento significativo che può determinare condizioni di particolare criticità nelle situazioni di accumulo, staticità e insolazione presenti negli invasi. Le seguenti figure (*Piano di tutela delle acque - Monografia 16 - Modello di qualità fluviale del bacino Tevere in Umbria*) mostrano l'incremento lungo l'asta della concentrazione di inquinanti.

Dal punto di vista del trasporto dei sedimenti, il *Progetto di Gestione* degli invasi di Corbara (2006) e di Alviano riporta una stima del trasporto solido a monte e a valle del lago, individuando valori in sospensione di 51.2 mg/l, mentre a valle del bacino è pari a 6.6 mg/l. Per Alviano i valori misurati indicano che il materiale in sospensione in entrata nel bacino è pari a 7.6 mg/l, mentre a valle di esso sale a 50 mg/l; questo è dovuto ai fenomeni di risospensione del materiale che possono avvenire in bacini simili all'invaso in questione.

La *Valutazione dello stato ecologico e chimico dei corpi idrici fluviali dell'Umbria* evidenzia come il fiume Tevere rientri tra i corpi idrici fortemente modificati (HMWB). Il monitoraggio degli indici di qualità è presente solo per il tratto a monte del lago di Corbara, restituendo valori "sufficienti" o "buoni", sulla maggior parte degli indicatori, portando a raggiungere uno stato ecologico "sufficiente" e uno stato chimico "buono". Il tratto a valle non presenta dati per la classificazione, ma riferendosi alla parametrizzazione del piano di tutela delle acque, la qualità ambientale, sebbene riferita ad indici differenti, è indicata come sufficiente.

In merito all'invaso di Corbara, con riferimento alla *Valutazione dello stato ecologico e chimico dei corpi idrici LACUSTRI dell'Umbria* (Settembre 2014), lo stato ecologico è classificato come sufficiente.

La concentrazione algale e il parametro clorofilla "a" mostrano picchi estivi, indici dei situazioni di stress durante i periodi siccitosi contestuali alla stratificazione del lago.

L'indice complessivo per il fitoplancton classifica il lago in uno stato di qualità sufficiente.

In merito ai parametri chimico-fisici, il monitoraggio evidenzia uno stato sufficiente, con valori medi di fosforo di 117 micro g/l, valore medio della trasparenza di 1.3 m e saturazione dell'ossigeno disciolto del 29%. Per quanto lo stato chimico si evidenzia un valore "buono".

I parametri del lago di Corbara rilevati nel 2005 (Piano di Gestione) portavano ad una caratterizzazione tra "sufficiente" e "scadente". Nel Piano di tutela delle Acque (dati 2004) lo stato di qualità del lago di Corbara era valutato come "pessimo".

Per quanto riguarda l'invaso di Alviano nel corso del 2011, è stato effettuato uno studio approfondito dell'area interessata dalla traversa sul fiume Tevere in località Alviano, che ha messo in evidenza l'inadeguatezza dell'attribuzione dello specchio d'acqua alla categoria "laghi". L'indagine svolta ha portato infatti all'individuazione, nella medesima area, di due diversi ambienti acquatici: una porzione occidentale, a maggiore profondità, tempi di ricambio e deflusso assimilabili a quelli di un corpo idrico fluviale, e una porzione orientale, caratterizzata da acque poco profonde e pressoché stagnanti e ambienti tipici di un'area umida, parzialmente interconnessa idraulicamente con la prima. Alla luce dei risultati di tali valutazioni, il tratto "*Fiume Tevere compreso tra il punto di immissione del canale di restituzione della centrale di Baschi e la traversa di Alviano*" è stato identificato come corpo idrico fluviale; contestualmente, il corpo idrico lacustre Lago di Alviano è stato rimosso dall'elenco dei corpi idrici regionali.

Per il lago di Alviano si dispone dei risultati delle misurazioni effettuate per il *Piano di gestione*, che riportano i valori delle tabelle seguenti, relativamente alla campagna di misura del 2005. A tali dati corrisponde una qualità ecologica scadente (la classificazione è parziale perché limitata ad un solo anno di misura. Nel Piano di tutela delle acque (2004) la qualità ambientale del lago era classificata "scadente".

QUALITÀ ECOSISTEMICA: INDICE DI FUNZIONALITÀ FLUVIALE

Dalla *Prima Analisi dell'Indice di Funzionalità Fluviale (IFF) del Fiume Tevere e dei suoi principali affluenti (Piano di Tutela delle Acque, Regione Umbria, 2005)*, per il tratto a monte del F. Tevere compreso nel Parco, risulta un giudizio di qualità nel complesso tendenzialmente da mediocre a scarso.

Per una raccolta dei dati salienti si rimanda all'**Allegato 1**.

ANALISI SWOT

Punti di forza e di debolezza

Punti di forza

1. *Invaso di Alviano*

Costituisce una zona umida di grande importanza naturalistica

2. *Acque ferme*

La presenza di acque ferme (laghi e tratti fluviali subito a monte) rappresenta ambiti di attrazione turistica

3. *Invasi*

Permettono una consistente quota di produzione energetica da fonte rinnovabile

4. *Gole del Forello*

Costituiscono una attrattiva paesaggistica

5. *Forre*

Diverse delle valli che fanno capo ai torrenti affluenti presentano forre che costituiscono habitat pregiati e luoghi di interesse escursionistico (p.e. Valle Pasquarella) e sportivo (p.e. Fosso di Prodo)

6. *Sorgenti*

La presenza di sorgenti nelle parti alte dei sottobacini, apporta portate idriche tali da favorire l'instaurarsi di habitat torrentizi umidi di valore, specialmente in ambienti di forra, offre disponibilità per lo sfruttamento idropotabile e per attività escursionistiche e sportive (canyoning).

Punti di debolezza

1. *Qualità delle acque*

Elevati carichi inquinanti provengono dagli sversamenti localizzati principalmente nel bacino a monte del parco

2. *Invaso delle acque*

La staticità idraulica dei grossi bacini, oltre a determinare la perdita dell'ecosistema fluviale, favorisce l'instaurarsi di fenomeni eutrofici e l'accumulo di sedimenti

3. *Regolazione idrologica*

Legata alla produzione idroelettrica, determina:

- scompensi rispetto ai deflussi naturali, specialmente nei periodi di già scarso deflusso naturale;
- scompensi del trasporto solido
- escursioni, anche marcate, del livello idrico dei laghi

- significativa riduzione della naturalità dell'alveo alveo (della diversità geomorfologica ed ecologica)

4. *Portata affluenti*

La scarsa portata degli affluenti nei periodi estivi costituisce una notevole vulnerabilità, per cui, specialmente nel caso di prelievi della risorsa, c'è la tendenza alla perdita del minimo deflusso vitale e addirittura all'aridità dell'alveo.

Opportunità e minacce

Criticità

1. *Conflitti tra esigenze di tutela ed impianti per la produzione di energia (Hyla, Bacci)*

Relativamente a questa tematica, la criticità riguarda la presenza dell'invaso di Corbara e gli effetti che il deflusso artificiale da questo creato produce sull'ecosistema della Palude di Alviano, e in generale sui tratti del fiume Tevere a valle. Infatti sia la modifica dei regimi ordinari idrici e dei sedimenti, sia fenomeni di rilasci concentrati in breve tempo produce alterazioni anche significative dell'ecosistema.

Infine, la presenza dell'invaso favorisce fenomeni di accumulo degli inquinanti, considerando la notevole entità di scarichi immessi nel fiume nel bacino sotteso a monte del parco.

2. *Prelievi da sorgenti*

A fini acquedottistici, determinano il depauperamento del deflusso, specie nei periodi di scarsa piovosità (p.e. Fosso Pasquarella)

Opportunità

1. la realizzazione del depuratore di Todi consente una riduzione significativa dei carichi inquinanti ricevuti dal lago di Corbara, vista anche la vicinanza
2. un incremento della tutela e valorizzazione del reticolo minore (affluenti), di grande interesse naturalistico e paesaggistico, favorirebbe il perseguimento al contempo di obiettivi naturalistici e di interessi turistici

Minacce

1. *Eutrofizzazione dei laghi e del tratto fluviale nelle gole del Forello*

Nei tratti ove la velocità dell'acqua è molto bassa, a fronte dei notevoli carichi di nutrienti e di sostanza organica che proveniente dal bacino, tendono a instaurarsi condizioni tali da innescare fenomeni eutrofici, con gravi conseguenze sull'ecosistema (notevole riduzione della biodiversità o addirittura la quasi totale scomparsa di fauna acquatica) e sul paesaggio, con evidenti perdite, anche drastiche, sulla fruizione e le attività turistiche.

2. *Picchi di carico inquinante*

Sversamenti improvvisi derivanti da scarichi (non depurati o da depuratori inadeguati a variazioni di carico o allo smaltimento degli apporti pluviometrici) e da regolazione dei deflussi dagli invasi

(in relazione ai fenomeni di piena o a manutenzione degli stessi).

3. Ulteriori captazioni sorgentizie

La continua ricerca di fonti di approvvigionamento di qualità comporta la captazione di risorse idriche nelle aree più alte e incontaminate dei bacini. A fronte della loro debolezza idrologica in corrispondenza di condizioni climatiche critiche, peraltro sempre più frequenti, si rischia il depauperamento di gran parte degli ecosistemi del reticolo minore, ove sono ancora presenti preziosi ambienti umidi, come è stato sopra richiamato.

PIANIFICAZIONE

Le strategie di gestione individuate riguardano in parte l'invaso di Corbara, in parte la definizione di regole da applicare a scala diffusa.

5. *Regolazione deflussi diga Corbara*

Nel rispetto dei protocolli di gestione della diga, si ritiene debba essere valutata la possibilità di adottare criteri di gestione che tengano maggiormente conto degli effetti ambientali, sia all'interno dei laghi stessi, sia nei confronti del fiume ricettore. A parità di efficacia in termini idraulici, possono essere valutati rilasci finalizzati ad allagamenti programmati delle aree umide o all'ottenimento di regimi ecologici soddisfacenti in periodi di criticità idrica. Da quest'ultimo punto di vista, sarà importante valutare regole di deflusso tali da favorire condizioni di circolazione delle correnti nel lago finalizzate a ridurre l'insorgenza di fenomeni eutrofici.

6. *DMV*

Il calcolo e il monitoraggio del deflusso minimo vitale (DMV) sugli affluenti permette di definire regole sulle derivazioni e strategie di gestione dei prelievi e di eventuali rilasci.

Sia per gli affluenti che per il fiume, dal concetto di deflusso minimo vitale sarebbe importante avvicinarsi a quello del regime idro-ecologico ottimale, in quanto un deflusso minimo costante normalmente non corrisponde alle condizioni ideali per uno stato di massima soddisfazione ecosistemica.

7. *Limitazione dei prelievi idrici*

In relazione alle situazioni di criticità idrica, per le quali occorre valutare i deflussi minimi necessari, e quindi le massime soglie di prelievo, sia delle acque superficiali che di quelle di sorgente o falda, anche in relazione all'influenza di quest'ultima sul regime idrico del corso d'acqua.

8. *Misure di salvaguardia: soglie-regole apporto nutrienti*

Si tratta di definire misure e soglie massime di apporto di sostanze bio-chimiche (concimi, ammendanti, pesticidi) tali da ridurre l'afflusso al fiume e quindi ai laghi; sarebbe opportuno applicare, all'interno del bacino insistente sull'afflusso ai laghi, le misure previste dal D.G.R. 2052/2005 per le aree vulnerabili ai nitrati.

9. *Sviluppo modalità colturali a minimo impatto ambientale*

Riduzione colture intensive, introduzione di siepi e fasce di rispetto, potenziamento o riconversione ad agricoltura biologica e, prioritariamente, biodinamica. Anche in tal caso tali prescrizioni andrebbero estese al bacino sotteso.

10. *Programmi di informazione e incentivazione alle buone pratiche di uso del suolo e alla riconversione agricola ecologica.*

11. *Pianificazione rilascio sedimenti dagli invasi*

Come ampiamente illustrato negli Allegati 1 e 2, il rilascio di sedimenti dagli invasi avviene in modo

programmato e con frequenza ridotta, finalizzata a ridurre il fenomeno dell'interramento; si ritiene opportuno valutare la fattibilità di apportare modifiche nelle frequenze e nelle modalità di rilascio, allo scopo di avvicinarsi maggiormente alle condizioni di continuità sedimentologica naturale.

12. *Ampliamento dell'area protetta*

ai versanti insistenti il tratto fluviale e ai sottobacini degli affluenti. Le problematiche relative alla qualità delle acque dipendono in larga misura da pressioni di inquinanti esterne all'area protetta (bacino a monte) e quindi in larga misura non mitigabili; per questo motivo l'estensione dell'area protetta, delle aree contigue e/o di alcune misure ad affluenti e crinali permetterebbe di ridurre in modo significativo la pressione almeno sugli affluenti.

Piano di monitoraggio (*contributi specifici per tematica indicando gli elementi necessari al raggiungimento degli obiettivi del piano*)

Sistema idraulico e risorse idriche

7. E' necessario integrare il sistema esistente di misure con monitoraggi finalizzati a definire la qualità della risorsa idrica e i deflussi idrici anche in ambiti attualmente non monitorati. E' necessario anche dare continuità alle misure, prevedendo un set di dati di misurazioni continue da affiancare ad un più ampio set di punti di misurazione spot. I dati dei sistemi di monitoraggio esistenti devono essere raccolti e pubblicati in forma unitaria.
8. Si ritiene opportuno realizzare un modello matematico per la simulazione delle dinamiche dell'inquinamento idrico, affinché si possano valutare i rapporti causa-effetto a livello spazio-temporale. In questo modo sarà possibile simulare e confrontare l'efficacia delle diverse azioni potenzialmente attuabili, a livello progettuale e gestionale (sistema di supporto alle decisioni).
9. Zooning - I confini del parco in buona parte si limitano a fasce ristrette (lungo i corsi d'acqua) rispetto ai valori del territorio, che risultano notevoli anche sulle fasce collaterali alle pianure alluvionali e sui versanti, fino ai crinali delle valli sottese; per tutelare la continuità dei corridoi ecologici fluviali (anche rispetto al controllo degli scarichi e degli interventi idraulici), sarebbe opportuno estendere il territorio protetto ai versanti attigui all'asta fluviale e, in particolare, ai sottobacini minori attualmente esclusi; i principali torrenti affluenti sono già compresi, tuttavia anche in questi ultimi la tutela non è estesa all'intero sottobacino, il che sarebbe importante, visti in particolare la qualità di tali ambienti e la fruizione significativa (canyoning a Prodo e arrampicate altrove, p.e. Fosse dell'Acquaviva, in sx idraulica, affluente del Fosso della Pasquarella, anch'esso protetto solo per una fascia parziale rispetto al bacino); nel tratto fra Todi e le Gole del Forelli, gli affluenti non sono per nulla compresi e resta protetta solo la ristretta fascia fluviale.

VERIFICA EUTROFIZZAZIONE

Il D. lgs. 152/99 e successive modifiche e integrazioni, per i laghi con superficie maggiore di 0.5 kmq, campagne di monitoraggio per la valutazione dello stato di qualità ambientale. Tale valutazione è basata principalmente sulle analisi effettuate sulla matrice acquosa, ma, qualora ne ricorra la necessità, come di seguito specificato, tali analisi devono essere integrate con

determinazioni da effettuare sui sedimenti e sul biota ovvero da saggi biologici a medio e lungo termine.

Per quanto riguarda la matrice acquosa, la determinazione dei seguenti parametri di base è obbligatoria. Alcuni di questi sono relativi allo stato trofico e sono utilizzati per la classificazione, altri servono a fornire informazioni di supporto per l'interpretazione dei fenomeni di alterazione.

Temperatura (°C)	pH
Alcalinità (mg/L Ca (HCO ₃) ₂)	Trasparenza (m) (o)
Ossigeno disciolto (mg/L)	Ossigeno ipolimnico (% di saturazione) (o)
Clorofilla "a" (µg/L) (o)	Fosforo totale (P µg/L) (o)
Ortofosfato (P µg/L)	Azoto nitroso (N µg/L)
Azoto nitrico (N- mg/L)	Azoto ammoniacale (N mg/L)
Conducibilità Elettrica Specifica (µS/cm (20°C))	Azoto totale (N mg/L)

Per quanto riguarda lo stato trofico dei bacini in esame, a fronte delle criticità emerse, si ritiene necessario effettuare, oltre al monitoraggio di base, le seguenti modalità di misura:

4. monitoraggio in tempo reale e in automatico¹ di indicatori rilevanti, quali:
 - ossigeno ipolimnico (% di saturazione)
 - trasparenza-torbidità (m)
 - clorofilla² "a" (µg/L)
 - fosforo totale (P µg/L)
 - temperatura (°C)
 - pH
 - TOC (mg/l)
5. prelievi e analisi periodiche delle Diatomee epilittiche

Un ruolo interessante per la valutazione della qualità fluviale e, in particolare, del livello di eutrofizzazione, è rappresentato dall'Indice Diatomico di Eutrofizzazione/Polluzione o EPID (Eutrophication/Pollution Index – Diatom based), che si basa sulla sensibilità (affinità/tolleranza) delle Diatomee ai nutrienti, alla sostanza organica e al grado di mineralizzazione del corpo idrico, con particolare riferimento ai cloruri, che possono rappresentare un potente fattore di inquinazione delle acque interne. Per approfondimenti: Agenzia per la Protezione dell'ambiente e per i Servizi Tecnici - Centro Tematico Nazionale Acque Interne e Marino Costiere, "L'indice diatomico di eutrofizzazione/polluzione (EPI-D) nel monitoraggio delle acque correnti - Linee guida", a cura di Antonio Dell'uomo, 2004.

1 Utilizzando sonde multiparametriche

2 La disponibilità di nutrienti, nella loro forma minerale disciolta, produce una risposta da parte del sistema idrico lacustre in termini di incremento della produzione primaria. La clorofilla, come indicatore di monitoraggio, assume il ruolo fondamentale di documentare questo incremento, essendo l'unico indicatore diretto di biomassa disponibile e che può essere misurato in modo rapido e sicuro per via fluorimetrica

Per una valutazione completa, affidabile e razionale, si può efficacemente adottare un indice costituito dai principali indicatori rappresentativi del processo eutrofico; tale indice trofico è denominato TRIX (si vedano: APAT, Gli indicatori trofici per le acque marino costiere, Rapporti 26/2002; oppure, per una sintesi, Eutrofizzazione e indice TRIX, Guida all'uso della scheda monitoraggio, a cura di Alfredo De Luca – entrambi i documenti sono scaricabili tramite web) e permette di ottenere un'integrazione dei parametri trofici fondamentali in un insieme di semplici valori numerici, che rende le informazioni comparabili su un largo range. L'indice TRIX è costituito dai seguenti parametri:

3. Fattori direttamente espressione di produttività:
 Cha (clorofilla "a" mg/m^3);
 OxD% (ossigeno disciolto in percentuale);
4. Fattori nutrizionali:
 P (fosforo totale mg/l);
 N (azoto disciolto mg/l).

I vantaggi nell'uso dell'Indice TRIX risiedono nella possibilità di integrare più fattori indicatori del livello di trofia eliminando valutazioni soggettive basate sui singoli parametri e nella riduzione della complessità del sistema marino costiero senza una reale perdita informativa.

Parametri da rilevare

Temperatura (°C)	Ossigeno disciolto (mg/L) (o)
pH	Clorofilla "a" ($\mu\text{g}/\text{L}$) (o)
Trasparenza (m)	Azoto totale (N mg/L)
Salinità (psu)	Azoto nitrico (N mg/L) (o)
Ortofosfato (P- PO_4 mg/L)	Azoto ammoniacale (N mg/L) (o)
Fosforo totale (P mg/L) (o)	Azoto nitroso (N mg/L) (o)
Enterococchi (UFC/mL)	

Definizione dell'indice trofico

Indice trofico = $[\text{Log}_{10} (\text{Cha} \cdot \text{D}\% \text{O} \cdot \text{N} \cdot \text{P}) + 1,5] / 1,2$
Cha= clorofilla "a" (mg/m^3)
D%O= ossigeno disciolto come deviazione % assoluta della saturazione ($100 - \text{O}_2\text{D}\%$)
P= fosforo totale (mg/m^3)
N= $\text{N} - (\text{NO}_3 + \text{NO}_2 + \text{NH}_3)$ (mg/m^3)

Caratteristiche delle acque in corrispondenza di diversi valori di TRIX

SCALA TROFICA	STATO	CONDIZIONI
2-4	elevato	Acque scarsamente produttive. Livello di trofia basso. Buona trasparenza

		delle acque. Assenza di anomale colorazioni. Assenza di sottosaturazione sul fondo.
4-5	basso	Acque moderatamente produttive. Livello di trofia medio. Buona trasparenza delle acque. Occasionali intorbidimenti. Occasionali anomale colorazioni. Occasionali ipossie sul fondo.
5-6	mediocre	Acque molto produttive. Livello di trofia elevato. Scarsa trasparenza delle acque. Anomale colorazioni. Ipossie e occasionali anossie sul fondo. Stati di sofferenza sul fondo.
6-8	scadente	Acque fortemente produttive. Livello di trofia molto elevato. Elevata torbidità delle acque. Diffuse e persistenti colorazioni. Diffuse e persistenti ipossie/anossie sul fondo. Morie di organismi bentonici. Alterazioni delle comunità bentoniche. Danni economici turismo, pesca e acquacoltura.

Gli stati sopra definiti comportano le seguenti condizioni

Stato ELEVATO	Buona trasparenza delle acque Assenza di anomale colorazioni delle acque Assenza di sottosaturazione di O ₂ disciolto nelle acque bentiche
Stato BUONO	Occasionali intorbidimenti delle acque Occasionali anomale colorazioni delle acque Occasionali ipossie nelle acque bentiche
Stato MEDIOCRE	Scarsa la trasparenza delle acque Anomale colorazioni delle acque Ipossie e occasionali anossie delle acque bentiche Stati di sofferenza a livello di ecosistema bentonico
Stato SCADENTE	Elevata torbidità delle acque Diffuse e persistenti anomalie nella colorazione delle acque Diffuse e persistenti ipossie/anossie nelle acque bentiche Morie di organismi bentonici Alterazione/semplificazione delle comunità bentoniche Danni economici nei settori del turismo, pesca ed acquacoltura

Proposte progettuali

Interventi strutturali finalizzati al miglioramento della risorsa idrica

Gli interventi strutturali rappresentano opere migliorative, ma non risolutive, delle criticità rilevate. Ciò nonostante la loro attuazione avrebbe ricadute positive rilevanti, considerando l'importanza dell'ambito e l'estensione interessata.

3. Affinamento depurazione e riuso

Sistemi di post trattamento/affinamento o ecosistemi filtro, da localizzarsi a valle dei depuratori esistenti o previsti, al fine da ridurre il carico inquinante immesso nei ricettori, ridurre considerevolmente i tensioattivi e i nutrienti, costituire un polmone per far fronte a eventuali

inefficienze depurative. Queste possono essere determinate in particolare dai seguenti fattori:

- rapidi picchi del carico immesso
- eccessiva diluizione
- immissione cospicua di acque di origine pluviali, specialmente quelle di prima pioggia
- guasti dell'impianto
- presenza imprevista di inquinanti diversi dallo standard per cui gli impianti sono stati progettati
- sversamenti accidentali o illeciti.

Ove possibile, prevedere il riuso delle acque trattate a valle del ciclo depurativo completo.

4. *Potenziamento fascia vegetale riparia*

Ispessimento o piantagione lungo l'asta del Tevere, nei tratti ove è rispettivamente carente o assente. La scelta delle specie vegetali da introdurre deve rispondere a criteri di compatibilità e beneficio ecologico.

5. *Introduzione di vegetazione spondale*

Nel tratto subito a monte del lago di Corbara, per mitigare l'inquinamento dell'acqua, ove non sussistano problemi di compatibilità con esigenze di officiosità idraulica (nel tratto in questione appaiono modeste o assenti), la realizzazione di una densa fascia vegetale sulle sponde consentirebbe di ridurre l'insolazione delle acque, con conseguente beneficio sulla loro qualità (alleggerimento di alcuni dei fattori che determinano il rischio di eutrofia).

6. *Fasce tampone*

Da realizzarsi perlopiù lungo il reticolo idrografico minore, al fine di abbattere i nutrienti all'origine, creando al contempo vantaggi sul piano ambientale, paesaggistico e culturale.

7. *Riossigenatori d'emergenza*

Da collocare nei laghi e da attivare automaticamente qualora gli specifici indicatori misurati (cfr il precedente dedicato paragrafo sul monitoraggio), da rilevare in automatico, attestino uno stato di particolare criticità.

La dotazione di sistemi per l'insufflazione d'aria in condizioni di emergenza è da considerarsi un intervento prioritario, dato il grave e impellente rischio di innesco di fenomeni eutrofici nei bacini in questione. Inoltre la sua realizzazione potrebbe essere relativamente rapida, non essendo né complessa né costosa, salvo verificarne attentamente le condizioni progettuali e, in particolare, la localizzazione in funzione degli effetti sull'ecosistema. Esistono diverse tecniche per trasferire l'ossigeno. Le più note ed utilizzate si basano sull'insufflazione nel fondo lago (ipolimnio)



distribuendo i punti di diffusione con uniformità.

8. *Ingegneria naturalistica*

I rilasci delle dighe e in generale gli eventi di piena, unitamente alla riduzione dei sedimenti a causa della presenza degli invasi, producono fenomeni erosivi anche significativi. Nei casi in cui se ne rilevi la necessità (difesa di infrastrutture e beni rilevanti), si dovranno quindi realizzare interventi di protezione dall'erosione ricorrendo a tecniche di ingegneria naturalistica. Tali tecniche devono prioritariamente basarsi sull'impiego di vegetazione quale elemento biotecnico protagonista; tranne esigenze specifiche, sono da evitarsi tecniche strutturali, quali palificate e scogliere, e tradizionali rinverdite, quali gabbioni e terre rinforzate.

SCHEDA DI PREFATTIBILITÀ PROPOSTE PROGETTUALI

1 - Affinamento depurazione e riuso - fitodepurazione

Tecnologia	<p>La fitodepurazione consiste in impianto di depurazione basato su processi e configurazioni simili a quelli che avvengono in natura e viene a svolgere una funzione tale da contenere e confinare i reflui, anche in caso di condizioni anomale.</p> <p>Si ricorrono a sistemi di fitodepurazione multistadio, ovvero combinando diversi processi di fitodepurazione, quali:</p> <ul style="list-style-type: none">• Sistemi con macrofite galleggianti (presenza di piante acquatiche quali <i>Eichhornia crassipes</i>, <i>Lemna minor</i>, <i>Lemna gibba</i>, <i>Lemna oscura</i>, <i>Lemna trisulca</i>)• Sistemi con macrofite radicate sommerse (presenza di macrofite quali <i>Phragmites australis</i>, <i>Typha latifolia</i>, <i>Scirpus lacustris</i>, <i>Scirpus robustus</i>, <i>Scirpus validus</i>)• Sistemi con macrofite radicate emergenti (presenza di macrofite quali <i>Phragmites australis</i>, <i>Typha latifolia</i>, <i>Scirpus lacustris</i>, <i>Scirpus robustus</i>, <i>Scirpus validus</i>) con denitrificazione, orizzontale e verticale, e affinamento tramite lagunaggio• Sistemi a flusso superficiale (FSW: Free Water Surface Wetland)• Sistemi a flusso sub-superficiale (SF: Sub-Surface Flow Wetland):<ol style="list-style-type: none">1. a flusso orizzontale2. a flusso verticale <p>Al fine di raggiungere alti livelli di denitrificazione e di rimozione di sostanza organica e carica batterica, si tende ad associare sistemi a flusso orizzontale e verticale, affinando il trattamento tramite lagunaggio, oltre a eventuali vasche di stoccaggio ai fini della gestione del riuso delle acque trattate.</p> <p>Ecosistemi filtro e aree tampone sono costituiti da un ecosistema pseudo-naturale con caratteristiche di depurazione spontanea legate alla vegetazione e ai microorganismi presenti (tipo fitodepurazione); formazione di lunghi percorsi per il deflusso idrico con vasche e salti.</p>
Funzionamento	<p>Sistemi di post trattamento/affinamento o ecosistemi filtro, da localizzarsi a valle dei depuratori esistenti o previsti, al fine di ridurre il carico inquinante immesso nei ricettori, ridurre considerevolmente i tensioattivi e i nutrienti, costituire un polmone per far fronte a eventuali inefficienze depurative. Queste ultime possono essere determinate in particolare dai</p>

	<p>seguenti fattori:</p> <ul style="list-style-type: none"> - rapidi picchi del carico immesso - eccessiva diluizione - immissione cospicua di acque di origine pluviali, specialmente quelle di prima pioggia - guasti dell'impianto - presenza imprevista di inquinanti diversi dallo standard per cui gli impianti sono stati progettati - sversamenti accidentali o illeciti. <p>Ove possibile, prevedere il riuso delle acque trattate a valle del ciclo depurativo completo, che normalmente, con questo tipo e livello di trattamento, nel caso di reflui di origine civile, assumono caratteristiche di qualità compatibile anche per l'irrigazione di colture agroalimentari. Il principio di funzionamento è assimilabile a quello degli impianti di depurazione tradizionali, ma i processi sono governati dalla biodiversità che si instaura per la presenza di elementi vegetali. La sostanziale differenza è che si ha un'adattabilità significativa a condizioni variabili, situazione che invece rende anche in condizioni ordinarie non funzionanti impianti di tipo tradizionale.</p> <p>Il funzionamento è di tipo naturale per gravità. Negli ecosistemi filtro il percorso idrico è allungato e la corrente rallentata, aumentando il tempo di ritenzione e favorendo al naturale depurazione dell'acqua.</p>
Localizzazione	Distribuito lungo il reticolo in aree private, da individuare in base a criteri tecnici e paesaggistico-ambientali. Si tratta quindi di intercettare scarichi isolati, individuare e acquisire aree idonee ove realizzare i sistemi di fitodepurazione.
Impatto ambientale	L'impatto ambientale è positivo perché prevede il trattamento di reflui, con tecniche a basso impatto e alta efficienza, che allo stato attuale vanno a ridurre la qualità dell'acqua. Anche l'inserimento paesaggistico è favorevole e, inoltre, questi sistemi offrono anche condizioni favorevoli all'istaurarsi di habitat per specie, vegetali e animali, che frequentano le aree umide; la loro realizzazione prossima alle fasce riparie dei corsi d'acqua risulta quindi particolarmente interessante in tal senso.
Compatibilità sul piano giuridico-amministrativo	Legata al rispetto sulla normativa degli scarichi. Inoltre, occorre produrre una valutazione di incidenza ecologica, verifiche idrauliche, nel caso le localizzazioni fossero in abiti fluviali, e autorizzazione paesaggistica nel caso di aree soggette a vincolo specifico.
Tempi di realizzazione	Da pochi mesi a pochi anni.
Grado di entità economica	Il costo del post trattamento è dell'ordine di 100'000-500'000 €.
Grado di fattibilità complessivo	Medio-basso, in quanto richiede di attivare procedure di una certa complessità sia amministrative che tecniche per la realizzazione della fitodepurazione, elemento che si ritiene necessario per il raggiungimento di adeguati livelli di qualità.

2 - Potenziamento fascia vegetale riparia

Tecnologia	Attiva mediante piantagione o messa a dimora di specie autoctone. Passiva. Mediante inibizione della pressione antropica e/o controllo della
------------	---

	vegetazione alloctona.
Funzionamento	Ispessimento o piantagione di specie vegetali arbustive e arboree nei tratti ove queste sono carenti o assenti. La scelta delle specie vegetali da introdurre deve rispondere a criteri di compatibilità e beneficio ecologico. Contestualmente, riduzione della pressione antropica in aree golenali con eventuale acquisizione al demanio di aree private. E' possibile estendere la misura ad aree private con meccanismi di incentivazione o regolamentari. Contemporaneamente, sarà necessario controllare lo sviluppo di vegetazione esotica infestante.
Localizzazione	Lungo le sponde e le golene del F. Tevere.
Impatto ambientale	Molto positivo, a condizione di intervenire nel rispetto di criteri di qualità e sostenibilità, da attestare con idonee valutazioni di incidenza
Compatibilità sul piano giuridico-amministrativo	Nelle aree pubbliche l'intervento è compatibile nel rispetto dei vincoli sulle distanze dalle sponde. All'interno della fascia di 4 m dal ciglio di sponda e dentro alveo la messa a dimora di specie arboree può avvenire dove funge ad una funzione di stabilizzazione (ingegneria naturalistica), previa autorizzazione dell'Autorità idraulica competente. Dove non è possibile attuare interventi di piantagione, si dovranno attuare interventi di tipo passivo. In aree private è necessario verificare la possibilità di acquisizione delle stesse.
Tempi di realizzazione	Pochi mesi per le piantagioni (da eseguire in periodi invernali). Alcuni anni (4-5) per l'esecuzione di interventi passivi e la messa a regime degli interventi a verde.
Grado di entità economica	Circa 20'000-30'000 €/ha per piantagioni e messa a dimora di specie vegetali, al netto delle eventuali acquisizioni di terreni. Per manutenzione degli impianti introno a 5'000 €/ha anno. Per interventi passivi cifre variabili da 2'000 a 10'000 €/ha anno.
Grado di fattibilità complessivo	Alto, lungo il Tevere nelle aree demaniali o pubbliche, considerando la possibilità di realizzarlo in modo modulare solo a tratti e/o mediante interventi passivi. Medio, in aree attualmente private, considerando le difficoltà di acquisizione, comunque riguardante in molti casi zone marginali. Medio-basso, nel caso di interventi in aree private che non vengono acquisiti. In questo caso l'introduzione di incentivi e regolamenti che favoriscano l'attuazione da parte del privato presenta un grado di complessità rilevante dal punto di vista amministrativo.

3 - Introduzione di vegetazione spondale

Tecnologia	Piantagione o messa a dimora di specie autoctone di pregio.
Funzionamento	Per mitigare l'inquinamento idrico, ove non sussistano problemi di compatibilità con esigenze di officiosità idraulica (nel tratto in questione appaiono modeste o assenti); la realizzazione di una densa fascia vegetale sulle sponde consentirebbe infatti di ridurre l'insolazione delle acque, con conseguente beneficio sulla loro qualità (alleggerimento di alcuni dei

	fattori che determinano il rischio di eutrofia).
Localizzazione	Lungo le sponde del F. Tevere a monte del lago di Corbara.
Impatto ambientale	Molto positivo.
Compatibilità sul piano giuridico-amministrativo	Intervento sito in aree demaniali. Da verificare la compatibilità con le norme idrauliche, sia da un punto di vista tecnico (l'intervento non deve produrre effetti sull'officiosità idraulica o incrementare il rischio in aree a valle) che amministrativo (verifica della compatibilità rispetto alla normativa).
Tempi di realizzazione	Pochi mesi per le piantagioni (da eseguire in periodi invernali), alcuni anni (4-5) per raggiungere la maturità della vegetazione introdotta.
Grado di entità economica	Circa 50'000-100'000 €. 5'000 €/anno per interventi di manutenzione per i primi 5 anni.
Grado di fattibilità complessivo	Medio-alto; l'unico vincolo pare quello della compatibilità idraulica, da verificare con specifiche analisi di fattibilità.

4 - Fasce tampone

Tecnologia	L'intervento consiste nella configurazione di una fascia vegetale "tampone", eventualmente leggermente depressa rispetto alla campagna, attorno al reticolo principale e secondario. ³
Funzionamento	Da realizzarsi perlopiù lungo il reticolo idrografico minore, al fine di abbattere i nutrienti all'origine, creando al contempo vantaggi sul piano ambientale, paesaggistico e colturale. In pratica l'area, oltre ai benefici di carattere naturalistico, favorisce il miglioramento della qualità delle acque mediante una captazione e una ritenzione idraulica tale da contenere e depurare naturalmente il carico biologico tramite processi di fitodepurazione.
Localizzazione	Perlopiù lungo il reticolo idrografico secondario.
Impatto ambientale	L'impatto ambientale è positivo, in quanto migliora significativamente la qualità delle acque provenienti da terreni adiacenti ai corsi d'acqua dove sono realizzate.
Compatibilità sul piano giuridico-amministrativo	Le principali problematiche riguardano le proprietà delle aree. Da valutare anche forme di intervento che non richiedano l'acquisizione dell'area (e.g. Incentivi per i proprietari).
Tempi di realizzazione	L'intervento iniziale richiede pochi mesi; l'efficacia del sistema cresce nel tempo e il funzionamento ottimale si ottiene quando la fascia vegetale si è sviluppata, non prima di circa 5 anni.
Grado di entità economica	Il costo dipende in larga misura dall'estensione e dalle acquisizioni. Si può ipotizzare un costo complessivo di 10'000-30'000 €/km, oltre agli oneri di acquisizione delle aree (in linea di massima del medesimo ordine di

3 Per approfondimenti sul tema si vedano in particolare: 1) Rivista *Biologia Ambientale*, speciale n. 1/2002; 2) *Studio di fattibilità per la definizione di linee guida per la progettazione e gestione di fasce tampone in Emilia-Romagna*, Regione Emilia-Romagna e CIRF, 2012; oppure www.cirf.org.

	grandezza) e di manutenzione (2'000-5'000 €/anno km per 5 anni).
Grado di fattibilità complessivo	Medio, in quanto vincolato alla disponibilità delle aree.

5 - Riossigenatori d'emergenza

Tecnologia	Sistemi agitatori del tipo aero-insufflatori sommersi, coadiuvati da miscelatori-circolatori per favorire la diffusione nel lago dell'acqua riossigenata.
Funzionamento	Attivazione all'approssimarsi di determinati valori bassi di ossigeno disciolto e/o di trasparenza e/o altri parametri (soglie critiche da stabilire), tramite azionamento automatico (sistema di monitoraggio in tempo reale), qualora gli specifici indicatori misurati in automatico (cfr il precedente dedicato paragrafo sul monitoraggio), rilevino uno stato di particolare criticità. Possibile attivazione anche manuale.
Localizzazione	Nei laghi, in zone che offrano la maggiore circolazione idrica possibile rispetto al volume di essi, purché ambientalmente compatibile; in via preliminare, si ritiene opportuno prevedere la realizzazione di uno o più volumi ricavati ex novo, tramite scavo attiguo a un punto di sponda, in modo da ridurre al massimo il disturbo all'ecosistema.
Impatto ambientale	<p>A livello complessivo l'impatto è positivo, in quanto l'intervento porta a contrastare i danni provocati dall'inquinamento (in particolare dai nutrienti). A livello locale devono essere valutati gli impatti sull'ecosistema, evitando disturbi su habitat di pregio, mediante specifiche valutazioni di incidenza.</p> <p>Il manufatto deve altresì non determinare eccessiva invasività paesaggistica nei luoghi interessati dalla fruizione; tuttavia la sua realizzazione rappresenterebbe un valore in termini di corretta gestione naturalistica meritevole di comunicazione.</p> <p>Il sistema di monitoraggio invece non presenta problemi d'impatto significativi.</p> <p>Le tecnologie qui individuate, in linea preliminare e quindi ipotetica, nonché la collocazione in una vasca confinata, permettono comunque di ridurre sensibilmente gli impatti ambientali e paesaggistici.</p>
Compatibilità sul piano giuridico-amministrativo	Rispetto alla pianificazione e ai vincoli sembra possibile proporre questo intervento; tuttavia dovrà essere effettuata e approvata la Valutazione di Incidenza Ecologica del progetto. Da verificare la piena disponibilità delle aree ed eventualmente la necessità di acquisizioni di porzioni di ridotta estensione vicino alle sponde per opere accessorie.
Tempi di realizzazione	Dell'ordine di pochi mesi, in quanto si tratta di lavorazioni, manufatti e installazioni non complessi da realizzare e attrezzature facilmente reperibili sul mercato.
Grado di entità economica	Un intervento di questo genere potrà comportare costi dell'ordine di 500'000-800'000 € a lago, oltre 5'000-15'000 € di spese di gestione all'anno
Grado di fattibilità complessivo	Buono, vista la modesta complessità e i costi non elevati; salvo un'attenta valutazione dell'impatto ambientale e delle relative misure di mitigazione e controllo.

6 - Ingegneria naturalistica

Tecnologia	<p>L'ingegneria naturalistica consiste in un insieme di tecniche costruttive utilizzabili per la sistemazione dei versanti in integrazione e/o alternativa alle normali tecniche dell'ingegneria civile. La differenza sostanziale risiede nell'introduzione di un nuovo obiettivo (tendere allo stato naturale) e nell'utilizzo di materiale vegetale vivo come principale elemento strutturale.</p> <p>Le tecniche da adottarsi devono prioritariamente basarsi sull'impiego di vegetazione quale elemento biotecnico protagonista; tranne esigenze specifiche, sono quindi da evitarsi tecniche strutturali, quali palificate e scogliere, e tradizionali rinverdite, quali gabbioni e terre rinforzate.⁴</p>
Funzionamento	<p>I rilasci delle dighe e in generale gli eventi di piena, unitamente alla riduzione dei sedimenti a causa della presenza degli invasi, producono fenomeni erosivi anche significativi. Nei casi in cui se ne rilevi la necessità (difesa di infrastrutture e beni rilevanti), si dovranno quindi realizzare interventi di protezione dall'erosione ricorrendo alle tecniche di ingegneria naturalistica.</p> <p>Con questa modalità si perseguono sia obiettivi di assetto geologico sia, allo stesso tempo, di miglioramento paesaggistico-ambientale. Ulteriore vantaggio nell'utilizzo di queste tecniche è la possibilità di collocarle in siti disagiati da raggiungere e in cui operare. Infine si deve sottolineare che, contrariamente alle soluzioni civili tradizionali, le opere di ingegneria naturalistica non solo nel tempo non riducono le proprie caratteristiche prestazionali, ma anzi le migliorano, grazie alla crescita degli apparati radicali della vegetazione inserita, necessitando di una manutenzione semplice che tende a diminuire negli anni, col consolidarsi delle formazioni vegetali.</p>
Localizzazione	<p>A valle degli invasi, dove si rilevano erosioni significative e potenzialmente dannose per elementi antropici di valore.</p>
Impatto ambientale	<p>L'impatto è positivo rispetto all'utilizzo di tecniche tradizionali in quanto si favorisce l'inserimento ambientale dell'opera, sia da un punto di vista naturalistico che paesaggistico. Il miglior inserimento spesso si traduce anche in una maggiore officiosità in termini di riassetto idraulico.</p> <p>In termini assoluti deve comunque essere valutato l'impatto rispetto all'opzione zero, in quanto le opere di difesa di sponda rappresentano comunque un'artificializzazione del corso d'acqua e pertanto dovrebbero essere attuate solo in caso di effettiva necessità di protezione di beni non altrimenti delocalizzabili o delocalizzabili a costo e/o altre condizioni non sostenibili.</p> <p>Occorre però minimizzare gli impatti della cantierizzazione, eseguendo gli interventi con tempistiche e misure tali da rispettare degli habitat o addirittura coadiuvarli e potenziarli.</p>

4 Per informazioni e dettagli tecnici sui principi e le tecnologie delle opere di ingegneria naturalistica applicabili prevalentemente ai corsi d'acqua di medie e piccole dimensioni, si veda ad es. la segunete pubblicazione: *"Linee guida per interventi di ingegneria naturalistica lungo i corsi d'acqua"*. Provincia di Milano, Quaderno n. 20 del Piano Territoriale di Coordinamento. A cura di IRIS sas, 2003

Compatibilità sul piano giuridico-amministrativo	Gli interventi sono compatibili previa autorizzazione dell'Autorità idraulica e degli altri soggetti preposti (e.g. Controllo sulle costruzioni). Qualora interessino proprietà private è necessario acquisire tali aree. Possibile anche demandare al privato l'attuazione dell'intervento.
Tempi di realizzazione	Dell'ordine di pochi mesi, in quanto si tratta di lavorazioni, manufatti e installazioni non complessi da realizzare con materiali di facile reperibilità. Da considerare che le opere a verde devono preferibilmente essere realizzate nel periodo di fermo vegetativo o alternativamente curate opportunamente.
Grado di entità economica	Dipendente dall'estensione e dalla tipologia di opere: tipicamente tra 200 € e 1'000 € /m, oltre 30-50 €/m per manutenzione nei primi 5 anni.
Grado di fattibilità complessivo	Molto alto, vista la modesta complessità, i costi non elevati e la cantierizzazione non impegnativa.