

LIFE GESTIRE 2020

Nature Integrated Management to 2020

Azione A 19 – Redazione di linee guida per la definizione e l'applicazione di un fattore correttivo N al DMV

Inquadramento Normativo e Stato dell'Arte in Letteratura

A cura di:

Paolo Vezza (coordinatore), Giovanni Negro, Claudio Comoglio



**POLITECNICO
DI TORINO**

Dipartimento di Ingegneria
dell'Ambiente, del Territorio
e delle Infrastrutture

Sommario

Definizione di Deflusso Minimo Vitale all'interno della normativa Italiana	3
La Linea Guida n. 31 della Commissione Europea in tema di Deflussi Ecologici	5
Implementazione dei Deflussi Ecologici in Italia: il Decreto Direttoriale 30/STA 13/02/2017	8
Distretto Padano	8
Distretto Alpi Orientali.....	10
Distretto Appennino Settentrionale.....	11
Distretto Appennino Centrale	12
Distretto Appennino Meridionale	12
Distretto Regione Sardegna	12
Distretto Regione Sicilia	12
Implementazione dei Deflussi Ecologici in Lombardia.....	14
Indicazioni a livello Regionale per la determinazione dei fattori correttivi.....	16
Approcci emergenti nella letteratura scientifica internazionale	18
Bibliografia	20

Definizione di Deflusso Minimo Vitale all'interno della normativa Italiana

Il concetto di Deflusso Minimo Vitale (DMV) venne introdotto per la prima volta nel sistema normativo italiano dalla Legge 183/89, che fissò come obiettivo quello di pervenire ad una razionale utilizzazione delle risorse idriche superficiali, garantendo che l'insieme delle derivazioni non pregiudicasse un minimo deflusso costante negli alvei ad esse sottese. In seguito, per mezzo del Decreto Ministeriale del 28/07/2004 (linee guida per la predisposizione del bilancio idrico di bacino), il DMV venne identificato come lo strumento fondamentale per la disciplina delle concessioni di derivazione nei corpi idrici superficiali, stabilendone i criteri per la sua definizione. Il successivo D.Lgs 152/06, infine, mantenendo la filosofia introdotta dal precedente Decreto, delegò in via definitiva alle Autorità di bacino il compito di quantificare il DMV per ciascuno dei corsi d'acqua di propria competenza.

Considerando la normativa sopra riportata, il D.M. 28/07/2004 e le relative linee guida per la predisposizione del bilancio idrico di bacino, recarono in maniera abbastanza dettagliata gli indirizzi, a scala nazionale, per la definizione del DMV. In particolare, il Deflusso Minimo Vitale (DMV) venne definito come "la portata istantanea da determinare in ogni tratto omogeneo del corso d'acqua, che deve garantire la **salvaguardia delle caratteristiche fisiche** del corpo idrico, **chimico-fisiche** delle acque nonché il mantenimento delle **biocenosi tipiche** delle condizioni naturali locali". Il decreto meglio specifica il senso e significato di "salvaguardia" precisando che:

- ✓ per **salvaguardia delle caratteristiche fisiche** del corso d'acqua si intende il mantenimento delle sue tendenze evolutive naturali (morfologiche ed idrologiche), anche in presenza delle variazioni artificialmente indotte nel tirante idrico, nella portata e nel trasporto solido.
- ✓ per **salvaguardia delle caratteristiche chimico-fisiche** delle acque deve intendersi il mantenimento, nel tempo, dello stato di qualità delle acque, in linea con il perseguimento degli obiettivi di qualità e della naturale capacità di autodepurazione del corso d'acqua.
- ✓ per **salvaguardia delle biocenosi tipiche** delle condizioni naturali è da intendersi il mantenimento, nel tempo, delle comunità caratteristiche dell'area di riferimento, prendendo in considerazione anche i diversi stadi vitali di ciascuna specie.

Attengono alla determinazione del DMV aspetti di tipo naturalistico e di tipo antropico caratteristici di ogni tronco di corso d'acqua di interesse. Tra gli aspetti naturalistici vengono riportate le caratteristiche idrologiche, idrogeologiche, geomorfologiche e la conservazione e recupero dell'ecosistema e dell'ambiente fluviale. Tra gli aspetti antropici vengono menzionate le modificazioni e gli interventi in alveo e la presenza di carichi inquinanti residui da fonti puntuali e diffuse.

La linea guida ulteriormente precisa:

- ✓ gli aspetti da acquisire in fase conoscitiva, preordinata alla definizione del DMV;
- ✓ le metodologie applicabili;
- ✓ gli eventuali regimi di deroga.

Per quanto riguarda la **fase conoscitiva**, i corsi d'acqua devono essere **suddivisi in tratti omogenei** in relazione alle caratteristiche **geomorfologiche, idrologiche, idrauliche, biologiche**, nonché alla presenza ed all'entità di **prelievi ed immissioni**.

Negli **aspetti metodologici** la linea guida stabilisce il principio generale che il valore specifico del DMV debba essere definito dal Piano di Tutela. Le metodologie di definizione del DMV vengono raggruppate in due macro-categorie: metodi regionali e metodi sperimentali. Nella prima categoria (**metodi regionali**) rientrano i metodi che esprimono il DMV in funzione di caratteristiche idrologiche e morfologiche del bacino definite a larga scala

spaziale (ad es., portate minime di magra regionalizzate o equazioni di regressione che legano la portata di DMV e alcune variabili idrologiche e morfologiche del bacino, come ad esempio la portata media o la superficie del bacino stesso). I metodi appartenenti alla seconda categoria (**metodi sperimentali**) sono basati su tecniche di rilevamento ed analisi a scala locale, finalizzate all'accertamento delle condizioni ambientali ottimali per un prefissata specie (ad es., metodi sperimentali in cui il DMV è correlato al contorno bagnato o alla larghezza della sezione utile per lo sviluppo della specie considerata, o in cui il DMV viene definito utilizzando una relazione tra l'habitat disponibile, o area disponibile ponderata, e la portata defluente).

Riguardo al **regime delle deroghe**, infine, la linea guida ammette la possibilità di derogare il DMV per limitati e definiti periodi di tempo, consentendo il mantenimento di portate in alveo inferiori al DMV esclusivamente quando sussistano esigenze di approvvigionamento per il consumo umano, non altrimenti soddisficibili; quando (i) sussistano esigenze di approvvigionamento per utilizzazioni irrigue limitatamente ad aree caratterizzate da rilevanti squilibri del bilancio idrico preventivamente individuate nel Piano di tutela; (ii) al verificarsi di situazioni di crisi idrica dichiarate ai sensi dell'art. 5, comma 1, della Legge 24 febbraio 1992, n. 225.

La linea guida riporta come debbano essere previste opportune **forme di controllo** a valle delle captazioni sia da parte dei concessionari sia da parte delle amministrazioni concedenti, al fine della verifica della reattività nel tempo dell'ecosistema e delle conseguenti eventuali necessità di modifica del DMV. Viene anche evidenziata l'opportunità di individuare valori del DMV differenti per ciascun mese o stagione dell'anno idrologico, allo scopo di **impedire** che i prelievi e le restituzioni siano effettuati in modo da lasciare **in alveo una portata residua costante** che elimini la variabilità del regime naturale dei deflussi in base alla quale si è formato l'equilibrio, sia fisico, sia biologico, del corso d'acqua.

La Linea Guida n. 31 della Commissione Europea in tema di Deflussi Ecologici

Il documento “*Water Blueprint Strategy*” redatto dalla Commissione Europea nel 2012 ha introdotto ufficialmente il concetto di **deflusso ecologico** (DE, in inglese *ecological flow* o *e-flow*) ossia la necessità di definire il “volume di acqua necessario al mantenimento dell’ecosistema acquatico e alla fornitura dei servizi necessari”, evidenziando l’impegno della Commissione a sviluppare una comprensione comune di questo concetto e del modo con cui calcolarlo in accordo con gli Stati Membri dell’Unione.

Nel raggiungimento degli obiettivi della Direttiva Quadro Acque (DQA, Direttiva 2000/60/CE) e nell’ambito della **Common Implementation Strategy (CIS)**, è stata pubblicata dalla Commissione Europea nel 2015 la linea guida (**CIS GUIDANCE DOCUMENT n. 31 – Ecological Flow in the implementation of the water Framework Directive**) in tema di Deflussi Ecologici (DE). In particolare, la linea guida definisce i DE, nel contesto della DQA, come “il regime idrologico coerente con il raggiungimento degli obiettivi ambientali fissati dalla direttiva per i corpi idrici superficiali naturali come menzionato nell’articolo 4(1)” secondo i principi di **non deterioramento** dello stato esistente, **raggiungimento dello stato buono** nei corpi idrici superficiali naturali, **coerenza con gli standard e gli obiettivi delle aree protette**.

Nella Linea Guida viene indicato che (i) il recepimento delle raccomandazioni dovrà avvenire nell’ambito del **terzo ciclo di pianificazione (2021-2027)**, (ii) il concetto di DE dovrà prendere in considerazione **diverse componenti del regime idrologico naturale**, e **non solo il deflusso minimo** e (iii) dovrà essere costruita una **relazione tra i DE e i requisiti biologici in relazione agli obiettivi della DQA e delle Direttive Uccelli e Habitat** (in inglese *BHD, Birds and Habitats Directives*).

Al fine di definire i DE, viene evidenziato che la **classificazione dello stato ecologico** per corpi idrici soggetti a significative pressioni idrologiche, **basata solo su metodi biologici non adeguatamente sensibili alle alterazioni idrologiche**, può portare ad una **sovrastima dello stato ecologico**, non coerente con la DQA, e si sollecitano gli stati membri a **sviluppare metriche maggiormente adeguate**. Nel caso in cui le metriche disponibili dall’implementazione della DQA non siano adeguate al riguardo, la valutazione degli impatti può essere basata sull’**alterazione dei regimi idrologici** o può essere evidenziata sulla base delle **alterazioni spazio-temporali degli habitat**.

Si sottolinea anche che una appropriata definizione e una efficiente implementazione dei DE richiede una **consistente base dati di monitoraggio idrologico**, che può essere surrogata con approcci modellistici ove applicabili. Forti alterazioni idrologiche possono **pregiudicare il raggiungimento degli obiettivi ambientali della DQA**. In questi casi, la valutazione della deviazione o “**alterazione idrologica**” fra il regime di portate in alveo a monte dell’opera di presa e dei DE presenti a valle dell’opera stessa risulta determinante per la comprensione della risposta ecologica e la redazione del programma di misure e mitigazioni. In particolare, il **monitoraggio delle portate** in alveo a monte e a valle delle opere di presa deve portare a migliorare la conoscenza delle alterazioni idrologiche e degli impatti sull’idromorfologia, l’habitat acquatico e ripariale e le diverse comunità biologiche. Questa conoscenza delle alterazioni idrologiche può supportare il miglioramento della conoscenza degli ecosistemi fluviali sia a scala locale (di sito di indagine), sia a larghe scale spaziali e temporali, oltre a migliorare la gestione della risorsa idrica a livello regionale o di bacino idrografico.

La Linea Guida riporta esempi di alcuni **metodi adatti alla definizione dei DE**, differenziandoli in funzione (i) della scala di analisi, (ii) della complessità e quantità di dati necessari, (iii) dell’integrazione nell’analisi degli aspetti biologici e delle risposte ecologiche.

Le metodologie disponibili per la stima dei DE possono essere divise in tre categorie principali (vedasi Tharme, 2003; Petts, 2009; Linnansaari et al., 2012);

- ✓ Metodi idrologici,
- ✓ Metodi idraulico-habitat
- ✓ Metodi olistici.

I **metodi idrologici** si basano sull'analisi storica dei dati di portata registrati all'opera di presa o simulati attraverso modellazione idrologica. Tali metodi non operano con un target ecologico specifico (a livello di specie o comunità biologica), ma mediante un'indicazione complessiva dell'alterazione del regime idrologico ed alcune indicazioni generali sulle relazioni tra tale alterazione idrologica e i processi ecologici e idromorfologici del corso d'acqua (Bunn e Arthington, 2002; Lytle e Poff, 2004; Doyle et al., 2005). L'assunzione di base dei metodi idrologici si focalizza sul fatto che la variabilità naturale del regime idrologico è fondamentale per conservare gli ecosistemi fluviali. Pertanto, a seconda del grado di conservazione che si desidera raggiungere, i DE dovrebbero riflettere, in misura maggiore o minore, il regime di deflusso naturale (Poff et al., 1997). A condizione che sia possibile ottenere una serie storica di portate naturali sufficientemente lunga e adeguata alla descrizione della variabilità idrologica del corso d'acqua oggetto di studio, i metodi idrologici rappresentano il modo più semplice, rapido ed economico per fornire una quantificazione dei DE. Tuttavia, queste metodologie, **non includono direttamente nella stima dei DE i processi ecologici e idromorfologici** che si instaurano nei corsi d'acqua naturali a seguito di una alterazione idrologica (Petts, 2009; Linnansaari et al., 2012) con il rischio di sottostimare l'impatto di una alterazione. La Linea Guida Europea suggerisce infatti di utilizzare i metodi idrologici a livello di pianificazione delle risorse idriche o per definire obiettivi preliminari per i corsi d'acqua a basso rischio ambientale. Analisi idrologiche eccessivamente semplici possono inoltre presentare criticità e una limitata robustezza nella stima dei DE per (i) ridotta lunghezza temporale delle serie di portata in alveo (fissata dalla guida ad un minimo di 15 anni, Kennard et al., 2010), (ii) difficoltà nella ricostruzione delle serie temporali di portata in corsi d'acqua fortemente alterati dal punto di vista idrologico (ad es., a valle di dighe e derivazioni storiche) ed infine (iii) dalla distribuzione spaziale delle stazioni di misura della portata, che devono essere posizionate in corsi d'acqua sia di basso che di alto ordine, cercando di descrivere la variabilità spaziale dei regimi idrologici presenti nell'area di interesse.

I **metodi idraulico-habitat** si basano sul principio che la variabilità del regime idrologico viene mediata dalle caratteristiche morfologiche del corso d'acqua al fine di fornire habitat alle specie presenti all'interno del corridoio fluviale (Petts, 2009). La modellazione dell'habitat fluviale rientra nella disciplina dell'ecoidraulica ed è applicata a partire dalla quantificazione di parametri idromorfologici, quali la velocità della corrente, la profondità dell'acqua, il substrato e la geometria dell'alveo (Maddock et al., 2013). Attraverso questi modelli la variazione nello spazio di parametri dell'idromorfologia locale (o habitat fisico) è quantificata nel tempo al variare della portata defluente. Alla descrizione del sistema fisico sono associati dei criteri di preferenza di habitat (o modelli di distribuzione di specie) per la comunità che si vuole analizzare, al fine di quantificare la disponibilità spazio-temporale di habitat. I modelli di habitat si dividono principalmente in funzione della propria risoluzione spaziale. Esistono infatti modelli a scala di microhabitat (come ad es., PHABSIM, Bovee, 1982, o CASiMiR, Jorde et al., 2001) dove le preferenze e la distribuzione di singole specie vengono definite in base a variabili idrauliche (ad es., profondità e velocità della corrente in un punto del corso d'acqua); e i modelli di idoneità d'habitat a meso-scala, come il MesoHABSIM, che descrivono l'utilizzo di unità spaziali (mesohabitat) da parte della comunità target in funzione di un più ampio numero di variabili ambientali (ad es., Parasiewicz et al., 2013; Vezza et al., 2014, 2015). Quest'ultima tipologia di modellazione dell'habitat viene citata nella guida come strumento atto allo studio della variabilità spazio-temporale degli habitat fluviali disponibili per la fauna in funzione della portata defluente e della morfologia del corso d'acqua. Inoltre, il modello MesoHABSIM viene presentato in due casi studio associati alla Linea Guida stessa (Caso studio #6 e #8).

I **metodi olistici** mirano ad unire in senso lato la domanda di risorsa idrica necessaria alle attività umane al funzionamento ecologico del sistema fiume (Arthington, 1998). Avvalendosi principalmente del giudizio di un team multidisciplinare di esperti, i metodi olistici definiscono gli obiettivi ambientali e i DE per il corso d'acqua oggetto di studio al fine di integrare oltre alla valutazione ambientale anche altri aspetti relativi al paesaggio, all'economia, al valore culturale e sociale del corso d'acqua, alla ricreazione e al turismo fluviale. In coerenza con gli obiettivi della DQA, la definizione dei DE dovrebbe risultare da un processo tecnico/scientifico che non consideri gli impatti socio-economici, limitando l'impiego dei metodi olistici ai corpi idrici fortemente modificati (in inglese *Heavily Modified Water Bodies*, HMWB) o in caso di deroghe previste dalla DQA. Per questo motivo la guida focalizza, in prima istanza, l'attenzione ai metodi idrologici e idraulico-habitat per la definizione dei DE, rimandando ai metodi olistici ad un livello più approfondito di analisi come nel caso di HMWB.

Occorre sottolineare anche come la Linea Guida riporti la disamina dei **metodi maggiormente utilizzati** all'interno degli Stati Membri dell'Unione. Da tale disamina si evince che non tutti gli Stati Membri sono dotati di una legislazione nazionale specifica in tema di DE o di regimi di deflusso da rilasciare a valle delle opere di presa. I metodi idrologici sono largamente i più utilizzati seguiti dai metodi idraulico-habitat, mentre i metodi olistici sono raramente applicati. Nel contesto della CIS, il **gruppo di lavoro sullo stato ecologico (ECOSTAT)** della Commissione, in collaborazione con esperti provenienti da tutti gli Stati Membri e dalle organizzazioni non governative e parti interessate, ha recentemente pianificato un incontro specifico in tema di DE e stato d'avanzamento dell'implementazione della Linea Guida CIS N. 31.

Implementazione dei Deflussi Ecologici in Italia: il Decreto Direttoriale 30/STA 13/02/2017

Il recepimento della Linea Guida CIS N. 31 per il territorio italiano è avvenuto attraverso dal Decreto Direttoriale DD 30/STA del 13/02/2017 da parte della Direzione Generale per la Salvaguardia del Territorio e delle Acque del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Il decreto identifica le Autorità di bacino distrettuali, nella loro funzione di coordinamento delle attività regionali finalizzate all'attuazione della direttiva, come l'entità incaricata di adeguare gli approcci metodologici di determinazione del DMV ai criteri della Linea Guida CIS N. 31.

Il DD 30/STA 13/02/2017 fornisce inoltre alcuni indirizzi metodologici volti ad assicurare che la quantificazione operativa dei DE avvenga coerentemente con l'esigenza di garantire nei corsi d'acqua un deflusso adatto al raggiungimento degli obiettivi di qualità definiti ai sensi della DQA.

I metodi individuati dal DD 30/STA 13/02/2017 sono essenzialmente raggruppati in quattro categorie:

- ✓ Metodi idrologici;
- ✓ Metodo su base biologica secondo la DQA;
- ✓ Metodi idraulico-habitat;
- ✓ Metodi olistici.

Oltre alle categorie di metodi idrologici, idraulico-habitat e olistici, già descritte nella linea guida Europea, il **metodo su base biologica** prevede l'utilizzo della comunità di macroinvertebrati bentonici con l'integrazione di un parametro di valutazione del carattere lenticolo-tico dei fiumi (LRD), ricavato attraverso il metodo CARAVAGGIO. La costruzione della curva di relazione tra il valore dell'indice macrobentonico STAR_ICMi e il parametro LRD consentirebbe di stabilire la relazione tra indice macrobentonico STAR_ICMi e la portata defluente, al fine dell'individuazione del DE.

Si sottolinea come, nel testo del DD, venga riportata la necessità di definire i DE non come un unico valore soglia di rilascio minimo, ma piuttosto di considerare un **insieme di valori temporalmente distribuiti**, secondo il principio del "paradigma delle portate naturali", ossia il mantenimento di un regime idrologico simile a quello naturale che favorisca il mantenimento degli habitat e delle specie autoctone in esso presenti.

Entro 10 mesi dall'entrata in vigore del decreto, le autorità di distretto si sono impegnate a pubblicare le rispettive direttive di attuazione in materia di deflussi ecologici di cui si riporta qui di seguito un estratto per ognuna di esse. Per ulteriori informazioni di dettaglio sulle metodologie proposte in ciascun distretto si vedano le direttive citate nella bibliografia del presente elaborato.

Distretto Padano

Dal 2002, per tutti i corsi d'acqua del bacino del fiume Po è in vigore la disciplina per la regolazione delle portate in alveo a valle delle derivazioni per garantire il Deflusso Minimo Vitale (DMV). Tale DMV è stato integralmente definito dalla delibera 7/2004 del Comitato Istituzionale del Distretto Padano in cui viene definito come il "deflusso che, in un corso d'acqua (o una determinata sezione del corso d'acqua), deve essere presente a valle delle captazioni idriche al fine di mantenere vitali le condizioni di funzionalità e qualità degli ecosistemi interessati". Nella medesima delibera è stata ulteriormente strutturata la sua metodologia di calcolo, composta da una componente idrologica (DMV idrologico), stimata in base alle peculiarità del regime idrologico, e una componente ambientale (DMV ambientale), ottenuta attraverso fattori correttivi che tengano conto, per il corso d'acqua oggetto di studio, delle caratteristiche morfologiche dell'alveo, della naturalità e pregi naturalistici, della destinazione fluviale e degli obiettivi di qualità dello stesso.

La recente Direttiva Deflussi Ecologici (Autorità di Bacino Distrettuale del fiume Po, 2017) nell'ambito distrettuale Padano ha sostanzialmente mantenuto invariata la concezione del DMV, estendendo però la precedente definizione della delibera 7/2004 al concetto di DE. In particolare, il DE viene definito come quel "regime idrologico che, in un tratto omogeneo di corso d'acqua, appartenente ad un corpo idrico così come definito nel Piano di gestione del distretto idrografico vigente, è conforme col raggiungimento degli obiettivi ambientali definiti ai sensi dell'articolo 4 della DQA".

Nella delibera viene altresì precisato che il deflusso ecologico, in un tratto idraulicamente omogeneo di corso d'acqua, è il risultato della seguente espressione:

$$DE = k * q_{meda} * S * M * A * Z(N, Q, F) * T \quad (1)$$

Nella quale:

- ✓ k = parametro sperimentale determinato per singole aree idrografiche e/o ecoregioni;
- ✓ q_{meda} = portata naturale specifica media annua per unità di superficie del bacino;
- ✓ S = superficie del bacino sottesa dalla sezione del tratto omogeneo del corso d'acqua;
- ✓ M = parametro morfologico;
- ✓ Z = massimo valore tra N (parametro naturalistico), F (parametro di fruizione) e Q (parametro relativo alla qualità delle acque fluviali);
- ✓ A = parametro relativo all'interazione tra le acque superficiali e quelle sotterranee;
- ✓ T = parametro relativo alla modulazione nel tempo.

Analogamente a quanto definito per il DMV, risultano chiaramente identificate le due componenti principali, quella idrologica (data dal prodotto di $k * q_{meda} * S$) e quella ambientale (data dalla combinazione dei distinti parametri M, A, Z assieme a al fattore di modulazione temporale T).

Il compito di definire le **modalità di calcolo o l'assegnazione del valore ai singoli fattori** riportati nell'espressione (1) è **delegato alle amministrazioni regionali del Distretto**. Alle stesse Regioni è altresì concesso il ricorso a soluzioni di calcolo alternative per il DE, rimanendo esclusivamente nell'ambito di sperimentazioni e/o indagini sito-specifiche conformi con gli indirizzi metodologici forniti nell'Allegato del DD 30/STA 13/02/2017. Per la determinazione dei fattori utilizzati per il calcolo del DE, la Direttiva fornisce esclusivamente delle indicazioni, che in funzione del fattore possono essere riassunte come a continuazione:

- ✓ k, può variare tra 0 e 1 (estremi esclusi) ed esprime la percentuale di portata media naturale che deve essere considerata nel calcolo del DE. Il valore di k può essere uguale per tutti i corpi idrici di una Regione o assumere valori distinti per aree omogenee.
- ✓ q_{meda} , deve rappresentare, con la migliore approssimazione consentita dai dati idrometrici disponibili, il valore medio annuale delle portate specifiche naturali defluenti nella sezione del corso d'acqua, in assenza di alterazioni idromorfologiche.
- ✓ S, è la superficie del bacino idrografico sotteso dalla sezione nella quale calcolare il DE.
- ✓ M, deve avere un valore compreso tra 0.7 e 1.3 e fa riferimento al sistema di classificazione e valutazione della qualità morfologica IDRAIM (MLG ISPRA 131/2016).
- ✓ N, deve presentare un valore maggiore o uguale a 1 ed esprime le esigenze di maggior tutela per i corpi idrici ad elevato grado di naturalità. Per la sua determinazione è necessario valutare le **esigenze di deflusso legate alla tutela della vita acquatica** e può essere valutato per mezzo di **sperimentazioni conformi all'Allegato del DD 30/STA 13/02/2017**.

- ✓ F, deve anch'esso presentare valori maggiori o uguali a 1 e fa riferimento alle esigenze di maggior tutela per gli ambiti fluviali con elevata fruizione turistico-sociale.
- ✓ Q, esprime le esigenze di maggior tutela per i corpi idrici che non hanno ancora raggiunto gli obiettivi ambientali fissati dal Piano di Gestione del Fiume Po.
- ✓ A, può variare tra 0.5 e 1.5 e descrive le esigenze di maggiore o minore rilascio in funzione del contributo delle acque sotterranee.
- ✓ T, ingloba le esigenze di variazione temporale nell'arco dell'anno del regime del deflusso al fine del raggiungimento degli obiettivi ambientali di tutela della vita acquatica. È prevista una modulazione minima di tipo stagionale, auspicando al raggiungimento di una variabilità su scala mensile.

Mentre l'intervallo di variazione dei parametri di natura idro-morfologica (k, M, A) è chiaramente illustrato nella direttiva, le variabili di carattere prettamente ambientale (N, F, Q) presentano solamente un'indicazione relativa al limite inferiore, lasciando aperta la **possibilità alle Regioni afferenti al Distretto di definire appropriati valori per il computo del DE.**

Distretto Alpi Orientali

Nei corsi d'acqua appartenenti al contesto idrografico delle Alpi Orientali, i metodi utilizzati per il computo del DMV facevano riferimento, sino alla pubblicazione del decreto 30/STA 13/02/2017 ad un approccio di tipo idrologico, simile a quello adottato dal Distretto Padano. L'approccio si basava pertanto sulla valutazione della portata media e sull'applicazione di opportuni coefficienti in grado di tenere conto dell'assetto morfologico ed idrogeologico, nonché dell'eventuale interessamento di aree a forte vocazione naturalistica. In aggiunta, a scala provinciale e regionale, erano stati intrapresi autonomi percorsi metodologici e regolamentari per valutazioni alternative del DMV. È importante notare come tali percorsi, in attuazione di specifiche norme nazionali e ai sensi D.M. 28 luglio 2004, si erano già focalizzati alla proposizione di metodologie di calcolo del DMV che non prevedessero esclusivamente i metodi idrologici.

La Direttiva Deflussi Ecologici adottata dal Distretto delle Alpi Orientali (Distretto delle Alpi Orientali, 2017) è stata perciò concepita affinché venissero valorizzate le pregresse esperienze già implementate nei vari ambiti distrettuali e nel rispetto di quanto introdotto dalle linee guida comunitarie e nazionali. Sulla base di ciò, nella direttiva viene riportato un metodo distrettuale di riferimento in grado di rappresentare e descrivere i requisiti minimi di rilascio che devono essere garantiti a valle delle derivazioni, coerentemente col concetto di DE. La fase attuativa della proposta metodologica è stata organizzata su **due distinti livelli**, caratterizzati da differente scala spaziale e temporale. Il primo livello, da applicarsi a scala distrettuale e in un arco temporale ridotto, prevede la valutazione dei DE mediante un **approccio standardizzato, semplice ed universalmente applicabile**. Il secondo livello, riferito a situazioni sito-specifiche risulta meno generalizzabile ma più approfondito sull'ambito locale e contempla il ricorso a **sperimentazioni** per la verifica dei valori di DE attraverso l'applicazione dei **metodi idraulico-habitat**.

Per quanto concerne il primo livello della fase attuativa della direttiva, la formulazione adottata per la quantificazione del DE risulta essere la seguente:

$$DE = K * P * M * Q_{media} = K * P * M * \left(\sum_{i=1}^{i=n} q_i * A_i + \sum_{j=1}^{j=n} Q_j \right)$$

Nella quale:

- ✓ K = “fattore di protezione”, individuato in funzione della tipologia del corso d’acqua e della superficie del bacino sotteso dalla sezione di prelievo;
- ✓ P = “fattore di tutela naturalistico”;
- ✓ M = “fattore di modulazione temporale”
- ✓ Q_{media} = portata media annua in corrispondenza della sezione di prelievo;
- ✓ q_i = contributo di portata specifico medio annuo di ciascuna area omogenea che concorre a formare il bacino sotteso dalla sezione di prelievo;
- ✓ Q_j = eventuali contributi puntiformi alla portata, espresso in termini medi annuali.

Il fattore di protezione K risulta essere il fattore di maggiore importanza dal punto di vista quantitativo nella definizione del DE. Sostanzialmente rappresenta la percentuale di portata media che deve essere rilasciata a valle dell’opera di presa e il suo intervallo di variazione viene compreso tra i valori 0.15 e 0.3, in funzione della tipologia di corso d’acqua considerato. Il fattore P, invece, è un parametro adimensionale correlato alla naturalità e funzionalità degli ecosistemi fluviali, concepito con la finalità di preservare gli ambienti caratterizzati da maggiore naturalità. P può assumere valori tra 1.5 e 2, in relazione allo stato di conservazione dell’ambito fluviale. Infine, il fattore di modulazione temporale M esprime le esigenze di modulazione del DE nell’arco dell’anno in ottemperanza del paradigma delle portate naturali e in relazione alle maggiori esigenze di tutela dell’ittiofauna nei bioperiodi più critici (ad es., migrazione e deposizione delle uova).

Come secondo livello di attuazione della direttiva, viene indicata la possibilità di verifica dei valori assunti dai distinti fattori della formulazione del DE attraverso il ricorso a sperimentazioni sito-specifiche. Per le sperimentazioni, vengono indicati come target ecologici le comunità biologiche riportate nella DQA per il conseguimento degli obiettivi di qualità in linea con la definizione di DE.

La disamina dei regolamenti regionali che disciplinano le procedure di monitoraggio degli effetti ambientali delle derivazioni idriche ha consentito di evidenziare, nel contesto delle possibili opzioni metodologiche di verifica del DE, un deciso orientamento delle Amministrazioni verso i **metodi idraulico-habitat**. All’interno della direttiva, viene fornita una disamina dei differenti approcci di modellazione dell’habitat fluviale sia alla micro-scala (modelli PHABSIM; Bovee, 1982 e CASIMIR, Jorde et al., 2001) sia alla meso-scala (modello MesoHABSIM, metodologia e-IH di cui al MLG ISPRA 154/2017 e DD 30/STA 13/02/2017) che si possono utilizzare nelle sperimentazioni per la verifica del valore di DE.

Distretto Appennino Settentrionale

Per quanto concerne il Distretto dell’Appennino Settentrionale, la delibera n. 4 del 14 dicembre 2017 (Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Settentrionale, 2017) contiene le linee guida per la definizione dei deflussi ecologici. In essa viene stabilito che i DE dovranno andare ad integrare il concetto di DMV, favorendo il passaggio da un concetto di “soglia” minima a quello di un “regime idrologico” in grado di tenere conto della variazione temporale delle portate in alveo. Per la determinazione dei deflussi ecologici, è previsto di ricorrere ai **metodi idrologici** ed in particolare ad un approccio basato sulla curva di durata delle portate. I valori di portata da rilasciare dalle opere di presa vengono quindi definiti in base a durate caratteristiche (30, 60, 90, 120, 182, 274, 365 giorni) delle portate in alveo al fine di conservare o migliorare lo stato ecologico dei corpi idrici, il quale è classificato in due categorie: stato buono o superiore o stato inferiore al buono. L’utilizzo di metodologie più complesse, come i **metodi idraulico-habitat**, è contemplato in specifici contesti che presentano maggiori criticità gestionali.

Distretto Appennino Centrale

La Direttiva Deflussi Ecologici pubblicata dall'Autorità di Distretto dell'Appennino Centrale (Autorità di bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale, 2017) riporta le direttive di gestione e le azioni finalizzate alla definizione dei DE nei corpi idrici del distretto. Nella direttiva viene previsto che la definizione dei DE sia realizzata mediante il ricorso a **sperimentazioni** attraverso un approccio iterativo per successive approssimazioni. In particolare, la direttiva riporta come processo iterativo una procedura che includa (i) la formulazione di un valore di DE e (ii) la verifica delle condizioni di stato ecologico "buono" per il corpo idrico. Tali sperimentazioni faranno uso, in modo convergente di due approcci: "*forward problem*" basato sul **metodo idrologico** a curva di durata delle portate, e l'*inverse problem* basato sul **monitoraggio dello stato di qualità del corpo idrico** al fine di verificare la robustezza degli output prodotti dal metodo idrologico.

Distretto Appennino Meridionale

Per quanto concerne il Distretto dell'Appennino Meridionale, la Direttiva Deflussi Ecologici (Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, 2017) traccia un percorso metodologico e tecnico per il passaggio dal DMV al DE, secondo il paradigma delle portate naturali, al fine di assicurare il conseguimento degli obiettivi di qualità ambientale fissati dalla DQA. La direttiva individua il **metodo su base biologica** e l'utilizzo della comunità di macroinvertebrati bentonici per la definizione dei DE. L'applicazione di tale metodologia avviene in via sperimentale e in alternativa, per particolari contesti del distretto, è consentito altresì l'utilizzo di **metodi idrologici**. Per una valutazione complessiva sull'efficacia di entrambe le metodologie è inoltre stabilita in direttiva una fase di verifica al termine di quella sperimentale.

Distretto Regione Sardegna

Fino all'emanazione del DD 30/STA 13/02/2017, nel Distretto idrografico della Sardegna, il DMV era definito pari al 10% della portata naturale, intendendo per portata media naturale quella che si avrebbe in quel corso d'acqua in assenza di prelievi e di immissioni artificiali, con riproduzione della variabilità naturale dei deflussi su scala mensile. L'introduzione della recente Direttiva Deflussi Ecologici (Autorità di Bacino Regionale, 2018) prende forma anch'essa da un approccio metodologico sostanzialmente affine. È infatti previsto che i DE vengano determinati per ogni singolo corso d'acqua come parte del deflusso naturale, a partire dal dato di **portata naturale media mensile del corpo idrico corretto con un opportuno fattore correttivo "K"**. Quest'ultimo potrà essere determinato a partire dalla **classificazione dello stato di qualità** dello specifico corpo idrico. Per i casi in cui si rendano necessari approfondimenti sito specifici, verranno tenute in conto nella definizione dei DE la natura e significatività delle pressioni antropiche esercitate sul corpo idrico, gli elementi biologici sensibili alle variazioni di portata, le informazioni disponibili relative alla qualità morfologica e alla funzionalità fluviale, la tipologia dell'alveo (confinato/non confinato), l'eventuale presenza di dighe o opere di artificializzazione dell'alveo.

Distretto Regione Sicilia

Per quanto concerne la Direttiva Deflussi Ecologici promulgata dal Distretto idrografico della Regione Sicilia (Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia, 2019), vengono adottati distinti approcci metodologici per la definizione dei DE in relazione alla natura idrologica dei corsi d'acqua, distinguendo tra corsi d'acqua non perenni e perenni. Nei **fiumi** non perenni, il computo dei DE deve essere realizzato mediante il ricorso ad un **metodo idrologico** basato sugli Aquatic States (ASs) ed in particolare su due metriche idrologiche (i) il numero annuale di mesi con deflusso non nullo (Mf), (ii) la stagionalità delle condizioni di secca o prevedibilità della disponibilità dell'habitat (Sd6). La combinazione di queste due metriche identificano 4 possibili regimi di deflusso classificati in base all'intensità dell'intermittenza: regime perenne (P); regime intermitten-pool (I-P); regime intermitten dry (I-D); regime effimero (E). L'alterazione del regime idrologico che porti a deviazioni del

tipo di regime idrologico verso condizioni più severe di intermittenza dovrebbero essere valutate con particolare cautela.

La valutazione dei deflussi nei tratti sottesi a derivazione per i fiumi perenni viene, invece, ulteriormente distinta in relazione all'entità della stessa derivazione. In particolare:

- ✓ Per derivazioni con portata media annua superiore a 100 l/sec, i **metodi idraulico/habitat** con esplicito riferimento al modello MesoHABSIM (metodologia e-IH di cui al MLG ISPRA 154/2017 e DD 30/STA 13/02/2017) vengono indicati per la definizione dei DE.
- ✓ Per derivazioni con portata media annua non superiore a 100 l/sec, è suggerita invece l'adozione della metodologia basata sul **metodo idrologico** a curva di durata.

Implementazione dei Deflussi Ecologici in Lombardia

Per quanto concerne la definizione del Deflusso Minimo Vitale (DMV) all'interno del territorio della Regione Lombardia, il procedimento segue quanto riportato dall'Autorità di Bacino del Fiume Po (AdBPo) con Delibera del Comitato Istituzionale n. 7 del 2002. La formulazione matematica, strutturata utilizzando una componente idrologica del DMV ed alcuni fattori correttivi, è attualmente in uso all'interno del territorio regionale. Nell'Allegato 1 delle Norme Tecniche di Attuazione (NTA) del Programma di Tutela e Uso delle Acque (PTUA, 2016) è così definita:

$$QDMV = k \cdot q_{MEDIA} \cdot S \cdot M \cdot Z \cdot A \cdot T$$

dove:

- ✓ S è la superficie del bacino imbrifero complessivo sotteso dall'opera di presa, comprese le aree eventualmente già interessate da derivazioni esistenti a monte della captazione prevista;
- ✓ k è un parametro sperimentale determinato per singole aree idrografiche, che esprime la percentuale della portata media che deve essere considerata;
- ✓ q_{MEDIA} è la portata specifica media annua per unità di superficie del bacino (Q_{MEDIA} / S).

Il prodotto $k \cdot q_{MEDIA} \cdot S = k \cdot Q_{MEDIA}$ si definisce componente idrologica. Su tutti i corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico regionale si assume $k = 0.1$. Pertanto, la componente idrologica del DMV è, per la Regione Lombardia, pari al 10% della portata naturale media annua nella sezione di riferimento.

I parametri M, Z, A, T, che tengono conto, ove necessario, delle particolari condizioni locali, si definiscono fattori correttivi. Nello specifico, i fattori correttivi si riferiscono ai seguenti aspetti:

- ✓ M è un parametro morfologico, che esprime l'attitudine dell'alveo a mantenere le portate di deflusso;
- ✓ Z è un parametro che tiene conto delle esigenze naturalistiche (N), di fruizione turistico - sociale (F) e della presenza di carichi inquinanti (Q); il parametro Z è definito come il valore più elevato tra quelli assunti dai parametri N, F, Q;
- ✓ A è un parametro che tiene conto dell'interazione tra acque superficiali e sotterranee, in funzione delle esigenze di maggiore o minore rilascio dovuto al contributo delle acque sotterranee alla formazione dei deflussi in alveo;
- ✓ T è un parametro che tiene conto della modulazione nell'arco dell'anno dei rilasci dalle opere di presa, in funzione degli obiettivi di tutela ricreativa, o altre esigenze di carattere ambientale (tra i quali, quando la necessità sia limitata a brevi periodi dell'anno, la diluizione dei carichi inquinanti).

In attesa dell'emanazione di uno specifico atto della Giunta Regionale in merito alla disciplina di cui al comma 6 dell'articolo 38 delle NTA, i singoli fattori correttivi sono applicati ai corsi d'acqua o ai singoli tratti di essi secondo le seguenti indicazioni:

- ✓ N all'interno delle seguenti aree, ovvero anche al di fuori nel caso comporti significative ripercussioni sulle stesse: - aree protette, individuate ai sensi della Legge 394/1991 86/1983, con esclusione delle aree di rilevanza ambientale, di cui all'Allegato A, lettera d) della citata legge regionale; - 92/43/CEE e 79/409/CEE;

- ✓ M, T, F, A si applicano a tutti i corsi d'acqua naturali;
- ✓ Q si applica in presenza di corpi idrici classificati con stato ecologico inferiore al buono, nel caso sia presente una pressione di tipo puntuale di scarichi reflui urbani o industriali, in presenza dell'applicazione delle migliori tecnologie e/o sia verificata la conformità dello scarico ai limiti di legge.

I fattori correttivi possono assumere i valori indicati a continuazione:

- ✓ N può assumere valori maggiori o uguali a 1;
- ✓ M può assumere valori compresi tra 0,7 e 1,3;
- ✓ T ha caratteristiche sito-specifiche e non presenta limitazioni;
- ✓ F può assumere valori maggiori o uguali a 1;
- ✓ A può assumere valori compresi tra 0,5 e 1,5;
- ✓ Q può assumere valori maggiori o uguali a 1;

È importante sottolineare che la nuova versione del Programma di Tutela e Uso delle Acque della regione Lombardia (PTUA, 2016) definisca il DMV come strumento che contribuisce al raggiungimento degli obiettivi di qualità definiti ai sensi della Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE (DQA). In quest'ottica, è quindi possibile assimilare il concetto di DMV riportato nel PTUA 2016 al concetto di Deflusso Ecologico ai sensi del DD 30/STA 13/02/2017 e della Direttiva Deflussi Ecologici del Distretto Idrografico Padano.

Indicazioni a livello Regionale per la determinazione dei fattori correttivi

Le Norme Tecniche di Attuazione (NTA) del PTUA (2016), all'Art. 38, riportano che, "in caso di applicazione contestuale di più fattori correttivi, il valore di DMV, in ogni caso, può variare entro i limiti minimo e massimo del 5% e del 20% della portata media naturale". È comunque previsto che, in presenza di particolari esigenze legate agli obiettivi specifici delle aree naturali protette nazionali e regionali, di cui alla Legge 394/1991, e dei siti appartenenti alla Rete Natura 2000, l'applicazione del fattore N può comportare anche un superamento del limite massimo. Quanto detto rimane però vincolato alla realizzazione di idonei studi recepiti negli appositi piani delle aree naturali, misure di conservazione e piani di gestione dei medesimi siti.

In accordo con quanto delle NTA del PTUA 2016, ad oggi, non vi è ancora stata l'emanazione di uno specifico atto della Giunta Regionale in merito alla definizione del possibile limite massimo del fattore correttivo N.

E' comunque importante riportare, per completezza del presente documento, come i singoli fattori correttivi, tra cui il fattore correttivo N, siano già stati quantificati in passato all'interno delle NTA del PTUA 2006 (Art. 32, PTUA, 2006) in termini di possibile intervallo di variazione. Le NTA del PTUA (2006), riportavano, infatti, le seguenti indicazioni:

- ✓ Fatte salve le competenze degli Enti gestori di aree protette di cui all'art. 25, comma 2, della Legge 36/94 e dei gestori dei siti appartenenti alla rete ecologica "Natura 2000", ove l'applicazione dei fattori correttivi comporti un aumento superiore al 100% della componente idrologica, l'autorità concedente può limitare tale aumento al 100% in presenza di studi o indagini sito specifiche, che dimostrino che nella situazione considerata tale incremento è sufficiente ad assicurare il mantenimento delle condizioni che il DMV è volto a salvaguardare.
- ✓ I fattori correttivi si applicano, ove previsto, entro il 31 dicembre 2015, secondo le indicazioni del Regolamento per la determinazione e l'applicazione dei fattori correttivi del DMV, ad eccezione dei fattori N e Q che, per le nuove derivazioni, si applicano dall'approvazione del PTUA (2006), e T che si applica, da tale data, su tutte le derivazioni.
- ✓ L'Autorità concedente, sentito l'Ente gestore dell'area protetta ove presente, applica il **fattore correttivo N**, assumendo un **valore compreso tra 1 e 2**, in funzione di specifiche prescrizioni in merito al DMV contenute nei relativi strumenti di pianificazione o in specifici studi ed indagini approvate dall'Ente Gestore dell'area protetta; in mancanza di ciò l'Autorità concedente assume un **valore di N pari ad 1**;
- ✓ L'Autorità concedente applica il **fattore Q** assumendo valori del parametro **uguali ad 1.5 o 2**, con riferimento alla Tavola 10 riportata nel PTUA (2006). Il parametro Q non si applica alle derivazioni con restituzione dell'intera portata derivata e qualora nel tratto sotteso non vi siano scarichi di depuratori di potenzialità superiore o uguale a 2000 abitanti equivalenti, previsti nel PTUA.;
- ✓ L'Autorità concedente, sentiti gli Uffici pesca provinciali, competenti in materia di tutela della fauna ittica, applica **T**, in particolare sui corsi d'acqua o nei tratti di corsi d'acqua classificati idonei alla vita dei pesci, assumendo un valore compreso **tra 0,7 ed 1,3** e modulando i rilasci in alveo in considerazione dell'andamento idrologico naturale del corso d'acqua e delle criticità ricorrenti per l'ittiofauna, con riferimento alle seguenti indicazioni: - per i corsi d'acqua di pianura e di fondovalle, caratterizzati da una molteplicità di specie ittiche, i valori dei rilasci devono essere massimi nei periodi

riproduttivi che vanno da dicembre (trote), ad aprile (temoli), sino a giugno (ciprinidi), tenendo conto della necessità di garantire adeguate portate nel periodo estivo per compensare la diminuzione della percentuale di ossigeno disciolto; - per i corsi d'acqua e torrenti di montagna e delle zone collinari, in presenza di affluenti naturali che operano una modulazione delle portate, i valori dei rilasci devono essere costanti nell'arco dell'anno; in assenza di questi apporti è necessario assicurare maggiori rilasci nel periodo invernale per minimizzare i danni provocati dalla formazione del ghiaccio ai soggetti adulti (trote fario e marmorate) ed ai letti di frega.

Approcci emergenti nella letteratura scientifica internazionale

Il termine "deflussi ambientali" (in inglese "environmental flows") è stato il primo termine in ambito internazionale per stabilire rilasci di portata dalle opere di presa al fine di salvaguardare il funzionamento e il mantenimento dell'ecosistema fluviale. In particolare, il termine "deflussi ambientali" è stato originariamente definito nella Dichiarazione di Brisbane (2007), approvato al X Simposio internazionale sui Fiumi (River International Symposium, tenutosi a Brisbane, in Australia, nel 2007) da più di 750 delegati provenienti da 50 nazioni. Nella dichiarazione, "i deflussi ambientali descrivono la quantità, qualità e variazione temporale dei deflussi necessari per sostenere gli ecosistemi di acqua dolce oltre alle attività e il benessere della popolazione umana che dipende da questi ecosistemi". Pertanto, il termine "deflussi ambientali" è internazionalmente riconosciuto perché fornisce una definizione inclusiva considerando sia la protezione degli ecosistemi naturali, sia le esigenze umane di utilizzo della risorsa idrica.

Nel contesto della disamina della letteratura scientifica, oggetto del presente documento, risulta importante sottolineare che una parte importante della comunità scientifica internazionale ha recentemente portato in discussione il concetto di deflusso ambientale inteso solamente in termini di requisiti di portata liquida presente in alveo.

Sebbene il regime idrologico sia una componente fondamentale dell'ecosistema fluviale, altri processi come il trasporto di sedimenti, di materiale legnoso o organico e la dinamica della vegetazione ripariale possono essere altrettanto importanti nell'influenzare la distribuzione e la struttura di popolazione delle specie e comunità biotiche locali.

Da questo si evince che, se il deflusso ambientale viene considerato esclusivamente in termini di quantità e qualità dell'acqua rilasciata da una opera di presa, questo concetto non include necessariamente nell'analisi l'interazione combinata di acqua, sedimenti, materiale legnoso / organico e vegetazione ripariale nel fornire habitat alle specie e comunità presenti (Wohl et al., 2015). Per ampliare la definizione di deflusso ambientale, una consistente parte della letteratura scientifica è oggi dedicata alla presentazione di nuovi approcci per la definizione dei deflussi ambientali che considerino, oltre alla dinamica idrologica, anche le dinamiche geomorfologiche del sistema fluviale, espandendo in tal modo le possibilità e gli obiettivi di tutela ambientale.

L'adozione di metodologie per la definizione dei deflussi ambientali che considerino le diverse componenti (acqua, sedimento, materiale legnoso e organico), e i conseguenti processi idromorfologici dei sistemi fluviali, sono sempre più frequentemente consigliati in letteratura (vedasi ad es., Meitzen et al., 2013, Kondolf et al., 2014, Wohl et al., 2015, WMO, 2019).

Per quanto riguarda la gestione dei sedimenti, il suo trasporto nei tratti sottesi dagli invasi è legato alla definizione dei deflussi ambientali, le possibili soluzioni tecniche e gli approcci innovativi che sono stati implementati a livello mondiale per ristabilire il deflusso di acqua e il trasporto di sedimenti a valle di grandi invasi sono stati presentati nella pubblicazione redatta da Kondolf et al. (2014). In particolare, gli autori sintetizzano nella pubblicazione le tecniche correntemente utilizzate al fine di conservare il volume di accumulo del serbatoio e minimizzare gli impatti a valle degli invasi. Lo studio è presentato riportando casi studio su cinque continenti, ma è doveroso ricordare che è attualmente necessaria una maggiore implementazione di queste misure di mitigazione per poter valutare l'efficacia delle azioni dal punto di vista gestionale.

Si noti come il D.M. 28/07/2004 e le relative linee guida per la predisposizione del bilancio idrico di bacino, oltre alla metodologia proposta dall'Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale (ISPRA), pubblicata all'allegato 4 del DD 30/STA 13/02/2017 vadano già nella direzione di includere la gestione dei sedimenti, e i relativi processi geomorfologici, tra le componenti chiave per la definizione dei rilasci dalle opere di presa.

La definizione dei deflussi ambientali intesi come interazione di acqua e sedimenti richiede una valutazione dei processi idromorfologici e del potenziale cambiamento del corso d'acqua in risposta alle azioni di gestione degli invasi. L'approccio proposto da ISPRA nel DD 30/STA e riportato anche nella Linea Guida dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO, 2019, Commissione per l'Idrologia) individua come strumenti di valutazione due indicatori idromorfologici da utilizzare in maniera congiunta: l'IQM (Indice di Qualità Morfologica, MLG ISPRA 131/2016) e l'IH (Indice di integrità dell'Habitat, MLG ISPRA 154/2017), in modo da collegare, ad appropriate scale spaziali e temporali, il regime idrologico ai processi idromorfologici e alla disponibilità di habitat per la fauna.

La Linea Guida del WMO (2019) in tema di deflussi ambientali sottolinea come l'accoppiamento dei flussi di acqua e sedimento potrebbe portare al miglioramento o al ripristino della dinamica fluviale promuovendo una risposta ecologica positiva. Una qualsiasi azione relativa al rinesco della dinamica idro-morfologica a valle degli invasi potrà portare in qualche modo al recupero dell'integrità e diversità dell'habitat fluviale.

La Figura 1 illustra la filosofia dell'approccio riportato nella Linea Guida del WMO (2019) per la definizione del rilascio dei deflussi ambientali dagli invasi. Le azioni e gli studi diretti alla definizione dei deflussi ambientali dovrebbero riconoscere la dinamica e i processi idromorfologici come essenziali per creare e mantenere l'habitat fluviale e garantire l'integrità dell'ecosistema.



Figura 1. Rappresentazione grafica dell'approccio presentato nella Linea Guida WMO (2019) al fine di riconoscere l'importanza della dinamica e dei processi idromorfologici nel creare e mantenere l'habitat fluviale, garantire l'integrità dell'ecosistema e generare una risposta ecologica positiva. Il collegamento diretto tra il regime idrologico e la risposta ecologica, ad oggi maggiormente utilizzato a livello mondiale, può portare ad ignorare l'importanza dei processi geomorfologici e l'integrità dell'habitat all'interno del corridoio fluviale (vedasi anche García de Jalón et al., 2015)

La Linea Guida WMO (2019) riporta anche la necessità di sperimentazioni a lungo termine nei tratti sottesi dagli invasi artificiali per attuare e validare gli approcci proposti. L'uso sperimentale di grandi serbatoi di accumulo con obiettivi di ricerca scientifica potrebbe fornire dati empirici fondamentali per comprendere la risposta ecologica alle possibili azioni di mitigazione degli impatti idromorfologici. Queste sperimentazioni potrebbero anche fornire dati preziosi su come il flusso accoppiato di acqua e sedimenti crei habitat adatti allo sviluppo e al mantenimento delle comunità biotiche locali.

Bibliografia

- Arthington, A.H. (1998). Comparative Evaluation of Environmental Flow Assessment Techniques: Review of Holistic Methodologies. LWRRC Occasional Paper 26/98. ISBN 0 642 26745 6.
- Autorità di bacino distrettuale delle Alpi orientali. Approccio metodologico per la determinazione dei deflussi ecologici nel territorio distrettuale. Direttiva Deflussi Ecologici. Allegato alla Deliberazione n. 2 della Conferenza Istituzionale Permanente del 14 dicembre 2017
- Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po (2017). Approccio metodologico per la determinazione dei deflussi ecologici nel territorio distrettuale. Direttiva per la determinazione dei deflussi ecologici a sostegno del mantenimento/raggiungimento degli obiettivi ambientali fissati dal Piano di Gestione del distretto idrografico e successivi riesami e aggiornamenti (Direttiva Deflussi Ecologici). Deliberazione n. 4/2017, 14/12/2017.
- Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (2017). Direttiva per la determinazione dei deflussi ecologici a sostegno del mantenimento / raggiungimento degli obiettivi ambientali fissati dal Piano di Gestione del Distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale. Deliberazione n. 4/2017, 14/12/2017.
- Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale (2017). Approccio metodologico per la determinazione dei deflussi ecologici nel territorio distrettuale. Direttiva per la determinazione dei deflussi ecologici a sostegno del mantenimento / raggiungimento degli obiettivi ambientali fissati dal Piano di Gestione del Distretto idrografico dell'Appennino Centrale o Direttiva Deflussi Ecologici. Deliberazione n. 4/2017, 14/12/2017.
- Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale (2017). Direttiva per la determinazione dei deflussi ecologici a sostegno del mantenimento / raggiungimento degli obiettivi ambientali fissati dal Piano di Gestione del Distretto idrografico dell'Appennino Meridionale. Deliberazione n. 2/2017, 14/12/2017.
- Autorità di Bacino Regionale della Sardegna (2018). Direttiva recante l'approccio metodologico per la determinazione del deflusso minimo vitale al fine di garantire il mantenimento, nei corsi d'acqua, del deflusso ecologico a sostegno del raggiungimento degli obiettivi ambientali definiti ai sensi della Direttiva 200/60/CE. Deliberazione n. 8/2018, 03/07/2018.
- Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia (2019). Approccio metodologico per la determinazione dei deflussi ecologici nel territorio distrettuale. Direttiva per la determinazione dei Deflussi Ecologici a sostegno del mantenimento/raggiungimento degli obiettivi ambientali fissati dal piano di gestione del Distretto idrografico della Sicilia. Deliberazione n. 2/2019, 02/04/2019.
- Bovee, K.D. (1982). A guide to stream habitat analysis using the instream flow incremental methodology. Fort Collins, Colorado, USA: U.S. Fish and Wildlife Service. 273 pp.
- Brisbane Declaration (2007). Summary Findings and a Global Action Agenda. 10th International River Symposium and International Environmental Flows Conference, 3–6 September 2007, Brisbane, Australia, <https://www.conservationgateway.org/ConservationPractices/Freshwater/EnvironmentalFlows/MethodsandTools/ELOHA/Documents/Brisbane-Declaration-English.pdf>.
- Bunn, S.E. and A.H. Arthington. (2002). Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. Environmental Management 30:492-507.
- Distretto delle Alpi Orientali (2017). Approccio metodologico per la determinazione dei deflussi ecologici nel territorio distrettuale. Direttiva Deflussi Ecologici. Deliberazione n. 2/2017, 14/12/2017.

- Doyle, M.W., E.H. Stanley, D.L. Strayer, R.B. Jacobson and J.C. Schmidt (2005). Effective discharge analysis of ecological processes in streams. *Water Resources Research* 41.
- García de Jalón, D., M. Bussetini, M. Rinaldi, G. Grant, N. Friberg, P. Vezza, I.G. Cowx, F. Magdaleno-Màs and T. Buijse (2015). Linking E-flows to Sediment Dynamics. Deliverable 7.7 of the REFORM project (REstoring rivers FOR effective catchment Management); collaborative project (large-scale integrating project) funded by the European Commission within the 7th Framework Programme under Grant Agreement 282656.
- Jorde K., M. Schneider, A. Peter, F. Zöllner (2001). Models for the evaluation of fish habitat quality and instream flow assessment. In CD-ROM Proc. third International Symposium on Environmental Hydraulics, Tempe, AZ.
- Kennard, M.J., S.J. Mackay, B.J. Pusey, J.D. Olden and N. Marsh (2010). Quantifying uncertainty in estimation of hydrologic metrics for ecohydrological studies. *River Res. Appl.* 26(2), 137-156.
- Kondolf, G.M., Y. Gao, G.W. Annandale, G.L. Morris, E. Jiang, J. Zhang, Y. Cao, P. Carling, K. Fu, Q. Guo, R. Hotchkiss, C. Peteuil, T. Sumi, H.-W. Wang, Z. Wang, Z. Wei, B. Wu, C. Wu and C.T. Yang (2014). Sustainable sediment management in reservoirs and regulated rivers: experiences from five continents. *Earth's Future*, 2:256–280.
- Linnansaari, T., W.A. Monk, D.J. Baird and R.A. Curry (2012). Review of approaches and methods to assess Environmental Flows across Canada and internationally. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2012/039. viii + 74 p.
- Lytle, D. and N. Poff (2004). Adaptation to natural flow regimes. *Trends in Ecology and Evolution* 19:94-100.
- Maddock, I., A. Harby, P. Kemp and P.J. Wood (Eds) (2013). *Ecohydraulics: an integrated approach*. Wiley-Blackwell, 462 pp.
- Meitzen, K.M., M.W. Doyle, M.C. Thoms and C.E. Burns (2013). Geomorphology within the interdisciplinary science of environmental flows. *Geomorphology*, 200:143–154.
- Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Direzione Generale per la Salvaguardia del Territorio e delle Acque. Decreto Direttoriale 30/STA (2017). DD 30/sta del 13/02/2017. Direzione generale per la salvaguardia del territorio e delle acque. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.
- MLG ISPRA 131/2016. Rinaldi M., N. Surian, F. Comiti, M. Bussetini (2016). IDRAIM – Sistema di valutazione idromorfologica, analisi e monitoraggio dei corsi d'acqua – Versione aggiornata 2016 – ISPRA – Manuali e Linee Guida 131/2016. Roma, gennaio 2016, 400 pp.
- MLG ISPRA 154/2017. Vezza P., A. Zanin, P. Parasiewicz (2017). Manuale tecnico-operativo per la modellazione e la valutazione dell'integrità dell'habitat fluviale. ISPRA – Manuali e Linee Guida 154/2017. Roma, Maggio 2017. 116 pp.
- Parasiewicz, P., J.N. Rogers, P. Vezza, J. Gortázar, T. Seager, M. Pegg, W. Wiśniewolski and C. Comoglio (2013). Applications of the MesoHABSIM Simulation Model. *Ecohydraulics: An Integrated Approach*, pp. 109-124.
- Petts, G.E. (2009). Instream Flow Science For Sustainable River Management. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association* 45:1071–1086. doi: 10.1111/j.1752-1688.2009.00360.x.
- Poff, N.L., J.D. Allan, M. B. Bain, J.R. Karr, B. Richter, R. Sparks, and J. Stromberg (1997). The natural flow regime: a new paradigm for riverine conservation and restoration. *BioScience* 47,769-784.

- Regione Lombardia (2006). Programma di Tutela e Uso delle Acque (PTUA 2006). Delibera Consigliare n.VII/1048 del 28 luglio 2004.
- Regione Lombardia (2017). Programma di Tutela e Uso delle Acque (PTUA 2016). Delibera n. 6990 del 31 luglio 2017.
- Tharme, R. E. (2003). A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. *River Research and Applications* 19: 397-441.
- Veza, P., P. Parasiewicz, M. Spairani and C. Comoglio (2014). Habitat modeling in high-gradient streams: The mesoscale approach and application. *Ecological Applications*, 24 (4), pp. 844-861.
- Veza, P., A. Goltara, M. Spairani, G. Zolezzi, A. Siviglia, M. Carolli, M. Cristina Bruno, B. Boz, D. Stellin, C. Comoglio, and P. Parasiewicz (2015). Habitat indices for rivers: Quantifying the impact of hydro-morphological alterations on the fish community. *Engineering Geology for Society and Territory - Volume 3: River Basins, Reservoir Sedimentation and Water Resources*, pp. 357-360.
- WMO, World Meteorological Organization, Commission for Hydrology (2019). *Guidance on Environmental Flows Integrating E-flow Science with Fluvial Geomorphology to Maintain Ecosystem Services*. Authors: Bussettini M. & Veza P. Publication Number: WMO-No. 1235. ISBN 978-92-63-11235-4. 50 pp.
- Wohl, E., B.P. Bledsoe, R.B. Jacobson, N.L. Poff, S.L. Rathburn, D.M. Walters and A.C. Wilcox (2015). The natural sediment regime in rivers: broadening the foundation for ecosystem management. *Bioscience*, 65(4):358-371.