



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Implementazione della direttiva 2000/60/CE

Proposta metodologica per l'analisi e la valutazione degli aspetti idromorfologici

1. REGIME IDROLOGICO

Roma, 22 GIUGNO 2009

Premessa

Le condizioni fisiche dei corsi d'acqua ed i processi idromorfologici che le modificano nello spazio e nel tempo alle diverse scale sono fattori determinanti, tra l'altro, per la sussistenza di specifici habitat.

I processi idromorfologici, che condizionano l'assetto dei corsi d'acqua, possono essere valutati attraverso l'analisi ed il giudizio di un insieme di aspetti, ciascuno dei quali descritto da una serie di parametri e/o indicatori:

1. regime idrologico (quantità e variazione del regime delle portate misurate, interazione con i corpi idrici sotterranei);
2. continuità fluviale (entità ed estensione degli impatti di opere artificiali sul flusso di acqua, sedimenti e biota) e
3. condizioni morfologiche (portate solide, configurazione morfologica plano-altimetrica, configurazione delle sezioni fluviali, configurazione e struttura del letto, vegetazione nella fascia perifluviale).

La valutazione combinata di tali aspetti consente di classificare lo stato idromorfologico dei corpi idrici fluviali e, in particolare, di determinarne lo stato *elevato*, caratterizzato cioè da quelle condizioni idromorfologiche che esisterebbero, nelle attuali condizioni del bacino, in assenza di influenza antropica in alveo, nelle zone riparie e nella pianura adiacente (*condizioni di riferimento*). Oltre alla classificazione, la valutazione di tali aspetti ha come scopo la costruzione del quadro conoscitivo necessario a:

- valutare le alterazioni idromorfologiche che possono compromettere il raggiungimento degli obiettivi ambientali;
- progettare le misure di riqualificazione necessarie a raggiungere gli obiettivi ambientali e predisporre l'attuazione all'interno dei piani di gestione;
- verificare l'efficienza e l'efficacia di tali misure nel tempo;
- individuare e designare i corpi idrici fortemente modificati o artificiali.

Ciascuno degli aspetti idromorfologici verrà valutato attraverso metodi differenti. Si sottolinea il carattere iterativo del processo conoscitivo e di sviluppo dei metodi valutativi: pertanto, le valutazioni relative a ciascun aspetto verranno effettuate, sulla base dei metodi a disposizione e del livello di dettaglio consentito dalle informazioni disponibili, alle scale temporali e spaziali più appropriate come in seguito specificate.

I giudizi saranno poi combinati assieme per fornire la classificazione finale.

Pertanto, in seguito, i metodi di analisi e valutazione di tali aspetti saranno trattati separatamente.

Caratterizzazione idromorfologica iniziale

Nella fase di prima caratterizzazione, effettuata ai sensi dell'art. 1.1 del D.M. 131/06, sulla base:

- delle indicazioni contenute nell'Allegato Tecnico al suddetto decreto;
- delle indicazioni ed informazioni contenute nei Piani di Bacino e nei Piani di Tutela delle Acque, redatti rispettivamente dalle Autorità di Bacino e dalle Regioni ai sensi del D. Lgs. 152/06 e del DM 28.07.2004,

viene effettuata una prima rappresentazione dello stato fisico dei sistemi idrografici e delle pressioni insistenti sui pertinenti bacini.

La sistematizzazione di tali informazioni in un modello concettuale del sistema idrografico consente di conoscerne il funzionamento in ciascun nodo idraulico, reale o virtuale, inclusi gli scambi tra i corpi idrici superficiali e sotterranei, e di poter stimare, con l'approssimazione imposta dal dettaglio del modello stesso, i parametri necessari alla valutazione dello stato dei processi nonché gli impatti di possibili scenari.

Si ricorda che i piani di bacino ed i piani di tutela delle acque contengono già le procedure ed i dati di caratterizzazione necessari alla stima delle portate (almeno nei punti significativi del reticolo idrografico) e alla determinazione del bilancio idrico di bacino. Inoltre, negli stessi atti pianificatori, è contenuta una caratterizzazione dei corpi idrici e la conseguente individuazione delle principali criticità (es. stress idrico, accentuazione di tendenze erosive/depositive, analisi delle alterazioni idromorfologiche, anche attraverso opportuni indici, etc..) che può essere utilizzata per l'analisi di rischio conforme alla Direttiva stessa.

Viene di seguito proposta una metodologia di analisi e valutazione degli aspetti idrologici.

REGIME IDROLOGICO

A. Parametri idrologici

Ai fini della valutazione dello stato idrologico dei corpi idrici e dell'efficacia ed efficienza dei programmi di misure di cui all'art. 11 della Direttiva Quadro Acque, è necessario considerare i seguenti parametri idrologici.

A1. Portata liquida

La portata liquida, definita come il volume di acqua che attraversa una determinata sezione nell'unità di tempo, costituisce il principale parametro da valutare per gli aspetti idrologici.

Il decreto ministeriale Decreto 14 aprile 2009, n. 56, recante "*Criteria tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo*" stabilisce, per il monitoraggio della portata (sia di sorveglianza che operativo), una frequenza in continuo.

Pertanto devono essere previsti punti di controllo significativi fissi in corrispondenza, ad esempio, di opere idrauliche, di sezioni di chiusura di bacino, nodi strategici (es. siti di sorveglianza), etc., nei quali gli strumenti automatici forniscono misure in continuo del livello idrico ovvero della portata.

Per siti con sezioni non strumentate, i valori di portata sono stimati mediante l'applicazione di modellistica idrologica.

Al fine di ottenere misure affidabili sulle quali basare le successive valutazioni, è necessario garantire la continuità di funzionamento e l'efficienza nel tempo della strumentazione della rete fissa già esistente e favorire l'integrazione di nuovi punti di osservazione e monitoraggio che non devono avere carattere di temporaneità.

I siti di monitoraggio delle portate non devono necessariamente coincidere con quelli del monitoraggio biologico; è però necessario, nel primo ciclo di gestione, effettuare la misura delle portate in ciascun corpo idrico interessato dal monitoraggio biologico, allo scopo di tarare i modelli di stima delle portate e di avere sufficienti informazioni per pianificare i monitoraggi negli anni successivi (*World Meteorological Organization, Guide to Hydrological Practices, 1994; Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, Norme tecniche per la raccolta e l'elaborazione dei dati idrometeorologici, parte II - Roma 1997; Arpa Emilia Romagna ó Servizio Idrometeorologico, area Idrologia: Ottimizzazione della rete di monitoraggio delle portate idriche nei corsi d'acqua della Regione Emilia-Romagna, 2008*)

A2. Precipitazioni e temperatura

Precipitazioni e temperatura costituiscono grandezze necessarie per la stima della portata. Tali grandezze sono, inoltre, necessarie per la valutazione dell'impatto di possibili modificazioni climatiche sul regime idrologico delle portate soprattutto laddove tale impatto non sia riconducibile alle pressioni antropiche presenti.

Per la valutazione dell'alterazione del regime pluviometrico per diversi intervalli di aggregazione si utilizza l'indice SPI (Standardized Precipitation Index) riportato nell'articolo *öThe relationship of*

drought frequency and duration of time scales, di McKee et alii, in *Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Jan 17-23, 1993, Anaheim CA, pp. 179-1863*.

I valori di tale indice, relativamente all'area europea, sono pubblicati da ISPRA sul *Bollettino mensile di Siccità*, disponibile su web.

La valutazione dell'alterazione del regime termometrico è necessaria in particolare laddove il corpo idrico sia alimentato principalmente dallo scioglimento nivale.

A3. Prelievi, immissioni e regolazioni

La conoscenza dei dispositivi di regolazione dei deflussi e la distribuzione spazio - temporale dei prelievi e delle immissioni di volumi idrici sull'intero corso d'acqua e sui corpi idrici sotterranei ad esso collegati è necessaria per determinare l'impatto antropico sul regime idrologico ed effettuare valutazioni sul bilancio idrico.

A4. Volumi scambiati con i corpi idrici sotterranei

Le interazioni tra acque superficiali e sotterranee sono processi molto complessi e dipendono dall'azione integrata di diversi fattori quali il clima, la topografia, l'uso del suolo, la geologia e i fattori biotici.

Lo scambio di volumi idrici tra i due sistemi, superficiale e sotterraneo, avviene sia orizzontalmente che verticalmente attraverso dinamiche di flusso tridimensionali estremamente complesse, ben riassunte nell'articolo *Recent advances in understanding the interaction of groundwater and surface water*, di Thomas C. Winter in *Reviews of Geophysics*, Vol. 33, No.S1, 9856994, 1995

L'interazione tra corpi idrici superficiali e sotterranei può essere descritta attraverso schemi interpretativi basati sull'integrazione dei dati morfologici con quelli dalle reti di monitoraggio piezometrica e idrometrica.

Maggiori dettagli operativi sull'analisi e stima delle interazioni sono riportati in *High-resolution in situ monitoring of flow between aquifers and surface waters* - Science Report SC030155/SR4 Environment Agency UK, 2005 e *Groundwater-surface water interactions in the hyporheic zone* Science Report SC030155/SR1, Environment Agency UK, 2005

B. METODOLOGIA DI VALUTAZIONE

L'analisi del regime idrologico è effettuata in corrispondenza di una sezione trasversale sulla base dell'Indice di alterazione così come di seguito definito.

Tale indice fornisce una misura dello scostamento del regime idrologico osservato rispetto a quello naturale che si avrebbe in assenza di pressioni antropiche.

Esso è definito in maniera differente a seconda che la sezione in cui si effettua la valutazione del regime idrologico sia dotata o meno di strumentazione per la misura in continuo, diretta o indiretta, della portata.

La serie delle portate naturali, utilizzata per definire il regime idrologico di riferimento, deve essere costituita da almeno 20 anni di dati.

Questi possono essere:

- 1) ricostruiti interamente dalla serie delle portate osservate, se questa è costituita da almeno 20 anni di dati;
- 2) parzialmente ricostruiti dalla serie delle portate osservate se questa è costituita da meno di 20 anni di dati; i restanti anni sono invece stimati mediante modellistica idrologica;
- 3) interamente stimati mediante modellistica idrologica se non si dispone di alcuna osservazione.

La stima e la ricostruzione delle portate può essere effettuata mediante diversi metodi. Un esempio di metodologia per la stima delle portate mensili è quello riportato nell'articolo *Estimation of recharge and runoff volumes from ungauged catchments in eastern Australia* di Ibrahim and I. Cordery (in *Hydrological Sciences Journal*, 40, 4, 1995).

B1. *Indice di alterazione del regime idrologico per sezione strumentata*

L'indice di alterazione è determinato mediante il confronto tra le portate mensili misurate e le corrispondenti portate mensili naturali. Queste ultime possono essere ricostruite a partire dalle portate naturali tenendo conto dei prelievi, delle immissioni, degli effetti delle regolazioni e degli effetti di opere, ovvero stimate mediante modellistica idrologica.

La definizione dell'indice di alterazione si articola in due fasi (*Fase 1, Fase 2*).

Fase 1

Si procede alla ricostruzione delle serie delle portate medie mensili naturali, indicate con $QN_{i,k}$, dove $i=1,\dots,12$ e $k=1,\dots,n$, con n numero di anni, che, come già detto, deve essere $\times 20$. A partire da tali serie si calcolano per il mese i -esimo i percentili 25% e 75%, indicati con $QN_{0.25,i}$ e $QN_{0.75,i}$, che individuano l'intervallo di riferimento della portata naturale media mensile $QN_{i,k}$.

Per il mese i -esimo dell'anno k -esimo, si calcola il valore medio sugli ultimi tre anni delle portate mensili reali:

$$Q3_{i,k} = (Q_{i,k} + Q_{i,k-1} + Q_{i,k-2})/3$$

In questo modo, si attenua l'effetto dovuto alla componente aleatoria della variabilità della portata permettendo una più significativa individuazione dell'eventuale impatto antropico.

Per le sezioni strumentate da meno di tre anni per le quali si dispone di meno di tre anni di osservazioni si procederà ad effettuare la media sui dati disponibili.

L'indice di alterazione dell'anno k -esimo è quindi definito dalla relazione:

$$IA_k = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} p_{i,k}$$

dove:

$$p_{i,k} = \begin{cases} 0 & \text{se } QN_{0.25,i} \leq Q3_{i,k} \leq QN_{0.75,i} \\ \min \left(\left| \frac{Q3_{i,k} - QN_{0.25,i}}{QN_{0.75,i} - QN_{0.25,i}} \right|, \left| \frac{Q3_{i,k} - QN_{0.75,i}}{QN_{0.75,i} - QN_{0.25,i}} \right| \right) & \text{se } Q3_{i,k} < QN_{0.25,i} \text{ o } Q3_{i,k} > QN_{0.75,i} \\ 1,5 & \text{se } Q3_{i,k} \text{ non è disponibile} \end{cases}$$

avendo indicato con $\min(\cdot)$ la funzione minimo e con $|\cdot|$ la funzione valore assoluto. La mancanza di dati mensili viene penalizzata attraverso l'assegnazione al termine $p_{i,k}$ del valore 1,5.

Sulla base del valore assunto da IA_k sarà definito il corrispondente stato del regime idrologico così come indicato nella Tabella 1 di seguito riportata. I limiti degli intervalli utilizzati per caratterizzare i differenti stati sono individuati sulla base dell'ipotesi che dallo stato ELEVATO allo stato PESSIMO lo scostamento medio annuo dall'intervallo di riferimento $[QN_{0.25,i}, QN_{0.75,i}]$ della portata mensile media sui tre anni sia non superiore rispettivamente al 5%, 15%, 30% e 50% dello stesso intervallo di riferimento.

Tabella 1: Limiti dello stato del regime idrologico per una sezione strumentata

IA_k	STATO
$0 \leq IA_k \leq 0,05$	ELEVATO
$0,05 < IA_k \leq 0,15$	BUONO
$0,15 < IA_k \leq 0,30$	MODERATO
$0,30 < IA_k \leq 0,50$	SCARSO
$IA_k > 0,50$	PESSIMO

Nel caso in cui il valore dell'indice IA_k di alterazione del regime idrologico nell'anno k evidenzia la presenza di condizioni critiche, ossia corrispondenti ad uno stato inferiore al *BUONO* ($IA_k > 0,15$), si procede alla *Fase 2*.

Fase 2

Nella *Fase 2* occorre provvedere ad un ulteriore approfondimento delle caratteristiche del deflusso basato sulla stima degli indicatori di alterazione idrologica IHA (*Indicators of Hydrologic Alterations*), costruiti sia per la serie delle portate giornaliere naturali (ricostruite) che per le portate giornaliere misurate relative all'anno in esame (*Nature Conservancy - Indicators of Hydrologic Alteration Users Manual, 2001*).

Il metodo IHA si basa sul presupposto che la portata fluviale e la relativa temporalità condizionano fortemente i processi fluviali e quindi l'integrità ecologica degli ecosistemi. Nel metodo si individuano cinque componenti critiche del regime idrologico, fondamentali per la regolazione dei processi ecologici fluviali:

1. la portata in un dato intervallo di tempo;
2. la frequenza (o tempo di ritorno) di una fissata condizione di deflusso;
3. la durata di una certa condizione di deflusso (numero di giorni in cui un fissato valore di portata viene superato, ecc.);
4. il periodo dell'anno (timing) in cui una certa condizione di deflusso si presenta;
5. la rapidità di variazione da una condizione di deflusso ad un'altra che caratterizza un certo corso d'acqua.

Ciascuna componente viene descritta da un insieme di parametri, valutabili a partire dalle serie almeno ventennali delle portate giornaliere reali e naturali.

La differenza tra parametri omologhi dedotti dalle due diverse serie, naturale e osservata, è valutata rispetto ad un range prefissato (*Range of Variability Approach* ó *RVA*), che definisce l'accettabilità dello scostamento delle condizioni attuali da quelle naturali e fornisce indicazioni per indirizzare le scelte gestionali conseguenti e valutarne l'efficacia (Richter B. D., Baumgartner J. V., Powell J., Braun D.P., *A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems*, *Conservation Biology*, Vol. 10, No. 4, August 1996, pp. 1163-1174; Richter B. D., Mathews R., Harrison D. L., Wigington R., *Ecologically sustainable water management: managing river flows for ecological integrity*, *Ecological Applications*, Vol. 13, No. 1, February 2003, pp. 206-224).

Laddove vi sia un'alterazione che comporta la fuoriuscita di alcuni parametri dal *range*, occorre individuare le cause e le misure per riportare tali aspetti in un ambito accettabile.

B2. *Indice di alterazione del regime idrologico per sezione non strumentata*

In questo caso, non disponendo di una serie di misure di portata, l'indice di alterazione è espresso come confronto tra una portata misurata *ad hoc* e la corrispondente portata naturale di riferimento. Quest'ultima è stimata mediante modellistica idrologica.

Analogamente alla sezione strumentata la valutazione del grado di alterazione si articola in due fasi (*Fase 1, Fase 2*).

Fase 1

Si procede alla stima della serie delle portate mensili naturali $QN_{i,k}$, dove $i=1,\dots,12$ e $k=1,\dots,n$, con n numero di anni ($\times 20$).

Per l'anno k -esimo si estrae il valore minimo delle portate mensili naturali non nulle $QN_{\min,k}$ ed il mese in cui tale minimo si è verificato $m_{\min,k}$, generando così la serie delle portate mensili minime annue e quella dei mesi in cui tali minimi si sono verificati.

Dalla serie delle portate mensili minime annue si determinano i percentili 25% e 75%, indicati rispettivamente con $QN_{0.25,\min}$ e $QN_{0.75,\min}$.

Dalla serie dei mesi in cui si sono verificate le portate mensili minime annue $m_{\min,k}$ si individua il mese in cui con maggiore frequenza si verifica il minimo annuo di portata mensile indicato con M_{\min} .

In tale mese dovrà essere effettuata una misura di portata $QM_{\min,k}$ assicurandosi che siano praticamente esauriti gli effetti di precedenti precipitazioni. La misura così effettuata può essere rappresentativa del valore mensile minimo.

L'indice di alterazione del regime idrologico nell'anno k -esimo, indicato con IA_k è calcolato mediante il seguente rapporto:

$$IA_k = \begin{cases} 0 & \text{se } QN_{0.25,\min} \leq QM_{\min,k} \leq QN_{0.75,\min} \\ \min \left(\left| \frac{QM_{\min,k} - QN_{0.25,\min}}{QN_{0.75,\min} - QN_{0.25,\min}} \right|, \left| \frac{QM_{\min,k} - QN_{0.75,\min}}{QN_{0.75,\min} - QN_{0.25,\min}} \right| \right) & \text{se } QM_{\min,k} < QN_{0.25,\min} \text{ ovvero } QM_{\min,k} > QN_{0.75,\min} \end{cases}$$

Sulla base del valore assunto da IA_k , in analogia a quanto effettuato per la sezione strumentata, sarà definito il corrispondente stato del regime idrologico così come indicato nella Tabella 2 di seguito riportata.

Tabella 2: Limiti dello stato del regime idrologico per una sezione non strumentata

IA_k	STATO
$0 \leq IA_k \leq 0,05$	ELEVATO
$0,05 < IA_k \leq 0,15$	BUONO
$0,15 < IA_k \leq 0,30$	MODERATO
$0,30 < IA_k \leq 0,50$	SCARSO
$IA_k > 0,50$	PESSIMO

Nel caso in cui il valore dell'indice IA_k di alterazione del regime idrologico nell'anno k evidenzia la presenza di condizioni critiche, ossia corrispondenti ad uno stato inferiore al BUONO ($IA_k > 0,15$), si procede alla *Fase 2*.

Fase 2

Nella *Fase 2* occorre provvedere al monitoraggio in continuo della portata nella sezione in esame al fine di investigare le cause che hanno determinato le condizioni di criticità.

Nella figura 1 è riportato lo schema di sintesi della metodologia sopra esposta.

Schema del metodo di valutazione del Regime Idrologico

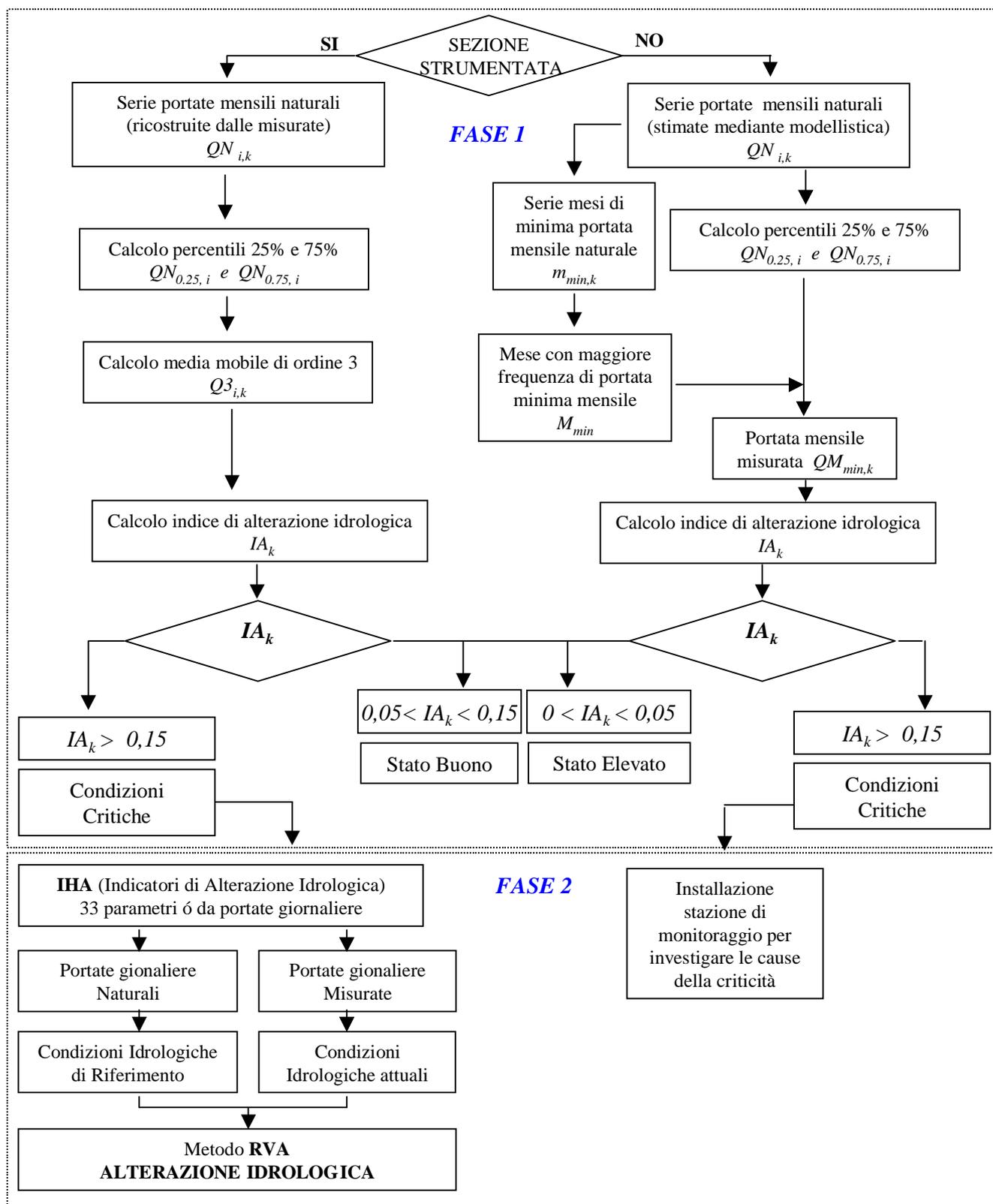


Figura 1: Schema della metodologia per la valutazione dello stato idrologico