TITOLO DEL PROGETTO: Quantificazione degli apporti di ricarica negli acquiferi dell'alta pianura Bolognese tramite End Member Mixing Analysis

DURATA: 20 mesi

Finanziato dall'Unione Europea - NextGenerationEU a valere sul Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) – Missione 4 Istruzione e ricerca – Componente 2 Dalla ricerca all’impresa - Investimento 1.1, Avviso Prin 2022 indetto con DD N. 104 del 2/2/2022, dal titolo Assessing Alpine and Apennine mountain-front recharge to Po Plain alluvial aquifers: an essential support for a sustainable management of groundwater resources (AMBRA), codice proposta 2022ZF3X85 - CUP J53D23002940001

**Breve descrizione del Progetto PRIN AMBRA in cui si inserisce il presente progetto di ricerca**

La gestione sostenibile della risorsa acqua sotterranea, sia in termini di quantità che di qualità, è fondamentale poiché essa costituisce la principale fonte di acqua potabile in molte regioni, come la pianura padana del Nord Italia. Attualmente, le acque sotterranee della pianura padana sono minacciate dai cambiamenti climatici e dal riscaldamento globale; pertanto, approfondire la conoscenza di base sui processi di ricarica degli acquiferi diventa fondamentale per affrontare adeguatamente strategie di adattamento e mitigazione. In questo contesto, il progetto AMBRA mira a migliorare la conoscenza attuale sui processi di ricarica dalle aree alpine e appenniniche alle falde acquifere alluvionali della pianura padana, aspetto trascurato dagli studi precedenti. La ricarica dalle aree montane alle falde alluvionali pedemontane è conosciuta nella recente letteratura come "mountain-front recharge" (MFR). Il MFR è composto da due componenti: (a) “superficial MFR” (sMFR), definita come l'infiltrazione di acqua proveniente dai corsi d'acqua di origine montana dopo che questi sfociano in pianura, e (b) “mountain-block recharge” (MBR), definita come il flusso di acqua sotterranea verso la falda acquifera pedemontana dal blocco montano adiacente. Le falde acquifere pedemontane sono importanti perché ospitano l'acqua sotterranea che alimenta l'intero sistema acquifero alluvionale, determinando così la linea di base iniziale sia per la quantità che per la qualità delle risorse di acqua sotterranea nell'intero bacino acquifero. L'obiettivo principale del progetto AMBRA è di quantificare le componenti di ricarica delle falde pedemontane della pianura padana, che sono essenzialmente tre: (1) sMFR, (2) MBR e (3) precipitazioni locali (LP). Queste tre componenti verranno quantificate mediante modellazione ternaria di miscelazione utilizzando (a) isotopi stabili dell'acqua e (b) il rapporto cloruro/bromuro come traccianti conservativi. Successivamente, le percentuali di contributo delle diverse componenti di ricarica calcolate dal modello di miscelazione verranno utilizzate per stimare i volumi di ricarica. La comprensione di queste componenti di ricarica sarà supportata da misurazioni del deflusso di corsi d’acqua per la stima del flusso di ricarica alle falde acquifere. Saranno prese in considerazione due aree pilota, una nelle Alpi e l'altra lungo il fronte appenninico, includendo tutte tipologie di fronte montano esistenti nella pianura padana: depositi morenici, conoidi alluvionali e substrato carbonatico.

**Descrizione dell’area pilota appenninica, oggetto delle attività dell’assegno di ricerca**

L'area pilota dell'Appennino attraversa una sezione lunga 20 km della fascia di conoidi alluvionali che interessa l'intera estensione del pedeappennino settentrionale. Le conoidi sono alimentate dai principali corsi d’acqua appenninici e hanno tutte una struttura simile, essendo orientate da sud a nord e poggianti su un substrato a grana fine costituito da argille marine plioceniche. Si assume che i depositi a grana grossolana affioranti nella parte apicale dei conoidi forniscano ricarica alle falde acquifere di pianura, sia attraverso filtrazione dal letto dei corsi d’acqua (sMFR), sia attraverso precipitazione diretta (LP). Un contributo di ricarica dal blocco montano (MBR) è improbabile nel contesto nord-appenninico a causa della bassa permeabilità del substrato argilloso, anche se questo aspetto non è mai stato investigato. Nell'area pilota sono inclusi tre conoidi depositate dai fiumi Reno, Savena e Idice, tutte ricadenti nel della Città Metropolitana di Bologna. I depositi delle conoidi hanno spessore ed estensione areale variabili a seconda delle dimensioni dei rispettivi corsi d’acqua e del sistema di deposizione associato. Le diverse architetture delle conoidi sono probabilmente in grado di influenzare i meccanismi di ricarica. Ci si aspetta anche che le dinamiche di ricarica siano influenzate dal significativo prelievo di acqua sotterranea da pozzi che avviene nell'area metropolitana dagli anni '50, influenzando notevolmente i livelli delle acque sotterranee e i percorsi di flusso.

**Metodologie impiegate nel progetto**

La tecnica principale che verrà utilizzata per definire le proporzioni delle diverse componenti di ricarica nelle falde pedemontane è la End-member Mixing Analysis (EMMA) La scelta di traccianti per i modelli di miscelazione è una combinazione di solvente (isotopi stabili dell'acqua) e soluto (rapporto Cl/Br). Il progetto intende integrare/verificare i risultati ottenuti dalla modellazione di miscelazione attraverso misurazioni differenziali del deflusso nei principali d’acqua.

Il progetto sarà composto da due fasi principali: 1) campionamento e misure di deflusso sul campo e 2) elaborazione ed interpretazione dei dati acquisiti dal campo e dalla letteratura. Il lavoro sul campo verrà effettuato durante un anno idrologico, lasciando il secondo anno del progetto per l'elaborazione e l'interpretazione dei dati. Saranno campionate quattro tipologie di punti di monitoraggio al fine di effettuare la modellazione di miscelazione ternaria: (1) campioni di acqua sotterranea dalle falde pedemontane, che rappresentano i dati sperimentali dello studio focalizzato sul bacino, (2) campioni da fiumi e corsi d'acqua montani, che rappresentano l'estremo per sMFR, (3) campioni da sorgenti montane e/o acque sotterranee, che rappresentano l'estremo per MBR, e (4) campioni di pioggia pedemontana, che rappresentano l'estremo per LP. La frequenza di campionamento varierà a seconda del tipo di punti di monitoraggio. Le falde pedemontane saranno campionate due volte durante l'anno monitorato in due stagioni diverse. La stessa frequenza di campionamento sarà utilizzata per i campioni che rappresentano l'estremo MBR (sorgenti montane e/o acque sotterranee). Una frequenza più alta sarà applicata per i campioni che rappresentano l'estremo sMFR (fiumi e corsi d'acqua montani) poiché ci si aspetta una maggiore variabilità stagionale nelle acque superficiali: questi campioni saranno raccolti ogni due mesi, cioè su sei campagne di campionamento durante l'anno monitorato. I campioni che rappresentano l'estremo LP (acque piovane pedemontane) saranno raccolti in modo continuo durante l'anno monitorato attraverso raccoglitori di pioggia ottenendo campioni cumulativi; i campioni saranno raccolti con una cadenza compresa tra uno e quattro mesi, a seconda della quantità di precipitazioni (una stima è di circa 8 campioni nell'anno monitorato).

Per quanto riguarda l'area pilota dell'Appennino, saranno considerati punti di monitoraggio nella seguente numerosità: 15 pozzi nelle falde alluvionali pedemontane, 5 punti che rappresentano l'estremo MBR (sorgenti/pozzi), 3 stazioni che rappresentano l'estremo sMFR (su 3 diversi fiumi, ovvero Reno, Savena e Idice), 2 raccoglitori di pioggia. I punti di monitoraggio saranno possibilmente individuati all'interno della rete di monitoraggio delle Agenzie Regionali per la Protezione Ambientale (ARPA) e/o della rete di approvvigionamento idrico potabile gestita dalle aziende locali di approvvigionamento idrico, al fine di sfruttare la disponibilità di dati pregressi per questi pozzi/sorgenti.

La misurazione sul campo del deflusso dei fiumi/corsi d'acqua sarà effettuata utilizzando un Profilatore Correntometrico Acustico Doppler Teledyne® StreamPro™, oppure un Velocimetro Acustico Doppler Portatile (ADV) SonTek® FlowTracker™. Le misurazioni del deflusso saranno effettuate con una frequenza di due mesi, insieme alla raccolta di campioni di fiumi/corsi d'acqua.

Per quanto riguarda l'elaborazione dei dati acquisiti dal lavoro sul campo, saranno eseguiti modelli di miscelazione ternaria utilizzando il pacchetto open-source R chiamato MixSIAR, che è in grado di eseguire modelli di miscelazione bayesiani, più adatti per affrontare la propagazione e la gestione degli errori. Un punto chiave nell'elaborazione dei dati è che le percentuali di contributo (R, in %) delle diverse componenti di ricarica (cioè RMBR, RsMFR e RLP), calcolate dal modello di miscelazione, saranno utilizzate per stimare i volumi di ricarica (Q, in m³/anno) di ciascuna componente di ricarica nelle falde pedemontane (cioè QMBR, QsMFR e QLP). Questo metodo comporta il calcolo iniziale del volume di ricarica relativo alle precipitazioni locali (QLP), cioè la stima delle precipitazioni effettive che ricaricano l'acquifero utilizzando serie di dati provenienti da stazioni di monitoraggio a lungo termine delle precipitazioni, della temperatura dell'aria, ecc., valutando l'evapotraspirazione utilizzando metodi convenzionali (equazioni Turc o Thornthwaite). Successivamente, in conformità con la legge di conservazione della massa della modellazione di miscelazione ternaria (cioè RMBR + RsMFR + RLP = 1), da cui risulta che le percentuali di contributo sono correlate al volume totale di ricarica (cioè RMBR = QMBR / QTOT, RsMFR = QsMFR / QTOT, RLP = QLP / QTOT), è possibile stimare il volume di ricarica di tutte le componenti (QTOT, QMBR e QsMFR), se una di esse è nota (QLP). La stima del volume di ricarica da sMFR (QsMFR) verrà quindi confrontata/verificata con il flusso di ricarica dai corsi d'acqua alle falde acquifere derivato dalle misurazioni del deflusso ADCP sui fiumi/corsi d'acqua monitorati.

**Attività dell’Assegnista**

L’Assegnista condurrà le seguenti attività durante il contratto di 20 mesi:

-Selezione dei punti di monitoraggio per l'area pilota dell'Appennino sulla base della conoscenza preliminare della regione.

-Campionamento di acqua nei punti di monitoraggio individuati, seguendo il programma di campionamento indicato nel progetto.

-Supporto alle misurazioni di deflusso nei fiumi che saranno condotte in prima battuta da un consulente esterno.

-Supporto all'interpretazione dei dati, con particolare attenzione all'applicazione dei modelli di miscelazione e alla stima dei volumi di ricarica.

-Supporto all'elaborazione di un modello concettuale finale che riassuma le nuove conoscenze sviluppate dal progetto: quali sono le fonti di ricarica delle falde pedemontane della pianura padana e quale quantità e qualità dell'acqua queste fonti di ricarica apportano alle falde.

-Partecipazione alle attività di disseminazione dei risultati del progetto, come conferenze scientifiche e/o workshop, pubblicazioni scientifiche, canali sui social media (Facebook/Linkedin e altri) per la disseminazione in tempo reale.