

APPLICARE I DATI DI OSSERVAZIONE DELLA TERRA ALLA GESTIONE DELLA RISORSA IDRICA

Le public utilities possono avvantaggiarsi in svariate applicazioni dell'utilizzo di dati provenienti dai satelliti di osservazione della Terra (Earth Observation, EO), che possono facilitare il raggiungimento dei target di sviluppo sostenibile. Le opportunità riguardano non solo il settore delle fonti rinnovabili, quindi l'energia solare, l'energia eolica, l'idroelettrico, ma anche le reti di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica e il servizio idrico. In questo Mini Book vengono approfondite le possibili applicazioni dell'osservazione della Terra alla gestione della risorsa idrica.

In Italia, l'utilizzo dei dati EO è già diffuso tra gestori del servizio idrico, sia di grandi che piccole dimensioni, e consorzi, che affrontano le numerose sfide del settore con il loro ausilio. Il programma Copernicus, per esempio, è rende forse il servizio più noto, possedendo un'infrastruttura di dati "aperta", benché abbia dato anche origine a imprese private che offrono prodotti e servizi per supportare le decisioni in vari settori, tra cui quello idrico. Gli utilizzatori del programma possono sfruttare l'architettura *open source* che ha eliminato il problema delle barriere all'entrata per le imprese in fondo alla catena del valore, ora libere di utilizzarne i servizi. Oltre a programmi con dati pubblici *open source*, sono state realizzate anche costellazioni di satelliti da imprese private.

Stando all'International Water Associations (2024)¹ la Direttiva Quadro sulle Acque, la Strategia Digitale, il Green Deal Europeo, il Programma Spaziale Europeo e la componente Copernicus vi sono vari aspetti da tenere in considerazione per l'applicazione di strumenti di EO per una migliore gestione dell'acqua. La direttiva Quadro sulle Acque dell'UE (WFD), che include disposizioni sulla gestione e il monitoraggio della gestione idrica, non ha incluso un riferimento esplicito alle potenzialità e all'uso di osservazione della Terra, tagliando fuori anche le potenziali integrazioni con altre politiche europee. Nonostante le limitazioni tecniche e normative esistenti, i servizi satellitari possono comunque diventare strumenti efficaci e affidabili per assistere le autorità e i gestori idrici.

¹ International Water Association (2024). Untapping the Potential of Earth Observation and Digital Technologies for Improved EU Water Policies. https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2024/05/IWA_PrimeWater_policy_2024.pdf

Per Garcia et al., (2016)² i tipi di dati EO utili alla gestione della risorsa idrica sono: precipitazioni, temperatura, evapotraspirazione, flusso, velocità del vento, umidità del suolo, indice di vegetazione differenziale normalizzato, ricarica e livello delle acque sotterranee, acque superficiali, copertura di neve o ghiaccio, acqua equivalente a neve o ghiaccio, cambiamento di uso del suolo, pompaggio e cambiamento delle acque sotterranee, subsidenza del suolo, elevazione e qualità dell'acqua. Nello studio vengono anche elencate le sfide del settore idrico che possono essere supportate dall'impiego del *remote sensing* (RS).

La prima sfida riguarda la scarsità d'acqua: le informazioni si concentrano su copertura nevosa ed equivalente in acqua, stime satellitari delle precipitazioni in tempo reale e le previsioni del deflusso fluviale. In quest'ultimo caso, per i fiumi di grandi dimensioni, i dati altimetrici sono stati incrociati con quelli idrologici per prevedere i regimi di flusso a valle, emettere avvisi di alluvione e gestire l'allocazione e le operazioni idriche. Allo stesso modo le osservazioni di umidità del suolo possono fornire indicazioni sulla quantità di irrigazione necessaria ma anche valutare il rischio di alluvioni. Questi dati possono aiutare i gestori idrici nel comprendere le dinamiche di pompaggio delle acque sotterranee in aree agricole, l'impatto delle politiche idriche attuate e l'impatto delle modifiche apportate ai sussidi energetici per il pompaggio.

La seconda sfida riguarda la qualità dell'acqua, condizione che dipende dalla mancanza o dalla scarsa qualità dei servizi di approvvigionamento idrico e igienico-sanitari, dalle pratiche di utilizzo del territorio, dalle attività industriali e da problemi di gestione dei contaminanti naturali. Le applicazioni di EO riguardano il monitoraggio per valutare l'impatto delle politiche di gestione dei bacini fluviali e delle pratiche di utilizzo del territorio sull'ambiente e sulle acque di superficie, il monitoraggio della probabilità di fioriture algali e di altre minacce alla qualità dell'acqua per i sistemi di approvvigionamento idrico.

La terza sfida riguarda il monitoraggio delle variabili idrometeorologiche e ambientali per documentare gli effetti dei cambiamenti climatici. In questo caso, un buon monitoraggio permette di identificare i cambiamenti nelle variabili meteorologiche e attribuirne le cause, valutare gli impatti sulle variabili e sulle dinamiche idrologiche e comprendere i cambiamenti osservati nei bilanci idrici regionali e nella disponibilità delle risorse idriche.

Altro fattore di analisi sono gli eventi estremi come siccità e allagamenti, la quarta sfida: dati di EO possono essere utili per monitorare la dimensione fisica della siccità, per valutare pericoli di allagamento, per monitorare piccole pozze d'acqua, per ricavare l'indice di salute della vegetazione. Mentre stime delle precipitazioni satellitari possono essere utilizzate per ricavare un

² Garcia, L. E., Rodriguez, D. J., Wijnen, M., & Pakulski, I. (2016). Earth Observation for Water Resource Management: Current Use and Future Opportunities for the Water Sector. World bank Group. 10.1596/978-1-4648-0475-5

indice di soddisfazione del fabbisogno idrico, l'uso congiunto efficiente delle acque superficiali e sotterranee, che è la quinta sfida, offre l'opportunità di gestire in maniera sostenibile flussi superficiali variabili anche in regioni con falde acquifere gravemente sovrasfruttate. Stimare l'evapotraspirazione poi può aiutare a quantificare le estensioni irrigate, l'uso consumistico dell'acqua e la produttività idrica delle colture. Le stime di umidità del suolo e dell'evapotraspirazione possono essere utilizzate per informare sullo stato dei campi, mentre le stime del livello dell'acquifero regionale possono essere utilizzate per i modelli regionali delle acque sotterranee. Come sesta sfida, gli autori hanno analizzato il legame tra energia, cibo e acqua, valutando come il telerilevamento dell'evapotraspirazione sia capace di fornire informazioni preziose sull'impatto che le variazioni dei sussidi o dei prezzi dell'energia hanno sull'uso delle risorse idriche o sulle decisioni di allocazione in situazioni di scarsità di energia a causa di esigenze concorrenti per l'acqua.

Un'altra sfida riguarda il monitoraggio e la valutazione dell'impatto delle attività umane, delle nuove infrastrutture, delle politiche e delle normative sull'ambiente. Monitorare i cambiamenti nella copertura del suolo dopo l'attuazione di progetti di crescita verde o l'adozione di determinate politiche, così come il monitoraggio dei cambiamenti nelle variabili idrologiche, può fornire informazioni preziose per la pianificazione territoriale.

L'ottava sfida analizzata dagli autori è quella finanziaria. Una migliore governance richiede un monitoraggio più trasparente, mentre elaborazione e interpretazione dei dati necessitano di finanziamenti, benché molti dati di remote sensing (RS) siano gratuiti: investimenti ad hoc su raccolta e analisi dati EO dunque possono migliorare significativamente il monitoraggio delle risorse idriche.

La nona sfida riguarda la governance e il quadro istituzionale: il RS può far luce su questioni di trasparenza dei dati e di controllo delle informazioni.

L'ultima sfida si riferisce al valore del telerilevamento come strumento per misurare indirettamente gli stati idrologici di un bacino anche al di là dei confini nazionali e per verificare le informazioni condivise. Questo può aiutare tutti gli attori a comprendere le dinamiche delle risorse, perché la condivisione dei dati e il monitoraggio periodico servono a realizzare accordi di collaborazione.

In Nereus (2018)³ sono espone le storie delle applicazioni dei satelliti EO Copernicus. Sono state selezionate 5 casi in cui la costellazione e i dati forniti hanno avuto un impatto sul settore idrico.

³ NEREUS, European Space Agency & European Commission, (Eds.). (2018), the ever Growing use of copernicus across Europe's Regions: a selection of 99 user stories by local and regional authorities, 277.
<https://www.copernicus.eu/sites/default/files/2018-10/copernicus4regions.pdf>

Oltre a queste applicazioni è fornito il caso di Ulyssys Water Quality Viewer (UWQV).

Il monitoraggio e la comprensione della qualità dell'acqua nelle acque costiere e interne

Zlinszky et al., (2017)⁴ hanno descritto UWQ come uno script personalizzato di Sentinel Hub EO, realizzato per il monitoraggio e la comprensione della qualità dell'acqua nelle acque costiere e interne. Questo è stato progettato per la visualizzazione qualitativa della clorofilla acquatica e delle concentrazioni di sedimenti sospesi. I dati sono stati forniti dai satelliti Sentinel-2 e Sentinel-3, che sono stati sfruttati per la comprensione dei processi di qualità dell'acqua. Questo sistema di visualizzazione è facile da usare e da interpretare anche per gli utenti non scientifici.

Il monitoraggio delle reti idriche e fognarie

Massimi et al., (2018)⁵ hanno evidenziato l'utilità del monitoraggio satellitare con il caso di MM SpA, società di gestione del Servizio Idrico Integrato e delle Acque Reflue del Comune di Milano, che per identificare possibili movimenti superficiali causati da difetti strutturali del suo collettore si è avvalsa della piattaforma Rheticus e del servizio di geoinformazione Rheticus Displacement, basato sull'elaborazione di dati interferometrici dei satelliti Sentinel. Il servizio ha identificato 50 punti con movimenti sub-verticali sensibili su 24 strade a traffico intenso. Il dato Copernicus ha permesso di individuare i punti in cui le perdite sono più probabili e a dare priorità alle squadre di intervento. I rilievi satellitari hanno consentito di: misurare deformazioni superficiali millimetriche, studiare l'evoluzione degli spostamenti nel tempo eseguire tendenze periodiche, determinare la velocità di spostamento orizzontale e verticale dei punti, eseguire analisi multiscala e integrare altre fonti di dati. L'interferometria radar satellitare si è rivelata il metodo di indagine più accurato e conveniente per prevenire e rilevare potenziali guasti alle fognature.

Informare i gestori sulla quantità e qualità dell'acqua

Secondo Latorre et al., (2018)⁶ la tecnologia di monitoraggio spaziale è molto apprezzata dai

⁴ Zlinszky, A., & Padányi-Gulyás, G., (2020). Ulyssys Water Quality Viewer Technical Description Supplementary. 10.20944/preprints202001.0386.v1

⁵ Massimi, V., Foreza G., & Aliscioni, A. (2018). Monitoring the health of water and sewerage networks, in NEREUS/ESA/EC (Eds.), The Ever Growing use of Copernicus across Europe's Regions (pp.246-247). <https://www.copernicus.eu/sites/default/files/2018-10/copernicus4regions.pdf>

⁶ Latorre Aravena, C. P., Fuhren, H., Tzimas, A., & Romas, E. (2018). Informing water managers in Sardinia, in NEREUS/ESA/EC (Eds.), The Ever Growing use of Copernicus across Europe's Regions (pp.172-173). <https://www.copernicus.eu/sites/default/files/2018-10/copernicus4regions.pdf>

gestori delle acque come dimostrato con il caso Mulargia del progetto SPACE-O. Il Mulargia è un bacino idrico della Sardegna, che comprende tre bacini fluviali e che è minacciato da un'ampia varietà di sfide, come siccità, inondazioni, inquinamento diffuso e deforestazione, che incidono sulla qualità dell'acqua. Il gestore della rete idrica, responsabile del monitoraggio operativo, della pianificazione giornaliera e della pianificazione strategica, grazie alle missioni satellitari Copernicus Sentinel-2A/B e Landsat 8 e a dati EO, non misurabili da terra, è stato in grado di misurare specifici indicatori di qualità e quantità dell'acqua. Questi riguardano la Clorofilla-a, la torbidità e la fioritura di alghe nocive, la temperatura della superficie dell'acqua, l'evaporazione e i materiali galleggianti. Sulla base dei dati EO è stato così realizzato uno strumento informatico di supporto alle decisioni, che comprende un sistema informativo per la gestione dei bacini idrici e quindi in grado di realizzare previsioni di quantità e qualità dell'acqua a breve e medio termine, oltre che un sistema di allerta precoce e di ottimizzazione degli impianti di trattamento delle acque.

Dati di osservazione della Terra per la legittimità dei prelievi di acqua

De Michele et al., (2018)⁷ hanno evidenziato come monitoraggio delle aree irrigate e dei volumi estratti su base sistematica e un migliore orientamento delle ispezioni sul campo volte a valutare la conformità con le assegnazioni legali di acqua, garantiscano la legittimità dei prelievi di acqua irrigua autodichiarati e salvaguardino il rispetto delle restrizioni idriche stabilite durante le fasi di siccità. Una serie temporale di mappe di Normalised Difference Vegetation Index (NDVI) è stata realizzata utilizzando i dati Sentinel-2A e Sentinel-2B, ottenendo modelli di crescita della vegetazione e verificando che la curva di crescita sia legata all'apporto di acqua. Sovrapponendo lo strato informativo delle particelle catastali registrate e la mappa classificata, sono state identificate le aree prive di autorizzazioni idriche permettendo ai gestori idrici di ottimizzare l'individuazione dei prelievi non autorizzati in vari Consorzi di Bonifica. In conclusione, è stato possibile ottenere un'equa redistribuzione dei costi legati all'uso delle risorse idriche e dei benefici economici e ambientali per la comunità locale.

EOMORES

⁷ De Michele, C. Bolognesi, S. F., & Belfiore, O. O. (2018). Earth observation data to detect irrigated areas: an application in southern Italy, 2018, in NEREUS/ESA/EC (Eds.), The Ever Growing use of Copernicus across Europe's Regions (pp.50-51). <https://www.copernicus.eu/sites/default/files/2018-10/copernicus4regions.pdf>

Bresciani et al., (2018)⁸ hanno mostrato come EOMORES (Earth Observation-Based Services for Monitoring and Reporting of Ecological Status) risponda alle esigenze di autorità nazionali, regionali e degli enti privati di trovare un metodo efficiente per monitorare la qualità delle acque interne e costiere. Il monitoraggio dallo spazio delle vie navigabili interne è diventato possibile grazie alla disponibilità di dati satellitari gratuiti e aperti di Copernicus. La garanzia di disponibilità dei dati a lungo termine ha reso possibile la creazione di servizi operativi commerciali, mentre la migliore risoluzione spaziale e il tempo di rivisitazione sono adatti per discernere i cambiamenti nella qualità dell'acqua nella maggior parte dei laghi europei. Nell'ambito di EOMORES, i dati di Sentinel 2 e 3 sono stati acquisiti ed elaborati automaticamente per fornire parametri di qualità dell'acqua rilevanti come clorofilla-a, materia sospesa totale, torbidità, materia organica disciolta colorata, copertura e tipo di vegetazione, fioritura di cianobatteri e temperatura superficiale dell'acqua.

Riparazione delle tubature

Sørensen et al., (2018)⁹ hanno analizzato i movimenti verticali del suolo in una regione della Danimarca centrale grazie ai dati di Copernicus Sentinel-1 sotto l'egida di una collaborazione locale intersettoriale tra il Comune di Lemvig e l'azienda di servizi pubblici di Lemvig. Analizzando locali subsidenze del suolo è possibile intervenire per la riparazione di tratti di fognatura degradati ottimizzando gli interventi di manutenzione e i relativi costi: in questo modo, gli investimenti possono essere mirati per evitare costi eccessivi per le sostituzioni e riparazioni. Questa metodologia di indagine è stata integrata pienamente nella pianificazione urbanistica. Per il Comune di Lemvig l'uso dei dati EO ha permesso una riduzione dei costi di intervento nel settore idrico a beneficio di tutti gli attori della filiera. L'uso dei dati EO è stato integrato nei piani strategici del Comune e dell'azienda di gestione del servizio.

Prospettive per il futuro

Secondo IWA (2024)¹⁰ l'integrazione dei dati EO nel settore idrico è di rilevante importanza. Per consentire ciò è fondamentale supportare l'attività del programma Copernicus, riqualificare la

⁸ Bresciani, M., Giardino, C., & Hommersom, A. (2018). A view of your inland waterways from space, 2018, in NEREUS/ESA/EC (Eds.), The Ever Growing use of Copernicus across Europe's Regions (pp. 166-167). <https://www.copernicus.eu/sites/default/files/2018-10/copernicus4regions.pdf>

⁹ Sørensen, C., Hølegaard, L. N., & Damgaard, T. (2018). Don't pour money down the drain – fix it!, 2018, in NEREUS/ESA/EC (Eds.), The Ever Growing use of Copernicus across Europe's Regions (pp.168-169). <https://www.copernicus.eu/sites/default/files/2018-10/copernicus4regions.pdf>

¹⁰ International Water Association (2024). Untapping the Potential of Earth Observation and Digital Technologies for Improved EU Water Policies. https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2024/05/IWA_PrimeWater_policy_2024.pdf

forza lavoro, realizzare uno spazio dati comune a livello europeo, ad oggi inesistente per il settore idrico, e investire nel settore spaziale. ESA e Commissione europea hanno già fissato ulteriori missioni satellitari che forniranno nuovi dati. Up-skilling e re-skilling nel settore idrico sono fondamentali per sfruttare al meglio le tecnologie di EO.

Ad oggi, è necessaria una maggiore integrazione di queste tecnologie nelle politiche idriche comunitarie¹¹, manca infatti una terminologia coerente delle definizioni chiare di digitalizzazione, una guida tecnologica e uno standard per il monitoraggio.

Da questo punto di vista, l'International Water Association ha proposto alcune raccomandazioni per i decisori politici riguardo l'utilizzo dei dati di osservazione della Terra nel settore idrico. Innanzitutto bisogna adottare un approccio olistico alla gestione dell'acqua: la Direttiva quadro sulle acque, per esempio, dovrebbe includere l'armonizzazione e gli orientamenti sulle tecnologie e le applicazioni digitali. Bisognerebbe poi sostenere e promuovere innovazione e sostenibilità nel settore idrico europeo, investendo nella ricerca e nello sviluppo delle tecnologie EO e delle soluzioni applicate al settore idrico, oltre a puntare allo sviluppo di competenze digitali della forza lavoro del settore idrico.

Nel prossimo futuro il mercato obbligatorio dei crediti di carbonio (ETS) potrebbe includere anche il settore idrico. In quest'ottica, i dati di RS possono contribuire ad una corretta valutazione dell'emissione dei crediti sostenendo l'affidabilità del mercato¹². Monitoraggio, rendicontazione e verifica sono le fasi che servono a misurare la riduzione dell'anidride carbonica per l'emissione dei crediti di carbonio. Utilizzando soluzioni basate su dati EO, per esempio, può migliorare significativamente il grado di trasparenza, accuratezza ed efficienza nella misurazione e tracciamento delle emissioni e il relativo impatto dei progetti di compensazione. In questo senso, i programmi del settore idrico sul mercato volontario, potrebbero essere supportati proprio dai dati EO, con un beneficio diffuso per tutti gli attori della filiera e incoraggiando la fiducia tra gli stakeholder.

Un'altra possibile frontiera di applicazione dei dati EO è rappresentata dai dati riguardanti le fonti energetiche, da utilizzare per l'autoproduzione di energia¹³. In Italia il settore idrico

¹¹ Stein, U., Bueb, B., Englund, A., Elelman, R., Amorsi, N., Lombardo, F., Corchero, A., Brékiné, A., Aquillar, F. L., & Ferr, M. (2022). Digitalisation in the water sector: Recommendations for policy developments at EU level. Publications Office of the European Union. 10.2848/915867.

¹² Thomas, E., Barstow, C., MacDonald, L., Ecklu, J., Fankhauser, K., & Johnson, A., (2024). Decarbonizing Water: Applying the Voluntary Carbon Market toward Global Water Security. <https://castalia-advisors.com/decarbonizing-water-applying-the-voluntary-carbon-market-toward-global-water-security/>

¹³ Stucchi, L., Aiello, M., Gargiulo, A., & Brovelli, M. A. (2021). Copernicus And The Energy Challenge, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 189–196. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVI-4-W2-2021-189-2021>

dovrebbe raggiungere il target del 100% di energia rinnovabile autoprodotta entro il 2045. I dati derivanti dall'osservazione della Terra supporterebbero il raggiungimento di questo obiettivo attraverso la stima del potenziale energetico per trovare i siti di produzione migliori¹⁴.

Il Mini Book è la pubblicazione mensile della Fondazione Utilitatis che espone temi rilevanti, in particolare per i settori idrici e ambientali.

La Fondazione Utilitatis promuove la cultura e le *best practice* della gestione dei Servizi Pubblici Locali tramite l'attività di studio e ricerca, e la divulgazione di contenuti giuridici, economici e tecnici.

¹⁴ Berardi, D., Signori, F., Traini, S., & Vigato, Z. (2024). MTI-4. Sicurezza degli approvvigionamenti, riuso e acque meteoriche entrano nella tariffa idrica. Laboratorio Ref Ricerche. <https://laboratorioref.it/mti-4-sicurezza-degli-approvvigionamenti-riuso-e-acque-meteoriche-entrano-nella-tariffa-idrica/>