

REPORT

Scenari climatici e adattamento

Il ruolo delle utility nella
siccità

Ottobre 2023

Il presente Rapporto è stato redatto da



in collaborazione con:



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile

Andrea Duro, Mario Barbani, Emanuela Campione, Cinzia Conte, Emilio De Francesco, Luca Delli Passeri, Flavia Massimi (Sezione 2)



Claudia Brunori, Franco Catalano, Alessandro Dell'Aquila, Giovanna Pisacane, Gianmaria Sannino (Sezione 1)

Luigi Petta e Gianpaolo Sabia (Sezione 3.3.1)

Si ringraziano inoltre: Emanuela Piervitali di Ispra, Fabio Monaco, Andrea Ponta e Ivan Sarti di ACDA, Camillo Palermo di ASA Livorno e Massimo Cornaviera di Viveracqua.

Fondazione Utilitatis pro acqua energia ambiente
Piazza Cola di Rienzo, 80/A – 00192 Roma
Tel. (+39) 06 68300142
utilitatis@utilitatis.org
www.utilitatis.org

Indice

Introduzione	5
Messaggi Chiave	6
1. Il ciclo idrologico e le sue componenti	7
1.1 Cambiamenti osservati rispetto allo stato di riferimento.....	9
1.1.1 L'ambiente abitato dall'uomo: come stanno cambiando le componenti del ciclo idrologico e quali impatti sono già visibili.....	9
1.2. Impatti delle variazioni osservate del ciclo idrologico sui principali settori socio-economici: il bacino del Mediterraneo e l'Italia.....	11
1.3 Definizione degli scenari climatici.....	13
1.4 Proiezioni modellistiche di cambiamento climatico.....	15
1.4.1 Essential Climate Variables (ECVs).....	16
1.4.2 Indicatori di scarsità della risorsa idrica.....	19
2 Le crisi idriche tra cambiamenti climatici e criticità strutturali	21
2.1 Le cause delle crisi idriche in Italia.....	21
2.2 La crisi idrica 2022-2023 e l'attività di monitoraggio.....	24
2.2.1 L'analisi delle precipitazioni.....	25
2.2.2 L'analisi delle temperature.....	27
2.2.3 Disponibilità idrica superficiale e sotterranea.....	29
2.2.4 Valutazione dell'equivalente idrico della neve.....	29
2.3 Attività del gruppo tecnico per le previsioni mensili e stagionali.....	31
2.4 Variazioni nel tempo delle severità idriche valutati dagli Osservatori Permanenti sugli Utilizzi idrici.....	31
2.5 Le misure di mitigazione della crisi idrica.....	33
2.6 Dichiarazione dello stato di emergenza e ordinanze della Protezione Civile.....	33
2.7 Punti di forza e di debolezza per un futuro con meno crisi idriche.....	38
3 Le infrastrutture del settore idrico italiano	40
3.1 L'approvvigionamento idrico.....	40
3.2 Il trattamento delle acque.....	45
3.3 Fognatura e depurazione.....	48
3.3.1 Il potenziale di riutilizzo regionale delle acque reflue trattate.....	51

4	Interventi e investimenti per fronteggiare gli effetti dei cambiamenti climatici	57
4.1	Gli investimenti dei gestori industriali	57
4.2	Gli investimenti per la qualità del servizio	59
4.3	Investimenti per tipologia	61
4.4	Gli interventi previsti dal PNRR per il settore idrico	63
4.5	Piano Nazionale di Interventi Infrastrutturali e per la Sicurezza nel Settore Idrico	67
4.6	Esempi di misure di adattamento durante fasi siccitose	67
5	Il futuro del servizio idrico e i cambiamenti climatici	71
5.1	La gestione della risorsa e le misure di adattamento	71
5.2	Azioni da mettere in campo per contrastare gli effetti dei cambiamenti climatici	75

Bibliografia

Materiale supplementare

Introduzione

a cura del Prof. Antonio Massarutto (DIES Università di Udine)

Il 2022 è stato l'anno meno piovoso di sempre. In Italia, l'agricoltura ha subito un calo della produzione del 10%, con punte del -45% per il mais e i foraggi e del 30% per il riso (fonte: Coldiretti). La produzione idroelettrica è passata dai 69 GWh del 2021 a soli 38 (-37,7%, fonte: Terna). Per il servizio idrico integrato (SII), l'esperienza ci dice che, tutto sommato, nonostante che si sia temuto il peggio, il sistema in generale ha tenuto. In ben 1.703 comuni sono stati segnalati livelli di criticità che per 1.132 comuni hanno raggiunto il livello 3, con conseguente necessità di approntare sistemi di approvvigionamento di emergenza. Nonostante ciò, i disagi sono stati limitati. Qualche ordinanza di divieto di utilizzo dell'acqua outdoor (lavaggio auto, irrigazione orti e giardini), qualche autobotte per rifornire i comuni più isolati, appelli alla popolazione a limitare gli usi non necessari. Ma nessuno è rimasto a secco. La popolazione ha risposto in modo disciplinato, contenendo i consumi in modo anche significativo; benché non si possa generalizzare, è un chiaro indizio che siamo abituati a largheggiare – non per nulla il nostro consumo pro-capite è il più alto d'Europa – ma con un po' di attenzione e senza particolari rinunce, lo spazio per ridurlo c'è.

Sarebbe tuttavia errato trarre da questa esperienza positiva la conclusione che, in fondo, non c'è da preoccuparsi. Il ripetersi di eventi un tempo ritenuti eccezionali ogni pochi anni suggerisce infatti che si tratta di un fenomeno sempre più endemico e inevitabile per effetto dei cambiamenti climatici. Se non è il caso di drammatizzare, è però il caso di farsi trovare pronti. Se qualcosa abbiamo imparato dalle recenti emergenze idriche e non solo, è che l'impatto delle bizze del clima è tanto più elevato quanto meno siamo preparati a governarne gli effetti. L'Italia non sta certo diventando simile alla California o ad Israele; certo però che il nostro modello di approvvigionamento idrico, favorito dal clima temperato e soprattutto dalle nostre montagne, si rivela vulnerabile. Le reti italiane sono infatti frammentate, assai poco interconnesse, per lo più alimentate da risorse locali (sorgenti, falde) che possono facilmente andare in crisi quando di acqua ce n'è anche un po' meno del solito. Se questa è – anche – una delle ragioni per cui l'acqua in Italia costa così poco, è però necessario adattare il sistema per renderlo più flessibile e resiliente.

Il rapporto contenuto in queste pagine mostra che il sistema di gestione dei servizi idrici in Italia è pronto e all'altezza della sfida. Ha consapevolezza degli elementi tecnici che occorre migliorare; ha imparato la logica del risk-management e un approccio strategico. Ha una conoscenza molto più approfondita delle sue reti e del suo sistema di approvvigionamento, è in grado di approntare soluzioni sia nell'immediato che più strutturali, mobilitando le risorse necessarie. Una prova ulteriore, se mai serviva, di quanto necessaria fosse la modernizzazione in senso industriale del nostro sistema di gestione, che oggi finalmente inizia a dare i suoi frutti.

Messaggi Chiave

Gli effetti dei cambiamenti climatici sul ciclo idrologico sono ormai evidenti. Gli scenari futuri, disegnati per l'hot spot climatico del Mediterraneo, vedono variazioni in intensità e distribuzione delle precipitazioni, un aumento dell'evapotraspirazione, una diminuzione dell'umidità del suolo e una maggiore frequenza di eventi siccitosi che possono minacciare la disponibilità idrica del futuro. Partendo dall'ultima grave crisi che ha colpito il nostro Paese, questo Rapporto vuole analizzare lo stato delle infrastrutture idriche italiane, gli investimenti nel settore e le azioni di breve e lungo termine da mettere in atto per uscire dalla logica dell'emergenza e pianificare un futuro in cui sia possibile garantire la disponibilità della risorsa idrica tutelando al contempo l'ambiente.



Durante l'estate del 2022 in 9 regioni è stato dichiarato lo **stato di emergenza** che ha visto lo stanziamento di 56 milioni di euro per mettere in campo misure e interventi urgenti con il fine di limitare i disagi per la popolazione e le attività economiche. L'esperienza della recente crisi idrica rende necessaria l'integrazione di misure di breve termine, mirate alla mitigazione degli impatti, con interventi che abbiano un orizzonte temporale più lungo e che siano orientati al miglioramento del grado di resilienza dei sistemi di approvvigionamento.



Aumentare la capacità di invaso: In Italia sono censiti 532 grandi invasi per un volume potenziale invasabile pari a 13,7 miliardi di metri cubi d'acqua, ma la capacità autorizzata è pari a circa 11,8 miliardi di metri cubi. È necessario, laddove possibile, superare gli ostacoli tecnici e autorizzativi per recuperare circa 1,9 miliardi di metri cubi d'acqua, ma anche investire in nuovi invasi e serbatoi, anche interconnessi, con il fine di immagazzinare la maggior quantità d'acqua possibile e favorirne l'uso plurimo.



Differenziare l'approvvigionamento: la dissalazione, pur contribuendo soltanto allo 0,1% degli apporti idropotabili nazionali, si offre come valida tecnologia di supporto, soprattutto in quei contesti dove l'acqua dolce non è disponibile. Andrebbe completato e dimensionato il parco impiantistico delle isole minori, e servite le zone minacciate dalla risalita del cuneo salino. L'interconnessione delle reti, inoltre, è un ulteriore strumento per diversificare gli approvvigionamenti, rendendo condivisibili anche tra zone remote e in tempi differiti le risorse idriche a livello sovra-regionale.



Riutilizzare le acque della depurazione: il parco dei depuratori italiani conta almeno 3.678 impianti. Il completo riutilizzo delle acque reflue depurate per fini agricoli, consentirebbe di sfruttare 5,8 miliardi di metri cubi di acqua, considerando la totalità degli impianti italiani, e 4,2 miliardi di metri cubi di acqua, considerando soltanto i più grandi impianti dotati di trattamenti avanzati.



Superare le procedure di infrazione: è necessario incrementare gli investimenti in depurazione, soprattutto al Sud Italia (fermi negli ultimi anni a circa 18 €/ab contro una media nazionale di 24€/ab), non solo per il superamento delle procedure di infrazione ma anche e soprattutto per la possibilità di riutilizzare le acque depurate grazie anche all'elevato potenziale irriguo di molte regioni.

Capitolo 1 | Il ciclo idrologico e le sue componenti

Il ciclo idrologico rappresenta la continua circolazione dell'acqua nelle sue diverse fasi all'interno del sistema Terra-atmosfera, ed è il risultato dei flussi di energia e massa tra i diversi sottosistemi (atmosfera, idrosfera, superfici continentali, criosfera e biosfera) che determinano il clima terrestre e la sua variabilità, con impatti immediati sulla qualità della vita umana. In questo processo, gli oceani hanno un ruolo cruciale, costituendo la principale riserva d'acqua del pianeta (97%), alimentata dal 78% della precipitazione globale e responsabile per l'86% dell'evaporazione, mentre il suolo, la vegetazione (traspirazione), la neve e il ghiaccio (sublimazione) forniscono la frazione restante. I fattori principali che controllano l'evaporazione sono la temperatura, l'umidità, l'intensità del vento e la radiazione solare.

Quella gassosa è la fase dell'acqua nettamente prevalente in atmosfera, generalmente confinata nella troposfera al di sotto di 10/13 km di altezza e cruciale nel determinare il bilancio radiativo del pianeta. In condizioni di saturazione, il vapore acqueo condensa in nubi di particelle liquide o solide (neve e ghiaccio), che rimangono in sospensione finché non si determinano le condizioni per la precipitazione. L'atmosfera, in effetti, non costituisce una riserva d'acqua liquida rilevante, contenendo solo lo 0,001% della fase liquida presente sulla Terra. Grazie al trasporto del vapore acqueo in atmosfera, tuttavia, acqua ed energia (in forma di calore latente) vengono ridistribuite su scala globale, attraverso fenomeni di condensazione e precipitazione che per lo più avvengono in aree lontane dalle sorgenti originarie.

Su terra, parte della precipitazione liquida viene immediatamente restituita all'atmosfera per evaporazione, parte è intercettata dalla vegetazione ed evapora successivamente dalla superficie delle foglie, che contribuiscono al bilancio anche con la loro traspirazione, parte percola nel suolo per infiltrazione fino a saturarlo, la restante scorre in forma di flusso superficiale per essere convogliata nei singoli bacini idrologici. L'acqua non trattenuta negli strati profondi del terreno scorre nei bacini idrologici come flusso sotterraneo, ritardato rispetto a quello superficiale, concorrendo ad alimentare la rete fluviale. Dove la precipitazione si deposita stabilmente in forma di neve o ghiaccio (circa il 12% della superficie continentale terrestre), vengono a costituirsi significative riserve idriche che trattengono l'acqua su scale di tempo che vanno dai mesi ai millenni. Nel particolare caso del permafrost, il ghiaccio perenne che si forma nel terreno profondo in presenza di temperature inferiori allo zero, non solo viene sequestrata acqua ma anche carbonio di origine organica, interconnettendo il ciclo idrologico e quello del carbonio. Tutti questi complessi processi possono essere significativamente modificati dall'uso antropico del suolo e della risorsa idrica, e sono estremamente sensibili ai cambiamenti climatici.

Per quanto riguarda il mare, la principale riserva idrica globale, esso contribuisce al ciclo idrologico anche attraverso il trasporto, da parte delle correnti marine, di masse di acqua con specifiche caratteristiche di temperatura e salinità, determinando gli scambi locali di massa ed energia all'interfaccia con l'atmosfera ed il mescolamento verticale dell'acqua non salata di provenienza atmosferica (*freshwater*) e controllando i processi di formazione e fusione dei ghiacci marini.

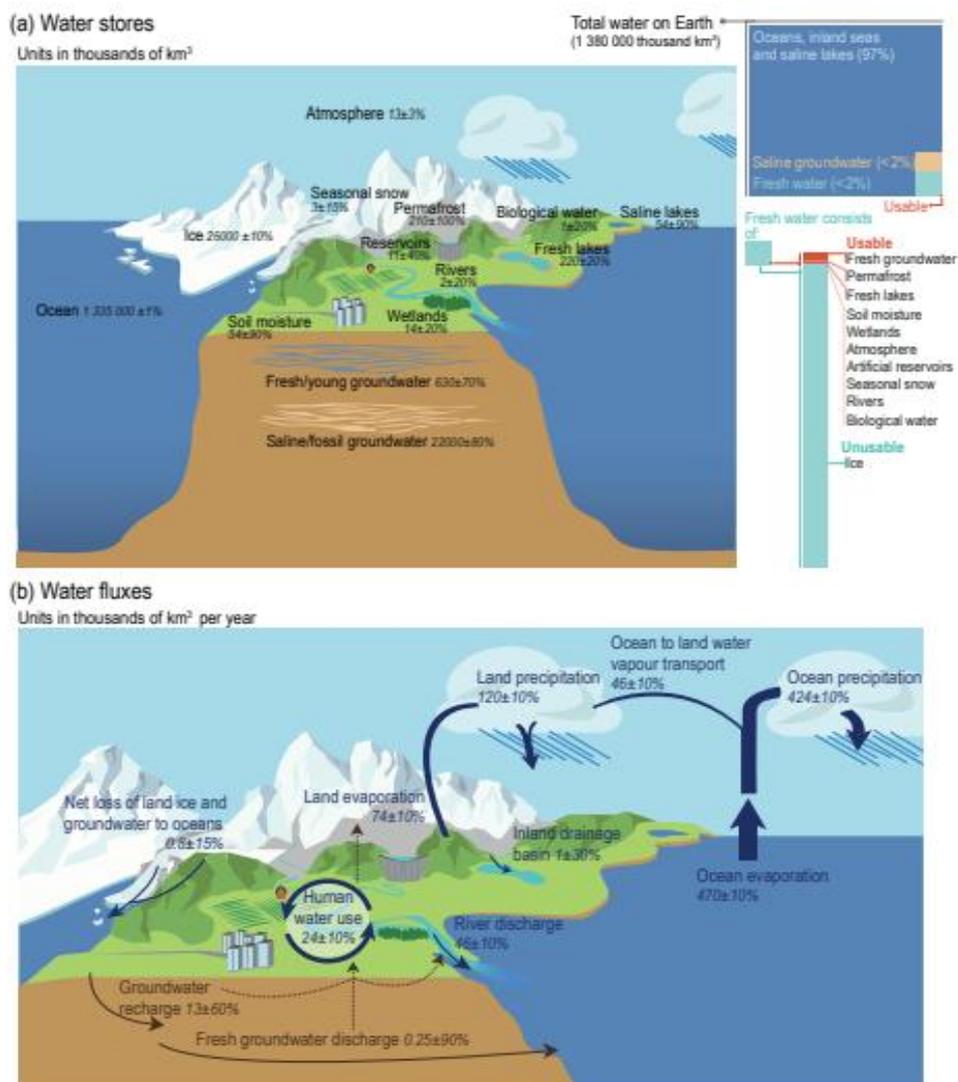
I principali processi che determinano il ciclo idrologico globale sono, quindi:

- l'**evaporazione** dalle superfici continentali e dall'oceano;
- la **traspirazione** delle piante;
- il **trasporto** di vapore acqueo da parte dell'atmosfera;
- la **condensazione** del vapore acqueo introdotto in atmosfera in forma di nubi;
- la **precipitazione**;
- l'**infiltrazione** nel terreno e la **deposizione** sul suolo;
- il **trasporto** netto di acqua dalle masse continentali all'oceano tramite i fiumi (*runoff*);
- **formazione/fusione dei ghiacci marini**.

La Figura 1.1 illustra schematicamente le stime delle diverse riserve d'acqua nel sistema climatico (a) e quelle dei flussi idrici attraverso i suoi sottosistemi, inclusa la più recente valutazione della sottrazione e redistribuzione della risorsa dovuta agli usi antropici (b), secondo l'AR6 dell'IPCC.

Si noti che tali stime non chiudono perfettamente il bilancio idrologico globale, né ci si deve aspettare che lo facciano, in ragione degli impatti antropogenici causati sia dai cambiamenti climatici (ad es., per lo scioglimento dei ghiacciai) che dagli usi incontrollati della risorsa idrica (ad es., lo sfruttamento delle falde acquifere). Tale valutazione della situazione presente, realizzata per l'AR5, costituisce il riferimento, utilizzato nell'AR6, rispetto al quale valutare i cambiamenti attesi a seguito delle proiezioni climatiche future.

FIGURA 1.1 | Rappresentazione del ciclo idrologico nelle attuali condizioni climatiche - riserve (a) e flussi (b) - secondo l'AR5 dell'IPCC. Fonte: Capitolo 8 - IPCC-AR6 WGI (2021)



Fonte: IPCC-AR6 WGI (2021)

1.1 - Cambiamenti osservati rispetto allo stato di riferimento

È ormai accertato che le variazioni globali di precipitazione ed evaporazione osservate a seguito dell'innalzamento della temperatura della Terra siano indotte da cambiamenti nel bilancio energetico planetario, mentre su scale regionali, inferiori a circa 4000 km, le alterazioni del ciclo idrologico sono piuttosto determinate dal mutato trasporto di umidità, ossia da modificazioni nei processi termodinamici e dinamici locali. I vincoli imposti dal bilancio energetico a scala globale e dal bilancio di umidità a scala regionale determinano cambiamenti critici nell'intensità, nella durata e nell'intermittenza delle precipitazioni che, insieme all'atteso aumento di evaporazione indotto dalle mutate caratteristiche atmosferiche (atmospheric evaporative demand), condizioneranno pesantemente la futura disponibilità della risorsa idrica, soggetta anche agli impatti degli usi umani di suolo ed acqua. La natura dei numerosi processi coinvolti e le loro interdipendenze fanno sì che il ciclo idrologico sia estremamente sensibile ad una molteplicità di fattori, cui risponde su un largo spettro di scale spaziali e temporali.

1.1.1 - L'ambiente abitato dall'uomo: come stanno cambiando le componenti del ciclo idrologico e quali impatti sono già visibili

Le emissioni antropogeniche di gas serra sono ritenute la principale causa dell'aumento osservato nella precipitazione annuale media in molte aree del globo terrestre, contrapposto ad una diminuzione in regioni (ad es., lungo le fasce tropicali) che, tuttavia, complessivamente rappresentano una frazione inferiore della superficie e della popolazione globale. Quasi cinquecento milioni di persone vivono in aree storicamente caratterizzate da condizioni meno umide di quelle attuali (si considera significativa una variazione superiore alla deviazione standard della distribuzione di probabilità relativa al periodo passato), mentre circa 160 milioni sperimentano l'effetto contrario. Se si considera l'incidenza di eventi estremi, 700 milioni di persone sono esposte a piogge forti significativamente più intense di quanto avvenisse in passato, mentre meno di 90 milioni osservano una riduzione nell'intensità di tali fenomeni. Analogamente, rispetto al passato, più di 700 milioni devono affrontare periodi di siccità più lunghi, mentre solo per circa 400 milioni la durata dei periodi siccitosi si è accorciata.

In generale, l'effetto dell'aumento di gas serra in atmosfera ha esacerbato i contrasti tra stagioni umide e stagioni secche nelle aree continentali tropicali, con un aumento apprezzabile delle precipitazioni alle alte latitudini. Le regioni caratterizzate da un clima estivo secco, tra cui il Mediterraneo, l'Australia sudoccidentale, le zone sudoccidentali dell'America del Sud, l'Africa meridionale e le aree occidentali dell'America del Nord, hanno visto un inasprimento degli eventi di siccità, mentre la frequenza e l'intensità delle precipitazioni estreme sono state rilevate aumentare sulla maggior parte delle aree continentali dotate di una buona rete osservazionale, tra cui l'America del Nord, l'Europa e l'Asia. Le regioni dove non si osservano variazioni significative su base annuale, sono tuttavia spesso caratterizzate da una maggiore ampiezza del ciclo stagionale e da una maggiore incidenza di eventi estremi.

Le variazioni osservate nella quantità e nella distribuzione spaziale e temporale delle precipitazioni sono accompagnate da un aumento nel flusso globale di evapotraspirazione (evaporazione dalla superficie e dalla vegetazione), stimato tra 0.5 e 1.5 millimetri all'anno per il periodo 1980-2010 e originato, a scala globale, dalla maggiore capacità di trattenere umidità di un'atmosfera più calda, e in alcune regioni dall'aumento delle aree coperte da vegetazione. In generale, i cambiamenti nell'uso del suolo, nel tipo di copertura vegetale e nelle modalità di irrigazione modificano significativamente i tassi di evapotraspirazione a scala regionale, anche se le variazioni indotte sono spesso difficili da quantificare con precisione e rappresentano una componente critica dell'incertezza associata alla valutazione del bilancio idrologico.

Il bilancio locale tra precipitazione ed evapotraspirazione determina le variazioni naturali osservate nel contenuto d'acqua del suolo e nell'aridità superficiale del terreno di uno specifico territorio, cui si sovrappongono gli effetti dello sfruttamento della risorsa idrica da parte dell'uomo. Gli andamenti regionali derivati dai dati satellitari mostrano, per diverse aree, aumenti o diminuzioni dell'ordine del 20% per il periodo 1978-2018, con una distribuzione spaziale non riconducibile ad un paradigma interpretativo unico, ma risultante dall'interazione di processi estremamente complessi. In generale, la tendenza ad una diminuzione nel contenuto d'acqua del suolo è più diffusa, non solo nelle regioni aride, ma anche in quelle umide o di transizione.

Su scale temporali significativamente più lunghe di quelle che caratterizzano la risposta del suolo, la principale riserva d'acqua continentale è rappresentata dalla criosfera, il cui stato è un indicatore estremamente sensibile al riscaldamento globale. Le sue componenti (ghiacciai, nevai, permafrost) hanno subito un'accelerazione nell'andamento lineare di fusione di lungo periodo (osservato su scale geologiche e associato, nell'emisfero boreale, all'uscita dalla Piccola Era Glaciale - PEG), vedendo la loro massa ed estensione ridursi a partire dalla fine del ventesimo secolo, con impatti notevoli sulle comunità umane e sugli ecosistemi alle latitudini medio-alte e nei territori montani. Variazioni nell'entità, distribuzione e stagionalità delle riserve d'acqua ghiacciata sono critiche per l'agricoltura, la produzione di energia elettrica e gli altri usi della risorsa idrica, in quanto cambiamenti nell'estensione, nel volume e nella persistenza della copertura di ghiaccio e neve alterano la stagionalità degli afflussi nei bacini idrologici e conseguentemente la gestione delle infrastrutture idriche. Lo scioglimento del permafrost, inoltre, liberando anidride carbonica e metano di origine organica, determina un aumento della concentrazione di gas serra in atmosfera, con un effetto di rinforzo (*feedback* positivo) sul riscaldamento globale, con potenziali conseguenze per la salute pubblica a seguito del rilascio e alla riattivazione di batteri, virus o spore finora mantenuti in criptobiosi.

Gli andamenti, stagionali e di lungo periodo, del bilancio verticale tra precipitazione ed evapotraspirazione e delle riserve d'acqua trattenute nel suolo e nella criosfera determinano gli afflussi nei bacini idrologici, il cui indicatore di più immediata percezione è rappresentato dalla portata media dei fiumi. A scala globale, non si rilevano effetti apprezzabili dei cambiamenti climatici sul sistema fluviale, mentre possono essere evidenti gli impatti a scala regionale (in generale, un aumento dei flussi alle alte latitudini e risposte di segno opposto altrove). Per la maggioranza dei bacini idrologici il cambiamento climatico è ritenuto il principale responsabile delle variazioni osservate, sebbene localmente le alterazioni siano attribuibili prevalentemente alle attività umane. Tuttavia, in associazione alle alterate frequenze e intensità degli eventi estremi di precipitazione, negli ultimi decenni sono stati osservati cambiamenti significativi nell'entità e nella distribuzione temporale delle inondazioni, con grandi differenze tra regione e regione. Per contro, le regioni soggette a inaridimento per effetto delle ridotte precipitazioni e/o dell'aumentata evapotraspirazione, hanno visto una crescita in frequenza e durata degli eventi siccitosi, con effetti socioeconomici molto negativi (diminuzione dei raccolti, carenza di acqua potabile, aumento del rischio di incendio, aumento della mortalità) soprattutto per i paesi a basso reddito, nonostante l'apparente riduzione della vulnerabilità economica associata a episodi di siccità osservata a scala globale.

Il bilancio idrologico verticale tra precipitazione ed evapotraspirazione determina anche il tasso di ricarica delle falde acquifere, il cui equilibrio è anche minacciato dal sempre più diffuso ricorso all'estrazione per scopi agricoli. Se il fenomeno di impoverimento delle falde appare meno grave nelle fasce tropicali, dove la ricarica avviene soprattutto a seguito di episodi di precipitazione intensa e inondazioni, alle latitudini medio-alte l'aumento delle temperature ne ha invece alterato i regimi di alimentazione, riducendo l'afflusso primaverile per la minore durata del disgelo e il minore contributo derivante dalla fusione delle nevi.

Infine, si ritiene che l'aumento della temperatura delle acque superficiali e lo scioglimento della criosfera possano avere conseguenze negative per la qualità dell'acqua, sebbene gli studi in questo campo siano ancora isolati e spazialmente limitati, mentre gli effetti del cambiamento climatico sull'erosione e sul trasporto di sedimenti attraverso il sistema fluviale (con conseguenze anche per la conservazione delle coste) sono osservabili prevalentemente in regioni a bassa densità di popolazione (alte latitudini e alta montagna), in contrasto con le regioni dove si più si concentrano le attività umane, dove gli impatti antropogenici risultano essere significativamente maggiori. Siccità e diminuzione del deflusso idrico superficiale, inoltre, creano le condizioni per favorire l'intrusione salina nelle falde sotterranee in prossimità delle foci dei fiumi. Tale fenomeno è sempre accompagnato da elevate pressioni (prelievi) e problemi di bilancio idrico in quanto gli emungimenti di acqua dolce dalle falde sotterranee in prossimità della costa, accompagnate alla diminuzione degli apporti idrici per deficit delle piogge, producono un abbassamento progressivo della superficie piezometrica e quindi una maggiore propensione all'intrusione del cuneo salino nelle aree costiere.

1.2 - Impatti delle variazioni osservate del ciclo idrologico sui principali settori socio-economici: il bacino Mediterraneo e l'Italia

In generale, l'intensificazione del ciclo idrologico indotta dai cambiamenti climatici antropogenici ha impatti complessi e potenzialmente severi su diversi settori socioeconomici che dipendono dalla disponibilità e dalla qualità della risorsa idrica, condizionandone la pianificazione e le politiche di gestione e adattamento. Già nel precedente rapporto dell'IPCC, l'AR5 (AR5, IPCC 2013), l'analisi dei dati quantitativi e qualitativi disponibili portava a concludere un aumento dell'esposizione a disastri ambientali collegati a cambiamenti nelle variabili idrologiche, ad esempio periodi di siccità o inondazioni, con conseguenze particolarmente gravi per le comunità locali e le fasce più vulnerabili della popolazione (ad es., donne, soggetti esclusi dalle protezioni sociali e minoranze). L'urbanizzazione, la crescita di popolazione e l'aumento delle disuguaglianze esasperano ulteriormente le vulnerabilità ambientali, sociali ed economiche, spesso imponendo di rinunciare ai sistemi di produzione tradizionali e alle identità culturali ad essi connesse.

In molte aree del pianeta, in particolare quelle meno sviluppate, sono già rilevabili gli impatti sull'agricoltura, sulla produzione di beni ed energia, sull'abbondanza e qualità della risorsa idrica, sullo stato di salute degli ecosistemi, accompagnati da un aumento dei rischi associati agli eventi idrologici estremi. Nel bacino mediterraneo, situato in una zona topograficamente complessa di transizione tra medie latitudini e sub-tropici, particolarmente vulnerabile ed esposta per la sua ricchezza e varietà socio-culturale e per il tradizionale sfruttamento intensivo delle aree popolate, sono ormai evidenti variazioni nell'intensità e distribuzione delle precipitazioni, con conseguenze potenzialmente gravi per una popolazione superiore ai 500 milioni, che ci si aspetta in crescita fino a 700 milioni entro la fine del secolo. Un aspetto particolarmente critico della crescita demografica in quest'area è che la percentuale di abitanti nelle regioni meridionali del bacino, dove gli impatti sono maggiori, è anch'essa in costante aumento, dal 23,7% del 1950 al 41,2% del 2000, al 46,3% del 2020, e ci si aspetta che arrivi a rappresentare il 55,5% del totale nel 2050 ed il 64,6% nel 2100 (UN DESA, 2019). Incrementi di temperatura superiori a 1,5°C in media globale qui sarebbero significativamente superiori (IPCC 2021) causando livelli di siccità mai registrati negli ultimi 10000 anni (Hoegh-Guldberg et al., 2018), con conseguenze drammatiche per un numero enorme di persone.

Le condizioni climatiche più secche, originate da alterazioni nell'intensità e distribuzione delle precipitazioni e dall'aumentata evaporazione, danneggiano gli ecosistemi terrestri, limitando i tassi di crescita delle specie vegetali e la diffusione delle specie autoctone e aumentando il rischio di incendio in

assenza di misure preventive specifiche (Balzan et al., 2020). La ricchissima biodiversità mediterranea, in particolare quella delle terre umide e dei picchi montuosi, è già minacciata, mentre gli usi tradizionali del suolo stanno diventando non più sostenibili nelle zone semi-aride e persino in quelle storicamente più ricche d'acqua, ma ora esposte al succedersi di eventi estremi di segno opposto (si vedano, ad esempio, i recenti episodi di alternanza di siccità e inondazioni verificatisi nell'Italia settentrionale). Gli effetti indotti dai cambiamenti climatici stanno inoltre inducendo profondi cambiamenti negli habitat, un esempio in tal senso è l'invasione di specie aliene (favorita dalle attività umane), che trovano nel Mediterraneo condizioni ottimali per proliferare, compromettendo la fragile biodiversità locale e impattando anche su settori economici come turismo e industria (es. l'invasione del granchio blu). La scarsità d'acqua, oltre all'evidente impatto sul settore agricolo, ha conseguenze serie anche per il turismo, i cui flussi stagionali fanno crescere localmente la domanda molto al di sopra di quella della popolazione residente, con inevitabili ricadute sulla salute pubblica, anche per il moltiplicarsi di ondate di calore sempre più lunghe ed intense (IPCC 2021, WGI Chapter 11, e referenze lì incluse).

Le variazioni nell'ampiezza e nella stagionalità del ciclo idrologico causano una diminuzione nella portata dei fiumi, soprattutto in estate, mentre la temperatura atmosferica più alta induce un aumento nella temperatura delle acque fluviali. Oltre ad avere conseguenze sulle le riserve idriche per la produzione di energia idroelettrica, questi cambiamenti hanno impatti anche sulle tecnologie per il raffreddamento di centrali termoelettriche, incluse quelle nucleari.

Il recente evento del 2022 offre la possibilità di apprezzare realisticamente le implicazioni socioeconomiche di un episodio di siccità prolungata sull'Europa meridionale e non solo. Gli impatti osservati sono stati, infatti, molto seri in Italia, Francia e Spagna, con una riduzione consistente dei raccolti, circa il 15% rispetto alla media degli ultimi 5 anni (Baruth et al 2022). In Italia, circa il 50% della popolazione ha subito restrizioni nell'uso di acqua, soprattutto nelle regioni del nord. L'autorità di bacino del Po ha registrato livelli record di intrusione di acqua salmastra nel delta fino a 40 km a monte della costa, mentre la riduzione delle riserve ha avuto effetti gravi sia sulla generazione idroelettrica che sul raffreddamento delle centrali. Nel sud della Francia sono aumentati gli incendi associati alla siccità estrema, con una superficie bruciata doppia rispetto al 2021, pari a 4,6 volte la media del periodo 2012-2021 (Faranda et al., 2023). Effetti simili si sono registrati in Spagna, Portogallo e Olanda (European Commission 2022). Il legame tra l'evento del 2022 e la circolazione globale è stato evidenziato da Faranda et al (2023), che lo hanno messo in relazione con la circolazione atmosferica di larga scala, caratterizzata da un sistema anomalo di alta pressione persistente centrato sulla Francia. Una tale situazione anticiclonica è ricorrente nella regione europea, ma le sue manifestazioni si sono fatte più marcate ed estese dal secondo dopoguerra ad oggi rispetto al periodo 1836-2015, potenzialmente in risposta agli andamenti delle temperature dell'Oceano Atlantico associati all'Oscillazione Multi-decadale Atlantica (Atlantic Multidecadal Oscillation - AMO) e alle loro alterazioni indotte dai cambiamenti climatici.

Il rapporto del Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici (CMCC) sui rischi connessi ai cambiamenti climatici in Italia (Spano et al., 2020) sintetizza i principali fattori di rischio per il nostro paese e le pressioni aggiuntive che possono contribuire ad amplificarne gli impatti, in particolare quelli derivanti dall'aumento delle temperature, le variazioni nella precipitazione e la maggiore frequenza e intensità degli eventi estremi. Il rischio associato a questi ultimi, espresso in termini di probabilità, è aumentato del 9% negli ultimi venti anni, senza che sia parallelamente cresciuta la capacità di adattamento del territorio. Soprattutto l'Italia meridionale risulta essere molto poco preparata ad affrontare le calamità che già oggi la colpiscono, ma anche le zone più sviluppate e ricche del nord sono ben lontane dall'aver sviluppato politiche che favoriscano il recupero degli assetti socioeconomici compromessi dai disastri ambientali.

Per la sua morfologia, l'Italia è particolarmente esposta ai rischi idrogeologici, che vengono esacerbati dall'alternanza di eventi siccitosi e precipitazioni estreme indotta dal riscaldamento globale nella regione mediterranea e rappresentano una minaccia significativa per una gran parte della popolazione. Fattori di origine antropica, ad esempio il consumo e l'impermeabilizzazione del suolo e l'occupazione impropria delle aree in prossimità dei fiumi, combinati con le alterazioni del ciclo idrologico contribuiscono localmente ad una crescita insostenibile dei rischi. La necessità di pianificare politiche di adattamento tempestive ed efficaci rende dunque necessaria una continua attività di monitoraggio, che associ osservazioni in campo, modellistica numerica e metodi statistici innovativi per l'analisi delle serie storiche. Diodato et al. (2019), ad esempio, hanno recentemente proposto un metodo statistico per identificare rapidamente le aree particolarmente vulnerabili del territorio nazionale, dove più alta è la probabilità che si verifichino eventi catastrofici in risposta ad alterazioni delle variabili idrologiche e ad eventi estremi particolarmente intensi. Lo studio corrobora le conclusioni del citato rapporto del CMCC su come le aree urbanizzate non siano meno esposte di quelle rurali al rischio idrologico, anche a causa di uno sviluppo urbanistico ed infrastrutturale non sempre lungimirante, con vulnerabilità maggiori per i segmenti di popolazione più fragili (anziani, bambini, disabili). Inoltre, le aree ad alta densità di popolazione e sfruttamento sono esposte ai rischi sanitari derivanti da periodi di scarsità d'acqua sia episodici che sistematici, i cui effetti possono essere amplificati dalla competizione tra diversi settori socioeconomici per l'accesso alla risorsa (uso civile, agricoltura, industria, energia, turismo), oltre che dall'inadeguatezza delle infrastrutture e dall'assenza di pianificazione. Si pensi, ad esempio, che nel settore agricolo le perdite della rete di distribuzione arrivano al 50% del totale della risorsa disponibile (Spano et al., 2020), con conseguenze negative per la produttività non più evitabili in presenza di una diminuzione delle riserve idriche, di temperature più alte e della conseguente crescente domanda per l'irrigazione e l'allevamento intensivo.

I danni economici provocati dal cambiamento climatico sono in costante aumento e, in assenza di massicci investimenti in politiche di adattamento e in strategie di sviluppo sostenibile, è previsto che arrivino a crescere esponenzialmente, dall'attuale 0.5% del PIL pro capite al 7-8% a fine del secolo, per gli scenari futuri peggiori. L'impatto sull'economia italiana in generale sarebbe disastroso, come drammatico sarebbe l'allargamento del divario tra le regioni più ricche e quelle meno sviluppate.

Vale la pena di sottolineare che i costi stimati dell'inazione sono nettamente superiori a quelli richiesti dalla tempestiva messa in atto di interventi e politiche di mitigazione, prevenzione e adattamento, senza voler tenere conto delle perdite incalcolabili che una mancata assunzione di responsabilità comporterebbe per il patrimonio immateriale, culturale e paesaggistico, del paese.

1.3 - Definizione degli scenari climatici

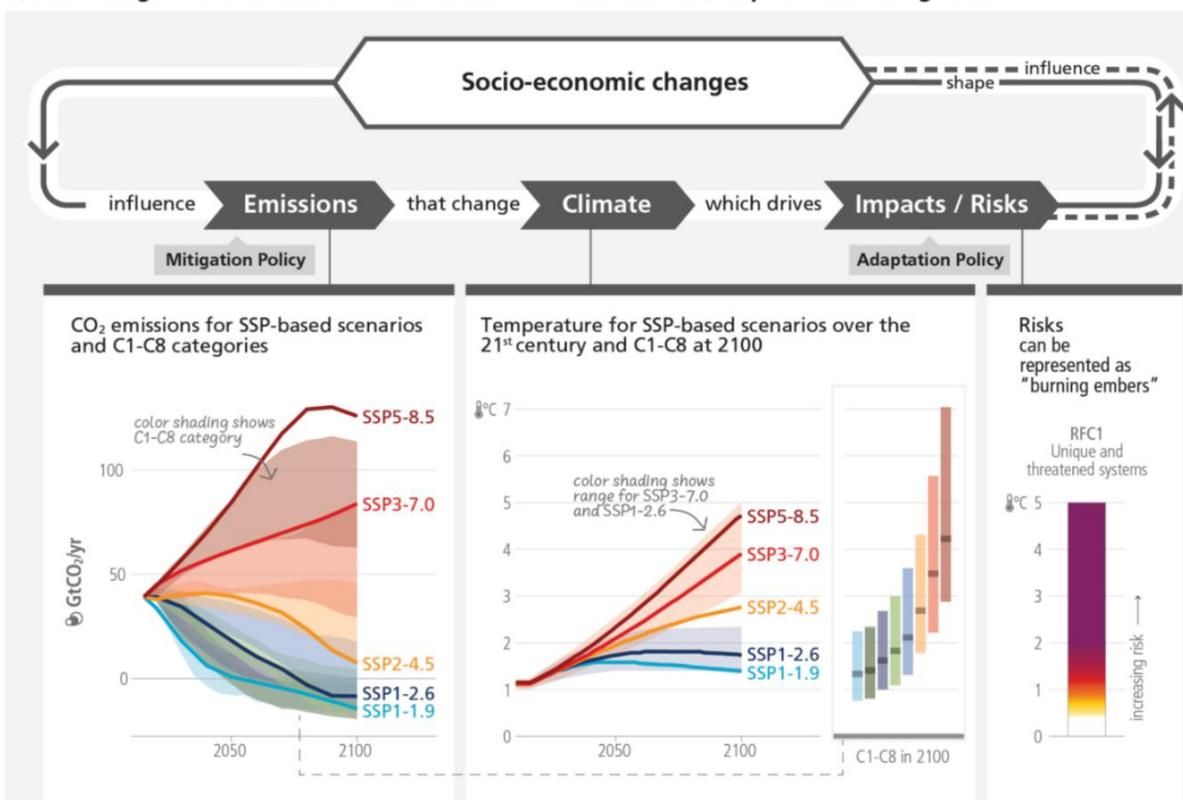
Gli scenari climatici rappresentano una descrizione delle possibili evoluzioni del sistema terra, basate su un insieme coerente di assunzioni riguardo le forzanti principali: demografia, processi economici, politiche di sviluppo, tecnologie, stili di vita. Nell'ultimo assessment report dell'IPCC (AR6, IPCC 2021) è utilizzato l'approccio Shared Socio-economic Pathways (SSPs), nel quale gli scenari di emissioni, concentrazioni e cambiamento di uso del suolo sono il risultato della combinazione di specifiche traiettorie di sviluppo socioeconomico con un insieme di possibili politiche di mitigazione del cambiamento climatico (O'Neill et al. 2016). Le emissioni considerate includono: gas a effetto serra (GHGs), aerosol, precursori dell'ozono. Ogni scenario è indicato con la sigla SSPx-y, dove x (da 1 a 5) corrisponde alla traiettoria socioeconomica mentre y indica il forzante radiativo (in $W m^{-2}$) che si prevede di raggiungere a fine secolo (2100). Ad esempio, nello scenario SSP2-4.5 si ipotizza che le emissioni di CO₂ rimarranno pari ai livelli attuali fino a circa la metà del secolo, per poi diminuire gradualmente. Per questo specifico scenario la media d'insieme

dei modelli considerati nell'AR6 prevede un innalzamento della temperatura media globale intorno a 2.7°C a fine secolo. L'insieme degli scenari copre un intervallo ampio di situazioni possibili, a partire da un riscaldamento globale al 2100 inferiore a 1.5°C fino ad oltre 4°C (Fig. 1.2).

Le proiezioni di cambiamento climatico rappresentano la base per la definizione degli indicatori di impatto (tra cui lo stesso riscaldamento previsto per fine secolo). È possibile definire diverse categorie di rischio, a seconda del settore e della regione di interesse, considerando l'interazione tra differenti forzanti climatiche, la vulnerabilità, l'esposizione e le strategie di mitigazione.

FIGURA 1.2 | Schema degli scenari e dei corrispondenti livelli di riscaldamento considerati nel sesto report dell'IPCC.

a) AR6 integrated assessment framework on future climate, impacts and mitigation



b) Scenarios and pathways across AR6 Working Group reports

Category in WGIII	Category description	GHG emissions scenarios (SSPx-y*) in WGI & WGII	RCPy** in WGI & WGII
C1	limit warming to 1.5°C (>50%) with no or limited overshoot	Very low (SSP1-1.9)	
C2	return warming to 1.5°C (>50%) after a high overshoot		
C3	limit warming to 2°C (>67%)	Low (SSP1-2.6)	RCP2.6
C4	limit warming to 2°C (>50%)		
C5	limit warming to 2.5°C (>50%)		
C6	limit warming to 3°C (>50%)	Intermediate (SSP2-4.5)	RCP 4.5
C7	limit warming to 4°C (>50%)	High (SSP3-7.0)	
C8	exceed warming of 4°C (>50%)	Very high (SSP5-8.5)	RCP 8.5

c) Determinants of risk



Fonte: IPCC AR6 SYR (2023)

1.4 - Proiezioni modellistiche di cambiamento climatico

La siccità è definita come un periodo di anomalia secca nelle condizioni meteorologiche la cui durata è sufficientemente lunga da causare un grave squilibrio idrologico (Cook et al. 2018). La siccità può riguardare un intervallo di scale temporali piuttosto ampio, dalla scala settimanale fino a quella decadale. A seconda delle variabili utilizzate per caratterizzarlo e dei settori impattati, l'evento siccitoso può essere classificato in differenti tipologie:

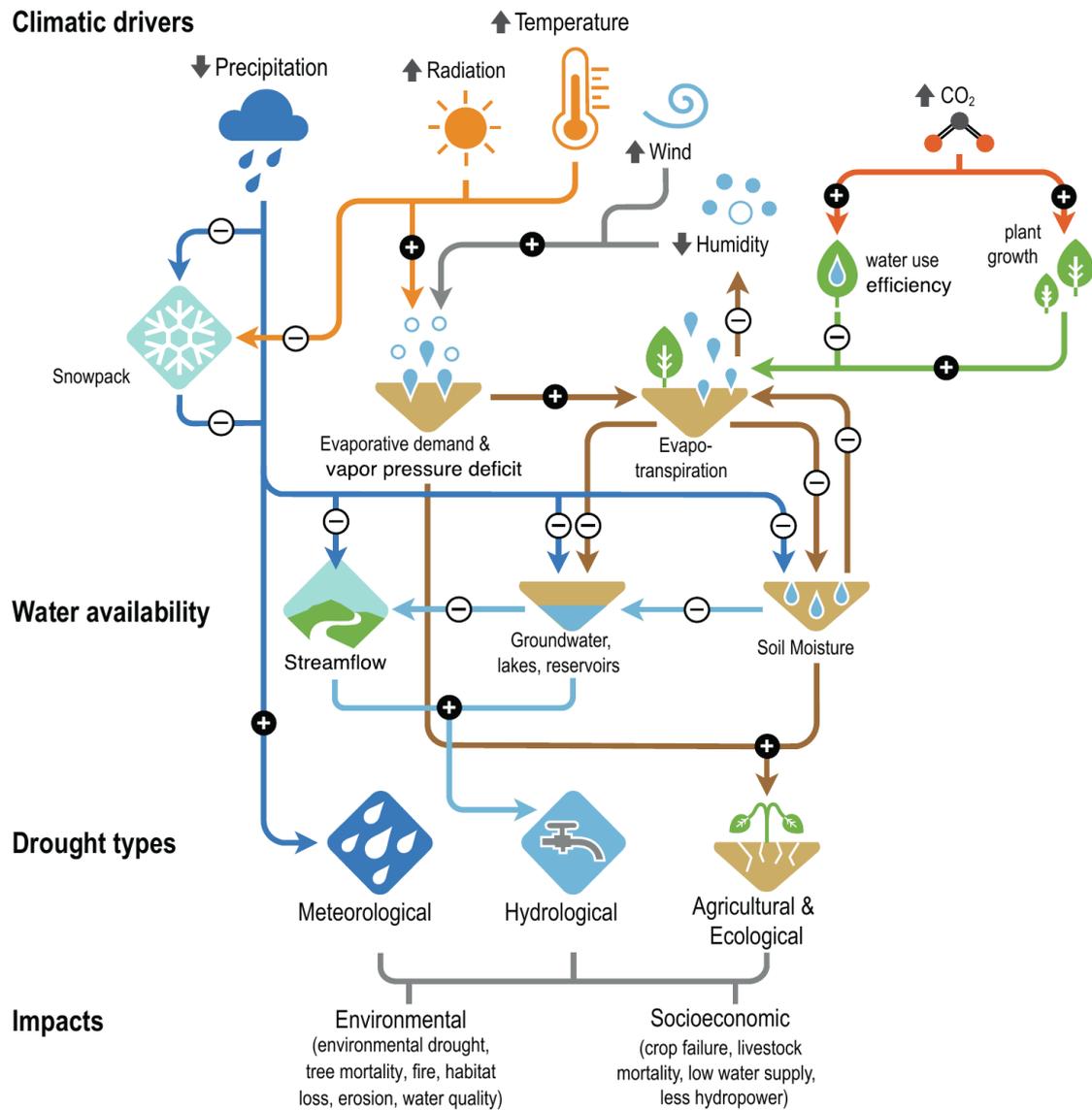
- siccità meteorologica, legata ad anomalie negative di precipitazione;
- siccità idrologica, definita da carenze di acqua nei fiumi, nelle riserve idriche, laghi, lagune o acquiferi;
- siccità agricola o ecologica, relativa alla riduzione di resa delle colture agricole o alla mortalità della componente vegetale degli ecosistemi causata dallo stress idrico.

Gli eventi siccitosi rientrano sovente in più tipologie. Inoltre, spesso si ha che un evento siccitoso di una tipologia, in seguito, determina l'insorgere di eventi di una tipologia differente, come nel caso di eventi di siccità agricola che possono verificarsi successivamente ad eventi di siccità meteorologica. A seconda del tipo di siccità si avranno impatti di tipo prevalentemente ambientale o socioeconomico.

Dai risultati delle proiezioni climatiche analizzate dall'IPCC, si attendono, in risposta alle forzante antropogeniche, riduzioni a livello regionale nella quantità di umidità (aridità) conseguenti a modifiche di: pattern di precipitazione, temperature superficiali più elevate, cambiamenti nella nuvolosità e nella radiazione solare al suolo, diminuzione degli accumuli di neve, cambiamenti nei venti e nella vegetazione. Come evidenziato nella sezione 1, l'evapotraspirazione è il parametro fondamentale che lega il trasferimento di umidità dal suolo, dalle superfici acquatiche o dalle foglie verso l'atmosfera. Temperature al suolo più elevate determinano un incremento di evapotraspirazione che determina una riduzione nell'umidità al suolo e nella disponibilità di acqua nelle riserve idriche e nei fiumi, che a sua volta determina l'insorgere di eventi siccitosi (Fig. 1.3).

Nel seguito si farà riferimento prevalentemente ai risultati delle proiezioni climatiche realizzate nell'ambito del Coupled Model Intercomparison Project phase 6 (CMIP6, Eyring et al. 2016), che costituisce la base delle analisi dell'AR6 dell'IPCC. Si tratta di un esperimento coordinato in cui, per ogni scenario presentato nella sezione 4, sono state realizzate proiezioni climatiche con modelli globali sviluppati indipendentemente dai principali centri di ricerca a livello mondiale. Tali modelli sono in grado di rappresentare i complessi processi fisici e le interazioni che hanno luogo nei differenti comparti del sistema terra: atmosfera, oceano, criosfera e superfici continentali e vengono quindi definiti Earth System Models (ESMs). Gli ESMs sono stati preliminarmente sottoposti ad un'accurata fase di validazione sul periodo storico, in cui i risultati modellistici sono stati confrontati con lo stato dell'arte delle osservazioni. Il CMIP6 ha prodotto quindi, per ogni scenario, un ensemble di proiezioni climatiche indipendenti che consente di stimare l'incertezza, intesa come intervallo di confidenza.

FIGURA 1.3 | Driver climatici della siccità, effetti sulla disponibilità di acqua e impatti.



Fonte: IPCC AR6 WG1 (2021)

1.4.1 - Essential Climate Variables (ECVs)

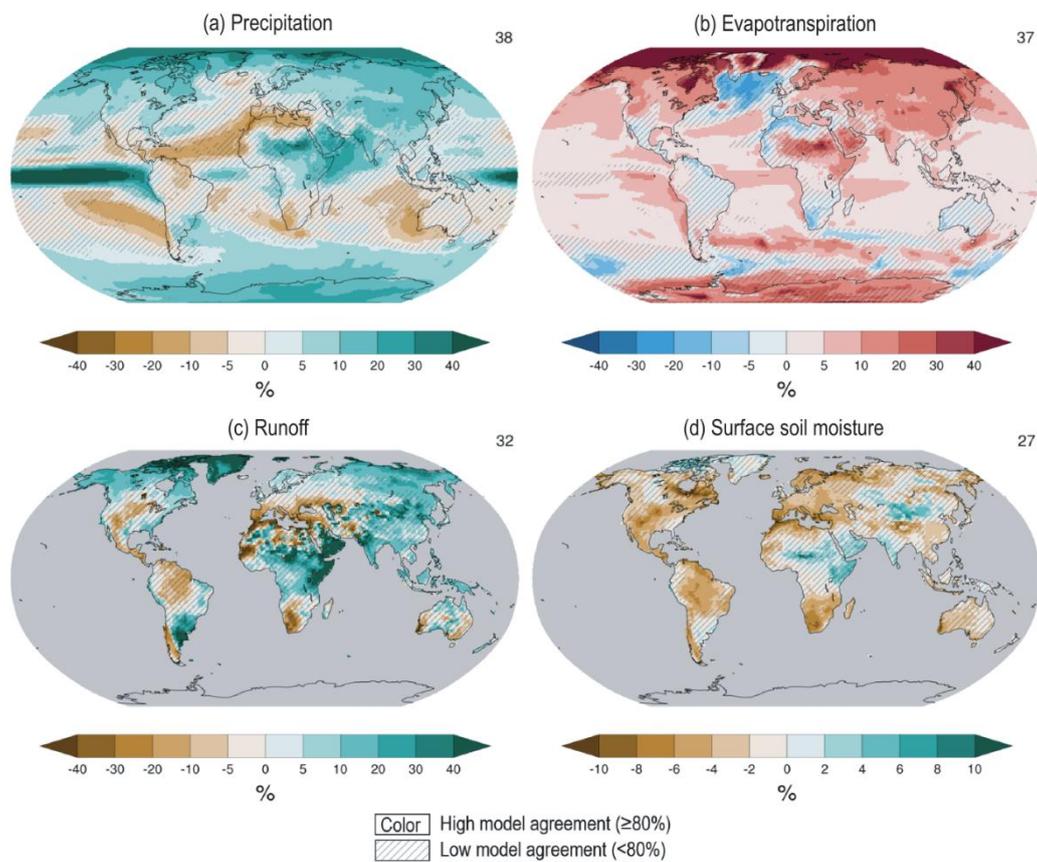
Il cambiamento climatico indotto dalle forzanti antropogeniche ha prodotto cambiamenti rilevanti nel ciclo idrologico globale a partire dalla metà del ventesimo secolo e le proiezioni climatiche prevedono per fine secolo ulteriori modifiche sostanziali.

La Fig. 1.4 mostra il cambiamento a livello globale per fine secolo (2081-2100 rispetto al periodo storico 1995-2014) nello scenario SSP2-4.5 delle principali ECVs coinvolte nei fenomeni di siccità, come previsto dalla media d'insieme dei modelli del CMIP6. Nelle mappe in Fig. 1.4 le aree non tratteggiate indicano che l'80% dei modelli è in accordo sul segno dei cambiamenti previsti, ovvero che il grado di incertezza è basso. Nonostante sia atteso un incremento medio globale della precipitazione annuale (circa 2-3% per ogni °C di aumento di temperatura), a livello regionale ed in particolare sul bacino del Mediterraneo è prevista una

significativa riduzione delle precipitazioni (Fig. 1.4a). Per quanto riguarda l'evapotraspirazione, è previsto un aumento globale che coinvolge anche il Mediterraneo (Fig. 1.4b). I deflussi superficiali (runoff) mostrano un pattern di cambiamento consistente con quello delle precipitazioni annuali, con una significativa diminuzione nel sud dell'Europa (Fig. 1.4c). L'aumento di evapotraspirazione porterà una significativa diminuzione di umidità del suolo in gran parte delle superfici continentali, incluso il bacino del Mediterraneo (Fig. 1.4d). L'inaridimento delle superfici continentali (a cui è associato un aumento degli eventi siccitosi) è dovuto principalmente a due fattori: da un lato all'aumento dell'evapotraspirazione, dall'altro al maggiore incremento della temperatura previsto sulle superfici continentali rispetto agli oceani. Questo riscaldamento differenziale porta, infatti, ad una modifica delle strutture di circolazione atmosferica cui è associata una riduzione dell'umidità relativa nelle parti basse della troposfera (Chadwick et al. 2016). Una caratteristica rilevante dei cambiamenti previsti nel ciclo idrologico è che, a causa dell'aumento dell'evapotraspirazione (Dai et al. 2018), le aree dove sono previsti deficit di umidità al suolo sono molto più estese rispetto a quelle dove si avrà una riduzione delle precipitazioni (Fig. 1.4a, d).

Le analisi mostrate in Fig. 1.4 si riferiscono ad uno scenario, SSP2-4.5, che corrisponde ad un forcing radiativo medio e all'implementazione di alcune misure di adattamento per ridurre la vulnerabilità. Il messaggio chiave è che, senza drastiche riduzioni nelle emissioni di gas a effetto serra, il riscaldamento globale di origine antropogenica sarà associato a diffusi cambiamenti nelle diverse componenti del ciclo idrologico, in particolare nell'hot-spot climatico del Mediterraneo.

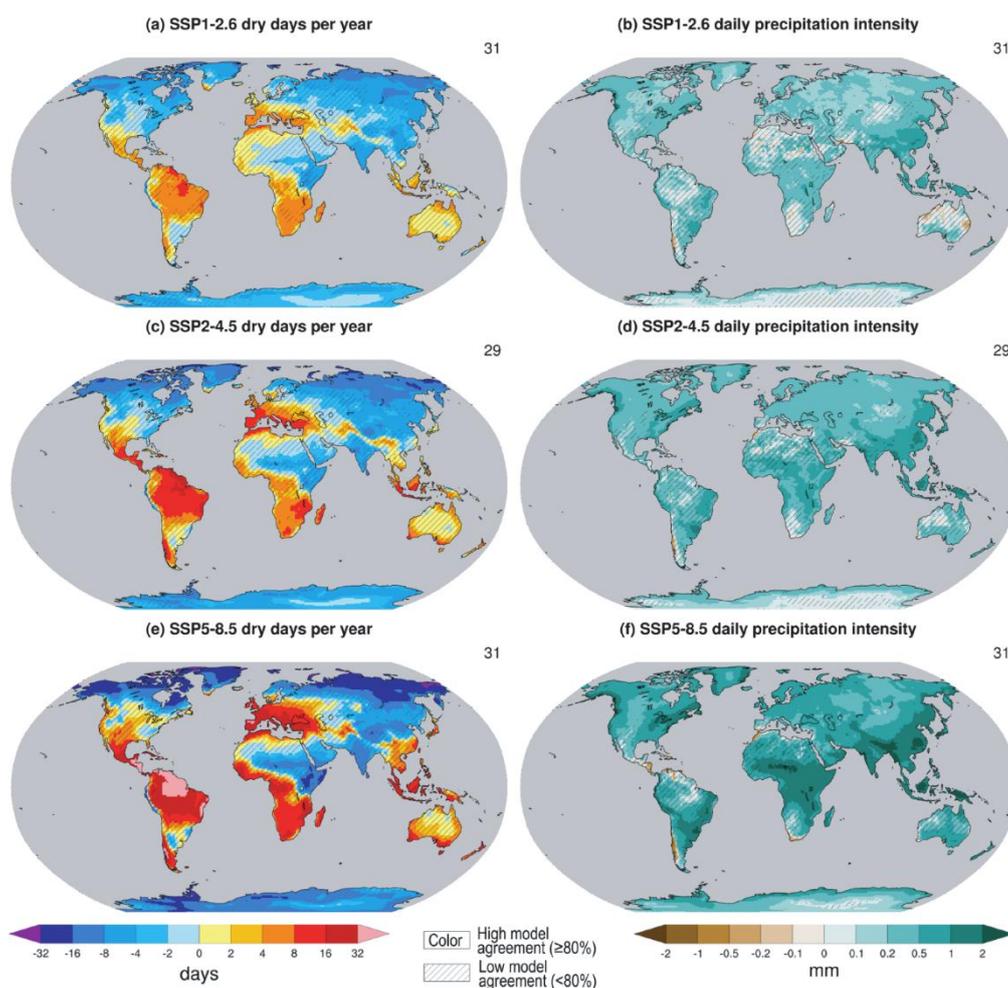
FIGURA 1.4 | Cambiamenti (2081-2100 vs 1995-2014) nelle principali variabili del ciclo idrologico previsti nello scenario SSP2-4.5.



Fonte: AR6 WG1 (2021)

L'analisi in Fig. 1.5 si focalizza sul cambiamento atteso a fine secolo nelle statistiche giornaliere di precipitazione in differenti scenari, rispetto al periodo 1995-2014. Su tutte le superfici continentali è previsto un aumento delle precipitazioni estreme (Fig. 1.5 colonna destra) che si attesta intorno al 7% per ogni °C di aumento di temperatura, pur se con alcune differenze a scala regionale. Nonostante l'aumento dell'intensità della precipitazione giornaliera, molte regioni, tra le quali il Mediterraneo, vedranno un significativo aumento del numero di giorni secchi per anno (DDY) (Fig. 1.5 colonna sinistra). Per giorni secchi si intendono giorni con meno di 1 mm di pioggia. Si tratta dunque di una statistica indicativa dell'evoluzione futura degli eventi siccitosi. Ci attende un clima caratterizzato da minori ma potenzialmente più intensi eventi di precipitazione, con un notevole aumento della variabilità della precipitazione (Douveille and John 2021). Questo risultato, solo apparentemente contraddittorio, è dovuto al parallelo intensificarsi del ciclo idrologico e aumento del tempo di residenza in atmosfera del vapore acqueo (Bador et al. 2018). I pattern geografici di cambiamento nel numero di DDY non differiscono particolarmente tra gli scenari presi in considerazione, mentre cambia notevolmente il valore dei DDY: si va, per il Mediterraneo, dai circa 3 giorni secchi in più all'anno nello scenario SSP1-2.6 a più di 30 in SSP5-8.5. Anche qui vediamo l'importanza di mettere in campo, da un lato misure drastiche di riduzione delle emissioni climalteranti, dall'altro strategie efficaci di adattamento e mitigazione della vulnerabilità, specialmente in zone sensibili come il bacino del Mediterraneo.

FIGURA 1.5 | Cambiamenti (2081-2100 vs 1995-2014) nel numero di giorni senza pioggia (a, c, e) e nell'intensità delle piogge (b, d, f) negli scenari SSP1-2.6, SSP2-4.5 e SSP5-8.5.

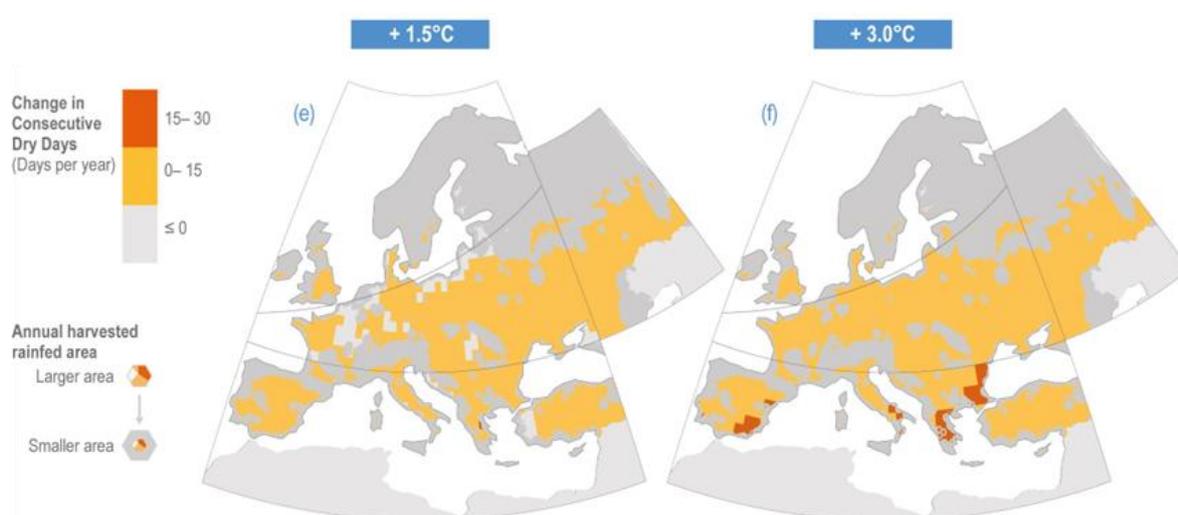


Fonte: AR6 WG1 (2021)

1.4.2 – Indicatori di scarsità della risorsa idrica

Come abbiamo visto nel paragrafo precedente, il Mediterraneo è una regione particolarmente sensibile ai cambiamenti climatici per quanto riguarda le ECVs coinvolte nel ciclo idrologico, cui corrisponde un elevatissimo numero di possibili indicatori di impatto, a seconda del settore e degli effetti considerati. Per particolare esposizione e vulnerabilità della regione agli impatti della diminuzione di risorsa idrica, ci limiteremo ad analizzare qui di seguito alcuni indicatori climatici relativi alle condizioni di siccità. La Fig. 1.6 mostra, infatti, come le proiezioni future indichino che, rispetto al periodo 1995-2014, quella mediterranea sarà la regione più colpita in Europa da episodi di siccità, già per un aumento della temperatura globale di 1.5°C e, con un maggiore livello di confidenza, per un riscaldamento di 3°C.

FIGURA 1.6 | Variazione nel numero di giorni secchi consecutivi e di superficie coltivata non irrigata artificialmente per una variazione di 1.5°C (a) e 3°C (b) nella temperatura globale media.

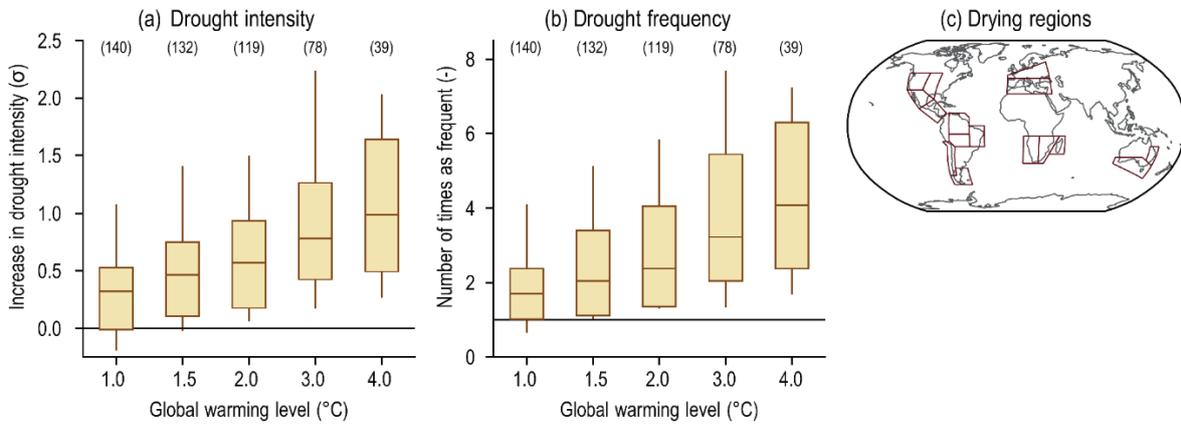


Fonte: AR6 WG2 (2021)

L'analisi della frequenza e intensità degli eventi di siccità permette il confronto tra le condizioni di siccità per il clima presente e quello futuro (Fig. 1.7). In questo contesto, per evento siccitoso si intende una condizione in cui la media annuale dell'umidità del suolo è inferiore al 10mo percentile calcolato sul periodo di riferimento 1850-1900. L'intensità è espressa come deviazione standard (variabilità interannuale) mentre la frequenza è espressa come numero di anni siccitosi in un intervallo di 10 anni. La Fig. 1.7 mostra chiaramente come sia l'intensità che la frequenza degli eventi siccitosi aumentino in funzione del riscaldamento globale, rispetto al periodo di riferimento 1850-1900 nelle regioni dove si hanno robuste diminuzioni dei valori di umidità al suolo. Tra queste regioni, come discusso in precedenza, spiccano il Mediterraneo e l'Europa continentale. In particolare, già con 2°C di riscaldamento le proiezioni climatiche indicano che si verificheranno più del doppio degli eventi siccitosi rispetto al passato.

Un effetto rilevante dell'aumento delle condizioni siccitose è rappresentato da una retroazione positiva sul riscaldamento globale, in quanto il sequestro di carbonio nelle regioni sensibili ad opera della vegetazione diventerà meno efficiente a causa delle limitazioni nella disponibilità di acqua. Questo fenomeno si manifesterà in maniera più evidente superata la soglia di 4°C di riscaldamento globale (Green et al. 2019).

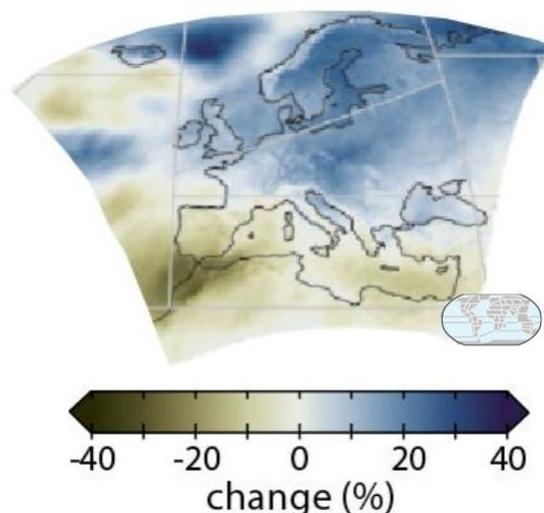
FIGURA 1.7 | Cambiamenti in intensità e frequenza della siccità in funzione del riscaldamento climatico globale. Nei boxplot le linee orizzontali rappresentano la mediana, i limiti dei box l'intervallo di confidenza del 66% mentre le linee verticali rappresentano l'intervallo di confidenza del 90%.



Fonte: AR6 WG1 (2021)

Da un punto di vista meteorologico, una misura quantitativa del verificarsi di condizioni di siccità è data dallo Standardized Precipitation Index (SPI), che a partire dalla distribuzione di probabilità della precipitazione, osservata o prevista, consente di quantificarne lo scostamento da una distribuzione storica di riferimento, sulla scala temporale di interesse. Ad esempio, l'SPI-6 mostrato in Fig. 1.8 confronta la precipitazione cumulata su sei mesi in uno scenario futuro corrispondente ad un aumento di temperatura di 2°C con quella rilevata per il clima attuale, evidenziando l'inaridimento atteso per la regione mediterranea.

FIGURA 1.8 | Variazioni percentuali attese dell'indicatore di siccità SPI-6 per uno scenario di aumento della temperatura media globale di 2°C.



Fonte: IPCC AR6 WG1, Regional fact sheet – Europe (2021)

Capitolo 2 | Le crisi idriche tra cambiamenti climatici e criticità strutturali

Nell'estate 2022 una crisi idrica di notevole gravità ha interessato le Regioni centrosetteentrionali del Paese, determinando gravi impatti per i differenti comparti d'uso: idropotabile, irriguo, industriale e idroelettrico. La crisi idrica è stata originata dalla consistente diminuzione delle precipitazioni rispetto alle medie storiche di riferimento, e alla conseguente contrazione della disponibilità idrica.

Per tale ragione, su richiesta delle Regioni interessate, il Consiglio dei Ministri ha dichiarato lo stato di emergenza per deficit idrico in dieci Regioni del Centro-Nord, prorogato fino al 28 dicembre 2023. Inoltre, al fine di rafforzare la governance delle risorse idriche, con il decreto legge n. 39/2023, convertito, con modificazioni, dalla legge n. 68/2023, è stata istituita una Cabina di regia con compiti di indirizzo, coordinamento e monitoraggio per il contenimento e il contrasto della crisi idrica; con il medesimo atto normativo è stata altresì prevista la nomina del Commissario straordinario nazionale per l'adozione di interventi urgenti connessi al fenomeno della scarsità idrica e sono state emanate ulteriori disposizioni per la mitigazione degli effetti della crisi idrica.

Durante la primavera del 2023, le abbondanti precipitazioni registrate nel mese di maggio e giugno hanno considerevolmente ridotto le criticità, anche se rimangono irrisolte alcune questioni di natura strutturale che indeboliscono l'efficienza di molti sistemi di approvvigionamento idrici.

Il capitolo è curato dal Dipartimento della Protezione Civile (con l'eccezione della scheda di approfondimento relativa al c.d. "Decreto Siccità" a cura di Fondazione Utilitatis) e contiene una breve disamina delle cause delle crisi idriche in Italia e una sintesi delle attività di monitoraggio e di gestione della crisi idrica 2022-2023, ponendo particolare riferimento alle attività poste in essere dal Servizio Nazionale della Protezione Civile (SNPC) a supporto della popolazione.

2.1 - Le cause delle crisi idriche in Italia

In Italia le condizioni climatiche sono di tipo temperato, con discreti afflussi meteorici, concentrati soprattutto nei mesi autunnali e invernali: eppure negli ultimi quarant'anni in Italia sono state riscontrate gravi criticità per le attività di approvvigionamento e distribuzione dell'acqua (Tab. 2.1).

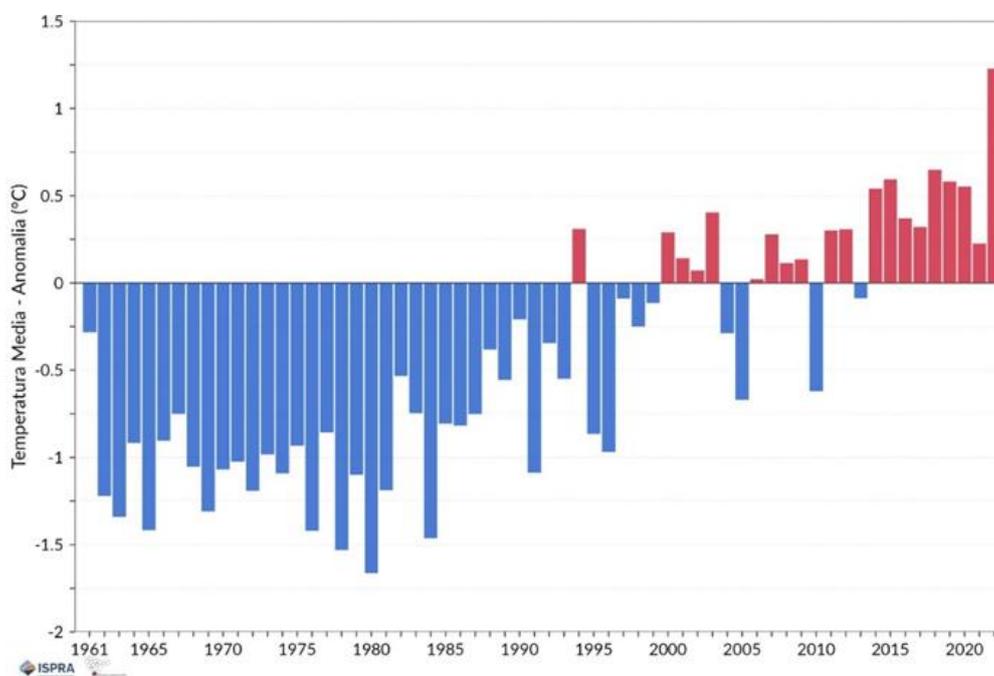
Viene dunque spontaneo chiedersi il perché di questa sequenza molto serrata di crisi idriche in un territorio, quale quello italiano, nel quale non si rinvergono condizioni di aridità. Sui media la causa degli episodi siccitosi e delle criticità nell'approvvigionamento e della distribuzione dell'acqua che avvengono in Italia, è spesso addebitata esclusivamente alla crisi climatica in atto. Sicuramente i cambiamenti climatici che stanno avvenendo in Italia così come nelle altre parti del globo, stanno determinando sensibili variazioni di tipo idrologico e nel quadro degli utilizzi: infatti, la riduzione degli apporti pluviometrici spesso priva i sistemi di approvvigionamento di volumi idrici utili per i differenti utilizzi (idropotabile, irriguo, industriale, etc.). Occorre anche considerare che, oltre alla riduzione degli afflussi meteorici, spesso si registra una spiccata variabilità temporale degli stessi, che ostacola l'ordinaria gestione dell'acqua: si pensi ad esempio all'aumento della frequenza degli eventi estremi che in poche ore riversano ingentissime quantità di pioggia, che satura la parte superficiale del terreno, ruscella in superficie e alimenta solo in piccola parte le falde freatiche. Anche il progressivo e consistente aumento delle temperature medie (Fig. 2.1) – ascrivibile al climate change – determina sia un aumento dell'evapotraspirazione (e di conseguenza una diminuzione delle risorse idriche disponibili), sia un incremento dei consumi d'acqua nei differenti

comparti d'uso. Da segnalare, ad esempio la domanda di energia nei mesi estivi per il raffrescamento degli edifici: si tratta di una richiesta che incide sull'acqua stoccata nei bacini artificiali ad uso idroelettrico.

TABELLA 2.1 | Elenco delle principali crisi idriche avvenute negli ultimi quarant'anni in Italia.

ANNO/I	Territori colpiti dalla crisi idrica (Regioni e/o bacino)
1980-1981	Regioni Nord - Ovest
1988-1990	Territorio Nazionale
1994-1995	Bacino del fiume Po
2000	Nord Italia
2001-2002	Umbria, Puglia, Basilicata, Sicilia e Sardegna
2003	Bacino del fiume Po, Friuli-Venezia Giulia
2006	Bacino del fiume Po
2007	Regioni Centro - Settentrionali
2012	Toscana, Umbria
2017	Piemonte, Emilia-Romagna, Marche, Umbria, Lazio
2022-2023	Piemonte, Lombardia, Liguria, Veneto, Friuli-Venezia Giulia, Emilia-Romagna, Toscana, Marche, Umbria, Lazio

FIGURA 2.1 | Serie delle anomalie medie in Italia della temperatura media rispetto alla media climatologica 1991-2020, dal 1961 al 2022.



Fonte: ISPRA – Il clima in Italia nel 2022, Report SNPA 36/2023.

Tuttavia, la pur rilevante crisi climatica non costituisce l'unica causa delle crisi idriche: la realtà è più complessa. In Italia le condizioni di criticità nell'approvvigionamento e nella distribuzione dell'acqua sono da addebitare non solo a condizioni siccitose che si stanno presentando sempre più frequentemente a causa della crisi climatica, ma anche a un articolato insieme di fattori, di matrice prevalentemente

antropica, che connotano i sistemi di approvvigionamento idrico e ne definiscono la loro vulnerabilità: si tratta di fattori ben noti quali elevate perdite di rete, ingenti prelievi, carenza di interconnessioni, vetustà e inadeguatezza degli impianti, interrimento degli invasi, uso di tecniche di irrigazione poco efficienti, utilizzi talora in competizione, debolezza dei processi di pianificazione, elevata frammentazione gestionale, etc. L'elevata frammentazione gestionale non consente l'efficiente utilizzo dell'acqua: esistono vasti territori, soprattutto nel Mezzogiorno, dove sono presenti gestioni in economia che difficilmente hanno le risorse economiche e le competenze tecniche necessarie per affrontare e risolvere in modo efficiente le problematiche gestionali cui deve far fronte di norma una utility del settore idrico. Un altro aspetto è quello della carenza di interconnessioni, soprattutto in alcune aree (ad esempio in parti dell'Appennino e delle aree prealpine), laddove per ragioni storiche, aggravate dalle sfavorevoli condizioni orografiche, molti abitati sono riforniti solamente da una fonte, spesso superficiale e quindi maggiormente vulnerabile nei confronti dei fenomeni siccitosi. Altro motivo di preoccupazione è quello dell'elevato interrimento degli invasi: la vita media di operatività (esercizio) dei serbatoi italiani ha superato i 60 anni e il tasso medio annuo di interrimento è dell'ordine dello 0.5-0.7% (La Barbera e Caruana, 2016). Il consistente interrimento degli invasi riduce notevolmente la capacità utile degli stessi e, in molti casi, pregiudica il funzionamento degli organi di scarico, in particolare di quelli di fondo. Va aggiunto che, per motivi di sicurezza, molti invasi sono soggetti a provvedimenti di limitazione di invaso, con conseguente ulteriore riduzione degli accumuli idrici. In sintesi, dunque, le cause delle crisi idriche sono da ricondurre sia alle sempre più frequenti siccità sia a fattori di vulnerabilità che connotano il settore idrico italiano: di seguito viene presentata una SWOT analysis che schematizza punti di forza e punti di debolezza di un settore di notevole importanza per l'economia della nostra nazione (Tab. 2.2).

TABELLA 2.2 | SWOT analysis del settore idrico italiano.

<p>PUNTI DI FORZA (STRENGTHS)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Personale tecnico molto qualificato; • Elevata copertura territoriale del servizio idrico; 	<p>PUNTI DI DEBOLEZZA (WEAKNESSES)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elevate perdite di rete; • Disomogeneità territoriale della risorsa; • Elevata frammentazione gestionale; • Vetustà delle infrastrutture; • Mancanza di personale tecnico qualificato nella maggior parte dei piccoli Enti Gestori; • Ingenti prelievi idrici; • Mancanza di impianti di depurazione; • Significativi sprechi; • Pianificazione talora inadeguata; • Debolezza dei processi di governance; • Usi competitivi;
<p>OPPORTUNITA' (OPPORTUNITIES)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Accesso ai fondi EU (es. PNRR); • Accesso ai fondi nazionali e regionali; • Nuova regolazione del settore idrico; • Misure di adattamento ai cambiamenti climatici; • Uso di indici di monitoraggio standardizzati e condivisi a livello nazionale; • Integrazione di differenti reti di monitoraggio; 	<p>MINACCE (THREATS)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Crisi climatica; • Disastri naturali.

2.2 - La crisi idrica 2022-2023 e le attività di monitoraggio

Nell'ambito delle proprie attribuzioni istituzionali, il Servizio Nazionale della Protezione Civile è attivamente impegnato nelle attività tecniche di valutazione volte al preannuncio e al monitoraggio dei fenomeni siccitosi e delle crisi idriche.

Il decreto legislativo 2 gennaio 2018, n. 1 (Codice della protezione civile), all'art. 16, comma 1 recita che "L'azione del Servizio nazionale si esplica, in particolare, in relazione alle seguenti tipologie di rischi: sismico, vulcanico, da maremoto, idraulico, idrogeologico, da fenomeni meteorologici avversi, da deficit idrico e da incendi boschivi". Il rischio da deficit idrico, pertanto, viene dal legislatore annoverato, a pieno titolo, tra quelli in cui si esercita la funzione di protezione civile intesa, come riporta l'art. 1 del Codice della protezione civile, come "[...] l'insieme delle competenze e delle attività volte a tutelare la vita, l'integrità fisica, i beni, gli insediamenti, gli animali e l'ambiente dai danni o dal pericolo di danni derivanti da eventi calamitosi di origine naturale o derivanti dall'attività dell'uomo".

Nello specifico, il Dipartimento della Protezione Civile (DPC) monitora con continuità l'evoluzione delle variabili meteorologiche (segnatamente precipitazioni e temperatura) al fine di rilevare eventuali scostamenti delle stesse rispetto alle medie storiche di riferimento, nonché delle disponibilità idriche dei territori (ad esempio i volumi d'invaso, le portate dei grandi gruppi sorgentizi, i livelli idrometrici, etc.). Tale attività viene svolta dal DPC in stretta collaborazione con le Regioni, Province autonome e Autorità di bacino distrettuali, nonché con Ministeri, Istituti di ricerca, Enti locali, imprese pubbliche e private e altri soggetti coinvolti, e ha la finalità di individuare con il maggior anticipo possibile l'approssimarsi di condizioni di potenziale scarsità idrica, al fine di consentire agli enti preposti la tempestiva predisposizione di misure di mitigazione delle eventuali crisi idriche e di razionalizzazione degli usi.

Oggi questa attività viene effettuata nella più ampia cornice multilaterale degli Osservatori distrettuali permanenti sugli utilizzi idrici (di seguito Osservatori): si tratta di organismi che raccolgono, elaborano e condividono dati meteoroclimatici e di disponibilità idrica con gli Enti a vario titolo preposti alla gestione delle risorse idriche.

Il monitoraggio della risorsa idrica a livello nazionale si esplica attraverso due fasi che sono l'analisi meteoroclimatica e il monitoraggio delle disponibilità idriche, due ampi filoni di attività complementari e tra i quali esistono evidenti interconnessioni.

L'analisi meteoroclimatica consiste nel confronto tra temperature e precipitazioni osservate e le medie storiche di riferimento: l'analisi è condotta in termini di scostamenti percentuali o in valore assoluto dei valori mensili osservati rispetto alle medie di riferimento (ad esempio 1981-2010, ISPRA), per evidenziare le anomalie più marcate e persistenti che abbiano un possibile impatto sulla riserva idrica. Unitamente alle precipitazioni liquide viene eseguito il monitoraggio della risorsa nivale, che contribuisce agli accumuli nei bacini idrici nel periodo primaverile. Il monitoraggio delle variabili meteoroclimatiche avviene anche attraverso la valutazione delle variazioni di alcuni indici e indicatori di particolare interesse per il monitoraggio della siccità, tra i quali, ad esempio, lo Standardized Precipitation Index - SPI (McKee et al., 1993), riportato in alcuni bollettini, redatti da Enti e Istituzioni diversi. In Italia, specifiche linee guida per l'individuazione di indicatori di siccità sono state prodotte da ISPRA e dall'Istituto di Ricerca Sulle Acque del CNR (IRSA-CNR) nel 2018 (Mariani et al., 2018).

Il monitoraggio delle disponibilità idriche è invece rappresentato dall'andamento dei volumi di invaso, delle portate delle acque superficiali e sotterranee nei principali bacini nazionali. Tali valori di disponibilità idrica vengono confrontati con i valori medi di riferimento, soglie e valori critici raggiunti negli anni passati.

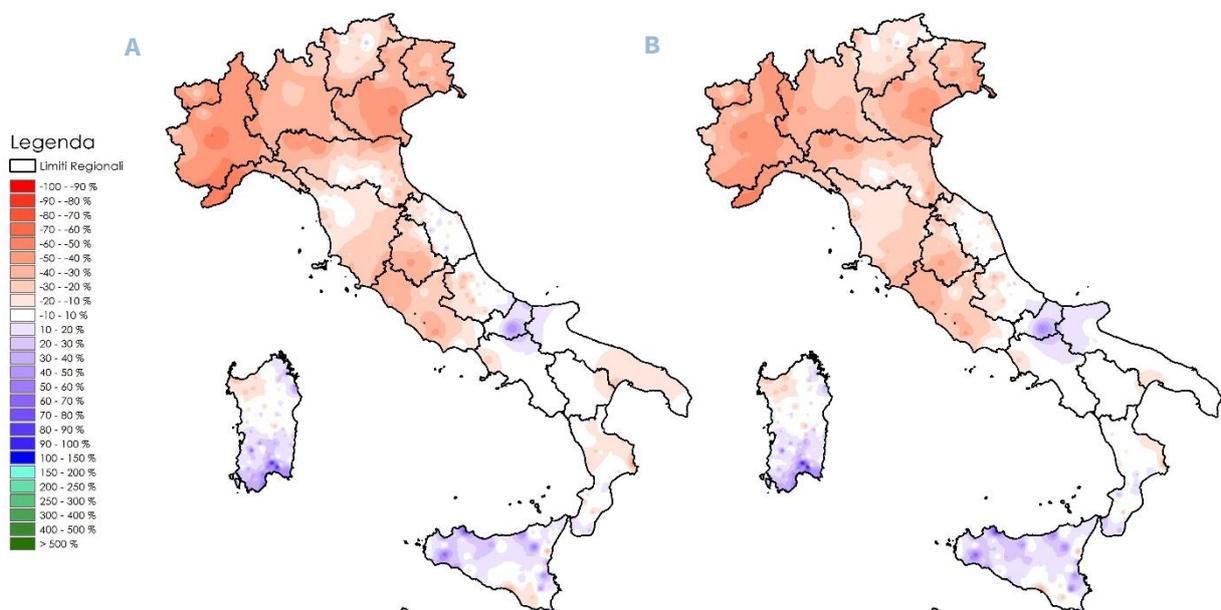
2.2.1 - Analisi delle precipitazioni

Dal dicembre 2021 le Regioni dell'Italia settentrionale e centrale hanno registrato precipitazioni marcatamente inferiori rispetto alle medie di riferimento, con deficit mensili molto elevati e persistenti su quelle settentrionali con valori compresi tra il -40% e il -70% su tutti i mesi considerati.

Andando ad analizzare il periodo settembre 2021 – maggio 2022, i deficit accumulati sono stati del -50%, -60% sulle regioni del Nord; valori del -20%, -30% sono stati rilevati sul settore appenninico e tirrenico dell'Italia centrale, precipitazioni in media per le regioni meridionali (Fig. 2.2A).

Nella figura successiva sono rappresentate le anomalie delle precipitazioni cumulate sull'intero periodo settembre 2021 - agosto 2022, che termina con spiccati deficit pluviometrici sulle regioni settentrionali e centrali (Fig. 2.2B).

FIGURA 2.2 | (A) Anomalie delle precipitazioni cumulate da settembre 2021 a maggio 2022 e (B) da settembre 2021 ad agosto 2022, rispetto alla media trentennale (1981-2010).



Fonte: Rete dei Centri Funzionali | medie storiche SCIA ISPRA | Elaborazione DPC

La marcata riduzione delle precipitazioni dei mesi invernali e primaverili, unitamente alla scarsità della copertura nevosa e alle elevate temperature registrate, hanno determinato dal mese di giugno 2022 situazioni di crisi idrica sui distretti Padano e delle Alpi Orientali, e poco dopo sui distretti dell'Appennino Centrale e dell'Appennino Settentrionale. Anche nei successivi mesi estivi è proseguito il periodo siccitoso, così come rappresentato nelle seguenti mappe di anomalia di precipitazione, ancora con valori molto marcati sulle regioni centrali e settentrionali, e solo con una lieve attenuazione nel mese di agosto (Fig. 2.3).

A seguire, i mesi autunnali e invernali hanno registrato ancora marcati deficit di precipitazione sulle regioni del nord, con anomalie mensili comprese tra il -30% e -50%, e valori massimi con punte fino a -100% ad ottobre 2022 e febbraio 2023. Diversa la situazione per le regioni centrali, che hanno registrato in tale periodo precipitazioni anche al di sopra delle medie mensili, come nei mesi di settembre 2022 e nel periodo

novembre 2022 – gennaio 2023. In primavera, dopo un aprile alquanto siccitoso con marcati deficit ancora sulle regioni del nord, maggio registra precipitazioni molto abbondanti su tutte le regioni, con surplus idrici elevati, con valori tra il +60%, +70% e punte fino a +100%, 200% in Piemonte e +400%, +600% sull'Emilia-Romagna centro-orientale, colpita da una severa alluvione. Anche sulle regioni centrali si osservano marcate anomalie positive con valori del +100%, e punte fino a +200% sul basso Lazio, Marche e Abruzzo. Analoghi valori per le regioni meridionali e isole maggiori. Le precipitazioni sono proseguite anche nel mese di giugno, con valori in media per le regioni del nord e ampiamente al di sopra delle medie sulle regioni centrali e meridionali (Fig. 2.4).

FIGURA 2.3 | Anomalie delle precipitazioni cumulate dei mesi di giugno (sinistra), luglio (centro) e agosto 2022 (destra), rispetto alla media trentennale (1981-2010).

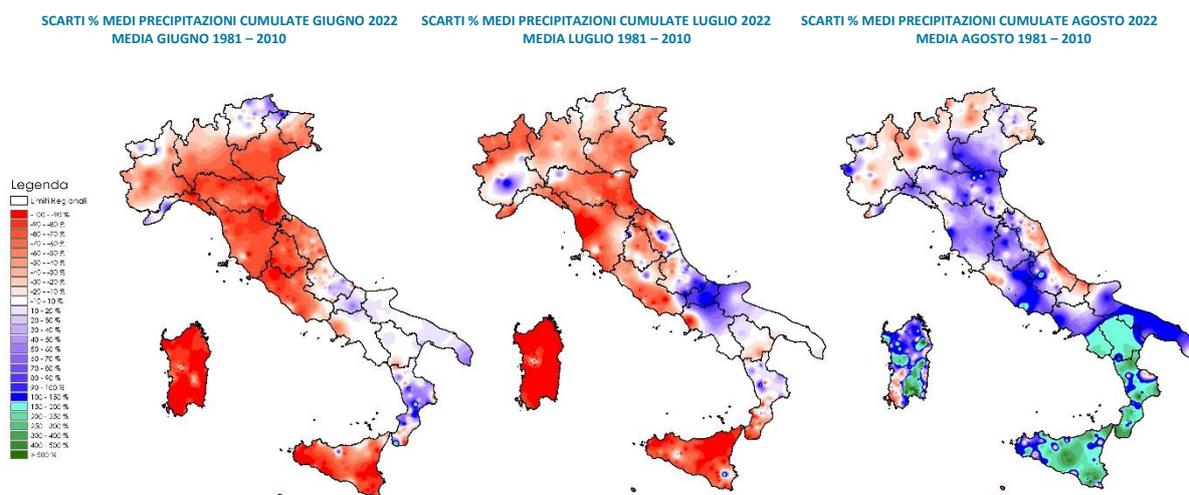
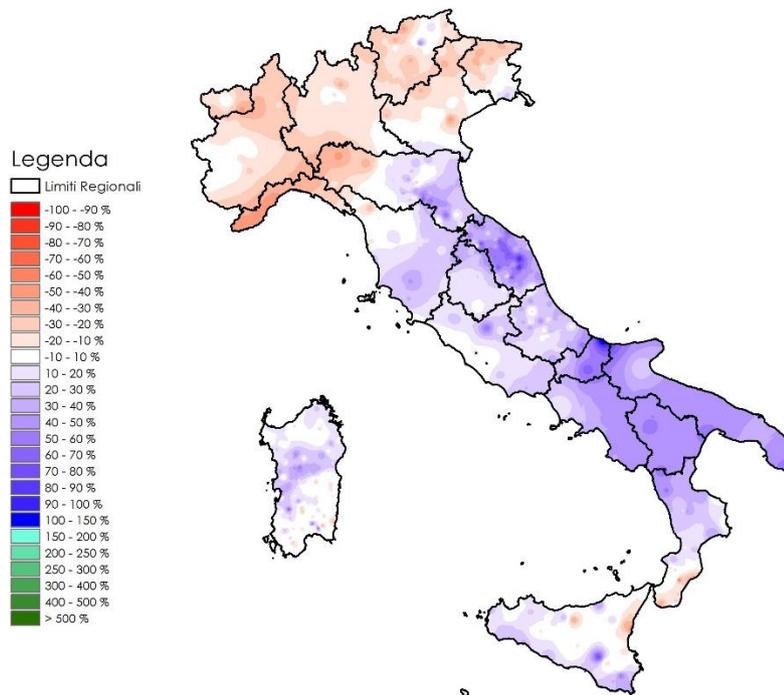


FIGURA 2.5 | Anomalie delle precipitazioni cumulate da settembre 2022 a giugno 2023, rispetto alla media trentennale (1981-2010)



Fonte: Rete dei Centri Funzionali | medie storiche SCIA ISPRA | Elaborazione DPC

2.2.2 - Analisi delle temperature

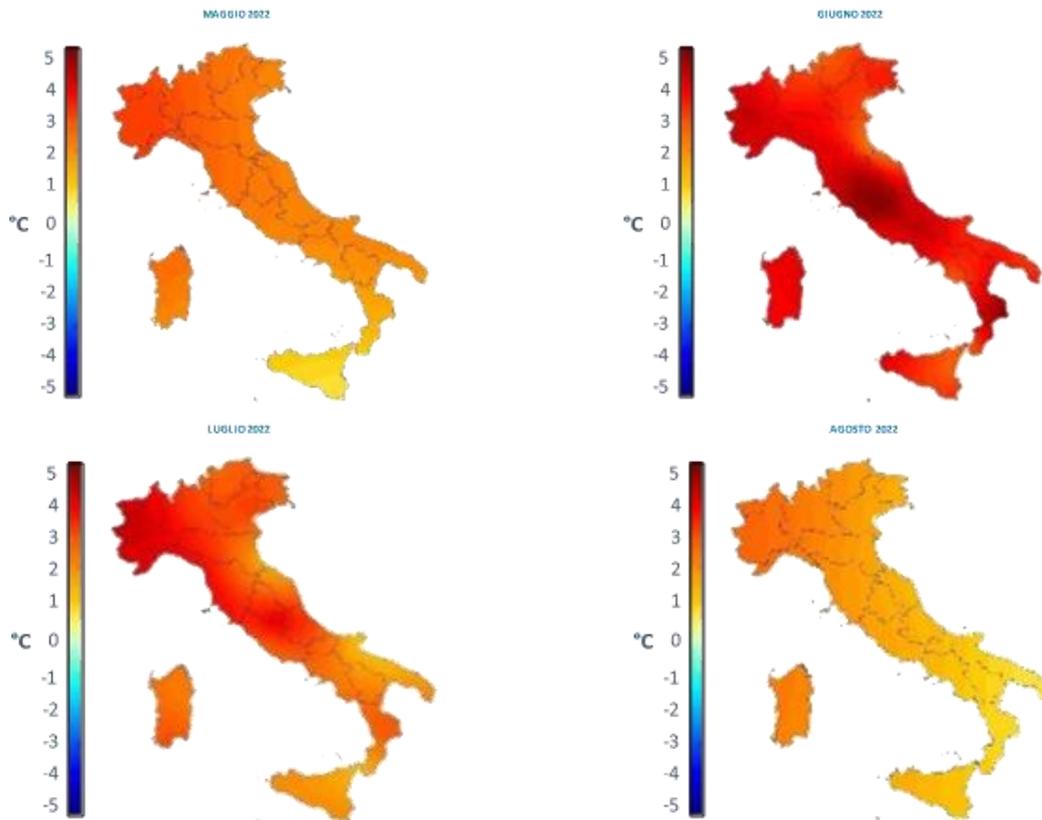
Nei mesi da maggio ad agosto 2022 si sono registrate temperature ben al di sopra delle medie di riferimento, con anomalie positive molto elevate e persistenti sulle regioni settentrionali e centrali. Come si può osservare nella Figura 2.6, nel periodo maggio-agosto 2022, su gran parte del territorio nazionale, si rilevano anomalie positive di circa +2 °C, +3 °C per i mesi di maggio e agosto, e anomalie maggiori per giugno e luglio con valori anche superiori, fino a +4 °C e +5 °C. Alle analisi elaborate dall'Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima del CNR (ISAC-CNR), del resto, l'anno 2022 è risultato essere il più caldo dal 1800¹.

L'autunno e l'inverno sono proseguiti ancora con temperature al di sopra delle medie di riferimento con anomalie mensili generalmente tra +2 °C, +3 °C, e anomalie più rilevanti fino a +3 °C e +4 °C ad ottobre sulle regioni del nord e a dicembre al centro-sud. Solamente i mesi di aprile e maggio hanno visto temperature medie mensili al di sotto dei valori medi su gran parte delle Regioni, come rappresentato in Figura 2.7. Segue giugno nuovamente con temperature al di sopra delle medie per circa +2 °C, +3 °C.

Complessivamente il primo semestre del 2023 segna nuovamente un record: a nord è il terzo semestre più caldo con +0,8 °C dopo quello del 2022 (<https://www.isac.cnr.it/climstor>, ultimo accesso 30 giugno 2023).

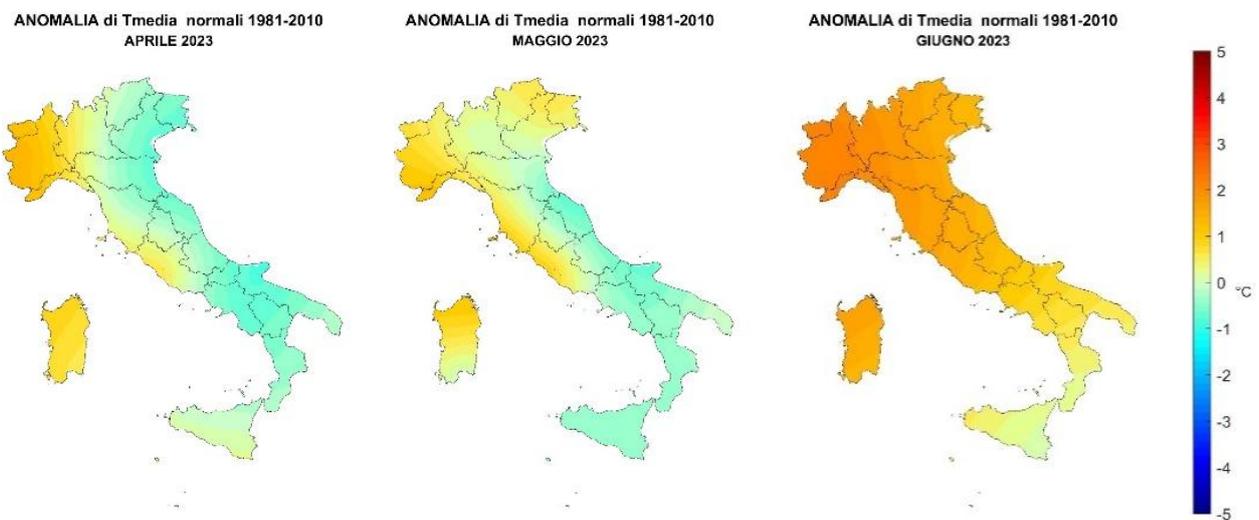
¹ <https://www.isac.cnr.it/climstor>, ultimo accesso 20 gennaio 2023

FIGURA 2.6 | Anomalie mensili di temperatura media da maggio ad agosto 2022, calcolate rispetto alla media trentennale (1981-2010).



Fonte: Rete dei Centri Funzionali | medie storiche SCIA ISPRA | Elaborazione ISPRA

FIGURA 2.7 | Anomalie mensili di temperatura media da aprile a giugno 2023, calcolate rispetto alla media trentennale (1981-2010).



Fonte: Rete dei Centri Funzionali | medie storiche SCIA ISPRA | Elaborazione ISPRA

2.2.3 - Disponibilità idrica superficiale e sotterranea

Il monitoraggio ha coinvolto anche i parametri per la definizione della disponibilità idrica superficiale e sotterranea, attraverso la rilevazione di dati con cadenza giornaliera, settimanale o mensile.

Per quanto riguarda le acque superficiali, nel territorio nazionale è stato effettuato il monitoraggio periodico sia delle portate delle grandi aste fluviali (ad esempio Po, Adige, Tevere, Arno) sia di altre aste fluviali che assumono notevole importanza a livello locale e regionale. I dati provengono prevalentemente dalle stazioni di monitoraggio della rete dei centri funzionali e sono usati per le rilevazioni strumentali ai fini della previsione e prevenzione degli eventi alluvionali. Di norma, viene effettuato il confronto dei suddetti dati con le medie storiche di riferimento e/o con quelli relativi agli anni nei quali si sono verificati episodi siccitosi: anche nel corso dell'ultima crisi idrica verificatasi nel 2022 è stato adottato questo metodo di raffronto. La rilevazione periodica e sistematica, su scala mensile o anche su altre scale temporali, dei volumi idrici invasati nei serbatoi artificiali presenti in tutto il territorio nazionale, ha avuto un ruolo significativo anche nel corso dell'emergenza idrica del 2022. Analogamente ai serbatoi artificiali, sono stati monitorati anche i laghi regolati (nello specifico quelli alpini quali il lago Maggiore, il lago di Como, il lago d'Iseo, il lago di Garda e il lago d'Idro) che, nel territorio italiano, assumono particolare importanza per gli usi irrigui.

Per quanto riguarda le acque sotterranee, che costituiscono una risorsa strategica per l'approvvigionamento idrico, indicatori molto utili sono stati il numero e la capacità dei pozzi, nonché l'analisi dell'andamento temporale dei livelli piezometrici. Il monitoraggio delle acque sotterranee, purtroppo non effettuato sempre e sistematicamente, ha comunque consentito di ottenere preziose informazioni sugli acquiferi sotterranei.

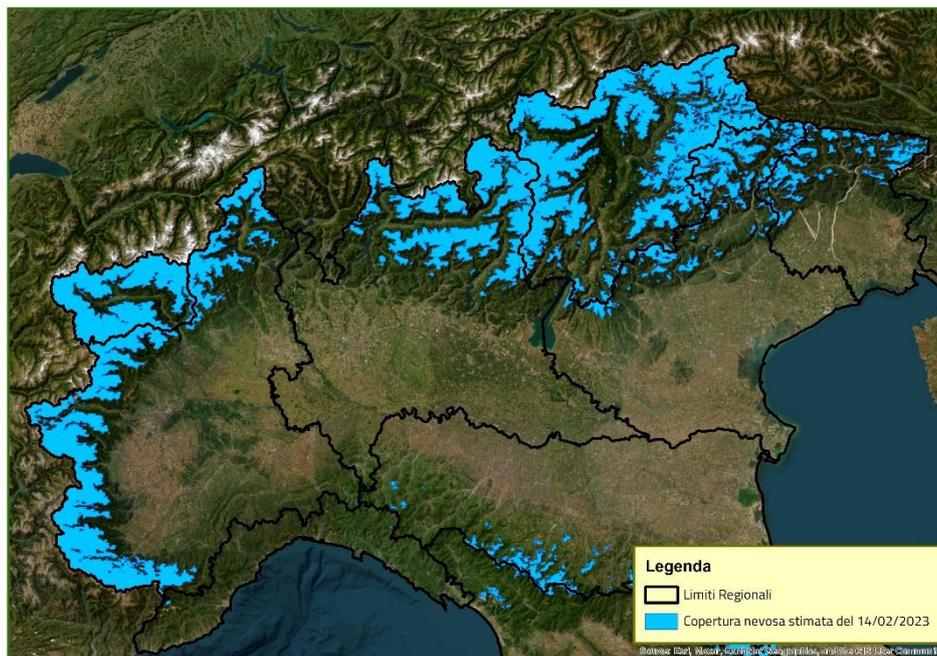
2.2.4 - Valutazione dell'equivalente idrico della neve

La valutazione della disponibilità idrica ha tenuto in debita considerazione anche la presenza di quantità di risorsa immagazzinata in termini di copertura nevosa nei mesi autunnali e invernali, che viene successivamente rilasciata in forma liquida a seguito della fusione. Il monitoraggio dell'equivalente idrico della neve (Snow Water Equivalent - SWE) si è avvalso dell'utilizzo delle immagini satellitari che hanno consentito di valutare l'estensione della copertura nevosa, nonché dei dati a terra (forniti dai nivometri della rete dei centri funzionali, dal Servizio Meteomont del CTA e CC ed AINEVA) per la determinazione della densità e dell'altezza del manto nevoso, necessari per quantificare l'acqua presente sotto forma di neve.

Le piattaforme satellitari maggiormente utilizzate per le predette valutazioni sono i satelliti polari MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) Terra e Aqua, nonché i satelliti Sentinel del programma europeo di osservazione della Terra Copernicus. Si precisa, tuttavia, che la copertura nevosa può essere stimata solo nel caso di assenza di copertura nuvolosa.

La situazione di innevamento, in termini di stima di equivalente idrico (SWE), nei primi mesi del 2023 è risultata essere peggiore del 2022 (quando la superficie nivale già era molto ridotta). Solo dalla seconda metà di gennaio la situazione è migliorata grazie alle intense nevicate del mese, per poi assestarsi ai valori della stagione precedente, verso la metà di febbraio. Dall'analisi dell'immagine satellitare MODIS relativa al 14 febbraio 2023 (Fig. 2.8), la superficie della copertura nevosa è stata stimata in 19.610 Km², leggermente superiore a quella calcolata per lo stesso periodo del 2022 (Km² 16.000). Il calcolo dell'SWE è di circa 2,8 Gmc (2.800 milioni di metri cubi - Mm³). Nei mesi successivi, l'innnevamento è continuato ad essere drasticamente minore rispetto all'anno precedente, per ritornare a livelli simili al 2022 ad inizio maggio.

FIGURA 2.8 | Stima della copertura nevosa dall'immagine satellitare MODIS del 14 febbraio 2023.



Fonte: Immagine satellitare MODIS |Elaborazione DPC I

Il motivo principale di questo deficit, oltre a fenomeni nevosi inferiori alla media, risulta essere un'anomalia termica superiore continua nei primi mesi dell'anno: si tratta di fattori che hanno accelerato i fenomeni di fusione e non hanno permesso l'adeguato mantenimento della riserva nivale. Da aprile-maggio in poi, una inversione di tendenza dell'anomalia di temperatura ha permesso il riequilibrio della fusione della rimanente superficie nivale alpina portando i livelli di SWE a valori simili a quelli del 2022.

2.3 - Attività del gruppo tecnico per le previsioni mensili e stagionali

Sin dal 2007 il DPC, a potenziamento dell'attività previsionale ordinaria del Dipartimento, ha promosso la costituzione del Gruppo tecnico per le previsioni mensili e stagionali, avvalendosi della collaborazione di meteorologi e climatologi di alto profilo afferenti a vari enti ed istituti di ricerca. Nel 2008, con decreto del Capo Dipartimento, successivamente modificato nel 2015, è stato formalmente costituito il Gruppo tecnico-scientifico per le previsioni meteorologiche mensili e stagionali a scala nazionale e per le analisi climatologiche, composto dai rappresentanti del Centro Nazionale di Meteorologia e Climatologia Aeronautica dell'Aeronautica Militare (CNMCA), dell'Istituto per la BioEconomia del CNR (CNR-IBE), del Servizio Idro-Meteo-Clima dell'ARPAE della Regione Emilia-Romagna (ARPAE - SIMC), dell'Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima del CNR (CNR-ISAC), del CREA e dell'ISPRA.

Il Gruppo tecnico, fin dalla sua costituzione, valuta anche le analisi climatologiche disponibili, i risultati del monitoraggio della condizione idrica nazionale e fornisce indicazioni utili per la predisposizione di scenari di disponibilità idrica, condividendo le valutazioni previsionali e le analisi climatologiche con le Autorità di bacino distrettuali, con gli Osservatori, le Regioni e con altri potenziali utenti.

Il Gruppo tecnico si riunisce con cadenza periodica per individuare e condividere gli scenari climatologici previsionali più probabili sul bacino del Mediterraneo centrale per il mese successivo (previsione mensile) e per il trimestre di riferimento (previsione trimestrale). In ciascuna riunione viene formulata una Sintesi

condivisa, che rappresenta lo scenario meteorologico previsionale più probabile, quello di possibile impatto per il rischio da deficit idrico, per il rischio incendi e per le ondate di calore. Occorre tuttavia precisare che, trattandosi di previsioni meteorologiche a medio-lungo termine, sono caratterizzate da un'incertezza previsionale diversa rispetto alle previsioni meteorologiche a pochi giorni.

Durante gli anni 2022 e 2023, il Gruppo tecnico ha intensificato le proprie attività previsionali con un fitto calendario di riunioni, fornendo anche mensilmente al DPC scenari previsionali di temperatura e precipitazioni.

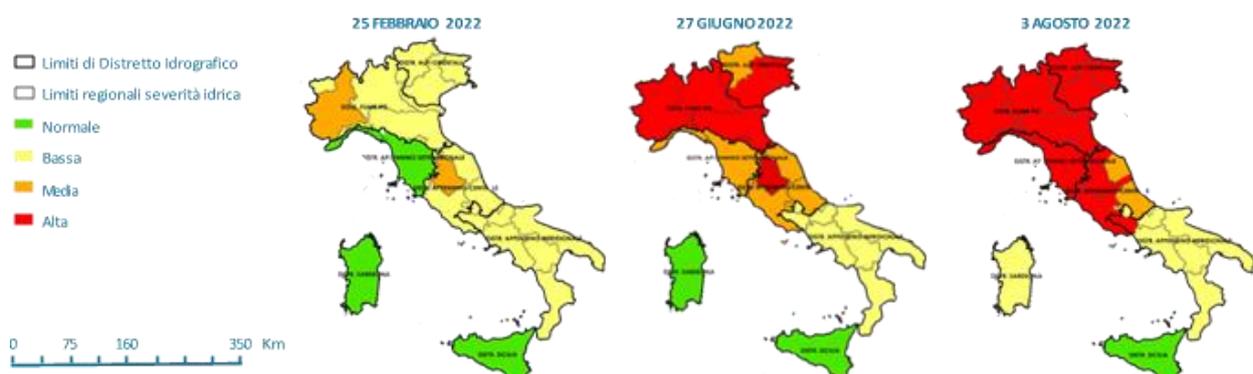
2.4 - Variazioni nel tempo delle severità idriche valutate dagli Osservatori Permanenti sugli Utilizzi Idrici

Gli Osservatori distrettuali permanenti sugli utilizzi idrici, istituiti con appositi protocolli d'intesa nel luglio 2016 dall'ex Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) - oggi Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE) - presso le Autorità di bacino distrettuali, sono organismi collegiali con compiti di raccolta, analisi e valutazione congiunta dei dati riguardanti le variabili meteorologiche e le disponibilità idriche, a supporto degli enti istituzionalmente competenti in materia di gestione della risorsa idrica. Gli Osservatori sono pertanto la sede per la condivisione delle informazioni disponibili da parte dei suddetti enti che, preso atto degli scenari previsti, programmano e attuano gli interventi, le attività e i provvedimenti volti alla prevenzione e alla mitigazione delle crisi idriche. Tali azioni, se poste in essere con la necessaria tempestività, consentono di ridurre considerevolmente gli impatti della siccità e delle crisi idriche.

Con il decreto-legge n. 39/2023, convertito, con modificazioni, dalla legge n. 68/2023, l'istituzione degli Osservatori è stata recepita da una norma primaria.

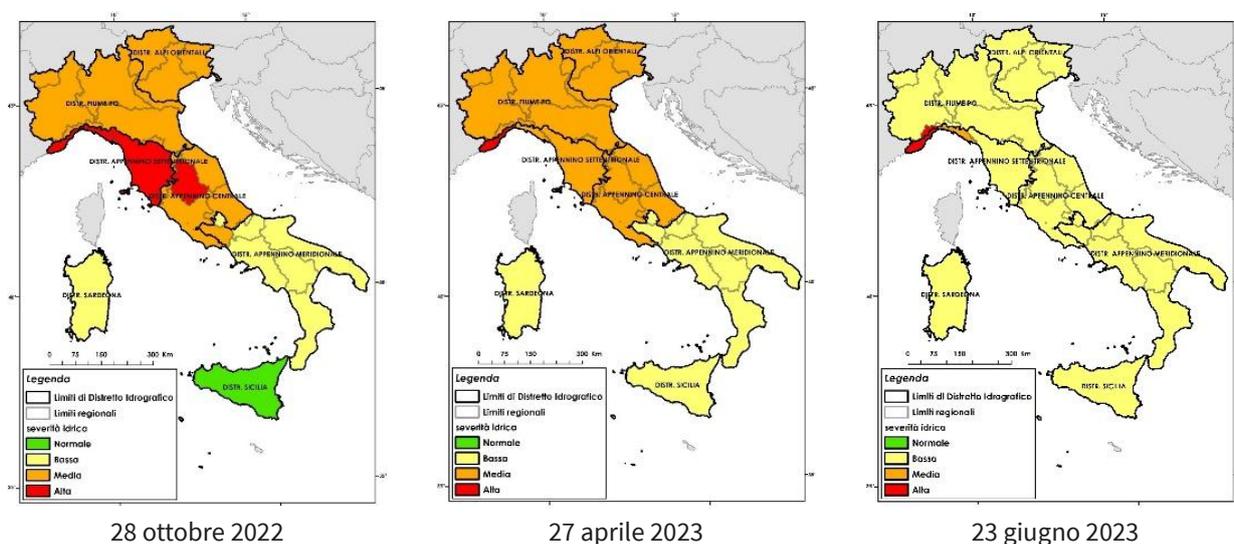
La crisi idrica del 2022, per quanto attiene ai sistemi di previsione, preannuncio e monitoraggio, ha nuovamente mostrato la particolare rilevanza assunta dalle funzioni svolte dagli Osservatori permanenti sugli utilizzi idrici, che nel corso delle loro sedute hanno raccolto con continuità tutti i dati e gli elementi informativi utili per delineare un quadro esaustivo della disponibilità di acqua e per comprendere l'evoluzione delle situazioni di criticità nonché per mettere a punto soluzioni concordate per la mitigazione della crisi, da proporre agli Enti istituzionalmente competenti in materia di gestione dell'acqua. Come si evince dalla figura 2.9, durante la primavera e l'estate del 2022 si è verificato un peggioramento graduale delle condizioni di severità idriche nelle Regioni centro-settentrionali, in particolare in quelle oggetto dei provvedimenti emergenziali, mentre al Sud Italia e nelle Isole il grado di severità è rimasto basso o normale.

FIGURA 2.9 | Variazione della severità idrica nei distretti idrografici, nel periodo febbraio – agosto 2022.



Alla fine dell'estate le condizioni di severità idrica si sono attenuate per la fine della stagione irrigua. Nei successivi mesi autunnali e invernali, come visto in precedenza, le richieste idriche si sono attenuate principalmente per la fine della stagione irrigua, ma persistevano comunque situazioni di criticità, nel centro nord. Le precipitazioni sono state inferiori alle medie storiche di riferimento generalmente fino alla fine del mese di aprile. I mesi di maggio e giugno 2023 sono stati caratterizzati da abbondanti piogge, pertanto, come evidenziato dalle mappe di severità idrica (Fig. 2.10), dalla fine della primavera l'approvvigionamento idrico è stato sostanzialmente assicurato per tutti i comparti d'uso e i livelli di severità idrica sono stati generalmente bassi.

FIGURA 2.10 | Variazione della severità idrica nei distretti idrografici, nel periodo ottobre 2022 - giugno 2023.



2.5 - Le misure di mitigazione della crisi idrica

Il monitoraggio della crisi idrica svolto dagli Osservatori è stato di rilevanza fondamentale anche per definire misure e interventi di mitigazione, su cui esiste già una vasta letteratura scientifica (Rossi, 2000; Rossi et al., 2007, Wilhite, 2005). Si tratta di misure di mitigazione che agiscono su differenti orizzonti temporali (breve e medio - lungo termine) e sui diversi comparti d'uso interessati.

Generalmente le misure di breve termine sono di tipo contingibile e urgente, e sono prevalentemente finalizzate a ridurre i disagi per la popolazione; le misure di medio - lungo termine, quali ad esempio la realizzazione di nuove infrastrutture idriche o il riefficientamento di quelle esistenti, sono invece mirate ad aumentare la resilienza dei sistemi di approvvigionamento. Le misure di breve termine sono generalmente affidate agli Enti Gestori, alle Regioni e alle componenti territoriali del Servizio Nazionale della Protezione Civile. Il DPC svolge un ruolo di coordinamento degli enti competenti nel caso di emergenze di rilievo nazionale ed è chiamato a intervenire per mitigare il rischio da deficit idrico, come già avvenuto durante le crisi del 1988-90, 2002, 2003, 2007-2008, 2012, 2017.

Nei mesi primaverili ed estivi del 2022, c'è stata un'intensa attività di concertazione interistituzionale, con la convocazione di numerose riunioni di coordinamento alle quali hanno partecipato differenti

stakeholders istituzionali. La strategia concordata è stata ridurre il più possibile gli impatti per la popolazione. Il presupposto per attivare interventi di coordinamento e operativi di tipo straordinario su base nazionale è la dichiarazione dello stato di emergenza nazionale (vedi successivo approfondimento), che viene deliberato dal Consiglio dei Ministri, su proposta del Presidente del Consiglio dei Ministri. Lo stato di emergenza viene dichiarato per *“emergenze di rilievo nazionale connesse ad eventi calamitosi di origine naturale o derivanti dall’attività dell’uomo che, in ragione della loro intensità o estensione, debbono, con immediatezza d’intervento, essere fronteggiati con mezzi e poteri straordinari da impiegare durante limitati e predefiniti periodi di tempo ai sensi dell’articolo 24”* (art. 7 Codice della protezione civile).

2.6 – Dichiarazione dello stato di emergenza e ordinanze di Protezione Civile

Il decreto legislativo 2 gennaio 2018, n. 1 (Codice della protezione civile), all’articolo 24 comma 1 stabilisce che la dichiarazione dello stato di emergenza viene adottata al verificarsi o nell’imminenza degli eventi, anche su richiesta dei Presidenti delle Regioni interessate e, comunque, acquisitane preliminarmente l’intesa. La dichiarazione stabilisce la durata e l’area territoriale di intervento, autorizza l’emanazione delle ordinanze di protezione civile da parte del Capo del DPC e individua le prime risorse finanziarie da destinare all’avvio delle attività e degli interventi più urgenti, autorizzando, a tal fine, l’utilizzo a copertura delle risorse finanziarie del Fondo delle Emergenze Nazionali (FEN).

Le ordinanze di protezione civile, secondo quanto previsto dall’articolo 25 del Codice della protezione civile, sono adottate dal Capo del DPC d’intesa con le Regioni interessate e, dopo 30 giorni dalla deliberazione del Consiglio dei ministri, di concerto con il Ministero dell’economia e delle finanze, limitatamente ai profili finanziari.

Le ordinanze di protezione civile possono contenere misure di coordinamento e operative da realizzare nei limiti delle risorse stanziare dal Consiglio dei ministri in materia di:

- soccorso e assistenza alla popolazione (art. 25 c. 2, lett. a);
- ripristino funzionalità servizi pubblici e infrastrutture di reti strategiche (art. 25 c. 2, lett. b);
- prime misure economiche e di immediato sostegno per privati e imprese danneggiati (art. 25 c.2, lett. c);
- realizzazione di interventi, anche strutturali, per la riduzione del rischio residuo a tutela della pubblica e privata incolumità (art. 25 c.2, lett. d);
- ricognizione dei fabbisogni per il ripristino delle strutture e infrastrutture pubbliche e private danneggiate nonché dei danni subiti dalle attività economiche e produttive, dei beni culturali e paesaggistici e del patrimonio edilizio (art. 25 c.2, lett. e).

Nello specifico contesto delle ordinanze di protezione civile per il contrasto delle crisi idriche, particolare rilevanza assumono le misure di cui all’articolo 24 c. 2, lettera a e lettera b del Codice della protezione civile.

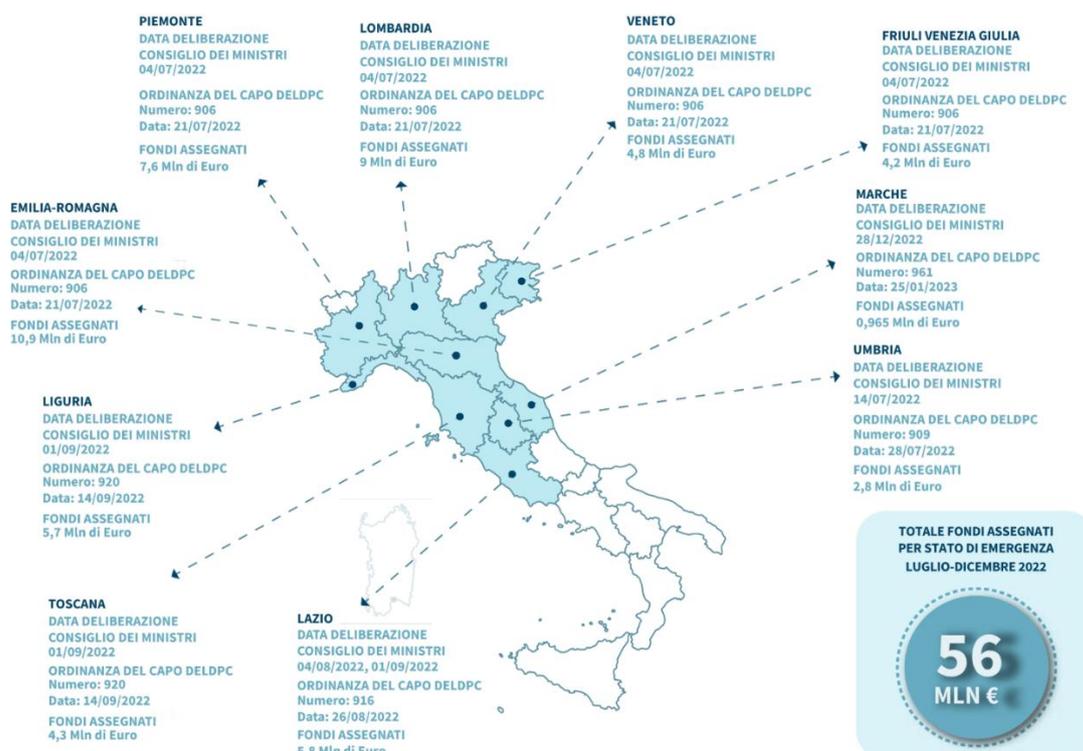
Le ordinanze di protezione civile sono adottate in deroga ad ogni disposizione vigente e nel rispetto dei principi generali dell’ordinamento giuridico e delle norme dell’Unione Europea. Per coordinare l’attuazione delle ordinanze di protezione civile possono essere nominati commissari delegati, a cui spetta il compito, tra l’altro, di predisporre, anche per stralci, il piano delle misure e degli interventi più urgenti di cui alle lett. a) e b), con il relativo finanziamento, che viene sottoposto alla preventiva approvazione del Capo del DPC.

Durante l’estate del 2022 è stato dichiarato lo stato di emergenza per 9 Regioni dell’Italia centro-settentrionale (Piemonte, Liguria, Lombardia, Emilia-Romagna, Veneto, Friuli Venezia Giulia, Toscana, Umbria, Lazio) e sono state emanate le relative ordinanze di protezione civile, con le quali, come

generalmente avvenuto in passato, i Presidenti delle Regioni sono stati nominati Commissari delegati per i rispettivi territori di competenza: di seguito viene riportata una tabella con l'elenco delle dichiarazioni dello stato di emergenza e delle relative ordinanze di protezione civile emanate nel 2022-2023 per il contrasto delle crisi idriche.

In relazione al protrarsi delle condizioni di criticità e alla necessità di implementare adeguate strategie operative, in data 28 dicembre 2022 è stato prorogato per 12 mesi lo stato di emergenza per le Regioni Piemonte, Lombardia, Emilia-Romagna, Veneto, Friuli-Venezia Giulia, Umbria, Lazio, Liguria, Toscana ed è stata disposta l'estensione dello stato di emergenza alla Regione Marche (Fig. 2.11).

FIGURA 2.11 | Informazioni sulle dichiarazioni dello stato di emergenza e sulle ordinanze di Protezione Civile emanate per il contrasto della crisi idrica del 2022-2023.



Durante l'estate del 2022, le misure di protezione civile hanno consentito di ridurre significativamente i disagi per la popolazione, soprattutto per quanto riguarda il settore idropotabile. In particolare, nei piani presentati dai commissari delegati e approvati dal Capo del Dipartimento della Protezione Civile sono state attuate varie misure di breve termine quali per esempio:

- l'utilizzo di autobotti per il trasporto e il rifornimento dell'acqua nei serbatoi;
- la realizzazione di punti di distribuzione della risorsa idrica alimentati mediante autobotti;
- la realizzazione di serbatoi e accumuli di carattere temporaneo;
- la posa di gruppi di pompaggio;
- l'attivazione di nuove fonti;
- il ripristino di fonti abbandonate;
- la posa di tubazioni provvisoriale per il potenziamento della rete di adduzione e distribuzione;
- interventi di interconnessione di reti acquedottistiche esistenti;
- l'implementazione di sistemi di telecontrollo o efficientamento di dispositivi idraulici volti alla misurazione ed alla gestione della risorsa idrica per ottimizzarne l'uso;
- la realizzazione di nuovi pozzi o approfondimento di pozzi esistenti;

- l'aumento temporaneo della capacità di stoccaggio delle acque;
- l'installazione di dissalatori mobili ed utilizzo di sistemi mobili di trattamento delle acque.

Inoltre, sempre sulla base del quadro normativo vigente in materia di protezione civile, è possibile:

- definire uno speciale regime derogatorio per la semplificazione e l'accelerazione della realizzazione delle opere e degli interventi sopra descritti;
- avviare la raccolta dei fabbisogni più generali in materia di esigenze strutturali, ai fini della relativa valutazione da parte degli organi competenti.

Di contro, non rientrano nell'azione di protezione civile, ai sensi dell'articolo 16, comma 3, del Codice della protezione civile, gli interventi e le opere per eventi programmati o programmabili in tempo utile.

Sempre a titolo di esempio, si riportano alcune misure ritenute non ammissibili:

- gli interventi aventi una tempistica progettuale e realizzativa superiore al periodo dello stato di emergenza o della relativa contabilità speciale;
- tutte quelle situazioni di criticità riconducibili a inadempienza, inefficienza o non adeguata azione degli Enti ordinariamente competenti, derivante dalla mancata o dalla ritardata adozione di adeguati atti programmatici e di indirizzo volti a fronteggiare i medesimi contesti (ad esempio la ricerca perdita e sostituzione di tubazioni ammalorate);
- gli interventi cofinanziati attraverso la tariffa del SII, che possano essere considerati interventi strutturali.

Di conseguenza, è evidente che le misure di protezione civile devono essere necessariamente affiancate da rilevanti azioni di miglioramento dell'efficienza e della resilienza dei sistemi di approvvigionamento idrico: si tratta di misure che agiscono su differenti orizzonti temporali e che sono riconducibili alle competenze di altre amministrazioni e di differenti soggetti, quali enti gestori, consorzi di bonifica, etc.

Per il comparto irriguo, il protrarsi della crisi idrica e le ingenti esigenze colturali hanno reso difficoltose le attività ordinariamente svolte in ambito agricolo, che peraltro esulano dalle specifiche competenze del SNPC.

Altresì visto il protrarsi delle condizioni di scarsità idrica nel 2023 è stato emanato il decreto-legge n. 39 (c.d. "decreto siccità"), convertito, con modificazioni, dalla legge n. 68/2023. Il decreto-legge contiene specifiche misure volte alla lotta alla crisi idrica, con particolare attenzione alla resilienza dei sistemi idrici introducendo, tra le varie misure previste, una Cabina di regia per la crisi idrica con la nomina di un Commissario straordinario e recependo a livello di norma primaria il sistema degli Osservatori permanenti degli utilizzi idrici incardinati presso le Autorità di bacino distrettuali (segue un box di approfondimento sui contenuti del decreto).

Nel piano di governo volto al contrasto delle crisi idriche le misure previste nel decreto siccità mirano ad aumentare la capacità dei sistemi idrici a far fronte ai cambiamenti climatici, a ridurre le dispersioni della risorsa idrica, all'aumento dei volumi utili degli invasi, alla possibilità di realizzare vasche di raccolta di acque meteoriche per uso agricolo entro un volume massimo stabilito, al riutilizzo delle acque reflue depurate e prodotte da impianti di depurazione già in esercizio per uso irriguo, alla semplificazione dell'iter di realizzazione degli impianti di desalinizzazione, etc. Per attuare le citate misure è stata istituita, presso la Presidenza del Consiglio dei Ministri una cabina di regia con funzioni di indirizzo, coordinamento e monitoraggio per il contenimento e il contrasto della crisi idrica e prevista la nomina di un commissario straordinario per l'adozione di interventi urgenti connessi al fenomeno della scarsità idrica, che resterà in carica fino al 31 dicembre 2023 e potrà essere prorogato fino al 31 dicembre 2024.

Tra i compiti del commissario straordinario rientra anche una prima ricognizione delle opere e degli interventi di urgente realizzazione per far fronte, nel breve termine, alla crisi idrica, tra i quali l'individuazione delle dighe per le quali risulta necessario e urgente l'adozione di interventi per la rimozione dei sedimenti accumulati nei serbatoi, la ricognizione degli invasi fuori esercizio temporaneo da finanziare nell'ambito delle risorse del "Fondo per il miglioramento della sicurezza e la gestione degli invasi", etc.

"Decreto Siccità" – Approfondimento (a cura di Fondazione Utilitatis)

Le misure previste nel decreto-legge n. 39 (c.d. "decreto siccità"), convertito, con modificazioni, dalla legge n. 68/2023 sono mirate a:

- aumentare la resilienza dei sistemi idrici ai cambiamenti climatici;
- ridurre dispersioni di risorse idriche;
- proporre un regime semplificato per le procedure di progettazione e realizzazione delle infrastrutture idriche che rinvia al modello PNRR;
- aumentare i volumi utili degli invasi;
- permettere la libera realizzazione di vasche di raccolta di acque meteoriche per uso agricolo entro un volume massimo stabilito;
- consentire il riutilizzo delle acque reflue depurate per uso irriguo;
- introdurre notevoli semplificazioni nella realizzazione degli impianti di desalinizzazione.

Per l'attuazione di queste misure si prevede una governance che comprende:

- l'istituzione della **cabina di regia**;
- la nomina di un **Commissario straordinario nazionale** per la scarsità idrica, che resterà in carica fino al 31 dicembre 2023 e potrà essere prorogato fino al 31 dicembre 2024.

Cabina di regia

L'articolo 1, modificato dal Senato, istituisce presso la Presidenza del Consiglio dei ministri la cabina di regia per la crisi idrica, presieduta dal Presidente del Consiglio dei ministri, con funzioni di indirizzo, coordinamento e monitoraggio per il contenimento e il contrasto della crisi idrica. L'organo ha il compito di effettuare una ricognizione urgente delle opere e degli interventi di urgente realizzazione per far fronte, nel breve termine, alla crisi idrica e, tra queste, quelle suscettibili di essere realizzate da parte del Commissario straordinario nazionale. Nel caso di ritardi o di altre criticità nella realizzazione di singoli interventi infrastrutturali del settore idrico, la Cabina di regia attiva procedure volte a superare i ritardi o le criticità emerse e può anche nominare singoli Commissari ad acta.

Il Commissario Straordinario

L'articolo 3, disciplina la nomina e i compiti del Commissario straordinario nazionale per l'adozione di interventi urgenti connessi al fenomeno della scarsità idrica, che resterà in carica fino al 31 dicembre 2023 e potrà essere prorogato fino al 31 dicembre 2024. Sarà suo compito realizzare, in via d'urgenza, gli interventi indicati dalla Cabina di regia e nonché:

- la regolazione dei volumi e delle portate degli invasi;
- la verifica e il coordinamento dell'adozione, da parte delle regioni, delle misure previste per razionalizzare i consumi ed eliminare gli sprechi;
- la verifica e il monitoraggio dell'iter autorizzativo dei progetti di gestione degli invasi finalizzati alle operazioni di sghiaimento e sfangamento;
- l'individuazione delle dighe per le quali risulta necessario e urgente l'adozione di interventi per la rimozione dei sedimenti accumulati nei serbatoi;
- la ricognizione degli invasi fuori esercizio temporaneo da finanziare nell'ambito delle risorse del "Fondo per il miglioramento della sicurezza e la gestione degli invasi".

È stato ampliato il coinvolgimento delle Autorità di bacino distrettuali, per il caso di inerzia o ritardo nella realizzazione degli interventi ed è stata prevista l'apertura di una contabilità speciale per il Commissario straordinario nominato per l'intervento relativo alla messa in sicurezza del sistema acquedottistico del Peschiera (Lazio). Il Commissario, inoltre, su delega del presidente del Consiglio dei ministri potrà intervenire adottando, in via sostitutiva, gli atti o i provvedimenti o, se necessario, dando esecuzione ai progetti in caso di perdurante inerzia nella realizzazione degli interventi e delle misure elencate da parte dei soggetti responsabili, dando esecuzione ai progetti.

Il tema di manutenzione delle dighe

Nell'articolo 4 si definiscono una serie di scadenze procedurali per gli interventi di manutenzione straordinaria e l'incremento della sicurezza e delle funzionalità delle dighe e delle infrastrutture idriche destinate ad uso potabile ed irriguo. L'articolo prevede:

- che entro il 30 settembre 2023, le Regioni comunichino i progetti di fattibilità e di gestione delle reti di monitoraggio dei corpi idrici; s
- semplificazioni per l'installazione di impianti fotovoltaici flottanti;
- alle Commissioni tecniche PNRR e PNC lo svolgimento delle procedure di valutazione ambientale di competenza statale e dei progetti comunque connessi alla gestione della risorsa idrica ricompresi nell'allegato II alla parte seconda del Codice dell'ambiente (D.Lgs 152/2006);
- si sceglie di sottoporre a procedimento autorizzatorio unico accelerato regionale le opere, gli impianti e le infrastrutture necessarie al superamento delle procedure di infrazione comunitaria sulla depurazione o comunque connesse alla gestione della risorsa idrica, ricomprese nell'allegato III del Codice dell'ambiente.

Il nuovo articolo 4-bis, introdotto dal Senato, reca misure per garantire la continuità della produzione di energia elettrica durante lo stato di emergenza in relazione al deficit idrico, derogando ai limiti relativi alla temperatura degli scarichi termici.

L'articolo 5, modificato dal Senato, prevede che il Commissario straordinario, di intesa con la Regione territorialmente competente, provveda alla regolazione dei volumi degli invasi. Resta a carico dei soggetti concessionari di derivazioni idroelettriche lo svolgimento di attività periodica di pulizia del materiale flottante.

L'articolo 6 è relativo alla realizzazione delle vasche di acque piovane per uso agricolo, realizzabili anche, mediante un unico bacino.

L'articolo 7 disciplina l'utilizzo delle acque reflue depurate in agricoltura, prodotte dagli impianti di depurazione già in esercizio.

Novità anche sui fanghi da acque reflue (articolo 9) e impianti di desalinizzazione (articolo 10). Nel primo caso l'articolo specifica che i fanghi derivanti dal trattamento delle acque reflue sono sottoposti alla disciplina dei rifiuti solo alla fine del complessivo processo di trattamento effettuato nell'impianto di depurazione. Nel secondo caso l'articolo modifica la disciplina degli impianti di desalinizzazione, che non saranno più soggetti a valutazione di impatto ambientale statale, bensì a verifica di assoggettabilità a VIA regionale, nel caso in cui abbiano una capacità pari o superiore a 200 litri al secondo.

Tra le altre disposizioni contenute nel decreto l'inserimento tra gli organi dell'Autorità di bacino distrettuale l'Osservatorio distrettuale permanente sugli utilizzi idrici (articolo 11), con compiti di supporto per il governo integrato delle risorse idriche e di raccolta, aggiornamento e diffusione dei dati; la regolazione degli importi di sanzioni amministrative e pecuniarie per chi deriva o utilizza acqua pubblica senza un provvedimento autorizzativo o concessorio dell'autorità competente (articolo 12); un adeguato piano di comunicazione (articolo 13), per informare il pubblico sulle crisi idriche e sul corretto utilizzo dell'acqua.

2.7 - Punti di forza e di debolezza per un futuro con meno crisi idriche

Dai primi anni duemila, si assiste a un marcato incremento della frequenza delle crisi idriche, avvenute non solo nelle regioni del Mezzogiorno, ma anche nelle aree centro - settentrionali del Paese. Le difficoltà per l'approvvigionamento idrico per i differenti comparti d'uso (idropotabile, irriguo, industriale, idroelettrico) sono accentuate dalla spiccata variabilità degli afflussi meteorici che comporta non trascurabili criticità per quanto riguarda la gestione delle risorse idriche e la programmazione degli utilizzi.

Inoltre, l'incremento della frequenza degli episodi di scarsità idrica è stato associato a un considerevole aumento delle temperature medie e alla crescente frequenza delle ondate di calore, che di per sé costituiscono una minaccia per la popolazione – in particolare delle persone anziane e maggiormente vulnerabili – e determinano notevoli danni per le colture, favorendo altresì il diffondersi di insetti dannosi per le coltivazioni. L'incertezza previsionale relativa al preannuncio delle crisi idriche costituisce inoltre uno degli elementi da prendere in considerazione, anche alla luce della notevole variabilità e imprevedibilità degli afflussi meteorici: costituisce un esempio il caso proprio della primavera 2023, durante la quale le precipitazioni molto consistenti e peraltro inattese di maggio e giugno, hanno consentito di mitigare in modo considerevole il marcato deficit pluviometrico di molte regioni del Nord, che rendeva fino a quel momento molto probabile il determinarsi di condizioni di deficit idrico.

In tale contesto, particolare rilevanza assumono le attività svolte dagli Osservatori, che con il recente decreto-legge n. 39/2023 diventano organi delle Autorità di bacino distrettuali e svolgono “funzioni di supporto per il governo integrato delle risorse idriche”.

Sin dal 2016, gli Osservatori hanno esercitato una costante e preziosa opera di raccolta, analisi e condivisione dei dati meteoroclimatici e di disponibilità idrica, di importanza fondamentale per la comprensione dell'evoluzione delle crisi idriche e dei loro possibili impatti per i differenti comparti d'uso. La presenza all'interno degli Osservatori di rappresentanti istituzionali, referenti degli utilizzatori e degli Istituti di ricerca ha consentito di acquisire una conoscenza particolarmente approfondita dell'andamento delle variabili meteoroclimatiche e delle disponibilità idriche.

L'attività degli Osservatori è inoltre di notevole rilevanza per il preannuncio delle crisi idriche: l'esperienza avvenuta nell'estate del 2022 ha ribadito la necessità di adottare un approccio proattivo nella gestione della siccità e delle criticità nell'approvvigionamento idrico, e di assicurare maggiore efficacia operativa e di intervento: per tali ragioni, con l'articolo 15 del decreto legislativo 9 agosto 2022, n. 115 (cosiddetto “Decreto aiuti-bis”), convertito, con modificazioni, dalla legge 21 settembre 2022, n. 142, è stato integrato l'art. 16 comma 1 del Codice della protezione civile, prevedendo, in relazione al rischio da deficit idrico, che *“la deliberazione dello stato di emergenza di rilievo nazionale [...] può essere adottata anche preventivamente, qualora, sulla base delle informazioni e dei dati, anche climatologici, disponibili e delle analisi prodotte dalle Autorità di bacino distrettuali e dai centri di competenza [...], sia possibile prevedere che lo scenario in atto possa evolvere in una condizione emergenziale”*.

Rimane tuttavia molto lavoro da fare soprattutto per quanto riguarda la conoscenza degli utilizzi – ancora oggi frammentaria e incompleta – e la valutazione degli impatti sui diversi settori d'uso e su come sia possibile quantificare tali impatti, anche facendo ricorso a opportuni indicatori. Si tratta di un compito non banale, ma di notevole rilevanza, in quanto gli episodi siccitosi determinano un danno, apparentemente poco visibile a differenza di altri eventi calamitosi (alluvioni, frane, terremoti, eruzioni vulcaniche, etc.), ma che in realtà si concretizza in un rallentamento dello sviluppo sociale ed economico: si pensi, ad esempio, alla riduzione del numero e della durata dei turni di irrigazione che generalmente si ha durante i periodi di siccità e alla conseguente contrazione dei raccolti agricoli, oppure alla riduzione dell'energia elettrica prodotta dalle centrali idroelettriche per la riduzione dei volumi d'invaso o per la difficoltà a raffreddare i gruppi elettrici delle centrali ubicate lungo il reticolo idrografico, ad es. lungo l'asta del Po.

La crisi idrica 2022-2023 ha confermato il persistere di numerosi elementi di vulnerabilità dei sistemi di approvvigionamento idrico: carenza di interconnessioni, elevate perdite di rete, notevoli sprechi, ingenti prelievi idrici, una frammentazione gestionale che non consente di effettuare i necessari investimenti per l'ammodernamento delle reti. Si tratta di numerosi fattori di matrice antropica che, unitamente agli effetti della crisi climatica in corso, condizionano in modo rilevante l'operatività e l'efficienza dei sistemi di approvvigionamento idrico.

Ulteriori elementi di debolezza sono costituiti dai processi di governance, caratterizzati da una notevole frammentazione: il rafforzamento della governance è uno degli obiettivi del citato decreto legge n. 39/2023, che, come precedentemente anticipato, ha previsto l'istituzione di una Cabina di regia con funzioni di indirizzo, coordinamento e monitoraggio per il contenimento e il contrasto della crisi idrica, nonché la nomina di un Commissario straordinario nazionale per l'adozione di interventi urgenti connessi al fenomeno della scarsità idrica. Tali norme hanno dato rinnovato impulso alle attività di ricognizione delle criticità infrastrutturali (ad es. le limitazioni d'invaso e gli interrimenti riguardanti gli sbarramenti di ritenuta e le perdite di rete) e di censimento delle principali fonti di approvvigionamento idrico. Inoltre, in un'ottica di medio/lungo termine, l'attività del Commissario è finalizzata all'individuazione degli interventi e delle misure mirate a migliorare l'efficienza del sistema idrico nazionale.

In conclusione, le numerose e sempre più frequenti crisi idriche registrate negli ultimi anni rendono necessaria l'adozione di un'articolata strategia di intervento, finalizzata all'integrazione di misure di breve termine, mirate essenzialmente alla mitigazione degli impatti, e di interventi calibrati su orizzonti temporali di medio/lungo termine, orientati prevalentemente al miglioramento della resilienza dei sistemi di approvvigionamento idrici. Il PNRR e le altre pianificazioni di settore costituiscono preziose opportunità per migliorare la resilienza delle reti e ridurre la probabilità di innesco di crisi idriche. Tra le misure previste dal PNRR, ad esempio, figurano interventi volti alla riduzione delle perdite di rete, al miglioramento delle infrastrutture primarie di approvvigionamento, alla digitalizzazione e al monitoraggio delle reti. Si tratta di misure che, se adottate tempestivamente e nell'ambito di una più articolata strategia di intervento, consentiranno di ridurre significativamente il rischio di gravi crisi idriche nel prossimo futuro.

Capitolo 3 | Le infrastrutture del settore idrico italiano

Le infrastrutture idriche in Italia costituiscono una componente essenziale del sistema nazionale di approvvigionamento, gestione e trattamento delle acque. L'Italia è ben nota per la sua ricchezza di risorse idriche, grazie alla presenza di numerosi fiumi, laghi e sorgenti distribuiti su tutto il territorio. Questa abbondanza di acqua ha storicamente favorito lo sviluppo di una vasta rete di infrastrutture per garantire un approvvigionamento costante e di qualità alle comunità italiane. Oggi la disponibilità idrica è minacciata dagli effetti del riscaldamento globale; è necessario dunque migliorare il grado di resilienza delle infrastrutture ai cambiamenti climatici in corso per tutelare la risorsa.

Le infrastrutture idriche in Italia possono essere suddivise in alcune categorie principali, ognuna delle quali gioca un ruolo cruciale nel sistema di gestione delle acque:

Approvvigionamento idrico - Il sistema di approvvigionamento idrico è composto dalle captazioni (sorgenti, pozzi, gallerie drenanti) che sfruttano le risorse idriche sotterranee, dalle opere di presa per la captazione delle acque superficiali (es. impianti di sollevamento, traverse ecc...) e da una rete di dighe, bacini e serbatoi che consentono la raccolta e la conservazione dell'acqua proveniente dai fiumi e dalle sorgenti. Tra gli altri impianti utilizzati per l'approvvigionamento vi sono anche gli impianti di desalinizzazione.

Trattamento delle acque - L'acqua grezza prelevata da risorse sotterranee o superficiali deve essere sottoposta a processi di trattamento per renderla potabile e sicura per il consumo umano. Gli impianti di trattamento delle acque in Italia sono altamente sofisticati e utilizzano metodi avanzati per rimuovere impurità, batteri e agenti inquinanti.

Fognature e depurazione - Una volta utilizzata, l'acqua reflua viene raccolta attraverso reti fognarie e convogliata verso gli impianti di depurazione. Questi impianti svolgono un ruolo cruciale, eliminando inquinanti e sostanze nocive prima del loro rilascio nell'ambiente.

La gestione e il dimensionamento delle infrastrutture idriche in Italia sono obiettivi prioritari, poiché è necessario bilanciare la crescente domanda di acqua con la necessità di preservare l'ambiente e proteggere le risorse idriche. Inoltre, i cambiamenti climatici possono influenzare la disponibilità di acqua nel tempo, rendendo cruciale l'adozione di politiche e strategie a lungo termine per garantire la sostenibilità delle infrastrutture idriche e l'approvvigionamento continuo della popolazione.

3.1 – L'approvvigionamento idrico

Le risorse idriche possono essere ricavate da molteplici zone di prelievo tra cui ci sono le sorgenti, le falde acquifere sotterranee, le acque superficiali e l'acqua del mare. Le infrastrutture deputate all'intercettazione di queste acque ricadono nei settori della captazione (pozzi, gallerie drenanti, opere di presa), dell'invasamento (laghi naturali, invasi, serbatoi) o della desalinizzazione.

Il numero esatto di acque sorgive e sorgenti in Italia è difficile da determinare con precisione poiché molte di esse possono essere di piccole dimensioni o poco conosciute. Inoltre, nuove sorgenti potrebbero essere scoperte nel tempo o esistenti potrebbero scomparire a causa di cambiamenti geologici o ambientali. La Conferenza Nazionale sulle acque del 1968-1970, convocata a seguito di un periodo di siccità in Italia negli anni '60, ha censito circa 45.000 manifestazioni sorgentizie nelle regioni dell'Italia Centro-Meridionale e nelle Isole Maggiori, per una portata magra complessiva pari a circa 270 m³ al secondo. Ad oggi purtroppo non esiste un catalogo nazionale delle sorgenti, tuttavia è possibile reperire alcune informazioni relativamente a censimenti che vengono realizzati su scala regionale (Tabella 3.1). Vista la poca

accuratezza dei dati a disposizione è evidente l'importanza di creare un sistema di monitoraggio e censimento a livello nazionale.

TABELLA 3.1 | Numero di sorgenti censite per regione.

Regione	N. Sorgenti	Fonte
Abruzzo	n.d.	-
Basilicata	501	Regione Basilicata ^a
Calabria	16	Regione Calabria ^b
Campania	n.d.	-
Emilia-Romagna	5.042	Regione Emilia-Romagna ^c
Friuli Venezia Giulia	649	Regione Friuli Venezia Giulia ^d
Lazio	1.232	Arpa Lazio ^e
Liguria	4.963	Regione Liguria ^f
Lombardia	n.d.	-
Marche	103	Regione Marche ^g
Molise	605	Regione Molise ^h
Piemonte	6.124	Regione Piemonte ⁱ
Puglia	161	Ispra ^l
Sardegna	n.d.	-
Sicilia	n.d.	-
Toscana	11.693	Regione Toscana ^m
Trentino	1.871	Protezione Civile prov. Trento ⁿ
Umbria	80	Regione Umbria ^o
Veneto	1.442	Arpa Veneto ^p
Subtotale	34.482	

^a Catalogo Dati, Regione Basilicata

^b Sorgenti, derivazioni superficiali e pozzi, Regione Calabria

^c Geoportale, Regione Emilia-Romagna

^d Valutazione ambientale, autorizzazioni e contributi, Regione Friuli Venezia Giulia

^e Sistema Informativo Ambientale del Lazio, Arpa Lazio

^f Geoportale, Regione Liguria

^g Cartografia e informazioni territoriali, Regione Marche

^h Sito web Regione Molise

ⁱ Geoportale, Regione Piemonte

^l "Le acque sotterranee e l'intrusione marina in Puglia", Ispra

^m Settore Idrologico e Geologico Regionale Catasto fonti sorgive, Regione Toscana

ⁿ Catasto Sorgenti, Protezione Civile Regionale Provincia Autonoma di Trento

^o Umbria open data

^p Geoportale Arpa Veneto

In Italia, gli invasi e i serbatoi giocano un ruolo fondamentale nell'approvvigionamento idrico, consentendo la raccolta, la conservazione e la distribuzione dell'acqua in modo efficiente. Queste infrastrutture contribuiscono a garantire un approvvigionamento costante di acqua potabile per le comunità, l'agricoltura e l'industria, nonché a soddisfare le esigenze di produzione di energia idroelettrica.

Secondo l'Annuario dei Dati Ambientali a cura di Ispra, che si riferisce ai dati del Ministero delle Infrastrutture (una sintesi dei dati in Tabella 3.2; una tabella estesa è contenuta nel materiale supplementare), in Italia vi sono 532 invasi artificiali per un volume invasabile pari a circa 13,7 miliardi di metri cubi e un volume di invaso autorizzato pari a circa 11,8 miliardi di metri cubi (Fig. 3.1). L'età media degli impianti a livello nazionale è di 68 anni. Il maggior numero di invasi (il 47% del totale) è localizzato al Nord Italia per un volume invasabile pari a 5,8 miliardi di metri cubi (autorizzati 5,7 miliardi di metri cubi), questi impianti sono anche caratterizzati dall'età media più elevata (78 anni). Seguono le regioni meridionali dove si trovano il 35% degli impianti per un volume invasabile pari a 6,5 miliardi di metri cubi (di cui autorizzati circa 4,9 miliardi di metri cubi) e l'età media più giovane a livello Paese: 53 anni. In Centro

Italia si trova il 18% degli impianti con una capacità invasabile pari a 1,4 miliardi di metri cubi (autorizzati 1,2 miliardi di metri cubi) e un'età media di 67 anni.

TABELLA 3.2 | Dati di sintesi dei grandi e piccoli invasi italiani.

INVASI D'ITALIA	Grandi Invasi ^a				Piccoli invasi ^b
	Numero	Volume invasabile	Volume autorizzato	Età media	Numero
		(MLD m ³)	(MLD m ³)	(anni)	
	532	13,7	11,8	68	26.288
Abruzzo	14	0,4	0,4	67	201
Basilicata	14	0,9	0,5	50	n.d.
Calabria	21	0,5	0,4	50	4.325
Campania	17	0,3	0,2	55	409
Emilia-Romagna	24	0,2	0,1	75	331
Friuli-Venezia-Giulia	12	0,2	0,2	71	88
Lazio	21	0,5	0,5	77	224
Liguria	13	0,1	0,1	92	38
Lombardia	77	4,0	4,0	81	600
Marche	16	0,1	0,1	63	1.350
Molise	7	0,2	0,1	35	106
Piemonte	59	0,4	0,4	82	777
Puglia	9	0,5	0,5	41	n.d.
Sardegna	60	2,5	2,0	57	587
Sicilia	46	1,1	0,8	51	3
Toscana	50	0,3	0,3	67	16.201
Trentino-Alto Adige	37	0,6	0,6	68	123
Umbria	9	0,4	0,2	58	311
Valle d'Aosta	8	0,1	0,1	84	75
Veneto	18	0,2	0,2	75	458
Abruzzo	14	0,4	0,4	67	201

^a Dati Ministero delle Infrastrutture e ISPRA

^b Elaborazione ISPRA su dati regionali e su Questionario distribuito da Ispra alle Regioni (2020)

A livello di macroarea la maggior parte degli invasi è presente al Nord (248 impianti, pari al 47% del totale), con 5,8 miliardi di metri cubi di capacità invasabile. Il Sud conta 188 invasi (circa il 35% del totale) per una capacità di 6,5 miliardi di metri cubi, mentre nelle regioni del Centro sono localizzati 96 invasi per una capacità complessiva di 1,4 miliardi di metri cubi.

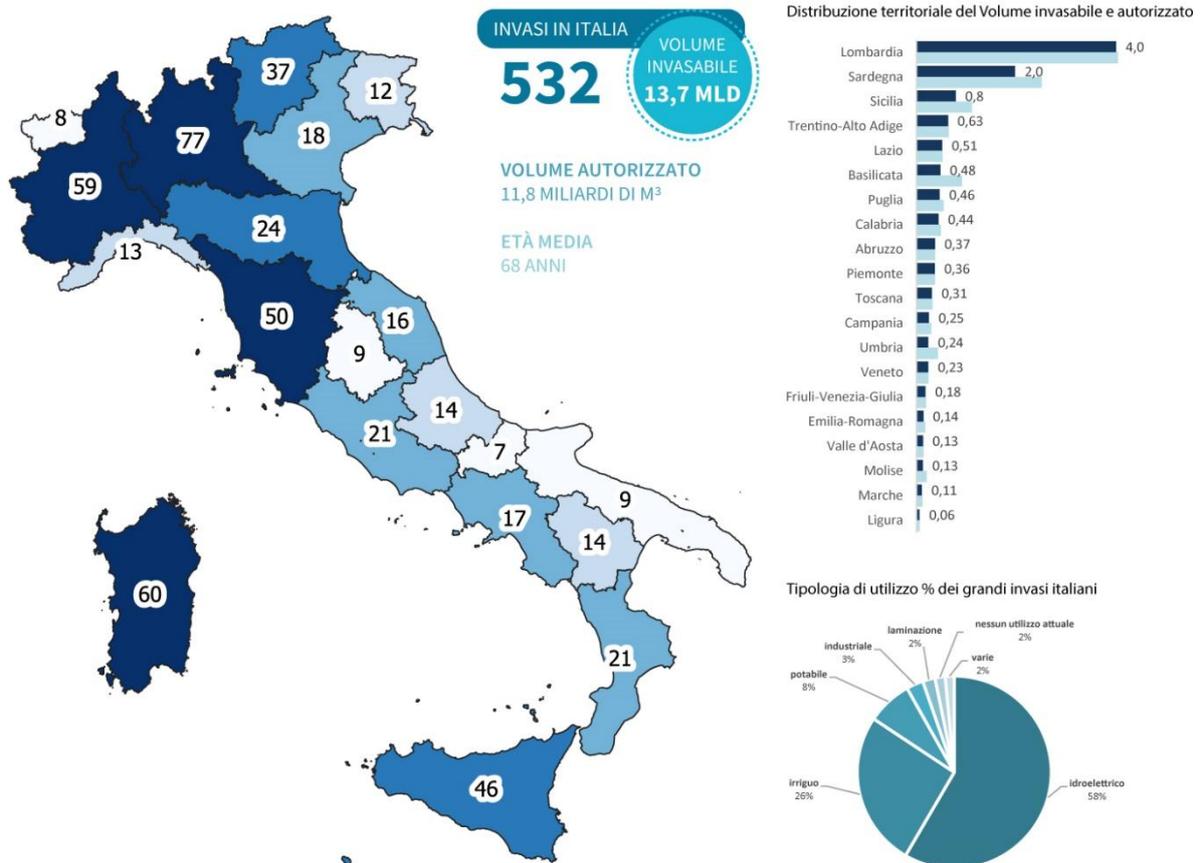
I dati regionali mostrano come la Lombardia vanti la massima capacità invasabile (4,04 miliardi di metri cubi, quasi interamente autorizzati) mentre la Liguria con 60 milioni di metri cubi è la regione con la capacità massima invasabile e interamente autorizzata più bassa e allo stesso tempo con gli impianti più datati (età media di 92 anni). La regione che mostra lo scarto tra volume massimo invasabile e volume autorizzato è la Sardegna con una differenza di circa 530 milioni di metri cubi tra i due parametri.

L'utilizzo principale delle dighe italiane è la produzione di energia idroelettrica: sono 310 gli impianti destinati a questo scopo, il 58% del totale. Seguono gli invasi ad uso irriguo (138, il 26% del totale), ad uso potabile (40 impianti pari all'8% del totale) mentre sono minori gli utilizzi industriali (15 invasi, il 3% del totale), per la laminazione (11 impianti pari al 2% del totale), mentre sono 9 gli invasi che non hanno alcun utilizzo (il 2% del totale). Si segnalano 8 impianti (il 2% del totale) con varia destinazione d'uso. A livello di macroarea è interessante notare come al Nord gli invasi vengano maggiormente utilizzati per la produzione di energia idroelettrica (85% del totale) rispetto all'uso irriguo (6%) o idropotabile (4%), mentre al Sud si osserva una destinazione d'uso esattamente opposta, gli impianti infatti vengono

maggiormente usati per fini irrigui e idropotabili (rispettivamente il 50% e il 13%), rispetto a quello idroelettrico (27%).

Le opere sono realizzate principalmente in calcestruzzo e a gravità ordinaria (132 impianti, il 25% del totale), seguono le dighe in terra e/o pietrame con nucleo verticale (62 dighe pari al 12% del totale), a gravità ordinaria in muratura (60 impianti, l'11% del totale) e in terra omogenea (41 dighe, l'8% del totale). Il resto delle opere è realizzato secondo svariate tipologie costruttive che, singolarmente, incidono per percentuali inferiori al 7%.

FIGURA 3.1 | Dati di sintesi dei grandi invasi italiani.



Fonte: Elaborazione Utilitatis su dati MIT e Ispra

Oltre ai grandi invasi, l'ISPRA ha elaborato una stima dei piccoli invasi di competenza regionale disseminati sul territorio italiano. Sono stati censiti in totale circa 26.300 piccoli invasi di cui 5.631 al Sud Italia. Purtroppo non ci sono informazioni relative al volume invasabile e spicca il dato della Sicilia che, a fronte di oltre 1.600 corpi idrici individuati nel censimento del 1998, comunica soltanto 3 invasi nel 2021. È ovvio che la modalità di raccolta di queste informazioni andrebbe razionalizzata per consentire una valutazione più accurata del potenziale invasato e invasabile a piccola scala.

Mentre per le grandi dighe esiste un archivio completo a scala nazionale continuamente aggiornato, per gli altri invasi la qualità dell'informazione varia da regione a regione. In alcune la normativa in materia di sbarramenti è ormai vigente e resa applicativa da diversi anni, in altre invece risulta di recente emanazione, altre ancora non hanno ancora emanato nessuna Legge regionale e solo alcune regioni si sono dotate di un inventario delle piccole dighe. Tra queste, alcune (ad esempio Friuli Venezia Giulia, Piemonte, Abruzzo, Lazio, Umbria, Sardegna e le provincie di Livorno, Arezzo, Pisa e Macerata) hanno

predisposto database accessibili agli utenti esterni. Talora, il popolamento di questi archivi è avvenuto attraverso il censimento basato solo sulla fotointerpretazione (es. regione Campania), in altri casi affiancando a questa anche controlli a terra (Parco nazionale della Sila e provincia di Crotona) mentre nel caso della regione Lombardia attraverso procedure amministrative di regolarizzazione dell'invaso ai sensi delle normative regionali. Ad oggi, essendo questi database ancora in via di completamento non appaiono omogenei tra di loro a causa, anche, dell'ampia variabilità delle informazioni contenute. Mancano inoltre le informazioni relative alle regioni Puglia e Basilicata. Non è ancora possibile effettuare un confronto quantitativo e qualitativo tra le diverse regioni non solo per i differenti stati di avanzamento dei censimenti e le differenti metodologie utilizzate (rilievi foto aeree/satellitari, rilievi di campagna) ma anche per i differenti obiettivi che ciascuna regione si è prefissata nell'effettuare il censimento.

Dai punti di prelievo e accumulo, la risorsa idrica viene trasportata verso le reti di "adduzione" o centri di riutilizzo e verso le condotte che dai punti di interconnessione con le adduttrici distribuiscono l'acqua fino ai punti di consegna alle utenze finali (le reti di "distribuzione"). Considerando dunque l'estensione di questo sistema, le reti di acquedotto italiane hanno uno sviluppo di almeno 393.360 km². L'estensione maggiore è relativa alle infrastrutture di distribuzione (l'83% della lunghezza totale), mentre l'estensione delle condotte di adduzione incide sul 17% del totale. A livello locale si nota una prevalenza dell'estensione delle reti di distribuzione rispetto alle reti di adduzione, laddove le fonti di approvvigionamento sono in genere diffuse e più vicine ai luoghi di consumo. Al Sud Italia, dove sono presenti infrastrutture di estensione significativa, si osserva invece un incremento dell'incidenza delle reti di adduzione: questo dato può essere sia dovuto alla densità abitativa che alla mancanza di infrastrutture.

Lo stato della conoscenza dell'infrastruttura idrica di adduzione e distribuzione italiana è comunque ancora in divenire: poco meno dell'80% della rete è stato georeferenziato, ovvero si conoscono i dettagli geografici di posa, e l'età di posa di circa il 60% della rete è ancora non nota. L'età di posa delle condotte di adduzione e distribuzione³, allorquando conosciuta, risulta avere un'età compresa tra i 31 e i 50 anni nel 36% dei casi, mentre il 22% è caratterizzato da un'età maggiore di 50 anni.

Il tema della vetustà delle reti è direttamente collegato a quello delle dispersioni idriche. Secondo il campione di gestioni analizzato da Arera, a livello nazionale, le perdite idriche lineari (indicatore M1a) sono risultate mediamente pari a 17,9 m³/(km x gg) e le perdite percentuali (indicatore M1b) mediamente pari al 41,8%, mostrando una lieve flessione rispetto ai dati registrati nell'anno base⁴. La distribuzione del dato relativo alle dispersioni idriche per macroarea mostra come entrambi gli indicatori disegnino una situazione molto differente tra nord e sud del Paese, che è espressione del cosiddetto Water Service Divide, fenomeno che descrive il divario territoriale nella gestione del servizio idrico. I dati mostrano dunque un peggioramento passando progressivamente dalle aree localizzate al Centro-Nord del Paese a quelle situate nel Centro-Sud e nelle Isole. Se al Nord le perdite lineari oscillano tra 11,4 e 15,7 m³/(km x gg), al Sud il valore è praticamente il doppio: 28,4 m³/(km x gg). Allo stesso modo le perdite percentuali passano da un minimo del 32% circa, osservato al Nord Ovest, a quasi il 51% del Sud Italia.

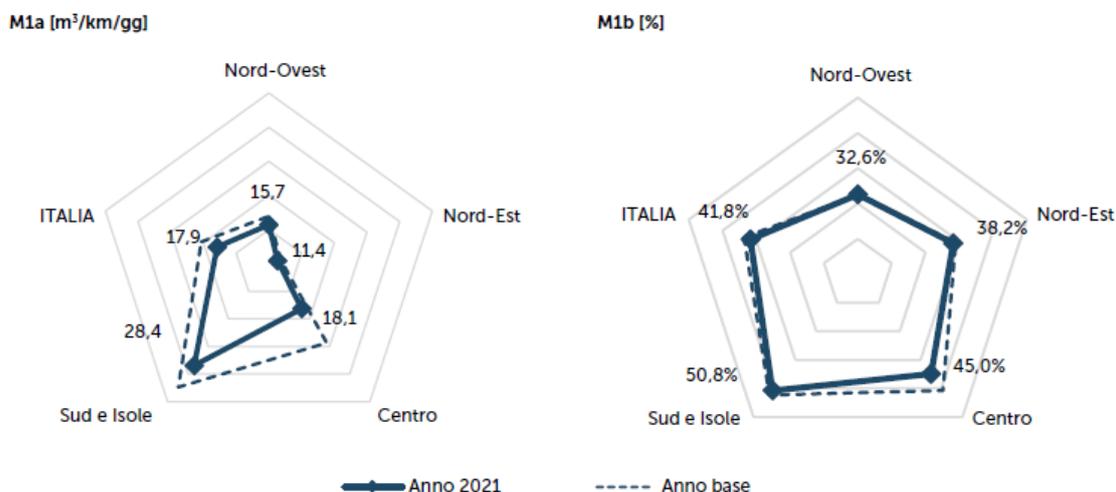
A livello nazionale, si registra inoltre un numero medio di rotture pari a 0,73/km di rete, con delle differenze sensibili a livello di macroarea: al Sud il picco con 1,13 rotture per km di rete. Il confronto con i valori delle perdite lineari evidenziano inoltre una correlazione positiva tra i due parametri.

² Dati dalla Relazione Annuale di Arera 2023 relativi ad un campione di gestori che copre circa l'85% della popolazione italiana (49 milioni di abitanti).

³ Arera - Relazione Annuale 2017.

⁴ Anno in cui sono stati mediamente rilevati valori rispettivamente pari a 20,3 m³/(km x gg) – a valle delle modifiche apportate alla formula di calcolo dell'indicatore M1a – e al 43,7%.

FIGURA 3.2 | Valori medi di M1a – Perdite idriche lineari e M1b – Perdite idriche percentuali, per area geografica.



Fonte: Relazione Annuale ARERA (2022)

I ritardi nel conseguimento di apprezzabili miglioramenti nell’ambito delle perdite di rete, soprattutto in quest’ultimo periodo, potrebbero essere riconducibili con buona probabilità alla sospensione delle attività svolte nei cantieri, nel periodo compreso tra il 2020 e il 2021 a causa della pandemia da Covid-19, che ha impedito la realizzazione di parte degli interventi previsti, oltre all’inserimento nel campione di Arera di nuove gestioni con criticità specifiche.

Sono necessari maggiori interventi per contrastare le perdite idriche, che si ricorda oltre a disperdere la risorsa si traducono anche in un consumo energetico significativo. L’Italia, con un valore medio delle perdite percentuali pari a circa il 42%, si colloca ben oltre la media europea che nel 2021 è stata di circa il 25%⁵, e vicino a Paesi come l’Irlanda (54%), la Romania (42%) e Malta (40%). Il dato impressionante è relativo all’indicatore utilizzato per confrontare le perdite “lineari” a livello europeo: l’Italia perde mediamente circa 6.500 m³ d’acqua per km ogni anno, con punte al Sud di oltre 10mila m³ per km ogni anno, un vero e proprio record considerato che la media europea annua è pari a 2.696 m³ per km. Va detto comunque che al momento non esiste un metodo univoco e riconosciuto ufficialmente di rilevazione dei dati sulle perdite a livello europeo, i dati dunque tra i diversi Paesi presentano delle discrepanze per cui possono essere sfruttati per avere un’indicazione di massima sullo stato delle infrastrutture più che un confronto puntuale tra il singolo Paese e il resto d’Europa.

3.2 – Il trattamento delle acque

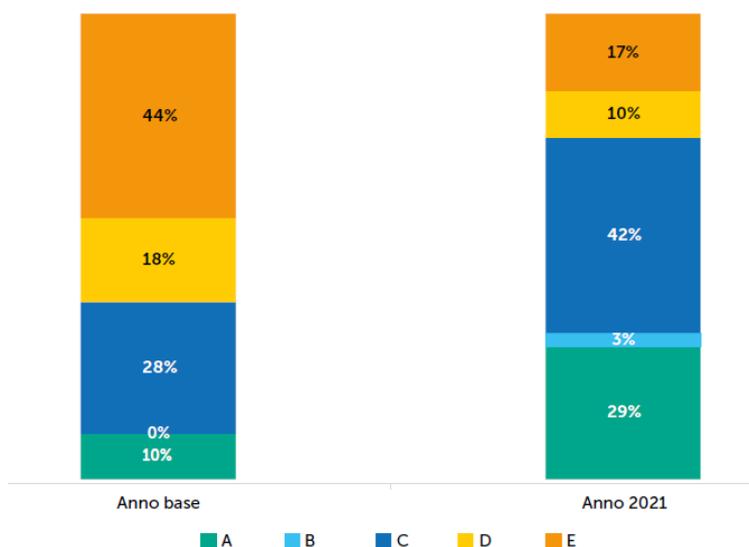
Gli effetti del riscaldamento globale sul ciclo idrologico richiedono una diversificazione degli approvvigionamenti. Attraverso l'uso sostenibile delle risorse disponibili e l'adozione di tecnologie innovative, è possibile creare una fornitura d'acqua resiliente e in grado di far fronte alle sfide presenti e future. Trattare le acque per renderle utilizzabili, anche ai fini di una potabilizzazione, è un’azione chiave per garantire risorse aggiuntive in un contesto climatico che richiede strategie innovative per garantire la sicurezza idrica.

⁵ Eureau - Europe’s Water in Figures 2021.

Riguardo la potabilizzazione delle acque in Italia, purtroppo, ad oggi non esistono dei dati relativi alla numerosità e distribuzione territoriale degli impianti. Dai dati Arera emerge tuttavia come mediamente il 33% del volume immesso nelle reti di acquedotto sia sottoposto a un trattamento di potabilizzazione. Più nello specifico, a livello nazionale, si nota una prevalenza al ricorso a trattamenti di tipo fisico e chimico “spinto” o di affinamento (ad esempio, ozonizzazione, assorbimento, filtrazione su membrana, osmosi inversa), seguito dall’adozione di trattamenti chimico-fisici meno spinti (ad esempio, coagulazione e flocculazione) e infine un ricorso meno marcato a trattamenti fisici “semplici” (come, per esempio, staccatura, sedimentazione, filtrazione).

L’attività svolta dalle gestioni nell’erogazione del servizio di acquedotto viene valutata anche dal punto di vista dell’adeguatezza organolettica della risorsa consegnata alle utenze dall’Autorità di regolazione tramite l’indicatore M3 “Qualità dell’acqua erogata” con cui viene analizzata i) la presenza e la magnitudo delle ordinanze di non potabilità emesse nel corso dell’anno dalle Autorità preposte (indicatore M3a) e il tasso di non conformità alla normativa in materia, determinato osservando sia il numero di campioni non conformi sul totale dei campioni interni effettuati (indicatore M3b), sia il numero di parametri non conformi rispetto al totale dei parametri analizzati (indicatore M3c). Secondo l’analisi dell’Autorità, compiuta su un campione di gestioni⁶ e relativamente all’annualità più recente (Fig. 3.3), il 29% della popolazione si trova in condizioni ottimali (classe A, caratterizzata in particolare dall’assenza di ordinanze di non potabilità nell’anno in considerazione e da un tasso contenuto di campioni e parametri non conformi), il 45% del campione si colloca in una situazione intermedia (classi B o C, caratterizzate da un numero limitato di ordinanze di non potabilità, associato a un tasso non elevato di campioni e parametri non conformi), il 10% della popolazione è servita da gestori per i quali si riscontra un numero limitato di ordinanze di non potabilità unitamente però a un tasso elevato di campioni e parametri non conformi (classe D) e il restante 17% è servito da gestori per i quali si sono registrati impatti significativi in termini di numero e/o durata delle ordinanze di non potabilità nell’anno (classe E). È possibile evidenziare, nel complesso, buoni miglioramenti in relazione alla qualità dell’acqua erogata rispetto alla situazione iniziale relativa all’anno 2016.

FIGURA 3.3 | Distribuzione della popolazione per classi di appartenenza delle gestioni per il macro-indicatore M3 – “Qualità dell’acqua erogata”.



⁶ 164 gestioni, che servono nel complesso circa l’86,0% della popolazione residente italiana (circa 49,8 milioni di abitanti).

L'accumulo programmato e l'interconnessione di diversi sistemi acquedottistici costituiscono soluzioni efficaci di adattamento al rischio idrogeologico e per fare fronte all'intensificarsi degli eventi meteorologici estremi dovuti ai cambiamenti climatici. Realizzare dunque un'efficace interconnessione delle reti di adduzione degli acquedotti esistenti può contribuire enormemente a garantire la disponibilità di risorsa idrica soprattutto in zone o periodi caratterizzati da crisi idriche. Per realizzare un'efficace interconnessione delle reti di adduzione dei diversi acquedotti esistenti è necessario disporre di sistemi di telecontrollo delle reti, conoscere il numero degli abitanti serviti da ciascuna rete e stimare il fabbisogno idropotabile della popolazione residente e fluttuante (ovvero il volume d'acqua necessario al soddisfacimento del bisogno idrico di una singola utenza), proiettato almeno a 40 anni di distanza, periodo di tempo che rappresenta la durata tecnico - economica delle opere da realizzare. Le interconnessioni, per esempio, permettono di attingere a "portate di soccorso" da un sistema all'altro, in funzione della disponibilità e delle necessità di approvvigionamento, consentendo, ad esempio, di mitigare le criticità conseguenti alla riduzione delle portate delle sorgenti montane, a causa di una fase siccitosa, attraverso l'immissione nei vari sistemi delle portate provenienti da sorgenti ausiliarie. Le interconnessioni tra reti dunque si candidano come importante strategia ausiliaria per fronteggiare gli effetti dei cambiamenti climatici in corso grazie alla movimentazione della risorsa idrica tra un bacino ed un altro o all'interno dello stesso, attraverso la realizzazione di nuove infrastrutture in condotta. La condivisione della capacità totale, infatti, consente di intercettare una parte delle piene locali, limitando la portata da evacuare attraverso gli scarichi di superficie degli invasi, di mitigare i rischi idrogeologici e i danni legati ai fenomeni precipitativi violenti soprattutto in aree geologicamente esposte, e di condividere i volumi accumulati durante le piene, tenendo conto della variabilità stagionale, con le regioni in maggiore sofferenza per eventuali crisi idriche.

La diversificazione delle fonti di approvvigionamento idrico, inoltre, è diventata una strategia cruciale per contrastare gli effetti dei cambiamenti climatici in corso sul ciclo idrologico e dunque sulla disponibilità della risorsa. A tal proposito la dissalazione offre una fonte aggiuntiva di acqua potabile, riducendo la dipendenza dalle fonti idriche tradizionali e mitigando il rischio di carenze idriche dovute a siccità o altre cause. L'approvvigionamento tramite dissalazione può essere particolarmente cruciale in aree costiere o insulari, dove le fonti tradizionali di acqua dolce, come fiumi e laghi, potrebbero essere insufficienti o inquinate. Come osservato inoltre durante le recenti fasi di siccità, in alcune aree, le acque sotterranee possono essere contaminate dall'intrusione di acqua salata; la dissalazione dell'acqua sotterranea può aiutare a mitigare questo problema, fornendo una fonte aggiuntiva di acqua dolce.

Secondo gli ultimi dati Istat disponibili, la percentuale di acqua marina e salmastra prelevata in Italia per scopi idropotabili dai dissalatori attuali è pari allo 0,1% del totale. Ad oggi sono attivi almeno 6 impianti di dissalazione per acque ad uso civile, che si trovano su alcune isole minori e in particolare: Capraia, Giannutri, Giglio e Gorgona nell'Arcipelago Toscano, Ventotene, a largo del Lazio, Lampedusa, Linosa, Lipari, Pantelleria e Ustica, in Sicilia, per una capacità complessiva pari a circa 5 milioni di metri cubi d'acqua dissalata ogni anno. Nei prossimi anni nuovi dissalatori dovrebbero entrare in funzione in altre isole minori, grazie agli interventi finanziati dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) italiano, di cui si discuterà nel dettaglio nel capitolo successivo.

In Italia esistono però altri impianti di dissalazione che vengono impiegati principalmente per usi industriali. Secondo il database del progetto EMODnet⁷, nel nostro Paese vi sono almeno 461 impianti di dissalazione di cui 374 in funzione o probabilmente operativi e 87 non attivi. La capacità totale degli

⁷ Il database sugli impianti di desalinizzazione nell'UE è stato creato nel 2021 da Cogea srl per l'European Marine Observation and Data Network (EMODnet) ed è il risultato dell'armonizzazione di un dataset fornito da GWI DesalData. Bisogna considerare però che soltanto il 72% delle informazioni relative agli impianti presenti è da considerarsi "accurato", mentre per gli impianti considerati attivi e presumibilmente attivi, il dato scende al 49%.

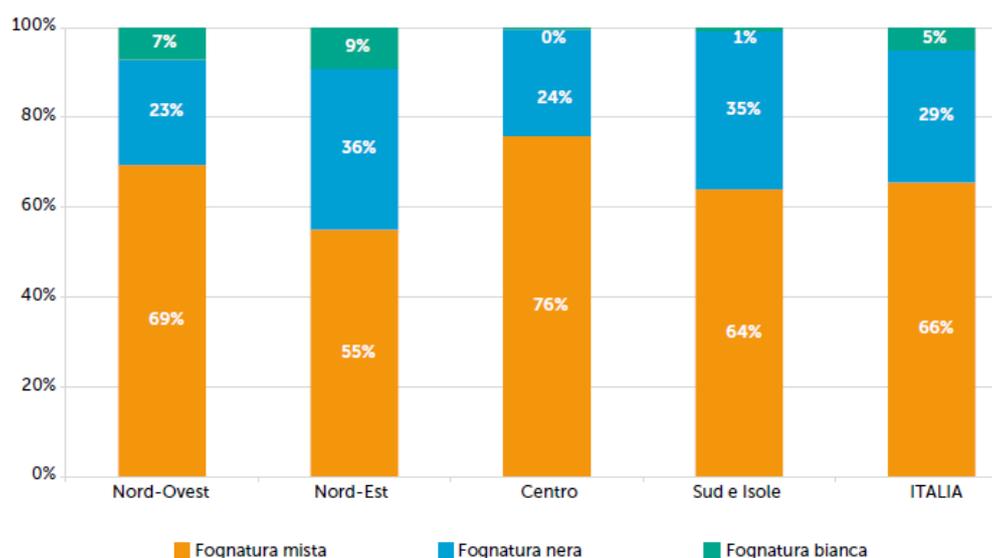
impianti attivi (considerando anche quelli di cui non si ha assoluta certezza del funzionamento) è di circa 712 mila metri cubi d'acqua dissalata al giorno. Si tratta per lo più di impianti che trattano acque salmastre (per il 52% del totale), seguono quelli che trattano acque di mare (il 24%), mentre la restante parte è suddivisa in maniera equivalente tra impianti che trattano acque reflue, acque dolci o acque superficiali (es. fiumi, acque di lago).

3.3 - Fognatura e depurazione

L'utilizzo della risorsa idrica porta alla formazione dei reflui che vanno gestiti e trattati con il fine di restituire l'acqua trattata all'ambiente in modo sicuro o di riutilizzarla in altre attività, riducendo così l'impatto negativo sull'ecosistema e sulla salute pubblica. I reflui prodotti vengono collettati nelle reti fognarie che li convogliano agli impianti di depurazione, la cui configurazione prevede generalmente una serie di trattamenti in sequenza. I trattamenti depurativi si suddividono in: primari, in cui avviene la separazione dei solidi sospesi tramite sedimentazione; secondari, basati su processi biologici per convertire gli inquinanti organici disciolti e i solidi in sospensione in prodotti più stabili, come biossido di carbonio e fanghi attivati; terziari o superiori (trattamenti per ridurre nutrienti e altre sostanze residue, tra cui le componenti microbiologiche, che occorre rimuovere anche per adempiere a normative specifiche o favorire il riutilizzo più avanzato dell'acqua trattata).

Secondo l'ultima relazione Arera, al 2021, in Italia vi sono almeno 201.000 km⁸ di reti fognarie di cui la tipologia prevalente è "mista" (circa il 66% dell'estensione complessivamente dichiarata), ovvero reti progettate per il collettamento congiunto di scarichi domestici - inclusi eventualmente anche gli scarichi industriali - e delle acque meteoriche, seguono le condotte dedicate al solo trasporto delle acque reflue domestiche (o acque nere, incluse eventualmente anche le acque reflue industriali, pari al 29% del totale) e infine quelle destinate esclusivamente all'allontanamento delle acque piovane (o acque bianche, pari al 5% del totale). Come si può osservare da Fig. 3.4 si osservano delle differenze a livello geografico sulla distribuzione delle varie tipologie di condotte e risalta la quasi totale assenza di "fognatura bianca" al Centro e al Sud Italia, Isole maggiori comprese.

FIGURA 3.4 | Ripartizione per tipologia e per area geografica della lunghezza della rete fognaria in Italia.



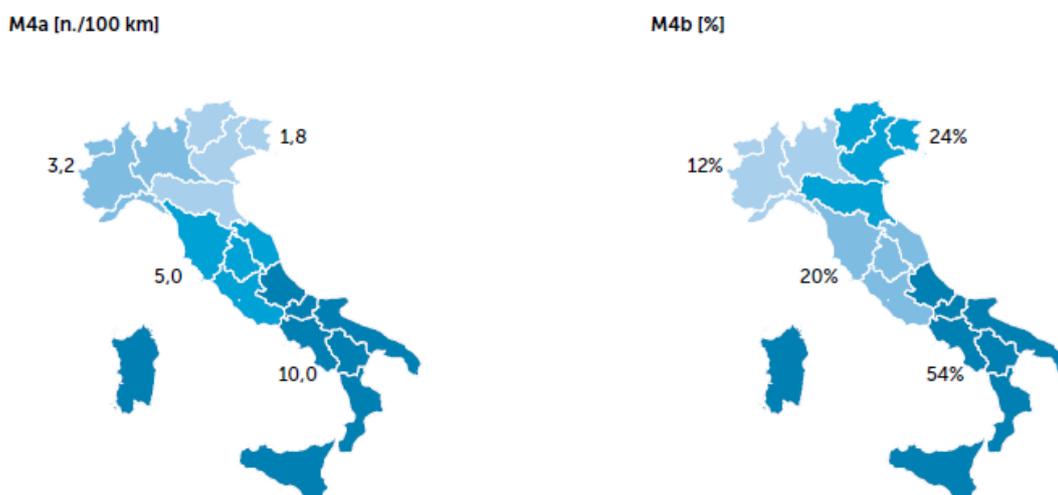
⁸ Dato relativo a un panel di 146 gestioni, cui corrisponde una copertura del campione pari al 77,6% della popolazione residente italiana (44,9 milioni di abitanti).

Il modello di regolazione della qualità tecnica prevede che, per questo servizio, le performance tecniche conseguite dai gestori siano misurate sulla base di un macro-indicatore denominato M4 – “Adeguatezza del sistema fognario”, costruito sulla combinazione degli indicatori semplici: M4a – “Frequenza allagamenti e/o sversamenti da fognatura”, che esprime il rapporto tra il numero di episodi di allagamento da fognatura mista o bianca e di sversamento di liquami da fognatura nera e la lunghezza di rete fognaria gestita; M4b – “Adeguatezza normativa degli scaricatori di piena”, che mette in relazione il numero di scaricatori di piena non conformi alle normative attinenti ai rapporti di diluizione o anche ai dispositivi per trattenere i solidi sospesi, ove previste, e il numero complessivo di scaricatori gestito; M4c – “Controllo degli scaricatori di piena”, che è il rapporto tra il numero di scaricatori di piena che non sono stati oggetto di ispezione nel corso dell’anno ovvero che non siano dotati di sistemi di rilevamento automatico dell’attivazione, rispetto al numero totale di scaricatori gestito.

Rispetto al macroindicatore M4, negli ultimi anni, si è assistito ad un netto miglioramento delle performance con i gestori della classe migliore, la “A”, passati dall’8% della popolazione servita nel 2016 al 22% nel 2021 ed una conseguente contrazione della classe “E”, la peggiore, che dal 61% della popolazione servita nel 2016 è passata al 51%. Permangono per circa 2 milioni di abitanti equivalenti, delle problematiche legate al collettamento dei reflui che sono valse delle procedure di infrazione e condanna agli agglomerati interessati. Considerando che nei medesimi territori è generato un carico inquinante pari a circa 8,7 milioni di abitanti equivalenti, il carico inquinante nei territori oggetto di condanna o infrazione per il servizio di fognatura è pari al 23% del carico complessivamente generato nel territorio rappresentato.

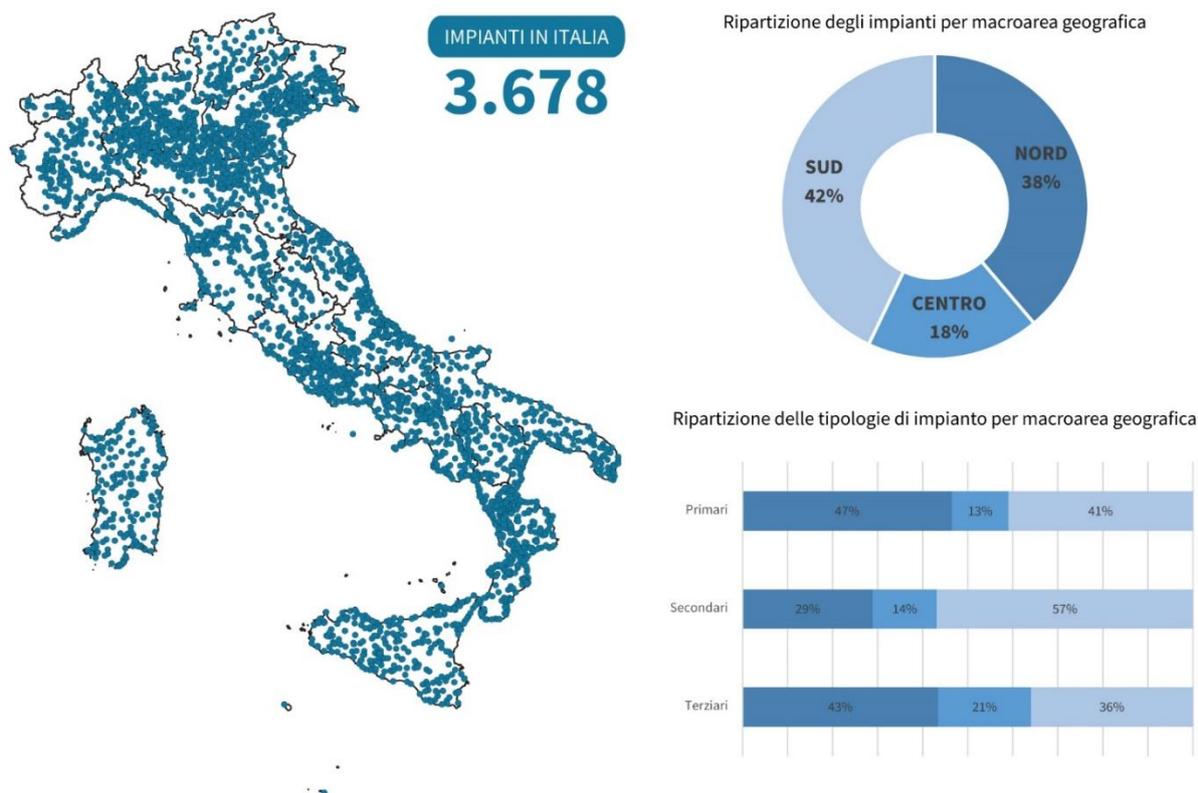
Osservando la distribuzione territoriale degli indicatori semplici che compongono l’indicatore M4, è possibile notare come la situazione peggiore si registri al Sud e nelle Isole (Fig. 3.5). Se gli episodi di allagamento e/o sversamento registrati mediamente a livello nazionale sono 4,6 ogni 100 km di rete fognaria (M4a), al Sud il valore è pari a 10. Allo stesso modo a livello Paese il 20% degli scaricatori di piena risulta non ancora adeguato alle normative di riferimento, mentre al Sud questo dato è pari al 54%.

FIGURA 3.5 | Valori medi degli indicatori M4a – Frequenza allagamenti e/o sversamenti da fognatura e M4b – Adeguatezza normativa degli scaricatori di piena, per area geografica.



Per quanto concerne il settore depurativo, in base ai dati forniti dalla EEA, in Italia vi sono 3.678 impianti di depurazione con potenzialità superiore ai 2000 A.E. (Fig. 3.6), dislocati sull'intera Penisola, di cui la maggior parte si trova nelle regioni meridionali (il 42% del totale), segue il Nord (38%) e la restante parte è situata al Centro (18%). Si tratta esclusivamente di impianti dotati di trattamenti secondari o superiori e sono in netta minoranza gli impianti con la linea minima di depurazione (trattamenti primari, pari al 4% del totale).

FIGURA 3.6 | Localizzazione degli impianti di depurazione in Italia



Fonte: Elaborazione Utilitatis su dati EEA

Per descrivere lo stato delle infrastrutture, la regolazione prevede l'analisi delle performance delle gestioni tramite due indicatori: il macro-indicatore M5 – “Smaltimento fanghi in discarica”, cui è associato l'obiettivo di minimizzare l'impatto ambientale collegato allo smaltimento in discarica dei fanghi derivanti dalla depurazione delle acque reflue; il macro-indicatore M6 – “Qualità dell'acqua depurata”, con la finalità di minimizzare l'impatto ambientale associato ai reflui in uscita dagli impianti di depurazione e convogliati nell'ambiente.

Nel 2021 i quantitativi di fanghi dal trattamento delle acque reflue urbane (Codice EER 190805) prodotti sul territorio nazionale sono pari a poco più di 3,2 milioni di tonnellate. Mediamente, secondo ARERA⁹, il tasso di conferimento in discarica dei fanghi prodotti in Italia è stato dell'8,7%, con i valori maggiori osservati nelle regioni del Nord-Est (14,4%) e del Centro (14,7%). Per quanto riguarda il parametro M6 invece, è possibile osservare come sia al Sud la situazione più delicata dove circa il 15% dei campioni di

⁹ Dati da Relazione Annuale 2023, il campione è riferito a una quantità di fanghi gestita pari a 432.684 tonnellate.

acqua reflua scaricata è risultato non conforme ai limiti imposti dalla legge¹⁰, a fronte di un dato nazionale dell'8,8%.

L'articolazione delle reti fognarie e dei sistemi di depurazione in Italia presenta carenze e criticità che hanno comportato un numero elevato di procedure di infrazione a carico del nostro Paese per mancata conformità al diritto dell'Unione con riferimento a diversi agglomerati sul territorio nazionale (Tab. 3.3). A livello Paese vi sono ancora 939 agglomerati in procedura di infrazione per un carico generato pari a circa 30 milioni di abitanti equivalenti. Circa il 72% delle procedure riguarda agglomerati che si trovano nelle regioni meridionali del nostro Paese.

TABELLA 3.3 | Dati sulle procedure di infrazione attive in Italia e sul carico inquinante generato (C.G.).

Area	C-251/17		C-85/13		2014/2059		2017/2181		TOTALE	
	N°	C.G.	N°	C.G.	N°	C.G.	N°	C.G.	N°	C.G.
		[1.000 A.E]		[1.000 A.E]		[1.000 A.E]		[1.000 A.E]		
Nord Ovest	2	69	3	109	64	1.029	72	4.710	141	5.918
Nord Est	1	13	3	142	10	403	1	2	15	559
Centro	-	-	2	101	69	4.620	28	174	99	4.894
Sud	20	2.054	1	11	285	6.770	95	1.940	401	10.774
Isole	45	3.505	5	118	192	1.674	41	2.418	283	7.716
Totale	68	5.641	14	480	620	14.495	237	9.244	939	29.861

Fonte: MASE (ex MATTM), maggio 2020

3.3.1 – Il potenziale di riutilizzo regionale delle acque reflue trattate

Il riutilizzo di acque reflue depurate assume una rilevanza sempre maggiore come pratica in grado di garantire la disponibilità di risorse idriche non convenzionali caratterizzate dalla continuità della produzione e da un livello qualitativo monitorato. L'implementazione di pratiche di riutilizzo di effluenti depurati può dare un notevole contributo al contrasto di episodi di scarsità idrica e sostenere la domanda d'uso esercitata dal settore civile e, soprattutto, dai sistemi produttivi, tra cui in primis quello agricolo caratterizzato da un'elevata idro-esigenza e stagionalità d'uso con un rilevante incremento della domanda durante stagione irrigua.

In tale contesto, risulta di prioritaria importanza la definizione del quadro conoscitivo del comparto depurativo nazionale ed in particolare la stima del potenziale di produzione di acque reflue trattate destinabili al riuso¹¹.

Ai fini della quantificazione del potenziale di riutilizzo in ambito agricolo su base nazionale e regionale, i dati della ricognizione del 2021 dell'EEA sono stati elaborati facendo riferimento ai carichi effettivi trattati e selezionando gli impianti di taglia maggiore e con elevati livelli di trattamento, tali quindi da fornire

¹⁰ Limiti fissati dall'allegato 5 alla parte III del DLgs n. 152/2006 per i parametri della tabella 1 e, con riferimento agli impianti di depurazione recapitanti in aree sensibili o in bacini scolanti in area sensibile, per uno o entrambi i parametri di cui alla tabella 2 del medesimo decreto.

¹¹ La valutazione è stata condotta prendendo a riferimento come fonte dati il sistema d'informazione sulle acque per l'Europa (WISE) realizzato dall'Agenzia Europea (EEA) per conto della Commissione Europea, in cui convergono tutti i flussi informativi generati a livello nazionale dagli Stati Membri per adempiere agli obblighi normativi relativi al recepimento delle direttive comunitarie sulle acque di superficie e del sottosuolo, inclusi dati sulla balneabilità. Per il comparto depurativo, l'EEA produce con cadenza biennale un elaborato finale (i.e. Waterbase - UWWTD: Urban Waste Water Treatment Directive) per gli agglomerati di consistenza superiore a 2.000 A.E. contenente sia informazioni generali relative alla localizzazione degli impianti di trattamento e del punto di scarico, alle aree di ricezione, al livello di trattamento, sia dati quantitativi relativi alle potenzialità di progetto, ai carichi effettivi in ingresso, ed alle caratteristiche chimiche delle acque allo scarico per i parametri di inquinamento organico (BOD5, COD), azoto e fosforo. Per la presente analisi, è stata considerata la ricognizione aggiornata al 2021 i cui dati fanno riferimento al biennio 2019-2020.

maggiori garanzie di sicurezza per la pratica di riutilizzo in termini di stabilità di processo, della frequenza dei controlli e della presenza di sistemi di disinfezione. Si considerano due differenti scenari di riferimento:

- 1) Analisi degli impianti di depurazione con capacità di trattamento effettiva superiore a 2.000 A.E.;
- 2) Analisi degli impianti con capacità di trattamento effettiva superiore a 10.000 A.E. e dotati di un livello di trattamento superiore al secondario.

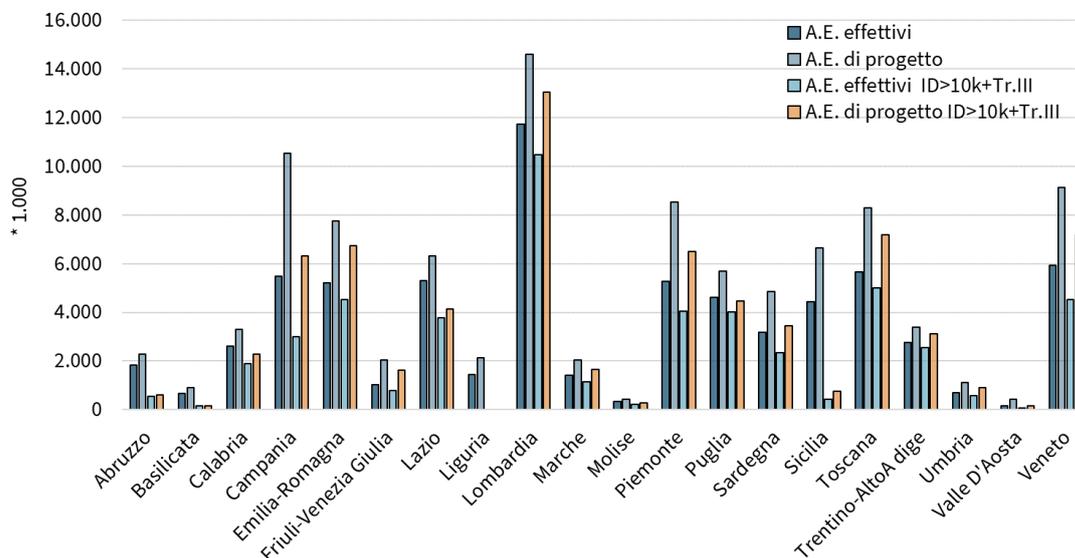
Entrando nel merito del livello di trattamento, il sistema informativo EEA include, come da definizioni riportate nella normativa, i trattamenti primari (i.e. trattamenti delle acque reflue urbane realizzati mediante un processo ovvero un sistema di smaltimento che, dopo lo scarico, garantisca la conformità dei corpi idrici recettori ai relativi obiettivi di qualità ovvero sia conforme alle disposizioni della parte terza del presente decreto), i trattamenti secondari (i.e. trattamenti delle acque reflue mediante un processo che in genere comporta il trattamento biologico con sedimentazione secondaria, o mediante altro processo in cui vengano comunque rispettati i limiti di emissione previsti) e trattamenti superiori quali ad esempio processi di rimozione di azoto e fosforo, di filtrazione su sabbia o membrane, di ozonizzazione o di disinfezione. I risultati derivanti dall'analisi svolta sono riportati in tabella 3.4 ed in figura 3.7.

TABELLA 3.4 | Potenzialità di progetto ed effettiva (in termini di migliaia di A.E. serviti e migliaia di m³/anno trattati) per: impianti con potenzialità superiore a 2.000 A.E. su base regionale (Scenario 1); impianti con capacità di trattamento effettiva maggiore di 10.000 A.E. e con livello di trattamento superiore al secondario (Scenario 2) (in figura indicato come “Tr. III”). I volumi si intendono in migliaia di m³.

Regioni	Scenario 1 (ID > 2.000 A.E.)			Scenario 2 (ID > 10.000 A.E.)		
	A.E. effettivi	A.E. di progetto	m ³ /anno di acqua trattata	A.E. effettivi con Tr.III	A.E. di progetto con Tr.III	m ³ /anno di acqua trattata
Abruzzo	1.820	2.281	152.353	537	598	41.170
Basilicata	678	900	50.760	148	160	12.063
Calabria	2.612	3.313	151.977	1.909	2.283	100.618
Campania	5.484	10.547	506.084	3.013	6.322	257.154
Emilia-Romagna	5.223	7.763	422.143	4.527	6.726	356.786
Friuli-Venezia Giulia	1.042	2.055	137.482	796	1.625	114.795
Lazio	5.308	6.309	656.429	3.778	4.146	507.925
Liguria	1.435	2.129	91.679	0	0	0
Lombardia	11.722	14.617	1.158.123	10.468	13.055	1.053.034
Marche	1.412	2.043	109.845	1.153	1.656	90.967
Molise	343	419	25.009	233	292	17.029
Piemonte	5.279	8.534	572.403	4.048	6.516	411.279
Puglia	4.624	5.681	242.036	4.008	4.473	202.819
Sardegna	3.191	4.844	219.556	2.329	3.456	175.547
Sicilia	4.437	6.656	420.676	437	753	67.682
Toscana	5.673	8.306	282.725	5.007	7.176	241.060
Trentino-Alto Adige	2.761	3.401	143.060	2.556	3.114	129.672
Umbria	688	1.102	58.894	585	910	51.316
Valle D'Aosta	161	425	11.139	62	150	3.897
Veneto	5.945	9.134	477.884	4.534	7.176	362.711
Totale	69.839	100.460	5.890.256	50.128	70.587	4.197.524

Fonte: Elaborazione Enea su dati EEA

FIGURA 3.7 | Abitanti equivalenti trattati e di progetto per regione riferiti agli impianti di depurazione con potenzialità di trattamento superiore di 2.000 A.E. (scenario 1) e per gli impianti con capacità di trattamento effettiva maggiore di 10.000 A.E. e con livello di trattamento superiore al secondario (in figura indicato come “Tr. III”) (Scenario 2)

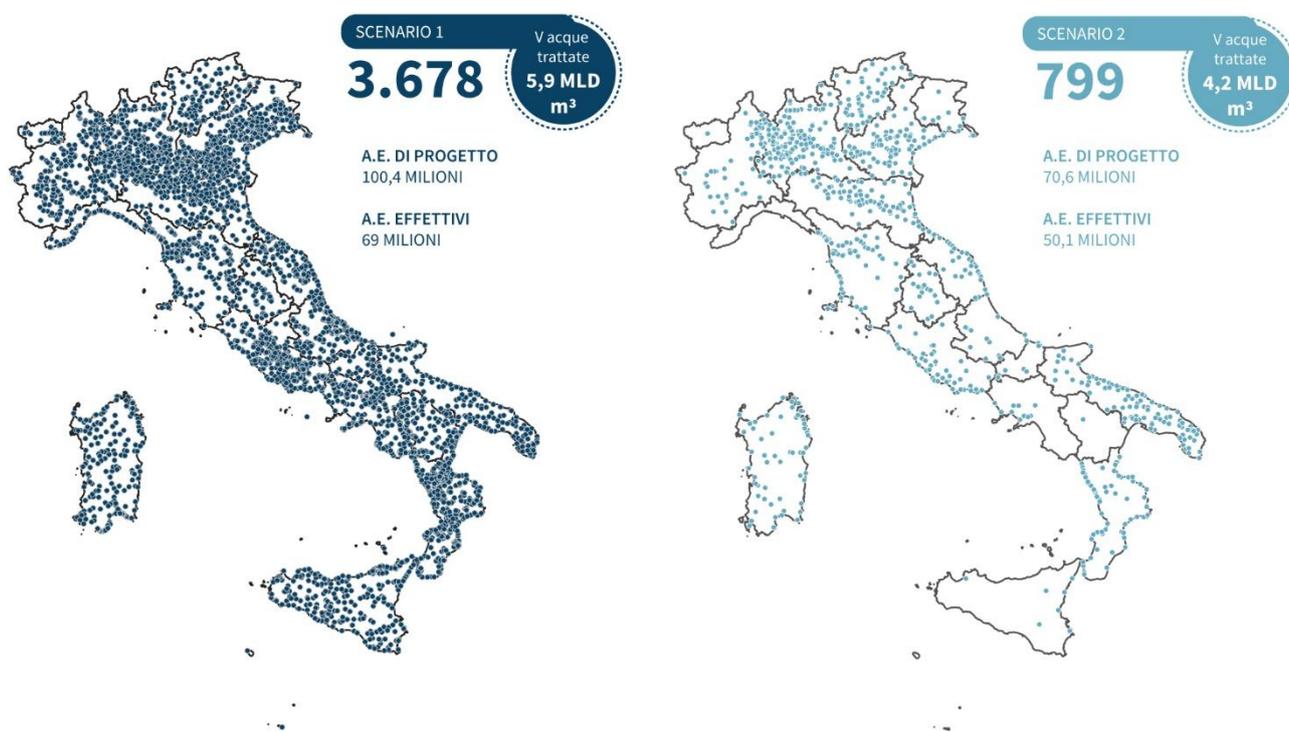


Fonte: Elaborazione Enea su dati EEA

A fronte di un totale di 3.678 impianti di depurazione di acque reflue urbane presenti sul territorio nazionale a servizio di agglomerati con carico generato maggiore o uguale a 2.000 A.E. (Scenario 1), 158 impianti presentano configurazioni impiantistiche con un livello di trattamento limitato al primario, 1.223 garantiscono un trattamento secondario, mentre i rimanenti 2.297 impianti prevedono trattamenti aggiuntivi per lo più consistenti in sistemi di rimozione di azoto e fosforo e disinfezione mediante l'uso di cloro o acido peracetico. Nel complesso, a livello nazionale, gli impianti in esame trattano un ammontare effettivo di 70 milioni di A.E. a fronte di una potenzialità di progetto complessiva di 100 milioni di A.E. Di tali carichi, il 2% sono trattati in impianti con soli trattamenti primari, il 20% in impianti con trattamenti secondari e il restante 78% in impianti con trattamenti superiori.

Prendendo a riferimento gli impianti di taglia effettiva superiori a 10.000 A.E. e con trattamento superiore al secondario (Scenario 2), il totale di 799 impianti garantisce il trattamento di un totale effettivo di circa 50 milioni di A.E., a fronte di una potenzialità di progetto superiore a 70 milioni di A.E. Le regioni con una maggiore potenzialità di progetto complessiva risultano Lombardia, Campania, Veneto e Piemonte mentre, con riferimento ai soli impianti che rientrano nello Scenario 2, le Regioni strutturalmente più dotate sono Emilia-Romagna, Toscana, Veneto e Lombardia. Si evidenzia in particolare per il Centro-Sud una situazione in cui vi è una elevata numerosità di impianti di depurazione ma di classe di potenzialità di trattamento bassa.

FIGURA 3.8 | Mappe di distribuzione degli impianti di trattamento delle acque reflue per regione, riferite all'intero panorama nazionale (Scenario 1) e ad impianti con capacità di trattamento effettiva maggiore di 10.000 A.E. e con livello di trattamento superiore al secondario (Scenario 2).



Fonte: Elaborazione ENEA su dati EEA

In termini di volumetrie di acque reflue trattate a livello nazionale, emerge che gli impianti di depurazione afferenti allo Scenario 1 trattano complessivamente c.a. 5,9 miliardi di metri cubi all'anno, produzione che scende a 4,2 miliardi di metri cubi all'anno considerando i soli impianti che ricadono nello Scenario 2. La Lombardia, Lazio, Piemonte e Campania nel complesso hanno un parco impianti capace di produrre, a livello nazionale, i maggiori volumi di acque reflue trattate. Considerando invece gli impianti di taglia superiore a 10.000 A.E. effettivi con trattamenti oltre il secondario, invece, le regioni più produttive sono Lombardia, Lazio Piemonte e Veneto. Per alcune regioni, l'ampia differenza tra i volumi totali di acque reflue trattate ed i volumi in uscita dai soli impianti di classe maggiore, fa emergere la sensibile incidenza degli impianti di trattamento di bassa potenzialità.

La tabella 3.5 riporta le volumetrie prodotte per regione e le raffronta ai consumi idrici del comparto agricolo, come riportati dall'ultimo censimento dell'agricoltura (ISTAT, 2014). Tale raffronto viene proposto unicamente allo scopo di evidenziare la potenziale incidenza del riutilizzo idrico delle acque reflue trattate in agricoltura, ma occorre precisare che una valutazione delle effettive volumetrie di acque reflue riutilizzabili in agricoltura non può prescindere da valutazioni sito specifiche di fattibilità sia tecnica che economica, che tengano conto di una serie di elementi, quali: aspetti di qualità delle acque reflue trattate, in ottica di minimizzazione dei rischi per la salute umana e animale o per l'ambiente connessi con la pratica di riutilizzo; l'esigenza, e relativa valutazione di fattibilità, di infrastrutture dedicate allo stoccaggio, alla distribuzione ed al monitoraggio di qualità dell'acqua da riutilizzare, dall'impianto di trattamento sino all'utilizzatore finale; la valutazione del livello o classe di qualità richiesti per le acque reflue depurate in relazione alla tipologia di colture da servire; il possibile coinvolgimento e coordinamento di vari attori responsabili della corretta gestione delle acque lungo l'intera filiera di riutilizzo.

TABELLA 3.5 | Raffronto tra le esigenze idriche per l'irrigazione nelle regioni italiane con l'ammontare di acque reflue trattate riferite all'intero panorama nazionale (Scenario 1) e ad impianti con capacità di trattamento effettiva maggiore di 10.000 A.E. e con livello di trattamento superiore al secondario (Scenario 2). In percentuale è rappresentato il rapporto tra l'acqua trattata nei differenti scenari e i volumi irrigui utilizzati.

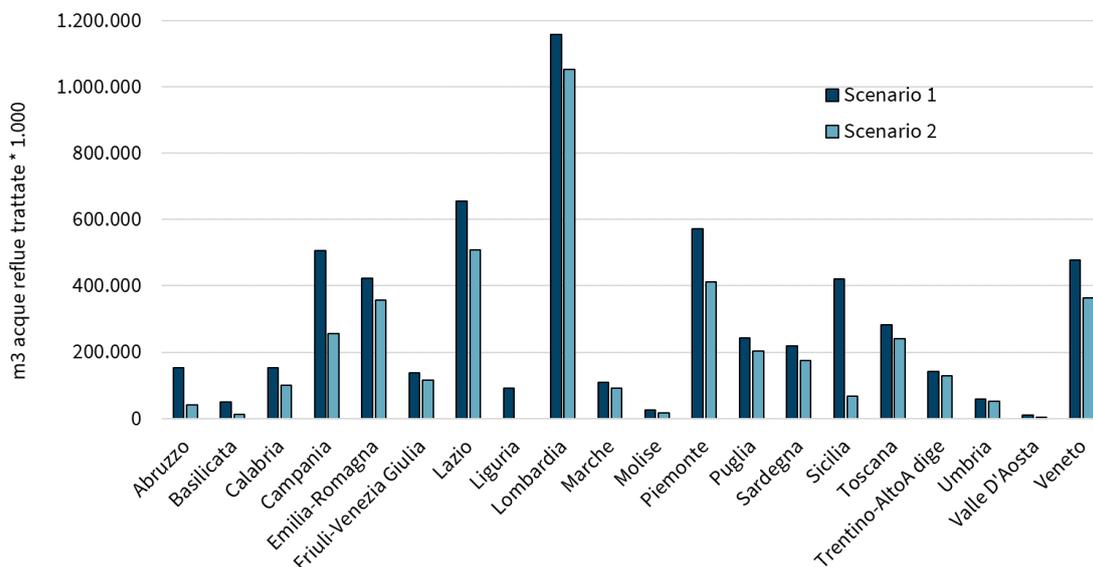
Regioni	Volumi irrigui utilizzati x10 ³ m ³	Scenario 1		Scenario 2	
		x10 ³ m ³ di acqua trattata		x10 ³ m ³ di acqua trattata	
Abruzzo	65.219	152.353	234%	41.170	63%
Basilicata	126.300	50.760	40%	12.063	10%
Calabria	265.053	151.977	57%	100.618	38%
Campania	347.556	506.084	146%	257.154	74%
Emilia-Romagna	759.202	422.143	56%	356.786	47%
Friuli-Venezia Giulia	108.848	137.482	126%	114.795	105%
Lazio	296.568	656.429	221%	507.925	171%
Liguria	11.187	91.679	819%	0	0%
Lombardia	4.690.804	1.158.123	25%	1.053.034	22%
Marche	41.918	109.845	262%	90.967	217%
Molise	35.274	25.009	71%	17.029	48%
Piemonte	1.847.115	572.403	31%	411.279	22%
Puglia	655.290	242.036	37%	202.819	31%
Sardegna	305.483	219.556	72%	175.547	57%
Sicilia	687.698	420.676	61%	67.682	10%
Toscana	97.311	282.725	291%	241.060	248%
Trentino-Alto Adige	64.920	143.060	220%	129.672	200%
Umbria	68.178	58.894	86%	51.316	75%
Valle D'Aosta	10.444	11.139	107%	3.897	37%
Veneto	614.387	477.884	78%	362.711	59%
Totale	11.098.756	5.890.256	53%	4.197.524	38%

Fonte: Elaborazione Enea su dati EEA

Le percentuali relative al potenziale di riutilizzo delle acque reflue trattate emerse dalle presenti valutazioni vanno interpretate come valori indicativi tenendo presenti le assunzioni metodologiche adottate.

La situazione a livello regionale risulta alquanto variegata in funzione della diversa vocazione territoriale alla produzione agricola e diffusione del relativo tessuto, includendo contesti territoriali in cui le volumetrie prodotte sarebbero in grado di soddisfare solo in parte la richiesta del settore agricolo ed altri in cui, invece, la copertura delle esigenze d'uso risulta totale. Si evidenziano quindi, da un lato, regioni quali Basilicata e Sicilia caratterizzate da una buona vocazione agricola ed un parco impianti poco strutturato, in cui le percentuali di soddisfacimento della domanda vanno dal 10% (Scenario 2) a circa il 50% (Scenario 1); dall'altro lato, si rilevano regioni quali Friuli-Venezia Giulia, Lazio, Marche, Toscana e Trentino-Alto Adige in cui in entrambi gli scenari si avrebbe il pieno soddisfacimento della richiesta di acque per l'irrigazione.

FIGURA 3.9 | Migliaia di metri cubi di acque reflue trattate per regione riferiti agli impianti di depurazione con potenzialità di trattamento superiore di 2.000 A.E. (Scenario 1) e ad impianti con capacità di trattamento effettiva maggiore di 10.000 A.E. e con livello di trattamento superiore al secondario (Scenario 2).



Fonte: Elaborazione Enea su dati EEA

Le statistiche desunte nell'ipotesi dei due scenari valutati fanno emergere il rilevante contributo potenziale del riutilizzo idrico di acque reflue trattate a livello territoriale. Vi sono Regioni ad alto potenziale di riutilizzo dotate di una impiantistica ben distribuita e con un livello di trattamento superiore al secondario che offrono una maggiore garanzia della qualità delle acque reflue trattate e pertanto una maggiore sicurezza nell'implementazione di pratiche di riutilizzo. Di contro, alcune Regioni, in base all'assetto strutturale del comparto depurativo, hanno a disposizione minori volumetrie di acque reflue trattate e di conseguenza una minore propensione al riutilizzo.

Capitolo 4 | Interventi e investimenti per fronteggiare gli effetti dei cambiamenti climatici

Il settore idrico è particolarmente sensibile agli effetti dei cambiamenti climatici, poiché le variazioni del ciclo idrologico possono avere impatti significativi sulla disponibilità e sulla gestione della risorsa. Interventi e investimenti per affrontare la sfida climatica richiedono un approccio integrato che coinvolga governi, organizzazioni internazionali, settore privato e comunità locali. L'obiettivo è garantire una gestione sostenibile dell'acqua e un'infrastruttura resiliente.

Azioni e interventi devono riguardare l'implementazione dei piani di gestione sostenibile delle risorse idriche includendo la promozione di pratiche di risparmio idrico, la riduzione delle perdite nella distribuzione dell'acqua e la promozione di un utilizzo efficiente in agricoltura e nei settori industriali. Allo stesso tempo le infrastrutture dovranno essere progettate per resistere agli impatti degli effetti dei cambiamenti climatici, come piogge intense, inondazioni o siccità prolungate, e dimensionate ad una possibile crescente richiesta di risorsa e al contempo riduzione della disponibilità. Il mantenimento di una elevata qualità dell'acqua è importante per preservare le fonti di approvvigionamento e garantire una fornitura sostenibile. Nel processo di adattamento del settore, un ruolo chiave può essere svolto dall'implementazione e l'utilizzo di tecnologie avanzate, come sistemi di monitoraggio remoto, sensori e modelli predittivi, che possono contribuire ad aiutare a gestire in modo più efficiente le risorse idriche e prevenire potenziali problemi legati ai cambiamenti climatici.

Gli investimenti possono essere sostenuti dalla tariffa ma anche da altre fonti di finanziamento. Da questo punto di vista, nell'accelerare interventi per l'ammodernamento e il miglioramento del parco infrastrutturale idrico italiano, sta giocando un ruolo chiave il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR). La mitigazione degli effetti dei cambiamenti climatici è entrata come punto chiave per gli obiettivi degli interventi futuri previsti, non soltanto negli strumenti finanziari europei e italiani ma anche nelle strategie di programma del Governo: il redigendo Piano nazionale di interventi infrastrutturali e per la sicurezza del settore idrico (PNISSI) ha come obiettivo primario il miglioramento del grado di resilienza dei sistemi idrici ai cambiamenti climatici.

In questo capitolo viene analizzato lo stato degli investimenti nel settore idrico in Italia, dando spazio all'impatto del PNRR sul settore e alle future prospettive disegnate dal PNISSI.

4.1 – Gli investimenti dei gestori industriali

L'analisi proposta è effettuata su un campione di 70 gestioni che serve una popolazione residente di 37 milioni di abitanti (pari a circa il 60% della popolazione nazionale). Il numero complessivo di abitanti serviti è ripartito piuttosto equamente tra le varie aree geografiche, mentre la copertura del campione sulla popolazione di ogni macroarea varia da un massimo del 78% per il Centro a un minimo del 41% per il Sud.

Gli investimenti realizzati dal campione negli anni 2020 e 2021 ammontano rispettivamente a 1,9 miliardi di euro e 2,0 miliardi di euro, che in termini pro capite corrispondono a 51 euro per abitante e 55 euro per abitante, con una crescita sul biennio del 6% (Fig. 4.1)^{12,13}.

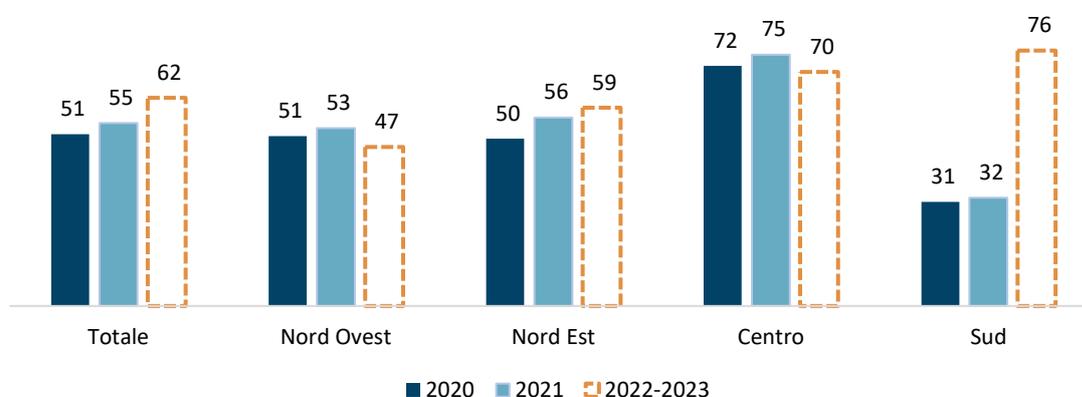
¹² I valori storici degli investimenti sono aggiornati mediante l'indice Istat NIC.

¹³ I dati relativi agli investimenti dei gestori industriali trattati in questo capitolo sono estratti dai documenti quali i file di raccolta dati tariffari (RDT) e le relazioni di accompagnamento, a corredo delle proposte di aggiornamento del metodo tariffario idrico del terzo periodo (MTI-3). Per una parte del campione, il calcolo degli investimenti realizzati per il biennio 2020-2021 è stato desunto applicando un tasso di realizzazione dell'88,3%, calcolato confrontando investimenti programmati e realizzati rinvenuti nei file RDT disponibili.

I valori più alti si registrano nel Centro Italia con un ammontare pari a 75 euro per abitante nel 2021, mentre le due aree del Nord si sono dimostrate quasi allineate con valori di 53 e 56 euro per abitante. Gli investimenti pro capite realizzati al Sud Italia risultano invece sensibilmente più bassi (tra 31 e 32 euro per abitante nel biennio 2020-2021) rispetto alle altre aree del Paese.

La stima degli investimenti pro capite realizzati per il biennio 2022-2023, effettuata applicando agli investimenti programmati dai gestori un tasso di realizzazione dell'88,3%, mostra un incremento degli stessi, che sul periodo si attesterebbero a 62 euro per abitante. Il dato del Sud Italia mostra l'aumento assolutamente più marcato tra le macroaree, raddoppiando gli investimenti e raggiungendo i 76 euro per abitante nel biennio 2022-2023.¹⁴ Per le altre aree geografiche, la stima degli investimenti realizzati appare in linea o inferiore agli anni precedenti.

FIGURA 4.1 | Investimenti pro capite realizzati e programmati dal campione (in €/ab; anni 2021-2023)



Fonte: elaborazione Utilitatis su dati gestori

Volgendo l'attenzione alla serie storica degli investimenti realizzati, rispetto al campione descritto precedentemente, sono state utilizzate le informazioni tariffarie di un suo sottoinsieme (48 gestioni che servono circa 30 milioni di abitanti), includendo quei gestori di cui si dispone un corredo informativo dal 2012 - anno di inizio della regolazione indipendente del settore - fino a oggi.

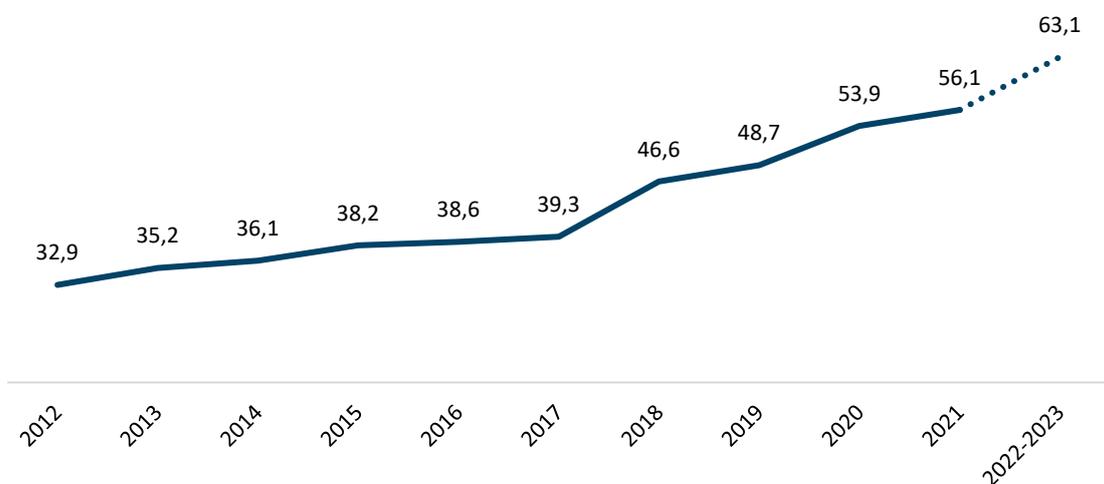
Il sottoinsieme individuato, mostra una crescita degli investimenti realizzati durante tutto il periodo considerato, pari a +70% in 9 anni (dai 32,9 euro per abitante del 2012, si raggiungono i 56,1 euro per abitante nel 2021). Anche le proiezioni degli investimenti realizzati per il biennio 2022-2023, stimati nella medesima modalità descritta in precedenza, mostrano una crescita del 9% rispetto al 2021).

Unica eccezione nel trend temporale è il biennio 2017-2018, caratterizzato da una variazione positiva più marcata, pari al 24%. È possibile supporre che tale slancio sia stato agevolato dall'introduzione e dunque dall'entrata a regime della regolazione della qualità tecnica del servizio (RQTI).¹⁵

¹⁴ La performane appare da attribuire specialmente a due gestori di grandi dimensioni.

¹⁵ La Delibera ARERA 917/2017/idr ha introdotto incentivi e penalità condizionati al raggiungimento o meno di specifici standard da parte dei gestori.

FIGURA 4.2 | Investimenti realizzati dai gestori industriali (sottoinsieme serie storica) (€/ab; anni 2012-2023)



Fonte: elaborazione Utilitatis su dati gestori

In base ai dati forniti da ARERA sugli investimenti programmati da un campione di 121 gestori (che servono una popolazione pari a circa 47 milioni di abitanti), è possibile stimare un volume di investimenti realizzati annualmente superiore a 3 miliardi di euro per ciascuno degli anni 2021, 2022 e 2023¹⁶.

4.2 - Gli investimenti per la qualità del servizio

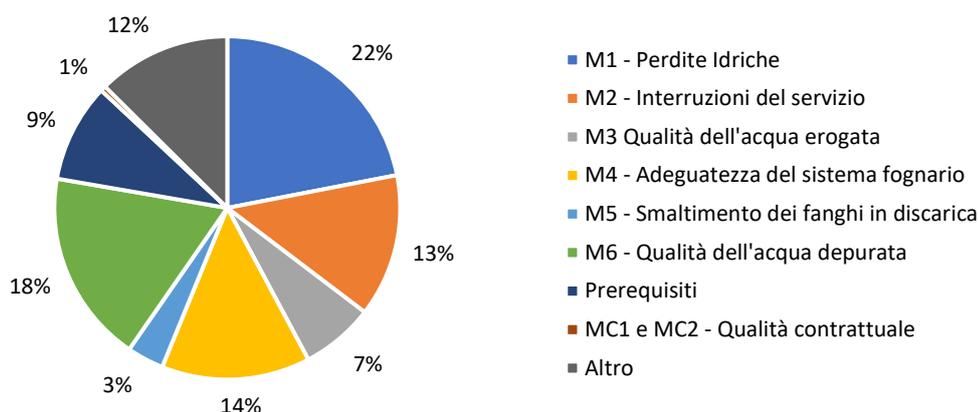
La destinazione degli investimenti programmati per il periodo regolatorio MTI3, ovvero per il quadriennio 2020-2023, mostra una prevalenza della spesa per la riduzione delle perdite idriche (22% del totale) e per il miglioramento della qualità dell'acqua depurata (18% del totale); seguono poi gli interventi per l'adeguamento del sistema fognario (M4, il 14% del totale), per risolvere le interruzioni del servizio (M2, 13%) e per la qualità dell'acqua erogata (M3, 12%). Altre destinazioni sono al di sotto del 10% (Fig. 4.3).¹⁷

Applicando la medesima metodologia dei paragrafi precedenti, per il quadriennio 2020-2023 si possono stimare investimenti a livello Paese pari ad almeno 2,6 miliardi nella riduzione delle perdite di rete, e almeno 2 miliardi per il miglioramento dell'acqua depurata.

¹⁶ La stima sembrerebbe essere in linea con il valore di investimento medio pro capite 2022-2023 di 62 euro per abitante desunto precedentemente e rappresentato nella figura 1-2. Applicando tale valore a una popolazione di 47 milioni di abitanti risulterebbero investimenti per 2,9 miliardi di euro.

¹⁷ Risultati per un campione di 141 gestioni che servono più di 50 milioni di abitanti. ARERA, Relazione annuale 2022.

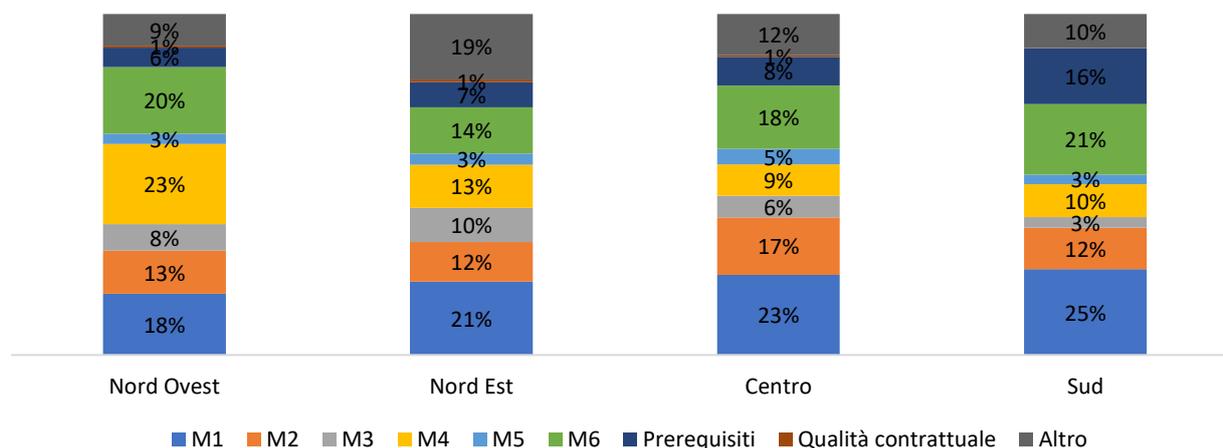
FIGURA 4.3 | Investimenti programmati per macroindicatore (%; anni 2020-2023).



Fonte: elaborazione Utilitatis su dati ARERA

La destinazione degli investimenti programmati per indicatore e per area geografica (Fig. 4.4) mostrano differenze rinvenibili soprattutto per l'area del Nord Ovest, meno indirizzata rispetto al resto del Paese verso la riduzione di perdite di rete e più focalizzata sull'adeguamento del sistema fognario (23% degli investimenti) e sulla qualità dell'acqua depurata (20%). A quest'ultimo aspetto della qualità del servizio vengono dedicate ingenti risorse anche nell'area del Centro (18%) e del Sud (21%), dove si investe principalmente nella riduzione delle perdite idriche (rispettivamente il 23% e il 25%). Le regioni del Sud si distinguono inoltre per le risorse destinate al raggiungimento dei prerequisiti della qualità del servizio, grazie al 16% degli investimenti programmati¹⁸.

FIGURA 4.4 | Investimenti programmati per macroindicatore e per area geografica (%; anni 2020-2023).



Fonte: elaborazione Utilitatis su dati ARERA

¹⁸ I prerequisiti sono le condizioni minime di servizio richieste ai gestori dalla normativa sulla qualità del servizio. Il mancato raggiungimento dei prerequisiti (tra cui, a titolo di esempio, la disponibilità e l'affidabilità dei dati di misura delle perdite) comporta l'esclusione del gestore dai meccanismi incentivanti definiti dalla medesima disciplina.

4.3 – Investimenti per tipologia

L'analisi dei Piani degli Interventi contenuti nelle predisposizioni tariffarie dei gestori, consente di affinare l'elaborazione dei dati offrendo la categorizzazione degli investimenti per tipologia di intervento. L'analisi si è svolta su un sotto-campione di 36 gestioni, che coprono una popolazione di oltre 25 milioni di abitanti. Ai fini della presente trattazione si è deciso di ricondurre le tipologie di cespiti alle tre categorie di infrastrutture analizzate nelle parti precedenti: approvvigionamento idrico; trattamento delle acque; fognatura e depurazione.

All'interno della categoria "approvvigionamento idrico" sono stati ricompresi gli interventi relativi a serbatoi, invasi e tutti quelli riconducibili alla rete acquedottistica.

Nella categoria "trattamento delle acque" sono stati ricompresi gli interventi relativi a impianti di potabilizzazione e ai trattamenti cui vengono sottoposte le acque.

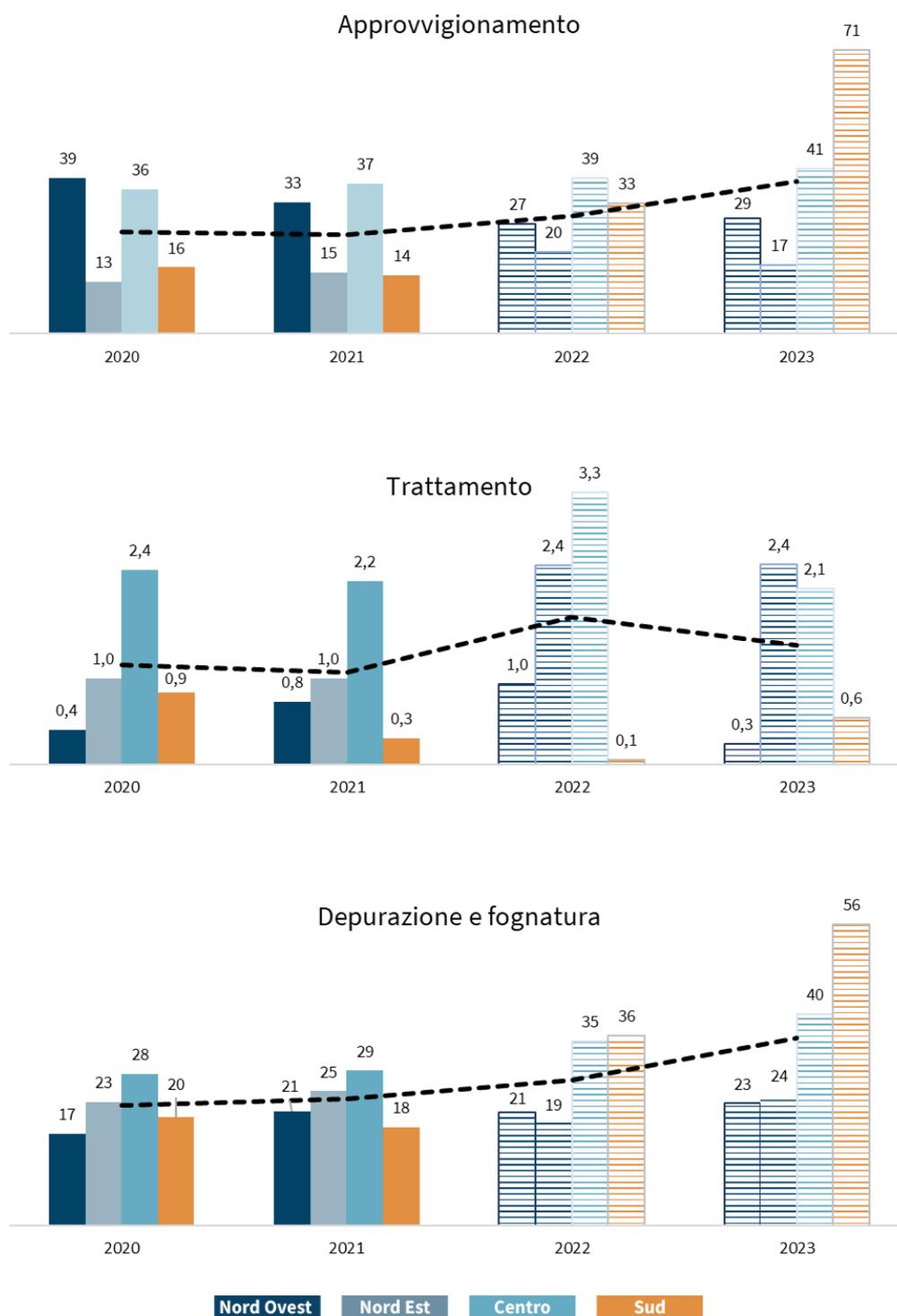
Infine, nella categoria "fognatura e depurazione" sono ricompresi tutti gli interventi relativi alla rete fognaria e alla depurazione delle acque.

Le informazioni analizzate coprono il quadriennio 2020-2023, i dati relativi al 2020 sono dati di consuntivo, i dati relativi al 2021 sono di pre-consuntivo, mentre le informazioni relative al biennio 2022-2023 riguardano gli investimenti programmati dai gestori. I dati sono contenuti in Tab. 4.1 e illustrati in Fig. 4.5.

TABELLA 4.1 | Distribuzione territoriale degli investimenti pro capite (€/ab) nei tre settori del servizio idrico nel periodo 2020-2023.

	2020	2021	2022	2023
Approvvigionamento				
Nord est	39	33	27	29
Nord ovest	13	15	20	17
Centro	36	37	39	41
Sud	16	14	33	71
Italia	25	25	29	38
Trattamento				
Nord est	0,4	0,8	1	0,3
Nord ovest	1	1	2,4	2,4
Centro	2,4	2,2	3,3	2,1
Sud	0,9	0,3	0,1	0,6
Italia	1,2	1,1	1,8	1,4
Depurazione e Fognatura				
Nord est	17	21	21	23
Nord ovest	23	25	19	24
Centro	28	29	35	40
Sud	20	18	36	56
Italia	23	24	27	35

FIGURA 4.5 | Investimenti pro capite realizzati (riempimento pieno) e programmati (riempimento a righe) per tipologia e per area geografica (valori espressi in €/ab; anni 2020-2023). La linea tratteggiata esprime il valore medio Italia per gli anni e le tipologie di investimento considerate.



Fonte: elaborazione Utilitatis su dati gestori

Gli investimenti nel settore dell'approvvigionamento idrico italiano ammontano in valore assoluto a 640 milioni di euro nel 2020 e a 620 milioni di euro nel 2021. Gli investimenti pro capite ammontano a circa 29 euro per abitante nel periodo 2020-2023 con un trend crescente da un minimo di 25 euro per abitante nel 2020 ai 38 euro per abitante stimati nel 2023. A livello geografico si osserva un'inversione di tendenza tra Nord e Sud: se nel 2020 il Centro-Nord investiva maggiormente (36 - 39 euro per abitante) in questo settore rispetto al Sud (16 euro per abitante), nel 2023 si stima che le regioni del Sud abbiano investito molto di più (71 euro per abitante) rispetto al resto del Paese (17 - 41 euro per abitante).

Le fasi di trattamento della risorsa sono caratterizzate dal volume di investimenti più basso dei tre settori considerati, che si attesta per il campione analizzato a 30,3 milioni di euro per il 2020 e a 28,2 per il 2021. Con circa 1,4 euro per abitante investiti nel periodo 2020-2023. Anche in questo caso, sul periodo considerato, si osserva una debole crescita degli investimenti. Tra le macroaree geografiche considerate si nota come i gestori delle regioni del Centro investano sensibilmente di più in interventi di questa tipologia (2,1 - 3,3 euro per abitante) rispetto al resto d'Italia.

Gli investimenti realizzati dal campione per le infrastrutture di fognatura e depurazione ammontano a oltre 560 milioni di euro per il 2020 e a poco meno di 600 milioni di euro per il 2021, con un trend di crescita confermato dagli investimenti programmati. Il Nord ovest e il Centro sono le ripartizioni geografiche che concorrono in maniera maggiore al totale degli investimenti, avendo generato, congiuntamente, il 62% del totale investimenti nel 2020 e il 63% nel 2021. Sia nel 2020 che nel 2021 il valore più alto si registra nelle gestioni del Centro Italia. Tutte le ripartizioni geografiche mostrano un andamento crescente nel biennio, con l'esclusione del Sud, che passa dai poco più di 20 euro a utente del 2020 ai poco meno di 18 del 2021. Gli investimenti programmati mostrano un marcato incremento per il biennio 2022-2023 che porta gli investimenti al Sud ben oltre la media nazionale.

4.4 – Gli interventi previsti dal PNRR per il settore idrico

Il PNRR dell'Italia contiene linee di intervento e politiche accompagnate da riforme di contesto, mirate a indirizzare la ripresa economica secondo 3 assi strategici condivisi a livello europeo: digitalizzazione e innovazione, transizione ecologica, inclusione sociale. Tutti i progetti di investimento del PNRR sono suddivisi in 16 componenti, raggruppate a loro volta in 6 missioni.

La componente del Piano in cui si inseriscono le misure e le azioni per il comparto idrico è la Missione 2, Rivoluzione verde e transizione ecologica, Componente 4 (M2C4), Tutela del territorio e della risorsa idrica, che racchiude l'ambito di intervento n. 4 orientato a "garantire la gestione sostenibile delle risorse idriche lungo l'intero ciclo e il miglioramento della qualità ambientale delle acque interne e marittime". Gli investimenti contenuti in questa componente mirano a garantire la sicurezza, l'approvvigionamento e la gestione sostenibile delle risorse idriche lungo l'intero ciclo, prevedendo il completamento e la manutenzione straordinaria delle infrastrutture di derivazione, portando a termine i grandi schemi idrici ancora incompiuti e migliorando lo stato di qualità ecologica e chimica dell'acqua, la gestione a livello di bacino e l'allocazione efficiente della risorsa idrica tra i vari usi/settori (urbano, agricoltura, idroelettrico, industriale).

Come illustrato nella Tabella 4.2, l'ambito della Componente 4 (M2C4) prevede una dotazione complessiva di 4,38 miliardi di euro, ripartiti in 4 linee di intervento e 2 di riforma. A queste risorse si devono aggiungere i 476 milioni di euro del programma europeo React-Eu, nell'ambito del Piano Operativo Nazionale (PON) Infrastrutture e Reti 2014-2020 gestito dal Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibili (MIMS), destinati a interventi per la riduzione delle perdite e la digitalizzazione delle reti nelle regioni del Sud Italia.

Escludendo le risorse della linea di investimento 4.3, indirizzata al settore irriguo, complessivamente, dunque al servizio idrico integrato sono dedicati 3,5 miliardi di euro per interventi da realizzare entro il 2026 (la scadenza per la spesa dei fondi React-Eu è invece il 2023).

TABELLA 4.2 | Suddivisione dell’ambito di intervento 4 Componente M2C4 del PNRR italiano in linee di intervento e riforma e dotazione finanziaria.

Linea di intervento		Risorse (in mld)
4.1	Investimenti in infrastrutture idriche primarie per la sicurezza dell’approvvigionamento idrico	2,00
4.2	Riduzione delle perdite nelle reti di distribuzione dell’acqua, compresa la digitalizzazione e il monitoraggio delle reti	0,90
4.3	Investimenti nella resilienza dell’agrosistema irriguo per una migliore gestione delle risorse idriche	0,88
4.4	Investimenti in fognatura e depurazione	0,60
Riforme		
4.1	Semplificazione normativa e rafforzamento della governance per la realizzazione degli investimenti nelle infrastrutture di approvvigionamento idrico	-
4.2	Misure per garantire la piena capacità gestionale per i servizi idrici integrati	-

Fonte: PNRR

Tra assegnazione delle risorse e progettualità inoltrate, considerando anche le proposte non finanziate e la quota di cofinanziamento da parte dei soggetti proponenti, gli interventi proposti dal comparto per le linee di intervento ammontano a circa 7 miliardi di euro. Se si considera poi l’allineamento dello stato delle infrastrutture idriche agli standard internazionali, il fabbisogno complessivo del settore raggiunge i 12 miliardi di euro. Si tratta dunque di cifre ben superiori alle risorse destinate sull’intero ambito del PNRR.

In Figura 4.6 è rappresentata la distribuzione regionale del valore delle progettualità a livello di singola linea di intervento. Complessivamente, considerando gli interventi ammessi a finanziamento, tra le regioni con il volume maggiore di progettualità ci sono la Sicilia (560 milioni di euro), la Campania (485 milioni di euro), la Lombardia (320 milioni di euro) e il Lazio (306 milioni di euro). Le risorse destinate al Sud ammontano al 53%, mentre il 31% riguarda regioni del Nord e il restante 16% il Centro.

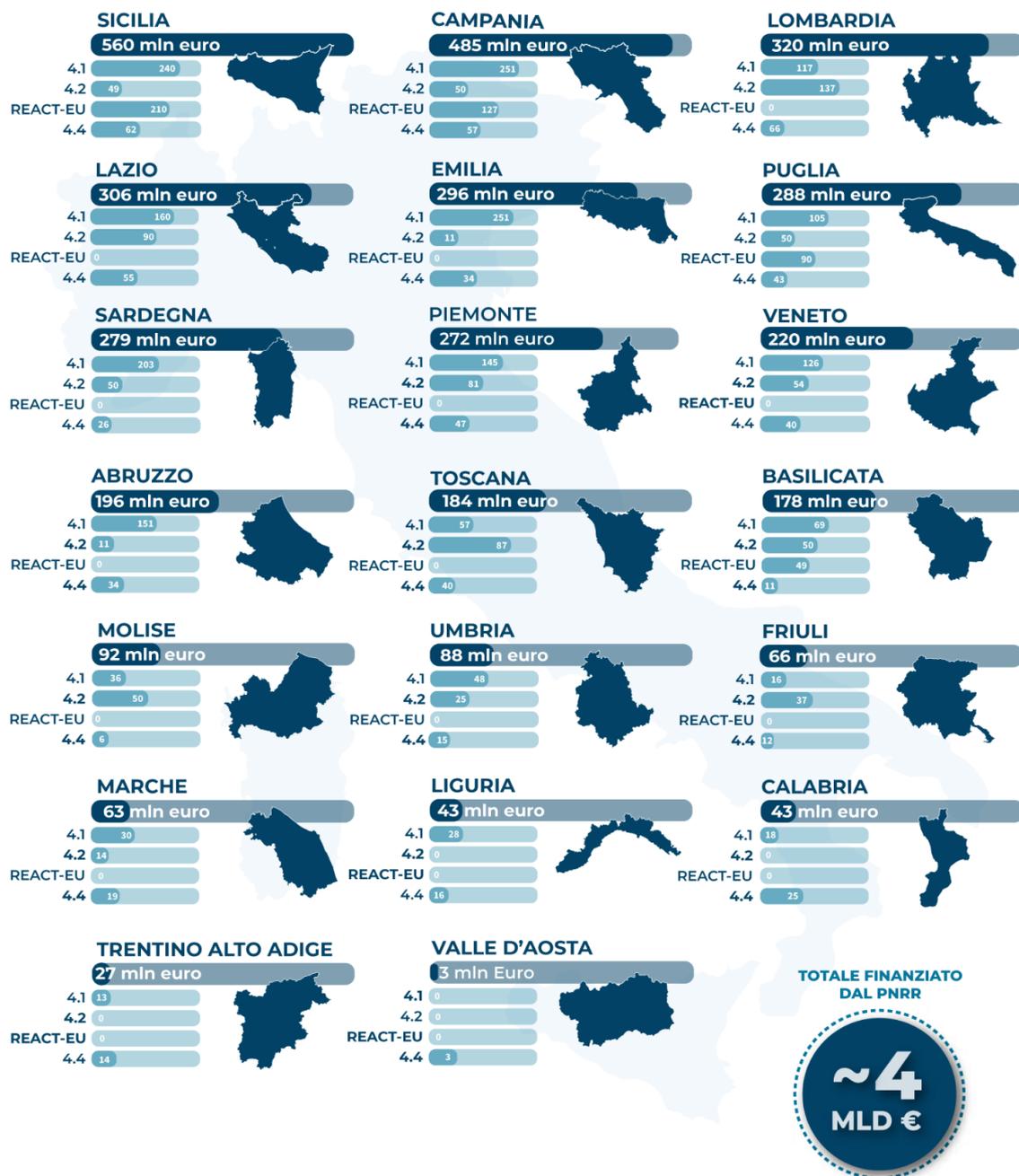
La **linea di intervento 4.1 - Infrastrutture idriche primarie per la sicurezza dell’approvvigionamento idrico** (risorse per 2 miliardi di euro): ha l’obiettivo di garantire la sicurezza dell’approvvigionamento idrico di importanti aree urbane e delle grandi aree irrigue, l’adeguamento e il mantenimento della sicurezza delle opere strutturali e una maggiore resilienza delle infrastrutture, anche in un’ottica di adattamento ai cambiamenti climatici in atto. Si distinguono tre allegati:

- Allegato 1 “Risorse aggiuntive PNRR”, costituito da 39 interventi per un importo complessivo pari a circa 900 milioni di euro;
- Allegato 2 “Risorse fino al 2026 su legislazione vigente da programmare – Piano Nazionale settore idrico”, costituito da 53 interventi per un importo complessivo pari a 708,5 milioni di euro;
- Allegato 3 “Risorse già programmate su legislazione vigente (interventi coerenti ed imputabili sul PNRR)”, costituito da 32 interventi per un importo di circa 390 milioni di euro.

Il 17 aprile 2023 è stata pubblicata la delibera del Collegio del controllo concomitante della Corte dei Conti sulla linea di intervento. Come indicato nella Terza Relazione sullo stato di attuazione del PNRR, a giugno 2023 risultano sottoscritti 111 atti d’obbligo e si è provveduto all’erogazione dell’anticipazione per le risorse dei nuovi progetti per circa il 90% degli interventi. Gli interventi sono localizzati sull’intero territorio

nazionale, con finalità differenti a seconda dell'area geografica, ma che in particolare riguardano il completamento di grandi impianti incompiuti principalmente nel Sud Italia.

FIGURA 4.6 | Distribuzione regionale delle risorse assegnate sulle linee di intervento del PNRR per il settore idrico italiano



Fonte: elaborazioni Utilitatis su dati MASE e MIT

La **linea di intervento 4.2 - Riduzione delle perdite nelle reti di distribuzione dell'acqua**: è volta prioritariamente a una riduzione delle perdite nelle reti per l'acqua potabile (-15% di perdite su 15.000 km di rete), anche attraverso la digitalizzazione delle reti, per favorire una gestione ottimale delle risorse idriche, ridurre gli sprechi e limitare le inefficienze. L'obiettivo più importante è la realizzazione di circa 25.000 Km di rete (almeno 9.000 km di rete idrica a livello distrettuale entro il 2024 e almeno altri 16.000 km entro il marzo 2026). Le risorse allocate su questa linea di intervento ammontano a 900 milioni di euro,

di cui almeno il 40% (430 milioni di euro) è destinato alle regioni del Sud Italia. La selezione dei progetti è avvenuta tramite avviso pubblico suddiviso in 2 finestre temporali: la prima nel periodo giugno-luglio 2022 e la seconda nel periodo settembre-ottobre 2022. Per quanto riguarda la prima finestra temporale, sono pervenute complessivamente 119 proposte di interventi che hanno superato di gran lunga i circa 600 milioni di euro messi a bando in questa prima fase: il valore progettuale ammonta infatti a 2,1 miliardi euro, importo che sale a 2,6 miliardi considerando i cofinanziamenti da parte dei soggetti attuatori. Le Regioni interessate sono 17, per un totale di 3.363 Comuni. In particolare, 28 proposte (per circa 630 milioni di euro) hanno riguardato interventi da realizzare nelle regioni del Mezzogiorno. La pubblicazione della graduatoria ad agosto 2022 ha visto l'ammissione a finanziamento di 21 interventi di cui il 44% nel Mezzogiorno per un totale di circa 607 milioni di euro. La seconda finestra temporale, conclusasi con la pubblicazione della graduatoria finale a gennaio 2023, ha visto invece l'assegnazione di risorse per circa 293 milioni di euro per progetti che hanno coinvolto 9 Regioni italiane. Con decreto direttoriale n. 1 del 10 gennaio 2023 il Ministero ha approvato la graduatoria complessiva delle proposte di finanziamento per un totale di 33 interventi finanziati di cui 19 progetti al Centro-Nord e 14 al Sud. Per i progetti ammessi al finanziamento sono stati sottoscritti dai soggetti attuatori i relativi atti d'obbligo e a giugno 2023 si è proceduto all'erogazione del primo anticipo.

Il Mezzogiorno è stato inoltre destinatario unico di risorse aggiuntive sul tema, tramite fondi **React-EU**, veicolati dal PON 2014-2020, per un valore complessivo pari a 476 milioni di euro¹ dedicati a interventi sulle perdite di rete nelle Regioni Puglia, Campania, Basilicata, Calabria e Sicilia. Nel complesso le Regioni hanno trasmesso proposte per un volume d'investimento pari a 851 milioni di euro (Sicilia e Campania, Regioni con la maggiore percentuale di perdite idriche di rete, hanno trasmesso la maggior parte delle proposte con, rispettivamente, 333 e 273 milioni di euro). Le Regioni che hanno trasmesso proposte ammissibili sono la Sicilia (209 milioni di euro), la Campania (127 milioni di euro), la Puglia (90 milioni di euro) e la Basilicata (49 milioni di euro). A giugno del 2023 il Ministero ha avviato uno scouting di nuove proposte progettuali, considerando interventi già completati, da finanziare a valere sulla medesima linea per un importo complessivo di 200 milioni di euro.

Gli investimenti previsti nella **linea di intervento 4.4 fognatura e depurazione** mirano a rendere più efficace la depurazione delle acque reflue scaricate nelle acque marine e interne, anche attraverso l'innovazione tecnologica, al fine di azzerare il numero di abitanti (ad oggi più di 3,5 milioni) in zone non conformi. Dove possibile, gli impianti di depurazione saranno trasformati in "fabbriche verdi", per consentire il recupero di energia e fanghi, e il riutilizzo delle acque reflue depurate per scopi irrigui e industriali. Con il D.M. 17 maggio 2022 n. 191 l'ex MiTE (oggi MASE) ha dettato i criteri di riparto delle risorse e i criteri di ammissibilità delle proposte progettuali. Lo stesso ministero, con successivo D.M. n. 295 ha prorogato il termine della presentazione delle proposte al 30 settembre 2022. Il 13 dicembre 2022 è stato emanato il decreto direttoriale n.398 di costituzione del Gruppo istruttorio (MASE e ARERA) per la verifica della corretta compilazione delle proposte progettuali e loro congruità con i criteri di ammissibilità di cui al decreto n.191/2022 e di adozione della relativa check-list. A giugno 2023 è ancora in corso l'istruttoria tecnica delle proposte progettuali in argomento che dovrebbe concludersi entro luglio 2023. La ripartizione delle risorse è avvenuta su base regionale con priorità di finanziamento per interventi che si concludano nel breve termine ed in agglomerati oggetto di contenzioso e non.

La Componente M2C1 dedicata all'Economia Circolare prevede inoltre una linea di intervento indirizzata ad investimenti per rendere sostenibili le isole minori italiane. L'investimento **3.1 "Isole Verdi"** comprende un programma finalizzato a promuovere il miglioramento e rafforzare, in termini ambientali ed energetici, i Comuni delle 19 Isole minori non interconnesse, attraverso la realizzazione di progetti integrati di efficientamento energetico e idrico, mobilità sostenibile, gestione del ciclo rifiuti, economia circolare,

produzione di energia rinnovabile e diverse applicazioni per gli usi finali. Complessivamente si prevedono 200 milioni di euro di interventi. Nello specifico del settore idrico, la linea prevede interventi per la differenziazione delle fonti di approvvigionamento tramite la realizzazione ex novo di impianti di dissalazione dell'acqua marina (dissalatori) finalizzati alla produzione di acqua potabile, di tipo mobile o removibile, costituiti da sistemi modulari compatti ed ampliabili. (Tipologia III.A) o con interventi integrativi e/o migliorativi e di adeguamento infrastrutturale di dissalatori esistenti (Tipologia III.B). Come si evince dai dati di Tabella 4.2, nel complesso sono stati finanziati circa 26 milioni di euro di interventi di cui 22,2 milioni di euro dedicati alla realizzazione di nuove opere e circa 4 milioni di euro all'ammodernamento degli impianti esistenti.

TABELLA 4.3 | Sintesi dei progetti finanziati dalla linea M2C1.3.1 "Isole Verdi" per gli impianti di dissalazione nelle isole minori.

Regione	Provincia	Isola (Comune)	Importo progetti tipologia III.A (€)	Importo progetti tipologia III.B (€)	Totale (€)
Toscana	Grosseto	Isola del Giglio	-	3.901.629	26.160.535
	Livorno	Capraia Isola	1.163.000	-	
Puglia	Foggia	Isole Tremiti	3.414.928	-	
Sicilia	Messina	Alicudi (Lipari)	1.154.147	-	
		Filicudi (Lipari)	1.825.719	-	
		Panarea (Lipari)	2.389.969	-	
		Stromboli (Lipari)	2.276.016	-	
	Trapani	Favignana	990.000	-	
		Levanzo (Favignana)	443.000	-	
		Marettimo (Favignana)	476.000	-	
	Agrigento	Lampedusa	5.688.552	-	
		Linosa (Lampedusa)	2.437.573	-	
			22.258.906	3.901.629	

Fonte: elaborazioni Utilitatis su dati MASE

4.5 – Il Piano Nazionale di Interventi Infrastrutturali e per la Sicurezza nel Settore Idrico

Il Piano nazionale di interventi infrastrutturali e per la sicurezza nel settore idrico (PNISSI) è finalizzato alla pianificazione e programmazione di interventi nel settore dell'approvvigionamento idrico primario, anche ad uso plurimo, compresa la manutenzione straordinaria e la realizzazione di nuovi serbatoi, nonché di interventi relativi alle reti idriche. Come si evince anche dagli obiettivi del Piano, che sono i) l'incremento della sicurezza delle infrastrutture, ii) il potenziamento e l'adeguamento delle infrastrutture idriche, iii) l'aumento della resilienza dei sistemi ai cambiamenti climatici, il tema della mitigazione e adattamento agli effetti dei cambiamenti climatici sul settore idrico diventa di prioritaria importanza.

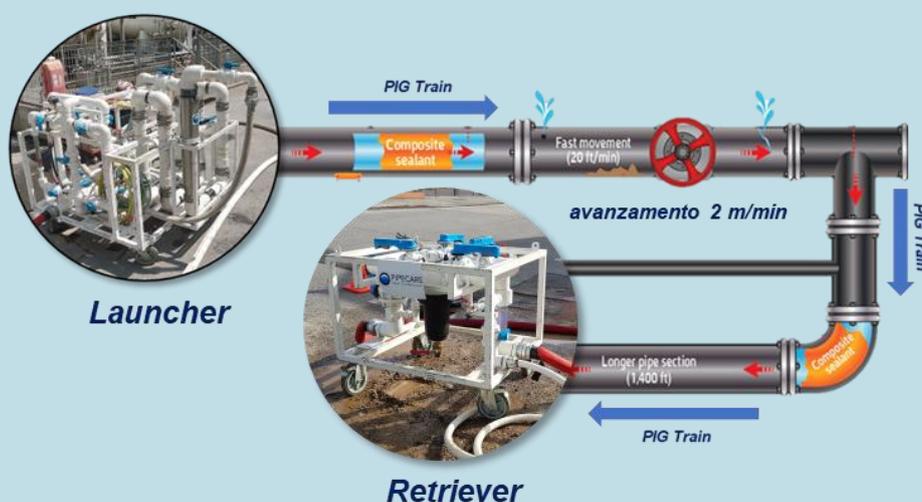
I soggetti coinvolti sono le Regioni, le Province Autonome di Trento e di Bolzano, le Autorità di bacino distrettuali e gli Enti di Governo d'Ambito che abbiano legittimamente affidato il servizio idrico integrato. Questi possono presentare l'elenco degli interventi, in ordine di priorità, per i quali intendono proporre l'inserimento nel Piano. Il PNISSI ha durata triennale e può essere aggiornato con cadenza annuale entro il mese di settembre.

4.6 – Esempi di misure di adattamento durante fasi siccitose

Seguono alcuni esempi di misure di adattamento messe in campo dai gestori del servizio idrico. Si ringraziano per il contributo ACDA (Piemonte), ASA (Toscana) e Viveracqua (Veneto).

Lavori di riparazione massiva di perdite idriche nei comuni di Demonte, Ceva e Peveragno (Provincia di Cuneo)

Le reti idriche dei comuni di Demonte, Ceva e Peveragno presentavano notevoli perdite occulte lungo la rete che, particolarmente nei periodi di carenza idrica, provocavano una situazione molto problematica per le utenze interessate. Negli anni erano state avviate numerose campagne di ricerca riparando le fughe "visibili", ma il problema persisteva a causa di quelle non visibili lungo le tubazioni. Si interveniva pertanto in modo discontinuo e persisteva la necessità di integrare continuamente la riserva idrica presente nei serbatoi mediante frequenti trasporti con autocisterne. A seguito di varie valutazioni è stato deciso di intervenire mediante la tecnologia TALR che consente di riparare le perdite presenti su una condotta di acquedotto inserendo uno speciale gel sigillante (chiamato PIG-TRAIN) di origine alimentare autorizzato all'utilizzo con acque potabili secondo D.M. n. 174/2004 del Ministero della Salute. Il PIG-TRAIN viene inserito in una sezione della condotta isolata ed in pressione (TPS) attraverso un punto di ingresso a monte, e viene successivamente estratto a valle attraverso un punto di uscita.



Con un singolo intervento è possibile risanare sezioni fino a circa 450 metri di lunghezza, riparando le perdite presenti sia sulla tubazione principale che sugli stacchi/allacci presenti. Gli interventi sono stati effettuati dall'inizio di novembre 2022 fino a metà dicembre 2022: a Ceva sono stati risanati 515 m di tubazione di diametro 80 mm, a Demonte sono stati risanati 900 m di tubazione di diametro 150 mm ed infine a Peveragno sono stati risanati 527,50 m di tubazione di diametro 125 mm; il tutto comportando soltanto un minimo disservizio alle utenze rispetto alla normale sostituzione di tubazioni con la metodologia tradizionale di scavi a cielo aperto. Per comprendere meglio la portata di questo tipo di soluzione, prendiamo ad esempio l'intervento eseguito nel Comune di Demonte, per il risanamento di 900 m di tubazione. I lavori sono stati suddivisi in 3 interventi, ognuno della lunghezza di 300 m, su una tubazione in acciaio del diametro nominale di 125 mm, e la stima del flusso di perdita ante-intervento variava nei diversi tratti tra 1.200 litri/ora a 7.800 litri/ora. Al termine dei lavori, sono state eseguite le misure di portata post-risanamento dalle quali si evince un notevole recupero della portata idrica delle condotte. In particolare a Demonte il recupero di acqua è stato pari a 13.600 litri/h (3,8 litri al secondo), eliminando la necessità di provvedere al frequente riempimento dei serbatoi con l'ausilio di autobotti.

Durata e costi dell'intervento: i lavori propedeutici (le predisposizioni della presa d'acqua, del punto di ingresso e del punto di uscita) sono durati in totale 11 giorni, con una spesa complessiva di € 15.000,00.

I lavori veri e propri di risanamento sono durati in totale 3 giorni (in media 7 ore per intervento), per una spesa complessiva di € 54.000,00.



Il dissalatore di Mola (Isola d'Elba)

Anche nel territorio gestito da ASA - Azienda Servizi Ambientali - Spa, gestore del Servizio Idrico Integrato nel territorio della Conferenza Territoriale n.5, che comprende la costa toscana da Livorno a Piombino, le isole settentrionali dell'arcipelago Toscano oltre alla zona della Alta e Bassa Val di Cecina si sono registrati gli effetti negativi della recente fase siccitosa.

La realizzazione delle molteplici distrettualizzazioni e la corretta e assidua attenzione alla gestione di una rete composta da circa 500 km di tubazioni e da molti sistemi idrici di sollevamento hanno però permesso di contenere l'emergenza idrica. Nel caso dell'isola d'Elba la condotta sottomarina ha garantito il 50% dell'approvvigionamento dalla Val di Cornia, ma la stessa Val di Cornia inizia a fare i conti con gli effetti sempre più stringenti dei cambiamenti climatici che causano criticità al proprio sistema di approvvigionamento idrico: scarsità di risorsa e progressivo peggioramento della qualità causato dall'avanzamento del cuneo salino con conseguente incremento dei cloruri nella falda, soprattutto nelle zone di San Vincenzo e Venturina.

Per continuare a garantire all'Isola d'Elba un servizio idrico sicuro, affidabile e continuativo ASA sta realizzando il dissalatore di Mola. Questa infrastruttura da 80 litri/secondo di permeato, che diventano 100 l/s con il recupero in qualità dei pozzi di Mola, ha il compito di mitigare gli effetti devastanti che si verificherebbero nel caso di un possibile guasto o della rottura stessa della condotta sottomarina, limitando gli effetti negativi qualora tali problematiche dovessero verificarsi durante il periodo di massimo afflusso turistico (scongiurando quindi la gestione di un'eventuale emergenza da parte della Protezione Civile) e mettendo così in sicurezza l'isola. L'impianto di dissalazione, in funzione dal 2024, consentirà la messa in sicurezza dell'isola e consentirà una gestione più equilibrata delle falde elbane e della Val di Cornia, consentendo il necessario tempo di ricarica della falda. Sebbene gli impianti di dissalazione scontano ancora costi energetici più elevati rispetto alla produzione da pozzi, nel caso specifico, il bilancio tra la produzione da dissalazione in loco e il costo del trasporto dell'acqua dalla Val di Cornia è a favore della prima soluzione. L'acqua della Val di Cornia viene infatti trattata prima del trasporto sull'isola per abbattere il boro e altri componenti fuori dai limiti di legge.

Grazie al dissalatore si potrà diminuire il prelievo di acqua dalla Val di Cornia e dalle falde dell'Isola di circa 2 milioni di metri cubi all'anno. Tale dissalatore era stato inserito tra le opere strategiche nazionali e la stessa Arera, tramite il Ministero competente ha fatto veicolare un finanziamento ad ASA propedeutico ad effettuare uno studio sulle varie soluzioni post dissalatore di Mola che potessero superare la morte naturale della condotta sottomarina. Dallo studio emerge che la miglior soluzione sarebbe la realizzazione di un secondo dissalatore in VdC e non all'Elba, al fine di poterlo utilizzare alla necessità anche di inverno per far riposare i pozzi della val di Cornia. Questa necessità, sempre più attuale a causa dei cambiamenti climatici, grazie alla soluzione secondo dissalatore in VdC, consentirebbe di contrastare l'avanzamento del cuneo salino oramai presente anche in pozzi siti a molti km di distanza dalla costa.

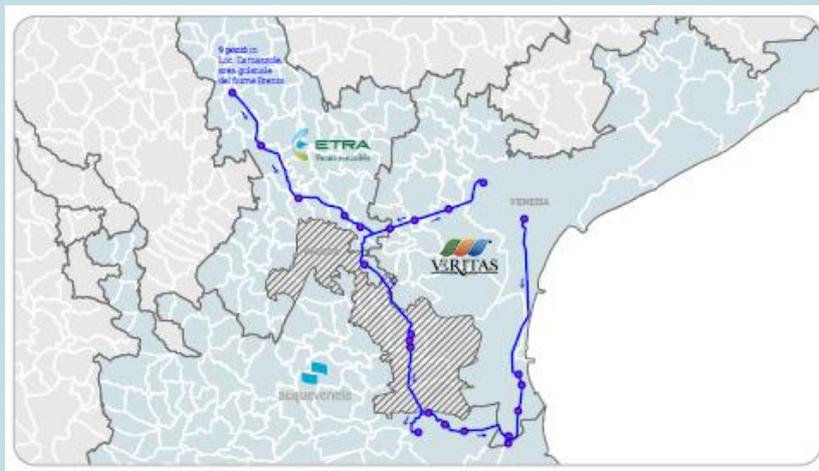
Per abbattere i cloruri esiste un'unica tecnologia, l'osmosi inversa, utilizzata anche per la dissalazione. Con l'osmosi inversa, si scarta circa il 40-50% dell'acqua per cui inapplicabile a tutti i pozzi che necessiterebbero del trattamento per abbattere i cloruri. Questo in quanto lo scarto richiederebbe, per essere compensato, un incremento del 50% dell'emungimento dalla falda con un peggioramento ulteriore della qualità dell'acqua e con un maggiore richiamo del cuneo salino nella falda stessa. In sintesi l'esatto contrario di quello che andrebbe fatto. Per cui, l'unica soluzione per ridurre i cloruri nelle acque potabili non rimane che la dissalazione di acqua di mare. Da non sottovalutare che la presenza dei cloruri nell'acqua potabile e di conseguenza in fognatura nera, comporta anche limitazioni nel recupero delle acque reflue terziarie ad uso irriguo e agricolo, viceversa se dissalata e quindi con bassi cloruri tale riutilizzo sarebbe favorito.

La Giunta Regionale del Veneto ha approvato nel 2000 il Modello Strutturale degli Acquedotti del Veneto (MOSAV), previsto dall'art. 14 della L.R. 5/1998: si tratta della pianificazione e gestione unitaria degli acquedotti, che definisce le principali strutture acquedottistiche necessarie al fine di assicurare il corretto approvvigionamento idropotabile nell'intero territorio regionale. Tale Modello ha come obiettivo primario quello di superare tutti quegli inconvenienti causati dall'eccessiva frammentazione delle strutture acquedottistiche attuali, accorpando i piccoli e medi acquedotti, ottimizzando la gestione sia dal punto di vista economico che operativo.

Un altro obiettivo di fondamentale importanza è quello di interconnettere le grandi e medie condotte di adduzione esistenti, rendendo il sistema acquedottistico del Veneto reticolare con un ulteriore miglioramento della qualità e affidabilità del servizio. Grazie a questi interventi si prevede una riduzione delle attuali fonti di approvvigionamento con un risparmio di almeno il 15% delle risorse ora impegnate; attività, questa, che potrà rispondere direttamente a future situazioni di siccità, come quella che ha contraddistinto lo scorso 2022. Il MOSAV individua nello specifico la realizzazione e l'interconnessione di tre grandi schemi idrici di interesse regionale: lo Schema Acquedottistico del Veneto Centrale, detto SAVEC, il segmento Acquedotto del Garda e il segmento Acquedotto Pedemontano.

Il 30 dicembre del 2020 Veneto Acque SpA, società in house della Regione del Veneto, ha concluso il trasferimento principale dell'infrastruttura acquedottistica SAVEC a favore dei 3 gestori veneti del Servizio Idrico Integrato, a proprietà interamente pubblica: Acquevenete Spa, Etra Spa e Veritas Spa.

Il SAVEC è formato da 150 km di tubi, nuovi pozzi di prelievo per 950 litri/secondo e nuovi serbatoi di accumulo in grado di contenere 7.000 metri cubi, con un investimento complessivo di 170 milioni di euro. Grazie al nuovo campo pozzi di Camazzole, situato nel comune di Carmignano di Brenta (PD), sarà possibile fornire acqua potabile di ottima qualità alle aree orientali delle province di Padova, Rovigo e Venezia, ossia a circa 600.000 persone che attualmente utilizzano per usi idropotabili l'acqua del Po e dell'Adige, di qualità organoletticamente inferiore e con costi di potabilizzazione elevati. Veneto Acque ha inoltre ceduto a Veritas la grande condotta posata sul fondo della Laguna (800 mm di diametro) che parte da Venezia e rifornisce Chioggia, Sottomarina e le isole di Lido e Pellestrina con l'acqua Veritas, parte di falda e parte potabilizzata. L'obiettivo del progetto era ed è quello di garantire forme alternative di approvvigionamento idrico nelle zone a rischio idrico a causa della risalita del cuneo salino dall'Adriatico e dei maggiori consumi indotti dal turismo.



Capitolo 5 | Il futuro del servizio idrico e i cambiamenti climatici

Gli effetti dei cambiamenti climatici sul ciclo idrologico impongono una riflessione sul futuro del sistema di gestione delle risorse idriche italiane. I recenti episodi siccitosi, sicuramente di importante magnitudo, si sono sommati al grado di vulnerabilità del sistema idrico di alcune zone del Paese determinando una crisi senza precedenti. Le serie ripercussioni di questi eventi non riguardano soltanto le attività economiche ma anche l'ambiente e il benessere dei cittadini. È fondamentale mettere in campo misure di breve termine, ma anche di lungo termine, tra cui investimenti in nuove infrastrutture, per limitare gli impatti negativi del ripetersi di questi fenomeni nel futuro, ma soprattutto per uscire dalla logica di "gestione dell'emergenza".

Per attuare un'efficace mitigazione degli impatti della siccità, preliminarmente, è opportuno ribadire che la scelta delle misure da mettere in campo deve tenere conto di due diverse priorità: la prima riguarda la garanzia di un approvvigionamento adeguato di acqua per l'uso civile, per la salute pubblica e per la sicurezza, mentre la seconda è orientata alla minimizzazione degli effetti negativi della siccità sull'economia, sull'ambiente e sul benessere sociale. L'implementazione delle misure di adattamento dipende dal livello di rischio di deficit idrico da valutare sulla base degli indici forniti da un accurato monitoraggio sia delle variabili meteorologiche, sia dello stato delle disponibilità idriche superficiali e sotterranee. Come risposta agli eventi non è da considerarsi solamente dunque quella "in emergenza", quando ormai gli effetti della siccità e della scarsità idrica si manifestano, ma anche quella "preventiva" di lungo periodo, finalizzata a evitare che si manifestino le conseguenze dei fenomeni o comunque a limitarle. Da un lato la risposta di primo impatto, almeno a livello nazionale, può considerarsi soddisfacente, grazie ad una macchina organizzativa con un forte coordinamento nazionale, nonché con basi operative e buon radicamento sul territorio alla quale anche le utility locali hanno attivamente contribuito per fare sì che nelle fasi più critiche dell'emergenza idrica risultasse garantita al meglio la continuità di importanti servizi di pubblica utilità. Dall'altro lato però, l'assetto e la pianificazione dei sistemi idrici nonché politiche di prevenzione di lungo periodo per la tutela del territorio comprese anche le risorse economiche effettivamente messe a disposizione, vanno implementate.

Grazie agli investimenti dei gestori, tra tariffa, PNRR e ReactEU, una serie di opere infrastrutturali si stanno dimostrando e si dimostreranno estremamente efficaci nel superamento delle crisi da scarsità di acqua. Tuttavia è possibile implementare ulteriormente il parco infrastrutturale nazionale con il fine di aumentare la disponibilità di acqua o per modificarne la distribuzione sul territorio. Gli interventi programmati dai gestori al Sud Italia sembrano indicare una positiva tendenza nell'aumentare il volume di investimenti soprattutto nelle fasi di approvvigionamento e depurazione. È necessario procedere in questa direzione per superare le attuali criticità del sistema, colmare il gap infrastrutturale a livello nazionale e rendere più resilienti le infrastrutture agli effetti dei cambiamenti climatici in corso.

5.1 - La gestione della risorsa e le misure di adattamento

Ripetutamente, in passato, il rischio di siccità è stato spesso affrontato seguendo un approccio di gestione della crisi o dell'emergenza. Si tratta di un approccio che presenta diversi limiti, in primis quello di mettere in campo azioni non particolarmente efficaci ed economicamente onerose, con impatti sociali spesso poco sostenibili. È stato quindi progressivamente sostenuto un cambiamento verso un approccio di gestione del rischio, con misure pianificate in anticipo (Yevjevich et al., 1983; Wilhite, 1987). Tale cambiamento è stato enfatizzato in diversi strumenti politici adottati in Paesi soggetti a siccità, come l'Australia (Botterill & Wilhite, 2005), il Sudafrica e gli USA (Wilhite et al., 2005). È stato altresì suggerito da varie raccomandazioni di carattere internazionale ed europeo (EC, 2007; EC, 2011; UNISDR, 2009, 2015), così come da progetti di ricerca sulle siccità (e.g., Medroplan, 2007). In Italia, l'istituzione degli Osservatori permanenti degli Utilizzi Idrici ha certamente garantito una migliore gestione del rischio legato ad eventi siccitosi, tuttavia i Piani di Gestione

delle Siccità – PGS, principale indicazione dell'Expert Network on Water Scarcity and Droughts (EC, 2007), andrebbero ulteriormente implementati per garantire azioni efficaci e preventive. Tali piani, da adottare a livello di Autorità di distretto, sono da intendersi come allegati ai Piani di gestione dei bacini idrografici, con i seguenti obiettivi specifici: i) garantire un livello sufficiente di disponibilità idrica per coprire i fabbisogni essenziali umani e preservare la salute pubblica; ii) evitare o minimizzare gli impatti negativi delle siccità sui corpi idrici, iii) ridurre gli effetti negativi sulle attività economiche (cf. Rossi, 2009). Anche se la predisposizione del PGS non è obbligatoria per gli Stati membri, essa è consigliata, al fine di ampliare finalità e criteri della Direttiva Quadro delle Acque 2000/60/EC anche ai problemi delle carenze idriche, in modo simile a quanto perseguito dalla Direttiva europea sulle alluvioni 2007/60/CE.

I fenomeni siccitosi hanno impatti che interessano la sfera economica, ambientale e sociale (Tab. 5.1). Sebbene tali impatti derivino direttamente dalla riduzione delle disponibilità idriche nelle diverse componenti del ciclo idrologico, la loro severità dipende anche dal grado di vulnerabilità del sistema idrico coinvolto, nonché dall'eventuale implementazione di adeguate misure di adattamento. Distinguendo la pianificazione strategica di riduzione del rischio di siccità, dalla fase operativa di riduzione degli impatti di uno specifico evento, è possibile distinguere tra misure a lungo termine e misure a breve termine. Le misure a lungo termine sono orientate a ridurre la vulnerabilità dei sistemi di approvvigionamento idrico in condizioni di siccità attraverso una serie di interventi appropriati sia di tipo strutturale che istituzionale (Dziegielewski, 2003). Le misure a breve termine sono finalizzate a ridurre le conseguenze di un particolare evento di siccità, nel quadro delle infrastrutture e delle politiche gestionali vigenti, sulla base di un piano di contrasto preparato in anticipo e adattato, se necessario, al particolare evento. Un'ulteriore distinzione può essere fatta riguardo agli obiettivi delle misure, a loro volta collegati al tipo di siccità (meteorologica, agricola e idrologica) e alle conseguenze sui sistemi di approvvigionamento idrico e sui sistemi socio-economici. In particolare, gli obiettivi delle misure possono distinguersi in tre categorie (Yevjevich et al., 1983): i) aumento della disponibilità idrica; ii) riduzione delle domande; iii) minimizzazione degli impatti.

In Tabella 5.2 e 5.3 è possibile consultare, rispettivamente per il breve e il lungo periodo, un elenco di possibili misure distinte per obiettivi, considerando altresì i diversi usi coinvolti (urbano, agricolo, industriale e ricreativo). Quando un sistema di approvvigionamento idrico non è in grado, o si prevede che non lo sarà nel prossimo futuro, di assicurare il soddisfacimento delle domande durante una siccità, vengono generalmente proposte appropriate modifiche o ampliamenti del sistema per diminuirne la vulnerabilità. La scelta di misure strutturali dovrebbe essere accompagnata dalla definizione di misure non strutturali, a breve termine, orientate a ridurre gli impatti dei deficit idrici che non possono essere evitati con l'adozione delle sole misure strutturali a causa di problemi di fattibilità tecnica, economica ed ambientale. Ad esempio, un provvedimento emergenziale molto frequente, soprattutto in sistemi di approvvigionamento con un limitato grado di interconnessione tra le fonti, è la fornitura di acqua attraverso autobotti, navi cisterna e serbatoi fissi, che comporta costi piuttosto elevati. Frequente è anche il ricorso temporaneo a fonti lievemente contaminate, con l'impiego di sistemi di potabilizzazione temporanei. Di fondamentale importanza in questo caso è il monitoraggio costante della qualità dell'acqua prodotta dall'impianto, al fine di assicurare che le concentrazioni di metalli pesanti (e.g. arsenico) si mantengano al di sotto delle concentrazioni limite tollerabili dall'uomo. Questione più delicata sembra invece il ricorso all'acqua di mare, con la costruzione di impianti di dissalazione, principalmente a causa delle questioni dello smaltimento delle acque di lavaggio delle membrane e della necessità di garantire una qualità adeguata all'acqua immessa in rete. Tali problematiche sono oggi risolvibili grazie a sistemi tecnologici avanzati e ad una attenta gestione degli impianti. In questo senso, idonee campagne informative di sensibilizzazione agli impatti delle siccità e a un uso più parsimonioso della risorsa idrica, possono permettere, oltre che un notevole risparmio di acqua, una maggiore consapevolezza nell'uso di fonti non convenzionali. Fondamentale si è dimostrato, in alcune esperienze, anche il ruolo degli Osservatori permanenti per gli utilizzi idrici, che hanno consentito di coordinare i numerosi portatori di interesse, con notevoli benefici economici nella gestione dell'emergenza.

TABELLA 5.1 | Impatti della siccità

Impatti economici	
1.	Danno economico nella produzione agricola (riduzione del raccolto, danno alle colture pluriennali, infestazione di insetti, malattie delle piante)
2.	Danno economico nella produzione forestale (incendi dei boschi, malattie degli alberi, infestazione di insetti, ecc.)
3.	Danno economico nella produzione di latticini e di carne bovina (ridotta produttività dei pascoli, riduzione forzata dell'allevamento di bestiame, chiusura o limitazione all'utilizzo dei terreni pubblici per il pascolo, incremento dei furti, incendi dei pascoli)
4.	Danno economico nella pesca nelle acque interne (danno all'habitat fluviale e ai pesci a causa delle portate ridotte)
5.	Danno economico nelle industrie direttamente connesse alla produzione agricola (industrie alimentari, industrie produttrici di fertilizzanti, pesticidi, ecc.)
6.	Danno economico nelle attività industriali colpite da eventuali riduzioni di energia idroelettrica
7.	Disoccupazione a seguito della diminuzione della produzione
8.	Danno economico per la navigabilità ridotta di corsi d'acqua e canali
9.	Danni nel turismo dovuti alla ridotta disponibilità nell'approvvigionamento idrico e/o nei corpi idrici
10.	Danno economico nelle attività ricreative (diminuzione della clientela, ecc.)
11.	Danno economico per i produttori e i rivenditori di attrezzature ricreative
12.	Pressione sulle istituzioni finanziarie (pignoramenti, maggiori rischi nella concessione di prestiti, diminuzioni di capitali, ecc.)
13.	Perdite nelle entrate delle amministrazioni statali e locali (a seguito della riduzione delle imposte di base e delle tasse per le concessioni di licenze di caccia e di pesca, ecc.)
14.	Riduzione delle entrate delle aziende idriche dovute a erogazioni ridotte
15.	Costi aggiuntivi derivanti dall'utilizzo di risorse idriche integrative
16.	Costi delle misure di emergenza per incrementare le risorse e ridurre le domande (costi aggiuntivi per il trasporto e trasferimento dell'acqua, costi di campagne d'informazione per ridurre i consumi, ecc.)
Impatti ambientali	
1.	Peggioramento della qualità delle acque a causa della minore disponibilità
2.	Aumento della salinità (in corsi d'acqua, falde sotterranee, aree irrigate)
3.	Danni nei laghi naturali e artificiali (pesci, paesaggio, ecc.)
4.	Danni agli ecosistemi fluviali (flora, fauna)
5.	Peggioramento della qualità dell'aria (ad es. polveri inquinanti)
6.	Peggioramento della qualità del paesaggio (erosione del suolo, polvere, ridotta copertura vegetale, ecc.)
Impatti sociali	
1.	Disagi dovuti al razionamento dell'approvvigionamento idrico
2.	Rischi per la salute umana connessi all'aumento delle concentrazioni di inquinanti e all'approvvigionamento discontinuo
3.	Impatti sugli stili di vita (disoccupazione, ridotta capacità di risparmio, difficoltà a mantenere igiene personale, divieto al lavaggio di auto e strade, incertezza sul futuro, diminuzione di feste e divertimenti, perdita di proprietà)
4.	Iniquità nella distribuzione degli impatti della siccità e delle misure di mitigazione
5.	Rischi sulla sicurezza pubblica dovuti alla maggiore incidenza degli incendi (foreste, pascoli)
6.	Abbandono delle attività ed emigrazione (in casi estremi)

Fonte: Rossi et al. 2007

TABELLA 5.2 | Misure di mitigazione delle siccità di breve termine.

Categoria	Azioni di breve termine	Settori coinvolti			
Riduzione della domanda	Campagne di informazione pubblica per la promozione del risparmio idrico	U	A	I	R
	Restrizioni per alcune categorie di usi idrici urbani (e.g. lavaggio delle vetture, irrigazione giardini, etc.)	U			
	Restrizioni per l'irrigazione di colture annuali		A		
	Modifiche nelle tariffe	U	A	I	R
	Razionamento delle erogazioni	U	A	I	R
Aumento della disponibilità idrica	Miglioramento della efficienza dei sistemi idrici (ricerca perdite, nuove regole di esercizio, etc.)	U	A	I	
	Utilizzo di fonti idriche d'emergenza (risorse di bassa qualità e/o alto costo)	U	A	I	R
	Maggiore prelievo dagli acquiferi o utilizzo di riserve idriche sotterranee	U	A	I	
	Uso di risorse destinate in condizioni normali a scopi ricreativo ecologici	U	A	I	R
Minimizzazione degli impatti	Riallocazione temporanea delle risorse idriche	U	A	I	R
	Indennizzi pubblici per compensare i danni	U	A	I	
	Riduzione delle tasse o proroga dei termini di riscossione	U	A	I	
	Aiuti pubblici per la stipula di assicurazioni		A		

U= urbano; A= agricolo; I= industriale; R= ricreativo; Fonte: adattato da Rossi, 2017

TABELLA 5.3 | Misure di mitigazione delle siccità di lungo termine.

Categoria	Azioni di lungo termine	Settori coinvolti			
Riduzione della domanda	Incentivi economici per il risparmio idrico	U	A	I	R
	Tecniche agronomiche per la riduzione dei consumi idrici		A		
	Introduzione di colture meno idroesigenti		A		
	Rete di distribuzione idrica urbana duale	U			
	Riciclo delle acque nelle industrie			I	
Aumento della disponibilità idrica	Reti di adduzione per scambi bidirezionali (tra diversi sistemi di approvvigionamento)	U	A	I	
	Riuso di acque reflue depurate		A	I	R
	Trasferimenti intra- e inter-bacino	U	A	I	R
	Costruzione di nuovi serbatoi o incremento della capacità di quelli esistenti	U	A	I	
	Costruzione di piccoli invasi all'interno delle aziende agricole		A		
	Dissalazione di acque salmastre o marine	U	A		R
	Controllo delle perdite per infiltrazione ed evaporazione (negli invasi)	U	A	I	
Misure per l'aumento della resilienza delle reti di distribuzione idrica	U				
Riduzione degli impatti	Attività di sensibilizzazione per migliorare la preparazione alla siccità e per il risparmio idrico sostenibile	U	A	I	
	Riallocazione delle risorse idriche basata sui requisiti qualitativi	U	A	I	R
	Sviluppo di sistemi di allerta precoce	U	A	I	R
	Implementazione di un Piano di emergenza per le siccità	U	A	I	R
	Programmi assicurativi		A	I	

U= urbano; A= agricolo; I= industriale; R= ricreativo; Fonte: adattato da Rossi, 2017

Sebbene in molti casi, le siccità siano state affrontate dai gestori con varie misure di tipo emergenziale (es. 2017 e 2022-2023), il loro verificarsi ha favorito lo sviluppo di una maggiore consapevolezza degli impatti e della necessità di passare ad un approccio basato sulla gestione del rischio.

A parità di severità meteorologica, gli impatti della siccità sembrano essersi dimostrati più limitati in sistemi di approvvigionamento con un grado di interconnessione tra le fonti piuttosto elevato e con sistemi di monitoraggio e telecontrollo tecnologicamente avanzati. L'interconnessione rende infatti, a parità di risorsa complessiva disponibile, meno vulnerabili i sistemi di approvvigionamento nei confronti delle siccità, soprattutto per sistemi che servono aree geografiche molto ampie con una bassa probabilità di essere tutte contemporaneamente interessate dalle siccità. Molti gestori hanno incluso nella loro pianificazione infrastrutturale, come misura a lungo termine, la realizzazione di adduttori per la connessione delle varie fonti. Altra misura a lungo termine molto importante e trasversale ai gestori è la ricerca e la riduzione delle perdite volumetriche, in media pari al 42% dell'acqua immessa in rete. L'aumento della disponibilità della risorsa va sempre accompagnato da idonee azioni di educazione ad un uso sostenibile della risorsa idrica, al fine di evitare che esso sia assorbito da un aumento delle domande in periodi non siccitosi (indotto proprio dalla maggiore disponibilità), che renderebbe vani i cospicui investimenti necessari.

5.2 – Le azioni da mettere in campo per contrastare gli effetti dei cambiamenti climatici

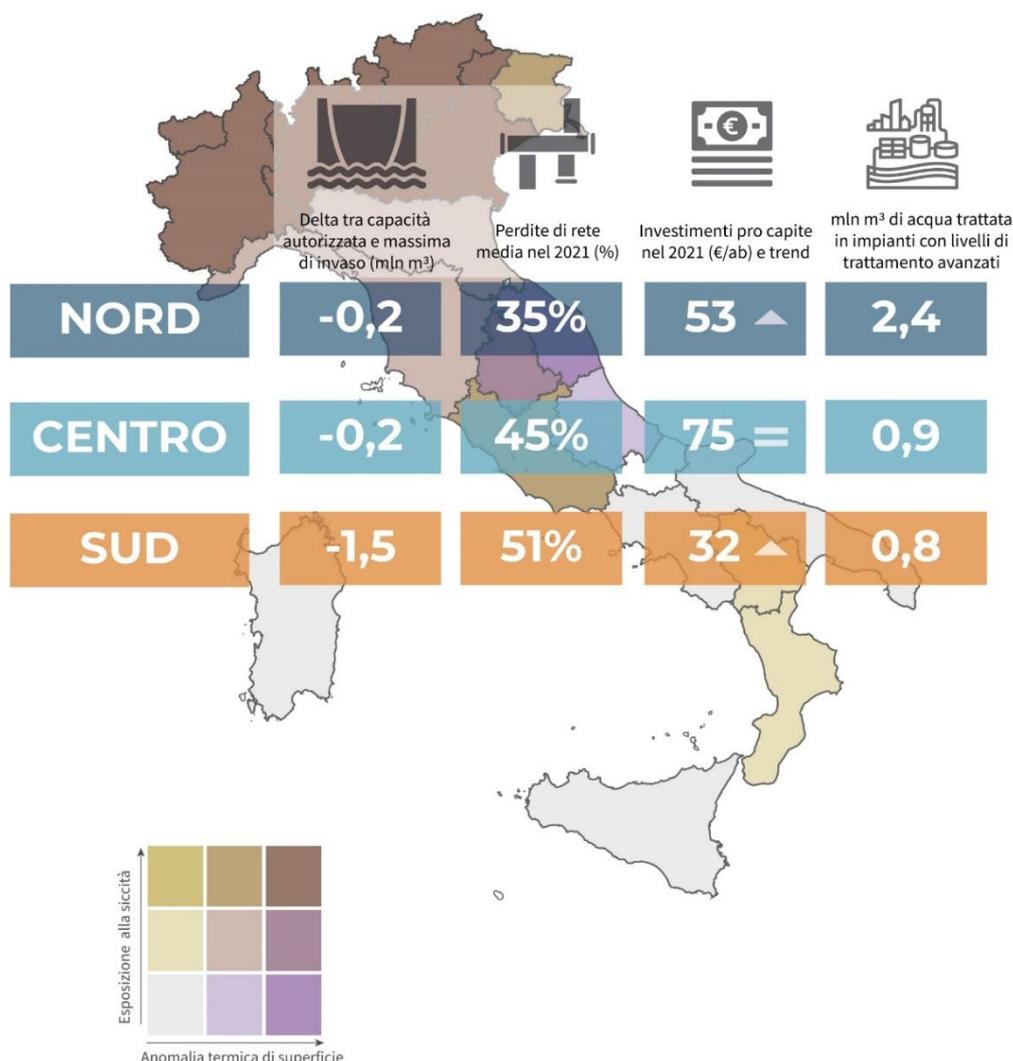
Tra le azioni e gli interventi prioritari per contrastare gli effetti di tali crisi e rendere più resiliente il settore idrico a livello Paese vi sono:

- **L'aumento della capacità di invaso:** ovvero la creazione di invasi di tipo montano e pedemontano o di altri bacini di raccolta, capaci di accumulare acqua nei periodi di disponibilità elevata e restituirla nei periodi di magra. Gli interventi che rientrano in questa tipologia prevedono, oltre alla costruzione di nuove dighe, la realizzazione di bacini di accumulo e l'aumento della capacità di accumulo negli invasi non sfruttati a pieno regime. Come osservato in precedenza, infatti, i grandi invasi italiani hanno un volume complessivo di accumulo pari a circa 13,7 miliardi di metri cubi ma il volume autorizzato è di 11,8 miliardi di metri cubi. Analizzando la distribuzione di questi valori sulle tre macroaree principali in cui è diviso il Paese, è possibile osservare che il potenziale aumento della capacità di accumulo maggiore si ha al Sud, dove con il superamento dei vincoli che limitano al momento la piena capacità di invaso, si recupererebbero 1,5 miliardi di metri cubi d'acqua.
- **Interconnettere le reti idriche e ridurre le perdite di rete:** come visto in alcune crisi, la realizzazione di nuovi tronchi di acquedotto permette di collegare sistemi di approvvigionamento idrico, oppure parti della stessa rete inizialmente separati, rendendo quindi disponibili ulteriori risorse per zone di distribuzione in difficoltà. L'interconnessione tra reti, dunque, a qualsiasi scala sia effettuata, è un intervento strategico per aumentare rapidamente la disponibilità idrica. Al contempo la riduzione delle perdite idriche permette di aumentare la disponibilità idrica riducendo il volume di acqua che fuoriesce dal sistema e quindi di limitare la frequenza o l'intensità degli episodi di emergenza idrica. È fondamentale dunque ridurre il grande divario territoriale che vede le infrastrutture di rete del Centro-Sud in uno stato peggiore rispetto al Nord del Paese, visto che gli effetti dei cambiamenti climatici e le fasi di siccità interesseranno l'intera area mediterranea negli scenari climatici analizzati. A tal fine, nelle regioni meridionali, è necessario incrementare gli investimenti nelle fasi di approvvigionamento che, al 2021, si fermano a circa 14 euro per abitante, ben al di sotto la media nazionale. Il volume di investimenti programmati nel biennio 2022-2023, incrementa il valore di investimento pro capite ben oltre la media nazionale, facendo ben sperare per un miglioramento del servizio nei prossimi anni.

- **Aumentare la capacità di trattamento:** si tratta di interventi che non vanno ad aumentare la quantità di risorsa captata ma rendono disponibili volumi d'acqua con la costruzione di nuovi potabilizzatori, per esempio nei casi in cui esistano invasi di acqua con disponibilità quantitativa sufficiente, ma non destinabile al consumo umano perché non ancora trattata. Ad oggi gli investimenti in questo settore sono ancora piuttosto bassi, è necessario implementarli per migliorare la qualità dell'acqua erogata e per offrire forme di approvvigionamento alternative. In tal senso il **potenziamento della dissalazione delle acque di mare o salmastre** è un fattore strategico non solo per le isole minori ma anche per le zone costiere del Sud Italia, dove vi è una limitatissima possibilità di ricorrere a forme di approvvigionamento alternative. La dissalazione andrebbe vista come soluzione ausiliaria e non sostituiva, ad eccezione appunto delle isole minori. Inoltre, in situazioni di emergenza, si offre come valida soluzione tecnologica per offrire una maggiore disponibilità idrica in zone dove sono presenti corpi idrici di acqua dolce che a causa dei cambiamenti climatici possono attraversare periodi di siccità. È necessario superare alcuni ostacoli normativi e soprattutto di pubblica accettazione per implementare questo promettente settore.
- **Potenziare il riuso delle acque reflue:** la realizzazione di impianti per il riutilizzo delle acque reflue è un'operazione complessa che richiede non solamente la costruzione di ulteriori sezioni in coda all'impianto di depurazione delle acque, ma anche la costruzione di apposite condotte per il trasporto dell'acqua reflua trattata all'utilizzatore, nei casi in cui questo sia distante, nonché sistemi di accumulo nel caso in cui la produzione di acqua affinata ed il suo utilizzo avvengano in tempi diversi. Il riuso ha quindi una doppia valenza ambientale, perché, mentre da una parte permette di ridurre la quantità di acque reflue da scaricare nell'ambiente ed eventualmente anche di recuperare altre sostanze (ad esempio azoto e fosforo), dall'altra garantisce un potenziale aumento dell'acqua disponibile costituendo una alternativa al prelievo di acqua da fonti convenzionali. Il supporto di risorsa sostitutiva è tanto più utile negli acquedotti che devono soddisfare la richiesta di acque per utilizzi industriali o agricoli o di altro genere, differenti da quelli civili. Come analizzato in questo studio, il contributo potenziale del riutilizzo idrico di acque reflue trattate a livello territoriale è importante. Ad oggi, vi sono regioni ad alto potenziale di riutilizzo dotate di una impiantistica ben distribuita e con un livello di trattamento superiore al secondario che offrono una maggiore garanzia della qualità delle acque reflue trattate e pertanto una maggiore sicurezza nell'implementazione di pratiche di riutilizzo. Di contro, alcune regioni, in base all'assetto strutturale del comparto depurativo, hanno a disposizione minori volumetrie di acque reflue trattate e di conseguenza una minore propensione al riutilizzo.

A livello di macroarea è possibile poi approfondire il quadro d'insieme considerando lo storico delle crisi idriche passate, lo stato delle infrastrutture esistenti, gli investimenti realizzati e le azioni da intraprendere per migliorare la disponibilità di risorsa idrica. L'analisi è sintetizzata in Fig. 5.1.

FIGURA 5.1 | Sintesi dei dati relativi al servizio idrico integrato e matrice combinata di anomalie termiche al suolo e di precipitazione per il territorio italiano durante il 2022.



Fonte: elaborazioni Utilitatis e mappa di base JRC

Negli ultimi 40 anni il **Nord Italia** è stato interessato da almeno 9 crisi idriche, alcune delle quali hanno riguardato anche altre zone del Paese. Nel 2022, le regioni settentrionali hanno manifestato un'elevata esposizione alla siccità e al contempo un'elevata anomalia termica di superficie che ha favorito l'evapotraspirazione. Lo stato delle infrastrutture idriche nelle regioni settentrionali è tuttavia il migliore d'Italia, non soltanto per quanto riguarda le fasi di approvvigionamento, come confermano per esempio i dati sulle perdite idriche (33 – 38% contro una media nazionale nel 2021 del 42%), ma anche per quelle di gestione dei reflui urbani: è molto bassa la frequenza di sversamenti per 100 km di rete fognaria (tra 1,8 e 3,2) e gli agglomerati in procedura di infrazione sono 156 sugli oltre 900 che si registrano a livello nazionale. I dati degli investimenti, perfettamente in linea con il dato medio nazionale (56 €/ab nel 2021), confermano infatti l'impegno dei gestori nella realizzazione e nel mantenimento delle infrastrutture, come anche confermato dai dati sulla qualità tecnica. Tuttavia, vista l'elevata ricorrenza di periodi di crisi idrica e la possibilità che in futuro aumentino le fasi siccitose, è necessario ampliare il parco infrastrutturale per incrementare la disponibilità idrica del futuro. A tal fine, si dovrebbero superare gli ostacoli burocratici o strutturali che limitano ad oggi la capacità di invaso autorizzata di 0,2 miliardi di metri cubi rispetto alla

capacità totale. In aggiunta, servirebbe incrementare gli investimenti in nuovi serbatoi o invasi, per immagazzinare una maggiore quantità di acqua meteorica: lo scioglimento dei ghiacciai e le minori disponibilità nivali, trend meteo-climatico ormai confermato negli ultimi anni, suggeriscono che la risorsa idrica vada maggiormente stoccata e immagazzinata anche mettendo in collegamento gli invasi stessi. E proprio le interconnessioni idriche, come osservato durante la recente crisi 2022-2023, possono contribuire a rendere condivisibili, anche tra zone remote e in tempi differiti, le risorse idriche a livello macro regionale. Vista l'alta vocazione agricola delle regioni del Nord e alla luce anche del parco impiantistico presente, inoltre, è da sottolineare l'elevato potenziale di riutilizzo delle acque reflue che, se interamente sfruttato dagli impianti di trattamento presenti, potrebbe soddisfare in alcune regioni fino ad un quinto dell'acqua richiesta per fini irrigui. È importante dunque non solo mettere a disposizione queste risorse ma potenziare ulteriormente l'intero parco impiantistico, investendo in nuovi impianti con trattamenti superiori al secondario, superando le restanti procedure d'infrazione ancora vigenti.

Le regioni del **Centro Italia** sono state interessate da almeno 6 crisi idriche negli ultimi 40 anni. Durante l'evento siccitoso del 2022, le regioni del Centro hanno manifestato sia una medio-alta esposizione alla siccità che un'elevata anomalia termica di superficie. A livello infrastrutturale il quadro è discreto, considerando che si registra una percentuale di perdite di rete appena al di sopra della media nazionale (45% contro una media nazionale del 42%), il numero di sversamenti da fognatura è di 5 ogni 100 km, mentre gli agglomerati in procedura di infrazione, a livello di macroarea, sono appena 99. Le aziende delle regioni centrali hanno mostrato un notevole impegno negli investimenti come dimostra il valore pro capite che negli anni 2020 e 2021 ha toccato rispettivamente i 72 €/ab e i 75 €/ab: il dato più alto d'Italia a livello di macroarea. Anche in questa zona d'Italia è necessario stoccare una maggiore quantità d'acqua: a tal fine, il superamento dei limiti autorizzativi sulla capacità degli invasi, consentirebbe di guadagnare circa 0,2 miliardi di metri cubi d'acqua portando a capacità massima gli invasi esistenti. Superando alcune difficoltà orografiche, anche in questa zona sarebbe necessario investire nell'interconnessione delle reti di adduzione non solo per migliorare la distribuzione della risorsa ma anche per mitigare il rischio di alluvioni. Con il fine poi di diversificare le fonti di approvvigionamento e rendere autosufficienti le isole minori, si dovrebbe completare il parco degli impianti di dissalazione a servizio dell'Arcipelago toscano e delle isole Pontine, dimensionando correttamente gli impianti alla forte variazione stagionale della domanda di risorsa idrica. Gli investimenti devono inoltre riguardare anche gli impianti da depurazione con trattamenti avanzati e oltre il secondario, viste anche le alte potenzialità di sfruttamento delle acque reflue per fini irrigui soprattutto nelle regioni Lazio, Toscana e Marche.

Il **Sud Italia**, negli ultimi 40 anni, è stato interessato almeno da 2 crisi idriche: a dispetto di questo numero che può sembrare basso, tuttavia, questa zona del Paese presenta il deficit infrastrutturale più importante e che caratterizza il divario territoriale del servizio idrico italiano. Con il fine di scongiurare ulteriori crisi idriche nel futuro e per migliorare la qualità del servizio nelle regioni meridionali, è fondamentale superare le criticità di settore. Le reti idriche del Sud Italia presentano i livelli di perdite più alti d'Italia con una media di circa il 51%. Sul fronte della gestione delle acque reflue si segnalano le peggiori performances a livello Paese: vi è la più alta frequenza di sversamenti per 100 km (n. 10) e 684 agglomerati in procedura di infrazione (il 72% del totale nazionale). Gli investimenti dei gestori fanno registrare il valore più basso a livello Paese con 31 €/ab nel 2020 e 32 €/ab nel 2021; tuttavia, sugli interventi programmati, si osserva un forte incremento del dato, forse anche grazie ai fondi del PNRR, fattore che andrà verificato nei mesi a venire. È urgente migliorare il grado di resilienza del servizio idrico al Sud: se la siccità che ha colpito il Nord Italia nei mesi scorsi, dovesse interessare le regioni meridionali o insulari, alla luce dell'elevato grado di vulnerabilità delle infrastrutture, le conseguenze per attività economiche e popolazione potrebbero essere gravi. Dal punto di vista della capacità di invaso, superando gli ostacoli burocratici o autorizzativi, solo nel meridione sarebbe possibile recuperare circa 1,5 miliardi di metri cubi d'acqua. Con il fine poi di alleggerire la pressione stagionale di richiesta d'acqua, è importante completare la realizzazione degli impianti di dissalazione in tutte le isole minori (campane, pugliesi, siciliane e sarde) portando a termine il piano di realizzazione rilanciato grazie al PNRR, nonché in quelle aree naturalmente caratterizzate da

scarse risorse idriche presenti soprattutto nella regione Puglia. Il problema delle acque reflue nel meridione inoltre va superato con ingenti investimenti nel settore, con il fine di risolvere le numerose procedure di infrazione, realizzando non soltanto impianti nuovi ma adeguando anche quelli esistenti ai metodi di trattamento delle acque più avanzati e innovativi. Questo a beneficio anche della buona vocazione agricola di alcune regioni del meridione a fronte di un parco impiantistico, purtroppo, poco sviluppato.

Gli effetti dei cambiamenti climatici sul ciclo dell'acqua possono avere un impatto critico su infrastrutture, agricoltura, biodiversità e dunque sulla società civile. Le imprese che operano nel servizio idrico sono chiamate ad adottare un nuovo approccio alla pianificazione industriale e alla gestione di reti e impianti, vista anche la riduzione della quantità di risorsa idrica rinnovabile che potrebbe manifestarsi in futuro. Non solo nuove opere e investimenti ma anche un'architettura normativa duttile e un largo impiego dell'innovazione, che in modo complementare riescano ad anticipare le implicazioni dei cambiamenti climatici in corso e ad adeguare l'intero sistema del servizio idrico, garantendo la disponibilità della risorsa alle generazioni future.

Bibliografia

Bador, M., Donat M.G., Geoffroy O., Alexander L. (2018), Assessing the Robustness of Future Extreme Precipitation Intensification in the CMIP5 Ensemble. *Journal of Climate*, 31(16), 6505–6525, doi:10.1175/Jcli-d-17-0683.1 B

Balzan, M.V., Sadula R., Scalvenzi L. (2020), Assessing Ecosystem Services Supplied by Agroecosystems in Mediterranean Europe: A Literature Review, *Land* 9, no. 8: 245. <https://doi.org/10.3390/land9080245>

Baruth, B., Bassu, S., Ben Aoun, W., Biavetti, I., Bratu, M., Cerrani, I., Chemin, Y., Claverie, M., De Palma, P., Fumagalli, D., Manfron, G., Morel, J., Nisini Scacchiafichi, L., Panarello, L., Ronchetti, G., Seguini, L., Tarnavsky, E., Van Den Berg, M., Zajac, Z., Zucchini, A. and Rossi, M., JRC MARS Bulletin - Crop monitoring in Europe - October 2022 Vol. 30 No 10, Van Den Berg, M., Niemeyer, S. and Van Der Velde, M. editor(s), Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, doi:10.2760/23690, JRC127966.

Botterill, L.C., Wilhite, D.A. (2005), From disaster response to risk management. *Australia's National Drought Policy*, Springer Dordrecht.

Chadwick, R., Good, P., Willett, K. (2016), A simple moisture advection model of specific humidity change over land in response to SST warming. *Journal of Climate*, 29(21), 7613–7632, doi:10.1175/jcli-d-16-0241.1

Cook, B.I., Mankin, J.S., Anchukaitis, K.J. (2018), Climate Change and Drought: From Past to Future. *Current Climate Change Reports*, 4(2), 164–179, doi:10.1007/s40641-018-0093-2

Dai, A., Zhao, T., Chen, J. (2018), Climate Change and Drought: a Precipitation and Evaporation Perspective. *Current Climate Change Reports*, 4(3), 301–312, doi:10.1007/s40641-018-0101-6

Diodato N., Borrelli, P., Panagos, P., Bellocchi G., Bertolin, C. (2019), Communicating Hydrological Hazard-Prone Areas in Italy With Geospatial Probability Maps. *Front. Environ. Sci.* 7:193. doi: 10.3389/fenvs.2019.00

Douville, H., John, A. (2021), Fast adjustment versus slow SST-mediated response of daily precipitation statistics to abrupt 4xCO₂. *Climate Dynamics*, 56(3), 1083–1104, doi:10.1007/s00382-020-05522-w

D.P.G.R. 23 maggio 2003, n. 28/R. Regolamento di attuazione dell'art. 6 della L.R. 21 dicembre 2001, n. 64 (Norme sullo scarico di acque reflue ed ulteriori modifiche alla L.R. 1° dicembre 1998, n. 88). Pubblicato nel B.U. Toscana 28 maggio 2003, n. 2.

Dziegielewski, B. (2000), Drought preparedness and mitigation for public water supply, In: Wilhite D.A. (ed): *Drought: a Global Assessment*, vol 2, Routledge Publisher, London.

EEA Waterbase - UWWTD: Urban Waste Water Treatment Directive – reported data <https://www.eea.europa.eu/en/datahub/datahubitem-view/6244937d-1c2c-47f5-bdf1-33ca01ff1715>

EC (2007) Drought Management Plan Report Including Agricultural, Drought Indicators and Climate Change Aspects. *Water Scarcity and Drought Expert Network Technical Report*, 2008- 023, Luxembourg.

EC (2011) Water scarcity and droughts in the European Union, Report from Commission to the European Parliament and the Council, SEC (2011), 338.

European Commission, Joint Research Centre, Toreti A, Bavera D, Acosta Navarro J, Jager A, Di Ciollo C, Maetens W, et al. Drought in Europe : August 2022 : GDO analytical report. Publications Office of the European Union; 2022. Available from: doi/10.2760/264241

Eyring, V., Bony, S., Meehl, G. A., Senior, C. A., Stevens, B., Stouffer, R. J., Taylor, K. E. (2016), Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization. *Geoscientific Model Development*, 9(5), 1937-1958.

Faranda, D., Pascale, S., Bulut, B. (2023), Persistent anticyclonic conditions and climate change exacerbated the exceptional 2022 European-Mediterranean drought. *Environmental Research Letters*.

Fondazione Utilitatis, Blue Book 2023.

Green, J. K., Seneviratne, S. I., Berg, A. M., Findell, K. L., Hagemann, S., Lawrence, D. M., Gentine, P. (2019), Large influence of soil moisture on long-term terrestrial carbon uptake. *Nature*, 565(7740), 476-479.

Hoegh-Guldberg, O., Jacob, D., Bindi, M., Brown, S., Camilloni, I., Diedhiou, A., ... & Zougmore, R. B., 2018. Impacts of 1.5 C global warming on natural and human systems. *Global warming of 1.5° C*.

IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

IPCC, 2021: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2391 pp. doi:10.1017/9781009157896

ISPRA (2023) – Il clima in Italia nel 2022. Report SNPA n. 36/2023.

ISTAT 6° Censimento Generale dell'Agricoltura Utilizzo della risorsa idrica a fini irrigui in agricoltura 2014 ISBN: 978-88-458-1805-9

ISTAT (2022) - Censimento delle acque per uso civile anno 2020 (<https://www.istat.it/it/archivio/279363>), ultimo accesso 20 gennaio 2023.

La Barbera G., Caruana R. (2016), L'interrimento dei serbatoi artificiali italiani. *L'Acqua*, 1-2/2016, 67-82.

Mariani S., Braca, G., Romano, E., Lastoria, B., Bussetini M. (2018), Linee guida sugli indicatori di siccità e scarsità idrica da utilizzare nelle attività degli Osservatori permanenti per gli utilizzi idrici. Pubblicazione nell'ambito del progetto CReIAMO PA, 66 pp. Disponibile online all'indirizzo: https://www.isprambiente.gov.it/files2018/notizie/LineeGuidaPubblicazioneFinaleL6WP1_concopertina_ec.pdf

McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J., (1993), The relationship of drought frequency and duration of time scales. Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, January 17–23, 1993, Anaheim CA, 179 – 186.

MEDROPLAN, Drought Management Guidelines and Examples of Application in Mediterranean countries, In: Iglesias A., Cancelliere A., Gabiña D., López-Francos A., Moneo A.M., Rossi G. (eds.) 2007 EC MEDA Water Programme, Zaragoza. On line Available at: www.iamz.ciheam.org/medroplan.

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche (DG Dighe) – Cartografia delle Grandi Dighe.

O'Neill, B. C., Tebaldi, C., Van Vuuren, D. P., Eyring, V., Friedlingstein, P., Hurtt, G., ... & Sanderson, B. M. (2016), The scenario model intercomparison project (ScenarioMIP) for CMIP6. *Geoscientific Model Development*, 9(9), 3461-3482. Rossi G. (2000) - Drought Mitigation Measure: a Comprehensive Framework. In: Vogt J.V., Somma F. (Eds.), *Drought and Drought Mitigation in Europe*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.

Rossi, G., Castiglione, L., Bonaccorso, B. (2007), Guidelines for Planning and Implementing Drought Mitigation Measures. In: Rossi G., Vega T., Bonaccorso B. (Eds.), *Methods and Tools for Drought Analysis and Management*. Dordrecht, Springer.

Rossi, G., Castiglione, L., Bonaccorso B. (2007), Misure di prevenzione e mitigazione degli impatti della siccità. In: Rossi G. (a cura) *Siccità. Analisi monitoraggio e mitigazione*. Nuova Bios, Castrolibero (CS), 287-335

Rossi G. (2009) European Union policy for improving drought preparedness and mitigation, *Water International*, 34(4): 441-450.

Spano D., Mereu V., Bacciu V., Marras S., Trabucco A., Adinolfi M., Barbato G., Bosello F., Breil M., Chiriaco M. V., Coppini G., Essenfelder A., Galluccio G., Lovato T., Marzi S., Masina S., Mercogliano P., Mysiak J., Noce S., Pal J., Reder A., Rianna G., Rizzo A., Santini M., Sini E., Staccione A., Villani V., Zavatarelli M. (2020), "Analisi del rischio. I cambiamenti climatici in Italia". DOI: 10.25424/CMCC/ANALISI_DEL_RISCHIO

UN-DESA. 2019. World Urbanization Prospects: The 2019 Revision. Retrieved from Online Edition.

UNISDR, 2009. Drought risk reduction. In: *Framework and Practices: Contributing to the Implementation of the Hyogo Framework for Action*. UN Secretariat of the International Strategy for Disaster Reduction, Geneva, Switzerland, 213 pp. www.unisdr.org/files/3608_droughtriskreduction.pdf.

UNISDR (2015) Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030) UNISDR, Available at <https://www.unisdr.org/we/inform/publications/43291>.

Wilhite, D.A. (1987), The role of government in planning for drought: where do we go from here? in: D.A. Wilhite and W. E. Easterling with D.A. Wood (eds) *Planning for Drought*, Westview Press, Boulder. pp. 425-444.

Wilhite D.A. (2005), *Drought and water crises*. Boca Raton, CRC Press.

Wilhite, D.A., Botterill, L., Monnik, K. (2005), National Drought Policy: lessons learned from Australia, South Africa and the United States, in: D.A. Wilhite (ed.) *Drought and Water Crises*, Taylor & Francis, Boca Raton, 137- 172.

Yevjevich V., Hall W.A., Salas J.D. (1983), *Coping with Droughts*. Water Resources Publications, Littleton.

Materiale Supplementare

Tabella estesa relativa ai dati di dettaglio dei grandi invasi italiani

	N. invasi	Volume invasabile (MLD mc)	Volume invaso autorizzato (MLD mc)	età media (anni)	Utilizzi						
					idroelettrico	irriguo	potabile	industriale	laminazione	nessun utilizzo attuale	vari
ITALIA	532	13,8	11,7	68	310	138	40	15	11	9	8
ABRUZZO	14	0,4	0,4	67	13	1	0	0	0	0	0
BASILICATA	14	0,9	0,5	50	1	11	0	1	0	1	0
CALABRIA	22	0,6	0,4	50	10	9	2	0	0	1	0
CAMPANIA	17	0,3	0,2	55	7	10	0	0	0	0	0
EMILIA ROMAGNA	24	0,2	0,1	75	14	3	2	0	4	0	1
FRIULI VENEZIA GIULIA	12	0,2	0,2	71	10	0	0	0	1	0	1
LAZIO	20	0,5	0,5	77	16	4	0	0	0	0	0
LIGURIA	13	0,1	0,1	92	5	0	6	0	0	2	0
LOMBARDIA	77	4,0	4,0	81	69	4	0	1	1	0	1
MARCHE	16	0,1	0,1	63	11	5	0	0	0	0	0
MOLISE	7	0,2	0,1	35	2	3	0	0	2	0	0
PIEMONTE	59	0,4	0,4	82	49	7	1	1	0	1	0
PUGLIA	9	0,5	0,5	41	0	7	0	2	0	0	0
SARDEGNA	59	2,5	2,0	57	9	27	18	2	3	0	0
SICILIA	46	1,1	0,8	51	8	26	4	6	0	2	0
TOSCANA	50	0,3	0,3	67	17	18	7	2	0	2	4
TRENTINO ALTO ADIGE	37	0,6	0,6	68	37	0	0	0	0	0	0
UMBRIA	10	0,4	0,2	58	6	3	0	0	0	0	1

Dati Ministero delle Infrastrutture e ISPRA

Nota metodologica sul calcolo quantitativo delle acque reflue trattate

Il file UWWTD: Urban Waste Water Treatment Directive – reported data è stato elaborato tramite il software open source QGis Quantum, estrapolando i contenuti informativi relativi agli impianti di depurazione italiani, opportunamente georeferenziati. Il database generato è stato quindi sottoposto ad una analisi preliminare volta a verificare la completezza e l'accuratezza dei dati presenti, da cui è emerso che per molti degli impianti censiti non risulta disponibile il dato del quantitativo (m³/anno) di acque reflue in trattate. Tale dato è stato quindi stimato tenendo conto degli abitanti equivalenti (A.E.) serviti effettivi in base ad un fattore di 200 litri/(A.E. x giorno) (D.P.G.R. 28/R/03), fattore applicato anche a scopo di validazione del dato di portata influente per gli altri impianti. Il dato sui volumi trattati è stato successivamente georeferenziato ed utilizzato per il calcolo della disponibilità di acque reflue trattate per singola regione. A tale scopo sono stati quindi sovrapposti in QGis il layer informativo relativo ai limiti amministrativi regionali e il layer relativo agli impianti di depurazione ed è stata eseguita una unione spaziale secondo le funzionalità offerte dal software. Il file prodotto è stato esportato in excel per le successive elaborazioni e la produzione delle statistiche di interesse.