

Marzo 2024



Assoreca

ASSOCIAZIONE AMBIENTE . ENERGIA
SICUREZZA . RESPONSABILITA' SOCIALE

LINEE GUIDA

SOSTENIBILITÀ IDRICA TERRITORIALE

Sede legale e operativa: Via Copernico, 38 - 20125 Milano

Email: segreteria@assoreca.it • tel: 02 872 5913 • web: www.assoreca.it • C.F. 97142760152



ADERENTE A
CONFINDUSTRIA SERVIZI
INNOVATIVI E TECNOLOGICI

**HANNO PARTECIPATO ALLA STESURA DEL PRESENTE DOCUMENTO,
LE AZIENDE ASSOCIATE:**

AECOM URS ITALIA S.p.A.

ANTHEMIS ENVIRONMENT S.r.l.

ERM ITALIA S.p.A.

GM AMBIENTE & ENERGIA S.r.l.

ITALFERR S.p.A.

LABORATORI CHIMICI STANTE S.r.l.

PROGER S.p.A.

SINERGEO S.r.l.

SODAI S.p.A.

WSP ITALIA S.r.l.

Coordinamento a cura di

Marco Sandrucci e Davide Talamini (PROGER S.p.A.)

Abstract

L'effetto dei cambiamenti climatici ed il conseguente manifestarsi di periodi siccitosi, sempre più frequenti e di rilevante entità oltreché alternati ad eventi intensi di precipitazioni, impone un cambio di approccio sia tecnico che culturale nelle modalità di utilizzo della risorsa idrica su scala territoriale. In questo difficile contesto, Assoreca - attraverso il gruppo di lavoro interno formato dalle aziende associate: Aecom, Anthemis, Erm, GM Ambiente, Gruppo Stante, Italferr, Proger, Sinergeo, Sodai e WSP - ha sentito l'urgenza di intervenire per portare all'attenzione degli Enti competenti una formulazione metodologica che risulti efficiente e sostenibile.

A tutt'oggi, la quantità complessiva di acqua presente su un dato territorio viene suddivisa tra le diverse categorie di utilizzo (civile e potabile, industriale, agricola e zootecnica, idroelettrica) in maniera competitiva, riducendo e a volte annullando la fornitura ad una o più di tali categorie quando le portate disponibili diventano insufficienti. Nelle more di complessi, onerosi e lunghi processi di incremento degli approvvigionamenti e di riduzione delle perdite è quindi necessario gestire la risorsa acqua in modo circolare ed efficiente, attuando un utilizzo multiplo e sinergico che ne massimizzi l'uso "in cascata" al posto della competizione tra le diverse tipologie di fruizione e utilizzo.

Definito un approccio metodologicamente corretto e ottimizzato, l'attuabilità e l'efficacia dello stesso è demandata allo sviluppo di un progetto pilota che dimostri la reale fattibilità di un "comparto territoriale ad elevata resilienza e sostenibilità idrica". A tal fine, è stato selezionato un territorio in grado di garantire la compresenza di tutte le tipologie di idroesigenza e per questo ritenuto esemplificativo come caso studio per dimostrare un nuovo modello di utilizzo multiplo dell'acqua.

Un modello circolare virtuoso, replicabile in contesti socioeconomici e territoriali diversi, che risulta essere tanto più importante quanto più i fenomeni di scarsità idrica andranno accentuandosi nel prossimo futuro.

Sommario

1	ANALISI DI SOSTENIBILITÀ DEL CONTESTO TERRITORIALE.....	7
1.1	L'USO SOSTENIBILE DELLE ACQUE NEL QUADRO GEOGRAFICO E NEL CONTESTO DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO.....	7
1.2	WATER STEWARDSHIP	9
1.3	IL CONTESTO INTERNAZIONALE.....	10
1.4	VALUTAZIONE DEL LIVELLO DI STRESS IDRICO	10
1.5	COMPONENTI DELLA VALUTAZIONE DI SOSTENIBILITÀ DELL'USO DELLE ACQUE.....	12
1.5.1	DEFINIZIONE DEL BACINO DI RIFERIMENTO	13
1.5.2	DEFINIZIONE DEL BILANCIO IDRICO E DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE A SCALA DI SITO	13
1.5.3	IDENTIFICAZIONE DEGLI STAKEHOLDERS.....	14
1.5.4	IDENTIFICAZIONE DEL QUADRO NORMATIVO E DELLE POLITICHE PUBBLICHE	15
1.5.5	USI INDIRETTI DELLE ACQUE	16
1.5.6	VALUTAZIONE DEI RISCHI E DELLE OPPORTUNITÀ.....	17
2	APPROVVIGIONAMENTO IDRICO	20
2.1	ACQUE SOTTERRANEE	20
2.1.1	QUADRO DESCRITTIVO DELLE ACQUE SOTTERRANEE IN ITALIA	20
2.1.2	MODALITÀ DI SFRUTTAMENTO DELLA RISORSA.....	21
2.1.3	INDIVIDUAZIONE DI AREE VOCATE ALLA RICARICA ARTIFICIALE DELLA FALDA.....	22
2.1.4	ANALISI QUANTITATIVA DELLA RISORSA SOTTERRANEA.....	22
2.1.5	ANALISI QUALITATIVA DELLA RISORSA SOTTERRANEA.....	23
2.1.6	QUADRO NORMATIVO.....	23
2.2	ACQUE SUPERFICIALI	24
2.2.1	QUADRO DESCRITTIVO DELLE ACQUE SUPERFICIALI IN ITALIA.....	24
2.2.2	ANALISI QUALITATIVA DELLE ACQUE SUPERFICIALI	25
2.2.3	SISTEMI DI MONITORAGGIO.....	26
2.2.4	DERIVAZIONE E FRUIZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI.....	30
2.2.5	DISSALAZIONE	34
2.2.6	QUADRO NORMATIVO.....	36
2.3	PRECIPITAZIONI	41
2.3.1	QUADRO DESCRITTIVO DELLE PRECIPITAZIONI: REGIONI CLIMATICHE	41
2.3.2	CRITICITÀ IDRICA: INDICE DI ARIDITÀ ED INDICE DI SICCITÀ.....	44

2.3.3	TREND DI PIOVOSITÀ NAZIONALI	48
2.3.4	TECNICA DI CLOUD SEEDING	49
3	UTILIZZO DELL'ACQUA	52
3.1	USO DELL'ACQUA INDUSTRIALE.....	52
3.1.1	UTILIZZO DELL'ACQUA NEL SETTORE INDUSTRIALE - EU TAXONOMY, CSRD.....	52
3.1.2	CRITERI DI PROGETTAZIONE - STRATEGIE DI SOSTENIBILITÀ	54
3.1.3	NORME E STANDARD DI RIFERIMENTO PER LA PROGETTAZIONE	54
3.1.4	PRIMO APPROCCIO AD UN SITO/IMPIANTO INDUSTRIALE	57
3.1.5	METODOLOGIA DIAGNOSI.....	57
3.1.6	WATER ASSESSMENT AND BASELINE METHODOLOGY	61
3.1.7	WATER FOOTPRINT	66
3.1.8	STEP DI OTTIMIZZAZIONE DI PROCESSO E/O DI PROGETTAZIONE.....	67
3.1.9	TEST RUN E/O VERIFICA PERFORMANCE.....	70
3.1.10	PERFORMANCE REPORTING KPIS	71
3.1.11	QUADRO NORMATIVO.....	73
3.2	USO DELL'ACQUA AGRICOLO	77
3.2.1	ANALISI QUANTITATIVA E QUALITATIVA DEL FABBISOGNO IDRICO - DISTRETTI IDROGRAFICI.....	77
3.2.2	METODOLOGIA DI ADDUZIONE DELLA RISORSA IDRICA.....	81
3.2.3	METODI DI IRRIGAZIONE.....	82
3.2.4	STRATEGIE DI OTTIMIZZAZIONE DELL'IRRIGAZIONE	84
3.2.5	CAMPI DI APPLICAZIONE ED ANALISI QUALITATIVA E QUANTITATIVA DEI CONSUMI: PRINCIPALI TIPOLOGIE COLTURALI	85
3.2.6	QUADRO NORMATIVO.....	109
3.3	UTILIZZO DOMESTICO - CIVILE.....	116
3.3.1	FABBISOGNI CIVILI E DOMESTICI	116
3.3.2	ANALISI QUALITATIVA E QUANTITATIVA DEL FABBISOGNO IDRICO URBANO	119
3.3.3	MONITORAGGIO DELLA RETE IDRICA ESISTENTE	120
3.3.4	QUADRO NORMATIVO.....	121
4	TRATTAMENTO E RIUTILIZZO DELL'ACQUA	124
4.1	TRATTAMENTO ACQUE REFLUE.....	124
4.1.1	IMPIANTI DI DEPURAZIONE	125
4.1.2	TRATTAMENTI PRIMARI	126
4.1.3	TRATTAMENTO SECONDARIO	128

4.1.4	TRATTAMENTO TERZIARIO.....	129
4.1.5	TRATTAMENTO DEI FANGHI DI DEPURAZIONE.....	131
4.1.6	SISTEMI DI TRATTAMENTO PER PICCOLI INSEDIAMENTI.....	132
4.2	BAT: PRINCIPALI TECNOLOGIE DEPURATIVE ED APPLICATIVE.....	134
4.2.1	TRATTAMENTI BIOLOGICI.....	134
4.2.2	TRATTAMENTI CHIMICI.....	136
4.2.3	TRATTAMENTI FISICI.....	140
4.3	SOSTENIBILITÀ IDRICA IN AGRICOLTURA.....	145
4.3.1	PROGETTAZIONE DEL SISTEMA.....	146
4.3.2	PROSPETTIVE SULLA SOSTENIBILITÀ IDRICA IN AGRICOLTURA – DECRETO SICCIÀ.....	149
4.4	QUADRO NORMATIVO.....	150
4.4.1	NORMATIVA EUROPEA – RIUTILIZZO ACQUE REFLUE DEPURATE IN AGRICOLTURA.....	150
4.4.2	NORMATIVA NAZIONALE.....	152
4.4.3	NORMATIVA REGIONALE.....	154

CAPITOLO 1

Analisi di sostenibilità del contesto territoriale



1 ANALISI DI SOSTENIBILITÀ DEL CONTESTO TERRITORIALE

In questo primo capitolo, è stato analizzato il contesto da cui deriva la necessità di sviluppare modelli sostenibili per l'utilizzo dell'acqua.

Nel primo paragrafo, il concetto di sostenibilità idrica viene analizzato in relazione al quadro geografico e alle sfide legate al cambiamento climatico, che tramite influenze dirette ed indirette, sarà responsabile dell'aggravamento delle criticità riguardanti la risorsa idrica.

Il paragrafo successivo sottolinea l'importanza della gestione responsabile e sostenibile dell'acqua, definendo il concetto di Water Stewardship.

Il paragrafo 1.3 entra nel merito di quello che è il contesto internazionale per il tema della sostenibilità idrica, facendo riferimento a diversi programmi e iniziative attive a livello globale.

In seguito, nel paragrafo 1.4 si riporta un'analisi del livello di stress idrico (ovvero il rapporto tra prelievi totali e fonti idriche rinnovabili disponibili) attuale e il possibile scenario futuro, sulla base di modelli matematici.

Infine, nell'ultimo paragrafo vengono descritti gli elementi fondamentali per portare a termine una valutazione di sostenibilità dell'uso delle acque.

1.1 L'USO SOSTENIBILE DELLE ACQUE NEL QUADRO GEOGRAFICO E NEL CONTESTO DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO

L'acqua è una risorsa indispensabile per la sopravvivenza degli esseri umani e della vita sul pianeta. Sebbene a livello globale l'acqua disponibile sia sufficiente a soddisfare le attuali richieste, la sua distribuzione spaziale e temporale è altamente mutevole, il che rende la sua gestione un fattore chiave per qualsiasi tipo di sviluppo umano. Ci sono molte regioni nel mondo in cui l'acqua dolce disponibile è inadeguata a soddisfare le esigenze ambientali, di sviluppo economico e domestiche, e con il cambiamento climatico queste regioni dovranno affrontare problemi ancora maggiori in termini di disponibilità idrica.

Negli ultimi decenni, il cambiamento climatico è stato collegato all'aggravamento della crisi idrica in rapida crescita, incidendo negativamente sul ciclo idrologico con cambiamenti significativi nei modelli delle precipitazioni a livello globale, maggiore presenza di vapore acqueo atmosferico, scioglimento dei ghiacciai, inondazioni, siccità e aumento dei tassi di erosione del suolo (Sukanya and Joseph, 2023). Questi cambiamenti sono stati identificati scientificamente da varie fonti che confermano che non solo si stanno verificando cambiamenti, ma che questi sono accompagnati dalla maggiore frequenza con cui si verificano eventi estremi legati ai cicli meteorologici ed idrologici (IPCC, 2022; NASA, 2023; WMO, 2023).

Secondo quanto riportato dall'Intergovernmental Panel on Climate Change, l'evidenza scientifica che il sistema climatico si sta riscaldando è inequivocabile. Il clima sta cambiando e continuerà a cambiare influenzando le società e l'ambiente (IPCC, 2022), sia direttamente che indirettamente:

- direttamente: attraverso cambiamenti nei sistemi meteorologici ed idrologici che influenzano la disponibilità oltre alla qualità dell'acqua e gli eventi estremi; ad esempio, l'aumento delle precipitazioni o l'intensità dello scioglimento della neve ha un impatto diretto sull'erosione del suolo e sui tassi di sedimentazione che possono portare a gravi impatti

ambientali e sociali a seguito di questi eventi estremi (IPCC, 2022). Queste condizioni in continuo peggioramento possono quindi avere un impatto sui volumi di flusso e sulla disponibilità di acqua durante le stagioni;

- indirettamente: ad esempio tramite un aumento degli incendi, dallo scioglimento del permafrost e dai cambiamenti nella copertura vegetale (DeLong et al., 2018; Ward Jones et al., 2019; Beel et al., 2018). Questi cambiamenti aumentano i tassi di erosione e sedimentazione del suolo che successivamente portano al degrado del suolo, alla riduzione della produttività del suolo e della qualità dell'acqua (IPCC, 2022). L'influenza indiretta del cambiamento climatico può verificarsi anche attraverso cambiamenti nella domanda di risorse idriche, che a loro volta possono avere impatti sulla produzione energetica, sulla sicurezza alimentare e sull'economia (UNESCO, 2023).

Alcuni effetti dei cambiamenti climatici sono evidenti e diffusi nella criosfera e comportano una riduzione globale della copertura di neve e ghiaccio. Le previsioni indicano come estremamente probabile una costante riduzione della copertura di neve, dei ghiacciai e del permafrost in quasi tutte le aree del mondo nel corso del XXI secolo (IPCC, 2022) e un'accelerazione dello scioglimento dei ghiacciai che porterà ad un effetto negativo sulle risorse idriche delle regioni montane e degli altipiani circostanti, con una maggiore vulnerabilità a carico delle regioni montane tropicali (UNESCO, 20203).

Modelli e proiezioni scientifiche mostrano che diverse parti del mondo sono già colpite dagli effetti dei cambiamenti climatici e in futuro lo saranno ancora di più a causa del riscaldamento globale. Un effetto degno di nota è l'amplificazione polare, che si traduce in un aumento più rapido delle temperature nelle regioni ad alta latitudine più vicine ai poli (UNDRR, 2018). Questa amplificazione è una causa diretta di circuiti di feedback positivi causati dalla forzatura radiativa, che progressivamente riduce la massa di ghiaccio e neve (Huang et al., 2017). Questi fenomeni globali sono di fondamentale importanza e da monitorare continuamente quando si considera la gestione dell'acqua in varie regioni del mondo.

Le proiezioni sul clima, inoltre, indicano con un elevato livello di attendibilità che le precipitazioni estreme diverranno sempre più intense e frequenti in numerose regioni, causando una crescita del rischio inondazioni in tutto il mondo. Allo stesso tempo, si verificheranno con maggiore frequenza anche le ondate di calore, che saranno in futuro caratterizzate da durate più prolungate. Questi rischi presentano una distribuzione geografica irregolare, indipendentemente dal livello di sviluppo dei vari paesi (IPCC, 2022). nel dettaglio gli studi hanno evidenziato che le regioni umide di tutto il mondo stanno diventando più umide, mentre le regioni secche stanno diventando più secche. Tuttavia, questo paradigma deve ancora essere completamente dimostrato e la scienza mostra che ciascuna regione sta sperimentando problemi diversi in base alla sua posizione geografica e alle sue caratteristiche microclimatiche (Xiong et al., 2022). Pertanto, è imperativo che, in ciascuna regione, i cambiamenti specifici debbano essere studiati a fondo per gestire efficacemente le risorse idriche. Per quanto riguarda l'Europa, gli studi relativi all'impatto dei cambiamenti climatici indicano che le estati stanno diventando più secche, con tendenza al peggioramento negli anni a venire, in base alle proiezioni globali delle precipitazioni e delle temperature (Christidis e Stott, 2021).

La Figura 1.1 mostra la distribuzione spaziale delle alluvioni e degli eventi siccitosi tra il 2001- 2018 (UNU- INWEH).

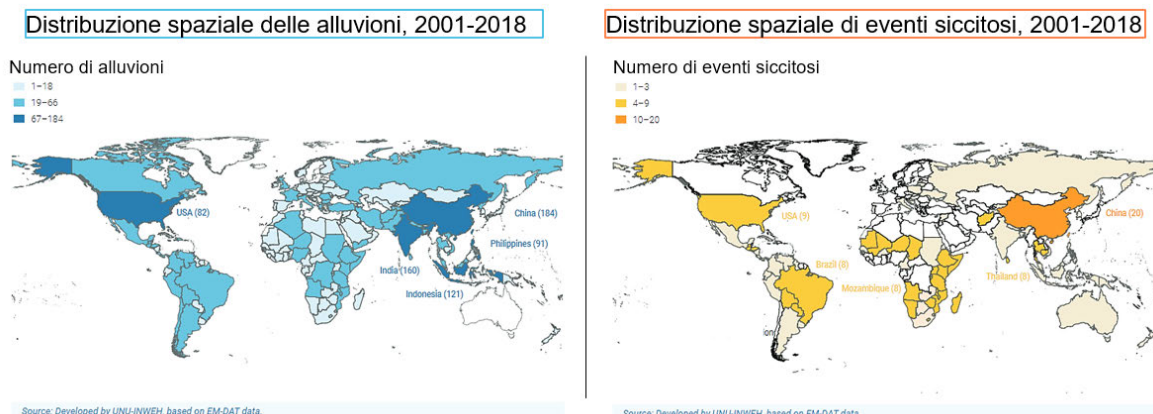


Figura 1.1 – Distribuzione spaziale delle alluvioni e degli eventi siccitosi (2001- 2018)

La riduzione della risorsa idrica prevista, causata dai cambiamenti climatici, dallo sviluppo socioeconomico e dall'aumento della popolazione, mette sotto forte pressione il raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile, in particolare l'obiettivo 6 della Agenda 2030 "Clean Water and Sanitation" (UN, 2023). Per raggiungere tali obiettivi è necessario un approccio ad hoc che tenga conto della specifica regione di interesse, combinando al contempo un approccio intersettoriale che affronti non solo i potenziali impatti dei cambiamenti climatici all'interno di un settore, ma anche le interazioni tra i settori. Pertanto, lo sviluppo sostenibile richiede di considerare vari settori e aspetti, tra cui agricoltura, energia, trasporti, industria, città, salute umana, ecosistemi e ambiente, nonché le loro interrelazioni con l'acqua.

1.2 WATER STEWARDSHIP

A seconda di vari aspetti, quali il clima, la densità di popolazione, la geografia, la geologia, il livello di sviluppo industriale e agricolo e dei sistemi di governance e di regolamentazione dell'acqua, i rischi idrici variano enormemente in tutto il mondo. Essi possono generare crisi idriche che rappresentano uno dei maggiori rischi globali, sia in termini di rischio economico che di rischio sociale e ambientale. La scarsità d'acqua, combinata con eventi estremi di inondazione e siccità, aumenta di anno in anno. I rischi sono ulteriormente accentuati dai cambiamenti sociologici in corso, come la prevista crescita della popolazione. È stato dimostrato che l'aumento dell'attività umana ha un impatto nella modifica dell'equilibrio radiativo della Terra, con un incremento delle emissioni CO₂ e delle temperature, che di conseguenza influiscono inevitabilmente sui sistemi idrologici. (Lehner and Stocker, 2015). Conseguentemente, il World Economic Forum ha indicato le crisi idriche tra i primi cinque rischi globali per ognuno degli ultimi nove anni (SIWI, 2023).

Una gestione sostenibile e responsabile dell'acqua è importante per garantire la biodiversità degli ecosistemi e sostenere il benessere degli esseri umani, sia allo stato attuale che per le generazioni future, ed è essenziale per lo sviluppo e il mantenimento delle economie di successo. È inoltre necessaria per affrontare i problemi che riguardano la quantità e la qualità delle acque attraverso azioni mirate che considerano le governance, le pratiche tecniche e i punti di vista delle parti interessate (stakeholder) all'interno dei bacini idrografici.

Il concetto di "Water Stewardship" si fonda su un utilizzo dell'acqua socialmente e culturalmente equo, sostenibile dal punto di vista ambientale e vantaggioso dal punto di vista economico,

ottenibile tramite un processo che richiede ad ogni sito, azienda o organizzazione di considerare la propria impronta e la propria interazione con il bacino idrografico in cui si colloca e il relativo impatto nei confronti degli stakeholder.

1.3 IL CONTESTO INTERNAZIONALE

Diversi sono stati i programmi, gli approcci, le tecniche e le linee guida promosse a livello internazionale per garantire un uso sostenibile della risorsa idrica.

Uno dei programmi proposti negli ultimi anni per incoraggiare lo sviluppo sostenibile della risorsa idrica è Agenda 2030, proposta all'assemblea generale delle Nazioni Unite nel 2015. Il programma ingloba 17 Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile che costituiscono un percorso per «promuovere la prosperità proteggendo il pianeta». Il programma cita le disuguaglianze, il depauperamento delle risorse naturali, il degrado ambientale e i cambiamenti climatici come le maggiori sfide del nostro tempo. Riconosce che lo sviluppo sociale e la prosperità economica dipendono dalla gestione sostenibile delle risorse di acqua dolce e degli ecosistemi, e sottolinea l'importanza della natura integrata degli Obiettivi di sviluppo sostenibile (Assemblea Generale, 2015).

L'importanza e il ruolo fondamentale della risorsa idrica è stata nuovamente messa in risalto nell'assemblea generale delle Nazioni Unite di Glasgow nel 2021, sottolineando come l'acqua debba essere messa al centro delle politiche climatiche (Assemblea Generale, 2021).

Di importanza rilevante è anche la "Alliance for Water Stewardship (AWS)", una collaborazione globale tra imprese, ONG e settore pubblico i cui membri contribuiscono alla sostenibilità delle risorse idriche locali attraverso l'adozione e la promozione di un quadro universale per l'uso sostenibile dell'acqua. Lo standard AWS offre un quadro di riferimento credibile e applicabile a livello mondiale che consente ai principali utilizzatori d'acqua (aziende, siti industriali, organizzazioni, etc.) di valutare la propria efficienza nell'utilizzo delle acque e comprendere il proprio impatto sulla risorsa idrica a scala di bacino, il tutto in modo collaborativo e trasparente.

Il concetto di "Integrated Water Resources Management (IWRM)" ha come fine l'ottimizzazione nella gestione dell'acqua finalizzata alla massimizzazione del benessere economico e sociale, senza compromettere la sostenibilità dell'ecosistema. È stato definito e promosso dalle Nazioni Unite in occasione della conferenza internazionale su acqua e ambiente tenutasi a Dublino nel 1992. I dettagli sono descritti nel documento "Status report on IWRM and Water Efficiency Plan" (UN Water, 2008) e "Guidelines for IWRM" proposte dall'UNESCO (UNESCO, 2009).

È rilevante inoltre citare lo standard ISO 46001 che specifica i requisiti per implementare e mantenere un sistema efficiente di gestione dell'acqua.

Ulteriori programmi realizzati per l'utilizzo sostenibile dell'acqua si trovano nell' Earth Summit di Rio de Janeiro del 1992 (ONU, 1992), mentre altri sono contenuti in progetti promossi dalle più importanti agenzie internazionali, come ad esempio nel "SAFA Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems" (FAO, 2014) o in "UNESCO and Sustainability Development" (Unesco, 2005).

1.4 VALUTAZIONE DEL LIVELLO DI STRESS IDRICO

A causa dell'aumento della popolazione, dello sviluppo economico e del cambiamento dei modelli di consumo, negli ultimi 100 anni il consumo globale di acqua è aumentato di circa sei volte (UN

Water, 2020), ed è in continua crescita ad un tasso di circa l'1% annuo a causa dei fattori precedentemente elencati.

I cambiamenti delle tendenze di precipitazioni e degli andamenti delle temperature influenzeranno direttamente il bilancio idrico mondiale. Nella Figura 1.2 viene riportata una stima della disponibilità idrica in uno scenario caratterizzato da cambiamenti climatici. Nello specifico si riportano gli indici di cambiamento del deflusso annuale in base ad un incremento della temperatura di 2°C rispetto alle condizioni di riferimento (UN, 2020).

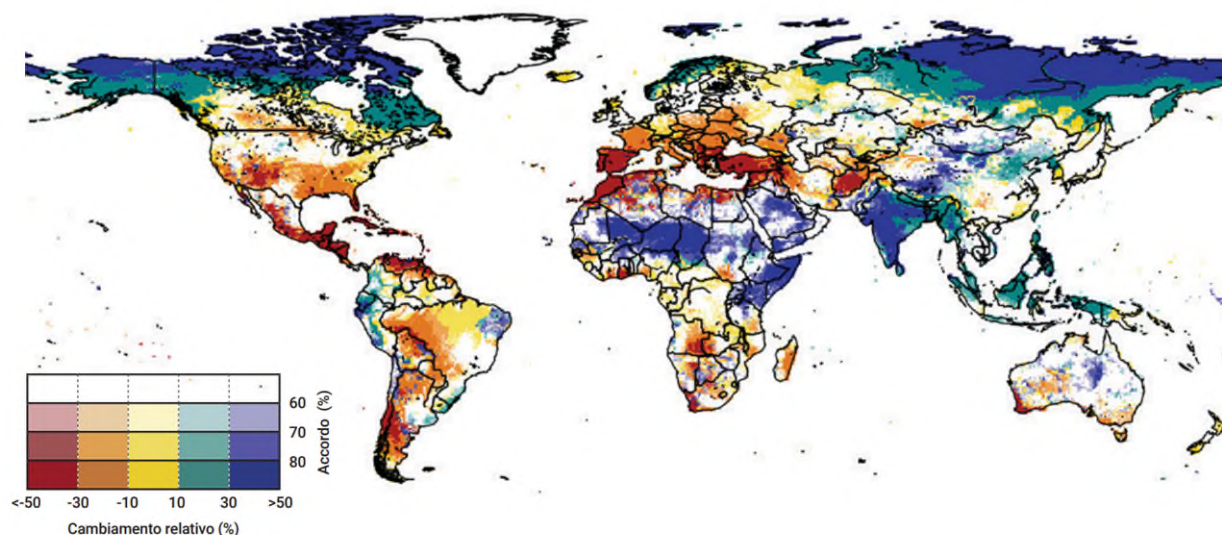


Figura 1.2 – Stima della disponibilità idrica nel caso di un incremento della temperatura di 2°C rispetto alle condizioni di riferimento (UNESCO, 2020).

Il modello prevede che in molte regioni del mondo si registreranno riduzioni fino al 50% del deflusso annuale (aree evidenziate in rosso) a causa del previsto cambiamento della temperatura atmosferica. Queste riduzioni di deflusso avranno ripercussioni sulla disponibilità di acqua per i prelievi idrici per l'agricoltura, l'industria e le forniture domestiche, come pure per gli utilizzi dei corsi d'acqua, ad esempio per la generazione di elettricità, la navigazione, la pesca e gli scopi ricreativi, oltre che sull'ambiente in generale (UNESCO,2020).

Come evidenziato nella Figura 1.3 in basso lo stress idrico¹ colpisce già tutti i continenti con le regioni più colpite più vicine all'equatore evidenziate in rosso (UNESCO, 2020). La scarsità fisica di acqua è spesso un fenomeno stagionale, ed è quindi probabile che i cambiamenti climatici causino modifiche della disponibilità idrica soprattutto in determinate stagioni durante l'anno.

¹ per stress idrico di base s'intende il rapporto tra prelievi totali e fonti idriche rinnovabili disponibili.

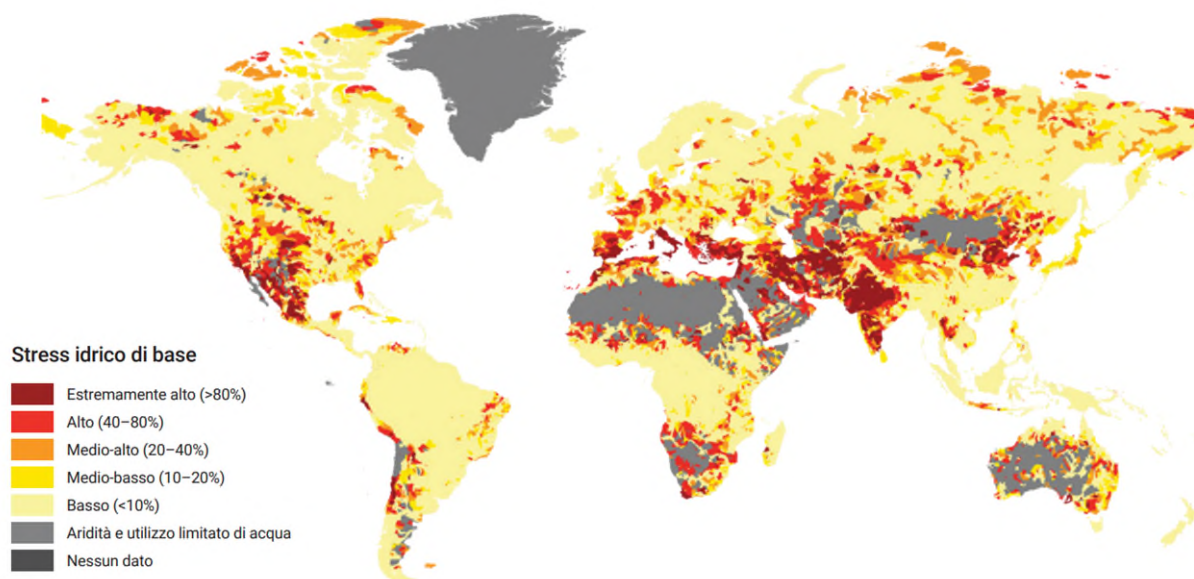


Figura 1.3 – Stress idrico di base (UNESCO, 2020)

1.5 COMPONENTI DELLA VALUTAZIONE DI SOSTENIBILITÀ DELL'USO DELLE ACQUE

Poiché il fabbisogno di acqua è in costante aumento, mentre le riserve idriche mondiali sono limitate, la principale sfida è la gestione sostenibile della risorsa idrica.

Per valutare la sostenibilità di un'organizzazione dal punto di vista idrico e di conseguenza individuare gli aspetti del ciclo dell'acqua che richiedono miglioramenti, è necessario svolgere una raccolta dei dati afferenti a due principali categorie:

- dati idrici relativi all'organizzazione, tra cui: tipologia di fonte di approvvigionamento, quantità e qualità dell'acqua prelevata, consumo di acqua, quantità e qualità delle acque scaricate a valle dei processi e loro destinazione finale, utilizzo indiretto dell'acqua;
- dati relativi al contesto idrografico in cui l'azienda si colloca: bacino idrografico e/o idrogeologico, afflussi e deflussi idrici a scala del bacino, qualità delle acque superficiali e sotterranee, presenza di stakeholder potenzialmente in concorrenza per l'utilizzo delle acque, esistenza di aree naturali protette, probabilità di accadimento di eventi estremi quali alluvioni, siccità, inondazioni.

Questi dati sono utili per valutare i bilanci idrici dell'organizzazione e del bacino, in modo da collocare l'organizzazione nel proprio contesto e da comprendere i rischi idrici, sia individuali che collettivi, che potrebbero presentarsi, quali ad esempio:

- diminuzione della disponibilità di acqua per i processi produttivi, mancanza di una valida risorsa idrica alternativa in caso di eventuali deficit di approvvigionamento, scarsa qualità dell'acqua prelevata dovuta a contaminazioni a monte idrologico o idrogeologico del sito, perdite elevate di volumi d'acqua durante il processo produttivo;

- contaminazione e deterioramento della qualità del corpo idrico ricettore che a valle dell'azienda riceve le acque di processo, danneggiamento degli habitat naturali a valle idrologico, possibile contaminazione del suolo, del sottosuolo e della falda;
- rischi reputazionali, legati per esempio agli sprechi di acqua, a violazioni della concessione per il massimo prelievo di acqua, al mancato rispetto dei limiti normativi circa la concentrazione di inquinanti nelle acque di scarico.

Una volta riconosciuti i rischi idrici principali a cui l'organizzazione è esposta, per la loro gestione è necessario pianificare e sviluppare degli interventi di mitigazione a breve e lungo periodo.

1.5.1 DEFINIZIONE DEL BACINO DI RIFERIMENTO

Con bacino idrografico si intende la porzione di territorio delimitata da uno spartiacque topografico, all'interno del quale le acque meteoriche confluiscono verso un determinato corpo idrico recettore (fiume, lago o mare) che dà il nome al bacino stesso. In genere si hanno dei bacini idrografici principali, formati dall'unione di più sottobacini rappresentati dai bacini idrografici dei singoli affluenti del corso d'acqua principale.

Un bacino idrogeologico, invece, è la porzione di territorio delimitata da uno spartiacque sotterraneo (delimitato quindi sulla superficie della falda, o superficie piezometrica). Spesso non coincide del tutto con il bacino idrografico, in quanto gli spartiacque superficiali non necessariamente coincidono con quelli sotterranei.

All'interno del medesimo bacino accade in genere che più soggetti (ad esempio i residenti o le organizzazioni operanti nel territorio) si riforniscano d'acqua sfruttando le risorse del bacino e che in esso scarichino le proprie acque reflue, determinando potenziali situazioni di conflitto per l'utilizzo delle risorse idriche.

Grazie alla corretta delimitazione del bacino di riferimento e delle sue caratteristiche geologiche, idrogeologiche e meteorologiche principali, come tipologia di acquiferi, precipitazioni medie, portata medie di afflusso e deflusso, tasso di infiltrazione ed evapotraspirazione, ecc., è possibile calcolare il bilancio idrico del bacino (quanta acqua è effettivamente presente sulla superficie e nel sottosuolo). La quantificazione del bilancio idrico a scala di bacino, effettuato con dati attuali o in base a previsioni future basate sugli scenari di cambiamento climatico, è fondamentale per definire una strategia di utilizzo sostenibile delle acque e per identificare i rischi e le problematiche condivise legate all'acqua.

1.5.2 DEFINIZIONE DEL BILANCIO IDRICO E DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE A SCALA DI SITO

Una qualsiasi organizzazione che utilizza la risorsa idrica per le proprie attività o processi produttivi preleva, consuma e scarica acqua.

La captazione è solitamente relativa alle acque sotterranee (falde acquifere) o alle acque superficiali (fiumi, torrenti, canali, laghi, mare) mentre le acque di scarico a valle del consumo vengono in genere recapitate nella pubblica fognatura o fatte confluire in un corso d'acqua superficiale (previa autorizzazione).

Una volta identificati i volumi idrici prelevati, consumati e scaricati, è possibile effettuare un bilancio idrico a scala di sito che ha la seguente forma:

$$IN_{H_2O} - OUT_{H_2O} - CONS_{H_2O} = 0$$

dove:

- IN_{H_2O} : volume di acqua in ingresso (prelevato) [m^3];
- OUT_{H_2O} : volume di acqua in uscita (scaricato) [m^3];
- $CONS_{H_2O}$: volume di acqua consumato o evaporato [m^3].

Ottenere un bilancio idrico con differenza tra afflussi e deflussi esattamente pari a zero è molto difficile, vista la difficoltà nel misurare i volumi d'acqua in gioco e viste le perdite che si verificano nelle reti di adduzione e scarico. In genere si ritiene accettabile un errore inferiore al 5%.

1.5.3 IDENTIFICAZIONE DEGLI STAKEHOLDERS

Per stakeholder si intende qualsiasi organizzazione, gruppo o individuo che abbia un interesse riguardo le attività implementate dall'organizzazione, e che possa influenzare o essere influenzato da esse. Le quattro principali categorie di stakeholder sono:

- coloro che hanno un impatto sull'organizzazione;
- coloro sui quali l'organizzazione ha un impatto;
- coloro che hanno un interesse comune;
- coloro che non hanno un legame specifico con l'organizzazione (esempio: Organizzazioni Non Governative) ma che è bene coinvolgere e informare in merito alle proprie azioni.

L'identificazione degli stakeholder è un aspetto fondamentale per la gestione sostenibile dell'acqua a scala di bacino. Nell'ambito delle valutazioni sulla sostenibilità del ciclo idrico di un'organizzazione, è quindi utile che ci si interessi anche a ciò che sta oltre il proprio perimetro, considerando la propria interazione con il bacino idrografico nel suo complesso e quindi il proprio impatto potenziale sugli stakeholder e/o l'impatto potenzialmente causato all'organizzazione dagli stakeholder stessi, in modo da tenere conto di possibili fenomeni di competizione per l'accaparramento della risorsa idrica.

Il coinvolgimento degli stakeholder è un aspetto fondamentale per la gestione idrica integrata e la gestione sostenibile dell'acqua in generale. Senza la partecipazione di tutte le parti interessate si creano barriere che limitano una gestione efficace. All'interno di un bacino idrografico, tutti i processi fisici e le attività che coinvolgono l'uso dell'acqua sono interconnessi in maniera più o meno forte. È quindi nell'interesse di tutte le parti comunicare e collaborare, anche se si è concorrenti per la stessa risorsa idrica. Inoltre, comprendere le priorità e gli interessi reciproci offre maggiori possibilità di ottenere benefici per tutti e di proteggere l'ambiente naturale. Solo con il coinvolgimento degli stakeholder si può ottenere un cambiamento sostenibile a lungo termine e il processo di coinvolgimento potrebbe anche portare ad un'azione collettiva (OECD, 2015).

1.5.4 IDENTIFICAZIONE DEL QUADRO NORMATIVO E DELLE POLITICHE PUBBLICHE

La normativa che riguarda la matrice ambientale acqua (nel contesto Europeo e in quello Nazionale) è riassunta in Tabella 1.1:

Tabella 1.1 – Riassunto della normativa Europea e Nazionale in materia acqua

Documento	Descrizione
Direttiva 2000/60/CE (DQA: Direttiva Quadro sulle Acque)	Lo scopo della DQA è istituire un quadro per la protezione di: acque superficiali interne, acque di transizione, acque costiere e acque sotterranee. La direttiva persegue obiettivi ambiziosi: prevenire il deterioramento della qualità e della quantità delle acque, migliorare lo stato delle acque e garantire un uso sostenibile, basato sulla protezione a lungo termine delle risorse idriche disponibili.
Piano per la salvaguardia delle risorse idriche europee (Commissione Europea - novembre 2012)	Questo documento rappresenta la risposta politica dell'Unione Europea alla sfida continua di raggiungere gli obiettivi di politica idrica dell'UE. Le proposte contenute nel Piano sono il risultato di un processo di ampia consultazione dei cittadini e delle parti interessate. L'obiettivo è quello di garantire che una quantità sufficiente di acqua di buona qualità sia disponibile per la popolazione, l'economia e l'ambiente in tutta l'UE.
Decreto Legislativo 03/04/2006 n.152 s.m.i., Parte III	Il D.L. recepisce la Direttiva 2000/60/CE e presenta le norme sulla protezione del suolo e sulla lotta alla desertificazione, sulla protezione delle acque dall'inquinamento e sulla gestione delle risorse idriche. Inoltre, l'articolo 64 del D.L. suddivide il territorio nazionale in distretti idrografici (vedi Figura 1.4 sotto) e prevede per ciascun distretto la redazione di un <i>Piano di Gestione</i> delle acque.
Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)	Il PGRA è lo strumento operativo previsto dalla legge italiana per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali (<u>Gazzetta Ufficiale</u>), in attuazione della Direttiva Europea 2007/60/CE, "Direttiva Alluvioni". Il PGRA viene predisposto a livello di distretto idrografico e aggiornato ogni 6 anni.
Piano di Tutela delle Acque Regionale (PTAR)	Il PTAR è uno strumento di pianificazione regionale che prevede gli interventi necessari sul territorio per garantire la tutela delle risorse idriche e la sostenibilità del loro sfruttamento. Lo scopo è il raggiungimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici e la tutela qualitativa e quantitativa delle risorse idriche, garantendo un approvvigionamento idrico sostenibile a lungo termine.



Figura 1.4 – Distretti Idrografici italiani.

1.5.5 USI INDIRECTI DELLE ACQUE

Per uso indiretto dell'acqua si intende l'acqua utilizzata lungo tutta la filiera di un'organizzazione. L'acqua utilizzata indirettamente è chiamata anche "embedded water" (acqua incorporata), cioè l'acqua utilizzata nella creazione, nella lavorazione e nel trasporto di beni e servizi forniti all'organizzazione.

L'origine di questi beni e servizi può trovarsi al di fuori dell'organizzazione ma all'interno dello stesso bacino idrografico in cui essa è collocata oppure in bacini idrografici adiacenti, in altre regioni o addirittura in Paesi esteri. Si parla in questo caso di "commercio di acqua virtuale", cioè importazione ed esportazione di acqua "nascosta" presente in vari prodotti (come tessuti, macchinari, bestiame e colture) che richiedono inevitabilmente acqua per la loro produzione.

L'immagine sottostante (Figura 1.5 – Importazione netta di acqua virtuale in Europa) rappresenta l'importazione netta di acqua virtuale in Europa.

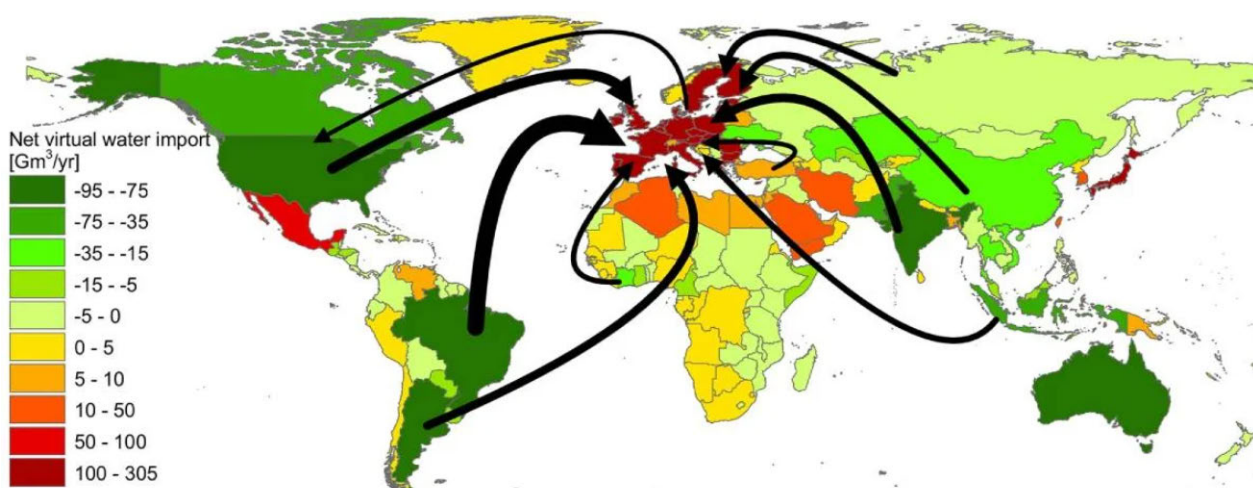


Figura 1.5 – Importazione netta di acqua virtuale in Europa (WFN, 2023)

Qualunque sia la provenienza di quest'acqua incorporata, essa viene effettivamente rimossa dal bacino idrografico di appartenenza; se i prodotti trasportati giungono in un sito ubicato in un bacino dove i problemi legati all'acqua sono minori rispetto a quelli del bacino di origine, qualora il sito non considerasse l'uso indiretto dell'acqua, le soluzioni locali di gestione della stessa non affronterebbero gli impatti sul bacino di origine.

Valutare l'uso indiretto di acqua è utile per:

- comprendere i rischi associati alle attività o agli affari dell'organizzazione;
- comprendere i rischi legati al bacino d'origine da cui provengono i prodotti;
- influenzare l'approccio alla gestione dell'acqua dei fornitori più importanti dell'organizzazione.

1.5.6 VALUTAZIONE DEI RISCHI E DELLE OPPORTUNITÀ

I rischi relativi all'acqua sono classificabili come segue:

- rischio fisico:
 - quantitativo: siccità, alluvioni, abbassamento delle acque di falda;
 - qualitativo: contaminazioni delle acque superficiali o delle acque di falda.
- rischio reputazionale: percezione negativa dell'organizzazione da parte dei consumatori, della comunità, delle organizzazioni non governative, degli investitori e dei governi;
- rischio normativo: dovuto all'azione effettiva o potenziale delle autorità di regolamentazione;
- rischio finanziario: continuità aziendale.

La comprensione dei rischi è importante per un'organizzazione in quanto aiuta a proteggere il sito da costi e impatti imprevisti. Conoscendo i rischi, infatti, essi possono essere ridotti, mitigati o addirittura eliminati, garantendo la continuità economica e proteggendo l'occupazione dei lavoratori.

È altrettanto importante identificare le opportunità che derivano dalla gestione sostenibile dell'acqua e dalla valutazione e mitigazione dei rischi. Esempi di opportunità possono essere:

- aumento della sostenibilità dell'azienda, protezione dei posti di lavoro e aumento della fiducia di clienti e investitori a valle di una riduzione dei rischi legati all'acqua;
- probabile risparmio sui costi se si riduce il consumo di acqua (anche se questi potrebbero non essere significativi a causa del costo tipicamente basso dei permessi di approvvigionamento e di estrazione dell'acqua); in agricoltura, per esempio, i maggiori risparmi riguarderebbero l'energia utilizzata per il pompaggio di acqua a fini irrigui;
- raggiungimento della sicurezza idrica, in termini di soddisfacimento del fabbisogno idrico dell'organizzazione e dei suoi stakeholder in tutto il bacino idrografico grazie ad un approccio collaborativo nelle sfide idriche comuni.

CAPITOLO 2

Approvvigionamento idrico



2 APPROVVIGIONAMENTO IDRICO

Nel presente capitolo vengono presentati alcuni elementi inerenti alla gestione sostenibile e consapevole delle acque sotterranee.

Vengono presi in considerazione, rispettivamente nei paragrafi 2.1, 2.2, 2.3, l'approvvigionamento idrico da acque sotterranee (falda), l'approvvigionamento e derivazione da acque superficiali ed i fenomeni di precipitazioni meteorologiche.

Entrando nel dettaglio, il paragrafo 2.1 affronta una prima descrizione dello status delle acque sotterranee in Italia, trattando poi le modalità di fruizione e ricarica della falda per poi passare alle modalità di analisi quantitativa della risorsa idrica e concludendo con un riepilogo del quadro normativo.

Il paragrafo 2.2 è caratterizzato dalla solita introduzione sullo status delle acque superficiali in Italia con conseguente analisi quantitativa e qualitativa mediante sistemi di monitoraggio; successivamente vengono trattate le derivazioni da acque superficiali con relativo quadro normativo.

Infine, il paragrafo 2.3 dopo l'analisi del quadro delle precipitazioni in Italia introduce concettualmente l'indice di aridità e siccità come indicatore di criticità idrica e termina con un'analisi dei trend di piovosità nazionali.

2.1 ACQUE SOTTERRANEE

2.1.1 QUADRO DESCRITTIVO DELLE ACQUE SOTTERRANEE IN ITALIA

A livello globale la risorsa sotterranea rappresenta circa il 30% dell'acqua dolce presente sulla Terra: un'aliquota di assoluto rilievo, considerando che la maggiore parte di essa (69%) si trova incorporata nelle calotte glaciali o nei ghiacciai. Soltanto una quota minoritaria (1%) è presente invece nelle acque superficiali quali fiumi e laghi (Legambiente, 2022).

Focalizzando l'attenzione sul panorama italiano, annualmente vengono consumati circa 26 miliardi di metri cubi d'acqua (Legambiente, 2022) i quali sono principalmente utilizzati nel settore primario (agricoltura), secondario (industria) e civile (idropotabile).

Con riferimento all'ultima categoria menzionata, la quale evidentemente necessita di acqua di maggiore pregio rispetto agli altri impieghi summenzionati, circa l'80% degli approvvigionamenti avvengono mediante prelievo da acqua sotterranea (Legambiente, 2022; Kresic, 2023).

Alla luce di quanto scritto è possibile asserire che le riserve d'acqua che alloggiavano negli acquiferi presenti nel sottosuolo italiano sono generalmente contraddistinte da una buona qualità e, inoltre, che sono risorse del tutto "rinnovabili" in quanto esse sono parte costituente del ciclo idrologico la cui schematizzazione viene offerta in Figura 2.1.

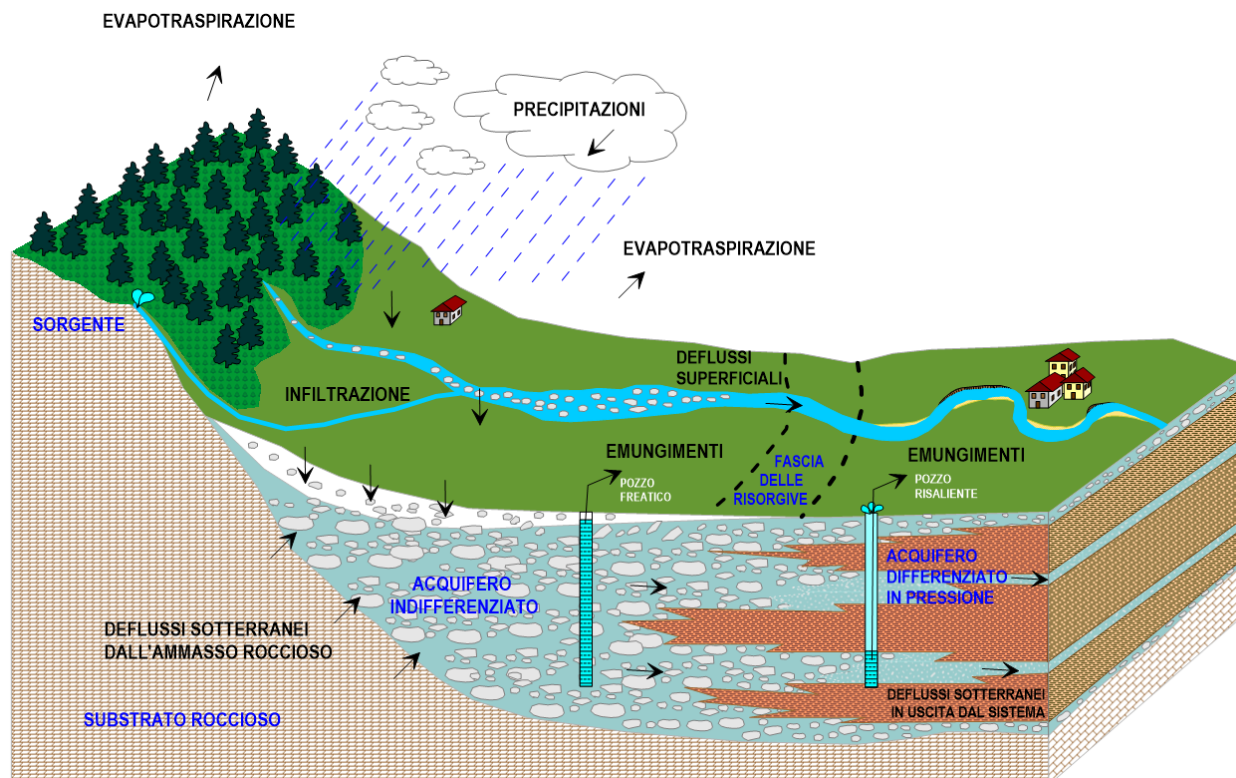


Figura 2.1 – Schematizzazione del ciclo idrologico (Schema Sinergo Srl 2023)

2.1.2 MODALITÀ DI SFRUTTAMENTO DELLA RISORSA

L'estrazione delle acque del sottosuolo può avvenire mediante la realizzazione di opere di presa di differente tipologia. La scelta della modalità di prelievo maggiormente idonea dipende da più fattori, quali:

- il contesto geologico ed idrogeologico di riferimento;
- le conoscenze relative all'area di indagine;
- la tipologia di risorsa individuata.

In via generale gli attingimenti possono avvenire mediante opere di presa di sorgente (prevalentemente in ambito montano) o di pozzi (prevalente in ambito vallivo e di pianura). In aggiunta, qualora le condizioni al contorno ne manifestassero l'esigenza, può essere necessaria la realizzazione di indagini sperimentali propedeutiche alla ricerca (i.e. realizzazione di piezometri esplorativi).

Qualsiasi sia la tipologia di opera di presa, la progettazione della medesima è di fondamentale importanza. Specialmente nel caso di prelievo mediante pozzo, l'individuazione dell'acquifero da sfruttare deve essere eseguita attentamente al fine di individuare la risorsa più idonea, qualitativamente e quantitativamente, a soddisfare gli usi richiesti.

Con lo scopo di promuovere la tutela quantitativa del corpo idrico sotterraneo, in alcune circostanze può risultare utile verificare la fattibilità e la successiva sostenibilità riguardo l'implementazione di sistemi di ricarica artificiale della falda al fine di rimpinguare la risorsa idrica all'interno di un

ambiente controllato e maggiormente protetto rispetto, ad esempio, ai comuni invasi d'acqua superficiale.

2.1.3 INDIVIDUAZIONE DI AREE VOCATE ALLA RICARICA ARTIFICIALE DELLA FALDA

Gli strati geologici permeabili nei quali alloggiavano le circolazioni idriche sotterranee vengono naturalmente reintegrati attraverso la pioggia che percola nel sottosuolo o per infiltrazione da corsi d'acqua: tuttavia in certe località i consumi d'acqua necessari per soddisfare i bisogni dell'uomo sono talvolta tali da creare dei deficit idrici tali da ridurre in maniera sensibile i quantitativi disponibili (Commonwealth of Australia, 2009).

In questi casi risulta interessante valutare la promozione di iniziative relative alla ricarica artificiale² delle falde acquifere. In sostanza, esse corrispondono alla ricarica mirata di specifici corpi acquiferi sotterranei per consentire il successivo utilizzo della risorsa idrica o, alternativamente, per:

- ripristinare o incrementare il tenore ambientale della circolazione in oggetto,
- mitigare fenomeni di subsidenza e/o di cuneo salino qualora il sito fosse ubicato in ambiti costieri,
- immagazzinare grandi quantità d'acqua in concomitanza ad eventi di piena.

2.1.4 ANALISI QUANTITATIVA DELLA RISORSA SOTTERRANEA

La valutazione della produttività del sistema di approvvigionamento avviene mediante l'esecuzione di specifici test sperimentali.

In relazione ai pozzi, le attività sono generalmente riconducibili alle seguenti prove idrauliche:

- Step Drawdown Test (SDT): si tratta di una sollecitazione a gradini di portata costante in step crescenti, del sistema pozzo-falda e della ricostruzione della curva caratteristica del pozzo; le elaborazioni producono una stima della percentuale degli abbassamenti dovuti alle perdite di carico per il transito dell'acqua rispettivamente entro il mezzo poroso (regime laminare) ed attraverso i filtri (regime turbolento) e conducono a considerazioni tecniche di utilità gestionale³, rispettivamente alle portate critica ed ottimale di esercizio della presa;
- Constant Rate Test (CRT): si esegue mettendo in esercizio il pozzo a portata costante e monitorando l'abbassamento del livello dinamico in pozzo ed almeno in un piezometro di controllo, fino alla stabilizzazione; il test è di utilità per la stima della trasmissività idraulica (T) dell'acquifero e, nell'ipotesi di disporre di punti piezometrici di controllo, anche di altri parametri idrogeologici (immagazzinamento, drenanza, anisotropie etc.). Il monitoraggio degli eventuali abbassamenti presso pozzi piezometrici adiacenti al punto di captazione è

² Si specifica che azioni antropiche di ricarica della falda possono essere di natura intenzionale (i.e. sistemi debitamente progettati e realizzati) o non intenzionali (i.e.: perdite da tubazioni, percolazioni di acque irrigue nel sottosuolo, ecc). Nella presente trattazione l'approccio operativo applicato afferisce in via esclusiva alla prima casistica.

³ Particolarmente utili risultano i test condotti sulla medesima opera in differenti intervalli temporali in quanto possono fornire utili informazioni in merito lo stato di conservazione dell'opera stessa, evidenziando eventuali peggioramenti prestazionali e consigliando eventuali interventi di ripristino. A riguardo si specifica che la Committenza ha provveduto a trasmettere allo scrivente gli esiti dei test di collaudo eseguiti a valle della realizzazione dell'opera.

fondamentale per verificare la presenza di effetti di interferenza e per la valutazione del raggio di influenza;

- Recovery Test (REC): interruzione del pompaggio e misurazione delle modalità di recupero dell'abbassamento indotto (rialimentazione dell'acquifero).

In relazione allo sfruttamento delle sorgenti, il monitoraggio (preferibilmente in continuo) di alcuni parametri della risorsa (portata, temperatura, conducibilità elettrica, ecc.) e di altre grandezze al contorno (afflussi meteorici) rappresenta la modalità operativa maggiormente adeguata al fine di studiare la risorsa in esame, consentendo la classificazione, la valutazione della produttività e della vulnerabilità della medesima.

2.1.5 ANALISI QUALITATIVA DELLA RISORSA SOTTERRANEA

La qualità della risorsa sotterranea va valutata in relazione alla finalità previste per la medesima. Nello specifico, le acque di maggiore pregio devono essere riservate al consumo umano (D. Lgs. 18/2023).

Le valutazioni preliminari riguardo le peculiarità qualitative attese per l'area di indagine possono essere sviluppate sulla base delle caratteristiche geologiche del sottosuolo in esame e delle risorse bibliografiche eventualmente disponibili. Quest'ultime possono rappresentare una fonte di informazione particolarmente utile per individuare un'eventuale contaminazione delle acque sotterranee in grado di pregiudicare l'impiego della risorsa rispetto gli usi previsti.

Antecedentemente alla messa in esercizio della/e opera/e di presa, appare quantomai utile caratterizzare puntualmente la risorsa captata: le analisi chimiche delle acque, eseguite su campioni rappresentativi della risorsa da parte di laboratori accreditati, rappresentano lo strumento maggiormente adeguato per pervenire a tale scopo.

A livello il D. Lgs 152/2006 fornisce le informazioni tecniche per predisporre in modo corretto il campionamento e le analisi delle acque sotterranee. Le analisi chimiche delle acque sotterranee devono essere svolte in laboratori idonei, che garantiscano la qualità del risultato e utilizzino metodologie tali da garantire la rilevazione di valori dieci volte inferiori rispetto ai valori di concentrazione limite. Le metodiche analitiche utilizzate dovranno essere concordate fra le parti prima dell'inizio delle analisi, in fase di approvazione del piano di indagine proposto.

Successivamente all'ottenimento dei dati, è necessaria la validazione degli stessi, ovvero quel complesso di procedure volte alla correttezza analitica e alla precisione del calcolo, per un'elaborazione finale che esprima l'incertezza del valore di concentrazione determinato per ciascun campione.

2.1.6 QUADRO NORMATIVO

In termini di regolamentazioni legislative e con specifica attinenza al lavoro in oggetto, la normativa di riferimento risulta essere rappresentata dai seguenti documenti:

- Regio Decreto 11 Dicembre 1933 N° 1775 «Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e sugli impianti elettrici»;
- Legge 4 Agosto 1984 N° 464 «Obblighi di informazione al Servizio Geologico»;
- Decreto Legislativo 3 Aprile 2006 N°152 «Norme in materia ambientale» e s.m.i;

- Decreto Legislativo 16 Marzo 2009, N° 30 «Attuazione della direttiva 2006/118/CE, relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento».

Alla normativa nazionale vanno poi sovrapposti i Piani di Tutela delle Acque (previsti dall'art. 121 del D.Lgs. 152/2006), eventuali Linee Guida locali esistenti, testi normativi a valenza regionale, ecc.

2.2 ACQUE SUPERFICIALI

2.2.1 QUADRO DESCRITTIVO DELLE ACQUE SUPERFICIALI IN ITALIA

I fiumi italiani sono generalmente più brevi rispetto a quelli delle altre regioni europee perché l'Italia è in parte una penisola lungo la quale si eleva la catena degli Appennini che divide le acque in due versanti opposti. Tuttavia la loro numerosità (circa 1200 fiumi) fa sì che essi siano centrali nel determinare le caratteristiche idrologiche della penisola.

Circa i fiumi italiani è possibile fare delle considerazioni di carattere generale: per prima cosa, i fiumi più larghi e di maggiore portata appartengono alla regione alpina, data la disposizione e l'elevazione dei rilievi. Lungo la penisola invece, data la disposizione della catena appenninica e le differenze nel declivio dei due versanti, i corsi d'acqua sui versanti adriatico e ionico percorrono brevi valli trasversali e, tranne il Reno, non superano i 200 km in lunghezza, mentre solo una decina di essi supera i 100 km; sul versante tirrenico invece, sono mediamente più lunghi perché i contrafforti appenninici e la fascia sub-appenninica sono più ampie. Infine, i fiumi che si versano nel Tirreno risultano avere lunghezza maggiore anche perché per il primo tratto, seguono valli longitudinali (valli appenniniche) e corrono poi trasversali rispetto all'asse della catena, nella zona sud-appenninica.

Data la collocazione delle sorgenti e il regime della piovosità locale, i fiumi d'Italia si dividono in:

- fiumi alpini: di origine glaciale, soggetti a piene nella stagione primaverile ed estiva poiché alimentati dallo scioglimento dei ghiacciai. La ripidità delle valli da cui i fiumi scendono, la velocità delle loro acque e la loro attività di erosione e di trasporto di detriti rocciosi risultano notevoli. I laghi che frequentemente occupano le parti più depresse delle valli alpine servono a smorzare l'impeto dei fiumi e a chiarificare le loro acque torbide, tramite decantazione, per cui il materiale detritico viene abbandonato nei laghi di cui tali fiumi sono immissari;
- fiumi appenninici: soggetti a piene improvvise primaverili e autunnali per via delle piogge. I periodi di magra si verificano in estate, accentuati nell'Appennino Settentrionale, e quasi assoluti in quello meridionale, fatta eccezione per alcuni corsi d'acqua (Aterno-Pescara, Sele, Volturno, Liri-Garigliano, per limitarsi a quelli che sfociano direttamente in mare, cui s'aggiungono Velino, Nera, Aniene tutti nel bacino del Tevere, ecc.) che sono alimentati da grosse sorgenti carsiche che scaturiscono al margine di zone caratterizzate da rocce permeabili fessurate. Mancano, infatti, sull'Appennino nevai e ghiacciai (l'unico ghiacciaio, seppur esiguo, è quello del Calderone, sul versante settentrionale del Corno Grande, nel massiccio del Gran Sasso, in Abruzzo); inoltre non sempre poi l'acqua piovana viene raccolta in alvei fluviali costituiti da terreno impermeabile in modo tale da permettere una discreta portata annua media;
- fiumi Sardi e Siciliani, che sono invece prevalentemente di carattere torrentizio (pieni d'acqua d'inverno e quasi secchi d'estate), ad eccezione dei fiumi Tirso, Flumendosa, Coghinias e Simeto.

2.2.2 ANALISI QUALITATIVA DELLE ACQUE SUPERFICIALI

Ai sensi della DIR 2000/60/CE, per i corpi idrici superficiali l'espressione complessiva dello stato del corpo idrico, noto come "stato ambientale", è determinato dal valore più basso del suo stato ecologico e chimico; il corpo idrico raggiunge il buono stato qualora sia lo stato ecologico sia lo stato chimico siano in stato almeno buono. Per valutare lo "stato chimico", sono monitorate le sostanze chimiche inquinanti, definite prioritarie a livello comunitario, che non devono essere presenti oltre precise concentrazioni: lo stato è buono quando tutte le sostanze risultano conformi ai rispettivi standard di qualità ambientale (espressi come media annua e/o massima ammissibili).

Lo "stato ecologico" è espressione della qualità della struttura e del funzionamento degli ecosistemi acquatici associati alle acque superficiali ed è definito da alcuni indicatori biologici supportati da elementi chimico/fisici e chimici (non prioritari); per i corsi d'acqua naturali devono essere valutate anche le alterazioni idromorfologiche, in quanto possono interferire con la funzionalità degli ecosistemi acquatici. In particolare, per fiumi, laghi, acque di transizione e acque costiere, la qualità ecologica è suddivisa in:

- stato elevato: "nessuna, o poco rilevante, alterazione antropica dei valori degli elementi di qualità fisico-chimica e idromorfologica del tipo di corpo idrico superficiale rispetto a quelli di norma associati a tale tipologia di corpo idrico superficiale inalterato";
- stato buono: "i valori degli elementi di qualità biologica del tipo di corpo idrico superficiale presentano livelli di distorsione poco elevati dovuti all'attività umana, ma si discostano solo lievemente da quelli di norma associati al tipo di corpo idrico superficiale inalterato";
- stato sufficiente: "i valori degli elementi di qualità biologica del tipo di corpo idrico superficiale si discostano moderatamente da quelli di norma associati al tipo di corpo idrico superficiale inalterato. I valori presentano segni moderati di distorsione dovuti all'attività umana e alterazioni significativamente maggiori rispetto alle condizioni dello stato buono"
- stato cattivo: non sufficiente.

Per ogni classe, la direttiva associa un colore (blu, verde, giallo, arancione, rosso).

Gli elementi di qualità biologica essenziali per un buono stato del fiume vengono descritti in base alla presenza di elementi come il fitoplancton, macrofite e fitobentos, macroinvertebrati bentonici e la fauna ittica. Anche tali parametri vengono valutati secondo lo schema "stato elevato", "stato buono" e "stato sufficiente".

La qualità idromorfologica ha come obiettivi principali quelli di mantenere lo stato di regime idrologico, continuità del fiume e condizioni morfologiche, mentre gli elementi di qualità fisico-chimica includono la salinità, pH, bilancio dell'ossigeno, capacità, temperatura di neutralizzazione degli acidi. Ulteriori parametri riguardano gli inquinanti sintetici specifici e quelli non sintetici specifici.

Le acque che presentano gravi alterazioni dei valori degli elementi di qualità biologica/chimica e/o mancanze di ampie porzioni di comunità biologiche di norma associate al tipo di corpo idrico naturalmente inalterato sono classificate come aventi stato cattivo.

L'insieme delle caratteristiche essenziali sopracitate sono pertinenti a fiumi, laghi e corpi idrici fortemente modificati o artificiali.

Emerge una situazione diversa per le acque di transizione e acque costiere, poiché si aggiunge un nuovo criterio, come lo stato delle macroalghe e delle angiosperme in materia biologica, e in materia idromorfologica il regime di marea.

Viene comunque redatta una procedura per la fissazione degli standard di qualità chimica da parte degli Stati membri volta alla raccolta dei dati base dei taxa di alghe e/o macrofite, dafnia od organismi rappresentativi delle acque saline e pesci. Successivamente, vengono fissati dei fattori di sicurezza appropriati per ciascun caso per esempio "almeno una L(E)C50 acuta per ognuno dei tre livelli trofici dell'insieme di base" con fattore di sicurezza 1000 (con riserva, poiché i fattori di sicurezza possono variare in base ad anomalie o imprecisioni).

Per mantenere costante il controllo sulla zona idrica critica e non, si effettuano monitoraggi secondo un piano di gestione redatto dagli Stati membri, in particolare hanno cadenza ogni mese o massimo sei anni in base alla categoria di appartenenza dell'elemento in esame; l'idrologia è sottoposta ad analisi giornalmente per i fiumi e la salinità ogni tre mesi, fino ad arrivare ai sei anni per la morfologia o la continuità. Le tempistiche si discostano così tanto poiché ogni elemento ha delle tempistiche differenti per il raggiungimento di un ipotetico stato cattivo.

Il D.Lgs. 152/06, alla parte Terza, definisce i criteri di monitoraggio e classificazione delle acque in funzione degli obiettivi di qualità ambientale. In particolare, in merito alle acque superficiali, lo "stato ambientale" deriva dalla valutazione dello "stato ecologico" e dello "stato chimico" del corpo idrico. Lo "stato ecologico" si riferisce alla struttura e funzionamento degli ecosistemi acquatici ed è determinato in base ad elementi biologici, idromorfologici, chimici e chimico-fisici. La definizione dello "stato chimico" è effettuata tramite il monitoraggio dei parametri prioritari definiti in Tabella 1/A del DM 260/10 e non prioritari definiti in Tabella 1/B dello stesso Decreto.

I metodi impiegati per il monitoraggio dei parametri devono garantire prestazioni tali da assicurare un limite di quantificazione analitico pari a dieci volte inferiore il valore limite di parametro, ove tecnicamente possibile con l'utilizzo della migliore tecnologia disponibile.

I monitoraggi sono finalizzati non solo alla convalida di una procedura universale, ma anche a fornire informazioni utili sulle tendenze a lungo termine, soprattutto quando incide l'attività dell'uomo piuttosto che quella naturale.

2.2.3 SISTEMI DI MONITORAGGIO

Il monitoraggio delle acque superficiali è essenziale per valutare la qualità dell'acqua e l'ecosistema fluviale, oltre che per garantire il rispetto dei regolamenti ambientali. Ad oggi sono disponibili diversi sistemi e strumenti analitici per il monitoraggio delle acque superficiali, ed alcuni di questi includono:

- stazioni di monitoraggio fisico-chimico: potenzialmente disposte lungo corsi d'acqua e laghi e misurano parametri come temperatura, pH, conducibilità e ossigeno disciolto, che forniscono informazioni importanti sulla chimica dell'acqua e sulla sua idoneità per la vita acquatica;
- campionamento dell'acqua: prevede il prelievo di campioni d'acqua in vari punti e in diversi momenti per analizzare la presenza di sostanze chimiche, metalli pesanti, nutrienti, contaminanti organici e batteri. I campioni possono essere analizzati in laboratorio utilizzando tecniche come la cromatografia e la spettroscopia,

- sensori in situ: posizionati direttamente nell'acqua per misurare parametri in tempo reale come temperatura, ossigeno disciolto, torbidità, quantificazione della clorofilla A (utilizzata per valutare la presenza di alghe);
- biomonitoraggio: questo approccio coinvolge l'uso di organismi viventi come alghe, invertebrati acquatici o pesci per valutare la salute degli ecosistemi acquatici. Le variazioni nella composizione e nella salute di queste comunità biologiche possono rivelare problemi ambientali;
- sistemi di telemetria: consentono di trasmettere dati da stazioni di monitoraggio remote direttamente a un centro di controllo o a un computer per l'analisi in tempo reale. Ciò è utile per la gestione continua dei dati ambientali;
- tecniche Remote Sensing: l'osservazione da satellite o aerea può essere utilizzata per monitorare estesi corpi idrici e identificare cambiamenti nella copertura terrestre circostante, come la deforestazione o l'urbanizzazione che possono influenzare la qualità dell'acqua;
- modellazione idrologica: i modelli idrologici utilizzano dati climatici, topografici e idrologici per prevedere flussi d'acqua, livelli dei fiumi e la diffusione di contaminanti nell'acqua;
- sistemi di monitoraggio Continuo dei Flussi: per misurare il flusso dell'acqua nei corsi d'acqua, possono essere combinati con dati di qualità dell'acqua per calcolare i carichi di contaminanti;
- analisi di laboratorio: aspetto importante del monitoraggio delle acque superficiali, in cui campioni di acqua prelevati vengono analizzati in laboratorio utilizzando tecniche per la determinazione di contaminanti specifici;
- sonde multiparametro: per misurare simultaneamente più parametri in situ, rendendo più efficiente il monitoraggio.

La scelta dei metodi e degli strumenti dipende dagli obiettivi del monitoraggio, dalla scala geografica, dalla disponibilità di risorse e dai requisiti normativi. Il monitoraggio continuo e accurato delle acque superficiali è essenziale per proteggere e preservare questi importanti ecosistemi e risorse idriche.

2.2.3.1 ANALISI DELLA QUALITÀ DELL'ACQUA POTABILE

L'acqua di sorgente può essere vulnerabile a contaminanti accidentali o intenzionali e a cambiamenti dovuti a fattori stagionali o meteorologici. Il monitoraggio della qualità dell'acqua di sorgente in entrata consente di anticipare le modifiche ai processi di trattamento che sono necessarie per reagire a temporali, fioriture algali, scarichi industriali, sversamenti chimici, stratificazione/destratificazione nei serbatoi, attività edilizie, fuoriuscite di reflui fognari e altri eventi naturali o causati dall'uomo.

ANALIZZATORE PER TOC / TN / TP

Applicazioni:

- Acque superficiali;
- Acque in ingresso di impianti di trattamento delle acque reflue civili;
- Acque di processo delle raffinerie di petrolio, dell'industria alimentare, dell'industria cartaria;
- Rotture e perdite in processi;

- Effluente degli impianti di desalinizzazione.

Il metodo consente di ottenere l'ossidazione totale e completa del campione, con conversione del carbonio organico in CO₂ dei composti dell'azoto in nitrato e dei composti del fosforo in fosfato. Misura del TOC: un campione rappresentativo non filtrato, da misurare, viene pompato nell'analizzatore. Si aggiunge dell'acido per ridurre il valore del pH in modo tale che il carbonio inorganico venga strappato come CO₂ e misurato come carbonio inorganico totale (TIC). Il metodo utilizza i radicali idrossilici generati dall'ozono e dall'idrossido di sodio. Per estrarre la CO₂ dal campione ossidato, il pH del campione viene ridotto nuovamente. La CO₂ viene strappata e misurata dall'analizzatore CO₂ specificamente sviluppato, di tipo non dispersivo a infrarossi (NDIR). Il risultato viene visualizzato come carbonio organico totale (TOC).

Misura di TN: una volta completata l'analisi del TOC, il campione di liquido ossidato viene trasferito nella cella di misura, dove il fotometro analizza le lunghezze d'onda applicabili ai nitrati. Il risultato viene visualizzato come azoto totale (TN).

Misura di TP: il campione di liquido ossidato viene sottoposto a bollitura acida nel bollitore TP per 10 minuti a 100 °C, rompendo i legami dei polifosfati in ortofosfati. Il campione viene fatto reagire con il reagente TP e trasferito nella cella di misura, dove il fotometro analizza le lunghezze d'onda applicabili ai fosfati. Il risultato viene visualizzato come fosforo totale (TP).

Il sistema di analisi TOC attualmente in uso richiede un tempo di inattività dei processi o frequenti operazioni manuali di ricalibrazione e pulizia. Gli analizzatori online sono stati concepiti per evitare questi problemi. Grazie alla tecnologia esclusiva di ossidazione avanzata a doppio stadio (TSAO) e ai tubi di grandi dimensioni, la deriva del segnale e la necessità di filtrazione sono drasticamente ridotte. Il prodotto richiede interventi di manutenzione soltanto due volte l'anno e nessuna calibrazione tra gli intervalli di manutenzione.

La struttura solida, realizzata con materiali di alta qualità, rende questo prodotto adatto alle applicazioni industriali più impegnative. Il sistema grazie al suo design, consente la manipolazione, grassi e oli così come dei carichi di particolato.

In base al tipo di applicazione, lo strumento può essere personalizzato per un utilizzo con intervalli di misura molto ampi. L'analizzatore offre anche possibilità di multi-stream che consentono l'impiego di un massimo di 6 canali. Inoltre può essere adattato per un utilizzo in ambienti interni o in esterni.

Grazie all'elevato volume del campione (fino a 14 ml) e alla calibrazione del punto zero per ogni procedura di misurazione, l'accuratezza delle misure è di altissimo livello. Il sistema è in grado di misurare in campioni con i cloruri fino al 30% e i fanghi fino al 12% in volume.

ANALIZZATORE COLORIMETRICO DEL CROMO DISCIOLTO

Applicazioni:

- acque superficiali;
- acque reflue;
- acque potabili.

Gli analizzatori di cromo Cr (VI) raggiungono livelli eccellenti di precisione e accuratezza. Il componente principale del colorimetro è un gruppo compatto di fotometri. L'analisi di volumi contenuti permette un consumo ridotto di reagenti, tuttavia la grande lunghezza del cammino ottico assicura una sensibilità elevata. Il limite di rilevamento è compreso nel range µg/L basso.

Le funzioni automatiche intelligenti per la calibrazione, la convalida, l'inizializzazione e la pulizia sono integrate nel software del controller e contribuiscono alle prestazioni analitiche, a massimizzare i tempi di esercizio e a eliminare quasi completamente l'intervento dell'operatore. Le micropompe di precisione dosano tutti i reagenti. Le linee di campionamento e il contenitore per analisi vengono puliti con acqua demineralizzata per eliminare la contaminazione incrociata tra campioni. La parte elettronica e chimica per via umida dell'analizzatore sono rigorosamente separate. Uno sportello trasparente permette l'ispezione visiva immediata della parte umida.

Tutti i componenti hardware sono controllati dal Pannello tipo PC industriale integrato. La struttura modulare permette all'analizzatore di soddisfare le esigenze applicative e operative.

ANALISI COLORIMETRICA DEL SOLFATO NELL'ACQUA

Applicazioni:

- acque superficiali;
- acque potabili;
- acque reflue;
- produzione energia.

Gli analizzatori di solfato raggiungono livelli eccellenti di precisione e accuratezza. Il componente principale del colorimetro è un gruppo compatto di fotometri. L'analisi di volumi contenuti permette un consumo ridotto di reagenti, tuttavia la grande lunghezza del cammino ottico assicura una sensibilità elevata. Il limite di rilevamento è compreso nel range µg/L basso.

Le funzioni automatiche intelligenti per la calibrazione, la convalida, l'inizializzazione e la pulizia sono integrate nel software del controller e contribuiscono alle prestazioni analitiche, a massimizzare i tempi di esercizio e a eliminare quasi completamente l'intervento dell'operatore. Le micropompe di precisione dosano tutti i reagenti. Le linee di campionamento e il contenitore per analisi vengono puliti con acqua demineralizzata per eliminare la contaminazione incrociata tra campioni. La parte elettronica e chimica per via umida dell'analizzatore sono rigorosamente separate. Uno sportello trasparente permette l'ispezione visiva immediata della parte umida.

Gli analizzatori di solfato serie EZ presentano una struttura ergonomica elegante dal design compatto. Tutti i componenti hardware sono controllati dal Pannello tipo PC industriale integrato. La struttura modulare permette all'analizzatore di soddisfare le esigenze applicative e operative.

SENSORI UV PER NITRATI E NITRITI

Applicazioni:

- acque potabili;
- acque reflue.

I nitrati disciolti in acqua assorbono i raggi UV con lunghezze d'onda inferiori a 250 nm. L'assorbimento dei raggi UV da parte dei nitrati e dei nitriti consente di determinare fotometricamente i nitrati e i nitriti disciolti senza reagenti. Il sensore viene inserito direttamente nel mezzo. Il colore del mezzo non ha effetto sulla misura perché il principio di misura si basa sull'analisi di raggi UV invisibili.

Sia che si tratti di misurare i nitrati e i nitriti negli impianti di trattamento delle acque reflue municipali, nelle acque superficiali, nelle acque non trattate o nelle acque potabili trattate, sono disponibili 3 diversi cammini ottici per adattarsi agli intervalli di misura e alle esigenze di compensazione della torbidità.

ANALISI DA PROCESSO ELETTROCHIMICA

Il sistema di riferimento dell'elettrodo pH-D-S sc è protetto all'interno della struttura della sonda. Questo garantisce un'elevata protezione contro agenti aggressivi ed avvelenamenti esterni.

L'H₂S presente nelle acque di scarico non compromette la funzionalità dell'elettrodo. Il ponte salino inoltre è resistente alla sporcizia, e in questo modo si riducono, rispetto alla versione a membrana, le operazioni di pulizia necessarie e le diluizioni dell'elettrolita.

Come vantaggio, l'elevato standard qualitativo e la lunga vita operativa dell'elettrodo pH-D-S sc garantisce una eccellente affidabilità operativa e vasta applicabilità in acque reflue civili o industriali in acque potabili o per uso aziendale.

2.2.4 DERIVAZIONE E FRUIZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI

Le opere di presa sono una serie di impianti che permettono il prelievo di acqua dai cicli naturali; sulla base del D.Lgs. n°31 del 02/02/2001 inerente la qualità delle acque destinate al consumo umano, si annovera tra le varie fonti idriche la captazione di acque superficiali differenziandole fra "correnti" (corsi d'acqua) e "stagnanti" (laghi).

2.2.4.1 DERIVAZIONE DA ACQUE SUPERFICIALI CORRENTI

Le opere di derivazione dai corsi d'acqua si suddividono in:

- piccole derivazioni: se la portata derivata è decisamente inferiore a quella del corso d'acqua nel periodo di magra;
- grandi derivazioni: se la portata derivata è dello stesso ordine di grandezza quella del corso d'acqua nel periodo di magra e, talvolta, maggiore nei periodi non asciutti.

Nelle piccole derivazioni, i livelli idrici sono poco rilevanti ed il deflusso nel corso d'acqua prosegue indisturbato. L'opera di captazione si compone di un impianto di sollevamento costituito da una pompa ubicata sulla riva che adduce l'acqua in una vasca di carico.

La bocca della presa è disposta al di sotto del livello minimo del corso d'acqua, ma più in alto del fondo per evitare l'interramento. Essa è inoltre protetta da una griglia che impedisce l'ingresso di materiale grossolano. Se la portata del corso d'acqua supera una determinata soglia è possibile che venga installato un edificio di captazione per limitare la presenza di materiali indesiderati, limitare la turbolenza e gestire la captazione.

Le grandi derivazioni, prelevando una parte considerevole della portata defluente incidono sostanzialmente sul regime idrologico del corso d'acqua a valle della presa; date le grandi portate, l'acqua generalmente viene derivata a superficie libera.

Queste opere comprendono una derivazione ed una traversa di sbarramento. L'opera di presa ha lo scopo di regolare la portata derivata mediante paratoie ed intercettare il materiale solido, così da migliorare la qualità delle acque. D'altro canto, la traversa ha l'obiettivo di impedire il naturale deflusso fissando la quota della superficie libera e creando un dislivello idrico in grado di garantire il volume di presa.

La soglia dell'opera di presa è posta ad una quota superiore al livello del fondo alveo per impedire l'ingresso del trasporto solido di fondo, mentre uno sghiaiatore rimuove il materiale che tenderebbe ad accumularsi contro il petto della soglia. Subito a valle di esso sono installate delle griglie che

hanno lo scopo di trattenere i corpi galleggianti. A valle delle griglie sono inserite delle paratoie che hanno lo scopo di intercettare il deflusso e di regolare le portate derivate. Ancora a valle è posto un dissabbiatore, costituito da più vasche parallele in cui l'acqua rallenta per ridurre la turbolenza e consentire la sedimentazione della frazione solida in sospensione. Al termine delle vasche di dissabbiamento l'acqua fuoriesce sfiorando in superficie ed imbecca il canale di derivazione.

2.2.4.2 DERIVAZIONE DA ACQUE SUPERFICIALI STAGNANTI

Il lago rappresenta una fonte d'acqua molto rilevante, un serbatoio d'accumulo naturale che garantisce la continuità dell'approvvigionamento idrico durante le diverse stagioni dell'anno. La captazione da acque superficiali stagnanti è effettuata solitamente tramite la costruzione di torri di presa aventi finestre per il passaggio dell'acqua richiudibili, poste a varie altezze. In questo modo è possibile captare l'acqua a profondità diverse in funzione del livello idrico del lago in virtù della stagione, della torbidità dell'acqua di fondo e della temperatura superficiale.

2.2.4.3 QUADRO NORMATIVO DI FRUIBILITÀ DELLE ACQUE

A livello normativo-burocratico, la possibilità di captare contributi idrici superficiali è subordinata ad apposite approvazioni degli enti locali che culminano con il rilascio di una "concessione".

La normativa trova declinazione nelle leggi e direttive regionali, infatti le Regioni hanno competenza sulla gestione della risorsa idrica in base al D.Lgs. 31 marzo 1998, n. 112: "Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59". Successivamente le Regioni hanno delegato alcune funzioni alle Province. Dopo la legge 7 aprile 2014, n. 56 "Disposizioni sulle città metropolitane, sulle province, sulle unioni e fusioni di comuni" alcune funzioni, a discrezione di ogni singola regione, sono state diversamente ripartite: conseguentemente la situazione inerente la richiesta di concessioni risulta particolarmente complessa e variegata.

Si riporta di seguito un rapporto di sintesi differenziato per Regione, al fine di facilitare la comprensione e la contestualizzazione nel panorama nazionale.

Abruzzo

La direttiva nazionale afferma che: "tutti i soggetti pubblici o privati che vogliono derivare acque pubbliche sul proprio terreno o sul terreno altrui, devono chiederne la concessione alla Regione Abruzzo ai sensi del Regolamento emanato dalla Regione Abruzzo il 13 agosto 2007 con Decreto del Presidente della Giunta Regionale n. 3".

Le competenze per i procedimenti concessori sono così ripartite (art.9 D.P.G.R. 13 agosto 2007, n. 3/Reg.):

- alle Province: tutte le piccole derivazioni;
- alla Regione Abruzzo, Direzione preposta alla gestione acqua: tutte le grandi derivazioni.

A seguito della legge 7 aprile 2014, n. 56 "Disposizioni sulle città metropolitane, sulle province, sulle unioni e fusioni di comuni" la Provincia di Chieti ha restituito alla Regione Abruzzo le sue competenze in merito alle acque.

Basilicata

La storia della gestione idrica in Basilicata è strettamente correlata alla Regione Puglia e alle sue necessità idriche. Il 5 agosto 1999 la Regione Basilicata, la Regione Puglia, il Ministero dei Lavori Pubblici hanno sottoscritto, ai sensi dell'art. 17 della L. 36/1994, un Accordo di programma finalizzato alla regolamentazione dei processi di pianificazione e gestione delle risorse idriche condivise tra le regioni Basilicata e Puglia.

Calabria

La Regione Calabria ai sensi della Legge regionale 22 giugno 2015, n. 14: "Disposizioni urgenti per l'attuazione del processo di riordino delle funzioni a seguito della legge 7 aprile 2014, n.56" pubblicata sul Burc n. 42 del 24 giugno 2015 tra le funzioni relative alle concessioni ha avocato a se la gestione del demanio idrico

Campania

In base alla L.R. 29 maggio 1980, n. 54 (Delega e sub-delega di funzioni regionali ai Comuni, alle Comunità Montane e alle Province e disciplina di provvedimenti legislativi ed amministrativi regionali concernenti le funzioni delegate e sub-delegate), e al Regolamento Regionale 12 novembre 2012, n. 12 così come modificato Regolamento Regionale 6 marzo 2018, n. 2., sono sub-delegate alle province tutte le funzioni amministrative in materia di acque ed acquedotti. Le grandi derivazioni sono rilasciate a livello regionale e si consiglia di contattare l'Ufficio per le Relazioni con il Pubblico.

Emilia Romagna

La Regione esercita direttamente le funzioni di gestione dei beni del demanio idrico, come stabilito dall'art. 141 della Legge Regionale 21 aprile 1999, n. 3 e con apposito regolamento disciplina il procedimento di concessione (Regolamento Regionale n.41/2001).

Dal 1 Maggio 2016 i Servizi Tecnici di Bacino (STB) della Regione Emilia-Romagna, che dal 2002 avevano il compito di esercitare i compiti relativi al rilascio delle concessioni di derivazione d'acqua sono stati soppressi e le loro funzioni demandate alle Strutture Autorizzazioni e concessioni (Sac) di Arpae e all'Agenzia regionale per la sicurezza territoriale e la protezione civile.

Friuli Venezia Giulia

La Regione rilascia direttamente i provvedimenti concessori relativi alle piccole e grandi derivazioni da corsi d'acqua superficiali (fiumi, torrenti, rogge, laghi e canali, sia naturali che artificiali), da falda o da sorgente. La Legge Regionale di riferimento è la n.16 del 3 luglio 2002: "Disposizioni relative al riassetto organizzativo e funzionale in materia di difesa del suolo e di demanio idrico" che stabiliva le modalità di gestione della risorsa idrica, con successive variazioni.

Lazio

La LR n. 53 del 1998 delega alle Province e alla Città Metropolitana di Roma Capitale le competenze per le concessioni di piccole derivazioni, mentre le grandi derivazioni come la richiesta e la riscossione del canone di concessione demaniale è e in capo alla Regione Lazio.

I riferimenti regionali sono:

- la *Direzione Regionale Lavori Pubblici, Stazione Unica Appalti, Risorse Idriche e Difesa del Suolo*: pianifica e controlla la gestione delle risorse idriche nonché le concessioni di derivazioni per l'utilizzo di acque pubbliche, le concessioni di pertinenze idrauliche e di aree fluviali;
- la *Direzione Ambiente e Sistemi Naturali* che si occupa di tutela dell'ambiente.

Liguria

La Regione è competente per le funzioni amministrative relative alle piccole e grandi derivazioni d'acqua pubblica.

La derivazione di acque pubbliche è subordinata all'ottenimento di una concessione, a norma del Regio Decreto n. 1775 dell'11 dicembre 1933 (Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici).

Lombardia

La gestione della risorsa idrica rimane, come pianificazione e grandi derivazioni alla regione e gli uffici collegati, mentre le piccole derivazioni sono a carico delle Province e della Città Metropolitana. In Lombardia ci sono dodici ATO, uno per provincia e città metropolitana. Agli ATO è demandato il governo dell'intero ciclo dell'acqua che comprende le attività di captazione (ricezione), adduzione (produzione) e distribuzione di acqua a usi civili, fognatura e depurazione delle acque reflue.

Marche

Oltre alle funzioni di programmazione ed indirizzo le funzioni di concessioni le svolge direttamente la Regione Marche come disciplinato con L.R. 14 giugno 2006 n. 5 "Disciplina delle derivazioni di acqua pubblica e delle occupazioni del demanio idrico". Il procedimento sia per le grandi che per le piccole è a livello regionale.

Molise

Il gestore attuale del Servizio Idrico integrato è l'Azienda Speciale Molise Acque, istituita con L.R. 37/1999 in sostituzione dell'Ente risorse idriche del Molise.

La Regione Molise con la Legge Regionale n.34 del 29/09/1999 rilascia le grandi concessioni di derivazione d'acqua sia sotterranea che superficiale.

Piemonte

Come definito dalla Legge regionale 29 ottobre 2015, n. 23: "Riordino delle funzioni amministrative conferite alle Province in attuazione della legge 7 aprile 2014, n. 56 (Disposizioni sulle città metropolitane, sulle province, sulle unioni e fusioni di comuni)", la Regione mantiene i compiti di programmazione, gestione integrata delle risorse idriche e coordinamento del sistema informativo regionale SIRA, mentre le Province hanno in carico, oltre al mantenimento delle reti di monitoraggio, la funzione amministrativa del rilascio delle piccole e grandi derivazioni.

Puglia

Con la Legge n.17/2000 sono state stabilite le funzioni, tra l'altro, relative alla gestione della risorsa idrica. La Regione mantiene le attività di programmazione e raccolta dati mentre le altre funzioni sono attribuite alle Province.

Sardegna

Con la Legge Regionale 9/06 la gestione delle concessioni di derivazione d'acqua è suddivisa tra Regione e Province. La Regione rilascia la concessione per portate uguale o superiori a 10 l/sec, mentre le Province per le altre compresi gli usi domestici.

Sicilia

La programmazione della gestione della risorsa è compito del Dipartimento Regionale delle Acque e dei Rifiuti, mentre le concessioni, unicamente dal punto di vista tecnico, fanno riferimento agli Uffici del Genio Civile territorialmente competenti.

Toscana

Ai sensi della Legge Regione Toscana n. 22 del 3 marzo 2015 "Riordino delle funzioni provinciali e attuazione della legge 7 aprile 2014, n. 56, a partire dal giorno 01.01.2016 le province cessano la propria competenza nelle funzioni di rilascio delle concessioni. Conseguentemente la competenza assume carattere unicamente regionale.

Trentino Alto Adige

A seguito della promulgazione del Secondo Statuto, approvato dal Parlamento italiano il 10 novembre 1971, la Regione Trentino Alto-Adige assegna alle due Province di Trento e di Bolzano un vasto numero di competenze legislative detenute fino ad allora dalla Regione, a cui se ne aggiunsero altre trasferite dallo Stato, tra cui l'ambiente e le risorse naturali.

Umbria

Le autorizzazioni alla realizzazione di pozzi ed opere di derivazione a qualsiasi uso adibiti, sono di competenza dei Comuni (cfr. art. 124, c. 1, lettera g) della legge regionale 1/2015. Lo sfruttamento della risorsa idrica ad uso extradomestico è soggetto alla richiesta di concessione ordinaria da presentare alla Provincia.

Quindi, per sfruttare un'opera esistente per usi non domestici, è necessario presentare agli uffici provinciali la Domanda di Concessione. Inoltre la competenza delle Province riguarda il rilascio delle licenze di attingimento per le acque superficiali.

Valle d'Aosta

La Regione gestisce direttamente i procedimenti amministrativi per il rilascio delle concessioni, polizia idraulica e scarichi. I riferimenti normativi sono, oltre a quelli consueti nazionali, la Legge Regionale n. 4 dell'8.11.1956 (Norme procedurali per l'utilizzazione delle acque pubbliche in Valle d'Aosta) e la D.G.R n° 3728/2009.

Veneto

Le concessioni di derivazioni sono gestite dagli Uffici Provinciali del Genio Civile, i quali hanno competenza sul rilascio di concessioni per l'uso delle aree demaniali (demanio marittimo ed idrico), sulle opere per le difese idrauliche, sulla verifica della compatibilità idraulica.

2.2.5 DISSALAZIONE

Nell'attuale contesto di crescente domanda di risorse idriche, la dissalazione si presenta come una soluzione tecnologica di rilevanza cruciale. Con solamente il 4% dell'acqua disponibile sul nostro pianeta classificata come acqua dolce, e più della metà di questa rappresentata dalle calotte polari

e dei ghiacciai, diventa necessario considerare il restante 96% dell'acqua terrestre costituito da acqua salata. Questa risorsa, tuttavia, richiede approcci innovativi per essere trasformata in una fonte economicamente ed ecologicamente sostenibile di acqua dolce.

Il processo di dissalazione vuole rendere realtà la conversione dell'abbondante risorsa di acqua salata degli oceani in fonte accessibile e sostenibile di acqua dolce per coprire il fabbisogno di quelle popolazioni il cui accesso all'acqua potabile è compromesso e per quei processi industriali che necessitano di grandi quantitativi d'acqua dolce. Attraverso la separazione selettiva dei sali, la dissalazione contribuisce significativamente all'allargamento delle fonti idriche, superando le limitazioni legate alla disponibilità di acqua dolce. La dissalazione, dunque, rappresenta la chiave di accesso a questa vasta riserva idrica, aprendo nuove frontiere nella gestione delle risorse idriche mondiali.

La dissalazione non è un processo la cui invenzione è recente. La storia della dissalazione affonda le radici nell'antichità, con tentativi di distillazione documentati in Grecia e in Medio Oriente. Oggi, grazie agli avanzamenti tecnologici, la dissalazione si articola principalmente in tre metodologie: distillazione, evaporazione e osmosi inversa.

La distillazione e l'evaporazione coinvolgono il riscaldamento dell'acqua di mare per convertirla in vapore, successivamente condensato in acqua dolce priva di sali. L'osmosi inversa, d'altra parte, sfrutta membrane semipermeabili per separare il sale dall'acqua sotto pressione. Le membrane utilizzate sono solamente permeabili all'acqua, trattenendo efficacemente i sali e altre impurità contenute nel volume liquido. L'osmosi inversa richiede, dunque, l'applicazione di grandi pressioni per superare la forza osmotica naturale del flusso di acqua verso una soluzione più concentrata, garantendo così la produzione di acqua dolce di alta qualità. Questi metodi, pur differendo nella loro implementazione, si manifestano come processi di conversione di acqua salata in acqua dolce.

Negli ultimi decenni, gli investimenti in ricerca e sviluppo hanno portato a miglioramenti significativi nella efficienza energetica e nella riduzione dei costi operativi degli impianti di dissalazione. L'integrazione di energie rinnovabili, come l'energia solare, risorsa ampiamente disponibile nella maggior parte dei paesi afflitti da carenza di acqua potabile, ha reso la dissalazione più sostenibile e accessibile. Nonostante ciò, la fase di evaporazione continua a rappresentare una sfida significativa a causa del suo elevato consumo energetico, è per questo che, ad oggi, il processo di dissalazione più comune ed efficiente è rappresentato dal processo di osmosi inversa.

La dissalazione, pur offrendo soluzioni vitali, non è immune da limiti e impatti ambientali. La gestione del *brine*, ad esempio, ovvero la soluzione concentrata di sale residua, rappresenta un problema critico. Lo smaltimento incontrollato del *brine*, smaltito direttamente nei mari e negli oceani, può causare danni ambientali significativi, influenzando la salinità e la biodiversità degli ecosistemi circostanti.

Appare chiaro dunque che, parallelamente all'evoluzione della dissalazione come risorsa cruciale, la ricerca continua sia essenziale per mitigare i limiti energetici e ambientali associati al processo. Superare tali sfide richiederà un impegno congiunto per sviluppare tecnologie più efficienti, fonti energetiche sostenibili e soluzioni innovative per la gestione responsabile del *brine*. Solamente così la dissalazione potrà emergere come un processo economicamente, socialmente ed ecologicamente sostenibile per l'approvvigionamento idrico potabile e come reale e concreta soluzione alla scarsità d'acqua dolce.

2.2.6 QUADRO NORMATIVO

2.2.6.1 NORMATIVA SULLE ACQUE

Il tema delle acque interne superficiali fluviali, lacustri e delle acque sotterranee, è regolato dalla Direttiva Quadro sulle Acque (2000/60/CE), recepita dal decreto legislativo 152/2006.

Con la Direttiva 2000/60/CE, l'Unione Europea ha istituito un quadro uniforme a livello comunitario, promuovendo e attuando una politica sostenibile a lungo termine di uso e protezione delle acque superficiali e sotterranee, con l'obiettivo di contribuire al perseguimento della loro salvaguardia, tutela e miglioramento della qualità ambientale, oltre che all'utilizzo accorto e razionale delle risorse naturali.

Le acque sono valutate e classificate nell'ambito del bacino e per distretto idrografico di appartenenza; infatti la Direttiva ha individuato nei distretti idrografici (costituiti da uno o più bacini idrografici) gli specifici ambiti territoriali di riferimento per la pianificazione e gestione degli interventi finalizzati alla salvaguardia e tutela della risorsa idrica.

Per ciascun distretto idrografico è prevista la predisposizione di un Piano di Gestione (PdG), cioè di uno strumento conoscitivo, strategico e operativo attraverso cui pianificare, attuare, e monitorare le misure per la protezione, risanamento e miglioramento dei corpi idrici superficiali e sotterranei, favorendo il raggiungimento degli obiettivi ambientali previsti dalla Direttiva.

Il quadro normativo in materia di acque è in costante evoluzione a livello nazionale: il Piano di tutela delle acque della Regione Emilia-Romagna è stato formulato sulla base del D. Lgs. 152/99, oggi superato dal D.Lgs. 152/06 che costituirebbe formalmente il recepimento della Direttiva Quadro in materia di acque Dir 2000/60/CE, ma che risulta a sua volta in revisione. In attesa dell'emanazione degli allegati contenenti le nuove procedure tecniche, il D. Lgs. 152/99 rimane ancora l'unico riferimento per l'elaborazione e la classificazione della qualità delle acque in Italia.

Ciò nonostante, va considerato che l'intero sistema di monitoraggio e di valutazione dello stato ecologico delle acque è in corso di profonda trasformazione per l'adeguamento alle procedure europee: in particolare, ai fini della classificazione dello stato delle acque superficiali, la Direttiva attribuisce importanza prioritaria agli elementi di qualità biologica, da indagarsi ai diversi livelli della catena trofica (dalla microflora acquatica alla fauna ittica). Il Ministero dell'Ambiente, in collaborazione con Autorità di bacino, Regioni e con il sistema delle Agenzie ambientali, sta curando l'implementazione degli aspetti tecnici legati al recepimento della direttiva, sulla base dei quali saranno da impostare i nuovi programmi di monitoraggio delle acque.

Ai sensi della normativa vigente, per i corpi idrici superficiali lo "stato ambientale", espressione complessiva dello stato del corpo idrico "è determinato dal valore più basso del suo stato ecologico e chimico"; "il corpo idrico raggiunge il buono stato qualora sia lo stato ecologico sia lo stato chimico siano in stato almeno buono". Per valutare lo "stato chimico", sono monitorate le sostanze chimiche inquinanti, definite prioritarie a livello comunitario, che non devono essere presenti oltre precise concentrazioni: lo stato è buono quando tutte le sostanze risultano conformi ai rispettivi standard di qualità ambientale (SQA, espressi come media annua e/o massima ammissibili). Lo "stato ecologico" è espressione della qualità della struttura e del funzionamento degli ecosistemi acquatici associati alle acque superficiali ed è definito da alcuni indicatori biologici (comunità floristiche e faunistiche) supportati da elementi chimico/fisici e chimici (non prioritari); per i corsi d'acqua naturali devono essere valutate anche le alterazioni idromorfologiche, in quanto possono interferire con la funzionalità degli ecosistemi acquatici.

Non tutti i corpi idrici sono definiti tali ai sensi della Direttiva Quadro (Dir 2000/60/CE): canali, torrenti o laghetti di piccole dimensioni ad esempio non lo sono, e pertanto non sono oggetto di monitoraggio a meno che non subentrino particolari condizioni d'uso (es. piccole derivazioni) che richiedano approfondimenti specifici.

2.2.6.2 AREE DI SALVAGUARDIA DELLE ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE DESTINATE AL CONSUMO UMANO

Per conservare le caratteristiche qualitative delle acque destinate al consumo umano, il decreto legislativo 152/2006 stabilisce che le regioni individuino le aree di salvaguardia distinte in zone di tutela assoluta e zone di rispetto, nonché le zone di protezione, all'interno dei bacini imbriferi e delle aree di ricarica della falda.

La zona di tutela assoluta è costituita dall'area immediatamente circostante le captazioni o derivazioni e deve:

- avere un'estensione di almeno dieci metri di raggio dal punto di captazione
- essere adeguatamente protetta
- essere adibita esclusivamente a opere di captazione e infrastrutture di servizio.

La zona di rispetto è costituita dalla porzione di territorio circostante la zona di tutela assoluta da sottoporre a vincoli e destinazioni d'uso tali da tutelare qualitativamente e quantitativamente la risorsa idrica captata; può essere suddivisa in zona di rispetto ristretta e zona di rispetto allargata, in relazione alla tipologia dell'opera di presa o captazione e alla situazione locale di vulnerabilità e rischio per la risorsa.

In particolare, nella zona di rispetto sono vietati:

- la dispersione di fanghi e acque reflue, anche se depurati;
- l'accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;
- lo spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;
- la dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche proveniente da piazzali e strade;
- le aree cimiteriali;
- l'apertura di cave che possono essere in connessione con la falda;
- l'apertura di pozzi, ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano;
- la gestione di rifiuti;
- lo stoccaggio di sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;
- i centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
- i pozzi perdenti;
- il pascolo e la stabulazione di bestiame.

Per gli insediamenti o le attività preesistenti, ad eccezione delle aree cimiteriali, sono adottate le misure per il loro allontanamento e, in ogni caso, deve essere garantita la loro messa in sicurezza. Nelle zone di rispetto sono disciplinate queste strutture e attività:

- fognature;
- edilizia residenziale e opere di urbanizzazione;
- opere viarie, ferroviarie e infrastrutture di servizio;
- pratiche agronomiche e contenuti dei piani di utilizzazione.

In caso d'inerzia da parte delle regioni circa l'individuazione della zona di rispetto, la medesima conserva un'estensione di 200 metri di raggio rispetto al punto di captazione o di derivazione.

Le zone di protezione devono essere delimitate dalle regioni e delle province autonome per assicurare la protezione del patrimonio idrico. Possono essere adottate misure relative alla destinazione del territorio interessato, alle limitazioni e prescrizioni per gli insediamenti civili, produttivi, turistici, agro-forestali e zootecnici da inserirsi negli strumenti urbanistici territoriali.

Ai fini della protezione delle acque sotterranee, le regioni e le province autonome individuano e disciplinano, all'interno delle zone di protezione, le aree:

- di ricarica della falda;
- emergenze naturali e artificiali della falda;
- zone di riserva.

2.2.6.3 NORMATIVA COMUNITARIA

- Direttiva 2013/39/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 12 agosto 2013 , che modifica le direttive 2000/60/CE e 2008/105/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque;
- Direttiva 2009/90/CE della Commissione, del 31 luglio 2009 , che stabilisce, conformemente alla direttiva 2000/60/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, specifiche tecniche per l'analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque;
- Direttiva 2008/105/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 dicembre 2008 , relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive del Consiglio 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE e 86/280/CEE, nonché modifica della direttiva 2000/60/CE del Parlamento europeo e del Consiglio;
- Direttiva 2000/60/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 ottobre 2000, che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque.

2.2.6.4 NORMATIVA NAZIONALE

- Decreto Legislativo 13 Ottobre 2015, n. 172 Attuazione della direttiva 2013/39/UE, che modifica le direttive 2000/60/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque;
- Decreto Legislativo 10 dicembre 2010, n. 219 Attuazione della direttiva 2008/105/CE relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE, 86/280/CEE, nonché modifica della direttiva 2000/60/CE e recepimento della direttiva 2009/90/CE che stabilisce, conformemente alla direttiva 2000/60/CE, specifiche tecniche per l'analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque;

- Decreto 27 novembre 2013 del Ministero Dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare, Regolamento recante i criteri tecnici per l'identificazione dei corpi idrici artificiali e fortemente modificati per le acque fluviali e lacustri, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo;
- Decreto 8 novembre 2010, n. 260 del Ministero Dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo;
- Decreto 14 aprile 2009, n. 56 del Ministero Dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Regolamento recante «Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo»;
- Decreto 16 giugno 2008, n. 131 del Ministero DELL'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Regolamento recante i criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici (tipizzazione, individuazione dei corpi idrici, analisi delle pressioni) per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante: «Norme in materia ambientale», predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 4, dello stesso decreto;
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 Norme in materia ambientale.

2.2.6.5 NORMATIVA REGIONALE

- Deliberazione della Giunta Regionale 22 Dicembre 2021, n. 2189 Monitoraggio qualitativo dei corpi idrici superficiali 2016-2018. P.O.R. Puglia 2014/2020 - Azione 6.4 - Presa d'atto relazione finale annualità 2018 e approvazione della classificazione triennale 2016 -2018;
- Deliberazione della Giunta Regionale 7 Ottobre 2019, n. 1789 Monitoraggio qualitativo dei corpi idrici superficiali 2016-2018. - P.O.R. Puglia 2014/2020 - Azione 6.4 - Presa d'atto relazione finale annualità 2017;
- Deliberazione della Giunta Regionale 5 Febbraio 2019, N. 106 Monitoraggio qualitativo dei corpi idrici superficiali 2016-2018. - P.O.R. Puglia 2014/2020 - Azione 6.4 - Presa d'atto relazione finale annualità 2016. Approvazione Classificazione di Sorveglianza e Classificazione della Rete Nucleo;
- Deliberazione della Giunta Regionale 24 Gennaio 2017, n. 26 Corpi idrici superficiali. Presa d'atto della Relazione finale di riallineamento per l'anno 2015 del "Servizio di monitoraggio dei corpi idrici superficiali - monitoraggio operativo" (P.O. FESR 2007/2013 - Asse II Linea di Intervento 2.1. - Azione 2.1.4). Approvazione giudizi di qualità ambientale;
- Deliberazione della Giunta Regionale 30 Dicembre 2015, n. 2429 Corpi idrici superficiali. Individuazione Potenziali Siti di Riferimento, definizione Rete Nucleo e rettifica designazione dei Corpi Idrici Fortemente Modificati di cui alla DGR 1951/2015 (attuazione del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.);
- Deliberazione della Giunta Regionale 03 Novembre 2015, n. 1952 Corpi idrici superficiali. Classificazione triennale dello stato di qualità (ecologico e chimico) ai sensi del D.M. 260/2010;

- Deliberazione della Giunta Regionale 03 Novembre 2015, n. 1951 Corpi idrici superficiali. Designazione dei corpi idrici artificiali e dei corpi idrici fortemente modificati ai sensi del D.Lgs 152/2006 e ss.mm.ii;
- Deliberazione della Giunta Regionale 10 Febbraio 2015, N. 137 Corpi idrici superficiali. Presa d'atto della Relazione finale annualità 2013-2014 del "Servizio di monitoraggio dei corpi idrici superficiali - monitoraggio operativo" (P.O. FESR 2007/2013 - Asse II Linea di Intervento 2.1. - Azione 2.1.4). Approvazione giudizi di qualità ambientale;
- Deliberazione della Giunta Regionale 19 Giugno 2012, n. 1255 "Servizio di monitoraggio dei corpi idrici superficiali" - P.O. FESR 2007/2013 - Asse II Linea di Intervento 2.1. - Azione 2.1.4. Approvazione Progetto di Monitoraggio Operativo;
- Deliberazione della Giunta Regionale 23 Marzo 2010, n. 774 Approvazione documento tecnico contenente seconda e terza fase della "Caratterizzazione dei corpi idrici superficiali della Regione Puglia: individuazione e classificazione dei corpi idrici" in attuazione del DM 131/2008. Documento di sintesi.

Nel proseguo si descrive con maggior dettaglio la Direttiva 2000/60/CE (Direttiva Quadro sulle Acque - DQA) in quanto risulta esser la più frequentemente adoperata. Essa ha istituito un quadro generale per l'azione comunitaria in materia di acque introducendo un approccio innovativo nella legislazione europea in materia di acque sia dal punto di vista ambientale che amministrativo-gestionale. Tale Direttiva, attraverso l'attuazione di politiche sostenibili a lungo termine di uso e protezione delle acque superficiali e sotterranee, ha lo scopo di prevenire il deterioramento qualitativo e quantitativo, migliorare lo stato delle acque e assicurare un utilizzo sostenibile, basato sulla protezione a lungo termine delle risorse idriche disponibili, vista la richiesta sempre maggiore. Tale politica ambientale, quindi, ha lo scopo di raggiungere gli obiettivi prefissati attraverso un uso consapevole, sanzionando i trasgressori.

Per poter potenziare al meglio le azioni volte alla salvaguardia delle acque, è necessario che le altre politiche comunitarie cooperino fra loro, come quella energetica, quella agricola e quella della pesca.

Le acque sono valutate e classificate nell'ambito del bacino e per distretto idrografico di appartenenza; per ciascun distretto idrografico è prevista la predisposizione di un Piano di Gestione (PdG), uno strumento conoscitivo, strategico e operativo attraverso cui pianificare, attuare, e monitorare le misure per la protezione, risanamento e miglioramento dei corpi idrici superficiali e sotterranei, al fine del raggiungimento degli obiettivi ambientali previsti dalla Direttiva, tenendo conto delle condizioni ambientali e socioeconomiche di un paese.

Non tutti i corpi idrici sono definiti tali ai sensi della Direttiva 2000/60/CE: non lo sono, ad esempio, canali, torrenti o laghetti di piccole dimensioni, e pertanto non sono oggetto di monitoraggio a meno che non subentrino particolari condizioni d'uso che richiedano approfondimenti specifici.

Per quanto riguarda le acque superficiali, gli Stati membri intervengono per impedirne il deterioramento. Stesso trattamento per i corpi idrici artificiali e quelli fortemente modificati, i quali devono raggiungere un "buono stato" entro quindici anni dall'entrata in vigore della suddetta direttiva.

Gli Stati membri, quindi, garantiscono il raggiungimento del migliore stato ecologico e chimico possibile, inclusi gli eventi che non possono essere evitati circa l'attività umana/inquinamento, evitando il verificarsi di un ulteriore deterioramento del corpo idrico in questione. Il deterioramento legato a circostanze che esulano dall'attività antropica, come alluvioni o incidenti imprevedibili non corrisponde a una violazione della direttiva purché sia effettivamente un evento non controllabile.

Alcune acque superficiali possono essere dichiarate “protette” con la finalità di conservarne gli habitat che dipendono dall'equilibrio di tale ambiente.

Il monitoraggio dello stato delle acque superficiali, si articola con il controllo del volume, del livello o la proporzione del flusso idrico per valutare lo stato ecologico e chimico del potenziale ecologico. Queste misure specifiche servono per abbattere significativamente l'inquinamento idrico prodotto da singoli inquinanti o gruppi di inquinanti.

A livello nazionale la DIR 2000/60/CE è stata recepita con l'emanazione del Decreto legislativo 152/2006, anche noto come Testo Unico Ambientale (TUA). Periodicamente, sulla base delle indicazioni della Comunità Europea, delle Regioni e delle Province Autonome di Trento e Bolzano e delle attività svolte dalle Agenzie Regionali competenti, il D.Lgs. 152/06 è aggiornato, modificato e integrato al fine di renderlo sempre attuabile e strumento concreto ai fini del perseguimento degli obiettivi di qualità delle acque preposti dalla Direttiva Quadro sulle Acque.

Il fulcro delle attività che si svolgono sui corsi d'acqua è caratterizzato dalla determinazione di parametri biologici, chimici e dallo studio di flora e fauna che colonizzano l'alveo fluviale e che possono essere influenzate. Lo scopo è quello di supportare lo sviluppo sostenibile al fine di garantire il soddisfacimento dei bisogni delle generazioni attuali senza compromettere la qualità della vita e le possibilità delle generazioni future.

2.3 PRECIPITAZIONI

2.3.1 QUADRO DESCRITTIVO DELLE PRECIPITAZIONI: REGIONI CLIMATICHE

Con il termine “precipitazione” si intendono in meteorologia, tutti i fenomeni di trasferimento di acqua allo stato liquido o solido dall'atmosfera al suolo sotto forma di pioggia, neve, grandine, rugiada e brina. Ovviamente tra i contributi riportati quello che caratterizza la quasi totalità della massa idrica in questione è quello legato alle piogge. Perché si formino le precipitazioni, è necessario che le goccioline d'acqua contenute all'interno delle nubi diventino tanto grosse da non poter più essere sostenute da correnti ascensionali presenti nelle nubi stesse, per cui cadono al suolo per effetto della forza di gravità. Le gocce di pioggia (le cui dimensioni variano da qualche decimo di millimetro a qualche millimetro) si formano per coalescenza, cioè per progressiva unione, aggregazione di più goccioline.

Le peculiarità territoriali e morfologiche dell'Italia, fanno sì che la penisola sia caratterizzata da un'importante varietà di fasce climatiche e pluviometriche, non a caso è possibile riscontrare, macroscopicamente, importanti differenze tra le diverse aree. Prendendo a riferimento i contributi pluviometrici è facile notare la grande differenziazione regionale: le precipitazioni sono generalmente comprese tra i 650 e i 1300 millimetri l'anno nelle pianure del centro-nord, al sud scendono fino a 400 mm nelle zone più aride della Sardegna e della Puglia, mentre in alta Toscana e nel nord-est si possono superare i 2500 mm l'anno.

Al fine di avere indicazioni speditive e sommarie circa la piovosità di una specifica area dell'Italia è possibile effettuare una distinzione in cinque diversi regimi pluviometrici:

Regime montano: sulle montagne, in particolare sulle Alpi, piove prevalentemente durante l'estate, con un massimo secondario a inizio autunno e un marcato minimo invernale;

- *Regime mediterraneo*: nelle zone prettamente mediterranee, cioè sulle coste della Sardegna, della Sicilia, di alcune regioni tirreniche del Mezzogiorno, del Mar Ionio e della Puglia

meridionale, la maggior quantità di piogge cade in inverno (dicembre-marzo), mentre durante i mesi centrali dell'estate la siccità è molto duratura;

- *Regime costiero-toscano*: la fascia costiera della Maremma è generalmente interessata da un lungo periodo siccitoso che, soprattutto nell'area del promontorio dell'Argentario, in alcune annate può avere inizio già nel corso dell'inverno e proseguire quasi ininterrottamente fino all'inizio dell'autunno, salvo temporanee interruzioni dovute ad alcuni episodi temporaleschi;
- *Regime padano*: la Val Padana ha una piovosità costante per tutto l'anno e non si presentano mediamente periodi con precipitazioni scarse o insufficienti; la pianura va pluviometricamente divisa in bassa, media e alta pianura, le tre aree hanno regimi pluviometrici leggermente differenti. Le aree della media pianura e dell'alta pianura (specie nelle zone a nord del Po) sono caratterizzate da una piovosità più costante, con massimi nei periodi più tiepidi dell'anno (primavera, estate e autunno), caratterizzati da medie di 70-90 mm e anche oltre i 100 mm in luglio e agosto, anche se l'estate, insieme all'inverno, rimane il periodo in cui si manifestano più probabilmente fenomeni di siccità. L'estate è la stagione in cui l'area è interessata con una moderata frequenza dal passaggio della coda di perturbazioni atlantiche, associate a fenomeni temporaleschi in transito verso la penisola balcanica e l'Europa orientale. Nella bassa pianura padana, le precipitazioni in estate invece non sono abbondanti come nella media e alta pianura e si riducono a valori di 30-40 mm nel mese di luglio;
- *Regime generalizzato*: piove prevalentemente in autunno e in primavera in quasi tutte le altre zone e solitamente il massimo autunnale (ottobre-novembre) è più accentuato di quello primaverile (marzo-aprile), mentre durante l'estate si ha una riduzione della piovosità ma senza vera e propria siccità.

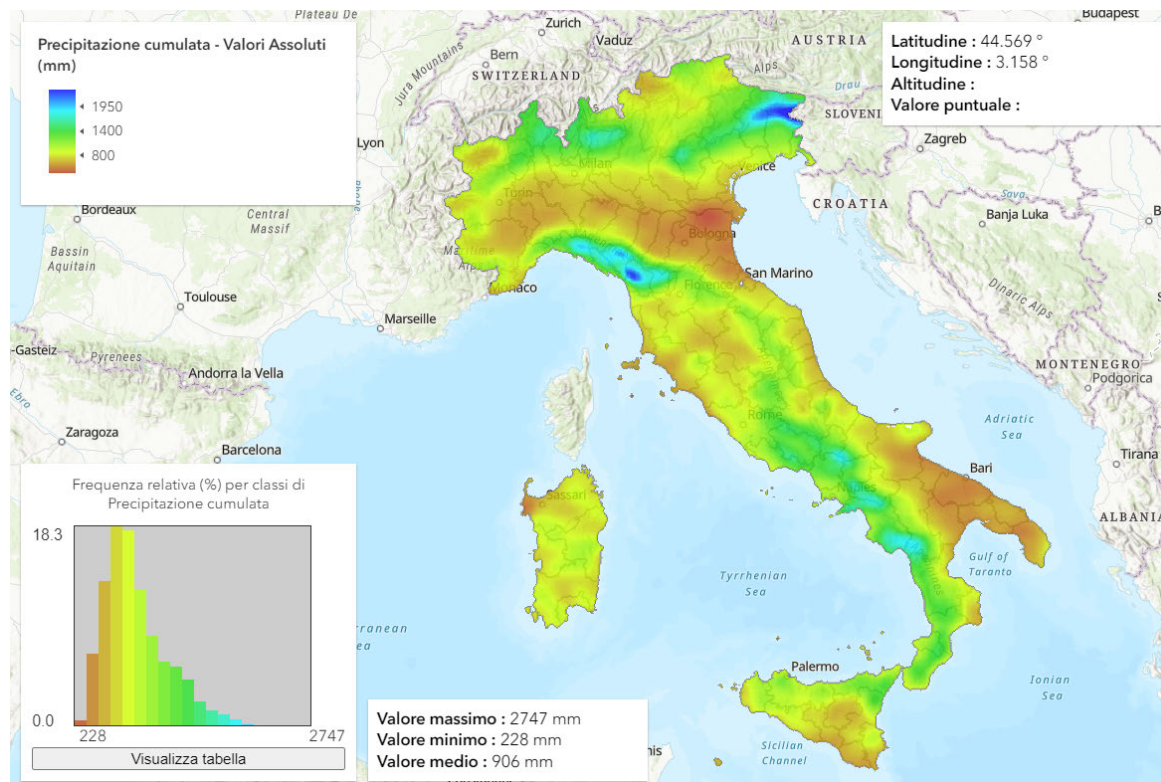


Figura 2.2 - Ispra Ambiente - distribuzione pluviometrica in Italia

In base al report ISTAT “Temperatura e precipitazione delle città capoluogo negli anni 1971-2021”, considerati i 109 capoluoghi di provincia nel 2021 la precipitazione totale è in media pari a 746 mm con un calo di circa 119 mm sul valore medio 2006-2015. Questi dati palesano un progressivo e generalizzato peggioramento della condizione pluviometrica nell’intero territorio nazionale. Questa diminuzione risulta essere più marcata per le città del Nord-Ovest (-230 mm/anno) e del Nord-Est (-226 mm/anno), aree dove risiede circa il 43% della popolazione dei 109 capoluoghi di Provincia.

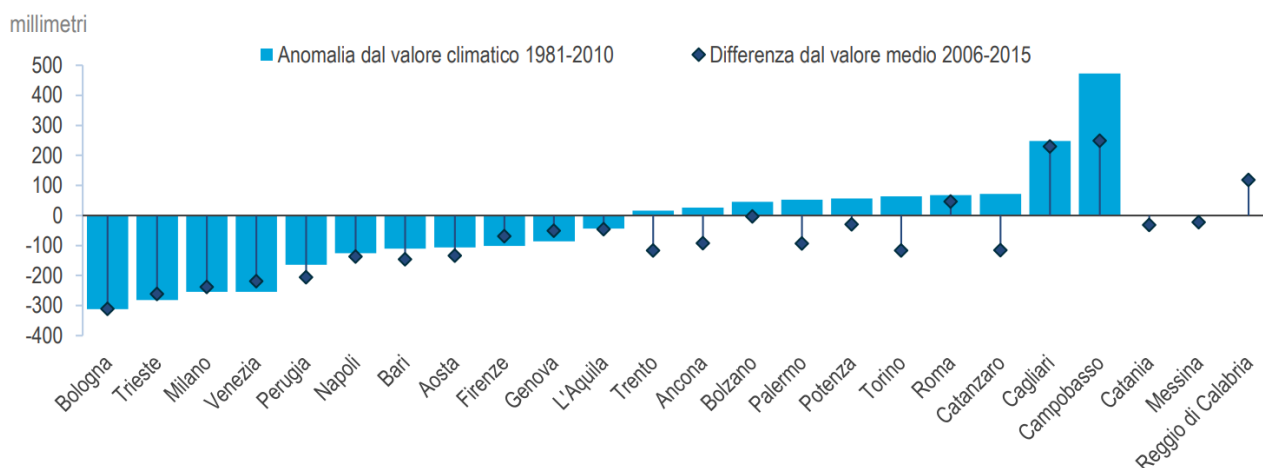


Figura 2.3 - Confronto dei valori di precipitazione nei principali capoluoghi di Provincia

Altri dati emblematici emersi dal medesimo report sono:

- l'Indice relativo alla precipitazione nei giorni molto piovosi mostra che, in media, circa il 25% della precipitazione totale annua dei capoluoghi di Regione, si concentra nei giorni molto piovosi, con un valore medio di circa 179 mm. Il verificarsi di fenomeni concentrati rende molto complessa la gestione ed il potenziale recupero dei volumi di acqua meteorica oltre che implicare potenziali problematiche di carattere alluvionale (report ISTAT "Temperatura e precipitazione delle città capoluogo negli anni 1971-2021");
- la numerosità di giorni che in un anno non presentano fenomeni pluviometrici è in forte aumento, basti pensare che nel 2021 rispetto al periodo 2006-2015 si ha avuto un incremento di 39 giorni a Trento, 17 a Bologna, 11 a Venezia, 9 a l'Aquila e Bari e 8 a Milano. Questo trend, simile pressoché nella quasi totalità delle provincie italiane mostra il perdurare sempre più rilevante di giorni e/o periodi con assenza di pioggia con le inevitabili conseguenze negative per molti comparti economici, su tutti per quello agricolo (report ISTAT "Temperatura e precipitazione delle città capoluogo negli anni 1971-2021").

2.3.2 CRITICITÀ IDRICA: INDICE DI ARIDITÀ ED INDICE DI SICITÀ

Negli ultimi decenni è sensibilmente aumentato l'interesse verso la conoscenza delle variazioni climatiche e degli eventi estremi climatici. Tali informazioni sono fondamentali per valutare le conseguenze su ambiente naturale, salute umana, sistemi socio-economici e sistemi urbani.

La variabilità climatica si riferisce a fluttuazioni relative a variazioni di parametri meteorologici rispetto a valori medi calcolati nel lungo periodo (almeno trenta anni) preso come riferimento, comunemente denominato Normale Climatologica.

In particolare, il deficit di precipitazione può essere contestualizzato mediante la definizione dei concetti di aridità e siccità.

2.3.2.1 ARIDITÀ

L'aridità è una condizione climatica permanente per cui le perdite dovute all'evapotraspirazione⁴ sono notevolmente maggiori rispetto ai contributi dati dalle precipitazioni.

Analiticamente questo concetto trova definizione nell'*indice di aridità* il quale attua un confronto su base annuale tra l'altezza di precipitazione e la temperatura oppure con l'altezza di evapotraspirazione. In particolare, nella pratica comune viene spesso adottato l'indice di Martonne oppure l'indice Fao-Unep.

L'*indice di Martonne* si basa sulla seguente espressione:

$$I_a = \frac{H}{T + 10}$$

dove:

- H rappresenta l'altezza annua di precipitazione espressa in mm;
- T rappresenta la temperatura media annua in °C.

In base all'indice di De Martonne le condizioni climatiche vengono classificate come riportato in Tabella 2.1.

⁴ Con **evapotraspirazione** si intende la quantità di acqua che viene restituita all'atmosfera per evaporazione dalla superficie e per traspirazione da parte della copertura vegetale.

Tabella 2.1 - Classificazione climatica basata sull'indice di Martonne

CLIMA	I_a	IRRIGAZIONE
aridità estrema	<5	-
aridità	<15	continua
semiarido	<20	necessaria
subumido	<30	opportuna
umido	<60	occasionale
perumido	>60	autosufficienza

L'indice di Fao-Unep, invece, si basa sul rapporto tra i valori annui di precipitazione e di evapotraspirazione:

$$I_a = \frac{H}{E}$$

dove:

- H rappresenta l'altezza annua di precipitazione espressa in mm;
- E rappresenta l'evapotraspirazione annua in mm.

In base all'indice di di Fao-Unep le condizioni climatiche vengono classificate come riportato in Tabella 2.2.

Tabella 2.2 - Classificazione climatica basata sull'indice di Fao-Unep

CLIMA	I_a
iperarido	< 0,05
arido	< 0,2
semiarido	< 0,5
Subumido secco	< 0,65
umido	> 0,65
desertificazione	< 0,03
assenza desertificazione	rischio > 0,75

2.3.2.2 SICITÀ

Si definisce siccità un periodo di prolungata carenza di acqua le cui ricadute influiscono negativamente sull'ecosistema naturale, sui corpi idrici e sulla produzione agricola.

Dal punto di vista puramente pluviometrico, la gravità di un periodo di basse precipitazioni dipende da diverse caratteristiche della pioggia, in particolare:

- deficit di volume piovuto;
- durata del periodo di scarsa precipitazione;
- distribuzione temporale della carenza;
- estensione dell'area interessata dall'evento.

Analiticamente questo concetto trova definizione nell'indice di siccità per il quale si fa generalmente riferimento al SPI (Standardised Precipitation Index). Questo indice indica se in un determinato

intervallo di tempo si è verificato un evento siccitoso con la conseguente gravità. L'indice può riferirsi ad intervalli di tempo mensili, trimestrali, semestrali, annui.

Per il calcolo dello SPI è necessario disporre di una lunga serie di osservazioni delle altezze di precipitazione mensili (generalmente maggiore ai 25 anni). Fissato un intervallo di tempo si adatta una distribuzione di probabilità alla serie delle altezze totali di pioggia a disposizione.

L'Indice Standardizzato di Precipitazione (SPI) è un indicatore statistico basato sul confronto tra la precipitazione registrata in un determinato luogo e in un determinato periodo di t mesi (dove $t = 3, 6, 12, 24$ mesi, ecc.) con la distribuzione a lungo termine della precipitazione per quel determinato luogo aggregata per lo stesso periodo di tempo t (Bollettino siccità, ISPRA).

Il calcolo dell'indice richiede serie storiche di pioggia molto lunghe. La World Meteorological Organization (WMO) ritiene necessario considerare dati pluviometrici per un periodo di almeno 30 anni consecutivi, in quanto è importante procedere al calcolo dell'SPI considerando informazioni pluviometriche a partire dalla data disponibile più lontana nel tempo. Maggiore sarà l'estensione della serie storica considerata, maggiore sarà la precisione dei risultati conseguiti.

La serie storica di precipitazioni cumulate viene interpolata mediante una distribuzione di probabilità teorica. La comunità scientifica internazionale concorda sul fatto che la distribuzione Gamma sia quella che meglio vada a rappresentare le serie storiche di pioggia cumulata. La procedura per il calcolo dell'SPI (Linee Guida sugli Indicatori di Siccità e Scarsità Idrica redatti dall'ISPRA nel 2018) è di seguito riportata.

Sia X la serie temporale di precipitazione costituita da n osservazioni aggregate al passo temporale t (dove $t=3,6,12,24$ mesi, ecc.).

Per ogni $x > 0$ la distribuzione Gamma $g(x)$ è definita come:

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \cdot \tau(\alpha)} \cdot x^{\alpha-1} \cdot e^{-x/\beta}$$

dove:

- α è il parametro di forma;
- β è il parametro di scala;
- $\tau(\alpha)$ è la funzione gamma.

L'interpolazione si ottiene attraverso una stima dei parametri α e β mediante il metodo della massima verosimiglianza:

$$\alpha = \frac{1}{4A} \cdot \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right)$$
$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha}$$

Dove:

- $A = \ln(\bar{x}) - \frac{1}{n} \sum_n \ln(\bar{x})$;
- \bar{x} rappresenta la media delle osservazioni.

La distribuzione cumulata di probabilità è quindi data da:

$$G(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\beta^\alpha \cdot \Gamma(\alpha)} \cdot \int_0^x x^{\alpha-1} \cdot e^{-\frac{x}{\beta}} dx$$

Dato che la distribuzione Gamma non è definita per valori di x uguale a zero e la serie delle precipitazioni cumulate può contenere degli zeri (i periodi di non pioggia), la distribuzione cumulata è ridefinita come segue:

$$H(x) = q + (1 - q) \cdot G(x)$$

dove q è la probabilità di precipitazione nulla, che può essere stimata come il rapporto tra il numero "m" di zeri nella serie temporale delle precipitazioni e il numero totale di osservazioni di precipitazione "n":

$$q = m/n$$

La distribuzione cumulata H(x) è poi trasformata in una distribuzione normale, pertanto il valor medio dell'SPI per un determinato luogo e periodo di aggregazione considerato è uguale a zero. La trasformazione conserva la probabilità cumulata, cioè la probabilità della variabile di trovarsi al di sotto di un certo valore nella distribuzione gamma è uguale alla probabilità della variabile trasformata normalmente distribuita di trovarsi al di sotto della trasformata di quel valore.

Da un punto di vista computazionale, il valore dell'SPI può essere ottenuto attraverso l'approssimazione proposta in Abramowitz e Stegun (1965) che converte la distribuzione cumulata H(x) a una variabile aleatoria normale Z:

$$Z = SPI = \begin{cases} - \left(h - \frac{c_0 + c_1 \cdot h + c_2 \cdot h^2}{1 + d_1 \cdot h + d_2 \cdot h^2 + d_3 \cdot h^3} \right) & \text{per } 0 < H(x) \leq 0,5 \\ + \left(h - \frac{c_0 + c_1 \cdot h + c_2 \cdot h^2}{1 + d_1 \cdot h + d_2 \cdot h^2 + d_3 \cdot h^3} \right) & \text{per } 0,5 < H(x) \leq 1 \end{cases}$$

dove si ha:

- $h = \begin{cases} \sqrt{\ln\left(\frac{1}{(H(x))^2}\right)} & \text{per } 0 < H(x) \leq 0,5 \\ \sqrt{\ln\left(\frac{1}{(1-H(x))^2}\right)} & \text{per } 0,5 < H(x) \leq 1 \end{cases}$
- $c_0 = 2,515517;$
- $c_1 = 0,802853;$
- $c_2 = 0.010328;$
- $d_1 = 1.432788;$
- $d_2 = 0,189269;$
- $d_3 = 0,001308.$

Per un determinato luogo, l'indice così calcolato metterà in relazione la quantità di pioggia caduta in un determinato intervallo temporale con la sua climatologia, consentendo così di capire se la località in esame sia affetta o meno da condizioni di siccità⁵.

⁵ Fonte: www.progettorestore.it; B. McKee (1993), *The relationship of drought frequency and duration to time scales*. Eighth Conference on Applied Climatology, 17-22; World Meteorological Organization (2012), *Standardized Precipitation Index*; Mariani et al. (2018), *Linee Guida sugli Indicatori di Siccità e Scarsità Idrica da utilizzare nelle Attività degli Osservatori Permanenti per gli Utilizzi Idrici, Stato Attuale e Prospettive Future*, CREIAMO PA; Bollettino siccità, ISPRA.

Tabella 2.3 – Condizioni climatiche in relazione all'indice SPI

PERIODO	I_s
estremamente umido	> 2,0
molto umido	1,5 ÷ 2,0
moderatamente umido	1,0 ÷ 1,5
quasi normale	-1,0 ÷ 1,0
moderatamente secco	-1,5 ÷ -1,0
molto secco	-2,0 ÷ -1,5
estremamente secco	< -2,0

2.3.3 TREND DI PIOVOSITÀ NAZIONALI

Nelle considerazioni da fare circa i fenomeni pluviometrici non può essere trascurato il concetto del “cambiamento climatico”; infatti le analisi sulla piovosità vengono svolte facendo riferimento a database di rilevamenti storici basati su valori di altezza di pioggia. Le mutazioni climatiche hanno come principale ripercussione una variazione della piovosità e dell'intensità dei fenomeni motivo per il quale è bene individuare dei trend evolutivi che possano dare chiare previsioni sugli scenari futuri.

In tal senso è necessario capire come territorialmente sono variante, al giorno d'oggi, le precipitazioni rispetto al passato: si riporta in Figura XX un grafico relativo alle variazioni delle precipitazioni per regione dal 1992 al 2022 (Elaborazioni della Fondazione Earth Water Agenda). Emerge chiaramente come nell'ultimo trentennio si sia verificata una diminuzione delle precipitazioni in quasi tutte le regioni italiane con la sola eccezione della Valle D'Aosta e del Trentino Alto Adige ed una inattesa tenuta del livello storico in Sicilia.

Analisi similari possono essere portate a termine anche a scala di maggior dettaglio rispetto a quella regionale che è stata prediletta in quanto esemplificativa dei macro-trend nazionali.

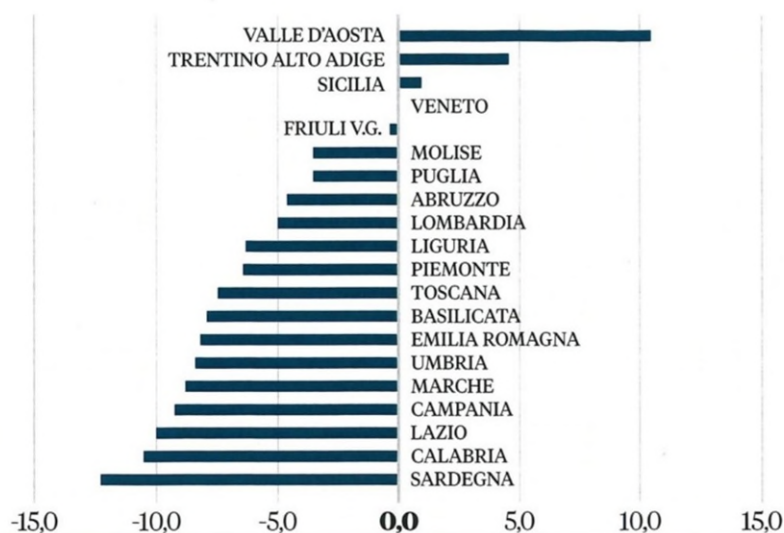


Figura 4 - Variazione delle precipitazioni per regione 1992-2022 ⁶

Le variazioni di precipitazioni non sono solo territoriali ma anche stagionali, e la diminuzione non avviene in maniera omogenea in tutti i mesi dell'anno bensì colpisce più intensamente, oltre ad agosto, nella parte centrale dell'inverno, ossia il periodo strategico del ciclo dell'acqua per la ricarica delle falde sotterranee e degli invasi superficiali.

La mancanza di precipitazione nella *stagione wet* dell'anno può portare ad una significativa mancanza di risorsa nella *stagione dry* con rilevantissime conseguenze socio-economiche.

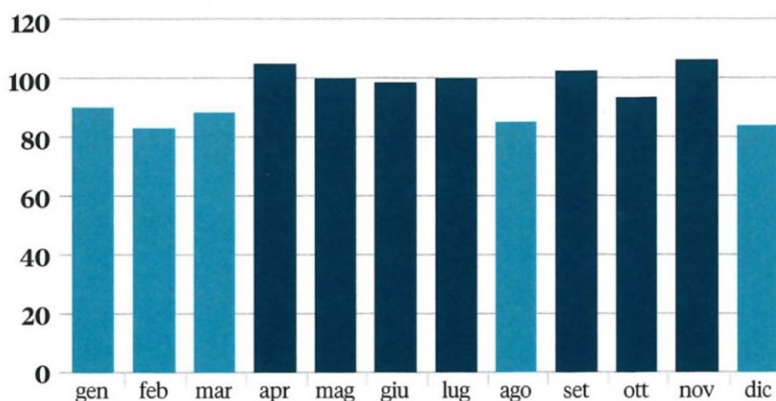


Figura 5 - Precipitazioni medie mensili in Italia

2.3.4 TECNICA DI CLOUD SEEDING

Con iniezione delle nuvole, anche nota come cloud seeding, s'intende una tecnica che mira a cambiare la quantità ed il tipo di precipitazione attraverso la dispersione nelle nubi di sostanze chimiche che fungano da nuclei di condensazione per favorire le precipitazioni. Questa tecnica può essere impiegata sia per aumentare la piovosità in zone aride sia per prevenire la formazione di grandine in fronti temporaleschi. Le sostanze possono essere disperse da aerei, rilasciate da dispositivi a terra, o veicolate tramite uso di razzi o cannoni antiaerei.

Le sostanze maggiormente usate sono l'ioduro d'argento e il ghiaccio secco (o biossido di carbonio congelato). Per produrre ghiaccio a temperature superiori sono usate anche espansioni di propano liquido per produrre cristalli, mentre è in aumento l'uso di materiali igroscopici, come ad esempio il sale, che sembrano dare risultati promettenti.

Ad oggi sono attivi 42 progetti di "pioggia a comando" in 10 Stati; tra i principali paesi impegnati su questo fronte ci sono il Messico, gli Stati Uniti, la Cina, la Russia ed Israele. Tra i paesi che maggiormente sviluppano questa tecnica vi è il Messico che ha nel 2020 avviato un piano strutturato governativo basato sul cloud seeding per combattere gli effetti della siccità nelle aree rurali e per contribuire alla ricarica delle falde acquifere. Il Governo Messicano sostiene di aver raggiunto un "tasso di efficacia" del 98% contribuendo addirittura al contenimento degli incendi boschivi del 2021.

⁶ Fonte: Water Economy in Italy, Water Target 2040 per la pianificazione della sicurezza idrica in Italia (Proger 2023).

Questa tecnica fu applicata anche in Cina nel 2008, in occasione dei giochi olimpici di Pechino, al fine di concentrare le precipitazioni nei giorni antecedenti l'inizio delle competizioni, così da evitare che le precipitazioni rovinassero la cerimonia d'inaugurazione. A distanza di pochi anni il governo cinese ha destinato più di centocinquanta milioni di dollari all'implementazione di un programma finalizzato a modificare il clima e provocare quanta più pioggia possibile, cercando così di risolvere in un colpo solo i problemi causati da siccità ed inquinamento.

In Italia azioni di cloud seeding furono portate avanti per far fronte ad un periodo di elevata siccità in Puglia negli anni 1988-1994, nell'ambito di un'operazione che prese il nome di "Progetto Pioggia", e in seguito nelle regioni Sicilia, Sardegna e Basilicata. Nel caso specifico, la tecnica di inseminazione impiegata si basò sulla dispersione di ioduro d'argento da aeromobile alla base delle nuvole obiettivo, ad una altezza approssimativa di 800 m, ma senza ottenere i risultati auspicati. Al giorno d'oggi questa pratica non è applicata in Italia.

L'utilizzo non troppo spinto di questa tecnica è riconducibile a costi non trascurabili e ad una efficacia d'azione non scientificamente accertata. Questa indeterminatezza è data dalla bassa precisione che gli attuali modelli meteorologici hanno circa la presenza di nuvole in una determinata zona ed in un preciso istante temporale.

Inoltre, molti scetticismi sono legati anche al fatto che si hanno grosse difficoltà nello stabilire con certezza se i fenomeni pluviometrici registrati a valle di un intervento di cloud seeding siano effettivamente stati indotti dal suddetto intervento oppure si tratti di precipitazioni che si sarebbero verificate a prescindere.

Al netto di ciò, con i sempre più frequenti problemi di siccità che colpiscono il nostro paese, quella del cloud seeding è sicuramente una tecnica che subirà sviluppi teorici ed applicativi importanti.

CAPITOLO 3

Utilizzo dell'acqua



3 UTILIZZO DELL'ACQUA

3.1 USO DELL'ACQUA INDUSTRIALE

Nel presente capitolo vengono presentati gli elementi inerenti all'utilizzo industriale della risorsa idrica, cominciando da un'introduzione alla tassonomia UE per le attività sostenibili, e come questa impatta sul settore industriale relativamente alla sostenibilità idrica.

Il paragrafo successivo (par. 3.1.2) descrive come le strategie legate alla sostenibilità si riflettono sui principali criteri di progettazione in ambito industriale, mentre il paragrafo 3.1.3 riporta le norme e gli standard che regolano la progettazione stessa.

I paragrafi successivi rappresentano una dettagliata analisi di quelli che sono le fasi che costituiscono il lavoro di progettazione e ottimizzazione dell'utilizzo della risorsa idrica all'interno di un sito/impianto, tra cui il primo approccio all'impianto (par. 3.1.4), metodologia di diagnosi e *Water Assessment* (par. 3.1.5 e 3.1.6), il calcolo della *Water Footprint* (par. 3.1.7) e gli step di ottimizzazione di processo e di progettazione (par. 3.1.8).

Nel paragrafo 3.1.9 sono riportate le verifiche di performance tipiche della fase di *test run* e il paragrafo seguente costituisce un approfondimento sui *Key Performance Indicators* (KPIs).

Il paragrafo conclusivo vede una sintesi del quadro normativo di riferimento.

3.1.1 UTILIZZO DELL'ACQUA NEL SETTORE INDUSTRIALE - EU TAXONOMY, CSRD

Il Regolamento dell'Unione Europea numero 2020/852, ha aggiunto alla struttura giuridica europea il concetto di tassonomia delle attività economiche ecocompatibili, la cosiddetta Tassonomia Europea, pubblicata all'interno del Official Journal of the European Union ed entrata in vigore il 12 Luglio 2020. Questa tassonomia rappresenta una categorizzazione delle attività che possono essere ritenute compatibili con l'ambiente, valutate in base alla loro conformità agli obiettivi ecologici dell'Unione Europea e al rispetto di determinate disposizioni sociali.

Una serie di atti delegati dettagliano i criteri tecnici che permettono di stabilire a quali condizioni ciascuna attività economica fornisce un contributo sostanziale ad almeno uno dei seguenti sei obiettivi ambientali identificati, senza arrecare danni significativi a nessuno degli altri cinque (Condizione "Do No Significant Harm - DNSH").

L'articolo 9 del Regolamento sulla Tassonomia stabilisce sei degli obiettivi climatici e ambientali, quali:

1. la mitigazione del cambiamento climatico;
2. l'adattamento al cambiamento climatico;
3. l'uso sostenibile delle risorse idriche;
4. la transizione verso un'economia circolare;
5. la prevenzione dell'inquinamento;
6. la protezione della biodiversità.

La tassonomia è quindi un "general framework" e/o una guida per diversi soggetti:

- per le imprese, per valutare le proprie attività, definire politiche aziendali in ottica di una maggiore sostenibilità ambientale e per rendicontare agli stakeholder in modo più completo e comparabile;
- per gli investitori, per integrare i temi di sostenibilità nelle politiche d'investimento e per comprendere l'impatto ambientale delle attività economiche nelle quali investono o potrebbero investire;
- per le istituzioni pubbliche, che possono utilizzare la tassonomia per definire e migliorare le proprie politiche di transizione ecologica.

Conformemente a quanto stabilito dall'articolo 8 del Regolamento dell'Unione Europea 2020/852, le entità soggette alla Direttiva sulla rendicontazione non finanziaria (Non-Financial Reporting Directive - NFRD) e in seguito alla nuova Direttiva sulla rendicontazione di sostenibilità delle imprese (Corporate Sustainability Reporting Directive - CSRD) saranno obbligate a comunicare dati relativi all'aderenza alla tassonomia tramite l'utilizzo di specifici parametri. In particolare le imprese non finanziarie devono pubblicare informazioni su:

- quota di fatturato proveniente da prodotti o servizi associati ad attività economiche allineate alla tassonomia;
- quota di spese in conto capitale (Capex) e di spese operative (Opex) relative ad attivi o processi associati ad attività economiche allineate alla tassonomia.

Alle società finanziarie spetta invece la pubblicazione di indicatori chiave di performance (Key Performance Indicator - KPI) che esprimano la percentuale di allineamento degli asset di gestione alla tassonomia. In questo caso, il KPI è rappresentato come il rapporto tra investimenti e attività finanziarie allineati alla tassonomia (al numeratore) e totale degli investimenti e delle attività finanziarie (al denominatore).

Infine, il Regolamento Delegato pubblicato il 9 dicembre, identificato come "Delegated Regulation (EU) 2021/2139", stabilisce i criteri di valutazione tecnica noti anche come Technical Screening Criteria (TSC). Questi criteri sono necessari per definire le condizioni in base alle quali un'attività economica può essere considerata un "contributo sostanziale" all'adattamento al cambiamento climatico o alla mitigazione dei rischi correlati. Inoltre, tali criteri vengono utilizzati per determinare se un'attività economica non comporta danni significativi a nessuno degli obiettivi di tutela ambientale.

Nell'aprile del 2021, l'organo esecutivo dell'Unione Europea ha introdotto il primo atto delegato della tassonomia, il Taxonomy Climate Delegate Act, che è poi entrato ufficialmente in vigore nel Gennaio 2022.

Tale approvazione conferma l'adozione dei criteri tecnici di screening (TSC) per le attività che contribuiscono in modo sostanziale agli obiettivi di mitigazione e adattamento al cambiamento climatico, trattando dunque solamente due dei sei obiettivi. Tuttavia, il documento copre più di dieci settori economici, spaziando dall'energia rinnovabile alla gestione forestale, e includendo anche la ristrutturazione edilizia e il settore dei trasporti.

La commissione Europea è attualmente chiamata ad introdurre il documento delegato relativo agli obiettivi rimanenti, con l'intento di renderli operativi entro il termine della legislatura, ovvero entro il 2024.

Relativamente all'uso sostenibile delle risorse idriche, l'articolo 12 "Contributo sostanziale all'uso sostenibile e alla protezione delle acque e delle risorse marine", del REGOLAMENTO (UE) 2020/852,

esamina l'uso dell'acqua nelle industrie. In particolare, si considera che un'attività economica contribuisca in modo significativo all'uso sostenibile e alla protezione delle acque e delle risorse marine se svolge un ruolo significativo nel raggiungimento di uno stato di salute ottimale per i corpi idrici, compresi quelli superficiali e sotterranei, o nel prevenire il deterioramento dei corpi idrici che già si trovano in uno stato di salute ottimale.

Il miglioramento della gestione e dell'efficienza idrica, inclusa la protezione e il miglioramento dello stato degli ecosistemi acquatici può essere realizzato mediante l'adozione di misure come il riutilizzo dell'acqua, garantendo la riduzione progressiva delle emissioni inquinanti nelle acque sotterranee e di superficie. Inoltre, l'attività economica può contribuire a mitigare gli effetti delle inondazioni e delle siccità o svolgere qualsiasi altra azione volta a proteggere o migliorare la qualità e la quantità dei corpi idrici.

3.1.2 CRITERI DI PROGETTAZIONE - STRATEGIE DI SOSTENIBILITÀ

Secondo quanto riportato dalla Nota ISPRA sulle condizioni di siccità in corso e sullo stato della risorsa idrica a livello nazionale il valore annuo medio di risorsa idrica disponibile per l'ultimo trentennio 1991–2020 è ridotto del 19% rispetto a quello relativo al trentennio 1921–1950 stimato dalla Conferenza Nazionale delle Acque tenutasi nel 1971.

L'Ispra prevede a livello nazionale una riduzione della disponibilità di risorsa idrica che va dal 10% nella proiezione a breve termine, nel caso di un approccio di mitigazione aggressivo nella riduzione delle emissioni di gas serra, al 40% (con punte del 90% per il sud Italia) nella proiezione a lungo termine, ipotizzando che la crescita delle emissioni di gas serra mantenga i ritmi attuali.

Con tali proiezioni la convivenza all'interno di un'area geografica di molteplici portatori d'interesse può generare inevitabilmente una competizione intra-territoriale per l'utilizzo e lo sfruttamento delle fonti di approvvigionamento idrico. Ne consegue che in un contesto in cui la risorsa idrica rappresenta la fonte primaria di sostentamento delle attività umane, il tema della resilienza idrica diventa cruciale.

Attraverso mirate strategie di gestione della risorsa idrica, un sito industriale può agire incrementando la propria resilienza idrica intesa come capacità di resistere a fattori di stress esterni che limitano l'accesso alle fonti di approvvigionamento. Le strategie di gestione della risorsa idrica sono identificate attraverso studi e analisi del ciclo idrico note come "Water Assessment").

3.1.3 NORME E STANDARD DI RIFERIMENTO PER LA PROGETTAZIONE

3.1.3.1 INTERNAZIONALI

A livello internazionale, esistono diverse norme e linee-guida di riferimento emanati da organizzazioni riconosciute. A titolo di esempio, vogliamo ricordare:

- Stati Uniti: NSF / ANSI (American National Standards), l'omologo di UNI, pubblica le norme tecniche volontarie per tutti i settori industriali, commerciali e del terziario. NSF è accreditato dall'American National Standards Institute (ANSI) per sviluppare e pubblicare gli "American National Standards". Tali norme sono state applicate anche al settore "trattamento delle acque reflue" già da diversi decenni. Gli standard oggi disponibili si limitano, però, ai casi degli scarichi civili di piccola dimensione e sono:

- NSF/ANSI Standard 40: Sistemi di trattamento acque di scarico civile
- NSF/ANSI Standard 46: valutazione dei componenti e dispositivi utilizzati nei sistemi di trattamento delle acque reflue
- NSF/ANSI Standard 245: sistemi di trattamento delle acque reflue - riduzione dell'azoto
- Germania: ATV, un'organizzazione privata che raccoglie professionisti, docenti, scienziati che ha predisposto specifici standard per gli impianti di depurazione acque, quali la norma A 126E ATV (Principi per la progettazione e realizzazione impianti di depurazione acque reflue).

3.1.3.2 ITALIANE

Il riferimento italiano per le norme tecniche di riferimento sono le norme UNI. Queste sono limitate a criteri generali ed a poche tipologie di trattamenti:

- UNI 11209-1:2006 Impianti di trattamento delle acque reflue industriali - Criteri e requisiti per l'ordinazione, la fornitura, il collaudo e la manutenzione - Parte 1: Generalità;
- UNI 11209-2:2006 Impianti di trattamento delle acque reflue industriali - Criteri e requisiti per l'ordinazione, la fornitura, il collaudo e la manutenzione - Parte 2: Evaporatori/concentratori;
- UNI 11209-3:2006 Impianti di trattamento delle acque reflue industriali - Criteri e requisiti per l'ordinazione, la fornitura, il collaudo e la manutenzione - Parte 3: Apparecchiature di flottazione ed elettroflottazione;
- UNI 11209-4:2008 Impianti di trattamento delle acque reflue industriali - Criteri e requisiti per l'ordinazione, la fornitura, il collaudo e la manutenzione - Parte 4: Apparecchiature per filtrazione a membrana;

Per quanto riguarda le componenti elettriche, in Italia le norme tecniche che definiscono la modalità di costruzione e installazione dei componenti elettrici sono redatte dal Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI), che a sua volta recepisce le normative europee (EN). In ogni caso, stiamo parlando di impianti a bassa tensione (tensione fino a 1000 Volt in corrente alternata e 1500 Volt in corrente continua) e quindi di impianti non particolarmente complessi.

3.1.3.3 NORME DI SICUREZZA

Premessi i generali obblighi dei progettisti definiti dall'art. 22 D.lgs. 81/08 che riportiamo per completezza: *"I progettisti dei luoghi e dei posti di lavoro e degli impianti rispettano i principi generali di prevenzione in materia di salute e sicurezza sul lavoro al momento delle scelte progettuali e tecniche e scelgono attrezzature, componenti e dispositivi di protezione rispondenti alle disposizioni legislative e regolamentari in materia."*

Richiamano l'applicabilità di tutte le norme di sicurezza vigenti ed in particolare per la specifica realizzazione:

- UNI EN ISO 12100:2010: Sicurezza del macchinario - Concetti fondamentali, principi generali di progettazione

- UNI EN ISO 13732:2009: Ergonomia degli ambienti termici - Metodi per la valutazione della risposta dell'uomo al contatto con le superfici
- UNI EN ISO 13849:2008: Sicurezza del macchinario - Parti dei sistemi di comando legate alla sicurezza
- EC 1-2009 UNI EN ISO 13849: Sicurezza del macchinario - Parti dei sistemi di comando legate alla sicurezza
- UNI EN ISO 13850:2008: Sicurezza del macchinario - Arresto di emergenza - Principi di progettazione
- UNI EN ISO 13857:2008: Sicurezza del macchinario - Distanze di sicurezza per impedire il raggiungimento di zone pericolose con gli arti superiori e inferiori
- UNI ISO/TR 14121-2:2010 Sicurezza del macchinario - Valutazione del rischio - Parte seconda: guida pratica ed esempi di metodi
- UNI EN ISO 14122:2010 Sicurezza del macchinario - Mezzi di accesso permanenti al macchinario
- UNI EN ISO 14159:2008 Sicurezza del macchinario - Requisiti relativi all'igiene per la progettazione del macchinario
- UNI EN ISO 14738:2009: Sicurezza del macchinario - Requisiti antropometrici per la progettazione di postazioni di lavoro sul macchinario
- UNI EN ISO 7731:2009: Ergonomia - Segnali di pericolo per luoghi pubblici e aree di lavoro - Segnali acustici di pericolo
- UNI EN 414:2002 Sicurezza del macchinario - Regole per la stesura e la redazione di norme di sicurezza
- UNI EN 1037:2008 Sicurezza del macchinario - Prevenzione dell'avviamento inatteso
- UNI EN 1088:2008 Sicurezza del macchinario - Dispositivi di interblocco associati ai ripari - Principi di progettazione e di scelta
- UNI EN 1837:2009 Sicurezza del macchinario - Illuminazione integrata alle macchine
- UNI EN 349:2008 Sicurezza del macchinario - Spazi minimi per evitare lo schiacciamento di parti del corpo
- UNI EN 614:2009 Sicurezza del macchinario - Principi ergonomici di progettazione
- UNI EN 809:2009 Pompe e gruppi di pompaggio per liquidi - Requisiti generali di sicurezza
- UNI EN 894:2009: Sicurezza del macchinario - Requisiti ergonomici per la progettazione di dispositivi di informazione e di comando
- UNI EN 953:2009: Sicurezza del macchinario - Ripari
- UNI EN 981:2009: Sicurezza del macchinario - Sistemi di segnali di pericolo e di informazione uditivi e visivi
- UNI EN 982:2009: Sicurezza del macchinario - Requisiti di sicurezza relativi a sistemi e loro componenti per trasmissioni oleoidrauliche e pneumatiche
- UNI EN ISO 11161:2010 Sicurezza del macchinario - Sistemi di fabbricazione integrati - Requisiti di base
- Norma CEI EN 50110-1 (Esercizio degli impianti elettrici)
- Norma CEI 11-27 (Lavori sugli impianti elettrici)
- CEI 64-17 Guida all'esecuzione degli impianti elettrici nei cantieri

La progettazione strutturale dei manufatti deve rispettare la normativa nazionale in materia ("Norme tecniche per le costruzioni" D.M. 14 Gennaio 2008 e s.m.i.) nonché la normativa tecnica applicabile in ragione della scelta costruttiva adottata, che di seguito riportiamo:

- UNI ENV 1991 Eurocodice 1. Basi di calcolo ed azioni sulle strutture
- UNI ENV 1992 Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo
- UNI ENV 1993 Eurocodice 3. Progettazione delle strutture di acciaio
- UNI ENV 1994 Eurocodice 4. Progettazione delle strutture composte acciaio- calcestruzzo
- UNI 11017:2002 Scale prefabbricate, ringhiere, balaustre e parapetti - Ruoli, compiti e responsabilità nella posa in opera
- UNI 11002:2002 Pannelli e gradini di grigliato elettrosaldato e/o pressato

3.1.4 PRIMO APPROCCIO AD UN SITO/IMPIANTO INDUSTRIALE

Si consiglia una prima fase costituita da una fase iniziale di Audit impiantistico di processo che comprende una visita in sito per l'acquisizione dei dati, un confronto con il personale preposto, eventuali verifiche spot su alcuni punti e/o su dati operativi e definizione di un report che evidenzia:

- punti di forza del sistema, ad esempio: per un impianto il livello di automazione, la disponibilità di volumi di stoccaggio; per il ciclo idrico complessivo, il livello di riutilizzo acque, la ridondanza delle fonti di approvvigionamento;
- punti di debolezza del sistema: inefficienze della filiera di trattamento, obsolescenza apparecchiature o anche su non ottimale utilizzo di parti di impianto;
- opportunità: possibilità di riutilizzare apparecchiature esistenti per altra funzione, possibilità di effettuare un investimento pianificato per ridurre i costi energetici (ad esempio sostituzione di carboni attivi gestita diversamente), oppure la possibilità di ricevere altri reflui, usare altri reagenti e/o di gestire diversamente dei sottoprodotti del trattamento;
- rischi che si individuano come possibili in uno scenario futuro a breve-medio termine, qualora si mantenesse lo "status quo". Questi rischi vanno dalla "rottura fisica" di parti già parzialmente danneggiate, al rischio di immagine per il Cliente in caso di superamento dei limiti allo scarico.

Il prodotto finale di questa prima fase sarà quindi una "fotografia" della situazione attuale con indicazione di quanto si suggerisce per:

- mettere immediatamente in atto variazioni/modifiche/miglioramenti dell'impianto di trattamento industriale;
- definire un design relativo all'implementazione di quanto necessario come investimento per conseguire obiettivi a breve, medio e a lungo termine.

3.1.5 METODOLOGIA DIAGNOSI

La diagnosi idrica ha come scopo quello di garantire la corretta gestione delle risorse idriche definendo una metodologia per l'ottimizzazione della rete di adduzione e distribuzione. Mira a risolvere le criticità e gli sprechi delle acque che compongono un sistema idraulico di una qualsiasi infrastruttura civile, urbana ed extraurbana, le cui caratteristiche specifiche possono essere le più varie.

La corretta gestione delle risorse naturali è di primaria importanza nel contesto della sostenibilità ambientale e, in particolare, il risparmio della risorsa idrica è tra gli obiettivi strategici dei nostri

giorni. La riduzione degli sprechi e le eliminazioni di situazioni non a norma sono il target a cui la diagnosi idrica mira per un uso sostenibile della risorsa naturale, l'acqua.

Il metodo si suddivide nelle seguenti fasi principali:

- riunioni tecniche per avvio lavori Gruppo di Lavoro;
- ricostruzione dettagliata dello stato attuale della rete idrica esistente;
- acquisizione dei dati di base da parte dell'Ente Gestore del Servizio Idrico Integrato e degli enti Competenti
- studio dettagliato sugli utilizzatori presenti e sui consumi;
- stima dei consumi idrici dei potenziali utilizzatori;
- identificazione delle problematiche (perdite della rete idrica, reti dismesse, ecc);
- proposte di efficientamento idrico per il caso studio.

3.1.5.1 ACQUISIZIONE DEI DATI DI BASE

Locali coinvolti

È indispensabile individuare i locali dell'area di studio che sono soggetti ad adduzione e distribuzione delle acque attraverso uno studio planimetrico.

Contatori e sub-contatori

Un altro passaggio importante è l'individuazione, durante le attività di campo, di contatori e sub-contatori idrici. La loro lettura permette il calcolo dei consumi della rete da attribuire ai diversi servizi.

Acquisizione dei dati di base da parte dell'Ente Gestore del Servizio Idrico Integrato (SII)

I dati di base che si possono ricavare presso l'Ente Gestore del Servizio Idrico Integrato sono tutte le informazioni disponibili relative alla rete idrica pubblica e le bollette associate ai diversi contatori rinvenuti.

3.1.5.2 MAPPATURA RETE IDRICA ESISTENTE

Sopralluoghi preliminari

Per la ricostruzione della rete idrica esistente è necessario effettuare diversi sopralluoghi, durante i quali sono analizzati e indagati i seguenti aspetti:

- morfologia dei luoghi;
- ubicazione dei contatori;
- utenze servite;
- rete idrica esistente ed elementi che sono parte integrante della stessa.

Attività propedeutiche alla ricostruzione della rete idrica esistente

Per la ricostruzione della rete idrica sono svolte le seguenti operazioni:

- analisi visiva diretta dei pozzetti presenti sull'area con verifica delle profondità e delle caratteristiche delle tubazioni;

- indagine indiretta tramite Georadar e Radiodetection della rete idrica esistente.

Ricostruzione rete idrica esistente

La ricostruzione prevede la realizzazione di un rilievo plano-altimetrico della rete idrica con particolare attenzione alla posizione dei pozzetti dislocati sull'intera area. Tale rilievo rappresenta la cartografia di base su cui si sviluppa la ricostruzione della rete idrica esistente, ottenuta dalla verifica "*diretta*" delle condotte esistenti tramite l'apertura di gran parte dei pozzetti presenti e grazie all'utilizzo di tecniche "*indirette*" non invasive come georadar e radiodetection a supporto di tale ricostruzione.

È inoltre necessario ricercare l'eventuale presenza, all'interno dell'area di analisi, di pozzi, sistemi di stoccaggio acque, torrini piezometrici, camere di manovre e qualunque altra infrastruttura idraulica a servizio dell'adduzione idrica.

3.1.5.3 CENSIMENTO DELLE UTENZE E ANALISI DEI CONSUMI

Al fine di valutare i consumi idrici effettivi attribuibili alle aree oggetto di indagine e nel contempo individuare macroscopicamente eventuali anomalie presenti lungo il tracciato (es. perdite dalle tubazioni, derivazioni non autorizzate ecc..) si procede con un confronto tra i risultati ottenuti da due diversi approcci di calcolo. Il primo approccio mira ad ottenere i volumi di consumo sia dalla lettura in campo dei contatori, ad intervalli di tempo prestabiliti, sia dall'analisi delle bollette idriche. Il secondo approccio mira ad ottenere i volumi di consumo tramite stime teoriche, basate su formule presenti in letteratura, precedute da una campagna di indagine sui fabbricati e sulle attività presenti nell'area, atta a definire la tipologia e l'entità delle utenze presenti.

Censimento delle utenze

Preliminarmente alla stima dei volumi di consumo (in particolare per la stima teorica 2° approccio) è necessario procedere con una campagna di indagini in campo, sull'area oggetto di studio, al fine di effettuare un censimento delle utenze propedeutico alle valutazioni da fare.

1° Approccio: Confronto tra i consumi effettivi ed i consumi in bolletta

Una volta individuati i contatori a servizio dell'area di indagine si può procedere con una prima analisi dei consumi idrici confrontando i valori riportati in bolletta con le letture del contatore, prese in diversi giorni e fasce orarie (generalmente le letture vengono effettuate a inizio e fine settimana lavorativa e durante il weekend).

2° Approccio: Stima teorica del consumo idrico

A valle dei sopralluoghi svolti in campo, viene condotta un'analisi mirata alla stima e all'ottimizzazione dei consumi idrici. Si effettua il calcolo sulla base di formule e dati presenti in letteratura, come riportato di seguito, al fine di stimare il consumo idrico giornaliero che dovrà poi essere confrontato con i risultati ottenuti dal primo approccio.

Metodologia

Il consumo idrico giornaliero è stimato mediante la formula di letteratura della portata media annua \bar{Q}_a [l/s] del fabbisogno idrico-potabile, di seguito riportata.

$$\overline{Q_a} = P \cdot d / 86400$$

con P numero di abitanti serviti e d [l/ab.giorno] coefficiente di dotazione idrica pro-capite. Il valore di quest'ultimo può variare a seconda del caso studio (in funzione della popolazione residente) ed in genere è indicato nel Piano di Tutela delle Acque Regionale (PTAR) o dalla normativa locale di riferimento.

Il numero di abitanti serviti P invece si ottiene facendo riferimento agli Abitanti Equivalenti (Figura 3.1):

UNITA ABITATIVE	DESCRIZIONE	COMPONENTI		A.E.
		u.m.	n.	n.
CASE DI CIVILE ABITAZIONE	persone	n.	1	1
	superficie lorda	m ²	35	1
	volume edificio	m ³	100	1
	posti letto	n.	1	1
	camere da letto	m ² <	14	1
		m ² >=	14	2
ALBERGHI, VILLAGGI TURISTICI, AGRITURISMI, CASE DI RIPOSO E SIMILI	posti letto	n.	2	1
	addetti	n.	3	1
	camere da letto	m ² < =	14	1
		ogni m ²	6	1
RISTORANTI, MENSE, TRATTORIE	coperti	n.	3	1
	addetti	n.	3	1
	sala da pranzo	m ² =	3,60	1
CAMPEGGI	posti letto	n.	2	1
	addetti	n.	3	1
BAR, CIRCOLI, CLUB	clienti	n.	7	1
	addetti	n.	3	1
SCUOLE	alunni	n.	10	1
PALESTRE	frequentanti	n.	10	1
CASERME, PRIGIONI	posti letto	n.	1	1,5
FABBRICHE, LABORATORI ARTIGIANALI CHE NON PRODUCANO ACQUE REFLUE DI LAVORAZIONE	lavoratori	n.	2	1
CINEMA, TEATRI, SALE CONVEGNI, MUSEI, IMPIANTI SPORTIVI	WC	n.	1	4
	posti	n.	30	1
	addetti	n.	3	1
OSPEDALI, CLINICHE	posti letto	n.	2	1
	addetti	n.	3	1
UFFICI, NEGOZI, ATTIVITA' COMMERCIALI IN GENERE	impiegati	n.	3	1

Figura 3.1 – Tabella abitanti equivalenti

3.1.6 WATER ASSESSMENT AND BASELINE METHODOLOGY

Il Water Assessment consiste in attività di analisi e studi in materia di acque e scarichi idrici volti ad ottenere una caratterizzazione quantitativa e qualitativa del bilancio idrico di sito e ad identificare in via preliminare possibili opportunità di miglioramento atte alla riduzione dei prelievi e dei consumi idrici.

Nello scenario attuale, che vede una crisi idrica crescente e un aumento nell'uso dell'acqua, il Water Assessment diventa una sorta di istantanea che cattura la situazione attuale e pone le basi per lo sviluppo di future strategie "sostenibili" e la successiva implementazione di tecnologie mirate la cui identificazione e adozione spetta a studi ingegneristici approfonditi.

Le fasi che costituiscono un Water Assessment e che portano all'identificazione e gestione sostenibile della risorsa idrica, possono svilupparsi nei seguenti step:

1. mappatura del ciclo integrato delle acque;
2. identificazione ed eliminazione degli sprechi/perdite;
3. ottimizzazione dei consumi all'interno e all'esterno delle linee produttive;
4. criteri di prioritizzazione degli interventi finalizzati al riutilizzo della risorsa idrica
5. identificazione di proposte/azioni di miglioramento volte al risparmio idrico e relativa valutazione indicativa CAPEX/OPEX

Mappatura ciclo integrato delle acque

La mappatura del ciclo integrato delle acque consiste nella raccolta e organizzazione dei dati relativi al ciclo idrico attraverso le seguenti attività:

- identificazione delle attività o dei reparti produttivi che utilizzano acqua, e quindi dei principali flussi idrici in ingresso e uscita da essi;
- identificazione della qualità di acqua utilizzata (e.g. tipologia di fonte di approvvigionamento, acqua post trattamento ecc);
- raccolta dati relativi ai consumi idrici;

In particolare, per la categorizzazione dei flussi idrici rappresentativi del ciclo idrico integrato la ISO 46001 "Sistemi di gestione dell'efficienza idrica" rappresenta un utile strumento di supporto, che ripartisce l'acqua in ingresso in:

- acqua esterna fornita da azienda di servizi idrici;
- acqua proveniente da altre fonti (i.e acqua di mare, acqua demineralizzata, acqua di falda, acqua di pioggia, acqua rigenerata).

Inoltre ripartisce gli stream acquosi uscenti dal bilancio idrico, in:

- acqua persa per evaporazione (perdita);
- acqua utilizzata nel processo;
- acqua destinata ad usi esterni, i.e. irrigazione;
- acque scaricate in fognatura, che includono acque reflue inquinate e/o flussi di acqua proveniente dal sito;
- acqua persa in rete.

La prima fase di mappatura del ciclo integrato si conclude con l'assegnazione dei dati di portata di ogni stream in ingresso e uscita. Tale raccolta dati dei consumi idrici può avvenire mediante:

- presa visione dei dati ricavati dai misuratori di portata facenti parte della rete di monitoraggio del sito (misura diretta, opzione preferibile);
- effettuazione di stime mediante le schede tecniche delle apparecchiature e/o per differenza rispetto al misurato (misura indiretta).

Per un'adeguata copertura, va condotto uno studio mirato e strategico per la localizzazione dei misuratori di portata. L'installazione, infatti, dovrà essere effettuata non solo sulle unità che più di altre necessitano della risorsa idrica, ma anche presso punti critici sottoposti a stress meccanico, quali giunzioni, valvole, raccordi e tubazioni esposte a danni o usura, data la possibilità di formazione di perdite idriche che, se non registrate, porterebbero ad un bilancio idrico errato. Infine si raccomanda ove possibile, l'utilizzo di una strumentazione quanto più in linea con le migliori tecnologie attualmente disponibili sul mercato.

L'installazione di un misuratore di portata provvisto di indicatore e totalizzatore, interfacciandosi con un PLC permette lo svolgimento di un'azione di monitoraggio quantitativo dei consumi idrici, anche da remoto. I dati trasmessi, visualizzati su monitor, possono avere una duplice valenza:

- permettono di ottenere in tempo reale un indice delle performance impiantistiche nella sezione di interesse;
- grazie all'azione del totalizzatore, permettono di verificare il raggiungimento degli obiettivi di recupero su un arco temporale maggiore (es, mensile, trimestrale), così da poter tenere conto di eventuali anomalie, stop dell'impianto dovuti ad attività di manutenzione oppure variazioni legate alla specifica attività produttiva.

Identificazione ed eliminazione degli sprechi/perdite

Il bilancio idrico permette l'identificazione delle linee caratterizzate da perdite idriche e delle utenze che utilizzano in modo inefficiente la risorsa idrica. Le perdite e lo spreco denotano due concetti distinti sull'utilizzo inefficiente della risorsa idrica.

L'assegnazione dei dati di portata degli stream in ingresso e uscita di ogni sezione di impianto permette l'identificazione delle perdite idriche. La formulazione del bilancio idrico può definirsi come segue:

$$\Sigma Q_{in} = \Sigma Q_{out}$$

Dove:

- ΣQ_{in} rappresenta la sommatoria dei flussi idrici in ingresso;
- ΣQ_{out} rappresenta la sommatoria dei flussi idrici in uscita.

La registrazione di valori in ingresso maggiori rispetto a quelli in uscita, a netto dei consumi, può denotare l'esistenza di fuoriuscite incontrollate e quindi di perdite.

In particolare, una perdita d'acqua si verifica quando si presenta una dispersione non intenzionale e indesiderata. Le perdite possono essere causate da criticità lungo la rete di distribuzione idrica come rotture o guasti, oppure da fughe nei dispositivi idraulici finali, quali rubinetti. La perdita denota dunque un flusso di acqua che viene perso durante il processo di distribuzione e si caratterizza da un delta bilancio positivo, come segue:

$$\Delta \text{bilancio} = \Sigma Q_{in} - \Sigma Q_{out} > 0;$$

Il grado di certezza della presenza di perdite idriche è tanto più alto quanto più è uniforme la rete di monitoraggio che permette di rilevare misure dirette. Il monitoraggio delle reti permette l'individuazione precoce delle perdite e il controllo della loro progressione, così da consentire sia di valutare le condizioni delle tubazioni sia di definire priorità d'intervento.

Lungo il percorso di distribuzione si consiglia l'inserimento di misuratori di portate tale da coprire l'intera rete, comprese le linee di acque meteoriche. Spesso inoltre, una volta individuati i punti sensibili, soggetti a potenziali perdite, si consiglia l'installazione di un misuratore a monte e a valle di tali punti, con una distanza tale da ridurre gli errori di misura sistematici dovuti a possibili vibrazioni. È altresì consigliato il monitoraggio attraverso sopralluoghi, revisioni delle bollette idriche ed interviste con gli addetti/personale. Nel caso di grandi reti di distribuzione il monitoraggio può attuarsi tramite campagne che utilizzano tecnologie satellitari come quelle con radar SAR montati su aerei o con videospesione.

La Tassonomia EU propone, attraverso il *technical screening criteria*, misure di mitigazione volte a favorire l'identificazione delle perdite idriche.

Il *technical screening criteria*, definisce come indicatore di *performances*, relativamente alle perdite idriche, l'*Infrastructure Leakage Index* (ILI).

$$ILI = \frac{CARL}{UARL} = \frac{\text{Current Annual Real Losses}}{\text{Unavoidable Annual Real Losses}} \quad (1)$$

$$UARL_{\left[\frac{1}{\text{day}}\right]} = (18 \cdot L_m + 0,8 \cdot N_c + 25 \cdot L_p) \cdot P \quad (2)$$

$$UARL_{[1/\text{day}/\text{serviceconnection}]} = \left(18 \cdot \frac{L_m}{N_c} + 0,8 + 25 \cdot \frac{L_p}{N_c}\right) \cdot P \quad (3)$$

In cui:

- L_m è la lunghezza totale della rete senza il sistema di pompe, espressa in chilometri;
- N_c è il numero di connessioni;
- L_p è la lunghezza totale del servizio;
- P definita come la pressione media, espressa in metri.

L'indice UARL ("*Unavoidable Annual Real Losses*"), rappresenta il minimo volume annuo di perdite reali raggiungibile tecnicamente per sistemi ben gestiti e ben mantenuti. L'indice CARL invece, derivante dal bilancio idrico, esprime il volume d'acqua annuo perso dalla rete idrica a causa di perdite nella rete di distribuzione (m^3/anno).

Tabella 3.1 – Confronto dataset ILI.

Paesi in via di sviluppo	Paesi Sviluppati	BANDA	Valore calcolato di ILI di questo Sistema	Descrizione generale delle categorie di performance nella gestione delle perdite reali per Paesi Sviluppati e in via di sviluppo
ILI range	ILI range			
Meno di 4	Meno di 2	A		Ulteriori riduzioni delle perdite possono non essere economici a meno di carenza idrica; è necessaria un'analisi dettagliata per identificare miglioramenti cost-effective
4 to < 8	Tra 2 e 4	B		Potenziale per significativi miglioramenti; considerare la gestione della pressione, migliori modalità per il controllo attivo della pressione e migliore manutenzione della rete
8 to < 16	Tra 4 e 8	C		Scarsa gestione delle perdite; tollerabile solo se l'acqua è abbondante e poco costosa. Comunque analizzare il livello e la natura delle perdite e intensificare gli sforzi per la riduzione delle perdite
16 o più	8 o più	D		Uso molto inefficiente della risorsa; programmi di riduzione delle perdite sono imperativi e rappresentano una priorità assoluta

Paesi Sviluppati	BANDA	Numero di sistemi in ogni banda					Descrizione generale delle categorie di performance nella gestione delle perdite reali per Paesi Sviluppati e in via di sviluppo
		Inghilterra e Galles 2003	Europa 2005	Italia 2008	Nord America 2011	Australia 2011	
ILI range							
< 2	A	7	7	7	6	43	Ulteriori riduzioni delle perdite possono non essere economici a meno di carenza idrica; è necessaria un'analisi dettagliata per identificare miglioramenti cost-effective
Tra 2 e 4	B	13	3	15	11	7	Potenziale per significativi miglioramenti; considerare la gestione della pressione, migliori modalità per il controllo attivo della pressione e migliore manutenzione della rete
Tra 4 e 8	C	2	7	32	2	2	Scarsa gestione delle perdite; tollerabile solo se l'acqua è abbondante e poco costosa. Comunque analizzare il livello e la natura delle perdite e intensificare gli sforzi per la riduzione delle perdite
8 o più	D	0	4	13	2	0	Uso molto inefficiente della risorsa; programmi di riduzione delle perdite sono imperativi e rappresentano una priorità assoluta
Totale sistemi		22	21	67	21	52	

Come riportato in Tabella 3.1, sono state identificate quattro bande di valori dell'indice a cui corrisponde un livello di efficienza nell'utilizzo della risorsa idrica: valori di ILI inferiori a 2 caratterizzano sistemi efficienti, per i quali ulteriori riduzioni delle perdite potrebbero comportare costi elevati; al contrario, valori di ILI superiori a 8 indicano sistemi molto inefficienti nell'uso della risorsa idrica, per i quali è imperativa l'implementazione di sistemi di riduzione delle perdite. Secondo quanto riportato dal Technical Annex, una corretta gestione delle perdite idriche, tradotta in una sostanziale riduzione delle ILI, ridurrebbe indirettamente anche il consumo energetico dell'intero sistema di approvvigionamento idrico, consentendo così significative riduzioni delle emissioni di gas serra dallo stesso. Le misure di gestione delle perdite idriche suggerite includono, tra le altre:

- controllo attivo delle perdite;
- gestione della pressione;
- velocità e qualità delle riparazioni;
- gestione delle infrastrutture e degli asset;
- monitoraggio e segnalazione;
- digitalizzazione e automazione.

Ai fini della valutazione degli sprechi, il bilancio idrico permette l'identificazione delle sezioni di impianto caratterizzate da un maggior consumo idrico. In particolare lo spreco può presentarsi nelle seguenti forme:

- inefficiente gestione della risorsa idrica (es. irrigazione eccessiva o mancato riutilizzo interno);
- mancata applicazione delle migliori tecnologie disponibili (BAT, "Best Available Technologies");
- utilizzo di una quantità di acqua superiore a quella necessaria nel processo, a causa ad esempio di una mancata manutenzione dell'apparecchiatura.

La riduzione degli sprechi di acqua richiede una profonda comprensione del consumo attuale di acqua al fine di fornire una quantità di acqua equivalente a quella prevista nel progetto. Lo spreco di risorsa idrica destinata all'irrigazione può essere valutato ed evitato ad esempio tramite l'installazione di sensori di umidità del terreno al fine di fornire la giusta quantità di acqua necessaria per irrigazione in base al livello di umidità rilevato.

Ottimizzazione dei consumi all'interno e all'esterno delle linee produttive

Il primo passo verso l'ottimizzazione del consumo idrico consiste, ove possibile, nell'allineamento con le migliori tecniche disponibili (BAT) ovvero le migliori soluzioni tecniche impiantistiche, gestionali e di controllo, in grado di garantire un elevato livello di protezione dell'ambiente, grazie all'ottimizzazione delle materie prime utilizzate nel processo.

Le BAT vengono periodicamente aggiornate in funzione delle innovazioni e dei progressi tecnologici raggiunti. I documenti di riferimento, finalizzati a rendere diffusa ed efficace la conoscenza sulle BAT disponibili, sono i *BAT reference documents (BRefs)*. Le tecniche BAT finalizzate al risparmio idrico possono essere analizzate in maniera "verticale" (o settoriale), individuando le migliori tecniche disponibili per lo specifico settore produttivo, oppure in "orizzontale", attraverso l'analisi di norme di buona pratica generiche per ogni tipo di attività produttiva.

Prima di provvedere alla sostituzione delle macchine o delle linee di produzione con quanto suggerito dalle BAT, è buona norma monitorare lo stato del macchinario con regolari ispezioni e pulizie, al fine di verificare che il fabbisogno idrico sia in linea con i valori di progetto, definiti dalla documentazione tecnica a corredo d'impianto.

Criteri di prioritizzazione degli interventi finalizzati al riutilizzo della risorsa idrica

La prima fase del processo che porta all'individuazione delle proposte e delle azioni di miglioramento finalizzate al recupero idrico consiste nell'identificazione delle basi di progetto, ovvero insieme di fattori, parametri e criteri di scelta assunti a riferimento per l'assegnazione di un ordine di priorità degli interventi. Essi possono essere così riepilogati:

- assicurare la compatibilità a livello qualitativo delle acque recuperate in relazione ai diversi scopi di utilizzo;
- agire primariamente sugli impianti in grado di offrire il maggiore e continuo potenziale di recupero necessario a conseguire la qualità desiderata di acqua di recupero;
- proporre, ove possibile, degli interventi che possano prefigurarsi come "appendici" tecnologiche da porre in essere presso l'impianto di trattamento esistente a completamento e/o integrazione del ciclo depurativo in essere.

Identificazione di proposte/azioni di miglioramento volte al risparmio idrico e valutazione CAPEX/OPEX

A seguito della fase di individuazione dei criteri di prioritizzazione degli interventi, il passo successivo consiste nell'identificazione di azioni e proposte di miglioramento volte al risparmio idrico. Queste possono essere di natura gestionale oppure impiantistica, finalizzate, nell'ultimo caso, ad ottenere una risorsa idrica avente caratteristiche fisico-chimiche conformi al riutilizzo.

L'attività di Water Assessment può ritenersi conclusa con l'elaborazione, per ogni proposta/azione di miglioramento individuata, di una valutazione indicativa di CAPEX (spesa di capitale - CAPital EXpenditure) e OPEX (spesa operativa - OPerational EXpenditure), che dovrà essere confermata nelle fasi successive dell'ingegneria.

Tali dati sono la base per lo sviluppo di un Business Case, utilizzato come supporto per determinare il profilo di investimento delle azioni individuate e i relativi costi-benefici, nonché per facilitare il processo decisionale aziendale nell'identificazione delle strategie di riduzione dei prelievi e dei consumi idrici e/o di recupero della risorsa idrica.

3.1.7 WATER FOOTPRINT

La *Water Footprint*, o impronta idrica, è definita come la "misurazione dei potenziali impatti ambientali che un prodotto, un processo od un'organizzazione possono avere sulle risorse idriche, in un'ottica di ciclo di vita"

A differenza del *Water Assessment*, finalizzato all'identificazione di strategie pluriennali di ottimizzazione della gestione della risorsa idrica, la *Water Footprint* ha come obiettivo finale la comunicazione delle performance aziendali in materia, al fine di valorizzarne l'immagine e il profilo ambientale.

La sua rendicontazione avviene in conformità alla norma ISO 14046, che individua gli elementi che maggiormente contribuiscono al consumo idrico lungo il ciclo di vita (LCA - *Life Cycle Assessment*). Lo studio sull'impronta idrica viene quindi strutturato in quattro fasi:

1. definizione dello scopo e del campo di applicazione;
2. raccolta dei dati necessari a valutare l'interazione dei processi e/o il prodotto con l'ambiente e le risorse idriche:
 - o dati volumetrici di prelievi e scarichi;
 - o parametri qualitativi relativi ai rilasci in acqua ed in atmosfera;
 - o informazioni circa la disponibilità di risorsa idrica;
3. quantificazione dei potenziali impatti ambientali con riferimento agli indicatori: scarsità idrica, eutrofizzazione dell'acqua dolce, acidificazione, ecotossicità;
4. analisi e interpretazione dei dati.

L'analisi e l'interpretazione dei dati ricavati dallo studio consentono il raggiungimento dei seguenti obiettivi:

- monitoraggio costante dei consumi idrici associati ai propri prodotti e servizi o alla propria organizzazione;
- pianificazione di strategie di miglioramento, grazie all'individuazione degli elementi di maggiore criticità;

- valorizzazione dell'immagine e del profilo ambientale aziendale;
- maggiore trasparenza nel rapporto con i clienti.

3.1.8 STEP DI OTTIMIZZAZIONE DI PROCESSO E/O DI PROGETTAZIONE

Relativamente al consumo idrico in ambito industriale, l'ottimizzazione di processo e/o progettazione è un processo iterativo che mira a massimizzare l'efficienza e l'efficacia dell'uso della risorsa idrica. Al fine di ottimizzarne il consumo e promuovere la sostenibilità ambientale, di seguito sono riportati alcuni cenni sugli step principali da seguire:

1. definizione dei requisiti e degli obiettivi di ottimizzazione: ciò include la definizione delle prestazioni desiderate, dei vincoli normativi e delle aspettative degli stakeholder, con specifica attenzione alla riduzione del consumo ed al riutilizzo delle risorse idriche;
2. raccolta e analisi dei dati relativi all'utilizzo della risorsa idrica nel processo produttivo;
3. identificazione delle aree di miglioramento, ovvero aree in cui si verificano inefficienze ed in cui è possibile ottimizzare l'uso della risorsa;
4. sviluppo di piani di azione: è importante in questa fase coinvolgere tutti gli stakeholder e le figure che potenzialmente partecipano al percorso di gestione del cambiamento (management, capi reparto, dipartimento hse, manutenzione, ecc.) per garantire un'adozione efficace delle nuove pratiche;
5. implementazione delle soluzioni: una volta definiti i piani di azione, si procede con l'implementazione delle soluzioni identificate;
6. monitoraggio e valutazione: ciò permette di valutare l'efficacia delle soluzioni adottate e di apportare eventuali aggiustamenti per massimizzare i benefici ottenuti;
7. iterazione e perfezionamento: sulla base delle valutazioni effettuate, si può iterare sui passaggi precedenti per perfezionare ulteriormente il processo.

In sintesi, l'ottimizzazione dell'uso dell'acqua in ambito industriale è un percorso strategico e sistematico che mira a promuovere la sostenibilità ambientale e la responsabilità sociale delle imprese, garantendo un utilizzo efficiente e responsabile di questa preziosa risorsa.

A seguito della valutazione dei risultati della dell'Audit iniziale e/o a seguito di richiesta specifica da parte del Committente, si potrà avviare una seconda fase che si svilupperà come indicato in seguito.

3.1.8.1 SVILUPPO CONCEPT DESIGN E SELEZIONE DELLE ALTERNATIVE

La fase di sviluppo del Concept Design consiste nell'individuazione del processo e delle tecnologie ottimali, raggiunta attraverso valutazioni basate su bilanci di materia ed energia; tipicamente tale fase utilizza l'approccio classico dell'ingegneria di processo per definire possibili soluzioni alternative (2 o 3 al massimo), anche con l'ausilio di strumenti di calcolo/simulatori, come ad esempio:

- OLI Stream analyzer: software di calcolo degli equilibri chimici e per la previsione/ottimizzazione della precipitazione chimica;
- Fathom: software di calcolo per sistemi idraulici in pressione;
- WAVE: software di calcolo "free" per screening e progettazione iniziale di sistemi a nanofiltrazione e osmosi inversa (NF/RO).

La definizione in termini di bilanci di materia e di energia considera anche le possibilità di modificare e ottimizzare la destinazione d'uso di apparecchiature e parti di impianto esistenti ("recupero" vasca per equalizzazione, utilizzo filtri a sabbia esistenti come *polishing* in uscita biologico etc.) e di valutare opportunamente:

- la necessità di gestire i sottoprodotti;
- il potenziale rischio di "trasferire" una problematica da un comparto all'altro.

Alla fine del Concept Design si ha la definizione della soluzione ottimale che può essere sviluppata ed implementata al livello successivo di Basic Design, dopo essere stata validata (se necessario) attraverso opportune prove.

3.1.8.2 DEFINIZIONE DI PROVE DI TRATTAMENTO

A seguito dello screening di cui al paragrafo precedente, possono essere individuate delle opportunità che, seppur valide dal punto di vista teorico e dal punto di vista del bilancio di materia e di energia (verificate anche con software di calcolo), possono presentare degli aspetti che richiedono una fase di sperimentazione pratica prima dell'implementazione. Possibili sperimentazioni a scala di laboratorio utili in questa fase possono riguardare:

- trattamenti biologici (respirometria, prove pilota di laboratorio, verifica dell'assenza inibizione a breve/medio termine, valutazione effetto del nuovo refluò sulle performance del sistema esistente etc.);
- trattamenti chimico-fisici (jar-test per l'ottimizzazione processo e la definizione della nuova filiera di trattamento);
- effetto di nuovi reflui sul sistema esistente.

Le prove di laboratorio possono essere seguite da prove su impianti pilota di scala maggiore e in tale caso risulta necessario:

- individuare l'impianto pilota idoneo (tipologia, scala e livello automazione) per nolo e/o acquisto da parte del Committente;
- definire il piano di prove e, in accordo con il Committente, concordare la modalità gestionale più efficace. La "scala" dell'impianto pilota potrà essere definita in modo tale da risolvere/mitigare temporaneamente il problema;
- definire, ove necessario, alcune tipologie di prove da effettuarsi presso laboratori e/o centri prove depositari di tecnologia specifica.

3.1.8.3 BASIC DESIGN E STIMA COSTI DI MASSIMA

A seguito dello studio di processo verrà completata la realizzazione del Basic Design di processo, che includerà la predisposizione della tipica documentazione relativa a questa fase, quale:

1. elenco documenti;

2. relazione tecnica descrittiva dell'impianto proposto: descrizione delle apparecchiature che costituiscono l'impianto e dei loro parametri operativi;
3. relazione di processo e funzionamento dell'impianto proposto: descrizione dei processi coinvolti e delle logiche preliminari di funzionamento dell'impianto;
4. valutazione e quantificazione dei nuovi punti di emissione (aria ed acqua);
5. bilanci di massa;
6. *process Flow Diagram* (PFD) e P&ID (preliminare);
7. elenco apparecchiature, carichi elettrici, strumenti (preliminare);
8. lay-out preliminare, con indicazione area impianto e stoccaggi;
9. stima costi in accordo allo standard AACEL, con un dettaglio +/- 30%.

3.1.8.4 FEED (FRONT END ENGINEERING DESIGN) E PREDISPOSIZIONE SPECIFICA DI GARA

Il livello di definizione successivo comprenderà la realizzazione di un'ingegneria di livello più avanzato avente come obiettivo sia la definizione precisa degli interventi, che la loro quantificazione economica (dettaglio +/- 15%) da allegarsi alla specifica di gara per la successiva realizzazione. Anche in questo caso la documentazione verrà predisposta secondo le specifiche del Committente e comprenderà indicativamente la predisposizione della documentazione qui riepilogata:

1. elenco documenti;
2. relazione tecnica descrittiva dell'impianto proposto: descrizione delle apparecchiature che costituiscono l'impianto e dei loro parametri operativi;
3. relazione di processo e funzionamento dell'impianto proposto: descrizione dei processi coinvolti e delle logiche preliminari di funzionamento dell'impianto;
4. valutazione e quantificazione dei nuovi punti di emissione (aria ed acqua);
5. bilanci di massa;
6. *Process Flow Diagram* (PFD);
7. *Piping and Instrumentation Diagram* (P&ID);
8. elenco apparecchiature;
9. specifiche di processo per macchine, apparecchiature e strumentazione;
10. lay-out con indicazione area impianto e stoccaggi;
11. planimetria percorso tubazioni, con indicazione di dreni e fognature;
12. elenco linee;
13. elenco utenze e strumentazione con carichi elettrici;
14. planimetria percorso cavi elettrici di collegamento tra le unità impiantistiche su skid, posizionamento utenze elettriche e limiti di batteria;
15. interconnecting (elenco tie-ins, elenco utilities, indicazione eventuali smantellamenti, ecc.);
16. profilo opere civili con carichi;
17. norme tecniche applicate;
18. specifica cavi elettrici ed elenco cavi esterni ai package;
19. tipico di montaggi elettrici;
20. tipico di montaggi pneumatici;
21. specifica sistema di controllo;
22. specifica di verniciatura e coibentazione;

23. garanzie prestazionali;
24. integrazione elenco fluidi e classi di linea esistenti;
25. programma lavori;
26. stima costi, elaborata in accordo allo standard ACEI con un dettaglio +/- 15% (la stima sarà suddivisa in sezioni di costo relative a ingegneria, opere civili, opere meccaniche, opere elettro-strumentali, montaggi, supervisione all'avviamento ed assistenza ai primi mesi di esercizio, oneri di sicurezza).

La documentazione verrà poi integrata recependo i criteri generali e le specifiche generali del Committente.

3.1.8.5 ALTRI SERVIZI

Nelle fasi di realizzazione, commissioning e test-run degli impianti, il Committente potrebbe richiedere supporto relativamente a:

- commento o revisione della documentazione di ingegneria esecutiva;
- supporto nella definizione delle modalità, delle procedure e delle tempistiche di commissioning e test-run degli impianti.

3.1.9 TEST RUN E/O VERIFICA PERFORMANCE

In generale le attività di test-run di processo e di collaudo funzionale di un impianto verificano, attraverso un opportuno periodo di marcia controllata alle condizioni di progetto e attraverso l'acquisizione /validazione dati, la:

1. conformità di quanto realizzato con la rispettiva parte di progetto;
2. funzionalità degli stoccaggi e del processo in relazione alla quantità e qualità del refluo da trattare;
3. funzionalità dei sistemi di allarme e di sicurezza;
4. idoneità delle singole opere civili ed elettromeccaniche;
5. regolare funzionamento dell'impianto nel suo complesso a regime di minima e di massima potenzialità, con rispetto delle garanzie di performance di processo, sui consumi di chemicals ed utilities etc;
6. idoneità dell'impianto a garantire i limiti di scarico imposti dalla legge ovvero di quelli previsti come condizione nel provvedimento di approvazione;
7. predisposizione della documentazione relativa al Collaudo tecnico-funzionale dell'impianto nei confronti degli enti competenti.

In particolare, si sottolinea l'importanza di:

- definire delle modalità idonee per testare gli impianti (che, tipicamente, in occasione del periodo di test-run non hanno a disposizione il carico di progetto), minimizzando i tempi tra l'avviamento e l'hand-over finale dell'impianto;

- utilizzare un approccio tecnico valido, tale da essere completamente accettabile anche dalle Autorità di controllo (nel caso particolare di Marghera venne messa a punto e validata una metodica specifica per la determinazione del rendimento di abbattimento delle “10 sostanze vietate” che già in ingresso impianto erano prossime al limite di rilevabilità analitica dei metodi disponibili).

3.1.10 PERFORMANCE REPORTING KPIS

L'indicatore di performance (*Key Performance Indicator*) è un indicatore chiave di prestazione, ovvero una metrica quantificabile utilizzata per valutare l'efficacia nel raggiungimento degli obiettivi e della rendicontazione di un'organizzazione.

Un KPI efficace dovrà rispondere a diverse caratteristiche e requisiti che ne garantiscono la qualità e l'utilità, quali:

- chiarezza, semplicità ed efficacia – essere facilmente comprensibile da tutti gli stakeholder dell'organizzazione, senza ambiguità o complessità eccessiva.
- allineamento agli Obiettivi – essere direttamente collegato agli obiettivi strategici dell'azienda o del progetto, in modo da fornire un'indicazione diretta del progresso verso quelle mete;
- misurabilità – essere possibile raccogliere dati o informazioni per calcolare il valore del KPI. Deve essere quantificabile in modo oggettivo.
- rilevanza – il KPI deve essere rilevante per le decisioni aziendali, deve fornire informazioni significative che influenzano le azioni e le strategie future.
- confrontabilità – Il KPI dovrebbe consentire il confronto tra diverse fasi temporali, unità aziendali o *benchmark* esterni. Questo aiuta a identificare *best practice* e aree di miglioramento.

Affinché il KPI sia rappresentativo e consistente esso dovrà essere il risultato di un processo strutturato di analisi dei dati analitici raccolti lungo tutto il ciclo integrato delle acque, dati che dovranno avere necessariamente un elevato grado di affidabilità.

L'adozione di un KPI specifico, che consenta di valutare quantitativamente e qualitativamente il consumo e il riutilizzo dell'acqua all'interno di un processo industriale, è uno strumento fondamentale per garantire il monitoraggio dell'uso responsabile della risorsa idrica in ambito industriale. Tuttavia, nonostante l'importanza dei KPIs, è importante sottolineare che al momento non esiste ancora una definizione universale e standardizzata di tale indicatore per l'uso sostenibile della risorsa idrica nel contesto industriale. Questa mancanza di uniformità rende necessaria una formulazione quanto più lineare e chiara possibile dei KPIs specifici per ciascuna industria, tenendo conto delle peculiarità dei vari settori produttivi e delle risorse idriche coinvolte.

Nella fase di sviluppo dei KPIs, è cruciale coinvolgere esperti del settore, enti di regolamentazione, e, quando possibile, anche organizzazioni non governative con competenze specifiche in materia di gestione sostenibile delle risorse idriche. Questa collaborazione multidisciplinare permetterebbe di comprendere a fondo le sfide e le opportunità presenti in ciascun contesto industriale e di sviluppare indicatori pertinenti e significativi. Il design dei KPI dovrebbe rispondere a domande relative all'importanza dell'acqua per il sito, al consumo, alla criticità dell'acqua per la produzione, alle opportunità di risparmio e di miglioramento dell'efficienza, ai costi di trattamento e alla loro possibile riduzione. Per fare ciò, i KPIs possono anche includere metriche come il volume totale di

acqua utilizzata rispetto alla produzione effettiva, la percentuale di acqua riutilizzata rispetto all'acqua totale impiegata, l'efficienza dei sistemi di trattamento delle acque reflue, il tasso di perdita di acqua dovuto a fughe o inefficienze, e l'impatto ambientale del consumo idrico misurato in termini di carbon footprint.

Il *Global Reporting Initiative* (GRI) svolge un ruolo fondamentale nel promuovere la sostenibilità e nel guidare le organizzazioni verso una maggiore responsabilità sociale e ambientale.

Le linee guida GRI sono organizzate in diverse serie, tra cui:

- GRI Standards: Forniscono un quadro completo e modulare per la rendicontazione della sostenibilità, coprendo aspetti economici, ambientali e sociali.
- GRI Sector Disclosures: Sono linee guida specifiche per settori industriali particolari, che consentono una maggiore focalizzazione sulle questioni rilevanti per ciascun settore.
- GRI G4 Guidelines: Sono state sostituite dai GRI Standards.

Tra gli Standards, il GRI ha individuato degli specifici indicatori per la rendicontazione della sostenibilità della risorsa idrica, di seguito elencati:

- GRI 303-1: Interazione con acqua come risorsa condivisa;
- GRI 303-2: Gestione degli impatti correlati allo scarico d'acqua;
- GRI 303-3: Prelievo idrico;
- GRI 303-4: Scarico d'acqua;
- GRI 303-5: Consumo d'acqua.

La loro adozione è volontaria, ma sempre più organizzazioni scelgono di utilizzarle per migliorare la trasparenza e la responsabilità della loro gestione sostenibile. I report GRI sono capaci di offrire una panoramica chiara delle prestazioni aziendali nei diversi ambiti della sostenibilità, facilitando la comunicazione con gli stakeholder, tra cui investitori, clienti, dipendenti, autorità di regolamentazione e comunità locali.

Infine nei contesti industriali, per garantire un utilizzo sostenibile della risorsa idrica al fine di ridurre l'impatto ambientale e massimizzare l'efficienza delle operazioni altre possibili e cruciali metriche possono essere adottate; tra queste vi è la percentuale di acqua riutilizzata all'interno e all'esterno dei processi produttivi.

All'interno delle strutture industriali, è essenziale implementare sistemi di trattamento avanzati che consentano di recuperare e riutilizzare l'acqua proveniente dai vari processi. Questo può includere l'installazione di impianti di purificazione e riciclo delle acque reflue, nonché l'adozione di tecnologie innovative per il recupero delle acque piovane o delle acque di scarico. L'acqua così recuperata può essere riutilizzata per una vasta gamma di scopi all'interno dell'industria stessa, come ad esempio nel raffreddamento dei macchinari, nella pulizia delle attrezzature, o come parte del processo produttivo stesso. Ciò comporta una significativa riduzione della quantità di acqua prelevata da fonti esterne, contribuendo a preservare le risorse idriche locali e a diminuire l'impatto sulle forniture idriche regionali. Inoltre, l'acqua riutilizzata può essere utilizzata anche al di fuori delle strutture industriali, come nell'irrigazione di terreni agricoli limitrofi o nel supporto di progetti di riqualificazione ambientale. Questo amplia ulteriormente l'impatto positivo del riutilizzo dell'acqua, consentendo di contribuire alla sostenibilità delle comunità circostanti e all'ecosistema locale.

3.1.11 QUADRO NORMATIVO

Oggi, a livello nazionale, circa il 13% del totale dell'acqua prelevata è utilizzata nel settore industriale manifatturiero, mentre il 56% per l'irrigazione e il 31 % per usi civili.

L'art. 74 lett. h) del d.lgs. 152/2006 definiva le acque reflue industriali «qualsiasi tipo di acque reflue provenienti da edifici od installazioni in cui si svolgono attività commerciali o di produzione di beni, differenti qualitativamente dalle acque reflue domestiche e da quelle meteoriche di dilavamento, intendendosi per tali anche quelle venute in contatto con sostanze o materiali, anche inquinanti, non connessi con le attività esercitate nello stabilimento». Dunque, tutti quei reflui che non provengono da attività che attengono al metabolismo umano ed alle attività domestiche. Questa definizione è stata così modificata con il D.Lgs. n. 4/2008: "qualsiasi tipo di acque reflue scaricate da edifici od impianti in cui si svolgono attività commerciali o di produzione di beni, diverse dalle acque reflue domestiche e dalle acque meteoriche di dilavamento". Tale definizione precisa che le acque reflue industriali non sono solo quelle provenienti da edifici o impianti industriali, ma sono quelle scaricate tramite sistema di collettamento.

Ogni acqua reflua ha caratteristiche diverse, in base alle quali bisogna predisporre un impianto di depurazione, che sia composto dai trattamenti ritenuti più idonei. Le acque reflue devono subire un trattamento obbligatorio in quanto terreno, mare, fiumi e laghi non sono in grado di ricevere una quantità di sostanze inquinanti superiore alla propria capacità autodepurativa.

Nello specifico, le acque reflue industriali sono certamente ricche di sostanze con prevalenza di sintesi chimica. Per poter definire la migliore filiera di trattamento bisogna conoscere le attività produttive, le sostanze utilizzate, i quantitativi e le caratteristiche di pericolosità.

Il "corpo recettore" dello scarico di un impianto di trattamento industriale potrà essere:

- la rete fognaria a servizio degli agglomerati urbani;
- le acque superficiali e quindi fossati stradali, canali, torrenti, corpi idrici artificiali, fiumi, laghi e mare;
- il suolo o gli strati superficiali del sottosuolo (superficie terrestre incolta, agricola o urbana);
- acque sotterranee e sottosuolo, cioè le falde idriche sotterranee.

A seconda dei casi, i limiti dell'accettabilità sono molto diversi e questo comporta significative diversità di esigenze di rendimento dell'impianto da progettare. Risulta quindi indispensabile effettuare una verifica preliminare sul corpo recettore al fine di meglio calibrare il processo depurativo ed i rendimenti potenzialmente conseguibili. I limiti allo scarico delle acque reflue industriali sono indicati nelle Tabelle 3 e 4 dell'Allegato 5 alla parte terza del D. Lgs 152/06 e smi e variano a seconda del corpo recettore (acque superficiali, fognatura, suolo). Tuttavia, potrebbero esserci casi in cui gli Enti locali (Regione, Ente Gestore del corpo recettore, ecc.) abbiano emesso dei regolamenti interni che vanno a modificare i limiti nazionali fissati.

La progettazione (o il revamping) di un impianto di trattamento di acque industriali dovrà essere conforme alle BAT di cui alla decisione 2016/902/UE ed al decreto 29 gennaio 2007 "Emanazione di linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili in materia di gestione dei rifiuti, per le attività elencate nell'allegato I al decreto legislativo 18 febbraio 2005, n.59". In particolare, può essere fatto riferimento alla tabella 1.1 ed al capitolo 3.3. del "Reference Document for Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector" pubblicato nel gennaio 2017 dalla Commissione Scientifica Europea.

La necessità di garantire un'elevata efficacia di trattamento delle acque industriali contaminate rende particolarmente cruciale la selezione del processo da utilizzare. In prima battuta sarà quindi necessario focalizzare l'attenzione su:

- caratteristiche quali-quantitative delle acque da trattare, operando da subito una prima separazione tra contaminanti di tipo inorganico e organici;
- i limiti di accettabilità del corpo recettore delle acque industriali depurate;
- presenza di eventuali criticità/sensibilità del territorio che possano incidere in maniera significativa sulle scelte progettuali (ad es. obiettivi sensibili nelle vicinanze);
- eventuale recupero/riutilizzo dell'acqua trattata.

A livello di progettazione, la sostenibilità dovrà, inoltre, essere perseguita mediante:

- L'analisi dello stato attuale del sito, dei potenziali rischi per i recettori e della futura destinazione d'uso del sito. La presenza di insediamenti abitativi e/o produttivi nei pressi dell'area (o all'interno di essa) deve essere attentamente valutata per limitare al massimo l'insorgere di criticità: si fa riferimento a problemi di rumore (specialmente notturno in caso di edifici abitativi - vedi legge quadro L 447/95), di odori o anche di semplice impatto visivo. Anche le eventuali criticità ambientali dell'area interessata e del territorio circostante possono influenzare le scelte progettuali e devono essere preventivamente analizzate; si ricordano, a titolo di esempio, la costruzione in zone antideflagranti, criticità della qualità dell'aria del territorio, ecc.
- l'individuazione di tecnologie alternative:
 - tecnologie a basso consumo energetico (es.: impiego di variatori di frequenza per alimentare i motori elettrici di pompe, ventilatori, compressori, da preferirsi al posto di valvole regolatrici);
 - tecnologie da impiegare in modo combinato in fasi di avanzamento dell'intervento;
 - tecnologie innovative;
- l'inserimento di criteri di sostenibilità nella selezione e valutazione dei fornitori (Green Procurement);
- il controllo e la riduzione dell'energia impiegata;
- l'eventuale uso di energia da fonti rinnovabili (energia eolica, energia solare, biocombustibili, ecc.);
- l'uso efficiente delle risorse (minimizzazione dell'occupazione di suolo, riduzione dei consumi d'acqua e degli impatti sulla risorsa idrica mediante parziale o totale riutilizzo, ecc.).

In quest'ottica, le scelte progettuali dovranno attentamente valutare i possibili scenari alternativi per minimizzare gli impatti ambientali.

La normativa ambientale ha come obiettivi fondamentali:

- la salvaguardia dell'ambiente
- il miglioramento delle condizioni ambientali
- l'utilizzo razionale delle risorse naturali
- la promozione di alti livelli di qualità della vita umana.

In Italia, la normativa di riferimento è il D.Lgs. 152 emanato l'11 Maggio 1999, che recepisce la direttiva comunitaria 91/271/CEE riguardante il trattamento delle acque reflue urbane.

Oltre a disciplinare gli scarichi fissando i valori limite di concentrazione per le varie sostanze in essi contenute, il D.Lgs. 152/99, si dedica alla qualità del corpo idrico destinato a riceverli, prevedendo lo sviluppo delle attività di monitoraggio ed eventualmente di quantificare il danno ambientale esercitato dall'uomo. Il 03 aprile 2006 è entrato in vigore il D.Lgs. 152/06 «Testo Unico Ambientale» che, riprendendo quanto già introdotto con il precedente D.Lgs. 152/99, modifica il panorama normativo in materia di inquinamento idrico. Il Decreto Legislativo 152/2006 è composto da sei parti, così articolate:

- parte I: contiene le disposizioni comuni e principi generali delle sei parti del decreto.
- parte II: Procedure per la valutazione ambientale strategica (VAS), per la valutazione d'impatto ambientale (VIA) e per l'autorizzazione ambientale integrata (IPCC). Concerne la valutazione degli impatti di piani, programmi e progetti sull'ambiente. Tale valutazione è finalizzata ad assicurare che l'attività antropica sia compatibile con le condizioni per uno sviluppo sostenibile, utilizzando procedure per la Valutazione Ambientale Strategica (VAS), per la Valutazione d'Impatto Ambientale (VIA) e per l'autorizzazione ambientale integrata (IPPC).
- parte III: Norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall'inquinamento e di gestione delle risorse idriche. Contiene disposizioni mirate ad assicurare la tutela e il risanamento del suolo e del sottosuolo, la prevenzione dei fenomeni di dissesto idrogeologico e la messa in sicurezza delle situazioni a rischio.
- parte IV: Norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti inquinati. Contiene la disciplina per la gestione dei rifiuti e la bonifica dei siti inquinati, prevedendo misure orientate a proteggere l'ambiente e la salute umana, evitando e/o riducendo sia la produzione dei rifiuti sia gli impatti negativi legati alla loro produzione e/o gestione.
- parte V: Norme in materia di tutela dell'aria e di riduzione delle emissioni in atmosfera. Sono qui esposte le norme di tutela dell'aria, finalizzate in particolare alla prevenzione e alla riduzione dell'inquinamento atmosferico derivante dagli impianti termici e dalle attività che producono emissioni in atmosfera.
- parte VI: Norme in materia di tutela risarcitoria contro i danni all'ambiente. Contiene la tutela risarcitoria contro i danni all'ambiente. Contiene anche le procedure relative alle misure di prevenzione e ripristino ambientale nei casi in cui i danni non si siano ancora verificati.

I nuovi scarichi industriali, i rinnovi o le modifiche degli scarichi esistenti delle acque reflue industriali sono soggetti all'obbligo della presentazione della domanda di Autorizzazione Unica Ambientale (in seguito AUA), allo Sportello Unico delle Attività Produttive del Comune, così come specificato dal DPR 13 marzo 2013, n. 59 e dalle disposizioni a carattere locale. L'AUA è una forma di autorizzazione introdotta dal Decreto n. 59 del 2013 per semplificare gli adempimenti amministrativi ambientali. Si applica alle piccole e medie imprese, oltre che agli impianti non soggetti alle disposizioni in materia di AIA. Il regolamento che disciplina l'AUA è stato introdotto per alleggerire gli adempimenti amministrativi previsti dalla normativa, sempre garantendo la massima tutela dell'ambiente. L'AUA comprende sette diversi titoli abilitativi:

- autorizzazione agli scarichi;
- comunicazione preventiva per l'utilizzo agronomico degli effluenti di allevamento, delle acque di vegetazione dei frantoi oleari e delle acque reflue delle medesime aziende;
- autorizzazione alle emissioni in atmosfera per gli stabilimenti;
- autorizzazione alle emissioni in atmosfera per gli impianti e le attività in deroga;

- nulla osta al rilascio di concessioni edilizie relative a nuovi impianti e infrastrutture adibiti ad attività produttive, sportive e ricreative e a postazioni di servizi commerciali polifunzionali;
- autorizzazione all'utilizzo di fanghi derivanti dal processo di depurazione in agricoltura;
- comunicazioni in materia di auto-smaltimento e recupero di rifiuti.

L'AUA non si applica agli impianti soggetti ad AIA, ai progetti sottoposti a VIA, agli impianti rientranti nelle procedure ordinarie per i rifiuti. L'Autorizzazione Unica Ambientale deve essere richiesta:

- allo scadere dell'autorizzazione esistente;
- al momento della richiesta per un nuovo scarico;
- in caso di richiesta di una modifica sostanziale che comporti la presentazione di una nuova domanda della singola autorizzazione.

L'AUA ha durata di 15 anni dalla data di rilascio e il suo rinnovo deve essere richiesto entro sei mesi dalla data di scadenza.

Qualora lo scarico contenga sostanze pericolose di cui alle Tabelle 3/A e 5 dell'Allegato 5 alla parte terza del D. Lgs 152/06 e smi, il rinnovo deve essere concesso entro e non oltre sei mesi dalla data di scadenza; trascorso inutilmente tale termine, lo scarico dovrà cessare immediatamente. Inoltre, in ottemperanza al DPR 13 marzo 2013, n. 59, qualora lo scarico presenti le sostanze pericolose di cui sopra è necessario presentare, almeno ogni quattro anni, una comunicazione contenente gli esiti delle attività di autocontrollo all'autorità competente, la quale può procedere all'aggiornamento delle condizioni autorizzative qualora necessario.

L'autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) ha per oggetto la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento proveniente da sei tipologie di attività:

- attività energetiche;
- produzione e trasformazione dei metalli;
- industria dei prodotti minerali;
- industria chimica;
- gestione dei rifiuti;
- altre attività.

Le misure previste dalla procedura (come riportato nell'allegato VIII alla parte seconda del Decreto legislativo n. 152 del 2006) sono finalizzate a evitare o ridurre le emissioni nell'aria, nell'acqua e nel suolo, compresa la gestione dei rifiuti, per conseguire un livello elevato di protezione dell'ambiente. L'autorità competente per i procedimenti connessi all'AIA a livello nazionale è il Ministro dell'Ambiente; a livello locale le competenze sono disciplinate secondo le disposizioni regionali o delle Province autonome. La disciplina in materia di prevenzione e riduzione integrata dell'inquinamento nasce in Europa con la Direttiva 96/61/CE *Integrated Pollution Prevention and Control* (modificata varie volte e adesso sostituita dalla Direttiva 2010/75/UE sulle emissioni industriali), fondata sul concetto di migliori tecniche disponibili (*Best Available Techniques*) per ridurre il più possibile l'impatto ambientale di un impianto. In sintesi, il legislatore intende proteggere l'ambiente utilizzando principalmente tecniche di processo piuttosto che tecniche di depurazione. La gestione di un impianto è monitorata attraverso un piano di controllo, di competenza del gestore dell'impianto e dell'autorità di controllo su cui devono esprimere un parere Ispra, per quanto riguarda le attività industriali soggette ad AIA statale, e le Agenzie regionali e provinciali per la protezione ambientale, per quanto riguarda quelle soggette ad autorizzazione

regionale o provinciale. Enti che successivamente all'autorizzazione devono accertare il rispetto dei requisiti previsti.

3.2 USO DELL'ACQUA AGRICOLO

3.2.1 ANALISI QUANTITATIVA E QUALITATIVA DEL FABBISOGNO IDRICO – DISTRETTI IDROGRAFICI

In Europa, l'agricoltura è il primo settore economico per consumo d'acqua, e l'Italia non fa eccezione. Nel nostro Paese, circa il 40% del consumo d'acqua complessivo annuo è opera del settore agricolo. Secondo quanto indicato nel 6° Censimento Generale dell'Agricoltura, l'Italia è tra i paesi europei che maggiormente fanno ricorso all'irrigazione. Con più di 2,4 milioni di ettari irrigati, il nostro paese è secondo solo alla Spagna e quarto in termini di incidenza della superficie irrigata sulla SAU ("Superficie Agricola utilizzata", ovvero la superficie investita ed effettivamente utilizzata in coltivazioni propriamente agricole), dopo Malta, Cipro e la Grecia, con il 19% del territorio agricolo irrigato.

Nel nostro Paese, fra il 2009 e il 2010, il volume d'acqua utilizzata dall'agricoltura è stato pari a 11.618 milioni di m³. L'attività irrigua interessa nel complesso 708.449 aziende, che irrigano 2.489.914,70 Ha di territorio. Le riserve idriche non vengono tuttavia gestite nel modo più efficiente e l'Italia necessita di interventi finalizzati a incrementare l'efficienza nell'uso dell'acqua in agricoltura.

L'acqua a disposizione, inoltre, è sempre di meno: secondo i dati pubblicati dalla FAO, nel 1992 in Italia il consumo pro-capite d'acqua era di 738,8 m³, mentre nel 2021 si attestava a 560,5 m³ (FAO, 2021). I sistemi di produzione agricola stanno quindi fronteggiando i cambiamenti in atto nelle caratteristiche climatiche, che influenzano, e influenzeranno sempre di più, la disponibilità idrica per uso irriguo (Gismondi et al., 2016). In particolare,

come descritto nel primo capitolo, il cambiamento climatico determinerà un aumento del rischio di siccità in ampie porzioni del territorio nazionale, rendendo necessari interventi finalizzati ad incrementare l'efficienza della gestione delle riserve idriche e approcci colturali che aiutino a utilizzare l'acqua in modo più sostenibile.

La direttiva 2000/60/CE (Direttiva Quadro sulle Acque – DQA) definisce il "distretto idrografico" come la principale unità per la gestione dei bacini idrografici. Il distretto idrografico è costituito da uno o più bacini idrografici limitrofi e dalle rispettive acque sotterranee e costiere.

Lo scopo della direttiva è quello di:

- garantire una fornitura sufficiente di acque superficiali e sotterranee di buona qualità per un suo utilizzo sostenibile, equilibrato ed equo;
- ridurre in modo significativo l'inquinamento delle acque sotterranee;
- proteggere le acque interne e marine;
- realizzare gli obiettivi degli accordi internazionali, compresi quelli volti alla riduzione dell'inquinamento marino.

Il D. Lgs. 3 aprile 2006, n.152, che ha recepito in Italia la Direttiva citata, ha istituito otto distretti idrografici, illustrati in Figura 3.2 e di seguito descritti:

1. il distretto delle Alpi orientali (39.385 Km²) insiste sui territori del Trentino-Alto Adige, Veneto e Friuli-Venezia Giulia. All'interno di questo distretto sono compresi i bacini Adige,

- Alto Adriatico, Lemene, Fissaro Tartaro Canalbianco, i bacini regionali del Veneto e del Friuli-Venezia Giulia e il Bacino scolante nella Laguna di Venezia;
2. il distretto Padano (71.057 Km²), già bacino idrografico nazionale del Po, insiste sui territori del Piemonte, della Lombardia, della Valle d'Aosta, della Liguria, dell'Emilia-Romagna, della Toscana e del Veneto;
 3. il distretto dell'Appennino settentrionale (39.000 Km²) è compreso nelle regioni Liguria, Emilia-Romagna, Toscana, Marche, Umbria e Lazio. All'interno di questo distretto sono compresi i bacini Arno, Magra, Fiora, Conca Marecchia, Reno, i bacini della Liguria, i bacini della Toscana, i fiumi uniti: Montone, Ronco, Savio, Rubicone e Uso, Foglia, Arzilla, Metauro, Cesano, Misa, Esimo, Musone e altri bacini minori quali Lamone e i bacini minori afferenti alla costa Romagnola;
 4. il distretto Serchio (1.600 Km²) è localizzato nella regione Toscana e comprende il bacino idrografico del Serchio;
 5. il distretto dell'Appennino centrale (35.800 Km²) si trova tra le regioni Abruzzo, Lazio, Marche, Emilia-Romagna, Toscana, Molise e Umbria e comprende i bacini Tevere, Tronto, Sangro, i bacini dell'Abruzzo, i bacini del Lazio, Potenza, Chienti, Tenna, Ete, Aso, Menocchia, Tesino e bacini minori delle Marche;
 6. il distretto dell'Appennino meridionale (68.200 Km²) è compreso nei territori della Basilicata, della Campania, della Calabria, della Puglia, del Lazio, dell'Abruzzo e del Molise. Questo distretto comprende i bacini Liri, Garigliano, Volturno, Sele, Sinni e Noce, Bradano, Saccione, Fortore e Biferno, Ofanto, Lao, Trigno, i bacini della Campania, i bacini della Puglia, i bacini della Basilicata, i bacini della Calabria e i bacini del Molise;
 7. il distretto della Sardegna (24.000 Km²) corrisponde al territorio della regione omonima;
 8. il distretto della Sicilia (26.000 Km²) corrisponde al territorio dell'isola omonima;

Una piccola porzione del territorio nazionale in prossimità dei confini ricade in distretti di bacino internazionali come il Danubio e il Reno.



Figura 3.2 – I bacini idrografici in Italia (Fonte: 6° Censimento Generale dell'Agricoltura: Utilizzo della risorsa idrica a fini irrigui in agricoltura).

Dal punto di vista quantitativo, al primo posto per utilizzo di volumi d'acqua c'è il distretto Padano. Seguono il distretto dell'Appennino meridionale e il distretto delle Alpi orientali (Figura 3.3).

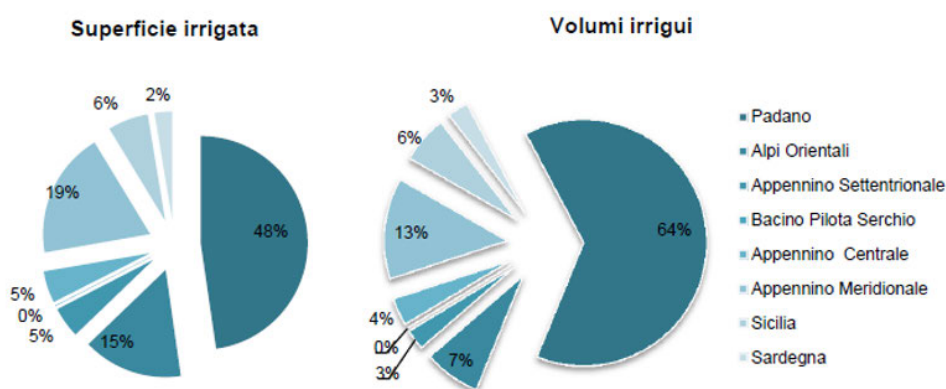


Figura 3.3 – Distribuzione della superficie irrigata e dei volumi irrigui per distretto idrografico (Fonte: 6° Censimento Generale dell'Agricoltura: Utilizzo della risorsa idrica a fini irrigui in agricoltura).

Il distretto Padano registra anche la maggior quantità di risorse idriche consumate per ettaro di superficie irrigata (Figura 3.4). La Sardegna e la Sicilia seguono il distretto Padano per i volumi

d'acqua irrigua per ettaro di superficie. All'estremo opposto troviamo il bacino Serchio e il distretto delle Alpi orientali, che hanno i più bassi consumi di acqua per ettaro di superficie.

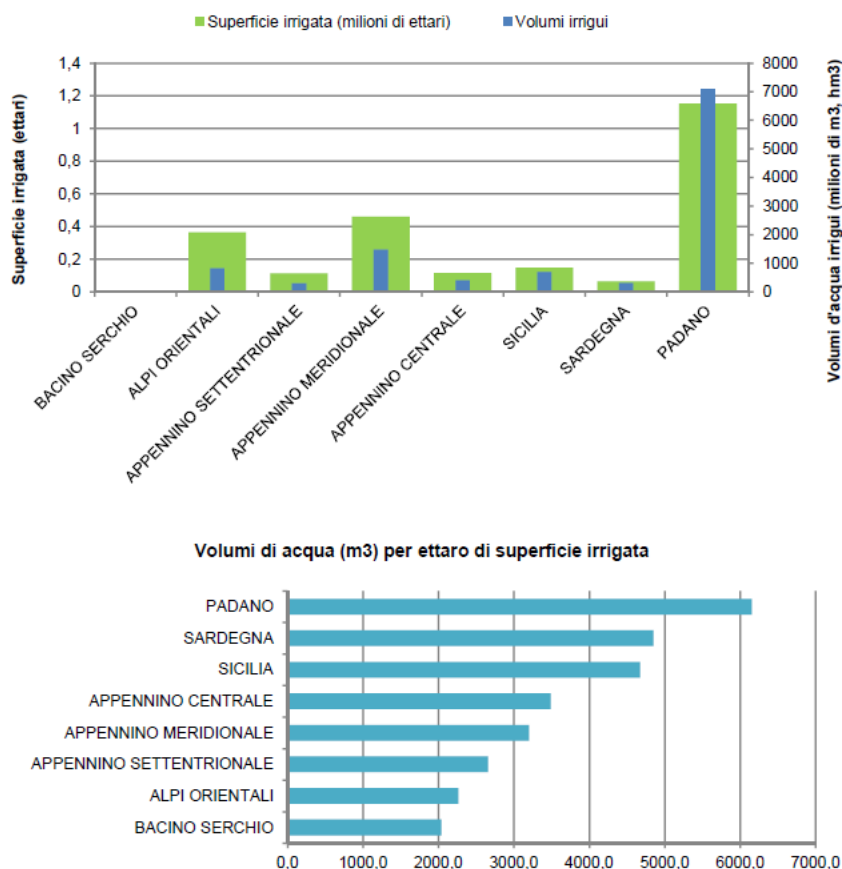


Figura 3.4 – Superficie irrigata e volumi irrigui per distretto idrografico (Fonte: 6° Censimento Generale dell'Agricoltura: Utilizzo della risorsa idrica a fini irrigui in agricoltura).

Il distretto padano (Figura 3.4), nel Nord-Ovest del Paese, rappresenta il distretto agricolo maggiormente idrovoro, circa 6.100 m³ per ettaro di superficie irrigata e il maggiore tasso di investimento irriguo sul terreno. In quest'area, la Lombardia presenta i massimi tassi di sfruttamento della risorsa idrica, con circa 8.000 m³ per ettaro distribuiti e il 59% della SAU irrigata. I valori minimi in Italia si registrano invece nelle Alpi Orientali (Nord-Est), con circa 2.200 m³ per ettaro, a cui si associa un ricorso all'irrigazione sul 25% della SAU. Nell'area Appennino Centrale e Meridionale si registrano valori rispettivamente intorno ai 3.400 e 3.100 m³ per ettaro, mentre in Sicilia e Sardegna si rilevano valori intorno ai 4.600 e 4.900 m³. Centro e isole presentano la minore diffusione della pratica irrigua, che interessa meno del 10% della SAU.

I territori di pianura, collocati ad una modesta altitudine e caratterizzati da rilievi relativamente bassi e poco accentuati, presentano la maggior parte della superficie irrigata nazionale, in una misura pari al 71,8%, nonché una elevata propensione alla pratica irrigua e una elevata intensità di utilizzo dell'acqua: qui, infatti, il 41,8% della SAU è irrigata e i volumi unitari per ettaro arrivano a 5.245 m³. Secondo quanto indicato nel 6° Censimento Generale dell'Agricoltura, anche lo

sfruttamento della potenzialità irrigua in questi territori è massima, infatti ben il 66,9% della superficie irrigabile è effettivamente irrigata.

Le zone di collina e montagna sono invece meno propense all'irrigazione: in collina il 22,1% della superficie complessiva è irrigata, corrispondente a solo il 9,5% della SAU, e vengono utilizzati 3.573,9 m³ di acqua per ettaro. In montagna – dove sono allocate le rimanenti superfici irrigue - la percentuale di SAU irrigata scende al 5,4% e sono utilizzati solo 1.813,6 m³ per ettaro.

Il consumo di acqua a fini irrigui si concentra al Nord: il 59,1% dei volumi irrigui è utilizzato nel Nord-Ovest (Po-Padano) e il 13,9% nel Nord-Est (Alpi Orientali). Consumi inferiori si registrano al Sud nell'area dell'Appennino Meridionale (13,5%), nelle Isole Sicilia e Sardegna (8,9%) e nel Centro nell'area dell'Appennino Centrale (4,5%). La Lombardia detiene il primato delle regioni che utilizzano i maggiori quantitativi di acqua col 42,3%. Seguono il Piemonte con il 16,6%, l'Emilia-Romagna con il 6,8%, la Sicilia con il 6,2%, la Puglia col 5,9% e il Veneto con il 5,5%. Tutte le rimanenti regioni utilizzano meno del 5% dei volumi irrigui nazionali.

3.2.2 METODOLOGIA DI ADDUZIONE DELLA RISORSA IDRICA

Per adduzione, nei sistemi di distribuzione idrica, si intende il trasferimento dell'acqua dai punti di prelievo ai serbatoi, prima dell'immissione nella rete.

Le aziende agricole in Italia utilizzano maggiormente come fonti per approvvigionamento idrico gli acquedotti e i consorzi di irrigazione e bonifica, che assieme erogano il 63% del fabbisogno irriguo. Il 17,9% dell'acqua irrigua proviene da acque sotterranee prelevate all'interno o nelle vicinanze delle aziende, l'11,0% da acque superficiali presenti al di fuori dell'azienda, come laghi, fiumi o corsi d'acqua. Infine, il 4,7% deriva da acque superficiali incluse nel perimetro aziendale.

L'approvvigionamento per tipologia di fonte differisce notevolmente a livello regio-nale rispetto ai dati medi nazionali. Nelle aziende del Padano il 74,7% dell'acqua deriva da acquedotto o consorzi di irrigazione e bonifica. Nelle Alpi Orientali la principale fonte di approvvigionamento è costituita dagli acquedotti e dai consorzi di irrigazione e bonifica con il 58,3%. Nelle regioni dell'Appennino Centrale e Meridionale le aziende agricole utilizzano principalmente l'acqua che proviene da fonti sotterranee, rispettivamente per il 46,3% e il 47,8%. Toscana e Umbria rappresentano delle eccezioni e si distinguono per ricorrere alle fonti di acqua superficiale con valori superiori al 40%. Al Sud, in Molise e Basilicata, l'approvvigionamento da acquedotti e consorzi di irrigazione e bonifica, supera l'80% dei volumi irrigui complessivamente utilizzati. Nelle Isole prevale il ricorso ad acque distribuite da consorzi di irrigazione e bonifica, seguiti dalle fonti sotterranee.

A livello di distretto, Sardegna, Po e Alpi Orientali mostrano il più alto tasso di utilizzo della fonte acquedotto, utilizzata per irrigare più del 60% della superficie irrigata. Nel distretto del Serchio si utilizzano maggiormente le acque superficiali, quali i bacini naturali e artificiali, i fiumi e i corsi d'acqua (43% della superficie irrigata). Fa un significativo ricorso a queste fonti anche il distretto degli Appennini settentrionali, che utilizza questo metodo sul 33% della superficie irrigata. Le acque sotterranee, invece, sono utilizzate su quasi il 50% della superficie irrigata nel distretto dell'Appennino meridionale, sul 46% della superficie del distretto del Serchio e sul 42% della superficie del distretto dell'Appennino centrale.

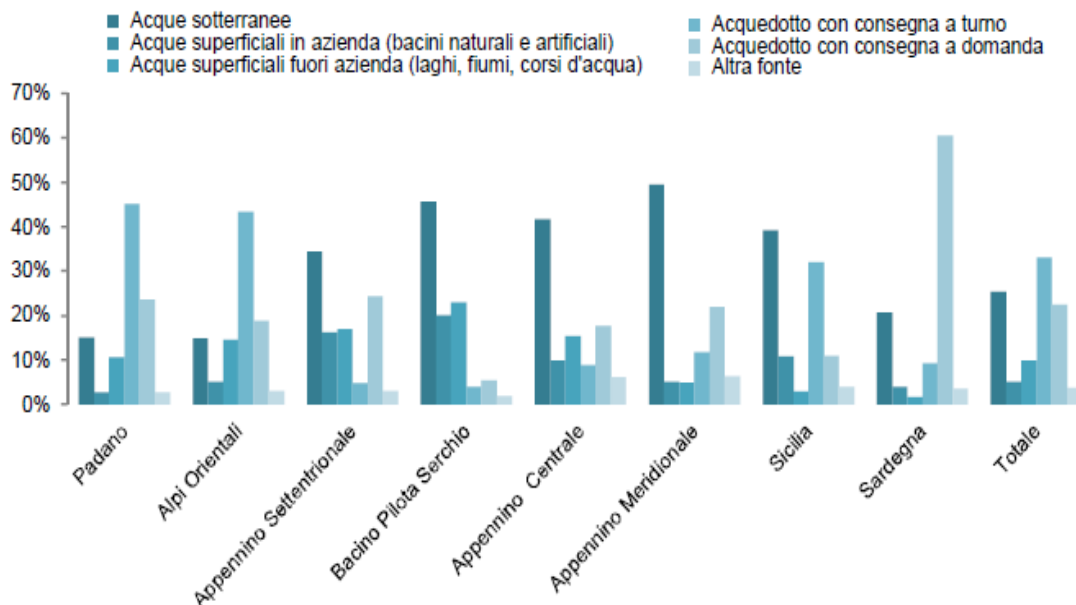


Figura 3.5 – Superficie irrigata per fonte e distretto idrografico (Fonte: 6° Censimento Generale dell'Agricoltura: Utilizzo della risorsa idrica a fini irrigui in agricoltura)

La conoscenza del tipo di fonte di approvvigionamento e dei principali parametri di qualità dell'acqua utilizzata per l'irrigazione è fondamentale per ottenere il massimo della resa e della qualità delle colture nonché per mantenere il terreno fertile. In particolare:

- se si utilizzano fonti idriche sotterranee sarà necessario monitorare in particolare la temperatura dell'acqua in quanto una temperatura troppo fredda e di molto inferiore alla temperatura del terreno o della coltura può causare danni alle colture e sintomi simili a quelli da carenza idrica;
- se si utilizzano fonti idriche superficiali sarà necessario monitorare in particolare la presenza di solidi in sospensione e di metalli pesanti. L'utilizzo di acqua con materiali in sospensione quali sabbia, limo o argilla causa una rapida usura di pompe e irrigatori e determina un maggior rischio di occlusioni;
- se si utilizzano fonti idriche provenienti da riutilizzo di acque reflue sarà necessario monitorare in particolare la presenza di sostanze organiche o di composti inorganici. Le sostanze organiche, oltre a determinare rischio di occlusione di pompe e irrigatori, determinano una riduzione dell'ossigeno nell'acqua;
- se si utilizzano fonti idriche provenienti da acque salmastre o desalinizzate sarà necessario monitorare il livello di salinità dell'acqua. Valori eccessivi di salinità possono infatti danneggiare il terreno e le colture.

3.2.3 METODI DI IRRIGAZIONE

Di seguito vengono descritti i principali metodi di irrigazione (USGS, 2018):

- l'irrigazione ad aspersione o a pioggia è un sistema di irrigazione in cui l'acqua viene distribuita attraverso tubi o ugelli perforati, pressurizzati per creare uno schema di spruzzatura definito;

- l'irrigazione di superficie si riferisce a tre diversi metodi che consistono nell'irrigazione a bacino, nell'irrigazione a confine e nell'irrigazione a solco;
- la microirrigazione, nota anche come irrigazione a goccia, è un sistema di irrigazione che fornisce acqua direttamente alla zona radicale delle piante utilizzando dispositivi come ugelli, tubi porosi o tubi perforati. Questi dispositivi funzionano a bassa pressione e possono essere posizionati sia sulla superficie del terreno che all'interno di esso;
- l'irrigazione per sommersione prevede il pompaggio o il trasporto dell'acqua nei campi, dove viene poi lasciata scorrere attraverso il terreno in mezzo ai raccolti.

La tipologia di irrigazione più diffusa in Italia è l'aspersione (irrigazione a pioggia), che è utilizzata sul 40% della superficie irrigata, seguono lo scorrimento superficiale e l'infiltrazione laterale (31%), la micro-irrigazione (17%) e la sommersione (9%).

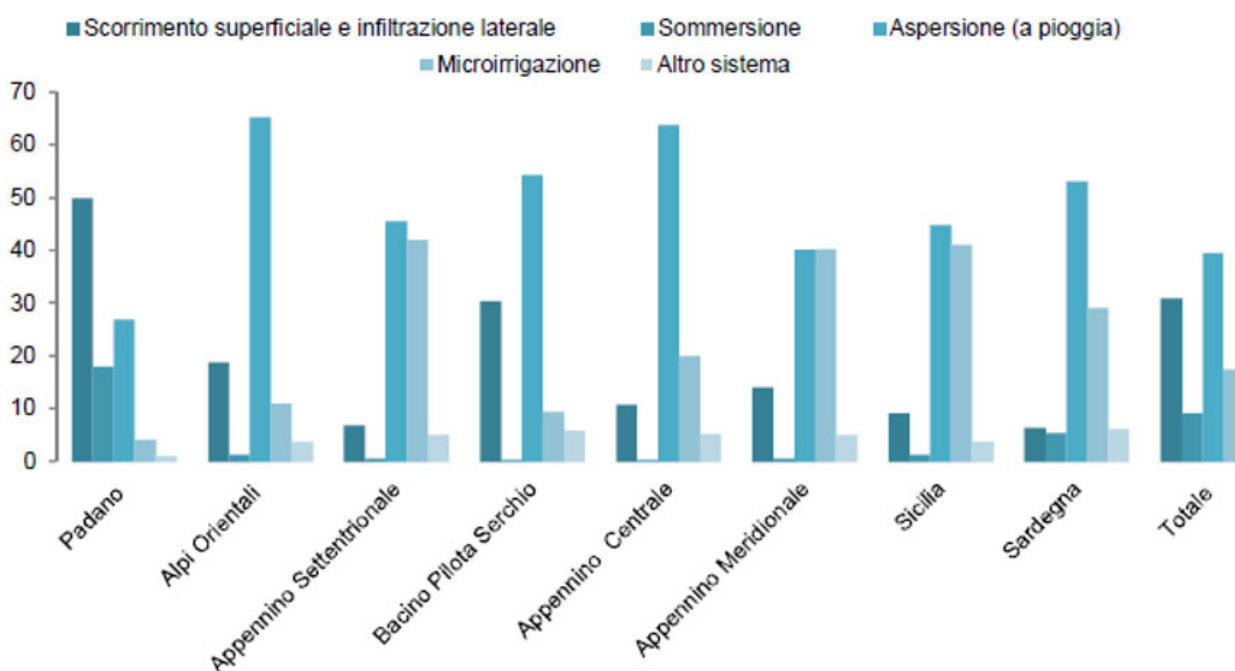


Figura 3.6 – Superficie irrigata per sistema di irrigazione e distretto idrografico (Fonte: 6° Censimento Generale dell'Agricoltura: Utilizzo della risorsa idrica a fini irrigui in agricoltura)

I sistemi d'irrigazione più efficienti (con punte di efficienza dell'85-90%) sono quelli che distribuiscono l'acqua in modo localizzato in prossimità della pianta, vicino al suolo o direttamente al suo interno. In tal modo sia il contatto con l'aria e sia il tempo trascorso dalla fuoriuscita dalla tubazione e il raggiungimento del bersaglio, sono molto ridotti. Rispetto ai metodi per aspersione, tutta l'acqua raggiunge il terreno anziché depositarsi sulla parte epigea della pianta, dove evapora con maggiore facilità. Le perdite per evaporazione diretta sono quindi molto basse e contribuiscono a migliorare l'efficienza.

Analizzando le peculiarità distrettuali in termini di efficienza, il sistema di irrigazione più efficiente, ossia la micro-irrigazione, è principalmente utilizzato nel distretto dell'Appennino settentrionale, nel distretto della Sicilia e in quello dell'Appennino meridionale, con rispettivamente il 42%, il 41% e il 40% della superficie irrigata.

Nel distretto del Po, al contrario, i sistemi di irrigazione con efficienza inferiore (sommersione e scorrimento superficiale e infiltrazione laterale) sono preponderanti, interessando percentuali di territorio che variano tra il 18 e il 50% della superficie irrigata totale e raggiungendo in questo distretto il più alto tasso in tutto il territorio nazionale.

Nei distretti delle Alpi orientali, dell'Appennino centrale, del Serchio e nel distretto della Sardegna più della metà della superficie è irrigata attraverso il metodo dell'aspersione.

3.2.4 STRATEGIE DI OTTIMIZZAZIONE DELL'IRRIGAZIONE

L'attività irrigua presenta sfaccettature diverse, si avvale di tecnologie che variano nel tempo e che via via si orientano a sistemi che utilizzano le acque in maniera sempre più efficiente. Le aziende agricole mostrano di sapersi adeguare alla richiesta di aumento di efficienza che arriva dai nuovi orientamenti e politiche, soprattutto laddove la scarsità della risorsa ha reso improrogabile un'inversione di tendenza.

L'acqua in agricoltura non ha mai avuto così tanto valore da quando i cambiamenti climatici ci hanno fatto toccare con mano gli effetti della siccità. La gestione dell'acqua riguarda da vicino il settore agricolo, poiché, come analizzato nei precedenti paragrafi, la maggior parte dell'acqua è utilizzata in agricoltura.

Per la FAO, il mondo ha bisogno di produrre circa il 60% di cibo in più entro il 2050 per garantire la sicurezza alimentare globale e deve farlo conservando e migliorando la gestione dell'acqua, un input fondamentale nella fornitura di cibo. Con l'aumento della domanda e della concorrenza, tuttavia, le risorse idriche del pianeta sono sempre più sotto stress, complice anche il cambiamento climatico, la cattiva gestione e l'inquinamento.

Perciò è necessario proporre strategie e soluzioni innovative per andare incontro alle esigenze delle aziende agricole in termini di competitività e di contenimento dei costi e per far fronte agli effetti del cambiamento climatico.

Di seguito, in Tabella 3.2, vengono descritte alcune tecniche/strategie di ottimizzazione dell'irrigazione, la loro applicabilità e i loro vantaggi.

Tabella 3.2 – Sintesi delle tecniche di ottimizzazione dell'irrigazione.

Tecnologia/strategia di irrigazione	Descrizione	Applicabilità	Vantaggi
Irrigazione deficitaria	Fornire alle colture meno acqua del loro potenziale fabbisogno per aumentare i rendimenti e ridurre i costi di produzione.	Varie colture; particolarmente utile nelle regioni aride.	Risparmio idrico, economico, adattabile alle aree soggette a siccità.
Subirrigazione	Somministrare acqua sotto la superficie del suolo per ottimizzare l'uso delle risorse.	Particolarmente efficace per la conservazione dell'acqua.	Migliore localizzazione dell'acqua, ridotta evaporazione, controllo delle infestanti.

Tecnologia/strategia di irrigazione	Descrizione	Applicabilità	Vantaggi
Impianto a goccia	Distribuzione dell'acqua lenta e prolungata tramite tubazioni dotate di "gocciolatori".	Adatto a varie colture, frutteti, giardini,	Erogazione precisa dell'acqua, spreco d'acqua ridotto al minimo.
Impianto microgetto	Per le colture arboree, utilizzando microgetti collegati a tubi di mandata ascendenti.	Ideale per frutteti e coltivazioni arboree.	Spruzzatura del sottofogliame, applicazione mirata.
Fertirrigazione	Combinare la distribuzione dei fertilizzanti con l'irrigazione. Comune in agricoltura, orticoltura, paesaggistica.	Comune in agricoltura, orticoltura, paesaggistica.	Migliore assorbimento dei nutrienti, utilizzo efficiente dell'acqua, effetto sinergico.

3.2.5 CAMPI DI APPLICAZIONE ED ANALISI QUALITATIVA E QUANTITATIVA DEI CONSUMI: PRINCIPALI TIPOLOGIE CULTURALI

La risorsa acqua rappresenta un bene di valore inestimabile, da sempre è minacciata da inquinamento, salinizzazione, eutrofizzazione, subsidenza, queste minacce impongono l'adoperarsi quotidianamente per la sua salvaguardia.

L'acqua non è solo un fattore di produzione fondamentale per l'agricoltura, che la deve impiegare con molta attenzione, ma un patrimonio prezioso e unico di tutti, per la cui difesa fioriscono numerose le iniziative a livello globale.

La superficie complessiva dell'Italia è di 302 073 km² e si estende da nord a sud per circa 1180 Km, con latitudine che va da 47° nord, Provincia Autonoma di Bolzano, e 36° sud alla estremità meridionale della Sicilia: ciò implica caratteristiche climatiche molto diverse all'interno della penisola.

Buona parte del territorio è interessato da clima temperato caldo e secondo la Classificazione di Köppen nel nord Italia prevale un clima subtropicale umido mentre al centro sud prevale un clima mediterraneo con periodo estivo caratterizzato da scarse precipitazioni. Il clima temperato mediterraneo della penisola italiana è favorito dalla presenza delle grandi masse di acqua dei mari ed è influenzato dalla presenza della catena montuosa dell'Appennino.

Nella parte peninsulare quindi, secondo di Köppen, si differenziano diverse aree climatiche⁷:

⁷ La classificazione del Köppen individua sei gruppi principali indicati con lettere maiuscole, i gruppi A, C e D hanno calore e precipitazioni sufficienti a permettere la crescita di alberi di alto fusto, con le lettere minuscole si individuano i sottogruppi, la seconda lettera "f" che assieme alla lettera "s2" identifica i climi italiani indicano rispettivamente il sottogruppo umido, e il sottogruppo dei climi della steppa. "f" indica precipitazioni abbondanti in tutti i mesi e mancanza di una stagione asciutta, questo sottogruppo si applica ai gruppi A, C e D. "s" indica clima della steppa, clima semiarido con circa 380-760 mm di pioggia alle basse latitudini. Dalla combinazioni delle due lettere nel nostro caso:

- Df clima boreale delle foreste umido in tutte le stagioni

- le coste della penisola e delle isole di Sicilia e Sardegna sono caratterizzate da clima temperato semiarido con estati molto calde (Csa) e precipitazioni annue scarse che variano da circa 380 a 760 mm di pioggia;
- la parte interna della penisola nelle aree collinari il clima diventa temperato umido (Cfa) sempre caratterizzato da estati calde;
- lungo la catena appenninica per effetto di maggiori precipitazioni, il clima è classificato come temperato umido (Cfb).

Per il nord Italia, condizionato dalla orografia, si distinguono le seguenti aree:

- la pianura padana, caratterizzata da un clima temperato fresco con estati molto calde (Cfa);
- la catena alpina, contraddistinta da clima temperato umido con estati calde (Cfb) nelle fasce collinari e clima freddo umido con estati con mese più caldo con temperature inferiori a 22 °C (Dfb) delle fasce montane.

La presenza di territorio caratterizzato da climi diversi fra loro determina una diversificazione del paesaggio italiano. ISPRA identifica 37 tipi di paesaggio, i quali generano molteplici terreni agrari aventi caratteristiche e peculiarità differenti e aziende agricole diverse con elevata specializzazione. Il registro delle aziende agricole (Farm Register), pubblicato da ISTAT in occasione del Censimento generale dell'agricoltura 2020 comprende tutte le unità economiche del settore agricolo e identifica le diverse tipologie di unità economiche operanti nel settore.

Il censimento registra che oltre alle aziende che praticano l'agricoltura come attività principale o secondaria e quelle condotte da persone fisiche, una quota molto consistente delle unità identificate (oltre il 36%) è rappresentata da aziende agricole di unità produttive non attive.

I dati pubblicati, riferiti al 2017, stimano oltre 1.500.000 aziende agricole, con una SAU complessiva di circa 12,8 milioni di ettari ed una media aziendale di 8,4 ha, con una PLV ("Produzione Lorda Vendibile") standard media di circa 39.000 €/ha.

Si osserva, inoltre, che le aziende agricole che operano in forma di impresa sono circa 413.000 (27,3 %), le aziende gestite da imprese che operano in maniera prevalente in altri settori produttivi, da istituzioni pubbliche o da istituzioni non profit sono 86.000 (5,7 %), le aziende il cui conduttore è una unità economica non attiva, che possono operare occasionalmente per il mercato, sono 550.000 (36,3 %) e, infine, le aziende gestite direttamente da persone fisiche (famiglie) sono circa 466.000 (30,7 %). Questa diversità imprenditoriale implica estensioni di terreno molto diverse, spesso con appezzamenti non accorpati, con esigenze e impostazioni colturali diverse.

Tra gli ordinamenti produttivi prevale nettamente la coltivazione permanente (frutteto, vigneto, pioppicoltura, oliveto) a cui si dedica circa il 48% delle unità, seguita dai seminativi, settore di specializzazione che vede coinvolto circa un quarto delle aziende.

Quindi tenuto conto dell'estensione in latitudine del territorio agricolo italiano, della varietà di produzione e della varietà climatica, il ricorso all'irrigazione è ormai indispensabile per mantenere il livello produttivo e soddisfare le richieste di mercato.

-
- Cf clima temperato umido in tutte le stagioni,
 - Cs clima temperato umido con estate asciutta.

Per differenziare maggiormente le variazioni di temperatura Köppen aggiunge una terza lettera, qui si riportano le indicazioni delle sole lettere "a" e "b" indicate nella relazione:

- a - con estate molto calda, con il mese più caldo con temperatura superiore ai 22° C
- b - con estate calda con il mese più caldo a temperature inferiori a 22° C.

A causa degli effetti del cambiamento climatico, ed in particolare l'aumento delle temperature e la contrazione delle precipitazioni, l'acqua è diventata un fattore determinante per la produzione. Ormai in diversi casi è disponibile in quantità limitate e il suo costo è in crescita.

La riduzione della disponibilità di risorse idriche per l'agricoltura e la necessità di diminuire il prelievo dalle falde acquifere, impongono alle aziende agricole la necessità di minimizzare gli sprechi e gli usi non produttivi, e di utilizzare anche fonti idriche alternative.

Si va quindi verso l'ottimizzazione del sistema, con l'obiettivo di ottenere una maggiore produttività per unità d'acqua impiegata, il tutto senza causare alcun deterioramento della qualità del prodotto agricolo.

In questo contesto, le istituzioni europee, nazionali e regionali hanno ritenuto strategico il riutilizzo in ambito agricolo di risorse idriche cosiddette "non convenzionali", tra cui si annoverano le acque reflue depurate, introducendo così il concetto di uso circolare dell'acqua in agricoltura.

Si può quindi affermare che la scarsità idrica rappresenta un fattore di vulnerabilità per l'ambiente e per l'agricoltura e che l'efficientamento dell'utilizzo della risorsa sia una priorità, legata strettamente allo sviluppo di innovazioni tecnologiche in grado di promuovere una concreta implementazione della pratica del riuso irriguo di acque reflue affinate.

In sintesi il riuso delle acque in agricoltura deve necessariamente coniugare:

- il trattamento dei reflui e al loro controllo qualitativo;
- il contenimento dei costi;
- l'esigenza di assicurare produzioni sostenibili;
- l'accettazione pubblica.

L'efficacia dell'utilizzo di questa risorsa misura la capacità di conciliare tutte queste necessità nel contesto della filiera.

Le destinazioni d'uso ammissibili per le acque reflue sono l'irrigazione di colture destinate sia alla produzione di alimenti per il consumo umano ed animale sia a fini non alimentari, nonché per l'irrigazione di aree destinate al verde o ad attività ricreative o sportive.

Alcune importanti verifiche da portare a termine prima del riutilizzo delle acque reflue riguardano i quantitativi di sali disciolti, gli apporti di azoto e la sua forma chimica, in quanto l'azoto nitrico è estremamente mobile nel terreno e se distribuito con alti volumi di adacquamento può percolare fino alla falda profonda ed intaccare la qualità delle acque captate ad uso idropotabile.

Tra vantaggi ambientali sono quindi:

- la riduzione degli attingimenti dalle falde (causa di salinizzazione delle acque sotterranee costiere, soprattutto in estate) e delle captazioni da acque superficiali;
- la riduzione degli scarichi (effetto positivo sulla qualità dei corpi idrici superficiali e del mare);
- la riduzione della quantità di fertilizzanti minerali distribuiti alle colture;
- la possibilità di svincolarsi dall'apporto di acqua legato alle precipitazioni.

In agricoltura, invece, tra i vantaggi troviamo:

- la disponibilità di acqua assicurata anche in periodi di siccità prolungata;
- la possibilità di riutilizzare i nutrienti contenuti nel refluo;
- l'utilizzo di acqua di qualità controllata.

3.2.5.1 IRRIGAZIONE – GENERALITÀ

L'acqua ha un ruolo fondamentale nella coltivazione delle piante, tutti i processi metabolici nelle piante dipendono dalla presenza di acqua: i nutrienti sono assorbiti attraverso l'acqua trattenuta nel suolo, e sempre l'acqua permette il loro trasporto in tutte le parti della pianta attraverso la traspirazione.

L'irrigazione è la pratica agricola che consiste nell'apportare acqua al terreno che ne difetta e in genere mira a integrare lo squilibrio tra l'acqua fornita dalle precipitazioni e la domanda evaporativa (ETc) dell'atmosfera. Infatti, ogni volta che l'evapotraspirazione reale risulta inferiore a quella potenziale la pianta manifesta una diminuita capacità di sintesi di sostanza organica, da cui deriva una produzione minore e un peggioramento qualitativo dei prodotti. Quindi, tra le varie pratiche agronomiche, l'irrigazione è quella che più condiziona la produzione e la qualità delle colture agrarie. Rivestono grande importanza, oltre alla quantità, anche le proprietà fisico-chimico-biologiche dell'acqua perché queste influenzano le caratteristiche chimico fisiche delle piante e delle produzioni agricole.

Il metodo scelto per l'irrigazione delle diverse colture assume un ruolo di rilievo nell'ottimizzazione dell'utilizzo della risorsa idrica. In agricoltura sono utilizzati diversi metodi irrigui, tra cui alcuni scarsamente efficienti, come la sommersione e lo scorrimento e/o infiltrazione laterale e altri molto efficienti come l'aspersione, la micro-irrigazione (o irrigazione a goccia), che utilizza ali gocciolanti e la subirrigazione, ottenuta con tubazioni sotterranee porose.

La scelta di un metodo irriguo è condizionata sicuramente dal contesto e dalla coltivazione da irrigare, ma anche dalle capacità tecniche dei coltivatori e/o vivaisti oltre che dalle fonti irrigue.

I metodi di irrigazione più utilizzati sono quelli a bassa efficienza, come la sommersione, utilizzato risaia soprattutto, e lo scorrimento e infiltrazione laterale, ottenuti attingendo acqua da canali irrigui semplicemente inserendo una lama metallica che va a sbarrare il canale convogliando l'acqua nel campo agricolo. Questa acqua scorre superficialmente sul terreno e l'agricoltore non è in grado di controllarne la distribuzione, la cui uniformità è condizionata dall'andamento del terreno stesso, quindi dalla presenza di aree in rilievo o depressione. Questo metodo è caratterizzato da consumi idrici elevati e da rilevanti sprechi di sostanza organica, oltre che dalla perdita di terreno per dilavamento ed erosione superficiale.

Tra i metodi a maggiore efficienza è invece molto utilizzata l'irrigazione ad aspersione, che consente di gestire meglio l'efficacia degli interventi irrigui simulando l'apporto meteorico. Questo metodo consente di fornire alla coltura un adeguato volume di acqua evitando sprechi, a condizione che i tempi irrigui siano calcolati in funzione della superficie da irrigare. Questo metodo, in particolare nei mesi caldi e di minor apporto meteorico, è usato anche come irrigazione di soccorso per abbassare la temperatura ambientale e fogliare della coltivazione, migliorando così l'efficienza fotosintetica delle piante coltivate. Si tratta in questo caso di una irrigazione ausiliaria, una tantum, utilizzata, quando la disponibilità di acqua irrigua è limitata o costosa, affinché la coltura superi una fase particolarmente critica.

Altri sistemi irrigui ad alta efficienza sono gli impianti a goccia, i quali forniscono acqua alle coltivazioni con le ali gocciolanti consentendo irrigazioni localizzate e fornendo alle piante volumi di adacquamento commisurati e corrispondenti alle reali necessità delle coltivazioni. Questi sistemi sono perlopiù utilizzati nel settore vivaistico e giardinistico, ma stanno acquisendo popolarità anche per l'irrigazione di colture in pieno campo come i seminativi.

3.2.5.2 QUALITÀ DELL'ACQUA IRRIGUA

Al pari della quantità d'acqua richiesta per l'irrigazione, anche la sua qualità necessita attente considerazioni ed è di fondamentale importanza. Infatti, solo a fronte di un'analisi di laboratorio si ha la certezza della sua idoneità, dato che potrebbe contenere sostanze che, se presenti in concentrazioni elevate, sono in grado di danneggiare le piante e il terreno, e in alcuni casi essere pericolosi per uomini e animali.

Di seguito sono riportati i parametri utili per una valutazione esaustiva della qualità dell'acqua per l'irrigazione.

Torbidità e TS (Total Solids)

I solidi totali costituiscono il parametro che descrive la quantità di solidi di qualsiasi dimensione presenti in acqua e si dividono tra le particelle aventi dimensioni maggiori di 2 µm, dette Solidi Sospesi Totali (TSS), e le particelle più piccole di 2 µm, chiamati Solidi Disciolti Totali (TDS).

In generale la maggior parte dei solidi sospesi deriva da fonti naturali, quali erosione o fioriture algali, e possono quindi includere materiale organico ed inorganico.

La torbidità dell'acqua (NTU, *Nephelometric Turbidity Unit*) è, invece, una proprietà esclusivamente visiva, basata sulla dispersione della luce, e può essere influenzata dalla presenza di solidi in sospensione così come dalla presenza di materiale organico disciolto colorato.

In linea di massima, acque con un contenuto di solidi in sospensione minore di 30 mg/l possono essere utilizzate per l'irrigazione senza particolari accorgimenti, mentre acque che presentano valori maggiori necessitano maggiori attenzioni e possono richiedere un trattamento di filtrazione a monte dell'ingresso del sistema di irrigazione. In questo caso, la misurazione della quantità di solidi sospesi totali risulta fondamentale per la scelta e il dimensionamento del sistema di filtrazione.

Tabella 3.3 – Valori di solidi sedimentabili di riferimento

Valore di riferimento	Indicazione qualità
< 15 mg/l	Ottima
da 15 a 25 mg/l	Buona
da 26 a 50 mg/l	Discreta
da 51 a 100 mg/l	Scadente
> 100 mg/l	Problematica

Temperatura

La temperatura è un parametro utile e di semplice misurazione. Per quanto riguarda l'acqua impiegata a fini irrigui, si identifica entro 3-5 °C il range ideale per la differenza di temperatura tra acqua e terreno irrigato. Il valore limite inferiore per la temperatura dell'acqua è di 15 °C, al di sotto del quale le colture faticano ad assorbire il fosforo presente nel terreno e presentano una elevata probabilità di interruzione dell'attività fotosintetica. Questo ha valore specialmente per sistemi di irrigazione ad aspersione, mentre per impianti di irrigazione a goccia può essere impiegata anche acqua a bassa temperatura.

L'utilizzo di acqua ad alta temperatura è un problema meno frequente, ma che può verificarsi dopo periodi di fermo dell'impianto in cui le tubazioni sono rimaste esposte al sole: in questo caso i

problemi principali sono dati dal possibile sviluppo di funghi e muffe e dalla diminuzione della concentrazione di ossigeno disciolto in acqua (infatti, all'aumentare della temperatura diminuisce la solubilità dell'ossigeno).

pH

Il pH è la grandezza fisica che indica la concentrazione di ioni H⁺ disciolti in soluzione e può assumere valori compresi tra 0 e 14.

Per quanto riguarda le acque irrigue, il pH ideale è compreso tra 6 e 8,5. Questo poiché valori di pH bassi portano ad una riduzione dell'assorbimento di elementi quali potassio, calcio e magnesio, ed ad un maggiore assorbimento di alcuni microelementi, aumentando i rischi associati ad eventi di tossicità. D'altro canto, valori di pH troppo elevati determinano una riduzione della mobilità di alcuni nutrienti presenti nel terreno e alla formazione di precipitati, con conseguente modifica della struttura del terreno e aumento del rischio di occlusione delle tubazioni.

Durezza

La durezza dell'acqua indica la quantità di ioni bivalenti totali disciolti in acqua, il cui contributo principale deriva dagli ioni di calcio e magnesio. L'utilizzo di acqua eccessivamente dura nell'irrigazione può causare un aumento del pH del substrato, causando la precipitazione dei sali di calcio e magnesio, mentre un'acqua eccessivamente dolce riduce il livello di pH nell'ambiente radicale, neutralizzando l'effetto dell'utilizzo di concimi acidificanti.

La seguente tabella riporta la classificazione delle acque in base alla durezza totale espressa in gradi francesi, ogni °F corrisponde a 1 grammo di CaCO₃, per 100 litri di acqua:

Tabella 3.4 - Classificazione acque in base alla durezza totale (°F).

Durezza	Classificazione
< 7,2°	Molto dolce
da 7,2° a 14,3°	Dolce
da 14,3° a 21,5°	Poco dolce
da 21,5° a 32,2°	Poco dura
da 32,2° a 54°	Dura
> 54°	Molto dura

Conducibilità elettrica e salinità

La conducibilità elettrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) esprime la capacità di un fluido di condurre la corrente elettrica ed è determinata dal contenuto di sali minerali disciolti, quindi può fornire una misura indiretta della salinità dell'acqua (mg/l). La misurazione della conducibilità è risulta utile poiché le radici delle piante assorbono l'acqua presente nel terreno per differenza di pressione osmotica: il passaggio dell'acqua dal suolo all'interno delle radici, attraverso le membrane semi permeabili dei capillari radicali, avviene perché la concentrazione di sali nelle radici è superiore rispetto a quella presente nell'acqua del terreno, quindi un'alta concentrazione di sali, può rallentare l'assorbimento dell'acqua o, nei casi più estremi, sottrarre acqua alle radici.

Nel caso di clima arido, anche valori modesti di salinità dell'acqua irrigua, possono determinare un progressivo accumulo di sali nel terreno. Infatti, ripetendo diverse volte un ciclo di irrigazione, l'acqua ha modo di evaporare mentre i sali si accumulano nel terreno e potrebbero essere trasportati successivamente solamente ad opera delle precipitazioni.

Attraverso la seguente relazione empirica è possibile conoscere indicativamente il valore di salinità dell'acqua a partire da una misura di conducibilità elettrica:

$$(EC \times 640) = \text{solidi disciolti totali} \left[\frac{mg}{l} \right] \quad 3.1$$

Sodio e SAR (Sodium Adsorption Ratio)

Alte concentrazioni di sodio nelle acque utilizzate per l'irrigazione causano una riduzione della permeabilità del terreno irrigato e problemi di infiltrazione. Questo poiché il sodio si sostituisce agli ioni di calcio e magnesio adsorbiti sulle particelle di terreno, causandone la dispersione; infatti, le forze di adsorbimento che si instaurano tra il terreno e gli ioni di calcio e magnesio garantiscono al primo una struttura permeabile e granulare. La dispersione delle particelle del terreno provoca invece la rottura degli aggregati del suolo e il terreno, quando asciutto, diventa duro e compatto.

Questo problema è legato anche a diversi fattori, come il tasso di salinità e il tipo di terreno; infatti, ad esempio, i terreni sabbiosi possono non subire danni così facilmente come altri terreni più pesanti quando vengono irrigati con un'acqua SAR elevata.

Le alte concentrazioni di sodio diventano un problema quando il tasso di infiltrazione si riduce a tal punto che la coltura non ha abbastanza acqua a disposizione o quando la conducibilità idraulica del profilo del terreno è troppo bassa per fornire un drenaggio adeguato.

Altri problemi per le colture causati da un eccesso di Na sono la formazione di letti di semina crostosi, la saturazione temporanea del suolo superficiale, il pH elevato e l'aumento del potenziale di malattie, erbacce, erosione del suolo, mancanza di ossigeno e inadeguata disponibilità di nutrienti.

L'indice utilizzato è il rapporto di adsorbimento del sodio (SAR) che esprime l'attività relativa degli ioni sodio nelle reazioni di scambio con il suolo. Questo rapporto misura la concentrazione relativa del sodio rispetto al calcio e al magnesio.

Il SAR è definito dalla seguente equazione:

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{1}{2}(Ca^{2+} + Mg^{2+})}} \quad 3.2$$

Il riutilizzo di acque reflue affinate può essere una fonte di eccesso di Na nel terreno rispetto ad altri cationi (Ca, K, Mg) e quindi deve essere controllata in modo appropriato.

*Tabella 3.5 – Livello di rischio per la vegetazione in relazione al valore di SAR
(<https://www.lenntech.it>)*

SAR	Livello di rischio	Descrizione
< 3	Nessuno	Nessuna restrizione al riutilizzo di acque reflue depurate

3 - 9	Debole - moderato	Da 3 a 6 occorre prestare attenzione alle colture sensibili. Da 6 a 8 si possono coltivare solo specie non sensibili. I terreni devono essere campionati e analizzati ogni 1 o 2 anni per determinare se l'acqua sta causando un aumento del sodio.
> 9	Acuto	Possibili danni gravi alla vegetazione, inadeguato all'uso di acque reflue depurate

Ferro e manganese

Il ferro, nella forma Fe^{2+} è presente nelle acque irrigue scarsamente ossigenate, come ad esempio quelle provenienti da pozzi. Quando quest'acqua viene a contatto con l'aria, il ferro si ossida in Fe^{3+} e precipita. La precipitazione del ferro, può essere causata anche da variazioni di temperatura e/o pressione, dal pH elevato, dalla presenza di ossigeno, di calcio o di fosfati.

Una elevata presenza di ferro nell'acqua può determinare macchie sulla vegetazione ed occlusione delle tubazioni di minor diametro, a causa dell'azione dei ferrobatteri che formano delle voluminose mucillagini di idrossido ferrico.

Rischi simili a quelli legati ad alte concentrazioni di ferro sono quelli presentati dal manganese. Anch'esso tende a precipitare (in condizioni favorevoli) essendo così un secondo fattore critico nel caso di problemi di occlusione di tubazioni di piccolo diametro

Nitrati

L'azoto è uno dei tre macro elementi di cui le piante si nutrono (gli altri sono il fosforo ed il potassio), per cui le piante non sono danneggiate dai nitrati; alte concentrazioni nell'acqua utilizzata per l'irrigazione potrebbero però favorire la crescita vegetativa a scapito della fioritura e della fruttificazione, e per questo può risultare necessaria una modifica dei piani di concimazione. Concentrazioni elevate di nitrati (NO_2) possono essere un indizio di una contaminazione della fonte idrica da parte di fertilizzanti azotati che sono percolati in profondità. Inoltre, nel caso di laghetti di accumulo idrico, l'elevata presenza di NO_2 stimola lo sviluppo di alghe che possono dare origine a problemi di occlusione per l'impianto di irrigazione.

Boro e cloro

La presenza di boro nell'acqua irrigua è essenziale per lo sviluppo delle piante, in particolare quando le concentrazioni sono inferiori a 1 mg/l; al contrario, la maggior parte delle colture mostrano problemi di tossicità per concentrazioni di boro superiori a 2 mg/l⁸ (Tabella 3.6). La fonte principale di boro antropogenico è l'utilizzo di prodotti che impiegano il perborato come agente sbiancante. Un altro elemento che presenta caratteristiche di tossicità per la vegetazione, se presente ad elevate concentrazioni è il cloro (Cl, Tabella 3.7), il quale può avere origini naturali (erosione) o antropogeniche (fertilizzanti, scarichi con contaminazioni saline).

⁸ <https://www.lenntech.it/applicazioni/irrigazione/tossico/pericolo-ioni-tossici.htm>

Tabella 3.6 – Valori di riferimento (B) relativi al rischio di danni alla vegetazione.

Valore di riferimento (B)	Rischio danni alla vegetazione
< 0,5 mg/l	Bassissimo
0,5 a 2,0 mg/l	Medio
> 2,0 mg/l	Alto

Tabella 3.7 – Valori di riferimento (Cl) relativi al rischio di danni alla vegetazione.

Valore di riferimento (Cl)	Rischio danni alla vegetazione
< 140 mg/l	Bassissimo
141 a 350 mg/l	Medio
> 350 mg/l	Alto

Colture e tipologie irrigue

L'uso del suolo in base al censimento generale dell'agricoltura indica diverse tipologie di coltivazione legate al territorio e alla sua conformazione:

- i seminativi occupano più della metà della superficie agricola utilizzabile;
- prati e boschi occupano circa un quarto della superficie agricola utilizzabile;
- lo rimanente circa il 20% sono le coltivazioni permanenti.

Di seguito una analisi delle coltivazioni più diffuse.

Frumento

Tabella 3.8 – Tabella riassuntiva delle caratteristiche del frumento.

Esigenze idriche complessive	Quantità di acqua per kg_{SS}	Qualità acqua	Periodi critici	Alternative
600-800 mm di pioggia/ 6000-8000 m3/ha	$750 \frac{l}{kg_{SS}}$	Alcalinità media	<ul style="list-style-type: none"> • germinazione e emergenza nelle fasi iniziali • periodo della levata e maturazione della spiga a maggio giugno • Interventi con irrigazioni di soccorso 	<ul style="list-style-type: none"> • Colture da rinnovo • Utilizzo di impianti a goccia

L'area di diffusione del frumento ed il suo periodo di coltivazione contrasta l'elevata quantità di acqua traspirata per kilogrammo di sostanza secca prodotta, con valori di circa 750 l, cioè 0,75 m³ di acqua/kilogrammi di sostanza secca. Infatti, nonostante il frumento sia una pianta con elevate esigenze idriche, la piovosità del periodo della sua coltivazione fa sì che questa non sia avvertita come una criticità. Inizialmente il periodo di massime di precipitazioni autunnali corrisponde con il periodo di germinazione, il minimo invernale è concomitante con una fase di quiescenza della coltura e, infine, l'intenso accrescimento finale avviene durante un periodo di notevole piovosità primaverile. Anche per questo motivo la coltura viene fatta in asciutto, ovvero non è prevista l'irrigazione.

Per il grano tenero, coltivato principalmente al Centro e al Nord, sono infatti sufficienti le piogge invernali-primaverili, mentre per il grano duro, coltivato nelle zone più calde della pianura padana (bresciano e veneto) e al Centro Sud, si ricorre all'irrigazione solo nei periodi siccitosi.

In relazione al suo ciclo colturale in gran parte in stagione fredda, il frumento ha bisogno di elementi nutritivi prontamente assimilabili. Date le basse temperature nel periodo di levata-fioritura non si ha un grande contributo della mineralizzazione per cui è necessario l'apporto di sostanze fertilizzanti.

Come per tutte le specie vegetali, la scarsità d'acqua, specie durante certe fasi fenologiche, può causare pesanti danni al prodotto; in particolare, si evidenziano effetti importanti nella fase di germinazione, con una riduzione del numero di piante nate in campo, e nel periodo che va dalla levata alla maturazione della spiga, quando lo stress idrico incide direttamente sulla formazione delle cariossidi. Questa "stretta" può portare ad una perdita significativa della produzione, fino anche al 50% nei casi più gravi, ed è quindi indicato provvedere ad una irrigazione di soccorso, se la disponibilità idrica lo consente.

È buona norma monitorare la presenza di acqua nel terreno grazie all'impiego di sonde.

Una tecnica colturale di grande interesse è invece rappresentata dalla fertirrigazione del grano duro negli areali del Sud Italia; infatti, le diverse prove svolte su impianti di irrigazione a goccia, che sono stati utilizzati per fornire alle colture acqua e nutrienti, hanno dimostrato che la fertirrigazione del grano duro porta indubbi vantaggi produttivi e un ritorno economico soddisfacente.

Le aziende che utilizzano gli impianti a goccia non devono però esagerare con l'acqua e con i fertilizzanti azotati nelle prime fasi colturali, al fine di evitare una crescita vegetativa eccessiva con il conseguente rischio di allettamento.

Riso

Il riso è l'alimento di base per molte popolazioni del mondo e la crescita sostenibile delle sue produzioni è un pilastro della sicurezza alimentare per il futuro. Nei Paesi dove viene prodotto, il riso "consuma" i tre quarti di tutta l'acqua utilizzata in agricoltura ed è responsabile del 10% delle emissioni di metano e anidride carbonica in atmosfera dovute all'azione dell'uomo. Considerando le proiezioni di crescita della popolazione e la diminuzione dell'acqua dolce in conseguenza dei cambiamenti climatici, la possibilità di produrre riso senza sommersione (tecnica per cui 1 kg di riso richiede circa 1190 litri di acqua) rappresenta una delle sfide principali dell'agricoltura del domani. L'alternativa è l'irrigazione a goccia del riso, che nonostante i vantaggi in termini produttivi e ambientali (risparmio idrico complessivo del 45-50% e rese incrementate del 20-30%), è una tecnologia ancora scarsamente applicata.

Diversamente da quanto accade con altre colture, l'irrigazione del riso non è tesa a soddisfare il fabbisogno idrico delle piante. Una irrigazione settimanale è sufficiente nel nostro paese, l'acqua funziona da volano termico, la sommersione è praticamente continua con uno strato di acqua

variabile con intervalli dette asciutte che tengono conto delle esigenze della specie dell'andamento climatico e della lotta contro altri elementi biologici.

Queste variazioni del livello dell'acqua prendono il nome di "governo dell'acqua" sono manovre che regolano durata sommersione durata dell'asciutta ecc. sono pratiche che iniziano prima della semina. Tutta questa serie di interventi può essere descritta. Dal punto di vista biologico se il seme è sommerso germina ugualmente, ma si ha ritardo della radicazione che è bene si è ridotto da una asciutta in modo anche da favorire l'ancoraggio della pianta. L'asciutta di radicazione è più importante tanto più è alto il livello dell'acqua perché maggiore è il fabbisogno di ossigeno. Nel ferrarese le acque sono più calde che sono anche di scolo, è mantenuto uno strato di 20 cm circa per cui non è necessaria l'asciutta di radicazione. Nel vercellese dove non c'è bisogno di molta acqua il livello è mantenuto per problemi di riscaldamento dell'acqua perché sono acque di fusione più fredde e temperature medie inferiori. Convieni uno strato non troppo alto di acqua di circa 10-12 cm a volte 7 cm, si ha però una maggiore dispersione notturna di conseguenza non si effettua più l'asciutta. Di norma non si effettua più l'asciutta di radicazione perché si evita qualunque movimento radicale di acqua per i costi, i tempi morti, la manodopera.

È opportuno innalzare l'acqua perché aumenta l'effetto dell'erbicida per poi tornare a livelli normali. È necessario sempre una prima asciutta in corrispondenza dell'accestimento. La sommersione viene tolta per colpire le specie infestanti sensibili ai fenossiderivati, è una prima asciutta assolutamente necessari. In qualche caso si fa una concimazione azotata di copertura qualcuno la fa sull'acqua qualcuno la fa sul terreno. Quindi secondo asciutta. Poi non ci sono più asciutte fino alla raccolta, l'asciutta finale inizia alla maturazione lattea quando si interrompe la mandata di acqua dopo 15 giorni non c'è più acqua, alla maturazione agraria è percorribile dalle macchine della prima e seconda decade di settembre, a fine settembre primi di ottobre si raccoglie il riso.

Il governo dell'acqua alla ferrarese prevede un livello più alto dell'acqua perché non ci sono problemi di rifornimento ed acque più calde per cui si può ritardare la semina perché si ha più tempo per la coltura così che si abbia una germinazione in condizioni ottimali più veloce. La semina dell'area ferrarese è più tardiva perché la disponibilità di acqua è più tardiva anch'essa poi si ha un recupero del ciclo perché le temperature sono più alte.

La semina che inizia da noi nella prima decade di aprile nel ferrarese è a fine aprile inizio maggio e la semina è fatta sul terreno asciutto sistemato superficialmente poi si effettua la sommersione.

Quando il seme inizia a germinare si dà una prima asciutta di radicazione nella seconda decade di maggio per dare alla cariosside ossigeno per germinare poi si fa la sommersione anche per contenere i giavoni. Nella seconda metà di giugno si dà una secondo asciutta per radicazione dovuta all'ossigenazione minore delle colture e delle acque reflue, si fa per favorire le emissioni delle radici avventizie.

All'inizio di luglio per i trattamenti contro le infestanti, Cyperaceae ed Alismataceae, non si effettua una vera asciutta, si abbassa l'acqua ad un livello di un dito di acqua per proteggere con un velo d'acqua le radici del riso scoprendo solo le foglie ed inoltre si vuole limitare la degradazione della sostanza organica e cioè l'eccesso di azoto.

Si mantiene poi la sommersione fino alla fine di settembre per togliere l'acqua al momento dell'asciutta finale nel ferrarese si ha prosciugamento che è lento date le caratteristiche del terreno e dura fino a metà ottobre per avere la portanza dei terreni sufficiente per il passaggio delle macchine.

La semina deve seguire il più rapidamente possibile la sommersione per mettere il riso in condizioni di favore rispetto alle infestanti. L'altezza dell'acqua è finzione della temperatura se è bassa si alza il livello se è alta si abbassa.

Se la cariosside stenta a emergere si abbassa il livello dell'acqua senza fare un'asciutta totale altrimenti si ha una sofferenza delle plantule.

La lotta al giavone si effettua anche alzando lo strato d'acqua, rivitalizzando le alghe anche per poche ore.

In condizioni di suolo organico all'inizio stagione per la scarsa ossigenazione può essere utile o aumentare le asciutte o abbassare il livello per tornare a condizioni normali di livello quando la temperatura si alza per evitare il lussureggiamento.

Le previsioni atmosferiche a breve termine sono utili, prevedere il travaso di temperatura bassa è utile per alzare acqua. Il decidere il momento dell'asciutta finale dipende dalla maturazione il prolungamento della sommersione consente il recupero dalla maturazione del riso se si è in ritardo, si verifica quasi su cinque. Anche in fase tardiva di sviluppo il riso può accestire se le temperature sono alte.

In condizioni normali questo allungamento è sfavorevole perché può riprendere l'accestimento. Possono verificarsi di casi di acqua calda in estate con 30°-32° centigradi quindi troppo calda che provoca la lessatura con la morte della pianta, in questi casi si interviene accelerando il deflusso delle acque.

Orzo

Tabella 3.9 – Tabella riassuntiva delle caratteristiche dell'orzo

Esigenze idriche complessive	Quantità di acqua per kg_{ss}	Qualità acqua	Periodi critici	Alternative
600-800 mm di pioggia/6000-8000 m3/ha	$750 \frac{l}{kg_{ss}}$	Alcalinità media	<ul style="list-style-type: none"> • germinazione e emergenza nelle fasi iniziali • periodo della impollinazione e formazione del seme ad aprile e a maggio • Interventi con irrigazioni di soccorso 	<ul style="list-style-type: none"> • Colture da rinnovo • Utilizzo di impianti a goccia

Si adatta bene nelle regioni dove si producono gli altri cereali vernini rispetto ai quali presenta resistenza alla siccità. In ambienti dove l'umidità è fattore limitante super infatti come produttività il frumento, l'avena e la segale ed è il cereale maggiori garanzie.

L'orzo tollera alte temperature 38 °C in condizioni di secco, ma non in presenza di elevata umidità, il che lo rende meno adatto a regioni caldo-umide dove è soggetta malattie e dove invece, è più consigliabile l'avena.

La spiccata precocità permette la coltivazione hanno attitudini più elevate della stessa segale.

È il cereale più resistente i terreni salsi, fino ad una Ece di 8-10 mmhos/cm produce normalmente, è moderatamente tollerante al freddo, ma è meno resistente il frumento della segale.

La crescita vegetativa la migliore temperatura è attorno ai 15 °C mentre la temperatura ottimale per la fioritura è di 17-18 °C, la maturazione del seme è favorita dal tempo caldo e asciutto.

Il pH più adatto varia dal neutro al sub-alcalino, tra 7 e 8.

Esigenze nutritive sono molto vicino a quello del frumento.

In generale si può affermare che la disponibilità idrica devono essere elevate nel periodo di crescita, in quello della fioritura e quando si inizia la formazione della granella.

Il periodo più critico va da circa due settimane prima dell'impollinazione fino alla formazione del seme.

Le migliori condizioni si ottengono con l'acqua disponibile vicino alla capacità di campo, 75-80% dell'acqua disponibile, il che però succede raramente, il limite critico sia gira intorno al 25-35%.

L'eccesso idrico può essere dal dannoso provocando asfissia radicale quando la pianta è ancora i primi stadi di sviluppo, durante la levata può provocare uno sviluppo vegetativo lussureggiante accentuando le probabilità di allettamento.

Mais

Tabella 3.10 – Tabella riassuntiva delle caratteristiche del mais

Esigenze idriche complessive	Qualità acqua	Periodi critici	Alternative
600 mm di pioggia/6000 m3/ha	Alcalinità media	<ul style="list-style-type: none"> • periodo estivo per mancanza di precipitazioni • Interventi con irrigazioni di soccorso nel periodo estivo 	<ul style="list-style-type: none"> • Colture da rinnovo • Utilizzo di impianti a goccia

Durante il suo ciclo vitale il mais ha bisogno mediamente di 600 mm di acqua (con uno scarto di 150 mm in più o in meno in base alla maturità e alla lunghezza del ciclo).

Nei nostri ambienti e in annate normali, circa la metà di questi fabbisogni è coperto dalle precipitazioni, di conseguenza sono circa 300 mm dovrebbero venire dall'irrigazione presupponendo precipitazioni meteoriche distribuite in un adeguato numero di giorni e non concentrate in poche giornate piovose.

Il fabbisogno idrico giornaliero è molto variabile durante la stagione colturale, varia mediamente nelle settimane più calde di giugno e Luglio tra 6 e 7.5 mm/giorno.

Negli ambienti piemontesi e in annate normali, circa la metà di questi fabbisogni è coperto dalle precipitazioni.

Mediamente il consumo idrico si stima in circa 5.000/6.000 mc/ha per lo svolgimento dell'intero ciclo colturale, un buon apporto permette di raggiungere elevati livelli produttivi mentre la carenza determina stress e l'avvizzimento della coltura.

Il periodo critico è il periodo estivo, luglio agosto, in cui il programma irriguo deve soddisfare le esigenze idriche per questo periodo stimato in 50-60 giorni compreso tra l'emissione dell'infiocrescenza maschile apicale (circa due settimane prima della fioritura) fino alla maturazione latteo-cerosa (circa 5 - 6 settimane dopo la fioritura).

Il mais ha un coefficiente di evapotraspirazione basso: 250 kg di acqua per chilogrammo di sostanza secca prodotta. In molti ambienti maidicoli, anche se la piovosità totale nel corso del ciclo può apparire sufficiente, in realtà non è ben distribuita e ciò impone interventi irrigui senza i quali non sarebbero possibili rese elevate e, soprattutto, costanti negli anni.

Se una coltura produce 12 t/ha di granella significa anche che ha prodotto una massa epigea di circa 24 t/ha di sostanza secca e pertanto ha avuto necessità di 6000 m³ di acqua e cioè di 600 mm di pioggia.

Per il mais un periodo di grande sensibilità alla mancanza di acqua comincia 15-20 giorni prima della fioritura, quando si sviluppano i fiori femminili, e termina 30 giorni dopo la fioritura, già allo stadio di maturazione lattea. Molte esperienze mostrano che uno stress idrico in questo periodo porta a riduzioni di resa dell'ordine del 50-60%.

Il mais ha una notevole adattabilità 50° di latitudine sud e i 67° di latitudine nord, la maggior parte della superficie a frumento si trova in aree mondiali con 375-750 mm annui di precipitazioni per cui specie con non molto elevate esigenze idriche, poco coltivato nelle zone con lunghe precipitazioni sia tropicali che atlantiche più importanti invece nelle aree continentali.

In Italia le zone cerealicole vanno da 375 mm annui ad oltre 750 mm di precipitazioni la cerealicoltura del Nord inizia in una stagione con il massimo di precipitazioni autunnali poi minimo invernale e ripresa primaverile, mentre andando verso il sud si tende ad un massimo più invernale, quindi al Nord si può avere maturazione fino in luglio (precipitazioni ancora a maggio) per arrivare fino ad agosto inoltrato, nel Nord Europa mentre al sud si devono usare cultivar più precoci per evitare l'eccessiva aridità estiva (ragione delle minori produzioni).

Anche se il mais è una tra le colture più efficienti nell'utilizzo delle risorse idriche naturali, per raggiungere grandi risultati produttivi l'irrigazione rimane comunque un fattore irrinunciabile.

Una strategia produttiva vincente richiede pertanto cura, attenzione e pianificazione dell'apporto idrico. Stress idrici più o meno marcati vanno infatti ad influire:

- sul numero di cariossidi per spiga;
- sulla dimensione delle cariossidi;
- sullo stato sanitario del raccolto.

Lo stress idrico estivo indebolisce la pianta, favorendo l'insediamento e lo sviluppo di vari microrganismi patogeni come i funghi del genere *Aspergillus*, potenziali produttori di aflatossine.

Uno studio decennale condotto da Pioneer nelle aree orientali della Pianura Padana ha dimostrato che in media l'irrigazione permette di produrre 27 quintali di granella in più rispetto all'asciutta, con punte di 37-40 quintali in stagioni siccitose come il 2012 o il 2006 (vedi Fig.1)

Due sono i momenti del ciclo colturale in cui la disponibilità idrica gioca un ruolo chiave per il successo produttivo della coltura:

- pre-fioritura e Fioritura: uno stress idrico in queste fasi influenza la dimensione della spiga e l'impollinazione, riducendo il numero di cariossidi. Stress in questa fase critica portano a perdite produttive superiori ai 3 q/ha di granella per singolo giorno di stress accumulato;
- riempimento della granella: gli stress idrici hanno ripercussioni sulla capacità della pianta di traslocare i nutrienti e quindi limitano la dimensione e il peso della cariosside, incidendo anche sul suo valore nutrizionale. Le perdite produttive sono stimate in 1,8 q/ha per giorno di stress.

Ne consegue l'importanza di mantenere un alto benessere delle piante in questi stadi delicati. L'irrigazione in questo è il fattore più determinante. In annate particolarmente estreme non bisognerà però sottovalutare gli stress anche in fase di differenziazione della spiga, ovvero tra le 4 e le 6 foglie. Già in questi stadi apparentemente "precoci", la pianta predispone la spiga e gli embrioni delle potenziali cariossidi, determinando quindi il proprio massimale produttivo, che avrà

compimento con l'impollinazione. Su terreni particolarmente sciolti e con tassi di evapotraspirazione elevati, il ricorso all'irrigazione in questa fase è più che giustificato.

La gestione della risorsa irrigua è andata via via affinandosi negli ultimi anni, consentendo la razionalizzazione dei turni e dei volumi di adacquata. I sistemi irrigui che più si adattano alle nuove tecnologie, e che consentono un aumento dell'efficienza, sono quelli basati sull'aspersione (rotolone, pivot e rainger) e sull'irrigazione a goccia ancora poco diffusi.

Un utile supporto, quindi, per permettere di gestire e pianificare il regime irriguo e restituire la giusta quantità di acqua e azoto in ogni momento della stagione.

Negli areali maidicoli dove l'irrigazione viene eseguita per scorrimento con turni fissi di adacquata, può risultare difficile razionalizzare la risorsa irrigua. In questi casi è importante non saltare i turni nei periodi più critici e gestire al meglio i volumi e il corpo d'acqua in modo da favorire un'uniforme infiltrazione nei primi 30-40 cm di suolo, evitando di creare costipazione o suole, specialmente nei terreni limosi.

Il metodo irriguo più utilizzato è quello ad aspersione, con l'uso di semoventi che necessitano elevate portate e di elevata energia.

Grazie alla nuova consapevolezza ambientale, alla presenza di minori risorse idriche e all'aumento dei costi energetici, negli ultimi anni si è sviluppato l'uso dell'irrigazione a goccia con ali gocciolanti appoggiate in superficie tra le file.

Una novità interessante è la sperimentazione con l'ala gocciolante interrata alla profondità dell'apparato radicale attivo della pianta di mais, circa 40-50 centimetri di profondità.

Attualmente, è impossibile seguire i concetti sopra esposti per più ordini di ragioni perché i turni irrigui sono stabiliti dai Consorzi di Bonifica e il prelievo di acqua non può essere fatto a domanda, in secondo luogo perché tradizionalmente si irriga a scorrimento laterale o per infiltrazione da solchi con volumi di acqua molto elevati per ogni adacquata (da 1000 a 1500 m³/ha).

Questa modalità di irrigazione, nata almeno 700 anni fa, utilizzata soprattutto per irrigare i prati stabili e avvicendati, mal si presta per il mais perché il metodo ha scarsissima efficienza, provocando inevitabilmente la lisciviazione dei sali e di tutte le molecole solubili (per esempio azoto nitrico, molecole di diserbanti) che possono inquinare le falde oltre a provocare un danno economico diretto.

Metodologie di irrigazione più efficienti sono auspicabili.

L'irrigazione per aspersione è sicuramente il metodo più idoneo per evitare gli inconvenienti sopra esposti, ma se effettuata con i materiali di un tempo presenta dei costi non più sopportabili dalla coltura. Solo l'impiego di grandi macchine irrigue (Pivot e Rainger) appare oggi quello tecnicamente migliore.

Con queste è possibile, su grandi superfici (di almeno 100 ha), effettuare un programma irriguo tale da fornire al suolo ogni 7-10 giorni la quantità di acqua evapotraspirata, interrompendo l'irrigazione nel caso di piogge di grande intensità.

Misure rapide dell'acqua utile presente nel terreno, e l'implementazione di appositi programmi informatici, gestiti con centraline, consentono di stabilire con una certa precisione l'inizio della stagione irrigua e la gestione delle macchine irrigue facendo loro calibrare la quantità di acqua da erogare in funzione della natura del terreno.

I risultati dell'irrigazione sono le rese alte e stabili, infatti la stessa irrigazione corregge la eterogeneità e la cattiva qualità dei suoli uniformando la distribuzione dell'acqua sul terreno e grazie all'irrigazione e alla fertilizzazione appropriata, possono fornire rese vicine e spesso uguali a quelle dei suoli più fertili.

L'inizio dello stress idrico è mostrato specialmente in prefioritura con manifestazioni in successione: opacità delle foglie, arrotolamento, "agliatura". Queste manifestazioni si possono notare prima nelle testate dei campi, intorno alle ore 13, e indicano che nel campo è ancora disponibile dell'acqua, ma che presto si andrà in carenza.

Sorgo

Tabella 3.11 – Tabella riassuntiva delle caratteristiche del sorgo.

Esigenze idriche complessive	Qualità acqua	Periodi critici	Alternative
450 - 500 mm di pioggia/4500 - 5000 m3/ha	Alcalinità media	periodo estivo per mancanza di precipitazioni	<ul style="list-style-type: none"> • Colture da rinnovo • Utilizzo di impianti a goccia

Il coefficiente di evapotraspirazione del sorgo si aggira sui 200 kg per ogni chilo di sostanza secca prodotta, circa il 25% in meno di quello del mais nei confronti del quale il sorgo possiede una netta maggiore resistenza alla siccità.

Il sorgo è in grado di utilizzare l'acqua del terreno a valori tensiometrici molto bassi; infatti mentre il mais manifesta sintomi di sofferenza, e cioè i primi avvisi menti già al 50% dell'acqua disponibile massima nel sorgo queste manifestazioni si evidenziano soltanto al di sotto del 20-30%.

Nei periodi di siccità la pianta blocca lo sviluppo per riprenderlo pressoché regolarmente al ritorno di buona disponibilità idrica.

Esiste tuttavia un periodo critico che è la fioritura.

Soia

Tabella 3.12 – Tabella riassuntiva delle caratteristiche della soia.

Esigenze idriche complessive	Qualità acqua	Periodi critici	Alternative
500 - 660 mm di pioggia/5000 - 6600 m3/ha	Alcalinità media	<ul style="list-style-type: none"> • periodo estivo per mancanza di precipitazioni • Interventi con di irrigazioni di soccorso nel periodo estivo 	<ul style="list-style-type: none"> • Colture da rinnovo • Utilizzo di impianti a goccia

La soia è una coltura che viene coltivata dopo il frumento o dopo la raccolta del mais da erbaio, è considerata una coltura da rinnovo il cui fabbisogno idrico può variare da 50 a 66 cm durante la stagione di crescita, con oltre il 60% del consumo totale di acqua durante le fasi da R1 a R6.

Da considerare che la maggior parte dell'assorbimento dal suolo si verifica entro i primi 60-90 cm che normalmente è il periodo estivo se la soia è coltivata dopo il frumento.

Una insufficiente disponibilità idrica è un fattore critico durante lo sviluppo dei baccelli e il riempimento dei semi (R3-R6)

Durante la coltivazione se la semina è tardo primaverile la perdita di acqua dal suolo avviene principalmente attraverso l'evaporazione dalla superficie del suolo.

Con il progredire dello sviluppo, la maggiore superficie fogliare ombreggerà il terreno e l'evaporazione diminuirà all'aumentare della traspirazione.

Se sulla superficie del terreno sono lasciati i residui colturali della precedente coltivazione si possono ridurre significativamente le perdite di acqua per evaporazione perché sia i residui che il fogliame riflettendo la radiazione solare proteggono il suolo e mantengono il suolo umido.

Oltre il 60% del consumo totale di acqua avviene durante le fasi riproduttive, da R1 a R6 e il fabbisogno stagionale di acqua può variare da 500 a 660 mm durante la stagione (Kranz e Specht, 2012) rispetto a un intervallo tipico di 530-710 mm del mais.

Influenza hanno le lavorazioni del suolo prima della semina perché un apparato radicale ben sviluppato è essenziale per l'assorbimento idrico e la crescita della coltura.

Se l'apparato radicale della soia non è ostacolato dalla compattezza o dalla struttura del terreno, può raggiungere una profondità superiore ai 150 cm, simile a quella del mais (Ordóñez et al., 2018).

In genere la soia può sopportare un moderato stress idrico durante la crescita vegetativa, con un limitato effetto sulla resa, mentre precipitazioni abbondanti durante la fase vegetativa far sì che le piante sviluppino una maggiore crescita, che non si tradurrà necessariamente in un incremento di resa.

Piante più grandi possono essere più suscettibili all'allettamento durante i temporali in momenti successivi della stagione.

Girasole

Il Girasole è una pianta di origine americana: Perù secondo alcuni studiosi, Messico secondo altri. È stata introdotta in Europa nei primi decenni del 1500 (soprattutto come pianta ornamentale), assumendo tuttavia una certa importanza come pianta oleifera soltanto nel Settecento, dalla seconda metà dell'Ottocento ha avuto una notevole diffusione.

Oggi è largamente coltivata come pianta produttrice di olio, in Italia è presente soprattutto nell'Italia centrale anche se con l'attuale clima è interessante anche al nord.

Le attuali varietà selezionate danno acheni contenenti anche più del 45% di olio.

Le forme coltivate si suddividono in due gruppi: uno idoneo per la produzione di semi e per foraggio, comprendente piante monocefaloiche e con acheni grandi, e uno per la produzione di fiori ornamentali, caratterizzato da piante ramificate e policefale.

Tipica pianta da rinnovo, è un ottimo preparatore per la coltivazione del frumento perché ha un ciclo primaverile-estivo molto breve e lascia il terreno in buone condizioni di fertilità grazie agli abbondanti residui colturali. Una volta sviluppata, ha una notevole capacità di soffocare le infestanti. Tra una coltura e l'altra è consigliabile lasciare un intervallo di 6-7 anni.

Vista la limitata capacità di penetrazione delle radici, è necessaria una aratura (in genere in estate) a notevole profondità (50-60 cm) o una lavorazione a due strati per consentire il formarsi di riserve idriche con l'apporto meteorico.

In Italia la semina viene effettuata nella prima metà di aprile al Nord, verso la fine di marzo al Centro e non oltre la metà di marzo al Sud. La semina viene fatta a file distanti 60-70 cm, con seminatrice di precisione, curando la distanza di semina in modo da avere senza diradamento 4 piante a metro quadrato (4-6 kg/ha).

Il girasole risulta esigente in N, poco in P e molto in K. Dopo la germinazione può rendersi utile la sarchiatura. Per la lotta alle infestanti si ricorre generalmente al diserbo, che può essere anticipato (inverno), in pre-semina, in pre-emergenza o in post-emergenza.

Le attuali varietà di girasole, in regime di massima disponibilità idrica, evidenziano un fabbisogno di acqua per l'intero ciclo pari a 600 mm.

Nel suo ciclo la pianta di girasole in condizioni normali di cultura, richiede intorno al 425 parti di acqua per parte di sostanza secca formata. Poiché è una pianta che raggiunge in media un peso secco di 180 g, si ottiene, con un investimento medio di 5 piante a mq, una produzione complessivo di sostanza secca di 900 g ed un consumo di acqua sempre a metro quadro di 382,5 kg pari a 3825 m³/ha.

In condizioni ottimali di rifornimento idrico la evapotraspirazione complessiva della cultura si aggira sui 6-700 mm.

Le esigenze idriche non sono costanti durante tutta la durata del ciclo, ma di entità diverse in relazione alla fase. Rapportando i consumi alle disponibilità del momento è evidente che non esistono nel primo periodo di vegetazione tranne casi particolari preoccupazioni di carenza. Dette preoccupazioni invece si hanno successivamente nel momento più intenso dell'attività vegetativa, durante il quale è forte sia la quantità di acqua traspirata sia quella utilizzato dalla pianta per la formazione di nuovi tessuti.

La mancanza di ogni apporto idrico si risolverebbe evidentemente in un arresto della crescita e con gravi conseguenze sulle successive fasi. I momenti critici del girasole per l'acqua si manifestano in modo particolare nella sua fase di crescita attiva fino a quello dell'ingrossamento degli acheni.

La pianta comunque sua struttura anatomica non è del tutto indifeso di fronte a situazioni di emergenza. La sua radice ha un notevole sviluppo capillare in grado di emergere con una certa facilità anche modeste disponibilità di acqua presenti nel suolo specialmente se, attraverso opportune occupazioni si è riusciti a creare in questo adeguato profondità la condizione favorevole per la costituzione di riserve idriche. La radice stessa è in grado di variare la sua pressione osmotica in relazione alle condizioni del momento mentre anche i tessuti verdi sono capaci di affrontare in modo reversibile e temporanea che possa verificarsi. Le radici possono esplorare il treno fino a più di 2 m di profondità e le piante in pieno sviluppo possono attingere facilmente acqua a 100-150 cm sotto la superficie.

Il girasole inoltre non manifesta contrazione del consumo idrico fino a che l'umidità del terreno non scende sotto i 45% dell'acqua disponibile massima.

Nocciolo

Tabella 3.13 - Tabella riassuntiva delle caratteristiche del nocciolo.

Esigenze idriche complessive	Qualità acqua	Periodi critici	Alternative
800 - 1000 mm di pioggia/8000 - 10000 m ³ /ha	Alcalinità media	<ul style="list-style-type: none"> • periodo estivo per mancanza di precipitazioni • Interventi con irrigazioni di soccorso nel periodo estivo 	Utilizzo di impianti a goccia

Il fabbisogno idrico del nocciolo è stimato in 800-1000 mm d'acqua ben distribuiti nel periodo marzo-ottobre. Il periodo critico è tra giugno ed agosto, mesi durante i quali si hanno sia l'accrescimento del frutto e sia l'accrescimento del seme.

L'apparato radicale esteso superficialmente contribuisce a rendere più efficace l'assimilazione dell'acqua e dei nutrienti quanto questi sono disponibili in quantità sufficienti alla crescita e sviluppo della pianta che per la risorsa idrica si traduce in circa 800-1000 mm distribuiti equamente durante tutto l'anno per l'emisfero boreale.

È stato dimostrato (Dias et al., 2005, Gispert et al., 2005) come un'irrigazione di supporto, erogata nei periodi di sviluppo del frutto e di massima crescita vegetativa, possa incrementare la qualità e la quantità della produzione fino ad arrivare ad incrementi del 20%.

Considerando l'ampio territorio di distribuzione nel suo areale naturale pan europeo, il nocciolo dimostra di essere una specie con una buona capacità di acclimatazione ai diversi contesti stagionali. Nonostante questo, pur nella sua rustica veste di specie silvana diviene esigente sia per il clima che per alcune caratteristiche del suolo in cui deve crescere. Per gli impianti a nocciolo viene consigliata un'esposizione a nord fresca e su versanti poco ventosi (Trotter, 1951).

Questa specie soffre infatti l'eccessiva aridità essendo sovente soggetta a stress idrico, specialmente durante i primi di anni di impianto (Natali et al., 1988, Girona et al., 1994).

Le fitte, ma fini radici sono estremamente superficiali (Tasias, 1975) determinando oltre alla sofferenza al deficit idrico una mal disposizione all'eccessiva umidità edafica quando questa si traduce in ristagno che velocemente le fa soccombere mettendo a rischio l'intera pianta (Bignami et Natali, 1997).

È stato dimostrato (Awada e Josiah, 2007) che il deficit idrico influisce significativamente sulla produttività, in particolar modo sul riempimento delle nocchie che si possono presentare raggrinzite o, nei casi più estremi, vuote qualora si verificano le condizioni di prolungate siccità durante la crescita del frutto (15 maggio - 15 giugno) e durante il suo riempimento (15 giugno - 1 agosto) (gli intervalli temporali indicati si riferiscono a stazioni situate nel territorio delle Langhe, ma possono essere applicati a tutta la corilcoltura europea mentre vanno leggermente anticipati per quella turca e posticipati per quella americana e francese). I mesi di giugno, luglio e agosto quindi sono considerati quelli più critici per questa specie (Bignami, 1989).

In particolare, il frutto può soffrire lo stress idrico manifestando un'alta incidenza di vuoti e diminuzioni significative della resa allo sgusciato (Bostan e Gunay, 2009), allo stesso tempo è nota una correlazione positiva tra lunghezza dei rami di un anno ed attività produttiva per cui la riduzione della crescita vegetativa si riflette negativamente sulla produttività (Romisondo, 1963; Germain 1983).

Pomodoro da industria

Tabella 3.14 Tabella riassuntiva delle caratteristiche del pomodoro da industria

Esigenze idriche complessive	Qualità acqua	Periodi critici	Alternative
400 - 500 mm di pioggia/4000 - 5000 m3/ha	Alcalinità media	<ul style="list-style-type: none"> • periodo estivo per mancanza di precipitazioni • Interventi con irrigazioni di soccorso nel periodo estivo 	Utilizzo di impianti a goccia

Il volume irriguo stagionale dei pomodori da industria deve contenersi tra i 4000 ed i 5000 mc/ha, in funzione dell'andamento climatico.

Per ottenere le massime produzioni è necessario irrigare a goccia, utilizzando la fertirrigazione, con turni brevi (da 2-4 giorni).

Il pomodoro risente dello stress idrico durante qualunque periodo del suo ciclo.

Con l'irrigazione a goccia, per una produzione ottimale, mediamente si suggerisce di effettuare i seguenti interventi irrigui:

- aprile – un intervento alla semina o al trapianto (250 mc/ha);
- maggio – 600 mc/ha equamente ripartiti;
- giugno – 1500 mc/ha equamente ripartiti;
- luglio – 1500 mc/ha equamente ripartiti;
- agosto – max 1000 mc/ha entro la seconda metà d'agosto ed in funzione delle esigenze di raccolta.

Con l'irrigazione a pioggia si possono indicativamente mantenere gli stessi volumi irrigui ma con intervalli ovviamente più lunghi (10 giorni circa).

La produzione sarà in ogni modo inferiore al pomodoro irrigato a goccia.

Carciofo

Tabella 3.15 – Tabella riassuntiva delle caratteristiche del carciofo.

Esigenze idriche complessive	Qualità acqua	Periodi critici	Alternative
250 - 400 mm di pioggia/2500 - 4000 m3/ha	Alcalinità media	<ul style="list-style-type: none"> • periodo estivo per mancanza di precipitazioni • Interventi con irrigazioni di soccorso nel periodo estivo 	Utilizzo di impianti a goccia

Il volume irriguo stagionale del carciofo deve contenersi tra i 2500 ed i 4000 mc/ha, in funzione dell'andamento climatico.

L'irrigazione del carciofo è una tecnica importante per aumentare le produzioni e per regolare l'anticipo della produzione stessa. Se da un lato, però, un maggiore anticipo della produzione è vantaggioso per le migliori quotazioni di mercato, dall'altro esso diventa svantaggioso per l'atrofia dei capolini che l'alta temperatura estiva potrebbe procurare. Per cui la stagione irrigua non dovrebbe iniziare prima di fine LUGLIO e continuare fino all'autunno.

Con l'irrigazione ad aspersione, per una produzione ottimale si suggerisce quanto segue:

- turno irriguo compreso tra 7 e 10 giorni;
- il primo intervento irriguo, per indurre il risveglio della carciofaia, può avvenire a LUGLIO con un volume di adacquamento di circa 800 mc/ha (in terreni sufficientemente profondi);
- per gli altri interventi irrigui, il volume d'adacquamento dovrebbe aggirarsi intorno a 500 mc/ha;

- il numero massimo d'interventi irrigui non dovrebbe essere superiore a 7-8.

Con l'irrigazione a gocci a si consiglia quanto segue:

- accorciare i turni irrigui e far salire il numero degli interventi a 11-12;
- per ogni intervento è consigliabile non superare un volume di adacquamento di 300 mc/ha.

Vite

Tabella 3.16 – Tabella riassuntiva delle caratteristiche della vite.

Esigenze idriche complessive	Qualità acqua	Periodi critici	Alternative
180 - 300 mm di pioggia/1800 - 3000 m3/ha	Alcalinità media	<ul style="list-style-type: none"> • periodo estivo per mancanza di precipitazioni • Interventi con irrigazioni di soccorso nel periodo estivo 	Utilizzo di impianti a goccia

Il volume irriguo stagionale della vite deve contenersi tra i 1800 e i 3000 mc/ha.

Esso varia in funzione dell'andamento climatico, della forma di allevamento e del tipo di vitigno usato (come anche in funzione di altre tecniche colturali). Per una produzione ottimale, i valori dei volumi irrigui, stagionali medi suggeriti, sono:

- spalliera max 1800 mc/ha;
- tendone da tavola max 3000 mc/ha;
- tendone da vino max 2000 mc/ha;
- varietà precoci da tavola max 2500 mc/ha;
- varietà precoci da vino max 2500 mc/ha;
- varietà tardive da tavola max 3000 mc/ha.

La vite è particolarmente sensibile alla carenza idrica nelle fasi di:

- accrescimento dei tralci;
- prefioritura;
- accrescimento degli acini.

In annate particolari con andamento invernale a decorso siccitoso, in cui si arriva al risveglio vegetativo con scarsa umidità nel terreno, si consiglia di irrigare a fine marzo per le varietà precoci e nella prima metà d'aprile per le varietà medie e tardive con non più di 500 mc/ha.

Con il metodo irriguo a pioggia, mediamente si suggerisce di effettuare:

- intervento irriguo tra la terza decade di aprile e la prima decade di maggio:
 - varietà precoci da vino 500 mc/ha;
 - varietà precoci da tavola 500 mc/ha;

- varietà tardive da vino 500 mc/ha;
- varietà tardive da tavola 500 mc/ha;
- intervento irriguo a fine maggio (come sopra);
- intervento irriguo a metà giugno (come sopra);
- intervento irriguo tra fine giugno e i primi di luglio (come sopra);
- intervento irriguo nella terza decade di luglio:
 - varietà precoci da vino 0 mc/ha;
 - varietà precoci da tavola 500 mc/ha;
 - varietà tardive da vino 500 mc/ha;
 - varietà tardive da tavola 500 mc/ha.

Un ultimo intervento irriguo potrebbe effettuarsi entro la metà d'agosto per le sole varietà tardive da tavola. Per la vite a spalliera basterebbero tre interventi irrigui da 600 mc/ha ognuno in maggio, giugno e luglio. Con l'irrigazione a goccia (o a zampillo), si possono mantenere intervalli irrigui più corti e far salire massimo fino a 10 il numero degli interventi.

Per ogni intervento non si deve comunque superare un volume d'adacquamento di 300 mc/ha.

Olivo

Tabella 3.17 - Tabella riassuntiva delle caratteristiche dell'olivo.

Esigenze idriche complessive	Qualità acqua	Periodi critici	Alternative
200 - 300 mm di pioggia/2000 - 3000 m3/ha	Alcalinità media	<ul style="list-style-type: none"> • periodo estivo per mancanza di precipitazioni • Interventi con irrigazioni di soccorso nel periodo estivo 	Utilizzo di impianti a goccia

Il volume irriguo stagionale dell'olivo deve contenersi tra i 2000 e i 3000 mc/ha.

Esso varia in funzione dell'andamento climatico e della densità d'impianto. Le punte massime si raggiungono con circa 400 piante/ha (sesto d'impianto 5 x 5 mt. O 6 x 4 mt.).

L'olivo è particolarmente sensibile alla carenza idrica in fase di:

- accrescimento dei nuovi rami al risveglio vegetativo;
- fioritura - allegagione;
- accrescimento dei frutti.

In annate particolari con inverni a decorso siccitoso, in cui si arriva al risveglio vegetativo con scarsa umidità nel terreno, si consiglia di intervenire con una irrigazione (in aprile) con 500 mc/ha.

Con il metodo irriguo a pioggia, per una produzione ottimale, mediamente si suggeriscono i seguenti interventi irrigui:

- interventi da 500 mc/ha ognuno tra metà MAGGIO e fine GIUGNO;
- interventi da 600 mc/ha ognuno tra fine GIUGNO e metà AGOSTO.

Un'ulteriore irrigazione da 500 mc/ha, per le sole varietà da mensa, potrebbe effettuarsi in settembre in annate particolarmente siccitose. Con l'irrigazione a goccia (o a zampillo), si possono mantenere intervalli irrigui più corti e fare salire massimo fino a 10 il numero degli interventi. Per ogni intervento non si deve in ogni caso superare un volume d'adacquamento di 300 mc/ha. Generalmente nella zona del Fortore l'intervento di settembre (o aprile) può essere eliminato dal programma irriguo.

Pesco

Tabella 3.18 – Tabella riassuntiva delle caratteristiche del pesco.

Esigenze idriche complessive	Qualità acqua	Periodi critici	Alternative
300 mm di pioggia/3000 m3/ha	Alcalinità media	<ul style="list-style-type: none"> • periodo estivo per mancanza di precipitazioni • Interventi con irrigazioni di soccorso nel periodo estivo 	Utilizzo di impianti a goccia

Il volume irriguo stagionale del pesco deve contenersi entro i 3000 mc/ha, e varia in funzione dell'andamento climatico e della precocità varietale. Il pesco è particolarmente sensibile alla carenza idrica in fase di:

- sviluppo radicale;
- accrescimento dei frutti.

In annate particolari con andamento invernale a decorso siccitoso, in cui si arriva al risveglio vegetativo con scarsa umidità del terreno, si consiglia di intervenire nel mese di marzo con 500 mc/ha. Con impianto irriguo a pioggia, per una produzione ottimale, mediamente si suggerisce di effettuare i seguenti interventi irrigui:

- Aprile – 2 interventi da 500 mc/ha ognuno;
- Maggio – 2 interventi da 500 mc/ha ognuno;
- Giugno – 1 intervento da 500 mc/ha per alcune varietà più tardive.

Per varietà molto precoci, si consiglia un intervento irriguo subito dopo la raccolta ai fini di un accumulo delle sostanze di riserva e di uno sviluppo radicale completo che si rifletterà positivamente sulla produzione dell'anno successivo. Con l'irrigazione a goccia, o a zampillo, si potrebbe aumentare massimo fino a 10 il numero degli interventi irrigui, con volumi di adacquamento di 300 mc/ha ognuno.

3.2.5.3 FABBISOGNI IRRIGUI

Il fabbisogno di acqua per irrigazione è definito sulla base di alcuni termini fondamentali di riferimento fra i quali, in particolare, il “Deficit Idrico Potenziale Netto”, inteso come il “quantitativo d’acqua che, al netto di ogni perdita, deve essere somministrato al terreno per renderlo atto ad esplicare, se interessato da un’adeguata copertura vegetale, la corrispondente Evapotraspirazione Potenziale”.

Quest’ultima rappresenta il “quantitativo d’acqua traspirato nell’unità di tempo da una particolare coltura di riferimento. Successivamente, con opportuni coefficienti, viene calcolata l’evapotraspirazione delle singole colture. Attraverso l’evapotraspirazione potenziale si individua poi il Deficit Idrico Potenziale Netto, utilizzando opportune relazioni di bilancio.

Viene successivamente definito il “Deficit Idrico Potenziale Lordo” come la “quantità d’acqua da rilasciare all’origine delle reti irrigue per poter soddisfare ai deficit idrici potenziali netti, tenuto conto delle perdite e delle efficienze delle reti medesime”.

Ultimamente è stata condotta dalla regione Piemonte e dall’Università di Torino una ricerca su “Metodologia di verifica dei fabbisogni lordi dei comprensori irrigui della Regione Piemonte” (definita nel seguito “Quaderno 22”), nella quale venivano valutati i fabbisogni netti parcellari per diverse tipologie colturali ed i relativi valori dell’efficienza irrigua.

Nel Quaderno 22 le elaborazioni relative all’evapotraspirazione di riferimento (Eto) ed ai fabbisogni idrici netti (FN) delle diverse colture sono riportati in appendice sotto forma di tabelle, grafici e carte tematiche. Le tabelle ed i grafici sintetizzano i dati puntuali relativi alle 20 stazioni termopluviometriche utilizzate, mentre le carte tematiche rappresentano i valori numerici su di una base grafica costituita dal territorio della Regione Piemonte. Nella ricerca sono riportati i valori per il periodo aprile-settembre corrispondente al cosiddetto “semestre estivo”, entro il quale si situa la quasi totalità degli interventi irrigui per le colture agrarie.

Con specifico riferimento a quanto descritto nella suddetta metodologia occorre richiamare che l’acqua irrigua è impiegata con livelli variabili da coltura a coltura e da anno ad anno, in funzione degli obiettivi produttivi impostati dall’imprenditore alla complessa e mutevole serie di norme e regolamentazioni a livello nazionale ed Europeo”.

Di tutto ciò è evidentemente impossibile tenere conto con precisione, e i fabbisogni netti parcellari e lordi comprensoriali calcolati con la metodologia illustrata vanno “pertanto intesi come limite superiore”, piuttosto che “come valori adeguati, alle contingenti situazioni che condizionano, di volta in volta, le scelte degli agricoltori”.

Poiché considerazioni di carattere economico sconsigliano di impostare le irrigazioni verso obiettivi di soddisfacimento pieno e sistematico delle esigenze idriche delle colture si fa generalmente riferimento, per i fabbisogni lordi, a frequenze di superamento tra 20 e 50%. In pratica, i valori con frequenza di superamento del 20% (o con garanzia 80%) sono quelli eguagliati o superati nel 20% dei casi (vale a dire, in media, 2 anni ogni 10). Appare evidente che i fabbisogni irrigui al 20% presentano maggiori garanzie di soddisfacimento e sono assai più elevati dei fabbisogni irrigui al 50%. Si è però considerato opportuno assumere tale valore anche a causa di un potenziale cambio climatico, che induce ad effettuare stime prudenziali dei fabbisogni.

3.2.6 QUADRO NORMATIVO

3.2.6.1 DIRETTIVA 2000/60/CE

La direttiva 2000/60/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2000, nota come "direttiva quadro sull'acqua", è una normativa fondamentale dell'Unione europea in materia di gestione delle risorse idriche. Essa stabilisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque, al fine di proteggere e migliorare la qualità delle acque superficiali, sotterranee, interne e di transizione dell'UE, nonché di promuovere un uso sostenibile delle risorse idriche.

La direttiva contiene informazioni riguardanti l'uso dell'acqua ai fini irrigui in agricoltura. In particolare, la direttiva stabilisce l'obiettivo di raggiungere il "buono stato delle acque" con l'obiettivo di proteggere l'ambiente idrico e promuovere un uso sostenibile dell'acqua. Si prevede che gli Stati membri dell'Unione Europea debbano elaborare piani di gestione delle acque che definiscano le azioni necessarie per raggiungere gli obiettivi di qualità dell'acqua e di sostenibilità dell'uso dell'acqua, compreso l'uso dell'acqua per l'irrigazione agricola. Inoltre, la direttiva stabilisce che gli Stati membri debbano promuovere l'uso efficiente dell'acqua, ad esempio attraverso l'adozione di tecniche di irrigazione a basso consumo idrico. Inoltre, ha posto l'accento sull'importanza della partecipazione pubblica e della cooperazione tra gli Stati membri nella gestione delle risorse idriche.

Individuazione dei bacini idrografici

Gli Stati membri devono individuare i bacini idrografici presenti nel loro territorio (art. 3) e assegnarli a singoli distretti idrografici. Devono adottare le disposizioni amministrative adeguate ed individuare un'autorità competente per l'applicazione delle norme della direttiva all'interno di ciascun distretto idrografico. Se un bacino idrografico si estende su più Stati membri, deve essere assegnato a un distretto idrografico internazionale, e gli Stati membri devono coordinare le disposizioni amministrative per il raggiungimento degli obiettivi ambientali stabiliti dalla direttiva. Inoltre, gli Stati membri devono comunicare alla Commissione le informazioni sull'autorità competente e gli eventuali cambiamenti.

Vengono stabiliti gli obiettivi ambientali per rendere operativi i programmi di misure specificate nei piani di gestione dei bacini idrografici (art. 4). Per le acque superficiali, gli Stati membri devono impedire il deterioramento dello stato di tutti i corpi idrici superficiali; proteggere, migliorare e ripristinare i corpi idrici superficiali; ridurre l'inquinamento causato da sostanze pericolose prioritarie e arrestare o eliminare gradualmente le emissioni, gli scarichi e le perdite di tali sostanze. Per le acque sotterranee, gli Stati membri devono impedire o limitare l'immissione di inquinanti e proteggere, migliorare e ripristinare i corpi idrici sotterranei.

Analisi delle caratteristiche dei bacini idrografici

Gli Stati membri devono effettuare, entro quattro anni dall'entrata in vigore della direttiva, un'analisi delle caratteristiche del distretto idrografico, un esame dell'impatto delle attività umane sulle acque superficiali e sotterranee e un'analisi economica dell'utilizzo idrico (art. 5). Queste analisi devono essere riesaminate e aggiornate entro tredici anni dall'entrata in vigore della direttiva e, successivamente, ogni sei anni. Inoltre, devono creare uno o più registri (art. 6) contenenti tutte le aree protette di ogni distretto idrografico, individuate secondo la normativa comunitaria, al fine di proteggere le acque superficiali e sotterranee ivi contenute e conservarne gli habitat e le specie presenti che dipendono dall'ambiente acquatico.

All'interno di ciascun distretto idrografico gli Stati membri individuano tutti i corpi idrici utilizzati per l'estrazione di acque destinate al consumo umano (art. 7) che forniscono in media oltre 10 m³ al giorno o servono più di 50 persone, e i corpi idrici destinati a tale uso futuro.

Monitoraggio dello stato delle acque

Gli Stati membri debbono elaborare, anche, programmi di monitoraggio (art. 8) dello stato delle acque, al fine di definire una visione coerente e globale dello stato delle acque all'interno di ciascun distretto idrografico. Questi programmi riguardano il monitoraggio del volume, livello o la proporzione del flusso idrico, lo stato ecologico e chimico, il potenziale ecologico e lo stato chimico e quantitativo delle acque sotterranee. Nel caso delle aree protette, i programmi sono integrati dalle specifiche contenute nella normativa comunitaria in base alla quale le singole aree protette sono state create.

Costo dei servizi idrici

Gli Stati membri devono considerare il principio del recupero dei costi dei servizi idrici (art. 9), compresi i costi ambientali e relativi alle risorse, secondo l'analisi dei costi e il principio "chi inquina paga". Devono incentivare gli utenti a usare le risorse idriche in modo efficiente e contribuire al recupero dei costi dei servizi idrici per i vari settori di impiego dell'acqua, suddivisi in industria, famiglie e agricoltura. Tuttavia, gli Stati membri possono tenere conto delle ripercussioni sociali, ambientali ed economiche del recupero, nonché delle condizioni geografiche e climatiche della regione o delle regioni in questione. Nei piani di gestione dei bacini idrografici, gli Stati membri devono segnalare i passi previsti per attuare queste misure e il contributo dei vari settori al recupero dei costi dei servizi idrici, al fine di contribuire al raggiungimento degli obiettivi ambientali della direttiva. Nonostante ciò, gli stati membri non violano la direttiva qualora decidano di non applicare tali disposizioni, ove ciò non comprometta i fini e il raggiungimento della stessa.

Piani di gestione dei bacini idrografici

Ogni Stato membro deve predisporre un piano di gestione del bacino idrografico (art. 13) per ciascun distretto idrografico interamente compreso nel suo territorio e coordinarsi con gli Stati membri per predisporre un piano unico di gestione del bacino idrografico internazionale per i distretti idrografici interamente compresi nella Comunità. Se il piano unico non è predisposto, gli Stati membri devono approntare piani di gestione del bacino idrografico che abbraccino almeno le parti del distretto idrografico internazionale comprese nel loro territorio. I piani devono comprendere informazioni riportate all'allegato VII e possono essere integrati da programmi e piani di gestione più dettagliati. Viene sottolineata l'importanza della gestione idrica e della coordinazione tra gli Stati membri per la predisposizione di piani di gestione del bacino idrografico. In questo modo, si garantisce una gestione efficace e sostenibile delle risorse idriche, favorendo il raggiungimento degli obiettivi ambientali della direttiva. Inoltre, l'aggiornamento regolare dei piani di gestione del bacino idrografico assicura che le misure adottate siano adeguate alle esigenze ambientali in costante evoluzione.

La direttiva prevede l'adozione di misure specifiche per combattere l'inquinamento idrico (art. 16) da singoli inquinanti o gruppi di inquinanti che presentano un rischio significativo per l'ambiente acquatico o proveniente dall'ambiente acquatico, incluso il rischio per le acque destinate alla produzione di acqua potabile. Tali misure mirano a ridurre progressivamente gli scarichi, le emissioni e le perdite di sostanze pericolose e sono adottate sulla base di proposte presentate dalla Commissione che presenta un elenco prioritario di sostanze che presentano un rischio significativo per l'ambiente acquatico. Nel preparare la proposta, la Commissione tiene conto delle

raccomandazioni di diverse organizzazioni, tra cui il comitato scientifico consultivo della tossicità, dell'ecotossicità e dell'ambiente, gli Stati membri, il Parlamento europeo, l'Agenzia europea per l'ambiente, le organizzazioni imprenditoriali europee, comprese quelle che rappresentano le piccole e medie imprese, le organizzazioni ambientaliste europee e di qualsiasi altra informazione pertinente di cui sia venuta a conoscenza. In questo modo si cerca di proteggere l'ambiente acquatico e le acque destinate alla produzione di acqua potabile attraverso la riduzione progressiva degli scarichi, delle emissioni e delle perdite di sostanze inquinanti. La procedura di definizione delle priorità d'intervento è fondata su principi scientifici e l'elenco delle sostanze prioritarie viene regolarmente riesaminato e aggiornato.

3.2.6.2 DIRETTIVA 91/676/CEE

La direttiva 91/676/CEE del Consiglio del 12 dicembre 1991 è relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento causato dall'uso di fertilizzanti di origine agricola contenenti nitrati. Prevede l'obbligo per gli Stati membri di designare le zone vulnerabili alle acque inquinanti da nitrati e di stabilire programmi di azione obbligatori per queste zone. Inoltre, prevede la necessità di un monitoraggio delle concentrazioni di nitrati nel suolo e nelle acque superficiali, l'elaborazione di un codice di buona pratica agricola e la formazione degli agricoltori. La finalità della direttiva è quella di ridurre l'inquinamento delle acque causato dall'agricoltura, garantendo allo stesso tempo la produzione sostenibile di alimenti e la tutela dell'ambiente.

Designazione delle zone vulnerabili e programmi di azione obbligatori

Gli Stati membri devono designare come zone vulnerabili (art.3) tutte le zone del loro territorio che scaricano nelle acque individuate dalla direttiva e che concorrono all'inquinamento. In caso di inquinamento di un altro Stato membro, gli altri Stati devono cooperare per individuare le fonti in questione e le misure da adottare per proteggere le acque inquinate. Vi è la possibilità per gli Stati membri di essere esonerati dall'individuazione di zone specifiche se applicano i programmi d'azione previsti dalla direttiva su tutto il territorio nazionale.

Monitoraggio delle concentrazioni di nitrati e relazione dettagliata sull'attuazione della direttiva

È importante che gli Stati membri fissino uno o più codici di buona pratica agricola (art. 4) applicabili agli agricoltori per proteggere le acque dall'inquinamento causato dall'uso di fertilizzanti di origine agricola contenenti nitrati e predispongano, se necessario, un programma per la formazione e l'informazione degli agricoltori. La Commissione deve essere informata sui codici di buona pratica agricola e può presentare al Consiglio proposte appropriate sulla base di queste informazioni. Designate le zone vulnerabili, gli Stati membri devono fissare programmi d'azione per raggiungere gli obiettivi della direttiva e tener conto dei dati scientifici e delle condizioni ambientali, testare la concentrazione di nitrati nel suolo fresco e nelle acque superficiali alle stazioni di campionamento. Inoltre, devono presentare ogni quattro anni una relazione dettagliata sull'attuazione della direttiva che deve contenere informazioni sulle zone vulnerabili ai nitrati, i risultati del monitoraggio dell'acqua e una sintesi dei corrispondenti aspetti dei codici di buone pratiche agricole e dei programmi d'azione.

Codice di buona pratica agricola e formazione degli agricoltori

Gli Stati membri devono elaborare un codice di buona pratica agricola, che gli agricoltori applicano su base volontaria, che stabilisce una serie di buone pratiche, ad esempio indicando quando l'uso

di fertilizzanti non è opportuno, e devono fornire formazione e informazioni agli agricoltori se necessario.

Relazione della commissione europea

La Commissione europea redige una relazione ogni 4 anni, sulla base delle informazioni a livello nazionale che ha ricevuto. L'ultima relazione risale al 2021.

Limiti e deroghe per azoto da effluenti di allevamento

La direttiva fissa a 170 kg/ha i limiti massimi per la quantità di azoto da effluenti di allevamento che può essere sparso annualmente. La Commissione può comunicare deroghe che consentono limiti massimi più elevati di azoto da applicare in aree specifiche e in condizioni particolari. Tali deroghe non esonerano gli Stati membri in questione dagli obiettivi di qualità delle acque della direttiva, né da altre misure in essa contenute. Attualmente, sono presenti deroghe specifiche momentanee per alcuni Stati membri.

3.2.6.3 DECRETO MINISTERIALE 485148/2022

Il decreto del Ministro delle politiche agricole alimentari e forestali, di concerto con il Ministro della transizione ecologica n. 485148 del 30 settembre 2022, definisce i criteri per incentivare l'uso sostenibile dell'acqua in agricoltura e per sostenere l'uso del Sistema informativo nazionale per la gestione delle risorse idriche in agricoltura (SIGRIAN) per usi irrigui collettivi e di autoapprovvigionamento.

Verifica delle informazioni inserite in sigrian

La validazione delle informazioni inserite in SIGRIAN degli Enti irrigui avviene da parte delle Regioni e delle Province autonome. In particolare, viene stabilito che la verifica di adempienza debba essere effettuata entro il 30 settembre di ogni anno, con riferimento ai dati della stagione irrigua precedente e agli obblighi previsti dai regolamenti regionali e provinciali. La verifica di adempienza risultante viene poi registrata nella banca dati DANIA.

Valorizzazione delle informazioni inserite in sigrian

Le Regioni e le Province autonome verificano che gli Enti irrigui abbiano inserito informazioni complete in SIGRIAN, anche con riferimento a schemi irrigui, metodi irrigui, colture e contribuenza. Anche in questo caso, la verifica di adempienza deve essere effettuata entro il 30 settembre di ogni anno e registrata nella banca dati DANIA.

Ambito di applicazione

Le disposizioni riguardano gli Enti irrigui che perseguono finalità di interesse collettivo. Al fine di incentivare l'inserimento delle informazioni in SIGRIAN con riferimento all'uso agricolo irriguo in autoapprovvigionamento, le Regioni e le Province autonome inseriscono i dati di volume concesso, entro il 31 dicembre di ogni anno con riferimento all'anno precedente.

3.2.6.4 LINEE GUIDA PER LA REGOLAMENTAZIONE DEI VOLUMI IDRICI AD USO IRRIGUO IN AGRICOLTURA

Il Decreto 31 luglio 2015 del Ministro delle politiche agricole e forestali approva le linee guida nazionali per la definizione di criteri omogenei per la quantificazione dei volumi idrici ad uso irriguo.

Tali linee guida prevedono l'uso del SIGRIAN, un database per la gestione delle risorse idriche in agricoltura, come banca dati unica di riferimento. L'obiettivo delle linee guida è acquisire un quadro conoscitivo dei volumi irrigui per una gestione sostenibile dell'acqua. L'applicazione delle linee guida può rappresentare un utile supporto per la pianificazione e la rendicontazione dei Piani di Gestione dei Distretti idrografici previsti dalla direttiva quadro 2000/60 CE.

L'allegato del Decreto riporta le linee guida per la regolamentazione da parte delle Regioni delle modalità di quantificazione dei volumi idrici ad uso irriguo.

Strumento di monitoraggio dei volumi irrigui in Italia

Il SIGRIAN è il principale strumento di monitoraggio dei volumi irrigui in Italia. Il sistema è un geodatabase che raccoglie informazioni gestionali, infrastrutturali e agronomiche relative all'irrigazione collettiva a livello nazionale. Il SIGRIAN è stato sviluppato con il supporto tecnico e metodologico del CREA (Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'analisi dell'economia agraria), su iniziativa del MiPAAF e delle Regioni e Province autonome.

Il database contiene informazioni dettagliate sulle strutture dell'irrigazione collettiva, tra cui l'organizzazione e l'assetto economico-gestionale degli Enti competenti in materia di irrigazione, le superfici interessate all'irrigazione, le destinazioni d'uso della risorsa irrigua e gli schemi irrigui. Attualmente, i dati permettono di avere informazioni sulle reti irrigue e le colture irrigate.

I dati disponibili nel SIGRIAN devono superare il processo di validazione tecnica da parte della Regione di riferimento per essere considerati dati finali della banca dati, disponibili per tutte le amministrazioni e/o enti competenti.

Quantificazione e monitoraggio dei volumi prelevati e utilizzati ad uso irriguo

L'articolo 3 delle linee guida stabilisce il sistema di monitoraggio dei volumi ad uso irriguo, che consiste nella rilevazione periodica, quantificazione e trasmissione al SIGRIAN dei volumi idrici prelevati e utilizzati. Il monitoraggio viene attuato dagli Enti irrigui in caso di irrigazione collettiva, mentre le autorità competenti si occupano di tale compito in caso di auto-provvigionamento. La quantificazione richiede la presenza di una rete di misuratori adeguata o, in alternativa, una metodologia di stima condivisa. L'articolo, inoltre, specifica gli elementi oggetto di monitoraggio, i criteri e gli strumenti per la quantificazione dei volumi, i criteri e le modalità di monitoraggio e la metodologia di stima, applicabili sia all'irrigazione collettiva che all'auto-provvigionamento.

Si forniscono informazioni dettagliate sui diversi elementi da monitorare, tra cui le fonti di approvvigionamento e relativi volumi prelevati, i punti di consegna, i nodi di restituzione al reticolo idrografico con riferimento al corpo idrico recettore e i rilasci alla circolazione idrica sotterranea. Inoltre, vengono specificate le modalità di integrazione dei dati rilevati nel sistema informativo SIGRIAN. Il monitoraggio è fondamentale per la definizione del bilancio ambientale, in quanto permette di tenere conto degli apporti alle risorse idriche a valle dell'attività irrigua.

Strumenti di misurazione per la quantificazione dei volumi

Ai fini della prescrizione dell'uso di idonei strumenti di misura dei volumi irrigui, le Regioni hanno facoltà di fare riferimento alle tipologie di strumenti indicati nella tabella riportata sotto.

In funzione della loro collocazione e delle finalità, i misuratori possono essere classificati secondo diversi livelli d'uso. Tali livelli sono quattro: il primo livello riguarda i misuratori strategici di distretto o sub-distretto, il secondo livello i misuratori di bacino, il terzo livello i misuratori di rete e il quarto livello i misuratori all'utilizzatore finale. La classificazione ha lo scopo di definire la priorità di finanziamento a valere sui fondi pubblici e di orientare la scelta degli strumenti di misura da

utilizzare a seconda delle specifiche esigenze di bilancio idrico e di gestione delle crisi idriche a diverse scale territoriali.

La banca dati SIGRIAN deve contenere informazioni sulle infrastrutture irrigue, i volumi prelevati e utilizzati, le colture praticate, i sistemi di irrigazione e molti altri dati gestionali. Le modalità di trasmissione dei dati variano in base alla situazione del sistema irriguo e alle necessità di monitoraggio.

Tabella 1 - Tipologie di misuratori	
Tipologie di manufatto	Tipologia di strumentazione
Presa da acque superficiali/ distribuzione mediante canale	Stramazzo o risalto con associata sonda di livello - previa taratura con misure di portata - altro
Presa da acque superficiali/ distribuzione mediante con- dotte in pressione	Venturimetro, sensore magnetico (installato opportunamente lontano da pompe e curve), sensore ultra- suoni - altro
Presa da acque superficiali/ distribuzione mediante con- dotte a pelo libero	Sensore sonico - altro
Presa da pozzo	Contatore totalizzatore woltman e tangenziale, analogico o digi- tale, elettromagnetico, a flusso libero - altro
Presa da sorgente	Venturimetro / elettromagnetico / ultrasuoni / contatore su tubazioni di derivazione - stramazzo con sonda - previa taratura con misure di portata

3.2.6.5 DECRETO LEGISLATIVO 152/2006 – RIFERIMENTI ALL'USO DELL'ACQUA IN AGRICOLTURA

Il Decreto Legislativo del 3 aprile 2006, n. 152 disciplina diverse tematiche ambientali, tra le quali la gestione delle risorse idriche e la promozione di pratiche agricole sostenibili.

Risparmio e tutela delle risorse idriche

L'articolo 98 del TU ambiente promuove l'adozione di misure per il risparmio idrico e il riutilizzo dell'acqua, sia da parte degli utilizzatori che delle autorità regionali, al fine di garantire un uso sostenibile della risorsa idrica. Prevede che coloro che gestiscono o utilizzano la risorsa idrica debbano adottare le misure necessarie per eliminare gli sprechi, ridurre i consumi e incrementare il riciclo e riutilizzo dell'acqua, utilizzando le migliori tecniche disponibili. Inoltre, le Regioni, sentite le Autorità di bacino, devono approvare norme specifiche sul risparmio idrico in agricoltura, basate sulla pianificazione degli usi, sull'individuazione corretta dei fabbisogni e sui controlli degli effettivi prelievi.

Il TU ambiente stabilisce, inoltre, regole precise per l'utilizzo razionale e la tutela delle risorse idriche in Italia. Tutte le acque superficiali e sotterranee appartengono al demanio dello Stato e viene sottolineata l'importanza di tutelare e utilizzare le risorse idriche in modo solidale, salvaguardando il patrimonio ambientale per le generazioni future. La disciplina degli usi delle acque deve essere finalizzata a razionalizzare il loro utilizzo, evitare gli sprechi e promuovere il rinnovo delle risorse,

senza pregiudicare il patrimonio idrico, l'agricoltura [...]. Inoltre, gli usi diversi dal consumo umano sono consentiti solo se le risorse idriche sono sufficienti e se non pregiudicano la loro qualità.

Principio del recupero dei costi relativi ai servizi idrici

In base a quanto stabilito dall'articolo 119, le Autorità competenti hanno l'obbligo di attuare politiche dei prezzi dell'acqua finalizzate ad incentivare gli utenti ad utilizzare le risorse idriche in modo efficiente e a contribuire al raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale previsti dalla direttiva 2000/60/CE. Tali politiche dovranno essere implementate mediante un adeguato contributo al recupero dei costi dei servizi idrici nei vari settori di impiego dell'acqua, tra cui l'agricoltura. Infine, l'articolo sottolinea l'importanza di incentivare gli utenti ad utilizzare le risorse idriche in modo efficiente e viceversa per gli utenti che utilizzano l'acqua in modo inefficiente o che inquinano.

Incentivi per uso sostenibile dell'acqua in agricoltura e il sigrian

Sono stabilite anche regole per la definizione della tariffa per il servizio idrico integrato in Italia, tenendo conto dei costi ambientali, della sostenibilità dell'uso dell'acqua in agricoltura e del principio "chi inquina paga".

Competenze consorzi di bonifica ed irrigazione per la gestione dell'acqua in agricoltura

L'articolo 166 del TU ambiente stabilisce le competenze dei consorzi di bonifica ed irrigazione in Italia in materia di gestione dell'acqua in agricoltura, gli obblighi dei soggetti che utilizzano le acque e le modalità per garantire la qualità dell'acqua destinata all'irrigazione delle colture alimentari. Tali consorzi hanno il potere di gestire le reti a prevalente scopo irriguo, gli impianti per l'utilizzazione in agricoltura di acque reflue e gli acquedotti rurali, e possono richiedere l'utilizzo delle acque fluenti nei canali e nei cavi consortili per usi che comportino la restituzione delle acque, come la produzione di energia idroelettrica e l'approvvigionamento di imprese produttive, previa domanda alle competenti autorità corredata dal progetto delle opere da realizzare. In queste situazioni, i consorzi sono obbligati a pagare i canoni per le quantità di acqua utilizzate. Inoltre, il Ministro dell'ambiente in collaborazione con il Ministro delle politiche agricole alimentari e forestali, definisce i parametri fondamentali di qualità delle acque destinate ad uso irriguo su colture alimentari e le relative modalità di verifica. In sostanza, l'articolo riguarda le norme e le procedure per la gestione dell'acqua in agricoltura in Italia, stabilendo le competenze dei consorzi, gli obblighi dei soggetti che utilizzano le acque, e le modalità per garantire la qualità dell'acqua destinata all'irrigazione delle colture alimentari.

Verifica di assoggettabilità per progetti di gestione delle risorse idriche in agricoltura

Alcuni progetti di gestione delle risorse idriche in agricoltura devono essere sottoposti alla verifica di assoggettabilità, che è di competenza delle regioni e delle province autonome. Tali progetti includono quelli di irrigazione e di drenaggio delle terre, per una superficie superiore ai 300 ettari, e la derivazione di acque superficiali ed opere connesse che prevedano derivazioni superiori a 200 litri al secondo o di acque sotterranee che prevedano derivazioni superiori a 50 litri al secondo. Inoltre, le trivellazioni finalizzate alla ricerca per derivazioni di acque sotterranee superiori a 50 litri al secondo e le opere di canalizzazione e di regolazione dei corsi d'acqua sono soggette alla verifica di assoggettabilità. La verifica viene effettuata sulla base di criteri definiti dalla normativa nazionale e regionale, e può essere richiesta dal proponente o dalle autorità competenti.

Valutazione vulnerabilità dello stato dei corpi idrici

Il TU ambiente descrive la metodologia che le Regioni devono seguire per analizzare le pressioni e gli impatti sui corpi idrici. Le Regioni devono acquisire una conoscenza dettagliata delle attività antropiche e delle pressioni che queste provocano sui corpi idrici, come i prelievi idrici, l'uso di fitosanitari e l'eccesso di fertilizzanti in agricoltura. Inoltre, è necessario valutare gli impatti ambientali causati dalle pressioni. Attraverso questa attività conoscitiva, le Regioni possono valutare la vulnerabilità dello stato dei corpi idrici superficiali rispetto alle pressioni individuate. In caso di previsione di mancato raggiungimento degli obiettivi di qualità, il corpo idrico viene definito "a rischio". Sulla base delle informazioni acquisite, le Regioni, sentite le Autorità di bacino competenti, identificano i corpi idrici "a rischio", "non a rischio" e "probabilmente a rischio". In questo modo, possono adottare misure di ripristino e tutela dei corpi idrici, in linea con gli obiettivi di qualità definiti dalla normativa vigente.

3.3 UTILIZZO DOMESTICO – CIVILE

3.3.1 FABBISOGNI CIVILI E DOMESTICI

L'utilizzo domestico e civile della risorsa idrica riveste un'importanza vitale, in quanto l'acqua è una risorsa centrale per la sopravvivenza e per il benessere delle persone. L'acqua è utilizzata quotidianamente per soddisfare esigenze domestiche come il consumo umano, la pulizia personale, la pulizia degli ambienti e la cottura dei cibi, ed è sfruttata in ambito civile con diverse finalità, come l'irrigazione del verde pubblico, il lavaggio delle strade e l'approvvigionamento delle aziende.

Nel 2019 il volume d'acqua totale prelevato per uso potabile in Italia è pari a 9,23 miliardi di metri cubi (424 litri giornalieri pro capite), in diminuzione del 2,7% rispetto ai 9,49 miliardi di m³ registrati nel 2015, e che corrispondono ad un prelievo giornaliero pro capite di 428 litri (156 metri cubi annui pro capite). Un dato che pone l'Italia nettamente al primo posto nell'Unione Europea per quanto riguarda il volume estratto pro-capite, seguita da Irlanda e Grecia (rispettivamente con 135 m³ e 133 m³ all'anno). Osservando i valori di volume d'acqua estratta per uso potabile in Italia a partire dal 1999 si può notare un lieve trend di crescita fino al 2012, seguito da un periodo caratterizzato da un andamento costante e da una diminuzione tra il 2015 ed il 2019.

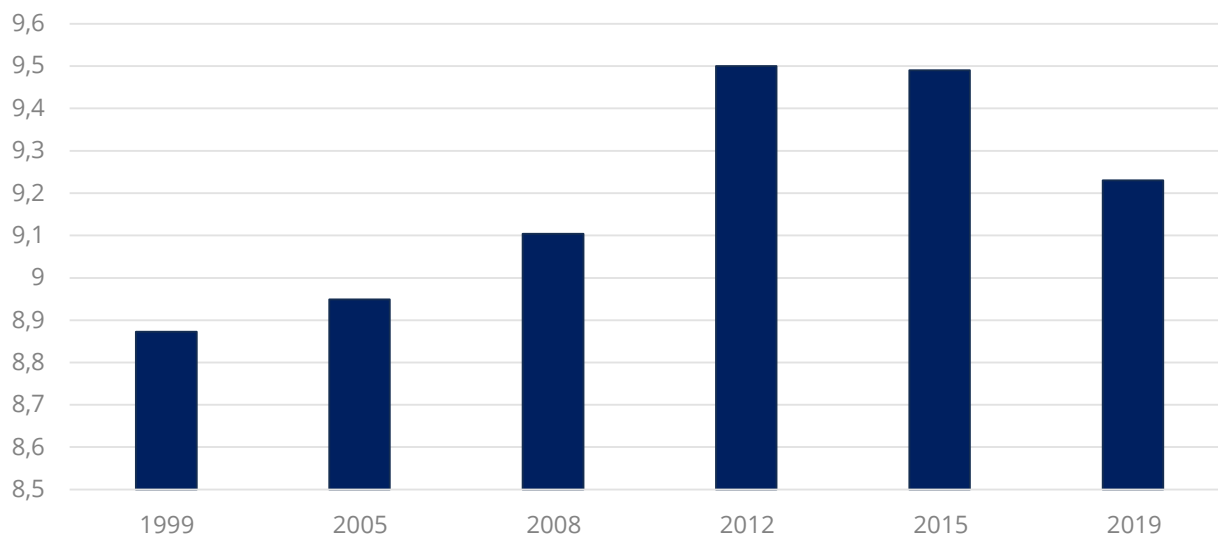


Figura 3.7 – Andamento dei prelievi per uso potabile in Italia (1999-2019, ISTAT)

In termini assoluti la regione con il maggiore prelievo d'acqua per uso potabile è la Lombardia, seguita dal Lazio, ovvero le due regioni più popolose. Più interessante invece notare come siano rispettivamente Molise, Basilicata e Valle d'Aosta le tre regioni che registrano il prelievo pro capite maggiore, con rispettivamente 2000, 1400 e 1100 litri per abitante al giorno.

Per quanto riguarda invece i volumi d'acqua immessi in rete, a livello nazionale si riscontra una media di 373 litri per abitante al giorno, mentre l'acqua effettivamente erogata per usi autorizzati si attesta attorno ai 215 litri per abitante al giorno, con perdite idriche totali del 42% in media. Le perdite idriche, diffuse in tutto il territorio della penisola, variano da regione a regione tra un minimo del 24% (Valle d'Aosta) e un massimo del 62,1% in Basilicata.

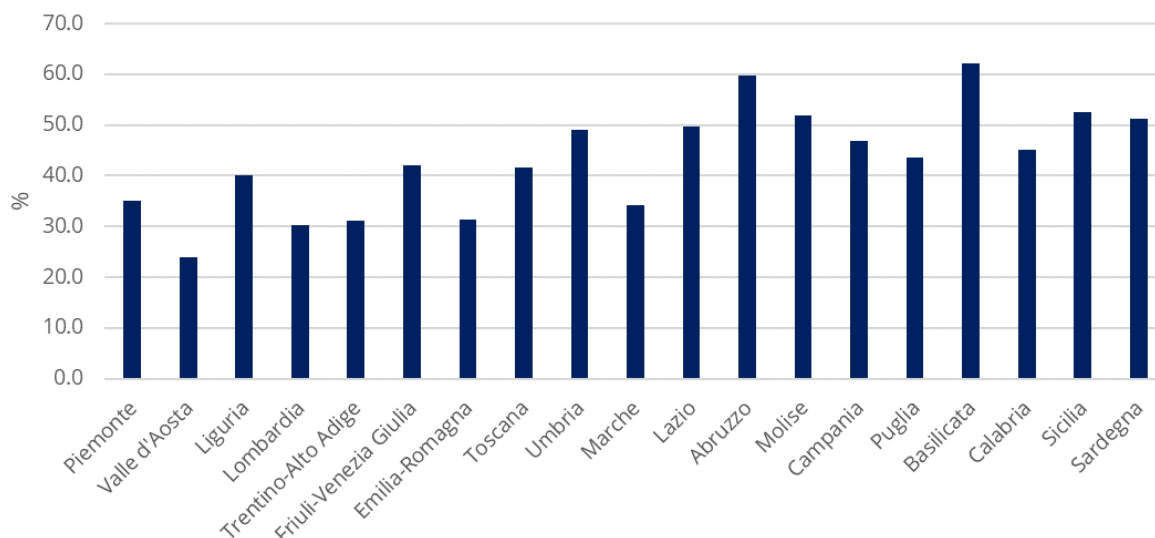


Figura 3.8 – Perdite idriche percentuali per regione (ISTAT)

L'approvvigionamento idrico è assicurato sul territorio italiano da circa 1600 enti gestori, che diventano oltre 2300 se si considerano anche i servizi di distribuzione, fognatura e depurazione (censimento acque ISTAT 2020).

La differenziazione degli utilizzi dell'acqua in ambito domestico può comprendere diverse categorie, tra cui il consumo umano, l'igiene personale, la pulizia della casa e l'irrigazione degli spazi verdi.

La voce principale riguardante l'utilizzo dell'acqua in ambito domestico è l'utilizzo per igiene personale: in questa categoria rientrano scopi come la doccia, il bagno o la pulizia dei denti. Secondo quanto riportato da ARPA Veneto, per una doccia di 5 minuti viene utilizzata una quantità d'acqua che va dai 75 ai 90 litri, circa 7,5 litri sono consumati per il lavaggio dei denti (a patto di mantenere il rubinetto chiuso), mentre 10 sono i litri consumati in media per ogni azionamento dello scarico di un WC.

Un'altra attività che richiede un elevato utilizzo della risorsa idrica è la pulizia della casa, ed in particolare il lavaggio dei piatti e degli indumenti.

Per quanto riguarda la distinzione tra fabbisogni idrici potabili e non potabili, si osserva che rientra nel fabbisogno potabile l'acqua destinata al consumo umano, ovvero l'acqua che viene utilizzata per bere, cucinare e per l'igiene personale. Questa categoria d'uso dell'acqua è regolata da norme sanitarie specifiche che stabiliscono i parametri di qualità dell'acqua per garantire la sicurezza e la salute dei consumatori. Quantità varia a seconda della zona per diversi fattori

Con fabbisogno idrico non potabili si indica invece la risorsa idrica destinata a usi diversi dal consumo umano, tra i quali troviamo l'acqua utilizzata per l'irrigazione di parchi, giardini e campi coltivati, per gli usi industriali (come il raffreddamento di macchinari e processi produttivi) e per gli usi commerciali, come i servizi igienici pubblici e la pulizia delle strade. La normativa vigente in questo caso è distinta tra i diversi settori e per cui sono richiesti standard di qualità variabili.

3.3.2 ANALISI QUALITATIVA E QUANTITATIVA DEL FABBISOGNO IDRICO URBANO

All'interno del contesto urbano, diversi fattori concorrono alle differenze nel fabbisogno idrico delle diverse tipologie di utenze, tra cui si evidenziano:

- le utenze residenziali, come le abitazioni, il cui fabbisogno idrico è legato per lo più ad usi domestici, che racchiudono l'igiene personale, la pulizia dell'abitazione, il lavaggio della biancheria, la preparazione dei pasti ed il lavaggio dei piatti;

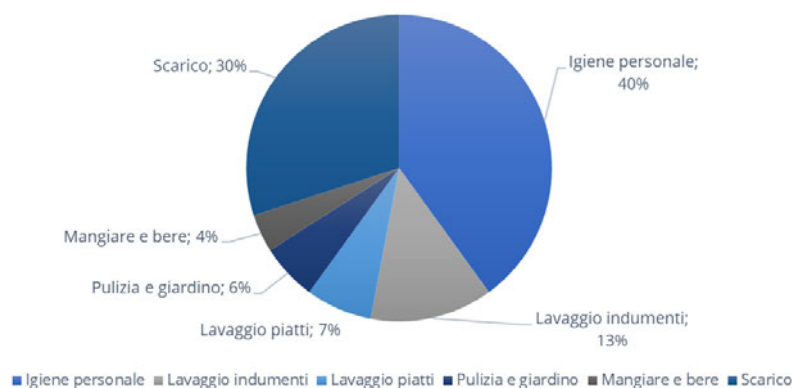


Figura 3.9 – Ripartizione del fabbisogno idrico residenziale

- le utenze commerciali, come uffici, negozi, ristoranti e alberghi, possono avere un fabbisogno idrico significativo a causa delle loro attività commerciali. Ad esempio, per quanto riguarda le utenze alberghiere, i consumi sono generalmente elevati: una singola stanza può arrivare ad utilizzare tra 60 e 200 m³ all'anno, con un fabbisogno giornaliero pro capite che può arrivare a 645 litri;

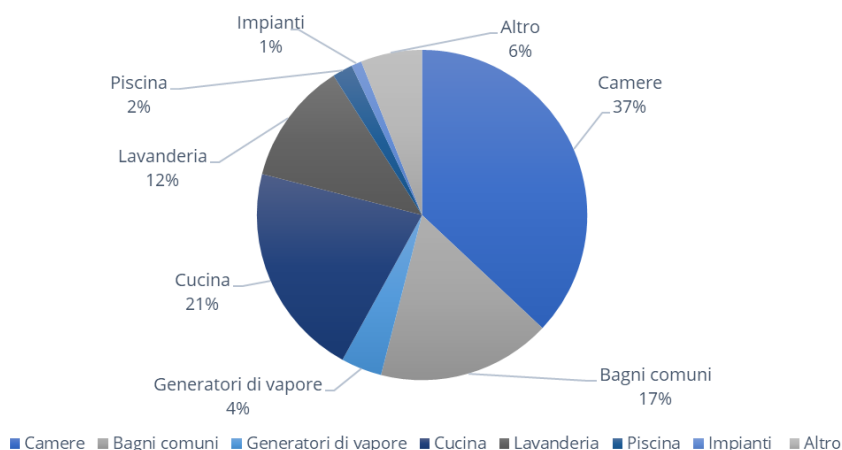


Figura 3.10 - Ripartizione del fabbisogno idrico alberghiero

- le utenze industriali come le fabbriche e gli impianti di produzione, richiedono in certi casi un elevato fabbisogno idrico, a seconda del processo di produzione specifico. In particolare l'industria chimica, le cartiere e gli impianti siderurgici, possono utilizzare grandi quantità di acqua per raffreddare macchinari, pulire strumenti e materiali, o come parte del processo produttivo stesso;
- le utenze sanitarie, come ospedali e altre strutture di assistenza sanitaria, hanno un fabbisogno idrico elevato a causa delle attività sanitarie svolte. Ad esempio, è necessaria una quantità significativa di acqua per garantire l'igiene dei pazienti, i servizi sanitari, la pulizia delle attrezzature mediche e dei pavimenti e per la sterilizzazione degli strumenti;
- le utenze pubbliche, come le scuole, gli edifici governativi e i parchi pubblici, possono avere un fabbisogno idrico variabile a seconda delle loro dimensioni e del loro utilizzo. Ad esempio, le scuole potrebbero consumare acqua per l'igiene degli studenti e del personale, la pulizia degli edifici e per eventuale manutenzione di strutture per l'attività sportiva.

3.3.3 MONITORAGGIO DELLA RETE IDRICA ESISTENTE

La ricostruzione dello stato di fatto della rete idrica consente di ottimizzare il monitoraggio e di conoscere l'esatta posizione delle tubazioni, i diametri delle condotte, i materiali, le modalità di posa, le caratteristiche costruttive dei giunti, la localizzazione degli organi di sezionamento e delle prese per le utenze, le quantità in gioco e la qualità delle acque destinate ai diversi utilizzi.

Al fine di monitorare le variazioni di volume e i consumi di portata è indispensabile, a seguito della diagnosi idrica, una rilevazione periodica delle misure dei diversi contatori e sub contatori a servizio della rete. Per ottimizzare il monitoraggio della rete è possibile prevedere l'installazione di misuratori di portata/sub contatori lungo la rete nei punti critici. La presenza di tali strumenti permetterà di tenere sotto controllo la rete individuando più facilmente la presenza di eventuali perdite lungo le condotte per poi risanarle.

In commercio, sono presenti innovative soluzioni digitali finalizzate all'acquisizione in tempo reale e alla gestione dei dati delle reti idriche che supportano notevolmente il tema della sostenibilità idrica e che permettono di tenere sotto controllo consumi ed eventuali perdite. Tali acquisizioni possono essere effettuate tramite contatori digitali. In aggiunta, sono disponibili soluzioni completamente integrate per la gestione delle infrastrutture idriche, finalizzate alla localizzazione delle perdite ed anche all'ottimizzazione dei consumi energetici correlati alla distribuzione dell'acqua. I dispositivi acquisiscono in continuo la portata e la pressione nella rete. Sono pensati per installazioni veloci, in infrastrutture esistenti. Gli esclusivi algoritmi di intelligenza artificiale, personalizzabili in funzione delle esigenze, forniscono le informazioni utili per ottimizzare l'utilizzo dell'acqua e monitorare il corretto funzionamento della rete.

I dati collezionati dai dispositivi installati sono inviati ad una piattaforma cloud per la successiva rielaborazione mediante algoritmi che analizzano l'andamento dei dati, prendendo in esame molte variabili come la specificità della rete, il consumo dinamico di acqua e le condizioni esterne (i.e. meteo). Il sistema confronta i dati con il modello idraulico per identificare le aree di perdita, così come le porzioni della rete in cui la pressione è sensibilmente più alta di quella prefissata dalle normative. In caso di valori fuori soglia o rilevamento di problemi, il sistema genera automaticamente degli allarmi indirizzati ai gestori della rete.

La digitalizzazione della rete e delle misure rilevate permette:

- una programmazione efficace ed efficiente e degli interventi di manutenzione;

- una rapida individuazione delle perdite e conseguente riparazione;
- un risparmio in termini di lavoro, risorse e mezzi.

Lo strumento che permette di operare in tal senso è il sistema informativo territoriale (SIT), in inglese Geographic Information System (GIS). Il SIT è un sistema informatico che consente l'acquisizione, la registrazione, l'analisi, la visualizzazione e la restituzione di informazioni derivanti da dati georeferenziati. Alcune delle funzioni esemplificative, classiche dell'utilizzo del SIT sono:

- gestione di interventi manutentivi, con controllo delle scadenze, storico degli interventi effettuati, storico dei guasti, gestione e pianificazione degli interventi per tipologia e scadenza (manutenzione preventiva, verifica o controllo, manutenzione ordinaria, manutenzione straordinaria), possibilità di avere per ogni intervento una check list o il dettaglio delle attività da effettuare, rendicontazione dei costi sostenuti;
- rapido accesso ad informazioni di vario tipo: patrimoniali, storiche, catastali, assicurative, geografiche, autorizzative, riferimenti di responsabilità, vincoli, prescrizioni riguardanti la sicurezza nei luoghi di lavoro o nei cantieri, etc;
- possibilità di inserire nella banca dati, per ogni singolo elemento costituente la struttura in gestione, fotografie, filmati, file audio, documentazione tecnica, collegamenti ad applicativi o file esterni;
- accesso alle informazioni da remoto, con possibilità di consultazione delle informazioni, ricerche, report, stampe in scala.

Risulta quindi fondamentale ricostruire il percorso della rete ed in particolare, tracciare i punti di presa dell'acquedotto e identificare il numero di utenze che vengono servite e, conseguentemente, la destinazione d'uso dell'acqua prelevata (se civile, industriale o irriguo, e ancora se ad uso potabile o non potabile). Per tenere conto della stagionalità, è buona prassi raccogliere i dati in momenti differenti. Una volta portata a termine la diagnosi idrica, risulterà più chiaro quali siano gli aspetti principali di cui occuparsi e su cui intervenire ai fini dell'ottimizzazione idrica del sito e si delinea un quadro generale sui consumi idrici. Risulterà quindi possibile attuare le misure necessarie all'ottimizzazione della risorsa idrica, intervenendo direttamente sia su eventuali perdite che sull'utilizzo della risorsa idrica stessa.

3.3.4 QUADRO NORMATIVO

La normativa principale che regola l'utilizzo dell'acqua in ambito domestico è rappresentata dal Decreto Legislativo n. 152 del 2006, noto come "Testo Unico Ambientale", il quale prevede diverse misure volte ad assicurare l'approvvigionamento idrico della popolazione e promuove soluzioni volte alla conservazione e l'efficienza nell'utilizzo della risorsa idrica.

Tra i punti cardine del decreto va sottolineato quello relativo al servizio idrico integrato (concetto inizialmente introdotto dalla "legge Galli", L.36/94), "costituito dall'insieme dei servizi pubblici di captazione, adduzione e distribuzione di acqua ad usi civili, di fognatura e di depurazione delle acque reflue" (citazione?). Questo servizio è affidato ad enti gestori terzi, deve essere erogato in modo continuativo ed è sottoposto al controllo delle autorità competenti. Il sistema è organizzato all'interno di un territorio omogeneo, definito Ambito Territoriale Ottimale (ATO): la decisione di applicare questo sistema ad una scala territoriale va nella direzione di superare la frammentazione nella gestione della risorsa idrica.

Il decreto prevede anche diverse linee guida atte ad incentivare il risparmio idrico e la riduzione degli sprechi. Un esempio è l'installazione obbligatoria di contatori individuali nelle abitazioni per le nuove costruzioni, che consentendo di misurare il reale consumo d'acqua, vuole promuovere una maggiore consapevolezza nell'utilizzo di questa risorsa.

Per quanto riguarda i requisiti di qualità delle acque destinate al consumo umano, questi sono definiti all'interno del Decreto legislativo del 23/02/2023, con il quale viene attuata la direttiva (UE) 2020/2184 del Parlamento europeo. Esso definisce i limiti relativi a parametri microbiologici, chimici e indicatori, gli obiettivi generali e i requisiti dei programmi di controllo per le acque destinate al consumo umano, e le specifiche per l'analisi dei parametri.

Di seguito si riporta una sintesi della normativa di riferimento:

- Decreto Legislativo 2 febbraio 2002, n. 27, Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 2 febbraio 2001, n. 31, recante attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano;
- Decreto Legislativo 2 febbraio 2001, n. 31, "Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano";
- Decreto Legislativo 10 dicembre 2010, n. 219 (G.U. n.296 del 20.12.2010);
- Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 8 novembre 2010, n. 260 (So n. 31 alla G.U. 7 febbraio 2011 n. 30);
- Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 17 luglio 2009 (G.U. n. 203 del 02.09.2009);
- Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 14 aprile 2009, n. 56 (Sup.Ord. n. 83 G.U. n. 124 del 30.05.2009);
- Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 16 giugno 2008, n. 131 (Sup.Ord. n. 189 G.U. n. 187 del 11.8.2008);
- Decreto Legislativo 03 aprile 2006, n. 152 (Sup. Ord. n. 96/L G.U. n. 88 del 14.04.2006);
- Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio 18 settembre 2002 (Sup. Ord. n. 198 G.U. n. 245 del 18.10.2002).

Acque potabili

- Decreto Legislativo 16 gennaio 2008, n. 4 "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale";
- Decreto Legislativo 8 novembre 2006, n. 284 "Disposizioni correttive e integrative del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale";
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale" e successive modifiche ed integrazioni;
- Decreto Legislativo 2 febbraio 2002, n. 27 "Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 2 febbraio 2001, n.31, recante attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano";
- Decreto Legislativo 2 febbraio 2001, n. 31 "Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano";
- Decreto Legislativo 8 ottobre 2011, n. 176 (GU n.258 del 5-11-2011);
- Decreto 5 Settembre 2006;
- Decreto Ministeriale del 29 dicembre 2003;
- Decreto Legislativo 2 febbraio 2001, n. 31;
- Decreto Ministeriale 12 novembre 1992, n. 542 e sm (GU n.8 del 12 gennaio 1993);
- Decreto Ministeriale 21 dicembre 1990, n. 443 GU n.24 del 29 gennaio 1991.

CAPITOLO 4

Trattamento e riutilizzo dell'acqua



4 TRATTAMENTO E RIUTILIZZO DELL'ACQUA

Nel presente capitolo vengono presentati gli elementi inerenti al trattamento e successivo riutilizzo della risorsa idrica, cominciando da un'analisi dei possibili trattamenti delle acque al fine di garantirne l'opportuno livello depurativo in grado di permettere un riutilizzo molteplici. In particolare viene effettuata una descrizione degli impianti depurativi delle acque reflue con successiva analisi dei trattamenti primari, secondari e terziari delle acque.

Particolare attenzione, vista la risonanza ambientale del tema, è data al trattamento dei fanghi di depurazione con sviluppo di opportuno paragrafo.

Successivamente, seguendo la tematica di depurazione delle acque, vengono analizzate le "BAT" sul tema proponendo al lettore metodologie innovative ed altamente funzionali e qualitative, sia in termini di trattamenti biologici che chimici.

A seguire, sul tema riutilizzo e conseguente ottimizzazione del consumo idrico vengono presi in analisi sistemi innovativi capaci di garantire ottimizzazioni idriche nel comparto agricolo analizzando metodologie come i sistemi di aspersione e l'irrigazione a goccia.

A conclusione del capitolo viene presentato un quadro normativo sul tema del trattamento e riutilizzo idrico, riportando un focus differenziato sulla normativa nazionale e regionale.

4.1 TRATTAMENTO ACQUE REFLUE

Si definisce "trattamento delle acque reflue" il processo di rimozione dei contaminanti da un'acqua reflua di origine urbana o industriale, ovvero di un effluente che è stato contaminato da inquinanti organici e/o inorganici. Il trattamento di depurazione consiste in una successione di più fasi (o processi) durante i quali, dall'acqua reflua vengono rimosse le sostanze indesiderate, concentrandole sotto forma di fanghi, dando luogo ad un effluente finale di qualità tale da essere idoneo allo sversamento in un corpo recettore (terreno, lago, fiume o mare mediante condotta sottomarina), senza che questo ne possa subire danni.

Il ciclo depurativo è costituito da una combinazione di più processi di natura chimica, fisica e biologica.

I fanghi provenienti dal ciclo di depurazione sono spesso contaminati con sostanze tossiche e pertanto devono subire anch'essi una serie di trattamenti necessari a renderli idonei allo smaltimento, ad esempio, in discariche speciali o al riutilizzo in agricoltura o in un impianto di compostaggio.

Negli impianti di depurazione tradizionali, a servizio di uno o più centri urbani (impianti consortili) sono di norma trattate:

- le acque reflue urbane o scarichi civili: comprendono le acque di rifiuto domestiche e, se la fogna è di tipo unitario, anche le acque cosiddette di ruscellamento. Le acque di origine domestica sono quelle provenienti dalle attività domestiche e dalla deiezione umana, queste ultime risultano ricche di urea, grassi, proteine, cellulosa ecc. Le acque di ruscellamento sono quelle provenienti dal lavaggio delle strade e le acque pluviali: contengono, in concentrazione diversa, le stesse sostanze presenti nei reflui domestici ma inoltre possono presentare una serie di microinquinanti quali gli idrocarburi, i pesticidi, i detersivi i detriti di gomma ecc;
- alcune tipologie di acque di rifiuto industriale: gli scarichi industriali hanno una composizione variabile in base alla loro origine. Negli impianti di depurazione tradizionali possono essere trattati solo quei reflui industriali che possono ritenersi assimilabili dal punto di vista qualitativo a quelle domestiche. Tali scarichi possono essere eventualmente

sottoposti a pretrattamenti in ambito aziendale, prima del loro scarico in fogna, per rimuovere le sostanze incompatibili con un processo di depurazione biologica.

Le acque provenienti da scarichi urbani contengono un elevato quantitativo di solidi di natura organica ed inorganica. Le sostanze da eliminare si possono dividere in sedimentabili e non sedimentabili: le prime sostanze sono solide e più pesanti dell'acqua e perciò vanno facilmente a fondo quando la velocità del deflusso si annulla o scende al di sotto di un certo limite.

Le sostanze non sedimentabili in parte galleggiano e in parte restano nel liquido disciolte o allo stato colloidale.

4.1.1 IMPIANTI DI DEPURAZIONE

Gli impianti di depurazione sono costituiti da una serie di manufatti/unità nei quali viene attuata la depurazione degli scarichi di origine civile e industriale.

Solitamente in un impianto di trattamento delle acque reflue si distinguono due linee specifiche: la linea acque e la linea fanghi.

Nella linea acque vengono trattati i liquami grezzi provenienti dalle fognature e di regola comprende tre stadi, chiamati:

- trattamento primario: un processo di tipo fisico utilizzato per la rimozione di parte delle sostanze organiche sedimentabili contenute nel liquame, comprende la grigliatura, la dissabbiatura, la disoleatura o sgrassatura e la sedimentazione primaria;
- trattamento secondario: un processo di tipo biologico utilizzato per la rimozione delle sostanze organiche sedimentabili e non sedimentabili contenute nel liquame, comprende l'aerazione e la sedimentazione secondaria;
- trattamento terziario: realizzato sull'effluente in uscita dalla sedimentazione secondaria, permette di ottenere un ulteriore affinamento del grado di depurazione, comprende trattamenti speciali per abbattere il contenuto di quelle sostanze che non vengono eliminate durante i trattamenti primari e secondari.

Nella linea fanghi vengono trattati i fanghi prodotti durante le fasi di sedimentazione previste nella linea acque. Lo scopo di tale linea è quello di eliminare l'elevata quantità di acqua contenuta nei fanghi e di ridurre il volume, nonché di stabilizzare (rendere imputrescibile) il materiale organico e di distruggere gli organismi patogeni presenti, in modo tale da rendere lo smaltimento finale meno costoso e meno dannoso per l'ambiente.

L'effluente trattato viene convogliato in una condotta con recapito finale in acque superficiali (corsi d'acqua, mare, ecc.) o nello strato superficiale del terreno (es. trincee drenanti).

In generale il dimensionamento va fatto sulla base della conoscenza della dotazione idrica (quantità di acqua assegnata ad un abitante per soddisfare il suo fabbisogno idrico - potabile), e sugli abitanti equivalenti (unità di misura basilare per il dimensionamento e la scelta dell'idoneo sistema di depurazione delle acque reflue domestiche e/o assimilate).

<i>CASISTICA</i>	<i>EFFETTIVO</i>	<i>CONVERSIONE IN ABITANTI EQUIV.</i>
Abitanti residenti	1 persona	1 Abitante Equivalente
Superficie dell'edificio (civile abitaz.)	35 m ²	1 Abitante Equivalente
Alberghi, villaggi turistici, agriturismo	2 posti letto	1 Abitante Equivalente
Campeggio	3 addetti	1 Abitante Equivalente
Scuole	10 alunni	1 Abitante Equivalente
Fabbriche, laboratori artigianali	2 lavoratori	1 Abitante Equivalente
Bar, circoli, club	7 clienti	1 Abitante Equivalente

Figura 11 - Conversione abitanti equivalenti

4.1.2 TRATTAMENTI PRIMARI

I trattamenti primari consistono generalmente in:

- grigliatura;
- dissabbiatura;
- disoleatura;
- sedimentazione primaria.

La Grigliatura

La grigliatura delle acque reflue è uno dei trattamenti meccanici preliminari a cui vengono sottoposte le acque di scarico all'ingresso degli impianti di depurazione per rimuovere e ridurre i materiali sospesi e galleggianti. La grigliatura è normalmente il primo di questi trattamenti, e ha come scopo principale la rimozione di corpi e oggetti grossolani. In particolare, la grigliatura permette di evitare danneggiamenti alle sezioni di impianto successive, ad esempio le pompe utilizzate per sollevare e spostare il liquido, e ridurre l'accumulo di solidi nelle tubazioni.

Il materiale grigliato è raccolto in un cassonetto per poi essere avviato allo smaltimento finale. In associazione con la griglia possono essere utilizzati degli sminuzzatori che dopo aver triturato il materiale grigliato lo reintroducono a monte della griglia stessa.

La Dissabbiatura

La dissabbiatura delle acque reflue è uno dei trattamenti meccanici preliminari a cui vengono sottoposte le acque di scarico all'ingresso degli impianti di depurazione per rimuovere e ridurre i materiali sospesi e galleggianti. La dissabbiatura in particolare è la rimozione di sabbie e solidi inerti, normalmente più pesanti e grossolani degli organici, che darebbero inconvenienti come l'usura delle parti meccaniche o l'accumulo di inerti nelle sezioni di impianto successive. Una volta separate, le sabbie sono asportate, periodicamente o in continuo. Vengono solitamente avviate a discarica, dopo eventuali operazioni di lavaggio e disidratazione.

La Disoleatura

La disoleatura o sgrassatura viene introdotta nel ciclo depurativo, a valle delle griglie e dei dissabbiatori, quando sia accertato che oli e grassi siano presenti nei reflui in quantità tali da influenzare negativamente i trattamenti successivi soprattutto con riferimento ai trattamenti biologici, in quanto diminuiscono l'ossigenazione del liquame e causano l'accumulo di schiume nei bacini di trattamento che si trovano a valle dell'impianto, in zone dalle quali sono difficilmente asportabili.

Infatti, le sostanze oleose tendono a rivestire, con un sottile velo, le materie biologiche impedendo così il contatto di queste con l'ossigeno e pertanto ne limitano l'ossidazione, in alcuni casi inoltre la disoleazione ha lo scopo di recuperare gli oli e i grassi presenti nei reflui al fine del loro riutilizzo. Quindi la disoleatura delle acque reflue è uno dei trattamenti meccanici preliminari a cui vengono sottoposte le acque di scarico all'ingresso degli impianti di depurazione per rimuovere e ridurre i materiali sospesi e galleggianti. La disoleatura in particolare consiste nella rimozione di oli, grassi, particelle di materiali sintetici e altri materiali leggeri che sono ordinariamente presenti nei liquami urbani.

Oli e grassi possono presentarsi in forma di agglomerati come granuli insolubili, di dimensioni fino ad alcuni cm³; in tal caso la metabolizzazione da parte dei batteri è lenta, non vengono separati per la loro bassa densità specifica nei decantatori e fuoriescono con l'effluente incrementando tra l'altro i valori di BOD e COD.

La Sedimentazione Primaria

La sedimentazione primaria consiste in vasche nelle quali si attua la decantazione per la separazione delle sostanze organiche sedimentabili ottenendo una riduzione del BOD₅ intorno al 30%.

Poiché in questa fase viene trattato un materiale di tipo granuloso, cioè la particella sedimenta senza interferire con le altre particelle, la velocità di sedimentazione del materiale obbedisce con discreta approssimazione alla Legge di Stokes⁹ e alla teoria di Hazen.

Le vasche di sedimentazione sono di regola poco profonde e comunque non meno di 1,80 m per evitare che il vento possa sollevare i fanghi già depositati. Le vasche non devono essere né troppo corte, per non dar luogo ad un corto circuito tra l'entrata e l'uscita dei liquami, né troppo larghe per non favorire la formazione di spazi morti presso gli angoli (con innesco dei fenomeni putrefattivi). Le vasche possono essere a flusso orizzontale e pianta rettangolare o flusso radiale o radiale/verticale e pianta circolare. Nelle vasche circolari, i liquami entrano al centro della vasca, e dopo aver superato un deflettore, l'effluente chiarificato esce superando uno stramazzo perimetrale (apertura in uno sbarramento di un flusso liquido) e, raccogliendosi in una canaletta, prosegue verso il trattamento biologico.

Le vasche sono munite di dispositivi automatici per la raccolta e l'evacuazione dei fanghi, nelle vasche rettangolari questi dispositivi possono essere costituiti da un ponte mobile portante lunghi bracci snodati ai quali sono fissati dei raccoglitori; questi vengono tenuti a contatto del fondo quando il ponte si muove verso la tramoggia di raccolta del fango posta sul fondo della vasca, e si sollevano verso la superficie quando il ponte si muove in senso opposto.

Nel caso di vasche circolari il ponte ruota su un perno centrale e su una guida circolare periferica, i raccoglitori assicurati al ponte spazzano il fondo e convogliano i fanghi verso il pozzetto centrale di raccolta dal quale questi vengono aspirati ed inviati ai digestori.

⁹ la legge di Stokes è basata sul fatto che quanto più il liquido è viscoso, tanto più è lenta la velocità di una sfera lasciata cadere liberamente nella sua massa, ma una sfera che cade all'interno di un liquido solo per gravità, ad un certo istante del suo percorso acquista una velocità costante, e ciò si verifica quando la resistenza opposta dalla viscosità del liquido è esattamente bilanciata dalla spinta gravitazionale. Anche le dimensioni delle particelle sono importanti: più sono piccole, minore è la velocità di sedimentazione (o affioramento).

4.1.3 TRATTAMENTO SECONDARIO

Successivamente le acque, ancora torbide a causa delle sospensioni colloidali e putrescibili subiscono il trattamento secondario (ossidativo o biologico), nel quale le sostanze organiche vengono prima ossidate, ossia rese imputrescibili, e successivamente rimosse.

Durante l'ossidazione dei reflui le sostanze colloidali organiche sono rese fioccosi per essere facilmente rimosse mediante sedimentazione, questo trattamento prevede:

- l'aerazione: rimozione delle sostanze organiche tramite ossidazione batterica aerobica;
- la sedimentazione secondaria.

Per l'ossidazione biologica (processo aerobico noto come "areazione") si utilizzano più tecniche:

- gli impianti a letti percolatori (o a filtri percolatori): il letto percolatore vero e proprio è formato da una catasta, alta da 1,50 a 3 m, di vari materiali (pietrisco, materiale plastico, ecc.) della grandezza di 4-8 centimetri, o con manufatti in materiale plastico che funge da supporto per lo sviluppo della biomassa batterica attiva ed attraverso il quale percola il refluo, la struttura presenta inoltre numerosi fori per agevolare l'accesso dell'aria;
- gli impianti a fanghi attivi (o biologici): attualmente è il sistema più utilizzato in virtù della sua alta efficienza (>90% di abbattimento del BOD). I fanghi attivi o attivati sono una sospensione in acqua di biomassa attiva (batteri saprofiti, protozoi, amebe, rotiferi e altri microrganismi), solitamente sotto forma di fiocchi. Tali fanghi sono alla base dei sistemi di ossidazione biologica a fanghi attivi, che sono i più diffusi nei tradizionali impianti di depurazione delle acque reflue. Nel trattamento biologico a fanghi attivi si realizza nelle vasche un sistema dinamico aerobico controllato, che riproduce in ambiente artificiale gli stessi meccanismi biologici che avvengono in natura (ad esempio lungo il corso di un fiume) per la depurazione delle acque inquinate da sostanze organiche biodegradabili. Infatti, mescolando uno scarico da depurare con dei fanghi attivi in cui è presente un'alta concentrazione microbica aerobica preformata, si ha lo stesso processo di auto-depurazione che avviene in natura, ma con una velocità delle reazioni accelerata e uno spazio occupato minore. Il vantaggio del trattamento a fanghi attivi rispetto alla depurazione naturale è che la flora microbica utilizzata per trattare le acque di scarico, anziché rimanere dispersa nell'effluente trattato tende ad agglomerarsi formando dei fiocchi che, se posti in condizioni di quiete, tendono a sedimentare e possono essere separati con facilità dai reflui chiarificati che rimangono in superficie. Il trattamento secondario consente anche l'abbattimento di sostanze azotate e fosfati;
- impianti a fanghi attivi ad alimentazione discontinua: in inglese sono denominati "Sequencing Batch Reactor" (SBR), sono dei sistemi di trattamento biologici a flusso discontinuo, costituiti da bacini unici (due o più in parallelo) in cui si sviluppano sia i processi biologici (ossidazione/nitrificazione - denitrificazione - rimozione biologica del fosforo) che la fase di sedimentazione e dai quali si provvede altresì all'estrazione dell'effluente depurato e dei fanghi di supero. In un sistema SBR il ciclo di ogni vasca è suddiviso in cinque distinti periodi temporali, cui corrispondono diverse fasi del processo: alimentazione, reazione, sedimentazione, scarico e stasi. Tali processi vengono condotti in tempi diversi, variando ciclicamente le condizioni di funzionamento dell'impianto mediante un sistema di programmazione temporale automatizzato. La peculiarità degli SBR consiste nella possibilità che essi offrono di poter variare di volta in volta la durata dei tempi, a seconda delle reali esigenze di trattamento del refluo, quasi come se in un impianto convenzionale si potesse

modificare la configurazione geometrica e la proporzione tra i volumi dei singoli comparti. I principali vantaggi degli SBR rispetto ai tradizionali impianti a fanghi attivi consistono: nella semplicità impiantistica (mancanza di ricircoli) e nelle ridotte volumetrie (assenza del sedimentatore secondario); nella flessibilità gestionale, che garantisce una buona efficacia depurativa anche in condizioni di elevata variabilità del carico idraulico ed inquinante; nelle migliori efficienze depurative, in virtù della migliore selezione microbica, garantita dall'alternanza nella stessa vasca di fasi anaerobiche ed aerobiche. Per tali ragioni trovano applicazioni nella depurazione di centri abitati soggetti a forti variazioni di carico organico quali piccole comunità. Visti i buoni risultati ottenuti da detti impianti per la rimozione dell'azoto e del fosforo possono trovare applicazione anche nella depurazione di centri abitati di località turistiche costiere ai fini della riduzione dell'eutrofizzazione delle acque litorali.

L'areazione può avvenire secondo due diverse modalità: areazione meccanica per insufflazione di aria compressa.

Mediante l'aerazione (o ossidazione biologica), i solidi sospesi non sedimentabili e quelli disciolti biodegradabili vengono convertiti in fanghi sedimentabili e quindi separati mediante decantazione che segue sempre la fase di trattamento biologico vero e proprio. La sedimentazione secondaria ha il compito di eliminare i fanghi sedimentabili prodotti nella fase di aerazione.

I fanghi attivi di supero sono inviati alla cosiddetta "linea fanghi" per essere sottoposti ad ulteriori trattamenti.

In sostituzione del trattamento ossidativo tradizionale a fanghi attivi si possono utilizzare le tecnologie MBR: tecnologia di depurazione avanzata rispetto a quella tradizionale dei fanghi attivati. Il sistema MBR combina un tradizionale processo biologico a fanghi attivi, con il processo di separazione a membrana (generalmente microfiltrazione o ultrafiltrazione), che sostituisce il sedimentatore secondario.

4.1.4 TRATTAMENTO TERZIARIO

Il trattamento terziario viene applicato all'effluente proveniente dal trattamento secondario, quando lo scarico finale deve subire un ulteriore abbattimento del carico inquinante, che altrimenti sarebbe incompatibile con il recapito finale prescelto; un esempio è la riduzione dei solidi disciolti o delle sostanze nutrienti (azoto e fosforo) che potrebbero causare l'eutrofizzazione (sovrabbondanza di nitriti e fosfati in ambiente acquatico) e anossia dei corpi idrici recettori e di tossicità della vita acquatica.

I principali trattamenti biologici sono:

- trattamenti chimico-fisici (chiariflocculazione);
- trattamenti meccanici (filtrazione su carboni attivi o su filtri a sabbia);
- trattamenti biologico-naturali (fitodepurazione, lagunaggio);
- trattamenti biologici (nitrificazione, denitrificazione e defosfatazione);
- trattamenti di disinfezione.

4.1.4.1 ABBATTIMENTO DELL'AZOTO

Negli impianti più recenti, è presente un sistema di abbattimento delle sostanze azotate mediante denitrificazione che è causa della conversione dei nitrati, e di parte dei nitriti, in azoto gassoso.

La denitrificazione anossica, cioè in assenza di ossigeno disciolto, è un processo di natura biologica attuato dai batteri eterotrofi facoltativi, che richiede un ambiente anaerobio e molta sostanza organica che funge da fonte di carbonio per i batteri.

Durante la reazione si ha la formazione oltre che di azoto gassoso anche di anidride carbonica e acqua. La vasca di denitrificazione viene posta a monte della vasca di aerazione del trattamento secondario, in modo da garantire reflui, provenienti dalle vasche di sedimentazione primaria, con la necessaria quantità di sostanza organica. Poiché però la maggior parte delle sostanze organiche a base d'azoto nei reflui si trova sotto forma di ammoniaca (mentre ai fini della denitrificazione servono soprattutto i nitrati), bisogna effettuare una nitrificazione mediante la quale, in condizioni aerobiche avviene l'ossidazione biologica di NH_4 e NO_2 (nitrito) in NO_3 (nitrato), con consumo di CO_2 .

A questo punto, l'acqua in uscita dal reattore aerobico (nitrificata), dove è avvenuta l'ossidazione delle sostanze organiche e la nitrificazione, viene messa in ricircolo e viene pompata a monte nella vasca anossica di denitrificazione, dove ad opera di varie specie batteriche di eterotrofi facoltativi (fra cui *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas denitrificans*, *Paracoccus denitrificans*, *Thiobacillus denitrificans*), che utilizzano l'ossigeno contenuto nella molecola di nitrito e di nitrato per la respirazione in condizioni anossiche, si ha la liberazione di N_2 sotto forma di gas.

4.1.4.2 ABBATTIMENTO DEI FOSFATI

I sistemi di depurazione più avanzati prevedono anche l'abbattimento dei fosfati. Il fosforo può essere presente in più forme:

- inorganica come ortofosfato (PO_4^{3-}), fissato in composti cristallini a base di Ca, Fe, Al;
- organica sotto forma di acido umico, fulvico o fosfolipidi.

Rispetto all'azoto, il fosforo ha l'inconveniente di non poter essere ridotto in forma gassosa e liberato nell'atmosfera, inoltre la concentrazione di fosfati è anche in funzione dell'età del fango trattato infatti, a seguito della lisi cellulare rapida, si ha il rilascio di fosfato.

In un impianto convenzionale a fanghi attivi si ha già una rimozione parziale del fosforo (20-30%), (per la riproduzione cellulare), ma con trattamenti specifici tale rimozione è quasi totale (90%). L'eliminazione specifica del fosforo viene realizzata a seconda dei casi mediante un trattamento di tipo chimico-fisico o mediante un trattamento di tipo biologico (Biological Phosphorous Removal - BPR).

4.1.4.3 DISINFEZIONE

La disinfezione serve ad abbattere i batteri (carica batterica) patogeni nell'effluente depurato. Può avvenire tramite:

- clorazione: è il procedimento più utilizzato per la disinfezione delle acque, il Cl reagisce ossidando le sostanze organiche ed inorganiche e inattivando i microrganismi. Esso può

essere impiegato sotto forma di ipoclorito di sodio, biossido di cloro, cloroammine, cloro liquido o gassoso (Cl₂). Il cloro gassoso viene disciolto in acqua dove si dismuta in acido ipocloroso, un potente germicida, e acido cloridrico, il cloro può, in presenza di ammoniaca, dare anche origine a cloroammine primarie, secondarie o terziarie con efficacia germicida decrescente. La formazione di un tipo di ammine piuttosto che di altre dipende dalla concentrazione di cloro: maggiore è questa, maggiore è la produzione di ammine terziarie con basso potere di disinfezione, in quanto queste si decompongono rapidamente;

- ozonizzazione: è una tecnica di disinfezione delle acque che impiega ozono (O₃), un gas prodotto mediante scariche elettriche ad alto voltaggio in una apposita camera nella quale viene fatto passare un flusso d'aria o di ossigeno: l'energia fornita consente ad una parte delle molecole d'ossigeno di essere scisse in due molecole omologhe dette radicali che sono particolarmente elettronegative. Ciascun radicale andrà ad unirsi ad una molecola di ossigeno per dare ozono, una molecola trivalente molto aggressiva e instabile. L'ozono ha elevata efficacia nei confronti di batteri e virus;
- attinizzazione: sfrutta l'azione battericida dei raggi UV-C, i raggi UV sono emessi per mezzo di lampade a vapori di mercurio; sono state create apparecchiature che trattano fino a 100 m³/ora di acqua con lampade U.V. con una potenza di 30.000 µW/s/cm².

Con questo sistema si raggiunge un livello di qualità eccellente riuscendo a degradare efficacemente il DNA batterico ma i costi sono elevati, il miglior risultato lo si ottiene mediante l'uso di lunghezza d'onda (λ) intorno ai 250 nm (nanometri) corrispondente agli UV-C e con una densità di flusso radiativo di almeno 6.000 µW/cm² (microWatt per centimetro quadrato). Poiché le lampade usate normalmente perdono efficacia nel corso del tempo si usano lampade con densità di flusso radiativo molto superiore. I raggi UV hanno un potere biocida elevatissimo nei confronti di batteri, spore, virus, funghi, nematodi.

- acido peracetico: è un potente biocida che basa la sua azione sull'alterazione di strutture cellulari come enzimi e membrane. Viene prodotto per reazione fra perossido d'idrogeno (H₂O₂) e anidride acetica (C₄H₆O₃), è particolarmente instabile pertanto viene commercializzato in soluzioni al 5% o 15% pronto per essere solubilizzato nelle giuste quantità nelle acque da depurare.

4.1.5 TRATTAMENTO DEI FANGHI DI DEPURAZIONE

Si passa poi al trattamento dei fanghi (o linea fanghi). L'obiettivo primario del trattamento dei fanghi è quello di stabilizzare le sostanze organiche in modo da rendere minimo il costo del relativo smaltimento finale senza creare problemi all'ambiente. I processi di trattamento dei fanghi sono di tipo chimico, biologico e fisico/termico e possono essere suddivisi in due grandi categorie: i processi di separazione che hanno lo scopo di allontanare parte della frazione liquida dalla frazione solida dei fanghi ed i processi di conversione che hanno lo scopo di modificare le caratteristiche dei fanghi per facilitarne i trattamenti successivi.

I principali trattamenti dei fanghi sono:

- ispessimento: ridurre umidità presente nel fango;
- condizionamento: trattamento che permette una maggiore disidratabilità/filtrabilità dei fanghi;
- stabilizzazione biologica: complesso di processi metabolici attraverso i quali il contenuto organico putrescibile dei fanghi, provenienti dalle vasche di sedimentazione primaria e

secondaria, viene trasformato in sostanze stabili più semplici mediante processi di digestione aerobica e di digestione anaerobica;

- o disidratazione: riduce il contenuto di acqua dei fanghi digeriti mediante disidratazione naturale per essiccamento su letti drenanti, oppure per disidratazione artificiale per filtrazione meccanica, oppure per disidratazione termica.

I fanghi generati dalla linea acque di un impianto di depurazione civile possono essere di diverso tipo:

- fanghi primari: derivano dal processo di sedimentazione primaria, sono costituiti da sostanza organica fresca che si separa dal refluo grezzo senza aver subito alcun trattamento (fanghi granulosi). Contengono una quantità di solidi pari al 4% (96% di umidità), questi si degradano più rapidamente con un processo anaerobico rispetto alle altre tipologie di fanghi e producono più biogas;
- fanghi secondari o biologici: derivano dai processi di ossidazione biologica ed in particolare da filtri percolatori o fanghi di supero di impianti a fanghi attivati. Sono fanghi fioccosi e hanno una percentuale di solidi più bassa di quella dei fanghi primari, con valore tipico pari a 1% (99% di umidità), ma sono più ricchi di azoto e fosforo;
- fanghi chimici: derivano da processi di chiari-flocculazione, di norma alla linea fanghi arrivano fanghi combinati (primari e secondari) i quali presentano una elevata umidità, pari al 96-99 %: questa umidità deve essere rimossa dal fango per consentire il suo smaltimento finale senza danni ambientali e con minor costo possibile.

I fanghi trattati, possono essere smaltiti per incenerimento, in discariche controllate di rifiuti speciali oppure riutilizzati nel suolo oppure in impianti di compostaggio¹⁰.

In Italia i fanghi vengono smaltiti principalmente in discarica e in parte riutilizzati in agricoltura.

4.1.6 SISTEMI DI TRATTAMENTO PER PICCOLI INSEDIAMENTI

Per le case sparse e gli edifici isolati di consistenza inferiore a 50 A.E da cui si originano acque reflue domestiche, localizzati al di fuori degli agglomerati urbani il trattamento dei reflui deve essere effettuato attraverso evapotraspirazione fitoassistita o subirrigazione.

In casi eccezionali, laddove non è possibile la realizzazione dei suddetti impianti, la depurazione potrà essere effettuata con altre tipologie impiantistiche che sulla base delle migliori tecnologie disponibili assicurino performance della qualità degli scarichi in accordo ai limiti della normativa vigente.

I progetti degli impianti di depurazione a servizio di insediamenti, installazioni o edifici isolati non raggiungibili da sistemi fognari e di consistenza inferiore a 50 A.E e inferiori 5.000 metri cubi che scaricano sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo saranno approvati dal Comune in conformità alla normativa vigente.

In tali contesti, generalmente l'impianto di trattamento è rappresentato da fosse settiche tipo Imhoff per permettere la chiarificazione dei reflui per renderli idonei alla successiva fase di ossidazione che avviene nel terreno. Le Fosse Imhoff sono costituite da compartimenti distinti per il refluo e il fango,

¹⁰ Il compostaggio è un processo biologico aerobico e controllato che porta alla produzione di una miscela di sostanze umificate (il compost) a partire da residui vegetali sia verdi che legnosi, o anche animali, mediante l'azione di batteri e funghi. Il compost può essere utilizzato come fertilizzante su prati o prima dell'aratura.

con attraversamento del refluo nel primo scomparto, raccolta del fango nel secondo scomparto sottostante e uscita continua, come l'entrata, del refluo chiarificato.

Si riporta di seguito un esempio di impianto di evapotraspirazione:

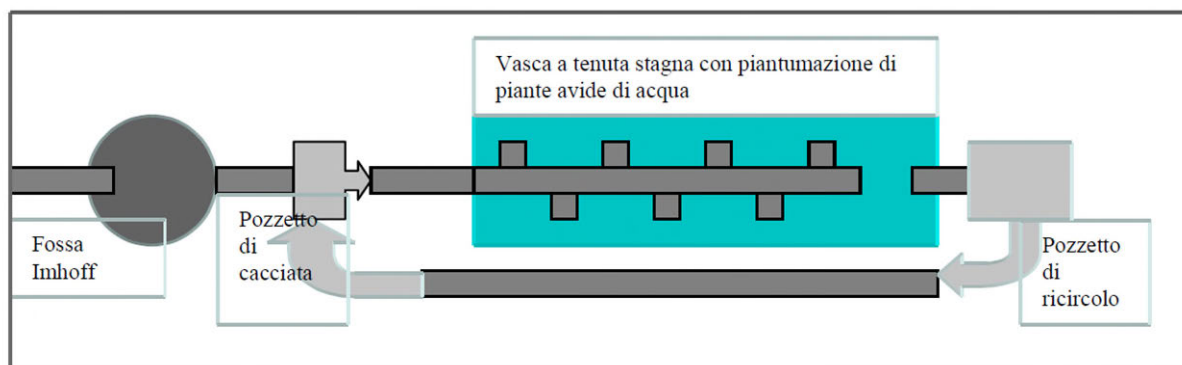


Figura 12 - Schematismo impianto di evapotraspirazione

Altre possibili modalità di smaltimento del refluo chiarificato sono:

- dispersione nel terreno mediante la sub-irrigazione: Il refluo chiarificato, mediante condotta a tenuta, viene inviato in vaschette in muratura o in calcestruzzo a tenuta con sifone di cacciata, per la immissione nella condotta o rete disperdente. La condotta o rete disperdente (le condotte sono disposte in una o più file o in una fila con ramificazioni) è posta in una trincea profonda circa 70 cm, dentro uno strato di pietrisco collocato nella metà inferiore della trincea stessa. L'altra parte della trincea viene riempita con il terreno proveniente dallo scavo adottando accorgimenti affinché il terreno di rientro non penetri, prima dell'assestamento, nei vuoti del sottostante pietrisco. La trincea sarà posta lontano da fabbricati, aie, aree pavimentate o altre sistemazioni che ostacolano il passaggio dell'aria nel terreno. La distanza minima tra il fondo della trincea e il massimo livello della falda dovrà esser di un metro (la falda non potrà essere utilizzata a valle per uso potabile / domestico o per irrigazione di prodotti mangiati crudi a meno di accertamenti chimici e microbiologici caso per caso da parte dell'autorità). Di seguito si riportano altri limiti Normativi:
 - distanza minima fra la trincea e fabbricati 10 metri;
 - distanza minima fra la trincea e una qualunque condotta, serbatoio o altra opera destinata al servizio di acqua potabile: 30 metri;
 - la trincea deve seguire l'andamento delle curve di livello per mantenere la condotta disperdente in idonea pendenza;
- percolazione nel terreno mediante la subirrigazione con drenaggio: il refluo chiarificato, mediante condotta a tenuta, perviene nella condotta disperdente. La condotta o rete disperdente sarà posta in trincea profonda circa 1-1,5 m dentro uno strato di pietrisco grosso; questo sovrasta, in senso verticale, uno strato di pietrisco minuto e uno grosso e lo strato impermeabile di argilla sul quale si posa una condotta o rete drenante. La parte superiore della trincea (quella superiore allo strato di pietrisco grosso contenente la condotta disperdente) viene riempita con il terreno dello scavo adottando accorgimenti affinché il terreno di rinterro non vada a riempire i vuoti del sottostante pietrisco;
- dispersione nel terreno mediante pozzi assorbenti: il refluo chiarificato, tramite condotta a tenuta, viene inviato al pozzo assorbente. Il sistema pozzo di forma cilindrico è privo di platea (pozzo assorbente) e completamente interrato. Generalmente si dispone di almeno due

pozzi con funzionamento alterno (in tal caso occorre un pozzetto di derivazione con paratoie per inviare il refluo all'uno o all'altro pozzo). Il pozzo assorbente sarà in muratura di pietrame, mattoni o di calcestruzzo con un diametro interno di almeno un metro. L'ubicazione dei pozzi sarà da definirsi preferibilmente con delle prove di percolazione e saranno dimensionati in funzione della natura del terreno.

L'applicazione del sistema a pozzo assorbente può essere prevista solo in particolari situazioni quando non ci sono aree sufficienti di terreno disponibili per realizzare altri sistemi di smaltimento dei reflui trattati oppure il terreno sia permeabile solo ad una certa profondità. Si dovrà verificare che il livello massimo della falda idrica sia sempre, in ogni stagione, almeno due metri inferiore al fondo del pozzo e che tra il fondo del pozzo e la falda esista uno strato di terreno impermeabile a protezione della falda.

4.2 BAT: PRINCIPALI TECNOLOGIE DEPURATIVE ED APPLICATIVE

4.2.1 TRATTAMENTI BIOLOGICI

I trattamenti biologici hanno come obiettivo quello di distruggere la sostanza organica con meccanismi analoghi a quelli di autodepurazione che si avrebbero in condizioni naturali in un corso d'acqua. La depurazione biologica è un processo che ha come principali protagonisti comunità di organismi viventi. L'azione di popolazioni microbiche diverse e la cooperazione tra queste, porta alla degradazione delle sostanze inquinanti presenti nelle acque, attraverso processi di mineralizzazione e di raccolta in un materiale semisolido (fango) che in seguito può essere separato dalle acque per sedimentazione. La comunità di microrganismi, utile al processo di depurazione, è costituita principalmente da batteri e da una variegata microfauna. Lo sviluppo e la crescita di questa comunità biologica sono determinati dalla sostanza organica contenuta nel liquame da depurare. Il trattamento biologico avviene in reattori opportunamente progettati, all'interno delle quali ci sono concentrazioni di microrganismi molto elevate, tali da permettere velocità e rendimenti molto maggiori.

I processi biologici possono svolgersi in condizioni:

- aerobiche: i microrganismi eterotrofi utilizzano il carbonio della sostanza organica come fonte di energia, formando anidride carbonica con l'ossigeno, e come materia prima per la sintesi cellulare;
- anaerobiche: i microrganismi eterotrofi, in assenza di ossigeno, traggono energia direttamente dalla demolizione dei composti organici.

4.2.1.1 OSSIDAZIONE CONVENZIONALE A FANGHI ATTIVI

Per depurare la sostanza organica presente come contaminante nell'acqua da trattare in concentrazioni significative (ad es. COD > 500 mg/l) il trattamento biologico a fanghi attivi è la tipologia più consolidata ed utilizzata. I fanghi attivi sono una sospensione in acqua di biomassa attiva (batteri saprofiti, protozoi, amebe, rotiferi e altri microrganismi) solitamente sotto forma di fiocchi. Nelle vasche che ospitano il trattamento biologico a fanghi attivi si realizza nelle vasche un sistema dinamico aerobico controllato, che riproduce in ambiente artificiale gli stessi meccanismi biologici che avvengono in natura per la depurazione delle acque inquinate da sostanze organiche biodegradabili. Infatti, mettendo a contatto un'acqua da depurare con i fanghi attivi, in cui è presente un'alta concentrazione microbica aerobica preformata, si ha lo stesso processo di

autodepurazione che avviene in natura, ma con una velocità delle reazioni accelerata e uno spazio occupato minore.

Per permettere al sistema biologico di essere in equilibrio tra il carico organico entrante e la massa batterica preposta alla depurazione occorre:

- fornire al sistema l'ossigeno necessario (i batteri sono, infatti, di tipo "aerobico", utilizzano quindi l'ossigeno disciolto nell'acqua per demolire la sostanza organica da depurare). In questo senso il sistema più semplice è quello di insufflare aria nella vasca di ossidazione; più il sistema di diffusione utilizzato riesce a creare bolle fini, più aumenta la superficie di scambio tra l'aria in bolle e l'acqua;
- ricircolare il fango depositatosi nel sedimentatore finale: nel trattamento a fanghi attivi la flora microbica utilizzata per la tende, infatti, ad agglomerarsi formando dei fiocchi che, se posti in condizioni di quiete, tendono a sedimentare e possono essere separati con facilità dai liquami chiarificati che rimangono in superficie (surnatante).

Il dimensionamento della vasca a fanghi attivi va basato su: carico idraulico entrante, carico organico entrante, efficienza richiesta, caratteristiche di biodegradabilità dell'influente e caratteristiche del fango attivo ed età del fango.

Tra i trattamenti biologici a fanghi attivi si menzionano anche le seguenti nuove tecnologie:

- trattamento biologico a membrana (MBR): i trattamenti biologici definiti come bioreattori a membrana (MBR - Membrane BioReactors) sono ottenuti dall'abbinamento di un trattamento biologico a fanghi attivi con un processo di filtrazione a membrana. A differenza dei sistemi convenzionali, in cui i solidi sono rimossi per gravità nei sedimentatori ed in parte riciclati nei bioreattori, i sistemi MBR utilizzano unità di filtrazione a membrana per separare i solidi con "cut off" molto ridotti (0,4 - 0,004 μm). Questi impianti di nuova concezione, oltre ad essere molto efficienti, consentono di ridurre notevolmente gli ingombro e offrono la possibilità di riutilizzare l'acqua trattata, che presenta un elevato grado di purezza chimica, fisica e batteriologica;
- trattamento Biologico a Letto Mobile (MBBR): il trattamento biologico a letto mobile (MBBR - Moving Bed Biofilm Reactors) è basato sulla crescita della biomassa in supporti plastici che sono in movimento continuo nel bioreattore. Questi supporti sono di piccole dimensioni ed hanno una elevata superficie specifica, il che consente una elevata crescita della biomassa.

Il risultato di queste peculiarità è che il trattamento biologico a letto mobile può essere implementato in impianti che richiedono maggiore capacità di trattamento o un'elevata qualità delle acque trattate, poiché a parità di ingombro volumetrico offrono una superficie "attiva" maggiore.

4.2.1.2 DEGRADAZIONE BIOLOGICA DELL'AZOTO E DEL FOSFORO

Tramite l'attività di fanghi biologici è possibile anche la degradazione di altri nutrienti quali l'azoto e, più raramente, il fosforo. La trasformazione dell'azoto avviene per ossidazione per via biologica a nitriti e, successivamente, a nitrati.

Queste reazioni avvengono nel bacino di ossidazione ad opera di ceppi batterici specifici (quali Nitrosomonas e Nitrobacter) utilizzando l'ossigeno disciolto disponibile in vasca, introdotto mediante un idoneo sistema di aerazione. L'acqua in uscita dalla vasca d'aerazione viene messa in

ricircolo ed entra nella vasca anossica di denitrificazione (mantenuta in agitazione ma senza insufflazione d'aria).

Questa fase, con lo scopo di accelerare le cinetiche di reazione e di conseguenza ridurre i volumi necessari, viene solitamente realizzata a monte del comparto di ossidazione-nitrificazione, e per tale motivo viene definita pre-denitrificazione. Per completezza si menziona la rimozione dei fosfati che è normalmente realizzata tramite precipitazione chimica con l'aggiunta di un coagulante, in cui i prodotti chimici sono alimentati direttamente nella vasca di aerazione o prima di essa. Il trattamento biologico del fosforo non viene applicato ai depuratori industriali ed è anche sempre meno necessario per i depuratori municipali, grazie all'eliminazione del fosforo dai detergenti; impianti con configurazione tipo "Bardenpho" (anaerobico/anossico/aerobico) non sono più attuali.

All'interno del processo di depurazione riveste grande importanza il concetto di carico del fango (C_F), un parametro dimensionale che incorpora i concetti di biodegradabilità e efficienza di depurazione, definito come la *"quantità di massa organica che si può introdurre giornalmente, riferita alla massa di fango attivo, senza peggiorare l'efficienza di depurazione"*. È possibile usare grafici sperimentali che correlano il C_F con la capacità di depurazione; la quantità di fanghi in ricircolo dipende dal bilancio complessivo fra solidi del fango in ingresso e in uscita dalla vasca di aerazione.

Un ulteriore parametro di dimensionamento è l'età del fango, espressa in giorni [d] e calcolata come rapporto tra i kg di fango nel sistema [kgTSS] e quelli estratti giornalmente come fango di supero [kgTSS/d]. Questo parametro descrive il numero medio di giorni che la particella di fango attivo resta nel sistema. Tanto più un fango è "giovane" (età del fango bassa) tanto maggiore è la crescita specifica (kg nuova biomassa per kg COD ossidato), tanto maggiore è la putrescibilità del fango di supero e tanto minore l'accumulo nei fanghi di metalli o altre sostanze. Un fango "giovane" non è adatto per ossidare composti a lenta e/o bassa biodegradabilità né per nitrificare, ma è adatto per un substrato velocemente biodegradabile come le acque reflue urbane. Invece, per la rimozione di composti a lenta biodegradabilità e/o la nitrificazione dell'azoto, è necessario lavorare con un sistema ad elevata età del fango (es 20-40 giorni); ciò aiuta ad avere una bassa produzione specifica di fango di supero e a produrre fango già mineralizzato (poco putrescibile). Se l'età del fango è però troppo elevata, aumenta il rischio di accumulo di metalli (e/o altri composti tossici) nel fango attivo.

4.2.2 TRATTAMENTI CHIMICI

I trattamenti chimici o chimico-fisici sono quelli che realizzano la rimozione degli inquinanti per mezzo di reazioni chimiche (ossidazione chimica) o processi fisico-chimici (adsorbimento, flocculazione, strippaggio, etc.). Il trattamento viene fatto per mezzo dell'utilizzo di additivi chimici ed è finalizzato alla chiarificazione delle acque. Le acque che generalmente necessitano di un trattamento chimico o chimico-fisico contengono un'elevata quantità di metalli pesanti, tensioattivi, olii minerali, materiali in sospensione e solidi sedimentabili.

4.2.2.1 FLOCCULAZIONE

La flocculazione consiste in un processo chimico-fisico che porta alla formazione di un sistema colloidale in cui la fase solida tende a separarsi formando dei fiocchi in sospensione. Il processo è basato sui fenomeni di adsorbimento, mentre il pH, la temperatura e la forza ionica sono fattori ambientali che influenzano fortemente la flocculazione e la formazione di aggregati (fiocchi in

sospensione) attraverso la precipitazione di elementi disidratati. Affinché avvenga la flocculazione è necessario innanzitutto destabilizzare le cariche dei colloidi, facendo uso di coagulanti (spesso si usa indifferentemente il termine flocculanti). Questi sono composti di varia origine che svolgono la loro azione in valori di intervallo di pH ben definiti, favoriti da una temperatura sufficientemente alta, un aumento della forza ionica e una forte agitazione.

I coagulanti sono in genere degli elettroliti inorganici o polielettroliti organici. Ecco alcuni esempi:

- inorganici: allume e alluminati, solfati di alluminio e di ferro, cloruro ferrico, silicato di sodio;
- organici: alginati, derivati dell'amido e della cellulosa, polielettroliti.

La destabilizzazione delle cariche permette la formazione dei primi piccoli aggregati solidi che successivamente tenderanno a ingrossarsi per successivo adsorbimento di particelle fino alla formazione dei primi fiocchi (flocculazione) in sospensione. Mentre per favorire la coagulazione è indicata una energica agitazione, nella fase di flocculazione tale agitazione è controindicata, in quanto in grado di rompere i fiocchi appena formati.

4.2.2.2 CORREZIONE DEL PH

Per reazione di neutralizzazione si intende una reazione acido-base che porta a un valore di pH neutro (7) a partire da valori più alti (basici) o più bassi (acidi). In generale, per ragioni di trattamenti successivi, può essere necessario correggere il pH per portarlo a valori basici (di norma prima della flocculazione chimica) oppure acidificare per trattamenti specifici. I reattivi normalmente usati sono la soda (NaOH) o la calce idrata (Ca(OH)_2) per innalzare il pH, acido solforico (H_2SO_4) o acido cloridrico (HCl) per abbassarlo. Come nel caso della flocculazione, anche la correzione del pH avviene in vasche apposite, agitate e tali da garantire tempi di contatto adeguati.

4.2.2.3 DECROMATAZIONE

Il cromo è presente nelle acque reflue di alcune lavorazioni specifiche in forma sia trivalente che esavalente; solo la prima viene rimossa per precipitazione.

Il processo di trattamento di acque reflue contenenti cromo prevede le seguenti 3 fasi fondamentali:

- a) riduzione Cromo VI: il refluo viene inviato ad una vasca opportunamente dimensionata per far avvenire il processo di riduzione del cromo esavalente alla forma trivalente. Al fluido viene aggiunto, in dosi opportune il sale metallico bisolfito di sodio (NaHSO_3). Il sale servirà ad annullare le cariche elettronegative delle particelle colloidali in sospensione e ad iniziare la riduzione del cromo VI. Affinché la reazione si sviluppi correttamente viene aggiunto acido solforico (H_2SO_4) in dosi opportune, in modo da garantire in vasca un ambiente acido (pH 2.5-3.5), fondamentale per lo sviluppo della reazione. La vasca di coagulazione è munita di un sistema di miscelazione opportunamente scelto, in modo che la massa fluida venga mantenuta in forte agitazione (miscelazione rapida). Un reagente alternativo è l'idrosolfito di sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$), caratterizzato da una maggiore reattività: da un lato esso ha il vantaggio di poter far avvenire che la reazione a pH più elevati (6.5-7.5) permettendo di risparmiare il reagente di acidificazione, dall'altro lo svantaggio di essere instabile e fortemente esotermico a contatto con l'acqua.

- b) flocculazione: il refluo è successivamente convogliato in una vasca dimensionata in modo da ottenere un tempo di ritenzione idraulica pari a circa 30 minuti. Nella vasca i microflocchi, formati nella fase di coagulazione, si aggregano tra di loro aumentando di dimensione (flocculazione). Al refluo vengono aggiunti, in dosi opportune, un polielettrolita anionico (P.E.A.) per incrementare il processo di flocculazione e calce idratata ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) o soda caustica NaOH, per garantire un ambiente basico (pH 8.5-9.5), fondamentale allo sviluppo ottimale del processo. La vasca deve essere inoltre munita di un sistema di miscelazione, opportunamente scelto, necessario per mantenere in debole agitazione la massa fluida (miscelazione lenta).
- c) chiarificazione (sedimentazione): infine, il refluo è inviato in una vasca opportunamente dimensionata nella quale i flocchi, completamente sviluppati nella fase di flocculazione, si depositeranno naturalmente, grazie al loro peso, sul fondo della vasca (sedimentazione). Il refluo, grazie alla sedimentazione dei flocchi, subirà un processo di chiarificazione, e potrà essere inviato alle fasi successive eventualmente necessarie.

4.2.2.4 DECIANURAZIONE

Il trattamento di ossidazione dei cianuri prevede tre fasi fondamentali:

- a) Coagulazione e Ossidazione: al fluido viene aggiunto, in dosi opportune, ipoclorito di sodio per annullare le cariche elettronegative delle particelle colloidali in sospensione ed ossidare le sostanze cianurate. Affinché la reazione si sviluppi correttamente, ovvero per mantenere il pH all'interno del range ottimale, viene aggiunta soda caustica, in dosi opportune. La soda è necessaria per creare in vasca un ambiente basico (pH 9.5-10.5) fondamentale per la reazione. La vasca di coagulazione deve essere munita di un sistema di miscelazione opportunamente scelto. La massa fluida deve essere mantenuta in forte agitazione ai fini della reazione (miscelazione rapida).
- b) Flocculazione: il refluo viene inviato in una vasca opportunamente dimensionata. (tempo di ritenzione circa 30 minuti). Nella vasca i microflocchi, formati nella fase di coagulazione ed ossidazione, si aggregano tra loro aumentando di dimensioni (flocculazione). Al refluo vengono aggiunti, in dosi opportune, un polielettrolita anionico per favorire il processo di flocculazione, e calce idrata ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) per mantenere un ambiente basico (pH > 8.5-9.5), fondamentale allo sviluppo ottimale del processo. La vasca deve essere munita di un sistema di miscelazione, opportunamente scelto, necessario per mantenere in debole agitazione la massa fluida (miscelazione lenta).
- c) Sedimentazione finale: il refluo viene inviato per la separazione solido/liquido al sedimentatore. I flocchi, completamente sviluppati, nella fase di flocculazione, si depositeranno naturalmente, grazie al loro peso, sul fondo della vasca.

4.2.2.5 FILTRAZIONE SU CARBONE ATTIVO

Lo scopo primario della filtrazione in pressione su carbone attivo è la rimozione dei residui di sostanza organica solubile (COD, tensioattivi, solventi organici, ecc.) ancora presenti nelle acque depurate prima dello scarico finale. Di norma, è preceduta dalla filtrazione a sabbia, che rimuove le particelle solide residue rimaste in sospensione nel refluo e che potrebbero intasare i carboni. La quantità di molecole che può essere adsorbita dipende da molti fattori, tra cui:

- caratteristiche chimiche del solido adsorbente e delle molecole adsorbite (peso molecolare);
- struttura del solido adsorbente e natura fisica della superficie esposta all'adsorbimento;
- affinità tra adsorbente e molecole da adsorbire (polarità);
- saturazione (idrocarburi);
- temperatura;
- pH;
- concentrazione della sostanza adsorbita.

I materiali più comunemente utilizzati, nei processi di adsorbimento, sono rappresentati da inerti granulari quali, principalmente, il carbone attivo: questo materiale è ottenuto attraverso una combustione (carbonizzazione) ed una decomposizione termica. Altri materiali utilizzati sono i *chars*, sostanze solide ad alto contenuto di carbonio, tra le quali troviamo: torba, lignite, litantrace, antracite, noci di cocco, mallo di noci, noccioli di oliva, gusci di mandorle, segatura, ossi, legni di essenze varie, carbone vegetale e carbone minerale.

Nei processi di trattamento delle acque, la funzione della filtrazione su carbone attivo è triplice:

- meccanica: le particelle sospese sono filtrate e trattenute dal granulato;
- elettrofisica: le sostanze disciolte sono attratte elettrostaticamente e quindi adsorbite;
- biologica: nei micropori del granulato si insediano colonie batteriche che degradano biologicamente le sostanze adsorbite.

Le cariche filtranti vengono disposte in genere in filtri a pressione opportunamente dimensionati e muniti di sistemi di controlavaggio manuali o automatici.

4.2.2.6 RESINE A SCAMBIO IONICO

Lo scambio ionico è un processo in cui ioni di una data specie sono sostituiti sulla superficie di un materiale non solubile di scambio (resina a scambio ionico) da ioni di una specie differente disciolti in soluzione. Le applicazioni dello scambio ionico nel trattamento dei reflui di scarto riguarda la rimozione di:

- composti azotati;
- metalli pesanti;
- solidi disciolti.

Le resine sono poste su un letto di scambio o più generalmente in colonne che sono attraversate dal refluo da trattare. Generalmente il refluo, immesso in pressione, fluisce dall'alto verso il basso della colonna. Una volta che la capacità di scambio della resina si è esaurita, si provvede ad un controlavaggio per la rimozione di eventuali sedimenti e si procede quindi alla rigenerazione della resina. Si distinguono cinque tipi di resine sintetiche a scambio ionico:

- resine cationiche forti;
- resine cationiche deboli;
- resine anioniche forti;
- resine anioniche deboli;
- resine selettive chelanti per metalli pesanti.

Le *resine cationiche* scambiano un idrogenione H^+ presente sul gruppo funzionale con i cationi presenti in soluzione (Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Cu^{++} , Ni^{++} , Pb^{++} , Zn^{++} , etc.)

Le *resine anioniche* scambiano tipicamente ioni OH⁻ presenti sui loro gruppi funzionali con gli ioni presenti in soluzione (Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, CN⁻, etc.).

Le *resine chelanti selettive per metalli pesanti* si comportano come resine cationiche forti, presentando però un alto grado di selezione nella capacità di celare i cationi di metalli pesanti.

4.2.2.7 FILTRI AD AZIONE CHIMICA

Per la rimozione di ferro e manganese dalle acque da trattare, un'applicazione tipica è quella dell'utilizzo di filtri ad azione chimica. Prendendo come esempio la rimozione di manganese che si presenta nelle acque di falda come bicarbonato manganoso Mn(HCO₃) lo schema processistico è il seguente:

- ossidazione per trasformare la considerevole solubilità dei composti del Mn²⁺ nella quasi completa insolubilità dell'ossido idrato manganico Mn⁴⁺ mediante dosaggio di ipoclorito di sodio o insufflazione di aria;
- rimozione dei fiocchi di ossido idrato manganico mediante filtri in pressione che, oltre allo strato di sabbia, contengono anche uno strato di apposito catalizzatore (ad esempio pirolusite o biossido di manganese). La pirolusite o il biossido di manganese presente nella massa filtrante deve essere del 10-20% del volume totale.

4.2.3 TRATTAMENTI FISICI

I trattamenti fisici (o meccanici) sono quelli che realizzano la separazione dei solidi contenuti nei reflui grazie ad elementi meccanici o alla forza di gravità in funzione della dimensione e del peso specifico dei solidi.

4.2.3.1 SEDIMENTAZIONE

Cuore dell'impianto di trattamento, il sedimentatore serve a chiarificare il refluo allontanando i fanghi formati nella fase di trattamento. Il sedimentatore, usualmente di forma circolare e munito di fondo inclinato che, unito in alcuni casi da un raschiatore meccanico, convoglia i fanghi alla vasca di accumulo ed estrazione. Fondamentale nel dimensionamento della fase di sedimentazione la caratterizzazione dei fanghi, che permette il calcolo della velocità di sedimentazione, in genere è compresa tra 0,25 e 1,50 m/h.

In alternativa alla sedimentazione tradizionale, la decantazione con pacchi lamellari consente di moltiplicare, nel medesimo bacino di sedimentazione, la superficie di separazione acqua-fanghi. I pacchi lamellari sono di norma costruiti in materiale plastico antiusura e sono composti da molteplici blocchi, in modo da ottenere un gran numero di superfici elementari di separazione liquido solido, permettendo di diminuire notevolmente la superficie di decantazione necessaria per una determinata portata di liquami. La superficie del sedimentatore di questi compatti decantatori è data da un pacco lamellare parallelo disposto obliquamente. Gli ingombri, comparati con i tradizionali sedimentatori, sono inferiori al 90%. L'acqua da trattare si immette nel decantatore tramite un ingresso centrale; l'acqua è costretta a scendere verso il basso ed a risalire all'interno del pacco lamellare, il quale effettua una contro pressione all'interno dei canali di salita, comportando

una omogenea distribuzione su tutte le lamelle. Quando l'acqua attraversa il pacco lamellare, le particelle sospese sedimentano in controcorrente depositandosi nel cono inferiore.

Si sottolinea il fatto che i pacchi lamellari possono essere utilizzati per il potenziamento di impianti classici preesistenti, permettendo da una parte un consistente aumento della superficie specifica e conseguentemente dell'efficienza del sistema, dall'altra una non trascurabile riduzione dei costi.

4.2.3.2 FILTRAZIONE SU SABBIA

Lo scopo primario della filtrazione su sabbia è la rimozione delle particelle solide sospese presenti nel refluo, sfuggite alla sedimentazione finale, al fine di ottenere un affluente finale limpido e dalle caratteristiche idonee allo scarico. La cattura delle particelle solide residue rimaste in sospensione nel refluo avviene secondo il meccanismo fisico della staccatura, mediante il quale le particelle solide non riescono ad attraversare gli interstizi dello strato filtrante in genere letti filtranti di sabbie quarzifere con specifiche caratteristiche granulometriche. I letti filtranti vengono disposti in genere in filtri a pressione opportunamente dimensionati e muniti di sistemi di controlavaggio manuali o automatici.

4.2.3.3 DISOLEAZIONE

La disoleazione permette la rimozione di oli e grassi che si concentrano sulla superficie libera del refluo e/o oli in emulsione. Il refluo viene convogliato in apposite vasche, opportunamente dimensionate. Le vasche sono munite di deflettore e canalette di raccolta grassi statiche o dinamiche. Dato che gli oli possono essere presenti sia come fase libera (separabile per gravità) che emulsionati (non separabili per gravità) a disoleazione può essere di due tipi:

- disoleazione primaria (a gravità): analogamente a quanto previsto per la decantazione statica, anche per la disoleazione primaria è possibile utilizzare le seguenti tecnologie alternative:
 - Separatore API: il separatore API è efficace per oli in sospensione con particelle di diametro maggiore di 150 micron (riferimento: Manual on Disposal of Refinery Waste, American Petroleum Institute Standard 421 API). Tipicamente il separatore è rettangolare, ma anche design circolari che mantengano gli stessi parametri funzionali hanno dimostrato equivalenti performance. Ogni vasca è provvista di skimmer galleggiante abilitato all'intercettazione degli oli. I separatori API sono sistemi "robusti" in grado di trattare anche flussi contenenti elevati quantitativi di solidi sospesi abbinati agli oli (tipicamente sono la prima sezione di trattamento della fogna oleosa delle raffinerie).
 - Separatore a pacchi lamellari: le acque defluiscono, quindi, attraverso uno speciale pacco lamellare, configurato in modo da suddividere il volume disponibile in unità elementari disposte in parallelo, in cui l'acqua percorre lo spazio interposto fra i vari condotti con un moto in regime laminare assai favorevole per una efficace separazione delle particelle non solubili nella massa liquida. Pertanto, i principali vantaggi derivanti dall'utilizzo del disoleatore lamellare in alternativa ai separatori tradizionali sono principalmente la riduzione delle superfici di separazione abbinata ad una elevata efficienza di rimozione degli oli, l'eliminazione delle correnti

preferenziali, la notevole elasticità di funzionamento rispetto al variare delle portate, la limitata manutenzione e la durata nel tempo. Per contro la presenza di quantitativi consistenti di solidi abbinati ad oli può portare all'ostruzione dei pacchi: i disoleatori lamellari sono pertanto applicabili ad acque a basso contenuto di solidi, quali possono essere le acque di falda.

- disoleazione secondaria: nel caso di presenza di oli emulsionati, la disoleazione viene preceduta da una fase di miscelazione rapida con rottura delle emulsioni oleose, nella quale viene aggiunto un reattivo coagulante (in genere sale minerale come il Cloruro Ferrico o Sali di alluminio); il sale, sciogliendosi, annulla le cariche elettronegative delle sostanze colloidali disciolte, innescando un processo di coagulazione. La miscelazione è garantita da miscelatori meccanici opportunamente dimensionati (tempi di detenzione circa 30 minuti). Affinché avvenga la reazione ottimale di rottura delle emulsioni oleose, il pH deve variare tra 3,0 – 4,5. A tale scopo viene aggiunto acido cloridrico in dosi opportune, controllato da strumento pH per la massima precisione di dosaggio.

Altre tecnologie di disoleazione secondaria sono:

- Induced Gas Flotation (IAF): sono usati per rimuovere oli in soluzione, solidi sospesi e materie organiche di piccole dimensioni. Sono costituiti da un comparto di ingresso acque da trattare, comparti di reazione e comparto di acque trattate. Un gas viene diffuso nel liquido, mediante la ricircolazione di una quantità di liquido trattato ad alta pressione, e favorisce la separazione dell'olio in superficie. Lo scarico dei solidi sospesi avviene periodicamente a mezzo dell'apertura delle valvole poste sul fondo degli scomparti.
- Dissolved Gas Flotation (DAF): utilizzati per rimuovere oli in soluzione, solidi sospesi e materie organiche di piccole dimensioni su grandi portate. Una parte del liquido trattato viene pressurizzata ed inviata per mezzo di pompe in ingresso al flottatore, dove avviene la separazione degli oli in superficie per mezzo di skimmer e dei solidi sospesi mediante lo scarico temporizzato dal fondo del flottatore. La velocità di separazione può variare in funzione dei fluidi da trattare da 4 a 12 m/h. Possono essere di forma circolare o rettangolare e dotati di sistemi meccanici per l'evacuazione delle schiume e dei fanghi.

Per un ulteriore affinamento, la massa liquida in uscita dai sistemi di disoleazione sopra descritti può essere fatta defluire successivamente attraverso uno speciale filtro adsorbente a coalescenza, utile al trattenimento di quelle piccole tracce di grassi ed oli eventualmente presenti e sfuggite nelle prime fasi di trattamento.

4.2.3.4 STRIPPAGGIO

Lo strippaggio è la tipica applicazione depurativa per l'estrazione dell'azoto ammoniacale e/o delle sostanze organiche (aromatiche ed organoalogenate) volatili dal refluo da trattare.

Per quanto riguarda lo strippaggio di ammoniaca il processo si basa di norma sulla combinazione di due cicli tradizionali, molto affidabili: durante il primo ciclo, l'ammonio legato viene trasformato, in ambiente alcalino, in ammoniaca libera e quindi strippato dall'acqua reflua nella colonna a riempimento in controcorrente. Il gas di strippaggio è aria: l'aria viene aspirata dal basso verso l'alto e le acque reflue da trattare vengono pompate verso degli ugelli spruzzatori situati nella parte alta

della colonna e che bagnano il riempimento. L'Ammoniaca liberata (NH₃) è strippata dalle gocce d'acqua nebulizzate nel flusso d'aria.

Durante il secondo ciclo, il flusso del gas aria-ammoniaca viene lavato in uno scrubber con soluzione di acido solforico producendo una soluzione di solfato d'ammonio che viene raccolta ed inviata quindi a smaltimento.

L'ammoniaca è, infatti, una sostanza debolmente basica che reagisce con l'acqua debolmente acida per formare idrossido di ammonio. Nello strippaggio dell'ammoniaca, calce o soda caustica vengono aggiunte alle acque reflue per raggiungere un pH compreso fra 10,8 e 11,5 in modo che gli ioni ammonio si trasformino in ammoniaca allo stato gassoso. L'abbinamento strippaggio ammoniaca ed assorbimento solfato di ammonio è in genere applicato per concentrazioni elevate di ammoniaca nelle acque industriali (per le quali l'ammoniaca strippata dall'acqua nel primo stadio è poi inviata ad adsorbimento su carbone o altro). Lo strippaggio è utilizzato altresì per la rimozione di composti organici volatili (es. BTX) per i quali si utilizza vapore o aria. Se si utilizza vapore gli organici si concentrano in un flusso "piccolo e molto concentrato" che viene poi inviato alla termodistruzione in forni o combustori.

Se si utilizza aria, le sostanze organiche originariamente presenti nell'acqua sono trasferite in un flusso d'aria "più diluito" (tipicamente 50-80 Nm³/h aria per m³/h di acqua) che viene poi inviato, previa deumidificazione e riscaldamento dell'aria, a termossidatori rigenerativi ad elevata efficienza termica e/o ad adsorbimento su carbone attivo.

4.2.3.5 SEPARAZIONE FISICA SU MEMBRANE SEMIPERMEABILI

Per la separazione della sostanza organica mediante membrane sono possibili differenti tecnologie:

- **ultrafiltrazione:** si basa sul principio della separazione fisica; le sostanze presenti nell'acqua se sono più grandi dei pori del tipo di membrana scelta vengono fermate, se le dimensioni sono inferiori passano producendo quello che viene chiamato permeato. Le sezioni di ultrafiltrazione utilizzano processi dipendenti dalla pressione, rimuovendo solidi sospesi ed altre sostanze organiche dall'acqua ad un livello inferiore rispetto all'osmosi inversa. La pressione accuratamente calcolata e mantenuta stabile da elettropompe con variatore a inverter applicata a monte degli impianti di ultrafiltrazione assicura una resa impiantistica superiore ed evita intasamenti eccessivi nella fase di produzione prima di eseguire il ciclo di controlavaggio e pulizia.

L'ultrafiltrazione è un processo di filtrazione tangenziale operato su di una o più membrane caratterizzate da micropori che possono rimuovere particelle dell'ordine di grandezza di 0,001 - 0,1 µm.

Alternativamente, l'ultrafiltrazione può essere operata con membrane a fibra cava in depressione tipicamente abbinata a processi biologici (MBR - Membrane Bio Reactors).

Come qualunque impianto di filtrazione, la procedura ha lo scopo di separare una fase dispersa, costituita da particelle solide ed un fluido liquido che forma una fase continua.

4.2.3.6 PROCESSI DI POTABILIZZAZIONE (OSMOSI INVERSA E POLISHING)

Il termine "osmosi" indica la diffusione del solvente verso la soluzione a maggior concentrazione attraverso una membrana semipermeabile che separa due soluzioni acquose aventi diversa

concentrazione. Tale trasferimento procede spontaneamente fino a quando viene raggiunta una concentrazione uguale nelle due soluzioni oppure fino a quando si stabilisce tra i due recipienti una differenza di livello tale da esercitare sulla membrana una pressione avente verso contrario al flusso e valore tale da arrestare lo stesso. Tale pressione si definisce "pressione osmotica". Se si incrementa la pressione sulla membrana oltre tale valore, si ottiene una diffusione con senso inverso, cioè la membrana viene attraversata dal solvente che passa dalla soluzione a maggior concentrazione a quella a minore concentrazione. Questa diffusione è chiamata "osmosi inversa" ed è utilizzata per separare i solidi disciolti dall'acqua, ossia per dissalare l'acqua. L'osmosi inversa è indirizzata soprattutto al raggiungimento di standard qualitativi elevati al fine del riutilizzo dell'acqua trattata. Nelle applicazioni industriali il sistema si compone di vari elementi, detti "moduli", contenenti le membrane e, in funzione della salinità dell'acqua da trattare, tali moduli vengono organizzati in gruppi detti "stadi"; l'insieme degli stadi forma il "treno" o "semi treno". La concentrazione che può essere raggiunta dalla soluzione che cede il solvente viene limitata per evitare il rapido decadimento del sistema e questo è praticamente attuato scartando tale soluzione, che viene denominata "concentrato"; ne discende che non tutta l'acqua entrante in questo sistema di separazione ne esce dissalata: la percentuale di acqua dissalata, detta "permeato", rispetto alla totale entrante è il rendimento del sistema. La pressione che deve essere applicata all'acqua da trattare, per ottenere le quantità e qualità richieste, è dell'ordine di decine di bar e si riduce a pochi bar nel permeato, mentre rimane inalterata nel concentrato, perciò nei casi di acque con contenuto salino particolarmente elevato, come ad esempio quella marina, nei quali la quantità del concentrato è elevata, risulta conveniente l'installazione di sistemi di recupero dell'energia, come ad esempio turbine Pelton sull'asse delle pompe d'alimentazione sulle quali si scarica il flusso del concentrato, prima del convogliamento allo smaltimento.

Le membrane che si utilizzano in questo processo devono essere salvaguardate da solidi sospesi di dimensioni superiori a 5/10 µm e da inquinanti biologici; pertanto, è sempre necessario predisporre filtri con adeguata capacità di filtrazione ed aggiungere disinfettanti ma non ossidanti. Occorre inoltre evitare che le alte concentrazioni di sali che si raggiungono in prossimità delle superfici di permeazione diano luogo ad incrostazioni che ridurrebbero l'efficienza del sistema; questo viene normalmente attuato introducendo correttori di pH e soluzioni di captanti. Altresì occorre predisporre le apparecchiature per procedere saltuariamente a lavaggi chimici delle membrane per mantenere l'efficienza del sistema.

Il passaggio dell'acqua attraverso una membrana di osmosi inversa restituisce quindi un permeato povero di sali minerali e inquinanti organici quali solventi, idrocarburi e tensioattivi, assimilabile ad un'acqua addolcita in quanto privo di durezza ed infine microbiologicamente puro e stabile.

L'elevato grado di purezza delle acque prodotte dai trattamenti di osmosi inversa trasforma queste ultime da scarto a risorsa e le rende particolarmente adatte al riutilizzo in svariati settori e applicazioni. Il water reuse (WR) sta diventando la strategia di riferimento per il management delle risorse idriche, sia dal punto di vista delle logiche di riduzione dell'impatto ambientale che per quanto riguarda le logiche di costo di approvvigionamento. Per la validità di questi motivi, la logica del WR porta alla concezione di nuovi trattamenti dedicati, con la possibilità di riutilizzo diretto dei permeati da OI o di ulteriori trasformazioni in "materia prima" ad uso industriale, tecnologico, irriguo e potabile.

Un'altra procedura innovativa per potabilizzare le acque sono i trattamenti di polishing (elettrodeionizzazione). EDI è una tecnologia di polishing per il completamento della dissalazione e richiede un trattamento di osmosi inversa come pretrattamento. L'acqua dissalata in ingresso ai

moduli EDI deve avere una conducibilità inferiore ai 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e viene ridotto in uscita ad un valore $< 0,1 \mu\text{S}/\text{cm}$ (acqua adatta per alimento caldaie). I moduli EDI sono costituiti da celle in parallelo comprese fra un catodo e un anodo dove si alternano membrane permeabili agli anioni e membrane permeabili ai cationi che sono contenuti in pressure vessel in materiale plastico (FRP). Si creano così zone di diluizione comprese fra la membrana anionica affacciata all'anodo e la cationica affacciata al catodo e zone di concentrazione comprese fra la cationica affacciata all'anodo e l'anionica affacciata al catodo. Nella zona di diluizione è presente una resina a scambio ionico che facilita il trasferimento di ioni in ambiente a limitata concentrazione. I gas separati agli elettrodi vengono evacuati con il flussaggio e l'evacuazione del "brine" concentrato. Per effetto del campo elettrico applicato gli ioni sono attratti dai rispettivi elettrodi e limitati nel passaggio dalle membrane per cui avremo in uscita dalle celle un flusso di acqua deionizzata e un flusso di acqua contenente i sali rimossi. La resina a scambio ionico presente nella zona di diluizione si rigenera continuamente nella parte finale della cella per effetto della dissociazione dell'acqua provocata dal campo elettrico applicato e permette di ottenere un grado dell'effluente molto elevato.

4.3 SOSTENIBILITÀ IDRICA IN AGRICOLTURA

L'incremento delle frequenze di accadimento di situazioni di deficit idrico nel comparto agricolo rende improcrastinabile la necessità di ridurre l'impatto ambientale dell'agricoltura in termini di consumi idrici perseguendo modalità di irrigazione più sostenibile, riducendo gli sprechi. La riduzione degli sprechi va perseguita essenzialmente irrigando le colture in base alle reali esigenze delle piante e nel momento opportuno. La quantità d'acqua da utilizzare per l'irrigazione deve infatti essere quella necessaria a colmare la differenza tra l'acqua consumata dalle colture per evapotraspirazione e quella che giunge alle piante con le piogge e dalle falde superficiali, per risalita capillare nel terreno.

A tal fine è quindi fondamentale che le aziende agricole siano dotate di strumentazioni e metodologie finalizzate proprio alla definizione del corretto momento delle irrigazioni. I metodi maggiormente utilizzati (anche in relazione ai costi più contenuti rispetto a soluzioni più sofisticate) sono basati sulla valutazione, su base agroclimatica, del bilancio idrico nel terreno, prendendo in esame le relazioni esistenti tra pianta, clima e terreno, per individuare tempi e volumi irrigui in funzione delle specifiche colture.

Parallelamente alla definizione del momento e dei volumi corretti di acqua di irrigazione, la finalità del risparmio idrico può essere perseguita da un lato sviluppando e diffondendo il ricorso a tecniche di irrigazione a risparmio idrico e dall'altro adottando sistemi avanzati di automatizzazione e gestione digitale dell'irrigazione di campi agricoli anche di grandi estensioni superficiali.

Per quanto riguarda questo secondo aspetto dell'automazione dei sistemi irrigui, il ricorso a specifici dispositivi collegati a sensori rende possibile tracciare la quantità d'acqua utilizzata e individuare eventuali perdite lungo l'impianto. Risulta inoltre possibile automatizzare l'intero processo d'irrigazione, gestendo ed ottimizzando l'erogazione di acqua in funzione della variazione dei fabbisogni calcolati in automatico e in tempo reale in funzione delle condizioni metereologiche, grazie all'istallazione di centraline meteo dedicate alle singole aziende.

Dal punto di vista invece delle diverse tecnologie, molte delle quali ormai in commercio da anni, le scelte e il dimensionamento sono da effettuare in funzione di diversi fattori, che spaziano dalle esigenze colturali alle condizioni climatiche dei territori, dai costi di approntamento e istallazione alle modalità di gestione e manutenzione.

Alla luce dei diversi fattori di cui sopra devono quindi essere analizzate varie soluzioni tecniche in termini di:

- sostenibilità lavorativa dei processi irrigui: alleggerire il lavoro agricolo in modo da rendere meno onerose le bagnature;
- sostenibilità ambientale e tutela della risorsa: limitare il consumo dell'acqua allo stretto indispensabile, massimizzando le rese e slegare l'approvvigionamento energetico dalle fonti fossili;
- sostenibilità economica degli interventi irrigui: evitare di far gravare la gestione irrigua (e/o manutentiva) sulle casse degli agricoltori;
- durabilità del sistema: scegliere materiali e tecnologie robuste, adeguate per sopportare sia stress ambientali sia errori gestionali, di facile reperibilità.
- un sistema ottimizzato deve avere come elemento di innovazione il bilanciamento ragionato tra tutti gli elementi che lo costituiscono, partendo dalle esigenze colturali, passando dai volumi d'acqua prelevati, fino alle tecnologie messe in opera (semplici, robuste e sostenibili), i tutto in un insieme adeguato a supportare e stimolare le realtà locali nel loro processo produttivo.

4.3.1 PROGETTAZIONE DEL SISTEMA

La progettazione in termini di dimensionamento di massima dell'intero sistema si può articolare in 3 step principali:

A) definizione dei fabbisogni:

- Calcolo dell'evapotraspirazione potenziale;
- Calcolo dell'evapotraspirazione reale;
- Individuazione dei fabbisogni irrigui.

B) dimensionamenti idraulici:

- Dimensionamento delle pompe di adduzione;
- Dimensionamento del bacino tampone;
- Dimensionamento e verifica delle tubazioni;
- Dimensionamento della pompa di rilancio.

C) dimensionamenti energetici:

- Dimensionamento degli impianti e dei sistemi asserviti

Valori orientativi di efficienza dei metodi di irrigazione

Metodo irriguo	Efficienza massima di distribuzione idrica
Sommersione	< 25%
Scorrimento	40-50%
Infiltrazione laterale da solchi	55-60%
Aspersione	70-80%
Goccia	85-90%

4.3.1.1 SISTEMI AD ASPERSIONE O A GOCCIA

I sistemi di aspersione possono essere fondamentalmente ricondotti a due principali tipologie: sistemi di aspersione mediante tubazioni ferme durante l'irrigazione oppure sistemi meccanizzati:

- sistemi mediante tubazioni fisse possono ulteriormente distinguersi in ragione del fatto che le ali di aspersione siano mobili o stanziali, oppure del tipo fisso o semifisso;
- sistemi di aspersione meccanizzati si distinguono invece in sistemi semoventi ad ala avvolgibile, ad ali ad avanzamento frontale oppure ad ali imperniate.

Nel caso invece di tecniche dell'irrigazione con dispersione "a goccia", la fonte d'acqua è garantita da pozzi, impianti di distribuzione, bacini o sistemi canalizi superficiali, tutti in ogni caso connessi con un serbatoio di distribuzione dell'acqua. Una certa ridondanza delle fonti di approvvigionamento è importante dal punto di vista della resilienza del sistema irriguo poiché un'ipotetica interruzione del flusso d'acqua, o una sua riduzione, causerebbe una criticità nel settore di terreno interessato.

4.3.1.2 GESTIONE DELLE COLTURE E DELL'IRRIGAZIONE

L'impianto di irrigazione deve essere dimensionato in modo da poter soddisfare le esigenze idriche stagionali variabili delle colture, applicando le seguenti soluzioni:

- la portata media del doppio pozzo è circa il doppio dell'acqua mediamente necessaria per le colture;
- si considera che ogni pozzo funzioni per un determinato numero di ore al giorno, il che significa che in caso di necessità è possibile mantenere un tempo di pompaggio più lungo per aumentare la disponibilità idrica giornaliera;
- un serbatoio d'acqua per i periodi di picco viene scavato vicino all'area irrigata per fornire ulteriore disponibilità d'acqua.

L'apporto massimo giornaliero di acqua per l'irrigazione dipende dalla composizione delle colture nei campi, perché ogni coltura ha un fabbisogno idrico maggiore in un periodo definito e ogni coltura ha una quantità di acqua richiesta.

La scelta delle colture deve essere una decisione della comunità e la struttura di consulenza ha il ruolo di aiutare la comunità a finalizzare le scelte, ma non di prendere una decisione al posto loro. A seconda di ogni coltura, l'intera area di irrigazione viene suddivisa in file/aiuole. Anche la distanza tra le piante dipende dalle caratteristiche delle specie vegetali.

Nell'area tecnica verrà installata una stazione di filtraggio adatta alle acque sotterranee che di solito presentano tracce di sabbia. Il filtro è costituito da un idrociclone e da un filtro a griglia autopulente, è pre-assemblato e facile da installare.

Subito dopo il filtro verrà installata una valvola di scarico della pressione. Questa si aprirà automaticamente in caso di sovrappressione causata da un'errata chiusura e apertura delle valvole di campo. Prima del tubo principale, una valvola unidirezionale eviterà lo scarico dell'acqua dal tubo principale se la fonte d'acqua si trova più in basso rispetto al sistema di irrigazione.

I lavori per la realizzazione degli impianti di irrigazione prevedono l'installazione e la messa a punto degli elementi dell'impianto di irrigazione sulla base dello schema della disposizione aziendale preesistente.

L'impianto è situato a valle della fonte d'acqua ed è collegato ad essa con una tubazione dotata di un sistema di valvole parcellari per dividere il flusso d'acqua all'interno di tubi più piccoli. Ciascuna di queste tubature più piccole costituisce l'insieme delle "ali gocciolanti", ovvero dei tubi per l'irrigazione che al loro interno sono dotati di irrigatori integrati detti "gocciolatori".

Il Sistema di ali gocciolanti unito alla valvola dell'appezzamento ed è composto da 300 tubi che prendono forma secondo una configurazione specifica volta a irrigare il campo con meno acqua possibile.

Nel caso in cui questo sistema di irrigazione si concentri su un terreno agricolo esistente, lo schema delle tubazioni e il loro fissaggio al terreno sono progettati in modo da facilitarne la posa seguendo la disposizione delle piante e riducendo al minimo i lavori di movimento terra. Per questo motivo, le tubazioni poggiano sul terreno, invece di essere interrate, cercando di correre il più possibile lungo il posizionamento delle piante preesistenti.

Rispetto alla situazione precedente, l'unica differenza nel caso di un impianto di irrigazione incentrato su un nuovo campo agricolo (e non su uno esistente) consiste in un diverso layout dell'impianto e in un diverso posizionamento delle tubature.

Nel caso di una nuova coltivazione, le condutture sono interrate a profondità non elevate rispetto alla superficie (10-20 cm circa) e il loro tracciato è regolare e geometricamente definito. L'assenza di vincoli dovuti alla preesistenza di piante consente di ottimizzare al massimo lo schema di distribuzione degli elementi irrigui e di aumentare il risparmio idrico, grazie a una disposizione più precisa dei gocciolatori e ad un tasso di evapotraspirazione più basso dovuto all'interramento delle tubazioni.

In entrambi i casi, lo schema di tubazioni e irrigazione termina con un sistema di valvole che chiudono ogni linea principale per rendere possibile un flusso d'acqua regolare.

Per semplificare il sistema di irrigazione, riducendo al minimo le operazioni e i problemi di manutenzione, il fertilizzante verrà sparso manualmente, in base alle esigenze della singola coltivazione.

4.3.1.3 PROGRAMMA DI MANUTENZIONE

Per l'impianto di irrigazione, analogamente ai serbatoi e alle fontane, anche i principali elementi di collegamento del sistema di tubazioni devono essere sottoposti a una manutenzione continua, con la sostituzione degli elementi che mostrano segni di deterioramento. In ogni caso, ciascun intervento di manutenzione deve includere:

- il controllo della calibrazione degli ugelli/gocciolatori;
- la verifica dell'efficienza delle parti di tenuta, quali valvole, saracinesche e giunti;
- la verifica del corretto funzionamento e spegnimento delle pompe di sollevamento e della pressurizzazione, compresa la pulizia dei filtri.

Tutti i ricambi che verranno utilizzati per la riparazione degli impianti elettrici e idraulici devono essere della stessa marca e modello di quelli originali. Ovviamente, è necessario eseguire tempestivamente le riparazioni che si rendono necessarie per mantenere gli impianti elettrici e idraulici in perfetta efficienza.

4.3.2 PROSPETTIVE SULLA SOSTENIBILITÀ IDRICA IN AGRICOLTURA – DECRETO SICCIÀ

Il decreto-legge 14 aprile 2023, n. 39 noto come Decreto siccità, recante «Disposizioni urgenti per il contrasto della scarsità idrica e per il potenziamento e l'adeguamento delle infrastrutture idriche» è stato convertito con la legge 13 giugno 2023, n. 68. Le misure mirano ad aumentare la resilienza dei sistemi idrici ai cambiamenti climatici, ridurre le dispersioni di risorse idriche, è prevista la possibilità di realizzare liberamente vasche di raccolta di acque meteoriche per uso agricolo e riutilizzare le acque reflue depurate per uso irriguo.

L'obiettivo è garantire una fornitura costante di acqua per l'irrigazione e aumentare la capacità dell'agroecosistema di sopportare le variazioni climatiche e le situazioni di siccità. Per raggiungere questo scopo, è previsto di sostituire un terzo dei sistemi di irrigazione attuali con altri più efficienti che utilizzano tecnologie innovative, in modo da migliorare la gestione delle risorse idriche.

Vasche di raccolta di acque meteoriche per uso agricolo

L'articolo 6 della legge 68/2023 introduce disposizioni innovative in merito alle vasche di raccolta di acque meteoriche destinate all'uso agricolo, consentendo la loro realizzazione entro determinati limiti. In particolare, si stabilisce che tali vasche possano essere realizzate fino ad un volume massimo di 50 metri cubi di acqua per ogni ettaro di terreno coltivato, anche tramite un unico bacino. In riferimento alla durata della gestione del Commissario straordinario nazionale, si dispone che la realizzazione di vasche di raccolta di acque meteoriche destinate all'uso agricolo sia esente dall'obbligo di richiedere il permesso di costruire e rientri pertanto nell'ambito dell'edilizia libera. Tuttavia, si prescrive che tali vasche debbano essere funzionali alle attività agro-silvo-pastorali, realizzate mediante scavo diretto del suolo agricolo a fondo naturale, senza l'impiego di arginature emergenti dal suolo o di materiali edilizi come i conglomerati cementizi. L'obiettivo dell'articolo è quello di incentivare l'utilizzo dell'acqua piovana per scopi agricoli, favorendo la sua raccolta mediante la creazione di tali vasche e pertanto generando vantaggi per il settore agricolo nell'ottenere una fonte alternativa di approvvigionamento idrico.

Riutilizzo delle acque reflue depurate ad uso irriguo

La legge ha l'obiettivo di affrontare la crisi idrica promuovendo il riutilizzo delle acque reflue depurate prodotte dagli impianti di depurazione già in esercizio per fini irrigui in agricoltura. Il riutilizzo delle acque reflue depurate è consentito fino al 31 dicembre 2023, previa autorizzazione rilasciata dalla regione o dalla provincia autonoma territorialmente competente a seguito di un procedimento unico, nel rispetto delle prescrizioni minime dell'Allegato A del decreto.

Il decreto legge 30 dicembre 2023, n.215 art.12 (D.L. n.2023/215) ha disposto la proroga al 30 giugno 2024 del termine entro il quale adempiere all'obbligo; apportando una modifica all'articolo 7, comma 1, del decreto-legge 14 aprile 2023, n.39, convertito, con modificazioni, dalla legge 13 giugno 2023, n.68.

Il gestore dell'impianto di depurazione deve predisporre il piano di gestione dei rischi connessi al riutilizzo dell'acqua, collaborando con i responsabili del trasporto e dello stoccaggio delle acque reflue. Le amministrazioni, invece, devono adempiere alle attività previste utilizzando le risorse umane, strumentali e finanziarie previste dalla legislazione vigente.

4.4 QUADRO NORMATIVO

Le tematiche afferenti al trattamento delle acque reflue e del loro conseguente riutilizzo si basano su un complesso sistema normativo nazionale che talvolta trova specifiche declinazioni in campo regionale.

4.4.1 NORMATIVA EUROPEA – RIUTILIZZO ACQUE REFLUE DEPURATE IN AGRICOLTURA

Il regolamento (UE) 2020/741 del Parlamento europeo e del Consiglio del 25 maggio 2020, reca prescrizioni minime per il riutilizzo dell'acqua nell'irrigazione agricola si applicherà a decorrere dal 26 giugno 2023, ogni volta che le acque reflue urbane trattate siano riutilizzate a fini irrigui in agricoltura, in conformità all'articolo 12, paragrafo 1, della Direttiva 91/271/CEE.

Il presente regolamento ha l'obiettivo di garantire la sicurezza delle acque utilizzate per l'irrigazione in agricoltura, promuovendo un elevato livello di protezione dell'ambiente e della salute umana e animale, favorendo l'economia circolare e la gestione integrata delle risorse idriche. A tal fine, il regolamento stabilisce le prescrizioni minime per la qualità dell'acqua e il relativo monitoraggio, nonché disposizioni sulla gestione dei rischi e sull'utilizzo sicuro delle acque affinate. Inoltre, il regolamento mira a contrastare il problema della scarsità idrica e le pressioni sulle risorse idriche in tutta l'Unione Europea, contribuendo così all'adattamento ai cambiamenti climatici e al buon funzionamento del mercato interno.

Ambito applicazione

L'articolo 2 stabilisce le condizioni per il riutilizzo dell'acqua a fini irrigui in agricoltura nei vari distretti idrografici e prevede che uno Stato membro possa decidere di non riutilizzare l'acqua per lo scopo sopra citato, prendendo in considerazione alcuni criteri. I criteri da considerare sono: le condizioni geografiche e climatiche del distretto idrografico o parti di esso, le pressioni sulle altre risorse idriche e lo stato di queste ultime, le pressioni sui corpi idrici superficiali in cui le acque reflue urbane trattate sono scaricate e lo stato di tali corpi idrici, i costi ambientali e in termini di risorse che comportano le acque affinate e altre risorse idriche. Inoltre, la decisione presa viene riesaminata almeno ogni sei anni, tenendo conto delle proiezioni relative ai cambiamenti climatici, delle strategie nazionali di adattamento ai cambiamenti climatici e dei piani di gestione dei bacini idrografici. L'articolo mira a garantire un uso sostenibile delle risorse idriche, tenendo conto delle condizioni specifiche di ogni distretto idrografico e delle implicazioni ambientali ed economiche dell'uso dell'acqua a fini irrigui in agricoltura.

Obblighi gestore impianti

Il gestore dell'impianto di affinamento è responsabile della verifica della conformità delle acque (art.4), in modo che rispettino le prescrizioni minime, e del monitoraggio della qualità dell'acqua, sempre nel rispetto del regolamento e delle condizioni stabilite nel permesso. Una volta definito il punto di conformità, il gestore dell'impianto di affinamento non è più responsabile della qualità dell'acqua.

Piano di gestione dei rischi

Il gestore dell'impianto di affinamento, le parti responsabili e gli utilizzatori finali devono sviluppare un piano di gestione dei rischi (art. 5) in collaborazione con altre parti pertinenti.

Il piano di gestione dei rischi deve includere tutti i principali elementi della gestione dei rischi come descritto nell'allegato II del regolamento e deve individuare le responsabilità di gestione dei rischi del gestore dell'impianto di affinamento e di altre parti responsabili. In particolare, il piano prevede a: stabilire prescrizioni necessarie per il gestore dell'impianto di affinamento per attenuare i rischi prima del punto di conformità, individuare i pericoli, i rischi e stabilire misure preventive e/o correttive in conformità all'allegato del regolamento. Il piano deve individuare ulteriori barriere nel sistema di riutilizzo dell'acqua e stabilire ulteriori prescrizioni per garantire che il sistema di riutilizzo dell'acqua sia sicuro, comprese le condizioni relative alla distribuzione, allo stoccaggio e all'utilizzo. Inoltre, è prevista la possibilità da parte della Commissione di integrazioni al fine di adattare al progresso tecnico e scientifico i principali elementi della gestione dei rischi.

Rilascio di un permesso

Il regolamento stabilisce che sia necessario un permesso (art. 6) per gestire il sistema di riutilizzo dell'acqua. Il permesso descrive gli obblighi del responsabile dell'impianto di trattamento e di qualsiasi altra parte responsabile e si basa sul piano di gestione dei rischi associati al riutilizzo dell'acqua, specifica la classe o le classi di qualità delle acque trattate, la destinazione d'uso delle colture per le quali le acque trattate sono consentite, il luogo di utilizzo, l'impianto o gli impianti di trattamento, il volume annuo stimato delle acque trattate da produrre, le condizioni relative ai requisiti minimi per la qualità, il monitoraggio dell'acqua e altre condizioni necessarie connesse al riutilizzo dell'acqua come stabilito nei relativi allegati al regolamento. Il processo per ottenere il permesso prevede che le parti responsabili del sistema di riutilizzo dell'acqua presentino una domanda all'autorità competente dello Stato membro in cui l'impianto di trattamento è in funzione o sarà in funzione. L'autorità competente può consultare altre autorità competenti se ritenuto necessario, in particolare le autorità del settore idrico e del settore sanitario, per prendere la decisione finale. Il permesso viene riesaminato periodicamente ed aggiornato. Se l'autorità competente necessita di più di 12 mesi nel rilascio del permesso dal ricevimento della domanda, deve comunicare al richiedente la data prevista per la decisione finale.

Verifiche della conformità

L'articolo 7 riguarda la verifica della conformità alle condizioni del permesso per la produzione e la distribuzione di acque trattate per l'irrigazione agricola. L'autorità competente ha il compito di verificare la conformità attraverso controlli in loco, dati di monitoraggio e qualsiasi altro mezzo adeguato. In caso di mancata conformità, il gestore dell'impianto deve adottare le necessarie misure di ripristino e informare gli utilizzatori finali. Se la mancata conformità comporta un rischio significativo per l'ambiente o la salute, l'erogazione di acque affinate viene sospesa fino al ripristino della conformità.

Il regolamento si focalizza sull'importanza della cooperazione tra gli Stati membri dell'Unione Europea (art. 8) per la gestione del riutilizzo delle acque. Viene sottolineata la necessità di designare un punto di contatto per la cooperazione e di scambiarsi informazioni prima di concedere il permesso per il riutilizzo delle acque. Gli Stati membri sono tenuti a sensibilizzare il pubblico sull'importanza del riutilizzo sicuro dell'acqua e a fornire informazioni online riguardanti la quantità e la qualità delle acque affinate, i permessi concessi. Inoltre, la pubblicazione periodica di informazioni sui risultati della verifica della conformità e sui casi di mancata conformità promuove la trasparenza e la responsabilità nella gestione del riutilizzo delle acque.

I Paesi membri sono responsabili di adottare tutte le misure necessarie per garantirne l'applicazione del Regolamento. Le sanzioni (art. 15) devono essere effettive, bilanciate e in grado di scoraggiare eventuali comportamenti illeciti. I Paesi membri sono tenuti a comunicare alla Commissione tali

norme e misure entro il 26 giugno 2024 e a notificare qualsiasi modifica successiva. La comunicazione delle norme e delle modifiche successive alla Commissione europea garantisce la trasparenza e la responsabilità nella gestione delle sanzioni per le violazioni del regolamento.

4.4.2 NORMATIVA NAZIONALE

A livello nazionale, il riutilizzo delle acque è normato da:

- Articolo 99, comma 1, del Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152: che definisce che:
 - Il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio con proprio decreto, sentiti i Ministri delle Politiche Agricole e Forestali, della Salute e delle Attività Produttive, detta le norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue;
 - Le regioni, nel rispetto dei principi della legislazione statale, e sentita l'Autorità di vigilanza sulle risorse idriche e sui rifiuti, adottano norme e misure volte a favorire il riciclo dell'acqua e il riutilizzo delle acque reflue depurate
- Decreto 2 Maggio 2006 che, ai sensi dell'articolo 99, comma 1, del Decreto legislativo 3 Aprile 2006, n. 152, definisce le norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue, domestiche, urbane ed industriali attraverso la regolamentazione delle destinazioni d'uso e dei relativi requisiti di qualità, ai fini della tutela qualitativa e quantitativa delle risorse idriche, limitando il prelievo delle acque superficiali e sotterranee, riducendo l'impatto degli scarichi sui corpi idrici recettori e favorendo il risparmio idrico mediante l'utilizzo multiplo delle acque reflue.

Pertanto, ai fini del riutilizzo delle acque è necessario riferirsi alle norme tecniche definite dal Decreto 2 Maggio 2006 ed a eventuali normative regionali.

Si dovrà inoltre valutare l'applicabilità del Regolamento (UE) 2020/741 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 maggio 2020, recante prescrizioni minime per il riutilizzo dell'acqua: con riferimento a quanto riportato nell'articolo 2, comma 1, il regolamento "si applica ogni volta che le acque reflue urbane trattate sono riutilizzate, in conformità dell'articolo 12, paragrafo 1, della direttiva 91/271/CEE, a fini irrigui in agricoltura, come specificato nell'Allegato I, sezione 1".

4.4.2.1 DECRETO LEGISLATIVO 2 MAGGIO 2006

Si riportano di seguito le principali norme tecniche definite dal Decreto 2 Maggio 2006:

- il riutilizzo deve avvenire in condizioni di sicurezza ambientale, evitando alterazioni agli ecosistemi, al suolo ed alle colture, nonché rischi igienico-sanitari per la popolazione esposta e comunque nel rispetto delle vigenti disposizioni in materia di sanità e sicurezza e delle regole di buona prassi industriale e agricola;
- il decreto non disciplina il riutilizzo di acque reflue presso il medesimo stabilimento o consorzio industriale che le ha prodotte;
- le destinazioni d'uso ammissibili delle acque reflue recuperate sono le seguenti:
 - irriguo: per l'irrigazione di colture destinate sia alla produzione di alimenti per il consumo umano ed animale sia a fini non alimentari, nonché per l'irrigazione di aree destinate al verde o ad attività ricreative o sportive;
 - civile: per il lavaggio delle strade nei centri urbani, per l'alimentazione dei sistemi di riscaldamento o raffreddamento, per l'alimentazione di reti duali di adduzione;

- industriale: come acqua antincendio, di processo, di lavaggio e per i cicli termici dei processi industriali, con l'esclusione degli usi che comportano un contatto tra le acque reflue recuperate e gli alimenti o i prodotti farmaceutici e cosmetici.
- le acque reflue recuperate destinate al riutilizzo irriguo o civile devono possedere, all'uscita dell'impianto di recupero, requisiti di qualità chimico-fisici e microbiologici almeno pari a quelli riportati in Tabella 2. In caso di riutilizzo per destinazione d'uso industriale, le parti interessate concordano limiti specifici in relazione alle esigenze dei cicli produttivi nei quali avviene il riutilizzo, nel rispetto comunque dei valori previsti per lo scarico in acque superficiali dalla tabella 3 dell'allegato 5 della Parte Terza del decreto legislativo n. 152/2006;
- il riutilizzo irriguo di acque reflue recuperate deve essere realizzato con modalità che assicurino il risparmio idrico e non può comunque superare il fabbisogno delle colture e delle aree verdi, anche in relazione al metodo di distribuzione impiegato. Il riutilizzo irriguo è comunque subordinato al rispetto del codice di buona pratica agricola di cui al decreto del Ministro per le politiche agricole e forestali 19 aprile 1999, n. 86. Gli apporti di azoto derivanti dal riutilizzo di acque reflue concorrono al raggiungimento dei carichi massimi ammissibili, ove stabiliti dalla vigente normativa nazionale e regionale, e alla determinazione dell'equilibrio tra il fabbisogno di azoto delle colture e l'apporto di azoto proveniente dal terreno e dalla fertilizzazione, ai sensi dell'allegato VII, parte AIV, della Parte Terza del decreto legislativo n. 152/2006;
- le regioni possono stabilire appositi accordi di programma con i titolari degli impianti di recupero delle acque reflue e i titolari delle reti di distribuzione, anche al fine di prevedere agevolazioni ed incentivazioni al riutilizzo, ai sensi di quanto disposto nell'art. 99, comma 1, del decreto legislativo n. 152/2006;
- con riferimento alla Tabella 2:
 - nelle acque all'uscita dell'impianto di recupero, i limiti per pH, azoto ammoniacale, conducibilità elettrica specifica, alluminio, ferro, manganese, cloruri, solfati di cui alla Tabella 2 rappresentano valori guida. Per tali parametri le regioni possono autorizzare limiti diversi da quelli di cui alla tabella, previo parere conforme del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, per le specifiche destinazioni d'uso, comunque, non superiori ai limiti per lo scarico in acque superficiali di cui alla tabella 3 dell'allegato 5 della Parte Terza del decreto legislativo n. 152/2006. Per la conducibilità elettrica specifica, non deve essere superato il valore di 4000 microS/cm. Per i restanti parametri chimico-fisici le regioni possono prevedere, sulla base di consolidate conoscenze acquisite per i diversi usi e modalità di riutilizzo a cui le acque reflue sono destinate, limiti diversi da quelli previsti nella tabella, purché non superiori i limiti per lo scarico in acque superficiali di cui alla Tabella 3 della Allegato 5 della Parte Terza del decreto legislativo n. 152/2006, previo parere del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio;
 - nel caso di riutilizzo irriguo, i limiti per fosforo e azoto totale possono essere elevati rispettivamente a 10 e 35 mg/l;
 - per tutti i parametri chimico-fisici, i valori limite sono da riferirsi a valori medi su base annua o, nel solo caso del riutilizzo irriguo, della singola campagna irrigua. Il riutilizzo deve comunque essere immediatamente sospeso ove, nel corso dei controlli, il valore puntuale di qualsiasi parametro risulti superiore al 100% del valore limite;
 - per il parametro Escherichia coli il valore limite indicato in tabella (10 UFC/100 ml) è da riferirsi all'80% dei campioni, con un valore massimo di 100 UFC/100 ml. Il riutilizzo

deve comunque essere immediatamente sospeso ove nel corso dei controlli il valore puntuale del parametro in questione risulti superiore a 100 UFC/ 100 ml.

4.4.3 NORMATIVA REGIONALE

A livello regionale sono stati emanati solamente i seguenti provvedimenti:

- Regione Puglia:
 - Regolamento regionale 18 aprile 2012, n.8 – norme e misure per il riutilizzo delle acque reflue depurate;
- Regione Sardegna:
 - Deliberazione della Giunta regionale 10 dicembre 2008, n. 69/25 - Disciplina regionale degli scarichi

Entrambe le Regioni hanno identificato per alcuni parametri dei limiti per il riutilizzo diversi (meno restrittivi) da quelli definiti a livello nazionale (Tabella 3).

Tabella 4.1 – Normativa regionale – Puglia e Sardegna - Valori limite delle acque reflue all'uscita dell'impianto di recupero

Parametro	U.M.	Valore limite Decreto 2 Maggio 2006	Valore limite Puglia e Sardegna
pH		6-9,5	5,5 - 9,5
Fosforo totale	mg P/L	2	2 (10) (a)
Azoto totale	mg N/L	15	15 (35) (a)
Azono ammoniacale	mg NH ₄ /L	2	15
Conducibilità elettrica	µS/cm	3000	4000
Solfati	mgSO ₄ /L	500	1000
Cloruri	mg Cl/L	250	1200
Escherichia coli	UFC/100mL	10 (80% dei campioni); 100 valore puntuale max.	10 su 100 ml (80% dei campioni)
Litio	mg/L		2,5
Molibdeno	mg/L		0,01

(a) Nel caso di riutilizzo irriguo, i limiti per fosforo e azoto totale possono essere elevati rispettivamente a 10 e 35 mg/l, fermo restando quanto previsto dal D.lgs. 152 del 2006 relativamente alle zone vulnerabili da nitrati di origine agricola.

Inoltre, si evidenzia però che, a fronte di limiti teoricamente meno restrittivi:

- la regione Puglia ha definito che, per il riutilizzo a fini irrigui, siano utilizzate esclusivamente acque reflue urbane e domestiche trattate ed affinate nel rispetto dei limiti qualitativi di

- e Tabella 4.1 ;
- la regione Sardegna ha stabilito che *“le acque da recuperare non devono derivare da cicli produttivi contenenti sostanze pericolose di cui all'art. 2 comma 1 della Direttiva Regionale recante disciplina degli scarichi approvata con DGR n.69/25 del 10/12/2008.”*

Allo scopo di unificare la terminologia qui applicata, con riferimenti oggettivi ad elementi normativi e scientifici, si riportano di seguito le principali descrizioni delle terminologie utilizzate nel presente documento e i riferimenti normativi.

In via prioritaria, così da meglio inquadrare lo scopo delle Linee Guida si precisa che:

- 1) acque destinate al recupero: si tratta tipicamente di acque altrimenti destinate allo scarico diretto su suolo, corpo idrico superficiale o fognatura;
- 2) trattamento di recupero e riutilizzo (water reuse): si tratta di trattamenti delle acque di cui al punto 1, siano essi di tipo chimico, fisico o biologico;
- 3) acque destinate al riutilizzo: si tratta del risultato del trattamento (di cui al punto 2) per un nuovo utilizzo primario delle acque.

In riferimento al ciclo idrico integrato si fa riferimento a:

- acque primarie: acque destinate ad un primo utilizzo, siano esse derivate da falda, pozzi, corsi idrici, mare, acquedotto, sia in forma diretta che previo trattamento (non oggetto delle presenti Linee Guida, sebbene i trattamenti più avanti descritti ne possano trovare applicazione);
- utilizzi: potabile, usi domestici, lavaggi, irrigazione, usi industriali, usi agricoli, ecc., ovvero gli usi ai quali è destinata l'acqua primaria, ma anche eventualmente quella del ri-utilizzo;
- scarichi: si intendono le acque reflue, dopo l'utilizzo, nonché le acque piovane, ovvero tutte quelle acque che sono destinate ad uno scarico finale, previo o meno trattamento depurativo;
- recupero: si tratta del processo di trattamento degli scarichi, dimensionato e realizzato per un nuovo utilizzo della risorsa idrica, spesso diverso da quello al quale l'acqua primaria originaria era stata destinata.

In riferimento alla Normativa di settore si fa riferimento essenzialmente a:

- Decreto 31 - Acque destinate al consumo umano;
- D. Lgs. 152/06 e s.m.i. per quanto attiene agli scarichi idrici;
- Normative Regionali per quanto attiene al recupero e riutilizzo.

Si è detto che per acque destinate al recupero si intendono reflui che altrimenti verrebbero scaricati (INPUT per il Water Reuse); in questo caso pertanto partiamo dal considerare le caratteristiche che tali reflui possono avere, tal quali, da sistemi di scarico esistenti. Il passaggio che ci porterà a definire se e quale soluzione di water reuse possa essere sviluppata sarà quello di definire le caratteristiche desiderate (OUTPUT per il Water Reuse).

Lo screening degli scarichi di cui il singolo sito, produttivo o di servizi che sia, dispone è l'elemento di base per comprendere la potenzialità complessiva di recupero di volumi di acque.

Si parte pertanto da una mappatura delle reti di scarico (fognature) per comprendere la costituzione quali-quantitativa dei diversi flussi e delle loro potenzialità di recupero in base alla singole/complessive caratteristiche; valutare se uno o più flussi possano essere destinati al recupero significa anche prevedere di intercettare, accumulare ed eventualmente omogenizzare i diversi flussi.