

Tavolo Tecnico Interagenziale
“Gestione Sostenibile delle Risorse Idriche”

ESAME DELLA NORMATIVA
SUL RIUTILIZZO DELLE ACQUE DEPURATE
(LINEA DI ATTIVITÀ 2)

Arpa Basilicata

dott. Vincenzo Sigillito – Direttore

dott. Bruno Bove – Dirigente Ufficio Risorse Idriche –Settore IMPC

ing. Lydia Lamorgese – Servizio Monitoraggio e Prevenzione

ing. Ersilia Di Muro - Ufficio Risorse Idriche - Settore IMPC

DICEMBRE 2006

INDICE

1	Premessa.....	3
2	Normativa internazionale.....	5
2.1	Linee guida della World Health Organization.....	6
2.2	Stockholm framework.....	10
2.2.1	Le linee guida per la qualità dell'acqua d'irrigazione.....	13
2.3	Le norme dell'U.S. Environmental Protection Agency.....	16
2.4	Confronto tra i limiti normativi americani.....	22
2.5	Messico.....	27
2.6	Esempi di riuso nei Paesi Mediterranei.....	28
2.6.1	Mediterraneo Medio-orientale.....	29
2.6.1.1	Israele.....	29
2.6.1.2	Giordania.....	33
2.6.1.3	Tunisia.....	36
2.6.1.4	Rassegna di normativa e linee guida di altri Paesi del Mediterraneo.....	37
3	Le problematiche di gestione delle risorse idriche e del riutilizzo in Europa.....	39
4	Normativa comunitaria ed europea.....	43
4.1	Spagna.....	43
4.2	Francia.....	44
4.3	Cipro.....	45
4.4	Situazione normativa sul riuso in altri Stati europei.....	46
5	Normativa italiana.....	50
6	Conclusioni.....	55
7	Bibliografia.....	57

1 Premessa

L'acqua è stata considerata per anni un bene di scarso valore in quanto ritenuta inesauribile e di nessun costo reale. Attualmente tale concetto è in fase di superamento a favore di una valutazione dell'acqua come una risorsa limitata di cui fare un uso corretto, al fine di non dissipare un bene patrimonio di tutti. Negli ultimi anni, a livello internazionale, l'aumento delle pressioni sulle risorse idriche e l'affermarsi del concetto e delle azioni rivolte allo "sviluppo sostenibile" hanno condotto alla definizione di importanti progetti e programmi di conservazione e di risparmio, mediante innovazioni tecnologiche e gestionali, spesso accompagnate da campagne di sensibilizzazione e da modificazioni tariffarie ed economiche.

In considerazione della sempre minore disponibilità di acque di buona qualità, che generalmente vengono destinate all'uso potabile, civile e industriale, un tema di grande attualità, oggetto di attenzione sia scientifica che legislativa, è la possibilità di riutilizzo delle acque reflue, aspetto integrante il corretto governo della risorsa nel suo complesso.

Per la gestione del ciclo dell'acqua, il riutilizzo delle acque reflue depurate rappresenta un approccio evoluto per un uso più razionale della risorsa idrica. Il vantaggio economico del riutilizzo risiede nel fornire un approvvigionamento idrico alternativo, valido almeno per gli usi per cui non è richiesta acqua di elevata qualità.

Storicamente il riuso delle acque per l'irrigazione dei campi ha rappresentato una pratica molto diffusa ed è ancora utilizzato in molti paesi. L'agricoltura ha una lunga tradizione di riutilizzo delle risorse idriche, a partire dalla storia greca e romana. Verso la fine del Medioevo, in Europa, alcuni privati cominciarono a farsi costruire vasche di raccolta per i liquami domestici. Una volta piene, queste vasche, che erano una sorta di prototipo dei futuri pozzi neri, venivano fatte svuotare e i liquami prelevati venivano riversati su terreni abbandonati o utilizzati per concimare i campi. Esempi dell'epoca moderna sono le "sewage farms" tedesche di quasi 500 anni fa, le marcite del Milanese, attive fino a non molti anni fa e le aree agricole del Messico e del Cile, ancora largamente irrigate con acque reflue.

Con il tempo le problematiche connesse alla diffusione di malattie dovute all'uso di tali acque ha condotto i paesi più avanzati a definire regolamentazioni e norme per il riuso. I Paesi più esperti in materia di riutilizzo delle acque reflue depurate sono gli Stati Uniti e lo Stato di Israele. Negli anni '70 le acque reflue depurate rappresentavano circa il 10% del potenziale idrico di Israele. Negli Stati Uniti la pratica del riutilizzo delle acque reflue ha preso piede soprattutto negli Stati Desertici del Sud: in particolare la California e il Texas. In California, infatti, sono state approvate le prime leggi che introducevano standard di qualità alle acque da riutilizzare che garantissero da rischi per la salute umana. Nei Paesi molto aridi e poco dotati di risorse idriche dell'area mediterranea le acque reflue, depurate e non, scaricate nei corpi idrici sono spesso nuovamente impiegata in irrigazione, trasformando quello che è un rifiuto in una nuova risorsa utile al sostegno dell'agricoltura locale.

A partire dagli anni '90 è sensibilmente cresciuto l'interesse per il riutilizzo di acque reflue urbane depurate in molte parti del mondo, soprattutto sotto la spinta degli organismi internazionali che promuovono lo sviluppo sostenibile. Con la crescita della sensibilità ambientale e in risposta alle pressanti esigenze di incrementare i quantitativi di acqua utilizzabili in agricoltura, per l'industria e a scopi potabili, il tema del riutilizzo delle acque si sta diffondendo sempre più anche nei Paesi con maggiori quantitativi d'acqua primaria disponibile.

Obiettivo del riutilizzo è la limitazione del prelievo delle acque superficiali e sotterranee, la riduzione dell'impatto degli scarichi sui corpi idrici recettori, il risparmio attraverso l'utilizzo multiplo delle acque reflue.

Le attività sociali, produttive e ricreative, sia in ambito urbano che rurale, richiedono ed impiegano una grande quantità di acqua. La conseguenza diretta dell'utilizzo dell'acqua è la produzione di grandi quantitativi di scarichi che, per poter essere reimpiegati, devono necessariamente essere sottoposti a trattamenti depurativi.

Le acque reflue, che in passato contenevano quasi esclusivamente sostanze biodegradabili, presentano attualmente maggiori problemi di chiarificazione a causa della presenza sempre più ampia di composti chimici di origine sintetica, impiegati sia nel settore industriale che in quello agricolo.

Dalle esperienze maturate in paesi che hanno applicato, da diverso tempo, il riutilizzo delle acque, emerge l'estrema importanza della normativa tecnica, di carattere igienico-sanitario, relativa alle caratteristiche delle acque per il riuso e alle problematiche connesse con l'applicazione dei reflui. Ogni investimento in materia deve necessariamente fare affidamento su elementi certi, su criteri di trattamento ed utilizzo dell'acqua, tali da indurre gli investitori, e in ogni modo tutti i soggetti interessati, ad assumere iniziative concrete in materia. La chiarezza normativa è una condizione indispensabile per assicurare una "accettabilità", non sempre scontata, dell'acqua riciclata. Occorre, per tutti i settori per i quali vi possono essere interessi connessi al riutilizzo delle acque, ragionare in un'ottica di pianificazione integrata di gestione del territorio e delle acque, che tenga conto delle risorse idriche, della raccolta delle acque reflue, della depurazione e del riutilizzo.

Di seguito si riporta una panoramica sugli approcci normativi seguiti a livello internazionale e nell'ambito comunitario valutati di maggiore interesse ai fini di una gestione sostenibile di tale risorsa "non convenzionale", ed un breve confronto con la normativa italiana. In base all'indagine effettuata l'attenzione si è concentrata in particolare sui differenti approcci nella definizione di linee guida e regolamenti per il riuso agricolo, per il quale è emersa una normativa più consolidata.

2 Normativa internazionale

Le potenzialità dell'opzione del riuso delle acque reflue risultano rilevanti ma condizionate da difficoltà sia di carattere normativo che economico, nonché legate alla salvaguardia della salute pubblica. Un fattore chiave nel determinare la possibilità concreta del riuso di acque reflue è la certezza di rigorosi controlli sulla qualità degli effluenti impiegati e di una continua azione di monitoraggio sull'evoluzione qualitativa dei vari comparti coinvolti (acqua, suolo, piante). I limiti di qualità per le acque riutilizzabili in irrigazione, ad esempio, richiedono non solo di salvaguardare gli aspetti sanitari, ma di contrastare tutti i problemi che si potrebbero manifestare sulle colture e nel terreno, nonché sulla stessa funzionalità degli impianti irrigui. Emerge in ogni caso la necessità di precisi adattamenti alla realtà locale, intesa come condizioni socio-economiche e di disponibilità della risorsa primaria, clima, suoli, colture agrarie di maggior rilievo e abitudini nella fruizione del verde pubblico e delle aree ricreative.

L'aspetto più importante valutato è rappresentato dalla presenza di patogeni nelle acque che condiziona la scelta della tecnologia depurativa e delle tecniche di irrigazione più adatte. In generale la definizione di standard di qualità molto rigorosi comporta la necessità di effettuare trattamenti di affinamento dispendiosi che riducono la convenienza economica dell'uso di acque depurate, il cui costo deve, comunque, rimanere competitivo rispetto a quello delle risorse convenzionali.

Nella definizione della normativa per il riuso è necessario tener presente due aspetti fondamentali, da un lato impedire un uso non autorizzato, senza rispetto degli standard igienico-sanitari, ma dall'altro permettere un realistico sviluppo della pratica del riuso. Rimane, inoltre, la difficoltà oggettiva di dimostrare la correlazione esistente tra grado di contaminazione da patogeni dell'acqua irrigua e la presenza di questi sui prodotti coltivati che si traduce nella contraddittorietà di molte normative. Le norme e le linee-guida per il riuso sono condizionate principalmente dagli standard di vita e delle condizioni sanitarie esistenti nei vari paesi in cui vengono applicate. In generale i due principali riferimenti seguiti dalla maggioranza delle nazioni che hanno definito standard e linee-guida per il riuso delle acque reflue depurate, sono le prescrizioni e linee-guida proposte dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO) e quelle dello Stato della California.

Le linee guida espresse dalla WHO sono state diffusamente utilizzate come modello in materia di riuso delle acque reflue ed hanno contribuito ad aumentare l'interesse verso il riuso di questa risorsa alternativa e il raggiungimento di standard di qualità delle acque non troppo restrittivi con costi di trattamento relativamente bassi. Nel corso di quest'anno (2006) è stata pubblicata una revisione del documento “ *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Wastewater use in agriculture* ” 2006 che prevede una rivoluzione nell'approccio alla definizione delle linee guida per le acque reflue depurate.

La California è stato il primo stato americano ad avviarsi verso il riuso di acqua reflua urbana depurata. L'approccio californiano si è basato sull'applicazioni di norme e prescrizioni piuttosto severe. Le prime normative per il riuso risalgono già al 1918. Nel 1970, il Codice delle acque dello Stato della California stabilì che “ *è intenzione dell'assemblea legislativa che lo Stato adotti ogni possibile misura per promuovere lo sviluppo di servizi per il recupero delle acque in modo tale che esse contribuiscano a soddisfare le sempre più crescenti esigenze idriche dello Stato* ”. Sulla scorta di tali esperienze, i benefici del riuso delle acque reflue urbane depurate, quale risorsa idrica alternativa, sono stati riconosciuti dalla maggioranza degli altri Stati federati che hanno adottato e adeguato al loro contesto specifico il modello californiano. Di seguito si riporta un confronto tra le principali normative degli Stati Americani in cui le sperimentazioni di riutilizzo sono più progredite.

2.1 Linee guida della World Health Organization

Dalla metà degli anni ottanta la World Health Organization (WHO) ha intrapreso studi in particolare nel Sud-America, sull'incidenza di patologie idrotramissibili dovute all'utilizzo di reflui urbani per la produzione di alimenti.

In base agli studi epidemiologici, promossi in occasione della consultazione di Endelberg in Svizzera, convocata nel 1985 con lo scopo di fornire indicazioni utili per una gestione corretta e sicura della risorsa idrica, nel 1989 sono state proposte delle specifiche linee guida WHO in merito al riuso di acque reflue. Sulla base di studi epidemiologici empirici, studi sulla trasmissione dei patogeni e sulla quantitativa del rischio microbiologico, nel 1999 è stata proposta una revisione con limiti più restrittivi.

Tali standard denominati Blumenthal, dal nome del capo della commissione scientifica, riguardano le più comuni forme di utilizzo di acqua reflua:

- per irrigare;
- come fertilizzante per il suolo;
- in acquacultura.

Le linee guida pongono restrizioni differenti nel caso di irrigazione non limitata (unrestricted), effettuata su prodotti agricoli da consumare crudi o su aree aperte al pubblico (parchi pubblici), e nel caso di irrigazione limitata (restricted) effettuata su prodotti da non consumare crudi o su aree non aperte al pubblico e che quindi richiedono una minore qualità delle acque impiegate.

Gli standard di qualità proposti fanno riferimento a parametri microbiologici e al rischio epidemiologico loro connesso. I limiti fissati tengono conto della presenza di coliformi fecali, quali organismi indicatori, e di uova di elminti.

Le misure di protezione per la salute sono distinte in funzione della tipologia di prodotto ottenuto utilizzando acque reflue depurate e degli individui esposti distinti in coltivatori, consumatori e pubblico. Le categorie individuate sono indicate in Tabella 1.

Tabella 1 – Categorie di protezione

Categoria A	Categoria B	Categoria C
necessaria la protezione solo per i coltivatori.	necessario che vengano prese maggiori misure cautelative.	si prevedono trattamenti spinti per una applicazione non restrittiva.
prodotti industriali, cotone, canapa, cereali e foreste così come quei prodotti che vanno inscatolati	pascoli, foraggio fresco e alberi che producono frutta e vegetali che vengono sbucciate o cucinate prima di essere mangiate	prodotti freschi, frutti irrigati a spray, parchi e campi da golf

In Tabella 2, per ogni classe di qualità delle colture, sono individuati sia i gruppi esposti che i trattamenti necessari per raggiungere i limiti indicati.

I trattamenti proposti sono di tipo estensivo in quanto hanno rese depurative compatibili con i limiti fissati e, per il loro basso costo d'impianto e di gestione, possono essere utilizzati anche in Paesi in via di sviluppo.

L'approccio con cui sono state proposte nel 1989 le linee guida della WHO si è basato sulla

valutazione di eventuali casi in eccesso che si verificano nella popolazione esposta e sulla definizione del rischio accettabile in antitesi con il criterio del rischio zero (Blumenthal et al, 2000).

Come riportato in Tabella 2, tale impostazione ha condotto a non fissare limiti relativamente all'irrigazione limitata in quanto durante la fase di sperimentazione non è stato riscontrato alcun caso di infezione virale o batterica nei gruppi esposti.

Tabella 2 - Limiti WHO (da Scott. et al, 2004)

Categoria	Condizioni di riuso	Tecniche di irrigazione	Gruppo esposto	Uova di nematodi intestinali (N/1 - media aritmetica)	Uova di nematodi intestinali (N/1 - media aritmetica)	Coliformi fecali (N/100 ml - media geometrica)	Coliformi fecali (N/100 ml - media geometrica)	Trattamento necessario per raggiungere i requisiti igienici imposti
				Limiti 1989	Revisione 1999	Limiti 1989	Revisione 1999	
A	Irrigazione senza restrizioni Colture destinate ad essere consumate crude; Campi sportivi; giardini	tutte	Agricoltori; consumatori; pubblico	≤1	≤0,1	≤1000	≤1000	Serie di bacini di stabilizzazione per il tempo richiesto per raggiungere i valori imposti ; sequenza di trattamenti tipo trattamenti secondari completati da filtrazione e disinfezione
B	Irrigazione con restrizioni Colture cerealicole; industriali; foraggiere; piantagioni e alberi	aspersione	B1 Agricoltori (ma non bambini sotto 15 anni) Comunità limitrofe	≤1	≤1	No standard	≤1000	Bacino di stabilizzazione per 8 - 10 giorni; sequenza di trattamenti tipo trattamenti secondari completati da filtrazione e disinfezione
		scorrimento	B2 come B1	≤1	≤1	No standard	≤1000	Come per la Categoria A
		tutte	B3 lavoratori, comunità limitrofe	≤1 No standard	≤0,1	≤1000	≤1000	Come per la Categoria A
C	Irrigazione localizzata su colture di tipo B senza esposizione di lavoratori e pubblico Colture cerealicole; industriali; foraggiere; piantagioni e alberi		nessuno	Non applicabile	Non applicabile	Non applicabile	≤1000	Pretrattamenti richiesti per la tecnologia d'irrigazione, non meno della sedimentazione primaria

Come confermato nella revisione 2006 delle linee guida WHO, in considerazione di studi epidemiologici condotti nel Messico Centrale, il raggiungimento di valori ≤ 1 uova per litro potrebbe essere non sufficiente a proteggere nelle condizione in cui è favorita la sopravvivenza delle uova (ad esempio caldo, umidità del suolo). Tali condizioni rappresentano un rischio soprattutto per i ragazzi sotto i 15 anni che mangiano verdura cruda che è stata irrigata con acque reflue trattate che contengono concentrazioni ≤ 1 uova per litro.

La più efficace misura per la rimozione delle uova di nematodi è rappresentata dal lavaggio della superficie dei vegetali mangiati crudi con deboli detergenti e risciacquo in acqua pulita.

La riduzione delle uova di nematodi dipende dal numero di uova presenti nell'acque reflua di partenza, in Tabella 3 si riportano le opzioni per la loro riduzione e le necessarie verifiche associate.

Tabella 3 – Opzioni per la riduzione delle uova di nematodi in funzione del differente numero presente nelle acque reflue non trattate (da WHO, 2006)

Misure di protezione della salute	Numero di uova nematodi per litro di acqua non trattata	Riduzione richiesta dopo trattamento (unita log)	Monitoraggio di verifica (uova di nematodi per litro di acqua reflua trattata ⁽¹⁾)	Note
Trattamento	10^3	3	≤ 1	da dimostrare il raggiungimento del limite Il target di ≤ 1 uova per litro è automaticamente raggiunto
	10^2	2	≤ 1	
	10	1	≤ 1	
	≤ 1	0	N/A	
Trattamento e lavaggio prodotti	10^3	2	≤ 10	La riduzione raggiunta dal trattamento è seguita dalla riduzione a 1 unita log per effetto del lavaggio con deboli detergenti e risciacquo con acqua pulita ⁽²⁾ Come sopra
	10^2	1	≤ 10	
	10	0	N/A	
	≤ 1	0	N/A	
				La riduzione di 1 unità log è raggiunta dal lavaggio con deboli detergenti e risciacquo con acqua pulita ⁽²⁾ Il target di ≤ 1 uova per litro è automaticamente raggiunto

(1) con bacini di stabilizzazione il tempo di ritenzione può essere usato come strumento di verifica;
(2) valido solo dove questa pratica è comune o può essere applicata e verificata con successo.

Per la categoria C, con la revisione del 1999, è stato introdotto il limite per i coliformi fecali di 1000/100 ml in considerazione dei pericoli di infezioni enteriche per gli agricoltori e popolazione esposti a rischio di diretto contatto con le acque utilizzate sui campi irrigati.

2.2 Stockholm framework

Allo scopo di massimizzare i benefici dell'utilizzo delle acque reflue depurate, assicurando la protezione della salute pubblica, le linee guida necessitano di essere adattate alle condizioni esistenti, sociali, economiche e ambientali, e dovrebbero essere integrate con altri interventi fondamentali quali le misure per assicurare l'igiene pubblica e l'approvvigionamento di acqua potabile di buona qualità. Sulla scorta dei risultati del meeting WHO di Stoccolma del 1999, la IWA (International Water Association) ha proposto un framework (Figura 1) per lo sviluppo di linee guida e standard che integra la valutazione dei rischi sulla salute umana, definisce gli approcci di base e fornisce una modalità di valutazione dei possibili approcci combinati sulla salute umana. Il Framework è concepito in maniera flessibile in modo da permettere a ciascun paese di impostare le linee guida considerando le specifiche realtà locali e comparando i rischi associati alla salute nel caso di riutilizzo e quelli legati all'esposizione microbiologica per l'uso di acqua destinata ad altri scopi, in primo luogo quello potabile. Il principio di riferimento è valutare il riuso di acque reflue in agricoltura nell'ambito del contesto più generale del livello generale di malattie gastrointestinali all'interno di una data popolazione.

Questo orientamento innovativo ha avuto riflessi nell'aggiornamento delle linee guida WHO (2006) che stabiliscono un approccio basato sull'uso e sviluppo di obiettivi basati sulla salute umana raggiungibili applicando una gestione combinata, restrizioni nelle modalità di coltivazione, applicazione di tecniche di irrigazione, controllo dell'esposizione umana, etc. Ottenere, infatti, tali obiettivi richiede l'implementazione di sistemi di monitoraggio e di acquisizione dei risultati delle esperienze, la definizione di meccanismi di responsabilità e supervisione e di controllo indipendente che garantiscano l'affidabilità delle modalità di riuso. Le linee guida devono consistere in un insieme di regole di buona pratica agricola e di specifiche sulla qualità delle acque ed inoltre dovrebbero includere i seguenti aspetti:

1. livello di gestione;
2. concentrazione dei costituenti che non rappresenti rischio per la salute dei soggetti esposti;
3. condizione al di sotto della quale è improbabile il rischio di trasmissione o esposizione;
4. combinazione degli ultimi due punti.

Le linee guida WHO, quindi, sono concepite come uno strumento preventivo di gestione integrata per massimizzare i benefici per la salute pubblica legati al riuso delle acque reflue in agricoltura. A tale scopo sono costruite per essere di supporto alla definizione degli standard e dei regolamenti di livello nazionale, fornendo una modalità per costruire i regolamenti e senza indicare limiti e soglie che dovranno essere definiti in base al contesto locale in base alle specifiche condizioni ambientali, sociali, economiche e culturali.

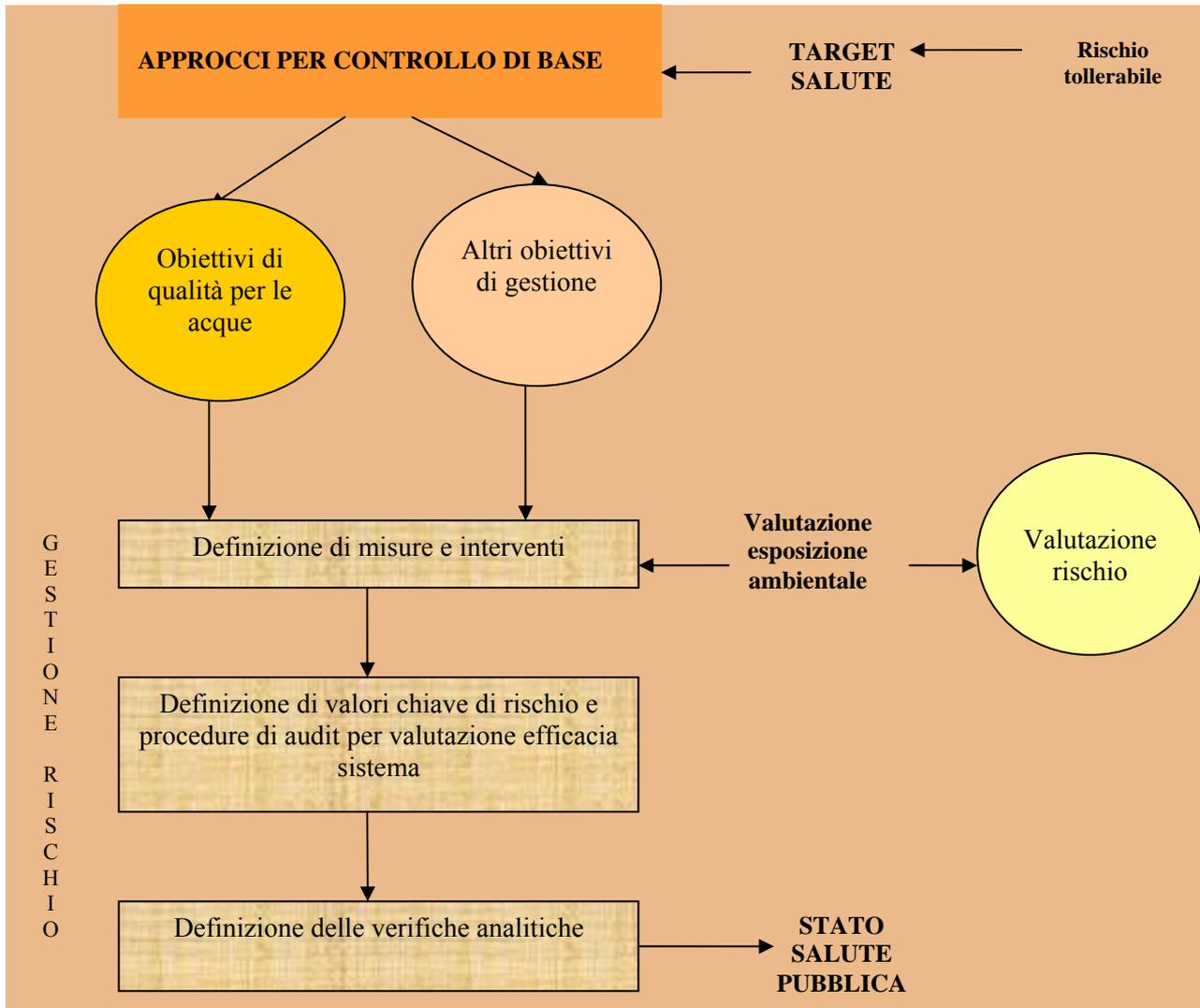


Figura 1 – Stockholm Framework per la valutazione del rischio microbiologico connesso all’uso d’acqua (modificato da Carr et al., 2004).

La recente revisione delle linee Guida WHO ha introdotto questo approccio, definito olistico, alla gestione delle acque reflue in agricoltura. La strategia prevede non solo la minimizzazione di possibili impatti sulla salute della popolazione, dei lavoratori e dei consumatori dovuti ai patogeni e alle sostanze pericolose, ma anche l’individuazione di una vera e propria gestione della risorsa acqua reflua per massimizzare la produzione agricole e minimizzare gli impatti ambientali. In definitiva linee guida per essere considerate efficaci devono soddisfare i seguenti criteri:

- ⊙ facili da implementare;
- ⊙ adeguabili ai fattori economici, sociali e ambientali;
- ⊙ devono prevedere la valutazione del rischio per la salute basata sulle evidenze di malattie;
- ⊙ devono prevedere indicazioni per la gestione del rischio che includano anche altre misure e opzioni oltre il trattamento dei reflui;
- ⊙ devono includere le strategie per l’implementazione delle linee guida stesse anche tramite passi successivi.

La strategia per gestire il rischio per la salute umana si deve basare su un approccio “multi-barriere” che impedisce il flusso dai patogeni dall’ambiente, inteso come acque reflue, coltivazioni, suolo, acque superficiali e sotterranee etc., alla popolazione. Dunque le linee guida non devono essere costruite, come effettuato in passato, definendo dei limiti assoluti molto restrittivi, ma considerando che i patogeni non necessariamente rappresentano un rischio per la salute se sono adottate altre idonee misure di protezione. Queste precauzioni potrebbero prevedere di selezionare coltivazioni che non rappresentano un rischio per il lavoratori come, ad esempio, le piantagioni di cotone. In generale le misure possibili possono essere raggruppate in cinque categorie principali:

1. trattamento delle acque;
2. restrizioni nelle coltivazioni
3. tecniche di irrigazione
4. controllo dell’esposizione umana
5. vaccinazioni.

L’approccio più efficace potrebbe prevedere una combinazione di più metodi. Ad esempio la restrizione nelle coltivazioni potrebbe essere sufficiente per proteggere i consumatori ma potrebbe richiedere precauzioni supplementari per assicurare la protezione i lavoratori. In altri casi potrebbe risultare sufficiente effettuare trattamenti dei reflui meno spinti accettando standard di qualità meno severi e quindi meno costosi potendoli associare ad altre misure di prevenzione. Riassumendo i fattori principali da considerare per scegliere la combinazione di misure più conveniente e adatta sono:

- disponibilità di risorse (fondi, aree);
- pratiche sociale e agricole esistenti;
- domanda di mercato di prodotti ottenuti con acque reflue depurate.

In aggiunta alla mitigazione dei possibili effetti sulla salute associati, l’uso delle acque reflue depurate in agricoltura deve assicurare produzioni agricole comparabili con quelle ottenute normalmente e impatti accettabili sull’ambiente. A tale scopo diviene fondamentale applicare codici di buona pratica agricola così come previsto per le irrigazioni da altre fonti di acqua. Le pratiche agricole sono funzione dei seguenti aspetti:

- ✿ quantità d’acqua utilizzata;
- ✿ qualità d’acqua utilizzata;
- ✿ caratteristiche del suolo (infiltrazione, drenaggio);
- ✿ sistemi di irrigazione;
- ✿ tipo di coltivazione;
- ✿ pratiche di gestione.

Le concentrazioni massime per i contaminanti chimici definite in base alla valutazione del rischio per la salute umana sono riportate nella tabella seguente.

Tabella 4 – Concentrazioni massime tollerabili per i contaminati chimici (WHO, 2006)

Elemento Chimici	Concentrazione suolo (mg/kg)	Composti organici	Concentrazione suolo (mg/kg)
Antimonio	36	Aldrin	0,48
Arsenico	8	Benzene	0,14
Bario	302	Clordano	3
Berillio	0,2	Clorobenzene	211
Boro	1,7	Cloroformio	0,47
Cadmio	4	2,4-D	0,25
Fluorine	635	DDT	1,54
Piombo	84	Diclorobenzene	15
Mercurio	7	Dieldrin	0,17
Molibdeno	0,6	Diossina	0,00012
Nickel	107	Eptacloro	0,18
Selenio	6	Esaclorobenzene	1,40
Argento	3	Lindano	12
Tallio	0,3	Methochlor	4,27
Vanadio	47	PCB	0,89
		IPA	19
		Pentaclorofenolo	14
		Ftalate	13733
		Pirene	41
		Stirene	0,68
		2,4,5,-T	3,82
		Tetracloroetano	1,25
		Tetracloroetilene	0,54
		Toluene	12
		Toxatene	0,0013
		Tricloroetano	0,68

In realtà le concentrazioni massime ammissibili per molti costituenti chimici sono limitate più dalle esigenze delle coltivazioni agricole che dai reali rischi per la salute umana. Di seguito si riportano le linee guida per la qualità dell'acqua irrigua (WHO, 2006).

2.2.1 Le linee guida per la qualità dell'acqua d'irrigazione

I nutrienti, azoto, fosforo, potassio, zinco, boro e zolfo, devono essere presenti nell'acqua reflua depurata nelle corrette concentrazioni altrimenti possono danneggiare sia le coltivazioni che l'ambiente. Ad esempio il quantitativo di nitrati necessario varia nei diversi stadi di sviluppo delle piante, mentre nella crescita sono necessarie alte quantità di nitrati queste si riducono durante la fase di fioritura. Il controllo sulle concentrazioni dei nitrati è fondamentale per ridurre la lisciviazione negli acquiferi che rappresenta un potenziale rischio di inquinamento delle acque destinate al consumo umano.

Le concentrazioni di sodio, cloruri, boro e selenio dovrebbero essere attentamente controllate a causa della sensibilità di molte piante a queste sostanze.

Il selenio risulta tossico anche a basse concentrazioni e il boro si ritrova in alte concentrazioni per la presenza di detersivi nelle acque di scarico. La qualità delle acque rappresenta anche un aspetto da considerare nella scelta del sistema di irrigazione. In condizioni di alte temperature e bassa umidità, quando è favorita l'evapotraspirazione, è sconsigliato l'utilizzo dell'irrigazione a pioggia se le acque contengono alte concentrazioni di sodio e cloruri per i danni arrecati alle foglie.

Le caratteristiche qualitative delle acque irrigue consigliate dalla WHO, mutate dalle indicazioni fornite dalla FAO sui limiti nell'uso delle risorse irrigue derivanti dalla salinità o dalla sodicità delle acque, sono riportate di in Tabella 5.

Tabella 5 -Qualità dell'acqua irrigua (WHO, 2006)

Parametro		Unità misura	Livello di restrizione nell'uso		
			nessuno	da lieve a moderato	severo
Salinità		dS/m	<0,7	0,7-3,0	3,0
TDS		mg/l	<450	450-2000	>2000
TSS		mg/l	<50	50-100	>100
SAR	0-3	meq/l	>0,7	0,7-0,2	<0,2
	3-6	meq/l	>1,2	1,2-0,3	<0,3
	6-12	meq/l	>1,9	1,9-0,5	<0,5
	12-20	meq/l	>2,9	2,9-1,3	<1,3
	20-40	meq/l	>5,0	5,0-2,9	<2,9
Na ⁺	irrigazione a pioggia	mg/l	<3	>3	
	irrigazione superficiale	mg/l	<3	3-9	>9
Cl ⁻	irrigazione a pioggia	mg/l	<3	>3	
	irrigazione superficiale	mg/l	<4	4-10	>10
Cl ₂	Residuo totale	mg/l	<1	1-5	>5
HCO ₃ ⁻		mg/l	<90	90-500	>500
Boro		mg/l	<0,7	0,7-3,0	>3,0
H ₂ S		mg/l	<0,5	0,5-2,0	>2,0
Fe	irrigazione a goccia	mg/l	<0,1	0,1-1,5	>1,5
Mn	irrigazione a goccia	mg/l	<0,1	0,1-1,5	>1,5
Azoto totale		mg/l	<5	5-30	>30
pH			6.5-8		

Per quanto concerne gli elementi in traccia i valori soglia per le produzioni agricole al di sotto dei quali si considera accettabile la tossicità arrecata alle piante sono riportati in Tabella 6.

Tabella 6 – Valori soglia per gli elementi in traccia per le coltivazioni irrigue

Elemento	Concentrazione massima raccomandata mg/l
Al	5,0
As	0,10
Be	0,10
Cd	0,01
Cobalto	0,05
Cr	0,10
Cu	0,20
F	1,0
Fe	5,0
Li	2,5
Mn	0,20
Molibdeno	0,01
Ni	0,20
Pd	5,0
Se	0,02
Vanadio	0,10
Zn	2,0

2.3 Le norme dell'U.S. Environmental Protection Agency

Le linee guida prodotte dall'EPA (EPA/625/R-04/108), aggiornate al settembre 2004, non rappresentano delle norme federali obbligatorie, ma raccolgono le norme definite dagli stati più orientati alla promozione del riuso. Diciassette stati, tra i quali, l'Arizona, il Colorado, la Florida, e il Nevada, hanno sviluppato norme dettagliate che considerano standard di qualità e processi di trattamento necessari per tutte le possibili applicazioni di riutilizzo. L'obiettivo prefisso è di massimizzare i benefici della risorsa e nel contempo proteggere l'ambiente e la salute pubblica.

Le linee guida U.S. EPA, sviluppate in base a esperienze di riuso e studi pilota effettuati negli Stati Uniti, non sono proposte come criteri definitivi per il riuso ma hanno lo scopo di rappresentare una guida per le opportunità di riuso indirizzata in particolare agli stati privi di proprie regolamentazioni.

Le possibili classi di ripiego previste sono 11:

- **Riuso Urbano**
 - a. irrigazione del verde pubblico in aree ad accesso libero (campi da golf, parchi, giardini, etc.);
 - b. lavaggio automobili, protezione dagli incendi, etc.
 - c. tutti i riusi di tipo urbano con possibile esposizione diretta;
- **Riuso in aree di irrigazione ad accesso limitato**
 - a. silvicoltura;
 - b. irrigazione di aree verdi in cui è proibito o comunque controllato l'accesso al pubblico;
- **Riuso agricolo per colture alimentari**
 - a. non trasformate (non soggette prima della vendita a processi chimico-fisici di distruzione dei patogeni): distribuzione con metodi irrigui per aspersione o con irrigazione superficiale (scorrimento, infiltrazione laterale, etc.) per tutte le colture alimentari, consumate anche crude;
 - b. **trasformate (soggette prima della vendita a processi chimico-fisici di distruzione dei patogeni), frutteti e vigneti**: distribuzione con metodi irrigui per aspersione o con irrigazione superficiale (scorrimento, infiltrazione laterale, etc) per tutte le colture alimentari comprese quelle destinate alla trasformazione industriale
- **Riuso per colture non alimentari**
 - a. distribuzione con metodi irrigui per aspersione o con irrigazione superficiale (scorrimento, infiltrazione laterale, etc) per tutte le colture da foraggio, pascoli (anche per animali da latte), da seme, da fibra;
- **Riuso per scopi ricreativi**
 - a. stagni per la pesca e la navigazione in cui è permesso il con l'acqua depurata;
- **Riuso per scopi ornamentali**
 - a. stagni ornamentali, protetti per i quali il contatto con il pubblico non è permesso
- **Riuso industriale**
- **Riuso nelle costruzioni**
 - a. controllo delle polveri, costipamento dei suoli, produzione del cemento
- **Riuso ambientale** – Alimentazione di aree umide e habitat naturali, mantenimento del minimo deflusso vitale
- **Ricarica acquiferi sotterranei**

- a. Diffusione o iniezione in acquiferi non usati per il consumo potabile
- **Uso potabile indiretto**
 - a. diffusione in acquiferi destinati al consumo potabile
 - b. iniezione in acquiferi destinati al consumo potabile
 - c. Incremento della risorsa superficiale

Gli standard di qualità fissati sono piuttosto restrittivi, prescrivendo in tutti i casi di possibile esposizione diretta o di rischi per la salute derivanti dal consumo di prodotti non soggetti a trasformazione, l'assenza di coliformi fecali, BOD massimo pari a 10 mg/l e una concentrazione di cloro residuo minimo pari a 1 mg/l.

In Tabella 7, oltre ai limiti previsti per i vari usi, sono riportati i tipi di trattamento a cui sottoporre le acque, i parametri da controllare, la frequenza di monitoraggio e le distanze di rispetto tra sito di utilizzazione e aree di accesso al pubblico o protette.

In Tabella 8 si riportano i limiti raccomandati nel caso di acque destinate all'irrigazione. Le concentrazioni massime ammesse sono distinte in base alla durata di utilizzo delle acque reflue. Per l'uso continuativo di lungo termine su tutti i tipi di suolo i valori sono molto conservativi per tener conto dei suoli sabbiosi con bassa capacità di lisciviazione e sono al di sotto delle concentrazioni che producono tossicità nelle piante fatte crescere in terreni sabbiosi arricchiti con inquinanti. Per l'uso di breve termine (fino a 20 anni) sono raccomandati per suoli alcalini o neutri a tessitura fine con alta capacità di rimozione degli inquinanti.

Tabella 7 - Linee guida US. EPA per il riuso di acque reflue (EPA, 2004)

	Tipologia di utilizzo	Trattamento	Qualità acqua reflua depurata	Monitoraggio	Distanza di rispetto
1	Riuso urbano	<ul style="list-style-type: none"> ▪ secondario ▪ filtrazione ▪ disinfezione 	pH = 6-9 ≤ 10 mg/l BOD ≤ 2 NTU coli fecali non rilevabili/100 ml . 1 mg/l Cl ₂ residuo	pH:settimanale BOD: settimanale torbidità:continuo coliformi: giornaliero Cl ₂ residuo: continuo	15 m da pozzi potabili
2	Riuso in aree di irrigazione ad accesso limitato	<ul style="list-style-type: none"> ▪ secondario ▪ disinfezione 	pH = 6-9 ≤ 30 mg/l BOD ≤ 30 mg/l TSS ≤ 200 coli fecali/100 ml 1 mg/l Cl ₂ residuo	pH:settimanale BOD: settimanale TSS: giornaliero coliformi: giornaliero Cl ₂ residuo: continuo	90 m da pozzi potabili 30 m da aree di accesso pubblico (se irrig. per aspersione)
3	Riuso agricolo per colture alimentari non trasformate	<ul style="list-style-type: none"> ▪ secondario ▪ filtrazione ▪ disinfezione 	pH = 6-9 ≤ 10 mg/l BOD ≤ 2 NTU coli fecali non rilevabili/100 ml 1 mg/l Cl ₂ residuo	pH:settimanale BOD: settimanale TSS: giornaliero coliformi: giornaliero Cl ₂ residuo: continuo	15 m da pozzi potabili
	Riuso agricolo per colture alimentari trasformate	<ul style="list-style-type: none"> ▪ secondario ▪ disinfezione 	pH = 6-9 ≤ 30 mg/l BOD ≤ 30 mg/l TSS ≤ 200 coli fecali /100 ml 9,13,14 1 mg/l Cl ₂ residuo	pH:settimanale BOD: settimanale TSS: giornaliero coliformi: giornaliero Cl ₂ residuo: continuo	90 m da pozzi potabili 30 m da aree di accesso pubblico (se irrig. per aspersione)
4	Riuso agricolo per colture non alimentari	<ul style="list-style-type: none"> ▪ secondario ▪ disinfezione 	pH = 6-9 ≤ 30 mg/l BOD ≤ 30 mg/l TSS ≤ 200 coli fecali / ml 1 mg/l Cl ₂ residuo (minimo)	pH:settimanale BOD: settimanale TSS: giornaliero coliformi: giornaliero Cl ₂ residuo: continuo	90 m da pozzi potabili 30 m da aree di accesso pubblico (se irrig. per aspersione)
5	Riuso per scopi ricreativi	<ul style="list-style-type: none"> ▪ secondario ▪ filtrazione ▪ disinfezione 	pH = 6-9 ≤ 10 mg/l BOD ≤ 2 NTU coli fecali non rilevabili/100 ml . 1 mg/l Cl ₂ residuo	pH:settimanale BOD: settimanale torbidità:continuo coliformi: giornaliero Cl ₂ residuo: continuo	150 m da pozzi potabili (minimo) se fondo non sigillato
6	Riuso per scopi ornamentali	<ul style="list-style-type: none"> ▪ secondario ▪ disinfezione 	≤ 30 mg/l BOD ≤ 30 mg/l TSS ≤ 200 coli fecali /100 ml . 1 mg/l Cl ₂ residuo	pH:settimanale TSS: giornaliero coliformi: giornaliero Cl ₂ residuo: continuo	150 m da pozzi potabili (minimo) se fondo non sigillato

	Tipologia di utilizzo	Trattamento	Qualità acqua reflua depurata	Monitoraggio	Distanza di rispetto
7	Riuso nelle costruzioni	<ul style="list-style-type: none"> ▪ secondario ▪ disinfezione 	<p>· ≤ 30 mg/l BOD · ≤ 30 mg/l TSS · ≤ 200 coli fecali /100 ml · 1 mg/l Cl₂ residuo</p>	BOD: settimanale TSS: giornaliero coliformi: giornaliero Cl ₂ residuo: continuo	
8	Riuso industriale raffreddamento	<ul style="list-style-type: none"> ▪ secondario ▪ disinfezione 	<p>· pH = 6-9 · ≤ 30 mg/l BOD 7 · ≤ 30 mg/l TSS · ≤ 200 coli fecali /100 ml · 1 mg/l Cl₂ residuo</p>	pH:settimanale BOD: settimanale TSS: giornaliero coliformi: giornaliero Cl ₂ residuo: continuo	90 m da aree di accesso pubblico
	Riuso industriale Ricircolo attraverso torri di raffreddamento	<ul style="list-style-type: none"> ▪ secondario ▪ disinfezione ▪ eventuale coagulazione e filtrazione 	<p>Variabile dipendente dal tasso di ricircolazione pH = 6-9 ≤ 30 mg/l BOD ≤ 30 mg/l TSS ≤ 200 coli fecali /100 ml 1 mg/l Cl₂ residuo</p>	pH:settimanale BOD: settimanale TSS: giornaliero coliformi: giornaliero Cl ₂ residuo: continuo	90 m da aree di accesso pubblico Distanza ridotta o eliminata nel caso di alti livelli di disinfezione
9	Riuso ambientale	<ul style="list-style-type: none"> ▪ variabile ▪ secondario e disinfezione (minimo) 	<p>Variabile ma non deve eccedere: · ≤ 30 mg/l BOD · ≤ 30 mg/l TSS · ≤ 200 coli fecali /100 ml</p>	BOD: settimanale TSS: giornaliero coliformi: giornaliero Cl ₂ residuo: continuo	
10	Ricarica acquiferi sotterranei Non usati a scopo potabile	<ul style="list-style-type: none"> ▪ sito specifico e dipendente dall'uso ▪ primario ▪ (minimo) per diffusione ▪ secondario ▪ (minimo) per iniezione 	Sito specifico e dipendente dall'uso	Dipendente dal trattamento e dall'uso	Sito-specifica

	Tipologia di utilizzo	Trattamento	Qualità acqua reflua depurata	Monitoraggio	Distanza di rispetto
11	Uso potabile indiretto per diffusione	<ul style="list-style-type: none"> ▪ secondario ▪ disinfezione ▪ eventuale filtrazione e/o affinamento 	<p>Secondario Disinfezione Rispetto Standard acque potabili Dopo percolazione nella zona vadosa</p>	<p>pH: giornaliero BOD: settimanale Turbidità: continuo coliformi: giornaliero Cl₂ residuo: continuo standard acque potabili: trimestrale altri parametri dipendenti dai costituenti</p>	<p>150 m da pozzi di estrazione. Distanza potrebbe variare in funzione del trattamento e delle condizioni sito-specifiche</p>
	Uso potabile indiretto per iniezione	<ul style="list-style-type: none"> ▪ . secondario ▪ . filtrazione ▪ . Disinfezione ▪ . affinamento 	<p>Inclusi ma non limitati: . pH = 6.5 - 8.5 . ≤ 2 NTU . coliformi totali non rilevabili/100 ml . 1 mg/l Cl₂ residuo (minimum) 11 . ≤ 3 mg/l TOC . ≤ 0.2 mg/l TOX . Rispetto Standard acque potabili</p>	<p>pH: giornaliero Turbidità: continuo Coliformi totali: giornaliero Cl₂ residuo: continuo standard acque potabili: trimestrale altri parametri dipendenti dai costituenti</p>	<p>600 m da pozzi di estrazione. Distanza potrebbe variare in funzione delle condizioni sito-specifiche</p>
	Uso potabile indiretto superficie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ . secondario ▪ . filtrazione ▪ . disinfezione ▪ . affinamento 	<p>Include ma non limitato a: . pH = 6.5 - 8.5 . ≤ 2 NTU coli fecali non rilevabili/100 ml 1 mg/l Cl₂ residuo . ≤ 3 mg/l TOC Rispetto Standard acque potabili</p>	<p>pH: giornaliero Turbidità: continuo Coliformi totali: giornaliero Cl₂ residuo: continuo standard acque potabili: trimestrale altri parametri dipendenti dai costituenti</p>	<p>Condizioni sito-specifiche</p>

Tabella 8 – Limiti raccomandati per le acque destinate all'irrigazione

Costituenti	Uso (mg/l)	
	Lungo termine	Breve termine
Alluminio	5,0	20
Arsenico	0,10	2,0
Berillio	0,10	0,5
Boro	0,75	2,0
Cadmio	0,01	0,05
Cromo	0,1	1,0
Cobalto	0,05	5,0
Rame	0,2	5,0
Fluoruro	1,0	15,0
Ferro	5,0	20,0
Piombo	5,0	10,0
Litio	2,5	2,5
Manganese	0,2	10,0
Molibdeno	0,01	0,05
Nickel	0,2	2,0
Selenio	0,02	0,02
Tungsteno e titanio		
Vanadio	0,1	1,0
Zinco	2,0	10,0
Costituenti	Limiti raccomandati	
pH	6	
TDS	500 – 2.000 mg/l	
Cloro residuo libero	<1 mg/l	

Le linee guida non suggeriscono valori limite per i parassiti e virus in considerazione delle seguenti valutazioni:

- negli U.S.A non sono stati registrati casi di infezione virale attribuibile al riuso delle acque reflue;
- l'applicazione di trattamenti appropriati per le varie forme di riuso, in particolare filtrazione e disinfezione, riduce le concentrazioni a livelli bassi o indosabili dei virus e fa sì che i patogeni non rappresentino un problema nelle operazioni di riuso delle acque;
- non ci sono evidenze sulla significatività sulla salute umana di bassi livelli di virus nelle acque di riuso;
- è possibile evitare di ricorrere a costosi monitoraggi che richiedono attrezzature sofisticate non sempre disponibili.

2.4 Confronto tra i limiti normativi americani

La maggior parte degli stati americani ha emanato normative sull'impiego delle acque reflue per il riuso a scopi urbani e in agricoltura. Solo 14 stati hanno prodotto regolamenti e linee guida che contemplano anche altri possibili riutilizzi. Le prime norme per il riutilizzo in agricoltura sono state elaborate dalla California ai cui principi si sono ispirati anche altri stati. Già nel 1918, infatti, nello stato californiano venne vietata l'irrigazione di ortaggi con reflui non trattati o con effluenti provenienti da fosse settiche e vennero adottate le prime regolamentazioni per l'uso di acque reflue urbane a scopo irriguo successivamente modificate fino alle elaborazione delle linee guida nel 1978.

L'approccio previsto, anche nei regolamenti più recenti, è quello di considerare come aspetti prioritari la qualità delle acque e i trattamenti minimi richiesti. In particolare livelli fortemente cautelativi sono richiesti per applicazioni senza restrizioni, mentre sono accettati trattamenti meno spinti quando è più basso il livello di esposizione umana. I più comuni parametri per i quali sono imposti limiti sono:

- Domanda biochimica di ossigeno (BOD);
- Solidi sospesi totali (TSS);
- Coliformi totali e fecali;
- Torbidità (NTU)

Le concentrazioni di coliformi totali e fecali sono utilizzate quali indicatori del livello di disinfezione raggiunto, mentre il valore di torbidità consente di monitorare l'efficienza dell'impianto di trattamento.

Nelle successive tabelle si riportano, per le tipologie di riuso delle acque reflue depurate, più diffuse, i confronti tra i valori limite adottati di sette stati americani, Arizona, California, Florida, Hawaii, Nevada Texas e Washington, in cui sono state condotte esperienze significative e di lungo corso sul riuso.

Tabella 9 - Confronto limiti di qualità e tipologie di trattamento di alcuni Stati Americani

Arizona		Riuso urbano (senza restrizioni)	Riuso urbano (con restrizioni)	Riuso agricolo (colture alimentari)	Riuso agricolo (colture non alimentari)	Riuso industriale
trattamento		Secondario Filtrazione disinfezione	Secondario disinfezione	Secondario Filtrazione disinfezione	Secondario disinfezione	NR
BOD5		NS	NS	NS	NS	
TSS (NTU)		NS	NS	NS	NS	
Torbidità mg/l	media	2	NS	2	NS	
	max	5	NS	5	NS	
Coliformi fecali /100ml	media	Non rilevabili	200	Non rilevabili	200	
	max	23	800	23	800	
California						
trattamento		Ossidazione Coagulazione Filtrazione disinfezione	Secondario ossidazione disinfezione	Ossidazione Coagulazione Filtrazione disinfezione	Secondario ossidazione disinfezione	ossidazion e disinfezion e
BOD5		NS	NS	NS	NS	NS
TSS (NTU)		NS	NS	NS	NS	NS
Torbidità mg/l	media	2	NS	2	NS	NS
	max	5	NS	5	NS	NS
Coliformi totali /100ml	media	2.2	23	2.2	23	23
	max	23	240 (in 30 gg)	23	240 (in 30 gg)	240
Florida						
trattamento		Secondario Filtrazione Alto livello disinfezione	Secondario Filtrazione Alto livello disinfezione	Secondario Filtrazione Alto livello disinfezione	Secondario disinfezione base	Secondario disinfezion e base
BOD5		20 CBOD ₅	20 CBOD ₅	20 CBOD ₅	20 CBOD ₅	20
TSS (NTU)		5	5	5	20	20
Torbidità mg/l	media	NS	NS	NS	NS	NS
	max	NS	NS	NS	NS	NS
Coliformi fecali /100ml	media	75% campioni sotto limite di rilevabilità	75% campioni sotto limite di rilevabilità	75% campioni sotto limite di rilevabilità	200	200
	max	25	25	25	800	800
Hawaii						
trattamento		Ossidazione Filtrazione e disinfezione	Ossidazione disinfezione	Ossidazione Filtrazione e disinfezione	Ossidazione Filtrazione e disinfezione	Ossidazion e disinfezion e
BOD5		NS	NS	NS	NS	NS
TSS (NTU)		NS	NS	NS	NS	NS
Torbidità mg/l	media	NS	NS	NS	NS	NS
	max	2	2	2	2	NS
Coliformi fecali /100ml	media	2.2	23	2.2	2.2	23
	max	23 (in 30gg)	200	23 (in 30gg)	23	200

Nevada						
trattamento		Secondario disinfezione	Secondario disinfezione	Secondario disinfezione	Secondario disinfezione	NR
BOD5		30	30	30	30	
TSS (NTU)		NS	NS	NS	NS	
Torbidità mg/l	media	NS	NS	NS	NS	
	max	NS	NS	NS	NS	
Coliformi fecali /100ml	media	2.2	23	200	200	
	max	23	240	400	400	
Texas						
trattamento		NS	NS	NS	NS	NS
BOD5		5	20	5	5	20
TSS (NTU)		NS	NS	NS	NS	
Torbidità mg/l		3	3	3	3	3
Coliformi fecali /100ml	media	20	200	20	20	200
	max	75	800	75	75	800
Washington						
trattamento		Ossidazione coagulazione filtrazione e disinfezione	Ossidazione e disinfezione	Ossidazione coagulazione filtrazione e disinfezione	Ossidazione disinfezione	Ossidazione e disinfezione
BOD5		30	30	30	30	NS
TSS (NTU)		30	30	30	30	NS
Torbidità mg/l	media	2	2	2	2	NS
	max	5	5	5	5	NS
Coliformi totali /100ml	media	2.2	23	2.2	23	23
	max	23	240	23	240	240

Legenda: NS = non specificato; CBOD₅ = Richiesta biochimica di ossigeno carbonaceo; NR = non regolamentato

Nel caso di uso urbano senza restrizioni i limiti per il BOD variano da 5 mg/l a 30 mg/l, tale range sale nel caso di uso urbano con restrizioni, ed è compreso tra 20 e 30 mg/l: Per quanto riguarda i coliformi sono definiti limiti sia per le concentrazioni medie che massime e per lo più sono utilizzati i coliformi fecali, a meno della California e il Texas, che regolamentano i coliformi totali.

In generale rispetto all'uso senza limitazioni il riuso urbano con restrizioni presenta limiti meno cautelativi, la Florida, invece, impone gli stessi limiti per tutte le tipologie di riuso urbano.

L'uso di acque reflue depurate per l'irrigazione di colture alimentari è proibito in alcuni stati, mentre in altri è ammesso solo se le coltivazioni sono destinate alla produzione di alimenti non destinati ad essere consumati crudi o soggetti a trasformazioni industriali. In Nevada è permessa l'irrigazione superficiale solo su alberi da frutto. I trattamenti richiesti vanno dal secondario e disinfezione, richiesto dal Nevada per l'irrigazione di prodotti destinati alla trasformazione industriale, a trattamenti molto più spinti, coagulazione/flocculazione, filtrazione e successiva disinfezione, specialmente nel caso di colture da consumare crude. Inoltre, i trattamenti previsti variano a seconda del sistema di irrigazione utilizzato e del tipo di coltura irrigata.

Lo stato di Washington prevede, per i prodotti da consumare crudi, concentrazioni medie di coliformi totali non superiori a 2.2/100 ml, nel caso di irrigazione superficiale, sono richiesti i

processi di ossidazione e disinfezione, mentre per irrigazione ad aspersione l'acqua deve essere sottoposta anche a coagulazione e filtrazione. Nel caso di colture trasformate indipendentemente dal tipo di irrigazione sono sufficienti solo l'ossidazione e la disinfezione e la concentrazione media su 7 giorni ammessa per i coliformi totali sale a 240/100 ml. anche nel caso di uso delle acque reflue depurate per coltivazioni non alimentari, riducendosi il rischio di esposizione per la salute umana, sono richiesti standard di qualità e trattamenti meno stringenti che generalmente sono i medesimi adottati per il riuso urbano con restrizioni. Lo Stato dell'Arizona ha seguito un'impostazione simile a quella californiana, anche se le prescrizioni sono meno rigide nel caso di irrigazione di pascoli e di colture destinate al consumo umano dopo la cottura, introducendo limiti relativi alla presenza di coliformi fecali, BOD e solidi sospesi.

Inoltre, molti Stati, così come suggerito dalle linee guida EPA, hanno regolamentato le distanze e le zone di buffer tra le aree agricole in cui si usano le acque reflue depurate e le principali zone di rispetto, quali pozzi di attingimento potabili, le zone residenziali, e limiti di proprietà e strade. Le distanze ammesse sono funzionali sia dell'uso a cui sono destinate le acque reflue che nel caso dell'irrigazione del sistema di irrigazione adottato.

Il Nevada richiedendo elevati livelli di trattamento, per il riuso urbano senza limitazioni e irriguo per colture alimentari, non impone distanze di rispetto, ma nel caso di riuso urbano con restrizioni è prevista una zona di buffer di 30 metri, che può variare da 120 a 240 metri, a seconda del livello di disinfezione, nel caso di uso irriguo con restrizioni con sistemi ad aspersione.

Inoltre la definizione di limiti e standard per le acque reflue depurate si accompagna a dettagliate disposizioni sul riuso delle acque stesse. A titolo di esempio, si riportano, di seguito, le prescrizioni elaborate dal Washington Department of Health and Ecology (1997) che danno conto della necessità di non limitare la salvaguardia della salute pubblica esclusivamente alla definizione di standard di qualità delle acque riutilizzate, prevedendo, invece, l'insieme di misure atte a minimizzare i rischi per l'uomo e l'ambiente.

Prescrizioni per il riuso (Washington Department of Health and Ecology, 1997)

- bisogna rendere noto al pubblico e agli impiegati l'utilizzo di acque reflue rigenerate nell'area. Esposizione di segnali di avviso e distribuzione di avvertenze scritte ai residenti e agli impiegati nell'area dove viene distribuita l'acqua reflua depurata;
- misure adeguate devono essere prese per prevenire un prelievo non previsto dell'acqua reflua recuperata;
- l'acqua reflua deve essere confinata alla sola area prevista per il riuso di acque reflue depurate, a meno di diversa disposizione approvata dal Washington Department of Health and Ecology;
- devono essere prese precauzioni affinché tale acqua non venga spruzzata su persone e/o edifici;
- deve essere praticata la massima separazione possibile tra le condotte di acque reflue recuperate e le tubazioni di acqua potabile. Tra le due linee deve essere mantenuta una distanza orizzontale minima di 10 piedi. Nei punti di incrocio tra le due linee deve essere mantenuta una distanza minima verticale di 18 pollici tra le due linee in accordo con l'Edizione 1985 dei "Criteria for Sewage Works Design"; inoltre la linea di acqua potabile deve passare sempre al di sopra di quella per acque reflue rigenerate;
- tutte le valvole e uscite di acqua reflua depurata devono essere etichettate per avvertire il pubblico e gli addetti che quell'acqua non è potabile. Il segnale di avviso deve essere di colore viola con scritta bianca o nera. I segnali devono recare la scritta "Reclaimed Water: do Not Drink";
- tutte le condotte, valvole o rubinetti di acqua reflua depurata devono essere colorati di viola o comunque deve essere identificata come acqua reflua recuperata tramite la scritta "Caution:

reclaimed water-do not drink”. Tale segnale deve essere largo 3 pollici e avere lettere bianche o nere su campo viola. Tale scritta deve essere installata sulla parte alta delle tubazioni e presente sull’intera lunghezza delle tubazioni;

- tutte le valvole per acqua reflua recuperata devono essere di un tipo tale che permetta l’apertura solo da parte di personale autorizzato;
- ogni uso irriguo di acqua reflua recuperata deve essere determinato basandosi su un dettagliato bilancio idrico;
- non è possibile irrigare con acque reflue recuperate se il terreno è saturo o ghiacciato;
- devono essere prese misure adeguate per prevenire la nascita di pericoli per la salute e la creazione di odori, sostanze inquinanti e depositi di materiale antiestetico;
- non devono risultare che riserve e bacini di acque reflue depurate contaminino il sottosuolo che presenta sorgenti d’acqua destinata al consumo domestico;
- un programma di monitoraggio del sottosuolo può essere richiesto dal Washington Department of Health and Ecology. Dove richiesto, il monitoraggio del sottosuolo deve essere stabilito con un permesso e approvato dal Washington Department of Health and Ecology. Il programma di monitoraggio deve essere basato prioritariamente sulla qualità e quantità delle acque, caratteristiche idrogeologiche e del suolo del sito prescelto.

2.5 Messico

I limiti fissati nella normativa messicana del 1996 sono un riadattamento delle linee guida WHO effettuato sulla base di studi epidemiologici e in funzione dello specifico contesto economico. Gli standard microbiologici per il riuso delle acque reflue in agricoltura si basano sugli indicatori classici di contaminazione microbiologica, coliformi fecali e uova di elminti. Le concentrazioni massime ammesse sono distinte a seconda che il tipo di riuso sia con o senza restrizioni. Il riuso senza limitazioni consente l'utilizzo delle acque reflue depurate su tutti i tipi di coltivazioni, quello con restrizioni esclude l'utilizzo su verdure da consumare crude.

I limiti massimi accettati per i metalli e i contaminanti di base sono distinti in base al corpo ricettore e alla tipologia di riuso. Le concentrazioni previste sono riferite a medie giornaliere e mensili. In Tabella 10 si riportano le concentrazioni limite previste per il riuso agricolo.

Tabella 10 - Standard microbiologici messicani (Scott et al., 2004)

Indicatori di contaminazione microbiologica		Concentrazioni massime ammesse		
		Coliformi fecali		Uova di elminti
		Media mensile (MPN/100 ml)	Media giornaliera (MPN/100 ml)	(numero uova/litro)
Riuso agricolo con restrizioni	1000	2000	1	
Riuso agricolo senza restrizioni	1000	2000	5	

In realtà tali standard non tutelano da un significativo rischio igienico-sanitario, anche a causa della eterogeneità della popolazione e della presenza di aree in cui le infezioni enteriche sono ancora.

Tabella 11 - Concentrazioni massime per i contaminanti di base - Normativa messicana

Parametro		Fiumi				Riserve naturali e artificiali				Acque costiere				Suolo			
		Uso agricolo		Uso urbano		Uso agricolo		Uso urbano		Uso ricreativo		Estuari		Uso agricolo		Aree umide	
		MM	MG	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
				M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G	M	G
Temperatura	°C	nd	nd	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	nd	nd	40	40
Oli e grassi	mg/l	15	25	15										15	25	15	25
Sostanza sospesa	mg/l	as	as	as	as	as	as	as	as	as	as	as	as	as	as	as	as
Solidi sedimentabili	ml/l	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	nd	nd	1	2
Solidi sospesi totali	mg/l	150	200	75	125	75	125	40	60	75	125	75	125	nd	nd	75	125
BOD5	mg/l	150	200	75	150	75	150	30	60	75	150	75	150	nd	nd	75	150
Azoto totale	mg/l	40	60	40	60	40	60	15	25	nd	nd	15	25	nd	nd	nd	nd
Fosforo totale	mg/l	20	30	20	30	20	30	5	10	nd	nd	5	10	nd	nd	nd	nd

MM = media mensile MG = media giornaliera
nd = non definito as = assente

2.6 Esempi di riuso nei Paesi Mediterranei

Il clima mediterraneo è caratterizzato da estati asciutte e inverni miti, durante i quali si ha la gran parte delle precipitazioni. Le piogge sono distribuite in maniera non uniforme, nello spazio e nel tempo. Comunque, l'intero bacino o parti di esso hanno conosciuto episodi di siccità, con impreveduti anni di scarse precipitazioni che hanno seriamente aggravato la situazione.

Le risorse d'acqua rinnovabili sono distribuite in modo molto disuniforme lungo il bacino Mediterraneo, con il 72% circa localizzato nel settore settentrionale – Spagna, Francia, Italia, Malta, Bosnia-Erzegovina, Croazia, Slovenia, Jugoslavia, Albania e Grecia, - il 23% nell'area orientale – Turchia, Cipro, Siria, Libano, Israele, Palestina, Territorio di Gaza e Giordania – e solo il 5% nel settore meridionale – Egitto, Libia, Tunisia, Algeria e Marocco.

Nel settore sud-orientale dell'area mediterranea l'approvvigionamento idrico è un problema molto serio e le informazioni disponibili evidenziano che il consumo attuale di acqua non può essere soddisfatto dalle risorse convenzionali disponibili. Infatti l'estrazione d'acqua dagli acquiferi non rinnovabili del Sahara è intensiva in Libia, Egitto, Tunisia e Algeria e porterà in tempi non lontani al loro esaurimento, e il rapporto (o indice) di sfruttamento supera il 50%, avvicinandosi a volte al 100%, in molti paesi quali Egitto, Gaza, Israele, Libia e Tunisia.

In ogni caso, le risorse d'acqua stanno sempre più diminuendo in tutta l'area mediterranea, a causa del soprassfruttamento degli acquiferi, dell'aumento dell'inquinamento, dell'intrusione salina e della desertificazione ed è opportuno incrementare l'utilizzo di risorse idriche non convenzionali, quali le acque reflue depurate.

In molte delle suddette Nazioni si ricorre alle acque reflue, soprattutto per l'irrigazione di aree agricole e di verde pubblico. Il riutilizzo industriale è praticato molto raramente. In molti casi i reflui sono riutilizzati senza essere sottoposti ad alcun trattamento o con trattamenti non sufficienti, con elevati rischi per la salute umana e per l'ambiente. In altri casi, i depuratori sono spesso non funzionanti o sovraccarichi, pertanto producono effluenti non riutilizzabili. In alcune altre situazioni, nelle quali ci sono le condizioni per il riutilizzo, le acque reflue sono sottoposte ad opportuni cicli di trattamento; in questi casi, l'acqua riciclata costituisce un'importante risorsa alternativa per lo sviluppo sostenibile e la produzione di alimenti.

I Paesi dell'UE ricadenti in area mediterranea si devono attenere alla Direttiva Europea 91/271/CE. Delle altre Nazioni, solo alcune, come Cipro, Israele, Giordania e Tunisia, hanno considerato il riuso delle acque nelle attività di pianificazione delle risorse idriche ed hanno politiche ufficiali rivolte al riutilizzo dell'acqua.

Nel bacino del Mediterraneo si può riscontrare una larga varietà di approcci alla politica del riuso a causa delle differenti condizioni socio-economiche, istituzionali e tecnologiche dei diversi paesi; si possono riscontrare, pertanto, situazioni difformi sia in termini di livello di trattamento che di pratiche di riutilizzo. E' auspicabile, in un futuro non lontano, lo sviluppo di schemi per il riutilizzo su vasta scala. Tuttavia, poiché la normativa locale sull'argomento è carente, uno dei primi passi da compiere sarebbe quello di definire delle specifiche linee guida per l'intera area che disciplinino in maniera univoca l'utilizzo delle acque reflue depurate.

Nei Paesi del Mediterraneo le acque riciclate costituiscono una risorsa aggiuntiva di notevole interesse da portare in considerazione per una politica di sviluppo sostenibile. Infatti, in tale area, le risorse idriche disponibili sono diminuite, soprattutto a causa delle pressioni antropiche e del conseguente inquinamento ambientale, di contro il volume delle acque reflue è in aumento, ne consegue un maggiore potenziale utilizzo di acque riciclate. Grandi aree possono essere soddisfatte con acqua riciclata, che può essere utilizzata, oltre che per l'agricoltura, per diversi altri scopi, che dipendono dalla domanda, dalle caratteristiche dell'acqua, ecc. E' comunque fondamentale che lo

sviluppo del riutilizzo delle acque in agricoltura e in altri settori sia basato su evidenze scientifiche dei suoi effetti sull'ambiente e sulla salute umana e che sia opportunamente regolamentato da leggi o linee guida

Negli ultimi anni sta crescendo l'integrazione del riutilizzo delle acque nei programmi di pianificazione delle risorse idriche nell'area mediterranea, con particolare interesse per l'irrigazione.

Sono stati sviluppati importanti progetti sull'argomento, anche su vasta scala, e sono stati realizzati impianti per il riciclo e il riuso. Tali progetti hanno seguito le linee guida locali o nazionali, laddove esistenti, come, per esempio, in Israele, Francia, Tunisia e Cipro. Le leggi per il riciclo e riuso delle acque sono di fondamentale importanza. Esse consentono di proteggere la salute pubblica, di aumentare la disponibilità d'acqua, di prevenire l'inquinamento delle coste e favoriscono le politiche di conservazione delle risorse e dell'ambiente. Una legge unica sul riuso delle acque per tutte le Nazioni del Mediterraneo potrebbe contribuire allo sviluppo economico e turistico del territorio.

Tuttavia, sussistono ancora atteggiamenti differenti tra i sostenitori di criteri di qualità delle acque particolarmente restrittivi per una assoluta protezione della salute umana e i sostenitori di posizioni pragmatiche che promuovono il riuso dell'acqua a scopi non potabili con criteri di qualità meno rigorosi. Nonostante l'alto potenziale per il riciclo e il riuso di acque reflue nei Paesi mediterranei, solo alcuni di essi hanno sistematicamente utilizzato tale risorsa ed hanno una politica nazionale sull'argomento ben definita.

2.6.1 Mediterraneo Medio-orientale

Nel Mediterraneo orientale il riutilizzo in ambito agricolo delle acque reflue è praticato da tempo a causa della limitata disponibilità di risorse idriche. Israele è stato il pioniere nel campo seguito a ruota da Tunisia, Cipro e Giordania.

2.6.1.1 Israele

Lo Stato di Israele, già negli anni '70, a seguito di una epidemia di colera veicolata dall'uso di acque reflue per l'irrigazione, nel 1975, ha definito una serie di norme sul riutilizzo particolarmente restrittive sulla scorta del modello californiano.

Le prescrizioni adottate prevedevano di:

- vietare l'uso di liquami depurati per colture particolarmente sensibili, quali insalate, cavoli, crescioni, spinaci, fragole;
- consentire l'irrigazione degli ortaggi che vengono consumati crudi solo con liquami caratterizzati da un BOD5 inferiore a 20 mg/l e dopo disinfezione con tempo di contatto di almeno un'ora di tempo di contatto per ottenere una concentrazione di coli fecali inferiore a 25 MPN/100 ml.
- permettere il consumo di ortaggi dopo almeno 72 ore dalla raccolta;
- consentire l'irrigazione degli alberi da frutta solo con liquami ossidati biologicamente e disinfettati, facendo trascorre almeno 14 giorni tra l'ultima irrigazione e il raccolto. Nessuna frutta dovrebbe essere raccolta da terra;
- permettere l'irrigazione delle colture industriali (cotone, cereali, barbabietole da zucchero, soia, ecc.) con liquami ossidati, a condizione che le aree di coltura siano distanti almeno 400 m dai centri abitati.

In Tabella 12 sono riportati gli standard di qualità previsti nelle *Linee guida per la salute pubblica e per il riutilizzo delle acque reflue trattate per l'irrigazione (ISQW)*, emanate nel 1981.

Tabella 12 - Standard per il riutilizzo di acque reflue in agricoltura in Israele.

	Parametri	Gruppi di vegetali			
		A	B	C	D
Qualità dell'effluente	BOD5 totale (mg/l)	60	45	35	15
	BOD5 disciolto (mg/l)	—	—	20	10
	Solidi sospesi (mg/l)	50	40	30	15
	Ossigeno disciolto (mg/l)	0,50	0,50	0,50	0,50
	Coliformi su 100 ml	—	—	250	12 (80 %) 2,2 (50 %)
	Cloro residuo (mg/l)	—	—	0,15	0,50
		A	B	C	D
Trattamenti obbligatori	Filtrazione con sabbia o equivalente	—	—	—	richiesto
	Clorazione (minimo tempo di contatto in min)	—	—	60	120
		A	B	C	D
Distanze	dalle aree residenziali (m)	300 (con aspersione)	250	—	—
	dalle strade pavimentate (m)	30	25	—	—

Legenda:

GRUPPI	VEGETALI
A	cotone, barbabietole da zucchero, cereali, foraggio bagnato, irrigazione di foreste, etc.
B	foraggio verde, olive, nocciole, limoni, banane, mandorle, etc.
C	frutta decidua, industria conserviera, vegetali conservati o cucinati, pelati, campi da golf e da football
D	Irrigazione non limitata, vegetali mangiati crudi, parchi e prati
NOTE	<ul style="list-style-type: none"> • per i laghi di stabilizzazione il tempo di detenzione deve essere di almeno 15 giorni. • i criteri devono essere soddisfatti nell'80% dei casi. • l'irrigazione deve terminare 2 settimane prima che i frutti vengano raccolti e comunque non possono essere raccolti da terra.

L'effluente che viene smaltito negli acquiferi non deve comportare alcun rischio per la qualità delle acque superficiali, né deve alterare la permeabilità dei suoli.

Gli effluenti devono rispettare i criteri di qualità di riuso stabiliti dal ministero della sanità, ed inoltre l'uso di acque reflue deve essere autorizzato dalle autorità locali, regionali e nazionali e le analisi devono essere effettuate da laboratori autorizzati.

Esse inoltre sono state definite facendo riferimento all'utilizzo industriale e al rilascio in corpi

idrici, stagnanti come i laghi, o fluenti come ruscelli e torrenti, siti di riserve ad uso ricreativo e riserve naturali. L'effluente trattato viene anche reimpiegato nell'area urbana per l'irrigazione di giardini pubblici, nelle toilette degli uffici e per il lavaggio delle auto.

L'aumento dei consumi, dovuto al miglioramento della qualità della vita, e la crisi idrica del 2000 hanno indotto lo stato di Israele ad implementare un approccio integrato alla gestione delle risorse idriche che includesse aspetti di economicità e sostenibilità nel lungo termine nell'uso dell'acqua. L'uso efficiente delle acque reflue e degli effluenti rappresenta uno dei 5 principi base della strategia adottata. Attualmente circa il 65% delle acque reflue, pari a circa 290 milioni m³, sono riutilizzate in agricoltura. Sono stati riformulati i limiti per l'uso senza restrizioni degli effluenti. Gli standard che prevedono 38 parametri, tengono conto degli aspetti legati alla salute pubblica, il suolo, relativi alla idrologia e alla flora. L'obiettivo è di trattare il 100% delle acque reflue ad un livello tale da permettere l'irrigazione senza limitazioni entro il 2010 in conformità con la sensibilità dei suoli e senza rischi per le acque.

Come nelle normative americane, per i gruppi di vegetali più a rischio, categorie C e D, sono previste caratteristiche della qualità dell'effluente restrittive, i trattamenti sono sempre richiesti e non sono indicate distanze di rispetto; invece per le colture del tipo A e B, meno a rischio, sono accettati effluenti con caratteristiche qualitative inferiori e contemporaneamente sono imposte distanze di rispetto che permettono di non richiedere ulteriori trattamenti.

La normativa israeliana, con l'incremento dei consumi dovuti al miglioramento della qualità della vita e con la crisi idrica del 2000, è stata rivisitata adottando l'approccio innovativo basato sul concetto di barriera, applicato anche negli Stati Uniti. Con tale criterio si definisce una soglia di accettabilità delle acque reflue depurate differenziata in funzione delle caratteristiche delle piante, dei metodi di irrigazione, delle tecniche di coltivazione e tempi di crescita e raccolta, in modo tale da valutare in ogni situazione l'effettivo rischio per la salute umana e l'ambiente, senza imporre prescrizioni che di fatto ne impedirebbero l'applicabilità.

Il criterio innovativo israeliano stabilisce che in funzione delle tecniche di irrigazione è possibile definire delle precauzioni che rappresentino una sufficiente misura di protezione per i soggetti esposti. Tali precauzioni sono delle vere e proprie barriere. Ad esempio rappresentano una barriera la filtrazione dell'effluente su sabbia, la disinfezione dell'effluente, la distanza dell'irrigatore dal frutto. Le barriere devono essere combinate a seconda della qualità dell'effluente, del tipo e sensibilità della coltivazione e del tipo di processo di depurazione.

In Tabella 13 si riporta la barriera più tipica rappresentata dalla distanza di case ed edifici pubblici e strade dalle aree irrigate.

Tabella 13 – Distanze aree irrigate in base alla tecnica di irrigazione e alla qualità dell’effluente - Israele

Qualità dell’effluente	Distanza (m)	SISTEMA DI IRRIGAZIONE				
		Irrigazione a goccia	Spray	Aspersione		
<i>Effluente di qualità elevata</i>	<i>da case ed edifici pubblici</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>20</i>	<i>30</i>	<i>60</i>
<i>Effluente di qualità medio-elevata</i>	<i>da case ed edifici pubblici*</i>	<i>60</i>	<i>60</i>	<i>60</i>	<i>60</i>	<i>120</i>
	<i>da strade pubbliche</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>15</i>	<i>25</i>	<i>50</i>
	<i>da campi con colture sensibili</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>15</i>	<i>25</i>	<i>50</i>

**se l’area non è recintata la distanza è di 300 metri.*

2.6.1.2 Giordania

Già da diversi decenni la Giordania utilizza le acque reflue come risorsa per l'irrigazione. A partire dagli anni '80, l'approccio seguito ha previsto il trattamento dei reflui e il loro riutilizzo indiretto dopo l'immissione nei corpi idrici superficiali, o il riutilizzo delle acque reflue depurate mescolate con acque pulite per l'irrigazione di colture non particolarmente pregiate. Con il passare del tempo la diminuzione delle risorse d'acqua potabile disponibile ha prodotto come effetto l'incremento nell'utilizzo dell'acqua reflua nel bilancio complessivo, sollecitando la necessità fissare una apposita regolamentazione per il riutilizzo. Inizialmente sono stati utilizzati gli standard WHO, e nel 1995 sono stati introdotti i primi standard giordani per il riuso delle acque. Sono stati definiti i valori soglia per 47 costituenti per sette differenti possibili usi riportati di seguito:

1. irrigazione di vegetali consumati cotti;
2. irrigazione di alberi da frutto, foreste, coltivazioni industriali e grano;
3. scarico in corsi d'acqua;
4. ricarica artificiale di acque sotterranee;
5. uso in acquacoltura;
6. irrigazione di parchi pubblici;
7. irrigazione di foraggio.

Invece era stata proibita l'irrigazione con acque reflue :

- di vegetali consumati crudi;
- durante le ultime due settimane prima del raccolto;
- su frutta caduta a terra;
- nel caso di suoli da proprietà deteriorate;
- su coltivazioni sensibili ai costituenti presenti nelle acque reflue;
- irrigazione a pioggia;
- diluizione dell'acqua riciclata con acqua potabile per rispettare i criteri;
- uso delle acque riciclate per ricaricare gli acquiferi destinati ad uso potabile.

Con la revisione della strategia giordana per le risorse idriche nel 1997, il Governo ha dovuto riconsiderare le posizioni più stringenti, sancendo la necessità di favorire quanto più possibile il riutilizzo delle acque reflue trattate, in particolare della ricarica degli acquiferi, per sopperire al continuo depauperamento. La normativa del 1995 regolamentava sia il riuso delle acque che gli scarichi nell'ambiente. Con la rivisitazione della strategia sono stati stabiliti standard per le acque di scarico dagli impianti di trattamento che quelli per specifici usi delle acque reflue depurate. Di conseguenza sono state apportate delle modifiche alla normativa del 1995 definitivamente approvata nel 2003. Uno degli scopi principali ha riguardato la separazione degli standard delle acque per il riuso da quelli per lo scarico nell'ambiente. Nelle Tabelle 14 e 15 si riportano gli standard fissati nel 1995 e le modifiche apportate nel 2003. In Tabella 16 si riporta il confronto tra i valori guida previsti per le acque reflue usate per l'irrigazione e gli standard previsti per le acque scaricate in corsi d'acqua o utilizzate per la ricarica di acquiferi. Il principale cambiamento, rispetto a ciò che era stato previsto nella normativa del 1995, è rappresentato dal divieto di irrigazione di vegetali destinati ad essere consumati crudi indipendentemente dal livello di trattamento delle acque. La ricarica degli acquiferi è permessa ma non per quelli destinati ad uso potabile. Rimane proibita l'applicazione di acque reflue per l'irrigazione a pioggia.

Tabella 14 - Standard di qualità per l'uso di acque reflue trattate in Giordania (JS893/1995)

Parametri mg/l	Vegetali consumati crudi	Alberi da frutto, coltivazioni industriali, grano	Scarico in bacino	Ricarica artificiale	Pesca	Parchi Pubblici
BOD5 ^c	150	150	50	50	NA	50
COD	500	500	200	200	NA	200
DO	> 2	> 2	> 2	> 2	> 5	> 2
TDS	2,000	2,000	2,000	1,500	2,000	2,000
TSS	200	200	50	50	25	50
pH	6-9	6-9	6-9	6-9	6.5-9	6-9
Colour (PCU) ^d	NA	NA	75	75	NA	75
FOG	8	8	8	Nil	8	8
Phenol	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002
MBAS	50	50	25	15	0.2	15
NO ₃ -N	50	50	25	25	NA	25
NH ₃ -N	NA	NA	15	15	0.5	50
T-N	100	100	50	50	NA	100
PO ₄ -P	NA	NA	15	15	NA	15
Cl ^e	350	350	350	350	NA	350
SO ₄	1,000	1,000	1,000	1,000	NA	1,000
CO ₂	6	6	6	6	NA	6
HCO ₃	520	520	520	520	NA	520
Na	230	230	230	230	NA	230
Mg	60	60	60	60	NA	60
Ca	400	400	400	400	NA	400
SAR	9	9	9	9	NA	12
PC ^a	0.5	NA	NA	NA	NA	0.5
Al	5	5	5	1	NA	5
As	0.1	0.1	0.05	0.05	0.05	0.1
Be	0.1	0.1	0.1	0.1	1.1	0.1
Cu	0.2	0.2	0.2	0.2	0.04	0.2
F	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.0
Fe	5.0	5.0	2.0	1.0	0.5	5.0
Li	2.5	5.0	1.0	1.0	NA	3.0
Mn	0.2	0.2	0.2	0.2	1.0	0.2
Ni	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.2
Pb	5.0	5.0	0.1	0.1	0.15	0.1
Se	0.02	0.02	0.02	0.02	0.05	0.02
Cd	0.01	0.01	0.01	0.01	0.015	0.01
Zn	2.0	2.0	15	15	0.6	2.0
CN	0.1	0.1	0.1	0.1	0.005	0.1
Cr	0.1	0.1	0.05	0.05	0.1	0.1
Hg	0.001	0.001	0.001	0.001	0.00005	0.001
V	0.1	0.1	0.1	0.1	NA	0.1
Co	0.05	0.05	0.05	0.05	NA	0.05
B	1.0	1.0	2.0	1.0	NA	3.0
Mo	0.01	0.01	0.01	0.01	NA	0.01
FCC (MPN/100 ml)	1,000	NA	1,000	1,000	1,000	200
Pathogens	NA	NA	NA	NA	100,000 ^f	nil
<i>Amoeba</i> and <i>Giardia</i> (cyst/l) ^g	< 1	NA	NA	NA	NA	nil
Nematodes (eggs/l) ^h	< 1	NA	< 1	NA	NA	< 1

Tabella 15 - Standard di qualità per l'uso di acque reflue trattate in Giordania (Aggiornamento tratto da Wastewater use in irrigated agriculture, 2004)

Parametri mg/l	Ricarica artificiale acquiferi	Aree ricreative, bordi stradali all'interno delle città	Bordi stradali all'esterno delle città	Coltivazioni industriali	Scarico in corsi d'acqua	
					Sistemi meccanici	Sistemi naturali
BOD (mg/l)	15	30	200	300	60	120
COD (mg/l)	100	100	500	500	150	300
DO (mg/l)	>2	>2	-	-	>1	>1
TSS (mg/l)	50	50	150	150	100 ^a	-
pH (unit)	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9
Cl ₂ residual	0.5-1.0	0.5-1.0	-	-	0.5-1.0	-
Turbidity (NTU) ^a	2	10	-	-	-	-
NO ₃ (mg/l)	45	45	70	70	45	45
NH ₄ (mg/l)	5	10	-	-	-	-
T-N (mg/l)	30	45	45	45	45	45
<i>E. coli</i> MPN o CFU/100 ml	<2.2	100	1000	-	500	1000
Intestinal helminths eggs (egg/l)	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1

Tabella 16 - Confronto limiti per il riuso in agricoltura e per lo scarico nei corsi d'acqua e per la ricarica degli acquiferi (tratto da Wastewater use in irrigated agriculture, 2004)

Parametri mg/l	Valori guida per l'irrigazione	Standarda per lo scarico in corsi d'acqua e per la ricarica acquiferi
FOG	8	5.0
Phenol	< 0.002	< 0.002
MBAS	100	25
TDS	1,500	1,500
Total PO ₄	30	15
Cl	400	350
SO ₄	500	300
HCO ₃	400	400
Na	230	200
Mg	100	60
Ca	230	200
SAR	6-8	6
Al	5	2
As	0.1	0.05
Ee	0.1	0.1
Cu	0.2	0.2
F	1.5	1.5
Fe	5.0	5.0
Li	2.5	2.5
	(0.075 for citrus crop)	
Mn	0.2	0.2
Mo	0.01	0.01
Ni	0.2	0.2
Pb	5	0.2
Se	0.05	0.05
Cd	0.01	0.01
Zn	5	5
Cr	0.1	0.02
Hg	0.002	0.002
V	0.1	0.1
Co	0.05	0.05
B	1.0	1.0

2.6.1.3 Tunisia

L'irrigazione con acque depurate è una pratica diffusa in Tunisia, regolamentata con leggi nazionali già dal 1975. Numerosi sono i parametri considerati dalla normativa tunisina che disciplina l'uso agricolo delle acque reflue, la cosiddetta "Water Code" n. 75-16 del 31 marzo 1975, cui si fa riferimento congiuntamente al più recente Decreto n. 89-1047 del 1989.

In documenti successivi sono stati definiti: gli standard di qualità delle acque reflue destinate al riuso; i nuovi standard per l'immissione degli effluenti in bacini recettori e la lista delle colture che possono essere irrigate con acqua recuperata (Institut National de la Normalisation et de la Propriete Industrielle. 1989. Environment Protection -Use of reclaimed water for agricultural purposes-Physical, chemical and biological specifications, Tunisian standards, INNORPI, NT 106.03).

I criteri di qualità delle acque richiesti per riutilizzo nel settore agricolo sono stati sviluppati sulla base delle linee guida della FAO, della WHO (1989) e di altri standard tunisini riguardanti l'irrigazione e l'approvvigionamento d'acqua. E' espressamente vietata l'irrigazione di prodotti da consumare crudi e in tutti gli altri casi l'impiego è possibile previa autorizzazione rilasciata congiuntamente dai Ministeri dell'Agricoltura, Ambiente e Salute. Sono state pubblicate, inoltre, delle specifiche tecniche relative alle modalità con cui effettuare il riuso per prevenire possibili rischi di contaminazione.

In Tunisia sono state condotte indagini a partire dagli anni ottanta, basate sullo studio di casi reali, per monitorare le caratteristiche chimico-fisiche e batteriologiche delle acque reflue riutilizzate in agricoltura, confrontandole con gli standard legislativi. Dagli studi condotti è emerso che la composizione chimica dell'effluente è legata al tipo di trattamento al quale è sottoposto, dal rapporto tra acque industriali e domestiche, dalla localizzazione dell'impianto, dall'infiltrazione di acqua salmastra nella rete fognaria e, infine, dalla qualità dell'acqua primaria. In Tabella 17 sono confrontati i valori medi rilevati durante la sperimentazione, gli intervalli di variazione e i valori soglia imposti dalla normativa.

Tabella 17 - Concentrazione media degli elementi per l'effluente e confronto normativo (da Akissa Bahhri, 2002)

Parametro	Valore medio	Range	Limiti Normativi (INNORPI, 1989)
pH	7.6	7.5-7.9	6.5-8.5
SS	42.5	15-191	30 (a)
COD	173.6	61-640	90 (a)
BOD ₅	35.3	18-70	30 (a)
Conducibilità elettrica (dS/m)	4.1	2.4-8.9	7.0
TDS (g/L)	2.6	1.5-5.6	-
SAR	8.5	5.1-17.6	-
N	42	27-85	-
P	3.6	1.6-6.5	-
K	52	18-120	-

Dall'esame della tabella emerge che, la concentrazione della gran parte degli elementi analizzati è inferiore a quella massima raccomandata dagli standard tunisini per il riuso in agricoltura. La composizione delle acque impiegate per il riuso è caratterizzata, solitamente, da una moderata salinità e sodicità con possibili rischi di salinizzazione dei suoli. Le acque hanno un elevato contenuto in azoto e potassio, di gran lunga superiore a quello necessario per l'accrescimento delle piante.

2.6.1.4 Rassegna di normativa e linee guida di altri Paesi del Mediterraneo

Turchia. La gestione delle risorse idriche è un problema importante in Turchia. La disponibilità di acqua è scarsa, di contro la domanda è in aumento, a seguito della crescita demografica, delle condizioni economiche del paese e dello sviluppo dell'urbanizzazione. L'impiego di acque riciclate costituisce un valido supporto, soprattutto in agricoltura, dove viene impiegato per l'irrigazione dei campi. Prezioso è il contributo del riuso delle acque reflue depurate per l'accrescimento delle piante soprattutto nel periodo estivo, caratterizzato da clima caldo e asciutto.

Il riferimento normativo è costituito da regole e prescrizioni tecniche per l'uso di acque reflue depurate da destinare all'agricoltura, collegate alla Legge per il controllo dell'inquinamento delle acque (Water pollution Control Regulations). In aggiunta alle leggi sono stati acclusi altri criteri, riguardanti la classificazione delle acque da usare per l'irrigazione e il livello massimo di concentrazione dei metalli pesanti e di elementi tossici.

Algeria. Attualmente l'Algeria sta affrontando il problema di incrementare le disponibilità idriche, adottando una nuova politica sulle risorse idriche e cercando nuove alternative alle risorse convenzionali.

Le acque reflue depurate rappresentano una promettente alternativa che non solo è sempre disponibile, ma è anche in crescita, per lo sviluppo delle città, del turismo e dell'industria.

Le leggi algerine vietano tassativamente il riutilizzo di acque reflue per l'irrigazione di prodotti da consumare crudi, mentre è consentita l'irrigazione di pascoli, alberi e prodotti da consumare cotti.

Le leggi algerine obbligano anche le città con oltre 10^5 abitanti al trattamento degli effluenti, mediante impianti di trattamento dei reflui, e le aree con un minore numero di abitanti devono far stabilizzare le acque reflue in vasche di sedimentazione.

Negli ultimi anni le Autorità algerine hanno avviato un programma ambizioso volto a: riabilitare 28 impianti di depurazione, costruire nuovi impianti per le città con più di 10^5 abitanti, costruire numerose vasche di sedimentazione per le aree meno popolate.

Egitto. La strategia egiziana sulle acque contempla il trattamento e il riuso delle acque reflue.

Il trattamento delle acque domestiche è primario o secondario.

Il riuso delle acque in agricoltura è un'attività praticata da tempo in Egitto.

La legge nazionale non permette il riutilizzo per colture alimentari.

I problemi principali per il riuso in Egitto sono: carenza di impianti di trattamento, gli impianti di trattamento utilizzate sono sovraccarichi o non perfettamente funzionanti, solo il 53% della popolazione è collegato al servizio di fognatura, un grande volume di acque reflue è direttamente immesso nei corpi idrici senza alcun trattamento

Libano. Il Libano non ha una tradizione antica nel riutilizzo dei reflui, soprattutto per lo scarso volume di acque reflue prodotto nel Paese. Negli ultimi anni è cresciuta la sensibilità per i problemi ambientali con conseguente presa di coscienza dei danni, per l'ecosistema e per la salute umana, indotti dalle acque reflue smaltite senza alcun trattamento.

Di conseguenza, il Governo libanese sta predisponendo delle misure correttive, che devono portare alla realizzazione di sistemi di trattamento delle acque, con lo scopo di produrre acqua di "seconda classe" da sfruttare in ambito agricolo o industriale. Il programma in elaborazione è finalizzato a: descrivere la situazione attuale delle acque reflue in Libano, sviluppare linee guida per informare gli i cittadini sui pericoli legati alle acque non depurate, sviluppare raccomandazioni pratiche per il trattamento e il riuso delle acque reflue in libano in accordo con i criteri della WHO e con le leggi internazionali.

Malta. La carenza idrica è un problema particolarmente sentito nell'isola di Malta. Poiché l'agricoltura è la principale risorsa economica, il riutilizzo delle acque reflue per irrigazione è stato contemplato già dal 1884, nell'ottica di preservare le altre risorse per uso domestico. Attualmente è diffuso l'utilizzo delle acque reflue depurate nel settore industriale per il raffreddamento delle acque e per il lavaggio degli scafi delle navi. Sono in fase di svolgimento degli studi sull'applicazione di tecniche di trattamento innovative sui reflui, che potrebbero confluire in Linee Guida nazionali sul trattamento dei reflui e loro possibile riutilizzo.

Marocco. Il problema del riuso non è, allo stato attuale, uno degli obiettivi fondamentali nella gestione delle risorse idriche. Tuttavia le Autorità ritengono che la situazione potrebbe cambiare nei prossimi anni, soprattutto per la forte crescita demografica. Gran parte dei reflui prodotti è scaricato a mare, solo una piccola parte è utilizzata in agricoltura. Il Marocco non ha ancora leggi nazionali specifiche sul riutilizzo delle acque reflue depurate. Di solito sono prese come riferimento le raccomandazioni WHO.

Siria. Gran parte delle acque reflue è smaltita senza alcun trattamento. I corsi d'acqua recettori raggiungono spesso un tale grado di degrado, da non poter essere utilizzati per alcuno scopo. Il principale effetto di tale livello di inquinamento dei fiumi e degli altri corpi idrici è l'estinzione di organismi viventi per carenza di ossigeno, la crescita di vegetazione indesiderata, la diffusione di odore sgradevole e la presenza esagerata di insetti e roditori. Le condizioni di salute della popolazione che vive in tali aree sono precarie. Spesso si diffondono malattie come epatite e tifo. Molti programmi per la gestione delle acque reflue depurate e per il loro possibile riutilizzo sono stati già implementati in diverse città, come Damasco, Aleppo, Homs, Salamyeh, Ras El Ein e Haramil Awamid. Molti altri progetti sono in fase di elaborazione. Ci si aspetta, pertanto, che la depurazione delle acque reflue diventi una pratica diffusa nel prossimo futuro. Per contrastare l'allarmante situazione nazionale e allo stesso tempo per produrre acqua trattata opportunamente da destinare all'agricoltura, il Governo siriano ha lanciato un programma per la costruzione di numerosi impianti di trattamento, due dei quali sono già operanti a Damasco e ad Aleppo.

Albania. In Albania non è praticato il riuso dell'acqua. Negli ultimi anni è stato implementato un programma di monitoraggio sulla qualità dei reflui urbani.

Bosnia-Erzegovina. Prima della guerra in Bosnia –Erzegovina non era praticato alcun riutilizzo dei reflui; c'era solo qualche idea di riutilizzo per irrigazione, ma nulla di concreto. Anche allo stato attuale non è previsto nulla, nemmeno a livello normativo, sull'argomento.

Croazia. In Croazia ci sono problemi di rifornimento idrico dovuti al turismo, all'agricoltura e alle estati asciutte. Fino ad ora il riutilizzo di reflui depurati non è stato praticato in alcuna forma. Probabilmente il riutilizzo non è stato praticato per la carenza del sistema di collettamento fognario e per l'assenza di sistemi di depurazione secondari. Molte città sulle coste, sono caratterizzate da un'alta fluttuazione della popolazione (turisti) e di produzione di reflui. I reflui, sottoposti al solo trattamento primario, vengono scaricati nel mare attraverso lunghe tubazioni sottomarine. Il principale futuro utilizzo delle acque reflue depurate in Croazia potrebbe essere l'irrigazione di alberi e vigneti.

Slovenia. In Slovenia recentemente si sta cominciando a sviluppare la pratica del riutilizzo delle acque reflue, in particolare grazie alla costruzione di aree umide, soprattutto per piccole comunità e di conseguenza per una quantità limitata di reflui. Ci si aspetta, nel prossimo futuro, di applicare tale tecnologia più diffusamente, soprattutto nelle aree turistiche.

3 Le problematiche di gestione delle risorse idriche e del riutilizzo in Europa

In Europa la domanda d'acqua è generalmente in aumento per gli usi agricoli, con particolare riguardo all'area meridionale. Nonostante la richiesta d'acqua per usi industriali sia diminuita a partire dagli anni '90, soprattutto grazie alle innovazioni tecnologiche introdotte nel settore, l'industria rimane il maggiore utilizzatore di risorsa idrica. Nel complesso il 54% delle acque prelevate è utilizzato nel settore industriale, il 27% in agricoltura, e il 19% per usi domestici (Figura 2), ma con grandi variazioni tra paesi diversi.

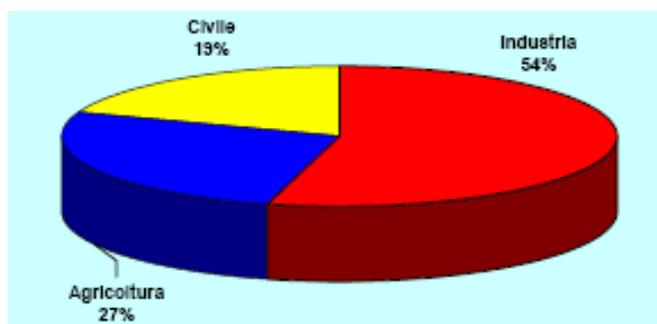


Figura 2- Ripartizione settoriale di utilizzo dell'acqua (da European Commission, 2004)

In generale nei paesi del Nord prevalgono gli usi industriali, mentre al Sud prevalgono gli usi agricoli.

Le Nazioni del Nord Europa, per condizioni climatiche ed ambientali, non hanno problemi di carenze idriche, tuttavia, le pressioni antropiche sono causa di depauperamento della qualità della risorsa. La crescente richiesta idrica ha portato diversi Governi dell'Europa settentrionale, come quello tedesco e danese, all'aumento delle tariffe dell'acqua, al fine di contenere gli sprechi della risorsa. Alcune Nazioni europee ricadenti nell'area mediterranea non dispongono di risorse idriche sufficienti, soprattutto nei mesi estivi, a causa di scarse precipitazioni, alta evaporazione ed aumento della domanda per l'irrigazione ed il turismo. Diverse regioni della Francia, Italia, Belgio e Regno Unito hanno sofferto l'impatto negativo degli episodi di siccità verificatisi durante gli ultimi dieci anni.

Altre considerazioni su alcune problematiche ambientali in Europa, quali l'intrusione salina (Figura 3) causata dall'eccessivo sfruttamento di acquiferi localizzati in prossimità delle coste e il rischio crescente della desertificazione di alcune aree (Figura 4), evidenziano la necessità di ricorrere a risorse idriche non convenzionali, quali, le acque reflue depurate.

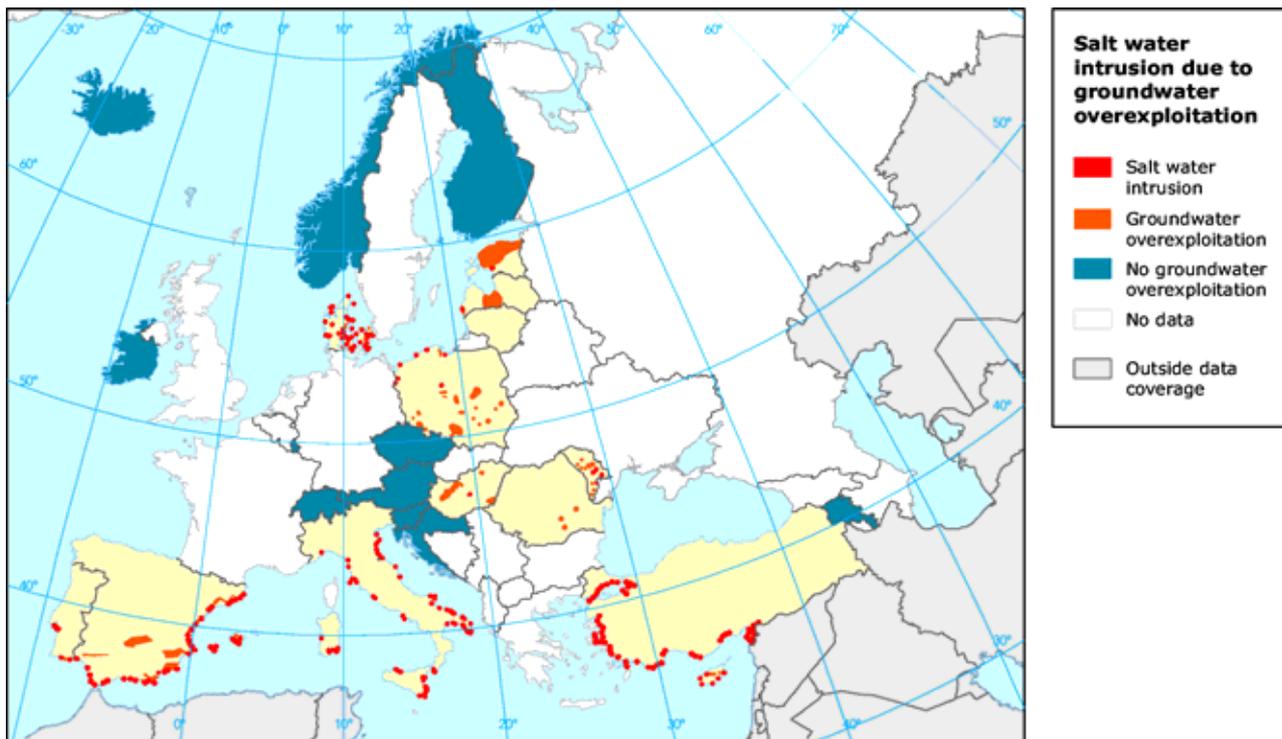


Figura 3 - Intrusione salina causata da eccessivo sfruttamento delle acque sotterranee (Marecos do Monte, M.H., 2006)

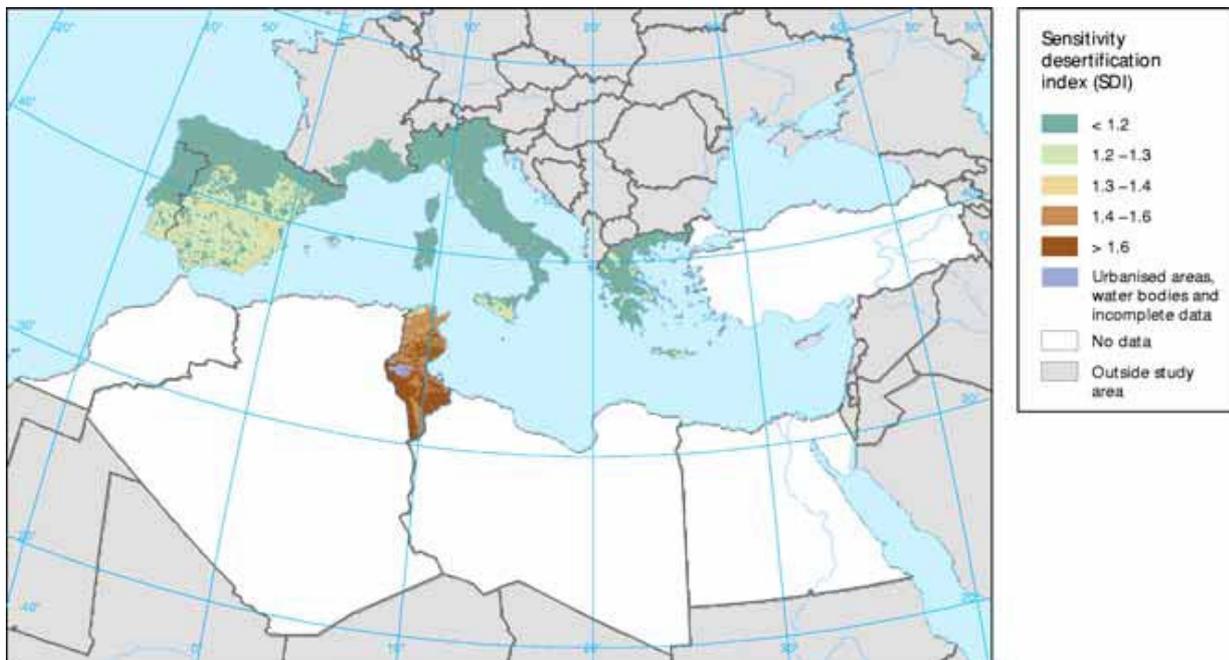


Figura 4 - SDI (Sensitivity desertification index) (Marecos do Monte, M.H., 2006)

Un approccio comunemente utilizzato per valutare la disponibilità di acqua è il “tasso di sfruttamento della risorsa” - rapporto fra i consumi annuali di acqua e i volumi rinnovabili disponibili. Quando il rapporto supera il 20% delle riserve esistenti, la gestione dell’acqua diventa un elemento vitale nell’economia del Paese.

In Europa (Figure 5 e 6), è questo il caso di Belgio, Olanda, Germania, Spagna, Italia, Francia e Portogallo (dal 75 al 20%), così come alcuni Paesi che ambiscono a far parte della CEE, come la Moldavia, l’Ungheria, la Bulgaria, la Romania, l’Ucraina e la Polonia (dal 29% al 22 %).

Inoltre, numerose regioni ed isole d'Europa, in particolare Bulgaria, Grecia, Francia, Portogallo e Regno Unito, già hanno raggiunto un tasso di sfruttamento quasi pari al 100% delle loro risorse idriche locali.

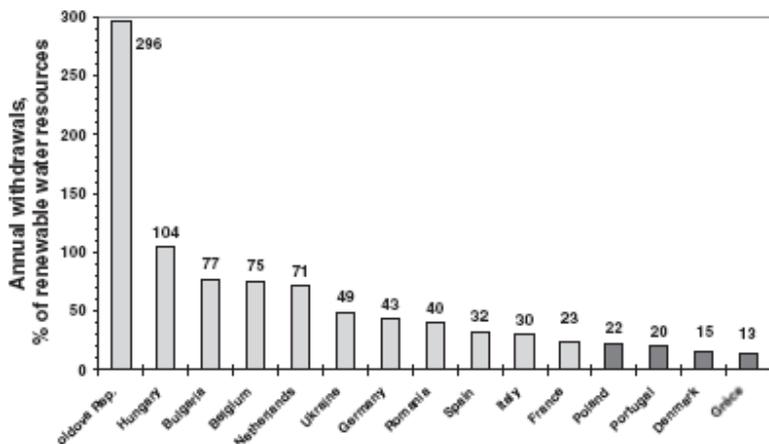


Figura 5 - Andamento dello sfruttamento delle risorse idriche rinnovabili (Angelakis, A.N. et al. 2003)

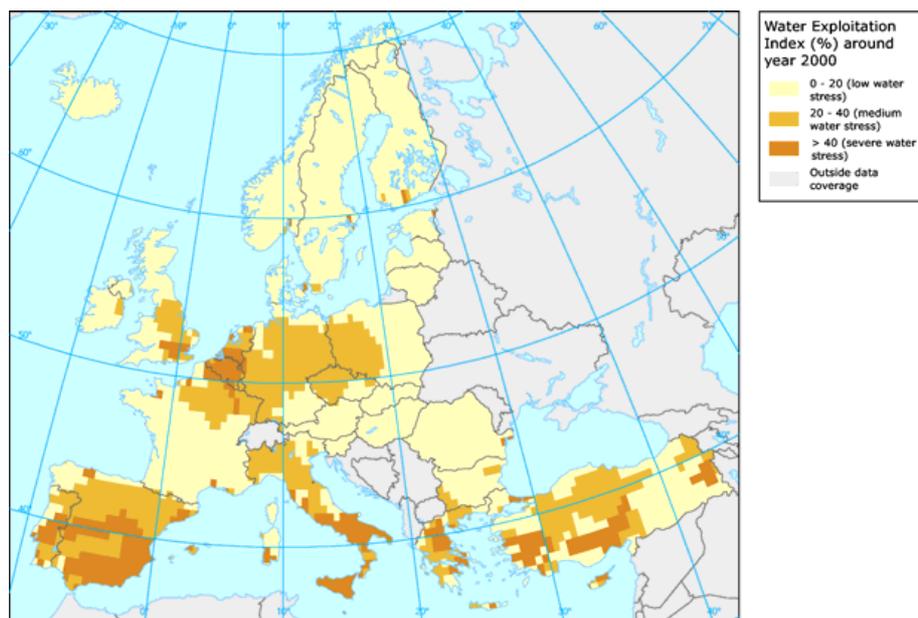


Figura 6 - Distribuzione territoriale del “tasso di sfruttamento dell’acqua” nel 2000 (Marecos do Monte, M.H., 2006)

Questi dati suggeriscono che per soddisfare le esigenze future, molti Paesi dovranno gestire in modo più efficiente le risorse idriche di quanto facciano attualmente.

L’esame della situazione europea attuale conferma che le politiche correnti devono essere orientate verso una migliore gestione integrata delle acque, minimizzando i rischi per la salute e per l’ambiente. La nuova direttiva quadro europea dell’acqua (Dir. 60/2000/CE) costituisce il punto di partenza per la definizione dei criteri da seguire.

In alcuni Paesi, come Spagna e Francia, sono stati elaborati dei programmi idrologici per la gestione delle acque, in altri, Grecia e Portogallo, sono in corso di definizione.

Questi programmi possono essere strumenti efficaci di azione, tuttavia quelli esistenti hanno alcuni limiti, in particolare: non includono schemi integrati delle risorse idriche, sono dominati dall’importanza delle richieste a breve termine e principalmente sono ancora rivolti verso

l'incremento della disponibilità d'acqua piuttosto che verso una migliore gestione della domanda d'acqua.

Alla luce di tali dati, il riuso delle acque reflue depurate potrebbe diventare un'importante alternativa nella gestione delle acque, sia per sostenere le risorse convenzionali che per ridurre l'impatto ambientale degli scarichi. Il riutilizzo delle acque reflue depurate è una delle possibili soluzioni al problema della carenza di risorse idriche, che ha il duplice vantaggio di incrementare di risorse idriche e frenare l'inquinamento per effetto della riduzione di acque di scarico. E' opportuno sottolineare, inoltre, che la disponibilità di acque reflue depurate è aumentata significativamente in tutta l'Europa, a partire dagli anni '80. In particolare, in molti Paesi dell'area nord occidentale si è verificato un marcato aumento della popolazione negli anni '90, che ha comportato un aumento di acque sottoposte a trattamenti terziari, e, di conseguenza, una riduzione di fosforo e azoto nelle acque di scarico. Trascurare tale potenziale risorsa idrica che potrebbe essere riutilizzata per diversi scopi non è compatibile con le politiche di sviluppo sostenibile e di salvaguardia dell'ambiente. Per tale motivo il riutilizzo di acque reflue depurate è previsto all'interno dei piani generali dell'acqua di vari Paesi (Figura 7).

Anche se per poter praticare il riutilizzo dell'acqua reflua è necessario perfezionare le tecniche e la normativa per evitare effetti indesiderati sull'ambiente e sulla salute pubblica. Inoltre, il riuso delle acque necessita di migliore controllo e di formazione adeguata del personale.

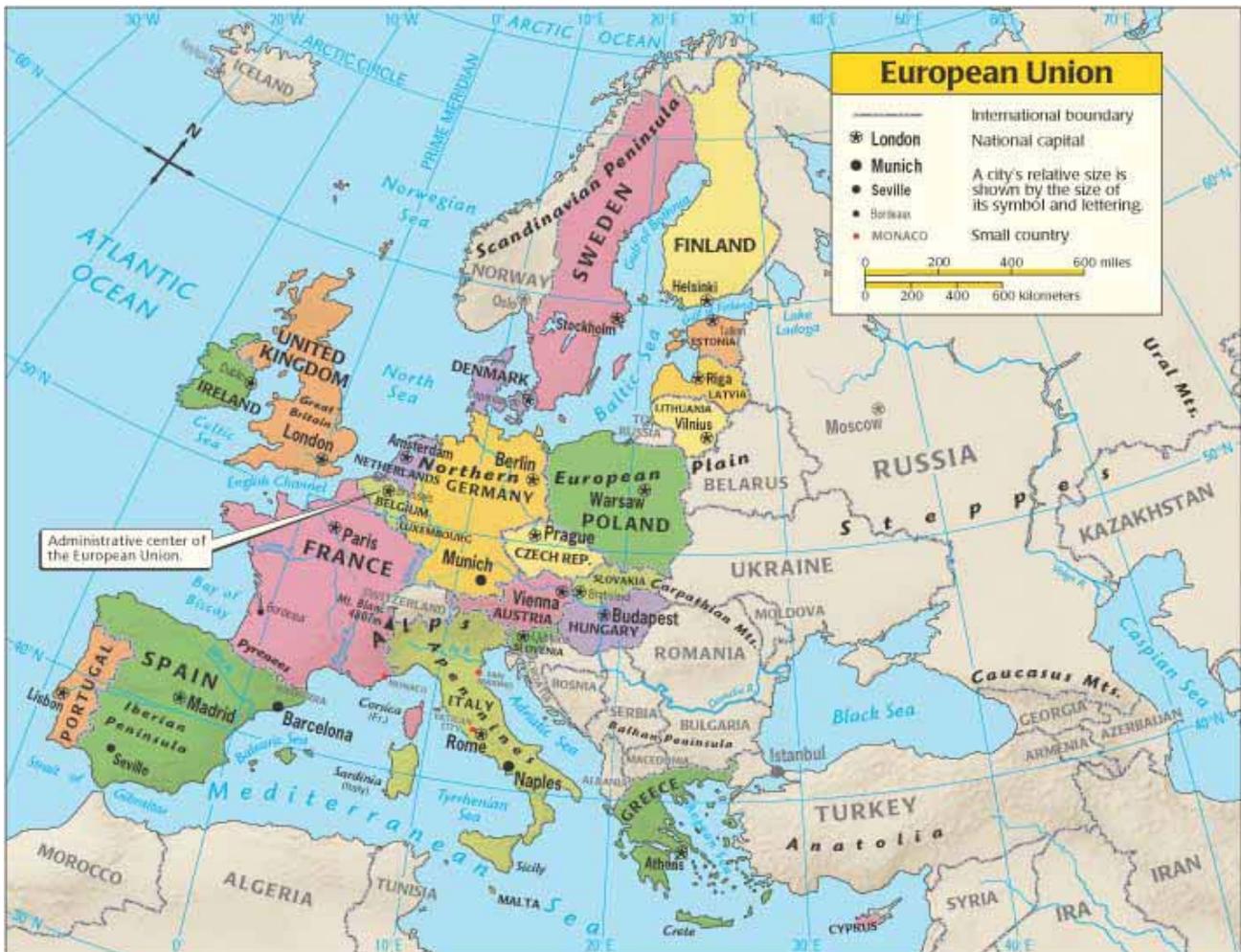


Fig.7 ★ Paesi che praticano il riuso delle acque (Marecos do Monte, M.H., 2006)

4 Normativa comunitaria ed europea

In virtù dell'abbondanza delle risorse idriche, soprattutto se confrontata con il resto del mondo, fino ad ora l'Unione Europea non ha investito in maniera consistente sul riuso delle acque sebbene si possano fare delle differenziazioni tra le diverse realtà europee.

In generale si può notare un diverso approccio in materia di riuso delle acque reflue da parte dei Paesi Nord-Europei e da quelli Mediterranei. Molti paesi del Nord Europa hanno abbondanti riserve d'acqua e considerano prioritaria la tutela della qualità delle acque. In queste nazioni più che la necessità di disporre di ulteriori quantitativi d'acqua, attraverso il riuso, è valutata prioritaria la protezione dell'ambiente che riceve le acque utilizzate. Il riciclo delle acque e delle acque reflue è incoraggiato nel settore industriale. La situazione è completamente differente per i paesi del Sud-Europa per i quali la disponibilità di risorse addizionali può produrre significativi vantaggi in agricoltura anche se il riuso è ancora limitato.

Nell'Unione Europea diversi paesi hanno definito norme e linee guida per il riuso delle acque reflue in agricoltura, come ad esempio Francia, Spagna, Cipro e Italia.

A livello comunitario non esiste ancora una regolamentazione unica sull'uso delle acque reflue depurate anche se è in preparazione una direttiva sulle acque reflue che racchiuderà gli aspetti legati al riutilizzo. Le direttive emanate in questo settore sono la 91/271/CEE (recepita a livello nazionale tramite il D.L.vo 152/99) che all'art. 12 sollecita gli Stati membri a prevedere il riuso ogni qual volta appaia appropriato, e la Direttiva 2000/60/CE del 23 ottobre 2000 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque. Con la Direttiva 91/271/CEE la Commissione della Comunità Europea ha dichiarato: *“i reflui trattati possono essere riutilizzati qualora risultino appropriati”* e *“I percorsi dello smaltimento devono ridurre al minimo gli effetti avversi per l'ambiente”*.

Per far fronte alla carenza legislativa in materia di riuso delle acque reflue, nel 1996, la Commissione Europea ha nominato una Task Force al fine di coordinare le varie azioni delle istituzioni europee e promuovere il riciclo delle acque reflue mediante l'applicazione delle migliori tecniche disponibili. L'incentivazione al riuso deve avvenire in settori strategici come quello agricolo e quello industriale, attraverso la definizione di standard di qualità delle acque, lo sviluppo di tecniche di depurazione e stoccaggio delle acque e la conduzione di campagne di informazione.

In simbiosi all'attività della Task Force diversi Paesi europei stanno conducendo studi epidemiologici allo scopo di confrontare i risultati di tali esperienze con le linee guida della WHO e contribuire all'armonizzazione delle regolamentazioni dei diversi Paesi.

Alcuni Stati Europei non hanno definito regolamenti e linee guida sul riuso delle acque reflue, per lo più perché dispongono di ingenti volumi d'acqua, come Danimarca, Lussemburgo, Finlandia e Irlanda o, come nel caso della Germania, perché gli alti livelli di protezione delle acque non ne permettono il riutilizzo. Si riportano di seguito degli esempi di Stati che hanno regolamentato il riuso attraverso specifiche norme o linee guida.

4.1 Spagna

La Spagna ha recentemente ribadito l'importanza del riuso delle acque reflue depurate in agricoltura

nel recente del Piano Nazionale di gestione delle acque. Il riuso delle acque reflue depurate in agricoltura è, comunque da tempo, una realtà in diverse regioni spagnole. Un primo modello di progetto di riuso delle acque reflue, è apparso nel 1995 e si ispirava alle norme della California; successivamente sono stati presentati alcuni progetti di riutilizzo di acque reflue rappresentando queste, per le aree aride e semiaride della Spagna, una importante risorsa aggiuntiva.

Non esiste una legislazione nazionale, ma l'Andalusia, le isole della Catalogna e delle Baleari hanno sostenuto il riuso di acque reflue attraverso la definizione di prescrizioni e le linee guida che seguono essenzialmente quelle della WHO.

I limiti microbiologici adottati nella regione dell'Andalusia vengono riportati in Tabella 18.

Tabella 18 - Limiti per il riutilizzo in Andalusia (Fonte: Inea, 1999)

	Nematodi intestinali uova/litro (media geometrica)	Coliformi fecali: MPN/100 ml (media geometrica)
Irrigazione per campi sportivi e parchi con libero accesso	<1	<200
Vegetali da consumare crudi	<1	<1000
Produzione di biomassa per il consumo umano e acqua di refrigerazione in circuiti aperti	Nessuno	<1000
Laghi ricreativi	<1	<2000
Acqua di refrigerazione in circuiti semi aperti	Nessuno	<10000
Irrigazione di cereali, colture industriali, vegetali cotti <1	<1	Nessuno
Nessuno		
Irrigazione di aree verdi non accessibili al pubblico, produzione di biomassa non destinata al consumo e laghi di accesso vietato.	Nessuno	Nessuno

4.2 Francia

In Francia l'uso di irrigare le colture con le acque reflue, in particolare nell'area attorno Parigi, risale all'inizio del secolo scorso e fino agli anni '40 ha rappresentato l'unico sistema di trattamento e smaltimento dei reflui nella grande area conurbana parigina (Angelakis et al, 2003). Negli anni '90, però, lo sviluppo dell'irrigazione intensiva nel Sud e i periodi siccitosi nell'area Nord-occidentale, tradizionalmente la più piovosa, hanno fatto riemergere l'interesse per il riuso dell'acqua.

In considerazione di tali motivazioni, nel 1991 sono state emanate le "linee guida per il riuso di acque reflue trattate, nelle zone irrigate ad ortaggi e spazi verdi", che sostanzialmente ricalcano le indicazioni WHO per la tutela della salute pubblica, anche se aggiungono delle restrizioni per le tecniche di irrigazione e impongono distanze di sicurezza tra i siti irrigati e le aree residenziali e le linee di comunicazione. In particolare l'irrigazione a spruzzo è strettamente limitata nelle aree urbane ed è fatto divieto di irrigare campi da golf o aree verdi durante le ore di apertura al pubblico. Inoltre le linee guida, al fine di garantire una stima del rischio ambientale e dell'impatto sulla salute, hanno imposto la realizzazione di un archivio per il controllo da parte delle autorità sanitarie delle pratiche del riuso di acque.

Le linee guida francesi, impongono attualmente, un controllo rigoroso della qualità microbiologica e chimica dell'acqua riciclata.

I progetti di riuso in Francia coprono più di 3000 ha e interessano una svariata gamma di applicazioni, quali irrigazioni di frutteti, cereali, mercato floro-vivaistico, praterie, piantagioni di giardini e campi da golf pubblici. Lo schema di riutilizzo Clermont-Ferrand che permette l'irrigazione di oltre 700 ha coltivati a mais rappresenta una dei più estesi progetti di riutilizzo europei. La regolamentazione francese impone di richiedere ed ottenere una specifica autorizzazione da parte dell'autorità dipartimentale per ogni progetto riutilizzo.

4.3 Cipro

Negli anni ottanta a valle del "Sewage Effluent Standard Technical Committee", lo Stato di Cipro ha predisposto un "codice di pratiche-tecniche" per il riutilizzo delle acque reflue trattate provenienti da effluenti domestici. Gli aspetti che sono stati contemplati in particolare sono relativi a: tecniche agricole (irrigazione), ricarica sotterranea; scarico a mare e in corpi idrici superficiali. Gli standard fissati dalla normativa di Cipro risalgono al 1987, essi sono stati emanati ispirandosi, per quanto riguarda i parametri microbiologici, alla proposta messa a punto dalla WHO ed in particolare alle norme fissate ad Engelberg: sono imposti limiti al valore degli indici del contenuto di sostanza organica (BOD₅ e COD) e l'assenza di uova di elminti. nelle acque reflue depurate.

La legge cipriota definisce per ciascun parametro definisce due valori di riferimento, nell'80% dei casi e sempre, per ogni classe di utilizzo dei reflui trattati (Tabella 19).

Tabella 19 - Standard di qualità per l'utilizzo delle acque reflue – Cipro

PARAMETRO		Unità di misura	Aree pubbliche	Aree pubbliche con accesso limitato	Colture da foraggio	Colture industriali
BOD	<i>80% dei casi</i>	<i>mg/l</i>	10	-	20	20
	<i>sempre</i>	<i>mg/l</i>	15	20	-	50
COD	<i>80% dei casi</i>	<i>mg/l</i>	10	30	30	-
	<i>sempre</i>	<i>mg/l</i>	15	30	-	60
Coliformi fecali	<i>80% dei casi</i>	<i>MPN/100 ml</i>	50	1000	-	5000
	<i>sempre</i>	<i>MPN/100 ml</i>	-	2000	10000	-

Le principali considerazioni ricavabili dalle linee guida cipriote sono le seguenti:

- le acque reflue devono essere opportunamente trattate e ciò dipende dal loro utilizzo;
- il piano di riuso deve essere supervisionato da un tecnico specializzato mentre procedure e competenze devono essere approvate dall'Autorità competente;
- le varie fasi del programma di riuso sono finalizzate ad ottenere una qualità accettabile per l'acqua;
- il sistema di distribuzione dei reflui deve essere identificato già durante la costruzione del sistema stesso così da evitare l'interconnessione con sistemi di potabilizzazione e di ripartizione di effluente di buona qualità, ed inoltre è indispensabile indicare che il sistema trasporta effluente trattato;
- metodi di irrigazione (superficiale, a goccia, a bolla, piccolo angolo, a spruzzo) sono individuati in relazione alla tipologia delle piante (parchi, prati, vigneti, alberi da frutta, ortaggi, ortaggi da mangiare cotti o crudi);
- vengono raccomandati appropriati metodi di trattamento terziario e un adeguato livello di disinfezione viene raccomandato.

4.4 Situazione normativa sul riuso in altri Stati europei

Nel seguito è riportata una breve descrizione della situazione normativa in Stati in cui non esiste una specifica normativa sul riutilizzo delle acque reflue, ma che contemplano il riuso delle acque e/o stanno predisponendo linee guida e regolamentazioni sull'argomento.

Regno Unito. Il Regno Unito ha un'antica tradizione nel riutilizzo delle acque. La normativa vigente, risalente al 1994, riguarda essenzialmente il riutilizzo in agricoltura e sono in fase di preparazione delle nuove linee guida. La nuova Normativa dovrà considerare anche le altre possibilità di riutilizzo delle acque reflue depurate, in particolare nel settore civile e industriale, che, di fatto, da tempo usufruiscono del riciclo delle acque.

Già in passato sono state utilizzate le acque di scarico per mantenere le portate e gli ecosistemi dei fiumi e, tramite l'estrazione di acqua dai fiumi, per fornire acqua per uso domestico alle città. Tale pratica è particolarmente sviluppata per i principali fiumi delle aree meridionali e orientali del Paese, dove non è sempre possibile captare acqua a monte dei depuratori. Numerosi sono gli esempi di riutilizzo delle acque reflue depurate in agricoltura, principalmente per irrigazione di campi da golf, parchi, verde urbano, ma non mancano le applicazioni per usi commerciali, come lavaggi di macchine, sistemi di raffrescamento e allevamenti di pesci.

Numerose sono anche le applicazioni di riutilizzo combinato di acque reflue depurate e acque di pioggia in ambito domestico, per il lavaggio delle macchine, per gli scarichi dei bagni e per le docce. Per soddisfare la crescente richiesta di sistemi per il riciclo di acque grigie e piovane, il Building Services Research and Information Association (BSRIA) ha pubblicato recentemente delle linee guida per il riuso delle acque grigie e per la raccolta delle acque piovane.

Belgio. Il Belgio è uno dei Paesi Europei con la più bassa disponibilità di risorse idriche, ma non ha una cultura radicata del riutilizzo di acque reflue, né una legislazione nazionale per l'impiego di acque reflue depurate. Il Governo belga sta promuovendo la predisposizione di linee guida sul riutilizzo. Negli ultimi anni soprattutto il mondo universitario si sta sensibilizzando al problema e sono stati sviluppati diversi progetti per il riutilizzo delle acque reflue depurate.

Per quanto riguarda acque reflue, attualmente solo il 40% di tutti i reflui è sottoposto a trattamento, con la prospettiva di trattare il 60% dei reflui nei prossimi anni. La quantità di reflui riutilizzati rimane fino ad ora limitata. Anche se, in alcune situazioni, il riutilizzo delle acque potrebbe risultare particolarmente utile, nell'industria, ad esempio, o in aree con problemi di scarsità d'acqua o, ancora, nelle regioni costiere durante la stagione turistica. La riduzione dello smaltimento di acque reflue in aree sensibili è un'altra delle ragioni per sviluppare progetti per il riutilizzo dell'acqua in Belgio. Molti progetti per il riutilizzo industriale delle acque reflue riguardano il territorio delle Fiandre. Tali progetti considerano, in particolare, la possibilità di riutilizzo delle acque in industrie alimentari, manifatturiere, chimiche e tessili. L'unico caso documentato di riutilizzo di acque reflue in agricoltura è quello per l'irrigazione dei campi, principalmente nel periodo estivo.

Inoltre, l'Università di Gembloux ha sviluppato un sistema, chiamato "Epuvalisation", per il riutilizzo delle acque reflue in idrocoltura. Altri studi in corso di svolgimento riguardano la possibilità di riutilizzo delle acque per usi domestici e per la ricarica degli acquiferi, considerando metodologie e tecnologie d'avanguardia, quali la microfiltrazione, l'osmosi inversa e le membrane di filtrazione.

Grecia. In Grecia la domanda d'acqua è aumentata notevolmente rispetto al passato. Anche se le precipitazioni sono adeguate, la disponibilità d'acqua non è sempre sufficiente, a causa delle variazioni stagionali e regionali delle precipitazioni, dell'incremento di richiesta d'acqua nel periodo estivo e della difficoltà nel trasporto dell'acqua a causa del territorio montuoso. Inoltre, in molte regioni dell'area sud-orientale ci sono elevate pressioni sulle risorse idriche, esacerbate soprattutto dall'elevata richiesta d'acqua dovuta al turismo e all'irrigazione.

Pertanto, l'integrazione delle acque reflue depurate nel programma generale di gestione delle risorse idriche costituisce un importante contributo.

Numerosi studi e ricerche attualmente in corso in Grecia sono finalizzati a comprendere le tecniche di trattamento più idonee cui sottoporre i reflui e riguardano, prevalentemente, il possibile riutilizzo in agricoltura. Nonostante il crescente interesse nei riguardi del riuso, ad oggi non sono state ancora adottate linee guida o criteri per il riutilizzo delle acque, in aggiunta a quelle per lo smaltimento (No E1b/221/65 Health Arrangement Action). Sono stati condotti degli studi preliminari per la definizione dei criteri e dei parametri delle acque da riutilizzare e sono in elaborazione le linee guida nazionali sul riuso.

Portogallo. In Portogallo il riutilizzo di acque reflue costituirebbe una risorsa integrativa per l'agricoltura, che potrebbe addirittura raddoppiare i ricavi rispetto alla situazione attuale e risolvere il problema dell'irrigazione in periodi di siccità. Di grande interesse è anche la possibilità di irrigare con acque depurate i campi da golf. Sono stati pubblicati di recente Standard Nazionali sul riutilizzo delle acque per irrigazione.

Svezia. In Svezia non c'è una normativa specifica di riferimento per il riutilizzo delle acque reflue, tuttavia è diffusa e radicata da anni la tradizione di irrigare con acque reflue depurate.

Infatti, in molte aree con carenza di risorse idriche, il riuso delle acque è considerato una valida risorsa integrativa ed è diffusa la pratica di raccogliere le acque reflue in grandi serbatoi e farle stazionare per molti mesi prima di destinarle all'irrigazione. In questo modo si ottiene un duplice vantaggio: depurare i reflui in modo economico ed efficace, creare risorse d'acqua per l'agricoltura. I nutrienti delle acque reflue sono riciclati per concimare i terreni e le aziende agricole si riforniscono di acqua a costi molto contenuti.

Questo è vantaggioso per la “Water Utility” (Autorità delle Acque) dal momento che l’acqua reflua diventa bene commerciabile e non sono necessari costosi piani di trattamento e smaltimento dei reflui.

Paesi Bassi. I Paesi Bassi non hanno una legislazione nazionale sul riutilizzo delle acque, ma solo alcune prescrizioni sulla qualità dell’effluente e sulla distanza dalle superfici d’acqua.

Attualmente, la quantità totale di acque reflue depurate riutilizzate è scarsa, anche se negli ultimi anni sta crescendo l’interesse per le acque reflue depurate e il loro possibile impiego, soprattutto nel settore industriale.

Il riutilizzo di effluenti per irrigazione è consentito solo quando il refluo ha opportuni requisiti di qualità, in particolare per l’irrigazione dei campi, cloro e ferro sono le sostanze limitanti allo stato attuale.

Talvolta gli effluenti sono utilizzati per il mantenimento del livello degli acquiferi, per gli estintori e per altri usi urbani. In questi casi gli elementi di cui si tiene conto nel riutilizzo sono la qualità dell’effluente e la distanza dalle superfici d’acqua

Nel prossimo futuro, il riutilizzo probabilmente aumenterà. Per il riutilizzo in agricoltura gli effluenti saranno raccolti e trattati, al fine di raggiungere gli standard opportuni.

Con le imposizioni del Governo Olandese di limiti e tasse sull’estrazione dagli acquiferi, al fine di ristabilire il livello originario delle acque sotterranee, sta crescendo l’interesse per il riutilizzo delle acque reflue, soprattutto nel settore industriale.

Austria. L’Austria non dispone di normativa nazionale sul riutilizzo delle acque reflue.

La scarsità d’acqua in Austria è solo un problema locale limitato ad alcune aree nel settore orientale e meridionale. L’interesse per il riuso delle acque reflue depurate è comunque rilevante per ridurre il problema dell’inquinamento e/o i costi di approvvigionamento idrico. Con il “Water Act” l’Austria ha evidenziato con forza la necessità di proteggere e salvaguardare le acque superficiali e sotterranee. Per alcune industrie, i consumi di acqua sono limitati dalla legge a valori che possono essere aumentati solo con acqua riciclata (per esempio cartiere e industrie di zucchero). Poiché l’acqua è considerata una risorsa rinnovabile, il suo riutilizzo è raccomandato solo se comporta vantaggi economici ed ecologici. Pertanto, gli obiettivi fondamentali della protezione delle risorse idriche in Austria sono rendere razionale l’uso dell’acqua e tenere sotto controllo l’inquinamento.

Danimarca. Come negli altri paesi scandinavi, il problema del riuso delle acque reflue non è stato mai considerato seriamente, pertanto non ci sono linee guida nazionali sull’argomento. Tuttavia, le elevate tariffe dell’acqua incoraggiano le industrie a processi di riciclo e raffreddamento dell’acqua.

Finlandia. Avendo una delle più alte disponibilità di acqua in Europa, la Finlandia non sente la necessità di considerare il riuso di acque reflue depurate. L’uso dell’acqua per irrigazione è inferiore all’1% dell’acqua di scorrimento superficiale (runoff). L’elevato interesse per la protezione ambientale favorisce l’implementazione di schemi per il riciclo di acque reflue industriali.

Germania. In Germania non c’è normativa nazionale sul riutilizzo dei reflui, ma sono previsti piccoli incentivi economici per coloro che ricorrono a tale pratica. In alcune regioni, quali le valli del Ruhr e del Reno, si pratica la ricarica artificiale delle acque profonde. In questi casi l’acqua superficiale o degli argini dei fiumi è filtrata e utilizzata come acqua grezza per la produzione di acqua da bere. In alcune Regioni sono state emesse nuove normative relative al riutilizzo di acque di pioggia raccolte, da effettuare solo quando possono essere ottenuti vantaggi economici ed ambientali. Poiché il “Federal Water Act” (Wasserhaushaltsgesetz) impone in Germania un alto livello di protezione per l’acqua, la migliore opportunità per il riuso delle acque reflue depurate è attraverso schemi di protezione ambientale.

Irlanda. Grazie al clima mite ed umido dell'Irlanda, non è stata mai sentita la necessità di ricorrere all'irrigazione in agricoltura. Non si è a conoscenza di alcuna volontà di riutilizzare le acque reflue depurate in Irlanda.

Lussemburgo. Poiché il Lussemburgo non ha alcun problema nell'approvvigionamento di acqua, il riutilizzo delle acque reflue non è considerato un problema del Paese. Tuttavia, al fine di proteggere i corsi d'acqua, specialmente nel periodo estivo, quando la portata è bassa, sono stati emanati alcuni provvedimenti, che incoraggiano il settore industriale a riciclare le acque di lavorazione e di raffreddamento. Nella stessa ottica è incoraggiata la raccolta delle acque di pioggia da destinare ad attività industriali, agricole e per usi domestici. Inoltre si sta considerando la possibilità di utilizzare le acque reflue depurate per l'umidificazione nelle industrie di compost.

5 Normativa italiana

Con la Legge n. 319 del 1976 inizia la prima tappa legislativa in materia di utilizzo delle acque reflue in Italia che condurrà in seguito alla definizione di una norma specifica sulle modalità per il riuso delle acque reflue, rappresentata dal decreto Ministeriale n. 185 del 2003. Recentemente con la pubblicazione del nuovo decreto 2 maggio 2006 sono entrate in vigore le nuove norme tecniche che stabiliscono come le acque reflue domestiche, urbane ed industriali possano essere riutilizzate per uso irriguo, civile ed industriale, che ribadiscono nella sostanza quanto definito nel decreto 185/2003.

In realtà, però, il Ministero dell'Ambiente il 26 giugno 2006 ha effettuato una segnalazione di inefficacia del Dm 2 maggio 2006. Secondo il comunicato ministeriale, non essendo stato il Dm a suo tempo inviato alla Corte dei Conti per essere sottoposto al suo preventivo e necessario controllo ai sensi dell'articolo 3, primo comma, della legge 14 gennaio 1994, n. 20, non è stato registrato dal predetto organo e, pertanto, non può considerarsi giuridicamente produttivo di effetti.

Comunque il decreto 2 maggio 2006, emanato in attuazione dell'articolo 99 del Dlgs 152/2006, in vigore il 29 aprile 2006, ricalca in gran parte le disposizioni già vigenti in virtù del Dm 185/2003 relative a "destinazioni d'uso" e "requisiti di qualità" necessari per il riutilizzo delle acque recuperate. Il provvedimento, come il Dm 185/2003, non si applica al riutilizzo delle acque presso lo stesso stabilimento di produzione. Sempre secondo il sopracitato articolo 99 spetta ora alle Regioni, che non abbiano già provveduto in base all'identica disposizione della legge 36/1994, adottare misure che favoriscano il riciclo dell'acqua ed il riutilizzo delle acque reflue depurate. La stessa legge "Galli" stabilisce, infatti, che gli usi delle acque devono essere rivolti al risparmio e al rinnovo della risorsa idrica, per non pregiudicare il patrimonio e l'ambiente in generale. Il Dm n. 185 del 12 giugno 2003, nella sostanza confermato dal decreto del 2006, stabilisce le norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue, allo scopo di limitare il prelievo delle acque superficiali e sotterranee, riducendo l'impatto degli scarichi sui fiumi e favorendo il risparmio idrico, mediante l'utilizzo multiplo delle acque di depurazione. Secondo il Decreto 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. Inoltre, il riutilizzo irriguo deve essere realizzato con modalità che *"assicurino il risparmio idrico"*.

Il provvedimento indica tre possibilità di riutilizzo di queste acque recuperate: in campo agricolo per l'irrigazione, in campo civile per il lavaggio delle strade, per l'alimentazione dei sistemi di riscaldamento e raffreddamento e per l'alimentazione delle reti duali di adduzione, in campo industriale per la disponibilità dell'acqua antincendio e per i lavaggi dei cicli termici. Per poter riutilizzare l'acqua per uno qualsiasi di questi scopi, si deve comunque raggiungere un certo grado di qualità, soprattutto igienico-sanitaria. I trattamenti di tipo convenzionale non sono quasi mai sufficienti e quindi la tecnologia si sta orientando verso la messa a punto di nuovi sistemi alternativi di trattamento terziario e di disinfezione, finalizzati all'ottenimento di un elevato grado di qualità dell'acqua, attraverso l'abbattimento della carica microbica, dei nutrienti e delle sostanze tossiche. Nello scenario dei vantaggi e delle prospettive future che può offrire il riciclo delle acque usate, si collocano pertanto nuove tecnologie che cercano di ottenere processi efficienti a garanzia di un approvvigionamento di acqua depurata a costi contenuti.

In particolare per quanto concerne le acque riutilizzabili in irrigazione, i limiti di qualità previsti sono molto attenti agli aspetti sanitari, ma occorre considerare accuratamente anche tutti i problemi che si potrebbero avere nei confronti delle colture e del terreno, nonché sulla stessa funzionalità degli impianti irrigui.

Il riutilizzo delle acque reflue recuperate dovrà avvenire con le modalità di cui all'art. 10, di seguito schematicamente riportate:

- nel caso di riutilizzo irriguo, esso deve essere realizzato con modalità che assicurino il risparmio idrico, non può superare il fabbisogno delle colture ed è comunque subordinato al rispetto del codice di buona pratica agricola, ovvero, come precisato nell'articolo 10, comma 1, “gli apporti d'azoto derivanti dal riutilizzo d'acque reflue concorrono al raggiungimento dei carichi massimi ammissibili e alla determinazione dell'equilibrio tra il fabbisogno d'azoto delle colture e l'apporto d'azoto proveniente dal terreno e dalla fertilizzazione”;
- nel caso di riutilizzi multipli (ovvero usi diversi da quelli irrigui, civili e industriali) il titolare della distribuzione delle acque reflue recuperate deve curare la corretta informazione degli utenti sulle modalità d'impiego, sui vincoli da rispettare e sui rischi connessi a riutilizzi impropri.

I valori limite per le acque reflue recuperate all'uscita dell'impianto di depurazione previsti dall'allegato al decreto 2 maggio 2006 sono riportati in Tabella 20.

Tabella 20 – Valori limite delle acque all’uscita dell’impianto di recupero

	Parametro	Unità di misura	Valore limite
Parametri chimico-fisici	pH		6-9,5
	SAR		10
	Materiali grossolani		Assenti
	Solidi sospesi totali	mg/L	10
	BOD ₅	mgO ₂ /L	20
	COD	mgO ₂ /L	100
	Fosforo totale	mgP/L	2
	Azoto totale	mgN/L	15
	Azoto ammoniacale	mgNH ₄ /L	2
	Conducibilità elettrica	μS/cm	3000
	Alluminio	mg/L	1
	Arsenico	mg/L	0,02
	Bario	mg/L	10
	Berillio	mg/L	0,1
	Boro	mg/L	1,0
	Cadmio	mg/L	0,005
	Cobalto	mg/L	0,05
	Cromo totale	mg/L	0,1
	Cromo VI	mg/L	0,005
	Ferro	mg/L	2
	Manganese	mg/L	0,2
	Mercurio	mg/L	0,001
	Nichel	mg/L	0,2
	Piombo	mg/L	0,1
	Rame	mg/L	1
	Selenio	mg/L	0,01
	Stagno	mg/L	3
	Tallio	mg/L	0,001
	Vanadio	mg/L	0,1
	Zinco	mg/L	0,5
	Cianuri totali (come CN)	mg/L	0,05
	Solfuri	mgH ₂ S/L	0,5
	Solfiti	mgSO ₃ /L	0,5
	Solfati	mgSO ₄ /L	500
Cloro attivo	mg/L	0,2	
Cloruri	mgCl/L	250	
Fluoruri	mgF/L	1'5	

	Parametro	Unità di misura	Valore limite
	Grassi e olii animali/vegetali	mg/L	10
	Olii minerali Nota 1	mg/L	0,05
	Fenoli totali	mg/L	0,1
	Pentaclorofenolo	mg/L	0,003
	Aldeidi totali	mg/L	0,5
	Tetracloroetilene, tricloroetilene (somma delle concentrazioni dei parametri specifici)	mg/L	0,01
	Solventi clorurati totali	mg/L	0,04
	Triometani (somma delle concentrazioni)	mg/L	0,03
	Solventi organici aromatici totali	mg/L	0,01
	Benzene	mg/L	0,001
	Benzo(a)pirene	mg/L	0,00001
	Solventi organici azotati totali	mg/L	0,01
	Tensioattivi totali	mg/L	0,5
	Pesticidi clorurati (ciascuno) Nota 2	mg/L	0,0001
	Pesticidi fosforati (ciascuno)	mg/L	0,0001
	Altri pesticidi totali	mg/L	0,05
Parametri microbiologici	Escherichia coli Nota 3	UFC/100mL	10 (80% dei campioni) 100 valore puntuale max
	Salmonella		assente

Note

1. Tale sostanza deve essere assente dalle acque reflue recuperate destinate al riutilizzo, secondo quanto previsto al paragrafo 2.1 tabella 3 dell'allegato 5 della Parte Terza del Dlgs 152/06 per gli scarichi sul suolo. Tale prescrizione si intende rispettata quando la sostanza è presente in concentrazioni non superiori ai limiti di rilevanza delle metodiche analitiche di riferimento, definite e aggiornate con apposito decreto ministeriale, ai sensi del paragrafo 4 dell'allegato 5 del Dlgs n. 152 del 1999. Nelle more di tale definizione, si applicano i limiti di rilevanza riportati in tabella.
2. Il valore di parametro si riferisce ad ogni singolo pesticida. Nel caso di Aldrina, Dieldrina, Eptacloro ed Eptacloro epossido, il valore parametrico è pari a 0,030 /mu g/l.
3. Per le acque reflue recuperate provenienti da lagunaggio o fitodepurazione valgono i limiti di 50 (80% dei campioni) e 200 UFC/100 ml (valore puntuale massimo).

Rispetto all'allegato al D.M 185/2003 quello del D.M. 2 maggio 2006 aggiunge alcune novità ai commi 1 e 2 relativamente ai compiti delle regioni per i monitoraggi e alla definizione di alcuni limiti. Infatti è demandato alle Regioni di stabilire per ogni zona omogenea del proprio territorio i parametri per i quali è obbligatorio effettuare il controllo ed il monitoraggio, fissando i limiti dei medesimi nel rispetto del decreto. Inoltre per i parametri chimico-fisici per cui non sono forniti limiti o valori guida, 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 dell'allegato, purché non superiori ai 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.

Relativamente ai requisiti di qualità che devono possedere le acque suscettibili di riuso irriguo, la normativa italiana mantiene un atteggiamento cautelativo rispetto al quello più permissivo delle raccomandazioni che sono fornite a livello internazionale da vari organi scientifici. Forte attenzione è posta al parametro microbiologico per cui la necessità di tutela della salute dell'uomo non è valutata in funzione del reale rischio di diffusione di eventi epidemiologici attraverso le acque reflue riutilizzate, ma definendo limiti particolarmente rigorosi.

Rispetto alle normative di altri paesi, quali ad esempio lo Stato della California e Israele, le disposizioni italiane per quanto concerne il riutilizzo agricolo o civile non presentano alcuna distinzione tra le varie tipologie di riuso. Per quanto concerne i parametri microbiologici, ad esempio, nelle normative di altri paesi rispetto a quella italiana, è possibile notare una sensibile variazione dei valori limite accettati passando dall'irrigazione di pascoli per animali da latte, e forniture per vivaio e tappeti erbosi e quelli più restrittivi per riusi quali irrigazione di colture alimentari.

Un altro aspetto non contemplato rispetto alle regolamentazioni di altri paesi è la definizione di prescrizioni sui trattamenti minimi richiesti in funzione delle tipologie stesse di riuso. In realtà i limiti particolarmente restrittivi previsti dal DM 185/2003, confermati dal D.M 2 maggio 2006 impongono la necessità di effettuare trattamenti di affinamento molto spinti per arrivare ai valori richiesti. Proprio la severità dei limiti è stata messa in discussione da numerosi tecnici i quali ritengono che valori così restrittivi limitino l'effettiva possibilità di riutilizzo di acque reflue depurate. Particolarmente severo è giudicato il limite ammesso per gli SST pari a 10mg/l, valore certamente cautelativo che fa ipotizzare il ricorso a tecnologie di filtrazione per scongiurare il pericolo di superamento.

6 Conclusioni

Il riuso delle acque può avere due importanti benefici. Il più immediato si riferisce alla possibilità di disporre di una risorsa idrica addizionale; il secondo è la riduzione dell'impatto determinato dalla immissione delle acque reflue depurate nell'ambiente, da cui deriva l'effetto indiretto non trascurabile della conservazione della qualità delle acque a valle. Dunque a scala di bacino, è necessario valutare il doppio contributo nel bilancio idrico delle acque reflue depurate, sia come quantitativo a disposizione a monte, che come riduzione del deflusso di acque reflue a valle. Inoltre, se l'acqua è riutilizzata in agricoltura, si deve tener conto della riduzione nell'uso di fertilizzanti, dal momento che si può disporre dei quantitativi di nutrienti presenti nelle acque reflue depurate, e del conseguente abbattimento dei costi dei trattamenti di affinamento (Angelakis et al., 2003).

Dall'analisi delle varie normative, prescrizioni e regolamenti si evince che l'approccio più ricorrente è quello di considerare prioritariamente particolari riutilizzi come quello irriguo (agricolo e/o ricreativo), e quello urbano. A tale scopo, nel contesto internazionale risultano particolarmente sviluppate normative e linee-guida sul riuso delle acque reflue in agricoltura, per effetto della diffusione di questa pratica da tempi remoti.

Nella maggior parte dei casi esiste una netta distinzione dei limiti imposti al variare delle destinazioni d'uso delle acque reflue trattate e delle condizioni di sviluppo socio-economico dello specifico Paese.

Le linee guida WHO, frutto di numerose ricerche sul rischio sanitario legato all'uso d'acque reflue partite già negli anni '70, rappresentano il riferimento più adottato dagli Stati nella definizione delle proprie regolamentazioni.

Comunque si può notare che i Paesi più arretrati e in via di sviluppo si sono attenuti proprio alle linee guida WHO, imponendo limiti, poco restrittivi che permettano di affrontare le condizioni igienico-sanitarie più critiche e comunque non richiedano trattamenti di affinamento costosi, inattuabili in realtà in cui non sono diffusi gli impianti di depurazione.

Di contro le Nazioni industrializzate, nella determinazione degli standard di qualità per il riuso applicano generalmente approcci più restrittivi, che permettano di salvaguardare la salute umana a prescindere dal rischio.

Gli standard fissati si basano sull'uso degli indicatori escherichia coli e coliformi fecali o totali senza definire il rischio accettabile che tenga conto dell'effettiva esposizione della popolazione e degli operatori. Inoltre è bene notare che, come accade diffusamente in Italia, lì dove sono previsti limiti particolarmente restrittivi che spesso rendono impraticabile il riutilizzo, si realizza comunque un riuso indiretto delle acque reflue più o meno depurate, dopo che queste vengano immesse in corpi idrici recettori.

Le più recenti linee guida di Stati come la California, Israele e della stessa WHO si stanno muovendo secondo l'approccio del rischio reale. In tale contesto si valuta il rischio accettabile in funzione della specifica situazione epidemiologica, della tecnica di irrigazione adottata e delle eventuali barriere che possono proteggere dalla contaminazione. Con tale approccio multi barriere si tiene conto del rischio reale permettendo una depurazione delle acque adeguata ma economicamente sostenibile.

La stato dell'arte della normativa europea sul riuso delle acque reflue mette in risalto la necessità di linee guida a livello comunitario che forniscano criteri univoci per l'applicazione delle regolamentazioni nel rispetto delle direttive comunitarie e delle specificità dei differenti paesi.

La normativa italiana, come già accennato, rispetto ad altri Paesi che si sono posti il problema di rendere il riuso compatibile con le esigenze di tutela e fattibile economicamente, non prevede

divisione a seconda del tipo di coltura praticata, né specifica i trattamenti minimi richiesti per le varie categorie di riuso, specializzandoli in base al rischio di diffusione batteriologica associato. Alcuni autori, però, giudicano positivamente l'approccio che prevede di fare riferimento ad una classe di qualità microbiologica del refluo indifferenziata per tutte le destinazioni d'uso. La scelta di un unico riferimento viene considerata vantaggiosa alla luce del contesto agricolo italiano per il quale valori limite differenziati per il parametro microbiologico delle acque reflue farebbero sorgere il problema del controllo dell'idoneità dell'acqua in funzione della destinazione. In tal senso, un unico valore dovrebbe incentivare la diffusione della pratica di riuso, oltre a garantire una sicurezza igienica globale.

7 Bibliografia

- Anac, S. et al (2003). Provisional regulatory guidelines for best reuse and management of wastewater in agriculture of Turkey. 1st Med-Reunet Seminar, Mediterranean Network on wastewater reclamation and reuse, Izmir Turkey, 25-26 Settembre 2003.
- Angelakis, A.N., L. Bontoux, and V. Lazarova. Main Challenges and Prospectives for Water Recycling and Reuse in EU Countries, *Wat. Sci. Tech., Wat. Supply*, 2003; 3(4): 59-68.
- Arpa Emilia Romagna (2004). Studio finalizzato all'introduzione di norme e misure volte a favorire il riutilizzo delle acque reflue depurate.
- Asano, T. et al. (2004). Groundwater recharge with reclaimed municipal wastewater:
- Bahri A. (2002). "Water reuse in Tunisia: stakes and prospects", *Actes de l'atelier du PCSI*, Montpellier, France, 28-29 mai.
- Bahri, A., e Brissaud, F. (2004). Setting up microbiological water reuse guidelines for the Mediterranean. *Water Science and Technology: Vol 50 No 2* pp 39–46, IWA Publishing.
- Bixio, D. et al. (2006). Wastewater reuse in Europe. *Desalination 187 (2006)* 89-101, Elsevier B.V.
- Blumenthal, U.J., et al. (2000). Guidelines for wastewater reuse in agriculture and aquaculture: recommended revisions based on new research evidence. WELL Study, Task No.: 68 Part 1. Water and Environmental Health at London and Loughborough, London, UK.
- Brissaud F.(2002). "Wastewater Reclamation and Reuse in France", e-books in Hydred web-site as personnel communication, <http://tierra.rediris.es/hidred/ebooks/ripda/bvirtual/articulo06.PDF>.
- California Department of Health Services (2003). Groundwater Recharge Reuse Regulations July 2003 Draft, Title 22, California Code of Regulations, Division 4. Environmental Health, Chapter 3. Recycling Criteria.
- Carr, R. M. et al. (2004). Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture, in *Wastewater Use in Irrigated Agriculture*, CAB International.
- Carr, R.M. et al. (2004). Guidelines for the safe use of wastewater in agriculture: revisiting WHO guidelines, *Water Science and Technology Vol 50 No* – IWA Publishing.
- Conte, G. (1999). Il riutilizzo irriguo delle acque di scarico: opportunità e vincoli. *Ciclo dell'acqua nella pianificazione del territorio*. Centro Italiano per la riqualificazione fluviale (CIRF)
- Decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152 coordinato con il d.lgs. 18 agosto 2000 n. 258. recante disposizioni correttive ed integrative del d. lgs. 152/99 in materia di tutela delle acque dall'inquinamento.
- Decreto ministeriale 12 giugno 2003 n°185 (2003). Norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue". Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio.
- Department of Natural Resources Environmental Protection (2002). Guidelines for Water Reclamation and Urban Water Reuse. Division Water Protection Branch, State of Georgia.
- Dm Ambiente 2 maggio 2006 Articolo 99, comma 1 del Dlgs. 3 aprile 2006, n. 152 - Norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue.
- European Commission Euro-Mediterranean Partnership (2004). "Development of Tools and Guidelines for the Promotion of the Sustainable Urban Wastewater Treatment and Reuse in the

- Agricultural Production in the Mediterranean Countries”, MEDAWARE, Task 3: Analysis of best Practices and Success Stories.
- FAO (2000). Water quality management and control of water pollution. Proceedings of a Regional Workshop, Bangkok, Thailand, 26-30 Ottobre, 1999.
- health and regulatory considerations, *Water Research*, 38 (2004) 1941–1951, Elsevier.
- Hochstrat, R. et al (2005). Wastewater reclamation and reuse in Europe: a model-based potential estimation. *Water Science and Technology: Water Supply* Vol 5 No 1 pp 67–75, IWA Publishing.
- INEA (1999). I principali criteri di classificazione di qualità dei corpi idrici superficiali e delle acque utilizzate in ambito agricolo, Quaderni POM irrigazione.
- Kamizoulis, G. et al. (2004). Wastewater recycling and reuse practices in Mediterranean Region: Recommended Guidelines
- Kretschmer N., Ribbe L., Gaese H.(2002). “Wastewater reuse for agriculture”, *Technology Resource Management & Development – Scientific Contributions for Sustainable Development*, vol. 2.
- Manios, T. et al. (2006). Qualitative monitoring of a treated wastewater reuse extensive distribution system: COD, TSS, EC and pH. *Water SA* Vol. 32 No. 1 January 2006. <http://www.wrc.org.za>.
- Marecos do Monte M.H. (2006). “Water reuse in Europe”, 4th World Water Forum, Mexico.
- Mc Cornick, P.G., et al. (2004). From Wastewater Reuse to Water Reclamation: Progression of Water Reuse Standards in Jordan, in *Wastewater Use in Irrigated Agriculture. Confronting the Livelihood and Environmental Realities*. CAB International in association with the International Water Management Institute and International Development Research Centre.
- Odeh Al-Jayyousi (2002). Focused environmental assessment of greywater reuse in Jordan, *Environ Eng Policy* (2002) 3: 67-73.
- Oron, G. (2003) Agriculture, water and the environment: future challenger, *Water Science and Technology* Vol 3 No 4 pp.51-57 – IWA Publishing.
- Salgot, M. et al. (2003). Risk assessment in wastewater recycling and reuse. *Water Science and Technology: Water Supply* Vol 3 No 4 pp 301–309, IWA Publishing.
- Scott C.A. et al. (edito da) 2004. *Wastewater Use in Irrigated Agriculture. Confronting the Livelihood and Environmental Realities*. CAB International *in association with the* International Water Management Institute and International Development Research Centre.
- Scott, Christopher, A. et al. (2000). Urban-Wastewater Reuse for Crop Production in the Water-Short Guanajuato River Basin, Mexico, International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.
- State of California (2000). California Code of Regulations, Title 22, Division 4, Environmental Health, Chapter 3 Recycling Criteria.
- Suzan T. (2006). Jordan Country paper, presented to the Conference of the Water Directors of the Euro-Mediterranean & South Eastern European Countries, 6th -7th Nov. 2006 Athens, Greece. The Hashemite Kingdom of Jordan Ministry of Water and Irrigation.
- US EPA (1992). Guidelines for Water Reuse. Office of Technology Transfer and Regulatory Support. EPA/625/R-92/004.
- US EPA (2004). Guidelines for Water Reuse. Municipal Support Division Office of Wastewater Management Office of Water Washington, DC, U.S. Agency for International Development

Verlicchi, P. e Masotti, L. (-). Sistemi “convenzionali” e sistemi “naturali” di disinfezione delle acque reflue. Ciclo dell’acqua nella pianificazione del territorio. Centro Italiano per la riqualificazione fluviale (CIRF).

Washington Office of Environmental Health Water and Office of Environmental Health (1997). Water Reclamation and Reuse Standards, September 1997.

Washington, EPA/625/R-04/108 September 2004.

World Health Organization (1989). “Health Guidelines for Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture” World Health Organization, Technical Report Series 778, WHO, Geneva, Switzerland, 1989.

World Health Organization (2006). Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater, Volume 2, Wastewater use in agriculture.