



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

**IL RIUTILIZZO DELLE ACQUE REFLUE DEPURATE IN AGRICOLTURA.**

**Il caso studio della città di Almeria (SPAGNA)**

***Dr. Giovanni Santoro***

**Tutor: Dr. Stefano Lucci**

**Co tutor: Dr. Valter Bellucci, Roberto Sannino**

Data	Firma Stagista	Firma Tutor	Firma Responsabile Servizio
------	----------------	-------------	-----------------------------

## **ABSTRACT**

Il progetto di riutilizzo in agricoltura delle acque reflue depurate nella città di Almeria (Spagna) è di particolare interesse. Per l'estensione della superficie irrigata e per il volume di acqua trattata rappresenta uno degli esempi di riutilizzo più grandi in Europa. La comunità di agricoltori "Las Cuatro Vegas" da circa dieci anni provvede all'irrigazione di quasi duemila ettari di serre, dedicate alla produzione intensiva di ortaggi. La gestione delle risorse idriche rigenerate è affidata direttamente alla stessa comunità attraverso una rete di distribuzione estesa per ben venti chilometri quadrati.. Essa, con il proprio operato, contribuisce ogni giorno a supportare l'intensa attività agricola locale che è parte del motore economico e sociale dell'intera provincia di Almeria.

## **PREFAZIONE**

La gestione avveduta e l'uso misurato delle risorse idriche sono fattori cruciali per le politiche di sviluppo sostenibile. Esse richiedono azioni mirate che puntino alla diffusione di tecnologie innovative e all'incentivazione di tecniche di irrigazione efficaci. Soprattutto, comunque, è necessario un deciso passo verso lo sfruttamento, per usi agricoli o industriali, delle acque reflue, che ad oggi per la maggior parte vengono disperse.

La pratica del riuso di acque reflue in agricoltura rappresenta un segmento importante delle politiche di risparmio idrico. La programmazione dell'uso di tali risorse è un indirizzo strategico per tutte le regioni italiane e per gli stessi paesi del bacino mediterraneo. Ad oggi, però, nell'area mediterranea tale pratica interessa una percentuale di terreni agricoli molto limitata.

Nella presente tesi di stage viene preso in esame un caso importante di riutilizzo delle acque reflue a fini irrigui in Spagna. Si tratta della comunità di agricoltori "Las Cuatro Vegas", nel comprensorio della città di Almeria (Spagna). Nello studio sono stati esaminati i processi di depurazione (trattamenti primari, secondari e terziari), il sistema di gestione delle acque (rate di distribuzione e gestione delle risorse idriche rigenerate) e l'importanza del recupero sia dal punto di vista socio-economico che ambientale.

## **INTRODUZIONE**

### **CAPITOLO 1 Le acque reflue: una risorsa**

- 1.1 La disponibilità di acqua nel mondo
- 1.2 Esperienze internazionali

### **CAPITOLO 2 Caso studio: Il riutilizzo nella città di Almeria (SPAGNA)**

- 2.1 Le risorse idriche nella provincia di Almeria
- 2.2 Lo sviluppo di un'agricoltura intensiva
- 2.3 L'esperienza di riutilizzo delle acque reflue nella città di Almeria
- 2.4 La comunità di agricoltori "Las Cuatro Vegas de Almeria"
- 2.5 Il processi di depurazione: le fasi
  - 2.5.1 Il trattamento primario e secondario
  - 2.5.2 Il trattamento terziario con Ozono
- 2.6 Il sistema di gestione della Comunità di Cuatro Vegas
  - 2.6.1 La rete di distribuzione delle acque reflue depurate
  - 2.6.2 Problematiche nella gestione delle acque rigenerate
- 2.7 L'importanza del riutilizzo
  - 2.7.1 Aspetti socio-economici
  - 2.7.2 Aspetti ambientali

## **CONCLUSIONI**

## **BIBLIOGRAFIA**

## **ALLEGATI**

Indici di qualità delle acque rigenerate per il riutilizzo in agricoltura secondo la normativa spagnola. *Real decreto 1620/2007 del 7 Dicembre 2007.*

Risultati delle analisi periodiche effettuate sulle acque rigenerate nella comunità di agricoltori "Las Cuatro Vegas" di Almeria.

## **INTRODUZIONE**

Questo lavoro è stato sviluppato con l'intento di rappresentare una realtà il più simile possibile alla nostra restando all'interno dei confini della comunità europea. Passate al vaglio varie ipotesi, la più adeguata ed interessante si è rivelata essere la penisola Iberica soprattutto per le affinità climatiche e geografiche con l'Italia. La possibilità di rappresentare come caso studio la comunità "Las Cuatro Vegas" di Almeria nasce grazie alla disponibilità della comunità stessa di condividere la propria esperienza decennale nel campo del riutilizzo delle acque rigenerate.

## **CAPITOLO 1**

### **Le acque reflue: una risorsa**

## **1.1 La disponibilità di acqua nel mondo**

All'inizio del 2005, nell'ambito della Dichiarazione Europea per una nuova cultura dell'Acqua, è stato analizzato lo stato attuale della gestione delle risorse idriche e sono state individuate proposte per un'equa e sostenibile gestione dell'acqua in Europa e nel mondo. La Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE, che esprime il pensiero della Unione Europea, recita: "l'acqua non è un prodotto commerciale al pari degli altri, bensì un patrimonio che va protetto, difeso e trattato come tale". Tale concetto, del resto, è stato affermato anche nel 2003, proclamato "Anno internazionale dell'Acqua" dalle Nazioni Unite. Dichiarazioni di questa portata si sono susseguite sino dal 1977, anno in cui è stata tenuta la prima conferenza mondiale dell'Acqua di Mar del Plata. In quella occasione le Nazioni Unite hanno proclamato il "Decennio internazionale dell'acqua potabile e del risanamento". Ciononostante, esistono ancora popolazioni al mondo che non hanno disponibilità d'acqua: nel 2003 circa 1,4 miliardi di persone non aveva acqua potabile a sufficienza, 1 miliardo non beveva acqua sicura e 3,4 milioni morivano per malattie trasmesse dall'acqua. Nella migliore delle ipotesi si prevede che, a metà di questo secolo, saranno 2 miliardi di persone in 48 Paesi a soffrire di scarsità d'acqua (Unesco, 2003).

Nel rapporto dell'Unesco "Water for people – Water for life", presentato il 5 marzo 2003, per quanto riguarda l'uso, le prospettive delle risorse idriche e le classifiche della disponibilità idrica, il Kuwait risulta tra i paesi più poveri d'acqua ( $10 \text{ m}^3$  l'anno per abitante), seguito dalla Striscia di Gaza ( $52 \text{ m}^3$ ), gli Emirati Arabi Uniti ( $58 \text{ m}^3$ ), le Bahamas ( $66 \text{ m}^3$ ), il Qatar ( $94 \text{ m}^3$ ), le Isole Maldive ( $103 \text{ m}^3$ ), le Libia ( $113 \text{ m}^3$ ), l'Arabia Saudita ( $118 \text{ m}^3$ ), Malta ( $129 \text{ m}^3$ ) e Singapore ( $149 \text{ m}^3$ ).

I più ricchi d'acqua, invece, sono la Guyana Francese ( $812.121 \text{ m}^3$  l'anno per abitante), l'Islanda ( $609.319 \text{ m}^3$ ), la Guyana ( $316.689 \text{ m}^3$ ), Suriname ( $292.566 \text{ m}^3$ ), il Congo ( $275.679 \text{ m}^3$ ), Papua Nuova Guinea ( $166.563 \text{ m}^3$ ), il Gabon ( $133.333 \text{ m}^3$ ), le Isole Solomon ( $100.000 \text{ m}^3$ ), il Canada ( $94.353 \text{ m}^3$ ) e la Nuova Zelanda ( $86.554 \text{ m}^3$ ).

L'Italia si classifica al 107° posto con  $3.325 \text{ m}^3$  di acqua l'anno per abitante.

Per quanto riguarda i consumi domestici, condizioni accettabili di vita sono garantite solo quando si dispone di almeno di 50 litri d'acqua al giorno per ogni essere umano.

Nel mondo si passa da una disponibilità media di 425 litri giornalieri per abitante negli Stati Uniti ai 10 litri giornalieri nel Madagascar, dai 237 in Italia ai 150 in Francia, dai 260 in Israele ai 70 in Palestina. Tra vent'anni, ogni persona disporrà, in media, di un terzo d'acqua in meno.

Il 71% della superficie terrestre è coperta d'acqua ma solo il 3% di essa è costituita da acque dolci. La loro distribuzione è fortemente disomogenea: molte aree, soprattutto in determinati periodi dell'anno, sono soggette ad inondazioni, come il Bangladesh e la regione del Mississippi negli Stati Uniti; altre, come l'Africa e l'Asia occidentale, soffrono invece di frequenti periodi di siccità.

Tuttavia, anche in regioni tradizionalmente ricche d'acqua, come la sponda settentrionale del Mediterraneo, l'Europa orientale ed alcune aree degli Stati Uniti, le risorse idriche sono sempre più minacciate e si incomincia ad avvertire il segnale di un loro possibile esaurimento. Un'ulteriore pressione sulle riserve mondiali di acqua dolce proviene dalla crescita demografica: stime delle Nazioni Unite prevedono che la popolazione umana raggiungerà gli 8,3 miliardi di persone nel 2025 e i 12 miliardi nel 2050 (fonte: [www.runic-europe.org](http://www.runic-europe.org)). La preoccupazione deriva dal fatto che il rapporto tra crescita della popolazione e crescita del consumo di acqua è stato finora più che proporzionale: nell'ultimo secolo, infatti, di fronte ad un tasso di crescita demografica raddoppiato il consumo umano di acqua è cresciuto di sei volte. L'Organizzazione Mondiale della Sanità afferma che le conseguenze di questa drammatica situazione sono il mancato accesso ad acqua da bere sicura per più di un miliardo di persone e la mancanza d'acqua o la sua pessima qualità che causa ogni anno il decesso di più di 5 milioni di esseri umani.

Il ricercatore canadese Asit Biswas, vincitore del Premio Acqua a Stoccolma nel 2006, afferma che la gestione dell'acqua in ambito internazionale è stato un problema ignorato e che la percezione dell'importanza della stessa tra nord e sud nel mondo è sostanzialmente differente. La questione acqua è soggetta a macro problemi globali che avranno un grande impatto sui progetti futuri di sviluppo idraulico. Ciò potrà far diventare l'acqua una delle principali limitazioni dello sviluppo nel XXI secolo.

Biswas commenta che nel mondo si può generare una vera e propria crisi connessa alla disponibilità o meno di acqua. Nonostante questo problema si sia già manifestato in vari paesi, i molti dibattiti a livello internazionale dimostrano come si sia continuato a dare più importanza a temi quali la crisi energetica, l'alimentazione, l'ambiente, il cambio climatico piuttosto che a quello delle risorse idriche.

## 1.2 Le acque reflue: una risorsa

Il riutilizzo delle acque reflue ha oggi un ruolo di grande importanza in quanto potrebbe garantire una maggiore disponibilità di risorse idriche senza doversi limitare allo sfruttamento delle già ridotte fonti convenzionali. Il riutilizzo di acqua rigenerata all'interno di un bacino idrografico è una delle pratiche virtuose che più di altro contribuisce ad uno sviluppo sostenibile. La pratica del riutilizzo, però, non è di così facile realizzazione in quanto l'acqua rigenerata deve possedere requisiti importanti quali:

- soddisfare la qualità per uno specifico utilizzo
- non provocare danni all'ambiente
- non causare problemi di salute alle persone che ne sono a contatto diretto o indiretto
- soddisfare il concetto di sostenibilità.

Il riutilizzo delle acque reflue depurate, con o senza trattamento, è stata una pratica molto comune nella gran maggioranza dei paesi. L'origine è ancestrale e risale all'epoca Minoica (Asano, 2001).

Si identificano nella storia tre periodi chiave nel campo del riutilizzo:

1. Nascita dei primi acquedotti e delle prime infrastrutture sanitarie
2. Primi grandi progressi nel campo medico-sanitario
3. Era della rigenerazione, riciclaggio e riutilizzo delle acque reflue.

I resti di queste prime costruzioni risalgono al 3000 a.C. , più precisamente all' Civiltà Minoica nell'Antica Grecia, e diverse altre testimonianze ci sono date dagli acquedotti risalenti al periodo dell'Impero Romano.

Le prime forme di riutilizzo in agricoltura delle acque reflue senza alcun trattamento avvenivano nelle fattorie in Inghilterra e Germania nel '500 e furono la causa di gravi problemi di salute pubblica. A partire invece dall' '800, in grandi città quali Parigi, Londra, Boston diventa legale l'uso delle fogne per smaltire i rifiuti.

Il secondo periodo, compreso tra il 1850 ed il 1950, è caratterizzato dalle prime grandi scoperte in ambito sanitario e scientifico. Il controllo dell'epidemia di colera a Londra, lo

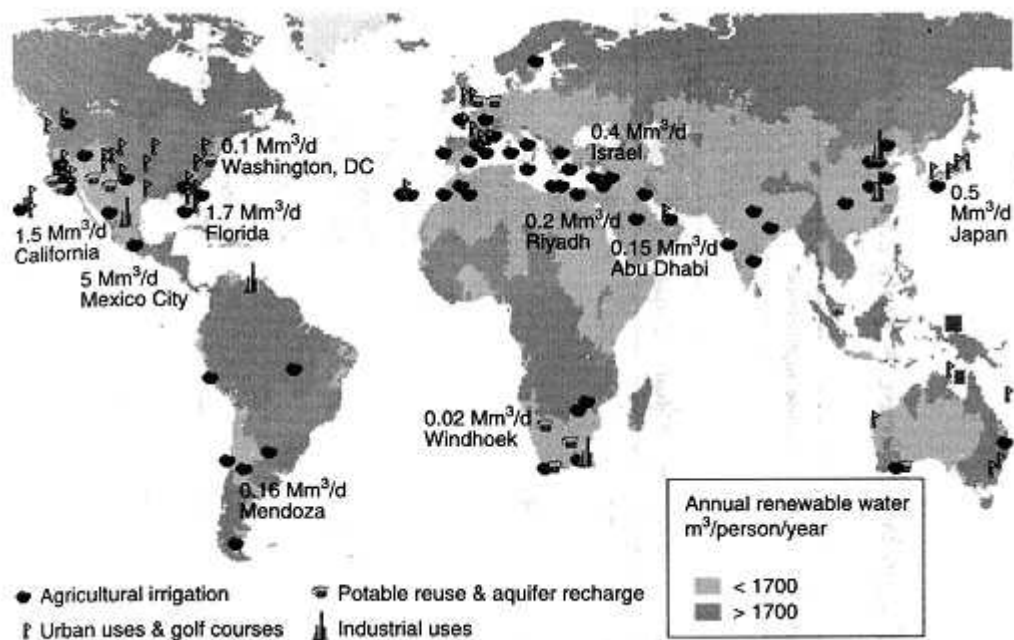


sviluppo della teoria sulla prevenzione del tifo e l'uso del cloro come disinfettante furono la spinta per lo sviluppo dei primi sistemi di depurazione delle acque. In quest'epoca furono sviluppati in Inghilterra i primi processi biologici per la depurazione delle acque reflue (1904) ed in California si regolamentò per la prima volta l'uso delle acque reflue in agricoltura.

La terza tappa, dal 1960 fino ai giorni nostri, è considerata l'epoca della rigenerazione, del riciclaggio e del riutilizzo delle acque reflue, anche se il riutilizzo pianificato delle acque rigenerate ebbe inizio già nei primi anni '20 negli U.S.A.

In Colorado e Florida si svilupparono i primi sistemi di riutilizzo delle acque reflue urbane e la prima normativa in merito.

Attualmente l'esperienza internazionale sulla rigenerazione ed il riutilizzo delle acque è molto ampia ed una ventina di paesi già utilizzano in qualche modo questa pratica. E' importante sottolineare come questa evoluzione sia avvenuta in particolare nei paesi sviluppati mentre nei paesi in via di sviluppo come l'India e la Cina ed in molte zone dell'Africa è ancora praticato il riutilizzo senza alcun trattamento.



**Figura 1.2 – Principali progetti di riuso di acque reflue realizzati nel mondo: ubicazione geografica, tipologia di riuso, e volumi utilizzabili (Lazarova e Bhari, 2005)**

## **CAPITOLO 2**

### **Caso studio: Il riutilizzo nella città di Almeria (SPAGNA)**

## 2.1 Le risorse idriche nella provincia di Almeria

Almeria è situata a sud-est della Spagna ed è la provincia più orientale della regione autonoma Andalusia; ha una superficie di 8.774 Km<sup>2</sup> con una popolazione totale di 635.000 abitanti ( 2006).



Figura 2.2 - Provincia di Almeria

Il clima è di tipo mediterraneo, secco e caldo, con più di 3.000 ore l'anno di sole. La temperatura media annua è di 18,7° C con valori estivi di 35° C, che occasionalmente superano i 40° C. Almeria è una provincia idrologicamente arida, con una precipitazione media annua che oscilla tra i 600mm nella zona nord-ovest, ai piedi della Sierra Nevada, e meno di 200mm nella zona più meridionale. La zona arida più rappresentativa è quella del Cabo de Gata con un valore di 120mm. Le precipitazioni sono brevi e di carattere temporalesco, in meno di un'ora infatti si possono raggiungere valori di 100mm di acqua. La pioggia efficace, nell'ordine di 40-42 mm/anno, provoca uno scorrimento totale intorno al 13% dei quali più del 7% è di carattere superficiale e meno del 6% di carattere sotterraneo, somministrando in totale 364hm<sup>3</sup>/anno.

Questa variabilità spaziale e temporale del regime di piogge e la peculiare geomorfologia dei corsi d'acqua, insieme al sistema acquifero, formano un sistema idrologico caratterizzato da scarse risorse superficiali e sotterranee.

## 2.2 Lo sviluppo di un'agricoltura intensiva

Lo sforzo degli agricoltori, sorretto dall'appoggio istituzionale, ha permesso, nonostante le scarse risorse idriche disponibili, lo sviluppo di un'agricoltura intensiva, diventata negli anni il motore dell'attività economica locale. Sfruttando le ideali caratteristiche climatiche della provincia, si è sopperito alla scarsa disponibilità di risorse idriche con importanti opere idrauliche ed infrastrutturali, unite all'uso di particolari tecniche di coltivazione.



Foto 2.1 - Veduta delle serre

Attualmente, Almería è una delle zone agricole più importanti d'Europa; ogni anno si raccolgono 3.000.000 di chili di ortaggi per un valore di circa 1.800 milioni d'euro. Su di una superficie pari al 16% della provincia si concentra un'attività che apporta il 90% della produzione agricola totale. La provincia di Almería fornisce da sola il 40% dell'intera produzione regionale. I centri agricoli più importanti sono *El Ejido* (Foto 2.1), *Níjar* ed *Almería*. La regione dell'Andalucía, inoltre, è leader nello sviluppo di sistemi di produzione agraria sostenibile, dall'elevata qualità e minimo impatto ambientale. Più di 500.000 ettari di terreno sono dedicati all'agricoltura ecologica, pari al 50% del totale nazionale.

### 2.3 L'esperienza di riutilizzo delle acque reflue nella città di Almeria

In questa zona la pratica del riutilizzo è relativamente recente; si è sviluppata in seguito allo sfruttamento intenso delle scarse risorse idriche sotterranee, che aveva compromesso la qualità dell'acqua e la possibilità di utilizzarla in agricoltura. Lo squilibrio prolungato tra l'estrazione in profondità e la capacità di ricarica degli acquiferi aveva provocato una forte intrusione marina lungo tutta la linea costiera. La poca acqua disponibile aveva una salinità troppo elevata e non più adatta per l'utilizzo in agricoltura; si era di fronte ad un vero e proprio danno ambientale ed economico.

Tutta l'agricoltura locale fu costretta a trasformarsi in una grande monocoltura del pomodoro *Raf* (Foto 2.2), l'unica specie che si adattava a valori così alti di conducibilità dell'acqua. Questo drastico e repentino cambiamento della qualità dell'acqua non solo provocò la scomparsa delle colture più sensibili, ma decretò il fallimento delle attività agricole più piccole che non riuscirono a sostenere i nuovi investimenti per migliorare le tecniche di irrigazione e di coltura.



Foto 2.2 Pomodoro *Raf*

Nel 1988 la “Giornata sullo Sfruttamento delle Risorse Idriche nel Bajo Andarax” fu l'occasione per portare sul tavolo dei politici la delicata questione, diventando l'apripista per una serie di attuazioni che favorirono il riutilizzo delle acque reflue depurate.

La Segreteria di Agricoltura della Giunta di Andalusia promulgò una serie di norme che permisero all'Istituto Andaluso di Riforma Agraria ( IARA ) di attuare il “***Plan de Mejora de Regadíos del Bajo Andarax***” (Piano per il miglioramento dell'irrigazione nel Basso Andarax), che prevedeva la costruzione di nuove opere per la captazione, il trattamento e

la distribuzione delle acque reflue depurate della città di Almería, al fine di fermare la forte crisi agricola e consolidare l'attività economica nella provincia.

## 2.4 La comunità di agricoltori “Las Cuatro Vegas de Almería”

Nel 1993 gli agricoltori locali si uniscono e fondano legalmente *La Comunidad de Regantes\* de las Cuatro Vegas* a cui, nel 1996, è affidata la gestione delle opere previste dal “Piano per il miglioramento dell’irrigazione nel Basso Andarax” per il riutilizzo delle acque rigenerate in agricoltura. Dall’immagine in *Figura 2.2* è possibile apprezzare l’intero territorio della comunità.



Figura 2.2 - Veduta dal satellite dell'area di “Las Cuatro Vegas”

L’area gestita è di circa 20 chilometri quadrati ed è suddivisa in tre zone:

- ☐ *La Vega*, che occupa la parte occidentale e litorale, è una zona dedita all’agricoltura sin dall’antichità.
- ☐ *Los Llanos (le pianure) de La Cañada y de El Alquíán*, che occupano il lato orientale del fiume Andarax, caratterizzata da suoli poveri nei quali si sviluppò

---

\*\* in Spagna con il termine Regantes ci si riferisce agli agricoltori che utilizzano un sistema di irrigazione per apportare acqua alle proprie colture.



l'agricoltura a metà del '900 con l'insediamento de "los Albercos", abitanti dell'entroterra di Nijar. Essi importarono la tecnica dell'*enarenado*, ancora oggi utilizzata in tutta l'area, che prevede la stesura di uno strato di sabbia silicea di 10cm al di sopra del terreno per conservarne l'umidità e migliorarne la temperatura.

- ☐ La *Zona No Regable (Zona non irrigabile)* – ZNR, denominata così perchè inizialmente non faceva parte del "Piano per il miglioramento dell'irrigazione nel Basso Andarax", costituisce il perimetro del territorio di *Cuatro Vegas*. E' il rifugio dell'agricoltura dell'intera provincia a fronte di un'espansione urbanistica sempre più pressante. Con gli anni è diventata una zona molto importante per la comunità sulla quale ricade 1/3 dell'attività totale.

## **2.5 Fasi del processo di depurazione**

Il processo di depurazione delle acque urbane della città di Almeria si suddivide in due fasi: la prima di competenza di *Aqualia*, impresa che costruisce e gestisce impianti di depurazione e concessionaria del servizio municipale, la seconda di competenza della comunità.

### **2.5.1 Trattamento primario e secondario**

La prima fase consiste nei processi di trattamento primario e secondario presso l'impianto di "El Bobar" situato a pochi chilometri dalla città. Il depuratore, entrato in funzione nel 1996 per sostituire il vecchio impianto di Costacabana, è stato progettato per trattare i reflui urbani della città di Almeria ed ha una portata massima di **54.000 m<sup>3</sup>/g**.

L'impianto prevede le seguenti linee di trattamento:

#### **Linea acque:**

- ☐ Ricezione e grigliatura
- ☐ Sollevamento acque
- ☐ Pretrattamento con grigliatura, dissabbiatura e disoleatura
- ☐ Controllo degli odori della decantazione primaria con aggiunta di reattivi chimici
- ☐ Decantazione primaria

- ☐ Trattamento biologico a fanghi attivi
- ☐ Decantazione secondaria

#### **Línea fanghi:**

- ☐ Ispessimento per gravità dei fanghi provenienti dalla decantazione primaria
- ☐ Concentrazione per flottazione dei fanghi biologici in esubero
- ☐ *Omogeneizzazione* dei fanghi mediante mescolamento
- ☐ Digestione anaerobica (il biogas generato dalla reazione è riutilizzato in parte nel riscaldamento della fase di digestione)
- ☐ Disidratazione dei fanghi mediante filtro-pressa

#### **Línea di trattamento aria:**

L'istallazione è dotata di un sistema di purificazione dell'aria precedente alla definitiva immissione nell'atmosfera. L'aria, contenente esalazioni prodotte dal processo di depurazione, viene estratta con una portata di 55.000 m<sup>3</sup>/ora e trattata nelle torri di lavaggio attraverso un processo chimico.

Nelle *Tabelle 2.1 e 2.2*, fornite da *Aqualia*, sono riportate le analisi dei principali parametri delle acque in entrata ed uscita dal depuratore nel mese di Giugno e Settembre.

<i>Parámetro</i>	<i>unid.</i>	<i>Entrada</i>	<i>Salida</i>	<i>Rendimiento</i>
pH		7,59	7,79	---
Conductividad	uS/cm	2.161	1.918	---
DBO <sub>5</sub>	mg/l	481	41	91,5%
DQO	mg/l	1.107	134	87,9%
S.S.	mg/l	370	51	86,2%
S.Sed.	mg/l	193	21	89,1%

**Tabella 2.1 ANALISI dei parametri delle acque in entrata ed uscita dal depuratore nel mese di GIUGNO 2008**



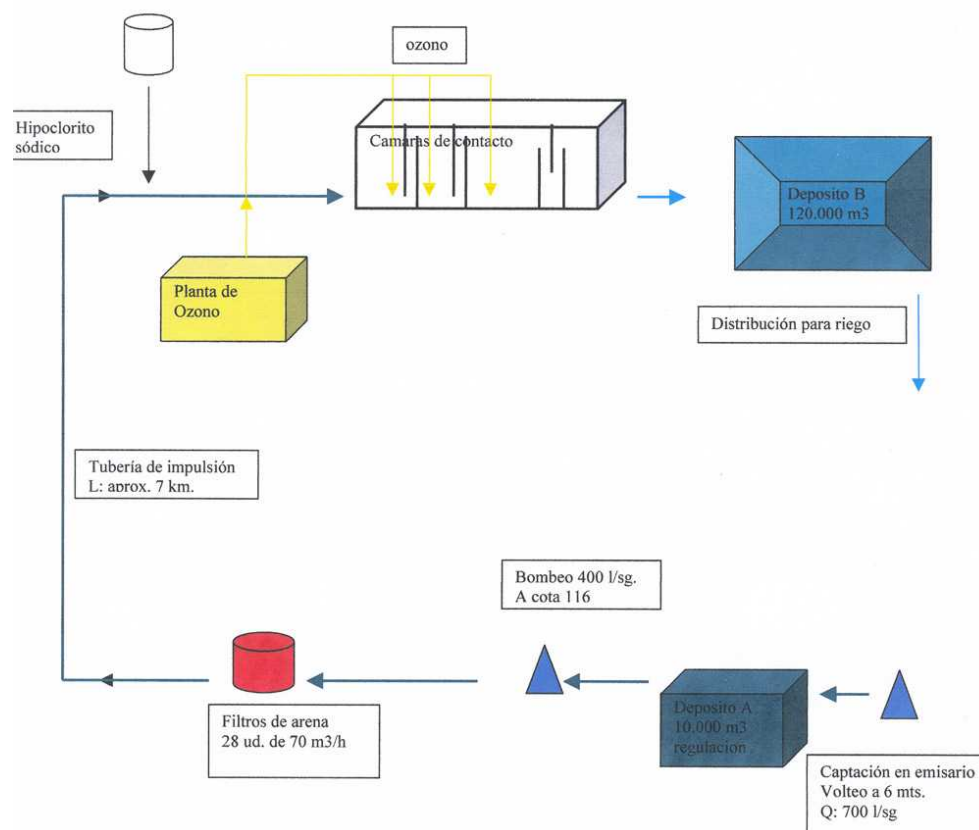
Parámetro	unid.	Entrada	Salida	Rendimiento
pH		7,56	7,66	----
Conductividad	uS/cm	1.987	1.782	----
DBO <sub>5</sub>	mg/l	398	28	93,0%
DQO	mg/l	1.016	98	90,4%
S.S.	mg/l	392	43	89,0%
S.Sed.	mg/l	221	29	86,9%

**Tabella 2.2 ANALISI dei parametri delle acque in entrata ed uscita dal depuratore nel mese di SETTEMBRE 2008**

Le acque in uscita dall'impianto vengono convogliate in un emissario che sversa poi nel mare della *Bahía* di Almeria.

### 2.5.2 Trattamento terziario

L'impianto per il trattamento terziario è dislocato a diversi chilometri dal depuratore e, più precisamente, all'interno della sede della Comunità di *Cuatro Vegas*. In *Figura 2.3* è mostrato lo schema a blocchi dell'intera fase di competenza della comunità.



**Figura 2.3 – Schema a blocchi della fase di trattamento di competenza della comunità di *Cuatro Vegas***

L'acqua in uscita dal depuratore viene captata dall'emissario ed inviata al "Deposito A" mediante una stazione di sollevamento che ha una portata di 700 l/s. Il "Deposito A" è una vasca di omogeneizzazione, con la funzione di ammortizzare le variazioni dei flussi provenienti dall'impianto di "El Bobar". Per diminuire l'evaporazione, e quindi aumentare l'efficienza durante i mesi estivi, il bacino è interamente coperto con teloni di nylon.



**Foto 2.3 – Veduta Deposito**



**Foto 2.4 – Sistema di filtri a sabbia**

L'acqua accumulata nel "Deposito A" viene inviata, attraverso una seconda stazione di sollevamento, ad un sistema di filtri a sabbia e, successivamente, all'impianto di depurazione terziario. I processi di clorazione ed ozonazione costituiscono l'ultima fase del trattamento.



**Foto 2.5 Impianto di produzione Ozono**



**Foto 2.6 – Camera di produzione Ozono**



Dopo il trattamento terziario le acque vengono inviate al “Deposito B” , bacino con capacità di 120.000m<sup>3</sup>, dal quale prende avvio la fase di distribuzione delle acque rigenerate.

## 2.6 Il sistema di gestione della Comunità di Cuatro Vegas

Attraverso un sistema interamente informatizzato, dalla postazione di controllo della comunità è possibile monitorare, in tempo reale, lo stato di funzionamento dell'intero sistema e gestire la distribuzione dell' acqua nell'intera area.



Foto 2.7 – Postazione di controllo in Viator



Figura 2.4 – Controllo in tempo reale di tutta l'area della Comunità

Il sistema software permette di monitorare lo stato delle attività ed alcune possibili anomalie del sistema. Come illustrato in *Figura 2.4* è possibile rilevare, ad esempio, i seguenti punti:

- ☐ livelli dei singoli bacini di raccolta
- ☐ stato di funzionamento delle stazioni di elevazione
- ☐ numero di pompe in funzione
- ☐ guasti elettrici
- ☐ avarie ai motori
- ☐ stato del trattamento ad Ozono
- ☐ apertura e chiusura delle valvole nell'intera rete di distribuzione.

### **2.6.1 La rete di distribuzione delle acque reflue depurate**

Il complesso processo di riutilizzo delle acque reflue si realizza tramite una rete idrica diffusa su tutto il territorio, per un totale da 90 chilometri di tubature. La distribuzione prende avvio dal “Deposito B”, al quale sono collegate le due condotte principali che riforniscono i settori IV e V. In un primo momento la distribuzione avveniva secondo un criterio semplice: tutti i terreni al di sotto dei 70m sul livello del mare venivano riforniti su richiesta e l'acqua inviata dal “Deposito B”, situato più in alto, semplicemente per gravità.

I terreni al di sopra dei 70m ricevevano acqua dalla stazione di sollevamento “*El Boticario*”. Con la rapida e continua espansione della ZNR, la sola stazione di sollevamento de “*El Boticario*” non era più in grado di soddisfare la crescente richiesta d'acqua e si rese quindi necessario il potenziamento dell'intero sistema. Si costruì, in un primo momento, il deposito di “*Las Viudas*” (bacino con capacità di 140.000m<sup>3</sup>) ed in seguito quello di “*Los Trancos*” (25.000m<sup>3</sup>). Dal primo, situato a quota 165m, oggi si riforniscono per gravità le terre del “Settore V alto” e, tramite una seconda stazione di sollevamento, i bacini degli agricoltori del “Settore VI”, a quota 300m.

Una parte dell'acqua proveniente dal bacino de “*Las Viudas*” viene inviata al bacino de “*Los Trancos*” per rifornire gli agricoltori della “ZNR bassa”.

In *Figura 2.5* è mostrato l'intero processo di trasformazione e distribuzione delle acque reflue della città di Almeria. Con la freccia nera sono indicati i reflui non ancora trattati in uscita dalla città; le frecce verdi rappresentano i reflui sottoposti al trattamento primario e

secondario, mentre le frecce azzurre indicano la distribuzione sul territorio delle acque in seguito al trattamento terziario con Ozono.



**Figura 2.5 – Mappa del sistema della Comunità di Cuatro Vegas**

La fornitura per le zone ZR (settori IV e V) e ZNR avviene in modo differente. Nella prima si fa uso di un sistema di riutilizzo diretto, in cui sono gli stessi agricoltori a richiedere il quantitativo di acqua che loro necessita. Ogni proprietà della ZR infatti monta un contatore, controllato dalla comunità tramite software, grazie al quale è possibile la gestione dell'irrigazione di ogni singola serra. Per una maggiore efficienza e precisione si utilizza un sistema a gocciolamento (*Foto 2.8*) che riduce, tra l'altro, la possibilità di contatto dell'acqua con gli operatori e gli ortaggi stessi.



**Foto 2.8 – Sistema di irrigazione a goccia**

Nella ZNR il rifornimento avviene mediante telecontrollo. In questo caso vengono riforniti i bacini di raccolta dei singoli agricoltori dai quali ognuno provvederà al proprio approvvigionamento. La differenza delle modalità di fornitura tra le due zone risiede in una serie di ragioni:

- ☐ ottimizzazione del funzionamento dell'intera rete
- ☐ sfruttamento di ZNR quale riserva di tutta la rete
- ☐ aumento della capacità di riserva dell'intera comunità
- ☐ minori spese per l'elettricità.

Nel tentativo di evitare il deterioramento della qualità del servizio in ZR, la somministrazione dell'acqua in ZNR avviene in orari in cui la richiesta nella prima zona è minore. Nei momenti di minor consumo, ZNR funge anche da riserva ed aumenta la capacità dell'intera comunità che può così contare su circa 700.000m<sup>3</sup> di acqua rigenerata. Per contenere le spese, ove possibile, si rifornisce ZNR di notte o nei giorni festivi, momenti in cui l'energia elettrica ha un costo minore.

La strategia adottata per la ZNR ha una ben precisa motivazione: trattandosi di una zona in forte sviluppo ci si assicura che ad un aumento della superficie agricola corrisponda un aumento della capacità di riserva.

### **2.6.2 Problematiche nella gestione delle acque rigenerate**

La maggior parte dei problemi riscontrati nel sistema di gestione sono causati dal cattivo funzionamento del depuratore di "El bobar", che negli ultimi anni lavora al limite della sua capacità di trattamento.

Dal 20 Giugno del 2006, la Segreteria dell'Ambiente della Giunta di Andalusia ha messo in cantiere la costruzione di un nuovo depuratore, che permetterà di effettuare in situ il processo di depurazione terziaria.

## Discontinuità dei flussi in uscita dall'impianto

Nella *Figura 2.6* è rappresentato l'andamento, nell'arco di 24 ore, di alcuni valori monitorati dalla stazione di controllo della comunità. La linea blu indica il livello dell'acqua nel “Deposito A”, la linea rossa indica la portata della stazione di sollevamento situata dopo il deposito e la linea verde indica la richiesta di acqua per l'irrigazione.



**Figura 2.6 – Monitoraggio diretto via software dei flussi in uscita dall'impianto**

La discontinuità tipica dei reflui urbani, non essendo ammortizzata in maniera efficace dall'impianto di depurazione di “*El Bobar*”, provoca degli squilibri all'intero sistema.

Alle prime ore del mattino, la ripresa dell'attività di irrigazione avviene quando le pompe sono in uno stato di basso regime a causa della diminuzione del livello dell'acqua nel “Deposito A”. Come mostrato in *Figura 2.6*, in alcuni casi, nel momento di maggiore richiesta, il “Deposito A” si trova ai livelli minimi e la stazione di sollevamento acque è costretta a fermarsi. Questo fenomeno è ancora più frequente ed importante nei mesi estivi, quando da una parte diminuiscono gli abitanti in città e dall'altra aumenta la richiesta di acqua a causa delle alte temperature.



### **Cattiva qualità dell’effluente**

Quando il depuratore si trova a lavorare ai limiti della proprie capacità, il suo effluente non può essere completamente depurato. Ciò provoca l’accumulo nel “Deposito A” di grandi quantità di fango che ostruiscono le pompe e i filtri delle stazioni di sollevamento, causando l’incremento dei costi di manutenzione e per l’energia elettrica. Se i fanghi giungono al comparto di trattamento terziario, come mostrato nella *Foto 2.9*, si possono provocare danni all’impianto di produzione dell’Ozono e si è obbligati all’arresto temporaneo dell’intero sistema.



**Foto 2.9 – Fango che ostruisce l’impianto di produzione Ozono**

I fanghi, tra l’altro, accumulandosi nel “Deposito B”, oltre a causare problemi di igiene e di eutrofizzazione, possono penetrare nella rete di distribuzione ed arrivare alle installazioni di irrigazione, causandone l’ostruzione.

## 2.7 L'importanza del riutilizzo delle acque rigenerate

### 2.7.1 Aspetti socio-economici

Nella *Tabella 2.3* sono riportati in sintesi alcuni dati che dimostrano l'importante attività della comunità di "Las Cuatro Vegas".

La superficie irrigata con acque rigenerate è di circa 2.000 ettari, dedicati quasi esclusivamente alla coltivazione del pomodoro in serra. I terreni iscritti sono quasi 1.300 ed il numero di soci censiti supera il migliaio.

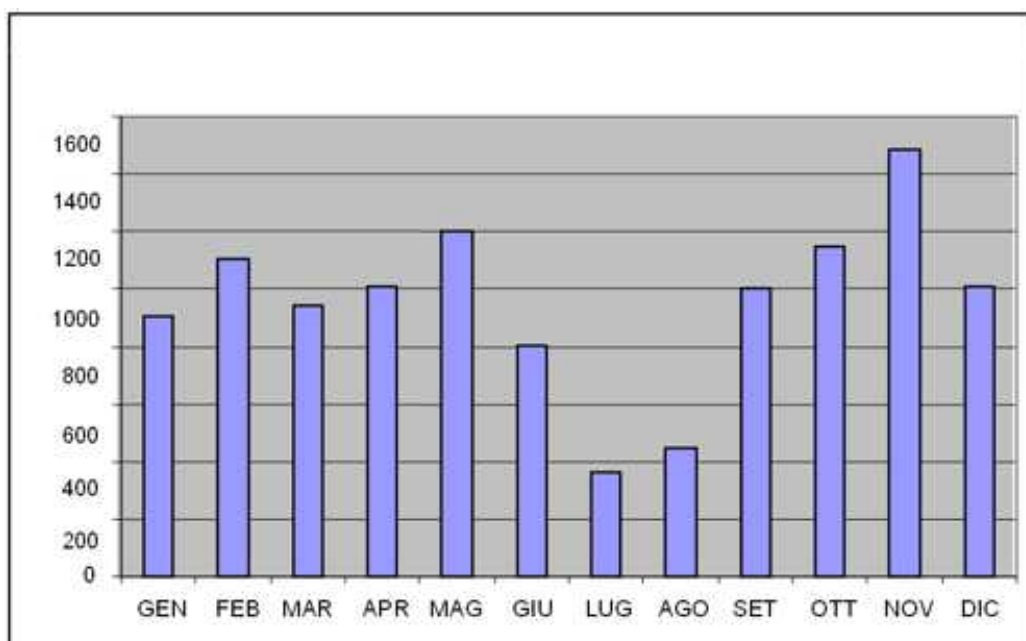
<b>"LAS CUATRO VEGAS DE ALMERIA"</b>	
COSTITUZIONE	<b>1993</b>
INIZIO ATTIVITA'	<b>1997</b>
NUMERO ISCRITTI	<b>1.047</b>
N° DI PROPRIETA' FORNITE	<b>1.257</b>
SUPERFICIE IRRIGATA (ha)	<b>1.732</b>
SUPERFICIE DI RISERVA (ha)	<b>1.156</b>
ACQUA FATTURATA 1997-2007 (hm3)	<b>51</b>
FATTURATO CONSUMO 2007 (incl. canone)	<b>2.172.000 €</b>
PERSONALE IMPIEGATO	<b>31</b>

**Tabella 2.3 Sintesi dell'attività della Comunità**

Per meglio quantificare l'attività della comunità prendiamo in esame una delle attività iscritte:

#### **N#442 Coltivazione del pomodoro ciliegia**

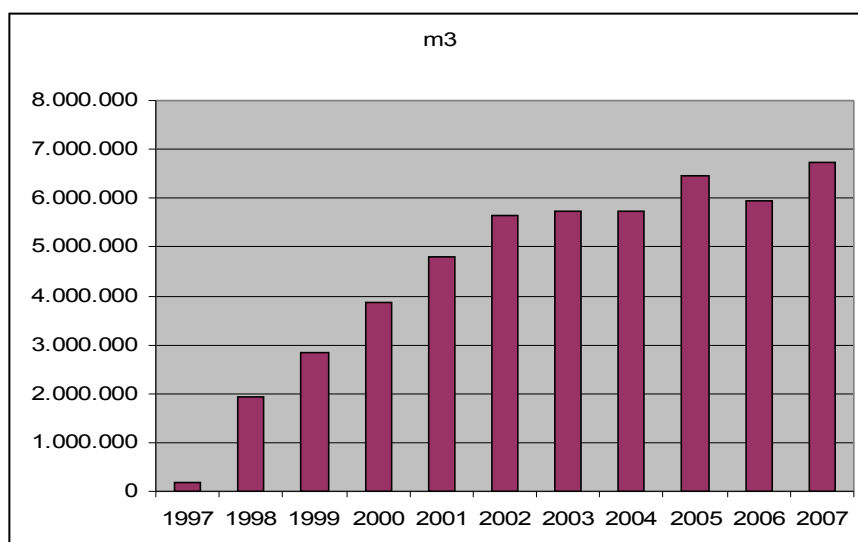
Superficie totale	1,67 ha
Superficie agricola utile	1,29 ha (serra)
Consumo totale di acqua nel 2007	8.322m <sup>3</sup>
Consumo ettaro/anno	6.459m <sup>3</sup>
Ore di lavoro nel 2007	11.426



**Figura 2.7 - Distribuzione mensile delle ore di lavoro durante il 2007 per l'attività N#442**

La coltivazione del pomodoro ciliegia è un'attività che richiede una consistente manodopera, la cui importanza non è assolutamente trascurabile. Nello specifico, come mostrato in Figura 2.7, le ore lavorative richieste per questa coltivazione durante l'anno 2007 sono state pari a 11.426.

Dai dati dell'attività presa in esame, applicando un coefficiente di riduzione del 50%, dovuto alla maggiore manodopera richiesta da questa specifica coltura, è possibile estrapolare le ore di lavoro totali per tutte le attività iscritte alla comunità. Si può calcolare così che durante il 2007 le ore di lavoro ammontano ad un totale di più di 12 milioni, corrispondenti a circa 6.500 impieghi diretti. Dai consumi di acqua rigenerata possiamo calcolare invece le ore di lavoro richieste (in termini di manodopera) per ogni metro cubo di acqua utilizzata per l'irrigazione. Nell'esempio dell'attività n#442 riusciamo a calcolare come siano state necessarie 1,37 ore di lavoro per ogni metro cubo di acqua rigenerata utilizzata. Applicando il medesimo coefficiente di riduzione di cui sopra, calcoliamo inoltre che per tutte le altre attività sono richieste 0,7 ore di lavoro/ m<sup>3</sup>. Da questi dati si evince quindi l'altissimo valore sociale dell'acqua rigenerata e come la pratica di riutilizzo abbia in brevissimo tempo supportato il rifiorire dell'economia nella provincia di Almeria ed in particolare nell'area gestita dalla Comunità de Las Cuatro Vegas.



**Figura 2.8 Consumi di acqua rigenerata dal 1997 al 2007**

Nella *Figura 2.8* sono indicati i consumi di acqua rigenerata dal 1997, data di inizio dell'attività della comunità, sino al 2007. Il *trend* positivo di crescita indica come nella popolazione agricola vi sia stato un progressivo interessamento a questo sistema, ed evidenzia come sia cresciuta di pari passo la fiducia nelle potenzialità della rigenerazione e riutilizzo delle acque.

I guadagni della comunità si basano sugli ingressi derivati dal consumo di acqua, dal canone e da altri servizi prestati ai soci.

I pagamenti vengono accreditati in banca / vengono effettuati tramite accredito bancario e le tariffe sono fissate per ogni esercizio dalla Giunta Generale, avendo come riferimento l'incremento annuale dell'IPC, *Índice de Precios al Consumidor* (Indice dei prezzi al consumatore). Le tariffe aggiornate al 2007 sono le seguenti:

- ☐ **Diritto di allacciamento.** Importo *una tantum* da pagare al momento dell'iscrizione della proprietà. Il costo per la ZR e ZNR è differente ed è rispettivamente di 0,19 e 0,32 €/m².
- ☐ **Materiale per l'allacciamento.** Importo *una tantum* da pagare al momento dell'iscrizione, legato alla grandezza del contatore contrattato.
- ☐ **Nuova opera.** Importo *una tantum* da pagare nelle zone dove è richiesto un ampliamento della rete di distribuzione. Il prezzo oscilla tra 0,30 e 0,75 €/m².
- ☐ **Canone.** Serve per ricoprire i costi fissi della manutenzione. Il prezzo è di 16,80 euro mensili per ogni ettaro, con una quota minima di 8,40 euro se la superficie

non raggiunge mezzo ettaro.

- ☐ **Tariffa a consumo.** Dipende direttamente dal consumo di acqua in metri cubi. Il prezzo tuttavia varia anche in base al settore di appartenenza ed oscilla tra 0,2436 e 0,3062 €/m<sup>3</sup>.

Quando il consumo annuo supera i 7.000 m<sup>3</sup>/ha è applicata una maggiorazione:

- ☐ da 7.001 a 8.000 m<sup>3</sup>/ha rincaro del 15%
- ☐ da 8.001 a 9.000 m<sup>3</sup>/ha rincaro del 30%
- ☐ > 9.001 m<sup>3</sup>/ha rincaro del 45%.

### 2.7.2 Aspetti ambientali

Il riutilizzo delle acque rigenerate in agricoltura all'interno dell'area gestita dalla Comunità ha sicuramente contribuito a diminuire l'estrazione delle acque sotterranee favorendo così il lento recupero degli acquiferi della zona. Il riutilizzo, inoltre, ha permesso:

- ☐ la diminuzione dei reflui sversati in mare
- ☐ la riduzione dei sali accumulati nel terreno
- ☐ la riduzione dell'uso di fertilizzanti.

La minor salinità delle acque reflue depurate utilizzate per l'irrigazione all'interno della comunità ha consentito di ridurre la quantità di acqua destinata al lavaggio dei sali accumulati nel terreno di coltura. Il carico di nutrienti presente nelle acque rigenerate ha inoltre permesso la riduzione dell'uso di fertilizzanti. In *Tabella 2.4* sono riportati i valori delle caratteristiche delle acque rigenerate e di alcuni composti in esse presenti.

PH	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	NH <sub>4</sub> mg /l	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/l	K <sup>+</sup> meq/l
7,8	2,5	72	55	4,7

**Tabella 2.4 - Composti presenti nelle acque rigenerate**

Questi composti costituiscono una risorsa ma rappresentano anche un rischio per il suolo, per le acque superficiali e per le falde acquifere sotterranee e andrebbero comunque monitorati al fine di evitare possibili forme di contaminazione.

In zone vulnerabili ai nitrati l'apporto di nutrienti tramite le acque depurate va gestito mediante un attento calcolo del bilancio nutritivo.

Altre possibili fonti di rischio da non sottovalutare sono i metalli pesanti . Elementi quali ferro, rame e zinco, pur essendo essenziali per il metabolismo vegetale, ad elevate concentrazioni possono esercitare effetti tossici. È stato però rilevato come l'apporto di metalli pesanti dovuto ai fertilizzanti chimici sia spesso decisamente superiore a quello derivante dall'impiego di liquami affinati. Il comparto industriale della città di Almeria è costituito, comunque, quasi esclusivamente dall'estrazione e dalla lavorazione del marmo. I residui rilasciati da questo processo nelle acque di scarico si riducono a materiali grossolani, sedimentabili ed in sospensione. Sono invece assenti, o meglio ridotti, quei composti chimici che possono provocare pericolose forme di contaminazione e compromettere seriamente le fasi di depurazione, gestione e riutilizzo delle acque reflue.

In allegato sono riportati gli indici di qualità per il riutilizzo delle acque reflue depurate in agricoltura secondo la normativa spagnola ( *Real decreto 1620/2007 del 7 Dicembre* ) e le analisi sulle acque rigenerate, sottoposte al trattamento terziario ad Ozono, ad opera della comunità.

## CONCLUSIONI

L'esperienza di riutilizzo delle acque reflue depurate nella città di Almeria deve essere valutata alla luce della realtà economico-sociale ed ambientale ereditata dalla comunità di "Las Cuatro Vegas".

Il deficit idrico provocato dallo sfruttamento incontrollato delle risorse sotterranee aveva determinato la situazione seguente:

- paralisi dell'attività economica della zona
- spopolamento
- speculazioni nel mercato dell'acqua
- degradazione della qualità degli acquiferi (intrusione marina).

L'utilizzo dell'acqua rigenerata in agricoltura ha permesso di:

- duplicare in poco tempo la produzione di pomodori ( kg/m<sup>2</sup>)
- recuperare la produzione di colture sensibili
- recuperare terre abbandonate
- coltivare nuove terre.

Dopo undici anni di esperienza di riutilizzo mediante un sistema di distribuzione appositamente predisposto, si è riusciti a:

- fornire acqua rigenerata a prezzi competitivi e contrastare la speculazione dei pozzi
- garantire un servizio di approvvigionamento efficiente e costante ottimizzando gli sprechi
- riunire gli interessi degli agricoltori
- gestire le scarse risorse idriche disponibili in linea con il concetto di sostenibilità.

## BIBLIOGRAFIA

Asano T., Levine A.D., 1996 – *Wastewater reclamation, recycling and reuse: past, present and future*. Water Science and Technology.

[Asano T.](#), [Burton F. L.](#), [Leverenz H. L.](#), [Tsuchihashi R.](#), [Tchobanoglous G.](#), 2007 - *Water Reuse. Issues, Technologies, and Applications*. [Metcalf & Eddy, inc./AECOM](#), McGraw-Hill Professional (USA).

AA.VV., 2007 - *Informe Anual del Sector Agrario en Andalucía 2007*. Analistas economicos de Andalucía e Unicaja.

Provini A., Galassi S. e Marchetti R., 1998 – *Ecologia applicata*. Città Studi Edizioni.

Lazarova V., Bhari A., 2005- *Water reuse for irrigation* . [CRC PRESS](#). Boca Raton N.W., Washington, D.C.

UNESCO, 2003 - [Rapporto mondiale sullo sviluppo delle risorse idriche: acqua per tutti, acqua per la vita.](#)

<http://www.aqualia.es/almeria/abastecimiento/depuracion.asp> 06/2008 10/2008

Buona parte delle informazioni e delle immagini presenti nel mio lavoro sono state gentilmente concesse dalla Comunità di Agricoltori “Las Cuatro Vegas” di Almeria nella persona di **Jose Antonio Pérez Sánchez al quale vanno i miei più sentiti ringraziamenti per la disponibilità ed il supporto.**

**COMUNIDAD DE REGANTES LAS CUATRO VEGAS DE ALMERIA**

JUAIDA ALTA, S/N

04120 CAÑADA DE SAN URBANO

ALMERIA (SPAGNA)

**+ 34 950293344/45 fax + 34 950293366**