

UNITA' EROGAZIONE DEL SII
Resp. Michela Ticciati

Prot. AdF N. _____ del _____

PIANO DI MONITORAGGIO RIUSO ACQUE REFLUE DEPURATE IMPIANTO DI DEPURAZIONE TERRAROSSA AL FINI DELL'IRRIGAZIONE DELLE AREE VERDI DEL CAMPO DA GOLF "Argentario Golf & Wellness Resort"

Revisione 1. - Maggio 2024

"Lavoriamo per il benessere della comunità e del territorio"

Indice

DESCRIZIONE DEL SISTEMA.....	3
VALUTAZIONE RISCHI CONNESSI ALL'UTILIZZO	4
Effetti sulla salute dell'uomo	4
Effetti sul suolo.....	4
DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI TRATTAMENTO E DISINFEZIONE	7
DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI AUTOMAZIONE	7
MONITORAGGIO CHIMICO-FISICO e MICROBIOLOGICO	8
Monitoraggio delle acque.....	8
Monitoraggio sul suolo e sulle colture	9
MONITORAGGIO ONLINE RISORSA DISTRIBUITA	10
MONITORAGGIO ONLINE RISORSA FINALE.....	10
DESCRIZIONE e PRESCRIZIONI UTILIZZO FINALE.....	10

DESCRIZIONE DEL SISTEMA

Il piano di monitoraggio in oggetto riguarda la fornitura di acqua reflua depurata dall'impianto di depurazione di Terrarossa verso "Argentario Golf & Wellness Resort" finalizzata all'irrigazione delle aree verdi del suddetto campo da Golf.

Il sistema di distribuzione di tali acque prevede la presenza di una pompa di sollevamento situata all'interno della vasca finale, a valle dei trattamenti terziari di affinamento e disinfezione dell'impianto di depurazione Terrarossa (filtrazione mediante "ultrascreen", ossidazione chimica con acido peracetico, disinfezione mediante lampade UV).

Presso la suddetta vasca è installato un misuratore di conducibilità, acquisito su sistema SCADA, mediante il quale, in base alla compatibilità di quanto rilevato con il limite previsto per la salinità, viene abilitato il pompaggio.

La portata sollevata viene misurata mediante misuratore di portata dedicato, localizzato nei pressi della vasca finale, a valle del pompaggio.

Mediante una tubazione PEAD DN200 di lunghezza di circa 1km, già esistente e realizzata a tale scopo, l'acqua sollevata viene trasferita nel bacino di accumulo delle acque del campo da Golf, miscelandosi con quelle provenienti dalla raccolta piovana.

Presso tale bacino è installato un secondo strumento di monitoraggio della conducibilità, acquisito sul sistema SCADA del gestore ADF, per il controllo finale dell'acqua utilizzata in ambiente.



Strumentazione di monitoraggio presente:

- (1) – Misuratore di portata dall'acqua di riuso inviata al Golf acquisito a scada
- (2) – Misuratore di conducibilità online presso vasca di accumulo finale acquisito a scada
- (3) – Misuratore di conducibilità online presso bacino di accumulo acqua a servizio campo da Golf acquisito a scada

VALUTAZIONE RISCHI CONNESSI ALL'UTILIZZO

Sulla base dei potenziali rischi connessi all'utilizzo delle acque reflue depurate sono stati analizzati i potenziali effetti indesiderati di breve e lungo termine che il riutilizzo di tali acque può determinare sui recettori finali, sia a causa dell'uso improprio che della presenza di sostanze potenzialmente nocive nelle stesse.

Pertanto si identificano principalmente i seguenti elementi di attenzione:

- Effetti sulla salute dell'uomo
- Effetti sul suolo

EFFETTI SULLA SALUTE DELL'UOMO

La contaminazione dell'uomo tramite le acque reflue può avvenire sia in fase di trasporto e di distribuzione delle stesse, che per eventuale inquinamento delle acque superficiali e sotterranee. Tale rischio può essere efficacemente ridotto mediante l'impiego di adeguati trattamenti di depurazione. Dal punto di vista microbiologico, i principali agenti patogeni presenti nelle acque reflue sono i batteri, i virus, gli elminti e i protozoi. Fra i batteri, vi è un'enorme varietà di specie che possono causare disturbi all'uomo come gastroenteriti, febbri tifoidee e colera. Uno dei più comuni patogeni è la *Salmonella*, causa di gastroenterite acuta. I virus possono infettare il tratto intestinale dell'uomo e da questo passare alle acque reflue. Sebbene i virus non possano riprodursi al di fuori dell'organismo ospite, essi possono sopravvivere alcune settimane nell'ambiente, specialmente a temperature inferiori ai 15°C. E' possibile che, giunti al terreno, essi possano penetrare nella pianta attraverso le radici sino a raggiungere le parti aeree dei vegetali.

I principali virus enterici presenti nell'uomo sono gli enterovirus (compreso il *Poliovirus*), rotavirus, reovirus, parvovirus, adenovirus e virus dell'epatite A; essi sono la causa di malattie respiratorie, gastroenteriti, infezioni agli occhi, diarree, infezioni epatiche. I protozoi sono presenti nelle acque reflue come agenti patogeni. Nelle feci, i protozoi spesso assumono la forma di cisti e, in seguito all'ingestione nell'organismo umano, possono far insorgere la malattia. Fra i protozoi, uno dei più importanti è l'*Entamoeba histolytica*, responsabile di gastroenteriti. Nelle acque reflue sono inoltre presenti diversi parassiti elmintici, considerati in questo ambito gli organismi potenzialmente più pericolosi per l'uomo. Una caratteristica degli elminti è che generalmente non si riproducono nell'organismo umano ospite, a differenza di altri patogeni. In questo caso, è quindi necessario che siano presenti in quantità pari alla dose infettiva.

Il pericolo di inquinamento microbiologico dipende da molti fattori. Oltre il carico microbico iniziale nelle acque reflue e la specie dell'organismo, hanno importanza, tra gli altri, il tempo di sopravvivenza nel terreno, il tipo di coltura, la destinazione e le modalità di consumo del prodotto e le caratteristiche del suolo.

EFFETTI SUL SUOLO

Relativamente ai potenziali rischio per l'ambiente del riutilizzo delle acque reflue depurate, riveste particolare importanza la possibile contaminazione e l'alterazione delle caratteristiche del suolo.

In linea generale, i principali fattori di rischio per il suolo legati al riutilizzo irriguo delle acque reflue sono:

- aumento della salinità e della sodicità;
- inquinamento da sostanze inorganiche;
- inquinamento da sostanze organiche.

La salinità rappresenta il contenuto di sali disciolti nel suolo ed è una delle caratteristiche più importanti da valutare quando le acque reflue vengono riutilizzate a scopo irriguo. L'elevata salinità può portare alla salinizzazione dei suoli, influenzare negativamente i rendimenti del raccolto e inquinare la falda. Gli effetti negativi della salinizzazione possono manifestarsi nei seguenti modi: essiccamento fisiologico dei vegetali a causa della limitazione della capacità della pianta di rifornirsi di acqua; squilibri nutrizionali a causa dell'antagonismo che si manifesta tra alcuni ioni, manifestazioni di tossicità causate da accumuli di borati, cloruri, sodio e altri ioni. Ciò è dovuto all'influenza che questi ioni esercitano sulla permeabilità delle membrane, sulle attività enzimatiche ed ormonali ed in generale sui processi biochimici cellulari.

Ripercussioni negative della salinità sulle colture possono derivare anche dalla presenza nell'acqua d'irrigazione di sostanze, come sodio, cloro e boro che, in quantità superiori ai limiti tollerati dalle colture irrigate, determinano fenomeni di tossicità. Le manifestazioni di fenomeni di tossicità possono essere indipendenti dalla concentrazione totale di soluti e sono tipiche per ogni elemento. Il sodio può degradare la struttura dei suoli (argillosi in particolare) e determinare fitotossicità su numerose piante. Gli effetti negativi nel terreno si manifestano quando il contenuto in sodio è elevato rispetto alla quantità totale di calcio, magnesio e potassio. Una volta presente nel terreno, il sodio in forma scambiabile sostituisce il calcio e il magnesio assorbiti dall'argilla del terreno e causa la dispersione delle particelle del suolo. Tale dispersione provoca la ripartizione degli aggregati del terreno, con la conseguente formazione di croste superficiali e la riduzione della velocità di infiltrazione di acqua e aria.

Le conseguenze agronomiche sono:

- maggior ruscellamento superficiale;
- difficile immagazzinamento idrico in corrispondenza degli eventi piovosi più intensi;
- ristagno idrico superficiale nelle depressioni;
- minore velocità di infiltrazione dell'acqua nel corso degli adacquamenti con ricadute sulla tecnica irrigua;
- ambiente edafico tendenzialmente asfittico e poco favorevole all'accrescimento, all'attività radicale e all'attività della flora microbica aerobica;
- presenza di processi anaerobici, denitrificazione, sviluppo di agenti patogeni nei riguardi delle piante

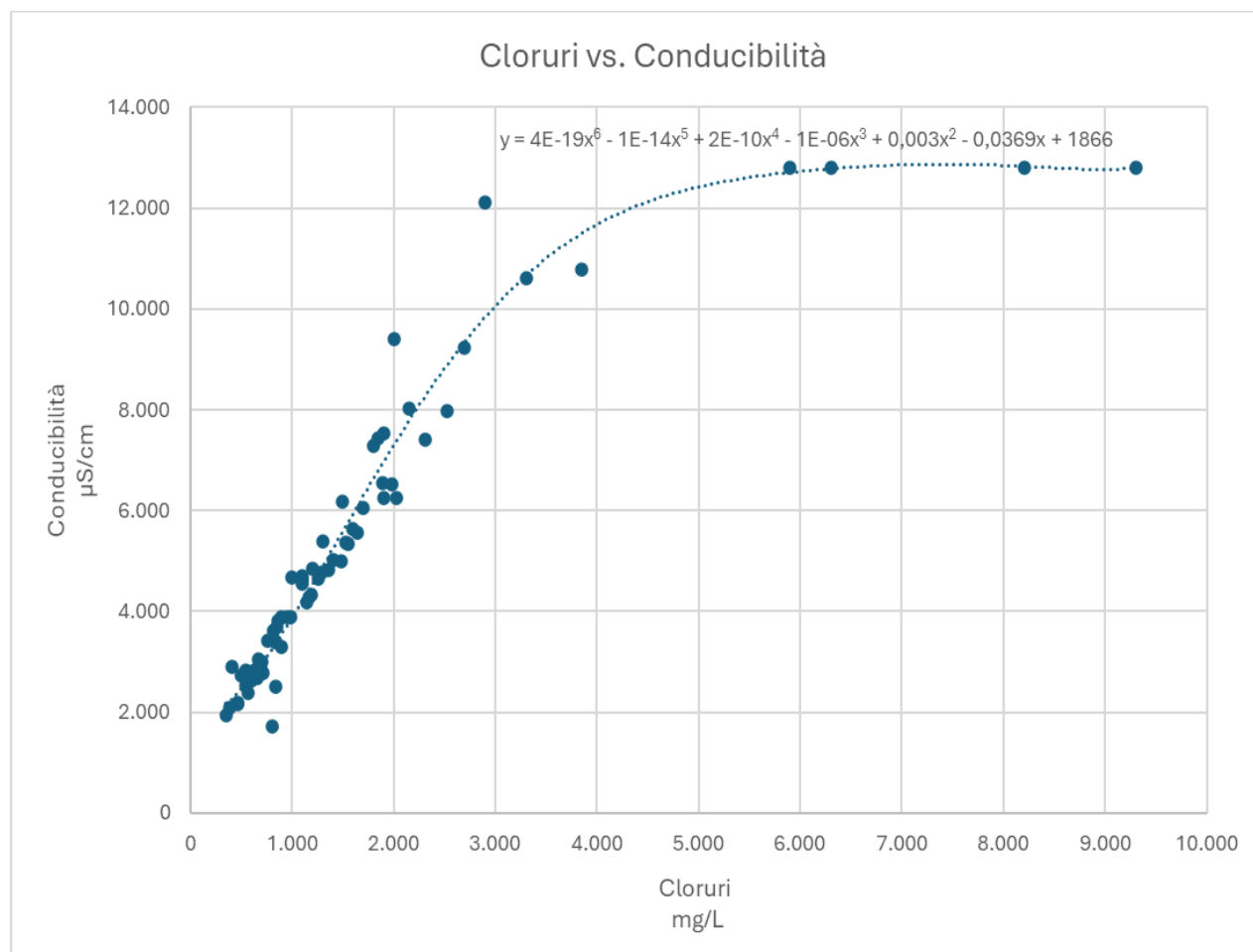
Tali effetti possono presentarsi con intensità diversa e, in generale, le alterazioni della velocità di infiltrazione sono più preoccupanti per lo strato più superficiale del terreno, mentre alle alterazioni biologiche e chimiche sono particolarmente esposti gli strati più profondi. Anche i cloruri possono avere effetti tossici sul terreno. In piccole quantità sono richiesti dalle piante; tuttavia, se in eccesso i cloruri possono causare problemi alla produzione agricola. L'effetto principale di un eccesso di cloruri è l'aumento della pressione osmotica della soluzione circolante nel substrato, che riduce la possibilità di assorbimento dell'acqua da parte delle piante, portando al loro graduale appassimento.

Per quanto riguarda l'impianto di Terrarossa, sulla base del Decreto della Regione Toscana, Direzione Generale Politiche Territoriali e Ambientali, n.4881 del 08/01/2009, viene concessa una deroga all'utilizzo dell'acqua reflua proveniente dall'impianto di Terrarossa, a fini irrigui, tra cui per l'irrigazione del Campo da Golf, fino al valore di cloruri di 750mg/l.

Allo scopo di poter implementare un sistema che consenta, anche in modo automatico, di inviare le acque reflue depurate al Campo da Golf "Argentario Golf & Wellness Resort", AdF ha effettuato precise analisi per stabilire la correlazione tra conducibilità e cloruri, permettendo cioè di determinare la conformità con il limite prescritto in AIA, non solo mediante analisi campionate,

ma anche attraverso un presidio continuo e costante (*realtime*) della conducibilità dell'effluente finale dell'impianto.

Le risultanze sono rappresentate nel grafico che segue:



Sulla base e per effetto delle valutazioni, risultanze e considerazioni sopra rappresentate, AdF intende impostare un automatismo di regolazione che attivi il sistema di pompaggio delle acque reflue affinate verso detto Campo da Golf "Argentario Golf & Wellness Resort", soltanto nell'eventualità che il valore misurato di conducibilità, risulti inferiore a 3530 $\mu\text{S/cm}$.

Inquinamento da sostanze inorganiche. Gli inquinanti inorganici comprendono sostanze che determinano fitotossicità o possono essere soggette ad accumulo nelle piante e determinare successivamente fenomeni di tossicità sull'uomo o sugli animali. Tra gli elementi di maggior interesse nell'impiego agronomico delle acque reflue, vi sono il boro e i metalli pesanti. Il boro è un micronutriente essenziale per le piante, ma ad elevate concentrazioni può determinare effetti tossici sui terreni e, attraverso la percolazione, sulle acque di falda. Le piante più sensibili cominciano a manifestare i primi sintomi di tossicità a partire da concentrazioni di 1 mg/l nell'estratto saturo del suolo, mentre al di sopra di 4 mg/l, la maggior parte delle colture evidenzia sintomi di sofferenza. Alcuni metalli pesanti sono presenti naturalmente in concentrazioni molto basse nei terreni e, pur essendo definiti essenziali in misura della concentrazione in cui essi vengono richiesti nei cicli fisiologici e biochimici, in concentrazioni superiori al fabbisogno nutrizionale devono considerarsi potenziali inquinanti. Gli effetti negativi possono variare a seconda della forma chimica dell'inquinante nel terreno, del tipo di coltura e della parte della pianta esposta alla contaminazione. Nel suolo, i metalli sono poco degradabili e

si accumulano preferenzialmente nello strato arabile, legati alla sostanza organica e alle argille. L'apporto di fertilizzanti e di acque reflue al terreno può aumentare la concentrazione di tali elementi, alterando gli equilibri chimici e biologici del suolo, compromettendone la fertilità, ed entrando nelle catene alimentari. Si evidenzia, tuttavia, che nelle acque reflue adeguatamente trattate, il rischio di contaminazione da metalli pesanti è basso, in quanto essi tendono a concentrarsi nei fanghi di risulta.

Accumulo di inquinanti organici. Il suolo costituisce il sito preferenziale per la degradazione di molti composti organici. Alcuni di questi composti sono caratterizzati da una bassa degradabilità e, in molti casi, sono biologicamente attivi o tossici per l'uomo e le piante. Si evidenzia inoltre che alcune molecole organiche di sintesi presentano attività cancerogena e teratogena. Particolare attenzione deve essere posta, quindi, sulle sostanze poco degradabili che, con il continuo apporto al suolo, tendono ad accumularsi e trasferirsi nella catena alimentare. Per quanto riguarda gli inquinanti organici a maggior rischio si citano: composti clorurati aromatici; ammine aromatiche; fitofarmaci in genere (diverse classi di composti, molti anche fitotossici); composti aromatici alogenati (PCB); idrocarburi policiclici aromatici (IPA).

DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI TRATTAMENTO E DISINFEZIONE

L'impianto di depurazione di Terrarossa è dotato di trattamento terziario, in cui le acque sono sottoposte a:

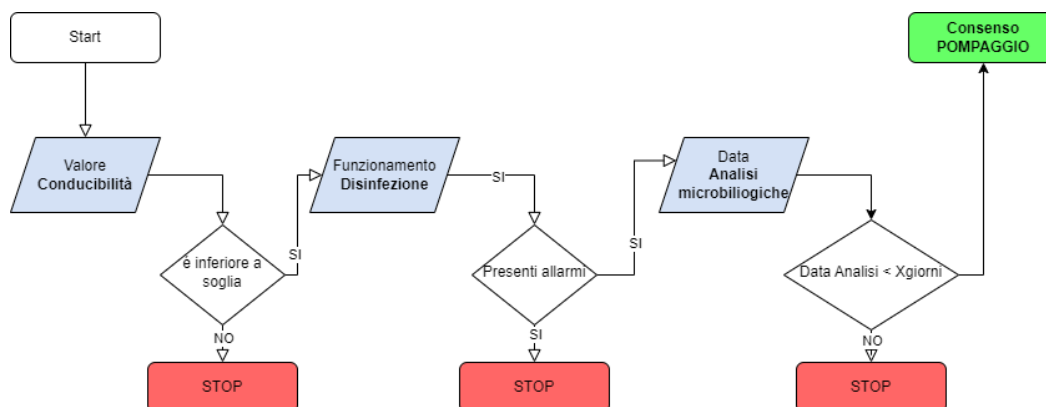
- filtrazione mediante microfiltrazione a dischi "Ultrascreen" per la rimozione dei solidi sospesi;
- ossidazione chimica mediante acido peracetico
- disinfezione finale mediante irraggiamento con lampade UV

Questo permette di ridurre ed abbattere i residui di sostanze inquinanti, con particolare riferimento alla carica batterica residua.

DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI AUTOMAZIONE

Il sistema di automazione che permette l'avvio del trasferimento di acqua verso la rete di riuso, al fine di assicurare sia la correttezza del sistema di disinfezione che il non superamento della soglia di conducibilità preventivate, segue tre fasi di controllo consecutive, secondo lo schema di flusso riportato di seguito:

- (1) Valore limite della conducibilità inferiore alla soglia prevista;
- (2) Perfetta funzionalità del sistema di disinfezione (assenza di qualsiasi anomalia o allarme attivo sul sistema)
- (3) Disponibilità di analisi chimiche e microbiologiche recenti



MONITORAGGIO CHIMICO-FISICO E MICROBIOLOGICO

MONITORAGGIO DELLE ACQUE

Al fine di effettuare un corretto e costante monitoraggio chimico-fisico e microbiologico teso ad escludere l'instaurarsi di condizioni di rischio, sia per rispetto agli effetti sull'uomo che sul suolo, viene predisposto il Piano di Campionamento riportato alla tabella seguente, che integra quanto previsto dall'AIA con ulteriori analisi finali

parametri	Analisi previste da AIA	Analisi aggiuntiva per riuso	Analisi previste da AIA	Analisi aggiuntiva per riuso
pH	X	X	X	X
conducibilità	X	X	X	X
colore	X		X	
odore	X		X	
cloruri	X	X	X	X
SST	X	X	X	X
COD	X	X	X	X
BOD5	X		X	
azoto ammoniacale	X	X	X	X
azoto nitroso	X	X	X	X
azoto nitrico	X	X	X	X
azoto totale	X		X	
fosforo totale	X	X	X	X
alluminio	X			
arsenico	X			
bario	X			
boro	X			
cadmio	X			
cromo	X			
cromo VI	X			
ferro	X			
manganese	X			
mercurio	X			
nicel	X			
piombo	X			
rame	X			
selenio	X			
stagno	X			
zinco	X			
cianuri totali	X			
solfuri	X			
solfiti	X			
solfati	X		X	

parametri	Analisi previste da AIA	Analisi aggiuntiva per riuso	Analisi previste da AIA	Analisi aggiuntiva per riuso
fluoruri	X			
grassi e oli vegetali e animali	X			
idrocarburi totali	X			
fenoli	X			
aldeidi	X			
solventi organici aromatici	X			
solventi organici azotati	X			
tensioattivi anionici	X		X	
tensioattivi non anionici	X		X	
pesticidi fosforati	X			
pesticidi totali	X			
solventi clorurati	X			
e.coli	X	X		X
test tossicità	X			

Tale piano rimane valido per tutto il periodo della sperimentazione attualmente in corso e comunque in concomitanza con il periodo di utilizzo a scopi irrigui delle acque reflue depurate.

Tenuto conto inoltre del fatto che l'utilizzo delle acque reflue depurate oggetto della presente sperimentazione è finalizzato all'uso irriguo per le aree verdi del campo da golf, si può assumere che:

- in base a quanto previsto all'Allegato al D.Lgs. 185/2003, punto 4), i limiti per fosforo ed azoto totale nei casi di riutilizzo irriguo sono rispettivamente 10mg/l e 35mg/l;
- il valore di conducibilità limite per l'acqua destinata al riuso deve essere inferiore o uguale al valore di 3530 $\mu\text{S/cm}$, in virtù di quanto esposto ai paragrafi precedenti e tenendo conto del limite superiore di 4000 $\mu\text{S/cm}$ per la conducibilità elettrica, indicato dallo stesso D.Lgs 185/2003.

MONITORAGGIO SUL SUOLO E SULLE COLTURE

In considerazione della relazione agronomica fornita dalla società "Argentario Golf & Wellness Resort" ed in base alla tipologia di specie vegetali utilizzate per il manto erboso dei diversi comparti del campo da Golf, la composizione chimica attesa per l'acqua reflua depurata non contribuisce fattore di rischio per tali specie vegetali, ma anzi può essere considerata un fattore fertilizzante.

L'unica eccezione in tal senso è la presenza di sodio e per tale motivo la società "Argentario Golf & Wellness Resort" effettuerà campionamenti periodici di monitoraggio dell'acqua per stimare il S.A.R. (*Sodium Adsorption Ratio*) che tiene simultaneamente conto della concentrazione di calcio magnesio e sodio al fine di conoscere il bilancio dei tre cationi.

Verrà effettuata inoltre una campionatura del terreno per stimare l'accumulo di sodio.

Inoltre, nel periodo irriguo saranno svolti molteplici rilievi giornalieri per monitorare la conducibilità elettrica per verificare che, a valle della miscelazione dell'acqua reflua depurata con l'acqua dolce a disposizione, non vengano superati valori di 1500-1800 $\mu\text{S/cm}$ e il sodio 80 mg/l.

MONITORAGGIO ONLINE RISORSA DISTRIBUITA

Al fine di avere un costante controllo delle caratteristiche della risorsa distribuita e del rispetto del parametro di salinità indicato nel Decreto RT 4881 del 08/10/2009, è stata installata sulla vasca finale dell'impianto una sonda di conducibilità acquisita online mediante sistema SCADA.

Marca: Endress Hauser

Modello: Indumax CLS50D

Caratteristiche installazione: sensore digitale di conducibilità induttivo, immerso nella vasca finale dell'impianto. Rilevazione grandezza fisica in Real time.

La sonda permette di comandare automaticamente il sistema di pompaggio impendendo, di fatto, che, al superamento del valore della conducibilità in vasca, l'acqua reflua depurata possa essere sollevata verso l'impianto del campo da Golf.

L'acqua che non viene pompata prosegue il normale percorso, indirizzata verso le stazioni di rilancio del sistema di trasporto a mare.

MONITORAGGIO ONLINE RISORSA FINALE

L'acqua reflua depurata proveniente dall'impianto di depurazione di Terrarossa, una volta sollevata verso la destinazione finale, viene stoccata presso uno dei bacini del campo da Golf, dove viene indirizzata anche l'acqua piovana derivante dal sistema di raccolta diffuso su tutta l'area dello stesso resort.

Pertanto la risorsa che viene destinata all'irrigazione delle aree verdi risulta avere valori di conducibilità, sodio e cloruri, inferiori a quelli di partenza e, di fatto, mitigando l'impatto complessivo sul suolo e sulle colture.

Anche in questo caso, per un maggior controllo rispetto ai soli monitoraggi del piano di campionamento ed in ottica di implementare un efficace sistema di *Early warning*, è stata installata anche presso il bacino di accumulo una sonda di conducibilità acquisita online mediante SCADA.

Marca: Endress Hauser

Modello: Indumax CLS50D

Caratteristiche installazione: sensore digitale di conducibilità induttivo installato all'interno di apposito quadro in vetroresina. Il campionamento avviene mediante pompa di aspirazione installata su zattera flottante sul bacino. Rilevazione grandezza fisica in Real time.

DESCRIZIONE E PRESCRIZIONI UTILIZZO FINALE

In base alla relazione agronomica fornita da "Argentario Golf & Wellness Resort", si riportano di seguito i seguenti dettagli rispetto all'utilizzazione finale.

Tipologia di essenze

Il tipo di essenze che vengono coltivate sul percorso dell'Argentario G.C. sono considerate molto resistenti alla salinità e al sodio. Sui green è presente *Agrostis palustris* che è la microterma (ciclo C3) più adattata ai terreni salini e sui fairway *Cynodon dactylon* che rappresenta una tra le più resistenti macroterme (ciclo C4).

A riguardo del possibile rischio per le sostanze contenute nell'acqua si sottolinea come un manto erboso ad uso sportivo non entri nel ciclo alimentare e i residui di taglio non vengono asportati

restando sul posto. L'attività microbica presente nei primi 20 cm di un tappeto erboso ad uso sportivo è altissima, stimata intorno alle 6 t/ha e non è paragonabile a quella di qualunque altra coltura agraria. Infatti, i residui di taglio - per la maggior parte si tratta di cellulosa - che vengono prodotti in diversi metri cubi a ettaro, pur non venendo asportati, vengono completamente degradati dall'attività microbica in pochi giorni. Inoltre, come hanno dimostrato diversi studi, l'attività microbica è così forte da determinare un fortissimo abbattimento dei microrganismi potenzialmente pericolosi per la salute.

Sistema di irrigazione

L'irrigazione del percorso viene svolta per mezzo di irrigatori a scomparsa che hanno un getto che va dai 10 ai 25 mt e che lavorano con una pressione mediamente di 6 atm. Nel corso dell'irrigazione la nebulizzazione è totalmente trascurabile poiché gli irrigatori sono concepiti per averne il meno possibile, infatti, questo fattore altera la curva di caduta dell'intensità di pioggia e determina una distribuzione difforme. Per tale motivo l'irrigatore ha un dispositivo che in caso di pressione eccessiva ne permette automaticamente la riduzione proprio per evitare l'effetto deriva e quindi minimizzando il rischio di aerosol.

Conseguentemente, si definiscono le seguenti prescrizioni che si applicano alle modalità operative dell'utilizzatore finale, ovverosia al Campo da Golf "Argentario Golf & Wellness Resort"

- Informazione: Apposizione opportuna cartellonistica, sia presso il bacino di accumulo dove viene destinata l'acqua reflua depurata che presso ciascun punto di irrigazione, con funzioni di avvertimento della possibilità di utilizzo di acqua reflua depurata.
- Modalità di irrigazione: L'irrigazione delle superfici verdi deve avvenire con modalità che non consentano o limitino significativamente il contatto dell'acqua reflua depurata con l'uomo. Si prevede di effettuare irrigazione soltanto nelle ore notturne. In base alla tipologia di irrigazione di cui sopra, non sono preventivabili rischi connessi alla nebulizzazione. Deve inoltre essere, mediante opportuna cartellonistica e segnalazioni, interdetto l'accesso al pubblico durante le operazioni di irrigazione.