



COMUNE DI LIVORNO

**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA
INTERVENTI DI UPGRADING DELL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE
ESISTENTE SULL'ISOLA DI GORGONA**

RELAZIONE TECNICA ED ILLUSTRATIVA

Redatta da:

Riccardo Bresciani – Ingegnere per l'Ambiente ed il Territorio
Fabio Masi – Chimico Ambientale
Anacleto Rizzo – Ingegnere idraulico
Nicola Martinuzzi – Ingegnere meccanico
Camillo Palermo – Ingegnere civile
Martina Rienzi – Junior expert
Chiara Cusenza – Ingegnere civile
Giulia Cipolletta – Ingegnere per l'ambiente ed il Territorio, PhD
Anna Laura Eusebi – Professore Associato Ingegneria Chimica Ambientale
Francesco Fatone – Professore Ordinario Ingegneria Chimica Ambientale
Michele Del Corso – Dirigente Depurazione e Fognatura ASA
Mirco Brilli - Direttore Tecnico ASA



IRIDRA S.r.l. *gestione sostenibile del ciclo delle acque*



Indice della Relazione

1. INTRODUZIONE	3
1.1 OBIETTIVI PROGETTUALI	3
1.2 DESCRIZIONE SOMMARIA DEGLI INTERVENTI	4
2. QUADRO CONOSCITIVO	6
2.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE	7
2.1.1 <i>Inquadramento geografico</i>	7
2.1.2 <i>Inquadramento climatico</i>	8
2.2 INQUADRAMENTO URBANISTICO E PAESAGGISTICO	11
2.2.1 <i>Inquadramento urbanistico e catastale</i>	11
2.2.2 <i>Inquadramento ambientale e paesaggistico</i>	12
2.2.3 <i>Inquadramento geologico, idrogeologico e sismico</i>	16
2.2.4 <i>Vincoli e prescrizioni</i>	17
2.2.5 <i>Riepilogo delle autorizzazioni richieste</i>	21
2.3 ANALISI SOCIALE	21
2.3.1 <i>Identificazione degli stakeholders</i>	21
2.3.2 <i>Metodologia per l'analisi sociale</i>	23
2.3.3 <i>Risultati dell'analisi sociale</i>	24
2.4 ANALISI ECONOMICA	26
2.4.1 <i>Individuazione del percorso di finanziamento</i>	27
2.5 CARATTERISTICHE DELL'UTENZA	30
2.5.1 <i>Situazione attuale</i>	30
2.5.2 <i>Scenari futuri</i>	33
2.5.3 <i>Caratteristiche dei reflui</i>	35
2.6 INQUADRAMENTO LEGISLATIVO	36
2.6.1 <i>Quadro normativo</i>	36
2.6.2 <i>Strategie nazionali/regionali e piani d'azione</i>	39
2.6.3 <i>Legislazioni nazionali/regionali e standard/obiettivi di qualità</i>	40
2.6.4 <i>Identificazione del percorso di autorizzazione</i>	45
2.7 DESCRIZIONE DELLA SITUAZIONE ATTUALE	46
2.7.1 <i>Acquedotto</i>	46
2.7.2 <i>Fognatura e depurazione</i>	46
2.7.3 <i>Analisi del funzionamento dell'impianto</i>	47
3. LE SCELTE PROGETTUALI	52
3.1 LE TECNICHE IN CAMPO	52
3.1.1 <i>UASB</i>	53
3.1.2 <i>Fitodepurazione</i>	55
3.1.2.1 <i>Sistemi a flusso sommerso orizzontale (SFS-h o HF)</i>	56
3.1.2.2 <i>Sistemi a flusso sommerso verticale (VF)</i>	57
3.1.2.3 <i>Sistemi multistadio</i>	58
3.1.2.4 <i>Sistemi a flusso sommerso verticale per il trattamento di reflui grezzi</i>	59
3.1.2.1 <i>Sistemi di fitodepurazione aerati</i>	60
3.1.2.2 <i>Letti di fitodisidratazione fanghi (SDRB)</i>	61
3.2 LE ALTERNATIVE PROGETTUALI	65
3.2.1 <i>Alternativa 1</i>	65
3.2.1.1 <i>Trattamento preliminare</i>	67
3.2.1.2 <i>Trattamento primario</i>	68
3.2.1.3 <i>Trattamento secondario</i>	71
3.2.1.4 <i>Trattamento terziario</i>	72
3.2.1.1 <i>Letti di fitodisidratazione fanghi (SDRB)</i>	72
3.2.2 <i>Alternativa 2</i>	73
3.2.2.1 <i>Trattamento preliminare</i>	75
3.2.2.2 <i>Trattamento primario</i>	75
3.2.2.3 <i>Trattamento secondario</i>	75



3.2.2.4	Trattamento di disinfezione	77
3.2.2.5	Letti di fitodisidratazione fanghi (SDRB).....	78
3.2.3	Alternativa 3	78
3.2.3.1	Trattamento preliminare.....	80
3.2.3.2	Trattamenti primari e secondari	80
3.2.3.3	Trattamento terziario.....	82
3.2.3.4	Produzione energie rinnovabili	82
4.	ANALISI DELLE ALTERNATIVE	83
4.1	ALTERNATIVA N°1.....	83
4.2	IPOTESI 2	88
4.3	IPOTESI 3	92
5.	CONCLUSIONI	98
6.	CRONOPROGRAMMA	102
7.	QUADRO ECONOMICO	103
8.	PRIME INDICAZIONI PER LA SICUREZZA	104
9.	BIBLIOGRAFIA	105

Allegati

- Tavola 1: Inquadramento territoriale
- Tavola 2: Planimetria generale alternativa 3

Disclaimer: l'Università Politecnica delle Marche (Prof. Fatone, Prof.ssa Eusebi, Ing. phd Cipolletta) ha contribuito ai soli capitoli di inquadramento generale (cap.1 – cap.2) e non ha partecipato alle valutazioni tecnico-economiche.



Membri della Constructed Wetland Association

2

Sistema di Gestione per la Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2000



CERTIFICATE NO. 31504



1. INTRODUZIONE

1.1 OBIETTIVI PROGETTUALI

HYDROUSA è un progetto a valere sul fondo per la ricerca e l'innovazione dell'UE Horizon2020 approvato sul bando CIRC-02-2016-2017 (L'acqua nell'economia circolare, Convenzione di sovvenzione n. 776643) che mira a rivoluzionare la catena di approvvigionamento idrico nelle regioni del Mediterraneo per provare a chiudere i circuiti idrici e migliorare il profilo agricolo ed energetico, dimostrando soluzioni innovative per il trattamento e la gestione delle acque reflue. Queste tecnologie e servizi sono stati realizzati in sei siti su scala reale in tre isole del Mediterraneo (Lesvos, Mykonos e Tinos) mentre la trasferibilità delle soluzioni è valutata in 25 casi di early adopter in aree costiere e isole del Mediterraneo e in diverse zone soggette a stress idrico nel mondo.

L'isola di Gorgona è stata scelta come sito di replicabilità per l'Italia rendendola così oggetto di studio che, al suo compimento, andrà ben oltre agli obiettivi del progetto fissati inizialmente.

L'occasione di replicare il progetto Hydrousa su un'isola dell'arcipelago toscano è coinciso con due nobili obiettivi del penitenziario dell'isola di Gorgona: ammodernare il sistema di raccolta e depurazione dei reflui civili per preservare l'ambiente naturale a terra ed in mare e dare lavoro ai detenuti.

Come noto, la missione degli istituti di reclusione è quello di creare le condizioni per il reinserimento del detenuto nella società civile non appena scontata la pena. Ma un corretto reinserimento non può prescindere dall'acquisizione di competenze utili per affrontare il duro mercato del lavoro.

La presenza in Gorgona del Centro di Economia Circolare¹ ha reso possibile tutto ciò: Hydro 1 & Hydro 2, due impianti realizzati sull'isola greca di Lesvos, hanno dato lo spunto per replicare anche su Gorgona questo intelligente modello di economia circolare. Dai reflui civili si può ottenere produzione di compost, biogas e acqua per irrigare le colture.

Partendo dai carichi in ingresso, il presente progetto di Fattibilità Tecnico-economica rappresenta il primo passo per la progettazione definitiva ed esecutiva del nuovo sistema di depurazione dell'isola di Gorgona basato su criteri di innovazione e utilizzo di sistemi naturali.

Lo stesso progetto potrà essere replicato ulteriormente su altre isole minori, semplicemente adattandolo alle esigenze locali.

¹ Costituito dal Penitenziario, da ASA Azienda Servizi Ambientali Spa, dal Parco Nazionale Arcipelago Toscano, dall'Università di Firenze e, da ultimo, dal Comune di Livorno





Nell'attualissimo ambito degli obiettivi della programmazione europea 2021-2027, gli interventi riguardanti l'efficienza energetica, l'energia rinnovabile, le risorse idriche, l'economia circolare e la gestione dei rifiuti, presenti nel "Nuovo piano d'azione per l'economia circolare", nel "Green Deal" e nella "Strategia Italiana per lo Sviluppo Sostenibile", rappresentano le sfide ancora attuali che dovremo affrontare per gestire correttamente l'ambiente e le nostre isole minori, i cui ecosistemi sono tra i più fragili del territorio peninsulare.

A tal proposito, è previsto un successivo intervento per rendere autonomo l'impianto di trattamento dal punto di vista energetico attraverso l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili.

1.2 DESCRIZIONE SOMMARIA DEGLI INTERVENTI

Attualmente la depurazione delle acque reflue domestiche prodotte sull'isola è affidata ad un sistema di trattamento costituito da trattamenti preliminari e primari mediante griglia manuale e fossa Imhoff ed un sistema di vasche di fitodepurazione a flusso sommerso orizzontale realizzate oltre 22 anni fa.

Il sistema, realizzato e gestito in tutti questi anni anche con il contributo dei detenuti, è stato uno dei primi impianti di fitodepurazione in Italia e rappresenta oramai un elemento caratterizzante dell'isola stessa e della sua vocazione verso soluzioni di sostenibilità ambientale.

L'impianto, tutt'ora funzionante benché necessiti oramai di diversi interventi di ristrutturazione e manutenzione straordinaria, garantisce un idoneo trattamento appropriato per lo scarico delle acque reflue depurate per capacità < 2000 A.E., in linea con la normativa nazionale e regionale.

L'obiettivo progettuale è quello di valorizzare la risorsa acque reflue, prevedendo il riutilizzo delle acque ed il recupero di nutrienti a scopi irrigui, il recupero di sostanza organica mediante la gestione sostenibile dei fanghi di depurazione, e possibilmente la produzione di energia, in un'ottica di economia circolare secondo gli indirizzi offerti dal progetto Hydrousa e la trasferibilità/replicabilità di soluzioni in esso approntate.

Per fare questo sono richiesti interventi di adeguamento funzionale del sistema di fitodepurazione; sono state quindi elaborate e comparate a livello preliminare tre alternative progettuali, considerando i diversi costi di investimento e gestione, la semplicità di esercizio, la flessibilità alle variazioni quali-quantitative del refluo, la capacità di valorizzazione della risorsa:

- Alternativa 1: è quella che segue il modulo Hydro 1 attualmente già operativo sull'isola di Lesvos, e che prevede l'introduzione di un sistema di digestione anaerobica (UASB) in testa con contestuale produzione energetica sia per il mantenimento della temperatura del digestore sia per altri usi, sia per la produzione di energia elettrica mediante recupero del biogas e cogenerazione; nello schema Hydro 1, l'UASB è seguito da un sistema di fitodepurazione a flusso verticale, che





- sarà implementato anche sull'isola di Gorgona realizzando in loco delle prime due vasche esistenti un sistema a flusso verticale e lasciando come trattamento finale le altre due vasche a flusso sommerso orizzontale; dopo un'ulteriore trattamento di filtrazione a sabbia e disinfezione UV, le acque vengono stoccate e riutilizzate ai fini irrigui; i fanghi di depurazione prodotti dall'UASB vengono stabilizzati e deidratati mediante un sistema di fitodisidratazione, consentendone il recupero come ammendante organico in agricoltura dopo 6-8 anni.
- Alternativa 2: come l'alternativa 1, con la differenza che al posto del sistema di fitodepurazione a flusso verticale di nuova realizzazione, si prevede di potenziare le due vasche a flusso sommerso orizzontale al primo stadio con un sistema di aerazione, convertendole in un sistema di fitodepurazione a flusso sommerso verticale/orizzontale aerato (anche tale tecnologia rientra tra i sistemi piloti attualmente operativi sull'isola di Lesvos).
 - Alternativa 3: non si prevede l'utilizzo del sistema UASB; al posto delle prime due vasche a flusso sommerso orizzontale viene previsto un sistema di fitodepurazione alla francese per acque grezze, permettendo in tal modo di by-passare le Imhoff esistenti; i solidi sospesi vengono separati per azione della filtrazione e raccolti sulla superficie del letto e dopo circa 10 anni, una volta che hanno raggiunto uno spessore di circa 20 cm e una ottima stabilizzazione e disidratazione, vengono rimossi e riutilizzati come ammendante organico in agricoltura. Le acque trattate subiscono inoltre in tale sistema una elevata rimozione del carico organico e dell'azoto ammoniacale; il trattamento è poi completato nelle vasche a flusso sommerso orizzontale n°3 e n°4 esistenti (che saranno potenziate con dei sistemi di aerazione in ingresso per permettere il completamento della nitrificazione) e nel successivo stadio di filtrazione a sabbia e UV, dopodiché le acque vengono stoccate e riutilizzate ai fini irrigui. In tale ipotesi per compensare la mancata produzione di energia da fonti rinnovabili, saranno previste in un progetto separato misure a compensazione dell'energia elettrica consumata.

Secondo l'analisi comparativa effettuata, la soluzione migliore dal punto di vista tecnico, gestionale, ambientale ed economico è risultata l'Alternativa 3.





2. QUADRO CONOSCITIVO

Gorgona è la più piccola isola dell'Arcipelago Toscano (Regione Toscana) nel Mar Ligure. L'isola, con i suoi 220 ettari di superficie, è una frazione del comune di Livorno, che dista 34 km dalla terraferma ed è tutelata dal Parco Nazionale Arcipelago Toscano sia per l'area terrestre che per quella marina (circa 14.818 ettari).

Secondo recenti studi (<https://www.greenreport.it/news/clima/larcipelago-toscano-nel-rapporto-isole-sostenibili-2020/>), le isole toscane sono attualmente considerate sistemi isolati in cui i concetti di circolarità sulle energie rinnovabili e la gestione delle risorse idriche non sono ancora stati adottati.

Per quanto riguarda l'approvvigionamento energetico, la fonte principale deriva da undici generatori diesel disseminati sull'isola oltre ad un impianto fotovoltaico da 70 Kw in attesa di revamping.

La gestione dei rifiuti sull'isola abbraccia le politiche "Plastic Free", con raccolta dei rifiuti e compattazione prima dell'invio a smaltimento. I dati del "Rapporto Isole Sostenibili" (Legambiente, 2020) hanno evidenziato una produzione giornaliera di 80 kg di rifiuti alimentari e 200 sacchi (mediamente 1 tonnellata) di plastica, vetro e indifferenziati, inviati all'Azienda Ambientale di Pubblico Servizio (AAMPS) di Livorno.

Per quanto riguarda invece le risorse idriche queste rappresentano una criticità soprattutto durante la stagione estiva. La produzione è affidata ad un dissalatore RO oramai vetusto e pochi pozzi ancora attivi.

La depurazione delle acque reflue è affidato ad una fossa Imhoff ed un sistema di vasche di fitodepurazione a flusso sommerso orizzontale realizzate oltre 22 anni fa proprio con il contributo dei detenuti di allora; è stato uno dei primi impianti di fitodepurazione in Italia ed è tutt'ora funzionante benché necessiti oramai di diversi interventi di ristrutturazione e manutenzione straordinaria, oltre a significativi interventi di adeguamento funzionale nel caso si voglia percorrere la strada del riuso irriguo come da anni auspicato dalla direzione del Penitenziario.

Inoltre come affermato nel "Rapporto Isola Sostenibile 2020" di Legambiente, al fine di aumentare la sostenibilità delle piccole isole in Italia, occorre adottare opportune azioni per il ripristino e la realizzazione di nuove infrastrutture per il recupero delle acque destinate ad usi domestici e agricoli. Inoltre, dovrebbe essere implementato un impianto di trattamento delle acque grigie per il riutilizzo delle acque depurate e dovrebbero essere formulate strategie a basso impatto ambientale nel contesto dell'uso delle fonti rinnovabili (Legambiente, 2020).

In linea con quanto sopra, il quadro ha evidenziato che l'obiettivo principale per aumentare la sostenibilità dell'isola dovrebbe concentrarsi sull'implementazione di soluzioni innovative





per ottimizzare la gestione delle risorse idriche in termini di risparmio idrico e recupero delle acque reflue.

Ed è in questo contesto che il Progetto HYDROUSA ha rappresentato l'opportunità che si aspettava per dar via al processo.

2.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

2.1.1 Inquadramento geografico

L'Isola di Gorgona si trova nel Mar Ligure, di fronte a Livorno, a 34 km dalla costa. Con i suoi 220 ettari di superficie, è la più piccola dell'Arcipelago Toscano e ricade all'interno del comune di Livorno.

L'isola è sede di una casa di reclusione, in cui sono ospitati circa novanta detenuti con pene definitive da scontare e buona parte di questi, circa quaranta, sono impegnati quotidianamente in attività lavorative di riabilitazione quali la coltivazione di prodotti orticoli e vigna. Recentemente l'attività di allevamento di animali da carne è stato abbandonato e anche il comparto ovicaprino è in dismissione.

L'isola è un paradiso della flora mediterranea ed ha un microclima unico nel quale crescono 500 specie vegetali censite. Sull'isola sono presenti diverse piante di olivo ultracentenarie. Il clima mite dell'isola ha infatti garantito negli anni delle condizioni ottimali per la pianta dell'olivo che qui è stata coltivata già dal '700 quando fu portato probabilmente dai monaci certosini. La distanza dell'isola dalla terraferma e l'istituzione del carcere hanno fatto sì che queste piante rimanessero un patrimonio isolato che negli anni è andato sempre più adattandosi all'ambiente circostante e a costituire una cultivar autoctona dell'isola chiamata "Bianca di Gorgona". La "nuova" cultivar è stata quindi iscritta nel repertorio regionale delle risorse genetiche autoctone toscane. Essendo presente solamente un nucleo di circa venti esemplari la "Bianca" è stata iscritta come varietà a rischio di estinzione.

Sull'isola sono presenti circa 20 colonie di api mellifere (*Apis mellifera subsp. ligustica*) che vengono allevate dai detenuti. Questo apiario è giunto sull'isola, trasferito dall'isola di Pianosa, circa 15 anni fa e negli anni si è assistito alla progressiva diminuzione dell'infestazione dell'acaro varroa, acaro parassita delle api, con la sua definitiva scomparsa.





Figura 1: Valori naturalistici e ecosistemici (Provincia di Livorno, PTCP, Valori Paesaggistici)

L'area ipotizzata per la realizzazione dell'impianto è l'attuale sito occupato dal sistema di fitodepurazione, scelta motivata dalla possibilità di mantenere e rinnovare il sistema esistente.



Figura 2: Possibile area per la realizzazione dell'impianto

2.1.2 Inquadramento climatico

L'Arcipelago Toscano occupa un'area marina di forma sub-triangolare, con estremi compresi tra 42° 13' 42" (Giannutri) e 43° 26' 54" (Gorgona) di latitudine Nord e 9° 43' 18" (Capraia) e 11° 11' 00" (Giannutri) di longitudine Est. Le condizioni meteorologiche che interessano l'arcipelago nel semestre freddo sono determinate dalle perturbazioni occidentali in transito sulla Toscana centrale e dall'azione delle depressioni sottovento alle Alpi che si generano sul Golfo di Genova. Tali stati atmosferici determinano tempo instabile, accompagnato da precipitazioni diffuse e prolungate. Nei mesi estivi gli anticicloni delle Azzorre e del Sahara determinano nel Mediterraneo occidentale un esteso campo di alte pressioni, accompagnate da tempo stabile e soleggiato, con lunghi periodi di siccità meteorologica.



I fattori geografici che condizionano il clima dell'Arcipelago Toscano sono riferibili alla posizione delle isole rispetto alla Corsica e alla Toscana continentale, alla loro dimensione, al profilo altimetrico, all'esposizione ai venti, alle correnti marine.

Il clima è generalmente temperato e le precipitazioni sono generalmente scarse. La piovosità media annua è di 567 mm distribuiti in 64 giorni, con eventi di siccità tra la primavera e l'estate e un picco massimo di pioggia in autunno.

(https://it.wikipedia.org/wiki/Stazione_meteorologica_di_Gorgona#cite_note-4)

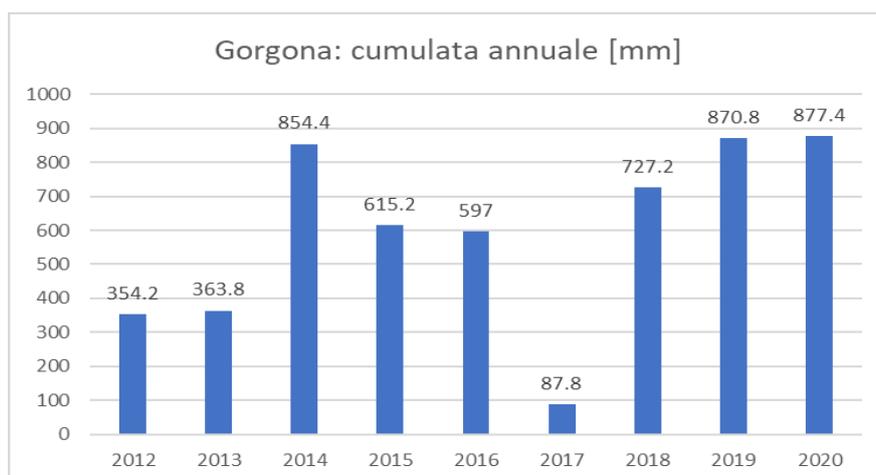


Figura 3: Piogge cumulate anni 2012-2020 (Settore Idrologico e Geologico Regionale)

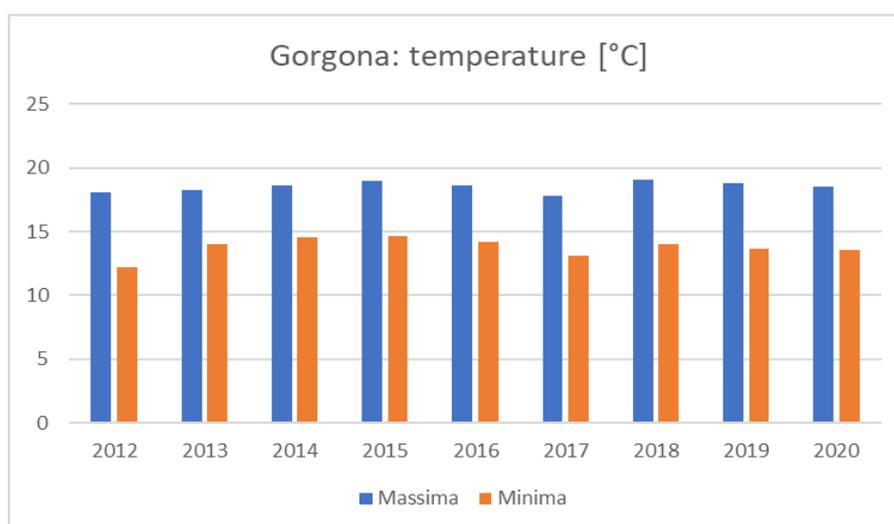


Figura 4: Medie delle temperature anni 2012-2020 (Settore Idrologico e Geologico Regionale)

Le velocità del vento registrate nell'isola di Gorgona variano in funzione dell'altitudine: si registrano velocità comprese tra 4.0 m/s e 9.5 m/s ad una quota di 37.2 m s.l.m. e tra 4.8 m/s e 9 m/s a quota 55 m s.l.m. Il vento soffia in maniera predominante da sud-sud-est e est-nord-est.



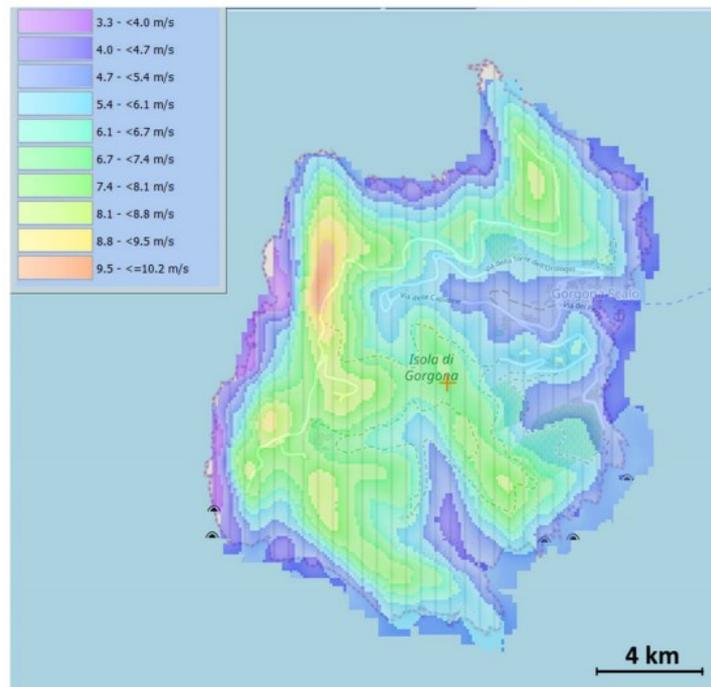


Figura 5: Velocità media del vento a 37.2 m s.l.m. [m/s] (Clean Energy for EU Islands: Wind and solar resource mapping)

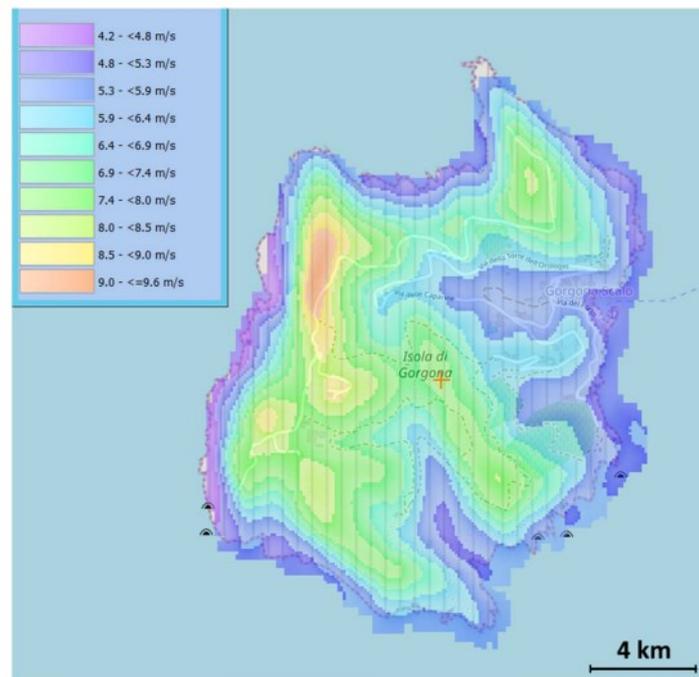


Figura 6: Velocità media del vento a 55 m s.l.m. [m/s] (Clean Energy for EU Islands: Wind and solar resource mapping)

Velocità elevate si registrano nella parte occidentale dell'isola, caratterizzata da altitudini maggiori, mentre la costa è caratterizzata da velocità inferiori. Il resto dell'isola presenta una velocità del vento di 7.4 m/s a 37.2 m s.l.m.





2.2 INQUADRAMENTO URBANISTICO E PAESAGGISTICO

2.2.1 Inquadramento urbanistico e catastale

Il tessuto abitativo su Gorgona è discontinuo, concentrato principalmente nel piccolo borgo a Cala dello Scalo, che si sviluppa in continuità con il porto, e presso la Località Capanne. Il territorio circostante è caratterizzato da colture su terrazzamenti utilizzate dalla colonia penale, con impianti ad oliveto e colture orticole di autoconsumo.

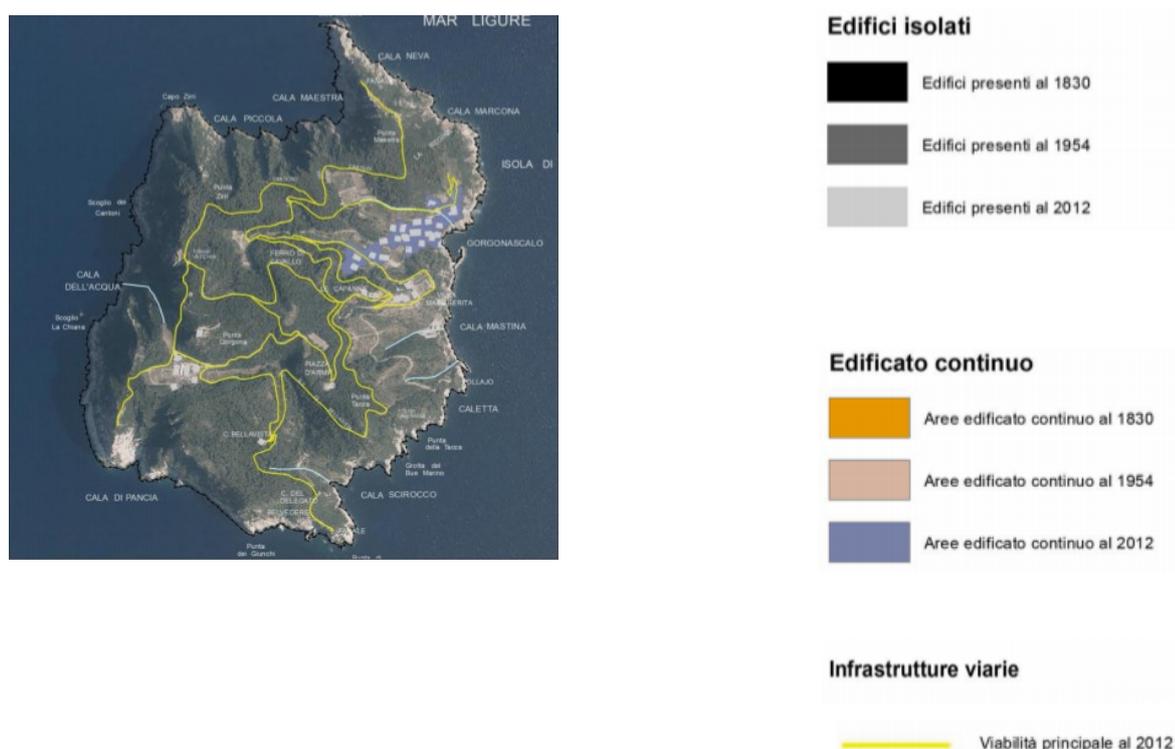


Figura 7: Sistema insediativo, urbano e infrastrutturale (Comune di Livorno, Piano Strutturale 2)

La realizzazione del progetto è in linea con gli obiettivi e i vincoli del Piano Strutturale del Comune di Livorno. Tuttavia, la classificazione urbanistica dovrebbe essere modificata da rurale a servizio tecnico.

Inoltre, dalla verifica dell'intervento con il Piano di Classificazione Acustica Comune di Livorno, si trae che sarà necessaria la redazione di un documento di valutazione impatto acustico (DO.IM.A.) nonché adottare le opportune precauzioni durante la fase di realizzazione e gestione, per rispettare i limiti acustici dell'area

Dal punto di vista catastale il sito di intervento occupa la particella 44 del foglio 91 NCT del Comune di Livorno, di proprietà demaniale.

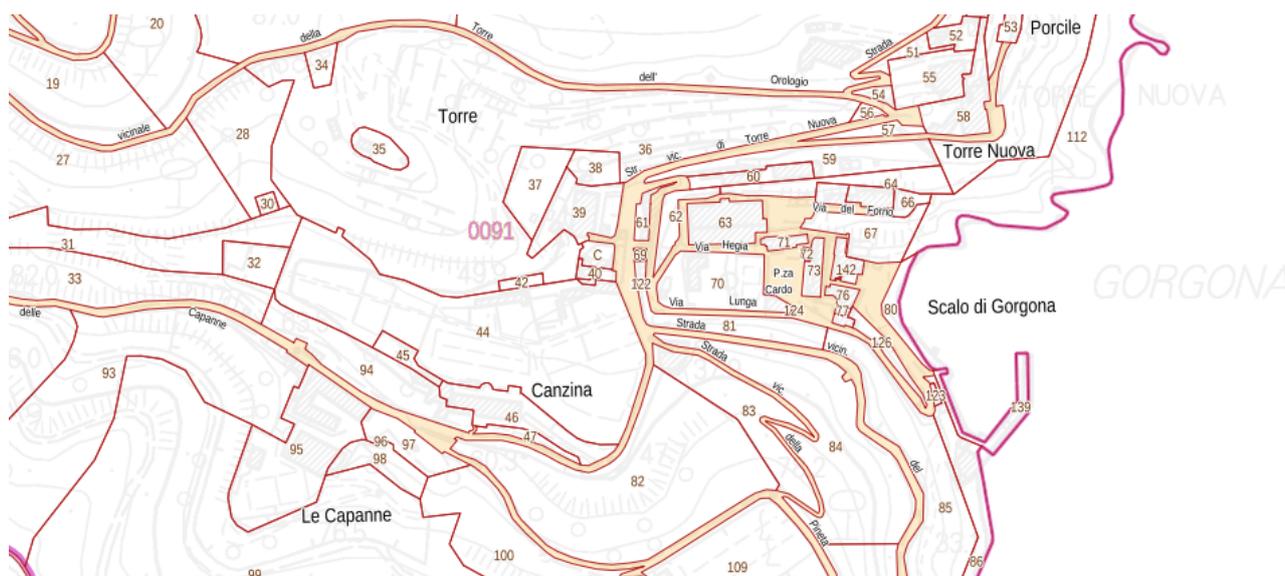


Figura 8: Sito di intervento – inquadramento catastale

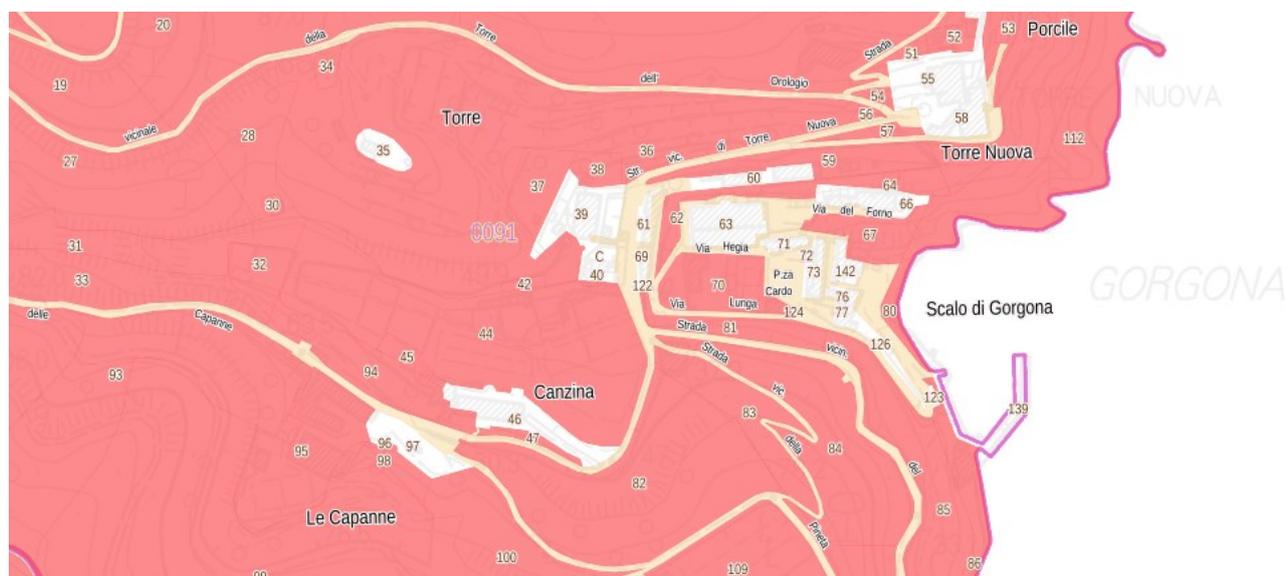


Figura 9: Sito di intervento – inquadramento catastale, in rosso le aree di proprietà demaniale e assimilabili

2.2.2 Inquadramento ambientale e paesaggistico

Dall'analisi del sito di Gorgona, l'isola è sottoposta a diversi vincoli ambientali sia a livello nazionale che regionale, dato il suo valore storico e ambientale.

L'intero territorio dell'isola della Gorgona, compresi scogli ed isolotti ed una fascia circostante il mare dell'estensione di m. 100, ai sensi dell'**art. 136 del D.lgs. 42/04**, è stata dichiarata di notevole interesse pubblico (Identificativo Univoco Vincolo: 9049077) perché "nel suo complesso, ricca di piante di alto fusto, riveste un notevole interesse paesaggistico e presenta una natura selvaggia di incomparabile bellezza, si che può





essere considerata come una delle isole più caratteristiche dell'arcipelago toscano.” (D.M. 150/1971)

Tutto il territorio dell'isola è tutelato dall'art. 142 del Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio in quanto appartenente al **Parco Nazionale dell'Arcipelago Toscano**. Inoltre, ai sensi del medesimo articolo, sono tutelati i territori costieri e i territori coperti da boschi e foreste.



Figura 10: Gorgona - aree tutelate per legge (D.Lgs. 42/04 art.142)



Figura 11: Sito in intervento - aree tutelate per legge (D.lgs. 42/04 art.142)

Il progetto è in linea con gli obiettivi di conservazione e i vincoli del Piano del Parco Nazionale dell'Arcipelago Toscano, mentre l'area di intervento è parzialmente tutelata in quanto i territori costieri compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia.

La biodiversità è protetta dalla **Rete Natura 2000**, che garantisce il mantenimento a lungo termine degli habitat naturali sull'isola attraverso l'estesa Zona Speciale di Conservazione. Ne segue che l'implementazione del progetto deve essere valutata attraverso una



valutazione di impatto (VINCA) al fine di analizzare i possibili effetti sui siti della Rete 2000.

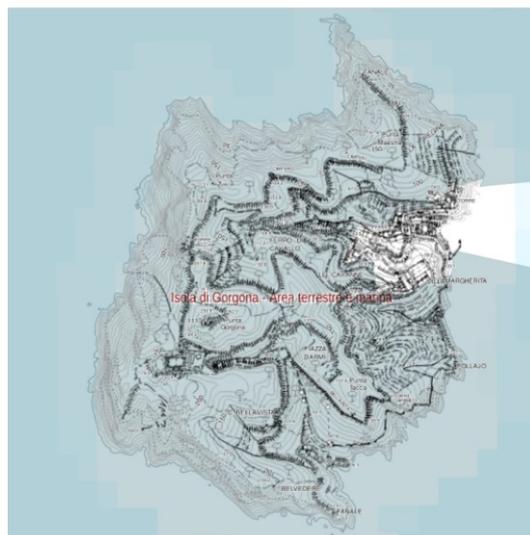


Figura 12: Gorgona - ZSC (Rete Natura 2000)

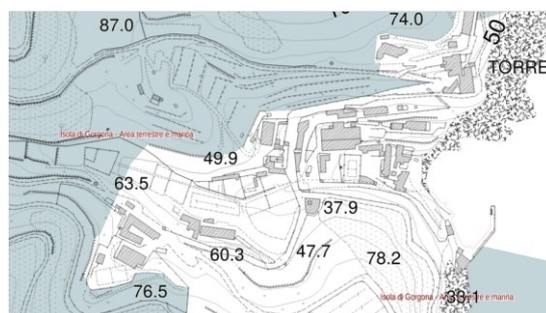


Figura 13: Sito di intervento – ZSC (Rete Natura 2000)

Come previsto dal Regolamento Nazionale per l'approvazione dei Progetti Definitivi (Art. 6.1, lettera h del D.P.R. 207/2021) è opportuno valutare quali vincoli sono presenti nell'area soggetta a intervento. Nello specifico, secondo il D.LGS. 42/2004 (Art.142) "Codice dei beni culturali e del paesaggio", aree specifiche dell'isola dovrebbero essere tutelate dalla Legge come riportato nella figura sottostante (figura 3). Tra le diverse tipologie di vincoli descritti nel decreto, al sito di replicabilità si applicano i seguenti:

- "Zona balneare" entro 300 metri dalla costa: interessa parzialmente il sito come mostrato nella figura sotto (a destra);
- "Parchi naturali nazionali e regionali": coinvolge l'intera isola e quindi anche il sito di costruzione;

"Aree coperte da foreste": sebbene sull'isola siano presenti foreste, il sito non rientra in una di esse.

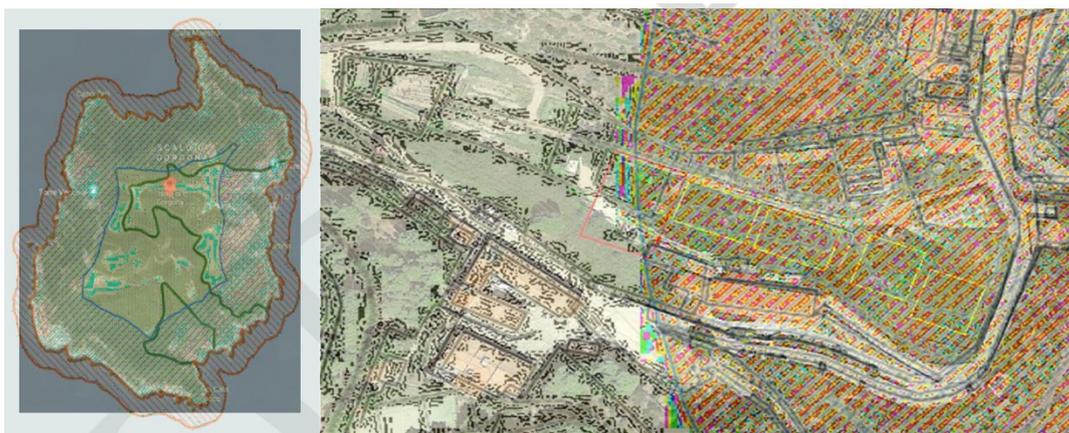


Figura 14: Area sottoposta a protezione

Ai sensi dell'art.146 e ss. del D.lgs. 42/2004, quando si tratta di immobili o aree sottoposti a tutela paesaggistica, prima di qualsiasi intervento, per il rilascio dell'Autorizzazione paesaggistica è necessario presentare all'Autorità competente (generalmente i Comuni delegati dalla Regione) tutta la documentazione necessaria alla verifica della compatibilità paesaggistica degli interventi proposti. Ne deriva che verrà redatta anche una Relazione paesaggistica contenente: lo stato attuale del bene paesaggistico interessato, gli elementi di valore paesaggistico in esso presenti, nonché le eventuali presenze di beni culturali tutelati dalla parte II del D.lgs. 42/04, gli impatti sul paesaggio delle trasformazioni proposte, gli elementi di mitigazione e compensazione necessari.

Sull'isola sono presenti beni culturali tutelati dal Titolo II del Codice dei beni culturali e del Paesaggio, quali reperti etruschi e ruderi romani, testimonianze monastiche con torri d'avvistamento e monumenti storici risalenti all'antica fortezza della repubblica pisana, dal 1863 colonia penale ancora attiva.

Le aree evidenziate nella figura sottostante evidenziano come il sito di intervento non sia prossimo né adiacente alle torri, manufatti di particolare valore storico, architettonico e culturale, né e ai nuclei rurali.

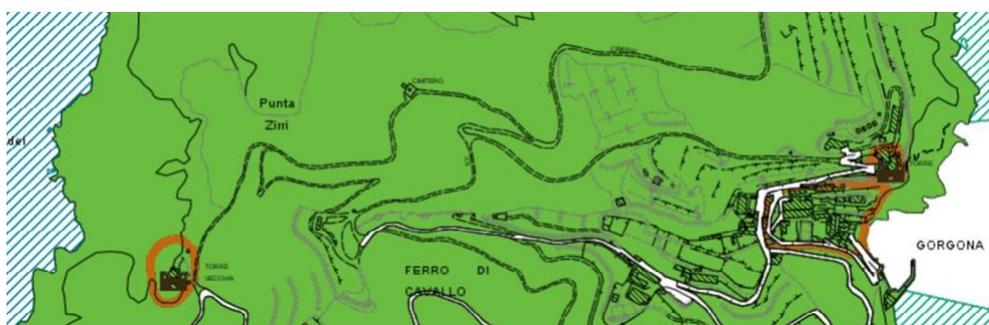


Figura 15: Patrimonio locale sull'isola di Gorgona (Parco Nazionale dell'Arcipelago Toscano, PIT)



Seguendo il Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Livorno e il PIT, sono stati individuati i valori paesaggistici dell'isola di Gorgona. A valle di tale analisi il progetto risulta essere in linea con gli obiettivi di conservazione dei due piani.



Figura 16: Valori storici e culturali (Provincia di Livorno, PTCP, Valori Paesaggistici)

2.2.3 Inquadramento geologico, idrogeologico e sismico

Tra i depositi olocenici maggiormente presenti nell'Isola di Gorgona ci sono i calcescisti di punta Gorgona (CPG): calcescisti di colore grigio scuro, filladi, cloritoscisti e quarziti. La costa nord-est presenta invece metabasalti (GBA) con strutture a pillow del Giurassico e serpentiti (SIG). Si trattano principalmente di unità con metamorfismo di alta pressione.

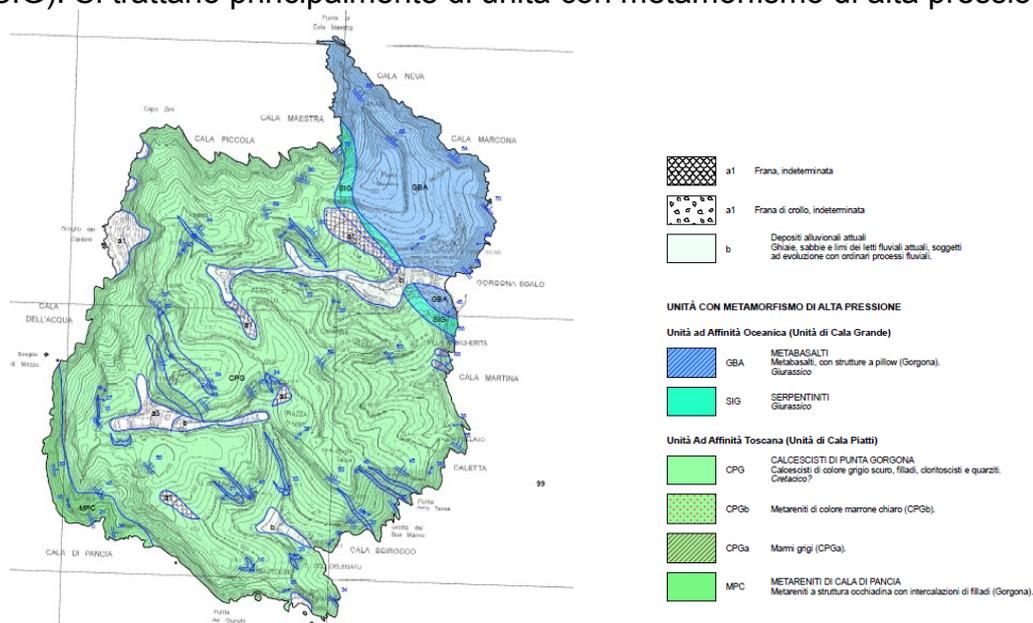


Figura 17: Carta geologica della Toscana. Isola di Gorgona. Sezione GOR150 (Accordo di programma quadro ricerca e trasferimento tecnologico per il sistema produttivo. Bollettino Ufficiale della Regione Toscana N. 48 del 28.11.2007. Dicembre 2010)



Gli elementi geologico-strutturali preponderanti nell'isola di Gorgona sono le rocce metamorfiche scistose. Sul versante nord-est e sud-ovest, il territorio è costituito, invece, da rocce intrusive e metamorfiche massive.

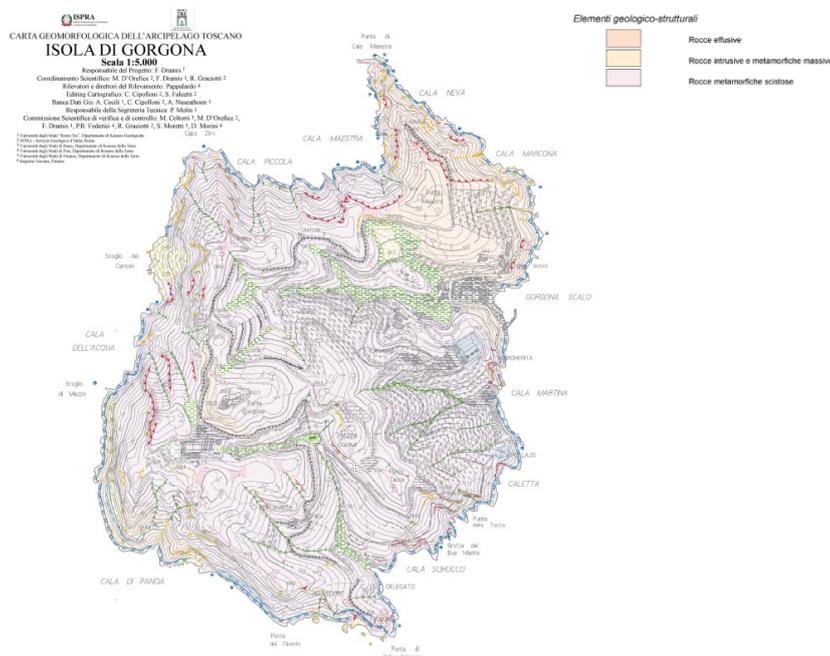


Figura 18: Carta Geomorfologica dell'arcipelago toscano. Isola Gorgona (ISPRA)

2.2.4 Vincoli e prescrizioni

Per quanto riguarda i vincoli idrogeologici e forestali, le aree interessate dal "Regio Decreto 3276/1923" sono evidenziate in verde nella figura sottostante (figura 4).



Figura 19: Vincoli idrogeologici e forestali sull'isola di Gorgona

Secondo il citato decreto, il sito ricade al di fuori dell'area soggetta a frane idrogeologiche. Inoltre, secondo la Legge Forestale n. 39/2000 della Regione Toscana (art. 37 (2)) non è prevista alcuna variazione della destinazione d'uso dei terreni coperti da bosco. Pertanto, **non viene rilevato alcun vincolo idrogeologico nell'area in esame.**



Sono stati analizzati anche i vincoli geomorfologici. Secondo il Decreto del Presidente della Giunta Regionale (DPRG) n.53/R/2011 “Norme per il governo del territorio”, la pericolosità geomorfologica viene rilevata come mostrato nella figura sottostante (figura 5).



Figura 20: Vincolo geomorfologico sull'isola di Gorgona

Come mostrato, il sito rientra nell'area associata al pericolo di bassa classificazione.

Inoltre, secondo il “Piano di protezione civile del Comune di Livorno” e il “Piano di gestione del rischio di alluvione”, una piccola parte del sito di intervento ricade in un'area ad alta probabilità di alluvione (area blu scuro con tempo di rientro compreso tra 20 e 50 anni) secondo la mappa di pericolosità idraulica di seguito riportata (figura 6).

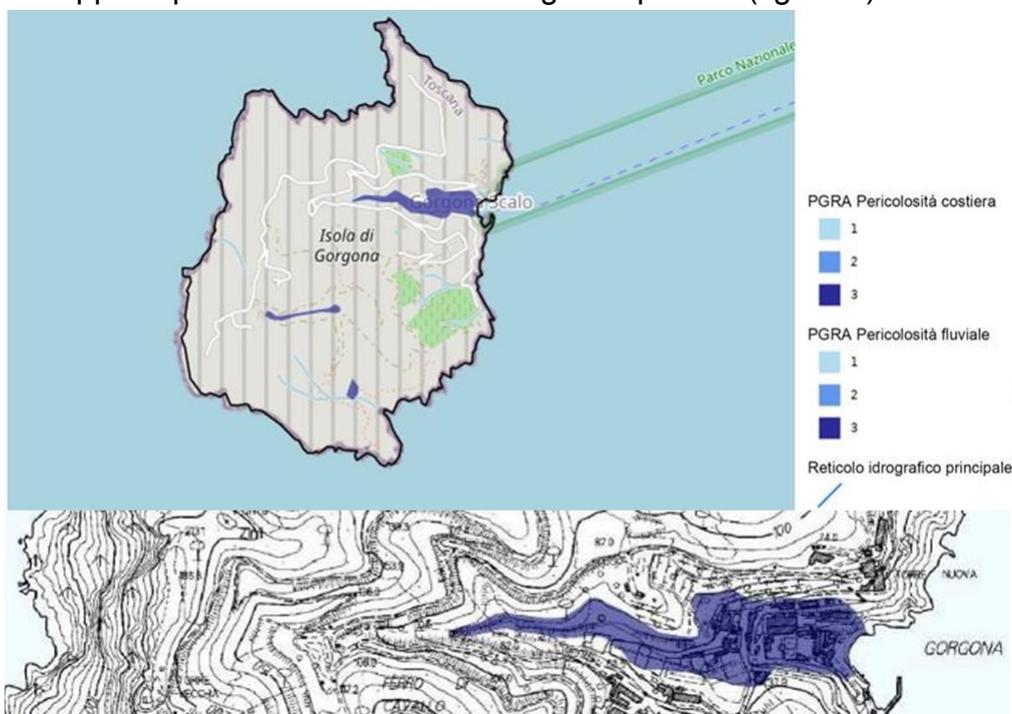


Figura 21: Divisione dell'Area secondo il “Piano di gestione del rischio alluvioni (PRGA)”



Pertanto, potrebbe essere necessario uno studio idraulico per valutare la sicurezza dell'intervento nell'area di rischio "3". Per il momento si faranno solo delle valutazioni in funzione delle sovrapposizioni delle varie ipotesi.

Come accennato in precedenza, Gorgona fa parte del Parco Nazionale dell'Arcipelago Toscano, la cui planimetria divide l'isola in due aree protette come mostrato nella figura sottostante (figura 7).

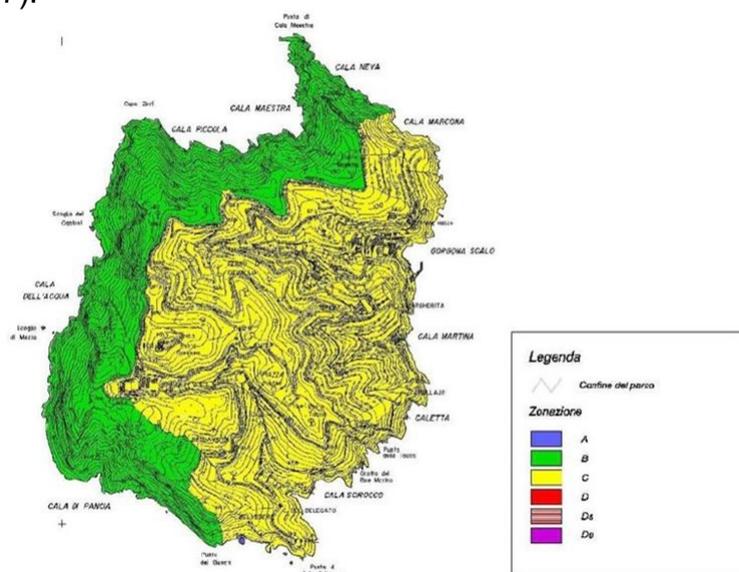


Figura 22: Suddivisione delle aree secondo il Piano del Parco Nazionale dell'Arcipelago Toscano

In particolare, il sito di intervento si trova nella zona C di "protezione estesa". L'intera isola è sottoposta a vincolo paesaggistico (DM 31/03/1971; GU n. 150 del 1971) con obiettivi principali quali "mantenimento e gestione degli agroecosistemi esistenti" e "tutela dei paesaggi agrari" (<https://www.regione.toscana.it/-/piano-di-tutela-della-acque-della-toscana-2005>).

Inoltre, l'isola e le aree marine vicine sono incluse nella rete Natura 2000. Nello specifico, l'isola e le aree marine vicine sono classificate come ZPS (area di protezione speciale) e ZCS (area di conservazione speciale, ex SIC) ai sensi della Direttiva Habitat. Nella figura sottostante (figura 8) è evidenziata una rappresentazione grafica della classificazione dei siti secondo la Rete Natura 2000.



Siti Natura 2000

Siti della Direttiva sugli habitat (pSCI, SCI o SAC)

 Siti della Direttiva sugli habitat (pSCI, SCI o SAC)

 Direttive sugli uccelli e sugli habitat

Siti della Direttiva sugli uccelli (SPA)

 Siti sulla Direttiva degli uccelli (SPA)

 Direttive sugli uccelli e sugli habitat

Figura 23: Identificazione dell'area secondo il sito Natura 2000

Ciò implica che, sebbene l'area di intervento non rientri nel sito Natura 2000, è comunque necessario effettuare una corretta valutazione di incidenza ambientale ("VInCA") al fine di analizzare i possibili effetti sui siti della Rete Natura 2000. Infatti, ai sensi dell'art. 6 del DPR 12 marzo 2003 n. 120, la VInCA si applica non solo ai progetti che rientrano nei siti Natura 2000 ma anche a quelli esterni che potrebbero pregiudicare la conservazione dell'ambiente naturale. (<https://www.minambiente.it/pagina/la-valutazione-di-incidenza-vinca> Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, 2000).

La metodologia per eseguire la valutazione d'impatto si compone di 3 fasi principali:

- **Livello I: screening.** Identificazione dell'effetto potenziale e determinazione della correlazione o necessità del piano o progetto per la gestione del sito/i e, in secondo luogo, di un possibile effetto significativo sul sito/i.
- **Livello II: valutazione appropriata.** Questa parte include una valutazione e decisione appropriate da parte delle Autorità nazionali competenti. L'identificazione del livello di impatto del piano o del progetto sul sito considera la struttura e la funzione del sito, nonché i suoi obiettivi di conservazione. In caso di impatto negativo, vengono definite adeguate misure di mitigazione per eliminare o limitare tale impatto al di sotto di un livello significativo.
- **Livello III: possibilità di deroga all'articolo 6, paragrafo 3, in presenza di determinate condizioni.** Questo passaggio viene applicato nel caso in cui, nonostante una valutazione negativa, ci si proponga di non rifiutare un piano o un progetto, ma di



Membri della Constructed Wetland Association

20

Sistema di Gestione per la Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2000



CERTIFICATE NO. 31504



dargli ulteriore considerazione. In questo caso, infatti, l'articolo 6 (4) consente eccezioni all'articolo 6, paragrafo 3, a determinate condizioni che includono l'assenza di soluzioni alternative, l'esistenza di "motivi imperativi di prevalente interesse pubblico" (IROPI) per la realizzazione del progetto e l'individuazione di idonee misure compensative da adottare.

A seguito di tale procedura, l'Autorità competente per la valutazione VInCA è in grado di dare il proprio consenso all'attuazione della proposta, dopo aver valutato con certezza scientifica che il progetto non pregiudichi l'integrità del sito Natura 2000.

Dal punto di vista acustico il sito di costruzione è classificato come area II (area ad uso residenziale) ed è sottoposto a limiti di emissione acustica. Ciò implica che durante le fasi di costruzione e di esercizio, devono essere prese misure adeguate per rispettare i limiti relativi alle classi. La documentazione sull'impatto acustico "DO.IM.A." è necessaria per ottenere la licenza di costruzione.

2.2.5 Riepilogo delle autorizzazioni richieste

1. Relazione sul paesaggio (crf 2.2.2)
2. Rapporto di verifica idraulica (crf 2.2.4)
3. Valutazione di impatto ambientale ("VInCA") (crf 2.2.4)
4. Documentazione sull'impatto acustico "DO.IM.A." (crf 2.2.4)

Per informativa completa far riferimento al capitolo 2.6.4 - Identificazione del percorso di autorizzazione

2.3 ANALISI SOCIALE

2.3.1 Identificazione degli stakeholders

Al fine di avere un quadro chiaro di tutti gli "attori" che possono influenzare positivamente o negativamente la realizzazione delle soluzioni proposte, sono stati identificati gli stakeholder e i responsabili politici coinvolti nel progetto,

Gli Stakeholder sono stati suddivisi in diversi gruppi e la classificazione considera tutti gli attori coinvolti nei settori idrico e affini, a partire dagli Enti Nazionali e Locali per fornire supporto politico ai cittadini come possibili utenti finali.

Nello specifico, l'identificazione degli stakeholder e dei policymaker è elencata secondo:

- Definizione dello stakeholder / policymaker locale nella colonna "Esempio";
- Attribuzione della categoria stakeholder / policymaker nella relativa colonna (Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox, 2020):





- (P) Primaria per beneficiari diretti e persone collegate direttamente (ad esempio utenti finali, agricoltori, ecc.)
- (S) Secondaria come intermediari nel processo di fornitura di aiuti alle principali parti interessate (ad esempio professionisti, consulenti, esperti, organizzazioni governative, ONG e del settore privato ecc.)
- (E) stakeholder esterni come decisori e responsabili politici (politici, alti funzionari pubblici, organi a livello distrettuale, enti governativi, ecc.)

STAKEHOLDERS RILEVANTI		CATEGORIA	BISOGNI E ASPETTATIVE
Gruppo di Stakeholders	Esempio	P/S/E	
Autorità Nazionali	Governo italiano: Ministero dello Sviluppo Economico, dell'Ambiente e della Giustizia.	Esterna	Fornitura del quadro politico, con specifico riferimento al servizio idrico integrato e ai beni pubblici.
	Agenzia del demanio		
Autorità Locali/Regionali	Regione Toscana Provincia di Livorno	Esterna	Fornitura del quadro politico, con specifico riferimento al servizio idrico integrato, ai sistemi decentrati e al territorio della Gorgona. Fornire permessi.
	Autorità del parco nazionale. Archeologia, belle arti e soprintendenza del paesaggio.		
	Comune di Livorno		
Servizi governativi decentralizzati (salute, istruzione, acqua, ambiente ecc.)	Penitenziario locale	Primaria	Gestione operativa delle tecnologie depurative e dei relativi sottoprodotti.
Istruzione (ad es. Università, centri di formazione, scuole)	UNIVPM - UNIFI	Secondaria	Valutazione della replicabilità delle soluzioni depurative proposte in un territorio italiano decentralizzato come Gorgona.
Comunicazione (ad es. Media)	Sito web del Comune di Livorno	Secondaria	Fornire informazioni sul progetto, promuovere l'accettabilità sociale.
Autorità idriche	Autorità idrica Toscana	Esterna	Fornire il quadro politico a livello locale, con specifico riferimento al servizio idrico integrato.
Società civile (es. Utenti, privati cittadini ecc.)	Detenuti, cittadini locali		Utenti finali dei sottoprodotti di depurazione
Servizi idrici e ONG	ASA Livorno	Secondaria	Gestione amministrativa e tecnica dei sistemi di depurazione





2.3.2 Metodologia per l'analisi sociale

Come esemplificato nella tabella precedente durante l'implementazione del progetto HYDROUSA sono stati identificati gli stakeholders del progetto e ciascun gruppo è stato soggetto ad interviste e/o somministrazione di questionari al fine dell'analisi sociale. Ciascun incontro (online per i cittadini e in presenza per detenuti e staff del penitenziario) si è aperto con la dettagliata ed esaustiva spiegazione del progetto HYDROUSA e della sua reale attuazione.

I gruppi coinvolti:

- ✓ Parco Nazionale dell'Arcipelago Toscano, nella persona del Vicepresidente Stefano Feri

Il Vicepresidente sottolinea come il progetto impatterebbe positivamente sulla quantità di utilizzo della risorsa idrica e contribuirebbe al virtuoso percorso per giungere finalmente ad una realtà completamente autosufficiente dal punto di vista della produzione/consumo energetico e di risorse. L'Ente Parco collabora da molto tempo con la direzione del carcere al fine di trovare tutte le sinergie possibili finalizzate al raggiungimento dei rispettivi obiettivi di istituto. Si ritiene che il miglioramento della condizione di vita dei detenuti, oltre che essere un elemento doveroso e necessario anche finalizzato al loro reinserimento nella società, per quanto di competenza del Parco costituisca la base per la realizzazione di progetti comuni e condivisi nei quali gli stessi detenuti potrebbero essere alcuni dei soggetti protagonisti, vedi ad esempio le produzioni locali o l'utilizzo di manodopera per la manutenzione/ripristino di sentieristica o altro.

- ✓ Il Penitenziario locale con il suo staff, il Direttore Carlo Mazzerbo, l'Ispettore superiore di polizia penitenziaria Emilio Giusti e il Garante dei detenuti Marco Solimano

Il Direttore e l'Ispettore, in prima linea fin dagli inizi della progettualità e sempre attenti ai bisogni dei detenuti, credono fortemente nel progetto e nei suoi risultati.

Si ritiene essenziale mettere tutti gli operatori al corrente dell'iniziativa e coinvolgerli in modo partecipativo. La guida e le raccomandazioni che gli operatori potranno fornire nelle fasi successive del progetto saranno essenziali.

- ✓ Il Funzionario Giuridico Pedagogico Attività trattamentale la Dott.ssa Alessia La Villa

Secondo la Dottoressa, l'impatto sarà sicuramente positivo dal momento in cui sarà evidente il beneficio che porterà a tutto il sistema carcere nel suo complesso, senza considerare che migliorare l'impatto ambientale sull'isola significa migliorarne la vivibilità nel suo complesso.

È stata precisata l'importanza di un'integrazione a pieno dei detenuti nel progetto, per far sì che si sentano coinvolti come abitanti di un luogo che loro stessi hanno scelto. Far capire ai detenuti che il progetto nasce a Gorgona in quanto isola e non in quanto Isola-Carcere e che loro ne sono coinvolti in quanto persone. L'obiettivo deve essere quello di creare un'iniziativa di ampio respiro, di tipo culturale anche, collegando il progetto Hydrousa a tutti gli altri progetti che interessano l'isola.





Il lavoro, soprattutto a Gorgona, rappresenta un elemento centrale del percorso di reinserimento. Appare dunque fondamentale la possibilità che le attività lavorative siano non solo remunerate ma quanto più possibile qualificanti. La formazione professionale spendibile e riconosciuta sull'esterno ha una valenza determinante. Il soggetto posto al centro di un percorso formativo di suo interesse avrà la possibilità di implementare le proprie competenze acquisendone di nuove e aumentando dunque il senso di autoefficacia.

✓ I detenuti

Hanno partecipato all'incontro otto detenuti precedentemente selezionati dal Dott. Fedele (allora responsabile pedagogico) secondo il criterio delle capacità ed esperienze professionali utili al progetto. Spiegato il progetto (fase di costruzione e fase di gestione) e la volontà di coinvolgimento attivo dei detenuti si è passati ad un giro di tavolo in cui ognuno si è presentato, ha raccontato le proprie professionalità e ha espresso (o meno) il proprio interesse ad essere coinvolto nel progetto. Tutti i detenuti si sono detti ben disposti, disponibili a partecipare alla formazione e felici se fosse per loro possibile durante questo percorso ottenere anche delle certificazioni. Viene riconosciuta l'importanza del loro coinvolgimento.

✓ I cittadini

Si sono dimostrati particolarmente entusiasti e positivi del progetto, in particolare nei confronti del lavoro di preservazione delle risorse naturali, di cui – ci dicono – Gorgona, proprio per la sua unicità, ha grande bisogno.

Riguardo al progetto si sono palesati alcuni timori circa la manutenzione delle opere, resa problematica dalla mancanza di tecnici specialisti e dalla non reperibilità celere dei pezzi di ricambio ma a tal riguardo l'ing. Palermo (ASA) riporta l'obiettivo di fornire adeguata e continua formazione specializzata per detenuti e per personale carcerario affinché siano essi stessi in grado di gestire l'impianto autonomamente.

Al riguardo si evidenzia però un'altra possibile problematica, ovvero la carenza di agenti penitenziari che, nonostante il loro fortissimo impegno, renderebbe difficile contare su di loro, nonché il fatto che i detenuti siano di passaggio sull'isola e che non costituiscano quindi una risorsa su cui poter contare a lungo termine. Interviene il Direttore Mazzerbo ponendo l'accento sulla grande voglia di partecipazione degli agenti (ora più giovani) e sulla voglia di qualificarsi dei detenuti che si dimostrano recentemente più felici di approfittare delle possibilità di riqualificazione messe a loro disposizione. Ciò viene confermato dall'analisi svolta con i due gruppi.

2.3.3 Risultati dell'analisi sociale

Gli aspetti sociali sono stati analizzati per valutare la possibile influenza degli interventi proposti sulla società.

Attualmente l'infrastruttura WWTP è gestita dai detenuti, analogamente gli impianti dovranno necessariamente essere gestiti proprio da loro. Così, la realizzazione del





progetto è diventata l'opportunità per il reinserimento sociale dei detenuti nella società, creando eccellenze su più fronti:

- ✓ Formazione dei detenuti volta al loro reinserimento
- ✓ Opportunità di business
- ✓ Avvio della transizione energetica

Sulla base della valutazione condotta, emerge che l'interesse degli stakeholder per l'implementazione delle soluzioni innovative HYDROUSA è elevato e orientato all'ottimizzazione della gestione delle risorse.

Poiché la gestione locale dell'impianto sarà assegnata ai detenuti, la formazione e le qualifiche per i detenuti saranno pianificate dalla società realizzatrice di concerto con ASA e con Iridra. La formazione sarà continua, partendo prima della realizzazione degli impianti e proseguendo anche dopo la fase di avviamento. Il personale sarà qualificato per i ruoli di manutenzione specifici

L'interesse degli stakeholder verso la salvaguardia dell'isola e l'avvio di un processo di transizione energetica è evidente anche dai diversi progetti di ricerca che sono stati implementati nel campo della sostenibilità della gestione delle risorse.

Nello specifico, sono stati rilevati i seguenti Progetti:

- Nell'aprile 2020 sono stati installati i dispositivi israeliani per la raccolta dell'acqua piovana ed è nato il primo progetto pilota per trasferire le competenze dei colleghi israeliani nel campo dell'agricoltura sostenibile. Lo studio pilota sta utilizzando diversi materiali di pacciamatura, diminuendo l'evapotraspirazione del suolo e aumentando l'assorbimento di acqua dalle piogge e dall'irrigazione, contribuendo ad un uso più efficiente e ad un netto risparmio di acqua;
- Si prevede di organizzare una "Summer School" internazionale di ecologia e conservazione (compatibilmente con l'emergenza Covid-19). Verranno organizzati seminari e corsi tenuti dall'Università di Firenze (UNIFI) e da docenti esterni per lo svolgimento di un percorso di formazione professionale che rilascerà anche crediti ai partecipanti. Gli argomenti spazieranno dagli aspetti ecologici più generali e dalla conservazione della biodiversità alle problematiche di microplastica e inquinamento, abbracciando ambienti sia terrestri che marini, con riferimenti all'agroecologia. In questo campo, Gorgona diventerà un caso studio.
- Infine, sebbene la mappatura delle infrastrutture verdi sia piuttosto scarsa per la regione Toscana, sono state adottate misure per aumentare lo sviluppo urbano sostenibile e la rigenerazione. Nello specifico, nell'ambito del programma "PON INCLUSIONE" (2019/2022), sono stati implementati modelli sperimentali per il lavoro e l'inclusione attiva dei detenuti nelle colonie agricole della Toscana. Il progetto mira a valorizzare le competenze del detenuto attraverso attività di formazione che includeranno l'inserimento lavorativo nelle aziende agricole e il





sostegno a percorsi di autoimprenditorialità. Parallelamente verrà potenziata la produzione agricola e valorizzate le attività legate alla produzione agroalimentare e alla ricettività turistica. Inoltre, sarà prevista una mappatura del Consiglio per la Ricerca Agraria e l'Analisi dell'Economia Agraria "CREA" con responsabilità della Regione Toscana con fondi PON per la mappatura delle isole dell'arcipelago toscano.

Come risultato complessivo, la fattibilità del progetto da un punto di vista sociale può essere considerata pienamente raggiunta. Inoltre, il progetto può rappresentare una valida soluzione pionieristica per comunità piccole e decentralizzate con possibile replicabilità anche ad altre realtà dell'arcipelago toscano e del Mar Mediterraneo.

2.4 ANALISI ECONOMICA

Il quadro economico e finanziario è stato analizzato come un passaggio chiave per la decisione di investimento del progetto, nonché un'analisi costi-benefici (CBA) per confrontare i potenziali ricavi con i costi coinvolti per l'implementazione e la manutenzione degli impianti proposti (CAPEX e OPEX).



2.4.1 Individuazione del percorso di finanziamento

STRUMENTI ECONOMICI	TIPO DI STRUMENTO	CASO SPECIFICO - GORGONA		RISCHI RILEVATI
Costi	Tasse e oneri/commissioni: pagamento obbligatorio all'autorità fiscale per un servizio da parte di un'autorità di regolamentazione: ad esempio, addebito per nuovi siti di sviluppo come mezzo per recuperare i costi per investimenti infrastrutturali come programmi ricreativi ("tassa sostitutiva")	N/A L'isola, in quanto tale, è un sistema chiuso e non fa parte del servizio idrico integrato.		N/A
	Tasse/oneri ridotti	Riduzione delle tasse del 50% nell'assunzione di detenuti		N/A
	Permessi per l'utilizzo di una risorsa (permessi di costruzione o sviluppo, ecc.) o permessi per livelli di inquinamento/emissioni	N/A Non sono necessari permessi		N/A
	Tariffe: un prezzo pagato dagli utenti a un fornitore di servizi per una determinata quantità di servizio o un programma di tariffe o addebiti di un'azienda o di un servizio pubblico che fornisce un prodotto o servizio che può influire sulla qualità delle aree	N/A Su Gorgona non c'è popolazione che utilizza il sistema e quindi non c'è chi paga la tariffa, quindi questa componente non può essere considerata come un ritorno sull'investimento, ma con l'avvio per progetto l'isola entrerà anch'essa a far parte del sistema idrico integrato.		<u>Al momento</u> nessun ritorno sull'investimento
Fondi/sussidi	Pagamenti a proprietari terrieri o attori privati per pratiche (ad esempio installazione di tetti verdi di aree naturali di ritenzione idrica)	Non c'è bene/terreno da acquistare ed espropriare. L'area è demaniale e soggetta ad autorizzazione statale.		N/A
	Finanziamento di progetti di ricerca mirati (ad esempio, sviluppo di soluzioni urbane sostenibili più efficienti)	"Fondo Isole Minori"	684.438,00 euro (137.272,00 per il 2020, 232.175,00 euro per il 2021, 314.991,00 euro per il 2022)	N/A
		Legge di Bilancio 2020	210.000,00 €/a (attivo 2020/2024)	



		Decreto Crescita (Art 26, 30)	Finanziamento agevolato 50% + contributo diretto 20% + contributi ai Comuni
	Pagamenti per assicurazioni che possono coprire il rischio associato alle prestazioni delle nuove tecnologie verdi	N/A	Assenza di rischio
Accordi volontari/Cooperazione	Accordi volontari individuali: accordo volontario negoziato tra le parti per adottare pratiche concordate da enti governativi per influenzare lo sviluppo di prodotti o l'adozione di processi di produzione che riducono il degrado ambientale. Questi non sono collegati ai pagamenti. Gli accordi volontari legati alle sovvenzioni sono inclusi nella categoria dei pagamenti.	Centro di Economia Circolare custode della diversità genetica e culturale di specie vegetali nel Mediterraneo (Convenzione finalizzata a sviluppare e promuovere ricerche sui temi di economia circolare sull'isola di Gorgona) (20/02/2020) tra enti per lo sviluppo dei sistemi territoriali dell'isola: Parco, UNIFI, DAGRI, ASA, Penitenziario, Comune di Livorno	N/A
	Partenariati pubblico-privato: strumenti contrattuali tra attori pubblici e privati che migliorano la capacità del settore pubblico di fornire servizi pubblici grazie al coinvolgimento del settore privato. Una sottoforma di accordi volontari e può includere più attori pubblici e privati come: - il settore privato ha il controllo su tutti i beni; - concessioni sotto forma di contratti a lungo termine ... [dove] il settore privato ha la piena responsabilità per il funzionamento del bene; - contratti di gestione e locazione, il settore privato assume il controllo delle operazioni per tempi più brevi e l'investimento di capitale iniziale è assicurato dal pubblico.	<i>“Modelli sperimentali di intervento per il lavoro e l'inclusione attiva di persone in esecuzione criminale - Colonie agricole in Toscana - PON inclusione (2019/2022)”</i> Il progetto mira a creare un sistema di sviluppo integrato e innovativo che promuova l'inclusione sociale dei detenuti di Gorgona e Pianosa, grazie alla creazione di reti di attori pubblici e privati. Inoltre, il progetto promuove anche lo sviluppo di attività economicamente connesse a quei territori.	N/A
Settore privato	Prestiti (da banche di investimento e commerciali) (in particolare prestiti a basso interesse) per investire in progetti di infrastrutture verdi e blu	N/A	





	<p>Obbligazioni (dal mercato dei capitali) ad es. Finanziamento di misure di adattamento tramite strumenti di investimento con rendimenti, obbligazioni verdi per investire in soluzioni di adattamento sostenibili e basate sulla natura</p>	N/A	N/A	
	<p>Crowdfunding per esempio. Piattaforma di crowdfunding istituita dal consiglio comunale che consente ai cittadini di proporre e finanziare le loro idee per la città come l'agricoltura urbana per i residenti di un quartiere di edilizia sociale, strade commestibili, ecc.</p>	<p>Attuazione dell'iniziativa di crowdfunding e sviluppo del "marchio Isola" finalizzata alla raccolta di fondi per il processo di transizione energetica (sviluppo della biodiversità e sostenibilità ambientale), in corso nell'isola di Gorgona che già rappresenta un ecosistema green a sé stante.</p>	<p>OBIETTIVI: raccolta frutta, installazione di una serra bioclimatica, ricerca e nuove sperimentazioni, riqualificazione di edifici (isolamento termico), installazione di sistemi per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, cassette di raccolta dell'acqua, visite guidate.</p>	N/A
Schemi di responsabilità	<p>Sistemi di compensazione in cui la responsabilità per il degrado ambientale comporta il pagamento di un risarcimento per il danno ambientale. Per esempio. Conti ecologici, distruzione delle zone umide, fondi per aree dismesse, banca degli habitat)</p>	N/A	Assenza di rischio	



2.5 CARATTERISTICHE DELL'UTENZA

2.5.1 Situazione attuale

L'isola di Gorgona ospita l'ultima colonia penale insulare d'Europa, con una popolazione composta principalmente da detenuti, guardie e popolazione locale. Durante la stagione estiva, i carichi turistici, che aumentano la popolazione, sono gestiti dall'unica pensione dell'isola.

Le acque ad uso umano derivano da un dissalatore che produce al massimo 100 m³/g di acqua, di cui circa 20 m³/g vengono destinate all'Agricola, mentre un massimo di 80 m³/g per usi civili durante la stagione estiva e circa 40-50 m³/g durante la restante parte dell'anno.

In Tabella seguente sono riportati il numero di persone presenti sull'isola allo stato attuale e il valore, espresso in l/giorno, della produzione di acque reflue per persona, previsto durante la stagione invernale ed estiva, sulla base di dati di letteratura ed esperienze raccolte durante i vari colloqui con responsabili del penitenziario e detenuti.

Il carico idraulico per il periodo estivo corrisponde a circa **59,2 mc/giorno**; mentre per il resto dell'anno è pari a circa **34,5 mc/giorno**. Tali produzioni di acque reflue sono in linea con i consumi riportati, considerando un coefficiente di afflusso in fognatura di circa 0.8.

SCENARIO ATTUALE	RESTO DELL'ANNO	ESTATE	PRODUZIONE REFLUI PER PERSONA INVERNO (l/g)	PRODUZIONE REFLUI PER PERSONA ESTATE (l/g)	PORTATA RESTO DELL'ANNO mc/g	PORTATA ESTATE mc/g
Carico civile						
Detenuti	92	92	300	400	27,6	36,8
Guardie Penitenziarie	15	20	200	300	3	6
altre presenze fisse	5	40	200	300	1	12
Personale	5	5	100	100	0,5	0,5
Visitatori in giornata	10	80	10	10	0,1	0,8
Mensa	127	157	15	15	1,905	2,355
Bar	127	237	3	3	0,381	0,711
TOTALE					34,5	59,2

Tabella 1: Scenario attuale: Carico idraulico giornaliero CIVILE



Sulla base dei valori di letteratura del carico organico e azotato specifico, prodotto per persona, è stato possibile individuare il carico organico e azotato giornaliero totale prodotto durante il periodo estivo e durante il resto dell'anno.

La concentrazione di carico organico durante il periodo estivo ed invernale risulta rispettivamente pari a **215 e 260 mg BOD /l**; mentre il carico azotato risulta rispettivamente pari a **38 mgTKN/l** e **46 mgTKN/l**.

SCENARIO ATTUALE	CARICO ORGANICO	CARICO AZOTATO	CARICO ORGANICO RESTO DELL'ANNO	CARICO AZOTATO RESTO DELL'ANNO	CARICO ORGANICO ESTATE	CARICO ORGANICO AZOTATO RESTO DELL'ANNO
Carico civile	grBOD/g x ps	grTKN/g x ps	grBOD/g	grTKN/g	grBOD/g	grTKN/g
Detenuti	60	12	5520	1104	5520	1104
Guardie Penitenziarie	60	12	900	180	1200	240
altre presenze fisse	60	12	300	60	2400	480
Personale	30	8	150	40	150	40
Visitatori in giornata	5	1	50	10	400	80
Mensa	12	1	1524	127	1884	157
Bar	5	0,5	635	63,5	1185	118,5
TOTALE			9079	1584,5	12739	2219,5

Tabella 2: Scenario attuale: Carico organico e carico azotato giornaliero CIVILE

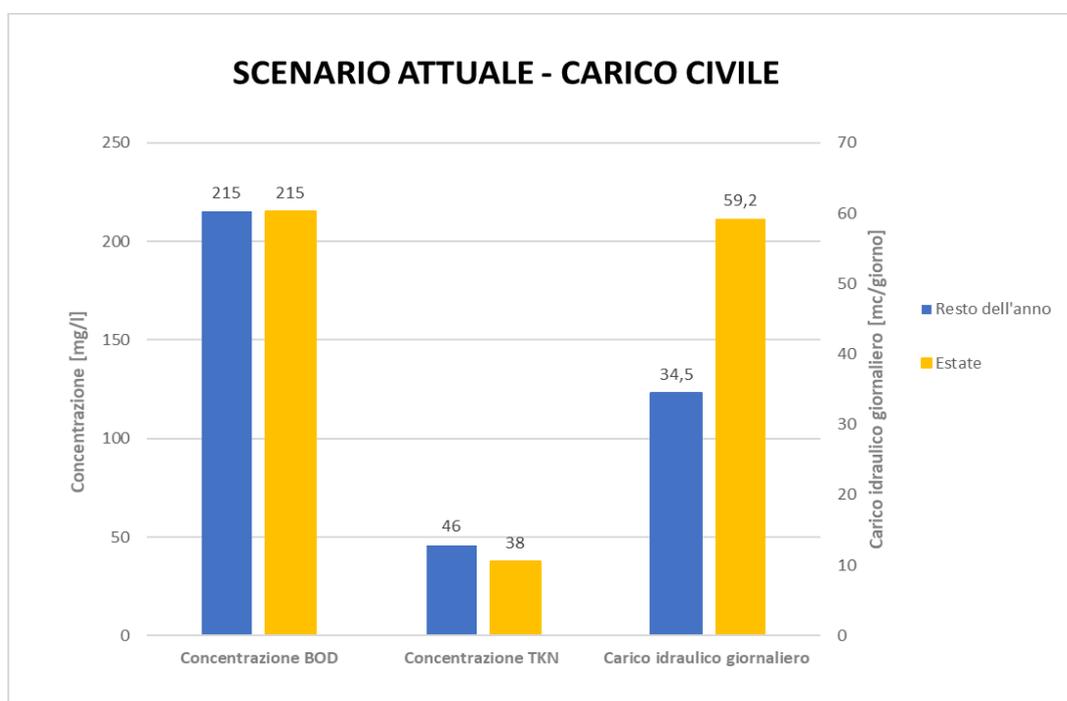


Figura 24: Scenario attuale: Carico civile



Le acque reflue prodotte sull'isola di origine zootecnico; secondo analisi con dati di letteratura in funzione dei capi attualmente presenti, esse sono pari a circa 1 mc/giorno, caratterizzati da una concentrazione di **6000 BOD mg/l** e **2614 TKN mg/l**.

		LIQUAME PRODOTTO	AZOTO PRODOTTO	PORTATA	AZOTO
Carico zootecnico attuale		mc/anno	(Kg/anno)	mc/giorno	gr/giorno
Suini all'ingrasso	15	8,76	13,2	0,36	542
Scrofe	5	13	18	0,18	247
Maialini	20	3	4,4	0,16	241
Bovini	4	20	96	0,22	1052
Ovini	100	0,5	2,5	0,14	685
Totale				1,06	2767

Tabella 3: Carico zootecnico attuale

Attualmente tali acque sono trattate in un depuratore biologico a se stante e non sono mescolate con le acque reflue civili. Si è stimato quale possa essere il carico complessivo qualora si decidesse di collettare tali acque verso lo stesso impianto di depurazione per le acque civili. Considerando uno scenario attuale caratterizzato da un carico inquinante di origine civile e zootecnico, il carico idraulico totale giornaliero nel periodo estivo e durante il resto dell'anno corrisponde rispettivamente a **60,2 mc/giorno** e **35,5 mc/giorno**. La concentrazione di carico organico durante il periodo estivo ed invernale risulta rispettivamente pari a **317 BOD mg/l** e **387 BOD mg/l**; mentre il carico azotato risulta rispettivamente pari a **83 TKN mg/l** e **122 TKN mg/l**.

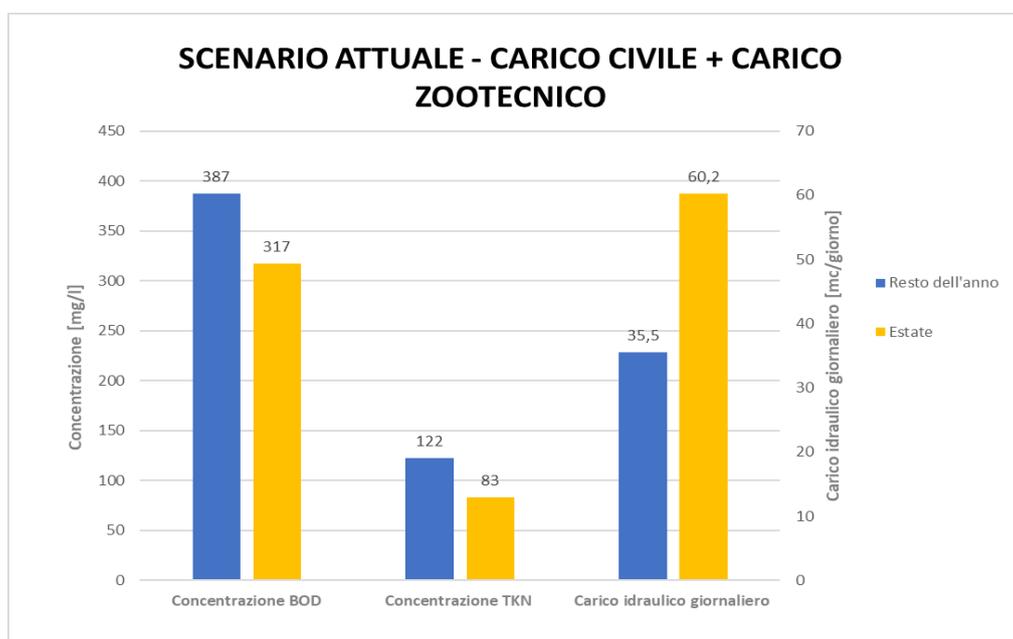


Figura 25: Scenario attuale: Carico civile + carico zootecnico





2.5.2 Scenari futuri

Si prevede che la popolazione dell'isola di Gorgona venga incrementata sia nel numero di detenuti, personale e visitatori giorno, sia per un maggiore sviluppo di attività ricettive (guest house) durante il periodo estivo. Utilizzando criteri simili a quelli del paragrafo precedente, la produzione di acque reflue massima stimata per il periodo estivo corrisponde a circa **78,5 mc/giorno**; mentre per il resto dell'anno è pari a circa **43,6 mc/giorno**.

SCENARIO ATTUALE	RESTO DELL'ANNO	ESTATE	PRODUZIONE REFLUI PER PERSONA INVERNO	PRODUZIONE REFLUI PER PERSONA ESTATE	PORTATA RESTO DELL'ANNO	PORTATA ESTATE
			l/g	l/g	m3/g	m3/g
Carico civile						
Detenuti	120	120	300	400	36	48
Guardie	15	20	200	300	3	6
altre presenze fisse	5	40	200	300	1	12
Personale	5	10	100	100	0,5	1
Visitatori in giornata	10	80	50	50	0,5	4
Guesthouse (posti letto)	0	20	150	150	0	3
Ristorante	0	50	15	15	0	0,75
Mensa	145	190	15	15	2,175	2,85
Bar	145	290	3	3	0,435	0,87
Totale					43,6	78,5

Tabella 4: Scenario futuro: Carico idraulico giornaliero CIVILE

Anche in questo caso, sulla base dei valori di letteratura del carico organico e azotato specifico, prodotto per persona, è stato possibile individuare il carico organico e azotato giornaliero totale previsto durante il periodo estivo e durante il resto dell'anno.

La concentrazione di carico organico durante il periodo estivo ed invernale risulta rispettivamente pari a **213 BOD mg/l** e **254 BOD mg/l**; mentre il carico azotato risulta rispettivamente pari a **37 TKN mg/l** e **44 TKN mg/l**.

SCENARIO ATTUALE	CARICO ORGANICO	CARICO AZOTATO	CARICO ORGANICO RESTO DELL'ANNO	CARICO AZOTATO RESTO DELL'ANNO	CARICO ORGANICO ESTATE	CARICO ORGANICO AZOTATO RESTO DELL'ANNO
	grBOD/g x ps	grTKN/g x ps	grBOD/g	grTKN/g	grBOD/g	grTKN/g
Carico civile						
Detenuti	60	12	7200	1440	7200	1440





SCENARIO ATTUALE	CARICO ORGANICO	CARICO AZOTATO	CARICO ORGANICO RESTO DELL'ANNO	CARICO AZOTATO RESTO DELL'ANNO	CARICO ORGANICO ESTATE	CARICO ORGANICO AZOTATO RESTO DELL'ANNO
Carico civile	grBOD/g x ps	grTKN/g x ps	grBOD/g	grTKN/g	grBOD/g	grTKN/g
Guardie	60	12	900	180	1200	240
altre presenze fisse	60	12	300	60	2400	480
Personale	30	6	150	30	300	60
Visitatori in giornata	5	1	50	10	400	80
Guesthouse (posti letto)	45	8	0	0	900	160
Ristorante	12	2	0	0	600	100
Mensa	12	1	1740	145	2280	190
Bar	5	0,5	725	72,5	1450	145
Totale			11065	1937,5	16730	2895

Tabella 5: Scenario futuro: Carico organico e carico azotato giornaliero CIVILE

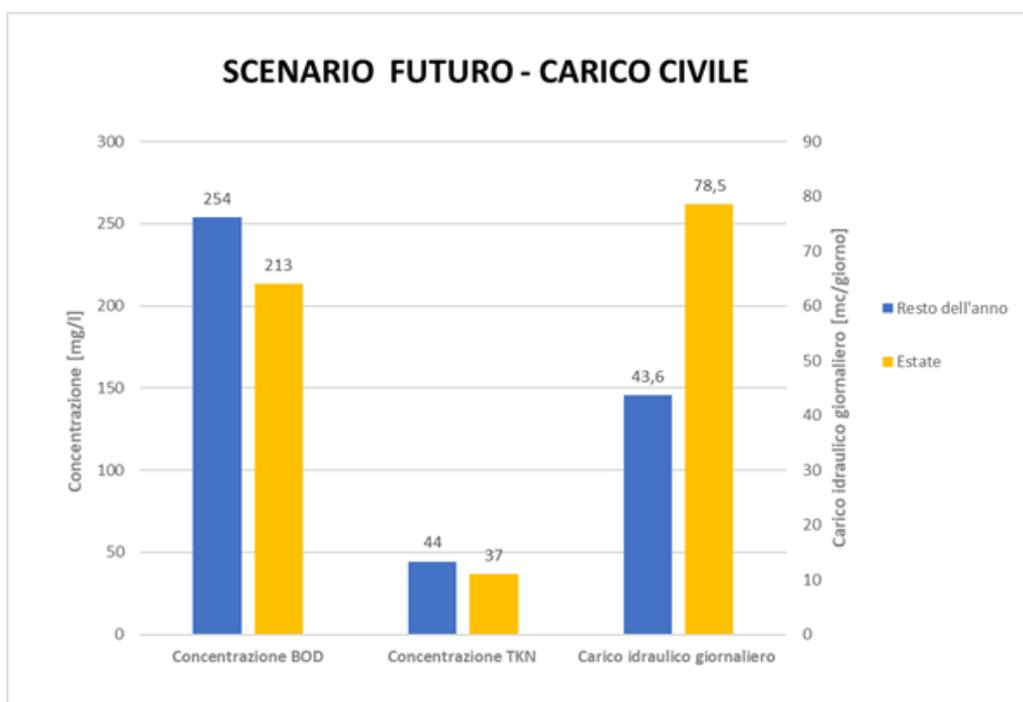


Figura 26: Scenario futuro: Carico civile

Considerando anche il carico di origine zootecnica, prevedendo un certo incremento futuro si hanno secondo il numero di capi previsti **2,28 mc/giorno**, caratterizzati da una concentrazione di **6000 BOD mg/l** e **3329 TKN mg/l**.





		LIQUAME PRODOTTO	AZOTO PRODOTTO	PORTATA	AZOTO
Carico zootecnico massimo		mc/anno	(Kg/anno)	mc/giorno	gr/giorno
Suini all'ingrasso	30	8,76	13,2	0,72	1085
Scrofe	5	13	18	0,18	247
Maialini	15	3	4,4	0,12	181
Bovini	20	20	96	1,10	5260
Ovini	120	0,5	2,5	0,16	822
Totale				2,28	7595

Tabella 6: Carico zootecnico massimo

Considerando uno scenario futuro caratterizzato da un carico inquinante di origine civile e zootecnico, il carico idraulico totale giornaliero nel periodo estivo e durante il resto dell'anno corrisponde rispettivamente a **78,5 mc/giorno** e **43,6 mc/giorno**. La concentrazione di carico organico durante il periodo estivo ed invernale risulta rispettivamente pari a **377 BOD mg/l** e **539 BOD mg/l**; mentre il carico azotato risulta rispettivamente pari a **130 TKN mg/l** e **208 TKN mg/l**.

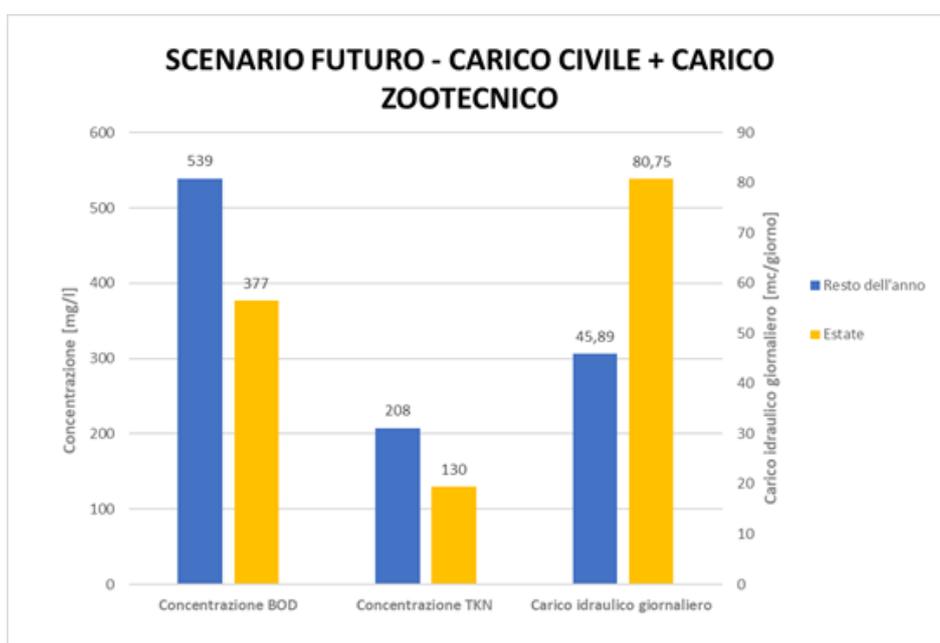


Figura 27: Scenario futuro: Carico civile + Carico zootecnico

2.5.3 Caratteristiche dei reflui

Attualmente l'attività zootecnica è in via di totale dismissione e non si prevede nell'immediato futuro che essa possa essere riattivata.





Per cui, considerando che in via temporanea tali carichi possono essere gestiti nel depuratore esistente, non si ritiene opportuno considerare tali carichi nell'upgrading del depuratore esistente per reflui civili.

Il dimensionamento delle 3 alternative di trattamento proposte, è stato eseguito considerando quindi un carico inquinante prodotto dalle sole utenze civili, escludendo il carico zootecnico. I parametri di progetto assunti per il dimensionamento sono indicati in Tabella seguente:

CARICO CIVILE	MEDIA	PICCO	Unità di misura
Portata di progetto	45	80	m ³ /d
Carico organico	11250	16800	grBOD/g
Concentrazione BOD5	250	210	mg/l
Concentrazione TKN	50	40	mg/l

Tabella 7: Caratteristiche dei reflui civili di progetto (Carico civile di picco)

2.6 INQUADRAMENTO LEGISLATIVO

2.6.1 Quadro normativo

L'analisi del quadro normativo per l'implementazione del progetto sul sito di costruzione è stata svolta considerando gli strumenti regolamentari ai diversi livelli istituzionali.

Considerando l'approccio circolare e l'innovazione che affrontano in termini di riutilizzo, di seguito vengono analizzati gli strumenti normativi esistenti per identificare possibili barriere sia per l'implementazione che per il riutilizzo dei sottoprodotti.

Acqua

Quando si considerano le acque depurate per l'irrigazione e i fanghi/compost per usi agricoli, non esiste uno strumento giuridico unico nel quadro legislativo italiano che regoli il riutilizzo delle risorse recuperate dai "flussi di rifiuti". Infatti, diverse legislazioni nazionali e regionali possono essere applicate per determinare standard minimi di qualità, frequenze di monitoraggio, divieti, finalità di riutilizzo e autorizzazioni necessarie per il riutilizzo.

Secondo lo screening effettuato per il quadro legislativo, sono stati individuati quattro principali strumenti politici per il riutilizzo delle acque di recupero in agricoltura:

1. Decreto Ministeriale (DM) n. 185/2003. L'acqua depurata deve rispettare le regole tecniche del Decreto per il suo riutilizzo in agricoltura.

Il DM n. 185 del 12 giugno 2003 stabilisce le norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue domestiche, urbane e industriali. È l'attuale strumento normativo nazionale per disciplinare i diversi riutilizzi delle acque depurate limitando il prelievo idrico dai corpi superficiali e sotterranei. Secondo tale decreto il riutilizzo mira a ridurre l'impatto degli scarichi nei corpi idrici e promuovere il risparmio idrico nell'ottica di garantire la tutela sia qualitativa che quantitativa delle risorse idriche.





È stato inoltre stabilito che il riutilizzo dovrebbe garantire la sicurezza per l'ambiente, il suolo e le colture, nonché i rischi per la salute e l'igiene della popolazione. Gli usi ammissibili delle acque reflue purificate sono:

- **uso irriguo:** per l'irrigazione di colture destinate al consumo umano e animale, per scopi non alimentari e per l'irrigazione di aree verdi o per attività ricreative;
- **uso civile:** per lavaggio strade, impianti di riscaldamento o raffrescamento, per reti a doppia alimentazione con esclusione dell'utilizzo diretto di tale acqua negli edifici ad uso civile, ad eccezione dello scarico nei servizi igienici;
- **usi industriali:** antincendio, di processo, acque di lavaggio e per cicli termici di processi industriali, con esclusione degli usi che comportano il contatto tra acque reflue recuperate e prodotti alimentari, farmaceutici e cosmetici.

Sui parametri chimico-fisici le Regioni possono prevedere limiti diversi da quelli previsti nell'allegato al decreto purché non eccedano i limiti per lo scarico in acque superficiali. Inoltre, le Regioni possono adottare, nel rispetto delle norme nazionali, ulteriori misure per il riciclaggio e il riutilizzo delle acque reflue bonificate, soprattutto con riferimento alle aree sensibili. Queste normative diventano parte integrante dei Piani di Tutela delle Acque.

2. Decreto Legislativo (DLGS) n. 152/2006. L'acqua di recupero è considerata come scarico nel suolo e il suo riutilizzo deve soddisfare specifici standard di qualità.

Il DLGS n. 152 del 2 maggio 2006 attua prescrizioni in linea con il DM 185/2003. Le Regioni sono responsabili della definizione dei parametri di qualità nonché delle attività di controllo e monitoraggio. Inoltre, a livello locale, le Regioni possono regolare l'adozione di politiche volte a promuovere e attuare il riutilizzo sul territorio regionale, fornendo risorse finanziarie per la realizzazione di infrastrutture di trattamento per il riutilizzo delle risorse. Inoltre, le Regioni possono richiedere la valutazione e la verifica della possibilità di riutilizzo delle acque bonificate nell'ambito del rilascio/rinnovo delle concessioni di acque pubbliche.

All'interno dei Piani di Tutela delle Acque possono essere individuati anche gli impianti di trattamento delle acque reflue urbane destinate al riutilizzo. Potrebbe essere richiesta la predisposizione di Piani di Gestione per il riutilizzo delle acque depurate per singoli WWTP o gruppi di piante, nonché ulteriori utilizzi.

3. Decreto del Presidente della Giunta Regionale (DPGR) n. 46/R 2008. L'acqua di recupero è assimilata ad un "refluo agroalimentare" destinato a fini di fertirrigazione e deve rispondere a specifici standard di qualità.

A livello regionale, le acque reflue assimilabili ad un "refluo agroalimentare" potrebbero essere utilizzate a fini di fertirrigazione purché rispettino i limiti definiti dall'art. 101 com.7 D. Lgs. 152/2006 e Allegato 2 del DPGR n. 46/R/2008 (per maggiori dettagli cfr 6.2.4).

4. Regolamento Europeo sul riutilizzo dell'acqua n. 741/2020 sui requisiti minimi per il riutilizzo dell'acqua.





La normativa nazionale sopra descritta e le normative regionali adottate dovrebbero essere armonizzate con le prescrizioni del Regolamento Europeo sul riutilizzo delle acque n. 741/2020 entro 3 anni. Secondo questo regolamento, la Commissione Europea ha sostenuto i circuiti idrici rigenerativi, occupandosi dell'introduzione di standard minimi di qualità per il riutilizzo dell'acqua recuperata per scopi di irrigazione, anche per sistemi idrici piccoli e decentralizzati (per maggiori dettagli crf 6.2.4).

Il Regolamento è stato adottato in data 25 maggio 2020 ed entrerà in vigore in tutti gli Stati membri dell'UE entro tre anni dalla sua adozione nel contesto europeo (non oltre il 26 giugno 2023) (<https://ec.europa.eu/ambiente/acqua/riuso.htm>).

Fanghi

Nello specifico, a livello nazionale il D. Lgs. n. 99/1992 recepisce la Direttiva Europea 86/278/CEE per la gestione dei fanghi. Il Decreto evidenzia i benefici dei fanghi sui terreni e fissa prescrizioni e limitazioni allo spandimento dei fanghi per evitare un uso improprio e rischi per l'ambiente. I fanghi devono essere sottoposti ad un trattamento adeguato (ad es. biologico, chimico o termico ecc.) prima del loro utilizzo, non devono contenere composti tossici e devono avere proprietà fertilizzanti. Sebbene il Decreto 99/1992 rappresenti ancora un quadro completo per la gestione dei fanghi, appare obsoleto e inadeguato se si considerano le recenti conoscenze nel campo degli effetti dei fanghi sul suolo (Laraia, 2020). A tal proposito, per adempiere agli obiettivi di circolarità stabiliti dalla Commissione Europea, si è ritenuta necessaria l'adozione di una nuova normativa biologica sull'utilizzo dei fanghi, modificando il D.LGS. 99/1992, al fine di garantire il raggiungimento degli "obiettivi discarica".

L'attuale bozza del nuovo regolamento sulla gestione dei fanghi (dicembre 2019) chiarisce che le soglie di concentrazione di contaminazione fissate in DM 1 marzo 2019, n. 46 relative ai suoli agricoli, e quelle di Tab. 1, Allegato 5 alla Parte IV del D.LGS 152/06, relativi ai suoli destinati a verde pubblico, non sono direttamente applicabili alle matrici che si aggiungono al suolo (es. fertilizzanti derivati da rifiuti). Le soglie possono essere utilizzate esclusivamente per valutare la qualità dei suoli anche al fine di verificare che l'utilizzo delle suddette matrici non provochi il superamento delle suddette concentrazioni soglia.

La bozza consente inoltre di utilizzare i fanghi in attività agricole, forestali e di ripristino paesaggistico al fine di produrre un effetto fertilizzante sul suolo (art. 15), fermo restando il rispetto delle condizioni descritte nel testo della norma. L'utilizzo agronomico dei fanghi costituisce un'operazione di recupero dei rifiuti ed è autorizzato come operazione R10 dell'Allegato C alla Parte IV del D.LGS. 152/06. Inoltre, la bozza specifica che i fanghi possono essere utilizzati esclusivamente in miscela con il suolo, non più di una volta nello stesso sito e che la miscela deve rispettare le Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) definite nel D.LGS. 152/06 per l'uso specifico previsto. Infine, vengono definiti i limiti all'utilizzo dei fanghi a terra (art.16) nonché le autorizzazioni e le condizioni per l'utilizzo dei fanghi nelle attività agricole (art.17) e le competenze delle Regioni (art.18). (<https://www.tuttoambiente.it/commenti-premium/decreto-fanghi-nuova-bozza/>).





I criteri per l'utilizzo dei fertilizzanti e/o ammendanti prodotti da fanghi di depurazione e altre matrici sono definiti nel D.LGS, n. 75/2010 e successivi aggiornamenti dal D.LGS. n. 218/2013. Nello specifico, tali decreti regolano i prodotti immessi sul mercato come fertilizzanti CE, definiti dal Regolamento (CE) n. 2003/2003 nonché i fertilizzanti nazionali, ammendanti descritti e classificati negli Allegati 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 13. Nello specifico, nel D.LGS. n. 218/2013 sono definiti i requisiti minimi per gli ammendanti con fanghi di depurazione (per maggiori dettagli crf 6.2.4).

Concludendo, secondo gli strumenti legislativi analizzati non si rileva alcuna regolamentazione ad hoc per impianti piccoli e decentrati. A tal proposito il D.M. n. 266/2016 "Regolamento Comunitario sul Compostaggio" contiene i criteri operativi e le procedure autorizzative semplificate per il compostaggio delle comunità di rifiuti organici, ai sensi dell'articolo 180, comma 1-octies, del D.LGS. 3 aprile 2006, n. 152.

A livello regionale, attualmente la regione Toscana non consente il riutilizzo diretto dei fanghi in agricoltura (<https://www.toscanamedianews.it/firenze-emergenza-fanghi-da-depurazione-in-toscana.htm>) (sentenza del TAR - TAR - nel 2016) soprattutto per l'agricoltura biologica. Pertanto, il riutilizzo dei fanghi a fini agricoli è strettamente correlato alla possibilità di compostarlo insieme a rifiuti solidi organici o residui di talee e potature o a tutte le matrici ammesse dal D.LGS, n. 75/2010 e successivi aggiornamenti dal D.LGS. n. 218/2013. Pertanto secondo la normativa attuale, i fanghi trattati devono essere etichettati come "compost" prima di essere riutilizzati.

2.6.2 Strategie nazionali/regionali e piani d'azione

Per quanto riguarda i piani/strategie in vigore a Gorgona per le questioni legate all'acqua e gli obiettivi ambientali, sono stati rilevati diversi strumenti a diversi livelli istituzionali (vedi anche capitolo 2.2.4). Nel quadro normativo sono state analizzate le seguenti strategie e piani d'azione nazionali/regionali:

- **Piano Strutturale** del Comune di Livorno (livello comunale)
- **Piano di Classificazione Acustica** del Comune di Livorno (livello comunale)
- **Piano Tutela delle Acque** del bacino "Costa Toscana" (livello del bacino)
- **Piano di indirizzo territoriale con valenza di Piano Paesaggistico** della Regione Toscana (livello regionale)
- **Piano del Parco Nazionale dell'Arcipelago Toscano** (livello arcipelago)
- **Rete Natura 2000** (livello regionale)
- **Piano di Gestione Rischio Alluvioni** del bacino costiero toscano (livello del bacino)
- **Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale** della Provincia di Livorno (livello Provinciale)

Nonostante il numero considerevole di piani in vigore nel contesto locale, non si rilevano vincoli ambientali di rilievo per l'upgrading dell'impianto di depurazione.





Nello specifico, i principali vincoli a cui prestare attenzione sono riferiti sia alla salvaguardia del Parco Naturale sia alla gestione della pericolosità idraulica che coinvolge parzialmente il sito.

Inoltre ai sensi dell'art. 146 del Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio, occorrerà predisporre la relazione paesaggistica.

Per quanto riguarda il Parco Naturale, la "VInca" dovrebbe essere valutata secondo la "Gestione dei siti Natura 2000 - Guida all'interpretazione dell'articolo 6 della Direttiva 92/43/CEE (Direttiva Habitat)", spiegata nelle Linee guida nazionali per la Valutazione di impatto.

Per il rischio di allagamento, la pericolosità P3 coinvolge solo marginalmente il sito, per cui a seconda dell'opzione scelta potrà essere effettuato uno studio idraulico di modo da verificare gli allagamenti sulla base del rilievo topografico ed eventualmente individuare le eventuali opere di mitigazione.

2.6.3 Legislazioni nazionali/regionali e standard/obiettivi di qualità

I prodotti principali dell'impianto nella nuova configurazione sono l'acqua di recupero e i fanghi trattati. Il loro riutilizzo può essere soggetto a normative nazionali/regionali differenti, che stabiliscono standard di qualità e prescrizioni d'uso differenti. Pertanto, il quadro normativo è valutato di seguito in riferimento ai quattro principali strumenti politici analizzati nel capitolo 2.6.1.

Per le acque depurate, il Decreto Ministeriale n. 185/2003 stabilisce misure e prescrizioni tecniche per il riutilizzo delle acque reflue urbane. Nella tabella seguente sono elencati i principali standard di qualità imposti dal Decreto, considerando il riutilizzo delle acque di recupero a fini irrigui.

PARAMETRI	UNITÀ DI MISURA	VALORI LIMITE
pH	-	6-9.5
TSS	mg/l	10
BOD ₅	mg/l	20
COD	mg/l	100
TP	mg/l	10
TN	mg/l	35
N-NH ₄	mg/l	2
Conduttività elettrica	µS/cm	3000
E. coli	UFC/100mL	10 (per l'80% dei campioni) 100 (valore massimo)
Salmonella	UFC/100mL	Assente
Alluminio	mg/l	1
Arsenico	mg/l	0.02
Bario	mg/l	10
Berillio	mg/l	0.1





Boro	mg/l	1
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
Rame	mg/l	0.1
Piombo	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 tot	mg/l	0.05
Solfuri	mgH ₂ S/l	0.5
Solfati	mgSO ₃ /l	0.5
Solfati	mgSO ₄ /l	500
Cloro attivo	mg/l	0.2
Cloruri	mgF/l	250
Fluoruri	mg/l	1.5
Grassi e oli animali/vegetali	mg/l	10
Oli minerali	mg/l	0.05
Fenoli totali	mg/l	0.1
Pentaclorofenolo	mg/l	0.003
Aldeidi totali	mg/l	0.5
Tetracloroetilene, tricloroetilene	mg/l	0.01
Solventi clorurati totali	mg/l	0.04
Trialomethanes	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)	mg/l	0.0001
Pesticidi fosfatici (ciascuno)	mg/l	0.0001
Altri pesticidi totali	mg/l	10 (80% dei campioni)

Il riutilizzo a fini irrigui deve rispettare il “Codice di buona pratica agricola” (D.M. n. 86/1999) ai sensi dell’articolo 10 del D.M. n. 185/2003. Le attività di monitoraggio dell’impianto sono affidate dagli enti regionali di cui all’art. 7 del DM 185/2003 e possono





essere delegate al gestore dell'impianto alle condizioni espresse nell'Allegato 1 del decreto.

Recentemente è stato approvato il nuovo Regolamento Europeo (**Regolamento (EU) 2020/741 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 maggio 2020 recante prescrizioni minime per il riutilizzo dell'acqua**) sul riutilizzo dell'acqua che fissa la qualità delle acque depurate secondo gli usi agricoli e metodi di irrigazione consentiti. Di seguito sono riportate le principali informazioni.

Classi di qualità delle acque affinate e tecniche di irrigazione e utilizzi agricoli consentiti (ALLEGATO 1 – Sezione 2 – Tabella 1 - Regolamento (EU) 2020/741 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 maggio 2020 recante prescrizioni minime per il riutilizzo dell'acqua)

CLASSE MINIMA DI QUALITÀ DELL'ACQUA DI RECUPERO	CATEGORIA DI COLTURA	METODO DI IRRIGAZIONE
A	Tutte le colture alimentari, comprese le radici consumate crude e le colture alimentari in cui la parte commestibile è a diretto contatto con l'acqua di recupero	Tutti i metodi di irrigazione
B	Colture alimentari consumate crude in cui la parte commestibile è prodotta fuori terra e non è a diretto contatto con l'acqua di recupero, le colture alimentari trasformate e le colture non alimentari, comprese le colture per l'alimentazione del latte o animali da carne	Tutti i metodi di irrigazione
C		Solo irrigazione a goccia
D	Colture industriali, energetiche e seminate	Tutti i metodi di irrigazione

Prescrizioni di qualità delle acque affinate a fini irrigui in agricoltura (ALLEGATO 1 – Sezione 2 – Tabella 2 - Regolamento (EU) 2020/741 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 maggio 2020 recante prescrizioni minime per il riutilizzo dell'acqua)

CLASSE DI QUALITÀ	TECHNOLOGY TARGET INDICATIVO	STANDARD DI QUALITÀ				ALTRI
		E. COLI (CFU 100ML ⁻¹)	BOD ₅ (MG L ⁻¹)	TSS (MG L ⁻¹)	TURBIDITÀ (NTU)	
A	Trattamento secondario, filtrazione e disinfezione	≤ 10 o al di sotto del limite di rilevamento	≤ 10	≤ 10	≤ 5	Legionella spp .: <1.000 CFU / L in caso di rischio di aerosolizzazione nelle serre Nematodi intestinali (uova di elminti): ≤1 uovo / l per l'irrigazione di pascoli o foraggi
B	Trattamento secondario e disinfezione	≤ 100	≤ 25 con 70-90% di riduzione (Direttiva 1/271 / CEE1, Allegato I, tabella 1)	≤ 60 con riduzione del 70% nel caso PE = 2000-10000 (Direttiva 91/271 / CEE1, allegato I, tabella 1)	-	
C	Trattamento secondario e disinfezione	≤ 1000				
D	Trattamento secondario e disinfezione	≤ 10000				





Concludendo, considerando gli aspetti innovativi legati alle proposte progettuali, si suggerisce un adeguato dibattito, considerando che non esiste un percorso chiaro ad-hoc per il riutilizzo dell'acqua recuperata da piccole comunità e sistemi decentralizzati.

Per quanto riguarda il riutilizzo delle acque trattate, in attesa del recepimento da parte della normativa nazionale del nuovo regolamento europeo si dovrà fare riferimento in via temporanea al DM 185/03.

Per la gestione dei fanghi, i fanghi in eccesso vengono stabilizzati mediante sistema di fitodisidratazione (SDRB) o sul primo stadio alla "francese" (FRB); la qualità raggiunta in ambedue i casi sarà compatibile con l'utilizzo come "soil conditoner". Il prodotto ottenuto sarà disponibile per il riuso dopo 6-10 anni dall'avvio a seconda delle alternative.

Alcune Regioni adottano una propria normativa sui fanghi in base al contenuto del D.LGS. n. 75/2010, che definisce i criteri per classificare le diverse matrici trattate (es. Fanghi disidratati dopo stabilizzazione aerobica/anaerobica) come fertilizzanti. La Regione Toscana non è dotata di uno specifico Decreto regionale, pertanto i fanghi trattati devono essere conformi alle norme nazionali prima del loro riutilizzo in agricoltura.

Secondo il D.LGS. n. 99/1992, i fanghi trattati devono soddisfare gli standard di qualità degli allegati IA e IB, riassunti nella tabella seguente.

STANDARD DI QUALITÀ PER I SITI AGRICOLI		
PARAMETRI	UNITÀ DI MISURA	VALORI LIMITE
Cadmio	mg/kg SS	1.5
Mercurio	mg/kg SS	1
Nichel	mg/kg SS	75
Piombo	mg/kg SS	100
Rame	mg/kg SS	100
Zinco	mg/kg SS	300
NORME DI QUALITÀ PER I FANGHI TRATTATI		
PARAMETRI	UNITÀ DI MISURA	VALORI LIMITE
Cadmio	mg/kg SS	20
Mercurio	mg/kg SS	10
Nichel	mg/kg SS	300
Piombo	mg/kg SS	750
Rame	mg/kg SS	1000
Zinco	mg/kg SS	2500
Carbonio organico	% SS	20
Fosforo totale	% SS	0.4
Azoto totale	% SS	1.5
Salmonella	MPN/g SS	10

Ai sensi dell'articolo 11 del decreto, la caratterizzazione analitica dei fanghi trattati deve essere eseguita due volte o una volta all'anno a seconda delle dimensioni dell'impianto – in questo caso, una volta all'anno – mentre l'analisi del suolo agricolo deve essere eseguita una volta ogni tre anni. Inoltre, a livello nazionale, il decreto legge n. 109/2018 ("Decreto Genova") all'art. 41 stabilisce uno standard di qualità più restrittivo per gli





idrocarburi nei fanghi (ovvero 1000 mg/kg tal quale) rispetto alla tabella IB del D. LGS. n. 99/1992.

Il secondo scenario prevede il riutilizzo dei fanghi trattati per la produzione di fertilizzante mediante il co-compostaggio con altre matrici organiche o verdi, come previsto dai Decreti 75/2010 e 218/2013. In particolare, i requisiti minimi di ammendante misto (es. Con rifiuti organici e digestato anaerobico), ammendante con fanghi di depurazione (es. Con contenuto massimo di fanghi del 35%) e ammendante torboso (es. Con torba) sono stabiliti nei suddetti decreti. I principali standard di qualità, che devono essere rispettati dall'ammendante con fanghi di depurazione, sono elencati nella tabella sottostante.

NORME DI QUALITÀ PER L'IMMENDITORE DEL SUOLO CON FANGHI TRATTATI		
PARAMETRI	UNITÀ DI MISURA	VALORI LIMITE
% di fango sul totale	% w/w di sostanza secca	35
Contenuto di acqua	%	50
pH	-	6-8.8
Carbonio organico sulla sostanza secca	%	20 (minimo)
Carbonio fulvico e umico	%	7 (minimo)
Azoto organico sulla sostanza secca	%	80 (minimo) di azoto totale
C/N	-	25
PCB nel fango	mg/kg SS	0.8
Composti plastici, di vetro e metallici su sostanza secca	%	5
Salmonella	CFU/25g	0
E. Coli	CFU/1g	<1000 su 5 campioni analizzati
Indice di germinazione	%	≥ 60
Piombo sulla sostanza secca	mg/kg SS	140
Cadmio sulla sostanza secca	mg/kg SS	1.5
Nichel su sostanza secca	mg/kg SS	100
Zinco su sostanza secca	mg/kg SS	500
Rame su sostanza secca	mg/kg SS	230
Mercurio sulla sostanza secca	mg/kg SS	1.5
Cromo esavalente	mg/kg SS	0.5

Inoltre, quando si considera l'implementazione di un sistema di compostaggio per la produzione di fertilizzanti in piccole comunità, come in Gorgona, la legislazione nazionale include un quadro legislativo per il sistema di compostaggio gestito da piccole comunità (D.M. n. 266/2016). Sebbene il D.M. n. 266/2016 non include i fanghi per la produzione di compost, questo terzo scenario è comunque riportato in quanto rappresenta il percorso





ad-hoc per il riutilizzo dei fanghi da impianti di piccola scala presso comunità decentralizzate.

2.6.4 Identificazione del percorso di autorizzazione

In questo capitolo vengono valutati i percorsi autorizzativi per la costruzione e la gestione del nuovo impianto. La costruzione è regolamentata a livello nazionale dal Decreto del Presidente della Repubblica DPR n. 380/2001 "Testo Unico delle Costruzioni" aggiornato con l'ultima legge ("Decreto Semplificazione") n.120/2020. All'art. 10 del DPR 280/2001 sono indicate le prescrizioni per le opere civili sottoposte al "Permesso di Costruzione" nonché la possibilità per le Regioni di aggiungere altre opere in relazione all'impatto sull'ambiente.

Per la Toscana la legge regionale è la L.R. 65/2014 "Norme per il governo del territorio" che all'art. 134 definisce l'elenco delle attività soggette a permesso di costruzione. Pertanto, secondo la L.R. l'intervento può essere considerato come opera di urbanizzazione primaria e quindi la sua costruzione è soggetta al permesso di costruire, gratuito per le infrastrutture legate all'acqua. Il permesso di costruire viene presentato all'Ufficio per le attività produttive (SUAP) del Comune di Livorno e prevede tre pratiche standard regionali: Allegato soggetti coinvolti, modulo di autorizzazione edilizia ("Richiesta di permesso a costruire") e relazione di asseverazione ("Relazione tecnica di asseverazione"). Inoltre, i seguenti allegati sono necessari alla relazione di asseverazione:

ALLEGATI	CAMPO DI APPLICAZIONE
Elaborazione tecnica della situazione attuale, progetto e relazione descrittiva	Routine
Documentazione fotografica della situazione attuale	Routine
Documento strutturale (Deposito strutturale ex-Genio Civile)	Routine
Permesso ordinario (Autorizzazione paesaggistica rilasciata con procedimento ordinario)	L'intera isola è soggetta a vincolo paesaggistico (G.U. n. 150 del 1971), pertanto è necessaria l'autorizzazione ordinaria per la valutazione degli impatti paesaggistici secondo il D.P.R n. 31/2017
Autorizzazione del Parco Nazionale (Nulla osta Ente parco nazionale)	Gorgona fa parte del Parco Nazionale dell'Arcipelago Toscano che autorizza la realizzazione di HYDRO 1&2 ai sensi della Legge Nazionale n. 394/1991
Valutazione d'impatto (VinCA: Valutazione d'incidenza)	L'isola e le aree marine limitrofe sono Zona Speciale di Conservazione (ZSC) e Zona di Protezione Speciale (ZPS) della Rete Natura 2000. Pertanto, è necessaria la valutazione di incidenza ai sensi della Legge Regionale 30/2015.
Documento sull'impatto acustico (DO.IM.A.: Documentazione di Impatto acustico)	Secondo le norme tecniche del Piano di classificazione acustica del Comune di Livorno, la realizzazione delle opere necessita del documento di impatto acustico





Inoltre, nel caso delle alternative 1 e 2, verrà implementato un gruppo generatore di calore e potenza (HCP) per riutilizzare il biogas dell'UASB per il riscaldamento del reattore stesso. Ai sensi del Decreto Legislativo n. 387/2003, la realizzazione e la gestione non è soggetta ad autorizzazione in quanto la potenza nominale del generatore è inferiore a 3 MW termici.

Per i percorsi autorizzativi all'utilizzo dei sottoprodotti, l'utilizzo di acque depurate e dei fanghi trattati necessitano solitamente di autorizzazioni specifiche che variano a seconda degli strumenti legislativi considerati.

In caso di applicazione del decreto per il riutilizzo delle acque depurate (D.M. n. 185/2003), il riutilizzo è autorizzato con presentazione dell'autorizzazione unica ambientale alla SUAP del Comune di Livorno.

Il riutilizzo dei fanghi a fini agricoli (es. come ammendante) secondo il D. LGS. n. 99/1992 è ammesso se l'autorizzazione ambientale (AUA - Autorizzazione Unica Ambientale) è rilasciata dalla SUAP del Comune di Livorno.

2.7 DESCRIZIONE DELLA SITUAZIONE ATTUALE

2.7.1 Acquedotto

L'isola è servita da un dissalatore, che assicura la produzione di circa 100 m³/g. Di queste, circa 15-20 m³/g sono destinate all'Agricola. Il consumo massimo per usi civili varia secondo le informazioni fornite dal Penitenziario tra i 40 e gli 80 m³/g durante la stagione estiva.

2.7.2 Fognatura e depurazione

La rete fognaria è prevalentemente separata, anche se sono presenti interconnessioni delle acque meteoriche raccolte in particolar modo per l'area relativa al "Paese".

La rete funziona prevalentemente per gravità, tranne la parte del Paese che confluisce in una stazione di sollevamento posta nelle vicinanze della spiaggetta del porto che rilancia le acque verso il sistema di depurazione.

Le calate dei tetti scaricano direttamente sul suolo o sulle superfici impermeabili. Le acque meteoriche del Paese vengono raccolte mediante griglie che poi recapitano in due vasche in serie poste in prossimità della spiaggia.

Per quanto riguarda Capanne e Agricola, le acque meteoriche sono raccolte separatamente ed in parte raccolte in cisterne di raccolta esistenti.





L'isola ha un impianto di depurazione composto da 4 vasche di fitodepurazione a flusso sommerso orizzontale situato in località Limiti e operativo dal 1998.

2.7.3 Analisi del funzionamento dell'impianto

L'impianto di fitodepurazione presente allo stato attuale nell'isola di Gorgona è costituito da due linee in parallelo, ciascuna composta da due vasche a flusso sommerso orizzontale poste in serie. L'impianto funziona interamente per gravità e consiste nelle seguenti fasi:

1. Pretrattamento mediante grigliatura statica con rimozione manuale dei solidi grossolani trattenuti;
2. Ripartizione della portata idraulica in due linee parallele di trattamento.

Ciascuna linea consiste in:

3. Trattamento primario in fossa Imhoff;
4. Trattamento secondario in due vasche di fitodepurazione a flusso sommerso orizzontale poste in serie.

All'origine l'impianto prevedeva un trattamento terziario mediante l'immissione degli effluenti provenienti dalle vasche a flusso sommerso orizzontale in un'area destinata a prato umido per la subirrigazione, da diversi anni dismessa. Attualmente gli effluenti delle vasche delle due linee parallele confluiscono allo stato attuale in una vasca di accumulo, per poi essere immesse nel corpo idrico recettore superficiale.

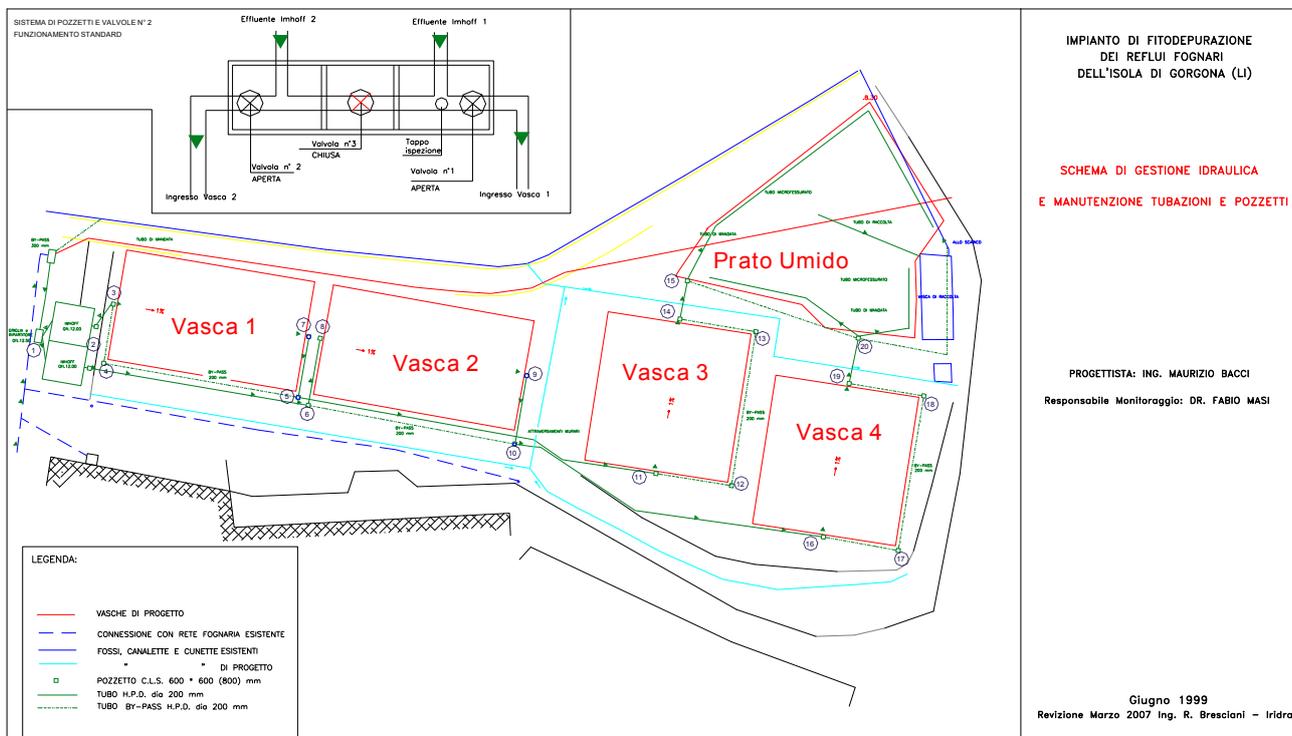


Figura 28: Planimetria impianto di fitodepurazione dell'isola di Gorgona – Progetto originale





Figura 29: Da sinistra a destra: Vasche di fitodepurazione n°2 e n°3 – Sopralluogo 16/03/2007

Nel corso degli anni l'impianto dell'isola di Gorgona è stato oggetto di monitoraggio per la verifica delle effettive rese depurative dell'impianto.

Le concentrazioni medie di ingresso ed uscita dei principali inquinanti registrati durante la campagna di monitoraggio 1998-2000, sono rappresentati in **Figura 30**.

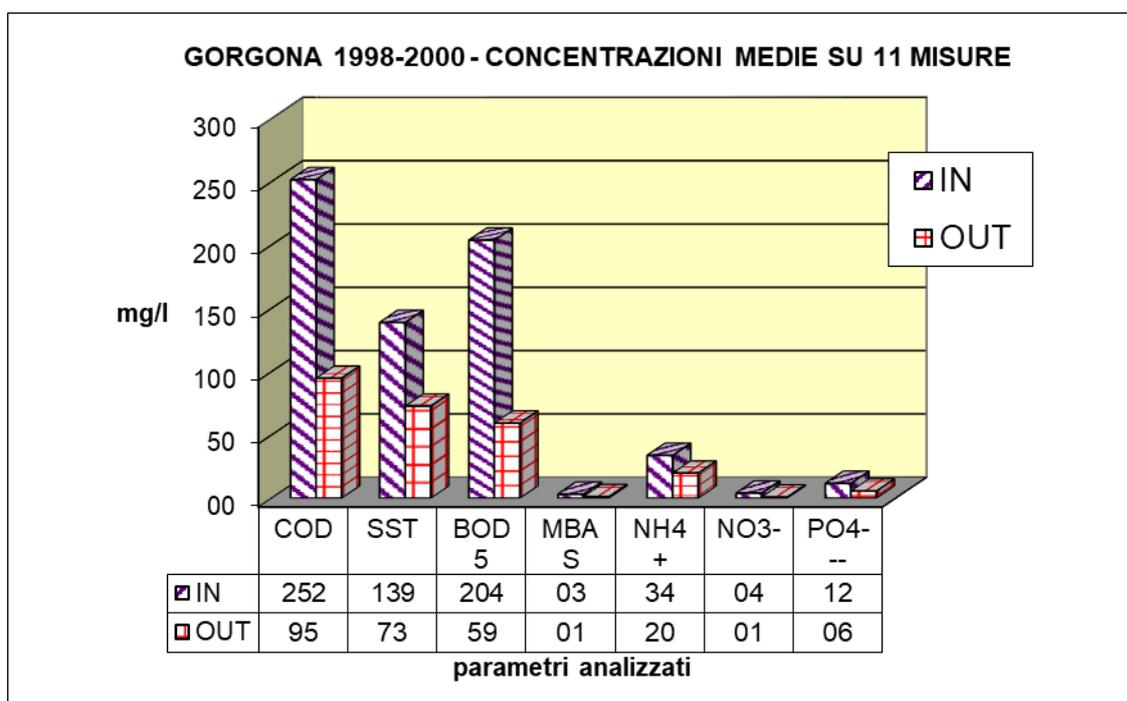


Figura 30: Campagna di monitoraggio 1998-2000 – Concentrazioni medie di ingresso e uscita dei principali inquinanti monitorati

Sulla base delle concentrazioni di ingresso ed uscita registrati, in Tabella seguente sono riportate le percentuali di rimozioni medie per gli inquinanti monitorati.



Inquinante	Rimozione [%]
COD	62%
SST	48%
BOD₅	71%
MBAS	62%
NH₄⁺	42%
NO₃⁻	79%
PO₄³⁻	52%

Tabella 8: Percentuali di rimozione medie, calcolate sulle concentrazioni medie di ingresso e uscita su 11 misure – (Monitoraggio 1998-2000)

Altri monitoraggi sono state eseguite tra il 2019 e il 2021. Le concentrazioni di inquinanti registrati nella stazione di ingresso ed uscita dell'impianto sono indicate in Tabella seguente.

Inquinante	Unità di misura	giu-19		lug-20		nov-20		mar-21	
		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
B.O.D.₅	mg O ₂ /l	130	16	270	25	98	<10	79	<10
Concentrazione ioni idrogeno	Unità pH	6,21	6,73			6,87	7,44	7,28	7,44
C.O.D.	mg/l O ₂	289	48	473	79,2	237	<15	198	22
Solidi sospesi totali	mg/l O ₂	90	18	145	24	108	10	96	14
Azoto totale	mg/l N			66,8	56,1	31	23,5	29,5	18,9
Azoto nitrico	mg/l N			4,1	24				
pH	Unità pH			7,6	7,4				
Fosforo Totale	mg/l P			6,1	4,6				
Azoto ammoniacale	mg/l NH ₄			61,5	52				

Tabella 9: Concentrazioni in ingresso ed uscita degli inquinanti registrati (Monitoraggio 2019-2021)

I valori registrati durante i recenti monitoraggi, risultano migliori di quanto registrato tra il 1998-2000, evidenziando concentrazioni molto più basse in uscita ed ottime rese depurative dell'impianto per quanto riguarda carico organico e solidi sospesi; l'abbattimento dell'azoto è invece limitato, in linea con la tipologia di processo utilizzata di tipo prevalentemente anaerobico.

Il trattamento è in linea con il concetto di trattamento appropriato espresso dalla Regione Toscana per impianti di capacità minore di 2000 A.E. e scaricanti in acque superficiali. L'effluente non è però in linea con l'attuale normativa sul riuso (DM 185/03) sia per quanto riguarda il carico organico che soprattutto per quanto riguarda l'azoto totale e ammoniacale, in quanto i sistemi a flusso sommerso orizzontale essendo un processo prevalentemente anaerobico permettono solo una limitata nitrificazione.



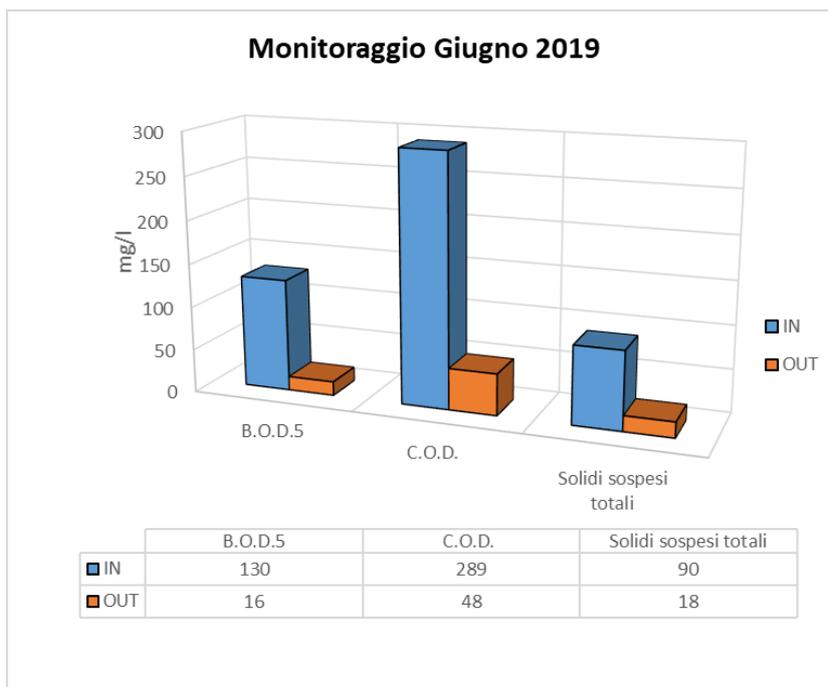


Figura 31: Monitoraggio Giugno 2019

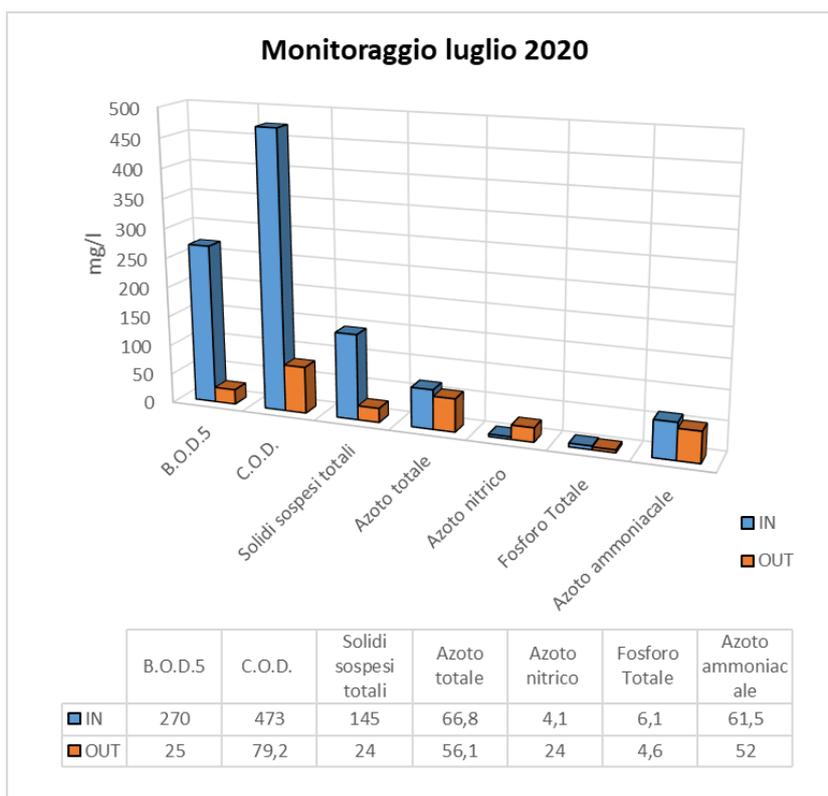


Figura 32: Monitoraggio luglio 2020



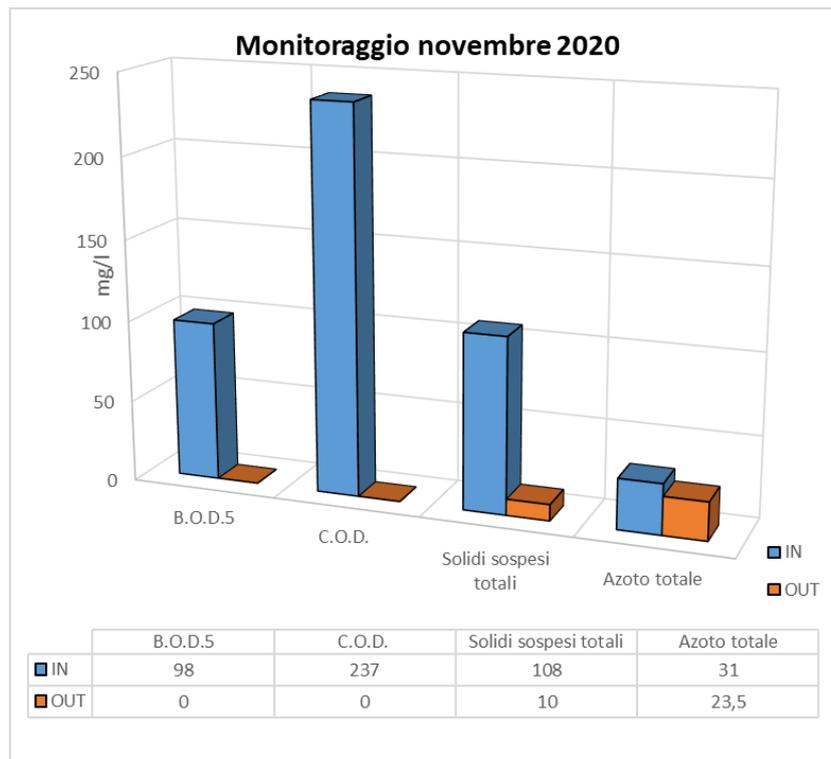


Figura 33: Monitoraggio novembre 2020

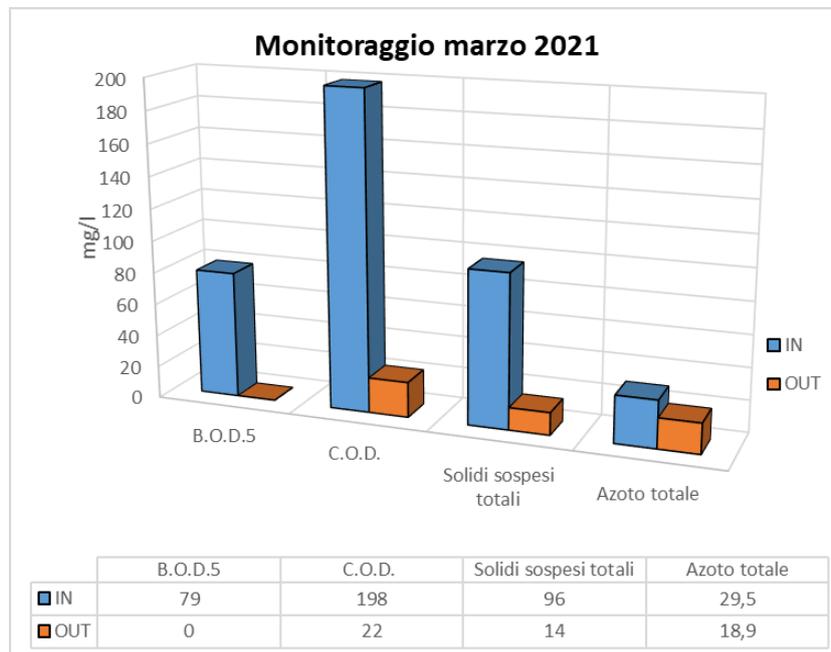


Figura 34: Monitoraggio marzo 2021





3. LE SCELTE PROGETTUALI

3.1 Le tecniche in campo

Le acque reflue delle piccole comunità quali paesi, borgate, centri residenziali sono caratterizzate da ampie variazioni delle portate e dei carichi inquinanti nel corso della giornata. Le variazioni di carico assumono particolare rilievo nel caso degli impianti di depurazione biologica, che, più degli altri, possono subire conseguenze negative (Masotti, 2005).

Fra i sistemi a fanghi attivi, quelli a basso carico e ad aerazione prolungata, sono in grado di assorbire punte di carico organico piuttosto elevate, ed anche abbastanza rapidamente variabili. Se l'impianto a fanghi attivi è ben dimensionato e se è facile regolare ampiamente la capacità di ossigenazione e la portata di ricircolo, il sistema può sopportare anche carichi organici 2÷3 volte maggiori; maggiori variazioni di carico possono essere affrontate adottando più linee parallele, o schemi impiantistici che consentano, in sede di esercizio, di cambiare il ciclo depurativo, adeguando le vasche a funzioni diverse o con impianti nei quali i volumi utili delle vasche possano essere agevolmente variati (es sistemi SBR). Impianti a fanghi attivi del tipo a membrana (MBR) hanno maggiori capacità di assorbire elevate punte di carico, ma hanno costi ancora troppo alti (sia di investimento iniziale che di gestione, in particolare per la sostituzione delle membrane) per poter essere applicati su scala medio-piccola.

In generale tutti questi sistemi richiedono elevati consumi energetici e essendo sistemi abbastanza complessi necessitano di un'attenta gestione (che di norma deve essere eseguita da una ditta specializzata) in modo da garantire le periodiche verifiche e messe a punto che devono essere almeno settimanali, risultando quindi applicabili solo per utenze con potenzialità maggiore di quella in esame.

In tale contesto si ritiene che la scelta migliore sia coniugare un'elevata efficienza depurativa con un basso impatto ambientale, optando per sistemi di fitodepurazione che possono combinare il pregio estetico, l'efficienza depurativa e l'assenza di problemi secondari (rumori, odori molesti, insetti, fughe di fanghi nell'effluente ecc..).

Di seguito si riportano diverse tecnologie di fitodepurazione adottabili; la scelta della tipologia fitodepurativa ottimale avviene tenendo conto dei reali spazi a disposizione e della morfologia dell'area di intervento, cercando di semplificare lo schema depurativo limitando al massimo l'impiego di componenti elettromeccaniche.

Tra i sistemi descritti, quelli che consentono il rispetto delle concentrazioni in uscita stabilite dalla normativa regionale garantendo al tempo stesso la massima semplicità operativa e gestionale sono i sistemi a flusso sommerso orizzontale: per poter funzionare per un lungo periodo evitando problematiche ostruttive hanno però bisogno di superfici maggiori e di rispettare alcuni vincoli legati alla geometria dei letti, in particolare al riguardo della larghezza dei bacini. Generalmente sono necessarie superfici utili non minori di 3





m²/AE; possono essere realizzati su più bacini collegabili in parallelo, seguendo le curve di livello del terreno di modo da creare una o più superfici piane terrazzate qualora i terreni individuati presentino una certa pendenza. A meno di non ricorrere a opere civili quali muri di sostegno (da limitare per contenere costi ed impatti ambientali), con l'aumentare delle pendenze tali terrazzamenti possono portare ad un aumento significativo delle aree richieste; sono quindi sconsigliabili per terreni aventi pendenze maggiori del 15-20%.

I sistemi a flusso sommerso verticale richiedono superfici utili similari (circa 2.5-3 m²/AE) ma presentano meno vincoli geometrici; possono essere realizzati in più vasche alimentabili in parallelo in maniera alternata e quindi richiedere meno superficie di ingombro in terreni con pendenza rispetto ai sistemi a flusso sommerso orizzontale. Generalmente alimentati con sistemi di pompaggio, se i dislivelli lo permettono possono essere alimentati per gravità con speciali sifoni autoadescenti che richiedono una ridotta manutenzione.

Ambedue i sistemi precedentemente descritti necessitano di un sistema di trattamento primario (vasca Imhoff o tricamerale), che periodicamente deve essere svuotata dei fanghi primari; un'alternativa è il ricorso a sistemi verticali alla francese, che non richiedono l'utilizzo di una sedimentazione primaria; la superficie utile è di 1-1.2 m²/AE ma per raggiungere gli obiettivi depurativi fissati dalla normativa provinciale può essere richiesto un secondo stadio di affinamento.

In caso di ridotta disponibilità di spazio, i sistemi di fitodepurazione aerati permetterebbero di ridurre le superfici utili fino a 0.5-1 m²/AE; necessitano anche essi di un sistema di sedimentazione primaria e presentano una maggiore complessità tecnologica dovuta alla presenza di un compressore per insufflare l'aria. Per piccoli impianti, i soffiatori utilizzati sono ad ogni modo molto semplici e caratterizzati da una ridotta richiesta di manutenzione, oltre a consumi energetici considerabili accettabili.

I sistemi UASB sono relativamente nuovi nel panorama nazionale, sebbene già piuttosto utilizzati in diversi paesi del mondo per la loro capacità di ridurre in modo consistente il carico organico ed i solidi sospesi con consumi energetici ridotti (se non nulli, in climi particolarmente caldi in cui non è necessario riscaldare il reattore). Combinati con sistemi di fitodepurazione permettono di ridurre considerevolmente l'estensione del trattamento naturale, come nel modulo Hydro1 sperimentato nel progetto Hydrousa.

3.1.1 UASB

UASB (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket), è una tecnologia di trattamento dei reflui organici basata sulla fermentazione in carenza di ossigeno in un digestore anaerobico. I vantaggi della tecnologia UASB sono:

- basso costo energetico e impiantistico rispetto agli impianti biologici tradizionali (non occorre insufflare ossigeno);
- possibilità di abbattere carichi organici anche estremamente elevati;
- trasformazione quasi completa dei fanghi in biogas, utilizzabile come biocombustibile.





- sistema compatto, con bassi ingombri e consumi di suolo;
- bassi costi di esercizio;
- bassa produzione di fanghi;
- efficienze di rimozione del COD e del BOD pari, rispettivamente, all' 80 % ed al 90 %;
- alta concentrazione e buone caratteristiche di disidratabilità dei fanghi di supero.

Al tempo stesso l'abbattimento degli inquinanti non è tale da permettere lo scarico diretto dell'acqua depurata: l'UASB richiede solitamente un'ulteriore stadio di depurazione scelto in funzione degli obiettivi depurativi.

L'altro svantaggio può essere rappresentato dalla necessità di un carico organico piuttosto concentrato per poter raggiungere elevate prestazioni e al tempo stesso una produzione di energia sufficiente per mantenere in temperatura il reattore.

Altre limitazioni possono essere:

- possibilità di rilascio di odori molesti, se il reattore non è chiuso e non si prevedono appropriate soluzioni;
- bassa capacità del sistema a tollerare carichi tossici;
- lungo intervallo di tempo necessario per l'avvio del sistema (4-6 mesi); per abbattere tali tempi, è necessario prevedere in avvio l'adduzione di fango anaerobico, il che può costituire un problema se esso non è disponibile nelle vicinanze del sito di installazione.

Recentemente, con l'utilizzo di metodologie di start-up più strutturate e adeguate procedure operative, è possibile ridurre il periodo di avviamento degli impianti, minimizzando i problemi operativi legati a questa fase. Piccole quantità di fanghi d'inoculo (circa il 4 % del volume del reattore), (C.A.L. Chernicharo et Al., 2001) permettono una riduzione, del periodo di avviamento a 2-3 settimane.

Il reattore UASB viene avviato, inizialmente, inoculando una quantità sufficiente di fanghi anaerobici e la sua alimentazione avviene subito dopo in modalità di flusso ascendente, aumentando progressivamente i carichi fino a raggiungere un letto altamente concentrato di fanghi (dal 4% al 10% TSS) in prossimità del fondo del reattore. Il sistema è automiscelato dal movimento del flusso ascendente delle bolle di biogas e dal flusso, del liquido, attraverso il reattore; nella parte superiore è installato un separatore trifase (gas, solidi e liquidi) e del materiale di riempimento, necessari affinché si abbia una migliore separazione dei solidi nel sistema ed una minore perdita di fanghi dal reattore. Intorno e sopra il separatore trifase, c'è una camera di sedimentazione, dove il fango, più pesante, viene rimosso dalla massa liquida e restituito al vano di digestione inferiore, mentre le particelle più leggere lasciano il sistema con l'effluente finale.

Il reattore UASB, presenta un'età del fango molto più elevata rispetto ai tempi di ritenzione idraulici, oltre 30 giorni, con relativa buona stabilizzazione dei fanghi di supero rimossi dal sistema (C.A.L. Chernicharo, 2007).



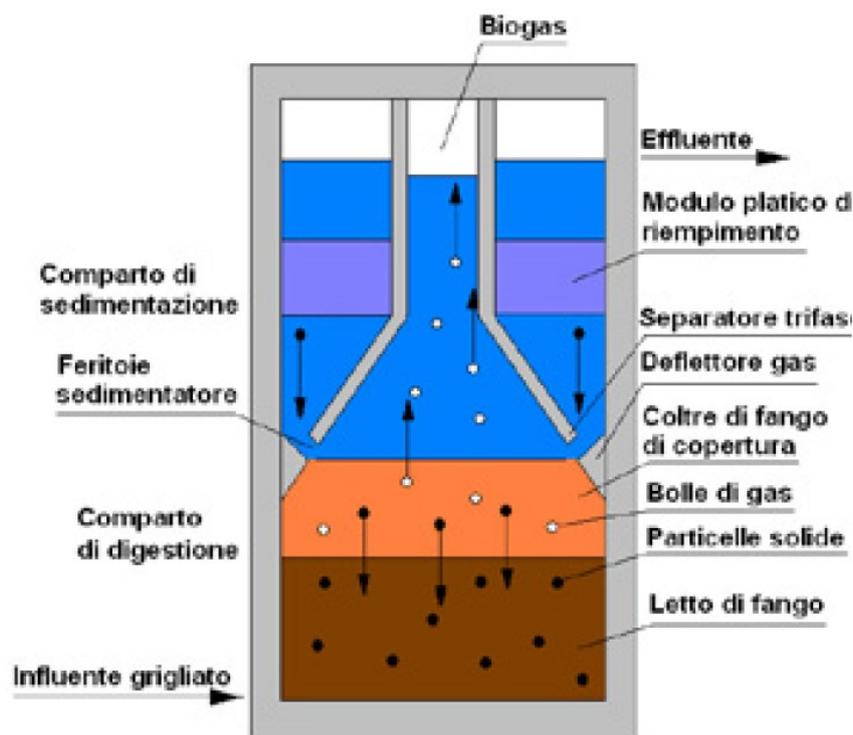


Figura 35: Schema tipico di un reattore UASB (Fonte: Ecoacque)

3.1.2 Fitodepurazione

Il ricorso ad un sistema di fitodepurazione per trattare i reflui di piccole e medie comunità può presentare evidenti vantaggi in termini di minimizzazione dei costi di gestione: si potrà gestire l'impianto con semplici visite periodiche, evitando la presenza costante di personale sul posto. Inoltre con questa tipologia impiantistica non abbiamo produzione di fango biologico, prodotto in fase successiva a quella di ossidazione da smaltire.

Al vantaggio gestionale, la scelta della fitodepurazione unisce un altro vantaggio rilevante: il miglioramento dell'efficienza depurativa nei mesi estivi, quando il corpo idrico, per la riduzione delle portate, è maggiormente sensibile ai carichi inquinanti che riceve. Il miglioramento dei rendimenti nel periodo estivo non richiede alcun intervento gestionale, avviene naturalmente in quanto le rese depurative sono direttamente proporzionali alla temperatura.

I sistemi di fitodepurazione analizzati nel presente studio sono i seguenti:

1. Sistema a flusso sommerso orizzontale (HF o SFS-h);
2. Sistema a flusso sommerso verticale (VF o SFS-v);
3. Sistemi di fitodepurazione areati FBAT^M, Forced Bed AerationTM;
4. Letti di fitodisidratazione fanghi (SDRB).



3.1.2.1 Sistemi a flusso sommerso orizzontale (SFS-h o HF)

I sistemi HF o SFS-h (flusso sommerso orizzontale) sono costituiti da vasche contenenti materiale inerte con granulometria prescelta al fine di assicurare una adeguata conducibilità idraulica (i mezzi di riempimento comunemente usati sono ghiaia e pietrisco); tali materiali inerti costituiscono il supporto su cui si sviluppano le radici delle piante elofite (è comunemente utilizzata la *Phragmites australis*). Le vasche devono essere opportunamente isolate dall'ambiente circostante mediante un sistema di impermeabilizzazione (membrane sintetiche, argilla, etc.). Il flusso idraulico dei liquami rimane costantemente al di sotto della superficie e scorre in senso orizzontale grazie ad una leggera pendenza del fondo del letto (Figura 36).

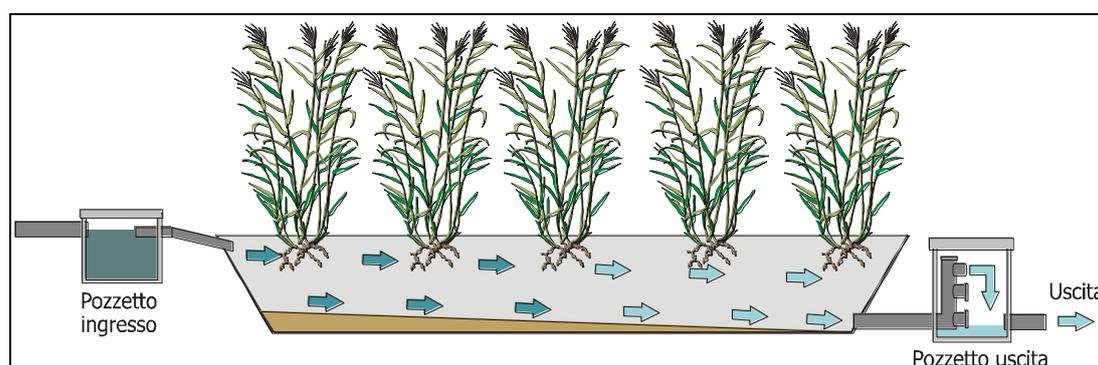


Figura 36: Sistema a flusso sommerso orizzontale

Durante il passaggio dei reflui attraverso la rizosfera delle piante la materia organica viene decomposta dall'azione microbica, l'azoto viene denitrificato, se in presenza di sufficiente contenuto organico, il fosforo e i metalli pesanti vengono fissati per adsorbimento sul materiale di riempimento. I contributi della vegetazione al processo depurativo possono essere ricondotti sia allo sviluppo di una efficiente popolazione microbica aerobica nella rizosfera, sia all'azione di pompaggio di ossigeno atmosferico dalla parte emersa all'apparato radicale e quindi alla porzione di suolo circostante con conseguente miglioramento del livello di ossidazione del refluo. L'ambiente in cui viene a trovarsi il refluo è quindi variabile: da zone aerobiche più vicine ai rizomi a zone anossiche ed anaerobiche man mano che ci allontaniamo dal rizoma; questo favorisce da un lato lo sviluppo di diverse famiglie di microrganismi specializzati e dall'altro crea un ambiente sfavorevole per i microrganismi di origine fecale ed in particolare di quelli patogeni, particolarmente sensibili ai rapidi cambiamenti nel tenore di ossigeno disciolto.

Tra i sistemi di fitodepurazione, applicati per trattamento secondario dei reflui, quelli a flusso sommerso presentano spiccati vantaggi rispetto a quelli a flusso superficiale. Il flusso subsuperficiale, infatti, limita fortemente il rischio di odori, lo sviluppo di insetti, e può consentire l'utilizzo della zona adibita all'impianto da parte del pubblico. Inoltre, la presenza di un substrato offre una notevole superficie disponibile all'adesione ed alla conseguente crescita delle colonie batteriche responsabili dell'azione degradativa delle sostanze inquinanti e ciò comporta un minore dimensionamento del sistema rispetto a quello con flusso superficiale.



3.1.2.2 Sistemi a flusso sommerso verticale (VF)

I sistemi VF sono costituiti da vasche contenenti materiale inerte con granulometria prescelta al fine di assicurare una adeguata conducibilità idraulica (i mezzi di riempimento comunemente usati sono sabbia, ghiaia, pietrisco); tali materiali inerti costituiscono il supporto su cui si sviluppano le radici delle piante emergenti (sono comunemente utilizzate *Phragmites australis* o *Typha latifolia*); il fondo delle vasche deve essere opportunamente impermeabilizzato facendo uso di uno strato di argilla, possibilmente reperibile in loco, in idonee condizioni idrogeologiche, o, come più comunemente accade, di membrane sintetiche (PEAD o LDPE 2 mm di spessore).

Durante il passaggio dei reflui attraverso la rizosfera delle macrofite, la materia organica viene decomposta dall'azione microbica, l'azoto viene denitrificato, se in presenza di sufficiente contenuto organico, il fosforo e i metalli pesanti vengono fissati per adsorbimento sul materiale di riempimento; i contributi della vegetazione al processo depurativo possono essere ricondotti sia allo sviluppo di una efficiente popolazione microbica aerobica nella rizosfera sia all'azione di pompaggio di ossigeno atmosferico dalla parte emersa all'apparato radicale e quindi alla porzione di suolo circostante, con conseguente migliore ossidazione del refluo e creazione di una alternanza di zone aerobiche, anossiche ed anaerobiche con conseguente sviluppo di diverse famiglie di microrganismi specializzati e scomparsa pressoché totale dei patogeni, particolarmente sensibili ai rapidi cambiamenti nel tenore di ossigeno disciolto.

Il refluo da trattare scorre verticalmente nel medium di riempimento (percolazione) e viene immesso nelle vasche con carico alternato discontinuo. Questa metodologia con flusso intermittente (reattori batch) implica l'impiego di un numero minimo di due vasche in parallelo per ogni linea che funzionano a flusso alternato, in modo da poter regolare i tempi di riossigenazione del letto variando frequenza e quantità del carico idraulico in ingresso, mediante l'adozione di dispositivi a sifone autoadescante opportunamente dimensionati o di sistemi di pompaggio adeguati.

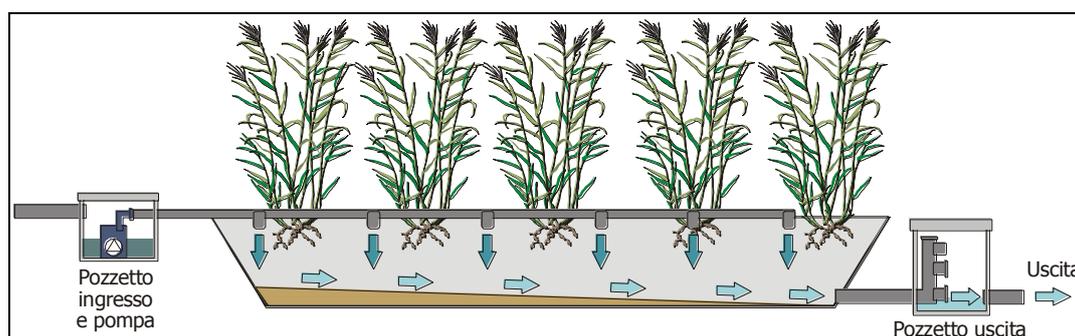


Figura 37: Sistema a flusso sommerso verticale

Il medium di riempimento è costituito da alcuni strati di ghiaie e sabbie di dimensioni variabili, partendo da uno strato di sabbia alla superficie per arrivare allo strato di pietrame posto sopra al sistema di drenaggio sul fondo. Questi sistemi, ancora relativamente nuovi



nel panorama della fitodepurazione ma già sufficientemente validati, hanno la prerogativa di consentire una notevole diffusione dell'ossigeno anche negli strati più profondi delle vasche (durante lo svuotamento periodico delle vasche), giacché la diffusione di questo elemento è circa 10.000 volte più veloce nell'aria che nell'acqua, e di alternare periodi di condizioni ossidanti a periodi di condizioni riducenti.

I tempi di ritenzione idraulici nei sistemi a flusso verticale sono abbastanza brevi; la sabbia superficiale diminuisce la velocità del flusso il che favorisce sia la denitrificazione sia l'adsorbimento del fosforo da parte della massa filtrante.

I fenomeni di intasamento superficiale, dovuti al continuo apporto di solidi sospesi, sono auspicati per un primo periodo, in quanto favoriscono la diffusione omogenea dei reflui su tutta la superficie del letto, mentre devono essere tenuti sotto controllo nel lungo periodo onde evitare formazioni stagnanti nel sistema. Le esperienze estere (de Maeseneer, 1997) su tali sistemi mostrano comunque che non si rilevano fenomeni di intasamento quando si utilizza una alimentazione discontinua inferiore al carico idraulico massimo del sistema con frequenza costante e quando si ha adeguato sviluppo della vegetazione (l'azione del vento provoca infatti sommovimenti della sabbia nella zona delle radici e intorno al fusto, contrastando i fenomeni occlusivi).

3.1.2.3 Sistemi multistadio

Da quanto finora esposto appare chiaro come i sistemi SFS-h siano quelli che, se opportunamente dimensionati, offrono migliori garanzie di semplicità di funzionamento e di raggiungimento degli obiettivi depurativi fissati. I coefficienti d'area previsti variano da zona a zona, in base al clima, alla tipologia dello scarico, al corpo recettore e agli obiettivi depurativi prescelti: se si richiede un abbattimento spinto dell'azoto totale, difficilmente si raggiungono livelli di rimozione superiori al 60-70% anche con le temperature estive, in quanto non si hanno quantità di ossigeno sufficienti per una completa ossidazione dell'azoto ammoniacale. Il processo di denitrificazione risulta invece particolarmente efficiente in questi sistemi, anche a basse temperature.

I sistemi SFS-v mostrano invece innegabili vantaggi laddove i sistemi SFS-h hanno qualche svantaggio: i coefficienti d'area richiesti sono molto minori e le rese depurative non dipendono dalla temperatura dei reflui. L'alimentazione alternata e lo svuotamento dei letti consentono una buona capacità ossidante, e quindi una elevata azione nitrificante. Molte esperienze svolte finora mostrano però forti cali delle rese depurative causati da problemi di intasamento superficiale del medium filtrante, anche se preceduti da trattamenti primari. Per sfruttare al massimo questa tecnologia è necessario quindi un reflu in entrata caratterizzato da un basso contenuto di solidi sospesi e di carico organico. L'applicazione in serie delle due tecniche può quindi risolvere i problemi dell'una e dell'altra tipologia: i sistemi multistadio appaiono quindi come la strada da percorrere per il trattamento di grosse quantità di reflu e per l'abbattimento delle sostanze azotate, a fronte di superfici totali richieste nettamente minori dei soli sistemi SFS-h. Un sistema SFS-h a monte dei letti verticali consente di ridurre in modo considerevole il contenuto di





solidi sospesi e di carico organico presenti nel refluo, soprattutto se accoppiato a trattamenti preliminari e primari efficienti.

3.1.2.4 Sistemi a flusso sommerso verticale per il trattamento di reflui grezzi

Questa tipologia di sistemi di depurazione naturale è indicata per il trattamento di reflui grezzi, cioè reflui che non hanno subito un trattamento di sedimentazione primaria (per esempio in fosse settiche). Questa recente tipologia impiantistica, testata su oltre 400 impianti di depurazione, oltre a garantire buone rese depurative ed essere caratterizzata da una certa semplicità gestionale, risulta essere particolarmente vantaggiosa perché non ci sono fanghi da smaltire presso altri depuratori. Tale sistema è mutuato dai sistemi a flusso verticale, viene alimentato in modo alternato discontinuo e sostituisce in pratica il trattamento primario di sedimentazione, permettendo di trattare direttamente il liquame "fresco". I materiali sedimentati formano una crosta in superficie che ha un tasso di crescita di 1,5-2 cm l'anno (stimata considerando liquami domestici) che viene rimossa ogni 10-15 anni, quando ha raggiunto un elevato grado di stabilizzazione e può essere impiegata come ammendante organico.



Figura 38: Impianto a flusso verticale per il trattamento di liquami grezzi realizzato in Francia

Si ha una limitata produzione di cattivi odori in quanto lo strato di fango superficiale che si forma viene mantenuto in condizioni aerobiche sia per le modalità di alimentazione che per l'effetto della vegetazione presente: la diffusione di cattivi odori rimane circoscritta solo al momento di distribuzione del liquame e limitatamente alle immediate vicinanze del sistema. Dato che i momenti di applicazione sono estremamente diluiti nel tempo, i problemi legati alla diffusione di cattivi odori sono da ritenersi molto limitati, mentre non si hanno problemi legati alla proliferazione di insetti.

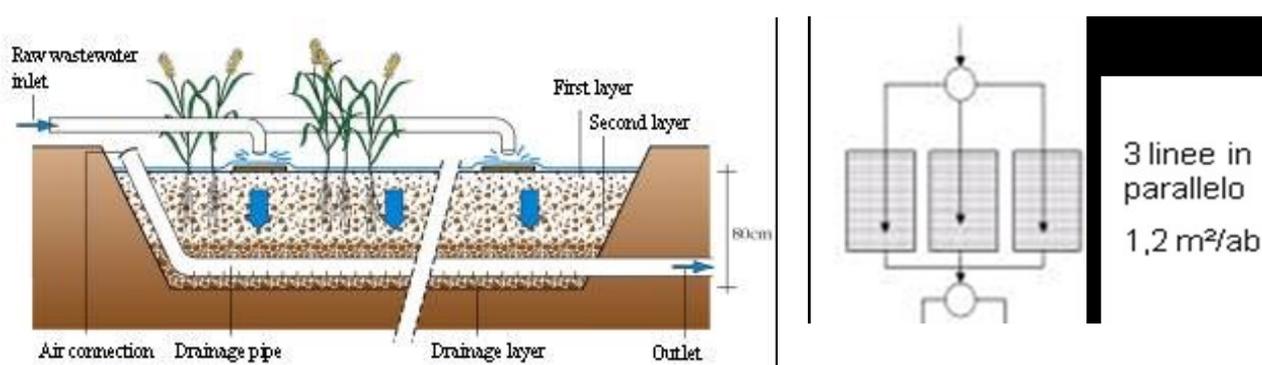


Figura 39: Schema classico del primo stadio dei sistemi alla Francese

3.1.2.1 Sistemi di fitodepurazione aerati

Il processo di fitodepurazione a flusso sommerso con aerazione sommersa (FBAT^M, Forced Bed AerationTM) presenta significativi vantaggi rispetto a processi alternativi, quali ad esempio impianti biologici a fanghi attivi con chiarificatore secondario, bioreattori a letto fisso, biodischi, trattamenti chimico - fisici, impianti anaerobici. L'aerazione forzata nelle vasche di fitodepurazione costituisce un approccio introdotto circa 15 anni fa in America da Scott D. Wallace, uno dei massimi esperti internazionali di fitodepurazione. La fitodepurazione aerata è brevettata col nome di Forced Bed Aeration (FBAT^M). Tale tecnica permette un aumento considerevole delle performance per quanto riguarda la degradazione dei composti organici, la nitrificazione ed è particolarmente indicata nel trattamento di reflui con alto carico organico e di azoto ammoniacale, o laddove si ricerca una maggiore compattezza mantenendo alti gli standard depurativi. Prevalentemente vengono usati schemi a flusso sommerso verticale che lavorano in condizioni sature per permettere la diffusione delle bolle di aria all'interno del refluo e sfruttare allo stesso tempo la superficie superiore della vasca per il carico delle acque da trattare; ma esistono anche applicazioni su sistemi a flusso sommerso orizzontale.

La fitodepurazione aerata rientra tra le tecnologie per proporre fitodepurazione intensificata (Wu et al., 2014) e i suoi vantaggi possono essere riassunti in:

- ridotta sensibilità alle variazioni dell'alimento;
- separazione spinta iniziale;
- assenza produzione fanghi;
- facilità gestionale;
- Riduzione costi gestione;
- integrazione ambientale;
- effetto sinergico piante/ossigeno disciolto.

Per reflui civili, la fitodepurazione areata può rappresentare una valida alternativa laddove si hanno ridotte disponibilità di spazio, permettendo di ridurre le superfici richieste di 4-5 volte rispetto ad impianti di fitodepurazione classici.



Rispetto ai sistemi di fitodepurazione classici, la fitodepurazione aerata presenta ovviamente un maggiore consumo energetico, per quanto questo rimanga almeno 5 volte inferiore rispetto ai sistemi a fanghi attivi convenzionali.

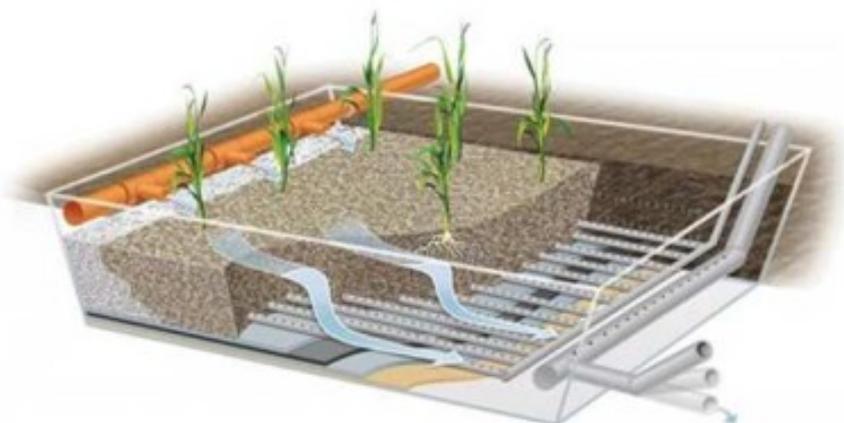


Figura 40: Sistemi di fitodepurazione aerati a flusso orizzontale (fonte: ARM ltd)

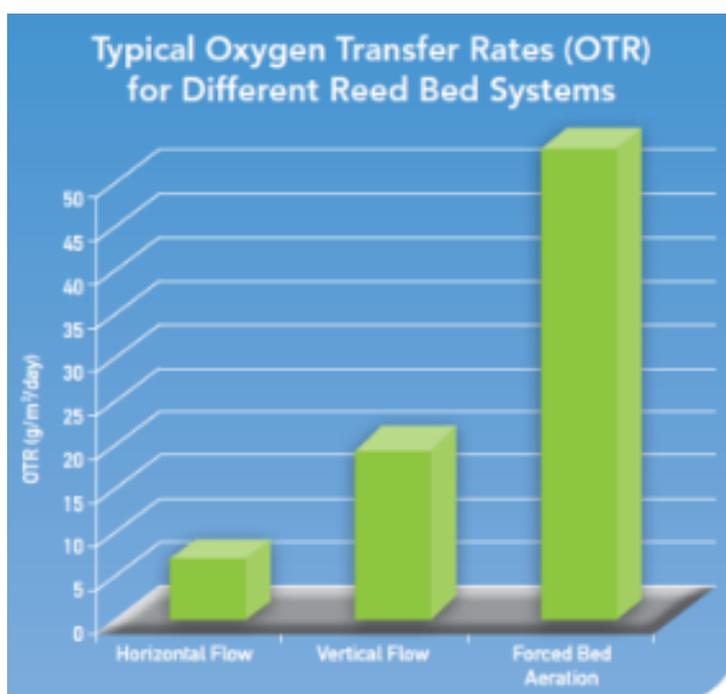


Figura 41: Confronto tra i tassi di trasferimento dell'ossigeno dei sistemi di fitodepurazione classici (HF e VF) con quelli forniti dalla fitodepurazione aerata FBAT^M

3.1.2.2 Letti di fitodisidratazione fanghi (SDRB)

La fitodepurazione costituisce un'allettante soluzione anche per il trattamento dei fanghi di supero prodotti, il cui trattamento e successivo smaltimento rappresenta una importante voce di spesa nella gestione: tale tecnica, ancora non diffusa sul territorio nazionale, sta



invece trovando larga applicazione e riscuotendo ampi consensi in Germania, Danimarca e Francia. I vantaggi dell'utilizzo della fitodepurazione per l'essiccamento fanghi sono i seguenti:

- assenza di parti meccaniche;
- bassa manutenzione;
- consumi energetici pressoché nulli;
- bassa produzione di percolato, che comunque può essere ricircolato nel sistema di trattamento secondario;
- assenza di utilizzo di additivi chimici, e quindi assenza di costi addizionali;
- alta flessibilità, cioè alta capacità di accumulo fanghi;
- considerevole riduzione dei solidi totali durante la mineralizzazione;
- assenza di problemi igienici.

Un ampio vantaggio, specialmente in termini economici, è appunto la buona resa in termini di riduzione di volume della materia da trasportare alla destinazione finale senza l'utilizzo di energia "non rinnovabile", ad esclusione di quella necessaria al pompaggio dei fanghi: numerose esperienze tedesche, francesi e danesi (Hoffmann, 1995, Lienard, 1995, Nielsen, 1990-2004) hanno mostrato una disidratazione dei fanghi superiore al 75%.

I fanghi, portati ad una disidratazione maggiore del 60% e diventati così "palabili", possono esser riutilizzati tranquillamente come fertilizzante ed ammendante (compost per uso agricolo), purché le loro caratteristiche rientrino in determinati parametri limite (D.Lgs. 99/1992, per il fango; L.748/84, per l'ammendante). L'esperienza (Nielsen, 2005) ha dimostrato che la qualità finale del fango al termine di un ciclo di 10 anni, in termini di contenuto di metalli pesanti, sostanze organiche pericolose e microorganismi patogeni, è appropriata per l'utilizzo degli stessi come ammendanti in terreni agricoli.

I fanghi vengono pompati all'interno dei letti, spesso divisi in più comparti, in modo alternato, facendo seguire periodi di allagamento a periodi di riposo, per un tempo totale di circa 6-10 anni (dipendentemente dalle modalità realizzative dei letti stessi e dalla reale produzione di fanghi). Alla conclusione di tale periodo i letti vengono lasciati a riposo per un anno, ottenendo una spinta mineralizzazione del materiale accumulato, e quindi vengono parzialmente svuotati e preparati ad un nuovo ciclo.

Il percolato prodotto quotidianamente, derivante dal drenaggio dei letti presenta un basso grado di inquinamento, e viene ricircolato all'interno dell'impianto di trattamento secondario.

I meccanismi di decomposizione che si instaurano in un letto di fitodisidratazione sono piuttosto complessi e risultano dall'interazione fra le piante, i microrganismi, il sistema filtrante e lo strato di fango depositato. I principali meccanismi che si instaurano sono i seguenti:

- disidratazione, evapotraspirazione;
- percolazione;
- stabilizzazione;
- riossigenazione;





- processi di riduzione aerobici.

La fase di ispessimento avviene mediante la filtrazione del contenuto di solidi sulla superficie del bacino, costituita da uno strato crescente di fanghi residui, mentre la maggior parte dell'acqua filtra con moto verticale attraverso il suddetto strato ed i successivi strati inferiori di inerti (ghiaie fini e ghiaie grossolane). Il contenuto in acqua residuo che rimane nello strato superficiale viene ulteriormente ridotto mediante evapotraspirazione.

Nella realizzazione di un sistema di fitodisidratazione per il trattamento dei fanghi, gli schemi impiantistici più comunemente usati prevedono la realizzazione di un sistema filtrante, in gran parte paragonabile ai sistemi a flusso sommerso verticale appartenenti alle ben più diffuse tecniche di fitodepurazione per acque reflue. In sostanza quindi i letti di fitodisidratazione consistono in uno strato di materiali inerti drenanti (sabbie grossolane, ghiaie fini, pietrame di piccola pezzatura) di circa 50 cm di spessore, fornito di un sistema di drenaggio sul fondo che assicura sia l'uscita dei percolati dai letti sia l'aerazione dello strato di inerti dal basso, condizione essenziale per il mantenimento di condizioni aerobiche che assicurino i rendimenti ottimali del sistema. Il sistema di distribuzione dei fanghi sulla superficie dei letti viene dimensionato in modo da assicurare un'uniforme distribuzione del carico idraulico e del carico in sostanza secca (kg sost.secca/m²) sull'intera superficie dei letti.

Nei letti vengono inserite le *Phragmites Australis*, macrofite ampiamente e soddisfacentemente utilizzate nella fitodepurazione, che anche in questo caso "catalizzano" e coadiuvano efficacemente i processi di disidratazione e mineralizzazione, come mostrato da alcuni lavori scientifici in cui si paragonano letti senza piante con sistemi vegetati. L'acqua viene smaltita in gran parte per evapotraspirazione ed in parte mediante drenaggio naturale (il percolato viene normalmente ricircolato nell'impianto di depurazione). La presenza delle specie vegetali all'interno del letto oltre a garantire le condizioni necessarie al processo di essiccamento, evita l'intasamento del letto stesso e l'instaurarsi di fenomeni di anaerobiosi nei sottostanti strati, responsabili dell'emissione di cattivi odori e di una minore mineralizzazione della sostanza organica che costituisce il fango stesso. Gli stessi percolati presentano una qualità chimica nettamente migliore rispetto a quelli provenienti da letti non vegetati.

L'altezza delle sponde libere determina il periodo del ciclo gestionale del sistema di fitodisidratazione: usualmente tale altezza varia da 1 a 2 metri, per ottenere un ciclo completo di circa 10 anni.

Il ciclo di utilizzo dei letti di essiccamento ha inizio con una lenta fase di avvio, di circa 1 anno, a partire dalla quale comincia il riempimento dei letti con i fanghi (dai 6 ai 9 anni), la cui immissione è di tipo discontinuo (1-3 volte la settimana, meglio se con periodi di "riposo" di alcune settimane (3-7), per cui viene preferita una configurazione del sistema con almeno 6-8 letti in parallelo) in modo da permettere al fango di sedimentare ed essiccare gradualmente; terminata questa fase, si spinge la mineralizzazione finale degli





stessi fanghi (1 anno circa) senza più alimentare i letti (ed utilizzandone quindi uno solo in parallelo) per passare poi al parziale svuotamento dei letti e ad un nuovo inizio del ciclo.

Se lo svuotamento viene effettuato con perizia, senza distruggere o disturbare eccessivamente lo strato di inerti, ormai completamente popolato dai rizomi delle cannuce, il fragmiteto si svilupperà nuovamente in poche settimane.

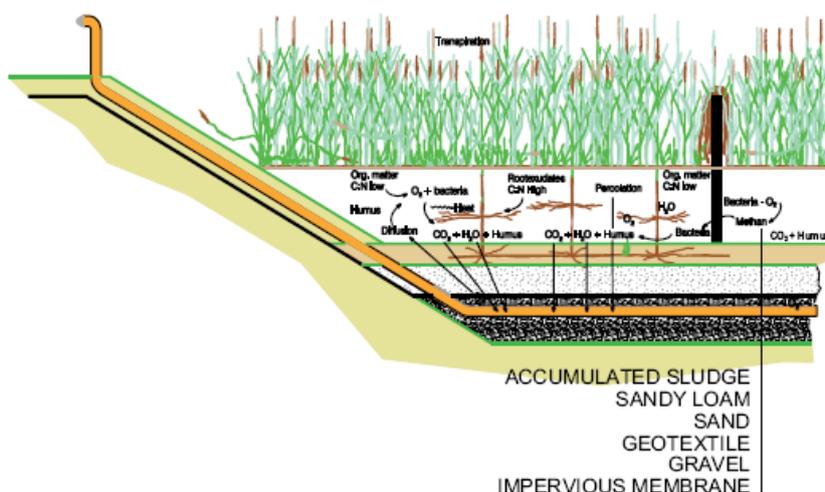


Figura 42: Sezione tipo di un impianto di fitodisidratazione fanghi (Nielsen, 2002)



Figura 43 - Impianti di fitodisidratazione realizzati in Italia (Fonti: Iridra, CNR/Acque Spa)



3.2 LE ALTERNATIVE PROGETTUALI

Lo schema di trattamento delle tre alternative proposte sono indicate in Tabella seguente:

	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Trattam. preliminare	Griglia automatica sub-verticale	Griglia automatica sub-verticale	Griglia automatica sub-verticale
Trattamento primario	UASB	UASB	/
	Imhoff (esistente)	Imhoff (esistente)	/
Trattamento secondario	VF	HF(esistente) + aerazione	Verticale alla francese (FRB)
	HF (esistenti)	HF (esistenti)	HF (esistente) + aerazione
Trattamento Terziario	Filtrazione a sabbia e UV	Filtrazione a sabbia e UV	Filtrazione a sabbia e UV
Fitodisidratazione fanghi	SI	SI	NO
Opere accessorie			Produzione energie rinnovabili (previsto mediante prog. separata)

Tabella 10: Schema riepilogativo - Alternative proposte

Ognuna delle tre alternative è dimensionata per raggiungere gli stessi risultati in termini di sottoprodotti, ovvero:

- Liquido tale da poter essere riutilizzato per irrigazione, ai sensi del DM 185/03 fintanto ancora valido e successivamente ai sensi del Regolamento (EU) 2020/741 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 maggio 2020 recante prescrizioni minime per il riutilizzo dell'acqua;
- Fanghi tali da poter essere impiegati in agricoltura come ammendante organico

3.2.1 Alternativa 1

Le acque reflue prodotte dall'attività civile subiscono un primo trattamento preliminare mediante grigliatura automatica subverticale, posta a monte nell'intero sistema.

Le acque così pretrattate sono immesse, mediante un impianto di sollevamento, in due reattori Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB), per subire un trattamento anaerobico primario. L'effluente pretrattato viene raccolto in un serbatoio e inviato in parte verso il sistema di zone umide costruite e in parte in un sistema di fitodisidratazione fanghi. Il biogas prodotto durante il trattamento anaerobico viene immagazzinato nella parte superiore del reattore UASB e inviato in un sistema di raccolta del biogas, per la produzione di energia elettrica.

Il trattamento secondario delle acque reflue avviene mediante due linee di trattamento in parallelo, composte da un sistema a flusso sommerso verticale e da un sistema a flusso sommerso orizzontale esistente, disposti in serie. Le due linee di trattamento in parallelo sono alimentate mediante un impianto di sollevamento, composto da un numero di 2 pompe, funzionanti in parallelo. Le due vasche Imhoff esistenti, sono funzionanti ed utilizzate come vasche di emergenza.





L'effluente trattato subisce un trattamento terziario per filtrazione a sabbia e UV, per poi essere immesse in un serbatoio di stoccaggio esistente, per potere essere prelevata per l'irrigazione.

Lo schema impiantistico si compone dei seguenti componenti di impianto:

1. Griglia automatica sub-verticale;
2. Impianto di sollevamento N°1;
3. UASB;
4. Sistema di recupero biogas e cogenerazione;
5. N° 1 pompa per estrazione fanghi;
6. Sistema di fitodisidratazione fanghi;
7. Impianto di sollevamento N°2;
8. N° 2 vasche Imhoff esistenti;
9. N° 2 linee in parallelo di trattamento composte da: N° 1 sistema a flusso sommerso verticale e N°1 sistema a flusso sommerso orizzontale esistente;
10. Impianto di sollevamento N°3;
11. Filtrazione a sabbia e UV;
12. Serbatoio di stoccaggio esistente;
13. rilancio contro-lavaggio filtro in testa all'impianto

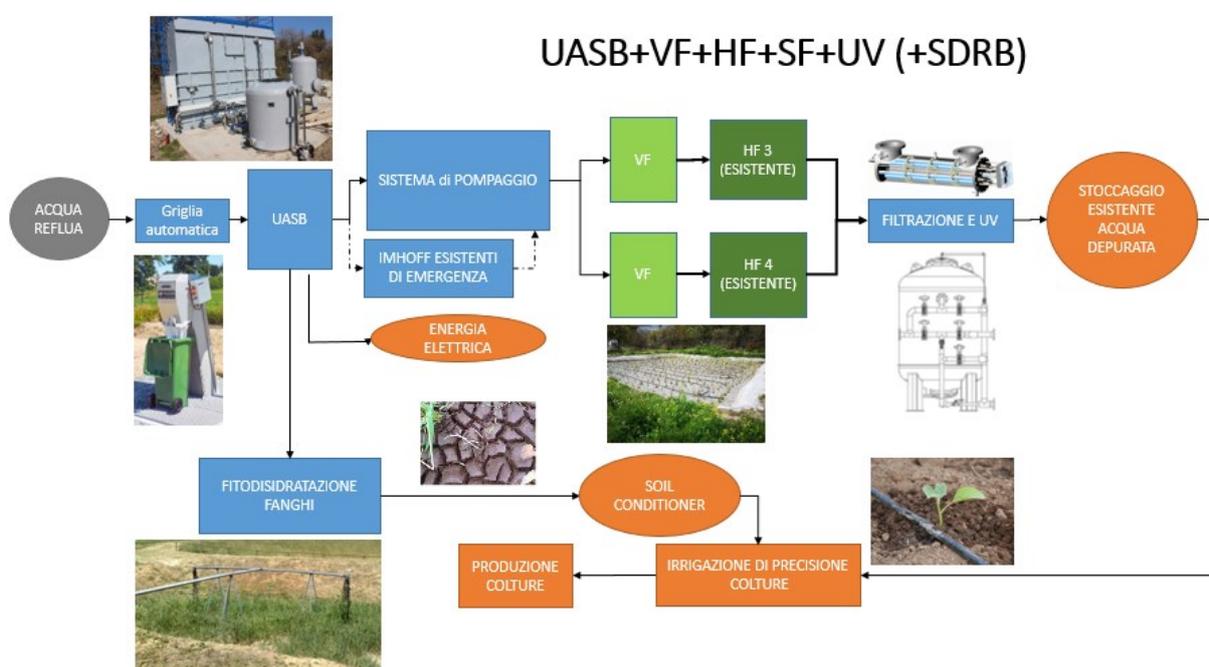


Figura 44: Schema a blocchi: Alternativa 1

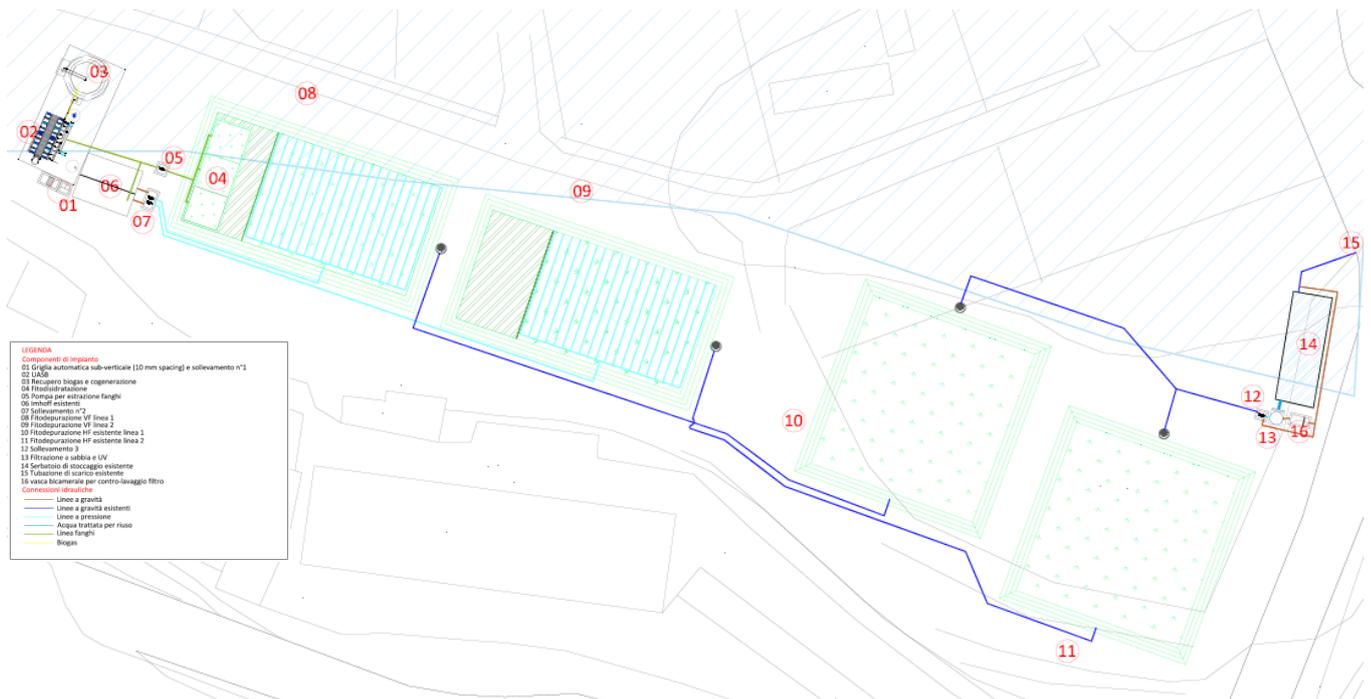


Figura 45: Schema impianto –Alternativa 1

3.2.1.1 *Trattamento preliminare*

Il trattamento preliminare previsto dal sistema consiste in una griglia automatica sub-verticale, con spaziatura tra le maglie di 10 mm.

Le griglie automatiche verticali a barre sono utilizzate per la grigliatura grossolana di sostanze presenti nelle acque reflue. Sono caratterizzate da un telaio in acciaio e da un filtro a barre, la cui luce varia a seconda del grado di grigliatura richiesto. La tipologia di griglia automatica considerata nel presente studio è la griglia subverticale SI350 con scarico del materiale trattenuto a valle, ideale per portate fino a 50 m³/h.





Parametro	Valore indicativo
Portata massima [m3/h]	50
Spaziatura delle barre [mm]	10
Larghezza [mm]	350
Sito di scarico	Valle
Pendenza	15°
Materiale	316 L

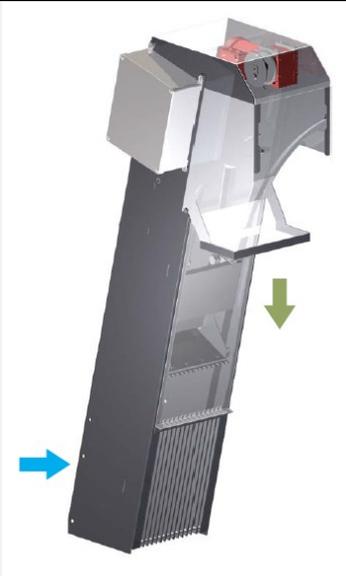



Figura 46: Esempio di griglia subverticale automatica (Fonte: FB Procèdès)

3.2.1.2 *Trattamento primario*

Le acque reflue subiscono un trattamento anaerobico primario, per mezzo di reattori Anaerobic Sludge Blanket (UASB).

Per l'impianto di Gorgona, la portata di ingresso varia tra 47,5 mc/giorno e 82,5 mc/giorno durante la stagione invernale e quella estiva, rispettivamente. In Tabella seguente sono presentate le caratteristiche delle acque reflue di ingresso:

PARAMETRI	Valore	Unità di misura
Temperatura	12-20	°C
pH	7,6	-
Conducibilità	1000	µS/cm
C.O.D.	813	mg/l
B.O.D. ₅	375	mg/l
TSS	275	mg/l
TKN	75	mg/l
N-NH ₄	75	mg/l

Tabella 11: Caratteristiche dell'influente

Lo schema impiantistico si compone dei seguenti elementi idraulici e rappresentati in **Figura 47:**





1. Reattori UASB (In Figura: R01A e R01B): serbatoi in acciaio, idraulicamente indipendenti, ma possono essere anche collegati;
2. Pozzetto di pompaggio (In Figura TA01): le acque reflue pretrattate verranno prima raccolte nel pozzetto di pompaggio, per poi essere pompate verso i reattori;
3. Serbatoio equalizzatore (In Figura TA02): serbatoio cilindrico in plastica rinforzata con fibra di vetro (GFRP). Viene utilizzato come serbatoio equalizzatore per l'alimentazione delle acque reflue verso i reattori R01A e R01B.
4. Serbatoio chiarificatore (In Figura TA03): serbatoio cilindrico in GFRP. Questo serbatoio consente il ricircolo di parte dell'effluente liquido anaerobico verso i reattori R01A e R01B. Questo ricircolo sarà necessario quando l'afflusso non è abbastanza alto da mantenere un'adeguata velocità ascensionale del liquido nel reattore, che probabilmente si verificherà durante le condizioni invernali (bassa portata). Inoltre, la turbolenza idrodinamica fornita dall'agitatore consente un'ulteriore separazione del metano dalla fase liquida. Il gas separato e immagazzinato nello spazio di testa del serbatoio viene inviato al sistema di raccolta del biogas.
5. Gasometro (In Figura: GA01): è un gasometro a doppia membrana, per lo stoccaggio del biogas. Viene mantenuto ad una pressione costante sotto l'azione di un soffiatore d'aria, che controlla la pressione in tutta la linea del biogas

Le apparecchiature associate alle principali unità operative del processo sono:

1. Attrezzature per il pompaggio delle acque reflue ai reattori UASB:
 - 1 pompa trituratrice sommersa per il pompaggio dell'influente al serbatoio di pompaggio delle acque reflue (PS01);
 - 1 Resistenza elettrica (RE01);
 - 1 vasca di pompaggio acque reflue (TA02);
 - 2 pompe centrifughe per il pompaggio di influenze agli UASB (PC01A / B);
 - 2 Pompe centrifughe per il ricircolo degli effluenti agli UASB (PC02A / B);
 - 1 vasca di ricircolo effluenti (TA03);
 - 1 agitatore (ST01).
2. Apparecchiature della linea biogas:
 - 1 gasometro (GA01);
 - 1 soffiante centrifuga elettrica (B01);
 - 1 rompifiamma (FA01);
 - 1 filtro a carboni attivi per la desolforazione del biogas (BF01).
3. Attrezzatura della linea dell'aria compressa:
 - 1 compressore d'aria.
4. Sensori / misuratori per il pompaggio delle acque reflue ai reattori UASB:
 - 1 sensore di temperatura per il serbatoio di pompaggio delle acque reflue (TI01);
 - 1 Sensore di livello per il serbatoio di pompaggio delle acque reflue (LI01);





- 2 sensori di pressione nella tubazione di afflusso (P01A / B);
- 2 sensori di pressione nella tubazione di afflusso (P01A / B);
- 1 Sensore di livello per il serbatoio di ricircolo degli effluenti (LI02);
- 2 sensori di pressione nella tubazione di afflusso (P02 A / B);
- 2 misuratori di portata Magneto-Induttivi nella tubazione di ricircolo (F02 A / B).

5. Sensori / misuratori nei reattori UASB:

- 2 sensori di temperatura (TI02A / B);
- 2 sensori di pH (pHI01A / B);
- 2 sensori Redox (RI01A / B).

6. Sensori / contatori nella linea biogas:

- 1 flussometro biogas (F03);
- 1 sensore di livello a ultrasuoni (LI04);
- 1 sensore di pressione biogas (P03).

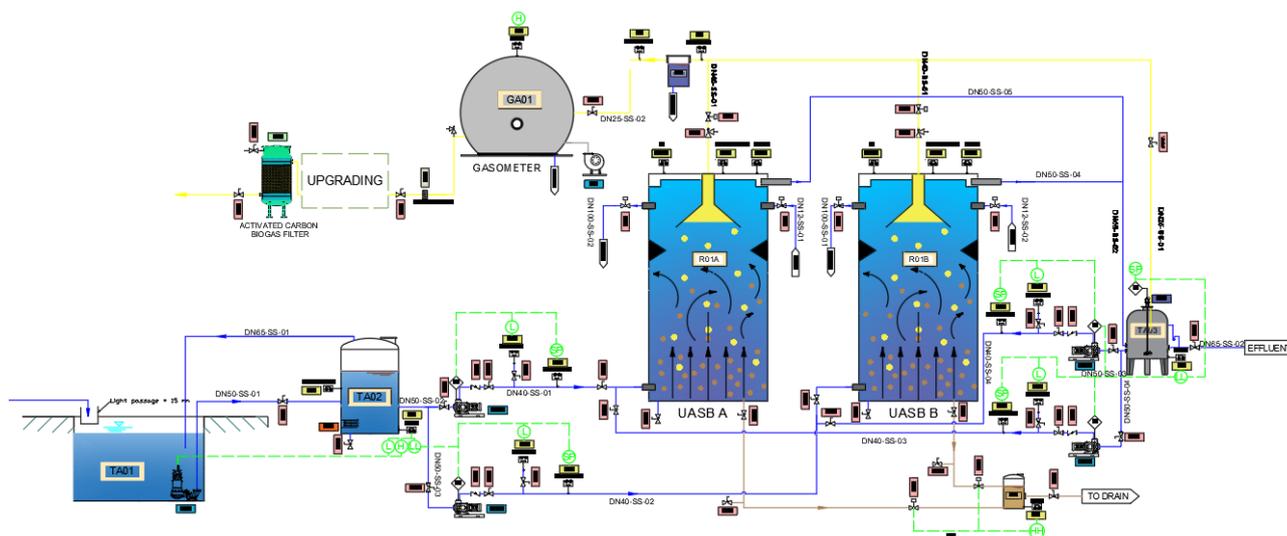


Figura 47: Idraulica principale del trattamento anaerobico UASB – (Progetto HYDROUSA)

L'acqua pre-trattata in ingresso viene pompata dal serbatoio di omogeneizzazione ai reattori UASB. Dopo il trattamento, l'effluente viene raccolto in un serbatoio e inviato verso il sistema di fitodepurazione. Nei reattori UASB è stato implementato un sistema di ricircolo del liquido. Questo ricircolo sarà attivato quando il flusso di influenza non è abbastanza alto da mantenere una velocità ascensionale minima. Si prevede che tale situazione si verifichi durante l'avvio del sistema e, probabilmente, anche durante l'inverno.

Il biogas prodotto durante il trattamento anaerobico viene raccolto nella parte superiore del reattore UASB e alimentato ad un gasometro.





	Lesbo	Gorgona
Portata media delle acque reflue (mc/y)	20075	23725
Concentrazione media COD (g COD/mc)	578	813
Carico di massa COD (kg COD/y)	11603,4	19288,4
Rapporto produzione di biogas (mc biogas/kg COD)	0,25	0,25
Portata di biogas (mc/y)	2900,8	4822,1

Tabella 12: Produzione teorica di Biogas – Confronto Impianto Lesbo – Gorgona

La produzione di fanghi è influenzata anche dalla quantità di acque reflue da trattare e dal carico organico. Si stima che in estate vengano prodotti circa 2 kgTSS / giorno, in media 1 kgTSS / giorno. La concentrazione di solidi sarà di circa il 2%, quindi circa 100 l/giorno e 50 l/giorno di fanghi verranno eliminati rispettivamente in condizioni di picco e medie

Il consumo di energia è calcolato in base al consumo individuale degli elementi. Si stima che circa 240 kWh / giorno (molti dispositivi elettrici non funzioneranno 24 ore su 24, 7 giorni su 7) come consumo energetico totale. Non sono previsti cambiamenti sostanziali tra le condizioni di picco e medie (forse circa il 10% in meno in condizioni medie). Nella tabella seguente vengono riepilogati i consumi in funzione della potenza richiesta e il tempo di funzionamento delle apparecchiature.

ELEMENTI	POTENZA [kW]	OPERAZIONI [ore/giorno]	ENERGIA GIORNALIERA [kWh/giorno]
Pompe sommerse	1,4	10	14,00
Resistenza	9	0,1	0,90
N°4 Pompe centrifughe	1,1	24	105,60
Agitatore	1,1	24	26,40
Blower	1,5	24	36,00
Compressore d'aria	1,5	0,5	0,75
4-20 sonde (20 unità)	0,19	24	4,61
TOTALE			238,08

Tabella 13: Consumo di energia stimato

3.2.1.3 *Trattamento secondario*

Il trattamento secondario consiste in due linee di trattamento in parallelo composte ciascuna da un sistema a flusso sommerso verticale (1° Stadio) e da un sistema a flusso sommerso orizzontale (2° Stadio, vasche esistenti n°3 e 4). Le due linee sono alimentate mediante un sistema di sollevamento, composto da un numero di 2 pompe funzionanti in parallelo.

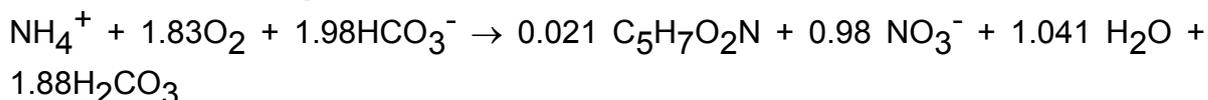
Il dimensionamento del sistema a flusso sommerso verticale si basa sulla seguente procedura:

1. Calcolo del fabbisogno di ossigeno (OD) sulla base di 1.0 kg di O₂ per kg di COD da rimuovere e di 4.3 kg di O₂ per kg di NH₄⁺ da ossidare (Cooper, 1996). Il fabbisogno di ossigeno per l'ossidazione dell'ammonio è stato calcolato sulla base





della stechiometria della reazione complessiva di ossidazione e sintesi del processo di nitrificazione biologica:



2. Dimensionamento del letto verticale considerando un coefficiente di aerazione superficiale (OTR) per m² di superficie: in tal modo si ottiene la superficie minima per avere il fabbisogno di ossigeno richiesto.

L'assunzione di un coefficiente di aerazione superficiale pari a 30 gO₂/m²d è abbastanza cautelativa ed è giustificata da numerosi studi internazionali: Platzer ha misurato sperimentalmente ratei di trasferimento dell'ossigeno pari a 23-64 gO₂/m²d, Green riferisce di valori di OTR nel range 50-60 gO₂/m²d e Cooper riporta valori compresi fra 50-90 gO₂/m²d (Kadlec e Wallace, 2008).

I dati di progetto assunti sono:

PARAMETRI		Unità di misura
Numero di abitanti equivalenti	280	a.e.
Portata di progetto	80	m ³ /d
Carico organico	16800	grBOD/g
Carico azotato	3200	grTKN/g
Concentrazione BOD5	210	mg/l
Concentrazione TKN	40	mg/l
Obiettivo depurativo BOD5	15	mg/l
Obiettivo depurativo TKN	2	mg/l

Tabella 14: Dati di progetto del sistema di fitodepurazione a flusso sommerso verticale

Le equazioni di dimensionamento adottate portano a precise superfici utili del sistema depurativo, pari a **500 mq**, suddiviso in due vasche alimentate in modo alternato discontinuo. Successivamente le acque vengono collegate alle vasche di fitodepurazione a flusso sommerso orizzontale esistenti n°3 e n°4.

3.2.1.4 *Trattamento terziario*

L'effluente trattato, subisce un processo di affinamento e disinfezione mediante un sistema di filtrazione in sabbia e lampada UV. Il sistema di filtrazione a sabbia e UV è alimentato mediante un impianto di sollevamento. L'effluente trattato verrà convogliato per gravità presso un serbatoio di stoccaggio esistente.

3.2.1.1 *Letti di fitodisidratazione fanghi (SDRB)*

Il letto di fitodisidratazione fanghi (SDRB) è stato progettato sulla base dei fanghi prodotti dal sistema di trattamento aerobico UASB, secondo i dati di letteratura riportati da IWA e secondo i dati forniti dal produttore sulla base dell'esperienza di Hydro 1 in Hydrousa.





	IWA	Hydro1	UNITA' DI MISURA
produzione fanghi annua	1,6	0,64	tonST/anno
produzione fanghi annua estratti da uasb (2%)	78	32	mc/anno
accumulo annua in SDRB (40%)	4	2	mc/anno
produzione fanghi annua dopo SDRB (60% allo svuotamento finale)	3	1	mc/anno
Fitodisidratazione fanghi			
SLR	40	40	KgTS/mq
Superficie netta richiesta	39	16	mq
ingombro di massima	78	32	mq
altezza disponibile per accumulo fanghi	1,0	1,0	m
volume di accumulo fanghi	39	16	mc
crescita fango attesa annua	0,10	0,10	m
estrazione fanghi ogni	10,00	10,00	anni

Tabella 15: Dati di progetto sistema di fitodisidratazione fanghi

Si prevede un sistema di fitodisidratazione fanghi (SDRB) di **45 mq**; suddiviso a sua volta in N° 3 letti da **15 mq**.

3.2.2 Alternativa 2

Le acque reflue prodotte dall'attività civile subiscono un primo trattamento preliminare mediante filtratura automatica subverticale, posta a monte dell'intero sistema.

Come in alternativa 1, le acque così pretrattate sono immesse, mediante un impianto di sollevamento, in due reattori Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB), per subire un trattamento anaerobico primario. L'effluente pretrattato viene raccolto in un serbatoio e inviato in parte verso il sistema di zone umide costruite e in parte in un sistema di fitodisidratazione fanghi. Il biogas prodotto durante il trattamento anaerobico viene immagazzinato nella parte superiore del reattore UASB e inviato in un sistema di raccolta del biogas, per la produzione di energia elettrica.

Il trattamento secondario delle acque reflue avviene mediante due linee di trattamento in parallelo, composte da un sistema a flusso sommerso orizzontale esistente (1° Stadio), potenziato con un sistema di aerazione, e da un sistema a flusso sommerso orizzontale esistente, disposti in serie (2° Stadio). Le due linee di trattamento in parallelo sono alimentate mediante un impianto di sollevamento, composto da un numero di 2 pompe, funzionanti in parallelo. Le due vasche Imhoff esistenti, sono funzionanti ed utilizzate come vasche di emergenza.

L'effluente trattato subisce un trattamento terziario per filtrazione a sabbia e UV, per poi essere immesse in un serbatoio di stoccaggio esistente, per potere essere prelevata per l'irrigazione.

Lo schema impiantistico si compone dei seguenti componenti di impianto:





1. Griglia automatica sub-verticale;
2. Impianto di sollevamento N°1;
3. UASB;
4. Sistema di recupero biogas e cogenerazione;
5. N° 1 pompa per estrazione fanghi;
6. Sistema di fitodisidratazione fanghi;
7. Impianto di sollevamento N°2;
8. N° 2 vasche Imhoff esistenti;
9. N° 2 linee in parallelo di trattamento composte da: N° 1 sistema a flusso sommerso orizzontale, potenziato con un sistema di aerazione e N°1 sistema a flusso sommerso orizzontale esistente;
10. Impianto di sollevamento N°3;
11. Filtrazione a sabbia e UV;
12. Serbatoio di stoccaggio esistente;
13. rilancio contro-lavaggio filtro in testa all'impianto

Lo schema impiantistico proposto è il seguente:

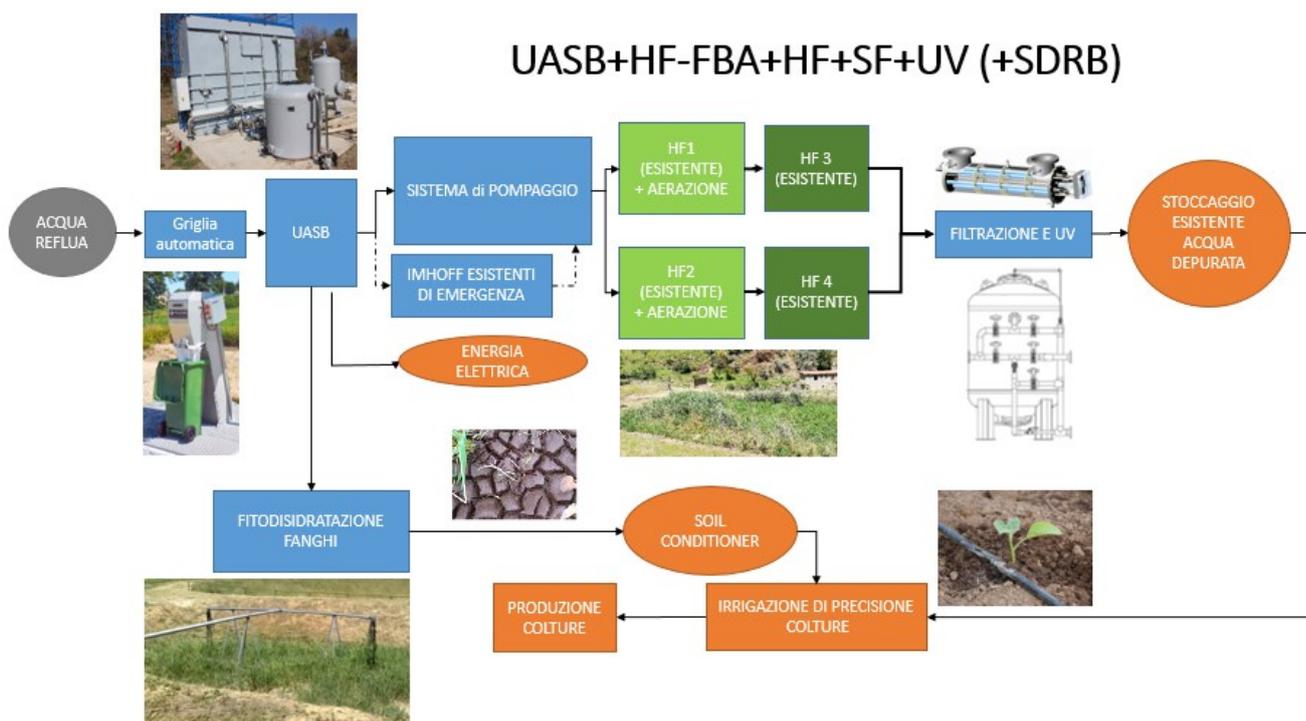


Figura 48: Schema a blocchi: Alternativa 2

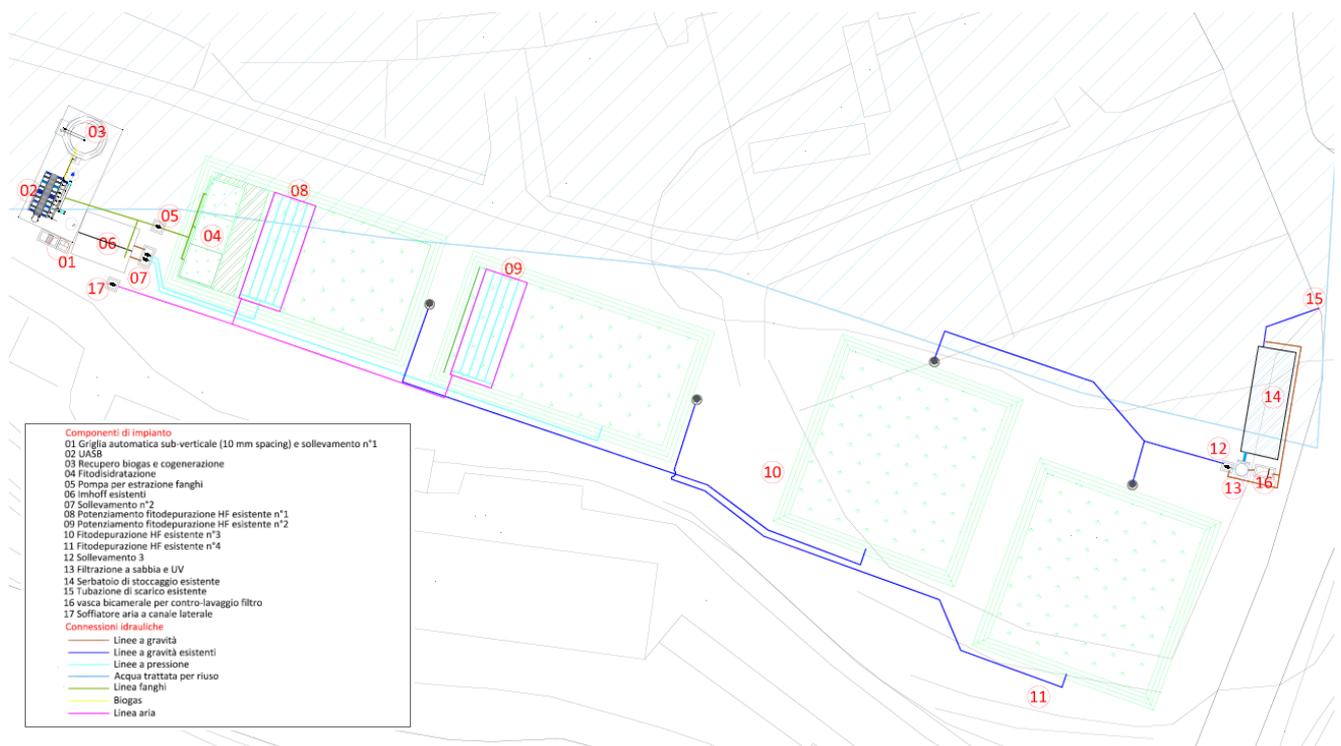


Figura 49: Schema impianto – Alternativa 2

3.2.2.1 *Trattamento preliminare*

Il trattamento preliminare previsto dal sistema consiste in una griglia automatica sub-verticale, con spaziatura tra le maglie di 10 mm, come nelle altre alternative.

3.2.2.2 *Trattamento primario*

Le acque reflue subiscono un trattamento anaerobico primario, per mezzo di reattori Anaerobic Sludge Blanket (UASB), per i quali si può fare riferimento alla alternativa n°1.

3.2.2.3 *Trattamento secondario*

Il trattamento secondario consiste in due linee di trattamento in parallelo composte ciascuna da un sistema a flusso sommerso orizzontale esistente, potenziato mediante un sistema di aerazione (1° Stadio) e da un sistema a flusso sommerso orizzontale esistente (2° Stadio, vasche esistenti n°3 e 4). Le due linee del primo stadio sono alimentate mediante un sistema di sollevamento, composto da un numero di 2 pompe funzionanti in parallelo.

La **fitodepurazione areata** è una tecnica di fitodepurazione intensificata (Wu et al., 2014) che consente, per mezzo di un sistema di aerazione interno ai letti a flusso sub-superficiale, di aumentare le rese depurative riducendo l'area richiesta. Nei comparti di





fitodepurazione si realizza l'abbattimento delle sostanze organiche (BOD_5), la nitrificazione dell'ammoniaca a nitrati e la denitrificazione dei nitrati ad azoto elementare. Il dimensionamento viene effettuato sull'abbattimento del carico organico e dell'azoto ammoniacale (nitrificazione). Il dimensionamento si basa sul bilancio di ossigeno, come avviene in maniera analoga per i dimensionamenti dei letti di fitodepurazione a flusso verticale visti precedentemente. Il bilancio di ossigeno è calcolato sulla base della richiesta di ossigeno del BOD_5 e per la nitrificazione del $N-NH_4^+$.

A favore di sicurezza si dimensiona l'impianto in modo che sia in grado di fornire tutto l'ossigeno necessario per degradare il BOD_5 e nitrificare l'ammonio in ingresso di progetto.

La domanda totale di ossigeno (TOD) richiesta per centrare gli obiettivi depurativi scelti viene calcolata con la seguente formula:

$$TOD = (BOD_{IN} - BOD_{OUT}) + 4,6(NH_4_{IN} - NH_4_{OUT})$$

ottenendo $TOD_{tot,giorno} = 95-152 \text{ KgO}_2/\text{giorno}$ nei vari scenari depurativi analizzati.

Il tasso di trasferimento dell'ossigeno ($SOTR$) in uscita dai fori ed immesso nel letto è funzione della pressione dell'aria interna ai tubi, della portata d'aria interna fornita dal compressore e dall'efficienza di trasferimento dell'ossigeno, quest'ultimo misurato per via sperimentale sui sistemi di fitodepurazione che adottano la tecnologia di aerazione FBA^{TM} sviluppata da Scott D. Wallace, e utilizzata nel presente progetto.

Sulla base del dimensionamento precedentemente esposto, in riferimento al caso più critico per quanto riguarda il TOD , la superficie d'ingombro dell'impianto risulta di **130 m²**, **portata aria di 110 m³/h con una pressione di 150 mbar**, considerando di attuare una aerazione intermittente per non più di 14 h al giorno di modo da lasciare un adeguato tempo di ritenzione idraulico per lo sviluppo anche di processi di denitrificazione. Utilizzando dripline con 4 emettitori al metro, si ottiene 1300 m di tubazioni di aerazione.

Nella tabella seguente si riportano i calcoli di verifica nello scenario massimo.

Portata	80	m ³ /g
BOD	63	mg/l
N-NH ₄	40	mg/l
OLR	39	grBOD/m ²
HRT	0,6	giorni
Superficie fitodepurazione	130	m ²
Out		
BOD	5	mg/l
N-NH ₅	2	mg/l
TOD (total oxigen demand)	19760	gr/giorno
TOD (total oxigen demand)	152	gr/m ² g
profondità acqua	1	m





pressione idrostatica	100	mbar
n° di orifici per metro lineare	4,0	per m
portata di aria richiesta	125	m3/h
capacità soffiatore di progetto	1x125	m3/h
lunghezza tubi di aerazione di progetto	1300	
spaziatura tubi di aerazione in vasca	10	
h al giorno di funzionamento	14	
consumi energetici massimi	18	KWh/giorno
consumi energetici (considerando diversi scenari di portata)	4680	KWh/anno

Tabella 16. Calcoli di verifica sistema di aerazione

3.2.2.4 *Trattamento di disinfezione*

Come in alternativa 1, l'effluente trattato, subisce un processo di affinamento e disinfezione mediante un sistema di filtrazione in sabbia e lampada UV. Il sistema di filtrazione a sabbia e UV è alimentato mediante un impianto di sollevamento. L'effluente trattato verrà convogliato per gravità presso un serbatoio di stoccaggio esistente.

L'effluente chiarificato, proveniente da sistemi di depurazione, possono subire un processo di affinamento mediante sistemi di filtri a sabbia. La filtrazione è un processo di depurazione meccanico delle acque reflue, che consiste nella rimozione dei solidi sospesi mediante il passaggio del fluido attraverso un filtro in sabbia.

Installation diagram

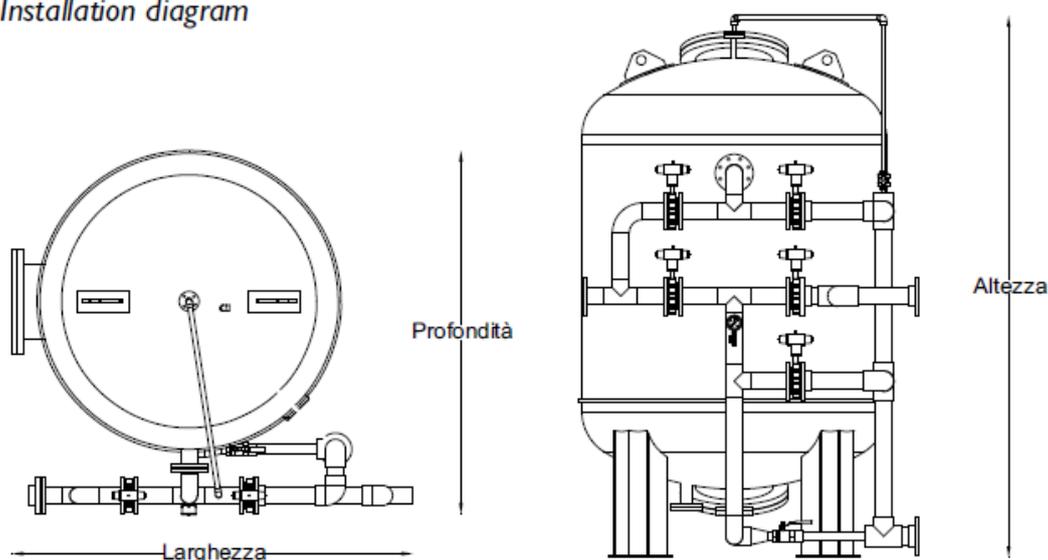


Figura 50: Schema di filtro a sabbia



Il processo di disinfezione delle acque reflue ha lo scopo di abbattere la carica batterica residua presente nell'effluente finale. Il trattamento di disinfezione a raggi UV evita la creazione di sottoprodotti tossici e nel contempo favorisce il processo di disinfezione.

Il sistema si compone principalmente da:

1. Reattore cilindrico in acciaio inossidabile;
2. Lampade UV a bassa pressione ed alta intensità, disposizione concentrica parallela al flusso;
3. Sensore d'intensità irraggiamento UV;
4. Sistema di monitoraggio e controllo con microprocessore;
5. Controllo temperature esercizio;
6. Potenza lampade regolabile.

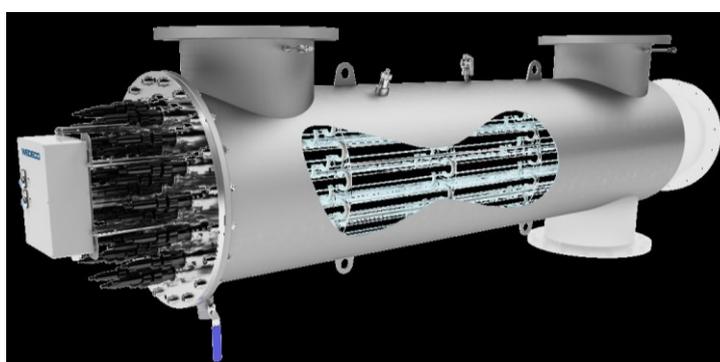


Figura 51: Disinfezione con lampade UV (da *SERIE LBX-E - Xylem*)

3.2.2.5 Letti di fitodisidratazione fanghi (SDRB)

Come in alternativa 1, si prevede un sistema di fitodisidratazione fanghi (SDRB) di **45 mq**; suddiviso a sua volta in N° 3 letti da **15 mq**

3.2.3 Alternativa 3

Le acque reflue prodotte subiscono un primo trattamento preliminare mediante grigliatura automatica subverticale, posta a monte nell'intero sistema.

Le acque così pretrattate sono immesse in un sistema a flusso sommerso verticale alla francese; costituito da tre settori di alimentazione. Il sistema alla francese FRB è posizionato in corrispondenza dell'attuale vasca a flusso sommerso orizzontale (1° stadio) di una delle linee di trattamento in parallelo esistenti; ed è alimentato da un impianto di sollevamento costituito da tre pompe, funzionanti in parallelo, poste in prossimità della vasca. Successivamente, l'effluente subisce un trattamento mediante due vasche a flusso sommerso orizzontale esistenti, poste in parallelo, potenziate mediante sistema di aerazione.



L'effluente trattato subisce un trattamento terziario per filtrazione a sabbia e UV, per poi essere immesse in un serbatoio di stoccaggio esistente, per potere essere prelevata per l'irrigazione.

Lo schema impiantistico si compone dei seguenti componenti di impianto:

1. Griglia automatica sub-verticale;
2. Impianto di sollevamento N°1, per l'alimentazione del sistema FRB;
3. Sistema a flusso sommerso verticale VF alla francese (FRB), costituita da tre settori di alimentazione;
4. N° 2 linee di trattamento in parallelo, costituite ciascuna da N° 1 vasca a flusso sommerso orizzontale (HF) esistente, potenziato mediante sistema di aerazione;
5. Impianto di sollevamento N°2;
6. Filtrazione a sabbia e UV;
7. Serbatoio di stoccaggio esistente;
8. rilancio contro-lavaggio filtro in testa all'impianto

Lo schema impiantistico proposto è il seguente:

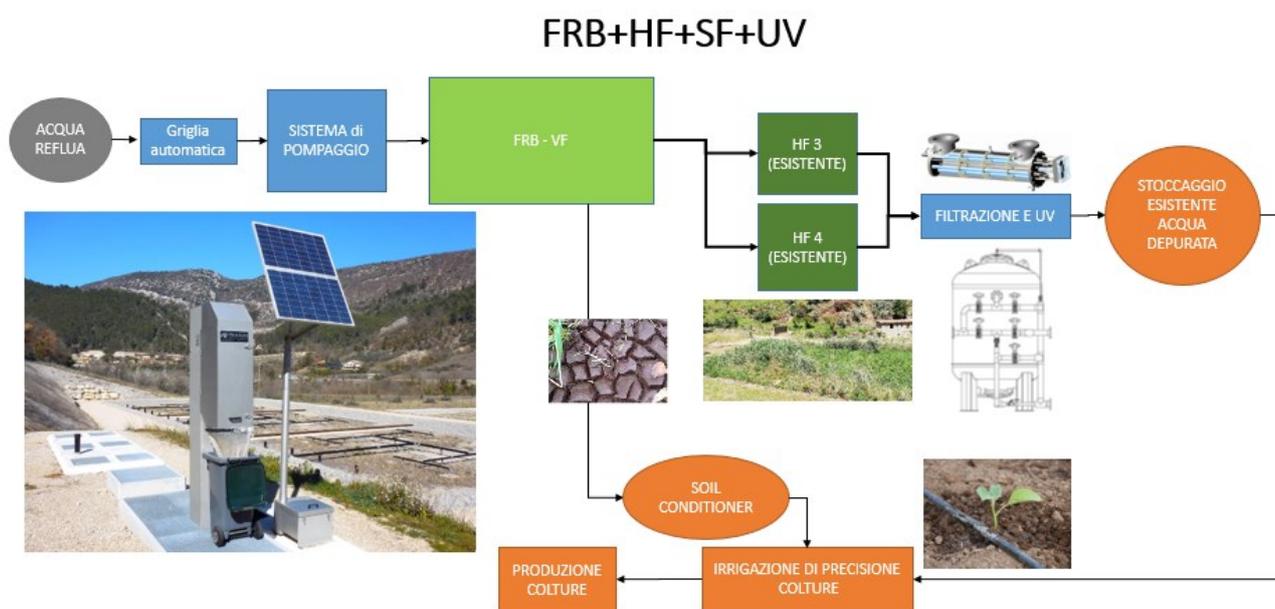


Figura 52: Schema a blocchi: Alternativa 3

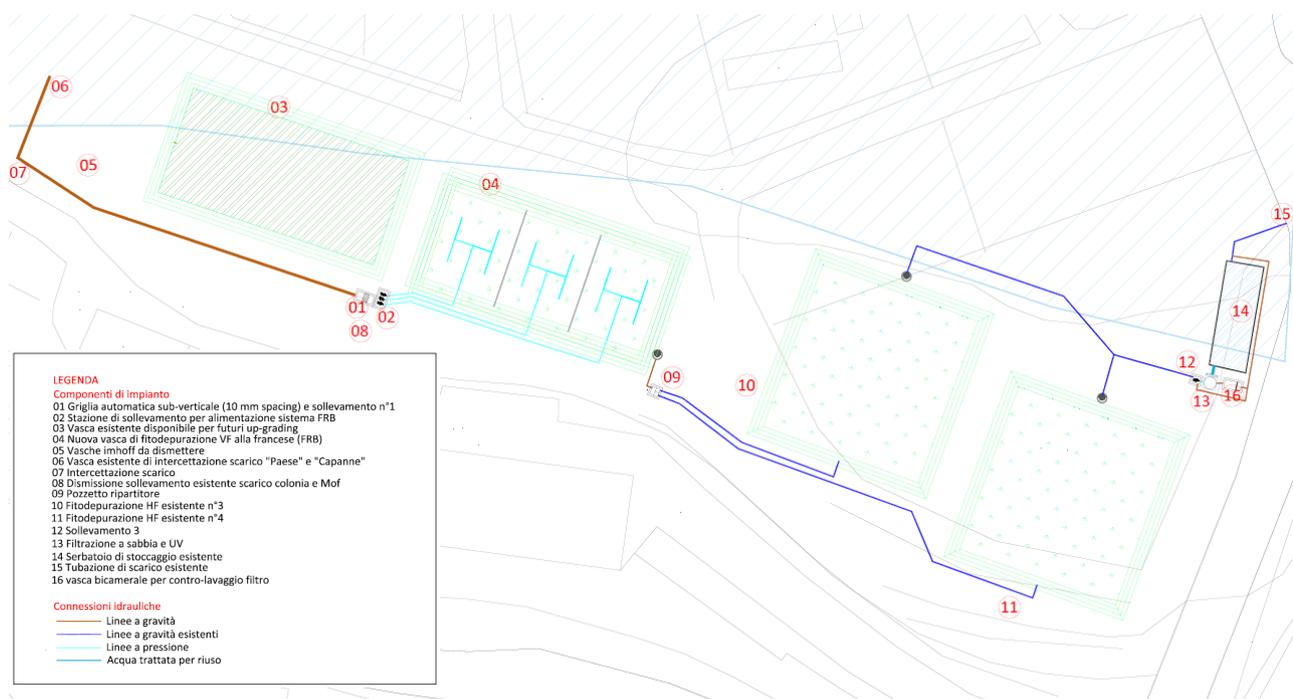


Figura 53: Schema impianto – Alternativa 3

3.2.3.1 *Trattamento preliminare*

Il trattamento preliminare previsto dal sistema consiste in una griglia automatica sub-verticale, con spaziatura tra le maglie di 10 mm, come nelle altre alternative.

3.2.3.2 *Trattamenti primari e secondari*

Il trattamento secondario si compone da un sistema a flusso sommerso verticale alla francese (FRB) (1°Stadio) e da due linee in parallelo di trattamento successiva, costituite ciascuna da un sistema a flusso sommerso orizzontale (HF) esistente, potenziato mediante sistema di aerazione. Il sistema alla francese è alimentato da un sistema di sollevamento, composto da un numero di 3 pompe funzionanti in parallelo.

I criteri di progettazione seguiti si riferiscono per quanto riguarda i bacini a flusso verticale per il trattamento di liquami grezzi all'esperienza del Cemagref (Istituto di Ricerca per l'Agricoltura e l'Ingegneria Ambientale francese, ora IRSTEA) che da circa 25 anni sviluppa in Francia numerosi applicazioni di questo tipo di impianti (Molle et al., 2005, Lienard et al., 2010, Troesch et al., 2010, Boutin et al., 2010).

I principali parametri dimensionali indicati dal Cemagref sono riportati nella seguente tabella: i valori massimi misurati mostrano come impianti di questo tipo funzionino correttamente anche con valori superiori a quelli consigliati. Le efficienze medie di rimozione sono intorno all'80% per il COD, al 90% per i SS e al 50-60% per il TKN.





Carico idraulico		Carico organico come COD		Carico solidi sospesi		Carico sostanze azotate come TKN	
m/giorno		g/m ² per giorno		g/m ² per giorno		g/m ² per giorno	
Valore consigliato	Valore massimo misurato	Valore consigliato	Valore massimo misurato	Valore consigliato	Valore massimo misurato	Valore consigliato	Valore massimo misurato
0.12	0.37	100	300	50	150	8-10	25-30

Tabella 17 – Valori dei carichi limite riportati dal Cemagref (Molle et al., 2005)

Nel dimensionamento della superficie utile delle vasche a flusso verticale per liquami grezzi si è fatto riferimento allo scenario più critico; il sistema a flusso sommerso verticale (VF) alla francese (FRB) sarà costituito da una vasca di circa **300 mq**, suddivisa in tre settori di alimentazione di area **100 mq**.

Carico organico come COD - g/m ² per giorno		
INVERNO	PRIMAVERA ESTATE	AGOSTO
75	98	112

Tabella 18. Carico organico (OLR) del 1° stadio al variare dell'utenza

Per quanto riguarda il design delle vasche si sono seguite le indicazioni delle linee guida francesi (Molle et al., 2005; Troesch et al., 2010, Lienard, 2010) sia per la granulometria dei materiali di riempimento e l'altezza del letto e del freeboard, sia per quanto concerne la geometria del sistema di distribuzione e le pompe scelte.

L'altezza del freeboard è di 40 cm: considerando un tasso medio di crescita annuo di circa 1 cm (Lienard, 2010) e una massima altezza dello strato di fango pari a 15 cm l'impianto è teoricamente in grado di funzionare per circa 15 anni senza bisogno di alcun svuotamento. Al termine di questo periodo i fanghi dovranno essere estratti e avranno caratteristiche tali da permetterne il riuso come compost in agricoltura. Lo svuotamento delle vasche non danneggerà inoltre la ricrescita delle essenze vegetali.

Per la stima delle rese depurative previste per lo stadio a flusso verticale per liquami grezzi si fa riferimento ai risultati presentati dal Alain Lienard nel corso dell'ultima Conferenza IWA ICWS2010, assumendo quindi un'efficienza media del 80% per il COD, del 90% per i solidi sospesi e del 60% per il TKN. Tali risultati sono la media osservata nei 400 impianti monitorati e testati per 3 anni dal Cemagref su popolazioni comprese tra i 500 e i 2000 a.e.

	COD		SS		TKN	
	% Removal	Outlet concentration mg.L ⁻¹	% Removal	Outlet concentration mg.L ⁻¹	% Removal	Outlet concentration mg.L ⁻¹
520 < COD < 1400 (mean 840) mg.L ⁻¹	Mean 82 ± 3 (N) (34)	145 ± 24 (34)	89 ± 3 (34)	33 ± 7 (34)	60 ± 6 (34)	35 ± 7 (34)
	SD 7	70	7	19	16	18

Tabella 19. Rendimenti medi del 1° stadio RBF per reflui grezzi





I dati di progetto assunti sono:

PARAMETRI		Unità di misura
Numero di abitanti equivalenti	280	a.e.
Portata di progetto	80	m ³ /d
Carico organico	16800	grBOD/g
Carico azotato	3200	grTKN/g
Concentrazione BOD5	210	mg/l
Concentrazione TKN	40	mg/l
Obiettivo depurativo BOD5	63	mg/l
Obiettivo depurativo TKN	20	mg/l

Tabella 20: Dati di progetto del sistema di fitodepurazione a flusso sommerso verticale

Per quanto riguarda il potenziamento dei sistemi orizzontali esistenti (3° e 4° bacino), si sono seguiti sostanzialmente i criteri già visti in alternativa 2, andando ad installare al loro ingresso un sistema di aerazione sul fondo per rispettare i limiti temporanei del DM 185/03 per quanto riguarda l'ammoniaca. Quello che cambia è un minore consumo energetico dato che rispetto al sistema UASB, in tale alternativa le concentrazioni di azoto ammoniacale in uscita dai sistemi alla francese sono ridotte del 50%. Di conseguenza il compressore ha una capacità di 80 m³/h invece che 125 m³/h, con un risparmio di circa il 35% dei consumi energetici per l'aerazione, stimabili in 3000 kWh/anno.

3.2.3.3 *Trattamento terziario*

Come nelle altre alternative, l'effluente trattato, subisce un processo di affinamento e disinfezione mediante un sistema di filtrazione in sabbia e lampada UV. Il sistema di filtrazione a sabbia e UV è alimentato mediante un impianto di sollevamento. L'effluente trattato verrà convogliato per gravità presso un serbatoio di stoccaggio esistente.

3.2.3.4 *Produzione energie rinnovabili*

Per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, poiché in tale alternativa non si può contare su produzione di energia elettrica a partire dalle acque reflue come nel caso dell'UASB, si prevede il recupero da energie rinnovabili di 5000 kWh/anno. Tale progetto verrà sviluppato separatamente dal progetto dell'impianto di depurazione.





4. ANALISI DELLE ALTERNATIVE

4.1 ALTERNATIVA N°1

Le operazioni necessarie per l'adeguamento dell'impianto sono le seguenti:

1. Realizzazione impianto UASB con stazione di sollevamento;
2. Sostituzione delle due vasche a flusso sommerso orizzontale (1° stadio – linee di trattamento in parallelo), con due vasche a flusso sommerso verticale;
3. Realizzazione del nuovo sistema di fitodisidratazione fanghi;
4. Impianto di sollevamento per estrazione fanghi, al fine di alimentare il sistema di fitodisidratazione fanghi;
5. Messa in opera del sistema di filtrazione a sabbia e UV;
6. Nuovo impianto di sollevamento per l'alimentazione del sistema di filtrazione a sabbia e UV.

I costi per la realizzazione delle opere civili ed elettromeccaniche sono pari a circa **715.000,00 €**. Circa il 44% del costo di realizzazione dell'impianto è destinato per fornitura ed installazione del sistema UASB chiavi in mano; compreso di progettazione e training operatori.

OPERE CIVILI ED ELETTRMECCANICHE – ALTERNATIVA 1	Costi a corpo
	€
Trattamenti preliminari	20.000,00
Demolizioni esistente e opere in cls per nuovo canale di arrivo	5.000,00
fornitura ed installazione griglia automatica sub-verticale	10.000,00
sistema di pompaggio per alimentazione sistema UASB	5.000,00
Opere relative a sistema di digestione anaerobica	48.000,00
Opere civili per predisposizione impianti	15.000,00
Sistema di recupero bio-gas e cogenerazione	30.000,00
collegamenti idraulici ed elettrici	3.000,00
Impianto di fitodepurazione	81.000,00
Scavi, rilevati, rinterri e regolarizzazione delle superfici	10.000,00
Riempimento delle vasche con inerti a granulometria variabile	27.000,00
Vasca di sollevamento per alimentazione sistema VF	11.000,00
pozzetti e loro accessori	2.000,00
Impermeabilizzazioni e rivestimenti	12.000,00
Tubazioni e pezzi speciali in PVC	13.000,00
Opere a verde	6.000,00
Opere per sistema di filtrazione e disinfezione	37.000,00
sistema di sollevamento per alimentazione filtro	5.000,00





OPERE CIVILI ED Elettromeccaniche – ALTERNATIVA 1	Costi a corpo
	€
Opere civili per predisposizione impianti	2.000,00
collegamenti idraulici ed elettrici	2.000,00
Fornitura ed installazione filtro a sabbia	16.000,00
fornitura ed installazione disinfezione tramite lampada UV	12.000,00
Fitodisidratazione Fanghi (SDRB)	16.000,00
Scavi, rilevati, rinterrati e regolarizzazione delle superfici	2.000,00
Riempimento delle vasche con inerti a granulometria variabile	2.000,00
Vasca di sollevamento per alimentazione sistema VF	5.000,00
pozzetti e loro accessori	1.000,00
Impermeabilizzazioni e rivestimenti	3.000,00
Tubazioni e pezzi speciali in PVC	2.000,00
Opere a verde	1.000,00
Opere accessorie	74.000,00
Demolizione esistente e rifacimento pozzetti di ingresso vasche HF 3 e 4	4.000,00
Demolizione esistente e rifacimento pozzetti di uscita vasche HF 3 e 4	2.000,00
Pulizia e ricostituzione sistema di alimentazione vasche HF 3 e 4	3.000,00
Nuova vasca di stoccaggio finale separata da acque meteoriche	45.000,00
Opere di disconnessione acque meteoriche da vasca di pompaggio "Paese"	20.000,00
Opere per irrigazione	35.000,00
sistema di pompaggio per irrigazione	5.000,00
Reti di microirrigazione	20.000,00
Stazione meteo e sensoristica	10.000,00
Opere elettriche	30.000,00
Cavidotti, cavi e cablaggi	5.000,00
Quadro elettrico generale di potenza e automazione, incluso telecontrollo	25.000,00
Trasporti	45.000,00
inerti per sistema di fitodepurazione	30.000,00
materiali di costruzione	15.000,00
Sicurezza	19.000,00
TOTALE NETTO	405.000,00
FORNITURE IMPIANTI CHIAVI IN MANO	
Fornitura ed installazione sistema UASB chiavi in mano compreso progettazione e training operatori	310.000,00
TOTALE NETTO	310.000,00
TOTALE INVESTIMENTO	715.000,00

Tabella 21: Costi opere civili ed elettromeccaniche [€/anno] – Alternativa 1



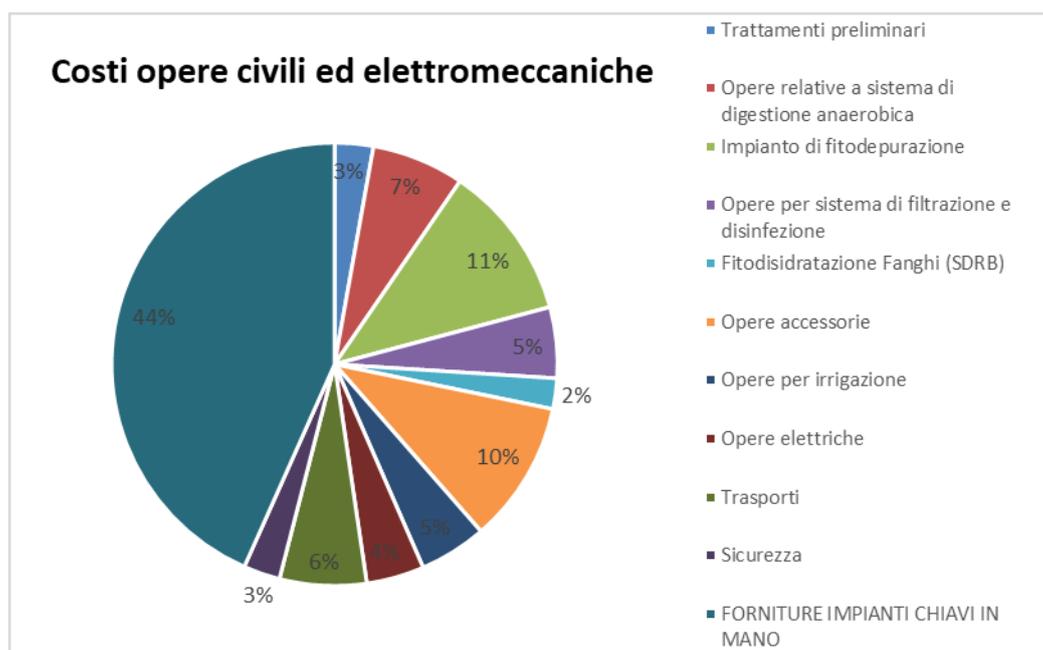


Figura 54: Costi opere civili ed elettromeccaniche – Alternativa 1

Il quadro economico di massima è stimato a circa **906.852,40 €**; le principali voci di spesa sono indicate nella seguente Tabella.

QE DI MASSIMA - ALTERNATIVA 1	€
opere e sicurezza	405.000,00
imprevisti	20.250,00
Forniture	310.000,00
Oneri per progettazione definitiva ed esecutiva, PSC	31.800,00
indagini geologiche e geotecniche, archeologiche, analisi terre da scavo relazioni geologiche e geotecniche compreso oneri previdenziali	10.000,00
DDLL e CSE	33.000,00
predisposizione ed esecuzione gare da appalto	3.270,00
CAP su oneri tecnici	2.832,00
IVA su lavori	73.525,00
IVA su oneri tecnici	17.175,40
TOTALE [€]	906.852,40

Tabella 22: Quadro economico di massima [€] – Alternativa 1



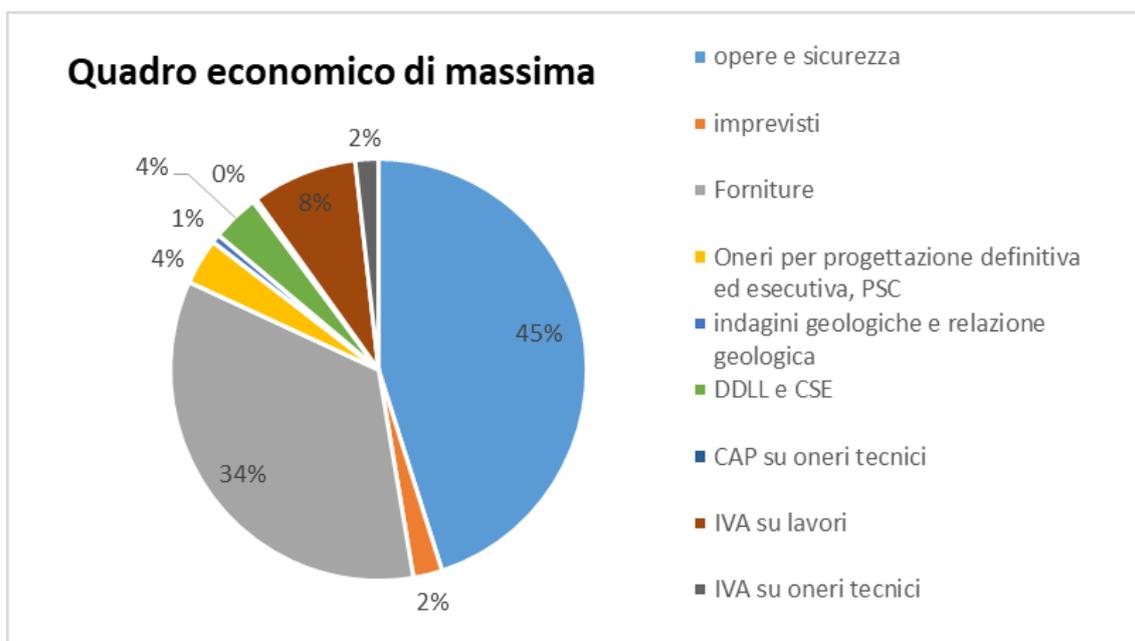


Figura 55: Quadro economico di massima – Alternativa 1

Il costo di gestione dell'impianto equivale a circa **26.700 €/anno**; dove i consumi elettrici e i costi di manutenzione ordinaria delle opere meccaniche equivalgono rispettivamente al 45% e 27% del costo totale di gestione.

COSTI DI GESTIONE – ALTERNATIVA 1	€/ANNO
smaltimento fanghi e grigliati	200,00
taglio e smaltimento piante sistema di fitodepurazione	960,00
controlli impianto (300 h/anno)	3.000,00
Consumi elettrici	11.900,00
manutenzioni ordinarie opere elettromeccaniche (2% costo)	7.260,00
manutenzioni ordinarie opere civili (0,5% costo)	1.760,00
visite specialistiche e campionamenti analitici all'anno (2 per anno)	1.600,00
Totale	26.680,00

Tabella 23: Costi di gestione [€/anno] – Alternativa 1



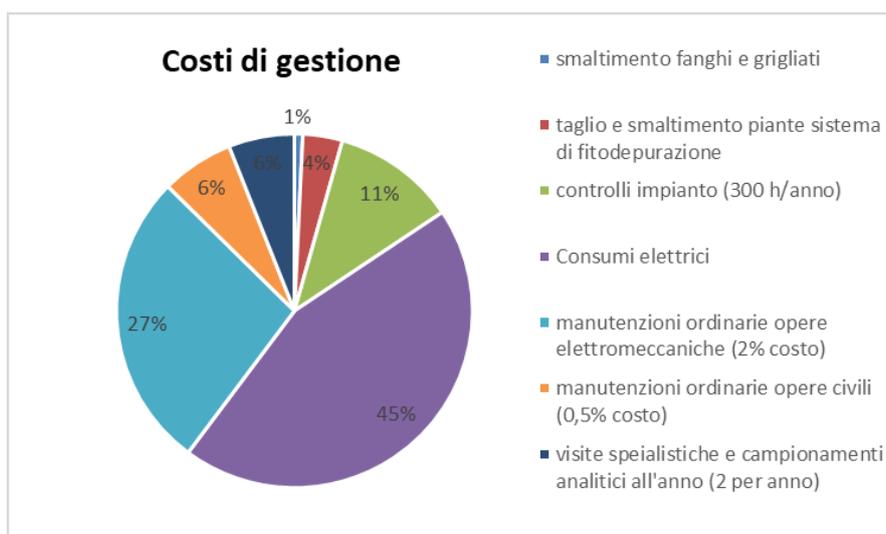


Figura 56: Costi di gestione – Alternativa 1

Il costo dei consumi elettrici per la gestione dell'impianto equivalgono a circa **11.800,00 €/anno**; la spesa è nettamente influenzata dal costo dei consumi elettrici UASB al netto del consumo (86% del costo dei consumi elettrici totali).

CONSUMI ELETTRICI – ALTERNATIVA 1	€/ANNO
consumi elettrici sollevamento iniziale	398,13
consumi elettrici sollevamento fitodepurazione	398,13
consumi elettrici grigliatura	328,50
consumi elettrici UASB al netto del consumo	10.111,9
Consumi elettrici UV e filtro a sabbia	573,33
Totale consumi elettrici	11.810,00

Tabella 24: Consumi elettrici [€/anno] – Alternativa 1

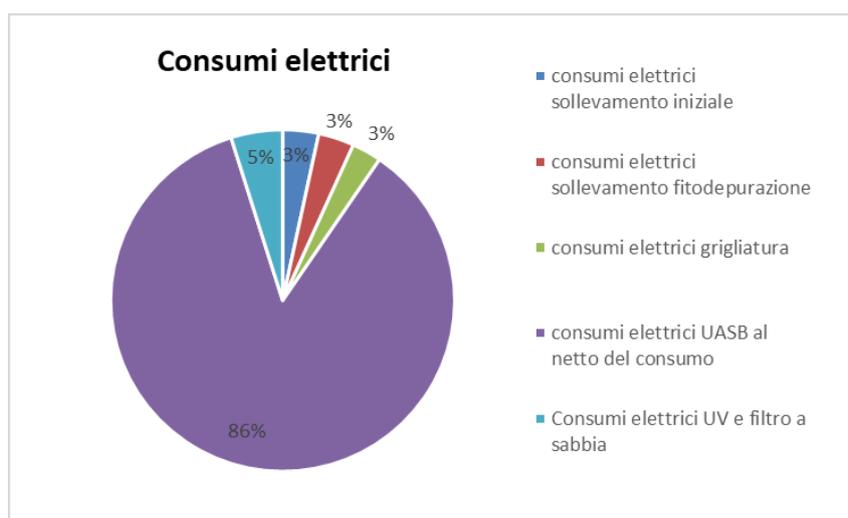


Figura 57: Consumi elettrici – Alternativa 1



4.2 IPOTESI 2

Le operazioni necessarie per l'adeguamento dell'impianto sono le seguenti:

7. Realizzazione impianto UASB con stazione di sollevamento;
8. Potenziamento delle due vasche a flusso sommerso orizzontale (1° stadio – linee di trattamento in parallelo), con sistema di aerazione;
9. Realizzazione del nuovo sistema di fitodisidratazione fanghi;
10. Impianto di sollevamento per estrazione fanghi, al fine di alimentare il sistema di fitodisidratazione fanghi;
11. Messa in opera del sistema di filtrazione a sabbia e UV;
12. Nuovo impianto di sollevamento per l'alimentazione del sistema di filtrazione a sabbia e UV.

I costi per la realizzazione delle opere civili ed elettromeccaniche sono pari a circa **658.000,00 €**. Circa il 47% del costo di realizzazione dell'impianto è destinato per fornitura ed installazione del sistema UASB chiavi in mano; compreso di progettazione e training operatori.

OPERE CIVILI E ELETTROMECCANICHE – ALTERNATIVA 2	Costi a corpo
	€
Trattamenti preliminari	20.000,00
Demolizioni esistente e opere in cls per nuovo canale di arrivo	5.000,00
fornitura ed installazione griglia automatica sub-verticale	10.000,00
sistema di pompaggio per alimentazione sistema UASB	5.000,00
Opere relative a sistema di digestione anaerobica	48.000,00
Opere civili per predisposizione impianti	15.000,00
Sistema di recupero bio-gas e cogenerazione	30.000,00
collegamenti idraulici ed elettrici	3.000,00
Potenziamento fitodepurazione esistente con aerazione	41.000,00
Estrazione materiale esistente	2.000,00
Riempimento delle vasche con inerti a granulometria variabile	9.000,00
Vasca di sollevamento per alimentazione sistema aerato	8.000,00
pozzetti e loro accessori	3.000,00
Impermeabilizzazioni e rivestimenti	5.000,00
Tubazioni e pezzi speciali in PVC	7.000,00
compressore e sistema di aerazione	5.000,00
Opere a verde	2.000,00
Opere per sistema di filtrazione e disinfezione	37.000,00
sistema di sollevamento per alimentazione filtro	5.000,00
Opere civili per predisposizione impianti	2.000,00
collegamenti idraulici ed elettrici	2.000,00





OPERE CIVILI E ELETTROMECCANICHE – ALTERNATIVA 2	Costi a corpo
	€
Fornitura ed installazione filtro a sabbia	16.000,00
fornitura ed installazione disinfezione tramite lampada UV	12.000,00
Fitodisidratazione Fanghi (SDRB)	16.000,00
Scavi, rilevati, rinterri e regolarizzazione delle superfici	2.000,00
Riempimento delle vasche con inerti a granulometria variabile	2.000,00
Vasca di sollevamento per alimentazione sistema VF	5.000,00
pozzetti e loro accessori	1.000,00
Impermeabilizzazioni e rivestimenti	3.000,00
Tubazioni e pezzi speciali in PVC	2.000,00
Opere a verde	1.000,00
Opere accessorie	74.000,00
Demolizione esistente e rifacimento pozzetti di ingresso vasche HF 3 e 4	4.000,00
Demolizione esistente e rifacimento pozzetti di uscita vasche HF 3 e 4	2.000,00
Pulizia e ricostituzione sistema di alimentazione vasche HF 3 e 4	3.000,00
Nuova vasca di stoccaggio finale separata da meteoriche	45.000,00
Opere di disconnessione acque meteoriche da vasca di pompaggio "Paese"	20.000,00
Opere per irrigazione	35.000,00
sistema di pompaggio per irrigazione	5.000,00
Reti di microirrigazione	20.000,00
Stazione meteo e sensoristica	10.000,00
Opere elettriche	30.000,00
Cavidotti, cavi e cablaggi	5.000,00
Quadro elettrico generale di potenza e automazione, incluso telecontrollo	25.000,00
Trasporti	30.000,00
inerti per sistemi di fitodepurazione	15.000,00
materiali di costruzione	15.000,00
Sicurezza	17.000,00
TOTALE NETTO	348.000,00
FORNITURE IMPIANTI CHIAVI IN MANO	
Fornitura ed installazione sistema UASB chiavi in mano compreso progettazione e training operatori	310.000,00
TOTALE NETTO	310.000,00
TOTALE INVESTIMENTO	658.000,00

Tabella 25: Costi opere civili ed elettromeccaniche [€/anno] – Alternativa 2



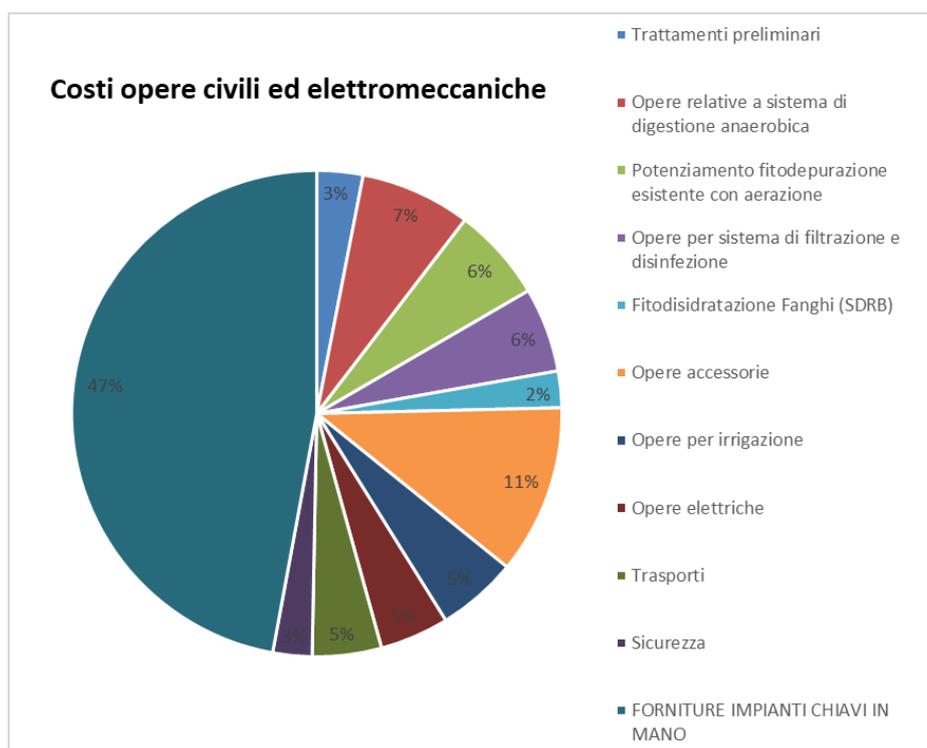


Figura 58: Costi opere civili ed elettromeccaniche – Alternativa 2

Il quadro economico di massima è stimato a circa **826.149,40 €**; le principali voci di spesa sono indicate nella seguente Tabella.

QUADRO ECONOMICO DI MASSIMA - ALTERNATIVA 2	€
opere e sicurezza	348.000,00
imprevisti	17.400,00
Forniture	310.000,00
Oneri per progettazione definitiva ed esecutiva, PSC	29.000,00
indagini geologiche e geotecniche, archeologiche, analisi terre da scavo relazioni geologiche e geotecniche compreso oneri previdenziali	10.000,00
DDLL e CSE	24.000,00
predisposizione ed esecuzione gare da appalto	3.270,00
CAP su oneri tecnici	2.360,00
IVA su lavori	67540,00
IVA su oneri tecnici	14.579,40
TOTALE [€]	826.149,40

Tabella 26: Quadro economico di massima [€] – Alternativa 2



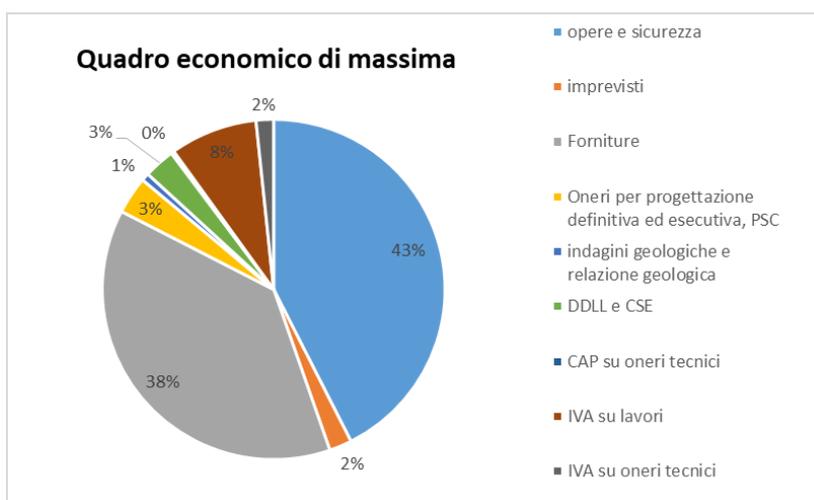


Figura 59: Quadro economico di massima – Alternativa 2

Il costo di gestione dell'impianto equivale a circa **28.500,00 €/anno**; dove i consumi elettrici e i costi di manutenzione ordinarie delle opere elettromeccaniche equivalgono rispettivamente al 49% e 25% del costo totale di gestione.

COSTI DI GESTIONE – ALTERNATIVA 2	€/ANNO
smaltimento fanghi e grigliati	200,00
taglio e smaltimento piante sistema di fitodepurazione	960,00
controlli impianto (300 h/anno)	3.000,00
Consumi elettrici	14.000,00
manutenzioni ordinarie opere elettromeccaniche (2% costo)	7.260,00
manutenzioni ordinarie opere civili (0,5% costo)	1.475,00
visite specialistiche e campionamenti analitici all'anno (2 per anno)	1.600,00
Totale	28.495,00

Tabella 27: Costi di gestione [€/anno] – Alternativa 2

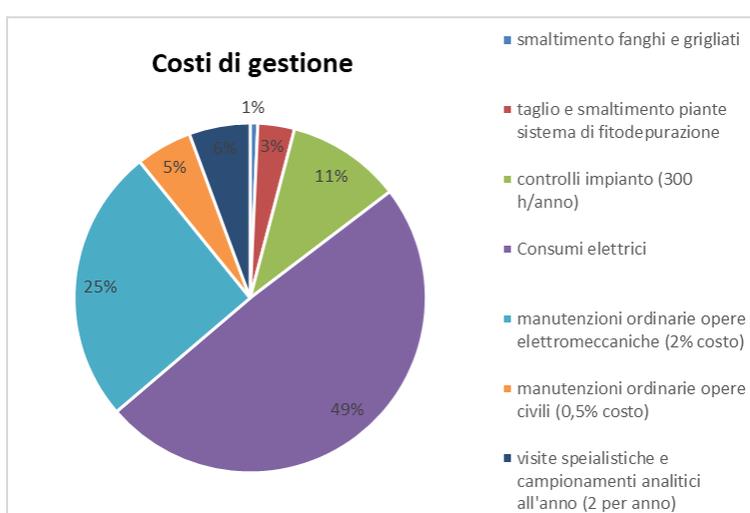


Figura 60: Costi di gestione – Alternativa 2





Il costo dei consumi elettrici per la gestione dell'impianto equivalgono a circa **14.000 €/anno**; la spesa è nettamente influenzata dal costo dei consumi elettrici UASB al netto del consumo (73% del costo dei consumi elettrici totali).

CONSUMI ELETTRICI – ALTERNATIVA 2	€/ANNO
consumi elettrici sollevamento iniziale	401,34
consumi elettrici sollevamento fitodepurazione	401,34
consumi elettrici grigliatura	328,50
consumi elettrici compressore	2.106,00
consumi elettrici UASB al netto del consumo	10.111,91
Consumi elettrici UV e filtro a sabbia	576,54
Totale consumi elettrici	13.925,63

Tabella 28: Consumi elettrici [€/anno] – Alternativa 2

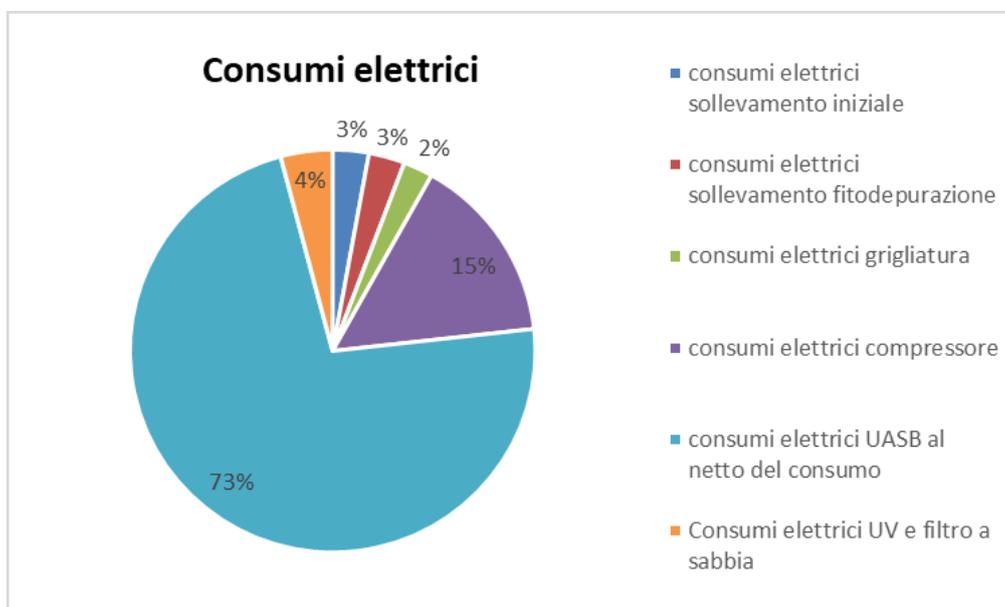


Figura 61: Consumi elettrici – Alternativa 2

4.3 IPOTESI 3

La presente ipotesi prevede di dismettere una serie di elementi che caratterizzano l'attuale impianto:

1. N° 2 vasche Imhoff da dismettere;
2. N°1 vasca a flusso sommerso orizzontale (primo stadio) da dismettere, ma disponibile per futuri up-grading;
3. Dismissione sollevamento esistente scarico colonia e Mof.

Le operazioni necessarie per l'adeguamento dell'impianto, oltre alle attività di dismissione di alcune apparecchiature esistenti, sono le seguenti:

1. Realizzazione di una vasca di fitodepurazione VF alla francese (FRB);





2. Messa in opera del sistema di filtrazione a sabbia e UV;
3. Nuovo impianto di sollevamento per l'alimentazione del sistema di filtrazione a sabbia e UV.

I costi per la realizzazione delle opere civili ed elettromeccaniche sono pari a circa **312.000,00 €**.

OPERE CIVILI E ELETTROMECCANICHE – ALTERNATIVA 3	Costi a corpo
	€
Trattamenti preliminari	13.000,00
Demolizioni esistente e opere in cls per nuovo canale di arrivo	3.000,00
fornitura ed installazione griglia automatica sub-verticale	10.000,00
Fitodepurazione VF alla francese	80.000,00
Estrazione materiale da vasca esistente	4.000,00
Riempimento delle vasche con inerti a granulometria variabile	16.000,00
Sistema di sollevamento per alimentazione sistema aerato	14.000,00
pozzetti e loro accessori	4.000,00
Impermeabilizzazioni e rivestimenti	10.000,00
Tubazioni e pezzi speciali in plastica ed acciaio	28.000,00
Opere a verde	4.000,00
Opere per sistema di filtrazione e disinfezione	37.000,00
sistema di sollevamento per alimentazione filtro	5.000,00
Opere civili per predisposizione impianti	2.000,00
collegamenti idraulici ed elettrici	2.000,00
Fornitura ed installazione filtro a sabbia	16.000,00
fornitura ed installazione disinfezione tramite lampada UV	12.000,00
Opere accessorie	86.000,00
Demolizione esistente e rifacimento pozzetti di ingresso e uscita vasche HF 3 e 4	6.000,00
Pulizia, ricostituzione e potenziamento con aerazione ingresso vasche HF 3 e 4	13.000,00
Pulizia e risistemazione vasca n°1	2.000,00
Realizzazione nuova vasca di raccolta separata da acque meteoriche	45.000,00
Opere di disconnessione acque meteoriche da vasca di pompaggio "Paese"	20.000,00
Opere per irrigazione	35.000,00
sistema di pompaggio per irrigazione	5.000,00
Reti di microirrigazione	20.000,00
Stazione meteo e sensoristica	10.000,00
Opere elettriche	17.000,00
Cavidotti, cavi e cablaggi	3.000,00
Quadro elettrico generale di potenza e automazione, incluso telecontrollo	14.000,00
Trasporti	34.000,00
inerti per sistemi di fitodepurazione	15.000,00





OPERE CIVILI E ELETTROMECCANICHE – ALTERNATIVA 3	Costi a corpo
	€
materiali di costruzione	19.000,00
Sicurezza	10.000,00
TOTALE NETTO IMPIANTO DI FITODEPURAZIONE	312.000,00

Tabella 29: Costi opere civili ed elettromeccaniche [€/anno] – Alternativa 3

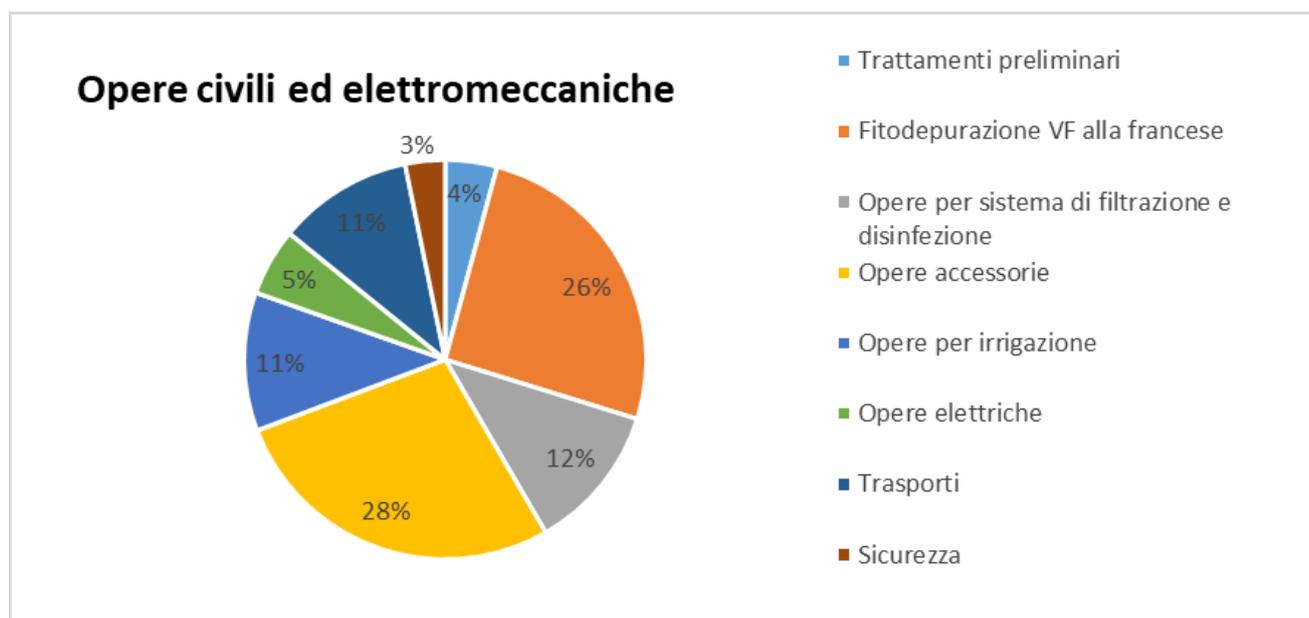


Figura 62: Costi opere civili ed elettromeccaniche – Alternativa 3

Il quadro economico di massima è stimato a **440.810,00 €**; le principali voci di spesa sono indicate nella seguente Tabella.

QUADRO ECONOMICO DI MASSIMA – ALTERNATIVA 3	€
fitodepurazione opere e sicurezza	312.000,00
imprevisti (5%)	15.600,00
Oneri per coordinamento, progettazione definitiva ed esecutiva, PSC	26.000,00
predisposizione ed esecuzione gare da appalto	3.270,00
indagini geologiche e geotecniche, archeologiche, analisi terre da scavo relazioni geologiche e geotecniche compreso oneri previdenziali	10.000,00
DDLL e CSE	25.000,00
Contributi previdenziali su oneri tecnici (4%)	2.040,00
IVA su lavori (10%)	32.760,00
IVA su oneri tecnici (22%)	14.139,00
TOTALE	440.810,00

Tabella 30: Quadro economico di massima [€] – Alternativa 3



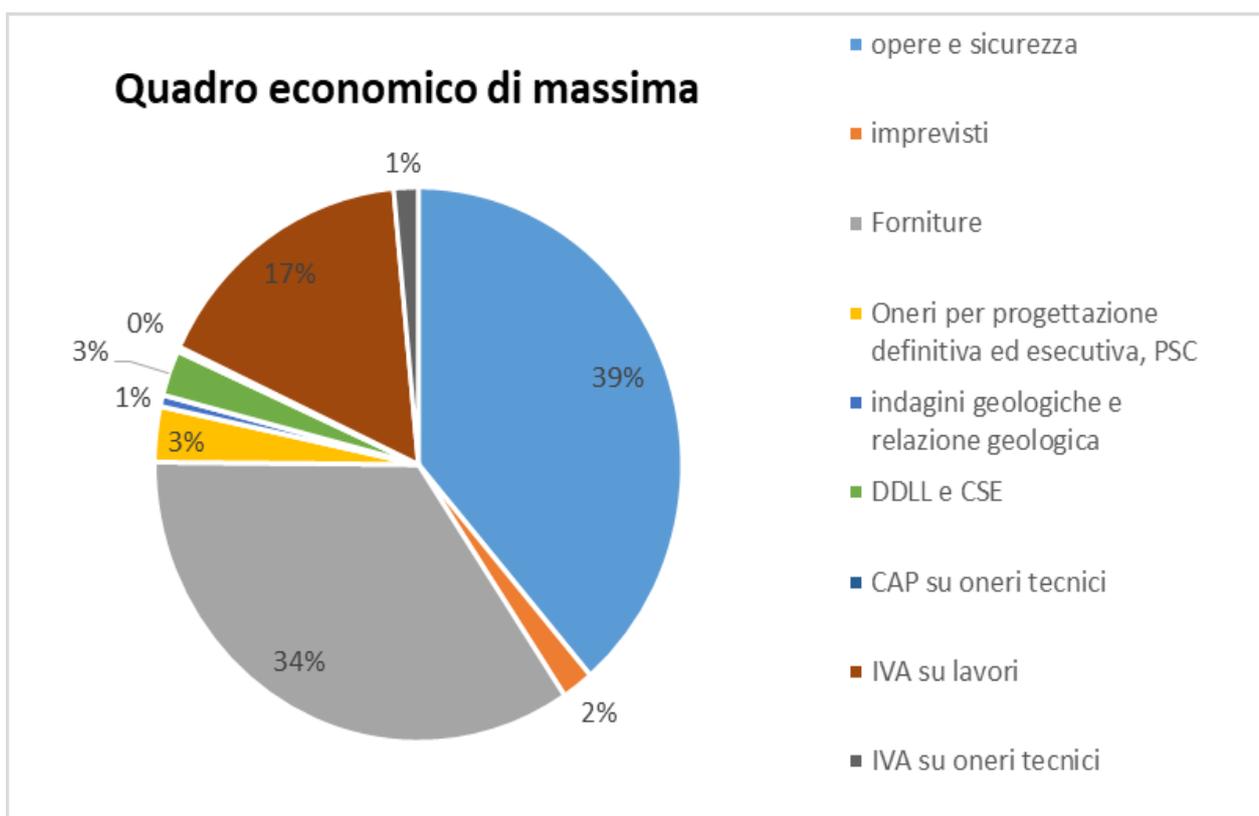


Figura 63: Quadro economico di massima – Alternativa 3

Il costo di gestione dell’impianto equivale a circa **11.000,00 €/anno**. I costi di gestione sono distribuiti in modo omogeneo tra le varie voci di spesa; ad eccezione del costo di smaltimento dei fanghi e grigliati che corrisponde al 2% del costo totale di gestione dell’impianto.

COSTI DI GESTIONE – ALTERNATIVA 3	€/ANNO
smaltimento fanghi e grigliati	200,00
taglio e smaltimento piante sistema di fitodepurazione	960,00
controlli impianto (150 h/anno)	1.500,00
Consumi elettrici	4.260,20
manutenzioni ordinarie opere elettromeccaniche (2% costo)	1.060,00
manutenzioni ordinarie opere civili (0,5% costo)	1.470,00
visite specialistiche e campionamenti analitici all'anno (2 per anno)	1.600,00
Totale	11.050,20

Tabella 31: Costi di gestione [€/anno] – Alternativa 3

Volendo comprendere anche i costi energetici i costi aggiuntivi sono comunque limitati e stimabili in ulteriori 2300 €/anno.





Costi di gestione

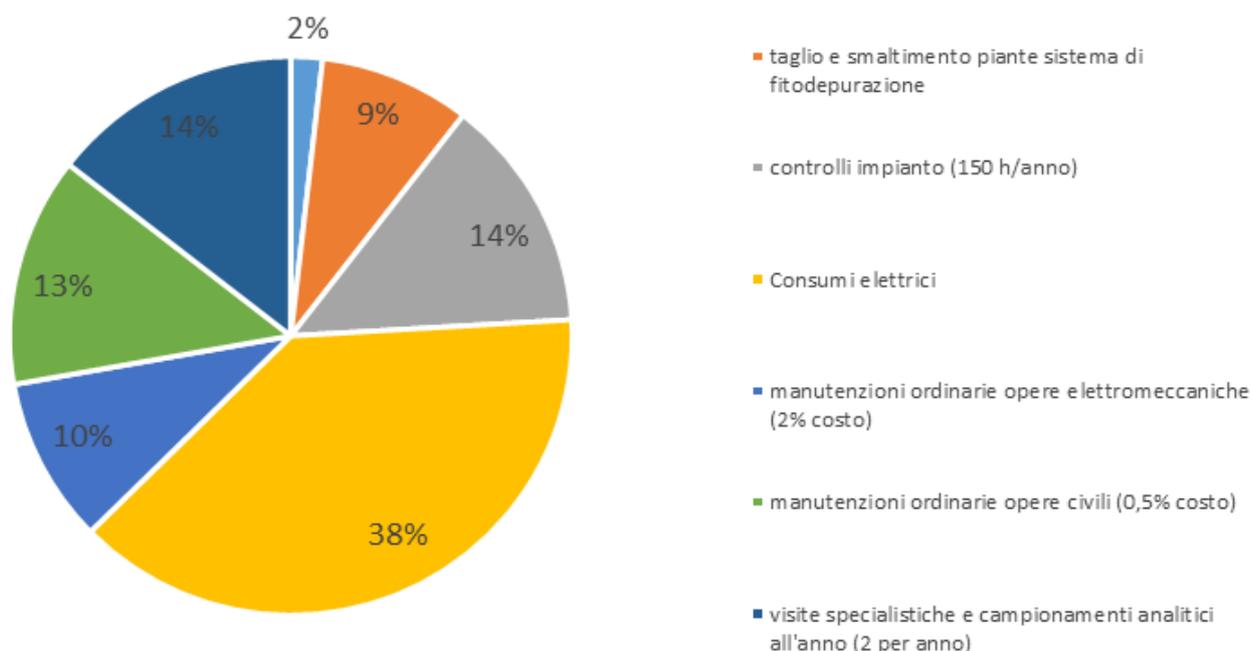


Figura 64: Costi di gestione – Alternativa 3

Il costo dei consumi elettrici per la gestione dell'impianto equivalgono a circa **4.260,20 €/anno**; i consumi elettrici per l'aerazione è pari al 69% del costo dei consumi elettrici totali.

CONSUMI ELETTRICI – ALTERNATIVA 3	€/ANNO
consumi elettrici sollevamento fitodepurazione	400,00
consumi elettrici grigliatura	328,50
Consumi elettrici aerazione vasche 3 e 4	2.956,50
Consumi elettrici UV e filtro a sabbia	575,20
Totale consumi elettrici	4.260,20

Tabella 32: Consumi elettrici [€/anno] – Alternativa 3



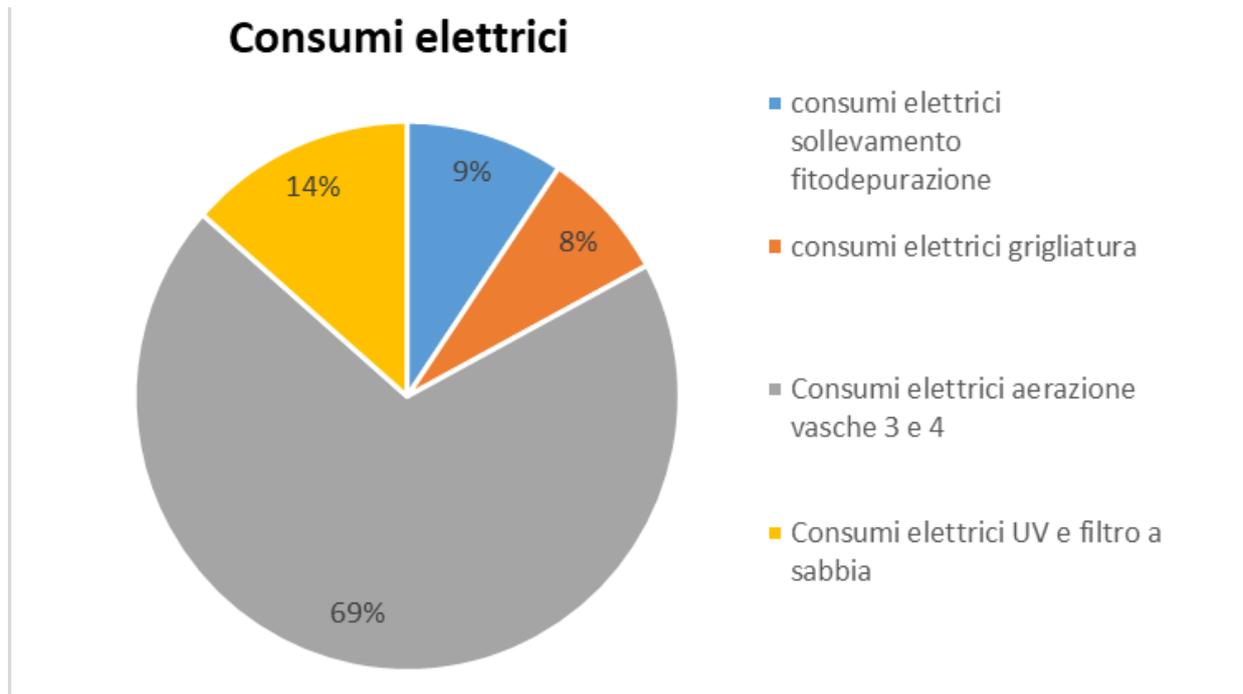


Figura 65: Consumi elettrici – Alternativa 3





5. CONCLUSIONI

Considerando sia indicatori economici che qualitativi legati alla sostenibilità ambientale e agli impatti del depuratore si sono elaborate diverse tabelle di confronto. Tutte le proposte sono state dimensionate per rispettare i limiti della Tabella 3 dell'Allegato 5 alla Parte Terza del DLGS152/06.

Dal confronto del quadro economico di massima delle tre alternative proposte, si evince che la soluzione maggiormente conveniente è l'alternativa 3, per un costo totale di **440.810,00 €**.

QE DI MASSIMA	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
opere e sicurezza	405.000,00	348.000,00	312.000,00
imprevisti	20.250,00	17.400,00	15.600,00
Forniture	310.000,00	310.000,00	0,00
Oneri per progettazione definitiva ed esecutiva, PSC	31.800,00	29.000,00	26.000,00
indagini geologiche e geotecniche, archeologiche, analisi terre da scavo relazioni geologiche e geotecniche compreso oneri previdenziali	10.000,00	10.000,00	10.000,00
DDLL e CSE	33.000,00	24.000,00	25.000,00
predisposizione ed esecuzione gare da appalto	3.270,00	3.270,00	3.270,00
CAP su oneri tecnici	2.832,00	2.360,00	2.040,00
IVA su lavori e forniture (10%)	73.525,00	67540,00	32.760,00
IVA su oneri tecnici	17.175,40	14.579,40	14.139,00
TOTALE [€]	906.852,40	826.149,40	440.810,00

Tabella 33: Confronto quadro economico delle tre alternative proposte [€]



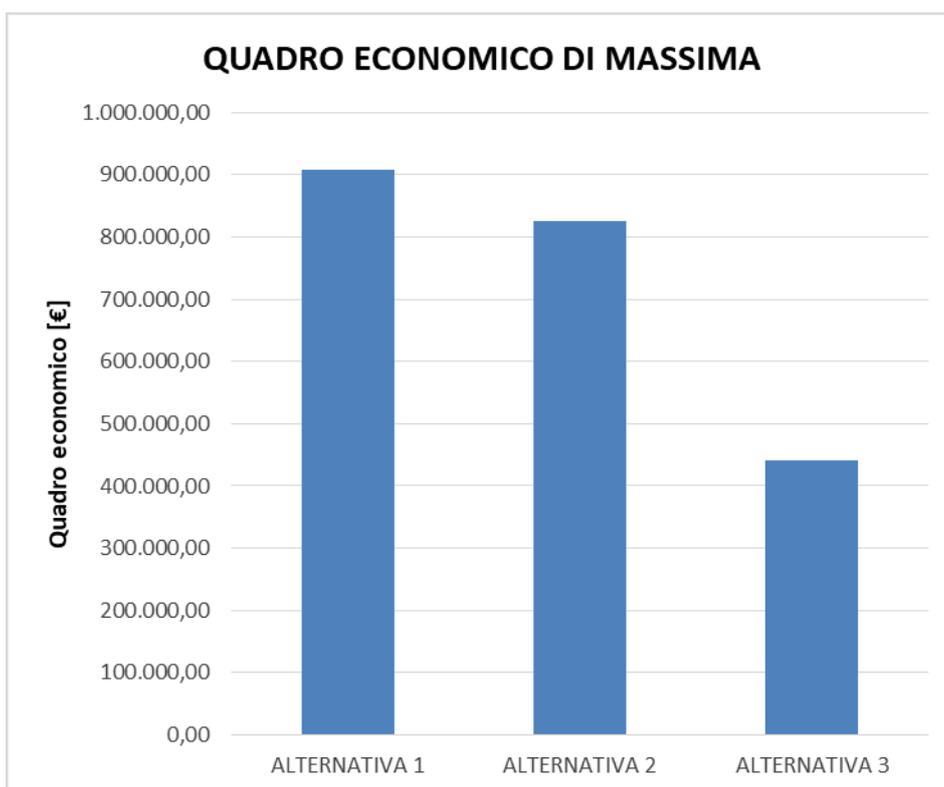


Figura 66: Confronto quadro economico di massima delle tre alternative proposte

Dal punto di vista del costo annuo di gestione dell'impianto, è di nuovo l'ipotesi 3 che appare maggiormente performante: con un costo di gestione annuo totale di circa **11.215 €/anno**, è risultata la soluzione maggiormente vantaggiosa, anche non considerando eventuali recuperi da energie rinnovabili.

Questo sia a causa della minore richiesta di manutenzioni ordinarie, sia soprattutto a causa dei maggiori consumi energetici dovuti a sostenere il processo UASB durante i periodi di minore carico, per quanto come abbiamo visto anche in estate le concentrazioni piuttosto basse di carico organico in ingresso non permettano produzioni di biogas tali da coprire i fabbisogni, né tantomeno per fornire energia elettrica in surplus per gli altri equipaggiamenti. Nell'alternativa 3 i consumi elettrici sono minori anche senza tenere conto di soluzioni con produzione di energie rinnovabili da sviluppare separatamente.

COSTI DI GESTIONE	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
smaltimento fanghi e grigliati	200,00	200,00	200,00
taglio e smaltimento piante sistema di fitodepurazione	960,00	960,00	960,00
controlli impianto (150 h/anno)	3.000,00	3.000,00	1.500,00
Consumi elettrici	11.900,00	14.000,00	4.000,00
manutenzioni ordinarie opere elettromeccaniche (2% costo)	7.260,00	7.260,00	1.060,00
manutenzioni ordinarie opere civili	1.760,00	1.475,00	1.895,00





COSTI DI GESTIONE	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
(0,5% costo)			
visite specialistiche e campionamenti analitici all'anno (2 per anno)	1.600,00	1.600,00	1.600,00
Totale [€]	26.680,00	28.495,00	11.215,00

Tabella 34: Confronto costi di gestione delle tre alternative proposte [€/anno]

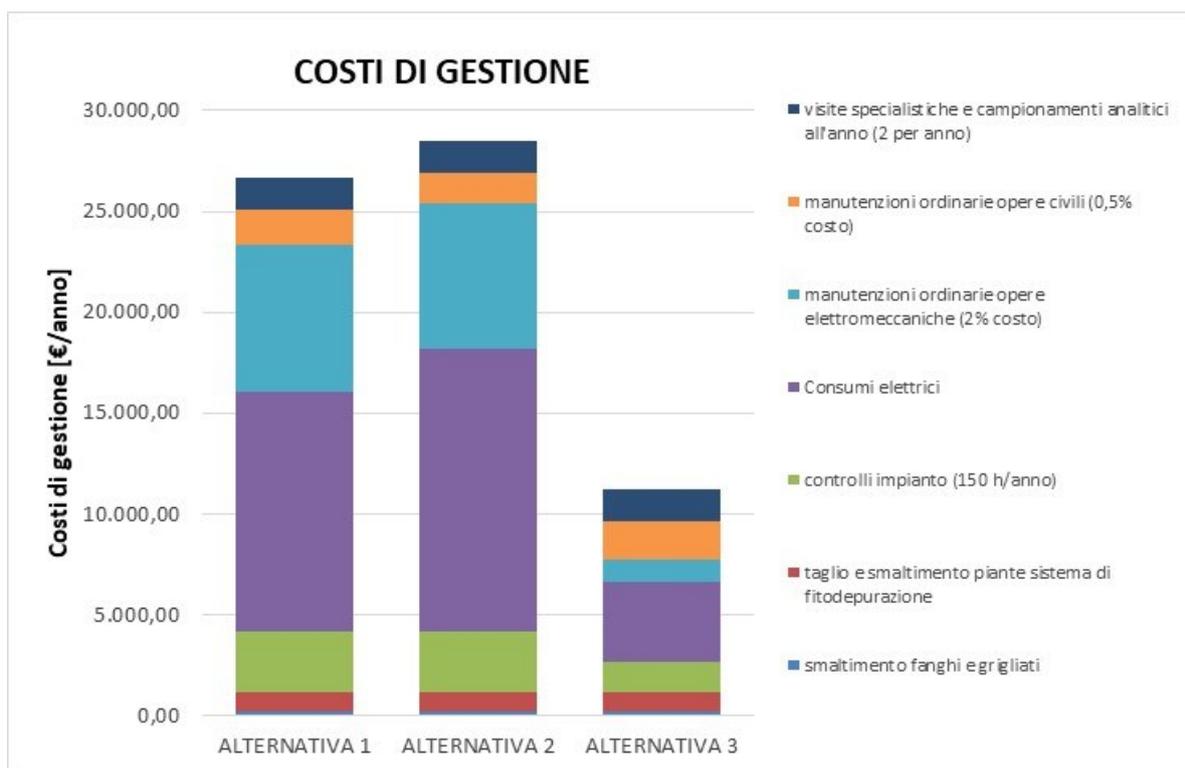


Figura 67: Confronto costo di gestione delle tre alternative

L'alternativa 3 è quella che presenta a nostro avviso anche maggiori vantaggi dal punto di vista tecnico, in quanto a parità di obiettivi depurativi permette di avere un sistema più semplice da realizzare e soprattutto da gestire e mantenere, particolare di indubbia importanza considerato che i detenuti saranno coinvolti in ambedue le fasi.

Un ulteriore svantaggio nelle alternative 1 e 2 può essere costituito dalle emissioni sonore del sistema di recupero di biogas, che richiederebbero ulteriori opere ed accorgimenti per la loro mitigazione; il sistema risulta infatti vicino a parte delle colonie penali e potrebbe arrecare disturbo durante le ore notturne.

Per quanto riguarda infine l'inserimento paesaggistico, la terza alternativa sostanzialmente non muta la conformazione attuale, dato che non si aggiungono nuove vasche di fitodepurazione; nel caso delle altre va valutato l'impatto ambientale del sistema UASB e opere correlate che presentano un maggiore impatto dovendo essere realizzate fuori terra.





L'alternativa 1 e l'alternativa 2 sono caratterizzate da una maggiore flessibilità del sistema nel caso di ulteriori futuri aumenti del carico in arrivo, ed in generale una maggiore capacità di regolazione; nell'alternativa 3 permane comunque la possibilità di raddoppiare la vasca FRB nell'area occupata da una delle prime due vasche da dismettere.

In Tabella seguente sono presentati i vantaggi e gli svantaggi per le tre alternative proposte.

	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Flessibilità del sistema	++	+++	+
Consumi energetici	++	+++	+
Semplicità realizzativa	-	-	++
Semplicità gestionale e manutentiva	-	-	+++
Emissioni sonore	-	-	++
Semplicità elettromeccanica	--	--	++
Inserimento paesaggistico	+-	+-	+

Tabella 35: Analisi Vantaggi/Svantaggi alternative proposte

Viene scelta quindi l'alternativa 3 per la prosecuzione del progetto.





6. CRONOPROGRAMMA

Il cronoprogramma delle fasi attuative riferisce in merito ai tempi per lo svolgimento delle varie attività, con riferimento all'alternativa selezionata e considerando la realizzazione delle sole opere relative all'impianto di depurazione.

Appr. P. Fatt	30gg						
Prog. Definitivo	30gg						
Approvazione		90gg					
Prog. Esecutivo			45gg				
Approvazione				30gg			
Affidamento					60gg		
Esecuzione						180gg	
Collaudo							90gg

Figura 68 – Cronoprogramma





7. QUADRO ECONOMICO

Di seguito si riporta il quadro economico finale dell'alternativa scelta, suddiviso per gli anni 2020/2021/2022 e considerando nel quadro economico la totalità delle indagini necessarie ed i costi per la predisposizione ed esecuzione delle gare di appalto. Il quadro economico è relativo al lotto n°1 concernente le opere necessarie per la realizzazione dell'impianto di depurazione.

QUADRO ECONOMICO PRELIMINARE	TOTALE	2020/2021	2022
	€	€	€
Lotto 1 - fitodepurazione opere e sicurezza	312.000,00		312.000,00
imprevisti (5%)	15.600,00		15.600,00
Oneri per coordinamento, progettazione definitiva ed esecutiva, PSC	26.000,00	26.000,00	
predisposizione ed esecuzione gare da appalto	3.270,00		3.270,00
indagini geologiche e geotecniche, archeologiche, analisi terre da scavo relazioni geologiche e geotecniche compreso oneri previdenziali	10.000,00	10.000,00	
DDLL e CSE	25.000,00	25.000,00	
Contributi previdenziali su oneri tecnici (4%)	2.040,00	2.040,00	
IVA su lavori (10%)	32.760,00		32.760,00
IVA su oneri tecnici (22%)	14.139,00	13.420,00	719,00
TOTALE	440.810,00	76.460,00	364.350,00

Tabella 36: Quadro economico finale dell'intervento





8. PRIME INDICAZIONI PER LA SICUREZZA

Il presente progetto preliminare ha per oggetto le opere di realizzazione di un sistema di trattamento delle acque reflue.

Per l'ipotesi scelta (HP3) si prevede che le opere in progetto saranno realizzate da n. 2-3 imprese diverse trattandosi di opere di movimentazione del terreno, opere idrauliche-impiantistiche, opere a verde, fognarie ed elettriche. È presumibile che i lavori abbiano una durata massima di circa 550 u/g.

I lavori di installazione delle condotte, dei pozzetti e per la formazione delle vasche comportano scavi a profondità media di 1.2 metri, mentre per la posa in opera della vasca dissabbiatore si prevede uno scavo a profondità maggiore.

I rischi per la vasca non rientrano tra quelli che *comportano situazioni di rischio di sprofondamento a profondità superiori a 1,5 m, particolarmente aggravati dalla natura dell'attività*, essendo un'opera puntuale, esistendo comunque sempre l'obbligo di allestimento delle misure preventive antiseppellimento (armatura degli scavi ecc.).

Non sono al momento individuati ulteriori rischi dovuti a servizi a rete interrati.

Poiché i lavori in questione saranno realizzati da più di una impresa, rientrano nel campo di applicazione del DLgs 81/2008. Sono necessari quindi il Piano di Sicurezza e Coordinamento e la Notifica Preliminare, in base alle disposizioni del D.Lgs. 494/96 come mod. dal D.Lgs. 528/99 e sue ulteriori mm.ii.





9. BIBLIOGRAFIA

Andreoli, C.V., Von Sperling, M., Fernandes, F. and Ronteltap, M., 2007. Sludge treatment and disposal. Biological Wastewater Treatment Series, vol. 6. IWA Publishing, Alliance House, 12 Caxton Street, London.

Brix, H., 2017. Sludge dewatering and mineralization in sludge treatment reed beds. *Water*, 9(3), p.160.

Chernicharo, C. A. L. Almeida P. G. S. Feasibility of UASB/trickling filter systems without final clarifiers for the treatment of domestic wastewater in small communities in Brazil, *Water Science & Technology* September 2011, 64 (6) 1347-1354, 2006

Chen, H., 2011. Surface-flow constructed treatment wetlands for pollutant removal: applications and perspectives. *Wetlands*, 31(4), pp.805-814.

Crites, R.W., Middlebrooks, E.J. and Reed, S.C., 2006. Natural wastewater treatment systems. CRC Press.

De Almeida P. G. S., Chernicharo C. A. L. and Souza C. L., Development of compact UASB/trickling filter systems for treating domestic wastewater in small communities in Brazil *Water Science & Technology—WST* | 59.7 | 2009

de Lemos Chernicharo, C.A., 2007. Anaerobic Reactors, Biological Wastewater Treatment Series, vol. 4. IWA Publishing, Alliance House, 12 Caxton Street, London.

DWA (2006) Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Pflanzenkläranlagen mit bepflanzten Bodenfiltern zur biologischen Reinigung kommunalen Abwassers, in German. (Principles for calculation, building and enterprise of plant purification plants with soil filters for the biological cleaning of local waste water). Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA): Hennef, Germany.

Dotro, G.; Langergraber, G.; Molle, P.; Nivala, J.; Puigagut, J.; Stein, O.; Von Sperling, M, 2017. *Treatment Wetlands*; IWA Publishing.

L. Fanizzi (2006): "Depurazione biologica avanzata – Teoria e pratica dei processi", Ed. Ranieri, Milano

Headley, T., Nivala, J., Kassa, K., Olsson, L., Wallace, S., Brix, H., van Afferden, M. and Müller, R., 2013. Escherichia coli removal and internal dynamics in subsurface flow ecotechnologies: Effects of design and plants. *Ecological engineering*, 61, pp.564-574.

Headley T., Prigent S., Alexandersen D. K., "Constructed wetlands for sustainable wastewater management in remote settlements in the middle east: challenges and opportunities", IWA International Conference on Small Water and Wastewater Systems, and Resource Oriented Sanitation, 2014. 2-4 November. Muscat, Oman





Hsu, C.B., Hsieh, H.L., Yang, L., Wu, S.H., Chang, J.S., Hsiao, S.C., Su, H.C., Yeh, C.H., Ho, Y.S. and Lin, H.J., 2011. Biodiversity of constructed wetlands for wastewater treatment. *Ecological Engineering*, 37(10), pp.1533-1545.

Jenssen, P.D., Maehlum, T. and Krogstad, T., 1993. Potential use of constructed wetlands for wastewater treatment in northern environments. *Water Science and Technology*, 28(10), pp.149-157.

Kadlec, R.H. and Knight, R.L., 1996. *Treatment wetlands*. CRC. Boca Raton, FL.

Kadlec R, Wallace D.S., *Treatment wetlands*, CRC press, 2009.

Langergraber, G., Leroch, K., Pressl, A., Sleytr, K., Rohrhofer, R. and Haberl, R., 2009. High-rate nitrogen removal in a two-stage subsurface vertical flow constructed wetland. *Desalination*, 246(1-3), pp.55-68.

G. Lettinga e L.W. Hulshoff Pol (1991): "UASB Process design for various types of wastewaters", Vol. 14, n. 8, *Water Science and Technology*, IWA Published, London, UK

G. Lettinga e J.N. Vinken (1980): "Feasibility of upflow anaerobic sludge blanket (UASB) process for the treatment of low strength wastes", *Proceeding of the 35th Industrial Waste Conference*, Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA.

Liquete, C., Udias, A., Conte, G., Grizzetti, B. and Masi, F., 2016. Integrated valuation of a nature-based solution for water pollution control. Highlighting hidden benefits. *Ecosystem Services*, 22, pp.392-401.

Masi, F., 2008. Enhanced denitrification by a hybrid HF-FWS constructed wetland in a large-scale wastewater treatment plant. In *Wastewater treatment, plant dynamics and management in constructed and natural wetlands* (pp. 267-275). Springer, Dordrecht.

Masi, F., El Hamouri, B., Shafi, H.A., Baban, A., Ghrabi, A. and Regelsberger, M., 2010. Treatment of segregated black/grey domestic wastewater using constructed wetlands in the Mediterranean basin: the zero-m experience. *Water Science and Technology*, 61(1), pp.97-105.

Masi, F., Bresciani, R., Martinuzzi, N., Cigarini, G. and Rizzo, A., 2017a. Large scale application of French reed beds: municipal wastewater treatment for a 20,000 inhabitant's town in Moldova. *Water Science and Technology* 76(3): 134-146.

Masi, F., Rizzo, A., Martinuzzi, N., Wallace, S.D., Van Oirschot, D., Salazzari, P., Meers, E. and Bresciani, R., 2017c. Up-flow anaerobic sludge blanket and aerated constructed wetlands for swine wastewater treatment: a pilot study. *Water Science and Technology*, 76, 1, 134-146, 2017.

Masotti, L., 2011. *Depurazione delle acque. Tecniche ed impianti per il trattamento delle acque di rifiuto (Wastewater treatment. Technologies and plants for wastewater treatment)*. Calderini Editore—Il Sole, 24. (in Italian)

Metcalf & Eddy (2006): "Ingegneria delle acque reflue – Trattamento e riuso", IV Edizione, McGrawHill Companies, Publishing Group Italia, Milano





Molle, P., Liénard, A., Boutin, C., Merlin, G. and Iwema, A., 2005. How to treat raw sewage with constructed wetlands: an overview of the French systems. *Water Science and Technology*, Vol 51, No 1, pp.11-21.

Molle, P., Latune, R.L., Riegel, C., Lacombe, G., Esser, D. and Mangeot, L., 2015. French vertical-flow constructed wetland design: adaptations for tropical climates. *Water Science and Technology*, 71(10), pp.1516-1523.

Morvannou, A., Forquet, N., Michel, S., Troesch, S. and Molle, P., 2015. Treatment performances of French constructed wetlands: results from a database collected over the last 30 years. *Water Science and Technology*, 71(9), pp.1333-1339.

Nielsen, S., 2007. Helsingør sludge reed bed system: reduction of pathogenic microorganisms. *Water Science and Technology*, 56(3), pp.175-182.

Nielsen, S., Peruzzi, E., Macci, C., Doni, S. and Masciandaro, G., 2014. Stabilisation and mineralisation of sludge in reed bed systems after 10–20 years of operation. *Water Science and Technology*, 69(3), pp.539-545.

Nielsen, S. and Bruun, E.W., 2015. Sludge quality after 10–20 years of treatment in reed bed systems. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(17), pp.12885-12891.

Nivala, J., Headley, T., Wallace, S., Bernhard, K., Brix, H., Van Afferden, M., Arno, Müller, R., 2013, Comparative analysis of constructed wetlands: The design and construction of the ecotechnology research facility in Langenreichenbach, Germany, *Ecological Engineering* 61: 527–543.

Nivala, J., Wallace, S., Headley, T., Kassa, K., Brix, H., van Afferden, M. and Müller, R., 2013. Oxygen transfer and consumption in subsurface flow treatment wetlands. *Ecological Engineering*, Vol. 61, pp.544-554.

Paing, J., Guilbert, A., Gagnon, V. and Chazarenc, F., 2015. Effect of climate, wastewater composition, loading rates, system age and design on performances of French vertical flow constructed wetlands: a survey based on 169 full scale systems. *Ecological Engineering*, Vol. 80, pp.46-52.

Pascual, A., de la Varga, D., Arias, C.A., Van Oirschot, D., Kilian, R., Álvarez, J.A. and Soto, M., 2017. Hydrolytic anaerobic reactor and aerated constructed wetland systems for municipal wastewater treatment–HIGHWET project. *Environmental technology*, 38(2), pp.209-219.

Platzer C., 1999. Design recommendations for subsurface flow constructed wetlands for nitrification and denitrification. *Water Science and Technology* 40(3): 257–264.

Prost-Boucle, S., Garcia, O. and Molle, P., 2015. French vertical-flow constructed wetlands in mountain areas: how do cold temperatures impact performances?. *Water Science and Technology*, 71(8), pp.1219-1228.





Redmond, E.D., Just, C.L. and Parkin, G.F., 2014. Nitrogen removal from wastewater by an aerated subsurface-flow constructed wetland in cold climates. *Water Environment Research*, 86(4), pp.305-313.

Reed S.C., Crites R.W., Mittlebrooks E.J. (1995). *Natural systems for waste management and treatment*, 2nd Ed. Mc Graw Hill inc., N.Y.

Rizzo, A., Bresciani, R., Martinuzzi, N. and Masi, F., 2018. French Reed Bed as a Solution to Minimize the Operational and Maintenance Costs of Wastewater Treatment from a Small Settlement: An Italian Example. *Water*, 10(2), p.156.

Sarafraz, S., Mohammad, T.A., Noor, M.J. and Liaghat, A., 2009. Wastewater treatment using horizontal subsurface flow constructed wetland. *American Journal of Environmental Sciences*, 5(1), pp.772-778.

Shahamat, Y.D., Asgharnia, H. and Kalankesh, L.R., 2018. Data on wastewater treatment plant by using wetland method, Babol, Iran. *Data in brief*, 16, pp.1056-1061.

R. E. Speece (1996): "Anaerobic biotechnology for industrial wastewaters", Archae Press, Nashville, TN;

Tan, Y., Tang, F.E., Saptoru, A. and Khor, E., 2015. Septage treatment using vertical-flow engineered wetland: a critical review. *Chemical Engineering Transactions*, 45, pp.1531-1536.

Tan, Y.Y., Tang, F.E., Ho, C.L.I. and Jong, V.S.W., 2017. Dewatering and Treatment of Septage Using Vertical Flow Constructed Wetlands. *Technologies*, 5(4), p.70.

Troesch, S., Lienard, A., Molle, P., Merlin, G. and Esser, D., 2009. Treatment of septage in sludge drying reed beds: a case study on pilot-scale beds. *Water Science and Technology*, 60(3), pp.643-653.

van Haandel, A.C. and Lettinga, G., 1994. *Anaerobic sewage treatment: a practical guide for regions with a hot climate*. John Wiley & Sons.

Vymazal, J., 2010. Constructed wetlands for wastewater treatment: five decades of experience. *Environmental science & technology*, 45(1), pp.61-69.

Vymazal, J. and Březinová, T., 2014. Long term treatment performance of constructed wetlands for wastewater treatment in mountain areas: four case studies from the Czech Republic. *Ecological engineering*, 71, pp.578-583.

Uggetti, E., Hughes-Riley, T., Morris, R.H., Newton, M.I., Trabi, C.L., Hawes, P., Puigagut, J. and García, J., 2016. Intermittent aeration to improve wastewater treatment efficiency in pilot-scale constructed wetland. *Science of the Total Environment*, 559, pp.212-217.

Wallace, S.D., 2000, October. Design and performance of cold climate wetland treatment systems. In *Proceedings of the 2000 National Onsite Wastewater Recycling Association (NOWRA) Annual Conference (Vol. 31)*.





Wallace, S.D. and Nivala, J.A., 2005. Thermal response of a horizontal subsurface flow wetland in a cold temperate climate. International Water Association's Specialist Group on Use of Macrophytes in Water Pollution Control, (29), pp.23-30.

Woods Ballard, B., Wilson, S., Udale-Clarke, H., Illman, S., Scott, T., Ashley, R. and Kellagher, R., 2015. The SuDS Manual, C753, CIRIA, London, UK. ISBN 978-0-86017-760-9.

Wu, S., Kusch, P., Brix, H., Vymazal, J. and Dong, R., 2014. Development of constructed wetlands in performance intensifications for wastewater treatment: a nitrogen and organic matter targeted review. Water research, 57, pp.40-55.

Wu, S., Carvalho, P.N., Müller, J.A., Manoj, V.R. and Dong, R., 2016. Sanitation in constructed wetlands: a review on the removal of human pathogens and fecal indicators. Science of the total environment, 541, pp.8-22.



Contrassegno Elettronico

TIPO QR Code

IMPRONTA (SHA-256): cbe315aa753f9a71418f9ca3d796bd2a4558286030372d2f7c52e7dd9b502497

Firme digitali presenti nel documento originale

Sabina Borgogni

Dati contenuti all'interno del Contrassegno Elettronico

Delibera di Giunta N.574/2021

Data: 22/10/2021

Oggetto: FONDO PER GLI INVESTIMENTI DELLE ISOLE MINORI ART 1. C. 553, L. N. 160/2019 – APPROVAZIONE RICHIESTA DI ACCESSO AL FINANZIAMENTO A VALERE SULLE ANNUALITA' 2020-2021-2022 PER LA REALIZZAZIONE SULL'ISOLA DI GORGONA DI PROGETTI INNOVATIVI IMPRONTATI ALLA SOSTENIBILITA' AMBIENTALE



Ai sensi dell'articolo 23-ter, comma 5, del D.Lgs. 82/2005, le informazioni e gli elementi contenuti nel contrassegno generato elettronicamente sono idonei ai fini della verifica della corrispondenza al documento amministrativo informatico originale. Si precisa altresì che il documento amministrativo informatico originale da cui la copia analogica è tratta è stato prodotto dall'amministrazione ed è contenuto nel contrassegno.



URL: http://www.timbro-digitale.it/GetDocument/GDOCController?qrc=b7a0dace38b3e125_p7m&auth=1

ID: b7a0dace38b3e125