Comune di Sant'Arcangelo Trimonte

Provincia di Benevento



PROGETTO ESECUTIVO

"Interventi di Messa in Sicurezza Operativa della discarica di località Nocecchia, Comune di S. Arcangelo Trimonte (BN), ai sensi dell'art. 240, comma 1, lettera n) del D.lgs. 152/2006 e s.m.i."

Committente :

REGIONE CAMPANIA

Il Responsabile Unico del Procedimento:

ing. Gianluigi Della Ragione

Studio di progettazione :

IMPERIA SOCIETÀ DI INGEGNERIA

IMPERIA S.R.L.
84128 SALERNO
Via Antonio Iannuzzi, 35
tel. 348 549 4302

e-mail: info@imperiaingegneria.com
www.imperiaingegneria.com
Imperia Ingegneria
imperia_ingegneria

TÜV SÜD ISO 9001
ISO 9001:2015
Nr. 50 100 16636

ing. Egidio Grillo
(Direttore tecnico)

IMPERIA S.r.l.
Il Direttore Tecnico
Ingegnere Egidio Grillo

ELABORATO

Piano di Manutenzione dell'Opera

CODIFICA

prog.	categoria	sottocatgoria	progress.	revisione	data	scala	plot
PE	GEN	PM	001	C	09/2026	----	A4

rev	data	descrizione	redatto	approvato
a	04/2026	EMISSIONE	EG	EG
b	07/2026	EMISSIONE	EG	EG
c	09/2026	INTEGRAZIONE VERBALE DI VERIFICA	EG	EG
d				
e				

Il presente documento non potrà essere riprodotto, copiato o altrimenti pubblicato senza il consenso scritto da parte di Imperia srl. Ogni utilizzo non autorizzato sarà perseguitato a norma di legge.

SOMMARIO

1 PREMESSA 1
2 INQUADRAMENTO NORMATIVO E RIFERIMENTI TECNICI 3
3 DESCRIZIONE DELL'OPERA E DELLE COMPONENTI MANUTENTIVE 4
4 MODELLO PRESTAZIONALE DELL'OPERA 5
4.1 Sottoprogramma delle prestazioni 6
5 STRATEGIA E LIVELLI DI MANUTENZIONE 8
5.1 Articolazione dei livelli manutentivi 9
5.1.1 Manutenzione ordinaria 9
5.1.2 Manutenzione programmata 9
5.1.3 Manutenzione straordinaria 10
6 PIANO DI MANUTENZIONE DELLE OPERE CIVILI E IDRAULICHE 11
6.1 Rete di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche 11
6.2 Fossi perimetrali e canali di scarico 12
6.3 Sede stradale e pacchetto di pavimentazione 12
7 PIANO DI MANUTENZIONE DELLE OPERE GEOTECNICHE 14
7.1 Intervento di consolidamento mediante deep mixing 14
7.2 Stabilità del rilevato e interazione con la falda 15
7.3 Attività manutentive e di controllo delle opere geotecniche 15
7.4 Interpretazione tecnica delle anomalie 16
8 PIANO DI MANUTENZIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO E CONTROLLO 17
8.1 Funzione del sistema di monitoraggio nel quadro MISO 17
8.2 Manutenzione dei piezometri e dei punti di monitoraggio 17
8.3 Manutenzione delle attività di misura e campionamento 18
8.4 Gestione, validazione e utilizzo del dato 19
9 PIANO DI MANUTENZIONE DEL SISTEMA DI EMUNGIMENTO E TRATTAMENTO 20
9.1 Sistema di emungimento – pozzi e linee di adduzione 20
9.2 Impianto di trattamento delle acque di falda 21
9.3 Sistema integrato di telecontrollo e gestione 22
9.4 Continuità operativa e gestione delle emergenze 22
9.4.1 Continuità dell'alimentazione elettrica 23
10 SOTTOPROGRAMMA DEI CONTROLLI 26
11 SOTTOPROGRAMMA DEGLI INTERVENTI DI MANUTENZIONE 27
12 INDICATORI DI PRESTAZIONE 28
13 GESTIONE DELLE ANOMALIE E MANUTENZIONE STRAORDINARIA 29

1 PREMESSA

Il presente Piano di Manutenzione si inserisce nel quadro del progetto esecutivo relativo agli interventi di messa in sicurezza operativa della discarica di località Nocecchia nel Comune di Sant'Arcangelo Trimonte, redatto ai sensi dell'art. 240 del D.Lgs. 152/2006.

L'elaborato non si limita a definire una sequenza di operazioni manutentive, ma costituisce lo strumento attraverso il quale viene garantita, nel tempo, la piena efficacia del sistema di contenimento ambientale previsto dal progetto. Nel caso in esame, infatti, l'intervento non è finalizzato alla rimozione della sorgente di contaminazione, bensì alla sua gestione controllata mediante un insieme coordinato di opere civili, geotecniche e impiantistiche.

Ne deriva che la manutenzione assume un ruolo strutturale e non accessorio: il corretto funzionamento del sistema di drenaggio, l'efficienza dei pozzi di emungimento, la stabilità del rilevato stradale e il controllo della falda rappresentano condizioni necessarie affinché l'intervento continui a garantire il livello di sicurezza ambientale previsto in fase progettuale.

Il Piano definisce pertanto le prestazioni attese dalle singole componenti dell'opera, le modalità e le frequenze dei controlli, gli interventi manutentivi programmati e le procedure da attivare in presenza di anomalie. La manutenzione è impostata secondo un approccio integrato, nel quale i risultati delle ispezioni, dei controlli topografici e geotecnici, del monitoraggio ambientale e dei dati di esercizio del sistema di emungimento e trattamento concorrono alla valutazione complessiva dello stato dell'opera.

In coerenza con l'art. 27 dell'Allegato I.7 al D.Lgs. 36/2023, il Piano comprende:

- il sottoprogramma delle prestazioni, riferito ai requisiti e ai livelli prestazionali da mantenere durante il ciclo di vita dell'opera;
- il sottoprogramma dei controlli, relativo alle verifiche civili, idrauliche, topografiche, geotecniche, ambientali e impiantistiche;
- il sottoprogramma degli interventi di manutenzione, nel quale sono organizzate temporalmente le attività ordinarie, programmate, su condizione, straordinarie e urgenti.

Il documento disciplina inoltre il sistema integrato di monitoraggio e gestione, attraverso il quale vengono coordinati il controllo della falda, il funzionamento dei pozzi e delle pompe di emungimento, la gestione dell'impianto di trattamento, l'acquisizione dei parametri operativi, la registrazione degli allarmi e l'attivazione delle conseguenti azioni correttive. Tali contenuti rispondono puntualmente alle integrazioni richieste in sede di verifica progettuale.

L'obiettivo complessivo del Piano è assicurare la conservazione delle opere, la tempestiva individuazione delle condizioni di degrado o malfunzionamento e la continuità prestazionale dell'intero sistema di messa in sicurezza operativa lungo il relativo ciclo di vita.

2 INQUADRAMENTO NORMATIVO E RIFERIMENTI TECNICI

La redazione del piano è stata sviluppata in coerenza con il quadro normativo vigente in materia di lavori pubblici, opere geotecniche e interventi ambientali, con particolare riferimento al D.Lgs. 36/2023 e al relativo Allegato I.7, che disciplina i contenuti del piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti.

A tale riferimento si affianca il D.Lgs. 152/2006, che definisce il contesto tecnico-amministrativo degli interventi di messa in sicurezza operativa e impone la necessità di garantire nel tempo il controllo delle matrici ambientali interessate.

Dal punto di vista tecnico, la progettazione e la successiva impostazione delle attività manutentive tengono conto delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018), in particolare per quanto riguarda gli aspetti geotecnici, nonché delle indicazioni consolidate della letteratura tecnica e delle raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana in materia di comportamento dei terreni e interventi di miglioramento.

Il piano è inoltre coerente con i criteri ambientali e di sostenibilità previsti dalla normativa europea e nazionale, in quanto le attività manutentive sono finalizzate a prevenire il deterioramento delle condizioni ambientali e a garantire la stabilità delle opere nel tempo, evitando l'insorgenza di criticità che possano compromettere l'equilibrio del sito.

3 DESCRIZIONE DELL'OPERA E DELLE COMPONENTI MANUTENTIVE

L'intervento oggetto del presente piano si configura come un sistema articolato di opere tra loro strettamente interconnesse, finalizzate al controllo delle acque superficiali e sotterranee e al miglioramento delle condizioni di stabilità del sito.

Il progetto prevede, infatti, il ripristino e l'adeguamento della rete di raccolta delle acque meteoriche, la sistemazione dei fossi perimetrali, la realizzazione di un sistema di scarico delle acque trattate, il consolidamento della sede stradale mediante tecnologia di deep mixing, la realizzazione di nuovi piezometri e l'implementazione di una rete di emungimento collegata a un impianto di trattamento delle acque di falda.

Tali opere non possono essere analizzate singolarmente, in quanto il loro funzionamento è intrinsecamente legato a un equilibrio complessivo tra condizioni idrauliche, geotecniche e impiantistiche. Il corretto smaltimento delle acque meteoriche, ad esempio, influisce direttamente sul regime della falda e sulle condizioni di saturazione dei terreni, che a loro volta determinano la stabilità del rilevato stradale e l'efficacia degli interventi di consolidamento.

Le indagini geognostiche eseguite nel sito hanno evidenziato la presenza di terreni a prevalente matrice fine, con componente argilloso-limosa e presenza subordinata di sabbie e ghiaie, caratterizzati da una permeabilità molto bassa e da un comportamento scarsamente drenante.

Le criticità osservate lungo la sede stradale, quali deformazioni del piano viabile, fessurazioni e avvallamenti, risultano coerenti con questo quadro e sono riconducibili a fenomeni di perdita di portanza legati all'imbibizione del rilevato e all'incremento delle pressioni interstiziali.

Alla luce di tali condizioni, il sistema progettuale assume la funzione di regolare e controllare il ciclo dell'acqua all'interno del sito, limitando i fenomeni di infiltrazione, drenando le acque superficiali, intercettando la falda e trattando le acque emunte prima dello scarico.

Il Piano di Manutenzione deve quindi garantire la continuità operativa di tutte queste funzioni, assicurando che ogni componente mantenga nel tempo le prestazioni per cui è stata progettata e prevenendo il progressivo degrado che, in un contesto di questo tipo, può tradursi rapidamente in una perdita di efficacia dell'intero sistema.

4 MODELLO PRESTAZIONALE DELL'OPERA

Il sistema oggetto del presente intervento deve essere interpretato come un organismo unitario, nel quale le diverse componenti – opere idrauliche, geotecniche e impiantistiche – concorrono in modo coordinato al raggiungimento di un obiettivo comune, rappresentato dal controllo delle matrici ambientali e dal contenimento della contaminazione.

In tale contesto, il modello prestazionale non si limita a definire il corretto funzionamento dei singoli elementi, ma individua le condizioni operative che l'intero sistema deve garantire nel tempo affinché l'intervento di messa in sicurezza operativa mantenga la propria efficacia.

L'elemento centrale attorno al quale si sviluppa il modello è rappresentato dal ciclo delle acque. Le acque meteoriche, la circolazione idrica nel sottosuolo e le acque di falda costituiscono infatti il principale fattore dinamico del sistema, nonché il vettore attraverso il quale può avvenire la mobilizzazione degli inquinanti.

Questa configurazione determina una forte interdipendenza tra le diverse componenti del sistema: il corretto funzionamento della rete di drenaggio superficiale influisce direttamente sul regime piezometrico, mentre le variazioni della falda incidono sulle condizioni di saturazione dei terreni e quindi sulla stabilità del rilevato stradale.

Il modello prestazionale viene quindi costruito individuando, per ciascun sistema funzionale, le prestazioni attese in condizioni di esercizio ordinario, nonché le condizioni che possono essere considerate indicative di un decadimento delle prestazioni.

In particolare, la rete di raccolta delle acque meteoriche deve garantire un rapido allontanamento dei deflussi superficiali, evitando fenomeni di ristagno che, in presenza di terreni poco permeabili, tenderebbero a trasformarsi in infiltrazioni localizzate. Il mantenimento di tale prestazione è fondamentale per limitare l'alimentazione della falda superficiale e ridurre gli effetti di imbibizione dei terreni.

Analogamente, i fossi perimetrali e il sistema di scarico devono assicurare la continuità del deflusso, evitando accumuli di sedimenti o sviluppo incontrollato di vegetazione che possano ridurre la sezione idraulica utile. Una riduzione anche parziale della capacità di convogliamento può determinare un'alterazione del regime idraulico locale, con conseguenze che si propagano all'intero sistema.

Per quanto riguarda il sottosuolo, il sistema di emungimento e i piezometri di monitoraggio rappresentano gli elementi chiave per il controllo della falda. Il mantenimento di livelli piezometrici coerenti con le condizioni di progetto costituisce un indicatore diretto dell'efficacia dell'intervento. Variazioni anomale, non riconducibili a fenomeni stagionali, devono essere interpretate come segnali precoci di malfunzionamento del sistema o di modificazione delle condizioni idrogeologiche.

Dal punto di vista geotecnico, l'intervento di consolidamento mediante tecnologia di deep mixing è finalizzato a migliorare le caratteristiche meccaniche del terreno, riducendone la deformabilità e incrementandone la capacità portante. La

conservazione delle prestazioni dell'intervento è verificata indirettamente attraverso il controllo della sede stradale, del rilevato e del regime idrico locale.

La sede stradale, pertanto, non rappresenta soltanto un elemento funzionale alla viabilità interna, ma costituisce anche un indicatore sensibile dello stato del sottosuolo. La comparsa di fessurazioni, avvallamenti o cedimenti differenziali deve essere interpretata come un segnale di possibile alterazione dell'equilibrio geotecnico e idraulico.

Infine, l'impianto di trattamento delle acque emunte assume un ruolo essenziale nel garantire la compatibilità ambientale dell'intervento. Il rispetto dei limiti allo scarico e la continuità operativa dell'impianto rappresentano condizioni imprescindibili per il corretto funzionamento dell'intero sistema di messa in sicurezza.

Il mantenimento delle prestazioni deve essere valutato mediante il confronto tra:

- il livello prestazionale iniziale, rilevato al collaudo, all'avviamento o alla messa in esercizio della singola componente;
- i livelli prestazionali rilevati durante la vita utile dell'opera;
- il livello minimo ammissibile, al di sotto del quale devono essere attivate verifiche di approfondimento e interventi manutentivi o correttivi.

4.1 Sottoprogramma delle prestazioni

Ai sensi dell'art. 27 dell'Allegato I.7 al D.Lgs. 36/2023, il sottoprogramma individua le prestazioni che le principali componenti dell'opera devono garantire nel tempo e i relativi livelli minimi di funzionalità.

Tabella 1 Sottoprogramma delle prestazioni e requisiti prestazionali

Sistema	Prestazione attesa	Livello minimo ammissibile	Parametro di controllo	Indicazione di anomalia
Rete acque meteoriche	Raccolta e rapido smaltimento dei deflussi	Assenza di ristagni persistenti e rigurgiti	Stato di caditoie, pozzetti e condotte	Ostruzioni, ristagni, riduzione del deflusso
Fossi perimetrali e canale di scarico	Continuità del deflusso e mantenimento della sezione utile	Sezione non compromessa da sedimenti, vegetazione o dissesti	Stato della sezione e del fondo	Accumuli, erosioni, occlusioni o tracimazioni

Sistema	Prestazione attesa	Livello minimo ammissibile	Parametro di controllo	Indicazione di anomalia
Sede stradale e consolidamento	Regolarità del piano viabile e controllo delle deformazioni	Assenza di cedimenti o lesioni evolutive	Ispezioni e rilievi plano-altimetrici	Fessurazioni, avvallamenti, cedimenti differenziali
Piezometri	Affidabilità delle misure e dei campionamenti	Integrità, accessibilità e rappresentatività del punto	Stato della testa pozzo, profondità e coerenza delle misure	Danneggiamento, occlusione o dati anomali
Pozzi e rete di emungimento	Continuità dell'emungimento secondo il regime di esercizio	Portata sufficiente al controllo idraulico della falda	Portate, livelli dinamici e funzionamento pompe	Riduzione di portata, arresti o perdite
Impianto TAF	Trattamento delle acque emunte e conformità dello scarico	Rispetto dei limiti allo scarico	Portata trattata, parametri di processo e analisi dell'effluente	Superamenti, instabilità del processo o arresti
Sistema di telecontrollo	Acquisizione e registrazione dei dati e degli allarmi	Disponibilità dei segnali essenziali e trasmissione degli allarmi	Stato pompe, livelli, portate e comunicazione remota	Perdita di segnale, mancata registrazione o allarme non trasmesso

Il mantenimento delle prestazioni è verificato mediante i controlli e le frequenze definiti nei successivi sottoprogrammi. Il riscontro di anomalie comporta l'attivazione delle verifiche e degli interventi manutentivi previsti nel presente Piano.

5 STRATEGIA E LIVELLI DI MANUTENZIONE

La definizione della strategia manutentiva per l'opera in esame non può essere impostata secondo schemi standard tipici delle opere civili tradizionali, ma deve necessariamente tener conto della specifica natura dell'intervento, che si configura come sistema di messa in sicurezza operativa di un sito contaminato.

In tale contesto, la manutenzione non ha il solo scopo di preservare l'integrità fisica delle opere, ma assume una funzione essenziale di presidio ambientale, in quanto è direttamente correlata alla capacità del sistema di garantire nel tempo il contenimento della contaminazione e la protezione delle matrici ambientali.

La strategia adottata si basa pertanto su un approccio integrato, nel quale le attività manutentive sono strettamente correlate al monitoraggio e alla lettura delle condizioni operative del sito. Non si tratta, quindi, di una manutenzione esclusivamente programmata su base temporale, ma di un sistema dinamico che combina controlli periodici, verifiche funzionali e interventi mirati in funzione delle condizioni rilevate.

L'impostazione deriva direttamente dalle caratteristiche del sito, che presenta terreni a bassa permeabilità, presenza di falda superficiale discontinua e forte sensibilità alle variazioni del contenuto d'acqua.

In un contesto di questo tipo, anche variazioni modeste delle condizioni idrauliche possono produrre effetti significativi sul comportamento geotecnico e sull'efficacia delle opere di contenimento.

Ne consegue che la manutenzione deve essere orientata prioritariamente a garantire:

- la continuità del deflusso delle acque superficiali;
- il controllo del regime piezometrico;
- la stabilità del rilevato e delle opere consolidate;
- la piena efficienza del sistema di emungimento e trattamento.

Si riporta una sintesi delle principali attività manutentive, con l'indicazione del livello di intervento e della logica di attivazione.

Attività	Livello manutentivo	Modalità di attivazione
Pulizia caditoie e pozzetti	Ordinaria	Periodica / post-evento meteorico
Sfalcio e pulizia fossi	Ordinaria	Programmata stagionale
Controllo pompe e impianto	Ordinaria	Verifica funzionale continua

Attività	Livello manutentivo	Modalità di attivazione
Monitoraggio piezometri	Ordinaria	vedi Piano di Monitoraggio
Spurgo pozzi	Programmata	In funzione delle prestazioni
Videoispezione condotte	Programmata	Periodica o su anomalia
Rilievi sede stradale	Programmata	Controlli semestrali
Ripristini locali pavimentazione	Straordinaria	Su segnalazione di degrado
Sostituzione pompe	Straordinaria	Guasto o inefficienza
Riparazione tubazioni	Straordinaria	Perdite o rotture

Tabella 2 Strategia e livelli di manutenzione

5.1 Articolazione dei livelli manutentivi

All'interno di questa impostazione, le attività sono articolate secondo tre livelli funzionali, che non rappresentano compartimenti rigidi, ma fasi tra loro interconnesse della gestione dell'opera.

5.1.1 Manutenzione ordinaria

La manutenzione ordinaria comprende tutte le attività ricorrenti finalizzate a garantire il corretto funzionamento delle opere nelle condizioni di esercizio ordinario.

Nel caso specifico, tali attività assumono un ruolo particolarmente rilevante per quanto riguarda la gestione delle acque superficiali. La pulizia delle caditoie, la rimozione dei sedimenti dai fossi e il controllo dello stato delle condotte devono essere effettuati con continuità, in quanto l'accumulo progressivo di materiale può determinare, anche in tempi relativamente brevi, una riduzione significativa della capacità di deflusso.

Analogamente, rientrano nella manutenzione ordinaria le verifiche periodiche del funzionamento delle pompe, il controllo visivo delle tubazioni e il monitoraggio dei livelli piezometrici, attività che consentono di mantenere sotto controllo il sistema e di individuare eventuali segnali di anomalia.

5.1.2 Manutenzione programmata

La manutenzione programmata riguarda interventi pianificati sulla base della vita utile dei componenti e delle caratteristiche di esercizio del sistema.

A differenza della manutenzione ordinaria, essa non è legata esclusivamente alla frequenza temporale, ma tiene conto anche delle condizioni operative rilevate nel tempo. Ad esempio, la necessità di effettuare lo spurgo dei pozzi o la videoispezione delle condotte può essere anticipata o posticipata in funzione dei dati di monitoraggio.

In questo ambito rientrano le attività di controllo più approfondite, quali:

- verifiche funzionali del sistema di emungimento;
- controlli sulle prestazioni dell'impianto di trattamento;
- rilievi plano-altimetrici della sede stradale;
- verifiche delle condizioni del terreno consolidato.

Queste attività consentono di valutare l'evoluzione delle prestazioni nel tempo e di programmare eventuali interventi correttivi prima che si manifestino criticità evidenti.

5.1.3 Manutenzione straordinaria

La manutenzione straordinaria comprende gli interventi necessari a seguito del manifestarsi di anomalie, guasti o eventi non prevedibili.

Nel contesto in esame, tali interventi possono derivare sia da fenomeni improvvisi (rottura di una tubazione, guasto di una pompa), sia da processi evolutivi più lenti, quali il progressivo degrado della sede stradale o la perdita di efficienza dei pozzi di emungimento.

Particolare attenzione deve essere posta agli effetti degli eventi meteorici intensi, che possono determinare condizioni di sovraccarico del sistema di drenaggio e alterazioni temporanee del regime della falda. In tali situazioni, è necessario prevedere verifiche immediate e, se necessario, interventi di ripristino.

6 PIANO DI MANUTENZIONE DELLE OPERE CIVILI E IDRAULICHE

Le opere civili e idrauliche costituiscono il primo livello di controllo del sistema, in quanto governano direttamente il deflusso delle acque meteoriche e limitano i fenomeni di infiltrazione nel sottosuolo.

Nel caso specifico, tale funzione assume un ruolo determinante, in considerazione delle caratteristiche del sito, contraddistinto da terreni a bassa permeabilità e da una naturale predisposizione al ristagno idrico. In queste condizioni, anche una parziale inefficienza del sistema di drenaggio superficiale può determinare un incremento delle infiltrazioni e una conseguente alterazione del regime piezometrico.

Le opere di regimazione devono quindi essere mantenute in condizioni di piena efficienza, garantendo la continuità del deflusso e l'assenza di ostacoli che possano ridurre la capacità idraulica del sistema.

6.1 Rete di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche

La rete di raccolta delle acque meteoriche è costituita da caditoie, pozzetti e condotte interrate, il cui corretto funzionamento è essenziale per evitare ristagni superficiali e infiltrazioni nel corpo del rilevato.

Nel contesto in esame, la criticità principale è rappresentata dall'accumulo progressivo di sedimenti e materiali fini, trasportati dalle acque di ruscellamento. Tale fenomeno, se non gestito, comporta una riduzione della sezione utile delle condotte e un rallentamento del deflusso, con conseguente formazione di ristagni superficiali.

Ulteriore elemento di attenzione è rappresentato dalla possibile occlusione delle caditoie, dovuta sia a materiali solidi sia alla crescita vegetazionale, che può compromettere la capacità di intercettazione delle acque.

Le attività manutentive devono pertanto essere orientate a garantire la piena funzionalità idraulica del sistema, attraverso interventi periodici di pulizia e controlli mirati in corrispondenza degli eventi meteorici più significativi.

Attività	Descrizione tecnica	Frequenza	Note operative
Pulizia caditoie	Rimozione sedimenti e materiali	Trimestrale	Intensificare dopo piogge
Spurgo pozzetti	Aspirazione fanghi e detriti	6 mesi	Verifica fondo e sifoni
Ispezione condotte	Controllo visivo o video	Annuale	Anticipare in caso anomalie
Verifica deflusso	Controllo funzionalità rete	Dopo eventi intensi	Individuazione punti critici

Tabella 3 Attività manutentive – rete acque meteoriche

6.2 Fossi perimetrali e canali di scarico

I fossi perimetrali e il sistema di canali rappresentano il livello successivo di gestione delle acque, con funzione di convogliamento e allontanamento verso il recapito finale.

Nel caso in esame, tali elementi assumono un ruolo particolarmente delicato, in quanto operano in condizioni di bassa pendenza e sono soggetti a fenomeni di deposito di materiale fine e crescita vegetazionale, che possono progressivamente ridurre la sezione idraulica utile.

La perdita di efficienza di questi elementi può determinare un'alterazione del regime idraulico locale, con conseguente aumento dei livelli idrici superficiali e incremento delle infiltrazioni.

È quindi fondamentale garantire il mantenimento della sezione di progetto e la continuità del deflusso, attraverso interventi periodici di pulizia e sfalcio, nonché controlli dopo eventi meteorici intensi.

Attività	Descrizione tecnica	Frequenza	Note operative
Sfalcio vegetazione	Rimozione vegetazione infestante	6 mesi	Maggiore frequenza in estate
Pulizia sedimenti	Rimozione depositi fondo alveo	6–12 mesi	In funzione accumulo
Ripristino sezioni	Sistemazione scarpate e fondo	Su necessità	A seguito erosioni
Verifica deflusso	Controllo continuità idraulica	Dopo piogge intense	Individuazione ristagni

Tabella 4 Attività manutentive – fossi e canali

6.3 Sede stradale e pacchetto di pavimentazione

La sede stradale, oltre alla funzione di viabilità interna, rappresenta un elemento sensibile rispetto alle condizioni del sottosuolo, costituendo un indicatore diretto dello stato del rilevato e dell'efficacia del sistema di drenaggio.

Nel caso specifico, le criticità osservate – deformazioni del piano viabile, fessurazioni e avvallamenti – sono riconducibili alla combinazione tra caratteristiche geotecniche dei terreni e condizioni idrauliche locali.

L'intervento di progetto, che prevede il consolidamento mediante deep mixing e il rifacimento del pacchetto stradale, consente di migliorare significativamente le prestazioni del sistema; tuttavia, tali condizioni devono essere mantenute nel tempo attraverso un'attenta attività manutentiva.

Le principali cause di degrado sono riconducibili a:

- infiltrazioni d'acqua nel corpo stradale;

- perdita di continuità del tappeto di usura;
- azioni cicliche dovute al traffico;
- variazioni del contenuto d'acqua nel sottosuolo.

La manutenzione deve quindi essere orientata sia al controllo dello stato superficiale della pavimentazione, sia alla prevenzione dei fenomeni che possono compromettere la stabilità del rilevato.

Attività	Descrizione tecnica	Frequenza	Note operative
Ispezione visiva	Controllo deformazioni e fessure	6 mesi	Dopo eventi piovosi
Rilievi plano-altimetrici	Verifica cedimenti	Annuale	Confronto con stato iniziale
Ripristino pavimentazione	Sigillatura crepe / ricariche	Su necessità	Interventi localizzati
Verifica drenaggio laterale	Controllo cunette e margini	6 mesi	Evitare infiltrazioni

Tabella 5 Attività manutentive – sede stradale

7 PIANO DI MANUTENZIONE DELLE OPERE GEOTECNICHE

Le opere geotecniche previste nell'ambito dell'intervento rivestono un ruolo strutturale nel garantire la stabilità della sede stradale e, più in generale, l'equilibrio del sistema nei confronti delle sollecitazioni indotte dalle condizioni idrauliche del sito. Nel caso specifico, l'intervento di consolidamento mediante tecnologia di deep mixing è stato progettato per migliorare le caratteristiche meccaniche dei terreni di fondazione, incrementandone la resistenza al taglio e riducendone la deformabilità, in un contesto caratterizzato da terreni a matrice fine, bassa permeabilità e forte sensibilità alla variazione del contenuto d'acqua.

A differenza delle opere civili tradizionali, le opere geotecniche non sono direttamente ispezionabili nella loro parte strutturale, in quanto operano nel sottosuolo. Di conseguenza, la manutenzione non può essere impostata in termini di intervento diretto sull'elemento, ma deve essere basata su un sistema di controllo indiretto delle prestazioni, attraverso l'osservazione degli effetti superficiali e dei parametri di comportamento del terreno.

In questo senso, la sede stradale sovrastante e il sistema di monitoraggio piezometrico assumono un ruolo fondamentale, in quanto costituiscono gli indicatori principali dello stato del sistema geotecnico.

7.1 Intervento di consolidamento mediante deep mixing

L'intervento di deep mixing realizzato lungo la sede stradale consiste nella creazione di colonne di terreno consolidato mediante miscelazione in situ con leganti idraulici, con l'obiettivo di formare un volume migliorato in grado di garantire adeguate prestazioni meccaniche. Tuttavia, le prestazioni dell'intervento non sono immutabili nel tempo, ma possono essere influenzate da diversi fattori, tra cui:

- variazioni del contenuto d'acqua nei terreni circostanti;
- cicli di imbibizione e disseccamento;
- sollecitazioni indotte dal traffico;
- eventuali disomogeneità locali del trattamento.

In particolare, in un contesto caratterizzato da bassa permeabilità e presenza di falda superficiale, le variazioni del regime idrico possono incidere significativamente sul comportamento del sistema, alterando le condizioni di interazione tra terreno naturale e colonne trattate.

Per questo motivo, la manutenzione deve essere orientata non tanto all'intervento diretto sulle colonne, quanto al controllo delle condizioni che ne garantiscono il corretto funzionamento, in primo luogo la gestione delle acque.

7.2 Stabilità del rilevato e interazione con la falda

Il comportamento del sistema geotecnico è strettamente legato al regime idrogeologico del sito.

Le indagini hanno evidenziato la presenza di una falda superficiale discontinua, alimentata prevalentemente da apporti meteorici e caratterizzata da oscillazioni stagionali.

In tali condizioni, l'incremento del contenuto d'acqua nei terreni determina:

- aumento delle pressioni interstiziali;
- riduzione della resistenza al taglio;
- incremento della deformabilità del terreno;

Il rilevato stradale, già caratterizzato da materiali rimaneggiati e potenzialmente eterogenei, risulta particolarmente sensibile a tali variazioni, manifestando deformazioni progressive in presenza di condizioni sfavorevoli.

Ne deriva che il controllo della falda e la gestione delle acque superficiali rappresentano elementi essenziali per la conservazione delle prestazioni geotecniche nel tempo.

In questo senso, il sistema geotecnico non può essere gestito in modo autonomo, ma deve essere considerato parte integrante del sistema idraulico e impiantistico.

7.3 Attività manutentive e di controllo delle opere geotecniche

Le attività manutentive si articolano principalmente in controlli indiretti e monitoraggi, finalizzati a intercettare precocemente eventuali segnali di degrado.

Attività	Descrizione tecnica	Frequenza	Indicatori di anomalia
Ispezione sede stradale	Verifica fessurazioni, avvallamenti	6 mesi	Cedimenti differenziali, lesioni
Rilievi plano-altimetrici	Misura deformazioni	Annuale	Variazioni rispetto stato iniziale
Controllo drenaggio	Verifica assenza ristagni	6 mesi	Presenza acqua persistente
Analisi dati piezometrici	Verifica livelli falda	Mensile	Trend crescente anomalo
Verifica carichi traffico	Controllo uso strada	Periodico	Sovraccarichi non previsti

Tabella 6 controllo delle opere geotecniche

7.4 Interpretazione tecnica delle anomalie

Un aspetto fondamentale nella gestione delle opere geotecniche riguarda la corretta interpretazione dei segnali di anomalia.

A differenza di altre opere, infatti, il degrado non si manifesta attraverso un danneggiamento immediato, ma attraverso fenomeni progressivi, spesso inizialmente di modesta entità.

Tra i principali segnali da monitorare si evidenziano:

- comparsa di fessurazioni longitudinali o trasversali nella pavimentazione;
- avvallamenti localizzati o diffusi;
- perdita di planarità del piano viabile;
- ristagni persistenti in superficie;
- variazioni anomale dei livelli piezometrici.

La presenza di uno o più di tali fenomeni deve essere interpretata come indicatore di possibile alterazione dell'equilibrio geotecnico e deve attivare verifiche di approfondimento, anche in coordinamento con il sistema di monitoraggio ambientale.

8 PIANO DI MANUTENZIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO E CONTROLLO

Il sistema di monitoraggio della falda costituisce una componente strutturale dell'intervento di messa in sicurezza operativa, configurandosi non come attività accessoria, ma come elemento funzionale al controllo e alla gestione del sistema di bonifica.

Come evidenziato nel Piano di Monitoraggio Ambientale, il monitoraggio è finalizzato alla verifica nel tempo dell'efficacia delle misure di contenimento della contaminazione, attraverso il controllo sistematico delle condizioni idrauliche e chimiche della matrice idrica sotterranea.

In tale contesto, il Piano di Manutenzione deve garantire non solo il corretto funzionamento dei punti di monitoraggio, ma anche la qualità, l'affidabilità e la continuità del dato ambientale, che rappresenta la base per la gestione operativa dell'intervento.

Il sistema è costituito da una rete di piezometri distribuiti a monte, all'interno e a valle del sito, in coerenza con il modello concettuale, e finalizzati rispettivamente alla definizione delle condizioni di fondo, al controllo della sorgente e alla verifica dell'efficacia del contenimento.

8.1 Funzione del sistema di monitoraggio nel quadro MISO

Nel caso specifico, il monitoraggio svolge una funzione duplice.

Da un lato consente di ricostruire il comportamento della falda, attraverso la misura dei livelli piezometrici e l'analisi delle direzioni di flusso; dall'altro permette di controllare l'evoluzione della contaminazione, mediante campagne periodiche di campionamento e analisi chimica.

Questi due livelli di controllo – idraulico e chimico – sono strettamente interconnessi e devono essere letti in modo integrato. Un'alterazione del regime piezometrico, ad esempio, può tradursi in una modifica delle condizioni di trasporto degli inquinanti, con effetti diretti sulla distribuzione del plume contaminante.

Il sistema di monitoraggio assume quindi un ruolo attivo nella gestione del sito, consentendo di:

- verificare l'efficacia della barriera idraulica;
- controllare il campo di flusso indotto dai pozzi di emungimento;
- individuare eventuali migrazioni anomale della contaminazione;
- supportare la regolazione del sistema di pump & treat.

8.2 Manutenzione dei piezometri e dei punti di monitoraggio

La funzionalità del sistema di monitoraggio dipende in modo diretto dalle condizioni fisiche dei piezometri.

Il PMA evidenzia chiaramente la necessità di garantire:

- isolamento tra acque superficiali e sotterranee;
- protezione meccanica delle teste pozzo;
- efficienza del tratto filtrante;
- possibilità di accesso e campionamento in sicurezza.

Nel tempo, tali condizioni possono essere compromesse da fenomeni di occlusione, infiltrazioni parassite, danneggiamenti superficiali o degrado dei materiali.

La manutenzione deve quindi essere orientata a preservare l'integrità del punto di misura e la rappresentatività del campione.

Attività	Descrizione tecnica	Frequenza	Note operative
Ispezione testa pozzo	Controllo chiusura, sigillatura, integrità	Trimestrale	In linea con registro PMA
Verifica isolamento	Controllo infiltrazioni superficiali	6 mesi	Verifica cementazione
Spurgo piezometro	Pulizia tratto filtrante	Annuale / su anomalia	Come da PMA
Verifica profondità	Controllo sedimenti fondo	Annuale	Post-campionamento
Ripristino pozzetto	Sistemazione opere di protezione	Su necessità	In caso danneggiamenti

Tabella 7 Attività manutentive – piezometri

8.3 Manutenzione delle attività di misura e campionamento

Un elemento qualificante del PMA è la definizione rigorosa delle modalità di campionamento, che devono essere rispettate affinché il dato sia valido.

Le attività comprendono:

- misure freatimetriche preliminari;
- spurgo controllato dei pozzi;
- stabilizzazione dei parametri chimico-fisici;
- campionamento secondo metodiche standard.

Dal punto di vista manutentivo, ciò implica la necessità di garantire:

- efficienza delle attrezzature (sonde, pompe, celle di flusso);
- corretto funzionamento dei sistemi di misura;
- disponibilità di strumentazione calibrata.

Attività	Descrizione	Frequenza
Taratura sonde multiparametriche	pH, redox, conducibilità, O_2	Prima di ogni campagna
Verifica pompe spurgo	Portata ≤ 2 l/min	Ogni utilizzo
Controllo strumenti misura	Freatimetri, sensori	Periodico
Manutenzione attrezzature	Pulizia e decontaminazione	Dopo ogni uso

Tabella 8 Attività di controllo strumentale

8.4 Gestione, validazione e utilizzo del dato

Uno degli aspetti più rilevanti del PMA riguarda la gestione del dato ambientale, che non si esaurisce nella fase di acquisizione, ma comprende un processo articolato di validazione, archiviazione ed elaborazione.

Nel Piano di Manutenzione, questo si traduce nella necessità di garantire:

- continuità nella registrazione dei dati;
- coerenza delle serie storiche;
- individuazione tempestiva di anomalie;
- tracciabilità delle operazioni eseguite.

A tal fine, è previsto l'utilizzo di un **registro di ispezione e manutenzione**, nel quale devono essere riportati:

- esiti delle ispezioni;
- interventi effettuati;
- eventuali anomalie riscontrate;
- azioni correttive intraprese.

9 PIANO DI MANUTENZIONE DEL SISTEMA DI EMUNGIMENTO E TRATTAMENTO

Il sistema di emungimento e trattamento delle acque di falda rappresenta il nucleo operativo dell'intervento di messa in sicurezza operativa, in quanto realizza in modo attivo il contenimento della contaminazione attraverso la creazione di una barriera idraulica a valle del corpo discarica.

Come evidenziato nel Piano di Monitoraggio Ambientale, tale sistema è basato su una rete di pozzi di emungimento collegati a un impianto di trattamento tipo pump & treat, finalizzato alla riduzione delle concentrazioni degli inquinanti prima dello scarico finale.

L'efficacia complessiva dell'intervento dipende direttamente dalla continuità e dall'efficienza di questo sistema. A differenza delle opere passive, infatti, la barriera idraulica richiede un funzionamento costante e controllato nel tempo; eventuali interruzioni o riduzioni di prestazione possono determinare in tempi brevi la perdita del controllo idraulico e la conseguente migrazione della contaminazione verso valle.

La manutenzione deve quindi essere impostata secondo criteri di affidabilità elevata, con un approccio tipico degli impianti industriali, piuttosto che delle opere civili tradizionali.

9.1 Sistema di emungimento – pozzi e linee di adduzione

Il sistema di emungimento è costituito da una serie di pozzi di captazione, disposti a valle dei lotti della discarica, con funzione di intercettazione delle linee di flusso della falda e creazione di un gradiente idraulico controllato.

Il corretto funzionamento dei pozzi dipende da diversi fattori:

- efficienza idraulica del tratto filtrante;
- capacità di aspirazione delle pompe;
- continuità del funzionamento;
- assenza di occlusioni o perdite nelle linee di adduzione.

Nel tempo, tali condizioni possono essere compromesse da fenomeni di intasamento dei filtri, incrostazioni, deposizione di materiale fine o degrado delle componenti elettromeccaniche.

In particolare, nel contesto in esame, caratterizzato da terreni a bassa permeabilità e presenza di materiale fine, il rischio di colmatazione dei filtri risulta significativo e deve essere gestito attraverso attività periodiche di manutenzione.

Attività	Descrizione tecnica	Frequenza	Indicatori di anomalia

Controllo portata pozzi	Verifica portata emunta	Settimanale	Riduzione > 20%
Verifica pompe	Controllo funzionamento	Mensile	Vibrazioni, rumorosità
Spurgo pozzi	Rimozione sedimenti e incrostazioni	6–12 mesi	Calo efficienza
Ispezione linee	Controllo tubazioni interrate	Annuale	Perdite o occlusioni
Verifica quadro elettrico	Controllo alimentazione	6 mesi	Anomalie funzionamento

Tabella 9Attività manutentive – sistema di emungimento

9.2 Impianto di trattamento delle acque di falda

L'impianto di trattamento costituisce l'elemento finale del sistema, con funzione di abbattimento delle concentrazioni degli inquinanti presenti nelle acque emunte, in modo da garantire il rispetto dei limiti allo scarico.

Sebbene i dettagli tecnici dell'impianto siano definiti negli elaborati specifici, il PMA evidenzia la presenza di un trattamento idoneo alla rimozione delle principali classi di contaminanti individuate.

Dal punto di vista manutentivo, l'impianto deve essere gestito come sistema continuo, caratterizzato da:

- funzionamento pressoché costante;
- presenza di componenti elettromeccaniche sensibili;
- necessità di controlli frequenti;
- produzione di fanghi e materiali filtranti esausti da gestire.

La manutenzione deve quindi garantire non solo l'efficienza tecnica dell'impianto, ma anche la conformità ambientale dello scarico.

Attività	Descrizione tecnica	Frequenza	Indicatore di anomalia
Controllo parametri	Verifica dei parametri di processo e della qualità dell'acqua trattata	Giornaliera	Valori anomali o superamento dei limiti
Verifica pompe e dosaggi	Controllo delle pompe di rilancio e dosatrici	Mensile	Riduzione delle prestazioni o dosaggio irregolare
Controllo filtri	Verifica della perdita di efficienza e necessità di controlavaggio o sostituzione	Programmata o su anomalia	Riduzione della portata o della qualità dell'effluente

Pulizia delle sezioni	Rimozione di depositi e incrostazioni	Periodica	Accumuli anomali
Gestione dei residui	Rimozione e conferimento dei fanghi e dei materiali esausti	Secondo necessità	Eccessivo accumulo o aumento della produzione

Tabella 10 Attività manutentive – impianto di trattamento

9.3 Sistema integrato di telecontrollo e gestione

Il sistema di emungimento e l'impianto di trattamento sono gestiti mediante un sistema integrato di automazione e telecontrollo, costituito da quadro elettrico generale, PLC, pannello operatore HMI e collegamento per la supervisione da remoto. Il sistema consente la gestione automatizzata delle pompe, dei dosaggi, degli allarmi e dei principali parametri di processo.

Il telecontrollo deve consentire almeno:

- la visualizzazione dello stato di funzionamento e degli allarmi delle pompe di emungimento;
- il controllo delle pompe di rilancio e delle pompe dosatrici;
- la visualizzazione dei principali parametri di processo disponibili;
- la registrazione degli eventi e delle anomalie;
- la trasmissione da remoto degli allarmi al personale incaricato.

Le attività manutentive del sistema sono riportate nella seguente tabella.

Attività	Frequenza	Esito atteso
Verifica acquisizione dei segnali	Mensile	Corretta visualizzazione degli stati e dei parametri
Prova degli allarmi	Trimestrale	Corretta generazione e trasmissione dell'allarme
Controllo PLC e pannello HMI	Semestrale	Regolare funzionamento e assenza di errori
Verifica della comunicazione remota	Trimestrale	Collegamento disponibile e dati correttamente trasmessi
Salvataggio e verifica dello storico dato	Semestrale	Dati disponibili e correttamente archiviati

Tabella 11 Manutenzione del sistema integrato di telecontrollo

L'eventuale perdita di segnale, mancata trasmissione degli allarmi o indisponibilità del sistema di supervisione deve essere registrata e sottoposta a tempestivo intervento di ripristino.

9.4 Continuità operativa e gestione delle emergenze

Uno degli aspetti più critici del sistema riguarda la continuità operativa.

A differenza di altre componenti dell'opera, il sistema di emungimento e trattamento non può essere soggetto a interruzioni prolungate, in quanto interruzioni prolungate o riduzioni significative delle prestazioni possono compromettere il controllo idraulico del sistema.

e compromettere l'efficacia della barriera.

Per tale motivo, il piano deve prevedere:

- sistemi di allarme per guasti e anomalie;
- procedure di intervento rapido;
- disponibilità di componenti di ricambio;
- eventuali sistemi di backup (pompe di riserva).

Anomalia	Effetto	Azione correttiva
Guasto pompa	Interruzione emungimento	Sostituzione immediata
Riduzione portata	Perdita efficienza barriera	Spurgo / verifica filtri
Superamento limiti scarico	Non conformità ambientale	Taratura impianto
Occlusione tubazioni	Riduzione flusso	Pulizia linea
Blackout elettrico	Arresto impianto	Allarme da telecontrollo; riavvio automatico al ritorno della tensione; gruppo elettrogeno mobile per interruzioni prolungate (cfr. paragrafo "Continuità dell'alimentazione elettrica")

Tabella 12 Gestione anomalie principali

9.4.1 Continuità dell'alimentazione elettrica

L'alimentazione elettrica del sistema di emungimento e dell'impianto di trattamento è derivata dal quadro Q1 della cabina esistente del sito, dotata di trasformatore MT/BT da 630 kVA, mediante linea dedicata interrata fino al quadro generale TAF (Q.TAF), dal quale partono le linee di alimentazione dei pozzi e dell'impianto di trattamento (elaborati 01.PE.ELE.RS.1

e 03.PE.ELE.EG.2). La continuità dell'alimentazione elettrica è assicurata dal gestore mediante le misure di seguito descritte.

- **Architettura dell'impianto elettrico:** le elettropompe sono suddivise su n. 7 linee indipendenti, ciascuna protetta da un proprio interruttore magnetotermico differenziale; l'interruttore differenziale generale del Q.TAF è ritardato (0,15 s) e selettivo rispetto a quelli delle partenze, in modo che un guasto su una singola linea non determini il fuori servizio dell'intero sistema. Il Q.TAF è inoltre dotato di limitatore di sovratensione.
- **Monitoraggio e allarmi:** lo stato di presenza rete del Q.TAF e lo stato di funzionamento delle pompe sono acquisiti dal PLC; in caso di mancanza di tensione, la conseguente perdita di comunicazione con il sistema di supervisione remota genera l'allarme, che viene notificato al personale reperibile del gestore.
- **Riavvio automatico:** al ritorno della tensione il PLC provvede al riavvio automatico delle elettropompe e dell'impianto di trattamento, secondo le logiche di livello e di funzionamento impostate, senza necessità di intervento manuale; il regolare riavvio è verificato da remoto mediante il sistema di supervisione.
- **Compatibilità del sistema con interruzioni di breve durata:** in caso di mancanza di tensione l'emungimento e il trattamento si arrestano contemporaneamente, per cui non si verifica lo scarico di acque non trattate; inoltre, in considerazione della bassa permeabilità dei terreni ($10^{-8} \div 10^{-7}$ m/s – 01.PE.AMB.RS.1), la risalita dei livelli piezometrici a seguito dell'arresto dei pozzi avviene lentamente, e interruzioni di breve durata non compromettono il controllo idraulico della barriera.
- **Procedura di emergenza per interruzioni prolungate:** qualora la mancanza di alimentazione non sia ripristinabile entro 24 ore, il gestore provvede all'alimentazione provvisoria del Q.TAF mediante gruppo elettrogeno mobile di potenza non inferiore a 80 kVA, collegato da personale abilitato a monte dell'interruttore generale del Q.TAF, previa apertura e blocco in posizione di aperto dell'interruttore della linea di alimentazione nel quadro Q1.
- **Controlli periodici:** il gestore esegue le verifiche della cabina, del quadro Q1, del Q.TAF e dei dispositivi di protezione secondo le frequenze riportate nella tabella seguente e mantiene aggiornato l'elenco dei contatti per il pronto intervento del distributore di energia elettrica e del manutentore elettrico incaricato.

Tabella Continuità dell'alimentazione elettrica – attività a cura del gestore

Attività	Frequenza	Esito atteso
Prova dell'allarme di mancanza tensione (simulazione di assenza rete e ricezione dell'allarme da remoto)	Trimestrale	Allarme correttamente generato e ricevuto
Prova di riavvio automatico dopo mancanza tensione	Semestrale	Riavvio regolare di pompe e impianto
Verifica del limitatore di sovratensione e prova dei differenziali	Semestrale	Dispositivi efficienti

Attività	Frequenza	Esito atteso
Verifica della cabina, del quadro Q1 e della linea di alimentazione del Q.TAF	Annuale	Assenza di anomalie
Verifica della disponibilità del gruppo elettrogeno mobile e delle modalità di collegamento	Annuale	Procedura di emergenza operativa

10 SOTTOPROGRAMMA DEI CONTROLLI

Il sottoprogramma dei controlli definisce le verifiche necessarie per accertare nel tempo il mantenimento delle prestazioni delle opere e degli impianti. Le frequenze indicate costituiscono il livello minimo di controllo e devono essere intensificate in presenza di anomalie o a seguito di eventi meteorici significativi.

Sistema o componente	Controllo previsto	Modalità	Frequenza	Esito atteso
Impianto di trattamento	Controllo dei parametri operativi e della qualità dell'effluente	Lettura dei parametri di processo e verifiche analitiche previste	Giornaliera / secondo piano analitico	Regolarità del processo e conformità dello scarico
Pozzi di emungimento	Verifica della portata e dello stato di funzionamento	Lettura delle portate, livelli dinamici e stato delle pompe	Settimanale	Continuità dell'emungimento
Piezometri	Misura dei livelli di falda	Rilievo freatimetrico	Mensile	Coerenza con l'andamento atteso
Monitoraggio ambientale	Campionamento e analisi delle acque sotterranee	Secondo il Piano di Monitoraggio	Trimestrale	Verifica dell'andamento della contaminazione
Rete meteorica	Controllo di caditoie, pozzetti e condotte	Ispezione visiva e verifica del deflusso	Trimestrale e dopo eventi intensi	Assenza di ostruzioni e ristagni
Fossi e canale di scarico	Controllo della sezione e della continuità idraulica	Ispezione del fondo, delle sponde e dei pozzetti	Semestrale e dopo eventi intensi	Sezione libera e deflusso regolare
Sede stradale	Controllo di fessurazioni, avvallamenti e cedimenti	Ispezione visiva	Semestrale	Assenza di fenomeni evolutivi
Sede stradale e rilevato	Verifica delle deformazioni	Rilievo plano-altimetrico e, ove necessario, topografico o geodetico	Annuale	Stabilità delle quote di riferimento
Pozzi e condotte	Verifica di occlusioni, sedimenti o perdite	Spurgo, ispezione e, se necessario, videoispezione	Annuale o su anomalia	Mantenimento dell'efficienza
Telecontrollo	Verifica dei segnali, degli allarmi e dello storico dati	Prove funzionali del sistema	Trimestrale / semestrale	Corretta acquisizione e trasmissione dei dati

Tabella 13 Sottoprogramma dei controlli

Gli esiti dei controlli devono essere registrati in appositi verbali o registri di manutenzione. Il riscontro di condizioni non conformi determina l'attivazione degli interventi previsti nel successivo sottoprogramma.

11 SOTTOPROGRAMMA DEGLI INTERVENTI DI MANUTENZIONE

Il sottoprogramma organizza temporalmente gli interventi necessari alla conservazione delle opere e degli impianti, distinguendo le attività periodiche da quelle attivate in funzione delle condizioni rilevate.

Sistema o componente	Intervento	Frequenza o condizione di attivazione
Caditoie e pozzetti	Pulizia e rimozione di sedimenti e detriti	Trimestrale e dopo eventi meteorici intensi
Condotte meteoriche	Spurgo e pulizia	Annuale o in presenza di riduzione del deflusso
Fossi perimetrali	Sfalcio della vegetazione e rimozione dei depositi	Semestrale
Canale di scarico	Pulizia di pozzetti e tubazioni e ripristino di eventuali dissesti	Annuale o su anomalia
Sede stradale	Sigillatura delle fessure e ripristini localizzati della pavimentazione	Su necessità
Piezometri	Spurgo, pulizia e ripristino delle protezioni superficiali	Annuale o su anomalia
Pozzi di emungimento	Spurgo e rimozione di sedimenti o incrostazioni	Ogni 6–12 mesi, in funzione delle prestazioni
Pompe di emungimento	Manutenzione o sostituzione	Secondo indicazioni del costruttore o in caso di guasto
Linee di adduzione	Pulizia, riparazione o sostituzione dei tratti danneggiati	In presenza di perdite o occlusioni
Impianto TAF	Pulizia delle sezioni, manutenzione delle pompe e verifica dei dosaggi	Secondo programma del costruttore e condizioni di esercizio
Filtri su quarzite e carbone attivo	Controlavaggio o sostituzione dei materiali filtranti	In funzione delle perdite di carico e dell'efficienza depurativa
Reagenti e residui	Reintegro dei reagenti e rimozione dei fanghi prodotti	Secondo consumo e necessità
Telecontrollo	Ripristino dei segnali, degli allarmi e della comunicazione remota	In caso di anomalia o mancata trasmissione

Tabella 14 Sottoprogramma degli interventi di manutenzione

Gli interventi straordinari devono essere eseguiti quando le anomalie rilevate compromettono la funzionalità idraulica, la stabilità delle opere, la continuità dell'emungimento o la conformità dello scarico. Tutte le attività effettuate devono essere annotate nel registro di manutenzione.

12 INDICATORI DI PRESTAZIONE

Accanto alla definizione delle frequenze, il piano individua una serie di indicatori che consentono di valutare in modo oggettivo lo stato del sistema.

Tali indicatori devono essere letti in modo integrato, in quanto il comportamento dell'opera è il risultato dell'interazione tra componenti idrauliche, geotecniche e impiantistiche.

I principali indicatori sono rappresentati da:

- livelli piezometrici e loro variazione nel tempo;
- portate emunte dai pozzi;
- qualità delle acque trattate;
- condizioni di deflusso delle acque superficiali;
- stato della pavimentazione e deformazioni del piano viabile.

Il superamento delle condizioni attese o la presenza di trend anomali deve attivare specifiche verifiche e, se necessario, interventi correttivi.

13 GESTIONE DELLE ANOMALIE E MANUTENZIONE STRAORDINARIA

Nel contesto di un intervento di messa in sicurezza operativa, la gestione delle anomalie assume un ruolo centrale, in quanto le criticità possono evolvere rapidamente e compromettere l'efficacia del sistema.

A differenza delle opere tradizionali, nelle quali il degrado è spesso localizzato e progressivo, nel caso in esame le anomalie tendono a propagarsi tra i diversi sottosistemi, a causa della forte interdipendenza tra condizioni idrauliche, geotecniche e impiantistiche.

La gestione deve pertanto essere impostata secondo un approccio strutturato, basato su:

- individuazione precoce dei segnali di anomalia;
- attivazione tempestiva delle verifiche;
- definizione di azioni correttive mirate;
- tracciabilità degli interventi effettuati.

Tra le principali tipologie di anomalia si possono individuare:

- anomalie idrauliche, legate a ristagni o riduzione della capacità di deflusso;
- anomalie piezometriche, con variazioni inattese dei livelli di falda;
- anomalie impiantistiche, quali guasti o riduzioni di efficienza;
- anomalie geotecniche, evidenziate da deformazioni della sede stradale.

La risposta a tali condizioni deve essere graduata in funzione della gravità e della persistenza del fenomeno.

In particolare:

- anomalie puntuali e temporanee possono essere gestite mediante interventi di manutenzione ordinaria o programmata;
- anomalie persistenti o in evoluzione richiedono verifiche approfondite e interventi straordinari;
- anomalie che incidono sul contenimento della contaminazione devono attivare procedure di intervento urgente.

La gestione delle anomalie deve essere strettamente integrata con il sistema di monitoraggio, che rappresenta il principale strumento di individuazione delle criticità.

Tutte le attività devono essere registrate in appositi registri di manutenzione, in modo da garantire la tracciabilità delle operazioni e la possibilità di ricostruire nel tempo l'evoluzione del sistema.