

REGIONE CAMPANIA

Acqua Campania S.p.A.

UTILIZZO IDROPOTABILE DELLE ACQUE
DELL'INVASO DI CAMPOLATTARO E
POTENZIAMENTO DELL'ALIMENTAZIONE
POTABILE PER L'AREA BENEVENTANA

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

Stralcio Allegato IV D.L. 31.05.2021 n.77 - L. di conversione 21.07.2021 n.108

Responsabile Unico del Procedimento
Dirigente Ciclo Integrato delle Acque della G.R. della Campania
Ing. Rosario Manzi

Il Concessionario
Acqua Campania S.p.A.
Direttore Generale
Area Tecnica
(Ing. *Gianluca Maria SALVIA*)

I Progettisti



Coordinatore responsabile della
Integrazione delle Prestazioni
Specialistiche

Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
1	Febbraio 2022	Integrazioni richieste dal Comitato Speciale (DPCM 4/11/2021)			
0	Dicembre 2021	EMISSIONE PER VIA			
TITOLO : RELAZIONE TECNICA - IMPIANTO DI POTABILIZZAZIONE - RELAZIONE DESCRITTIVA			Progettazione:  VIANINI LAVORI S.p.A.  FINALCA ingegneria srl		
Allegato ED.02.9.01			Revisione:	1	Scala:

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. DATI DI PROGETTO.....	3
2.1 Portate	3
2.2 Carichi inquinanti	3
2.3 Microinquinanti.....	5
2.4 Periodi operativi	6
3. SCHEMA DI IMPIANTO	6
4. LINEA TRATTAMENTO ACQUE POTABILI	9
4.1 La rimozione della torbidità e dei solidi sospesi	9
4.2 La rimozione della sostanza organica.....	12
4.2.1 Configurazione 1: Ozonizzazione + Carbone attivo granulare	13
4.2.2 Configurazione 2: adsorbimento su Carbone Attivo in Polvere (PAC).....	13
4.2.3 Conclusione	14
4.3 Fioritura algale	15
4.4 Disinfezione finale.....	17
5. LINEA FANGHI.....	17
6. TRAFFICO AUTOMEZZI PESANTI	18
7. COSTI GESTIONALI	19

1. PREMESSA

Il presente elaborato ha lo scopo di illustrare la struttura e i criteri di scelta delle sezioni impiantistiche previste per la potabilizzazione delle acque raccolte nella diga di Campolattaro, parte integrante di un progetto di più ampio respiro che coinvolge aspetti anche irrigui, produzione di energia elettrica, posa di condotte forzate, il tutto finalizzato al convogliamento dell'acqua ai suoi diversi destini.

Il presidio di trattamento in oggetto, a servizio dell'Acquedotto Campano, è posizionato a valle della centrale di produzione energia idro-elettrica, con la quale condivide l'area a loro dedicata. La potenza erogata dalla centrale è sempre superiore alle necessità energetiche dell'impianto di trattamento stesso, eccellente concretizzazione di utilizzo di energie rinnovabili per un'economia circolare e di sviluppo sostenibile.

Il processo depurativo adotta le tecnologie più recenti disponibili sul mercato, anche perchè il contenimento dell'ingombro a terra è stato uno dei criteri ispiratori delle scelte non solo per limitare al massimo l'impatto visivo dei manufatti nei confronti dell'ambiente circostante ma anche per ridurre il consumo di territorio a scopi industriali, in questa zona a forte vocazione agro-enologica. Grande impegno è stato, infatti, profuso durante la fase progettuale per raggiungere detti obiettivi: le strutture sono state quindi pensate quasi completamente interrato e, al contempo, molte coperture sono state previste "a verde" per completare e ampliare le aree verdi a terra di cui l'infrastruttura è riccamente dotata.

Lo schema di trattamento previsto ha il compito di assicurare una distribuzione di acqua potabile all'utenza conforme alle richieste di legge (D.Lgs. 2 febbraio 2001, n. 31 e s.m.i.) e si basa sui seguenti stadi principali, meglio descritti e analizzati successivamente:

- 1) chiari-flocculazione accelerata;
- 2) adsorbimento mediante dosaggio di PAC (Carbone Attivo in Povere) e suo recupero mediante chiari-flocculazione accelerata;
- 3) filtrazione su sabbia e carbone (Dual Media Filters - DMF);
- 4) disinfezione finale con sistema misto UV e dosaggio di Biossido di Cloro.

La filiera di trattamento si articola su due linee in parallelo indipendenti, a loro volta composte di due semilinee tra loro interdipendenti solo per alcune utenze comuni.

La portata nominale di acqua potabile da erogare è stata definita in 2,8 m³/s, quella massima in 3,0 m³/s, ma si è dimensionata ciascuna delle 4 semi-linee per una capacità massima di 800 L/s, per tener conto delle perdite idriche dell'impianto, localizzate nella linea fanghi. La quantità di tali flussi dipende essenzialmente dal grado di inquinamento dell'acqua afferente all'impianto, ma è stata mantenuta sempre inferiore al 4-5%. Il loro contenimento è ottenuto anche grazie a ricircoli interni di recupero, per minimizzare lo spreco di risorsa idrica, anche se è doveroso considerare che una certa aliquota di acqua non possa essere mantenuta all'interno del trattamento generale, ma deve essere scaricata in corpo idrico superficiale a termini di legge.

La configurazione di trattamento così articolata offre una grande flessibilità in termini sia quantitativi sia qualitativi; è così possibile, da un lato, produrre acqua potabile anche a portate molte inferiori, fino al 15%, senza alcuna difficoltà operativa e, dall'altro, affrontare eventuali picchi inquinanti particolarmente gravosi, continuando a produrre acqua potabile in conformità alle norme vigenti.

La disposizione planimetrica ha tenuto conto del profilo idraulico generale dell'impianto e dell'orografia del sito prescelto per la sua costruzione. Si è così progettato il sistema in modo da evitare qualsiasi rilancio mediante pompaggio dell'acqua tra i vari stadi di trattamento ma di alimentarli a gravità.

A completamento di quanto citato, è prevista una linea fanghi per il trattamento dei solidi rimossi dalle acque, composta da:

- a) ispessimento a pacchi lamellari
- b) disidratazione meccanica mediante filtro-pressatura
- c) trattamento acque reflue

La linea fanghi, organizzata su due linee parallele indipendenti, è quindi stata attrezzata non solo in modo da ottenere un prodotto solido con il minor tenore di acqua possibile ma anche un refluo liquido che, dopo trattamento dedicato, sia scaricabile in corpo idrico superficiale ai sensi del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., normativa che regola questo smaltimento.

2. DATI DI PROGETTO

2.1 PORTATE

La portata massima di acqua potabile da erogare è stata definita in 3,0 m³/s contro un valore medio di 2,8 m³/s, ma si è preferito dimensionare ciascuna delle citate quattro semi-linee per capacità massima di 800 l/s, corrispondenti a una potenzialità di trattamento di 3,2 m³/s, per tener conto, come accennato, delle perdite idriche dell'impianto.

Questa situazione è relativa al periodo estivo, quando la domanda di acqua potabile nel comprensorio raggiunge il suo picco massimo. Negli altri periodi dell'anno, la richiesta si riduce decisamente e, sulla base di questo contesto, è stata definito di realizzare l'impianto in modo che possa produrre una portata minima erogata di 500 l/s, senza per questo incontrare alcuna difficoltà operativa o funzionale.

2.2 CARICHI INQUINANTI

Dall'Agosto 2019 a oggi è stata svolta una campagna analitica che ha portato all'emissione di nove relazioni tecniche per il rilevamento delle caratteristiche qualitative per permettere la classificazione del lago come fonte di produzione di acqua potabile ai sensi del D.lgs. 152/06 delle acque del lago di Campolattaro. Il risultato finale è stato variabile e dalle risultanze analitiche analizzate, nei casi peggiori (3 su 9), la fonte idropotabile è stata classificata come di classe A3; le acque appartenenti a questa classe devono, secondo quanto indicato nella sezione A dell'allegato 2 alla Parte III del Decreto Legislativo 152/06, essere sottoposte a trattamento fisico e chimico spinto, affinamento e disinfezione e sulla base anche di queste prescrizione si è sviluppato lo schema di trattamento del potabilizzatore

Successivamente, dall'autunno 2020, contestualmente alla campagna di cui sopra, sono state aggiunte rilevazioni analitiche anche dei parametri riportati nella normativa vigente sulla potabilità dell'acqua (D.Lgs. 2 febbraio 2001, n. 31 e s.m.i.), dato che non tutti questi parametri erano compresi nel precedente monitoraggio. Si sono resi così disponibili sei caratterizzazioni complete dell'acqua grezza.

Sulla base di queste risultanze, il parametro operativo principale per il dimensionamento del potabilizzatore, oltre alla portata idraulica, è la torbidità espressa in NTU (Unità Nefelometriche di Torbidità); nella tabella sottostante si riportano i valori medi e massimi, misurati o attesi, in ingresso e quelli corrispondenti in uscita dall'impianto.

Scenari inquinanti previsti in termini di Torbidità

Acqua grezza	Torbidità in ingresso	Torbidità in uscita (95° percentile)	Torbidità in uscita (massimo)
Ottima qualità	5 NTU	0,3 NTU	1 NTU
Buona qualità	20 NTU	0,3 NTU	1 NTU
Pessima qualità	200 NTU	0,5 NTU	1 NTU

A questo parametro è doveroso associarne anche un altro che influisce decisamente sugli aspetti operativi e gestionali del potabilizzatore: il tenore di sostanze organiche, espresse come TOC (Carbonio Organico Totale). Si tenga presente che la legislazione vigente non richiede particolari efficienze di rimozione di questo parametro, limitandosi a prescrivere che il suo tenore nell'acqua potabile sia, se paragonato con quella in ingresso, "senza variazioni anomale". Peraltro, una presenza importante di questo materiale potrebbe comportare odori e/o sapori sgradevoli oppure portare a una, se pur lieve, colorazione: da qui l'importanza del suo controllo che, nel caso in oggetto, è garantita dalla possibilità di dosare Carbone Attivo in Polvere (PAC).

Scenari inquinanti previsti in termini di TOC

	TOC in ingresso	TOC uscita
Senza dosaggio PAC	< 5 mg/L	senza variazioni anomale
Con dosaggio PAC	> 5 mg/L	< 5 mg/L

Per quanto riguarda tutti gli altri parametri previsti, le analisi disponibili assicurano che la loro concentrazione è inferiore ai limiti previsti dalla normativa vigente già nell'acqua grezza e quindi non sono da prevedere particolari unità di trattamento dedicate.

Unica eccezione sono i parametri microbiologici, spesso presenti, per i quali si è deciso di fornire una sezione finale di disinfezione particolarmente articolata e potente.

2.3 MICROINQUINANTI

La Direttiva (UE) 2020/2184 del 16 dicembre 2020 a riguardo della qualità delle acque destinate al consumo umano ha ampliato l'attenzione dei parametri da rispettare, introducendo nuove sostanze e/o nuovi limiti di quei prodotti che possono essere genericamente compresi nella voce di microinquinanti.

Dato che, a breve, dovrà essere recepita dall'Italia, si vuole fare una breve disanima di come l'impianto in progetto possa affrontare questi nuovi limiti.

Innanzitutto, si deve premettere che la fonte di approvvigionamento in oggetto (il lago di Campolattaro) sorge in un'area assolutamente esente da carichi antropici. Siamo in collina (400 m.s.l.m.), con piccoli insediamenti abitativi e di ristorazione e completa assenza di attività industriale.

Per questo motivo, siamo confidenti che alcuni dei parametri normati nella citata direttiva non possano essere presenti, neppure in tracce, nella stessa acqua grezza; stiamo parlando, ad esempio, dei PFASs e del Bisfenolo A, tipicamente originati da attività di industria chimica. Questa affermazione è supportata dal fatto che altri inquinanti di origine industriale previsti nelle norme italiane (per esempio, fenoli, IPA, ecc.), e quindi rilevati nelle campagne analitiche propedeutiche alla progettazione del potabilizzatore, sono sempre stati inferiori ai limiti di rilevabilità.

Al contrario, altri parametri come gli Acidi Haloacetici, i cloriti e clorati possono essere generati dal sistema di disinfezione utilizzato ma dipendono innanzitutto dalla presenza di precursori (NOM) e da come il sistema previsto contrasta la loro presenza prima di giungere alla clorazione finale. È chiaro che la filiera presente nell'impianto in oggetto, prevedendo praticamente 3 chiari-flocculazioni (la terza è a monte dei filtri a sabbia), una stadio di adsorbimento su carbone attivo a una filtrazione fine su sabbia, sia ben strutturata a questo riguardo. Per i Clorati (nuovo parametro introdotto dalla Direttiva), essi si generano per presenza di Cloriti e di ambiente fortemente ossidante mentre questi ultimi sono generati dall'uso del Biossido di Cloro. A parte il fatto che la Direttiva innalza il limite previsto nella nostra normativa nazionale, portandolo a 0,25 µg/L, contro gli attuali 0,2, essa inserisce anche la deroga quando, per la disinfezione delle acque destinate al consumo umano si utilizza un metodo di disinfezione che genera clorito, in particolare Biossido di Cloro (come nel caso in oggetto), applicando il valore di parametro di 0,70 mg/L.

Le Microcistine, invece, generate da Cianobatteri dopo lisi cellulare, possono essere presenti nell'acqua grezza, specialmente durante eventuali Bloom Algali. Per questa tipologia di contaminanti la strategia di rimozione è comunque presente nell'impianto: rimozione delle microalghe prima di qualunque contatto con forti ossidanti che ne possano procurare la lisi e rimozione delle molecole già presenti nell'acqua grezza grazie nella sezione di carbone attivo.

Sull'Uranio non sono disponibili dati nella zona e non si possono fare considerazioni a priori sulla sua presenza nelle acque; l'unico aspetto positivo è che le tecnologie per la sua rimozione sono comunque presenti nello schema sviluppato (coagulazione con filtrazione: BAT consigliata da EPA).

Per quanto riguarda la modifica del valore limite per i parametri già esistenti nella normativa italiana, c'è da dire che per alcuni si è di fronte ad un aumento del valore mentre per altri ci si deve conformare a valori più stringenti. Per tutti,

comunque, la loro presenza nell'acqua grezza (quando presenti) è sempre inferiore al limite della nuova norma.

Infine la torbidità è stata normata in 0,3 NTU nel 95% dei campione ma mai oltre a 1 NTU, situazione che quanto previsto è in grado di mantenere.

Tutto ciò evidenziato, si vuole far notare che nelle attrezzature accessorie del potabilizzatore sono presenti condizionamenti chimici (ossidazione con permanganato, controllo di pH con acido solforico e Calce), anche se non strettamente necessari ma utili nel caso fosse necessario, per esempio, una modifica del pH per meglio coadiuvare l'adsorbimento della sezione a carbone.

2.4 PERIODI OPERATIVI

Come anticipato, l'impianto in oggetto non è destinato a produrre acqua potabile alla sua massima potenzialità per l'intero anno, in continuo, ma si possono distinguere i due regimi idraulici citati in precedenza, uno estivo di 122 giorni e uno per i restanti 243.

Però, per avere una fotografia più completa del funzionamento del presidio depurativo si suddivide il periodo estivo in due spezzoni, caratterizzati da un diverso tipo di qualità dell'acqua grezza da sottoporre a trattamento, ottenendo gli scenari descritti di seguito; questa articolazione si è resa necessaria per ottenere una valutazione dei costi gestionali e dell'impegno di risorse più vicina alla realtà operativa.

- le condizioni operative minime, cioè con produzione di acqua potabile di 500 l/s e acqua grezza da trattare di buona qualità (20 NTU), condizione tipica del periodo invernale, per 243 giorni;
- il periodo di operatività che può definirsi tipica per l'alta stagione, in estate per 100 giorni dove sono prodotti 2.800 l/s ma avendo in ingresso ancora un'acqua di buona qualità (20 NTU);
- la condizione peggiore in cui l'acqua influente è di pessima qualità (200 NTU), durante il periodo in cui la produzione è ancora di 2.800 L/s, per un totale di circa 3 settimane (22 giorni) non continuative.

3. SCHEMA DI IMPIANTO

Lo schema di trattamento previsto ha il compito di assicurare una distribuzione di acqua potabile all'utenza conforme alle richieste di legge (D.Lgs. 2 febbraio 2001, n. 31 e s.m.i.) e si basa sui seguenti stadi principali, meglio descritti e analizzati successivamente:

- 1) chiari-flocculazione accelerata;
- 2) adsorbimento mediante dosaggio di PAC (Carbone Attivo in Povere) e suo recupero mediante chiari-flocculazione accelerata;
- 3) filtrazione su sabbia, di protezione al successivo;
- 4) disinfezione finale con sistema misto UV e dosaggio di Biossido di Cloro.

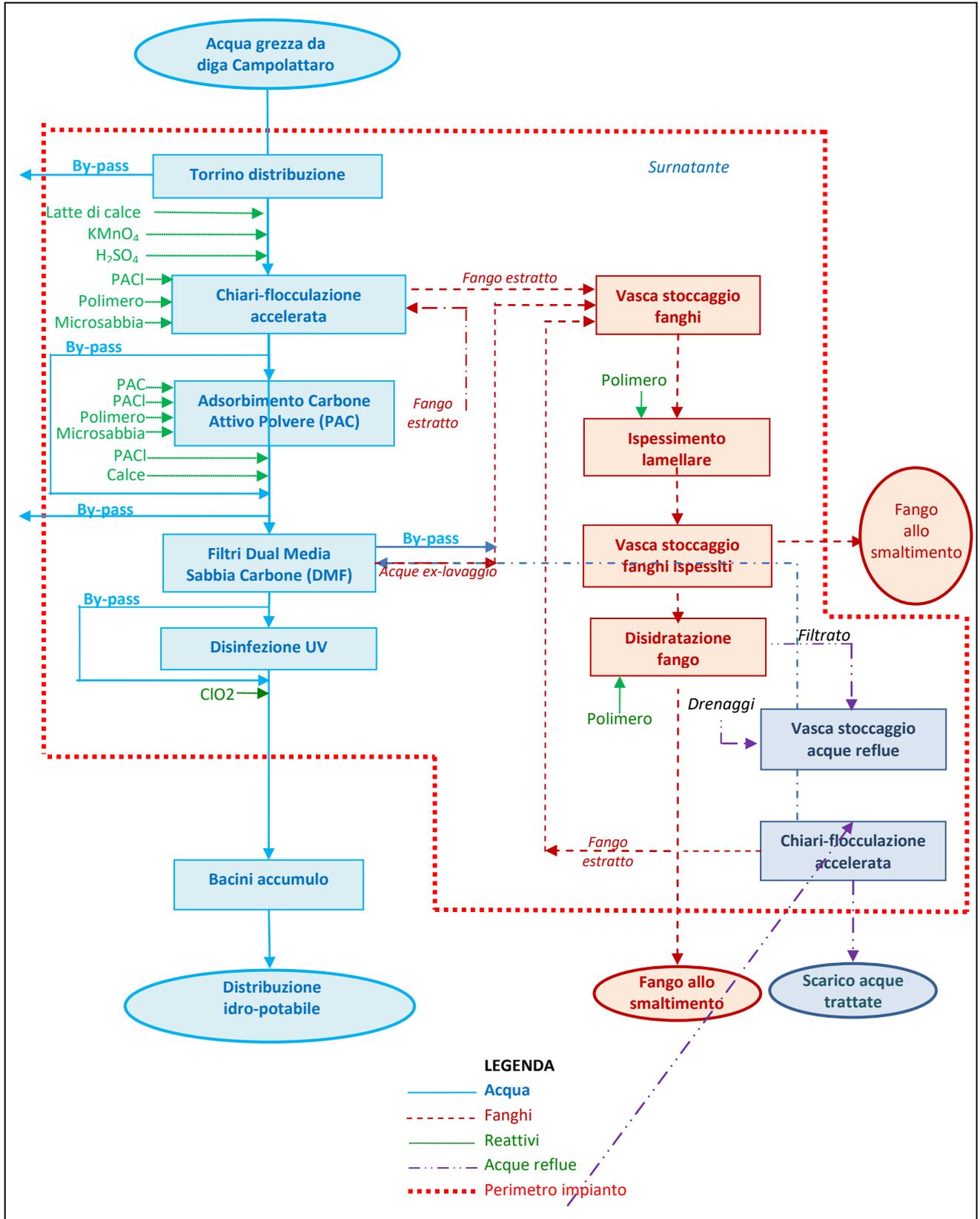
La filiera di trattamento si articola su due linee in parallelo indipendenti, a loro volta composte di due semilinee tra loro interdipendenti per alcune utenze. Le quattro uscite dello stadio 2) sono riunite tra loro per poi essere suddivise di nuovo in due flussi uguali, alimentati al successivo stadio 3), per rendere la filiera delle singole semilinee ancor più intercambiabile e molto più flessibile.

Inoltre è prevista la possibilità di by-passare lo stadio 2) alimentando direttamente, dopo la chiari-flocculazione 1), i filtri a sabbia per evitare il dosaggio del carbone in tutti quei periodi che si rende inutile, con intuibili vantaggi gestionali.

La portata media di acqua potabile da erogare è stata definita in 2,8 m³/s, ma si è dimensionata ciascuna delle quattro semi-linee per una capacità massima di 800 l/s, anche per tener conto delle perdite idriche dell'impianto, principalmente localizzate nella linea fanghi, direttamente proporzionali alle possibili variazioni di carico inquinante afferente e, quindi, da rimuovere. Tali perdite sono state contenute nel limite del possibile tecnico e sono state limitate a non oltre un 4-5% nelle condizioni peggiori, grazie anche a dei ricircoli interni diretti per il massimo recupero di risorsa idrica. Ciò nonostante, è comunque inevitabile considerare che una certa aliquota non possa essere mantenuta all'interno del trattamento generale ma vada scaricata in idrico superficiale a termini di legge.

In particolare, sono rinviate in testa all'impianto di potabilizzazione i fanghi estratti dallo stadio 2) e un parziale recupero delle acque della linea fanghi. Il flusso che non è possibile recuperare ha caratteristiche qualitative che impediscono il suo scarico diretto in quanto non conformi alla normativa; è previsto quindi un suo trattamento dedicato per portarlo a una qualità che ne permetta lo scarico in corpo d'acqua superficiale (D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.).

Schema a blocchi potabilizzatore



4. LINEA TRATTAMENTO ACQUE POTABILI

L'impianto è stato concepito per offrire un insieme che sia contemporaneamente estremamente flessibile e altamente affidabile.

La prima caratteristica si rende fondamentale sia da un punto di vista idraulico per affrontare un'escursione della portata da distribuire durante l'anno dal 15% al 100% sia da un punto di vista qualitativo per poter configurare lo schema di trattamento alle reali necessità contingenti come, per esempio, la possibile fioritura algale, fino a oggi non rilevato ma tipico degli invasi naturali o artificiali.

Di conseguenza, la filiera di trattamento si articola su due linee in parallelo indipendenti, a loro volta composte di due semilinee tra loro interdipendenti solo per alcune utenze comuni. In pratica è produrre acqua potabile fino al 15% del flusso di progetto massimo, operando con una sola semilinea al suo minimo. Utilizzando due semilinee è possibile produrre il 50% della capacità di progetto, mentre con tre è possibile generare il 75% della capacità massima.

Altro elemento di flessibilità operativa è rappresentato dalla possibilità by-passare completamente il secondo stadio di trattamento (adsorbimento con carbone attivo in polvere): in tal modo si può inserire questa unità solo quando è realmente necessario, lasciandolo completamente fermo per la maggior parte del tempo, come dimostrano le analisi finora raccolte.

Al contempo, il trattamento deve essere decisamente affidabile per garantire un'acqua potabile conforme alla normativa vigente con continuità e stabilità. Per soddisfare questo aspetto si sono selezionate tecnologie moderne ma anche largamente utilizzate nello scenario della produzione di acqua potabile.

La stessa disinfezione è ideata in doppio stadio, per soddisfare i requisiti sanitari più severi.

La disposizione altimetrica dei vari stadi di trattamento ha tenuto conto del profilo idraulico dell'impianto e dell'orografia del sito prescelto per la costruzione. Si è così progettato il sistema in modo da evitare qualsiasi rilancio mediante pompaggio dell'acqua tra i vari stadi di trattamento ma in modo di alimentarli a gravità.

Infine, altro criterio ispiratore fondamentale delle scelte tecnologiche è stato quello di limitare il consumo di territorio a scopi industriali, riducendo al minimo possibile l'ingombro a terra, in questa zona a forte vocazione agro-enologica; questo approccio permette anche di contenere al massimo l'impatto visivo dei manufatti nei confronti dell'ambiente circostante, potendo realizzare le strutture quasi completamente interrato senza proibitivi costi realizzativi. Molte coperture sono state previste "a verde" per completare e ampliare le aree verdi a terra di cui l'infrastruttura è riccamente dotata.

Si descrivono nel seguito le motivazioni salienti che hanno portato alla scelta delle tecnologie citate.

4.1 LA RIMOZIONE DELLA TORBIDITÀ E DEI SOLIDI SOSPESI

Il trattamento universalmente riconosciuto come il più adatto per affrontare in primo stadio gli inquinanti previsti in ingresso è il processo di chiari-flocculazione. In breve, questo processo utilizza un agente coagulante per la destabilizzazione delle particelle colloidali finissime, un polimero flocculante per l'aggregazione di tutte particelle presenti e una sezione di separazione solido-liquido, mediante sedimentazione, dove

questi solidi vengono rimossi e smaltiti (coagulazione, flocculazione e sedimentazione). Il suo dimensionamento per applicazioni su acqua potabile si basa su un carico idraulico normalmente mantenuto al di sotto di $1,5 \div 2 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$, incrementabili a $4 \div 6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ nel caso di adozioni di tecnologie cosiddette "a letto di fango".

I trattamenti chimico-fisici di seconda generazione sono quelli in cui il bacino di decantazione è equipaggiato con pacchi lamellari: l'elevata superficie dei pacchi consente di mantenere bassi valori del carico idraulico reale (dell'ordine di $0,5 \div 1,5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$) a fronte di un elevatissimo carico idraulico sulla superficie proiettata ovvero su quella realmente occupata (dell'ordine di $15 \div 18 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$); tale soluzione permette di ridurre di oltre l'85% la superficie occupata dallo stadio.

Una variante di questo sistema (terza generazione) consiste nell'aggiunta, ai fiocchi in via di sviluppo, di supporti inerti, (microsabbia, magnetite, ...) che agiscono come "semi" e zavorre, per la formazione di conglomerati ad alta densità: i fiocchi risultanti possono essere facilmente rimossi mediante sedimentazione, consentendo l'adozione di un sedimentatore con tempi di ritenzione idraulici molto brevi e con un'elevata velocità di risalita..

Meccanismo di zavorramento nel processo di BFHRC

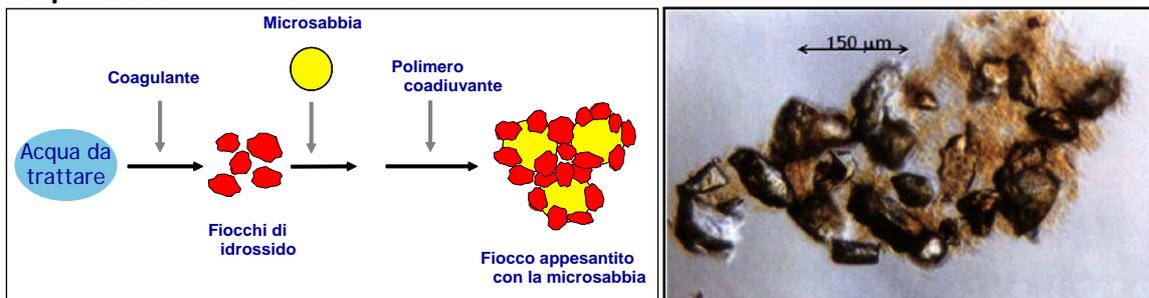


Immagine al microscopio del fiocco di fango aggregato alla microsabbia, che costituisce un supporto pesante, facilmente sedimentabile

Ciò si traduce in un sistema estremamente compatto, con un ingombro molto ridotto, fino a 10 volte inferiore rispetto ad altri processi di chiarificazione ad alto carico. Si possono perciò adottare valori variabili tra $40 \div 80 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ per applicazioni per il trattamento delle acque potabili mentre si può arrivare anche a $60 \div 120 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ per soluzioni su acque di scarico (trattamento primario, terziario, acque di pioggia). A conferma si riportano in allegato due documenti illustranti sinteticamente due un paio di tecnologie basate su questo concetto di fiocco appesantito (ballasted) dove è possibile dedurre che la velocità usata nel presente progetto è del tutto adeguata.

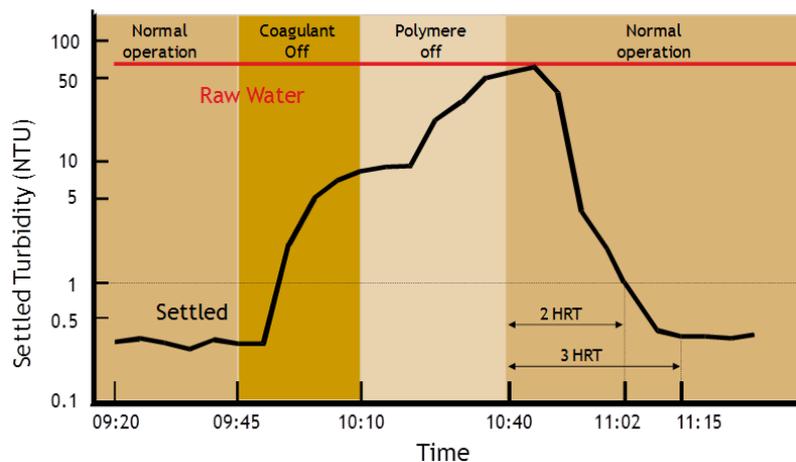
Questa tecnologia, dedicata alla rimozione della torbidità e dei solidi sospesi presenti nell'acqua grezza, quindi, presenta numerosi punti di forza rispetto ad altri sistemi di chiari-flocculazione convenzionale; oltre (1) ai ridottissimi ingombri in pianta, di cui si è già fatto cenno, si rimarca anche (2) la notevole velocità di entrata a regime del processo a ogni avviamento e (3) l'estrema facilità di adattamento alle mutate e spesso rapide condizioni di alimentazione, situazione che tipicamente si osserva in impianti di

potabilizzazione che utilizzano, come quello in esame, acqua superficiale soggetta a variazioni di qualità in relazione alle diverse condizioni del corpo idrico da cui viene prelevata.

Questo processo, dopo circa quindici/venti minuti di esercizio, è in grado di raggiungere i rendimenti di progetto, sia in avviamento sia in caso di variazioni importanti delle caratteristiche dell'acqua grezza in ingresso.

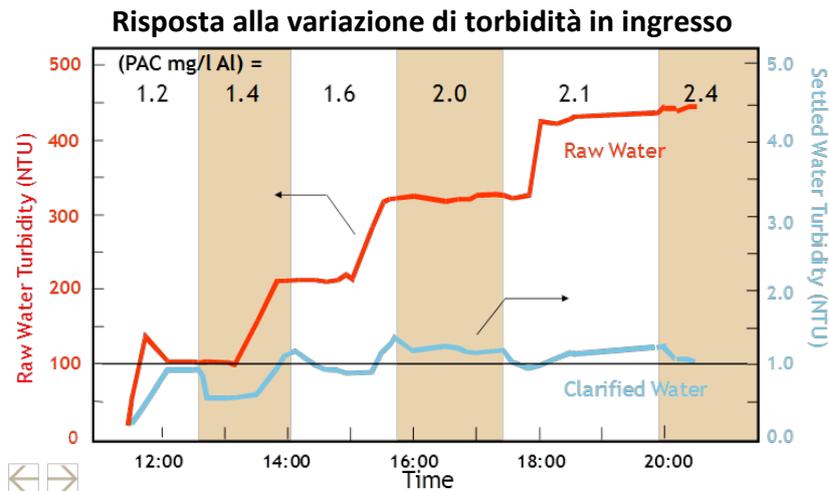
Per meglio comprendere questo concetto si riportano dei grafici illustrativi che riportano dei dati operativi d'impianti inseriti come pretrattamento per linee di potabilizzazione di acque superficiali.

Velocità di raggiungimento delle condizioni stazionarie

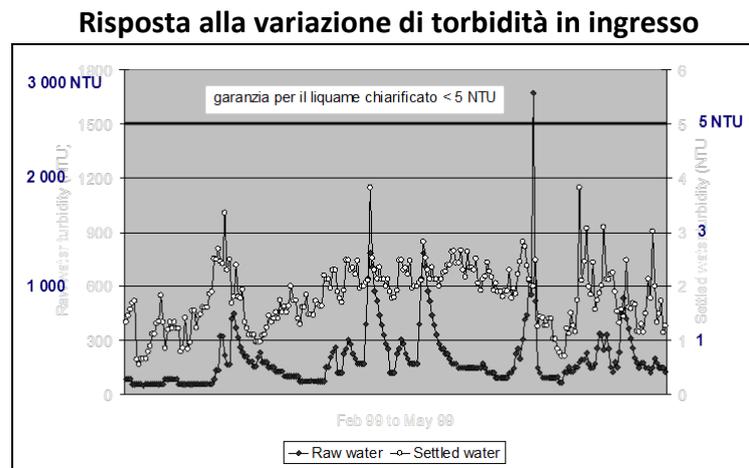


Nel grafico riportato in precedenza si vedono i risultati di prove di funzionamento in cui, con acqua in ingresso costantemente pari a circa 70 NTU, è stato volutamente interrotto il dosaggio di coagulante e di polimero; una volta riavviato il dosaggio, la ripresa delle prestazioni nominali è molto rapida: dopo due volte il tempo di ritenzione idraulica (15/20 min.) si è raggiunto l'obiettivo di 1 NTU e dopo tre volte (30 min.) è stato raggiunto il punto ottimale della prestazione (<0,5 NTU).

La stabilità di processo si nota invece nel grafico sotto riportato in cui si può osservare come, in una prova in cui si è aumentata la torbidità in maniera costante nel tempo da 100 NTU a 450 NTU, la chiarifiocculazione accelerata ha sempre mantenuto il valore di torbidità in uscita pari a 1 NTU; è da evidenziare che tale prestazione è stata garantita grazie all'aumento del dosaggio di coagulante (PAC) che, come nell'impianto proposto, è regolato in automatico in funzione della misura di torbidità in ingresso.



Il grafico sotto riportato presenta, invece, il caso di un grosso impianto di potabilizzazione (4.600 l/s) avente un'acqua di origine superficiale influente caratterizzata da una notevole variabilità di torbidità (da 50 a quasi 2.000 NTU). Nonostante ciò l'andamento della torbidità in uscita è notevolmente costante, sempre inferiore a 5 NTU: anche in questo caso la costanza della qualità dell'acqua trattata è da attribuire alla variazione di dosaggio di coagulante in funzione della qualità dell'influente.



4.2 LA RIMOZIONE DELLA SOSTANZA ORGANICA

In base ai dati sull'acqua grezza del caso in oggetto, il carbonio organico disciolto (TOC/COD) nell'acqua grezza si mantiene a livelli molto bassi, trascurabili, nella maggior parte del tempo. Sono però presenti casi in cui varia in modo significativo rendendo evidente la necessità di un suo trattamento di rimozione prima della consegna alla rete di distribuzione. L'adozione di un presidio dedicato alla sua rimozione permette di ottenere i seguenti risultati:

- rimozione di composti organici stessi e, in particolare, dei microinquinanti
- eliminazione di cattivi sapore e odori;
- rimozione completa di eventuali colorazioni

Questi obiettivi possono essere ottenuti con due possibili linee di processo che vengono nel seguito confrontati per poter decidere quale adottare nel caso in oggetto.

Nella progettazione convenzionale, può essere proposto il trattamento mediante filtrazione a Carbone Attivo Granulare (GAC), preceduto da ozonizzazione come trattamento radicale, al fine di una rimozione completa e radicale delle sostanze organiche di cui sopra; una sua alternativa equivalente è costituita dal dosaggio di Carbone Attivo in Polvere (PAC) e suo recupero mediante processo di chiari-flocculazione.

4.2.1 Configurazione 1: Ozonizzazione + Carbone attivo granulare

Dopo la già prevista fase di chiari-flocculazione di primo stadio e una fase di filtrazione su sabbia, la prima opzione considerata è uno stadio di dosaggio ozono seguito da una fase di adsorbimento su Carbone Attivo Granulare (GAC).

In generale, gli obiettivi dell'ozonizzazione sono:

- ✓ ossidazione di manganese e ferro al fine della loro completa eliminazione sui successivi filtri GAC e sabbia;
- ✓ ossidazione di microinquinanti organici, compresi composti che alterano il sapore e l'odore, inquinanti fenolici e alcuni pesticidi;
- ✓ ossidazione di macroinquinanti organici, inclusa la rimozione di qualsiasi colorazione, aumento della biodegradabilità dei composti organici, controllo dei precursori di Trihalometani e riduzione della domanda di cloro;
- ✓ inibizione della crescita algale e batterica nei successivi filtri.



Generatore di O₃

Gli obiettivi dei filtri GAC posti a valle, invece, sono:

- ✓ adsorbimento di sostanze organiche che difficilmente possono essere decomposte durante la fase precedente;
- ✓ adsorbimento e degradazione biologica delle sostanze organiche che vengono decomposte nello stadio di ozonizzazione; dopo diversi mesi di funzionamento dei filtri GAC, infatti, si instaurano attività biologiche che portano alla degradazione della materia organica adsorbita. Questo filtro si trasforma quindi in un Carbone Attivo Biologico (BAC) che permette un allungamento della vita del carbone stesso. Il filtro GAC possiede quindi proprietà combinate di adsorbimento e biodegradazione.



Filtro GAC

4.2.2 Configurazione 2: adsorbimento su Carbone Attivo in Polvere (PAC)

L'opzione alternativa alla precedente soluzione è costituita dal dosaggio di Carbone Attivo in Polvere (PAC) e suo successivo recupero mediante processo di chiari-flocculazione. Sempre per ottimizzare e, come detto in precedenza, contenere gli

ingombri, l'unità PAC può essere proposta in combinazione con una chiari-flocculazione accelerata, del tutto simile al primo stadio di trattamento. Si tratta quindi di un processo ibrido che combina la tecnologia di chiarificazione ad alta velocità descritta sopra con le capacità di adsorbimento del Carbone Attivo in Polvere (PAC).

In questa configurazione nella prima sezione è realizzata la fase di contatto tra acqua e PAC, dove viene dosato il prodotto vergine, caratterizzato da una struttura microporosa che offre specifiche zone superficiali molto ampie che adsorbono e intrappolano fisicamente gli inquinanti organici; il tempo di contatto e la concentrazione di PAC sono i parametri chiave della fase in oggetto e devono assumere valori adeguati alle esigenze specifiche. Infatti, a fronte di tempi di ritenzione idraulica tipicamente di 20 minuti complessivi, il suo recupero e ricircolo interno permette di mantenere nel sistema il carbone per un periodo molto più lungo, a livello di 12÷15 ore, sfruttandone quindi al massimo la capacità adsorbente.

Poiché il PAC viene riciclato all'interno del processo, i tassi di rimozione possono essere migliorati anche fino al 50% rispetto alla sola chiari-flocculazione e il consumo di PAC può essere ridotto rispetto a sistemi convenzionali grazie ad una maggior capacità specifica di adsorbimento rispetto ai filtri a Carbone Attivo Granulare.

Una grande qualità di questo processo è quella di essere estremamente adattabile alla variabilità della qualità dell'acqua grezza grazie alla possibilità di modificare il dosaggio del PAC stesso; addirittura, il sistema può essere utilizzato con o senza PAC in base alle esigenze stagionali, migliorando ulteriormente l'adattabilità del processo depurativo.

Infine, grazie alla trascurabile perdita di carico mediante l'utilizzo di sezione di dosaggio PAC (dell'ordine delle decine di centimetri), non è mai necessario un pompaggio intermedio a monte o a valle.

4.2.3 Conclusione

Sulla base delle considerazioni precedenti, è possibile ora schematizzare le conclusioni come segue:

- il **dosaggio di PAC offre una flessibilità molto maggiore** della configurazione Ozono + GAC, potendo essere aumentato o diminuito a piacere;
- in certi periodi (molto consistenti nel progetto qui sviluppato) è **possibile bypassare direttamente lo stadio senza alcun problema**, situazione non possibile con il GAC che deve essere continuamente alimentato per non creare insorgenza di cattivi odori e/o sapori nell'impianto e/o alla ripresa della sua funzionalità;
- già di per sé, **la polvere di carbone presenta una capacità di adsorbimento maggiore** rispetto alla forma granulare, grazie alla maggior possibilità di contatto con gli inquinanti che la sua forma comporta, fenomeno peraltro parzialmente mitigato dal fenomeno BAC citato;
- il ricircolo del PAC aumenta decisamente il tempo di contatto, garantendo così **un miglior sfruttamento del carbone** e quindi di migliori performance di adsorbimento;
- **i costi energetici della configurazione GAC sono decisamente più elevati** a causa della potenza elettrica necessaria per generare l'ozono e del sollevamento da prevedere per compensare la perdita di carico di circa 2,5 m dei filtri granulari;

- anche i **costi operativi in termini di consumo di carbone sono a favore del PAC**, anche se compensati marginalmente grazie all'innescò dell'attività biologica nei GAC che ne allunga la vita;
- il costo **di installazione è decisamente a favore della soluzione con PAC**, non solo per la quota relativa alle apparecchiature elettromeccaniche ma anche e soprattutto per le opere civili;
- **l'ingombro planimetrico**, ancora rispetto alla soluzione GAC, **è inferiore** nel caso di accoppiamento PAC+chiari-flocculazione accelerata, anche del 40%

Infine si vuole citare l'esempio della Svizzera che ha già normato la rimozione dei microinquinanti negli impianti di depurazione acque reflue, individuando tra tecnologie chiave per il raggiungimento dell'obiettivo (rimozione dell'80% del complesso dei composti presenti) il carbone attivo in polvere.

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/it/home/temi/acque/dossier/microinquinanti-libera-potenziamento-impianti-depurazione.html>

<https://www.supsi.ch/dti/eventi-comunicazioni/news/2014/2014-11-19.html>

A valle di questa disamina, dopo un attento confronto tra ozonizzazione + GAC e dosaggio PAC e recupero mediante chiari-flocculazione, quest'ultima opzione viene selezionata come stadio intermedio di trattamento nell'impianto in oggetto.

In realtà, un altro motivo importante che ha portato a questa decisione è esposto nel successivo paragrafo.

4.3 FIORITURA ALGALE

Le alghe sono organismi fotosintetici che esistono naturalmente nelle acque dolci superficiali, nei fiumi e nei laghi. La loro vasta crescita e qualsiasi rilascio di tossine associate sono diventate un punto di attenzione chiave per le autorità sanitarie pubbliche. La loro presenza nelle risorse idriche di approvvigionamento può comportare non solo problemi organolettici (gusto, odore e colore) ma anche rilascio di Microcistine nel caso siano presenti nel potabilizzatore sezioni di ossidazione spinta nei primi stadi di trattamento.

Il fenomeno di "fioritura algale", cioè la diffusione incontrollata e massiccia di alghe è tipica dei bacini lacuali, ma è quasi impossibile da prevedere in quanto può essere causata da un'ampia gamma di fattori. Si possono citare la presenza di composti eutrofizzanti derivanti da attività agricole per dilavamento o per erosione di fonti naturali oppure condizioni esterne che promuovono o rallentano la crescita delle alghe, come luce solare, temperatura, torbidità e la stessa turbolenza dell'acqua: le alghe, infatti, crescono preferibilmente durante i periodi caldi e soleggiati e in acque tranquille con bassi livelli di torbidità, anche se esistono specie che preferiscono i periodi invernale o primaverile.

Questo problema si riscontra in tutto il mondo ed è stato largamente studiato in America, Asia, Europa, Africa, Australia e persino in Antartide.

Inoltre, è opinione comune che le condizioni ambientali che cambieranno parallelamente al cambiamento climatico in atto, creeranno condizioni più favorevoli per la crescita incontrollata delle alghe.

Diversi trattamenti prevedono l'utilizzo di algicidi, sedimentazione, filtrazione, solo per citarne alcuni. Tuttavia, esistono diversi limiti al loro uso come la natura non

sempre adatta di alcuni dei prodotti utilizzabili, il rischio di lisi delle cellule algali e la formazione di sottoprodotti tossici, l'intasamento di filtri e le scarse prestazioni di sedimentazione.

Una fase di trattamento che ha dimostrato la sua efficacia in numerosi impianti prevede l'utilizzo di un sistema di chiari-flocculazione accelerata, a fiocchi appesantiti, per eliminare le alghe, in combinazione con un processo di purificazione avanzato a Carbone Attivo in Polvere (PAC) per trattare eventuali tossine presenti nell'acqua.

Questo processo si è dimostrato un ottimo mezzo per affrontare questo problema, superando alcuni difetti che la chiari-flocculazione convenzionale presenta. L'agente zavorrante (microsabbia), infatti, aumenta la massa delle alghe a bassa densità, in particolare quelle con una naturale tendenza a galleggiare, e le induce a sedimentare, raggiungendo un alto livello di efficacia (circa 85-95%), senza intaccarle o distruggerle; è evidente come è sicuro che non vengano rilasciate cianotossine nell'acqua, in quanto si evita il dosaggio di agenti ossidanti come Cloro o Cloro-derivati od Ozono.

Eventuali cianotossine rilasciate naturalmente, tipicamente apportate dalla stessa acqua grezza, possono essere poi adsorbite da una sezione di dosaggio di Carbone Attivo in Polvere (PAC) con rendimenti di adsorbimento del 92-99% e quindi, il tutto (alghe, solidi e carbone) è poi separato dall'acqua trattata per sedimentazione. La combinazione di questi due processi - chiarificazione accelerata e adsorbimento PAC - garantisce un trattamento completo e sicuro delle alghe.

Questi risultati sono dimostrati in varie località in tutto il mondo (Europa, Nord America, Cina, Malesia, ecc.), in impianti a piena scala; combinando chiari-flocculazione accelerata e adsorbimento su PAC si può eguagliare e persino superare l'efficacia di altri sistemi alternativi di trattamento di uso frequente, come la flottazione ad aria disciolta (DAF), peraltro processo estremamente energivoro.

È stato dimostrato in questi impianti a piena scala che la quantità di alghe residue che rimangono nell'acqua sono molto minori dopo il trattamento con la combinazione citata rispetto al trattamento con chiari-flocculazione accelerata o flottazione da sola. Le concentrazioni di alghe nell'acqua grezza in termini di conteggio totale si aggirano tipicamente tra 10.000 e 100.000 cellule/ml; dopo il trattamento con il solo processo chimico fisico, queste concentrazioni scendono a 100 - 1.000 cellule/ml, valori vengono nuovamente ridotte di un'unità logaritmica dopo aver lasciato la sezione PAC posta a valle. In altre parole, combinando i due processi, i risultati di rimozione possono raggiungere fino a 3 unità logaritmiche.

Questa caratteristica è stata un ulteriore motivo decisionale che ha spinto verso l'adozione di questa configurazione per i primi due stadi di trattamento dell'impianto in oggetto.

Lo stadio successivo di trattamento a valle è costituito da convenzionali filtri Dual Media (DMF), a sabbia e carbone (antracite), come finissaggio della rimozione dei solidi sospesi ancora presenti ma, soprattutto, come guardia per ogni emergenza possa nascere dalla gestione.

4.4 DISINFEZIONE FINALE

Uno dei parametri più critici rilevati dalle annali è rappresentato dalla contaminazione batterica, nelle sue varie forme come coliformi totali e/o fecali e streptococchi. Fortunatamente altri microorganismi più pericolosi come la Salmonella sono sempre stati assenti.

Proprio per tutelare al massimo questo aspetto, in questo progetto si prevede una doppia disinfezione in serie, con una prima fase di raggi UV per poter rimuovere anche parassiti come Cryptosporidium e Giardia e spore del Clostridium e una seconda con dosaggio di reattivi a base di Cloro, per completare la sanificazione dell'acqua e per dare una copertura alla rete di distribuzione a valle.

Tra le varie forme di Cloro disponibili per questa operazione, ci si è focalizzati su Ippoclorito di Sodio e Biossido di Cloro.

Il primo presenta indubbi vantaggi di facilità di reperimento, bassi rischi per gli operatori, costi contenuti. L'aspetto più pericoloso del suo utilizzo va ricercato nella formazione di Triometani qualora entrasse in contatto con i suoi precursori (acidi umici e/o fulvici); peraltro anche questo rischio è del tutto trascurabile in quanto questi prodotti, qualora presenti, sono sicuramente rimossi in tutti gli stadi a monte, in particolare dalla sezione PAC.

Il Biossido di Cloro se da un lato comporta una disinfezione più incisiva, a parità di tempi di contatto, grazie al suo potere ossidante superiore, dall'altro utilizza reattivi chimici per la sua preparazione molto più pericolosi (Acido Cloridrico e Clorito di Sodio) e l'impiantistica è più complessa. Inoltre esiste il pericolo che, formando Cloriti e Clorati, possa portare questi due parametri oltre ai limiti richiesti dalla legge sulla potabilità dell'acqua, situazione superata per dosaggi molto bassi, come nel caso in oggetto essendo di sola copertura.

Tutto ciò premesso, si è preferito indirizzarsi, a questo livello di progettazione, verso la scelta del Biossido di Cloro come disinfettante di copertura finale, prima della distribuzione dell'acqua potabile. Tale scelta è basata non solo sul principio di conformità con quanto presente nei grandi acquedotti della Regione Campania (tutti con lo stesso reattivo) ma anche dalla consapevolezza che se in fase futura e per specifica prescrizione si decidesse di sostituire questo prodotto disinfettante con l'altro, l'operazione potrà essere fatta senza impatti particolari sulla progettazione (disposizione planimetrica, stoccaggi e dosaggi, tempi di contatto, ecc.).

5. LINEA FANGHI

A completamento di quanto citato in precedenza, è prevista una linea fanghi per il trattamento dei solidi rimossi dalle acque, composta da:

- a) ispessimento a pacchi lamellari;
- b) disidratazione meccanica mediante filtro-pressatura;
- c) trattamento acque reflue.

Visti il quantitativo di fango giornaliero da dover gestire e la sua concentrazione iniziale relativamente bassa, ci si è indirizzati verso un ispessimento a gravità piuttosto che a un parco macchine di addensamento dinamico, sia per motivi economici sia per ridurre le attività gestionali di manutenzione. Infatti gli ispessitori lamella, pur contenendo in modo dignitoso l'ingombro a terra, presentano una scarsa necessità di

manutenzione, tutta legata al carroponete a picchetti. Inoltre, per un cospicuo periodo di tempo ne sarà in funzione uno solo, consentendo tutte le operazioni manutentive sull'altro senza alcun impatto operativo.

Questa sezione è stata attrezzata non solo in modo da ottenere un prodotto solido con il minor tenore di acqua possibile da avviare alla disidratazione ma, al contempo, recuperare la maggior quantità di acqua possibile all'interno dell'impianto: proprio da qui sono rinviate in testa all'impianto di potabilizzazione i surnatanti recuperati.

La sezione di disidratazione, invece, è stata sviluppato con il principio di ottenere la massima concentrazione possibile di secco nel prodotto finale, per poter avviare allo smaltimento il quantitativo più basso possibile.

Si deve riconoscere che le unità di centrifugazione più avanzate tecnicamente sono in rado di raggiungere livelli di secco del tutto rispettabili, anche oltre al 30%. Ciò nonostante, con unità di filtro pressatura a piastre a membrana sono ottenibili valori del 40% e questa differenza si trasforma nel fatto che se si adottassero delle centrifughe si avrebbe una quantitativo maggiore di fanghi del 33%. Questa differenza, a parte aumentare drasticamente i costi di smaltimento, crea impatti ambientali indotti nel territorio locale per il semplice aumento anche dei trasporti necessari per il suo allontanamento.

Oltre al recupero citato in precedenza, però, nella linea fanghi si genera anche un refluo liquido non direttamente scaricabile in corpo idrico superficiale ai sensi della D.Lgs. 152/2006 che regola questo smaltimento. Questo flusso è infatti contaminato da Solidi Sospesi, unico parametro che risulta, in linea generale, fuori norma rispetto agli 80 mg/l richiesti, mentre per tutti gli altri parametri disciolti, vista l'origine dell'acqua, si è tranquilli sulla loro conformità rispetto alla normativa.

In generale, i volumi in ingresso alla sezione sono direttamente proporzionali alle possibili variazioni di carico inquinante afferente e, quindi, da rimuovere: più alto è il grado inquinante in ingresso, più alta sarà il flusso che la linea fanghi deve gestire e, da qui, il maggior volume di acqua da dover avviare allo scarico.

Come presidio di trattamento per raggiungere la qualità richiesta per scarico in corpo di acqua superficiale si è adottato una chiari-flocculazione, ancora una volta di tipo accelerato per il contenimento delle superfici occupate.

6. TRAFFICO AUTOMEZZI PESANTI

Per la valutazione del traffico di automezzi pesanti si sono considerati gli scenari descritti precedentemente, evidenziati nella tabella sotto riportata, dove si possono leggere il numero di automezzi pesanti (30 ton) e la loro frequenza. Tali veicoli si rendono necessari per due delle voci che gestionali dell'impianto: la fornitura dei reattivi chimici e lo smaltimento dei fanghi prodotti. Negli scenari di maggior traffico si sono comunque escluse le domeniche.

Scenari operativi previsti

	Produzione 500 L/s & buona qualità	Produzione 2.800 L/s & buona qualità	Produzione 2.800 L/s & pessima qualità
Durata	243 giorni	100 giorni	22 giorni
Smaltimento fanghi	1 mezzo/settimana	1 mezzo tutti i giorni	5 mezzi tutti i giorni
Reattivi chimici	3 mezzi/settimana	2 mezzi tutti i giorni	4 mezzi tutti i giorni

7. COSTI GESTIONALI

Per completare il quadro tecnico ed economico gestionale del progetto si rende necessaria una valutazione anche dei costi legati all'operatività dell'impianto.

Le voci prese in considerazione sono riportate nella tabella successiva dove si includono anche delle note esplicative dell'approccio insieme al valore di costo che deriva da un funzionamento annuale ma suddiviso negli scenari operativi più volte menzionati.

Costi gestionali

Voce	Note	Costo [€/anno]
Smaltimento fanghi	10.500 t/a al 30% di secco a un costo di 150 €/m ³ , trasporto incluso	1.480.000
Reattivi chimici	-	2.070.000
Elettricità	A un costo di 0,14 €/kWh, peraltro sempre compensata dalla produzione della centrale idroelettrica	390.000
Personale	Periodo estivo: 19 persone Periodo invernale 14 persone	690.000
Manutenzione ordinaria	Solo per ricambi; la mano d'opera è assicurata dal personale di cui sopra	300.000
Manutenzione straordinaria	Interventi straordinari esterni per le apparecchiature elettromeccaniche	600.000
Spese generali	Pari al 10% di tutti i costi di cui sopra	550.000
Costo totale		6.080.000

La produzione di acqua potabile nell'anno è di 40 Mm³, cui corrisponde un costo normalizzato di 0,152 €/m³.

Considerando che la componente di costo dovuta all'energia elettrica è, in realtà, tutta coperta dalla produzione della centrale idro-elettrica, il costo specifico si riduce a 0,142 €/m³.