

**IMPIANTO DI DEPURAZIONE INTERCOMUNALE A SERVIZIO DEI COMUNI DI ZOGNO, S. PELLEGRINO T., S. GIOVANNI B. E CAMERATA C. 1° LOTTO FUNZIONALE**

**Data prestazione:** 2002-2007 (D.L.: 2004-2007)

**Committente:** Comune di Zogno (BG).

**Professionista incaricato:**

Ing. Roberto Dell'Acqua Bellavitis e Ing. Filippo Dell'Acqua Bellavitis, via De Togni 12 – Milano.

**Costo dell'opera completa** (prima linea depuratore, inclusi oneri di sicurezza - costo aggiornato al 2010): € 2 199 721,74 + IVA.

**Oggetto della prestazione:** progettazione completa – D.L. – coordinamento sicurezza.

Di seguito viene data una descrizione puntuale dell'impianto.

**1. INTRODUZIONE**

L'incarico ha compreso lo sviluppo dei seguenti progetti:

- progetto preliminare di 1° lotto
- progetto definitivo 1° lotto funzionale
- progetto esecutivo 1° lotto funzionale
- coordinamento della sicurezza in fase progettuale

L'incarico professionale è poi stato completato nel periodo 2004-2007 da:

- Direzione Lavori
- coordinamento della sicurezza in fase di esecuzione.

**2. PREMESSA**

Nel dicembre 1999 è stato ultimato dai progettisti il progetto preliminare del sistema di collettamento e depurazione delle acque nere a servizio dei Comuni di Zogno, S. Pellegrino T., S. Giovanni B. e Camerata Cornello. Quanto qui trattato riguarda la progettazione di un primo lotto funzionale di tale sistema.

In sede di progetto definitivo sono intervenute alcune modifiche per tenere conto dei tempi previsti per la effettiva disponibilità delle aree da parte del Comune. Si è dunque pensato di invertire dunque le linee e di spostare di conseguenza gli edifici comuni. Inoltre, conformemente a quanto già evidenziato nel progetto preliminare, sulla base della proposta di variante del P.R.R.A., a suo tempo approvata dalla Regione Lombardia per il collettamento delle acque nere raccolte nella Val Serina, valle in sinistra idrografica della Val Brembana, all'impianto, si è anche sviluppato il dimensionamento dei pretrattamenti in maniera potenziata. Esso permette di mantenere solo due linee per i pretrattamenti, ma anche, durante le future previste fasi intermedie, di poter far fronte ad eventuali situazioni di un numero di abitanti equivalenti allacciati elevato, prima dell'effettiva realizzazione della seconda linea dell'impianto.

**3. IL PROGETTO DELL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE**

**3.1 Generalità, richiamo ai dati di piano di progetto**

Come si evince dal piano regionale la popolazione equivalente di cui allo schema Camerata Cornello, S. Giovanni Bianco, S. Pellegrino Terme, Zogno è di 55178 abitanti equivalenti (dimensionamento al 2016, tenuto conto anche del carico industriale e dei fluttuanti, sia con che senza pernottamento).

Per i residenti senza pernottamento si applica il coefficiente di abbattimento 0.2 che porta ad un totale generale di 49971, che pertanto vengono arrotondati a 50 000 ab. eq. Si è dimensionato un impianto di depurazione per il rispetto dei limiti imposti dal Decreto legislativo 11 maggio 1999 N° 152 con scarico in corso d'acqua superficiale. I limiti di scarico più significativi previsti dalla legge sono i seguenti:

BOD mg/l 25  
 COD mg/l 125  
 Solidi sospesi (oltre 10 000 ab.) mg/l 35  
 Solidi sospesi (2 000-10 000 ab.) mg/l 70  
 Azoto totale mg N/l 15  
 Fosforo mg P/l 2

La potenzialità dell'impianto ad oggi realizzato è stata fissata in 25 000 abitanti equivalenti con previsione di raddoppio a 50 000 ab. Per tale motivo, l'impianto è articolato su due linee funzionali di pari capacità da 25 000 ab.eq. ciascuna. In futuro è previsto l'allacciamento di altri comuni per cui la potenzialità massima sarà portata a 75 000 ab/eq.

I dati assunti a base del dimensionamento sono i seguenti:

	1ª fase	2ª fase	futuro
popolazione equivalente ab.	25 000	50 000	75 000
carico organico specifico	60	60	60
carico organico totale [kg BOD/d]	1 500	3 000	4 500
azoto specifico [mg N/ab. x d]	12	12	12
azoto totale [kg N/d]	300	600	900
fosforo specifico [mg P/ab. x d]	2	2	2
fosforo totale [kg P/d]	50	100	150
dotazione idrica [l ab./d]	300	300	300
dotazione idrica in TP [l ab./d]	750	750	750
coefficiente di afflusso in fogna	0.8	0.8	0.8
portata media giornaliera Qd [m³/d]	6 000	12 000	18 000
portata media oraria Q24 [m³/h]	250	500	750
portata di calcolo Qc [m³/h]	333	665	998
portata di punta nera Qp [m³/h]	375	750	1 125
portata max. di pioggia Qmax(*) [m³/h]	780	1 560	2 343
carico organico specifico [mg BOD/l]	250	250	250
azoto specifico [mg/ N/l]	50	50	50
fosforo specifico [mg P/l]	8.3	8.3	8.7
temperatura minima di esercizio [°C]	12	12	12
temperatura massima di esercizio [°C]	20	20	20

**3.2 Criteri generali per le scelte progettuali**

Il progetto dell'impianto di depurazione del comprensorio è scaturito da un'equilibrata soluzione che riesce a conciliare le esigenze di processo con il corretto inserimento delle opere. La disponibilità di superfici libere ha consentito il corretto inserimento delle opere. Oltre alla distribuzione altimetrica dei manufatti, particolare attenzione è stata prestata per la scelta delle apparecchiature, fissando i requisiti funzionali e prestazionali.

Gli schemi di processo che realizzano il trattamento specifico di rimozione biologica dell'azoto possono essere raggruppati in due categorie:

- sistemi separati
- sistemi integrati

Entrambe le configurazioni di impianto adottano reattori con biomassa in fase dispersa; in questi reattori la biomassa in relazione allo stato disperso in cui si trova, può essere agevolmente trasferita da una zona all'altra del reattore o da un reattore all'altro consentendo così la realizzazione di

un ampio ventaglio di alternative. I sistemi separati sono stati sviluppati negli U.S.A. (Johnson, 1958; Barth et al. 1966; Mulbarger, 1971); lo stadio aerobico precede quello anossico e i batteri nitrificati sono tenuti completamente separati dalla biomassa denitrificante. Generalmente l'influenza è introdotto in primo stadio aerobico di ossidazione e nitrificazione seguito da un reattore di denitrificazione separato e mantenuto in condizioni anossiche, dove viene aggiunta una fonte carboniosa esterna (in genere metanolo). La miscela uscente dal reattore di denitrificazione viene sottoposta a riaerazione che, oltre a consentire la rimozione del BOD<sub>5</sub> dovuta all'accesso di metanolo impiegato per la denitrificazione, provoca lo stripping dell'azoto gassoso limitando così il pericolo di risalita dei fanghi nel sedimentatore. Nei sistemi integrati la biomassa è usata sia per nitrificazione che per la denitrificazione.

Tra i processi integrati quelli a ricircolazione sono i più diffusi; in questi l'influenza è immesso nel primo reattore mantenuto in condizioni anossiche in modo che avvenga la denitrificazione utilizzando il carbonio interno come fonte di energia; il secondo reattore è aerato e in esso avviene la nitrificazione; la corrente di fondo del sedimentatore è ricircolata nel reattore anossico; una ulteriore fonte di nitrati per il reattore anossico è fornita da una seconda corrente di ricircolo proveniente dal reattore aerobico. Una ulteriore possibilità è quella di inserire, qualora le concentrazioni di azoto in ingresso siano particolarmente elevate, uno stadio finale di denitrificazione (processo Bardenpho).

I sistemi sopra descritti consentono di ottenere rimozioni di azoto assai soddisfacenti; infatti le concentrazioni residue di azoto totale nell'effluente finale sono dell'ordine di 4 ÷ 5 mg/l e, risultano marcatamente inferiori al valore limite ammissibile. I sistemi integrati sono nettamente preferiti per i seguenti motivi:

- minore richiesta di ossigeno, in quanto una parte delle sostanze organiche sono ossidate a spese dell'ossigeno ottenuto tramite la riduzione dei nitrati;
- non è necessario dosare sostanza organica per fare avvenire la denitrificazione;
- minore consumo di alcalinità in quanto l'acidità che si sviluppa durante la nitrificazione viene parzialmente tamponata dall'alcalinità prodotta dalla denitrificazione.

In base a quanto evidenziato la configurazione adottata è quella che utilizza un sistema integrato.

Il sistema di aerazione delle vasche di ossidazione è con diffusori a microbolle.

Questo tipo di diffusore, sperimentato in numerosi impianti, rende il sistema di distribuzione molto affidabile, oltre ad assicurare un'ottima flessibilità operativa e ridurre i costi di manutenzione ed esercizio.

L'adozione di questo sistema di aerazione è stata inoltre in grado di garantire:

- la dispersione uniforme dell'ossigeno nella miscela liquida, cosicché i microrganismi siano riforniti adeguatamente dell'ossigeno occorrente al loro sviluppo;
- la liberazione, per stripping, dell'anidride carbonica e di azoto prodotti dall'ossidazione delle sostanze organiche e dalla denitrificazione;
- l'intima miscelazione della massa biologica presente nella vasca di ossidazione con i liquami in arrivo;

- il mantenimento in sospensione delle particelle solide di biomassa, impedendo sedimentazione indesiderate;
- minore sensibilità alle basse temperature invernali, per effetto della compressione. L'aria insufflata è a una temperatura abbastanza elevata; ciò favorisce il mantenimento nella massa liquida di una temperatura maggiore rispetto a quella ottenibile con altri sistemi;
- forte capacità di ossigenazione. Gli elevati rendimenti dei moderni diffusori d'aria a microbolle, rendono il rapporto tra l'ossigeno effettivamente erogato ed i consumi di energia decisamente interessanti.

I vantaggi sopra esposti illustrano come nel caso in esame il sistema adottato risulti competitivo ed in grado di assicurare un'elevata efficienza epurativa ed alti standard qualitativi.

**3.3 Efficienza depurativa e quadro normativo**

In sede progettuale si fece riferimento al testo unico sulla tutela delle acque di inquinamento, che recepisce la direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane, approvato con D.L. dell'11.05.1999 n. 152. Per impianti di potenzialità superiore a 15.000 abitanti equivalenti si richiedeva almeno il trattamento secondario, adottando soluzioni che sotto il profilo tecnico, economico e gestionale consentissero i minori costi di esercizio. In conformità alla direttiva 91/271/CEE, i limiti di emissione cui si è fatto riferimento sono:

Tabella 1

Parametri	Concentraz.	Riduzione
BOD <sub>5</sub> mg/l	≤ 25	80
COD mg/l	≤ 125	75
Solidi sospesi mg/l	≤ 35	90

È stato rispettato sia limite di concentrazione, sia la percentuale di riduzione, intesa in rapporto con il carico affluente all'impianto. L'impianto ha inoltre un trattamento di disinfezione, sia per far fronte alle eventuali emergenze relative a situazioni di rischio sanitario, sia per garantire il raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale. L'impianto è in grado di garantire che l'emissione di azoto ammoniacale (espresso come N) non superi del 30% il valore dell'azoto totale (espresso come N). In tale sede l'autorità fisserà inoltre il limite opportuno relativo al parametro *Escherichia coli*, espresso con UFC/100 ml.

**4. Trattamento biologico a fanghi attivi**

**4.1 Schema di trattamento**

Lo schema di trattamento adottato, è articolato nelle seguenti fasi:

**PRETRATTAMENTI**

- grigliatura grossolana capacità 75 000
- sollevamento opere civili per 75 000
- apparecchiature opere elettromecc. per 37 500
- grigliatura fine con staccatura opere elettrom. per 37 500
- dissabbiatura-disoleatura opere elettromecc. per 37 500

**TRATTAMENTO BIOLOGICO**

- Denitrificazione capacità 25 000 per 3 linee
- Nitrificazione “ “
- sedimentazione finale “ “
- ricircolo fanghi “ “
- ricircolo liquido misto “ “

**TRATTAMENTO TERZIARIO**

- Disinfezione capacità 37 500 per 2 linee
- filtrazione finale futura realizzazione

## TRATTAMENTO FANGHI

pompaggio fango di supero  
ispessimento su 2 linee da 37 500

digestione aerobica su 3 linee da 25 000

## DISIDRATAZIONE MECCANICA

### **4.2 FASI DI TRATTAMENTO**

#### **4.2.1 Grigliatura grossolana**

L'impianto di depurazione è preceduto da un manufatto di presa, nel quale convergono i liquami da trattare dai due collettori di adduzione. In tale opera è installata una griglia statica grossolana a pulizia manuale dall'esterno, con spaziatura fra le barre pari a 20 cm, al fine di arrestare i detriti più voluminosi affluenti con i liquami e salvaguardare le successive fasi di trattamento da eventuali intasamenti. Le portate di pioggia affluenti nella fognatura mista eccedenti Q TP vengono sfiorate ed avviate al by-pass dell'impianto. Il materiale recuperato dalla griglia grossolana con interventi di pulitura, viene avviato allo smaltimento finale.

#### **4.2.2 Grigliatura fine (37 500 ab)**

L'eliminazione dei solidi di medie e piccole dimensioni è assicurata da uno staccio rotante a pulizia automatica continua con luce di passaggio di 2 mm. Le perdite di carico sullo staccio, ammesso un intasamento max pari a quello citato, sono di circa 20 cm. Il materiale grigliato raccolto confluisce in una coclea compattatrice che scarica il materiale sgrigliato già compattato direttamente nel cassone. Le opere civili sono realizzate per contenere 2+1 griglie per la potenzialità finale di 75 000 ab/eq.

#### **4.2.3 Sollevamento**

L'impianto è provvisto di stazione di sollevamento in modo da garantire un successivo funzionamento idraulico a gravità. Le tubazioni di mandata scaricano direttamente nella canaletta di adduzione alla dissabbiatura.

#### **4.2.4 Dissabbiatura - Preaerazione - Disoleazione**

Per tali operazioni è stata adottata un'opera in cemento armato a pianta rettangolare, equipaggiata con ponte raschiatore tipo va e vieni, nella quale il liquame è mantenuto costantemente in agitazione tramite insufflazione di aria. Questo sistema permette una preaerazione dell'affluente ed una buona rimessa in condizioni di aerobiosi prima dell'immissione al trattamento biologico. Una serie di distributori d'aria provvede all'insufflazione e diffusione dell'aria compressa per la preaerazione e per una moderata agitazione dei liquami, che agevola lo staccarsi di eventuali particelle di sostanze organiche dalla sabbia. Tali diffusori sono stati calcolati sulla base di 0.9 diffusori per m<sup>2</sup> di superficie e consentono una portata d'aria unitaria max di 9 m<sup>3</sup>/h. Si ottengono così l'eliminazione di ca. l'80% delle sostanze grasse e degli oli per flottazione e degli eventuali sviluppi di gas di fermentazione prodottisi e dannosi alla fase biologica. Il disoleatore adottato comporta infatti una parete sifoide, che divide la superficie liquida in due parti; un 30% costituisce la zona di calma, mentre il restante 70% è la parte ove avviene l'aerazione vera e propria. La ripresa degli oli e dei grassi si effettua tramite lama raschiante, in modo da far trascinare le sostanze flottanti in un pozzetto laterale, da dove saranno evacuate. Le opere civili sono state realizzate per entrambi le linee della capacità sovradimensionata di 37.500 ab/eq. cad. mentre le apparecchiature sono previste per una sola linea. L'aria necessaria è fornita dalle soffianti ad aspi rotanti. All'uscita del dissabbiatore si ha un canale di rac-

colta con misuratore di portata a stramazzo ad ultrasuoni con possibilità di by-pass completo delle sezioni di valle.

#### **4.2.5 Trattamenti terziari – denitrif. – defosf.**

Tenendo conto che lo scarico finale non rientra nelle condizioni costruttive per scarichi in laghi, diretti o indiretti, compresi entro una fascia di km 10 dalla linea di costa, non è stato necessario rispettare limiti restrittivi per Azoto e Fosforo (30.5 mg/l per azoto complessivo organico + ammoniacale + nitroso + nitrico, 10 mg/l per fosforo). In considerazione di quanto indicato precedentemente si è ritenuto necessario rispettare comunque i seguenti limiti: 15 mg/l per l'azoto complessivo e 2 mg/l per il fosforo. Un impianto biologico tradizionale (a fanghi attivi o ad ossidazione totale) può garantire sicuramente il rispetto dei limiti riguardanti BOD<sub>5</sub> - COD - solidi sospesi, solidi sedimentabili. Per rispettare anche i limiti relativi ad Azoto e Fosforo sono stati aggiunti i seguenti trattamenti:

1. nitrificazione e denitrificazione per la riduzione dei composti azotati
  2. defosfatazione per la riduzione dei composti fosfati
- Il trattamento 1 è di tipo biologico, mentre il trattamento 2 è di tipo fisico-chimico.

#### **4.2.6 Riduz. composti fosforati per via fisico-chimica.**

I composti fosforati possono essere ridotti per flocculazione cioè con il dosaggio di agenti chimici opportuni che formano fiocchi in grado di insolubilizzare ed assorbire tali composti. È stato scelto come flocculante il Cloruro ferrico perché complessivamente più economico anche tenendo conto della semplicità di preparazione della soluzione da immettere con i liquami. In una seconda fase sarà realizzata una filtrazione finale preceduta da una flocculazione al fine di ridurre maggiormente le concentrazioni di fosforo sino a 1 ppm e rientrare nei limiti per le aree sensibili.

#### **4.3 Depurazione a fanghi attivi**

Il processo di depurazione biologica è di tipo a fanghi attivi che utilizza il BOD dei liquami per portare a termine la rimozione dei nitrati ed inoltre permette la rimozione biologica del fosforo senza utilizzare prodotti chimici.

Il processo si articola nei seguenti stadi:

- 1 - stadio anossico
- 2 - stadio di nitrificazione - ossidazione

##### a) Stadio anossico

In questo stadio il liquame proveniente dal pretrattamento viene miscelato con il mixer liquor ricircolato dallo stadio di nitrificazione. I nitrati prodotti in nitrificazione prendono quindi contatto con i fanghi di ricircolo ed il liquame grezzo vengono ridotti ad azoto gassoso. La portata del ricircolo dalla vasca di nitrificazione è, in base al bilancio indicato nel prosieguo circa 0,1 volte la portata in ingresso all'impianto. In assenza dell'ossigeno disciolto, i microrganismi utilizzano l'ossigeno disponibile sotto forma di nitrati per ottenere l'ossigeno necessario per la rimozione del BOD. Lo stadio anossico è miscelato, ma non aerato.

##### b) Stadio di nitrificazione

In nitrificazione l'ambiente è aerobico e l'ossigeno è fornito per soddisfare a quella parte di BOD non usato in denitrificazione e per ottenere la completa bio-ossidazione dell'ammoniaca a nitrati. Onde evitare l'adduzione di liquami troppo ricchi di O<sub>2</sub> libero si attua un processo di controllo del O<sub>2</sub>. Inoltre si attua nella stessa sezione a causa dell'elevata potenza dissipata un processo di degasazione per liberare della CO<sub>2</sub> e dell'O<sub>2</sub> disciolto le acque

ricche di nitrati. Il processo di depurazione biologica è stato dimensionato al fine di ottenere un effluente di alta qualità in termini di BOD, TSS, P, ammoniaca e nitrati. La rimozione dell'azoto nelle fasi anossiche del processo assicura una parziale rimozione del BOD. Inoltre la denitrificazione nelle fasi anossiche riduce la potenza necessaria per l'aerazione poiché la rimozione del BOD e la respirazione avvengono quando i nitrati sono ridotti biologicamente, mentre l'alcalinità che si produce durante la denitrificazione assicura una certa stabilità al processo senza bisogno di aggiungere prodotti chimici. Non soltanto deve essere fornita un'adeguata quantità di ossigeno per soddisfare la rimozione nel BOD e le reazioni di nitrificazione, bisogna inoltre controllare l'ossigeno disciolto al fine di proteggere le zone anossiche da un'eccessiva immissione di ossigeno. Questo avviene poiché il ricircolo interno è prelevato dalla zona di nitrificazione scaricato nella zona anossica.

#### Denitrificazione

Al termine del processo di nitrificazione, la maggior parte dell'azoto totale presente nell'acqua grezza sotto forma ammoniacale ed organica si è trasformata in nitrati assumendo un valore di concentrazione non accettabile dalle leggi vigenti. Si è quindi realizzata una fase di denitrificazione al fine di rientrare nei parametri di legge.

##### **4.3.1.1 Ricircolo miscela areata**

##### **4.3.1.2 Nitrificazione**

Questa fase è articolata su 1 linea (successivamente su 2 e 3 linee rispettivamente per 50 000 e 75 000 ab.). Al fine di non adottare concentrazioni del fango troppo elevate durante l'esercizio con temperature inferiori ai 12°C, concentrazioni necessarie al fine di assicurare un corretto processo di abbattimento dell'azoto, è stato sufficiente per T = 12°C adottare una concentrazione della biomassa pari a 3.5 kg SS/m<sup>3</sup>, un volume di ossidazione pari a circa 1973 m<sup>3</sup>. Il volume adottato è di 2 500 m<sup>3</sup> per i valori di punta.

##### **4.3.1.3 Sedimentazione finale**

##### **4.3.1.4 Clorazione del liquame**

Da utilizzare solo in emergenza

##### **4.3.1.5 Stabilizzazione Aerobica**

Per completare il processo biologico è stata realizzata una vasca di stabilizzazione aerobica dei fanghi misti. Periodicamente si procede a fermare le soffianti che forniscono aria alla vasca, permettendo la decantazione dei fanghi e lo scarico del surnatante nella rete dei drenaggi. Il volume della vasca di stabilizzazione è di circa 900 m<sup>3</sup>. La concentrazione assunta in vasca è di 20 Kg SS/m<sup>3</sup>. Il volume dei fanghi introdotti è di 94 m<sup>3</sup>/d. La quantità di fanghi introdotti in stabilizzazione è pari a 98 Kg SS/d di cui circa il 65% a componente volatile pari a 637 Kg SSV/d e 343 Kg SSM/d di componente non volatile. Il tempo di ritenzione idraulica è di 10 giorni.

L'età complessiva del fango è di 23 giorni.

##### **4.3.1.6 Ispessitore**

I fanghi stabilizzati tramite pompa vengono inviati all'ispessitore.

##### **4.3.1.7 Condizionamento e disidratazione meccanica fanghi**

Dalla fase di ispessimento il fango viene sollevato mediante due pompe tipo Mohn, (due più una di riserva,)

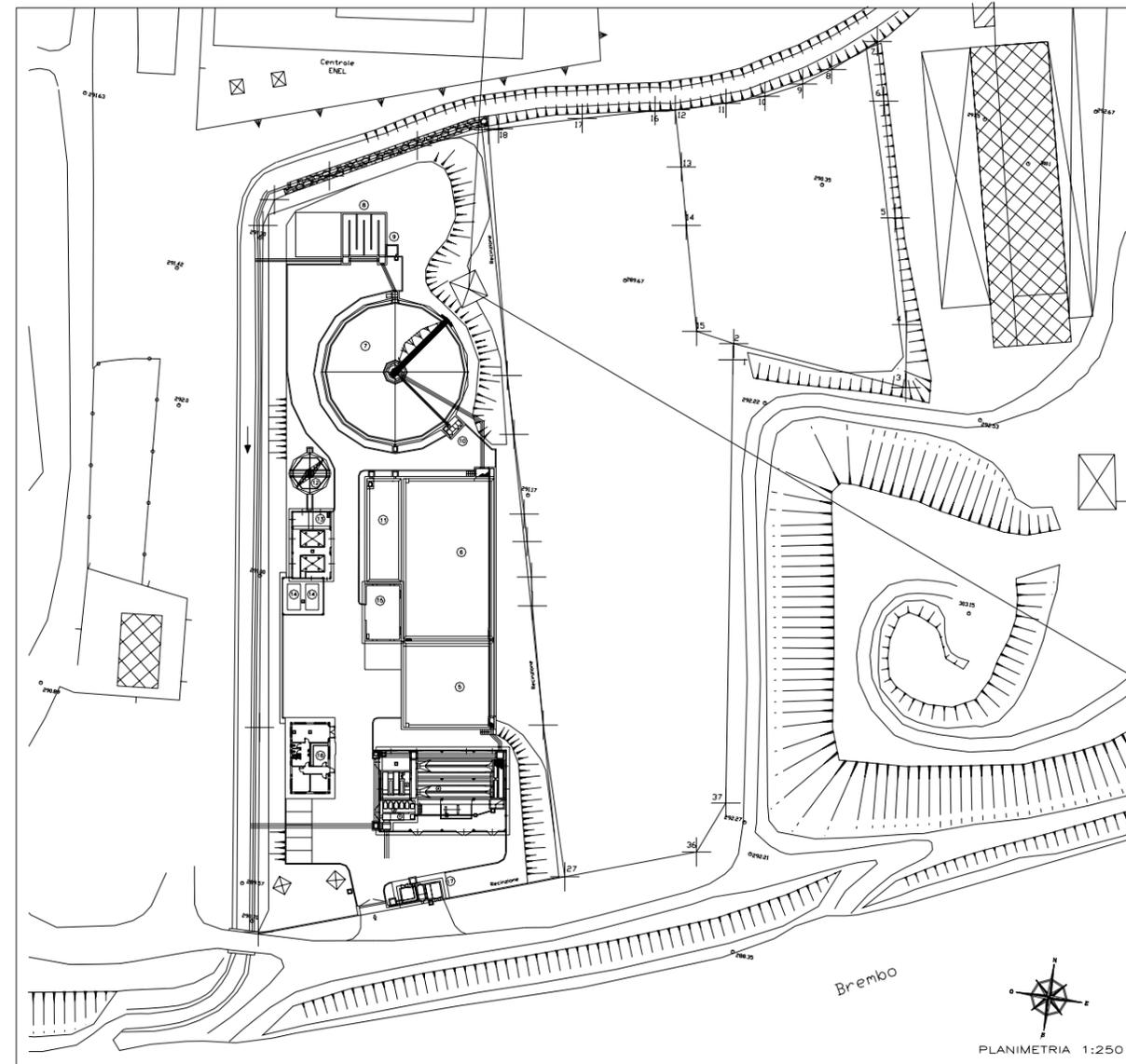
a una filtro pressa a nastro per la loro disidratazione meccanica. La nastropressa è da 2.000 mm. Il condizionamento del fango è realizzato mediante aggiunta di polielettrolita dosato a 3 gr per kg di sostanza secca. Vi è inoltre una stazione di preparazione automatica della soluzione acqua - polielettrolita.

Il fango disidratato è convogliato da una coclea in un cassone scarrabile. Le acque di supero sono reinviolate a gravità alla stazione iniziale di sollevamento.

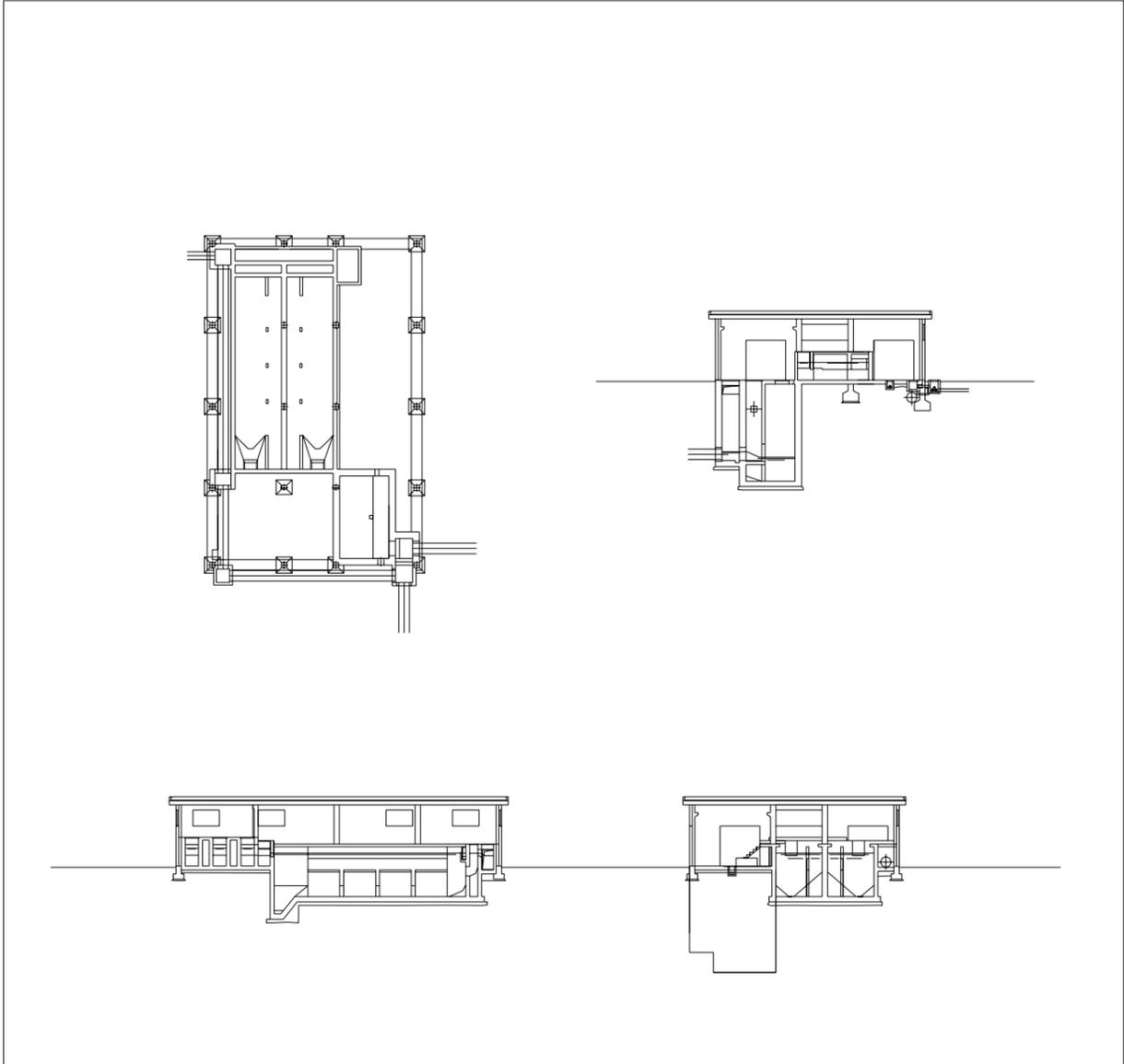
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



DOCUMENTAZIONE GRAFICA (PLANIMETRIA IMPIANTO CON VIABILITA')

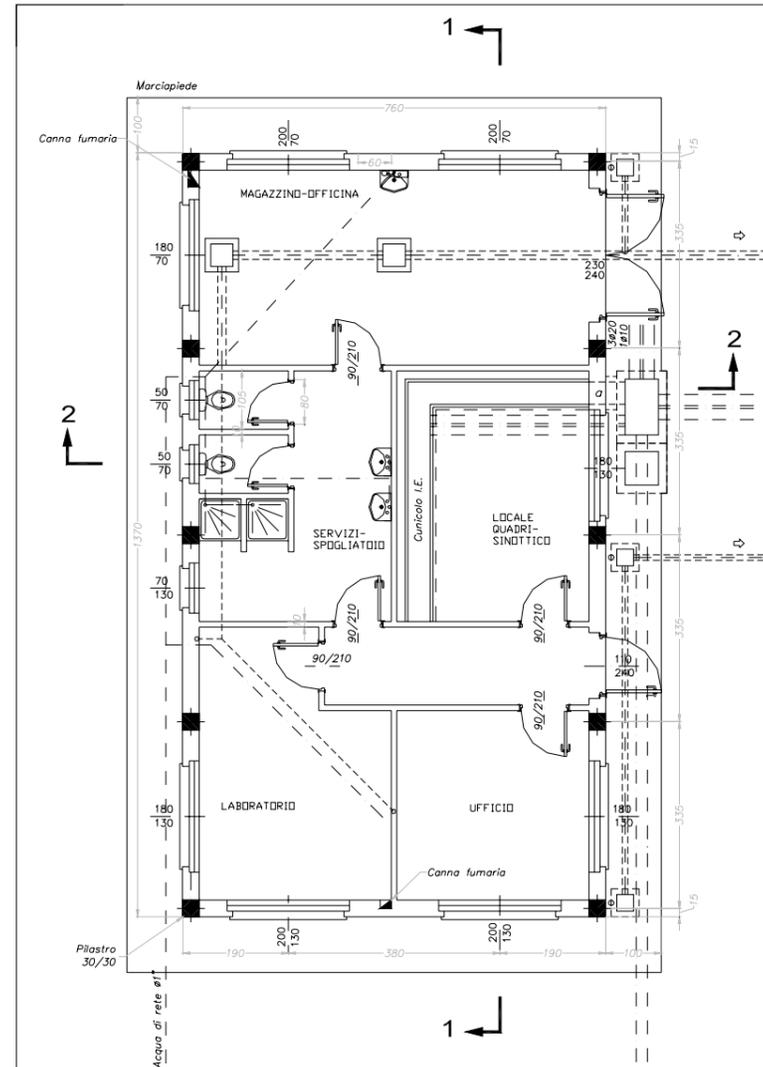


**DOCUMENTAZIONE GRAFICA (PIANTA E SEZIONI EDIFICIO PRETRATTAMENTI)**

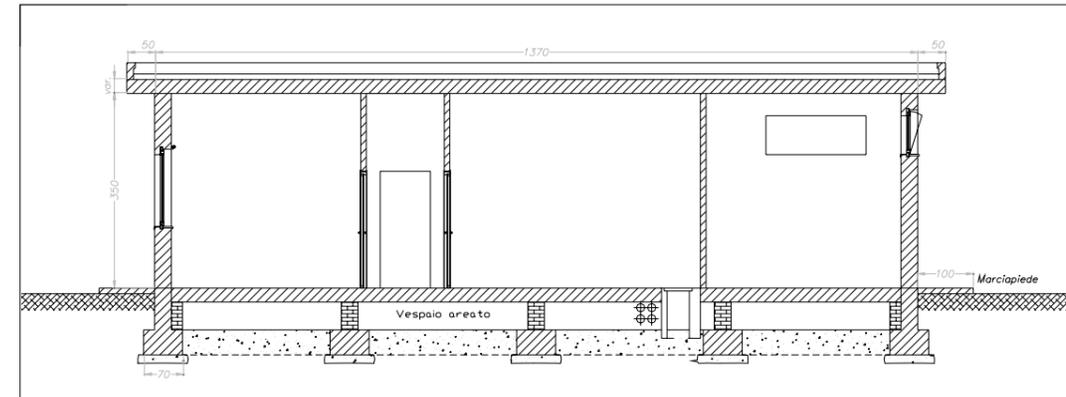


DOCUMENTAZIONE GRAFICA (PIANTA E SEZIONI PALAZINA UFFICI)

PIANTA



SEZIONE 1-1



SEZIONE 2-2

