

**CITTA' DI PINETO  
(PROVINCIA DI TERAMO)**

**IMPIANTO DI TRATTAMENTO DI RESIDUI ORGANICI  
PER LA PRODUZIONE DI COMPOST-QUALITA' DA  
IMPIEGARSI IN CAMPO ORTOFRUTTICOLO E  
FLORICOLO**

**ECOLOGICA VOMANO s.a.s.**

**Relazione generale**

Coordinamento generale alla progettazione:  
Prof. Gianfranco VERONESI

Il Committente:  
ECOLOGICA VOMANO s.a.s.  
Sig.na Renata SPERANDII

Progettista:  
Dott. Ing. Gino LEONZI

## INDICE

<b>Premessa</b>	<b>Pag. 4</b>
<b>1 Presentazione della società</b>	<b>Pag. 6</b>
<b>2 Presentazione del progetto e motivazione della tecnica adottata</b>	<b>Pag. 7</b>
<b>2.1 Scopo dell'impianto</b>	<b>Pag. 7</b>
<b>2.2 Descrizione tecnica del processo</b>	<b>Pag. 8</b>
<b>2.3 Descrizione di massima di un processo di compostaggio</b>	<b>Pag. 8</b>
<b>2.3.1 Ciclo ideale di compostaggio</b>	<b>Pag. 8</b>
<b>2.3.1.1 Fase di avvio</b>	<b>Pag. 8</b>
<b>2.3.1.2 Fase termofila</b>	<b>Pag. 9</b>
<b>2.3.1.3 Fase mesofila</b>	<b>Pag. 10</b>
<b>2.3.1.4 Fase di umificazione finale</b>	<b>Pag. 10</b>
<b>2.4 Tipologie impiantistiche disponibili</b>	<b>Pag. 11</b>
<b>3 Modalità di trattamento - Limiti di operatività</b>	<b>Pag. 13</b>
<b>3.1 Descrizione delle attrezzature proposte</b>	<b>Pag. 15</b>
<b>3.2 Macchina rivoltatrice</b>	<b>Pag. 16</b>
<b>4 Descrizione dei materiali trattati</b>	<b>Pag. 18</b>
<b>4.1 Riferimento normativo</b>	<b>Pag. 21</b>
<b>5 Descrizione dell'impianto e modalità operative di gestione</b>	<b>Pag. 23</b>
<b>5.1 Approvvigionamento dei materiali</b>	<b>Pag. 25</b>
<b>5.2 Accettazione materiali</b>	<b>Pag. 26</b>
<b>5.3 Flusso di lavoro e descrizione delle unità funzionali</b>	<b>Pag. 27</b>
<b>5.3.1 Ingresso ed area pulita</b>	<b>Pag. 27</b>
<b>5.3.2 Zona scarico materiali (zona sporca)</b>	<b>Pag. 28</b>
<b>5.3.3 Area di carico materiale fresco</b>	<b>Pag. 30</b>
<b>5.3.4 Platea di fermentazione</b>	<b>Pag. 31</b>
<b>5.3.5 Zona di lavorazione prodotto maturo</b>	<b>Pag. 35</b>
<b>6 Trattamento aria</b>	<b>Pag. 36</b>
<b>6.1 Descrizione e funzionamento dell'impianto di abbattimento</b>	<b>Pag. 38</b>
<b>7 Officina</b>	<b>Pag. 40</b>
<b>8 Deposito, uffici ed altri locali già esistenti</b>	<b>Pag. 41</b>
<b>9 Impianti</b>	<b>Pag. 41</b>
<b>9.1 Impianti idraulici</b>	<b>Pag. 41</b>

<b>9.2 Impianti elettrici</b>	<b>Pag. 42</b>
<b>10 Identificazione dei potenziali impatti ambientali</b>	<b>Pag. 44</b>
<b>10.1 Problemi derivanti da solidi</b>	<b>Pag. 44</b>
<b>10.2 Problemi derivanti da liquidi</b>	<b>Pag. 46</b>
<b>10.3 Problemi derivanti da gas</b>	<b>Pag. 47</b>
<b>10.4 Problemi di traffico</b>	<b>Pag. 47</b>
<b>10.5 Aspetti estetici e di impatto visivo</b>	<b>Pag. 47</b>
<b>11 Situazioni di emergenza</b>	<b>Pag. 48</b>
<b>12 Sicurezza e controlli</b>	<b>Pag. 48</b>
<b>12.1 Area di carico del materiale fresco</b>	<b>Pag. 49</b>
<b>12.2 Fossa di reazione</b>	<b>Pag. 49</b>
<b>12.3 Zona di scarico del prodotto finito</b>	<b>Pag. 50</b>
<b>12.4 Zona di lavoro della pellettizzatrice</b>	<b>Pag. 50</b>
<b>13 Organizzazione ed occupazione</b>	<b>Pag. 51</b>
<b>14 Comparazione con le indicazioni contenute nel Piano Regionale di Gestione dei Rifiuti</b>	<b>Pag. 52</b>

## Premessa

La presente relazione tecnica descrive l'insieme delle opere e delle attività atte a realizzare un impianto per il compostaggio di rifiuti organici ed altri materiali specificamente orientato alla produzione di ammendanti, substrati di coltivazione e fertilizzanti organici ed organo-minerali da impiegarsi nelle colture orticole e floricole.

Questa tipologia di impianti è sottoposta alle normative relative al trattamento dei rifiuti ed a quelle riguardanti la produzione e l'uso dei fertilizzanti.

Entrambi i settori, nel corso del 2006, hanno visto l'uscita di nuove norme: il Dlgs 217 del 29 aprile 2006 (nuova disciplina fertilizzanti) ed il c.d. Testo Unico sull'ambiente, Dlgs 152 del 3 aprile 2006, che hanno innovato la precedente legislazione, basata rispettivamente sulla L. 748/84 e sul D. Lgs 22/97, adeguandoli alla più recente normativa europea. Rimane invece invariato e tuttora valido il D.Lgs 99/92 relativo all'impiego di fanghi di depurazione in agricoltura e, considerando i c.d. *Compost* senza l'attributo *Qualità* (derivante dal precitato D.Lgs 22/97), anche la delibera 27/7/1984 G.U. 253 del 13/9/84 che, benché derivante dal non più attivo D.P.R. 915/82, non è mai stata sostituita od abrogata.

Purtroppo, il T.U., fin dalla sua uscita, ha suscitato numerose perplessità ed esigenze di modifica, per cui la relativa legislazione non è ancora definitiva e certa. Al momento il riferimento più sicuro è la rispondenza al vecchio D. Lgs 22/97 (con le sue numerose modifiche), in buona parte riprese, per gli aspetti di nostro interesse, anche dal Dlgs 217/06, anche perché le delibere locali (Piano regionale dei Rifiuti e Piano Provinciale per la Gestione dei Rifiuti della Provincia di Teramo) si rifanno a tali norme e sono da esse derivati, ovvero al D.Lgs 99/92, sia pure con netta distinzione delle tipologie trattate (compost o compost-qualità).

Dovendo quindi definire le caratteristiche del progetto in base a precise norme progettuali e comportamentali di gestione, si farà riferimento agli artt. 27 e 28 D. Lgs 22/97, considerando che l'attività è inquadrabile come R3 ed R13 allegato C, per i quali sono ammissibili gli art. 31 e 33 per le procedure autorizzative.

Inoltre abbiamo ritenuto che la semplice rigorosa osservanza allo schema di cui all'allegato "C" della delibera della Giunta Regionale n. 2605 del 2 ottobre 1998 non potesse descrivere compiutamente le caratteristiche e le finalità dell'impianto, in quanto lo stesso allegato è chiaramente orientato ad ottenere informazioni e garanzie circa le modalità di realizzazione e di gestione di una discarica. Di ciò ne è evidentemente conscio lo stesso legislatore se ha sentito la necessità, nell'ambito del nuovo "Piano Regionale di Gestione dei Rifiuti", di riconsiderare separatamente il problema del compostaggio, ponendo specifica attenzione ai parametri progettuali ed alle caratteristiche tecniche suggerite. Anche a questa nuova normativa si conforma il progetto medesimo, ponendo in particolare evidenza i pochi punti non perfettamente coincidenti con le "prescrizioni di massima" contenute nella stessa, e giustificandoli come esigenze costruttive o gestionali. L'esame dettagliato delle rispondenze a tale recente normativa è riportato al capitolo 12 di questa relazione.

Nel presente impianto, infatti, la finalità produttiva e la qualità del prodotto ottenuti costituiscono elemento determinante nelle scelte operative. Quindi dovranno essere contemplate particolari esigenze e problematiche:

- a) non è previsto nessun accumulo definitivo di rifiuto,
- b) il deposito temporaneo di prodotti derivanti da rifiuti ancora da sottoporre a trattamento è ridotto allo stretto necessario per garantire, nei giorni festivi, la continuità dei processi, ritenuta essenziale, sia per la qualità del prodotto che per la correttezza della conduzione,
- c) il trattamento interessa i materiali nella loro condizione più “fresca”, quindi in presenza solo di quei fenomeni fermentativi iniziali, che devono ritenersi fisiologici in un rifiuto, e non di avanzati stadi putrefattivi, principale causa di emissioni moleste e pessima qualità del compost ottenuto.

Pur fornendo quindi puntuale risposta ai diversi punti elencati nel precitato allegato, si è ritenuto necessario premettere la presente relazione descrittiva.

**Con ciò abbiamo certamente reso la documentazione più ponderosa e, in alcune parti, ripetitiva, ma abbiamo ritenuto più corretto fornire agli esaminatori un quadro completo e, speriamo, esauriente dell'intera iniziativa.**

**Infine, in allegato 1 è riportata la valutazione di criticità idraulica dell'area, con le opere idonee per la salvaguardia degli impianti, anche in caso di evento eccezionale.**

## 1 Presentazione della società

La Società Ecologica Vomano Sas di Sperandii Renata & C., che provvederà alla realizzazione ed alla gestione degli impianti, è stata fondata il giorno 17 giugno 1998 ed è composta da giovani imprenditori che ritengono di avviare l'attività di seguito descritta, convinti della possibilità di abbinare attività ecologicamente utili ed ambientalmente sostenibili con lo sviluppo di opportunità occupazionali e valore aggiunto.

E' inoltre da evidenziare il "beneficio ambientale" che deriva da questa iniziativa.

Infatti, il recupero della frazione organica di rifiuti e residui selezionati, se da un lato consente di contenere l'impatto negativo dovuto alla destinazione nelle discariche, realizzando la trasformazione in ammendante e concimi, dall'altro contribuisce al risparmio dell'apporto energetico necessario per la realizzazione di concimi di sintesi, evitando quindi il contributo all'inquinamento ambientale causato da tale produzione.

In particolare, valutando un contenuto medio di azoto pari a 2% sulla S.S. (valore medio della produzione annua senza arricchimento con elementi di sintesi) ed una produzione dell'impianto di circa 9.000 t/anno di sostanza secca finita (derivante da circa 25-30.000 t di prodotto in ingresso, ottenuti come somma fra rifiuti e coadiuvanti), si ottiene il reimpiego in agricoltura di circa 180 t/anno di azoto, somministrati in forma pregiata (concime organico maturo e, eventualmente, pellettizzato). La produzione di un analogo quantitativo di azoto con mezzi di sintesi (per ottenere comunque un concime di minore validità agronomica e pregio) richiederebbe, solo in termini di energia, circa lo stesso quantitativo di petrolio equivalente (rendimento medio 1 Kg. di azoto di sintesi ogni 12 KWh di energia), quindi con un consumo annuo di circa 2.100 MWh, pari a circa 186 t di petrolio equivalente. Il consumo di energia elettrica per la produzione annua è stimabile in circa 600 MWh, pari a circa 52 t di petrolio equivalente, con un risparmio quindi di circa 130 t/anno di petrolio equivalente, corrispondenti a circa 180 t/anno di CO<sub>2</sub> non immessi in atmosfera: contributo piccolo, ma non indifferente, alla riduzione prevista nell'ambito del trattato di Kyoto (si ricorda che dal trattato deriva un impegno di ridurre del 5% le emissioni entro il 2012 (decreto 18/12/2006), mentre la CEE ha portato tale impegno al 8%; in questo ciclo la riduzione è quindi di circa del 80%).

Infine, è da considerare l'aspetto occupazionale, che, se anche non ricade in una zona caratterizzata da gravi fenomeni di disoccupazione, pure consente il pieno impiego, in modo diretto ed a vari livelli, di 6 unità, oltre ad un indotto di almeno altre 3 unità per i trasporti e le fasi di commercializzazione ed assistenza.

## **2 Presentazione del progetto e motivazione della tecnica adottata**

### **2.1 Scopo dell'impianto**

L'impianto proposto ha lo scopo di trattare residui organici di varia natura, prevalentemente fanghi da impianti di depurazione di uso civile o da industrie del settore agroalimentare, oltre a residui zootecnici, residui ligneo-cellulosici di varia origine e residui vari selezionati di origine civile o dell'industria agroalimentare, al fine di ottenere un ammendante o un concime compostato nell'ambito delle norme previste dalle vigenti leggi e, particolarmente dal D.Lgs. 5/2/97 n. 22, dal D.Lgs. 27/1/92 n.99, dal D.I. 4/2/98 n.72, dal c.d. Testo Unico sull'ambiente, Dlgs 152 del 3 aprile 2006 e dal D.lgs. 217 del 29 aprile 2006 (nuova disciplina fertilizzanti).

Esso presenterà una capacità di trattamento globale di circa 20-25.000 t/anno di rifiuti di varia natura, costituiti da fanghi ed altri rifiuti organici vari, conformi all'elenco del p.16.1 dell'allegato 1 sub allegato 1 del Decreto interministeriale del 05/02/1998, Pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale Italiana n. 87 - Supplemento Ordinario n.° 72 del 16/04/1998, realizzando quindi una attività di recupero inquadrata col codice R3 allegato C art. 6 comma 1 lettera h del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n.22 e successive modifiche (Dlgs 8 novembre 1997, n. 389 e legge 9 dicembre 1998, n. 426), per la produzione di Compost secondo il dettato delibera 1/7/84 , e di Compost-Qualità secondo il precitato D.lgs. 217/2006.

Questi verranno combinati con materiali ligneo-cellulosici e/o paglia e con volumi minori di composti chimici tamponatori del pH (prodotti o residui acidi e/o gessi in genere), equilibratori del contenuto in elementi della fertilità (NPK) e/o zeoliti per la fissazione dell'azoto, al fine di ottenere miscele di prodotti in ingresso presentanti una umidità media non superiore al 60-70% ed una densità in mucchio di circa 6-700 Kg/m<sup>3</sup>.

L'impianto sarà allocato nel Comune di Pineto, in area agricola, alla partita 2366, foglio 3 particelle 17, 422,423,426, 95, 169 di nuda proprietà della Signora Morlacchetti Renata ed usufrutto del sig. Sperandii Claudio che, come da atto allegato alla presente, dalla data del 20 novembre 1998 ha concesso in affitto e che si impegna a trasferirne in piena proprietà alla ditta Società Ecologica Vomano Sas di Sperandii Renata, che provvederà alla realizzazione ed alla gestione degli impianti.

La superficie totale disponibile è di 18.970 m<sup>2</sup> (circa 0,8 m<sup>2</sup> /t anno) di cui, come più oltre esposto, circa 4.200 dedicati al compostaggio, maturazione e raffinazione, 300 allo stoccaggio, 1.200 al trattamento delle emissioni, 400, già esistenti, a servizi vari, il resto come area riservata (zona sporca, zona pulita, movimentazione ecc.).

Detta area si trova ad adeguata distanza da zone abitate, è confinante con l'impianto di depurazione delle acque del comune di Pineto ed in prossimità di un impianto di frantumazione di inerti, con cui condivide la strada di accesso, che quindi non subirà incrementi significativi di traffico, pur garantendo un'ottima accessibilità

L'impianto verrà quindi realizzato e gestito dalla ditta Società Ecologica Vomano Sas.

La linea di trattamento prevede l'accettazione e la preparazione del materiale da compostare, il trattamento su platea mediante macchina rivoltatrice automatica o assistita (trattamento aerobico intensivo iniziale in fase termofila e maturazione in fase mesofila), il successivo trattamento e finissaggio del prodotto finito mediante ventilazione forzata e raffinazione. Ad impianto avviato, si può ipotizzare un completamento della fase di finissaggio (al momento non indicato) orientato al miglioramento del prodotto a fine commerciale, mediante eventuale miscelazione con additivi ed elementi della fertilità, pellettizzazione, insaccamento e commercializzazione del compost ottenuto.

Poiché la finalità principale dell'azienda è costituita dalla produzione di un ammendante o concime organico o misto organico di cui esiste attualmente una forte richiesta di mercato, solo parzialmente soddisfatta in termini quantitativi e minimamente in termini qualitativi, l'azienda porrà particolare attenzione alla qualità delle materie prime impiegate ed ai relativi cicli di lavorazione, proponendosi di ottenere, quanto prima, gli attestati di qualità relativi alle norme UNI EN ISO 9001.2000 e UNI EN ISO 14001.2004, condizione essenziale per garantire la successiva fase di commercializzazione.

Nella presente relazione, oltre alle necessarie descrizioni tecniche relative al processo ed al dimensionamento degli impianti, si porrà particolare attenzione nell'evidenziare le metodologie di selezione e controllo del materiale in ingresso, delle emissioni in atmosfera, in perfetta osservanza dei dettati Dpr 203/88, DPCM 21/7/89, Dpr 25/7/1991, direttiva 96/61/CE, decreto 60 del 2/4/2002, D.Lgs.152 del 2 aprile 2006, nonché della delibera della regione Abruzzo n. 2185 del 12/8/98.

Infine si evidenzia che il dimensionamento degli impianti consente, come limite superiore (valore teorico massimo stanti le dimensioni impiantistiche), il trattamento quotidiano di circa 90 t/giorno di rifiuti di varia origine e che comunque la capienza massima teorica di carico sulla platea di fermentazione è inferiore a 100 t/giorno, anche comprendendo gli indispensabili coformulanti ed additivi, costituiti da materie non classificate come rifiuti, nonché i ricicli interni. I carichi medio-massimi giornalieri, come più oltre evidenziato, risultano, per esigenze meccaniche e gestionali, inferiori di circa il 10% rispetto ai valori massimi qui indicati.

Di conseguenza, in base alla legge 22 febbraio 1994 n.146, al Decreto del Presidente della Repubblica del 12/4/1996 ed al DPCM 3/9/99 e successive modifiche, non si richiede valutazione di impatto ambientale.

## **2.2 Descrizione tecnica del processo**

Il processo prevede la raccolta di rifiuti e prodotti organici in genere, prevalentemente fanghi da impianti di depurazione e residui zootecnici, per la loro trasformazione in concimi e/o ammendanti, utilizzati come tali o come basi per concimi più complessi.

Per meglio comprendere le diverse esigenze operative e le soluzioni proposte, riteniamo utile premettere una breve sintesi descrittiva del processo di compostaggio ed una descrizione dei mezzi tecnici utilizzati nell'impianto qui impiegato.

## **2.3 Descrizione di massima di un processo di compostaggio**

E' possibile sottoporre al processo di compostaggio, cioè di demolizione aerobica della sostanza organica e sua progressiva mineralizzazione, pressoché qualsiasi prodotto organico fermentescibile, disponibile in forma solida. Anche frazioni liquide (liquami, succhi, latticello, siero, od altro) possono essere inviate al trattamento, sia pure in percentuali minori rispetto agli altri sottoprodotti solidi, in modo da contenere l'umidità della miscela entro valori in genere non superiori al 70% (ottimali 60-70%) al momento dell'inizio del processo fermentativo.

Inoltre, frazioni minori di prodotti già mineralizzati o solo parzialmente fermentescibili (ad es. sottoprodotti chimici non pericolosi e ricchi di elementi della fertilità, materiali inerti o poco fermentescibili, gessi, zeoliti ecc.) possono essere immessi nella miscela da compostare, sia pure ponendo particolare attenzione al rispetto di limiti e condizioni per la composizione complessiva, utilizzando le loro proprietà di tamponamento del pH e di arricchimento e/o adsorbimento di vari prodotti, principalmente azoto in forma ammoniacale o nitrica, per migliorare sia le condizioni di processo che la qualità del prodotto finale.

### **2.3.1 Ciclo ideale di compostaggio**

In condizioni ideali, il ciclo di compostaggio è suddivisibile in quattro successive fasi, identificabili con ben precise condizioni fisiche.

#### **2.3.1.1 Fase di avvio**

La fase di avvio corrisponde all'inizio del ciclo ed è caratterizzata dalla crescita esponenziale dei lieviti e delle colture batteriche responsabili della demolizione della sostanza organica.

In realtà dovrebbe essere suddivisa in varie sottofasi, spesso reciprocamente sovrappontesi, ma è globalmente caratterizzata da un rapido incremento dei processi aerobici, testimoniati da un parallelo incremento della temperatura, come effetto dell'energia liberata con l'ossidazione della sostanza organica.

E' certamente una delle fasi più critiche dell'intero processo, in quanto in genere interessa il materiale alle più elevate umidità, quindi con minore permeabilità all'aria. Di conseguenza, se non è correttamente gestita, è possibile l'innescò di processi anaerobici, quindi alternativi ai precedenti. L'effetto di tali situazioni è

riconducibile ad emissioni maleodoranti ed al rallentamento, se non al blocco, del processo, con conseguente grave pregiudizio del funzionamento globale dell'impianto.

Per una corretta conduzione di questa fase, oltre ad un'ottimale composizione della miscela di ingresso (critica soprattutto per umidità, densità apparente, fermentescibilità e rapporto  $C_{organico}/N_{organico}$ ), è necessario garantire un buon apporto di innesco alle fermentazioni, comunque realizzabile mediante adeguate quote di riciclo di prodotto già compostato, assicurare un'ottimale miscelazione ed omogeneizzazione del prodotto (generalmente costituito da materiali diversi e difficilmente miscelabili) e garantire il continuo apporto di ossigeno alla massa fermentante, evitando la formazione di sacche di anaerobiosi.

La meccanizzazione e parziale automazione dei carichi, bilanciati fra i diversi componenti, una eventuale percentuale di materiale di riciclo, la corretta gestione dei rivoltamenti ed un elevato rapporto iniziale superficie/volume sono elementi determinanti per l'ottimale conduzione di questa fase.

### **2.3.1.2 Fase termofila**

La forte intensità delle reazioni ossidative consente il raggiungimento di elevate temperature all'interno della massa.

Queste sono determinanti per la sterilizzazione di eventuali patogeni e di semi di infestanti (almeno 55° per almeno 72 ore), ma nel contempo, se eccessive, rallentano lo stesso processo fermentativo.

In genere, in fase termofila già avviata, non si hanno emissioni maleodoranti con l'esclusione di eventuali emissioni di ammoniaca (dipendenti da una serie di condizioni che non riteniamo qui di dover considerare nel dettaglio), ma ancora esistono problemi di equilibrio del processo, che, se male condotto, può presentare due opposte situazioni negative.

Una carenza di movimentazione e/o aerazione favorisce il raggiungimento di temperature troppo elevate che, pur senza considerare gli estremi in cui si assiste alla "carbonificazione" della sostanza organica, quando superano i 60° riducono i tassi di reazione e comunque favoriscono l'innesco di reazioni termofile anaerobiche.

Al contrario, un eccesso di movimentazione, se non controbilanciata da un contenimento delle perdite energetiche, favorisce il raffreddamento del materiale, con conseguente rallentamento dei processi e l'incapacità di garantire le necessarie sterilizzazioni.

Per giungere ad un corretto risultato è quindi indispensabile mantenere un equilibrio fra le diverse esigenze, intervenendo sulla serie dei diversi fattori disponibili (movimentazione, aerazione dei locali, coibentazione delle strutture, composizione dei materiali ecc.) per consentire il regolare svolgimento del processo.

### **2.3.1.3 Fase mesofila**

Al termine della fase termofila (periodo variabile da un minimo di 3 ad un massimo di 8-10 gg.) si innescano nuovi processi fermentativi caratterizzati da più lente reazioni con equilibrio intorno a 38°.

Tale fase, detta mesofila, prosegue spegnendosi gradualmente (cioè raggiungendo le temperature ambientali) verso il 25°-35° giorno, per fornire il c.d. prodotto finito.

In realtà, anche se non più fermentescibile, completamente diverso nell'aspetto fisico, non maleodorante e con umidità massime oscillanti fra il 45 ed il 30%, il compostato, per la sua totale maturazione, subisce una successiva evoluzione, che richiede almeno 60-120 gg., che porta alla progressiva umificazione del materiale organico.

Se raggiunta e gestita correttamente, la fase mesofila si presenta meno critica della precedente e non è causa di alcuna emissione molesta. Eventuali problemi possono permanere a causa dell'eccessiva o della troppo bassa umidità del materiale.

Nel primo caso, caratteristico di impianti non bilanciati termodinamicamente o sottodimensionati come permanenza media del prodotto in fase di compostaggio, l'aspetto negativo è determinato dall'eccessiva umidità del materiale finale, che non possiede la capacità energetica di garantire l'evaporazione dell'acqua in eccesso.

All'opposto, l'eccessiva disidratazione blocca i processi fermentativi prima dell'esaurimento della frazione fermentescibile, quindi il materiale pare maturo, ma, una volta riумidificato in campo od in vaso, riavvia i processi con emissioni maleodoranti.

Anche per la fase mesofila è quindi necessaria una conduzione equilibrata del processo fermentativo per il raggiungimento di un buon prodotto finale, che quindi dovrebbe presentarsi come un terriccio, con odore di muschio, non più fermentescibile, dal quale non è possibile avere alcuna sensazione del materiale di partenza.

### **2.3.1.4 Fase di umificazione finale**

Con i 60-120 gg normalmente richiesti al suo completamento, è la fase più lunga del ciclo di compostaggio, ma, poiché non produce effetti indesiderati od emissioni anche di sola acqua, può avvenire sul prodotto in mucchio od anche già insaccato e/o pellettizzato.

Anche con compost già sparso sul terreno il processo può completarsi senza particolari esigenze.

Ne consegue che, nel dimensionamento impiantistico, normalmente non si prenda in considerazione quest'ultima fase, per evidenti ragioni di costo, non essendo in alcun modo inficiata la qualità del prodotto destinato alla produzione agricola.

Nell'impianto proposto, al termine dei cicli termofilo e mesofilo realizzati in platea movimentata, si prevede un accumulo ventilato, della capienza utile di circa 2000 mc. capace di garantire un'ulteriore permanenza di circa 35 giorni in condizioni sicuramente aerobie, quindi ad ulteriore garanzia della completa maturazione del prodotto in uscita.

Nell'insieme, quindi, un impianto moderno di compostaggio deve realizzare l'equilibrio fra ottimali condizioni fermentative, non essendo "ambientalmente" concesse condizioni di squilibrio, sovente alla base di emissioni maleodoranti e perturbazioni ambientali.

Ovviamente, anche in un impianto ben dimensionato e gestito, possono verificarsi emissioni indesiderate.

Emissioni di ammoniaca sono inevitabili in presenza di rapporti C/N inferiori a 30 (condizione normalmente esistente nella maggioranza dei casi reali). Se ciò in genere non comporta problemi per l'ambiente circostante a causa dell'elevatissima diffusibilità di tale gas (per cui già a pochi metri dall'impianto i livelli sono sensibilmente inferiori alle soglie ammesse per legge), il problema resta per l'ambiente di lavoro.

I valori di concentrazione in aria, misurabili al momento del rivoltamento in prossimità al materiale sono, infatti, sensibilmente superiori ai limiti ammessi dalle norme di igiene sul lavoro, da cui la necessità di una totale automazione dei processi che escluda la necessità e la possibilità di presenza umana in prossimità della macchina rivoltatrice in fase di lavoro, ovvero la predisposizione di ambienti protetti per ospitare in sicurezza gli operatori preposti all'azionamento delle macchine impiegate.

Una ulteriore riduzione dell'emissione può essere ottenuta mantenendo il pH a bassi valori, mediante impiego di tamponanti acidi (normalmente gessi o solfati in genere), ovvero con adsorbenti tipo zeoliti.

Ne consegue anche l'opportunità della meccanizzazione delle operazioni di carico, che pertanto, oltre a garantire il massimo dell'equilibrio fra i differenti materiali, riduca anche il contatto degli operatori col materiale inquinato in ingresso, non improbabile vettore di patogeni anche per gli esseri umani.

Al contrario, emissioni, fastidiose anche per l'esterno, sono quelle che si accompagnano ai processi anaerobici, prevalentemente causate da gas, spray e fumi caratterizzati da lunghe catene organiche originate dalla demolizione dei composti proteici o contenenti zolfo.

Queste possono essere già presenti nei materiali in arrivo e liberate al momento dello scarico dei mezzi di trasporto o con le prime miscele, ovvero generarsi per difficoltà del processo (ad esempio per squilibri nella composizione della miscela,

errati funzionamenti dei processi di mescolamento, eccezionale presenza di antibiotici o disinfettanti ecc.).

La gravità e l'importanza di tali emissioni deve essere considerata in fase di progetto, dipendendo dalle condizioni ambientali, dai vincoli territoriali, dai materiali trattati; comunque il contenimento dei liberi scambi di aria fra interno ed esterno degli ambienti di processo e la possibilità di trattare la stessa con scrubber e/o biofiltri consentono il completo superamento dei problemi, quindi la piena compatibilità fra ambiente ed impianto.

## **2.4 Tipologie impiantistiche disponibili**

Per compostare una sostanza organica è necessario garantire alcune caratteristiche specifiche del prodotto compostabile (umidità, densità, fermentescibilità, C/N ecc.) e condizioni fisico-ambientali ottimali (temperatura, miscelazione, ossigeno).

Come già descritto, il processo si sviluppa attraverso una prima fase di reazione termofila (a temperature anche superiori a 50-60 °C), seguita da una fase mesofila (temperature di circa 38 °C) quindi da una successiva umificazione lenta.

Le funzioni che quindi devono essere svolte da un sistema di compostaggio comprendono:

- a) preparazione e miscelazione del materiale
- b) caricamento del materiale nelle zone di reazione
- c) mantenimento delle condizioni di reazione (ossigenazione e temperatura)
- d) bilanciamento delle perdite idriche
- e) estrazione del materiale al termine del processo di reazione.
- f) finissaggio del compost

Un sistema di compostaggio quindi è un insieme di strutture e di apparati meccanici costituiti da:

- un contenitore che ospita il materiale da trattare,
- un sistema di agitazione-movimentazione, che deve garantire un'opportuna miscelazione del materiale,
- un apparato di ossigenazione, o più semplicemente di aerazione,
- un mezzo di asporto del prodotto finito,

il tutto controllato ed ottimizzato in dipendenza delle condizioni del materiale trattato e dei principali parametri ambientali (essenzialmente temperatura ed umidità).

Inoltre, per rispettare le più recenti norme di protezione ambientale e di emissione di prodotti tossici e/o maleodoranti in atmosfera, si deve prevedere il trattamento delle emissioni prima del loro rilascio.

Il processo di ossidazione della sostanza organica avviene, anche spontaneamente, in natura e l'esigenza di intervenire con apposita impiantistica deriva dalla necessità di

accelerare i tempi di trattamento, onde consentire il trattamento di quantitativi di interesse industriale.

Il processo, infatti, trova possibilità di accelerazione nell'elevata temperatura ed umidità del materiale (da contenersi comunque entro i 60° C e 70%), nel rigoroso mantenimento di condizioni aerobiche (cioè con presenza di ossigeno), ed in una buona miscelazione dello stesso.

In tali condizioni ottimali il tempo normalmente stimato necessario per il compimento del processo è stimato in circa 20-30 gg (dipendente anche dalla natura del prodotto organico trattato) e tale periodo viene normalmente considerato per il calcolo della "capacità idraulica", cioè del volume utile, disponibile per il materiale sottoposto a trattamento.

Va altresì evidenziato che le perdite di acqua e, minori, di sostanza organica, che si accompagnano al processo fermentativo, comportano una riduzione sensibile della massa (circa 65%) e dei volumi (oltre 50%) del materiale in ingresso, per cui la "capacità idraulica", come sopra calcolata, dà luogo a permanenze reali di circa 30-40 gg. Ogni eventuale maggiore capacità, consentendo un prolungamento dei tempi di accumulo, induce un incremento dell'affidabilità e della sicurezza del sistema.

Pur con diverse geometrie e tipologie, la totalità degli impianti realizzati può suddividersi in tre distinte categorie, di seguito rapidamente sintetizzate con le rispettive caratteristiche essenziali (necessariamente generalizzate nella vastità delle situazioni esistenti).

- a) impianti con aerazione mediante insufflazione d'aria, generalmente operanti in batch (cioè tutto pieno - tutto vuoto) anche chiamati "biotunnel". Le diverse fasi di lavorazione, precedentemente descritte, vengono generalmente svolte in modo separato: il materiale in ingresso è miscelato con opportune macchine, immesso nei contenitori (metallici, in cemento armato od anche plastici) di reazione, ove l'aria in pressione viene insufflata da apposite aperture (normalmente pavimento fessurato). Al termine del ciclo di reazione, tale materiale viene estratto, il contenitore svuotato e predisposto per un ulteriore riempimento. In genere, questa tipologia impiantistica è caratterizzata da costi di investimento elevati, forte consumo di energia per la ventilazione, sensibilità alla variazione qualitativa del materiale in ingresso ed alla composizione delle miscele eseguite, quindi variazione sul livello di maturazione del compost ottenuto. Risulta invece molto facilitato il trattamento dell'aria esausta.
- b) impianti in linea, in cui una o più macchine rivoltatrici provvedono al rimescolamento ed all'avanzamento progressivo del materiale dal punto di carico a quello di scarico, mentre sistemi di insufflazione di aria, analoghi a quelli del punto precedente, garantiscono l'aerazione della massa. Questo tipo di impianti presenta una migliore caratteristica di affidabilità nel raggiungimento dei risultati attesi per la continua miscelazione che si accompagna al rivoltamento ed all'avanzamento del materiale, oltre a mostrare tutti i vantaggi organizzativi e gestionali intrinseci nei trattamenti in linea rispetto a quelli in batch. Purtroppo il loro costo è generalmente elevato, come pure il consumo di energia per la

ventilazione. Anche il sistema di “iniezione” dell’aria risulta critico con frequenti problemi di intasamento.

- c) Impianti in linea, in cui si utilizza l’azione di rimescolamento delle rivoltatrici anche per consentire l’ossigenazione del materiale. Si tratta quindi di una notevole semplificazione impiantistica, pertanto diminuzione di costi sia di costruzione che di funzionamento, che però richiede un passaggio frequente della macchina rivoltatrice per garantire la permanenza delle condizioni aerobiche. Infatti, il materiale all’interno della massa, anche nel caso di densità e composizione ottimale, consuma tutto l’ossigeno disponibile nell’arco di alcune ore, per cui si rende indispensabile un passaggio frequente (da 1 a 3 giorni) per evitare l’instaurarsi di fenomeni di anaerobiosi.

L’impianto che si propone appartiene a quest’ultima categoria.

Il dettaglio impiantistico non è stato ancora definito in quanto, sono possibili scelte diverse che, richiedendo comunque le medesime configurazioni delle strutture di contenimento e del layout organizzativo, verranno definite al momento della realizzazione in base una attenta analisi dei costi e delle prestazioni.

Gli apparati prescelti dovranno in ogni caso garantire una capacità di accumulo per spessori fino a 3 m., completo rimescolamento delle masse fermentanti, operatività completamente automatica o con manovre da parte di operatori ospitati in ambienti protetti (cabine pressurizzate).

### 3 Modalità di trattamento - Limiti di operatività

La tabella descrive i limiti massimi e minimi delle caratteristiche della miscela dei materiali in ingresso necessari per garantire la piena operatività dell'impianto, limiti che costituiscono la specifica di riferimento per l'impianto proposto.

Tab. 3.1

CARATTERISTICA	UNITA'	MIN.	MAX
- pH		6	8,5
- residuo 105°	%	30	
- Umidità (1-residuo 105°C)	%		70
- residuo 600°	% s.s.		<15
- Carbonio organico	% s.s.	40	
- Azoto totale	% s.s.	0,2	15
- Grado di umificazione (DH)			<30
- Rottergrad LAGA Merckblatt M10, version 1995.			<=2
- rapporto C/N		10	30
- densità apparente	g/dm <sup>3</sup>		700
- conducibilità elettrica	mS/cm		1,5

Nello stesso non dovranno essere presenti residui metallici, plastici, corde, pietre o solidi in genere di pezzatura superiore a (30 x 30 x 30) mm<sup>3</sup> o di lunghezza superiore a 70 mm. ed altresì non dovranno essere presenti prodotti organici od inorganici con proprietà antibiotiche, sterilizzanti, tossiche od antifermentative.

Poichè nella normativa Italiana non è disponibile un test analitico, semplice e nel contempo sufficientemente rappresentativo, del grado di stabilizzazione raggiunto dal materiale fermentescibile, si fa riferimento alla normativa tedesca Rottergrad LAGA Merckblatt M10, version 1995. Tale norma, adottata ufficialmente anche in Austria, prevede 5 livelli di stabilità, misurati mediante la temperatura raggiunta dal materiale in fermentazione in condizioni standard. Ovviamente questa analisi riguarda solo la stabilità del materiale e non la sua composizione chimica od il contenuto in indesiderati, per cui rimangono comunque tutti i restanti vincoli imposti dalla vigente normativa.

In particolare i livelli sono:

livello I	t > 60°C	materiale grezzo
livello II	50 < t < 60	compost fresco
livello III	40 < t < 50	compost immaturo
livello IV	30 < t < 40	compost maturo
livello V	t < 30°C	compost pronto

In genere viene consentito il libero impiego sui terreni solo per il compost di IV livello od oltre, mentre il V livello viene riservato ad usi particolari in floricoltura da vaso o orticoltura.

I vari stadi dell'impianto saranno caratterizzati dal livello Rottergrad raggiunto, che diviene quindi elemento caratterizzante anche per l'ottimale conduzione impiantistica.

### **3.1 Descrizione delle strutture e delle attrezzature proposte**

L'impianto proposto è inquadrabile nella terza tecnologia descritta, ovvero: **impianti in linea con rivoltatrice senza ventilazione del mucchio.**

Esso comunque rappresenta una evoluzione nel confronto dei tradizionali sistemi impiegati fino agli anni scorsi, sia per lo spessore di materiale presente nelle fosse di lavorazione (circa 3 m.), che per le conseguenti possibilità di controllo delle reazioni e delle eventuali emissioni maleodoranti.

Il sistema di movimentazione, consiste in un organo di frantumazione del materiale che lo invia su un tappeto od una catenaria di sollevamento, immerso nel materiale medesimo, che lo solleva e lo riammucchia alle sue terga. Poiché questa tipologia di funzionamento è conseguibile con attrezzature anche sostanzialmente fra loro diverse, offerte da alcune ditte, con macchine aventi prestazioni equivalenti, la scelta definitiva verrà eseguita al momento della realizzazione, in dipendenza del rapporto prestazioni/costi che si verificherà all'atto dell'ordine; le varianti sono comunque di tipo minimale e non modificano le successive descrizioni e progetti, interessando, eventualmente, la sola suddivisione interna della platea di reazione ed i metodi di movimento e trasporto.

Tutti i dispositivi citati si muovono su rotaie o sul fondo della platea di fermentazione, interessando progressivamente tutta la massa in fermentazione.

Il prodotto, durante ogni passaggio della macchina movimentatrice, viene quindi prelevato dalla platea di fermentazione, trasportato dal tappeto e ridepositato sulla platea medesima ad una distanza pari a circa 1,5 volte l'altezza del cumulo. In questa fase viene anche sminuzzato e, durante il suo lancio e caduta in aria, convenientemente arieggiato ed ossigenato.

Per la realizzazione degli impianti è necessario prevedere un contenitore, cioè capannone, di adeguate dimensioni, capace di ospitare in modo sicuramente protetto le aree ed i sistemi descritti:

- a) Area di accumulo e preparazione materiale fresco in cui viene ospitato il materiale fermentescibile in attesa di avviamento all'impianto, convenientemente dosato fra le diverse tipologie disponibili
- b) Area di fermentazione con sistema di rivoltamento, cui viene affidato il compito di movimentare, miscelare, trasportare e portare a contatto con l'aria il materiale

sottoposto a fermentazione; le sue caratteristiche determinano la dimensione degli edifici costituenti l'impianto

- c) Area di finissaggio, ventilata, su cui accumulare il prodotto al termine della fermentazione in corsia, a garanzia dell'avvenuta maturazione
- d) sistema di ventilazione, avente il compito di aspirare aria fresca dall'esterno per il rinnovo di quella esausta che viene reimmessa nell'ambiente esterno previo trattamento antidodorifico
- e) sistemi di carico e di scarico del materiale, aventi il compito di addurre il materiale fresco alle zone di trattamento e di allontanare quello "maturo" per le successive lavorazioni.

A questi cinque elementi "essenziali" si aggiungono inoltre altre strutture necessarie per i servizi e la gestione completa degli impianti costituite da:

- f) area di accettazione materiale con pesa e prelievo campioni
- g) zona di scarico materiale in ingresso (zona sporca) con pre-lavorazione (selezione, triturazione ecc) accumulo differenziato, trattamento e lavaggio automezzi
- h) uffici, laboratorio analisi, servizi

Risultano infine utili, per l'ottimizzazione commerciale del prodotto, una zona di lavorazione prodotto finito (vagliatura, miscelazione, pellettizzazione, insaccamento, spedizione) e deposito, e un'officina meccanica, non ipotizzate in questa fase di realizzazione degli impianti.

### **3.2 Sistema di movimentazione e rivoltamento**

La scelta del sistema di movimentazione è determinante per il dimensionamento delle restanti strutture, quindi lo stesso deve essere considerato preliminarmente ai restanti aspetti del progetto.

Come precedentemente accennato, le proposte commerciali esistenti sono diverse ed in continua evoluzione, non escludendosi anche realizzazioni "personalizzate" progettate e realizzate specificamente per questo impianto.

Stanti infatti le dimensioni degli impianti e le specifiche esigenze, non sempre risulta ottimale utilizzare apparati standard e "general purpose", ma vanno anche considerate le proposte commerciali di realizzazioni di sistemi specificamente realizzati.

Ne consegue che, in questa fase progettuale, sia sufficiente definire con precisione le specifiche operative, le esigenze di ingombro e di potenza impiegata, lasciando la scelta definitiva al momento della costruzione.

Inoltre si presentano due diverse opportunità:

- a) utilizzo di un apparato semovente con guida umana
- b) utilizzo di un sistema totalmente automatico o col solo controllo umano a distanza

Gli apparati semoventi esistenti sono dotati di cabine di guida pressurizzate e capaci di garantire un ambiente sano e confortevole per l'addetto alla guida. La motorizzazione è prevalentemente termica, non problematica nonostante l'ambiente chiuso, per la forte ventilazione presente già per le esigenze del processo.

In alternativa, la guida può avvenire a distanza, anche da un altro edificio, controllata mediante telecamere. Il loro costo è relativamente contenuto e l'unico reale inconveniente è da vedersi in caso di guasto all'interno della massa fermentante, sia per le difficoltà di uscita dell'operatore (in assenza di controllo a distanza), che per le eventuali riparazioni.

Una alternativa è costituita da sistemi di rivoltamento montati su carro ponte che percorrono automaticamente, o con controllo a distanza, l'intera platea. Questi sono sempre estraibili quindi, anche in caso di guasto, si rendono possibili interventi in aree protette ed idonee alla riparazione.

Riteniamo preferibile, ma non necessariamente esclusiva, questa seconda soluzione, anche se presenta costi iniziali superiori per le maggiori complessità che presenta e per la necessità di una personalizzazione degli apparati specifici.

La scelta quindi è orientata verso una macchina rivoltatrice, costituita da un tappeto sollevatore operante su uno spessore massimo di materiale di 3 m. circa ed avente una larghezza di tre metri circa. Tale macchina, che come già citato, è prodotta con varianti da più imprese e, per la quale, è prevedibile anche una realizzazione ottimizzata, è portata mediante carro-ponte poggiante sui bordi laterali della platea di contenimento, che quindi può raggiungere larghezze anche di alcune decine di metri.

Il ciclo operativo prevede una serie di passaggi su tutta la massa fermentante o mediante successive "strisciate" della larghezza di tre metri circa, oppure, in altri modelli, con un movimento "a zig zag" per tutta la lunghezza della platea. Risulta così possibile impiegare un'unica attrezzatura, operante su una platea di grandi dimensioni, e realizzante tre distinti vantaggi:

- I°) l'area di reazione rimane perfettamente definita e contenuta con conseguenti migliori aspetti di pulizia, gestione dell'aria esausta ecc.
- II°) In caso di guasto in qualsivoglia punto di lavoro la macchina è immediatamente e facilmente raggiungibile dal personale addetto, che dispone di appositi corselli che consentono di operare in condizioni di assoluta sicurezza, ovvero può essere sollevata e riportata in punti ottimali
- III°) due sole pareti di contenimento sono sufficienti per tutta la struttura con conseguenti sensibili risparmi nei costi di realizzazione e controllo. Una terza parete, intermedia, può essere realizzata in struttura particolarmente leggera e può consentire il contemporaneo trattamento di due distinte tipologie di materiale in fermentazione.

La sovrastruttura (carro ponte ed organi vari) per l'azionamento della macchina è contenuta in uno spazio di circa 4 m., per cui l'insieme richiede un "contenitore" con altezza libera di soli 8 m. rispetto al piano di lavoro.

Ad ogni passaggio della macchina si ottiene quindi un avanzamento del materiale di circa 4,5 m, il volume teorico rimosso risulta pertanto dato dal volume del

parallelepipedo avente 3 m. di larghezza, 4,5 di lunghezza e 3 di altezza, paria a  $40 \text{ m}^3$ . In realtà deve essere considerato un coefficiente di riempimento pari a circa 75%, per cui il volume netto spostato risulta di circa  $30 \text{ m}^3$  per ogni passaggio. Va inoltre considerato che la miscela fresca di materiale, che viene caricata all'inizio del ciclo, quindi della platea, in genere non riempie completamente il vano vuotato dal precedente passaggio della macchina, ma si dispone, da una certa altezza, con sezione approssimativamente triangolare; sulla base di precedenti esperienze il volume reale corrispondente al carico per ogni passaggio della macchina rivoltatrice risulta quindi pari a circa  $25 \text{ m}^3$ .<sup>1</sup>

Ipotizzando una permanenza media di 28 gg, pari a 4 settimane, ed un turno di lavoro di 5 giorni su 7, ne deriva un numero di  $5 \cdot 4 = 20$  passaggi quotidiani della macchina per completare il ciclo.

Ne risulta quindi una lunghezza utile di platea pari a  $20 \cdot 4,5 = 90 \text{ m}$ .

Questo dato verrà di seguito considerato per il dimensionamento dell'impianto.

Con una larghezza utile della platea di 20 m., il carico quotidiano massimo<sup>2</sup> risulta pari a  $(20 \cdot 25 / 3) = 166 \text{ m}^3$ . Di questi circa 120 (pari a circa 90 ton.) sono rappresentati dai rifiuti sottoposti a trattamento, il restante dalla quota di riciclo, dagli additivi e da materiali di supporto (paglia, polverino o chip di legno, gessi, zeoliti ecc.).

Le caratteristiche essenziali (approssimate) della macchina rivoltatrice vengono qui sintetizzate:

- a) profondità nominale di lavoro 3 m., utile 2,5 -2,8 m.
- b) larghezza tappeto sollevatore 3 m
- c) larghezza "fuori tutto" del tappeto 3,2 m.
- d) se su carro ponte, larghezza utile 20 m. circa
- e) velocità di trasferimento da 1 a 10 m/min.

Già si è precisato che con queste caratteristiche sono possibili diverse soluzioni di alcune ditte, per cui la scelta definitiva avverrà al momento della realizzazione.

Comunque, per garantire la piena operatività, la macchina rivoltatrice, se resa automatica e non telecomandata, dovrà possedere le capacità di controllo e di automazione di seguito descritte:

- a) controllo operativo tramite elaboratore o PLC a bordo
- b) comunicazione per trasmissione dati col centro di controllo sito nel box di comando (vedasi tav. 18 e seguenti)
- c) capacità di determinare la propria posizione lungo il capannone con precisione non inferiore a 20 cm.
- d) capacità di determinare la propria posizione trasversalmente alla platea con precisione non inferiore a 20 cm.

---

<sup>1</sup> Approssimativamente può stimarsi un riempimento totale fino a circa 80 cm. di altezza, sormontato dal riempimento triangolare fino a 3 m. Con una larghezza di macchina di 3 m. si ottiene un volume di  $(3 \cdot 4,5 \cdot 0,8) + (3 \cdot 4,5 \cdot 2,2 / 2) \sim 25 \text{ m}^3$

<sup>2</sup> 20 m. = larghezza platea; 25 mc = volume per ogni postazione, 3 m. larghezza di ogni postazione (larghezza di lavoro della macchina)

- e) mantenimento di memoria della propria posizione e condizione di lavoro anche in caso di caduta della tensione di alimentazione
- f) possibilità di invio di segnale di allarme esterno in caso di qualsivoglia malfunzionamento, blocco o impedimento e ripristino delle condizioni dopo il blocco solo tramite intervento manuale
- g) azionamento degli avanzamenti sia longitudinali che trasversali con precisione entro i 20 cm.
- h) misura degli assorbimenti di potenza e conseguente retroazione sulle velocità di trasferimento
- i) finecorsa per definizione posizioni particolari e di protezione
- j) protezione in caso di presenza di ostacolo nella zona di scarico prodotto maturo

La potenza assorbita è prevista in circa 200-250Kw se con motore termico (soluzione da non preferire) o 120-150 KW (trifase 380V) se elettrica, in questo caso devono essere previsti filtri “anti emi” essendo in presenza di azionamenti tramite inverter.

La macchina, se automatica, dovrà essere programmabile nella sequenza e tipologia delle operazioni in modo di gestire autonomamente i diversi cicli e variazioni nei cicli dovranno poter essere indotti direttamente dal personale preposto.

Il collegamento elettrico per l'alimentazione di potenza avviene mediante avvolgicavo o festone, mentre il collegamento per la trasmissione dati avviene via radio, con opportune ridondanze e protezioni.

Ai fini del progetto dei carichi posti sulle rotaie di guida, si indicano masse contenute entro 80 t, con interasse, fra le ruote dello stesso lato del carro ponte, non inferiore a 5 m.

Le operazioni di ordinaria manutenzione devono essere previste solo nella zona finale di scarico del prodotto maturo, di più facile accesso.

## 4 Descrizione dei materiali trattati

Già è stato evidenziato come la missione della Ecologica Vomano Sas consista nella produzione di Compost di qualità (CQ) quale base per ulteriori prodotti fertilizzanti ed ammendanti e non nel realizzare solo un sistema di smaltimento di rifiuti alternativo alle discariche od allo “spandimento agronomico”.

E' comunque evidente che l'origine della disponibilità dei prodotti, che verranno trattati, deriva da problematiche di tipo ambientale, che giustificano, anche finanziariamente, l'iniziativa, ma la scelta dei materiali impiegati e la loro combinazione è essenzialmente dettata dalle caratteristiche che dovrà possedere il prodotto finale, nelle sue diverse tipologie.

Tale aspetto, che sarà reso più evidente dalla distinta dei diversi prodotti impiegati, si discosta dalle condizioni normalmente considerate di prevalente indirizzo di smaltimento, quindi considera anche prodotti e rapporti di miscelazione diversi da quelli ottimali nell'ottica di tale obiettivo, orientandosi verso il miglioramento delle caratteristiche del prodotto finito, quindi delle sue qualità di ammendante e di fertilizzante chimico e fisico.

Con tale finalità, l'impianto proposto non entra in competizione, ma anzi completa sinergicamente, le attività degli impianti a disposizione o previsti da parte dell'Ente Pubblico (CIRSU), preposto al trattamento delle frazioni umide delle raccolte differenziate, ed insufficiente per il trattamento dei fanghi e dei residui zootecnici ed agro industriali presenti sul territorio.

La tabella 4a riporta un elenco dei tipi di materiali ammessi per il compostaggio anche con le sole procedure semplificate di cui al pto 16 allegato 1 suballegato 1 D.M. 5 febb. 1998 n.72. Si evidenzia che, di questi, presso l'impianto verranno normalmente trattati i soli prodotti indicati in tab 4b, saltuariamente quelli di tab. 4c. Infine in tab 4d sono riportati i codici di altri tipi di rifiuto, per i quali si prevede l'impiego sia pure con quantitativi limitati e accuratamente valutati, in dipendenza delle varie formulazioni delle miscele di volta in volta realizzate, il cui uso è dettato dalla necessità di garantire precisi requisiti di pH, stabilità, concentrazione di elementi della fertilità, nel compost ottenuto. Detti codici non sono compresi nell'elenco precedentemente citato (al pto 16 allegato 1 suballegato 1 D.M. 5 febb. 1998 n.72), ma sono compresi nell'elenco di cui al pto 18 del medesimo D.M. ed ammessi quali prodotti impiegabili in campo agricolo come fertilizzanti e/o ammendanti alla luce della L. 748/82, quindi dal D.lgs. 217 del 29 aprile 2006.

### Tab. 4a

#### RIFIUTI COMPOSTABILI

(pto 16 allegato 1 suballegato 1 D.M. 5 febb. 1998 n.72)

Tipologia: rifiuti compostabili per la produzione di composti di qualità costituiti da:

- A frazione organica dei rifiuti solidi urbani raccolta separatamente [200108]

- [200302];
- B Rifiuti vegetali di coltivazioni agricole [020103];
- C segatura, trucioli, frammenti di legno, di sughero [030102] [030101] [030103] [030301];
- D rifiuti vegetali derivanti da attività agro-industriali [020304] [020501] [020701] [020702] [020704];
- E Rifiuti tessili di origine vegetale: cascami e scarti di cotone, cascami e scarti di lino, cascami e scarti di iuta, cascami e scarti di canapa [040201];
- F Rifiuti tessili di origine animale cascami e scarti di lana, cascami e scarti di seta [040202];
- G Deiezioni animali da sole o in miscela con materiale di lettiera o frazioni della stessa ottenute attraverso processi di separazione [020106];
- H scarti di legno non impregnato [150103] [200107] [030101] [030199];
- I carta e cartone nelle forme usualmente commercializzate [200101] [150101];
- J fibra e fanghi di carta [030306];
- K Contenuto dei prestomaci [020102];
- L Rifiuti ligneo cellululosici derivanti dalla manutenzione del verde ornamentale [200201];
- M fanghi di depurazione, fanghi di depurazione delle industrie alimentari [190804] [190805] [020201] [020204] [020301] [020305] [020403] [020502] [020603] [020705] [030302] [040107] [190602];
- N ceneri di combustione di sanse esauste e di scarti vegetali con le caratteristiche di cui al punto 18.11 [100101] [100102] [100103];

#### **Tab 4b**

Utilizzazione normale di codici compresi al pto 16 D.M. 72/98

020102	020103	020106	020204	020304	020305	020403	020501
020502	020603	020705	030102	190602	190804	190805	200201

#### **Tab. 4c**

Utilizzazione eccezionale di codici compresi al pto 16 D.M. 72/98

020201	020301	020701	020702	020704	030103	030199	030301
030302	030306	040107	040201	040202	100101	100102	100103
150101	150103	200101	200107	200108	200302		

#### **tab. 4d**

Utilizzazione di codici non compresi al pto 16 D.M. 72/98

020107	<u>020202</u>	<u>020203</u>	<u>020399</u>	<u>020402</u>	020601	030101	040101
040210	<u>060303</u>	060306	<u>060307</u>	060310	060699	190501	190502
190601	200114	200304					

Ovviamente le variazioni nei reciproci rapporti quantitativi, oltre che rispettare i limiti di legge, saranno in funzione della reperibilità nelle zone viciniori all'impianto, e conseguenti alle esigenze per una formulazione ottimale (già ricordate in

precedenza in termini di umidità, densità ecc.). Infatti, oltre ai rifiuti dei precedenti elenchi, si dovranno impiegare masse variabili di additivi vari, prevalentemente paglia e/o segatura, per bilanciare le caratteristiche della miscela secondo le esigenze di ottimizzazione richiesta dal processo. Si prevede inoltre di impiegare quantitativi minori di prodotti o sottoprodotti (non necessariamente classificati come rifiuti), utili per l'abbassamento del pH e per l'arricchimento in elementi della fertilità.

In particolare potranno impiegarsi, in quantitativi stechiometricamente valutati e rigorosamente contenuti per il controllo del pH e/o per l'arricchimento in elementi della fertilità, e subordinatamente alla verifica di non presenza di elementi indesiderati o comunque tali da non consentire la qualifica di "rifiuto pericoloso", i seguenti rifiuti:

060306 soluzioni saline contenenti fosfati e sali solidi collegati,

060307 fosfati e sali solidi collegati,

060310 sali solidi contenenti ammonio,

060699 limitatamente ai gessi di defecazione da produzione di acido tartarico e acido citrico, rifiuti aventi efficacia di tampone del pH.

I prodotti indicati col termine di "utilizzo eccezionale" devono intendersi come ammissibili al processo, ma solo in quantità minimali e comunque subordinati ad una selezione di verifica al momento dell'accettazione.

## 5 Descrizione dell'impianto e modalità operative di gestione

L'impianto è previsto per una potenzialità complessiva di circa 22-25.000 t/anno di rifiuti in ingresso, cui vanno aggiunte circa 3.000 t/anno di materiale ligneocellulosico (prevalentemente paglia, segatura, polverino di legno o residui di potatura o di silvicoltura) necessarie, con altri materiali di riciclo o fertilizzanti, al bilanciamento della miscela .

Per garantire la correttezza del processo, la miscela ottenuta deve possedere le caratteristiche di tab. 3.0 e principalmente, per gli aspetti quantitativi e volumetrici:

a) umidità 60-70%

b) densità 600-700 Kg/m<sup>3</sup>

Considerando il ciclo di carico di 5 gg su 7 precedentemente descritto, ed una sosta di due settimane/anno per eventuali lavori di manutenzione richiedenti la sospensione del ciclo (comunque non indispensabili stante la completa agibilità dell'impianto in qualsivoglia fase), si è stimato un ciclo di carico basato su 250 gg. lavorativi, con le seguenti indicazioni (massimi):

i ) carico quotidiano rifiuti  $22.000 / 250 = 88$  t/giorno

ii ) carico quotidiano completivi<sup>3</sup> miscela  $3.000 / 250 = 12$  t/giorno

iii ) volume quotidiano  $(88+12) / 0,65 = 153$  m<sup>3</sup> /giorno

iiii) larghezza platea  $(153 / 25^4) * 3 \approx 18$  m., portati a 21 m. netti per considerare i coefficienti di riempimento ampiamente inferiori ad 1.

I quantitativi qui indicati sono rapportati all'ipotetica produzione massima raggiungibile in base alle caratteristiche dimensionali dell'impianto, ma, pur rappresentando solo una frazione quantitativa di quanto già identificato come possibile fonte di approvvigionamento, per ovvi motivi di efficienza e rendimento risultano di circa il 10% superiori all'effettiva produzione media.

La tipologia impiantistica adottata consente larghi margini nella definizione delle miscele sottoposte a trattamento, che verranno realizzate mediante opportune "ricette" comprendenti di volta in volta la quota parte disponibile dei materiali elencati in tabb.4.2.b e 4.2.c. Considerando come riferimento, esemplificativo, ma non esclusivo, il fango derivante da impianti di depurazione, a seconda della sua origine, si possono ipotizzare le seguenti miscele di massima:

<b>a) fango con concentrazione S.Tnella miscela al 35 % pari a 10,78 t/giorno</b>			
<b>(fanghi da impianti generici di depurazione civile )</b>			
<b>Materiale</b>	<b>Massa (t)</b>	<b>Umidità %</b>	<b>Solidi totali</b>
<b>Fango</b>	<b>43,12</b>	<b>75%</b>	<b>10,78</b>

<sup>3</sup> costituiti da materiale ligneo celluloso, tamponatori del pH, zeoliti, riciclo ecc.

<sup>4</sup> 25 m<sup>3</sup> = volume per ogni passaggio vedi nota 1

Pollina o residui zootecnici	27,28	35%	17,73
Segatura,paglia, ligneocellulosici	2,64	15%	2,24
Acqua o riciclo liquidi	14,96	100%	0,00
Miscela	88,00	65%	30,76
<b>b) fango con concentrazione S.T nella miscela al 50 % pari a 15,4 t/giorno</b>			
(fanghi da impianti di depurazione residui agroalimentari )			
Materiale	Massa (t)	Umidità %	Solidi totali
Fango	61,60	75%	15,40
Pollina o residui zootecnici	22,00	35%	14,30
Segatura,paglia, ligneocellulosici	1,76	15%	1,50
Acqua o riciclo liquidi	2,64	100%	0,00
Miscela	88,00	65%	31,20

Ovviamente in queste miscele non sono stati considerati gli eventuali additivi minerali, percentualmente poco influenti, e non sono state separate le quote di riciclo. Infine, si evidenzia la necessità di inumidire la massa con un consumo di acqua o liquami variabile in dipendenza delle diverse condizioni (le tabelle sono da considerarsi solo indicative stante la continua variabilità dei materiali in ingresso). In realtà gli apporti idrici (stimabili in almeno 1000 t/anno) derivano dai volumi dell'acqua di prima precipitazione e dal riciclo delle acque raccolte dalle "zone sporche" degli impianti, nonché dai lavaggi degli autocarri. In caso di carenza idrica, la stessa funzione più essere attuata da residui liquidi (liquami zootecnici e residui dell'industria agro alimentare), per cui in realtà non vi sarà necessità di apporti sensibili di acqua di processo da fonti esterne.

Si evidenzia infine che, benchè i quantitativi totali rientrino nei valori sopra indicati, stante l'estrema variabilità sia dei singoli materiali che della loro composizione che, infine, della loro reperibilità, i quantitativi giornalieri e globali possano variare, **quindi i parametri di riferimento che dovranno essere considerati come rigidi e non superabili sono:**

- i- quantitativo massimo quotidiano di rifiuti avviati al compostaggio 88 t ragguagliati all'umidità del 65%*
- ii- quantitativo massimo quotidiano di fanghi ammessi al trattamento (sostanza secca) 10,78 t se fanghi derivanti da impianti di depurazione civili; 15,40 se derivanti da fanghi del settore agroindustriale; ovviamente, con origine mista, i quantitativi ammessi sono proporzionalmente corretti.*
- iii- completamento della miscela dei rifiuti con quantitativi diversi di altri rifiuti fino alla concorrenza delle 88 t./giorno*
- iv- additivazione con materiali non di rifiuto ad uso fertilizzante, tamponatore del pH, adsorbente e/o quote di riciclo interno di prodotto compostato secondo necessità*

## 5.1 Approvvigionamento dei materiali

I parametri qualitativi, che si vogliono osservare, impongono che, oltre al codice individuante la tipologia del rifiuto, sia indispensabile effettuare un rigido controllo del materiale in ingresso.

Allo scopo viene prevista una procedura di accettazione alquanto inusuale per impianti di questo tipo, ma ritenuta essenziale, anche per rispondere alle esigenze imposte dalle norme ISO che l'azienda intende darsi.

In particolare, ogni partita di materiale in ingresso, oltre ad essere valutata in termini ponderali, viene esaminata a vista e campionata per le successive analisi, eseguite presso il laboratorio annesso.

I rapporti con i fornitori saranno basati su precisi contratti, che consentono il rifiuto della partita in presenza di indesiderati sia chimici che fisici oltre ai limiti consentiti ed il riconoscimento della responsabilità, sia civile che penale, per eventuali anomalie sul prodotto consegnato.

Tutto ciò diviene essenziale sia per l'osservanza delle rigide normative esistenti che, soprattutto, per il rispetto delle caratteristiche qualitative.

In dettaglio la procedura di ammissione per il carico di prodotto in ingresso prevede:

- a) pesatura del lordo;
- b) verifica visuale di non presenza di indesiderati fisici (plastica, vetro, metalli, materiali diversi da quelli denunciati);
- c) campionamento casuale di circa 2 Kg. di materiale (se di piccola pezzatura) ovvero di una dose maggiore, comunque significativa;
- d) assegnazione di un codice alla partita;
- e) preparazione di 4 frazioni, di cui una utilizzata per l'eventuale misura rapida dell'umidità e della conducibilità elettrica, le restanti tre sono sigillate e siglate, di cui due sono immesse nel frigorifero per eventuali futuri riscontri ed una è resa al fornitore per sua archiviazione;
- f) scarico della partita nella zona prefissata;
- a) pesatura della tara;

Con tale procedura, oltre a poter respingere partite evidentemente anomale, è possibile mantenere memoria delle caratteristiche di ogni singolo prodotto e, in caso di successivi problemi derivanti da anomalie o presenza di elementi di tossicità o pericolosità nel prodotto finito, risalire all'origine del fornitore, procedendo all'analisi dei campioni provenienti dalle singole partite ricevute nel periodo di arrivo del materiale trattato. Ovviamente, per l'effetto delle miscele interne, risulta impossibile mantenere rigorosamente l'individualità delle singole partite per tutta la durata del processo, ma risulterà comunque possibile risalire alla causa dell'eventuale anomalia sulla base delle analisi dei campioni depositati, in quanto sarà possibile definire, con sufficiente precisione, un insieme di date entro cui ricercare il ricevimento dei campioni anomali.

Inoltre, la codifica consente di modulare la fase di miscelazione e di reazione in modo da ottimizzare con continuità il processo.

I campioni, conservati in surgelatore, vengono mantenuti fino alla verifica del prodotto ottenuto e, in caso di aspetti negativi, viene effettuata l'analisi di dettaglio dei uno dei due campioni esistenti, lasciando l'altro per riscontro.

Anche se una simile procedura è sicuramente causa di aumento di costi di gestione, riteniamo la stessa indispensabile per il conseguimento dei risultati attesi, soprattutto nell'ottica di consentire la costante verificabilità della rispondenza e della qualità dei prodotti utilizzati.

## **5.2 Accettazione materiali**

Una pesa, di lunghezza 14 m. per l'impiego anche con rimorchi, con annessa cabina di controllo, consente la pesatura degli automezzi. Questa è collegata per via informatica agli uffici amministrativi, attraverso la rete interna o collegamento radio Ethernet IEEE 802.3x Full Duplex.

Già è stato evidenziato come le caratteristiche di elevata qualità, che si desidera conseguire per il prodotto finale, impongano precise esigenze di controllo del materiale in ingresso.

Per tale motivo ogni automezzo in arrivo viene codificato, eventualmente anche tramite trasponder, pesato e campionato. I contenitori, con i campioni identificati tramite codice, vengono inviati agli uffici sia per le analisi preliminari che per la successiva conservazione.

Le singole partite di materiale, identificate merceologicamente, vengono quindi scaricate nelle rispettive zone di deposito: tutta l'area riservata ai materiali in ingresso, definita area sporca, ammette un solo accesso identificato nel disegno di pianta.

Il medesimo automezzo, una volta ultimata la procedura di scarico, viene lavato nell'apposita zona, ripassa sulla pesa e viene reidentificato per la misura della tara.

L'intera procedura viene eseguita sotto la responsabilità dell'addetto, ma controllata tramite videocamera direttamente in ufficio.

## **5.3 Flusso di lavoro e descrizione delle unità funzionali**

Lo schema di lavoro prevede un flusso operativo ben definito, corrispondente alle diverse unità funzionali identificate nel progetto. Nel contempo si unisce una descrizione delle caratteristiche delle varie attrezzature da realizzarsi, con dettagli funzionali e dimensionali, quando richiesti dalla particolarità esecutiva.

### **5.3.1 Ingresso ed area pulita**

L'intera area occupata dall'impianto sarà recintata e disporrà di un unico ingresso con cancellata che verrà monitorato con videocamera.

L'area pulita, cioè interessata solo dal movimento di materiale non inquinante e dal percorso di mezzi non inquinati, copre una superficie di circa 9000 m<sup>2</sup>.

Quest'area sarà asfaltata per consentire la libera circolazione dei diversi automezzi.

Le acque di scolo, convogliate attraverso opportuna rete, verranno direttamente inviate alla rete pubblica. La raccolta avviene tramite i pozzetti indicati in pianta di tav 22.

Le acque raccolte dai coperti degli edifici sono accumulate nell'apposita vasca "acque pulite", il solo supero è inviato allo scolo, raggiungendo quindi una superficie di raccolta pari circa 10.000 m<sup>2</sup>. Il tempo di corrivazione può essere stimato in circa 8', per cui, considerando che, con la precipitazione più intensa registrata per tale durata (I° caso critico) in zone climaticamente consimili si ottiene un'altezza ragguagliata di 12 mm, la portata massima di picco teoricamente prevedibile è stimabile in circa 250 l/sec.

Considerando anche la possibilità di accettare un rallentamento nello smaltimento, ne consegue comunque la necessità di dotarsi di una rete di scolo con sezione allo sbocco di 200 mm.

L'illuminazione notturna dei piazzali sarà garantita da fari ad alta efficienza fornendo un livello diffuso non inferiore a 10 lux su tutta la superficie, e livelli di almeno 100 lux in prossimità dell'ingresso e della pesa.

Le porte d'ingresso dei vari capannoni e le bocche di lupo (vedasi oltre), dispongono di propria illuminazione, comandabile in loco, con livelli di 100 lux.

### **5.3.2 Zona scarico materiali (zona sporca)**

Gli autocarri in arrivo possono accedere alla zona di scarico solo se già sottoposti alle operazioni di pesatura e campionamento.

L'accesso al piazzale sopraelevato, che presenta una superficie netta di circa (45\*28)=1232 m<sup>2</sup>, è unico e consente lo scarico o all'interno della tettoia riservata alla paglia ed ai materiali lignocellulosici (vedansi tavv. 17 e seguenti) ovvero nella vasca fanghi o ancora, per residui solidi, direttamente all'interno dell'area "zona di carico materiale fresco".

L'intera area è contornata da un muretto di contenimento alto 20 cm.. L'ingresso avviene tramite rampa, mentre l'uscita prevede il passaggio attraverso la zona di lavaggio per gli automezzi.

Questa è realizzata mediante una vasca delimitata da due rampe, mentre il lavaggio avverrà mediante acqua in pressione erogata da apposita idropulitrice.

L'acqua di prima pioggia, precipitata in questa area, è raccolta separatamente per impedire che sostanze inquinanti eventualmente presenti possano essere immesse nelle acque pubbliche, in osservanza di quanto previsto all'art. 39 D.Lgs. N.152 del 11/5/99 e successive modifiche e nel Dlgs 152 del 3 aprile 2006.

Considerando un percorso massimo dell'acqua di circa 50 m. per giungere alla sezione terminale di sbocco ed una pendenza media del 2% , si ricava un tempo di corrivazione di circa 4': tale tempo separa le acque di prima precipitazione dalle restanti, è quindi necessario disporre di un mezzo di separazione capace di segnalare l'inizio di ogni precipitazione ed inviare alla vasca di raccolta solo le acque sporche, eliminando le restanti. Questa esigenza è diversa da quella normalmente richiesta dagli impianti di depurazione che richiedono di evitare l'onda di piena delle più forti precipitazioni, quindi non sono proponibili i dispositivi passivi basati sulla portata della condotta (con separazione delle portate superiori ad un livello prefissato) in quanto eliminerebbero anche la fase iniziale delle forti precipitazioni estive, mentre raccoglierebbero anche le lenti piogge invernali. Ne consegue la necessità di realizzare un dispositivo automatico, comandato elettricamente, capace di intervenire con un opportuno ritardo dopo ogni inizio di precipitazione. Tale dispositivo, illustrato nel particolare di tav. 22 verrà sistemato nel pozzetto di raccolta dell'acqua del piazzale e consentirà la certa separazione fra le due qualità idriche. Si tratta di un pannello meccanizzato posto all'interno del pozzetto di arrivo dell'acqua raccolta nel piazzale, che normalmente è posto nella posizione di deviazione del flusso verso la vasca di raccolta. Un apposito sensore avverte dell'inizio dello scorrimento e, dopo una temporizzazione di 4', aziona lo spostamento del pannello meccanizzato in modo da convogliare la portata verso lo scarico libero. Questa posizione viene mantenuta finchè il sensore b non avverte del cessato scorrimento, quindi il pannello viene riportato nella posizione iniziale ed il ciclo ha nuovamente inizio. Con questo dispositivo è quindi possibile captare tutto e solo il flusso iniziale, per la durata dei 4' corrispondenti al tempo di corrivazione, indipendentemente dalla portata, quindi dall'intensità della pioggia. La possibilità di variare la temporizzazione di ritardo consente di adattare il tempo teoricamente calcolato a quello fisicamente rilevabile durante una precipitazione.

Considerando inoltre che la pioggia più violenta registrata in zone analoghe con durata di 4' ha fornito un'altezza di circa 8 mm, il volume captato risulta pari a  $(0,008 \cdot 1232) \sim 10 \text{ m}^3$ , volume che verrà convogliato nella vasca predisposta per la raccolta delle "acque sporche" (il cui volume totale è di circa 340 mc.), previo passaggio attraverso la fossa settica preposta alla separazione dei fanghi.

Eventuali altri residui liquidi (liquami o latticello, acque di risulta dall'impianto di lavaggio, percolati raccolti nella parte iniziali dei corselli di compostaggio ecc.) sono direttamente immessi nella vasca di "raccolta" alloggiata all'interno dell'area di deposito materiale fresco, per il loro successivo impiego nella miscelazione col materiale da compostare.

La capacità di accumulo dei vari depositi è di circa 5-600 m<sup>3</sup> per la paglia all'interno della tettoia in singoli accumuli non superiori a 50 t, 2-300 m<sup>3</sup> sempre all'interno della tettoia per altri materiali non infiammabili, 300 m<sup>3</sup> per i restanti materiali solidi, 340 m<sup>3</sup> per i residui liquidi nelle vasche acque sporche, 300 m<sup>3</sup> per i fanghi all'interno della struttura principale, 400 m<sup>3</sup> per la vasca liquami. A questi si aggiunge un deposito di circa 800 m<sup>3</sup> di acqua "semisporca" (ottenuta per separazione

e decantazione delle acque sporche) circa 280 mc. per acqua pulita (derivante dalle piogge cadute sui coperti) da impiegarsi per le operazioni di lavaggio e/o quale deposito antiincendio.

Per caratteristiche fisiche e per la loro “influenza ambientale”, è possibile distinguere quattro diverse tipologie di materiali utilizzati dall’impianto nella fase di compostaggio:

- a) **prodotti solidi non fermentescibili o non maleodoranti** (paglie, residui ligneo-cellulosici, additivi minerali ecc.). Questi prodotti, non necessariamente classificati come rifiuti, non richiedono particolari attenzioni ad eccezione della protezione dalle precipitazioni. Il loro scarico quindi è previsto in aria libera e l’accumulo avverrà sotto l’apposita tettoia ovvero (per paglie e residui ligneo-cellulosici) anche all’aperto salvo protezione con teli plastici. In tal caso nella tettoia possono essere accumulati i soli residui preventivamente trattati mediante triturazione e/o vagliatura. Considerando infatti la diversità dei vari materiali in ingresso, si prevede l’impiego di un biotrituratore, necessario per il conseguimento della pezzatura massima richiesta per il corretto funzionamento degli impianti (volume non superiore a  $(30 \times 30 \times 30) \text{ mm}^3$  o lunghezza non superiore a 70 mm.). Un vaglio vibrante sarà invece utilizzato per consentire il riciclo del prodotto compostato. Per la movimentazione di questi materiali verranno impiegati la pala caricatrice ed il braccio con benna a cucchiaio utilizzati anche per il carico della vasca di reazione.
- b) **prodotti solidi fermentescibili e/o maleodoranti** (letami, pollina ecc.). Per questi materiali si richiede il completo contenimento in fase di accumulo e la protezione durante lo scarico. Pertanto gli stessi verranno accumulati all’interno del capannone denominato “zona di carico del materiale fresco”, e lo scarico avverrà direttamente dall’automezzo attraverso l’apposita “bocca di lupo”. Il piano di calpestio di tale capannone è mantenuto a quota variabile da +5 a +10, mentre la quota di ingresso dal piazzale è a +20 per evitare fuoriuscite accidentali di materiale dal capannone verso l’esterno. La movimentazione del materiale all’interno del capannone ed il carico sulla successiva tramoggia verranno effettuati mediante apposita benna semovente o ruspa.
- c) **fanghi semisolidi**. I fanghi, pur con continue variazioni, si presentano normalmente con consistenza al limite fra fase solida e liquida, rendendo quindi impossibile sia l’accumulo in mucchio che la movimentazione tramite pompaggio. Si richiede quindi una forma propria di accumulo in vasca aperta, da cui il prelievo per le successive fasi avverrà mediante benna a cucchiaio (unico attrezzo in grado di assicurare la capacità di prelievo nelle diverse condizioni di fluidità riscontrabili). Lo scarico dagli automezzi avviene attraverso l’apposita “bocca di lupo” direttamente all’interno della vasca di accumulo.
- d) **Liquidi**. Si identificano due tipologie di liquidi. I liquami, provenienti dall’esterno (eventuali liquami zootecnici o residui liquidi dell’industria agro-alimentare) o dalla fossa settica del biofiltro, essendo potenzialmente molto inquinanti vengono accumulati nella vasca contenuta all’interno del deposito fresco. I restanti liquidi,

di cui si prevede l'accumulo, sono le acque di pioggia precipitate sull'area sporca, quelle di lavaggio degli automezzi, quelle derivanti dall'operatività del biofiltro. La loro vasca di accumulo, chiusa per evitare eventuali emissioni maleodoranti possibili per la natura dei prodotti accumulati, raccoglie le acque per gravità, mentre i residui organici liquidi provenienti dall'esterno vengono direttamente scaricati dalle cisterne di trasporto. Questi liquidi sono impiegati per bilanciare l'umidità delle miscele in ingresso all'impianto e vengono direttamente immessi in platea tramite pompaggio.

L'intera area risulta illuminata con i criteri descritti al pto precedente

### **5.3.3 Area di carico del materiale fresco**

In questa area, sita all'interno di un capannone, con finestratura fissa e non apribile e collegato con l'esterno solo attraverso il portone d'ingresso e le bocche di lupo per lo scarico degli autocarri, vengono accumulati i materiali fermentescibili in attesa di essere avviati alla fermentazione, quindi la totalità dei rifiuti solidi inviati al trattamento.

L'intero volume è mantenuto in costante depressione per evitare la fuoriuscita accidentale di effluvi maleodoranti. Considerando che le aperture contemporaneamente impiegate (fra due bocche di lupo ed un portone) non supereranno i 30 m<sup>2</sup> e considerando sufficiente assicurare una velocità dell'aria verso l'interno di almeno 0,3 m/sec, per evitare emissioni verso l'esterno è sufficiente garantire una portata massima di circa 30.000 m<sup>3</sup>/ora nei soli momenti di apertura. In condizioni ordinarie, per controbilanciare le perdite d'aria dovute alle imperfette chiusure, è sufficiente mantenere una depressione media di circa 20 Pa, con portate stimabili in circa 4.000 m<sup>3</sup> /ora. Due gruppi di ventilazione, posti in parallelo agli estrattori a servizio dell'area di fermentazione, ed asserviti ad opportuni pressostati, possono garantire automaticamente tali condizioni.

Il piano di calpestio è posto a quota da +5 a +10, comunque sempre -5 rispetto alla soglia d'ingresso, le pareti di contenimento sono in c.a. per consentire l'accumulo in altezza dei materiali solidi.

Lo scarico degli autocarri avviene attraverso le "bocche di lupo" descritte in tavv.xxx e seguenti.

Si tratta di inghiottitoi con bordo a +70 cm. nei quali l'autocarro scarica, tramite ribaltabile, il proprio carico. Una saracinesca comandata elettricamente garantisce la chiusura del vano di carico al suo termine.

Si dispone di due distinte bocche, egualmente conformate, la prima versa direttamente nelle vasche per i fanghi, la seconda sul pavimento del capannone.

I fanghi sono contenuti nell'apposita vasca con fondo a quota -100 rispetto al terreno circostante, dimensionata come da disegno ed avente volume globale di oltre 300 m<sup>3</sup>. La parete, nella zona opposta alla bocca di lupo indicata in disegno, è dotata di una

apertura, chiusa con tavelloni mobili, e di un fondo a rampa che consentono l'accesso alla pala per eventuali operazioni di svuotamento completo e pulizia.

Nel capannone sono inoltre disponibili superfici e pareti per l'accumulo in mucchio di materiali solidi per circa  $300 \text{ m}^3$  e la vasca per liquami di circa  $400 \text{ m}^3$ .

Il carico verso l'impianto di reazione avviene tramite pala caricatrice che consente di distribuire prodotto sulla zona di carico della platea di fermentazione. I liquidi sono movimentati tramite pompaggi.

La movimentazione del materiale all'interno dell'area avviene mediante la stessa pala caricatrice, mentre, il prelievo dalle vasche dei fanghi, avviene mediante braccio sollevatore con benna a cucchiaio.

La prevedibile capienza della cucchiaia è di circa  $1 \text{ m}^3$ , richiedendo quindi circa 160 interventi per completare il carico giornaliero di  $153 \text{ m}^3$ . Considerando un tempo medio di 1,5' per ogni carico (tempo ampiamente comprendente i tempi morti ed eventuali soste) si ricava un tempo inferiore a 4 ore di lavoro per ultimare il carico giornaliero.

Si rinvia più oltre per il dettaglio della ventilazione e del controllo degli odori.

L'illuminazione è assicurata da lampade a soffitto, comandate a gruppi, in grado di fornire livelli fino a 100 lux.

Un quadro elettrico indipendente controlla la totalità degli impianti e motori presenti, si dispone inoltre di 1 presa trifase 32 A, una da 16 A e 1 presa bifase 16 A, tutte in classe IP55.

### **5.3.4 Platea di fermentazione**

La platea di fermentazione è ospitata nella struttura maggiore (capannone di fermentazione) che presenta una lunghezza di 100 m., una larghezza interna (asse colonne) di 21,5 m. ed un'altezza alla catena di 8 m.. La struttura è realizzata in acciaio o c.a., coperto e tamponamento laterale presentano un isolamento termico  $K \leq 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

La platea di fermentazione è costituita da una vasca delimitata dalle due pareti verticali (muri di contenimento) aventi altezza 5 m. e spessore 30 cm., distanti 21,5 m. circa (dettaglio dipendente dalla macchina rivoltatrice prescelta).

L'altezza utile di lavorazione è di circa 2,5-3 m. per un volume globale (capacità di ritenzione idrica) di circa  $6000 \text{ m}^3$ , utili circa 5.000, corrispondenti ad un tempo di ritenzione effettivo lordo di oltre 45 gg (tenendo conto del ciclo di lavorazione di 5 gg su 7).

Il muro in c.a del lato comune con i capannoni di carico e lavorazione costituisce anche parete divisoria con questi, consentendo la portanza necessaria per controbilanciare la spinta del materiale accumulato nei due versi.

I pilastri di sostegno della copertura sono inglobati in questo muro, mentre apposite mensole supportano le rotaie di scorrimento del carro ponte della eventuale macchina

rivoltatrice. Pannelli sandwich garantiscono la chiusura della parte superiore (da quota 5 a quota 8 m.)

Dalla parte opposta il muro di c.a. costituisce anche parete del capannone, anch'esso dotato di mensole per supportare le guide del carro ponte.

Sulla sua sommità sono fissate le rotaie di scorrimento per il carro ponte.

Il tamponamento laterale è costituito da "pannelli sandwich", non si prevedono finestrate di apertura, almeno nella parte verso la zona di carico.

All'estremità corrispondente al lato di carico, è presente un portone, adeguatamente rinforzato per supportare inevitabili carichi di spinta da parte del materiale fresco accumulato, utilizzato per eventuali operazioni di manutenzione e riparazione.

All'estremità opposta (zona di scarico) si prevedono due distinti portoni, il primo posto in asse col capannone ed il secondo perpendicolare, necessari per un migliore accesso in caso di montaggio e/o smontaggio completo delle attrezzature. Entrambi dovranno essere in grado di supportare la spinta di eventuali materiali accumulati contro.

Il pavimento dell'intero capannone è realizzato in battuto di cemento, rivestito con cemento industriale al quarzo e lisciato con elicottero.

Il ciclo di lavorazione prevede il carico quotidiano del volume libero all'inizio della platea ( $21 * 2,8 * 4,5 \approx 264 \text{ m}^3$  lordi, quindi comodamente ospitante i  $153 \text{ m}^3$  /giorno, pari a circa 100 t/giorno previste per la produzione, di cui solo 88 rappresentate da rifiuti e le restanti da additivi e ricicli

Una tubazione, fissata al colmo della prima catena oltre alla zona di carico, consente l'additivazione e la miscelazione con le acque prelevate dalla vasca liquami.

Il carico, seguito da un completo passaggio della macchina rivoltatrice, avviene per 5 giorni consecutivi, al sabato e domenica si prevede la stasi degli impianti, con conseguente certo raggiungimento di elevate temperature nella massa fermentante.

Il fronte utile di avanzamento della macchina rivoltatrice è di 3 m. per cui l'intera sezione della platea di fermentazione viene interessata dalla sua azione tramite sette successivi percorsi per tutta la lunghezza della platea medesima, ovvero da un'andamento "a zig zag" che pennella l'intera superficie. Si deve poter prevedere la presenza di una parete intermedia che consente il contemporaneo trattamento di due miscele diverse.

La velocità di avanzamento della macchina è variabile e dipende dalla coppia esercitata sugli organi di spinta, con limite inferiore di 1 m/min. e superiore di 10m/min.

Nel caso di funzionamento per percorsi longitudinali di deve prevedere il ciclo di ritorno a vuoto (percorso alla velocità di 10 m/min.), con un conseguente il ciclo completo di rivoltamento impiegante un tempo massimo teorico di  $(100 * 7/1 + 100 * 7/10) \approx 770 \text{ min.}$  pari a 13 ore, di norma il ciclo verrà ultimato in circa 6-8 ore)

In caso di avanzamento "a zig zag", possibilmente preferibile, poiché non sono necessari i cicli di ritorno, si può prevedere un risparmio di tempo, e di energia, di circa il 30%.

Nella zona corrispondente agli ultimi 8 m. circa della platea (entrambi i lati: secco ed umido), il muro di contenimento è interrotto e le rotaie di guida della macchina sono sostenute da un “ponte” metallico, che consente una luce libera sottostante alta oltre 4 m.

Si rende così possibile l'azione della pala meccanica che, muovendosi perpendicolarmente all'asse principale della platea, da un lato carica il prodotto fresco e dall'altro asporta il materiale accumulato nella zona finale per trasportarlo nell'annessa area di lavorazione. Per consentire una migliore protezione igienica ed evitare qualsivoglia indesiderato bypass fra area sporca e pulita, si prevedono due distinte pale. La quota di riciclo viene direttamente versata dall'area di finissaggio al deposito del fresco attraverso una finestratura sopraelevata dotata di portellone a gravità (Tav 17 e seguenti.).

La pavimentazione della platea di fermentazione, nell'area di scarico mantenuta ad una quota di circa 5 cm. più alta di quella dell'area di carico con pendenza ripartita su tutta la lunghezza, è realizzata con copertura in cemento industriale al quarzo, tirato con elicottero, eventualmente protetto con verniciatura impermeabilizzante. Si ottiene in tal modo un'ottima resistenza all'usura, necessaria per consentire l'azione delle pale meccaniche e della macchina di rivoltamento.

Il materiale sottoposto a fermentazione richiede ricambi d'aria sia per sostituire i volumi di ossigeno assorbiti che, soprattutto, per consentire l'allontanamento dell'acqua evaporata durante il processo.

Un facile calcolo stechiometrico dimostra come il volume richiesto per l'allontanamento del vapore sia di quasi due ordini di grandezza superiore a quello derivante dall'esigenza di ossigenazione, quindi nel calcolo delle portate si terrà conto delle sole esigenze psicrometriche.

Benchè distribuito sull'arco dell'intero processo, il volume quotidiano di acqua che deve essere allontanato è, con buona approssimazione<sup>5</sup>, fornito dal bilancio fra l'umidità media del materiale in ingresso (65-70%) e quella del materiale in uscita (35%). 100 t/giorno in ingresso forniscono 35 t/giorno di S.T., quindi 54 t/giorno di materiale al 35% di umidità. L'acqua da allontanare con l'evaporazione è quindi  $100 - 54 = 46$  t/giorno.

Nella zona iniziale della platea (zona umida), in cui si deve garantire un ambiente termofilo, il raffreddamento, dovuto alla violenta evaporazione che si accompagna al passaggio della macchina rivoltatrice, deve essere contenuto ed il calore latente, per quanto possibile, recuperato. Ciò risulta possibile solo mediante una buona coibentazione termica delle pareti e, soprattutto, operando con aria prossima alle condizioni di saturazione di umidità. Tale risultato è raggiungibile realizzando un solo flusso di ventilazione con presa dal lato secco ed uscita da quello umido.

Come più oltre descritto (pto 5.3.5), l'aria in ingresso del capannone deriverà dall'aspirazione dall'area di carico, per consentire il suo mantenimento in costante

---

<sup>5</sup> In realtà si dovrebbe considerare anche l'acqua originata dai processi di ossidazione e la biomassa perduta in tali processi. Però, essendo tali valori contenuti entro il 5-10% del totale, possono essere trascurati in questa stima

depressione, e dai volumi impiegati per la ventilazione finale del materiale accumulato nell'area di finissaggio.

Nel lato umido si verificherà sistematicamente un fenomeno di condensa sulle pareti, per cui le stesse verranno rivestite, all'interno, con materiale o vernici impermeabili. L'eventuale percolato, che si dovesse formare sul pavimento delle aree di lavorazione, verrà riconvogliato alla vasca per le acque sporche, quindi riciclato.

L'aria esausta verrà aspirata da un sistema di ventilazione posto sulla testata di fondo del capannone (lato umido) e scaricata verso l'esterno. Oltre all'acqua, sia in fase liquida che gassosa, questa aria trasporta anche tracce di materiali potenzialmente inquinanti, che richiedono il controllo delle emissioni. L'aria in uscita verrà quindi totalmente convogliata attraverso un sistema di abbattimento delle emissioni, il cui funzionamento e dimensionamento sono riportati al pto 6.1.

Nelle condizioni di lavoro ordinarie, l'entalpia media di tale aria sarà di circa 150 KJ/Kg, garantendo un trasporto di circa 35 g /m<sup>3</sup> di acqua sotto forma di vapore, di cui almeno 25 aggiunte dai processi di evaporazione rispetto all'umidità prevista in ingresso.

Per eliminare le 46 t/giorno previste risultano quindi necessari circa 1,8 Mm<sup>3</sup> di ventilazione nelle 24 ore. In realtà, poiché il processo evaporativo continua anche nelle giornate di sabato e domenica in cui non si avrà aggiunta di materiale, l'esigenza media risulta inferiore a 1,3 Mm<sup>3</sup> /giorno.

Si consideri inoltre che l'aria in uscita sarà in genere caratterizzata da fenomeni di sovrassaturazione e da trasporti di vapore visibile, quindi microgocce in fase liquida, per cui i volumi effettivi di ventilazione, che non è possibile predeterminare con precisione per l'estrema variabilità delle diverse situazioni, in genere risultano inferiori anche del 35-40% rispetto a quelli precedentemente definiti.

Tutto ciò considerato, in analogia con altre situazioni già verificate, si stima in 100.000 m<sup>3</sup> /ora l'esigenza massima di ventilazione, con un ciclo di lavoro di circa 12-14 ore giorno di funzionamento dei ventilatori.

In fase operativa, asservendo tali ventilatori a sensori psicrometrici disposti in opportune zone del capannone nonché a pressostati che devono garantire comunque e sempre una depressione di almeno 10 Pa fra interno ed esterno, la ventilazione verrà automaticamente calibrata sulle reali esigenze dell'impianto.

Considerando che la sezione utile per lo scorrimento dell'aria al di sopra della massa fermentante è stimabile in circa 100 m<sup>2</sup>, con una portata di 100.000 m<sup>3</sup> /ora si realizza un flusso medio avente velocità inferiore a 0,3 m/sec. Tale velocità risulta troppo ridotta per poter garantire la turbolenza necessaria per l'omogeneità delle condizioni psicrometriche lungo l'asse del capannone, per cui si richiede l'impiego di gruppi di ventilazione interni, fissati alla sommità del capannone medesimo, con l'unico compito di assicurare velocità medie di almeno 1 m/sec sulla superficie fermentante.

A capo del capannone, in prossimità alla zona di carico ed all'interno dell'edificio già esistente, è situato il box di controllo, sistemato in modo elevato e con ingresso totalmente indipendente.

La particolare posizione consente di utilizzarlo per la manovra manuale di tutto l'impianto, anche in carenza delle immagini televisive, ovvero per la taratura delle procedure automatiche.

Una parete in vetro separa l'ambiente dell'operatore dalla zona di fermentazione, per cui il box non presenta particolari esigenze di protezione dalle emissioni maleodoranti o di ammoniacca.

Ovviamente una serie di disgiuntori di sicurezza, specifici di ogni struttura o macchina, consente il blocco di sicurezza delle varie macchine da punti diversi dell'intero impianto.

L'illuminazione è artificiale e consentirà un livello diffuso con due livelli, il primo, di sicurezza e costante di circa 30 lux ed il secondo, operativo, di circa 100 lux su tutta la superficie del capannone. In caso di esigenza di illuminazione più intensa, necessaria per interventi localizzati di lavoro, si provvederà mediante illuminazioni mobili alimentate mediante le prese disposte sul carro ponte.

Gli interruttori per l'illuminazione interna verranno posti alle testate del capannone ed alloggiati assieme ad 1 presa trifase 32 A, una da 16 A e 1 presa bifase 16 A, tutte in classe IP55.

Il quadro elettrico principale è installato all'interno del Box di comando, in cui sono anche disponibili tutti i possibili azionamenti relativi alla macchina rivoltatrice, ai ventilatori ed all'illuminazione.

### **5.3.5 Zona di lavorazione finissaggio**

La zona di finissaggio, comprendente anche il deposito area pulita, è preposta alla garanzia del livello di maturazione del materiale trattato per la successiva commercializzazione.

Il mercato infatti presenta richieste differenziate di prodotti pur sempre comunque inquadrabili nel compost qualità.

Il materiale maturo, prelevato direttamente con una pala dalla platea di fermentazione e spinto in questo locale attraverso la parete aperta di comunicazione, viene ammucciato su una griglia ventilante, avente dimensione di circa 640 mq., in cumuli di 3-5 m.

Un impianto di soffiatrici provvede alla ventilazione aspirando aria dall'esterno, il loro funzionamento è sia manuale che automatico mediante l'impiego di igrometri che verificano l'umidità media dell'aria ambiente. Queste portate verranno comunque considerate nell'ambito della ventilazione globale dell'area di fermentazione.

Come dimensionamento degli impianti si consideri un accumulo di circa  $(640 \cdot 3) = 1920 \text{ m}^3$  pari a circa 900 t. di compost.

Si supponga (ipotesi meno favorevole) che il prodotto al momento dell'accumulo, dopo la fermentazione sulla platea, presenti un'umidità residua del 45% e che debba essere portato al 30%.

La sostanza secca presente ammonta a 495 t. pari al carico di circa 16 gg. quindi alla produzione di 21 gg (5/7); risulta un'esigenza di ulteriore evaporazione pari a  $(900-707)= 193$  t di acqua, che dovranno essere evaporate in 21 giorni quindi per circa 17 t/giorno. Considerando le medesime condizioni entalpiche già descritte in 5.3.4, ciò equivale a circa  $680.000 \text{ m}^3$  /giorno di aria di ventilazione (pari a  $1060 \text{ m}^3$  /giorno/ $\text{m}^2$  di superficie filtrante), che, ovviamente, costituiscono una frazione della ventilazione totale precedentemente calcolata.

Considerando un funzionamento in contemporanea con la ventilazione principale di 12 ore/giorno, implica una velocità media dell'aria di 0,02 m/sec, sufficiente per garantire l'essiccazione senza causare polverosità.

Equiparando la porosità media del materiale sottoposto a trattamento a quella di un trinciato (unico dato disponibile in letteratura), per ottenere un flusso con la velocità media richiesta, risulta necessaria una prevalenza di circa 10 mm di colonna d'acqua, che, sommata alle prevedibili perdite di carico nelle condotte, implica una ventilazione con pressione all'origine di circa 20 mm di colonna d'acqua, con portata di  $15 \text{ m}^3$  /sec, ottenibile con potenze di circa 12 Kw.

Una volta finito, il materiale è preventivamente vagliato (mesh 20 mm.) per l'estrazione di parti grossolane non completamente fermentate (residui ligneocellulosici) da inviare a riciclo, mentre il sottovallo è direttamente inviato alla vendita, eventualmente previo arricchimento con elementi della fertilità (NPK), pellettizzato ed insaccato.

Questi ulteriori impianti non sono al momento previsti.

Il quadro elettrico principale è posto all'ingresso del capannone, mentre la disposizione della distribuzione interna verrà valutata dopo la definizione degli impianti da installare.

## 6 Trattamento aria

La fase di scarico dei mezzi di trasporto risulta critica per la possibilità di emissioni cui si accompagna.

Infatti è in questi momenti che il materiale, già in possibile fase anaerobica, viene esposto all'aria e libera eventuali composti maleodoranti in esso trattenuti.

Per questi motivi lo scarico è previsto attraverso le bocche di lupo del capannone di carico, con il portone chiuso, in modo da costringere l'aria verso il successivo capannone di fermentazione, mediante l'azionamento dei ventilatori a depressione precedentemente citati, e, da questo, ai sistemi di depurazione previsti.

Gli scarichi saranno però limitati (massimo 5-8 /giorno) per periodi complessivi stimabili in circa 2 ore. Infatti, è ipotizzabile che l'emissione avvenga nell'istante del ribaltamento, per attenuarsi subito dopo, quindi i prodotti di emissione eventualmente presenti sono inviati e contenuti nell'edificio di reazione.

Ovviamente gli effluenti presenti verranno trattati con la restante aria impiegata per la ventilazione dell'edificio di trattamento, nella quale si diluiscono.

Stante l'umidità media dei materiali trattati, si possono escludere emissioni di polveri (con l'unica eccezione della paglia trinciata, ma in questo caso di scarsa quantità e di nessun pericolo) limitandosi quindi a sole emissioni gassose.

Per loro natura, le stesse potranno essere prevalentemente composte di ammoniaca e di mercaptani. Non siamo in grado di definire le probabili concentrazioni immediatamente sopra lo scarico, anche per le innumerevoli diverse condizioni possibili, ma in genere, sul punto dello scarico, le stesse risultano limitate a 30-60 mg/Nm<sup>3</sup> per l'ammoniaca e, al massimo, a 5 -10 mg/Nm<sup>3</sup> per il butyl mercaptano.

Per l'ammoniaca quindi le concentrazioni saranno sistematicamente inferiori ai massimi consentiti (150 mg/Nm<sup>3</sup>), mentre per il Butyl mercaptano potranno momentaneamente superarsi tali limiti (3,5 mg/Nm<sup>3</sup>). La diluizione nella restante aria contenuta all'interno del capannone e soprattutto con l'aria di ventilazione comporterà concentrazioni, all'uscita, ampiamente nei limiti.

Altra immissione di aria si avrà dalla zona di lavorazione finale, in cui si dispone di aria proveniente dalla ventilazione finale del compostato. Anche in tale aria sono da escludersi polveri, ed i volumi immessi percorreranno l'intera platea di fermentazione, contribuendo alle esigenze di ventilazione precedentemente descritte.

Dal capannone di reazione, lo scarico verso l'esterno avviene all'inizio della platea di lavorazione (tav 17 e seguenti), mediante tre bocche di presa sul colmo della parete laterale all'estremità di carico. In questo caso l'aria si presenterà sistematicamente satura di umidità, quindi con bassissimi contenuti di polverosità residua.

Da tali prese, l'aria di ventilazione viene convogliata agli impianti di successivo trattamento, come di seguito illustrato.

La fase di movimentazione del materiale in fermentazione, con la precedente di trasporto, può essere considerata come la più critica in termini di emissione. Infatti durante la fase fermentativa si possono liberare quantitativi sensibili di ammoniaca, che, col movimento del materiale, passa rapidamente in aria. Al contrario, la stessa

fermentazione aerobica esclude la presenza di mercaptani od altri prodotti simili, la cui produzione cessa rapidamente con l'ossidazione e l'incremento della temperatura del materiale fermentante. Nelle immediate vicinanze del materiale sottoposto a movimentazione, la concentrazione dell'ammoniaca può superare i 100-200 mg/Nm<sup>3</sup>, ma, nell'arco di pochi metri di distanza, la stessa scende rapidamente sotto i 20-30 mg/Nm<sup>3</sup>.

Questa concentrazione è infatti adottabile quale valore medio atteso allo scarico dal capannone.

Poiché la stessa è ampiamente inferiore ai limiti imposti per legge ( 150 mg/ Nm<sup>3</sup>), in condizioni normali l'aria, estratta da tre estrattori con portata complessiva pari a 100.000 m<sup>3</sup>/ora, verrà direttamente espulsa senza ulteriori trattamenti. L'azionamento dei ventilatori, come già indicato, è infatti asservito sia a comandi manuali che automatici: automaticamente viene azionato un ventilatore allorchè i rivelatori di umidità (igrometri) più prossimi segnalano valori superiori al 80% ovvero quando si genera una contropressione fra esterno ed interno (pressione esterna inferiore a quella interna).

L'aria in uscita viene monitorata mediante un sistema automatico, dotato di opportuna sensoristica realizzata con sensori di concentrazione di ammoniaca, che pilota un deviatore capace di commutare fra la libera uscita in aria e un sistema di lavaggio e di biofiltrazione nel caso, relativamente frequente, di superamento dei limiti di concentrazione previsti. Nel caso si abbiano emissioni causate dal Butyl mercaptano (comunque provenienti dalla zona di scarico precedentemente descritta), poiché le stesse non possono essere facilmente monitorate, si provvederà ad un azionamento manuale dei mezzi di trattamento dell'aria con invio alla biofiltrazione. Il comando manuale è situato all'interno del box di controllo precedentemente citato. Fra i diversi inquinanti considerati dal D.P.R. 203/88 e dal successivo D.M. 12 luglio 1990, nell'aria di ventilazione è sicuramente presente l'ammoniaca e, in caso di presenza nel materiale in origine (quindi derivante principalmente dalla fase di scarico degli automezzi), di mercaptani.

L'impianto di ventilazione previsto per il capannone di lavorazione è dimensionato su una portata di 100.000 m<sup>3</sup>/ora quindi, per l'ammoniaca, si deve attendere un'emissione di 2 – 4 Kg/ora in caso di funzionamento continuativo.

Per i mercaptani, a causa della loro origine saltuaria, puramente casuale, determinata dal materiale in arrivo e limitata ai momenti dello scarico, non è possibile fornire indicazioni di emissione totale giornaliera, ma, anche ammettendo la possibilità di superare i limiti per il più critico (butylmercaptano tabella D, classe I, 25g/ora) il corrispondente limite di concentrazione (3,5mg/ Nm<sup>3</sup>) equivarrebbe a quantitativi totali di oltre 4 Kg/giorno: quantitativi assolutamente impossibili e non compatibili con le masse di materiale trattato (ipoteticamente si può valutare un limite stechiometrico superiore di circa 800-1000 g/giorno). Ne deriva quindi che la concentrazione media sia sistematicamente estremamente inferiore ai valori ammessi, ciononostante si prevede di poter trattare anche tale tipo di emissione per garantire l'assoluta protezione dell'ambiente circostante.

La temperatura dell'aria emessa sarà ovviamente simile a quella ambientale interna (30-35°C), mentre per la stessa si può prevedere una condizione normale di saturazione per l'umidità.

Ovviamente la ventilazione non sarà continua durante l'arco del giorno; come precedentemente illustrato essa è necessaria solo in condizioni di quasi saturazione idrica dell'aria interna (quindi automaticamente avviata mediante igrometri), ovvero durante le operazioni di movimentazione del materiale o ancora, ma con portate ridotte, per garantire una pressione negativa all'interno del capannone. Ne consegue che, durante le ore notturne o con materiale fermo in assenza di lavorazioni, l'azionamento dei ventilatori sarà solo saltuario.

## **6.1 Descrizione e funzionamento dell'impianto di abbattimento**

Poiché l'emissione in ammoniaca supera i 2 g/ora ammessi dal D.M 12/7/90 (tab. C classe IV), benchè la concentrazione ordinaria risulti sensibilmente inferiore ai 150 mg/ Nm<sup>3</sup> ammessi dal regolamento regionale, si ritiene egualmente necessario provvedersi di un impianto di lavaggio e biofiltrazione dell'aria la cui operatività può essere automaticamente avviata solo in caso di necessità.

Per ogni scarico si disporrà quindi di un misuratore della concentrazione di ammoniaca sistemato sullo scarico dell'aria, in grado di commutare automaticamente i flussi verso il sistema di lavaggio in caso di superamento dei limiti ammessi. Tale sensore causerà l'azionamento della valvola meccanica che devia il flusso all'interno della condotta di lavaggio prima dell'espulsione in aria.

Per quanto attiene alle emissioni di mercaptani, benchè la concentrazione media risulti sensibilmente inferiore ai massimi ammessi per legge, in caso di emergenza, si provvederà mediante il medesimo sistema di trattamento, ampiamente sufficiente, per l'impiego del biofiltro, a garantire il rientro entro le specifiche di legge.

Il prelievo dell'aria avviene in corrispondenza al culmine della parete laterale, lato carico, mediante tre distinti ventilatori aventi portata di circa 33.000 m<sup>3</sup>/ora con prevalenza 400 Pa.; richiedenti ciascuno un impegno di potenza elettrica di 7,5 Kw, con assorbimenti medi previsti di circa 5 Kw.

La prevalenza di esercizio è richiesta per l'impiego del biofiltro, mentre, con lo scarico in aria libera, la portata raggiunge circa 50.000 m<sup>3</sup>/ora per ogni ventilatore.

I due ventilatori laterali sono commutabili "acceso/spento" tramite le automazioni descritte, il ventilatore centrale è pilotato tramite inverter per modulare la portata anche in caso di intervento ad opera del pressostato impiegato per garantire la depressione interna.

In tal modo si garantisce che la fuoriuscita di aria dall'intera struttura avvenga solo attraverso le tre vie predisposte e monitorate per la presenza di ammoniaca.

Le tubazioni in uscita dal capannone, in lamiera verniciata con cappotto esterno in espanso e di sezione quadra con lato 1,5 m., sono dotate del portello selettore (tav.

19-20, particolare) che commuta il flusso o direttamente in aria o verso il successivo stadio di depurazione.

Il meccanismo di azionamento dei selettori (apertura e chiusura) è azionabile manualmente, ovvero tramite il sensore di concentrazione di ammoniaca precedentemente citato.

La tubazione convoglia il flusso dell'aria nella canalizzazione sotterranea a lato della del capannone.

In questa condotta, avente sezione utile costante di circa 13 m<sup>2</sup>, sia pure con larghezze e profondità variabili, mediante uno spruzzatore meccanico viene polverizzata acqua acidulata, poi raccolta nel punto più basso e riciclata. I fanghi che si generano sono raccolti nella vasca Imhoff a lato che verrà sistematicamente vuotata, mentre la fase liquida è riciclata. Episodicamente (circa ogni 3 mesi e comunque in caso di neutralizzazione dell'acido impiegato) è previsto il ricambio di tale acqua, il residuo ed i fanghi della vasca, ricchi di elementi della fertilità, vengono riciclati all'interno della platea di compostaggio.

In genere, polverizzando l'acqua con tale sistema, è possibile ipotizzare una distribuzione dei diametri delle gocce per cui il 90% dell'acqua è presente con diametri superiori a circa 400 µm, cui corrisponde una velocità di Stokes di circa 1,5 m/s. Inoltre, per consentire il corretto contatto aria-acqua, considerando la diffusività dell'ammoniaca, principale gas da abbattere, e la dimensione media ipotizzabile per le particelle d'acqua, il flusso deve garantire un tempo di contatto di almeno 2 sec.

Considerando che la portata massima prevista è di circa 100.000 m<sup>3</sup> /ora pari a 28 m<sup>3</sup>/sec, un tempo di contatto di 2,5 sec. (quindi superiore al limite precedentemente indicato), con una condotta avente sezione 13 m<sup>2</sup> impone una condotta lunga 5,50 m con velocità dell'aria di circa 2,2 m/sec.

Il percorso medio dell'aria, prima di raggiungere la successiva area del biofiltro, è di circa 12 metri, ampiamente sufficiente per consentire l'azione di contatto prevista.

Il biofiltro, di superficie complessiva di circa 1125 mq., delimita la parte superiore di una struttura complessa che, su tre livelli contiene il biofiltro vero e proprio, una condotta di adduzione e distribuzione dell'aria di oltre 15 mq. di sezione e, nella parte inferiore, le vasche di raccolta per le acque sporche, semisporche e pulite.

Le acque sporche derivano dalle acque di lavaggio, di prima pioggia, di riciclo dalla fossa Imhoff e dalle restanti acque di cui non è possibile garantire la qualità.

Le acque semisporche derivano dalle precedenti, previa decantazione e scrematura, con eventuale aggiunta del sovrappiù delle acque pulite, e vengono utilizzate per le operazioni di umidificazione sulla platea di reazione.

Le acque pulite derivano dalle precipitazioni raccolte sui coperti dell'area, e costituiscono la fonte di approvvigionamento idrico per tutte le esigenze non sanitarie dell'area (riserva antincendio, lavaggi, ecc.) con troppo pieno inviato al serbatoio delle acque semisporche, se non colmo, ovvero allo scarico se non vi sono disponibili altri volumi di accumulo.

L'intera struttura è realizzata in calcestruzzo armato.

Le vasche sono impermeabilizzate con guaina e protette con manto di usura, il solaio delle vasche deve garantire una portanza di almeno 1000 dN/mq, il supporto del materasso filtrante del biofiltro è realizzato con pavimentazione grigliata o con griglie plastiche o metalliche, rivestite con teli di geotessuto.

Su questo si dispone uno strato di circa 0,70-1 m. di cippato di legno ed rametti di aghiformi attraverso i quali l'aria, filtrando, viene ripulita dagli agenti inquinanti.

Su tale terreno sono possibili coltivazioni floricole a fini estetici e cespugli che risentiranno positivamente dell'elevata umidità del terreno, degli elementi della fertilità presenti e della temperatura relativamente costante.

La superficie disperdente ammonta a circa 1125 m<sup>2</sup>: la velocità massima del flusso dell'aria risulta di circa 0,025 m/sec, con un conseguente tempo di contatto di circa 35 sec. (ampiamente superiore ai 15-20 sec. normalmente consigliati).

La perdita di carico dell'aria per tale flusso è valutabile in circa 100 Pa, quindi ampiamente nell'ambito delle prestazioni dei ventilatori.

Anche nel biofiltro, nei periodi di funzionamento non contemporaneo dei tre ventilatori, i tempi di scambio aumentano sensibilmente, garantendo un'efficienza ancora migliore per l'abbattimento delle emissioni.

Il tempo di percorrenza nella zona antecedente il biofiltro, in media circa 8 sec., consente inoltre una elevata efficienza nella separazione delle microgocce con velocità di Stokes 1,5 m/sec (residuo calcolabile < 1%), quindi un ottimale recupero dell'acqua acidulata.

## **7 Deposito, uffici ed altri locali già esistenti**

Il piccolo capannone, inserito in piena area sporca, viene adibito a deposito di materiali leggeri, comunque utilizzati nella fase di compostaggio, zona laboratorio e deposito campioni inquinati e servizi per il personale (spogliatoio, docce, servizi igienici), presentando la possibilità di prevedere un ingresso pulito ed un'uscita in zona sporca.

Inoltre, a quota opportuna ed a contatto con la parete del capannone, verrà realizzato un piano di calpestio, con finestratura fissa verso l'interno del capannone, ove alloggiare la centralina di controllo e comando delle movimentazioni e pompaggi.

Il fabbricato rurale già esistente viene impiegato quale alloggio di un guardiano ed uffici.

Il loro completamento richiederà solo interventi interni senza alcuna modifica strutturale esterna, ad esclusione di alcune varianti minori necessarie per l'abitabilità e l'agibilità dei locali.

## 8 Impianti

### 8.1 Impianti idraulici

Il complesso prevede la realizzazione di impianti idraulici diversificati in dipendenza delle varie esigenze: in particolare si disporrà:

a) rete acqua potabile

Il complesso è già interallacciato con la rete di distribuzione idrica del Comune di Pineto, mediante condotta del diametro Ø50 , che garantisce una portata di almeno 3l/s.

Poiché per la produzione non sono richieste particolari portate (il consumo maggiore sarà infatti rappresentato dall'idropulitrice impiegata per il lavaggio degli automezzi con portate di picco pari a 0,3 l/sec, comunque prelevabile dall'apposita vasca di accumulo) tale fornitura risulta ampiamente sufficiente.

Dal contatore principale si diramerà quindi la rete con allacciamenti negli edifici preesistenti ed un totale di 8 saracinesche distribuite nell'area (2 nel capannone di reazione, 2 nella zona di lavorazione materiale finito, 1 nella zona di carico del materiale fresco, 1 in prossimità del deposito paglia ed 1 nell'area di lavaggio automezzi, 1 in zona deposito acqua pulita). La rete, chiusa ad anello, verrà realizzata con tubo in polietilene HD PN 10 32 mm. ed è evidenziata in tav. 17 e seguenti

b) rete acqua di servizio ed antiincendio

Utilizza l'acqua derivante dal consorzio e, tramite bypass, quella accumulata nell'apposita vasca. La rete verrà realizzata con tubatura in polietilene HD PN10 diametro 75 mm e prevede la realizzazione di 3 bocche di presa, agli estremi del capannone principale. Un gruppo di pompaggio con motopompa carrellata consentirà la messa in pressione di esercizio per i casi di emergenza e le elevate portate.

c) rete di scolo acque bianche

Le acque bianche, provenienti dal coperto degli edifici sono inviate al serbatoio acque pulite; quelle dall'area "pulita", nonché il supero del serbatoio acque pulite, sono raccolte mediante rete interrata ed inviate ai fossi di scolo. Le condotte sono realizzate in PVC serie normale con sezione indicata in tav. 17 e seguenti.

d) rete di scolo acque nere palazzine ed officina

Non essendo dotata di rete fognaria e smaltimento pubblico, i servizi igienici connessi ai diversi fabbricati saranno convogliati a due distinte fosse biologiche in cls, ciascuna avente capienza nominale pari a 20 persone-utenti. Poiché da parte del piccolo laboratorio analisi previsto nel centro non sono ipotizzabili scarichi tossici o pericolosi, tali scarichi verranno convogliato con le restanti acque di scolo area sporca.

e) rete di scolo acque area sporca

Già è stato descritto il dispositivo preposto alla separazione delle acque di prima pioggia proveniente “dall’area sporca”. Le acque di prima pioggia saranno inviate alla fossa imhoff associata al deposito acque sporche, mentre le restanti verranno direttamente inviate ai fossi di scolo.

## 8.2 Impianti elettrici

L’impianto, se l’alimentazione della macchina movimentatrice sarà elettrica, prevede i seguenti assorbimenti elettrici:

a) fabbricato per uffici, residenza guardiania

Si prevedono i normali assorbimenti elettrici per uso abitazione ed uffici, per un totale di circa 6 Kw monofase con fattore di contemporaneità non superiore al 50%. Nell’area è disponibile un gruppo costituito da 1 presa trifase 32 A, una da 16 A e 1 presa bifase 16 A, in classe IP55.

b) vecchio deposito e laboratorio analisi,

Per il deposito si prevede la sola fornitura per illuminazione (max 150 lux) e 1 presa trifase 32 A, una da 16 A e 1 presa bifase 16 A, in classe IP55. Si disporrà inoltre di una alimentazione trifase per circa 5 Kw. per applicazioni nell’ambito del laboratorio analisi (forno e frigorifero), ed una alimentazione monofase 5 Kw. Per lo spogliatoio e le docce.

c) Tettoia per il deposito temporaneo protetto di materiale non fermentescibile

Si prevede la sola fornitura per illuminazione (max 100 lux \* 300 m<sup>2</sup> ≈ 500 W) e 1 presa trifase 32 A, una da 16 A e 1 presa bifase 16 A, in classe IP55.

d) zona di carico del materiale fresco e deposito fanghi

Si prevede la fornitura per l’illuminazione (100 lux \* 600 m<sup>2</sup> ≈ 1 KW) e assorbimenti in monofase per 2\*1=2 Kw per i motori delle saracinesche delle bocche di lupo. Sono inoltre da prevedersi 1 presa trifase 32 A, una da 16 A e 1 presa bifase 16 A, in classe IP55.

e) zona di fermentazione

Il quadro elettrico è alloggiato nel box di controllo e fornisce le seguenti potenze:

d.1 - macchina rivoltatrice 200 Kw

d.2 - ventilatori estrazione aria 3 \* 8= 24 Kw

d.3 - pompaggio e spruzzatore meccanico per lavaggio aria 8 Kw

d.5 - ventilatori agitazione aria all’interno 8 \*1= 8 Kw

d.6 -ventilatori di estrazione dall’area di carico 3+1 = 4 Kw

d.7 -motori pompe e vari = 12 Kw

d.8 - illuminazione capannone (max 100 lux \* 2.000 m<sup>2</sup> ≈ 6 KW)

d.9 - prese di corrente lungo capannone tre gruppi da 1 presa trifase 32 A, una da 16 A e 1 presa bifase 16 A, in classe IP55.

Per gli assorbimenti da 1 a 7 deve prevedersi un fattore di contemporaneità =1

f) Area di finissaggio prodotto finito

Questa area sarà dotata di un quadro elettrico autonomo. Le soffianti, gestite automaticamente tramite pressostato ed igrometri, presentano assorbimenti

massimi di 12 Kw. L'area disporrà di due gruppi da 1 presa trifase 32 A, una da 16 A e 1 presa bifase 16 A, in classe IP55.

Gli assorbimenti vanno previsti con contemporaneità =1

L'illuminazione fornirà un livello max di 100 lux. \* 1.000 m<sup>2</sup> ≈ 3 KW

h) aree di servizio (depositi all'aperto, lavaggio automezzi, pesa ecc.)

Si deve prevedere una illuminazione generale dell'area dei piazzali (12 Kw) ed una disponibilità di circa 15 Kw. per servizi vari, con elevato fattore di contemporaneità.

Complessivamente si disporrà di 3 gruppi da 1 presa trifase 32 A, una da 16 A e 1 presa bifase 16 A, in classe IP55 di cui uno in zona pesa, uno in zona lavaggio ed uno alla base del box di controllo. L'illuminazione fornirà un livello di circa 30 Lux su tutta l'area stimata in circa 2.000 m<sup>2</sup> per un impegno di circa 800 W .

i) impianti idraulici

Per le operazioni di pompaggio si possono prevedere complessivamente 5 Kw. di potenza installata, prevalentemente per il riciclo delle acque sporche, aspirazione dei fanghi, passaggio fra le vasche. Il bassissimo fattore di contemporaneità consente di trascurare il suo calcolo nell'ambito della potenza globale assorbita dall'impianto

Complessivamente i vari gruppi di prese distribuite nelle diverse aree si prevede possano richiedere un assorbimento contemporaneo massimo di 30 Kw in trifase e di 10 Kw in monofase.

Riassumendo le esigenze descritte, ne deriva la necessità di disporre, in fase di piena operatività degli impianti, di una potenza elettrica trifase di circa 300 Kw. ed una monofase di circa 20 Kw.

La relativa cabina elettrica, dotata di due unità di trasformazione in parallelo, verrà installata, in prossimità della strada di collegamento con l'esterno, per consentire il libero accesso dall'esterno come previsto dalle attuali normative.

## **9 Identificazione dei potenziali impatti ambientali**

Già si è evidenziato come l'impianto, consentendo il trattamento quotidiano di sole 88 t/giorno di rifiuti di varia origine e presentando una capienza massima teorica di carico di circa 100 t/giorno sulla platea di fermentazione, comprendendo in essa anche gli additivi costituiti da materie non classificate come rifiuti e dai ricicli interni, non richieda valutazione di impatto ambientale in base alla legge 22 febbraio 1994 n.146, al Decreto del Presidente della Repubblica del 12/4/1996 ed al DPCM 3/9/99.

Le avvertenze tecnologiche ed organizzative già descritte testimoniano comunque l'attenzione che è stata posta per consentire la massima sicurezza nei confronti di ogni eventuale perturbazione ambientale, anche se dovuta a situazioni di emergenza. In particolare gli elementi che si sono considerati sono i seguenti:

- problemi idrologici
- problemi derivanti da solidi
- problemi derivanti da liquidi
- problemi derivanti da gas
- problemi di traffico
- aspetti estetici e di impatto visivo
- situazioni di emergenza

### **9.1 problemi idrologici**

L'area dell'intervento era stata classificata come area a rischio molto elevato ( R4), a causa dei potenziali pericoli rappresentati dal fiume Vomano, come conseguenza degli eventi alluvionali accaduti nel 9 e 10 luglio 1999, dalla deliberazione del 30/11/99 n.140/16 pubblicata sul BURA n. 30 del 22/09/2000.

Successivamente (BURA Regione Abruzzo del 31/12/03 n.41 parte 1,2,3,4) tale classifica è stata rivista declassandola ad R3, per cui la realizzazione degli impianti proposti richiede una attenta analisi dei pericoli idrologici ed il dimensionamento di eventuali opere di intervento protettivo.

Poiché detta analisi è complessa essa ha richiesto lo svolgimento di un apposito studio idrologico per consentire il dimensionamento delle opere atte a mitigare il rischio idraulico, studio riportato in allegato 1.

Mentre le regimazioni esterne sono state nel frattempo eseguite e sono anche alla base della derubricazione del rischio, quelle individuate ed eseguibili all'interno della proprietà verranno realizzate contestualmente alla costruzione degli edifici e degli impianti.

### **9.2 Problemi derivanti da solidi**

Materiali solidi possono dare origine a problemi di natura ambientale se versati fuori dalle zone di lavorazione, quindi sui piazzali, viabilità ecc.

Per evitare tale pericolo l'intera area è stata suddivisa in zona sporca e zona pulita: nella prima si ha il transito del materiale immaturo, nella seconda solo di prodotto maturo.

Ne deriva che, anche in caso di versamento casuale, nella "zona pulita" non si abbiano materiali potenzialmente inquinanti, quindi l'evento non comporta alcun aspetto pericoloso.

Nell'area sporca invece, oltre ad una specifica di conduzione delle attività che prevede l'immediata pulitura in caso di versamento indesiderato, si dispone del sistema di separazione delle acque di prima pioggia per cui, con le stesse, si garantisce il contenimento della frazione "non pulibile" e l'effetto del trasporto indesiderato (pneumatici sporchi) da parte dei mezzi impiegati.

Comunque, per minimizzare tale effetto e garantire da qualsivoglia "trasporto" all'esterno dell'area, tutti i mezzi che circolano anche all'esterno devono seguire un percorso obbligato e, al termine delle operazioni di scarico, sono sottoposti a lavaggio. In uscita da questo impianto non intersecano "zone sporche", quindi evitano qualsivoglia nuovo inquinamento.

All'interno del capannone di lavorazione, nella zona di scarico, vi sarà presenza continua di materiale versato sul pavimento. Questo è però realizzato in cemento al quarzo, quindi consente la costante pulitura grossolana mediante la stessa pala impiegata per la movimentazione ed il versamento nelle fosse, pala che rimarrà costantemente nell'area sporca, quindi non porterà all'esterno eventuale materiale inquinante. Inoltre la pavimentazione del locale stesso è 5 cm. al di sotto del piano d'ingresso, rendendo impossibile qualsivoglia fuoriuscita accidentale dall'interno verso l'esterno.

Gli autocarri, che entreranno nell'area sporca per lo scarico del materiale fresco, non avranno comunque accesso all'interno di tali locali, in quanto lo scarico avviene sempre dal piazzale, e comunque, prima di lasciare l'impianto, verranno sottoposti a lavaggio.

Non si identifica quindi alcuna altra possibilità, anche in caso di imprevisto o di incidente, per cui materiale solido inquinato possa fuoriuscire dalle zone preposte al suo contenimento.

Sempre fra i materiali solidi è ipoteticamente possibile, ma realmente difficile, verificare la presenza di polveri, soprattutto nel periodo estivo, che possono essere rilasciate durante le operazioni di scarico, di triturazione, e vagliatura.

Anche se in tutti i casi si disporrà dei mezzi di protezione già illustrati, una netta distinzione deve essere fatta fra le polveri derivanti dal materiale ancora non trattato e quelle derivanti dal compost maturo, ovvero coppatura di residui legnosi: le prime infatti possono essere maleodoranti e potenziali vettori di inquinamento, le seconde solo connesse con gli effetti indesiderati di una polverosità amorfa.

Ne deriva la necessità di identificare le diverse fonti e provvedere opportunamente.

Sinteticamente possono essere individuate:

a) polverosità connesse con lo scarico dei materiali: lo scarico avviene comunque e sempre attraverso le apposite bocche di lupo, con aspirazione dell'aria e con

portoni chiusi e con i locali mantenuti in costante depressione, quindi il fenomeno è localizzato e momentaneo, mentre la stessa esigenza di umidificare i materiali prima del compostaggio favorisce l'eventuale immediata irrorazione con acqua, quindi l'abbattimento della polverosità.

- b) Polverosità connesse con le operazioni di triturazione e vagliatura: riguardano o materiale poco fermentescibile (ramaglie, paglia ecc) ovvero prodotti già compostati. Nel primo caso l'operazione di biotriturazione avviene nell'apposita tettoia-deposito e richiede, per la correttezza della sua esecuzione, che, se l'umidità del materiale è inferiore al 30 % (quindi produttrice di polveri), lo stesso venga preventivamente irrorato, con conseguente blocco della polverosità. Nel caso di materiale già finito, le operazioni di vagliatura avvengono nel capannone di lavorazione, quindi al chiuso, con impianto di ventilazione dotato di raccolta dell'aria poi distribuita nell'area di reazione. Tale aria infatti, già in pressione e ricca di entalpia, è richiesta per la fase finale di evaporazione spinta, quindi riciclata negli stessi impianti. Questa esigenza è alla base della configurazione e distribuzione delle diverse aree in cui è suddiviso l'edificio precedentemente illustrato.

### **9.3 Problemi derivanti da liquidi**

I materiali "inquinanti" utilizzati nel processo sono sia in fase solida che liquida.

Fra tutti i prodotti solidi utilizzati, solo i fanghi, possono, in casi eccezionali, dare luogo a percolati, quindi richiedono il rigoroso controllo per evitare indesiderate perdite liquide. In particolare, ammettendo lo scarico dei mezzi di trasporto solo attraverso le bocche direttamente in fossa, si può escludere qualsivoglia versamento verso l'esterno. I reflui trattati (liquami o reflui provenienti da industrie agroalimentari, ammessi dal D.M. 5 febbraio 1998 n. 72 ed eventuali modifiche) sono direttamente versati nella cisterna dei fanghi, o nel deposito acque sporche. Lo scarico avviene mediante tubazioni raccordate, quindi eventuali perdite, da considerarsi eccezionali, interesseranno solo la limitata zona di scarico, come già esposto, accuratamente protetta.

Il capannone di reazione, oltre ad essere completamente chiuso, verrà foderato, al suo interno ed almeno per la parte iniziale del ciclo (parte "umida" ove si formano condense), mediante rivestimento o verniciature impermeabilizzanti in modo da formare una contro-chiusura che garantisce da qualsivoglia fuga indesiderata.

Si può quindi escludere la presenza di liquidi inquinanti al di fuori delle zone espressamente previste.

Le acque di lavaggio degli automezzi entrati nella zona sporca sono raccolte e convogliate, previa sedimentazione, nella stessa fossa impiegata per le acque di prima pioggia e da questa inviate al riciclo.

Al medesimo ciclo sono anche sottoposte le acque di lavaggio utilizzate nello scrubber per la depurazione dell'aria.

Facendo riferimento al bilancio di massa precedentemente esposto è osservabile come, nel suo insieme, l'impianto dimostri un deficit idrico, quindi risulti ampiamente in grado di assorbire e riciclare tutte le fasi liquide descritte.

#### **9.4 Problemi derivanti da gas**

Le emissioni in fase gassosa da parte dell'impianto riguardano i volumi di aria impiegati per le ventilazioni ed eventuali emissioni maleodoranti provenienti dal materiale presente in zona.

Fra i diversi inquinanti considerati dal D.P.R. 203/88 e dai successivi D.M. 12 luglio 1990 e D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152, nell'aria di ventilazione proveniente dai vari locali è sicuramente presente la polvere nella zona di lavorazione, mentre per le aree di fermentazione si può supporre la presenza di ammoniaca e, in caso di presenza nel materiale in origine (quindi derivante principalmente dalla fase di scarico degli automezzi), di mercaptani.

I modi di protezione prima dello scarico nell'ambiente esterno saranno quindi differenziati e dimensionati in funzione delle portate realizzate.

Le poche polveri, presenti nella zona di lavorazione, verranno convogliate, con l'aria di ventilazione, nella zona di reazione, quindi ulteriormente trattate prima del loro scarico.

Per quanto attiene alla presenza di sostanze maleodoranti (ammoniaca e mercaptani) si rinvia a quanto precedentemente descritto circa il trattamento dell'aria attraverso il suo lavaggio ed il passaggio nel biofiltro.

#### **9.5 Problemi di traffico**

I trasporti medi giornalieri possono essere stimati in circa 6-8 per il materiale in ingresso (carichi medi da 12 t) e 2-3 per il materiale in uscita (carichi da 18 t). Con mezzi di maggiore dimensione o con rimorchi scarrabili ovviamente il traffico numericamente si riduce financo a dimezzarsi.

L'impianto proposto si trova a circa 570 m. di distanza in linea d'aria dalla strada statale SS16, la derivazione verso l'impianto è impiegata da altri automezzi pesanti al servizio delle aziende presenti, in particolare un impianto di frantumazione inerti, mentre l'ultimo tratto non è sottoposto ad altro traffico fatto salvo quello che interessa l'impianto di depurazione consortile. Ne consegue quindi che non possano imputarsi all'impianto problemi particolare dovuti all'aumento del traffico di mezzi di servizio.

Si aggiunga inoltre che ogni mezzo che possa, anche minimamente, aver avuto contatto con "l'area sporca", prima di lasciare l'impianto, a causa dei percorsi obbligati, non può evitare la pedana di lavaggio, con ciò garantendo da ogni involontario trasporto esterno di sostanze inquinanti.

## **9.6 Aspetti estetici e di impatto visivo**

La zona prescelta per l'allocazione degli impianti rimane isolata dai terreni circostanti e poco visibile da ogni direzione. Anche il percorso sulla strada statale non consentirà una visione del complesso, sia per la distanza e l'interposizione di altre strutture sia per la vegetazione prevista a schermo, che consentirà la totale mascheratura dei capannoni e degli impianti.

Le strutture prescelte, di cui, anche se con notevole difficoltà per alcuni problemi tecnici, si è riuscita a contenere sensibilmente l'altezza fuori terra, sono sensibilmente più basse della massima altezza raggiunta dalle specie arboree prescelte (pioppi a rapida crescita), quindi l'effetto di mascheratura, nell'arco di pochi anni, risulterà totale.

## **9.7 Situazioni di emergenza**

Anche se non richiesto da nessuna norma, abbiamo ritenuto utile indicare alcune ipotetiche situazioni di emergenza, per cui verrà definito un protocollo comportamentale che verrà inserito nelle istruzioni del personale dipendente.

Si rammenta che il dettaglio di tali protocolli è anche richiesto per l'ottenimento delle qualifiche ISO previste.

Le ipotesi formulate, per grado di gravità riguardano:

- Guasto di un automezzo
- Guasto della una macchina rivoltatrice
- Scarico accidentale di un pallet di materiale finito
- Scarico accidentale di un carico di materiale fresco
- Completo e prolungato isolamento elettrico
- Corto circuito in qualsivoglia zona
- Incendio in zona di lavorazione
- Incendio in zona di accumulo materiali fermentescibili
- Rottura di una cisterna
- Ribaltamento di un automezzo

Per ognuna di queste situazioni, che possono comportare pericolo di impatto sull'ambiente, è previsto un apposito protocollo comportamentale che consente, nell'arco di breve tempo, di contenere e di recuperare qualsivoglia perdita, impiegando i mezzi già disponibili in azienda con procedure che, se coincidenti con quelle previste per la sicurezza, verranno più oltre descritte.

All'interno dell'azienda comunque sono presenti tutti i mezzi tecnici necessari per il completo controllo delle eventualità segnalate.

In particolare si evidenzia che l'intera area è attraversata da ben due linee di distribuzione idrica da parte del Consorzio di Bonifica del Vomano, con la presenza di tre teste d'idrante, per cui, anche in caso d'incendio, possibile comunque solo nella zona di accumulo di paglie e residui ligneocellulosici, la disponibilità di acqua in pressione risulta assicurata. Inoltre è stata prevista una vasca di accumulo di acqua di

riserva per emergenza avente la capienza di circa 280 m<sup>3</sup> da impiegarsi per la protezione antiincendio; il pompaggio è previsto mediante pompa azionata con motore termico per contrastare l'eventuale contemporanea mancanza di energia elettrica.

## **10 Sicurezza e controlli**

L'impianto proposto non presenta aspetti di particolare pericolosità nei confronti di qualsivoglia altro impianto industriale.

Stante la natura del materiale trattato inoltre solo la paglia ed i residui ligneocellulosici eventualmente accumulati sono combustibili, quindi soggetti a possibilità di incendio, comunque con le medesime soglie di probabilità presenti in qualsivoglia azienda agricola.

Ovviamente, come in qualsivoglia impianto industriale, dovrà essere impedito l'accesso ai non addetti ai lavori in genere ed ai bambini in particolare e, se si escludono le possibili situazioni riconducibili alla genericità degli impianti industriali, elementi specifici di particolare attenzione sono:

- a) Area di carico del materiale fresco
- b) fossa di reazione
- c) zona di scarico prodotto finito

### **10.1 Area di carico del materiale fresco**

In questa area non sono riconoscibili particolari elementi di pericolosità.

Le "bocche di lupo" per lo scarico degli autocarri presentano un'altezza, rispetto al piano di calpestio, di 80 cm, costituendo un sufficiente parapetto per personale eventualmente presente, mentre il bordo è calcolato per spinte orizzontali di oltre 100 KN, quindi è in grado di fermare qualsivoglia automezzo, anche in caso di perdita di controllo da parte dell'operatore.

All'interno si dispone di una pala caricatrice, manovrata da un operatore umano, unico elemento mobile presente.

Non si sono identificati altri elementi di pericolo in quest'area.

### **10.2 Fossa di reazione**

I portoni di accesso alla zona di reazione devono rimanere permanentemente chiusi, in quanto, in fase operativa, costituiscono anche parete di appoggio per i materiali. La loro apertura sarà quindi consentita solo quando la corrispondente zona della platea è priva di materiale.

L'azionamento della macchina rivoltatrice è segnalata da avvisi luminosi ed acustici e funghi di interruzione rapida sono disposti alle estremità della platea, nonché sul carro ponte supportante la macchina rivoltatrice.

L'unica reale possibilità di pericolo esiste nella zona di scarico del prodotto maturo in cui può esservi la presenza di mezzi dimenticati sulla corsia di lavoro (pericolo di danno meccanico per urto) intercettati dall'avanzamento della macchina rivoltatrice ovvero da presenza di personale (pericolo di incidente).

In entrambi i casi non è possibile disporre di mezzi automatici di intervento in quanto non è possibile distinguere se le masse eventualmente presenti all'interno della platea sono costituite al materiale sottoposto a fermentazione ovvero da oggetti imprevisti.

Ai fini della sicurezza, oltre a rigorose norme comportamentali imposte al personale con l'obbligo di contemporanea presenza di almeno due persone nell'area pericolosa, stante la bassissima velocità di trasferimento della macchina rivoltatrice (max 1 m/s), si ritiene sufficiente la segnalazione sonora del movimento.

Va inoltre evidenziato come la zona accessibile della macchina rivoltatrice, ad esclusione eventualmente dell'avvolgicavo presente in uno dei modelli considerati, non intercetti alcun organo in movimento e comunque sia vietata la presenza di personale sulla macchina in fase di lavorazione.

Anche la concentrazione di ammoniaca in aria, per quanto elevata e fastidiosa, non può raggiungere valori pericolosi od anche solo tossici per brevi permanenze, anche in caso di guasto degli apparati di ventilazione.

Le vie di fuga sono previste agli estremi del capannone, quindi con distanza massima di circa 50 m. dal punto più lontano, ma si evidenzia che la distanza riguardi l'area riempita col materiale sottoposto a fermentazione, quindi per la quale non può esservi presenza umana, e come siano fisicamente impossibili eventi "catastrofici" per l'assenza di materiali combustibili e/o esplosivi.

### **10.3 Zona di scarico del prodotto finito**

Nella zona di scarico del prodotto finito si ha la necessità di intervenire per trasportare il materiale accumulato verso la parte del capannone di finissaggio.

Quindi si realizza la presenza di personale e di macchine nell'area interessata dalla macchina rivoltatrice, precedentemente temuta.

In questa fase deve però oltre ad esservi un passaggio aperto di oltre 7 m. fra le due zone, i dispositivi di sicurezza precedentemente descritti consentono il blocco della macchina rivoltatrice qualora nel frattempo giungesse in zona di pericolo.

In ogni caso la bassa velocità di trasferimento consente ulteriore margine di sicurezza.

L'accesso all'area di lavoro sarà comunque consentito ai soli addetti, che verranno opportunamente addestrati per le specifiche attività.

## 11 Organizzazione ed occupazione

Non considerando le esigenze di personale derivanti dalle attività commerciali, si delinea di seguito l'organigramma del personale ritenuto necessario per la conduzione degli impianti. Ovviamente lo stesso verrà occupato gradualmente col completamento degli impianti stessi e quanto di seguito esposto potrà essere suscettibile di variazioni a seconda di specifiche esigenze.

La tabella 13 indica quindi il personale con le diverse qualifiche e le ipotesi di turno di lavoro.

L'impianto infatti sarà operativo, per la ricezione del materiale in ingresso e per il ritiro del prodotto finito, per 6 ore/giorno su 5 giorni/settimana, con un flusso massimo di 1 autocarro (in ingresso o in uscita) ogni 30'-45'.

Per la gestione ed il funzionamento degli impianti è sufficiente 1 turno giornaliero (7,5 ore) al completo di personale, oltre ad attività di controllo del funzionamento degli impianti per altre 4 ore /giorno esclusi sabati e festivi.

In tali giorni è infatti non è prevista alcuna attività della macchina rivoltatrice, con blocco delle operazioni di carico delle fosse, dei lavori di ricevimento, spedizione e finissaggio, mentre, eventualmente, è possibile una attività di manutenzione di mezzi di produzione normalmente impiegati nei giorni lavorativi.

Tab. 13

Progr.	Qualifica	Tit. studio	Organigramma aziendale e turni di lavoro				
			n.	Compiti	orario lavoro	Festi varie	
1	Responsabile aziendale	Diploma/laurea	1	Direzione tecnico-amministrativa ed analisi	Sindacale	no	
2	Impiegato amministrativo	Diploma amministrativo	1	Gestione amministrativa	Sindacale	no	bolle e materiali
3	Addetto pesa-campioni, responsabile piazzali, area sporca e di carico	Diploma tecnico	1	Pesatura e prelievo campioni , organizza aree esterne	Sindacale	no	
4	Palista/carrellista	Operaio	1	Movimentazione materiali lavori vari, manovalanza	Sindacale	no	
5	Tecnico macchina manutentore	- Operaio specializzato	1	Tecnico operazione macchina rivoltatrice e manutenzione impianti	Sindacale	saltuario	
6	Guardiano		1	Sorveglianza impianti	Continuato	si	

E' inoltre prevista la guardiana notturna e festiva per garantire dall'accesso di estranei nell'area degli impianti, benchè recintati e chiusi, per la potenziale pericolosità nei confronti di non esperti o di ragazzi.

Riassumendo si prevede l'assunzione massima di 6 persone con diversa qualifica.

### **13 Comparazione con le indicazioni contenute nel Piano Regionale di Gestione dei Rifiuti**

L'iniziativa presentata si inquadra nell'ambito dei **“Trattamenti aerobici – Impianti di compostaggio e di stabilizzazione della frazione organica da selezione impiantistica”** descritti nelle specifiche tecniche attuative del Piano Regionale di Gestione dei Rifiuti di cui alla Legge Regionale 28.04.2000 pubblicata sul B.U.R.A. n° 16 del 09.06.2000.

Per comodità di lettura si esaminano le diverse caratteristiche in parallelo all'organizzazione descrittiva adottata dalle specifiche tecniche medesime.

<b>Criteria localizzativi</b> Aspetti urbanistici	Pienamente conforme in quanto localizzato in area agricola ed a distanza da aree residenziali
Aspetti logistici	Pienamente conforme in quanto baricentrico in relazione al potenziale bacino di utenza e già servito da ottimale viabilità (vedasi punto 10.4)
<b>Caratteristiche tecniche</b> dimensioni	<p>Superfici disponibili di <math>0,8 \text{ m}^2/\text{t}\cdot\text{anno}</math>, pur senza considerare le aree agricole circostanti, quindi solo leggermente inferiori alle indicazioni di <math>1 \text{ m}^2/\text{t}\cdot\text{anno}</math></p> <p>L'edificio di compostaggio non è disgiunto da quello di finissaggio e presenta una superficie globale di <math>4200 \text{ m}^2</math> pari a circa <math>0,2 \text{ m}^2/\text{t}</math> anno. Detta superficie risulta inferiore a quella consigliata (circa <math>0,3 \text{ m}^2/\text{t}</math> anno), ma consente il contenimento del materiale per oltre 60 gg., quindi periodo anche superiore a quello minimo consigliato (circa 51 gg.).</p> <p>Ciò si rende possibile per l'elevata altezza di accumuli (circa 3 m) raggiunta con la tecnologia prescelta.</p> <p>L'area di stoccaggio impermeabilizzata e parzialmente coperta è ampiamente superiore ai limiti proposti (oltre <math>4.000 \text{ m}^2</math> pari a circa <math>0,2 \text{ m}^2/\text{t}</math> anno contro i <math>0,1</math> consigliati).</p> <p>Gli impianti di trattamento emissioni sono consigliati con una superficie di biofiltrazione di <math>1 \text{ m}^2/100 \text{ m}^3/\text{ora}</math> di ventilazione. Nel progetto, a fronte di una portata di ventilazione massima di picco di <math>100.000 \text{ m}^3/\text{ora}</math>, si dispone di <math>1125 \text{ m}^2</math> di biofiltro, però preceduto da uno scrubber per il lavaggio dell'aria di circa <math>100 \text{ m}^2</math>, quindi, nell'insieme, ampiamente superiori ai valori consigliati.</p> <p>La capacità di trattamento dell'impianto (<math>22.000 \text{ t}/\text{anno}</math>) risulta superiore ai valori consigliati (<math>15.000 \text{ t}/\text{anno}</math>) ma comunque inferiore ai limiti imposti per l'esecuzione del VIA (<math>100 \text{ t}/\text{giorno}</math> pari a circa <math>30-35.000 \text{ t}/\text{anno}</math>).</p>

<p>Requisiti costruttivi e di processo</p>	<p>Sono rispettati tutti i requisiti consigliati, anzi con sistemi di controllo e protezione sensibilmente più rigidi.</p> <p>In particolare, superandosi le 15.000 t/anno, si è provveduto ad assicurare la miscelazione iniziale mediante il dosaggio dei diversi componenti in fase di carico e l'impiego della macchina rivoltatrice al posto dei cilindri miscelatori, in genere poco affidabili, il processo è totalmente automatizzato ed il personale operante non interviene nell'area di più intensa emissione, il programma di controllo di qualità del composto è parte integrante dell'intero processo.</p> <p>Il ciclo successivo di finissaggio precede l'accumulo per lungo periodo, garantendo la qualità finale del prodotto, elemento determinante per il successo della vendita del medesimo.</p>
<p>Materiali ammessi</p>	<p>La totalità dei materiali di cui si prevede il trattamento, è stata definita con l'obiettivo principale di garantire la massima qualità del prodotto finito per la sua libera commercializzazione ed impiego in ambienti non confinati.</p>
<p>Potenziali fattori di impatto Stima degli impatti potenziali ed accorgimenti da adottare</p>	<p>Sono stati ampiamente considerati ed esaminati, come i provvedimenti per minimizzarne gli effetti (vedansi cap. 10 e 11)</p>

In sintesi quindi l'intero progetto risponde alle specifiche consigliate nel piano Regionale di Gestione Rifiuti della Regione Abruzzo ed anzi presenta caratteristiche di controllo del processo, di protezione dell'ambiente e di controllo di qualità del prodotto finito, indispensabili per l'acquisizione delle qualifiche UNI EN ISO 9001.2000 e UNI EN ISO 14001.2004, condizione essenziale per garantire la successiva fase di commercializzazione

Roseto degli Abruzzi giugno 2007

Coordinamento generale alla progettazione:  
Prof. Gianfranco VERONESI

Il Committente:  
ECOLOGICA VOMANO s.a.s.  
Sig.na Renata SPERANDII

Progettista:  
Dott. Ing. Gino LEONZI

ALLEGATO 1 :

**STUDIO DI VERIFICA DELLE CARATTERISTICHE  
IDRAULICHE DELL'AREA SITA IN RIVA DESTRE DEL  
FIUME VOMANO AD OVEST DEL PONTE ESISTENTE  
SULLA S.S. N16 ADRIATICA IN COMUNE DI PINETO  
(TE) LOCALITA' SCERNE E DELL'ESIGENZA DI  
EVENTUALI OPERE DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO  
IDRAULICO**

## ***1. Premessa***

L'area considerata si trova nel Comune di Pineto (TE), in località Piane Vomano, fraz. Scerne distinta in Catasto Rustico al foglio n. 3. particelle:

<b>part. N°</b>	<b>Superficie (ha)</b>
<b>17</b>	<b>0.37.90</b>
<b>169</b>	<b>0.19.20</b>
<b>422</b>	<b>0.54.18</b>
<b>423</b>	<b>0.62.27</b>
<b>426</b>	<b>0.06.05</b>
<b>95</b>	<b>0.10.10</b>

In detta area è prevista la realizzazione di un centro per il trattamento dei residui solidi organici mediante la realizzazione di un impianto di compostaggio, al fine di ottenere un prodotto ammendante e fertilizzante (compost) da impiegarsi in agricoltura e giardinaggio.

Detta area, al momento, come risulta dalla deliberazione del 30/11/99 n.140/16 pubblicata sul BURA n. 30 del 22/09/2000, è stata classificata come area a rischio molto elevato (R4) a causa dei potenziali pericoli rappresentati dal fiume Vomano.

Successivamente (BURA del 31/12/03 n.41 parte 1,2,3,4) è stata declassata nella meno critica categoria R3.

Poiché tale classificazione di fatto limiterebbe la realizzazione degli impianti previsti, e comunque richiede la previsione di opere a protezione, si è ritenuto opportuno approfondire le reali condizioni di potenziale pericolo, per poter progettare le opere di protezione più idonee.

Per definire oggettivamente il reale livello di potenziale pericolo è stato considerato lo studio già eseguito nel 2002 ed a firma dell'Ing. Di Marco Dante iscritto all'Ordine degli Ingegneri di Teramo al n° 441 che, riguardando un terreno in confine con quello qui considerato, è risultato, a giudizio dello scrivente, perfettamente idoneo anche per la descrizione richiesta, congruo e di assoluta affidabilità.

Da tale studio sono stati derivati gli elementi comuni per lo studio delle portate transitanti nel fiume Vomano ed il calcolo delle potenziali portate e delle modalità di deflusso delle acque, con conseguente stima dei livelli idrici raggiunti nelle aree considerate. Sulla base delle considerazioni e delle stime ottenute si è poi valutata la specifica pericolosità dell'area considerata e le conseguenti azioni di protezione che si ritengono sufficienti per garantirne l'agibilità e la protezione degli impianti anche di fronte agli eventi più critici.

## **2. Descrizione della zona**

La zona in oggetto è situata in destra idraulica al fiume Vomano, ed è delimitata a nord dall'argine del fiume, a sud da quello realizzato dalle FF.S, ad est da un terreno piano a sua volta delimitato, a circa 350 m. di distanza, dal rilevato della SS16 mentre ad ovest vi è una zona pianeggiante che confina a sua volta con la zona industriale esistente.

La zona pianeggiante, presenta una pendenza da O-SO verso E-NE come rilevabile dall'andamento delle quote, per cui le acque di scorrimento superficiale, di origine meteorica, in occasione di eventi meteorici eccezionali ed una volta che il suolo abbia superato la propria capacità di saturazione e di detenzione, scorrono superficialmente (anche con fenomeni di ruscellamento) verso E-NE e quindi verso il rilevato della SS16.

Inoltre un po' più ad ovest vi è lo sbocco nel fiume Vomano di un canale rivestito in c.a. per la raccolta delle acque bianche provenienti dalla zona industriale;

dalle informazioni raccolte e dai sopralluoghi effettuati detto canale manifesta problemi di deflusso verso il fiume.

La zona pianeggiante, come rilevabile dall'esame della aerofotogrammetria allegata, fino alla SS16 è attualmente priva di una qualunque rete di raccolta delle acque bianche ed è utilizzata prevalentemente per uso agricolo; sono comunque presenti delle infrastrutture quali il depuratore consortile che serve i comuni di Pineto e Roseto degli Abruzzi, un impianto di frantumazione degli inerti ed un capannone industriale: tutti in confine con i terreni considerati.

Pertanto il presente studio idraulico è stato condotto analizzando:

- il transito delle portate liquide nel tratto del fiume Vomano contiguo alla zona in esame, tenendo conto anche della presenza del restringimento della sezione in corrispondenza del ponte della SS16;
- il problema delle acque provenienti dalla zona pianeggiante ovest sopradescritta, e quindi la loro raccolta e recapito al mezzo ricettore costituito dal fiume stesso.

### ***3. Verifica della portata transitante nel fiume Vomano.***

La verifica viene effettuata nelle condizioni di moto uniforme tenendo conto dell'andamento pressoché rettilineo dell'alveo del fiume nel tratto in esame e considerandone anche le zone golenali.

Si utilizza l'equazione del moto uniforme secondo Chezy:

$$Q = A\chi\sqrt{Ri} \quad (1)$$

ove:

- $Q$  = portata ( $m^3/s$ )
- $a$  = area bagnata  $m^2$
- $\chi = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}$  funzione di resistenza secondo Gauckler-Strickler-Manning di cui  $\frac{1}{n}$  è un coefficiente che tiene conto della scabrezza del tratto di alveo in esame dell'alveo;

-  $R = \frac{a}{c}$  raggio idraulico (m) in cui  $c$  è il contorno bagnato;

-  $i$  = pendenza dell'alveo.

Sostituendo l'espressione di  $\chi$  e ponendo  $k_s = \frac{1}{n}$  si ottiene:

$$Q = ak_s R^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

Il calcolo è stato condotto verificando che la portata del fiume Vomano, calcolata attraverso l'equazione (1), fosse maggiore o uguale di quella massima prevedibile alla foce, per un tempo di ritorno  $T=200$  anni, pari a  $Q= 1020 \text{ m}^3/\text{s}$  circa come risulta dalla nota trasmessa dal Servizio Mareografico ed Idrografico di Pescara al Comune di Pineto.

Nell'applicazione della (1) la sezione trasversale del fiume viene suddivisa con piani verticali in *settori* corrispondenti all'alveo vero e proprio ed alle zone golenali. L'equazione in questione si applica poi ad ogni settore, per il quale si considera come contorno bagnato, solo quello reale dell'alveo, trascurando i lati liquidi comuni. Ad ogni settore viene poi assegnato un coefficiente di scabrezza diverso in relazione alle sue caratteristiche; ciascuno di essi è così trattato separatamente nell'ipotesi che la quota della superficie libera sia la stessa per tutti i settori. La portata totale transitante nella sezione è data dalla somma delle portate elementari calcolate, in considerazione di quanto detto, per ogni singolo settore in cui la sezione è stata suddivisa.

Nel caso in esame sono state considerate tre sezioni trasversali ottenute a mezzo di rilievo strumentale in campagna con integrazione e verifica dei dati rilevati su quelli desunti dalla cartografia aerofogrammetrica in scala 1:2000 del Comune di Pineto.

Le sezioni riflettono le caratteristiche dell'alveo per il tratto in esame. E' stato anche esaminato il deflusso della portata di  $Q= 1020 \text{ m}^3/\text{s}$  in corrispondenza della attuale sezione del ponte della SS16.

Per il coefficiente di scabrezza, attribuito a ciascun settore, sono stati adottati i valori seguenti, desunti da quelli riportati sulla letteratura tecnica esistente a riguardo.

<i>Coefficiente di scabrezza di Manning - Strickler</i>	$k_s=1/n$
Alveo naturale con trasporto trasporto solido moderato	35
Zone golenali con vegetazione	30

Per la determinazione della pendenza dell'alveo  $i$  è stata considerata una pendenza media, calcolata per un tratto abbastanza lungo, per tenere conto del fatto che in condizioni di piena l'asse della corrente tende ad accorciarsi rispetto a quello dell'alveo di magra

Con riferimento alle sezioni suddette, il calcolo è stato fatto in forma tabellare, fissando la quota della superficie libera e calcolando la portata transitante nella sezione. Sono state effettuate alcune iterazioni fino a trovare il valore della quota del pelo libero per il quale la portata transitante sia maggiore o uguale di quella massima prevedibile per un tempo di ritorno  $T= 200$  anni pari, come già detto a  $Q= 1020 \text{ m}^3/\text{s}$ .

I risultati, per ciascuna sezione sono riportati di seguito.

<i>Calcolo della portata nella sezione n° 1</i>										
N° Set.	Zl	Zi	Zf	b	a	c	R	$k_s=1/n$	i	Q
	m	m	m	m	$\text{m}^2$	m	m	$\text{m}^{(1/3)}/\text{s}$		$\text{m}^3/\text{s}$
1	7,20	7,20	4,00	88,77	142,03	88,83	1,60	30,00	0,002	252,72
2	7,20	4,00	3,05	7,74	28,44	7,80	3,65	35,00	0,002	89,18
3	7,20	3,05	3,02	21,05	87,67	21,05	4,16	35,00	0,002	293,73
4	7,20	4,00	5,00	4,59	12,39	4,70	2,64	35,00	0,002	33,04
5	7,20	5,00	5,15	33,52	71,23	33,52	2,12	30,00	0,002	146,11
6	7,20	5,15	5,23	49,05	98,59	49,05	2,01	30,00	0,002	196,68
7	7,20	5,23	7,20	6,96	6,85	7,23	0,95	30,00	0,002	9,39
				<b>Atot(m<sup>2</sup>)</b>	<b>447,21</b>				<b>Qt</b> <b>(m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>1020,86</b>
									<b>Vm</b> <b>(m/s)</b>	<b>2,28</b>

Nella sezione n°1 la portata  $1020 \text{ m}^3/\text{s}$  defluisce, per una quota di 7.20 m.

Calcolo della portata nella sezione n° 2										
N°	Zl	Zi	Zf	b	a	c	R	$k_s=1/n$	i	Q
Set.	m	m	m	m	m <sup>2</sup>	m	m	m <sup>(1/3)/s</sup>		m <sup>3/s</sup>
1	6,67	6,67	6,00	6,98	2,34	7,01	0,33	30,00	0,002	1,90
2	6,67	6,00	4,00	139,76	233,40	139,77	1,67	30,00	0,002	424,39
3	6,67	4,00	2,35	5,43	18,98	5,68	3,34	35,00	0,002	56,97
4	6,67	2,35	2,34	30,52	132,00	30,52	4,32	35,00	0,002	450,65
5	6,67	2,34	3,33	2,89	11,08	3,05	3,63	35,00	0,002	34,66
6	6,67	3,33	5,20	10,13	24,36	10,30	2,37	30,00	0,002	52,72
7	6,67	5,20	6,67	10,95	8,05	11,05	0,73	30,00	0,002	9,66
				<b>Atot(m<sup>2</sup>)</b>	<b>430,21</b>				<b>Qt</b>	<b>1030,96</b>
									<b>Vm</b>	<b>2,40</b>
									<b>(m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>(m/s)</b>

Nella sezione n° 2 la portata 1020m<sup>3</sup>/s defluisce, per una quota di circa 6.67 m.

Calcolo della portata nella sezione n° 3											
N° Set.	Zl	Zi	Zf	b	a	c	R	$k_s=1/n$	i	Q	
	m	m	m	m	m <sup>2</sup>	m	m			m <sup>3</sup>	
1	5,30	5,30	4,00	56,07	36,45	56,09	0,65	30,00	0,002	41,34	
2	5,30	4,00	1,37	66,48	173,85	66,53	2,61	30,00	0,002	395,42	
3	5,30	1,37	1,38	38,98	153,00	38,98	3,92	35,00	0,002	497,60	
4	5,30	2,88	4,14	17,98	32,18	18,02	1,79	35,00	0,002	70,60	
5	5,30	4,14	4,21	7,02	7,90	7,02	1,12	30,00	0,002	11,79	
6	5,30	4,21	3,65	2,01	2,75	2,09	1,32	30,00	0,002	4,45	
7	5,30	3,65	5,30	4,67	3,85	4,95	0,78	30,00	0,002	4,78	
				<b>Atot(m<sup>2</sup>)</b>	<b>409,97</b>				<b>Qt (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>1025,98</b>	
										<b>Vm (m/s)</b>	<b>2,50</b>

Nella sezione n° 3 la portata 1020m<sup>3</sup>/s defluisce, per una quota di circa 5.30 m.

Significato dei simboli adottati nella tabelle di calcolo	
<b>N° sett</b>	Numero del settore della sezione
Zl	Quota del pelo libero della sezione
Zi	Quota iniziale del settore
Zf	Quota finale del settore
b <sub>j</sub>	Larghezza dello specchio d'acqua del settore
$a_j = \frac{1}{2} [(Zl - Zi) + (Zl - Zf)] b$	<b>Area bagnata del settore</b>
$c_j = \sqrt{b^2 + (Zi - Zf)^2}$	Contorno bagnato del settore
$R_j = \frac{a_j}{c_j}$	<b>Raggio idraulico</b>
$k_s = \frac{1}{n}$	Coefficiente di scabrezza di Strickler – Manning pari a: - $k_s=35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per l'alveo; - $k_s=30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per le zone golenali
i	Pendenza dell'alveo

$Q_j = ak_s R^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}}$	Portata calcolata con la formula (2)
$A_{tot} = \sum_1^n A_j$	Area bagnata della sezione
$Q_{tot} = \sum_1^n Q_j$	Portata totale della sezione
$V_m = \frac{Q_{tot}}{A_{tot}}$	Velocità della corrente della sezione.

Dai calcoli effettuati in ciascuna sezione risulta che la quota del pelo libero calcolato è inferiore a quella dell'argine di protezione la zona in esame.

Ciò è meglio rappresentato negli elaborati grafici allegati.

### 3.1 Ponte SS16

Per la verifica idraulica nella sezione del ponte è stato fatto riferimento alla sezione dell'alveo nel tratto immediatamente a monte del ponte stesso. Essendo la larghezza di tale sezione molto maggiore della sua altezza, per semplificare i calcoli si è considerata una sezione rettangolare equivalente, avente una larghezza  $B = 184.00\text{m}$  circa.

La sezione trasversale del ponte è stata rilevata ed ai fini della presente sono state considerate n° 13 luci libere del ponte. Questo perchè anche le corrispondenti luci del vicino ponte FF.S, sono risultano libere, in quanto le altre presenti sul lato sinistro del fiume sono occupate da insediamenti antropici protetti da arginature, mentre a destra l'ultima luce è utilizzata come sottopasso carrabile, per accedere alle zone comprese tra la ferrovia e la spiaggia.

Con la formula precedente (2) è stato calcolata l'altezza di moto uniforme nel tratto indisturbato immediatamente a monte del ponte.

$$Q = ak_s R^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

ove:

- $a = Bh$  area bagnata con  $h$ = altezza idrica;
- $c = B + 2h$  contorno bagnato;
- $R = \frac{a}{c}$  raggio idraulico;
- $i$  = pendenza dell'alveo.

<b>Calcolo altezza di moto uniforme a monte del ponte della SS16</b>							
$h_u$	$B$	$c$	$a$	$R$	$k_s=1/n$	$i$	$Q$
m	m	m	m <sup>2</sup>	m	m <sup>(1/3)</sup> /s		m <sup>3</sup> /s
1,00	177,00	179,00	177,00	0,99	30,00	0,002	236,14
1,50	184,00	187,00	276,00	1,48	30,00	0,002	449,86
2,00	184,00	188,00	368,00	1,96	30,00	0,002	690,76
<b>2,60</b>	<b>184,00</b>	<b>189,20</b>	<b>478,40</b>	<b>2,53</b>	<b>30,00</b>	<b>0,002</b>	<b>1020,62</b>

Pertanto l'altezza di moto uniforme è pari a  $h_u=2.60$  m.

L'altezza critica  $h_c$  nello stesso tratto è data da:

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{gB}}$$

Sostituendo i valori numerici si ha:

<b>Calcolo dell'altezza critica a monte del ponte della SS16</b>		
$Q$	$B$	$h_c$
m <sup>3</sup> /s	m	m
1020,00	184,00	<b>1,46</b>

Si ha quindi  $h_c=1.46$ m.

Risultando  $h_u > h_c$  il deflusso avviene in condizioni di *corrente lenta*.

L'energia specifica  $H_u$  posseduta dalla corrente in condizioni di moto uniforme è data da:

$$H_u = h_u + \frac{Q^2}{2g(Bh_u)^2}$$

Sostituendo i valori numerici si ha:

<b>Carico totale a monte del ponte della SS16</b>				
<i>b</i>	<i>hu</i>	<i>a</i>	<i>Q</i>	<i>H<sub>u</sub></i>
m	m	m	m <sup>3</sup> /s	m
184,00	2,60	478,40	1020,00	2,83

Supponendo poi che il passaggio della corrente tra le pile del ponte avvenga senza apprezzabili dissipazioni di energia si avrà che  $H_u = \text{cost}$  e quindi si potrà ricavare l'altezza idrica  $h_2$  tra le pile del ponte:

$$H_u = h_2 + \frac{Q^2}{2g(Bh_2)^2}$$

Avendo considerato n° 13 luci, in corrispondenza del ponte la sezione avrà una larghezza complessiva di circa  $B_o = 154.70$  m, poiché dai rilievi compiuti ogni luce ha una larghezza di circa 11.90 m. Pertanto si ha:

<b>Altezza idrica media sotto al ponte della SS16</b>				
<i>B<sub>o</sub></i>	<i>h2</i>	<i>a</i>	<i>Q</i>	<i>H<sub>u</sub></i>
m	m	m	m <sup>3</sup> /s	m
154,70	2,50	386,75	1020,00	2,85

Quindi l'altezza idrica in corrispondenza del ponte è di circa 2.50m.

Si noti che anche tale valore è maggiore dell'altezza critica  $h_c = 1.46$ m., e minore dell'altezza di moto uniforme. Pertanto il deflusso in corrispondenza del ponte avviene ancora in condizioni di corrente lenta con una depressione dell'altezza idrica; questo perché si è nel campo delle correnti lente.

Calcolando il numero di Froude  $F$  per il tratto a monte si ha:

$$F = \frac{v}{\sqrt{gh_u}} = \frac{Q}{Bh_u} \frac{1}{\sqrt{gh_u}}$$

Sostituendo i valori numerici si ha:

<b>Calcolo del numero di Froude della corrente indisturbata</b>			
<b><i>B</i></b>	<b><i>h<sub>u</sub></i></b>	<b><i>Q</i></b>	<b><i>F</i></b>
m	m	m <sup>3</sup> /s	
184,00	2,60	1020,00	0,44

Si ha quindi  $F=0.44 < 1$ , essendo il moto di tipo lento, come detto in precedenza.

Il rapporto di restringimento dell'alveo è dato da  $r = \frac{B_o}{B}$  è pari a circa 0.84;

considerando tale valore, unitamente a quello del numero di Froude ed essendo nel campo delle *correnti lente* per calcolare il sovrizzo  $\Delta h$  rispetto all'altezza propria del moto indisturbato si può applicare *la formula di Yarnell*:

$$\Delta h = h_u K_y (K_y - 0.6 + 5F^2) [1 - r + 15(1 - r)^4] F^2$$

in cui:

$\Delta h$  = sopralzo della corrente;

$h_u$  = altezza del moto indisturbato;

$K_y$  = coefficiente di forma delle pile del ponte che in questo caso è pari a 0.90;

$F$  = numero di Froude;

$r$  = rapporto di restringimento.

Sostituendo i valori numerici si ha:

<b>Calcolo del sovrizzo con la formula di Yarnell</b>					
<b><i>r</i></b>	<b><i>1-r</i></b>	<b><i>K<sub>y</sub></i></b>	<b><i>F</i></b>	<b><i>h<sub>u</sub></i></b>	<b><math>\Delta h</math></b>
				<i>m</i>	<i>m</i>
0,84	0,16	0,9	0,44	2,6	0,26

In base ai valori sopra calcolati si ha che la quota del pelo libero nel tratto immediatamente a monte del ponte sarà data dalla somma tra l'altezza idrica e la quota media della sezione considerata. Considerando la bassa pendenza del tratto esaminato si assume come quota nel tratto considerato il valore di 1.20 m. Pertanto la quota del pelo libero della corrente a monte del ponte sarà  $Zl=1.20+2.60=3.80$  m.

Allo stesso modo la quota del pelo libero in corrispondenza della sezione del ponte sarà  $Zl= 1.20+2.50= 3.70$  m.

### *3.2 Conclusioni*

I risultati dei calcoli eseguiti sono riportati sugli elaborati grafici, allegati alla presente e portano alle seguenti conclusioni, tenendo conto sia rilievi eseguiti, dei calcoli e delle assunzioni ed approssimazioni effettuate.

Il valore di portata massima prevedibile considerato di  $1020 \text{ m}^3/\text{s}$ , con tempo di ritorno  $T=200$  anni, transita nel tratto esaminato nell'alveo contenuto all'interno della posizione degli argini attuali, con particolare riguardo all'argine destro in considerazione della zona esaminata nella presente.

Al transito di tale portata il franco, in corrispondenza dell'intradosso, del ponte SS16 è dell'ordine di 2.00 m.

### **4. Zona pianeggiante ad ovest.**

Per quanto riguarda i problemi di raccolta e deflusso delle acque di scorrimento superficiale nella zona pianeggiante ovest (descritta al precedente punto 2), si consideri l'esistente canale di raccolta delle acque dalla medesima zona. Si tratta di un canale rivestito con paratie di cemento la cui quota di fondo, nonché delle

arginature risultano compatibili con la prevista altezza del flusso fluviale. Eppure, l'evento alluvionale, precedentemente citato, deve imputarsi alla tracimazione dello stesso, non più in grado di riversare le acque raccolte durante l'evento di piena.

Il calcolo delle quote di scolo, eseguito con i metodi sopra ricordati, fornisce un'altezza sufficiente anche in caso di piena 200ennale (inferiore a quella considerata) evidenziando la presenza di altri fenomeni concomitanti, non considerati nei calcoli precedenti.

Infatti, si considerino le seguenti valutazioni.

#### *4.1.1 Studio idrologico*

L'unico pluviometro presente da molti anni nel bacino è installato ad Atri ed è di riferimento per la raccolta dei valori delle altezze di pioggia per il territorio comunale di Pineto.

Il pluviometro funziona da più di cinquanta anni, periodo abbastanza lungo per effettuare una sicura elaborazione statistica dei dati di osservazione.

Fissata l'unità di tempo (ore) da considerare per le precipitazioni si procede all'elaborazione. Sono stati presi in considerazione i dati relativi alle precipitazioni di massima intensità per i tempi di durata pari a 1, 3, 6, 12, e 24 ore della stazione pluviometrica di Atri, con i quali si procede all'elaborazione per determinare l'equazione di possibilità pluviometrica.

I dati di pioggia sono quelli forniti al Comune di Pineto, con nota n° 1172 del 14/09/1999 dall'Ufficio Idrografico e Mareografico di Pescara - Dipartimento dei Servizi Tecnici Nazionali della Presidenza del Consiglio dei Ministri. Tale nota è allegata in appendice alla presente.

I valori vengono ordinati, per le varie durate, in senso decrescente, ottenendo una matrice con un numero di colonne pari a quello delle durate considerate e un numero di righe pari a quello degli anni di osservazione.

Se si rappresentano nel piano  $(h,t)$  con  $h$  in mm e  $t$  in ore gli elementi della prima riga della matrice, unendo i punti così definiti si ottiene una spezzata, che può essere interpolata con una curva definibile a mezzo di un'equazione del tipo:

$$h=at^n$$

I parametri  $a$  ed  $n$  sono determinati analiticamente attraverso il metodo dei minimi quadrati.

**Le equazioni dei casi critici non danno modo di marcare in forma esplicita ogni evento col valore della sua frequenza probabile: cioè non consentono di valutare quale sia la ricorrenza media del suo verificarsi. Il metodo non dà modo, dunque, di ricavare un'equazione che descriva e definisca un evento pluviometrico più raro di quelli annotati nel periodo osservato, anche se all'interno del periodo stesso non possa escludersi che un siffatto evento sia avvenuto.**

Per indagare in modo più accurato intorno a questo aspetto, disponendo di una lunga serie di osservazioni, i moderni metodi statistici danno modo di determinare quale sia il tempo di ritorno  $T$ , definito come l'inverso della probabilità di superamento e corrispondente all'intervallo medio di tempo fra manifestazioni del fenomeno aventi intensità superiore o uguale a quella in esame.

**I procedimenti usati, con appropriate elaborazioni dei dati disponibili, consentono di allargare il campo delle previsioni oltre il periodo di osservazione, con un'attendibilità che va però riducendosi all'aumentare della proiezione temporale, in rapporto all'estensione del periodo di osservazione.**

Il problema si risolve quindi applicando i metodi statistico - probabilistici. Fra quelli disponibili si applica quello proposto da E.J. Gumbel (1958), che utilizza l'omonima funzione probabilistica e gode di largo credito.

I valori delle altezze di pioggia sono stati quindi perequati con la funzione di Gumbel, o distribuzione del massimo valore; successivamente è stato effettuato il test di adattamento con il metodo del  $\chi^2$  per verificare se è accettabile o meno la

formulazione ipotizzata, sia con riferimento alla scelta della funzione di distribuzione, sia con riferimento ai valori assunti dai parametri che intervengono nella identificazione della forma della funzione stessa.

Con il termine perequare si intende il modo con il quale si adatta una funzione continua ad una serie di punti appartenenti ad un piano e che rappresentino i dati pluviometrici

L'espressione della probabilità di superamento  $P(h)$  con la funzione di Gumbel è data dalla seguente espressione):

$$P(h) = 1 - \exp(-\exp(-a(h - X_o)))$$

**Considerato il tempo di ritorno  $T$ , l'inverso della probabilità di**

**superamento**  $T = \frac{1}{P(h)}$

**si ha:**  $h = X_o - \frac{1}{a} \ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right)$

**in cui:**

$h$  = altezza di pioggia in mm;

$X_o$  ed  $a$  = parametri della funzione determinati con il metodo dei momenti del I e II

$$X_o = X' - \frac{0.577}{a} \quad a = \frac{0.780}{\sigma}$$

ordine per ciascuna serie dei valori delle altezze di pioggia per le durate sopra indicate:

con  $X'$  media e  $\sigma$  scarto quadratico medio di ciascuna serie di valori di altezze di pioggia.

L'espressione del  $\chi^2$  è data dalla seguente:

$$\chi^2 = \frac{(n - \nu)^2}{\nu}$$

con:

$n$  = numero dei dati ricadenti in una determinata classe;

$\nu$  = numero dei dati totali per la probabilità di non superamento relativa a quella classe di dati.

I valori della probabilità di superamento del  $\chi^2$  sono riportati in tabelle in funzione del suo stesso valore e del numero di gradi di libertà presi in considerazione per il fenomeno studiato, forniti dal numero delle classi meno il numero dei parametri fissati meno uno.

Il test è verificato se la probabilità di superamento trovata è superiore al 5%.

Si riportano di seguito i valori delle precipitazioni di massima intensità per i tempi di durata pari a 1,3,6,12 e 24 ore ed i calcoli effettuati in forma tabellare per la determinazione dei parametri della funzione di Gumbel e l'esecuzione del test del  $\chi^2$ .

<b>Valori altezza di pioggia 1, 3, 6, 12, 24 ore</b>										
<i>Anno</i>	<i>1 ora</i>	<i>data</i>	<i>3 ore</i>	<i>data</i>	<i>6 ore</i>	<i>data</i>	<i>12 ore</i>	<i>data</i>	<i>24 ore</i>	<i>data</i>
1928	33,6	16-set	43,4	14-set	44,8	14-set	46,6	10-set	46,6	10-set
1929										
1930										
1931	18	29-nov	41	29-nov	67	29-nov	120	29-nov	175,2	29-nov
1932	43	15-set	55,6	15-set	62	12-nov	100	12-nov	132	12-nov
1933	23	09-nov	55,2	09-nov	110	09-nov	137,4	09-nov	140,4	08-nov
1934	28	21-set	48	21-ott	92	21-ott	136,4	21-set	143,6	21-set
1935	34,8	21-ago	43,2	27-ott	54,6	27-ott	59,2	27-ott	61	27-ott
1936	14	17-set	24	16-nov	41,8	15-nov	82	15-nov	121,6	16-nov
1937	10	30-giu	22,8	30-giu	42	18-feb	56	18-feb	86	18-feb
1938										
1939	48,5	07-set	60,2	07-set	66,6	07-set	69,7	07-set	74	31-mag
1940	20	29-lug	24,8	29-lug	35,2	29-giu	59,2	29-giu	95	30-nov
1941	16,4	30-giu	35	30-giu	44,4	14-nov	64	14-nov	76,4	14-nov
1942	14,6	22-giu	29,6	29-mar	49,6	29-mar	70,6	29-mar	99	29-mar
1943										
1944										
1945										
1946										
1947										
1948	13	02-nov	22,2	09-nov	33,2	09-nov	38,8	09-nov	55,8	09-nov
1949	16,2	10-ott	34	10-ott	47	10-ott	81,2	10-ott	137,2	10-ott
1950	45,4	11-lug	45,4	11-lug	53	11-lug	53	11-lug	61,8	11-lug
1951	15	09-ott	29,6	09-ott	35,2	09-ott	60,2	09-ott	66,6	09-ott
1952	16	16-set	31	16-set	36	16-set	36	16-set	40,4	23-gen
1953	30,6	07-nov	51	07-nov	73	07-nov	102,8	07-nov	112,2	06-nov
1954	12,8	19-giu	22	08-ott	35,4	08-ott	58	08-ott	95	07-ott
1955	26,6	03-ago	27,4	03-ago	30,2	07-ott	47,4	02-nov	55	07-ott
1956	20	30-nov	26,8	30-nov	60	30-nov	91,2	30-nov	157,4	30-nov

1957										
1958										
1959										
1960	36,6	06-nov	39,2	12-dic	67	12-dic	98,2	12-dic	104,4	12-dic
1961	30,4	08-lug	33,2	03-ott	48	03-ott	75	05-nov	120,6	05-nov
1962	39	16-ott	42,6	16-ott	44	30-ott	52	30-ott	67,2	16-ott
1963	37	11-lug	37,8	11-lug	38,8	08-ott	65,4	28-nov	89,4	08-ott
1964										
1965	3,8	09-apr	17	21-mag	23,2	21-mag	34,2	21-mag	48,6	21-mag
1966	12,2	19-set	23	19-set	28,6	06-mar	40	06-mar	56,4	05-mar
1967	20	18-ott	36	14-apr	58,4	14-apr	65	13-dic	124,2	12-dic
1968	35,8	29-mag	37,4	29-mag	42,4	29-mag	51,4	29-mag	69,4	29-mag
1969	26,8	11-set	46	11-set	49,4	11-set	57,4	11-set	80,2	10-set
1970	37,4	15-ott	43	15-ott	43	15-ott	57,8	15-ott	62,2	15-ott
1971	30	15-ott	43	15-ott	49,8	15-ott	58,2	15-ott	58,4	15-ott
Anno	1ora	data	3 ore	data	6 ore	data	12 ore	data	24 ore	data
1972	19	03-ago	37	20-ago	50	20-ago	57,4	15-ott	64	20-ago
1973	17	08-ott	31,2	08-ott	39,8	08-ott	55	08-ott	66	08-ott
1974	25	02-set	34	07-nov	46,8	07-nov	63,5	07-nov	93	07-nov
1975	17	28-ago	22,8	28-ago	28	12-mag	30,2	12-mag	49,8	12-mag
1976										
1977	43	02-set	52,6	02-set	52,6	02-set	59,4	02-set	59,4	02-set
1978	27	20-ott	54,6	20-ott	67	20-ott	99,8	20-ott	153,2	20-ott
1979	55,8	25-set	88,6	25-set	90	25-set	90,2	25-set	90,2	25-set
1980	10,4	29-ago	15,6	05-nov	25,4	30-apr	33	30-apr	55,4	30-apr
1981	31	04-set	33,0	22-giu	38	22-giu	49,6	04-set	57,4	04-set
1982										
1983	43	29-giu	79	29-giu	97,2	29-giu	107,4	29-giu	112,4	28-giu
1984	20,2	13-mag	32,2	13-mag	40	03-dic	64,2	03-dic	76,8	03-dic
1985	23,4	22-ott	34,2	21-ott	41,6	21-ott	46,4	21-ott	64,4	22-ott
1986										
1987	8,4	05-mag	11,6	05-mag	13	02-nov	16,6	02-nov	24,4	02-nov

1988	31,8	16-lug	34,8	16-lug	34,8	16-lug	34,8	16-lug	34,8	16-lug
1989	11,6	11-ago	22,6	29-set	28	29-set	55,8	29-set	63,8	28-set
1990	13	19-mag	18	16-nov	24,4	16-nov	31,4	16-nov	36,8	16-nov
1991	15	22-lug	16	22-lug	18	15-gen	26	24-nov	42	14-gen

**Calcolo della media e dello scarto quadratico medio**

N°	<i>1 ora</i>	<i>3 ore</i>	<i>6 ore</i>	<i>12 ore</i>	<i>24 ore</i>
1	55,8	88,6	110	137,4	175,2
2	48,5	79	97,2	136,4	157,4
3	45,4	60,2	92	120	153,2
4	43	55,6	90	107,4	143,6
5	43	55,2	73	102,8	140,4
6	43	54,6	67	100	137,2
7	39	52,6	67	99,8	132
8	37,4	51	67	98,2	124,2
9	37	48	66,6	91,2	121,6
10	36,6	46	62	90,2	120,6
11	35,8	45,4	60	82	112,4
12	34,8	43,4	58,4	81,2	112,2
13	33,6	43,2	54,6	75	104,4
14	31,8	43	53	70,6	99
15	31	43	52,6	69,7	95
16	30,6	42,6	50	65,4	95
17	30,4	41	49,8	65	93
18	30	39,2	49,6	64,2	90,2
19	28	37,8	49,4	64	89,4
20	27	37,4	48	63,5	86
21	26,8	37	47	60,2	80,2

22	26,6	36	46,8	59,4	76,8
23	25	35	44,8	59,2	76,4
24	23,4	34,8	44,4	59,2	74
25	23	34,2	44	58,2	69,4
26	20,2	34	43	58	67,2
27	20	34	42,4	57,8	66,6
28	20	33,2	42	57,4	66
29	20	33,0	41,8	57,4	64,4
30	19	32,2	41,6	56	64
31	18	31,2	40	55,8	63,8
32	17	31	39,8	55	62,2
33	17	29,6	38,8	53	61,8
34	16,4	29,6	38	52	61
35	16,2	27,4	36	51,4	59,4
36	16	26,8	35,4	49,6	58,4
37	15	24,8	35,2	47,4	57,4
38	15	24	35,2	46,6	56,4
39	14,6	23	34,8	46,4	55,8
40	14	22,8	33,2	40	55,4
41	13	22,8	30,2	38,8	55
42	13	22,6	28,6	36	49,8
43	12,8	22,2	28	34,8	48,6
44	12,2	22	28	34,2	46,6
45	11,6	18	25,4	33	42
46	10,4	17	24,4	31,4	40,4
47	10	16	23,2	30,2	36,8
48	8,4	15,6	18	26	34,8
49	3,8	11,6	13	16,6	24,4
media	24,90	36,494	47,759	64,184	82,796
s.q.m.	12,001	15,271	20,114	27,29	35,999
<b>Calcolo parametri <math>a</math> e <math>X_0</math> funzione di Gumbel</b>					

<i>a</i>	0,1068	0,084	0,0637	0,047	0,0356
<i>X<sub>0</sub></i>	19,499	29,621	38,707	51,902	66,594

<b>Test di adattamento del <math>\chi^2</math></b>							
<b>per la funzione di Gumbel</b>							
<i>Pioggie durate 1 ora</i>							
<i>Classi k</i>	<i>n</i>	<i>A*(X- X<sub>0</sub>)</i>	<i>G(X)</i>	<i>P(X)</i>	<i>v</i>	$\chi^2$	
$\chi < 12,2$	7	-0,78	0,1129	0,1129	5,534	0,3886	
$12,2 < \chi < 15$	6	-0,481	0,1985	0,0855	4,191	0,7804	
$15 < X < 18$	6	-0,16	0,3092	0,1108	5,427	0,0605	
$18 < X < 23$	6	0,374	0,5026	0,1934	9,475	1,2746	
$23 < X < 28$	6	0,9082	0,6681	0,1655	8,112	0,5497	
$28 < X < 33,6$	6	1,5064	0,8012	0,133	6,518	0,0411	
$33,6 < X < 39$	6	2,0833	0,8829	0,0818	4,007	0,9917	
$39 < X$	6	infinito	1	0,1171	5,737	0,0121	
	49				49,000	4,0987	
$\chi^2 =$		4,0987					
gradi di libertà =		8-1-2 = 5					
probab. di non superamento <		95%					

<i>Pioggie durate 3 ore</i>						
<i>Classi k</i>	<i>n</i>	<i>a*(X- X<sub>0</sub>)</i>	<i>G(X)</i>	<i>P(X)</i>	<i>v</i>	$\chi^2$
$X < 22$	7	-0,64	0,1501	0,1501	7,357	0,0174
$22 < X < 24,8$	6	-0,405	0,2234	0,0732	3,588	1,6216
$24,8 < X < 31,2$	6	0,1326	0,4165	0,1931	9,464	1,2677

31,2<X<34,2	6	0,3844	0,5062	0,0897	4,394	0,5867
34,2<X<37,8	6	0,6867	0,6046	0,0984	4,820	0,2888
37,8<X<43,2	6	1,14	0,7263	0,1217	5,964	0,0002
43,2<X<52,6	6	1,9292	0,8648	0,1385	6,787	0,0912
52,6<X	6	infinito	1	0,1352	6,625	0,059
	49				49,000	3,9326

$\chi^2 = 3,9326$
gradi di libertà = 8-1-2 =5
probab. di non superamento <95%

*Pioggie durate 6 ore*

Classi k	n	a*(X-Xo)	G(X)	P(X)	$\nu$	$\chi^2$
X<28	7	-0,682	0,1382	0,1382	6,774	0,0075
28<X<35,2	6	-0,224	0,2864	0,1481	7,258	0,218
35,2<X<40	6	0,0824	0,3982	0,1118	5,478	0,0497
40<X<44	6	0,3374	0,4899	0,0917	4,493	0,5056
44<X<49,4	6	0,6816	0,603	0,1132	5,544	0,0374
49,4<X<54,6	6	1,013	0,6955	0,0925	4,532	0,4755
54,6<X<67	6	1,8034	0,8481	0,1526	7,478	0,2921
67<X	6	Infinito	1	0,1519	7,442	0,2795
	49				49,000	1,8654

$\chi^2 = 1,8654$
gradi di libertà = 8-1-2 =5
probab. di non superamento <95%

*Pioggie durate 12 ore*

Classi k	n	a*(X-Xo)	G(X)	P(X)	$\nu$	$\chi^2$
X<34,2	7	-0,832	0,1006	0,1006	4,927	0,8717
34,2<X<47,4	6	-0,211	0,2907	0,1901	9,316	1,1805
47,4<X<55,8	6	0,1831	0,4349	0,1442	7,066	0,1609

55,8<X<58,2	6	0,2959	0,4753	0,0404	1,978	0,1745
58,2<X<64	6	0,5684	0,5675	0,0923	4,521	0,4838
64<X<75	6	1,0851	0,7133	0,1458	7,142	0,1827
75<X<99,8	6	2,2502	0,9	0,1867	9,148	1,0831
99,8<X	6	Infinito	1	0,1	4,901	0,2466
	49				49,000	4,3838

$\chi^2 = 4,3838$
gradi di libertà = 8-1-2 = 5
probab. di non superamento <95%

<i>Pioggie durata 24 ore</i>						
Classi k	n	a*(X-Xo)	G(X)	P(X)	v	$\chi^2$
X<46,6	7	-0,712	0,1303	0,1303	6,383	0,0597
46,6<X<57,4	6	-0,327	0,2497	0,1195	5,853	0,0037
57,4<X<63,8	6	-0,1	0,3313	0,0816	3,999	1,0013
63,8<X<69,4	6	0,0999	0,4046	0,0732	3,589	0,1745
69,4<X<89,4	6	0,8122	0,6415	0,237	11,611	2,7116
89,4<X<104,4	6	1,3464	0,7709	0,1294	6,339	0,0182
104,4<X<132	6	2,3293	0,9072	0,1363	6,679	0,0691
132<X	6	Infinito	1	0,0928	4,546	0,4652
	49				49,000	4,5032

$\chi^2 = 4,3838$
gradi di libertà = 8-1-2 = 5
probab. di non superamento <95%

Quindi dopo aver verificato con il test di adattamento la bontà della funzione di distribuzione scelta si determinano i valori delle altezze pluviometriche che hanno un determinato tempo di ritorno pari a  $T = 200$  anni.

Con tale valore, tramite la funzione di Gumbel, data da:

$$h = X_0 - \frac{1}{a} \ln \left( -\ln \left( 1 - \frac{1}{T} \right) \right)$$

si calcolano quindi le altezze di pioggia, per le durate corrispondenti a 1, 3, 6, 12, 24 ore.

<b>Altezze di pioggia h calcolate in funzione del tempo di ritorno T con la funzione di Gumbel</b>					
	<i>h</i> (mm)				
<i>T</i> (anni)	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
<b>200</b>	<b>69,0701</b>	<b>92,7012</b>	<b>121,792</b>	<b>164,629</b>	<b>215,295</b>

I valori calcolati, vengono poi elaborati con il metodo dei **minimi quadrati**, per determinare i parametri della relativa curva di caso critico  $h=at^n$ , corrispondente al valore del tempo di ritorno fissato.

I risultati di tali elaborazioni sono i seguenti:

<b>Parametri a ed n della curva di possibilità pluviometrica</b>		
<b><math>h=a*t^n</math> con <math>T=200</math>anni</b>		
<i>a</i>	<i>N</i>	<i>r</i> <sup>2</sup>
65,7345	0,36481	0.991

***r*<sup>2</sup> è il coefficiente di correlazione tra i valori *h* e *t* e tanto più è vicino ad 1, maggiore è la bontà dei risultati ottenuti.**

**La curva di caso critico per  $T = 200$  anni è la seguente:**

$$h = 65,7345t^{0.36}$$

La superficie di terreno dominante il canale considerato (prevalentemente adibita a zona industriale) è di circa 200 ha, dei quali circa ½ scola sul canale medesimo e l'altra metà su un'altra opera posta più ad ovest.

Non disponendo dell'esatta planimetria del territorio né della percentuale di superfici impermeabilizzate, in modo estremamente cautelativo supponiamo un coefficiente di

deflusso medio paria 0,7 (corrispondente ad una ipotesi di quasi totale impermeabilizzazione).

Alla luce delle nostre conoscenze della situazione esistente, non è possibile fornire un preciso valore del tempo di corrivazione, che però possiamo stimare compreso fra 1 h e 3 h.

La seguente tabella riporta l'altezza di precipitazione calcolata sul caso critico di 200 per tempi di pioggia di 1, 2, 3 ore ed i conseguenti coefficienti di deflusso secondo Fruhling.

Tempo di pioggia	Altezza calcolata per caso 200 anni	Coeff. Di deflusso
1h	65,73	0.70
2 h	76.06	0.77
3 h	84.36	0.80

La presumibile portata di picco alla sezione del canale scolante nel Vomano è quindi fornita dalla relazione:

$$Q_{1h} = 200 * 10^4 * 0,70 * 65,73 / (2 * 3600) = 12,8 \text{ mc/sec}$$

$$Q_{2h} = 200 * 10^4 * 0,77 * 76.06 / (2 * 2 * 3600) = 8,13 \text{ mc/sec}$$

$$Q_{3h} = 200 * 10^4 * 0,80 * 84,36 / (2 * 3 * 3600) = 6,24 \text{ mc/sec}$$

#### 4.1.2 Verifica idraulica

La fig. n° 1 riporta la sezione del canale considerato

La verifica idraulica della sezione del canale si effettua nell'ipotesi che il deflusso avvenga nella condizione di moto uniforme, utilizzando quindi l'equazione di Chezy, con la funzione di resistenza con l'espressione di Gauckler- Strickler – Manning.

Per cui si ha che l'equazione del moto uniforme è la seguente:

$$Q = A k_s R^{\frac{2}{3}} \sqrt{i}$$

ove:

$Q$  = portata (m<sup>3</sup>/s);

$A$  = area bagnata sezione del canale (m<sup>2</sup>);

$k_s = \frac{1}{n}$  coefficiente di scabrezza di Strickler-Manning;

$R$  = raggio idraulico (m);

$i$  = pendenza di fondo del canale

Per la sezione trapezia del canale si ha che le grandezze idrauliche relative hanno la seguente espressione:

$A = (l_1 + l_2) * h / 2$  area bagnata (m<sup>2</sup>);

$C = 2p + l_2$  contorno bagnato (m);

$R = \frac{A}{C}$  raggio idraulico (m);

$f = H - h$  franco di sicurezza

Ove :

$h$  = tirante idrico = m 1,20;

$l_1$  = base maggiore della sezione trapezia = m. 5,10;

$l_2$  = base minore della sezione trapezia- larghezza del fondo dell'alveo = m. 1,50;

$H$  = altezza della sezione

$p$  = lunghezza della parete inclinata = m. 2,16

Si adotta, il valore del coefficiente scabrezza di Strickler - Manning pari a  $k_s = 75 \text{ m}^{1/3} / \text{s}$ .

In base a tali considerazioni il calcolo di verifica fornisce una portata massima pari a 14,15 m<sup>3</sup>/sec, ancora superiore alla massima stimata pari a circa 12,8 m<sup>3</sup>/sec.

In linea teorica quindi risulta impossibile spiegare l'evento alluvionale già accaduto, rendendo evidente l'esistenza di una causa accessoria fino ad ora non considerata.

In effetti questa è rilevabile dall'osservazione dell'alveo del Vomano e dalla disposizione dello sbocco del canale nello stesso.

Risulta infatti che lo sbocco sia posto quasi al centro di una curva del fiume, in tangenza alla stessa, creando indubbiamente contrasto fra i due flussi idrici.

In particolare, è lecito supporre la perdita di quasi tutta la componente cinetica dell'energia dell'acqua, con conseguente sovrizzo e perdita di carico totale.

Considerando che, per la portata di  $12,8 \text{ m}^3/\text{sec}$ . ipotizzata come massima, la velocità di deflusso idrico assume a circa  $3,2 \text{ m}/\text{sec}$ , la perdita della componente cinetica comporta un sovrizzo di circa  $0,5 \text{ m}$ , che vanno computati come minore cadente disponibile.

In tali condizioni la portata si riduce a circa  $12 \text{ mc}^3/\text{sec}$ , valore insufficiente a garantire un minimo franco.

E' quindi evidente come l'origine dell'evento alluvionale sia derivato da questo canale e dalla sua impossibilità di scaricare liberamente nel corso del fiume.

Tutto ciò, oltre a suggerire che per mettere in sicurezza l'intera area sia sufficiente la creazione di un pennello fluviale che, oltre a proteggere la sponda, avrebbe l'effetto di indirizzare il flusso del canale secondo quello del fiume, quindi di salvaguardare la componente cinetica dell'energia dell'acqua - dimostra anche che gli eventi alluvionali che è lecito attendersi in zona sono comunque caratterizzati da tracimazioni lente, di colmo, con scarsi effetti dinamici, facilmente contenibili da semplici sovrizzi del terreno.

In effetti, dalle informazioni raccolte, risulta che, in occasione della precipitata alluvione, non si siano verificati fenomeni diversi dalla sommersione temporanea dei terreni per la durata necessaria a consentire l'emungimento dell'acqua tracimata attraverso il fosso posto più a valle (quasi contro il rilevato stradale della strada statale).

L'esame dettagliato delle quote in riva destra del canale dimostra la presenza di un minimo inferiore a quota  $7 \text{ m}$ . in prossimità del piede del rilevato stradale, che consente una linea di deflusso per le acque tracimate, prima al piede del rilevato

medesimo, quindi, in prossimità dell'impianto di depurazione, verso i terreni che qui si considerano. Contemporaneamente il rilevato stradale realizza un'arginatura che impedisce il rientro dell'acqua tracimata verso l'alveo fluviale, quindi il percorso dell'acqua, durante l'evento alluvionale accaduto, ha presumibilmente seguito tale andamento, che costituiva il percorso di minore pendenza per ributtarsi nell'alveo fluviale.

Inoltre, in zona sono presenti alcuni fossi minori, ovviamente caratterizzati da quote inferiori ai campi circostanti, che hanno favorito tali comportamenti.

### ***5. Ipotesi di intervento per la mitigazione del rischio***

Da quanto esposto sono risultate evidenti le cause dell'unico evento alluvionale che ha interessato la zona e che presumibilmente ha comportato la classificazione della stessa come a potenziale rischio.

Eliminando le cause, tali eventi non possono più ripetersi, quindi i lavori da realizzare sono di due tipi:

- a) risistemazione dello sbocco del canale per impedire le avvenute tracimazioni;
- b) interventi sui terreni in attesa o mancanza dei precedenti, realizzazione di un rilevato atto a costituire uno sbarramento a guardia dei terreni descritti e realizzazione dei nuovi fabbricati con base a quota 7,00, previa realizzazione di fosso di guardia a contorno.

I lavori suddetti sono di seguito descritti.

#### ***a) Risistemazione dello sbocco del canale***

I lavori di risistemazione della sezione di sbocco del canale non sono di competenza della ditta proprietaria dei terreni, ma devono essere imposti all'ente responsabile del canale, cui si devono imputare lo stato di pericolo e le limitazioni vigenti. Si tratta comunque di lavori di limitata dimensione, consistenti nell'escavazione di un imbocco in asse all'alveo fluviale per la lunghezza di almeno

50-60 m. e della realizzazione di un pennello fluviale di deviazione del flusso principale.

Tali interventi, che non limitano il libero precorso del fiume ed anzi lo favoriscono per la rimozione del materiale lapideo presente, consentirebbero la soluzione definitiva del problema.

#### *b) Interventi sui terreni*

Considerando che l'ipotesi di cui al punto precedente, anche se risolutiva, richiederà comunque lunghi tempi, certamente non compatibili col programma di realizzazione industriale previsto, è comunque possibile ipotizzare una serie di ridotti interventi, comunque capaci di limitare, se non evitare, qualsivoglia danno per il nuovo impianto.

In particolare, avendo identificato la direzione di arrivo dell'acqua, il problema ammette soluzione limitando la portata in arrivo, consentendone il contemporaneo emungimento, e rialzando adeguatamente il piano di base dei realizzandi impianti.

Per limitare le portate di possibile arrivo da monte in caso di tracimazione del canale è sufficiente realizzare un rilevato con colmo a quota 7,20 circa, che congiunga l'esistente rilevato ferroviario col rilevato stradale. Stanti le attuali quote del terreno ed i sovralti realizzati in prossimità dell'impianto di depurazione, si tratta di realizzare un argine di circa 40 m. di lunghezza in prossimità dell'avvallamento esistente in confine fra i terreni esaminati e l'impianto di depurazione. Con tale opera si evitano le tracimazioni e lo sversamento superficiale, rimanendo solo gli apporti tramite eventuali fossi non identificati.

L'area di realizzazione degli impianti non può essere generalmente sopraelevata per la presenza di fabbricati già esistenti, con piede a quota 6,50 circa.

La protezione quindi dovrà prevedere la realizzazione di un canale di sgrondo, coperto e parzialmente grigliato nella zona dei piazzali, atto ad allontanare le eventuali acque provenienti da monte assieme a quelle di precipitazione; nel

contempo la quota 6,50 deve essere considerata come la quota di base dei nuovi capannoni, ed ottenuta mediante sovrizzo con terreno lapideo.

Il canale di sgrondo, interessando solo l'area pulita dell'impianto, non richiederà particolari trattamenti per le acque in esso presenti. La sua linea di sgrondo può seguire l'attuale pendenza del terreno e raccordarsi con lo scolo, già presente, in prossimità del rilevato della strada statale.

Non riteniamo al momento necessario prevedere il calcolo di questa affossatura, in quanto di sezione contenuta e rientrante nei prevedibili calcoli di progetto dell'intero realizzando impianto.

Alla luce delle attuali conoscenze possiamo quindi affermare che, se pure la soluzione definitiva per la salvaguardia dei terreni considerati da eventi alluvionali derivi dalla risistemazione dello sbocco in alveo del canale di bonifica ad ovest dei terreni stessi, è comunque possibile garantirne la completa agibilità anche con limitate opere locali, totalmente eseguibili all'interno dei confini di proprietà, quindi, nell'ipotesi di realizzazione di tali lavori, si propone di rivedere lo stato di pericolo idraulico per i terreni considerati.

Coordinamento generale alla progettazione: \_\_\_\_\_ :  
Prof. Gianfranco VERONESI

Progettista:  
Dott. Ing. Gino LEONZI