

DEPURATORI COPERTI PER ACQUE FLUVIALI E URBANE CON CONSUMO DI CO₂ E PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA SOLARE NEL CONTESTO DI UNA DEPURAZIONE GLOBALE

a cura del P.I. Luigi Antonio Pezone e della dott.ssa Francesca Pezone

RIASSUNTO

Le acque che affluiscono ai bacini imbriferi, ai laghi, ai mari attraverso fiumi e canali raccolgono acque piovane, urbane, agricole, scarichi non trattati e non intercettabili che pur non essendo paragonabili a delle fogne, superano ampiamente i limiti delle emissioni imposti per i depuratori dalle normative europee e internazionali per quantità di coliformi fecali, azoto, fosforo, pesticidi ecc. In queste acque la presenza di una buona percentuale di ossigeno disciolto denota che se non fossero giunte alla foce avrebbero avuto la capacità di auto depurarsi lungo il percorso, con un moderato regime di turbolenza. Ma, una volta immesse nei corpi idrici recettori, contribuiscono notevolmente ad alterare l'equilibrio biochimico di questi, che sfocia nei grandi problemi ambientali a tutti noti (eutrofizzazione, acidificazione, emissioni di gas serra, etc). Se è difficile prevenire l'inquinamento di queste acque, soprattutto in particolari regioni e Paesi, allo stato dell'arte è impossibile depurarle a causa delle grandissime opere che sarebbero necessarie. Fino a qualche mese fa, anche chi scrive condivideva questa rassegnata impotenza. Oggi, riteniamo possibile trattare queste acque sia in piccole unità locali, sia grandissimi impianti fluviali. Una nuova tipologia di impianti basata sull'utilizzo di moduli sedimentatori statici combinati, lo sviluppo in verticale di alcuni processi e la copertura di vasche e manufatti con pannelli solari, normali e trasparenti, consentirà di depurare queste acque in modo sostenibile. Il collegamento idraulico ed aereo tra i manufatti, fatto sotto il piano stradale (v.dis.n. 3), permetterà un trattamento completo in spazi decine di volte inferiori ai depuratori tradizionali, con bassi consumi energetici, senza emissioni in atmosfera. In questi impianti si recupererà per via aerea il CO₂ che verrà rimesso nel bacino di ossi-nitrificazione attraverso l'impianto di ventilazione, per essere utilizzato come fonte di carbonio inorganico nei processi di nitrificazione e fotosintetico. Quest'ultimo svilupperà un plancton a perdere in serra che consumerà i nutrienti presenti nell'acqua prima che giungano al corpo recettore finale. Con questo sistema, per carichi moderati, sarà possibile eliminare il bacino di denitrificazione che richiede volumi molto superiori allo stesso bacino di ossi-nitrificazione, che nel caso del trattamento di grandi masse d'acqua rende impossibile solo ipotizzare un impianto di trattamento. Il poco fango prodotto nel bacino di ossi-nitrificazione, compresi gli eccessi di produzione algale, sarà disidratato e stabilizzato senza occupare altro spazio sfruttando

una delle caratteristiche principali dei sedimentatori statici combinati che è lo sviluppo un verticale. L'acqua depurata e denitrificata nel bacino passerà per sfioro nei sedimentari i passando attraverso pozzetti dissolutori di calcio, e volendo, in parallelo, a miscelatori di coagulante, in presenza di inquinanti non neutralizzabili nel processo biologico. La zona fanghi dei moduli di sedimentazione costituirà un grande bacino nel quale, sul fondo, potrà essere somministrato CO₂ proveniente da rete o da serbatoi in pressione fino a raggiungere la condizione di equilibrio con l'alcalinità bicarbonatica dell'acqua. Con una serie di linee parallele sarà possibile trattare qualsiasi portata. Nel caso dei fiumi, saranno necessarie grandi opere ma non impossibili come attualmente. Realizzando delle chiuse, si potrà anche conservare la navigabilità e la migrazione dei pesci. I depuratori fluviali, con basso carico organico, non solo potrebbero depurare le acque, ma anche l'atmosfera, riducendo le emissioni oceaniche attraverso l'alcalinizzazione delle acque e consumando il CO₂ prodotto dalle industrie e dalle centrali termiche insieme alla calce in un processo di carbonatazione concepito esclusivamente per questo scopo. In questi depuratori gli eccessi di calcio precipiteranno sottoforma di CaCO₃ nei fanghi, gli eccessi di CO₂ saranno ricircolati con l'impianto di ventilazione nel bacino di ossi-nitrificazione. Questo processo potrebbe essere praticato su tutti i fiumi e canali in alternativa allo stoccaggio sotterraneo del CO₂, che sembra la soluzione più accreditata per ridurre le emissioni di CO₂ del prossimo futuro, arginando anche l'eutrofizzazione e l'acidificazione degli oceani. Anche i depuratori urbani potrebbero essere realizzati con questo sistema. Non potendo sfruttare pienamente la fotosintesi per l'alto grado di inquinamento e la poca trasparenza del liquame, saranno completati con un bacino di denitrificazione. Ma comunque si ridurrebbero di ingombro, in particolar modo, se il sistema utilizzerà nel percorso fognario gli stessi sedimentatori statici combinati, che consentiranno di anticipare il trattamento primario nella stessa fogna, insieme a una spontanea denitrificazione, pur assicurando la pulizia della fogna stessa. Con la produzione energetica solare diventerebbero più che autonomi energeticamente. Non emetterebbero CO₂ nell'ambiente, come fanno attualmente con le esalazioni dei bacini, potrebbero anch'essi consumare CO₂ prodotta dalle industrie e centrali termiche. Per chi non conosce i "sedimentatori statici combinati con disidratazione e stabilizzazione dei fanghi con polveri di calcio", diciamo che questi sono comuni sedimentatori Dortmund che si avvantaggiano della dotazione di pacchi lamellari che aumentano la velocità di sedimentazione di circa 6 volte e di un sistema che suddivide la portata dei fanghi prodotti in diverse centinaia di punti di disidratazione e stabilizzazione che vengono alimentati contemporaneamente da una vasca di pochi cm di altezza ma di grande superficie sovrapposta ai sedimentatori stessi e contenente altrettanti galleggianti di peso calcolato. Questi con la spinta idrostatica aprono e chiudono i fori di distribuzione del fango, al di sotto dei quali

si trovano dei diffusori idraulici e dei sacchi drenanti pressurizzati con aria e polveri di calcio. Il sistema, consente di estrarre direttamente dai sedimentatori i fanghi e di stabilizzarli aerobicamente con calce, con tempi di trattamento lunghissimi e in spazi ridottissimi, eliminando tutta la linea fanghi che esiste nei classici depuratori a fanghi attivi con i relativi macchinari di trasporto e trattamento. Di questo sistema si avvantaggerebbero anche i piccoli impianti di depurazione, oggi penalizzati nella conduzione e gestione proprio dal trattamento fanghi che non potendo essere effettuato in continuo comporta accumulo di fango e macchine di disidratazione costose e poco utilizzate, richiede personale per le operazioni, notevole spazio, un appositi manufatti, sviluppa cattivi odori.

DESCRIZIONE DEPURATORE FLUVIALE

Il costante incremento del CO₂ nell'atmosfera, l'acidificazione degli oceani, l'inquinamento dei fiumi, sono tre problemi contro i quali siamo quasi impotenti, che potrebbero avere una unica soluzione: La depurazione, la carbonatazione e l'alcalinizzazione delle acque di fiumi alle foci. Per poter ipotizzare degli impianti che possano assolvere a un compito così gravoso è stato necessario concepire delle soluzioni impiantistiche che riducano gli ingombri necessari e i consumi energetici, utilizzando tecnologie, note e non note e soprattutto, nuove idee. Partiamo dal rapporto di Legambiente (Goletta verde 2009) sullo stato ambientale della maggioranza dei nostri fiumi, rilevato alle varie foci, che vengono definiti inquinati o gravemente inquinati. Non si salvano nemmeno le regioni più virtuose, essendo troppe le cause di inquinamento che agiscono sui corsi d'acqua superficiali man mano che si avvicinano alla foce. Basti pensare che in Italia ci sono ancora 18 milioni di persone prive di impianti di depurazione, a queste si aggiungano le acque di scolo agricole, scarichi abusivi civili e industriali. I recettori naturali di queste fonti di inquinamento sono i fiumi. Un fiume può percorrere i primi chilometri con una qualità delle acque definibile ottima e arrivare alla foce con una qualità pessima attraversando le cinque classi di valutazione dello stato ecologico (SECA) previste nel Testo Unico Ambientale. All'estero le cose non vanno meglio. In Cina, dove è in corso una rivoluzione industriale senza precedenti, la situazione dei grandi fiumi, che bagnano il paese e dei loro affluenti, nonché dei laghi è, a dir poco, agghiacciante. Si calcola che siano inquinati il 90% dei fiumi e dei laghi cinesi, specialmente al nord, con oltre il 70% delle acque dei fiumi Giallo o Huang He (il più lungo, che va dall'altopiano del Tibet al golfo di Bo Hai, nel Mare Cinese orientale, dopo 5.460 Km), dello Huai e del Hai, nonché dei loro affluenti. Le loro acque sono troppo inquinate per l'uso umano. Oltre 320 milioni di contadini cinesi non hanno accesso all'acqua potabile e coltivano la loro produzione con acqua inquinata. Sarebbe meglio prevenire l'inquinamento dei fiumi con trattamenti locali distribuiti

sul territorio, ma in qualche caso potrebbe essere necessario depurarne le acque per l'importanza che assumono nell'ecosistema globale. Sono l'ultimo baluardo per prevenire e contenere fenomeni quali la eutrofizzazione e/o la contaminazione chimica e microbiologica dei laghi e dei mari, che generano acidificazione, putrefazione, fermentazione, emissioni di biogas, in una spirale perversa che autoalimenta l'inquinamento, le emissioni di CO₂ responsabili del buco nell'ozono e dell'acidificazione dei mari. Quest'ultima, a causa dell'aumento di CO₂ nell'atmosfera, ha subito una accelerazione dieci volte superiore ai modelli matematici. Secondo previsioni attendibili, nel 2100, il CO₂ potrebbe raggiungere le 650 ppm, dalle attuali 380 (che 150 anni fa erano 280), la riduzione del PH di 0.3 unità, che corrisponde a un incremento degli ioni H⁺ del 77% (http://dsii.dsi.unifi.it/~marsili/PPT/Ciclo_Carbonio.pdf). Secondo le stime dell'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), i flussi annuali di biossido di carbonio (CO₂) sono 90 GtC/anno per lo scambio aria-oceano e 120 GtC/anno per lo scambio aria-terra. Le emissioni antropogeniche di CO₂ ammontano soltanto a 6,4 GtC/anno. L'incremento di CO₂ è quasi completamente assorbito dagli oceani (giacché gli alberi hanno subito una selvaggia deforestazione) che hanno incrementato la produzione di plancton, ma non possiamo gioire di questo provvidenziale intervento. **Secondo un autorevole studio di ricercatori germanici, questo incremento di produzione arriverà a circa il 40% entro il 2100 (www.blogalileo.com/planctonoceanico). Sarà la condanna definitiva dei fondali oceanici. La decomposizione dei microrganismi ricchi di CO₂ porterebbe all'eutrofizzazione degli oceani, con un maggiore consumo di ossigeno, sottratto alle altre specie marine e l'acidificazione degli strati più profondi, che diventerebbero inospitali per specie vegetali e animali.** Questo fenomeno preoccupa gli scienziati almeno quanto il buco nell'ozono. Ma non basta preoccuparsi, occorrono impianti che possano intervenire nella correzione del fenomeno. La ragione dell'accelerazione dell'acidificazione degli oceani è molto semplice: E' dovuta al delicato equilibrio chimico dell'acido carbonico in acqua, che si trova in un campo molto ristretto del valore PH, compreso tra il valore 7,5 e 8,4. Ogni bacino o località ha il proprio punto di equilibrio, dipendente dalle concentrazioni tra l'acido debole (acido carbonico) e la base forte (idrossido di calcio, presente in soluzione come bicarbonato di calcio). La minima variazione della concentrazione di acido carbonico intorno al punto di equilibrio precipita sotto forma di carbonato di calcio, oppure libera CO₂ che alimenta la produzione di plancton in eccesso. L'importanza di questo concetto è provata dal fatto che l'acidificazione degli oceani fino ad ora registrata è di un solo decimo di unità e già siamo sconvolti dalle conseguenze (sollevamento dei mari, aumento della temperatura, variazioni biologiche di diversi microrganismi, riduzione delle barriere coralline, ecc.). I fiumi sono la più

grande fonte di inquinamento degli oceani, potrebbero diventare la più grande fonte di risanamento degli stessi se apportassero acque agli oceani depurate e alcalinizzate artificialmente per contrastare i fenomeni acidificanti con la stessa legge esponenziale che governa tali fenomeni. **Per poter trattare grandi masse d'acqua con bassi carichi organici, come i fiumi, occorrono soluzioni impiantistiche diverse dai depuratori** che conosciamo, che consentano di semplificare e compattare i processi. I fiumi hanno una portata molto incostante nel corso dell'anno, potremmo trovarci a trattare piccolissime portate con una elevata concentrazione organica nei mesi estivi e grandissime portate con bassissime concentrazioni di sostanze inquinanti che non andrebbero trattate. Non tutti i mali finiscono per nuocere, risparmieremo di trattare le acque delle piene (non inquinate) e faremo un trattamento diversificato per le altre, completo per quelle di magra (es. 20 - 40 % della portata nominale) e sommeremo a questo un trattamento parziale per una quota massima pari al 100 % della portata nominale per gli altri periodi, arrivando a trattare una portata del 120 - 140 % rispetto alla nominale. Utilizzando questo sistema, pur arrivando a una potenzialità di trattamento superiore alla portata nominale, ridurremo ancora gli ingombri, poiché i trattamenti parziali, che consentono soltanto una moderata ossidazione la sedimentazione e l'alcalinizzazione rispetto a quelli totali, occuperanno soltanto il 15 - 20 % dello spazio a parità di quantità di acqua trattata. Con questa ulteriore riduzione di spazio occupato potremo finalmente parlare di trattamento fluviale. Le opere necessarie saranno grandi, ma non impossibili come lo erano senza queste nuove soluzioni. Avendo concepito un sistema modulare, in ogni stagione funzioneranno solo i moduli depurativi necessari alla portata del fiume, dando la precedenza a quelli del trattamento completo mentre gli altri saranno intercettati con delle paratoie e valvole motorizzate per non consumare inutilmente energia. In compenso la produzione energetica con i pannelli solari di copertura funzionerà per tutto l'anno, gli eccessi di produzione elettrica potranno essere ceduti ai gestori della rete elettrica.

Poiché lo scopo della depurazione fluviale, è soprattutto quello di adeguare le acque al valore alcalino del mare ricevente, anche le acque di piena che sfuggiranno completamente a questo trattamento, saranno parzialmente alcalinizzate, attraverso un sovradosaggio di calce effettuato su quelle trattate. La miscelazione tra le acque trattate e non trattate avverrà subito dopo il dosaggio, quando confluiranno nello stesso letto del fiume. Il ciclo idrologico del pianeta e la pompa oceanica alimentata correttamente, le correnti marine faranno il resto del processo.

Riportiamo i processi depurativi previsti nei settori disposti in parallelo, alimentati dal canale centrale del fiume e dai canali laterali:

a) 20 - 40 % della portata nominale.

Ogni settore sarà costituito da:

-Un bacino di ossi-nitrificazione nel quale avverrà anche la fotosintesi clorofilliana per sviluppare un plancton, la cui coltivazione consuma i nitrati, fosfati e il CO₂ trattenuto dalla copertura nell'ambiente per mezzo di pannelli solari trasparenti. Le sostanze galleggianti prodotte da questo processo saranno filtrate e disidratate insieme ai fanghi.

-Un fabbricato parallelo al bacino, abbinato a un locale di servizio sottostrada nei quali avverranno in maniera compatta per mezzo di moduli perfettamente uguali, la sedimentazione, l'alcalinizzazione, la carbonatazione eventuali precipitazioni chimiche, la disidratazione e la stabilizzazione chimica di fanghi.

b) 100 % della portata nominale.

Ogni settore sarà costituito da:

-Un fabbricato abbinato a un locale di servizio sottostrada nel quale ci sarà un canale, ossidato con l'aria di ricircolo, che alimenterà con la stessa portata i vari moduli come a pos. "a": la sedimentazione, l'alcalinizzazione, la carbonatazione eventuali precipitazioni chimiche, la disidratazione e la stabilizzazione chimica di fanghi

La somma dei settori depurativi di pos. a + b assicurerà il 120 - 140 % della portata nominale .

Gli impianti si potranno realizzare restando nell'ambito dell'alveo maggiore del fiume (letto di inondazione) mediante l'ampliamento dell'alveo di piena (letto ordinario), sviluppandoli per diversi chilometri nei tratti pianeggianti che precedono le foci. Più l'impianto potrà svilupparsi in lunghezza, più sarà contenuto nell'ambito del letto ordinario del fiume stesso. Basterà guardare i disegni elaborati, che illustrano le piante e le varie sezioni per comprendere la soluzione.

Vediamo come si potrebbero concepire impianti per grandi portate di acqua, con bassi carichi organici, che utilizzino energia solare, con ingombri decine di volte inferiori ai sistemi tradizionali, senza emissioni di CO₂, che possano addirittura consumare CO₂ prodotto nelle industrie e negli impianti termici. Partiamo da quest'ultimo aspetto:

Se in un bacino di acqua aggiungiamo della calce, per prima cosa neutralizziamo il CO₂ libero formando bicarbonato di calcio solubile. Se abbondiamo nella somministrazione, trasformiamo il bicarbonato solubile in carbonato di calcio insolubile che precipita, nel frattempo aumenta il PH. Se nello stesso tempo somministriamo altro CO₂ attraverso tubi sommersi forati posizionati sul fondo, con la stessa CO₂ smuoviamo il carbonato di calcio precipitato e dal rimescolamento produciamo

nuovo bicarbonato raggiungendo un nuovo punto di equilibrio chimico. Se aggiungiamo di nuovo calce facciamo riprecipitare il bicarbonato in carbonato. Aggiungendo di nuovo CO₂ invertiamo di nuovo il processo per cercare un nuovo punto di equilibrio a un livello più basso di alcalinità. Questo ciclo può proseguire a tempo indefinito nell'acqua che è presente in un bacino senza mai raggiungere il punto di minima solubilità del bicarbonato in acqua che corrisponde a un PH 9,4-9,6, dove avviene la precipitazione in carbonato spontaneamente, senza aggiungere altro CO₂. La sequenza di somministrazioni di CO₂ e calcio è nota con il nome di "carbonatazione" e viene utilizzata negli impianti di addolcimento delle acque dure per ottenere gradi di addolcimento superiori, a quelli conseguibili con una sola somministrazione di calcio. Questo processo lo possiamo utilizzare negli impianti fluviali proposti, anziché per addolcire le acque, per consumare CO₂ nei periodi di bassa portata, quando sarà possibile fermare il flusso delle acque in alcuni bacini di trattamento. Realizzando parzialmente la sequenza, con l'acqua in movimento possiamo utilizzare il processo consumando in continuo CO₂ e calce, nelle giuste proporzioni, adeguando l'alcalinità di scarico a quella corpo idrico ricevente, che se si tratta di un mare o un oceano è mediamente 5-6 volte più elevata di quella delle acque dolci.

Per incidere sui fenomeni delle emissioni di CO₂ e l'acidificazione degli oceani bisogna incominciare a pensare di utilizzare le acque dei fiumi su larga scala usando il suddetto sistema. Se depurassimo le acque dei fiumi consumando calce potremmo realizzare delle autentiche centrali di consumo del CO₂. Si riportano di seguito le reazioni, premettendo che scrivere acido carbonico (H₂CO₃) è la stessa cosa che scrivere H₂O + CO₂ per la debolezza dell'acido che esiste solo in acqua, scrivere CAO + H₂O e quasi la stessa cosa che scrivere Ca(OH)₂, in quanto l'ossido di calcio si trasforma rapidamente in idrossido:

$2 \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$. Continuando a somministrare idrossido di calcio:

$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow 2\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$. Continuando a somministrare CO₂:

$\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Ma l'effetto principale del trattamento non si manifesta nell'impianto, ma nelle acque oceaniche dove l'alcalinità somministrata andrà a contrastare la curva di acidificazione delle acque con la stessa legge esponenziale. Oggi non esiste nulla che possa contrastarla.

Realizzando questa serie di reazioni reversibili al coperto si possono recuperare le emissioni di CO₂ con un impianto di ventilazione e immetterle nel bacino di trattamento utilizzandole come fonte di carbonio inorganico per la nitrificazione (che trasforma l'azoto ammoniacale e i nitriti in nitrati) e la fotosintesi che consuma i nitrati. La copertura, realizzata con pannelli solari trasparenti consentirà sia la

fotosintesi che la produzione dell'energia elettrica necessaria all'intero impianto. Dato il basso carico organico non sarà né possibile né necessario denitrificare. La denitrificazione sarà sostituita dalla fotosintesi, che avrà il vantaggio di essere anche meno ingombrante svolgendosi nello stesso bacino della ossidazione e nitrificazione. L'abbinamento di questo bacino, ridotto in questo modo nelle dimensioni, con i sedimentatori statici combinati che eliminano tutta la linea fanghi dei comuni depuratori, consente di realizzare impianti decine di volte più piccoli dei depuratori tradizionali. Il problema della riduzione del CO₂ potrebbe dare una spinta a risolvere anche il problema dell'inquinamento dei fiumi, che non può essere risolto solo con gli impianti di depurazione urbani che coprono sì e no un centesimo del territorio interessato. Come detto sopra, anche i fiumi delle regioni più virtuose, soprattutto in estate, presentano un grado di inquinamento alla foce incompatibile per il risanamento dell'ambiente. Le immissioni non controllabili sono troppe: provenienti dall'agricoltura, abusive industriali, domestiche, zootecniche, precipitazioni atmosferiche. Piccoli impianti depurativi ad energia solare, distribuiti sul territorio e sui corsi d'acqua secondari potrebbero risolvere il problema, perfezionato alla foce dei fiumi con alcalinizzazione.

In varie parti del mondo, tra cui in Italia, si stanno investendo ingenti capitali per sperimentare lo stoccaggio del CO₂ prodotto dalle industrie e dalle centrali termiche nel sottosuolo a circa 1000 m di profondità e 80 bar di pressione. Questa soluzione, dagli incerti aspetti geologici, non inciderà sulla prevenzione ambientale necessaria per una effettiva riduzione delle emissioni. Non potrà intervenire incisivamente nemmeno sulle grandi emissioni che provengono dai laghi, paludi e dagli stessi fiumi inquinati poiché queste emissioni non possono essere catturate, ma soltanto prevenute.

La depurazione fluviale sebbene sconosciuta sotto l'aspetto depurativo è molto più pratica ed efficiente degli alberi, sebbene questi siano indispensabili e insostituibili per catturare direttamente dall'ambiente il gas. Gli alberi quando muoiono e marciscono o vengono bruciati restituiscono buona parte del CO₂ assorbito durante la vita, non possono depurare le acque ma solo l'atmosfera, non possono consumare CO₂ industriale ecc., non possono essere coperti per produrre energia elettrica. Se si procedesse soltanto depurare e alcalinizzare i fiumi, non ci sarebbe bisogno di alcun protocollo di Kyoto che rispetto alle enormi potenzialità fluviali esprime obiettivi quasi insignificanti (entro il 2020 riduzione del 30% per USA, UE, Giappone, 25% Russia, 2% Cina).

Dal punto di vista delle opere civili e idrauliche, è preferibile realizzare gli impianti dove l'alveo di piena è più profondo e le sponde abbastanza alte per poter accumulare e decantare le acque da trattare e soprattutto per poter scaricare nella parte sottostante (zona del canale di magra) tutte le acque trattate. Sostanzialmente, l'impianto lavorerà a livello costante, quasi di piena, anche senza un bacino

di accumulo a monte, contenendo le oscillazioni di livello in base al numero di moduli in funzione. Sarà costituito da un canale centrale dotato di una chiusa a valle, per l'innalzamento del livello (nel caso di fiumi grandi, almeno altre due chiuse per superare i dislivelli e rendere il canale navigabile) e delle diramazioni a pettine (panconabili) su entrambi i lati, che alimenteranno i moduli di depurazione paralleli che scaricheranno l'acqua depurata nella parte sottostante (corrispondente al letto ordinario), dove saranno realizzati dei canali tra loro comunicanti che in caso di piena eccezionale, per alimentare il deflusso delle acque, potranno essere alimentati direttamente dal decantatore per mezzo di paratoie motorizzate. Sui due lati del fiume, affiancheranno l'impianto due canali di by-pass collegati ai rami a pettine. Questi canali, costruiti per deviare il flusso delle acque nella fase di realizzazione delle opere e successivamente lasciati in servizio per aumentare il volume di accumulo nella fase di trattamento, avranno anche la funzione di aumentare la capacità di deflusso delle acque in caso di piena mediante l'apertura di chiuse a valle. La somma delle sezioni di passaggio del canale principale, delle sezioni di alimentazioni dei trattamenti, e dei canali di by-pass dovrà equivalere o superare la sezione utile del letto ordinario di piena prima dell'installazione degli impianti. La sezione utile dei canali di scarico sottoposti all'impianto dovrà avere una sezione di passaggio pari alla somma delle sezioni di alimentazioni dei moduli di trattamento delle sezioni a + b (140 % della portata nominale dimensionate con una velocità di circa 1 m/s). Questo percorso svolgendosi in ambiente anossico con acqua alcalinizzata potrà contribuire a una parziale e utile denitrificazione dell'acqua prima di sboccare alla fine dell'impianto. anche questo contributo non è da sottovalutare, soprattutto in estate quando le acque sono in minore quantità e maggiormente inquinate, dato che il percorso sommerso in moltissimi casi avrà una lunghezza di diversi km.

Le portate, eccedenti la capacità di trattamento, saranno sfiorate da fori di sfioro posti nel primo tratto dei canali a pettine che alimenteranno direttamente i canali di scarico, e soglie di sfioro poste sulle chiuse a valle dei canali di by-pass, se il livello continuerà a salire si aprirà gradualmente la chiusa del canale centrale, e solo alla fine si apriranno anche le chiuse dei canali di by-pass e le paratoie che alimentano direttamente i canali di scarico delle acque depurate.

Dal punto di vista impiantistico ambientale, saranno utilizzati in modo particolare i sistemi che consentono di risparmiare spazio a parità di quantità di acqua trattata perché la depurazione fluviale avrà soprattutto il compito di prevenire l'acidificazione oceanica e di ridurre le emissioni di CO₂. I problemi specifici di singoli inquinanti dovranno essere risolti a livello locale negli impianti industriali, urbani, domestici, fognari, locali e degli affluenti. I depuratori fluviali da posizionare a monte delle foci che sboccano al mare dovranno avere soprattutto il compito di alcalinizzare le acque dolci

portandole a un livello di durezza e PH pari o leggermente superiore a quello dell'oceano di riferimento, per prevenire fenomeni di eutrofizzazioni, acidificazione oceanica, salinificazione delle falde acquifere dolci delle zone costiere. Questi impianti di trattamento saranno caratterizzati da alcuni aspetti fondamentali ai fini della riduzione degli ingombri e delle emissioni atmosferiche:

1) Utilizzare i sedimentatori statici combinati che consentono di ridurre gli spazi necessari con autonomie gestionali lunghissime, consentendo anche la filtrazione di alghe galleggianti nei fanghi. (V.dis. n. 1, 4, 5, 6).

2) Coprire l'intero impianto con dei pannelli fotovoltaici, di cui almeno quelli che copriranno il bacino di ossi-nitrificazione saranno del tipo trasparente, in modo da permettere lo sviluppo del processo fotosintetico, evitando nel contempo le emissioni in atmosfera di CO₂ (V.dis. n. 1, 4, 5, 6).

3) Ricircolare l'aria che fuoriesce dal bacino e dai sedimentatori reinserendo i gas (in modo particolare il CO₂) sul fondo del bacino procurando l'agitazione necessaria allo sviluppo batterico e alimentando di CO₂ i batteri nitrificanti e autotrofici del processo foto sintetico (V.dis. n. 1, 4, 5, 6).

4) Neutralizzare i nutrienti indesiderati con una produzione intensiva di plancton in serra (che consuma CO₂) in modo da esaurire l'eutrofizzazione prima di arrivare al corpo idrico recettore (V.dis. n. 3,5).

5) Consumare CO₂ di provenienza industriale iniettandolo nei fanghi anaerobici dei sedimentatori (carbonatazione). La risalita del gas porterebbe effetti benefici anche allo sviluppo batterico, agevolando il contatto, e flottando le particelle leggere. (V.dis. n. 1, 4,5, 6).

6) Alcalinizzare l'acqua in uscita dall'impianto al valore del corpo idrico ricevente in modo da non alterare l'equilibrio alcalino dello stesso, evitando soprattutto di liberare CO₂ (V.dis. n.1, 6). La calce necessaria per l'alcalinizzazione, sarà prelevata dagli stessi silos della disidratazione-stabilizzazione e trasportata, già dosata, pneumaticamente ai dissolutori. Come sopra anticipato, per dare un'idea del dimensionamento di un depuratore fluviale ipotizziamo di effettuare il trattamento completo soltanto a 1/3 della portata nominale di un fiume di medie dimensioni con una portata di 120 m³/s, pari a 40 m³/s (144.000 m³/h - 3.456.000 m³/g), a cui sommeremo il trattamento parziale (sedimentazione e alcalinizzazione) per una quota pari alla portata nominale (120 m³/s)

A) Sezione di trattamento completo (40 m³/s)

a 1) Dimensionamento.

Prendiamo spunto dal manuale di Ekenfelder Jr. (ed. Etas) per il dimensionamento dei bacini di ossidazione nitrificazione assumendo i seguenti valori di progetto:

BODmedio nell'influente 60 mg/lit; NH₃-N media 40 mg/lit; temperatura media 15 °C;

$BOD_{\text{effluente}} = 20 \text{ mg/l}$; coefficiente di crescita della biomassa “a” = 0,55; frazione degradabile dei solidi volatili “ x_d ” = 0,60; coefficiente correttivo della velocità di nitrificazione “ θ ” = 0,15; coefficiente di respirazione endogena “b” = 0,1 giorni^{-1} ; coefficiente di crescita dei batteri nitrificanti “ a_n ” = 0,15; MLVSS “ X_v ” = 3500 mg/l.

Dallo stesso manuale rileviamo l’età del fango critica a 15 °C. $\theta_c = 2,13 \text{ g}$. Utilizzando il fattore di sicurezza consigliato pari a 2,5 l’età del fango di progetto diventa 5,33 giorni ($2,13 * 2,5$). Per una concentrazione di MLVSS (X_v) = a 3500mg/l, il tempo di ritenzione idraulica richiesto è dato dalla formula

$$t = \theta_c * a (\Delta \text{bod}) / X_v * (1 + b x_d \theta_c) = 0.095 \text{ giorni} = 2,28 \text{ ore.}$$

Calcolo volume necessario all’ossidazione $Q.t = 3.456.000 \text{ m}^3/\text{g} * 0.095 = 328.320\text{m}^3$

Calcolo della quantità di fango prodotto per la riduzione del materiale organico:

$$\Delta X_v = a (\Delta \text{bod}) - b x_d X_v t (\text{giorni}) = 0,55 * 40 - 0,1 * 0,60 * 3500 * 0,095 = 2.05 \text{ mg/l}$$

$\Delta X_v \text{ impianto} = 2,05 * 40 * 3600 * 24 * 10^{-3} = 7.085 \text{ kg / giorno}$. A cui vanno aggiunti i fanghi prodotti dalla decomposizione del plancton non quantificabili che stimiamo circa di pari quantità. Arrotondiamo il totale fanghi a 14.000 kg / giorno

Calcolo di $\text{NH}_3\text{-N}$ mediante sintesi, assumendo che il contenuto di azoto nel fango attivo di supero sia uguale al 10%:

$$\text{NH}_3\text{-N} * 0,1 = 2,05 * 0,1 = 0.201 \text{ mg/l (trascurabile)}$$

Calcolo della velocità globale di nitrificazione.

La velocità specifica di ossidazione dell’ $\text{NH}_3\text{-N}$ a 20 °C. è di 1.04 mg/mg VSS-giorno.

La frazione di biomassa nitrificante nel bacino di aerazione è

$$f_n = a_n * N / (a_n N + (\Delta \text{bod})) = 0.15 * 40 / (0.15 * 40 + 0,55 * 40) = 0,21.$$

La velocità globale di nitrificazione è data da:

$$R_n = 1.04 \theta^{(T-20)} * f_n * X_v = 601 \text{ mgNH}_3 - \text{N} / \text{l-giorno.}$$

Calcolo del tempo di ritenzione idraulica necessario per la nitrificazione:

$$t = (40 \text{ mgNH}_3 - \text{N} / \text{l}) / (601 \text{ mgNH}_3 - \text{N} / \text{l-giorno}) = 0,066 \text{ giorni} = \text{ore } 1,58$$

Calcolo volume necessario alla nitrificazione $Q.t = 3.456.000 \text{ m}^3/\text{g} * 0.066 = 2.280.096 \text{ m}^3$

Essendo il tempo di ritenzione e il volume necessario per la nitrificazione inferiore a quello dell’ossidazione viene preso a riferimento per il dimensionamento il volume dell’ossidazione.

Ipotizziamo di far passare queste acque dopo l’ossi-nitrificazione in sedimentatori con pacchi lamellari tipo Dortmund con una sezione di passaggio di 25 m^2 , che consentono una velocità ascensionale dell’acqua di circa 8 m/h (equivalente a 1,5 m/h di un sedimentatore senza i pacchi lamellari).

Pertanto dobbiamo prevedere almeno n. 720 sedimentatori ($144.000 / 25 \cdot 8$), che divideremo in n.12 moduli con 60 sedimentatori. Essendo l'ingombro in lunghezza del sedimentatore 5.5 m. la lunghezza di ogni modulo sarà m. 330. Parimenti, anche il bacino di ossidazione sarà diviso in 12 canali di lunghezza m. 330 m (6 su ogni lato del canale di alimentazione centrale). Stabilendo un'altezza dell'acqua nel bacino di m 7,50 per rispettare i tempi di ritenzione calcolati basterebbe una larghezza del canale di 11 m., ma avendo introdotto nel trattamento anche la produzione di plancton che dipende dai nutrienti presenti, portiamo prudenzialmente la larghezza dei canali a 14 m. ricavando un volume totale di 415.800 m^3 . Il tempo di ritenzione effettivo sarà di 2,88ore. La velocità del flusso orizzontale sarà $0,0317 \text{ m/sec}$ ($40 / 7,5/14/12$).

Poiché, come si è detto, in questo impianto utilizzeremo i sedimentatori statici combinati, senza i quali difficilmente si potrebbero concepire i depuratori fluviali, che consentono l'estrazione, la disidratazione e la stabilizzazione dei fanghi in verticale, sullo stesso sedimentatore, non sono necessari altri ingombri per realizzare l'impianto. Non è necessario nemmeno il volume anossico per la denitrificazione che in un impianto tradizionale occuperebbe uno spazio quasi 3,5 volte superiore alla vasca di ossidazione sopra dimensionata. Solo per dimostrare la veridicità di quanto asseriamo si riporta il calcolo di tale volume:

Assumendo una velocità specifica di denitrificazione = $0,06 \text{ kg NO}_3 - \text{N} / \text{kg VSS- giorno}$ (a 20°C .);
 $\theta = 1,1$; $K = 6.4 \text{ giorni}^{-1}$ a 15°C .

Velocità globale di denitrificazione $R_{\text{DN}} = 0.06 \text{ mg NO}_3 - \text{N} / \text{mg VSS- giorno} \cdot 1,10^{(15-20)} \cdot 3500 \text{ mg VSS/l} = 130 \text{ mg NO}_3 - \text{N} / \text{lt-giorno}$

$t = 40 (\text{mg NO}_3 - \text{N}_{\text{den}} / \text{lt}) / 130 (\text{mg NO}_3 - \text{N} / \text{lt-giorno}) = 0,307 \text{ giorni} = 7,3 \text{ ore}$

Volume anossico necessario alla denitrificazione $Q \cdot t = 3.456.000 \text{ m}^3/\text{g} \cdot 0.307 = 1.060.992 \text{ m}^3$ Questo immenso volume necessario, quasi 3,5 volte superiore al bacino di ossi-nitrificazione calcolato che si aggiungerebbe allo stesso, renderebbe molto più ingombrante questo tipo di impianto, assimilandolo come tipo ai nuovi depuratori urbani, che vedremo in seguito. Inoltre, il trattamento di denitrificazione richiederebbe un carico organico di almeno 3 mg di BOD5 per ogni mg $\text{NO}_3 - \text{N}$ rimosso, che nemmeno sono disponibili, avendo ipotizzato per le nostre acque un BOD5 di soli 60 mg/l. Pertanto, in questo impianto non sarà effettuata la denitrificazione anossica. Per la completa rimozione dei nutrienti fosforo e azoto si utilizzerà la fotosintesi clorofilliana sviluppata nella stessa vasca di ossidazione, che darà libero sfogo alla crescita di un plancton galleggiante, che nella stessa vasca svolgerà il proprio ciclo di vita trasformandosi in fango, consumato ed evacuato come tale.

-Come si vede dai dis. n. 1, 3,4,5,6 le coperture delle vasche e dei fabbricati possono essere utilizzate per produrre energia solare. La superficie utilizzabile per produrre energia elettrica, ricavabile dai disegni elaborati è di circa 233.000 m².

Dallo schema di flusso del dis. n.1, dal lay out (dis. n. 2), dalla sez. A-A del dis. n. 4, dalle sezioni B - B e B1 - B1 del dis. n. 5 e 6 si può notare come è sviluppato il trattamento depurativo completo: i bacini di ossi-nitrificazione e produzione plancton sono collegati per via sotterranea ai fabbricati di sedimentazione e trattamento fanghi, non solo per la circolazione dell'acqua ma anche per la circolazione dell'aria contenente il CO₂ esalato dalle acque presenti nei bacini; si può notare il posizionamento dei pannelli solari sulle vasche e sui fabbricati e come sia stato sfruttato lo spazio sotto il piano stradale per far circolare l'aria da un bacino all'altro attraverso una controsoffittatura, utilizzando la parte sottostante per l'impiantistica necessaria alla dissoluzione della calce e di eventuali coagulanti chimici. Si può notare inoltre la sovrapposizione in verticale delle sezioni di impianto nei fabbricati, che partendo dal basso prevedono : la carbonatazione ordinaria o intensiva, la sedimentazione, l'estrazione dei fanghi, la disidratazione e stabilizzazione dei fanghi, lo stoccaggio dell'ossido di calcio in silos, i quadri elettrici di comando delle singole sezione di impianto, infine, sul tetto, i pannelli fotovoltaici.

Dagli stessi disegni, in particolare n.1, 2, 3 si può notare come gli ingombri si riducono in funzione del trattamento effettuato. Anche con il trattamento semplificato, l'aria ricca di CO₂ è contenuta nelle camere poste sopra i sedimentatori e nella controsoffittatura sottostradale per essere rimessa continuamente in circolazione dalle varie soffianti nel canale centrale di alimentazione, con tubi di aerazione, e nei dissolutori, tramite l'aria di trasporto pneumatico dell'ossido di calcio (sez.A1- A1 dis. n. 4).

Dal lay-out sviluppato sul dis. n. 2 possiamo vedere l'ingombro in pianta di circa 2.100 x 248 m di un depuratore fluviale con una potenzialità di trattamento di 160 m³/sec, di cui 40 trattati con la depurazione completa (realizzata in 12 settori autonomi, costituiti ognuno da un bacino di ossi-nitrificazione più un fabbricato di sedimentazione e trattamento fanghi con 60 moduli combinati) e 120 l/s con trattamento parziale (realizzato in 24 settori autonomi, costituiti ognuno solo da un fabbricato di sedimentazione e trattamento fanghi con 90 moduli combinati). Ipotizzando la larghezza del letto del fiume pari a 120 -125 m, circa la metà dell'impianto sarebbe realizzata sullo stesso letto ordinario del fiume.

Questa grandezza di impianto da un'idea degli spazi necessari, anche se possono effettuarsi variazioni

in lunghezza in larghezza e in profondità in funzione delle caratteristiche fluviali; potrebbe essere adattata ad alcuni fiumi italiani con piccole variazioni (Oglio 137 m³/sec, Tanaro 132, Liri-Garigliano 120, Arno 110, Dora Baltea 110; Nera 108, Reno 95).

Abbiamo anche ipotizzato un impianto sul fiume PO che potrebbe avere le seguenti dimensioni: Ingombro in pianta 7000 x 750 m, compreso una zona di decantazione iniziale di 500 m e il raccordo in entrata e uscita al letto ordinario. Essendo la portata nominale di 1540 l/s, abbiamo considerato la potenzialità di trattamento pari a di 1920 m³/sec, di cui 320 trattati con la depurazione completa (realizzata in 96 settori autonomi, costituiti ognuno da un bacino di ossi-nitrificazione più un fabbricato di sedimentazione e trattamento fanghi con 60 moduli combinati) e 1600 l/s con trattamento parziale (realizzato in 320 settori autonomi, costituiti ognuno solo da un fabbricato di sedimentazione e trattamento fanghi con 90 moduli combinati). Ipotizzando la larghezza del letto del fiume pari a 250 m, circa 1/3 dell'impianto sarebbe realizzata sul letto ordinario del fiume.

Per semplicità di calcoli, di seguito, ci riferiremo all'impianto con potenzialità di 160 l/s.

Dal sito <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps3/pvest.php> si può fare un calcolo di massima per la quantità di energia elettrica producibile con pannelli solari in qualsiasi località. Nel nostro caso, avremo una superficie coperta con pannelli solari di m² 233.000, scegliamo Roma con un orientamento dei pannelli (41° 38' 24" nord, 12° 13' 0" est, 0 m. s.l.m.) e l'inclinazione a 35° rispetto all'orizzontale, vengono fuori 1690 Kwh/m² annui. La produzione energetica annua stimabile con pannelli solari sarà : **kwh 393.770.000 (233.000 * 1690).**

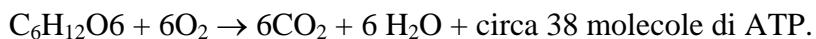
Riportiamo di seguito le caratteristiche principali delle varie sezioni dell'impianto e le presunte potenze assorbite per verificare se la produzione energetica fotovoltaica è sufficiente ad alimentare l'impianto autonomamente.

a 2) Bacino di ossi-nitrificazione.

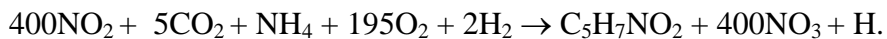
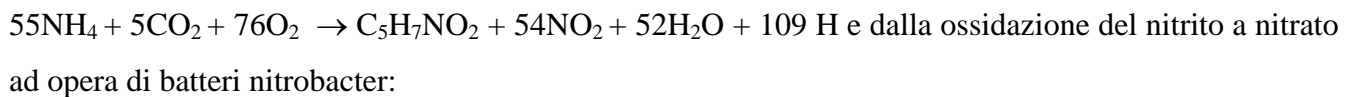
Gli impianti con un carico del fango basso, come nel nostro caso (ad aerazione prolungata) presentano fanghi con una età più elevata (cioè con un minore turnover) in cui predomina la fase di autossidazione sulla fase di sintesi cellulare (tasso di crescita negativo). In queste condizioni si sviluppano una maggiore varietà di specie batteriche con una maggiore spinta alla degradazione delle sostanze biodegradabili e quindi si avrà anche una minore produzione di fanghi di supero. Si sviluppano anche i batteri nitrificanti che consumano il CO₂. Come si vede dal dis. n. 1, 2, 4, 5 con la copertura degli impianti, oltre che coltivare il plancton, possiamo ricircolare nel bacino di ossi-nitrificazione tutte le emissioni che fuoriescono dal bacino di sedimentazione, in particolare il CO₂, che aumenterà la concentrazione nel liquame, accelerando i processi di nitrificazione, planctonico e anche

di ossidazione dei fanghi attraverso l'ossigeno prodotto dalla fotosintesi. Nella zona superiore del bacino di ossi-nitrificazione prevarrà la fotosintesi, si consumerà CO₂ con produzione di ossigeno. Il prodotto organico della fotosintesi ossigenica è il glucosio (C₆H₁₂O₆). In seguito, da questo sono assemblate varie altre macromolecole, quali l'amido (la forma di accumulo del carbonio nelle piante) e il saccarosio (la forma di trasporto). Il carbonio e l'ossigeno da convertire in sostanza organica sono forniti rispettivamente dal diossido di carbonio (CO₂) e dall'acqua. L'equazione chimica che riassume il processo è: $6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} + 2872144,8 \text{ (j / mole)} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2; 2872144,8 \text{ (j / mole)} = 686 \text{ (Kcal / mole)}$ sono l'energia derivante dalla radiazione solare necessaria per effettuare la reazione.

Nella zona inferiore, prevarrà la respirazione aerobica, che consumerà ossigeno e produrrà CO₂. I carboidrati vengono decomposti mediante l'ossigeno per ottenere energia. L'equazione chimica che riassume il processo è l'opposto di quella precedente:



Nella zona intermedia prevarrà l'ossidazione dell'azoto ammoniacale a nitrico ad opera dei batteri nitrosomonas che può essere rappresentata da:



In sostanza, il bacino coperto con pannelli fotovoltaici trasparenti si trasformerà in una serra dove, grazie alla maggiore concentrazione di CO₂ e ai nutrienti presenti nell'acqua si svilupperanno i microrganismi galleggianti (plancton) che vivono nella zona superiore, una volta esaurito il proprio ciclo di vita precipiteranno nella zona inferiore dove saranno decomposti e consumati dalla respirazione aerobica. Affinché questo avvenga si deve trattenere nel bacino sia il plancton che ha un ciclo di vita dai 10 ai 15 giorni, sia il fango per almeno lo stesso periodo. Di fatto nella zona inferiore si avrà un processo di ossidazione totale con la quasi completa distruzione dei fanghi. I pochi fanghi di supero prodotti saranno inviati direttamente alla disidratazione con stabilizzazione calcica, incorporata nel fabbricato.

Nella zona intermedia del bacino si avrà una maggiore velocità circolazione dell'acqua, ma compatibile con il basso carico organico e l'azoto totale che può essere contenuto in un fiume sia pure inquinato, secondo i calcoli di dimensionamento sopra riportati.

-La sezione di uscita del bacino sarà molto diversa dagli altri bacini di ossi-nitrificazione, in quanto terrà conto della stratificazione che abbiamo appositamente creato. Lo strato superficiale di plancton galleggiante ed eventuali alghe si accumulerà sulla parete di fondo dove sarà realizzata una vaschetta

(part. 6 dis. n. 6) superficiale con una soglia di sfioro di 10 cm inferiore al livello di sfioro del bacino, nella quale saranno posizionate 9 elettropompe sommergibili aventi ognuna una portata di 16 l/sec e una prevalenza media di 15 m con le quali il 5% della portata totale dell'impianto sarà ricircolato attraverso i sacchi drenanti, dove in un ambiente pressurizzato con aria e ossido di calcio rilasceranno le particelle in sospensione (alghe comprese). Un'altra elettropompa di pari caratteristiche e con la stessa funzione sarà installata nel canale di alimentazione dei sedimentatori. Le sostanze galleggianti più resistenti, trascinate dalla corrente provocata dalle 9 elettropompe di sollevamento si addosseranno alla parete di chiusura del bacino dove sarà realizzato un leggero velo di acqua proveniente da una piccola vaschetta con profilo di stramazzo tipo thompson (v. part 6 dis. n.5). L'acqua di alimentazione della vaschetta sarà prelevata dalle acque di scolo dei sacchi drenanti (PH 12) che ritorna al bacino di denitrificazione, eventualmente additivata con un coagulante liquido (cloruro ferrico dosato a 0,5 mg/l sulla portata totale dei 160 l/s delle 10 elettropompe citate), tramite una apposita piccola elettropompa di sollevamento con portata di 280 l/min per assicurare al velo d'acqua una portata di circa 20 l/min al metro lineare di vaschetta. Questo sistema consentirà di precipitare e inviare direttamente ai fanghi anche le sostanze galleggianti più resistenti, evitando l'intasamento dei filtri biologici da probabili alghe, senza ricorrere a costosi processi di chiariflocculazione che non sono compatibili per grandissime portate e carichi modesti come quelli che prevediamo nella grande maggioranza dei casi. Ogni elettropompa alimenterà un collettore che servirà 6 sezioni disidratanti.

L'apporto energetico annuo necessario per queste 120 elettropompe (10*12), considerando una potenza assorbita di 3,5 kw e un coefficiente di servizio di 0,9 sarà:

kw/h 3.311.280 (3,5* 120*24*365*0,9).

Negli stessi collettori delle sostanze galleggianti saranno pompate sia i fanghi aerobici prodotti nel bacino di ossi-nitrificazione, sia i fanghi anaerobici prodotti nei sedimentatori. Le elettropompe che utilizzeremo avranno una portata di 10 l/sec e una prevalenza media di 15 m, potenza assorbita 2,2 kw, lavoreranno con intervalli temporizzati sulla produzione di fango rilevata. Ognuna di queste elettropompe servirà 6 settori di ossi-nitrificazione o sedimentazione.

L'apporto energetico annuo necessario per le 120 + 120 elettropompe di sollevamento dei fanghi che pomperanno negli stessi collettori considerando una potenza assorbita di 2,2 kw e un coefficiente di utilizzo al 10 % sarà:

kw/h 416.275 (2,2*240*24*365*0,9*0,10).

-Le acque di scolo dei sacchi drenanti saranno utilizzate per ripristinare nel bacino l'alcalinità sottratta dalla nitrificazione. Secondo dati sperimentali riportati da Eckenfelder sono necessari 7,14 per mg alk/

di $\text{NH}_3 - \text{N}$ ossidata:

L'alcalinità necessaria è $40 \text{ mg } \text{NH}_3 - \text{N}/\text{lt} * 7,14 \text{ mg alk/ mg } \text{NH}_3 - \text{N} = 285,6 \text{ mg alk/lt}$.

L'alcalinità da fornire al sistema è data dalla differenza con l'alcalinità già presente nell'acqua. In questi impianti concepiti anche per contenere l'acidificazione degli oceani ripristineremo interamente l'alcalinità sottratta, non terremo conto nemmeno dell'alcalinità apportata dal consumo di CO_2 ad opera del processo di fotosintesi.

Ai $285,6 \text{ mg alk/lt}$ (misurati in mg di CaCO_3). equivalgono a circa 160 mg/lt di ossido di calcio ($285,6 * 0,56$), che per l'intero impianto rappresenterebbero circa 23.040 kg/h di ossido di calcio ($144.000 * 160 / 1.000$) che da $120 (10 * 12)$ appositi pozzetti di dissoluzione (un pozzetto ogni 6 sedimentatori), realizzati in due scomparti (agitazione più sollevamento) l'acqua ritornerà al bacino di ossi-nitrificazione. La concentrazione del latte di calce sarà $0,32\% [(23.040 * 100 / 144.000 * 0,05) / 1000]$. In ogni pozzetto sarà installato un agitatore con una potenza assorbita di $2,5 \text{ kw}$, installata 4 kw e adiacente una elettropompa ad asse orizzontale con una portata di 16 l/sec una prevalenza di 10 m , e una potenza assorbita di $2,5 \text{ kw}$ e installata di 3 kw .

L'apporto energetico annuo necessario per questi 120 pozzetti ($10 * 12$), individuabili nello schema dis. n.1 con la pos.2.1, considerando le potenze assorbite, e il coefficiente di servizio $0,9$ sarà:

kw/h 4.730.400 ($5 * 120 * 24 * 365 * 0,9$).

Ritornando alla sezione di uscita del bacino, dietro alla vaschette contenente le 9 elettropompe delle sostanze galleggianti (Part. 6 del dis.n. 6), a una distanza di 10 cm sarà posizionata la parete di chiusura del bacino con la soglia di sfioro. l'acqua in uscita sarà costretta a risalire questa strettoia per raggiungere la quota di sfioro di uscita. Poiché ogni canale avrà una portata di $3,3 \text{ m}^3/\text{s}$ ($40/12$) la velocità massima di uscita sarà di $2,37 \text{ m/s}$., regolabile con una ulteriore strettoia. L'improvviso aumento di velocità farà precipitare nella zona fanghi le particelle sospese più pesanti. Con questo sistema, i fanghi saranno trattenuti nella zona inferiore ed estratti periodicamente come fanghi di supero, il plancton galleggiante sarà trattenuto nella zona superiore. L'eccesso di plancton sarà estratto ricircolando da questa zona il 5% della portata totale per ripristinare l'alcalinità sottratta dalla nitrificazione. Quest'acqua ricca di plancton indesiderato passerà nei sacchi di disidratazione e stabilizzazione e filtrata passerà nei 120 dissolutori di calce sopra citati per ritornare al bacino ripristinandone l'alcalinità sottratta.

a 3) Sedimentatori statici combinati.

Superata la quota di sfioro, l'acqua ossidata sfiorerà nel canale di alimentazione dei sedimentatori avente una larghezza di circa 2 m e altezza pari alla vasca. Alla fine di questo canale si troverà un'altra

vaschetta di sfioro contenente la 10^a elettropompa con portata di 16 l/s. che alimenterà la 10^a zona dei sacchi drenanti e dell'acqua alcalinizzante di ricircolo.

- Ogni canale alimenterà una linea di 60 sedimentatori statici combinati, che saranno divisi in 10 gruppi da 6, in modo da poter isolare i singoli gruppi in caso di manutenzione senza fermare l'impianto.

Ogni sedimentatore sarà alimentato singolarmente tramite una saracinesca di intercettazione e una valvola di regolazione a fuso motorizzata completa di trasmettitore di posizione. Una sola delle 6 alimentazioni sarà dotata anche di un misuratore trasmettitore di portata. In base alla portata del singolo ramo saranno regolati i gradi di apertura delle 6 valvole e il dosaggio dell'ossido di calcio nei 6 dissolutori a due scomparti (agitazione + contatto), dis. n.1 part. 1, che precederanno l'immissione per sfioro nei sedimentatori. La potenza assorbita dall'agitatore del dissolutore di calce sarà di 1,5 kw, a cui aggiungiamo 0.25 kw per una mini elettrosoffiante di trasporto dell'ossido di calce. Nello stesso dissolutore potrà essere aggiunto anche un coagulante liquido (cloruro ferrico, policloruro di alluminio, ecc), proveniente dai serbatoi dai serbatoio di stoccaggio e alimentato da una elettropompa dosatrice. L'apporto energetico annuo necessario per questi 720 elettroagitatori (60 *12) sarà: **kw/h 9.933.840 (720*1,75 *24*365*0,9).**

- I sedimentatori saranno a sezione quadrata e avranno il camino centrale di immissione e le pareti di separazione nella zona di sedimentazione, mentre la zona fanghi sarà comune a gruppi di 6 e con fondo piano in modo da formare un bacino di 33 x 5 x 2 m di altezza, sul cui fondo sarà sistemata una rete di tubi inox forata come quella prevista nel bacino di ossi-nitrificazione, ma alimentata con CO₂ tramite una rete di gas liquefatto che potrà provenire dall'esterno, oppure da un gruppo di serbatoi. Ogni bacino di carbonatazione così formato sarà alimentato da un gruppo di intercettazione e riduzione della pressione di uscita a 0.5 bar, una elettrovalvola di tipo differenziale, un flussometro un iniettore con valvola di non ritorno una rete di tubi inox con fori da 2.5 mm intervallati con passo di 300 mm. L'immissione di CO₂ verrà automaticamente controllata con pH-metri posizionati nella vaschetta a stramazzo all'uscita dell'acqua depurata dei sedimentatori. Anche la concentrazione di CO₂ nell'aria interverrà nel processo mediante soglie di rilevazione della concentrazione massima ammissibile. Raggiunta la quale si interromperà la carbonatazione e si procederà soltanto a una normale alcalinizzazione dell'acqua fino all'abbassamento della concentrazione di CO₂ nell'aria.

In ogni bacino di carbonatazione si troverà una elettropompa di sollevamento dei fanghi alla disidratazione, già menzionata sopra e la cui potenza assorbita (2,2 kw) è già stata conteggiata. Questa elettropompa insieme alla corrispondente elettropompa di sollevamento dei fanghi del bacino e delle schiume pomperanno in un collettore comune che alimenteranno il sistema di disidratazione. In questa

versione le 6 sezioni di disidratazione abbinate si comporteranno come se fossero una soltanto: L'acqua proveniente dal collettore alimenterà contemporaneamente le 6 vasche contenenti ognuna circa 168 galleggianti, che raggiunto il massimo livello, scaricheranno il fango in 168 sacchi drenanti pressurizzati con aria e ossido di calce. Il fine contatto tra l'acqua e l'ossido e l'aria produrranno l'immediata precipitazione dei solidi sospesi e la successiva disidratazione e stabilizzazione nel sacco. Questo sistema consente di disidratare fanghi leggerissimi nell'ordine dello 0,1% con un contenuto di secco cento volte inferiore (0,001). Se si considera che la portata sollevata mediamente sarà nell'ordine dei 16 l/s e che sarà suddivisa in 1008 galleggianti e relativi sacchi drenanti (168*6), in ogni sacco passeranno soltanto 0,015 l/s, la qualità di precipitazione, filtrazione disidratazione e stabilizzazione non potrà che essere alta. Questo sistema consente di disidratare e stabilizzare in continuo senza personale di conduzione grandissime quantità di fango. Nel caso specifico avremo la capacità di accumulo di ben n. 120.960 (12* 60 * 168) sacchi drenanti con la capacità di accumulo di 97 kg. cad. per un totale di kg 11.733.120. Se consideriamo di aver stimato la produzione di 14.000 kg al giorno di secco che disidratati senza calce avranno circa 15% di secco per cui possiamo stimare una produzione di 93.333 kg./g. (100/15*14000) (La calce aggiunta per la carbonatazione, disidratazione, stabilizzazione, potrà anche quintuplicare il contenuto di secco, ma si sostituirà all'acqua e non varierà eccessivamente la stima in peso e volume). L'autonomia gestionale per lo smistamento dei fanghi sarà di circa 125,7giorni (11.733.120/93.333), molto più comoda dei comuni impianti di depurazione. Per la gestione della calce, di cui abbiamo ipotizzato un consumo di 0,7 kg/m³ per nitrificare, carbonare e alcalinizzare, avremo un consumo giornaliero di kg 2.419.200 (0,7* 3.456.000) a cui aggiungiamo kg 7000 (0,5* 14000) per la stabilizzazione dei fanghi. Ipotizzando la capacità di 100 t. per cad silos, avremo una autonomia media di circa 30 g (720*100000/2.426.200).

In questa versione di impianto, solleveremo contemporaneamente alla disidratazione fanghi biologici, di carbonatazione, schiume, plancton galleggiante, diluiti dall'acqua di ricircolo del bacino di ossi-nitrificazione (5% della portata totale) fatta passare appositamente nei sacchi per essere filtrata prima di essere alcalinizzata per ritornare al bacino, come sopra già illustrato. Essendo il fango da disidratare leggerissimo e ricco di calce non saranno prodotti cattivi odori e non sarà utilizzata la soffiante per la fluidificazione dei fanghi prevista per fanghi più carichi, pertanto sarà utilizzata solo la soffiante di pressurizzazione e trasporto ossido di calcio che avrà una portata di 102 m³/h, una prevalenza di 600 mbar, una potenza assorbita di 3,1 kw, installata 4 kw. L'apporto energetico annuo necessario per queste 720 elettrosoffianti sarà:

kw/h 17.597.088 (720*3,1 *24*365*0.9).

-Volendo assicurare almeno un ricambio orario alla zona sopra i sedimentatori da dove uscirà la maggior parte di CO₂ (eccesso del processo di carbonatazione) per rinnovare e rimuovere i gas prodotti e mantenere in depressione l'impianto rispetto all'esterno per non diffondere cattivi odori, scegliamo 720 soffianti, che posizionate nella contro soffittatura, come riportato sui dis. n. 4 e 6, assicurino cad. una portata di 166 m³/h con una prevalenza di 800 mbar, una potenza assorbita di 5,6 Kw/h e installata di 7,5 Kw. Per consentire interventi di manutenzione in sicurezza negli ambienti con forte presenza di CO₂, saranno previsti degli estrattori di CO₂ carrellati sospesi tramite rotaie alle passerelle di camminamento del fabbricato, che saranno in grado di estrarre in pochi minuti tutta l'aria contenuta nei sedimentatori.

Le porte di accesso al locale saranno interdette elettricamente al personale di manutenzione dalle soglie di rilevamento della percentuale di gas nell'aria.

L'apporto energetico annuo necessario per le 720 elettrosoffianti, considerando le potenze assorbite, sarà: **Kw/h 31.788.288 (5,6* 720*24*365*0,90).**

All'uscita di ogni sedimentatori sarà posizionato un altro dissolutore di calce di caratteristiche uguali a quello sopra descritto per l'alcalinizzazione dell'acqua che viene scaricata nel fiume controllando il ph in uscita.

L'apporto energetico annuo necessario per i 720 elettroagitatori dei dissolutori (60 *12) sarà:

kw/h 8.514.720 (720*1,5 *24*365*0,9).

a 4) Impianto di ventilazione.

Pur avendo scelto per la diffusione dell'aria dei semplici tubi forati (per evitare problemi di manutenzione) con un rendimento basso ma ottime capacità di agitazione,

La portata dell'aria calcolata 119.520 Nm³/h (720*166) assicurerà più del fabbisogno di ossigeno necessario. Possiamo stimare, per difetto 2,5 g. O₂ per ogni metro di sommersione/ Nm³/h di aria, che assicurano 2.181.240 g./h O₂ (2,5*7*119.520). essendo il volume del bacino L 415.800.000

(12*330*14*7.5*1000) che corrispondono a 5,2 mgO₂/l/h (2.181.240.000/415.800.000). L'aria che forniremo al bacino avrà la funzione di smuovere il fango nella zona inferiore accelerando il processo di ossidazione, ricircolando il CO₂ che occorre per la nitrificazione e la fotosintesi. Le acque fluviali non avrebbero avuto bisogno di altro ossigeno avendone a sufficienza. Per assolvere al processo ossidativene sarebbe bastata una semplice agitazione. Ma l'impianto di ventilazione è indispensabile per recuperare il CO₂. Il CO₂ in eccesso, essendo più pesante dell'aria stratificherà sull'acqua del bacino di ossi-nitrificazione mentre l'aria e i gas più leggeri, da appositi fori potrà fuoriuscire dalle stesse coperture (v. dis. n.5). Ma non fuoriusciranno né gas, né aria, poiché l'impianto di ventilazione

preleva aria solo dall'ambiente interno, quindi lo manterrà in depressione tramite la quantità di ossigeno, CO₂, metano ecc. che si dissolveranno nell'acqua. L'aria ricircolata diventerà sempre più ricca di CO₂ fino a raggiungere una soglia di massimo livello, da stabilire, che arresterà la somministrazione di CO₂ al processo di carbonatazione fino all'abbassamento della concentrazione di CO₂ a una soglia di minimo livello, ugualmente da stabilire.

B) Sezione di trattamento parziale (120 m³/s)

Come anticipato, questa sezione sarà costituita soltanto da moduli sedimentari combinati con disidratazione, carbonatazione e alcalinizzazione descritti alla pos. "a 3". Essendo la portata da trattare 432000 m³/h, pari a 10.368.000 m³/g, dobbiamo prevedere n. 2.160 sedimentatori (432.000 /25*8), che divideremo in n. 24 settori con 90 moduli. Ogni settore tratterà 5 l/s. Essendo l'ingombro in lunghezza del sedimentatore 5.5 m. la lunghezza di ogni settore sarà di 495 m. In questi sedimentatori, come si vede dal dis. n.1 e n.6 è prevista una dissoluzione di calcio a monte (con l'eventuale aggiunta di un coagulante, come il solfato di alluminio) e una dissoluzione a valle per portare l'alcalinità dell'acqua al valore marino che ha un contenuto di calcio di 413 mg/l, corrispondenti a 580mg/l di Cao, se partiamo da un'acqua di media durezza (18 gr. francesi) che contiene 100 mg/l (180*0,56) dobbiamo aggiungere 480 mg/l di Cao che arrotondiamo a 500 mg/l per tener conto anche della stabilizzazione dei fanghi. Trascurando l'aspetto gestionale dei fanghi che avranno una autonomia superiore ai 125gg. calcolati per il trattamento completo, per la gestione della calce, avremo un consumo giornaliero di kg 5.184.000 (0,5* 10.368.000). Ipotizzando la capacità di 100 t. per cad silos, avremo una autonomia media di circa 41 g (2160*100000/5.184.000).

Questo calcolo non tiene conto del consumo di Cao che possiamo avere nei bacini di sedimentazione per neutralizzare il CO₂ catturato dalle industrie. Per fare questo trattamento intensivo a impianto fermo, come si può notare dallo schema di flusso dis. n.1 e dal part. 2 del dis. n. 6, è stata prevista la modifica del circuito di scarico delle acque dal dissolutore di calce finale che consente di ricircolare in continuo l'acqua nei sedimentatori facendola nei sacchi drenanti della disidratazione dove viene filtrata depositando il carbonato di calcio in eccesso, mentre nel bacino viene somministrato il CO₂ da consumare. Poiché molti i moduli di trattamento per buona parte dell'anno non vengono utilizzati per il trattamento delle acque per la mancanza delle portate necessarie, questo utilizzo renderà possibile la saturazione degli impianti consumando molto più CO₂ di quanto potrebbe esserne consumato con l'impianto in funzione. Ai fini della stima delle sottrazioni di CO₂ ottenibili con la depurazione fluviale consideriamo che almeno sotto questo aspetto l'impianto si possa considerare saturo al 100%.

Riprendiamo dalla pos. "a 3" le potenze assorbite per l'esercizio dell'impianto, considerando che

questa sezione non potrà funzionare tutto l'anno a causa della discontinuità di portata, ma parte dei moduli resteranno fermi soltanto nei periodi estivi in quanto funzioneranno normalmente fino a una portata di $160 \text{ m}^3/\text{s}$, con un aumento del 33 % della portata nominale. Con portate superiori che sfioreranno dalle soglie di sfioro o addirittura con le chiuse completamente aperte il dosaggio di calcio sarà automaticamente raddoppiato rispetto al valore programmato, dotando i motorini dei dosatori di doppia polarità. Avendo stabilito di dare la precedenza di funzionamento al settore "A", per questa sezione consideriamo un coefficiente di utilizzo delle potenze di esercizio al 50%:

N. 2.160 elettroagitatori e mini soffiante per dissolutori in entrata :

kw/h 16.556.400 (2.160*1,75 *24*365*0,5).

N. 2.160 elettroagitatori e mini soffianti per dissolutori in entrata :

kw/h 16.556.400(2.160*1,75 *24*365*0,5).

N. 2.160 elettrosoffianti per disidratazione:

kw/h 29.735.820 (2.190*3,1 *24*365*0,5).

N. 360 elettropompe di sollevamento fanghi (1 ogni 6 sedimentatori) :

kw/h 346.896 (2,2*360*24*365*0,5*0,10).

N. 360 elettrosoffianti di aerazione canale di alimentazione (1 ogni 6 sedimentatori):

Kw/h 8.830.080 (5,6* 360*24*365*0,5)

Conclusioni.

La somma delle potenze annue assorbite in continuo per le sezioni A(72025596) + B(76291891) di impianto sopra riportate è pari a **Kw/h 148.317.487**

A queste potenze bisogna aggiungere le potenze dei circuiti ausiliari (trascurabili) le discontinue (come l'illuminazione, la manovra di valvole, paratoie, chiuse, estrattori di aria per interventi di manutenzione, ecc.), ma avendo stimato una produzione energetica con pannelli solari che ammonta a **Kw/h 393.770.000**, possiamo dire che questi impianti assorbiranno circa un terzo dell'energia elettrica prodotta e potranno addirittura fornire energia elettrica pulita ai gestori della rete elettrica.

La potenza energetica che non sarà utilizzata per l'esercizio dell'impianto potrà essere fornita ai gestori della rete elettrica al prezzo di mercato, ma a noi preme sottolineare che questa fornitura sottrae altro CO_2 all'atmosfera per circa $0,58 \text{ kg}$ per ogni kw prodotto. Se non esistessero i depuratori fluviali questa energia probabilmente sarebbe prodotta con centrali termiche. Considerando solo l'energia eccedente in normale consumo questa sottrazione di gas si potrà stimare in **kg 142.362.457** [(393.770.000 – 148.317.487)*0,58] che sommiamo a quelle già ipotizzate riferite alle portate annue dell'impianto, considerate con rendimento 1,5 kg Cao/ kg CO_2 :

$40 \text{ m}^3/\text{sec}: 1.261.440.000 \text{ m}^3/\text{anno} * 0,7 / 1,5 = \text{Kg } 588.672.000$

$120 \text{ m}^3/\text{sec} : 3.784.320.000 \text{ m}^3/\text{anno} * 0,5 / 1,5 = \text{Kg } 1.261.440.000.$

Sommando questi tre valori, possiamo dire che il totale CO₂ annuo sottraibile all'atmosfera con il trattamento di un fiume da 120 m³/sec nominali è circa T 1.850.254 annue, pari a 15.418 T annue / m³/sec trattato. Ma le sottrazioni di CO₂ conteggiate sono dovute soltanto agli aspetti chimico fisici del trattamento mentre, nella realtà, questa somministrazione di alcalinità va ad agire sulla stessa curva di acidificazione degli oceani che è logaritmica, contrastandola con la stessa legge. Confermano queste ipotesi il fatto che la pompa oceanica naturale, basata su questo sistema, ha funzionato egregiamente per diverse migliaia di anni apportando, in modo naturale, non più del 10-15 % dei carbonati che possiamo apportare con il dosaggio artificiale (le acque fluviali, influenzate dalle piogge, sono in genere molto dolci). L'avvento dell'epoca industriale ha messo in crisi la pompa oceanica accelerando in modo esponenziale l'acidificazione che avrebbe impiegato migliaia di anni.

Avvalorano queste considerazioni due diagrammi pubblicati in rete da un autorevole articolo (www.sciencemag.org/cgi/content/full/286/5447/2043a). Il primo mostra come variano le concentrazioni di CO₂ sulla superficie nelle acque marine nel campo PH da 8,3 a 7,8 con una concentrazione di ioni carbonato costante: le concentrazioni triplicano con il diminuire del PH tra questi due valori a parità delle altre condizioni. Il secondo diagramma mostra come possono diminuire le concentrazioni di CO₂ aumentando l'alcalinità. A parità di concentrazione di CO₂ nell'acqua: le concentrazioni in atmosfera sull'acqua, possono variare in un rapporto da 1 a 40 (superando le soglie di saturazione) secondo la quantità di calce presente nell'acqua.

Aumentare la durezza, l'alcalinità e il Ph delle acque allo stesso livello di quelle del mare, sia pure con la sola calce, poco prima delle foci significa ridurre l'impatto tra le acque marine e dolci con effetti che coinvolgono tutto l'eco sistema. Il piccolissimo incremento di PH, che realizziamo nelle acque costiere, come è noto segue una curva logaritmica sia nel processo di acidificazione, sia in quello di alcalinizzazione, pertanto nel nostro caso gli effetti dell'alcalinizzazione saranno decuplicati, e non sono da sottovalutare se si considera che la pompa oceanica che per almeno un miliardo di anni ha funzionato egregiamente apportando, soltanto il 10 -15 % di carbonati di quelli che possiamo apportare con il dosaggio artificiale delle acque fluviali. Un altro effetto da considerare è la maggiore durezza che conferiamo all'acqua dolce, che, nelle zone costiere, assume un aspetto importantissimo perché diminuisce il potere dissolvente dell'acqua nei confronti dei sali marini che aumentano la salinità nelle falde acquifere costiere. Tutte queste migliorie ambientali saranno tutte da quantificare in seguito, con maggiore precisione, ma non parlarne in questa fase sarebbe molto riduttivo per l'importanza che potranno assumere nel contesto globale. Pertanto non possiamo limitarci al conteggio delle riduzioni di

CO₂ ottenibile solo dal punto di vista chimico fisico. Queste considerazioni ci portano a moltiplicare gli effetti di questo trattamento almeno per dieci, seguendo la curva logaritmica dell'alcalinizzazione delle acque. Quindi, ipotizziamo che per ogni m³/sec di acqua fluviale trattata, sottraiamo all'ambiente 15.418 * 10 = 154.180 T / annue di CO₂. Utilizzando questo parametro, per neutralizzare la produzione antropica annua di CO₂ dell'Italia (T 550.000.000), si dovrebbero trattare circa 3567 m³/sec. di acqua fluviale alle foci, dove il rendimento è maggiore. Questa quota di trattamento, in Italia si può raggiungere facilmente, fermo restando che i depuratori fluviali possono essere installati anche sugli affluenti, sui canali di irrigazione, lungo il corso dei fiumi maggiori; gli stessi depuratori urbani potrebbero essere concepiti con i medesimi criteri per ridurre emissioni. Continuando il ragionamento, applicando sempre i parametri sopra ricavati, si può dire che per trattare 1 m³/sec di acqua fluviale per tutto l'anno con 0.6 kg di Cao, occorreranno 18.921.600 kg di Cao che costeranno circa 1.513.728 € (*0,08), ma grazie all'effetto idrologico equivarranno al lavoro che farebbero 5.139.333 alberi con un fusto da 30 cm, se è vero che questi assorbono mediamente nel corso della loro vita circa 30 kg di CO₂ (154.180/0.03). Il costo di ogni Tonn. Di CO₂ sottratta sarà di 9,81 € esclusi i costi gestionali e impiantistici (1.513.728/154.180). Ovviamente questi costi sono da verificare, ma una volta assodati, saranno più attendibili dei costi virtuali dei titoli EUA (European Unit Allowance) che vengono scambiati tra i vari produttori di CO₂ con molta volatilità, senza che nessuno provveda concretamente a ridurre le emissioni. Per interpolazione dei dati sopra calcolati, possiamo affermare che l'impianto di trattamento sul fiume PO, sopra citato, potrebbe avere una superficie coperta con pannelli solari di 1.351.380 m² (* 1560 kwh/m²) e produrre circa kwh 2.108.152.800. I consumi energetici potrebbero essere Kwh 1.593.429.981 (di cui 576.204.768 per il trattamento "A" e 1.017.225.213 per il trattamento "B". Supponendo di riuscire ad alcalinizzare l'85 % della portata nominale, secondo i parametri sopra menzionati si può stimare una sottrazione totale di circa T / anno 201.821.620 (1540*154180*0.85)

DESCRIZIONE DEPURATORE URBANO

Anche i depuratori urbani realizzati con il sistema proposto, sebbene trattino al massimo un centesimo delle acque fluviali possono partecipare più di quanto facciano attualmente al risanamento ambientale. Per completare il quadro depurativo, proviamo a concepire anche un depuratore delle acque urbane con il sistema sopra descritto con le opportune variazioni dovute alla minore portata e al maggiore carico organico, premettendo che oggi i depuratori non si preoccupano delle proprie emissioni di CO₂ in atmosfera; consumano enormi quantità di energia poiché non esistendo una prevenzione ambientale a

monte (depurazione domestica e fognaria), le acque arrivano ai depuratori in uno stato di setticidà dovuto ai lunghi percorsi fognari; consumano una enorme quantità di energia per recuperare il liquame degenerato; producono enormi quantità di emissioni nell'atmosfera; non si preoccupano nemmeno di adeguare l'acqua di scarico all'alcalinità del corpo idrico ricevente. Le leggi ammettono acque depurate con PH da 5,5 a 9,5 indipendentemente dalle caratteristiche del corpo idrico ricevente, fatta eccezione per gli scarichi in acque sensibili e al suolo (6 – 8). Se, in futuro, i depuratori urbani saranno realizzati con il sistema che proponiamo, saranno molto meno ingombranti, non emetteranno CO₂ e cattivi odori, saranno addirittura produttori di energia elettrica pulita. Avranno un ciclo di trattamento più completo rispetto a quelli fluviali e potranno consumare CO₂ prodotto dalle industrie. Vediamo nel dettaglio un esempio di dimensionamento per un agglomerato ipotizzato per una grande portata: 100.000 m³ / giorno, oppure per 500.000 A.E, che sarà costituito essenzialmente da: equalizzazione, sedimentazione primaria, ossi-nitrificazione, denitrificazione, sedimentazione secondaria con carbonatazione e alcalinizzazione. A valle di una comune vasca di equalizzazione l'impianto sarà realizzato da due linee uguali che trattano rispettivamente 50.000 m³/g cad.

Prendiamo spunto dal manuale di Eckenfelder Jr. (ed. Etas) per il dimensionamento dei bacini di ossidazione nitrificazione denitrificazione, assumendo i seguenti valori di progetto: BOD_{medio} nell'influente 250 mg/lt; NH₃-N media 100 mg/lt; temperatura media 15 °C; BOD_{effluente} = 20 mg/l; coefficiente di crescita della biomassa "a" = 0,55; frazione degradabile dei solidi volatili "x_d" = 0,60; coefficiente correttivo della velocità di nitrificazione "θ" = 0,15; coefficiente di respirazione endogena "b" = 0,1 giorni⁻¹; coefficiente di crescita dei batteri nitrificanti "a_n" = 0,15; MLVSS "X_v" = 3500 mg/lt. Abbiamo scelto un carico organico medio basso perché è più complicato il trattamento con i fanghi attivi, perché questo carico è facilmente ottenibile con l'inserimento dei sedimentatori statici combinati nella linea fognaria, il T.U.A prevede il limite di BOD₅ per gli scarichi in fogna.

L'età del fango critica a 15 °C. θ_c = 2,13 g. Utilizzando il fattore di sicurezza consigliato pari a 2,5 l'età del fango di progetto diventa 5,33 giorni (2,13* 2,5). Per una concentrazione di MLVSS (X_v) = a 3500mg/l, il tempo di ritenzione idraulica richiesto è dato dalla formula $t = \theta_c * a (\Delta \text{bod}) / X_v * (1 + b x_d \theta_c) = 0,055 \text{ giorni} = 1,32 \text{ ore}$.

Calcolo della quantità di fango prodotto per la riduzione del materiale organico:

$$\Delta X_v = a (\Delta \text{bod}) - b x_d X_v t \text{ (giorni)} = 0,55*220 - 0,1*0,60*3500* 0,055 = 121 \text{ mg/l}$$

$$\Delta X_v \text{ impianto} = 121 * 50.000 * 10^{-3} = 6.050 \text{ kg / giorno.}$$

Calcolo di NH₃-N mediante sintesi, assumendo che il contenuto di azoto nel fango attivo di supero sia uguale al 10%: NH₃-N * 0,1 = 121* 0,1= 12 mg/l .

Calcolo di NH₃-N da rimuovere mediante nitrificazione: $100 - 12 = 88$

Calcolo della velocità globale di nitrificazione.

La velocità specifica di ossidazione dell' NH₃-N a 20 °C. è di 1.04 mg/mg VSS-giorno. La frazione di biomassa nitrificante nel bacino di aerazione è $f_n = a_n * N / (a_n N + (\Delta \text{bod})) = 0.15 * 88 / (0.15*88 + 0,55*230) = 0,094$

La velocità globale di nitrificazione è data da:

$$R_n = 1.04 \theta^{(T-20)} * f_n * X_v = 270 \text{ mgNH}_3 - \text{N} / \text{l-giorno.}$$

Calcolo del tempo di ritenzione idraulica necessario per la nitrificazione:

$$t = (88 \text{ mgNH}_3 - \text{N} / \text{l}) / (270 \text{ mgNH}_3 - \text{N} / \text{l-giorno}) = 0,33 \text{ giorni} = \text{ore } 7,92$$

Calcolo volume necessario alla nitrificazione $Q.t = 50.000 \text{ m}^3/\text{g} * 0,33 = 16.500 \text{ m}^3$

Essendo il tempo di ritenzione e il volume necessario per la nitrificazione superiore a quello dell'ossidazione viene preso a riferimento per il dimensionamento.

Calcolo del fabbisogno di ossigeno: Da dati sperimentali il fabbisogno teorico di ossigeno necessario per la nitrificazione è di 4,33 mg O₂/ mg

$$88 \text{ mgNH}_3 - \text{N} / \text{l} * 4,33 \text{ mgNH}_3 - \text{N} = 381 \text{ mgO}_2 / \text{mgNH}_3 - \text{N} \text{ ossidata}$$

$$\text{O}_{2 \text{ nitr}} = 381 \text{ mgO}_2 / \text{l} * 50.000 \text{ m}^3/\text{giorno} = 19.050 \text{ kg O}_2/\text{giorno.}$$

Calcolo alcalinità necessaria : Dal momento che la reazione di nitrificazione produce acidità, secondo dati sperimentali sono necessari 7,14 per mg di NH₃ – N ossidata.

$$\text{L'alcalinità necessaria è } 88 \text{ mgNH}_3 - \text{N}/\text{lt} * 7,14 \text{ mg alk}/ \text{mgNH}_3 - \text{N} = 628 \text{ mg alk}/\text{lt}$$

calcolo volume anossico per la denitrificazione.

Assumendo una velocità specifica di denitrificazione = 0,06 kg NO₃ – N / kg VSS- giorno (a 20 °C.); “θ” = 1,1; K = 6.4 giorni⁻¹ a 15 °C.

$$\text{Velocità globale di denitrificazione } R_{DN} = 0.06 \text{ mg NO}_3 - \text{N} / \text{mg VSS- giorno} * 1,10^{(15-20)} * 3500 \text{ mg VSS}/\text{l} = 130 \text{ mg NO}_3 - \text{N} / \text{lt-giorno}$$

$$t = 88 (\text{mg NO}_3 - \text{N}_{\text{den}} / \text{lt}) / 130 (\text{mg NO}_3 - \text{N} / \text{lt-giorno}) = 0.68 \text{ giorni} = 16,32 \text{ ore}$$

$$\text{Volume anossico } Q.t = 50.000 \text{ m}^3/\text{g} * 0,68 = 34.000 \text{ m}^3.$$

I disegni n. 2, 3,4,5 evidenziano le differenze e le similitudini rispetto ai depuratori fluviali. Dagli stessi si possono individuare le coperture delle vasche e dei fabbricati che possono essere utilizzate per produrre energia solare, **che nel caso specifico corrisponde a m² 21.250**

Dal sito <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps3/pvest.php> si può fare un calcolo di massima per la quantità di energia elettrica producibile con pannelli solari in qualsiasi località. Nel nostro caso

scegliamo Roma con un orientamento dei pannelli ($41^{\circ} 38' 24''$ nord, $12^{\circ} 13' 0''$ est, 0 m. s.l.m.) e l'inclinazione a 35° rispetto all'orizzontale, vengono fuori 1690 Kwh/m^2 annui. La produzione energetica annua stimabile con pannelli solari sarà:

kwh 35.912.500 (21.250 * 1.690).

Riportiamo di seguito le caratteristiche principali delle varie sezioni dell'impianto e le presunte potenze assorbite per verificare se la produzione energetica fotovoltaica è sufficiente ad alimentare l'impianto autonomamente.

A) Bacino di Equalizzazione.

Il bacino di equalizzazione è stato dimensionato graficamente riportando nelle ascisse le 24 ore di accumulo e nelle ordinate la percentuale delle portate, la diagonale rappresenta la media dei valori. Tracciando su questa diagonale una spezzata che concentra il totale delle portate dalle ore 8 alle ore 17 e sommando i valori grafici che intersecano verticalmente la diagonale in corrispondenza di tali ore, viene fuori un volume di accumulo minimo del 65% della portata giornaliera, pari a 65.000 m^3 . Nel nostro caso ponendo la quota di sfioro a 8,8 m dal fondo, assumiamo un livello di funzionamento di 8,5 m e volume di 84.000 m^3 essendo le dimensioni interne $141*70 \text{ m}$. Avendo previsto anche per questa vasca di recuperare le emissioni di CO_2 e la copertura con pannelli solari, l'agitazione la realizziamo con aria soffiata prelevata e ricircolata all'interno dello stesso manufatto, come si vede dai dis. 1 e 4, sono state previste due passerelle sulle quali saranno installate 100 soffianti (50 per lato) che assicurano una portata di $6,5 \text{ Nm}^3/\text{min}$. e una pressione di 900 mbar con una potenza media assorbita di 13,4 kw, installati 18,5 kw. Il numero delle soffianti in funzione sarà proporzionale al livello dell'acqua presente in vasca. L'anidride carbonica stratificherà sul pelo dell'acqua, mentre l'aria nella zona superiore potrà fuoriuscire dai fori di sfioro. Non esistendo altre prese di aria al di fuori degli sfioro, l'impianto sarà tenuto in costante depressione per evitare la fuoriuscita di cattivi odori. Le porte di accesso saranno interbloccate elettricamente da sonde di rilevamento della concentrazione di gas nell'aria. Saranno previsti degli estrattori d'aria, con serrande automatiche, installati poco al di sopra del massimo livello dell'acqua che assicurino l'estrazione di aria dell'intero volume del bacino in 0,25 h per consentire in sicurezza interventi di manutenzione. Nella vasca saranno presenti anche due impianti di sollevamento per alimentare i sedimentatori secondari. Ognuno sarà costituito da 6 elettropompe di cui una di riserva, aventi le seguenti prestazioni medie: portata 116 l/s prevalenza 7,5 m, potenza assorbita 14,2 kw, installata 18,5 kw.

L'apporto energetico annuo necessario per le 100 elettrosoffianti e 10 elettropompe, considerando le potenze assorbite e il funzionamento in continuo sarà:

kwh 12.982.320 $[(13,4 * 100) + (14,2 * 10)] * 24 * 365$]

Come rappresentato sui dis. n. 2, 3, 4, dal bacino di equalizzazione l'acqua, tramite due sollevamenti, alimenterà due linee parallele, ognuna costituita da:

B) Sedimentatori statici combinati secondari.

N.12 sedimentatori con pacchi lamellari tipo Dortmund con una sezione di passaggio di 25 m², che consentono una velocità ascensionale dell'acqua di circa 8 m/h (equivalente a 1,5 m/h di un sedimentatore senza i pacchi lamellari), disposti in parallelo e allineati in una sola fila.

I sedimentatori saranno perfettamente uguali a quelli descritti per l'impianto fluviale e ugualmente divisi in gruppi da 6. Ognuno sarà alimentato singolarmente tramite una saracinesca di intercettazione e una valvola di regolazione a fuso motorizzata completa di trasmettitore di posizione. Una sola delle 6 alimentazioni sarà dotata anche di un misuratore trasmettitore di portata. In base alla portata del singolo ramo saranno regolati i gradi di apertura delle 6 valvole e il dosaggio dell'ossido di calcio nei 6 dissolutori a due scomparti (agitazione + sollevamento) che saranno posti all'uscita sedimentatori. Per prevenire la sottrazione di alcalinità dovuta alla nitrificazione. Nel pozzetto di dissoluzione saranno scaricate anche le acque di scolo della disidratazione che saranno inviate nel bacino di ossi-nitrificazione.

L'alcalinità sopra calcolata necessaria è 628 mg alk/lt. Quella da fornire data dalla differenza con l'alcalinità già presente nell'acqua, che supponiamo di 300 mg alk/lt. La differenza è 328 mg alk/lt. equivalgono a circa 183 mg/lt ($328*0.56$) di ossido di calcio.

In ogni pozzetto sarà installato un agitatore con una potenza assorbita di 1,5 kw, installata 2,2 kw La potenza assorbita dall'agitatore del dissolutore di calce sarà di 1,5 kw, installata 2,2 kw.

L'apporto energetico annuo necessario per questi 12 elettroagitatori sarà:

kw/h 157.680 $(12*1,5 *24*365)$. Per 2 linee = kw/h 315.360

La zona fanghi di ogni gruppo di sedimentatori da sei sarà comune e vi potrà essere installata una rete di distribuzione di CO₂ per accelerare il processo di acidificazione dei fanghi. I fanghi che si accumuleranno nella zona fanghi saranno prelevati con due tubazioni di estrazione, una più superficiale alimenterà una elettropompa che li invierà all'ingresso del bacino di denitrificazione per incrementare il carico organico necessario a questo processo. La seconda presa del fango, che preleverà quelli più pesanti, sarà inviata alla disidratazione, posta sopra, insieme a quelli provenienti dalla ossi-nitrificazione. La portata di ogni elettropompa sarà di 10 l/s, la potenza assorbita di circa 2,5 kw, il coefficiente di utilizzo di circa il 10%.

L'apporto energetico annuo necessario per queste 4 elettropompe sarà:

kw/h 8.760 (4*2,5 *24*365*0,10). Per 2 linee = kw/h 17.520

L'apporto energetico annuo necessario per le elettrosoffianti di pressurizzazione dei sacchi drenanti sarà: **kw/h 325. 872 (12*3,1 *24*365*0,10). Per 2 linee = kw/h 651.744**

C) Bacino di ossi-nitrificazione.

Pur esistendo processi depurativi affidabili e di maggior rendimento, anche in questo impianto si utilizzano i sistemi di aerazione e ossidazione con elettrosoffianti che consentono il recupero delle emissioni di CO₂ e il reinserimento delle stesse nel liquame. L'assenza della necessità di manutenzione consente di sfruttare quasi totalmente le superfici di coperture delle vasche per produrre energia elettrica pulita. Stabilendo un'altezza dell'acqua nel bacino di m 7,50, per rispettare i tempi di ritenzione calcolati è sufficiente una larghezza del canale di 16 m.

Gli impianti con un carico del fango basso, come nel nostro caso (ad aerazione prolungata) presentano fanghi con una età più elevata (cioè con un minore turnover) in cui predomina la fase di autossidazione sulla fase di sintesi cellulare (tasso di crescita negativo). In queste condizioni si sviluppano una maggiore varietà di specie batteriche con una maggiore spinta alla degradazione delle sostanze biodegradabili e quindi si avrà anche una minore produzione di fanghi di supero. Si sviluppano anche i batteri nitrificanti che consumano il CO₂. Come si vede nei dis. n. 2, 3,5 con la copertura degli impianti, possiamo ricircolare nel bacino di ossi-nitrificazione tutte le emissioni di CO₂ che fuoriescono dai bacini di sedimentazione, e denitrificazione che aumenteranno la concentrazione nel liquame, accelerando i processi di nitrificazione, planctonico e anche di ossidazione dei fanghi attraverso l'ossigeno prodotto dalla fotosintesi. Nella zona superiore del bacino di ossi-nitrificazione, compatibilmente con torbidità dell'acqua si svilupperà la fotosintesi, che consumerà CO₂ con produzione di ossigeno. Il prodotto organico della fotosintesi ossigenica è il glucosio (C₆H₁₂O₆). In seguito a questo sono assemblate varie altre macromolecole, quali l'amido (la forma di accumulo del carbonio nelle piante) e il saccarosio (la forma di trasporto). Il carbonio e l'ossigeno da convertire in sostanza organica sono forniti rispettivamente dal diossido di carbonio (CO₂) e dall'acqua. L'equazione chimica che riassume il processo è: $6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} + 2872144,8 \text{ (j / mole)} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2$; $2872144,8 \text{ (j / mole)} = 686 \text{ (Kcal / mole)}$ sono l'energia derivante dalla radiazione solare necessaria per effettuare la reazione.

Nella zona inferiore, prevarrà la respirazione aerobica, che consumerà ossigeno e produrrà CO₂. I carboidrati vengono decomposti mediante l'ossigeno per ottenere energia. L'equazione chimica che riassume il processo è l'opposto di quella precedente:

$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{circa } 38 \text{ molecole di ATP.}$

Nella zona intermedia prevarrà l'ossidazione dell'azoto ammoniacale a nitrico ad opera dei batteri nitrosomonas che può essere rappresentata da:

$55NH_4 + 5CO_2 + 76O_2 \rightarrow C_5H_7NO_2 + 54NO_2 + 52H_2O + 109 H$ e dalla ossidazione del nitrito a nitrato ad opera di batteri nitrobacter:

$400NO_2 + 5CO_2 + NH_4 + 195O_2 + 2H_2 \rightarrow C_5H_7NO_2 + 400NO_3 + H.$

In sostanza, il bacino coperto con pannelli fotovoltaici trasparenti si trasformerà in una serra dove, grazie alla maggiore concentrazione di CO_2 e ai nutrienti presenti nell'acqua si svilupperanno i microrganismi galleggianti (plancton) che vivono nella zona superiore, una volta esaurito il proprio ciclo di vita precipiteranno nella zona inferiore dove saranno decomposti e consumati dalla respirazione aerobica. Affinché questo avvenga si deve trattenere nel bacino sia il plancton che ha un ciclo di vita dai 10 ai 15 giorni, sia il fango per almeno lo stesso periodo. Di fatto nella zona inferiore si avrà un processo di ossidazione totale con la quasi completa distruzione dei fanghi. I pochi fanghi di supero prodotti saranno inviati direttamente alla disidratazione con stabilizzazione calcica, incorporata nel fabbricato.

Una volta realizzati gli impianti si potrà anche verificare la possibilità di distruggere parte dei fanghi mediante uno scambio tra la produzione aerobica del bacino e quella anaerobica dei sedimentatori.

-La sezione di uscita del bacino sarà simile a quella descritta alla pos "A" del depuratore fluviale, per tener conto della produzione di plancton e della stratificazione che abbiamo appositamente creato. Lo strato superficiale di plancton galleggiante ed eventuali alghe si accumulerà sulla parete di fondo dove sarà realizzata una vaschetta superficiale con una soglia di sfioro di 10 cm inferiore al livello di sfioro del bacino, nella quale saranno posizionate 4 elettropompe sommergibili aventi ognuna una portata di 3 l/sec e una prevalenza media di 15 m con le quali il 2% della portata totale dell'impianto sarà ricircolato attraverso i sacchi drenanti, dove in un ambiente pressurizzato con aria e ossido di calcio rilasceranno le particelle in sospensione (alghe compresse). Le sostanze galleggianti più resistenti, trascinate dalla corrente provocata dalle 4 elettropompe di sollevamento si addosseranno alla parete di chiusura del bacino dove sarà realizzato un leggero velo di acqua proveniente da una piccola vaschetta con profilo di stramazzo tipo thompson (v. dis. n.5). L'acqua di alimentazione della vaschetta sarà prelevata dalle acque di scolo dei sacchi drenanti (PH 12), eventualmente additivata con un coagulante liquido (cloruro ferrico dosato a 0,5 mg/l sulla portata totale di 12 l/s delle 4 elettropompe citate), tramite una apposita piccola elettropompa di sollevamento con portata di 280 l/min per assicurare al velo d'acqua una portata di circa 20 l/min al metro lineare di vaschetta. Questo sistema consentirà di

precipitare e inviare direttamente ai fanghi anche le sostanze galleggianti più resistenti,

L'apporto energetico annuo necessario per queste 4 elettropompe considerando una potenza assorbita di 1,0 kw. sarà:

kw/h 35040 (1* 4*24*365). Per 2 linee = kw/h 70.080

Negli stessi collettori delle sostanze galleggianti saranno pompate anche i fanghi aerobici prodotti nel bacino di ossi-nitrificazione, Le elettropompe che utilizzeremo avranno una portata di 10 l/sec e una prevalenza media di 15 m, potenza assorbita 2,2 kw, lavoreranno con intervalli temporizzati sulla produzione di fango rilevata. Ognuna di queste elettropompe 6 settori disidratazione

L'apporto energetico annuo necessario per queste 4 elettropompe di sollevamento dei fanghi, considerando una potenza assorbita di 2,2 kw e un coefficiente di utilizzo al 10 % sarà:

kw/h 7.708 (2,2*4*24*365*0,10). Per 2 linee = kw/h 15.416

Ritornando alla sezione di uscita del bacino, al di sotto delle vaschette contenenti le pompe, la parete di chiusura scenderà verticalmente interrompendosi a un'altezza di circa 1,5 m al di sopra della zona fanghi in modo da formare una trappola sotto battente che trattiene nella zona superiore il plancton e nella zona inferiore i fanghi. Subito dopo l'interruzione, l'acqua sarà costretta a risalire una strettoia di circa 1 cm per raggiungere la quota di sfioro di uscita. Poiché ogni canale avrà una portata di 0,578 m³/s, la velocità di uscita sarà di 3,6 m/s che farà precipitare nella zona fanghi le particelle più pesanti. Superata la quota di sfioro l'acqua ossidata sfiorerà nel canale di alimentazione del bacino di denitrificazione, nel quale sarà pompato parte del fango secondario descritto alla pos.B, per alimentare il carico organico necessario per la denitrificazione.

D) Bacino di denitrificazione

Il volume complessivo delle due sezioni di denitrificazione dell'impianto, come sopra calcolato sarà di 34.000 m³, come si vede nei dis. n. 3, 4, 5 l'acqua percorrerà un percorso a labirinto. Alla fine del percorso, alimenterà un collettore sotto battente, che porterà l'acqua nel locale sottostradale, dove alimenterà i sedimentatori terziari. L'intero bacino sarà coperto con pannelli solari.

E) Sedimentatori statici combinati terziari.

N.12 sedimentatori con pacchi lamellari tipo Dortmund con una sezione di passaggio di 25 m², come descritti alla pos. B, ma posizionati a un livello altimetrico più basso per poter essere alimentati dal battente presente nel bacino di denitrificazione. Come si vede dallo schema dis.n.1, all'ingresso dei sedimentatori sono previsti due pozzetti di dissoluzione, uno per il coagulante e uno per la calce

In ogni pozzetto sarà installato un agitatore con una potenza assorbita di 1,5 kw, installata 2,2 kw
L'apporto energetico annuo necessario per questi 24 elettroagitatori sarà:

kw/h 315.360 (24*1,5 *24*365*). Per 2 linee = kw/h 630.720

La zona fanghi di ogni gruppo di sedimentatori da sei sarà comune e vi potrà essere installata una rete di distribuzione di CO₂ se si vorrà procedere a un trattamento di carbonatazione per consumare CO₂. I fanghi che si accumuleranno nella zona fanghi saranno prelevati con una tubazione di estrazione che, tramite una elettropompa, li invierà alla disidratazione posta sopra, insieme a quelli provenienti dalla ossi-nitrificazione. La portata di ogni elettropompa sarà di 10 l/s, la potenza assorbita di circa 2,5 kw, il coefficiente di utilizzo di circa il 10%.

L'apporto energetico annuo necessario per queste elettropompe sarà:

kw/h 4. 380 (2*2,5 *24*365*0,10). Per 2 linee = kw/h 8.760

L'apporto energetico annuo necessario per le elettrosoffianti di pressurizzazione dei sacchi drenanti sarà: **kw/h 325. 872 (12*3,1 *24*365*)**. Per 2 linee = kw/h 651.744

F) Impianto di ventilazione e ossidazione.

Pur avendo scelto per la diffusione dell'aria dei semplici tubi forati (per evitare problemi di manutenzione) con un rendimento basso ma ottime capacità di agitazione, utilizzando lo stesso tipo di elettrosoffiante previsto alla pos. **a.4**, la portata consentita, 1992 Nm³/h (12 *166) assicurerà più del fabbisogno di ossigeno necessario. Possiamo stimare, per difetto 2,5 g. O₂ per ogni metro di sommersione/ Nm³/h di aria, che assicurano 34.860 g./h O₂ (2,5*7*1992). essendo il volume del bacino L 16.500.000 (137,5*16*7.5*1000) che corrispondono a 2,11 mgO₂/l/h (34.860.000/16.500.000).

L'apporto energetico annuo necessario per le 12 elettrosoffianti, considerando le potenze assorbite, sarà: **Kw/h 588.672 (5,6* 12*24*365*)**. Per 2 linee = kw/h 1.177.344

Conclusioni.

La somma delle potenze annue assorbite in continuo per le sezioni di impianto sopra riportate è pari a **Kw/h 16.521.008**

A queste potenze bisogna aggiungere le potenze dei circuiti ausiliari (trascurabili) le discontinue (come l'illuminazione, la manovra di valvole, paratoie, estrattori di aria per interventi di manutenzione, ecc.), ma avendo stimato una produzione energetica con pannelli solari che ammonta a **Kw/h 35.912.500**, possiamo dire che questi impianti assorbiranno circa 1/2 dell'energia elettrica prodotta e potranno addirittura fornire energia elettrica pulita ai gestori della rete elettrica.

La potenza energetica che non sarà utilizzata per l'esercizio dell'impianto potrà essere fornita ai gestori della rete elettrica al prezzo di mercato, ma a noi preme sottolineare che questa fornitura sottrae altro CO₂ all'atmosfera per circa 0,58 kg per ogni kw prodotto. Se non esistessero i depuratori coperti questa energia probabilmente sarebbe prodotta con centrali termiche. Quindi, questi depuratori, non solo non emettono CO₂, ma addirittura lo sottraggono alla produzione antropogenica. Nel caso specifico,

considerando solo l'energia eccedente il normale consumo questa sottrazione di gas si potrà stimare in **kg11.247.000** [(35.912000 – 16.521.000) * 0,58].

CONCLUSIONI

Gli esempi sopra riportati mostrano come potrebbero essere concepiti grandissimi impianti di depurazione fluviale e urbana, ma il sistema illustrato, consentirebbe di realizzare anche unità depurative locali di pochissime unità abitative, più facili da gestire rispetto ai sistemi attuali, consentendo l'estrazione e la stabilizzazione dei fanghi in continuo senza personale di conduzione. In sostanza, con i depuratori coperti, grandi e piccoli, si potrebbe andare verso la "protezione globale". Nel mondo moderno, con la "globalizzazione", in generale, stiamo assistendo allo spostamento delle attività produttive industriali e agricole dove la manodopera costa di meno e dove si è più liberi di inquinare. L'unico settore non globalizzato è la protezione ambientale, che invece, dovrebbe procedere di pari passo, se non anticipare, ogni insediamento dell'uomo a livello urbano, industriale o agricolo. La depurazione è vista come un onere da sostenere, possibilmente da evitare. Non si guarda l'aspetto sociale che comporterebbe una depurazione capillare come quella sopra prospettata. Si pensi all'occupazione del personale necessario per la gestione dell'ambiente, dai piccolissimi impianti domestici, fognari, locali, ai grandissimi impianti delle grandi città e dei fiumi. Questa occupazione sarà centinaia di volte superiore a quella necessaria negli attuali depuratori che coprono oggi solo una piccolissima percentuale del territorio; si pensi alle opere civili necessarie per realizzare le depurazioni fluviali, che in alcuni casi assumeranno la dimensione di intere città e alla quantità di lavoro che apporterebbe al settore edile, perennemente in crisi. Si pensi alla quantità di lavoro del settore impiantistico elettromeccanico indotto da tali opere, alle industrie di produzione e recupero della calce necessaria per la conduzione degli impianti. Oggi per creare occupazione produciamo automobili, elettrodomestici e oggetti vari che poi vengono rottamati in condizioni ancora efficienti per sostenere la stessa occupazione. Nessuno si accorge che la società dei consumi consuma anche l'ambiente. Se vogliamo continuare su questa strada, dobbiamo proteggere l'ambiente investendo nelle infrastrutture necessarie rappresentate appunto dalla "depurazione globale" che come si è visto non protegge solo le acque terrestri ma anche quelle oceaniche e l'atmosfera. La realizzazione e la gestione di queste opere comporteranno possibilità di lavoro dignitose e utili per le future generazioni, rendendo più sostenibile lo sviluppo anche per i paesi emergenti. Ci auguriamo che questo studio, che certamente potrà essere migliorato, rappresenti un piccolo passo nel percorso che porterà a quella che potrebbe essere l'unica strada per la protezione globale del Pianeta.

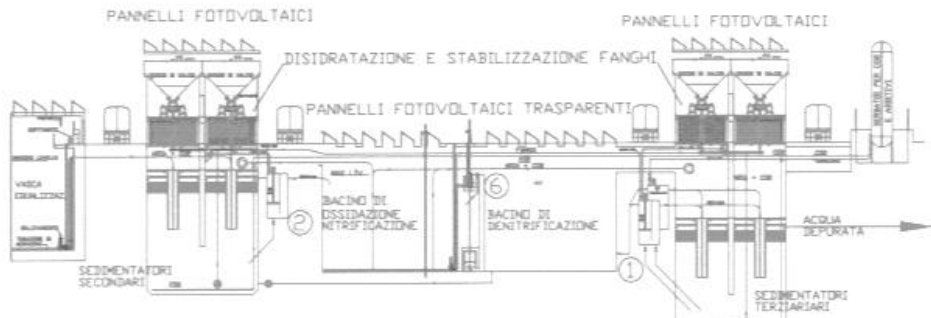
Cordiali saluti

Luigi Antonio e Francesca Pezone

Via Caserta p.co verde, 5

81055 S. Maria C.V. (CE)

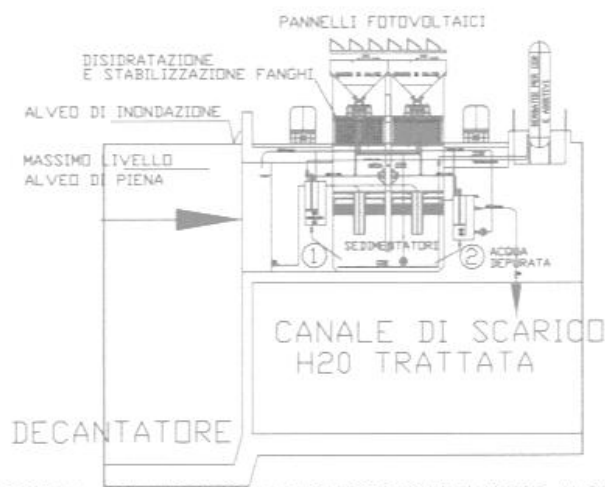
luigiantoniopezone@libero.it



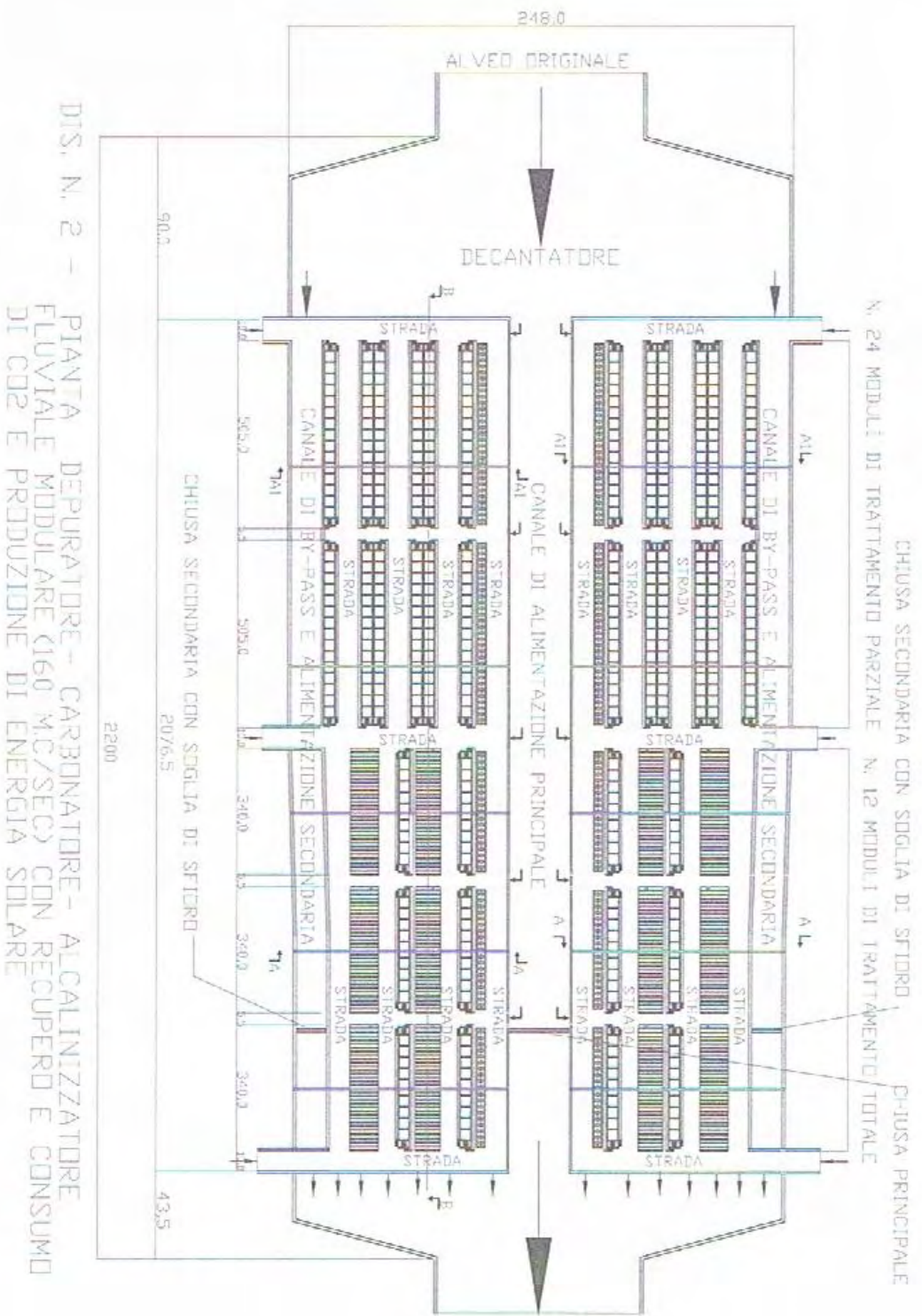
A) SCHEMA DI FLUSSO DEPURATORE-CARBONATORE-ALCALINIZZATORE URBANO MODULARE CON RECUPERO E CONSUMO DI CO₂ E PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA SOLARE



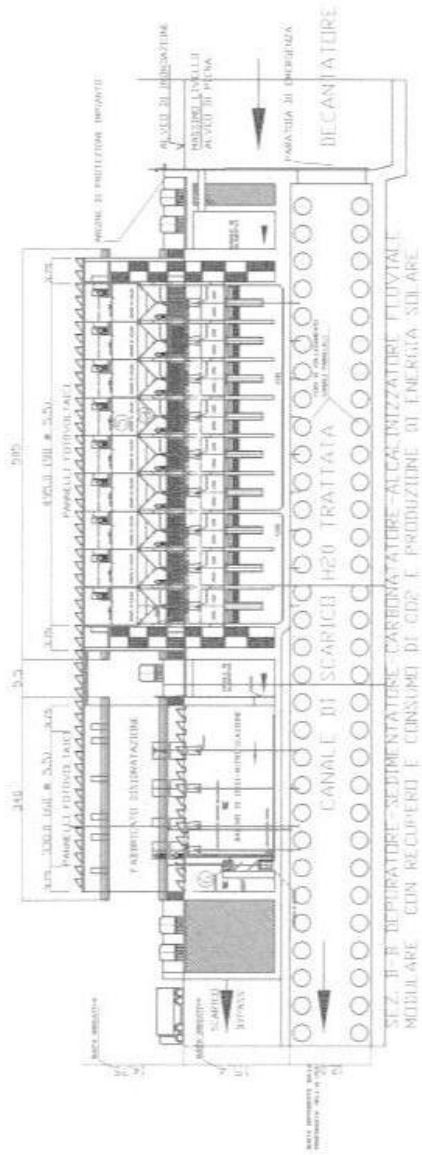
B) SCHEMA DI FLUSSO DEPURATORE-CARBONATORE-ALCALINIZZATORE FLUVIALE MODULARE CON RECUPERO E CONSUMO DI CO₂ E PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA SOLARE



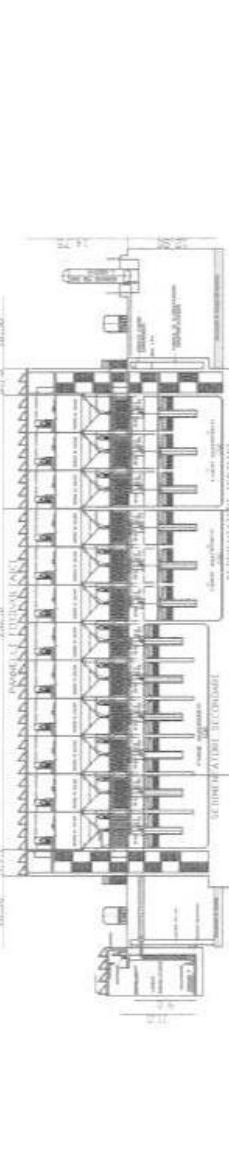
C) SCHEMA DI FLUSSO SEDIMENTATORE-CARBONATORE-ALCALINIZZATORE FLUVIALE MODULARE CON RECUPERO E CONSUMO DI CO₂ E PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA SOLARE



DIS. N. 2 - PIANTA DEPURATORE - CARBONATORE - ALCALINIZZATORE FLUVIALE MODULARE (160 M.C/SEC) CON RECUPERO E CONSUMO DI CO2 E PRODUZIONE DI ENERGIA SOLARE

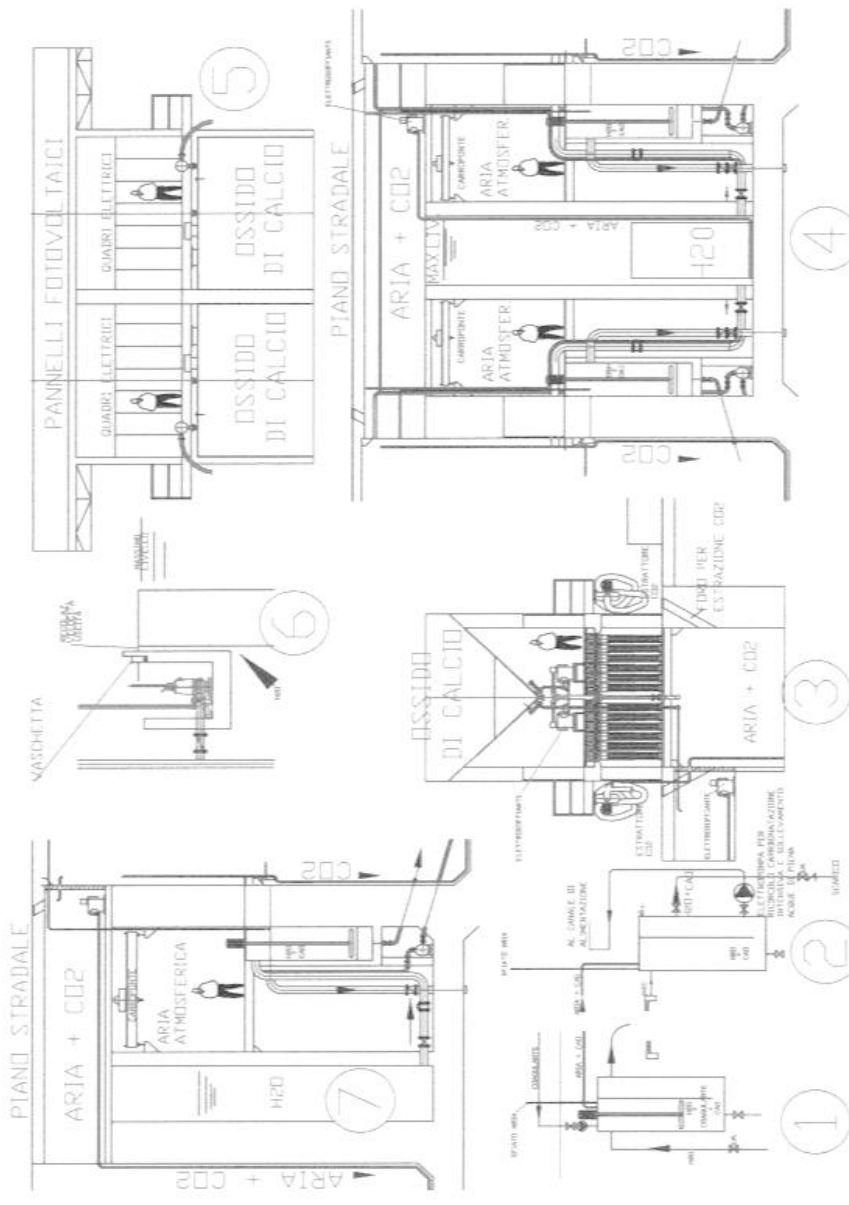


SEZ. B-B DEPURATORE-CARBONATATORE-ALCALINIZZATORE URBANO MODULARE 500.000 A. E.3.
 CON RECUPERO E CONSUMI DI CUE E PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA SOLARE



SEZ. B-B DEPURATORE-CARBONATATORE-ALCALINIZZATORE URBANO MODULARE 500.000 A. E.3.
 CON RECUPERO E CONSUMI DI CUE E PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA SOLARE

DIS. N.5



PARTICOLARI DEPURATORE-SEDIMENTATORE-CARBONATORE-ALCALINIZZATORE FLUVIALE E URBANO MODULARE CON RECUPERO E CONSUMO DI CO₂ E PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA SOLARE

DIS. N. 6