



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

**Appunti universitari**

**Tesi di laurea**

**Cartoleria e cancelleria**

**Stampa file e fotocopie**

**Print on demand**

**Rilegature**

NUMERO: 1829A -

ANNO: 2016

# **A P P U N T I**

STUDENTE: D'Angelo Deva

MATERIA: Complementi di ingegneria sanitaria ambientale -  
prof. Genon

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

**ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.  
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

... alle zolle gelate  
sempre ritorna la legge invisibile della primavera  
con l'erba e i fiori".

(Walt Whitman)

Buon 8 marzo 2010



## INTRODUZIONE

Dinamica + ng. sostit. subst. = complementari,  
↳ x definire la compatibilità amb. di qualcosa.

COMPATIBILITÀ = per funzionare un'attività garantendo  
idonei standard di qualità x l'ambiente → COMPLESSO



Obiettivo della compatibilità = garantire contemporaneamente:

- idoneità di ambiente
  - soddisfacimento di necessità, → comportano attività antropiche
- ING. SAN. AMB.

Cerca di minimizzare l'impronta ambientale di un'attività umana. Fare il meglio possibile (≠ sufficiente!) x rendere meno pesanti i 2 flussi dell'attività.

- DINAM. INQUINANTI.

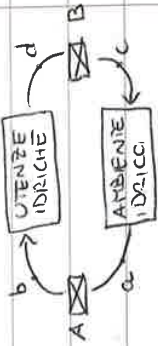
Una volta fatto il meglio tecnologico, si chiede se ero più  
sufficiente x garantire gli standard dell'ambiente (di  
TTe e ne partì, dette da 2 biologi, x avere vita umana,  
annde, etc...)

Si assume che sorgente sia già garantita il meglio.

# ACQUE

Bisogno recettore: - utenze idriche

- ambiente idrico



A = impianto primario, necessario s.t. ingegnere,

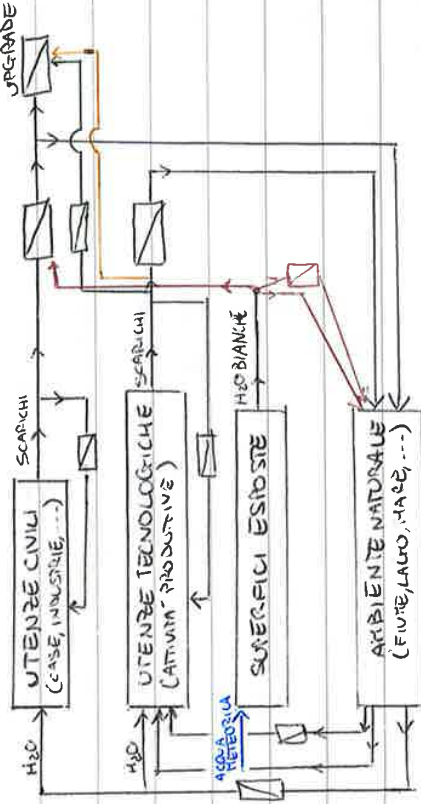
La risorsa prelevata non ha la qualità richiesta

B = impianto di depurazione, per aumentare gli nq del flusso

Contribuzione di A e B dipende da una buona conoscenza del

ciclo idrico → a, b, c, d devono essere noti.

In un'area urbanizzata (≠ ambito agricolo):



Il caso da fare = organizzazione qst sistema definendo qualità e quantità.

Posizione del pia di vista degli ingegneri: pre allegare

cos'che si preleva a cui che si usa, serve quantificare le

possibilità e le contenzioni C.

collegare AMBIENTE a UTENZA CIVILE e TECNOLOGICA.

→ 2 approcci:

1. Approccio normale = volta a centrare il flusso nq p
2. Condizioni sufficienti = individuare l'impatto che la persona può subire.

Vengono quindi emessi: + facile x la normativa

1. La [I] da nq nella risorsa amb (e NOx prodotti)
2. La dose (La x sono E non deve respirare + d.Tot NOx)

↳ forse, qst garantisce meglio la compatibilità

## F) PROGRAMMATICO

Programmazione territoriale = capire quali attività possono essere consentite da emittente, e dove.

Sia in scala globale (CO2, ...) che locale (polveri)

È importante valutare la sensibilità del punto ricevente



# POTABILIZZAZIONE

POTABILIZZAZIONE

## PARAMETRI ED INQUINANTI

Utilizza = di tipo probabile (anche se solo 2 l/d su 2000 sono voti a nono potabile)

Costi di acqua potabile = definite da varie tabelle (OMS, UE, nazionali). Riguardano parametri:

- Fisici → SS, Torbidità, colore
- chimici → pH, conducibilità, presenza di As, Pb, Fe, Mg, ...
- biologici → microrganismi, eib, battezi

Inquinanti sono di vari tipi:

- ING. PRIMARI = nutrienti sono di x se pericolosi x la salute dell'utilizzatore. categorie:

- Parametri chimici inorganici disciolti → Fe, As, ...

- Pesticidi

- Sost. org. disciolte di derivaz. antropica → ad es. = fendi, in acque naturali, ma naturalmente sarebbero molti, meno.

- Disinfettanti → soprattutto Cl

- DBP (Disinfection By Products) → ad es. cloro derivati (formici)

- Radionuclidi → Sost. radioattive di derivaz. naturale

- ING. SECONDARI = nutrienti non sono di per se indice di pericolo, ma rendono meno gradevole l'uso dell'acqua. Calore; Salsinità; Durezza.

- ING. NON NORMATI → prodotti di vita quotidiana (formici, integratori dim, igiene xianoli). Poco biodegradabili, e refrattari. (meccanismi interferenti di ossidazione secondaria)

Costo di esercizio = dato da:

- Reagenti (cloricali)
- Energia
- Smaltimento sottoprodotto

Sorgente = durante il processo deve avere:

- Controllo → scelta della frequenza e relativo dell'inforno
- Protezione → regolazione le attività antropiche nell'insieme della sorgente.

Criteri di protezione vanno fatti, preliminarmente.

**TRATTAMENTI - SCHEMA**

- TRATTAM. FISICI (separaz. Meccanica)
  - AERAZIONE
  - SEDIMENTAZIONE
  - FILTRAZIONE
  - FLOTTAZIONE
  - MEMBRANA
- TRATTAM. CHIMICO-FISICI (basati su affinità)
  - ADSORBIMENTO SU CARBONE ATTIVO: - GRANULARE - IN POLVERE
  - PRECIPITAZIONE CHIMICA
  - SCAMBIO IONICO
- TRATTAMENTI CHIMICI: DISINFEZIONE (OSSIDAZIONE CHIMICA)
  - $Cl_2$
  - $O_3$
  - $ClO_2$
  - UV
- TRATTAMENTI BIOLOGICI

} RIMOZIONE TORBIDITÀ

**DIFFERENZA ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE**

- SOTTERRANEE → Caratteristiche:  $NH_3$ , contaminazione (Fe, Mn), idrocarburi.
- Trattamenti:
  - Sollevamento = alta spesa x consumi energetici
  - Omidatore = minuzia Me e  $NH_3$
  - Filtrazione = lotta di ruggine in pressione ⇒ ↑ consumi
  - Filtrazione su CA
  - Disinfestazione = obbligatorio x potabilità.  $H_2O$  o  $NaClO$
- SUPERFICIALI → Caratteristiche:  $NH_3$ , idrocarburi, SST, alta carica patogena
- Categorie di acque:  $A_1$  (alta qualità),  $A_2$ ,  $A_3$  ( $P_0$ ,  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ ,  $P_4$ )
- Trattamenti, per il caso  $A_3$  (SMAI):
  - Sollevamento = spesa inferiore alle sotterranee
  - Stracciatore = segue progressivamente fmi
  - Sedimentazione
  - Chiarificazione = reattivo aggiunto, x fare precipitazione
    - onde poter precipitare e rid. coloidi.
  - Filtrazione = f. f. in sabbia + CA
  - Disinfestazione

Import. piombi = si fa anche una pre-ossidazione.



### RIMOZIONE DELLA TORBIDITÀ

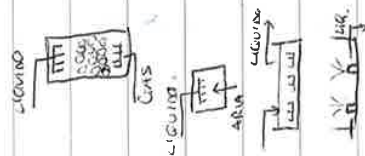
Torbidità → dato da componenti sospese (solidi, liquide o colloidali). Sono sost. eterogenee, spesso tossiche.  
 Presenti soprattutto in acque superficiali (acquifero fino a profonde).  
 Separaz. S/L → si potrebbe pensare a centrifugaz, ma qui non è applicata (SS non troppo pochi).  
 Dimensione dei SS presenti influisce su facilità di separazione.  
 acque naturali → SS fini, e con densità  $\approx$  densità acqua  
 ⇒ Separaz. difficile, spesso si pratica con flocculazione

### FLOCCULAZIONE

Permette di porre da fonte partic. piccole a poche grosse, + facilmente separabili.  
 • COAGULAZIONE (CAUSA) = presenza di un agente la cui carica superficiale delle particelle, ammantandole la respinge (spiega) (dato dall'aver le stene cariche)  
 ↓ FLOC  
 OO

• FLOCCULAZIONE (EFFETTO) = aggregazione delle particelle  
 Si usano sali organici di Fe ed Al che generano ioni  $Fe^{3+}$  ed  $Al^{3+}$   
 ⇒ reagiscono con partic. organiche, rendendole in grado di flocc.  
 1.2 step fanno bisogno di turbolenze.

- COAG. → fase breve con alta turbolenza (x for reagire)
  - FLOCC. → fase prolungata con turbolenza minore, ma intermedia.
- ↑ Turb ⇒ aggr. partic.  
 ↓ Turb ⇒ non c'è aggr. partic.



### 3) IMPIANTISTICO

- Torre assorbitiva → G.L. in controcorrente. Riempiamo con olio minerale specifico
  - Torre a spruzzo → L ha gocce piccole
  - Insoffiazioni in vasca → G. a bolle piccole
  - Zampilli → L in aerea con aria ambiente
- Uguale rate usi 1, 2 e 4, dipende dai casi.

Aria in uscita → arricchita di componenti T.O.L., dall'acqua:

- Se contiene solo  $CO_2$  ⇒ sfioro diaterante

- Se contiene anche  $NH_3$ , come  $NH_3$  ⇒ Trattamento:



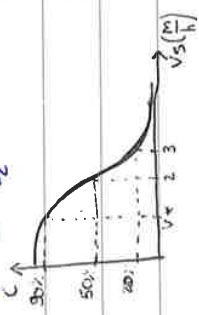
Sistemi efficaci x Trattamento di acqua e di aria deossata.

Posibile ricorso di  $(NH_4)_2SO_4$  x fertilità → discutibile

Per Trattamento e VOC: ora comuni viene trattato col carbone attivo. (Se c'è acqua da aereare avere aiuto)

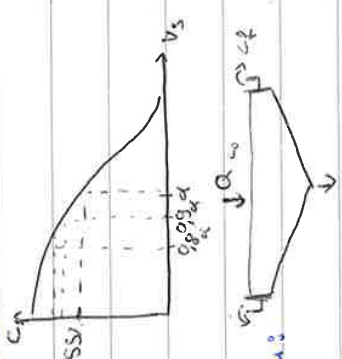
alternare [VOC] ⇒ sarebbe stato + conveniente applicare il C.A. direttamente all'acqua.

Però per il pto  $Z_2$  in un tempo  $t_1 \rightarrow t_2$ , non vedremo una quantità di partic  $c_2 - c_1$  che avremo  $V_3 > \frac{Z_2}{t_2}$



Attingo tale grafico, da cui dice:  
 - il 90% delle partic ha  $v_s > v_1$   
 - il 50% ha  $v_s > 2m/h$ ; il 20%  $v_s > 3m/h$

Tale curva è usata a scopo progettuale:  
 se ho  $CI = a \Rightarrow$  il 55% di partic (de fondo  $v_s$ ) in completa separazione oltre hanno  $\eta$  decrescenti (90%, 80%, ...)



Sedimentazione reali + communi: circolari:

$$CI = \frac{Q}{v \cdot D^2} \rightarrow \uparrow D \Rightarrow \downarrow CI \Rightarrow \uparrow \eta$$

$$\eta = \frac{c_0 - c_1}{c_0}$$

Nota: Costi impianto e ↑ spazi  
 Per avere buona separazione, servirebbe ↑ spazio  
 $\Rightarrow$  sedum e costo come l'ottimo primario, dopo si usa la filtraz x rimuovere % maggiori

Per sapere dati e prezz del sedum  $\rightarrow$  4 equaz

- $Q = Q_1 + Q_2$  → bilancio
- $Q \cdot c_0 = Q_1 \cdot c_1 + Q_2 \cdot c_2$  → bilancio sedi
- $\eta = \frac{c_0 - c_1}{c_0} = f(D)$
- $c_s = \beta$

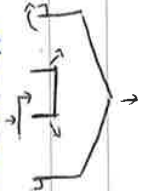
↳ fango primario, buona tenuta di sedi (1%)

Sedum  $\rightarrow$  lungo tempo di permanenza (ore)

$\Rightarrow$  Si può fare produzione, mettendo il a monte  
 Rischio: Temp. E'ngli  $\Rightarrow$  sottoprodotti indesiderati. Tannici.

Fango primario  $\rightarrow$  no problemi particolari. Contiene molti nutrienti e Fe e Al di flocculazione. Volumi consistenti.

Recupero di Fe e Al del fango  $\rightarrow$  non economico di oggi.  
 Si può dosare le coagulanti in linea, mettendo nel sedum una zona di flocculazione iniziale



Criticato dei redimentatori e ventosi.

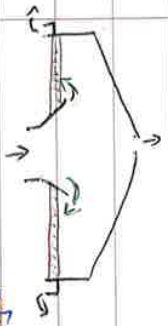
+ focolato di gestione e bassi costi.

- grande ingombro, ingombrabile rimuovere tutta la turbidita

$\Rightarrow$  • si usa filtraz dopo il sedum, il che è più efficace ha costi inferiori

• Sedimentazione a letti di fango

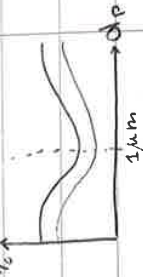
letti di fango galleggiano e viene attraversato dall'acqua prima di sfiorare  $\Rightarrow$  filtro di partic + fini.  
 $\Rightarrow$  ↓ dimensioni sedum



il fango si separa con le partic

$\Rightarrow$  Spurgo regolare  $\rightarrow$  mantenere spessore 50-60cm, difficile da gestire



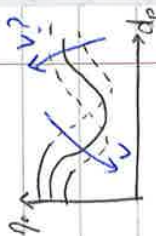


• Dimensioni particelle:

- $\eta_{disp}$  fini  $\Rightarrow \uparrow \eta_{disp}$
- $\eta_{in}$  grande  $\Rightarrow \uparrow \eta_{in}$

- Dimensioni intermedie ( $\sim 1 \mu m$ )  $\Rightarrow$  Rimozione efficace,  $\eta \approx 1$  nel  $\eta_{in}$  sono efficaci

QAT è ordine qualitativo, difficile ricavare i valori effettivi di  $\eta$ .



• Velocità di flusso  $\rightarrow$  riduce molto  $\eta_s$  e  $\eta_{disp}$

Zona SX:  $\downarrow v \Rightarrow \uparrow \eta_0$

Zona DX:  $v$  ha minor effetto, forse  $Tv \Rightarrow \uparrow \eta$ ,

Ma noi abbiamo particelle fini  $\Rightarrow$  ipertensione zona a SX

**APPROCCIO OPERATIVO**

Eqoz fenomenologica:

$$-\frac{dc}{dz} = \lambda c$$

$\Rightarrow$  cinetica del 1° ordine

coeff determinabile sperimentalmente

Bilancio di materia:  $-\frac{dc}{dz} = \frac{ds}{dt} \Rightarrow \lambda = \lambda(s)$

$\rightarrow \frac{dc}{dz} = [I]$  numero del fluido munito di altezza

$\rightarrow \frac{ds}{dt} =$  salido trattamento nel tempo.

Quando gli interventi si riempiono, la capacità di trattare le particelle si modifica.

Per det.  $\lambda \rightarrow$  prove di laboratorio, monitorando nel tempo in vari p.Ti

Per F.I di turbidità temporale.

Nel laboratorio esistono anche esperimenti del letto.

•  $\eta_s = \frac{(p_0 - p)}{18 \mu v}$   $\rightarrow$  di sedimentazione, se  $\uparrow v \Rightarrow \downarrow \eta$

•  $\eta_{in} = \frac{3}{2} \left( \frac{dp}{dc} \right)^2$   $\rightarrow$  di interazione, importante per le particelle grosse.

•  $\eta_{disp} = 0,9 \left( \frac{K T}{\mu d_p d_c v} \right)^{2/3}$   $\rightarrow$  di dispersione, efficace per particelle fini (bagnobiliarie) e collettori fini.

$\hookrightarrow$  poco ripartite  $\rightarrow$  particelle + grosse

$K = \text{cost}$  di Stefan-Boltzmann

QAT vale a collettore molto in istante iniziale

Letto di sabbia  $\rightarrow$  efficienza operativa:

$$\eta = \frac{c_0 - c_t}{c_0} = f(\eta_0, n) \rightarrow n = \text{no. collettori in serie}$$

Tra entrata e uscita c'è alternazione di [I]:

$$P_n \left( \frac{c_t}{c_0} \right) = -\frac{3}{2} \frac{(1-E) \alpha \eta_0 L}{d_c}$$

•  $\frac{L}{d_c}$  = rapporto tra n° di contatti (di collettori)

•  $(1-E) =$  porosità

•  $\alpha =$  sporcamento del letto

$\Rightarrow$  Da qat approccio teorico capisco l'influenza dei vari parametri.

• Se  $\uparrow L \Rightarrow \uparrow$  efficienza (ma non c'è cura)

• Ipertensione le corse del singolo collettore ( $\eta_0$  e  $d_c$ )

•  $v =$  velocità di flusso, data come variante:  $v = \frac{Q}{S}$  Sez F.I.T.R.O.

In qat formule:  $\uparrow v \Rightarrow \downarrow \eta_0$ ,  $\downarrow$  tempo a avere meccanismo.

Ma molte formule e diversi  $\Rightarrow$  ruolo di  $v$  non ben definito.

(vedano dopo, se le dimensioni)



Avantie controflusso, letto e sottoposto a 2 forze:

- Peso, verso le base
- Contrappessione  $p_1 - p_2$  verso l'alto,  $\uparrow v \Rightarrow \uparrow p_1 - p_2$

Condiz di massima fluidizzaz:  $(p_1 - p_2) \cdot S = H \cdot S \cdot \rho \cdot g$

↳ equilibrio, se  $\uparrow v$  ancora ho trasporto idraulico,

vi si ferma prima (sabbia fuoriuscirebbe)

Lavaggio a spruzzo di letto = prezioso in olio, dove c'è max parte di partic depostate.



Sottoprodotto di rigeneraz =  $H_2O + SS$

↳ Rimble riciclabile in letto al sedim. primario?

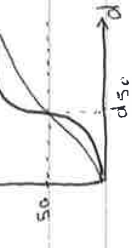
+ = fette ha effetto di flocculaz nelle partic + fini, de mulsion + sedimentabili

- = Acque in al sedim. Trip Torbide, poss, bile **sovraccarico** del sedim.

- = possibile accumulo di solimite e inquinanti dritti.

⇒ Necessario spingere parte di sottoprodotto, e monitorare qualità di acqua ed effic del sedim, poterlo fare.

**CARATTERISTICHE DELLA SABBIA**



definito da:  $d_{50}$  = diametro nominale della distrib.

-  $UI = \frac{d_{90}}{d_{10}}$  = indice di uniformità →  $\uparrow UI \Rightarrow$  curva ampia  
 $\downarrow UI \Rightarrow$  curva stretta

• Si preferirebbe avere  $UI \downarrow \rightarrow$  partic m. i. st. range, che in controbilanciamento si stabilizzano al contrario del volume (si potrebbe ottenere **OFFFLOW-DOWNFLOW**, non è completo nella pratica).

• Peso specifico non è zero, che fluidizzaz:  $\uparrow p \Rightarrow \uparrow v \Rightarrow \uparrow E$

• Non è possibile, in fluidiz. si crea turbolenza ⇒ scarta

• mezzo chimica, ma cessione di componenti, indesiderati all'acqua



**FILTRAZIONE LENTA**  
 letto di sabbia su da supporto a partic

separate (biomassa, alghe, resti colloidali) che separano gli. in q con fenomeni meccanici e biologici.

Rigeneraz e il appattaz di quelle partic.

che usato, al a volte con **TRIT. TERZARIO**.

**FILTRAZIONE FISICA + ALTRO**

1) Carbone attivo al posto di sabbia

+ = Rimuove anche rest. org. inq. disciolte (micid. sorbit.)

+ = **costo**, ho 4 solo apparecchio invece che 2

- = CA e + **fragile**, rischio di x. dolo in rigeneraz.

- = Effetto di **finezza meccanica** e = a. sabbia, 

con granelle di **sim. dimensioni**. Ma micropartic. possono

e c. **trattate da deposito di inpartito** (SS) ⇒ **adsorbimento**

inpartiti nuovi → si fanno **2 letti separati**.



(microstruttura del CA)  
 - cost. del CA → superficie specifica, essendo il CA microporoso (centri attivi in nei pori).

↑ superficie specifica ⇒ ↑ capacità di adsorbimento.  
 influenza della T (poco importante x acqua):

$\left\{ \begin{array}{l} \uparrow T \Rightarrow \text{desorbimento} \\ \downarrow T \Rightarrow \text{adsorbimento} \end{array} \right.$   
 ⇒ Curve di equil. in sistemi, volute x un costo CA ed t costo sost. org.

Curve microscopiche in laboratorio:

in un V di H<sub>2</sub>O, nella CA (novo m)

⇒ I-J varia da c<sub>0</sub> → c<sub>f</sub>, q è funzione nel CA

⇒  $V(c_0 - c_f) = m \cdot q$  → dettano c<sub>f</sub> e q

**b. CINETICO**

• Meccanismo di scambio, per i microscopici di I grande, data i sost. org. di acqua all'ext (nel liquido):

1. Diffusione all'ext → Sost. org. si muove in fase liq. da fmo all'interfase L-S.

Dipende da turbolento e agitazione di fase L (e L<sub>2</sub> fmo) ⇒ diffusione molecolare (imp. lenta). Si può agire dall'ext

2. Diffusione intema → dipende da qm. Tortuosi, lunghi, fmo. i pori. ⇒ struttura intema del carbone

Non si può agire dall'ext. For. big ⇒ T media me ↓ n° pori

**3. Reazione chimica superficiale → fenomeno chimico-fisico.**

Dipende da aspetti qualitativi del CA e dalle sost. org.

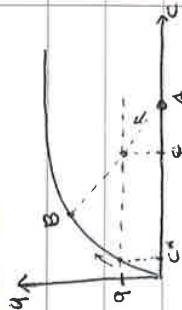
⇒ 3 resistenze in serie, la R complessiva è la 3 delle 3. Le resistenze + lento controlla T. il processo.

Dato L, nel caso connesso ed il CA pulito

⇒ più mizide A, il sost. si muove verso

il pto di equil. B che sarebbe

raggiunto all'∞.



Velocità di scomparsa di C = velocità comparsa q = v scambio di materia:

$-v \frac{dc}{dt} = m \frac{dq}{dt} = K a (c - c^*)$

cinetica ⇒ dipende da:

- a = superficie di scambio
- K = coef. scambio
- c - c\* = forza spingente, distanza dall'equil.

**C. INPIANTISTICO - SISTEMI DI CONTATTO**

**1. CARBONE ATTIVO GRANULARE**

Partic. di qm. cm, letto fmo, su cui scende acqua.

velocità apparente:  $v = \frac{q}{s}$

Velocità di [I] nel tratto infinitesimo di altezza dz:  $q \frac{dc}{dz} dz$

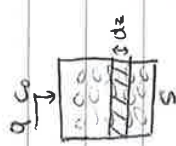
⇒ Eq. fondamentale di funzionamento di uno colonna fmo di CA:

$-q \frac{dc}{dz} dz dt = s dz p \frac{dm}{dt} dt = K a s dz (c - c^*) dt$

Materie scarse del fluido Arricchimento del solido Scambio tra le 2 fasi

m = massa di materia nel CA, varia nel t.  $p = \frac{q_{CA}}{m \cdot v_{colonna}}$

c\* = c\*(m), dalla curva di equil.





1° n° scambi serie x scale-up, dice dopo qnt devo  
 rigenerare la colonna

Se  $NTZ_{crit} \Rightarrow C_0 \cdot t_0 = N \cdot m \cdot eq$

=> extrapol i risultati ottenuti dal laboratorio e  
 li applico a IT le scale.

**RIGENERARE**

Colonna che xde capacitor di scambio va rigenerata.

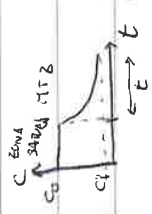
Se rigenero qnd ② arriva a sez. d'uscita, ①



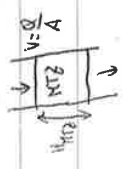
spacca 1 parte NTZ con  $m \leq m \cdot eq$   
 Se  $NTZ_{crit} \ll L \Rightarrow$  spacco 1 piccola parte delle colonne, m%  
 poter allungare L  $\rightarrow$  bion x evitare sprechi di fatto.

Poter accorciare NTZ  $\rightarrow$  bion x sprechi, no breakthrough  
 e nato critico (difficile da controllare) e con  
 influenze x accorciare la critico di scambio e  
 difficile.

=> Si spacco sempre parte della colonna.



Altezza della NTZ  $\rightarrow$  dipende dalla critica  
 => Dipende del tempo richiesto x corrizzare  
 alla C\_f voluta:  $t = t(K/a)$

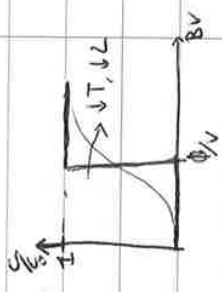


=> coroll. inverso del C.A.

=>  $H_{NTZ} = v \cdot t \rightarrow$  Para influenze su v:

- $\downarrow v \Rightarrow \uparrow H$  } componenti x rigenerato e consumo carbone
- Ma:  $\downarrow v \Rightarrow \uparrow A$

Se NTZ fase trascurabile: pic di breakthrough  
 coincide con 1 valore (non + intervallo).



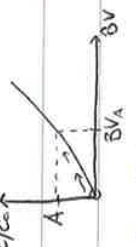
$v \cdot q = \phi \cdot C_0$

=>  $\phi =$  massimo BV ad azb, b, le

$\rightarrow \phi = [m^3] = t \cdot a$

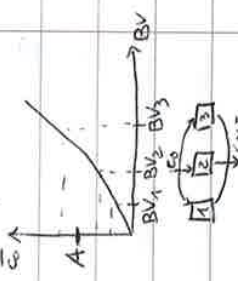
QNT, condiz Teorica, da cui si derivano sempre + se  $\downarrow T$  o  $\downarrow C/C_0$

Colonna singola: inizio con le migliori  
 prestazioni, poi  $\uparrow C$ , fino al max delato degli  
 standard (A), a cui corrisponde un n° di scambi  $BVA$ .



=> Da C m poi,  $C_{crit} > A \rightarrow$  rigenero allora dopo  $BVA$ .

Colonne m //  $\Rightarrow$  efficiente e medio dei  
 flessibile varie colonne.



Sostituire m tempi  $\neq \Rightarrow$  Hanno  $\neq C_{crit}$ , no  
 nella loro rete  $e^- < A$  va bene.

=> Alternando le rigenerazioni, non ho mai  $C_{crit} = 0$  (ste-  
 cio sempre 1 colonna usata), no sfrutto al meglio la singola  
 colonna.



Colonne m serie: qual e  $e^-$  e nativo, Ca rigenero e nato Ca IT  
 al no porta, spento bene le colonne, me  $e^-$  + difficile m  
 pratica.

CA rigenerato ha performance  $<$  regime  $\rightarrow$  Rivulizzzo  
 non e' infinito.



2. Microgenesi: Cinetica della distruzione:  
 $\frac{dN}{dt} = k \cdot c \cdot N$  →  $\begin{cases} c = 1: 1 \text{ agente } ox \\ N = n^{\circ} \text{ microrganismi presenti} \\ n-1, \text{ dipende dalle condizioni} \end{cases}$   
 $k = \text{coeff. cinetica di degradazione}$

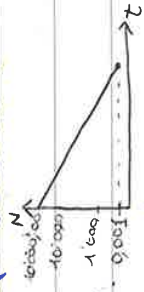
$k = K(T, \text{ tipo di microrganismi, Tipo di ossidante})$

Nota: i vari microrganismi ed i vari ossidanti.

$k$  dipende da decadenza dosaggio e tempo di reazione

dell'ossidante:

Se  $c = \text{costo} \Rightarrow \frac{d \ln N}{dt} = \text{costo} \rightarrow \text{curve}$



In più forte, ho 1 probab. su 1000 di avere sopravvissuto.

Nei eq della cinetica, ho 2 variabili:  $c$  e  $t$

$\Rightarrow$  devo stabilire in base alle condizioni in pratica:  $c$  e  $t$ .

- Tempi ragionevoli

- Se  $T_c \Rightarrow$  problema di trasferimento di calore

a  $H_2O \Rightarrow$  sottoprodotti indiderati

Aspetti da considerare = termochimica e cinetica

a. TERMODINAMICA = individuazione della probabilità di un agente ossidante di effettuare l'ox.

Confronto tra i potenziali redox della sostanza e dell'ossidante per capire se la reazione va nella direzione desiderata. ( $Fe^{2+} \rightleftharpoons Fe^{3+}$  si sposta a 2° del potenziale redox dell'ambiente).

b. CINETICA  $\rightarrow$  dipende soprattutto dall'ossidante usato.

Catalizzatori,  $T \rightarrow$  non vi è dubbio x probab. (reazione in ciclo Datoro).

Azoto  $\rightarrow 2O_2 \rightarrow$  cinetica Triplo, non possibile usare

Possibile catalizzatore = altro prodotto secondario (non avere solo  $H_2O$ )

TIPI DI OSSIDANTI USATI

a.  $Cl_2 \rightarrow$  gas, si scioglie male.



Acido ipocloroso  $HClO =$  acido debole:  $HClO \rightleftharpoons H^+ + ClO^-$

$\rightarrow$  { Acido  $\Rightarrow$  equil. verso dx (anzi,  $ClO^-$ )  
 { Neutro  $\Rightarrow$  equil. a sx ( $HClO$ )



$\Rightarrow$  In potabilità:  $pH \approx 7 \Rightarrow$  quasi solo  $HClO$  efficace

$HClO =$  ossidante e disinfettante, non  $Cl^-$  non è vato, neppure  $Cl_2$ .

Applicazione  $\rightarrow$  3 possibilità:

• cloro gas  $Cl_2 \rightarrow$  conservato in bombole a  $-10^\circ C$

alla  $p \approx 1 \text{ atm}$  (c'è equil. tra  $Cl_2$  e  $Cl_2$ ).

Incidente frequente: blocco di refrigerazione  $\Rightarrow T \rightarrow \uparrow p$

$\Rightarrow$  espansione (a  $T = 25^\circ C, p = 4-5 \text{ atm}$ )

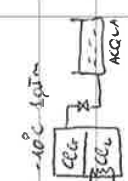
•  $NaClO =$  ipoclorito di sodio (comune):  $NaClO \rightleftharpoons Na^+ + ClO^-$

Stesso reagente  $ClO^-$ , è usato in soluzioni con acqua

al  $\approx 15\%$  in peso

•  $Ca(ClO)_2 =$  solido, applicato in granuli da 100 g. circa.

Stesso reagente  $ClO^-$ .





**TECNOLOGIE ALTERNATIVE: PRECIPITAZIONE CHIMICA**

Funzionano bene solo con **DT**, livello di **CS** delle 2 specie che voglio far reagire (si formano abbastanza controllo, da precipitazione) => poco usate x acque piovane, solo x ruscelle di durezza

=> Rimozione di  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  (problemi x applicaz. Tec. des. de) Precip. Tot. chimica:  $A^+ + B^- \rightarrow AB \rightarrow AB = \text{bassa solubilità}$

**Trattamento calcio-soda:**



=> Prodotti molto insolubili, separati con sedimentazione

Svantaggio: generazione di fanghi da trattare

Po' essere fatto anche per  $Fe^{3+}$  e  $Mn^{4+}$ , non è 4 p' 7.

Tenore di  $O_3$  in uscita del sint. dev' essere bassissimo,;

- Spreco il + basso possibile
- $O_3$  è un inquinante atmosferico (stag. fotochimica)

=> C'è un evitatore che ne evita, e se fanno lo dendano



Persistente, non molto forte come clorifonate

(Torno = è usato x disaggio in rete)

Poco precursore di sotto prodotti.

È meno: efficace, massivo, pericoloso.

d. UV -> Disinfezione efficace, ma non è ossidante.

Limiti: Acqua deve essere limpida

- Dimensioni: piccola scala, max 2000 - 500 ab

Livello di conoscenza su effettivo efficacia di agent. chimici non è molto alta.



# TRATTAMENTO DELLE

## ACQUE DI SCARICO



Rimozione dall'acqua di scarico e macerabile x il riciclator.

### EQUALIZZAZIONE

Problema di variazione di acque di scarico e >> rispetto alle acque piovane, sia qualitativa che quantitativa.

=> Equalizzatore e impercussibile spesa.

Dato q(t) acqua W, potenza dimensionale

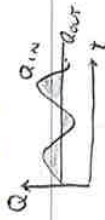
il momento:

- x, picchi => sovradimensiono

- x, valore medio => non regge i picchi

Voce di equalizzatore = è אותו lo stesso miscelazione

=> flussone esse regolarizzato x qualità e quantità:



=> Area della curva

② Omogeneizzazione: [ ] medi, sono

parto + regolarizzate quanto + la varca e miscelata.

Principio della vasca:

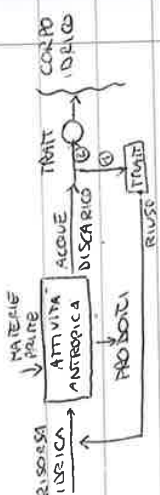
$$Q_{in} - Q_{out} = \frac{dV}{dt}$$

$$Q_{in} \cdot c_{in} - Q_{out} \cdot c_{out} = \frac{d(V \cdot c)}{dt}$$

Sistema di depurazione funziona in modo controllato ed accettabile, dopo equalizzatore

## ACQUE DI SCARICO

Possibile intervento di piano x minimizzare i costi di



attività antropica: - Scelta di materie pure + idonee

- Processi + compatibili possibile

Dato lo scarico, a cosa 2 vie: ① Riciclo

② Scarico

Scelta fra esse dipende da 4 considerazioni:

a. AMBIENTALI -> Scegliendo la ①, meliamo meno mq al riciclatore

e si ↓ prelievo di risorse idriche => vantaggio

b. ECONOMICI -> Considero la politica di costi, obiettivi del portatore

① - costi di prelievo di risorsa

- costo x recuperare l'acqua (hanno in foggo, olio d'olive)

- costo di trattamento (esercizio e funzionamento)

② - Costo costo di prelievo

- Costo di trattam. e t. e. e. precedente.

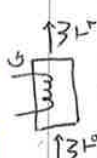
Ente responsabile può imporre costi pregressivi (politica di incentivazione) + prelievi e + servizi => + paghi.

legato a:

- Esternalità = costi, rischi dovuti a depurazione/impoverimento della risorsa

- Internalizzazione delle esternalità = far pagare al consumatore le esternalità tramite politiche economiche.

## ACQUE DI RAFFREDDAMENTO

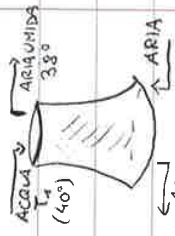
Usare x espellere calore dalle attività tecnologiche  
 Flusso di acqua W espulsa in quantità  $\frac{W}{T_0}$    
 di calore G:  $G = W c_p (T_1 - T_0)$

Si arriva, nella pratica, a:  $T_1 = 30-40^\circ C$   
 $G =$  agente sistema tecnologico, x V impianto.  
 Acque in: dev'ere + freddo possibile. Non calda e non corrosiva, no solidi sospesi. Costi fissi e del fornitore di scambiatore di calore

Acque out: dopo lo scambio arriva a  $T_1 > T_0$   
 Possibile vie:

- a. Mescolando ad acqua di ritorno  $\rightarrow$  errore, e' pilita
- b. Iniezione diretta in corpo idraulico  $\rightarrow$  poco accettabile ambientalmente, etc.
- grande prelievo di rusina, usato solo 1 volta;
- scarico di acqua calda in fiume  $\rightarrow$  nobile sul no equilibrio
- Soluz + semplice ed economica, REN di Mancaheri era motoristi.
- c. TORRE DI RAFFREDDAMENTO  $\rightarrow$  Scambio diretto tra acqua calda ed aria.

Probabile di totale  $\Rightarrow$  T. roggio  
 naturale di aria.

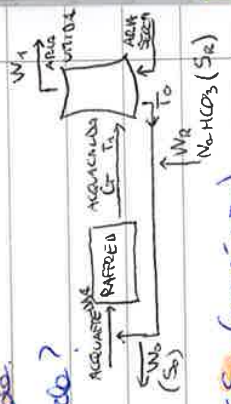


Riempiamento nella torre x avere stretto contatto.  
 Raffreddamento e' fatto x scambio di calore totale.  
 (non di calore sensibile)

Aria secca si umidifica, venendo poco la sua T

$\Rightarrow$  Devo avere aria + acqua de' fredda.  
 Circuito completo e' possibile dividerlo?

$W_R =$  reintegro necessario, x parte di acqua evaporata.



Tale acqua ha 1 Tenore di solimito Sr (non e' puro)

$\Rightarrow$  Se non spruzgo, solimito nel sistema TT  $\Rightarrow$  cristallizzazione  
 $\Rightarrow$   $W_0 =$  spruzgo.

Bilancio di calore:  $G \cdot c_p (T_1 - T_0) = W_1 \cdot \lambda$   
 $G =$  portata acqua in  
 $\lambda =$  calore evaporazione

Bilancio globale:  $W_2 = W_1 + W_0$

Solimito:  $W_R \cdot S_R = W_0 \cdot S_0$

definiscono le correnti di spruzgo e reintegro.

$\left\{ \begin{array}{l} S_0 = \text{solimito de' pu' corale senza avere cristalliz.} \\ S_R = \text{qualita' del ricircolo} \end{array} \right.$

$\Rightarrow$  Definite le solimito, scelgo le portate:

Se voglio Tenore  $\downarrow S_0 \Rightarrow \uparrow W_0$   $\uparrow W_R$

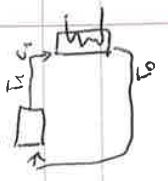
Aspetti contrastanti:

- Circuito + di uso possibile (basso n-pole)  $\Rightarrow \downarrow W_R$   $\downarrow W_0$
- Entero problema tecnologico di ricambio:  $\Rightarrow \downarrow S_0$

Circuito finale e' quasi chiuso.

d. CIRCUITO FRIGORIFERO  $\rightarrow$  completamente chiuso

nesso per cui puo' essere isolato.





### TATTAMENTI - SCHEMA

#### • SEPARAZIONE INQUINANTI NON DISCIolti

- GRIGLIATURA
- SEDIMENTAZIONE
- FILTRAZIONE
- FLOTTAZIONE
- CENTRIFUGAZIONE
- SEPARAZIONE OLI
- SEPARAZIONE SU MEMBRANA

#### • RIMOZIONE INQUINANTI NON BIODEGRADABILI

- CHIMICI → - NEUTRALIZZAZIONE DEL pH
- PRECIPITAZIONE
- OSSIDAZIONE CHIMICA
- RIDUZIONE CHIMICA
- NET OXYDATION
- CHIMICO-FISICI → - ASSORBIMENTO
- SCAMBIO IONICO
- OSMOSI INVERSA
- TERMICI → - DISTILLAZIONE
- EVAPORAZIONE
- INCENERIMENTO

#### • RIMOZIONE INQUINANTI DISCIolti BIODEGRADABILI

- SISTEMI A FANGHI ATTIVI
- SBR
- SISTEMI A BIOMASSA ADESA → - FILTRI PERCOLATORI
- BIOFILTRI SOMMERSI
- MBBR
- BIODISCHI
- MBR



RIMOZIONE INQUINANTI DISCIolti NON BIONEGRADABILI

1. TRATTAMENTI CHIMICI

2. NEUTRALIZZAZIONE

Due fogli: - il pH di per sé è una forma di inquinamento

- può essere operazione preliminare ad altri trattamenti

Aviene traioni in soluzioni liquide stagionate => controllo velocità

=> bassi tempi di permanenza (pochi minuti o secondi)

Considerazioni da fare: - scelta del reagente + opportuno

- possibile formazione di prodotti nocivi

=> Necessario sapere gli fanghi più formati e prevedere una

separazione (di solito fatta con

precipitazione)

Altre a volte è necessario x

specie volatili (es.  $\text{NaCN} \xrightarrow{\text{H}^+} \text{HCN}$ )

Fuglio di gas ossigeno:

• Avere ambiente idoneo x bio

• Avere pH idoneo x i vari reattori

• Rimozione di fanghi acido/basico

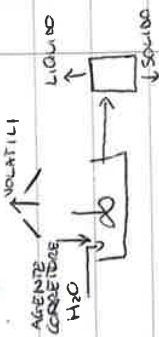
• Precipitazione, per metalli pesanti (vedere dopo)

Scelta degli agenti correttivi:

1. Agenti Acidificanti:  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CO}_2$

•  $\text{HCl}$  = + molto forte e facilmente dosabile

+ Non produce fanghi nocivi, che al non fine non volatili



Possibile trattamento x aggregare particelle di olio:

- t

- aggiunta coagulant

- T -> se ft => viscosità liquida => floculazione

- pH -> serve pH "selettivo" x emulsione grassa delle particelle

nell'emulsione stabile

• Separazione -> meccanica:

- sedimentazione naturale

- centrifugazione -> efficace ma T costo energetico

- Sistemi a gravità con pochi fanghi

Traion fatta x conto terzi

g) SEPARAZIONE SU MEMBRANA

Membrane microporosa (setole e micro-filtrazione)

Pratica >>> obtrusivi, no uso e costoso,

complesso ed difficile. Difficile uso solo x fanghi

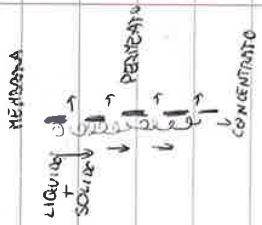
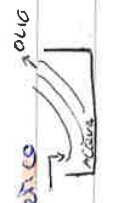
in uso di acque

Problemi: Vantaggio ha il no pH di

funzionamento > non esse compromessa

Vantaggio: sistemi compatibili che trattano grandi volumi

di acqua



Ma non è alternativo al bio. Svolgimento: il quale frang  
 Aspetti critici:

• ANFOTERISMO: a pH alti, è idrossido per dimocarsi:



=> Me resta disciolto con unione in ambiente molto basico

=> precip emiere solo in un campo

minimo di pH. Il min varia x V Me.

Acque con + Me ossiene => si potrebbe fare più a nitrodi  
 successivi di pH, ma processi stocastici e complicato.

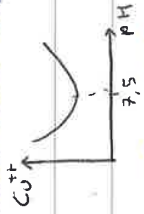
• COMPLESSAZIONE

MeTolo po<sup>-</sup> reagite con altre specie (conc. NH<sub>3</sub> e CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>):



=> Solubile, resta in acqua.

Bisogna individuare le specie che potrebbero farlo.



**C. OSSIDAZIONE CHIMICA**

Distribuzione irreversibile di nq, senza forme di prodotti secondari;



→ prodotti non pericolosi  
 → Nessuna precipitazione.



Parag. per applicazio → verificabile con prove di laboratorio:

- capire la funzione e con quale reagente
- Trovare i ossigeni
- Capire i tempi di contatto.

Svantaggi potenziali:

- nq. più non essere rimovibile con Ciox
- Possibile formazione di prodotti nocivi di (inquinanti):  

$$C_n H_m O_k + O_2 \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{CHETONI} \\ R-CO-CH_2-R \end{array} \right. \Rightarrow \text{Non si ossida con Ciox in pratica}$$
- costi dell'ossidante → Si sono nati + potenti, ed efficaci di O<sub>2</sub>, che in acqua a T ambiente non funziona (bassa energia, potenziale chimico).

Ossidanti usati (impiecati, comuni e facili):

- O<sub>3</sub>
- H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>
- H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + hv (radiaz UV)
- H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + Fe<sup>2+</sup> → Reattivo di Fenton, Fe favorisce la dissociazione H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> → 2OH<sup>-</sup> => radicali instabili, molto efficaci.
- Cl<sub>2</sub> → perossido (108 x cloro), che forma sottoprodotto e derivati.



## 2. TRATTAMENTI CHIMICO - FISICI

### a. ADSORBIMENTO

Fatta su carbone attivo, + che su gesso.

S. fa x molti usi nei rest. org. refrattari = poco o nulla suscettibili di degradazione biologica.

Per rest. organici: unica applicazione parziale e' il recupero delle ammoni str.

CA = molto efficace ma molto costoso

=> addato solo quando non e' sostituibile da altre tecnologie (ultrasonori, microdecolori, fotocatalisi, ...)

Usato sia granulare che in polvere

Abbinato al biologico:

+ Tempi di vita del CA sono allungati, resti org e' appredati da biorana che ripulisce la capacità di adsorbimento

- se ↑ biorana troppo => ↑ capacità di adsorbimento

Serve sempre pretrattamento x rimuovere  $\pi$  co-de e' sempre o flocculante (possibile ossidazione di CA).

### b. SCAMBIO IONICO

Scambio di ioni da fase liquida a fase solida (resina).

=> alternativo alla precipitazione, me. he.

+ livello di purezza ottenuti, superiori => più

- ↑ costi

Applicazione: - Metalli pesanti (cationi)

- Cationi  $\text{CrO}_4^{2-}$  (anioni)

Pretrattamento necessario x rimuovere SS o rest. non disciolti

=> evitare da mezzogiorno economico

Regenerazione -> con soluz. concentrata

=> ottoprodotto = liquido concentrato che

contiene gli ioni rumori.

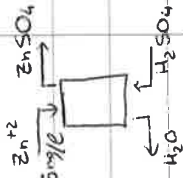
Caso favorabile -> recupero di materie del liquido

Fattibile se:

- Ho 4 soluzioni (difficile separare specie)

- liquido ottoprodotto e' concentrato (10-20 mg/l), permette economicamente proporzionale

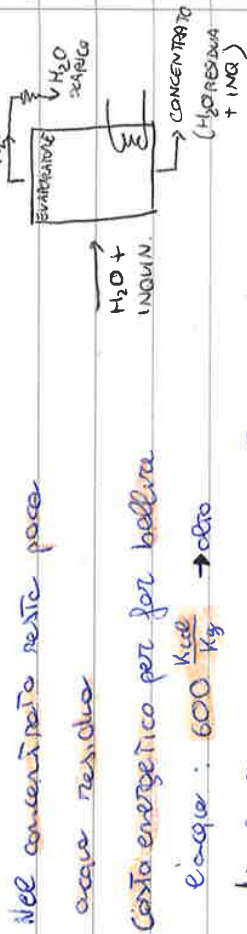
Recupero e' fatto da Terzi.





### b. EVAPORAZIONE

Adatto per reperimento nq non volatili (non soluto se c. non onde nq volatili, de evaporato con acqua).



↳ Totale Energia Termica non è recuperabile.

il concentrato viene poi bruciato => ha [ ] totale possibile

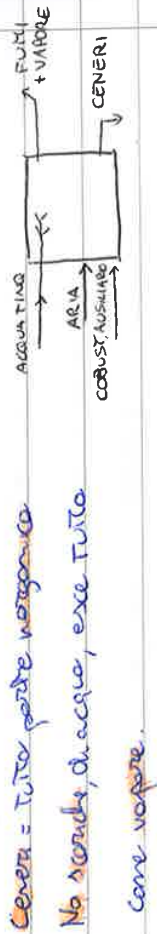
Ragionamenti su convenienza:

- prioritariamente facile.
- Ok se acqua non ha nq volatile.
- Basso x nq de non so come detto Topolare molto modo
- Concentrato residuo -> deve sapere cosa fare
- Velocità problema di: gestione, manutenzione, sporcamento del boiler, Torre.

### c. INCENERIMENTO

Soluzione estrema, x acque con grandi problemi di inquinato

Con T = 600 - 1300 °C => completa degradazione di nq organica



Probabile il recupero del calore prodotto, per acqua con

oltre [50]

Svantaggi:

- Alto consumo energetico: se [50] non è oltre (<10%), non si autoalimenta => combustibile ausiliario
- Emissioni in atmosfera: possibili, con NOx, HCl, microinquinanti.

Stesse domande di processi aere.

- Anaerobico: fermentazione. zucchero → etilico

Non prevede redox. Aniere solo in completa assenza di ossigeno ossidanti.



Livelli energetici: alcool potrebbe

avere reazioni ⇒ molto mole  $CO_2 + H_2O$

a dissipazione nono energie, no microrganismi vivano con esse

• MATERIA

cellule si riproducono ⇒ Elementi base x costruire vanno

tratti dall'ambiente circostante

Macroelementi della cellula: C, H, O, N, P

Fornitura di materia e parallela a quella di energie

Aprescindere dal modo di reddito del processo, ci sono 4 considerazioni da fare:

Biodegradabilità; Condizioni ambientali;

Bilancio; Cinetica.

a) BIODEGRADABILITÀ

Microp non fermentativo ⇒ Deve riconoscere ed usare una

fonte di materia ed energie una certa sorta de si trova nell'ambiente.

Capacità del microp dipende da biodegradabilità della sorta, che dipende da:

- Caratteristiche della sorta organica:

- Struttura chimica, complessità della molecola (anello aromatico e molto resistente).

- Presenza di elementi sostitutivi, de carbonio e ossigeno (ad es. cloro, gruppi solforati,  $SO_2$ , metalli, e raramente).

Sorti naturali non è dato sono + biodegradabili.

- Tipo di microorganismo ⇒ specializzazione del microp:

- Cellule + specializzate ⇒ molto + resistenti

- Cellule - specializzate, + resistenti ⇒ + disponibili (1 microp)

noncellule hanno alta capacità di adattamento.

⇒ fattore di evoluzione.

Letteratura = molti dati sulla biodegradabilità delle sostanze

indicate dal rapporto  $\frac{CO_2}{BOD}$  (ossidazione chimica/biologica), ma è modificabile cambiando la cultura di microp usata.

b) CONDIZIONI AMBIENTALI

• Composizione dell'ambiente (numero C, N, ...)

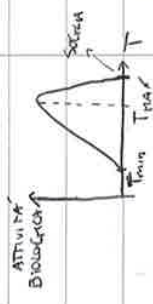
• Ambiente ossigeno ⇒ necessario in max parte dai com, che microp è fatto per il 70% di aere.

• Temperatura

Limite inferiore sotto cui non c'è attività

bio ⇒ Reversibile (tranne > 3 mesi, 0°C) ⇒  $T_{min} = 8-12°C$

$T_{max}$  = picco di attività bio ⇒  $\left\{ \begin{array}{l} 30-35°C = \text{verif.} \\ 50-55°C = \text{Templ.} \end{array} \right.$





-  $N_2$  = nutrimento, non ci m. cellule azoto fondamentali qui.

-  $N_{TOT}$  =  $N_{ORG}$  +  $N_{NITROGENO}$  +  $N_{NITRICO}$  = usato a scopo metabolico

$N_{ORG}$  = molecole organiche complesse (unico utilizzabile da cellule marine).

Quanti,ativamente:

- crescita bioana:  $\phi_N = 0,12 \cdot \phi_x \Rightarrow \downarrow N_{TOT}$  di acqua
- Cons. energetico  $\rightarrow$  se c'è nitrificazione:  $NH_4^+ \rightarrow NO_3^-$

$\Rightarrow$  C'è  $\downarrow$  prod. di E, ma  $N_{TOT}$  = cost. dissolta in acqua, anche solo la forma.

$\Rightarrow \phi_N = 0,12 \cdot \phi_x$  + cons. energ.

- P  $\rightarrow$  solo x metabolismo e prod. di  $\phi_N$ , ma fenomeni energetici:  $\phi_P = 0,02 \cdot \phi_x$
- H  $\rightarrow$  Bilancio di C è essutivo onde x H, non è quasi mai in deficit limitante per la crescita.
- O  $\rightarrow$  Aria,  $\phi_O$  è forte entrante nel sistema:
  - $\Rightarrow$  N è nutrimento, il 20% è  $O_2$  ma solo via x: è trasferito al liquido (problemi n. p. in inquinanti)  $\rightarrow \phi_O$  è efficace di trasferimento.
  - $\Rightarrow$  Serve grande excess di  $O_2$ .
- C'è uso da microb. per:
- Cresce bioana  $\rightarrow 0,30 \cdot \phi_x$
- Scopo energetico, ossidore C (ed. N)

Nel bilancio non si considera O in ingresso presente nella nutr., solo quella di aria.

Bilancio:  $0,21 \cdot \phi_{PARM} \cdot \alpha = 0,30 \cdot \phi_x + \pi \cdot \phi_{ENERG} + \pi \cdot B$

dove:  $\pi$  = coef. stechiom.: quanti  $KgO_2/KgC$

$\pi' =$  coef. stechiom.:  $KgO_2/KgN$

B = consumo energ. di nitrificazione

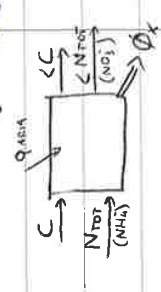
$\phi_{ENERG}$  = potere energetico del C

Formule empiriche da risultati sperimentali (coef. approssim.):

$$\phi_{PARM} = 0,21 \cdot \alpha = a_1 \cdot \phi_x + a_2 \cdot X + a_3 \cdot N \cdot NH_4^+ \text{ ridotto}$$

$$\begin{cases} a_1 = [L] \\ a_2 = [L] \\ a_3 = [L^2] \end{cases}$$

Usando tutti i bilanci, tra  $N \rightarrow out$  c'è



- Rimozione di C
- Rimozione di  $N_{TOT}$
- Formabile nutrimento:  $N_{TOT} \rightarrow N_{NITRICO}$
- Crescita metta di bioana
- Necessità di una certa q di aria.

### d) CINETICA

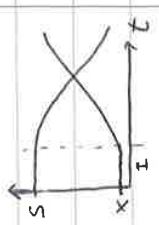
Bilanci di materia  $\rightarrow$  precisano del tempo (sono consumati).

Cinetica considera i tempi reazione  $\rightarrow$  da qnt dipende la grandeza degli impianti.

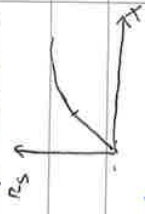
Nota un fenomeno biologico discontinuo,

I FASE = ossidazione, autotrofata (a tempo di ritardo),  $X = cost$ ,  $S = cost$ . X si modifica e si solata ad avere quel particolare S, modificazione strutturale.

Scarto dipende da: - capacità di adattamento di x  
 - Refrattorietà di S a deprezzazione

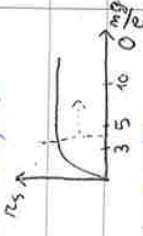


2)  $r_s$  indica quanto sost.org è usata x unità di tempo e volume  
 $\Rightarrow r_s \propto X$ ,  $r_{max}$   
 Sperimentalm: se  $\uparrow X$  oltre ad  $\uparrow r_s$ , crasiata  
 di  $r_s$  non è + lineare no meno, x problemi di  
 trasferimento di materia.



$\uparrow$  moltiplicazione  $\Rightarrow$  "limitato" liquido  $\Rightarrow$   $\downarrow$  capacità di carico  
 Nelle pratica: ricerca di fore motori piccoli con alte velocità  
 $\Rightarrow$  Equaz cinetica generale:  $-r_s = \frac{K \cdot X \cdot S}{K_s + S}$

3) Crescita di biomassa dipende da presenza di O, N, P nel fluido  $\rightarrow$  cineticamente:  
 moltiplicare 3, così,  $r_s$  varia solo con [O, N, P]  
 medio base. Nei casi pratici, siamo sempre nel tratto  
 a  $r_s \approx r_{max} \Rightarrow$  Nei casi pratici, parlando da loro presenza:  
 $-r_s = \frac{K_s X}{K_s + S} \cdot \frac{N}{K_N} \cdot \frac{O}{K_O}$



MODIFICHE ALLE EQUAZIONI

$r_s X = \left[ \frac{g_{BIOM. FABBRICATA}}{m^3 \cdot h} \right] \rightarrow$  incremento di biomassa  
 $\mu = \frac{1}{X} \cdot r_s \rightarrow$  velocità specifica di crescita =  $\left[ \frac{g_{BIOM. FABBRICATA}}{d \cdot g_{BIOM. CONSUMATA}} \right]$   
 Con vertendo i bilanci statici in aspetti cinetici:

$-r_s = \frac{1}{Y} r_x + m X$   
 $\rightarrow$  consumo di sost.org x mantenere  $r_x$   
 $\rightarrow$  fabbricazione biomassa  
 I parametri sono:

$m$  = sost.org consumata per unità di tempo e di biomassa  
 $Y$  = conversione delle sost.org in  $X$  (accusa del rendimento)  
 non c'è proporzione diretta  $r_s \rightarrow r_x$

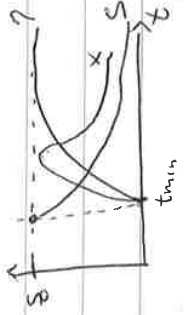
$\Rightarrow -\frac{r_s}{X} = \frac{1}{Y} \mu + m$   
 $\hookrightarrow \frac{r_s}{X} = \left[ \frac{g_{SOST.ORG. IN MOSSA}}{g_{BIOM. d}} \right] \rightarrow$  sost.org rinnovabile  $\forall$  giorno x unità

di biomassa. Parametro + preciso di  $r_s$ .  
 Aumento:  $-r_s = \frac{1}{Y} r_x + m X$   
 $\Rightarrow r_x = Y(-r_s) - m Y X \rightarrow$  crescita = crescita letto - auto-degradazione

Dove:  $Y(-r_s) =$  nuova biomassa che si forma  
 $m X Y =$  respirazione endogene, auto-degradazione della biomassa.

Tutta questa equazione cinetica biologica ritraeva, che prescindere del luogo di applicazione.  
 Per la depurazione acque, considerare le applicazioni tecnologiche relative ai sistemi aerobici.

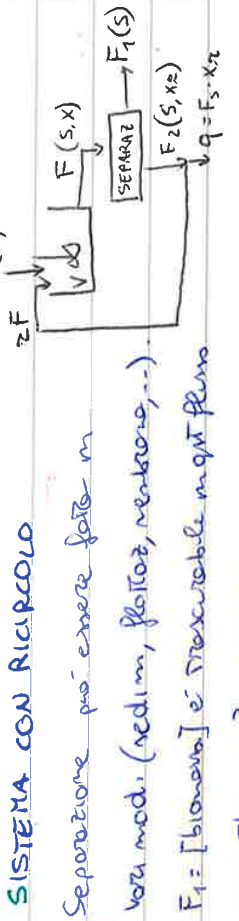




Si possono regolare anche i valori di X:  
 $XF = YF(S_0 - S) - bXV$   
 $\Rightarrow X = Y(S_0 - S) - bXV$   
 $\Rightarrow X = \frac{Y(S_0 - S)}{1 + bt}$

per  $t < t_{min} \Rightarrow X = 0 \rightarrow$  no trasformazione in  $q \rightarrow$  bilancio  
 per  $t > t_{min} \Rightarrow \begin{cases} \uparrow Y(S_0 - S) \rightarrow$  prevedibile all'inizio  
 $\uparrow 1 + bt \rightarrow$  prevedibile dopo un piccolo max

Più la crescita è lenta, più bisogna  $\uparrow t \Rightarrow \uparrow V$  reattore.  
 $\Rightarrow$  Ottimale  $\Rightarrow$  Riciccolo



Separazione può essere fatta in  
 vari modi. (vedim, flotta, membrane, ...)  
 $F_1 =$  [bionoma] e [microorganismi] nel flusso  
 $X_2 =$  [bionoma] aumentata, concentrata  
 $R =$  rapporto di riciccolo  
 $q =$  spazio di  $t$  "quartiere" di bionoma pari a quello che si genera. X contiene le [bionoma]  $\uparrow$  contenente.

$q = F_2 \cdot X_2 = \left[ \frac{m^3}{h} \right] \cdot \left[ \frac{g}{l} \right] = \left[ \frac{kg}{a} \right]$  di microorganismi  
 REATTORE SENZA RICICCOLO: Tempo di permanenza in reattore  
 definita:  $t = \frac{V}{F} = \frac{VX}{FX} = \frac{\text{QUANTITÀ DI MICROORG. NEL REATTORE}}{\text{QUANTITÀ DI MICROORG. ESPORTE}} = \frac{\text{kg/d FANGO ESTIMATO}}{\text{kg/d FANGO FABBRICATO}}$

$\theta =$  Età del fango = HRT,  
 per reattore senza riciccolo

Età del fango = quanto tempo passa da quando organismi si genera a quando escono dal sistema.  
 REATTORE CON RICICCOLO: dinamiche  $\theta$  e  $t$

$\theta = \frac{XV}{X_2 F_2}$   
 DOT = generato - accumulato

Bilancio della bionoma:  $q = YF(S_0 - S) - bXV$

Sostituisco:  $q = \frac{XV}{\theta}$ ;  $F(S_0 - S) =$  espressione critica  
 $\Rightarrow \frac{XV}{\theta} = Y \frac{KX(S_0 - S)}{K_S + S} - bXV \rightarrow \begin{cases} \text{Sist. senza riciccolo: } S = S(t) \\ \text{Con riciccolo: } S = S(\theta) \end{cases}$

Grandi riciccoli  $\Rightarrow \uparrow X$  nel reattore  $\Rightarrow \downarrow V$  del reattore  
 $XV = \frac{YF(S_0 - S)}{\theta} + b$   $\rightarrow$  analogo al sistema riciccolo, con  $t \rightarrow \theta$

Considero il flusso di bionoma che torna al reattore:  $RFX_2$

$\Rightarrow RFX_2 + \frac{XV}{\theta} = (1+R)FX$  (RICICCOLO = FABBRICATO = USCENTE)  
 $\Rightarrow RX_2 + \frac{X}{\theta} \cdot t = (1+R)X$  ( $t = \frac{V}{F}$ )  
 $\Rightarrow R \frac{X_2}{X} + \frac{t}{\theta} = (1+R)$   
 $\Rightarrow \frac{t}{\theta} = (1+R) - R \left( \frac{X_2}{X} \right)$   
 $\Rightarrow \frac{t}{\theta} = 1 + R \left( 1 - \frac{X_2}{X} \right)$

dove:  $R =$  decimo dello operatore

$\frac{X_2}{X} =$  dice quanto il fango si ripresenta

Se da:  $\frac{X_2}{X} > 1$  (si ripresenta, mai il contrario)  
 $\Rightarrow 1 - \frac{X_2}{X} < 1$   
 $\Rightarrow \frac{t}{\theta} < 1$   
 $\Rightarrow$  Se  $\uparrow \theta$  e  $t \rightarrow$  vantaggio  $\uparrow$ , bene prestazioni di riduzione con  $t_{min}$ .

**MISCELAZIONE IN VASCA AERATA**

Mixoloz è fatta da aerazione, che crea turbolenza per:

- Trasferire O<sub>2</sub> da fase G → L
- Guisore sedim di biomassa nel fondo
- Distribuire le substrato in tutta il reattore

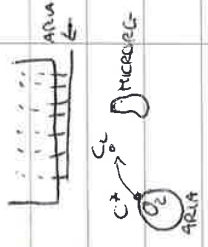
Esigenza + stringente è Trasferim di O<sub>2</sub>  
 ⇒ Dimensionamento tutto volume (le altre in automatico scabbolite)

$R_0 \left[ \frac{gO_2}{m^3 h} \right] =$  richiesta stechiometrica di O<sub>2</sub>, che serve per:

- Degradare la sott org a CO<sub>2</sub>
- Garantire sopravvivenza aerobica di biom numero

⇒  $R_0 = a(-r_s) + bX$  (consumo = RIMOZIONE BOM + MANTENIMENTO)

Così frequente: azia atmosferica è insufficiente dal basso nel reattore



Eqoz di trasferimento dell'O<sub>2</sub>:

$R_0 = K_L(C^* - C_L)$

dove: - C\* = [O<sub>2</sub>] presente all'interfaccia bolla G-L

- C<sub>L</sub> = [O<sub>2</sub>] nel liquido → detta "[O<sub>2</sub>] di saturazione"

- (C\* - C<sub>L</sub>) = forza spingente

- K<sub>L</sub> = coefficiente

Il Trasferim di O<sub>2</sub> al microorg ha voce fess, e ricomina + lento e la derivazione all'interfaccia destra dall'equazione, → condizione Termodinamica:

se L è saturo di O ⇒ C<sub>L</sub> = C\* ⇒ C\* - C<sub>L</sub> = 0 ⇒ R<sub>0</sub> = 0

- Sost microedi possono danneggiare attività bio

- può avere effetti nulli o negativi su notevole tendenza alla flocculazione

Erzare: per ↑ efficienza: ↑ V ⇒ ↑ Temp

⇒ Sedim e ovarica ⇒ microorg consumano tutto O<sub>2</sub>

si creano zone anaerobiche, degrado di biomassa

⇒ Limiti dell'aumento dei Temp

Riciccolo del sedim: serve ricominciare il fango metodo azia (pompe ad aria o cadela)

**b. MEMBRANA**

+ liquido clarificato molto pulito, altro x RIUSO

+ [biomassa] nel fango + altre ⇒ ↑ x<sub>2</sub> ⇒ ↑ cinetica, ↓ V ⇒ ↑ prestazioni

- ↑ costi d'investimento

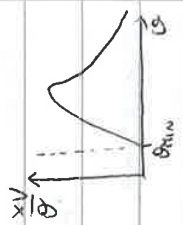
- ↑ costo d'energia (pressioni ⇒ energia)

- Affidabilità: alto rischio di fuorservizio (danni alle membrane)



Quindi, nitrificabile e componente Tro:

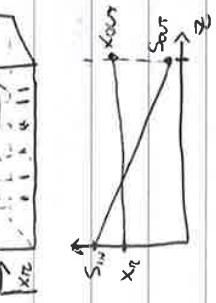
- Buona capacità di scambio
- Buona separazione
- Quantità di fanghi non eccessive:
- $\theta \Rightarrow$  prevede effetto di crescita di biomassa
- $\theta \Rightarrow$  prevede autostrutturazione



Operare con: • bassi  $\theta \Rightarrow$  piccoli sistemi, alta prod. fanghi  
 • alti  $\theta \Rightarrow$  grandi volumi, bassa prod. fanghi  
 legata al non poter variare  $\theta$  in modo indipendente da  $Z$ .

**IMPIANTI REALI**

Sono usate varie e flussi longitudinali



$\Rightarrow$  condiz. possono variare in  $V$  punto  
 $X$ :  $x_{in} \approx x_{out}$ , avendo grandi rapporti di riciclaggio, la crescita di biomassa è piccola rispetto ai livelli di riciclaggio.

$\Rightarrow$  S. fa hp de crescita sia trascrivibile

**S:** diminuisce nella lungo la vasca.

Per avere stessa  $S_{out}$  di un reattore perfetto in un reattore

- Perf. nitr.  $\rightarrow S_{out} e = m \cdot V \cdot \rho$  del reattore
- $\Rightarrow$  buona forza spingente  $\Rightarrow$  buona cinetica
- Longitudinale  $\rightarrow$  Ho S maggiore nel reattore  $\Rightarrow$   $\uparrow$  cinetica

$\Rightarrow$   $\downarrow$  V reattori  $\Rightarrow$  Dimensione con hp di perfetto nitr. e hp conciliative.

Effetto di SUT: tossica in natura: non è sfruttata tutta  
 Es. verso x porzione effetto, solo riciclaggio con il fango  
 al reattore  $\Rightarrow$  Supporto peggio onnivole di eliminazione.  
 Scomparsa di substrato  $S_{in} - S_o \rightarrow$  non è tutta biodegradabile,  
 ci sono altri 2 destini:

- STRIP CLEANER  $\rightarrow$  SUT volatile escano con aria
- BIASSORBIMENTO  $\rightarrow$  SUT adsorbibile sulla biomassa, restano  
 adese al fango di sopra. (Ramo x Trattato acqua,  
 persino x destino fide del fango).

**N: NITRIFICAZIONE**

Ingresso al reattore:  $N_{tot}$ ,  $N_{NH4}$   $\rightarrow$  fango riciclato  
 ( $N_{NO3}$ ,  $N_{NO2}$ ,  $N_{NH4}$  trascrivibili)

Reattore: crescita di biomassa  $\Rightarrow \downarrow N_{tot}$ :

Biomassa de cresce =  $q = \frac{XV}{S} = YF(S_0 - S) - bXV$

$\hookrightarrow$  il 12% è fatto da N ( $\alpha = 12\%$ )

$\Rightarrow \alpha q = F(N_{tot, in} - N_{tot, out})$

Trascurando  $bXV$ :

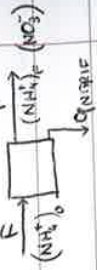
$\Rightarrow F \cdot \Delta N = \alpha \cdot F \cdot (-\Delta S)$

$\Rightarrow \frac{\Delta N}{\Delta S} = \alpha \cdot Y \approx 5\% \rightarrow Y \approx 0.5 - 0.6$

$\Rightarrow$  Ogni 100g di BOS meno, sono rimasti anche 5g di  $N_{tot}$   
 per la sola crescita di biomassa (fango nel fango).

**NITRIFICAZIONE NEL REATTORE**

Considerazioni: cinetica e bilancio di materia



A. CINETICA → h reattore, coefficiente di conversione di N e creazione di biomassa N-Ox.

B. Bilancio:  $q_{Nitr} = YF(N_{NH4,IN} - N_{NH4,OUT}) - b \cdot M_{Nitr}$

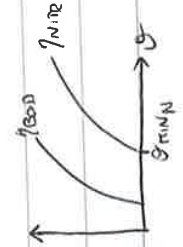
dove:  $Y$  = fattore di conversione di N,  $M_{Nitr}$  = massa di Nitr.

microorg. nitrificanti ( $Y = 0,15$ )

$\Rightarrow \frac{q_{Nitr}}{M_{Nitr}} = Y \frac{F \cdot \Delta N}{M_{Nitr}} - b$

dove:  $\frac{F \cdot \Delta N}{M_{Nitr}}$  = è come una velocità di reazione (UNITA)

Nota:  $Y$  è = sta per microorg. Cox de Nox, non può essere



$\Rightarrow g = Y \cdot v_{Nitr} - b$

dove:  $v_{Nitr} = \frac{K_{Nitr} \cdot N}{K_{Nitr} + N}$

$v_{Nitr} < v_{RIMOZIONE\ BOD} \Rightarrow$  Reazione sono queste

Quindi, l'ordine di reazione è max v nitr preceduto dai microorg nitrificanti.

**B. BILANCIO DI MATERIA → Guadato e fattore di conversione**

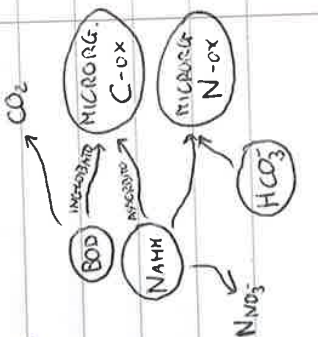
$Y_{Nitr} (\Delta N \rightarrow \Delta X_{Nitr}) = Y_{Nitr} \cdot Y_{BOD}$

Microorg Cox = eterotrofi (usano come

fonte di C una fonte org).

Microorg N-Ox = autotrofi (usano come

fonte di C una fonte inorganica, e  $HCO_3^-$  del Cq. (106)



$\Rightarrow \frac{q}{M} = \frac{YF(S_0 - S)}{M} - b$

dove:  $q = g^{-1}$

$U = \frac{F(S_0 - S)}{M}$

↳ capacità di degradazione posseduta da biomassa.

$U = \left[ \frac{\text{NUMERICO DEGRADATO}}{\text{BIOMASSA PRESENTE} \cdot \text{UNITA' DI TEMPO}} \right]$

$\Rightarrow g^{-1} = YU - b$

Ragionare in termini di crescita (g) o carico di lavoro (U) e uguale:

$g = \left[ \frac{\text{ORGANISMI FABRICATI}}{\text{BIOMASSA PRESENTE} \cdot \text{UNITA' DI TEMPO}} \right]$

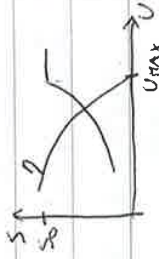
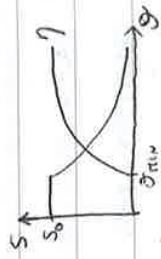
Proporzionalità inversa:  $\uparrow U \Rightarrow \downarrow g$

Se:  $U > U_{MAX}$

$\Rightarrow \eta = 0$ , no rimozione bio

$U < U_{MAX}$

$\Rightarrow \uparrow \eta \Rightarrow \downarrow S$



Approccio all'ingegneristica = 2 metodi, convergenti:

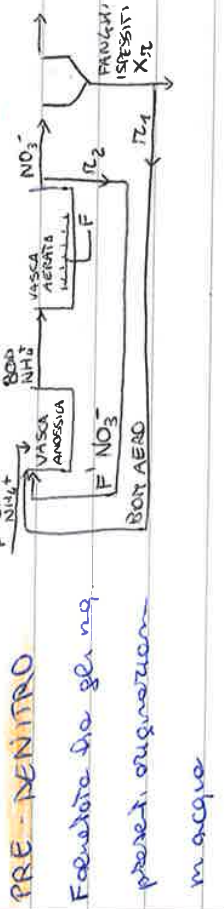
- Nota Co cinetica, come già visto:  $F(S_0 - S) = U \frac{KS}{K_S + S}$
- Via empirica, muovendo le prestazioni degli impianti in funzione del carico (calcolo  $\eta$  sapendo M e F S<sub>0</sub>)
- Programmi Travaletti, basati su  $\eta$  se TU → sperimentali, ne fanno fondamento teorico nel modello che considera la cinetica.
- ~~U basso~~ fanno variare il valore di U in parte:
  - U basso ⇒ reazione lenta, avviene per picchi S ⇒ alta  $\eta$
  - U alta ⇒ reazione veloce, avviene con livelli di S ⇒  $\downarrow \eta$



Verifica se il BOD di denitrificazione, che BOD è stato  
 x 2 percentuali contemporaneamente:



Si cerca di usare sempre BOD (+ economico), ma serve forte  
 a complicare allo stesso.



Vasca anossia = contatto tra: biomassa, BOD,  $NO_3^-$ ,  $Fe^{2+}$  e  
 nitrato in sospensione con modesta turbolenza.

Deve esserci bilanciamento tra quantità di BOD e  $NO_3^-$ .  
 Usate da vasca anossia:

- biomassa aerobica
- residuo di BOD, non consumato da denitrificatore
- $N_2$  ( $NO_3^-$  è stato tutto trasformato, in teoria)
- $NH_4^+$ , per crescita metabolica (ma poco).

Vasca aerata = idem.

Usate vasca aerata:  $N-NO_3^- \Rightarrow$  nitrato esplicito di  
 qm fluss x fase denitrificatoria.

Sedim = fango riciclato x riciclazione fango.

$R_2 \rightarrow$  Se lo prendiamo, quello del sedim, avere  $11 V_{redm}$   
 $\Rightarrow$  Meglio toglierlo prima.

Ripartizione: quanto volgono  $R_1$  e  $R_2$ ?

$R_1$ : serve per avere  $X$  da riutilizzare.

$X_2 \cdot R_1 =$  fango da riutilizzare nel processo, contiene  $11$  biomassa, e  $F$  è un flusso continuo  
 che ha [biomassa] uguale sia in che out (coerenza)  
 che non da altri input.

$X_2 =$  parametro di processo, dipende dalla capacità d'immagazzinamento  
 della biomassa.

$X =$  parametro progettuali.

$\Rightarrow X_2 \cdot R_1 = (1 + R_1) \cdot X$  dove  $(1 + R_1) \cdot X =$  flusso che esce da vasca aerea

A pari  $X_2$ , trova  $R_1$  da serve x avere certi valori di  $X$ .

$R_2 \rightarrow$  Se avere  $R_2 = 0$ , nitrato di nitrato ci sarebbe  
 con grande  $R_1$ , ma non sarebbe sufficiente.

serve  $R_2$  grande per  $\downarrow NO_3^-$  abbastanza.

Rischio:  $R_2$  è flusso di liquore aerato, potrebbe apparire  
 $O_2$  disciolto nitrato denitrificatore  $\Rightarrow$  controlla, e evitarlo.

**CRITICITA' DI DENITRO**

1. Piena del trattamento bio, e fatta un sedim prezioso per  
 togliere SS e BOD corpuscolare, e evitare sedim di  
 sabbia in vasca aerata e che sedim e + economico x  
 rimuovere BOD, se possibile.

### SBR - SEQUENCING BATCH REACTOR

Unica vasca con funzionamento sequenziale (discontinuo):

- Vasca con fango residuo da fasi precedenti.
- Altra vasca con liquore da trattare
- Intervallo di attesa, scioglimento aerobico

⇒ Reazione biologica

- Intervallo aerobico ⇒ Sedimentazione

- Sfiato di supernatante, resta fango

Successive fasi di flocculazione e ossidazione del substrato. Serve bacino di accumulo a notte e il tempo della reazione (più ore 12h).

- + Basso consumo di energia, a sola vasca

- + Si evitano i picchi di carico delle fasi, non di perdita del volume.

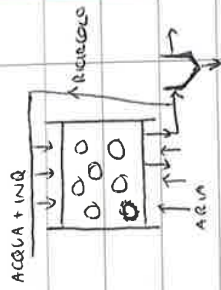
### BIOMASSA ADESA

Cinetica biologica ritardata = fanghi attivi, ma 7 modo di fare contatto. Si stanno diffondendo x eliminare i substrati di natura e riciclabile di biomassa.

Biomassa non è nel liquido, non è

trasportata dalla corrente.

- + Parametri crescita e tempo di generazione indipendenti.
- + Non serve sedimentazione, biomassa riciclabile.



5 soluzioni costruttive:

### a. FILTRI PERCOLATORI

Costano un po' di più perché, a cui c'è una pellicola di microorganismi (fango) e/o adsorbito).

Avanzano a reazione BOD e nitrificazione liquido percola verso il basso, non le reazioni sono adossate: sono (in continuazione) e la fase continua.

Biomassa molto riciclabile ⇒ serve un sedimento a valle, con solo scopo di generare diossigeno.

Aria ⇒ Trascorrimento naturale x esotermicità delle reazioni, (distribuita) ⇒ affioranti, ma potenza < fanghi attivi).

Ricambio di liquido ⇒ x nutrienti, ossigeno (non biologici);

↑ biomassa ed evitare morte delle non lavorano; e

- che acqua in basso è + ossigenata;

- x diluire il fango ed avere crescita uniforme in tutte le celle.

Vantaggi: + ma riciclabile "biologico" di biomassa

- + Meno potenza

+ Si ottengono due [biomassa]

Svantaggi:

- Operativo: possibile accumulo di biomassa distribuita della biomassa, che non c'è accumulato ovunque.

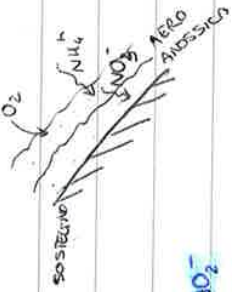


**2. MBR (MEMBRANE BIO REACTOR)**

Membrana semipermeabile, su cui cresce biomassa.

Rimoz di BOD avviene facilmente, mentre il liquido permea.

possibile vantaggio di TITANT a biomassa:



nitro-denitrificazione.

O<sub>2</sub> non diffonde fino a parte interna => anossica.

Pellecola esterna: nitro  $NH_4^+ \rightarrow NO_2^-$

Pellecola interna: denitrificazione  $NO_2^- \rightarrow N_2$

**RIMOZIONE DEL FOSFORO**

P = limit, alla scarica x possibile estrazione del corpo idrico. Mezzogiorno.

=> limitare presenza di P all'origine, nell'acqua di scarico: <sup>amont</sup>

- P = origine naturale -> metabolismo microorganismi -> non rinnovabile

- Detergenti -> ~~quattro~~ <sup>quattro</sup> di P dovuto ad essi, x cambio di detergenti, usati.

=> P ingrosso ai depuratori, ma con incremento a notte non e' stato sufficiente.

tipici concentrazioni -> P<sub>in</sub> > P<sub>out</sub>, c'è un po' di nitrato:

- Se non funziona rimuovere P in fase sospesa

- biologico -> P e' elemento assimilabile, sotto microscopia di fango.

=> P<sub>in</sub> non e' sufficiente a raggiungere livelli voluti, allora scarico

=> intervento specifico, tipi: fisico, biologico, recupero.

**1. RIMOZIONE CHIMICA**

Aggiungere elementi disciolti per trasformare P solubile in non solubile e fango precipitabile. Gli elementi precipitano.

sono i cationi. I + usati:  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $FeCl_3$ ,  $Ca(OH)_2$

Criterio di scelta:

- Colore carta nana, ma bonifica acqua
- Al, Fe -> preferiti, operano a pH neutro.

**SISTEMI NATURALI**

Nat. dell'obiettivo di rimuovere gli nq dell'acqua con minimo o basso costo d'impianto e d'esercizio.  
 Svolgono naturalmente i processi di autodepurazione che avvengono in corpi idrici naturali.  
 Basse investite operative. Risultati medio-bassi.  
 Limiti → Sistemi estensivi, richiedono grandi superfici.



Condizione operativa garantita da modesta sofferza d'aria. Non ha controllo operativo né manuale.  
 Adatto solo a padri sbitorati (big city) ⇒ enzozioni superficiali con basse prestazioni.



O<sub>2</sub> deriva solo da effetto fotosintetico (alghe) ⇒ alti rischi di anaerobiosi (proprati in n. vena).  
 Può essere adottato con grandi spazi o dispersione, in clima caldo in caso di illuminazione.

**3. FITO DEPURAZIONE**

Piante acquatiche (Vallisneria spiralis in lagune) fanno da veicolo per O<sub>2</sub> verso le radici, dove si sviluppa l'attività batterica che rimuove l'nq.  
 Proposti e fatti a piccole comunità / Emittore portatore di ozonio, con spazio sufficiente a avere alti tempi di permanenza.

Se funziona ⇒ minore complessità impiantistica e pochi fogli. Poco diffusi, sistemi non hanno garanzia del suo funzionamento.

**3. RECUPERO**

Ottengono di P dal trattamento peruvolo come fertilizzante. È grande mercato di fertilizzanti fosforici.  
 È discutibile che P di fogli abbia capacità fertilizzante, e che fango di rifiuti ha altri destini.

Possibilità di cristallizzare P da acque di refluo e non ha dato risultati troppo affidabili, ad oggi.  
 Strawite = fosfato misto di Magnesio ed Ammonio.

↳ Prodotto commerciale, fornito con un piacere chimico. È un'evoluzione dell'ingegnere.



Costo difficile e costoso, che è munita del trattamento convenzionale P e bave (mg/l).  
 Tecnologia matura.



M indica quanto sono VE V del fango legato a SS

$\eta$  è ~ 80%, dipende da:

- Peso e dimensioni di SS
- Velocità e tempo di permanenza del sedimento

• SNT Organico (BOD, COD, ...)

Bilancio del redimentatore:

$$Q(COD_{in} - COD_{out}) = M \cdot d$$

Serve distinzione tra COD solubile e redimentabile:

COD sedimenta ~ 30-35%

Dubbio: nella misura di SS, si misura anche il parte del COD → m de % e COD e negli SS?

• N → tutto disciolto ⇒  $\eta < 100$  (tutto tracce, x adsorbimento in SS)

• P → rimorso VE 10%

## 2. FANGHI SECONDARI

Sospensione in acqua di biomassa estratta dal reattore.

Natura biologica ⇒ fango ⇒ acqua + biomassa (tipo fanghi).

Pompe energetici dei materiali ~~non~~, no polli.

Fango:  $\Delta x = Y(-AS) - bx$

dove:  $\Delta x$  = variaz. biomassa,  $-AS$  = resti org. rimorso

•  $bx$  = fanghi autoossidanti x respirazione endogena.

Bilancio fango nel reattore

Tenore di solidi ≈ 0,8 ÷ 1,2%

Confronto tra fanghi I e II:

- Tenore di secco simile

- Composizione  $\neq$ , cambia la ripartizione tra resti org e inorganiche

- Le 2 parti organiche hanno  $\neq$  biodegradabilità, etc:

- Fango I → COD, molto vario tipo

- Fango II → biomassa con una certa struttura molecolare

Differenze importanti x postico, ma spesso fanghi simili

in fango misto x fare 1 miscela di trattamento, invece di dimensionare 2 sistemi (simili) in modo  $\neq$ .

Criticità del fango:

- V notevole, acqua ~ 99%

- VE xico e putrescibile e biodegradabile

⇒ Obiettivi:

- ↓ V con minore acqua

- Stabilizzare

## ISPESIMENTO

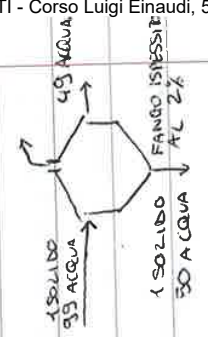
Liquido clarificato non è molto pulito (non è qnt lo scopo), cont. ene SS ⇒ inerbato in

Testa linea acqua. Non contiene N (no diazot.)

Il risultato è statico con alti tempi di permanenza.

Per ottenere a Tenore > 2% ⇒ Impulsi di dinamici.

Tempi lunghi e ambiente non aerato ⇒ ambiente pro e se anaerobico e anaerobico ⇒ Decomposizione anaerobica di rifiuti org ⇒ Reattori di



## DISIDRATAZIONE MECCANICA

Azioni necessarie x avere Tenore di secco molto + det. => ↓↓ V fango

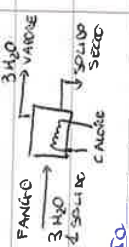


Possibili macchine: Nastro trasportatore, Filtri a nastro centrifughe, ~~...~~ Filtri a nastro  
 Caratteristiche di scelta: - Tenore di secco elevato  
 - Costo energetico e impiantistico.

Possibile aggiunta di coagulanti, x l'assorbibilità del fango.

## ESSICCAMENTO TERMICO

- + V fango ridotto, ed è 100% solido
- Costo energetico: 600 Kcal x Kg acqua evaporata
- Emissioni in atmosfera
- Se sentito male → rischio di scoppio



=> Serve confronto di scorie fango emicicco ↔ fango idratato

## DESTINO FINALE DEL FANGO

Fango stabilizzato = acqua + parte org. + parte inorganica biodeg. parte org. = poco volatile, potenzialmente non inquinante.

## 0. DISCARICA

- Selezione ancora esistente, con difficoltà sempre + crescenti;
- Spazio x discariche è + rischiosa senza, i fanghi riempiono veloce
- Fango è poco compatibile
- U.E. = Non è consentito mettere in discarica un residuo organico => Per farlo serve degre

+ Selezione meno costosa

+ Fogli umidi => ↑ Tenore di umidità in discarica => ↑ Uscita di biogas, fango da nastro x degradaz del fango.  
 Possibile emicicco fango x ↓ V → oggi, non conviene farlo.

## b. USO AGRICOLO

Veri selezionazione. Fango costoso.

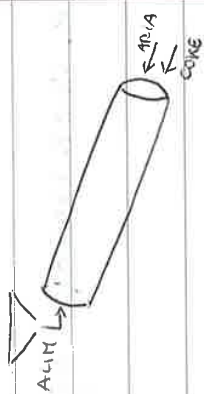
- Sost. org. stabile → ↑ qualità del terreno
- Nutrienti (P e N)

=> Possibile restrizione, fertilizzanti, chimici.  
 Indirizzazione da fare dipende dalla destinazione, dipende da:  
 - Distanza del trasporto (TV => ↑ costo)  
 - Bisogno di umidità del suolo (auto irrigazione)

## Criticità:

- Preferenza del terreno di Me perati potenziale presenti in fango, Lisciviazione del fango e + forte in terreno (pH + acido) Nonne fucano il max Tenore di Me perati x ri, uso agricolo. Dipende anche da uso e coltivazioni presenti (alimento o altro).
- Valore quantitativo di fango in base a capacità del terreno di assorbire N, P.
- Tenore di sost. org. refrattarie sotto limiti da discariche UE
- Soglie x presenza di microrganismi patogeni e non,





Alimentazione = argilla, carbone, coke

metano, prodotti sbrucati

=> 1500°C => Klinker

Combustibile = COKE (polvere di carbone) -> Molto inquinante

Aggiungo fanghi di coke:

=> - Parte organica brucia, ↑ qualità di combustibile (xmq)

- Parte minerale resta inglobata nel clinker

=> Ha 2 destinazioni

Possibile anche macinandi elettrico a carbone (fanghi

emissivi e polverizzati)

Si usano fanghi già esistenti => no costo di impianto

Si definisce un n° = Sostituzione calcarea

↳ Italia = 10-15%

### ASPETTI BIOLOGICI

Consorzio di diversi microrganismi anaerobi, obbligati, che operano nella rete organica complessa (strutture complesse ad alto peso molecolare)



- LIQUEFAZIONE = Semplicificazione delle strutture molecolari, idrolisi di molecole complesse → Molecole + semplici, solubili.
- ACIDOGENESI (FACETOGENESI) = Produzione semplice di prodotti in acidi organici (soprattutto acetico e propionico)
- GASSIFICAZIONE = Metanogenesi → Biogas

Prodotto intermedio e H<sub>2</sub>, in max parte dei casi non noto un prodotto finale, ma è studiata come produzione biologica di H<sub>2</sub> → Per ora è in scala pilota, discutibile se bilancio energetico sia poi buono.

Cim 2 processi contemporanei (fenologia con aereo):

{ Sost. Org → Biogas ⇒ energia  
 { Sost. Org + N-P → Biomassa

Dato 1 sost. org con un certo livello energetico:



- A = Energia riversata nell'ambiente con ossidazione. 70-80% è catturata da microrg. aereo.
- B = Energia liberata da reazione anaerobica, poco Xerocita.
- C = Energia anaerobica a dispersione nel biogas, in cerca di uscite biocataboliche.

$B \ll C, A \sim 1/10 \sim 1/20$

Confronto:

- AERO → 0,5 biogas → 0,5 metabolizzato → biogas usato
  - ANAERO → 0,95 biogas → 0,05 metabolizzato → biogas usato
- ⇒ Quasi, Tutto Sost. Org. che entra diventa biogas.
- ⇒ Basso produzione di biogas.

### ASPETTI DI PROCESSO

Se processo aliquota di sost. org. per metabolizzare ⇒ Formazione di biogas e quasi stechiometrico:



⇒ Conoscendo la sost. org. di partenza, si può prevedere quanta CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub> si formano, e la loro composizione.

### CRITICITÀ DA N

Biomassa anaerobica (in note bolino) usa 12-15% di N, ma crescite è limitate ⇒ N è molto utilizzato.



$T \propto \frac{1}{V}$  → Anzitutto: volume ⇒  $T$  alte (10-30 d.)

La  $T$  influisce molto  $v(20^\circ C) \ll v(30^\circ C)$

⇒  $\uparrow T \Rightarrow \downarrow T$  rate volumetric.

Parametro usato x previsione preliminare del

digestore → Carico Organico (di fango / Applicato)

$$C.O. = \frac{F \cdot L_0}{V} = \frac{L_0}{c} \left[ \frac{kg_{SSV} \cdot m}{m^3 \cdot d} \right]$$

dove:  $L_0 = \left[ \frac{kg_{SSV}}{m^3} \right]$  presenti in durezza

↳ dipende da: - Qualità e tipo fango in

- Quanta parte del recolo è volatile.

Dato t certa qualità di durezza  $L_0$ , fissare C.O.

definisce  $v$  e  $t$  e viceversa.

Valgono le stesse considerazioni fatte x fanghi

attivi per  $\eta$ :

$$\eta = \frac{SSV_{in} \cdot SSV_{out}}{SSV_{in}} \rightarrow \text{dipende da } T \text{ e C.O.}$$



**REATTORI A BIOMASSA ADESA**

Poco frequenti, applicazioni limitate.

$X_{AN}$  = stabilizzazione nel sistema

⇒ Parametri C.O. e  $T$  sono

non calati.

Val bene solo se Tenore di SS in ingresso è basso, altrimenti

non va bene (molto ricami di ossigeno e non funzionario)

Sistemi simili = letto fluidizzato e letto fango

Se alcalinità in acqua è insufficiente ⇒  $\downarrow pH$

⇒ Possibile mibizione del processo

Misure di pH e anche misure di regolare perché carico

del processo. se vedo  $\uparrow pH \Rightarrow$  Probabile avere onde

Tacchi volatili ⇒ Reazione in et bloccata, più

di reidrogenesi

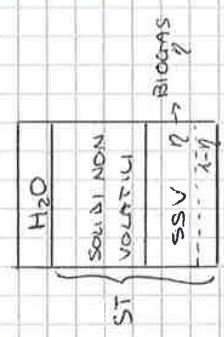
**COMPOSIZIONE DELL'ALIMENTAZIONE**

SSV = parte organica

Solidi non volatili restano come sono

$\eta$  = parte di SSV digerita

$1-\eta$  = non digerita



Parametro di processo fondamentale:

$$\frac{Nm^3 \text{ BIOMASSA FATTA}}{SS \text{ TRASFORMATI}}$$

Stoichiometrica: se  $T$  in  $me_{out} \downarrow SSV \Rightarrow \uparrow$  Biomass

**SISTEMA CONTINUO SENZA RICIRCOLO**

Configurazione + comune

$$MRT = SRT \Rightarrow T = \frac{V}{F} = \theta$$

Quantità di biomassa nel reattore = nel digestato =  $X_{AN}$

No ricircolo ⇒ grande  $V$

Se sbalzazione ha bene [SS]

⇒ Si può fare vedi in reconditore e recuperatore biomassa

x foto ricircolo

Ma → applicazioni + frequenti: cioè grande flusso di

solidi che non ricircolano ⇒ deve rinnovarsi dal sistema



## CONSIDERAZIONI DI SIGNIFICATIVITÀ

- **ENERGETICA** → bilancio energetico:
  - Energia consumata = Tanta x riscalda fango digestato alla T d'esercizio e Termostato reattore.
  - Energia prodotta = Termica e/o elettrica
- **COMPATIBILITÀ AMBIENTALE** → 3 pav:
  - Digestato = problema, e il fango stabile che va collocato sul territorio. Uso agricolo = il T. preferito.

Considerare la natura dell'oltrazione:

- se uso anaerobico x metano fanghi → OK
- se uso anaerobico con metano prodotto appaio → ben ≠
- ipotesi maturo:



Prospettiva potenzialmente interessante, ma poco diffusa e maturata in Italia (alt. in Nord Europa).

a. digestato = Sospensione in acqua di SV residuo non volatilizato (poti non gomi, fibre) nel solido o nel liquido. Non particolarmente per l'atmosfera, ma contiene ancora S, O<sub>2</sub> e N ⇒ per il metano

b. Biogas = 60% CH<sub>4</sub> + 35% CO<sub>2</sub> + gas ridotti (H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>, idrocarburi leggeri)

Non deve essere maturo:

- Ambientalmente pulito → generare
- Energeticamente utile

Possibili destini:

- TORCIA → Presente in ogni stabilimento che gestisce flumi gassosi combustibili. Necessario se altri problemi si bloccano. Evita le emissioni metano, senza alcun recupero.



- CALDAIA → Uso solo termico: biogas e bruciato x creare vapore → acqua calda. Va bene x Termostato re digestato, ma avanza energia ⇒ Utente termica locale
- COGENERAZIONE → Prodotto contemporaneamente energia elettrica e calore (Turbine a gas). In loco



### 3. RIUSO COME MATERIA

Riuso del contenuto de sta dentro al materiale, dopo interventi di miglioramento ed allontanamento di parti estranee. Due Tipi di raccolta

### 4. RACCOLTA DIFFERENZIATA

Prevedere un sistema in cui il singolo conferitore sia invitato a conferire separatamente certi materiali, è una strumento, non l'obiettivo.

Obiettivo = riuso e riduzione di flussi ad altri destini. Come rispetto contenitori. Tra loro, di cui bisogna capire quale sia l'originale e quale il derivato.

- Sistema di raccolta differenziata → sistema pratico di raccolta
- % di intersezione → quanto si riesce a rendere alla differenziazione. Parametro post-calcolaggio × ciascun rifiuto.

Possibile ragionamenti per progettare la raccolta diff in un dato luogo:

- a. Parta dall'obiettivo della % di raccolta diff (x ciascun materiale). Deciso in base al sistema che ci sono a valle della raccolta

In base a ciò, posto il sistema di raccolta + idroco.

Disegno è quantitativo e qualitativo: + % ⇒ ↑ probabilità di ottenere componenti di minore irrimediabilità.

- b. Parta dall'obiettivo del sistema a raccolta, tenendo conto di specificità del territorio, delle condizioni costituite ⇒ Ne derivano delle % di raccolta.

GESTIONE DEL MATERIALE → Raccolta separatamente

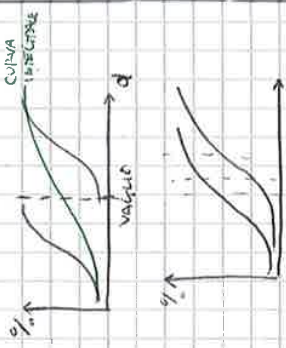


- Trasferimento → "Trasporto" = materiale materiale da A a B. Mezzi usati sono ≠ x step.
- Stoccaggio = Per conferire al riuso parti esenti di ferro materiale.

Lotto = aliquota grande e qualità alta ⇒ il trasporto è + economico. C'è grande controllo, con separazione delle parti indesiderate. ⇒ Si crea il flusso che sia ricevibile ad riutilizzatore

- ⇒ Si creano flussi di residui da gestire.
- Riuso = trasformazione ai fini produttivi e remunerazione nel mercato. Il prodotto deve poterla confrontare con standard di costo, qualità, accettabilità del mercato ricevente.





- a. Dimensione → H.p. secco e umido  
Panno geometria molto z.  
⇒ Separabili facilmente con valgo d.\*  
In realtà: vagature e stile, me non al 100%
- b. Densità → variabili con efficacia ± alta  
ades → bollicine
- c. Contente d'acqua
- d. Caratteristiche magnetite (Fe)

H.p. del TRIB = separazione avviene meglio ne fatta dopo Co stabilizzazione.



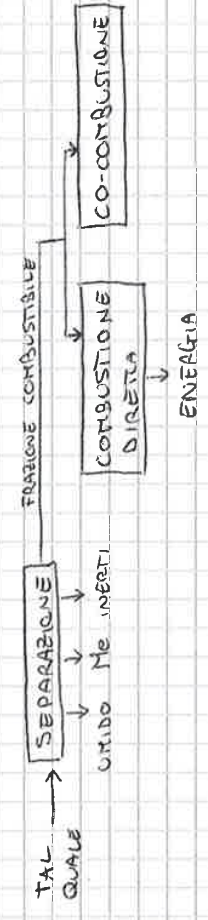
- Scelta di separazione = nato x fabbricare:
- CDR = Combustibile Derivante dal Rifiuto
  - RDF
  - CSS = Combustibile Solido Secondario

**CDR**

Scopo = ottenere l'aliquota di miglior qualità (quantità inferiore, ma p.c. anche doppio).  
 ⇒ Si usa il fumo molto meglio utilizzabile  
 Problema: creazione onde di fumo molto poco utilizzabile (rapport. frazione umido).

La separazione ha senso se c'è poca differenziazione (CSS), altrimenti si generano fumi di umido molto piccoli e difficili da trattare.  
 ⇒ Se si spinge molto nella differ., si usano sistemi termici nel tal quale.

CDR → Norme ne indicano la composizione. Viene ripetuto dal tal quale x avere waste. Termicamente omogenea.



**DESTINI DEL CDR:**

- Combustione diretta: Impianti dedicati (termovalorizzatore o miceritore).
- Pov tecnologico: combustore brucia meglio il CDR del sol quale, ma livelli di effic. non inq bassi.
- ⇒ Scopo beneficio energetico, nessun beneficio ambientale (fumi creati molto difficile da trattare).
- Co-Combustione = Sostituire parte del combustibile Tradizionale col CDR, in impianti già esistenti:

  - Cementifici = usare carbone e coke
  - Centrali Termoelettriche = usano CH<sub>4</sub>

- ⇒ Logico di separazione ha senso se si fa co-comb.



• Presenza inquinanti, o precursori di inquinanti:

- Cloro → corrosione e danni ai reattori ed inquinamento atmosferico

PVC = 50% di Cl → sistemi svizzeri di separazione IR

- Zolfo → gas acido de domo, inquinante, acido, presente in combustione di rifiuti.

• Presenza metalli pesanti:

Limiti x polveri con metalli volatili (Hg, Cd, Pb, Zn)

• Requisiti merceologici:

aspetto fisico, reattori sono combustibili liquidi, polvere o pellet ⇒ trattamento e pelletizzazione.

• Costanza di qualità:

Impianti non vogliono registrare in continuo la produzione. Ridotta variazioni non è semplice.

**CEMENTIFICIO**

Caso tipico

Combustione diretta:

aria + comb. = gas caldi

Reazione semplice de calore:



Tempo di permanenza gas = 10-12 sec (lungo)

(Cilindrata = capacità di arrichimento x gas caldi)

⇒ A morbide emissioni di nq (CaO anidride solforata)

Effetto di assorbimento  $\epsilon \times l \times (e^{-\tau} + \text{volatili})$ .

Sost. metalliche solide presenti = assorbite dal cloro.

Fumo gassoso est = va trattato, almeno x polveri.

**b. COMBUSTIONE DIRETTA**

$T_g$  = fluss di rifiuti, a cui sono

state tolte le parti volubilizzabili.

① = Preparazione dell'alimentazione:

- Omogeneizzazione = <sup>genera</sup> flumo cost. qualità/quant.

- Aggiunta di ulteriori flumi compatibili con l'uso termico.

② = Combustione ( caso semplice).

Aria = ecceso stechiometrico, x bruciare il + possibile.

Ceneri di fondo = aliquota di combustibile de non brucia.

Considerazioni sulle combustione:

Termotecnica; bilancio di materia; ambientale.

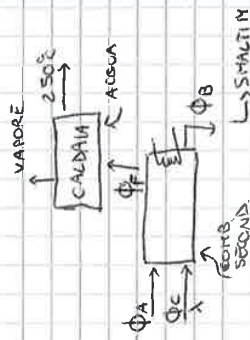
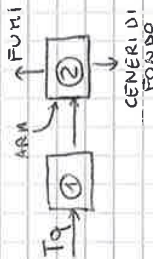
**a. TERNOTECNICA**

$\phi_c$  = fluss di combustibile con  $\lambda = p.c.$

$\phi_A$  = flumo d'aria

$\phi_S$  = flumo di ceneri

$\phi_F$  = flumo di fumi



Bisogna eliminare calore e gli inquinanti dai fumi:

• RECUPERO ENERGETICO

Scambiatore di calore in cui funziona calore dell'acqua  
de vaporizza (scambio radiante e convettivo).

T fumo finale = 250°C

Fumi → conduttore molto aggressivo (non possono  
essere piloti piping, si perderebbe la T).

Problemi - Materiali resistenti all'aggressività

- Sistema continuo di pulizia (meccanica o  
pneumatica) dei tubi (abbiezza depositata  
Quintano scambio)

- Forni periodici x pulizia caldaie.

Dopo qnt primo scambio →  $p = 10-130 \text{ bar}$ ,  $T \sim 450^\circ\text{C}$

⇒ 2 possibili metodi di recupero energetico del vapore:

- Recupero elettrico:

Espansione del vapore in turbina

⇒ E meccanica → alternatore ⇒ E elettrica

Rendimento max = 30-35%

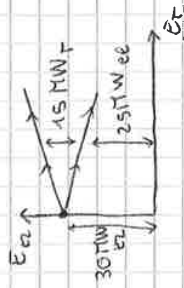
E<sub>tot</sub> = non recuperabile → al condensatore.

- Recupero termico

Scambio calore in acqua che va

al Telerisc. Serve tutta acqua.

Rendimento alto ~95%



- Cogenerazione → Contemperanza

Problema = collocazione del punto

centrale: ↓ E<sub>e</sub> ⇒ ↑ E<sub>f</sub>

E<sub>e</sub> = facile mettere in rete di distrib. (solo il 10%  
è usato in impianto)

E<sub>f</sub> = problema di trasmissione (tubi x acqua pressurizzata)

Per regolare cogenerazione, criteri:

- Commercialità → quanto sono pagato per E<sub>e</sub> e E<sub>f</sub>
- Ambientale → confronto emissioni con emissioni evitate  
da altri impianti convenzionali.

- TRATTAMENTO EMISSIONI

Dal recupero energetico:

fumi specifici a 250°C.

- Ceneri volanti = "fly ash", partic  
sepolite in depolverizzazione. Ci sono anche reagenti aggiunti:

- Carbone attivo → x microinquinanti: diossine, Furani, mercurio

- Bicarbonato di sodio (NaHCO<sub>3</sub>): x specie acide

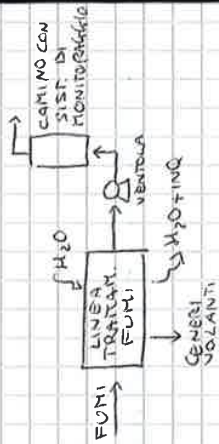
⇒ Residuo percolato → Ozono di maltrattamento in discariche  
apposite.

Ventilatore → Tutta l'area fumi è in depressione

Contra → misure di inquinati, x mantenere standard

Treatment di urto → solo 100 g/m<sup>3</sup> qnt caso si aggiunge acqua.

Si tende a fare treatment a secco, x





## COMBUSTIONE DIRETTA: POSSIBILI PROCESSI

D. Lgs. 113/05 → Trattamento Termico degli RSU

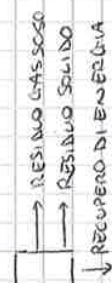
- Trattamento convenzionale → incenerimento diretto
- Tratten. innovativi → in part. calore generato e prodotti

Confronto tra i processi

### I. INCENERIMENTO

Aria → Medio-termico

Ossidazione completa di tutto in

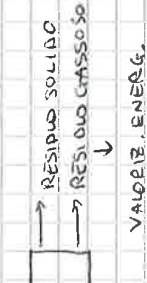


### II. GASSIFICAZIONE

Agente Ox. < Medio-termico

Flama gassosa ha anche PC alto

⇒ Syngas

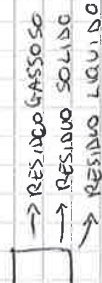


### III. PIROLISI

Residuo solido = ancora combustibile

Residuo liquido = olio di prodotti

Degradazione termica dell'in (nessun ossidante)



### I. INCENERIMENTO

Ha 4 zone/passaggi principali

#### 1) FOSSA RICEVIMENTO RIFIUTI

Ipertemperabilizzatore, in depressione

Rimescolatore di rifiuto, poi condotto al mangroie

di carico che lo porta a fare 2.

## II. ECONOMICO

Dipende da accordi tra produttore/utilizzatore di CSS

## III. PROGRAMMAZIONE

Ente pubblico relata:

• Conto diretto = maggiori garanzie di continuità per

il futuro

• Conto indiretto = soggetto a fluttuazioni di mercato, pressioni

ambientali, ... → Rinebbiate ↓ produzione ⇒ consumi di

CSS.

⇒ Cerco corrispondenza tra flama di rifiuti e capacità

di co-comb. in modo regolare (evitare Troppi Trosparti.)

## IV. AMBIENTALE

Valutazione fatta in parte con LCA: beneficio di co-comb per CO<sub>2</sub>, ma fonti di C rinnovabili (rifiuti) → buona x gestione.

Impatto amb. Escl. = 2 aspetti da esaminare:

- Capacità intrinseca di sistema di co-comb di

prevenire vert. ng (x T, t usati).

- Linea di trattamento fumi di comb diretto e molto t

soffocato e controllato (x t<sub>h</sub> + richieste)

Strada intermedia tra comb diretto e co-comb

⇒ NO

- SNCR = Non catalizzato,  $T = 900 - 1000^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{Effic} \sim 30 - 40\%$

- SCR = Catalizzato,  $T \sim 300^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{Effic} \sim 70 - 90\%$

NOx + catalizzatore + vuoto (x grande sensibilità su qst Temp)

Volume del fumo umido:  $V \sim 5000 - 6000 \text{ Nm}^3/\text{t}$

↓  
Inquinante = Granulatore, onde come [ ] presenti

4) RECUPERO ENERGETICO

2 scelte possibili: vso elettrico - cogenerativo

Per elettrico → Turbina a vapore

Anzetto vso elettrico → impatto ambientale, emette

Anzetto cogen → Mitigazione ambientale: deve esistere

quali impianti di riscaldamento privati sono aperti

Anzetto elettrico → incentivato, è + pagato: 10 €/MWh (per TRM)

Anzetto cogen: non c'è un mercato per E termico, il prezzo

dipende dai accordi: 20 €/MWh (per TRM)

Comparabilità ambientale:

a. Bilancio ambientale = emissioni di impianti - emissioni evitate

b. Modelli di dispersione → x avere idea di effettivo

modificatore di qualità dell'aria

Modello + convez: Aermod → mappa degli inquinati

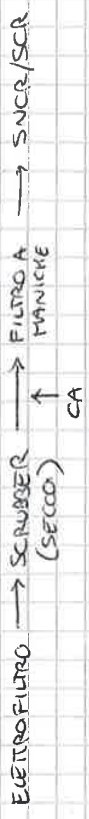
in base a: - Meteorologia (venti)

- Topografia

- [ ] di inquinati

Uno delle BAT fa riferimento a [ ] « Emissioni »

Linea di depurazione + diffusa:



Principali problemi del fumo gassoso:

- Macromolecolari: NOx, SOx, polveri, acidi alogenidrici

- Microinquinanti: [ ] ~  $\mu\text{g} - \text{ng} / \text{Nm}^3$

organici (Me pesanti) col organici (diossine, furani, IPA)

• ELETTOFILTRO → per polveri, rispetto al filtro a nocche:

- Rese alte, ~ 99,7%

- T + alta

- Più facile da pulire

• SCRUBBER → per gas acidi, E un lavaggio

- Unica: acqua + reagenti

- Acido = carbonato acido solido ( $\text{NaHCO}_3$ )

• CARBONE ATTIVO = metano in lega x abbattere sost.

organico: diossine, furani, IPA

• FILTRO A PANICHE = elimina polveri residue (onde se

CA metano) e prodotti nocivi residui formati

durante la neutralizzazione

• SCA / SNCR = per NOx, ridotta a N2 livello ammesso

gassoso.

Differenza tra i 2 sistemi:



Problema x ultimi 2 sistemi e la pulizia del gas.  
 Bruciare in gas è netto + pulito e facile rispetto a  
 bruciare in solido => prestazioni energetiche migliori.

Esempi di gas:  $\begin{cases} \text{solido} \approx 120\% \\ \text{gas} = +10\% \end{cases}$

Alti recuperi energetici del syngas sarebbero possibili  
 se si fosse tecnologia condensata x la sua pulizia.

### CONFRONTO: INCENERITORE VS GASSIFICATORE

Varie differenze:

- Temperature energetici e se si risolve problema di depurazione efficace del syngas, gassificazione darebbe prestazioni >>>
- Bruciare syngas in caldaia -> rendimento inferiore a combustione (ho speso energia x gassificare)
- Compatibilità ambientale:
  - Carichi di fango = vetrificate nella gassif. => + vitrificabili
  - Emissioni (fumi gasci) di gassif sono meno nq, buoro x la linea fumi meno inquinato. Dopo l'ice fumi sono tutti uguali
- Affidabilità:
  - incenerimento = affidabile e robusto
  - Gassificazione = inquinato, regole più rigorose, possibile problema x sicurezza.

- Problema di scala: al mondo, gassif esistono per max 250.000 abitanti.

- Robotizzato: per gassif, serve notevole con una cura particolare maggiore => prettamenti.

### TRATTAMENTO BIOLOGICO DELL'UMIDO

Frazione umida = organismo putrescibile.

Due vie possibili:

- Compostaggio: verbico, pensato x umido da raccolta e raff.
  - Digestione anaerobica, pensato x umido da raccolta.
- Raccolta diff da quello migliore di umido ripetuto, meno contaminazione da altri materiali.
- => Con Co stesso trattamento, da risultati migliori.

### A. COMPOSTAGGIO

Residuo organico è stabilizzato, allontanato. La componente org. volatile.

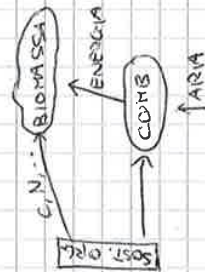
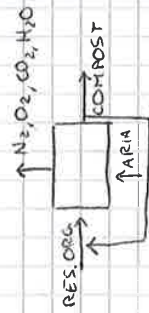
Aria in uscita:  $\begin{cases} N_2, O_2 = \text{già presenti, in eccesso di aria} \\ CO_2, H_2O = \text{derivanti dalla digestione} \end{cases}$

Considerazioni di processo -> parametri:

1. Qualità dell'elementazione

Biomassa estrae tutto dall'elementazione:

- C = usato x reidrolizzare ed energia
- N = usato solo x metabolismo.



## 5) DISCARICA

Situazione attuale: Italia ~ 50%, Mondo ~ 80%

Normativa EU → discarica deve essere

Discarica = mezzo per dare destinazione finale al flusso di rifiuti → Evitare e non questa (ovale se in

teoria è in reattore sncero)

Condizionamenti: Tipo di materiale; Localizzazione;

Costituzione; Aspetti gestionali; Particolarità

## 1. TIPOLOGIA DI MATERIALE

Dovrebbe andarci ciò che non è utilizzabile allo scopo di produzione di energia o valorizzazione della materia.

Non deve creare problemi ambientali (in teoria).

Normativa italiana: più onerosi ciò che non è recuperato dalla raccolta diff.

Problema: controllo di materiale in ingresso alla discarica: disturbo entrare nella terra, ma c'è residuo che entra materiale dannoso o pericoloso di inquinare.

## 2. LOCALIZZAZIONE

Vari criteri (il + importante è trovare il + veloce):

- Protezione delle falde
- Distanza dalle zone abitate (possibile rispetto atm)
- Accessibilità
- Non paesi mitici della zona
- Facilità di costruzione (es. caveau, ...)

→ Facile di usare minimo.

Dopo serve deacidificazione:

Problema: serve tanto acqua per renderlo pompabile

⇒ ↑↑ Volume digestori

• A secco → agitatori meccanici e collee

⇒ Problemi meccanici.

È + un obiettivo, non è tecnologia netura.

In comune Tra Compostaggio e Digestione Anaerobica:

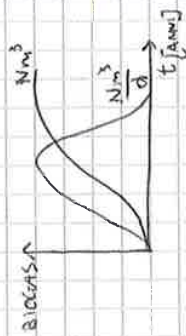
Stesso apparecchio può essere usato per:

- R.D. frazione organica separata e morta
- FOS: fraz. org. separata a valle di raccolta ndiff con sistemi meccanici

Differenza: livello di qualità del prodotto finale:

- R.D.: poche impurità, buone condizioni biologiche
- FOS: caratteristiche peggiori, nessun funzione poggio.





Molti modelli, danno perente:

$\frac{Nm^3_{gas}}{t_{refugo}}$  = indice formazione di biogas

Siti di captazione si basano su hp di qut sotto la produzione di biogas.

Curve sono qualitative. Quantitative  $\rightarrow$  dipende da molti parametri.

- Temperatura (zone climatiche)
- Caratteristiche originali del rifiuto (es.  $\uparrow$  rest org. putrescibile  $\Rightarrow \uparrow$  dinamica di attivaz del processo)
- Tenore di umidità del rifiuto (Umidità  $\Rightarrow \uparrow$  biomassa)
- Assorbimento di fanghi (inoculo)

Estimazione della capacità di formare biogas  $\sim$  20-30 anni.

$\hookrightarrow$  Serve unq stima della possibile produzione.

### SISTEMA DI CAPTAZIONE

Tubazioni in depressione.

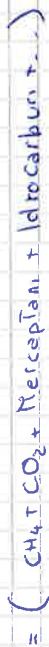
Materiale eterogeneo  $\Rightarrow$  regolazione

Locali con volvole e nonomete, ipotesi, regole continue:

- Poca aspirazione  $\Rightarrow$  Biogas in atm  $\rightarrow$  applicato, effetto verso
- Troppa aspirazione  $\Rightarrow$  Riduono ora della superficie  $\Rightarrow$  Distribuzione di pressure aereo

Possibile miscela esplosiva nei Tubi  $CH_4 + O_2$

Biogas = gas odorigeno e vettore energetico



### TRATTAMENTI DEL BIOGAS:

- Torque  $\rightarrow$  sempre presente x sicurezza
- Motori a gas  $\Rightarrow$  Velocitate come Energia elettrica (No cogenerazione x le utenze sono Costare)

Produce di biogas (Totale di discaro)  $\times$   $\sim$  COST

$\Rightarrow$  Motore ha regime  $\sim$  COST

Motore sono lento e efficienti e regolabili quanto + sono grandi  $\Rightarrow$  Van bene solo x discaricabile grande.

- Celle a combustibile = conversione subita e energia chimica di reazione in energia elettrica.
- Molto basso, alta efficienza, ma poco usate x il livello di qualità del biogas

### C. DESTINAZIONE DEL PERCOLATO

Piave  $\rightarrow$  parte di acqua: evaporazione,

Altra parte presente e si raccoglie solo fono di percolato.

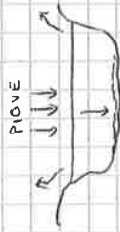
Bilancio idraulico: pioggia, evaporazione,

umidità del rifiuto (= capacità di campo" del rifiuto, il no livello stazionario).

Percolato = periodicamente emunto x evitare riempimento.

$\rightarrow$  inquinato (raccolge sostanze dai rifiuti, andando giù)

Parametri d'inquinamento:  $CO_2$ ,  $BOD$ ,  $NH_4$ ,  $SS$ ,  $Usciti$ , qualche Metallo.





## TRATTAMENTO RESIDUI INDUSTRIALI

Tutela: che non ci siano emissioni in atm/ acque di scarico:

- Residui solidi industriali
- Fogli di depurazione
- Acque industriali
- Solventi esauriti
- Olii esauriti
- Corb. Attivo esaurito

Sceglie dei materiali = a RSU.

### I. RIDURRE PRODUZIONE

Metodo + virtuoso, comprende:

- Scelta dei materiali (materie prime)
- Scelta di processo (competitività industriale, ha già dato risultati)
- Scelte di impianto

Si realizza caso per caso ↓ rifiuti prodotti:

↑ costo produttivo o ↓ qualità prodotto finale

### II. RIUSO

Usare rifiuto a nuovo scopo da cui è derivato (non esce da impianto ⇒ non diventa rifiuto)

Es. Fondere di nuovo: Amm. (Atomo) = sabbie + resine + soluzioni. Dopo l'uso, i frammenti restano ancora  
 esse bruciate ⇒ Rifiuto solo sabbie da ri-usare.

## RIFIUTI INDUSTRIALI

Considerazioni:

- Tecnologica: qualità del materiale riciccolato cartaccia?
- Economica: Confronto di costo di nuovo vs costo di conferimento discarica + acquisto nuovo materiale
- Ambientale: LCA, emissioni prodotte nei 2 nodi. Emissioni controllate, se rifiuto non esce.

### III. VALORIZZAZIONE COME MATERIA

Rifiuto di un'attività diventa materia prima secondaria di un'altra attività.

- Es. - Solvente esaurito di farmaceutica e buono e verniciata
- Ceneri di inceneritore o scorie di fusione di alluminio addizionale al clinker.

Considerazioni:

- Tecnologica: Facile, produttori B cercano effetti.
- Economica:
  - Attività A affronta costi multistadio / vendita
  - Attività B: costi e acquisti diversi.
- Ambientale: complessità da valutare, 2 aspetti:
  - Compatibilità di questo valorizzare, in base a dove è localizzato
  - Tutela del consumatore, servirebbe conoscere ogni specifico di ogni prodotto commercializzato e capire i requisiti di materie prime → Difficile, non è fatto x ogni prodotto



Programmazione di attività-fondi:

Non devono provocare flussi secondari.

Se ne evitano:

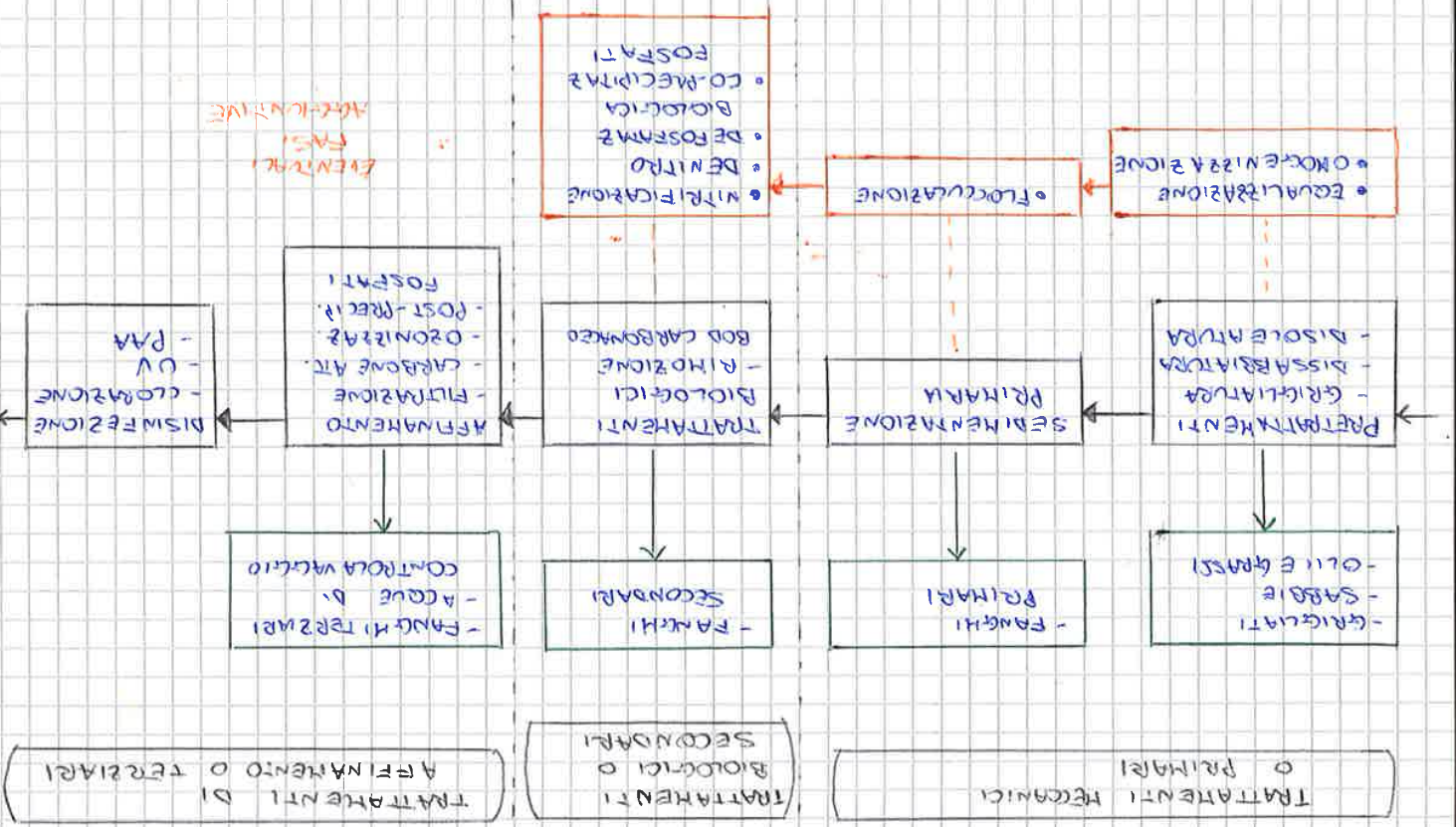
- Caratteristiche qualitative e quantitative dei flussi in
- Capacità di trattamento delle macchine

Ovvero:

- Potenzialità dell'impianto di trattamento
- Caratt. del rifiuto

=> Centro operativo deve conoscere cui e stabilire ogni giorno le qualità del rifiuto da via di

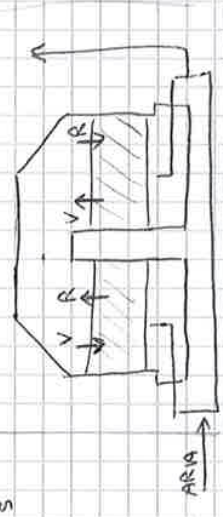
Trattamento



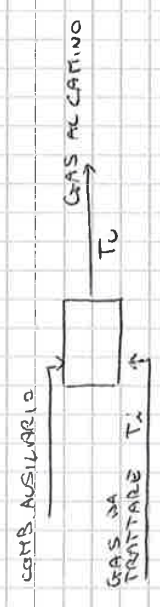
# TRATTAMENTO TERMICO RIGENERATIVO

Tempo di permanenza = 1 s

Letti, reattori capaci di assorbire calore



Considerare il volume di controllo:



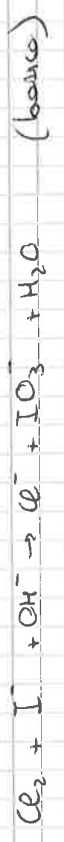
$$\dot{m}_{GAS} \cdot c_{p,GAS} \cdot T_i + F \cdot c_a \cdot \Delta H_H + q_{CH_4} \cdot PCI = \dot{m}_{GAS} \cdot c_{p,GAS} \cdot T_u + Q_{RISERCO}$$

$T_u - T_i$  = grandezza che misura il consumo di combustibile  
 Se  $T_u$  è molto basso  $\Rightarrow$  anche la quantità di combustibile è bassa (al limite è nulla).

Hp: perfezionare adiabatico

$$\dot{m}_{GAS} \cdot c_{p,GAS} \cdot T_i + F_{GAS} \cdot c_{p,GAS} \cdot \Delta H_H + q_{CH_4} \cdot PCI_{CH_4} = \dot{m}_{GAS} \cdot c_{p,GAS} \cdot T_u$$

Entalpia generata: ~~è~~ una parte è la spesa del trattamento (bruciere e recuperatore), un'altra è  $CH_4$   
 Per avere  $T_u$  basso: recupero molto nella 2° colonna  
 $\Rightarrow$  la quantità di  $CH_4$  che serve è molto bassa.



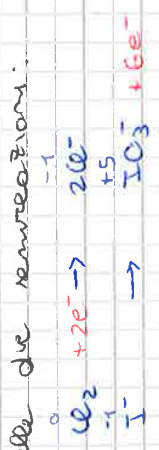
• Scriviamo le 2 semireazioni con i numeri di ossidazione:



• Se necessario, bilanciamo gli elementi che partecipano alla redox:



• Determino il numero di elettroni persi ed acquistati nelle due semireazioni:



• Bilancio le cariche usando ioni  $OH^-$  (basso).

Se necessario, uso  $H_2O$  per bilanciare il numero di atomi di ossigeno ed idrogeno:



• Si eguagliano elettroni ceduti ed acquistati

