



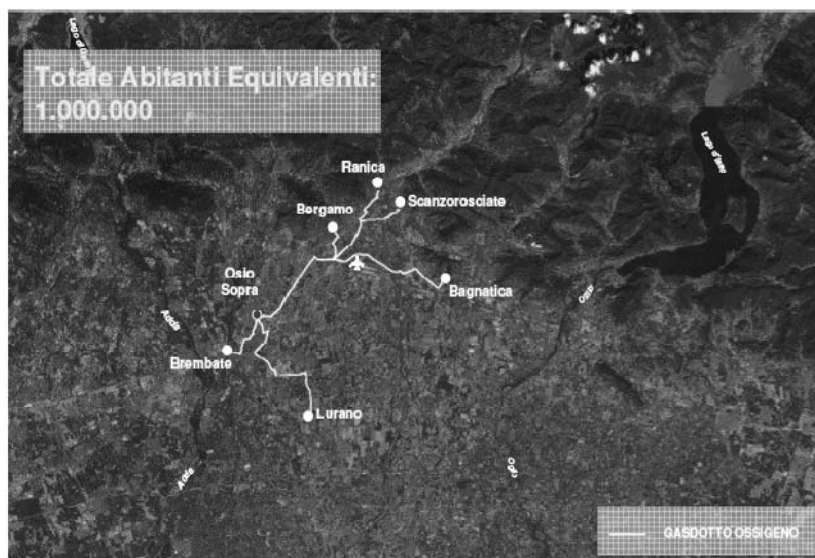
OSSIGENO PURO NEGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE

l'upgrading della sezione di ossidazione di due piccoli impianti

Aquaria Verona 26 Ottobre 2011
SIAD SpA Riccardo Calvi; Pier Luigi Radavelli

www.siad.com

Siad e la depurazione nella "bergamasca":
dal gasdotto O₂ al brevetto MIXFLO®, alla SCWO



Le ns. tecnologie per l'ambiente



- Sistemi ad O_2 : UNOX e MIXFLO®
- Ugelli supersonici di "De Laval" ad O_2
- Ozono: il reattore "MIXFLO₃" e l'ozonolisi
- Digestione aerobica fanghi di supero ad O_2
"ATAD" il processo termofilo autotermico
- Controllo pH con CO_2
- Biogas: O_2/O_3 per H_2S , N_2 => sicurezza
- MBBR: processi a biofilm adesivo in letto mobile
- MBR: "il bioreattore a membrane ad O_2 "
- SCWO: l'Ossidazione ad acqua supercritica
- Aquafreed® : la bonifica con CO_2 dei pozzi
- Bonifiche suoli contaminati
- Incenerimento e gassificazione ad O_2
- Lab. biologia e chimica ambientale (pilotti)

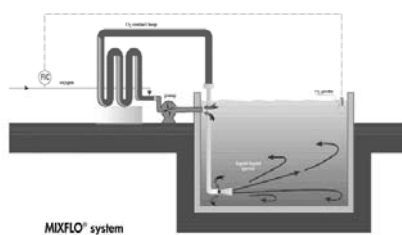


MIXFLO®

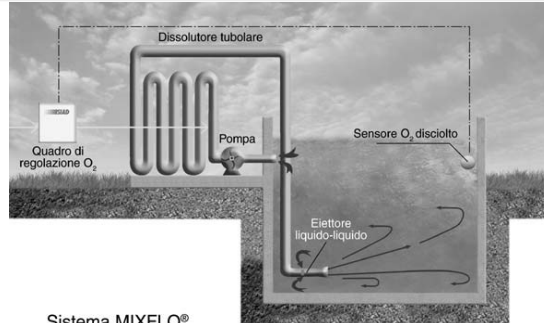


Il laboratorio

Sistema "pompa - eiettore" a O_2 : il "MIXFLO®"



Sistema "pompa - eiettore" a O₂ : il "MIXFLO®"



Sistema MIXFLO®

Componenti principali:

pompa centrifuga

di pressurizzazione e ricircolo del refluo;

ossigenatore tubolare

per la dissoluzione dell'ossigeno gassoso;

eiettori liquido-liquido

per la miscelazione in vasca di un fluido monofasico;

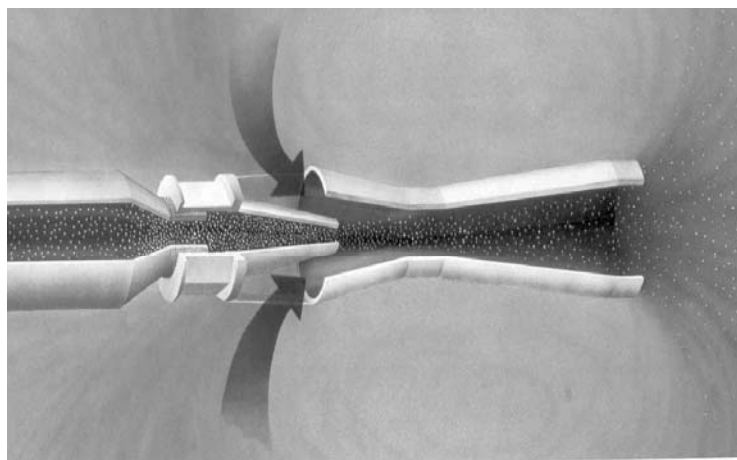
sistema di C.C.

dell'iniezione di O₂ in linea

Eiettore liquido - liquido: una componente decisiva

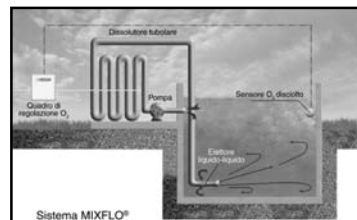


L'eiettore liq/liq deve essere ben dimensionato ed accoppiato alla pompa: si avranno massimi rendimenti di mass transfer e mixing



Sistema “pompa - eiettore” a O₂ : il “MIXFLO®”

Tipo	Dissolvente tubolare; monofase
Elettromeccanico	Dimensionamento “ad hoc”: <ul style="list-style-type: none"> Pompa centrifuga ossigenatore tubolare Eiettore liquido/liquido
Performance	2.5 - 4 kg O ₂ /kWh @ 90-95% OTE
Vantaggi	<ul style="list-style-type: none"> Basso costo capitale manutenzione scarsa
Limiti	Praticamente nessuno
Prima unità	1980
N° di Unità	> 500



Sistemi ad “iniezione diretta di O₂ in linea” e con ugelli supersonici



Sistemi di arricchimento ad O₂



Caratteristiche dell'ossigeno



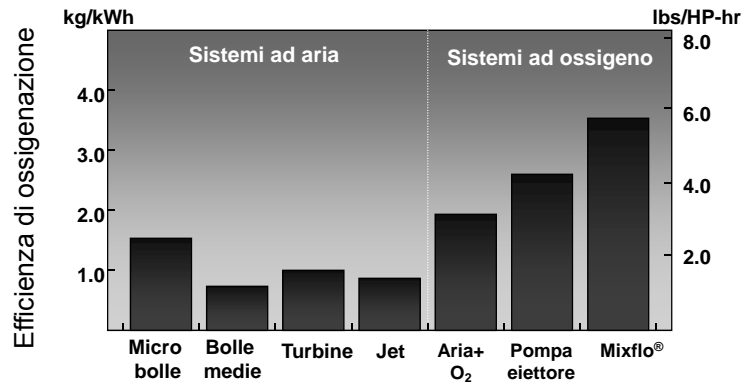
- ☐ La sua formula chimica è "O₂": il peso molecolare 32;
- ☐ L'aria ne è costituita per il 21%;
- ☐ Allo stato gassoso non ha odore né colore;
- ☐ Alla pressione atmosferica è liquido per $T < -183\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- ☐ E' più pesante dell'aria ($1,311\text{ kg/Sm}^3$ $P=735,5\text{ mmHg}$ $T=15^{\circ}\text{C}$)
- ☐ 1 litro di O₂ liquido sviluppa 0,872 m³ di O₂ gassoso;
- ☐ E' il comburente per eccellenza.
- ☐ Viene stoccato in serbatoi criogenici in forma liquida, quindi evaporato.



Sistemi di aerazione/ossigenazione a confronto



Efficienze tipiche di aerazione



L'Ossigeno puro mostra maggiore mass transfer "driving force" e sostanzialmente maggiori efficienze di ossigenazione

Sistemi ad aria e ad O₂ puro a confronto



$$O_2 \text{ trasf} = k_{LA} \times (C_s - C^*)$$

$$C_s = H \times P \times \%_{vol}$$

C* mg/l	EE (kWh/kgO ₂ trasf)	
	Aria Cs ~ 9 mg/l	O ₂ puro Cs ~ 45 mg/l
2	0,85	0,3
3	0,99	0,31
4	1,19	0,32
5	1,49	0,32
6	1,98	0,33

Incremento dei consumi elettrici specifici al variare della concentrazione C* di ossigeno disciolto in acqua

Concentrazioni di ossigeno disciolto



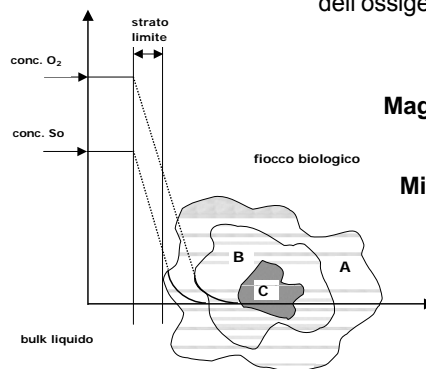
Valori tipici di concentrazione operativa (C^) di ossigeno disciolto nelle vasche di ossidazione biologica*

- Impianti ad aria: $1,5 \div 2,5 \text{ mg/l}$
- Impianti ad ossigeno puro: $3 \div 6 \text{ mg/l}$

Fenomeni diffusivi all'interno del fiocco di fango



Maggiore la concentrazione di Ossigeno Disciolto
nel mixed liquor, maggiore il grado di penetrazione
dell'ossigeno all'interno del fiocco di fango



↓
Maggior numero di cellule "vitali"
nel fiocco di fango

Migliore sedimentabilità del fiocco
di fango

*Profili di concentrazione di substrato e ossigeno in un fiocco di fango,
adattato da Abbassi et al., 1999*

Correlazione tra ossigeno disciolto e sedimentabilità del fiocco di fango

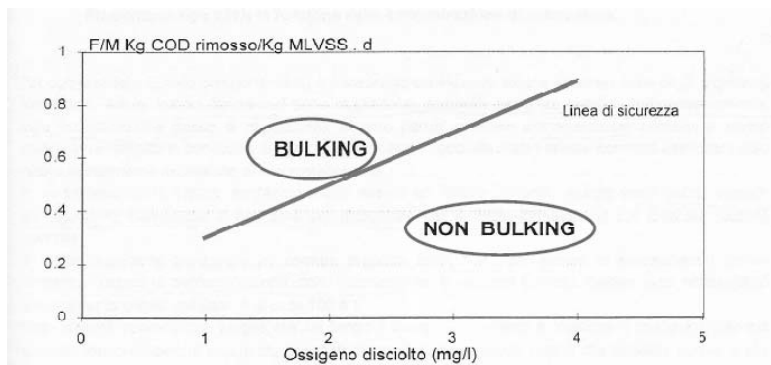


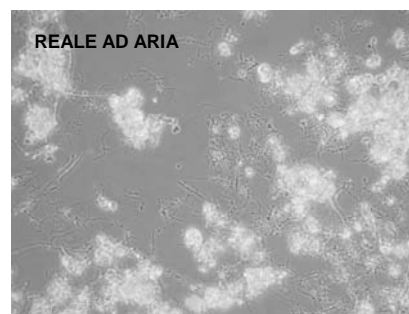
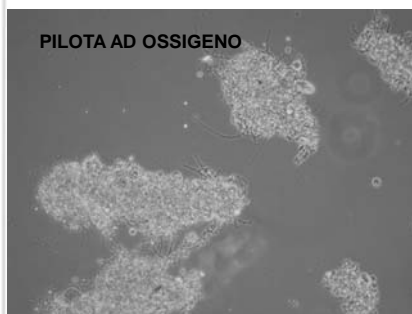
Fig 4 - Ossigeno disciolto necessario in funzione dell'F/M per non creare condizioni a rischio di bulking (Pitt e Jenkins, 1990)

Sedimentabilità del fango in impianti aria/O₂ puro



	F/M	Rt	DO preox	DO ox1	DO ox2	TSS	VSS	VSS/TSS
	KgCOD/KgTSS x d	ore	mgO ₂ /l	mgO ₂ /l	mgO ₂ /l	g/l	g/l	%
Imp. PILOTA	0,19	18,1	2,4	7,9	13,8	2,51	1,97	79
Imp. REALE	0,15	17,7	0,49	3,52	1,65	4,69	3,75	80

	dimensioni fiocchi	struttura	ink test	FI	Filamentosi
	um				
Imp. PILOTA	200 - 400	compatta	+/-	3/4	0675 - 0041
Imp. REALE	100 - 200	aperta	+/-	4/5	GALO



Miglioramento generale dei fiocchi e foaming



	Scum Index %	Foaming Potential ml	Intersezioni N°/gTSS	Resa COD %	Resa N %
Inizio sperimentazione	21,9	258	4×10^5	89	76
Fine sperimentazione	1	170	$1,3 \times 10^5$	91	77

Principali caratteristiche degli impianti a O₂ puro



- ☐ Possibilità di operare ad alte concentrazioni di ossigeno disciolto ($3 \div 6 \text{ mgO}_2/\text{l}$ e più ove necessario) con consumi energetici limitati
- ☐ Grande “*driving force*” per il trasferimento dell’ossigeno nelle parti più interne del fiocco di fango
- ☐ Un maggior quantitativo di biomassa si trova in condizioni aerobiche: ne consegue una maggior vitalità del fango attivo rispetto ad impianti operanti a basso D.O.
- ☐ A pari condizioni di carico giornaliero di BOD influente e concentrazione di MLSS, il C_f “reale” è minore operando a D.O. elevato: il comportamento del processo biologico più simile a quello di impianti che operano a basso carico del fango
- ☐ E’ possibile operare con elevata concentrazione di MLSS (anche $6 - 8 \text{ kg m}^{-3}$)

Principali caratteristiche degli impianti a O₂ puro

- ☐ Incremento dell'efficienza di rimozione degli inquinanti
- ☐ Riduzione della produzione *specific*a di fango di supero (20 ÷ 30% in meno e oltre)
- ☐ Miglioramento delle caratteristiche di sedimentabilità del fango
- ☐ Miglioramento delle caratteristiche di disidratabilità del fango di supero
- ☐ Capacità del processo biologico di adattarsi a repentine variazioni di carico inquinante influente: l'ossigeno disciolto non è mai il fattore limitante le reazioni depurative
- ☐ Eliminazione di odori e aerosol

Impianti ad O₂ puro: applicazioni tipiche

- | | |
|--|---|
| - Upgrading di impianti esistenti operanti ad aria | |
| - Impianti stagionali | <i>frutta e verdura
cantine
soft drinks
zuccherifici
località turistiche</i> |
| - Alti carichi organici (di picco) | <i>industria</i> |
| - Scarichi termici (25-35°C) | <i>chimica/petrochimica
industria farmaceutica
industria alimentare
trattamento percolato
trattamento reflui extrafognari
acque da produzione
biodiesel</i> |
| - Bioreattori a membrane (MBR) | |
| - Impianti SBR | <i>industria casearia-macelli</i> |
| - Impianti MBBR (Kaldnes) | <i>roughing/post nitrificazione</i> |

Impianti ad O₂ puro: applicazioni tipiche



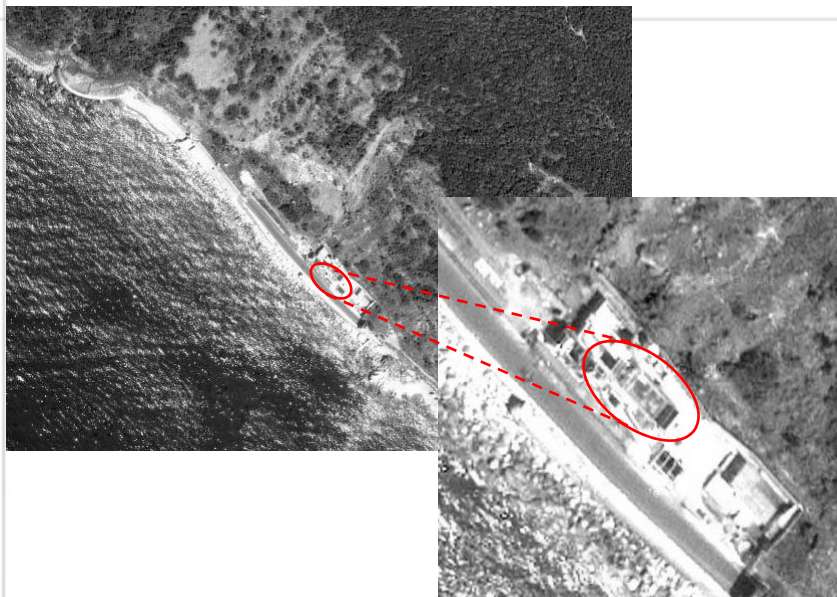
- Impianti di lagunaggio
- Riduzione aerosol ed emissioni maleodoranti
- Ossidazione chimica: *solfori e solfiti, nitriti, Fe⁺⁺ e Mn,*
- Digestione aerobica del fango di supero (ATAD)
- Produzione di ozono: *decolorazione
rimozione tensioattivi
incremento rapporto BOD/COD
rimozione COD refrattario
disinfezione / riutilizzo acqua
minimizzazione fanghi di supero (O₃ lisi)*
- Ossidazione ad umido e "Supercritica" (Aqua Critox®)

L'ossigeno puro è una delle soluzioni per alcuni problemi gestionali?



- **Potenziamento di impianti sottodimensionati**
- **Sovraccarichi stagionali**
- **Variabilità del carico in ingresso (stagionalità)**
- **Problemi di nitrificazione**
- Eliminazione di odori ed aerosol
- Controllo dei batteri filamentosi
- Potenziamento della stabilizzazione aerobica del fango di supero
- Affidabilità processi di ozonizzazione, con recupero ossigeno residuo
- Minimizzazione produzione fanghi di supero con ozonolisi e digestione termofila autotermica

Impianto A) – gestione sovraccarichi stagionali



Impianto A) – gestione sovraccarichi stagionali



❑ DESCRIZIONE IMPIANTO (SITUAZIONE INIZIALE)

- Impianto in località balneare nel levante ligure
- Abitanti Equivalenti : **Inverno 3000 – Estate 15000**
- Vasca di ossidazione biologica da 350 m³
- 2 aeratori sommersi da 10 kW cad.
- Sedimentatore 290 m³, superficie 100 m²

❑ PROBLEMI

- **D.O. < 0,5 mg/l** nei momenti di punta
- **SVI elevato** e perdita di solidi nell'effluente
- impossibile operare con MLSS > 2 kg m⁻³
- difficile rispetto **limiti allo scarico** (COD, TSS)

Impianto A) – gestione sovraccarichi stagionali

❑ ATTIVITA' DI UPGRADING

- Inserimento di un impianto ad **Ossigeno Puro** da 50 kgO₂/h
- Potenza installata 17 kW
- Disattivazione degli aeratori sommersi
- Adeguamento del carroponete e del circuito di ricircolo del fango

❑ BENEFICI OTTENUTI

- MLSS > 5 kg m⁻³
- **D.O. > 1,5 mg/l** anche nei momenti di punta
- **Migliorata sedimentabilità** del fango
- Possibilità di gestire velocità di **1 m/h** nel sedimentatore
- **Rispetto dei limiti allo scarico**

Impianto A) – gestione sovraccarichi stagionali

Parametri operativi a valle dell'upgrading

PARAMETRO	U.M	min	media	max
Portata	m ³ d ⁻¹	400	700	2100
COD _{in}	mg/l	230	540	700
BOD _{5in}	mg/l	110	225	285
MLTSS	mg/l	3800	4500	5500
SVI	cc/l	62	85	110
TKN _{in}	mg/l	35	43	80
DO	mg/l	1,5	2,2	7,8
COD _{out}	mg/l	31	78	107
N-NH _{4out}	mg/l	0,33	7,2	14
N-NO _{3out}	mg/l	8	28	75
N-NO _{2out}	mg/l	0,1	0,3	0,4
TSS _{out}	mg/l	11	32	120

Impianto B) – upgrading per rimozione N



Impianto di trattamento acque reflue di macello bovini

DESCRIZIONE IMPIANTO (CONDIZIONI INIZIALI)

Portata	: 160 m ³ d ⁻¹
COD _{in}	: 3.500 g m ⁻³
BOD _{5 in}	: 2.800 g m ⁻³
TKN _{in}	: 185 g m ⁻³
V _{den}	: 100 m ³
V _{ox}	: 300 m ³
MLVSS	: ≤ 3,5 kg m ⁻³
C _f	: ≥ 0,4 kgCODkgMLVSS ⁻¹ d ⁻¹
Sistema di aerazione	: n°2 aeratori sommersi
Potenza installata aeratori	: 2 x 14 kW
D.O.	: ≤ 1 mg l ⁻¹

- IMPOSSIBILITÀ DI OTTENERE LA RIMOZIONE DELL'AZOTO
- PROBLEMI DI SEDIMENTABILITÀ DEL FANGO

Impianto B) – upgrading per rimozione N



FUNZIONAMENTO AD O₂ PURO

V _{den}	: 100 m ³
V _{ox}	: 300 m ³
MLVSS	: 5 kg m ⁻³
C _f	: 0,3 kgCODkgMLVSS ⁻¹ d ⁻¹
D.O.	: 2 ÷ 3 mg l ⁻¹

Potenza installata : 17 kW

T	: 25° ÷ 35° C
COD _{out}	: ≤ 80 g m ⁻³
BOD _{5 out}	: ≤ 20 g m ⁻³
N-NH _{4 out}	: ≤ 10 g m ⁻³
N-NO _{3 out}	: ≤ 10 g m ⁻³

Vantaggi aggiuntivi : RIDUZIONE DEL FANGO DI SUPERO (-35% CIRCA)
RIDUZIONE DEI CONSUMI ELETTRICI (- 40% CIRCA)



Grazie