

# "ACQUE REFLUE E FANGHI"

IL RUOLO DELL'ACCIAIO INOSSIDABILE  
NELLA DEPURAZIONE DELLE ACQUE

**FAUSTO CAPELLI - Centro Inox, Milano**  
"Introduzione agli acciai inossidabili"

**GIOVANNI MARCHESI - LEOPOLDO BALDINI**  
SoPrA, Process Engineering & Contracting, Milano  
"Esempi applicativi dell'utilizzo degli acciai inossidabili negli impianti di depurazione delle acque"

**LUCIANO FASSINA, Consulente NiDI - Nickel Development Institute (Toronto), Milano**  
"I costi totali degli impianti di depurazione acque: l'esempio di Canegrate. Confronto tra l'acciaio al carbonio e l'acciaio inox dopo 30 anni di vita: effetti sui capitolati"

Memorie presentate alla giornata di studio organizzata dal Gruppo Scientifico Italiano Studi e Ricerche di Milano

Milano, 15 Giugno 1994

Dr. Ing. Fausto Capelli  
Direttore Centro Inox  
Milano

## INTRODUZIONE AGLI ACCIAI INOSSIDABILI

ACQUE REFLUE E FANGHI

Il ruolo dell'acciaio inossidabile  
nella depurazione delle acque

Milano, 15 giugno 1994

## COSA SONO GLI ACCIAI INOX

### Premessa

Gli acciai inossidabili sono delle leghe ferrose che riescono a unire le proprietà meccaniche tipiche degli acciai, alle caratteristiche intrinseche dei materiali nobili, quali tipicamente, le notevoli doti di resistenza ai fenomeni corrosivi.

### Perché inossidabili?

In effetti, il termine non corrisponde alla vera natura di questi metalli, essi, infatti, sono "ossidabilissimi", vale a dire hanno la possibilità, grazie al contenuto degli elementi in lega, essenzialmente alla percentuale di cromo, di "autopassivarsi" cioè di ricoprirsi di uno strato di ossidi invisibile, di dimensioni molecolari, che protegge il metallo sottostante dagli attacchi corrosivi.

Questo fenomeno si verifica ogni volta che l'ambiente è sufficientemente ossidante, come ad esempio l'aria che si respira, l'acqua, soluzioni varie, ecc. La natura di questo strato è tale da garantire la copertura del metallo, anche se localmente si verificano abrasioni od asportazioni della pellicola, a patto di essere sempre in condizioni sufficientemente ossidanti.

Questo concetto è molto importante ai fini di una buona tenuta nel tempo e per contrastare in maniera adeguata i diversi casi di corrosione. E' necessario infatti consentire al materiale, sia in fase di lavorazione che di messa in opera, di poter scambiare con l'ambiente che lo circonda una sufficiente quantità di ossigeno in modo da poter essere considerato nelle ottimali condizioni di passivazione.

Naturalmente questo film passivo può essere più o meno resistente e più o meno ancorato al materiale a seconda della concentrazione in cromo presente nella lega ed a seconda dell'eventuale presenza di altri elementi quali il nichel, il molibdeno, il titanio, ecc.

E' chiaro quindi che esistono diversi gradi di inossidabilità e di resistenza alla corrosione, esiste pertanto, nell'ambito degli inossidabili, una scala di nobiltà a seconda del contenuto in lega degli elementi succitati.

Oltre alle caratteristiche di resistenza alla corrosione, c'è una vasta gamma di resistenze meccaniche che dà la possibilità di scegliere tra diversi tipi di prestazioni, sia a temperatura ambiente che a temperature elevate.

Il generico utilizzatore si trova di conseguenza di fronte una notevole serie prestazionale ed il problema che spesso volte si pone è proprio quello di riuscire a scegliere il giusto materiale in funzione degli impieghi, in maniera tale da non "sottodimensionare" né "sovradimensionare" la scelta e riferirsi agli opportuni valori di nobiltà e di prestazioni meccaniche, adatti a un determinato servizio.

E' necessario a questo punto illustrare brevemente per grosse aggregazioni le diverse tipologie di questi acciai.

### COME SI CLASSIFICANO

Gli inox si dividono in tre grandi famiglie:

- i martensitici
- i ferritici
- gli austenitici

Gli inossidabili **martensitici** sono leghe al solo cromo (dall'11 al 18% circa), contenenti piccole quantità di altri elementi come ad esempio il nichel. Sono gli unici inox che possono prendere tempra e pertanto aumentare le loro caratteristiche meccaniche (carico di rottura, carico di snervamento, durezza), mediante trattamento termico. Buona è la loro attitudine alle lavorazioni per deformazione plastica, specie a caldo e nelle versioni risolforate danno anche discrete garanzie di truciolabilità.

Anche i **ferritici** sono acciai inossidabili al solo cromo (il contenuto è variabile dal 16 al 28%), ma non possono innalzare le loro caratteristiche meccaniche per mezzo di trattamenti termici.

Si lavorano facilmente per deformazione plastica, sia a caldo che a freddo e possono essere lavorati alle macchine utensili (specie i tipi risolforati).

Presentano una buona saldabilità, specie nel caso delle saldature a resistenza (puntatura e rullatura).

Gli **austenitici** sono invece leghe al cromo-nichel, con cromo in quantità comprese tra il 17 e il 26 % e nichel tra il 7 e il 22%.

Anche questi acciai non prendono tempra ma possono incrementare le proprietà tensili con incrudimenti per deformazione a freddo (laminazione, imbutitura, ecc.).

Esistono poi diverse versioni a basso contenuto di carbonio, stabilizzate, per i più svariati tipi di impiego.

Ottima è la loro lavorabilità, soprattutto la deformabilità a freddo (specie l'imbutibilità) e le lavorazioni alle macchine utensili.

Essi possono essere anche validamente saldati sia a resistenza sia all'arco elettrico.

Oltre a queste tre categorie principali, esistono anche altre famiglie meno note, ma degne di menzione, per impieghi più specifici; sono da citare, ad esempio, gli acciai "austeno-ferritici", detti anche "duplex", che presentano una struttura mista di austenite e di ferrite.

Questi materiali sono impiegati quando vengono richieste caratteristiche di resistenza alla corrosione particolari (specie nei confronti della stress-corrosion); essi hanno saldabilità e caratteristiche meccaniche, di solito superiori a quelle dei ferritici correnti.

Da citare sono anche gli acciai inossidabili "indurenti per precipitazione"; questi presentano la possibilità di innalzare notevolmente le caratteristiche meccaniche con dei trattamenti termici particolari di invecchiamento, che consentono di far precipitare nella matrice del metallo degli elementi composti in grado di aumentare le proprietà meccaniche della lega.

Inoltre gli indurenti per precipitazione possiedono una notevole resistenza alla corrosione, certamente paragonabile a quella degli acciai austenitici classici.

Attualmente si è giunti ad una differenziazione notevole nella tipologia degli acciai inossidabili e se ne contano ben più di cento tipi.

Si è pensato comunque di radunare quelli più correnti con le loro composizioni chimiche indicative e la corrispondenza approssimata tra le unificazioni dei diversi Paesi (tabella 1).

Tab. 1 - Composizione chimica indicativa e designazione AISI di alcuni tipi di acciai inossidabili più impiegati

Tipo di struttura	ANALISI INDICATIVA %									AISI (U.S.A.)
	C	Mn max	P max	S max	Si max	Cr	Ni	Mo	Altri elementi	
austenitica	0,15 max	2	0,045	0,030	1	16 + 18	6 + 8	-	-	301
austenitica	0,15 max	2	0,20	0,15 min	1	17 + 19	8 + 10	0,60 max	-	303
austenitica	0,15 max	2	0,20	0,060	1	17 + 19	8 + 10	-	Se = 0,15 min	303 Se
austenitica	0,08 max	2	0,045	0,030	1	18 + 20	8 + 10,5	-	-	304
austenitica	0,03 max	2	0,045	0,030	1	18 + 20	8 + 12	-	-	304 L
austenitica	0,20 max	2	0,045	0,030	1	22 + 24	12 + 15	-	-	309
austenitica	0,08 max	2	0,045	0,030	1	22 + 24	12 + 15	-	-	309 S
austenitica	0,25 max	2	0,045	0,030	1,50	24 + 26	19 + 22	-	-	310
austenitica	0,08 max	2	0,045	0,030	1,50	24 + 26	19 + 22	-	-	310 S
austenitica	0,06 max	2	0,045	0,030	1	16 + 18,5	10,5 + 13,5	2 + 2,5	-	316
austenitica	0,08 max	2	0,20	0,10 min	1	16 + 18	10 + 14	1,75 + 2,5	-	316 F
austenitica	0,03 max	2	0,045	0,030	1	16 + 18,5	11 + 14	2 + 2,5	-	316 L
austenitica	0,08 max	2	0,045	0,030	1	17 + 19	9 + 12	-	Ti = 5 x C min	321
austenitica	0,08 max	2	0,045	0,030	1	17 + 19	9 + 13	-	Nb + Ti = 10 x C min	347
ferritica	0,08 max	1	0,045	0,045	1	10 + 11,5	-	-	Ti = 6 x C min; 0,75 max	409
martensitica	0,15 max	1	0,040	0,030	1	11,5 + 13,5	-	-	-	410
martensitica	0,15 max	1,25	0,060	0,15 min	1	12 + 14	-	0,60 max	-	416
martensitica	0,16 + 0,25	1	0,040	0,030	1	12 + 14	1 max	-	-	420
ferritica	0,12 max	1	0,040	0,030	1	16 + 18	-	-	-	430
ferritica	0,12 max	1,25	0,060	0,15 min	1	16 + 18	-	0,60 max	-	430 F

## LE CARATTERISTICHE FISICHE E MECCANICHE

Con gli acciai inossidabili c'è la possibilità di disporre di una vasta gamma di proprietà sia fisiche che meccaniche per le più disparate situazioni applicative.

### Caratteristiche fisiche

Il **peso specifico** è variabile a seconda della diversa composizione chimica ed è compreso tra 7,7 g/cm<sup>3</sup> per i tipi martensitici e ferritici e 8,06 g/cm<sup>3</sup> per gli austenitici.

Per la **conducibilità termica** c'è da tener presente che gli acciai a struttura ferritica e martensitica conducono meglio il calore rispetto agli acciai austenitici: anche la **resistività elettrica** è fortemente differenziata tra gli austenitici, dove è più elevata che negli altri tipi.

Da considerare è anche il **coefficiente di dilatazione termica**: gli austenitici dilatano molto con la temperatura, rispetto agli altri inossidabili.

Infine, diversa è anche la **permeabilità magnetica** relativa, infatti le famiglie martensitica e ferritica sono sostanzialmente ferromagnetiche, mentre quella austenitica è amagnetica. Per le prime questa caratteristica fisica non è molto influenzata dall'incrudimento per deformazione a freddo, mentre gli austenitici risentono molto di più di questo fenomeno.

### Caratteristiche meccaniche

Sono differenti a seconda dei diversi tipi e possono essere sintetizzate come segue:

**I tipi austenitici** non sono suscettibili di innalzare le loro caratteristiche mediante tempra e conseguentemente hanno qualità resistenziali non elevate.

Sono capaci però di innalzare anche di molto la loro resistenza mediante incrudimento per deformazione plastica a freddo, elevando il carico di rottura. Questo fenomeno è molto sfruttato proprio nello stampaggio a freddo di questi materiali.

Posseggono elevate caratteristiche di resistenza a fatica. Quella agli urti è molto alta, sia a temperatura ambiente, sia a temperature assai basse.

Anche **i tipi ferritici** non sono suscettibili di trattamento di tempra e conseguentemente presentano caratteristiche resistenziali non elevate.

L'incrudimento per deformazione plastica a freddo incrementa anche in questo caso le caratteristiche di resistenza, ma in misura minore rispetto agli austenitici.

I tipi martensitici offrono le migliori caratteristiche di resistenza meccanica fra gli acciai inossidabili quando sono messi in opera allo stato bonificato (tempra e rinvenimento).

Nella tabella 2 sono state elencate alcune delle caratteristiche fisiche e meccaniche tra le più significative dei principali acciai inox più utilizzati.

Tab. 2 - Alcune caratteristiche fisiche e meccaniche degli acciai inox presentati in tabella 1

Tipo di acciaio (AISI)	CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE						
	Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )	Coeff. di conducibilità termica (cal/cm °C s)	Coeff. di dilatazione termica medio (X 10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup> )	Carico di rottura R (Kg/mm <sup>2</sup> )	Carico di snervamento R <sub>p(0,2)</sub> min (Kg/mm <sup>2</sup> )	Allungamento a rottura A (%)	Durezza HB max
301	8,06	0,039	16,9	60 + 75	22	45	92
303 303 Se	8,06	0,039	17,3	50 + 75	22	40	-
304	8,06	0,039	17,3	55 + 70	20	45	88
304 L	8,06	0,039	17,3	53 + 68	18	45	88
309	8,06	0,037	15,0	55 + 70	23	40	95
309 S	8,06	0,037	15,0	53 + 68	21	40	95
310	8,06	0,034	15,9	55 + 70	23	40	95
310 S	8,06	0,034	15,9	53 + 68	21	40	95
316	8,06	0,039	16,0	55 + 70	21	40	95
316 F	8,06	0,034	16,5	59 + 70	27	60	85
316 L	8,06	0,039	16,0	53 + 68	20	40	95
321	8,06	0,038	16,6	55 + 70	21	40	88
347	8,06	0,038	16,6	55 + 70	21	40	88
409	7,65	0,062	11,7	46	24	25	75
410	7,78	0,059	9,9	70 + 90	50	14	97(*)
416	7,78	0,059	9,9	70 + 90	50	14	97(*)
420	7,78	0,059	10,3	75 + 95	55	13	97(*)
430	7,78	0,062	10,4	45 + 60	26	22	88
430 F	7,78	0,062	10,4	50 + 70	30	15	92

(\*) Valori ricavati su provette allo stato di ricottura di lavorabilità

## I PRODOTTI SIDERURGICI ESISTENTI

La notevole diversificazione delle applicazioni industriali raggiunta dagli acciai inossidabili ha necessariamente portato le ditte trasformatrici all'esigenza di poter disporre sul mercato di diversi prodotti siderurgici nei vari formati.

I prodotti di base, forniti da acciaieria, possono distinguersi in prodotti "piatti" e prodotti "lunghi".

Tra i primi si possono classificare:

- larghi piatti (laminati o ricavati da lamiera)
- lamiera laminata a caldo
- lamiera laminata a freddo
- nastro laminato a caldo
- nastro laminato a freddo.

Tra i secondi:

- prodotti in barre (laminate o trafilate)
- filo
- filo senza saldatura
- tubi saldati

a questi prodotti sono da aggiungere i "getti", vale a dire diversi prodotti ottenuti per fusione.

Sia per i prodotti piatti che per i prodotti lunghi, esistono ormai disponibilità, in commercio, di svariate dimensioni, tali da soddisfare ogni tipo di esigenza applicativa. Dai formati standard forniti da acciaieria è comunque possibile ottenere qualsiasi genere di sottoformato a misura per richieste particolari.

A livello di normativa italiana, si può fare riferimento, per i vari prodotti sopra citati, alle seguenti norme UNI.

**UNI 3159:** Getti di acciaio inossidabile o lega colati in sabbia, resistenti al calore (refrattari). Qualità, prescrizioni e prove.

**UNI 3161:** getti di acciaio inossidabile colati in sabbia, resistenti alla corrosione. Qualità, prescrizioni e prove.

**UNI 6900:** Acciai legati speciali inossidabili resistenti alla corrosione e al calore.

**UNI 6901:** Semilavorati e barre laminati o fucinati a caldo e vergella di acciaio speciale inossidabile resistente alla corrosione e al calore.

**UNI 6904:** Tubi senza saldatura di acciaio legato speciale inossidabile resistente alla corrosione ed al calore.

**UNI 8317:** Prodotti finiti piatti di acciaio inossidabile resistente alla corrosione e al calore.

Lamiera, lamiera sottili, nastri e nastri larghi.

## IL FENOMENO "CORROSIONE"

E' sempre molto aleatorio poter prevedere, in generale, il comportamento nel tempo di un determinato materiale metallico se messo in contatto con un certo ambiente.

Gli acciai inossidabili, grazie alla loro composizione chimica, hanno la possibilità di autopassivarsi, come già visto, e di poter far fronte alle più disparate condizioni di aggressione.

Sono molti i parametri che giocano a favore dell'innescare di un fenomeno corrosivo:

- la concentrazione dell'agente aggressivo
  - la temperatura dell'agente aggressivo
  - la velocità di fluido sulle pareti del materiale
  - la finitura superficiale del metallo,
- ecc.

Normalmente però, i due valori più determinanti da tenere presente, sono la concentrazione e la temperatura della sostanza corrosiva; ecco perché nella scelta di un certo inox in funzione dell'ambiente nel quale dovrà lavorare, è necessario conoscere, se possibile, almeno questi due parametri.

In generale, il miglior comportamento nei confronti dei fenomeni corrosivi, è offerto dagli acciai austenitici, in particolare da quelli legati al cromo-nichel-molibdeno, che presentano un film passivo particolarmente resistente.

Nell'ordine poi vengono i ferritici ed i martensitici che sono quelli a più basso tenore di cromo.

Per evitare che si inneschino corrosioni sugli inox, oltre a scegliere opportunamente il tipo di materiale in funzione del servizio al quale esso è destinato, è bene anche seguire alcune precauzioni durante le lavorazioni e la messa in opera.

E' necessario intanto, sia in fase di stoccaggio dei prodotti, sia in fase di trasformazione durante le lavorazioni, sia durante le installazioni, evitare contaminazioni con materiali meno nobili, come ad esempio quelle causate dall'acciaio comune. L'inox eventualmente contaminato, anche in presenza di un aggressivo molto blando, può macchiarsi e dare inizio a fenomeni corrosivi localizzati.

Le unioni con materiale d'apporto devono venire eseguite con gli elettrodi indicati per il materiale di base; mentre le giunzioni effettuate con elementi meccanici devono prevedere che i materiali costituenti gli organi di collegamento siano di inox o di pari nobiltà (per es. monel, ecc.). Questo per evitare che si inneschino corrosioni galvaniche dovute alla differente nobiltà dei metalli messi a contatto.

Non bisogna utilizzare, sui componenti finiti, soluzioni detergenti o decapanti che abbiano elevate percentuali di sostanze clorate (ad es. non si deve usare acido cloridrico o muriatico commerciale). A volte, per pulire efficacemente le superfici dell'inox è sufficiente la normale acqua e sapone oppure acqua e soda.

In casi ove la sporcizia sia molto più resistente o dove sia necessario procedere a decapaggio (per es. per i cordoni di saldatura) o a decontaminazione (nel caso di contaminazione ferrosa), è possibile utilizzare appositi prodotti in pasta da impiegare in maniera localizzata sulla zona da trattare.

## IL CENTRO INOX

Il Centro Inox, ente senza scopo di lucro, è un'associazione fra le maggiori acciaierie italiane, produttrici di acciai inossidabili, alcuni fra i più importanti trasformatori primari ed enti italiani e stranieri operanti in Italia e in Europa.

I nostri soci sono:

Acciaierie di Bolzano	Inco Europe
Acciaierie Valbruna	Marcegaglia Div. Inox
A.S.T. Acciai Speciali Terni	Nickel Development Institute
Cogne Acciai Speciali	Rodinox
Dalmine	Trafilerie Bedini
I.L.T.A.	

E' stato istituito con lo scopo di studiare, far conoscere, sviluppare le applicazioni di questi materiali in tutti i settori di impiego, attuali e futuri.

La sua attività si svolge principalmente in questi modi:

- azioni volte a conoscere i mercati di consumo degli acciai inossidabili individuandone gli aspetti e i problemi che caratterizzano determinati campi di utilizzo. Questi studi servono a orientare in modo costante sia la produzione delle acciaierie associate e dei primi trasformatori, adeguandola alle richieste dei consumatori, sia i programmi di lavoro del Centro Inox, e in modo speciale l'attività da svolgere per lo sviluppo e per la consulenza tecnica;

- informazione e divulgazione delle caratteristiche, dei criteri di scelta, delle lavorazioni e delle applicazioni finali degli acciai inossidabili, attraverso l'organizzazione di incontri, di giornate di studio, di seminari, di convegni, oppure con la partecipazione a similari manifestazioni e iniziative, organizzate da altri enti;
- presenza di funzionari del Centro Inox a commissioni nazionali e della CEE per la formulazione di normative e di unificazioni dei prodotti siderurgici, dei componenti e dei manufatti che hanno diretta applicazione nelle industrie;
- organizzazione di corsi didattici di base, oppure di perfezionamento, per tutte le aziende che lavorano e trasformano gli acciai inossidabili, nonché per i tecnici e per i progettisti;
- appoggio stampa e divulgazione scientifica, con una serie costante di pubblicazioni tecniche, economiche e applicative, sulle esperienze e sui risultati raggiunti in Italia e in altri Paesi nell'impiego di acciai inossidabili;
- elaborazione di tabelle tecniche sugli acciai prodotti in Italia, in rapporto alle normative e alle classificazioni internazionali, nonché sulle loro caratteristiche fisiche, meccaniche e di lavorabilità;
- pubblicazione, dall'anno 1965, di un periodico trimestrale rivolto a un pubblico selezionato, per segnalare impieghi di acciai inossidabili con speciali caratteristiche di interesse e di tecnologia e contenente articoli e note tecniche utili al trasformatore e al progettista;
- il Centro Inox collabora con Enti similari sorti in numerosi Paesi europei ed extraeuropei, che hanno parimenti lo scopo di coordinare e di migliorare la conoscenza degli acciai inossidabili come valido strumento per l'industria moderna.

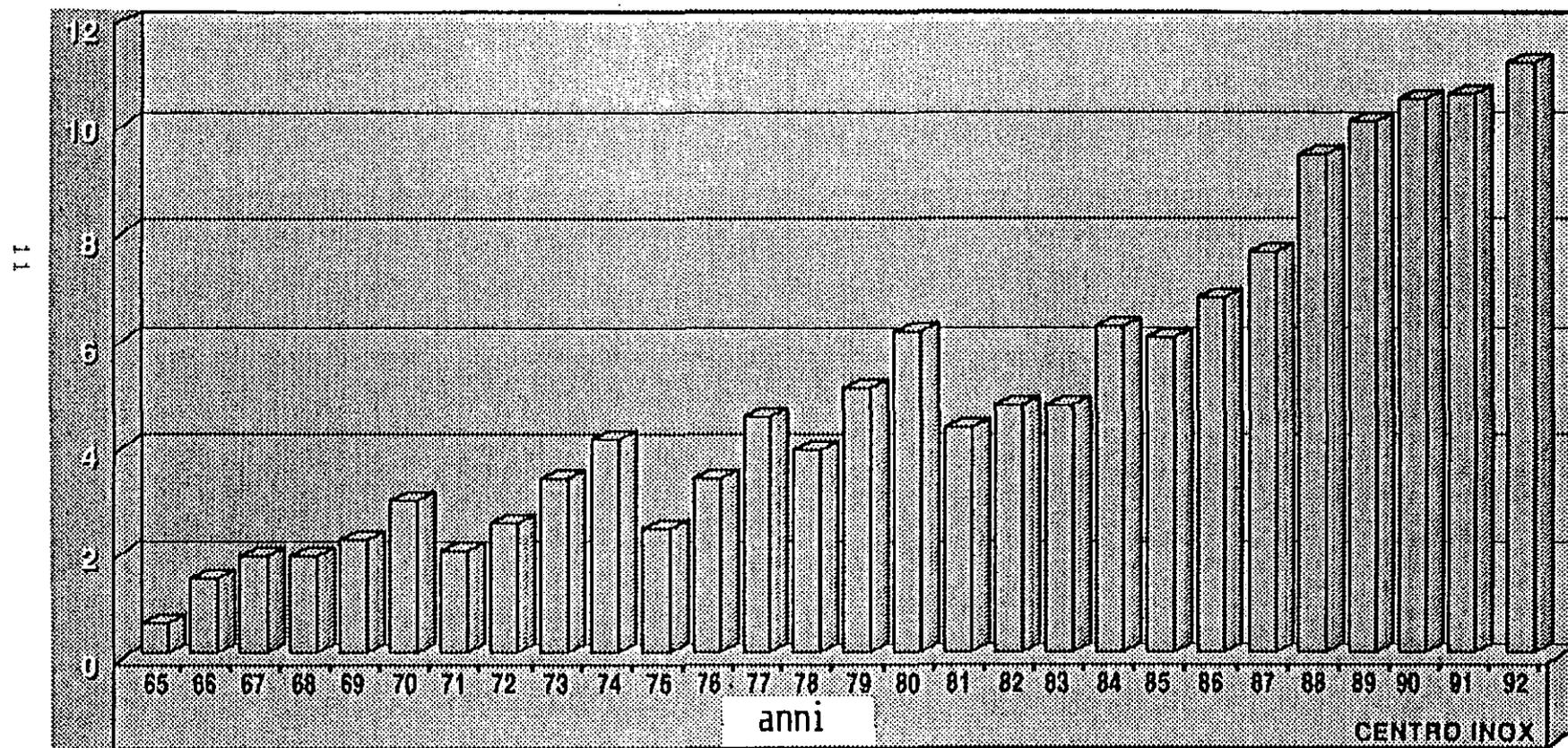
Possiede e accresce costantemente una biblioteca specializzata, attualmente di oltre 1.400 fra le più aggiornate opere italiane ed estere, consultabili da studenti, progettisti, esperti che operano nel campo degli acciai inossidabili.

Attualmente il consumo apparente pro-capite di acciaio inossidabile in Italia è stimato in 11,5 kg/persona (tabella 3) e rappresenta, pertanto, il 2° mercato europeo (valutato in termini di prodotti finiti di acciaieria inox) e il 4° nel mondo, dietro a Giappone, U.S.A., Germania e davanti a Francia e Gran Bretagna.

# CONSUMO APPARENTE PRO-CAPITE IN ITALIA

(Lamiere, nastri, barre e tubi di acciaio inossidabile)

kg/persona



Nel futuro, il Centro Inox si propone di mantenere tutte le attività svolte dalla sua fondazione e qui riassunte, proponendosi di potenziare la sua partecipazione a commissioni di normazione, sia nazionali che internazionali, in modo speciale a quelle comunitarie. Svilupperà, in collaborazione con enti stranieri, modelli di calcolo, onde valutare i costi e la durata dei manufatti e degli impianti costruiti con acciai inossidabili e precisarne così meglio i criteri di scelta nei confronti di materiali concorrenti.

Approfondirà ancora le nuove possibilità di impiego degli acciai inossidabili e specialmente dei nuovi tipi oggi prodotti, privilegiando il vasto campo applicativo (chimica, petrolchimica, edilizia, alimentare, trasporti, ecc.), così come i piccoli mercati "di nicchia", al fine di ottenere, come risultato della promozione, un continuo aumento di consumo dei prodotti inox.

•• •• •• •• ••

Giovanni Marchesi - Leopoldo Baldini  
SoFrA, Process Engineering & Contracting  
Milano

ESEMPI APPLICATIVI DELL'UTILIZZO DEGLI ACCIAI INOSSIDABILI  
NEGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE DELLE ACQUE

ACQUE REFLUE E FANGHI

Il ruolo dell'acciaio inossidabile  
nella depurazione delle acque

Milano, 15 Giugno 1994

## PREMESSA

La SoPrA Process Engineering & Contracting è una società di ingegneria che opera essenzialmente nei settori del trattamento delle acque di scarico e del trattamento delle emissioni atmosferiche.

Con riferimento particolare al trattamento delle acque la SoPrA è presente soprattutto nel campo industriale con impianti studiati, progettati e realizzati nei settori tessile, alimentare, chimico, meccanico, galvanico, fotoincisione, trattamento acque di falda, ecc. .

Ormai da circa una decina di anni, è stata fatta la scelta di utilizzare, in generale, l'acciaio inox come materiale per la realizzazione della parte meccanica-idraulica degli impianti SoPrA, studiando naturalmente l'opportunità del suo impiego per ogni caso specifico.

La SoPrA è arrivata a tale decisione dopo aver analizzato, nel corso degli anni, la convenienza ed opportunità nell'impiego dei diversi materiali disponibili, acciaio al carbonio, acciaio inox, diversi materiali plastici, considerando i vari aspetti di resistenza alla corrosione, economicità, manutenzione ed anche estetici, tutti proiettati nel periodo di tempo di vita previsto per l'impianto.

Quindi, la tendenza generale è quella di utilizzare l'acciaio inox per la realizzazione delle diverse componenti meccaniche-idrauliche di un impianto di depurazione delle acque di scarico, a meno di caratteristiche delle acque tali da sconsigliarne l'utilizzo (acque acide, elevata concentrazione di cloruri, ecc.) .

Di seguito vengono descritti esempi di applicazione dell'acciaio inox con l'illustrazione fotografica :

## 1. Griglie grossolane e griglie fini

Normalmente queste macchine vengono acquistate ed installate da SoPrA.

Il mercato è già orientato verso l'utilizzo estensivo dell'inox per le griglie fini mentre è d'uso frequente l'acciaio zincato per la grigliatura grossolana.

Anche per quest'ultima, il nostro standard attuale prevede tutte le parti a contatto dell'acqua da trattare e la carpenteria leggera in inox.

## 2. Sedimentatori ed ispessitori

SoPrA realizza su propria progettazione, sedimentatori ed ispessitori di medie dimensioni.

Le foto n. 1-2 illustrano due decantatori longitudinali, per industria alimentare e per trattamento acque di falda ; nel caso in esame gli unici elementi non in acciaio inox sono le ruote ed i riduttori.

La foto n. 3 illustra un decantatore circolare sempre realizzato con i medesimi criteri.

Utilizzando profilati ricavati da lamiera piegata e tubi di commercio, con opportuni spessori, è possibile realizzare manufatti integralmente in inox competitivi anche nei costi con alternative realizzate in acciaio al carbonio verniciato o zincato.

Ciò vale anche per le parti accessorie e di carpenteria (corrimani, parapiede, grigliati).

Solo per ponti decantatori di rilevanti dimensioni si introducono le travature principali in ferro zincato, queste comunque poste fuori dall'acqua ; tutte le altre parti restano comunque in inox.

Dalle foto si rileva che gli angolari fissati sul cemento dal committente sono normalmente in ferro ; in altri termini l'utilizzo di materiale di qualità superiore dipende spesso dallo standard fornitore più che dal committente.

Comunque ultimamente si nota una tendenza da parte dei committenti ad armonizzare le offerte al punto di qualità superiore.

### 3. Flottatori

La foto n. 4 illustra due flottatori (350 m<sup>3</sup>/h - 90 m<sup>2</sup>/cad. di superficie) con vasche in cemento e componenti meccaniche in acciaio inox.

Nella stessa foto si può osservare come anche le protezioni delle prese a spina bloccata per le pompe sommerse sono realizzate in inox.

Flottatori di dimensioni più contenute vengono realizzati package, con vasche anch'esse in inox ; foto n. 5.

### 4. Gruppi di preparazione-dosaggio additivi e stoccaggio materiali

Le foto n. 6-7 illustrano un silos di stoccaggio per carbone attivo in polvere ed un gruppo di preparazione e dosaggio additivi (polielettrolita) con piping relativo in inox.

Si noti che la soluzione inox viene adottata pur trattandosi di un gruppo posto all'interno, non esistendo alcune condizioni di corrosività dei prodotti trattati ; anche in questo caso l'inox presenta costi di poco superiori all'esecuzione in acciaio al carbonio.

### 5. Carpenteria e piping

La carpenteria di servizio al trattamento viene sempre realizzata in acciaio inox, questo si è già constatato dall'esame delle foto precedenti e viene confermato dalla vista d'insieme (foto n. 8) di un impianto di trattamento per industria tessile, con scale, passerelle, grigliati e piping tutto in inox.

Nel caso dei mixers gli organi, le piastre di fissaggio sono egualmente in inox.

Le foto n. 9-10 illustrano invece esempi tipici di stazioni di sollevamento completamente realizzate in inox.

Infine, il piping delle linee dell'aria, compresa tutta la rete di diffusione nelle vasche di ossidazione ed equalizzazione, sono realizzate normalmente in acciaio inox.

## CONCLUSIONI

Dall'esame delle diverse componenti si può concludere che allo stato attuale, praticamente tutte le parti meccaniche di un impianto di depurazione acque viene da noi realizzato in acciaio inox.

Normalmente si adotta l'AISI 304.

L'acciaio viene sostituito da sistemi in PRFV o termoplastici solo quando si è in presenza di soluzioni acide o saline che però sono limitate a fluidi derivanti da particolari sistemi di lavaggio (es. inceneritori) e comunque interessanti piccole portate se riferite all'intero campo della depurazione.

A nostro avviso non esistono altre limitazioni allo sviluppo dell'impiego dell'acciaio inox nel settore degli impianti di trattamento delle acque reflue urbane ed industriali.

Foto n. 1

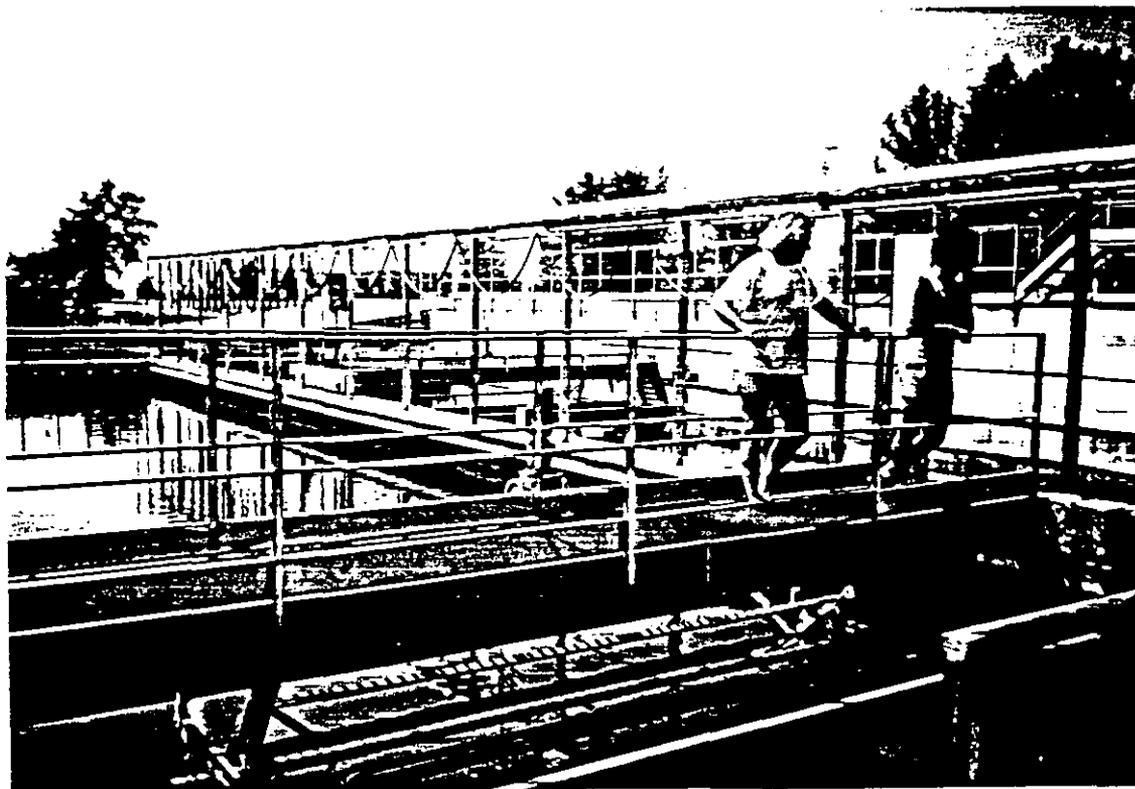
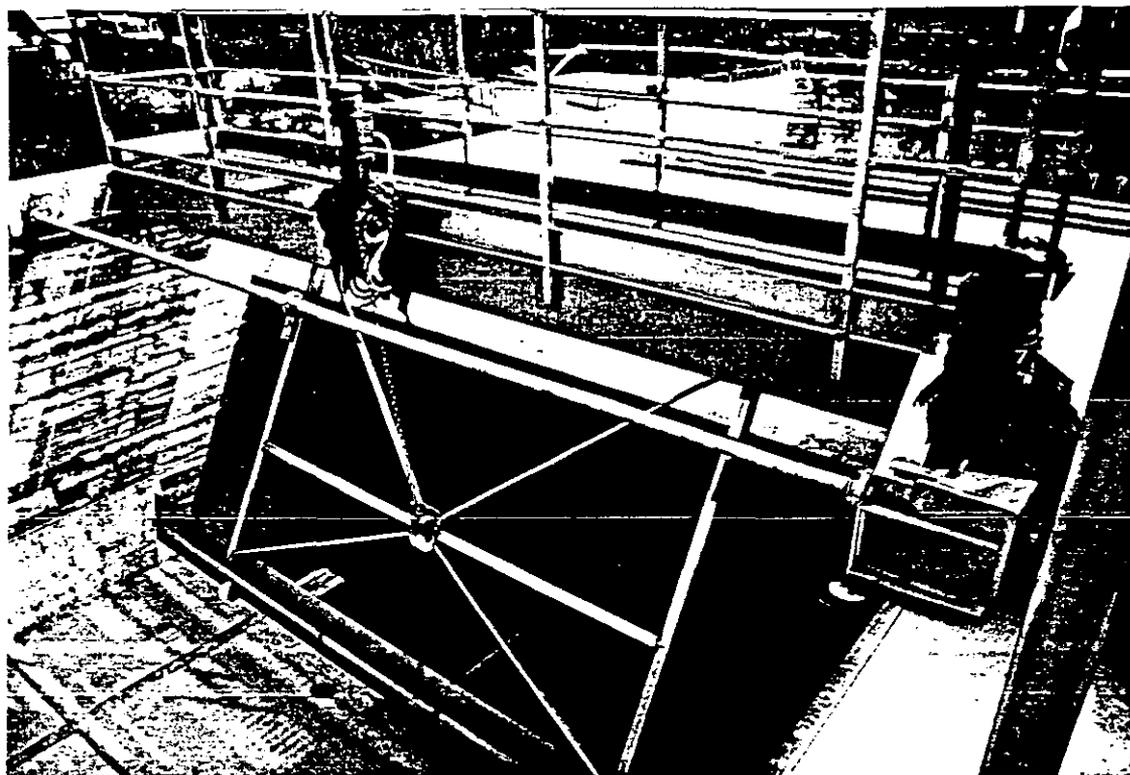
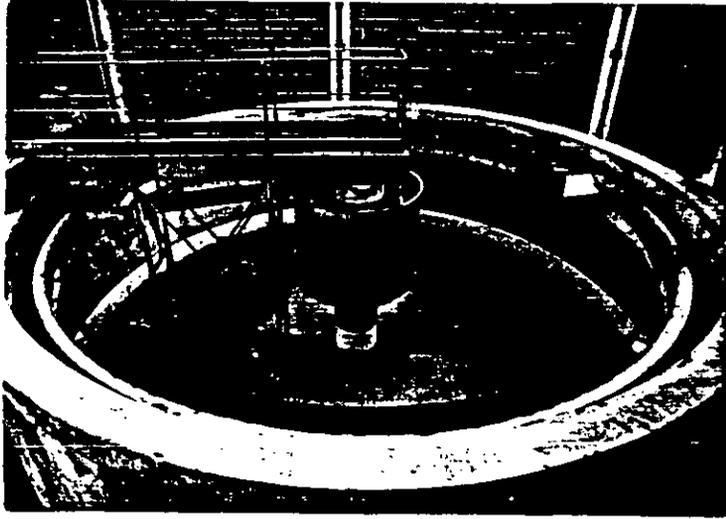


Foto n. 2



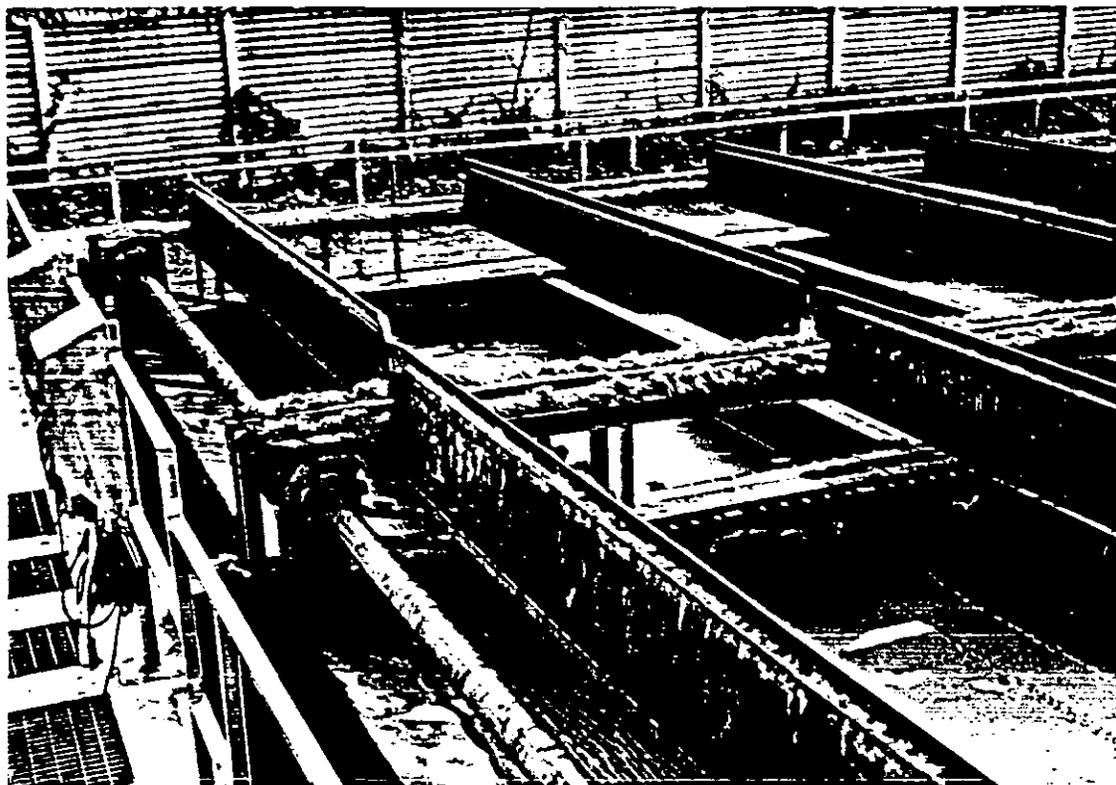
Ponte "va e viene" per decantatori longitudinali, completi di lama schiumatrice.

Foto n. 3



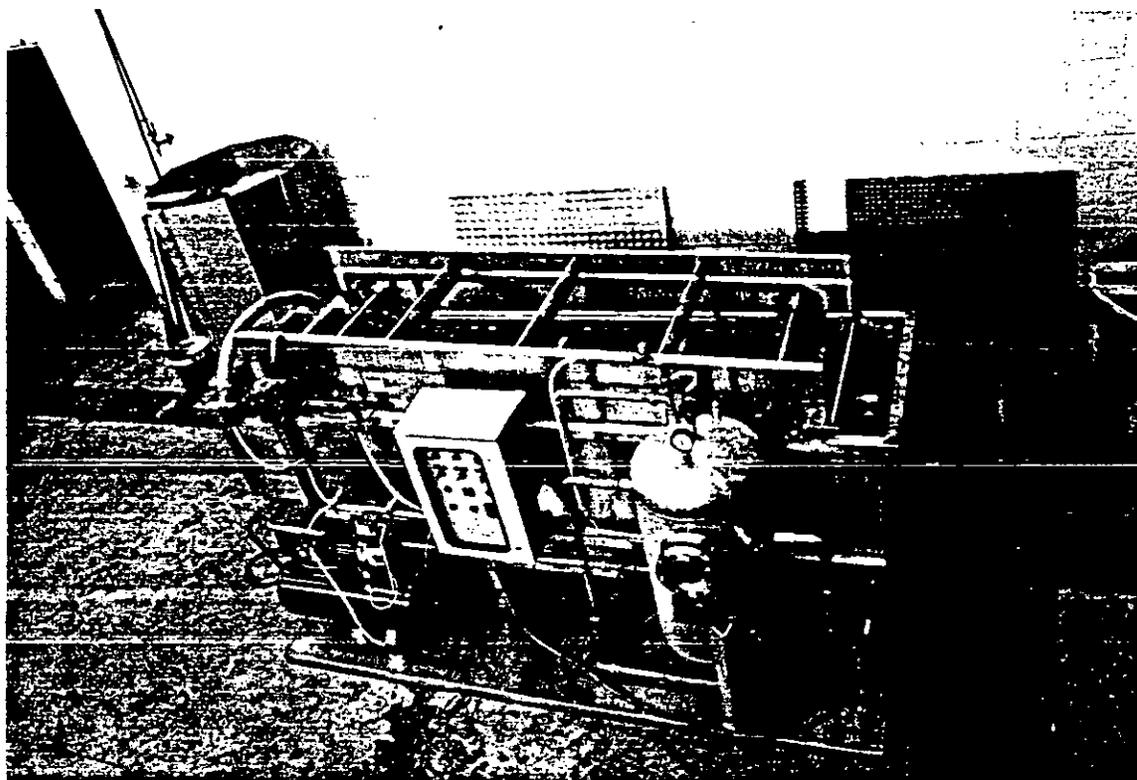
Decantatore circolare  $\varnothing = 10$  m a trazione periferica completo di lame paraschiume, lama schiumatrice e scum-box.

Foto n. 4



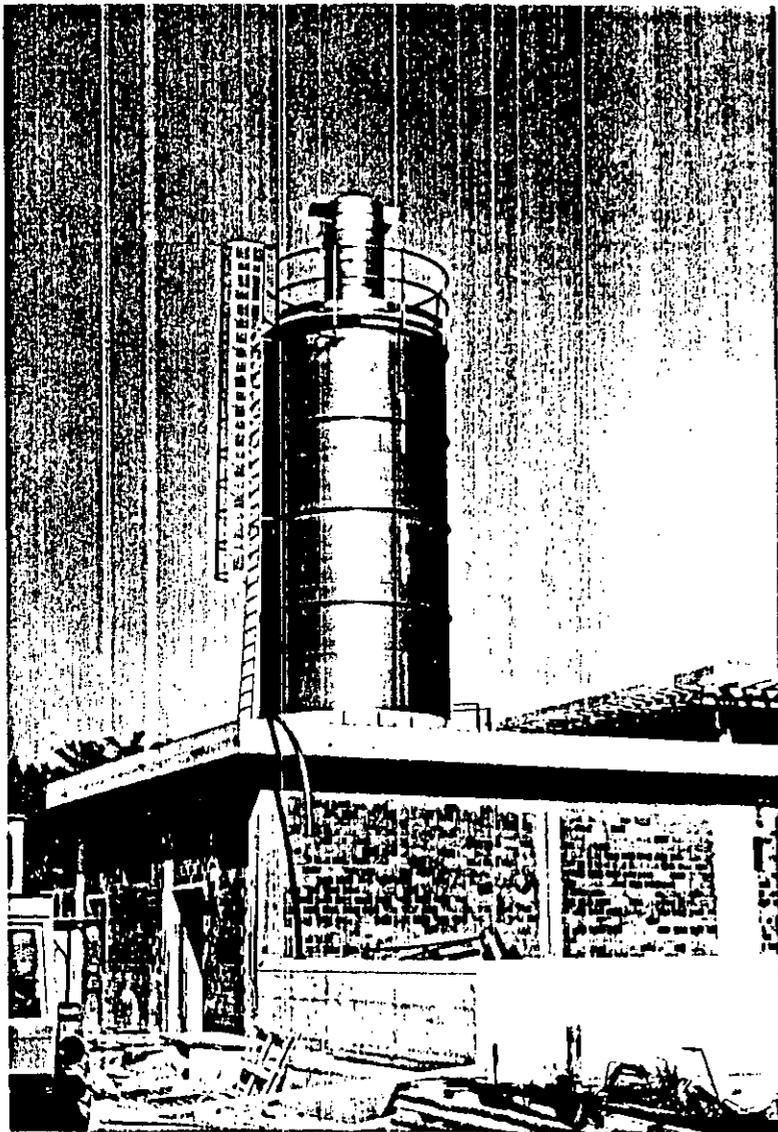
Flottatori da  $90 \text{ m}^2/\text{cad.}$  in AISI 304 escluse le catene di trazione.

Foto n. 5



Flottatore completamente in inox, da  $2 \text{ m}^2$ .

Foto n. 6



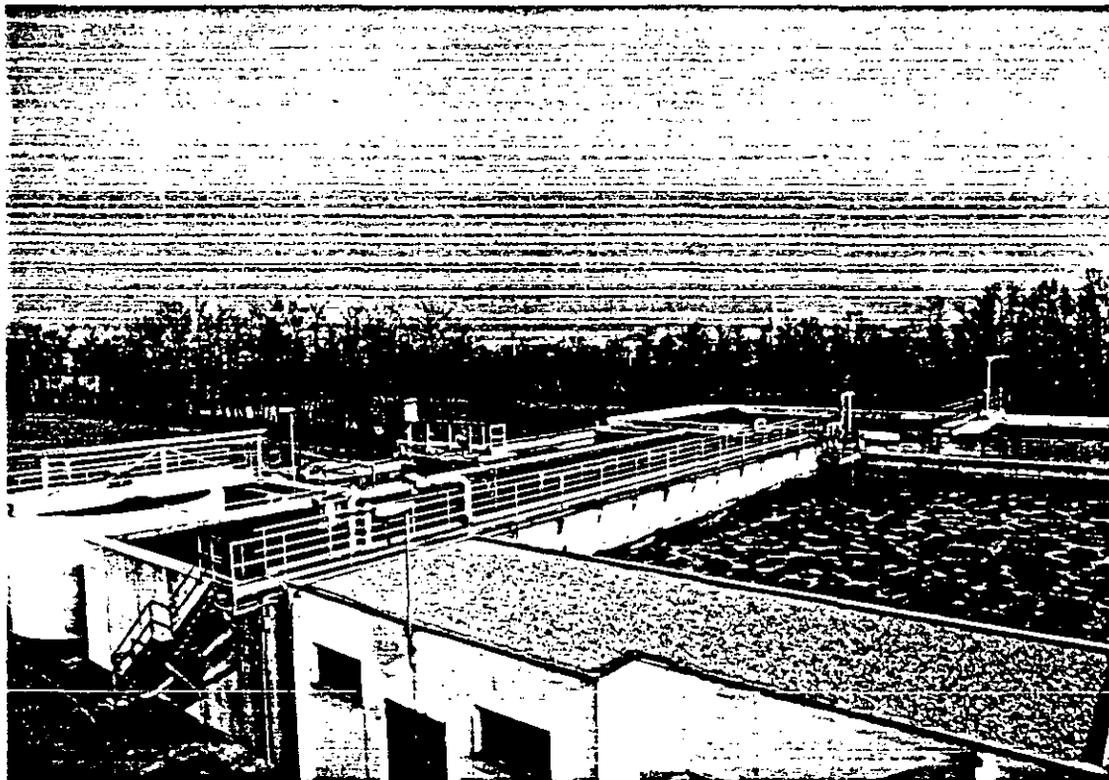
Stoccaggio carbone attivo in polvere per il trattamento chimico-fisico in un impianto di trattamento dell'acqua di falda.

Foto n. 7



Sistema automatico di preparazione e dosaggio del polielettrolita per il trattamento chimico-fisico e la disidratazione del fango chimico in un impianto di trattamento delle acque di falda.

Foto n. 8



Le scale, passerelle e la carpenteria varia, come le coperture per gli strumenti in campo, vengono sempre realizzate in AISI 304.

Foto n. 10

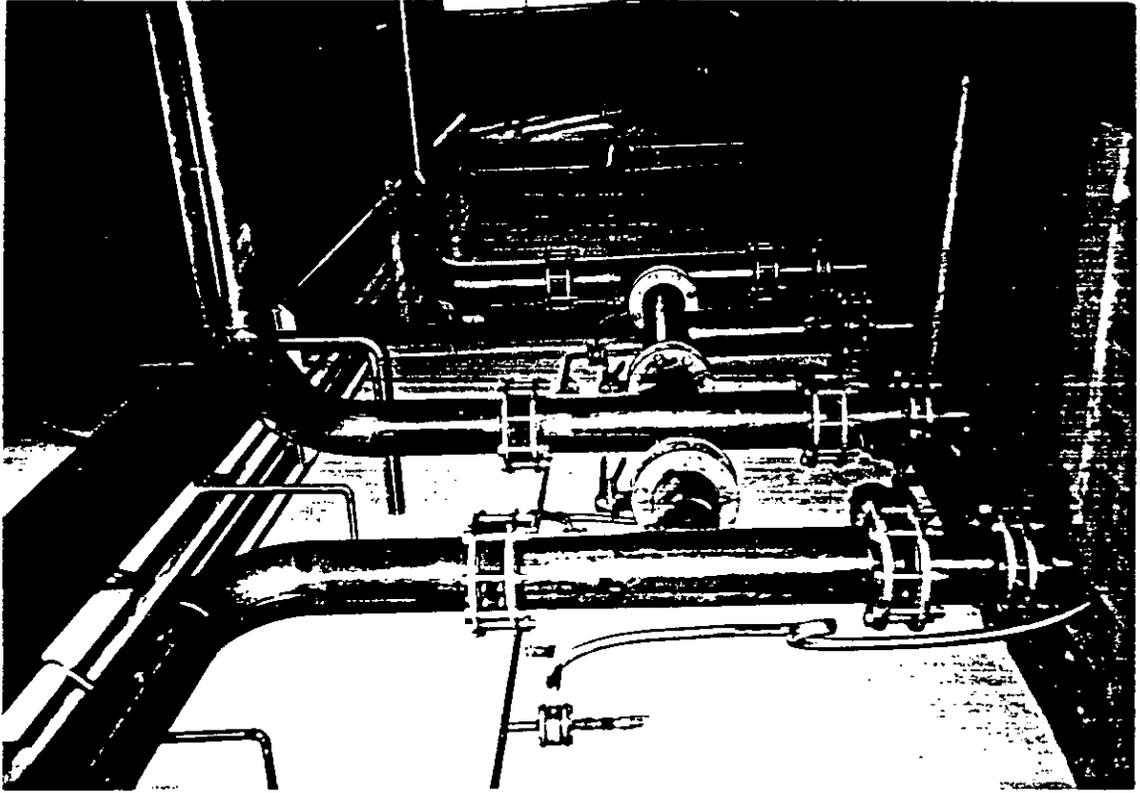
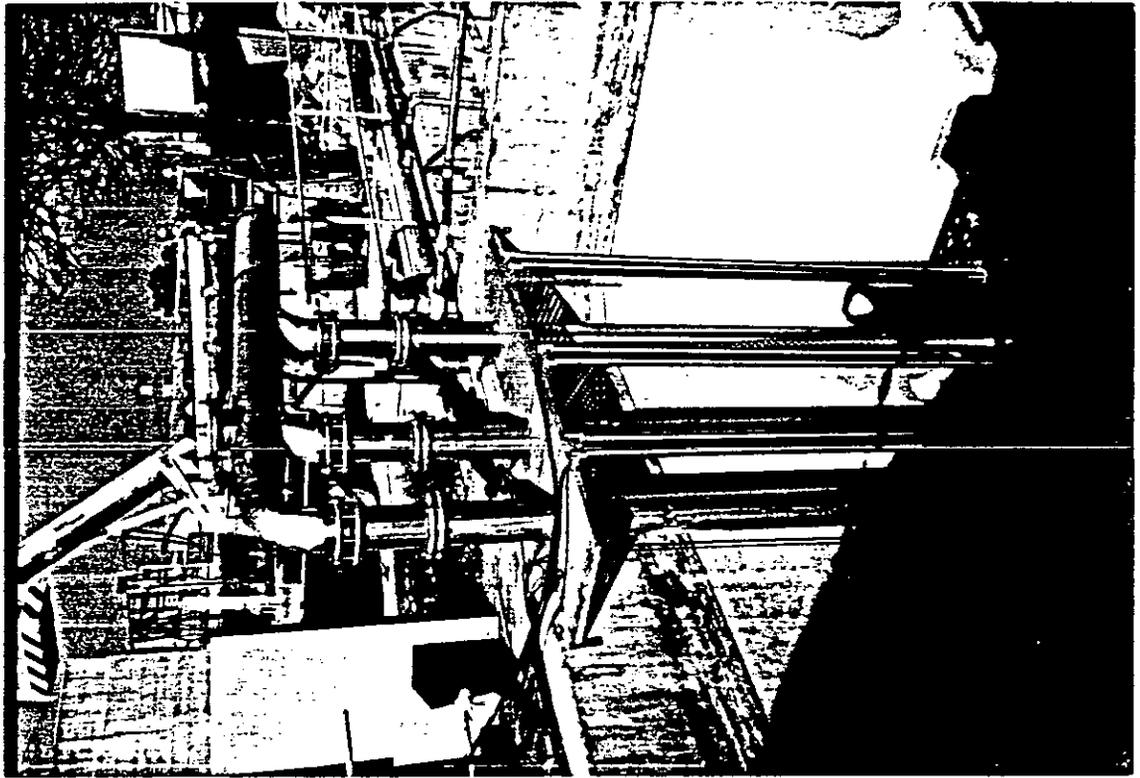


Foto n. 9



Stazioni di sollevamento.

**L'ACCIAIO INOSSIDABILE NEGLI  
IMPIANTI DEPURAZIONE ACQUE  
Milano 15 Giugno 1994**

**I costi totali degli impianti di  
depurazione delle acque:  
l'esempio di Canegrate (Milano).  
Confronto tra l'acciaio al carbonio e  
l'acciaio inox dopo 30 anni di vita.  
Effetti sui capitali.**

***Dr.ing. Luciano Fassina  
Consulente NiDI-Nickel Development Institute***

**ACQUE REFLUE E FANGHI**

**Il ruolo dell'acciaio inossidabile  
nella depurazione delle acque**

**Milano, 15 giugno 1994**

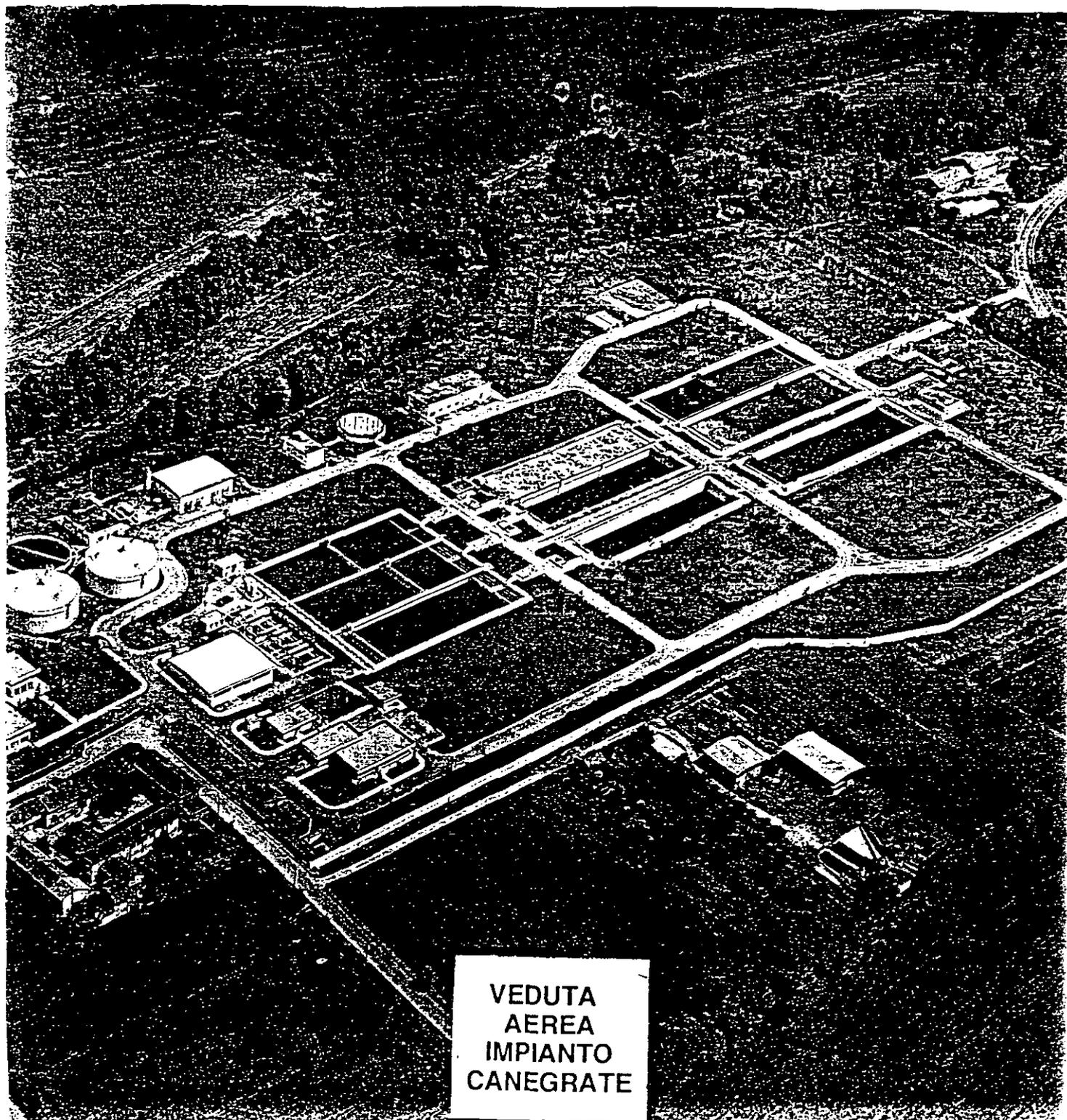
Studio : LCC - Life Cycle Costing

Software : Euro Inox

**Caso : IMPIANTO DEPURAZIONE ACQUE  
CANEGRATE**

A cura : L. Fassina - Consulente NiDI

*GSRISR - Giornata di Studio - Milano 15.6.1994 Pag. 2/14*



VEDUTA  
AEREA  
IMPIANTO  
CANEGRATE

# IL METODO LCC - LIFE CYCLE COSTING

## SCOPO

Il metodo LCC - Life Cycle Costing comporta la determinazione di tutti i costi incontrati durante l'intero ciclo di vita del componente o sistema in esame.

L'analisi LCC si basa sul confronto tra i costi totali, per consentire la scelta dei materiali veramente economici.

L'analisi LCC previene gli artifici economici con cui vengono talora giustificate le scelte di materiali a basso costo iniziale.

## METODO

Il metodo LCC considera tutti i costi dal concepimento (progettazione), alla morte (fine ciclo di vita) del componente o del sistema, considerando via via tutte le fasi del ciclo:

* Costi Iniziali	<i>Progettazione + Acquisto Materiali</i>
	<i>+ Fabbricazione + Installazione</i>
* C. Intermedi	<i>+ Esercizio + Manutenzione</i>
	<i>+ Perdite Produzione (Tempi Morti)</i>
	<i>+ Sostituzioni</i>
* Costi Finali	<i>- Valore Residuo Apparecchiature</i>
-----	-----
* LCC	<i>= Costo Ciclo di Vita</i>

# IL SOFTWARE EURO INOX

## PRESENTAZIONE

Il metodo LCC totalizza le spese che intervengono in un lungo arco di tempo (30 anni per Canegrate).

Il metodo LCC suscita allora il problema di

**come rendere omogeneo il valore monetario di costi tanto distanti nel tempo**

e di

**come valutarne gli oneri finanziari.**

Il software Euro Inox è risultato determinante per i seguenti apporti :

- \* ***l'accordo internazionale sull'algoritmo da adottare,***
- \* ***la realizzazione del programma computerizzato,***
- \* ***i conseguenti benefici di standardizzazione e di rapidità di calcolo nelle applicazioni LCC.***

# **IL SOFTWARE EURO INOX (Continua)**

## **VANTAGGI**

Il merito dell'analisi LCC sta nella **attualizzazione di tutti i costi del ciclo** indipendentemente dal momento in cui essi si verificano.

**I costi "attualizzati" diventano cumulabili e confrontabili perché hanno lo stesso valore monetario.**

Il software Euro Inox , oltre che unificare e sveltire il calcolo, conferisce valore internazionale ai risultati LCC.

Il programma consente di elaborare in parallelo i costi totali del ciclo per tre materiali diversi. Ciò favorisce l'ampiezza dell'indagine su diverse opzioni di materiali strutturali per la costruzione del componente o del sistema.

## **DIFFUSIONE**

L'analisi LCC, avviata e sperimentata su singoli componenti (la scala metallica, il serbatoio, la struttura dell'autobus) si è progressivamente estesa a insiemi (le passerelle e le scale antincendio delle piattaforme petrolifere) e ad interi sistemi (l'impianto di Canegrate). Euro Inox ha in corso la stampa del caso Canegrate per la diffusione mondiale dei risultati.

# ***Analisi***

## ***LCC - Life Cycle Costing***

### **Presentazione del Caso:**

# **IMPIANTO TRATTAMENTO ACQUE DI CANEGRATE**

## **PREMESSA**

Lo studio del caso riguarda l'impianto di Canegrate, uno dei quattro impianti del Nord Milano che trattano le acque reflue da uso domestico ed industriale, prima di convogliarle nell'Olonà.

## **TRATTAMENTO**

Lo scopo è quello di ridurre il tasso di inquinamento delle acque reflue ad un livello tale da produrre nessun danno alla flora ed alla fauna del bacino dell'Olonà.

## **DATI DI PROGETTO**

- Popolazione Equivalente 390.000 persone
- Capacità di Trattamento 6.520 mc/h
- Equipaggiamento da Valutare 150 t acciaio C

## **ANALISI LCC (Continua)**

### **EQUIPAGGIAMENTO DA VALUTARE**

*Griglie a Barre* agli ingressi delle acque reflue, per rimuovere ogni tipo di galleggiante solido: legno, plastica, stracci e ciarpame.

*Carri-Ponte* delle vasche di decantazione che, al fondo scaricano il fango ed in superficie ogni tipo di galleggiante liquido, in prevalenza olio.

*2.000m di Parapetti* installati lungo i bordi delle vasche di decantazione, delle canale ed alla sommità dei serbatoi.

### **CORROSIONE**

La carpenteria leggera sopra citata è esposta alla aggressività propria delle acque reflue ed alla persistente alta umidità localizzata.

<b>Specifica</b>	<b>Acciaio al Carbonio</b>	<b>Acciai Inox</b>
<b>Equipaggiamento e Parapetti</b>	)	)
* N.4 Griglie a Barre	(	( 135 t
* N.3 Carri-Ponte va e vieni, lunghi 10 m per Dissabbiatura e Disoleatura	)	) AISI 304
* N.3 Carri-Ponte va e vieni, lunghi 21 m per Sedimentazione Primaria	( 150 t	) oppure
* N.3 Carri-Ponte va e vieni, lunghi 22 m per Sedimentazione Secondaria	)	( 128 t
* N.1 Carro-Ponte Circolare, lungo 23 m per Ispessimento Fanghi	(	( AISI 316
* 2.000 m Parapetti Zincati	)	)

### **Opzione Materiali**

\* Acciaio Ordinario, al carbonio

\* Acciaio Inox AISI 304, al cromo-nichel

\* Acciaio Inox AISI 316, al cromo-nichel-molibdeno

## **ANALISI LCC (Continua)**

### **CRITICITA' DELL'IMPIANTO**

**Continuità** : Trattamento continuo 24/24 ore.

**Personale** : Da ridurre al minimo.

**Controllo** : Sistema che controlla in continuo il processo, che automaticamente esclude le sezioni fuori servizio dando l'allarme al responsabile della produzione.

**Affidabilità** : Deve resistere all'attacco corrosivo continuo e combinato da reflui e persistente umidità localizzata.

### **MANUTENZIONE / SOSTITUZIONE**

La manutenzione accerta l'integrità del componente e l'idoneità della protezione superficiale, pitturazione o zincatura, quando prevista.

La manutenzione straordinaria dell'impianto di Canegrate è programmata ogni 5 anni.

Il ciclo di manutenzione prevede la sostituzione dei componenti corrosi, danneggiati o usurati.

La principale voce di spesa nella manutenzione è dovuta alla mano d'opera. Infatti il costo dei materiali, comprese le pitturazioni, ammonta solo al 13% dei costi totali.

## ***ANALISI LCC (Continua)***

### **PERDITE DI PRODUZIONE**

#### **Acciaio Ordinario Pitturato/Zincato**

Il ciclo di manutenzione della carpenteria di acciaio ordinario pitturato/verniciato comporta: smontaggio, pulizia, sabbiatura, eventuali sostituzioni, pitturazione e rimontaggio.

I tempi del ciclo, specie quelli dei carri-ponte, sono così lunghi da interferire con la capacità e ridurre la produzione di acqua trattata.

#### **Acciai Inox**

Il ciclo di manutenzione della carpenteria inox implica: smontaggio, pulizia, controllo e rimontaggio.

Un ciclo rapido che non interferisce con la capacità, né riduce la produzione.

### **ANALISI LCC-LIFE CYCLE COSTING**

L'analisi LCC ha comportato il confronto dei costi totali cumulati nell'intero ciclo di vita tra l'acciaio al carbonio, tradizionale materiale strutturale della carpenteria metallica, e gli acciai inox AISI 304 ed AISI 316.

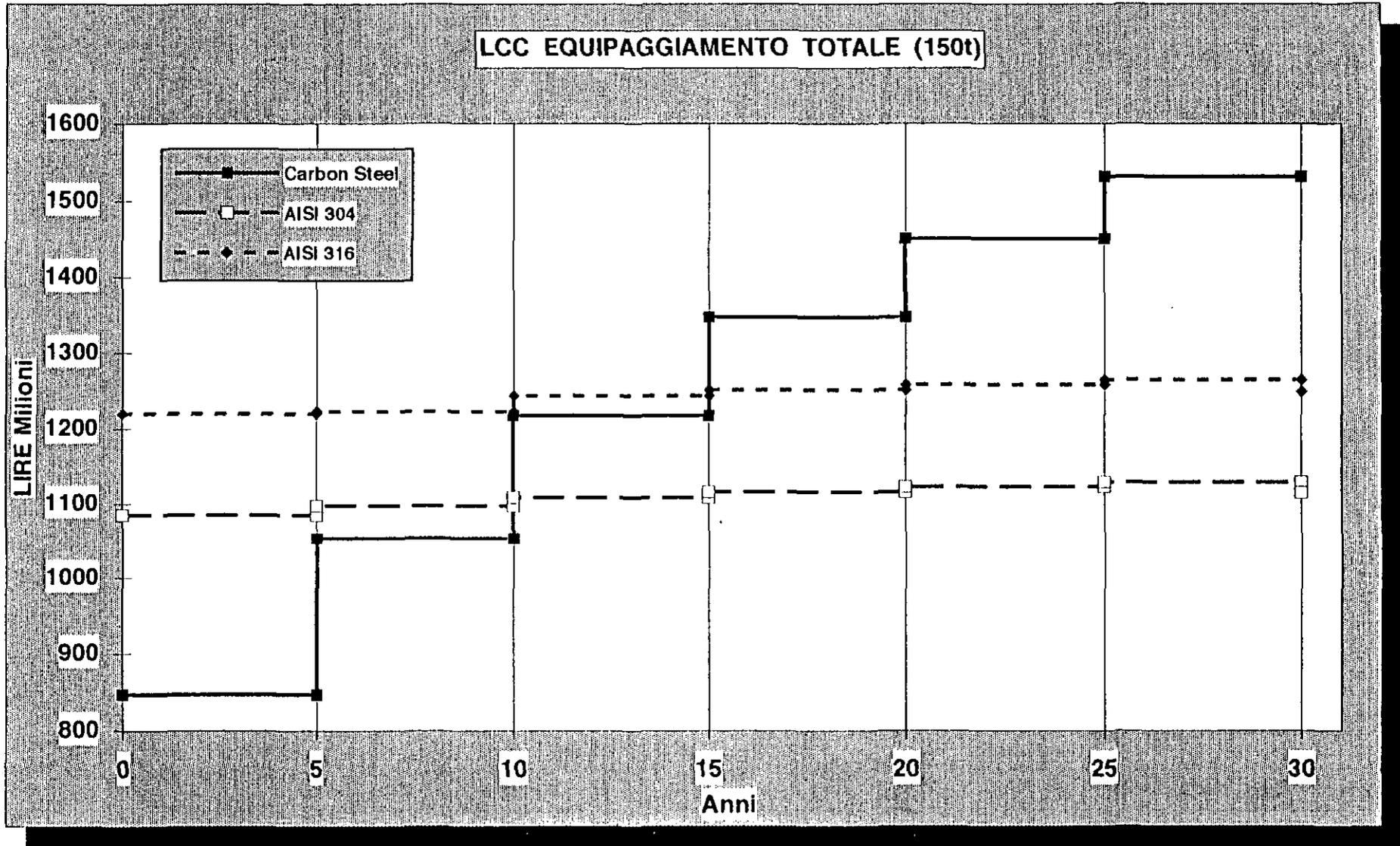
L'impianto di Canegrate, operante dal 1988, è una fonte aggiornata dei costi di fabbricazione installazione, esercizio, manutenzione e sostituzione, nel trattamento delle acque.

## **ANALISI LCC (Continua)**

### **VARIABILI UTILIZZATE**

Le variabili utilizzate nel caso Canegrate sono state :

- \* *Unità Monetaria in  
Milioni di Lire Italiane,*
- \* *due opzioni per il **costo del denaro**,  
rispettivamente del **12%** e del **10%**,*
- \* *un costante **tasso di inflazione**,  
pari al **5%**,*
- \* *la valutazione di **due materiali  
strutturali alternativi all'acciaio  
ordinario, gli acciai inox  
AISI 304 ed AISI 316.***



# CONCLUSIONI CASO CANEGRATE

### MATERIALI ECONOMICI

**La selezione dei materiali** è determinante nelle decisioni di investimento perché il materiale strutturale deve resistere all'attacco combinato dell'aggressività delle acque reflue e della persistente umidità localizzata.

I costi di **manutenzione e sostituzione** hanno una **influenza drammatica** sui costi totali perché il ciclo di vita pari a 30 anni implica 5 interventi di manutenzione.

Malgrado il più elevato costo di acquisto dei materiali, la scelta degli acciai inox offre rilevanti benefici finanziari a fine ciclo, poiché i relativi LCC sono

	<b>Acciaio C</b>	<b>AISI 304</b>	<b>AISI 316</b>
<b>Milioni Lire</b>	<b>1.534</b>	<b>1.119</b>	<b>1.253</b>
<b>Percentuali</b>	<b>137</b>	<b>100</b>	<b>112</b>
<b>Pareggio dopo</b>	<b>=</b>	<b>10 anni</b>	<b>15 anni</b>

# **CONCLUSIONI CASO CANEGRATE**

### **COMPETITIVITA' DEGLI ACCIAI INOX**

E' già stata documentata la convenienza economica di entrambi gli acciai inox, AISI 304 e 316.

Va sottolineato che i risultati LCC per il 304 ed il 316 sono stati calcolati in modo prudentiale nello studio del caso, perché :

- le **riduzioni di spessore**, rispetto all'acciaio al C, sono state valutate solo **10% per 304, 15% per 316**,
- **non** sono state **conteggiate le perdite di produzione** indotte dai lunghi tempi morti di manutenzione dell'acciaio al carbonio.

### **AFFIDABILITA' DELL'IMPIANTO**

**L'esercizio economico dell'impianto richiede di ridurre al minimo il personale.**

L'appropriata selezione dei materiali diventa veramente strategica perché i **materiali da costruzione vulnerabili** aumentano le probabilità di eventi imprevedibili e **riducono l'affidabilità dell'impianto.**

# EFFETTI SUI CAPITOLATI

L'analisi LCC propone un metodo valido nella scelta economica dei materiali strutturali.

Il software Euro Inox, conferendo validazione internazionale al metodo LCC e sveltendone i calcoli, scoraggia i pressapochismi e gli artifici contabili.

Il costo del ciclo di vita, o Life Cycle Cost, in quanto strumento rigoroso ribadisce, in maniera chiara e quantitativamente definita, una realtà già percepita da progettisti ed operatori : più cresce il costo della mano d'opera, più diventa economico l'impiego dell'inox anche nelle strutture semplici e statiche.

Gli effetti sui capitolati sono stati di due tipi diversi: committenti che hanno formalizzato l'impiego dell'inox in sostituzione dell'acciaio comune, committenti che non hanno imposto il vincolo riservandosi di valutare in proprio i pesanti oneri di manutenzione richiesti dai materiali poveri.

Entrambe le impostazioni condividono la realtà che **l'acciaio inox è economicamente vantaggioso rispetto all'acciaio ordinario** non solo in ambienti corrosivi o per la costruzione di apparecchi sofisticati, ma anche **per modesti compiti strutturali**, in impieghi statici, come ad esempio nei parapetti.