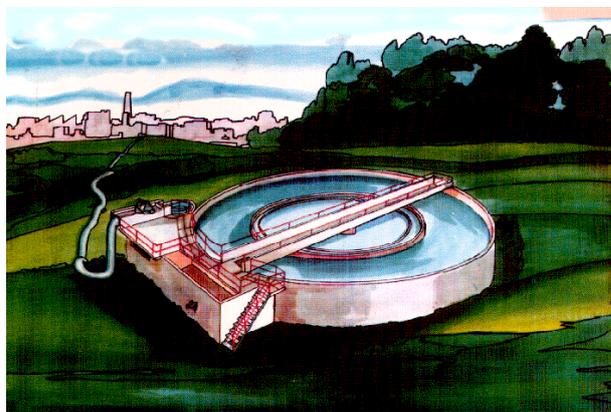


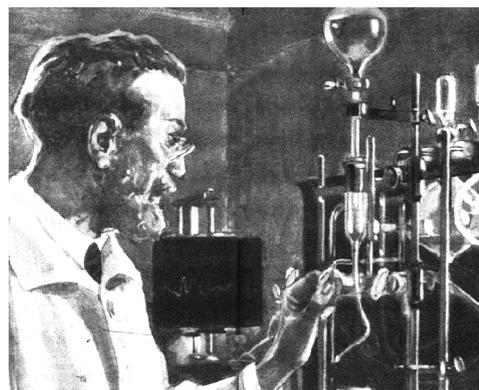
PRINCIPI DI RILEVAZIONE SONDE CID come da Brevetto europeo conseguito da CID nel 1994

Il funzionamento di un impianto di depurazione richiede la conoscenza di una serie di parametri rilevati in ingresso, lungo la linea di trattamento, in uscita, sia con analisi di laboratorio sui campioni prelevati che mediante la rilevazione strumentale.



La necessità di avere dei dati dei parametri in continuo, tra un prelievo d'analisi ed il successivo, spinge a rilevare quelli che, direttamente o per correlazione, permettono di approssimarsi ad alcuni parametri determinabili con le analisi di laboratorio.

E' il caso di BOD , COD, Ammoniaca, Nitrati, Nitriti, metalli che possono essere poco interpretati da rilevazioni potenziometriche in continuo del PH, Conducibilità , Redox, Temperatura, Ossigeno Disciolto.



Oltre ai dati rilevati e alle analisi di laboratorio l'osservazione visiva dei campioni da parte del personale esperto addetto apporta altri elementi di valutazione.



L'esperienza acquisita funge infatti da memoria che l'operatore utilizza per elaborare situazioni simili; ciò equivale ad **un'elaborazione statistica** dei nuovi input sui dati esistenti nella memoria cerebrale.

CONTROLLO STANDARD

campioni prelevati

Esperienza e abilità operatore



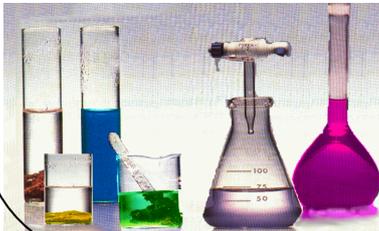
+



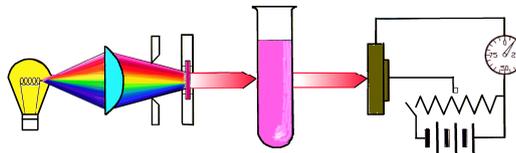
= SI...NO...

campioni prelevati

analisi di laboratorio



+

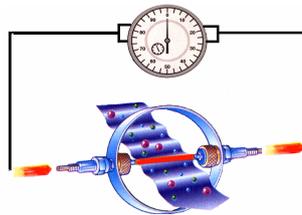
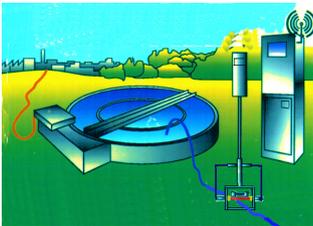


**= CONCENTRAZIONE
[p p m]**

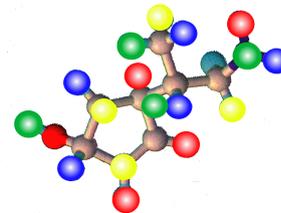
CONTROLLO IN CONTINUO SONDE CID

rilevazione ogni 2" fotometrica infrarosso

saltuarie analisi di laboratorio



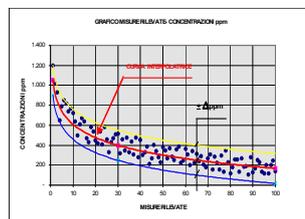
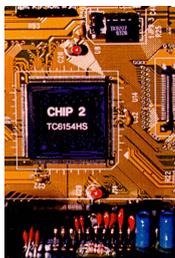
+



+

elaborazione statistico-neurale

+



**= CONCENTRAZIONE + PROBABILE
[p p m ± Δ ppm]**

Il sistema di rilevazione CID utilizza i dati delle usuali analisi di laboratorio, effettuate saltuariamente, residenti nella memoria del software, per la elaborazione statistica o a reti neurali degli input ricevuti ogni 2 secondi mediante misurazione spettroscopica della radiazione all'infrarosso diffusa nell'acqua.

Principi spettroscopici

Per la teoria elettromagnetica di Maxwell e quantistica di Planck un raggio di luce corrisponde a un fascio di onde elettromagnetiche composto da pacchetti elementari di onde: i quanti di luce o fotoni, con livello minimo elementare di energia inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda, e pari

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda} = h \cdot \nu$$

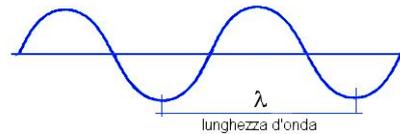
E = energia [eV] o [J]

h = costante di Planck = $6,6256 \cdot 10^{-34}$ [J*sec]
 1 e V = $1,6021 \cdot 10^{-19}$ [J]

c = velocità luce = $2,9979 \cdot 10^8$ m/sec.

λ = lunghezza d'onda = [m]

ν = frequenza [Hz]

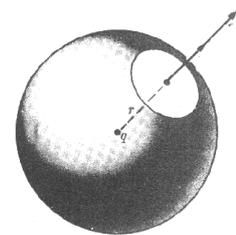


L'energia luminosa originata da una sorgente si propaga in tutte le direzioni dello spazio isotropo con la stessa velocità mediante onde sferiche.

I fronti d'onda sono sfere concentriche alla sorgente e le superfici sferiche d'onda aumentano con R^2 , dove con R si è indicata la distanza tra il punto sorgente, centro della sfera e la superficie.

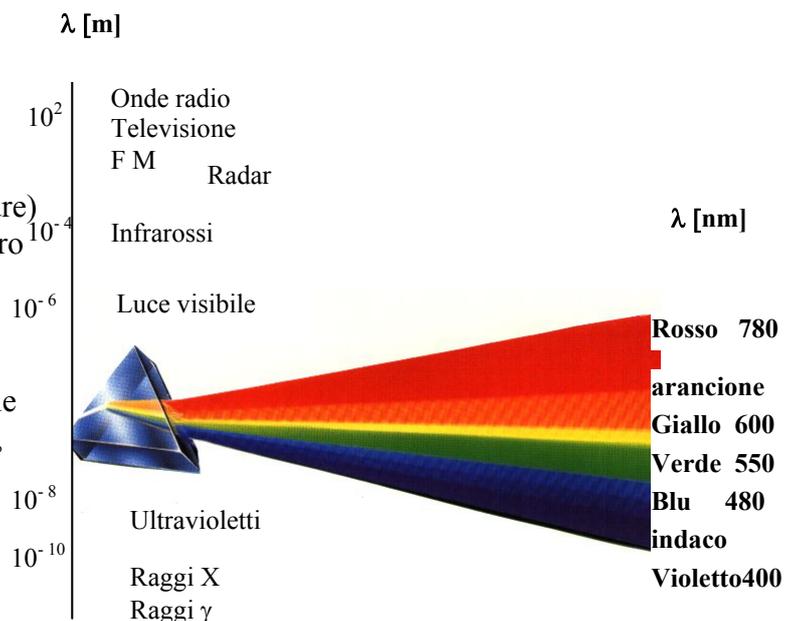
Se $F [J \cdot m^{-2}]$ è il flusso luminoso emesso nell'unità di tempo, l'intensità luminosa è $I = F / 4 \cdot \pi [J \cdot m^{-2}]$ corrispondente al flusso emesso nell'angolo solido unitario – L'energia luminosa

$E = F/S = I/R^2 [J]$ è il flusso che giunge nell'unità di superficie.



Le onde elettromagnetiche coprono un campo di frequenze ν (di lunghezze d'onda λ) e sono classificate secondo la loro sorgente in zone che nella parte di confine possono sovrapporsi fra loro. Quando si invia un fascio di luce bianca (solare) su un prisma questo la divide in fasci monocromatici di λ diversa, deviando maggiormente quelli a λ minore.

Questa successione di colori è lo **spettro**. La spettroscopia studia gli spettri, emessi dalle radiazioni diffuse in una sostanza trasparente, mediante gli **spettroscopi**.



Assorbimento e diffusione

Quando un'onda elettromagnetica incontra un atomo o una molecola ne disturba il moto degli elettroni legati cedendo parte dell'energia.

L'**assorbimento** di energia da parte dell'atomo o molecola ne determina lo stato eccitato che fa sì che a loro volta essi possano riemettere radiazione elettromagnetica ad altri atomi o molecole cedendo loro l'eccesso di energia. Questo scambio di energia tra atomi, molecole e radiazione elettromagnetica è la **diffusione**.

Con essa l'intensità I_0 dell'onda primaria diminuisce poiché l'energia assorbita dall'onda viene riemessa in tutte le direzioni.

Diminuendo la lunghezza d'onda λ aumenta la diffusione, quindi l'assorbimento di energia dall'onda primaria che diminuisce di intensità, secondo lo schema :



diminuendo λ

aumenta
diffusione

aumenta l'assorbimento di
energia dall'onda primaria

diminuisce l'intensità
dell'onda primaria

Da ciò deriva che il colore di un corpo opaco (che si vede per diffusione) è quello corrispondente alla lunghezza d'onda che non assorbe.

Es. Un corpo lo vediamo rosso perché illuminato assorbirà tutte le lunghezze d'onda dello spettro visibile al di fuori di quelle con $\lambda \cong 0,7\mu$

Il colore di un corpo varia con la temperatura poiché con essa varia la modalità di assorbimento delle radiazioni.

Il colore di una soluzione è quello corrispondente alla lunghezza d'onda della radiazione trasmessa dalla soluzione.

Se il colore della soluzione è ottenuto mediante reazioni chimiche la concentrazione della sostanza correlata al colore della soluzione è direttamente proporzionale alla intensità del colore sviluppato.

La legge che permette di **misurare l'assorbimento** di un fascio luminoso che attraversa una soluzione è quella di **Lamber-Beer** :

$$\text{Log}(I_0/I) = A \quad \text{ovvero:} \quad I = I_0 \times e^{-A}$$

Dove: I_0 = intensità luce emessa I = intensità luce trasmessa

A = assorbimento o assorbanza o estinzione o densità ottica

$I/I_0 = T$ (trasmittanza) $A = \alpha * \beta * \gamma$

α = [$l \cdot \text{cm} / \text{moli}$] = coeff. di estinzione = assorbimento che avrebbe la soluzione se lo spessore della cella fosse pari a 1 cm e la concentrazione soluzione di 1 mole.

β = [cm] spessore della cella o spazio attraversato

γ = [moli/l] concentrazione soluzione

Lo spettrofotometro utilizzato nei laboratori per le analisi di alcuni parametri permette, attraverso la misura dell'assorbimento della radiazione monocromatica di opportuna λ diffusa nella soluzione omogenea del campione di determinare la concentrazione della sostanza presente correlata al colore della soluzione.

Misura in continuo delle sonde CID

Per correlare la misura dell'assorbimento di una radiazione luminosa diffusa in una soluzione alla intensità di colorazione della soluzione è necessario che:

- la soluzione sia omogenea
- si segua una metodica standard
- si siano eliminate le eventuali interferenze.

Un campione d'acqua tal quale ove siano presenti più sostanze di varia natura e dimensioni rappresenta una soluzione eterogenea:

- il campione non è omogeneo
- l'assorbimento varia da punto a punto perché diversa è la diffusione
- le varie sostanze presenti in soluzione interferiscono fra loro.

In tali condizioni **non è possibile** correlare la concentrazione delle sostanze presenti nel campione all'assorbimento spettroscopico se non ricorrendo ad un nuovo modello matematico che interpreti i fenomeni di diffusione casuale e permetta inoltre di determinare il grado di affidabilità di tale modello.

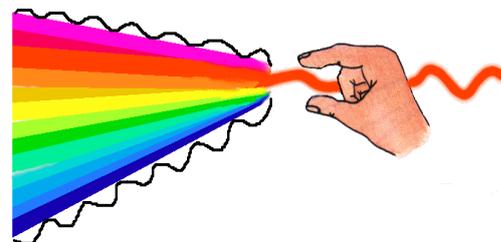
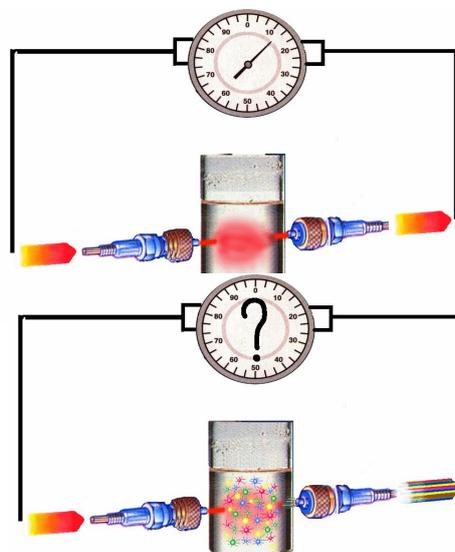
Il sistema di rilevazione delle sonde CID adotta due modelli matematici che interpretano le correlazioni tra le concentrazioni delle sostanze e i corrispondenti valori di trasmittanza della radiazione diffusa nel campione d'acqua tal quale fornendone il grado di attendibilità della correlazione assunta. I due modelli sono: statistico e di autoapprendimento .

- **modello statistico** : per le **curve di default** di correlazione trasmittanza-ppm impostate dal CID.
- **modello di autoapprendimento** : per le **curve dati attivi** impostati dall'utente

I due modelli, tra loro affini, vengono **applicati in tutti i campi**, da quello scientifico, a quello economico e sociale, quali la genetica, l'economia, la fisica molecolare e nucleare, la fisiologia, la medicina, le previsioni politiche, la pianificazione sociale, previsioni climatiche, collaudi industriali, ricerca di mercato, stime di tendenza e comportamentali.

Essi formano un **sistema integrato** a quello di rilevazione composto dalle sonde con specifiche fibre ottiche percorse dal raggio infrarosso che determinano modalità di diffusione quantizzabili e riproducibili.

La scelta dallo spettro delle radiazioni del **raggio infrarosso** permette di restare nel campo dello spettro visibile con la **minor perdita di energia** per i fenomeni di diffusione e la **minor variazione di energia** per la componente colore della soluzione che risulta influente con uno scostamento del 3%.

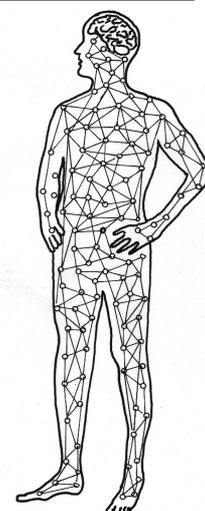
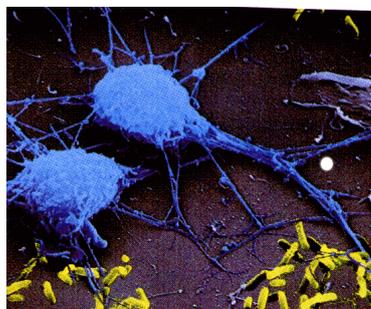
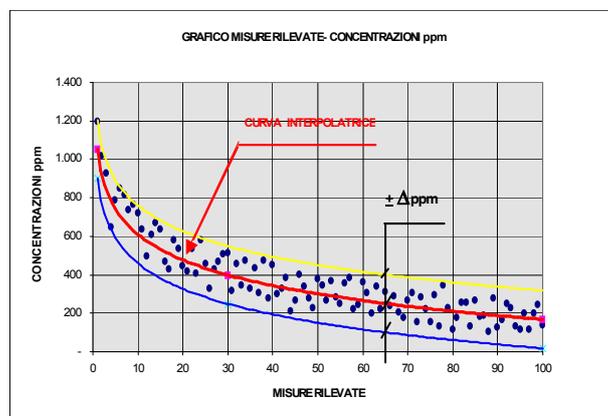


Descrizione dei due modelli di calcolo adottati

Con il **modello statistico** si costruiscono all'inizio le funzioni matematiche (curve rappresentative lineari, del 1° 2° e 3° ordine, logaritmiche, esponenziali) che correlano le concentrazioni reali (determinate in laboratorio secondo la metodica standard) alle corrispondenti trasmissioni (rilevate con le sonde CID) per campioni rappresentativi dell'intera popolazione di dati.

Le **curve rappresentative** (1per ogni parametro) impostate successivamente nel programma permetteranno di elaborare le letture di trasmittanza determinando le corrispondenti concentrazioni dei parametri.

Con il **metodo di autoapprendimento** il sistema è in grado di simulare ciò che accade nel cervello: attraverso i dati di input, i modelli verranno aggiornati e il programma imparerà come dare il miglior risultato basato su input simili.



Intervalli di lettura e dati elaborati

Le letture di trasmittanza, effettuate a intervalli di 2 secondi sono subito calcolate dal programma per fornire **ogni 2 secondi , i valori elaborati delle concentrazioni istantanee.**

Tali valori istantanei vengono "**impacchettati**" ad intervalli di tempo prescelti dall'utente (da 1 a 120 minuti) ed il programma ne scarta il 10% non rappresentativo composto dalle code (valori massimi e minimi), per fornire il valore rappresentativo di quell'intervallo. Se ad esempio l'intervallo impostato è 1 ora dei 1800 valori ottenuti si scartano i 100 di coda e i 100 di testa. I restanti 1600 valori vengono elaborati per fornire il valore di concentrazione più rappresentativo dell'ora.

Validità dei due modelli applicati

I modelli applicati, statistico e autoapprendimento danno risultati significativi a condizione che **in fase di calcolo delle curve rappresentative dei parametri** i dati, utilizzati per l'input delle sonde CID, delle analisi di laboratorio e delle corrispondenti trasmittanze lette dalle sonde CID sui campioni:

- siano **in numero adeguato** statisticamente
- coprano un **intervallo di valori** sufficientemente ampio intorno al valore di riferimento in modo tale che i dati forniti in continuo dal sistema CID rientrino in tale intervallo.

E' inoltre necessario che:

- **non** ci si attenda risultati **certi** ma dati che diano un **trend** e che siano attendibili e riproducibili.
- **ci si aspetti dei dati** la cui **tendenza** sia verso quei valori con quella probabilità di raggiungerli.

La corrispondenza tra i dati di input (analisi di laboratorio) e di output (dati delle concentrazioni forniti dal sistema CID) sono accompagnati sempre dalla **probabilità o attendibilità** sulla corrispondenza tra i dati delle analisi di laboratorio, utilizzate per il calcolo della curva rappresentativa, e quelli rilevati in continuo dal sistema CID.

Se tale probabilità è ritenuta sufficiente dal cliente quel parametro può essere rilevato dal sistema CID che darà in continuo i dati con quella attendibilità rispetto le analisi di laboratorio.

Di norma la differenza % tra le concentrazioni ottenute con le analisi di laboratorio e i valori corrispondenti forniti in continuo (ogni 2 secondi) dalle sonde CID è il seguente:

USCITA dopo depurazione biologica : [Sol.Sospesi, COD, BOD, 7%]

[Altri parametri , rilevati caso per caso, **15%**]

Il sistema di rilevazione parametri con le sonde CID per la sua specificità non sostituisce ma integra le analisi di laboratorio che anzi utilizza come input di partenza e per il continuo addestramento del programma di autoapprendimento.

Costi comparati tra le diverse metodologie d'analisi

V O C E	ANALISI DI LABORATORIO	SONDE CID	STRUMENTI AUTOMATICI
Gamma di parametri	Tutte	5	5
N° parametri rilevati contemporaneamente	Tutti	5	1 o 2
Metodica	Standard	Brevetto Europeo CID	Standard
Precisione	100%	da 1 a 98%	95%
Materiale necessario	Reagenti	n i e n t e	Reagenti
Attivazione allarmi	NO	SI	SI
Personale Necessario	Chimico	nessuno	Specializzato
Altri costi	nessuno	nessuno	Reagenti + manuten.