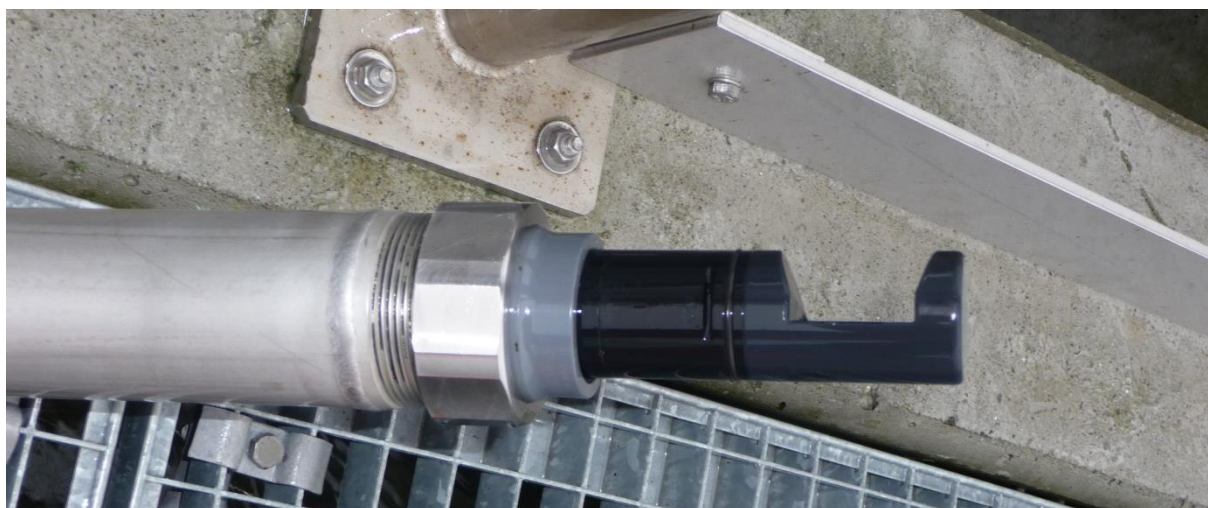


Esperienze con sonde UV/VIS per il monitoraggio dell'eliminazione di microinquinanti negli impianti di depurazione



Data: Febbraio 2018

Indice

1	CONTESTO.....	3
2	PERCHÉ IL ΔSAC₂₅₄ DÀ INDICAZIONI SULL'ELIMINAZIONE DEI MICROINQUINANTI? 4	4
3	QUALI INFORMAZIONI FORNISCE IL SAC₂₅₄?	6
3.1	Informazioni del SAC ₂₅₄ per l'ozonizzazione	6
3.2	Informazioni del SAC ₂₅₄ per il procedimento con carbone attivo	6
4	AVVERTENZE PRATICHE SULL'USO DELLE SONDE UV/VIS	8
4.1	Disposizione nel procedimento	8
4.2	Scelta del tipo di sonda	11
4.3	Montaggio	13
4.4	Suggerimenti per il bando di concorso.....	13
4.5	Manutenzione / controllo della qualità	14
5	COSTI.....	18
6	SOLUZIONI ALTERNATIVE ALLE SONDE UV/VIS.....	18
7	CONCLUSIONE	18

Redazione A. Meier (VSA)

Assistenza specialistica: Gruppo di lavoro piattaforma VSA "Tecnologie per la rimozione dei microinquinanti", C. Abegglen (VSA), C. Bassanello (Gruppo VSA Tecnica di misurazione), M. Böhler (Eawag), M. Brennecke (Triform), P. Eberhard (ARACOM), J. Fleiner (Eawag), J. Grelot (VSA), M. Hachenberg (Wupperverband), M. Hofer (unimon), M. Horisberger (Triform), A. Joss (Eawag), J. Neef (KomS), R. Pfendsack (IDA Reinach), A. Piazzoli (Envilab), A. Riedener (Sigrist Photometer), M. Schachtler (IDA Neugut), S. Vogel (Endress und Hauser), P. Wunderlin (VSA), M. Zbinden (Hach Lange)

Immagine di copertina: Sonda SAC₂₅₄ IDA Reinach, Foto R. Pfendsack

Data: Febbraio 2018

1 Contesto

La capacità di eliminazione dei procedimenti per l'eliminazione dei microinquinanti (MI) negli impianti di depurazione è monitorata con le misurazioni periodiche di laboratorio di dodici sostanze organiche guida prescritte per legge (ordinanza DATEC 814.201.231). Ma dal momento che i risultati sono disponibili solo dopo giorni o settimane, è necessario eseguire anche una misurazione sul posto volta a verificare l'eliminazione dei microinquinanti nell'esercizio quotidiano.

L'analisi diretta dei microinquinanti eseguita sul posto è eccessivamente dispendiosa e costosa. Al momento non esistono sul mercato «misurazioni online» per i microinquinanti. Questo è oggetto attualmente della ricerca. Sono pertanto stati esaminati diversi parametri globali per verificare la loro correlazione con l'eliminazione di microinquinanti (v. "Konzepte zur Überwachung der Reinigungsleistung von weitergehenden Verfahren zur Spurenstoffelimination" [1]). Il risultato è che si consiglia la misurazione del segnale di assorbimento UV (segnale compensato per la torbidità), detto anche SAC (= coefficiente di assorbimento spettrale), a una lunghezza d'onda di 254 nm nell'entrata e nell'uscita dello stadio di eliminazione dei microinquinanti. Stando alle esperienze attuali, il ΔSAC_{254} presenta una buona correlazione con l'eliminazione dei microinquinanti e comporta vantaggi anche rispetto al parametro globale DOC (sostanze organiche disciolte). Le sonde UV/VIS sono disponibili in commercio e sono state impiegate sia in singoli impianti di depurazione su scala industriale che nell'ambito di esperimenti pilota.

Definizioni:

- Le sonde UV/VIS permettono di effettuare misurazioni sia a lunghezze d'onda che rientrano nell'intero spettro UV e nello spettro visibile (da ca. 200 nm a ca. 700 nm) che a singole lunghezze d'onda di questo spettro
- Spettro UV: lunghezza d'onda 100-380 nm
- SAC = coefficiente di assorbimento spettrale, unità estinzione/metro [E/m] oppure [1/m]
- Le sonde SAC₂₅₄ misurano il coefficiente di assorbimento spettrale a una lunghezza d'onda di 254 nm (segnale compensato per la torbidità)
- $\Delta SAC_{254} = ((SAC_{254,in} - SAC_{254,out}) / SAC_{254,in}) * 100\%$

Data: Febbraio 2018

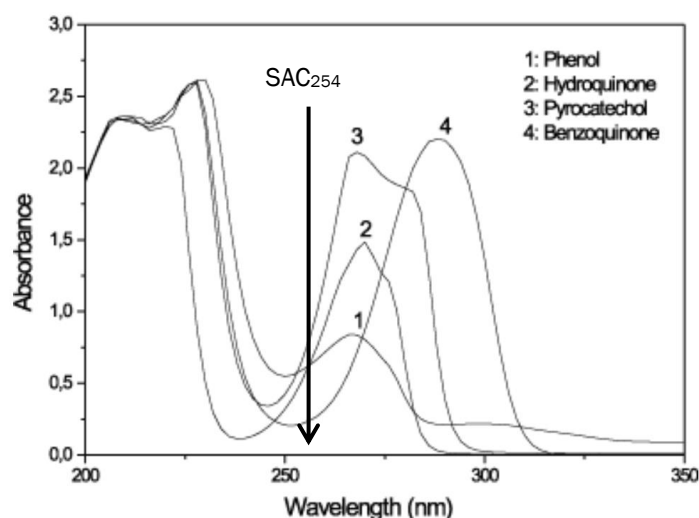


Figura 1 Spettro di assorbimento del fenolo e di sostanze analoghe [2, integrato].

Il presente documento sintetizza le conoscenze relative all'impiego di sonde UV/VIS per il monitoraggio della capacità d'eliminazione in relazione ai microinquinanti. In futuro verranno realizzati diversi progetti con sonde UV/VIS, che permetteranno la raccolta di ulteriori esperienze. Sarà pertanto possibile integrare il presente documento in un secondo tempo con l'aggiunta delle conoscenze che verranno acquisite.

2 Perché il ΔSAC_{254} dà indicazioni sull'eliminazione dei microinquinanti?

Nella misurazione dell'assorbimento UV si invia la luce UV attraverso un campione d'acqua e si misura in che modo la luce UV irradiata può attraversare l'acqua in questione. Maggiore è la quantità di luce assorbita, che quindi non viene rilevata sul lato opposto del campione d'acqua, maggiore sarà la presenza di sostanze estranee nella matrice delle acque di scarico. Molte sostanze organiche disciolte (DOC) e, di esse in particolare molte sostanze organiche in traccia, presentano anelli aromatici o doppi legami che assorbono la luce UV a 254 nm (v. Figura 1, spettro di assorbimento del fenolo e sostanze analoghe con anello aromatico). Queste sostanze aromatiche si ossidano bene con l'ozono e vengono ben assorbite dal carbone attivo (maggiori informazioni sul principio di misura sono presenti in [1] e [3]). In generale l'eliminazione dei microinquinanti distrugge quindi queste strutture molecolari eliminandole dalle acque di scarico; la conseguenza è un abbassamento del SAC.

La Figura 2 e la Figura 3 mostrano che sia l'ozono che il carbone attivo presentano una buona correlazione tra il ΔSAC_{254} e l'eliminazione dei microinquinanti. La correlazione è tuttavia specifica per ogni acqua di scarico, ciò significa che deve essere determinata in modo distinto per ogni IDA. Si possono inoltre presentare differenze stagionali dovute, ad esempio, a notevoli variazioni della composizione delle acque di scarico. All'IDA Neugut, il primo IDA in cui è stata realizzata questa misurazione online, non è stato necessario modificare la correlazione in base alle stagioni.

Data: Febbraio 2018

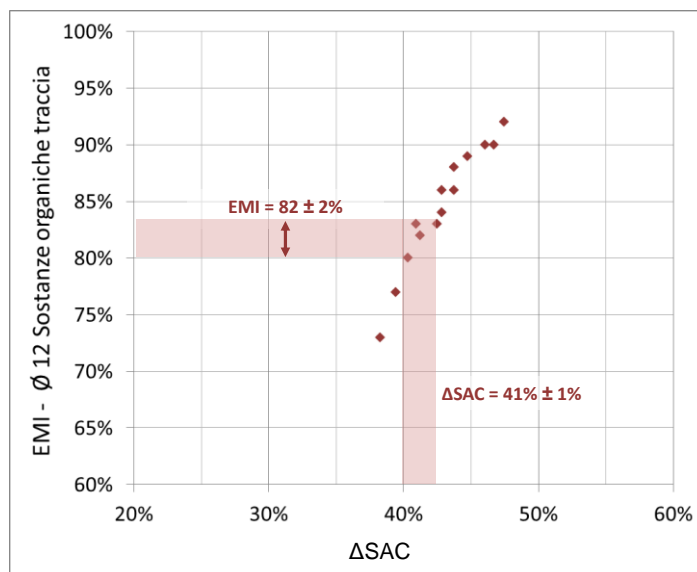


Figura 2: Esperimento IDA Neugut, eseguito una volta – correlazione della media dell'eliminazione delle dodici sostanze organiche guida su l'intero IDA (campioni aggregati su 24 ore) tra il 73 e il 93% con il ΔSAC_{254} (=ΔUV) tramite l'ozonazione in tempo secco, controllo e regolazione mediante coppia di sonde SAC_{254} , da uno a tre giorni per ogni regolazione, in giorni consecutivi, correlazione $R^2=0.96$, $Y=1.64x+0.11$ [4]

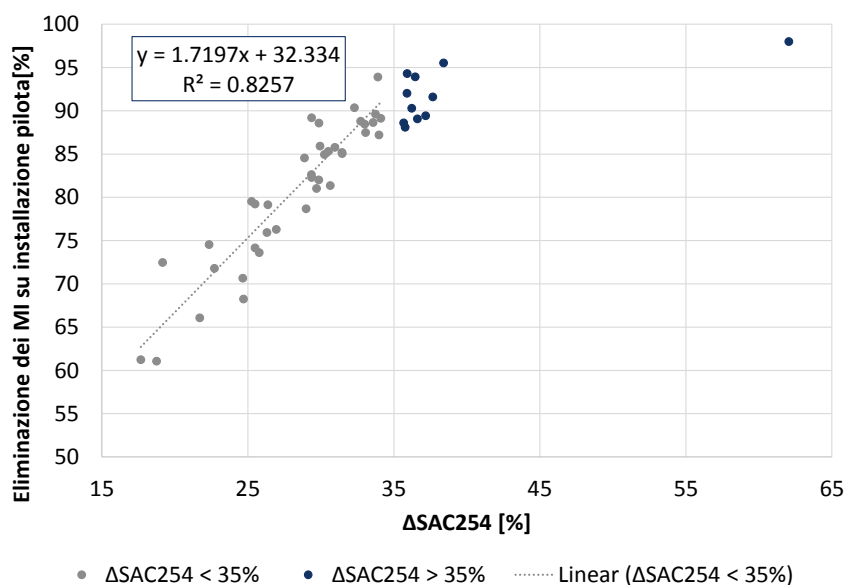


Figura 3: Misurazione dell'assorbimento ottico (Delta UV) delle acque attraverso lo stadio d'eliminazione dei MI (CAG in letto fluido) rispetto all'eliminazione media delle dodici sostanze organiche guida sull'impianto pilota (campioni aggregati su 48h), esperimento pilota IDA Penthaz, misurato con un'unica sonda SAC_{254} (in alternanza $SAC_{254,in}$ e $SAC_{254,out}$) (figura Triform) [5]

Le analisi delle misurazioni di microinquinanti eseguite all'IDA Neugut mostrano che non tutte le dodici sostanze guida presentano una buona correlazione tra il ΔSAC_{254} e l'eliminazione dei microinquinanti come illustrato nella Figura 2. Per esempio l'eliminazione del candesartan e del metilbenzotriazolo non correla con il ΔSAC_{254} [6]. L'eliminazione dell'idroclorotiazide, metoprololo,

Data: Febbraio 2018

venlafaxina e benzotriazolo può essere invece ben predetta attraverso il ΔSAC_{254} . La migliore correlazione è stata raggiunta in [5] e [6] con tutte e dodici le sostanze organiche guida.

3 Quali informazioni fornisce il SAC_{254} ?

3.1 Informazioni del SAC_{254} per l'ozonizzazione

Tramite il ΔSAC_{254} è possibile controllare o regolare l'ozonizzazione per l'eliminazione dei MI in base alla necessità. Rispetto ad una regolazione proporzionale alla portata, è quindi possibile ridurre il consumo di ozono raggiungendo la depurazione (eliminazione MI) necessaria. Tale strategia di regolazione è stata testata ed è attualmente utilizzata dell'IDA Neugut. [4;7] Un vantaggio di tale regolazione è che il maggior fabbisogno di ozono in presenza di concentrazioni elevate di nitrito nell'entrata dell'ozonizzazione viene coperto automaticamente. In realtà i nitriti non vengono rilevati direttamente con il SAC_{254} (dal momento che presentano un assorbimento basso o assente), ma essi hanno un'influenza indiretta sul ΔSAC_{254} : il nitrito reagisce rapidamente con l'ozono e diventa nitrato; esso consuma pertanto ozono, che non è quindi più disponibile per reagire con le sostanze organiche: la diminuzione del SAC si riduce di conseguenza. La diminuzione del SAC compensa quindi l'azione dei nitriti. [8]

Se, per un funzionamento errato, l'ozono è presente nello scarico del reattore di ozono, ne risente il segnale del $SAC_{254,out}$, poiché alla lunghezza d'onda impiegata anche l'ozono ha un assorbimento notevole [9]. A causa di questo effetto, nel controllo secondo il ΔSAC_{254} all'IDA Bülach si è verificato brevemente un forte sovradosaggio di ozono (per i dettagli vedere [9]). Questo inconveniente può essere superato semplicemente limitando l'aggiunta massima di ozono.

3.2 Informazioni del SAC_{254} per il procedimento con carbone attivo

Il controllo degli stadi d'eliminazione dei microinquinanti col carbone attivo con dosaggio di carbone attivo o combinazioni di ozono e carbone attivo tramite SAC_{254} è possibile, ma a oggi esistono poche esperienze.

PAC

Diversamente dall'ozonazione, in cui una variazione della dose di ozono comporta una variazione immediata del ΔSAC_{254} , una variazione del dosaggio del PAC genera invece un cambiamento più lento del ΔSAC_{254} . A causa del lungo tempo di permanenza del PAC nel sistema, i sistemi che utilizzano il PAC hanno una reazione più lenta rispetto alle ozonizzazioni. Non è ancora chiaro se, con un/a controllo/regolazione basata sul SAC_{254} , si possa ottenere un dosaggio di carbone attivo decisamente più basso nei procedimenti basati sul PAC.

All'IDA Ravensburg (dosaggio PAC con sedimentazione e filtrazione, D), il dosaggio del PAC viene controllato in base al segnale $SAC_{254,in}$. Ai valori $SAC_{254,in}$ sono stati assegnati dei dosaggi PAC ed è stata fissata una quantità massima di dosaggio PAC. Le esperienze maturate con questo controllo sono positive. L'obiettivo primario dell'IDA Ravensburg è l'eliminazione CSB. Sono tuttavia presenti anche microinquinanti ed analisi di questi ultimi.

All'IDA Herisau (dosaggio PAC con sedimentazione e filtrazione), che ha acque di scarico con una composizione molto variabile a causa della presenza di aziende industriali nel bacino imbrifero, la

Data: Febbraio 2018

sonda UV/VIS nello scarico della decantazione finale è stata inizialmente utilizzata solo per calcolare un diagramma di andamento giornaliero del SAC_{254} in tempo secco definito una tantum, al fine di ottenere una rappresentazione approssimativa dell'andamento quotidiano del carico di sostanze organiche in tracce (senza utilizzare una correlazione con i microinquinanti). La quantità di PAC dosata giornalmente è costante e viene aggiunta in base al diagramma di andamento giornaliero. Effettuare un dosaggio orario secondo i valori online $SAC_{254,in}$ è tecnicamente possibile, ma presuppone un segnale $SAC_{254,in}$ stabile o un sistema che assicuri il funzionamento delle sonde SAC_{254} in entrata allo stadio PAC. Inoltre, all'IDA Herisau la correlazione tra il ΔSAC_{254} e l'eliminazione dei microinquinanti serve come monitoraggio quotidiano dell'esercizio.

Il ΔSAC_{254} nei procedimenti PAC può pertanto essere utilizzato come parametro di controllo indipendente: le anomalie d'esercizio, come un guasto o problemi con il dosaggio PAC, il guasto di un miscelatore nel reattore a contatto o un guasto del dosaggio di polimeri o precipitanti sono chiaramente riconoscibili in base al delta- SAC_{254} .

Inoltre, la misurazione del ΔSAC_{254} è risultata valida nelle prove di rimescolamento con il PAC per confrontare l'efficacia di diversi prodotti e semplificare la scelta dei prodotti garantendo la qualità di diverse forniture.

GAC in letto fluido

Le misurazioni SAC online eseguite nell'esperimento pilota con GAC in letto fluido all'IDA Penthaz hanno mostrato che la capacità d'eliminazione dei microinquinanti (in riferimento al ΔSAC_{254}) reagisce rapidamente all'aggiunta periodica di GAC fresco tipica di questo procedimento (v. Figura 4) e di conseguenza il procedimento consente di modificare il dosaggio in modo mirato al variare della composizione delle acque di scarico. [5] Queste misurazioni SAC_{254} hanno consentito importanti enunciazioni sul principio di funzionamento del procedimento "GAC in letto fluido".

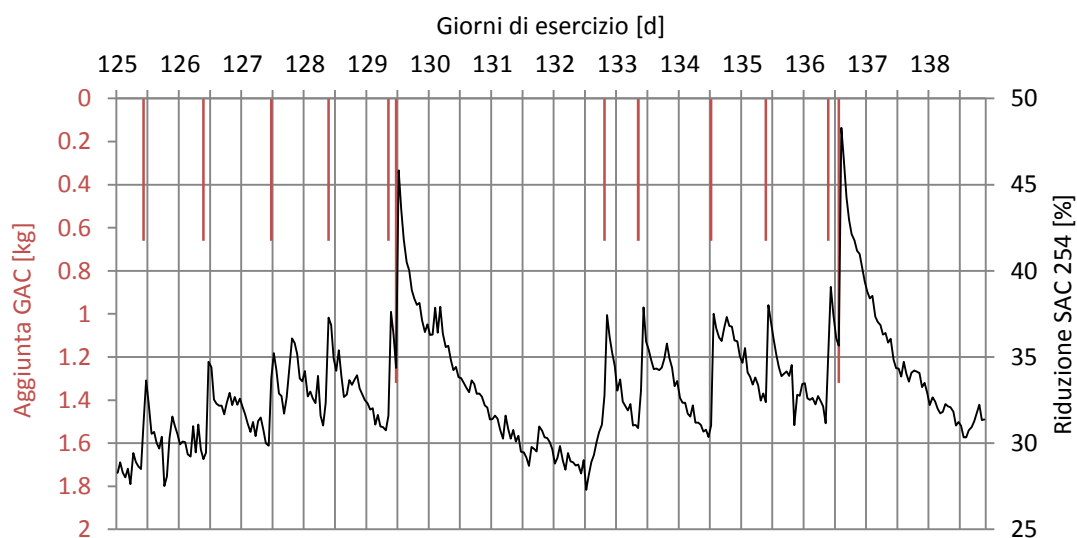


Figura 4: Effetto dell'aggiunta periodica di carbone fresco (rosso, in media ca. 15 g/m^3) sul ΔSAC online attraverso lo stadio eliminazione MI, esperimento pilota GAC in letto fluido, IDA Penthaz [5]

Data: Febbraio 2018

GAC in letto statico

I risultati delle analisi eseguite su scala industriale all'IDA Bülach Furt indicano che è possibile ricorrere al ΔSAC_{254} anche con i filtri GAC e utilizzarlo come parametro di controllo per riconoscere la diminuzione della capacità d'adsorbimento nel tempo e, di conseguenza, il momento in cui effettuare la sostituzione. [10]

4 Avvertenze pratiche sull'uso delle sonde UV/VIS

4.1 Disposizione nel procedimento

Per calcolare il ΔSAC_{254} è necessario un punto di misura a monte e a valle dello stadio di depurazione che prevede l'eliminazione dei microinquinanti, indipendentemente dal metodo utilizzato.

Concretamente conviene verificare se è possibile installare solo una sonda per l'entrata e l'uscita dello stadio eliminazione MI. Questa è stata la disposizione scelta per l'IDA Penthaz, in cui la sonda veniva attraversata ogni 10 minuti alternativamente dall'afflusso e dall'efflusso dello stadio eliminazione MI. Un test mirato eseguito all'IDA Bülach ha dimostrato che sono sufficienti 4 minuti per ottenere un valore di misura online stabile del SAC_{254} [9]. Ciò dipende tuttavia dal numero di valori di misura al minuto e dalla media della sonda nonché dallo scambio di acqua nel sistema (velocità di scorrimento, volume del tubo, ecc.). In questa disposizione un'eventuale anomalia sarebbe identica in entrambe le misurazioni, per cui si avrebbe una ripercussione minore sul ΔSAC_{254} . Se si utilizzano due sonde, è utile collegare le due sonde per ottenere una compensazione (automatica) [4]. All'IDA Neugut sono in uso tre coppie di sonde che si controllano reciprocamente. Questo numero elevato di sonde è servito per perfezionare gli strumenti, ma non è necessario per l'esercizio quotidiano.

Ozonizzazione

Nel caso dell'ozonizzazione i punti di misura sono stati installati negli impianti attuali (IDA Neugut e IDA Reinach) in entrata e in uscita dell'ozonazione (v. Figura 5). Il $SAC_{254,out}$ è pertanto stato disposto a monte del post-trattamento biologico, in modo da ridurre il più possibile lo scarto temporale tra $SAC_{254,in}$ e $SAC_{254,out}$. È tuttavia possibile pensare anche di misurare il $SAC_{254,out}$ a valle del post-trattamento biologico. Si avrebbe il vantaggio di una più semplice manutenzione delle sonde $SAC_{254,out}$, dal momento che le sostanze facilmente decomponibili risultanti dall'ozonizzazione verrebbero già eliminate nel post-trattamento biologico, con una minore formazione della patina biologica.

Data: Febbraio 2018

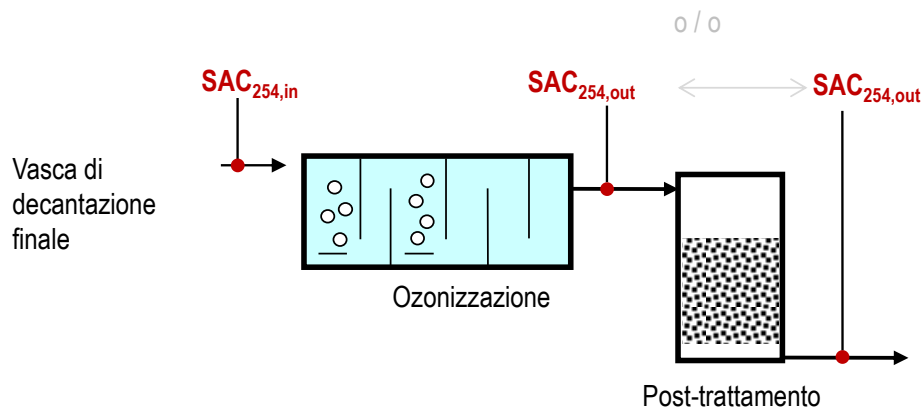


Figura 5 Disposizione sonde UV/VIS per la misurazione del SAC_{254} nell'ozonizzazione, figura: piattaforma VSA

PAC

Nel "procedimento di Ulm" (dosaggio PAC con sedimentazione e filtrazione) è possibile disporre il $SAC_{254,out}$ a monte o a valle della filtrazione (Figura 6). Secondo le esperienze del KomS, la falsificazione dei risultati delle misurazioni dovuta alle sostanze solide a valle della filtrazione è più bassa e un'eventuale eliminazione nel filtro a sabbia viene rilevata. Le analisi del KomS mostrano tuttavia anche che i valori SAC_{254} a monte e a valle della filtrazione divergono tra loro solo leggermente. Se nello stadio eliminazione MI viene trattato solo un flusso parziale mentre nella filtrazione viene trattato l'intero flusso delle acque di scarico, con il segnale $SAC_{254,out}$ a valle della filtrazione si ottiene un'indicazione relativa all'intero scarico e non specifica dello stadio eliminazione MI. Nella Figura 7 sono illustrati i valori SAC_{254} di tutti i tre punti di misura dell'IDA Herisau (trattamento a flusso parziale).

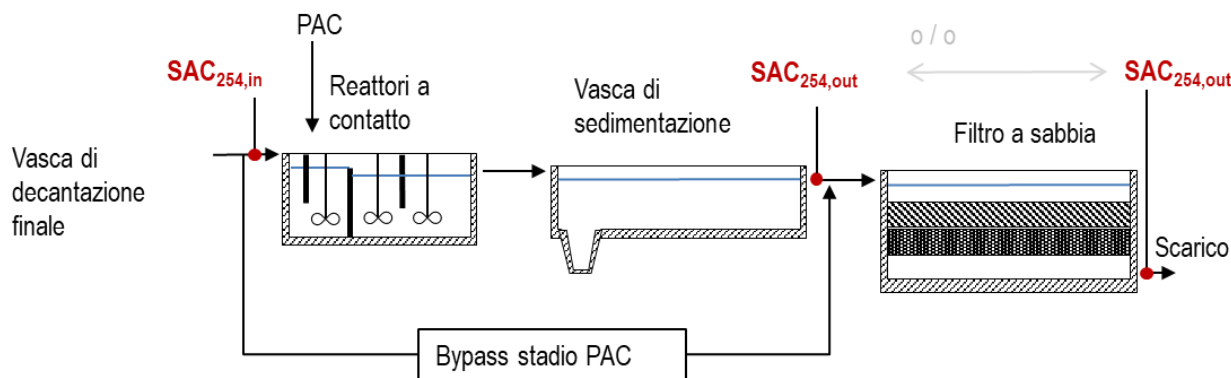


Figura 6 Disposizione sonde UV/VIS per la misurazione del SAC_{254} nel "procedimento di Ulm", figura: piattaforma VSA

Data: Febbraio 2018

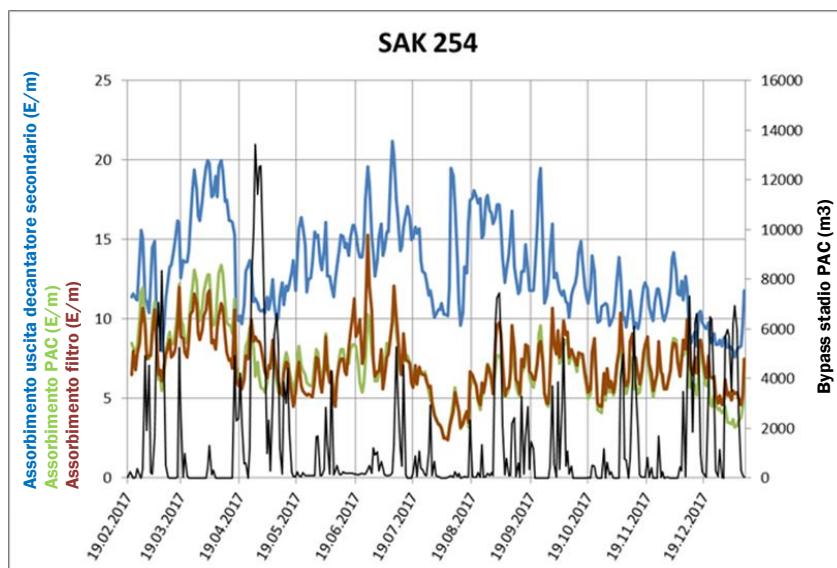


Figura 7 Assorbimento spettrale a 254 nm per i punti di misura uscita decantazione finale (blu), uscita stadio PAC (verde), uscita filtro (marrone), inoltre quantità d'acqua del bypass dello stadio PAC (nero), IDA Herisau, P. Eberhard (ARACOM)

Con un dosaggio del PAC a monte della filtrazione a sabbia la misurazione per il $SAC_{254,in}$ viene installata all'uscita della decantazione finale e quella per il $SAC_{254,out}$ all'uscita del filtro a sabbia (v. Figura 8).

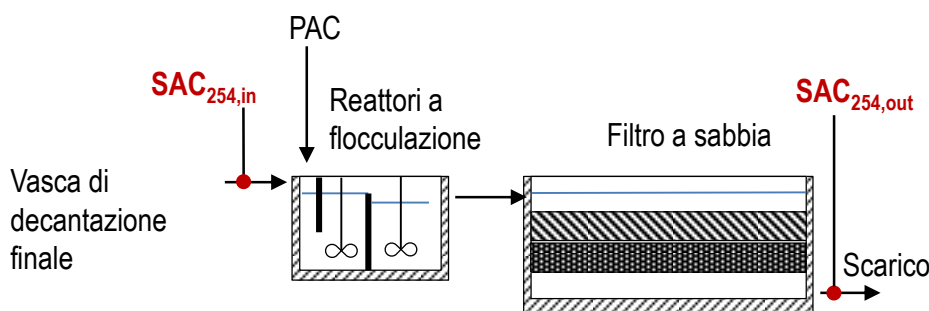


Figura 8 Disposizione sonde UV/VIS per la misurazione del SAC_{254} nel dosaggio PAC a monte del filtro a sabbia, figura: piattaforma VSA

Per il monitoraggio di un impianto con dosaggio PAC in un procedimento a fango attivo è stato necessario installare la sonda $SAC_{254,in}$ nell'entrata al trattamento biologico. Tuttavia, data la concentrazione elevata di sostanze biologiche, qui non si ha alcuna correlazione con i microinquinanti. In questa posizione le sonde UV/VIS possono essere utilizzate solo per misurare altri parametri (es. CSB). A oggi non è ancora stato studiato se una misurazione generale $SAC_{254,out}$ nello scarico del filtro o una misurazione $SAC_{254,in}$ dopo circa il primo quarto della vasca dei fanghi attivi (dove gran parte delle sostanze organiche facilmente decomponibili è già stata

Data: Febbraio 2018

eliminata) può essere utile per fornire informazioni importanti sul monitoraggio dello stadio eliminazione MI.

4.2 Scelta del tipo di sonda

In linea di principio le sonde UV/VIS possono essere impiegate per monitorare i microinquinanti a valle dei procedimenti d'eliminazione per qualsiasi tipo di acqua di scarico. In caso di concentrazioni elevate di candeggianti (es. dell'industria tessile), secondo il fabbricante della sonda si dovrà prestare attenzione perché in questi casi le sonde UV/VIS potrebbero dare valori troppo elevati. Secondo le esperienze del Wupperverband [11], anche la presenza di concentrazioni molto alte di nitrati potrebbe influire profondamente sul SAC. Secondo [8], un aumento della concentrazione di nitrati di 50 mg al litro causerebbe, negli esperimenti di laboratorio, un aumento del valore SAC_{254} di ca. 1/m. L'azione delle singole sostanze potrebbe essere problematica in presenza di variazioni della composizione delle acque di scarico e se ne deve tenere conto nell'interpretazione dei risultati della misurazione. La riduzione del SAC causata dall'ossidazione da nitriti a nitrati è trascurabile. [8]

Nella scelta della sonda e del raccordo sono fondamentali la sorgente luminosa e la lunghezza d'onda, il dimensionamento della fenditura di misura, la pulizia della sonda, il tipo di elaborazione dei dati (es. valore visualizzato in [1/m] sul display), la compensazione della torbidità e la semplicità di manutenzione del punto di misura (pulizia e controllo manuale). Nei paragrafi che seguono vengono fornite ulteriori informazioni relative a questi fattori d'influenza.

Sorgente luminosa

Oggi si utilizzano soprattutto lampade allo xeno o lampade ai vapori di mercurio. Esistono inoltre sonde che utilizzano LED come sorgente luminosa. Secondo i fabbricanti di sonde, per monitorare gli stadi d'eliminazione MI vanno bene tutte queste sorgenti luminose. Con lunghezze d'onda brevi esse hanno una durata di vita analoga, e anche i costi sono simili. Le sorgenti luminose si differenziano nel tempo di riscaldamento necessario, che risulta irrilevante in caso di funzionamento continuo.

Lunghezza d'onda

Per il monitoraggio dell'eliminazione dei microinquinanti, sia in caso di ozonazione che negli impianti PAC, risulta efficace una lunghezza d'onda di 254 nm. Altre lunghezze d'onda, eventualmente in aggiunta, forniscono informazioni supplementari, ma nella maggior parte dei casi sono necessarie solo in presenza di problematiche specifiche (es. per rilevare singoli colori). [12]

Fenditura di misura

La larghezza della fenditura di misura (v. Figura 9) determina la colonna d'acqua presente tra sorgente luminosa e ricevitore. Maggiore è la fenditura, più precise saranno le misurazioni. Si deve tuttavia assicurare che il ricevitore riceva una quantità di luce sufficiente, cosa che non avviene, ad esempio, se la torbidità è molto alta. La fenditura deve quindi essere dimensionata in base alla qualità dell'acqua. Nelle acque di scarico a valle della decantazione finale risulta adeguata una fenditura compresa tra 35 mm e 100mm che, in base al tipo di sonda, corrisponde a un intervallo di misura di circa $0 - 75 \text{ m}^{-1}$ o circa $0 - 30 \text{ m}^{-1}$. Quando si deve scegliere la sonda UV/VIS, bisogna assicurarsi che i valori da misurare non siano ai margini dell'intervallo di misura,

Data: Febbraio 2018

poiché l'indicazione della precisione della sonda, ad es. $\pm 2,5\%$, si riferisce al valore finale dell'intervallo di misura. In presenza di problematiche specifiche, ad esempio all'IDA Herisau (sonde UV/VIS per SAC₂₅₄, SAC₃₆₆ (campo UV) e scala di colori SAC₄₃₆, SAC₅₂₅, SAC₆₂₀ (campo VIS)) è opportuno far analizzare le acque di scarico al fabbricante per accertarsi che, oltre alla corretta determinazione della fenditura di misura per ogni punto di misura, le sonde dispongano anche della calibratura generale ideale.

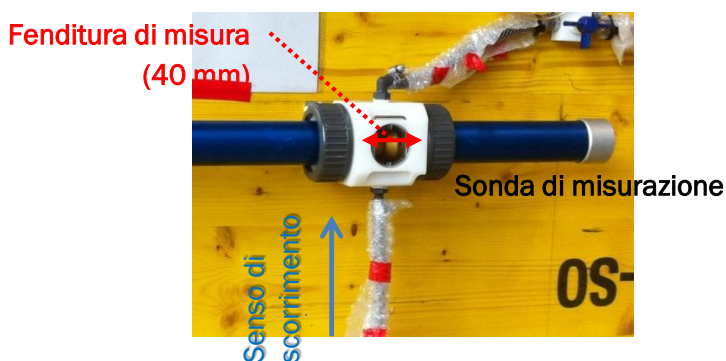


Figura 9: Foto sonda SAC₂₅₄ sala sperimentale Eawag, attraversata in verticale, foto piattaforma

Pulizia

In caso di impiego con l'ozono, la pulizia chimica automatica delle sonde (ad es. con acido fosforico) è molto importante per impedire la lenta migrazione (deriva) dei valori di misura a causa della prevista formazione di biofilm, in particolare dopo l'ozonazione. Per le applicazioni al carbone attivo è in genere sufficiente una pulizia meccanica automatica delle sonde (ad es. con spazzola o aria compressa). Se si utilizza molto ferro, le esperienze del Wupperverband [11] e gli esperimenti pilota all'IDA Vidy di Losanna [13] hanno dimostrato che è necessaria una pulizia chimica. L'intervallo di pulizia deve essere adattato alla qualità delle acque di scarico. Nell'esperimento su scala industriale svolto all'IDA Bülach è risultato adeguato un intervallo di 4 ore tra le pulizie automatiche con acido fosforico e aria compressa e una pulizia meccanica manuale (eseguita dall'operatore) alla settimana [9]. Sull'IDA Herisau, oltre alla pulizia automatica con aria compressa si esegue una pulizia manuale settimanale con acido. La pulizia automatica con aria compressa non è sufficiente a rispettare l'obiettivo della differenza relativa di $\pm 10\%$ tra i valori rilevati con la sonda ed i valori misurati in laboratorio (v. paragrafo Controllo della qualità). All'IDA Neugut, grazie a un lavaggio automatico ottimizzato con acido fosforico, le sonde devono essere pulite manualmente solo una volta ogni sei mesi.

Torbidità

La torbidità dovuta alla presenza di sostanze non disciolte comporta la dispersione della luce e, quindi, la misurazione di un SAC più alto. Molte sonde (non solo le sonde spettrali) compensano la torbidità misurando, oltre al SAC₂₅₄, il SAC a un'altra lunghezza d'onda e calcolando successivamente il SAC₂₅₄ compensato per la torbidità. In presenza di valori di torbidità molto alti (es. per le sonde nello scarico della decantazione finale, durante le precipitazioni) può succedere che la compensazione automatica della torbidità non sia sufficiente. Le esperienze del KomS e dell'Eawag attestano che una prefiltrazione previene questi problemi [8], tuttavia i filtri si otturano velocemente e si possono verificare ritardi e falsificazioni dei risultati di misurazione [7]. Se si tiene conto di questo effetto nell'interpretazione dei risultati, è possibile fare a meno della

Data: Febbraio 2018

prefiltrazione. Con una portata maggiore di 2 litri al minuto, l'operatore dell'IDA Neugut è riuscito a impedire la falsificazione del valore misurato a causa di singoli fiocchi di fango nel sistema. Con una velocità di scorrimento elevata le impurità attraversano la cella di misura a maggior velocità; la loro azione sul segnale di misura risulta impercettibile. Se la torbidità è costantemente elevata, l'alta portata non ha però alcun effetto sul valore di misura.

Per la scelta della calibratura globale, da parte del produttore, delle sonde spettrali con compensazione della torbidità, la torbidità del punto di misura è uno dei fattori decisivi secondo le esperienze raccolte all'IDA Herisau. La torbidità può inoltre avere un effetto sulla qualità della pulizia automatica con aria compressa. In alternativa è possibile pulire le finestre di misura con spazzole automatiche.

4.3 Montaggio

Per ottenere valori di misura precisi, è importante eseguire l'installazione a regola d'arte. Secondo le esperienze maturate all'IDA Neugut [4], è possibile ottenere un segnale stabile prestando le seguenti attenzioni durante il montaggio: flusso sulla cella di misura dal basso verso l'alto, portata > 2 L/min (in base alla fenditura di misura, la velocità di scorrimento è decisiva), per prevenire depositi di sostanze solide e bolle d'aria nel dispositivo di prelievo campioni. Le esperienze del KomS e dell'Eawag dimostrano che, se l'installazione è corretta o se il dispositivo di scorrimento è perfettamente verticale (v. Figura 9), le bolle d'aria possono fuoriuscire.

Le sonde possono essere montate con un bypass (raccordo passante, Figura 9) o a immersione (Figura 10). È possibile ipotizzare anche l'installazione diretta nella condotta principale, ma non si dispone ancora di esperienze.



Figura 10: Sonda SAC_{254,out} con fenditura di misura da 35 mm all'IDA Reinach (LED come sorgente luminosa), Oberwytental, montata ad immersione nel sottostante canale a monte della filtrazione a sabbia, foto piattaforma

4.4 Suggerimenti per il bando di concorso

Nel bando di concorso delle sonde si deve descrivere con la massima precisione possibile a quali punti di misura e con quale funzione devono essere utilizzate le sonde. Il testo deve contenere i dati seguenti (elenco non esaustivo):

- Parametri di misurazione
- Campo di misurazione
- Fluido/medio di misurazione

Data: Febbraio 2018

- Tipo di installazione (sensore a immersione nella vasca, direttamente nella condotta principale o in un bypass)
- Direzione del flusso sulla sonda
- Pulizia
- Disposizione del trasduttore di misura (es. lettura del valore di misura sul posto)
- Materiale delle condotte
- Numero di sonde e di flussi di acque di scarico da misurare
- ...

È inoltre opportuno tenere presente il montaggio delle sonde in-situ già in occasione della progettazione costruttiva e meccanica dell'impianto onde evitare conflitti con altri elementi (es. raschiatori a catena nel bacino di sedimentazione).

4.5 Manutenzione / controllo della qualità

Le prime esperienze dimostrano che l'utilizzo di sonde UV/VIS richiede tempo e pazienza, soprattutto all'inizio. Si deve fare distinzione tra la manutenzione dell'intero punto di misura (sensore, trasmettitore, raccordo, unità di pulizia, eventualmente condotte di alimentazione) e la manutenzione del sensore. La manutenzione del punto di misura occupa gran parte della manutenzione e dipende sostanzialmente dalle condizioni di processo (in primo luogo pulizia del sensore e del raccordo), per cui è qui possibile fare solo previsioni limitate. Sulla manutenzione del sensore i fabbricanti possono dare solo indicazioni generiche (intervallo di calibratura, sostituzione di parti soggette a usura come lampade o filtri UV). L'impegno di manutenzione dipende inoltre dalla precisione desiderata per la misurazione e quindi dallo scopo d'impiego. Le sonde danno un segnale stabile solo con un accurato controllo della qualità.

Controllo della qualità delle sonde UV/VIS mediante confronto tra valori sonda assoluti e valori SAC di laboratorio

Per il controllo della qualità è possibile confrontare regolarmente i valori di misura delle sonde con i valori di misura dei campioni filtrati (filtri a membrana 0,45 µm) dello spettrometro UV/VIS a 254 nm nel laboratorio dell'IDA e modificarli di conseguenza (v. esempio Figura 11). Si deve tenere presente che la maggior parte delle sonde SAC funziona senza prefiltrazione e quindi le misurazioni SAC online di campioni non filtrati vengono confrontate con i campioni di laboratorio filtrati. La Figura 12 mostra l'azione della filtrazione sulla misurazione SAC di laboratorio sulla base di un esempio.

Data: Febbraio 2018

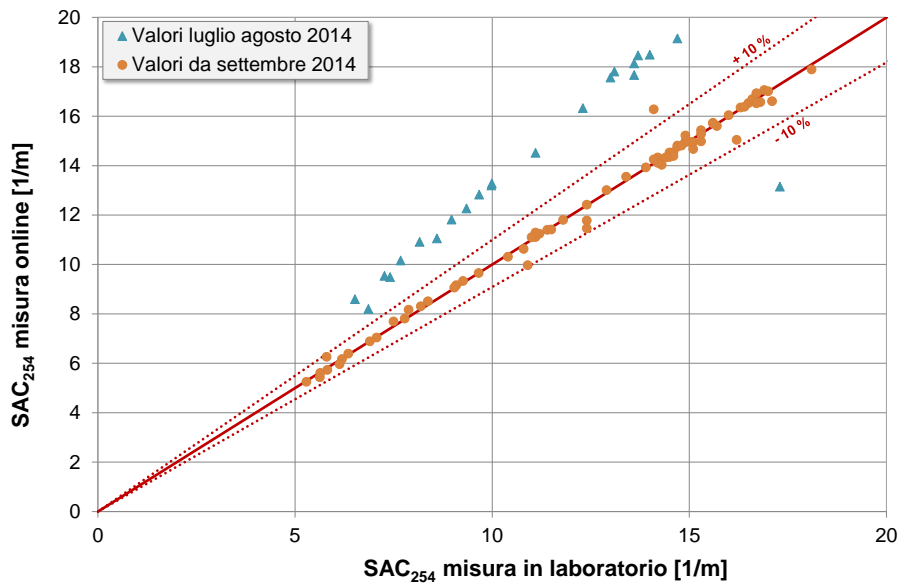


Figura 11: Esempio di controllo della qualità, confronto valore online SAC_{254} con valore di laboratorio SAC_{254} (filtrato, finestra obiettivo $\pm 10\%$, impianto di depurazione Mannheim, uscita filtro a sabbia, confronto valori di misura luglio/agosto (blu) e dopo correzione dei valori di misura dal settembre 2014 (arancione) [14]

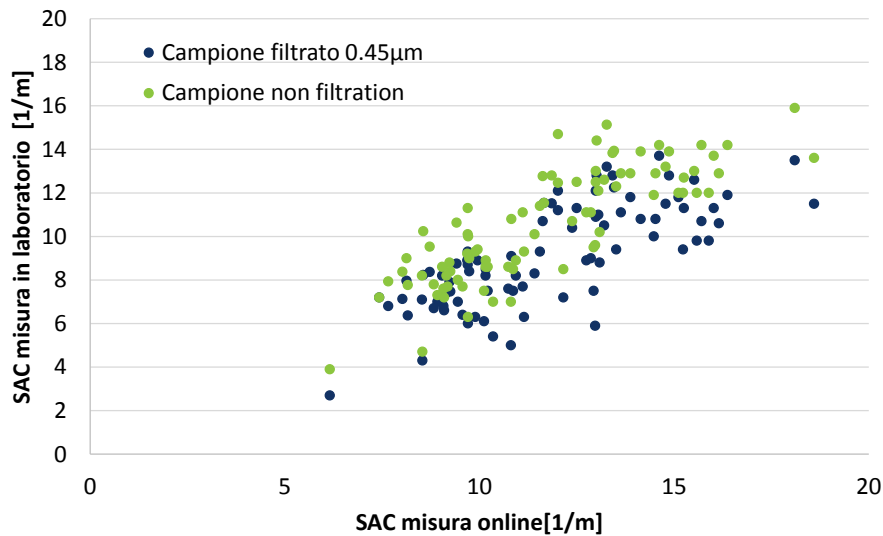


Figura 12 Confronto misurazioni online SAC con misurazioni SAC in laboratorio in base a campioni filtrati (blu) e campioni non filtrati (verde), esperimento pilota IDA Penthaz, figura Triform

All'inizio può essere opportuno confrontare quotidianamente i valori online delle sonde con i valori del laboratorio. Uno spettrometro nel laboratorio IDA per la misurazione nel campo UV più le apposite cuvette in quarzo (50 mm, pulite e senza detergenti) sono indispensabili per la calibratura e la verifica delle sonde. I fotometri presenti nei laboratori degli IDA misurano a volte solo nel campo VIS. In questi casi è necessario acquistare un nuovo spettrometro UV/VIS. La "misurazione zero" avviene con acqua deionizzata o distillata. [15]

Data: Febbraio 2018

Se si impiegano sonde SAC₂₅₄ per il controllo di processi a base di carbonio attivo è sufficiente una precisione relativamente bassa. Il valore assoluto dello scostamento massimo tra i valori delle sonde e quelli di laboratorio viene fissato in base alle esigenze e all'utilizzo. L'IDA Herisau, ad esempio, ha fissato un obiettivo di +/-10% per lo scostamento relativo tra valori delle sonde e valori di laboratorio. Le misurazioni SAC di laboratorio in campioni aggregati su 24h sono state registrate nel piano di campionamento generale e vanno a completare la sorveglianza tradizionale dell'esercizio. Si consiglia inoltre di misurare lo scostamento tra i valori delle sonde e i valori di laboratorio tramite campioni istantanei (es. su 10 min.).

Appena lo scostamento della differenza tra la misurazione SAC₂₅₄ online e le misurazioni di laboratorio con il valore teorico aumenta sempre nella stessa direzione (drift), è necessaria una pulizia accurata. Una deriva dei punti di misura è in genere dovuta alla presenza di sporco o a una variazione del regime di scorrimento. Se, dopo la pulizia, è comunque presente uno scostamento, si tratta di una deriva del sensore ed è pertanto necessario ricalibrare il sensore oppure sostituire le parti del sensore soggette a usura (lampade, filtri). È possibile riconoscere una deriva solo con un regolare confronto tra i valori della sonda e i valori di laboratorio o con due sonde (v. più avanti). In particolare, se la deriva delle due sonde è in senso opposto, il Δ SAC ne risente in modo massiccio. È possibile attenuare questa problematica utilizzando esclusivamente una sonda per SAC_{254,in} e SAC_{254,out} (v. "Disposizione nel procedimento").

Controllo della qualità mediante compensazione reciproca delle sonde e confronto della capacità d'eliminazione prevista tramite Δ SAC e le analisi dei microinquinanti

Se interessa solo il Δ SAC, è possibile fare a meno della compensazione dei valori sonda assoluti con le misurazioni SAC di laboratorio. In questo caso il controllo della qualità avviene attraverso il reciproco controllo delle sonde impiegate per SAC_{254,in} e SAC_{254,out} (entrambe le sonde possono misurare sia l'afflusso che l'efflusso oppure utilizzare solo una sonda in modo alternato) e la compensazione della capacità d'eliminazione con le analisi dei microinquinanti.

Per un controllo e una regolazione dell'ozonizzazione in base al bisogno, secondo il direttore dell'IDA Neugut è necessaria un'ottima corrispondenza tra le sonde UV/VIS. Per l'IDA Neugut è accettabile uno scostamento massimo di 0,05 E/m per entrambe le sonde SAC_{254,in} e SAC_{254,out} (per le conseguenze di scostamenti minori v. la Figura 13). Il valore SAC assoluto è secondario e all'IDA Neugut la compensazione con i valori SAC di laboratorio non è necessaria. Di importanza centrale per l'IDA Neugut è la corrispondenza tra l'eliminazione dei microinquinanti prevista con le misurazioni SAC online basate sulla correlazione della Figura 2 e la media delle analisi in laboratori delle dodici sostanze organiche traccia (v. Figura 14). A tal fine è auspicato un obiettivo di +/-3% (ideale +/- 2%).

Data: Febbraio 2018

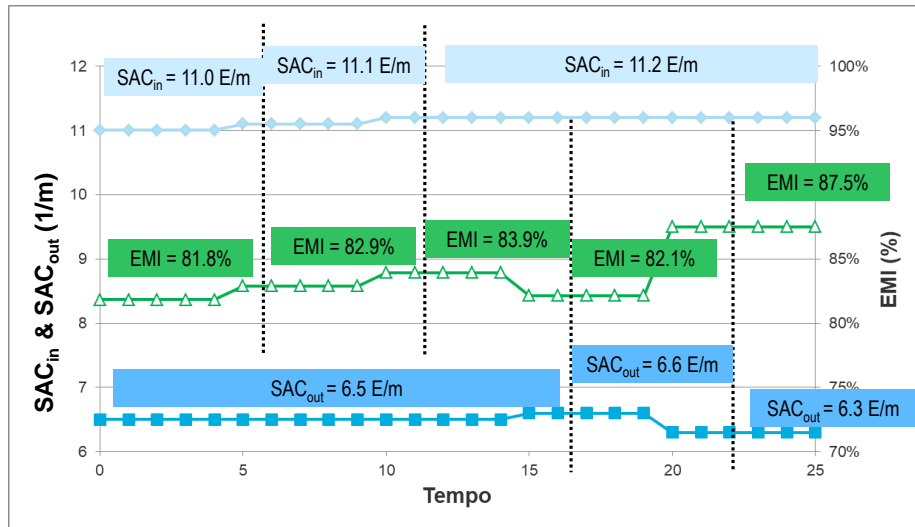


Figura 13 Effetti di scostamenti minimi del SAC_{in} e del SAC_{out} sull'eliminazione dei microinquinanti prevista e calcolata in base alla correlazione illustrata nella Figura 2 all'IDA Neugut, figura M. Schachtler IDA Neugut

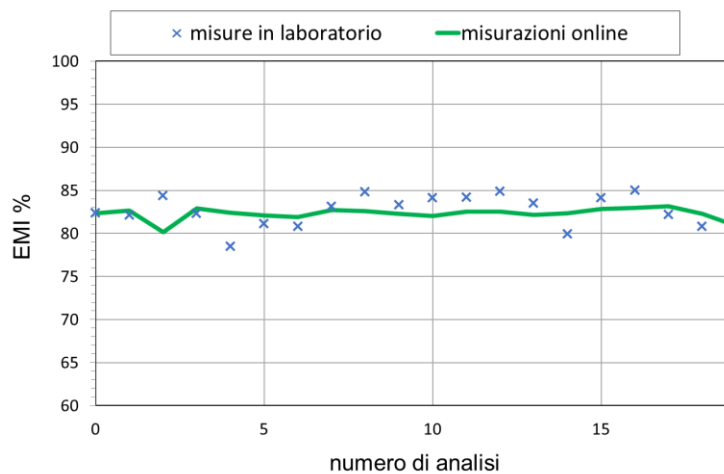


Figura 14 Confronto tra capacità d'eliminazione prevista secondo le misurazioni online SAC₂₅₄ e le analisi di laboratorio dell'eliminazione dei microinquinanti (media delle dodici sostanze organiche traccia) sull'intero IDA Neugut per il controllo della qualità, figura M. Schachtler IDA Neugut

Data: Febbraio 2018

5 Costi

I costi per l'utilizzo di sonde SAC₂₅₄ si basano su valori per esperienza e sono da intendersi come un valore indicativo di massima.

Apparecchi necessari	Costi approssimativi [CHF]
1 sonda SAC ₂₅₄ con pulizia automatica, incl. trasduttore di misura, installazione, raccordo passante, pompa prelievo campioni, engineering, messa in esercizio Escl. collegamento tubi e installazione elettrica	15'000 – 25'000
Strumento di misurazione da laboratorio UV (eventualmente presente o non necessario)	8'000 - 12'000

Tabella 1 Costi approssimativi per l'utilizzo di sonde SAC₂₅₄ per il controllo della capacità d'eliminazione

6 Soluzioni alternative alle sonde UV/VIS

Invece di installare le sonde, è possibile ottenere informazioni sull'eliminazione dei microinquinanti utilizzando esclusivamente misurazioni periodiche SAC₂₅₄ di campioni aggregati di 24h nel laboratorio dell'impianto di depurazione. Pur non potendo essere utilizzati per il controllo e la regolazione, sono comunque un buon valore indicativo del funzionamento dello stadio d'eliminazione MI. Durante l'esperimento pilota semi-tecnico condotto dal KomS all'IDA Schöngau, le misurazioni in laboratorio della diminuzione dell'assorbimento UV hanno mostrato come, in una prova di arresto di 3 giorni, la capacità d'eliminazione è diminuita continuamente per fermarsi infine su un valore costante. [16] A seconda dello scopo d'impiego della misurazione SAC sono pertanto sufficienti misurazioni regolari SAC₂₅₄ eseguite in laboratorio.

Per il controllo/la regolazione dei procedimenti basati sul carbone attivo con dosaggio del carbone attivo è possibile anche installare un analizzatore TOC nell'entrata dello stadio d'eliminazione MI.

7 Conclusione

Il Δ SAC₂₅₄ ha una buona correlazione con l'eliminazione dei microinquinanti e fornisce informazioni importanti sul funzionamento dello stadio d'eliminazione MI. Attraverso il controllo e la regolazione delle ozonizzazioni con il SAC_{254,in} o il Δ SAC₂₅₄ è possibile ottimizzare l'aggiunta di ozono. Se si utilizza il carbone attivo, le sonde SAC₂₅₄ servono o per il controllo del processo secondo il SAC_{254,in} (di cui si dispone di poche esperienze), oppure in aggiunta al controllo e alla regolazione per il monitoraggio del processo. I dati delle sonde online sono un completamento alle analisi di laboratorio prescritte per legge per il monitoraggio della capacità d'eliminazione dei MI.

Poiché il controllo della qualità delle sonde UV/VIS per la generazione di un segnale stabile è complesso, almeno durante la fase di messa in funzione si deve considerare un dispendio notevole per la manutenzione. È pertanto importante fare un'attenta valutazione dell'acquisto delle sonde online. In alternativa è possibile utilizzare come parametri di controllo i valori di misura UV ottenuti con lo spettrometro UV/VIS del laboratorio IDA.

Data: Febbraio 2018

Elenco delle fonti:

- [1] Piattaforma VSA "Verfahrenstechnik Mikroversäuberungen", Konzepte zur Überwachung der Reinigungsleistung von weitergehenden Verfahren zur Spurenstoffelimination (Tecnologie per la rimozione dei microinquinanti, sistemi per il monitoraggio della capacità d'eliminazione dei processi per l'eliminazione dei microinquinanti), www.micropoll.ch/dokumente/faktenblaetter/
- [2] De Souza K. V. e Peralte-Zamora P. (2001). Spectrophotometric determination of phenol in the presence of congeners by multivariate calibration. Anais da Academia Brasileira Ciências. vol.73 no.4 Rio de Janeiro.
- [3] Raccogliatore VSA "Messtechnik in der Siedlungsentwässerung" (Tecnica di misurazione nello smaltimento delle acque urbane), Capitolo 10.6.3, (2003), (nel 2018 uscirà una nuova versione)
- [4] Schachtler, M., Hubaux, N. (2016). BEAR: Innovative Regelstrategie der Ozonung – UV Messtechnik für Regelung und Überwachung der Elimination von Mikroverunreinigungen (Strategia di regolazione innovativa dell'ozonizzazione - Tecnica di misura UV per la regolazione e il monitoraggio dell'eliminazione di microinquinanti). Aqua & Gas Nr. 5, p. 84-93.
- [5] Triform, essais-pilotes – traitement des micropolluants par charbon actif en micrograins, 2017. rapport micropolluants essai N°1, Version A
- [6] Hubaux N., Schachtler M., Götz C., (2017): Eignung der UV-VIS-Sonden zur Überwachung der Spurenstoffelimination. (Idoneità delle sonde UV/VIS per il monitoraggio dell'eliminazione di microinquinanti). Korrespondenz Abwasser Nr. 10.
- [7] Fleiner, J. (2015). Praxisanwendung einer online UV-Messung zur Optimierung der Ozondosierung zur Elimination von Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser, Masterarbeit. (Applicazione pratica di una misurazione online UV per l'ottimizzazione del dosaggio di ozono per l'eliminazione dei microinquinanti dalle acque di scarico comunali, tesi). In collaborazione con l'Istituto federale per l'approvvigionamento, la depurazione e la protezione delle acque, Eawag, Dübendorf, Svizzera, e l'IDA Neugut, Dübendorf, Svizzera. www.micropoll.ch
- [8] Wittmer, A., Ramisberger, M., Böhler, M., Heisele, A., Hollender, J., Mc Ardell, C., Longrée, P., Siegrist, H. (2013) UV-Messung zur Regelung der Ozondosis und Überwachung der Reinigungsleistung – Labor- und halbtechnische Pilotversuche (Misurazione UV per la regolazione della dose di ozono e il monitoraggio della capacità d'eliminazione - Esperimenti pilota semitecnici e di laboratorio). Eawag, rapporto conclusivo, progetto n. 85341.
- [9] Krappmann N., Bachelorarbeit (tesi di laurea) 2017: Praxisanwendung und Test von zwei online UV-Sonden zur optimierten Ozondosierung und zur Überwachung der Effizienz der Spurenstoffelimination aus kommunalem Abwasser, Bachelor-Arbeit an der Eawag, Hochschule Weihenstephan – Triesdorf (D), Erstkorrektor Prof. Dr. - Ing. O. Christ, Zweitkorrektor Dipl. Ing. M. Böhler (unveröffentlicht). (Applicazione pratica e test di due sonde UV online per l'ottimizzazione del dosaggio di ozono e il monitoraggio dell'efficacia dell'eliminazione dei microinquinanti dalle acque di scarico comunali, lavoro di dottorato

Data: Febbraio 2018

presso Eawag, Scuola universitaria Weihenstephan - Triesdorf (D), primo correttore Prof. Dr. - Ing. O. Christ, Secondo correttore Dipl. Ing. M. Böhler (non pubblicato).

- [10] Wunderlin, P., Joss, A., Fleiner, J. (2017). Zwischenbericht Elimination von Spurenstoffen durch granulierten Aktivkohle (GAK) Filtration: Grosstechnische Untersuchungen auf der ARA Bülach Furt, (Rapporto intermedio eliminazione di microinquinanti con filtrazione su carbone attivo granulato (GAC): analisi su scala industriale all'IDA Bülach Furt) Eawag und Praxispartner, www.micropoll.ch/dokumente/berichte/
- [11] Hachenberg, M., Wupperverband, E-Mails 2017.
- [12] Eberhard P. und Götz C., (2017). S::can Sonden ARA Bachwis, Präsentation Aracom und Envilab, www.micropoll.ch/plattform/arbeitsgruppensitzungen
- [13] Margot, J., Magnet, A., Thonney, D., Chèvre, N., de Alencastro, F., Rossi, L. 2011. Traitement des micropolluants dans les eaux usées – Rapport final sur les essais pilotes à la STEP de Vidy (Lausanne). Ed. Ville de Lausanne
- [14] Neef, J., 2017: Präsentation Erfahrungen mit SAK-Sonden (Presentazione esperienze con sonda SAC), Baden-Württemberg, KomS, www.micropoll.ch/plattform/arbeitsgruppensitzungen
- [15] D. Rensch, J. Margot, M. Schachtler, P. Wunderlin (2016). Betriebsüberwachung von Anlagen zur Elimination von Mikroverunreinigungen (EMV) (Monitoraggio dell'esercizio di impianti per l'eliminazione dei microinquinanti (EMV), seminario VSA Emmetten 3.6.16/4.11.16
- [16] Rössler, A., Metzger, S., 2015. Untersuchungen zur Spurenstoffelimination mittels simultaner Pulveraktivkohledosierung auf der ARA Schöngau – Abschlussbericht (Studi sull'eliminazione di sostanze organiche tracce mediante dosaggio simultaneo di carbone attivo in polvere all'IDA Schöngau - Rapporto conclusivo). Centro di competenza sostanze in tracce Baden-Württemberg, www.micropoll.ch/dokumente/berichte/