

Využití provozních fotometrů pro kontinuální měření parametrů vody

Ing. Josef Pišan, TECHNOPROCUR CZ, spol. s r.o.

Historie provozní fotometrie

První případy provozního nasazení kontinuálních provozních fotometrických přístrojů se datují do 40. let minulého století. Prvním médiem, jehož zákal se začal kontinuálně měřit však nebyla voda, nýbrž pivo. Tehdy byl ve Švýcarsku požádán pan Dr. Willy Sigrist, uznávaný odborník v oboru fotometrie, o návrh provozního optického přístroje, který by hlídal účinnost filtračního procesu při finální filtraci piva. Provozní využití teoretických poznatků doposud využívaných pouze při laboratorních měřeních pro něho bylo velkou výzvou a s využitím svých znalostí optiky, mechaniky a elektroniky sestrojil Dr. Sigrist v roce 1946 první provozní zákaloměr a založil firmu SIGRIST.

Tato první instalace dopadla úspěšně a zakázky pro další pivovary na sebe nenechaly dlouho čekat. Jelikož se v tomto úvodním období jednalo skutečně o kusovou výrobu s elektronikou na úrovni tehdejší doby, byly to přístroje značně rozměrné a samozřejmě i drahé. Z tohoto důvodu byly první instalace zrealizovány na měření zákalu piva v pivovarech, kde vzhledem k nutnosti kontinuální kontroly kvality finálního produktu byli ochotni tyto nemalé finanční prostředky vynaložit. Teprve později postupem času a s příchodem cenově dostupnějších modelů začala být provozní fotometrie využívána i na nejrůznějších aplikacích pro měření parametrů vody.

Firma SIGRIST je průkopníkem v oboru provozní fotometrie již 60 let a dá se říci, že i dnes v době tvrdého konkurenčního boje si udržuje před svými konkurenty náskok a díky jedinečným technickým řešením použitých v jejich přístrojích vycházejí při zvážení poměru cena/výkon fotometry se značkou SIGRIST na většině aplikací pro zákazníky nejvýhodněji. Značka SIGRIST je stále synonymem pro přesné a dlouhodobě spolehlivé fotometry s minimálními nároky na údržbu.

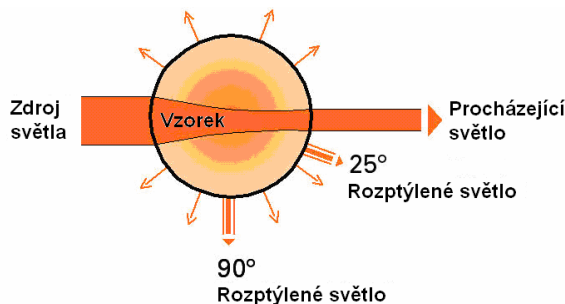
Měřicí principy

V on-line provozních fotometrech SIGRIST se obecně využívají tři základní měřicí principy:

- nefelometrie (měření rozptylu světla) ... **měření zákalu**
- absorpce (měření útlumu světla specifické vlnové délky) ... např. **měření barvy vody, obsahu organických látek** apod.
- fluorescence (měření světla o změněné vlnové délce) ... **měření obsahu ropných látek**

Měření zákalu (rozptyl světla, nefelometrie)

Pevné (nerozpuštěné) částice vytvářejí v kapalině zákal. Při průchodu světelného paprsku vzorkem způsobují tyto částice rozptyl světla. Měření intenzity rozptýleného světla a stanovení úrovně zákalu proto poskytují spolehlivou informaci o koncentraci pevných částic v kapalině. Čím více je pevných částic ve vzorku, tím větší je intenzita rozptýleného světla i indikovaná hodnota zákalu.



Obrázek 1: Princip měření zákalu

Norma ČSN ISO 7027 pro měření zákalu pitné vody, která se používá pro definici měření zákalu i na ostatních aplikacích, jasně definuje tři základní požadavky, které musí přístroje pro měření zákalu splňovat. První požadavek se týká optického uspořádání. Je požadováno, aby se zákal určoval pomocí měření intenzity rozptýleného světla detekovaného pod úhlem 90° (viz obrázek 1). Druhou podmínkou je použitá vlnová délka. Aby přístroj vyhovoval této normě, musí být pro měření využíváno světlo o vlnové délce 880 nm. Třetí podmínkou je, že přístroj musí být nakalibrován formazinem v jednotkách FNU (Formazine Nephelometric Units). Formazin je jednoznačně definovaný zákalový standard. Jednotky FNU jsou oficiální mezinárodně uznávané jednotky měření zákalu. Někdy se můžete setkat ještě s jednotkami NTU, TEF, ZF nebo SiO₂, případně v pivovarech s jednotkami EBC. Lze říci, že pokud přístroj měří v souladu s normou ČSN EN ISO 7027 platí následující vztahy:

$$1 \text{ NTU} = 1 \text{ TEF} = 1 \text{ ZF} = 1 \text{ FNU}$$

$$1 \text{ EBC} = 4 \text{ FNU}$$

$$3,25 \text{ SiO}_2 = 1 \text{ FNU}$$

Pokud však přístroj používá jinou vlnovou délku nebo jiné optické uspořádání než měření rozptylu světla pod úhlem 90°, nemusí výše uvedené přepočty na jednotky FNU platit.

Často bývá požadavek na měření zákalu v jednotkách mg/l. Jelikož však zákal způsobený pevnou látkou o určité hmotnosti závisí na řadě faktorů jako jsou především velikost částic, barva částic a měrná hustota látky, nemůže být zákaloměr nakalibrován na jednotky mg/l již od výrobce. Ten nemůže vědět, jaká látka o jaké konzistenci bude v konkrétním případě zákal způsobovat. Snadno si lze například představit, že několik zrníček látky o vysoké měrné hustotě (např. kousky rzi) může způsobit o několik řádů nižší zákal než jiná látka o totožné celkové hmotnosti, avšak ve formě drobných částic a s nižší měrnou hustotou (např. jemný kal). Hmotnosti v mg/l budou v obou případech totožné, avšak způsobený zákal naprosto odlišný.

To je důvod, proč zákaloměry přicházejí od výrobce nakalibrovány v obecně platných a jednoznačně definovaných jednotkách FNU. Zákaloměry SIGRIST však uživateli umožňují udělat si vlastní i vícebodovou kalibrační (převodní) křivku „zákal-nerozpuštěné látky“ a nastavit tak přístroj pro měření nerozpuštěných látek charakteristických pro konkrétní aplikaci. Stačí odebrat několik vzorků při různých hodnotách zákalu a nechat změřit obsah nerozpuštěných látek v laboratoři. Získanou tabulku hodnot „zákal v FNU – nerozpuštěné látky v mg/l“ lze zadat řídicí jednotce zákaloměru a přístroj poté již zobrazuje měřené hodnoty automaticky v jednotkách mg/l.

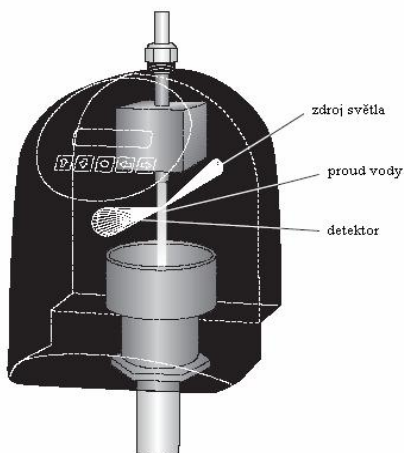
Zákaloměry SIGRIST AquaScat a jejich typické aplikace

Zákal je důležitý parametr vypovídající o čistotě vody. Je využíván pro kontrolu a řízení jednotlivých procesních kroků úpravy vody jako například čiření a filtrace. Kontinuálně bývá sledována i surová voda na vstupu na úpravnu a samozřejmě také kvalita výstupní upravené vody.

Pro měření zákalu na úpravkách vody je určena nejnovější modelová řada SIGRIST AquaScat. Na výběr jsou tři verze: AquaScat HT, AquaScat WTM a AquaScat P.



SIGRIST AquaScat WTM
SIGRIST AquaScat HT



Měřící princip



SIGRIST AquaScat P

Firma SIGRIST využívá již po mnoho let v některých svých přístrojích bezkontaktní měření ve volně padajícím paprsku vzorku, kdy žádný z optických komponent nepřichází do kontaktu s měřeným médiem. Bezkontaktní měření tak eliminuje problémy se znečišťováním sklíček optiky, které nastává důsledkem usazování nerozpuštěných látek a vylučování chemických sloučenin. Nároky na údržbu jsou u bezkontaktního měření sníženy na minimum. Jelikož v cestě měřicího paprsku nejsou žádné přechody voda-sklo, jsou falešné odrazy světla významně redukovány a je možné měřit precizně i extrémně nízké hodnoty zákalu - dokonce pod 0,01 FNU s citlivostí na 0,001 FNU. Tuto jedinečnou bezkontaktní metodu využívají i zákaloměry AquaScat HT a AquaScat WTM.

AquaScat HT (High Turbidities) poskytuje 8 rozsahů od 0 - 10 FNU až po 0 - 4000 FNU. Tato ekonomická cenově zvýhodněná verze měří s rozlišením 0,1 FNU. Zákaloměr **AquaScat HT** je optimálním řešením pro měření zákalu surové vody nebo zákalu na výstupu z čističky. Kontinuální měření **zákalu surové vody** umožňuje vědět včas o změnách kvality vstupní surové (např. říční) vody, což umožňuje přijmout odpovídající opatření v procesu úpravy. Měření **zákalu na výstupu vody z čističky** hlídá činnost čističky, tudíž především to, jak efektivně proces čiření probíhá (jakého zákalu je na výstupu čističky dosahováno) a také to, zda-li z čističky neutíká nadměrné množství vloček, které by způsobily předčasné zanesení pískových filtrů. Kontrola a řízení provozu čističky má zásadní vliv na délku provozních cyklů pískových filtrů (účinnější čiření = snížení četnosti praní = úspora energie, prací vody).

AquaScat WTM, který měří s rozlišením 0,001 FNU, nabízí ve standardní dodávce 8 rozsahů v rozpětí od 0 - 0,1 FNU až po 0 - 500 FNU. Používá rovněž bezkontaktní měření a volitelně může být vybaven systémem automatické kalibrace. AquaScat WTM je používán pro vysoce citlivý **monitoring zákalu za pískovými filtry a zákalu výstupní vody z úpravy**. Měření zákalu za pískovým filtrem poskytuje spolehlivou informaci o řádném najetí filtru, hlídá průběh filtrace a citlivě indikuje nárůst obsahu nerozpuštěných látek (např. nerozpuštěného železa) při konci filtračního cyklu. Při nasazení za pískovými filtry může být zákaloměr zároveň využit i během praní filtrů pro měření zákalu prací vody za účelem **optimalizace doby praní filtru** (zkrácení doby praní = úspora energie, prací vody, času). Stačí přivést druhý vzorek (z větve prací vody) a při přepnutí vyhodnocovat odpovídající analogový výstup. Řídící jednotka má 2 analogové výstupy a každému výstupu lze přiřadit i různý rozsah, například: první výstup – výstupní voda – rozsah 0...10 FNU, druhý výstup – prací voda – rozsah 0 – 100 FNU. Za běžného provozu filtru se měří vzorek filtrované vody z výstupu filtru a při praní filtru vzorek výstupní prací vody. Jakmile při praní zákal prací vody poklesne pod určitou mez, není potřeba v praní pokračovat, filtr se může najet a přepne se i vstup zákaloměru AquaScat na výstupní filtrovanou vodu.

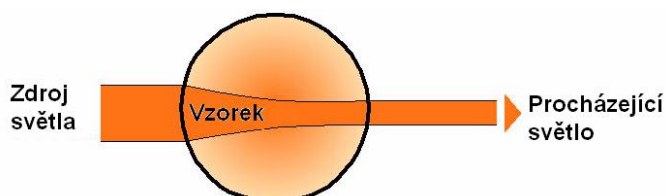
Obsluha, údržba i kalibrace obou systémů (AquaScat HT a WTM) je naprosto totožná. Spolu s přístroji lze zakoupit skleněný kalibrační standard o definované hodnotě zákalu (změřené při expedici přístroje poté co výrobce provedl nakalibrování přístroje formazinem), kterým lze snadno a rychle provést kontrolu, případně kalibraci přístroje, aniž by bylo potřeba manipulovat s formazinem (karcinogenní látka). Jeden skleněný referenční standard lze použít i pro postupné nakalibrování několika zákaloměrů.

Nabídku doplňuje verze **AquaScat P**, která má uzavřenou průtočnou celou pro měření pod tlakem. Ta se používá v případě, že voda je silně zavzdušněná nebo pro optimalizaci (minimalizaci) spotřeby vzorku vody. Tato verze je použitelná například pro měření zákalu kondenzátu. Citlivé měření zákalu s rozlišením na 0,001 FNU může sloužit pro sledování obsahu korozních produktů (oxidů železa) ve vodě.

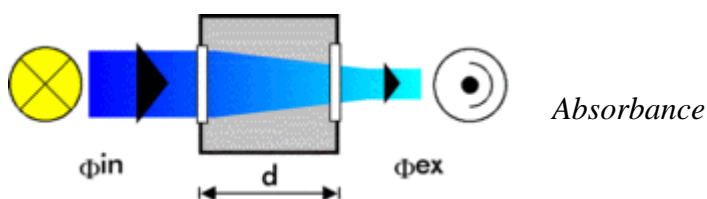
Lze konstatovat, že modelová řada SIGRIST AquaScat umožňuje realizovat všechny aplikace měření zákalu, vyskytující se na úpravkách vody, elektrárnách a teplárnách. Všechny tři verze zákaloměrů SIGRIST AquaScat měří v souladu s normou pro měření zákalu pitné vody ČSN EN ISO 7027.

Měření absorbce (útlum světla v přímém směru)

Absorpční fotometry využívají tu vlastnost některých látek, že jejich molekuly způsobují útlum světla pouze při určité vlnové délce. Měření útlumu světla specifické vlnové délky tak lze určit koncentraci měřené substance. Čím větší je koncentrace měřené substance, tím slabší intenzitu má paprsek světla po průchodu měřicí celou. Závislost mezi útlumem světla a koncentrací je dána Lambert-Beerovým zákonem (viz dále).



Pokud světlo určité vlnové délky prochází vzorkem, je část jeho energie pohlcena molekulami vzorku. Následkem toho má vycházející paprsek Φ_{ex} nižší energii než paprsek vstupující Φ_{in} .



Množství absorbovaného světla (absorbance A) je obecně popsáno Lambert-Beerovým zákonem a je přímo úměrné koncentraci absorbující substance c a délce optické cesty v médiu (délce kyvety) d,

$$\text{Lambert-Beerův zákon ... } \mathbf{A = k \cdot c \cdot d}$$

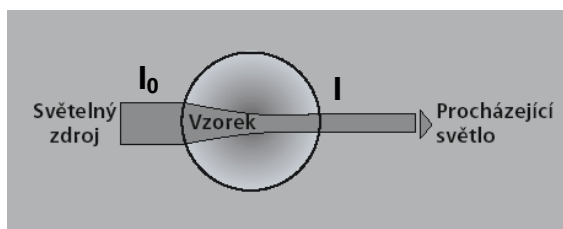
kde koncentrace c je vyjádřena v mol/l a délka optické cesty d (délka kyvety) v cm. Konstanta úměrnosti k (relativní spektrální absorpční koeficient) je specifická konkrétní měřené substanci a použité vlnové délce (zpravidla se používá vlnová délka při níž je útlum způsobený danou substancí nejvyšší).

Pokud je použito monochromatické světlo a patřičný měřicí rozsah (závisí na délce měřící cely), funguje Lambert-Beerův zákon spolehlivě se skvělou přesností. Díky tomu lze koncentrace substancí rozpuštěných v kapalinách nebo plynech určovat pomocí měření absorbance A.

Absorbance A (dříve označovaná jako „extinkce E_{λ} “) je záporný logaritmus spektrální transmittance T.

$$\text{Absorbance ... } \mathbf{A = - \log T}$$

Spektrální transmittance je dána poměrem intenzity světla vystupujícího z kyvety ku původní intenzitě světla do kyvety vstupující.



$$\text{Transmittance ... } \mathbf{T = I / I_0}$$

z toho vyplývá

$$\text{Absorbance ... } \mathbf{A = - \log T = - \log (I / I_0)}$$

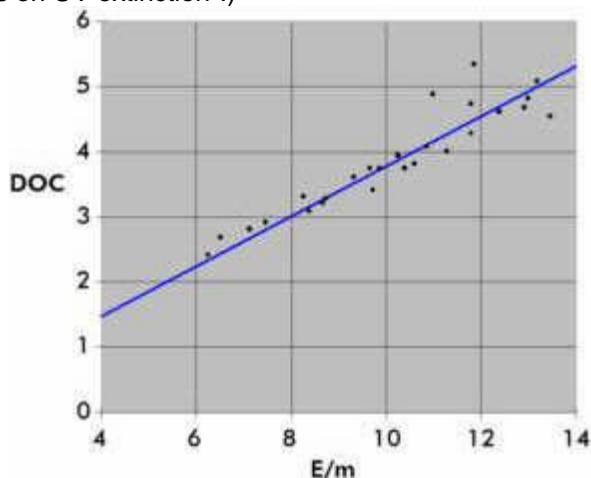
[bezrozměrná veličina]

Absorbance (útlum) světla je přímo úměrná koncentraci měřené substance a délce optické dráhy světla v měřeném médiu světla (délce měřící cely). Abychom měřili přesně s potřebnou citlivostí, používají se pro nízké měřící rozsahy koncentrací a vysokou citlivost delší měřící cely (např. 100 mm) a pro vysoké koncentrace stačí zcela kratší (např. 5 mm nebo 10mm). Aby nebylo třeba uvádět v jak dlouhé měřící cele byla konkrétní hodnota absorbance naměřena, používá se veličina absorpční koeficient, což je absorbance vztažená na jednotkovou délku měřící cely

Absorbční koeficient ... **$a = A / d$**
 $[m^{-1}]$ popř. $[cm^{-1}]$
d ... délka kyvetu (v m nebo cm)

Měření UV absorpčního koeficientu při $\lambda = 254$ nm umožňuje jednoduše a kontinuálně sledovat celkový obsah rozpuštěných organických látek ve vodě. Tato měřená hodnota se nazývá spektrální absorpční koeficient (absorbance při 254 nm vztažená na kyvetu 1 cm) a dává informaci o obsahu rozpuštěného organického uhlíku (DOC ... dissolved organic carbon) ve vodě. Naší normou pro pité vody uváděné měření UV absorbance v kyvetě délky 1cm odpovídá tomuto spektrálnímu absorpčnímu koeficientu SAK 254 vyjádřenému v jednotkách $[cm^{-1}]$.

Body v následujícím grafu znázorňují korelaci UV absorpčního koeficientu při 250 nm a laboratorně stanovených hodnot DOC (obsahu rozpuštěného organického uhlíku) v řece Rýn v Karlsruhe. (H. Sontheimer/W. Weindel, "Application of summary parameters in the determination of organic substances in water, with special emphasis on UV extinction".)



Korelace mezi UV absorbancí (vyjádřena v Ext/m) při 250 nm a DOC v řece Rýn v Karlsruhe

V následující tabulce jsou uvedeny příklady kontinuálně měřených hodnot UV absorpčního koeficientu a odpovídající laboratorně změřené koncentrace rozpuštěných organických látek v jednotlivých fázích úpravy vody na úpravně vody Zürich Lengg. Je zde vidět vliv jednotlivých kroků úpravy vody na odstraňování rozpuštěných organických látek.

	Surová voda	Po ozonizaci	Za filtrem s aktivním uhlím	Upravená voda
DOC (dissolved organic carbon) [mg/l]	1,3	1,2	0,9	0,8
SAK254 (UV absorpční koeficient) [m ⁻¹]	3,1	1,1	0,7	0,7

Příklad: UV absorpční koeficient a rozpuštěný organický uhlík (úpravna Zürich Lengg)

Absorpční fotometr SIGRIST ColorPlus a jeho typické aplikace

Pro aplikace umožňující využít absorpčního měřicího principu dodává firmy SIGRIST provozní fotometr ColorPlus. Existují jednak in-line verze, které se montují přímo na potrubí a měří bez potřeby odběru vzorku z potrubí, ale pro aplikace na úpravnách vody se většinou používají by-pass verze s průtočnou celou délky 50 nebo 100 mm, které měří vzorek přiváděný odbočkou z hlavního potrubí. Typickou aplikací provozních fotometrů SIGRIST ColorPlus je **měření UV absorpčního koeficientu (DOC .. rozpuštěný organický uhlík)** při vlnové délce 254 nm v jednotlivých krocích úpravy vody. Měřené hodnoty mohou být indikovány v jednotkách Ext/m příp. Ext/cm nebo mohou být automaticky přepočítávány na mg/l organických látek (po zadání převodní závislosti dle výsledků laboratoře).

Druhou typickou aplikací, která může být realizována i zároveň ve stejném přístroji jako předchozí, je **měření barvy vody** například vlnovou délkou 436 nm, což je důležité především při úpravě vod se zvýšeným obsahem huminových látek. Lze měřit jednotlivé kroky úpravy jako v předchozím případě nebo alespoň vstupní surovou vodu (pro upozornění na zhoršení kvality vstupní vody) a barvu upravené vody (pro kontrolu odstranění huminových látek). Při měření barvy jsou měřené hodnoty vyjádřeny přímo v platinovém čísle, tj. v jednotkách mg/l Pt, které jsou ekvivalentem celosvětově používané jednotky Hazen (1 mg/l Pt = 1 Hazen).



SIGRIST ColorPlus by-pass



SIGRIST ColorPlus In-line

Aby bylo měření absorbance dlouhodobě stabilní, přesné a vyžadovalo minimální údržbu, musí být eliminována řada rušivých vlivů, které by vypovídací schopnost a výsledky měření mohly ovlivnit.

Jak eliminuje SIGRIST ColorPlus rušivé vlivy

Stabilita optoelektronických komponent (světelného zdroje, detektorů)

Absorpční fotometr SIGRIST ColorPlus může být využit pro měření absorbance až při třech různých vlnových délkách. Jedním přístrojem tak lze například měřit UV absorbanci při 254 nm, barvu při 436 nm (nebo jiné vlnové délce) a zároveň opticky kompenzovat zákal měřením útlumu při vlnové délce 650 nm.

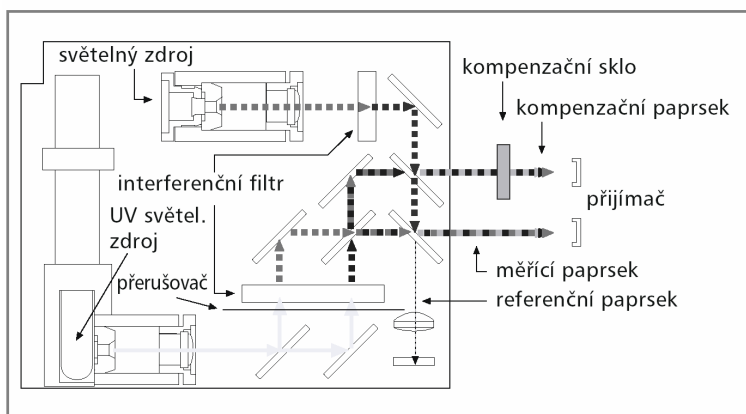
V přístroji SIGRIST ColorPlus se používají dva typy světelných zdrojů:

Rtuťová výbojka B61 pro vlnové délky 254, 313, 365, 436, 546 nm

LED zdroje pro různé vlnové délky od 390 nm do 700 nm

Absorpční fotometry SIGRIST ColorPlus využívají **dvou paprskovou metodu**. Pro každou použitou vlnovou délku je prováděno referenční měření pomocí druhého detektoru umístěného v pouzdře vysílače. Díky tomuto uspořádání jsou i dichromatické varianty přístroje SIGRIST ColorPlus se dvěma i třemi použitými vlnovými délkami skutečně dvou paprskovými přístroji s takřka nulovým driftem.

Světelné paprsky vysílané ze světelných zdrojů jsou upravovány na požadované vlnové délky pomocí interferenčních filtrů. Systémem zrcátek a polopropustných zrcátek jsou paprsky rozdělovány na měřicí, kompenzační a referenční paprsek. Měřicí a kompenzační paprsek procházejí měřicí celou se vzorkem, kde jsou částečně pohlcovány měřenou substancí a jejich intenzita je měřena přijímačem. Kompenzační paprsek slouží ke kompenzaci znečištění skel (viz dále). Referenční paprsek slouží jako referenční signál kompenzující stárnutí světelných zdrojů a detektorů.



Bypass, UV/VIS, 3 vlnové délky (DOC, barva, kompenzace zákalu)

Příklad optického uspořádání fotometru ColorPlus určeného pro měření UV absorbance, barvy, včetně optické kompenzace zákalu a automatické kompenzace znečištění skel cely

LED zdroje pracují v pulzním režimu a světlo ze rtuťové UV lampy je přerušováno rotujícím stínítkovým diskem (přerušovač). Výsledkem toho je, že paprsky jednotlivých vlnových délek dopadají na fotodetektory (přijímače) střídavě. Stínítkový disk má rovněž polohu, ve které jsou paprsky blokovány, to je nulová hodnota (využívána pro kompenzaci optického a elektronického šumu).

Propracované měřicí technologie přístrojů SIGRIST zcela eliminují měřicí chyby, které by mohly vzniknout vlivem stárnutí komponent. To dává fotometrům SIGRIST vynikající dlouhodobou stabilitu, nenáročnost na údržbu a vysokou životnost. Po celou dobu životnosti přístroje není potřeba přenastavovat elektroniku (předpokládaná životnost 15 let a více).

Útlum způsobený přechody sklo/voda a vliv znečištění skel průtočné cely

Na rozdíl od teoretické transmitance způsobené útlumem světla na molekulách měřené substance je ve skutečnosti nutno eliminovat ztrátu intenzity světla způsobenou odrazy na sklech průtočné cely a také ztrátu intenzity způsobenou znečištěním skel květy. V praxi to bývá například v laboratoři realizováno provedením srovnávacího měření cely naplněné médiem bez absorbující substance.

Jelikož i ta nejlépe upravená voda vytváří postupně na smáčených površích povlak, jehož síla a tudíž i jím způsobovaný optický útlum s časem narůstá, je třeba tento rušivý vliv kontinuálně vyhodnocovat a kompenzovat.

Fotometr SIGRIST ColorPlus rozptyl na přechodu voda/sklo a útlum vlivem znečištění skel automaticky spolehlivě kompenzuje. Procentuální úroveň znečištění skel průtočné cely ukazuje uživateli jeden z diagnostických parametrů řídicí jednotky. Pokud se znečištění skel přiblíží úrovni, kdy by již fotometr nebyl schopen znečištění automaticky kompenzovat, je spuštěn alarm, který upozorní obsluhu na potřebu vyčištění skel měřící cely.

Pro měření UV absorbance na úpravách vody se používají fotometry SIGRIST ColorPlus vybavené bypass průtočnou celou s délkou optické cesty 50 nebo 100 mm. Skrz průtočnou celou procházejí dva světelné paprsky: měřicí a referenční (viz. nákres na předchozí straně). Referenční paprsek prochází navíc přes přidavné **kompenzační sklo**, které je vloženo do průtočné cely a je smáčeno z obou stran vzorkem obdobně jako jsou smáčeny (vždy z jedné strany) dvě skla, jimiž světlo vstupuje a vystupuje z cely. Referenční paprsek je tudíž utlumen dvěma přechody voda/sklo na vstupu a výstupu světla z měřící cely a navíc dalšími dvěma přechody voda/sklo na kompenzačním skle. Měřicí paprsek je utlumen pouze dvěma přechody voda/sklo na vstupu a výstupu měřící cely. Rozdíl intenzity měřícího a referenčního paprsku představuje útlum způsobený rozptylem světla na dvou přechodech voda/sklo a znečištěním skel cely. Toho využívá fotometr SIGRIST ColorPlus pro automatickou kompenzaci těchto vlivů. Tento systém

zabraňuje měření nesprávných hodnot, způsobených postupně narůstajícím znečištěním skel a výrazně tak snižuje nároky na údržbu.

Vliv zákalu

Nerozpuštěné látky (zákal) ve vzorku vždy ovlivňují měření absorbance. Pro eliminaci vlivu zákalu je možné použít dva postupy. Prvním je zařazení **filtrační jednotky** do trasy vzorku před fotometr SGRIST ColorPlus. Druhým možným postupem je použití fotometru SGRIST ColorPlus s automatickou optickou kompenzací zákalu pomocí druhé použité vlnové délky (**dichromatické měření**). Automatická optická kompenzace zákalu je zajišťována pomocí dichromatického měření při dvou různých vlnových délkách, aniž by bylo potřeba vzorek filtrovat. Světlo o vlnové délce 254 nm je tlumeno organickými látkami i zákalem, kdežto světlo o vlnové délce 650 nm je tlumeno pouze vlivem zákalu. O tuto hodnotu útlumu způsobeného zákalem je kompenzováno měření absorbance. Lze nastavit, zda-li má indikovaná a výstupní měřená hodnota odpovídat absorbanci s kompenzací nebo bez kompenzace zákalu. Fotometr může být vybaven ventilovou jednotkou pro snadné změření doneseného vzorku a lze tak snadno změřit bodový vzorek z jiného měřicího místa.

Kalibrace, měřicí rozsahy

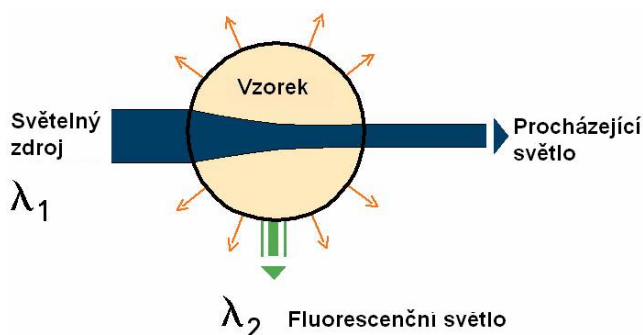
SGRIST ColorPlus je nakalibrován z výrobního závodu pro parametr, k jehož měření je určen a po připojení vzorku a napájení je ihned připraven k použití. Kalibraci lze periodicky ověřovat provedením kontroly nastavení nuly s použitím nulového média, například ultračisté demineralizované vody a kontrolou strmosti pomocí vestavěného optického filtru s definovanou absorbancí.

Měření fotometrem SGRIST ColorPlus je vysoce citlivé a přesné. Pro všechna poptávaná měřicí místa doporučujeme použít fotometr s průtočnou celou délkou 100 mm. Fotometr SGRIST ColorPlus je již v základním provedení vybaven osmi přednastavenými měřicími rozsahy od 0 - 0.05 E až po 0 - 3 E což vyjádřeno v UV absorbanci na 1 cm a při použití průtočné cely 100 mm představuje rozsahy od 0 – 0.005 cm^{-1} až po 0 – 0.3 cm^{-1} . Rozsahy jsou volně konfigurovatelné.

Měření fluorescence (světlo o změněné vlnové délce) ... ropné látky

Třetím optickým měřicím principem, který je využíván v provozních fotometrech SGRIST, je princip fluorescence. Polyaromatické uhlovodíky, jimiž jsou ropné látky tvořeny, mají tu vlastnost, že pokud na ně dopadá světlo o určité vlnové délce, emitují světlo o vlnové délce změněné. Tento jev se nazývá fluorescence. Můžeme ho sledovat i pouhým okem, například když na mokré silnici vidíme olejovou skvrnu, která „hraje“ všemi barvami. Fluorescenční fotometry měří obsah ropných látek pomocí měření intenzity fluorescenčního světla. Čím vyšší je koncentrace oleje, tím intenzivnější je fluorescenční světlo.

Hlavními výhodami této metody jsou: vysoká citlivost, selektivita na ropné látky (eliminace interferencí zákalu), robustní provedení, minimální provozní náklady a nároky na údržbu.



Fluorescenční fotometr SGRIST OilGuard slouží pro kontinuální měření obsahu ropných látek ve vodě. Typickými aplikacemi provozního fotometru SGRIST OilGuard jsou: měření obsahu ropných látek v chladicí vodě za chladiči olejových okruhů, měření obsahu ropných látek v dešťové kanalizaci, měření obsahu ropných látek před retenčními nádržemi a na celkovém výstupu podniku.



SIGRIST OilGuard

Fotometr SIGRIST OilGuard se velmi snadno instaluje. Je potřeba přivádět vzorek o definovaném průtoku (6 – 7 l/min). U měření vzorků z tlakových potrubí to není problém. Pokud se má měřit vzorek v kanále, používá se pro dopravu vzorku do analyzátoru ponorné čerpadlo. Vzorek je přiváděn do průtočné měřicí cely fotometru, kde je prosvěcován ultrafialovým světlem a detektor měří intenzitu světla o vlnových délkách ve viditelné oblasti. Oproti jiným systémům, používajícím například měření pomocí odrazu světla od hladiny je SIGRIST OilGuard mnohem spolehlivější a citlivější, jelikož nevyžaduje žádné zklidnění hladiny toku měřeného média a je zcela nezávislý na atmosférických podmínkách. **Je** mnohem citlivější díky tomu, že měří nejenom olej, který je ve formě kapének ve vodě rozptýlen, ale měří i malé množství oleje, které je ve vodě rozpustné.

Stabilita optoelektronických komponent (světelného zdroje, detektorů)

OilGuard používá ve fotometrech SIGRIST dlouhodobě prověřenou dvoupaprskovou metodu. Vzorek a referenční standard jsou střídavě osvětlovány světlem z UV světelného zdroje. Množství fluorescence vyzařované vzorkem a pevným referenčním standardem je měřeno a porovnáváno fotodetektořem. Tato metoda elegantně a účinně kompenzuje vliv stárnutí světelného zdroje, teplotních změn atd.

Cela s volně padajícím paprskem vzorku nebo uzavřená cela

Zvláště pro aplikace s pravidelným výskytem znečištění oleji nebo jinými nečistotami, nabízí Sigrist osvědčenou bezkontaktní měřicí celu s volně padajícím proudem vzorku. Jelikož nedochází ke kontaktu vzorku se stěnami a sklíčky měřicí cely, není ovlivněna přesnost měření žádnými nečistotami a jsou významně zredukovány nároky na údržbu. V případě měření horkých médií je použit tlakový vzduch pro zamezení kondenzace vody na sklíčkách.

Pro čistá média jako kondenzát nebo pitná voda je k dispozici uzavřená průtočná měřicí cela.

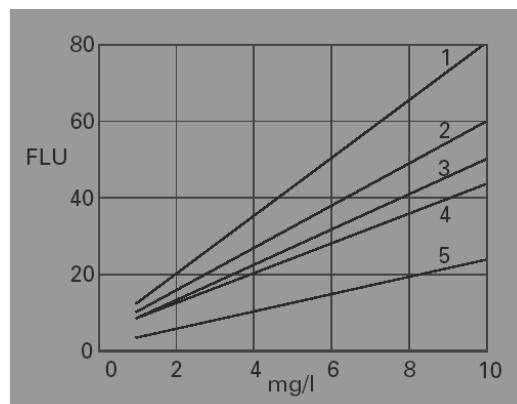
Vliv nerozpuštěných pevných částic

Rozptyl světla způsobený pevnými částicemi obsaženými ve vzorku je účinně potlačen vhodnými optickými filtry. Díky tomu je vliv pevných částic ve vzorku na měření zanedbatelný. Platí následující pravidlo: Pokud koncentrace pevných látek ve vzorku v mg/l je číselně stejná jako hodnota plného rozsahu v FLU, bude činit výsledná odchylka měřené hodnoty vlivem nerozpuštěných látek ca. 3%. Dosavadní praxí bylo zjištěno, že jsou přípustné i vyšší koncentrace pevných látek.

Kalibrace a měřicí jednotky

Intenzita fluorescence různých typů oleje závisí na množství obsažených aromatických složek. Fluorescence je způsobována hlavně PAH (polycyklické aromatické uhlovodíky). Každý typ oleje má svojí vlastní charakteristickou fluorescenci danou chemickým složením – jak ukazuje tento graf, který porovnává hodnoty fluorescence různých typů oleje.

- 1 Mazací olej
- 2 Řezný olej
- 3 Ropa
- 4 Těžký topný olej
- 5 Motorová nafta



Základní kalibrace fotometru OilGuard se provádí ve výrobním závodě nezávisle na typu oleje pomocí chinin sulfátu v jednotkách FLU. 1 ppm chinin sulfátu odpovídá intenzitě fluorescenčního světla 1 FLU (fluorescenční jednotka). Volitelně je možné nechat si od výrobce přístroj nakalibrovat přímo pro měření konkrétního typu oleje.

Pro pozdější kontrolu kalibrace je s přístrojem dodáváno kalibrační sklo, které při vložení do měřicího paprsku namísto vzorku způsobuje definovanou intenzitu fluorescenčního světla. Tak je možné velice snadno přístroj kdykoliv zkontrolovat nebo zkalibrovat.

Pro kalibraci na konkrétní olej je třeba olej přivádět v definované formě podobné reálným podmínkám v různých koncentracích a v rozmezí požadovaného měřicího rozsahu. To lze provádět přímo na měřicím místě nebo za specifických laboratorních podmínek. Korelace (soulad) mezi hodnotami v FLU a koncentracemi oleje zjištěnými například laboratorním měřením zpravidla tvoří nelineární kalibrační křivku.

OilGuard umožňuje naprogramovat až 8 takových křivek pro různé typy olejů. Uživatel si může zadat vlastní kalibrační křivky odpovídající jeho potřebám (závislost měřených hodnot FLU a laboratorně změřených koncentrací), aniž by bylo potřeba zasílat EPROM k výrobcu na rozdíl od dřívějších modelů.

Závěr

Pokud je měřicí aplikace, kterou potřebujeme realizovat (ať již kvůli řízení procesu, kontrole kvality výsledného produktu nebo monitoringu odpadních vod), řešitelná pomocí přístroje pracujícího čistě na fotometrickém principu, je to nesmírná výhoda. Především proto, že na rozdíl od většiny jiných analyzátorů nepotřebují provozní fotometry ke své činnosti žádné elektrody, reagenty, dávkovací čerpadla, hadičky ani ventily a mají tudíž v porovnání s nimi zanedbatelné provozní náklady. Kvalitní provozní fotometry mohou veškeré rušivé vlivy jako vliv znečištění skel optiky, vliv stárnutí optoelektronických komponent, vliv zákalu vzorku, atd. automaticky eliminovat nebo kompenzovat a jejich nároky na obsluhu, údržbu a kalibrace jsou minimální.

Z těchto důvodů stojí za to při řešení každé měřicí aplikace zvážit, zda-li by nebylo možné realizovat uvažovaný účel použitím některého z výše uvedených fotometrických principů.

Provozní fotometry SIGRIST se vyznačují nenáročnou instalací, vynikající stabilitou, prakticky nulovými provozními náklady, minimálními nároky na údržbu a zároveň velmi vysokou životností. Nejsou výjimkou fotometry SIGRIST pracující spolehlivě 10 a více let. TECHNOPROCUR CZ je výhradní zastoupení a autorizovaný servis firmy SIGRIST PHOTOMETER v České republice.