

Specifické složení Vltavské vody – Výhody a problémy pro JE Temelín

(Potíže s tvorbou standard pro chladicí vody v otevřených systémech)

Václav Hanus, ČEZ, a.s. Czech Republic



Elektrárna Temelín leží v jihočeském kraji a je napájena vodou z řeky Vltavy. Povodí řeky je silně zalesněné, hornaté s podložím tvořeným žulami a nevápenitými přeměněnými horninami. To určuje charakter vody pro tuto JE. Jde o vodu s nízkou mineralizací, nízkou tvrdostí a vysokým obsahem huminových látek.

| Table of raw water composition | | |
|--------------------------------|--------|------|
| Parametr | Unit | 2010 |
| Insolubles | mg/l | 7,3 |
| COD_{Cr} | mg/l | 19,0 |
| TOC | mg/l | 5-8 |
| BOD ₅ | mg/l | 1,8 |
| pH | - | 7,4 |
| Alkalinity | mmol/l | 0,8 |
| Solubles | mg/l | 128 |
| Conductivity | μS/cm | 168 |
| Cl | mg/l | 10,4 |
| SO ₄ | mg/l | 19,6 |
| NO ₃ | mg/l | 6,4 |
| Pc | mg/l | 0,08 |
| Ca | mg/l | 15,7 |
| Mg | mg/l | 4,3 |
| NH ₄ | mg/l | 0,20 |
| Fe | mg/l | 0,60 |

Organics in Cooling Systems in Temelin NPP

Organické látky v chladicích vodách ETE

Organické látky obsažené ve vltavské surové vodě mají komplikovanou strukturu. Z ní vyplývají různé projevy nestandardního a těžko normovatelného chování vody v různých částech technologie JE Temelín.

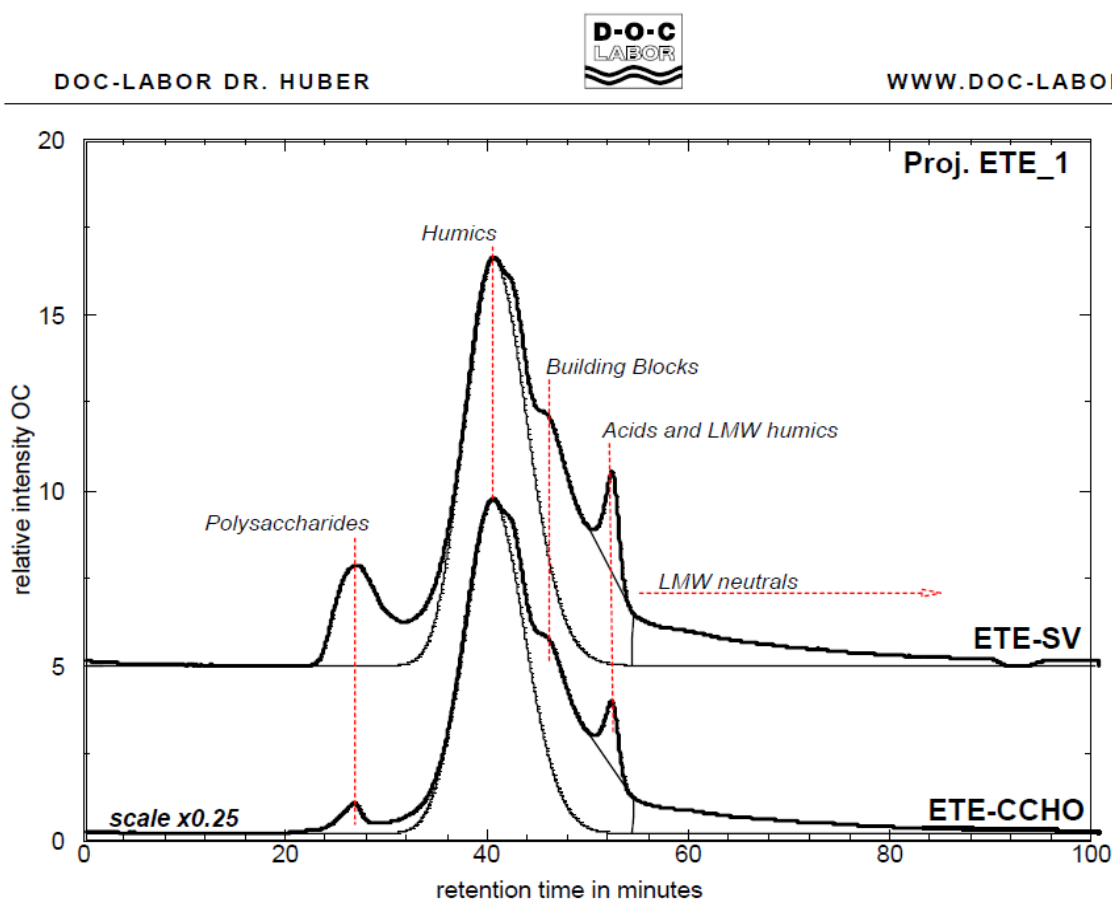
Příklady:

- 1) Nutnost používat čiření v kyselé oblasti. To spolu s nízkou alkalitou vody vyžaduje provádět alkalizaci do pH 5.5 (nutné vysoké dávky Fe příliš okyselí reakční směs s důsledkem vysokého zbytkového Fe ve vyčiřené vodě) nebo používat organické koagulanty pro snížení dávek Fe při udržení optimálního pH.
- 2) Nízký obsah nerozpuštěných látek způsobuje tvorbu velmi lehkých vloček, vyžadující dávkování PAA pro dobrou separaci v čiřiči. Nicméně při teplotách vody pod 3°C dochází k odnosu vloček spolu s vyčiřenou vodou. Na ETE jsme tento problém vyřešili aplikací organického koagulantu.
- 3) I přes použití makroporezního ionexu v Na formě pro záchyt organických látek dochází k průniku TOC (vesměs jde o neionogenní oligosacharidy apod.) do vyrobené demineralizované vody v množství cca 150 – 200 ppb. To vede k rozkladu organických látek v PG a produkci organických kyselin a CO₂ s důsledkem zejména ve zkreslování výsledků měření katexované

vodivosti v technologii sekundárního okruhu. Při použití demineralizované vody s tímto obsahem pro potřeby primárního okruhu neshledáváme žádné komplikace.

- 4) Při použití surové vody jako doplňovací vody do chladicího okruhu dochází na výplních chladicích věží k odbourávání organických látek. Probíhají zde procesy velmi podobné čištění odpadních vod technologií biofiltrace. (Vysoké hydraulické zatížení a nízké látkové zatížení.) Účinnost odbourávání organických látek ve věžích je do značné míry funkcí jejich charakteru a tím i lokality. Pro ETE se účinnost na odbourávání BOD₅ pohybuje okolo 80%, pro COD_{Cr} to činí cca 25%. Viz obr. č. 2
- 5) Z hlediska normovatelnosti vlastností chladicí vody ve věžovém okruhu zde nutno počítat i s dalšími komplikujícími faktory, jako je nastartování nitrifikace po cca 14 dnech od zahájení provozu chladicích věží a působení huminových látek jako dispergátoru a současně i mírného korozního inhibitoru. Pro ETE platí, že všechny tyto procesy jsou veskrze pozitivní pro provoz elektrárny. Nitrifikace převádí amoniak, unikající ze sekundárního okruhu do chladicího okruhu přes jímku vývěv, na dusičnany a tím řeší potenciální problém s kolizí se zákonnými hodnotami pro vypouštění amoniaku do řeky s dluhem. Viz bilanční schéma N níže na obr. č. 3 a tabulce č. 1. Zároveň tato nitrifikace snižuje pH vody produkcí H⁺ iontů. Huminové látky spolu se zmíněnou produkcí H⁺ iontů z nitrifikace nám umožňují provozovat chladicí okruh při relativně vysokém zahuštění 5 – 7 bez rizika scalingu. (Pravděpodobně dochází k vázání Mg a Ca na huminové kyseliny.) Byly dělány zahušťovací testy chladicí vody, které potvrdily, že vltavskou vodu je možno zahustit daleko přes rovnovážný stav bez rizika tvorby pevné fáze. (Až do zahuštění 15) Příklad zahušťovacího testu je uveden na obrázku č. 4. Tyto specifické vlastnosti vltavské vody umožňují provozovat chladicí okruhy bez jakékoliv úpravy chladicí vody a bez dávkování jakýchkoliv chemikálií.

Na obrázku č. 1 níže je chromatografický obraz složení surové vody v porovnání s vodou okruhu chlazení kondenzátorů turbin (věžového chladicího okruhu)



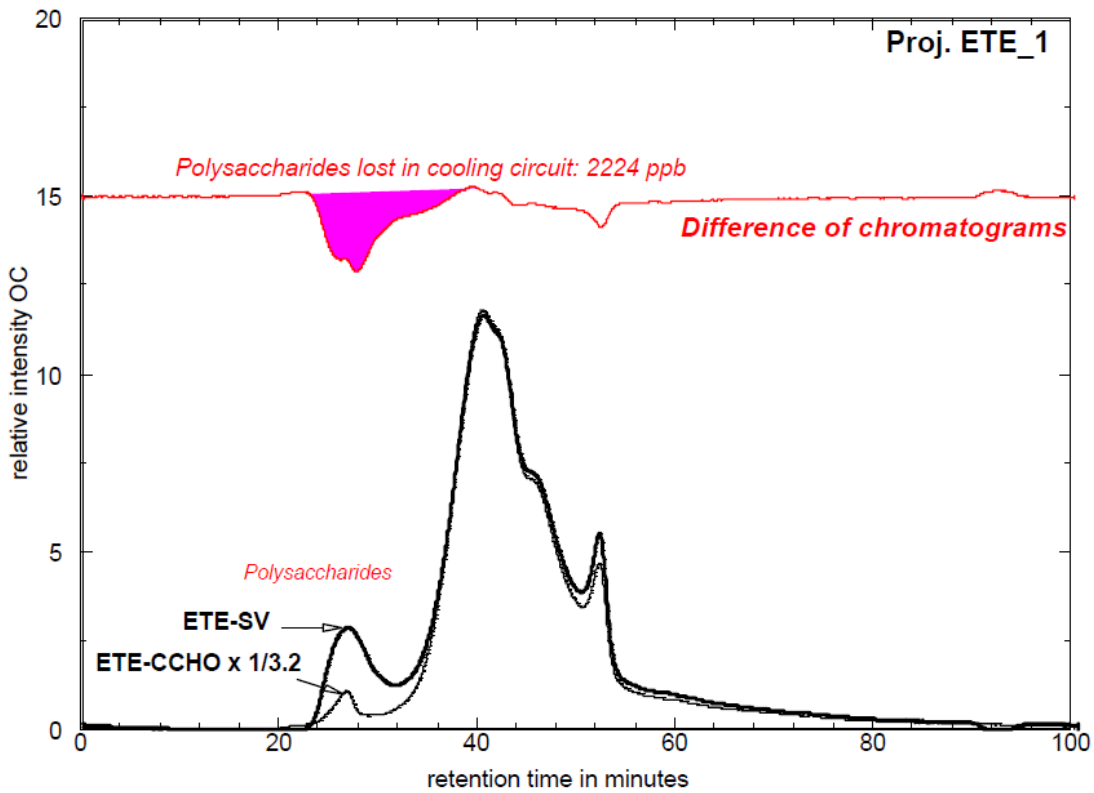


Fig 2: Cooling Towers as Biological Waste Water Treatment Plant – Degradation of organics

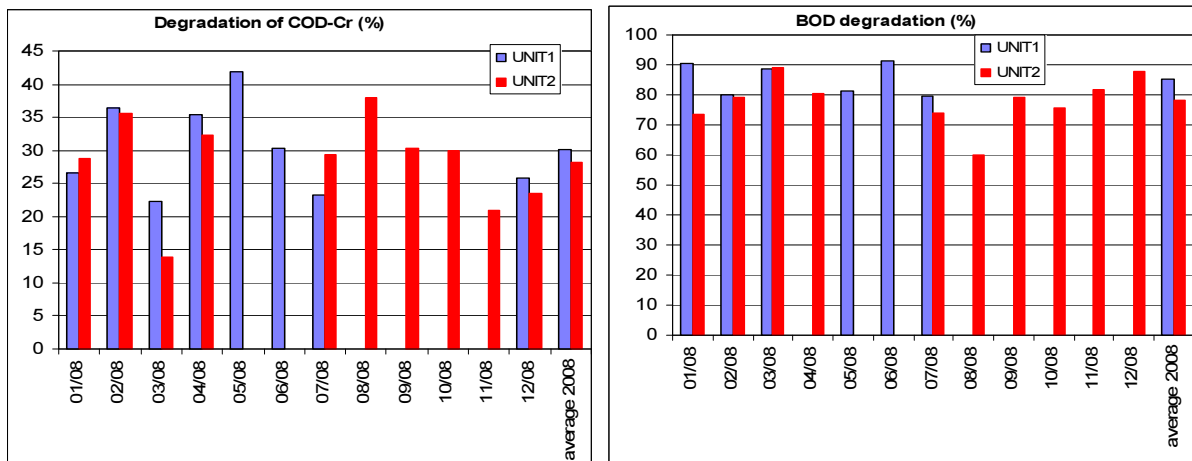
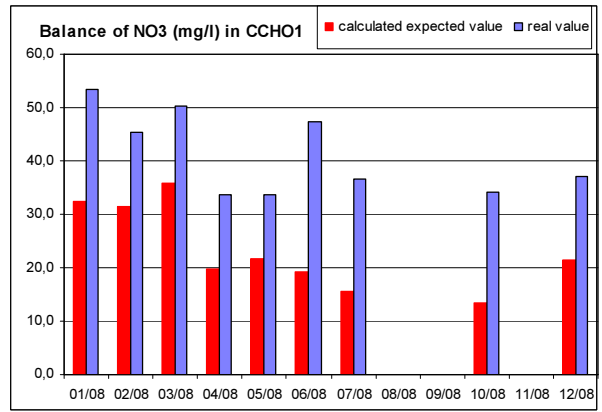
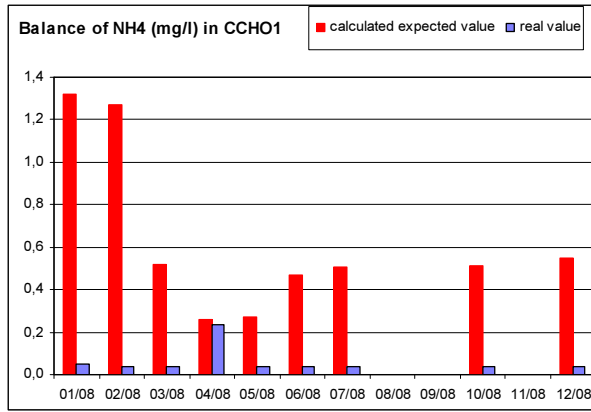


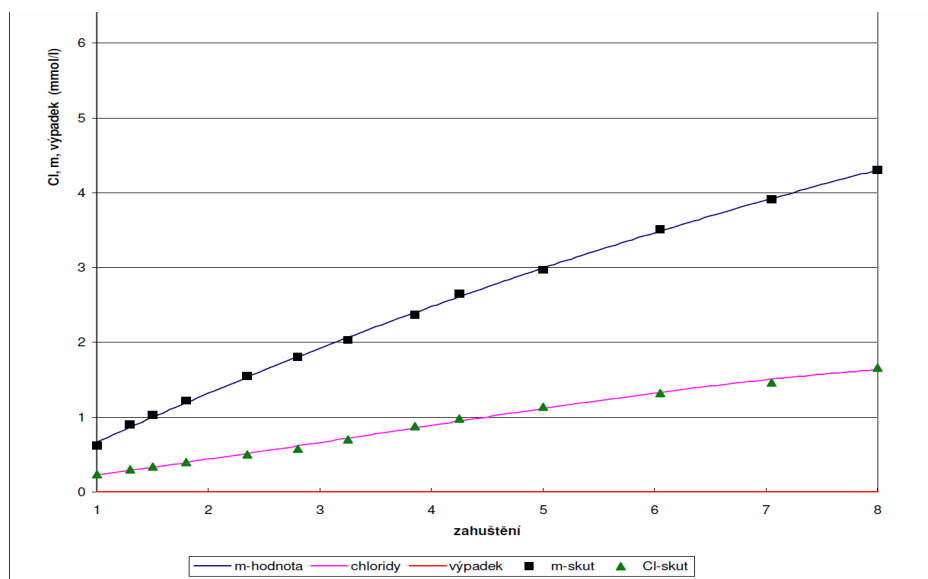
Fig. 3: Cooling Towers as Biological Waste Water Treatment Plant – Ammonia biooxidation



Tab 1: Mass Balance of Different Species over the Plant

| Balance ETE in tons per year | | | | | | | | CCHO - Cooling of Condensers Circuit |
|------------------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| | average | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | |
| Ca | -52 | -61 | -64 | -23 | -67 | -36 | -58 | (-) loss in CCHO |
| Na | 35 | 13 | 4,2 | 45 | 46 | 36 | 65 | (+) growth by waste water neutralisation |
| HCO3 | -399 | -357 | -405 | -306 | -389 | -479 | -459 | (-) loss in CCHO |
| SO4 | 267 | 248 | 252 | 258 | 101 | 370 | 371 | (+) growth by waste water neutralisation |
| Pc | -0,22 | 0,34 | 0,10 | -0,04 | 0,00 | -0,24 | -1,48 | (-) loss in CCHO |
| Zn | 0,49 | | | | | 0,63 | 0,35 | (+) TSW (corrosion inhibitor ZnCl2) |
| Cl | -24 | -23 | -35 | -3,9 | -50 | -18 | -11 | (-) loss in CCHO |
| N _{anorg} | 21 | 8 | 21 | 23 | 22 | 19 | 32 | (+) growth in CCHO (NH3 from SS) |
| insolubles | -170 | -116 | -301 | -76 | -62 | -199 | -267 | (-) loss in CCHO |
| RAS | 501 | 449 | 525 | 315 | 567 | 591 | 558 | (+) growth by waste water neutralisation |
| BOD5 | -49 | -40 | -71 | -50 | -47 | -41 | -44 | (-) loss in CCHO |
| CODCr | -183 | -146 | -147 | -171 | -176 | -239 | -220 | (-) loss in CCHO |
| AOX | -0,56 | -0,19 | -0,48 | -1,00 | -0,46 | -1,00 | -0,22 | (-) loss in CCHO |

Fig. 4: Thickening of Raw Water Test Example



Technical Service Water Circuits,

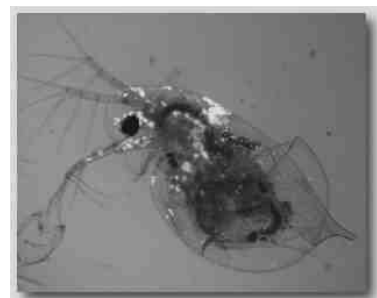
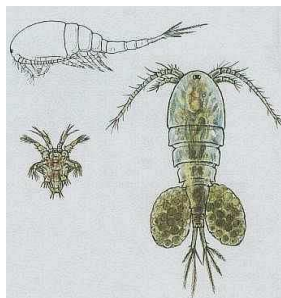
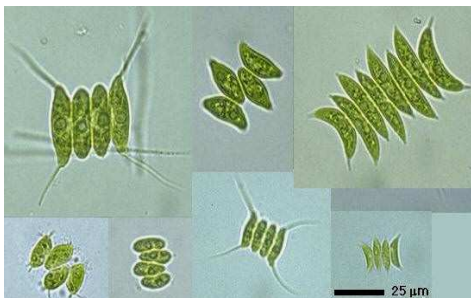


TSW showers:



JE Temelín je vybavena 3 nezávislými bezpečnostními systémy chlazenými technickou vodou důležitou. (TSW). Převod tepla do atmosféry je projektován extenzivně pomocí 2x3 otevřených bazénů. V případě potřeby intenzivnějšího odvodu tepla se používá rozstřík vody nad hladinu bazénů pomocí trysek. Viz obrázek výše. Jde tedy o otevřený systém s intenzivním kontaktem s okolím, což způsobuje níže uvedené problémy a zajímavosti které je opět velmi těžké předem odhadnout a tak normovat pro jejich variabilitu a lokální specifickou. Naše TSW okruhy se vyznačují dlouhou dobou zdržení, cca 30 dní a relativně malým zahuštěním cca 1.8. Doplnovaná vltavská voda není upravována. Ve snaze zajistit optimální vztah mezi chladicí vodou a technologií ETE (zamezení tvorby úsad, dosažení nízké koroze, environmentální přijatelnost) jsme prošli dlouhým vývojem provozních zkoušek různých chemikálií a dodavatelských systémů na úpravu vody. Touto cestou jsme narazili na následující problémy:

- 1) **Planktonní řasy.** Byla období masivního rozvoje planktonních řas podporovaného dávkováním korozního inhibitoru na bázi fosforu. Po této zkušenosti jsme přešli na bezfosfátový inhibitor na bázi Zn. To pomohlo, nikoliv však absolutně. Občas musíme i tak dávkovat drahý algicid. Poučení: Nekrmit řasy, sledovat trofii vody a limitující faktory růstu řas.
- 2) **Biofouling.** Na jednom ze systémů jsme zkoušeli provoz bez jakékoliv úpravy vody. Voda byla křišťálově čistá. Bez chemikálií se ve vodě namnožili drobní koryši (buchanky a perloočky) kteří decimovali planktonní řasy. Bylo prováděno mikrobiologické sledování kvality cirkulující vody. Voda vykazovala velmi nízké oživení. Nicméně v technologii došlo k výraznému zvýšení hydraulického odporu tepelných výměníků způsobeného biofoulingem. Běžná vizuální kontrola nic nezjistila. Vrátili jsme se zpět k používání biocidu na bázi



bromnanu. Poučení: Analýza cirkulující vody nedává dostatečnou informaci o tom, co se děje na povrchu zařízení.

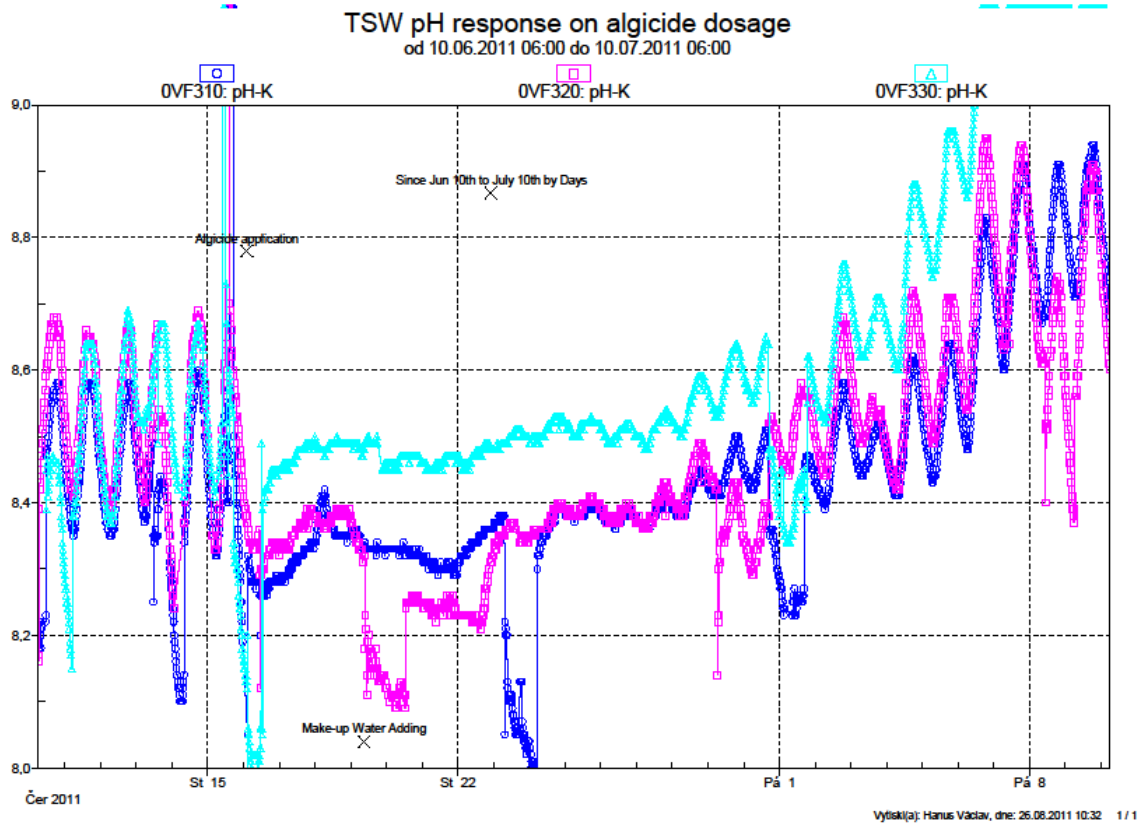
- 3) **Pampelišky a tráva.** Velmi důležitá je péče o okolí bazénů. Docházelo k ucpávání některých částí technologie spadáním listím, semínky pampelišek, pokosenou travou z okolí bazénů. Tento problém se vyskytl i u sítí systému věžové chladící vody kondenzátorů turbin. Poučení: Pečlivý, poučený zahradník je pro chladicí okruhy projektu VVER 1000 dobrodiním.



- 4) **Vodní organizmy se mění.** V biologickém oživení chladící vody dochází k postupné proměně druhového složení vodních organismů. Na to je třeba specificky reagovat. V některých případech se problém vyřeší sám. Stalo se, že těsně před aplikací algicidu v ceně cca 6000 EUR se na řasy podíval do mikroskopu hydrobiolog. Zjistil, že buňky řas jsou napadené houbou a doporučil počkat. Do týdne houba zabila řasy a bylo po problému. Poučení: Hydrobiolog je k nezaplacení.



- 5) **Vodní organizmy výrazně mění chemii vody.** Jak sezónně, tak i v denním rytmu. Viz graf níže. Poučení: V našem případě by rozkolísanost pH v průběhu dne mohla být jedním z indikátorů pro algicidní zásah.



- 6) **Problém s monitorováním stavu**, predikcí vývoje a o optimálním zásahem pomocí chemie. Jaké metody jsou k dispozici a pro co je ta která vhodná? (Při poslední aplikaci algicidu jsme testovali novou metodu měření aktivity producentů měřením obsahu chlorofylu jeho fluorescencí přístrojem „Aquapen AP100“. Na přiloženém grafu je vidět odezva parametrů pH, fluorescence na čase po nadávkování algicidu.) Metod napovídajících o stavu biologie systému je více, ale kde jsou limity pro zásah, jaká je váha té které metody? Poučení: Není jednoznačného parametru pro rozhodování. Nejcennější je místní expert s dlouholetou zkušeností, který bere v úvahu všechny dostupné informace o systému, stavu biologie, budoucího vývoje potřeb technologie, počasí, atd.
- 7) **Různé skupiny organismů** vyžadují různý přístup, vždy je však třeba myslet na účinek na všechny. Na ETE se projevila nutnost brát v úvahu různé životní projevy těchto skupin organismů: Autotrofní přisedlé, autotrofní planktonní, heterotrofní přisedlé a heterotrofní planktonní.

Závěr:

Na základě našich zkušeností z období projektování, přípravy na provoz a poté provozování bych doporučoval dávat v normotvorné činnosti přednost spíše definování metod k určení optimálních místně specifických parametrů než předepisování konkrétních hodnot jakosti chladicí vody. Toto je platné tím více, čím je systém technologicky „vzdálenější“ od primárního okruhu a čím je systém více v kontaktu s vnějším prostředím a naopak.