

## DEBATT: NÅGRA ILLUSTRERANDE FALL I SAMBAND MED PROVTAGNING, ANALYS OCH UTVÄRDERING



Stig Morling, Blindgatan 39A, 791 72 Falun, stig.morling@kronskog.com

### ”Att mäta är att veta”, Lord Kelvin

**Tidigt i min yrkesverksamma karriär hade jag förmånen att bli kollega med en ”läcksökare” av rang, Runo Stenberg, numer inte längre med oss. Ja, Runo var snarast under flera år mästare i lokalisering av vattenläckor, och spred sitt kunnande mycket generöst. Han brukade ofta återknyta till citatet ovan av Lord Kelvin. Ett kompletterande perspektiv i samband med vattenarbete har lärt mig att en preciserande fråga är viktig: VAR-NÄR-HUR-VARFÖR utförs en kontroll av vattenstatus? I det följande redovisas några olika situationer som får belysa hur brister och fel i vattenkontrollen kan förorsaka helt felaktiga slutsatser.**

Som första exempel väljer jag en tidig erfarenhet i min verksamhet, från början av 1970-talet. Detta handlar om ett av mina första större projekt med långtgående avloppsvattenrening. I många avseenden ett mycket lärorikt och fascinerande projekt som innehöll många intressanta moment. Det gällde ett avloppsreningsverk för Rättviks kommun. Projektet kom att engagera mig under ungefär fyra år. Detta projekt får bidra med det första illustrerande exemplet på hur en sällsam historia kan utvecklas. Jag har kallat det ”Om att jämföra äpplen med päron”.

Det andra exemplet är från en långt senare situation, där också just värderingen av analysresultaten kom att ge ett liknande pedagogiskt exempel. Detta fall har jag valt att kalla ”Alkemistens återkomst”. I det följande låter jag drängen Mats i Himlaspelet kommentera de olika fallen med frågan ”Du Gud, är det riktigt säkert?”, enligt mitt förmenande en utomordentlig vetenskaplig fråga. Det tredje exemplet handlar om en helt orimlig hantering av uttaget prov, där just provhanteringen kan vara den grundläggande orsaken till tveksamma resultat. Det fjärde exemplet är en ”gammal historia”, som ändå pedagogiskt belyser hur en otillräcklig kunskap i flera led kan leda helt fel. Det sista ex-

emplet är faktiskt tre olika fall, som alla på sitt sätt hänger ihop med det förra: När nitrifikationen understundom ”ställer till det”, eller kanske, gick det ”för bra”?

### ”Om att jämföra äpplen med päron”

En berättelse ur verkligheten: År 1973 togs Rättviks avloppsreningsverk (Lerdalsverket) i drift med både biologisk och kemisk rening av vattnet. Utsläppsvärdena var låga, ja mycket låga. Särskilt var utgående fosforhalter låga, ofta närmare 0,1 än 0,2 mg P/l, medan tillåten halt var 0,5 mg P/l. På den tiden ställdes också krav på en procentuell reduktion av föroreningarna.

En dag ringer länsstyrelsens miljöhandläggare och påpekar att anläggningen ”går dåligt”. Jag undrar hur? Jo, den procentuella reduktionen är långt under 70%! Mycket märkligt – utgående halter var ju långt under tillståndsnivån? ”Hur kunde det då bildas slam i reningsprocessen om den inte fungerade?”, frågade jag. Jo, men det här är inte bra!

Jag tog kontakt med den mycket nitiske skötaren Wille Daniels, som var en av de mest perfektionistiska reningsverksföreståndare jag haft nöjet att möta. Jag frågade honom om hur det var med provtagningen på inkommande vatten (denna

skedde normalt helt automatiserad och fungerat, den sätter igen sig. Numera tar vi prov tidigt på morgonen (ca 07:00), när vi kommer till verket.”

Med andra ord, inkommande vattenprov representerade ”nattens gärningar” i Rättvik och Vikarbyn. Det var således i stort sett bara inläckande vatten som analyserades, och provet jämfördes sedan med utgående, behandlat vatten, provtaget på ”normalt sätt”, alltså ett flödesproportionellt dygnsprov! Således ett klassiskt exempel på att vad som kallas att ”jämföra äpplen med päron” och Mats skulle nog få svaret, ”nej, det var inte alls säkert!” Ett förtydligande: Situationen bröt tydligt mot kravet på frågan NÄR? Men också på kravet på HUR – ett stickprov jämförs med ett flödesproportionellt prov. Och slutligen VARFÖR? – en kommentar till situationen utan att en kritisk begrundan hade skett!!

### Alkemistens återkomst

Det andra exemplet hämtas från myndighetsutövningen inom VA-sektorn. I samband med en miljöprovning av en biologisk reningsanläggning (en aktivt-slam-anläggning) blev myndigheten bekymrad över, att tungmetallhalterna ut från reningsanläggningen var högre än inkommande halter. Det bör understrykas i sammanhanget, att inga tillsattemikalkalier med tungmetaller användes vid driften av anläggningen. Bekymret baserades på en enda observation på inkommande vatten och en på utgående, behandlat vatten. Att provtagning (och analys) av inkommande och utgående vatten inte på något vis var relaterade i tid syntes vara mindre intressant (eller förbisett) för bedömningen. Att hela oron baserades på endast ett provtagningstillfälle gör saken än värre. Från statistisk synpunkt torde ett absolut minimum av åtminstone att tio olika, och oberoende observationstillfällen vara ett oavvisligt krav för ett någorlunda säkert uttalande om sakernas tillstånd skall kunna göras!

Elementär kunskap, som borde förmedlas vid våra skolor är, att alkemin hör hemma i önsketänkandets värld, och att en relevant kunskap i statistik borde ge vid handen att ett flertal (oberoende) observationer krävs för att dra rimliga slutsatser! Mats fråga »Är det säkert?» – kan i detta fall be-

svaras med: ”Nej det är inte bara osäkert, det är orimligt!” Så återigen: ett klart brott mot frågan NÄR – inte tidsmässigt jämförbara provsvar, HUR skedde utvärderingen måste också ses som otillfredsställande! Och slutligen VARFÖR använda endast en observation på inkommande respektive utgående vatten?

### Hur hanteras provet?

I samband med ett speciellt test av en utrustning för slambehandling skulle ett ackrediterat laboratorium svara för alla analyser. Gott och väl. Ett prov togs ut och provtemperaturen registrerades, 20 °C, datum för provtagning var noga angivet, den 20 oktober.

Allt detta angavs noga i analysprotokollet från laboratoriet. Inte nog med detta. Laboratoriet var noga med andra bakgrundsdata: provets ankomst-datum till laboratoriet: 30 oktober, således 10 dagar efter provtagningen. Provtemperatur vid ankomsten 13,7 °C. Analyserna påbörjades samma dag. Rapporten till beställaren redovisades efter ytterligare 14 dagar. Så låt oss lyssna till Mats fråga: ”Är det riktigt säkert?” – nämligen att vi kan använda analysresultaten med tillförsikt? Nej, åtminstone tre anmärkningsvärda fel kan identifieras:

1. Tidsutdräkten mellan uttaget prov och start av analys, nära två veckor – Nej! Analys måste påbörjas efter kortast möjliga tid efter uttag av prov!
2. Provet skulle omgående placeras i kylväska för att säkerställa en så låg transporttemperatur som möjligt, helst + 4 °C. Däremot bör provet inte frysas, om exempelvis SS (suspenderade ämnen) skall analyseras!
3. Laboratoriet skulle gjort beställaren uppmärksam på punkt 1 och 2 som synnerligen riskabla felkällor!

Så sammanfattningsvis: Hela hanteringen måste ifrågasättas från frågan om NÄR – med hänsyn till angivna tidsutdräkter, dessutom frågan kan med fog ställas ”VARFÖR gör de på detta viset?”

### Att förstå vad som går ut från ett reningsverk

För mer än 30 år sedan fick en kommun en allvarlig reprimand från Länsstyrelsens Naturvårdsenhet. Vad nu då? Jo, utsläppet av organiskt material – som uttrycks som  $BOD_7$  (Engelska: Biochemical Oxygen Demand, during seven days) var alldeles för högt, ja till och med högre än den uppmätta COD-halten i utgående vatten! Denna halt var snarast förvånansvärt låg, <50 ppm. Det man borde förvänta sig i utgående  $BOD_7$  var likaledes ett lågt värde <ca 8 ppm. Men som sagt, i själva verket hade det stora laboratoriet rapporterat ett  $BOD_7$ -värde >50 ppm. – enligt Länsstyrelsen kunde detta bli en polisanmälan! Frågan från min sida blev omgående: Har analysen av BOD gjorts med tillsats av en nitrifikationshämmare? Länsstyrelsen kontrade – ”Detta är ju laboratoriet som alltid brukar användas, de har gjort analysen, fråga dem!”

Så ett nytt telefonsamtal, denna gång till laboratoriet. En, som man får förmoda, mycket ambitiös dam svarade på samma fråga: ”Vad sa du att det hette? Men vänta hon som slutade i somras sade visst något sådant du nämnde, om något med hämmare?” Uppenbarligen ingick inte alltid en korrekt behandling av prover på ett utgående biologiskt/kemiskt renat vatten enligt givna instruktioner! Så varför detta ”fallissemang”? En kort historisk bakgrund:

$BOD_5$  användes tidigt som ett mått på ett vattnets status – således mäts en biokemisk syreförbrukning under standardiserade förhållanden: Vid temperaturen 20 °C under 5 dygn. Och, varför vid denna temperatur och varför under just 5 dygn? Låt oss göra en kort historisk utblick!

Som ganska ofta inom vattenvårdens historia återfinns vi rötterna i England. Enligt en uppgift som ibland går runt är testtemperaturen 20 °C kopplad till den högsta vattentemperaturen i Themsen. Och varför just 5 dygn. Samma rykte säger att det var transporttiden för en vattendroppe i Themsen från källan till havet!

Nå, här tarvas ytterligare förklaringar: Testet med  $BOD$  går ut på att man efterliknar vad som sker i naturen. En liten ”minibioreaktor” drivs med strikt kontrollerade förhållanden på ett vattenprov, se ovan. Resultatet skall således vara ett värde som

just är syreatgången som svarar mot föroreningen – i huvudsak organiskt kol. Men, om nu denna bioreaktor ges ”lämpliga” förutsättningar, exempelvis längre kontrolltid – som i Sverige 7 dygn istället för 5 dygn (en effekt av vår femdagarsvecka!), så vad kan hända?

Så till den delikata frågan om vad som händer: Ett väl renat kommunalt avloppsvatten av, skall vi säga, ”klassisk modell” i Sverige representerade normalt låga halter av vissa kvävefraktioner {alltså organiskt kväve eller nitrat/nitritkväve ( $NO_3$ -N/ $NO_2$ -N)}. Men en fraktion var normalt hög: ammoniumkväve ( $NH_4$ -N). Nu finns det en intressant inbyggd effekt i  $BOD$ -analysen: Metoden kommer också att registrera syreförbrukningen som sker då ammoniumkväve oxideras till nitratkväve. Men detta är inte avsikten med analysen! Problemet uppstod sällan då basen för analysen var 5 dygn. Men med 7 dygns reaktionstid i testet kunde den långsammare nitrifikationsfunktionen ”triggas igång”. Det teoretiska förhållandet för detta använder vi regelmässigt vid en bestämning av syrebehovet för en aktivt slamanläggning:

Den ”kompleta” formeln för beräkning av syreatgången i en biologisk reaktor bestäms av följande formel, observera dock att syreatgången för oxidation av svavel (från  $H_2S$  till  $SO_4$  inte medtas!):

$$AOR = a' * Q * (BOD_{in} - BOD_{ut}) + b' * VSS * V + 4,59 * Q * (NH_{4in} - NH_{4ut}) - 2,86 * Q * [(NH_{4in} - NH_{4ut}) - NO_{3ut}]$$

där

$AOR$  = syreatgången i kg/d,

$a'$  = den specifika syrekonsumtionen för oxidation av 1 g  $BOD$ ; denna faktor varierar inom ett intervall 0,7 – 0,9 beroende på hur mycket  $BOD$  som från början är slambunden, och som genom processen hydrolyseras. Att värdet inte är =1.0 beror på att en del organisk substans direkt assimileras till bioflocken. Syrebehovet för denna oxidation avläses i  $b'$  faktorn nedan.

$Q$  = flödet i  $m^3/d$ ,

$BOD_5$  = biokemiska syrebehovet i  $g/m^3$ . Observera, att formeln baseras på  $BOD_5$ , som de flesta processtekniska beräkningar som återfinns i literaturen! Uttrycks som  $g/m^3/1000$ ,

$b'$  = den specifika endogena respirationen som uttrycks som  $\text{kg O}_2/\text{kg VSS}$  i luftningsreaktorn. Observera, att denna är beroende av slamåldern. Vid hög slamålder är värdet ofta  $<0,04$ , men vid slamåldrar på 2–4 dygn kan värdet vara 0,12–0,15. Ett obser-vandum är att för moderna luftade dammsystem ansätts ofta värdet för den inledande dammen som 0,25,

VSS = organisk slamhalt, i  $\text{kg/m}^3$ ,

$V$  = luftningsvolym, i  $\text{m}^3$ ,

$\text{NH}_{4\text{in}}$  = ammoniumhalt i försedimenterat vatten i  $\text{g/m}^3$ .

Observera, att följande preciseringar är nödvändiga i detta fall. Den sista faktorn i ekvationen ovan har vi inte tagit med här, eftersom den representerar denitrifikationen i en biologisk process. Däremot är just nitrifikationen intressant i detta fall: För varje gram bildad  $\text{NO}_3$  åtgår 4,59 g  $\text{O}_2$ ! Med andra ord utan nitrifikationshämning kan en så kallad partiell nitrifikation i  $\text{BOD}_7$ -analysen höja värdet från ca 10 ppm till 50 ppm om ca 9 g  $\text{NH}_4\text{-N/m}^3$  är oxiderad till  $\text{NO}_3$  under de 7 dygn analysen pågår! I detta fall måste frågan ställas dels HUR genomfördes analysen, och VARFÖR drogs inte slutsatsen om tveksamhet redan i laboratoriet angående att utgående COD (troligen) var lägre än utgående BOD?

### OOPPS – Gick det för bra?

Låt mig slutligen referera till några fall där det till synes gick "väldigt bra" med reningen. Tre av fallen var jag direkt inblandad i, och därmed ansvarig. Nåväl vi redde ut problemen och fick därmed lite mer erfarenheter på köpet!

Först tillbaka till anläggningen i Rättvik och de första driftåren. Anläggningen byggdes med en för den tiden typisk behandlingsmodell: Förbehandling + biologisk rening, utformad som en aktivtslamanläggning + ett kemisk fällningssteg med aluminiumsulfat som tillsats. De första åren var anläggningen "lågbelastad" i förhållande till sin dimensionerande kapacitet. Anläggningens biologiska gick utmärkt. Detta visade sig vara ett temporärt "problem". I den efterföljande kemiska fällningen kunde observeras ett gråaktigt vatten, och ingen klarfas med ett gott siktdjup kunde skönjas. Or-

saken var sannolikt att finna i den välfungerande biologiska reningen. En långtgående nitrifikation i den biologiska reningen var troligen för handen, som sänkte vattnets alkalinitet (alltså buffertförmågan i vatten). När väl en surgörande kemikalie (aluminiumsulfat) tillsattes i efterföljande steg sänktes vattnets pH, och ingen utfällning av fosfor skedde. Ganska snart ordnades det hela upp, tack vare idoga driftstekniker på plats. Snart kunde anläggningen redovisa mycket goda reningsresultat exempelvis var utgående totalfosfor  $<0,2$  ppm.

Så till en mindre avloppsreningsanläggning i norra Hälsingland, med typisk säsongsbelastning, således en vintersportort. Enligt dåtidens modell byggdes den som en så kallad efterfällningsanläggning med ett biologiskt reningssteg baserat på så kallad biorotor, se infogad bild nedan.



Figur 1. En typisk teknisk utformning av en biorotor.

Reningsprincipen är i princip densamma som du finner i en biologisk bädd, eller i en så kallad fastbäddsteknik, kallad MBBR (Moving BioBed Reactor). De aktiva bakterierna "växer fast" på de roterande skivorna och fungerar således principiellt som i en biobädd. Nu är flödet genom reaktorn är axiellt, och vattnet syresätts av luften direkt när bädden roterar. Nå, vad var det som hände?

Det är som allt som oftast så att de första åren av en kommunal anläggnings livslängd är anläggningens (avsiktligt) överdimensionerad. Detta innebär i sin tur, att det finns ett så kallat processtekniskt utrymme i en biologisk process för en nitrifikation, utan att en sådan varit avsedd. Det som hände i den hälsingska anläggningen var att biorotorn gav

både BOD-reduktion och en nitrifikation. Som konsekvens härav sänktes alkaliniteten. Det efterföljande så kallade kemfällningssteget byggde på en surgörande fällningskemikalie, i detta fall järnklorid. Detta i sin tur innebar att slutsteget blev så surt och vattnet så aggressivt, att det rostfria stålet i slamledningarna korroderade.

En likande situation uppträdde i en sydsvensk anläggning i Blekinge. Men resultatet här var, att fällningssteget inte alls fungerade. pH sänktes genom kemikalietillsatsen till <5, och istället för en utflockning av fosfor blev flockningsbassänger och slutsedimentering snarast grå, och utan vare sig slamavskiljning eller att den avsedda reningen uppstod. Återigen en alltför god nitrifikation och ”tapp” av alkaliniteten kunde identifieras som orsak.

Slutligen till ett pilotförsök med behandling av avloppsvatten vid en guldgruva. Avsikten var att åstadkomma just en nitrifikation av ett kväverikt vatten. En pilotanläggning byggd som en liten aktivt slamläggning användes. För så kallad ympning tillsattes biologiskt överskottsslam från

det stora reningsverket i Henriksdal, med en god kvävereduktion. Nåväl, när ympningen hade skett ”dog” processen snabbt. Vad hade hänt? Kvävet oxiderades snabbt till nitrat, men samtidigt ”försvann” alkaliniteten, och pH sjönk. För nitrifikationsbakterierna blev miljön outhärdlig, och processen dog! Efter en korrektion med tillsats av alkali och även av organiskt kol kunde processen inte bara upprättas, utan också ge goda resultat.

I samtliga dessa fall var snarast den dåvarande ”focus” knappast på processens förmåga att nitrifiera, således en variant på frågan VARFÖR?

### **Några slutliga reflektioner**

Vad är nu rimliga slutsatser av dessa exempel? För det första, vi arbetar inom vattensektorn, som de flesta andra sektorer, med empirisk vetenskap som grund.

Tre olika delar i detta arbete bör vara ledstjärnor: Nyfikenhet, Noggrannhet i analysen av fakta och en Kritisk hållning till så kallade övertalningsargument från konsensuskrävande beslutshavare!