

SÅF Ång/medlemsmöte

Eskilstuna den 18 januari 2020

Föredragshållare: **Bo Ramsbäck, Ramsbäck Matarvattenteknik AB**

Kontaktuppgift: bosse@bramava.se 072 745 02 86

Bilder som användes under presentationen finns i separat pdf-fil

Tekniken runt pannkemins problem och möjligheter

Förutsättningar i stationära anläggningar

Det finns tre problemställningar som styr hur matarvattenbehandlingen behöver skötas. I alla pannsystem där ånga eller hetvatten produceras finns risker för...

- att få korrosion
- att få beläggningar

Om det är en ångpanna gäller också

- att producera ånga till rätt kvalitet

I industri- och energiverksanläggningar installeras reningsutrustningar med utgångspunkt från råvattnets kvalitet och det förutsättningar och krav som finns för pannan eller pannorna som skall producera ånga eller hetvatten. Panntyp och driftryck styr vilken kvalitet på spädvattnet som behöver uppnås med reningsutrustningen.

Det råvatten som används i energiverk, såväl avancerade kraftvärmeverk som enklare hetvattenanläggningar, är vanligt kommunalt dricksvatten i de allra flesta fall. Medan större industrier med egna pannor oftast ta in eget vatten från ett närliggande vattendrag eller sjö. Mindre industrier där vattenbehovet inte är lika stort är det ofta kommunalt vatten som används. Det förekommer även att industrier med måttliga ångbehov köper ångan direkt från ett energiverk i närheten.

Samarbeten mellan större industrier och energiverk förekommer även i andra riktningen där spillvärme används i fjärrvärmenäten. Det förekommer även att större industrier står för all värmeförsel till fjärrvärmenätet med såväl färskånga som spillvärme.

I enklare hetvatten- och ånganläggningar är vanligtvis driftrycket 10-20 bar. Anläggningar med turbiner för elproduktion har driftryck från 40 bar och uppåt. Större pannor som byggts på senare år har ofta driftryck på 80-120 bar. Det gäller såväl kraftvärmeverk som cellulosaindustrier med sina sodapannor.

Höga driftryck ställer höga krav på vattenkvaliteten. Riskerna med såväl beläggningar och korrosion är att det kan ge tubhaverier som orsakar driftstörningar eller i värsta fall totalt pannhaveri. Ångkvaliteten har stor betydelse för överhettare och turbin. Dålig kvalitet kan orsaka haverier och stora driftstörningar.

Korrosion

Den mest påtagliga korrosionen i matarvatten sammanhang är **syreangrepp**. Syrgas lös i vatten ger korrosion på stålytan. Resultatet blir en gropfrätning, sk pittings. Det börjar som ett nålstick som går på djupet och efter hand vidgar det sig och bildar en grop på den vattenberörda ytan. I gropen och som en vråta ovanpå gropen finns järnet som kommer ur gropen och bildar rost. Volymen på rost är ungefär 10 gånger större än ursprungsmaterialet. Syrekorrosion sker lokalt, ofta i gränsen mellan luft och vatten där syrgas från luften löser sig i vattnet och reagerar på stålytan.

Om vattnet har för **lågt pH-värde** sker en avfrätning av metallen. Korrosionen sker över hela stålytan som är vattenberörda. Detta kallas allmän- eller jämnkorrosion. Metallytan kan vara helt slät trots korrosionen. Det är med kontroll av godstjockleken som man kan avgöra att det pågår korrosion. Uttunnningen av godset går långsamt men stora ytor angrips samtidigt.

Erosionskorrosion kan uppstå av att partiklar i vattnet nöter på materialet. Det kan också vara en följd av vattenströmningen. För hög hastighet av vattnet eller en vass stråle kan nöta på stålytan. Det är lokala angrepp och ger ofta ett tydligt mönster där erosionen sker.

Bimetallkorrosion eller **galvanisk korrosion** uppstår när man har metallisk kontakt mellan olika material. Det bildas en galvanisk cell och den mindre ädla metallen löses upp. Kontakt mellan koppar och stål innebär att järn löses ut. Stålytan korroderar medan kopparytan är intakt. Aluminium löses upp i kontakt med såväl järn som koppar. Skall man ha olika metaller i anslutning till varandra så är det viktigt att det inte är metallisk kontakt mellan materialen. Om man får kopparutfällning på en stålyta kan det uppstå korrosionsangrepp i stålet vid kopparutfällningen.

Avlagrings korrosion kan uppstå under beläggningar. Det bildas då en korrosionscell som kan orsaka frätskador på stålytan. Beläggningar kan därmed både ge upphov till korrosion och orsaka överhettning av tubmaterial.

Spänningskorrosion kan uppstå där det förekommer inbyggda spänningar i materialet, t ex längs en svets eller då man har inpressade tuber genom en mantel. Det som initierar spänningskorrosionen är vanligen hög alkali i vattnet. Det är då alkalisk spänningskorrosion uppstår. Ett högt pH-värde i vattnet eller en uppkoncentrering i en korrosionscell kan vara den utlösande faktorn.

Beläggningar

Värmeöverföringen påverkas på olika sätt av beläggningar.

Sot på eldstadssidan medför en sämre verkningsgrad. Mindre värme leds till vattnet. Tubmaterialet påverkas däremot inte då vattnets kyleffekt är oförändrad.

Beläggning på vattensidan minskar vattnets kyleffekt på tubmaterialet. Uppvärmningen från eldstadssidan gör att materialet kan överhettas till följd av minskad kylning.

Tjocklek och sammansättning på beläggningen har betydelse för hur kyleffekten minskas. En beläggning innehållande stor andel kol isolerar effektivt. Utfälld kalk har bättre värme genomföring.

Det innebär att en förhållandevis tunn beläggning av ren kol kan vara en större risk än en beläggning av kalk (utfälld hårdhet) även om den senare är tjockare. Är det en beläggning av rost (järnoxid) kan denna leda värme bättre såväl kalk som kol. Järn har en god värmeledningsförmåga.

Den beläggning som är god i sammanhanget är magnetit. Detta är en järnoxid med sina egenskaper naturligt bildar ett tätt och tunt skikt på vattenberörda ytor. Det är ett svart passivskikt som skapar en barriär mellan metall och vatten. Hematit är en röd beläggning av järnoxid som ger liknande egenskaper. I syrefattiga miljöer bildas magnetit och i närvaro av mer syre bildas hematit. Båda ger ett visst skydd mot korrosion, magnetit är en hårdare beläggning medan hematit kan vara mer elastisk.

Beläggningar och korrosion kan samverka i en negativ riktning. Korrosion på ett ställe kan ge beläggningar i form av rostavlagringar på ett annat ställe. Beläggningar kan ge grogrund för ett korrosionsangrepp.

Ångkvalitet

Där ångan kondenserar skall den inte ge upphov till korrosion. Ångans och kondensatets pH-värde får inte vara för lågt. Utan tillsatser för att höja pH-värdet är ångan naturligt något för sur.

I pannor med överhettare har ångkvaliteten stor betydelse. Det får inte följa med något pannvatten som kan ge saltavlagringar i överhettartuber eller i efterföljande turbin.

Det kan finnas speciella förutsättningar i processen där ångan används som gör att ångkvaliteten måste anpassas efter det.

Inom livsmedels- och läkemedelsindustrin är det viktigt att ångan inte innehåller något som kan påverka produkterna om ångan används direkt i processen. Vanligtvis kan inga kemikalier användas för att påverka pH-värdet i den typen av anläggning. Enda sättet att då undvika korrosion är att ha ett ång- och kondensatsystem i rostfritt material.

I anläggningar med låga driftryck och där ångan bara används för uppvärmning via värmeväxling är kraven på ångkvaliteten måttliga, men även här har pH-värdet betydelse för att undvika eller i varje fall minimera risken för korrosion.

Utrustningar för rening av råvatten

Vid vattenintag förekommer vid behov **klorering** eller **UV-bestrålning** för att oskadliggöra bakterier och mikroorganismer som kan finnas i ytvatten. Detta är naturligt nog viktigt om det är dricksvatten som skall framställas, men även i industrianläggningar kan detta vara en väsentlig åtgärd för att undvika t ex alg tillväxt i ledningar och utrustningarna.

Sandfiltrering eller **flockning** används i de anläggningar som tar in eget råvatten. Det är sk mekaniska reningar som avlägsnar slam och partiklar. Med flockning reduceras även humushalten i råvattnet. I

anläggningar med måttliga driftryck eller där råvattnet har låg humushalt kan sandfiltrering vara tillräckligt. I andra fall krävs flockning.

I kommunala anläggningar för dricksvattenframställning gäller samma förutsättningar. Många kommuner använder grusåsar för filtrering av råvatten. Ytvatten pumpas upp i grusåsen och får sjunka igenom och blir ett sk infiltrerat grundvatten.

Har man inte möjlighet att använda grusåsar eller och vattnets humushalt är för hög behöver detta renas med i en flockningsanläggning.

Alternativet till ytvatten är grundvatten som man kan ta upp ur grävda eller borrhåsar.

Det kommunala dricksvattnet anpassas till lämplig kvalitet efter denna rening. Vattnets pH-värde justeras (höjs) och i många fall även vattnets hårdhet. Kalk tillsätts för att dricksvattnet inte skall vara för mjukt.

Beredning av spädvatten

Kvaliteten på spädvattnet som tillförs pannorna via matarvattentanken behöver anpassas efter de krav på pannvattenkvalitet som gäller i anläggningen. Ju högre driftryck desto hårdare krav på kvaliteten, dvs lägre salthalter.

I alla sammanhang oavsett om det är ånga- eller hetvattenpannor skall alltid hårdheten tas bort i spädvattnet. I anläggningar med driftryck på 10-20 bar, då räcker det med avhärdning av vattnet. Salthalten är normalt sett acceptabel, det är hårdheten som skall avlägsnas.

Med driftryck på 40 bar, då kan det fungera bra även med enbart avhärdning. I många fall är det dock fördelaktigt att även reducera salthalten.

I anläggningar med driftryck från 60 bar och uppåt, krävs det avsaltat eller totalavsaltat spädvatten. Det innebär att alla salter tas bort i reningsutrustningarna.

I de fall då man använder elpannor av elektrodyt för hetvatten eller ångproduktion behöver spädvattnet avsaltas. Dessa elpannor kräver en låg och styrbar salthalt i pannvattnet.

För avhärdning används **avhärdningsfilter**. Jonbytesfilter som regenereras med koksalt (NaCl) och byter ut hårdhet mot natrium. Detta byte av joner innebär att hårdheten avlägsnas med salthalten i vattnet är oförändrad. Denna typ filter förekommer även i hushållssammanhang där vattnet har hög hårdhet.

Avsaltning kan utföras till lite olika nivåer. **Membranteknik** används i form av Omvänd osmos (RO). Med RO kan salthalten reduceras med 98-99%. Detta kan vara fullt tillräckligt i anläggningar på 40 bar, i vissa fall kanske även vid 60 bar.

Membranteknik för avsaltning används i många andra sammanhang. Det finns en hel del små enheter för hushåll i Stockholms skärgård där man kan ha problem med havsvatten som tränger in i brunnsvattnet. Dessutom finns det några större anläggningar för avsaltning av Östersjövattnet, t ex på Utö görs dricksvatten till ön behov med membranläggning.

Avsaltning med **jonbytesteknik** har använts i många år. I dag är det främst på industri anläggningar som avsaltning med jonbytare används. Cellulosaindustrierna är de stora spädvattenproducenterna i detta fall. Med jonbytare kan man oftast nå ytterligare något lägre salthalter än med membranteknik.

I anläggningar från 60 bar och uppåt är kraven att spädvattnet skall vara **totalavsaltat**. Avsaltningen kompletteras då med en efterföljande polerande jonbytare, ett sk blandbäddsfiltre som är en jonbytare. Denna efterpolering kan göras efter såväl jonbytesfilter, som membranutrustning (RO). Elektroavjonisering (EDI) är också en teknik som används i kombination med RO för att polera till helt saltfritt spädvatten.

Avgasning

All råvatten innehåller lösta gaser. Det är samma gaser som finns i luften och i samma proportioner. Halten är beroende på vattnets temperatur. Lösligheten avtar vid ökad temperatur. Genom de reningsutrustningar som beskrivits ovan sker ingen reducering av de lösta gaserna.

Den gas som ger upphov till korrosion är syrgasen (O_2). Detta har beskrivits ovan under rubriken korrosion. Genom att avgasa spädvattnet kan denna korrosion minimeras. Den vanligaste metoden för avgasning är att vattnet kokas i en matarvattentank under ett visst övertryck, kokavgasning. Det går även att avgasa vatten med vakuumavgasning. Med undertryck kokar vatten vid lägre temperatur.

Reducering av syrehalten kan även göras på kemisk väg. Vid låga driftryck kan sulfit användas för att binda syret. Natriumsulfid tillsätts och binder syre under blidande av natriumsulfat. Det är en effektiv syrereducerare, men med nackdelen att det samtidigt bidrar till högre salthalt. Sulfid skall inte användas i pannor med högre driftryck än 30 bar.

Råvatten vid mobil användning

I ovanstående text beskrivs förutsättningar och reningsutrustningar i industrier och energiverk. Problematik kring korrosion och beläggningar torde till stor del gälla även vid drift av mobila pannsystem, ångbåtar eller ånglok. Däremot är möjlighet till rening av vattnet ytterst begränsad.

Det som finns i råvattnet och som kan bidra till avlagringar, beläggningar och annan påverkan på pannvattenkvaliteten är:

- slam och partiklar
- hårdhet (kalcium och magnesium)
- humusämnen (kolföreningar)
- alkalinitet (bikarbonat)

Det första två punkterna ger upphov till beläggningar på heta ytor. Slam och partiklar går att avlägsna med enkel filtrering. Medan hårdheten är löst i vattnet och faller ut då vattnet kokas.

Humusämnen är organiska kolföreningar som ger färg i vattnet. Kol i beläggningar är en effektiv isolator, som diskuterats i ovanstående text. Humushalterna i våra vatten är dock inte så hög att den

risken är särskilt påtaglig. Däremot kan pannvattnets färg bli kraftigt mörk med hög humushalt. Ångan kan också komma att innehålla sura organiska ämnen från humusämnen.

Alkaliniteten eller bikarbonathalten (HCO_3) bidrar också till att ångan surgörs. Samtidigt ökar alkaliteten i pannvattnet som innebär högre pH-värde.

Några exempel på råvattenkvalitet från olika delar av landet.

		Mälaren	Älvsjön			Göta Älv
		Sthlm	Piteå	Umeå	Sundsvall	Gbg
Hårdhet	°dH	4,7	0,8	0,7	1,4	1,3
pH		7,6	6,9	7,1	7,3	7,4
Konduktivitet	$\mu\text{S}/\text{cm}$	230	42	61	54	120
Färg	Pt mg/l	21	10	15		16
Alkalinitet	mg/l	73				18

Det är inte dagsaktuella värden, men ger en viss uppfattning om kvalitetskillnader. Vatten som i huvudsak har sitt ursprung från fjälltrakter har en mycket låg salthalt. När tillrinning till sjösystem sker genom skog och åkermark påverkas vattenkvaliteten avsevärt.

Om man vill ha kunskap om vattenkvaliteten på det vatten man själv använder så får man ta prov och analysera. Några färdiga analysuppgifter finns inte att hämta mer än i några enstaka fall. Vid sökning på nätet var det bara Stockholm och Göteborgs vattenverk som redovisar råvattenkvalitet.

Kontroll av vattenkvaliteten i pannan

Vattnets pH-värde har en stor betydelse för stabilitet och att minimera korrosion. Att upprätthålla pH 9,5-10,5 är en bra nivå för att hålla magnetit- eller hematitskikt intakta. Man bör undvika att ligga under pH 9,0 och över pH 11,0 under drift. För höga pH-värden kan i värsta fall ge upphov till alkalisk spänningsskorrosion.

Konduktivitet är ett mått på salthalten i vattnet. Hög salthalt kan medföra att pannvattnet skummar. Vid driftryck på 10-20 bar, så kan 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ vara en lämplig övre gräns. För 30 bar max 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ och 40 bar max 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

En annan enhet som används för konduktivitet är mS/m. 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ = 100 mS/m. Om man halverar siffran för $\mu\text{S}/\text{cm}$ får man ungefärligen salthalten i mg/l. 240 $\mu\text{S}/\text{cm}$ motsvarar en salthalt på ca 120 mg/l.

Salthalten stiger i pannvattnet när ångan, som inte skall innehålla några salter, kokas av. Råvattnets salthalt uppkoncentreras succesivt. För att inte överstiga max värde tappas pannvatten av och ersätts med nytt råvatten.

Om man inte avhärdat råvatten utan låter hårdheten falla ut som ett slam / beläggning i pannan innebär det samtidigt att en del av tillförda salter finns i detta slam. Den konduktivitet som mäts är vad lösta salter ger.

För att mäta pH-värde i råvatten och pannvatten är det lämpligast att göra det med en pH-mätare. Att använda pH-papper (lackmuspapper) är inte helt tillförlitligt i denna typ av vatten.

Konduktiviteten bör också mätas med ett instrument. En aerometer är lite för "grov" för att ge ett bra mätvärde.

Avställning av panna

Löst syrgas i vatten ger korrosion. Vid avställning bör man därför så långt möjligt undvika lufttillträde till en panna med vatten i. Med ett visst **övertryck** går det att stänga ute luften. Toppfylld panna som är tät så att luft inte kan komma in, vid t ex flänsar eller lucktätningar, kan vara ett alternativ. Syre från luften som löser sig i vattnet kommer att reagera tämligen omgående med den vattenberörda stålytan. Ju större kontaktyta mellan luft och vatten desto mer utbredda korrosionsangrepp kan uppstå.

Kvävgas används för att motverka lufttillträde. Kvävgas ger ingen korrosion. Initialt förbrukas en del kvävgas, som löser sig i vattnet, men efter det är förbrukningen låg. Det räcker att man upprätthåller ett litet övertryck på 0,2 bar med kvävgasen. Dock bör man beakta att kvävgasen är något tyngre än luft. Utläckande kvävgas måste ventileras bort.

Det bästa sättet att undvika korrosion vid avställning är att pannan är helt **tömd och torr**. Töms pannan på vatten då det finns eftervärme i metallen kan ytorna torka. Det är viktigt att se till att det inte kommer in fuktig luft som kan kondensera och ge grogrund för syrekorrosion.

I varmt vatten är korrosionshastigheten snabbast. En avställning av en panna vid drifttemperatur där trycket får sjunka med risk för lufttillträde är sämsta tänkbara förutsättning. Risken för korrosion är uppenbar.

Pannvattnets pH-värde kan i viss mån motverka korrosionshastigheten. Kan man höja **pH-värdet** i samband med avställningen så finns förutsättning att bromsa korrosionsförloppet. Om man har ett normalt pH-värde i pannvattnet på pH 9,0-10,5 så bör det höjas till pH 11,0-11,5.

En annan kemisk konservering är att tillsätta **sulfit** i pannvattnet. Avsikten är då att det skall finnas ett sulfittöverskott som kan binda syret och på så sätt minimera korrosionen. Med sulfit blir salthalten hög i pannvattnet pH-värdet kan också sjunka något. En viss kontroll av detta bör göras vid sulfitanvändning. Pannan kan tas i drift med sulfit närvarande men bör omsättas under drift.

Den viktigaste parametern vid avställning är att motverka att syre från luften får tillträde till våta metallytor.