

Rekommendation från

Sodahuskommittén

Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer framgår av rekommendation A 3

Nr C 4

Utgåva 2, september 2013

Rekommendation beträffande kvalitet på spädvatten, kondensat, matarvatten, pannvatten och ånga.

I en ånganläggning måste såväl vatten som ånga uppfylla vissa kvalitetskrav för att inte driftsäkerheten skall äventyras. Uppfylles inte dessa krav föreligger risk för beläggningar, överhettning av panntuber samt korrosion i anläggningen. Kvalitetskraven är bl.a. beroende av anläggningens driftförhållanden. Sålunda gäller för en ångpanna att ju högre panntrycket och värmebelastningen är, desto högre vattenkvalitet krävs. Inte minst i sodapannor med deras korrosiva eldstadsmiljö, och de fatala följderna som en tubläcka i ugnen kan få, är det viktigt att vattensidiga beläggningar och förhöjda tubmaterialtemperaturer ej uppkommer. För kolstålstuber i en sodapannas eldstad kan även måttliga temperaturstegringar medföra ökad korrosionshastighet på gassidan.

Riktvärden för pannor med avhärdat spädvatten återfinns i Bilaga 1.

För varje sodapanna skall det upprättas ett kontrollprogram, samt riktvärdestabell och åtgärdsnivåer, med hänsyn till de specifika förutsättningar som gäller för den aktuella sodapannan.

Hänvisningar

Föreskrifter

EU-direktiv, The European Pressure Equipment Directive (PED) 97/23 EC, November 1999”
AFS 1999:4 Tryckbärande anordningar

Standard

Svensk standard “Vattenrörspannor och hjälpinstallationer – Del 12: Krav på matar- och pannvattenkvalitet”, SS-EN12952-12, november 2003.

Rekommendationer

DENÅ's riktlinjer. DENÅ är ett samarbetsorgan för Dansk Kedelforening, Energiekonomiska Föreningen – Finland, Norsk Kjelforening och Ångpanneföreningen

VGB's riktlinjer, nr 452.

TRD, Technische Regeln Dampfkessel nr. 611

VdTÜV Merkblatt 1453

Övriga rapporter

Värmeforsk rapport nr 958: Mats Hellman: "Riktvärden för vatten och ånga anpassade till svenska energianläggningar"

Värmeforsk rapport nr 893: Mats Hellman: "Bästa möjliga övervakning av vattenkemin i anläggningar med turbin”.

Värmeforsk rapport nr 729: Handbok i vattenkemi för energianläggningar (CD, slutsåld)

Innehåll

1	Vattenkvalitéer	3
1.1	Spädvattenbehandling	4
1.2	Matarvatten	4
1.3	Pannvattenbehandling	5
1.4	Kondensat.....	5
1.5	Ånga	6
2	Kvalitetskrav vid olika driftförhållanden	6
2.1	Åtgärdsnivåer	6
2.2	Förklaring av åtgärdsnivåerna:.....	6
2.3	Ånga och kondensat	8
2.4	Pannor med avsaltat spädvatten och fosfatkemi	9
2.5	Pannor med AVT-kemi	10
2.6	Pannor med avsaltat vatten och med lutdosering	11
2.7	Kiselhalt i pannvatten för pannor med avsaltat spädvatten.....	12
2.8	Fosfathalt i pannvatten	12
2.9	Hårdhet (Ca + Mg) hos matarvatten	13
2.10	Konduktivitet hos pannvatten	14
3	Kontroll och övervakning	14
3.1	On-line instrument	15
3.1.1	Direkt konduktivitet (riktvärden, se avsnitt 2.10)	15
3.1.2	Sur konduktivitet (riktvärden, se avsnitt 2.10).....	15
3.1.3	Avgasad sur konduktivitet	16
3.1.4	Natrium	16
3.2	Manuell mätning	16
3.2.1	Hårdhet.....	16
3.2.2	Konduktivitet	16
3.2.3	pH-värde.....	16
3.2.4	Riktvärden för pannor med avsaltat spädvatten	16
4	Utvärdering av mätresultat.....	18
	Bilaga 1 Pannor med endast avhärdat spädvatten.	19

1 Vattenkvalitéer

Vattenkvalitet	Beskrivning
Råvatten	Råvattnet är vattnet före spädvattensreningsanläggningen. Råvattnet kan utgöras av stadsvatten, grundvatten, sjövattnet, älvvattnet etc. I många anläggningar där råvattnet utgörs av ytvatten måste humushalten i vattnet sänkas genom flockning före avsaltningsanläggningen.
Renvatten	Behandlat råvatten, exempelvis sandfiltrerat eller kemiskt renat vatten.
Avhärdat vatten	Renvatten, vars hårdhet nedbringats genom behandling i jonbytarfilter. S.k. avhärtningsfilter, varvid kalcium- och magnesiumjoner i vattnet byts ut mot natriumjoner. Avhärdat vatten kan användas som spädvatten i matarvattnet för pannor med driftryck uppemot 4-5 MPa, men anses otillräckligt för användning vid högre panntryck.
Avsaltat vatten	Renvatten, vars salthalt nedbringats genom behandling i jonbytarfilter av både katjon- och anjontyp, eller avsaltats medelst membranteknik. För det senare fallet erfordras i vissa fall avhärdat vatten. Halten humusämnen kan även ha minskats genom att vattnet behandlas i humusupptagande filter.
Totalavsaltat vatten, dejonat	Det totalavsaltade vattnet är avsaltat vatten som får en kompletterande rening i ett blandbäddfilter eller ett RO-filter (omvänd osmos) för polering av vattenkvalitén
Spädvatten	Råvatten, som efter erforderlig mekanisk och kemisk rengöring samt avhärtning eller totalavsaltning tillsätts matarvattnet för att täcka kondensatförluster och utblåst pannvatten. Riktvärden anges för spädvatten direkt efter vattenreningsanläggningen.
Matarvatten	Vatten, som beretts av kondensat och spädvatten med erforderlig kvalitet. Matarvattnet trycks medelst matarpump in i pannan som ersättning för ångavgång och utblåst pannvatten.
Insprutningsvatten	Vatten som sprutas in i ångan före en överhettare för att reglera temperaturen på dess utgående ånga. Insprutningsvattnet kan vara ånga från ångdomen, vilken kondenserats i en Dolezalkylare eller matarvatten eller spädvatten med tillräcklig renhet, dvs. motsvarande totalavsaltat vatten. Insprutningsvatten får inte innehålla salter, framför allt inte överskott på natriumjoner. Motsvarande krav gäller för insprutningsvatten som används till temperaturregulering av låg- och mellantrycksånga.
Pannvatten	Vatten i en panna med själv- eller tvångscirkulation. Pannvattnet består av uppkoncentrerat matarvatten och den ackumulerade mängden salter i

pannvattnet hålls under kontroll genom utblåsning.

Mättad ånga	Utgående ånga från domen, före överhettaren. Mättad ånga är normalt en blandning av vätskefas (vattendroppar) och ångfas.
Torr mättad ånga	Mättad ånga som befriats från vätskedroppar, t.ex. genom att den har passerat ångdomens cykloner.
Överhettad ånga	Ånga, vars temperatur överskrider mättningstemperaturen vid rådande tryck. Temperaturen hos utgående ånga från sodapannor ligger oftast vid 450-500 °C. Ångöverhettning sker för att maximera elproduktion och för att undvika vattenutfällning i ångledningar och turbin.
Kondensat	Det vatten som erhålls vid kondensering av ånga i turbinkondensator eller värmväxlare samt kondenserad ånga från produktionsavdelningar i en industri. Riktvärden anges för kondensat efter eventuell kondensatrening.

1.1 Spädvattenbehandling

Kraven på framför allt pannvattnet är olika beroende på panntryck och om anläggningen spädmatas med avhärdat eller avsaltat spädvatten. Sodahuskommittén rekommenderar att avsaltat spädvatten väljs även för sodapannor med lägre tryckklass. För pannor med domtryck över 80 bar rekommenderas att man använder totalavsaltat spädvatten.

Riktvärdena har delats upp i tabeller, figur 1-3 och figur 10 i Bilaga 1, beroende på spädvattenkvalitet.

När de gamla riktvärdena från DENÅ ("Matarvatten Del 1, Riktvärden och analysmetoder", Ångpanneföreningen 1985) togs fram använde ett stort antal anläggningar i Sverige fortfarande avhärdat spädvatten. I dagsläget ser det annorlunda ut och avsaltat spädvatten används vid även lägre panntryck. Orsaken är att driftsäkerheten blir bättre med avsaltat eller totalavsaltat spädvatten samtidigt som kostnaderna kring en avsaltningsanläggning har minskat.

1.2 Matarvatten

I en massafabrik består pannornas matarvatten av 50-70 returkondensat och resten av behandlat spädvatten. Kondensat och spädvatten får således avgörande betydelse för matarvattenkvaliteten.

För att undvika vatten- och ångsidig korrosion i pannor samt ång- och kondensatsystem avgasas matarvattnet. Flyktiga alkaliseringsmedel tillsätts också matarvattnet för att kompensera för de sura och vanligen flyktiga produkter, som naturligt uppstår i vatten-ångcykeln, t.ex. HCl, som har nära samma ångtryckskurva som pannvattnet och som annars kan göra att kondensatet blir surt.

Det är viktigt att hela matarvattensteget, således även matarvattentank och matarpumpar, omfattas av alkaliseringen med tanke på risken för erosionskorrosion. pH och syre i matarvattnet har stor betydelse för risken för erosionskorrosion i matarledningarna och syrehalten får därför inte heller bli för liten, minst 2 ppb rekommenderas.

1.3 Pannvattenbehandling

För att kunna ha kontroll på salthalten i pannvattnet måste en viss mängd blåsas ut från pannan. Normalt sker detta genom s.k. kontinuerlig utblåsning samt i vissa fall chockblåsning från pannans lågpunkter. Utan utblåsning skulle pannvattnets halt av icke flyktiga salter växa okontrollerat. Chockblåsning från utblåsningsledningarna från bottenlådorna hjälper även till att avlägsna slam, t.ex. magnetitslam, som annars sedimenterar på botten av bottenlådorna. Upptäcker man låga pH-värden med missfärgning av pannvattnet eller att det förekommer svartlut eller olja så är det att betrakta som mycket allvarliga störningar, som snabbt kan förorsaka skador. I sådana fall måste omedelbara åtgärder vidtagas enligt de riktlinjer, som anges i rekommendation nr C 6.

I anläggningar, som spädmatas med avsaltat vatten, finns några olika sätt att behandla pannvattnet. Riktvärden ges för de tre vanligaste behandlingsmetoderna i Sverige.

De är:

- FOSFAT. Dosering av fosfat i kombination med alkaliserande aminer (eller ammoniak) är det vanligaste behandlingssättet vid svenska anläggningar.
- AVT (All Volatile Treatment) är ett amerikanskt uttryck och innebär behandling med enbart ammoniak och/eller (flyktiga) alkaliserande aminer.
- LUT. Dosering av lut (NaOH) används vid en del anläggningar för att justera pH-värdet i pannvattnet och därmed skapa förutsättningar för en bra pannvattenkemi. Luten är inte flyktig, utan måste kompletteras med ett alkaliseringsmedel för ånga och kondensat. Doseringen kompletteras då med ammoniak och/eller alkaliserande aminer så att även kondensatet kan erhålla ett tillräckligt högt pH.

Dosering av lut till pannvattnet förekommer i en del större kraft- och värmeanläggningar med panntryck högre än ~ 100 bar. Sådan dosering bör då göras under noggrann kontroll eftersom felaktig dosering eller överbäring av pannvattnet till ångan kan medföra risk för lokal spänningskorrosion i systemet, vilket ställer höga krav på övervakning av bl.a. ångkvalitén.

Också AVT-kemi är förenat med högre krav på övervakning av pannvattnet.

Se även rekommendation C 5.

1.4 Kondensat

Returkondensatet från fabriken innehåller ofta korrosionsprodukter, vilka kan ge beläggningar i pannorna. Därför bör kondensaten filtreras i s.k. partikelavskiljande filter, vanligen precoatfilter.

Kondensaten kan också förorenas av råvatten (t.ex. tätningsvatten för pumpar), vilket kan medföra beläggningar av hårdhetsbildare i pannorna. Av detta skäl filtrerades kondensaten tidigare ofta även i avhärtningsfilter/blandbäddfilter.

Filtrering i avhärtningsfilter ersätter hårdhet i kondensatet med natrium och då får kondensatet en hög natriumhalt och samma sker då också med matarvattnet. En förutsättning för korrosionsangrepp är då att pannvattnets halt av övriga salter är låg, vilket blir fallet om spädvattnet avsaltas. Hög natriumhalt i pannvattnet kan ge upphov till allvarliga korrosionsangrepp i form av spänningskorrosion (och också till alltför kraftig skumbildning).

För att då avlägsna hårdhet ur kondensatet utan att ersätta det med natriumjoner måste det ske genom avsaltning (i st f avhärdning). Normalt är dock kondensattemperaturen alltför hög för att kunna rena kondensatet i en avsaltningsanläggning. Kondensatreningen måste då kompletteras med en värmeväxlare för kylning av kondensatet före avsaltningsfiltret och samtidig återvärmning av den reade kondensatet.

1.5 Ånga

För ånga gäller i princip samma riktvärden och åtgärdsnivåer för alla energianläggningar, oavsett spädvattenkvalitet.

Ånga, som inte är tillräckligt ren kan ge besvärande beläggningar i överhettare och ångturbiner, t.ex. av kisel. En låg ångkvalitet kan bero på dålig separation av pannvattnet från ångan i ångdomens cykloner. En orsak kan vara felaktig pannvattensammansättning (t.ex. tendens till skumning), otillräcklig kapacitet eller andra brister hos separationsanordningarna eller häftiga tryck- och lastvariationer. Även temperaturregleringen kan medföra förorening av ångan genom inläckage av pannvatten eller matarvatten i pannans indirekta ångkylare eller genom att insprutningsvattnet vid direkt ångkylning inte har tillräcklig renhet. Förutom beläggningar kan även korrosion uppstå, om kraven på insprutningsvattnets pH-värde eller restsyrehalt ej uppfylls.

2 Kvalitetskrav vid olika driftförhållanden

2.1 Åtgärdsnivåer

Förr angavs riktvärden endast med ett värde eller ett intervall. Alla värden över (eller under) riktvärdet var oacceptabla. För att hjälpa anläggningsägare och ansvariga operatörer började man på 1990-talet införa åtgärdsnivåer. Det innebar att ett överskridande delas in i nivåer där värdena kan accepteras under kortare perioder. Även periodens längd anges.

Fortfarande är det lämpligt att viktiga halter, som pH, konduktivitet eller natriumhalt, är övervakade, så att larm ges innan man når Åtgärdsnivå 1. Ytterligare larm bör ges om pannvattnets sammansättning når Åtgärdsnivå 2.

För att säkra vattenkvaliteten vid kontinuerlig drift bör kritiska värden, som pH, (sur) konduktivitet, natriumhalt m.m. mätas kontinuerligt. Det bör sedan uppmärksammas om analysvärdena avviker från de värden som är normala för ostörd drift, även om de uppmätta analysvärdena fortfarande skulle ligga inom de rekommenderade riktvärdena.

Vid värden som avviker från normal drift bör lämpliga åtgärder göras för att återfå det normala driftvärdet även om det ligger inom det tillåtna intervallet. Observera att man både kan behöva återställa vattnet i pannan, t.ex. genom ökad utblåsning och utröna och åtgärda eventuella brister i vattenreningen, t.ex. genom att kasta förorenade kondensat eller regenerera överutnyttjade jonbytesfilter.

2.2 Förklaring av åtgärdsnivåerna:

Analysvärden lägre än R (eller inom angivet intervall) är det analysvärde som normalt erhålls vid en längre tids drift med konstanta förhållanden, s.k. steady-state. En säkerhetsmarginal finns inbakad i riktvärdet. Nivån förväntas medföra låg risk för problem i form av beläggningar eller korrosionsangrepp.

- R** **Riktvärde eller intervall** anges i riktvärdestabellerna. **Intervall** mellan **Riktvärdet och Åtgärdsnivå 1** är fortfarande ett acceptabelt värde. Analysvärden som ligger mellan Riktvärdet och Åtgärdsnivå 1 innebär att vattenkemin inte är optimal. Orsaken till detta bör undersökas och på sikt åtgärdas även om gränsvärden för ÅN 1 inte överskrids.
- ÅN1** **Åtgärdsnivå 1** anges i riktvärdestabellerna. **Inom intervallet mellan ÅN1 och ÅN2** finns en potentiell risk för korrosion och/eller kontaminering. Åtgärder måste vidtas för att återkomma till normal nivå inom en vecka. Maximalt accepterad sammanlagd tid med sämre värden än Åtgärdsnivå 1 anses vara två veckor/år (med undantag för tid vid driftsättning, dvs. första uppstart av anläggningen).
- ÅN2** **Åtgärdsnivå 2** anges i riktvärdestabellerna. **Intervall** mellan **ÅN2 och ÅN3**. Här föreligger stor risk för korrosion och/eller kontaminering. Åtgärder måste vidtas för att återkomma till normal nivå inom ett dygn. Maximalt tillåten sammanlagd tid med sämre värden än Åtgärdsnivå 2 är 48 timmar/år (med undantag för tid vid driftsättning, dvs. första uppstart av anläggningen).
- ÅN3** **Åtgärdsnivå 3** anges i riktvärdestabellerna. Analysvärden som överstiger (eller understiger) ÅN3 nivå innebär omedelbar fara för anläggningen. Stoppa anläggningen så fort som omständigheterna tillåter för att undvika skador. Systemet måste felsökas och åtgärder vidtas för att återföra vattenkemin till riktnivå innan pannan åter startas. ÅN3 anges inte för alla parametrar utan endast för de parametrar som anses medföra akut fara för haveri i anläggningen om de överskrids.

2.3 Ånga och kondensat

Parameter		ånga (ångkondensat)				ånga (ångkondensat)				returkondensat				returkondensat			
Vattenkemi		AVT och LUT				FOSFAT				AVT och LUT				FOSFAT			
material i systemet		Cu ¹⁾		Fe ²⁾		Cu ¹⁾		Fe ²⁾		Cu ¹⁾		Fe ²⁾		Cu ¹⁾		Fe ²⁾	
pH	R	9,0 - 9,2		9,2 - 9,6		9,0 - 9,2		9,2 - 9,6		9,0 - 9,2		9,2 - 9,6		9,0 - 9,2		9,2 - 9,6	
	ÅN1	8,5	9,4	8,8	10,0	8,5	9,4	8,8	10,0	8,5	9,4	8,8	10,0	8,5	9,4	8,8	10,0
	ÅN2	8,2	9,5	8,0	10,5	8,2	9,5	8,0	10,5	8,2	9,5	8,0	10,5	8,2	9,5	8,0	10,5
	ÅN3																
konduktivitet µS/cm	R	3 - 6 ³⁾		4 - 11 ³⁾		3 - 6 ³⁾		4 - 11 ³⁾		3 - 6 ³⁾		4 - 11 ³⁾		3 - 6 ³⁾		4 - 11 ³⁾	
	ÅN1																
	ÅN2																
	ÅN3																
sur konduktivitet µS/cm	R	<0,10 ⁴⁾				<0,20 ⁴⁾				<0,20 ⁴⁾		<0,30 ⁴⁾		<0,20 ⁴⁾		<0,30 ⁴⁾	
	ÅN1	0,20				0,30				0,30		0,30		0,30		0,30	
	ÅN2	0,50				0,50				0,50		0,50		0,50		0,50	
	ÅN3	1				1											
kisel, SiO ₂ µg/kg	R	<5				<5				<5				<5			
	ÅN1	20				20				20				20			
	ÅN2	30				30				30				30			
	ÅN3	50				50											
hårdhet °dH	R									<0,003 (<0,01 ber. på analysmetod)							
	ÅN1									0,01							
	ÅN2									0,02							
	ÅN3																
natrium, Na µg/kg	R	<3				<5				<3				<5			
	ÅN1	5				10				5				10			
	ÅN2	10				20				10				20			
	ÅN3	20				40											
järn, Fe µg/kg	R	<10				<10				<10				<10			
	ÅN1	20				20				20				20			
	ÅN2									50				50			
	ÅN3																
koppar, Cu µg/kg	R	<1				<1				<3				<3			
	ÅN1	3				3				3				3			
	ÅN2									10				10			
	ÅN3																
restsyre, O ₂ µg/kg	R									<10							
	ÅN1									20							
	ÅN2																
	ÅN3																

1) Cu gäller anläggningar med värmeväxlare i koppar/kopparlegeringar.

2) Fe gäller anläggningar utan värmeväxlare i koppar/kopparlegeringar.

3) Gäller endast ammoniakdosering, andra alkaliseringsmedel kan ge högre konduktivitet.

4) Högre värde kan accepteras under vissa förutsättningar om det kan säkerställas att värdet inte beror på förekomst av mer aggressiva ämnen genom t.ex. natriummätning. Se texten kapitel 3.1.5 i Värmeforskningsrapport 958.

Figur 1: Riktvärden för ånga och kondensat till turbindrift.

Riktvärdena för ånga i tabellen gäller såväl mättad som överhettad ånga.

2.4 Pannor med avsaltat spädvatten och fosfatkemi

Parameter		Spädvatten ¹⁾	matarvatten		pannvatten	
domtryck, Mpa		>4	>4		4 - 10	10 - 16
material i systemet			Cu ²⁾		Fe ³⁾	
pH	R		9,0 - 9,2		9,2 - 9,6	
	ÅN1		8,5	9,4	8,8	10,0
	ÅN2		8,2	9,5	8,0	10,5
	ÅN3					
konduktivitet µS/cm Se avsnitt 2.10	R	<0,10			15 - 50	10 - 30
	ÅN1	0,20			50	30
	ÅN2	0,50			100	50
	ÅN3				200	100
avgasad sur konduktivitet µS/cm Se avsnitt 2.10	R		<0,20 ⁴⁾			
	ÅN1		0,30			
	ÅN2		0,50			
	ÅN3		1,0			
kisel, SiO ₂ µg/kg	R	<10	anläggningsspecifikt, får inte vara högre än att pannvattenkvaliteten uppfylls		0,25 x ÅN1	
	ÅN1	20			enligt kurva figur 5	
	ÅN2				2 x ÅN1	
	ÅN3					
hårdhet °dH Se avsnitt 2.9	R		<0,005 (se avsnitt 2.9)			
	ÅN1		0,01			
	ÅN2		0,02			
	ÅN3					
natrium, Na µg/kg	R	<5	<5			
	ÅN1	10	10			
	ÅN2	20	20			
	ÅN3					
restsyre, O ₂ µg/kg	R		<5 ⁵⁾			
	ÅN1		20			
	ÅN2		50			
	ÅN3		100			
fosfat, PO ₂ mg/kg	R				enligt kurva figur 6	
	ÅN1					
järn, Fe µg/kg	R		<10		anläggningsspecifikt, avgörs från fall till fall	
	ÅN1		20			
	ÅN2		50			
	ÅN3					
koppar, Cu µg/kg	R		<3			
	ÅN1		3			
	ÅN2		10			
	ÅN3					

- 1) Spädvatten direkt efter avsaltning, högre värden kan ev. accepteras om riktvärden för pannvatten och ånga uppfylls.
- 2) Cu gäller anläggningar med värmeväxlare i koppar/kopparlegeringar.
- 3) Fe gäller anläggningar utan värmeväxlare i koppar/kopparlegeringar.
- 4) Högre värden kan accepteras under vissa förutsättningar om det kan säkerställas att värdet inte beror på förekomst av mer aggressiva ämnen genom t.ex. natriummätning. Se texten kapitel 3.1.5 i Värmeforsks rapport 958.
- 5) Ett helt syrefritt vatten kan innebära risk för erosionskorrosion. Syrehalten bör vara minst 2 ppb.

Figur 2: Riktvärden för pannor med avsaltat spädvatten och fosfatkemi.

Beträffande organisk substans, se rekommendation nr C 6.

2.5 Pannor med AVT-kemi

Riktvärden gäller pannor som doseras med enbart ammoniak och/eller alkaliserande aminer.

Parameter		spädvatten	matarvatten		pannvatten		
domtryck, Mpa		alla	alla		<8	8- 16	>16
material i systemet			Cu ¹⁾		Fe ²⁾		
pH	R		8,8 - 9,2		9,2 - 9,6		
	ÅN1		8,5	9,2	8,8	9,6	
	ÅN2		8,2	9,5	8,0	10,0	
	ÅN3						
konduktivitet µS/cm Se avsnitt 2.10	R	<0,10			anläggningsspecifikt, inte högre än att ångkvalitén uppfylls se figur 7		
	ÅN1	0,20					
	ÅN2	0,50					
	ÅN3						
sur konduktivitet µS/cm Se avsnitt 2.10	R		< 0,10 ³⁾				
	ÅN1		0,20				
	ÅN2		0,50				
	ÅN3		1				
kisel, SiO ₂ µg/kg	R	<10	<5		0,25 x ÅN1		
	ÅN1	20	20		enligt kurva figur 5		
	ÅN2	50	30		2 x ÅN1		
	ÅN3						
hårdhet °dH Se avsnitt 2.9	R		<0,003				
	ÅN1		0,005				
	ÅN2						
	ÅN3						
natrium, Na µg/kg	R	<5	<3 ⁴⁾		anläggningsspecifikt, inte högre än att ångkvalitén uppfylls		
	ÅN1	10	5				
	ÅN2	20	10				
	ÅN3						
restsyre, O ₂ µg/kg	R		2-10 ⁵⁾				
	ÅN1		20				
	ÅN2		50				
	ÅN3		100				
järn, Fe µg/kg	R		<10		anläggningsspecifikt, avgörs från fall till fall		
	ÅN1		20				
	ÅN2		50				
	ÅN3						
koppar, Cu µg/kg	R		<3				
	ÅN1		3				
	ÅN2		10				
	ÅN3						

1) Cu gäller anläggningar med värmväxlare i koppar/kopparlegeringar.

2) Fe gäller anläggningar utan värmväxlare i koppar/kopparlegeringar.

3) Högre värden kan accepteras under vissa förutsättningar om det kan säkerställas att värdet inte beror på förekomst av mer aggressiva ämnen genom t.ex. natriummätning. Se texten kapitel 3.1.5 i Värmeforsks rapport 958.

4) Högre värden kan accepteras där matarvatten inte används som insprutningsvatten.

5) Ett helt syrefritt vatten kan innebära risk för erosionskorrosion.

Figur 3: Riktvärden för pannor med avsaltat spädvatten och AVT-kemi.

2.6 Pannor med avsaltat vatten och med lutdosering

Parameter		spädvatten	matarvatten				pannvatten			
domtryck, Mpa			>4				4 - 10		10 - 16	
material i systemet			Cu ¹⁾		Fe ²⁾					
pH	R		8,8 - 9,2		8,8 - 9,6		9,5 - 10,0		9,4 - 9,6	
	ÅN1		8,5	9,4	8,8	10,0	se meddelande			
	ÅN2		8,2	9,5	8,0	10,5	C 6			
	ÅN3									
konduktivitet µS/cm	R	<0,10					8 - 25		6 - 10	
Se avsnitt 2.10	ÅN1	0,20					6	40	5	12
	ÅN2	0,50					2,5	50	2,5	20
	ÅN3						0,8	80	0,8	40
sur konduktivitet µS/cm	R		<0,20 ³⁾							
Se avsnitt 2.10	ÅN1		0,30							
	ÅN2		0,50							
	ÅN3		1							
kisel, SiO ₂ µg/kg	R	<10	<5				< 0,25 x ÅN1			
	ÅN1	20	20				enligt kurva figur 5			
	ÅN2	50	30				2 x ÅN1			
	ÅN3									
hårdhet °dH	R		<0,01							
Se avsnitt 2.9	ÅN1		0,01							
	ÅN2		0,1							
	ÅN3									
natrium, Na µg/kg	R	<5	<5				anläggningsspecifikt, inte högre än att ångkvalitén uppfylls			
	ÅN1	10	10							
	ÅN2	20	20							
	ÅN3									
restsyre, O ₂ µg/kg	R		2-10 ⁴⁾							
	ÅN1		20							
	ÅN2		50							
	ÅN3		100							
järn, Fe µg/kg	R		<10				anläggningsspecifikt, avgörs från fall till fall			
	ÅN1		20							
	ÅN2		50							
	ÅN3									
koppar, Cu µg/kg	R		<3							
	ÅN1		3							
	ÅN2		10							
	ÅN3									

1) Cu gäller anläggningar med värmväxlare i koppar/kopparlegeringar.

2) Fe Gäller anläggningar utan värmväxlare i koppar/kopparlegeringar.

3) Högre värden kan accepteras under vissa förutsättningar om det kan säkerställas att värdet inte beror på förekomst av mer aggressiva ämnen genom t.ex. natriummätning. Se texten kapitel 3.1.5 i Värneforsks rapport 958.

4) Ett helt syrefritt vatten kan innebära risk för erosionskorrosion.

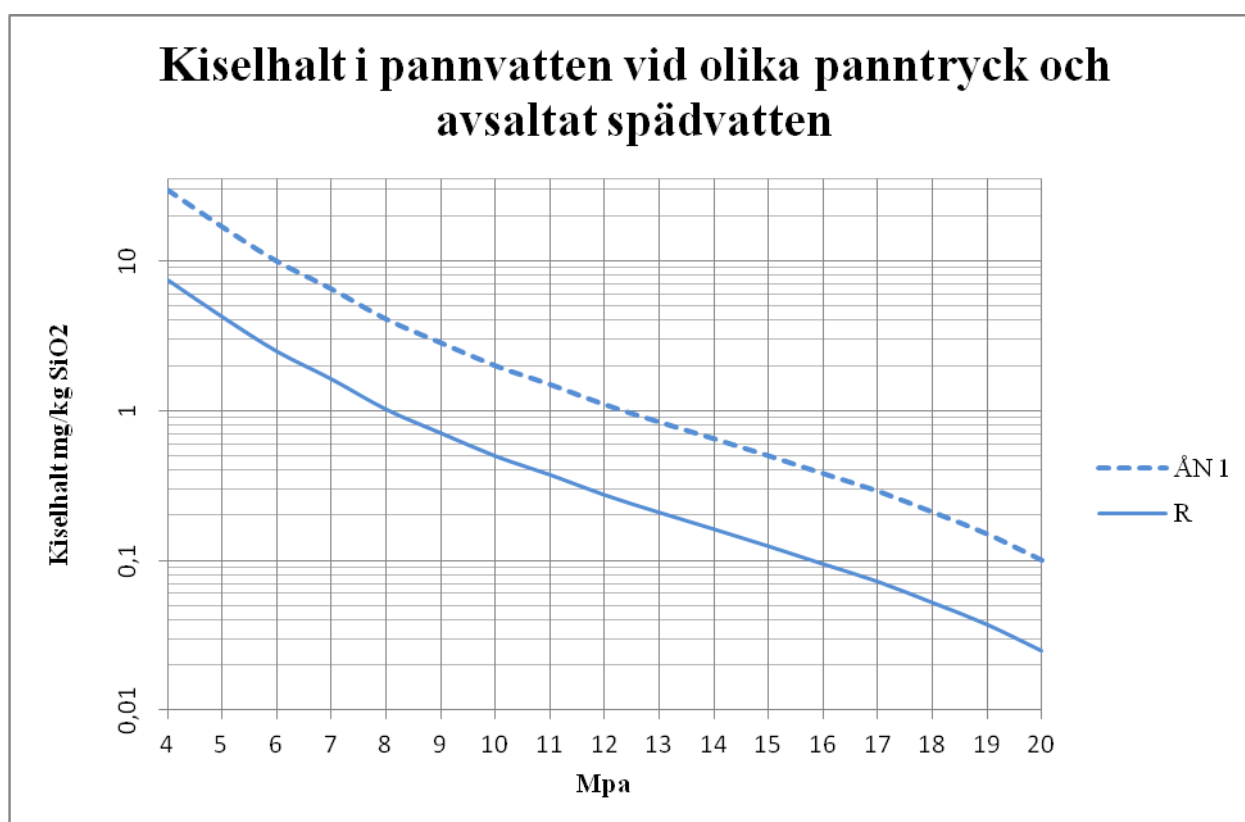
Figur 4: Riktvärden för pannor med avsaltat spädvatten och lutdosering.

Riktvärdena i tabellen gäller pannor där lut (NaOH) doseras för att justera pH-värdet i pannvattnet och därmed skapa förutsättningar för en bra pannvattenkemi. Lutdoseringen bör kompletteras med ammoniak och/eller alkaliserande aminer.

2.7 Kiselhalt i pannvatten för pannor med avsaltat spädvatten

Kiselsyrans fördelningskoefficient, dvs. förhållandet mellan koncentrationen i ångfas och vattenfas är temperatur- och tryckberoende. Det för med sig att kiselsyrans partialtryck i ångfasen ökar med stigande tryck och minskar när trycket sjunker. Det innebär i sin tur att riktvärdet för kisel i pannvattnet måste sänkas med stigande tryck för att mängden kisel i ångan inte skall öka.

Riktnivå på kisel i ånga är $<5 \mu\text{g/kg SiO}_2$. Åtgärdsnivå l ligger på 20 mg/kg SiO_2 . Figuren nedan visar motsvarande riktvärden för kisel i pannvattnet vid olika domtryck. Observera att värdena i figuren anges i mg/kg ($1 \text{ mg/l} = 1000 \mu\text{g/kg}$).



Figur 5: Riktvärden och ÅN 1 för kiselhalt i pannvatten vid olika domtryck och avsaltat spädvatten

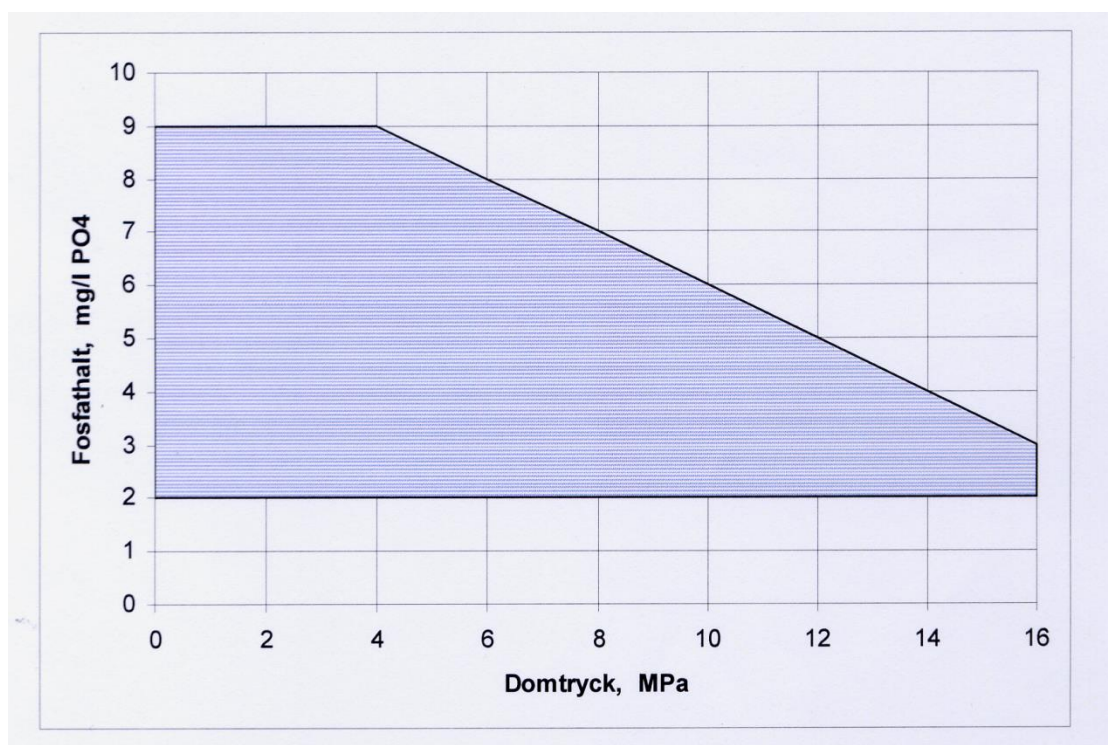
2.8 Fosfathalt i pannvatten

Natriumfosfatet har omvänd löslighet, dvs lösligheten minskar vid ökande temperatur. Vid panntryck över ca 16 MPa bör därför fosfat inte användas p.g.a. av risken för hide-out, dvs utfällning av fast natriumfosfatsalt på tubväggarna.

Fenomenet "hide-out" inträffar i många anläggningar och innebär att fosfathalten sjunker vid förhöjd last för att sedan återgå till det normala då lasten går ner igen. Fosfatet har en komplicerad kemi och det gör att lösligheten för fosfatet minskar med ökande temperatur, s.k. omvänd löslighet. En bidragande orsak är också den högre temperaturen i gränsskiktet intill

tubväggen, vilket gör att pannvattnet som närmast tubväggen får en lägre löslighet för fosfatet än pannvattnet utanför gränsskiktet. Lösligheten för natriumfosfatet överskrider lokalt, vilket medför en ständigt ökande utfällning av fosfatet ur pannvattnet. Det medför att fosfathalten i pannvattnet sjunker. Det utfällda fosfatet bildar nu en beläggning på tubväggen, vilken kan orsaka överhettning av hårt värmebelastade värmeytor.

Det rekommenderade intervallet för fosfathalt i pannvatten vid olika domtryck och koordinerad fosfatkemi är därför enligt figur 6.



Figur 6: Riktvärden för fosfathalt i pannvatten vid olika domtryck, avsaltat spädvatten och koordinerad fosfatkemi.

Fosfathalten i pannvattnet bör helst ligga i den övre delen av intervallet för att erhålla bästa möjliga buffertkapacitet i vattnet. Svårigheter att erhålla bra ångkvalitet eller problem med hide-out kan medföra att det för vissa pannor är aktuellt att istället ligga i underkant av intervallet.

2.9 Hårdhet (Ca + Mg) hos matarvatten

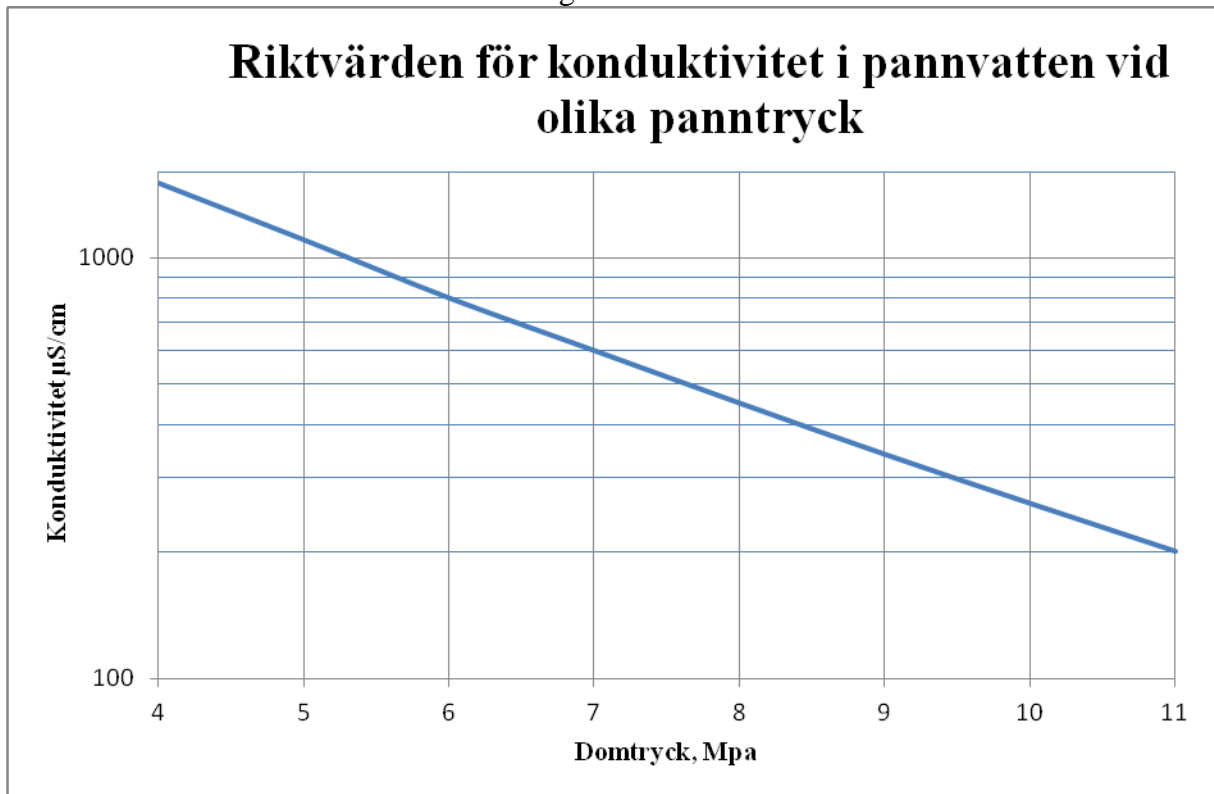
Riktvärden för rekommenderad högsta godtagbara hårdhet hos matarvattnet vid avsaltat spädvatten varierar mellan olika källor. Angivet värde svarar mot Sodahuskommitténs och DENÅ:s tidigare rekommendationer och har varit tillämpat riktvärde i Sverige under åtskilliga decennier. Även ASME (1979) specificerar ett lägre värde, vid 70 bar domtryck lika med $< \sim 0,003$ °dH. Pannvattenstandarden SS-EN 12952-12 specificerar ett högre riktvärde $< 0,005$ mMol (Ca+Mg)/kg, vilket motsvarar $< \sim 0,03$ °dH.

Inläckage av små mängder hårdhet från kylvatten (pumpar), kondensorer, etc. kommer att ge beläggning på vattensidan i eldstadstuber med risk för överhettning, korrosion, sprickor och sämre värmeöverföring. Driftstörningar förekommer. Hårdhet som består av salter kommer att ackumuleras i system och kommer i första hand falla ut på högt värmebelastade ytor. Sodahuskommittén rekommenderar därför att den äldre i Sverige tillämpade max-gränsen $< 0,003 \text{ }^\circ\text{dH}$ bibehålles som riktvärde för matarvatten till sodapannor.

Analysmetod måste väljas med en detektionsgräns som är avpassad till det aktuella riktvärde som skall innehållas, vilket kan medföra att riktvärdet kan behöva justeras.

2.10 Konduktivitet hos pannvatten

Rekommendationer om rekommenderad konduktivitet för pannvattnet varierar mellan olika källor. Sodahuskommitténs och DENÅ:s riktvärde har varit $< 800 \text{ } \mu\text{S/cm}$ vid 64 bar och $< 300 \text{ } \mu\text{S/cm}$ vid 100 bars domtryck. Fig. 7 är omräknad från gällande standard SS-EN 12952-12 och visar värden i samma storleksordning.



Figur 7 Riktvärden konduktivitet i pannvatten vid olika domtryck och avsaltat spädvatten.

Valet av alkaliseringsmedel påverkar starkt både matarvattnets och pannvattnets konduktivitet. Sodahuskommittén rekommenderar att det för varje sodapanna sätts riktvärden, som bestäms med utgångspunkt från den vattenkemi som tillämpas.

3 Kontroll och övervakning

För varje sodapanna skall det upprättas ett kontrollprogram, samt riktvärdestabell och åtgärds- och i tillämpliga fall larmnivåer, med hänsyn till de specifika förutsättningar som gäller för den aktuella sodapannan. Samtliga relevanta parametrar i riktvärdestabellen för den aktuella

anläggningen bör övervakas med on-line-instrument eller med regelbundet återkommande manuella analyser.

pH-värdet kan t.ex. ofta övervakas indirekt genom mätning av konduktiviteten, vilket är en enklare och mer tillförlitlig mätmetod. Det är samtidigt också viktigt att alla avvikande värden följs upp och orsaken kontrolleras och åtgärdas. Det gäller även mindre avvikelser från riktvärdet, även där någon åtgärdsnivå inte överskrids. Ett typexempel är hårdhet, där även mindre stegringar inom åtgärdsgränsen kan vittna om att det uppstått ett mindre läckage t.ex. i en kondensator, så att det rena kylvattnet läcker in i returkondensatet. Genom att alltid följa upp sådana mindre avvikelser erhålls värdefull kunskap om den egna anläggningen, vilket kan hjälpa till att förhindra framtida driftstörningar och eventuella haverier.

Riktvärdena är förtecknade i kap. 2 (och i Bilaga 1 för pannor med avhärdat spädvatten).

3.1 On-line instrument

Det är svårt att ge ett generellt förslag som täcker alla anläggningar oavsett tryckklass, vattenkemi, industri och bemanning. Instrumenteringen måste anpassas individuellt för varje anläggning då förutsättningarna varierar från fall till fall.

Manuella analyser för kontroll av on-lineinstrumenten görs förslagsvis en gång i månaden samt vid avvikande värden eller oförklarliga svängningar i trendkurvorna. Man måste dock vara uppmärksam på att vissa instrument kan kräva tillsyn oftare.

3.1.1 Direkt konduktivitet (riktvärden, se avsnitt 2.10)

Direkt konduktivitet mäter mediets verkliga konduktivitet justerad till 25°C. Av den totala konduktiviteten utgör alkaliseringsmedlets konduktivitet en mycket stor andel, vilket beror på OH⁻-jonens höga ledningsförmåga. På grund av variationer i dosering av alkaliseringsmedel, varierar också konduktiviteten, vilket blir bestämmande för larmgränsen. Av denna orsak kan man inte upptäcka mindre inläckage, trots att även små inläckage av hårdhetssalter på sikt kan ställa till med allvarliga problem med invändiga beläggningar. Mätmetoden är fortfarande användbar för stora momentana inläckage och som en allmänt översiktlig övervakning av pannvattnet.

3.1.2 Sur konduktivitet (riktvärden, se avsnitt 2.10)

Sur konduktivitet mäter konduktiviteten i provflödet efter neutralisation av alkaliseringsmedlet. Neutralisationen sker med hjälp av en katjonbytare installerad mellan provtagningskylaren och mätinstrumentet. Den konduktivitet som härrör från inläckage av lösta föroreningar, t ex hårdhet, görs synlig med hjälp av anjonbytaren. Resultatet blir att konduktivitetens grundnivå är låg och jämn samt att ett relativt litet inläckage med säkerhet kan detekteras.

Larmgränsen kan därmed sättas med liten marginal till konduktivitetens grundnivå. Natriumhydroxid (lut), och en del liknande föreningar, neutraliseras på samma sätt som alkali-seringsmedlet och kan således ej spåras på detta sätt. Mätmetoden är lämplig för små inläckage, men upptäcker alltså inte om det läcker in lut. Därför behövs även mätning av direkt konduktivitet parallellt med mätningen av den sura konduktiviteten.

Metoden att mäta sur konduktivitet är oftast olämplig att använda för att spåra överbäring av pannvatten till mättad och överhettad ånga. Detta gäller i synnerhet då spädvattnet avsaltas. I

detta fall innehåller pannvattnet en stor andel alkali (NaOH), vilken neutraliseras och således ger en felaktig bild av ångkvaliteten. Man bör även följa skillnaden i värde mellan konduktivitet mätt med direkt metod och med sur metod och jämföra med t.ex. natriumhalten.

3.1.3 Avgasad sur konduktivitet

Efter neutralisering avlägsnas dessutom de lösta gaser, som kan förekomma i kondensatet som nedbrytningsprodukter efter flyktiga alkaliseringsmedel.

3.1.4 Natrium

Natriumhalten mäts lämpligen med en jonselektiv elektrod, vilken har en detektionsgräns kring 1 µg/kg eller lägre. Mätmetoden kan spåra flertalet typer av inläckage av hårdhet, då natrium oftast förekommer gemensamt med hårdheten. Detektionsgränsen påverkas ej av alkaliseringsmedlet, vilket innebär att ringa inläckage av de allra flesta föroreningar i löst form (och vilka innehåller natrium) kan indikeras.

3.2 Manuell mätning

Den kontinuerliga mätningen måste kompletteras med manuella analyser i den omfattning som behövs för kontroll av instrumenten. Förutom de angivna parametrarna, som mäts kontinuerligt, skall minst pH-värde och hårdhet bestämmas. Matarvatten och samlat kondensat skall alltid analyseras. Vilka delkondensat, som skall analyseras och om det skall göras kontinuerligt, får avgöras efter en riskbedömning.

3.2.1 Hårdhet

Hårdheten bör bestämmas med en metod, som har detektionsgränsen 0,005°dH eller lägre.

3.2.2 Konduktivitet

Bestämningen utföres enligt metodbeskrivning. Observera att luftens innehåll av koldioxid påverkar provet och att ett prov som får stå i luft absorberas koldioxid från omgivningen, så att mätvärdena förändras. Vattenprover förvaras i slutna kärl utan lufttillträde och mätningen skall utföras utan dröjsmål efter det att provburkarna har öppnats. Om samma prov användes för både konduktivitets- och pH-bestämning, skall konduktiviteten bestämmas först, i annat fall kan för högt värde erhållas.

3.2.3 pH-värde

Bestämningen utföres enligt metodbeskrivning. Luftens innehåll av koldioxid påverkar provet. Mätningen skall därför utföras utan dröjsmål efter det att provburkarna har öppnats. En pH-elektrod, som är avsedd för mätning i saltfattiga vatten, bör användas. pH-elektroderna skall ej användas till andra prover med organiskt innehåll.

3.2.4 Riktvärden för pannor med avsaltat spädvatten

I riktvärdestabellerna anges inte värden på Åtgärdsnivå 3, ÅN3, för alla parametrar, utan endast för de som medför akut fara om de överskrids.

I figuren nedan visas en sammanställning av de parametrar som har riktvärden på ÅN3 vid anläggningar med avsaltat spädvatten. De är så viktiga för anläggningen att de bör övervakas kontinuerligt. Kan ej on-lineinstrument användas skall analyserna ske med regelbundna intervall.

Anläggning	provpunkt	pH-värde	konduktivitet total	konduktivitet sur	kiselsyra	natrium	restsyre
Alla	avsaltning		x		x		
	ånga			x	x	x	
	kondensat	x					
pannor med	matarvatten			x			x
FOSFAT-dosering	pannvatten	x	x				
pannor med	matarvatten			x			x
AVT-kemi	pannvatten	x		x			
pannor med	matarvatten			x			x
LUT-dosering	pannvatten	x	x	x			
genomströmningspannor	matarvatten	x		x		x	x

Figur 8a: Sammanställning av riktvärden på ÅN3 vid anläggningar med avsaltat spädvatten.

Anläggning	provpunkt	Avgasad sur konduktivitet	Hårdhet	Koppar	Järn
Alla	avsaltning		m		
	ånga		m		
	kondensat	x			
pannor med					
FOSFAT-dosering	pannvatten			x	x
pannor med					
AVT-kemi	pannvatten			x	x
pannor med					
LUT-dosering	pannvatten			x	x

Figur 8b: Sammanställning av ytterligare några parametrar som har riktvärden på ÅN3 vid anläggningar med avsaltat spädvatten.

Observera att den nedan rekommenderade lägsta omfattningen av on-lineinstrument inte ger tillräcklig övervakningen av vatten-ångcykeln utan måste kompletteras med mer omfattande manuella vattenanalyser. En ökad on-lineinstrumentering medför en mindre omfattning av manuella analyser.

Graden av on-lineinstrumentering är beroende av pannans domtryck, då högre domtryck medför ökade krav på renhet i vatten-ångcykeln. För alla anläggningar med turbin rekommenderas en on-lineinstrumentering åtminstone enligt figur 8a.

En mer omfattande on-lineinstrumentering är ofta att föredra, t.ex. kan det vara lämpligt att komplettera med:

- Sur konduktivitet och/eller natriummätning på kondensat ger värdefull information om eventuella föroreningar i kondensatet. **Vid cellulosaindustrins anläggningar är detta extra viktigt då risken för förorenat kondensat är stor.**
- Total konduktivitet på kondensat och matarvatten kan användas för att kontrollera

doseringsnivån på alkaliseringsmedlet.

- Vid hög sur konduktivitet bör även natriumhalten övervakas.
- Kisel i alla anläggningar med turbin.

För anläggningar med <4 MPa domtryck kan mindre omfattande övervakning accepteras, men det rekommenderas åtminstone kontinuerlig övervakning med sur konduktivitet på ångkondensatet samt total konduktivitet på matarvatten och pannvatten. Syrehalten i matarvattnet bör också övervakas.

Kisel är inte nödvändigt att mäta kontinuerligt i anläggningar som saknar turbin, men kiselmätning på vattnet efter avsaltningen ger ändå en förbättrad övervakning då kisel inte ger utslag på konduktivitet.

Konduktivitet, både sur och total, är ett effektivt, enkelt och billigt sätt att övervaka vattenkvalitén. Man kan med fördel sätta in ett flertal konduktivitetmätare i systemet för att därigenom få värdefull information om ång- och vattenkvalitén och tidigt kunna se förändringar i vattenkemin.

4 Utvärdering av mätresultat

Varje enskilt mätvärde ger en indikation om korrigerande åtgärder vidtagas. Jämförelse av flera kontinuerliga och manuella mätningar ger dock en mycket säkrare bedömning av lämpliga åtgärder.

Ett åtgärdsprogram, som bygger på tänkbara kombinationer av de olika mätpunkterna och riskbedömningen och som är specifikt för varje enskild anläggning, bör utarbetas. Se rekommendation C 5.

Bilaga 1 Pannor med endast avhärdat spädvatten.

Sodahuskommittén rekommenderar att man använder avsaltat spädvatten, men samtidigt kan det vara olönsamt att investera i en avsaltningsanläggning för en del äldre, mindre anläggningar. Fosfatdosering rekommenderas för alla pannor med avhärdat spädvatten. Även i anläggningar med väl fungerande jonbytesfilter kommer det avhärdade vattnet att innehålla någon, om än mycket låg halt resthårdhet. Här finns en potentiell risk för beläggningar på värmeöverförande ytor i pannan.

För ånga gäller i princip samma riktvärden och åtgärdsnivåer för alla energianläggningar, oavsett spädvattenkvalitet (se figur 1). Den sura konduktiviteten kan dock vara högre i anläggningar med avhärdat spädvatten p.g.a. koldioxid och eventuella organiska föroreningar. Avgasad sur konduktivitet skall då ge lägre värden.

När spädvattnet endast avhärdas får pannvattnet oftast högre salthalt med annan sammansättning än om det istället hade avsaltats. Ett tillskott av natrium genom att kondensatet filtreras i avhärningsfilter får i detta fall mindre inverkan på pannvattnets alkalitet och returkondensatet behöver därför inte renas med blandbäddfilter.

I riktvärdestabellen figur 10 anges inte värden på åtgärdsnivå 3, ÅN3, för alla parametrar, utan endast för de som medför akut fara om de överskrids. I figur 9 nedan visas en sammanställning av de parametrar som har riktvärden på ÅN3 vid anläggningar med avhärdat spädvatten. De är så viktiga för anläggningen att de bör övervakas kontinuerligt.

provpunkt	hårdhet	pH-värde	Konduktivitet total	Konduktivitet sur	kiselsyra	natrium	restsyre
spädvatten	x						
matarvatten							x
pannvatten		x	x				
ånga				x	x	x	
kondensat		x					

Figur 9: Sammanställning av de parametrar som har riktvärden på ÅN3 vid anläggningar med avhärdat spädvatten

Vid de tryckklasser som är aktuella för pannor med avhärdat spädvatten, behöver i de flesta fall inte natrium och kisel mätas kontinuerligt med on-lineinstrument. En regelbunden kontroll med manuella analyser i kombination med on-linemätning av sur konduktivitet bör ge tillfredsställande övervakning av ångkvalitén. Vid turbindrift bör även natriumhalten övervakas om värdet på sur konduktivitet är högt. Observera att den rekommenderade lägsta omfattningen av on-lineinstrument inte ger tillräcklig övervakning av vatten-ångcykeln utan måste kompletteras med manuella vattenanalyser.

En ökad on-lineinstrumentering medför en mindre omfattning av manuella analyser. On-linemätning av hårdheten efter avhärningsfiltren är inte nödvändig, även om det ger en ökad driftsäkerhet. Det räcker som regel att mäta hårdheten efter avhärningsfiltren manuellt efter regenerering och regelbundet i slutet av driftscykeln.

En övergång från avhärdat till avsaltat spädvatten kan vara förenat med risker. Erfarenhet från bruk som gått över till avsaltat spädvatten visar att läckor kan hänföras till ett renare matarvatten. Bedömningen är att det renare vattnet löser upp beläggningar i porer. Beläggningarna har i vissa fall varit tätande och när de löses upp gett upphov till läckor.

Erfarenheterna från ett byte av spädvatten beskrivs i Sodahuskonferensens protokoll från 2010.

Riktvärden för pannor med avhärdat pannvatten

Parameter		Matarvatten				Pannvatten			
Domtryck MPa		4 – 6				4 – 6			
Material i systemet		Cu förekommer ¹⁾		Endast Fe ²⁾					
pH	R	8,8 – 9,2		9,2 – 9,6		10,5 – 11,0			
	ÅN1	8,5	< 9,4	8,8	< 10,0	10,3	< 11,3		
	ÅN2	8,2	< 9,5	8,0	< 10,5	9,5	< 11,5		
	ÅN3					9,0	< 12,0		
Konduktivitet µS/cm	R	Anläggningsspecifikt Får inte vara högre än att pannvatten- kvalitén uppfylls				< ÅN1			
	ÅN1					750 - 1800			
	ÅN2					1,2 x ÅN1			
	ÅN3					1,5 x ÅN1			
p-alkalitet m-ekv/kg	R	Anläggningsspecifikt Får inte vara högre än att pannvatten- kvalitén uppfylls				1 – 2			
	ÅN1					0,5	< 2,5		
	ÅN2					0,5	< 5		
	ÅN3								
kisel (SiO ₂) µg/kg	R	Anläggningsspecifikt Får inte vara högre än att pannvatten- kvalitén uppfylls				0,25 x ÅN1			
	ÅN1					10 - 50			
	ÅN2					1,25 x ÅN1			
	ÅN3								
Hårdhet °dH	R	Anläggningsspecifikt Får inte vara högre än att pannvatten- kvalitén uppfylls				< 0,01			
	ÅN1					0,01			
	ÅN2					0,1			
	ÅN3								
Reststyre O ₂ µg/kg	R	Anläggningsspecifikt Får inte vara högre än att pannvatten- kvalitén uppfylls				< 10			
	ÅN1					20			
	ÅN2					50			
	ÅN3					100			
Fosfat, PO ₄ mg/kg	R	Anläggningsspecifikt Får inte vara högre än att pannvatten- kvalitén uppfylls				Anpassas till önskat pH-värde Risk för saltutfällning vid för mycket jämför figur 6.			
	ÅN1								
	ÅN2								
	ÅN3								
Järn, Fe µg/kg	R	Anläggningsspecifikt Får inte vara högre än att pannvatten- kvalitén uppfylls				Anläggningsspecifikt Avgörs från fall till fall ³⁾			
	ÅN1							20	
	ÅN2							50	
	ÅN3								
Koppar, Cu µg/kg	R	Anläggningsspecifikt Får inte vara högre än att pannvatten- kvalitén uppfylls				Anpassas till önskat pH-värde Risk för saltutfällning vid för mycket jämför figur 6.			
	ÅN1							3	
	ÅN2							10	
	ÅN3								
Permanganatförbrukning KMNO ₄ mg/kg	R	Anläggningsspecifikt Får inte vara högre än att pannvatten- kvalitén uppfylls				14			
	ÅN1					85			
	ÅN2								
	ÅN3								

- 1) Cu gäller anläggningar med värmeväxlare i koppar/kopparlegeringar
- 2) Fe gäller anläggningar utan värmeväxlare i koppar.
- 3) Allmänna riktvärden för järnhalt kan inte anges, utan måste avgöras från fall till fall.

Figur 10: Riktvärden för pannor med domtryck upp till 6,0 MPa som spädmatas med avhärdat vatten och med eller utan värmeväxlare av koppar ingående i systemet.