

Arbetsrapport SGC A05

VÄRMNING AV VÄTSKOR MED NATURGAS
Bakgrund till faktablad

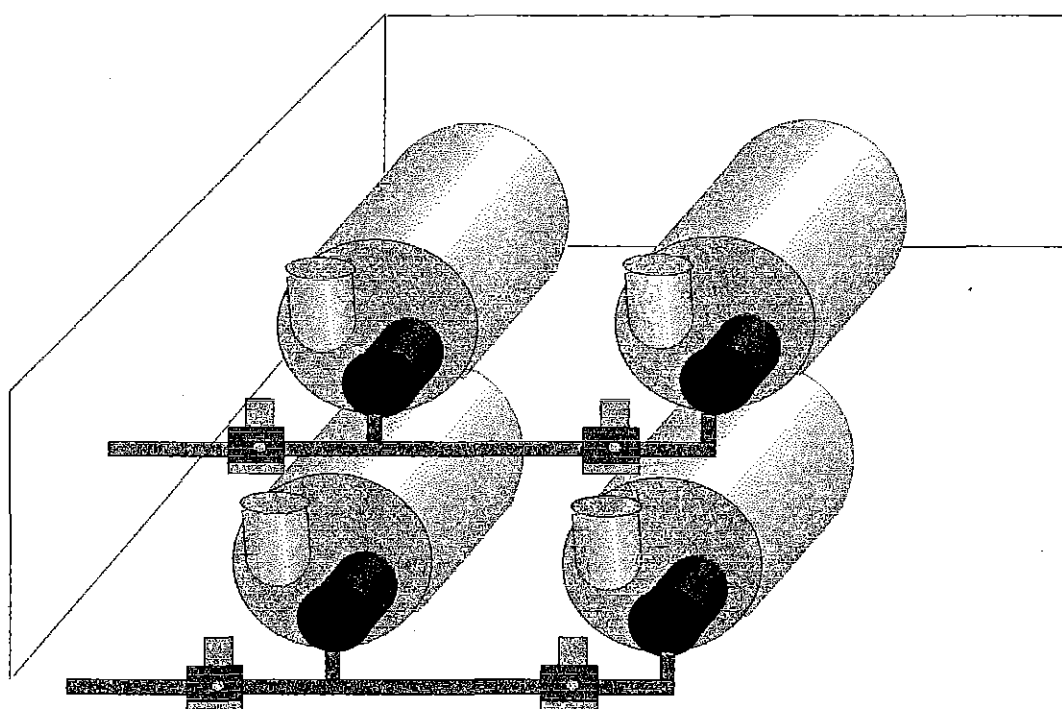
Rolf Christensen
Enerkon RC

Oktober 1995



VÄRMNING AV VÄTSKOR MED NATURGAS

Bakgrund till faktablad



Enerkon RC
Energikonsult Rolf Christensen

ENERKON RC

SAMMANFATTNING

På uppdrag av Svenskt Gastekniskt Center AB har ett informationsblad om gaseldade vätskevärmare framtagits. Informationsbladet beskriver teknik och möjligheter men även de tekniska problem som identifierats vid uppföljningar av naturgasinstallationer på Kocks i Trelleborg, Scan Väst i Varberg och Bryggeri AB Falken i Falkenberg. För att få en mer nyanserad bild av erfarenheterna från vätskevärmning i industriella applikationer har även driftserfarenheter från gasoeldade anläggningar hämtats in genom telefonkontakt med ansvariga inom företagen.

Målsättningen med denna rapport är att ge en mer ingående beskrivning av anläggningarna och de tekniska problemområden som beskrivs i informationsbladet samt hur problemen kan lösas eller begränsas.

Erfarenheterna från såväl gasoeldade som naturgaseldade anläggningar visar med önskvärd tydlighet en gemensam fördel med decentraliserad värmning av vätskor med gas, nämligen att de är ytterst konkurrenskraftiga avseende investeringskostnaden vid nyinstallationer. Driftsmässigt uppges de gasoeldade anläggningarna fungera mycket tillfredsställande och anläggningsägarna säger sig vara nöjda, både med det ekonomiska utfallet och tillförlitlighet. På de naturgaseldade anläggningarna har flera detaljerade uppföljningar genomförts som visar att tekniken med decentraliserad vätskevärmning inte är problemfri. De identifierade problemen rör främst lokal underkyld kokning, emissioner av kolmonoxid och kolväten samt beläggningar på tubens yta.

Från uppföljningarna har värdefull information framkommit som gör det möjligt att minimera eller undvika problem vid framtida installationer.

Kan inte dessa problem lösas tillfredsställande i en applikation bör inte gasalternativet förordas om risken för produktionsstörningar är stor ifall värmarens funktion kan bli bristfällig, tex av beläggningar på tuben.

Trots det faktum att problemen endast identifierats på naturgaseldade värmare bör det poängteras att detta inte innebär att man kan dra slutsatsen att gasol skulle vara att föredra framför naturgas vid vätskevärmning. Förklaringen är snarare den att det är endast på naturgaseldade anläggningar som detaljerade studier och uppföljningar gjorts.

De samlade erfarenheterna från uppföljningar och projekt inom området decentraliserad vätskevärmning visar sammanfattningsvis att:

- Vätskevärmarnas största konkurrensfördel består i att investeringskostnaden är lägre vid nyinstallationer än för konkurrerande värmningsalternativ som ånga, hetvatten och i vissa fall elvärme. Vid jämförelse med elvärme ger gasalternativet normalt även lägre driftskostnader.
- De energibesparingsmöjligheter som ofta anges i utländsk litteratur är svåra att uppnå, speciellt där det inte finns möjligheter att helt stänga av ett befintligt centralt värmningssystem. Klart är dock att det är möjligt att nå energibesparingar med decentraliserad vätskevärmning när processen väljs med omsorg.

- Hög verkningsgrad måste kunna påvisas för att motivera investering i decentraliserad värmning. Detta kan nås med användandet av veckade tuber i värmeväxlarens sista del.
- Vätskevärmarnas emissioner av kolmonoxid och kolväte måste hållas låga vilket kan uppnås med en väl dimensionerad förbränningskammare.

För att nå en positiv utveckling av naturgaseldad decentraliserad värmning är det väsentligt att de tekniska problem som identifierats i tidigare uppföljningar inte uppkommer i någon ny installation. Varje ny installation måste ge positiva resultat om inte förutsättningarna för gaseldad vätskevärmning skall förvärras varför det kan rekommenderas att varje tänkbar applikation inom den närmsta tiden väljs med omsorg och utreds noggrant.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	BAKGRUND	1
2	KOCKS TRELLEBORG	2
	2.1 Systembeskrivning	2
	2.2 Investeringsalternativ	2
	2.3 Vätskevärmarelösning	3
	2.4 Driftserfarenheter	4
3	SCAN VÄST VARBERG	5
	3.1 Systembeskrivning	5
	3.1.1 Vätskevärmare skålltunnel och avhårningsmaskin	6
	3.1.2 Sterilvattenberedare och backdiskmaskin	7
	3.2 Energisituationen	7
	3.3 Drifterfarenheter	9
	3.3.1 Före moderniseringen av slaktlinjen	9
	3.3.2 Efter moderniseringen av slaktlinjen	9
4	BRYGGERI AB FALKEN	11
	4.1 Flasksköljmaskin	11
	4.2 Resultat	13
5	HUR PROBLEMEN KAN UNDVIKAS ELLER BEGRÄNSAS	15
	5.1 Lokal underkyld kokning	15
	5.2 Beläggningar på tub	17
	5.3 Emissioner av kolmonoxid och kolväten	19
6	ERFARENHETER FRÅN GASOLELDADE ANLÄGGNINGAR	20
	6.1 Garphyttan Wire	20
	6.2 STIFAB	20
	6.3 Profilgruppen Åseda	21
	6.4 Electro-Enoc Anderstorp	21
7	DISKUSSION OCH FRAMTIDA MÖJLIGHETER	22

1 BAKGRUND

På uppdrag av Svenskt Gastekniskt Center AB har Enerkon RC framtagit ett informationsblad om gaseldade vätskevärmare. Informationsbladet beskriver teknik och möjligheter men även de tekniska problem som identifierats vid uppföljningar av naturgasinstallationer på Kocks i Trelleborg, Scan Väst i Varberg och Bryggeri AB Falken i Falkenberg.

Driftserfarenheter från gasoeldade anläggningar har hämtats in genom telefonkontakt med ansvariga inom företagen.

Denna rapport ämnar att ge en mer ingående beskrivning av anläggningarna och de tekniska problemområden som beskrivs i informationsbladet. Rapporten är avsedd för internt bruk inom gasbranschen.

2 KOCKS TRELLEBORG

Denna beskrivning av vätskevärmningsinstallationen och uppföljningen av denna baseras på underlag från Lars Nilsson, Sydgas.

2.1 Systembeskrivning

Under 1990 byggdes en ny betongfabrik hos Kocks i Trelleborg med en kapacitet på 140 m³ betong/timme. Den tidigare anläggningen hade en kapacitet på 40 m³ betong/timme. I samband med uppförandet av den nya fabriken skulle även den gamla ångcentralen ersättas så att den nya anläggningen blev naturgasuppvärmd. Betongfabriken skulle tas i drift i september månad 1990 medan uppvärmningsanläggningen skulle driftsättas senast i månadsskiftet oktober/november.

Betong är en färskvara som tillverkas enligt flera olika recept, beroende på vilka hållfastsegenskaper och under vilka omständigheter produkten skall användas. Huvudkomponenterna vid tillverkningen är grus, vilken verkar som ballast, cement, vatten och övriga tillsatser.

Blandningen av komponenterna sker satsvis och levereras till en väntande betongbil. En standardsats är 7 ton betong varav cirka 1100 liter är vatten.

Betong är en kontrollerad produkt vilket gör att vissa krav måste uppfyllas vid tillverkningen. Ett av dessa är att leveranstemperaturen inte får understiga 15 °C.

Detta innebär att det vatten som tillsätts måste vara tempererat så att blandningstemperaturen överskrider minsta leveranstemperatur. Eftersom gruset som tillsätts följer temperaturen utomhus, kommer även varmvattenbehovet att följa utomhustemperaturen. Driftsäsongen för uppvärmningsanläggningen är då oktober till april med varierande last.

Tidigare valdes ofta en ånganläggning som uppvärmningsenhet kompletterat med en varmvattenbuffert vilken möjliggjorde stora momentana uttag.

2.2 Investeringsalternativ

Eftersom Kocks beslutat sig för att uppvärmningsanläggningen skulle vara baserad på naturgas undersöktes tre olika gasalternativs investeringskostnader.

- Konventionell ångcentral med ångpanna, matarvattensystem, förrådsberedare och övrig utrustning
- Pannanläggning med varmvattenpanna och förrådsberedare
- Naturgaseldade vätskevärmare placerade i befintlig byggnad

Det bör noteras att Kocks avsatt i storleksordningen 300 kkr för uppvärmningsanläggningen i budgeten, varför billigast möjliga lösning endast kunde bli aktuell.

Offertförfrågningar visade att vätskevärmningsalternativet var klart billigare än lösningarna med varmvattenpanna eller ångpanna.

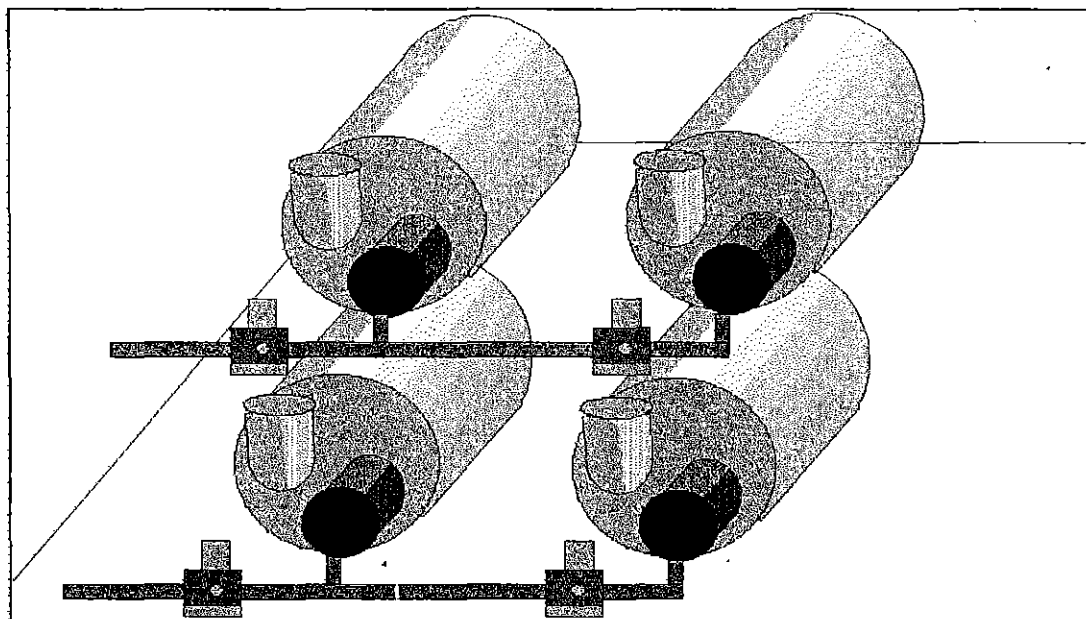
Offertter på vätskevärmningslösningar erhöles från GOTEC och PROGAS där valet föll på GOTEC.

I likhet med andra installationer där såväl elvärmning som ångvärmning varit aktuella alternativ har det gaseldade vätskevärmaralternativet visat sig mycket konkurrenskraftigt beträffande investeringskostnaden. Detta är troligen vätskevärmaralternativets främsta argument när det gäller nyinvesteringar.

2.3 Vätskevärmarlösning

Lars Nilsson, Sydgas biträdde Kocks med beräkningar av erforderlig värmareffekt för den nya betongfabriken. Systemlösningen föreslogs av GOTEC vilka även fick i uppdrag att upprätta projekteringsunderlag för hela anläggningen.

Vätskevärmarna installerades i fyra cylindriska kärl, "cigarrer", liknande den första installationen på Scan Väst i Varberg. Cigarrerna placerades i den byggnad där den gamla ångcentralen fanns. Utläggningen visas schematiskt i figur 2.1.



Figur 2.1 Schematisk bild av utläggningen av vätskevärmarinstallation vid Kocks betongfabrik i Trelleborg

Brännarna är fyra stycken Lanemark TX40 med brännareffekt 400 kW. Värmeväxlartuberna inuti det cylindriska skalet är cirka 20 m långa per enhet lagda i 4-pass. Materialet är vanligt stål vilket är relativt ovanligt när det är färskvatten som värms.

Systemet valdes att vara slutet vilket medförde att installationen är att jämföra med en varmvattenpannanläggning. Skillnaden är dock att vattnet i värmarna byts ut efter varje sats betong som produceras. Behållarna fylls med kallvatten som sedan värms till 90°C. På senare tid har dock temperaturen sänkts till 70 °C.

2.4 Driftserfarenheter

Värmaren installerades under hösten 1990. Efter den första driftsäsongen demonterades värmväxlarpaketet varvid svåra korrosionsskador på tubernas ovansida upptäcktes. Några av tuberna byttes ut och de andra reparerades. Det installerades även zinkanoder i värmarna med avsikten att reducera korrosionsangeppen.

Efter att ha varit i drift ytterligare en säsong demonterades värmväxlarna våren 1992 och fortsatta korrosionsproblem kunde identifieras. Zinkanoderna var under denna säsong till stor del förbrukade men såpass mycket kvarstod att dessa bedömdes räcka under nästa säsong.

I och med att dessa ej var helt förbrukade men korrosionsskadorna kvarstod väcktes misstankar om att skadorna var orsakade av lokal kokning vilket senare kunnat bekräftas. Åtgärderna som genomfördes var att reducera tillförd bränsleeffekt till 300 kW per enhet samt att vattentemperaturen sänktes till 70 °C. Efter åtgärderna har kokskadorna begränsats betydligt.

En jämförelse med beräknad maximal yteffekt enligt kapitel 5 visar dock att risk för kokning fortfarande föreligger. Diagrammet kan dock inte användas direkt i detta fall eftersom Lanemarkbrännarna har en sekundärlufttillförsel som isolerar den utdragna flamman mot tubväggen vilket leder till en sänkt yttemperatur. En annan faktor som inverkar är regulatorinställningarna som påverkar effekttillförseln vid vattentemperaturen 50 - 70 °C vid uppvärmningsfasen.

Med hänsyn till att yteffekten är flera gånger den beräknade maximala yteffekten i intervallet 50 - 70 °C samt att cirkulationen i tanken är liten eller obefintlig, med skiktning som följd, bör det vara ganska klart att kokningsrisken kvarstår.

Skulle det visa sig att skadorna fortfarande är av sådan omfattning att dessa kräver åtgärder i form av reparationer efter varje driftsäsong föreslås att prov utförs på en av värmarna där yttemperaturen på utsatta ställen mäts under drift. Överskrider yttemperaturen vid dessa mätningar 100°C, eller mättnadstemperaturen för det tryck som råder i tanken vid uppvärmningsfasen, föreslås att en forcerad cirkulation installeras kring "förbränningsdelen".

Under våren 1991 genomförde Sydkraft Mätteknik emissionsmätningar på vätskevärmarna. Vid mätningarna registrerades NO_x , CO-, C_xH_y - CO_2 och O_2 .

Mätningarna redovisar i alla fall utom ett relativt låga halter av CO och C_xH_y vid maxlast medan någon brännare gav något höga CO-halter, > 100 ppm, vid minlast.

Mycket höga halter CO, 2600 ppm, uppmättes då brännare 1A+1B var i drift. Kolvätehalten var 46 ppm. Syrehalten på 1 vol-% indikerar dock att brännaren varit feljusterad vid mättillfället eftersom brännarna enligt driftinstruktionen inte skall arbeta under 5 vol-%. Enligt senare injusteringsprotokoll redovisas låga CO-halter.

NO_x -halterna varierade mellan 45 och 105 mg/MJ. Den relativt höga NO_x -halten på 105 mg/MJ kan i detta fall bero på att en brännare varit injusterad till ett litet luftöverskott med en hög flamtemperatur som följd.

3 SCAN VÄST VARBERG

Scan Väst i Varberg var en av de första naturgaskunder som helt övergick från värmning med ånga till decentraliserad värmning med naturgas. Efter övergången dokumenterades stora energibesparingar varför man inom Scan Väst var mycket positiv till decentraliserad värmning med naturgas. Sedan den första installationen av decentraliserade värmningsenheter, varav en var en vätskevärmare, har man genomfört flera produktionsökningar vilka påverkat vätskevärmarlösningen. Beskrivningen nedan redogör för den lösning som valdes efter den första produktionsökningen samt de problem som uppstod härefter.

Efter detta har ytterligare en ökning av produktionskapaciteten genomförts. Scan Väst beslutade då att inte längre satsa på decentraliserad värmning utan gick tillbaka till ånga som värmemedium. Orsaken uppges vara slakttekniska skäl där produktkvaliteten förbättras vid användning av direktånga vid skällningen. Till viss del beror övergången säkert på de problem som uppkom efter den första produktionsökningen.

3.1 Systembeskrivning

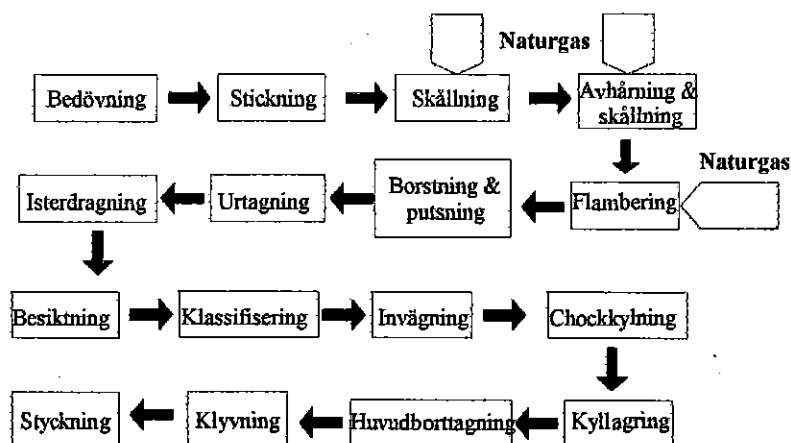
Slaktprocessen inleds med att djuren bedövas, sticks och tappas på blod varefter de är döda. Härefter skällas grisarna så att deras borst, hår, kan avlägsnas, se figur 3.1.

Under 1991 moderniserades slaktlinjen vilket bla innebar att det gamla skällkaret ersattes med två nya processer så att skällningen sker i två steg.

I det första steget, skålltunneln, sker skållningen genom att varmt vatten spolats över de hängande kropparna. Vattentemperaturen har höjts med några grader över de 60-62°C som var i skållkaret tidigare, för att förbättra skållningen.

I steg två, avhårningsmaskinen, sker en kombinerad avhårning och skållning genom att kropparna, samtidigt som de tumlar runt i maskinen, spolats med varmvatten. Numera är vattentemperaturen i avhårningsmaskinen cirka 55°C, mot tidigare 40°C i den gamla borstmaskinen.

Moderniseringen innebar även att svedugnen byttes ut mot en ny flamberingsugn. Övergången till flambering, vilken är skonsammare för griskroppen och mindre energikrävande än svedningen, har även inneburit att den gamla economisern bytts ut mot en ny. Detta har inneburit att såväl vätskevärmare, varmvattenpannan som flamberingsugn numera har var sin economiser.



Figur 3.1 Slaktprocessen

3.1.1 VÄTSKEVÄRMARE SKÅLLTUNNEL OCH AVHÅRNINGSMASKIN

En schematisk skiss över den nya vätskevärmarinstallationen kan ses i figur 2. I figuren visas även varmvattenpannan men inte flamberingsugnen då denna funktionsmässigt var helt fristående från vätskevärmare och varmvattenpanna.

Immersionsrörvärmaren till skålltunneln hade en brännareffekt på 345 kW och var av fabrikat Lanemark med beteckningen TX 40. Värmeväxlar slingan var en 18 meter lång rostfri ståltub med en diameter på 100 mm. Slingan låg virad runt i en spiral och omsluten av en cylindrisk tank. Skållvattnet cirkulerades mellan tanken som var belägen på bottenplanet och skålltunneln på plan 1.

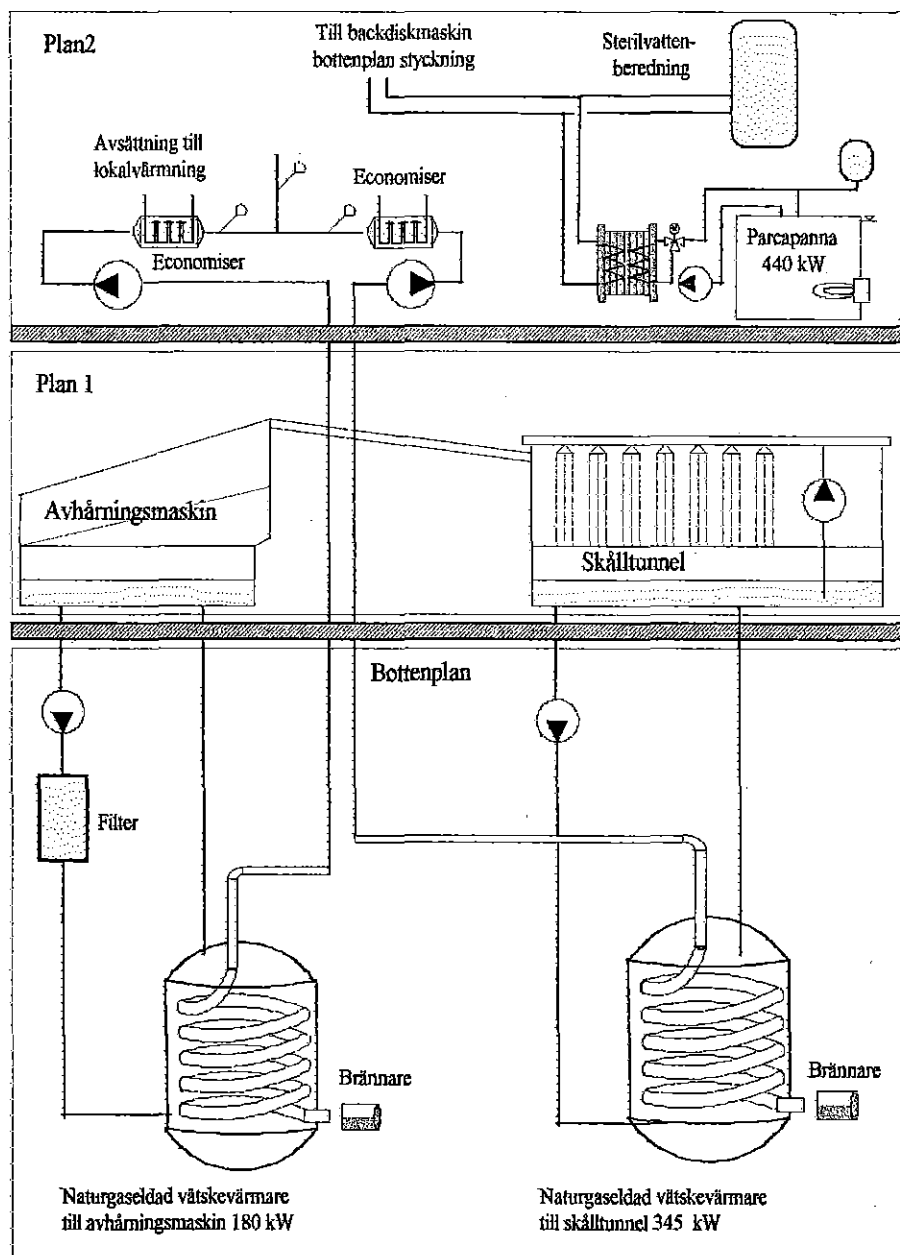


Fig 3.2 Principskiss över decentraliserad värmning vid Scan Väst i Varberg

En likadan men mindre värmare, som försörjde avhårningsmaskinen, var installerad i en cylindrisk tank i samma rum som skållkarsvärmaren. Brännaren, vars benämning är TX 25E, var injusterad till en effekt på cirka 180 kW vid 8 mbar gastryck.

Båda värmarnas värmeväxlartuber var i rostfritt material och rökgaserna leddes till varsin economiser för värmeåtervinning till värmebärarnätet.

Båda värmarna var utrustade med reglerventiler för styrning av luftfaktorn vid dellast.

Vattnet i avhårningsmaskinen cirkulerades mellan tanken på bottenplanet och avhårningsmaskinen på plan 1. I cirkulationsslingan installerades i december 1992 ett rengöringsfilter med automatisk backspolning. I filtret avlägsnades hårayfall för att rena avhårningsvattnet så att avfallet inte brann fast på värmeväxlartuberna.

3.1.2 STERILVATTENBEREDARE OCH BACKDISKMASKIN

En varmvattenpanna av fabrikat Parca Norrahammar på 440 kW installerades under 1990 i samma rum som den gamla svedugnens economiser, vilket är klassat som pannrum och beläget i närheten av sterilvattenberedaren på plan 2. Pannan kan enkelt byggas ut till cirka 600 kW för framtida behov genom tillägg av ytterligare pannsektioner.

Varmvattenpannan har försetts med en separat economiser i rostfritt stål och egen avgaskanal eftersom rökgaserna från pannan tidigare leddes till svedugnens economiser, vilken ersatts med en ny anpassad till den nya flamberingsugnen i samband med moderniseringen av slaktlinjen. Återvinningen sker till lokalvärme via värmebärarnätet.

3.2 Energisituationen

Vid en jämförelse med tidigare skållnings- och avhårningsprocess kan man konstatera att den nya processen är mer energikrävande eftersom man höjt temperaturen i såväl skålltunneln som avhårningen för att få en förbättrad skållning. Dessutom har varmvattenförbrukningen i den nya processen ökat vilket även det påverkar energianvändningen.

Ytterligare en orsak till att energianvändningen ökat i absoluta tal är att produktionen ökat. Eftersom energiförbrukningen i skållning och svedning huvudsakligen är produktionsberoende ger specifika tal som kWh/gris en rättvisande bild av de förändringar i energiförbrukning som beror på moderniseringen.

Förändringen i specifik och absolut energianvändningen i processdelarna visas i följande tabell. För den gamla processen baseras årsförbrukningen på energistatistik fram till processen byttes, samt av beräknade värden baserat på produktion och medelvärden av månadsvisa specifika energital för resten av året. Beräknade värden visas med kursiv stil.

	Gammal process			Ny process		
	kWh/gris	MWh/år	% av tot	kWh/gris	MWh/år	% av tot
Skållning (och avhårning)	1,3	360		3,6	1090	21,9
Svedning (Flambering)	5,3	1320		4,5	1360	27,2
EG-vatten och backdiskmaskin	2,2	600		2,1	670	13,5
Totalt processenergi	9,8	2280		10,2	3120	62,6
Hetvattenpanna	4,1	1120		6,2	1860	37,4
SUMMA	13,9	3400	100	16,4	4980	100

Tabell 3.1 Specifik energianvändning

Som synes har energianvändningen i skållprocessen ökat kraftigt med den nya processen medan övergången från svedning till flambering reducerat energianvändningen i detta processteg.

Energianvändningen i EG-vattenberedningen backdiskmaskinen har inte förändrats nämnvärt.

Moderniseringen har även påverkat återvinningssystemet genom att separata economisers installerades på flamberingsugn, Parcapanna, skålltunnelvärmare och avhårningsvärmare. Verkningsgraderna på vätskevärmarna har därmed ökat. Utifrån injusteringsprotokoll och insamlade mätvärden från energiövervakningssystemet har genomsnittliga verkningsgrader för värmarna under normal drift beräknats med och utan economiser. Dessa visas i tabell 6.2. Samtliga verkningsgrader är beräknade på gasens undre värmevärde med 0 °C som referenstemperatur.

	Utan ECO %	Med ECO %
Skålltunnelvärmare	ca 92	ca 95
Avhårningsvärmare	ca 91	ca 95
Parcapanna	ca 90	ca 95

Tabell 3.2 Verkningsgrader för vätskevärmare och decentraliserad gaspanna

Tidvis kan verkningsgraderna vara högre, uppemot 97-98 %, tex vid uppvärmningen av processerna då vattentemperaturen är som lägst eller vid dellaster. Det som förhindrar kondenseringsdrift är det relativt höga luftöverskottet, cirka 50 %, vilket sänker rökgasernas daggpunkt.

Enligt injusteringsprotokollen, det senaste daterat den 21/2-93, ligger emissionerna av CO vid höglast på 123 ppm för skålltunnelvärmaren och 120 ppm för avhårningsmaskinvärmaren. Detta motsvarar cirka 53 respektive 54 mg/MJ vid injusterings gällande syrehalter på 6,7 resp 6,8 vol-%.

Vid något lägre laster, cirka 70 % av märkeffekten sjunker emissionerna drastiskt. För värmaren till skålltunneln, med en märkeffekt på 345 kW, är CO-halten 57 ppm vid O₂-halt på 7,4 vol-%.

Detta motsvarar cirka 26 mg/MJ.

Med hänsyn tagen till att lasten för skållkarsvärmaren är omkring 70 -80 % medan avhårningsvärmaren i stort sett går på maxlast kan man konstatera att emissionerna av CO ligger i intervallet 30 - 50 mg/MJ, vilket får anses vara acceptabla värden.

Värt att notera är att CO-halterna vid start av brännaren är klart högre än vid kontinuerlig drift. Orsaken är att luftöverskottet då är mycket högt vilket ger en kall flamma.

3.3 Drifterfarenheter

Erfarenheterna från vätskevärmarinstallationen vid skållkaret kan uppdelas i två perioder, före och efter moderniseringen av slaktlinjen.

3.3.1 FÖRE MODERNISERINGEN AV SLAKTLINJEN

Före moderniseringen av slaktlinjen inträffade ett fåtal missöden med vätskevärmaren. Strax efter att värmaren tagits i drift uppkom startproblem på morgonen några dagar. Detta avhjälpes dock snabbt.

Efter cirka ett halvt års drift uppstod en spricka i värmeväxlartuben första böj efter brännaren. Detta berodde på att tuben överhettats och expanderat så att böjen tryckt mot ytterhöljet. Överhettningen berodde på fastbrända beläggningar av avfall från skållningsvattnet på tubens utsida. Reparationen, vilken innebar att sprickan svetsades, genomfördes av Scan Västs egen personal. Strax efter reparationen ersattes de två första stråken av tuben med nya då man befارade att svetsningen inte skulle hålla någon längre tid.

Efter reparationerna intensifierades rengöringen av tuben vilket förhindrade ytterligare brott.

3.3.2 EFTER MODERNISERINGEN AV SLAKTLINJEN

Efter moderniseringen av slaktlinjen delades skållningen i två apparater, skålltunnel och avhårningsmaskin. Detta har inneburit att föroreningen av skållvattnet ökat, främst i avhårningsmaskinen, med ökade beläggningar och tubhaverier som följd.

Enligt uppgift från driftpersonalen på Scan Väst har tuberna i vätskevärmaren till avhårningsmaskinen reparerats med svetsning i snitt varannan månad sedan sommaren 1991. Från sommaren 1991 till mars 1993 har dessutom tuberna bytts ut komplett två gånger. Under denna period har skålltunnelvärmarens värmeväxlartuber reparerats två gånger med svetsning och bytts två gånger.

Kostnaden för ett komplett byte av värmeväxlartuberna var sista gången cirka 130.000 kr för bägge värmarna tillsammans.

Tuberna rengörs varje dag med högtryckstvätt.

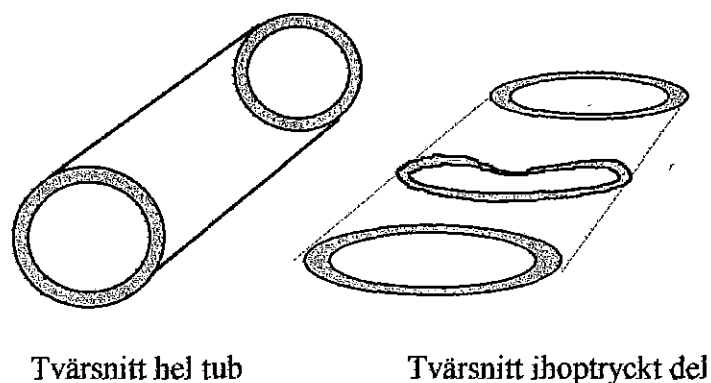
Förutom manuell rengöring av tuberna varje dag har man även installerat ett automatiskt rengöringsfilter till avhårningsmaskinen för att ta bort håravfall och partiklar som kan bränna fast på tuben och orsaka beläggningar som inte kan tas bort med högtryckstvätt. Filtret rengörs genom backspolning var fjärde minut. Trots detta kvarstår problem med beläggningar.

Vid det senaste bytet valdes en större godstjocklek på tuberna de sex första metrarna efter brännaren i hopp om att detta skall minska haverierna och beläggningarna.

Logiskt nog sker haverierna på ungefär samma ställe på tuben, nämligen 1-2 meter från brännaren vilket är den punkt där gasen är slutförbränd och värmeöverföringen är som störst. En annan bidragande orsak till de kraftiga beläggningarna är att vattenhastigheten på utsidan av tuberna är låg. Detta innebär att yttemperaturen ökar med ökade beläggningar som följd samt att vattnet i mindre omfattning än tidigare motverkar bildningen av inkruster genom minskad mekanisk bearbetning.

Vid en jämförelse med tidigare installation vid skållkaret har vattnets hastighet minskat från cirka 1 m/s till mindre än 0,1 m/s vid samma cirkulationsflöde.

Vid ett av de tillfällen då värmväxlartuben i skållkarsvärmaren byttes, var orsaken till bytet att tuben hade tryckts ihop av vattentrycket i tanken. En schematisk bild av tvärsnittet visas i figur 3.3.



Figur 3.3 Tvärsnitt i hel och skadad tub

Trycket i tanken var dock inte den enda orsaken till skadan. Avståndet från brännaren till den ihoptryckta delen var drygt en meter vilket är den zon i tuben där materialtemperaturen och värmeöverföringen är som högst. Dessutom råder ett svagt undertryck i tuben.

Den förklaring som ligger närmast till hands är att tuben varit kraftigt försmutsad på utsidan vilket lett till höga materialtemperaturer. Tillsammans med det statiskt pålagda trycket från vätskepelare och pump kan tuben tryckts ihop, troligen initierad av en momentan tryckstöt från pumpstart eller ventilmanöver på vätskesidan.

4 BRYGGERI AB FALKEN

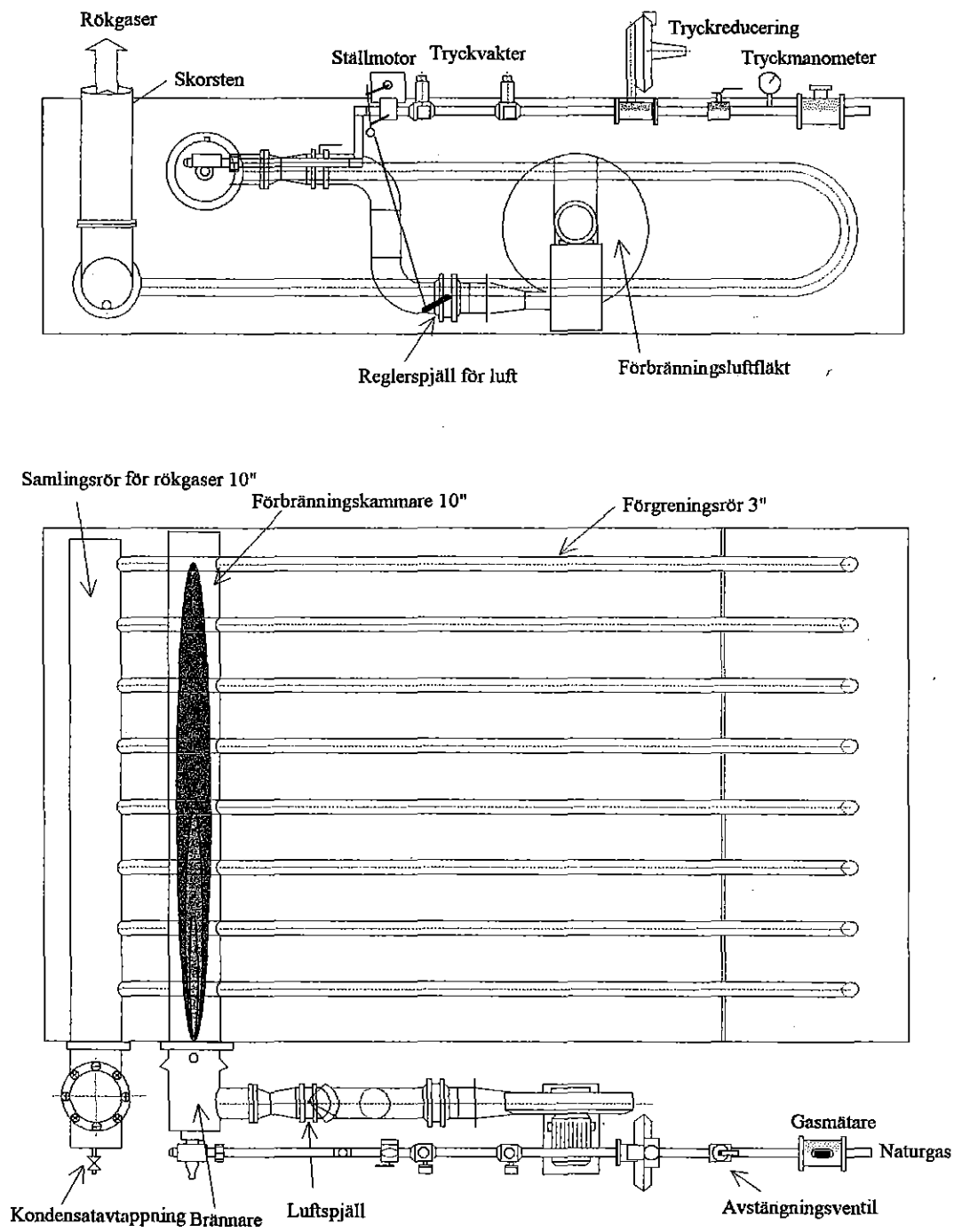
4.1 Flasksköljmaskin

Under våren 1989 ersattes en äldre ångvärmd sköljmaskin i tapphallen av en ny med större kapacitet vilket var ett led i en planerad produktionsökning på cirka 50%. Eftersom ånguttaget från panncentralen tidvis översteg kapaciteten på de båda gaseldade pannorna samt att delar av ångsystemet ej var dimensionerat för den planerade produktionen, beslöt man att försörja den nya sköljmaskinen med värme från en gaseldad vätskevärmare. Vid ångmätningarna, vilka genomfördes under sommaren, kunde det konstateras att ånguttaget närmade sig gaspannornas kapacitet trots att sköljmaskinen värmdes med gas. Detta inträffade under vörtkokningen då vört- och mäskepanna var i drift samtidigt. Vätskevärmaren var även avsedd att försörja en diskmaskin för backar men denna kopplades aldrig in beroende på att värmaren inte fungerade tillfredsställande.

Värmaren, se figur 4.1, består av en förbränningskammare med en diameter på 250 mm med 8 stycken förgreningar vinkelrätt mot förbränningskammaren med en diameter på 75 mm. Förgreningarna är böjda 180° och anslutna till ett 250 mm:s samlingsrör för rökgaserna. Allt tubmaterial är av rostfritt stål. Brännaren är en mediumhastighetsbrännare från Flaméco-Eclipse med en kapacitet på 885 kW, baserat på övre värmevärdet, vid 100 mbar gstryck.

Brännaren är fullt modulerande och försedd med PI-reglering för att undvika okontrollerade stopp pga övertemperaturer i tanken då sköljmaskinen står stilla. Brännaren stoppar automatiskt vid 95°C och återstartar vid 90°C i tanken.

Värmaren värmer vatten i en tank till 92°C som cirkuleras genom tre värmeväxlare för att värma tre olika lutbad till 80, 72 och 65°C i sköljmaskinen.



Figur 4.1 Vätkevärmare på skölmaskin

4.2 Resultat

Då övergången till decentraliserad värmning av sköljmaskinen inte innebär att ångsystemet kan stängas av samt att kondensat från tapphallen leds direkt till matarvattentanken kan den förenklade ekvationen med kondensatåtervinning användas för att beräkna hur energi-användningen förändras vid gaseldning i sköljmaskinen. Eftersom verkningsgraderna för gaspanna, 90,9 %, och elångpanna, cirka 98 %, båda är högre än vätskevärmarens kommer energianvändningen att öka vid gaseldning jämfört med om sköljmaskinen värms med ånga. Vid de förutsättningar som rådde 1989, då elpannan stod för drygt 70 % av ångproduktionen, ökade energianvändningen för sköljmaskinen med cirka 11,7 % vid drift av vätskevärmaren jämfört med ångvärmning.

Drift med vätskevärmaren innebär att emissionsnivån för samtliga komponenter ökar även jämfört med det fall då enbart gaspannan är i drift. För CO₂ och NO_x är orsaken främst ökad energianvändning medan ökningen av CO och C_xH_y främst beror på försämrad förbränning.

Enligt de mätningar som finns redovisade i "Aspects on Natural Gas Fired Liquid Heating" är emissionerna följande.

Last	%	VÄTSKEVÄRMARE SKÖLJMASKIN			ÅNGPANNA
		85 (Maxlast)	64	45 (Minlast)	20
Rökgaser					
Temperatur	°C	285	246	212	170
O ₂ -halt	vol-%	9.4	10.6	10.7	6.0
CO ₂ -halt	vol-%	6.57	5.89	5.84	8.54
CO-halt	ppm	521	365	265	14
CO-halt	mg/MJ	282	220	162	6
NO _x -halt	ppm	51	46	49	109
NO _x -halt	mg/MJ	45	46	49	75
C _x H _y -halt (metan-ekvivalent)	ppm	124	75	57	-
Effektbalans (Referens temperatur 0°C)					
Energi ut:					
Nyttiggjort	kW (%)	554 (80.5)	426 (81.7)	309 (84.2)	1551 (90.9)
Rökgaser	kW (%)	131 (19.1)	94 (18.0)	57 (15.6)	155 (9.1)
Oförbränt i rökgaser	kW (%)	3 (0.4)	2 (0.3)	1 (0.2)	0 (0.0)
Summa	kW (%)	688 (100)	522 (100)	367 (100)	1706 (100)
Energi in:					
Bränsle	kW (%)	676 (98.2)	512 (98.0)	359 (98.0)	1690 (99.1)
Förbränningsluft	kW (%)	12 (1.8)	10 (2.0)	7 (2.0)	16 (0.9)
Summa	kW (%)	688 (100)	522 (100)	367 (100)	1706 (100)

Tabell 4.1 Prestanda och emissioner för vätskevärmare på sköljmaskin och ångpanna

Baserat på de driftsförhållanden som rådde 1989, då sköljmaskinen värmdes med gas under större delen av året, ökar de totala emissionerna från bryggeriet med drygt 6 % för NO_x och 7,7 % för CO₂, jämfört med om sköljmaskinen värmts med ånga. Emissionerna av CO och C_xH_y beräknas bli 8 - 10 gånger fallet med ångvärmning. Detta är givetvis oacceptabelt.

Anledningen till att emissionerna av CO och C_xH_y ökar så dramatiskt är att vätskevärmarens förbränningskammare blivit för kort vid dimensioneringen. Enligt tillverkaren beror detta på svårigheter att anpassa värmaren till sköljmaskinen. Problemen skall dock avhjälpas genom att modifiera förbränningskammaren genom installation av ett insatsrör som medför att förbränningsgaserna passerar hela förbränningskammarens längd innan de fördelas ut till förgreningsrören.

Detta gör att värmaren inte kan anses som representativ avseende emissioner från gaseldade vätskevärmare.

Ur energibesparingssynpunkt visar installationen emellertid tydligt svårigheten att uppnå stora energibesparingar vid ersättning av processer med kondensatåterföring.

Främst på grund av de ökade emissionerna men även av verkningsgradsskäl har Falken installerat en ångslinga i samma tank som vätskevärmaren är placerad i, så att sköljmaskinen kan värmas med både ånga och gas. För närvarande värms således sköljmaskinen med ånga och detta avser man fortsätta med till dess att den gaseldade vätskevärmaren fungerar tillfredsställande såväl från emissionssynpunkt som verkningsgradssynpunkt. Ångvärmning är idag möjligt trots ökad produktion eftersom man reducerat övrig ånganvändning genom installation av en termisk ångkompressor i brygghuset till vörtpannan. Denna har reducerat energianvändningen i vörtpannan med cirka 50 %. Av större betydelse är kanske att vörtpannan var den förbrukare som hade det största momentana ånguttaget. Detta har nu reducerats med omkring 65 % eller cirka 4-5 ton/h.

Investeringen för vätskevärmaren uppgick till cirka 400.000 kr vid 1989 års prisnivå. Denna skall ställas mot att man undvikit att investera i panncentral och ångsystem, uppskattningsvis några millioner kr, för att möta den ökade produktionen. Detta kapital har istället kunnat investeras i en termisk ångkompressor med en återbetalning på cirka 3 år.

Sett ur detta perspektiv har investeringen i vätskevärmaren tjänat sitt syfte mer än väl.

5 HUR PROBLEMEN KAN UNDVIKAS ELLER BEGRÄNSAS

I detta kapitel beskrivs de tekniska problemområden som identifierats vid uppföljningarna av installationerna på Kocks, Scan Väst och Falken samt hur dessa problem kan undvikas eller begränsas till sin omfattning.

5.1 Lokal underkyld kokning

Erfarenheterna från Kocks betongfabrik visar tydligt risken för att lokal underkyld kokning kan förekomma vid höga yteffekter och stillastående vätska. Kokning måste undvikas för att livslängden på tuben inte skall reduceras.

Med lokal underkyld kokning menas att det på enstaka ställen, t.ex. vid beläggningar eller små håligheter på tuben, kan börja koka trots att vattentemperaturen är under kokpunkten. Orsaken är att tubens yttemperatur på dessa ställen överstiger mättnadstemperaturen, kokpunkten, för det tryck som råder vid punkten. I vätskevärmningssammanhang är detta strax över atmosfärstryck. (Atmosfärstrycket + vätskepelaren).

Vid höga yteffekter, dvs överförd effekt per ytenhet W/m^2 , ökar tubens yttemperatur.

Yttemperaturen är även beroende av värmeövergångskoefficienten, det sk α -värdet, på såväl vätskesidan som gassidan. Båda dessa är som bekant beroende av strömningshastigheten på fluiden.

En förenklad modell för kontroll om risk för kokning föreligger visas nedan.

Beräkningsgången är som följer:

1. Beräkna rökgasflöde och rök-gassammansättning genom konventionell förbränningsberäkning för vald effekt och önskat luftöverskott.
2. Beräkna adiabatisk flamtemperatur (iterativ beräkning)
3. Ansätt gastemperaturen efter längden $10 \cdot D$
4. Beräkna fysikaliska data (ρ , μ , λ) vid medeltemperaturen
5. Beräkna Reynoldstal, Prandtl-tal, värmeövergångskoefficienten α_g för gassidan
6. Beräkna filmtemperaturen, Reynoldstal eller Grasshof-tal, Prandtl-tal, värmeövergångskoefficienten α_v för vätskesidan (ansätt yttemperatur)
7. Beräkna yttemperaturen
8. Beräkna överförd effekt från gasen (eventuellt inkluderas gasstrålning, dock ej här)
9. Beräkna utgående gastemperatur

Upprepa steg 4 till 9 till dess att balans råder. (Iterativa beräkningar)

Beräkningarna genomförs lämpligen i dator då de är relativt arbetskrävande.

Yttemperaturen t_y bestäms av:

$$t_y = \frac{\alpha_v \cdot t_v - \alpha_g \cdot \frac{t_{g_{in}} + t_{g_{ut}}}{2}}{\alpha_v + \alpha_g}$$

För bestämning av värmeövergångskoefficienten α_g kan Nusselt's ekvation användas. Denna lyder:

$$Nu = 0,036 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{1/3} \cdot \left(\frac{D}{L}\right)^{0,055}; \text{ där } Nu = \frac{\alpha_g \cdot D}{\lambda_g} \text{ således}$$

$$\alpha_g = \frac{\lambda_g}{D} 0,036 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{1/3} \cdot \left(\frac{D}{L}\right)^{0,055}$$

Fysikaliska data bestäms vid bulkens medeltemperatur $t_{bm} = \frac{t_{gin} + t_{gut}}{2}$.

Värmeövergångskoefficienten på vätskesidan α_v beror på strömningsförhållandena i badet.

För stillastående bad, dvs vid egenkonvektion då ingen forcerad strömning sker, har Churchill & Chu tagit fram en korrelation för en horisontell cylinder med konstant väggtemperatur.

$$\sqrt{Nu} = 0,60 + \frac{0,387 \cdot (Gr \cdot Pr)^{1/6}}{\left(1 + \left(\frac{0,559}{Pr}\right)^{9/16}\right)^{8/27}} \quad \text{där} \quad Gr = \frac{g\beta \cdot (t_y - t_v) \cdot D^3}{\nu^2}$$

Fysikaliska data bestäms vid filtemperaturen $t_f = \frac{t_y + t_v}{2}$

Vid påtvingad konvektion tvärs tuben kan följande korrelation av Churchill & Bernstein användas:

$$Nu = 0,30 + \frac{0,62 \cdot Re^{1/2} \cdot Pr^{1/3}}{\left(1 + \left(\frac{0,4}{Pr}\right)^{2/3}\right)^{1/4}} \cdot \left(1 + \frac{Re}{282000}\right)^{1/2}$$

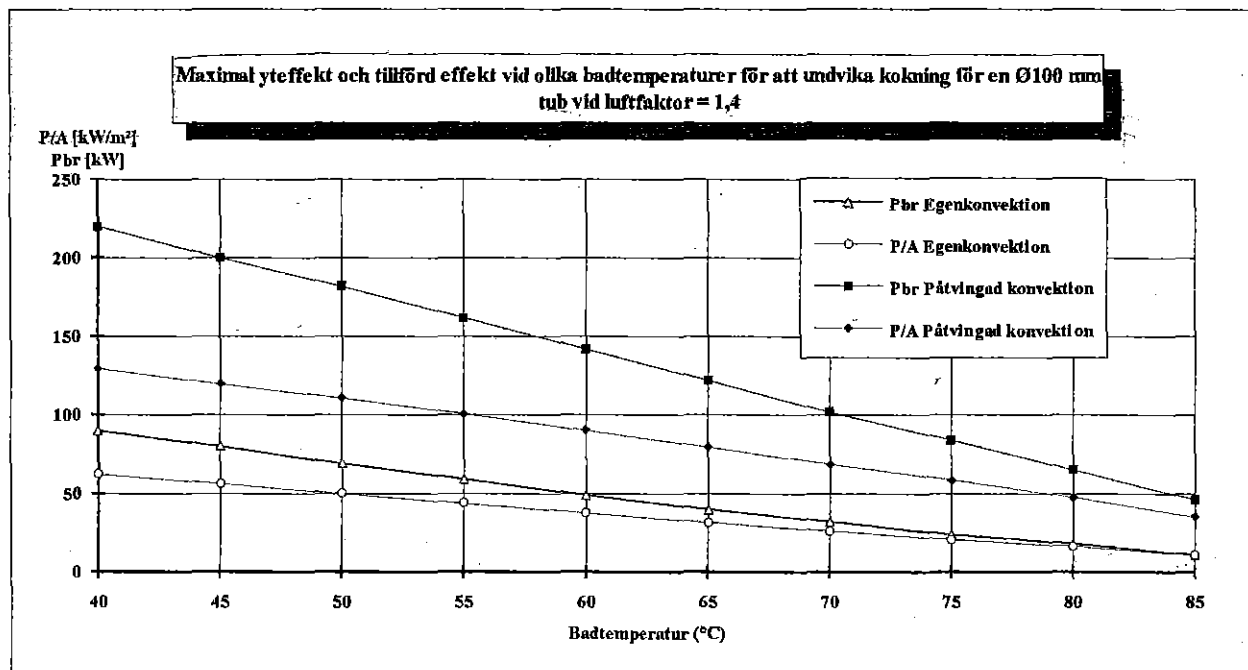
I diagrammet nedan beräknas den yteffekt och tillförda effekt som ger en yttemperatur strax över 100 °C vid olika badtemperaturer, dvs att risk föreligger att lokal kokning uppkommer. Beräkningarna följer ovan angivna ekvationer. Vid påtvingad strömning har en hastighet på 0,3 m/s använts.

Det bör påpekas att den kokning som kan uppkomma vid de yteffekter som beräknas här inte innebär att tuben skadas pga kokningen eftersom det är en ytterst liten drivande kraft för kokningsförloppet. För att nå en kontinuerlig partiell underkyld kokning krävs en något högre yteffekt än vad som beräknas här.

Att beräkna yttemperatur och yteffekt vid kontinuerlig partiell underkyld kokning i samband med vätskevärmning är dock av en såpass komplicerad natur, då hänsyn måste tas till utlöst syre, strömningsförhållanden kring tuben, materialets ytstruktur mm, att det inte faller inom ramen för detta projekt.

För mer detaljerad information hänvisas till :

Collier, Convective Boiling and Condensation, McGraw&Hill



Figur 5.1 Högsta yteffekt och tillförd effekt vid olika badtemperaturer för att undvika kokning för en Ø100 mm tub vid luftfaktor = 1,4

Det bör påpekas att diagrammet ovan endast skall ses som riktvärden för vilka yteffekter som kan tillåtas då hänsyn ej är tagen till gasstrålning och flammans utformning. Använda korrelationer för värmeövergångskoefficienter ger normalt en noggrannhet på $\pm 20\%$.

Exempel:

Vi önskar veta vilken tillförd effekt som kan tillåtas för att garantera att ingen kokning kommer att ske i en applikation där en vätskevärmare skall installeras i ett stillastående vattenbad med temperaturen 60 °C.

Gå in vid badtemperatur 60 °C på x-axeln och upp till linjen för bränsleeffekten Pbr. Avläs tillförd effekt på y-axeln vilken blir 50 kW i detta fall.

5.2 Beläggningar på tub

Beläggningar på tubens yta är starkt förknippad med dess yttemperatur. Utfällningarna av kalk, mineraler, proteiner, fibrer etc är i de flesta fall beroende av temperaturen för att dessa skall fästa på ytan.

Omfattningen av problemet med beläggningar är mycket beroende av vätskan och driftsförutsättningarna för den aktuella processen. Innehåller vätskan mycket ämnen som kan skapa beläggningar som t.ex. obehandlat färskvatten är det väsentligt att det görs en bedömning av hur problemen skall minimeras samt att en underhållsplan upprättas.

Beläggningarna måste minimeras för att inte tubens yttemperatur skall ökas vilket dels ökar inkrustbenägenheten samt ökar risken för kokning på ytan med påföljande materialskador.

Omfattningen av beläggningarna kan begränsas på flera sätt, några av dessa är:

- Minska yttemperaturen på tuben
- Öka strömningshastigheten på vätskan
- Använda kemiska behandlingsmetoder

Tubens yttemperatur kan minskas på flera sätt, t.ex. genom att sänka brännareffekten dvs minska yteffekten på den värmeöverförande ytan. Den del av den värmeöverförande ytan som är mest belastad är brännkammaren. Här kan ytbelastningen minskas genom att öka diametern på brännkammaren om inte effekten kan sänkas. En ökad diameter medför dels en sänkning av gashastigheten inuti brännkammaren med en reduktion av värmeövergångskoefficienten som följd. Dessutom ökar den värmeöverförande arean. Båda dessa bidrar till en sänkt yttemperatur.

Åtgärden att välja en stor diameter på förbränningskammaren kanske inte är applicerbar i alla processer där utrymmet är begränsat. Det bör dock eftersträvas att en så stor förbränningskammare som möjligt väljs för att minimera risken för såväl beläggningar, kokning som emissioner av CO och C_xH_y .

I andra hand bör strömningshastigheten på den värmda vätskan omkring tuben ökas för att förbättra den konvektiva värmeöverföringen på vätskesidan. Detta gäller speciellt i applikationer där vätskan normalt sett är "stillastående", dvs endast naturlig konvektion föreligger. Yttemperaturen blir i dessa fall som störst med kraftigt ökad risk för beläggningar och kokning. Risken ökar givetvis ju längre tid värmaren är i drift.

Vid värmning av obehandlat färskvatten är risken särskilt stor, dels beroende på att nya ämnen tillförs dels på att färskvattnet är syresatt. När vattentemperaturen höjs löses syre ut vid tubens yta och bildar små bubblor som delvis reducerar värmeöverföringen. Lokalt sett kan stora variationer i yttemperatur fås med risk för lokal underkyld kokning som följd trots att kokning normalt sett inte skulle förekomma. Detta är speciellt påtagligt vid naturlig konvektion.

Med en ökad strömningshastighet minskas syrebubblornas förmåga att häfta vid ytan och flertalet av dem avlägsnas.

Vid utläggningen av värmeväxlartuben i bad med liten eller ingen forcerad cirkulation är det viktigt att ta med temperaturskiktningen av vätskan i resonemanget. Temperaturgradienten i badets djupled innebär att risken för kokning och beläggningar blir som störst på de tubdelar som är överst om två- eller fyrapassutförande väljs som i fallen Scan Väst och Kocks. Ytterligare en faktor som kan inverka i sådana applikationer är temperaturgivarens placering.

Det kan, med hänsyn till det ovan nämnda, rekommenderas att forcera strömningen kring förbränningskammaren eller strax efter denna i vätskebad med låg strömningshastighet. Detta kan ske t.ex. genom att installera ett cirkulationssystem i tanken där vätskan tillförs kring förbränningskammaren genom munstycket så att strömningshastigheten är hög precis vid den värmeöverförande ytan. I tanken i övrigt kan hastigheten vara låg.

Förutom det faktum att yttemperaturen minskas och därmed beläggningar och risken för kokning ger den förbättrade värmeöverföringen en höjd verkningsgrad. Underhållsintervallen kan även förlängas.

Förutsättningen för att använda kemikalier för att begränsa beläggningarna är givetvis att processen tillåter detta. Om så är fallet kan olika komplexbindare användas för att hålla

mineraler mm i lösning. Korrosionsinhibitorer som bildar olika former av ytskikt för att dämpa korrosionen är givetvis omöjliga att använda i dessa sammanhang då det ytskiktet kommer att bildas på den värmeöverförande ytan och därmed minska värmeöverföringen och öka yttemperaturen.

Kemiska behandlingsmetoder får ses som ett komplement till de metoder att begränsa beläggningarna som nämnts ovan.

5.3 Emissioner av kolmonoxid och kolväten

Tidigare undersökningar av gaseldade vätskevärmare, se vidare avsnitten om Kocks, Falken och Scan Väst, har visat att emissionsnivåerna för kolmonoxid och kolväten kan bli höga i vätskevärmare. Orsakerna till detta kan vara flera. Vid förbränning i allmänhet, t.ex. i konventionella pannor, sker en ofullständig förbränning om luftöverskottet är antingen för högt eller för lågt. Vid höga luftöverskott, generellt då luftöverskottet är större än 80 %, blir temperaturen i delar av flammen så låg att en fullständig oxidation inte kan äga rum. I vätskevärmarsammanhang är materialtemperaturen i förbränningsutrymmet mycket låg, i närheten av vattentemperaturen vilket leder till en mycket kraftig radiell temperaturgradient i förbränningsutrymmet. I gränsskiktet är temperaturen klart under den temperatur där fullständig oxidation kan ske. När förbränningskammarens diameter minskas, med avsikten att öka strömningshastigheten, och därmed turbulensen, ökar samtidigt risken för att ofullständigt oxiderade molekyler kommer i kontakt med gränsskiktet och försvårar vidare oxidation med ökade emissioner som följd.

Vid vätskevärmning är det vanligt att en så liten diameter på förbränningskammaren och värmeväxlareslingan som möjligt eftersträvas för att värmaren skall uppta så liten plats som möjligt. Samtidigt önskas en hög effekt. Vissa tillverkare har för att möta dessa önskemål utvecklat brännare med en lång och smal flamma. Nackdelen med en lång och smal flamma ur emissionssynpunkt är att kontaktytan med det kalla gränsskiktet ökar. För att minimera kontaktytan är det fördelaktigt med ett förbränningsutrymme med en stor diameter och en kort intensiv flamma. Detta minskar risken för ofullständig förbränning och därmed emissionerna av kolväten och kolmonoxid, men ökar å andra sidan emissionerna av kväveoxider om omblandningen av luft och gas inte är god.

Emissionsproblematiken i vätskevärmarsammanhang kan lösas på flera sätt. Vid användandet av konventionella industribrännare, medium- eller höghastighetsbrännare bör målsättningen vara att förbränningsutrymmet skall ha en så stor diameter som möjligt, vilket även är önskvärt med hänsyn till kokningsrisken. Måste en smal förbränningskammare väljas kan denna beklädas invändigt med en tunn keramisk isolering, dels så att förbränningen blir fullständig, dels för att begränsa värmeöverföringen så att yteffekten minskas och risken för beläggningar och kokning minimeras.

Ett annat sätt är att installera två-steps lufttillförsel så att förbränningsluften isolerar flammen mot det kalla gränsskiktet. I båda fallen innebär detta att förbränningszonen förlängs och problematiken med höga yttemperaturer flyttas till värmeväxlareslingan.

6 ERFARENHETER FRÅN GASOLELDADE ANLÄGGNINGAR

I detta avsnitt redogörs för driftserfarenheter från några av de gasoleldade anläggningar som varit i drift under flera år. Erfarenheterna är inhämtade genom telefonkontakt med de personer som ansvarar för driften i den produktionsavdelning där vätskevärmarna är installerade eller underhållsansvariga inom respektive företag.

Avsikten med dessa samtal har inte varit att få en detaljerad information om vilka problem som förekommit utan att få en objektiv bild av driftserfarenheterna i jämförelse med de värmningsalternativ som finns, t.ex. elvärmning eller ångvärmning, så som användaren ser fördelar och nackdelar med gasvärmningen.

6.1 Garphyttan Wire

Garphyttan Wire i Garphyttan installerade 1990 åtta stycken vätskevärmare i en ytbehandlings- och betningslinje. Brännarna är från Lanemark varav 4 st är på 293 kW och de andra fyra är på 220 kW.

Orsaken till investeringen var att gasalternativet innebar lägre investeringskostnader då ångcentralen behövde utökas om linjen skulle försörjas med ånga. I investeringen ingick även en komplett gasolanläggning med tank och förångare. Sedan övergången till decentraliserad värmning används ingen ånga utan ångcentralen är avställd.

Ekonomi för anläggningen anges fortfarande vara god trots att gasolpriset ökat sedan starten.

Resultatet såväl ekonomiskt som driftsmässigt anges vara klart bättre än de kalkyler som låg till grund för investeringsbeslutet. De förväntningar som ställdes vid projektets start har infriats mer än väl särskilt avseende anläggningens driftsäkerhet.

De problem som identifierats är beläggningar av kalcium i ett zinkfosfateringsbad som skall varmhållas vid 95°C. Beläggningarna blir inte alltför kraftiga och avlägsnas emellanåt som ren underhållsrutin.

På fem år har man bytt en brännare till ett syrabad då denna korroderat på grund av den syrabemängda förbränningsluften.

Emissionsmässigt har ingen noggrann mätning utförts i uppföljningssyfte. Man har dock noterat något höga nivåer av CO och C_xH_y vid injusteringar av brännarna.

Garphyttan Wire säger sig vara mycket positiva till gaseldningen.

6.2 STIFAB

STIFAB i Tomelilla installerade 1991 en ytbehandlingslinje där värmningen i förbehandlingsbadet sker med gasoleldade vätskevärmare. Trinco AB var leverantör av ytbehandlingslinjen. De två brännarna är av fabrikat Lanemark med brännareffekt 220 respektive 145 kW. Tvättbadet varmhålls vid 60 respektive 40 °C.

Den alternativa lösningen för värmning av baden var med elpatroner vilket i detta fall skulle innebära att en ny transformator måste installeras. Merkostnaden för elvärmningen beräknades bli cirka 1,2 miljoner kronor varför gasvärmningen valdes naturligt.

Erfarenheterna från installationen är allmänt sett goda. I stort sett har endast mindre problem vid idrifttagningen noterats. Det ekonomiska utfallet har varit positivt med ett bättre utfall än kalkylerat. Inga problem med beläggningar har noterats vilket bör vara rimligt med hänsyn till att baden är alkaliska, effekterna är relativt moderata samt badtemperaturerna låga.

Ingen uppföljning eller mätning har genomförts med avseende på emissioner enligt Stifab. Dock bör injusteringsprotokoll finnas.

6.3 Profilgruppen Åseda

BSD-teknik har levererat en gasoleldad vätskevärmare av fabrikat Eclipse till Profilgruppen i Åseda. Värmarens maxeffekt är 140 kW och varmhåller ett sk efterättningskar till 98 °C. Andra bad värms för tillfället med elpatroner vilket även var alternativet för detta bad. Uppfattningen inom underhållsavdelningen är att gasvärmaren är den som fungerar bäst. Inget omfattande underhåll har genomförts på de två år värmaren varit i drift. Mindre startproblem har inträffat emellanåt då flamövervakningen falerat beroende på UV-cellen. I övrigt uppges värmaren fungerat oklanderligt och inga beläggningar eller kokskador har noterats trots att badtemperaturen är hög.

Vid jämförelse med värmning med elpatroner anser personalen att underhållsarbetet och därmed kostnaderna minskats. Problemet med elvärmningen i denna applikation är att skydda kopplingslådorna från stänk och dropp när profilerna tas upp ur badet. Eftersom badet tidigare värmdes med 10 - 15 elvärmare innebar det att patronerna byttes ut med jämna mellanrum.

Det bör påpekas att produktionen sker i treskift dygnet runt.

Inga emissionsmätningar har genomförts.

6.4 Electro-Enoc Anderstorp

Electro-Enoc i Anderstorp var bland de första industrierna i Sverige att installera gaseldade vätskevärmare. 1989 investerade Electro-Enoc i en ny ytbehandlingslinje där vätskevärmarna används i alkaliska bad.

En Lanemark TX30 på 200 kW värmer ett förbehandlingsbad till 62 °C och en mindre brännare med beteckningen TX 20 på 50 kW värmer ett sköljbad till 40 °C.

Underhåll på brännare och värmeväxlare genomförs en gång per år då eventuella beläggningar avlägsnas, jonisationselektroder byts i brännare etc. Enligt personalen är detta relativt enkelt arbete och ingår i normala rutiner för planerat underhåll.

Det uppges att inga incidenter orsakade av gasvärmarna förekommit under de sex år anläggningen varit i drift. Ytbehandlingslinjen har dock inte varit i kontinuerlig drift de senare åren.

Även Electro-Enoc säger sig ha positiva erfarenheter av gaseldningen.

7 DISKUSSION OCH FRAMTIDA MÖJLIGHETER

Erfarenheterna från såväl gasoeldade som naturgaseldade anläggningar visar med önskvärd tydlighet en gemensam fördel med decentraliserad värmning av vätskor med gas, nämligen att de är ytterst konkurrenskraftiga avseende investeringskostnaden vid nyinstallationer.

De konkurrerande värmningsalternativ som varit aktuella vid de lönsamhetsbedömningar som gjorts på flera industrier med skilda förutsättningar har varit elvärmning, ånga och hetvatten. Driftsmässigt uppges de gasoeldade anläggningarna fungera mycket tillfredsställande och anläggningsägarna säger sig vara nöjda, både med det ekonomiska utfallet och tillförlitligheten. På de naturgaseldade anläggningarna har flera detaljerade uppföljningar genomförts som visar att tekniken med decentraliserad vätskevärmning inte är problemfri. Från dessa uppföljningar har värdefull information framkommit som gör det möjligt att minimera eller undvika problemen vid framtida installationer.

De identifierade problemen rör främst lokal underkyld kokning, emissioner av kolmonoxid och kolväten samt beläggningar på tubens yta.

Det faktum att problemen endast identifierats på naturgaseldade värmare innebär inte att man kan dra slutsatsen att gasol skulle vara att föredra framför naturgas vid vätskevärmning. Förklaringen är snarare den att det är endast på naturgaseldade anläggningar som detaljerade studier och uppföljningar gjorts.

Förutom minskade investeringskostnader kan decentraliserad vätskevärmning ge fördelar i form av minskad energianvändning vilket uppföljningen vid Scan Väst i Varberg visar, speciellt om förluster i ång- och hetvattensystem kan undvikas. Å andra sidan bör man vara uppmärksam på att energianvändningen även kan öka vid en övergång till decentraliserad värmning om ersättningen innebär att tex förlusterna från kondensatsystemet ökar, tex pga ökade avspänningsångförluster i ångsystem.

Verkningsgraden för gaseldade vätskevärmare är normalt sett hög, > 90 % räknat på undre värmevärdet.

Denna kan förbättras ytterligare genom att använda veckade tuber i värmarens sista del vilket skulle öka potentialen för energibesparingar ytterligare.

Utnyttjandet av veckade tuber kan även medföra att investeringskostnaden kan minskas eller bibehållas trots att den veckade tuben är dyrare per längdmeter än konventionella rostfria rör. Förklaringen till detta är att de veckade tuberna beställs med kopplingar så att såväl installation som byten förenklas avsevärt pga att ingen licensierad svetsare behövs.

Det vore rimligt att anta att användandet av veckade tuber i vätskevärmningsapplikationer kommer att bli accepterad teknik efter att de provats i industriella sammanhang.

När veckade tuber används vid badtemperaturer under dagpunkten nås en verkningsgrad kring eller strax under 100 % räknat på undre värmevärdet om samma rörlängder används som är brukligt med konventionella rör. Nackdelen med veckade rör är främst att risken för beläggningar och lokal kokning ökar eftersom värmeöverföringen på delar av tuben ökar dramatiskt. Därför kan dessa endast användas i värmeväxlarens sista del där temperaturen är relativt låg.