



STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING

Utvärdering av sotningsmetoder

Rolf Skaardal

1984-08-28

H0663

Utvärdering av sotningsmetoder

UTVÄRDERING AV SOTNINGSMETODER

Rolf C Skaardal

VBB Värmetekniska Avdelningen

FÖRORD

Föreliggande arbete har utförts under vintern 83/våren 84 av Lennart Ahlgren, numera anställd vid Studsviks Energi AB och Rolf C Skaardal, VBB Värmetekniska avdelningen, Stockholm.

Vår undersökning har rönt stort intresse bland anläggningsägare/skötare och maskinleverantörer, vilka alla har bidragit med värdefullt material.

Stockholm i april 1984

Rolf C Skaardal
Projektledare

1. SAMMANFATTNING

Denna rapport redovisar resultaten från en utvärdering av olika sotningsmetoder för ång- och värme pannor. Undersökningen har begränsats till fastbränsleeldade små och medelstora pannor upp till ca 50 MW avgiven effekt. Avsikten med arbetet var ursprungligen att ta fram en riktlinje för specificering av lämpliga sotningsutrustningar för nya pannor av ifrågavarande typ- och storleksordning. Undersökningen visar dock att sotningsfrågan ägnas liten uppmärksamhet ute på fältet. Detta gäller frågan i hela sin bredd såväl driftekonomiskt som miljömässigt. Några slutsatser om sotningens driftkostnader kan inte dras från materialet.

Samtidigt är sotningsfrågan för just den kategori av pannanläggningar som ingått i undersökningen av speciellt stor betydelse. Detta hänger samman med en konstaterat genomgående hög belastningsfaktor och en ofta ganska måttlig grad av värmeåtervinning efter själva pannan. Under sådana omständigheter ökar pannans känslighet för bristfällig sotning med snabbt ökande avgastemperatur och därmed avgasförluster som en följd.

Sotningsfrågan rör sig om betydande summor redan för den storleksordning av pannor som undersökts i detta arbete. För en basvärmepanna på 25 MW innebär en verkningsgradsförsämring på 1 procentenhet en årlig förlust på omkring 150 000 kr vid ett bränslepris på 100 kr/MWh. Sotutrustning för samma panna kostar ca 350 000 kr till 120 000 kr vid ångsotning respektive ljudsotning. Metodernas rörliga kostnad kan uppskattas från fall till fall m h a metodernas kontinuerliga effektbehov. Enligt leverantörsuppgifterna uppgår dessa till omkring 100 kW respektive 2 kW. För små anläggningar kan ångsotningen innebära höga kostnader både investeringsmässigt och driftsmässigt. En viktig invändning är att ångsotning är en väl beprövad metod som kan levereras med garantier. Ljudsotning är i sammanhanget en ny metod, med ännu så länge skiftande och inte helt entydiga sotningsresultat. Alla bedömningar av metodernas effektivitet och kostnader bör göras med dessa förbehåll. I föreliggande material är pannornas skick och ålder inte jämförbara. Detta påverkar sotningens effektivitet, men är inte något som beror på själva sotmetoden.

Av det starkt begränsade materialet förefaller ångsotning, ensamt eller i kombination med tyfoner, fungera bra för de flesta bränslena. Undantag utgörs av två fliseldade anläggningar.

Kulsooting förefaller ävenså bra. De fall där metoden inte fungerat har berott på att kulorna och sot bakar ihop och ibland även sätter igen konvektionsytor. Detta har uppstått vid barkeldning och koleldning.

Soniksootingen förefaller vara en bra metod framför allt för FB-pannor eller för efterytor i konventionella pannor. Vid eldning av bark och flis, men även avgaspannor, förefaller metoden effektiv. Undantag är en anläggning som eldat ekflis, där överhettaren tenderar att sätta igen. Koleldning i konventionella pannor verkar olämplig med ljudsootningsutrustning.

Infraljudsooting har inte fungerat tillfredsställande vid någon av de studerade anläggningarna.

Studiens resultat, som för sin tolkning bör läsas med viss försiktighet, hänför sig till mindre och medelstora pannor. Tendenserna i materialet kan inte utan reservationer överföras till stora pannor.

2. INLEDNING

2.1 Bakgrund

Det totala antalet registrerade ång- och hetvattenpannor¹⁾ i Sverige ligger mellan 11-12 000. En stor del av det bränsle som förbrukas i landet används i dessa pannor. Även smärre förändringar av pannornas verkningsgrad får därför en stor genomslagskraft på bränslehushållningen i landet.

Renhållning av värmeöverförande ytor är en viktig åtgärd för prestationsförmågan hos värmeteknisk apparatur och därmed för hushållning med energi (se diagram). Beläggningar på dylika pannytor, leder till försämrade värmeledningen och högre avgastemperatur.

Under givna förhållanden är rökgastemperaturen ett direkt mått på avgasförlustens storlek och återspeglar värmeytornas försmutsningsgrad och försämringen i pannans verkningsgrad.

Genom registrering av avgastemperatur (och gärna också dragförlusten genom pannan) kan man alltså på ett enkelt sätt övervaka pannanläggningens "renhet" och därigenom också anläggningens bränsleekonomi.

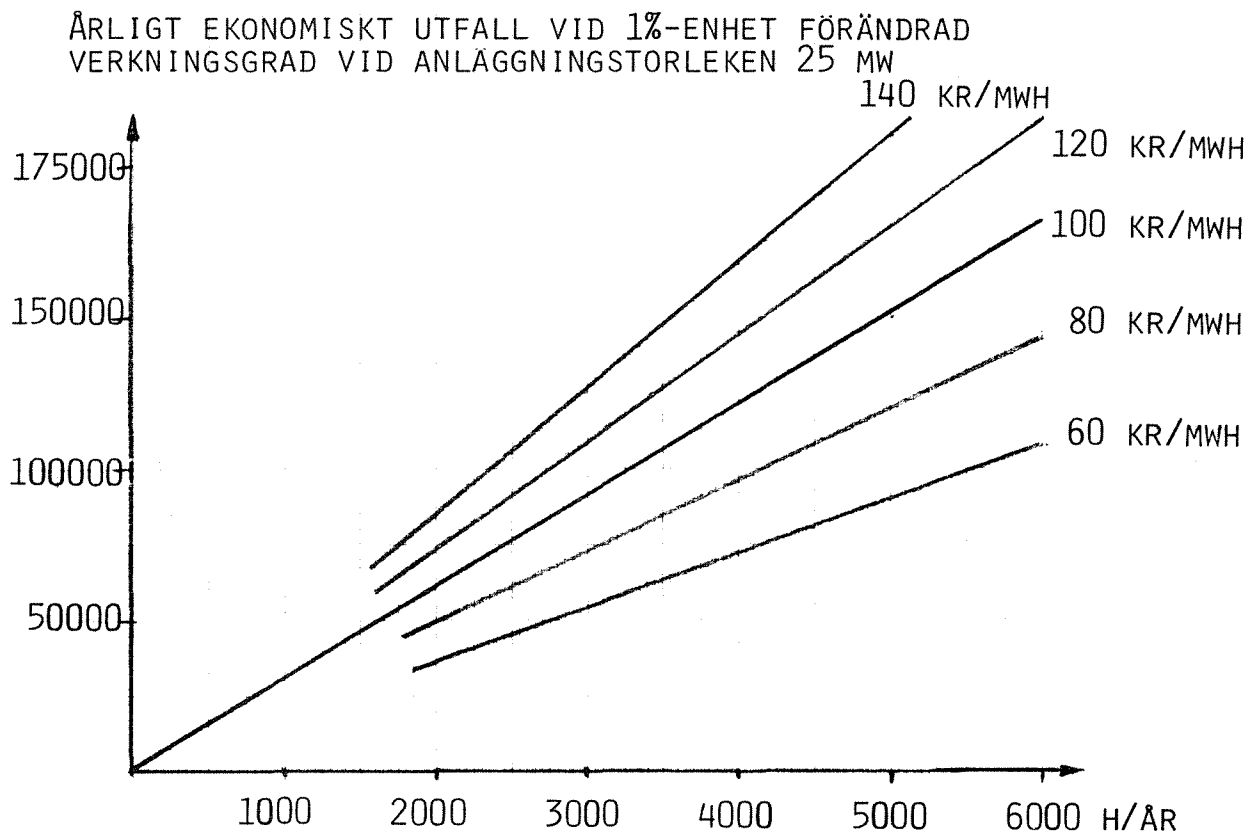
Ändringen i avgastemperatur orsakat av en given sotbeläggning varierar med pannbelastningen och graden av pannaggregatets rökgasnedkylning. Låg pannbelastning resulterar i mindre höjningar av avgastemperaturen. Sotbeläggningens inverkan är för övrigt mindre vid långt driven avgasnedkylning, d v s vid stora ekonomiser- och luftförvärmaretor. Det finns en uttalad målsättning att använda fasta bränsleslag istället för olja vid de energiomvandlingsprocesser där detta är praktiskt möjligt. Eldning med fasta bränslen i ång- och värmepannor ökar i regel kraven på pannornas sotningsutrustning bl a beroende på askhalt och askans egenskaper hos många av dessa bränslen. Sotning av pannor sker idag på ett flertal olika sätt. Sotning under drift utförs bl a med ånga, tryckluft, stål- eller metallkulor och ljud med olika frekvenser. Sotning av avställda pannor sker vid vattenlansning, kemisk rengöring eller rent mekaniskt med viskor, borstar och dylikt. Valet av sotningsmetod styrs av flera faktorer, bl a följande.

- Bränsle
- Pannstorlek
- Utformning av värmeytor och rökgasvägar

¹⁾ Varav en liten andel hetoljepannor.

- Tillgång till sotningsmedier
- Miljöaspekt
- Kostnader, fasta och rörliga

Ikke minst kan sotningskostnaderna bli beaktansvärda, vilket man kanske inte alltid tänker på.



2.2 Målsättning

Ökade bränslekostnader ställer ökade krav på renhållningen av värmeytor och framför allt pannornas tillgänglighet. Övergång till eldning med fasta bränslen ökar i regel kraven på renhållningen. Viktigt är att kostnaderna för sotning minimeras.

Det kan vara svårt att välja rätt sotningsutrustning och sotningsmetod. Dels saknas pann- och bränslerelaterad erfarenhet och dels befinner sig nya metoder i stor utsträckning fortfarande på försöksstadiet. Rapporteringen om nya sotningsmetoder är sparsam, vilket gäller sotningsfrågor överhuvud taget.

Att ha tillgång till en erfarenhetsbank beträffande sotning av pannor är uppenbarligen en angelägenhet av hög prioritet.

Syftet med denna studie har därför varit att sammanställa och utvärdera fakta och erfarenheter från sotning av ett 30-tal fastbränsleeldade pannor i storlekar från ca 5 till ca 50 MW avgiven effekt.

3. ARBETSUPPLÄGGNING

3.1 Metodik

En sammanställning av de undersökta anläggningarna finns i Bilaga 1. Anläggningarna har valts i syfte att göra urvalet av pann typer, bränsleslag, eldningssmetoder, driftdata, sotningssystem och sotningssmetoder så omfattande som möjligt. Totalt redovisas data från 39 pannor i 29 anläggningar inom värmeproduktions- och industrisektorn.

I några fall då oljeeldade anläggningar varit lätt tillgängliga har även dessa inkluderats dessa i undersökningen. Detta är av intresse, inte minst för jämförelse av intressanta sotningssmetoder under olika förutsättningar.

Insamlingen av erfarenheter har gjorts genom besök i pannanläggningar och intervjuer med driftpersonal och andra berörda personer. Värmetekniska, miljömässiga och, i någon mån, ekonomiska erfarenheter har bearbetats och sammanställts.

Effekten av sotning blir ofta en subjektiv bedömning. I oväntat många fall har ingen registrering av avgasttemperaturen före och efter sotning skett. Effekten kan i viss mån framgå vid inspektion av värmeytor och rökgaskanaler då pannan rutinmässigt ställs av.

Miljömässiga effekter av sotning eller sotbildning är naturligtvis också något som inte så lätt låter sig konkretiseras. För att få en så allsidig belysning som möjligt av detta har i vissa fall intillboende intervjuats. Eldstäder och rökgasstråk har inspekterats genom befintliga luckor. Rökgas- och förbränningsluftstemperaturer avlästes på befintliga instrument, i driftjournaler och på skrivarremсор.

Personligt tyckande kan ha färgat intervjuamaterialet. I många fall skiljer sig kontaktade experter och leverantörers uppfattningar om sotutrustningsutrustningars effektivitet från brukarens uppfattning. I vissa fall har yttranden kompletterats med egna erfarenheter.

Insamlade uppgifter har värderats och jämförts. Tveksamma data har verifierats genom telefonkontakt med vederbörande uppgiftslämnare. Några poster i sammanställningen baserar sig på enbart telefonintervjuer och på tidigare utförda och rapporterade undersökningar. Detta framgår av sammanställningen.

Dessa faktorer gör det omöjligt att objektivt värdera de olika sotningsmetoderna och sammanställa en entydig riktlinje enbart ur det insamlade intervjumaterialet. Vi har därför redovisat samtliga intervjuer var för sig i rätt omfattande sammanställningar. Bilaga 2.

Sammanställningarna redogör för rapporterade fakta och erfarenheter rörande resultat av sotning, sotningsutrustningens tillförlitlighet och i någon mån ekonomiska aspekter. Miljömässiga betraktelser och åtgärder för de enskilda fall där detta gått att få fram har också antecknats. Speciella egenskaper eller egenheter hos olika bränslen och/eller utrustningar har redovisats.

I Bilagorna 3 och 4 diskuteras olika sotningsmetoder sotningsförfaranden och något om sotningskostnader. Bilaga 5 är en sammanställning av vissa karakteristika för olika sotningsmetoder.

Ett försök att göra materialet lättare tillgängligt har gjorts genom att utarbeta en tabell med olika sotningsmetoder som bas. Bilaga 6.

Eftersom kombinationer av olika sotningsmetoder förekommer har anläggningar med flera typer av sotningsutrustningar redovisats under flera rubriker.

Bilaga 7 slutligen är en klassificering av bränslen som tidigare redovisats i NE-rapport 1460421.

4. RESULTAT

I det följande redovisas resultaten från de undersökta anläggningarna. Vissa "hål" i nummerlistan beror på ändringar som gjorts under arbetets gång.

Resultaten av en utvärdering av olika sotningsmetoder borde kunna redovisas relativt entydigt. D v s om utvärderingen kunde baseras på reella drifterfarenheter av effekter och kostnader för sotningen. Sotningseffekten kan, som tidigare nämnts, lätt hållas under uppsikt genom registrering av avgastsemperatur och sotningsperioder. Samtidiga observationer av pannbelastning och luftöverskottsdata vore önskvärda i syfte att öka tillförlitligheten. Nu visade sig emellertid intresset för dylika observationer och ofta för sotningsfrågan överhuvud taget vara så lågt att det endast i enstaka fall gick att få fram konkreta data. I flera fall har avancerade ljudsotnings-system inköpts och monterats utan samråd med expertis. Utdömda utrustningar kan ha placerats i fel temperaturzon, utsatts för fuktigt sot eventuellt i kombination med ångsotning, helt enkelt monterats på olämplig plats rent akustiskt - kanske i olämpligt antal, eller anslutna till olämpliga luftkällor för spolning, kylning och signalering. I flera fall angavs en hög ljudnivå som en starkt bidragande orsak till att inte använda soniksotning.

Antagligen borde många av de upplevda olägenheterna ha undvikits genom en mer noggrann analys av problemet, innan utrustningen monterades.

Frågan om olika tillsatsmedels inverkan på sotbildning och sotets konsistens kommer också med i bilden när sotningsfrågor diskuteras ute på fältet. Liksom uppfattningen om olika sotningsmetoders effektivitet varierar, så är också meningarna om tillsatsmedlens inverkan starkt delad.

Bedömningar av en enskild sotmetods effektivitet försvåras även av den mycket osäkra blästrings-effekten från finkrossad sten och grus som kan följa med rökgaserna vid eldning med höga luftöverskott.

LISTA ÖVER STUDERADE ANLÄGGNINGAR

<u>Nr</u>	<u>Anlägg</u>	<u>Pannanlägg</u>	<u>Ung effekt, MW</u>	<u>Bränsle</u>	<u>Sotningsmetod</u>
1	Norrkpg, Energiv	3 La Mont	2 x 32+1 x 28 MW	Kol	Ljud+Ånga
2	Fiskeby AB	1 JMW	90	Bark	Ånga, kulor (ljud på prov)
3	Sala Heby	1 Eckrohr	20	Kol	Ljud
4	Sävenäs Gbg	2 La Mont	40	Kol	Ånga (kulor)
5	Enköping V verk	1 KK FB	16	Kol	Ljud-viskor
6					
7	Holmens Bruk, Varg	1 SMV	20	Trä	Ånga
8	Timmele Färg	1 Gener Tubp	5	Träpulv	Ånga-viskor
9	Alvesta Slakt	1	4	Flis, ek	Ånga-Ljud
10	Assi Frövifors	1 B & W	A5	Bark, Trä	Vatten
11	Svanboard Mas	1 Motala	22	Bark	Ånga-Man.skrapor
12	Borlänge Ind verk	1 SMV	18	Flis, Sop	Vatten-Man
13	Enköping	1 VEÅ, Tubp	6	Flis, Bark	Ljud, viskor
14	Uppsala, Knivsta	2 Osby Mag	1 x 7+1 x 5	Flis-Skogs	Ljud, Viskor
15	Linkpg, Ljungsbro	1 Eckrohr	4-5	Flis	Ånga, Vatten
16					
17	Enköping	Sammas 13 ³⁾			Ljud, Viskor
18	Eksjö Energiv	1 Gener FB	7,5	Sopor, Bark	Ljud-Man
19	Eksjö Energiv	1 Gener FB	13	Flis	Ljud (Man)
20	Gust, Kåhr, Nybro	1 Gener Eck	11	Flis (ek), Bark	Ljud+Ånga
21	Växjö Energi	1 SMV	30	Flis	Vatten Man
22					

<u>Nr</u>	<u>Anlägg</u>	<u>Pannanl</u>	<u>Ung effekt, MW</u>	<u>Bränsle</u>	<u>Sotningsmetod</u>
23	Estrella Gbg	1 Eckrohr HO		Olja	Luft
24					
25	Beckers Laytech	2 Gen Heto (HO)	2x2	Olja	Luft,Visk,Man,Borst
26A	Hylte Bruk	1 Ahlström FB	50	Bark,Spån,div	Ånga,kulor
26B	Hylte Bruk	1 SMV	45	Bark	Ånga,kulor
27					
28	Assi Valåsen	2 Eckrohr	2 x 12	Bark,Flis	Kulor,viskor
29	Kinda Såg,Kisa	1 Eckrohr	9	Bark,Spån	Ljud,viskor
30 ¹⁾	Junkers,Köge DK	B & W	18	Träavfall	Ljud,Ånga
31 ¹⁾	Bolidens,H borg	1 La Mont avg	20	Avg	Ljud
32 ¹⁾	Alnarp	1 Osby OTP 45	6	Olja	Ljud (exper)
33	Volvo Torsl	5 Eckrohr	35-70/st	Olja	Kulor (Man)
34 ²⁾	Gbg Stads Bostads	1 SMV Sunrod	15 (10)	Träpulver	Vatten,man.u.drift

1) Se LTH rapp. Lutkdh (TKKA-7003)/1-23(1982)

2) Tel.interview

3) Nr 13 o 17 har gemensam förugn

Pannanläggning	La Mont-pannor
Effekt	2 x 32 + 1 x 28 MW
Eko/Lufö	Ja/Ja
Bränsle/elldn	Kol/Wanderrost
Drifttillstånd	32 bar/420°C

Sotningssystem	Infraljud/Sonik/Ångsotning
Placering sotblåsare	Se text nedan
Sotn frekv	Infra: 15 s/15 min, Sonik: 20 s/20 min, Ånga: 1 gg/dygn
Media p/t	Ånga: ca 20 bar
Mediafrekv	Infra: 20 Hz, Sonik: 250 Hz
Additiv	Nej
Annan sotn	Ja, man rengöring erfordras

Betr sotningen:

Från början var de koleldade La Mont-pannorna utrustade med ång-och kulsothning. Kulsothningen fungerade inte och har nu övergetts. Kulor och aska bildade en ohanterlig massa som kringutrustningen inte klarade.

De två 32 MW-pannorna har 1 st Infracone i överkant av bakre rökgasschakt och 2 st Tyfoner i överhettarstråket, mitt emot varandra. 28 MW-pannan har 4 st Tyfoner parvis över och under sista värmeytan i återvinningsstapeln. Pannan har vidare 5 st ångsotare i detta rökgasschakt + ytterligare 2 ångblåsare längre fram i rökgasvägen i överhettaren. I 32 MW-pannan var tyfonerna fullständigt dränkta i sot vid inspektionen. Av ljudet utanför pannan kunde man bedöma att det inte var mycket kraft kvar i dessa. Båda typer av ljudsotare hörs men stör inte.

Pannorna får mycket hårda beläggningar vid ingången till överhettarna, speciellt vid hårdkörning. Effekten av nuvarande sotningssystem anses som tveksam. Tyfonerna sätter igen sig vilket kan bero på brist på spilluft eller fukt från ångsotningen. Ångsotningen väter textilfilter.

Det är nödvändigt att stoppa anläggningarna efter 3 à 4 månaders drift. Då är värmeytorna mycket starkt belagda t o m igenvuxna mellan tuberna vilket kräver en grundlig manuell sotning.

Konklusion:

Sotningseffekten av nuvarande system anses tveksam. Driftsäkerheten anses ej bra. Ångsotningen anses orsaka svårigheter med textiltfiltret och kan tänkas bli ersatt med annan sotningsmetod.

Pannanläggning	Ångpanna typ JMW
Effekt	50 MW (vid barkeldn)
Eko/Lufö	Ja/Ja
Bränsle/eldn	Bark/Snedrost + Kablitz+E05
Drifttillstånd	64 bar/450°C
Sotningssystem	Ång-/Kulsotning/Infra ljud på prov
Placering sotblåsare	Ångsotning ECO (släta tuber, 350°C) Kulsotning ECO (kornflänsade tuber, 180°C)
Sotn frekv	-
Media p/t	Ånga ca 20 bar
Mediafrekv	Infra ca 20 Hz
Additiv	Nej
Annan sotn	Nej

Betr sotningen:

Ca 10 % av energitillförseln till pannan sker med E05 vid stort ångbehov. Pannanläggningen har två parallella rökgasstråk, vardera med två ekonomiser-delar, ett före och ett efter elektrofiltren (utgående rökgastemp 320-350°C respektive 160-180°C). Det första har ångsotning, det senare kulsotning. Man använder kulor av aluminium. Eftersom sotningen efter elfiltret har liten uppgift att fylla planerar man att slopa denna.

Ångsotningen är den huvudsakliga rengöringsmetoden. Pannan håller sig väl ren vilket antas bero på grus i barken som krossas och ger en viss blästringseffekt i rökgassvepen. Man får slitage på Kablitz-rosten, transportörer, störtrör etc. Pannan inspekteras alla storhelger och befinns vara acceptabelt ren. Man beräknar att ångsotningen kräver ungefär 6 % av totalt alstrad ångmängd i pannan, vilket dock får anses vara relativt hög ångförbrukning.

Infrafonen av den nya "krökta" typen har provats på olika pannor och på olika platser i rökgasstråken. Det är ännu för tidigt att yttra sig om resultatet. Proven skall fortsätta i första hand med den här beskrivna barkpannan och i ekonomiserdelarna. De två parallella rökgasstråken erbjuder bra förutsättningar för jämförande prov.

Konklusion:

Ångsotningen och en eventuellt renande effekt från grus och sand i barken anses hålla pannan i acceptabelt skick. Ångsotningen blir emellertid dyrbar eftersom någon större värmeåtervinning äger inte rum i Varkaus-skrubbern vars huvudsakliga funktion är att absorbera SO₂ från rökgaserna.

Pannanläggning	Hetvattenpanna typ Eckrohr (Generator)
Effekt	20 MW
Eko/Lufö	Ja/Nej
Bränsle/eldn	Kol/Wanderrost
Drifttillstånd	15 bar/M

Sotningssystem	Soniksotning
Placering sotblåsare	Kockumation vid samtliga konvektionsytor och ECO
Sotn frekv	20 s/14 min
Media p/t	-
Mediafrekv	200-400 Hz
Additiv	Nej
Annan sotn	Vattenlansning vid sommarstopp

Betr sotningen:

Sotningsutrustningen består av 3 Tyfoner i konvektionsdelen och 4 i ekonomiserstapeln som består av släta horisontella rör. Från början fanns bara en Tyfon i ekonomisern. Sotningen anses fungera bra i pannans konvektionsdel, men ej så bra för ekonomisern. Man får hårda, ca 2 mm tjocka beläggningar på ekorören som ej går bort med ljud. Detta nödvändiggör vattensotning vid sommarstoppet. Detta arbete tar 2-3 mandagar i anspråk.

Ljudnivån i pannhuset anses störande hög. Inga problem med tyfonernas luftförbrukning.

Konklusion:

Ljudsotning med tyfoner i ekonomiserstapeln inte tillfredsställande medan effekten i pannans konvektionsdel anses bra. Enligt uppgift pendlar rökgastemperaturen efter ekonomiser omkring 130°C.

Eventuellt underskrids rökgasernas daggpunkt vid vissa belastningar med fuktiga beläggningar i ekonomisern som följd. Man eldar med ett ryskt kol vars S-halt inte gick att få fram vid besöket.

Pannanläggning	Ångpannor, typ La Mont
Effekt	2 x 35-40 MW
Eko/Lufö	Ja/Ja
Bränsle/eldn	Stybbkol/Wanderrost + olja
Drifttillstånd	21,5 bar/375°C

Sotningssystem	Ång- och kulsotning
Placering sotblåsare	ÖH, konvektionsytor och ECO
Sotn frekv	1 gg/dygn (lite olika) ca 10 min/panna (ång sotn)
Media p/t	Ånga 21 bar/375°C
Mediafrekv	-
Additiv	Ja - "Rexus"
Annan sotn	Ja, vattenlansning av öh och eko

Betr sotningen:

Varje panna är utrustad med 4 st sotblåsare. Kulsotningen i återvinningsstapeln används inte. Pannan eldas med stybbhaltigt kol, ett ganska högt luftöverskott vid nästan genomgående maxlast på pannan. Detta anses verka blästrande och hjälper till att hålla värmeytorna tillfredsställande rena. Aska och sot tenderar emellertid att ackumuleras i överhettarskotten som en gång per år måste rengöras medelst vattenlansning. Detsamma gäller ekonomisern. Ångsotningen anses vara effektiv. Pannorna inspekteras 1 gång per år vid avställning. Kvarvarande sot är då i regel torrt och luckert och lätt att avlägsna. Båda pannornas överhettare skall bytas sommaren-84.

ECO är utförd med släta tuber. Rökgastemperatur efter ECO är max 330°C.

Konklusion:

Dessa pannor går på mycket hög last. Endast 400 av 5 000 drifttimmar är lasten mindre än "max". Man har "draghjälp" till renhållningen genom att stybbhaltiga rökgaser med höga hastigheter blästrar pannans eldytor. I överhettarskotten ackumuleras emellertid aska och sot. Ångsotningen anses fungera tillfredsställande under dessa förhållanden. Kulsotningen i ekonomiserstapeln har tidigare krävt utbyte av vissa delar i transportsystemet. Man föredrar således nu att låta denna stå stilla och istället vattensota ekonomisern 1 gång per år.

Pannanläggning	Hetvatten, FB-panna
Effekt	16 MW
Eko/Lufö	Ja/Nej
Bränsle/eldn	Kol/FB (EO5)
Drifttillstånd	10 bar/180°C

Sotningssystem	Sonikсотning/Handsotning
Placering sotblåsare	Kockumation vid konvektionsytor och ECO
Sotn frekv	30 s/30 min
Media p/t	-
Mediafrekv	220-370 Hz
Additiv	Ja Dolomit
Annan sotn	Handsotning vid sommarstopp

Betr sotningen:

Det finns 2 st Tyfoner i pannans konvektionsdel och en i ekonomisern (kammade tuber, rökgastemperatur ut 150°C). Enligt uppgift används denna sotutrustning överhuvud taget inte. Man sotar endast för hand vid sommarstoppet. Man ansåg att förbrukningen av kylluft för tyfonerna var för hög; ca 3 ggr högre än vad leverantören angivit. Kompressor­anläggningen räcker inte till för att täcka tyfonernas luftbehov. Man ansåg också att tyfonernas ljudnivå i pannhuset var stö­rande. Värmeverkets folk är tveksamma till nyttan av ljudsotningen, men kan ingenting bestämt säga. Enligt uppgift skall ljudsotningsan­läggningen vid tillfälle provköras för att fastställa om den gör någon nytta. Enligt uppgift körs Dolomit för att undvika utfällning av svavelsyra i textiltfiltret. Detta är inte inkopplat vid uppstart som sker med olja.

Konklusion:

Pannanläggningen är utrustad med en ljudsotningsanläggning vars effekt man aldrig provat varför inga slutsatser om funktionen kan dragas. Den enligt uppgift höga förbrukningen av komprimerad luft kan tro­ligen reduceras då spillluft/kylluft till tyfonerna inte nödvändigt­vis behöver tas från luftkompressor­anläggningen.

Pannanläggning	Ångpanna typ SMV
Effekt	20 MW
Eko/Lufö	Ja/Ja
Bränsle/eldn	var. träbränsle/snedrost
Drifttillstånd	30 bar 375°C

Sotningssystem	Ångsotning
Placerad sotblåsare	5 st vid ÖH och konvektionsytor 2 st vid ECO (släta tuber)
Sotn frekv	1 gg/dygn
Media p/t	Ånga 20 bar/-
Mediafrekv	-
Additiv	Ja - Nitro Nobel SP-pulver
Annan sotn	Vattenlansning 2 gg/år

Betr sotningen:

Pannan är utrustad med 7 st sotblåsare, 2 fasta och 5 utdragbara. Rökgas-temperaturen efter pannaggregatet överskrider 150°C före sotningen och efter sotning ca 135°C, vilket sker 1 gg/dygn. Sotningen anses fungera bra. Man har då och då otäta och kärva ventiler i ångsotningssystemet.

Tillsatsmedel används ca 5 kg/dygn, och antas göra sotbeläggningen lättare att spola bort, men tveksamhet finns om effekten av tillsatsmedlet. Det relativt "dåliga" bränslet som innehåller en del sten och grus tros hjälpa till att hålla pannans eldytor acceptabelt rena.

Vattenspolningen som alltså sker 2 ggr/år tar som regel 5 timmar för 2 man i anspråk.

Konklusion:

Man tror att SP-pulver tillsättningen inverkar gynnsamt på sotbeläggningen, dock med någon tvekan. Ångsotningssystemet är tillfredsställande, och anses få viss draghjälp av söndermalet sten och grus i bränslet med viss blästrande effekt på värmeytorna.

Pannanläggning	Ångpanna typ Generator (tubpanna)
----------------	-----------------------------------

Effekt	5 MW
Eko/Lufö	Ja/Nej
Bränsle/eldn	Träpulver/brännare
Drifttillstånd	10 bar/180°C

Sotningssystem	Ånga + viskor
----------------	---------------

Placerad sotblåsare	ECO (horisontella, kammade tuber)
Sotn frekv	Ånga var 2 dag - viska 4 ggr/år
Media p/t	Ånga ca 10 bar
Mediafrekv	-
Additiv	Nej
Annan sotn	-

Betr sotningen:

Pannans ekonomiserdel sotas varannan dag manuellt med roterbara ångsotare. Sotningen tar totalt ca 3 min. Pannans eldrör och rökgastuber sotas med viska manuellt vilket tar ca 1 timme. Ekonomisersotningen reducerar rökgastemperaturen från 210-180°C efter eko. Pannan går alltid med full effekt. Träpulvret ger ett löst och luckert sot som är lätt att avlägsna. Pannan kan eldas med olja och träbränsle samtidigt men detta ger en kladdig och fast sittande beläggning som är svår att få bort.

Pannan är inte utrustad med någon rökgasrening.

Konklusion:

DeJong-brännaren kan köras med träpulver och olja eller gas samtidigt. Träpulver skall tydligen eldas utan tillsatser av olja då detta resulterar i ett mycket besvärligt sot. Det sotningssystem som används, d v s ångsotning av ekonomiser och manuell sotning av pannans eldrör-rökgastuber är tillfredsställande. (Möjligtvis skulle den manuella sotningen kunna ersättas av ljudsotning?)

Pannanläggning	Ångpanna m förugn
Effekt	4 MW
Eko/Lufö	Ja/Nej
Bränsle/eldn	Flis (ek) på konrost
Drifttillstånd	var. 8 bar-20 bar

Sotningssystem	Ång- soniksotning
Placerad sotblåsare	2 st soniksotare i eldstad och mellan konvektionsytor 2 st ångsotare vid ECO (horisontella, kammade tuber)
Sotn frekv	Sonik: 20 s/20 min, ånga 1 gg/3 mån
Media p/t	Ånga 20 bar
Mediafrekv	200-300 Hz
Additiv	Nej
Annan sotn	Luftlansning: se nedan

Betr sotningen:

Innan ljudsotning installerades fick pannans kokyta sotas 1 gg per månad och ekonomisern varje dag. Nu behövs ångsotningen inte längre och sotning sker med luftpåblåsning var tredje eller fjärde månad. Sotlagret är då ca 2 mm på kokyta och ekonomiser. Man installerade ljudsotning 1981 p g a sotproblem i kokyterna. Man valde plats för Tyfonerna och monterade dem själv utan råd av specialister; 1 i pannan direkt efter gaskanalen från förugnen och 1 mellan kokyterna. Man anser att ljudsotningen är effektiv och att man vid luftpåblåsningen inte har någon som helst svårighet att blåsa bort beläggningen. Enligt uppgift sliter den ena tyfonen membran. Man anser inte att åtgången av kyluft /spolluft är särskilt hög.

Rökgastemperaturen efter ECO minskade efter sotningen från 250-225°C.

Konklusion:

Soniksotningen fungerar tillfredsställande och har t ex reducerat sotningen av ekonomiserdelen från 1 gg/dag till 1 gg var 3:e månade. Förbrukningen av membran kan bero på otillräcklig smörjning (oljedimma) eller för hög arbetstemperatur.

Pannanläggning	Ångpanna typ B & W
Effekt	45 MW (120 MW olja)
Eko/Lufö	Ja/Ja
Bränsle/eldn	Bark, träbränsle/snedrost - Kablitz (+ olja)
Drifttillstånd	60 bar, 450°C

Sotningssystem	Ångsotning
Placerad sotblåsare	ÖH, Konvektionsytor och ECO
Sotn frekv	2 ggr/dygn
Media p/t	Ånga ca 25 bar/350°C
Mediafrekv	-
Additiv	Nej. (Bycosin är på tal)
Annan sotn	-

Betr sotningen:

Totalt 9 st ångsotare finns installerade, 6 st utdragbara och 3 st fasta. Rök Gastemperaturen är 800°C före ÖH och 600°C efter. Före ECO 350°C samt utgående 155°C. Sotningsången tas ut efter första överhettaren och stryps från 60 bar till 20-30 bar genom strypbrickor före varje sotare. Sotningens effektivitet anses vara mycket god; pannan hålls tillfredsställande ren med sotning 2 ggr/dygn, ca 40 min/gg. Varje sotning förbrukar ca 3,6 ton ånga med ett högsta ånguttag av ca 9 ton /timme under ca 6 min. Detta motsvarar nära 20 % av pannans maximala kapacitet vid barkeldning. Efter sista ekonomiserytan (släta, horisontella tuber) leds rökgaserna till en barktork där gaserna kyls till ca 100°C. Torken är av öppen typ så ingen återvinning av vattenångans ångbildningsvärme förekommer. Man har inte konstaterat några korrosions-eller erosionsproblem. Underhållskostnaderna är låga.

Man diskuterar för närvarande att prova Bycosin-tillsatsmedel för att "minska" sotet. Vid sotningstillfällena ligger nämligen emissionen enligt uppgift något över det tillåtna.

Konklusion:

Driftledningen anser att ångsotningen fungerar mycket bra, ger gott resultat och har låga underhållskostnader. Man har emellertid konstaterat att den i regel hårt belastade pannan får minskad leveranskapacitet under sotningsperioderna.

Pannanläggning	Ångpanna typ Motala
Effekt	22 MW
Eko/Lufö	Ja/Ja
Bränsle/eldn	Bark/Snedrost/Kablitz
Drifttillstånd	50 bar, 400°C

Sotningssystem	Ångsotning
Placerad sotblåsare	ÖH, Konvektionsytor och ECO (släta tuber)
Sotn frekv	1 gg/skift
Media p/t	Ånga 20 bar
Mediafrekv	-
Additiv	Nej
Annan sotn	Ja, manuellt vid sommarstopp

Betr sotningen:

Pannan är utrustad med 8 st fasta vridbara sotblåsare. Sotning sker 1 gg/skift och ungefär $\frac{1}{2}$ minut/sotare. Hela sotningsoperationen tar ungefär 10 min. Uppskattad ångförbrukning för sotning är 2 ton/timme under 10 min/skift eller ungefär 10 % av pannans ångkapacitet vid barkeldning. Rökgastemperaturen efter pannaggregatet skiljer 10-15°C före och efter sotningen. Sotningen sker manuellt.

Vid sommarstoppet varje år krävs en ganska omfattande sotning av pannan. Då är överhettaren bitvis igensatt av droppstensliknande beläggningar som måste mejslas bort med plattstång och liknande. Rengöringen tar 3-4 dagar för 2 man.

Ångsotningen anses krångelfri, men är tydligen ej helt effektiv.

Konklusion:

Problemfri ångsotning. Inte helt effektiv för överhettaren som sätter igen och kräver manuell rengöring 1 gg/år.

Pannanläggning	Hetvattenpanna typ SMV. (M.5 % ånguttag)
Effekt	18 MW
Eko/Lufö	Ja/Nej
Bränsle/eldn	Flis + sopor i KK-förugn ¹⁾ (Kablitz-rost)
Drifttillstånd	12-13 bar

Sotningssystem	Vattenlansning vid stillestånd
Placerad sotblåsare	-
Sotn frekv	Var 8:e vecka
Media p/t	-
Mediafrekv	-
Additiv	Nej
Annan sotn	Nej (man diskuterar ljudsotning)

Betr sotningen:

Den 1 februari 1984 hade pannan varit i drift 7 000 timmar. Man började med att ställa av pannan var 5:e vecka för vattensotning, men har förlängt driftperioderna till 8 veckor. Bränslet består av flis och RDF som eldas kontinuerligt. Man har konstaterat att beläggningen blir torr och är lätt att avlägsna med vattensotning. Sotningen sker medan pannan ännu är varm - annars blir beläggningarna svåra att få bort. Konvektionsdelen och eko sotas med vatten som pH-höjts till ungefär 11. Framförhängande rökgasstråk spolats med vanligt vatten. Beläggningen kan vara 3-4 mm tjock. Economisern är uppbyggd av släta, horisontella rör.

Sotningen anses effektiv men kräver en ganska omfattande manuell insats. Bl a måste dammsugning av stoft ske i rökgaskanalens botten innan spolning påbörjas. Rökgastemperaturen efter ekonomiserna sjunker 40°C efter en sotning (220-180°C). Det tar 8-12 timmar att köra ner pannan och sotningen tar 1 dygn i anspråk med 2 man igång. Man anser att sotningen lika fullt är ekonomisk då man i alla fall eldar ner pannan för att vidta nödvändigt underhållsarbete. Avloppsvattnet från sotningen neutraliseras och leds till en sedimenteringsbassäng där det hämtas av en slamsugare. Studsvik har uppmätt emissionen efter elfiltret och funnit denna acceptabel.

Konklusion:

Sotningen av den flis/sopeldade pannan med vattenlansning vid stillestånd anses tillfredsställande. Sotningsförfarandet kräver dock en betydande manuell insats varför man diskuterar installation av någon form för ljudsotning. Avsikten med detta ligger i första hand i att öka tiden mellan 2 vattensotningar.

¹⁾ Künstler & Koff, Schweiz

Pannanläggning	Hetvatten, typ VEÅ tubpannor
Effekt	2 x 5,8 MW
Eko/Lufö	-/Ja
Bränsle/eldn	Flis och bark på snedrost i förugn
Drifttillstånd	3 bar

Sotningssystem	Soniksotning + viskor
Placerad sotblå sare	1 Kockumation per panna vid konvektionsytor
Sotn frekv	Sonik 30 s/30 min. Man: var 6:e vecka
Media p/t	-
Mediafrekv	220-370 Hz
Additiv	Nej
Annan sotn	Manuell rengöring erfordras var 6:e vecka

Betr sotningen:

Dessa 2 identiska tubpannorna är kopplade till en gemensam förugn för flis-och barkeldning. Man förvärmer förbränningsluften till ungefär 175-200°C. Pannorna går enligt uppgift alltid på full last.

Normalt stannas pannorna var 6:e vecka och sotas då med viska. Stoppet tar normalt 2 dagar, sotningen några få timmar. Först viskas pannan varefter den renblåses och slutningen viskas luftförvärmaren.

Det sitter en tyfon i pannornas konvektionsdel. Enligt uppgift förlänger denna driftperioden mellan 2 manuella sotningar högst avsevärt. Ljudsotningen förbrukar stora mängder kompressorluft. Man avser att skaffa utrustning för att använda lågtrycksluft för spolning/kylning av tutorna. Tyfonernas ljudnivå anses också vara hög och man planerar att ändra upphängningen av dessa. (I samma anläggningen finns en FB-anläggning där samma typ av soniksotare inte fungerar väl.)

Konklusion:

Soniksotningen anses göra god nytta genom att förlänga driftperioden till påföljande sotning. Något avvaktande inställning till denna form för sotning.

Pannanläggning pannor	Hetvattenpannor, typ Osby toppmatade magasin-
Effekt	1 x 7 + 1 x 5 MW
Eko/Lufö	Ja (5 MW)/Nej
Bränsle/eldn	Flis/skogavfall på snedrost
Drifttillstånd	3,5 bar

Sotningssystem	Soniksotning + viskning
Placerad sotblåsare	2 st Kockumation per panna vid konvektions- ytter och 2 st vid ECO
Sotn frekv	15 s/10 min/tyfon
Media p/t	-
Mediafrekv	200-400 Hz
Additiv	Nej (Bycosin på tal)
Annan sotn	Manuell viskning erfordras 1 gg/mån

Betr sotningen:

Sotviskning 1 gg/månad initieras av hög rökgastemperatur efter pannan. Denna varierar mellan 240-300°C. Man använder oscillerande viskor som själva kryper upp och ner i rökrören. Soniksotare, 2 tyfoner i varje panna och 2 i 5 MW-pannans ekonomiser ingick i leveransen av pannorna. Effekten av ljudsotningen anses vara mycket liten både i pannor och eko. Ljudet är också påträngande; det går ej att samtala i närheten av pannorna när sotningen är igång. Luftförbrukningen för tyfonerna är enligt uppgift mycket hög.

Konklusion:

Missnöje med soniksotningen, men bedöms kunna ha effekt på löst sot. Prov utan ljudsotning har inte utförts.

Linköping, Ljungsbro

Pannanläggning Hetvatten, typ Eckrohr

Effekt	4,5 MW
Eko/Lufö	-/Ja
Bränsle/eldn	Flis/Snedrost
Drifttillstånd	10 bar

Sotningssystem Ångsotning, roterbara sotare

Placerad sotblåsare	2x2 st mellan konvektionsytor och ECO
Sotn frekv	var 4:e timme
Media p/t	Ånga 10 bar
Mediafrekv	-
Additiv	Nej
Annan sotn	Ja, vattenlansning 1 gg/vecka

Betr sotningen:

Pannan har 4 st ångsotningslansar i bakre svepet. Pannan ångsotas var 4:e timme med ånga som tas från pannans ångdom. Efter ångsotningen sjunker rökgastemperaturen ca 10°. Det är tydligt att ångsotningen inte är lika effektiv kring hela tubomkretsen då 3-4 mm tjocka beläggningar erhålles på tubernas ovansida i tubrader ovanför sotblåsarna. (Man har vissa spekulationer om att ett pannstensmedel "Lifanol" inverkar ogynnsamt på sotbeläggningen då dessa kemikalier finns i sotningsången!).

Det har visat sig nödvändigt att ställa av och vattensota pannan varje vecka. Efter en sådan sotning sjunker rökgastemperaturen ca 50° (vilket understryker att ångsotningen inte är fullt effektiv).

Soniksotning har provats i anläggningen. En tyfon placerades ovanpå bakre rökgassvepet omedelbart före konvektionsytorna, dock utan anvisningar från specialister. Soniksotningen ansågs fungera helt otillfredsställande varvid tyfonen monterades bort.

Ångsotningssystemet har inneburit problem i form av kärvande och läckande ventiler. Ångmängden för sotning har aldrig uppmätts men är enligt uppgift "fullt noterbar".

Konklusion:

Ångsotning inte fullt tillfredsställande motsvarande ca 40°C för hög rökgastemperatur efter sotning. Vattensotning varje vecka erfordras för acceptabel eldningsekonomi. Soniksotning har provats, dock utan samråd med leverantör eller annan sakkunnig instans.

Pannanläggning	Hetvatten: FB typ Generator
Effekt	1 x 7,5 MW + 1 x 10 MW
Eko/Lufö	Ja (10 MW/Nej)
Bränsle/eldn	Sopor + bark i 7,5 MW; flis i 10 MW
Drifttillstånd	170°C

Sotningssystem	Soniksotning
Placering sotblåsare	Sopanl: 5 st Kockumation mellan konvektions- ytor Flispanna: 6 st Kockumation mellan konvek- tionsytor och före ECO (släta tuber)
Sotn frekv	30 s/15 min
Media p/t	
Mediafrekv	200-400 Hz
Additiv	Nej
Annan sotn	Manuellt med skrapor - viskor 1 gg/år

Betr sotningen:

Soppannan (7,5 MW) har 5 tyfoner och flispannan (10 MW) har 6 tyfoner. Sopförbränningsanläggningen saknar ECO. Tyfonerna anses ha en bra verkan. En veckas drift utan dessa är enligt uppgift ej tänkbar. Tyfonerna (på soppannan) skall byggas om för luft av lägre tryck (fläktluft) för spol/kylluftbehovet.

Tidigare fanns kulstotning vilken inte fungerade tillfredsställande i soppannan. Man fick blockage i transportledningar och ansamling av kulor och segt sot i konvektionstuberna. Kulstotningen var i drift mindre än 1 år.

Pannorna är utrustade med cykloner och textilfilter. I soppannans filter sitter 1 tyfon; i flispannans 2 tyfoner. Man är mycket nöjd med tyfonernas effekt i filtren. En mer noggrann utvärdering pågår.

1 gg/år rengörs pannorna manuellt med stålborstar. Soppannan kräver mest arbete. Här måste ibland skrapas med spackelspadar.

Konklusion:

I dessa pannor verkar soniksotningen tydligen mycket bra (IKT 150/250). Även tyfonerna i textilfilterna fungerar utan anmärkning. Förbrukningen av kompressorluft för spolluft/kylluft i tyfonerna anses stor. Därför kommer fläktluft att användas för dessa ändamål och kompressorluft således enbart för sotningsarbetet.

Den enda invändningen mot soniksotningen är ljudnivån som anses för hög i lokalen trots inkapsling i trädlådor.

Pannanläggning	Ångpanna, typ Eckrohr
Effekt	11 MW
Eko/Lufö	Ja/Nej
Bränsle/eldn	Ekflis, bark, m m på planrost
Drifttillstånd	40 bar, 425°

Sotningssystem	Ång-och soniksotning
Placering sotblåsare	Ångsotare på bägge sidor om ÖH, före konvektionsytor samt i ECO. Sonik på båda sidor om första ÖH.
Sotn frekv	Sonik: 20 s/10 min; ånga 30-40 s morgon och kväll
Media p/t	Ånga 40 bar
Mediafrekv	sonik 200-300 Hz
Additiv	Nej (har provat)
Annan sotn	Manuell sotning varje 12-14:e vecka

Betr sotningen:

Pannan är utrustad med 2 st axiella horisontellt rörliga ångsotare före överhettarstråket och 2 st vertikalt rörliga lansar mellan överhettardelarna och mellan överhettare och kokyta. Ekonomisern, som är utförd med horisontella kammade rör, har 6 st ångsotare. Före och efter 1:a överhettarytan i nedre kant sitter 2 tyfoner. Innan tyfonerna sattes in sotades för hand efter 4-6 veckors drift. Sådan sotning tog ett dygn. Med soniksotningen handsotas idag var 12-14:e vecka. Ekflisen sätter igen ganska mycket, speciellt i överhettaren. Tall och gran gav inte upphov till sådana problem. Vid den manuella sotningen används bl a plattjärn som med kraft måste dras mellan tuberna då sotet sitter hårt fast. De vertikala ångsotarna har eroderat hål på värmeytorna, vilket kan bero på kvarstående kondensvatten i ledningarna till ångsotlansen. Avståndet mellan ångsotningslansar och rörraden är ca 200 mm.

Sotningen anses effektiv. Ljudsotningen har haft barnsjukdomar i början, bl a slitage av tyfonmembran under 1:a året. Systemet anses ha stor driftsäkerhet och låga underhållskostnader. Ljudsotningen är störande i pannhuset.

Konklusion:

Soniksotning fungerar tydligen bra dock får man hårda sotbeläggningar (beroende på ekflisen), främst i överhettaren. Här sitter sotet hårt fast och är svårt att ta bort. Ångsotningen har skadat pannans värmeytor.

Pannanläggning	Hetvatten, typ SMV
Effekt	30 MW
Eko/Lufö	Ja/Ja
Bränsle/eldn	Flis/Axon cyklonugn
Drifttillstånd	2,5 bar

Sotningssystem	Vattensotning
Placering sotblåsare	-
Sotn frekv	ca 1 timme var 3:e vecka
Media p/t	-
Mediafrekv	-
Additiv	Nej
Annan sotn	Nej

Betr sotningen:

Erfarenheterna av cyklonugnen är mycket goda och anses vara "lika bra som en FB". För närvarande sotas endast med vattenbegjutning var 3:e vecka vid stillastående panna. Vattnet sprutas uppifrån genom en "kratta". Vattnet är obehandlat och leds till en sedimenteringsbassäng. Vattnet har pH 11 enligt uppgift. Efter vattensotningen sjunker rökgastemperaturen från 200-155°.

Infraljudssotning har provats i denna panna men metoden bedömdes fungera otillfredsställande. Ljudgeneratorns mått är 4 m hög och 500 mm tjock. Enligt uppgift stördes man inte av ljudet, men man "målde ej bra" av den skakande, dallrande effekten.

Planer finns att installera ångsotning i pannan.

Konklusion:

Man anser att man måste sota för ofta. Därför planeras nu installation av ångsotning. Infraljudssotning har tydligen ej fungerat i anläggningen.

Pannanläggning	Eckrohr-panna för hetolja
----------------	---------------------------

Effekt	-
Eko/Lufö	-/-
Bränsle/eldn	EO4
Drifttillstånd	260°C

Sotningssystem	Luftsotning
----------------	-------------

Placering sotblåsare	Konvektionsytor
Sotn frekv	Ca 1 gg/vecka
Media p/t	7-8 bar
Mediafrekv	-
Additiv	Nej
Annan sotn	Viskning/borstning då och då vid behov

Betr sotningen:

Pannan anses lättsotad och luftsotningen fullt tillfredsställande. Luft från fabriken kompressorläggning används då kompressorluft finns tillgänglig för detta ändamål. Tillsatsmedel används ej.

Konklusion:

Ett exempel på en pannanläggning eldad med ett bränsle som knappast ger besvärliga sotbeläggningar och där en befintlig kompressorläggningens låga lufttryck är fullt tillräckligt för rengöring av pannan.

Pannanläggning	Ångpanna, typ Ahlström FB
Effekt	50 MW
Eko/Lufö	Ja/Ja
Bränsle/eldn	Bark, spån, kol ibland för stöd
Drifttillstånd	64 bar/450°C

Sotningssystem	Ång- + kulsotning
Placering sotblåsare	10 st ångsotare i ÖH och konvektionsytor Kulsotning i ECO och luftförvärmare
Sotn frekv	Ånga: 1 gg/skift, kulor 5 min/30 min (Al-kulor)
Media p/t	Ånga 25 bar/450°
Mediafrekv	-
Additiv	Nej
Annan sotn	-

Betr sotningen:

Sotningsfrekvensen för kulsotningen, 5 min/30 min, är ej bestämd av sotningsbehovet utan av att anläggningen skall "hållas igång"! Pannan anses lättsotad. Ångsotningen i överhettaren och konvektionsdelen och kulor i eko/lufö-stapeln. 4 st rörliga ångsotare i överhettare/konvektionsdelarna och 6 st fasta sotare i konvektionsdelen. Pannan inspekteras ca 5 ggr/år då ytorna i regel är rena med undantag för lite fint stoft i ekonomiserdelen.

Kulsotningen är billigare än ångsotningen. Något slitage har ännu inte märkts från kulsotningen. Sotningens effektivitet kan inte kvantifieras. Överhuvud taget har liten uppmärksamhet riktats på detta problem.

Installera ljudsotning i anläggningen överväges.

Konklusion:

Befintligt sotningssystem tycks fungera tillfredsställande då pannan vid inspektion är ren och fin. P g a "besvär" med sotningen överväges nu att införa ljudsotning som anses kräva mindre arbetsinsats.

Pannanläggning	Ångpanna, typ SMV
Effekt	45 MW (75 MW olja)
Eko/Lufö	Ja/Ja
Bränsle/eldn	Bark/cyklonugn/snedrost
Drifttillstånd	64 bar/450°C

Sotningssystem	Ång- + kulsotning
Placering sotblåsare	11 st ångsotare i eldstad och ÖH Kulsotning för konvektionsytor och ECO (släta tuber)
Sotn frekv	Ånga: 2 gg/skift, kulor 2 gg/skift
Media p/t	Ånga 64 bar (?)
Mediafrekv	-
Additiv-	
Annan sotn	Ibland vattensotning

Betr sotningen:

Denna panna är utrustad med 2 st Axon cyklonugnar à 15 MW och 1 snedrost för 15 MW. Pannan går alltid på fullast. Luften förvärms till ca 260°C. Utgående rökgastemperatur efter luftförvärmare är 180°C och påverkas ej av sotningen.

Ångsotningssystemet har inte fungerat problemfritt. Ångventiler läcker och sotningsslansarna fastnar (kuggstångsdrivna). Kulsotningens spri-dare angrips vid oljeeldning. Värmeytorna kan hållas någorlunda rena, men stoft ackumulerar i hörn etc. Överhettaren tenderar att sota igen, men beroende på vilket bränsle som eldas. Ibland måste pannan sotas med vatten vid stopp. Detta sker emellertid mycket oregelbundet. Man har konstaterat viss förslitning förorsakad av kulsotningens stålkulor. Sotningsanläggningens driftsäkerhet anses måttlig och pannan lättsotad.

Konklusion:

Ång- och kulsotningssystem i en multibränsleeldad panna som fungerar relativt tillfredsställande trots uppfattning om begränsad driftsäkerhet. Med oregelbundna intervall måste dock vattenspolning av vissa värmeytor tillgripas.

Pannanläggning	Hetvatten, typ Eckrohr
Effekt	2 x 11,6 MW
Eko/Lufö	-/-
Bränsle/eldn	Flis - bark/snedrost i förugn (olja vid bränsleproblem)
Drifttillstånd	2,5 bar

Sotningssystem	Kulsothning
Placering sotblåsare	Konvektionsytor
Sotn frekv	30 min/8 h
Media p/t	-
Mediafrekv	-
Additiv	Nej (har provat)
Annan sotn	Ja, manuell rengöring

Betr sotningen:

Pannorna sotas automatiskt med stålkulor. Kulorna fördelas genom 2 studsplattor i pannan. De 2 översta tubraderna har skyddsplåtar för att hindra förslitning. Anläggningen har pneumatisk återtransport av kulorna. Kulförbrukningen per panna uppgår till ca 400 kg/år. 1 gg/år måste "eldstaden" handsotas. Detta tar 2 mandagar. Samtidigt dammsugs konvektionsdelen. Mjukt, löst sot ansamlas. Pannans stoft-avskiljare - multicykloner - sätter igen med ett luddigt trassel-liknande stoft och måste rengöras manuellt, ibland varje vecka.

Sotningsanläggningen anses arbeta problemfritt. Rörkrökar i transport-systemet slits av kulorna. Reservkrökar måste lagerhållas. Inga skador på tuber har konstaterats.

Transportfläktar för kulanläggningen anses störande. Det är inte känt om tillåten emission innehålls

Konklusion:

Kulsothningsanläggning i bakre rökgasstråk fungerar tydligen bra. Själva "eldstadsrummet" måste sotas manuellt 1 gg/år. Manuell rengöring av multicyklonerna krävs ganska ofta.

Pannanläggning	Hetvatten, typ Eckrohr
Effekt	9 MW
Eko/Lufö	Ja/Ja
Bränsle/eldn	Bark/spån/skräp på snedrost
Drifttillstånd	6,5 bar/160°C

Sotningssystem	Soniksotning
Placering sotblåsare	Eldstad, konvektionsstyr och cyklonavskiljare
Sotn frekv	10 s/15 min
Media p/t	-
Mediafrekv	200-400 Hz
Additiv	Nej
Annan sotn	Manuell 1 gg/år vid sommarstopp

Betr sotningen:

Soniksotningsanläggningen består av 6 st tyfoner i pannan och 2 st i cyklonavskiljarna. Sotningsanläggningen anses mycket effektiv både i panna och cykloner. Vissa problem har uppträtt med kärvande luftventiler. Eventuellt kan kåporna kring tyfonerna medföra för hög temperatur. Anläggningen använder luft av 4 bar tryck. Förbrukningen av luft anses inte vara särskilt hög. Däremot anses ljudet från sotningen var besvärande. Anläggningen inspekteras 1 gg/år och befinns vara "närmast metallren". Konvektionsytan har ett litet lager av damm som viskas och borstas bort. Trälådor är byggda omkring tyfonerna. Tillsatsmedel användes icke.

Anläggningen levererades 1968 med kulstotning. Denna fick lagas och var nedsliten då den byttes mot soniksotning 1980. Ljudsotningen monterades i befintliga inspektionsluckor.

Konklusion:

Detta är den enda av de studerade anläggningarna som har endast 10 sek /signaltid för soniksotningen. Vi vet från andra källor att detta är en tillfredsställande lång tid och denna pannanläggning visar med all önskvärd tydlighet att soniksotningen kan fungera mycket effektivt.

Pannanläggning Ångpanna, typ B & W

Effekt	20 t/h
Eko/Lufö	Ja/-
Bränsle/eldn	Träavfall/se text
Drifttillstånd	50 bar, 450°C

Sotningssystem Ång-soniksotning

Placering sotblåsare	-
Sotn frekv	Ånga 3 gg/dygn tidigare, nu 1 gg/dygn, Sonik 20 s/10 min
Media p/t	
Mediafrekv	250 Hz
Additiv	Nej (har provat)
Annan sotn	-

Betr sotningen:

Pannan var från början försedd med en spreader-stoker för förbränning av torrt träavfall. Under 1976 byggdes pannan om för eldning med 10 % torrt och 90 % vått (grönt) material. Då försågs panna med skruvstoker och planrost. Pannan var emellertid fortfarande olämplig för förbränning av vått bränsle och tenderade att sätta igen kraftigt. Trots ångpåblåsning 3 gg/dygn kunde vissa stråk helt täppas till. Ett annat problem var sotemissionen som blev mycket hög under ångblåsningsperioden. Under 1980 installerades 1 tyfon vid överhettaren, 1 efter överhettaren och 2 st i konvektionsdelen. Samtidigt installerades 1 tyfon också vid stoftutmatningen från stoftavskiljaren. Alla dessa apparater aktiveras i sekvens 20 s/10 min vardera. Sedan soniksotningen monterades har rökgastemperaturen sjunkit 25-20°C jämfört med tidigare. Tryckfallet genom pannan har minskat med 50 %. Emissionen är också godtagbar för närvarande.

Konklusion:

Trots svåra bränsleförhållanden har sotning kompletterad med ljudsotning lett till en förbättrad sotning gentemot tidigare enbart ångsotning.

Pannanläggning	Ångpanna - avgaspanna, typ La Mont
----------------	------------------------------------

Effekt	24 t/h
Eko/Lufö	-/-
Bränsle/eldn	Avgaser
Drifftillstånd	44 bar/380°C

Sotningssystem	Soniksotning
----------------	--------------

Placering sotblåsare	-
Sotn frekv	15 s/45 s i sekvens
Media p/t	-
Mediafrekv	370 Hz
Additiv	Nej
Annan sotn	Nej

Betr sotningen:

La Mont-panna som utnyttjas för kylning av svaveldioxid. Gasen innehåller stora mängder fasta partiklar, huvudsakligen järnoxid. Stoftinnehållet kan uppgå till ca 0,5 ton/timme. En stor del av detta stoft kan fällas ut i pannan och bildar kraftiga beläggningar på värmeöverförande ytor. Avgaspannan är utrustad med 9 st tyfoner samt 2 st i elfiltret efter pannan. Dessa 2 används som komplement till slagverket som fortfarande är igång.

Anläggningen är ett av de få fall där resultaten av soniksotningen är direkta och snabba. Soniksotningsapparaterna aktiveras genom ett programverk och arbetar i sekvens 15 s signal, 45 s paus. Nästa apparat likadant o s v. Systemet kopplas in manuellt 1 gg/dygn under ca 1 timme då avgastemperaturen gått upp till 400°C. Efter ljudsotningen sjunker den till 360-380 och stiger sedan långsamt till 400°C under ca 1 dygn. Försök har utförts med kontinuerlig signalerna vilket har stabiliserat temperaturen på samma värde som efter 1 timmes signalering. Verkningsgraden anses ökad 1-2 % genom soniksotningen.

Konklusion:

Specialfall med avgaspanna för SO₂ kylning med stora mängder järnoxid i gasen. Soniksotningen fungerar mycket bra.

Pannanläggning	Hetvatten, typ Osby OTP 45
----------------	----------------------------

Effekt	6 MW
Eko/Lufö	-/-
Bränsle/eldn	EO4
Drifttillstånd	

Sotningssystem	Soniksotning
----------------	--------------

Placering sotblåsare	-
Sotn frekv	15 s/30 min
Media p/t	-
Mediafrekv	250 Hz
Additiv	-
Annan sotn	Manuell sotning av och till

Betr sotningen:

Prov med soniksotningen indikerar, med viss reservation för innebörden av lastvariationer, 20-30°C lägre avgastemperatur (mellan 2 hand-sotningar). Detta innebär 1-2 % verkningsgradsförbättring. Man har också funnit att beläggningarna på tuberna är lättare att avlägsna sedan ljudsotningen installerades. Beläggningarna är tunnare, luftigare. Innan ljudsotningen installerades var sotet finkornigt, mera kompakt, och svårt att avlägsna från tuberna. Sotets karaktär har således ändrats genom ljudsotningen och resulterat i löst sittande sotlager som lossnar mycket lätt vid viskning.

Konklusion:

Soniksotningen anses effektiv och ekonomiskt fördelaktig för pannanläggningen.

Pannanläggning	Hv-pannor och Å-pannor, typ Eckrohr
Effekt	5 st pannor, 35-70 MW
Eko/Lufö	Ja/Nej
Bränsle/eldn	EO4 LS
Drifttillstånd	

Sotningssystem	Kulsotning
Placering sotblåsare	Konvektionsytor
Sotn frekv	1 gg/dygn, 10-15 min/panna
Media p/t	-
Mediafrekv	-
Additiv	Ja, Bycosin provas
Annan sotn	Kem rengöring 1 gg/2 år

Betr sotningen:

Vissa problem har uppträtt i kulsotningens transportsystem; krökar, spjäll etc. Det måste vara varmt och torrt när sotning sker annars fastnar kulorna på värmeytorna. Vid avställning av någon panna måste sotningen ske av samma skäl innan pannan kallnat och sotbeläggningen absorberat fukt. Underhållskostnaderna för sotningssystemet anses vara låga. Man gör av med ca 500 kg kulor/år.

Rökgastemperaturen sjunker 5-10°C efter sotning.

Inga besvär med emissionen.

Konklusion:

-

Pannanläggning	Hetvatten- SMV Sunrod
----------------	-----------------------

Effekt	15 MW
Eko/Lufö	Ja/-
Bränsle/eldn	Träpulver/brännare
Drifttillstånd	6 bar - 160°C

Sotningssystem	Vattenbesprutning under drift
----------------	-------------------------------

Placering sotblåsare	Eldstad
Sotn frekv	1 gg/dygn
Media p/t	Högtrycksvatten
Mediafrekv	-
Additiv	-
Annan sotn	Nej

Betr sotningen:

Pannan sprutas 1 ggr/dygn med högtrycksvatten genom luckor. Sotningen tar 3/4 timme och ger bra resultat. Inga svårigheter med vattnet efter spolningen då beläggningarna inte innehåller något svavel.

Infraljudsotning har provats, men befunnits inte vara effektiv, varför ljudgeneratoren demonterats.

Konklusion:

En för flertalet värmeytor olämplig metod som används mycket sällan. För denna anläggning har dock inga skador på tuber eller murverk p g a termisk chockverkan rapporterats.

Olika sotningsmetoder

Svårigheterna att hålla värmeytor rena från sot och aska¹⁾ tilltar i takt med ökande askhalt i askans innehåll av lågsmältande komponenter som t ex Na och Ka.

Bark, torv och sopor som mer och mer börjat utnyttjas på senare tid är, liksom stenkolen, askrika och askorna har ofta låga smältpunkter. Askkan, beroende på var i en panna den hamnar, vara smältande, degig eller i fast form. I fast form kan den vara torr eller fuktig p g a kondensutfällning. En panna kan naturligtvis konstrueras för ett givet bränsle varigenom askan huvudsakligen kan hållas fast och torr. Vid övergång till andra och ofta mera lågvärdiga bränslen i befintliga anläggningar uppstår emellertid ofta askproblem. I pannor utan överhettare kan askbeläggningarna vara godartade eftersom värmeytans temperatur varken ger upphov till sintring av askan eller kondensering av vattenånga eller svavelsyrslighet. Eldning av sopor utgör dock ett undantag - askan kan innehålla praktiskt taget vad som helst! På överhettarytor där temperaturen är hög kan lågsmältande askor ge upphov till degartade beläggningar. Detta kan naturligtvis också ske på värmeupptagande ytor i själva eldstaden på högeffekts pannor. I ekonomis kan även vattenånga och svavelsyra kondensera om värmeytans temperatur ligger under rökgasernas daggpunkt. Askbeläggningen kan då bli klibbig och korrosiv.

Vissa tillsatsmedel till bränslet kan ha en gynnsam inverkan på sot och sotbeläggningar. Meningarna går emellertid starkt isär på denna punkt. Erfarenheter finns huvudsakligen endast från oljeeldning.

Det finns ett flertal metoder för renhållning och rengöring - två begrepp som bör hållas isär då tillämpning av det ena eller det andra kan innebära en avsevärd skillnad i en anläggnings årsmedelverkningsgrad.

Idealet är naturligtvis en kontinuerlig renhållning av värmeytorna. Anläggningen kan då köras med hög och jämn verkningsgrad och stoftavskiljaren blir inte utsatt för stötvis höga belastningar.

Periodvis rengöring ger varierande värmeupptagning och lägre genomsnittlig verkningsgrad. Risken för emissionsstötter över tillåtna värden p g a överbelastning av stoftavskiljarutrustning måste beaktas om rengöringen skall ske under drift.

¹⁾ Beläggningarna består av rena kolpartiklar, oförbrända kolväten och mineraliska produkter eller stoft.

De flesta sotningsmetoderna innebär rengöring av värmeytorna med relativt långa intervaller. Sotning med ånga eller tryckluft genom fast installerade blåsanordningar i rökgassvepen är den vanligaste formen för rengöring, åtminstone för större pannor. Ångsotningen har blivit den dominerande metoden. Mekanisk sotning genom en svärm av kulor som släpps ned över vertikala rökgasstråk är också en metod som använts länge.¹⁾ Kulorna kan vara hårda eller mjukglödgade stålkulor eller järntrådsklipp, det allra mjukaste materialet. I vissa anläggningar används även kulor av aluminium.

Till kategorin rengöring hör även vattenspolning och manuell sotning med viska, borste eller skrapor vid avställd panna. Dylika metoder tillämpas ofta vid små enheter. Vattenlansning utförs i stort sett endast på hetvattenpannor där man inte har tillgång till ånga eller tryckluft.

Den rent manuella sotningen tillämpas i princip endast när andra metoder inte räcker till. Metoden minskar pannornas tillgänglighet.

Under senare hälften av 70-talet introducerades ljudsotning på marknaden. Sotningen bygger på att genom tryckstötter med höga ljudtryck få beläggningar att lossna eller rentav förhindra beläggningar från att fästa sig på ytan. Strömningsförhållanden runt t ex en panntub har visat sig påverkas gynnsamt i denna riktning av höga ljudtryck. Det finns två typer av ljudsotning i marknaden. Hörbart ljud vid 200-400 Hz i s k tyfoner och ljud omkring gränsen för hörbarhet runt 20 Hz i s k infraljudsgeneratorer.

På grund av ljudsignalens tidslängd och intervaller bör ljudsotningen karakteriseras som kontinuerlig renhållning. Signallängd och intervall kan variera från 10-30 sekunder respektive 5-45 min per ljudkälla i sekvens. Övriga skisserade metoder blir då periodisk rengöring av värmeytorna eftersom avgastemperaturen i regel tillåts öka mellan två sotningsoperationer.

¹⁾ I vissa typer av pannor kan kul-sotningsanläggningen behöva köras kontinuerligt. För pannor som ingår i denna studie anses dock kul-sotning tillhöra kategorin rengöringsmetoder.

Något om sotning och sotningskostnader

Renhållning och rengöring av en pannanläggnings värmeytor kostar pengar. I vissa fall kan kostnaderna vara högst avsevärda.

Vid sotning med ånga kan det t ex åtgå från 2-3 upp till 6-8 % av den totalt producerade ångmängden för sotblåsningen. Den senare siffran gäller soda-huspannor där en högfrekvent påblåsning behövs. Detta ligger dock utanför ramen för denna studie. Icke förty kräver ångsotningen en betydande del av den i pannan tillförda energin. Termodynamiskt sett är metoden mindre bra p g a att så liten del av ångans energi kan återvinnas. Förlusterna vid ångsotning ligger vid 80-90 % av tillförd energi, vilket vid låga bränslepriser inte föranleder stora ekonomiska uppoftfringar. För mindre anläggningar kan utrustningen investeringsmässigt bli dyrbar.

Vid luftsotning blir erforderligt massflöde högre än för jämförbar ångsotning p g a ett betydligt lägre tillgängligt entalpifall. Detta kan naturligtvis ökas men erfordrar då förvärmning av luften långt utöver vad som åstadkommes under själva kompressionscykeln. Även om det vid luftsotning åtgår endast ca halva energitillförseln jämfört med ångsotning så blir investeringskostnaderna mycket högre eftersom stora högtryckskompressorer (kolvkompressorer) måste anskaffas. Luftsotning är i princip aktuell endast för stora kraftverkspannor eller storleksmässigt jämförbara anläggningar. Luftsotning kan vara motiverad vid mycket små enkla anläggningar där befintliga kompressor- anläggningar för andra ändamål även kan utnyttjas för sotblåsningen.

Kulsotningen är en mekanisk metod som kan tillämpas för återvinningsstaplar eller andra tubbatterier anordnade i vertikala rökgasstråk där kulorna kan samlas och återföras till toppen av gasstråket. Denna metod kan förorsaka stor förslitning på värmeytorna och på transportsystemet, i synnerhet om detta är pneumatiskt. Kulorna är förbrukningsmaterial och förbrukningen kan variera högst avsevärt från anläggning till anläggning. Kostnaderna kan för denna metod bli höga, bl a genom minskad tillgänglighet i samband med utbyte av förstörda värmeytor.

Vattenlansning och mekanisk rengöring vid stillestånd kan naturligtvis innebära kostnader genom minskad tillgänglighet. Då speciella reningsanordningar t ex sedimenteringsbassäng och pH-justerande anläggning behövs för konditionering av smutsvatten fördyras anläggningen högst avsevärt.

Ljudsotning är ett intressant alternativ icke minst för den pannkategori och -storlek som studerats i detta arbete. Det finns två olika ljudsotningssystem, ett "infraljudssystem" som arbetar med grundfrekvensen kring hörbarhetsgränsen 20 Hz, och ett soniskt system som använder grundfrekvenser mellan 200-400 Hz.

Ljudet ger tryckfluktuationer i rökgasflödet. Det fysiska kravet att ljudtrycksnivån bör uppgå till ca 130 dB ger en praktisk räckvidd för soniksotning av 3-6 m i en ordinarie vattenrörpanna och 6-10 m i en rökrörpanna, bl a beroende av "talrörseffekten" i dessa pannor. För infraljudsotningen blir räckvidden naturligtvis större p g a att ljudets våglängd är betydligt större i detta fall.

För att producera en lågfrekvent behövs en mycket stor resonanstub och tillräcklig drivkraft för att åstadkomma den erforderliga energinivån. En mera högfrekvent ljudvåg är enklare att producera, men den "förklingar" snabbare och kan därför rengöra en mycket mindre yta.

Infraljudssystemet arbetar med en ljudgenerator, en resonanstub, som har en effektiv längd av ungefär en fjärdedel av våglängden eller ca 4 m. Diametern är 0,3-0,4 m. Generatoren kan vara av rak eller "krökt" modell. Röret arbetar ungefär som en orgelpipa och är ibland försedd med akustisk återkoppling, vilket gör att ca 95 % av ljudtryckseffekten ligger vid grundfrekvensen oavsett temperatur. Ljudgeneratoren drivs med en blåsmaskin och kräver en kontinuerligt påblåsning av spol/kyl-luft, ca 50 l/s.

Soniksotningen bygger på ljudgeneratorer i form av horn, sk tyfoner, som installeras i pannanläggningens väggar. Dessa anordningar har i princip endast en rörlig del, nämligen membranet. Förslitning av detta reduceras genom dimsmörjning. Vid sidan av membranet kan också själva sätet som membranet slår emot förslitas. Hornen drivs av tryckluft och det fordras en kontinuerlig påblåsning av kyl/spolluft för att undvika igensättning och överhettning av membranmaterialet. Spol/kyl-luften kan mycket väl tillföras från fläktar eller

andra lågtryckskällor genom grövre anslutningar. Endast signalluftflödet måste levereras från luftkompressor. Dessa horn är billigare än de lågfrekventa ljudgeneratorerna, men på grund av den kortare räckvidden erfordras ett större antal.

Tyfoner och infraljudsgeneratorer signalerar 4-6 ggr/timme; 10-30 sekunder per gång vid fasta bränslen. Driftkostnaderna blir låga. Varken soniskt ljud eller infraljud vid ljudtrycksnivåer under 140 dB anses kunna åstadkomma skador på ångpannans tryckkärlsdelar genom vibrationer. Rengöringen sker ej heller genom skakning av värmeytorna som nämnts ovan. Ljudsotningen kan dock i vissa fall göra stoftet mer "luftigt" och lätt att avlägsna i den mån det fastnar på värmeytorna.

Ljudsotning kombineras ofta med andra former av sotning, t ex ångsotning eller luftsotning. Det bör påpekas att kombinationen enligt det undersökta materialet ljudsotning-ångsotning inte alltid är så lämplig. Ljudsotningen kräver torrt sot för att fungera väl. Påblåsning av ånga kan fukta sotet som sedan genom ljudsystemet vibreras till fasta väl förankrade beläggningar i tubpaketen.

Sammanställning av karakteristika för olika sotningsmetoder1. Rengöringsmetoder som utmärks av långa /relativt långa intervaller mellan sotningsoperationerna

1a. Ångsotning

Gammal beprövad sotningsmetod

Platsbehov där utdragbara sotningsapparater erfordras.

Driftsäkerhet påverkas av kärvande/läckande ventiler i ångdistributionssystemet.

Systemet kräver aktsam uppvärmning och dränering bl a för att undvika ovannämnda skador.

Rengöringseffekten inte lika god för hela tubomkretsen.

Kräver ökad pannkapacitet, vilket kan bli av betydelse för ångleverans vid övergång till besvärligare bränslen.

Tillför vatten till rökgaserna, vilket vid vissa bränslen kan resultera i besvärligare beläggning på rökgasvägarnas lågtemperaturytor.

Risken för erosion/korrosion av värmeytorna måste beaktas.

Ökad matarvattenkapacitet erfordras genom behovet av ökad spädvattenmängd.

Relativt dyrt sotningsmedium kan ge dålig energihushållning.

1b. Luftsotning

Gammal beprövad sotningsmetod

Kräver installation av kompressoranläggningar för höga tryck¹⁾ och stora kapaciteter (displacementskompressorer).

Platsbehov där utdragbar sotningsapparat erfordras.

Reiningseffekten inte lika god för hela tubomkretsen.

Risk för erosion på värmeytor.

¹⁾ Mindre värmepannor tillämpar ofta luftsotning vid 7-8 bar lufttryck kombinerat med regelbunden manuell sotning vid avställd panna. Kompressor-anläggningen ofta befintlig för andra ändamål.

I princip lönsam endast för mycket stora anläggningar där kostnaden för ekvivalent mängd sotningsånga skulle uppväga de höga installationskostnaderna. Underhållskostnaden i regel lägre än för jämförbar ångsotning.

1c. Kulsootning

Gammal beprövad sotningsmetod

Begränsad tillämpning - kokytor ekonomisrar och luftförvärmare i vertikala rökgasschakt.

Speciella krav på beläggningarnas torrhet och värmeytornas utförande för god funktion.

Vid avställning av pannor bör eventuell kulsootning ske medan beläggningarna ännu är varma och torra!

Platsbehov för kultransportanordningen; i synnerhet vid mekanisk transport med elevatorsystem.

Effektbehov och slitage i transportledningar och fördelningssystem ökar vid pneumatisk kultransport.

Risk för slitage och skador på värmeytor.

Kulorna är förbrukningsmaterial.

1d. Vattenlansning under drift

Sällan förekommande metod, som används endast som komplementsootning av vissa värmeytor då annan sotningsmetod är otillräcklig.

Risk för skador på tuber och murverk vid termochocker; måste användas med stor försiktighet.

1e. Vattenlansning vid stillestånd

I regel bara för små anläggningar; som enda metod eller i kombination med annan sootning under drift, eller som extra/säsongsmässig rengöring av större pannor.

Kräver sedimenteringsbassäng och i vissa fall neutraliserings-, alkaliseringsanläggningar.

Minskar tillgängligheten.

Innebär ofta stora variationer i avgastemperatur och därmed pannverkningsgrad om vattensotningen är enda reningsmetoden.

1f. Luftlansning under drift

Endast tillfällig renblåsning genom handlansning med komprimerad luft, ofta kombinerad med manuell rengöring vid avställning.

Sämre verkan än av vattenlansning (men samtidigt mindre risk för skador på värmeytor och murverk).

Stort (tillräckligt) antal av strategiskt placerade lansöppningar måste läggas in vid konstruktion av pannan.

1g. Mekanisk sotning med viskor, borstar, skrapor o d

Stor variation i pannverkningsgrad mellan sotningstillfällena om detta är enda rengöringsmetoden.

Endast för mindre anläggningar och vissa bränslen om inte utrustningen kombineras med andra sotningsmetoder.

För större pannanläggningar endast som extra/säsongsmässig rengöring eller som regelbunden rengöring av speciella svårbelagda värmeytor vid eldning med lågvärdiga bränslen.

Kräver avställning av panna.

2. Renhållningsmetoder som utmärks av korta intervaller mellan sotningsoperationen¹⁾

2a. Soniksotning

Kräver torrt sot för att fungera bra.

Kan ej användas vid höga och låga gastemperaturer²⁾.

Kräver kontinuerligt tillförsel av spilluft/kylluft.

Kräver kompressorkapacitet för signalluft och kompressor/flätkapacitet för spilluft/kylluft.

Störande ljudstötar i pannhus och till omgivningen vid anläggningar med låga skorstenar.

Anordning för dimsmörjning av membranen i ljudgivarna behövs.

2b. Infraljudsotning

Kräver torrt sot för att fungera bra.

¹⁾ Kulsothning kan i vissa fall tillhöra denna grupp men rimligen inte för anläggningar som täcks av denna rapport.

²⁾ Arbetsområde mellan ca 150-800°C; den lägre temperaturen dikterad av rökgasens daggpunkt och den övre av askans sintringstemperatur. Båda resulterande i kladdande beläggningar. För soniksotning kan även membranmaterialet kräva temperaturbegränsning.

Kan ej användas vid höga och låga gastemperaturer²⁾.

Kräver kontinuerligt tillförsel av spillluft/kyl-luft.

Kräver utrymme för ljudgenerator(er) (ca 4 m höjd /längd - rak eller krökt = 4 m 0,4 diam).

Kräver fläkt eller blåsmaskin för drift av ljud-generator/kylluft/spillluft.

Infraljud kan ha betydelse för den inre arbetsmiljön.

3. Kombination av olika sotningsmetoder

3a. Ångsotning och kulsootning

Rätt vanlig kombination i medelstora och stora pannanläggningar.

Viktigt att låta eventuell fuktighet på lågtemperaturytorna torka innan kulsootningen sker.

3b. Generellt om kombinationer

Kombinationer av olika sotningsmetoder tillämpas i många variationer. Vid mindre pannanläggningar för värmeproduktion tillämpas ofta luftsootning vid 7-8 bar kombinerat med vattenspolning eller manuell sootning vid regelbunden avställning av pannan.

Kombination av någon form för ljudsootning med ångsootning förekommer också. Ångpåblåsningen förekommer då med långa intervall medan ljudsootningen är den egentliga renhållningsmetoden. Man bör då se upp med risken för igensättning av ljudgeneratorer och horn, vilket t ex kan ske genom befuktning av sotet vid ångpåblåsning kombinerat med otillräcklig spillluftmängd genom ljudapparaterna. Ångsootningen kan således förorsaka igensättning av dessa varvid renhållningseffekten försämras eller totalt upphör.

Sotningssystem: Ångsotning

Bränsle: Flis

Anl nr: 15

Eff, MW 4,5

Med: HV

Sotn frekv, ggr/dygn: 6

Komb med: (vattenlansning)

Disk:

Ångsotningen anses ej effektiv. Rengör ej "baksidan" på tuberna. Krångel med ventiler i ångsotningssystemet. 1 gg/vecka krävs vattenlansning varvid rökgastemperaturen minskar 50°C. Detta innebär en verkningsgradsvariation i storleksordningen 2 % med en veckas mellanrum.

Sotningssystem: Ångsotning

Bränsle: Bark (olja)

Anl nr: 11

Eff, MW: 22

Med: Å

Sotn frekv, ggr/dygn: 3

Komb med: (man)

Disk:

Krångelfrisotning. Rökgastemperaturen sjunker 10-15°C efter ångsotning. Överhettare sätter igen med hårda beläggningar som kräver manuell rengöring 1 gg/år.

Sotningssystem: Ångsotning

Bränsle: Flis (ek), bark, brik m m

Anl nr: 20

Eff, MW: 11

Med: Å

Sotn frekv, ggr/dygn: 2

Komb med: Sonisk

Disk:

Överhettaren sätter igen vid eldning med ekflis. Var 4-6 vecka erfordras manuell sotning. (Med ljudsotning förlängs detta intervall till 12-14 veckor.) Ångsotningen anses ge medelmåttigt resultat.

Sotningssystem: Ångsotning

Bränsle: Bark, spån, kol och div

Anl nr: 26A

Eff, MW: 50

Med: Å

Sotn frekv, ggr/dygn: 3

Komb med: Kulsoth

Disk:

Pannan anses lättsotad. Kulsothningen klarar det grövsta sotet varför ångsotningen anses mer eller mindre onödig. Ljudsotning övervägs.

Sotningssystem: Ångsotning

Bränsle: Bark

Anl nr: 26B

Eff, MW: 45

Med: Å

Sotn frekv, ggr/dygn: 6

Komb med: Kulsotn

Disk:

Ångsotningen anses ge bra resultat. Överhettaren sotar emellertid igen vilket periodvis kräver vattensotning.

Sotningssystem: Ångsotning

Bränsle: Trä-spån, flis (våt)

Anl nr: 30

Eff, MW: 16

Med: Å

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med:

Disk:

Denna anläggning hade problem med igentäppta rökgasstråk 35-40 dagar efter manuell rengöring. Hög emission från skorstenen. Efter införande av soniksotning sker ångpåblåsning 1 ggr/dygn som gett en minskning av rökgastemperaturen på 15-25°C. Tryckfallet har minskat med 50 % genom pannan och emissionen är nu godtagbar. Ljudsotningen kan uppenbarligen ändra beläggningarnas karaktär.

Sotningssystem: Kulsootning

Bränsle: Kol

Anl nr: 1

Eff, MW: 28/32

Med: Å

Sotn frekv, ggr/dygn: -

Komb med: Ång- infrasonisk

Disk:

Kulsootningen resulterade i "kulgröt" och stopp i transportsystem.
Helt ersatt av ljudsootning/ångsootning.

Sotningssystem: Kulsootning

Bränsle: Bark-olja

Anl nr: 2

Eff, MW: 50

Med: Å

Sotn frekv, ggr/dygn: -

Komb med: Ånga (infraljud)

Disk:

Kulsootning i ekonomiserstapel efter elfilter har liten uppgift.
Man diskuterar att ersätta denna med infraljudssotning som nu körs
på prov.

Sotningssystem: Kulsotning

Bränsle: Stybbkol

Anl nr: 4

Eff, MW: 40

Med: Å

Sotn frekv, ggr/dygn: -

Komb med: Ångsotn

Disk:

Kulsotningen används inte för närvarande. Ekonomisern vattenlansas 1 gg/år.

Blästringseffekten, som erhålls vid stybbeldningen, och hög belastning (högt luftöverskott) håller pannan tillfredsställande ren.

Sotningssystem: Kulsotning

Bränsle: Bark, spån, kol m m

Anl nr: 26A

Eff, MW: 50

Med: Å

Sotn frekv, ggr/dygn: 48

Komb med: Ångsotn

Disk:

Kulsotningen går 5 min/30 min. Anses gå bra. Pannan anses också lättsotad. Ljudsotning överväges.

Sotningssystem: Kulsootning

Bränsle: Bark

Anl nr: 26B

Eff, MW: 45

Med: Å

Sotn frekv, ggr/dygn 6:

Komb med: Ångsotn

Disk:

Pannan går alltid på fullast. Ett visst slitage genom kulorna. Sotningssystemet anses bra. Pannan vattensotas ibland.

Sotningssystem: Kulsootning

Bränsle: Flis, bark, olja

Anl nr: 28

Eff, MW: 11,6

Med: HV

Sotn frekv, ggr/dygn: 3

Komb med:

Disk:

Kulsootningen går 30 min/8 h. Kulsootningen sliter rörkrökar men anses ge bra resultat. (Cyklonavskiljarna sätter igen av luddigt stoft som måste avlägsnas manuellt.)

Sotningssystem: Kulsootning

Bränsle: Bark

Anl nr: 29

Eff, MW: 9

Med: HV

Sotn frekv, ggr/dygn: -

Komb med: -

Disk:

Kulsootningen slets ner fullständigt på 12 år och har nu ersatts av ljudsootning.

Sotningssystem: Kulsootning

Bränsle: Bark, sopor

Anl nr: 18

Eff, MW: 7,5

Med: HV

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med:

Disk:

Kulsootningen ledde till att konvektionsdelen kraftigt satte igen. Ersatt av ljudsootning.

Sotningssystem: Kulsotning

Bränsle: (olja 4)

Anl nr: 33

Eff, MW: 35-70

Med: HV

Sotn frekv, ggr/dygn: 1

Komb med: -

Disk:

Rökgastemperaturen sjunker i regel 5-10°C efter sotning. Kulsotningen anses vara en bra torr metod. Vid avställning av pannor måste sotningen ske medan pannan är varm och sotet torrt. Annars fastnar kulorna lätt.

Sotningssystem: Ljud: Soniskt

Bränsle: Flis, bark

Anl nr: 13 och 17

Eff, MW: 5,8

Med: HV

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med: Man

Disk:

Pannan går alltid på fullast. Pannan stoppas var 6:e vecka för 2 dagar då handsotning sker. Ljudsotningen arbetar 30 s/30 min. Bra resultat enligt uppgift. Förbrukningen av kompressorluft är hög och ljudnivån anses störande hög.

Sotningssystem: Ljud: Soniskt

Bränsle: Kol (FB)

Anl nr: 5

Eff, MW: 16

Med: HV

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med: -

Disk:

Ljudsotningen arbetade 30 s/30 min med tveksam soteffekt. Anläggningen är nu urkopplad och sotas endast manuellt vid sommarstopp. För hög förbrukning av komprimerad luft och för hög ljudnivå har lett till att utrustningen kopplats bort.

Sotningssystem: Ljud: Soniskt

Bränsle: Bark

Anl nr: 29

Eff, MW: 9

Med: HV

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med:

Disk:

6 Tyfoner i panna, 2 i cykloner. Tyfonerna arbetar 10 s/15 min. Pannan handsotas ungefär 1 gg/år. Ljudsotningen anses mycket effektiv men ljudnivån är besvärande.

Sotningssystem Ljud: Soniskt

Bränsle Spån, flis (våt)

Anl nr: 30

Eff, MW: 16

Med: Å

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med: Ångsotn

Disk:

5 st Tyfoner; 20 s/20 min. Ljudsotningen har ersatt ångsotningen som ej var bra. Man får nu bra resultat och emissionen som tidigare var tidvis för hög är nu bra.

Sotningssystem: Ljud, Soniskt

Bränsle: Avgaser

Anl nr: 31

Eff, MW: 20

Med: Å

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med:

Disk:

9 st Tyfoner i panna + 2 i elfilter. Mycket bra resultat på svårt stoftbemängda gaser (järnoxid). Tyfonerna arbetar 15 s/45 min i sekvens. Efter sotningen sjunker avgastemperaturen 40°C. Elfiler är monterat före pannan.

Sotningssystem: Ljud: Soniskt

Bränsle (olja)

Anl nr: 32

Eff, MW: 6

Med: HV

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med:

Disk:

Ljudsotningen arbetar 15 s/30 min. Gott resultat, 20/30°C lägre gastemperatur mellan 2 handsotningar. Stoftet är luckert och lätt att avlägsna.

Sotningssystem: Ljud: Soniskt

Bränsle: Flis

Anl nr: 15

Eff, MW: 4,5

Med: HV

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med: Ångsotn, vattensotn

Disk:

Ljudsotning har provats som monterades utan experthjälp. Ingen förbättring varför tyfonerna revs ut. Svårigheter med nuvarande ångsotning. Måste vattenlansning ske 1 gg/vecka med avställd panna.

Sotningssystem: Ljud: Soniskt

Bränsle: Kol

Anl nr: 1

Eff, MW: 28/32

Med: Å

Sotn frekv, ggr/dygn: 72

Komb med: Infrasotning ångsotning

Disk:

32 MW-pannorna med vardera 1 st Infracone i bakre rökgassvepet över ekonomiser-luftförvärmastapel. Dessa går 15 s/15 min. I 32 MW-pannorna är tyfonerna dränkta i sot. Kombinationen ångsotning-ljudsotning ej lyckad, möjligen beroende på fukt ifrån ångsotningen. Kombinationen infrasonisk-sonisk-ångsotning anses tveksam. En hård sotbeläggning uppträder vid ingången till överhettarna vilka måste handlansas var 3-4 månad. Sotningen kräver förbättrande åtgärder bl a med hänsyn till kyl/spollufttillförsel i tyfonerna.

Sotningssystem: Ljud: Soniskt

Bränsle: Kol

Anl nr: 3

Eff, MW: 20

Med: HV

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med: -

Disk:

3 st tyfoner i konvektionsdel, 4 st i ekonomiser. Går 20 s/14 min. Pannan vattenspolas vid sommarstopp. Sotningen anses vara bra i konvektionsdel, men dålig i ekonomiserstapel, möjligen beroende på utfällning av fuktiga substanser (eventuellt beroende på tidvis låga ingångstemperaturer i eko).

Sotningssystem: Ljud: Soniskt

Bränsle: Flis

Anl nr: 9

Eff, MW: 4

Med: Å

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med: Ångsotn

Disk:

Här finns 2 tyfoner i "eldstaden" och 3 i ekostapeln. Tyfonerna arbetar 20 s/20 min. Ljudsotningen har helt ersatt ångsotningen i ekonomisern. Sotningsintervallen är 3-4 ggr så länge mellan 2 renblåsningar med luft.

Sotningssystem: Ljud: Soniskt

Bränsle: Skogsbränsle-Flis

Anl nr: 14

Eff, MW: 7/5

Med:HV

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med: Man

Disk:

Pannorna viskas 1 gg/mån p g a hög avgastemperatur. Efter manuell sotning sjunker denna från 300-240°C. Ljudsotningen anses ej effektiv varken i panna eller ekonomiser. Ljudnivån är påträngande hög och förbrukningen av signal-spol/kylluft är hög. Detta är toppmatade Osbypannor med relativt svårt bränsle. Utfällning av tunga kolväten eller andra fuktiga substanser gör antagligen att sotet är relativt opåverkat av ljudsotningen.

Sotningssystem: Ljus: Soniskt

Bränsle: Bark, sopor (FB)

Anl nr: 18

Eff, MW: 7,5

Med: HV

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med:

Disk:

5 st Tyfoner går 30 s/15 min nattetid. Pannan skrapas/borstas 1 gg/år. Ljudsotningen anses mycket bra.

Sotningssystem: Ljud: Sonisk

Bränsle: Flis (ek) (FB)

Anl nr: 19

Eff, MW: 10

Med: HV

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med:

Disk:

Som anläggning nr 18 ovan med 2 Tyfoner i textilfilter. Sotbeläggningarna blir dock i denna panna inte så hårda som i anläggning nr 18. Ljudsotningen anses mycket bra, men ljudnivån är störande.

Sotningssystem: Ljud: Sonisk

Bränsle: Flis (ek), bark, brik m m

Anl nr: 20

Eff, MW: 11

Med: Å

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med: Ångsotn

Disk:

Eldning med ekflis tenderar att sätta igen överhettaren. Sotet sitter fast och måste mejslas bort med plattstång. Ljudsotningen arbetar 20 s/10 min. Handsotning sker 1 gg/12-14 v. Innan ljudsotningen installerades handsotades 1 gg/4-6 v. Ljudsotningen anses vara effektiv men ljudnivån är störande.

Sotningssystem: Ljud infra

Bränsle: Kol

Anl nr: 1

Eff, MW: 28/32

Med: Å

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med: Sonisk-ångsotn

Disk:

De två 32 MW-pannorna har en Infracone var i bakre rökgassvepet. Ljudanläggningen arbetar 15 s/15 min. Kombinationen sonik-infracångsotning ej lyckad i detta fall.

Sotningssystem: Ljud infra

Bränsle: Bark, olja

Anl nr: 2

Eff, MW: 50

Med: Å

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med: Ångsotn, kulsotn

Disk:

I denna anläggning har en infragenerator körts i provdrift. Något resultat föreligger inte. Man avser fortsätta provdriften. Anläggningen har två parallella rökgasstråk med elfilter och återvinningsanläggningar och bör därför vara idealisk för provning av sotningsmetoder.

Sotningssystem: Ljud infra

Bränsle: Flis var mix

Anl nr: 21

Eff, MW: 30

Med: HV

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med:

Disk:

Infraljudsotningen används ej då metoden anses ineffektiv.

Sotningssystem: Ljud infra

Bränsle: Träpulver

Anl nr: 34

Eff, MW: 15

Med: HV

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med:

Disk:

Som anläggningsnummer 21 ovan.

Sotningssystem: Vatten u drift

Bränsle: Träpulver

Anl nr: 34

Eff, MW: 15

Med: HV

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med:

Disk:

1 gg/dygn sprutas pannan med högtrycksvatten genom luckor (Sunrod-panna). Jobbet tar 45 min och ger bra resultat enligt uppgift. Inga problem med avloppsvatten då vattnet inte är surt.

Sotningssystem: Vatten v stopp

Bränsle: Kol
Anl nr: 3
Eff, MW: 20
Med: HV
Sotn frekv, ggr/dygn:
Komb med: Sonisk

Disk:

Vattenlansning vid sommarstopp.

Sotningssystem: Vatten v stopp

Bränsle: Träbränsle
Anl nr: 7
Eff, MW: 20
Med: Å
Sotn frekv, ggr/dygn:
Komb med: Ånga

Disk:

Vattenlansning 2 ggr/år

Sotningssystem: Vatten v stopp

Bränsle: Flis, sopor

Anl nr: 12

Eff, MW: 18

Med: HV

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med: -

Disk:

Vattenlansning ca 1 gg/5 v, något beroende på stopptider, är enda rengöringsmetoden. Rökgastemperaturen sjunker ca 40°C efter sotning. Totalt 1 dygn och 2 man går åt för sotningsarbetet. Avloppsvattnet neutraliseras och går till sedimenteringsbassäng varifrån slambil hämtar och bortforslar. Stoftutsläpp-emission testat av Studsvik och funnits OK.

Sotningssystem: Vatten v stopp

Bränsle: Flis

Anl nr: 15

Eff, MW: 4,5

Med: HV

Sotn frekv, ggr/dygn:

Kom med: Ångsotn

Disk:

Vattenlansning 1 gg/vecka varvid rökgastemperaturen efter pannan sjunker 50°C. (Ångsotningen anses här ej bra.)

Sotningssystem: Vatten v stopp

Bränsle: Flis

Anl nr: 21

Eff, MW: 30

Med: HV

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med: -

Disk:

Vattenlansning 1 gg/3 v. Rökgastemperaturen sjunker då 45°C efter pannan. Sotningen tar 1 h. Avloppsvattnet går till sedimenteringsbassäng.

Sotningssystem: Vatten v stopp

Bränsle Stybbkol

Anl nr: 4

Eff, MW: 40

Med: Å

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med: Ångsotn, kulsoth

Disk:

Vattenbesprutning ca 1 gg/år av överhettare och ekonomiser. ECO tenderar att sota igen. Torrt, luckert sot lätt att spola bort.

Sotningssystem: Vatten v stopp

Bränsle: Bark

Anl nr: 26B

Eff, MW: 45

Med: Å

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med: Ångsotn, kulsotn

Disk:

Överhettaren tenderar att sota igen, beroende på bränsle. Ibland måste vattensotning tillgripas. (Man låter vattnet förångas).

Sotningssystem: Luft v stopp

Bränsle: Flis (ek)

Anl nr: 9

Eff, MW: 4

Med: A

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med: Sonisk. Ångsotn

Disk:

1 gg/3-4 mån blåses kokytorna och ekonomiser. 2 mm sot på ytorna. Luftsotningen kompletterar soniksotningen som tydligen gör sotet lätt att blåsa bort.

Sotningssystem: Luft v stopp

Bränsle: (olja)

Anl nr: 25

Eff, MW: 1,7

Med: HO

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med: Viskn borstn

Disk:

1 gg/v blåses med tryckluft (7-8 bar) med bra resultat från fabriakens kompressoranläggning. S k sotreduceringsmedel används.

Sotningssystem: Luft v stopp

Bränsle: (olja)

Anl nr: 23

Eff, MW:

Med: HO

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med: Viskn, borstn

Disk:

Påblåsning 1 gg/vecka med luft (7-8 bar) med gott resultat.

Sotningssystem: Mek v stopp

Bränsle: Kol

Anl nr: 1

Eff, MW: 2x32+1x28

Med: Ånga

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med: Sonisk och ångsotn

Disk:

Pannan måste ofta skrapas och borstas varje 3-4 månader. Sotet sitter mycket hårt, speciellt vid ingången till överhettaren. Detta är speciellt påtagligt efter hårdkörning.

Sotningssystem: Mek v stopp

Bränsle Kol (FB)

Anl nr: 5

Eff, MW: 16 MW

Med: HV

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med:

Disk:

Dolomit tillsätts under drift. Handsotning enda rengöringssystem. Anläggningen tidigare försedd med sonisk sotning som är bortkopplad. Viskor vid sommarstopp anses räcka till.

Sotningssystem: Mek v stopp

Bränsle: Träpulver

Anl nr: 8

Eff, MW: 5

Med: Å

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med: Ångsotn

Disk:

Tubpannans eld- och rökrör borstas och viskas var 14:e dag.

Sotningssystem: Mek v stopp

Bränsle: Bark

Anl nr: 11

Eff, MW: 22

Med: Å

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med: Ångsotn

Disk:

Manuell sotning vid sommarstopp. Omfattande arbete. Överhettaren bitvis igensatt och måste "mejslas" upp med plattstång. Arbetet tar 3-4 dagar för 2 man.

Sotningssystem: Mek v stopp

Bränsle: Flis, bark

Anl nr: 13 och 17

Eff, MW: 2x5,8

Med: HV

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med: Sonisk

Disk:

Stopp normalt var 6:e vecka för 2 dagar. Då används sotviskor. Tveksamhet till den soniska sotningen.)

Sotningssystem: Mek v stopp

Bränsle: Flis, skogsavf

Anl nr: 14

Eff, MW: 7+5

Med: HV

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med: Sonisk

Disk:

Viskas 1 gg/mån, initierat av hög rökgastemperatur. Oscillerande viska anses effektiv.

Sotningssystem: Mek v stopp

Bränsle: Bark, sopor

Anl nr: 18

Eff, MW: 7,5

Med: HV

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med: Sonisk

Disk:

Skrapor, viskor 1 gg/år. Sotet sitter hårt. (Kombinationen med ljudsotningen anses bra.)

Sotningssystem: Mek v stopp

Bränsle: Flis

Anl nr: 19

Eff, MW: 10

Med: HV

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med: Sonisk

Disk:

Borstning 1 gg/år. Sotet är lätt att avlägsna. (Som oljesot enligt uppgift.)

Sotningssystem: Mek v stopp

Bränsle: Flis (ek), bark, brik m m

Anl nr: 20

Eff, MW: 11

Med: Å

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med: Sonisk, ångsotn

Disk:

Pannan sotas och skrapas var 12-14 v med plattstång m m. Ekflisen tenderar att sätta igen överhettaren. Sotet sitter hårt fast.

Sotningssystem: Mek v stopp

Bränsle: (olja)

Anl nr: 25

Eff, MW: 1,7

Med: HO

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med: Luftsotn

Disk:

1 gg/kvartal manuell rengöring med viskning och borstning. Sotet lätt att avlägsna.

Sotningssystem: Mek v stopp

Bränsle: Flis, bark, olja

Anl nr: 28

Eff, MW: 2x11,6

Med: HV

Sotn frekv, ggr/dygn:

Komb med: Kulsoth

Disk:

Viskning 1 gg/år. Manuell rengöring av multicykloner erfordras, ibland varje vecka.

Klassificering av bränslen¹⁾

Bränslen har klassats enligt följande.

- | | |
|-----------------|---|
| a) Bark | Som regel riven bark från sågverk och vedrenserier. Fukthalt 50-60 %, askhalt 1-3 %. |
| b) Spån | Sågspån från sågverk, rått sågspån, ibland torrt eller som kutter-spån. Också blandningar av dessa. Fukthalt 5-50 %, askhalt <1 %. |
| c) Bränsleflis | Huggen flis från över-skottsved och röjning. Fukthalt 30-50 %, askhalt <1 %. |
| d) Skogsbränsle | Hugget eller krossat restvirke från hyggen, gallring och röjning. Fukthalt 15-30 %, askhalt 1-10 %. |
| e) Träavfall | Till största del nermalet rivningsvirke ofta med hög halt föroreningar. Fukthalt 15-30 %, askhalt 1-10 %. |
| f) Träpulver | Trä och eventuellt bark nedmalet till 0,5-1 mm fraktioner och torkat. Fukthalten ligger vid 5-10 % och askhalten kan uppgå till 2-3 % men är oftast <1 %. |
| g) Frästorv | Torv upptagen i tunna sjök och lufttorkat till en fukthalt av ca 50 %. Askhalten varierar i regel kring 3-10 %. |
| h) Stycketorv | Maskintorv, lufttorkat. Fukthalten ligger vid 40-50 %. Askhalten 3-10 %. |

- i) Pellets Malet och torkat bränsle, som pressats till pellets eller briketter. Fukthalten är i regel 15-20 % och askhalten 1-4 % beroende av material.
- j) Hushållsavfall Osorterat hushållsavfall av varierande slag. Fukthalt vid 15-20 % i genomsnitt. Askhalten omkring 6-7 %,
- 1) Enligt NE-rapport 1460421.

Värmeforsk är ett organ för industrisamverkan inom värmeteknisk Forskning och utveckling. Stiftelsens forskningsprogram är tillämpningsinriktat och fokuseras på energi- och processindustriernas behov och problem. Bakom Värmeforsk står följande huvudmän:

- Elforsk
- Värmeverksföreningen
- Övrig industri

Värmeforsk samarbetar med Närings- och teknikutvecklingsverket (NUTEK).

STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING

Box 1765 · 111 87 Stockholm
Tek: 08-7900600 · Fax 08-796 00 37