

STIFTELSEN FÖR
**VÄRMETEKNISK
FORSKNING**

VÄRMETEKNIK MATERIALTEKNIK VATTENKEMI

BARKELDNING – ROSTBELASTNING VID
ELDNING AV BARRBARK VID OLIKA
FUKTHALTER I SNEDROSTUGN OCH
CYKLONUGN

Bo Nordgren, Gunnar Holme

ARKIVEXEMPLAR

MEASUREMENT OF COMBUSTION RATES OF A GRATE WHEN FIRING
BARK WITH DIFFERENT MOISTURE CONTENT IN A SLOPING GRATE
AND IN A CYCLONE FURNACE

Summary

When firing wood fuel (bark) with a high moisture content on a grate it appears that the specific heat load, which is possible to reach as a maximum (kW/m^2), depends on the moisture content in such a way that a low moisture content makes it possible to get a higher load than would be possible to reach with a high moisture content. It has been regarded as essential to recognize the real figures in that respect so it will be possible to design a furnace for a moistureous fuel in the most economic way. At the same time it is essential to know the emission of particular matters at different loads.

A number of tests have been performed at industries equipped with furnaces of type sloping grate and vertical cyclones. The result has been summarized in a number of diagrams, in which the area is pointed out where the specific load should lie. It is also emphasized that the particular matters, which are passing out from the furnace at a high load, should be separated in a course precipitator and brought back to the furnace.

1

Sammanfattning

2

Utlåtande 1 över prov med snedrostugn med Kablitz vid Värö Bruk

3

Utlåtande 2 över prov med snedrostugn med Kablitz vid Iggesunds Bruk

4

Utlåtande 3 över prov med cyklonugn vid Obbola-Linerboard AB

5

STU 78-3603
(75-5088)

ROSTBELASTNING
VID ELDNING AV
BARRBARK VID
OLIKA FUKTHAL-
TER I SNEIROST-
UGN OCH CYKLON-
UGN

STU-rapport 78.3603

Effektivare eldning av bark, olja, gas och torv i
industripannor

Rostbelastning vid eldning av barrbark vid olika
fukthalter i snedrostugn och cyklonugn

Bo Nordgren
ÅF Energikonsult
104 20 Stockholm

776839 He/LD

Bakgrund

Inom svensk skogsindustri har genom samverken mellan Stiftelsen Skogsindustrins Vatten- och Luftvårdsforskning (IVL), Svenska Cellulsa- och Pappersbruksföreningens energikommitté samt Projekt Helträdsutnyttjande (PHU) tillsatts en arbetsgrupp för barkfrågor, som har till uppgift att följa och verka för samordning av pågående projekt och initiera meningsfulla nya forskningsprojekt. I samråd med Stiftelsen för värmeteknisk forskning gjordes år 1977 tillsammans med företrädare för Finland och Norge en ansökan om bidrag från Nordisk Industrifond till ett forskningsprojekt, benämnt "Effektivare eldning av bark, olja, gas och torv i industriångpannor". Begärt belopp ställdes till förfogande under förutsättning av bidrag även från de deltagande nordiska nationerna. Så blev fallet och forskningsprojektet kunde starta i slutet av 1978.

Arbetsgruppen för barkfrågor i Sverige hade för sin del initierat en forskningsuppgift som skulle gå ut på att undersöka förhållandena vid barkeldning i eldstäder av den typ som normalt använts under senare år. Syftet skulle vara att försöka fastställa hur rostbelastning och stoftemissioner beror av barkbränslets fukthalt. Kunskap härom skulle vara till stor nytta då det gäller att rätt dimensionera eldstäder i pannor. Man skulle kunna t ex bedöma värdet av en förtorkning av bränslet på ett långt säkrare sätt än som hittills varit fallet. Ett torrare bränsle kan betyda att rostytan och därmed eldstaden i pannan kan minskas, vilket ger lägre anläggningskostnad för pannan. När man på detta sätt ökar rostbelastningen påverkas sannolikt stoftemissionen och det skulle givetvis vara värdefullt att finna ett optimum i eldningsekonomin.

Med denna målsättning startade vi projektet inom ÅF Energi-konsult med Stiftelsen för värmeteknisk forskning som formell uppdragsgivare.

Övriga forskningsprojekt som hänger samman med effektivare eldning av bark, olja, gas och torv har fördelats mellan de norska och finländska intressenterna.



SAMMANFATTNING

1

Uppdragsgivare/Client	Datum/Date	Utgåva/Issue	Order - alt regnr/Order No/Reg No
Stiftelsen för värmeteknisk forskning	80-06-25		776839
Anläggning/Plant	Sektion/Division	Handläggare/Prepared by	Telefonnr/Telephone No
	225	Bo Nordgren	08/23 46 00

Ärende/Subject

Utlåtande över prov för bestämning av rostbelastning vid olika fukthalter vid eldning på snedrost och i cyklonugn

Innehåll

	Sid
I. Sammanfattning	1
Inledning	2
Diskussion av data	2
Belastning, snedrost plus Kablitz	2
Rostbelastning, cyklonugn	3
Värmevärde och luftförvärmning	4
Överbäring av stoft	7
Volymvärmebelastning	7
Kombinationseldning av olja och bark, syradagpunkt	8

Tabell 1 Prov med snedrostugnar med Kablitz

Tabell 2 Prov med cyklonugnar

- Diagram 1 Rostbelastning i snedrostugnar med Kablitz vid olika fukthalter hos barrbark (räknat på snedrostyta och Kablitzyta)
- " 2 Rostbelastning på Kablitzrost vid olika fukthalter hos barrbark (räknat på enbart Kablitzrost)
- " 3 Rostbelastning i cyklonugnar vid olika fukthalter hos barrbark (räknat på rostytta)
- " 4 Rostbelastning i cyklonugnar vid olika fukthalter hos barrbark (räknat på tvärsnittsarean)
- " 5 Tillfört värme med bränsle och luft vid barkeldning vid olika fukthalter hos barrbark (räknat på vått bränsle, O₂-halt 6 %)
- " 6 Teoretisk förbränningstemperatur och inverkan av luftförvärmning vid eldning av barrbark (O₂-halt 6 %)
- " 7 Tillfört värme med luft vid barkeldning vid olika lufttemperaturer (räknat per kg TS, O₂-halt 6 %)
- " 8 Tillfört värme med bränsle och luft vid barkeldning vid olika fukthalter (räknat per kg TS, O₂-halt 6 %)
- " 9 Volymvärmebelastning i cyklonugnar vid olika fukthalter hos barrbark



Uppdragsgivare/Client Stiftelsen för värmeteknisk forskning	Datum/Date 80-06-25	Utgåva/Issue	Order - alt regnr/Order No/Reg No 776839
Anläggning/Plant	Sektion/Division 225	Handläggare/Prepared by B Nordgren	Telefonnr/Telephone No 08/23 46 00

Ärende/Subject

Utlåtande över prov för bestämning av rostbelastningen vid olika fukthalter vid eldning av barrbark på snedrost och i cyklonugn

Fukthaltens inverkan på rostbelastningen vid eldning av barrbark på snedrost och i cyklonugn

Sammanfattning

På uppdrag av Stiftelsen för värmeteknisk forskning har ÅF Energikonsult utfört prov med förbränning av barrbark i två snedrostugnar och en cyklonugn. Avsikten med proven var att försöka utröna eventuellt samband mellan bränslets fukthalt och rostbelastning.

ÅF Energikonsult har tidigare i samband med leveransbesiktningar och normala värmetekniska undersökningar genomfört ett antal prover med barkeldade ugnar av olika slag. Data från de nu utförda proven har därför kompletterats med data från tidigare prov.

De data som sammanställts tyder på att det ej finns något enkelt samband mellan fukthalt och rostbelastning. När det gäller snedrostugnar kan man särskilja två helt skilda belastningsfall. Ugnen kan drivas med en relativt låg belastning, 350-450 kW/m², varvid förlusterna genom oförbrända partiklar i rökgaserna blir låga. Alternativt kan belastningen drivas upp till 950-1250 kW/m², varvid medryckningen från rosten ökar och förlusterna genom oförbrända partiklar i rökgaserna ökar starkt. Dessa förluster kan minskas, om pannan förses med någon typ av grovavskiljare, varigenom de större oförbrända partiklarna kan återföras till eldstaden. För nya anläggningar med snedrost bör en dylik grovavskiljare alltid anordnas. För befintliga högbelastade anläggningar kan det vara motiverat att undersöka om installation av grovavskiljare kan betala sig.

Cyklonugnarna kan generellt arbeta med väsentligt högre rostbelastning än snedrostugnar. Låg belastning på cyklonugnens rost svarar närmast mot hög belastning på snedrosten. Karakteristiskt är också att förlusterna genom oförbrända partiklar i rökgaserna från en cyklonugn är måttliga, även när ugnen köres med hög belastning.

Undersökningen har genomförts vid fukthalter mellan ca 50-65 %.



Inledning

De nuvarande höga bränslekostnaderna, som sannolikt kommer att bli än högre, gör det önskvärt att befintliga bränsleresurser utnyttjas på bästa möjliga sätt. En viktig bränsleresurs för en del av den svenska industrin är den bark som erhålles vid olika skogsindustriella processer. Barken betraktades förr som ett avfall utan egentligt värde och i många fall deponerades den på tipp, i andra fall destruerades barkavfallet i primitiva förbränningsanläggningar.

De höga oljepriserna har medfört en total omsvängning härvidlag. Alltflera fabriker skaffar sig anläggningar för barkeldning i vilka prima värme i form av högtrycksånga erhålles. Anläggningskostnaderna för dylika anläggningar blir rätt höga och ur räntabilitetssynpunkt är det därför viktigt att energinnehållet i barken kan nyttiggöras så bra som möjligt.

En viktig parameter ur förbränningssynpunkt är barkens fukthalt som kan variera inom rätt vida gränser. Stiftelsen för värmeteknisk forskning har uppdragit åt ÅF Energikonsult att försöka fastställa om det finns något samband mellan barkens fukthalt och möjlig rostbelastning. ÅF Energikonsult har utfört prov vid två anläggningar med snedrostugn och en anläggning med cyklonugn. Proven har redovisats i separata rapporter.

ÅF Energikonsult har i andra sammanhang, leveransprover och normala värmetekniska undersökningar, redan tidigare provat olika typer av barkeldade ugnar. I avsikt att bredda underlaget för den av Stiftelsen önskade undersökningen har data från dessa tidigare provningar medtagits i de sammanställningar som här presenteras.

En sammanställning av huvuddata från samtliga prov återfinns i tabell 1 som avser snedroster och tabell 2 som avser cyklonugnar.

Diskussion av data

Rostbelastning, snedrost plus Kablitz

I diagram 1 har rostbelastningen, räknat på hela rostytan, visats som funktion av barkens fukthalt. Härvid är att märka att punkterna 1, 2 och 3 samt 4, 5, 6 och 7 avser de nu utförda proven vid de båda snedrostugnarna under det att övriga punkter kommer från tidigare prov. Punkterna 15, 16 och 17 avser anläggningar med enbart snedrost utan efterföljande Kablitzrost.

Det är uppenbart att det föreligger stora skillnader mellan de olika ugnskonstruktionerna och att det ej finns något enkelt samband mellan fukthalt och rostbelastning. Punkterna 1, 2 och 3 som avser en och samma ugn bildar dock en nedre gräns för punktskaran. De härrör från en försiktig körning med liten överbäring av stoft i rökgaserna och låga förluster genom oförbrända partiklar i rökgaserna enligt tabell 1.



Punkterna 4-9 avser alla en annan ugn och här kan man notera att punkterna 4, 6, 7 bildar en övre gräns för belastningen. För punkterna 4, 7, 8 och 9 har förlusten genom oförbrända partiklar i rökgaserna varit hög, 4,1 till 8,5 % i värmebalansen för pannan. I denna anläggning finns en riklig tillförsel av sekundärluft, vilket säkerligen bidragit till att belastningen kunnat pressas upp. Punkterna 4-9 uppvisar också en lägre O_2 -halt än punkterna 1-3. Den bättre sekundärlufttillförseln har dock ej kunnat förhindra en hög överbäring av träkol och andra oförbrända partiklar.

Som alternativ kan man beräkna rostbelastningen enbart på Kablitzrostens yta eftersom huvuddelen av förbränningen sker där.

Diagram 2 visar belastningen på enbart Kablitzrosten. Övre punkterna representerar hård körning med turbulent förbränning, och de nedre punkterna försiktig körning med kort flamfront. Vid turbulent förbränning kan flammans bredd uppgå till 1,5 m på Kablitzrosten och vid kort flamfront till endast 2 dm. Linjär regression har tillämpats för de övre punkterna i diagrammet som troligen anger maximala belastningen på Kablitzrost och på samma sätt har nedre linjen erhållits.

Om en snedrostugn plus Kablitz dimensioneras för en rostbelastning nära de övre begränsningslinjerna i diagrammen 1 eller 2 bör pannan förses med någon form av grovavskiljare, så att de större överburna partiklarna kan återföras till eldstaden. En dylik återföring kan innebära en höjning av pannverkningsgraden med 4-7 %.

Rostbelastning, cyklonugn

Diagram 3 visar rostbelastningen i cyklonugn. Rostbelastningen ligger avsevärt högre än vid snedrostugn. Upp till ca 2600 kW/m^2 vid 60 % fukt mot ca 1000 kW/m^2 för en snedrostugn med Kablitz. Diagrammet för cyklonugnar kan sägas vara en fortsättning av diagrammet för snedrostugnar om den vertikala axeln dras ut. I stället för att offra mer effekt på luftförvärmning används en del av effekten för att öka turbulensen i ugnen och på så sätt öka rostbelastningen. Sekundärluften tillsätts med högt tryck upp till 5000 mm vp. Effektförbrukningen för sekundärluften kan bli 100 kW, vilket dock skall jämföras med luftförvärmningen som kan gå upp till 2000 kW och mer.

I diagram 3 har som underlag för rostbelastningen rostytan använts. Det är troligen riktigare att såsom i diagram 4 ange rostytan efter tvärsnittsarean. I diagrammet har vid punkterna angivits max och normal körning. Detta stämmer inte fullt eftersom ugnen med diameter $\emptyset 4,5$ ligger lägst.



Troligen beror detta på att körsättet varierar på olika ställen.

Vanligen ligger man inte så högt eller så lågt utan mitt emellan de två linjerna. Linjerna ger en uppfattning om vilka värden på rostbelastningen som kan uppnås. Översta linjen överensstämmer relativt väl med rostbelastningen på Kablitzrost vid max belastning då rostytan anges efter tvärsnittets arean i cyklonugnen.

Värmevärde och luftförvärmning

Även om det inte kunnat påvisas något enkelt samband mellan rostbelastning och fukthalt är det självklart att rostbelastningen påverkas av barkens fukthalt som ju direkt påverkar värmevärdet. Vid prov på en stor ugn påverkas som synes rostbelastningen dock mera av ugnskonstruktionen, eldningen och lufttillförseln, som måste styras på rätt sätt.

Uppgifterna på värmevärdet på torrt prov hos barrbark varierar

Tall	4600-4800 kcal/kg
	19,3-20,1 MJ/kg
Gran	4500-4700 kcal/kg
	18,8-19,7 MJ/kg
Björk	5400 kcal/kg
	22,6 MJ/kg

Värmevärdet på fuktigt prov kan beräknas approximativt till

$$W_{\text{eff}} = \left(\frac{100-F}{100}\right) 4600 - \frac{F}{100} 585$$

$$= 4600 - 51,9 \cdot F \text{ kcal/kg} =$$

$$19260 - 217 \cdot F \text{ kJ/kg}$$

F = fukthalt %

Värmevärdet vid olika fukthalter blir då

Fukthalt	%	50	55	60	65
Värmevärde	kcal/kg	2005	1745	1486	1227
	kJ/kg	8410	7325	6240	5155



Värmevärdet sjunker snabbt med fukthalten. Normalt värde på fukthalten hos bark är 60 % fukthalt och vintertid upp till 65 % fukthalt. Om barken innehåller is och är frusen sjunker värmevärdet ytterligare.

Gräns för tillfredsställande förbränning brukar anges till 1500 kcal/kg dvs ca 60 % fukthalt. Under 1500 kcal/kg måste extra åtgärder tillgripas för att upprätthålla förbränningen såsom luftförvärmning, torkning etc.

Barken innehåller ca 2-4 % aska på torrsubstansen som vid förbränningen bildar slagg eller följer med rökgaserna ut till stoftavskiljaren. Vid eldning med bark måste därför förbränningsanordningarna vara så utformade att slagg och aska lätt kan borttransporteras från eldstaden.

Analyser på torrsubstansen hos barrbark visar att kohalten ligger vid ca 50 % och vätehalten vid ca 6 %, askan vid 2-4 % och resten utgöres av syre och en del kväve. Vid rökgasberäkningar kan därför samma diagram som för ved användas utan större fel om hänsyn tas till askhalten. Rökgasmängderna per kg bränsle blir då vid ca 6 % CO₂ och en relativ fuktighet på luften av 0,6 vid ca 20°C.

Fukthalt	%	0	50	55	60	65
Torra gaser	Nm ³ /kg	6,405	3,203	2,882	2,562	2,242
Vattenånga	"	0,761	1,002	1,026	1,050	1,074
Totalt	"	7,166	4,205	3,908	3,612	3,316
Luftmängd	"	6,531	3,265	2,939	2,612	2,286

Av tabellen framgår att torra gaser och luftmängderna och rökgasmängderna för fuktig bark kan fås ur torrsubstansens rökgasmängd om korrektion göres för vattnet i barken. Torr rökgasmängd och luftmängd blir nära lika.

I diagram 5 har värmevärdet enligt ekvationen

$$W_{\text{eff}} = 4590 - 51,9 F \quad \text{kcal/kg}$$
$$19\,220 - 217 F \quad \text{kJ/kg}$$

uppritats som funktion av fukthalten (nedersta linjen). Ovanför finns linjer för olika luftförvärmning. Värmet i luften har lagts till det effektiva värmevärdet för att undersöka luftförvärmningens betydelse. Luftförvärmning till 300°C vid 60 % fukthalt höjer värmevärdet från 6175 kJ/kg (1475 kcal/kg) till 7160 kJ/kg (1710 kcal/kg).

Om man sätter 6280 kJ/kg (1500 kcal/kg) som det lägsta effektiva värmevärde vid vilket god förbränning kan erhållas, så visar diagram 5 vilken luftförvärmning som erfordras vid fukthalter över 50 %.

En annan fördel med luftförvärmning är att förbränningstemperaturen ökar vilket normalt förbättrar utbränningen av bränslet. Förbränningsremperturen kan ej beräknas men den teoretiska förbränningstemperaturen, vid vilken värme varken tillföres eller bortföres från flaman, kan beräknas.

Datum
80-06-25

Utgåva

Order nr alt regnr

776839

Tabellen nedan visar den teoretiska förbränningstemperaturen vid olika luftförvärmning vid 6 % O₂-halt och olika temperaturer på luften.

		Förbränningstemperatur °C				
Fukthalt	%	50	55	60	65	70
Lufttemperatur						
20		1235	1165	1080	980	855
100		1280	1205	1120	1020	895
200		1330	1260	1175	1070	945
300		1390	1310	1225	1120	995
400		1440	1370	1275	1170	1045
500		1500	1420	1330	1225	1095

Luftförvärmningen höjer temperaturen i eldstaden och för varje hundra grad som lufttemperaturen ökar höjs förbränningstemperaturen med ca 50°C. Tidigare exempel med bark av 60 % fukthalt och 300°C luftförvärmning ger en ökning av förbränningstemperaturen från 1080°C till 1225°C. Se diagram 6.

Som regel förvärms inte all luft till samma höga temperatur. Så kan exempelvis torkluften till snedrosten, som utgör ca 20 % av totala luftmängden, förvärmas till 300°C medan den övriga delen endast förvärms till exempelvis 150°C. Utformningen av pannorna varierar beroende på luft- och rökgasförling. För att få hög rostbelastning är det viktigt att eftersträva så hög temperatur på luften som möjligt.

En annan kapacitetshöjande effekt är att hålla så låg O₂-halt som möjligt. I exemplet ovan med bark av 60 % fukthalt blir teoretiska förbränningstemperaturen vid olika O₂-halter

O ₂ -halt	%	3,5	6	10
Förbränningstemperatur	°C	1255	1080	905

Genom låga O₂-halter och hög förbränningstemperatur förbättras värmeöverföringen avsevärt. Som exempel kan nämnas att prov med hetvattenpanna som givit 7300 kW (6300 Mcal/h) med bark av 50 % fukthalt vid full last.

Teoretisk förbränningstemperatur	°C	1235
Avgastemperatur	"	317
Vattentemperatur, ut	"	119
" in	"	89
Kapacitet (kA-värde)	Mcal/h °C	11,27
	kW/°C	13,10
O ₂ -halt	%	6

Anm. Ovan har hetvattenpannan behandlats som en värmväxlare, vilket approximativt är riktigt för en eldrörspanna med tre drag. I en strålningsångpanna gäller att värmeöverföringen är proportionell mot flamtemperaturen upphöjd till fyra.



Om bränsle med en fukthalt av 60 % skall eldas sjunker teoretiska förbränningstemperaturen till 1080°C och kapaciteten till 6280 kW (5400 Mcal/h) vid 6 % O₂ och samma rökgasmängd. För att höja kapaciteten till garanterade 7000 kW (6000 Mcal/h) måste O₂-halten sänkas, vilket kan vara svårt på en liten anläggning vid hög fukthalt hos bränslet.

Variationer i O₂-halt på mellan 6-10 % är vanliga på barkeldade pannor och märks också på ångavgivningen från pannan som kan bli mycket ojämn.

Vid konstant inställning på luftspjällen är variationerna svåra att förklara, men beror på blåshål i bädden, ras i bädden pga ojämn barkmatning, ojämn kavalitet på bränslet, variationer i fukthalt etc. På grund av att bränslet är så inhomogent underlättas eldningen när barken har högt värmevärde och temperaturen på luften är hög.

Överbäring av stoft

Överbäringen av stoft har varierat i olika prov. Vid försiktig eldning är halten oförbränt låg. Vid turbulent förbränning verkar halten oförbränt öka. Överbäringen tycks dock mest påverkas av ojämn bädd, blåshål, barkens styckestorlek etc. En del av det grova stoftet som virvlar upp faller tillbaka på bädden om rökgashastigheten inte är för stor. Slutförbränningen av rökaserna gynnas emellertid av hög rökgashastighet och samtidig tillförsel av sekundärluft.

Vid låg rostbelastning blir halten oförbränt i stoftet lågt och ökar sedan med rostbelastningen. Värden upp till 85 % oförbränt har uppmätts. De lägsta värdena ligger vid försiktig eldning på både cyklonugn och Kablitz på ca 10 %. På grund av den korta provtiden har man vid övergång till kombinationseldning troligen fått en frigörving från eldstaden och värmeytorna av stoft vilket ger en större askmängd i rökgaserna än inmatat.

Av värmebalanserna i tabell 1 märks att förlusterna pga oförbränt varierar starkt. Högsta värdet ligger på ca 7 % i prov 9. Det oförbrända består av rent träkol, som borde kunna fraktioneras bort från avskilda stoftet och brännas i en pulverbrännare. Lämpligen bör det grova stoftet skiljas av före elektrofiltret och återföras. Elektrofiltret skulle med föravskiljare kunna dimensioneras mindre och gå störningsfriare.

Volymvärmebelastning

Diagram 9 visar volymvärmebelastningen i cyklonugnar, som ligger mellan 400-800 kW/m³ vid max last och fukthalter mellan 55-70 %. Som jämförelse kan nämnas att man vid oljeeldning tillåter ca 500 kW/m³ och vid kolpulvereldning ca 200 kW/m³. Ju högre värmevärde (flamtemperatur) och askhalt desto större är risken för att askan skall smälta och slå på eldstadsväggarna varför volymvärmebelastningen måste hållas nere. Ett av problemen med cyklonugnarna är att ugnen en timme per dygn måste ställas av och slaggas. Fastbränt slagg på ugnens väggar spettas därvid loss för att ugnen inte skall växa igen. I en cyklonugn är det därför ingen idé att öka volymvärmebelastningen vid torrare bränsle högre än som framgår av diagram 9 utan istället måste ugnens diameter ökas.



I en snedrostugn med Kablitz är det knappast lönt att tala om volymvärmebelastning på samma sätt som vid cyklonugnar eftersom konstruktionerna varierar. Det viktiga är att det finns tillräckligt med sekundärluftdysor över Kablitz-rosten där slutförbränningen sker och att sekundärluften har så högt tryck att den når flammen och slår igenom flamfronten.

Kombinationseldning av olja och bark

I samband med undersökningarna av rostbelastningarna vid olika fukthalter hos barrbark har prov gjorts för att undersöka adsorptionen av SO_3 i det alkaliska stoffet från barkeldning. Vid en tillförd värmemängd av 27 % från bark, 2 % från luft och 71 % från olja uppmättes halten SO_3 till 3 ppm, vilket vid provet motsvarade en syradaggpunkt på 127°C . Vid provet uppmättes samtidigt syradaggpunkten med daggpunktsmätare typ Land med tryckluftkyld glaskropp till $75-80^\circ\text{C}$.

På många anläggningar har man inga bekymmer vid kombinationseldning av bark och olja, trots att man har låga ingående matarvattentemperaturer. Förekomsten av SO_3 vid kombinationseldning av olja och bark medför att det på matarvattensidan hittills funnits shuntmöjligheter för att hålla uppe yttemperaturerna i ekonomisern över syradaggpunkten. Vid kombinationseldning blir därför avgastemperaturen högre än vid enbart barkeldning, vilket för barkdelen innebär en verkningsgradsförlust på ca 3-4 %.

Behandlingen av resultaten från syradaggpunktsmätningarna kommer att behandlas i delrapporten "Kombinationseldning".

Uppdragsgivare/Client Stiftelsen för värmeteknisk forskning	Datum/Date 80-05-22	Utgåva/Issue	Order - alt regnr/Order No/Reg No 776839
Anläggning/Plant	Sektion/Division 225	Handläggare/Prepared by B Nordgren	Telefonnr/Telephone No 08/23 46 00
Ärende/Subject Prov med snedrostugnar med Kablitzrost			

Provpunkter	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Rostyta	54	54	54	33,5	33,5	33,5	33,5	33,5	33,5
Snedrost	29	29	29	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5
Kablitz									
Lufttemp.									
Snedrost	359	385	385	270	266	269	269	270	260
Kablitz	136	139	143	167	167	170	160	148	143
Bränsle									
Olja	-	-	-	-	-	-	2219	-	1770
Mängd våt bark	17900	17005	13270	35577	36663	38715	40044	22810	36440
Mängd torr bark	6641	6615	6356	16080	13822	14325	16218	11085	15340
Fukthalt	62,9	61,1	52,1	54,8	62,3	63	59,5	51,4	57,9
Torrhalt	37,1	38,9	47,9	45,2	37,7	37,0	40,5	48,6	42,1
Effektivt vär- mevärde	1325	1430	2280	1900	1452	1415	1600	2065	1685
Rökgaser	5548	5987	9546	7954	6079	5924	6700	8646	7055
Rökgastemperatur	216	193	194	144	147	149	150	130	143
O ₂ -halt	8,6	9,9	9,2	3,6	6,4	6,5	7,0	4,8	0,8
Stofthalt	3,4	1,5	-	3,0	0,5	-	7,3	7,8	5,0
Rostbelastning	330	340	425	1142	930	956	1039	772	990
Snedrost	507	525	650	2250	1832	1884	2047	1520	1950
Kablitz	945	980	1210	2320	1890	1940	2110	1570	2010
Pannverkningsgrad	76,8	79,0	81,3	85,2	85,1	84,6	83,1	81,6	84,0
Tillfört värme									
Olja	27600	28300	35200	78600	61900	63700	25200	-	20100
Bark	2600	2500	2850	-	-	-	74500	54800	71400
Luft	30200	30300	38050	78600	61900	63700	-	-	-
Totalt							99700	54800	91500
Bortfört värme									
Uptaget	23200	24400	30950	67000	52700	53900	82800	44700	76900
Rökgasförlust	5050	4500	4800	6100	6400	6900	8700	4000	6300
Oförbränt i flygaska	200	200	-	3200	500	600	5900	3800	6000
Rest	1750	1700	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300
Totalt	30200	30300	38050	78600	61900	63700	99700	54800	91500
Halt brännbart i avskilt stoff	10,5	-	-	89	86	85	50	-	-
Förlust genom oförbränt	0,66	0,65	-	4,07	0,81	0,94	5,9	6,9	6,56

Uppdragsgivare/Client	Datum/Date	Utgåva/Issue	Order - alt regnr/Order No/Reg No
Anläggning/Plant	Sektion/Division	Handläggare/Prepared by	Telefonnr/Telephone No
Arenda/Subject			
Prov med snedrostugnar			

Provpunkter	10	11	12	13	14	15	16	17
Rostyta Snedrost Kablitiz Lufttemp. Snedrost Kablitiz Bränsle	63 36 389 131 - - -	63 36 320 161 - - -	24 32 345 138 - - -	24 32 306 170 - - -	20/3,3 (fotrost) 236 - - - -	30 152 - - - -	28 171 - - - -	28 168 - - - -
Mängd våt bark Mängd torr bark Fukthalt Torrhalt Effektivt vär- mevärde	24500 8870 63,8 36,2 1345 5630	24700 9050 63,4 36,6 1365 5715	26580 10638 59,9 40,1 1485 6217	12021 7910 34,2 65,8 2790 11681	7350 4300 41,5 58,5 2440 10215	12770 4329 66,1 33,9 1120 4689	15600 8750 56,1 43,9 1680 7034	10200 5722 56,1 43,9 1680 7034
Rökgaser Rökgastemperatur O ₂ -halt Stofthalt Rostbelastning Snedrost Kablitiz Pannverkningsgrad Tillfört värme	190 6,3 10,5 332 520 913 -	201 6,5 - 340 535 935 -	161 9,2 3,9 800 1865 1400 81,6	152 3,2 - 696 1625 1218 -	127 5,2 1,3 1046 - - 88,5	130 8,9 2,6 554 - - -	141 7,7 - 1088 - - 90,3	139 8,9 - 712 - - 91
Olja Bark Luft Totalt Bortfört värme Uptaget Rökgasförlust Oförbränt i flygaska Rest Totalt Halt av brännbart i avskilt stoft	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- 45900 300 46200 37700 5900 1200 1400 46200	- - - - - - - - -	- 20800 - 20800 18400 1200 250 950 20800	- - - - - - - -	30400 30400 60800 55100 4300 - 1400 60800	41000 20000 61000 55500 4100 - 1400 61000

TABELL 2

1

Uppdragsgivare/Client	Datum/Date	Utgåva/Issue	Order - alt regnr/Order No/Reg No
Stiftelsen för värmeteknisk forskning	80-05-22		776839
Anläggning/Plant	Sektion/Division	Handläggare/Prepared by	Telefonnr/Telephone No
	225	B. Nordgren	08/23 46 00
Arenda/Subject			
Prov med cyklonugnar			

Provpunkter	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Rostyta	2								
Lufttemperatur	15,6	15,6	15,6	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	11,2
Primärluft	4,5			3,8					4
Sekundärluft	284	279	297	195	196	197	197	187	299
Tertiärluft	50	50	50	52	53	56	57	51	58
Lufttryck	284	279	297	195	196	197	197	187	299
Primär	-	-	-	46	45	72	72	7	20
Sekundär	-	-	-	2700	2700	3200	3200	2400	2330
Tertiär	-	-	-	-	-	-	-	-	8
Luftmängder									
Primär	16000	15000	16000	12000	14000	17000	18000	7000	9000
Sekundär	14000	14000	14000	6000	6000	6000	6000	-	5000
Tertiär	-	-	-	7000	7000	7000	7000	-	3000
Bränsle									
Mängd våt	11961	12308	10196	7740	8300	12000	11300	5760	11080
Fukthalt	61,2	67	51,3	55,0	54,6	59,7	58,2	57,4	62,7
Effektivt värmev.	1420	1125	1940	2090	2120	1640	1790	1910	1290
"	5945	4710	8122	8750	8876	6866	7494	7997	5400
Rökgaser									
Rökgastemp efter ugn mätt	-	-	-	(855)	(823)	(828)	(820)	800	1035
O ₂ -halt	-	-	-	-	-	4,2	4,3	7,0	-
Rökgastemp. efter panna	163	163	159	148	149	143	144	136	157
O ₂ -halt	10,2	10,1	9,2	12,8	12,1	10,8	11,5	14,9	11,2
Stofthalt	4,0	1,8	3,7	1,0	1,0	2,3	1,4	0,3	-
Rostbelastning	1240	1030	1450	2209	2395	2627	2709	1511	1453
kw/m ² på arean	1216	1010	1422	1666	1801	1976	2037	1137	1291
Last	normal	normal	normal	normal	normal	max	max	låg	låg
Halt brännbart i avskilt									
stoft	18	8	27	20	22	47	50	20	-
Förlust genom oförbränt	1,7	0,3	1,7	1,0	1,0	2,0	2,0	0	2,0

TABELL 2 (Forts.)

2

Uppdragsgivare/Client	Datum/Date	Utgåva/Issue	Order - ält regnr/Order No/Reg No
Stiftelsen för värmeteknisk forskning	80-05-22		776839
Anläggning/Plant	Sektion/Division	Handläggare/Prepared by	Telefonnr/Telephone No
	225	B Nordgren	08/23 46 00
Ärende/Subject			
Prov med cyklonugnar.			

Provpunkter	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Rostyta m ²	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2
Lufttemperatur °C	325	334	332	306	335	314	315	350	352
Primärluft "	54	37	35	28	31	30	33	29	31
Sekundärluft "	325	334	332	306	335	314	315	350	352
Tertiärluft "									
Lufttryck mm aq	27	-	22	30	47	22	33	21	24
Primär "	2290	3840	3950	3950	4140	4120	4100	4100	4100
Sekundär "	-11	0	-14	+4	15	12	13	16	10
Tertiär "									
Luftmängder Nm ³ /h	13000	11000	17000	18000	17000	-	8000	13000	9000
Primär "	5000	6500	6500	-	6500	6500	6500	6500	6500
Sekundär "	6000	9000	8000	9000	6000	-	5000	8000	13000
Tertiär "									
Bränsle kg/h	14220	16570	15900	12740	17190	12740	11160	14810	16260
Fukthalt %	64,3	68,1	65,0	65,8	65,6	65,0	61,1	62,3	62,3
Effektivt värmev. kcal/kg	1210	1020	1170	1130	1140	1170	1370	1310	1310
" kJ/kg	5066	4270	4900	4730	4773	4899	5736	5485	5485
Rökgaser									
Rökgastemp efter ugn mätt °C	1070	1027	894	888	1063	915	974	1034	1120
O ₂ -halt %	-	6,9	4,5	5,3	2,7	6,4	5,5	4,6	4,0
Rökgastemp. efter panna °C	164	168	172	162	160	156	158	174	178
O ₂ -halt %	13,7	10,9	11,6	11,9	10,4	8,7	12,5	12,5	11,0
Stofthalt g/Nm ³ vät	3,1	3,0	2,4	2,9	3,5	1,7	1,5	3,3	-
Rostbelastning kW/m ² på arean	1755	1744	1906	1488	2000	1500	1581	1976	2180
Last kW/m ²	1560	1550	1694	1320	1778	1333	1405	1756	1938
Halt brännbart i avskilt stof	normal	max	max	utan sek. luft	max +olja	norm +olja	låg		max
Förlust genom oförbränt %	11,9	3,8	10,4	6,8	12,0	26,6	2,5	15,8	-
	1,7	0,6	1,0	0,7	1,1	1,4	0,6	1,5	1,4

DIAGRAM 1

LUFTTEMPERATUR

						SNEDROST °C	KABLITZ °C	BETECKN.
PUNKTER	1-3	SNEDROST / KABLITZ	54/29	m ²	ca 385	ca 135		*
"	4-9	"	"	335/325	m ² * 270	* 170		○
"	10-11	"	"	63/36	m ² * 350	* 130		X
"	12	"	"	24/32	m ² * 345	* 138		○
"	15	"	"	30	m ² * 152			{ENBART *}
"	16-17	"	"	28	m ² * 170			{SNEDROST }

ROSTBELASTNING (RÄKNAT PÅ TOTALA YTAN, SNEDROST, KABLITZ)

kW/m²

1500

1000

500

0

50

55

60

65

BARKEUKTHALT %

ÅNGPANNFÖRENINGEN

RIT.

DAT.

GODK.

DELOBJ.

AF-9 RITN. NR

101-776839-4001

STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNIISK FORSKNING

ROSTBELASTNING I SNEDROSTUGN MED
KABLITZ VID OLIKA FUKTHALTER
HOS BARRBARK

GODK.

DAT.

1980.06.04

ARB. NR

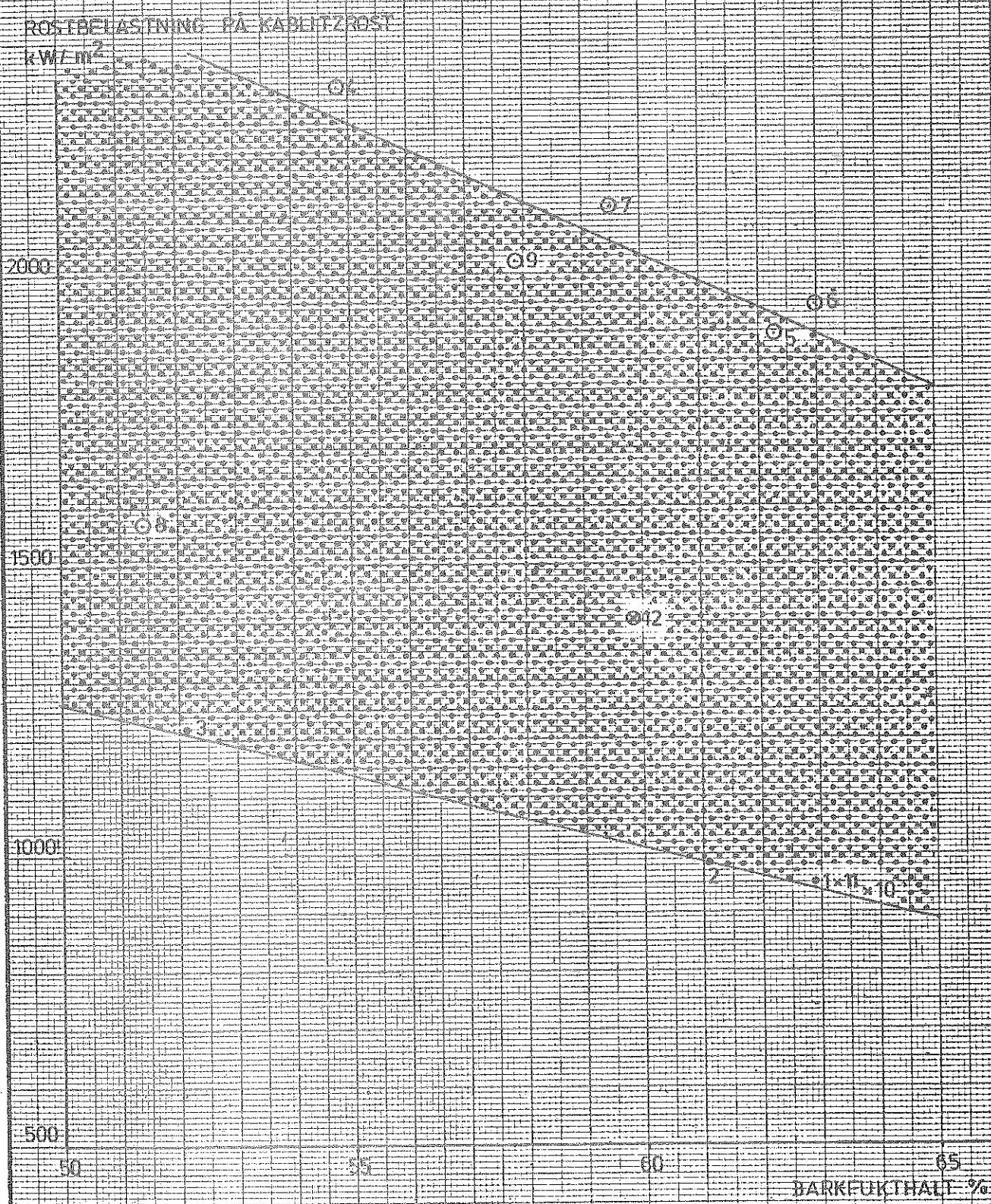
776839

FORTS. BL.

BLAD

RITN. NR

LUFTTEMPERATURER				SNEDRÖST	KABLITZ	BETECKNING
PUNKTERNA 1, 2, 3	SNEDRÖST/KABLITZ	54/29m ²	CA 385	CA 135		•
" 10, 11	"	63/36m ²	" 350	" 130	"	X
" 6, 9	"	33,5/32,5m ²	" 270	" 170	"	○
" 12	"	24/32 m ²	" 345	" 138	"	⊗



ÅNGPANNEFÖRENINGEN		STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNIISK FORSKNING		GODK. <i>Godk</i>	DAT. 1980.06.04
RIT.	DAT.			ARB. NR. 776839	
GODK.	DELOBI.	ROSTBELASTNING PÅ KABLITZROST VID OLIKA FUKTHALTER HOS BARRBARK		FORTS. BL.	BLAD
AF:s RITN. NR. 101-776839-4002				RITN. NR.	

DIAGRAM 3
BETECKNING

PROVPUNKTER 1-3 0 4,5 LUFTEMPERATUR 280 °C
4-8 0 3,8 " " 195 °C
9-16 0 4,0 " " CA 330 °C

•
⊙
x

ROSTBELASTNING kW/m² (BERÄKNAT PÅ ROSTYTANI)

07 MAX (LAST)

06 MAX

2500

05 NORMAL

04 NORMAL

x18 MAX

2000

x17 MAX

x16 MAX

x15 MAX

x10 NORMAL

1500

x16 LÅG

08 LÅG

03 NORMAL

x9 LÅG

x15 NORMAL
x13
EJ SEK.
LUFF

01 NORMAL

1000

NORMAL 2

50

55

60

65

BARRFUKTHALT %

ÅNGPANNEFÖRENINGEN

RIT.

DAT.

GODK.

DELOBI.

AF: s RITN. NR

101-776839-4003

STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNIK FÖRSKNING

ROSTBELASTNING I CYKLONUGNAR VID
OLIKA FUKTHALTER HOS BARRBARK.

GODK.

DAT.

1980.06.04

ARB. NR

776839

FORTS. BL.

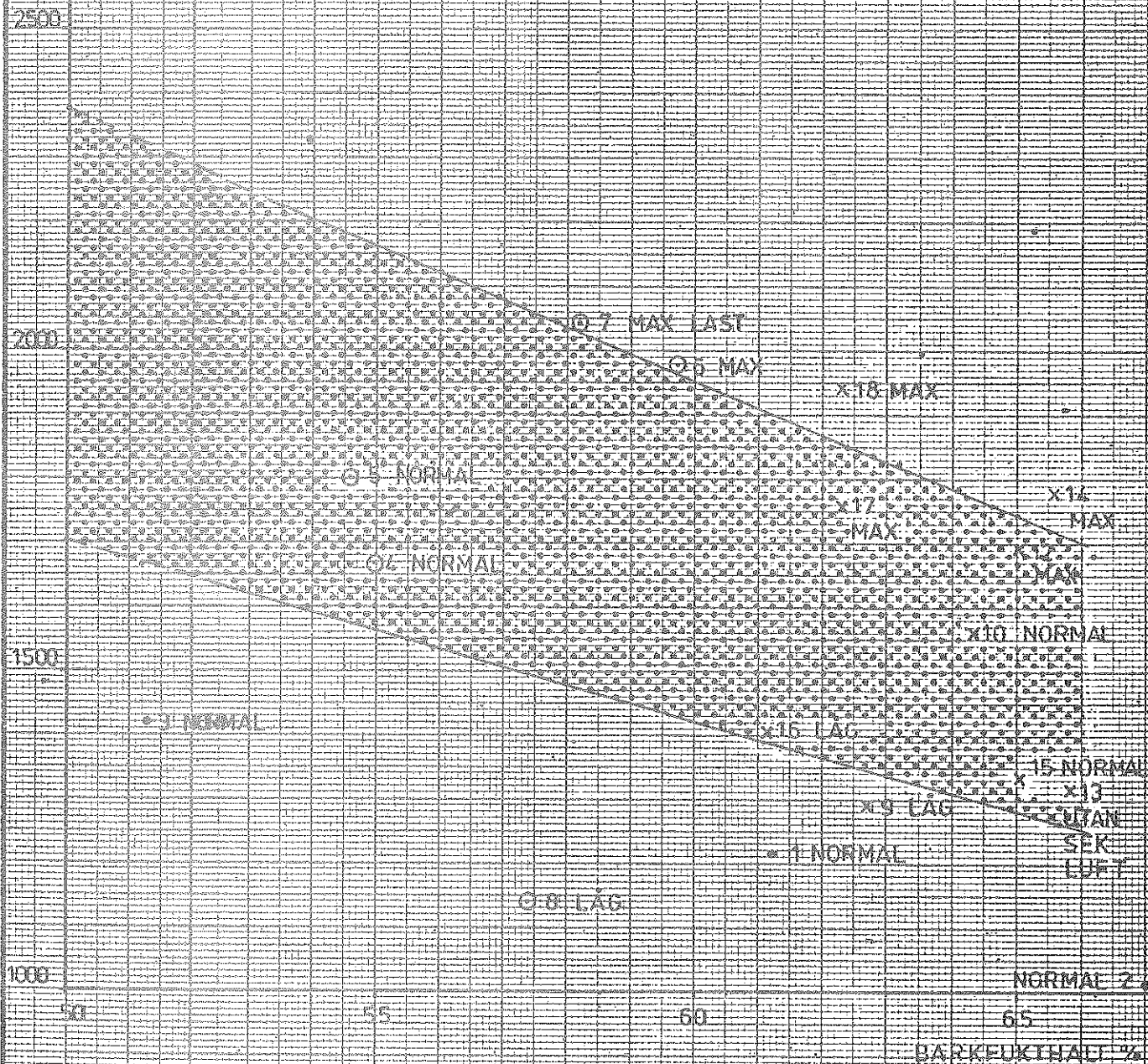
BLAD

RITN. NR

AREA m² 86,12 CKN

PROVUNTER	1-3	0-15	LUFTTEMPERATUR	200 °C	15,90
"	6-8	0-10	"	195 °C	11,32
"	9-18	0-10	"	DA 130 °C	12,57

ROSTBELÄSTNING I MW/m² RÄKNAT PÅ TVÄRSNITTSAREAL



ÅNGPANNEFÖRENINGEN

RIT.	DAT.
------	------

GODK.	DEL. ORL.
-------	-----------

AF:s RITM. NR

101-776839-4004

STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING

ROSTBELASTNING I CYKLONUGNAR VID
OLIKA FUKTHALTER HOS BARRBARK

GODK.

DATE
1980.06.04

ARB. NR 776839

FORTS. BL.	BLAD
------------	------

RITN, NR

TILLFÖRT VÄRME MED
BARK OCH LUFT

KJ/KG VATT BRÄNSLE

10000

8000

6000

4000

LUFTTEMPERATUR °C

500

400

300

200

100

20

EFFEKTIVT VÄRMEVÄRDE

$W_{EFF} = 19220 - 217 F$ KJ/KG

O₂-HALT 6%

50

55

60

65

BARKFUKTHALT %

ÅNGPANNEFÖRENINGEN

RIT.

DAT.

GODK.

DELOBJ.

AF. & RITN. NR

101-776839-4005

STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNIK FÖRSKNING

TILLFÖRT VÄRME MED BRÄNSLE OCH LUFT
VID BARKELDNING VID OLIKA FUKTHALTAR

GODK.

DAT.

1980.06.04

ARB. NR

776839

FORTS. BL.

BLAD

RITN. NR

FÖRUTSÄTTNINGAR: O₂-HALT 6%

EFFEKTIVA VÄRME

VÄRDET PÅ TORR

SUBSTANS 4500 Kcal/kg

19.2 MJ/kg

TEORETISK
FÖRBRÄNNINGSTEMPERATUR

°C

1500

1400

1300

1200

1100

1000

900

800

LUFTTEMPERATUR °C

500

400

300

200

100

20

50

55

60

65

BARKFUKTHALT %

ÅNGPANNEFÖRENINGEN

RIT.

DAT.

GODK.

DELOBJ.

AF.8 RITN. NR

101-776839-4006

STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNIK FÖRSKNING

TEORETISK FÖRBRÄNNINGSTEMPERATUR
OCH INVERKAN AV LUFTFÖRVÄRMNING
VID ELDNING AV BARRBARK.

GODK.

DAT.

1980.06.04

ARB. NR

776839

FÖRTS. BL

BLAD

RITN. NR

FORUTSÄTTNINGAR O₂-HALT 5%

TILLFÖRT VÄRME MED
LUFT

KJ/KG TS

4000

3000

2000

1000

0

100

200

300

400

500

LUFTTEMPERATUR °C

ÅNGPANNEFÖRENINGEN

RIT.

DAT.

GODK.

DELOBI.

AF 8 RITN. NR

101-776839-4007

STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNIKSK FORSKNING

TILLFÖRT VÄRME MED LUFT

VID BARKELDNING VID OLIKA LUFTTEMPERATURER

GODK.

DAT.

80-06-19

ARB. NR

776839

FORTS. BL.

BLAD

RITN. NR

FÖRUTSÄTTNINGAR O₂-HALT 5 %

TILLFÖRT VÄRME
MED BÄCK OCH LUFT

KJ/KG TS

LUFTEMPERATUR °C

20000

500

400

300

200

100

20

15000

10000

50

55

60

65

BÄCKLUKT %

ÅNGPANNEFÖRENINGEN

RIT.

DAT.

GODK.

DELOBJ.

AF.s RITN. NR

101-776839-4008

STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNIK FÖRSKNING

TILLFÖRT VÄRME MED BRÄNSLE OCH LUFT VID
BÄCKELDNING VID OLIKA FUKTHALTER

GODK.

DAT.

80-06-19

ARB. NR 776839

FORTS. BL.

BLAD

RITN. NR

PROVPUNKTER 6, 7 & 38 LUFTTEMPERATUR 195 °C
 11, 12, 14, 18 & 40 330 °C
 19 320 °C

BETECKNING

①

x

VOLYMVÄRMEBELASTNING VID MAX LAST
 KW/m³

1000

500

0

55

60

65

70

BARKEFUKTHÅLT %

19

7
MAX

6
MAX

18
MAX

12 MAX
x 16
MAX

11
MAX

ÅNGPANNEFÖRENINGEN

RIT.

DAT.

GODK.

DELOBJ.

AF:s RITN. NR

101-776839-4009

STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING

VOLYMVÄRMEBELASTNING I CYKLONUGNAR

VID OLIKA FUKTHALTER HOS BARRBARK

GODK.

DAT.

80-06-19

ARB. NR

776839

FORTS. BL.

BLAD

RITN. NR

Distribution

Datum

Utgåva

Order nr alt regnr

1980-05-27

776839

Kontakta

Rikt- och telefonnr

Bo Nordgren

08/23 46 00

Stiftelsen för värmeteknisk forskningUtlåtande över prov med förbränning av
barrbark vid olika fukthalter i sned-
rostugn med Kablitz vid Värö Bruk

Inledning/Sammanfattning/Innehåll

<u>Innehåll</u>	<u>Sid</u>
Beskrivning av provningsanläggningen	1
Mätning	2
Provningsresultat	
Rostbelastning	3
Stofthalt i rökgaser	4
Förlust genom oförbränt i stoft	4
Analys av askan	5
Verkningsgrad	6
Syradaggpunkt	7
Sammanfattning	7

Bilaga	1	Protokoll Prov 1 och 2	3-4.4.79
"	2	"	Prov 3 5.4.79
"	3	"	Prov 1 25.10.79
"	4	Analys av askan	
"	5	Daggpunktsbestämning	
"	6	Förugn	
"	7	Skiss på ångpanna	
"	8	Kopplingsschema luft	

ÅNGPANNEFÖRENINGEN

PROCESSTEKNIK

Bo Nordgren

UTLÅTANDE

1

Uppdragsgivare/Client	Datum/Date	Utgåva/Issue	Order - alt regnr/Order No/Reg No
Stiftelsen för värmeteknisk forskning	80-05-08		776839
Anläggning/Plant	Sektion/Division	Handläggare/Prepared by	Telefonnr/Telephone No
Södra Skogsägarna, Värö Bruk	225	Bo Nordgren	08/23 46 00
Ärende/Subject			
Prov med barkeldning på snedrostugn			

På uppdrag av Stiftelsen för värmeteknisk forskning har vår ingenjör B Nordgren i april och oktober 1979 utfört prov med förbränning av bark i en snedrostugn vid Värö Bruk.

Allmänna data

Proven utfördes i en ångpanna levererad av Burmeister & Wain AS med en effekt av

65 t/h	vid enbart barkeldning
75 " "	bark + olja
80 " "	enbart olja

Den överhettade ångan förutsättes ha ett tryck av 58 atö och en ångtemperatur av 450°C. Barkeldningen motsvarar en rostbelastning av 830 kW/m² vid en fukthalt hos barken av 55 %.

Förugnens principiella utförande framgår av bifogade skisser. Den vattenkylda snedrosten har en yta på 54 m² och Kablitzrosten en yta av 29 m² (snedrost/Kablitz 1,86).

Förbränningsluften tillföres i tre zoner under snedrosten och i tre zoner under den rörliga Kablitzrosten. Sekundärluften tillföres genom dysor på tre ställen. 27 st dysor placerade i bakre väggen, 31 st dysor placerade i framkant över snedrosten samt i ett antal dysor över Kablitzrosten.

Luftflödena kan i stort sett regleras med motormanövrerade spjäll och mätning förekommer av huvudflödena. De motormanövrerade spjällen för huvudluftflödena regleras från pulpet i manöverrum och regleringen av luften till olika zoner och dysor sker i direkt anslutning till pannan med handmanövrerade spjäll. Reglering av totala mängden luft sker med fläktens ledskenor. Luftkanalernas dragning och regleringen av luften framgår av bilaga 8. Nedanstående tabell visar mätorgan och spjäll med beteckningar enligt bilaga.

Beteckning	Mätorgan	Manövrering	Reglering	
<u>Motorreglerat</u>				
FR 508	Venturi	Varvtal	PIC 514	Totalluft
FR 509	"	Spjäll	FIC 509	Primärluft, Kablitz
FR 510	"	" + ledskenor, fläkt	PIC 510	Sekundärluft (totalt)
FI 528	"	Spjäll	PIC 529	" över Kablitz
FI 625	"	"	TIC 614	Primärluft, snedrost
FI 626	"	"	TIC 614	" "
FI 613	"	"	FIC 613	Primärluft ugn

Beteckning	Mätorgan	Manövrering	Reglering
<u>Handreglerat</u>			
HC 8,5-10,5		Spjäll	Primärluft, Kablitz 3 zoner
HC 11		"	" , slaggrost, 1 zon
HC 18,19,20		"	Sekundärluft, dysor
HC 15,16,17		"	Primärluft, snedrost, 3 zoner

Regleringen av luften är komplicerad och enligt bilaga 8 svåröverskådlig. För den oinvidde är det omöjligt att hitta rätt spjäll utan kopplings-schema i handen.

Av bilaga 8 framgår att primärluften till Kablitzrosten och större delen av sekundärluften förvärmes i ett ångbatteri till ca 135°C. Primärluften till snedrosten förvärmes i en oljeeldad ugn till 385°C.

Ångpannan är i övrigt utrustad med överhettare bestående av en hetare och en kallare del. I rökgasströmmens riktning finns därefter en konvektions-yta och en slätrörsekonomiser. En delström av det inkommande matarvattnet går till en ångkylare som levererar kondensat för reglering av överhettningstemperaturen. Den förvärmda delströmmen av matarvattnet blandas in i matarvattnet före inloppet i ekonomisern.

Tidigare var ångpannan utrustad med två oljebrännare av äldre konstruktion typ 2AK-32. Dessa byttes ut i samband med proven.

Mätning

Mätningen avsåg att bestämma rostbelastningen vid olika fukthalter hos barrbark. Mätningarna har utförts i två omgångar för att kunna variera barkfukten, vilket emellertid visade sig vara omöjligt. Vi har därför även redovisat rostbelastningen vid eldning av torrare björkbark.

Prov nr	Datum	
1	3.4.79	Prov med enbart barrbark
2	4.4.79	Prov med barrbark och olja
3	5.4.79	Prov med enbart björkbark
1..	25.10.79	Prov med barrbark

Under proven togs regelbundet prov på barken för att bestämma torrhalten och askhalten på torrsubstansen. Prov togs vidare på avskilt stoft för att bestämma halten oförbränt i stoftet. Analyserna har utförts av fabriksens laboratorium.

Avskilt stoft har i inlämningstillstånd analyserats på en rad metaller med atomabsorptionsspektrometer på Statens Provningsanstalt. Se bilaga 4.

I rökgasledningen efter stoftavskiljaren gjordes en isokinetisk utsugning för att bestämma stofthalten i rökgaserna. Avskilt stoft uppsamlades i trälåda och utvägdes. Prov togs även på askan från slaggrosten men detta prov har inte analyserats pga att askan utgjordes av grus och utbränt slagg.

Vid kombinationseldning av bark och olja gjordes en SO_3 -bestämning i prov 2. Syradaggpunkten bestämdes dels med tryckluftkyld glaskropp typ Land 200 och dels med kondenseringsmetoden och titrering. Metoden är beskriven i bilaga 5.

Barkmängden till ångpannan kunde inte utvägas utan barkmängden har bestämts på indirekt väg av ångpannans värmebalans, varvid ett rimligt värde på ångpannans restförlust har antagits.

Matarvatten- och ångmängden uppmättes med kalibrerade dp-celler kopplade parallellt med driftmätarna. Vidare avlästes ångtemperatur, matarvatten-temperaturer, lufttemperaturer och rökgastreraturer med kalibrerade termoelement. Rökgasernas sammansättning bestämdes med O_2 -mätare med zirkoniumoxidcell. Tryckförhållande klarades med U-rör. Ångpannans driftinstrument avlästes i manöverrummet.

Provningsresultat

Provningsresultaten framgår i detalj av bilagade protokoll, bilaga 1 - 3.

Rostbelastning

Resultaten är sammanfattade i tabell nedan.

Prov nr	Datum	Rostbelastning	Barkens fukthalt	CO_2 -halt	O_2 -halt	Ångmängd
		kW/m^2	%	%	%	ton/h
1	3.4.79	340	61,1	10,8	9,9	31,5
2	4.4.79	165	62,6	9,7	11	54,5
3	5.4.79	425	52,1	11,4	9,2	40,1
1	25.10.79	330	62,9	13,4	8,6	29,6

Rostbelastningen är lägre än som angivits i garantierna för pannan där rostbelastningen uppgivits till 830 kW/m^2 vid 55 % fukthalt hos barken. Proven utfördes så att så litet oförbränt som möjligt skulle följa med flygaska och aska från slaggrost. Eldningen kan karakteriseras som mycket försiktig, vilket också framgår av värmebalansen, där förlusten på grund av oförbränt stoft är obetydlig.

Datum

Utgåva

Order nr alt regnr

80-05-08

776839

Under provet skedde slutförbränningen på det näst nedersta trappsteget på Kablitzrosten. Flamfronten låg som en rät linje över rosten, ett par till tre decimeter bred. Slutförbränningen och nedkylning av askan skedde på det nedersta steget av Kablitzrosten och på trapprosten. Försök gjordes att öka barkinmatningen, flamfronten förflyttades framåt ut över slaggrosten och oförbränt följde med askan ut på slaggrosten. Det är troligt att barkinmatningen var optimalt inställd med hänsyn till halten oförbränt i flygaska, vilket medfört att rostbelastningen vid proven var relativt låg. En förklaring till den låga rostbelastningen är att snedrosten slutar i en näsa ett stycke över Kablitzrosten. Detta medför att barken samlas i en hög på Kablitzrosten under näsan. Kablitzrosten kan därför inte utnyttjas effektivt för slutförbränning.

Stofthalt i rökgaser

Stofthalten i rökgaserna före stoftavskiljare uppmättes till följande värden:

Prov nr	Datum	Stofthalt på våta gaser g/Nm ³	Stofthalt på torra gaser g/Nm ³	Barkens fukthalt %	Barkens askhalt på torrsubstans %	Askmängd med barken kg/h
1	3.4.79	1,45	1,9	61,1	2,9	192
2	4.4.79	0,95	1,07	62,6	2,0	65
3	5.4.79	-	-	52,1	-	-
1	25.10.79	2,52	3,39	62,9	4,1	272

Stofthalten uppgår vid proven till 1,5, 1, 2,5 g/Nm³. Barkens askhalt på torrsubstansen ligger vid 2,9 %, 2,0 % och 4,1 %. I proven har högre askhalt i bränslet givit högre stofthalt. Stofthalterna förhåller sig som 1,5 : 1 : 2,65 och askhalterna i bränslets torrsubstans som 1,45 : 1 : 2,05, dvs det råder inte full proportionalitet eftersom den mesta askan matas ut via slaggrosten. Det framgår dock att högre askhalt i bränslet har givit högre stofthalt i rökgaserna. Askhalten i bränslet kan variera beroende på hur virket transporterats, varför stora variationer kan förekomma.

Förlust genom oförbränt i stoft

Den oförbrända delen i stoftet utgöres huvudsakligen av kolpartiklar och lämnar anläggningen med stoftet och representerar därför i värmebalansen en förlustpost. Vid proven var halten oförbränt i stoftet låg.

Prov nr	Datum	Halt av oförbränt i avskilt stoft %	Förlust genom oförbränt i värmebalans %
1	3.4.79	12,3	0,6
2	4.4.79	8,4	0,1
1	25.10.79	10,5	0,7

Förlusten genom oförbränt är lägre än normalt och tyder på att bränslebädden och matningen varit jämn. Med stigande bränslepriser är det givetvis av stort intresse att hålla förlusterna nere. Tidigare när det varit fråga om ren destruktion av bark har man tillåtit förluster på grund av oförbränt i stoftet på upp till 5-6 %. Troligen får man på sådana anläggningar börja tänka om och ordna någon form av grovavskiljning av stoftet och återföring av oförbränt kol. På vissa anläggningar har ända upp till 85 % oförbränt uppmätts i avskilt stoft. Utöver verkningsgradssänkningen får man om man tillåter så höga halter oförbränt ett onödigt transportproblem med det avskilda stoftet.

Vid provet kunde observeras att det avskilda stoftet var brunaktigt och huvudsakligen bestod av aska. Askans var tyngre än normalt och volymvikterna uppmättes i prov 1 och 2 till 486 kg/m³ resp 475 kg/m³. Vid höga halter av oförbränt kan askans volymvikt ligga mellan 100-200 kg/m³.

Analys av askan

Ett prov på det avskilda stoftet har analyserats på metaller. Analyserna framgår av bilaga 4 och tabell nedan. Askhalten på barkens torrsubstans uppgår till 2,9 % och askhalten i avskilt stoft till 87,7 %.

Avskilt stoft

Essentiella metaller		g/ton TS	
Mangan	(Mn)	409	
Zink	(Zn)	70	(Tungmetaller)
Kobolt	(Co)	0,67	
Koppar	(Cu)	3,77	

Icke essentiella metaller (toxiska)

Kadmium	(Cd)	0,46	
Kvikksilver	(Hg)	0,013	
Bly	(Pb)	6,21	(Tungmetaller)
Krom	(Cr)	1,22	
Nickel	(Ni)	2,93	

Övriga ämnen

		kg/ton TS
Kisel	(SiO ₂)	10,7
Kalcium	(CaO)	8,1
Kalium	(K ₂ O)	1,26
Natrium	(Na ₂ O)	0,36
Magnesium	(MgO)	1,04
Järn	(Fe ₂ O ₃)	0,69

Vi har i tabellen ovan angivit värdena på avskilt stoft på grund av att det är av intresse att kunna använda det avskilda stoftet bl a som jordförbättringsmedel. Av de essentiella tungmetallerna är det mangan och zink som uppvisar höga halter. Av de icke essentiella metallerna som är skadliga i höga doser för växter och oljor, är det bly och nickel som uppvisar de högsta halterna.

Datum
80-05-08Utgåva
Order nr alt regnr
776839

Det kan vara av intresse att jämföra med värden i Energikommissionens rapport. Det bör dock observeras att dessa värden är angivna för ved. Med hänsyn till att provet innehöll 12,3 % oförbränt är värdena uppräknade att gälla ren aska.

Essentiella metaller	Bark g/ton TS enligt prov	Energikommissionens värde på ved g/ton TS
Mangan (Mn)	466	12-194
Zink (Zn)	79	40-44
Kobolt (Co)	0,76	0,05-0,08
Koppar (Cu)	4,30	3,6-5,6
Icke essentiella metaller		
Kadmium (Cd)	0,53	0,1-0,34
Kvikksilver (Hg)	0,014	0,01-0,02
Bly (Pb)	7,08	2,2-2,8
Krom (Cr)	1,39	1,9-2,3
Nickel (Ni)	3,34	0,72-1,2

Som regel har barken högre halter av metaller än veden. Detta framgår också av tabellen. Av de essentiella metallerna i barkaskan uppvisar alla metaller utom koppar högre halter än i vedaskan. Detsamma gäller för de icke essentiella metallerna utom för kvikksilver och krom, där halterna tycks vara lika höga som i veden. Halterna av speciellt bly och nickel verkar vara avsevärt högre i barkaskan än i vedaskan.

Askhalten kan som tidigare nämnts variera i bränslet beroende på transportsätt, växtplats etc. Vidare kan överbäringen av stoft i eldstaden variera varför värdena som angivits från proven måste betraktas som ungefärliga.

Verkningsgrad

Ångpannans verkningsgrad framgår av tabell nedan.

Prov nr	Datum	Verkningsgrad %	O ₂ -halt efter stoftavskiljare %	Rökgastemperatur efter stoftavskiljare °C
1	3.4.79	79	9,9	193
2	4.4.79	81,3	11,0	208
3	5.4.79	81,3	9,2	194
1	25.10.79	76,8	8,8	216

Ångpannans verkningsgrad ligger omkring 80 %. Förlusterna på grund av oförbränt i stoftet var som tidigare nämnts små. En verkningsgradsförbättring skulle kunna åstadkommas genom att sänka O₂-halten eller genom lägre avgastemperatur.

Datum
80-05-08

Utgåve

Order nr alt regar
776839

Prov nr	Datum	Fukthalt	Verkningsgrads- förbättring genom lägre O ₂ -halt 6 %	Verkningsgrads- förbättring genom O ₂ -halt 6%, 60°C lägre avgastemp.
		%	%	%
1	3.4.79	61,1	2,9	8,0
3	5.4.79	52,1	3,1	6,3
1	25.10.79	62,9	2,7	6,0

Av tabellen framgår att det är viktigt hålla låg O₂-halt. Vid hög fukthalt hos bränslet förbrukas mycket torkluft på snedrosten. En del av denna luft kommer troligen inte förbränningen till godo. Under proven uppmärksammades att läckage förekom i stoftavskiljaren. Detta påverkar dock inte ångpannans verkningsgrad men ökar fläktarbetet.

Avgastemperaturen efter ångpannan är hög. Vid provet 79-10-25 uppmättes avgastemperaturen till 230°C. Läckaget i stoftavskiljaren uppmättes samtidigt till ca 6500 Nm³/h. Avgastemperaturen kan påverkas genom utökning av ekonomisern.

Syradaggpunkt

Prov 2 avsåg att undersöka om det alkaliska stoftet absorberade SO₃. Halten SO₃ uppmättes efter stoftavskiljaren till 3 (volym)ppm och vattenhalten till 11,6 %. SO₂-halten uppgick till 260 (volym)ppm. Ur partialtrycken för vattenånga och SO₃ kan syradaggpunkten beräknas till 127°C. Med daggpunktsmätaren typ Land 200 uppmättes samtidigt syradaggpunkten till 75-80°C. Stofthalten uppgick under provet till 1,070 mg/Nm³ torra rökgaser före stoftavskiljaren och i mätpunkten efter stoftavskiljaren till 152 mg/Nm³ torra rökgaser. O₂-halten var under provet så hög som 11 % och rökgastemperaturen 208°C. Stoftets pH i 10 % lösning uppgick till 12,9. 260 ppm SO₂ i rökgaserna ger 79 kg SO₂/h och detta 1,2 % svavel i oljan.

Sammanfattning

De utförda proven med B & W-ångpannan i april 1979 och oktober 1979 för att bestämma rostbelastningen vid olika fukthalter hos barken har givit följande resultat.

1. Vid en fukthalt hos barken av 61 % uppgick rostbelastningen till 340 kW/m² och vid fukthalt av 52 % uppmättes rostbelastningen till 425 kW/m². Den låga rostbelastningen får ställas i relation till de mycket små förlusterna i oförbränt i slag och stoft.
2. Förlusten genom oförbränt kol i stoftet som följer med rökgaserna från ångpannan uppgår till mellan 0,1-0,7 %, dvs avsevärt lägre än man är van vid. Halten oförbränt i avskilt stoft var max 12,3 % under proven.

Datum
80-05-08

Utgåva

Order nr alt regnr
776839

3. Stofthalten i rökgaserna uppgick vid en fukthalt hos barken av 61 % och 63 % till 1,9 resp 3,4 g/Nm³ torra rökgaser. Askhalten i bränslet var 2,9 resp 4,1 % på torrsubstansen.
4. Askans halt av tungmetaller har analyserats. Askan har speciellt höga halter av mangan och zink och av de toxiska tungmetallerna noteras att bly och nickel uppvisar de högsta halterna.
5. Ångpannans verkningsgrad ligger omkring 80 % och skulle kunna höjas en 6-8 % genom lägre O₂-halt i rökgaserna och genom lägre avgastemperatur.
6. Syradaggpunkten i rökgaserna bestämdes vid kombinationseldning av olja och bark och vid en O₂-halt av 11 % och vattenhalt av 11,6 % har syradaggpunkten beräknats till 127°C. Stoftets pH i 10 % lösning uppmättes till 12,9. Behandlingen av mätresultaten kommer att ske i delrapport "Kombinationseldning".

Updragsgivare/Client	Datum/Date	Utgåva/Issue	Order - alt regnr/Order No/Reg No
Stiftelsen för värmeteknisk forskning	79-05-28		776839
Anläggning/Plant	Sektion/Division	Handläggare/Prepared by	Telefonnr/Telephone No
Södra Skogsägarna, Värö Bruk	225	B Nordgren	08/23 46 00
Ärende/Subject			
Protokoll över prov med Burmeister & Wain-ångpanna			

Huvuddata

Panntyp

Burmeister & Wain

Högsta tillåtna tryck

atö 67

Drifttryck i dom vid 88 t/h

" 64,5

Tryck efter överhettare 88 t/h

" 58

Ångtemperatur

" 450

Matarvattentemperatur

°C 120

Lufttemperatur

" 30

Överhettaryta

Del I a

m² 440

Del II

" 440

Konvektionsyta

" 439

Ekonomiser

Typ

Slätrör Ø 30 mm

Yta

" 1405

Eldningsapparat

2 st ångatomiserade
brännare, typ 2 AK-32Barkugn med snedrost
och Kablitzrost

Eldstadsvolym

Huvudeldstad

m³ 220

Barkugn

" 151

Rostyta

Snedrost

m² 54

Kablitz

" 29

Datum

79-05-28

Utgåva

Order nr alt regnr

776839

Provdata

Prov nr		1	2
Provdag i april		3	4
Provtiden	kl	1005-1405	1100-1410
Provtidens längd	h	4	3,2

Ånga och matarvattenÖverhettad ånga

Mängd	kg/s	8,75	15,14
	ton/h	31,5	54,5
Tryck vid mätfläns	MPa	57,4	58,1
Temperatur	°C	443	447
Värmeinhåll	kJ/kg	3290	3298

Matarvatten

Mängd	kg/s	8,75	15,14
	ton/h	31,5	54,5
Temperatur före panna	°C	118	124
Värmeinhåll	kJ/kg	499	525
Temperatur före ekonomiser	°C	133	135
Värmeinhåll före "	kJ/kg	563	572
Temperatur efter "	°C	276	278
Värmeinhåll efter "	kJ/kg	1216	1226

Bränsle

Bränsleslag		barrbark	olja+bark
Förbrukad oljemängd	kg/s	-	0,896
	kg/h	-	3227
Oljans effektiva värmevärde	MJ/kg	-	41
	kcal/kg	-	(9800)
Förbrukad barkmängd	kg/s	4,74	2,43
	kg/h	17005	8730
Vattenhalt	%	61,1	62,6
Torrhalt	%	38,9	37,4
Askhalt på torr substans	%	2,9	2,0
Barkens effektiva värmevärde	MJ/kg	5,99	5,65
	kcal/kg	1430	1350

ÅNGPANNEFÖRENINGEN

[Dokumentnamn]

[Sida]

3

Datum

79-05-28

Utgåva

Order nr alt regnr

776839

Prov nr		1	2
<u>Luft</u>			
<u>Mängder</u>			
Mängd till tubrost	Nm ³ /h	18200	7000
" " Kablitzrost	"	10900	14800
" sekundärluft	"	16600	8200
<u>Temperaturer</u>			
Före panna	°C	46	47
Efter ångbatteri	°C	139	150
Före tubrost	°C	385	385
<u>Rökgaser</u>			
<u>Rökgasmängd efter ekonomiser</u>			
Mängd torra	Nm ³ /h	58800	103500
" H ₂ O	"	17400	13600
Totalt	"	76200	117100
Vattenhalt	%	22,8	11,8
O ₂ -halt efter ekonomiser	"	9,9	11
<u>Rökgastemperaturer</u>			
Före överhettare ca	°C	-	1040
Före ekonomiser	"	382	426
Efter "	"	193	208
SO ₃	volyms ppm	-	3
SO ₂	"	-	260
Syradaggpunkt (mätt)	°C	-	75-80
" (beräknad)	°C	-	127
<u>Flygaska</u>			
<u>Stofthalt i rökgaser efter stoft-</u>			
<u>avskiljare</u>			
	mg/Nm ³ våta	193	135
	mg/Nm ³ torra	250	152
<u>Stofthalt i rökgaser före</u>			
<u>stoftavskiljare</u>			
	mg/Nm ³ våta	1466	950
	mg/Nm ³ torra	1900	1070
Avskild stoftmängd	kg/h	97	95
Askans volymvikt	kg/m ³	486	475
Halt av brännbart i avskilt stoft	%	12,3	8,4
Stoftets pH (10 % lösning)	pH	13,0	12,9
Stoftmängd i skorsten	kg/h	14,7	15,7
Totalavskiljningsgrad	%	87	86

Datum

Utgåva

Order nr alt regnr

79-05-28

776839

Prov nr

1

2

Askbalans

Tillfört med bränsle	kg/h	192	65
Aska i avskilt stoft	"	98	101
Rest	"	-94	+30

Specifika belastningarRostbelastning

Tubrost	kW/m ²	525	250
	kg bränsle/m ² h	317	162
Kablitz	kW/m ²	980	470
	kg bränsle/m ² h	590	300
Totalt	kW/m ²	340	165
	kg bränsle/m ² h	206	105

Volymbelastning

Barkugn	kW/m ³	205	100
Barkugn + huvudeldstad	"	80	140

Ekonomiser

Upptaget i ekonomiser	kW	5700	9900
Vattenmängd genom ekonomiser	kg/s	8,75	15,14
Rökgastemperatur före ekonomiser	°C	382	426
" efter "	"	193	208
Vattentemperatur före "	"	133	135
" efter "	"	276	278
Värmeinhållsökning hos matarvattnet	kJ/kg	653	654
Log. medeltemperaturskillnad rökgaser-vatten	°C	81	106
Kapacitet	W/°C	70400	93400
Värme genomgångstal	W/m ² °C	50,1	66,5
	kcal/m ² h°C	43	57,2

Datum
79-05-28

Utgåva

Order nr alt regnr
776839

Prov nr

VärmebalansTillfört värme med

Bark

Olja

Luft

Totalt tillfört

Bortfört värme

Upptaget i ånga

Förluster

Fritt värme i rökgaser

Oförbränt i flygaska ca

Rest

Totalt bortfört

1		2	
kW	%	kW	%
28400	91,9	13700	26,5
-	-	36750	71,2
2500	8,1	1200	2,3
30900	100,0	51650	100,0
24400	79,0	42000	81,3
4550	14,7	7300	14,1
200	0,6	50	0,1
(1750)	5,7	(2300)	4,5
30900	100,0	51650	100,0

Uppdragsgivare/Client	Datum/Date	Utgåva/Issue	Order - alt regnr/Order No/Reg No
Stiftelsen för värmeteknisk forskning	79-05-28		776839
Anläggning/Plant	Sektion/Division	Handläggare/Prepared by	Telefonnr/Telephone No
Södra Skogsägarna, Värö Bruk	225	B Nordgren	08/23 46 00
Ärende/Subject			
Protokoll över prov med Burmeister & Wain-ångpanna			

Huvuddata

Panntyp	Burmeister & Wain	
Högsta tillåtna tryck	atö	67
Drifttryck i dom vid 88 t/h	"	64,5
Tryck efter överhettare 88 t/h	"	58
Ångtemperatur	"	450
Matarvattentemperatur	°C	120
Lufttemperatur	"	30
Överhettaryta		
Del I a	m ²	440
Del II	"	440
Konvektionsyta	"	439
Ekonomiser		
Typ	Slätrör Ø 30 mm	
Yta	"	1405
Eldningsapparat	2 st ångatomiserade brännare, typ 2 AK-32	
	Barkugn med snedrost och Kablitzrost	
Eldstadsvolym		
Huvudeldstad	m ³	220
Barkugn	"	151
Rostyta		
Snedrost	m ²	54
Kablitz	"	29

Datum

79-05-28

Utgåva

Order nr alt regnr

776839

Provdata

Prov nr

3

Provdag i april

5

Provtiden

kl

12⁵⁵ - 13⁵⁵

Provtidens längd

h

1

Ånga och matarvattenÖverhettad ånga

Mängd

kg/s

11,14

ton/h

40,1

Tryck vid märfläns

MPa

58,5

Temperatur

°C

445

Värmeinhåll

kJ/kg

3294

Matarvatten

Mängd

kg/s

11,14

ton/h

40,1

Temperatur före panna

°C

122

Värmeinhåll

kJ/kg

516

Temperatur före ekonomiser

°C

135

Värmeinhåll före "

kJ/kg

572

Temperatur efter "

°C

274

Värmeinhåll efter "

kJ/kg

1206

Bränsle

Bränsleslag

Björkbark

Förbrukad oljemängd

kg/s

-

kg/h

-

Oljans effektiva värmevärde

MJ/kg

-

kcal/kg

-

Förbrukad barkmängd

kg/s

3,68

kg/h

13270

Vattenhalt

%

52,1

Torrhalt

%

47,9

Askhalt på torr substans

%

1,8

Barkens effektiva värmevärde

MJ/kg

9,55

kcal/kg

2280

Datum
79-05-82Utgåva
Order nr alt regnr
776839

Prov nr

3

Luft

Mängder

Mängd till tubrost	Nm ³ /h	16800
" " Kablitzrost	"	12000
" sekundärluft	"	16800

Temperaturer

Före panna	°C	47
Efter ångbatteri	°C	143
Före tubrost	°C	385

Rökgaser

Rökgasmängd efter ekonomiser

Mängd torra	Nm ³ /h	62900
" våta	"	13700
Totalt	"	76600
Vattenhalt	%	17,9
O ₂ -halt efter ekonomiser	"	9,2

Rökgastemperaturer

Före överhettare ca	°C	920
Före ekonomiser	"	425
Efter "	"	194

SO₃

volym ppm

-

SO₂

"

-

Syradaggpunkt (mätt)

°C

-

" (beräknad)

°C

-

FlygaskaStofthalt i rökgaser efter stoft-
avskiljaremg/Nm³ våta

-

mg/Nm³ torra

-

Stofthalt i rökgaser före
stoftavskiljaremg/Nm³ våta

-

mg/Nm³ torra

-

Avskild stoftmängd

kg/h

-

Askans volymvikt

kg/m³

-

Halt av brännbart i avskilt stoft

%

-

Stoftets pH (10 % lösning)

pH

-

Stoftmängd i skorsten

kg/h

-

Totalavskiljningsgrad

%

-

ÅNGPANNEFÖRENINGEN

Dokumentnamn

Sida

4

Datum

Utgåva

Order nr alt regnr

79-05-28

776839

Prov nr

3

Askbalans

Tillfört med bränsle

kg/h

1

Aska i avskilt stoft

"

-

Rest

"

-

Specifika belastningarRostbelastning

Tubrost

 kW/m^2

650

kg bränsle/ m^2h

246

Kablitz

 kW/m^2

1210

kg bränsle/ m^2h

458

Totalt

 kW/m^2

425

kg bränsle/ m^2h

160

Volymbelastning

Barkugn

 kW/m^3

250

Barkugn + huvudeldstad

"

100

Ekonomiser

Upptaget i ekonomiser

kW

7060

Vattenmängd genom ekonomiser

kg/s

11,14

Rökgastemperatur före ekonomiser

 $^{\circ}\text{C}$

425

" efter "

"

194

Vattentemperatur före

"

135

" efter "

"

274

Värmeinhållsökning hos matarvattnet

kJ/kg

634

Log. medeltemperaturskillnad rökgaser-vatten

 $^{\circ}\text{C}$

98

Kapacitet

 $\text{W}/^{\circ}\text{C}$

72000

Värme genomgångstal

 $\text{W/m}^2^{\circ}\text{C}$

51,3

kcal/ $\text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$

44

Datum

79-05-28

Utgåva

Order nr alt regnr

776839

Prov nr

VärmebalansTillfört värme med

Bark

Olja

Luft

Totalt tillfört

Bortfört värme

Upptaget i ånga

Förluster

Fritt värme i rökgaser

Oförbränt i flygaska ca

Rest

Totalt bortfört

3	
kW	%
35200	92,5
-	-
2850	7,5
38050	100,0
30950	81,3
4800	12,6
-	-
(2300)	6,1
38050	100,0

Uppdragsgivare/Client	Datum/Date	Utgåva/Issue	Order - alt regnr/Order No/Reg No
Stiftelsen för värmeteknisk forskning	79-12-21		776839
Anläggning/Plant	Sektion/Division	Handläggare/Prepared by	Telefonnr/Telephone No
Södra Skogsägarna, Värö Bruk	225	B Nordgren	08/23 46 00
Ärende/Subject			
Protokoll över prov med Burmeister & Wain-ångpanna			

Huvuddata

Panntyp	Burmeister & Wain	
Högsta tillåtna tryck	atö	67
Drifttryck i dom vid 88 t/h	"	64,5
Tryck efter överhettare 88 t/h	"	58
Ångtemperatur	"	450
Matarvattentemperatur	°C	120
Lufttemperatur	"	30
Överhettaryta		
Del I a	m ²	440
Del II	"	440
Konvektionsyta	"	439
Ekonomiser		
Typ	Slätrör Ø 30 mm	
Yta	"	1405
Eldningsapparat	2 st ångatomiserade brännare, typ 2 AK-32	
	Barkugn med snedrost och Kablitzrost	
Eldstadsvolym		
Huvudeldstad	m ³	220
Barkugn	"	151
Rostyta		
Snedrost	m ²	54
Kablitz	"	29

ÅNGPANNEFÖRENINGEN

Dokumentnamn

Sida

2

Datum
79-12-21

Utgåva

Order nr alt regnr
776839Provdata

Prov nr		1
Provdag		79.10.25
Provtiden	kl	8.30-12.00
Provtidens längd	h	3,5

Ånga och matarvattenÖverhettad ånga

Mängd	kg/s	8,22
	ton/h	29,6
Tryck vid mätfläns	MPa	58
Temperatur	°C	452
Värmeinhåll	kJ/kg	3311

Matarvatten

Mängd	kg/s	8,22
	ton/h	29,6
Temperatur före panna	°C	115
Värmeinhåll	kJ/kg	487
Temperatur före ekonomiser	°C	140
Värmeinhåll före "	kJ/kg	584
Temperatur efter "	°C	270
Värmeinhåll efter "	kJ/kg	1185

Bränsle

Bränsleslag		barrbark
Förbrukad oljemängd	kg/s	-
	kg/h	-
Oljans effektiva värmevärde	MJ/kg	-
	kcal/kg	-
Förbrukad barkmängd	kg/s	4,98
	kg/h	17900
Vattenhalt	%	62,9
Torrhalt	%	37,1
Askhalt på torr substans	%	4,1
Barkens effektiva värmevärde	MJ/kg	5,55
	kcal/kg	1325

Datum

79-12-21

Utgåva

Order nr alt regnr

776839

Prov nr

1

Luft

Mängder

Mängd till tubrost

Nm³/h 13700

" " Kablitzrost

" 17500

" sekundärluft

" 13800

Temperaturer

Före panna

°C 48

Efter ångbatteri

°C 136

Före tubrost

°C 359

Rökgaser

Rökgasmängd efter stoftavskiljare

Mängd torra

Nm³/h 54200" H₂O

" 18500

Totalt

" 72700

Vattenhalt

25,4

CO₂-halt efter ekonomiser

% 13,4

O₂-halt efter stoftavskiljare

" 8,6

CO₂-halt efter stoftavskiljare

" 11,8

Rökgastemperaturer

Före överhettare

°C -

Före ekonomiser

" -

Efter " "

" 230

Efter stoftavskiljare

" 216

SO₃

volyms ppm -

SO₂

" -

Syradaggpunkt (mätt)

°C -

" (beräknad)

" -

Luftläckage i stoftavskiljare

Nm³/h 6500Flygaska

Stofthalt i rökgaser efter stoftavskiljare

mg/Nm³ våta 188mg/Nm³ torra 252

Stofthalt i rökgaser före stoftavskiljare

mg/Nm³ våta 3385mg/Nm³ torra 2524

ÅNGPANNEFÖRENINGEN

Dokumentation

Sida

4

Datum

79-12-21

Utgåva

Order nr alt regnr

776839

Prov nr		1
Avskild stoftmängd	kg/h	169,8
Askans volymvikt	kg/m ³	-
Halt av brännbart i avskilt stoft	%	10,5
Stoftets pH (10 % lösning)	pH	-
Stoftmängd i skorsten	kg/h	13,7
Totalavskiljningsgrad	%	92,5
<u>Askbalans</u>		
Tillfört med bränsle	kg/h	272
Aska i avskilt stoft	"	152
Rest	"	120
<u>Specifika belastningar</u>		
<u>Rostbelastning</u>		
Tubrost	kW/m ²	507
	kg bränsle/m ² h	331
Kablitz	kW/m ²	945
	kg bränsle/m ² h	617
Totalt	kW/m ²	330
	kg bränsle/m ² h	216
<u>Volymbelastning</u>		
Barkugn	kW/m ³	200
Barkugn + huvudeldstad	"	80
<u>Ekonomiser</u>		
Upptaget i ekonomiser	kW	4940
Vattenmängd genom ekonomiser	kg/s	8,22
Rökgastemperatur före ekonomiser	°C	385
" efter "	"	230
Vattentemperatur före "	"	138
" efter "	"	270
Värmeinhållsökning hos matarvattnet	kJ/kg	600
Log. medeltemperaturskillnad rökgaser-vatten	°C	103,1
Kapacitet	W/°C	47900
Värmegenomgångstal	W/m ² °C	34,1
	kcal/m ² h°C	29,3

Datum

79-12-21

Utgåve

Order nr alt regar

776839

Prov nr

VärmebalansTillfört värme med

Bark

Olja

Luft

Totalt tillfört

Bortfört värme

Upptaget i ånga

Förluster

Fritt värme i rökgaser

Oförbränt i flygaska ca

Rest

Totalt bortfört

1	
kW	%
27400	91,4
-	
2600	8,6
30200	100,0
23200	76,8
5050	16,7
200	0,7
1750	5,8
30200	100,0



STATENS PROVNINGSANSTALT

79 08. 06.

Ordningsnummer Distribution

Beskrivning, datum, signatur

Uppdragsgivare

Angpanneföreningen, Stockholm

Föremål

1 prov barkaska märkt "Värö 3/4 790508-1"

Inkom

Uppdrag

Analys av Mn, Zn, Co, Cu, Cd, Hg, Pb, Cr, Ni, K, Ca, Na, Mg, Si, Fe

Utförande:

Provet finmalles, varefter huvudelementen förutom kisel analyserades efter upplösning med fluorvätesyra/perklorsyra. Kisel analyserades efter smältning med litiummetaborat. Kvicksilver bestämdes med en cold-vaporteknik efter uppsamling på guldnät. De övriga elementen bestämdes efter lakning med salpetersyrasaltsyra. För alla analyser utom för kvicksilver användes atomabsorptionsspektrometer.

Resultat:

Resultaten är beräknade på prov i inlämnat tillstånd.

Kisel, SiO ₂	37,02 %
Kalcium, CaO	28,04 %
Kalium, K ₂ O	4,34 %
Natrim, Na ₂ O	1,25 %
Magnesium, MgO	3,60 %
Järn, Fe ₂ O ₃	2,39 %
Mangan, Mn	1,41 %
Zink, Zn	0,24 %
Krom, Cr	42 µg/g
Koppar, Cu	130 µg/g
Kadmium, Cd	16 µg/g
Kobolt, Co	23 µg/g
Nickel, Ni	101 µg/g
Bly, Pb	214 µg/g
Kvicksilver, Hg	0,41 µg/g

Borås 1979-08-02

STATENS PROVNINGSANSTALT
Analyslaboratoriet

Björn Lundgren
Björn Lundgren

Lars-Henrik Österholm
Lars-Henrik Österholm

Uppdragsgivare/Client	Datum/Date	Utgåva/Issue	Order - alt regnr/Order No/Reg No
Stiftelsen för värmeteknisk forskning	79-05-28		776839
Anläggning/Plant	Sektion/Division	Handläggare/Prepared by	Telefonnr/Teléfono No
Södra Skogsägarna, Värö Bruk	225	B Nordgren	08/23 46 00
Ärende/Subject			
MÄTMETODER			

DAGGPUNKTSBESTÄMNING

Syradaggpunkten bestämdes med en daggpunktsmätare typ Land 200.

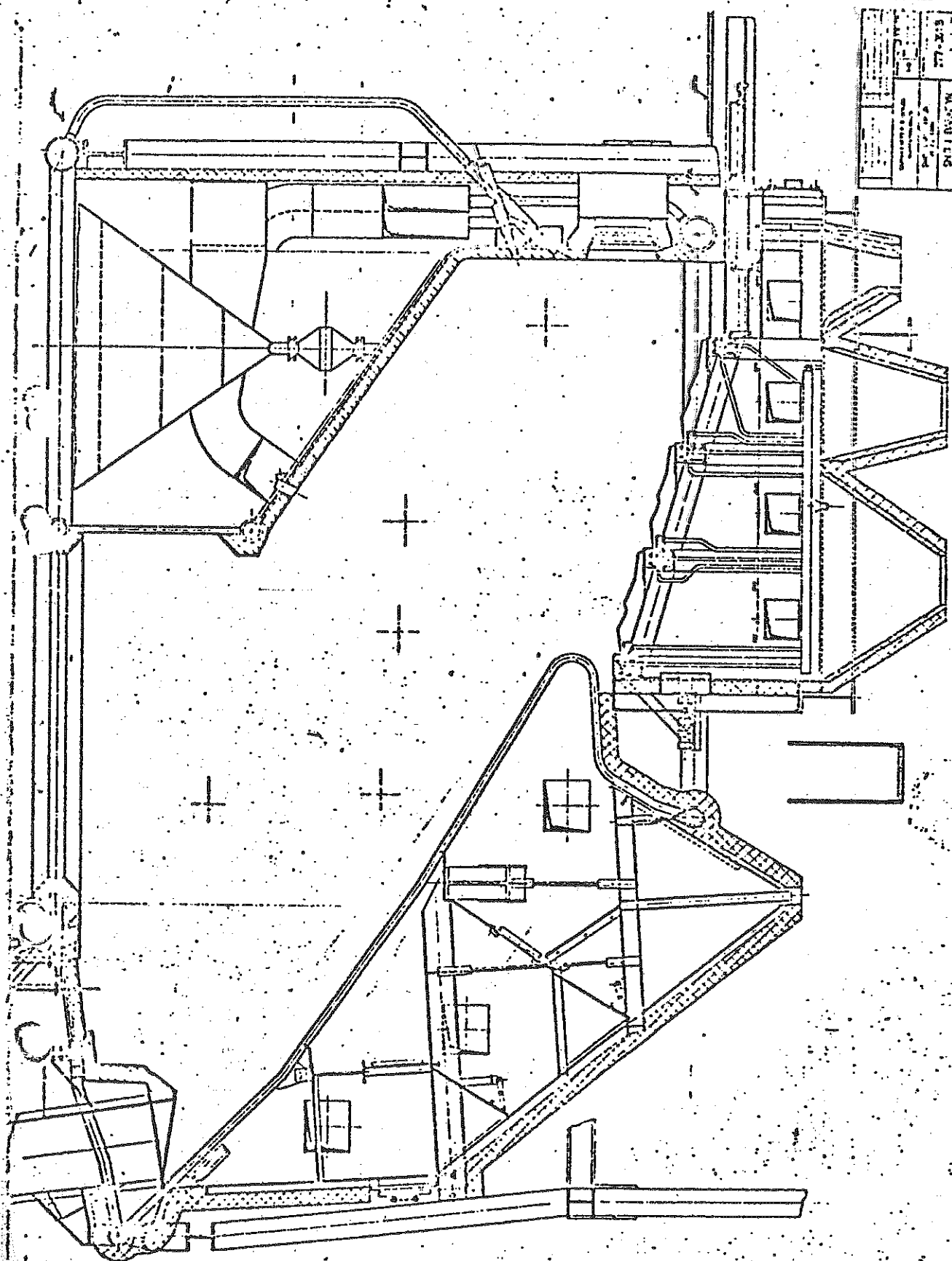
Princip: Rökgasen passerar förbi en tryckluftkyld glaskropp vari är insvetsat två platinaelektroder och ett termoelement. Vid kylning av glaskroppen kondenserar SO_3 på glasytan som blir elektriskt ledande. Gasens och glasytans temperatur uppmätes. Daggpunkten definieras som den temperatur vid vilken 50 mikroampere konstant leds mellan elektroderna.

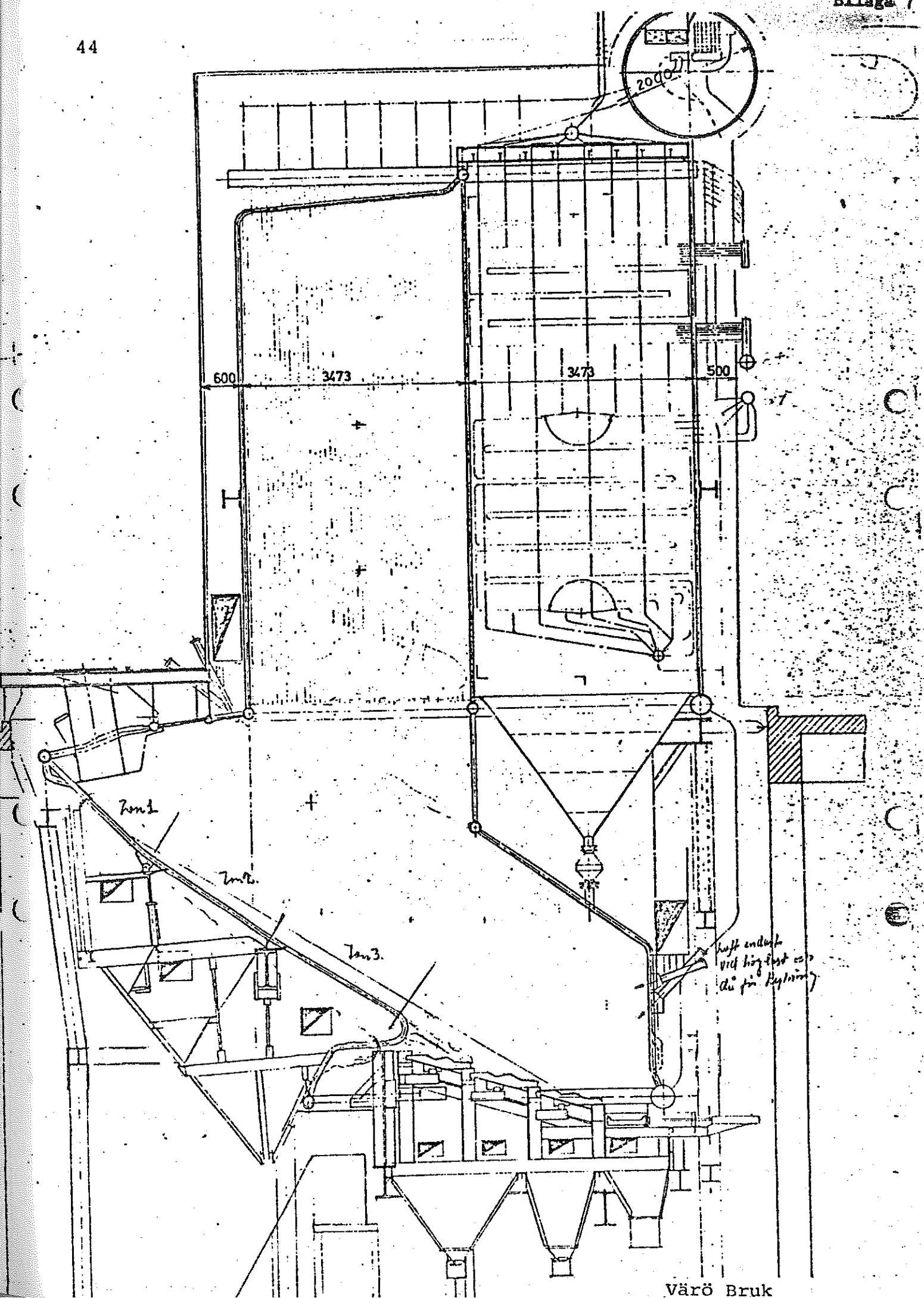
BESTÄMNING AV SO_2 OCH SO_3 SO_3 och SO_2

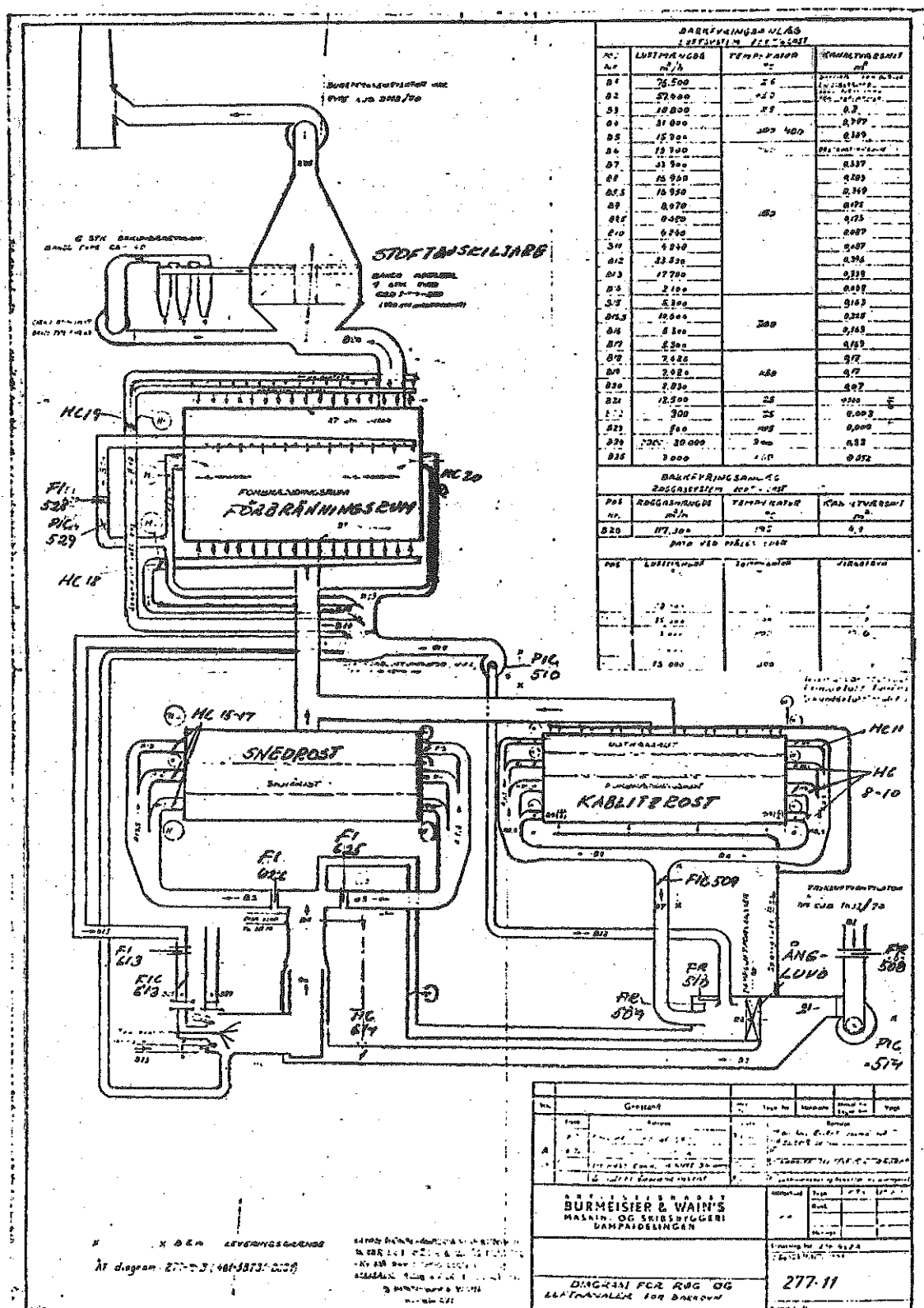
Bestämning av SO_3 -halten i rökgasen har utförts med den kontrollerade kondenseringsmetoden. Principen är att ett delgasflöde från rökgas-kanalen avleds genom värmd sond till en uppsamlare av glas. Denna är termostaterad vid 90°C . I uppsamlaren kondenserar SO_3 .

Den utsugna provgasvolymen registreras med kalibrerat gasur. Efter provets slut tvättas uppsamlare med 5 %-ig isopropanollösning försatt med indikator. Den absorberade mängden SO_3 bestäms genom titrering med NaOH . Metoden kan jämföras med den som används för SO_3 -bestämning i Brittish Standard.

Efter passagen genom kondensorn leds gasen genom en tvättflaska med 3 % väteperoxid vari SO_2 absorberas. Den absorberade mängden bestäms genom titrering med NaOH sedan indikator tillsatts.







Stiftelsen för värmeteknisk forskning

Utlåtande över prov med förbränning av
barrbark vid olika fukthalter i sned-
rostugn med Kablitz vid Iggesunds Bruk

Inledning/Sammanfattning/Innehåll

Innehåll

Sid

Beskrivning av provningsanläggning

1

Mätning

2

Provningsresultat

3

Rostbelastning

3

Stofthalt i rökgaser

4

O₂-halt

5

Avskiljningsgrad

5

Förlust genom oförbränt

6

Sammanfattning

Bilaga 1 Protokoll

" 2 Analyser på bark och sot

" 3 Skiss på ångpanna

" 4 " " "

" 5 Flödesschema vatten-ånga

" 6 " luft

ÅNGPANNEFÖRENINGEN
PROCESSTEKNIK
Bo Nordgren

UTLÅTANDE

1

Uppdragsgivare/Client	Datum/Date	Utgåva/Issue	Order - alt regnr/Order No/Reg No
Stiftelsen för värmeteknisk forskning	80-05-06		776839
Anläggning/Plant	Sektion/Division	Handläggare/Prepared by	Telefonnr/Telephone No
AB Iggesunds Bruk	225	B Nordgren	08/23 46 00
Ärende/Subject			
Bestämning av rostbelastningen vid olika fukthalter vid barkedlning			

På uppdrag av Stiftelsen för värmeteknisk forskning har vår ingenjör Bo Nordgren den 8-10 januari 1980 utfört prov med förbränning av bark i en snedrostugn vid AB Iggesunds Bruk.

Allmänna data

Proven utfördes i en ångpanna levererad av AB Svenska Maskinverken med en effekt av 150 ton/h ånga vid kombinationseldning av bark och olja. Barken förutsätts i garantierna för ångpannan ha en fukthalt av 55 % och ett värmevärde av 7580 kJ/kg (1810 kcal/kg). Barkeldningen ger enligt förutsättningarna ca 51 ton/h ånga och oljan, som eldas i 6 st Hamworthy oljebrännare, ger 99 ton/h ånga. Barkeldningen motsvarar en rostbelastning av 700 kW/m².

Förugnens principiella utseende framgår av bifogade skiss. Den vattenkylda snedrosten har en yta på 33,5 m² och den rörliga Kablitzrosten en yta på 32,5 m² (förhållandet snedrost/Kablitz blir 1,03). Primärluften tillföres i två zoner under snedrosten och i tre zoner under Kablitzrosten. Luft kan också tillföras i en zon under slaggrosten. Sekundärluften tillföres genom dysrör på tre ställen, låg sekundär omedelbart över Kablitzrosten, hög sekundär i utloppet från ugnen över näsan, som sekundärluft över snedrost i utloppet från ugnen.

Luftmängderna till samtliga zoner under rosten och sekundärluftmängderna regleras med motormanövrerade spjäll. Mätning förekommer av samtliga luftmängder. Regleringen av totala barkluftmängden, sekundärluftmängderna och luften till snedrosten sker från pulpet i kontrollrum. Luften till Kablitzrosten och slaggrost regleras från skåp vid själva ugnen.

Luft	Mätning	Reglering	
		Typ	Placering
Total barkluft	Venturi	Varvtal på fläkt	Kontrollrum
Sekundärluft:			
Låg sekundär	"	Motormanövrerat spjäll	"
Hög "	"	Ledskenor	"
Sekundär över snedrost	"	Varvtal	"
Primärluft:			
Snedrost	Venturi	Motormanövrerade spjäll	"
2 zoner	Tryckfall över rost	"	
Kablitz	Tryckfall	"	Vid ugn
3 zoner	över rost		
Slaggrost	"	"	"

Driftpersonalen är enligt uppgift nöjda med instrumentens placering. Båddens utseende kan övervakas med TV-kamera i kontrollrummet. Bedömning av bildens utseende fordrar viss vana.

Luften till barkugnen förvärmes av det inkommande matarvattnet ($135-140^{\circ}\text{C}$) från 30 till ca 105°C . Matarvattnet passerar från matarvattenluftbatteriet till en återförvärmare-ekonomiser och till en ekonomiser i andra rökgasdraget. En del av matarvattnet kan shuntas förbi matarvattenluftbatteriet direkt till ekonomisern vid oljeeldning. Efter matarvattenluftbatteriet förvärmes luften till barkugnen i ytterligare två cirkulationsvattenluftbatterier med vatten från domen. I det första batteriet förvärmes luften från 105°C till 125°C och i det tredje cirkulationsbatteriet från 125°C till 230°C . Den 230°C luften blåses in under tubrosten. Den övriga delen av luften går till Kablitzrost och till sekundärluftdysorna. Efter det pannan leveransprovats har varvtalet på barkluftfläktarna höjts och ångpannan kompletterats med ytterligare ett cirkulationsbatteri samt fläkt för sekundärluft till luftdysorna över snedrost enligt fig.

Askutmatningen från Kablitz och slaggrost sker med redlertransportörer. Slaggrosten manövreras hydrauliskt från ugnspanet. Sotning av överhettare sker med 8 st sotblåsare och konvektionsytan sotas med 6 st sotblåsare. Återförvärmare och ekonomiser hålls rena med kulsotning.

Mätning

Mätningen avsåg att bestämma rostbelastningen vid olika fukthalter hos barken. Följande prov utfördes:

Prov nr	Anm.
1	Max last med löv bark
2	" " " normal bark (blandning av löv- och barrbark)
3	Normallast, normal bark
4	" , olja + normal bark

Ursprungligen var avsikten att genomföra proven med barrbark enbart. Förhållandena vid fabriken tillät emellertid inte att barrbarkens torrhalt ändrades utan ingrepp i driften. Proven genomfördes därför med björk- och barrbark.

Proven med normallast och normallast + olja genomfördes för att undersöka överbäringen av stoft från eldstaden.

Under proven togs regelbundet prov på barken för att bestämma torrhalt, askhalt på torrsustans och volymvikt. Analyserna har utförts av fabriken laboratorium, bilaga 2.

Stofthalten i rökgaserna efter elektrofiltret bestämdes genom isokinetisk utsugning. Mängden avskilt stoft mättes genom volymmätning i stoftbunkern efter stoftavskiljaren. Prov på avskilt stoft uttogs och halten brännbart och volymvikten bestämdes av fabriken laboratorium, bilaga 2.

Matarvatten- och ångmätare uppmättes med kalibrerade dp-celler kopplade parallellt med driftmätarna. Vidare avlästes ångtemperatur, matarvatten-temperaturer, luft- och rökgastemperaturer med kalibrerade termoelement. Rökgasernas sammansättning bestämdes med O₂-mätare med zirkoniumoxidcell. Tryckförhållandena klarlades med U-rör. Ångpannans driftinstrument avlästes i manöverrummet.

Provningsresultat

Provningsresultaten framgår i detalj av protokollet i bilaga 1.

Rostbelastning

Resultaten är sammanfattade i tabell nedan:

Prov nr	Rostbelastning kW/m ²	Fukthalt %	Ångmängd ton/h	O ₂ -halt %	Anm.
1	1140	54,8	88	3,6	Max last, lövbark
2	930	62,3	69	6,4	" , normalbark
3	935	63	71	6,5	Normallast, "
4	1040	59,5	78	7,0	" , bark+olja
Lev.prov nr					
3	773	51,4	58	4,8	Max last, enb. bark
4	990	57,9	76	0,8	" på bark+olja

Av tabellen ovan framgår att rostbelastningen ligger högre än vid leveransproven. Vid prov nr 4 under leveransproven förekom oförbrända rökgaser i form av CO på grund av att sekundärluften inte räckte till. Efter leveransproven har därför barkluftfläktarnas varvtal höjts och sekundärluftdysor byggts in ovanför snedrosten, vilket har haft en positiv effekt på rostbelastningen. Förutom att oförbrända rökgaser försvunnit är det lättare att reglera och omfördela luften.

Vid enbart barkeldning och en fukthalt hos barken av 55 % uppgick rostbelastningen vid de senaste proven till 1140 kW/m² och vid 62 % fukthalt blev rostbelastningen 930 kW/m².

Vid prov 2 vid 62 % fukthalt hos barken behövdes en relativt lång inkörningsperiod, troligen på grund av ojämnbarkinmatning. Delar av rosten var tidvis tomma med fritt tillträde för luften så att O₂-halten tidvis låg över 10 %. Detta resulterade genast i nedkylning av eldstaden och låg ångproduktion som följd.

Ångmätare och O_2 -mätare följdes under inkörningsperioden åt. Hög O_2 -halt motsvarade låg ångproduktion och vice versa. Först vid O_2 -halter under 6-7 % stabiliserades ångmängden.

Under proven gjordes en annan omfördelning av luften än under leveransproven. En större andel av sekundärluften fick gå genom låg sekundär. Härigenom uppnåddes att flamfronten blev bredare och mer turbulent. Detta är troligen en av förklaringarna till att rostbelastningen ligger högre än vid leveransprovet. Den turbulenta förbränningen medför att medryckningen av oförbränt kol ökar något.

Vid prov 4 vid kombinationseldning av bark och olja uppgick barkens fukthalt till 59 % och rostbelastningen till 1040 kW/m². Vid oljeeldning fås en viss instrålning till barkeldstaden som torkar barkbäddens yta och underlättar antändningen av barken när den torkat.

Stofthalt i rökgaser

Under proven erhöjls olika höga värden på stofthalterna i rökgaserna. Variationerna är troligen att hänföra helt och hållet till ojämn bränslebädd.

Prov nr		1	2	4
Stofthalt på våta gaser	g/Nm ³	3	0,5	7,5
Oförbränt i avskilt stoft	%	89	86	50
Barkens fukthalt	%	54,8	62,3	59,5
Aska tillfört med bränsle	kg/h	530	386	324
Rostbelastning	kW/m ²	1142	930	1040

Av tabellen framgår att det inte råder något samband mellan stofthalt och barkens fukthalt, askhalt eller rostbelastning. Vid prov 1-3 vid enbart barkeldning låg halten oförbränt i avskilt stoft över 85 % men vid kombinationseldning med olja i prov 4 sjunker halten till 50 % beroende på bättre utbränning i huvudeldstaden.

Den höga stofthalten i prov 4 kan bero på ackumulering av aska i eldstaden, kort provtid och ojämn eldning.

Volymmätning av bark

Samtidigt med att torrhaltsprover uttogs på bark gjordes prov för att bestämma volymvikten. Tabellen nedan visar resultaten av mätningarna och framgår i detalj av bilaga 2.

Prov nr	Volymvikt kg/lm ³	Volymvikt kg TS/lm ³	Torrhalt %
1	363	164 (björkbark)	45,2
2	342	129 (blandning av	37,7
3	365	björk och	37,0
4	365	barrbark)	40,5

Av tabellen framgår att torra volymvikten ligger mellan 129-164 kg/lm³ och ökar med torrhalten. Ofta används volymen bark som ett mått på kapaciteten och volymvikten antas till 110-130 kg TS/lm³. Mätningarna vid proven visar att torra volymvikten kan ligga avsevärt högre och att det är bättre att hänföra kapaciteten hos barkugnar till kg TS/h.

O₂-halt

Trots forceringen av eldningen i prov 1 där rostbelastningen var så hög som 1140 kW/m² kunde vid detta prov O₂-halten hållas så låg som 3,6 %.

Vid övriga prov har mera normala värden på O₂-halten erhållits mellan 6-7 % O₂. Resultaten är tillfredsställande ur förbrännings synpunkt.

Vid proven observerades att ugnen lätt kunde råka i svängningar vid maximal kapacitet om samtidigt barkinmatningen blev ojämn.

Avskiljningsgrad

Vid prov 1 och 2 har elektrofiltret fungerat tillfredsställande och givit 99,4 % resp 98,1 % avskiljningsgrad. Vid prov 3 har troligen ett provtagningsfel inträffat genom beröring av kanalväggen med utsugningssonder. Vid provet har 470 mg/Nm³ torra rökgaser uppmätts trots att elfiltret varit i drift under hela provtagnings tiden.

Vid prov 4 fungerade elfiltret oklanderligt och mätning utfördes endast på det avskilda stoftet.

Förlust genom oförbränt kol

Halten oförbränt i askan låg vid proven 1-3 över 85 % och vid prov 4 vid kombinationseldning med olja vid 50 %. Det oförbrända består av rent träkol och sänker verkningsgraden hos anläggningen med mellan 1-6 %. Verkningsgraden skulle kunna höjas hos anläggningen om det oförbrända kolet kunde återföras till eldstaden. Större delen av det oförbrända kolet är grövre partiklar som lätt kan avskiljas i en grovavskiljare.

Datum
80-05-06

Utgåva

Order nr alt regnr
775839Sammanfattning

De utförda proven med SMV-ångpanna i januari 1980 för att bestämma rostbelastningen vid olika fukthalter hos barken har givit följande resultat.

1. Vid en fukthalt hos barken av 54,8 % ligger rostbelastningen vid 1140 kW/m^2 och vid 62,3 % fukthalt hos barken vid 930 kW/m^2 . Halten oförbränt i avskilt stoft uppgår vid enbart barkeldning till över 85 % och vid kombinationseldning med olja uppgår halten oförbränt till ca 50 %. Det oförbrända stoftet i rökgaserna matas ut med det avskilda stoftet från elektrofiltret och sänker verkningsgraden hos anläggningen med mellan 1-6 % beroende på stofthalten i rökgaserna.
2. Vid proven med enbart barkeldning låg stofthalten i rökgaserna före elektrofiltret under $3,5 \text{ g/Nm}^3$ våta rökgaser. Vid kombinationseldning med olja steg stofthalten till $7,5 \text{ g/Nm}^3$ våta rökgaser på grund av ojämn bränslebädd.
3. Regleringsutrustningen verkar lättskött på anläggningen och underlättar i hög grad eldningen. Fördelningen av luften i zoner under rosten och tillsättandet av sekundärluften verkar ha fått en bra utformning att döma av den höga rostbelastningen.

PROTOKOLL

1

Uppdragsgivare/Client	Datum/Date	Utgåva/Issue	Order - alt regnr/Order No/Reg No
Stiftelsen för värmeteknisk forskning	1980-02-25		776839
Anläggning/Plant	Sektion/Division	Handläggare/Prepared by	Telefonnr/Telephone No
AB Iggesunds Bruk, Iggesund	225	B Nordgren	08/23 46 00
Ärende/Subject			
Protokoll över prov med SMV-ångpanna			

Huvuddata

Panntyp		SMV-ångpanna
Högsta tillåtna tryck	atö	75
Drifttryck i dom vid 50 t/h	"	70
Tryck efter överhettare	"	64
Panneldyta		
Proj. strålningsyta (inkl proj. yta av öh II)	m ²	475
Överhettaryta		
Del II	"	215
Del III	"	302
Del I	"	310
Konvektionsytor		
Del I	"	40
Del II	"	82
Del III	"	1225
Ekonomiser	"	5616
Återförvärmare	"	1404
Matarvattenluftförvärmare	"	980
Cirkulationsvattenluftförvärmare, Kablizrost	"	331
Cirkulationsvattenluftförvärmare, vattenkyld rost	"	775
Cirkulationsvattenluftförvärmare för sekundärluft	"	95
Eldningsapparat		6 st Hamworthy ångatomiserade oljebrännare typ DF 455 1 st spilloljebrännare Petro Pressluftbrännare DP 5 Snedrostugn
Eldstadsvolym	m ³	650
Rostyta		
Vattenkyld del	m ²	33,5
Katlitz	"	32,5

Datum
80-02-25Utgåva
Order nr alt regnr
776839Garantidata

Ångtryck i dom vid 150 t/h	atö	70
Tryck efter överhettare	"	64
Ångtemperatur	°C	495
Matarvattentemperatur	"	135
Vattentemperatur före återförvärmare vid enbart bark eller bark+olja	"	110
Lufttemperatur till vattenkyld rost	"	230
Lufttemperatur till Kablitzrost	"	125
Lufttemperatur före aggregat	"	30

Provdata

Prov nr	1	2	3	4
Provdag i januari	8	9	10	10
Provtid kl	1000-1400	1200-1510	910-1200	1300-1530
Provtidens längd h	4	3,2	2,8	2,5

Ånga och matarvatten

Överhettad ånga	kg/s	24,36	19,28	19,69	30,11
Mängd	ton/h	87,7	69,4	70,9	108,4
Tryck i domen	bar	61,2	60,5	61,3	62,1
Tryck vid mätfläns	bar	59,8	59,7	60,5	59,9
Temperatur	°C	473	465	469	474
Värmeinhåll	kJ/kg	3358,7	3339,8	3348,2	3361,2

Matarvatten och cirkulationsvatten

Mängd					
Matarvatten, totalt	ton/h	87,7	69,4	70,9	108,4
Temperaturer och värmeinhåll					
Vattentemperatur efter dom	°C	276,8	276,1	277	277,8
Värmeinhåll efter dom	kJ/kg	1563,4	1568	1562,7	1557,4
Vattentemperatur efter cirkulationsvattenförv., Kablitz	°C	207	209	211	202
Värmeinhåll efter cirkulationsvattenförvärmare, Kablitz	kJ/kg	885,8	894,8	903,9	863,3
Matarvattentemperatur före aggregat	°C	143	144	144	144
Värmeinhåll före aggregat	kJ/kg	606,2	610,4	610,4	610,4

Datum

80-02-25

Utgåva

Order nr alt regel

776839

Prov nr	1	2	3	4
Temperatur efter återför- värmare °C	137	140	142	141
Värmeinhåll efter åter- förvärmare kJ/kg	580,1	592,9	601,5	597,2
Temperatur före ekonomiser °C	-	152	154	150
Värmeinhåll före eko- nomiser kJ/kg	-	644,3	652,9	635,7
Bränsle				
Bränsleslag	Löv- bark	Barr- bark	Blandning löv- och barrbark	Blandning löv- och barrbark
Förbrukad oljemängd kg/h				2219
Effektivt värmevärde kcal/kg				(9750)
Förbrukad barkmängd kg/h	35577	36663	38715	40044
" " kg/h TS	16080	13822	14325	16218
Barkens volymvikt kg/lm ³	363	342	365	365
kg TS/lm ³	164	129	135	148
Barkens värmevärde Mcal/lm ³	690	497	516	584
Förbrukad bränslemängd lm ³ /h	98	107	106	110
Torrsubstanshalt %	45,2	37,7	37,0	40,5
Vattenhalt "	54,8	62,3	63	59,5
Effektivt värmevärde kcal/kg	1900	1452	1415	1600
" kJ/kg	7954	6079	5924	6699
Effektivt värmevärde kcal/kg	4850	4750	4750	4750
på torrsubstans MJ/kg	20,30	19,89	19,89	19,89
Askhalt på torrsubstans %	3,3	2,8	2,8	2
Luft				
Mängder (driftinstrument)				
Mängd till oljebrännare 1-4 Nm ³ /h	12000	12000	14000	30000
" " barkeldstad "	70000	70000	68000	70000
" " tubrost "	15000	17000	15000	15000
" sekundärluft, högtryck "	8600	2000	2000	2300
" " lågtryck "	14500	14500	15000	19000
Mängd totalt ur CO ₂ -halt	92000	95000	99000	135400

Datum

80-02-25

Utgåve

Order nr als regnr

776839

Prov nr		1	2	3	4
Temperaturer					
Efter barkluftfläkt	°C	28	27	26	27
Efter cirkulationsvattenluft-förfärmare, Kablitz	"	167	167	170	160
Efter cirkulationsvattenluft-förfärmare, tubrost	"	270	266	269	269
Tryck					
Tryckfall över tubrost övre	%	75	100	95	100
" " " nedre	"	100	100	100	95
Rökgaser					
Rökgasmängd efter ekonomiser					
Oljebrännare					
Mängd torra	Nm ³ /h	-	-	-	26400
" H ₂ O	"	-	-	-	2900
Barkeldstad					
Mängd torra	"	91500	94700	98800	106900
" H ₂ O	"	35900	38100	40300	40600
Rökgasmängd totalt					
Mängd, torra	"	91500	94700	98800	133300
" , våta	"	127400	132800	139100	176800
Vattenhalt	%	28,2	28,7	29	24,6
O ₂ -halt					
Efter ekonomiser	%	3,6	6,4	6,5	7,0
CO ₂ -halt					
Efter ekonomiser	%	16,9	14,1	14,0	-
Rökgastemperatur					
Efter återförfärmare	°C	144	147	149	150
Drag					
I eldstad		4	4	4	4
Efter återförfärmare		69	76	75	102

Datum

80-02-25

Utgåva

Order nr alt regnr

776839

Prov nr		1	2	3	4
<u>Flygaska</u>					
Stofthalt i rökgaser efter stoftavskiljare	mg/Nm ³ torra	24,6	13,2	468	-
Stofthalt före elektro- filter	mg/Nm ³ torra	4197	697	-	-
Avskild stoftmängd	ca kg/h	384	66	-	1300
Stoftmängd i skorsten	"	2,3	1,3	46,2	-
Total avskiljningsgrad	%	99,4	98,1	-	-
Halt av brännbart i avskilt stoft	"	89	86	85	50
<u>Askbalans</u>					
Tillfört med bränsle	kg/h	530	386	-	- 324
Aska i avskilt stoft	"	42	9	-	- 650
Rest	"	488	377	-	+ 325
<u>Specifika belastningar</u>					
<u>Rostbelastning</u>					
Tubrost	kW/m ²	2250	1832	1884	2047
	kg bränsle/m ² h	1062	1094	1156	1195
Kablitz	kW/m ²	2320	1889	1942	2119
	kg bränsle/m ² h	1095	1128	1191	1232
Totalt	kW/m ²	1142	930	956	1039
	kg bränsle/m ² h	539	556	587	607
<u>Volymbelastning</u>					
Barkugn + huvudeldstad	kW/m ²	116	94	97	144

Datum
80-02-25

Utgåva

Order nr alt registr
776839

Prov nr

VärmebalansTillfört värme

Bark

Olja

Luft

Totalt tillfört

Bortfört värme

Upptaget i ånga

Förluster

Fritt värme i
rökgaserOförbränt i
flygaska

Rest

Totalt bortfört

1		2		3		4	
kW	%	kW	%	kW	%	kW	%
78600	100,0	61900	100,0	63700	100,0	74500	74,7
-	-	-	-	-	-	25200	25,3
-	-	-	-	-	-	-	-
78600	100,0	61900	100,0	63700	100,0	99700	100,0
67000	85,2	52700	85,1	53900	84,6	82800	83,1
6100	7,8	6400	10,4	6900	10,8	8700	8,7
3200	4,1	500	0,8	600	1,0	5900	5,9
2300	2,9	2300	3,7	2300	3,6	2300	2,3
78600	100,0	61900	100,0	63700	100,0	99700	100,0

Distribution/Ärenda

Lars Engström
Sten M Eriksson
Jan-Erik Florén
Per Malmström
Bo Nordgren, Ångpanneföreningen

ANALYSER PÅ BARK OCH SOT UTTAGET UNDER PROV MED P12

Bark Löv

Provtid	Torrhalt %	Volymvikt kg/m ³ torrt	Askhalt % (på torr bark)
800108 8.00	48,9	155	2,95
8.15	42,5		
8.30	48,3		
8.45	41,7		
9.00	40,0		
9.15	44,4	161	2,86
9.30	50,8		
9.45	42,8		
10.00	43,2		
10.15	49,9		
10.30	42,6	176	3,01
10.45	46,5		
11.00	46,5		
11.15	43,2		
11.30	45,0		
11.45	39,9	176	3,34
12.00	46,9		
13.00	45,0		
13.15	41,8		
13.30	48,6		
13.45	42,8	176	3,56
14.00	51,4		
Medelvärde	45,1	164	3,13

Barr

Provtid		Torrhalt %	Volymvikt kg/m ³ torrt	Askhalt % (på torr bark)
800109	9.00	38,7	129	3,78
	9.15	36,5		
	9.30	37,1		
	9.45	35,2		
	10.00	34,3		
	10.15	35,9	125	3,28
	10.30	32,9		
	10.45	36,3		
	11.00	37,4		
	11.15	37,0		
	11.30	38,2	129	2,66
	11.45	38,7		
	12.00	36,6		
	13.00	40,2		
	13.15	38,6		
	13.30	35,5		
	13.45	38,3		
	14.00	38,0		
Medelvärde		37,0	128	3,19

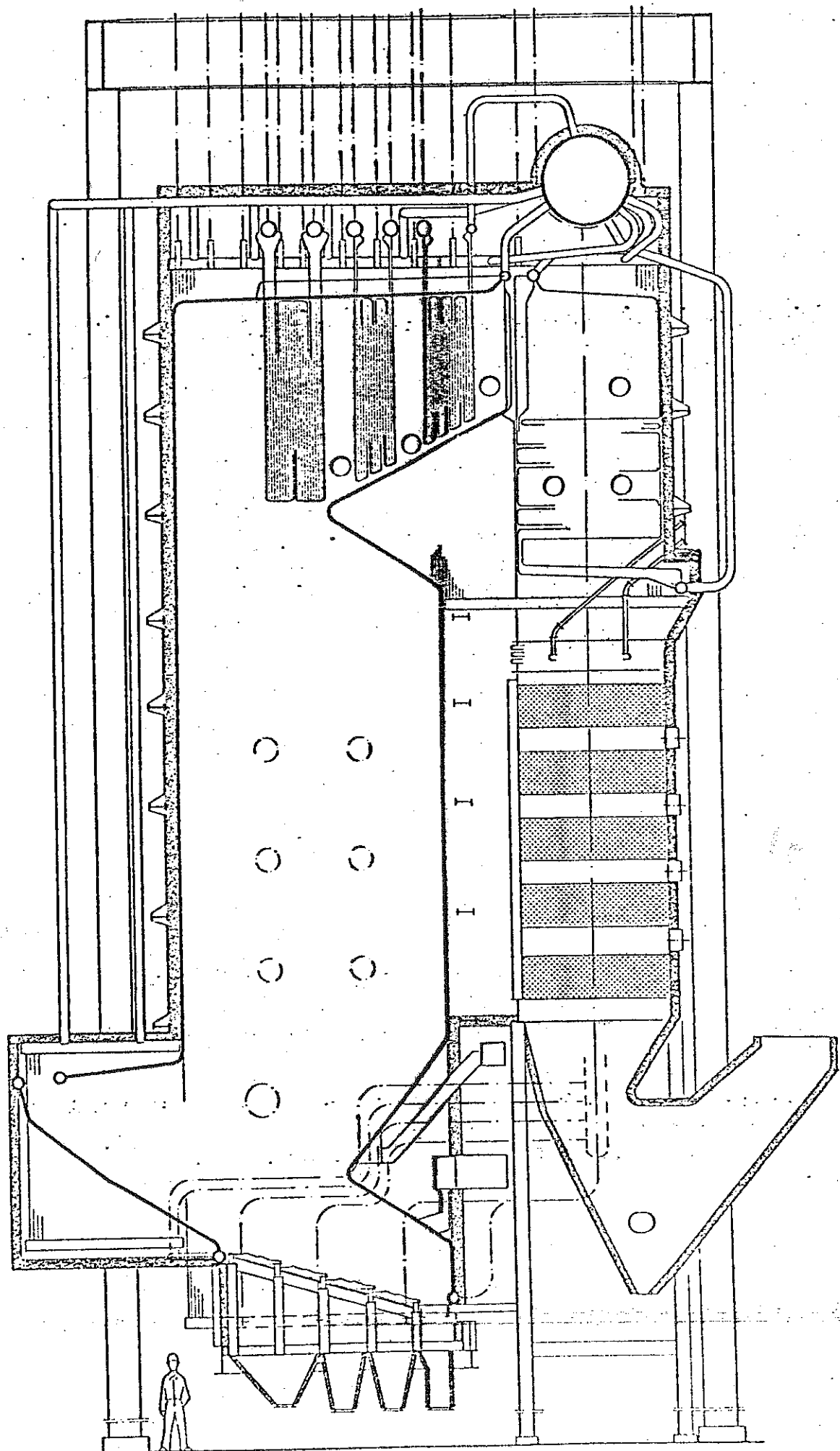
Blandat

800110	9.00	37,6	135	2,96
	9.15	38,0		
	9.30	39,9		
	9.45	33,8		
	10.00	35,7		
	10.15	34,9	134	2,92
	10.30	37,7		
	10.45	37,1		
	11.00	37,3		
	11.15	37,3		
	11.30	37,9	148	2,63
	11.45	38,1		
	12.00	36,3		
	13.00	36,5		
	13.15	37,9		
	13.30	42,7		
	13.45	39,4		
	14.00	42,2		2,09
	14.15	40,2		
	14.30	41,5		
	14.45	43,8		
Medelvärde		38,4	139	2,51

Sot

Prov nr		Volymvikt kg/m ³ torrt	Torrhalt %	Askhalt % (torrsot)
1	8/1	183	45,6	11,14 10,89
2	9/1	201	48,0	13,68 13,78
3	10/1 utan olja	188	50,0	14,52 14,61
4	10/1 med olja	146	99,7	50,92 50,62 50,02
1 B	(vid elfilter)	122	99,3	35,02

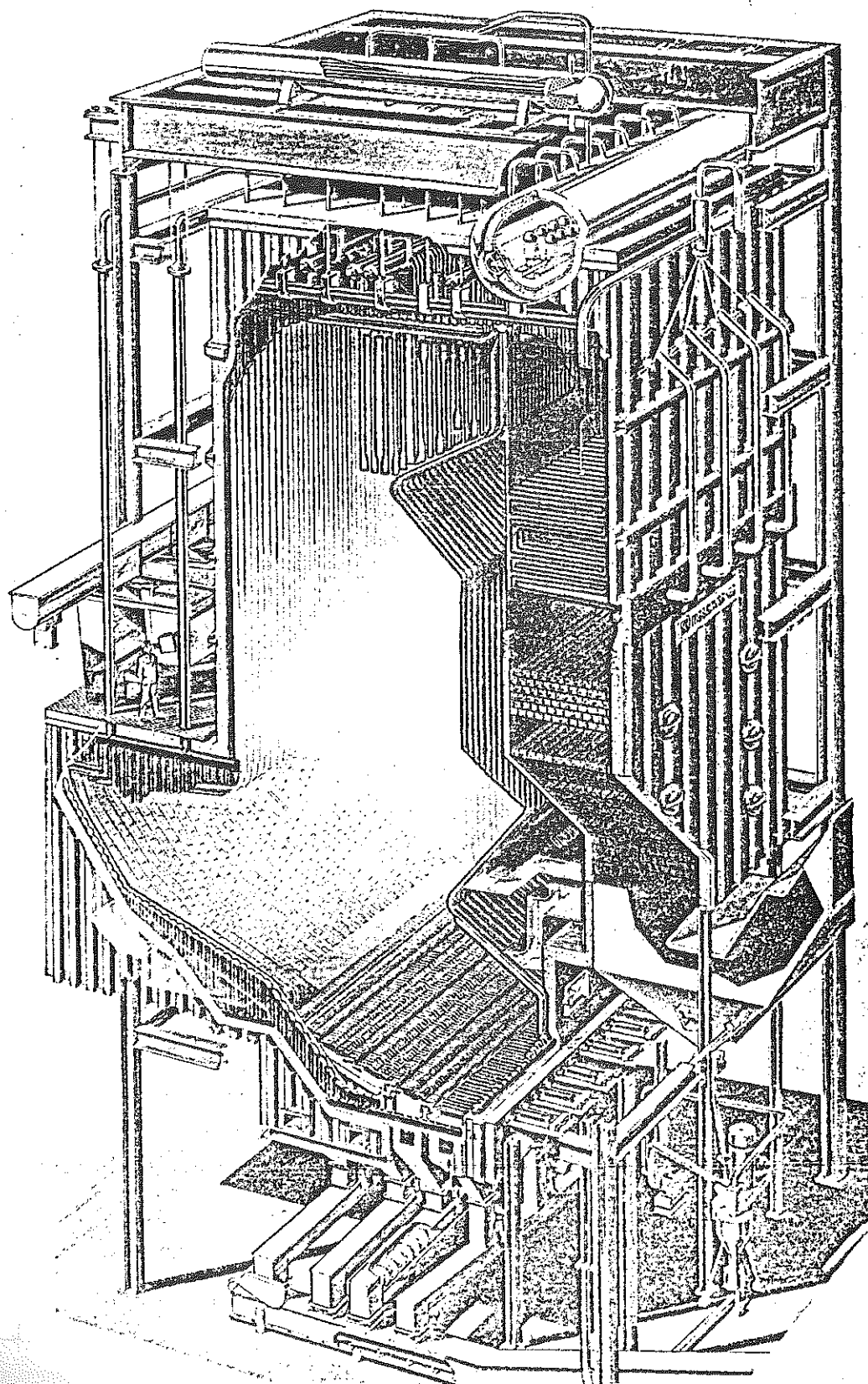
hanterat av K. Bengt



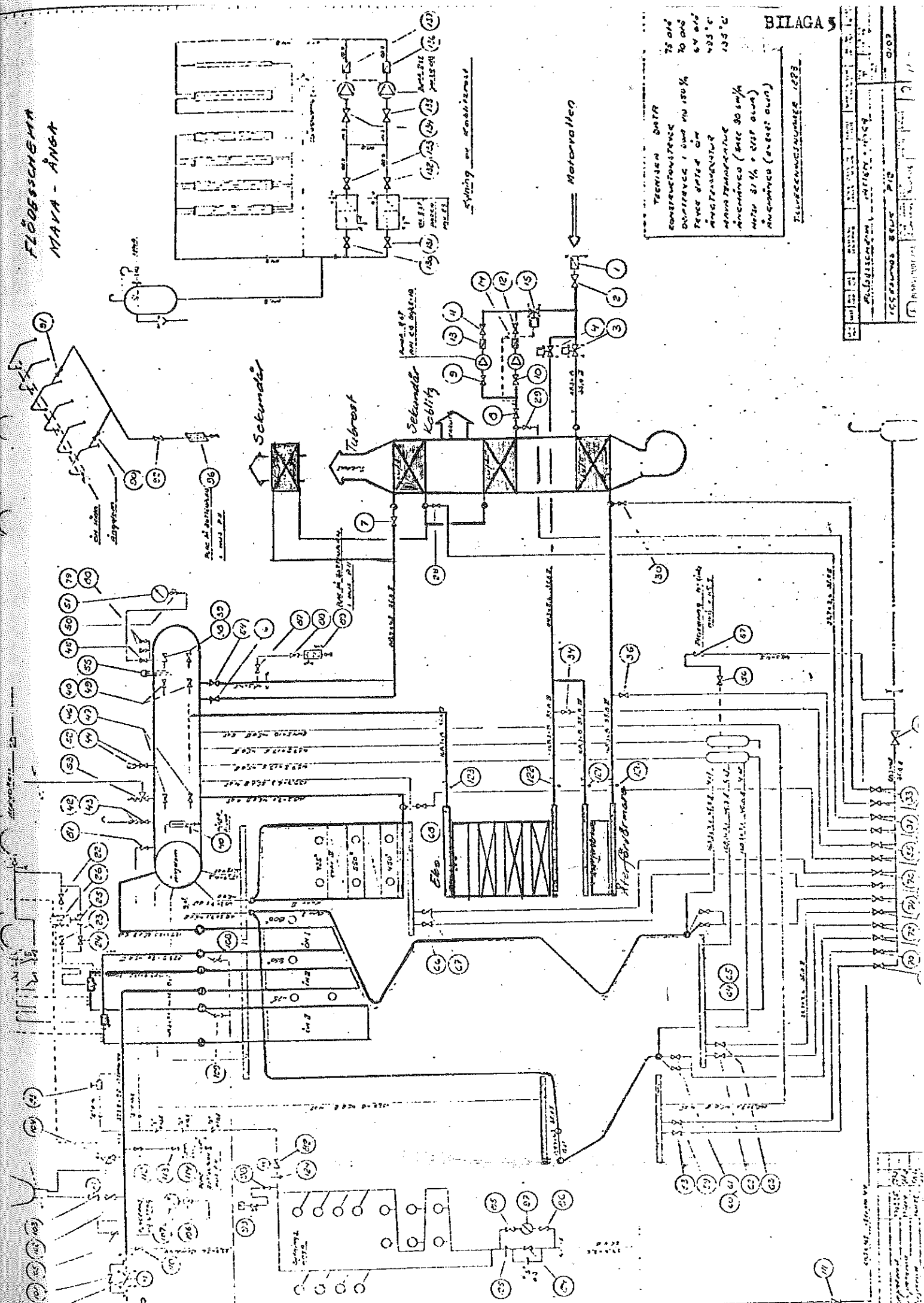
Konstruktionstryck	atö	75
Ångtryck efter ÖH	atö	64
Ångtryck i ångdom	atö	70

ÅNGMÄNGD MAX. KONT.

vid eldning med bark ($90 \text{ lm}^3/\text{h}$)		
motsvarande 51 ton/h och		
resten olja	ton/h	150
vid eldning med enbart olja	ton/h	150
Ångtemperatur	°C	495
Matarvattentemperatur	°C	135



FLÖSSSCHEMA MAVA - ÅNGA



TECHNICAL DATA

CONDENSATION PRESSURE	75 mmHg
DRYNESS 100% IN 150%	70 mmHg
TEMPERATURE OF	60 mmHg
TEMPERATURE	40 mmHg
MAINTENANCE	155 mmHg
MAINTENANCE (BASE 90 mmHg)	155 mmHg
MAINTENANCE (BASE 90 mmHg)	155 mmHg
MAINTENANCE (BASE 90 mmHg)	155 mmHg

BILAGA 5

TECHNICAL DATA	75 mmHg
CONDENSATION PRESSURE	70 mmHg
DRYNESS 100% IN 150%	60 mmHg
TEMPERATURE OF	40 mmHg
TEMPERATURE	155 mmHg
MAINTENANCE	155 mmHg
MAINTENANCE (BASE 90 mmHg)	155 mmHg
MAINTENANCE (BASE 90 mmHg)	155 mmHg
MAINTENANCE (BASE 90 mmHg)	155 mmHg

Distribution

Datum

Utgåva

Order nr alt regnr

1980-05-27

776839

Kontakta

Rikt- och telefonnr

Bo Nordgren

08/23 46 00

Stiftelsen för värmeteknisk forskningUtlåtande över prov med förbränning av barr-
bark vid olika fukthalter i cyklonugn vid
Obbola-Linerboard AB

Infledning/Sammanfattning/Innehåll

Innehåll

Sid

Beskrivning av provningsanläggning

1

Mätning

1

Provningsresultat

3

Rostbelastning

3

Stofthalt i rökgaser

3

Askbalans

4

O₂-halt

4

Förlust genom oförbränt

4

Verkningsgrad

5

Värmevärdet hos barken

5

Stoftavskiljarens avskiljningsgrad

6

SO₃ i rökgaser

6

Sammanfattning

6

Bilaga 1 Protokoll

" 2 Skiss cyklonugn

" 3 " av rost

" 4 Kopplingsschema ånga-mava

ÅNGPANNEFÖRENINGEN

PROCESSTEKNIK



Bo Nordgren

Uppdragsgivare/Client	Datum/Date	Utgåva/Issue	Order - alt regnr/Order No/Reg No
Stiftelsen för värmeteknisk forskning	80-04-25		776839
Anläggning/Plant	Sektion/Division	Handläggare/Prepared by	Telefonnr/Telephone No
Obbola	225	Bo Nordgren	08/23 46 00
Ärende/Subject			
Utlåtande över prov för bestämning av rostbelastningen vid olika fukthalter vid barkeldning - Obbola Linerboard AB			

På uppdrag av Stiftelsen för värmeteknisk forskning har vår ingenjör B Nordgren i juni 1979 utfört prov med förbränning av bark i en cyklonugn vid Obbola Linerboard AB.

Allmänna data

Proven utfördes i en ångpanna levererad av AB Svenska Maskinverken med en effekt av 29 t/h ånga vid enbart eldning med bark (motsvarande 65 lm³/h bark) av en fuktighetshalt av 60 %. Vid enbart olja skall ångpannan leverera 54,5 t/h ånga och vid kombinationseldning 43 t/h ånga (30 lm³/h bark).

Ångpannan är utrustad med överhettare, bestående av en låg- och en högtemperaturdel, där lågtemperaturdelen är kopplad i motström och högtemperaturdelen i medström. Ångtemperaturen efter överhettaren uppgår till 450°C.

I bakre rökgasdraget finns en konvektionsyta, en högtemperaturlufö, en ekonomiser och en lågtemperaturlufö. Luften förvärmes först till 80°C i ett ångbatteri och passerar sedan lågtemperaturlufö och högtemperaturlufö. Vid provet var lågtemperaturlufö bortkopplad pga korrosionsskador. Lufttemperaturen efter luftförvärmarna, då båda batterierna är inkopplade, uppgår till 290°C.

Cyklonugnen är placerad under huvudeldstaden. Det principiella utförandet framgår av bifogade skisser, bilaga 2-3. Barken pressas in i ugnen med hydrauliskt driven kolv och matas in i centrum på rosten. Ugnen har dimensionen Ø 4,5 x 3,2 m. Botten med undantag av centrumhålet där barken matas in tas upp av rosten.

Luften tillföres som primärluft under rosten, som sekundärluft i dysor utefter ugnens periferi och som tertiärluft i ugnshalsen. Primär- och tertiärluft tas från högtemperaturlufö. Sekundärluften drives av en blåsmaskin med högt tryck 4000 mm vp. Sekundärluften medför att en stående virvel bildas i ugnen.

Mätning

Med cyklonugnen utfördes sammanlagt 5 prov, dels med enbart bark vid olika fuktighetshalter, dels med enbart olja för att fastställa pannans restförlust och dels med olja och bark för att göra en SO₃-bestämning i rökgaserna.

Datum
80-04-25

Utgåva

Order nr alt regnr
776839

Prov 1	Enbart bark	Barkens vattenhalt	61 %
" 2	" "	" "	67 %
" 3	" "	" "	51 %
" 4	Enbart olja	Verkningsgradsprov	
" 5	Olja + bark	SO ₃ -bestämning	

Under proven uttogs regelbundet prov på bark för att bestämma torrhalt och askhalt. På det avskilda stoffet från stoftavskiljaren har askhalten bestämts. Samtliga analyser har utförts av fabriken's laboratorium.

Vid proven gjordes en isokinetisk utsugning i skorstenen för att bestämma stofthalten i rökgaserna efter stoftavskiljaren. Den avskilda stoftmängden bestämdes genom volymmätning i stoftbunker och bestämning av volymvikt.

I prov 4 och 5 uppmättes syradaggpunkten med tryckluftkyld glaskopp typ Land 200. Rökgasen passerar förbi en tryckluftkyld glaskropp vari är insvetsat två platinaelektroder och ett termoelement. Vid kylning av glaskroppen kondenserar SO₃ på glasytan som blir elektriskt ledande. Gasens och glasytans temperatur uppmättes. Daggpunkten definieras som den temperatur vid vilken 50 mikroampere konstant leds mellan elektroderna.

Bestämning av SO₃-halten gjordes samtidigt med kondenseringsmetoden. Principen är att ett delgasflöde från rökgaskanalen avleds genom värmd sond till en uppsamlare av glas. Denna är termostaterad vid 90°C. I uppsamlaren kondenserar SO₃.

Den utsugna delgasvolymen registreras med kalibrerat gasur. Efter provets slut tvättas uppsamlaren med 5 %-ig isopropanollösning försett med indikator. Den absorberade mängden SO₃ bestäms genom titrering med NaOH. Metoden kan jämföras med den som används för SO₃-bestämning i British Standard.

Efter passagen genom kondensorn leds gasen genom en tvättflaska med 3 %-ig väteperoxid vari SO₂ absorberas. Den absorberande mängden bestäms genom titrering med NaOH sedan indikator tillsatts.

Barkmängden till ångpannan kunde inte utvägas, utan barkmängden har beräknats på indirekt väg ur pannans värmebalans, varvid värdet på ångpannans restförlust antagits med ledning av oljeprov.

Vid provet uppmättes ång- och matarvattenmängder med kalibrerade dp-celler kopplade parallellt med driftmätarna. Vidare avlästes ångdata, matarvattentemperaturer, rökgastemperaturer och lufttemperaturer med kalibrerade termoelement. Rökgasernas sammansättning bestämdes med kalibrerad O₂-mätare. Tryckförhållandena i ångpannan klarlades med U-rör. Ångpannans driftinstrument avlästes i manöverrummet.

Provningsresultat

Provningsresultaten framgår i detalj av bifogade protokoll bil. 1.

Rostbelastning

Resultaten är sammanfattade i tabell nedan.

Prov	Rostbe- lastning kW/m ²	Barkens fukthalt %	CO ₂ - halt %	O ₂ - halt %	Ång- mängd ton/h
1	1240	61	10,5	10,2	20
2	1030	67	10,0	10,7	16
3	1450	51	11,6	9,0	25

Av tabellen framgår att rostbelastningen är beroende av barkens fukthalt. Rostbelastningen är högre än på en snedrost.

Stofthalt i rökgaser

Stofthalten i rökgaserna före stoftavskiljaren är angiven i tabellen nedan.

Prov	Barkens fukthalt %	Stofthalt före stoftavskiljare g/Nm ³ våta	Halt av brännbart i avskilt stoft %
1	61	4,1	18
2	67	1,8	8
3	51	3,7	27

Stofthalterna i rökgaserna verkar att öka med ökad torrhalt och detta gäller även halten oförbränt. För att uppfylla normerna om tillåtet stoftutsläpp måste man ha en småcyklonavskiljare med en verkningsgrad av över 90 %.

Askbalansen nedan visar att den mesta askan följer med rökgaserna från ångpannan ut till stoftavskiljare och skorsten.

80-04-25

776839

Askbalans

Prov	Askhalt på torrsubstans %	Tillförd aska med bränsle kg/h	Aska i avskilt stoft kg/h	Aska i stoft till skorsten kg/h	Rest kg/h
1	3,9	181	133	41	7
2	2,8	97	65	16	16
3	3,3	164	94	26	44

Endast en mindre del av askan ackumuleras i ugnen och i ångpannan.

O₂-halt

Vid proven låg O₂-halten mellan 7 och 10 %.

Prov	O ₂ -halt %	Avgasförlust %
1	9,6	14,6
2	10,4	17,0
3	7,0	10,3

Under proven tillfördes extra luft genom oljebrännarna för att få bra utbränning i huvudeldstaden av medryckt stoft från ugnen. Den höga O₂-halten medför extra hög avgasförlust. Om O₂-halten kunde sänkas till 6 % skulle verkningsgradsförbättringen bli 2,9, 3,8 resp 0,5 % i prov 1, 2 resp 3.

Förlust genom oförbränt kol i stoftet

Halten oförbränt var relativt låg i stoftet.

Prov	Barkens fukthalt %	O ₂ -halt %	Halt av oför- bränt i av- skilt stoft %	Värmeförlust genom oför- bränt %
1	61	10,2	18	1,7
2	67	10,7	8	0,3
3	51	9,2	27	1,7

Halten oförbränt ökar procentuellt med ökad torrhalt hos barken. Det oförbrända består av rent träkol och sänker verkningsgraden med mellan 0,3-1,7 % i proven. Förlusten genom oförbränt kan i vissa fall uppgå till 5-6 %. Den låga halten oförbränt i proven har erhållits på bekostnad av hög O₂-halt som höjt avgasförlusten med mellan 3-4 % i prov 1 och 2 och 0,5 % i prov 3.

Verkningsgrad

Ångpannans verkningsgrad framgår av sammanställningen nedan.

Prov	Verkningsgrad	O ₂ -halt	Avgastemperatur	Verkningsgradsförbättring vid 6 % O ₂	Verkningsgradsförbättring vid 140°C avgastemperatur
	%	%	°C	%	%
1	77,8	10,2	171	3,1	3,4
2	75,5	10,7	173	4,1	4,2
3	82,9	9,2	166	1,8	2,3

Verkningsgraden påverkas bl a av halten oförbränt i stoftet, O₂-halten och avgastemperaturen. Oförbränt i stoftet sänkte verkningsgraden med 0,3-1,7 % i proven. Genom sänkning av O₂-halten från ca 10 till 6 % uppnås i prov 1 och 2 en verkningsgradsförbättring på mellan 3 till 4 %. Lika stor förbättring av verkningsgraden erhålls genom att sänka rökgastemperaturen med ca 30°C.

Värmevärdet hos barken

Värmevärdet hos barken har beräknats enligt formeln 4600-51,9 F kcal/kg och vid prov 2 vid 67 % blir värmevärdet så lågt som 4710 kJ/kg (1125 kcal/kg)

Prov	Fukthalt hos bark %	Barkens effektiva värmevärde		Genererad ångmängd ton/h
		kJ/kg	kcal/kg	
1	61,2	5950	1420	20,3
2	67	4710	1125	16,3
3	51,3	8120	1940	25,4

Trots det låga värmevärdet har i prov 2 16 ton/h ånga genererats. Tidigare erfarenheter från cyklonugnar visar att det går lättare att elda bark som har hög fukthalt i en cyklonugn än på en snedrost.

Stoftavskiljarnas avskiljningsgrad

Stoftavskiljarens avskiljningsgrad uppgick under proven till ca 77 à 78 %. Vid prov 5 vid kombinationseldning av bark och olja och lägre rostbelastning och stofthalt sjunker verkningsgraden till 37 %. Vid kombinationseldning med olja blir stoftet finare vilket sänker totalavskiljningsgraden hos stoftavskiljaren. I prov 1 uppgår stoftförlusten till 49 kg/h stoft, vilket är för högt med hänsyn till normerna.

Halten SO₃ i rökgaserna

I prov 4 och 5 uppmättes syradaggpunkten i rökgaserna vid eldning med enbart olja (prov 4) och vid kombinationseldning av olja och bark. Varken i prov 4 eller prov 5 erhöles något utslag för syradaggpunkten med den tryckluftkylda glaskroppen typ Land 200. Bestämning med kondenseringsmetoden gav i prov 5 en SO₃-halt på 3 ppm. Härur har syradaggpunkten beräknats till 129°C vid kombinationseldning av bark och olja. Troligen påverkar det alkaliska stoftet absorptionen av SO₃. Den resterande mängden SO₃ har givit en syradaggpunkt som bidragit till att luftförvärmaren korroderat ned i luftinloppet. Vid provet tillfördes 53 % av värmets barken och 44 % med oljan och resten 3 % med oljan.

Sammanfattning

De utförda proven i juni 1979 med cyklonugnen kopplad till SMV-ångpannan vid Obbola Linerboard AB för att bestämma rostbelastningen vid olika fukthalter hos barken har givit följande resultat.

1. Vid en fukthalt hos barken av 51, 61 och 67 % har rostbelastningen uppmätts till 1450, 1240 och 1030 kW/m².
2. Stofthalten i rökgaserna låg vid proven mellan ca 1,8-4,1 g/Nm våta rökgaser. Torrare bark tycks ge större medryckning av stoft.
3. O₂-halten låg vid proven mellan 7 och 10,5 %, vilket torde vara normala värden för barkeldning utan finjustering av luften. Sänkning av O₂-halten från 10 % till 6 % skulle ha medfört en verkningsgradsförbättring på ca 3 %.
4. Förlusten genom oförbränt kol i askan sänkte verkningsgraden med 1,7 % i två prov och 0,5 % i ett prov. Resultatet tillfredsställande med tanke på förlusten genom oförbränt vid max kapacitet kan uppgå till ca 5 %.
5. Värmevärdet hos barken är lågt vid så hög fukthalt som 67 %, 4710 kJ, men trots detta fungerade förbränningen tillfredsställande i cyklonugnen och ångpannan gav 16 t/h ånga vid en rostbelastning av 1030 kW/m².

6. Halten SO_2 uppmättes vid kombinationseldning av olja (44 % av tillfört värme) och bark (53 % av tillfört värme) till 3 ppm, vilket ger en syradaggpunkt på 129°C .
7. Ångpannans verkningsgrad ökar med ökad torrhalt hos barken från 75 % och 78 % till 83 % vid 33 %, 39 % resp 49 % torrhalt. Verkningsgraden kan förbättras genom att vid eldningen hålla lägre O_2 -halt.

ÅNGPANNEFÖRENINGEN

Dokumentnamn/Type of document

Sida/Page

PROTOKOLL

1

Uppdragsgivare/Client	Datum/Date	Utgåva/Issue	Order - alt regnr/Order No/Reg No
Stiftelsen för värmeteknisk forskning	79-10-17		776839
Anläggning/Plant	Sektion/Division	Handläggare/Prepared by	Telefonnr/Telephone No
Obbola Linerboard AB, Obbola	225	B Nordgren	08/23 46 00
Ärende/Subject	Protokoll över prov med Axonugn		

Huvuddata

Panntyp		SMV
Högsta tillåtna tryck	atö	67
Drifttryck i domen	"	64
Tryck efter överhettare 54,5 ton/h	"	58,5
Ångtemperatur	°C	450
Matarvattentemperatur	"	110
Lufttemperatur	"	20
Överhettaryta		
Del I (lågtemperaturdel)	m ²	147
Del II (högtemperaturdel)	"	46
Konvektionsyta		
Del I	m ²	18
Del II	"	252
Ekonomiser		
Typ		Kompondrör
Yta	m ²	1040
Luftförvärmare		
Typ		Gjutna kamflänsrör
Högtemperaturdel	m ²	892
Lågtemperaturdel	"	446
Ångluftförvärmare		
Typ		Stålrör med kamflänsar av aluminium
Yta	m ²	350
Panneldyta, projicerad	"	160
Eldstadsvolym		
Huvudeldstad	m ³	143
Rostyta i Axonugn	m ²	15,6

Datum

79-10-17

Utgåva

Order nr alt regnr

776839

Provdata

		1	2	3	4	5
Prov nr		12	13	13	15	16
Provdag i juni						
Provtid	kl	1650- 1900	1100- 1300	1500- 1750	0950- 1130	0900- 1200
Provtidens längd	h	2,2	2	2,8	1,7	3

Ånga och matarvattenÖverhettad ånga

Mängd	kg/s	5,64	4,53	7,06	5,17	7,06
	ton/h	20,3	16,3	25,4	18,6	25,4
Tryck vid mätfläns	MPa	5,45	5,46	5,43	5,45	5,45
Temperatur	°C	436	436	437	415	418
Värmeinhåll	kJ/kg	3278	3278	3281	3227	3234

Matarvatten

Mängd	kg/s	5,64	4,53	7,06	5,17	7,06
	ton/h	20,3	16,3	25,4	18,6	25,4
Temperatur före ekonomiser	°C	114	114	117	112	119
Värmeinhåll " "	kJ/kg	483	483	495	474	504
Temperatur efter " "	°C	147	154	141	127	139
Värmeinhåll " "	kJ/kg	623	653	597	538	589
Temperatur före övre ekonomiser	°C	208	211	185	175	173
Värmeinhåll före övre ekonomiser	kJ/kg	890	904	788	744	735
Temperatur efter övre ekonomiser	°C	240	245	220	189	205
Värmeinhåll efter övre ekonomiser	kJ/kg	1038	1062	945	805	877

Bränsle

Bränsleslag		barrbark	barrbark	barrbark	olja	olja+barrbark
Förbrukad oljemängd	kg/s	-	-	-	0,38	0,24
	kg/h	-	-	-	1378	878
Oljans effektiva värmevärde	MJ/kg	-	-	-	(41,03)	(41,03)
	kcal/kg	-	-	-	9800	9800

ÅNGPANNEFÖRENINGEN

Dokumentnamn
PROTOKOLLSida
3Datum
79-10-17

Utgåva

Order nr eller regnr
776839

Prov nr		1	2	3	4	5
Förbrukad barkmängd	kg/s	3,32	3,98	2,83	-	1,55
	kg/h	11961	12308	10196	-	5573
Vattenhalt	%	61,2	67	51,3	-	52,5
Torrhalt	%	38,8	33	48,7	-	47,5
Askhalt på torrsbstans	%	3,9	2,8	3,3	-	3,2
Barkens effektiva värmevärde	MJ/kg	5,95	4,71	8,12	-	7,85
	kcal/kg	1420	1125	1940	-	1875

Luft

Mängder

Mängd till Axonugn (primärluft och tertiärluft)	Nm ³ /h	16000	15000	16000	-	15000
Mängd till oljebrännare	"	7000	7000	8000	-	15000
Mängd sekundärluft	"	14000	14000	14000	-	7000

Temperaturer

Före panna	°C	30	30	33	26	28
Efter ångbatteri	"	112	112	112	102	100
Efter högtemperatur lufö	"	284	279	297	180	274

Datum
79-10-17

Utgåva

Order nr alt regel
776839

Prov nr		1	2	3	4	5
<u>Rökgaser</u>						
Rökgaser efter lågtemperatur lufö						
Mängd torra	Nm ³ /h	40000	37300	34400	28600	39000
" H ₂ O	"	12300	13000	9900	1800	6700
Totalt	"	52300	50300	44300	30400	39700
Vattenhalt	%	23,5	26	22,3	5,9	16,9
CO ₂ -halt efter lågtemperatur lufö	"	11,0	10,3	13,6	7,8	-
O ₂ -halt efter do	"	9,6	10,4	7,0	10,3	10,6
Rökgaser i skorsten						
Mängd torra	Nm ³ /h	42000	38400	40400	30000	42400
" H ₂ O	"	12300	13000	9900	1800	6700
Totalt	"	54300	51400	50300	31800	49100
Vattenhalt	%	22,7	25,4	19,7	5,7	13,6
CO ₂ -halt	"	10,5	10,0	11,6	7,4	9,2
O ₂ -halt	"	10,2	10,7	9,2	-	-
Rökgastemperatur	°C	163	163	159	125	144
SO ₃ (mätt, inget utslag)	ppm	-	-	-	x) 0	3
SO ₂	ppm	-	-	-	490	350
Syradaggpunkt (mätt)	°C	-	-	-	inget utslag	inget utslag
Syradaggpunkt (beräknat)	"	-	-	-	-	128,6
Rökgastemperaturer						
Efter ekonomiser och lågtemperaturlufö	"	171	173	166	125	156

x) Prov nr 4 endast olja och med kort provtid 1,7 h.

Datum

79-10-17

Utgåva

Order nr alt regnr

776839

Prov nr	1	2	3	4	5
<u>Flygaska</u>					
Stofthalt i rökgaser efter stoftavskiljare					
mg/Nm ³ våta	909	403	701	-	353
mg/Nm ³ torra	1175	540	873	-	409
Stofthalt i rökgaser före stoftavskiljare					
mg/Nm ³ våta	4050	1823	3710	-	690
mg/Nm ³ torra	5300	2458	4775	-	700
Avskild askmängd	ca kg/h	162,5	71	129	-
Askans volymvikt	kg/m ³	406	558	322	-
Halt av brännbart i avskilt stoft	%	18	8	27	-
Avskilda stoftets pH (10 % lösning)		12,9	13,0	12,9	-
Stoftmängd i skorsten	kg/h	49,4	20,7	35,3	-
Total avskiljningsgrad	%	76,7	77,4	78,5	-
Stoftmängd till avskiljare	kg/h	211,9	91,7	164,3	-
<u>Askbalans</u>					
Tillfört med bränsle	kg/h	181	97,2	163,9	-
Aska i avskilt stoft	"	133,3	65,3	94,2	-
" i stoft till skorsten	"	40,5	16,3	25,8	-
Rest	"	7,2	15,6	43,8	-
<u>Specifika belastningar</u>					
Rostbelastning i Axonugn	kW/m ²	1240	1030	1450	-
kg bränsle/m ² h		765	675	655	-
Huvudeldstad	kW/m ²	125	100	150	105
	kW/m ³	140	110	165	115

Prov nr

Värmebalans

Tillfört värme

Bark

Olja

Luft

Totalt tillfört

Bortfört värme

Upptaget i ånga

Förluster

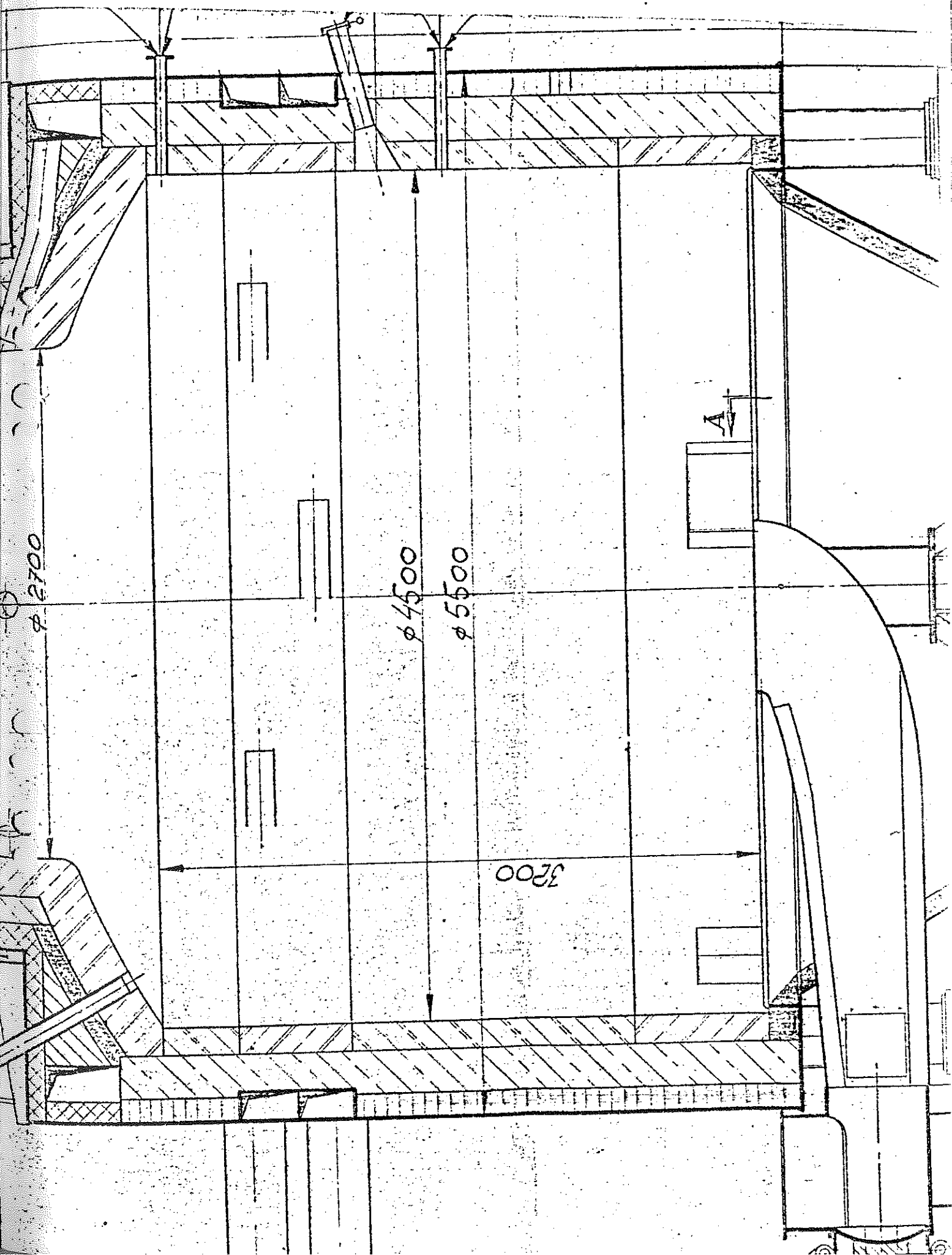
Fritt värme i
 rökgaser

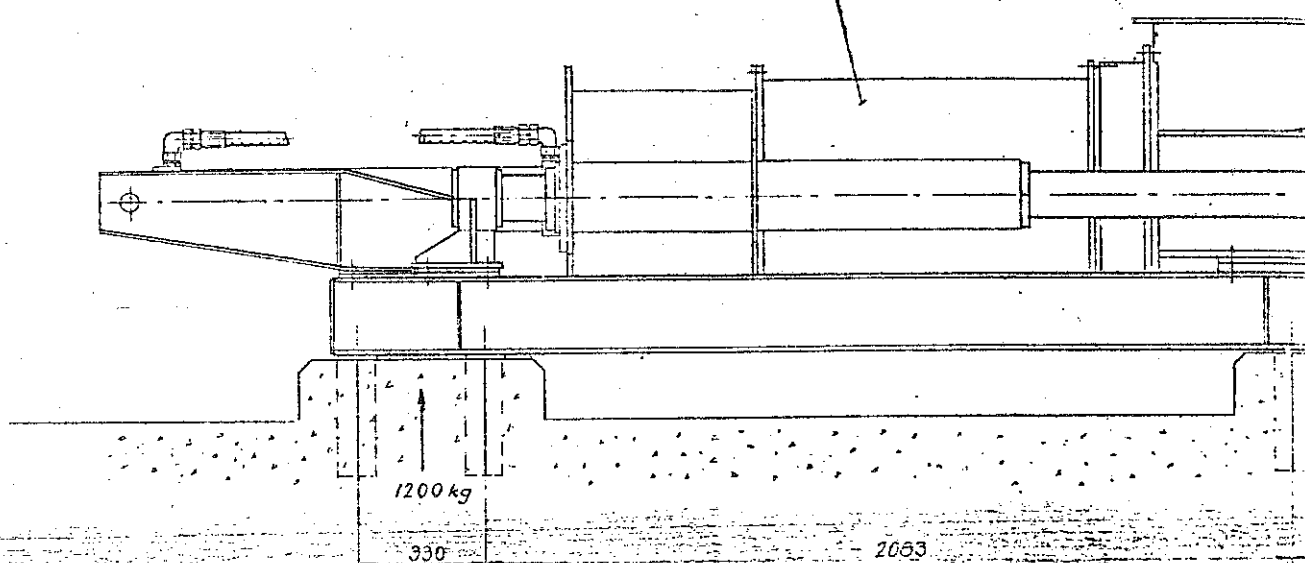
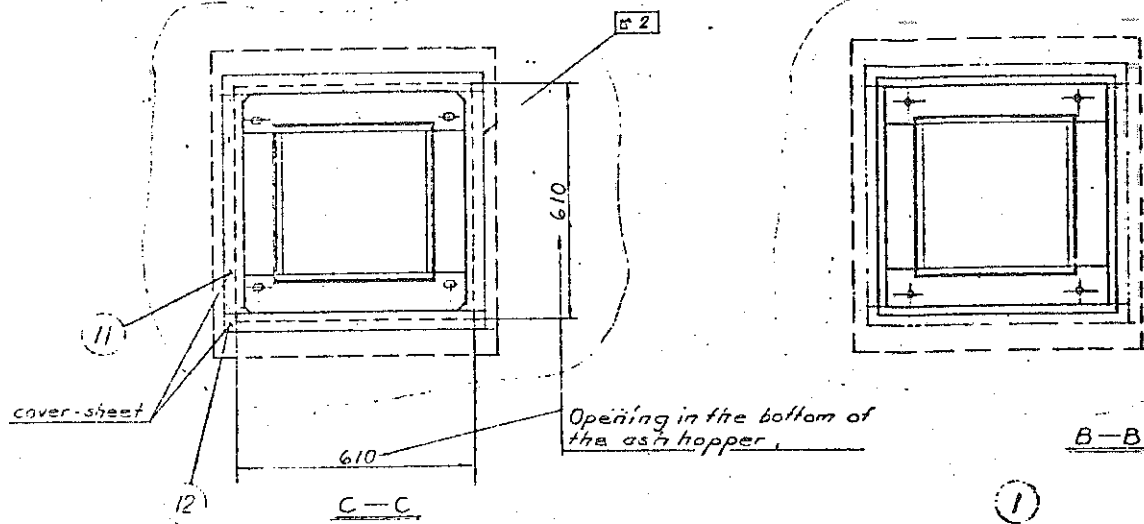
Oförbränt i
 flygaska

Rest

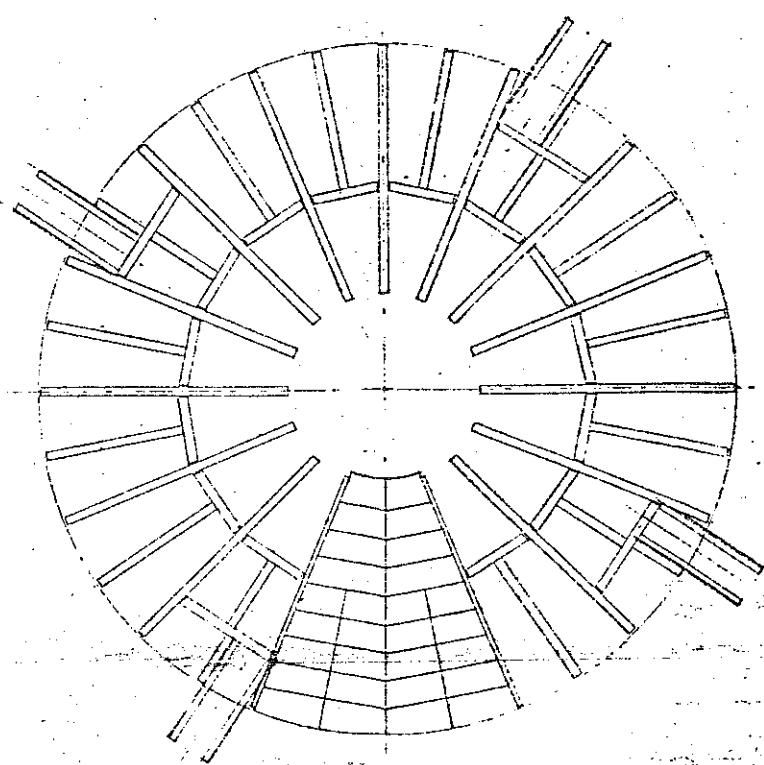
Totalt bortfört

1		2		3		4		5	
kW	%	kW	%	kW	%	kW	%	kW	%
19750	97,5	16100	96,1	23000	97,0	-	-	12150	53,0
-		-		-		15700	94,9	10000	43,7
500	2,5	650	3,9	700	3,0	850	5,1	750	3,3
20250	100,0	16750	100,0	23700	100,0	16550	100,0	22900	100,0
15750	77,8	12650	75,5	19650	82,9	14200	85,8	19300	84,3
2950	14,6	2850	17,0	2450	10,3	1150	6,9	2300	10,1
350	1,7	50	0,3	400	1,7	-	-	100	0,4
1200	5,9	1200	7,2	1200	5,1	1200	7,3	1200	5,2
20250	100,0	16750	100,0	23700	100,0	16550	100,0	22900	100,0





... piston feeder



Grate plates and spokes

1:25

