



STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING

CWM-eldning

Mats Eriksson

Erik Larsson

Hed Sintorn

Lars Fredriksson

CWM-eldning

Mats Eriksson
Erik Larsson
Hed Sintorn
Lars Fredriksson

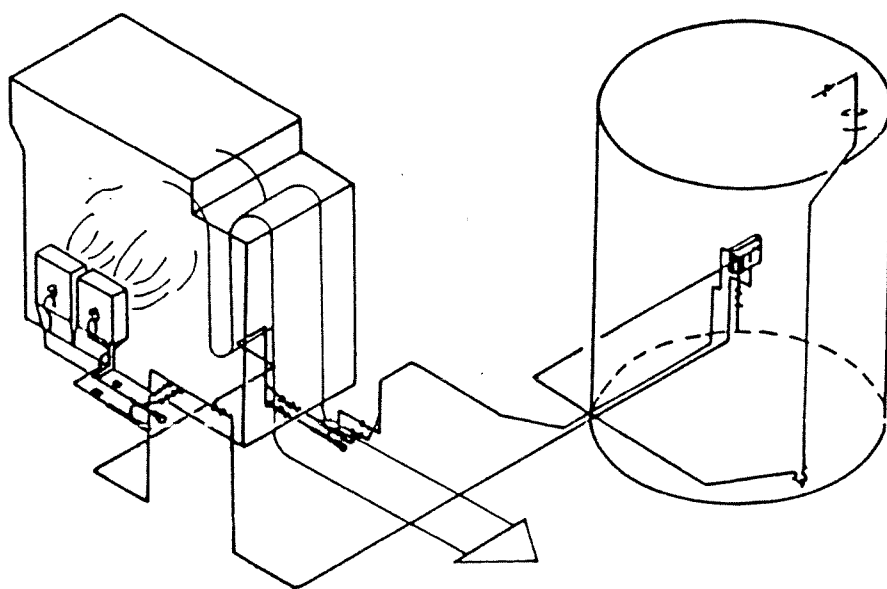
STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING
BOX 6405 · 113 82 STOCKHOLM · TEL. 08/ 34 09 80

November 1985
ISSN 0282-3772

Stiftelsen Värmeteknisk Forskning

Projekt C 26 SVTF-CWM eldning

Slutrapport



Författare:

Hed Sintorn
Lars Fredriksson

Erik Larsson
Mats Eriksson

00 ENGLISH SUMMARY

During 1983 and the spring 1984, have in SVTF:s jurisdiction a demonstrationproject been pursued with coalwaterfuel (CWF) at Sundbybergs District Heating Plant.

The project has been cofinanced by the local energy boards of Stockholm, Malmö, Gothenburg and Uppsala, the State Power Board, AB Nycol on one hand and the National Energy Administration on the other hand on a 50/50 basis.

The objectives of the activity has been to collect data and experiences enough to make a judgement of the CWF-technics possibilities on the market.

An 18 MW(th) steamboiler has been converted to CWF-firing. During the spring 1984 about 2000 ton CWF was burned in course of 1000 hours, of which the last 450 without any interruption. The load has been between 10-13 MW (th). The fuel which is used has been produced from Nycol AB and consists of 68% coal (with 3,6% ash) and 32% water plus additive. The fuel has an lower heating value of 22 MJ/kg.

The burners from Combustion Engineerings fabricy have given a stable and intensive flame. The boiler efficiency has stayed in the area 83-87% with a combustion efficiency of 93-98%.

The Environmental influence has been composed of the following:

Sulphur outlet	g/sulphur/MJ	0,21-0,24
Nitrogen oxides	gNO ₂ /MJ	0,13-0,17
Carbon monoxide	ppm	50-100
Particulates	mg/Nm ³	1
Unburnt in ash	%	65-70

Besides this, totally about 150 ton separated fly-ash has been deposited after moistening during the project.

The fuelsystem, consisting of a tank, pumps and pipesystem, has been functioning satisfactory. The wear (erosion) can be considered as neglectable in the whole system.

The burners have been functioning, but details have to be improved.

The fuel has been developed parallel to the firing-tests, which resulted in that the fuel sometimes did not fullfill the quality demands, with plugging and tank-cleanings as a result. However, all the problems has been solved one by one.

During the last firing-month the fuel was behaving completely according to the expectations, which is shown by the 98% availability during this period. No interruption was due to the fuel or the equipment owing to its handling. The project has shown that the coalwaterfuel is able to fire in an oil-designboiler with satisfying availability. Besides, the project has showed how the fuel handling equipment can look like.

The project has, due to far too short operating time, not been able to give certain answers of the economy concerning the total efficiency, demands on the operating staff or the length of life of equipment. Any negative indications in the above mentioned questions do however not exist.

BILAGOR

- | | |
|----------|---|
| Bilaga 1 | Tid- och aktivitetsplan |
| Bilaga 2 | Panna 4. Anläggning för CWM-eldning |
| Bilaga 3 | Figurer över panna, system och brännare |
| Bilaga 4 | Rapport CE. Review of Sundbyberg CWM Firing Tests in a wall fired industrial boiler |
| Bilaga 5 | Sammanställning av driften
oktober 1983 - april 1984 |
| Bilaga 6 | Driftinstruktion |
| Bilaga 7 | Mätning av slitage i rörledningar |
| Bilaga 8 | Analysresultat, Statens Provningsanstalt |
| Bilaga 9 | Analysresultat, Nycol AB |

0 SAMMANFATTNING

Under 1983 och våren 1984 har i SVTFs regi bedrivits ett demonstrationsprojekt med kolvattenbränsle (CWM) vid Sundbybergs Värmeverk.

Målet för verksamheten har varit att samla tillräckligt med data och erfarenheter för att bedöma CWM-teknikens möjligheter på marknaden.

En 18 MW(th) ångpanna har konverterats till CWM-eldning. Under våren 1984 eldades totalt cirka 2 000 ton CWM under cirka 1 000 timmar, varav de 450 sista utan avbrott. Lasten har legat mellan 10-13 MW(th). Bränslet som används är tillverkat av Nycol AB och består av 68 % kol (med 3,6 % aska) och 32 % vatten plus additiv. Bränslet har ett effektivt värmevärde på 22 MJ/kg.

Brännarna av Combustion Engineerings fabrikat har givit en stabil och intensiv flamma. Pannverkningsgraden har legat i området 83-87 % med en förbränningsverkningsgrad på 93-98 %.

Miljöpåverkan har bestått av:

Svavelutsläpp	g svavel/MJ	0,21-0,24
Kväveoxider	gNO ₂ /MJ	0,13-0,17
Koloxid	ppm	50-100
Stoft	mg/Nm ³	1
Oförbränt i stoft	%	65-70

Dessutom har totalt under projektet cirka 150 ton avskiljd flygaska deponerats efter befuktning.

Bränslesystemet, bestående av tank, pumpar och rörsystem har fungerat tillfredsställande. Slitaget (erosionen) kan betraktas som negligerbar i hela systemet.

Brännarna har fungerat, men detaljer behöver förbättras.

Bränsleblandningen har utvecklats parallellt med eldningsförsöken, vilket medfört att bränslet ibland inte klarat kvalitetskraven med igensättningar och tankrengöringar som följd. Svårigheterna har efter hand lösts.

Under den sista eldningsmånaden uppförde sig bränslet helt enligt förväntningarna, vilket visas av att 98 % tillgänglighet

nåddes. Inget stopp berodde på bränslet eller utrustningen för dess hantering. Projektet har visat, att kolvattenbränslet går att elda i en oljepanna med tillfredsställande tillgänglighet. Dessutom har projektet visat hur kringutrustningen kan se ut.

Projektet har på grund av alltför kort drifttid inte kunnat ge säkra svar på ekonomin vad gäller totalverkningsgrad, krav på driftspersonal eller livslängd på utrustning. Några negativa indikationer i ovan nämnda frågor föreligger dock ej.

000 VARNING!

Den som väljer att läsa mer av denna rapport än sammanfattningen måste inse att i fortsättningen beskrivs bara elände.

Författarna har haft ambitionen att beskriva allt man råkat ut för under projektets gång, att behandla alla potentiella risker man sett, ge förslag till förbättringar samt att försöka ge underlag för bedömning i vidare mening av hur långt den nya tekniken nått.

Med andra ord följer i fortsättningen en beskrivning av alla avvikelser från ett tänkt idealtillstånd som författarna upplevt eller befarar.

Något idealtillstånd torde knappast förekomma i tekniska sammanhang. Det är därför ofrånkomligt att en teknik beskriven från ovannämnda utgångspunkter måste ge ett i huvudsak negativt intryck.

För balansens skull bör läsaren göra tankeexperimentet att söka föreställa sig vad samma författare skulle lyckas åstadkomma om de med samma iver skulle fått breda ut sig över ett med dagens ögon sett konventionellt sätt att elda kol.

Betänk också vilken avsevärd textmassa såväl författare som läsare besparas genom att allt som inte inträffat utesluts och rapportering av positiva utfall kunnat behandlas kort.

1 INLEDNING

Denna rapport avser att beskriva verksamheten inom projekt SVTF C26-"CWM-Eldning". Projektet startades på initiativ från Nämnden för Energiproduktionsforskning (NE) våren 1982. Avsikten var att visa huruvida kolvattenblandning som bränsle svarar mot marknadens krav vad avser funktion, anläggningsverkningsgrad, tillgänglighet och ekonomi.

Projektet indelades i två etapper, varav den första upptog tiden februari 1982 till augusti 1982. Målet för etapp 1 var att "arbeta fram underlag för en konvertering av en oljepanna till ett demonstrationstest med CWM". De punkter som behandlas är:

- Finfördelningsförsök
- Förbränningsförsök
- Teoretisk studie av finfördelningsmekanismer
- Utvärdering av pannkonvertering och demonstrations-test

Resultatet av etapp 1 avrapporterades i ÅF-rapport 1982-09-22, "NE-projekt 2660-061 CWM eldning Etapp I".

Etapp 2 vidtog direkt efter etapp 1:s avrapportering i augusti 1982.

Etappens mål är att demonstrera CWM eldning så att en teknisk-ekonomisk utvärdering är möjlig. Tillvägagångssättet har varit att konvertera en ångpanna på 18 MW(th) till eldning med CWM under 1982/83 och att efter intrimning under eldningssäsongen 1983/84 avsluta projektet med en månads demonstrationselldning under kommersiella former.

2 ORGANISATION

Projektet har administrerats av Stiftelsen för Värmeteknisk forskning (Värmeforsk).

Intressenterna i etapp 1 Nycol AB, Sydkraft, AB Svarthålsforsen samt Fyriskraft AB. Den totala budgeten för etapp 1 var 1 750 kSEK, varav 50 % från staten via NE och resterande från intressenterna.

Inför Etapp 2 tillkom Malmö Energiverk, Energiverken i Göteborg och Vattenfall medan Sydkraft drog sig ur. NEs åtagande övertogs 1983-07-01 av Statens energiverk (StEV).

Budgeten för etapp 2 var 6,84 MSEK, varav 2,25 MSEK som villkorslån för hårdvarudelen i projektet. Resterande 4,59 MSEK har fördelats lika mellan STEV och intressenterna.

Projektets verkställande organ har varit projektledare Hed Sintorn, UKAB med biträde av Erik Larsson, ÅF-Energikonsult som haft att rapportera till styrgruppen bestående av representanter från intressenterna samt en observatör från StEV och Värmeforsk.

3 TILLVÄGAGÅNGSSÄTT

Avsikten med projektet var att konvertera en för olja byggd panna till eldning med kol/vatenblandning så att eldning med CWM under "kommersiella former" var möjlig under en längre tid. I detta sammanhang avses med former att pannan skall köras med samma insatser som då den används för olja, dvs sotning, filterbyten och rengöring av munstycken o dyl. Detta resonemang har lett till att en del av installerad utrustning varit avsedd att fungera även vid en permanentning av anläggning, exempelvis pumpar, rörledningar och textilfiltret. Medan andra saker som askutmatningen och automatiken för eldningen måste byggas om eller modifieras. Vad gäller brännaren så är den en prototyp och som sådan inte avsedd att användas permanent utan modifiering.

Den kontinuerliga drift som är projektets mål har krävt noggranna förberedelser och noggrann intrimning av såväl drift-rutiner som utrustning.

Tid och aktiviteter i planen för hela projektet återfinns i bilaga 1.

För att finna en lämplig panna kontaktades ett flertal pann-ägare med ångpannor i storleksområdet kring 20 MW(th) i mellansverige. Pannorna skulle vara driftsoberoende men ha avsättning för producerad energi.

Den anläggning som bäst lämpade sig för ombyggnad och demonstrationseldning var panna P4 vid Sundbybergs värmeverk. Denna är en SMV-panna på 18 MW (25 ton ånga/h) från 1964 som de senaste åren varit reservpanna vid hetvattencentralen.

Projekteringsarbetet för ombyggnaden utfördes av ÅF-Energikonsult och ombyggnadsarbetet gjordes av Götaverken Energy Systems.

För att möjliggöra genomförandet av projektet tecknades ett avtal mellan Sundbybergs kommun och SVTF vilket reglerade

verksamheten vid anläggningen och ägarförhållandet av utrustningen under projektet och efter projektets avslutande.

Driften av pannan har hela tiden skötts av värmeverkets personal, medan bränslesystemet och hantering av den nyinstallerade utrustningen såsom brännare, pumpar och tank körts och skötts av projektets personal.

Vid eldningens start var det personal från Götaverken Energy Systems (GES) som ansvarade för CWM-eldningen. På grund av projektets utsträckning i tiden byttes GES personal mot Lars Fredriksson och Mats Eriksson från Marviken (Vattenfall), vilka sedan hösten 1983 ansvarat för projektets del i driften vid anläggningen. För service och skiftgång har personal från Svensk Energihantering i Rimbo AB hyrts in.

Allt bränsle till projektet har framställts vid Nycols fabrik i Stora Vika med och levererats med tankbil.

4 PANNANLÄGGNINGEN

Den utvalda pannan är en ångpanna på 25 ton ånga per timme byggd av Svenska Maskinverken, numera Götaverken Energy System. Pannan är förberedd för drift med kol på så sätt att pannans botten är okyld och pannan placerad på ben, allt för att möjliggöra installation av wanderrost. Pannans effekt med rost beräknade GES till 18 ton ånga per timme. Pannan är kopplad till en turbin men används mest för hetvattenproduktion.

Värmeverket i Sundbyberg har förutom projektpannan P4 en likadana systerpanna P3, en 75 ton/h ångpanna P5, 2 st hetvattenpannor, P1 och P2, på 40 MW, sopförbränning på cirka 4 MW och sedan 1 juli 1984 2 st 30 MW elpannor. Normalt används inte de två systerpannorna P3 och P4 annat än i nödfall.

4.1 Konverteringen

Målet med konverteringern var att kunna köra pannan utan extra personal för driften. Detta innebär, att utrustning för reglering av pannlasten och säkerhetsvakter, såsom flamvakter och tryckvakter installerades.

Befintlig tank på 350 m³ användes för slurrylagringen vid anläggningen. Denna tank är placerad inomhus, varför särskilda åtgärder för att hålla blandningen över fryspunkten ej behövs. Tanken har som en säkerhetsåtgärd försetts med omrörare. Då bränslet används och uppehållstiden i tanken är ringa, behövs ej omrörning. Omröraren är styrd av ett mycket flexibelt programverk.

Tanken fylls från bil med hjälp av övertryck i bilens bränslebehållare (tryckluft). Pump behövs ej.

Då avståndet mellan tank och brännare är stort, har en cirkulationsslinga byggts för att minimera mängden stillastående slurry i ledningar mm vid start och tillfälliga stopp i eldningen. För cirkulationen används en pump med kapaciteten 6 m³/h. Loopen är dimensionerad för en flödes hastighet under 0,5 m/sek. Två pumpar är installerade, varav en i reserv.

För att få fram rätt mängd bränsle till de båda brännarna, används två varvtalsstyrda pumpar. Varvet regleras automatiskt genom signaler från ångtryck och flödesmätning. Luften kvotregleras.

De två brännarna har levererats av Combustion Engineering i USA. De har specialbeställts för ändamålet. CE har utvecklat brännarna för denna panna och parallellt för ett motsvarande projekt i Canada. Brännarna har munstycken av sk y-jettyyp och använder tryckluft som atomiseringsmedel. En skruvkompressor har installerats för ändamålet. Munstyckshålen är fodrade med hårdmetall för att minimera slitaget.

Brännarna har fri flamma och arbetar med hög recirkulation för att säkerställa god förbränning.

Luftförvärmningen som är nödvändig för att säkerställa tillräckligt snabb upphetning till antändningstemperatur har kompletterats. Efter den befintliga matarvattenuppvärmda luftförvärmaren har en ånguppvärmd luftförvärmare installerats. Luften värms till 170°C.

För att hålla pannans eldstad ren har två sotblåsare installerats, varav en väggblåsare och en utdragbar sotblåsare vid eldstadens utlopp.

Ett textilt spärrfilter har installerats för att möjliggöra långtidsprov utan risk för oacceptabelt höga utsläpp.

Detaljbeskrivning med utförliga data av ovanstående finns i bilaga 2.

5 DEMONSTRATIONSELDNINGEN

Demonstrationseldningen vid anläggningen påbörjades våren 1983, men på grund av dåligt fungerande brännare eldades endast en kort tid, varvid man konstaterade att brännarna måste byggas om. Detta genomfördes under sommaren och var klart i oktober, då Combustion Engineerings eget folk var på plats och startade upp de ombyggda brännarna.

I bilaga 5 beskrivs all drift från hösten 1983 t o m vecka 418, 1984.

Under oktober och november eldades relativt lite och arbetet inriktades på att bli av med det bränsle som lagrats i tanken sedan våren.

Efter juluppehåll startade eldningen igen i februari 1984. Perioden därefter redovisas grafiskt i figur 1. Med 100 % last menas max kontinuerlig last med olja, vilket är 19,5 MW(th) eller 25 ton ånga per timme.

Som synes har eldningen genomförts vid 50 % last eller mer.

De i figuren med siffror angivna längre stoppen har följande förklaringar:

- 1 Överhettaren repareras efter att några tuber krökts vid uppstart.
- 2 Ej användbart bränsle avlägsnas och tanken rengöres.
- 3 Pannan ställs av för inspektion efter 1 veckas kontinuerlig drift.
- 4 Pannan ställs av för inspektion efter nästan 2 veckors drift, samtidigt avlägsnas "gammalt" bränsle. Påskuppehåll.
- 5 Stopp i samband med helg för att koppla in nya elpannor till fjärrvärmenätet.
- 6 Kort stopp för att utreda problem med alltför täta silbyten i bränslesystemet.

Under perioden W407-W418 eldades 523 timmar, varunder 838,6 m³ CWM förbrukades. Detta ger ett medelvärde på 1,9 m³/h eller 2,2 ton/h. Vid denna last genereras cirka 11 MW(th).

Övriga stopp kan hänföras till planerade avbrott på grund av att olika eldningskampanjer har genomförts.

I figur 2 visas de sista 461 timmarna av demonstrationen. Under denna period eldades 451 timmar. Detta innebär 97,8 % tillgänglighet. Markeringarna i figuren har följande förklaringar.

- 1 Felmanöver i samband med prov av reservlans.
- 2 Strömavbrott.
- 3 Problem med askutmatningssystemet. Container påkördes av bil och full askcontainer hämtades ej i tid.
- 4 Systemet löste ut vid strypning av bypassledningen.

Under den sista eldningsmånaden uppförde sig bränslet helt enligt förväntningarna och inget stopp berodde på bränslet eller utrustningen för dess hantering.

Under perioden 8 maj-28 maj eldades 867 ton motsvarande 735,2 m³. Detta motsvarar 1,92 ton/h eller 1,63 m³/h. Uteffekten på pannan var i snitt 10 MW(th).

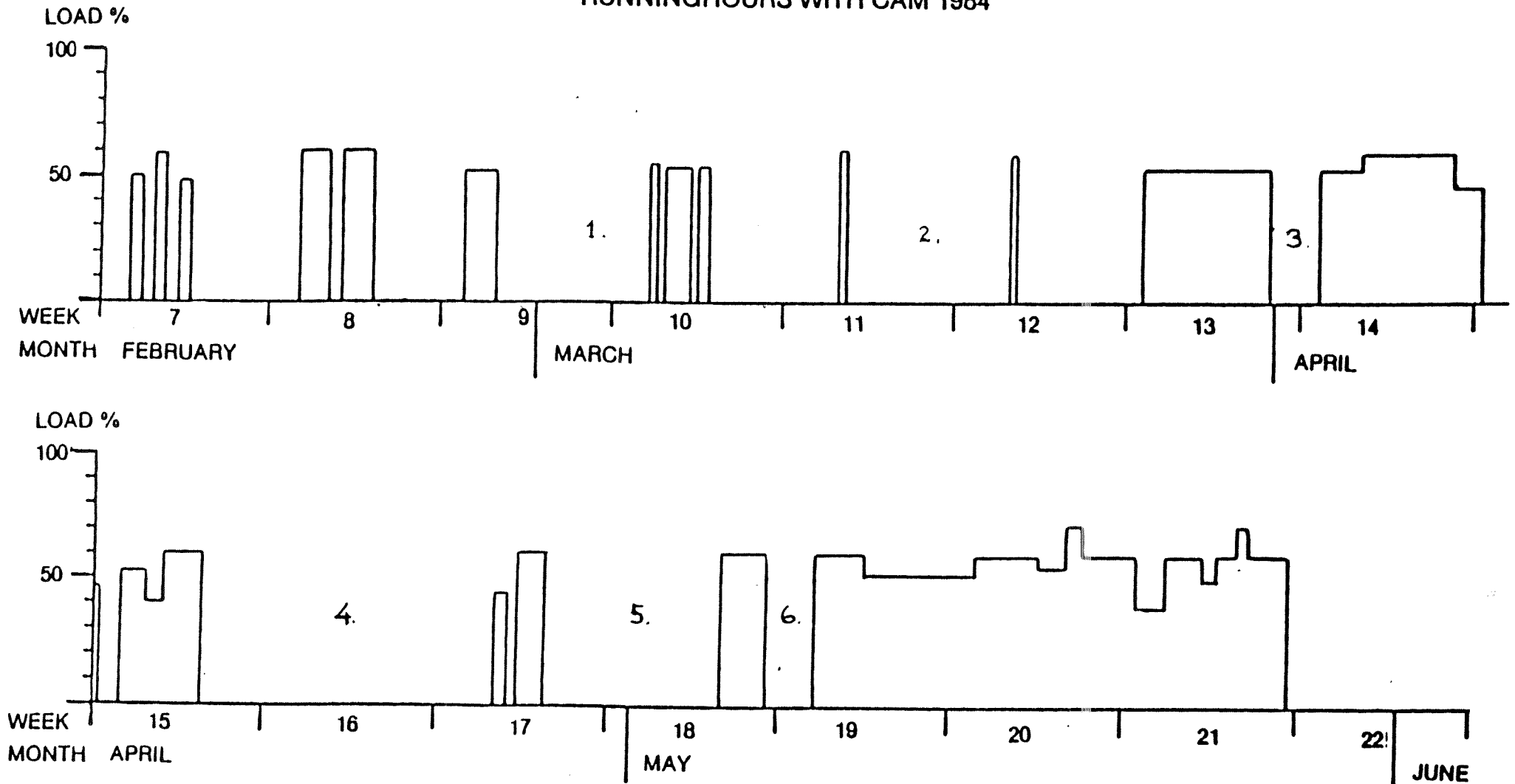
Totalt har under 893 timmar 1984 eldats 1573, 8 m³ eller 1857 ton.

FIGUR Ångproduktion under fyra delprover genomförda under maj månad.

Bränsle flöde	t/h	1,7	2,2	2,2	2,6
Effekt från flamma	MW	10,6	13,2	13,3	15,9
därav rökgasförlust	MW	0,7	1,0	1,0	1,3
" strålningsförlust	MW	0,2	0,3	0,3	0,3
" förlust oförbränt	MW	0,8	1,0	0,8	1,2
Återstår för ångproduktion	MW	8,9	10,9	11,2	13,1
Matarvattentemperatur	°C	118	123	119	119
Ångtryck	Bar	54	53	53	54
Ångtemperatur	°C	455	466	462	465
Ångproduktion	t/h	11,4	13,8	14,2	16,5
Verkningsgrad	%	85,6	84,5	86,2	84,0

DEMONSTRATION TEST SUNDBYBERG

RUNNINGHOURS WITH CAM 1984

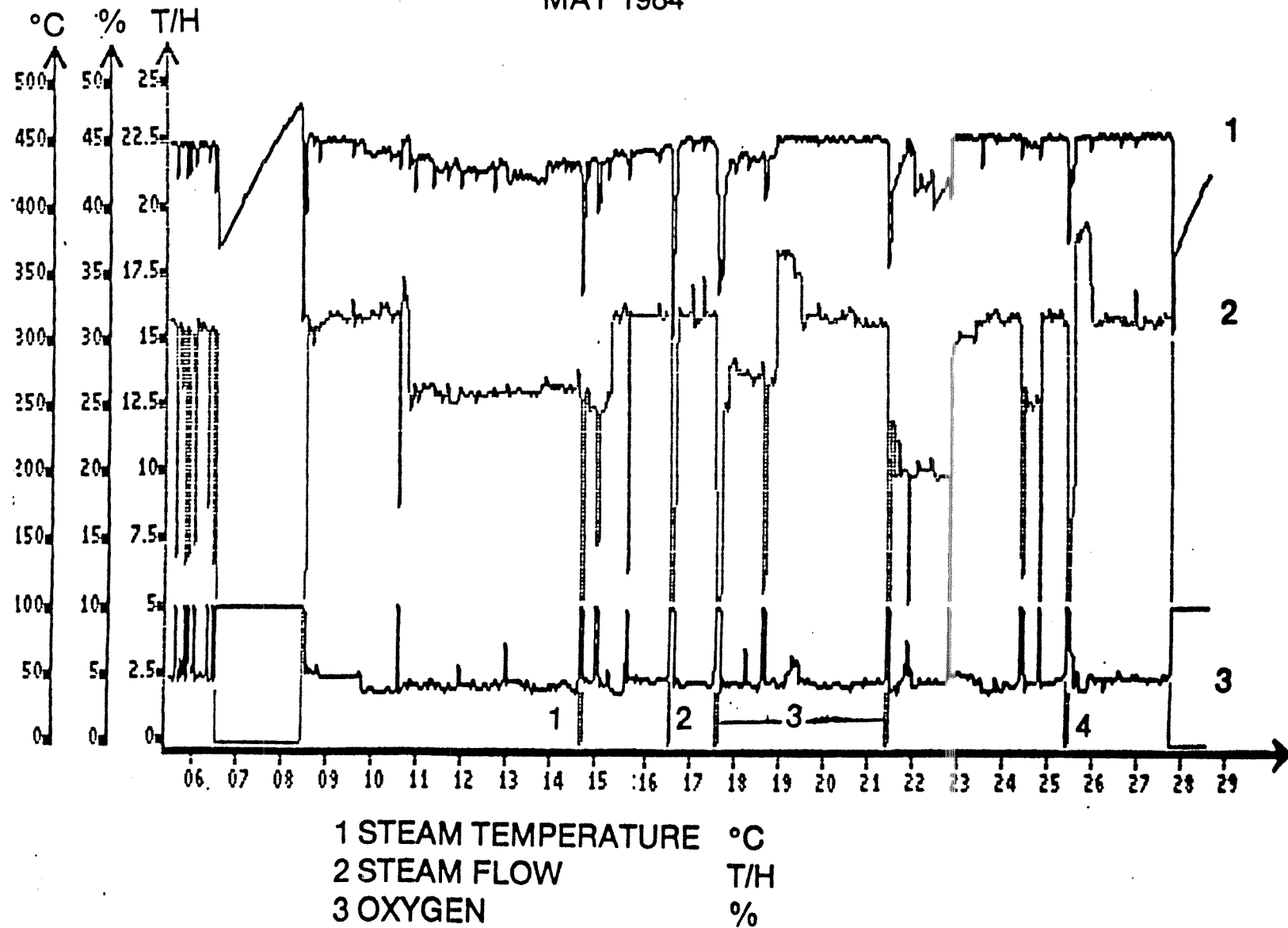


FIGUR Grafisk beskrivning av driften under vintern och våren 1984. Med 100 % last menas max kontinuerlig last med olja vilket är 20 MW eller 25 ton ånga per timme.

DEMONSTRATION TEST SUNDBYBERG

DURATION TEST

MAY 1984



Figur 2

6 ERFARENHETER FRÅN DEMONSTRATIONSANLÄGGNING

6.1 Bränslesystem för kolslurry

Inom projektet utförda installationer för mottagning, lagring och hantering av slurry har fungerat väl och kräver egentligen inga ytterligare åtgärder för normal driftshantering utöver vad som framgår nedan.

Leveranspunktens placering kan emellertid diskuteras ur trafikteknisk synpunkt samt även med hänsyn till eventuell störning av kringboende (buller, avgaser). Vidare kan beroende på val av transportfordon inmatningskapaciteten behöva förbättras.

Den befintliga tankens volym (350 m^3) förefaller rimlig, men placeringen i varm omgivning ($30\text{--}40^\circ\text{C}$) medför olägenheter med yttorkning av bränslet och gör det svårt att bibehålla bränslekväliteten vid längre tids lagring. Tankens plana botten och dess högt placerade in- och utloppsstudsar gör att en stor del (cirka 30 m^3) ej går att använda.

Behovet av omrörare i tanken är icke klarställt. Den har vid vissa tillfällen onekligen underlättat och/eller möjliggjort drift eller hantering av undermåligt bränsle. Den rekommenderas av detta skäl särskilt som bränsleberedningstekniken ännu befinner sig i ett utvecklingsskede. En nackdel är att cirka 60 m^3 måste finnas i tanken för att omröraren skall gå att använda. Omröraren möjliggör också utjämning av eventuella skillnader i slurryleveranser (t ex värmevärde) och har använts i detta syfte. Värdet av detta kan för närvarande ej bedömas. Omröraren är försedd med programmerbart urverk. 15-30 min drift två ggr/dygn eller cirka 20 min i samband med slurryleverans har varit vanligt. Befuktningsanordning för luften i tanken har installerats i efterhand.

Rörledningar för slurry har dimensionerats för $0,33 \text{ m/s}$, vilket har givit rimliga tryckfall (cirka 2 bar i cirkulationsloopen) utan att slitage kunnat noteras under provperioden. Se

bilaga 6.

Ursprungligen drogs returen från cirkulationssystemet tillbaka till tanken, detta för att undvika uppvärmning av bränslet vid längre tids rundpumpning utan bränsleuttag. Behov av längre tids rundpumpning föreligger emellertid ej och är dessutom olämplig. Anledningen till detta är att bränslet genom bearbetning förlorar vissa önskade egenskaper. Detta visar sig genom att ett segt material efter hand lagras i stagnationszoner. Detta material låter sig svårligen röras upp och återges en rimlig flytbarhet.

I cirkulationssystemet förekommer sådana stagnationszoner i exempelvis filtren. Detta har aldrig medfört något problem eller störning i driften av cirkulationssystemet, ej heller i brännarmunstyckena, men fenomenet bör rimligen förväntas uppträda även i tanken där en anrikning av reologiskt undermåligt material måste ske med tiden.

En bypass, från returledning till sugledning omedelbart utanför tanken monterades in av ovanstående skäl och har använts under den senare delen av demonstrationen. Bypassen medför något lägre totaltryckfall över kretsen samt underlättar hanteringen i händelse av problem med slurrykvaliteten.

Kolvattenbränslet har vid några tillfällen "stelnat" och helt eller delvis blockerat rörledningarna. Det bör i sammanhanget påpekas att man från projektets sida genomgående sökt taga reda på hur länge slurry utan olägenhet kunnat behållas stillastående i ledningar.

Olika metoder att rensa en sålunda pluggad ledning provades, dock ej med någon framgång. Däremot visade det sig, att en slurryplugg, även om den till en början tätar perfekt mot framträngande vatten, icke utgör en permanent avstängning av en ledning. Låter man vattentryck stå på med pluggen som enda avspärrning så är det enbart en tidsfråga innan ledningen åter är fri.

Tiden för avlägsnande av sådana "pluggar" kan emellertid bli lång. I aktuellt fall med ledningslängder upp till 25 m kunde det bli fråga om ett dygn. I några fall kunde förloppet påskyndas genom att koppla en vibrator på ledningen.

Möjlighet att koppla på vatten, t ex var femte meter, bör ge möjlighet att rensa en pluggad 80 mm ledning inom kontrollerad tidsram. Större diameter bör medge längre avstånd, klenare rör kortare.

Det är oklart om högre vattentryck medför märkbara fördelar.

Tömning av ledning innehållande kolvattenbränsle är ej så enkelt. Efter tömning måste ledningen sköljas ordentligt för att undvika att slurryrester torkar fast. Erforderlig sköljvattenhastighet torde ligga på åtminstone ett par meter per sekund och även då erfordra viss tid. Eftersom slurryledning dimensioneras för en tiopotens lägre hastighet, inses att sköljning med befintliga slurrypumpar är rätt meningslös. I aktuellt fall med slurrypumpkapacitet på $6 \text{ m}^3/\text{h}$ kan $12 \text{ m}^3/\text{h}$ nås om båda pumparna köres. Åtminstone $60 \text{ m}^3/\text{h}$ behövs för renspolning.

Bra resultat kan nås genom att öppna ledningen i ena änden

till full dimension (t ex demontera filter), fylla på en kvantitet vatten i andra änden och sedan "jaga" i väg densamma genom ledningen med hjälp av tryckluft. Ledningen bör vara väl stagad och stänkskydd anordnas i utloppsänden. Förfarandet upprepas några gånger tills det utströmmande vattnet börjar ljusna.

Att förtränga slurryn med vatten och lämna ledningen vattenfylld är ej bra. Om slurryn är stabil nog för den aktuella stilleståndspanoden så är åtgärden meningslös. Om å andra sidan detta ej är fallet, så vet man säkert att vatten ej förbättrar slurryns egenskaper och att det är omöjligt att vid förträngning med vatten få ut all slurryn. Återstart blir med denna metod alltid ett äventyr, vilket ej kan tidsbestämmas i förväg och kan dessutom medföra risker för utrustningen.

Vid klenare ledningar, där erforderlig vattenhastighet för sköljning kan uppnås, kan sköljning tillämpas med gott resultat.

Det är viktigt att slurryn inte innehåller tillsatser som i praktiska kvantiteter kan vara hälsovådliga eller skadliga för t ex reningsverk med biologisk rening.

Ledningar som användes intermittent, t ex påfyllnadsledningar eller slangar på tankbilar och som därför ej kan lämnas fyllda eller rengöras måste skyddas mot torkning.

Lock som förhindrar lufttillträde har visat sig fungera bra.

Filter bör finnas före och efter tank. I det befintliga systemet finns emellertid filter även före brännarpumpar. Detta enbart beroende på att vid uppbyggnaden av systemet erfarenhetsunderlag beträffande erforderliga filterareor, lämplig maskstorlek och sambanden däremellan helt saknades. Så snart systemet kom i drift visade det sig att maskvidden (1,6 mm) vid cirkulationspumparna ($6 \text{ m}^3/\text{h}$) knappast kunde underskridas, medan vid brännarpumparna ($1 \text{ m}^3/\text{h}$, samma filterarea) 0,9 mm gick bra. Den finare maskvidden bör eftersträvas, dels med hänsyn till brännarmunstyckena, dels även av hänsyn till pumparna. Under en period med yttorkat material i tanken fanns i slurryn fastare material, dels i form av "ärter" dvs torkade droppar av slurry, dels i form av "grus" bildat av större kakor torkat material som brutits sönder i cirkulationspumparna. Grusets storlek varierade från delar av millimeter upp till 3-5 mm. "Ärtorna" tycks i allmänhet ha passerat cirkulationspumparna relativt ostört och fångades upp i silarna efter pumparna.

"Gruset" däremot passerade i viss utsträckning silarna och orsakade igensättning av de finare silarna före brännarpump-

parna. Under en period av fyra dygn kom därvid en av brännarpumparna att köras efter en silkorg med 1,9 mm maskvidd i stället för normala 0,9 mm. Förhållandet uppmärksammades genom att denna brännarpump tappade cirka 10 % kapacitet under dessa dygn och som det visade sig till följd av skador i pumpstatorn från enskilda partiklar.

Silarna efter cirkulationspumparna bör ökas sex gånger i area så att maskvidden 0,9 mm kan användas. Silarna före brännarpumparna kan därefter tas bort.

Pumpsitage har i övrigt icke vållat problem under proven. Båda cirkulationspumparna gav fullt tryck och flöde vid provperiodens slut. Den ena av dem gav dock under senare delen av perioden ett kraftigt pulserande tryck, vilket visade sig bero på kavitationsskador i inloppet.

När och under vilka omständigheter skadan uppstått är oklart. Det kan antas att en inträffad skada av en viss nivå rimligen förvärras med tiden via pulserande inloppstryck och så småningom leder till haveri. Innan det pulserande trycket först noterades, hade emellertid den aktuella pumpen i samband med trögflytande CWM körts med dålig fyllnad på inloppssidan.

Det finns dock ingen anledning att se känslighet för kavitationsskador som begränsade för de aktuella pumparnas lämplighet för kolvattenbränsle.

Att cirkulationspumparna ej varit illa av tidigare nämnda kortare period av problem med torkat material, medan däremot en av brännarpumparna sannolik gjort det, sammanhänger med skillnader i periferihastighet och tryckuppsättning.

Den ena brännarpumpstatorn byttes ut efter cirka 500 h-drift med ovan relaterade skador. Den andra liksom den nyinsatta gav vid prov med vatten fullt tryck utan mätbart läckage (fullt flöde) efter provets avslutande (1 000 resp 500 h-drift) och något slitage på dessa delar eller andra har ej noterats, varför provet ej ger möjlighet till bedömning av uppnåbar livslängd annat än mer än 1 000 timmar.

Detta räcker dock för konstaterandet att erforderligt utbyte av slitdelar vid lämpligt dimensionerade pumpar ej nämnvärt behöver påverka driftstillgängligheten eller i allvarlig grad driftsekonomin.

Brännarpumparna är varvtalsstyrda och flödesreglerade. Varvtalsstyrningen medger cirka 30 % "övervarv". Detta påverkar givetvis ej normalt driftvarvtal, men om pumpen börjar bli sliten, förlorar man ej pumpkapacitet förrän detta "övervarv" utnyttjats fullt ut. På så sätt indikeras en begynnande kapa-

citetsminskning av instrument i pulpet som visar pumpens utstyrning.

Samtliga pumpar var från början försedda med mekanisk plantätning vid axelgenomföringen men av olika typ. De vid cirkulationspumparna har fungerat utan anmärkning. På ena brännarpumpen havererade emellertid plantätningen efter cirka 400 h och den andra efter 450-500 h. Därvid byttes boxarna ut och resterande cirka 500 h kördes med packboxtätning med vattenmottryck. Detta medför emellertid nackdelar ur driftsynpunkt. Utläckande slurry sliter snabbt ned packningsmaterialet. Inläckande vatten späder bränslet. Balansen är svår att överblicka. Efterdragning och ompackning blir relativt frekvent.

De mekaniska plantätningarna i hårdmetall såg ut att ha svällt och spruckit. Enligt leverantören berodde skadorna på att för det specifika fallet olämpligt lod för fastlödning av hårdmetallen kommit till användning.

Förklaringen synes rimlig varför återgång till mekaniska plantätningar rekommenderas.

Systemet är försett med tryckreglerventil för konstanthållning av trycket före brännarpumpar. Ventilen har invändigt ett gummirör, vars genomlopp styres med tryckluft. Apparaten fungerade utmärkt de första 700 timmarna men sprang sedan läck och släppte in luft i cirkulationssystemet med följd att brännarpumparna periodvis tappade taget samt att flödesmätarna med jämna mellanrum gick ned till 0. (Den använda typen är känslig för luft.) Eftersom brännarpumparnas varvtal är återkopplat över flödesmätarna blev detta mycket störande. Övertrycksvakterna efter brännarpumparna löser visserligen brännarpumparna till följd av tryckstötter alternativt löser brännarna via fotocellerna. Därvid försvinner emellertid alla felindikationer och återstart av pannan utan åtgärd är ej lämpligt.

Den demonterade reglerventilen visade inga tecken på slitage men var spräckt i ett veck. Anledningen är ej klarställd. Rimligen har materialet tröttats ut (mekaniskt eller genom kemisk påverkan). Har detta skett till följd av normal reglerverksamhet är givetvis apparaten oanvändbar men i så fall inte bara för slurry. Det är ett faktum att reglerventilen liksom alla andra komponenter i systemet tidvis utsatts för onormala påkänningar i samband med slurryproblem.

Sannolikt har den alltså skadats i ett tidigt skede och sedan tröttats ut.

Trots de tråkiga konsekvenser som haveri på ventilen visats ge, förefaller det rimligt att ge ventilen en chans till. Även om problem med slurrys flytbarhet säkert inte helt hör till

det förgångna, visar ändå den genomförda provverksamheten att utveckling till det bättre pågår, varför det kan vara för tidigt att döma ut den använda ventiltypen för ändamålet.

Flödesmätarna av induktiv typ har ej givit problem. Något slitage har ej noterats. Vid företagna kontrollmätningar har toleransen $\pm 1\%$ innehållits. Någon kalibrering har ej erfordrats. Felaktig mätsignal erhålles om luft förekommer i systemet.

Armaturen består för övrigt av konventionella kulventiler. Några olägenheter eller problem med dessa har ej noterats.

Avluftningar och dräneringar har monterats direkt på ledningen med kortast möjliga stutsar. Avloppsledningar från dessa har ej monterats.

Slurryn är i princip självtätande, varför läckageproblem knappast förekommer, däremot torkar slurryn relativt snabbt vid lufttillträde med följd att till exempel en avluftningsventil på cirkulationssystemet normalt kan öppnas utan att slurry tränger ut. För att avlufta respektive dränera borrar man sedan lätt hål med skruvmejsel om ventilen har fullt och rakt genomlopp. Vid de låga tryck som erfordras i cirkulationssystemet 2-3 bar går detta bra, ehuru lite slurry alltid rinner ut (det kan spotta), varför man får räkna med utvändig avspolning med vatten.

Efter brännarpumpar, där tryck upp till 15 bar kan förekomma, bör ej finnas avluftningar eller dräneringar.

Dessa ledningar spolas eller fylles vid behov genom att köra slurry eller vatten ut i avlopp via brännarslangarna.

Anslutningar för vatten kan utföras fast om avstängningsventilen sitter nära sluryledningen. Med 4-5 bar vattentryck kan blockering ej ske. Vid inkoppling av vattennätet mot slurrysystemet måste risken för att slurry kan tryckas in på nätet beaktas.

Säkerhetsventiler för slurry har ej provats. Sannolikheten att en säkerhetsventil skulle fungera mer än en gång bedöms som måttlig. Om säkerhetsventil ej kan undvikas, rekommenderas sprängbleck, alternativt får man välja ventil med stor omsorg, anbringa den direkt på ledningen och låta en mindre vattenström ständigt spola utrymmet direkt ovan kägla och avblåsledningen ut.

I det aktuella fallet har säkerhetsventil ej använts. I stället finns tryckvakt efter varje pump, vilken stoppar respekti-

ve pump. Detta har fungerat bra men hjälper bara om trycket orsakats av pumpen.

Slurryn har oftast lägre temperatur än omgivningen, varför delsträckor som kan stängas av lätt får höga tryck. Observera att pumpar för slurry normalt är att betrakta som täta vid stillestånd. Lämplig längd av sådan delsträcka bör utföras med slang som elastiskt och utan skada kan taga upp den måttliga volymökningen som uppstår.

Manometeruttag utföres med lägst anslutning 25 och med spärrmembran så nära ledningen som möjligt.

Automatiken gör att cirkulationspumparna löser vid högt tryck samt vid högt differenstryck över respektive filter.

Vid högt differenstryck över filter startar automatiskt den andra pumpen om den står i läge reserv. Därvid bör larm till kontrollrum ske.

Sådan pumpväxling sker lugnt och nästan utan tryckstöt.

Trycket före brännarpumparna konstanthålles vid 2 bar med pneumatisk regulator.

Brännarpumparna är varvtalsreglerade, vilket utnyttjas för styrning av volymflödet, antingen automatiskt för reglering av panntryck eller till i kontrollrum alternativt lokalt inställt flöde.

Tryckvakt efter pump löser respektive pump vid tillåtet max tryck (cirka 20 bar).

Fotoceller löser respektive pump.

Vid pannutlösning stoppas brännarpumparna.

6.1.1 Slurryproblem

Februari 1983 - december 1983

Den först levererade (februari 1983) slurryn var ur hanteringssynpunkt helt utan anmärkning. Dess egenskaper ur eldningssynpunkt är okända utöver att den gick att elda och att den innehöll en måttlig men besvärande kvantitet överstora kolpartiklar, eftersom bränsleleverantörens avsedda utrustning för klassning av malprodukten råkat ut för leveransförsening och ej kom i drift i tid.

De använda additiven var av organisk typ. Efter drygt två

månaders lagring började pH sakta falla, vilket visade sig bero på bakterieangrepp. I samband härmed blev bränslet snabbt instabilt. Bakteriedödande medel tillsattes och de förbrukade additiven ersattes. En del kol hade hunnit sedimentera i tanken men huvuddelen av partiet kunde efter denna rekonstruktion och ytterligare drygt sex månaders lagring utan omröring eldas upp i november 1983 utan problem.

Känsligheten för bakterieangrepp sågs som en besvärande nackdel. Den kunde uppenbarligen undvikas genom tillsats av bakteriedödande medel men förekomsten av sådana i bränslet om än i måttliga kvantiteter upplevdes som besvärande av miljöskäl.

Bränsleleverantören valde att övergå till additiv av oorganisk typ. Problem med slurryns hanterbarhet framstår som en följd av detta beslut. De första leveranserna med de nya additiven eldades upp utan problem i slutet av november 1983. Därefter lades försöksverksamheten i Sundbyberg ned i avvaktan på det nya spärrfiltret på rökgassidan, vars färdigställande försejats. Under tiden började bränsleleverantören lagra upp bränsle i tanken i Sundbyberg i tanke att få en mjukare start vid den planerade produktionskampanjen våren 1984. I december 1983 noterades att den nya slurryn hade tixotropa egenskaper, dvs slurryn var stabil och hade hög viskositet i stillestånd men rimlig viskositet sedan den väl bringats i rörelse, vilket medförde att omröraren i tanken ej förmådde röra om hela volymen. Förhållandet noterades, men åtgärder vidtogs ej då slurryn i övrigt föreföll användbar och man ansåg att allt eftersom nivån skulle gå ned i tanken skulle omröraren nå nya volymer och därmed skulle hanteringsproblem undvikas.

Anledningen var också enligt bränsleleverantören att man med relativt kortvarig erfarenhet av de nya additiven ville göra bränslet extra stabilt, eftersom bränslet skulle lagras några månader. Tanken fylldes under december 1983.

Februari 1984

När eldningen återupptogs i februari 1984 hade bränslets stabilitet ökat. Omröraren hade svårt att få fram pumpbart material. Trycket (atmosfärstryck + nivå) räckte ej för att få fram bränsle till cirkulationspumparna om inte detta först bearbetats av omröraren. Genom att köra ned rör i bränslet och blåsa tryckluft kunde bränsle matas fram till omröraren för vidare transport ut till brännare.

Det hände alltså att sugledningen blockerades i samband med att ej bearbetat bränsle nådde sugstutsen. Dessutom medförde arbetet med luftlansar i tanken att det började dyka upp torakat, hårt material i cirkulationssystemet.

Blandningens stillestånds stabilitet ökade. Efter två veckor med accelererande problem försökte bränsleleverantören rekonstruera bränslet genom huvudsakligen vattentillsats och forcerad omrörning.

Detta föreföll att lyckas. Under påföljande vecka klarade omröraren att röra upp hela volymen. Problemet med yttorkat material som satte igen silar kvarstod dock och ökade naturligtvis allt eftersom nivån i tanken sjönk. I början av påföljande vecka började ånyo partier av stillastående slurry dyka upp i tanken, varför arbetet med luftlans återupptogs trots allt ymnigare förekomst av torkat material. Vid detta tillfälle var det uppenbart att stabiliteten på stillastående material tilltog snabbt. Vid slutet av veckan gick det inte längre att hålla igång verksamheten. Då hade av ursprungligen lagrade cirka 260 m³ bränsle något över 200 m³ eldats upp. Noterbart är att under denna period nåddes de bästa utbränningsresultaten under hela provet.

Leverantören angav som orsak till det inträffade att kemikalier i tekniska kvantiteter är tekniska produkter som inte är rena till 100 procent och att de föroreningar som ingår kan variera beroende på råmaterial och framställningsmetoder. Man ansåg att man i samband med byte av additivleverantör råkat ut för sådana föroreningar med dessa oväntade konsekvenser.

Mars och maj 1984

Efter tömning av tanken återupptogs försöken. Därvid framgick så småningom att bränslets benägenhet för yttorkning var besvärlig nog utan hjälp av arbete med luftlansar i tanken. Mängden torkat material på väggarna av tanken och som på bränsleytan tillväxte obevekligt och allt mer började dyka upp i silarna igen. Detta ledde så småningom till ytterligare en tanktömning. Inför den fortsatta verksamheten vidtogs två åtgärder. Dels justerade bränsleleverantören återigen sammanställningen hos bränslet en aning. Dels försågs tanken med befuktningsaggregat. Det första troligen mest verksamt. I fortsättningen och till dess provverksamheten bröts i slutet av maj 1984 uppstod inga ytterligare driftsproblem utan det hela fungerade. Lagerbarheten nådde dock ej samma nivå som med den våren 1983 levererade bränslet. Detta bränsle lagrades totalt nästan tio månader i tank och vid prov med lagring stillastående i rörledning upp till tre veckor gav ej ens upphov till förhöjd tryckstöt vid pumpstart. Det våren 1984 levererade bränslet tålde inte mer än några dygns lagring i ledning.

6.1.2 Önskvärda förbättringar

Kortare stycke av rörledning efter brännarpumpar utföres med slang.

Avloppstratt för att underlätta renspolning av brännarslangar.

Permanent utförande av spolvattensystem (purgevatten). Helst för tryck överstigande atomiserlufttrycket.

Ökning av filterarea vid transportpumpar så att 0,9 mm maskvidd kan användas och filter före brännarpumpar tagas bort.

Signal till kontrollrummet för pumpväxling och utlösta pumpar.

6.2 Brännarna

Brännarna levererades av Combustion Engineerings forskningslaboratorium Kreisinger Development Laboratory, som vid upphandlingstillfället nyligen framgångsrikt provat en för slurry utvecklad brännare med tre gånger högre effekt.

Denna hade emellertid tillförsel av separat sekundärluft, vilket kan vara ett problem vid ombyggnad av befintliga pannor och passade illa i Sundbyberg.

De levererade brännarna utgör en nedskalning och anpassning till en mer generellt användbar form av en tidigare provad modell.

Nedskalning är naturligtvis i detta sammanhang en svårare uppgift än motsatsen. På grund av rådande osäkerheter i dimensioneringsunderlaget försågs brännarna med tre luftregister istället för två, samtliga försedda med individuell möjlighet till inställning av såväl flöde som rotation. Avsikten var att efter utprovning på plats svetsa fast de flesta spjällen och behålla som inställbara ett eller två för senare automatisering i erforderlig omfattning.

6.2.1 De första proven

Vid prov med brännarna under våren 1983 visade det sig att tillfredsställande stabilitet ej kunde uppnås och tändbrännarna kunde ej ställas av.

Recirkulationszonen centralt i flammen blev ej stor nog för att medge säker och kontinuerlig tändning av flammen.

Problemet förvärrades av den höga impulsen i bränslesprayen, vilken visserligen bidrog till att förstärka recirkulationen men också medförde att den recirkulerade gasen kom att innehålla för lite brännbart material.

Det visade sig att med ett bränslemunstycke framtaget inom en tidigare etapp av projektet och kännetecknad av mycket låg impuls hos slurry-luftblandningen kunde tillfredsställande flammstabilitet uppnås och brännaren eldas mycket bra utan oljestöd. Det aktuella munstycket drog emellertid mer atomiserluft än som stod till förfogande för två brännare. Dessutom var kapaciteten på munstycket bara två tredjedelar av den önskade, vilket medförde att med detta munstycke lastreglermöjligheten var "lika med noll". Sänkte man lasten, blev det för kallt i eldstaden och öka gick inte. Ett par försök att köra igång även den andra brännaren gjordes, men den begränsade tillgången på atomiseringsluft i kombination med att den idriftvarande

brännaren fick problem med stabiliteten då förbränningsluften till den ännu ej startade brännaren tillfördes eldstaden, gjorde manövern för besvärlig.

Det stod alltså klart att brännarna måste förbättras samtidigt som de gjorda försöken gav värdefull information om hur detta skulle kunna ske.

6.2.2 Ombyggnad av brännare och primära resultat.

En likadan brännare sattes in i provpanna hos Kreisinger Development Laboratory och några olika modifieringar provades. Som resultat av dessa försök ändrades brännarna i Sundbyberg.

Den tidigare inställbara turbulatorn för primärluft byttes ut mot en fast sådan med bättre effektivitet.

Utloppskonan efter primärregistret ökades på väsentligt och munstycken med fler och mindre hål samt mindre vinkel tillverkades.

Vid prov i november 1983 i Sundbyberg med de ändrade brännarna kunde hela lastområdet 25-100 % brännarlast köras utan oljetillsats med en eller två brännare och utan omställningsproblem. Faktiskt blev det en flamstabilitet helt jämförbar med en oljebrännare under förutsättning att pannan har drifttemperatur och att förbränningslufttemperaturen ej understiger cirka 150°C.

Sedermest har pannan startats direkt med slurry efter cirka 5 timmar stillestånd med ett tryck på 20 bar och en lufttemperatur på 120°C.

Start av pannan med förbränningslufttemperatur 80°C har också gjorts men då inom två timmar efter pannstopp.

Vid dessa extrema tillfällen har emellertid tändbrännarna inte tagits ur drift förrän lufttemperaturen nått åtminstone 130°C. Vidare är det uppenbart att även om stabiliteten är fullt godtagbar vid dessa förhållanden så lämnar utbränningen en del övrigt att önska.

Denna utmärkta flamstabilitet förutsätter emellertid en del omställningar på brännaren. Från inställningen för 100 % last kan man normalt gå ned till cirka 70% brännarlast. Därefter måste ett av spjällen ställas om. Vill man utnyttja brännarens kapacitet för extrem låglast 50-25 % last, måste ytterligare spjälljustering ske.

6.2.3 Automatisering av brännaren

Kritiskt för brännarens stabilitet är luftflödet i primärluftregistret, där en lägsta mängd ej får underskridas. Vid låg last måste alltså sekundärluften strypas för att säkerställa tillräckligt med primärluft. Funktionen kan i princip automatiseras. Av bilaga 4 framgår att finfördelningen av bränslet alltid förbättras vid ökat atomiserluftflöde. Det framgår emellertid också att utöver en viss nivå blir förbättringen marginell.

Mängden atomiserluft påverkar även brännarmunstyckets impuls och det har visat sig att för att ur utbränningssynpunkt utnyttja en bättre finfördelning måste också primärluftmängden ökas, i annat fall kan en ökad mängd atomiserluft rent av leda till en ökad halt av oförbränt.

En automatisering av förbränningsluftfördelningen medför också automatisering av atomiserlufttilldelningen, båda givetvis optimerade mot utbränningen. Denna optimering är emellertid inte lätt och försvåras av att brännaren har konstruktiva problem med utloppskonan.

6.2.4 Konstruktiva problem

Den ursprungliga brännarkonan kunde helt prefabriceras och monteras utifrån. Några beläggningar i denna del av konan eller skador till följd av övertemperatur har icke noterats. Utvidgningen av konan togs emellertid till ordentligt med följd att denna måste tagas in i delar i pannen och byggas på plats, vilket dels ger svårigheter att åstadkomma erforderlig geometrisk noggrannhet men också i viss utsträckning begränsar möjliga material i såväl plåt som stampmassa och därmed gör det extra svårt att få önskvärd kvalitet.

Invändigt i yttre kanten av brännarkonan uppstår relativt snabbt beläggning av bränsleaska, vilken sedan växer inåt brännaren. Beläggningen är endast delvis sintrad och avlägsnas lätt. Under försökets gång stoppades brännarna i princip en gång per dygn, lansen drogs ut och ett specialverktyg infördes i lansbärröret och roterades, varvid askan slogs bort. Operationen genomfördes på en brännare i taget med den andra brännaren i drift.

Rengöringen blir emellertid ej helt fullständig och efter några hundra timmar började även en svart glasartad slagg uppträda i brännarkonorna. Tillväxten av denna är mycket långsam. Den var efter 1 000 h ännu ej begränsande för brännarnas drifttillgänglighet. Å andra sidan har den sådana hållfasthetsegenskaper och häftar så bra i stampmassan att den ej kan

avlägsnas utan att stampmassan skadas. Utförande av konan utan stampmassa borde kunna lösa belägningsproblemet. Brännarens stabilitet skulle rimligen påverkas måttligt däremot kan det visa sig svårt att få tillräckligt värmebeständigt material. I området för tändbrännarengomföringen rasade stampmassan tidigt och den bakomvarande plåten har sedermera mycket riktigt brunnit bort. Detta kan visserligen bättras väsentligt genom att förlänga tändbrännarröret en tum eller så men förhållandet pekar på att oljeeldning i brännaren utan stampmassa invändigt kan ge korta livslängder.

Ökning av primärluftmängden ger sannolikt längre livslängder med aktuellt utförande.

Vidare framstår det som synnerligen önskvärt att undersöka om inte konans ytterdel kan minskas något igen, särskilt värdefullt vore det om man kan komma ned till en dimension som medger prefabricering av utloppsdel.

Det bör påpekas att en minskning av konan minskar expositionen både termiskt och belägningsmässigt oavsett utförande i övrigt.

6.2.5 Utbränning - provtagning

Förbränningsresultaten har varit föremål för projektledningens stora intresse. Vid den ovannämnda eldningen i november 1983 indikerade gasdata och driftinstrument utmärkta resultat. Stoftprover uttagna direkt efter pannan visade dock sämre värden. Säkra data på utbränningen är överhuvudtaget svåra att åstadkomma och kräver långa driftstider.

Provtagning i gasström är omständlig och svår att få representativ, då man inte kan förutsätta att stoftet är jämnt fördelat i gasen. Dessutom når man inte de stoftmängder som ackumuleras i pannan och som transporteras ut intermittent vid sotblåsning.

Provtagning på avskilt stoft från stoftavskiljare är lättare men representativiteten kan alltid ifrågasättas, men genom kontinuerligt uttag under lång tid kan godtagbara resultat erhållas.

Uttransport av stoft sker bara vid renblåsning av filtret och om skillnader i utbränning skulle föreligga, t ex mellan kontinuerligt och intermittent fallande stoft blir representativiteten hos uttaget prov genast tveksam, om inte en hel cykel täcks av provtagningen.

Vidare är det i praktiken svårt att hänföra visst stoft till

speciella eldningstillstånd.

Den metod som använts att någorlunda säkert fastställa eldningsresultatet har varit att väga i container uppsamlat stoft över en tillfredsställande period, t ex dygnsvis eller åtminstone över en full sotblåsningsperiod om åtta timmar. Genom att från denna vikt draga bort under provet med bränslet tillfört askmaterial och betrakta resten som oförbränt kol fås ett värde på kolförlusten. Eftersom det i rökgasen efter filter kvarvarande stoftet och i pannan och filter ackumulerande stoftmängderna visats vara små, ger metoden ett rätt säkert värde. Sådan vägning av hel container har av hanteringsskäl bara kunnat ske vid några tillfällen. Som standard har containerns volym emellertid noterats parallellt med att prov tagits av till containern levererat material.

Proven har sedan analyserats dels på oförbränt och dels på volymvikt. Trots att volymvikten på containerinnehållet kunnat variera kraftigt (min 120 kg/m³ - till 470 kg/m³) har mängden oförbränt framräknad på ovannämnt sätt stämt väl med de värden man fått genom att multiplicera bränslets kända askhalt med förhållandet mellan oförbränt och aska i tagna stoftprov.

6.2.6 Utbränningsresultat

Resultaten från dessa prov gav tidigt glädjande besked. Vid ett åtta timmars försök i februari 1984 vid 10 lit/min och brännare noterades 2,7 % förlust i oförbränt. Veckan därpå noterades 3,3 % förlust vid 15 lit/min och brännare över ett dygn och i ena fallet inkluderande pannstart. Värdena bör ses mot bakgrund av att försök till uppskattning av vad den aktuella pannan skulle kunna göra vid konventionell kolpulvereldning med samma kol och motsvarande malfinhet pekar mot 1-3 % oförbränt (pannan liten och kall). De nämnda resultaten nåddes redan i början av den planerade brännaroptimeringen men kunde sedermera trots intensiva ansträngningar ej rekapituleras.

Tillfälliga värden över 10 % oförbränt noterades och den nivå som med säkerhet kunde rekapituleras var cirka 6 % och huvuddelen av provet kom att köras inom intervallet 6-8 % oförbränt.

6.2.7 Co-halt, O₂

Det bör i sammanhanget noteras att halten CO hela tiden och i stort oavsett hur man eldade för övrigt alltid låg lågt kring eller under 100 ppm i torr gas.

Först vid sänkning av luftöverskottet till en O₂-halt under

3 % i rökgas efter pannan kunde en mer väsentlig stegring i CO-halten och halt oförbränt noteras. Eftersom pannan genom otätheter normalt släpper in luft motsvarande nära en procentenhet O_2 i rökgasen mellan eldstadsutlopp och gasprovtagpunkten, innebär detta att det luftöverskott i eldstaden som erfordras för god förbränning i själva verket ligger i intervallet 10-15 % luftöverskott.

Den låga CO-halten indikerar att bränslets gasformiga beståndsdelar förbränns med hög verkningsgrad samt att omblandningen i eldstaden är god och att stråk med låga O_2 -halter ej förekommer.

6.2.8 Brännaroptimering - bakgrund

Detta innebär emellertid också att CO-halten ej kan användas som indikator på brännarfunktionen avseende utbränning av gasat kol. Tidigare nämnt sätt att fastställa mängden oförbränt må vara användbart för att fastställa uppnådda resultat men är genom erforderlig tidåtgång oanvändbart när man trimmar brännarna.

Vid försök att optimera brännarna avseende utbränning är man istället hänvisad till snabbare men därmed mindre säkra metoder. Dessa är förändringar på gassidan i gassammansättningen som ej svarar mot kända ändringar i luft- eller bränsletillförsel, förändringar av pannans tryck eller ångproduktion som ej kan förklaras på annat sätt än genom förändring i bränslets utnyttjning samt observation av flamma och eldstadsutlopp. I praktiken kan man okulärt egentligen endast fastställa direkta feltillstånd och tyvärr långtifrån alla. Slutsatser från gassammansättningen kan dragas endast under förutsättningen att provtagningspunkten är representativ och fortsätter att vara det även efter en ändring av aktuell parameter. Dessutom måste givetvis antas att till exempel bränslet är homogent och att inte ett munstyckshål just blivit pluggat m.m. Även om dessa och andra antaganden är uppfyllda är utsagekraften från gjorda iakttagelser svag, eftersom man hela tiden arbetar på gränsen till toleransområdet för de aktuella informationsvägarna.

Detsamma gäller givetvis även beträffande panntrycksändringar eller ändringar i ånguttag.

Samtidigt är det antal parametrar som har potential att påverka utbränningen legio och nästan samtliga har verkningar i mer än ett avseende.

En ökning av luftöverskottet medför till exempel förutom en ökning av syrehalten i eldstaden samtidigt lägre uppehållstid

i eldstaden, lägre flamtemperatur om inte förbättrad utbränning kan kompensera för detta och ökat tryckfall över brännaren, vilket medför större recirkulationszon i flammen men också snabbare inblandning av sekundärluften.

En ökning av atomiserluften bättrar alltid finfördelningen av bränslet men ökar också impulsen hos bränslesprayen från vart håll i munstycket, vilket visserligen ökar den totala recirkulationen i flammen men också ger speciellt grövre material ökad möjlighet att snabbt passera flammen.

Det ovanstående kan synas ovidkommande i en rapport över gjorda erfarenheter men bildar en nödvändig bakgrund när det gäller bedömningar av hur långt slurryeldningstekniken hittills kommit, eventuell potential för förbättringar och framförallt i vilket tidsperspektiv sådana kan väntas. I det följande görs ett försök att närmare belysa underlaget för sådana bedömningar.

6.2.9 Urbränning och finfördelning

Bilaga 4 är en tidig rapport över försöken i Sundbyberg och utgör ett allvarligt försök att belysa utbränningsproblematiken ur specifikt bränslefinfördelningssynpunkt. Rapporten står sig väl även efter senare erfarenheter men när den skrevs trodde man att man uppnått en högre grad av utbränning än som senare visade sig vara fallet, dvs rapporten kom att behandla en situation som ännu inte uppstått.

Rapporten redovisar allt känt om aktuella munstyckens resultat beträffande finfördelning men avser för munstycket optimala förhållanden.

I fallet Sundbyberg föreligger emellertid avsteg från dessa i tre avseenden, nämligen dimensionering, tillgängligt lufttryck och optimering. Avsteg nr 1 är att 100 % last på munstyckena är något mer än de laster som körts på pannan. Man ville inte att munstyckena skulle begränsa möjlig pannlast med resultat att de går på dellast även vid de högsta laster som körts. Av rapporten framgår att MMD (mass median diameter) kan kompenseras för detta genom att man höjer atomiserluftmängden.

Av rapporten framgår emellertid också att spridningen i fördelningen kring medelvärdet vid en given MMD minskar med ökande mängd slurry. Det vill säga spridningen är mer en följd av mängden bränsle i aktuellt munstycke än av mängden hjälpmedia. Eftersom framförallt mass-andelen partiklar över en viss nivå antas vara bestämmande för uppnåbar grad av utbränning, innebär detta att kompensation för för stort munstycke egentligen ej kan åstadkommas.

Höjning av atomiserluftmängden erfordrar vid givet munstycke naturligtvis högre atomiserlufttryck, vilket direkt för till avsteg nr 2.

Tryckluftnätet i Sundbyberg är hårt ansträngt. Utläggningen 16-18 bar är i och för sig fullt tillfredsställande men kan normalt inte upprätthållas kontinuerligt. Särskilt i samband med sotblåsning faller trycket rejält.

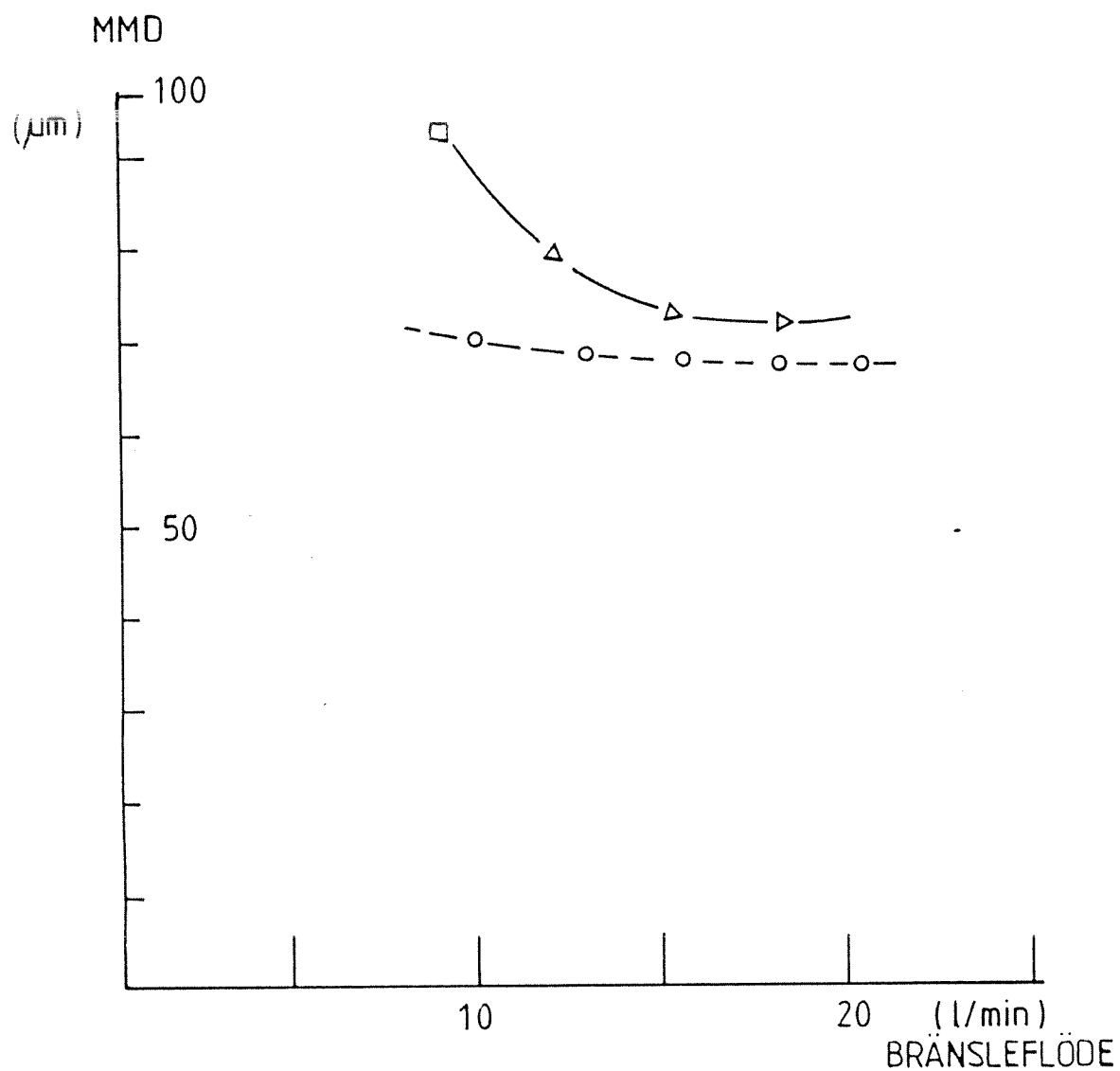
För att få någorlunda stabilitet på atomiserluftmängden monterades en tryckregulator i stamledningen före brännarna. Denna medför emellertid samtidigt en viss strypning, varför i praktiken max arbetstryck före brännare är cirka 11 bar (160 psig), medan munstyckena dimensionerats för 12-13 bar.

Eftersom kompressorerna emellertid är kapabla till högre tryck, kunde denna nivå relativt enkelt ha nåtts och överskridits genom ett annat arrangemang av atomiserluftuttaget. Detta framstod emellertid aldrig som angeläget, eftersom vid varje given last optimum för utbränningen hittades vid ett atomiserlufttryck lägre än det tillgängliga (11 bar). Detta utgör avsteg nr 3. Undantag är härvid endast laster över 18 lit/min och brännare, dvs en nivå som av hänsyn framförallt till spärrfiltret på rökgassidan endast kördes tillfälligt.

Av figur 1 framgår de nivåer på MMD, som såvitt vi vet, använts i praktiken i Sundbyberg.

Trianglar utmärker nivå vid "leveransprovet". Den ensamma kvadraten nivå vid 10 lit/min som visserligen ej blev föremål för "leveransprov" men kördes relativt ofta. Streckat är inlagt en nivå som kan uppnås med ett munstycke bättre anpassat till praktiska förhållanden i Sundbyberg, dvs 11 bar atomiserluft och 20 lit/min slurry. Jämfört med befintliga behöver dessa mindre mängd atomiserluft.

Data i enlighet med rapporten i bilaga 4 och bättre kan givetvis uppnås men förutsätter något högre atomiserlufttryck.



Beräkning baserad på försök körda hos CE våren 1983

△ leveransprov

□ 10 l /min

○ rekommenderat utförande av munstycke

Av diagrammet framgår att MMD kan förbättras fullt märkbart, särskilt vid lägre laster. Det är möjligt att brännarleverantören skulle kunna ge vissa kvantitativa besked om effekten på spridningen. Kvalitativt kan dock sägas att en förbättring gentemot de befintliga uppnås.

Det förefaller uppenbart att här borde föreligga en rejäl potential till snabb förbättring av utbränningen i Sundbybergspannan.

6.2.10 Inverkan av sämre finfördelning - diskussion

En kolpartikel förbrinner efter en oanständig mängd förenklingar enligt ekvationen $d = d_0 - t \cdot a$ där t är tiden och a kan sägas vara ett mått på kollets reaktivitet. d avser diametern vid tiden t och diametern vid tiden $t=0$. Partikelns massa är proportionell mot d^3 .

Efter t sek förbränning återstår alltså
$$\frac{(d_0 - t \cdot a)^3}{d_0^3}$$
 av dess massa.

Med några antaganden enligt nedanstående erhålls oförbränt i % efter t sek av nedanstående tabell $a = 100$

$t = 1$ sek	3,7	21,6	36,4
$t = 0,7$ sek	15,2	37,3	51,2

Tabellen gäller i begränsad mening för kol och definitivt inte för slurrydroppar som först skall torkas men sedan i form av agglomerat bör antas ha större yta än en enskild partikel.

Beträffande torkningen av en droppe i flamman kan dock något liknande postuleras och hur man än resonerar, pekar tabellen onekligen på det listiga i att:

d_0 / m/	150	250	350
------------	-----	-----	-----

a : börja med d_0 liten

b : hålla uppe t

I den nämnda rapporten anges lastens inflytande på utbränningen vara försumbar. Detta har bekräftats av den fortsatta eldningen och framgår även av leveransproven.

Detta är märkligt med tanke på att uppehållstiden i eldstaden

är nästan direkt omvänt proportionell mot lasten. Uppehållstiden i flammen ökar även vid sjunkande last men inte lika mycket.

Lägre temperaturnivå vid lägre last borde ej vara tillräcklig förklaring, särskilt inte som huvuddelen av förbränningen sker i flammen och denna är helt stabil även vid laster väsentligt lägre än vad som här diskuterats.

Högre MMD i stil med vad diagrammet visar vid lägre last borde ej heller vara tillräckligt. Större spridning i kombination med högre MMD kunde emellertid ge de noterade resultaten. Detta styrkes av det faktum att vid lägre laster högre atomiserluftmängd, dvs bättre finfördelning ej gav bättre utbränning.

De grövre partiklarna blir med sin större massa knappast recirkulerade i flammen. Vid ökning av atomiserluftmängden ökar impulsen i bränslesprayen från varje hål, vilket medför högre hastighet hos alla partiklar och därmed kortare uppehållstid i flammen för dem som inte recirkuleras.

6.2.11 Proov

I avsikt att bekräfta detta tillverkades munstycken med fler och mindre hål. Avsikten var att få dem lika stora (samma totala hålarea) som originalmunstyckena men med lägre impuls per hål. Vidare minskades spridningsvinkeln. Detta medför enbart fördelar tills dess att strömningsformen kollapsar.

Tyvärr blev de nya munstyckena av misstag ännu större än de befintliga med resultat att de drog mera luft för att erhålla samma MMD och därmed ej fick så stor sänkning av impulsen som avsett. Vidare ger de rimligen något större spridning kring MMD. De nya munstyckena kom av tidsskäl att provas relativt lite. Dock tillräckligt inom det högre lastområdet för att konstatera att utbränningsresultatet ej påverkades märkbart. De prov som gjordes indikerade möjligen en svag förbättring.

Munstyckena användes vid den högsta lasten vid "leveransprovet". De nya munstyckena har lägre impuls per hål, vilket medför snabbare bromsning i flammen och kortare räckvidd för sprayen. Skillnaden framgår rent okulärt, den snabbare bromsningen speciellt av finandelen medför snabbare torkning och antändning sker närmare munstycket.

Impulsen per kg bränsle är emellertid givetvis densamma vid samma MMD. Genom att de nya munstyckena kom att bli totalt sett större än originalversionen måste de för samma MMD använda mera luft, vilket medför högre hastighet ut ur hålet. Ef-

tersom det är förbundet med en större spridning i finfördelningsresultatet, blir slutresultatet att förhållandevis fler stora partiklar lämnar munstycket med högre hastighet.

6.2.12 Provresultat - diskussion

Resultatet borde bli en märkbar försämring av utbränningen. När så inte skett kan det bero på några olika saker.

Den lägre vinkeln ger längre väg genom flamman för ej recirkulerade partiklar. Den snabbare bromsningen genom mindre och fler hål med snabbare torkning som följd kan påverka utbränningen positivt. Den kortare sprayen medför att strålen ej där igenom recirkulationszonen med högre andel recirkulerat material som följd.

Oavsett vilken eller vilka av ovannämnda förklaringar som väljes ger en minskning av munstycksstorleken i kombination med fler hål och lägre vinkel definitivt förhoppningar om snabb förbättring i fallet Sundbyberg.

Tyvärr måste det konstateras att det här är fråga om mycket komplexa förlopp varom mycket litet verkligen är känt. Tex har hitintills antagits att finfördelningen av slurryn är färdig i och med att slurryn lämnar munstycket.

Detta är bevisligen korrekt vid sprayförsök i omgivningsluft. Om det också gäller vid insprutning i en flamma är däremot inte bekant.

Däremot bör det framhållas att värmetillförsel i brännarens primärzon definitivt förbättrar utbränningen, vilket är rätt trivialt med ett bränsle som måste torkas före förbränning, men att det samtidigt oftast uppfattas av observatörer inte bara i Sundbyberg som om detta var förbundet med en förbättring av finfördelningen.

Om en sekundär finfördelning föreligger och om den i så fall skulle ha ett avgörande inflytande så skulle konsekvensen kunna vara att brännaren redan arbetar nära optimum för det aktuella bränslet och att brännarna i Sundbyberg helt enkelt är för små att med den valda tekniken ge bättre utbränning.

En sekundär finfördelning av bränslet efter munstycket kan varken bekräftas eller avvisas för närvarande. Mekanismen för en eventuell sådan är emellertid helt okänd och de flesta hypoteser i ärendet leder till ett understrykande av värdet av god primär finfördelning.

6.2.14 Primärluftens inverkan på förbränningen

Primärluften svarar för luftförsörjningen i tändzonen och underhåller den ring av flamma som befinner sig invändigt i primärluftkonan, genom vilken bränslesprayen sprutas och som ger den erforderliga tändenergien samt påbörjar torkningen av sprayen. Bränsle för denna "flamring" utgöres av centralt i huvudflamman återströmmande gas och väl torkade mindre bränslepartiklar. Tillföres för mycket primärluft sjunker temperaturen i denna för brännarens funktion kritiska cirkulerande flamman. Om för lite primärluft tillföres behålles temperaturen men volymen hos ringen minskar.

Olyckligtvis bestämmer emellertid primärluften tillsammans med munstycket i princip också recirkulationszonens storlek.

Detta är olyckligt därför att i en befintlig konstruktion kan inte effekterna av ändrad andel primärluft och ändring av recirkulationszonens storlek studeras var för sig. Därför är det mycket svårt att ha en uppfattning om hur nära optimum den aktuella brännaren hamnat.

Vid tändning respektive släckning av tändbrännarna i Sundbyberg noteras oftast men inte alltid att pannans prestanda förändras mer än vad som motsvaras av den tillsatta eller borttagna oljemängden. Tändbrännaren stör strömningen i brännarens primärzon och minskar recirkulationszonen. Tändbrännarens effekt utgör cirka 5 % av huvudbrännarens. Den har emellertid egen luftförsörjning och ligger med en luftfaktor av 3-4, vilket gör att dess luftmängd nästan kommer upp i samma storleksordning som primärluften till brännaren.

Vid körning av tändbrännarlucht utan olja försämras förbränningen.

Brännarens vanliga reaktion på tändbrännarens start och stopp bör dock tolkas så att den stora luftmängden tas emot positivt i primärzonen sedan väl den negativa inverkan av kall luft hävts med oljetillsatsen.

Tidigare nämnd svart "glasad" slagg i ytterdelen av primärluftkonan kan möjligen tyda på reducerande atmosfär där.

Det har tidigare nämnts att optimering av atomiserluftmängden avseende utbränning givit låga mängder atomiserluft som följd vid låga laster.

Sålunda är optimalt atomiser lufttryck cirka 8,5 bar vid 12 lit/min och brännare och ett brännarskåptryck av 270 mmVp. Okas brännarskåpet till 380 mmVp, vilket medför en ökning av primärluftmängden med nära 20 % så försämras förbränningen

trots den samtidiga förstärkningen av recirkulationen. Med detta brännarskåpstryck kan emellertid atomiserlufttrycket höjas till cirka 10 bar, varvid utbränningen förbättras igen och stannar på samma nivå som före ändringen.

Askan eller stoftet innehåller lika mycket oförbränt kol i båda fallen. I första fallet vid lågt tryckfall fås en grovkornig aska med låg volymvikt. I det senare vid högt tryckfall en mycket finkornig aska med hög volymvikt.

I förra fallet bör MMD för sprayen ligga vid 96 μm och i andra fallet 83 μm . Spridningen kring MMD bör vara ungefär densamma i båda fallen varför mängden grovt material torde vara väsentligt lägre i det senare fallet. Rimligen blir i det förra fallet det finare materialet upp till något över MMD recirkulerat och väl utbränt medan det grövre passerar recirkulationszonen och går mer eller mindre rätt ut.

Försämringen i första fallet när brännarskåpstrycket ökar kan tyda på att i detta fallet brännaren har överskott på primärluft eftersom den ökade recirkulationen ej ger bättre utbränning utan tvärtom sämre. Bränslesprayen är emellertid rätt grov och en ökning av recirkulationsgraden påverkar knappast dess grovsvans. I primärzonen hittar man i princip bara finsvansen (samt gasat material).

När man sedan ökar atomiserluften når bränslesprayen längre ut och fler men mindre partiklar, penetrerar recirkulationszonen. Samtidigt ökar emellertid mängden recirkulerat material och detta kompenserar för den kraftigare sprayen.

Går man den andra vägen det vill säga börjar med att höja atomiserluften ökar även mängden recirkulerat material liksom faktiskt recirkulationen totalt. Utbränningen blir trots detta sämre.

Om man nu antar att mängden primärluft vore rätt i första fallet så kan den naturligtvis vara rätt efter ökningen även i andra fallet men mängden recirkulerbart och recirkulerat material bör med den ganska drastiska ändringen i MMD ha ökat mer än vad som motsvarar ökningen i primärluft, varför brist på primärluft förefaller vara den troligaste förklaringen till att inte slutresultatet blir bättre i detta fall.

6.2.15 Förslag till förändringar av munstycke

Något entydigt svar står inte att få för närvarande. Så mycket kan dock sägas att någon anledning att ligga med så höga MMD som det här är fråga om i båda fallen är inte känd, ej heller att använda bränslespray med så stor genomslagskraft. Justerar

man dessa två punkter, är risken uppenbar att nyttan av detta i väsentlig grad begränsas av ett för litet primärluftregister.

Det förefaller alltså rimligt att försöka även med större primärluftregister och mera primärluft. Särskilt som naturligtvis risken för beläggningar i primärluftkonan ökar med bättre finfördelning och lägre impuls från respektive hål i munstycket.

Detta kan nog i viss mån kompenseras med mindre munstycksvinkel men sannolikt ej fullt ut. Huruvida ökad primärluftmängd kan hjälpa är oklart. Emellertid är det ett faktum att beläggningarna synes uppträda i lika mån oavsett last och körsätt i övrigt så länge man inte drar ut lansen för långt och börjar spraya direkt på primärluftkonan.

Vid högre laster är finfördelningen betydligt bättre och recirkulationen maximal liksom primärluftmängden. Vid lägre laster med låg primärluftmängd och dålig atomisering är beläggningshastigheten inte lägre. Dessa förhållanden kan förklaras med "styvare" bränslespray i ena fallet och av högre impuls orsakat av grövre gods som ej böjer av så lätt i andra fallet. Förklaringen kan emellertid också vara att primärluften fungerar som renhållare.

6.2.16 Bränslets inverkan på finfördelningen

Hitintills har slurryns egenskaper ur finfördelningssynpunkt ej diskuterats. Anledningen till detta är främst att om detta vet man faktiskt nästan ingenting.

Vid prov av olika kolvattenbränslen i ett och samma munstycke har ibland väsentliga skillnader noterats, men någon förklaring till dessa skillnader föreligger ej. Inga kända parametrar som viskositet, täthet, vattenhalt, ytspänning med flera korrelerar med mätdata i detta avseende. Försöken i Sundbyberg har inte fört vetandet längre annat än möjligen att det faktum att man inte vet vad som är av betydelse i sammanhanget, såvitt känt inte medfört att slurryns egenskaper ändrat sig okontrollerat under den tid provet varat, vilket i och för sig är viktigt.

Vid de tillfällen då avvikande utbränningsresultat noterats, vilket ju kunde förklaras av skillnader i uppnådd finfördelning har den aktuella slurryn haft en avvikande historik.

I tanke att de avvikande och bättre utbränningsresultaten runt tre procent oförbränt åstadkommits med ett annorlunda bränsle gjordes vissa försök att genom att korrigera de kända skill-

naderna i normalbränslet till vad som var känt om det bränsle som gav bättre resultat rekapitulera de goda resultaten. Detta lyckades dock inte. Vid lyckat utfall borde panneffekten ha ökat cirka tre procent, medan noterad förbättring stannade på cirka 1%, dvs i praktiken obehagligt nära toleransgränsen för panneffektmätningen.

Försöket tyder dock på att de företagna korrigeringsarna haft viss effekt i positiv riktning och det är möjligt att resultatet blivit bättre om tiden medgivit optimering av brännarna för det något annorlunda bränslet.

Annorlunda egenskaper hos bränslet vid de tillfällen de högre utbränningsnivåerna nåtts framstår fortfarande som den sannolika orsaken till dessa.

En annan orsak till den senare under försöket noterade lägre nivå skulle kunna vara munstycksslitage.

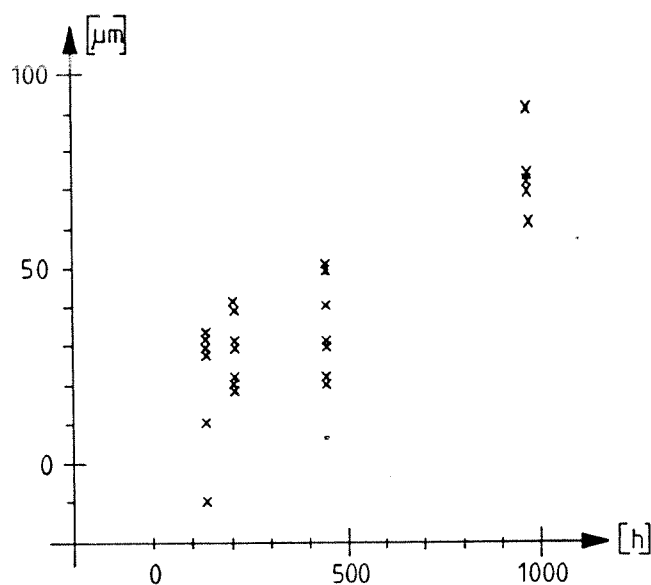
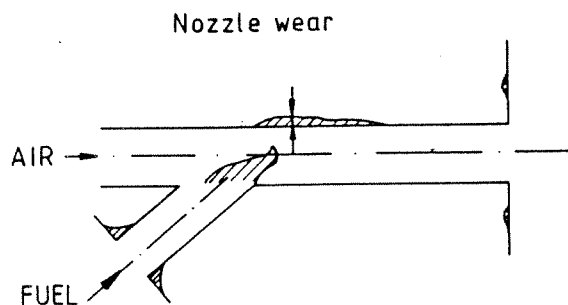
6.2.17 Slitage i munstycke

Av figuren framgår vilka slitage som uppmätts. Figuren överst visar ett hål i munstycket och var slitage noterats och var mätning skett. Enligt vad som är känt för ett sådant munstyckshål påverkas finfördelningsresultatet egentligen först när själva utloppet börjar förändra form, vilket som framgår av mätningarna efter 1 000 h drift fortfarande är avlägset. Om det hittills noterade linjärt med tiden förlöpande slitaget ej accelererar pekar detta mot möjliga drifttider av 10-20 tusen timmar innan finfördelningen kan påverkas.

Detta gäller emellertid för ett hål. Av figuren framgår att även bränsleinloppet slits. Det kan antas att detta slitage ej blir lika för alla hål i ett munstycke, eftersom det torde vara beroende av slurryflödet genom respektive hål och verkar sänkande på tryckfallet över respektive bränsleinlopp.

Eftersom speciellt inloppskanten slits och denna har stor betydelse för totala tryckfallet över bränsleinloppet är det sannolikt att de olika hålen i ett munstycke relativt snabbt kan komma att gå med olika mängder bränsle. Detta ger givetvis upphov till en kvalitetsförsämring.

MMD påverkas egentligen inte eftersom trycket i utloppet styrs från luftsidan. Vad som händer är att spridningen kring MMD minskar för det hål som får mest bränsle men ökar något för de övriga.



UPPMÄTNING AV 7ST MUNSTYCKHÅL VID NÅGRA TILLFÄLLEN UNDER
PROVPERIODEN. DRIFTTID I TIMMAR.
MÅTTET I MM TAGET ENL. FIG. ÖVERST OCH INNEFATTAR URSPR.
TOLERANS.
NOMINELL URSPRUNGLIG DIAMETER FRÅN DRAGEN

Eftersom någon förändring i uppnåbar grad av utbränning ej noterats under provets senare 500 h borde man kunna utesluta slitage som grund för sämre förbränningsresultat. Helt går det dock inte. Av figur bilaga 4 framgår att inloppet till bränslehålen ursprungligen är utfört i kolstål och att hårdmetallen tar vid först en bit in i hålet.

Detta kolstål slets mycket snabbt och ganska olika för respektive hål i ett och samma munstycke. Det är alltså tänkbart att munstyckena relativt snabbt försämrats till en viss nivå och att fortsatt försämring sedermera bromsats av hårdmetallen.

Eftersom det är nästan omöjligt att fastställa huruvida ett munstycke håller fullgod kvalitet eller ej bör konstruktionen av munstycket ändras något. Bränsleinloppet bör utföras helt i hårdmetall och utan skarp inloppskant.

6.2.18 Återföring av flygaska

Under jakten på metoder att nedbringa mängden oförbränt provades även återföring av material från stoftavskiljaren.

Stoftet togs direkt från skraptransportör före utlastningscontainer och blåstes in i brännarna parallellt med lansarna. Provet pågick i tre timmar. Brännarna trivdes synbarligen med verksamheten och pannlasten steg med cirka 5% under cirka 20 min, varefter den sakta gick tillbaka till ursprungsvärdet ungefär lika länge, varefter den ökade igen ett upprepat antal gånger. Cykeltiden stämde med tiden för renblåsning av spärrfiltret. Transportluftmängd liksom mängd inmatat stoft är okänd, varför provet ej kan utvärderas. Provtiden var ej heller tillräcklig för att ge noterbar förändring i stoftsammansättning eller kvantitet.

Försöket visar dock att här föreligger en teknisk möjlighet att minska mängden oförbränt kol. Metoden blir intressant om andra vägar fallerar.

6.2.19 Oljeeldning

Brännarna kan eldas med olja. I Sundbyberg har man använt de ursprungliga tryckatomiserade oljelansarna och satt in dessa i de nya brännarna. Detta är inte bra. Dels är kanske tryckatomisering med dagens oljor inte det allra bästa, dels börjar utrustningen bli sliten och är svår att komplettera men framförallt är den svårskött. Trots märkbara ansträngningar från driftpersonalen tycks det vara rena lotteriet om man får en rimlig munstycksfunktion eller ej.

En annan sak är att dessa munstycken ej passar väl ihop med de nya brännarna. Mindre spridningsvinkel och högre impuls vore att föredraga. De befintliga kan fås att fungera hyfsat vid enbart pilot eller vid hög last. Mellanområdet däremot är bedrävligt.

Brännarlansar och munstycken för slurry kan naturligtvis alldeles utmärkt användas för olja över hela registret. Detta har emellertid inte gjorts. Skälen är flera. Dels är de nya lansarna ohanterliga och anpassning till det gamla högtryckssystemet för olja besvärlig, men framförallt måste lansarna för att kunna användas för slurry vara kemiskt rena från olja.

Vill man alltså använda samma lansar och munstycken för slurry som för olja förutsätter detta i praktiken ett genomtänkt system för renblåsning med ånga och en anpassning av det gamla oljesystemet för lägre tryck.

Ett alternativ kan vara att skaffa särskilda lansar och munstycken för olja men då luftatomiserade.

6.2.20 Behov av förbättringar

Utbränningen bör förbättras om inte annat så för att stofthanteringen är dyr och besvärlig.

Brännarnas nuvarande system för styrning av förbränningsluften behöver förbättras och på sikt helst automatiseras.

Brännarkonornas livslängd synes vara i kortaste laget och benägenheten att slagga igen behöver minskas.

De senare punkterna kan egentligen adresseras först sedan man tagit definitiv ställning till förbränningsfunktionen.

Det förefaller därför lämpligast att snarast skaffa erfarenhet av de förändringar av munstycken och primärregister som föreslagits ovan samt att därefter taga ställning till fortsatt arbetsgång.

Det bör understrykas att de önskvärda förbättringarna måste utprovas i Sundbyberg, alternativt får man vänta minst tre år.

Det är möjligt men inte sannolikt att någon annan brännarleverantör under mellantiden kan erbjuda en färdig brännare som passar.

6.2.20 Behov av förbättringar

Utbränningen bör förbättras om inte annat så för att stoft-hanteringen är dyr och besvärlig.

Brännarnas nuvarande system för styrning av förbränningsluften behöver förbättras och på sikt helst automatiseras.

Brännarkonornas livslängd synes vara i kortaste laget och benägenheten att slagga igen behöver minskas.

De senare punkterna kan egentligen adresseras först sedan man tagit definitiv ställning till förbränningsfunktionen.

Det förefaller därför lämpligast att snarast skaffa erfarenhet av de förändringar av munstycken och primärregister som föreslagits ovan samt att därefter taga ställning till fortsatt arbetsgång.

Det bör understrykas att de önskvärda förbättringarna måste utprovas i Sundbyberg, alternativt får man vänta minst tre år.

Det är möjligt men inte sannolikt att någon annan brännarleverantör under mellantiden kan erbjuda en färdig brännare som passar.

6.3 Pannan

I detta avsnitt redovisas erfarenheter från eldningen vad gäller pannan. En beskrivning av pannan återfinns i kap 4, där även huvuddata redovisas. I kap 7 återfinns beräkningar rörande värmebalansen i pannan vid eldning med CAM jämfört med eldning med olja.

Där diskuteras även bränslebyttets inverkan ur slitagesynpunkt samt föreslås möjliga nivåer på mjuknings- och smälttemperaturer hos i kolet ingående aska. Pannlastbegränsning anges.

6.3.1 Möjlig last i panna

Vid dimensioneringen ville man inte införa några nya begränsningar utan låta befintlig utrustning såsom, rökgasfläkt och luftfläkt samt pannan själv vara begränsande för uppnåbar last. Det nya spärrfiltret som upphandlades utanför projektet dimensionerades enligt annan filosofi och blev tyvärr för litet.

Avsikten var att snarast efter intrimning under tidiga prov söka fastställa den högsta last som man trodde kunde bibehållas under långtidsförsöket.

Det blev inte så. Dels visade det sig att brännarens tryckfall blev i högsta laget men framförallt att luft-in-läckage på rökgassidan medförde att den optimistiskt räknade bränsleeffekten ej kunde klaras utan som högst cirka 87 % därav. Å andra sidan hittades ej några andra begränsningar.

Emellertid klarade inte det nya spärrfiltret denna last heller, utan den högsta bränsleeffekt som klarades med filtret inkopplat var cirka 78 % med ett nettoutfall av ungefär 72 % av max kont ångproduktion. Lasten motsvaras av 18 lit/min bränsle per brännare och återfinns som högsta provade last vid "leveransprovet".

Spärrfiltret klarar alltså last motsvarande 18 lit/min utom vid sotning av pannan. Den högsta last som kunde köras kontinuerligt utan behov av lastsänkning vid sotblåsning var 15 lit/min och brännare och det var också den last som användes vid långtidsförsöket. Den högre lasten 18 lit/min kördes dock tillräckligt för att man skall våga antaga att den ej skulle föranlett några förändringar i sotningscykeln eller brännarsköteln.

Vilken last pannan tål kontinuerligt, med det aktuella bränslet, har alltså ej kunnat fastställas. Klart är att den ligger över de provade 15 lit/min och sannolikt också över 18 lit/min, som motsvarar 70 % av nominell oljekapacitet.

6.3.2 Luftöverskott och läckage

Luftöverskottet har varierats. Som nämnts tidigare ger variation på luftöverskottet inom vida gränser måttlig eller ingen inverkan på utbränningen. O_2 -halten mätt efter panna har normalt hållits inom 3,5 och 4,5 %. Med hänsyn till inläckande luft före mätstället motsvarar detta troligen en procentenhet lägre O_2 -halt i eldstaden.

Vid 4 % mätt O_2 -halt erhålles alltså cirka 3 % i eldstad. Detta ger faktiskt, på grund av den relativt höga halten oförbränt, en luftfaktor av 1,12 räknat på inmatat kol. Detta är lågt!

Höjer man luftöverskottet till 1,2 å 1,25 räknat på samma sätt erhålles ingen förbättring i utbränningen och ökar man ytterligare börjar den försämras, trots den redan höga halten oförbränt.

Det faktum att dessa förhållanden ej påverkas av pannlasten och att åtminstone måttlig sänkning av förbränningslufttemperaturen (20-25°C) inte heller tycks påverka förbränningen nämnvärt talar onekligen för att bränslefordelningen och då särskilt grovändan bör förbättras om man skall kunna få ned halten oförbränt.

Vilka luftöverskott som därvid kan komma att bli rimliga är det för tidigt att yttra sig om, men man kan kanske våga gissningen att även om man troligen kan nå bättre utbränning så kommer tendensen att luftöverskottet får ringa genomslag att stå sig och att således låga luftöverskott framgent blir kännetecknande för denna teknik att elda kol.

6.3.3 Ångtemperaturen

Ångtemperaturen var aldrig något problem. I den aktuella pannan gick insprutningen ned och möjligheten att hålla full ångtemperatur försköts mot högre laster. En måttlig sänkning av överhettningen jämfört med oljeeldning torde vara att räkna med. Se vidare kap 7.2.

6.3.4 Askhaltigt bränsle i oljepanna

En av de väsentliga frågor som uppstår vid konvertering av en oljepanna till kol är den om hur kolaska och stoft överhuvudtaget kan hanteras.

Slitage kan exempelvis vara ett problem.

Kolvattenbränsle framställt på renat kol innehåller emellertid relativt lite aska och har låg halt hårda pyriter. Sand kan emellertid förekomma och kolet självt är som bekant slitande.

Gashastigheter och drifttid är viktiga. För det aktuella fallet verkade slitaget inte vara begränsande. För säkerhets skull ristade man några märken på tuber på utsatta ställen vid eldstadens utlopp och kunde efter försökens avslutande konstatera att dessa ritsar satt kvar opåverkade och fullt synliga.. Något annat var knappast tänkbart efter så kort tid (1 000 h) och vid den måttliga lasten. Se kap 7.2).

6.3.5 Beläggningar och eldstadstemperatur

Beläggningar i eco och på konvektionsytor har inte varit något problem. Befintliga sotapparater höll dessa ytor rena.

Utloppet ur eldstaden samt inloppet till första överhettarytan efter eldstaden sågs som potentiella riskzoner. Där saknades sotapparater. Att sätta in sotapparat direkt ovan överhettarytan var konstruktivt besvärligt. I stället sattes en utdragbar apparat in alldeles före utloppet i själva eldstaden. Den får därmed ej rimliga möjligheter att hålla överhettaren ren men antogs klara åtminstone de översta mest kritiska tuberna rena och resten fick den under överhettaren placerade apparaten klara. Det valda arrangemanget visade sig fungera bra och höll ytorna rena.

Under försöken mättes som högst 1 100°C i eldstadsutloppet. Med hänsyn till att askan hos använt kol har ganska höga mjuknings- och smälttemperaturer är resultatet därför inte förvånande särskilt som de aktuella tuberna är relativt kalla. Första överhettaren i gasströmmen är visserligen också slutöverhettare, dvs varmast, men den är kopplad i medström.

Vidare visade det sig också att man hade att räkna med en hel del glödande partiklar i eldstadsutloppet och även vidare in i OH.

Något problem uppstod inte. Via ångtemperaturen kunde dock fastställas, att en viss uppbyggnad av material förekom mellan sotningarna. Vid sotning av eldstaden föll ångtemperaturen cirka 10-20 grader och när sedan överhettare och bakre drag renblåstes återgick ångtemperaturen till det ursprungliga.

6.3.6 Aska i eldstaden och sotblåsare

Pannan är förberedd för koleldning, dvs botten av eldstaden är utförd i murverk för att sedan vid en ev ombyggnad förses med

vanderrost. Pannan är emellertid helt igenom dimensionerad för olja vilket för övrigt förklarar den kraftiga skillnaden i garanterad effekt, från 18 MW vid olja ned till 13 MW vid kol. Eldstadens dimensionering har alltså ej påverkats av eventuell koleldning, däremot dess utformning, vilket sekundärt medfört små avstånd brännare - vägg.

Pannan har med denna bakgrund högt demonstrationsvärde, eller med andra ord går det bra i den här pannan så är den använda tekniken direkt applicerbar i väldigt många andra.

Vid kolpulvereldning vill man i allmänhet undvika lufthastigheter över 60 m/s i brännaren. Somliga pannleverantörer vill gärna gå ned ända till 40 m/s.

Skälet är främst att man med högre hastigheter får svårare att undvika direkta beläggningar på eldstadsväggarna.

De valda brännarna använder hastigheter upp emot 80-90 m/s. Dessutom levereras bränslet in i eldstaden i strålar med en ännu högre hastighet. Visserligen bromsas en partikel med några tiondels mm diameter ganska snabbt i eldstaden, men strålarna får som sådana naturligtvis en viss bärighet och en verkan som om eldstadsväggarna flyttats närmare. I Sundbybergspannan föreföll väggarnas avstånd till brännarna litet nog som det var. Visserligen var huvudsakliga skälet till val av den aktuella brännaren till Sundbybergspannan just, att det var fråga om en högturbulent flamma med snabbast möjliga torkning och förbränning av bränslet och med ovanliga möjligheter att påverka flamformen, dikterat av den trånga och framförallt besvärliga eldstadskonfigurationen.

Den önskade brännaren måste också för att kunna fungera arbeta med högsta möjliga flamtemperatur, faktiskt så hög att åtminstone en del av kolaskan kan förekomma i smält eller halvsmält form.

Dessutom måste man räkna med att stoft ansamlat på väggarna borde innehålla en del oförbränt och därmed kunna skapa en lokalt reducerande atmosfär. Pannans ringa storlek, förväntade gynnsamma egenskaper hos kolaskan, kalla eldstadsytor och det förhållandevis låga värmevärdet i bränslet var emellertid gynnsamma faktorer som gjorde att även om risken för beläggningar på eldstadsväggar bedömdes som stor så verkade inte risken för svåra sådana särskilt överhängande, dvs de borde kunna behärskas med sotblåsare.

Flamma som slår direkt mot vägg måste hur som helst undvikas och diffus uppbyggnad av stoft på eldstadsytorna borde betyda torrt sådant.

6.3.7 Sotapparater

Sotapparater behövdes med säkerhet. Men hur många? Den utdragbara blåsaren före eldstadsutloppet var given av andra skäl. Genom sin placering i eldstaden borde den kunna ha viss verkan på torrt stoft även på övriga eldstadsytor, även om effektiviteten inte kunde vara den bästa.

Avståndet mellan brännare och bakvägg är ca tre meter, vilket är litet för den avsedda brännarstorleken.

En flamma som klarar sidoväggarna måste med nödvändighet ha vissa svårigheter att klara bakväggen och om inte annat ge höga temperaturer därstädes. Mitt i bakväggen sattes alltså en utdragbar roterande väggblåsare. I övrigt fick det anstå till erfarenheter vunnits.

Som nämnts är botten i pannan byggd av tegel. Ena sidoväggen upp till underkant av brännare består också av tegel. Om nu kyllda ytor borde kunna klaras ur beläggningssynpunkt, hur såg det då ut med en okyld botten?

Ja, i gynnsammaste fall skulle allt material utom den förhoppningsvis ringa del som kom kletig direkt ur flaman, vara torrt och mycket fint stoft. En uppbyggnad skulle då ske till den nivå som gasströmningen i eldstaden medgav och i fortsättningen skulle stoftet helt enkelt åka med ut. I och med uppbyggnaden skulle ytan visserligen komma närmare flaman och därmed åtminstone lokalt stiga i temperatur.

En annan teori som diskuterades var att yttemperaturerna på teglet skulle hamna på en kritisk nivå med en relativt snabb uppbyggnad av ett allt fastare material som följd.

Detta skulle sedan medföra korta drifttider varefter man skulle behöva tryckluftverktyg för, att överhuvud taget komma in i pannan.

Att bygga om pannbotten var inte möjligt inom projektets ram. Det skulle dessutom negativt påverka eventuellt demonstrationsvärde. Att förse botten med sotapparater var konstruktivt besvärligt, om man inte kunde arbeta med fasta sådana. Deras lämpliga placering var mycket tveksam.

Till sist satte man in en tratt med störtrör under gallerduren vid manhållet till pannan så, att man åtminstone skulle kunna röja ur eldstaden utan att fylla hela undervåningen i anläggningen, varefter - med viss bävan - driftserfarenheten avvaktades.

6.3.8 Stoftuppbbyggnad i eldstaden

Dessa visade sig mycket positiva. Efter första veckans kontinuerliga drift inspekterades pannan. Därvid konstaterades, att kyllda ytor var rena, halva pannbotten var ren, i hörn och efter kanter förekom upp till ett par decimeter i huvudsak ett mycket fint stoft. Under brännarna låg en hög av halvsintrat mycket poröst material (som maräng) uppenbarligen avskrapat från brännarkonorna. Tegelväggen visade mitt på en begynnande uppbyggnad av material i mycket blygsam omfattning. Efter ytterligare två veckor företogs förnyad inspektion. Förhållandena var då i stort oförändrade. Kyllda ytor var rena, botten visade en måttlig allmän ökning, högarna under brännarna något större. En viss förskjutning mot hörnet under vänster brännare var märkbar och tegelväggen var täckt med halvsintrat material över nästan hela ytan. Skiktjockleken dock som mest ett par centimeter.

Någon rengöring företogs ej och nästa inspektion företogs först efter provens avslutande då material från cirka 700 h drift uppskattades till en total volym av cirka 1,5 m³.

Bilden var då i mycket densamma som tidigare. Kyllda ytor fortfarande rena, väggen nu helt täckt med ett lager poröst och lättavlägsnat material vars yta dock började visa viss styrka. Skiktjockleken varierade från 1,5 å 2 cm upp till 5 cm. Högarna under brännaren var större särskilt var den under vänster brännare stor och sammanvuxen med eldstadshörnet till en höjd som vid linjärt förlopp bedömdes medföra att dess övre del skulle komma närmare flammen än övriga ytor inom ett par veckor.

Materialet var fortfarande varvat mellan kakor från brännarna och damm, andelen damm möjligen något mindre. Uppenbart var att pannan skulle kunnat drivas ganska länge till utan olägenhet med viss reservation för nämnda högen i hörnet.

Det är tveksamt om tegelväggen, som har mindre rymdvinkel mot omgivande kalla ytor än botten och befinner sig närmare flammen kan hållas ren med lämpligt placerade sotblåsare. Material som strykes efter väggen förefaller ha viss tendens till kletning som kan antas öka om man höjer pannlasten. Å andra sidan tycks stoftbelastningen ringa och såvitt det går att bedömma förefaller det inte orimligt att klara en driftsäsong utan åtgärd. Även om därvid huvuddelen av materialet kan vara sinttrat och starkt så kommer vidhäftningen till teglet ej att bli bättre än som nu varit fallet och en rensning därmed inte alltför besvärlig.

Uppbyggnaden i hörnet vid vänster brännare är uppenbarligen en följd av att befintliga sotapparater ej når dit utan istället

så att säga knuffar dit material från annat håll. En mindre fast blåsare i hörnet kan inte blåsa upp mer än kanske en tredjedel av den totala volymen tillbaka i eldstadsgasen men bedöms kunna sprida ut resten över pannbotten där sedan en ackumulering kan pågå ganska länge innan olägenheter uppstår.

Sammantaget förefaller den valda bestyckningen med sotapparater vettig. Båda behövs men luftförbrukningen som sänkts en gång kan troligen sänkas ytterligare gång. En mindre fast blåsanordning rekommenderas för det nämnda hörnet och ytterligare en sådan som kan bestryka eldstadsbotten vid bakväggen rekommenderas av ett annat skäl, vilket framgår av det följande.

6.3.9 Sotning av eldstad

Under kontinuerlig drift har sotblåsning skett i princip en gång per skift och detta tycks motsvara behovet åtminstone vad gäller väggblåsaren på eldstadens bakvägg.

Vid några tillfällen har strax före sotning små "vita moln" börjat uppträda på eldstadens bakvägg. Fläckvis har alltså en beläggning av stoft uppnått en sådan tjocklek att dess yta blivit varm nog att börja lysa. Därmed är ytan också med stor sannolikhet kletig, i vilket fall en sådan beläggning tillväxer relativt snabbt med en allmän höjning av temperaturnivån i eldstaden som följd, varmed liknande problem kan börja uppträda på andra håll. Väntar man för länge kan man riskera att få beläggningar som häftar direkt mot underlagsmaterialet och därmed inte går att blåsa bort. När bakväggsblåsaren köres blåser den upp så mycket stoft framförallt från eldstadsbotten att det enda rimliga är att renblåsa hela pannan.

Faktum är att eldstadsblåsarna var för sig blåser upp så mycket stoft, att de fungerar som pulversläckare för flaman med resultat att båda brännarna slocknar. Detta är mycket olämpligt. För att undvika detta skulle man troligen behöva blåsa apparaterna var annan till var fjärde timme. Olyckligtvis hjälper inte detta, eftersom den utdragbara blåsaren för eldstadsutloppet startar vid frontväggen, som faktiskt behöver blåsas någon gång den med, och därvid passerar med strålen rätt förbi brännaröppningarna och passar då på att blåsa ut flammen. Detta tycks vara oundvikligt. Lyckligtvis klarar blåsaren inte av att blåsa ut tändbrännaren som har egen flam med tändzonen skyddad inne i tändbrännarröret. Om blåsaren ej får för mycket hjälp från pulversläckeffekten, kan även slurryflamman hållas igång någorlunda med hjälp av tändbrännarna.

Sålunda har blåsning med de aktuella apparaterna lyckligen genomförts utan förbikoppling av huvudbrännarnas fotoceller. Normalt har emellertid dessa förbikopplats och förloppet i

stället övervakats okulärt.

Förbikoppling av brännarnas fotoceller vid sotblåsning är på sikt inte rimligt. Man kan antingen finna en placering av fotocellerna i sidovägg ovan brännarna sådan att fotocellerna ser även tändbrännarflamman eller också kan tändbrännarnas egen flamövervakning utnyttjas så att slurrypumparna kopplas till dessa vakter istället för de ordinarie vid sotblåsning.

Vilket som, bör de båda eldstadsblåsarna förreglas så att de inte går igång med mindre än att tändbrännarna är igång där- efter kan de med fördel läggas in i sekvens med de övriga blåsarna i befintligt automatikskåp.

De båda föreslagna mindre fasta apparaterna för eldstadsbotten bör kunna utformas så att de inte stör brännarna och blåsas så ofta att inte pulversläckeffekten uppstår. Tändbrännare skall då inte behövas vid blåsning av dessa och fotocellomkoppling inte vara aktuell varför de kan gå med eget tidur.

Beläggningar invändigt i brännarkonor har behandlats i kap 6.2. En konsekvens av dessa bör dock beaktas här. Innan frågan om dessa beläggningar kunnat lösas måste man räkna med att även tändbrännarröret som ju mynnar invändigt i konan liksom hittills kan helt eller delvis täppas igen. Det har vid några tillfällen inträffat att sådan beläggning förhindrat start av tändbrännare. Man har då att lyfta tändbrännaren ur röret och utifrån avlägsna pluggen med lämpligt verktyg. Under senare delen av försöken var som också framgår av 6.2 emellertid just området kring tändbrännaren i dåligt skick med följd att tändbrännarlufte kunde smita ut utanför konan om röret varit pluggat. Det går då att få igång tändbrännaren men flammen hamnar på fel ställe. Tills hithörande problem lösts måste man alltid vid tändning av tändbrännare kontrollera i siktglas att inte detta inträffat före nästa manöver vare sig det gäller start av brännare eller sotning av panna.

De två föreslagna apparaterna för pannbotten kan naturligtvis särskilt om man höjer panneffekten medföra kortare tid mellan sotningar med övriga apparater. Risken för detta verkar dock inte överhängande.

6.3.10 Stoft på eldstadsväggar

De tidigare nämnda små "vita molnen" på pannans bakvägg upp- träder endast vid höga laster och dito atomiserlufttryck och dessutom inte alltid. De har snarare uppfattats som en inverkan mot bakväggen av gasburet stoft vid högre temperatur än som följd av ökad mängd eller kletighet hos stoft som tagit sig dit tvärs gasströmmen. Sänker man lasten och särskilt om

man drar ned atomiserlufttrycket ser det annorlunda ut. Drar man ner atomiserlufttrycket ordentligt uppträder ett lustigt fenomen. Man kan då få se små stjärnskott hoppa ut ur bakväggen.

Förklaringen torde vara att även rätt stora agglomerat om de rör sig snabbt och ej tänt är svåra att uppfatta. Om de emellertid hunnit torka och börjat gasa, slås de sönder mot väggen, antänds momentant och blir därmed synliga. Deras hastighet efter kollisionen blir väl också något lägre. De splittrade delarna faller ned på botten och brinner färdigt där. Höjer man atomiserlufttrycket försvinner fenomenet, men därvid måste också brännarskåpstrycket höjas, annars börjar de lite mindre partiklarna bli synliga redan på väg mot väggen. Någon benägenhet att stanna på väggen tycks de inte ha. Dels är förstås väggen kall men det kan också vara så att partiklar med vikt och hastighet nog att slå sig igenom gasströmmen helt enkelt inte hinner bli varma nog för att vara kletiga. De skall ju också torka först.

Det faktum att en del material vid bristfällig atomisering hamnar på botten av pannan och brinner upp där tillsammans med material som tagit sig dit direkt är naturligtvis en bidragande orsak till i tidigare kapitel nämnt förhållande att vid dellast och låga brännarskåpstryck förbättrad finfördelning ej ger bättre utbränning.

Vid korrekt atomisering och brännarskåpstryck får man bort de snabba partiklarna vid bakväggen. Vid höjning av brännarskåpstrycket ökar istället förekomsten av de stora och långsamma partiklarna.

Dessa återfinns inte speciellt vid bakväggen. Rensar man brännarkonorna får man ner omfattningen med de är snart tillbaka. Det är här uppenbart fråga om material som mellanlandat på brännarkonorna. De förefaller ointressanta ur beläggningssynpunkt då de följer gasen ut.

6.3.11 Pannans täthet

Möjligheterna att med rimliga medel hålla rent inom pannan förefaller alltså goda. Beklagligtvis har detta inte varit fallet utvändigt.

Pannan är utförd för balanserat drag, dvs ett litet undertryck i eldstaden. Eldstadsväggarna består inte som numera är vanligt av paneler med sammansvetsade tuber utan av lösa tuber med en utanförliggande gastätande plåtbeklädnad. Efter år av användande har täckplåten korroderat och läcker därför på flera ställen.

Vidare är samtliga eldstadsluckor utförda för balanserat drag vilket medför att de läcker vid övertryck. Detta inträffar exempelvis vid tändning av brännare varvid ett fint moln sakta sprider sig i anläggningen.

Särskilt besvärligt är det vid sotning av eldstaden. De båda eldstadsblåsarna har kraftig impuls och vandrar systematiskt över hela ytan. Varhelst strålen träffar en otäthet blåses en imponerande mängd stoft ut ur även mycket små otätheter och oavsett om det är över- eller undertryck i eldstaden. Om det är övertryck blåser det överallt, är det undertryck, blåser ett hål i taget. Driftpersonalen i verket har vid flera tillfällen framfört som sin bestämda åsikt "att så här kan man inte ha det". Detta bör icke uppfattas som utslag av gnällighet.

Svårigheterna gäller främst eldstadsdelen, längre bak i pannan är undertrycket större och säkerställt samtidigt som sotapparaterna även om de gör av med mycket luft har fler och mindre hål och därmed lägre impuls.

Vid konvertering måste förhållandet beaktas. I och för sig skall det vara möjligt vid sotblåsning av eldstaden att bibehålla undertrycket men detta räcker alltså inte. Det är emellertid viktigt att så sker. Eldstadsluckor kan bytas mot täta konstruktioner men att under längre tid hålla det aktuella utförandet av pannans gastätning helt tät är svårt varför övertryck måste undvikas så långt man kan, då man annars måste räkna med att pannisoleringen med tiden kan fyllas med brännbart material.

6.3.12 Reglering av pannan

I Sundbyberg har eldstadstryckregleringen ej kunnat bibehållas på normal nivå. Anledningen är det nya spärrfiltret. Den gamla stoftavskiljaren behölls för att klara oljedrift liksom den gamla rökgasfläkten. För att klara tryckfallet över det nya spärrfiltret tillkom en ny fläkt efter detsamma. Denna fläkt fick i uppgift att hålla trycket före filtret konstant. Man fick på så sätt två reglerkretsar som arbetar i serie på samma medium med följd att den ena måste trögas ner ordentligt för att få regleringen stabil.

Det kan ju tänkas att båda fläktarna skulle kunna köras parallellt på samma signal men sannolikheten att detta skulle fungera bra över hela lastområdet är nog liten.

Det hittillsvarande arrangemanget är hur som helst inte bra. Se vidare kap 6.4.

Förutom den nämnda olägenheten med den tröga eldstadstryckregleringen uppträder en till. Vid uppbyggnad av systemen för övervakning, styrning och reglering för det nya bränslet har man genomgående anpassat den nya utrustningen till den invanda och befintliga, dels av kostnadsskäl, man visste ju inte hur långlivad verksamheten skulle bli, dels därför att de gamla systemen föreföll rätt väl anpassade till anläggningens behov. Sålunda styrdes i det befintliga systemet panntrycket via oljan och förbränningsluften via kvotreglering. Motsvarande funktioner byggdes in i det nya systemet för styrning av kolvattenbränslet. Panntrycksregleringen förutsätter givetvis att kvotregleringen är i drift. Det stod snabbt klart att den nya panntrycksregleringen ej kunde lösa sin uppgift. Man försökte några gånger och kunde tillfälligt få den att fungera vid någon enstaka lastpunkt men användbar gick det inte att få den. Kvotregleringen kunde användas så länge man hade fast börvärde för bränslet och klarade även laständringar men i och med att man kopplade in även bränslereglerningen är det bara en tidsfråga innan hela systemet är i svängning. Den gamla regleringen för oljan fungerar fortfarande eftersom vid oljeeldning är den nya fläkten förbikopplad. Provet kom som konsekvens att köras med fast börvärde för slurrypumparna.

Panntrycket styrdes sedan manuellt med ångventilen. Det kan ha vissa fördelar att åtminstone under en övergångsperiod automatizera denna funktion. Den fungerar givetvis bara så länge pannan är ensam på ångnätet och ger inte automatisk lastreglering på pannan, eftersom pannans regelområde är begränsat så länge brännarnas luftregister måste ställas om för hand. Kvotregleringen fungerar som nämnts men om rökgasystemet förbättras så att panntryckregleringen kan fungera så måste spärrar läggas in i systemet så att inte brännarna kommer in i ett instabilt område. Detta är i och för sig inte svårt. Om luften inte tillåts gå ned i flöde vid brännarskåpstryck under 270 mm vp så är brännarna alltid stabila.

Larm finns redan för höga ångtemperaturer och ett nytt larm för låg O₂-halt borde räcka för att göra systemet användbart låt vara att reglerområdet blir begränsat. Behovet av större reglerområde är emellertid inte ofta förekommande eftersom den aktuella pannan är relativt liten i förhållande till förekommande värmebehov. Den föreslagna panntrycksregleringen via ångventil skulle emellertid ha en annan fördel. Så länge brännarna inte utvecklats vidare måste brännarna dagligen tagas ur drift för skötsel, varvid automatisk panntrycksreglering via ånguttag i hög grad underlättar driften.

6.3.13 Hantering av brännare

Än så länge måste brännarna tagas ur drift dagligen för ren-

görande av brännarkonor. Detta kan ske genom att tändbrännarna startas vilket sker lokalt.

Förloppet är att ena brännarpumpen stoppas. Purgevatten läggs på och atomiserluften till den aktuella brännaren sänkes så att vattnet också kommer in och rengör lansen. När sedan lansen tagits ut och den aktuella tändbrännaren släckts rengöres först munstycket och sedan brännarkonan, varefter lansen stoppas in förses med atomiserluft vid lågt tryck för förnyad vattenspolning varefter atomiserluft dras på fullt och tändbrännaren startas och brännarpumpen startas. Så fort brännaren tänd stoppas nästa brännarpump och proceduren upprepas för andra brännaren.

Förloppet rätt genomfört klaras av en man lokalt på cirka en timme plus en man vid pulpeten som vaktar panntrycket hela tiden. Den här arbetsgången medför ganska abrupta laständringar vilket i och för sig inte gör så mycket men onekligen förutsätter en vaken instats vid pulpeten. Om panntrycket regleras automatiskt så fås visserligen snabba ändringar i värmeleveransen men den totala ändringen är liten och normalt inte svår att hantera. Kontrollrummet behöver vara bemannat men personalen blir inte låst vid ångventilen hela tiden.

Förloppet kan naturligtvis inte klaras med panntrycksreglering via bränslet. Och om man vill åstadkomma ett mjukare förlopp så går det bra, så länge man håller sig inom det område brännarna klarar utan spjällomställning.

Vill man ha större reglerområde så växer erforderlig tid drastiskt. Så länge brännarna är igång måste omställningen ske genom stegvis omställning av båda brännarna. Nedåt i last kan man gå lite snabbare eftersom därvid spjällen skall stängas och om en brännare kortvarigt skulle få för lite luft händer inte så mycket. När lasten däremot skall upp igen, måste man taga det mycket försiktigt, eftersom det är lätt hänt att ett spjäll öppnas för långt och vid den låga lasten kan båda brännarna tappa primärlufttryck och därmed stabilitet. Ett sådant förlopp tager närmare två timmar i anspråk och mannen vid pulpeten får bevaka både panntryck och brännarskåpstryck.

Dessutom kan det vara besvärligt att hitta tillbaka till en gynnsam inställning. Spjällen är av den klassiska typen dvs först händer ingenting och sedan händer ingenting och sedan är de nästan stängda och då händer alltihop. Exakthet i inställningen är alltså svår att få hur goda märken man än skaffar. Brännarna har också gemensamt brännarskåp vilket medför att en ändring på en brännare återverkar på båda och man har ingen möjlighet att veta huruvida de får lika mängder luft eller inte.

Erfarenhetsmässigt skall man ha tur om man säkert skall veta att man hittat bästa inställning inom mindre än fyra till fem timmar. Detta fordrar också ett intresse från operatören som torde starkt vara avhängigt personlig läggning.

Den angivna tidåtgången, cirka en timme för rensning av brännare, kan synas lång särskilt som själva rensningen är gjord på några minuter.

Rensning av lans och munstycken tar emellertid längre tid. Lansen är tung och otymplig. Munstycksmuttern måste lossas direkt annars behövs svetsaggretag för att få loss den. Munstycket görs rent relativt lätt men det måste tagas isär för att kontrollera att inte något lufthål är blockerat. Litet koks måste bort utvändigt och det som finns sitter bra fast. Gången för munstycksmuttern måste rengöras sorgfälligt och smörjas. Muttern måste kunna dras på förhand och får bara dragas fast mycket lätt annars blir det svetsaggregat när den skall av nästa gång. Munstyckena skulle inte nödvändigtvis behöva ses över dagligen. De har vid flera tillfällen använts både två och flera dygn utan olägenhet. Den utvändiga koksen behöver dock avlägsnas som det verkår två till tre gånger per vecka. Skälet till att man gör rent munstycket i samband med rensning av brännarkona är att det visat sig att man vid vattenspolning av lansen i samband med släckningen av brännaren allt som oftast lyckas få in slurry på luftsidan i munstycket. Om man har tillgång till samma tryck på spolvattnet som på slurrypumparna så att man inte behöver sänka atomiserlufttrycket för att få in spolvattnet och ut den kvarvarande slurryn borde denna olägenhet falla bort.

6.3.14 Separat primärluftfläkt

Under projekteringskedet diskuterades separat primärlufttillförsel med tryckhöjningsfläkt. Detta var litet besvärligt att ordna i den aktuella anläggningen. Den befintliga luftfläkten hade ju också tillräckligt tryck samtidigt som den flödesmässiga utläggningen av primärluftfläkten var osäker.

I efterhand kan man bara beklaga att denna lösning inte kom till stånd. En sådan fläkt försedd med reglering av primärlufttrycket skulle väsentligt underlättat både intrimning och drift. En sådan får också god ekonomi eftersom huvudfläkten då kan gå vid lägre tryck. Denna lösning rekommenderas varmt för nästa konvertering.

6.3.15 Bemannning

Utöver den ordinarie driftpersonalen som i princip deltagit i

samma omfattning som vid oljeeldning samt övervakat tankning av slurry och det nya spärrfiltret har projektet kontinuerligt haft en man tillgänglig.

Nattetid under senare delen av försöken hade projektets driftpersonal jour. Någon jourutryckning blev aldrig aktuell. Under dagtid hade han att övervaka bränslepumpar och vid behov växla och rengöra bränslesilar, se över packboxarna till brännarpumparna och tömma oljefiltret vid tryckregulatorn för atomiserluften. Övervaka askcontainerbyte. Hålla kontakt med bränsleleverantör om leveranser. Föra loggbok samt tre gånger per dygn genomföra sotning av panna och en gång per dygn rensa brännare och därvid rengöra lansar och munstycken.

6.3.16 Arbetsmiljö och säkerhet

Före brännarna kan alla hygieniska problem lösas med vattenslang. Förutsatt givetvis att inte någon bränsleleverantör tillsatt olämpliga kemikalier. Bränslet hanteras vid rumstemperatur. Kvarblivna lufttorkade rester visar inga tendenser till självuppvärmning med självantändning som följd men kan naturligtvis tänkas tändas av svetsloppor eller liknande. Vid mindre bränder kan bränslet i sin leveransform faktiskt användas att släcka med.

Efter brännaren är slurryeldning i den använda formen ur arbetsmiljösynpunkt direkt jämförlig med kolpulvereldning. Så när som på en mycket väsentlig punkt. Den använda brännaren ställas av momentant oavsett driftläge utan andra konsekvenser än att man får en del arbete med att göra ren lans och munstycke.

Säkerheten är bättre än t o m vid oljeeldning. Dels krävs längre tider för gasning av bränsle som körts in i pannan av misstag, dels blir den gasade kvantiteten mindre.

Framförallt slocknar brännaren vid bortfall av atomisermediet och därvid stoppas inmatningen automatiskt. Om fotocellen är belåten kan visserligen dålig eldning förekomma men knappast farlig. Vid olja är detta inte alltid fallet.

6.3.17 Miljöpåverkan

Hitintills har den använda eldningstekniken inneburit rätt hög andel koks i flygaskan. Detta kommer att förbättras men med hänsyn till den låga andelen aska i bränslet måste man vid mindre anläggningar som Sundbyberg och kanske allmänt vid konvertering räkna med rätt hög halt koks i avskilt stoft. Om

till exempel förlusten i oförbränt i form av koks skulle ligga på 1,5 % och kolet innehåller tre procent aska fås runt 33 % oförbränt i askan. För att klara 5 % i askan erfordras i ovan nämnda fall en utbränning på 99,5 %, vilket förefaller svårt.

Man kan alltså inte räkna med användning av askan inom t ex cementindustri utan materialet måste deponeras eller ev förbrännas. Materialet är genom sin låga volymvikt dyrt att transportera och även av det skälet är det viktigt att få ned mängden.

6.3.17 Kolmonoxid

Den provade eldningstekniken kännetecknas av en högturbulent hårt sammanhållen flamma av högsta möjliga temperatur och med extrema möjligheter till kontroll av flamformen. Motsvarande kan inte åstadkommas med kolpulver, eftersom bränslesprayen utgör en grundfunktion för att åstadkomma den erforderliga strömningsbilden. Resultatet blir en mycket god förbränning i flammen. Kolets flyktiga beståndsdelar torde förbrännas i det närmaste fullständigt.

För att det hela skall fungera måste inblandningen av huvuddelen av förbränningsluften försenas ordenligt i annat fall kollapsar både strömningsbild och flammans värmebalans. När sedan sekundärluften tillförs sker det genom den höga turbulensen snabbt och effektivt men i princip får detta inte ske förrän bränslet antänts.

Resultatet blir att huvuddelen av bränslet förbränns understökiometriskt. Syreöverskott uppstår egentligen bara i en tunn zon där det återcirkulerade bränslet möter primärluften, vidare är det ofrånkomligt att slutändan på bränslesprayen når ut i syrerik atmosfär.

En viss mängd av de grövsta kolpartiklarna följer brinnande med gasen ut ur eldstaden men de släcks snabbt genom kylning även vid relativt höga syrehalter i gasen. Stråk med låga syrehalter har ej kunnat påvisas och detta är också en rimlig följd av den höga turbulensen i eldstaden.

De förbättringar i utbränningen som förutses närmast kan höja flamtemperaturen ytterligare något och minska mängden utslinkande koks varför en ytterligare sänkning av den redan låga CO-halten kan förväntas.

6.3.18 Kväveoxider

Det provade brännarkonceptet förutsätter en het flamma inom

och runt brännarkonan för att få snabbast möjliga torkning av slurrydropparna och stabil fortsatt tändning. Sättet att åstadkomma detta består i att man organiserar en kraftig återcirkulation av torkat bränsle centralt i flammen där primärluften sedan möter med hög rotation. Det finns emellertid gränser för hur hög temperatur man kan nå med ett bränsle som består av kol med 30 % vatten. Denna begränsning och den låga uppehållstiden i högtemperaturzon gör att sk termisk NO_x sannolikt aldrig blir ett problem. Åtminstone torde det förutsätta väsentligt mycket större pannor än den provade.

Det faktum att man i Sundbyberg enligt gjorda mätningar som högst omvandlat mindre än 20 % av bränslekvävet bör indikera att tekniken har låg- NO_x -karaktär och att detta inte enbart är hänförligt till bränslet.

Ett grundproblem vid sk låg- NO_x -brännare för kolpulver består i svårigheten att få tillräckligt effektiv inblandning av luften för slutförbränningen för att undvika stråk med luftunderskott. Ökning av turbulensen för att säkerställa detta medför lätt att den önskade försenade inblandningen uteblir.

Den använda brännaren har såväl fördröjd inblandning som god turbulens men tyvärr hittills relativt dålig slutförbränning. Trots att arbete måste läggas ned på förbättring och renare brännarkona bör dessa förändringar endast marginellt öka NO_x -utsläppet.

6.3.19 Svavelutsläpp

I samband med NO_x -brännare för kolpulver drivs på några håll i världen försök med tillsats av kalk till tertiärluften för att sänka svavelemissionen. Detta förutsätter givetvis att särskild uppmärksamhet ägnas sammansättningen på askan hos använt kol så att inte sintringsegenskaperna tillsammans med kalken förändras märkbart.

Med den provade tekniken kunde detta vara intressant. Den allmänna temperaturnivån i eldstaden torde vara i lägsta laget, inblandningen och fördelning av kalken borde ej bereda problem. Flammans temperaturnivå är emellertid i högsta laget och kalk som passerar själva flammen måste antagas bli inaktiv.

Inblandning av kalk i bränslet förefaller av denna anledning och av andra skäl mindre lockande. För större anläggningar borde om kalken tillförs torrt utanför flammen närmast ideala förhållanden för direktavsvavling kunna föreligga.

6.3.20 Förbättringar

- * Tätta pannan
- * Komplettera eldstadsrenhållningen
- * Förbättra eldstadstryckregleringen
- * Flytta fotoceller till mindre utsatt position
- * Förregla start av de nya sotblåsarna mot tändbrännare i drift och placera manövreringen i befintligt automatskåp för övriga sotapparater.

6.4 Rökgassystemet

6.4.1 Allmänt

Systemet efter pannan består av multicyklon från Bahco med sekundärkrets. Rökgasfläkt direkt efter multicyklonen, textilt spärrfilter och ytterligare rökgasfläkt efter filtret. Stoftet som avskiljs i multicyklonerna avsugs till sekundärsystemet, avskiljs ytterligare en gång och faller ned i en sändare. Sändaren i sin tur skickar stoftet till textilfiltrets rågas-sida där det blandas med övrigt avskilt stoft.

6.4.2 Multicyklonaggregatet

Cyklonsystemet som är dimensionerat för oljesot och då främst sekundärsystem har haft stora problem att klara av de avsevärt större stoftmängder som förekommer vid eldning med kolvattenblandningar. Resultatet av övningarna har blivit att sekundärsystemfläkten fullständigt har slitits ut, trots att den är placerad på rengassidan i sekundärsystemet. Orsaken till detta är troligen överbelastning av cyklonen. Vid några tillfällen har detta yttrat sig i att utmatningen från cyklonen markerat.

Fläkthjulet var helt nedslitet, vilket gjort att det krävdes bypass förbi multicyklonen sista veckan. Det dubbla skivfläkthjulets alla blad bortslitna, den yttre skivan helt lös.

Rökgasfläkten var till synes opåverkad trots 1 veckas drift utan multicyklon. Kanalen och spjället var välpolerade. (Fär-gen borta i kanterna.)

Stora mängder stoft i såväl böjda kanalen mellan panna och multicyklon samt i botten på multicyklon.

Andra erfarenheter har varit att sändaren efter ombyggnad fungerat bra trots större belastning. Genom programmering av sändningsprogrammet så att sändningarna kommer tätare och sändning av stoftet till filtret har denna del fungerat utan problem. Att stoftet sänds till filtret är föranlett av att den stora stoftmängden inte gick att hantera i befintliga system för oljesotet.

I ursprunglig uppkoppling av sändaren, satt denna i serie med sändaren för P3 och P5, varför ökning av sändningsfrekvensen inte var möjlig. Dessutom var inte containern till vilken sotet sändes dimensionerad eller utformad för att ta emot dammande flygaska från koleldning.

6.4.3 Textila spärrfilter

Filtret som installerades dimensionerades mycket snålt, varför den ibland begränsat lasten i pannan. Vid dimensioneringen lades inte på några marginaler på de teoretiskt framräknade rökgasmängderna. Dessutom har det läckage som beskrivs i nästa stycke gjort filtret ännu mer begränsande. De problem som uppstått vid driften har varit då filterfläkten körts nära sitt maximum och haft svårigheter att hålla undertrycket före filtret med övertryck och stoftläckage som följd. Botemedlet har varit att mestadels köra pannan vid laster kring 30 liter/min. Vidare har reglering av stabilitetsskäl medvetet gjorts trög med övertryck vid sotning, laständring och brännarmanövrar med stoftläckage från anläggningen som resultat.

Drifttiden på filtret är cirka 1 000 h. Under denna tid har en filterslang blindats på grund av skada troligen förorsakad vid montaget. De stoftprover som uttagits (se leveransprov) visar utsläppsnivåer under 1 mg/Nm^3 . Några betänkligheter att använda textila spärrfilter i samband med kolvattenbränsle föreligger inte. Slangarna har lätt hållits rena vid rensning som på grund av problemen med regleringen styrts med timer.

För fortsatt drift med spärrfilter måste alla felsignaler och kanske även manöverdonen dras ned till kontrollrummet. Dessutom måste tryckluftventilerna för spjällens öppning och stängning ljuddämpas. Lämpligen användes små keramiska dämpare.

6.4.4 Läckage

Det har under provets gång konstaterats att pannan och kanalsystemet inklusive multicyklonaggregatet med sekundärkrets har ett avsevärt inläckage av luft.

Detta inläckage gör att filterfläkten får arbeta med mer rökgaser än vad som genereras vid förbränningen. För att beräkna inläckaget har mätningar av O_2 , CO_2 och temperatur samt flöde utförts dels vid pannan (direkt efter economisern) dels direkt före filterfläkten.

Tabellen nedan visar de uppmätta värdena vid två tillfällen och två olika laster. Prov 1 (avser leveransprov 1) kördes vid 15,5 ton ånga och 30 lit/min CWM och Prov 4 kördes vid 19 ton ånga och 36 lit/min CWM.

Beräknas läckaget med hjälp av alla tre komponenterna erhålles sista kolumnen i tabellen. Denna siffra är ett medelvärde.

	Vid panna			Vid fläkt			inläckage
	temp °C	CO ₂ %	O ₂ %	temp °C	CO ₂ %	O ₂ %	
Prov 1.1*	144	14	4,2	117	10,2	8,0	32
Prov 1.2	144	13,9	4,2	122	11,5	7,2	21
Prov 4	158	15,1	4,4	138	11,9	7,9	24

*) Vid denna mätning var en lucka i sekundärkretsen öppen

Rökgasmängderna är:

	Vid Panna	Vid Fläkt
Prov 1.1 verkl	22 190	27 400
Prov 1.1 norm	14 530	19 180
Prov 1.2 verkl	22 190	25 440
1.2 norm	14 530	17 580
Prov 4 verkl	26 440	31 250*)
4 norm	16 740	20 760

*) Dessa värden är uppmätta med prantl. rör och mikromanometer. Övriga är beräknade med dessa som bas.

Filterfläkten är utlagd för 26 000 m³/h (1500 Nm³/h) och upparvad till cirka 31 000 m³/h. Som jämförelse till ovanstående värden kan nämnas att den teoretiska rökgasmängden vid rådande eldningsförhållanden och 30 l/min är cirka 14 700 Nm³/h och vid 36 l/min cirka 17 800 Nm³/h.

Förutom ovan beskrivna läckage har också observerats att inläckaget av luft i konvektions och economiserpartierna motsvarar cirka 1 % enhet O₂.

6.4.5 Askhanteringssystemet

Systemet består av utmatningsskruv i filtret, cellmatare, störtrör, straptransportör och container. De problem som kan hänföras till CWM-eldning är av typen varierande stoftmängder på grund av varierande densitet på stoftet och stora mängder oförbränt. Dessa företeelser tillsammans med att systemet läckt ut stoft och arbetar med en hög ljudnivå har givit ett mycket negativt intryck. Valet av skraptransportör som arbetar med en viss hastighet oavsett om det finns stoft eller inte har givit problem vid befuktningen av stoftet. Det har antingen varit för mycket vatten eller för litet. Någon avkän-

ning av stoftflödet har inte gjorts, utan befuktningen har startats av skraptransportören.

För att lösa problemen rekommenderas en flyttning av askcontainern till en plats i direkt anslutning till filtret med fyllning via skruv och avkänning av stoftflödet för styrning av befuktningen.

6.4.6 Önskvärda förbättringar

Sammanfattningsvis kan sägas att vid fortsatt eldning med CWM i anläggningen bör multicyklonaggregatet och rökgasfläkten avlägsnas. Filterfläkten måste bytas eller varvas upp (byte av motor). Dessutom bör askuppsamlingssystemet byggas om så att containern placeras i direkt anslutning till filtret. Någon form av utjämning av stoftflödet från filter måste anordnas före askcontainern så att befuktningen kan fungera. Med dessa åtgärder bör problemen med samkörningen av de två fläktarna och asktransportsystemet vara ur världen. Larmsignaler filter och askhantering till kontrollrum.

7 LEVERANSPROV

Under eldningsperioden i maj månad genomfördes ett leveransprov omfattande fyra delprov:

Prov 1	60 % last	84-05-23	14.30 - 18.00
Prov 2	50 % last	84-05-24	13.30 - 16.30
Prov 3	60 % last	84-05-24	20.00 - 22.00
Prov 4	70 % last	84-05-25	16.00 - 19.00

Avsikten med leveransproven var att vid tre olika laster mäta verkningsgrad och miljöpåverkan. Mätprogrammet har innefattat flödes- och temperaturmätningar enligt bilaga 10 samt mätning och analys enligt nedan av svavel, kväveoxider, koloxid, aska och slagg samt tungmetallerna bly, nickel, kadmium och kvicksilver.

Figurerna 3 - 6 visar enminutskurvor för respektive prov.

I tidigare visad figur 2 är leveransproven markerade med L1 - L4. Under dessa prov genomfördes gassmätningar ur miljösynpunkt (se bilaga 8).

I bilaga 9 återfinns laboratorieanalyser som utförts på prov av bränsle och aska uttaget under proven.

I bilaga 10 återfinns mätdata från leveransprovet och i figurerna 7 a-d och 8 a-d finns flöden och temperaturer inritade för att ge en bild av energiflödet i pannan.

Sammanfattningsvis kan konstateras följande:

Svavel

Generellt kan sägas att det svavel som matas in med bränslet kommer ut som SO₂ med rökgaserna. 6-8 % minskning har dock uppmätts som absorption i askan.

En svavelbalans över de 4 leveransproven är som följer:

Mängder räknat som kg/ton CAM	1	2	3	4
IN Svavel i bränsle	5,2	5,7	5,7	5,0
UT Svavel i aska	0,41	0,32	0,37	0,29
Svavel i rökgas	4,79	5,38	5,33	4,71
Svavelemission g/MJ	0,22	0,24	0,24	0,21
ppm (vol)	440	460	460	410

Som synes är trots tämligen långt renat kol, 3,6 % aska, svavelhalten så hög att utsläppet ligger mycket nära 0,24 g/MJ. Gällande regler för anläggningar av denna typ pekar på ett krav på 0,17 g/MJ, en nivå som kräver ytterligare svavelreduktion genom rening av bränsle eller insprutning av kalk i bränsle eller flamma.

Kväveoxider

Mätningarna visar att de förväntningar på låga NO_x-halter har infriats. Värdena är som följer.

Prov	nr	2	3	4
Last	%	50	50	70
NO	ppm	200	235	240
NO _x	ppm	210	240	280
NO _x	g/MJ	0,135	0,145	0,170

Värdena på NO_x ligger betryggande lågt för att nuvarande av SNV diskuterade riktvärde på 0,28 g/MJ skall innehållas. Synnerligen positivt är att nivåerna är lägre än de man får vid pulvereldning av vid s.k. låg-NO_x-eldning i medelstora och större aggregat. Tekniken är på denna punkt klart fördelaktig, då små pannor och eldstäder erbjuder mycket begränsade möjligheter till förbränningstekniska m fl åtgärder.

Koloxid

Mätningarna visar låga halter för koloxid under hela demonstrationseldningen. Nivån har varit mellan 50 och 100 ppm. Halten tyder på goda förbränningsförhållanden med god kontakt bränsle/luft och indikerar att oförbränt i aska beror på för kort tid för slutförbränning av partiklarna. En kritisk faktor vid CWM-eldning är sannolikt att minska andelen partiklar över omkring 100 ppm vilka kräver längre utbränningstid.

Aska och slagg

Vid leveransproven uttogs representativa stoftprov på avskild flygaska från skraptransportören. Prov uttogs under hela provperioden och blandades väl. Analyserna visade på höga halter oförbränt. Värdena låg mellan 65,4 % och 69,8. Ingen korrelation mellan last och halt oförbränt kan konstateras.

Askan som bildats är mycket finkornig och densiteten varierar kraftigt. Värden mellan 120 kg/m^3 och 400 kg/m^3 har uppmätts med median kring 250 kg/m^3 . Denna lätta aska fördyrar transporten och ställer krav på stora lagringsvolymmer. Den finkorniga askan med hög halt oförbränt kan också ge problem med deponering. Nedsmutsningen är stor och damningen likaså. Askmängden är dock ringa, vid 13 MW(th) produceras bara cirka 200 kg/h dvs mindre än $1 \text{ m}^3/\text{dygn}$.

Av tabellen nedan framgår några siffror som visar att vid låga askhalter i kolet fås mycket höga halter oförbränt.

Tabell: Aska från koleldning

		Alt I	Alt II	Alt III	Alt IV
Askhalt i kol	%	3	8	15	15
Förb verkningsgrad	%	97	97	97	99
Halt oförbränt i aska	%	49	25,9	14,5	5,3

I tabellen avser Alt I god CWM eller god eldning med renat kol och Alt II med orenat kol. Alt III o IV avser pulvereldning med olika förbränningsverkningsgrader.

Tungmetaller

I samband med leveransproven analyserades stoftproven och kolproven med avseende på bly, kadmium, kvicksilver och nickel. Nedan redovisas analysresultatet dels som mg/kg stoft respektive kol. Dessutom är analysvärdet för stoft omräknad till mg/kg kol.

Tabell: Bly

Leveransprov	STOFTPROV		KOLPROV mg Pb/kg kol
	mg Pb/kg stoft	mg Pb/kg kol	
1	45	5,4	5,3
2	55	5,9	5,0
3	51	5,2	5,1
4	48	5,6	4,9

Tabell: Nickel

Leveransprov	STOFTPROV		KOLPROV mg Ni/kg kol
	mg Ni/kg stoft	mg Ni/kg kol	
1	112	13,6	12,9
2	127	13,6	12,9
3	127	12,8	13,0
4	117	13,6	12,6

För bly och nickel gäller vilket framgår av tabellerna att allt eller nästan allt följer med askan ut. Att mängden ut med stoftet är genomgående, med ett undantag, större än vad som finns i inmatat kol beror på att osäkerheten vid omräkningen från halt i stoftet till mg/kg kol är stora. Det bör också beaktas att kol och stoft är uttaget under samma tidsrymd varför fördröjning i systemet inte är beaktat.

För kadmium gäller att samtliga analyser ligger under detektionsgränsen nämligen 0,5 mg Cd/kg stoft respektive 0,05 mg Cd/kg kol.

För kvicksilver gäller följande.

Tabell: Kviksilver

Leveransprov	STOFTPROV		KOLPROV mg Hg/kg stoft
	mg Hg/kg stoft	mg Hg/kg stoft	
1	0,36	0,043	0,05
2	0,47	0,050	0,05
3	0,47	0,048	0,04
4	0,46	0,053	0,04

Ur tabellen kan tyvärr inte mycket utläsas. Analysvärdena för kolproverna ligger nära detektionsgränsen och anges med endast en siffra. Siffrorna i tabellen ger dock en indikation på att övervägande delen av kvicksilvret avskiljs tillsammans med stoftet i spärrfiltret. För att få klarhet behövs mätningar av kvicksilverhalten i rökgaserna.

7.2 Värmeteknisk mätning

Redogörelse av Göta Verken Energy System AB, Kallhäll
f d Svenska Maskinverken.

Nedan göres en genomgång baserad på leveransprovet
med CAM-bränsle under maj 1984. Genomgången inne-
håller jämförelse mellan CAM-eldning och oljeeldning
och mellan CAM-eldning och konventionell kolpulver-
eldning.

Av de mätresultat som finns tillgängliga har vi valt
att redovisa tre lastfall, dessutom ett beräknings-
exempel. Se Bilaga 1.

- Oljeeldning	21.4 t/h ångflöde	830407
- CAM-eldning	13,8 " " lev.prov 1,	840407
- " "	16,5 " " " 4,	840525
- Kolpulver- eldning	16,5 " " beräkningsexempel	

4 st leveransprov med CAM-bränsle har utförts.

För att belysa aktuella frågeställningar har vi
funnit det tillräckligt att redovisa två av dessa,
prov 1 och prov 4.

Oljelasten har tagits med för att ge ett mått på
noggrannheten i beräkningssättet då ett välbekant
bränsle eldas.

Hur ångflödena bestämts framgår enligt nedan.

Vid dessa laster har förbränningsluften förvärmats i
två batterier, ett första steg med matarvatten och
ett andra steg med mättad ånga från domen.

Tillsammans med mätvärden presenteras värmetekniska
beräkningsresultat som komplement enligt Bilaga 1.
I resultatcolumnerna anger tecknet att mätvärdet har
använts som förutsättning vid beräkningen.

Fallet med kolpulver av 5% fukthalt vid 16,5 t/h ångflöde har räknats igenom för att påvisa skillnaden gentemot CAM-eldning vid samma nyttiga effekt från pannan.

Vid övergång från eldning med olja till CAM d v s ett bränsle baserat på stenkol, är nedanstående parametrar väsentliga för bestämning av max acceptabel lastnivå vid CAM-eldning.

- Materialtemperaturer i överhettardelar

Som framgår av mätvärdena är temperaturstegringen hos ångan i överhettarna praktiskt taget lika stor vid 21,4 t/h olja som vid 16,5 t/h CAM.

Då pannan dimensionerats för max kont 23 t/h vid oljeeldning och då med ca 20°C ångtemperatursänkning vid insprutning kommer överhettarmaterialet att klara 16,5 t/h vid CAM-eldning enligt mätningen.

- Rökgasttemperatur efter eldstad

Denna bör ligga under nivån för begynnande mjukning, enligt ASTM D1857, hos askan som ingår i CAM. Vid angivna lastnivåer för CAM-eldning har rökgasttemperaturen efter eldstad beräknats till 1030°C vid 16,5 t/h och 960°C vid 13,8 t/h.

De verkliga temperaturerna torde ligga lägre av värmeupptagningen i överhettare att döma. Uppmätta rökgasttemperaturer med sugpyrometer antyder också lägre temperaturnivåer.

Ovanstående innebär att risk för mjukning hos askan vid inloppet till de konvektiva ytorna efter eldstaden är ringa. Normalt betraktas 1050°C vara låg begynnande mjukningstemperatur hos ett obehandlat kol. Speciellt ogynnsamt för denna panna vid CAM-eldning är att avståndet tvärs tuber i den konvektiva ytan efter eldstad och i hetare överhettaredel är litet.

- Gashastigheter, temperaturer och delningar
hos konvektiva ytor _ _ _ _ _

Vid 16,5 t/h och CAM-eldning fås vid gasflödet 18 100 Nm³/h följande rök-gashastigheter och rök-gastemperaturer i ytornas inlopp enligt beräkningar:

Yta	Gas- hastighet m/s	Gas- temperatur °C	rak delning längs/tvårs
Konv 1	17,2	1032	180/96
ÖH het	14,8	954	60/73
ÖH kall	13,0	800	60/73
Sunrod-yta	15,0	555	Sunrod- yta
Eko	12,1	344	150/150

De i tabellen redovisade gashastigheterna är relativt höga.

Normalt utläggningssvärde för gashastighet vid konventionell kolpulvereldning är 13-17 m/s beroende på askmängd och askans slitande egenskaper.

Vid CAM-eldning är askinnehållet lågt, ca 3-4% på T.S. och de redovisade hastigheterna torde ur erosionssynpunkt vara helt acceptabla.

Ur påslagssynpunkt är det askans temperatur-karaktäristika som är avgörande.

Den högsta hastigheten fås alltså genom kokytetuberna omedelbart efter eldstad, ca 17 m/s. Denna yta kan hållas under uppsikt och bör först visa tecken på eventuella påslag eller erosionsskador. Modifiering till en gynnsammare tubgeometri för kokytetuberna är tänkbar.

För överhettare och Sunrodyta är gashastigheterna visserligen relativt höga men ur erosionssynpunkt troligen ej kritiska. Eftersom delningen i Sunrodytan är mycket tät finns det anledning att vidare följa upp eventuella tendenser till igensättningar.

- Uppehållstid eller volymbelastning i eldstad

Dessa parametrar bestämmer förutsättningen för bränslet att slutförbrännas i eldstaden.

Ett normalt värde på volymbelastningen för en panna med denna kapacitet är 180-200 kW/m³ vid kolpulvereldning. Tillförda effekten av bränsle och luft räknas per volymsenhet eldstad. En ökning i volymbelastning ökar mängden oförbränt.

Vid leveransprov 4 d v s 16,5 t/h är beräknade värdet 291 kW/m³. Detta ligger ca 50% högre än ett normalt värde för konventionell kolpulvereldning. Risk för ökad mängd oförbränt i flygaskan torde därför finnas. Redovisade värden från leveransprov 1 och 4 enligt ÅF innehåller indirekt värden på totala förbränningsverkningsgraden. Vid bestämning av ångflödet har bränsleflöde och totala förluster använts.

Påpekas kan att ett normalt värde på förbränningsverkningsgrad är ca 98,5 - 99,5% vid kolpulvereldning.

- Stampmassa och tegelinfodringar i eldstaden

Normalt vid koleldning och med kolaska med låga temperaturkaraktäristika är risken för slaggpåslag på tegelväggar mycket stor. Vid körningarna med CAM har dock ej förmärkts allvarliga sådana påslag. Detta kan bero på att kolaskans egenskaper har varit gynnsamma.

- Kommentar till beräkning för kolpulvereldning vid 16,5 t/h ångflöde _ _ _ _ _

Som framgår av Bilaga 1 ger kolpulvereldning vid samma last: mindre värmeupptagning i överhettare, högre eldstadstemperatur och lägre avgastemperatur jämfört med CAM-eldning. Rökgasflödet blir mindre p g a lägre fukthalt.

Det skall framhållas att detta är en teoretisk betraktelse, där lastnivån motsvarar ca 50% högre volymbelastning jämfört med standardutläggning för nvanläggning vid råkol.

Sammanfattning

Som framgår av ovanstående redogörelse har det körts två prov med CAM-eldning nämligen:

- 13,8 t/h prov 1
- 16,8 t/h prov 4

Ytterligare två prov, prov 2 och 3 har dessutom körts. Dessa är av mindre intresse och ger ingen ytterligare information.

Samtliga laster har kunnat köras utan att problem med igensättningar i tubsatser eller onormala påslag i eldstadsrummet har förekommit.

Mängden oförbränt har dock legat på en hög nivå vilket kan bero på brännare, bränslet eller eldstadens volymsbelastning.

Tills vidare bedöms 16,5 t/h med CAM-eldning som varande den högsta kontinuerliga last som bör tillåtas.

I det föregående och vad som framgår av tabellerna har jämförelser gjorts med konventionell kolpulvereldning och med den oljeeldningseffekt som provats.

Om man **rent allmänt** gör en jämförelse mellan olja, kolpulver och CAM baserad på max kont last fås följande preliminära sammanställning:

Bränsle		Olja vid ny- anläggning	Kolpulver vid ny- anläggning	CAM */ Prov- resultat
Ångmängd	t/h	25	10,8	16,5
Nyttig effekt	MW	19,8	8,6	13,1
Volymsbelastning	kW/m ³	441	191	291
Volymsbelastning	%	100	43	66

*/ Belastningen med CAM måste dock anses hög så länge förbränningsresultatet, d v s totala mängden oförbränt, ej är bättre än vad som framkommit vid provet. Ur stoft- och beläggningssynpunkt hade dock lasten kunnat accepteras baserat på de driftstider som förekommit. Medelvärde för de 4 leveransproven låg vid 8,0% d v s 92% förbränningsverkningsgrad. Detta kan ej vara godtagbart när man jämför med normal kolpulvereldning där motsvarande värde är 98,5 till 99,5%

Troligtvis finns dock en utvecklingspotensial hos CAM-eldning som gör det möjligt att förbättra ovanstående värden. Tills vidare bör dock volymbelastningen vid CAM vid en jämförelse ligga närmre kolpulver än vad som angivits i tabellen.

Slutligen bör framhållas att vid fall med konvertering kan det vara mera ekonomiskt optimalt att acceptera lägre förbränningsverkningsgrad än vid konventionell nyanläggning.

SUNDBYBERG - RESULTAT FRÅN MÄTNING OCH BERÄKNING
I SAMBAND MED CAM-PROVNING

Lastfall	Prov 2 830407	Dator	Dator	Levpr 1 840523	Dator	Levpr 4 840525	Dator
Mätning enl	GES/ÅF	-	-	ÅF	-	ÅF	-
Bränsle	Olja	Olja	Kolpulver f=5%	CAM	CAM	CAM	CAM
Nyttig effekt MW	16,9	=	13,1	11,0	=	13,1	=
Luftfaktor	-	1,09	1,21	-	1,23	-	1,21
O ₂ torr gas*/ %	2,5	1,8	3,7	4,79	4,0	4,79	3,7
må t/h	21,4	=	16,5	13,8	=	16,5	=
p ÖH atö	54,1	=	54	53	=	54	=
te °C	-	1152	1055	-	960	-	1032
tq f ÖH h "	-	1058	970	-	884	-	954
f ÖH k "	-	873	805	-	745	-	800
f Sunrod "	-	583	548	476	522	512	555
f Eko "	-	348	340	338	331	351	344
e Eko "	159	174	143	148	143	159	151

*/ Avvikelsen mellan mätvärde och beräkningsförutsättning orsakas av att hänsyn tagits till luftinläckage p g a otätheter i pannan vid beräkningen.

Lastfall	Prov 2 830407	Dator	Dator	Levpr 1 840523	Dator	Levpr 4 840525	Dator
tå e ÖH h °C	474	=	465	465	=	465	=
f ÖH h "	356	371	371	360	375	354	365
e ÖH k "	355	401	382	359	376	361	395
i dom "	273	=	271	269	=	271	=
tå inspr "	0	30	11	0	1	7	30
t luft "	162	=	187	166	=	187	=
t mava "	127	=	119	122	=	119	=
tv f eko "	131	=	101	101	=	101	=
tv e eko "	-	176	163	175	172	180	173
m eko t/h	25,7	=	17,8	-	14,5	-	17,8
V x 10 ⁻³ Nm ³ /h	19,8	20,0	16,5	-	15,3	-	18,1
L x 10 ⁻³ "	18,7	18,9	15,7	-	14,0	-	16,5
B f t/h	-	1,606	1,753	-	1,992	-	2,400
B tot t/h	1,621	-	-	2,160	-	2,590	-
Hu Kcal/kg	9721	=	6990	5148	=	5169	=
Qe/Ve kW/m ³	-	363	285 */	-	240	-	291

*/ Teoretiskt värde, ca 50% över standardvärde vid nyanläggning

8 SLUTSATSER

8.1 Inledning

Nedanstående baseras på erfarenheter av det provade bränslet, använda komponenter och förbränningsteknik. Vi vill understryka detta, eftersom det i flera avseenden är svårt att avgöra i vad mån uppnådda resultat är generellt giltiga eller en följd av enbart det provade bränslet, den valda förbränningstekniken eller kombinationen därav.

8.2 Utvecklingsnivå

- * Tekniken för produktion, hantering och förbränning av kolvattenbränsle har nått en nivå där önskvärda förbättringar är av optimerande natur och förutsätter längre tids drift, gärna i ökad omfattning.
- * Dimensioneringsunderlaget duger för praktiskt godtagbar funktion men medger ej ekonomisk optimering. Specifikation av bränslet utgör ett problem för flera funktioner.
- * Utrustning för hantering av kolvatten bränsle liksom om byggnader och kompletteringar av pannor kan-upphandlas på normala kommersiella villkor. För brännare erfordras ännu särskilda villkor.
- * Garantier för totalfunktionen är alltid ett besvärligt kapitel i konverteringsfall på grund av obalans mellan beställningssumma och risk för leverantören.

Med reservation för detta och för att viss försiktighet från leverantören på grund av brister i dimensioneringsunderlaget måste ses som naturlig bör dock meningsfulla garantier kunna diskuteras vad avser:

- Tillgänglighet
- Panneffekt
- Ev ångdata
- Emissioner
- * Garantier av totalverkningsgrad och emissioner vad gäller oförbränt kol begärs med risk att skrämja seriös leverantör.

8.3 Allmänt

- * Den provade tekniken att elda kol är säker, hygienisk och bekväm.

- * Daglig skötsel och övervakning erfordras ännu. På sikt framstår obemannad drift som den rimliga driftsformen.
- * Reglerbarheten är mycket god men fordrar ännu manuell hantering.
- * Under sista eldningsmånaden demonstrerades att kolvat-ten bränsle kan produceras och eldas med hög tillgänglighet.

8.4 Bränslet

- * Bränslets egenskaper ur hanteringssynpunkt förefaller kunna påverkas på ett systematiskt sätt sedan önskemål om förändring definierats.
- * Lagerbarhet erforderlig för transport och normal förbrukning med viss mellanlagring synes ej ge problem.
- * Bränsle lagerbart för längre tid kan framställas men flexibilitet i råmaterialvalet måste i så fall ännu ifrågasättas.
- * Bränslets egenskaper ur finfördelningssynpunkt kan ej definieras än mindre predikteras.
- * Någon variation i denna egenskap har trots detta ej noterats under normal drift.

8.5 Bränslesystemet

- * Bränslesystemet bestående av tank, pumpar och rörsystem med armatur har fungerat. Några smärre kompletteringar föreslås.
- * Slitaget (erosionen) har under provperioden varit negligerbart i hela systemet.
- * Systemet dimensionerades med en högsta strömningshastighet som grund. Detta har visat sig tillräckligt, men inför framtida optimering av bränslesystem måste beräkningsunderlag beträffande tryckfall m m tagas fram.

8.6 Brännare

- * Fungerande brännarkonstruktion föreligger. Detaljproblem kvarstår. Förbättringsprogram föreslås.

- * Utbränningsresultaten vid dellast kan förbättras märkbart. Utbränningen vid hög last kan sannolikt förbättras.
- * Vilken nivå som kan nås går ej att bedöma för närvarande.
- * Viss förbättring antas ske snabbt. Slutlig nivå väntas kräva ett par eldningssäsonger.
- * Den aktuella brännarkonstruktionen är för närvarande kapabel för cirka 1 500 h drift utan avställning för underhåll, men kräver daglig tillsyn.
- * Den kan förbättras till en ur drifts- och underhållssynpunkt med en standard oljebrännare jämförlig nivå. Detta kräver dock korrigeringar i lägst två steg, sannolikt flera med lägst ett par månaders drift mellan varje steg.
- * Dimensioneringsunderlag för kapacitet, slitage och tryckfall och relativ inverkan på finfördelningsfunktionen hos munstycken föreligger någorlunda.
- * Detsamma gäller kapacitet tryckfall och stabilitet hos brännare.
- * Dimensioneringsunderlaget vad avser absolut nivå på finfördelning respektive samfunktion brännare-munstycken m a p utbränning är svagt till obefintligt.

8.7 Panna

- * Pannleverantörens beräkningar av värmebalans m m enl. gängse metoder applicerade på det nya bränslet sammanfaller inom beräkningsnoggrannheten med uppnådda resultat. Möjligen kan en tendens till lägre eldstadsutloppstemperatur än förväntat urskiljas.
- * Lämpligt luftöverskott är något osäkert, men hittillsvarande erfarenheter pekar mot värden kring eller under 15 %.
- * Möjlig panneffekt torde begränsas av antingen egenskaper hos kolaskan eller slitage på värmeöverförande ytor.
- * Låg eldstadsutloppstemperatur och möjlighet till god kontroll av askans egenskaper talar för att punktsatser på ur slitagesynpunkt utsatta ställen kan bli motiverade.

- * Låg askmängd och relativ frihet från pyriter är en fördel ur slitagesynpunkt varför sammantaget en nedklassning av den provade pannans effekt till 70 % av tidigare effekt med olja framstår som ganska försiktig. Med det provade kolet mycket försiktig.
- * Hög flykthalt hos i bränslet ingående kol erfordras ej av stabilitets skäl.
- * Halten flyktiga beståndsdelar kan visa sig nog så väsentlig för uppnåbar utbränningsgrad.
- * Beläggningar i eldstaden är en funktion av värmebelastning och askegenskaper. Den speciella eldningstekniken förefaller ej ge specifika problem.
- * Pannor med kyld botten klarar bottenaska med sotblåsare även vid storlekar väsentligt större än Sundbybergspannan. Pannor större än Sundbyberg med murad botten klarar bottenaskan med sotblåsare om inte flammen är för nära.
- * Ordentliga tändbrännare erfordras liksom sotapparater. Oljestöd erfordras icke, däremot luftförvärmning.
- * För pannor med möjlighet till luftförvärmning före start, kan start ske direkt med slurry.
- * Vid konvertering av befintlig oljepanna måste beaktas att sotblåsare i eldstad ställer höga krav på tätheten hos luckor.

8.8 Miljöeffekter

- * Buller och damm förekommer ej på bränslesidan.
- * Säkerheten är hög. Hög halt oförbränt i stoft medför dock att utmatning av stoft ur filter bör övervakas för att ej riskera självantändning där inläckande luft kan finnas.
- * CO-halt 100 ppm är en funktion av eldningstekniken.
- * NO_x-halt lägre än vad som nås med sk låg NO_x-brännare för större pannor noterad. Potential för ytterligare sänkning kan föreligga men torde tills vidare få stå tillbaka för optimering av utbränningen.
- * SO_x. Kolrening bidrar till sänkning av svavelemis-

sionen. Direktavsvavling i eldstad sannolikt ej lämplig i den provade pannan, på grund av låg temperatur i eldstad. För större pannor kan ideala förhållanden föreligga.

- * Halt oförbränt i aska kan sänkas men kommer att förbli jämförelsevis hög vid provad storlek på brännare och panna.
- * Tungmetaller. Renat kol reducerar emissionerna.

Tid och aktivitetsplan

Ettapp I	Finfördelningsförsök	Våren	1982
	Eldningsförsök	Sommaren	1982
	Val av anläggning för ettapp II		
Ettapp II	Val av brännare	Hösten	1982
	Projektering av konvertering		
	Upphandling		
	Konvertering	December	1982
	Eldningsförsök	Våren	1983
	Eldningsförsök i lab hos CE	Juni	1983
	Modifiering brännare	Oktober	1983
	Eldningsförsök	Oktober-November	1983
	Uppeldning gammal slurry	December	1983
	Färdigställande av spärrfilter och askhantering	Januari	1984
	Intrimning	Februari-April	1984
	Leveransprov	Slutet maj	1984
	Demonstrationseldning	Maj	1984

PANNA 4

ANLÄGGNING FÖR CWM-ELDNING

Anläggningsbeskrivning

1. Pannan
2. Luft - Rökgassystem
3. Övrig kringutrustning
4. Slurrysystem
5. Brännarutrustning
6. Drift - övervakningssystem, beskrivning
7. Instrumentering, funktioner, kretsschemor

1. Pannan är en vattentubångpanna VPD-67A-25 levererad av SMV 1965 till Sundbybergs Värmeverk, kvarteret Dimslöjan. Pannan kallas i anläggningen P4.

Huvuddata: (enligt kontrakt)

Bränsle	Eo5	(2 sidoplacerade brännare)
Ångmängd	max.	26 t/h (20 MW)
Ångmängd	max. kont.	23 t/h (18 MW)
Ångtryck i dom	max.	66 bar
Ångtemp e. ÖH	max.	480 ± 10°C
Ingående matarvattentemp.		120°C

Pannan är utrustad med överhettare i två steg med mellankylning, kokyta typ sunrod och en gjutjärnsekonomiser i 4 sektioner.

För övriga data, se SMV's driftinstruktion

Bilaga: 3 Sektionsritning

2. Luft - rökgassystem (Se schema 101-436714-2001)

<u>Luftfläkt F-111)</u>	Bahco	FMB-80-412
Mängd		27000 Nm ³ /h
Lufttemperatur		30°C
Statiskt tryck		445 mm Vp
Totaltryck		465 mm Vp
Ledskenereglering	Bahco	RKA-80-120
<u>Multicyklonavskiljare</u> (Z-265)	Bahco	CSM-1-11-14
Rökgasflöde	max	30.000 Nm ³ /h
Rökgastemperatur	max	220°C
<u>Sekundäravskiljare</u>	Bahco	CSK 56-1000
Cirk.flöde		3300 m ³ /h
<u>Sekundärfläkt</u>	Bahco	FHD-25-BIK
(återcirkulation)		
Gasflöde (170°C)		3300 m ³ /h
Totaltryck		250 mm Vp
<u>Rökgasfläkt (F-112)</u>	Bahco	FMD-90
(befintligt)	-	
Rökgasmängd		26500 Nm ³ /h
Rökgastemperatur		220°C
Statiskt tryck vid drifttemp.		285 mm Vp
Totaltryck vid drifttemp.		220 mm Vp
Varvtal		1390 r/min
Ledskenereglering	Bahco	RKA-90-120

<u>Slangfilter (Z266)</u>	Industri- filter AAF	FABRI-Pulse XLC 4-12-60
Antal sektioner		4 st
Antal slangar		4 x 60 slangar
Filter yta		4 x 82 m ²
Rens automatik		Antingen differenstryck- styrt eller tidsstyrt
Stoftutmatning		4 m skruv med stoftsluss typ HM6

<u>Rökgasfläkt (F-113)</u>	Industri- filter AAF	HCMP-063
Rökgasmängd		26.000 m ³ /h
Rökgastemperatur		200°C
Statiskt tryck vid 200°C		900 Pa
Totaltryck vid 20°C		1770 Pa
Varvtal		1100 r/min
Ledskenereglering	AAF	SLCB-63

Luftförvärmning

Mellan luftfläkt och brännarskåp finns ett luftförvärmar-
batteri med ingående matarvatten som värmemedium.

Lufttemperaturen efter batteriet är ca 95°C. (X-251).

Ett nytt förvärmarbatteri har installerats i detta projekt,
där värmemediet är mättad ånga från domen.

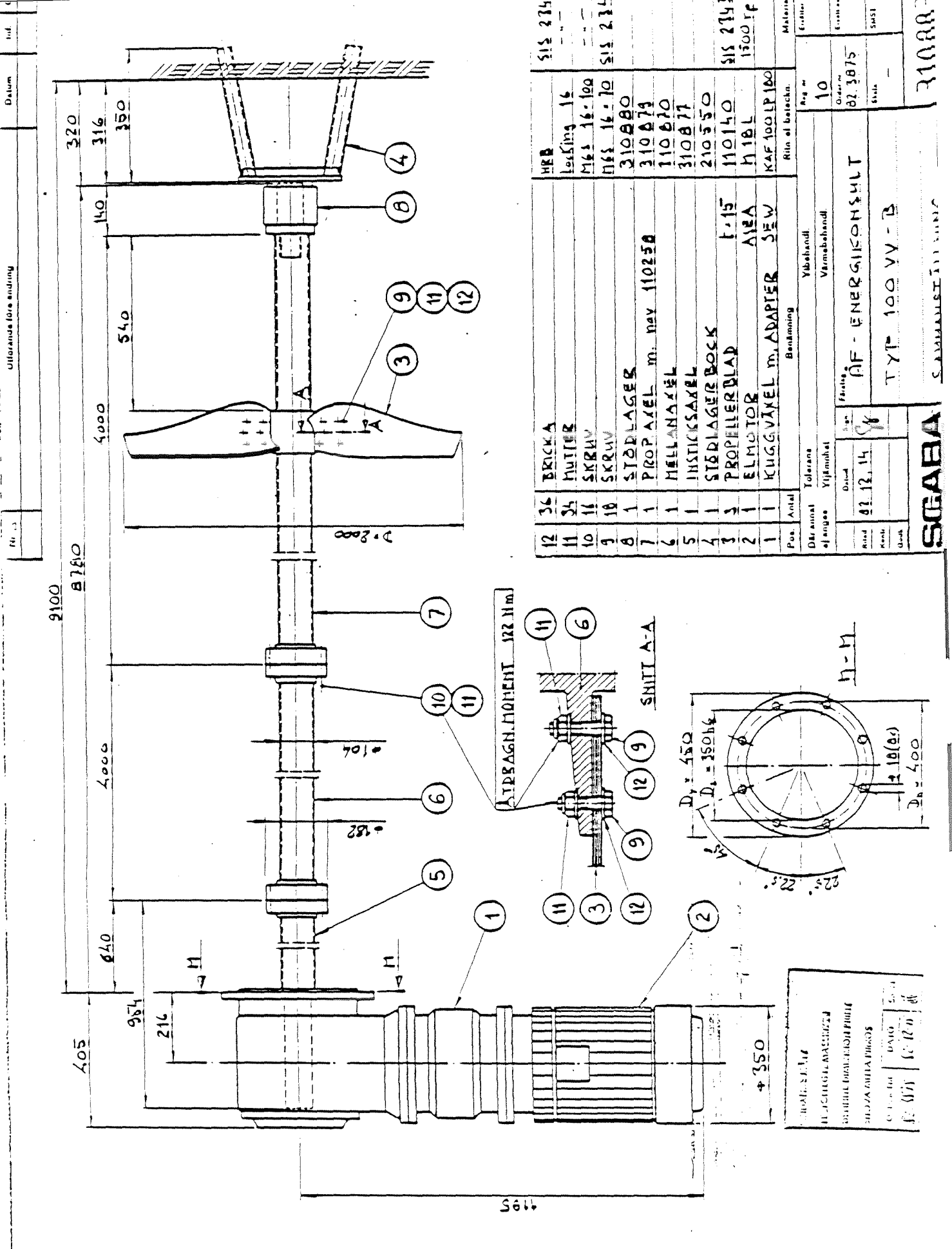
Data för nytt luftbatteri

Luftmängd	1500 Nm ³ /h
Ingående lufttemperatur	94°C
Utgående temperatur	170°C
Ångmängd (55 bar mättad)	936 kg/h
Tryckfall luftsidan	17 mm Vp

Efter rökgasfläkten går rökgaserna in i en rökgaskanal för panna 4 via spärrfiltret och filterfläkten till en skorsten som är gemensam med P5.

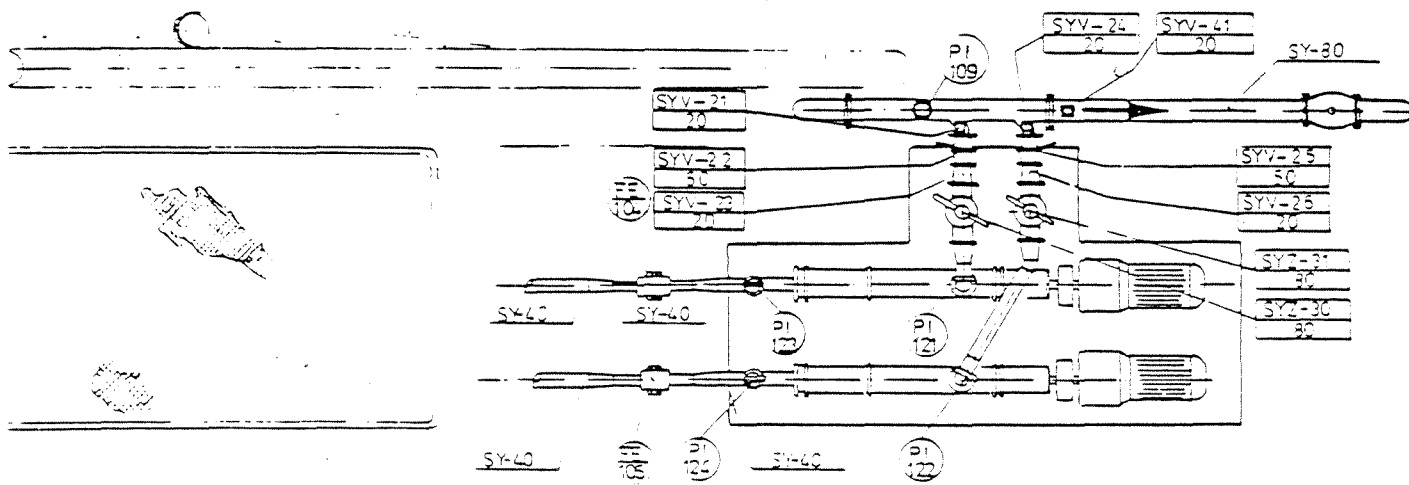
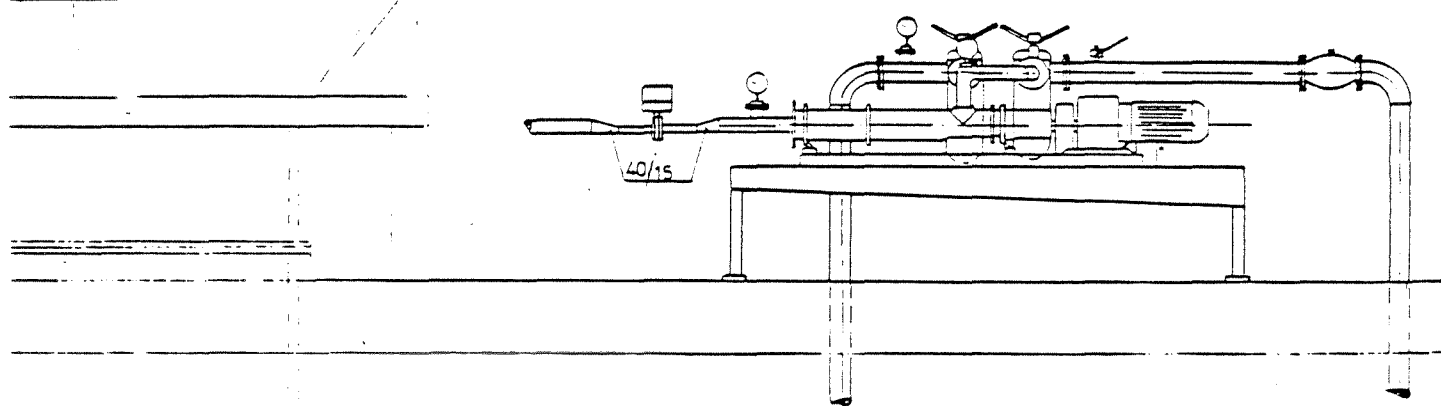
5. Brännarutrustning för 2 brännare vardera bestående av:

- | | | |
|---|---|--|
| 1 | brännarpump P-232
(resp P-233) | ALLWEILER
Excenterskruvtyp SHP 25.4
Varvtalsreglerad
0-322 r/min
Flöde 0-1 m ³ /h
Drifttryck ca 10 bar |
| 1 | bränslefilter
Z-262 (Z-263) | Ljungmans
typ 65650-4 ansl.80 med
utbytbar silkorg
Filterarea 1400 cm ²
Maskvidd 0,9 alt. 1,9 mm |
| 1 | flödesmätare FI-104 Fischer Porter Mini-Mag.
(FI-105) | |
| 1 | brännare med finfördelningslans, luftregister, tändbrännare för lättolja
(resp. B-102) | re för lättolja
flamvakt och tändautomatik
levereras av Combustion
Engineering, USA |
| 1 | pumpaggregat för lättolja med distributionsledning till tändbrännare | Pumpaggregat typ Sundstrand
BE7CN kapacitet ca 300 l/h
vid tryck ca 17 bar |
| 2 | brännare av Combustion Engineerings fabrikat prototyper framtagna för projektet | |
| 2 | brännarlansar för tryckluft automatisering med munstycken av Y-jet typ | |



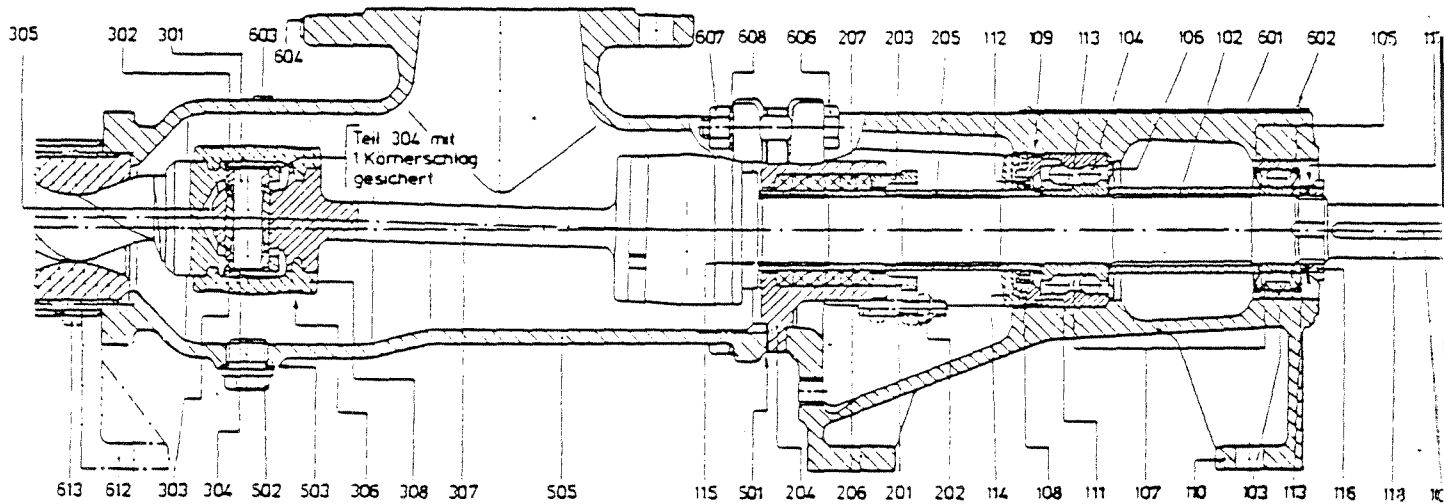
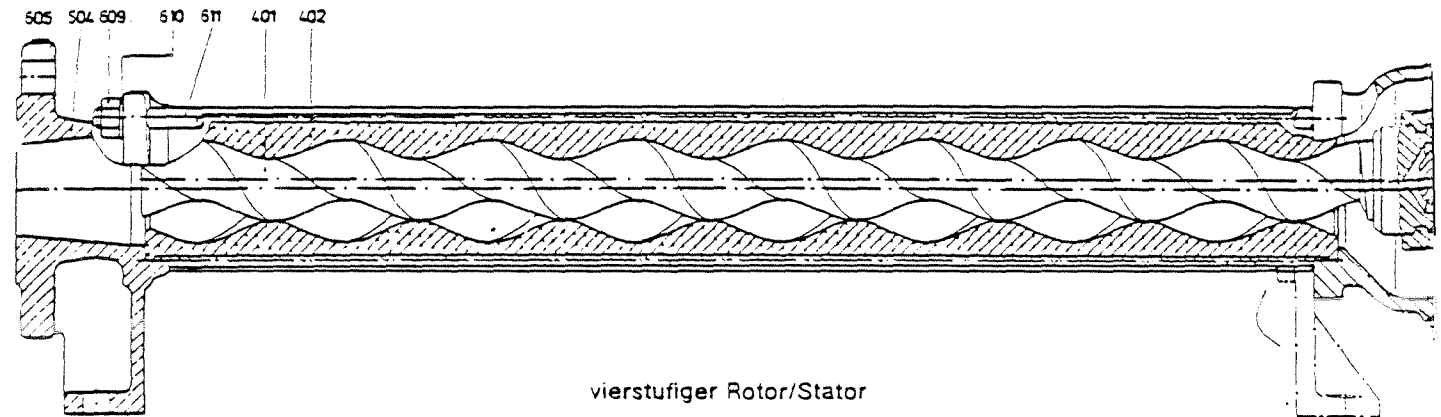
FIGUR 1

OMRÖRARE

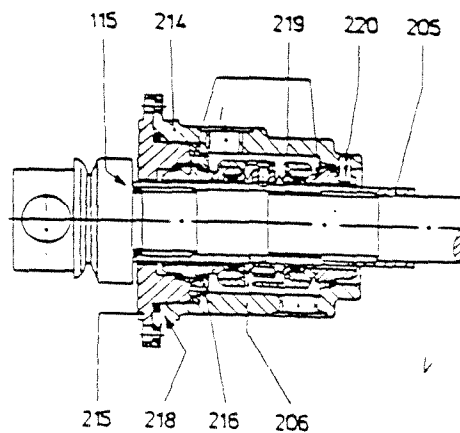


FIGUR 2 BRÄNNARPUMPINST.

Schnittbild und Einzelteilverzeichnis



Lagerung: H (lebensdauergeschmiert)



G 18 und G 19 Gleitringdichtung, doppelt-wirkend, nichtentlastet, drehrichtungsunabhängig mit Wellenschutz-hülse (bildlich dargestellt Ausführung G 19)

Förderstrom und Leistungsbedarf für Exzentrerschneckenpumpen Größe: 25
Capacity and absorbed power for helical rotor pumps
Débit et puissance absorbée pour pompes à vis excentrée

Größe: 25
Size
Taille

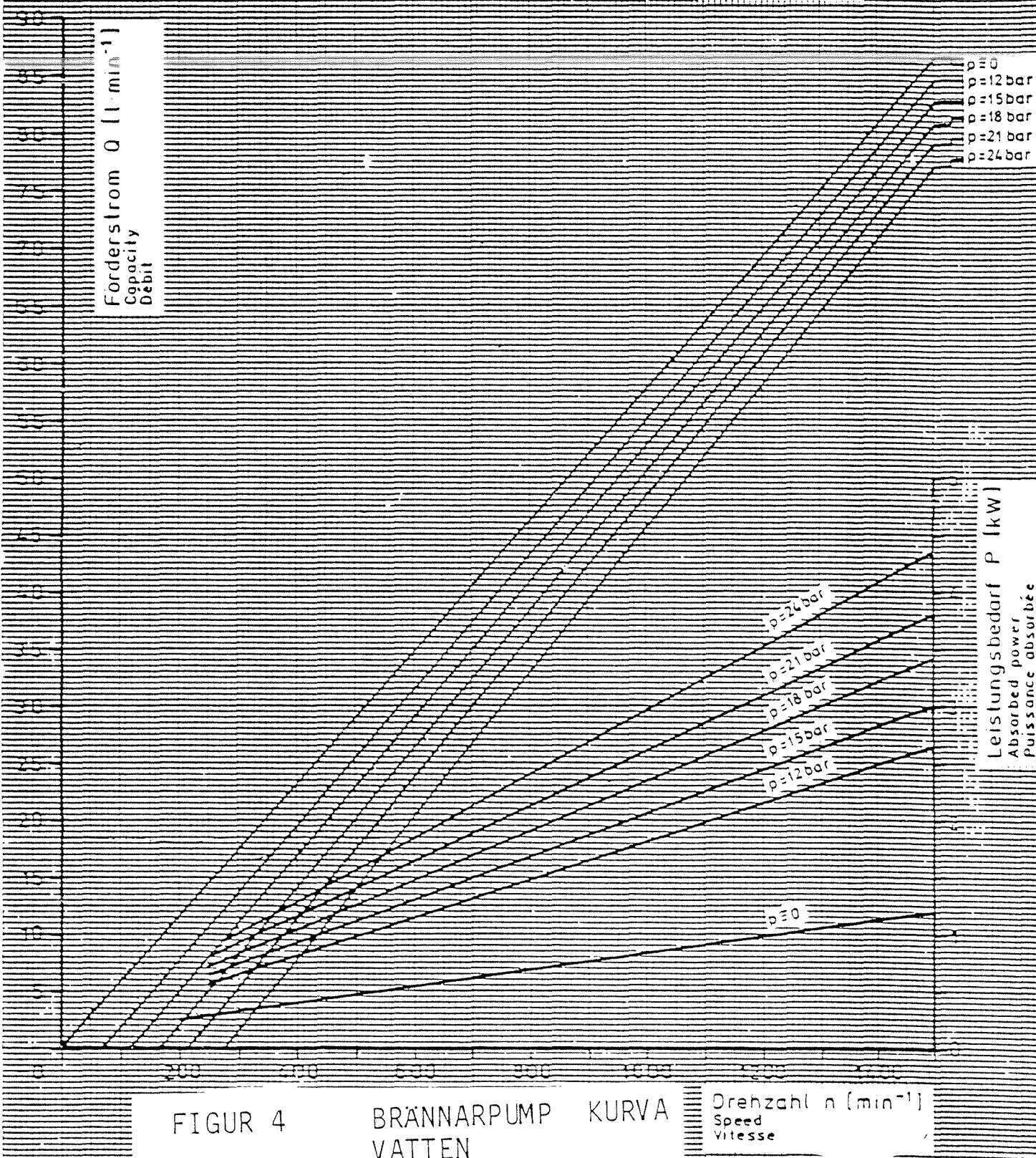
Druckstufe: 4
Pressure stage
Étage de pression

Temperatur 20°C
Temperature 20°C
Température 20°C

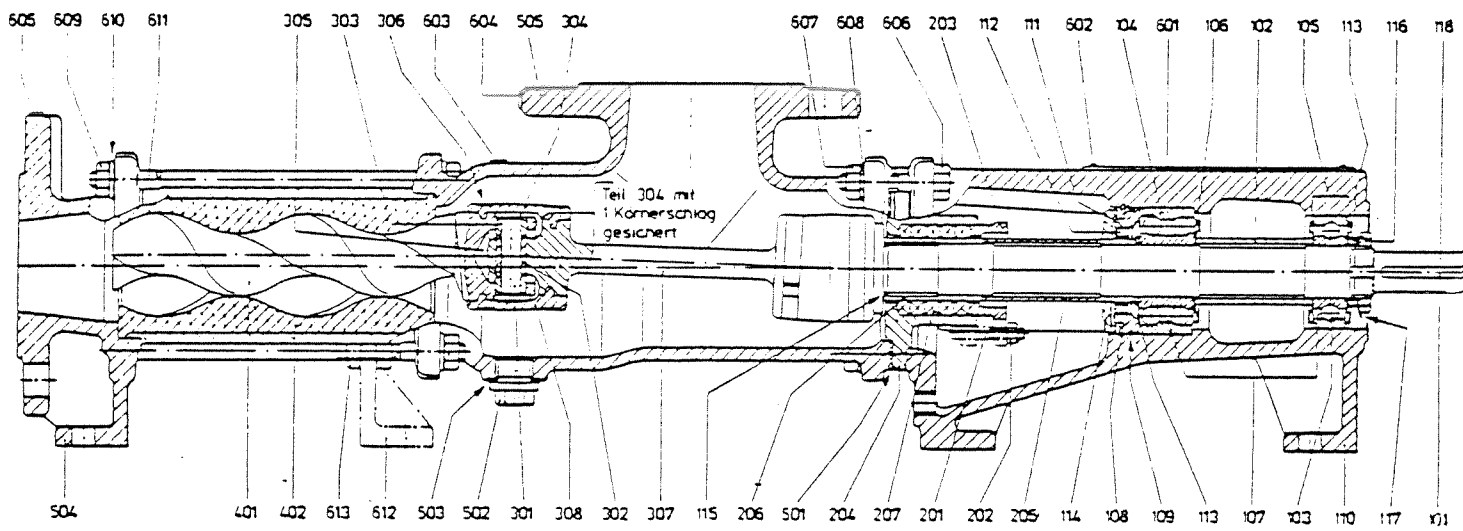
Förderflüssigkeit: Wasser
Liquid pumped: water
Liquide pompé: eau

Stator 75 Shore A Bautoleranz gemäß VDMA 24284
Stator 75 shore A Tolerance according to VDMA 24284
Stator 75 shore A Tolérance selon VDMA 24284

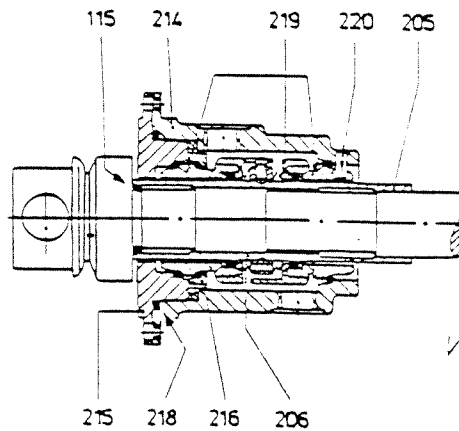
Anfahrmoment $M_A = 30 \dots 45 \text{ Nm}$
Starting torque
Moment de démarrage



Schnittbild und Einzelteilverzeichnis



Lagerung: H (lebensdauergeschmiert)



G 18 und G 19 Gleitringdichtung, doppelt-wirkend, nichtentlastet, drehrichtungsunabhängig mit Wellenschutz-hülse (bildlich dargestellt Ausführung G 19)



SEEGER K.G. 4272 Kirchhellen/BRD

Maschinen + Gerätebau Telef. (0 21 45) 20 81 Telex 08 579 414

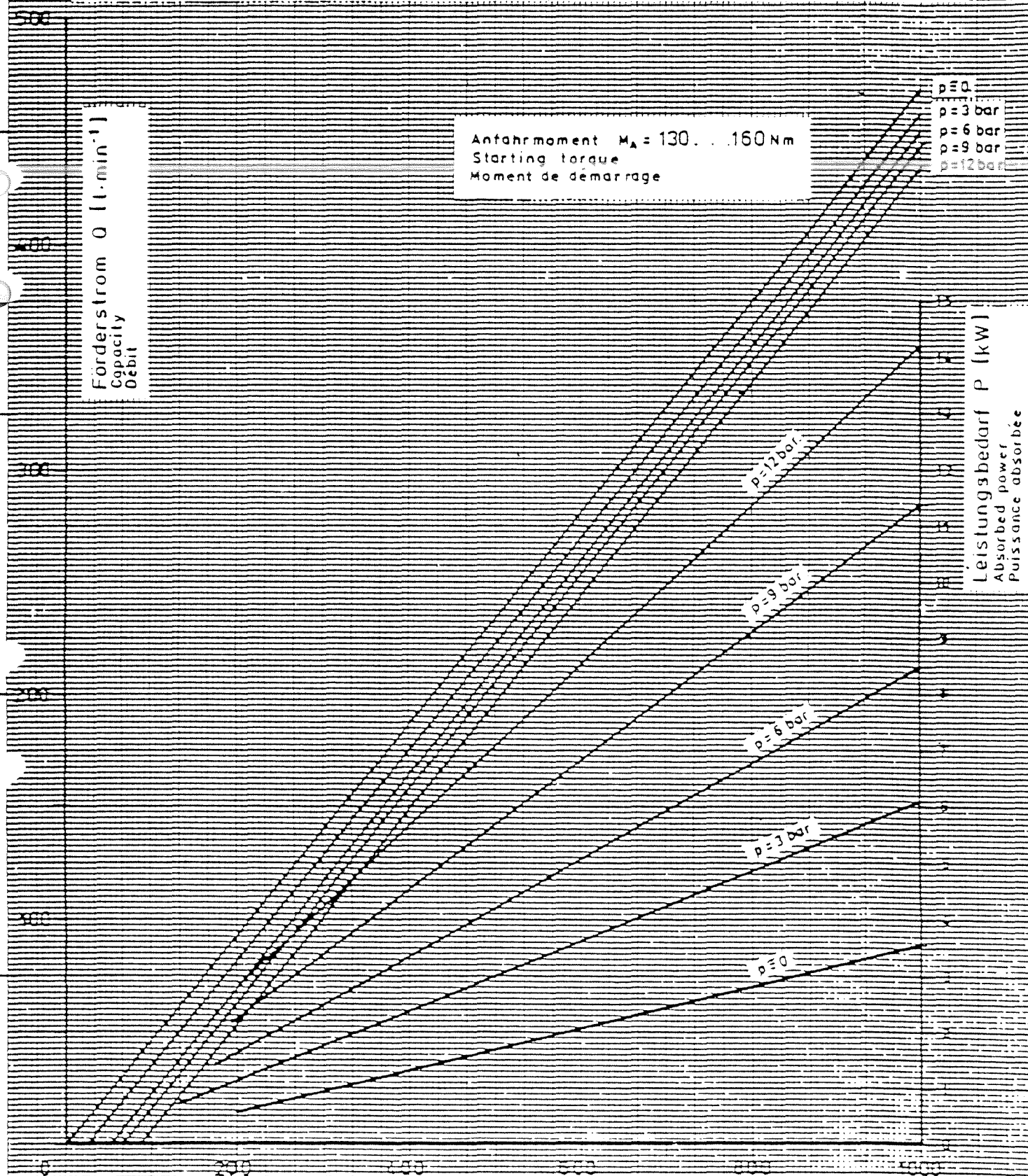
Blatt Nr.
Sheet No. 1-30-40
Feuille No.Ausgabe
gez. geor.
10/4/75

Förderstrom und Leistungsbedarf für Exzentrerschneckenpumpen Größe: 200 Druckstufe: 2
Capacity and absorbed power for helical rotor pumps Size Pressure stage
Débit et puissance absorbée pour pompes à vis excentrée Taille Etage de pression

Temperatur 20°C
Temperature 20°C
Température 20°C

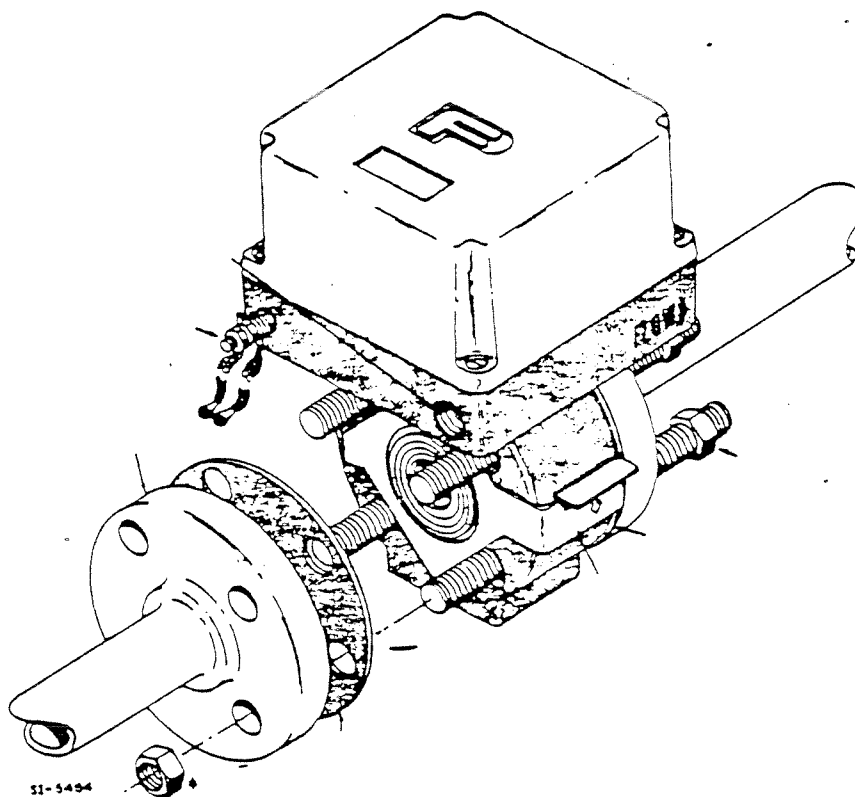
Förderflüssigkeit: Wasser
Liquid pumped: water
Liquide pompé: eau

Stator 70 Shore A Bautoleranz gemäß VDMA 24284
Stator 70 shore A Tolerance according to VDMA 24284
Stator 70 shore A Tolérance selon VDMA 24284

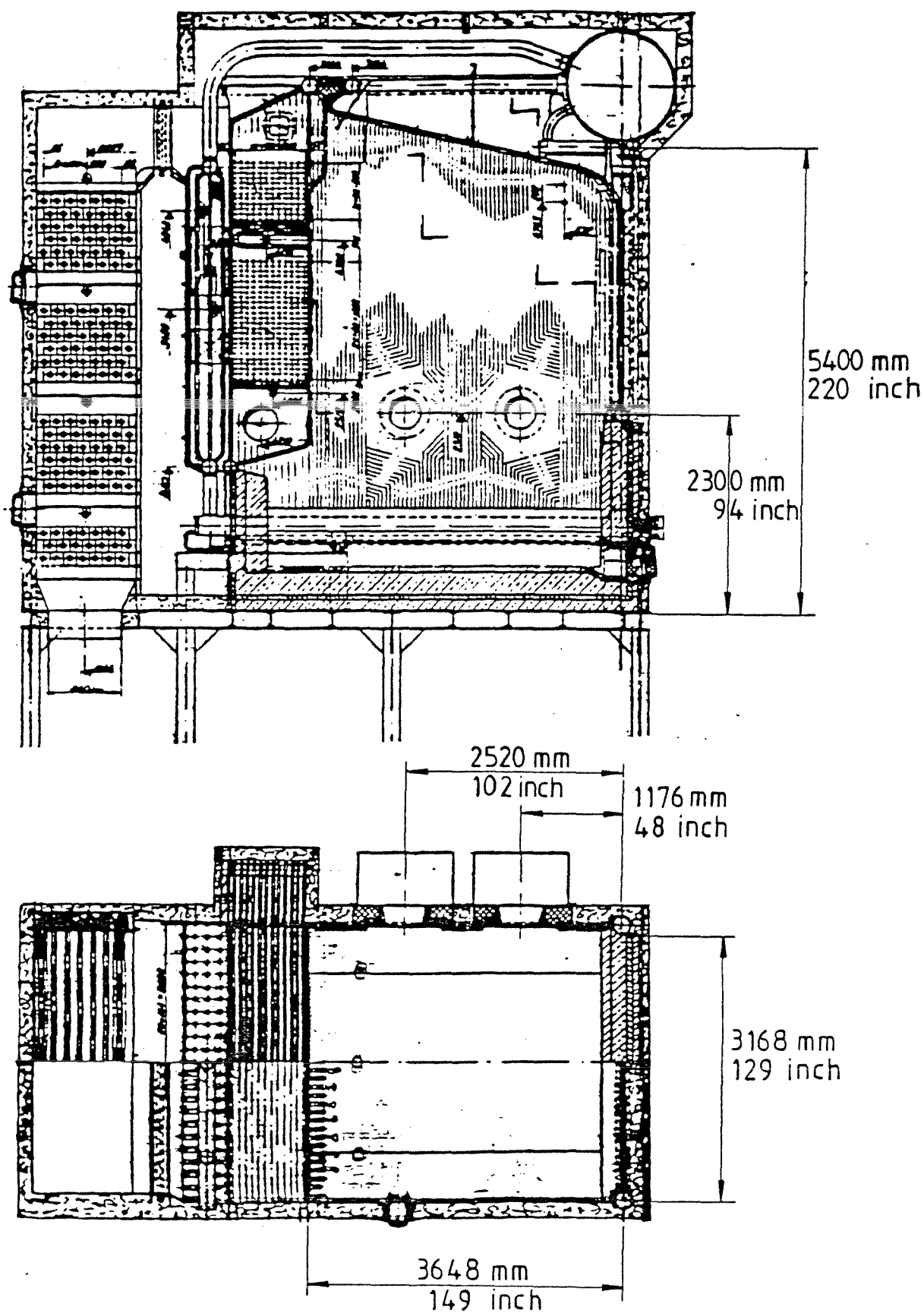


FIGUR 7

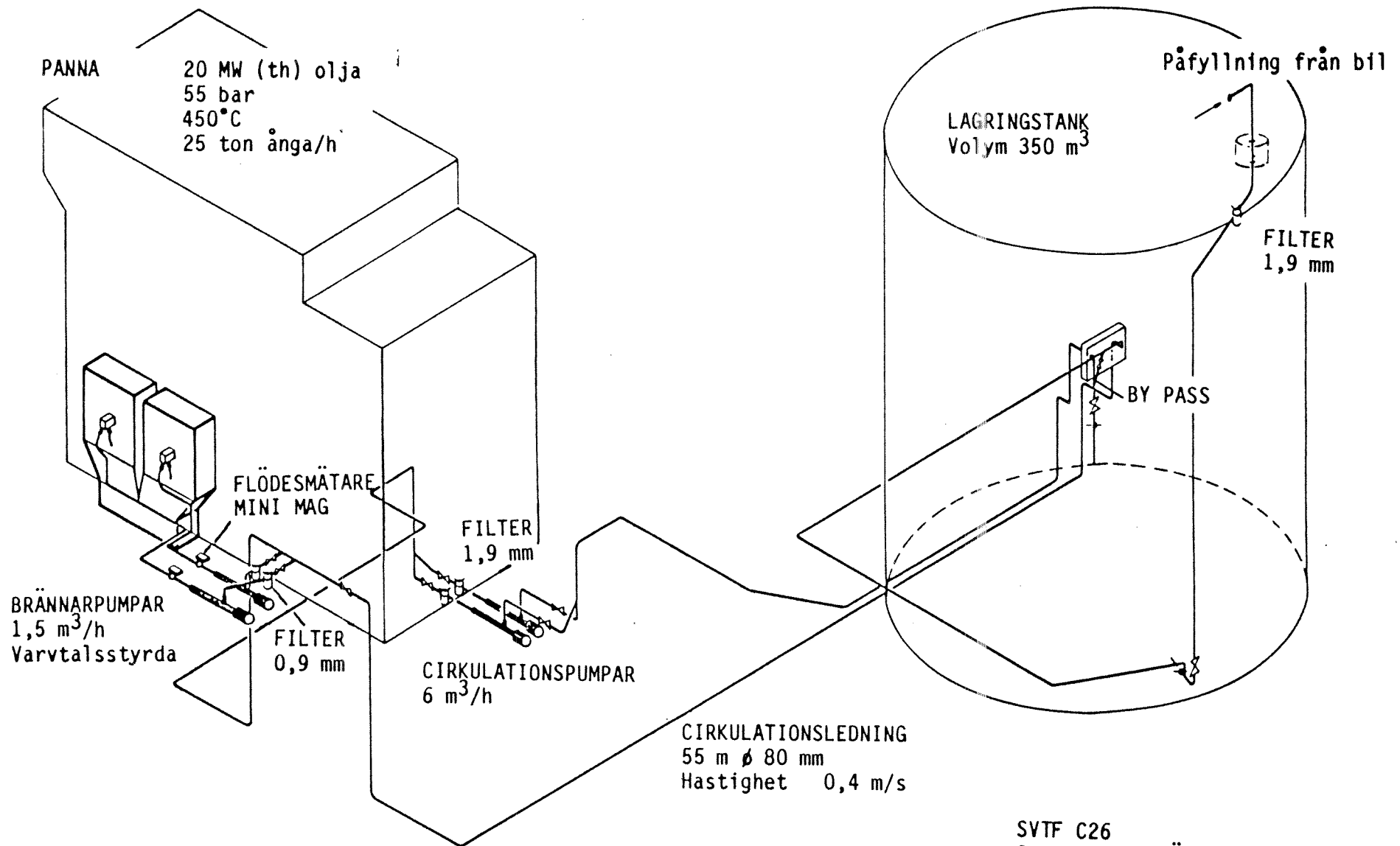
CIRKULATIONS PUMP
KURVA, VATTEN



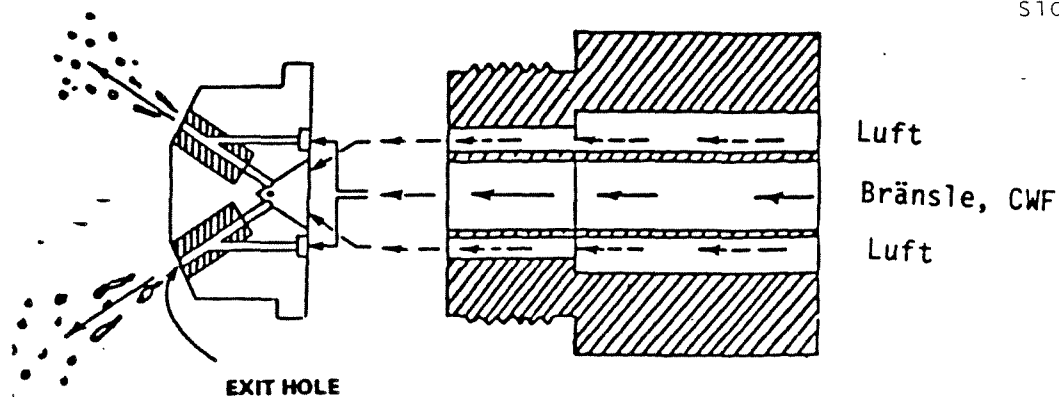
FIGUR 8 FLÖDESMÄTARE,
MINI-MAG



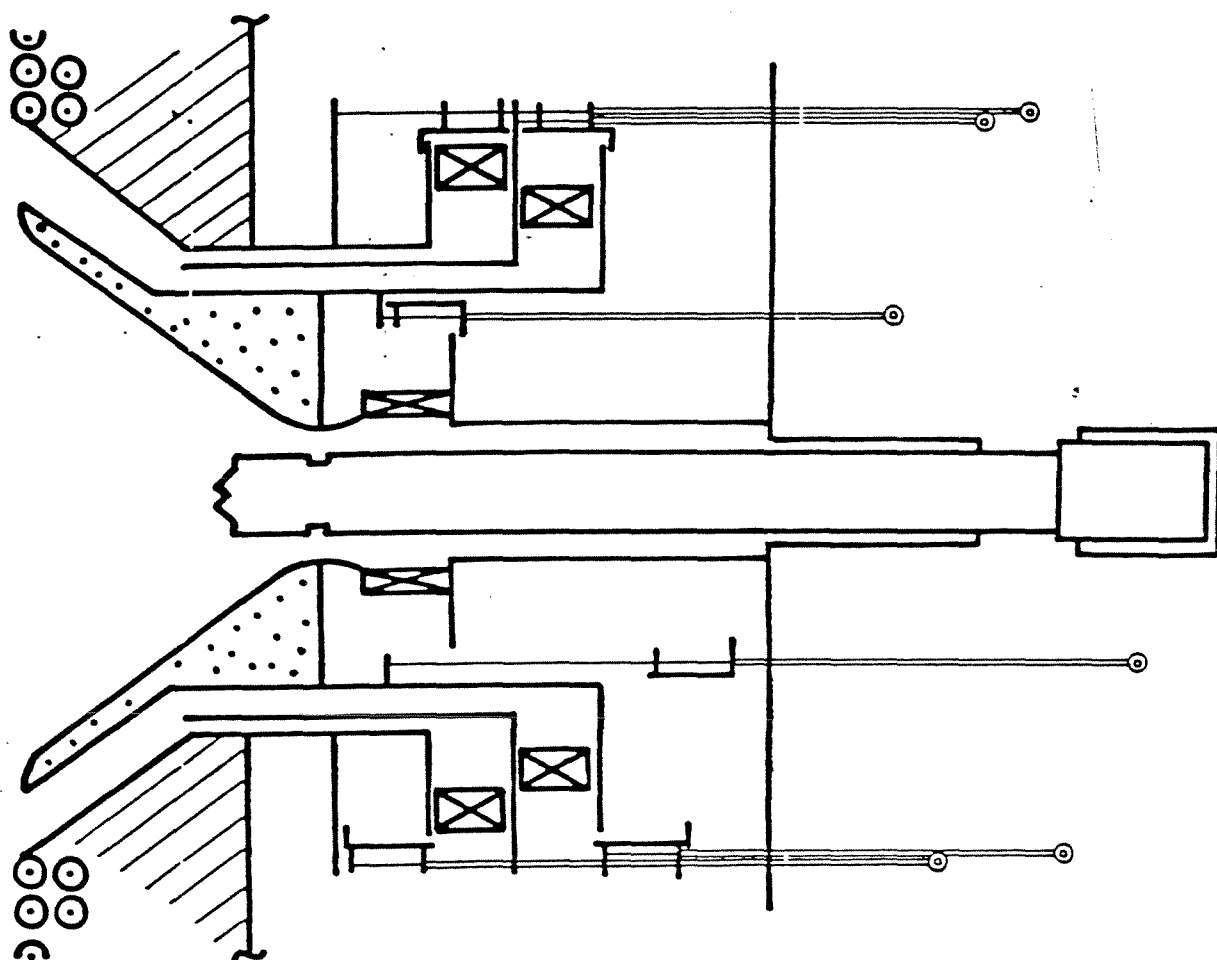
FIGUR 1. Sektionsritning av panna använd vid demonstrationseldning.



SVTF C26
SUNDBYBERGS VÄRMEVERK
SKISS CAM SYSTEM
PRESTANDA



FIGUR Brännarmunstycke



FIGUR Brännare från Combustion Engineering för CWF

REVIEW OF SUNDBYBERG CWM FIRING TESTS IN A WALL FIRED INDUSTRIAL BOILER

D. A. SMITH AND R. C. LAFLESH
Combustion Engineering, Inc.
H. SINTORN
Uppsala Kraftvarme AB

ABSTRACT

Preliminary Coal Water Mixture (CWM) firing tests were conducted in a wall-fired, industrial type boiler located in Sundbyberg, Sweden. The unit selected was a 20 MW oil fired, coal capable boiler. Specially designed CWM burners capable of firing either oil or CWM were installed. Other required firing system support and ash collection equipment was also added. Preliminary tests, conducted in October 1983, defined overall system performance prior to a 2000 hour "endurance run." This test is currently in progress.

The preliminary performance of two 25×10^6 Btu/hour heat input CWM burners, designed and manufactured by CE, is reviewed in detail, highlighting development areas which were successfully addressed during both laboratory and field trials. The boiler was rated at 20 MW input on oil and at 10.4 MW input on coal. CWM was fired successfully at a heat input rate of 14.6 MW which was the maximum rate boiler ancillary equipment could support.

CE was contracted to supply two 25×10^6 Btu/hr heat input CWM burners and coordinate preliminary testing of these burners in the field to establish satisfactory performance on CWM. Uppsala Kraftvarme A.B. supervised all field modifications, and employed Energikonsult of Sweden to instrument the boiler.

INTRODUCTION

CE was asked to supply two CWM burners in November 1982 by Uppsala Kraftvarme A.B. of Sweden. Uppsala Kraftvarme was to manage a program sponsored by several Swedish municipal research groups. The objective of this program was to convert an oil-fired central heating plant boiler to Coal Water Mixture (CWM) operation. The candidate boiler, Figure 1, was constructed in 1968 by Svenska Maskinverken, Sweden, a CE licensee. The boiler is rated for 20 MW input on oil, with the capability of 10.4 MW input on coal.

The initial schedule called for design and delivery of two CWM burners within a four (4) month time frame so that the burners could be tested during the winter heating season. This scheduler restraint precluded laboratory testing of the burner/atomizer systems prior to field installation and, therefore, introduced a cer-

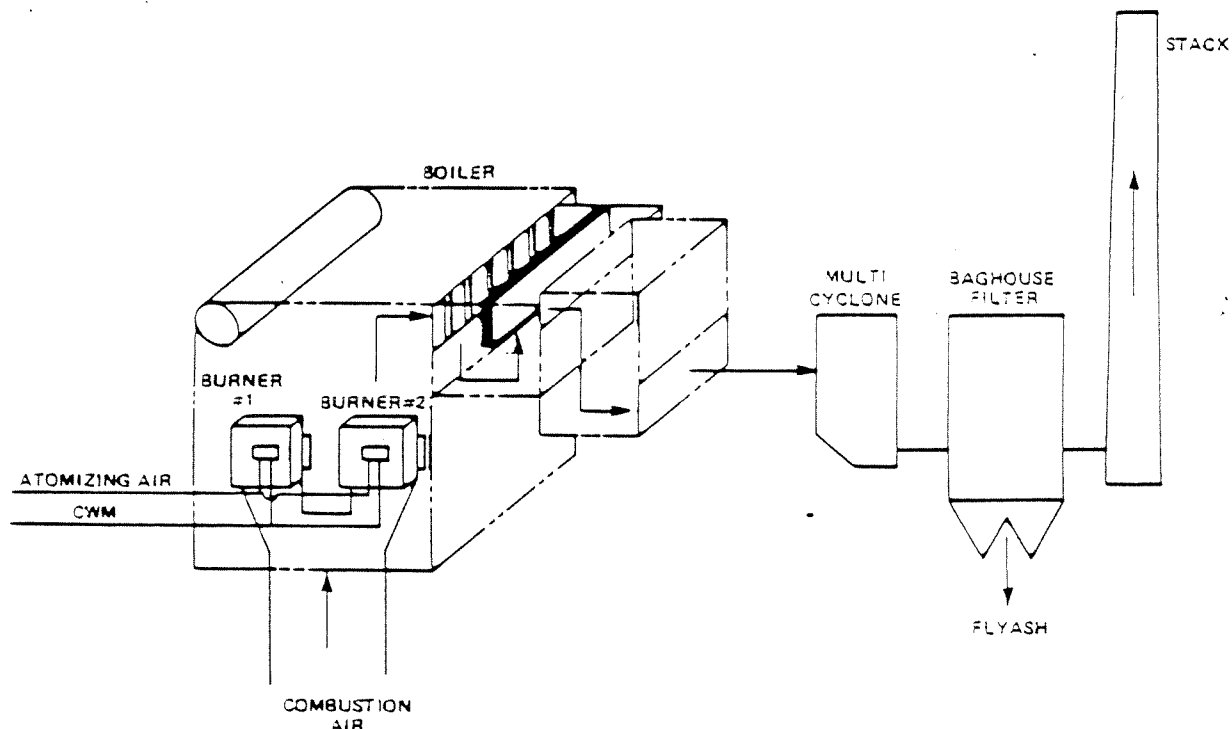


Figure 1 Sundbyberg Test Boiler CWM Conversion

tain amount of risk into the program. Because of the contracting parties desire to "fast track" this initial test program, this added element of risk was accepted and it was agreed that the program should proceed.

CE had developed considerable expertise on CWM burner design. As noted in the EPRI report (Ref. 1), CE developed and demonstrated a tangential type CWM burner. It was felt that this technology could be applied to the design of the wall fired burners required for Sweden. The burners were designed to be extremely flexible so that burner aerodynamics could be altered during burner shakedown testing in the actual field unit.

The performance of the burners, based on initial field trials conducted in March, 1983, while encouraging, was not up to the standards CE felt were needed for successful CWM combustion. For consistent performance a 1×10^9 Btu/hr auxiliary ignition source was required throughout testing in order to stabilize the flame front. Both atomization quality and burner aerodynamics appeared to require further optimization.

Some problems with fuel quality were also encountered with the CWM supplied by Nycol. The coal grind utilized in the CWM was coarser than that used in the CE/EPRI program. (92% minus 100 mesh compared to 100% minus 100 mesh). This significantly reduces the number of fine coal particles in the slurry and adversely affects both burner stability and carbon conversion.

Occasional blugging of the atomizer was also encountered because the fuel contained a trace number of coal particles greater than 30 mesh.

Based on the results of initial field trials, it was agreed by all parties that the "fast track" approach adopted initially had served its purpose, but that a more thorough program which addressed the specific problems defined by these initial trials was now required prior to any longterm endurance testing.

A second phase of this program was conceived in which a revised atomizer/burner system would be systematically subjected to laboratory testing prior to any further field trials. Problems encountered with CWM fuel quality, related to coal grind fineness and particle top size control, would also be addressed by Nycol during this second phase effort. This approach, while more costly and time consuming, provided the highest probability for a successful field demonstration. This approach was agreed to by all parties and resulted in the highly successful field trials reported in the following sections of this paper.

ATOMIZER DESIGN

The fuel atomizer selected was based on a twin-fluid "Y" jet atomizer developed earlier by

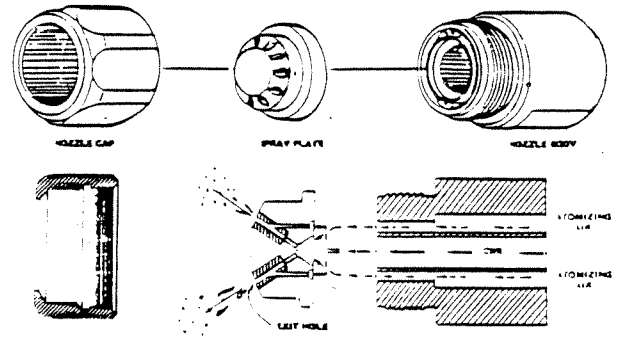


Figure 2 Spraying Parts For CWM Atomizer

CE. Refinements were incorporated which improved atomizer performance in terms of atomizer energy consumption, non-fouling characteristics, droplet fineness, and droplet top size.

Theoretically, a reduction in spray droplet Mass Median Diameter (MMD)(Def. 1) and particle topline can bring about an improvement in burner stability and carbon conversion efficiency (CCE) since fuel surface area would increase therefore reducing ignition delay time as well as the residence time required to complete char burn-out.

The revised atomizer configuration also permitted larger diameter coal particles to pass through the nozzle without creating a blockage. Random particles up to 60 mesh (300 microns) did not create blockage problems in this new design.

The problem of atomizer wear was resolved by inserting tungsten carbide sleeves into the atomizer where high erosion potentials were known to exist.

The atomizer is shown schematically in Figure 2. Highly turbulent mixing occurs at the fuel/atomizer media intersection point, thus initiating breakup of the viscous CWM fuel stream.

ATOMIZER PERFORMANCE

The atomizer for this program was laboratory tested prior to the second field demonstration. CE's Atomizer Test Facility (ATF) was used to evaluate atomizer performance with respect to spray droplet size distribution and droplet top size. The ATF provides a means for comparing the performance of one atomizer to another in a uniform non-combustion environment. A modified Malvern laser droplet sizing instrument was used to characterize spray quality. The facility and its instrumentation were developed under a program sponsored by the U.S. Maritime Administration to study atomization of liquid fuels (Ref. 3). The ATF has since been successfully applied in several CWM atomizer development programs.

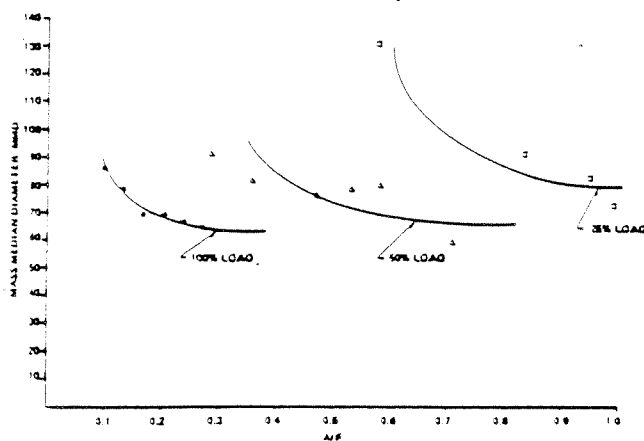


Figure 3 CWM Atomizer Performance

The droplet size data, shown in Figure 3, depicts spray droplet mass median diameter as a function of atomizing media to fuel mass flow ratio (A/F), at various fuel flows (firing rates).

At 100% load (25×10^6 Btu/hr), average spray MMO varied between 64 and 86 microns, depending on the A/F mass flow ratio. In general it was found that as A/F ratio was increased, MMO decreased. Similar trends in atomizer performance were noted at reduced (50% and 25%) loads.

Data in the literature (Ref. 4) indicates that droplet top size may also impact burner performance. Assuming the referenced work on coal can be applied to CWM firing, it would appear that limiting the number of particles/droplets larger than 50 mesh (300 microns), is necessary to minimize unburned combustible losses. A review of Figures 4, 5, & 6 show that at optimum conditions and 100%, 50%, and 25% load the corresponding number of droplets which exceeded 320 microns have 0.43%, 2.41% and 1.91% respectively. These results would imply acceptable performance at 100% load with a slight reduction in performance at reduced load conditions.

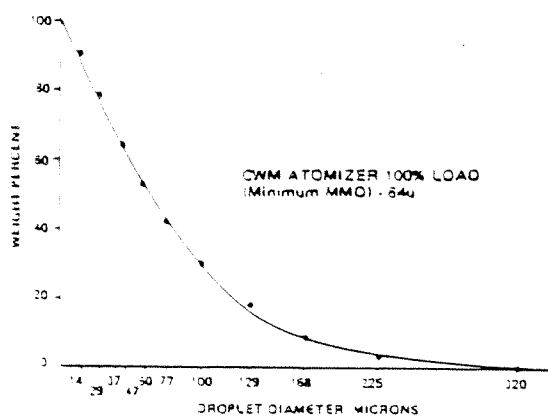


Figure 4 Cumulative Arithmetic Droplet Size Distribution

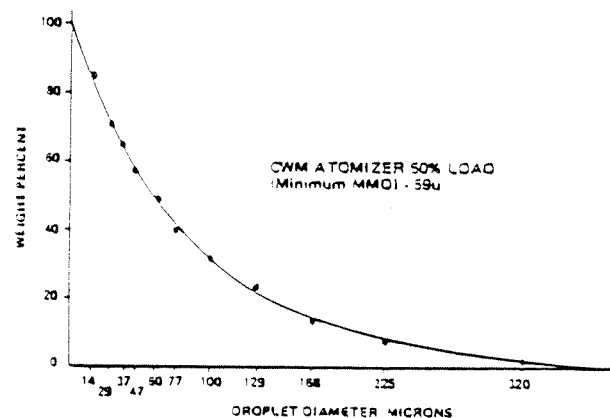


Figure 5 Cumulative Arithmetic Droplet Size Distribution

In summary, it appeared that the CWM nozzle provided acceptable average droplet diameters and effectively limited the generation of large droplets over a 4 to 1 turndown range.

RELATIVE EFFECT - ATOMIZER DROPLET SIZE VS CWM PARTICLE SIZE

Data presented in Figure 7 compares the spray droplet size distribution just discussed to the coal particle size distribution in Nycol CWM. Under proposed operating conditions to be evaluated at the Sundbyberg plant (110 psig atomizing air pressure), the nozzle's spray tended to be somewhat coarser than the optimum value found when 170 psi air was used.

BURNER DESIGN

The burner developed for this program (Figure 3) evolved from a swirl-stabilized design developed under a previous CE CWM research program (Ref. 1). A fixed vane, tangential swirler imparts swirl to the primary combustion air resulting in a recirculation zone downstream of the CWM atomizer. The flame which develops as atomized CWM droplets are injected into the

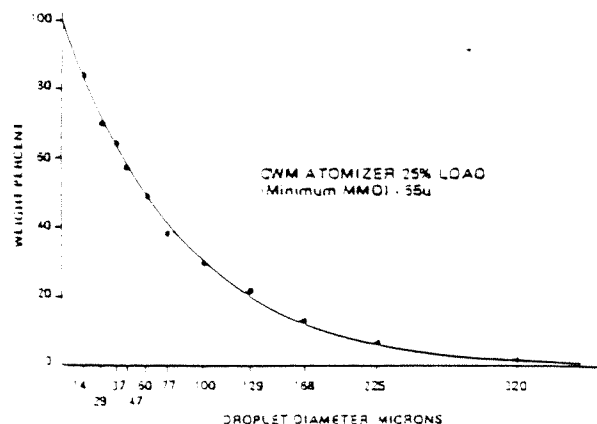


Figure 6 Cumulative Arithmetic Droplet Size Distribution

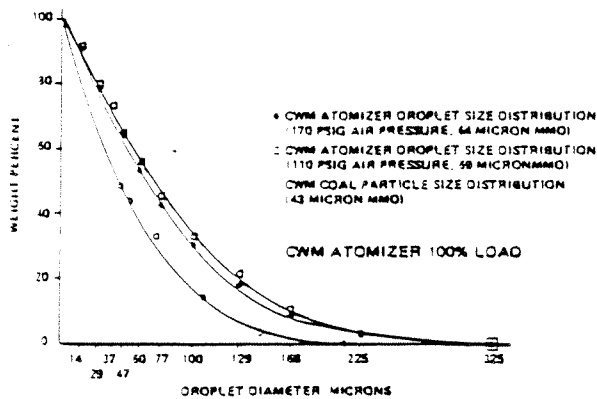


Figure 7 Cumulative Arithmetic Droplet Size Distribution

furnace is stabilized by the reverse flow of hot products of combustion back toward the primary recirculation zone. The divergent refractory quarl increases this reverse mass flow rate, enhancing flame stability (Ref. 5).

The refractory quarl also provides a means of separating the primary recirculation zone from the colder secondary and tertiary air streams which surround it. Premature mixing of these streams tends to lower temperatures in the primary recirculation zone, hampering flame stability.

Adjustable angle swirler vanes in the secondary and tertiary air streams provide additional combustion air swirl and added operational flexibility. Slide dampers, located over the primary, secondary, and tertiary air swirlers regulate the percentage of total combustion air through each section of the burner register.

The burner's near-stream aerodynamics could be tailored in the field to optimize burner performance through various combinations of vane angle and slide damper position.

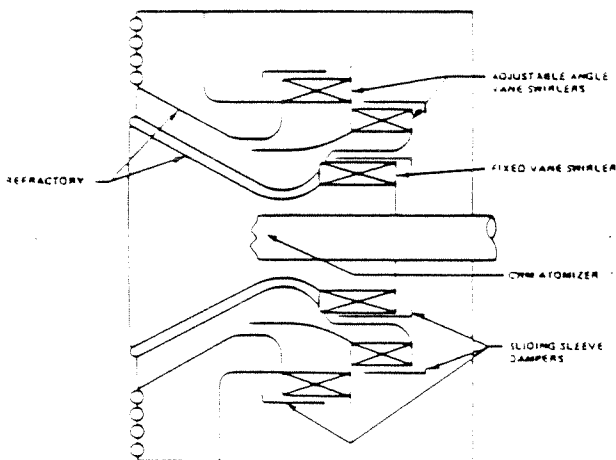


Figure 8 C. E. CWM Wall-Fired Burner

BURNER PERFORMANCE

Carbon conversion efficiencies for the CWM burners are reported over a range of operating conditions which were examined during the field trials. The matrix test was designed to define the burner's sensitivity to changes in: atomizer A/F ratio, firing rate, and excess air.

As with many field boiler test programs, problems in acquiring accurate data were encountered. In particular errors in the stack gas analysis data resulted from significant boiler casing leaks. Thus the burner registers were often operating at excess air levels significantly below design.

The location selected for particulate sampling was also less than ideal because it did not permit acquisition of a representative average sample of the ash produced.

Recognizing these various sources of error, a method for defining burner combustion efficiency was selected. An energy balance was chosen as the best method given the accuracy and availability of this data compared to other approaches.

Where possible, the results from the energy balance were compared to results obtained from gas analysis measurements but this was complicated by the intrusion problems cited above. However, even with the inherent inaccuracies in both methods a surprisingly meaningful series of trends were developed.

More representative particulate samples from the flue have recently been obtained and they have shown that combustion efficiencies on the order of 97% or greater were obtained. This information corroborates the absolute values of combustion efficiency presented in this report.

Previous CWM studies (Ref. 1) have linked atomizer performance to burner performance, but this relationship has been qualitative in

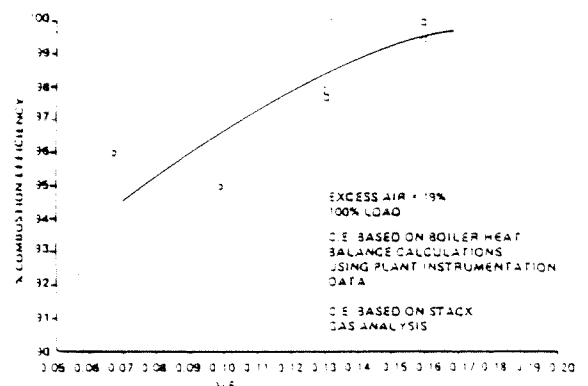


Figure 9 Effect of Atomizing Media/Fuel Flow Rate Ratio (A/F) on CWM Burner Combustion Efficiency

nature. Data obtained from this study has shown that it maybe possible to establish a more quantitative relationship between these two key parameters. If the trend established here for a single boiler/burner/fuel combination can be generalized to include other boiler/burner/fuel combinations, it may be possible to optimize these two critical parameters for any given situation.

Figure 9 shows a strong relationship between atomizing air to fuel mass ratio (A/F) and combustion efficiency. Increases in A/F ratio from about 0.08 to 0.16 yield improvements of about 5% in combustion efficiency. Since for solid fuels such as coal few if any hydrocarbons are ever measured in the flue gas products, it is reasonable to assume that this improvement in combustion efficiency is due solely to increased carbon conversion.

The next question that arises is, can one separate the effects of atomizer drop size distribution from the effects of coal particle size distribution as it relates to carbon conversion efficiency.

It has been shown earlier in this paper that a strong relationship exists between atomizer performance (i.e., drop size distribution) and A/F ratio. Figure 9 shows that a similar strong relationship exists between A/F ratio and combustion efficiency. It would seem logical that a relationship should exist between drop size distribution and combustion efficiency.

Figure 10 begins to establish this link. Three size distribution curves are plotted in this figure. The open circle curve shows the size distribution of the coal particles in the slurry. The dark circle curve shows the size distribution of the droplets produced by the atomizer. Finally the triangle curve shows the size distribution of the char particles in the ash. Inspection of Figure 10 yields several interesting observations. First, the size distribution of the largest droplets produced by

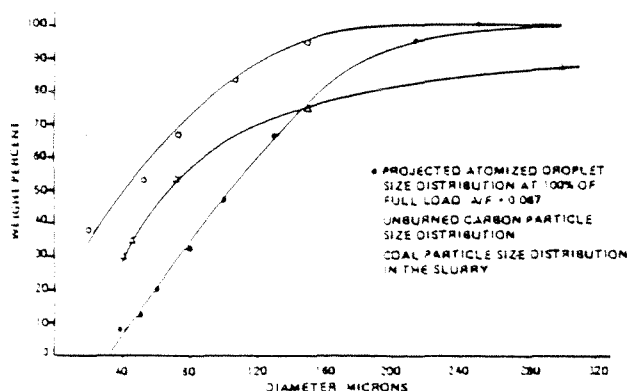


Figure 10 Effect Of Atomized GFM Droplet Size On Char Size Distribution

the atomizer is similar to that of the largest coal particles in the slurry. Second, at the smaller size fractions there is a significant difference between drop size distribution and coal particle size distribution. Looking at the size distribution of the carbon in the ash it is possible to begin to construct a mechanistic model of what actually happens to various size slurry droplets.

It would appear that the very largest droplets are actually individual coal particles. If this is true, it is an important fact because it means that carbon loss related to these size fractions can only be reduced by eliminating these coal particles from the slurry. Microscopic examination of these large char particles showed them to be largely un-reacted char that had undergone some swelling but little oxidation.

Microscopic examination of the smaller size fractions showed them to be broken fragments of swelled partially oxidized char. The reason these char particles are significantly smaller than the drops they came from is probably due to the more rapid heating these small droplets undergo. It can also be shown that droplets of 50 microns or less will tend to follow the flow streamlines created by the burner air register more closely than will the larger particles. This means that they will not only heat up faster because of their favorable surface to mass ratio but they will tend to stay in the high temperature regions longer.

It would appear based on analysis of Figure 10 that improvements in atomization that reduced mass median diameter by increasing the size fraction of smaller particles would have a significant impact on reducing carbon loss resulting from these small char particles.

Figure 11 shows what happens when mass median drop size is reduced by the method just discussed. The data shown here were obtained under identical operating conditions to those shown

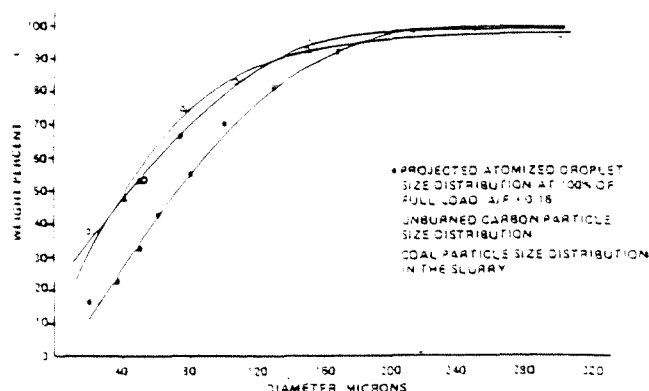


Figure 11 Effect of Atomized GFM Droplet Size on Char Size Distribution

in Figure 10 except the atomizer A/F ratio was increased from 0.067 to 0.16. Examination of Figure 11 shows that the size distribution of the char under these conditions closely approximates the coal particle size in the slurry. This would suggest that further improvements in atomizer performance for this CWM may not be achievable, and that carbon losses may not be reduced, unless the average coal particle size in the slurry itself is reduced.

With the information presented in figures 9, 10, and 11, one can see that it should be possible to develop an economic model which balances three key parameters related to CWM combustion. These parameters are coal grinding cost, atomizer power consumption, and carbon conversion efficiency.

It is probably premature at this point in time to assume that this model will be valid for all CWM/burner/boiler applications but it does point the direction for future development.

EFFECTS OF LOAD CHANGE ON CWM BURNER PERFORMANCE

Data obtained at burner firing rates which ranged from 75% to 100% of design load did not show any dramatic trend but appeared roughly constant. These results are consistent with data presented in Ref. 1 where no significant change in combustion efficiency was seen between 40% and 100% of design load.

The burners were also operated at firing rates as low as 30% of design load, but it was not possible to obtain combustion efficiency data at these load conditions because the boiler water side controls were not designed for extended low load operation. Qualitative data (i.e., flame observations) indicated acceptable performance, however boiler efficiencies would have been reduced significantly over full load conditions because excess air levels of up to 90% and A/F ratios of up to 0.4 were encountered at these conditions.

If the boiler could actually be operated routinely at these low level conditions it is felt that operating parameters could be optimized further. This was not done here for obvious reasons.

EFFECT OF EXCESS AIR ON COMBUSTION EFFICIENCY

Excess air did not have a significant impact on combustion efficiency over a range of 19% to 38%. These results are in agreement with previous test data (Ref. 1 and 2).

ATOMIZER WEAR

The fuel atomizers currently in use in Sundbyberg have operated approximately 200 hours (about 500,000 pounds of slurry throughput).

No wear due to erosion has been noted in critical areas which have been protected by the tungsten carbide material. Limited wear has been detected, as expected, in carbon steel lined areas which do not directly affect the atomizer's performance characteristics.

SUMMARY

The results presented show that CWM can be successfully burned in a certain type of industrial boiler without requiring major revisions in the boiler pressure parts. In this case, output was limited by the capability of support equipment, i.e., fans, pumps, etc., therefore it was not possible to determine whether or not furnace slagging or fouling would eventually limit full load operation.

The maximum operating input load achieved was 14.6 MW, thermal, or 73% of its design input capacity on oil and 140% of its design input capacity on coal.

The burner system and support hardware required, while different from conventional oil firing equipment, can be designed and fabricated using conventional techniques and materials.

Performance to date, though limited to only 200 hours, has not revealed any areas of significant concern. In particular, the atomizer which has been a previous area of serious concern, has shown no measurable signs of wear in critical regions after 200 hours of operation. Testing for up to 2000 hours is now in progress and it is felt that any serious problems which have not yet come to light will be encountered during this extended period.

Several key items related to burner performance have been defined:

1. The burner can be ignited with a conventional ignitor and this ignition fuel support can be removed after sufficient combustion air preheat has been obtained.
2. A twin-fluid air assisted atomizer provides acceptable performance over a 3 to 1 turndown range with an optimum A/F ratio of 0.16 at full load.
3. A conventional UV type flame scanner can be employed over a 3 to 1 turndown range for burner control. With a properly designed atomizer the burner can be operated on either oil or CWM (it is necessary to changeout burner guns).
4. Burner combustion efficiency is a strong function of atomizer drop size distribution until the mass median drop size approaches 65 to 70 microns.
5. For the particular CWM used for this test coal particle size appears to control carbon conversion efficiency when atomization

quality approaches the level described in (4) above.

Finally, based on information presented here it appears that an economic balance between carbon conversion efficiency, atomizer power consumption and slurry grinding cost can be established but further effort on a broader range of slurry fuels is required to firmly establish the relationship between these three key variables.

Definition 1:

Spray droplet mass median diameter (MMD) is defined as that droplet diameter which divides the total spray mass into equal halves (i.e., one half of the total spray mass is made up of droplets with diameters smaller than the mass median diameter while the other half is made up of droplets with diameters larger than the spray mass median diameter).

REFERENCES

1. Borio, et al., Coal-Water Slurry Technology Development, Volume I: Burner Technology prepared by Combustion Engineering, final report, February 1984 for EPRI Research Project 1895-4, Report No. EPRI CS-3374.
2. McHale, Scheffee and Ressmeissel, "Combustion of Coal/Water Slurry," Combustion and Flame, 45:121-135 (1982).
3. Smith, O. A. and LaFlesh, R. C., Improved Atomization of Residual Fuels for Marine Boilers, Volume II, Dept. of Transportation, Maritime Administration, Report # MA-RD-920-78074, August 1981.
4. Babcock & Wilcox Co., Steam, Its Generation and Use, 37th edition, 1955.
5. Beer, J. M. and Chigier, N. A., Combustion Aerodynamics, Halsted Press, New York (1972), pg. 100-145.

SAMMANSTÄLLNING AV DRIFTEN FRÅN OKTOBER 1983 TILL APRIL 1984Drift 83

W 340: Ingen drift

W 341: Ingen drift

W 342: Igångkörning med medverkan av CE.

Fredag 21/10: ca 19.00 Start

Lördag 22/10: ca 05.30 Stopp

Anmärkning: Körningen gjordes på varierande last och med CAM direkt från tankbil.

W 343:

Måndag 24/10: ca 19.00 Start

Tisdag 25/10: ca 04.00 Stopp

Anmärkning: Körningen gjordes tillsammans med CE, med CAM från bil.

W 344: Körning från tank för att elda gammal CAM.

Onsdag 2/11: 00.00 Start
12.45 Stopp

Torsdag 3/11: 10.00 Start
15.30 Stopp

Drift 84

W 403

Torsdag 18/1; 09.00 Start
- " - 11.00 Stopp

S:a drift 24 ; Sa: CAM 25 m³

W 406

Tisdag	7/12;	09.00	Start
- " -		15.00	Stopp
Onsdag	8/12	09.00	Start
- " -		13.00	Stopp

Sa: drift 10 ; Sa: 13 m³

W 407

Tisdag 14/2;	10.00	Start (2x10x60x8 = 9)*)
-"-	18.00	Stopp 50 % drift 8 tim
Onsdag 15/2; ca	11.00	Start; 13 l/min (2x13x60x7)
-"-	18.00	Stopp drift 7 tim
Torsdag 16/2;	10.45	Start 10 l/min (2x10x60x7 = 8)
-"-	17.45	Stopp drift 7 tim

Sa: drift 22h ; Sa: CAM 28.9 m³

W 408

Tisdag 21/2;	12.45 Start 10 l/min (2x10x220)
-"-	16.25 pålastn. 15 l/min drift 3.40 tim
Onsdag 22/2;	14.00 Stopp slagging (2x15x60x
	drift 21.35 tim
Torsdag 23/2;	08.10 Start 15 l/min (summaverk)
-"-	20.00 Stopp igensätt cirk.pump drift 11.50 tim
-"-	20.35 Start 15 l/min
Fredag 24/2;	08.30 Stopp igensätt drift 11.55 tim

Sa: drift 49h ; Sa: CAM 79,11 m³

W 409

Måndag 27/2;	23.30 Start 13,8 l/min
Tisdag 28/2;	18.30 Avlastning 12,5 l/min drift 19 tim
Onsdag 29/2;	09.45 Stopp rep. OH drift 15.45 tim

Sa: drift 34.45h ; Sa: CAM 54.61

W 410 Tisdag 6/3; 18.50 Start 13,8 l/min
 Onsdag 7/3; 00.25 Stopp igensättn. cirkpump drift 4.35
 "- 04.45 Start Br I 12 l/min
 "- 06.00 Start Br II pålastn. 13 l/min
 Torsdag 8/3; 08.00 Stopp igensatt cirkpump
 "- 15.15 Start 13 l/min
 "- 21.45 Stopp igensättn. cirkpump

Sa: drift 38.20h ; Sa: CAM 61.96 m³

*) Uträkning av CAM-mängd
 2 brännare, 10 l/min, 60 min/h, 8 h.

W 411 Onsdag 14/3; 10.30 Start 75 % last
 "- ca 14.30 Stopp; drift 4 tim

Sa: drift 4h ; Sa: CAM 5.22 m³

W 412 Onsdag 21/3; 13.30 Start 14 l/min
 "- 15.45 Stopp; drift 2.15 tim

Sa: drift 2.15h ; Sa: CAM 3.78 m³

W 413 Måndag 26/3; 15.00 Start 75 % last
 Onsdag 28/3; 08.20 Stopp; drift 41.20 tim
 "- 16.30 Start 13,2 l/min
 Torsdag 29/3; 00.15 Stopp drift
 "- 11.30 Start 13,2 l/min
 Fredag 30/3; 11.30 Stopp drift

Sa: drift 73.05h ; Sa: CAM 116

W 414

Måndag 2/4; 18.20 Start 13,1 l/min
Onsdag 4/4; 11.35 Ökat 14,8 l/min
Söndag 8/4; 09.30 minskat 11,5 l/min

Sa: drift 149.40h; Sa: CAM 247.7 m³

W 415

Måndag 9/4; 10.30 Stopp
Tisdag 10/4; 09.30 Start 13 l/min
Onsdag 11/4; 10.00 minskat 10 l/min
"- 20.45 ökat 15 l/min
Torsdag 12/4; 06.00 Stopp
"- 12.00 Start 15 l/min
Fredag 13/4; 12.10 Stopp

Sa: drift 79.10h ; Sa: CAM 122.3 m³

W 416

Ingen drift, tankrengöring.

W 417

Onsdag 25/4; 15.30 Start 10 l/min
"- 16.30 Ökat 11 l/min
"- 23.00 Stopp
Torsdag 26/4; 11.40 Start 14,8 l/min
Fredag 27/4; 09.45 Stopp

Sa: drift 29.5h ; Sa: CAM 49.4 m³

W 418

Fredag 4/5; 17.30 Start 15 l/min
Söndag 6/5; 12.00 Stopp

Sa: drift 42.30h ; Sa: CAM 69.6 m³

DRIFTSINSTRUKTIONER

I denna bilaga beskrives det tillvägagångssätt som används under försökseldningen inom projektet. Tillsammans med bilagorna 2-5 - Körinstruktion för tändbrännare, Brännarinställningar enligt CE, Ventillista samt Systemschemat ger dessa tillräcklig information för drift av anläggning.

Pannans "vatten"-sida körs helt enligt gällande instruktioner vid oljekörning.

START, STOPP PROGRAM PANNA

1. START CIRKULATIONSSYSTEM
2. START BRÄNNARE.
3. LASTÄNDRINGAR .
4. INKOPPLING REGLERKRETSAR
5. STOPP

ÖVRIGA INSTRUKTIONER

6. SOTNING
7. URSLAGGNING BRÄNNARDYSOR
8. FYLLNING CWM
9. SILBYTE
10. RENGÖRING LANS, MUNSTYCKEN
11. SLANGFILTER, START, STOPP
12. AVSTÄLLNING, SLURRYSYSTEM

BILAGOR

- 6.1 TÄNDBRÄNNARE, KÖRINSTRUKTION
- 6.2 BRÄNNARINSTÄLLNINGAR ENLIGT CE
- 6.3 VENTILLISTA

1. UPPSTART CIRKULATION SYSTEMManöverdel

1.1	SYV 05	Öppna	Tankrum
1.2	SYV 03	Öppna	Tankrum
1.3	SYV 44	Öppna	Tankrum
1.4	PIC 109	Öppen läge manuell	Frontvägg
1.5	SYV 22	Stäng	Brännarpumpar
1.6	SYV 25	Stäng	Brännarpumpar
1.7	SYZ 28,29	Kontrollerade, rengjorda och monterade	Cirkulations- pumpar
1.8	SYV 15	Öppna	- " -
1.9	SYV 12	Öppna	- " -
1.10	SYV 19	Öppna	- " -
1.11	SYV 08	Öppna	- " -
1.12		Öppna spärrvatten till cirkulationspumpar	
1.13		Kontrollera systemets samtliga avluftningar. Dräneringar stängda.	
1.14	P230 alt. P231	Start	X

Beskrivande_del

- 1.1 P230 Välj in ordinarie resp
reservpump med
driftomkopplarna. Starta
invalid pump. Kontrollera tryck
efter pump och över filter,
samt spärrvattentillförsel.
Vid minsta tecken på
kavitation (plugg, sugledning)
stoppa omedelbart.

2. UPPSTART BRÄNNARE

Förutsättningar: Pannan trycksatt. Cirkulationssystem slurry i drift. Luftfläkt, rökgasfläkt i drift. Luftförvärmare inkopplad min. temperatur 140°C.

Manöverdel

2.1		Justera luftspjällenefter avsett lastområde.	Pannfront
2.2		Öppna handventil atomiseringsluft.	Pannfront
2.3		Ställ in atomiseringsluften på 10 bar med reducerventilen.	Pannfront
2.4		Starta tändbrännarfläkten.	Pannfront
2.5		Ställ in strypspjället för tänd brännarluft i femte spåret.	Pannfront
2.6		Koppla in slang för atomiseringsluft tändbrännare. Justera trycket med reducerventil till ca 6 bar.	
2.7		Slå på strömmen till tändbrännarna.	Elskåp. Pannfront.
2.8		Starta tänd oljepump.	Räcke. Pannfront.
2.9		Starta tändbrännarna.	Pannfront.
2.10		Förbikoppla slurrybrännarens fotocell.	Pannfront.
2.11	Z262 X263	Kontrollera silarna rengjorda och monterade.	Brännarpumpar.
2.12	SYV22 SYV25	Öppna.	Brännarpumpar.
2.13		Kontrollera brännarsystemets avluftningar. Dräneringar stängda.	
2.14		Öppna spärrvatten till brännarpumpar.	Brännarpumpar.

- | | | | |
|------|----------------------|---|------------------------------|
| 2.15 | P232
P233 | Ställ varvtalsreglering i nolläge och driftomkopplarna i läge hand. | Automatikskåp.
Pannfront. |
| 2.16 | | Kontrollera att flushvatten finns fram till brännarna. | |
| 2.17 | | Öppna huvudluftspjället för brännaren försiktigt och följ efter med luftfläkten. | Pannfront. |
| 2.18 | PIC 109 | Inställes på ca 1,6 bar. | Pannfron.t |
| 2.19 | | Montera lansen. När båda slangarna är anslutna öppnas ventilen för atomiseringsluft, för kylning av lansen ca 80 PSI. | Pannfront. |
| 2.20 | | Ställ in lansläge med avseende på lastområde. | Pannfront. |
| 2.21 | | Flusha brännare genom att strypa på atomiseringsluften (ca 30 PSI) och öppna för flushvatten. | Pannfront. |
| 2.22 | | Öppna sidolucka och kontrollera vattenströmmar i samtliga munstyckshål. | Vänster
sidovägg. |
| 2.23 | | Stäng ventilen för flushvatten. | Pannfront. |
| 2.24 | | Öka atomiseringsluft till 120 PSI. | Pannfront. |
| 2.25 | | Öppna kiken för slurry. | Pannfront. |
| 2.26 | P232
alt.
P233 | Slå till arbetsbrytaren. Varva upp pumpen försiktigt. Kontrollera manometrar för slurry och luft. | Automatikskåp.
Pannfront. |
| 2.27 | | Öppna sidolucka försiktigt. Kontrollera att brännarna har tänt. | Vänster
sidovägg. |
| 2.28 | | Gå upp till önskat lastområde, när brännaren brinner stabilt. Koppla in automatik och fotocell. | Pulpet.
Pannfront. |

- 2.29 Koppla in slangfilter.
- 2.30 När båda brännarna brinner stabilt och slangfilter är inkopplat släck tändbrännarna och ställ strypspjällen för tänd brännarlucht i tredje spåret.

Beskrivande del

Förutsättningar: Panntrycket bör ligga över 40 bar. En oljebrännare skall vara idrift och släckes först när slurrybrännare brinner stabilt. Rökgasfläkten skall köras på reglering ca 51 mm Vp undertryck eldstad.

- 2.17 När huvudspjället manövreras skall alltid en man finnas vid pulpeten för att passa brännarskåpstrycket. Detta för att förhindra att den oljebrännare som är i drift slocknar eller att u-röret vid pannfronten tömmes på vatten.
- 2.30 Justering av samtliga riktvärden för den aktuella lasten bör ske innan tändbrännarna släcks. OBS! Tändbrännarfläkten får ej stoppas under drift (tändbrännaren kyls av fläkten.)

3. LASTÄNDRING

Manöverdel

- | | | |
|-----|--|---------------------|
| 3.1 | Starta tändbrännarna. | Pannfront. |
| 3.2 | Justera luftspjällen för det nya lastområdet. | Pannfront. |
| 3.3 | Öka slurrymängden långsamt. | Pannfront eller CK. |
| 3.4 | Ställ in atomiseringslufttrycket för den nya lasten. | Pannfront. |
| 3.5 | Stoppa tändbrännarna. | Pannfront. |

Beskrivande del

- | | |
|-----|--|
| 3.2 | Då luftspjällen manöveras skall alltid en man finnas vid pulpeten för att minska respektive öka luftfläkten. Detta för att förhindra alltför snabba variationer i luftflöde och brännarregistertryck med onödiga brännarutlösningar som följd. |
| 3.3 | Då lasten minskas ändrar man slurrymängd innan luftspjällen justeras. Detta för att erhålla ett luftöverskott under laständringen, som minskar risken för att någon brännare skall lösa. |

4. INKOPPLING REGLERKRETSAR

Manöverdel

Från lokalstyrning till CWM flödesreglering

- | | | | |
|--|--------------------------------|--|--|
| 4.1 | Är-
värde
pumpre-
gl. | Kontrollera så att båda
brännarpumparna har ungefär
samma flöde. | Kontrollrum. |
| 4.2 | | Kontrollera att de båda
pumpregulatorerna ligger i
läge reglering och att den
gröna dioden RSP lyser. | |
| 4.3 | | Kontrollera att
domtrycksregulatorn ligger i
läge styrning. | Kontrollrum. |
| 4.4 | | Ställ domtrycksregulatorns
utsignal med öka,
minska-knapparna så att
pumpregulatorernas ledvärde
överensstämmer med aktuellt
ärvärde. | |
| 4.5 | | Skifta från läge manuell till
automatik på respektive
pumpskåp. | Elcentral vänd
mot
brännarfront. |
| <h5><u>Inkoppling av kvotreglering
luft/bränsle</u></h5> | | | |
| 4.6 | | Kontrollera att omkopplaren på
reglerskåpet står i läge
slurry. Kontrollera att
luftfläktens regulator ligger
i läge "reglering". | Kontrollrum. |
| 4.7 | | Kontrollera att luftfläktens
regulator står i läge "hand". | Kontrollrum. |
| 4.8 | | Vrid upp
börvärdespotentiometern på
fläktregulatorn till
max.läge. | Kontrollrum. |

- 4.9 Vrid upp kvotpotentiometern märkt "ratio" på kvotregulatorn, så att avvikelseinstrumentet på fläktregulatorn visar noll.
- 4.10 Slå över fläktgegunatorn i läge reglering.

Beskrivande del

- 4.1 Det lokala flödesinstrumentet visar 2/3 av verkligt flöde. Vidare visar det summa flödet för de båda brännarna, så för att balansera flödena mellan pumparna måste man titta på pumpregulatorernas ärvärden i kontrollrummet.
- 4.2 När den övre knappen märkt "M" är uttryckt ligger regulatorerna i reglerläge.
- 4.3 Övre knappen märkt "M" intryckt och lysande med gult sken.
- 4.5 Pumparna strävar nu alltid efter att hålla det slurryflöde som inställdes via domtrycksregulatorn.
- 4.10 Nu ligger luftfläkten och styrs av den inställda kvoten luft/slurry på kvotregulatorn. Kvoten kan ökas eller minskas efter behag genom att vrida på kvotpotentiometern.

5. STOPP PANNAManöverdel

5.1		Starta tändbrännarna.	Pannfront
5.2	P232 alt P233	Stoppa en br. pump.	
5.3		Stäna kiken för slurry.	Pannfront
5.4		Minska atom. luft till ca 30 PSI.	Pannfront
5.5		Öppna kiken för flush vatten och flusha brännaren noga.	Pannfront
5.6		Lossa mottern som låser lansen.	Pannfront
5.7		Stäng kiken för flushvatten.	Pannfront
5.8		Stäng ventilen för atom luft.	Pannfront
5.9		Lossa slangarna och drag ur lansen.	
5.10		Stoppa andra brännaren enligt punkt 5.1-5.9.	
5.11		Släck tänd br.	Pannfront
5.12	SYV 22 SYV 25	Stäng	br. pumpar
5.13	SYV 42 SYV 43	Öppna	Pannfront
5.14		Stopp tändbr. pump	Pannfront
5.15		Stäng huvudventil atom luft.	Pannfront
5.16		Koppla ur slangen för atom luft tänd br.	Pannfront
5.17		Stäng ångventiler till luft-förvärmning.	
5.18	F111	Stopp	CK
5.19		Stäng huvudspjällen. Luftregister.	Pannfront

- 5.20 F112 Stopp CK
- 5.21 Stopp slangfilter
- 5.22 Stopp cirk. system slurry (se instrk. Avställning slurry system, punkt 12.1-12.8).
- 5.23 Några timmar efter avsläckning stoppa tändbrännarluchtfläkten. Pannfront

Beskrivande del

- 5.13 SYV 42 Öppna kikarna försiktigt och
SYV 43 gör ledningen trycklös. Vid kortare stopp behöver inte ledningen tömmas på slurry. Pannans värme gör dock att trycket åter byggs upp i ledningen, vilket kan skada flödesgivarna och ledningen. Ledningen bör hållas under uppsikt och ev. dräneras ytterligare.
- 5.23 Fläkten för tändbr. luft bör gå några timmar efter pannan släckts av för kylning av tändbr. lansarna.

6. SOTNINGManöverdel

- | | | | |
|------|---|---|---|
| 6.1 | | Starta båda tändbrännarna. | Brännarplan |
| 6.2 | | Förbikoppla fotoceller. | Brännarplan |
| 6.3 | Rökgas
fläkt | Öka draget till ca 10 mm Vp | Kontrollrum |
| 6.4 | | Öppna spärrluftsventiler till hälften. | Eldstadsluckor |
| 6.5 | Mano-
meter
super-
rior-
skåp | Vid sotningstryck 14 kg/cm ²
Starta frontväggs
sotapparat.
Bevaka att inte tändbrännare löser. | Balkong över
brännare

Eldstadslucka |
| 6.6 | Mano-
meter
super-
rior-

skåp | När sotapparaten har stannat och sotningstrycket åter är 14 kg/cm ² startas bakväggsblåsaren. | Bakväggen |
| 6.7 | | När bakväggsblåsaren har stannat kan fotocellerna kopplas in och tändbrännarna släckas samt spärrluftsventiler stängas. | |
| 6.8 | | På superiorskåpet kopplas sotapparat 9-16 in med hjälp av omkopplarna. | Snett emot
panna 4 |
| 6.9 | | Kontrollera att omkopplaren för huvudventilen står i läge "öppen". | Snett emot
panna 4 |
| 6.10 | | Tryck på knapp "start sotning". Programverket skall då stanna på apparat 9. | Snett emot
panna 4 |
| 6.11 | Rökgas
fläkt | När sotningen är klar minska draget till 5 mm Vp. | Kontrollrum |
| | | Beskrivande del | |
| 6.2 | | Fotocellerna får endast förbikopplas när tändbrännarna är i drift. | |

6.5

Omedelbart då man startat någon av eldstadens sotapparater bör man bege sig ner till tändbrännarna och kontrollera så att ingen av dessa slocknar. Om så skett stoppas resp brännarpump.

7.

URSLAGGNING BRÄNNARDYSOR

Urslaggnings av dysor under drift sker med därför avsett verktyg. Viktigt är att se till att hålla ett tillräckligt luftflöde så att verktyget ej krokmar.

Manöverdel

7.1

Släck och ta bort lansen i den dysa som skall rengöras.

7.2

Montera verktyget på lansen plats.

7.3

Rensning sker genom att vrida handtaget, i änden på verktyget, snabbt fram och tillbaka och låta knivarna slå ut av egen kraft. Verktyget bör inte vara monterat längre tid än 3-4 min. Om man ej anser sig klar på denna tid så måste verktyget tas ut och svalna innan man fortsätter med rensningen. Observera att inget våld får användas vid rensningen utan att den skall ske med hjälp av masskrafterna hos verktyget.

8. FYLLNING CWMManöverdel

- | | | | |
|-----|--------|---|---------------|
| 8.1 | T3 | Kontrollera att det finns plats för lasten. | |
| 8.2 | SYV 44 | Kontrollera bypas öppen, om ej kontakta maskinist. | Tankrum |
| 8.3 | SYV 03 | Kontrollera stängd. | Tankrum |
| 8.3 | SYV 02 | Öppna | Tankrum |
| 8.4 | Z264 | Kontrollera rengjord och monterad. | Tanktopp |
| 8.5 | | Anslut luft- och lossnings-slang i lossningsskåpet. Reglera in trycket på bilen med hjälp av reduceringen i skåpet. | Friluftsvägen |
| 8.6 | | Öppna ventil på bil och på-börja lossning. Kontrollera att sillocket tätar. | |
| 8.7 | | Efter avslutad fyllning stäng ventil på bil och luftventil. | |
| 8.8 | SYV 02 | Stäng | Tankrum |
| 8.9 | Z264 | Rengör sil. | Tanktopp |

Beskrivande del

- | | | | |
|-----|-------------------|---|--|
| 8.2 | SYV 424
SYV 03 | Vid fyllning under drift måste cirkulationssystemet gå via bypas och Syv 03 vara stängd. Detta för att man inte ska lösa ut pannan, då bilen är tom och man blåser ledningen. | |
| 8.4 | Z264 | Silen är placerad på tanktoppen och skall före fyllning vara rengjord och monterad. OBS. fyllning utan sil får <u>aldrig</u> ske. | |
| 8.6 | | Lossningen skall hela tiden övervakas. | |

9. SILBYTECirkulationssystem

9.1 P230 Skifta cirkpump. Manövertavla
P231 vid pumpar

9.2 Stäng ventil före och efter pumpen.

9.3 Släpp trycket i silhuset med dräneringskiken, kontrollera manometern.

9.4 Öppna och byt sil, se till att täytorna mellan lock och hus är rena.

9.5 Öppna mycket försiktigt på ventilen efter silen och fyll upp silhuset med slurry. Kontrollera att dräneringskiken är stängd.

9.6 Montera locket och öppna ventilerna före och efter pumpen. Kontrollera att locket tätar.

9.7 P230 Skifta cirkpump.
P231

Brännarsilar

9.8 P232 Stoppa resp brännarpump.
P233

9.9 Starta tändbrännaren.

9.9 Minska atomiseringsluften till ca 30 psi och flusha lansen noggrannt.

9.10 Öka atomiseringsluften till ca 90 psi för kylning under silbytet.

9.11 SYV 22 Stäng ventilen före silen.
SYV 25

10. RENGÖRING LANS, MUNSTYCKEN
- 10.1 Lossa munstycksmuffen med fast nyckel. Om den ej lossnar kan man värma den försiktigt.
- 10.2 När munstycket demonterats sköljs lansen med vatten på både luft och slurrsidan.
- 10.3 Dra ur centrumhålet med viska, samtidigt som man sköljer med vatten.
- 10.4 Borsta rent samtliga gängor på lansen och muffen.
- 10.5 Gänga den centrumpluggen på munstycket.
- 10.6 Rengör samtliga hål noggrant med en svetstråd.
- 10.7 Borsta toppen på munstycket rent med en stålborste.
- 10.8 Skölj munstycket noga i vatten.
- 10.9 Förse centrumpluggen med teflon och gänga dit den.
- 10.10 Montera distansringen, fasade kanten mot lansen.
- 10.11 Placera O-ringen i spåret på lansens tätyta, mot munstycket.
- 10.12 Pensla lansens gängor med molycote.
- 10.13 För försiktigt på munstycket på lansen utan att rubba O-ringen.

- 10.14 Håll munstycket dikt an mot lansen medan muffen förs i läge. Placera sedan ett finger genom muffen och fortsätt att pressa munstycket mot lansen. Med den nu fria handen gängas muffen på. Det är av största vikt att O-ringen ej rubbas under monteringen, vilket annars kan resultera i läckage mellan luft och slurry sida.
- 10.15 Ge muffen en lätt knyck med nyckeln.

11. SLANGFILTERInkoppling av filter

- | | | |
|------|---|--------|
| 11.1 | Manöverbrytare till. | Skåp 1 |
| 11.2 | Kontrollera "sluss" i drift (Hand). | Skåp 2 |
| 11.3 | Starta transportskruv (Hand) | Skåp ? |
| 11.4 | Stoppa värmeaggregat och vänta 250 sek innan nästa punkt. | Skåp 2 |
| 11.5 | Kopla in alla filtersektioner. 4 st brytare (Inkl). | Skåp 1 |
| 11.6 | Öppna spjäll mot filter. | |
| 11.7 | Starta filterfläkten (Hand). | Skåp 2 |
| 11.8 | Stäng bypasspjället mot skorsten mycket långsamt. | |

Urkoppling av filter

- | | | |
|-------|--|--------|
| 11.9 | Öppna bypasspjället mot skorsten. | |
| 11.10 | Stoppa filterfläkten. | Skåp 2 |
| 11.11 | Stäng spjäll mot filter. | |
| 11.12 | Koppla ur alla sektionerna 4 st brytare (avst) | Skåp 1 |
| 11.13 | Stoppa transportskruv | Skåp 2 |
| 11.14 | <u>Starta värmeaggregat</u> | Skåp 2 |

Beskrivande del

- | | |
|------|---|
| 11.2 | Slussen skall alltid vara i drift, pga risk att den annars fastnar. |
| 11.4 | 250 sek eftergång av värme-fläkten för att kyla ner batteriet. |

- 11.8 Den sista tredjedelen av
spjället skall stängas under
ca 3 min pga risk för över-
tryck i elsstaden.
- 11.9 Filtret måste ovillkorligen
alltid hållas varmt.

12. AVSTÄLLNING, SLURRYSYSTEMManöverdel

- | | | | |
|------|-------------------|---|----------------------|
| 12.1 | SYV 03 | Kontrollera öppen, om ej öppna. | Tankrum |
| 12.2 | SYV 44 | Kontrollera bypass stängd, om ej stäng. | Tankrum |
| 12.3 | | Fortsätt att köra pumpen ca 30 minuter. | |
| 12.4 | | Stoppa pumpen och lägg reservpumpen i nolläge. Slå ifrån båda pumparnas säkerhetsbrytare. | Kontrolltavla pumpar |
| 12.5 | SYV 03
SYV 05 | Stäng ventilerna mot tank. | Tankrum |
| 12.6 | SYV 36
DIC 109 | Öppna tryckhållningsventilen vid brännarpumparna helt. | Brännarfront |
| 12.7 | | Stäng ventiler runt samtliga silar. | |
| 12.8 | | Öppna och gör silar och silhus rena.

Vid behov skölj ur pumpar och tillhörande armatur och förträng ledningar mot tank med vatten om så bedöms nödvändigt. | |

Beskrivande del

- 12.3 Om man legat och kört systemet i bypass så är den slurry som finns i systemet bearbetad och "kemiskt död". För att undvika igensättningar i systemet bör man byta ut denna dåliga slurry mot ny från tanken före en avställning.

KÖRINSTRUKTION

OLJEELDNING

Tändbrännare

Matningar: 1 Lättolja. Liten pump med manometer på vägg bakom rökgasfilter panna 3. Startas från liten vit manöverställare på manräcke mittför brännare 1 P4. Pumpen har inbyggd tryckhållning. Pumpen kan gå kontinuerligt, men det är onödigt. Pumpen ger nu 18 bar men detta skall sänkas något (till 14-15).

2 Atomiserluft, tages tills vidare från arbetsluftnät. Tryckregulator under apparatskåp för resp tändbrännare med manometer inställes på 5,5 - 6,5 bar.

3 Förbränningsluft. Gemensam tändbrännarfläkt placerad bakom slurrypumpar på brännarplan förser tändbrännarna med förbränningsluft via röda spjäll ovan huvudbrännarna. Spjällen skall stå i ca 45° (femte spåret från stängt).

Med för mycket luft blir tändbrännarflamman för kort och orsakar överhettning av tändbrännaren. Med för lite luft kan det vara svårt att få stabil signal från tändbrännarens flamvakt.

Tändbrännarfläkten startas från manöverlåda på pelare invid fläkten. Fläkten bör tills vidare hållas igång så länge brännarskåpet är varmt (koksningrisk i tändbrännarlansen).

El. Tills vidare köres tändbrännaren via den skära s k testboken. Strömmen slås av och på med två vippströmställare i den översta (grå) manöverlådan vid vardera brännaren.

Tändbrännaren gör av med ca 25 lit/h med nuvarande munstycke (max ca 75 lit/h med största munstycke, vilket troligen skulle medge uppvärmning av pannan på självdrag med enbart tändbrännare).

Den kan gå kontinuerligt och är försedd med egen flamvakt som bryter oljetillförseln så länge inte startvredet hålles i läge "start".

Vid idrifttagningen har tändbrännaren löst ut några gånger till följd av luft i oljan. Ledningen från lättoljetanken kan inte avluftas. Problemen har emellertid avtagit (sannolikt p g a att brännoljesystemen fyllts med lättolja några gånger och den mesta luften därvid transporterats bort).

Vid start sedan tändbrännaren varit ur drift någon tid kan emellertid problemet återkomma, varvid tändbrännaren kan få startas några gånger innan den är att lita på. Har den varit i drift 4-5 minuter brukar den gå i fortsättningen.

Start:

1. Starta tändbrännarfläkt och kontrollera strypspjällets läge (röda vredet).
2. Se till att tändbrännaren får atomiserluft och ställ in den på ca 6 bar.
3. Slå på strömmen till tändbrännaren (två vippor i översta skåpet). Kontrollampa på testbox skall nu lysa.
4. Starta tändoljepump.
5. Starta tändbrännaren genom att vrida det röda vredet på testboxen till läge "start" och hålla kvar i detta läge tills kontrollampa tänds och ytterligare ca 15 sekunder (flamvakten behöver värma upp).
6. Kontrollera att brännaren är i gång.

MARK!!

1. Öppna inte tändbrännarens automatiklåda utan att först göra strömlöst genom att taga ur säkringarna (10 000 V inuti skåpet).
2. Tag inte ut tändbrännaren ut bärröret utan att först slå av strömmen.

I och med att gul lampa lyser är det 500 V likström mellan tändelektroden och jord.

3. Kontrollera bränslefiltren med jämna mellanrum.

BRÄNNARINSTÄLLNINGAR ENLIGT DEINSTÄLLNINGAR VID ELDNING MED CVM

Samtliga brännarinställningar är mätta från brännarens front till centrum handtagen.

Lansens läge är mätt från brännarens front till den påsvetsade klacken.

100 % LAST

Lansens läge	: 476 mm
Gult spjäll	: 660 mm
Rött spjäll	: 292 mm
Grönt spjäll	: 248 mm
Yttre rotationsreglering	: 30 % öppen
Inre rotationsreglering	: stängd
Registertryck	: 285 mmVp

75 % LAST

Lansens läge	: 476 mm
Gult spjäll	: 660 mm
Rött spjäll	: 292 mm
Grönt spjäll	: 330 mm
Yttre rotationsreglering	: 30 % öppen
Inre rotationsreglering	: stängd
Registertryck	: 250 mmVp

50 % LAST

Lansens läge	: 476 mm
Gult spjäll	: 660 mm
Rött spjäll	: 260 mm
Grönt spjäll	: 330 mm
Yttre rotationsreglering	: 30 % öppen
Inre rotationsreglering	: stängd
Registertryck	: 330 mmVp

30 % LAST

Lansens läge	: 475 mm
Gult spjäll	: 660 mm
Rött spjäll	: 260 mm
Grönt spjäll	: 300 mm
Yttre rotationsreglering	: 30 % öppen
Inre rotationsreglering	: stängd
Registertryck	: 255 mmVp

INSTÄLLNINGAR VID ELDNING MED OLJA

Lansens läge är mätt från brännarens front till centrum handtaget.

Lansens läge	: 705 mm
Gult spjäll	: 660 mm
Rött spjäll	: 292 mm
Grönt spjäll	: 248 mm
Yttre rotationsreglering	: 30 % öppen
Inre rotationsreglering	: stängd
Registertryck	: 260 mmVp

Shirley C. Smith, 1910-1911, 1912-1913, 1914-1915, 1916-1917, 1918-1919, 1920-1921, 1922-1923, 1924-1925, 1926-1927, 1928-1929, 1930-1931, 1932-1933, 1934-1935, 1936-1937, 1938-1939, 1940-1941, 1942-1943, 1944-1945, 1946-1947, 1948-1949, 1950-1951, 1952-1953, 1954-1955, 1956-1957, 1958-1959, 1960-1961, 1962-1963, 1964-1965, 1966-1967, 1968-1969, 1970-1971, 1972-1973, 1974-1975, 1976-1977, 1978-1979, 1980-1981, 1982-1983, 1984-1985, 1986-1987, 1988-1989, 1990-1991, 1992-1993, 1994-1995, 1996-1997, 1998-1999, 2000-2001, 2002-2003, 2004-2005, 2006-2007, 2008-2009, 2010-2011, 2012-2013, 2014-2015, 2016-2017, 2018-2019, 2020-2021, 2022-2023, 2024-2025, 2026-2027, 2028-2029, 2030-2031, 2032-2033, 2034-2035, 2036-2037, 2038-2039, 2040-2041, 2042-2043, 2044-2045, 2046-2047, 2048-2049, 2050-2051, 2052-2053, 2054-2055, 2056-2057, 2058-2059, 2060-2061, 2062-2063, 2064-2065, 2066-2067, 2068-2069, 2070-2071, 2072-2073, 2074-2075, 2076-2077, 2078-2079, 2080-2081, 2082-2083, 2084-2085, 2086-2087, 2088-2089, 2090-2091, 2092-2093, 2094-2095, 2096-2097, 2098-2099, 2100-2101, 2102-2103, 2104-2105, 2106-2107, 2108-2109, 2110-2111, 2112-2113, 2114-2115, 2116-2117, 2118-2119, 2120-2121, 2122-2123, 2124-2125, 2126-2127, 2128-2129, 2130-2131, 2132-2133, 2134-2135, 2136-2137, 2138-2139, 2140-2141, 2142-2143, 2144-2145, 2146-2147, 2148-2149, 2150-2151, 2152-2153, 2154-2155, 2156-2157, 2158-2159, 2160-2161, 2162-2163, 2164-2165, 2166-2167, 2168-2169, 2170-2171, 2172-2173, 2174-2175, 2176-2177, 2178-2179, 2180-2181, 2182-2183, 2184-2185, 2186-2187, 2188-2189, 2190-2191, 2192-2193, 2194-2195, 2196-2197, 2198-2199, 2200-2201, 2202-2203, 2204-2205, 2206-2207, 2208-2209, 2210-2211, 2212-2213, 2214-2215, 2216-2217, 2218-2219, 2220-2221, 2222-2223, 2224-2225, 2226-2227, 2228-2229, 2230-2231, 2232-2233, 2234-2235, 2236-2237, 2238-2239, 2240-2241, 2242-2243, 2244-2245, 2246-2247, 2248-2249, 2250-2251, 2252-2253, 2254-2255, 2256-2257, 2258-2259, 2260-2261, 2262-2263, 2264-2265, 2266-2267, 2268-2269, 2270-2271, 2272-2273, 2274-2275, 2276-2277, 2278-2279, 2280-2281, 2282-2283, 2284-2285, 2286-2287, 2288-2289, 2290-2291, 2292-2293, 2294-2295, 2296-2297, 2298-2299, 2300-2301, 2302-2303, 2304-2305, 2306-2307, 2308-2309, 2310-2311, 2312-2313, 2314-2315, 2316-2317, 2318-2319, 2320-2321, 2322-2323, 2324-2325, 2326-2327, 2328-2329, 2330-2331, 2332-2333, 2334-2335, 2336-2337, 2338-2339, 2340-2341, 2342-2343, 2344-2345, 2346-2347, 2348-2349, 2350-2351, 2352-2353, 2354-2355, 2356-2357, 2358-2359, 2360-2361, 2362-2363, 2364-2365, 2366-2367, 2368-2369, 2370-2371, 2372-2373, 2374-2375, 2376-2377, 2378-2379, 2380-2381, 2382-2383, 2384-2385, 2386-2387, 2388-2389, 2390-2391, 2392-2393, 2394-2395, 2396-2397, 2398-2399, 2400-2401, 2402-2403, 2404-2405, 2406-2407, 2408-2409, 2410-2411, 2412-2413, 2414-2415, 2416-2417, 2418-2419, 2420-2421, 2422-2423, 2424-2425, 2426-2427, 2428-2429, 2430-2431, 2432-2433, 2434-2435, 2436-2437, 2438-2439, 2440-2441, 2442-2443, 2444-2445, 2446-2447, 2448-2449, 2450-2451, 2452-2453, 2454-2455, 2456-2457, 2458-2459, 2460-2461, 2462-2463, 2464-2465, 2466-2467, 2468-2469, 2470-2471, 2472-2473, 2474-2475, 2476-2477, 2478-2479, 2480-2481, 2482-2483, 2484-2485, 2486-2487, 2488-2489, 2490-2491, 2492-2493, 2494-2495, 2496-2497, 2498-2499, 2500-2501, 2502-2503, 2504-2505, 2506-2507, 2508-2509, 2510-2511, 2512-2513, 2514-2515, 2516-2517, 2518-2519, 2520-2521, 2522-2523, 2524-2525, 2526-2527, 2528-2529, 2530-2531, 2532-2533, 2534-2535, 2536-2537, 2538-2539, 2540-2541, 2542-2543, 2544-2545, 2546-2547, 2548-2549, 2550-2551, 2552-2553, 2554-2555, 2556-2557, 2558-2559, 2560-2561, 2562-2563, 2564-2565, 2566-2567, 2568-2569, 2570-2571, 2572-2573, 2574-2575, 2576-2577, 2578-2579, 2580-2581, 2582-2583, 2584-2585, 2586-2587, 2588-2589, 2590-2591, 2592-2593, 2594-2595, 2596-2597, 2598-2599, 2600-2601, 2602-2603, 2604-2605, 2606-2607, 2608-2609, 2610-2611, 2612-2613, 2614-2615, 2616-2617, 2618-2619, 2620-2621, 2622-2623, 2624-2625, 2626-2627, 2628-2629, 2630-2631, 2632-2633, 2634-2635, 2636-2637, 2638-2639, 2640-2641, 2642-2643, 2644-2645, 2646-2647, 2648-2649, 2650-2651, 2652-

Förklaringar:										Anmärkningar:										Hänvisningar:									

BILAGA 6.3

Den här ritningen är utförd av ENERGIKONSULT AB. Enligt
 den tekniska specifikationen ska alla material
 vara avsett för användning i värmeväxling. Den är
 inte avsedd för användning i andra syften.

Rad nr	Pos nr	Typ	Manövrering	PN	DN	Flänsstandard Svetsanslutn dy x t	MATERIAL			LEVERANSDATA				Anmärkningar	Rörledning nr	Rev nr
							Hus	Tätning	Spindel	Vikt		Leverantörens beteckning	Leverans- tid			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	TLV-32	Kul	Hand	16	20	26,9x2,3	Stål	PTFE	SIS 2343			W 44		Gustaf Fagerberg		
2	TLV-33	Kul	Hand	16	20	26,9x2,3	Stål	PTFE	SIS 2343			W 44		Gustaf Fagerberg		
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																

Förklaringar:

Anmärkningar:

Hänvisningar:

MEDIUM: TRYCKLUFT
 BERÄKN TRYCK 1,6 MPa
 BERÄKN TEMP: 50 °C
 DRIFTTRYCK 1,3 MPa



SUNDBYBERGS VARMEVERK
 SYTF PROJEKT C-26

GODK DAT
 BESTÄLL ARB NR
 FORTS BL BLAD 1

[illegible]

Anmärkning:

Hänvisningar:

MEDIUM: KOLSLURRY (CWM)

BERAKN TRYCK 2,0

MPa (bar)

BERAKN TEMP.

1.0-2.0

MPa (bar)

25



Ref

K. J. N. S. I. R.

DATA 821728

AF, R, IN, R

101-436714-2001

SUNDBYBERGS VARMEVERK
SVTF PROJEKT C-26

VENTILLISTA

GOOD : 241

100-443889-1

FOIIS.dj

BEST COPY AVAILABLE

Mätning av slitage i rörledningar

Beskrivning

För att få en uppskattning av slitaget i rörsystemet kontrollerades rören med ultraljud innan CWM släpptes på och efter provets slut. Mätningarna redovisas i tabellerna 1 resp 2 med en sammanställning av mätningarna i tabell 3 där också mät-punkterna beskrivs i text. Rören vid punkterna 9-12 har bytts ut under projektets gång utan att nya mätningar gjorts, varför dessa punkter utgår.

Foton över mätpunkterna återfinns i underbilaga 1-4. Mät-punkterna är också utmärkta i systemskissen bilaga 1 med UL 1-12.

Resultat

I tabell 3 kan utläsas ett slitage på mellan 0 och 0,2 mm.

Mätnoggrannheten för vardera mätningen är $9 \pm 0,05$ mm. Detta innebär att det uträknade värdet på slitaget har ett fel på $\pm 0,1$ mm.

Slitaget är således mellan 0 och 0,3 mm. De mest utsatta ställena är sugsida pump 233 och efter pump 231 (den mest använda cirkulationspumpen).

Det kan konstateras att det är mer slitage i mätpunkterna C och D än A och B. Det vill säga där slurryn träffar kröken och böjs av.

Totalt sett kan konstateras att slitaget på rören inte indikerar något behov av rör eller rörkrökar av speciellt slitstarkt material. Däremot bör godstjockleken väljas minst 5 mm och rördiametern väljas så att hastigheten inte överskrider de 0,33 m/s som körts vid ovan beskrivna mätning.

TABELL 1

Ultraljudmätning 1983-03-16 före körning med CWM

MÄTPUNKT	A	B	C	D	E	RAKTUB	ANM
1	2,6	2,6	2,7	2,8		3,1-3,2	"Gammal" ledning
2	2,6	2,7				3,1	
3	3,9	3,9	4,0	4,0		4,5	Samma mätpunkt (Nom 4.5)
4	4,1	4,0	4,2	4,0		4,5	
5	5,0	5,0	5,0	5,0			Mätt 0° - 90° - 180°-270 (0° mot pump)
6	4,1	4,0	4,0	4,0	4,0	4,5	
7	4,3	4,2	4,2	4,2		-	
8	4,0	4,0	4,0	4,0		-	
9	3,0					-	
10	2,9					-	
11	3,0-3,1					-	
12	-2,8-3,0					-	

TABELL 2

Ultraljudmätning 1984-06-08 efter cirka 100 timmars drift

MÄTPUNKT	A	B	C	D	E	RAKTUB
1	2,5	2,5	2,7	2,8		2,9-3,1
2	2,6	2,6				3,0
3	3,8	3,9	3,8	4,0		4,5
4	4,1	4,0	4,1	3,9		4,5
5	5,0	5,0	5,1	5,0		
6	4,1	4,0	3,9	3,9	3,9	4,4
7	4,2	4,2	4,2	4,1		
8	3,9	3,9	3,8	3,9		
9	-					
10	-					
11	4,7					RT före mätp. 11 5,2 mm
12	4,9					Tuber utbytta

TABELL 3

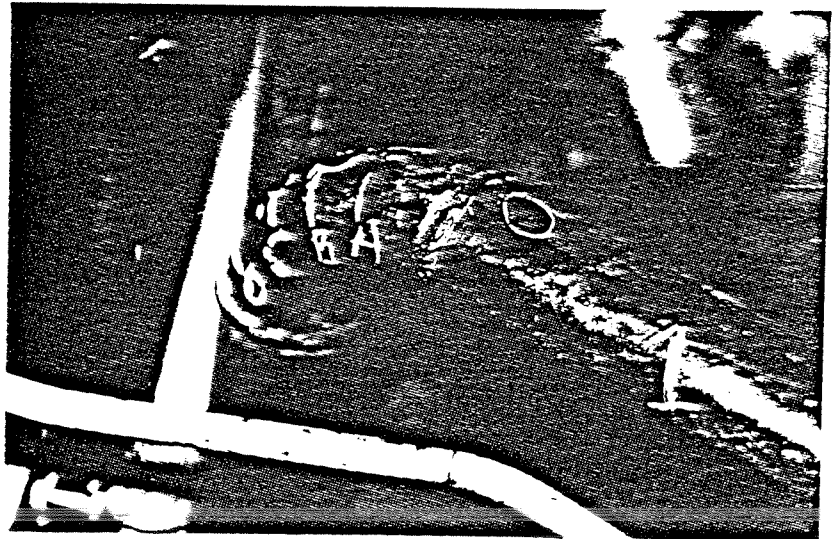
Slitage i rör och böjar

Tjockleksskillnad mellan mätningar
1983-03-16 och 1984-06-08

Slitage i mm

MÄTPUNKT	A	B	C	D	E	RAKTUB	ANM
1. Böj vid utlopp tank nedåt	0,1	0,1	± 0	± 0		0,2-0,1	} Gammal ledning
2. Böj vid vägg Sugledning åt sidan	± 0	0,1				0,1	
3. Efter pump 231	0,1	± 0	0,2	± 0		} ± 0	0°-90°- 180°-270° å mot pump
4. Efter pump 230	± 0	± 0	0,1	0,1			
5. Efter cirk. pumpar	± 0	± 0	-0,1	± 0			
6. Krök innan brännarpumpar på cirk.ledn.	± 0	± 0	+0,1	0,1	0,1	0,1	
7. Sugsida pump 232	0,1	+ -0	± 0	± 0	0,1		Närmast pannan
8. Sugsida pump 233	0,1	0,1	0,2	0,1			

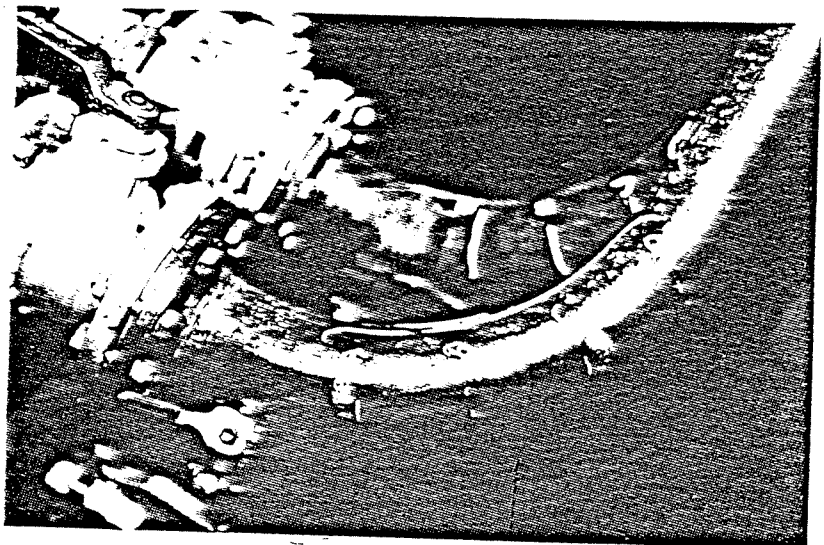
Felet i mätningen är $\pm 0,05$ mm och felet i slitaget $\pm 0,1$ mm



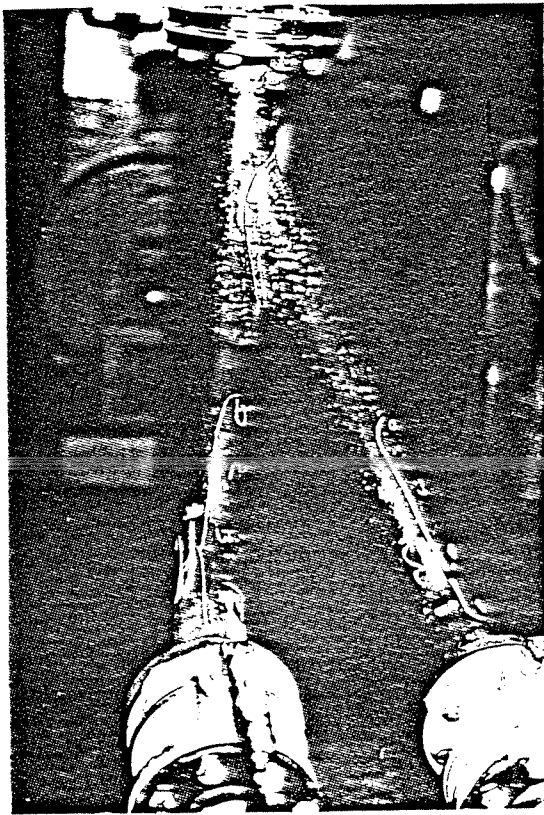
MÄTPUNKT 1



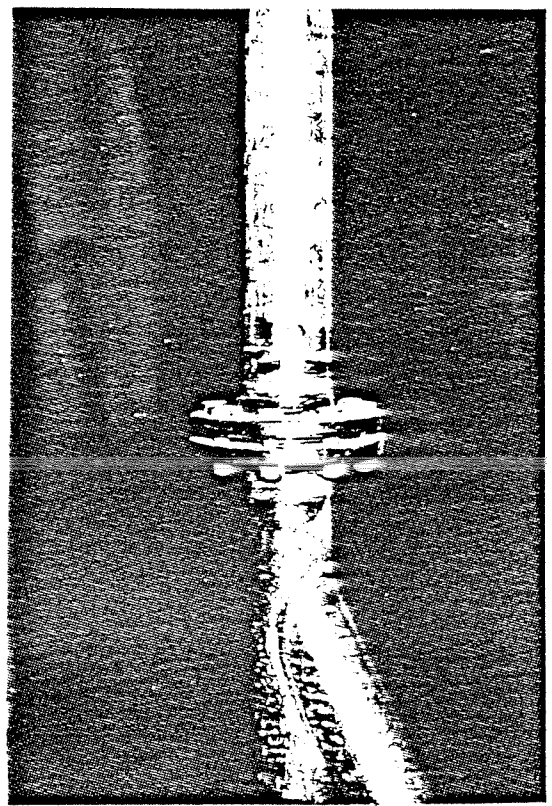
MÄTPUNKT 2



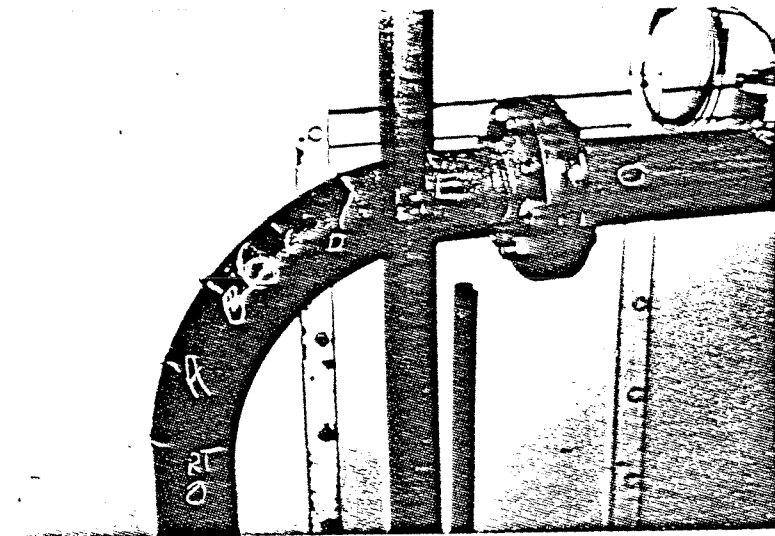
MÄTPUNKT 3



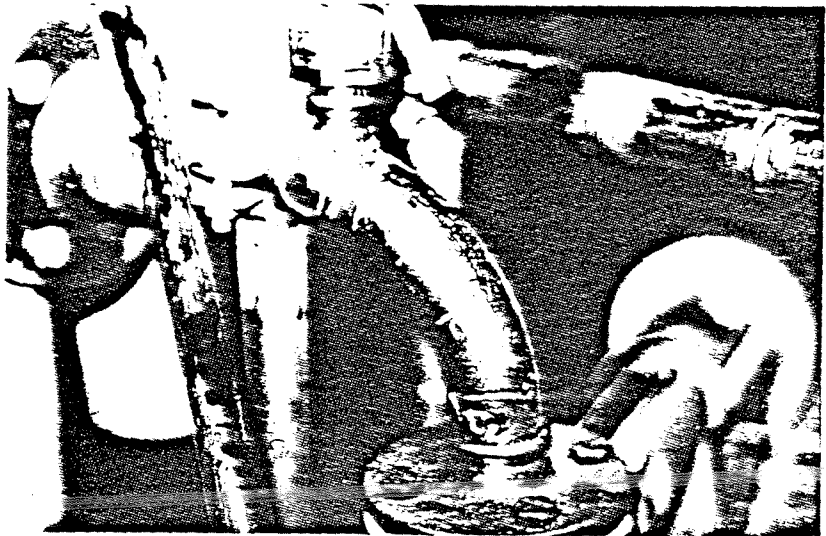
MÄTPUNKT, 3 och 4



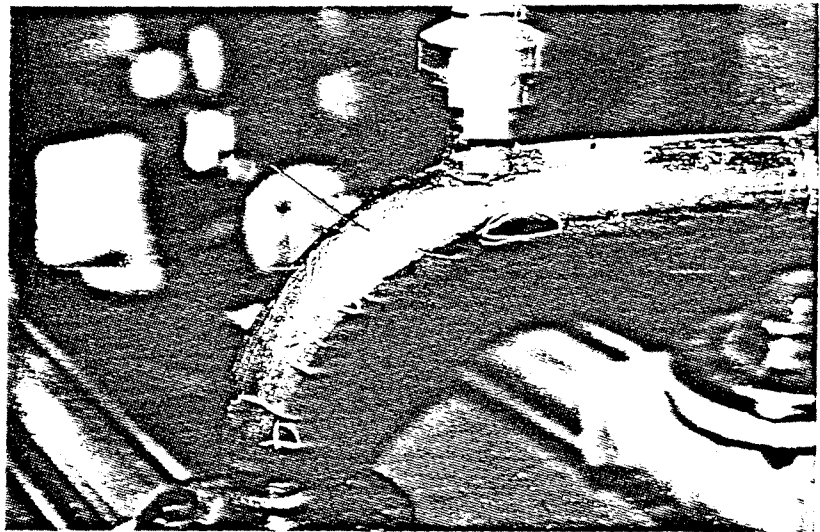
MÄTPUNKT 5



MÄTPUNKT 6



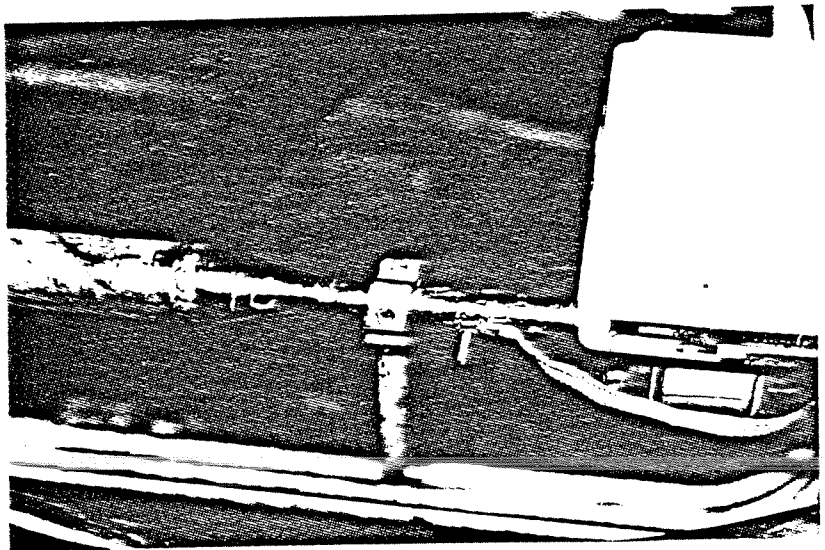
MATPUNKT 7



MATPUNKT 8



MATPUNKT 9



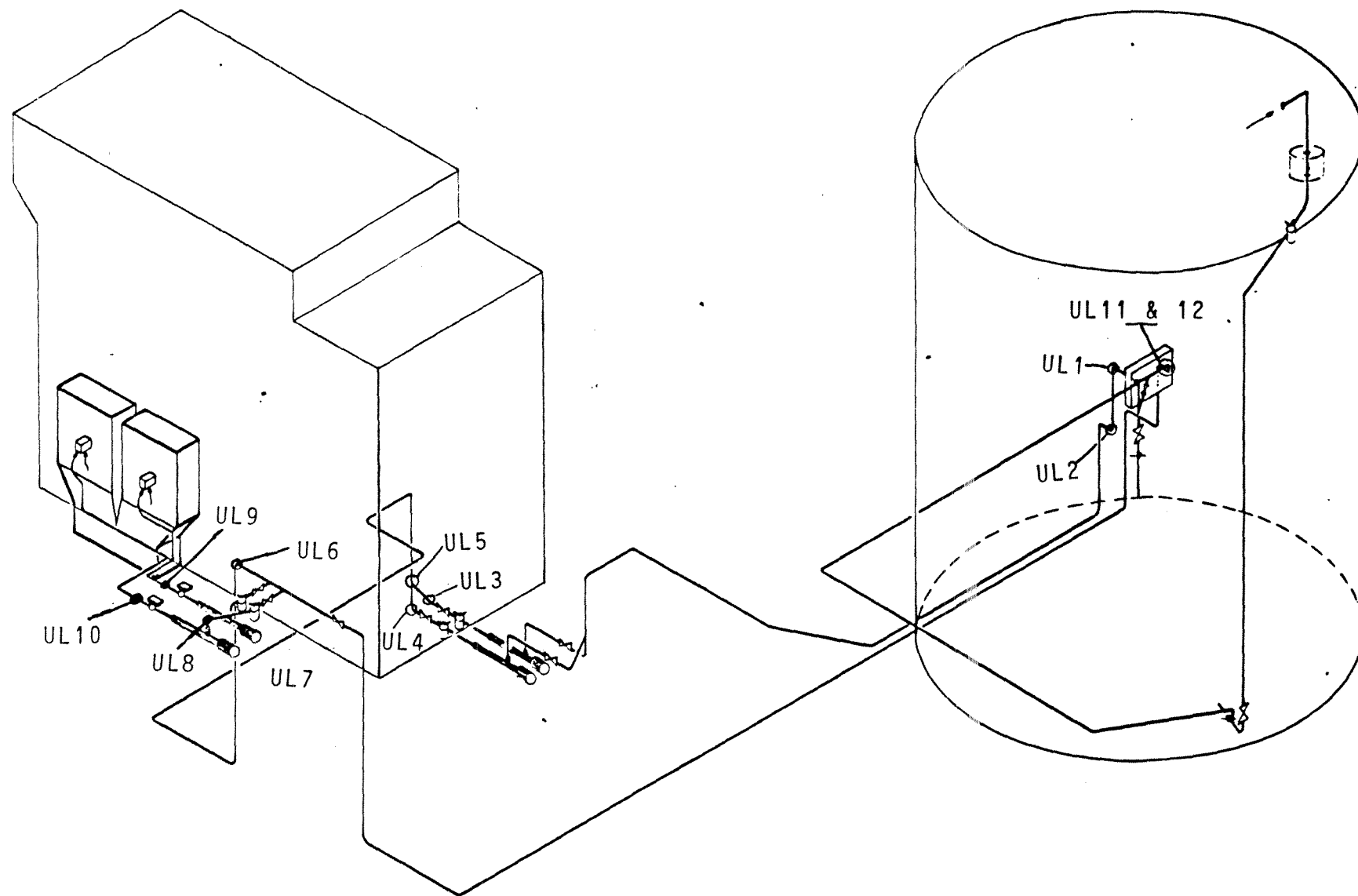
MÄTPUNKT 10



MÄTPUNKT 11



MÄTPUNKT 12



SVTF - C26
 SUNDBYBERGS VÄRMEVERK
 SKISS CAM SYSTEM
 ULTRALJUDMÄTNING



STATENS
PROVNINGSANSTALT
National Testing Institute
Kemi och brandteknik
Karin Berglund, sm/1021F

PROTOKOLL

Datum/Our date

1984-09-07
Er datum/Your date

BILAGA 9

Beteckning/Our reference

8420,293
Er beteckning/Your reference

IPK, Instrument och analysteknik
Erik Larsson
Box 8309
104 20 STOCKHOLM

Analys av prov märkta "Sundbyberg"

STOFTPROV

Föremål 4 prov stoft

Uppdrag Bestämning av halt oförbränt.

Beteckning 1. Filter 338-884
2. Filter 481-871
3. Filter 571-897
4. Stoft simult. rökgas 840515 15.00.

Provmängd ca 5 g av varje prov

Förpackning plastpåsar

Resultat På vattenfritt prov

	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>
Oförbränt, best. genom glödning vid 900 °C, %	64.7	61.1	61.2	65.3

KONDENSAT

Föremål 3 prov kondensat.

Uppdrag S, Ni, Pb, Cd, Hg.

Beteckning 1. Prov 1 kondensat från gaskylare 23/5
2. Prov 1 kondensat från stoftprov efter filter 23/5.
3. Prov 2 kondensat stoftprov efter filter 23/5.

Metoder Sulfathalt bestämdes med jonkromatograf. Tungmetaller bestämdes med atomabsorptionsspektrofotometer.

Resultat På prov i inlämningstillstånd

	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>
Sulfat, SO ₄ , mg/l	414	255	57
Bly, Pb, mg/l	< 0,05	0,2	< 0,05
Kadmium, Cd, mg/l	0,69	0,15	0,01
Kvicksilver, Hg, µg/ml	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Nickel, Ni, mg/l	0,27	0,39	0,05

Datum/Our date
 1984-09-07
 Ert datum/Your date

Beteckning/Our reference
 8420,293
 Er beteckning/Your reference

ASKOR

Föremål 4 prov aska

Uppdrag Oförbränt, smältförlopp, S, Pb, Cd, Hg, Ni och partikelstorleksfördelning.

Beteckning
 1. Aska prov 1 m.v. 840523
 2. Aska prov 2 840524
 3. Aska prov 3 840524
 4. Aska prov 4 840525

Metoder
 Oförbränt bestämdes genom glödning vid 900 °C. Smältförlopp i oxiderande och reducerande miljö bestämdes enligt ASTM D 1857. Svavel bestämdes med Leco-utrustning.

Tungmetaller bestämdes med atomabsorptionsspektrofotometer enligt ASTM 3683. Partikelstorleksfördelning bestämdes genom ultraljudsiktning i etanol.

Anm. Ultraljudsikten ej kalibrerad mot material med känd korngradering.

Resultat På vattenfritt prov

	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>
Oförbränt, %	69,8	66,4	65,4	68,3
Svavel, S, %	0,6	0,5	0,6	0,4
Bly, Pb, µg/g	45	55	51	48
Kadmium, Cd, µg/g	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Kvicksilver, Hg, µg/g	0,36	0,47	0,47	0,46
Nickel, Ni, µg/g	112	127	127	117

Partikelstorleksför-
 delning, passerande
 viktmängd genom sikt
 med fri maskvidd:

125 µm	92,8	95,1	94,4	93,9
75 µm	74,1	80,8	76,4	76,0
45 µm	54,6	62,4	56,8	57,2
20 µm	32,3	37,0	35,7	32,9
10 µm	23,3	27,1	27,3	23,7



National Testing Institute

STATENS PROVNINGSANSTALT

Datum/Our date

1984-09-07

Er datum/our date

Beteckning/Our reference

8420.293

Er beteckning/our reference

4

På prov inaskat vid 815 °C

Smältförlopp i oxi- derande miljö

- initial deformation temperature, IT, °C	1 560	1 570	1 560	1 560
- softening temp., ST, °C	1 600	1 600	1 600	1 600
- hemispherical temp., HT, °C	1 610	1 610	1 610	1 600
- fluid temp., FT, °C	>1 650	>1 650	>1 650	>1 650

Smältförlopp i redu- cerande miljö

- IT, °C	1 530	1 530	1 540	1 530
- ST, °C	1 560	1 570	1 570	1 550
- HT, °C	1 580	1 580	1 590	1 580
- FT, °C	1 600	1 610	1 610	1 600

KOLSLURRY

Föremål 4 prov kolslurry

Uppdrag Fukt, aska, elementaranalys, värmevärde och partikelstorleksfördelning.

Beteckning
 1. Slurry prov 1 m.v. 840523
 2. Slurry prov 2 840524
 3. Slurry prov 21.30 840524
 4. Slurry prov 4 840524

Metoder
 Ytfukt bestämdes genom torkning i luft vid 35 °C.
 Bunden fukt bestämdes genom torkning i kvävgas vid 105 °C. Askhalt bestämdes enl ISO 1171. Flyktiga ämnen bestämdes enl ISO 562.

Kalorimetriskt och effektivt värmevärde bestämdes enl ISO 1928. Svavel bestämdes med jonkromatograf på prov som förbränts i bomb. Tungmetaller bestämdes med atomabsorptionsspektrofotometer enl ASTM D 3693.

Kväve, kol och väte bestämdes med elementaranalysator. Partikelstorleksfördelning bestämdes genom ultraljudsiktning i etanol. Anm. Ultraljudsikten ej kalibrerad mot material med känd korngradering.

Resultat På prov i inlämningstillstånd

	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>
Total fukt, %	32,0	31,6	31,6	31,8
Aska, %	2,4	2,5	2,4	2,5
Svavel, S, %	0,52	0,57	0,57	0,50
Kalorimetriskt värmevärde, MJ/kg	23,46	23,59	23,64	23,56
Effektivt värmevärde, MJ/kg	21,88	22,02	22,07	21,96

COMMERCIAL TESTING & ENGINEERING CO.

GENERAL OFFICES: 1919 SOUTH HIGHLAND AVE., SUITE 210-B, LOMBARD, ILLINOIS 60148 • (312) 953-9300

WEST VIRGINIA DIVISION MANAGER
TOM BRAZEAU



PLEASE ADDRESS ALL CORRESPONDENCE TO
P.O. BOX 808, CHARLESTON, WV 25301
OFFICE TEL. (304) 925-6600

SOHIO ADVANCED FUELS TECH.
618 HERON DRIVE
BRIDGEPORT, NEW JERSEY
08014

AUGUST 31, 1984

Sample identification
by SOHIO ADVANCED FUELS TECH.

SAMPLE K-9
P.O. NO. 21-543-451

Kind of sample COAL
reported to us
Sample taken at --
Sample taken by SOHIO ADVANCED FUELS TECH.
Date sampled -----
Date received August 20, 1984 Analysis report no. 61-01299

PROXIMATE ANALYSIS			ULTIMATE ANALYSIS		
	As received	Dry basis		As received	Dry basis
Moisture	20.56	xxxxxx	Moisture	20.56	xxxxxx
Ash	2.92	3.67	Carbon	65.90	82.95
Volatile	28.59	35.99	Hydrogen	4.09	5.15
Fixed Carbon	47.93	60.34	Nitrogen	1.15	1.45
	100.00	100.00	Chlorine	0.47	0.59
Btu/lb.	11743	14781	Sulfur	0.58	0.73
Sulfur	0.58	0.73	Ash	2.92	3.67
Alk. as Na ₂ O	0.06		Oxygen (diff)	4.33	5.46
				100.00	100.00
SULFUR FORMS			MINERAL ANALYSIS OF ASH		
Pyritic Sulfur	N	R	Silica, SiO ₂	50.40	
Sulfate Sulfur	O	U	Alumina, Al ₂ O ₃	30.76	
Organic Sulfur	T	N	Titania, TiO ₂	1.86	
WATER SOLUBLE ALKALIES			Ferric oxide, Fe ₂ O ₃	8.01	
Na ₂ O	N O T		Lime, CaO	1.82	
K ₂ O		R U N	Magnesia, MgO	0.99	
FUSION TEMPERATURE OF ASH			Potassium oxide, K ₂ O	1.80	
Reducing		Oxidizing	Sodium oxide, Na ₂ O	0.50	
Initial Deformation	2700+ °F	2700+ °F	Sulfur trioxide, SO ₃	1.41	
Softening (H=W)	2700+ °F	2700+ °F	Phos. pentoxide, P ₂ O ₅	0.17	
Softening (H=1/2W)	2700+ °F	2700+ °F	Strontium Oxide, SrO	0.21	
Fluid	2700+ °F	2700+ °F	Barium Oxide, BaO	0.10	
% EQUILIBRIUM MOISTURE	xxxxxx		Manganese Oxide, Mn ₂ O ₃	0.00	
HARDGROVE GRINDABILITY INDEX	xxxxxx		Undetermined	1.97	
FREE SWELLING INDEX	xxxxxx				

Silica Value 82.33
Base: Acid Ratio 0.160
Fusion Temperature 2822

Fouling Index 0.08
Slagging Index 0.12

Respectfully submitted,
COMMERCIAL TESTING & ENGINEERING CO.

Edwin B. Snellings

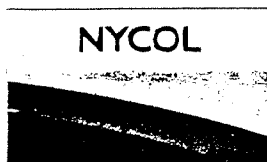
EDWIN SNELLINGS, Manager, Charleston Laboratory



Charter M...

Original Copy Watermarked
For Your Protection

OVER 40 BRANCH LABORATORIES STRATEGICALLY LOCATED IN PRINCIPAL COAL MINING AREAS.



MT . mw

Å F Energikonsult AB
Att: Erik Larsson
Box 8133
104 20 STOCKHOLM

Analysresultat på K 9 - produkt

Skickar som jag lovat analys på K 9 produkt analyserat i USA
av SOHIO, AFT.

Asksmältpunkten överensstämmer bra med det resultat Statens
Provningsanstalt erhöill. Studsviks analysresultat är felaktigt.

Vänliga hälsningar
NYCOL AB
Kolvatten

Mia Tossavainen

AF 00 01	
Ordernummer	Distribution
Besvarat/ datum/ signum	

Postadress:
NYCOL AB
Box 104, 140 42 Stora Vika

Besöksadress:
Vikavägen

Telefon:
0752-351 70

Telex:
17266 nycol s

Bankgiro:
449-6966
Sv. Handelsbanken

MT, ec

CAM-leveranser till Sundbyberg

Under perioden 8/3 - 23/5 1984 har CAM levererats från Nycols anläggning i Stora Vika till Sundbyberg.

Varje leverans har analyserats på TS-halt, pH samt Brookfieldviskositet.

Bifogat finns analys på renade kolet som använts till CAM samt analyserna på leveranserna.

- Bilaga 1. Analys på renade kolet K9
- Bilaga 2. CAM-leveranser till Sundbyberg
- Bilaga 3. Exempel på typisk partikelstorleksfördelning på ingående kolpulver

Coal analysis (Beneficiated coal analysed by Nycol)

<u>Coal quality</u>		<u>Analysed</u>	<u>As received</u>	<u>Dry</u>	<u>Dry and ashfree</u>
Surface moisture	%	17.4			
Residual moisture	%	0.9	0.7		
Total moisture	%		18.1		
Ash	%	3.5	2.9	3.5	
Volatiles	%	34.3	28.3	34.6	35.9
Fixed carbon	%		50.6	61.9	64.1
Calorific value cal	MJ/kg	34.01	28.09	34.32	35.58
eff	MJ/kg		26.77	33.23	34.45

Elementary analysis

C	%	81.5	67.3	82.2	85.3
H	%	5.2	6.2	5.1	5.3
N	%	1.3	1.1	1.3	1.4
O	%	7.7	21.8	7.0	7.2
S	%	0.79	0.65	0.80	

Sulphur forms

Sulphate	%	0.013	0.011
Pyritic	%	0.09	0.07
Organic	%	0.69	0.57

Ash composition

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Li ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂	SO ₃
%	51.7	30.6	7.9	1.84	0.84	0.84	2.90	0.06	0.11	1.83	0.60

Ash fusion (Reducing atm)

Softening	°C	1100
Half sphere	°C	1480
Fluid	°C	1500

MYCOL

1984-06-05

MT, ec

CAM-leveranser till Sundbyberg

Datum	Lev	Brookfield 1, 10, 100 rpm	TS%	pH
84-03-08		4.500 1.700 980	68.0	8.6
84-03-20	I	34.300 6.700 2.600	68.7	9.0
	II	18.500 - 3.800 1.600	68.2	9.0
84-03-21		24.000 4.700 1.500	68.3	8.9
84-03-22		-	-	-
84-03-23-		21.000 4.300 1.800	68.3	8.8
84-03-26	I	4.500 2.000 1.300	68.4	8.8
84-03-27	I	3.800 1.600 1.300	68.7	8.7
	II	3.300 1.800 1.400	69.4	8.7

Datum	Lev	Brookfield	TS%	pH
		1, 10, 100 rpm		
84-03-28	I	3.700	69.2	8.5
		1.900		
		1.700		
	II	3.800	68.8	8.7
		1.800		
		1.400		
84-03-29	I	4.900	68.9	9.1
		2.300		
		1.600		
	II	5.700	68.8	9.1
		2.400		
		1.600		
84-04-02		10.000	68.3	8.9
		3.200		
		1.900		
84-04-03	I	2.500	68.7	8.6
		1.400		
		1.100		
	II	5.400	69.2	8.3
		3.000		
		2.000		
84-04-04	I	4.800	69.0	9.0
		2.600		
		1.900		
	II	4.800	68.9	9.5
		2.800		
		2.400		
84-04-05		3.300	69.0	9.0
		2.000		
		1.600		
84-04-06		9.000	69.1	8.5
		4.200		
		2.500		

Datum	Lev	Brookfield	TS%	pH
		1, 10, 100 rpm		
84-04-07		9.700	69.1	9.1
		4.900		
		3.000		
84-04-08		30.800	69.4	9.4
		8.800		
		3.400		
84-04-09	I	13.000	68.9	9.3
		4.200		
		2.300		
	II	4.100	68.9	9.3
		2.200		
		1.600		
84-04-10		8.200	67.7	9.7
		2.900		
		1.100		
84-04-11			68.6	9.6
84-04-12	I	4.700	68.8	8.7
		2.200		
		1.600		
84-04-24	I	1.500	69.7	9.2
		2.000		
		1.100		
	II	1.500	69.1	9.2
		1.150		
		1.200		
84-04-25	I	1.400	69.3	9.0
		900		
		900		
	II	1.800	68.9	9.1
		1.100		
		1.000		
	III	1.700	69.0	8.9
		1.200		
		1.200		

Datum	Lev	Brookfield	TS%	pH
		1, 10, 100 rpm		
84-04-26	I	1.800	69.4	8.8
		1.100		
		1.000		
	II	1.900	69.4	9.0
		1.200		
		1.200		
84-05-02		2.700	68.7	9.0
		1.500		
		1.200		
84-05-03	I	2.600	69.5	8.9
		1.700		
		1.500		
	II	2.100	69.2	9.4
		1.400		
		1.300		
84-05-04		1.700	69.2	9.8
		1.200		
		980		
84-05-09	I	3.600	69.0	9.7
		2.100		
		1.700		
	II	2.400	69.0	9.4
		1.600		
		1.400		
84-05-10	I	2.000	68.7	9.2
		1.300		
		1.200		
	II	1.800	68.5	9.8
		1.200		
		1.200		
84-05-11	I	2.200	69.1	9.4
		1.600		
		1.500		
	II	1.500	68.7	9.0
		1.100		
		1.000		

Datum	Lev	Brookfield	TS _%	pH
		1, 10, 100 rpm		
84-05-14		2.200	68.7	9.0
		1.500		
		1.200		
84-05-15	I	2.100	68.5	8.3
		1.400		
		1.200		
	II	2.300	68.7	8.3
		1.600		
		1.300		
84-05-16	I	2.000	67.9	8.2
		1.300		
		1.000		
	II	1.500	68.1	8.5
		1.100		
		1.000		
84-05-17	I	1.500	69.2	8.9
		1.100		
		1.000		
	II	2.000	69.5	8.5
		1.400		
		1.300		
84-05-18	I	1.200	68.4	9.3
		1.000		
		1.000		
	II	1.600	68.4	9.5
		1.200		
		1.200		
	III	1.600	68.5	9.7
		1.300		
		1.200		
84-05-22	I	1.500	69.2	8.6
		1.100		
		1.100		
	II	2.000	69.1	9.0
		1.300		
		1.400		

Datum	Lev	Brookfield	TS%	pH
		1, 10, 100 rpm		
84-05-23	I	1.700	69.2	9.6
		1.200		
		1.200		
	II	1.400	69.1	9.4
		1.000		
		1.000		

Exempel på typisk partikelstorleksfördelning på ingående kolpulver.
Analyserad på Microtrac.

μm	% passerande $\pm 2\%$
300	100
212	97
150	94
106	85
75	72
53	60
38	43
27	34
19	26
13	18
9.4	13
6.6	7
4.7	3

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

- Kraftverksföreningens utvecklingsstiftelse, VAST
- Statens Vattenfallsverk
- Studsvik Energiteknik AB
- Svenska Cellulosa- och Pappersbruksföreningen/Ångpanneföreningen
- Svenska Gasföreningen
- Svenska Värmeverksföreningen
- Tillverkande Industri

Värmeforsk samarbetar med Statens Råd för Byggnadsforskning (BFR), Statens Energiverk och Styrelsen för Teknisk Utveckling.