VÄRMEFORSK

STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING

Utsläpp av oförbrända kolväten vid biobränsleeldning

Mona Olsson
Eva-Marie Persson

BRÄNSLETEKNIK 410

Utsläpp av oförbrända kolväten vid biobränsleeldning

Mona Olsson
Eva Marie Persson

STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING
BOX 6405 • 113 82 STOCKHOLM • TEL. 08/34 09 80
Oktober 1991
ISSN 0282-3772

PROJEKT B1-043

UTSLÄPP AV OFÖRBRÄNDA KOLVÄTEN VID BIOBRÄNSLEELDNING

Mona Olsson
Eva Marie Persson

UTSLÄPP AV OFÖRBRÄNDA KOLVÄTEN VID BIOBRÄNSLEELDNING

SAMMANFATTNING

Utredningar och mätningar av utsläpp av kolväten från biobränsleeldade anläggningar större än 1 MW har studerats för att klarlägga mängder och typ av kolväteutsläpp samt bränslets och förbränningsteknikens inverkan på emissionerna.

I rapporten redovisas mätningar från ett antal olika anläggningar eldade med olika biobränslen och torv. Inga direkta jämförelser mellan analysresultaten har kunnat göras då det dels är relativt få mätningar som har utförts och dels p g a att mätningarna är utförda under varierande förhållanden och provtagnings- och analysförfarandet ofta inte är fullständigt dokumenterade i referensmaterialet. Få utredningar av utsläpp från pannor i storleksintervallet 1-10 MW har utförts.

Utsläpp av oförbrända kolväten är starkt anläggnings- och teknikberoende. Större tillfälliga utsläpp från pannor större än 1 MW förekommer exempelvis vid uppstart, driftstörningar eller på grund av ojämn bränslekvalitet. För att minimera utsläppen är det viktigt att styra förbränningsprocessen på ett effektivt sätt, samt att använda ett bränsle av jämn kvalitet.

Rapporten redovisar också provtagnings- och analysförfaranden vid mätning av utsläpp av oförbrända kolväten.

KEYWORDS; Hydrocarbons, Volatile Organic Compounds, Polyaromatic Hydrocarbons, Benso-a-pyrene, Combustion, Emissions, Biofuels, Peat, Wood, Chips, Analysis, Flue gases

EMISSIONS OF HYDROCARBONS FROM COMBUSTION OF BIOFUELS

SUMMARY

Evaluations and measurements of emissions of hydrocarbons from power plants with a capacity exceeding 1 MW using biofuels (woodfuel and peat) have been studied in order to identify and quantify the emissions of incompletely combusted hydrocarbons. The influence of the type of fuel and the combustion technology applied were also to studied, using litterature references.

The report summarizes monitoring results from a number of plants using biofuels. The reported emissions from the different plants can not be compared as they are realatively few and the test results have been obtained under various conditions using different methods of testing and analysis. The methods used are often poorly documented in the studied reports. Few investigastions of emissions of hydrocarbons from plants in the range of 1 to 10 MW have been carried out.

The plant and the technology used are important factors determining the amount and type of emissions of hydrocarbons. Larger temporary emissions can occur during start up, operational disturbances or when using fuel of inhomogenous quality. In order to minimize the emissions the combustion process must be efficiently controlled, and a fuel of a homogenous quality must be used.

The report also summarizes sampling and analysis methods used for monitoring emissions of hydrocarbons.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

		Sid
1	INLEDNING	1
2	BAKGRUND	2
2.1	Användning av biobränslen i Sverige	2
2.2	Lagstiftning och utsläppsbegränsningar	2
2.3	Kolväteutsläpp från förbränning av biobränslen – egenskaper och effekter	3
2.4	Halter i omgivningsmiljön	5
2.5	Förbränning av fasta bränslen	7
2.6	Faktorer som styr emissioner av organiska ämnen	10
3	KARTLÄGGNING AV MÄNGDER OCH TYP AV UTSLÄPP	11
3.1	Emissioner från biobränsleeldning	11
3.2	Förbränningsteknikens betydelse för kolväteutsläppen	16
3.3	Lufttillförselns och temperaturens betydelse för kolväteutsläppen	19
3.4	Bränslets betydelse för kolväteutsläppen	20
4	MÄTTEKNIK	29
4.1	Provtagning	30
4.2	Analys	32
5	BEHANDLING AV MÄTRESULTAT	35
5.1	Allmänt	35
5.2	Studerat material	37
6	DISKUSSION	38
7	FORTSATTA STUDIER	39

BILAGOR

1. Litteratursökning – använda sökprofiler

2. Exempel på utsläppsbegränsningar i tillstånd för biobränsleeldade anläggningar i USA.

3. Analys av emissioner av polyaromatiska kolväten från två fliseldade pannor.

4. Sammanfattningar av referensmaterial

1 INLEDNING

Utsläpp av oförbrända kolväten vid energiomvandling kan orsaka betydande miljöproblem. Vissa kolväten bildar tillsammans med kväveoxider oxidanter som ger skador på växter och grödor. Många kolväten orsakar cancer och andra hälsoproblem. Inför en eventuell ökad användning av biobränslen i Sverige är det viktigt att ha kännedom om utsläppen och effekternas omfattning. Det är också viktigt att kartlägga användning av olika mätmetoder och deras tillförlitlighet. Denna rapport syftar därför till att sammanställa befintlig kunskap om utsläpp och analys av kolväten i samband med förbränning av biobränslen för att identifiera områden där ytterligare studier krävs.

Utsläpp av oförbrända kolväten från förbränning av biobränslen i mindre pannor har undersökts i många olika utredningar de senaste åren. Denna rapport syftar till att klarlägga mängder och typer av kolväteutsläpp från anläggningar större än 1 MW. Som underlag har tidigare utredningar granskats. En litteraturstudie har utförts för att samla in material (se bilaga 1).

Rapporten sammanställer tidigare undersökningar som har utförts på området. Undersökningarnas resultat framställs dels i form av allmänna resonemang kring förbrännings- och bränsletekniska orsaker till utsläpp av kolväten, dels i form av specifika mätresultat från olika undersökningar. Det bör påpekas att de flesta av undersökningarna som rapporten grundas på, är mellan 5 och 10 år gamla. Det innebär att det i vissa fall är äldre teknik som refereras. Tyvärr har mycket få undersökningar utförts på detta område, speciellt vad avser större pannor. Statens Provningsanstallt håller för närvarande på att genomföra ett provprogram på pannor med effekter från 0,5 till 10 MW. Undersökningen kommer att ge mer information om kolväteutsläppen från pannor i den storleksordningen.

I denna rapport syftar begreppet biobränsle på torv, helved, flis, skogsavfall, halm och energiskog.

2 BAKGRUND

2.1 Användning av biobränslen i Sverige

1987 användes ca 33 TWh skogsrester, industriella biprodukter (lutar ej medräknade) samt torv i det svenska energisystemet. Detta motsvarar ca 7 % av den svenska energitillförseln. Ca 12 TWh används för uppvärmning i småhus. Resterande mängd används främst inom trävaruindustrin och på fjärrvärmeverk. Under 80-talet ökade användningen främst inom fjärrvärme och den träanvändande industrin. Inom fjärrvärmesektorn har forskning och utveckling inneburit att nya bränslen har introducerats (torv, flis, avfall). En fortsatt utveckling kan innebära att ny bränsleproduktion inleds, exempelvis av jordbruksgrödor och rötgas (1).

Ca 100 biobränsleeldade (trädbränsle och torv) pannor används i Sverige för fjärrvärmeproduktion. Ca hälften av dessa har en effekt av 10 MW eller lägre (2).

2.2 Lagstiftning och utsläppsbegränsningar

Några allmänna utsläppsbegränsningar för kolväten från förbränning finns idag inte i Sverige för de pannor som rapporten behandlar (>1 MW). För villapannor gav dock boverket ut nybyggnadsregler 1988. Enligt dessa regler får utsläppen av tjära från nykonstruerade villapannor ej överstiga 30 mg/MJ i tätorter. Detta innebär i vissa fall en reduktion på mer än 95% jämfört med konventionella pannor. Eftersom förbränningen är bättre minskar också utsläppen av flyktiga organiska ämnen.

I USA tar man ofta hänsyn till kolväteutsläppen vid utfärdande av ett tillstånd enligt miljölagstiftningen för användande av förbränningsanläggningar. I tillståndet anges då en maximal tillåten utsläppsmängd samt den teknik som krävs för att klara denna gräns. Bilaga 2 visar några exempel på utfärdade tillstånd.

Naturvårdsverket föreslår inom ramen för det tredje aktionsprogrammet mot luftföroreningar (LUFT 90), att utsläpp av flyktiga kolväten från energiproduktion skall reduceras genom att individuell eldning begränsas. Detta skall ske genom en övergång till gemensamma uppvärmningssystem. Individuell eldning med fasta bränslen bör inte förekomma i de mest tätbebyggda områdena. Pannor som uppfyller tidigare beskrivna miljökrav från boverket skall installeras där individuell eldning används (3). Enligt miljöpropositionen 1990/91:90 (4) skall förutsättningarna för att minska utsläppen från villappannor undersökas. Man vill då analysera möjligheterna att införa positiv miljömärkning, överväga system för obligatoriskt typgodkännande,

system med utsläppsdeklaration och åtgärder som leder tillbättre drift och underhåll. Inga åtgärder har föreslagits för pannor större än 1 MW.

I en nyligen antagen nordisk handlingsplan mot luftföroreningar anges som övergripande mål att utsläpp av flyktiga organiska ämnen skall minskas med 50 % jämfört med 1988 års utsläpp före år 2005. I miljöpropositionen 1990/91:90 (24) anges som mål att utsläppen av flyktiga organiska ämnen skall minska med 50% jämfört med 1988 års nivå före år 2000. Inom ramen för arbetet under konventionen mot gränsöverskridande luftföroreningar diskuteras ett protokoll om begränsning av utsläppen av flyktiga organiska ämnen. Sverige har tillsammans med Nederländerna och Frankrike föreslagit att utsläppen av sådan ämnen skall reduceras med minst 30 % före 1999 jämfört med 1987 (5).

2.3 Kolväteutsläpp från förbränning av biobränslen – egenskaper och effekter

Kolväteutsläpp som uppstår vid biobränsleeldning består av en mycket komplex blandning av organiska ämnen. Emissionerna består dels av svårflyktiga ämnen – tjära och dels av flyktiga organiska ämnen. Tjäran innehåller bland annat polycycliska organiska kolväten och fenoler. Polycykliska aromatiska kolväten kan även finnas i den flyktiga andelen av emissionerna.

2.3.1 Flyktiga organiska ämnen (VOC)

Kolväten och andra organiska föreningar i luft är en mycket heterogen grupp av ämnen som både kan påverka människors hälsa och som bidrar till oxidantbildning. Beteckningen "flyktiga organiska ämnen" innefattar organiska föreningar som även innehåller andra grundämnen än kol och väte och det är därför en bredare beteckning än "Flyktiga kolväten" (5). Gruppen innefattar både alifatiska och aromatiska kolväten.

2.3.2 Svårflyktiga ämnen – POM och PAH

Svårflyktiga kolväten transporteras i rökgaserna som aerosoler eller bundna till partiklar. Tjära – kondenserbara organiska föreningar – innefattar bland annat polycykliska organiska föreningar (på engelska; polycyclic organic matter POM) och fenoler. Många svårflyktiga, polycykliska föreningar är mutagena och mycket små mängder kan ge betydande hälsoeffekter.

Beteckningen polycykliska organiska föreningar innfattar samtliga föreningar med mer än 2 kondenserade aromatiska ringar. Den

aromatiska ringstrukturen kan innefatta andra grundämnen än kol och den kan också vara försedd med så kallade funktionella grupper, t ex nitro–, sulfonsyra och aminogrupper. Föreningarna, som generellt är svårflyktiga, finns och sprids främst bundna till partiklar. Halterna är oftast mycket låga men många av föreningarna i gruppen har i gengäld mycket hög toxicitet. Ämnena bildas främst vid förbränning och upphettning.

Polycykliska aromatiska kolväten (på enegelska polycyclic aromatic hydrocarbons – PAH) är en undergrupp till POM. Gruppen innefattar bara ämnen som består av kol och väte. Många PAH är starkt mutagena och har därför studerats mycket ingående. Benzo–a–pyren (BaP) är starkt cancerogen. Dess förekomst och effekter har studerats mycket (6 och 7).

I bilaga 3 redovisas en analys av några typer av PAH som kan bildas vid förbränning av biobränsle (17).

Vid rumstemperatur och vid atmosfärstryck är PAH i fast form. Kokpunkten varierar från 218 °C till 600 °C. PAH sprids oftast bundna till partiklar. Många PAH är också relativt stabila varför de kan transporteras mycket långt från utsläppskällan. På grund av stabiliteten anrikas de också i näringskedjan.

2.3.3 Hälsoeffekter

Ett flertal POM och PAH kan förorsaka cancer hos människan. I samband med analys av rökgaserna utförs ibland ett prov för att fastställa rökgasernas mutagenicitet.

Även flyktiga organiska ämnen kan innebära hälsorisker. I en rapport från Statens Naturvårdsverk försöker man göra en bedömning av hälsoeffekter – särskilt cancerrisker av en ökad användning av biobränslen. Eten ger, enligt denna bedömning, vid en genomsnittlig koncentration i luften av 1 ppb en cancerrisk av ca 1,5 x 10^{-6}/år. Etenkoncentrationen i Sverige har uppskattats till 10 a 20 ppb. Detta innebär att 200 cancerfall per år kan vara förorsakade av eten (uppskattningen är dock osäker med minst en faktor 3) (8).

2.3.4 Oxidantbildning

Flyktiga kolväten ger tillsammans med kväveoxider och solljus upphov till bildningen av fotokemiska oxidanter. Dessa ger i sin tur upphov till skador på växter och grödor och kan dessutom ge vissa hälsoeffekter. Beroende på kolvätenas reaktionsbenägenhet begränsas oxidantbildningen och därmed skadorna till olika områden. Reak–

tionströga kolväten ger oxidantbildning över stora regioner då de hinner spridas långt. Reaktiva kolväten ger en lokalt begränsad oxidantbildning. Eten är ett exempel på ett relativt reaktivt kolväte medan bensen är mer reaktionströgt.

Den mest dokumenterade oxidanten i luft är ozon. Många andra oxidanter förekommer, men är svårare att detektera.

Växtskadorna karaktäriseras av att blad faller av och att tillväxten minskar. I Sverige beräknas det marknära ozonet reducera skördarna av vårvete och havre med ca 10%

2.4 Halter i omgivningsmiljön

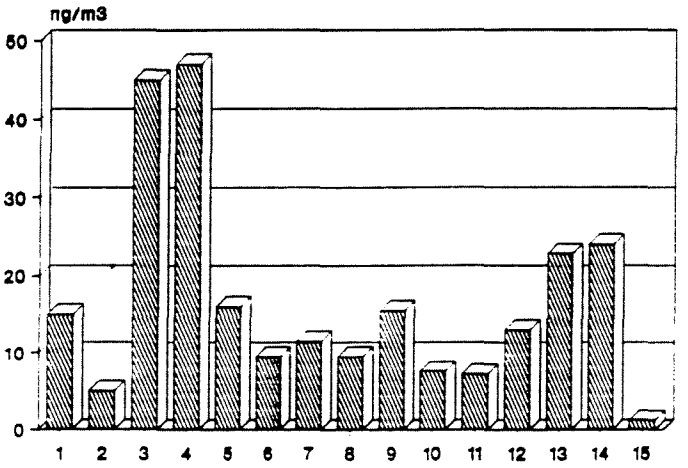
I figur 2.1 och 2.2 anges koncentrationen av några viktiga flyktiga och svårflyktiga organiska luftföroreningar i tätorten. Ämnena emitteras från trafik och förbränning och är inte specifika för biobränsleeldning. En stor källa till PAH i tätortsluft är, som tidigare nämnts, trafik. Av ämnena som presenteras i figur 2.2 härrör exempelvis en stor mängd fenantren, fluoranten, pyren, benso(g,h,j)perylen och coronen från diesel- och bensinavgaser. Samtliga föreningar kan dock även uppstå vid biobränsleeldning.

De dominerande utsläppen av flyktiga organiska ämnen i Sverige kommer från biltrafiken och i viss mån från användning av lösningsmedel. Tabell 2.1 visar utsläpp av flyktiga organiska ämnen i Sverige (3).

ÄMNE	TOTALT (pmol/m^3)	PARTIKELBUNDET (pmol/m^3)
Eten (10 ppb)	400 000	0
Propen	130 000	0
NO_x	ca 10^7	0
Formaldehyd	85 000	0
Bensen	100 000	0
Fluoranten	600	30
1-Metylfenantren	400	$\leq$ 20
9-Metylfenantren	400	$\leq$ 20
Benso(a)pyren		4

Figur 2.1 Koncentrationer av några viktigare luftföroreningar i tätorter. Värdena har beräknats för den nivå som svarar mot 10 ppb eten (9)

Concentrations of some common air contaminants in city air. The values have been calculated to the level that corresponds to 10 ppb ethene.



Figur 2.2 Halter av några PAH i tätortsluft (9)

Concentrations of some PAH in city air.

1) Fenantren, 2) Antracen, 3) Fluoranten, 4) Pyren,
5) Benso(g,h,j)fluoranten, 6) Cyklopenta(c,d)pyren,
7) Benso(a)antracen, 8) Chrysen,
9) Benso(b,k)fluoranten, 10) Benso(e)pyren,
11) Benso(a)pyren, 12) Indeno(c,d)pyren,
13) Benso(g,h,j)perylen, 14) Coronen,
15) svavel-PAH

Utsläppskälla	1988
Vägtrafik	200
Övrig trafik	55
Energiproduktion	90
Bensindistribution	22
Industriell användning av lösningsmedel	59
Icke-industriell användning av lösningsmedel	46
Industriella processutsläpp	30
Summa	502

Tabell 2.1 Antropogena (av mänskligt ursprung) utsläpp av flyktiga organiska ämnen i Sverige (metan ej inräknat) 1000 ton (5, 10)

Emissions of volatile organic compounds from human activities in Sweden (methane emissions are not included) 1000 tons.

2.5 Förbränning av fasta bränslen

Fullständig förbränning av ett fast bränsle ger som slutprodukter koldioxid, vattenånga, kväve och aska.

Trä, torv och halm består av;

- flyktiga beståndsdelar
- "fast" kol (char)
- fukt
- aska (oorganiskt material)

De båda första beståndsdelarna utgör tillsammans de brännbara delarna. Andelen flyktiga beståndsdelar är viktig för förbränningsförloppet som på grund därav ofta brukar delas in i olika temperaturberoende

faser enligt figur 2.3

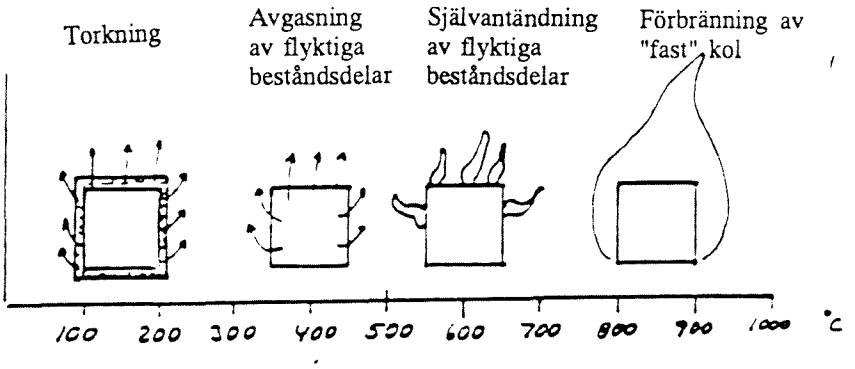
För ett fast bränsle inleds förbränningsförloppet med en torkningsfas upp till cirka 200 °C. Vid 350 °C börjar de flyktiga beståndsdelarna att drivas ut och vid 550 °C självantänds de avdrivna gaserna. Det kvarvarande kolet (charen) brinner sedan i fast tillstånd från cirka 800 °C. I tabell 2.2 redovisas värmevärde, fukthalt, askhalt samt andel flyktiga beståndsdelar för halm, trä, och torv.

Halm, trä och torv har hög andel flyktiga beståndsdelar (60–80% räknat på brännbar substans) Detta påverkar förbränningsförloppet i hög grad. Intensiv avgasning av de flyktiga beståndsdelarna kan göra att syre ej kommer i kontakt med den brännbara substansen.

Vid ojämn bränslekvalitet, dålig luft/bränsle omblandning, för låg temperatur eller för kort uppehållstid, förbränns inte alltid allt organiskt material. De flyktiga kolvätena som inte förbränns kan reagera i zoner med luftunderskott och bilda tyngre polycykliska föreningar (exempelvis PAH). Vissa undersökningar tyder på att bildningen av BaP har ett maximum vid 700 °C. Man kan anta att denna temperaturnivå även gynnar bildningen av andra liknande ämnen.

Vid ofullständig förbränning kan även polycykliska föreningar i bränslet passera ut med rökgaserna som PAH utan att brytas ned.

Utsläpp av kolväten består alltså i korthet av oförbränt bränsle i rökgaserna samt av reaktionsprodukter från förbränning vid för låg temperatur, för kort uppehållstid eller vid luftunderskott. Det oförbrända materialet består antingen av svårflyktiga föreningar som avgått direkt från bränslet eller av flyktiga beståndsdelar som inte har förbränts.



Figur 2.3 Förbränningsförloppets temperaturberoende faser (11).

The temperature dependent phases of the combustion process.

Bränsle	Brännbar substans effektivt värmevärde		Vid normala fukt- och askhalter		
	MJ/kg TS	halt flyktiga beståndsdelar	fukthalt %	askhalt %	effektivt värmevärde MJ/kg bränsle
Trä	18–19	60–80	45	0,5	12
Frästorv	20–21	50–70	50	6,0	11
Halm	18–19	70–90	16	6,0	16
Stenkol	27–33	4–40	8	8,0	28
Olja	40–44		–	–	42

Tabell 2.2 Data för trä, torv och halm (stenkol och olja för jämförelse) (11,12).

Some data for wood, peat and straw (data for mineral coal and oil are included for comparison).

2.6 Faktorer som styr emissioner av organiska ämnen

Utsläpp av kolväten sker vid alla typer av förbränning. Mängd och typ av föreningar som bildas bestäms dock av ett antal olika faktorer, bland annat

- bränslets kemiska och fysikaliska form
- förbränningsrummets utformning
- förbränningstemperaturen
- lufttillförsel
- förbränningstiden

Grundläggande för all förbränningsteknik är att vissa givna förutsättningar måste uppfyllas för att åstadkomma en fullständig förbränning. Dessa brukar populärt benämnas 3T och innefattar temperatur, tid och turbulens.

För att åstadkomma en fullständig förbränning krävs rätt temperatur på rätt plats i förbränningsrummet, tillräckligt lång uppehållstid för förbränningsgaserna i respektive förbränningszon samt tillräcklig omblandning av förbränningsgaserna. I praktiken är det dock mer eller mindre omöjligt att helt eliminera emissioner av organiska ämnen. Det gäller för all typ av förbränning.

God styrning och reglering av förbränningsprocessen är viktig för att en så optimal förbränning som möjligt skall erhållas. Detta kan innebära förhållandevis höga kostnader, speciellt för mindre anläggningar. En jämn bränslesammansättning (fukthalt t ex) är också viktig för att en så optimal förbränning som möjligt skall kunna erhållas.

Kolväte- och CO-emissionerna följs i allmänhet åt, dvs försämrade förbränningsbetingelser ökar både CO- och kolväteemissionerna. Vissa förhållanden som ger höga CO-emissioner ger dock inte nödvändigtvis höga kolväteemissioner.

3 KARTLÄGGNING AV MÄNGDER OCH TYP AV UTSLÄPP

3.1 Emissioner från biobränsleeldning

Nedan följer en sammanställning av mätresultat och iakttagelser som har framkommit i det underlagsmaterial som har studerats. Då mätningarna är relativt få och dessutom är utförda på mycket skiftande system under skiftande förhållanden dras inga generella slutsatser av materialet. Resultatet framställs istället i allmänna termer och presenteras uppdelat dels på undersökningar utförda på olika panntyper, dels på undersökningar utförda vid förbränning av olika bränslen. På detta sätt redovisas flera mätresultat på flera platser. I bilaga 4 sammanfattas mätreslutat från de olika undersökningarna i tabeller. Utdrag från dessa tabeller presenteras i några stapeldiagram i den följande texten för att göra mätresultaten mer lättåskadliga. Bilaga 4 innehåller också korta sammanfattningar av de studerade undersökningar. En del av det studerade materialet är hämtat från tidigare sammanfattande rapporter på området. En överblick av de resultat som presenteras visar att många av undersökningarna är mellan 5 och 10 år gamla samt att relativt få undersökningar är utförda på pannor i storleksordningen 1- 10 MW.

3.1.1 Sammanställningar av utsläppens storlek

Mindre pannor ger oftast större utsläpp av kolväten än vad större pannor med bättre driftstyrning, underhåll och jämnare bränslekvalitet ger. Tillfälligt höga utsläpp från dessa pannor erhålls exempelvis vid uppstart, instabil drift och ojämn bränslekvalitet.

En tidigare rapport från Stiftelsen för Värmeteknisk forskning (13) redovisar mätresultat av totala kolvätehalten (THC) vid ved och torveldning som varierar mellan 0,3 och 20 000 ppm. Redovisade koloxidhalter ligger mellan 45 och 20 000 ppm. Mätningarna innefattar även sådana utförda på pannor mindre än 1 MW. Man konstaterar ett samband mellan halterna av dessa ämnen och eldstadstemperatur, pannbelastning, typ av bränsle, sekundärluftsandel och av jämn eller ojämn förbränning.

Rapporten redovisar också några mätningar av BaP på pannor i olika storlekar. Dessa redovisas i figur 3.1 nedan. Andra källor som refereras i rapporten redovisar halter av BaP som är 1000–10 000 gånger högre. Dessa referenser rör dock främst villapannor och kaminer.

Panna 1, 30 MW, Flis

<0.022-0.5 µg/nm^3
<0.012-0.26 µg/MJ

Panna 2, 125 MW, Torv

<0.0016 µg/nm^3
<0.0004 µg/MJ

Figur 3.1 Mätningar av BaP på två olika pannor (Panna 1; Axon cyklonförugn, Panna 2; Ahlströmpanna(13)

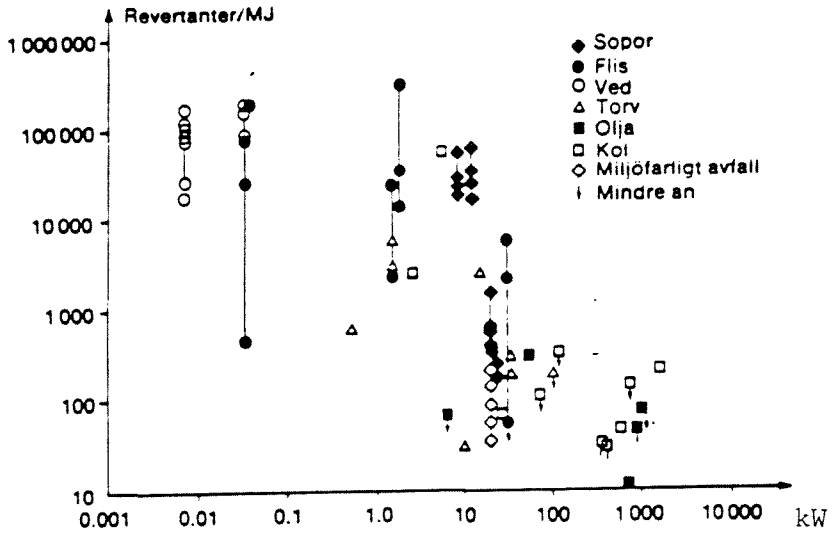
Emissions of BaP from two differernt boilers (No.1 Axon cyclone-type furnace, No 2; Ahlström boiler)

Utsläpp av organiska ämnen är normalt låga från moderna, medelstora och stora fastbränsleeldade anläggningar (> cirka 20 MW), om dessa har en god processtyrning/driftkontroll och god rökgasrening. Tjärhalten i rökgaserna är oftast <1 mg/MJ och halten PAH <1 ug/MJ. Som en jämförelse kan nämnas att i små konventionella anläggningar för torv- och vedeldning (<1 MW) kan utsläppen vara höga – cirka 50–500 mg tjära/MJ och 1 000–10 000 ug PAH/MJ. Nyare anläggningar klarar dock i allmänhet gränsvärdet 30 mg tjära/MJ. Lika stora utsläpp av tjära som förekommer i många äldre pannor under 1 MW, kan förekomma i vissa anläggningar på 1–10 MW (14). Höga utsläpp från dessa pannor är speciellt troligt vid ojämn bränslekvalitet och bristande processtyrning och driftkontroll.

Mängden mutagena substanser, tjära och BaP i rökgaserna från några olika förbränningssystem sammanställs i figur 3.2, 3.3 och 3.4. I figurerna ingår även exempel på pannor under 1 MW. Figurerna visar att utsläppen minskar med ökad pannstorlek.

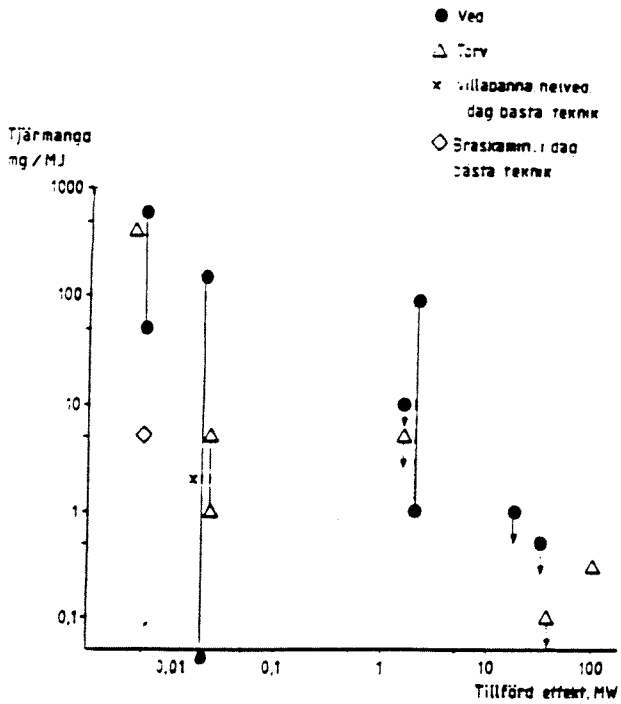
Faktorer som systemets långtidsstabilitet, bränslekvalitet, individuella driftrutiner på olika anläggningar, reglerutrustning, processtyrning samt underhåll kan i hög grad påverka förbränningseffektiviteten – och därmed också emissionerna av oförbrända komponenter.

Erfarenhetsmässigt kan även mycket små förändringar i driftsbetingelserna ge mycket stora förändringar i emissionerna av PAH och mutagena substanser. Likaså kan även mycket kortvariga tillfälliga processtörningar svara för huvuddelen av PAH-emissionerna (10).



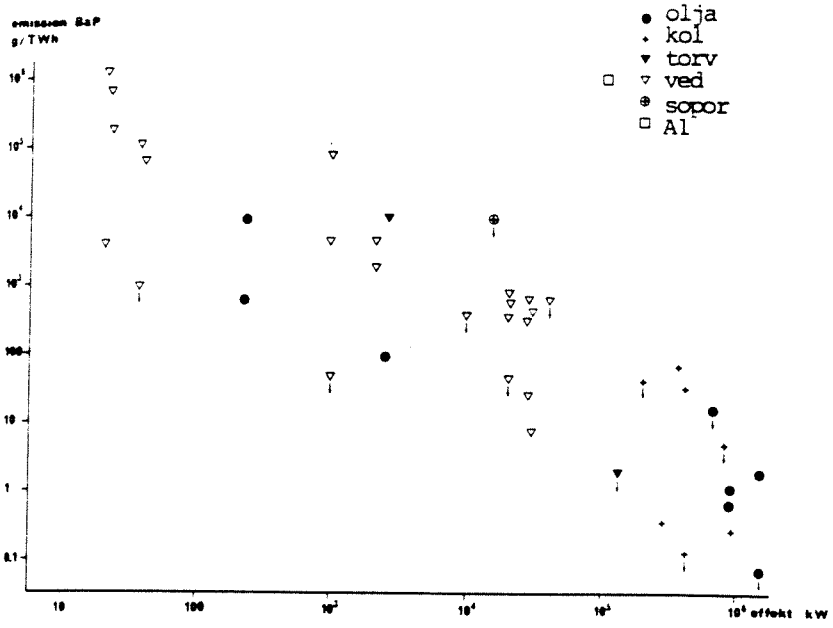
Figur 3.2 Utsläpp av mutagena substanser från olika svenska förbränningsanläggningar. Mutageniciteten i revertanter/MJ tillfört bränsle har avsatts mot anläggningsstorleken (panneffekt) (8).

Emissions of mutagenous compounds from some Swedish power plants. The mutagenicity is presented in relation to the size of the plant.



Figur 3.3 Utsläpp av organiska ämnen från förbränning av ved och torv. Mängd på partiklar och i kondenserbara gaser (14).

Emissions of organic compounds from combustion of wood and peat (amount of compounds on particles and in condensable gas)



Figur 3.4 Utsläpp av BaP från förbränning av några olika bränslen (7).

Emissions of BaP from combustion of oil, coal, peat,wood and waste.

3.1.2 Emissionernas uppskattade bidrag till omgivningens halter

Stor osäkerhet råder vad gäller storleksordningen på utsläpp av flyktiga organiska ämnen, s k VOC, från energisektorn. Det underlag som hitills legat till grund för en uppskattning av utsläppen är bristfälligt.

Den största utsläppskällan från energisektorn är småskalig vedeldning. Statens Provningsanstalt har på uppdrag av Statens Energiverk genomfört provtagningar på tre villapannor som uppfyller miljökravet (30 mg tjära/MJ bränsle) samt på en konventionell panna med högre utsläpp. Vid provtagningen har man bl a mätt 11 stycken VOC. Mätningarna har visat att de emissionsfaktorer som har använts tidigare för att beräkna VOC-utsläppen från småskalig vedeldning är alldeles för låga och att det antagna totala utsläppet av VOC från energisektorn, som publicerats i rapporten "Strategi för flyktiga organiska ämnen" (utgiven av SNV), på ca 48 000 ton/år 1988 i verkligheten är betydligt högre. Utifrån mätningarna ger en preliminär uppskattning ett utsläpp som är minst dubbelt så stort.

Statens Provningsanstallt har fortsatt provtagningarna med mätningar på pannor i intervallet 0,5-10 MW. Före en utvärdering av dessa mätningar är det inte meningsfullt att ange en noggrann storleksordning på utsläppen av VOC från dessa typer av anläggningar

I en modellberäkning (14) som syftar till att framställa det relativa bidraget av luftföroreningar från olika källor har bidraget av organiska ämnen från fjärrvärme- och kraftproduktion utvärderats. Modellberäkningen framställde energiscenarier i två svenska modellstäder. Den totalt installerade panneffekten uppgick till 120 MWv samt 25 MWe varav 75/25 MWv/MWe var fastbränsleanläggningar. Det maximala bidraget av BaP och summan av tio PAH beräknades till <0,1 ng/m3 respektive <2 ng/m3. Detta är under bakgrundsvärdena i icke-tätorter. Vid utbredd vedeldning i ett villaområde skulle PAH-halterna i omgivningsluften kunna uppgå till 40-200 ng/m3 under vinterhalvåret enligt samma beräkning. Av betydelse i dessa beräkningar är naturligtvis pannornas funktion och storlek, meteorologiska förhållanden samt i fjärrvärmeexemplet, skorstenshöjden.

3.2 Förbränningsteknikens betydelse för kolväteutsläppen

3.2.1 Pulvereldning

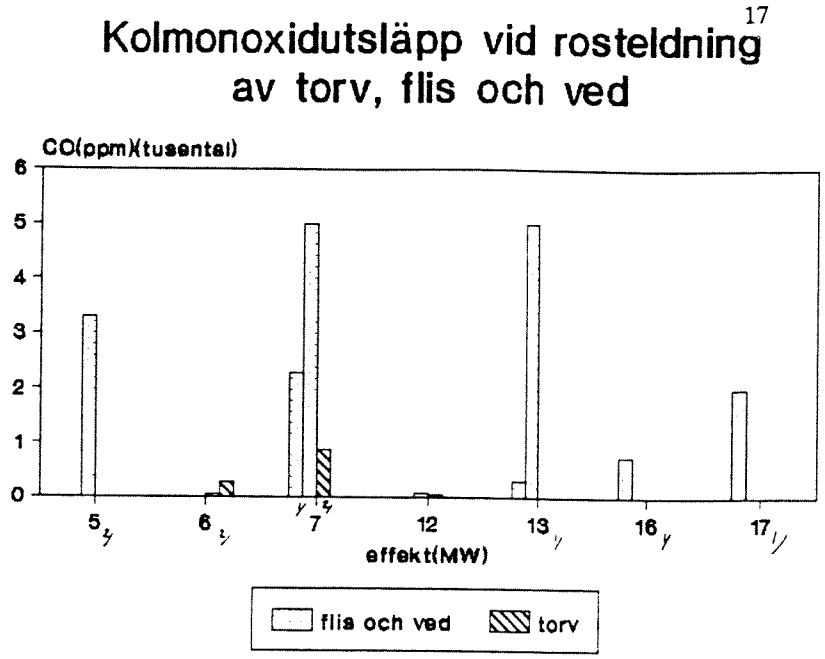
Vid pulvereldning är halten av kolväten i rökgaserna relativt låg. Detta beror på att bränslet är finfördelat och torrt och har jämn partikelstorlek. Blandningen av luft och bränsle kan därför bli mycket bra. Hög temperatur och god gasomblandning ger låga halter av POM i rökgaserna. Däremot kan höga halter av NO_x förekomma. Låg-NO_x-brännare och FGR-teknik kan minska kväveoxidutsläppen. Teknikutveckling på detta område kan förväntas.

3.2.2 Rosteldning

Några resultat av mätningar av koloxid, totalkolväte och PAH vid rosteldning redovisas i figur 3.5, 3.6 och 3.7. Mer ingående data för de olika mätningarna redovisas i figur A i bilaga 4.

Mätningar av totalkolväte har utförts på en torveldad 12 MW panna med rörlig rost och rökgasåterföring. Totalkolväte producerades endast i mycket små mängder, och kunde endast detekteras i ett av ca 50 prov. Kolvätet uppträdde huvudsakligen vid låga syrehalter. Kopplingen mellan koloxid och kolväte ansågs inte vara lika stark som kopplingen mellan kolvätehalten och syrehalten, men kolväten uppträdde endast vid förhöjda koloxidhalter. Man ansåg att lokala förhållanden hade stor betydelse för kolväteemissionerna (15). I samma panna har mätningar utförts vid eldning med skogsbränsle. Totalkolvätehalterna var även då genomgående låga (se tabell A i bilaga 4).

Halten av totalkolväte ansågs vara mer kopplad till lokala luftunderskott än till medelsyrehalten. En sänkt sekundärluftkvot och tertiärluftkvot ansågs öka totalkolvätehalten (16).

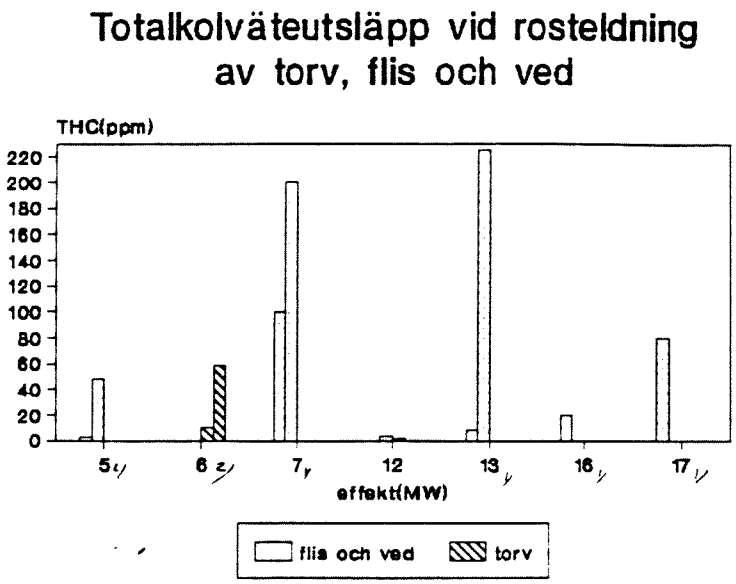


Figur 3.5 Några mätningar av kolmonoxidutsläpp vid rosteldning av torv och skogsbränsle.

1) Markerade mätningar är utförda i samma panna med dimensionerad effekt 18 MW.
2) I källan anges mätresultaten som ett intervall. De två staplarna representerar lägsta och högsta värdet i intervallet.

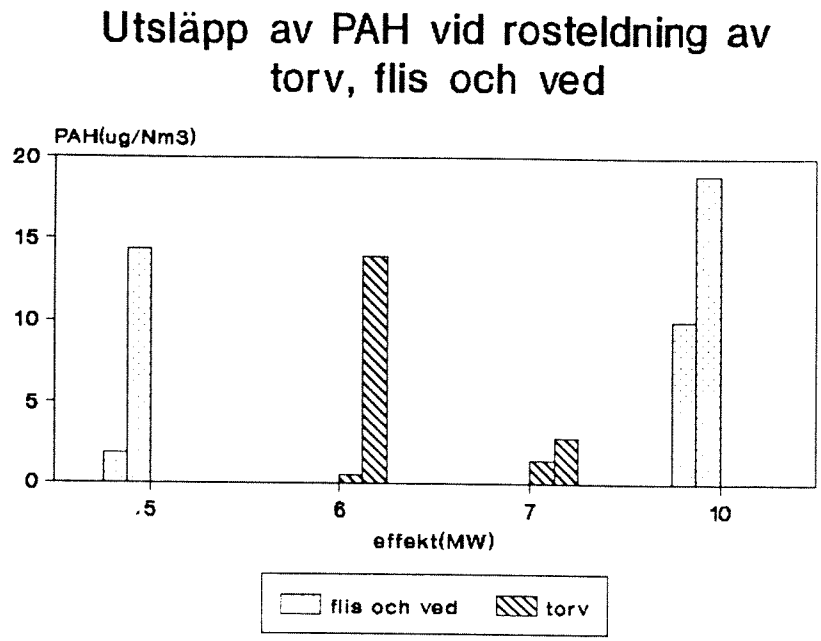
Emissions of carbon monoxide from grate fired plants using peat and wood as fuel.

1) The indicated tests were carried out in one boiler,with a dimensioned capacity of 18 MW.
2) The source presents the test results as an interval. The two bars indicate the lowest and the highest value in the interval.



Figur 3.6 Några mätningar av utsläpp av totalkolväten vid rosteldning av torv och skogsbränslen.
1) Markerade mätningar är utförda i samma panna med dimensionerad effekt 18 MW.
2) I källan anges mätresultaten som ett intervall. De två staplarna representerar lägsta och högsta värdet i intervallet.

Emissions of THC (total hydrocarbons) from grate firing of peat and wood.
1) The indicated tests were carried out in one boiler, with a dimensioned capacity of 18 MW.
2) The source presents the test results as an interval. The two bars indicate the lowest and the highest value in the interval.



Figur 3.7 Några mätningar av PAH i rökgaserna från rosteldning av torv och skogsbränsle. Samtliga mätresultat som redovisas i figuren, redovisas i källan som ett intervall. Staplarna i figuren anger intervallets lägsta och högsta värde.

Emissions of PAH from grate firing of peat and wood. All the testresults are presented as an interval by the sources. The bars in the figure indicate the highest and the lowest value of the interval.

3.2.3 Fluidiserad bädd

Förbränning i fluidiserad bädd kan ge god luft/bränsleomblandning och jämn temperaturfördelning vilket gynnar en god slutförbränning. En nackdel med tekniken är att den ger en låg reaktionshastighet (p g a låg temperatur). Några mätningar av kolväte- och koloxidutsläpp från förbränning i fluidiserad bädd redovisas i tabell B i bilaga 4.

3.3 Lufttillförselns och temperaturens betydelse för kolväteutsläppen

Sättet att tillföra förbränningsluften påverkar förbräningsresultatet mycket. Många undersökningar har utförts där stoft- och NO_x-bildningens beroende av lufttillförseln har undersökts. Lufttillförselns inverkan på bildningen av POM har däremot inte undersökts lika noggrant (11).

Det är viktigt att temperaturen i slutförbränningszonen (där luft tillförs) är tillräckligt hög, över cirka 900 °C, för att tjärprodukter och tyngre kolväten skall förbrännas fullständigt. Det kan ofta vara svårt att upprätthålla tillräckligt höga temperaturer vid dellaster.

Vid en undersökning av rökgasemissioner vid fliseldning i snedrost med elfilter gjordes mätningar vid olika luftöverskott. Vid ett lågt syreöverskott (motsvarande ca 17 % koldioxid eller syrehalten < 3,5 % O_2 t.g.) var emissionerna av oförbränd substans mycket hög, 2 000–5 000 ppm CO med kortvariga stötutsläpp av oförbränd substans på cirka 1 % eller högre. Vid ett högre luftöverskott, motsvarande cirka 14–16 % koldioxid eller en syrehalt >4,5% O_2 t.g. var slutförbränningsgraden mycket högre. Vid en given temperatur ger alltså ett högre luftöverskott en bättre slutförbränning. Alltför högt luftöverskott kan dock ge en sämre förbränning. Luftöverskottet måste därför optimeras för att minimera rökgasförlusterna.

3.4 Bränslets betydelse för kolväteutsläppen

Hög halt av flyktiga beståndsdelar i bränslet kan innebära problem vid förbränning. När bränslet värms upp, avgår de flyktiga beståndsdelarna. För att de ska förbrännas krävs dels en hög temperatur, dels att tillräckliga mängder luft finns tillgängliga. En hög halt av flyktiga beståndsdelar kan ge höga stoftemissioner. I undersökningar av koleldade pannor har man funnit ett samband mellan halten av flyktiga kolväten i bränslet och POM-utsläppen.

Eldning av fuktigt bränsle har visat sig kunna ge höga utsläpp av oförbrända ämnen och POM, om pannans drift inte är optimerad för detta bränsle. Skälet till detta är antagligen att temperaturen i förbränningszonerna blir för låg. I tabell 3.1 redovisas utsläpp av CO och PAH vid förbränning av bränslen med olika fukthalt (14).

Anläggningstyp	Bränsle	Fukthalt, %	CO, ppm	PAH, µg/MJ	Mutagena ämnen, rev/MJ
braskamin	helved	16-19	1000-5000	250-500	15000-90000
" - "	"	41	5000-6000	3000-17000	20000-80000
villapanna, förugn	flis	21	60	< 4	500
" - "	"	48	700-2500	30-1700	20000-90000
2 MW komb.panna	flis	37	1000-4000	30-120	-
" - "	"	47-49	1000->5000	100-9000	10000-40000
30 MW cyklon-förugn	flis	30	125-500	< 4-30	< 60- 6000
" - "	"	49	2000-4000	-	-

Tabell 3.1 Utsläpp av koloxid och PAH vid olika fukthalt i bränslet (14).

Emissions of carbon monoxide and PAH from firing of fuels with a varying water content.

3.4.1 Eldning av torv

Ett antal mätningar har utförts på torveldade anläggningar. Några av dem redovisas i figur 3.8, 3.9 och 3.10. Mer ingående data för de olika mätningarna framgår av figur C i bilaga 4. Generellt anses att eldning av torv och ved ger likartade utsläpp av kolväten om förbränningsbetingelserna är jämförbara (14).
Följande tre system med förbränning av torvpulver och flis jämfördes med avseende på emissioner (17).

- torvpulvereldning i kraftvärmeverk 100 MW med stoftavskiljning i elfilter

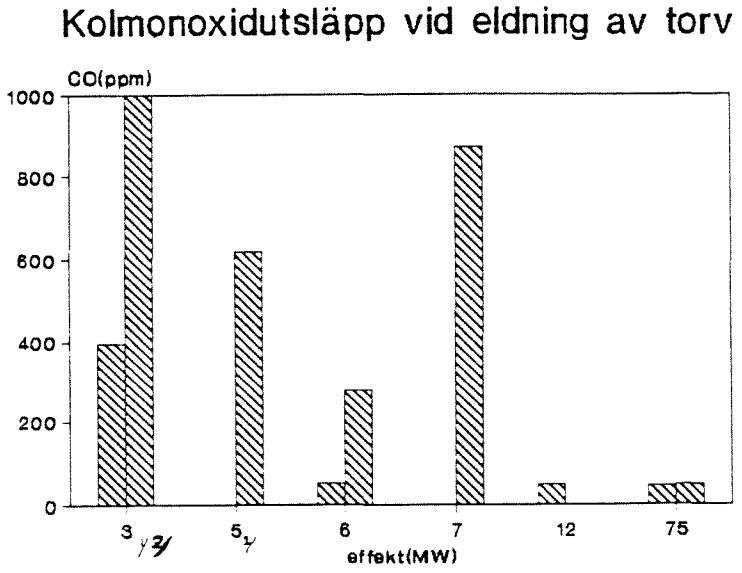
- fliseldning i cyklonförugn (30 MW) med stoftavskiljning i elfilter,

- fliseldning på rost i kombinationspanna (1,7 MW) med stoftavskiljning i en multicyklon)

Vid undersökningen gav torvpulversystemet relativt låg emission av organiska ämnen och koloxid. Flissystemen gav däremot relativa höga emissioner av dessa ämnen. Emissionerna av PAH var vid dessa mätningar mellan 20 och 1 000 gånger högre vid fliseldning än vid torvpulvereldning. Undersökningen fastställer dock att man inte med

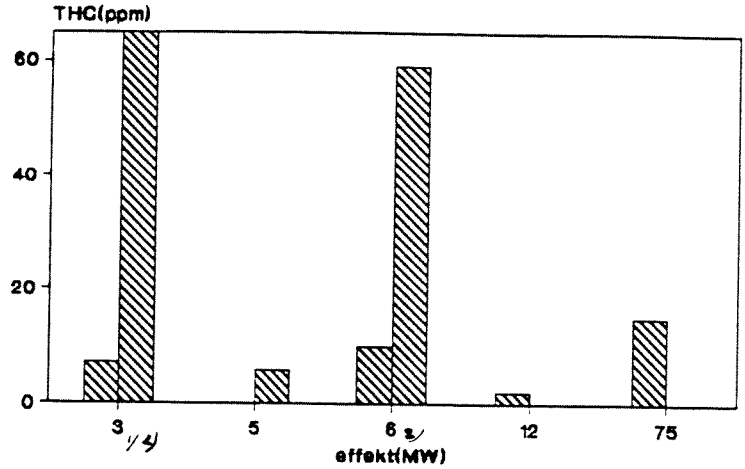
detta som grund generellt kan relatera emissionerna av olika komponenter till den typ av bränsle som används (17). Det bör också påpekas att undersökningen behandlar teknik som idag anses vara föråldrad.

Beroende på vilken förbränningsprocess som används kan för ett och samma bränsle helt olika emissioner erhållas. Detta gäller speciellt för emissionen av olika organiska komponenter men även för stoft och metaller. Stoftavskiljningens effektivitet spelar naturligtvis också en viktig roll.



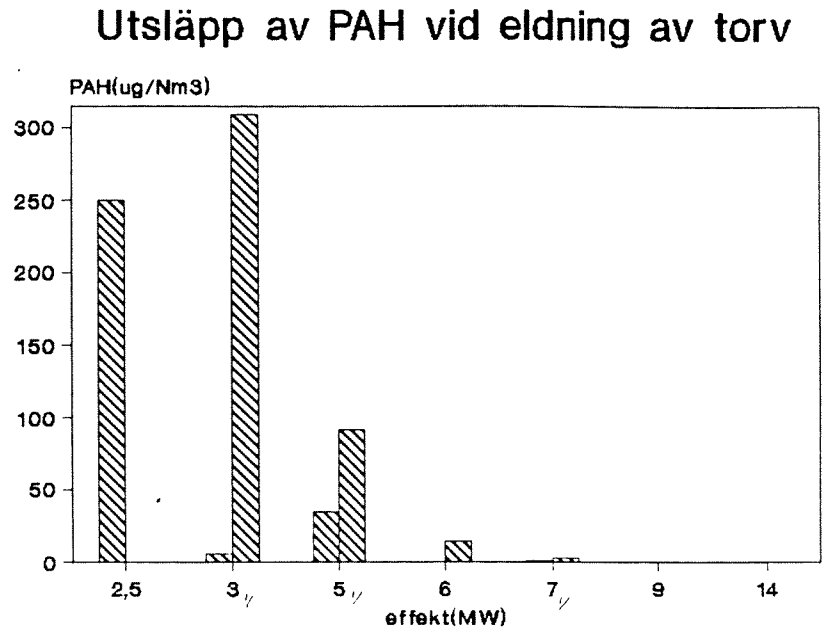
Figur 3.8 Några mätningar av utsläpp av kolmonoxid vid eldning av torv.
1) Stapeln har kapats. Det högsta värdet i intervallet är 4825 ppm
2) I källan anges mätresultaten som ett intervall. De två staplarna representerar lägsta och högsta värdet i intervallet.

Emissions of carbon monoxide from combustion of peat.
1) The bar has been cut. The highest value in the interval is 4825 ppm
2) The source presents the test results as an interval. The two bars indicate the lowest and the highest value in the interval.



Figur 3.9 Några mätningar av totalkolväteutsläpp vid förbränning av torv.
1) stapeln har kapats. Högsta värdet i intervallet är 309 ppm.
2) I källan anges mätresultaten som ett intervall. De två staplarna representerar lägsta och högsta värdet i intervallet.

Emissions of THC (Total hydrocarbon) from combustion of peat.
1) The bar has been cut. The highest value in the interval is 309 ppm
2) The source presents the test results as an interval. The two bars indicate the lowest and the highest value in the interval.



Figur 3.10 Några mätningar av utsläpp av PAH vid eldning av torv.
1) I källan anges mätresultaten som ett intervall. De två staplarna representerar lägsta och högsta värdet i intervallet.

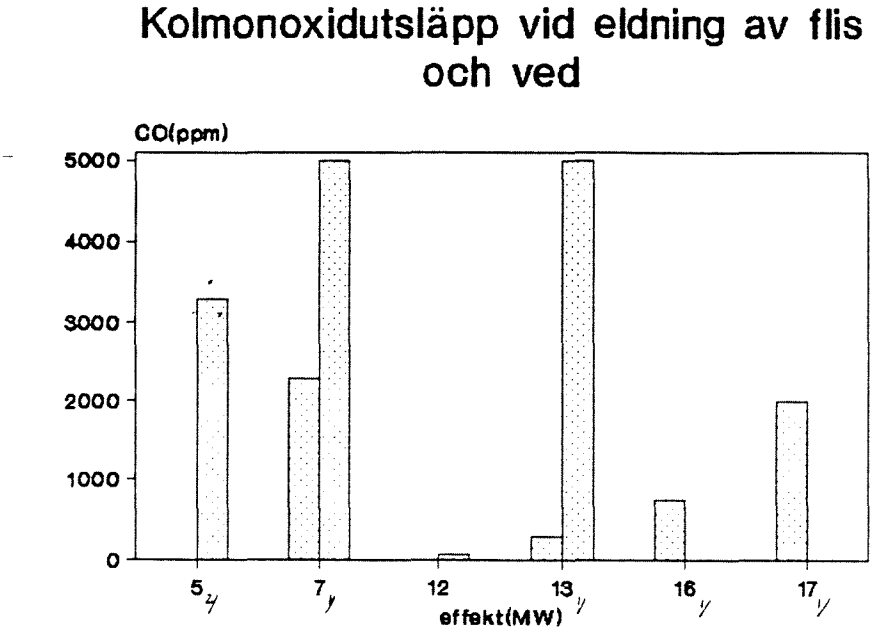
Emissions of PAH from combustion of peat
1) The source presents the test results as an interval. The two bars indicate the lowest and the highest value in the interval.

3.4.2 Eldning av flis och ved

Några mätningar av koloxid- ,kolväte- och PAH-utsläpp från flis- och vedeldning redovisas i figur 3.11, 3.12 och 3.13. Mer ingående data för de olika mätningarna redovisas i tabell D i bilaga 4.

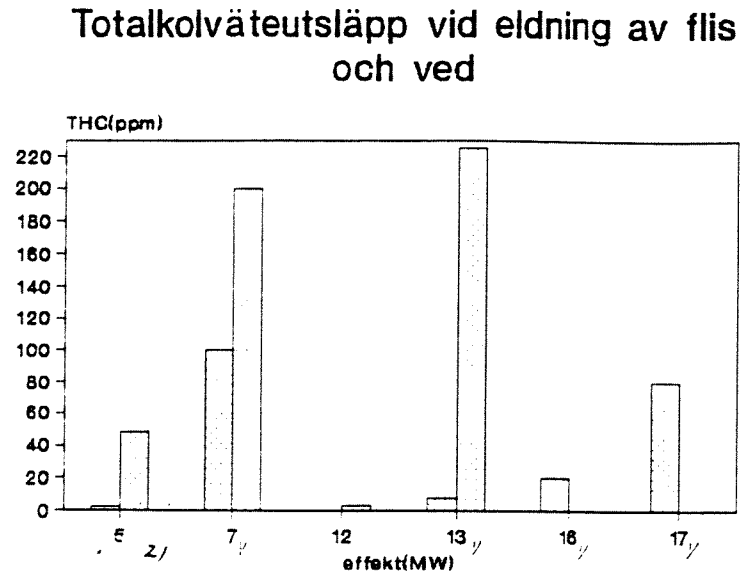
En analys av emissioner av flyktiga organiska komponenter vid fliseldning redovisas i figur 3.14 (17) Mätningarna är utförda på en cyklonförugn (30 MW) och en kombinationspanna (1,7 MW), (ytterligare analyser utförda på rökgaser från dessa pannor redovisas i tabell 3.7). Inom samma undersökning har emissionerna från torvpulvereldning i ett kraftvärmeverk (100 MW) undersökts. Av de redovisade föreningarna i tabell 3.8 är det dock endast utsläpp av bensen som har analyserats från torvpulvereldningen. Det bör dock påpekas att undersökningen behandlar teknik som idag anses föråldrad.

Bensenhalterna i rökgaserna var i detta fall 0,17 mg/Nm^3 vilket är väsentligt lägre än de redovisade värdena för fliseldning. Vid en jämförelse av dessa analysresultat är det dock viktigt att ta hänsyn till anläggningarnas storlek och den använda förbränningstekniken.



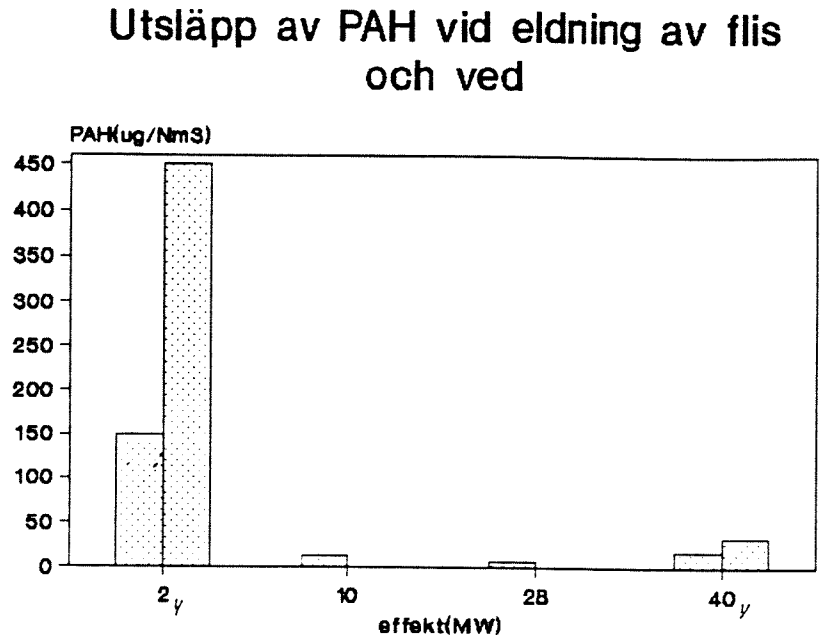
Figur 3.11 Några mätningar av utsläpp av kolmonoxid vid eldning av flis och ved.
1) Markerade mätningar är utförda i samma panna med dimensionerad effekt 18 MW.
2) I källan anges mätresultaten som ett intervall. De två staplarna representerar lägsta och högsta värdet i intervallet.

Emission of carbon monoxide from combustion of chips and wood.
1) The indicated tests were carried out in one boiler, with a dimensioned capacity of 18 MW.
2) The source presents the test results as an interval. The two bars indicate the lowest and the highest value in the interval.



Figur 3.12 Några mätningar av totalkolväteutsläpp vid förbränning av flis och ved.
1) Markerade mätningar är utförda i samma panna med dimensionerad effekt 18 MW.
2) I källan anges mätresultaten som ett intervall. De två staplarna representerar lägsta och högsta värdet i intervallet.

Emissions of THC (Total Hydrocarbon) from combustion of chips and wood.
1) The indicated tests were carried out in one boiler, with a dimensioned capacity of 18 MW.
2) The source presents the test results as an interval. The two bars indicate the lowest and the highest value in the interval.



Figur 3.13 Några mätningar av utsläpp av PAH vid eldning av flis och ved.

1) I källan anges mätresultaten som ett intervall. De två staplarna representerar lägsta och högsta värdet i intervallet.

Emissions of PAH from combustion of wood

1) The source presents the test results as an interval. The two bars indicate the lowest and the highest value in the interval.

Fliseldning i cyklonförugn (30 MW)

		Flyktiga komponenter mg/Nm³ t.g. Etan	Eten	Propan	Propen	Bensen	Toluen	(Metan)
Prov 1	1728	0.029	0.013	< 0.04	< 0.04	1.4	1.30	
Prov 2	1715	0.038	0.029	< 0.04	< 0.04	0.55	0.21	
Prov 3	1514	0.20	- 0.81	0.13	0.28	2.0	2.5	

Fliseldning i kombinationspanna (1,7 MW)

		Flyktiga komponenter mg/Nm³ t.g. Etan	Eten	Propan	Propen	Bensen	Toluen	(Metan)
Prov 3	1157	1.4	19	0.14	1.2	12	1.8	11
Prov 3	1203	1.4	18	0.15	1.0	13	1.9	16
Prov 3	1208	1.2	16	0.16	1.1	12	2.0	15

Figur 3.14 Analys av emissioner av flyktiga komponenter vid fliseldning i cyklonförugn (30 MW) och kombinationspanna (1,7 MW)

Analysis of emissions of volatile organic compounds from combustion of chips in a Axon cyclone-type furnace (30 MW) and a multifuel boiler.

3.4.3 Eldning av halm

Inga mätningar i det undersökta materialet har utförts på halmeldade anläggningar över 1 MW. Enligt tabell 2.2 innehåller halm en hög halt av flyktiga beståndsdelar. Detta kan ge upphov till höga stoft och POM-utsläpp. En mätning på mindre halmeldade anläggningar (>120 kW) (18) redovisas i bilaga 4.

4 MÄTTEKNIK

De oförbrända kolväten som mäts i rökgasen från en förbränningsanläggning är främst halten totala kolväten (THC), tjära och polyaromatiska kolväten (PAH). Samtliga av dessa analyser representerar på ett överlappande sätt olika delar av de organiska föreningar som finns i rökgasen. Men det finns inga enkla korrelationer mellan halten THC, tjära och PAH (19).

Begreppet THC innefattar såväl lättflyktiga alifatiska och aromatiska kolväten som aldehyder, fenoler och syror. THC-mätningar görs kontinuerligt i fält med analys och resultat direkt på platsen.

PAH föreligger dels som flyktiga föreningar, dels som absorberade komponenter på partiklar i rökgasen. Eftersom stora delar av PAH binds till partiklar vid ungefär 200 °C och partiklarna vid THC-mätning filtreras bort före analys ingår endast en delmängd av PAH i mängden THC.

Tjära består av stora och svårflyktiga molekyler. I den mängd tjära som bestäms ingår PAH. Dessa utgörs dock endast av svårflyktiga PAH då mer flyktiga PAH försvinner när provet vid tjärhaltbestämning indunstas till torrhet.

Analys av tjära och PAH sker i laboratorium efter upparbetning av i fält uttaget prov.

Det förekommer också att man mäter lättflyktiga alifatiska och aromatiska kolväten, såsom eten och propen respektive bensen och toluen. Även dessa prov tas i fält för att sedan analyseras på laboratorium.

Följande är en beskrivning av mätförfaranden som används i bland annat Danmark, Finland, Norge och Sverige.

Mätprocessen i en förbränningsanläggning kan delas upp i två delsteg; provtagning och analys.

4.1 Provtagning

4.1.1 Mätpunkt

Provtagningen, vilken vanligen sker med ett isokinetiskt sondhuvud (se figur 4.1), syftar till att åstadkomma ett för anläggningen representativt prov att analysera. Är provtagningen ofullständig spelar det ingen roll hur noggrann och specifik den använda analysmetoden är, resultatet blir ändå felaktigt. Det är därför av yttersta vikt att välja en mätpunkt i rökgaskanalen så långt efter pannan att inga kemiska reaktioner längre sker och att förvissa sig om att inte inläckage före mätpunkten föreligger.

En traversering i det aktuella tvärsnittet ger besked om strömningsbilden. Stråkbildning kan t ex bero på en så enkel sak som inläckage av tjuvluft. Med hjälp av traverseringsresultatet, både i koncentration och flödeshastighet, viktas en representativ mätpunkt fram. Det finns i vissa fall även möjlighet att använda sonder som tar gas från ett antal hål eller en lång slits. Alternativt kan sonden flyttas med givna tidsintervall mellan ett antal punkter i snittet under provtagningens gång. Sammanvägning av erhållna värden görs då utifrån förundersökningen.

4.1.2 Gasbehandling

Gasbehandlingen skiljer sig beroende på om den kemiska analysen sker i fält eller på laboratorium.

4.1.2.1 Fältanalys

Gasbehandlingens syfte vid fältanalys är att konditionera den utsugna gasen på ett sådant sätt att analysinstrumentet får arbeta under avsedda betingelser samtidigt som gasens sammansättning inte påverkas.

I princip består gasbehandligen vid fältanalys av tre huvudsteg:

- Filtrering
- Temperaturkontroll
- Flödeskontroll

Filtrering måste alltid ske med hänsyn till analysinstrumentet. Den sker normalt i ett första steg i ett elektriskt uppvärmt filter monterat direkt efter sonden. Varianter finns också där filterelementet sitter i sondspetsen inne i rökgaskanalen och därmed inte behöver separat uppvärmning.

Då totalkolväteanalysatorer arbetar med varm rökgas och temperaturen måste hållas uppe för att inte tyngre kolväten ska kondensera i slangar används uppvärmda, isolerade slangar som termostatsregleras till cirka 150–200 °C.

Flödeskontrollen avser att garantera att analysinstrumenten arbetar med konstant flöde. Mätresultaten som erhålls från flertalet instrument är helt beroende av att detta kan garanteras. Normalt används diafragmapumpar med om så behövs uppvärmt pumphus. För injustering av flödet används små nålventiler samt rotametrar. Rotameterns värde måste kontrolleras under mätningens gång. Viktigt är också att kalibreringen sker med kalibreringsgas av samma tryck och flöde som senare används för mätningen.

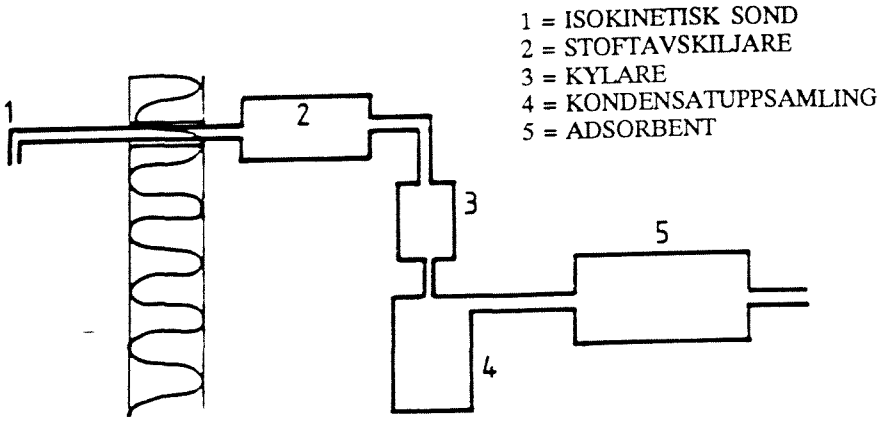
4.1.2.2 Laboratorieanalys

Gas som ska analyseras på laboratorium behandlas i tre huvudsteg:

- Filtrering
- Kylning
- Adsorption

Utrustningens generella utformning framgår av figur 4.1. Detaljutformningen varierar dock avsevärt. Partikelavskiljning kan t ex ske med hjälp av ett glasfiberfilter i rökgaskanalen eller i ett antal seriekopplade cykloner placerade i värmeskåp.

För bestämning av tjärhalten vid fastbränsleeldning med manuell bränsletillförsel finns detaljerade provningsregler (SP-METOD 0010).



Figur 4.1 Generell utformning av utrustning för behandling av rökgasprov avsett för laboratorieanalys.

General construction of equipment for treatment of a fluegas sample before analysis.

Efter partikelavskiljningen passerar rökgasen en kylare varvid vatteninnehållet kondenseras och samlas upp. Ej kondenserbara föreningar anrikas på en efterföljande polymer adsorbent.

Det beskrivna förfarandet används endast vid haltbestämning av tjära och svårflyktiga kolväten. Skall halten lättflyktiga kolväten mätas görs momentana uppsamlingar med gaspipett.

4.2 Analys

4.2.1 THC

Det instrument som används för bestämning av halten totalkolväte i fält kallas flamjonisationsdetektor (FID). Provgasen leds genom en vätgaslåga, varvid kolvätena sönderdelas och joner bildas. Jonerna samlas upp av laddade elektroder och den resulterande strömmen mäts. Utslaget är i stort sett proportionellt mot antalet kolatomer i provgasen. En viss påverkan på mätresultatet har dock andelen kolatomer bundna till syre, kväve eller halogener och andelen aromatiska kolväten.

FID-instrumentet kalibreras med en referensgas med känd halt metan, propan eller dylikt, och mätvärdena anges i motsvarande ekvivalenser.

En propanekvivalens motsvarar tre metanekvivalenser.

4.2.2 Tjära och PAH

Vid laboratorieanalys behandlas föreningar som har anrikats i partikelfilter, kondensat och adsorbent i fyra huvudsteg:

- Extraktion
- Upprening
- Separation
- Detektion

4.2.2.1 Extraktion

Den vanligaste extraktionsmetoden är soxhlet med lösningsmedel där t ex aceton, cyklohexan och diklormetan används. Extrakt från partikelfilter, kondensat och adsorbent förs samman till ett prov som indunstas.

Vid bestämning av mängden tjära sker indunstningen till torrhet varefter den erhållna resten vägs.

Trots att PAH, relativt sett, har höga kokpunkter är det här möjligt att göra indunstningsförluster. Prover som innehåller 2- och 3-ringade system måste indunstas vid temperaturer under 30 °C och det är samtidigt viktigt att inte indunsta dessa prover till torrhet.

4.2.2.2 Upprening

Det extraherade provet måste genomgå någon form av upprening beroende på sammansättning och ursprung. Typiska interfererande ämnesklasser är paraffiner, cykliska paraffiner, olefiner samt olika derivat av dessa.

Upprening sker framför allt med vätske/vätskeextraktion där t ex dimetylformamid, dimetylsulfoxid eller nitrometan utnyttjas. Med de två förstnämnda lösningsmedlen måste en återextraktion ske i ett mer flyktigt lösningsmedel, såsom cyklohexan.

4.2.2.3 Separation

De metoder som finns för separation av olika föreningar bygger på antingen vätske- eller gaskromatografi (HPLC respektive GC). Alla

kromatografiska metoder utnyttjar det faktum att skilda föreningar fördelar sig på varierande sätt mellan olika gaser, vätskor och fasta ämnen.

4.2.2.4 Detektion

Den detektor som är mest använd för bestämning av PAH är den tidigare beskrivna flamjonisationsdetektorn (FID).

En annan ofta använd detektor är masspektrometern (MS), vilken bedöms stå i särklass när det gäller att identifiera okända organiska föreningar. Som dektor vid PAH-analys ger denna teknik dock ovanligt begränsad information.

I en masspektrometer bombarderas molekylerna med elektroner så att de går sönder i bitar. Dessa bitar eller fragmenten är elektriskt laddade och karakteristiska för varje förening. Fragmenten accelereras i ett elektriskt fält och böjs sedan av i ett kraftigt magnetfält. De lättare fragmenten följer banor med snävare krökning än de tyngre varvid ett fragmenteringsmönster erhålls.

PAH är mycket stabila molekyler och ger sålunda ett knapphändigt fragmenteringsmönster. Isomerer kan ej heller vanligtvis åtskiljas med hjälp av masspektrometri.

Även UV-avsorbans, dvs adsorbtion av ultraviolett ljus vid olika våglängder beroende på förening, och den egenskapen att PAH med 3 ringar eller fler fluoreserar vid belysning av UV-ljus kan användas för detektion. Detta är mindre vanligt.

Av ovan nämnda separations- och detektionsmetoder kan flera kombinationer göras. De vanligaste kombinationerna bland materialet som här har studerats är GC-FID och GC-MS.

4.2.3 Lättflyktiga kolväten

De ovan beskrivna separations- och detektionsmetoderna används även för rökgasanalys av alifatiska kolväten med två och tre kolatomer i molekylen (t ex eten och propen), samt lätta aromatiska kolväten (t ex bensen och toluen).

5 BEHANDLING AV MÄTRESULTAT

5.1 Allmänt

De resultat som redovisas från en mätning är alltid behäftade med ett visst fel. Dessvärre rapporteras detta mycket sällan och det kan därför vara svårt att avgöra vilken relevans ett mätvärde har. Den stora osäkerheten och många gånger bristande informationen om mätförfarandet gör det idag svårt att jämföra mätresultat från olika undersökningar.

Osäkerheten i ett mätvärde kan bero på så väl variationer i förbränningsbetingelser som provtagnings- och analysfel.

5.1.1 Förbränningsbetingelser

Hänsyn till variationer i förbränningsbetingelser kan tas först då samtliga relevanta förbränningsparametrar är väl dokumenterade.

Vid eldning med fasta bränslen i anläggningar på 1–30 MW är driftförhållandena ofta instabila (20). Normalt är emissionerna av oförbränd substans, mätt som kolmonoxid och totalkolväte, under huvuddelen av en anläggnings driftstid relativt låg. Momentant erhålls dock ofta korta "stötutsläpp" med en mycket hög emission av oförbränd substans. Detta gör det nödvändigt att mäta kontinuerligt, vilket är svårt vad gäller bestämning av PAH eftersom det tar 3–7 timmar att samla upp en detekterbar mängd PAH vid normala halter i rökgaserna.

För anläggningar som ofta drabbas av driftstopp är risken för reemissioner stor (21). I en anläggning som kallnar kondenserar och adsorberas framför allt tjära i pannans konvektionstuber, rökgaskanaler och i själva cyklonen. Rökgaskanalerna i en fastbränsleeldad anläggning är ofta belagda med ett tjockt lager av inbränd tjära och sot, vilket ger stora adsorptionsytor. Vid uppstart, varefter temperaturen i rökgaskanalerna höjs och koncentrationen av tjära i rökgasen minskar, kommer en reemission av den adsorberade tjäran att ske. Reemissionen är vanligen ett långsamt förlopp som är svårt att upptäcka, men kan vara förklaringen till kontinuerligt sjunkande halter av tjära och PAH i flera efter varandra tagna prov.

5.1.2 Provtagningsfel

Efter utförda mätningar är det svårt att påvisa provtagningsfel, varför det är mycket viktigt att på ett tidigt stadium välja mätpunkter som är representativa. (Se avsnitt 4.1.1).

Inläckage i ett mätsystem kan upptäckas genom att koncentrationen av koldioxid eller syre mäts både före och efter systemet. Andra förluster eller fel som uppstår i ett mätsystem kan delvis kontrolleras genom modellförsök. Vid laboratorieexperiment kan massbalansberäkningar göras. Det är viktigt att systemet prövas genom försök med återvinning av några "nyckelsubstanser" som normalt ingår i de mätningarna utrustningen är avsedd för.

På marknaden finns det idag många polymera adsorbenter att välja bland, varav några exempel är Tenax GC, Chromosorb, Porapak Q och XAD-2 (22). En adsorbent måste vara reproducerbar och får ej avge ämnen som stör efterföljande analys. Den adsorbent som visat sig vara mest lämplig för bestämning av PAH är XAD-2, vilken också är den som på senare tid alltmer används (7).

5.1.3 Analysfel

Varje analysmetod har i sig ett fel som är systematiskt och /eller slumpartat. Det systematiska felet kan påvisas genom jämförelser med andra laboratorier och andra analysmetoder.

I en sådan jämförelse (19) har man funnit att ytterligare 30 % PAH kan extraheras från ett partikelfilter då diklormetan används efter extraktion med cyklohexan.

Diklormetan ger gott extraktionsutbyte för organiska föreningar inom ett brett polaritetsintervall, men är ej lämligt för masspektrometrisk analys, på grund av kontamination av jonkällan. Däremot är cyklohexan ur både masspektrometrisk och gaskromatografisk synpunkt ett bättre lösningsmedel än diklormetan. För de huvudsakliga extraktionerna väljs således lämpligen diklormetan för att innan analysarbetet påbörjas bytas mot cyklohexan (13).

Risken för bildning av nedbrytningsprodukter i extraktionssteget har medfört att "kalla extraktioner" med hjälp av ultraljud har utvecklats (7). Denna extraktion går mycket snabbt. Metoden tar endast 0,5-1 timme jämfört med 6-8 timmar för en normal soxhletextraktion. En annan extraktionsmetod som är snabb, extraktionseffektiv och fri från lösningsmedel är vakuumsublimering.

Det slumpartade felet kan uppskattas genom att samma prov analyseras flera gånger. Eftersom det finns så många analysmetoder är det inte möjligt att ange en generell felgräns för en PAH-analys.

Det totala felet vid provtagning och analys kan illustreras av resultatet från mätningar på en fliseldad anläggning i Växsjö med utrustning från IVL och Studsvik Energiteknik (7). I princip var de två institutionernas mätutrustningar uppbyggda på ett likartat sätt, men detaljutformningen varierade avsevärt. Bland annat avskilde IVLs utrustning samtliga partiklar i ett steg i ett absolutfilter av glasfiber inne i rökgaskanalen. I Studsviks utrustning avskildes samtliga partiklar >2 µm i tre seriekopplade cykloner placerade i ett värmeskåp. Partiklar <2 µm följde med gasen vidare genom utrustningen för att återfinnas i kondensat eller i adsorbent. En annan skillnad var att IVL samlade upp kondensatet i en buffertlösning med pH 7 medan Studsvik gjorde detta utan kontroll av pH. IVLs analys omfattade 43 olika PAH medan Studsviks analys omfattade 25. 15 olika PAH analyserades av bägge institutionerna och för 10 av dessa föreningar var differensen mindre än en faktor 2. Summan av de 15 komponenterna avvek endast 20 %. Med hänsyn till att de två metoderna skiljer sig på ett flertal punkter var detta resultat anmärkningsvärt, särskilt då provtagningsbetingelserna ej var konstanta. Bland annat varierade koncentrationen av kolmonoxid med en ungefärlig faktor 100 på så kort tidsskala som 10 minuter.

5.2 Studerat material

Mätresultaten som presenteras i denna utredning varierar mycket och det är endast i ett fåtal fall som förbränningsbetingelserna och mätförfarandet beskrivs mer ingående. Även då ett generellt sett likvärdigt mätförfarande har använts kan det finnas betydelsefulla detaljskillnader, så som att olika lösningsmedel har använts vid extraktionen. Vanligt är också att det i materialet inte anges var eller hur provtagningen har skett. Den bristande informationen gör det svårt att jämföra mätningar från olika rapporter.

6 DISKUSSION

Rapporten har presenterat resultat från undersökningar på biobränsle-eldade pannor, använda mät- och analysförfaranden samt aktuella omgivningshalter och hälsorisker för de aktuella emitterade ämnena.

Av de presenterade mätresultaten framgår att utsläppen av kolväten varierar mycket. Även om ett generellt sett likvärdigt mätförfarande har använts så kan det finnas betydelsefulla detaljskillnader. Ofta anges inte i det granskade materialet hur eller var provtagningen har skett. Detta är en uppenbar brist som gör det svårare att göra en samlad bedömning av det insamlade materialet. En samlad bedömning av materialet är också svår att göra p g a att referenserna är relativt få och många av dem är relativt gamla (mellan 5 och 10 år).

De granskade undersökningarna indikerar dock att de största utsläppen härrör från små anläggningar. Stora utsläpp från pannor större än 1 MW uppstår framförallt vid ojämn bränslekvalitet och vid bristande driftsstyrning. Pannor större än 20 MW med god processstyrning, driftkontroll och god rökgasrening ger i allmänhet en normalt sett låg utsläppsnivå av organiska ämnen.

Av de granskade undersökningarna framgår att relativt få mätningar är utförda på pannor i storleksintervallet 1-10 MW.

7 FORTSATTA STUDIER

Då en stor andel av Sveriges pannor för fjärrvärmebruk är inom storleksintervallet 1–10MW och då relativt få mätningar av kolväte-utsläpp från dessa pannor har funnits i referensmaterialet, finns det anledning att fördjupa kunskaperna om utsläppen från dessa system.

Mycket av det redovisade arbetet har koncentrerats på att mäta och analysera tyngre kolväten i rökgaserna. Kunskaper om sammansättningen av emissionerna av flyktiga kolväten är därför mer bristfällig och skulle behöva kompletteras.

Då de presenterade analysresultaten är erhållna ur gasprover som är tagna under en viss tidsrymd i rökgaserna erhålls endast en mycket grov uppfattning om kolväteutsläppens variation och storlek. En kontinuerlig mätning där variationer över driftstörningar och variationer i bränslekvalitet kunde registreras vore önskvärt.

Referenser

1. "Inhemska bränslen" Statens Energiverk 1989:6

2. "Energifakta" Svensk Energiförsörjning 1990.

3. "Strategi för flyktiga organsika ämnen (VOC)" SNV rapport 3763

4. "En god livsmiljö" Regeringens proposition 1990/91:90

5. "Luft '90 – Aktionsprogram mot luftföroreningar och försurning" SNV 1990

6. "80-talets miljögifter, kolväten och andra luftföroreningar" CTH 1984

7. "Polyaromatiska kolväten från förbränningsanläggningar" Nämnden för energiproduktionsforskning NE 1982:15

8. "Hälsorisker till följd av vedförbränning – Biomassa som Energikälla" SNV rapport 3732

9. "Stadsluften – en bok om luften i våra tätorter" SNV 1990

10. Uppgifter från SNV.

11. "Små fastbränsleeldade pannor" rapport från SNV, SNV PM 1462

12. "Studie över kombinationen förbränningsteknik/värmeåterföring ur rökgaser vid förbränning av olika fasta bränslen inom effektintervallet 0,5–10 MW", Värmeforskrapport 287, Lars Wrangelsten.

13. "Emissionsmätningar vid ved- och torveldning" Stiftelsen för värmeteknisk forskning, Christer Andersson Studsvik Energiteknik AB, 1981

14. "Miljöeffekter av ved- och torvförbränning" SNV PM 1708

15. "Förbränningstekniska åtgärder för emissionsbegränsning i torveldad panna med rörlig rost och rökgasåterföring" Värmeforsk rapport 371, Robert Schuster.

16. "Förbränningstekniska åtgärder för emissionsbegränsning i skogsbränsleeldad panna med rörlig rost, rökgasåterföring och befuktning av förbräningsluft" Värmeforskrapport 387, Robert Schuster

17. "Emissioner vid förbränning av torv och flis" Lars Rudling, Göran Löfroth, SNV PM 1449

18. "Emissioner fra Halm- og flisefyr" Rapport av Lise Jenssen, dk-teknik,

Danska Kedelforening

19. "The Combustion of Biomass – Environmental Consequences: An Intercalibration Study of Sampling and Chemical Analysis of Air Pollution" Christel Benestad, Center for Industrial Research, Oslo

20. "Undersökning av rökgasemissioner vid fliseldning på snedrost och i retort" Lars Rudling. Studsvik arbetsrapport EB–82/179

21. "Emissioner vid förbränning av maskintorv och flis – snedrost och centriförugn", Lars Rudling IVL

22. "Industriemissioner av organiska ämnen till luft – Utsläppta mängder samt analysmetoder" Gunnar Nyquist SNV rapport 3120

23. "Emissions from Wood and Peat–fired Heating Plants" R. Vesterinen, Technical Research Centre of Finland, Domestiv Fuel Laboratory

24. "Energi– och miljöoptimering av mindre förbränningsanläggningar – litteraturstudie, IVL 1984–05–02

25. "Torv, hälsa, miljö" Statens Energiverk

26. "Commercialization of Energy Systems Using Biomass Residues In Ontario: Case Histories" J. Herberman, M.E.S, P.J Carrie, B. A Technology Development Section, Ontario Ministry of Energy.

27. "Investigation of Emissions from Combustion of Urban Waste Wood in Industrial Boilers" Laurence, E. Berry, Hames E. Chezem, Ronald G. Ostendorf, Richard C. Scherr, The Procter & Gamble Co Cincinnati, Ohio. 78th Annual Meeting of the Air Pollution Control Association 1985.

28. "BACT/LAER Clearinghouse: A Compilation of Control Technology Determinations" J. Steigerwald, US EPA, 1990

19. "Reducing Power Plant and Emission Costs for Biomass Applications" G.R Elliot

Bilaga 1

Litteratursökning - använda sökprofiler

1. Sökning i Department of Energy's databas

```
HYDROCARBONS +NT/CT AND WOOD-FUEL POWER PLANTS/CT
L1   (     86554)HYDROCARBONS +NT/CT  (90 TERMS)
L2   (       362)WOOD-FUEL POWER PLANTS/CT
L3            14 HYDROCARBONS +NT/CT AND WOOD-FUEL POWER PLANTS/CT

=> D L3 1-14 ALL


FILE 'ENERGY' ENTERED AT 09:45:34 ON 08 JAN 91
L1   (     86554)S HYDROCARBONS +NT/CT  (90 TERMS)



L2   (         0)S WOOD FUEL POWER PLANTS/CT
L3             0 S STE HYDROCARBONS +NT/CT AND WOOD FUEL POWER PLANTS/CT
L4   (       362)S WOOD-FUEL POWER PLANTS/CT
L5   (     86554)S HYDROCARBONS +NT/CT  (90 TERMS)
L6            14 S STE WOOD-FUEL POWER PLANTS/CT AND L1
L7   (     86554)S HYDROCARBONS +NT/CT  (90 TERMS)
L8   (     10467)S BIOMASS/CT
L9   (      2726)S WOOD FUELS/CT
L10  (     16552)S FLUE GAS/CT
L11  (      8647)S GASEOUS WASTES/CT
L12           29 S STE L1 AND (BIOMASS/CT OR WOOD FUELS/CT) AND (FLUE GAS/

=> S STE L12 AND COMBUSTION/CT
L13  (     32496)COMBUSTION/CT
L14           11 L12 AND COMBUSTION/CT

=> D L14 1-11 ALL
```

```
=> S STE (BIOMASS/CT OR ALL WOOD FUE?) AND POWER PLANTS/CT AND L1
L4    (     10467)BIOMASS/CT
L5    (    204135)ALL
L6    (     19056)WOOD
L7    (    366782)FUEL?
L8    (         1)ALL WOOD FUEL?
                  (ALL(W)WOOD(W)FUEL?)
L9    (      6218)POWER PLANTS/CT
L10   (     86554)HYDROCARBONS +NT/CT  (90 TERMS)
L11           2 (BIOMASS/CT OR ALL WOOD FUEL?) AND POWER PLANTS/CT AND L1

=> S STE (L4   OR WOOD(W)FUEL?/CT) AND L9 AND L1 AND (FLUE GAS/CT OR GASEOUS
TES/CT)
PROXIMITY OPERATOR LEVEL NOT CONSISTENT WITH
FIELD CODE - 'AND' OPERATOR ASSUMED 'WOOD(W)FUEL?/CT'
L12   (     10467)BIOMASS/CT
L13   (     19056)WOOD
L14   (    106766)FUEL?/CT
L15   (      6218)POWER PLANTS/CT
L16   (     86554)HYDROCARBONS +NT/CT  (90 TERMS)
L17   (     16552)FLUE GAS/CT
L18   (      8647)GASEOUS WASTES/CT
L19           0 (L4   OR WOOD(W)FUEL?/CT) AND L9 AND L1 AND (FLUE GAS/CT O
              R GASEOUS WASTES/CT)

=> S STE (L12 OR WOOD(W)FUEL?) AND L15 AND L16 AND (L17 OR L18)
L20   (     10467)BIOMASS/CT
L21   (     19056)WOOD
L22   (    366782)FUEL?
L23   (      3312)WOOD(W)FUEL?
L24   (      6218)POWER PLANTS/CT
L25   (     86554)HYDROCARBONS +NT/CT  (90 TERMS)
L26   (     16552)FLUE GAS/CT
L27   (      8647)GASEOUS WASTES/CT
L28           0 (L12 OR WOOD(W)FUEL?) AND L15 AND L16 AND (L17 OR L18)

=> S BIO(OR)GAS AND L25 AND (L26 OR L27)
          10467 BIOMASS/CT
          19056 WOOD
         366782 FUEL?
           3312 WOOD(W)FUEL?
          86554 HYDROCARBONS +NT/CT  (90 TERMS)
          16552 FLUE GAS/CT
           8647 GASEOUS WASTES/CT
L29          30 (L20 OR L23) AND L25 AND (L26 OR L27)

=> S L29 AND THERMAL POWER PLANTS/CT
           6545 THERMAL POWER PLANTS/CT
L30           2 L29 AND THERMAL POWER PLANTS/CT

=> D L30 1-2 ALL
```

2. Sökning i Chemical Abstracts databas

```
SET    ITEMS DESCRIPTION
  1       57 E3.E4 BIOFUEL
  2     5623 E2,E3.E7 BIOMASS
  3    85789 HYDROCARBON
  4    87004 HYDROCARBONS
  5    33336 WOOD
  6   102430 EMISSION
  7    19163 FLUE GASES
  8    46595 COMBUSTION
? C (1 OR 2 OR 5) AND (3 OR 4) AND (6 OR 7) AND 3
  9       55  (1 OR 2 OR 5) AND (3 OR 4)
? E LA=RUSS
```

Bilaga 2

Exempel på utsläppsbegränsningar i tillstånd för biobränsleeldade anläggningar i USA

Exempel på utsläppsgränser enligt amerikanska tillstånd

Typ av panna	Effekt (MW)	VOC	Åtgärd	B_AP	Åtgärd	Datum	Delstat
	132	21 mp/MJ	BACT *	0.59 g/h	BACT *	20/03/90	Mi
	88	30 mp/MJ	Förbrännings-tekniska åtgärder	2.2 mp/m^3	Förbrännings-tekniska åtgärder + filter	05/12/89	Mi
	37	7.3 kg/h 54.1 mp/MJ	Förbrännings-tekniska åtgärder			06/11/87	Ca
Rosteldad	84	15.9 kg/h	Styrning och regle-ring av förbränning			30/11/88	Ca
Fluidiserad bädd	63	63.5 kg/dag 11.6 mp/MJ	BACT *			30/09/88	Ca
Fluidiserad bädd	108	42.1 mp/MJ	Fluidiserad bädd			09/08/89	Ca
Fluidiserad bädd	67	67.6 kg/dag 11.6 mp/MJ	Styrning och regle-ring av förbränning			19/07/88	Ca
	66	30 mp/MJ	40% luftöverskott			12/02/89	Ca

*) Best Available Control Technology

SIO 2(15)

S10 3(15)

APPENDIX -- DETAILED SOURCE LISTING

05/30/1990

SOURCE TYPE/SIZE: EXTERNAL COMBUSTION - WOOD WASTE

COMPANY NAME/SITE LOCATION: LOUISIANA PACIFIC CORP. , CA

DETERMINATION IS BACT FOR A NEW SOURCE.
PERMIT NO. LPO-87-08-AC
DETERMINATION MADE BY BUTTE COUNTY APCD (AGENCY)
JEFFREY MOTT (AGENCY CONTACT PERSON)
DATE OF PERMIT ISSUANCE-- 11/06/87
ESTIMATED DATE OF START-UP-- 1987
(916)-538-7383 (PHONE)

PROCESSES SUBJECT TO THIS PERMIT	THROUGHPUT CAPACITY	POLLUTANT EMITTED	EMISSION LIMITS	CONTROL EQUIPMENT OR PROCESS MODIFICATION	... & BASIS ... PCT EFF
GENERATOR, STEAM, WOOD FIRED	127.00 MMBTU/H				
		PM10	2.8000 LB/H		BACT
			0.0220 LB/MMBTU		
				MULTICLONE & ESP	
		NOX	23.0000 LB/H		BACT
			0.1800 LB/MMBTU		
				COMBUSTION CONTROLS	
		CO	22.0000 LB/H		BACT
			0.1730 LB/MMBTU		
				COMBUSTION CONTROLS	
		VOC	16.0000 LB/H		
			0.1260 LB/MMBTU		
				COMBUSTION CONTROLS	

NOTES --------
LIMITED TO 8000 HOURS PER YEAR & TO NON-INDUSTRIAL WOODWASTE AS FUEL.

(*) INDICATES DATUM HAS TRUNCATED FOR THIS TABLE.

DATE ENTERED/UPDATED: 06/02/1988

5104(15)

SOURCE TYPE/SIZE: EXTERNAL COMBUSTION - WOOD WASTE — 10.00 MW

COMPANY NAME/SITE LOCATION: MARIELL COGENERATION LIMITED PARTNERSHIP, C/O LAFAYETTE POWER CO. — MARIELL, CA, AMADOR COUNTY

DETERMINATION IS BACT FOR A MODIFIED SOURCE.
PERMIT NO. SJ 83-04-A
DETERMINATION MADE BY EPA REGION IX (AGENCY) — LINH TRAN (AGENCY CONTACT PERSON) — DATE OF PERMIT ISSUANCE-- 11/30/88; ESTIMATED DATE OF START-UP--; (415)-974-7631 (PHONE)

PROCESSES SUBJECT TO THIS PERMIT	THROUGHPUT CAPACITY	POLLUTANT EMITTED	EMISSION LIMITS	CONTROL EQUIPMENT OR PROCESS MODIFICATION	... & BASIS ... PCT EFF
BOILER, STATIONARY GRATE/SPREAD*	287.00 MMBTU/H				
		CO	930.0000 LB/H, 3H AVG		
			590.0000 LB/H, 8H AVG		
				MOST STRINGENT LIMIT	
				GOOD OPERATING & COMBUSTION PRACTICES	
		VOC	35.0000 LB/H		
				GOOD OPERATING & COMBUSTION PRACTICES	

NOTES --------
MAJOR MOD., ORIG. BACT FOR NOX - STAGED COMBUST. & HIGH FUEL MOISTURE, FOR CO/VOC - FURNACE OPERATION CONTROLS. IN BACT FOR MOD , EPA CONSIDERED RETROFITTING OF BOILER W/AMMONIA INJ. SYSTEM FOR NOX CONTROL & SETTING STRINGENT LIMITS FOR CO. BUT BASED ON INFO FROM APPLICANT, AMMONIA INJ. CAN'T BE EFFECTIVELY INCORPORATED INTO THE BOILER DUE TO DIFFERENT DESIGN PARAMETERS.

(*) INDICATES DATUM HAS TRUNCATED FOR THIS TABLE. — DATE ENTERED/UPDATED: 03/01/1989

SID 5(15)

SOURCE TYPE/SIZE: EXTERNAL COMBUSTION - WOOD WASTE

COMPANY NAME/SITE LOCATION: SOLEDAD ENERGY LIMITED PARTNERSHIP , CA

DETERMINATION IS
PERMIT NO. 4625
DETERMINATION MADE BY MONTEREY BAY UNIFIED APCD (AGENCY)

DATE OF PERMIT ISSUANCE-- 09/30/88
ESTIMATED DATE OF START-UP--
DAVID CRAFT (AGENCY CONTACT PERSON)
(408)-443-1135 (PHONE)

PROCESSES SUBJECT TO THIS PERMIT	THROUGHPUT CAPACITY	POLLUTANT EMITTED	EMISSION LIMITS	CONTROL EQUIPMENT OR PROCESS MODIFICATION	... & BASIS ... PCT EFF
COMBUSTOR, WOOD FIRED, FLUIDIZE*	216.00 MMBTU/H				
		NOX	13.6000 LB/H		BACT
			0.0630 LB/MMBTU		
				AMMONIA INJECTION	
		SO2	141.6000 LB/D		BACT
			0.0270 LB/MMBTU		
				LIMESTONE INJECTION	
		PM10	147.4000 LB/D		BACT
			0.0290 LB/MMBTU		
				MULTICLONE & BAGHOUSE	99.50
		CO	197.0000 LB/D		
			0.0380 LB/MMBTU		
		VOC	139.9000 LB/D		BACT
			0.0270 LB/MMBTU		

(*) INDICATES DATUM WAS TRUNCATED FOR THIS TABLE.

DATE ENTERED/UPDATED: 06/01/1989

S/D 8(15)

SOURCE TYPE/SIZE EXTERNAL COMBUSTION - WOOD WASTE

COMPANY NAME/SITE LOCATION TAYLOR RAMSEY CORP. , VA

DETERMINATION IS BACT FOR A NEW SOURCE.
PERMIT NO. 30473
DETERMINATION MADE BY VIRGINIA DAPC (AGENCY)

DATE OF PERMIT ISSUANCE-- 05/16/88
ESTIMATED DATE OF START-UP-- 1988

KATHERINE MILLER (AGENCY CONTACT PERSON)
(8041)-786-1433 (PHONE)

PROCESSES SUBJECT TO THIS PERMIT	THROUGHPUT CAPACITY	POLLUTANT EMITTED	EMISSION LIMITS	CONTROL EQUIPMENT OR PROCESS MODIFICATION	... & BASIS ... PCT EFF
BOILER/GENERATOR	750.00 LB/YR				
		PM	0.2000 LB/MMBTU		
			0.8500 LB/H		
				PERMIT LIMITS	
		CO	0.4800 LB/MMBTU		
			2.0000 LB/H		
				PERMIT LIMITS	
		FOR*	0.1200 LB/H		
			0.5200 T/YR		
				PERMIT LIMITS	

NOTES --------
CONSTRUCT A 5.6 MMBTU/H WOOD GAS GENERATOR & A 4.184 MMBTU/H BOILER. GENERATOR TO CONSUME NO MORE THAN 750 LB/H OF WOODWASTE FUEL. FUEL FOR GENERATOR GREEN SAWDUST.

(*) INDICATES DATUM WAS TRUNCATED FOR THIS TABLE.

DATE ENTERED/UPDATED: 10/15/1988

S/D 7(15)

SOURCE TYPE/SIZE: EXTERNAL COMBUSTION - WOOD WASTE — 26.00 MW

COMPANY NAME/SITE LOCATION: ULTRASYSTEMS INC. — CHINESE CAMP, CA

DETERMINATION IS
PERMIT NO. 55 8986
DETERMINATION MADE BY TUOLUMNE COUNTY APCD (AGENCY)
EARL WITHYCOMBE (AGENCY CONTACT PERSON)
(916)-862-1233 (PHONE)

DATE OF PERMIT ISSUANCE-- 08/09/85
ESTIMATED DATE OF START-UP-- 1986

PROCESSES SUBJECT TO THIS PERMIT	THROUGHPUT CAPACITY	POLLUTANT EMITTED	EMISSION LIMITS / CONTROL EQUIPMENT OR PROCESS MODIFICATION	... & BASIS ... PCT EFF
BOILER, FLUID BED, WOOD FIRED	370.00 MMBTU/H			
		PM	0.0470 LB/MMBTU	
			MULTICLONE, ESP	99.20
		NOX	0.1490 LB/MMBTU	
			THERMAL DENOX, FLUID BED	55.00
		SO2	0.1400 LB/MMBTU	
		VOC	0.0980 LB/MMBTU	
			FLUID BED COMBUSTOR	
		CO	0.1500 LB/MMBTU	
			FLUID BED COMBUSTOR	

NOTES --------
TSP & NOX CONTROLS DESIGNED TO MAINTAIN EMISSIONS UNDER 100 T/YR PSD TRIGGER & EXPEDITE PERMIT PROCESSING TIME.

(*) INDICATES DATUM WAS TRUNCATED FOR THIS TABLE.

DATE ENTERED/UPDATED: 02/28/1986

S1D8(15)

SOURCE TYPE/SIZE: EXTERNAL COMBUSTION - WOOD WASTE

COMPANY NAME/SITE LOCATION: WESTERN FOREST POWER , CA

DETERMINATION IS
PERMIT NO. 4251
DETERMINATION MADE BY MONTEREY BAY UNIFIED APCD (AGENCY)
DAVID CRAFT (AGENCY CONTACT PERSON)

DATE OF PERMIT ISSUANCE-- 07/19/88
ESTIMATED DATE OF START-UP--
(408)-443-1135 (PHONE)

PROCESSES SUBJECT TO THIS PERMIT	THROUGHPUT CAPACITY	POLLUTANT EMITTED	EMISSION LIMITS	CONTROL EQUIPMENT OR PROCESS MODIFICATION	... & BASIS ... PCT EFF
COMBUSTOR, WOOD FIRED, FLUIDIZE*	230.00 MMBTU/H				
		NOX	467.0000 LB/D		BACT
			0.0940 LB/MMBTU		
				AMMONIA INJECTION	47.00
		SO2	149.0000 LB/D		BACT
			0.0270 LB/MMBTU		
				LIMESTONE INJECTION	
		PM10	97.0000 LB/D		BACT
			0.0180 LB/MMBTU		
				MULTICLONE & ESP	
		CO	550.0000 LB/D		
			0.1500 LB/MMBTU		
		VOC	149.0000 LB/D		
			0.0270 LB/MMBTU		

NOTES --------
APPLICANT HAS COMMITTED TO A LEVEL OF CONTROL THAT DOES NOT MAKE THE SOURCE SUBJECT TO BACT FOR VOC & CO ON THE COMBUSTOR.

(*) INDICATES DATUM HAS TRUNCATED FOR THIS TABLE.

DATE ENTERED/UPDATED: 06/01/1989

SID 9015)

SOURCE TYPE/SIZE: EXTERNAL COMBUSTION - WOOD WASTE — 15.00 MW

COMPANY NAME/SITE LOCATION: FAIRHAVEN POWER CO. — FAIRHAVEN, CA — HUMBOLDT COUNTY

DETERMINATION IS FOR A NEW SOURCE
PERMIT NO. NC 84-05
DETERMINATION MADE BY EPA REGION IX (AGENCY)
LINH TRAN (AGENCY CONTACT PERSON)
DATE OF PERMIT ISSUANCE-- 02/12/35
ESTIMATED DATE OF START-UP-- 1935
(415)-974-7631 (PHONE)

PROCESSES SUBJECT TO THIS PERMIT	THROUGHPUT CAPACITY	POLLUTANT EMITTED	EMISSION LIMITS	CONTROL EQUIPMENT OR PROCESS MODIFICATION	... & BASIS ... PCT EFF
BOILER, WOOD FIRED	225.60 MMBTU/H				
		PM	0.0450 LB/MMBTU	ESP, MULTICYCLONE DUST COLLECTOR	99.10
		NOX	0.2000 LB/MMBTU	BOILER DESIGN W/40% EXCESS COMBUSTION AIR	
		CO	0.3500 LB/MMBTU	BOILER DESIGN W/40% EXCESS COMBUSTION AIR	
		VOC	0.0700 LB/MMBTU	BOILER DESIGN W/40% EXCESS COMBUSTION AIR	

(*) INDICATES DATUM WAS TRUNCATED FOR THIS TABLE.

DATE ENTERED/UPDATED: 02/28/1986

S1D10C15)

APPENDIX -- DETAILED SOURCE LISTING

05/30/1990

SOURCE TYPE/SIZE: EXTERNAL COMBUSTION - WOOD WASTE

COMPANY NAME/SITE LOCATION: ERATH VENEER CORP. OF VA — ROCKY MOUNT, VA

DETERMINATION IS BACT FOR A NEW SOURCE.
PERMIT NO. 30392
DETERMINATION MADE BY VIRGINIA APCB (AGENCY)
KATHERINE MILLER (AGENCY CONTACT PERSON)
(804)-786-1433 (PHONE)
DATE OF PERMIT ISSUANCE-- 12/30/86
ESTIMATED DATE OF START-UP-- 1986

PROCESSES SUBJECT TO THIS PERMIT	THROUGHPUT CAPACITY	POLLUTANT EMITTED	EMISSION LIMITS	CONTROL EQUIPMENT OR PROCES MODIFICATION	... & BASIS ... PCT EFF
BOILER, WOODWASTE FIRED	31.50 MMBTU/H				
		PM	0.2700 MMBTU/H		
			8.5100 LB/H		
				2 MULTICLONES	75.00
		SO2	0.5300 LB/H		
			0.2300 T/YR		
		VOC	0.1600 LB/MMBTU		
			4.9000 LB/H		
		CO	0.8900 LB/MMBTU		
			28.0000 LB/H		

NOTES --------
TO CONSTRUCT A 31.5 MMBTU/H WOODWASTE BOILER.

(*) INDICATES DATUM HAS TRUNCATED FOR THIS TABLE.

DATE ENTERED/UPDATED: 02/19/1987

ID NUMBER VA 0043

SOURCE TYPE CODE 1.4

S10 11C15)

APPENDIX -- DETAILED SOURCE LISTING

05/30/1990

SOURCE TYPE/SIZE: EXTERNAL COMBUSTION - WOOD WASTE

COMPANY NAME/SITE LOCATION: DECKER ENERGY INTERNATIONAL — EAST RYEGATE, VT
RYEGATE BIOMASS PROJECT, R'E 5

DETERMINATION IS BACT FOR A NEW SOURCE.
PERMIT NO.
DETERMINATION MADE BY VERMONT NR. APCD (AGENCY) — LARRY MILLER (AGENCY CONTACT PERSON) — (802)-244-8731 (PHONE)

DATE OF PERMIT ISSUANCE-- 01/11/88
ESTIMATED DATE OF START-UP-- 1989

PROCESSES SUBJECT TO THIS PERMIT	THROUGHPUT CAPACITY	POLLUTANT EMITTED	EMISSION LIMITS	CONTROL EQUIPMENT OR PROCESS MODIFICATION	... & BASIS ... PCT EFF
BOILER, WOOD FIRED	300.00 MMBTU/H				
		PM	0.0007	GR/DSCF AT 12% CO2	MSER
				MECHANICAL COLLECTOR/ESP	
		VE	60.0000	% OPACITY	
			20.0000	% OPACITY, 54MIN/H	
		NOX	0.2500	LB/MMBTU	MSER
		CO	0.3000	LB/MMBTU	MSER
		VOC	9.0000	LB/H	UNRG
		BAP	0.0120	LB/H	UNRG

NOTES --------
BAP - BENZO(A)PYRENE. MSER - MOST STRINGENT EMISSION LIMIT - VERMONT'S EQUIVALENT TO FEDERAL BACT/LAER.

(*) INDICATES DATUM WAS TRUNCATED FOR THIS TABLE.

DATE ENTERED/UPDATED: 06/01/1989

5/6 12/15)

APPENDIX -- DETAILED SOURCE LISTING

05/30/1990

SOURCE TYPE/SIZE: EXTERNAL COMBUSTION - WOOD WASTE — 666.00 MMBTU/H, INPUT

COMPANY NAME/SITE LOCATION: CRAVEN COUNTY WOOD ENERGY PROJECT — NEW BERN, NC — CRAVEN COUNTY

DETERMINATION IS BACT FOR A NEW SOURCE.
PERMIT NO. 6419
DETERMINATION MADE BY NORTH CAROLINA DEM (AGENCY)
SAMMY AMERSON (AGENCY CONTACT PERSON)
DATE OF PERMIT ISSUANCE-- 01/24/89
ESTIMATED DATE OF START-UP-- 1990
(919)-733-3340 (PHONE)

PROCESSES SUBJECT TO THIS PERMIT	THROUGHPUT CAPACITY	POLLUTANT EMITTED	EMISSION LIMITS	CONTROL EQUIPMENT OR PROCESS MODIFICATION	... & BASIS ... PCT EFF
BOILER, WOOD FIRED	666.00 MMBTU/H				
		NOX	0.3500 LB/MMBTU	BOILER DESIGN AUTOMATIC COMBUSTION CONTROLS	
		PM	0.0410 LB/MMBTU	CYCLONE SEPERATOR/ESP	98.20
		CO	0.6600 LB/MMBTU	AUTOMATIC COMBUSTION CONTROLS	
		VOC	0.0770 LB/MMBTU	AUTOMATIC COMBUSTION CONTROLS	

(*) INDICATES DATUM WAS TRUNCATED FOR THIS TABLE.

DATE ENTERED/UPDATED: 03/01/1989

ID NUMBER NC-0046

SOURCE TYPE CODE 1.4

S10 13(S)

APPENDIX -- DETAILED SOURCE LISTING

05/30/1990

SOURCE TYPE/SIZE: EXTERNAL COMBUSTION - WOOD WASTE

COMPANY NAME/SITE LOCATION: COGENERATION MICHIGAN, INC. — CADILLAC, MI
VANDER JAGT INDUSTRIAL PARK

DETERMINATION IS BACT FOR A NEW SOURCE.
PERMIT NO 373-86
DETERMINATION MADE BY MICHIGAN DNR, AQD (AGENCY) — RANDAL TELESZ (AGENCY CONTACT PERSON) — (517)-373-7023 (PHONE)
DATE OF PERMIT ISSUANCE-- 01/16/90
ESTIMATED DATE OF START-UP-- 1992

PROCESSES SUBJECT TO THIS PERMIT	THROUGHPUT CAPACITY	POLLUTANT EMITTED	EMISSION LIMITS	CONTROL EQUIPMENT OR PROCESS MODIFICATION	... B BASIS ... PCT EFF
BOILER, 2 EA	293.00 MMBTU/H				
		PM/*	0.0300 LB/MMBTU		BACT
				MECHANICAL COLLECTOR, BAGHOUSE	99.90
		SO2	0.0170 LB/MMBTU		
		CO	0.3500 LB/MMBTU		BACT
				GOOD COMBUSTION CONTROLS	
		NOX	0.2100 LB/MMBTU		BACT
				SNCR	45.00
		VOC	20.2000 LB/H		BACT
			88.3000 T/YR		
				GOOD COMBUSTION CONTROLS	
		BAP	4.1000 UG/CUBIC METER		
		NH3	10.0000 PPM		

NOTES ---------
SELECTICE NON-CATALYTIC REDUCTION - EITHER THERMAL DE NOX OR NOX OUT. THIS IS A REDETERMINATION OF BACT FOR EXTENSION OF THE P SD PERMIT.

(*) INDICATES DATUM HAS TRUNCATED FOR THIS TABLE.

DATE ENTERED/UPDATED: 05/01/1990

(S1251 S10

SID 1961(S)

APPENDIX -- DETAILED SOURCE LISTING

05/30/1990

SOURCE TYPE/SIZE: EXTERNAL COMBUSTION - WOOD WASTE

COMPANY NAME/SITE LOCATION: COGENERATION MICHIGAN, INC. — CADILLAC, MI

DETERMINATION IS BACT FOR A NEW SOURCE.
PERMIT NO. 373-86
DETERMINATION MADE BY MICHIGAN DNR (AGENCY)
GREGORY EDWARDS (AGENCY CONTACT PERSON)
DATE OF PERMIT ISSUANCE-- 09/15/87
ESTIMATED DATE OF START-UP-- 1988
(517)-373-7023 (PHONE)

PROCESSES SUBJECT TO THIS PERMIT	THROUGHPUT CAPACITY	POLLUTANT EMITTED	EMISSION LIMITS	CONTROL EQUIPMENT OR PROCESS MODIFICATION	% BASIS % PCT EFF
BOILER, 2 EA	293.00 MMBTU/H				
		PM	0.0100 LB/MMBTU		N/R
				BAGHOUSE	99.00
		NOX	0.3000 LB/MMBTU WOOD		N/R
			0.2000 LB/MMBTU GAS		
				BOILER DESIGN	
		CO	0.3000 LB/MMBTU WOOD		BACT
				BOILER DESIGN	
		BAP	31.7000 MICROGRAM/CUBIC METER		BACT

NOTES -----
TRUNCATED POLLUTANT NAME IS BENZO A-PYRENE.

(*) INDICATES DATUM WAS TRUNCATED FOR THIS TABLE.

DATE ENTERED/UPDATED: 05/01/1990

ID NUMBER MI-0049
SOURCE TYPE CODE 1.4

APPENDIX -- DETAILED SOURCE LISTING

05/30/1990

SOURCE TYPE/SIZE EXTERNAL COMBUSTION - WOOD WASTE

COMPANY NAME/SITE LOCATION BIO GEN TORRINGTON PARTNERSHIP
RT. 8 & 800
TORRINGTON, CT

DETERMINATION IS BACT FOR A NEW SOURCE
PERMIT NO. 183-0027
DETERMINATION MADE BY CONNECTICUT DEP
(AGENCY)

JOSEPH ULEVICUS
(AGENCY CONTACT PERSON)

DATE OF PERMIT ISSUANCE--
ESTIMATED DATE OF START-UP--
(203) 566 8230
(PHONE)

PROCESSES SUBJECT TO THIS PERMIT	THROUGHPUT CAPACITY	POLLUTANT EMITTED	EMISSION LIMITS	CONTROL EQUIPMENT OR PROCESS MODIFICATION	... & BASIS ... PCT EFF
BOILER, WOOD FIRED	208.50 MMBTU/H				
		PM	0.0100 LB/MMBTU	BAGHOUSE	99.50
		SOX	0.1000 LB/MMBTU	FUEL ANALYSIS	
		NOX	0.2000 LB/MMBTU	SNCR	40.00
		CO	0.2900 LB/MMBTU	STAGED COMBUSTION	
		VOC	0.0800 LB/MMBTU	O.F. AIR	
		HAZ*		NO LIMITS GIVEN	
		HCL	49.0000 PPMDV AT 12% CO2	FUEL SPECS	

NOTES -
METALS & ACID GASES CONTROLLED BY WOOD FUEL SPECS LIMITING NON WOOD MATERIAL TO <1% BY WEIGHT OF THE FUEL STREAM

(*) INDICATES DATUM WAS TRUNCATED FOR THIS TABLE

DATE ENTERED/UPDATED: 04/30/1990

ID NUMBER CT 0007

SOURCE TYPE CODE 1.4

510 15(15)

Bilaga 3

Analys av emissioner av polyaromatiska kolväten från två fliseldade pannor (17).

510353

POLYAROMATISKA KOLVÄTEN

Fliseldning i cyklonförugn (30 MW)

	Prov 1		Prov 2		Prov 3	
	ug/Nm^{3}t.g., 10% CO_2	% bundet till partikelfas	ug/Nm^{3}t.g., 10% CO_2	% bundet till partikelfas	ug/Nm^{3}t.g., 10% CO_2	% bundet till partikelfas
1. 2-Metylnaphtalene	1.3	<25	0.77	< 25	1.2	-
2. 1-Metylnaphtalene	0.11	<25	0.10	-	0.58	-
3. Biphenyl	0.35	< 25	0.36	-	0.09	-
4. Acenaphtylene	2.4	< 25	3.0	-	21	-
5. Acenaphtene	0.19	< 25	0.015	-	0.17	-
6. 4-Methylbiphenyl	< 0.02	-	< 0.02	-	0.04	-
7. Dibenzofuran	0.48	< 25	0.21	-	0.67	-
8. Fluorene	0.091	46	0.04	-	0.14	-
9. 9-Methylfluorene	< 0.02	-	< 0.02	-	< 0.02	-
10. 9.10-Dihydroanthracene	< 0.02	-	< 0.02	-	0.02	-
11. 2-Methylfluorene	< 0.02	-	< 0.02	-	< 0.02	-
12. 1-Methylfluorene	< 0.02	-	< 0.02	-	< 0.02	-
13. Dibenzothiophene	< 0.02	-	0.025	-	0.09	-
14. Phenanthrene	0.07	78	2.4	9	11	0.6
15. Anthracene	0.05	100	0.20	-	0.67	-
16. Acridine	0.30	<10	0.17	-	0.29	-
17. Carbazole	0.06	<10	0.06	-	0.16	-
18. 2-Methylanthracene	< 0.02	-	0.02	-	< 0.02	-
19. 1-Methylphenathrene	0.07	77	0.02	-	0.04	-
20. 9-Methylanthracene	< 0.02	-	< 0.02	-	< 0.02	-
21. 3.6-Dimethylphenanthrene	< 0.02	-	< 0.02	-	< 0.02	-
22. 1.2-Dihydropyrene	0.06	-	0.20	-	0.37	-
23. Fluoranthene	0.54	100	1.7	32	5.3	5

- = ej analyserad

	Prov 1		Prov 2		Prov 3	
	ug/Nm^{3}t.g., 10% CO_2	% bundet till partikelfas	ug/Nm^{3}t.g., 10% CO_2	% bundet till partikelfas	ug/Nm^{3}t.g., 10% CO_2	% bundet till partikelfas
24. Pyrene	1.1	100	2.6	39	9.0	5
25. Benzo (a) fluorene	< 0.02	-	< 0.02	-	< 0.02	-
26. Benzo (b) fluorene	< 0.02	-	< 0.02	-	< 0.02	-
27. 1-Methylpyrene	< 0.02	-	0.02	-	0.04	-
28. Benz (a) anthracene	0.12	20	0.57	60	1.1	7
29 Chrysene	0.03	-	0.42	48	0.46	5
30. Triphenylene						
31. B_1B^1-Binaphthyl						
32. Benzo (bok) fluoranthene	< 0.02	-	1.2	100	0.96	7
33. Benzo (e) pyrene			0.63	100	0.80	22
34. Benzo (a) pyrene			0.50	77	0.29	40
35. Perylene			0.07	70	0.06	-
36. 3-Methylcholanthrene			< 0.02	-	< 0.02	-
37. m-Qoaterphenyl			< 0.02	-	< 0.02	-
38. o-Phenylenepurene			1.1	57	1.1	7
39. Dibenz (a,h) anthracene			< 0.02	-	< 0.02	-
40. Picene			< 0.02	-	< 0.02	-
41. 1,2,3,4-Dibenzanthracene			< 0.02	-	< 0.02	-
42. Benzo (g,h,i) perylene			3.3	76	3.2	-
43. Anthanthrene			< 0.02	-	< 0.02	-

5102(3)

POLYAROMATISKA KOLVÄTEN; Kombinationspanna Osby VRT (1,7 mw)

	Prov 1	Prov 2 (22)	Prov 3 (23)
	µg/Nm^{3}t.g., 10% CO_2	µg/Nm^{3}t.g., 10% CO_2	µg/Nm^{3}t.g., 10% CO_2
1. 2-Metylnaphtalene	984	15.8	12.6
2. 1-Metylnaphtalene	1032	17.3	11.7
3. Biphenyl	648	20.2	12.6
4. Acenaphtylene	2112	99.4	14.4
5. Acenaphtene	211	3.2	1.2
6. 4-Methylbiphenyl	84	0.2	0.7
7. Dibenzofuran	2880	80.1	44.1
8. Fluorene	384	8.5	2.9
9. 9-Methylfluorene	-	-	1.3
10. 9.10-Dihydroanthracene	55	< 0.3	0.2
11. 2-Methylfluorene	88	0.5	0.9
12. 1-Methylfluorene	117	1.6	0.3
13. Dibenzothiophene	74	< 0.3	< 0.1
14. Phenanthrene	1872	69.1	22.5
15. Anthracene	576	9.5	1.3
16. Acridine	96	1	0.2
17. Carbazole	105	1.6	0.4
18. 2-Methylanthracene	136	2.2	0.3
19. 1-Methylphenathrene	144	3.9	1.2
20. 9-Methylanthracene	96	0.9	
21. 3.6-Dimethylphenanthrene	110	0.5	0.7
22. 1.2-Dihydropyrene	165	3.6	3.7
23. Fluoranthene	696	24.5	9.9
24. Pyrene	600	24.5	9.9
25. Benzo (a) fluorene	264	12.2	
26. Benzo (b) fluorene	180	2.7	
27. 1-Methylpyrene	93	4.3	1.6
28. Benz (a) anthracene	148	4.8	1.4
29. Chrysene, Triphenylene	100	6.2	2
30. B$_1$B^1-Binapnthyl			
31. Benzo (bok) fluoranthene	100	18.7	2
32. Benzo (e) pyrene	34	3.7	0.4
33. Benzo (a) pyrene	36	1.9	< 0.045
34. Perylene	9.1		
35. 3-Methylcholanthrene	< 0.2	< 0.07	< 0.045
36. m-Quaterphenyl	< 0.2	< 0.07	
37. o-Phenylenepyrene	24		
38. Dibenz (a,h) anthracene	2.4	< 0.07	< 0.045
39. Picene	< 2.4		
40. 1,2,3,4-Dibenzanthracene	< 2.4		
41. Benzo (g,h,i) perylene	28.8		
42. Anthanthene	9.6		
Summa PAH	14200	440	161

Bilaga 4

Sammanställningar av mätresultat från referensmaterial sid 1

Sammanfattningar av referensmaterial sid 9

Tabell A Analyser av utsläpp av koloxid och kolväten från rosteldning. sid 1(2)

Ref	Effekt/MW (Dim-effekt)	Panntyp	Bränsle (fukthalt/%)	Emissioner CO/ppm (min-max)	Cx Hy/ppm (min-max)	PAH µg/Nm³ (min-max)	Tjära mg/Nm³	BaP/ng/Nm³	Anmärkn
20	16 (18)	Fast sned-roster med elfilter	Flis	750 (400-4800)	20 ppm (10-100)		< 1		Sannolikt reemission
20	17	"	"	2000 (400->5000)	80 (10-200)		1		
20	7	"	"	2300 (1300-3000)	100 (40-130)		1		
20	7	"	"	> 5000	2000		48		
20	7	"	"	~ 5000 (4000)	200 (150-230)		28		Sannolikt kontami- (4000- nering från föregående prov
20	7	"	"	> 5000	6000 (4000-7000)		69		
20	13	"	"	300 (200-400)	8 (5-20)		2		Sannolikt reemission
20	13	"	"	~ 5000 (4200->5000)	225 (200-300)		< 2		
23	7	Rosteldning	Torvpulver	(0-870)		(1,4-2,8)			
23	5	Rosteldning	Björkflis	(0-3290)	(2,2-48)	(1,8-14,4)			

Tabell A sid 2(2)

Ref	Effekt/MW (Dim-effekt)	Panntyp	Bränsle (fukthalt/%)	Emissioner CO/ppm (min-max)	Cx Hy/ppm (min-max)	PAH µg/Nm³ (min-max)	Tjära	BaP/ng/Nm³	Anmärkn
23	2	Rosteldning	Sågspån	2100					
23	6	Rosteldning	Torv	(50,8-272)	(10-59)	(0,5-13,9)			
23	2	Rosteldning	Flis	8300					
23	2	Rosteldning	Sågavfall	7400					
23	10	Rosteldning	Sågavfall	(124-2480)		(10,0-18,9)			
15	12	Rörlig rost rökgasåter-återföring	Torv (35-50%)	< 50 (0-250)	< 2 (0-7)				
16	12	"	Skogsbränsle (25-45%)	70 (10-1521)	3,4 (0-30)				

TABELL B Analyser av utsläpp av koloxid och kolväten från eldning i fluidiserad bädd

Ref	Effekt/MW (Dim-effekt)	Panntyp	Bränsle (fukthalt/%)	Emissioner CO/ppm (min-max)	Cx Hy/ppm (min-max)	PAH (min-max)	Tjära	BaP/ng/Nm^3	Anmärkn
25	14 (17,5)	Cirk fluid-bädd med elektro-skrubber	Stycke-torv			0,25 µg/MJ			
25	9 (12)	Bubblande fluidbädd med spärr-filter	Stycke-torv			0,08 µg/MJ			
23	3	Fluidiserad bädd	Torvpulver	(397-4825)	(7-309) mg/m^3	(5,5-309,4) µg/m^3			

Tabell C Analyser av utsläpp av koloxid och kolvälten från eldning av torv. sid 1 (2)

Ref	Effekt/MW (Dim-effekt)	Panntyp	Bränsle (fukthalt/%)	Emissioner CO/ppm (min-max)	Cx Hy/ppm (min-max)	PAH µg/Nm³ (min-max)	Tjära	BaP/ng/Nm³	Anmärkn
25	14 (17,5)	Cirk fluid-bädd med elektro-skrubber	Stycke-torv			0,25			
25	9 (12)	Bubblande fluidbädd med spärr-filter	Stycke-torv			0,08			
7	2,4	Osby	Torv			250		10000	
7	125		Torvpulver					< 2	
17	75 (100)	Ahlström med elfilter	Frästorv (49 %)	45 (40-50)	< 15			< 1,6 *	* 0,00077 µg/MJ
17		"	"	50 (45-60)	< 15			< 1,6	
17		"	"	50 (45-60)	< 15			< 1,6	
23	5	Förgasning	Torv	(0-620)	(0,07-5,7)	(34,1-91,3)			
23	7	Rosteldning	Torvpulver	(0-870)		(1,4-2,8)			
23	4,5	Cyklon-eldning	Torvpulver	1610					
23	3	Fluidiserad bädd	Torvpulver	(397-4825)	(7-309)	(5,5-309,4)			

Tabell C sid 2 (2)

Ref	Effekt/MW (Dim-effekt)	Panntyp	Bränsle (fukthalt/%)	Emissioner CO/ppm (min-max)	Cx Hy/ppm (min-max)	PAH µg/Nm^3 (min-max)	Tjära	BaP/ng/Nm^3	Anmärkn
23	6	Rosteldning	Torv	(50,8-272)	(10-59)	(0,5-13,9)			
15	12	Rörlig rost rökgasåter-återföring	Torv (35-50%)	< 50 (0-250)	< 2 (0-7)				

5718

Tabell D Analyser av utsläpp av koloxid och kolväten från eldning av flis och ved. sid 1 (3)

Ref	Effekt/MW (Dim-effekt)	Panntyp	Bränsle (fukthalt/%)	Emissioner CO/ppm (min-max)	Cx Hy/ppm (min-max)	PAH (min-max)	Tjära mg/Nm^3 t g	BaP/ng/Nm^3	Anmärkn
8	16 (18)	Fast sned-roster med elfilter	Flis	750 (400-4800)	20 ppm (10-100)		< 1 mg/Nm^3 t g		Sannolikt reemission
20	17 (18)		"	2000 (400->5000)	80 (10-200)		1		
20	7 (18)		"	2300 (1300-3000)	100 (40-130)		1		
20	7 (18)		"	> 5000	2000		48		
20	7 (18)		"	~ 5000 (4000->5000)	200 (150-230)		28		Sannolikt kontami-nering från föregående prov
20	7 (18)			> 5000	6000 (4000-7000)		69		
20	13 (18)			300 (200-400)	8 (5-20)		2		Sannolikt reemission
20	13 (18)			~ 5000 (4200->5000)	225 (200-300)		< 2		

8179

7(18)

Tabell D sid 2 (3)

Ref	Effekt/MW (Dim-effekt)	Panntyp	Bränsle (fukthalt/%)	Emissioner CO/ppm (min-max)	Cx Hy/ppm (min-max)	PAH µg/Nm^3 (min-max)	Tjära	BaP/ng/Nm^3	Anmärkn
7	2	Osby	Flis			150-450		2000-5000	
7	10		Bark			> 13 *		< 300	* 1,8 10^4 g/TWh
7	30		Ekflis					300	
7	20		Ekflis					< 20	
7	40		Bark			18-33 *		< 400	* 25-46 kg/TWh
17	28 (30)	Cyklon-förugn, typ Axon m elfilter	Flis (30 %)	500 (150->5000)		< 6,5 (< 3,6)		< 22 *	* 0,012 µg/MJ
17	19 (30)		"	125 (50->5000)				500 *	* 0,26 µg/MJ
17	19 (30)		"	500 (50-5000)				310 *	* 0,17 µg/MJ

Tabell D sid 3 (3)

Ref	Effekt/MW (Dim-effekt)	Panntyp	Bränsle (fukthalt/%)	Emissioner CO/ppm (min-max)	Cx Hy/ppm (min-max)	PAH µg/Nm³ (min-max)	Tjära	BaP/ng/Nm³	Anmärkn
23	5	Rosteldning	Björkflis	(0-3290)	(2,2-48)	(1,8-14,4)			
23	2	Rosteldning	Flis	8300					
14	2	Komb panna	Flis (37 %)	1000-4000		30-120			
14	30	Cyklon-förugn (49 %)	Flis (49 %)	2000-4000					
26	12	Rosteldad rökgasåter-föring	Skogsbränsle (25-45%)	70 (10-1521)	3,4 (0-30)				

9 (18

8. Biomassa som energikälla: Försök till bedömning av hälsorisker

Lars Ehrenberg, Stockholms Universitet, Inst. för strålningsbiologi, 1990

Uppdragsgivare är Statens Naturvårdsverk

I rapporten görs en bedömning av hälsoeffekter, särskilt cancerrisk, vid en ökad användning av biomassa för energiproduktion. Kunskapsunderlaget är mycket ofullständigt. En satsning på biomassa som energikälla i större omfattning kan därför, enligt rapporten, endast rekommenderas under följande förutsättningar

a) att kunskapen om emissioner av ur rikssynpunkt väsentliga ämnen liksom om sambanden mellan exponering och risk förbättras.

b) att regler för kontroll av driftsförhållanden och underskott av energigenererade anläggningar utvecklas.

c) att vägen lämnas öppen för ändrade förfaranden och regler om förbättrad kunskap enligt a) skulle tyda på oacceptabla risker

8. Hälsorisker till följd av vedförbränning

Karolinska Institutet, Inst. för miljömedicin 1990

Uppdragsgivare är Statens naturvårdsverk

I rapporten görs en bedömning av hälsoeffekter och risken av luftföroreningart som bildas vid vedeldning

Utbredd individuell vedeldning i rad- och kedjehus samt villaområden skulle med dagens teknik sannolikt kunna medföra vissa hälsoeffekter. Eldning i gruppcentral är ett bättre alternativ när det gäller stoft- bensen- och PAH-halterna ur hälsosynpunkt. Att elda i fjärrvärmeanläggning är dock att förorda.

Vedeldning med framtida utvecklade förbränningstekniker ger betydligt lägre luftföroreningshalter. Det totala utsläppet av cancerframkallande ämnen ökar dock och luftkvaliteten kommer att försämras jämfört med om olja eller el används.

11. Små fastbränsleeldade pannor -Teknisk beskrivning av pannor i storleksintervallet 20 kW - 10 MW

Lars Wester AB Fjärrvärme, Trosa 1982 (snv pm 1462)

Rapporten beskriver tillgängliga panntyper i effektintervallet 20 kW till 10 MW för i första hand inhemska bränslen. Olika förbränningsprinciper diskuteras från miljösynpunkt speciellt med koppling till uppkomst av stoft, kolmonoxid, kväveoxider och polycykliskt organiskt material. Mindre pannor har visat sig ge upphov till stora utsläpp av partiklar och kolväten. Rapporten pekar på förbränningstekniker som givit goda förbränningsresultat.

13. Emissionsmätningar vid ved- och torveldning

Stiftelsen för Värmeteknisk Forskning SVF, projekt c 16, Christer Andersson, Studsvik Energiteknik AB, 1981

Rapporten redovisar en inventering av hitills utförda eller pågående undersökningar av utsläppen till luft från torv och biobränsleeldade anläggningar. Typiska mätresultat har sammanställts i tabellform tillsammans med panntyp och använt bränsle. tabellen redovisas nedan.

17. Emissioner vid förbränning av torv och flis

Lars Rudling, Göran Löfroth (snv pm 1449)

Rökgasemissioner från följande förbränningssystem har undersökts. (1) Torvpulvereldning i ett kraftvärmeverk (100 MW) med stoftavskiljning i elfilter. (2) Fliseldning i en cyklonförugn (30 MW) med stoftavskiljning i elfilter. (3) Fliseldning på rost i kombinationspanna (1,7 MW) med stoftavskiljning i multicyklon.

Tovpulversystemet gav stabila förbränningsbetingelser med låg emission av ofullständigt förbrända organsiak ämnen och kolmonoxid. Flisförbränningssytemen gav, med undantag för en provtagningsperiod för cyklonförugnen, däremot relativt hög emission av organiska ämnen och kolmonoxid.

18. Emissioner fra Halm- og flisefyr

Lise Jensen, dk-TEKNIK, Dansk Kedelforening

Mätningar av utsläpp av polyaromatiska kolväten har utförts på 6 halmeldade anläggningar större än 120 kW och på 2 fliseldade anläggningar. I undersökningen ser man ett klart sambande mellan CO- och PAH-utsläppen. Erfarenheten visar att en hög CO-emission erhålls vid ett mycket lågt eller ett mycket högt luftöverskott. Det bör alltså finnas ett syre-intervall - individuellt för varje anläggningen som minimerar PAH-emissionen. Den totala PAH-emissionen består till övervägande del av naftalen (68%). I undersökningen ingick även analyser av dioxin. Man fann dioxin över detektionsgränsen endast i tre av anläggningarna. Mätresultat presenteras i figur A, B och C.

FIGUR A

PAH-gruppering				Formel	molvægt	Kogepunkt °C	Carcinogenitet
			Naftalen	$C_{10}H_8$	128	218	-
			Acenaphtylen	$C_{12}H_{10}$	152	265	
			Acenaphten	$C_{12}H_{10}$	154	279	
		PAH3	Fluoren	$C_{13}H_{10}$	166	295	-
			Phenanthren	$C_{14}H_{10}$	178	340	-
			Antracen	$C_{14}H_{10}$	178	342	-
			Fluoranthen	$C_{15}H_{10}$	202	375	-
PAH1	PAH2		Pyren	$C_{15}H_{10}$	202	393	-
			Benzo-a-anthracen	$C_{18}H_{12}$	228	400	+
			Chrysen	$C_{18}H_{12}$	228	448	+-
			Benz-e-pyren	$C_{20}H_{12}$	252	493	-
			Benz-b-fluoranthen	$C_{20}H_{12}$	252	481	+-/+++
		PAH4	Benz-k-fluoranthen	$C_{20}H_{12}$	252	481	+
			Benz-a-pyren	$C_{20}H_{12}$	252	495	++++
			Dibenzo-a, h-anthracen	$C_{22}H_{14}$	278	524	+++/++++
			Benzo-g, h, i-perylen	$C_{22}H_{12}$	276	542	+-
			Indeno-123-cd-pyren	$C_{22}H_{12}$	276	534	+-

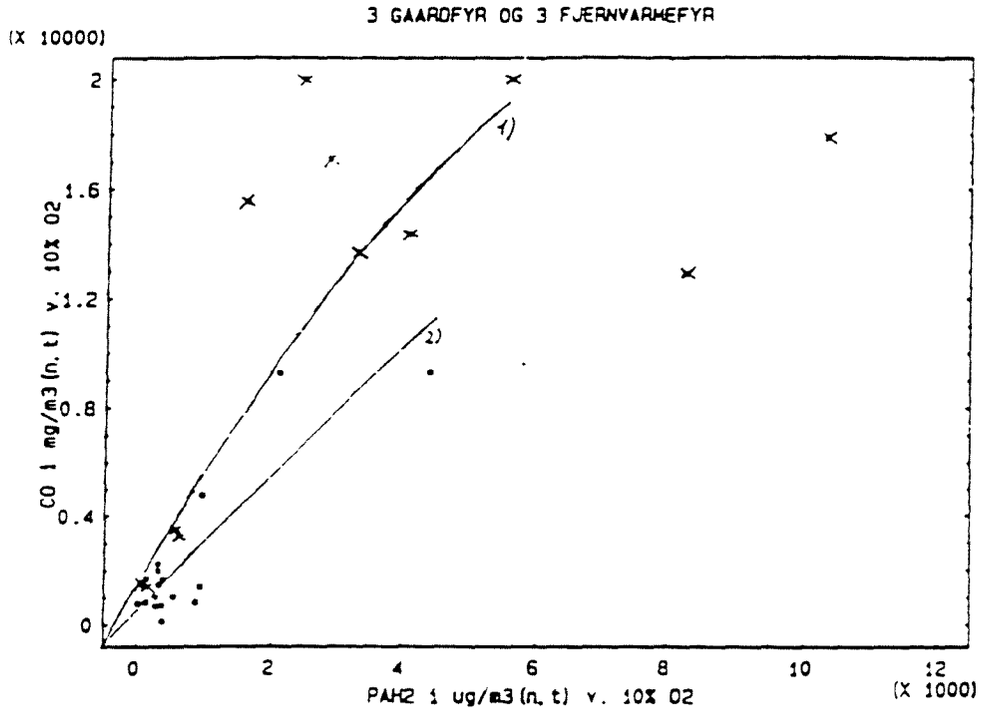
*) -: ikke carcinogen, +-: muligvis, + til ++++ varierende grad af carcinogenitet

FIGUR B

Anlæg	PAH-koncent. µg/m³(n,t) ved 10% O_2 PAH2	PAH4	CO-koncent. mg/m³(n,t) ved 10% O_2
Gårdfyr:			
helballe	1596-10316	113-424	13.400-18.200
skiveskåret halm	2864-8237	84-611	12.900-36.600
snittet halm	71-608	1,7-55	1.440-3.490
Fjernvarmefyr:			
helballe	19-874	0,83-108	660-1.030
helballe (cigarfyring)	240-4400	18-107	4790-9.300
Snittet halm	140-379	15-50	125-1710
Flisfyr:			
360 kW	16-1540	2,1-32	110-1490
2,2 MW	0,35-0,48	0,05-0,10	0-51

(5(18)

FIGUR C



Sammenhæng mellem CO- og PAH-koncentration.
hvor x og 1): Gårdfyr, ▫ og 2): Fjernvarmefyr.

20. Undersökning av rökgasemissioner vid fliseldning på snedrost och i retort

Lars Rudling, Studsvik Arbetsrapport EB-82/179. 1982

Rökgasemissionerna vid fliseldning på fast snedrost, 18 MW nominell panneffekt, med stoftavskiljning i elfilter samt flis/spåneldning i retort, 0,75 MW nominell panneffekt, med stoftavskiljning i multicyklon har undersökts.

Kontinuerlig analys av kolmonoxid, mängd oförbränt och totalkolväte visade att slutförbränningsgraden varierade kraftigt beroende på vilket luftöverskottsnivå pannan kördes.

Bl a kunde följande slutsatser för de undersökta systemen dras av undersökningen;

- Vid ett lågt luftöverskott med en syrehalt i rökgasen på 3,5 % O_2 t.g. var slutförbränningsgraden i pannan dålig

- Vid ett luftöverskott med en syrehalt i rökgaseen på 4,5 % O_2 t.g. eller högre var slkutförbränningsgraden i pannan relativt god med en genomsnittlig kolmonoxidhalt på 200-400 ppm.

- Totalkolvätehalten samvarierar med kolmonoxidhalten

- Kvoten totalkolväte/kolmonoxid är ej konstant vid olika kolmonoxidhaltnivåer.

- Emissionen av fluorathen, tjära och mutagena substansder uppvisar en större korrelation till totalkolvätehalten än till kolmonoxidhalten.

21. Emissioner vid förbränning av maskintorv och flis - snedrost och centriförugn

Lars Rudling, IVL

För att undersöka miljökonsekvenserna vid energiproduktion med biobränsle och torv har rökgasemissionerna från följande förbränningssystem undersökts:

1- Förbränning av maskintorv på mekanisk snedrost 35 MW med stoft avskiljning i elfilter.

2- Förbrtänning av maskintorv och flis i en centriförugn (Berg och Stark) med stoftavskiljning i en multicyklon 1,8 MW

Organiska emissioner

För samtliga undersökta bränslen och förbränningsystem erhålles en mycket god slutförbränning, en låg och jämn kolmonoxidhalt. Emissionen av ofullständigt förbrända pyrolysprodukter som aldehyder, polyaromatiska kolväten (PAH), tjära och mutagena substanser är i samtliga system mycket låg och torde ge ett negligerbart koncentrationsbidrag till omgivningen av dessa substanser.

Vid bestämning av emissionen av olika högmolekylära "lågflyktiga substanser" som PAH och tjärhalt har konstaterats att mycket stora fel kan erhållas på grund av en i tiden fasförskjuten reemission av i förbränningssystemet adsorberad PAH/tjära om emissionsmätningarna ej utförs vid en adekvat drift av pannan.

23. Emissions from Wood and Peat Fired Heating Plants

Raili Vesterinen, Technical Research centre of Finland, Domestic Fuel Laboratory.

Rapporten presenterar utsläpp av stoft, kväveoxider, svaveldioxid, kolmonoxid och kolväten från eldning av trä och torv.

Kolväteutsläppen anses följa bildningen av kolmonoxid vid ofullständig förbränning. Effektiv styrning och reglering av förbränningsprocessen, samt utbildad och kunning personal håller i allmänhet kolväteutsläppen på en låg nivå. Pannans storlek har dock en mycket stor betydelse. Förbränning i pannor större än 1 MW är mer fullständig än i villapannor. Bränsletsfukthalt och framförallt variatrionen i denna, har stor betydelse för bildningen av luftföroreningar. Betydelsen är större ju mindre pannan är och ju mindre automatiserad driften av den är.

24. Energi- och miljöoptimering av mindre förbränningsanläggningar - litteraturstudie

Niklas Bardh, IVL 1984

En litteraturstudie som behandlar hur verkningsgraden och emissionsparametrarna påverkas av hur förbränningsförloppet styrs på en fastbränsleeldad panna avsedd främst för biobränslen har utförts

Rapporten behandlar hur emissionerna av kväveoxider, svaveldioxi, stoft och oförbränt påverkas av olika förbränningsparametrar såsom temperatur, luftöverskott, luftfördelning, last, bränsletillförsel m m.

26. Commercialization of Energy Systems Using biomass residues in Ontario: Case histories.

J.r Herberman, M. E.S, P.J Carrie, B.A Technology Development Section, Ontario MInistry of Energi

Artikeln sammanfattar erfarenheter från några förbränningsanläggningar för skogsavfall i Ontario ur teknisk, ekonomisk och miljömässig synvinkel. Luftföroreningsutsläppen ligger i allmänhet inom de av myndigheterna uppsatta riktvärdena för området. Mätningar innefattade i vissa fall analys av totala kolväten (THC) och PAH
Inga resultat av mätningar presentarades.

27. Investigation of Emissions from Combustion of Urban Waste Wood in Industrial Boilers

Laurence, E. Berry, James E. Chezem, Ronald G. Ostendorf, Richard C. Scherr, The Procter & Gamble Company Cincinnati, Ohio

Rapporten presenterar utsläppsmätningar på två biobränsleeldade anläggningar. Den första pannan, 320 MMBTU har till ca 60–70% träflis som bränsle. Resterande del är träavfall från industrin. Den andra pannar (200 MMBTU/h) har framföralt avfall från möbelindustrin som bränsle. Fukthalterna för beränslet till de två anläggningarna är 30–45% rspektive 10–20%. Det låga fuktinnehållet i bränslet till panna 2 har valts med avsikt att minimera utsläppen av kolväten och kolmonoxid.

Kolväteutsläpp mättes ej från panna 1. Utsläppen av kolväten från panna 2 var mycket under de värden som hade förväntats.

Data om anläggningarna samt provresultaten presenteras nedan i tabell E,F och G.

TABELL E

TABLE IV

Boiler No. 1 Emission Limits and Compliance Test Results

Pollutant	Emission Limit (lbs/MM BTU)	Compliance Test Results (lbs/MM BTU) Test 1	Test 2	Test 3
Particulate	0.10	0.12	0.11	0.09
NO_x	0.30	0.21	0.236	0.21
CO	0.22	0.155	0.14	0.17
SO_x	0.008	0.015	0.0004	0.0008
HC	0.06	Not sampled	Not sampled	Not sampled

NOTE: All test results listed here are at boiler No. 1 maximum rate, no char reinjection, and no soot blowing.

TABLE V

Boiler No. 2 Emission Limits and Compliance Test Results

Pollutant	Emission Limit (lbs/MM BTU)	Compliance Test Results (lbs/MM BTU) Test 1	Test 2	Test 3
Particulate	0.05	0.062	0.071	0.06
NO_x	0.29	0.278	0.26	0.28
CO	0.12	0.079	0.095	0.072
SO_x	0.008	0.0045	0.0009	0.0005
HC	0.03	0.006	0.013	0.014

NOTE:

- All test results listed here are at boiler No. 2 maximum rate, no grate raking.
- Test 1; no char reinjection, no soot blowing.
- Test 2; char reinjection and soot blowing.
- Test 3; no char reinjection, no soot blowing

4/30/85
cdt/m

TABELL F

TABLE VI

NO_x Emission Parameter trends identified

Boiler No. 2 Extended Test Program

NO_x CONTROL TECHNIQUE TESTED	EFFECT ON NO_x EMISSIONS	EFFECT ON CO EMISSIONS	OTHER EFFECTS
Reduced overall excess air	Moderate reduction at baseline conditions	CO increased at both low O_2 and high O_2 levels	Boiler efficiency increases
Staging (Vary UGA-to-OFA ratios using air only through auxiliary burner)	Major reduction in NO_x as OFA-to-UGA ratio increases	Extended staging limited by on-set of CO and/or soot emissions	Increased ash burden on grate; Slagging
Biasing OFA nozzles	No effect	Shutting specific rows of OFA nozzles causes very high CO emissions	Increase rear wall flame impingement
Vary fuel nitrogen	Lower fuel N fuels had lower NO_x emissions at all conditions tested	Need more research	Need more information
Air preheater bypass of undergrate air to reduce temperature	Minor effect	No effect	Boiler efficiency loss with APH bypass
H_2O/Steam injection into undergrate combustion air	Little or no effect	No effect for H_2O injection. Steam injection may improve C to CO to CO_2 conversion	

03/15/85
5678E/mw

TABELL G

Description of Boilers

	Boiler No. 1	Boiler No. 2
Manufacturers	Combustion Engineering	Foster Wheeler
Heat Input	320 MM BTU/hr	200 MM BTU/hr
Steam Capacity	240,000 lbs/hr at 900 psi & 825°F	145,000 lbs/hr at 900 psi & 825°F
Boiler Heat Release	20,301 BTU/cu ft/hr	21,557 BTU/cu ft/hr
Generating Capacity	8 MW back pressure turbine	13.5 MW condensing turbine
Primary Fuel	Waste wood 30-45% moisture	Waste wood 10-20% moisture
Alternate fuel--partial capacity	#2 fuel oil and natural gas	Natural gas
Stoker	Compressed air spreader stoker	Compressed air spreader stoker
Grate	Traveling	Fixed pinhole water cooled
Draft	Balanced	Balanced
Particulate Emission Control	Multiclone with wet venturi scrubber, cyiconic mist eliminator	Multiclone with wet venturi scrubber, chevron mist eliminator
CO, NO_x and HC emissions control; staged combustion with OFA/UFA control: excess O_2 control	Coupled	Independent

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.

STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING
BOX 6495 · 113 82 STOCKHOLM · TEL: 08 / 34 09 80