VÄRMEFORSK
STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING

Uppföljning av kostnader för drift och underhåll vid eldningsanläggningar för torv och trädbränslen

Sven Stridsberg

BRÄNSLETEKNIK 248

248

Uppföljning av kostnader för drift och underhåll vid eldningsanläggningar för torv och trädbränslen

Sven Stridsberg, ISSAB Engineering

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

Januari 1987
ISSN 0282-3772

VÄRMEFORSK

Projekt B4 - 438

UPPFÖLJNING AV KOSTNADER FÖR DRIFT OCH UNDERHÅLL VID ELDNINGSANLÄGGNINGAR FÖR TORV OCH TRÄDBRÄNSLEN

Sven Stridsberg
ISSAB Engineering
Box 118
240 13 GENARP
Tel: 040 - 48 21 80

Juli 1986
Slutrapport

FÖRORD

Föreliggande rapport ger resultaten från en studie av förhållandena vid 26 utvalda förbränningsanläggningar för torv och trädbränslen med avseende främst på kostnader för drift och underhåll samt tillgänglighet.

Studien har genomförts med anslag från VÄRMEFORSK av civilingenjör Sven Stridsberg, ISSAB Engineering, Lund, som också fungerat som projektledare och svarar för rapporten.

Med tanke på att de faktorer som studerats behöver fyra - fem år för att anses vara i fortfarighetstillstånd och de utvalda anläggningarna av praktiska skäl har en genomsnittsålder av ca tre år, får materialet betraktas som en redovisning av nuvarande status och ett försök att se in i den tekniska framtiden.

Arbetet har följts av en referensgrupp bestående av

Edor Andersson	Sv. Värmeverksföreningen
Bo Andersson	Generator
L.G. Andersson	Vattenfall
Christer Backström	Statens Energiverk
Per Levén	ÅF Energikonsult
Rolf Olsson	Stiftelsen Svensk Torvforskning
Sven Olof Sandberg	SCPF
Johan Tollin	VAST

med den förstnämnde som sammankallande.

De utvalda anläggningarna och berörda maskinleverantörer har beredvilligt bidragit med dokumentation och åsikter/bedömningar.

Vi ber att få tacka samtliga deltagande, såväl anläggningsrepresentanter, leverantörer och referensgrupp som övriga, för ett mycket positivt samarbete.

Ett särskilt tack riktas till Sven Olof Sandberg och Edor Andersson för värdefulla råd under studiens genomförande och rapportering.

Lund i juli 1986

ISSAB Engineering

Sven Stridsberg

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

		sid
1.	SAMMANFATTNING	1
2.	INLEDNING	5
2.1	Bakgrund	5
2.2	Målsättning	5
3.	ARBETSUPPLÄGGNING	6
3.1	Metodik	6
3.2	Redovisning	7
4.	ANLÄGGNINGSBESKRIVNING	8
4.1	Undersökta anläggningar	8
4.2	Bränslen	11
4.3	Bränslehantering, lagring	13
4.4	Förbränningsutrustning	13
4.5	Pannutrustning	15
4.6	Ask-/ stofthantering	17
4.7	Rökgasrening,sotning	17
4.8	Styr-/reglerfunktion	18
5.	BEMANNING OCH UNDERHÅLL	19
5.1	Driftspersonal	19
5.2	Underhållsorganisation	20
6.	TEKNISK UTVÄRDERING	21
6.1	Bränsle	22
6.2	Bränslehantering	23
6.3	Bränsleinmatning	32
6.4	Förbränning	33
6.5	Ask- och stofthantering	36
6.6	Rökgasrening	38
6.7	Styrfunktioner	39
6.8	Miljö	40
7.	TILLGÄNGLIGHET	41
7.1	Allmänt	41
7.2	Sammanställning	42
7.3	Analys	43
8.	EKONOMI	46
8.1	Driftkostnader	46
8.2	Underhållskostnader	48
8.3	Kostnadssammanställning och känslighetsanalys	50

sid

9.	REKOMMENDATIONER	53
9.1	Bränsle	53
9.2	Etablering	54
9.3	Utrustning	56
9.4	Bemanning	57
9.5	Fortsatt utvecklingsarbete	58

BILAGOR

1. Störningsjournal
2. Bränslen, kvalitetskontroll och mätning
3. Anläggning, beskrivning
4. Anläggning, skisser
5. Anläggningarnas driftsdata
6. Bemanning
7. Driftserfarenheter
8. Tillgänglighet
9. Driftskostnader
10. Underhållskostnader

OPERATING AND MAINTENANCE COSTS IN BOILER PLANTS.

Summary

In the study the experiences from 24 selected Swedish plants for peat and wood fuel combustion have been surveyed. Besides one Danish and one Finnish plant have been involved.

Moreover we have described the accessibility of the plants related to different sectors of the process, and the operating and maintenance costs. The maintenance costs are also related to process parts.

Concerning the fuels we can still notice an uncertainty in fuel quality, to some extent explained by the bad peat harvest last summer.

However there is quite a lot to do in this field, especially in

- control and documentation of the fuel quality
- planning of deliveries of fuel and fuel mixes

These elements are necessary for a troublefree operation in the plants.

Handling of the fuel is still more or less defective, even though the equipment has been developed rather much during the last years.

Immersed reception bins for fuel are most common but less complicated arrangements could be made on the ground level, which cause less trouble and also make it possible to shift the fuel temporarily at severe disturbances in fuel quality.

The feeding out of the bins is often problematic. In the study we have found that travelling screws and chain scrapers seem to cause less trouble than bar feeders. Grab buckets have become more and more safe, and will in some cases promote very simple handling systems.

Scraper conveyors are dominating - about 60% of all conveyors - and seem together with belt conveyors to be the most reliable transport equipment. Screw conveyors should be used only in special cases.

The need of a buffer storage should be examined very thouroughly, considered that this function always will complicate the system and the operation.

In the combustion sector we can particularly notice problems with

- feeding of fuel to the furnace
- sintering
- unconsumed fuel falling through the grate

Besides, the soot removing is sometimes disturbing, especially in boilers swept by hand.

A big number of travelling grates has been presented during the last years, eight of them are represented in the study. Some of them already show very good experiences and other ones are developing. In our Finnish plant even milled peat is fired on a travelling grate, which demonstrates the flexible function of this device.

Sintering is common on fixed grates, and sometimes it also appears on travelling grates and in fluidized beds. Recirculation of flue gas and a good distribution of the air of combustion are necessary conditions to control the combustion temperature.

The handling of ash and dust is rather well developed, but sometimes there will occur troubles with function and wear. Damping of the dust is often troublesome.

The cleaning of flue gas is now on the whole working good. However textile barrier filters will sometimes cause troubles.

The control system and equipment differs very much from plant to plant, and in several cases a better controlled combustion would be desirable.

Operation and maintenance are in many plants handled by the same people. Small plants, less than 2 MW, are usually served with temporary supervision at a few occasions during day and evening. Stationary staff during day time weekdays is normal at effects up to 7-10 MW. At bigger plants the organisation is usually based on continous

shift working during the firing season. The rest of the year the staff is dealing with maintenance. There might be some difficulties to use the resources in the best way.

The accessibility of the investigated plants is about 95% as an average. Regards have been taken both to shut downs and to reductions of the production as a consequence of disturbances in the system.

The total shut down time is distributed with 35% on fuel, fuel handling and feeding, and about 50% on firing equipment and boilers. The remainder is evenly applied on ash handling, cleaning of flue gas and electrical functions.

The control function alone responds to 9%. It is considered that the shut down time could be reduced by 40% by better arrangements. At an oil price of SEK 2000/m^3 this means that about SEK 2/MWh will be saved. The accessibility will in relation increase from 95% to 97%.

The operation costs are on average SEK 16/MWh with small variations. 60% of the costs are wages and 25% electrical power. The rest is ash transport and material costs. The operating costs could be reduced only marginally, considered to approach SEK 2/MWh.

The maintenance costs are of the same size as the operating costs - SEK 16/MWh - but more varying between the plants. The costs are distributed with about one third on respectively fuel handling and firing equipment. The rest is equally divided on ash handling, cleaning of flue gas and electric and control equipment.

With a better choice of equipment and fuel, and a good preventive maintenance, these costs could be reduced by SEK 3-5/MWh.

The total picture of the costs for a biomass fuel boiler plant will look as follows, calculated on produced energy

- fuel	SEK 110/MWh
- operating cost	SEK 16/MWh
- maintenance cost	SEK 16/MWh
- capital cost	SEK 64/MWh
TOTAL	SEK 206/MWh

Of these items the fuel and capital cost parts could be affected more than the others, and together SEK 10-15/MWh can be saved in establishing a new plant. SEK 5-10/MWh might be saved in an old plant.

Development ought to be preferred within the following sectors:

- documentation of fuel quality
- planning of fuel deliveries
- feeding of fuel to the furnace
- optimum combustion, travelling grates, recirculation of the flue gas and distribution of combustion air
- more reliable gas analyses and energy measurements
- optimum investment costs.

1. SAMMANFATTNING

I den föreliggande studien har kartlagts driftserfarenheterna vid ett antal utvalda anläggningar över hela Sverige, som eldar torv och trädbränslen. Även en finsk och en dansk anläggning har tagits med. Därutöver har vi dokumenterat tillgängligheten för anläggningarna relaterad till olika avsnitt av processen samt kostnader för drift och underhåll, även de senare relaterade till processavsnitt.

Beträffande de **bränslen** som används noteras fortfarande en stor kvalitetsosäkerhet, som för den gångna säsongen till en del kan förklaras av dålig torvskörd förutvarande sommar.

Kvar står dock att det finns åtskilligt mera att göra, främst vad beträffar

- uppföljning och dokumentation av kvalitet

- leveransplanering.

Dessa element utgör nödvändiga förutsättningar för en så störningsfri drift som möjligt vid etablerade och nya anläggningar.

Bränslehanteringen är ett avsnitt, som fortfarande dras med stora driftsproblem, även om utvecklingen har gått framåt snabbt de sista åren. Användningen av mottagningsfickor för bränslet är starkt accentuerad trots att enklare mottagningsanordningar i markplanet ger betydligt mindre besvär och dessutom möjliggör tillfälliga omdisponeringar av bränslet vid kvalitetsavvikelser.

Utmatningen från mottagningsfickorna är många gånger förenad med besvär. Studien antyder en större driftsäkerhet för skruvutmatare och kedjeskrapor än för stångmatare. Även gripskopor är nu säkra och ger många gånger en enklare hantering.

Av använda transportörtyper är skraptransportörer dominerande, cirka 60%, och dessa bedöms tillsammans med bandtransportörer vara de driftsäkraste. Transportskruvar förekommer i mindre omfattning och rekommenderas inte.

Behovet av mellanlager bör penetreras noga med tanke på att en lagerfunktion komplicerar hanteringen.

På **förbränningssidan** dominerar problem med

- bränsleinmatning

- sintring

- rostgenomfall

Därutöver är sotningen i många fall en störning, speciellt vid manuellt sotade anläggningar.

Ett stort antal rörliga roster har kommit fram under de sista åren, åtta av dessa finns representerade i materialet och några av dem visar mycket positiva erfarenheter, medan andra är under vidareutveckling. I vårt finska exempel körs t o m frästorv på en rörlig rost, vilket innebär stor flexibilitet hos denna typ av eldningsutrustning.

Sintring är vanlig vid fasta roster och förekommer också i bland vid rörliga roster och fluidiserande bäddar. Rökgasåterföring och möjligheter att anpassa luftfördelningen bedöms normalt som nödvändiga instrument för att reglera temperaturen.

Ask- och stofthantering är nu relativt väl utvecklad, men funktionsfel förekommer och slitaget är stort. Fuktning av stoftet vållar i vissa fall problem.

Rökgasreningen fungerar i stort bra. Textila spärrfilter ger emellertid ofta bekymmer.

Styr- och reglerfunktionen är mycket olika arrangerad och på en del håll krävs en bättre styrd förbränning.

Drift och underhåll sköts på många ställen av samma personal. De mindre anläggningarna, < 2 MW sköts normalt med endast tillsyn några gånger per dygn. Personal på dagtid vardagar, en eller flera, är normalt vid effekter upp till 7-10 MW. Vid större anläggningar är organisationen oftast grundad på kontinuerlig skiftgång under eldningssäsongen.

Under icke-eldningssäsong används personalen oftast till underhållsarbeten, en omständighet, som kan göra det svårt att utnyttja personalstyrkan optimalt.

Tillgängligheten är för de undersökta objekten ungefär 95%, varvid hänsyn tagits inte bara till driftsstopp utan även produktionsminskningar till följd av störningar i systemet.

Den totala stopptiden fördelas med cirka 35% på bränsle, bränslehantering och inmatning, ungefär 50% på eldningsutrustning och pannor. Resten är jämnt fördelat på askhantering, rökgasrening och el.

Styr och reglerfunktionen svarar ensam för 9,0%.

Mot bakgrund av den tekniska utvärderingen bedöms stopptiden genomsnittligt kunna minskas med 40% vilket vid ett fiktivt oljepris av 2.000 kr/m3 innebär en besparing på ungefär 2 kr/MWh.

Driftskostnaderna är i medeltal 16 kr/MWh med liten spridning. Härav utgör löner 60% och elkraft ungefär 25%. Resten är driftsmaterial och asktransporter.

Dessa kostnader kan endast minskas mycket marginellt, i snitt bedömt cirka 2 kr/MWh.

Underhållskostnaderna ligger på samma nivå som för driften, 16 kr/MWh, men med betydligt större spridning mellan objekten. Fördelningen är ungefär en tredjedel på vardera bränslehantering och eldningsutrustning/panna. Den återstående tredjedelen belastar ungefär lika askhantering, rökgasrening och el/styr/regler.

Med rätt val av utrustning och bränsle och bra förebyggande underhåll bör dessa kostnader kunna sänkas i storleksordningen 3-5 kr/MWh.

Den sammantagna kostnadsbilden vid en fastbränsleanläggning blir då, räknat på **producerad energi**

- bränsle	110 kr/MWh
- driftskostnad	16 kr/MWh
- underhållskostnad	16 kr/MWh
- kapitalkostnad	64 kr/MWH
totalt	206 kr/MWh

Av dessa poster kan bränsledelen och investeringsdelen påverkas mest. Tillsammans kan man för en ny anläggning spara 10-15 kr/MWh och för en redan etablerad 5-10 kr/MW.

Inom följande avsnitt krävs vidare studier och försöksverksamhet som fordrar ekonomiska instatser.

- kvalitetsdokumentationen för bränsle
- leveransplanering för bränsle
- bränsleinmatning till pannan
- optimal förbränning, rörliga roster, rökgasåterföring och luftfördelning
- säkrare gasanalyser och energimätning
- optimala investeringskostnader.

2. INLEDNING

2.1 Bakgrund

Utvecklingen av biobränsleanvändningen har under det senaste decenniet gett en mängd olika erfarenheter, från övervägande negativa under de första introduktionsåren till alltmera positiva under de senaste två - tre åren. Teknikutvecklingen har under denna period accelererat mycket starkt, framför allt på förbränningssidan, samtidigt som bränslehanteringsutrustningarna anpassats allt bättre till de krav som gäller för heterogena bränslen.

Kort sagt håller vi på att **tekniskt** hitta rätt. **Ekonomin** i att använda biobränslen är emellertid fortsatt och accentuerat beroende av omvärlden i form av olje- och elpriser.

En tung negativ post för biobränslena är den mer komplicerade hanterings- och förbränningstekniken jämfört med olja/el. Denna medför högre kostnader både vad avser investeringar som drift och underhåll. En annan viktig faktor när det gäller ekonomin är anläggningarnas tillgänglighet, som många gånger väger tyngre än till exempel pannverkningsgraden.

Det är väsentligt att utforma nya anläggningar så att man får bästa möjliga tillgänglighet i relation till nedlagda kostnader.

2.2 Målsättning

Föreliggande studie avser att belysa dagsläget vid ett antal representativa anläggningar vad beträffar kostnader och tillgänglighet. Avsikten har vidare varit att försöka relatera förhållandena till olika förutsättningar, exempelvis bränslen och deras kvalitet, anläggningsstorlekar etc.

Även om de utvalda anläggningarna endast har några år på nacken och därför inte kommit in i fortvarighetstillstånd har vi velat använda dagens status för bedömningar om framtiden.

Målet är vidare att utifrån den hopsamlade dokumentationen ge förslag till praktiska åtgärder och lösningar såväl i befintliga fall som vid projektering av nya objekt.

Slutligen vill vi med ledning av vunna erfarenheter presentera handlingsprogram för fortsatta studier och försök samt klarlägga behovet av ytterligare teknikutveckling.

3. ARBETSUPPLÄGGNING

3.1 Metodik

Arbetet har bedrivits under tiden mars 1985 - juni 1986 och i huvudsak efter följande tidplan.

En första besöksomgång har genomförts under våren 1985 för uppläggning av studien. Härvid har primärdokumentation samlats in, kontaktmän utsetts för varje anläggning och förutsättningar och rutiner för den kommande uppföljningen diskuterats.

Kontaktmännen har som regel varit den direkt driftsansvarige för respektive objekt. I de flesta fall har driftsjournalerna varit tillräckligt underlag för tillgänglighetsuppföljningen bortsett från att stopptiderna inte alltid bokförs.

Uppföljningsperioden under tiden september 1985 - april 1986 har inneburit ett - två besök vid varje anläggning, då driften följts upp för den gångna perioden.

För att få en likformig uppföljning har en speciell blankett, bilaga 1, använts för att möjliggöra också en bedömning av en eventuell underhållsinsats.

På kostnadssidan är förutsättningarna inte lika goda, eftersom den befintliga bokföringen oftast klumpar ihop skötsel- och underhållskostnader och dessutom i många fall även inkluderar värmedistribution. Genom att utgå från den befintliga drifts- och underhållsorganisationen och löpande följa underhållsverksamheten har vi dock kunnat få en god bild av samtliga aktiviteter.

Fördelning av kostnader på respektive anläggningsdelar har mestadels fått ske genom de driftsansvariga, men jämförelsen mellan de olika anläggningarna visar att felprocenten torde inskränka sig till cirka 10% räknat på den totala underhållsinsatsen.

Den största osäkerheten ligger i de utvalda anläggningarnas relativt korta driftstid efter start. I genomsnitt har de körts cirka tre år efter färdigställandet, vilket innebär att en tredjedel av dem bara har två års driftstid. I några enstaka fall är det fråga om start i samband med uppföljningsperiodens början, men det gäller då objekt som tillkommit utöver det ordinarie uppföljningsprogrammet, vilket avsåg endast 19 anläggningar.

Vi kommer att kommentera resultaten senare, varför vi här nöjer oss med att konstatera att de trots allt ger en god uppfattning om vilka kostnader man kan vänta sig i fortsättningen.

En uppföljning av separata maskinutrustningar har endast kunnat göras för vissa speciella fall, typ rörliga roster, vandrande utmatningsskruvar etc. Detta torde också vara tillfyllest eftersom driftsförutsättningarna varierar starkt från fall till fall. Vi diskuterar därför tills vidare de olika driftsfallen i tekniska termer i stället för ekonomiska.

3.2 Redovisning

I den fortsatta rapporteringen kommer vi att beskriva anläggningarna med avseende på de olika tekniska huvudavsnitten samt mönster för bemanning, skötsel och underhåll. Den därpå följande **tekniska utvärderingen** tar liksom beskrivningen ovan fasta på huvudavsnitten.

Tillgängligheten analyseras med avseende på olika störningsmoment i de skilda anläggningsdelarna och **ekonomin** behandlas främst som driftskostnader och underhållskostnader. Investeringskostnader berörs endast översiktligt, dels därför att variationerna är så stora från objekt till objekt och dels för att en uppdelning på kostnadsställen är mycket svår eftersom totalentreprenadsystemet tillämpats i många upphandlingar.

Däremot kommer vi att beröra investeringssidan i samband med de avslutande **rekommendationerna.**

Närmare förutsättningar för de olika värderingarna ges i respektive avsnitt.

4. ANLÄGGNINGSBESKRIVNING

Närmare detaljer om de studerade anläggningarna återfinns i bilagorna 2 - 5 och i den följande framställningen visas enbart sammanställningar för de olika avsnitten.

4.1 Undersökta anläggningar

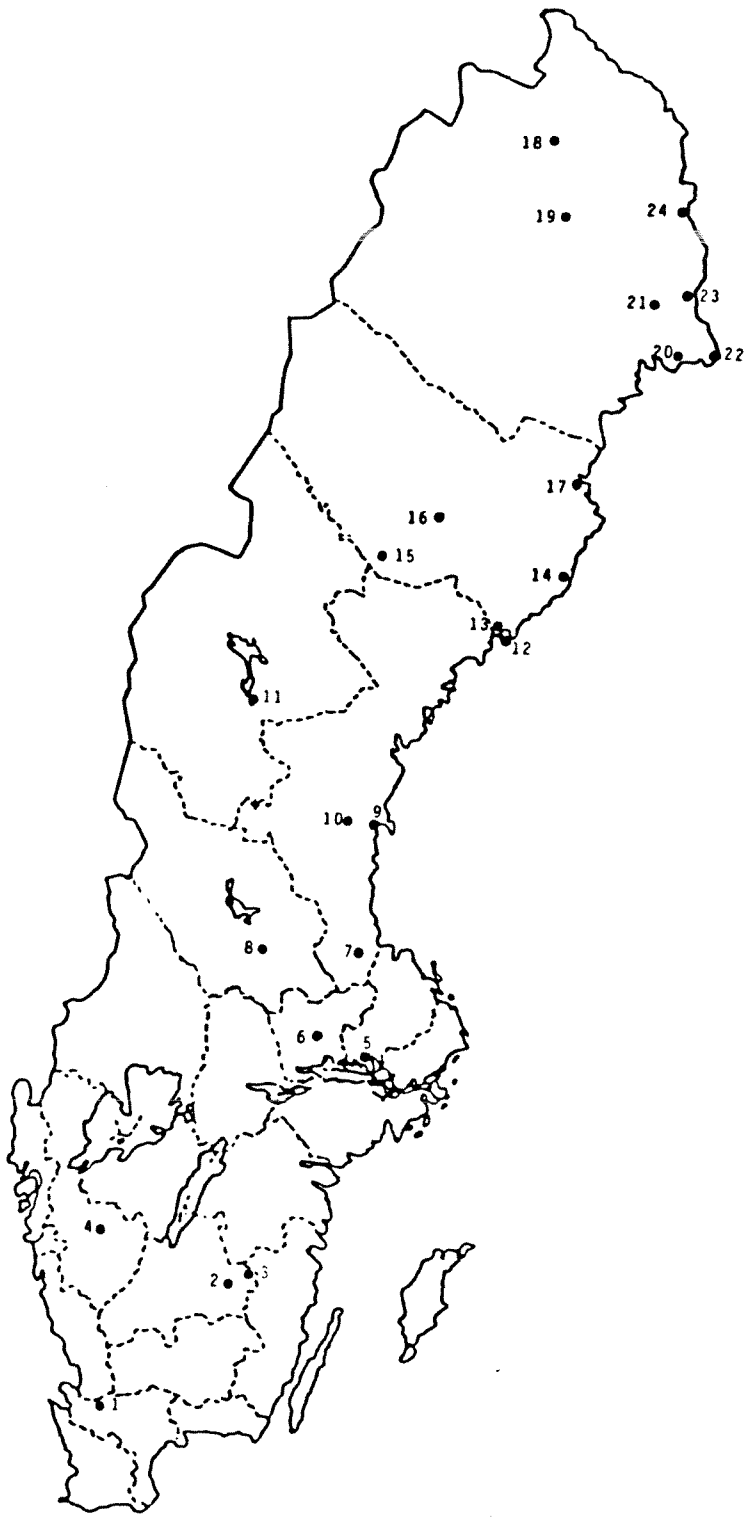
De utvalda objekten är 26 stycken, varav ett i Finland och ett i Danmark. Den geografiska spridningen framgår av figur 1 och huvuddata av tabell 1.

Den tekniska utrustningen kommer att presenteras närmare i följande kapitel, liksom också bränslekvaliteter.

Som framgår av figuren har vi inte strävat efter någon jämn geografisk spridning. De årliga driftstiderna är inte, som vi skall se, beroende bara av klimatförhållandena. Urvalet har i stället skett utifrån tekniska aspekter relaterade till främst bränsle, förbränningsutrustning och anläggningsstorlek.

Figur 1 Geografisk fördelning av undersökta anläggningar

Fig.1 Geographic distribution of the plants in the study.



Tabell 1. Anläggningarnas huvuddata

Anläggning	Anl.år	Effekt MW	Drifttid h/år	Prod GWh/år	Bränsle
1 ÖRKELLJUNGA	1983	3 x 2	6.600	16	Bränsleflis
2 PAULISTRÖM	1984	1 x 7.3	8.000	41	Blandade trädbränslen
3 SILVERDALEN	1984	1 x 19	8.000	102	- " -
4 UPONOR	1982	1 x 2	4.800	7	- " -
5 ENKÖPING	1981	2 x 5.8	7.300	62	Bränsleflis bark
6 SURAHAMMAR	1983	1 x 5.5	5.000	22	Bränsleflis o stycketorv
7 SANDVIKEN	1983	2 x 15	5.700	125	Stycketorv
8 BORLÄNGE	1982	1 x 18	4.300	74	Bränsleflis RDF
9 HUDIKSVALL	1984	1 x 35	4.000	130	Stycketorv
10 DELSBO	1985	1 x 1.7	5.400	7	Bränsleflis Stycketorv
11 BERG	1981	2 x 2	5.700	10	Bränsleflis
12 BOWATER	1984	1 x 11	8.200	103	Bark
13 UMEÅ	1982	1 x 30	5.100	90	Trädbränslen Stycketorv
14 ROBERTSFORS	1984	2.414	6.800	9	Bränsleflis
15 ÅSELE	1983	1 x 3.5	6.000	15	Trädbränslen Stycketorv
16 LYCKSELE	1982	1 x 6	5.400	25	Bränslekross
17 SKELLEFTEÅ	1981	1 x 7	3.600	19	Frästorv
18 LKAB, KIRUNA	1983	1 x 1.5	6.000	7.5	Stycketorv
19 GÄLLIVARE	1983	1 x 20	6.800	70	Frästorv
20 KALIX	1985	1 x 8	5.000	30	Stycketorv
21 ÖVERKALIX	1984	1 x 1.4	5.700	4.5	- " -
22 HAPARANDA	1985	1 x 5	4.800	13	- " -
23 ÖVERTORNEÅ	1985	1 x 4.5	5.700	15	Bränsleflis
24 PAJALA	1984	1 x 2	7.000	12	Blandade trädbränslen
25 LAPPO, SF	1981	1 x 7	7.900	47	Frästorv
26 ÅLESTRUP, DK	1981	1 x 7	5.000	25	Blandade trädbränslen

Strävan har varit

- jämn täckning av bränslesortiment mot förbränningsutrustning
- hög representation av rörliga roster, speciellt vid lägre effekter, 1 - 5 MW
- huvudvikt på små och medelstora effekter, 1 - 10 MW.

Orsaken till denna prioritering är vår bedömning att den största volymökningen för fastbränsleanvändning relativt antal anläggningar kommer att ligga inom effektregistret 1 - 10 MW och att biobränslenas heterogenitet, avseende fukthalt, askhalt och fraktionsfördelning, i framtiden kräver okänsligare eldningsutrustning och automatisk askutmatning.

Detta senare krav uppfylls också av fluidiseringstekniken, men drifts- och underhållsbetingelserna för denna undersöks i ett parallellt Värmeforskprojekt, varför vi endast tagit med några **väl etablerade** fluidiserade bäddar för jämförelse.

För att uppfylla strävan här ovan har vi i många fall tvingats välja relativt nya anläggningar.

I tabell 2 nedan sammanfattas urvalet med avseende på anläggningarnas effekt.

Tabell 2. Anläggningarnas storleksfördelning

MW	Antal
0 - 2	4
2 - 5	6
5 - 10	8
10 - 15	2
15 - 20	2
> 20	2

4.2 Bränslen

De bränslen, som används i de studerade driftsfallen är trädbränslen av olika slag, stycketorv och frästorv. I något fall finns också sorterade sopor, RDF, med i bilden.

Tabell 3 visar anläggningarnas fördelning på bränsleslagen. Som synes överväger trädbränslena och blandningar av dessa med stycketorv. Fördelningen torde vara ganska representativ för dagens förhållande i Sverige.

Av bilaga 2 framgår de enskilda anläggningarnas bränsledata.

Tabell 3. Anläggningarnas fördelning på bränslen

Bränsle	**Antal**
Trädbränsle	12
Frästorv	3
Stycketorv	6
Blandning trädbr./stycketorv	4
trädbr./RDF	1

Det vanligaste trädbränslet är bränsleflis, medan bränslekross förekommer sparsamt. Generellt noteras att bränslekvaliteten är ganska god. Vanligaste fel hos trädbränslena utöver tillfälligt hög fukthalt och askhalt är förekomst av främmande föremål (pinnar och stickor) samt hög halt finfraktion (ofta = hög askhalt). Hos torven ger hög fukthalt, främmande föremål (rötter, stenar) och hög stybbhalt (stycketorven) de största problemen.

Kvalitetsuppföljningen tillmäts mer eller mindre intresse. I 60 % av fallen tas prov på varje lass, i övrigt huvudsakligen stickprov per dygn eller vecka.

På de uttagna proverna görs genomgående fukthaltsbestämning, medan askhalt och värmevärde endast bestäms i 20 % av anläggningarna, vid mottagningen eller genom leverantören.

Fraktionsfördelning och finfraktion bestäms inte vid någon av anläggningarna.

Leveransmängderna bestäms genom vägning och/eller volymmätning. Volymmätning är allmänt förekommande vid de mindre anläggningarna. Energimängden räknas sedan fram mot fukthalt från vikt eller volym till levererade MWh. I volymsfallet måste man då använda en antagen volymvikt för bränslet.

Endast i några få av de studerade anläggningarna sker avräkning mot uppmätt producerad energi och i detta avseende är vårt material förmodligen inte representativt för genomsnittet.

4.3 Bränslehantering, lagring

Bränslemottagningen sker enligt följande mönster

nedsänkt mottagningsficka	19
mottagning i markplan	3
container	2
mottagning på öppen plan	1

Vi återkommer senare med kommentarer till dessa siffror.

Utmatningen från mottagningsfickorna sker sedan i

- 16 fall med stångmatare
- 3 fall med vandrande skruv
- 3 fall med kedjeskrapa
- 3 fall med gripskopa.

Mellanlagring finns endast vid fyra anläggningar, nämligen Enköping, Borlänge, Umeå, och Kalix och i dessa fall kan mellanlagret förutom bufferteffekt också sägas ha betydelse för blandning av inkommande bränslesortiment. Utomhuslagring utan tak på asfalt sker vid åtta anläggningar, tillfälligt eller permanent. Transportanordningarna fördelar sig enligt följande

bandtransportörer	7 st (12 %)
skruvtransportörer	11 st (19 %)
skraptransportörer	35 st (60 %)
elevatorer	4 st (6 %)
skaktransportörer	2 st (3 %).

I genomsnitt har vi alltså bara två transportörer mellan mottagningsanordning och matningssilo eller stup till pannan.

Skraptransportörerna dominerar bilden och skruvtransportörer är framför allt representerade i de äldsta och minsta anläggningarna.

Bandtransportörerna förekommer främst vid långa transportavstånd.

Elevatorerna är sällsynta liksom också skaktransportörerna.

4.4 Förbränningsutrustning

Inmatningen till pannan sker i 13 av anläggningarna från matningssilo via stup och i övriga fall direkt från fyllda stup.

Matningssilo används företrädesvis vid större pannor, men förekommer ända ned mot 5 MW effekt.

Själva eldningsutrustningen fördelar sig enligt tabell 4.

Tabell 4. Anläggningarnas eldningsutrustning

Typ	Antal
Fast rost	5
Fast + rörlig rost	1
Rörlig rost	17
Fluidiserad bädd	
- cirkulerande	1
- bubblande	2

Fördelat på bränsleslag blir bilden som visas i tabell 5

Tabell. 5 Eldningsutrustning fördelat på bränsleslag

Eldnings-utrustning	Stycke-torv	Fräs-torv	Träd-bränsle	Stycketorv + trädbr.	Trädbränsle + RDF
Fast rost			5		
Fast + rörlig rost				1	
Rörlig rost	5	1	7	3	1
Fluidiserad bädd	1	2			

Ren stycketorv eldas alltså på rörlig rost eller i fluidiserad bädd men kan i blandning också förekomma på fast rost (Silverdalen).

Frästorven kräver fluidiserad bädd eller **tät** rörlig rost, som exempelvis i Lappo.

Trädbränslen kan som regel eldas i alla i tabell 4 upp-räknade utrustningar.

RDF kräver rörlig rost eller fluidiserad bädd.

De rörliga roster som studerats arbetar i följande effektområden

< 1 MW	1 anläggning
1 - 5 MW	8 anläggningar
5 - 10 MW	6 anläggningar
10 - 20 MW	2 anläggningar
> 20 MW	2 anläggningar

Två olika rostfunktioner förekommer och visas i figur 2 och 3. I figur 2 är endast varannan rostetage rörlig, i figur 3 rör sig varje etage.

De studerade rosterna är av följande fabrikat och funktion

		figur
- Hodgkins o. Bennet	1	3
- K. und K.	1	3
- Finnplan	4	2
- Termorak	1	3
- Lambion	5	2
- Kablitz	3	2
- KMW Energi	2	3
- LAKA	1	3
- Järnforsen	1	2

Vi har alltså försökt täcka de i marknaden förekommande rosttyperna och utöver ovanstående finns endast några få andra och nyare varianter.

4.5 Pannutrustning

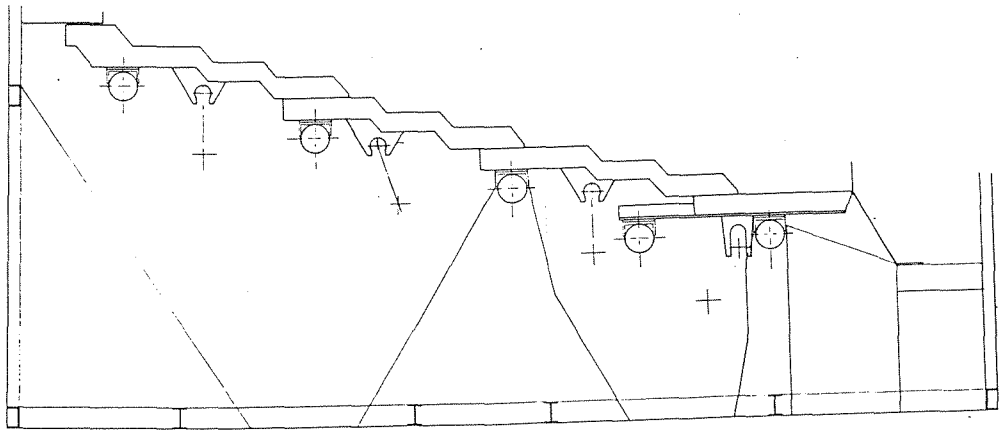
Av de undersökta objekten är tre stycken ångpannor inom pappersindustri och de övriga hetvattenpannor.

Vattenrörspannor är den dominerande panntypen, men i samband med en del anläggningar, 5 MW och mindre, finns också sammanlagt fyra stycken eldrörspannor och två lådpannor.

Förbränningsluften är numera normalt förvärmd utom vid ett antal mindre pannor, vilka dessutom körs på rökgasfläktens vakuum. Vid fuktiga bränslen typ bark är förvärmd luft nödvändig. För reglering av eldstadstemperaturen och undvikande av sintring är ungefär hälften av anläggningarna installerade, eller efteråt kompletterade, med **rökgasåterföring**.

Figur 3 Rörlig rost, varje etage

Fig. 3. Travelling grate, every row



Sotningsutrustningen fördelar sig på våra driftsfall enligt följande

- ångsotning	13
- ljudsotning	4
- manuell	9

Möjligheter till vattensotning finns dessutom på några av anläggningarna. Vi återkommer i senare kapitel till sotningsresultaten.

För värmeåtervinning ur rökgaserna finns economiser installerad vid 13 av anläggningarna, företrädesvis vid de större, men även vid små, exempelvis Pajala, 2 MW.

4.6 Ask- och stofthantering

Utanför pannan överväger våt hantering med uppsamling av aska och stoft i samma container. Åtta anläggningar har torr uttransport och då oftast fuktning i container eller vid utlastning. De problem som brukar uppstå i samband därmed kommer att beröras senare.

Som regel förs stoftet till asktransportören.

De **transportanordningar** som används är oftast skraptransportörer, i en del fall försedda med slitplåtar. I ett fåtal fall och i små anläggningar förekommer skruvar, som givetvis slits hårt. Skaktransportörer finns också i några fall.

Stoftåterföring tillämpas i enstaka fall, främst vid större effekter.

4.7 Rökgasrening, sotning

Utrustningen bestäms här av tillåtet gränsvärde, bränsle och eldningsutrustning. De 26 objekten har följande reningsutrustning.

- elfilter	7
- spärrfilter	1
- storcyklon	2
- småcykloner	15
- cyklon + spärrfilter	1

Tidigare var elfilter nödvändiga endast vid större anläggningar, men i dag sätts sådana in även vid medelstora pannor, exempelvis Kalix, 8 MW. En del tidigare anläggningar av större format lever på samma sätt kvar med spärrfilter, t ex Sandviken.

Stofthalten i rökgaser, som återfinns bland driftsdata, bilaga 5, skiljer kraftigt mellan anläggningarna. Anläggningar från 1981 har betydligt högre värden än övriga senare och sådana med elfilter. I första fallet noterar vi 50-200 mg/Nm^3 och i de senare 5-20 mg/Nm3.

4.8 Styr- och reglerfunktion

I detta hänseende är förhållandena mycket olika mellan objekten. Vi kan dela in i kategorierna processdator och konventionell styrning eller reläbundna regulatorer. I en del fall förekommer också kombinationer av de båda. Fördelningen mellan grupperna ser ut som följer

- processdator	7 st	medel 18 MW
- reläbundna regulatorer	15 st	medel 5 MW
- kombination	4 st	medel 12 MW

Som väntat överväger processdatorstyrning på de stora anläggningarna och konventionell utrustning på de mindre, medan kombinationen finns i mellanregistret. Detta skall dock inte upfattas som någon rekommendation eftersom trenden går mot datorisering.

5. BEMANNING OCH UNDERHÅLL

I samtliga anläggningar finner man naturligt nog att personalen har en kombination av drifts- och underhållsuppgifter, eftersom detta är det bästa sättet att rätt utnyttja personalen. Bilaga 6 ger en sammanställning av bemanning och underhållsorganisation, vilken sedan omsätts i kostnader redovisade i bilaga 9 och 10.

5.1 Driftpersonal

Här finns alla varianter från enbart tillsyn till skiftgång med sju skiftlag. Huvudformerna och fördelningen på dem, samt medelstorleken för anläggningarna inom varje huvudgrupp, framgår av tabell 6. Siffrorna i denna är givetvis inte helt rättvisande, eftersom fördelningen på arbetsuppgifter enligt ovan inte alltid resulterar i hela befattningshavare och driftsbetingelserna också skiljer sig från fall till fall.

Tabell 6. Driftspersonal i olika organisationstyper

Organisation	Antal anläggningar	Medel-effekt MW
Periodisk tillsyn	5	2.6
1 man dagtid	5	3.8
2 man dagtid	6	5.5
> 2 man dagtid	1	8
2-skift vard. dagtid	1	6
Kont. 3-skift, 1 man	6	20
Kont. 3-skift, 2 man	2	24

Vi ser att det finns en tydlig trend i värdena och kommer att belysa detta närmare i samband med driftskostnadsanalysen.

Vi kan också notera att de stora anläggningarna både har utvecklad skiftgång och processdatorutrustning, vilket hänger samman med behovet av övervakning och förmågan att bära kostnader.

De nya fastbränslenormerna från maj 1985 behandlar tillämpningarna av periodisk övervakning. De avser anläggningar >120 kW och stipulerar för effekter mer än 500 kW tillsyn minst två gånger per dygn med högst 16 timmars mellanrum.

5.2 Underhållsorganisation

Som sagts tidigare kan gränsen mellan skötsel- och underhållsuppgifter diskuteras. En löpande tillsyn kan exempelvis ses som förebyggande underhåll. I samtliga fall finns driftpersonal som också har underhållsuppgifter. Ett klart exempel är verksamheten under icke-eldningssäsong och vid planerade driftsstopp, då driftpersonalen alltid tar del i eller sköter underhållsarbetet. Några klara organisationstrender finns inte på underhållssidan, utan kostnadsfördelningen på lönesidan får göras utifrån lokala bedömningar, som emellertid förefaller vara ganska säkra.

I några fall finns en fristående underhållsorganisation vid en stor anläggning med flera pannor (Umeå) eller vid de studerade skogsindustrierna, där panncentralen bara är en serviceavdelning till huvudproduktionen. I dessa fall finns också nedbruten kontering för olika anläggningsdelar.

Den bestående och mest praktiska organisationsformen för våra fastbränsleanläggningar kommer säkert att vara en blandning av skötsel- och underhållsuppgifter och i övrigt anlitande av externa tjänster.

6. TEKNISK UTVÄRDERING

I det följande kommenteras och diskuteras de tekniska förhållandena vid de undersökta anläggningarna. Som underlag för detta avsnitt tjänar problemsammanställningen i tabell 7 och sammanfattningen av driftserfarenheter och tillgänglighet i bilaga 7 och 8. Rekommendationer sammanfattas i kapitel 9.

Tabell 7 Problemsammanställning

Avsnitt	**Problem**
Bränslemottagning	Hängningar, frysning, valv Blockering, isklumpar Driftsavbrott stångmatare
Bränslehantering	Funktion nivågivare Spill transportörer Frysning transportörer Styrning skraptransportörer Blockering och slitage skruvtransportörer
Förbränning	Ojämn bränsleinmatning Sintring Rostgenomfall Rostslitage Ojämn förbränning Slitage vid fluidiserad bädd
Panna	Tubkorrosion och slitage Stoftpåslag Sotning
Askhantering	Flytaska Transportörer, slitage Damning
Rökgasrening	Slitage fläktar Igensättning och brand, textilfilter
Miljö	Damning, bränsle och rökgaser Spill, bränsle och aska Buller, transportörer

6.1 Bränsle

De negativa kvalitetsaspekterna på både trädbränslen och torv kvarstår fortfarande i avsevärd omfattning. Främst gäller det i **trädbränslefallet** tidvis hög fukthalt, främmande föremål, hög finfraktionsandel och vintertid snöinblandning och frysklumpar. För **frästorvens** del koncentreras anmärkningarna till hög fukthalt och främmande föremål (rötter och skrot), medan **stycketorven** dessutom belastas med i vissa fall hög stybbhalt.

Utan att direkt kunna påvisa det, har man en känsla av att bränslekvaliteten under den gångna säsongen 1985-86 har sjunkit i förhållande till tidigare. Bidragande faktorer kan givetvis vara förra sommarens dåliga produktionsförhållanden för torv i kombination med en stor efterfrågan på bränsle.

I **tillgänglighetssammanställningen** representeras detta av att 5 % av det totala produktionsbortfallet hänförs till bränsleleveranser och bränslekvalitet. Dessutom svarar bränslehanteringen för 19 %, vilket delvis också kan hänföras till bränslet.

Bränsledelen representerar alltså 1/4 av produktionsbortfallet.

Man kan fråga sig vilka möjligheter vi har att förbättra kvaliteten inom rimliga ekonomiska ramar. Sådana möjligheter kan exempelvis vara

- bättre disciplin vid framtagning och hantering (gäller generellt för främmande föremål)
- bättre hållfasthet på stycketorv för lägre stybbhalt
- billiga rensningsmetoder för främst trädbränslen
- förbättrade lagringsbetingelser generellt för att undvika fukthaltstoppar.

De knappa ekonomiska ramarna för att åstadkomma **rejäla** kvalitetsförbättringar fordrar ett intimt samarbete mellan leverantör och avnämare för ömsesidig anpassning.

En **utvecklad ömsesidig planering** av bränsleleveranserna är med säkerhet en effektiv väg när det gäller blandade kvaliteter.

6.2 Bränslehantering, lagring

Trots att utvecklingen på detta avsnitt har gått starkt framåt de senaste åren kvarstår några problem. Generellt kan sägas att även om bränslekvaliteten har höjts fordras ändå en ökad anpassning av hanteringsutrustningen som beredskap mot tillfälliga kvalitetshaverier.

Mottagningen sker i övervägande antalet fall **i nedsänkta mottagningsfickor,** vilket förefaller vara en onödigt dyr lösning för många mindre anläggningar.

Container har sitt givna användningsområde upp till runt 3 MW och huvudproblemen med dem har varit påfrysning vintertid. I dag finns emellertid lösningar som är driftssäkrare, och Robertsfors blockcentraler kan utgöra ett bra exempel på sådana. I Kiruna har man byggt in sin containerstation och värmer med pannhusluft.

Den andra valmöjligheten är **mottagning i markplan** som tillämpas i tre av anläggningarna. Eftersom driftsproblemen främst består i

- förekomst av frusna klumpar och rötter
- hängningar och frysning på väggar
- utmatningssvårigheter på grund av ovanstående och andra bränsleegenskaper

finner vi det naturligt att oftare välja en mottagning i markplan. Den kan

- anpassas till bakåt- eller sidotippning
- ge lagringsutrymme för 4-500 m^3
- ge möjlighet till omlastning/byte av bränsleslag i besvärliga kvalitetssituationer
- förenkla matningen till nästa transportör.

Dessutom elimineras praktiskt taget risken för påfrysning och hängningar. Goda exempel är Åsele, Seinäjoki och Örkelljunga, figur 4 och 5. Speciellt har den gångna vintern med dålig stycketorvkvalitet gett goda hanteringserfarenheter i Åsele, där man kunnat byta bränsle och blanda på ett helt annat sätt än om man hade haft en mottagningsficka.

Fig 4. Bränslemottagning, Åsele

Fig. 4. Reception of fuel, Åsele

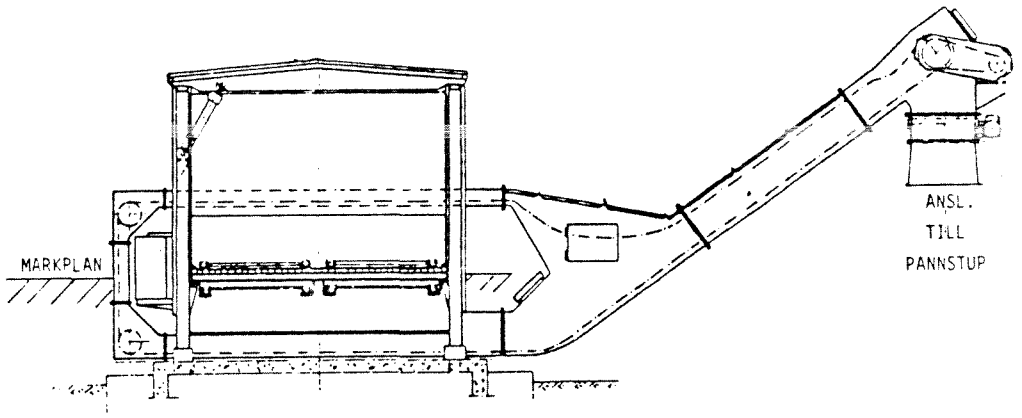


Fig 5. Bränslemottagning, Seinäjoki, SF

Fig. 5. Reception of fuel, Seinäjoki, Finland



I Finland är mottagning i markplan betydligt vanligare än hos oss. Den är också betydligt billigare i anskaffning.

Slutligen kan konstateras att ett av de få sätten att minska problemen med frysta klumpar i mottagningsfickor är att applicera galler ovanpå, exempelvis som i Sandviken figur 6. Detta ger också möjlighet att som i figur 7, placera provtagningsutrustningen i tippströmmen för "automatisk" provtagning. För att rensa gallret t ex vid bränslekross kan det vibreras under tömningen som i Hudiksvall och Surahammar.

Renhållningen kring fickan är ofta problematisk, men med en grov balkbana över fickans kant som i figur 8 kan problemen elimineras.

Skyddssynpunkterna måste beaktas väl vid utformning av galler, provtagningsanordningar och tippkanter. I vissa fall använder man avbärarplåtar som i Sundsvall och Uddevalla för att minska spill.

Fig. 6. Mottagningsficka, Sandviken

Fig. 6. Reception bin, Sandviken

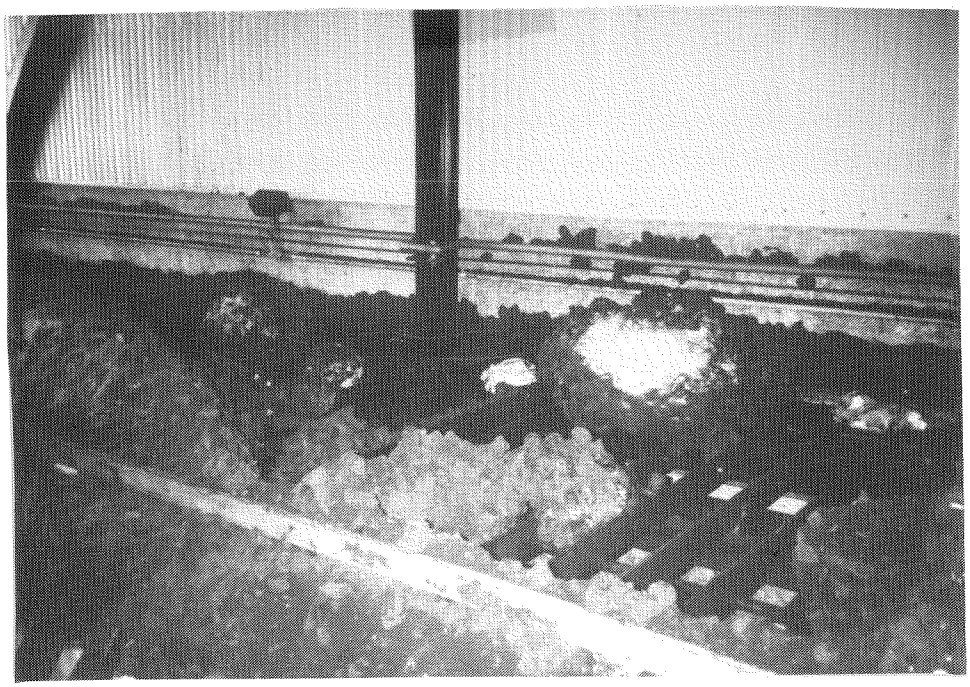


Fig 7. Provtagningsutrustning, Sandviken

Fig. 7. Equipment for sampling, Sandviken

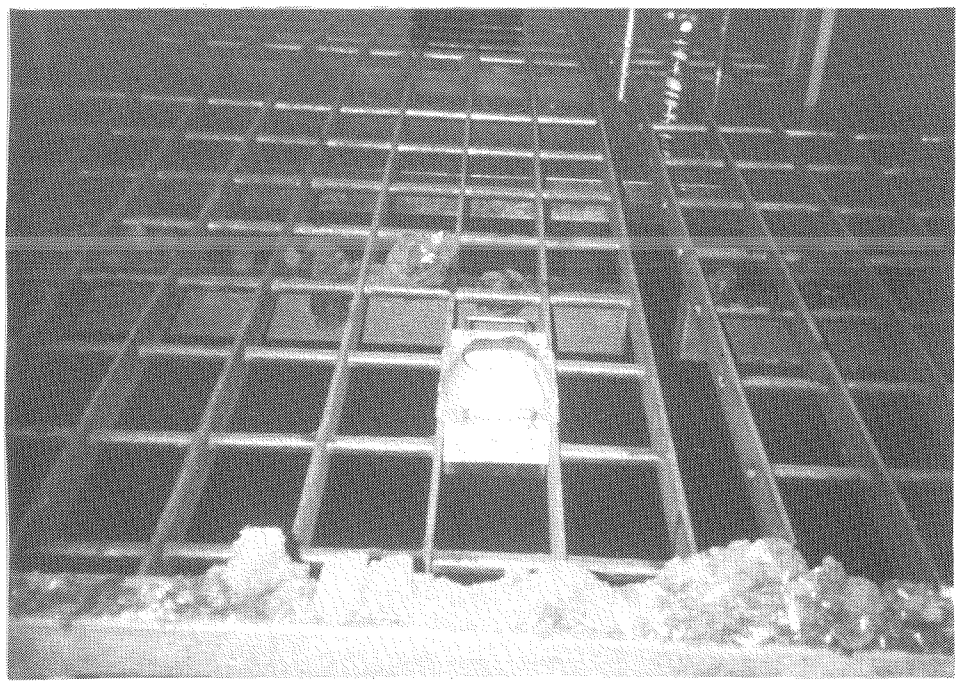


Fig 8. Mottagningsficka, Surahammar

Fig. 8. Reception bin, Surahammar



Utmatningen efter mottagningen görs vanligen med

- stångmatare
- kedjeskrapa
- vandrande skruv
- gripskopa.

Alla dessa fyra är, rätt utförda, driftsäkra. Stångmatare är avgjort vanligast, 2/3 av fallen.

I anläggningarna kan stångmatarna ge problem med

- hydraulikfel
- brutna medbringare
- lyftning från underlaget
- dålig matning för vissa material.

Exempel på lyftning visas i figur 9 och i figur 10 ser vi hur den kan förhindras. Medbringarna bör vara fästa i båda ändar och inte bara på mitten.

Fig. 9. Upplyft stångmatare i mottagningsficka, Umeå

Fig. 9. Rising bar feeder in reception bin, Umeå

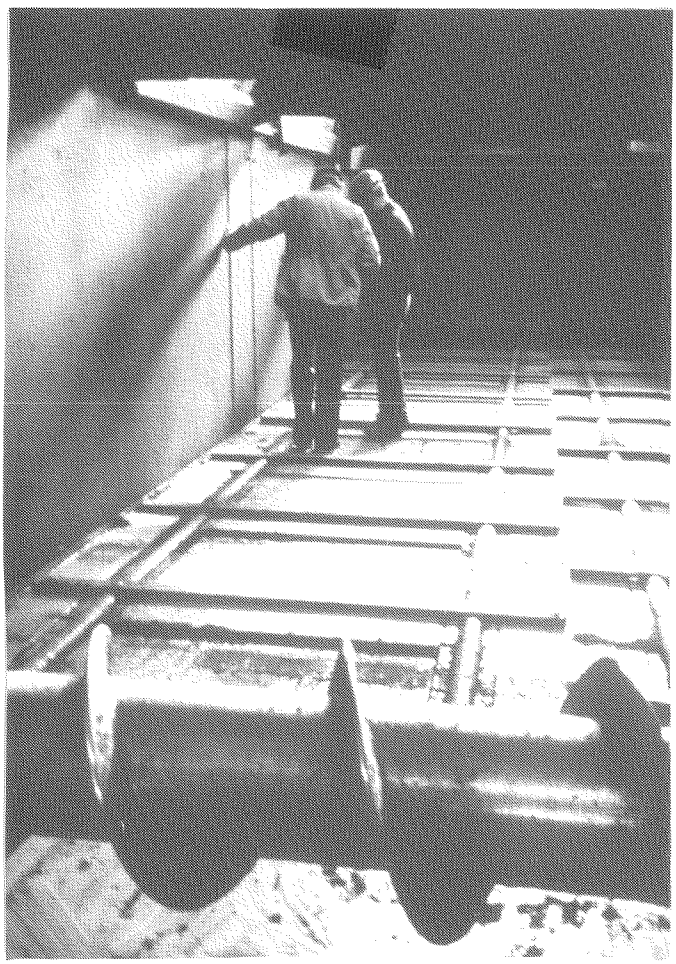
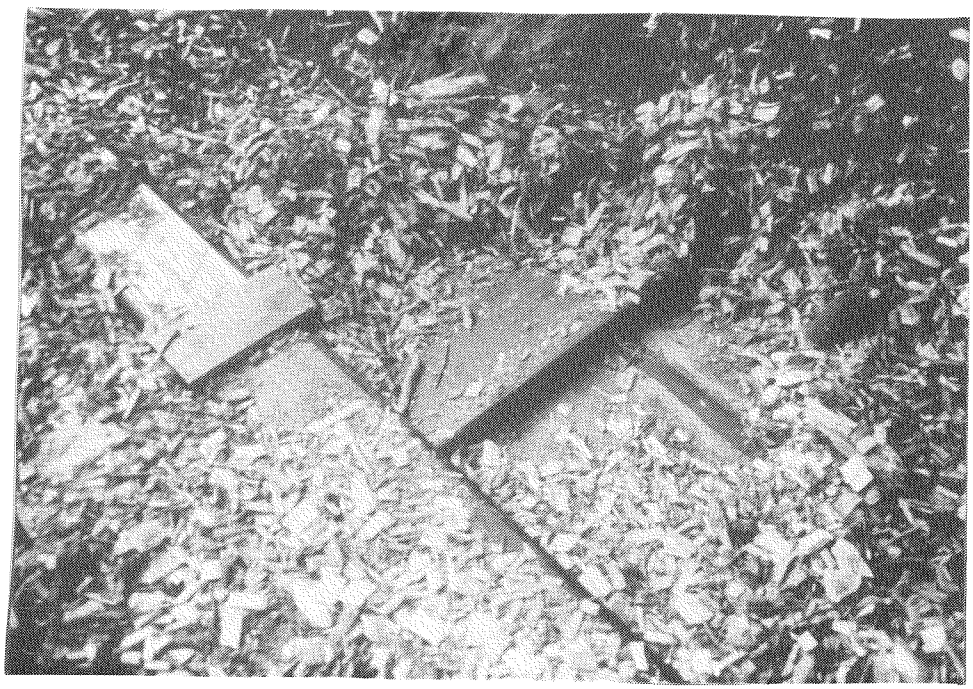


Fig. 10. Spärrad stoker i mottagningsplan, Örkelljunga

Fig. 10. Fixed bar feeder in ground level reception, Örkelljunga



Vi har mera sällan under uppföljningstiden sett problem med kedjeskrapor eller vandrande skruvar, även om de inte är lika väl representerade. Det är förmodligen också så att de inte blir utsatta för samma påkänningar som en stångmatare.

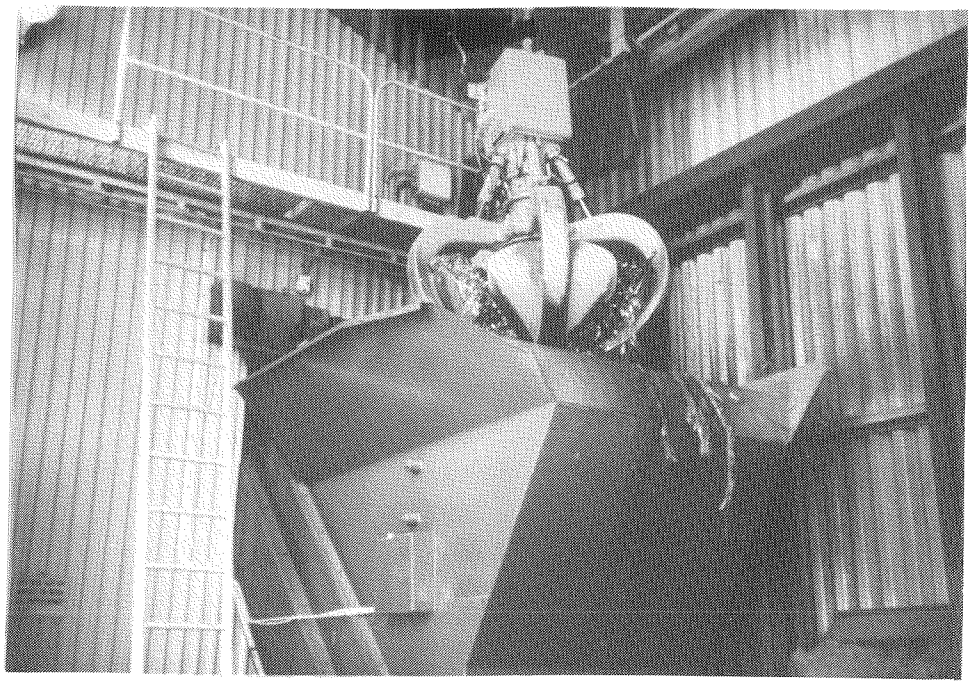
När det gäller **jämn matningskapacitet** är den vandrande skruven klart att föredra, samtidigt ger den också en blandning av materialet från fickan och en utjämning av kvalitetsvariationer.

Utmatningskapaciteten hos stångmatare och kedjeskrapa måste anpassas till det aktuella materialet. Frästorv bör exempelvis matas med kedjeskrapa.

Gripskopan har introducerats i större omfattning under de senaste två åren. Bland våra anläggningar förekommer tre fall med gripskopor, som i figur 11 vid UPONOR. Skoporna används också vid stora anläggningar som Gällivare och Boden och kan där ge enkel hantering av stora lagervolymer.

Fig. 11 Gripskopa, UPONOR, Fristad

Fig.11. Bucket grab, UPNOR, Fristad



Avbrottsstatistiken ger vid handen att om bränslehanteringen i snitt orsakar 19 % av all avbrottstid, ligger gripskopefallen på 22 %. Denna siffra är inte signifikant, eftersom en av tre anläggningar (Gällivare) är under komplettering på just detta avsnitt. Vår tro är snarare att gripskopehantering skulle minska stopptiden och framför allt ge möjlighet till enklare och billigare bränslehantering. Men **själva skopan måste utformas riktigt** för att hålla rent utmed väggarna och undvika frysning. I Boden och Uddevalla har man lyckats bemästra dessa problem.

När det gäller **transportörerna** inom bränslehanteringen nämnde vi tidigare att skraptransportörerna dominerar.

Resultaten kan jämföras med några tidigare undersökningar som genomförts 1982 och 1984, och vi får då följande bild av den procentuella fördelningen

	1982	1984	1986
bandtransportörer	15-20	15-20	12
skruvtransportörer	50	30	19
skraptransportörer	20	40	60
elevatorer	5-10	5-10	6
övriga	5	5	3

Underlaget i de tre studierna är ungefär lika stort och det finns god anledning anta att de speglar statusen vid varje tillfälle.

Det är tydligt att erfarenheterna styrt utvecklingen från känsliga skruvtransportörer mot robustare skraptransportörer. Bandtransportörer används som tidigare för särskilda ändamål, långa transporter, och på samma sätt elevatorer för ytbesparande höjdtransporter.

Hur stämmer då denna bild med vad man önskade sig 1982? Jo, mycket väl. Det var redan då klart att man måste överge den gamla "skruvtraditionen", som gick dåligt att förena med det heterogena bränslet, och övergå till öppnare lösningar. Däremot hade man kanske väntat sig en större andel bandtransportörer.

Bedömningen blir att **skraptransportörerna** hävdar sig genom

- sin stora tolerans för större föremål

- sin slutna konstruktion, som hindrar dammning och spill

- möjligheterna till stark lutning.

I och för sig har **bandtransportörerna** samma förutsättningar, **undantagandes spill**, men de fordrar inbyggnad och blir då dyrare.

Viktigt att tänka på vid utformningen av skraptransportörer är att kedjorna styrs både på under- och översidan så att inte skraporna kan "klättra" på materialet. Vintertid får man dessutom påfrysning om inte transportören är inbyggd eller uppvärmd.

Det bör också understrykas att **elevatorernas** dåliga rykte varit överdrivet. I vårt material finns bara ett fall där man haft större bekymmer med styrning av remmen och detta har avhjälpts. Det är därför fullt möjligt att **använda elevatorer för icke-klibbande material** och spara utrymme.

Skaktransportörer kan användas för enkel avskiljning av stickor och pinnar som i figurerna 12 och 13.

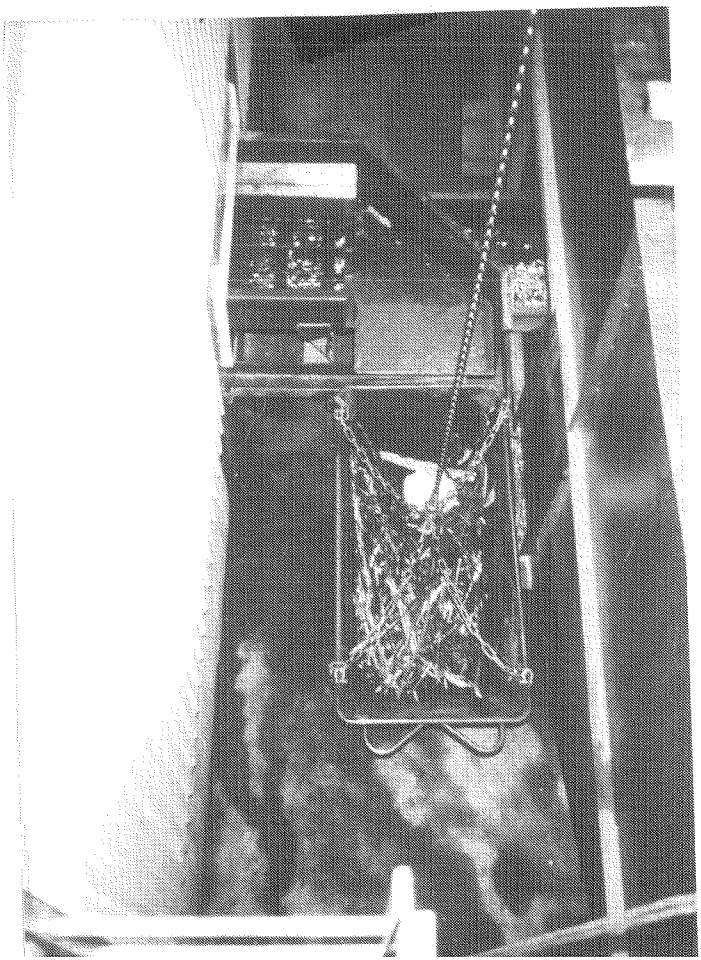
Fig . 12 Stickavskiljning på skaktransportör, Lycksele

Fig. 12. Separation of splinters on a vibrating conveyor, Lycksele



Fig. 13 Stickavskiljning på skaktransportör, Övertorneå

Fig. 13. Separation of splinters on a vibrating conveyor, Övertorneå



Vi har tidigare konstaterat att **mellanlagring** är sparsamt förekommande bland de studerade anläggningarna. I samtliga fall är det fråga om större anläggningar. Enköping, Borlänge och Kalix som arbetar med koniska lager och vandrande skruv visar liten störningsfrekvens. Umeå har däremot en rektangulär silo, lodräta väggar och stokermatning, och här är man fortfarande känslig för hängningar och dålig tömning vintertid med blandat och snöbemängt bränsle.

6.3 Bränsleinmatning

Utmatningen från **matningsfickor** tycks vara en verklig stötesten. Både skruvar och stångmatare förekommer men problemen är störst med skruvar, eftersom utformningen av fickans botten och skruvarnas antal och rotationsriktningar måste anpassas till material och kapacitet. Det finns fungerande lösningar men osäkerheten är stor.

Vi vill rekommendera **utmatning med stångmatare i första hand,** men det gäller att dimensionera denna med tillräcklig matningskapacitet för alla nivåer i fickan.

Antingen man har matningsficka eller ej är utformningen av och regleringen i **stupet** kritisk för inmatningen. I vårt material finns flera exempel, där hängningar stör matningen. Stupen måste ha **släppning** åtminstone i sidled och nivåavkänningen ske utan störningar från bränslet. **Gammastrålare som nivågivare är klart att föredra i denna viktiga position.** Fotoceller har gett dåliga erfarenheter.

Ett annat fenomen, som är mest markant vid eldning av stycketorv är den **fraktionering mellan stycken och stybb,** som sker i anslutningen från en elevator eller lutande skraptransportör till matningsficka eller stup, styckena kastas längre och hamnar längst bort. Om denna avlastning sker tvärs inmatningsriktningen till pannan betyder det att stybben ansamlas på ena sidan och styckena på den andra. Detta gör det omöjligt att få en jämn förbränning på rosten.

Det är nödvändigt att göra effektiva arrangemang för att omfördela materialet i avlastningspunkten t ex med fördelningsskruvar.

En jämn bränsleinmatning är den första förutsättningen för en god förbränning. Vid **fluidiserade bäddar** är det praktiskt taget alltid **cellmataren,** som stoppar på grund av för stora bränslestycken eller främmande föremål, och detta innebär att man måste vara särskilt observant på

sådana. Vid samtliga tre fluidiserande bäddar har man därför garderat sig, i Gällivare och Skellefteå med skivsåll och i Sandviken med valskross, som emellertid inte ger bra resultat eftersom mer än 60% av stoppen ligger på inmatningen. **Sållning och magnetavskiljning är nödvändig i dessa fall.**

6.4 Förbränning

Inom dessa avsnitt ligger **ungefär 50% av det totala produktionsbortfallet** enl. bilaga 8.

De största störningsmomenten är, förutom bränsleinmatningen

- ojämn förbränning på rosten
- rostgenomfall
- sintring
- stoftpåslag.

För att få en jämn förbränning på rosten måste vi ha en riktig luftfördelning.

Huvudregeln är här att **det största tryckfallet skall vara genom rosten och inte över bädden.** I första fallet får vi automatiskt en jämn fördelning över bäddens bredd, i andra fallet går luften igenom, där bädden är öppnast, i sidorna eller där vi har minst finfraktion. Följden blir en snabbare utbränning i dessa zoner, högre temperatur och ofta skador på rosten. Dessutom får vi som regel sintring på väggarna i eldstaden och till och med skador på dessa.

För att få tryckfall nog över rosten krävs att denna är tillräckligt tät. Begränsande är här risken för slitage mellan rostelementen. Rostens täthet bestämmer också genomfallet av oförbränt och därmed en del av verkningsgraden.

Svårigheterna ökar och kraven förstärks naturligtvis ju mer finfraktion vi har i bränslet och ytterligheten är t.ex frästorv.

I de studerade anläggningarna finns inte mindre än åtta olika typer av rörliga roster representerade. Flera av dessa är nykonstruktioner, som ännu inte hunnit anpassas till driftsförhållandena, men vi noterar med tillfredställelse att utvecklingen är god inom detta avsnitt. De rostkonstruktioner, som i dag förefaller fungera bäst är K. und K. och Lambion. Den förstnämnda är mycket robust och används för blandbränslen med sopor i Borlänge och Umeå i en annan panna än den som ingår i vår

studie. Lambionrosten är tät och körs till och med på frästorv i Lappo.

Flera av de övriga rosterna är under utveckling men torde kunna förbättras med avseende på rostgenomfall.

Några av småanläggningarna, Robertsfors och Delsbo, är exempel på hur man med rörlig rost kan elda askhaltiga bränslen även vid små effekter.

Bland de svårare problemen är **sintring** på rost och väggar. Orsaken är för höga temperaturer, beroende på torrt bränsle eller ojämn fördelning på rosten.

Vid de fasta rosterna är manuell slaggning regel och mer eller mindre frekvent, från en gång per månad till flera gånger i veckan. Även på de rörliga rosterna kan problemen vara stora, exempelvis i Haparanda och Överkalix.

Ett förfarande, som använts länge är **granulering** av slaggen med ånga, vilket inte minskar slaggmängden men gör den bättre hanterbar.

Ett annat alternativ är att reglera bäddtemperaturen med **rökgasåterföring** och sålunda undvika sintring.

Två exempel, som förtjänar att framhållas i detta sammanhang, är Silverdalen och Överkalix. Det första fallet är en lutande snedrost med fotrost enligt fig 14.

Ursprungligen slaggades en gång i veckan. När man började med granuleringsånga, en insats som kostade c:a 15.000 kr/år, fick man en avsevärd förbättring och mer än halverade slaggningsbehovet. Den senaste tiden har man kört med mycket noggrant reglerad rökgasåterföring och luftfördelning och kan nu köra praktiskt taget utan slaggning.

I Lycksele och Skövde har man använt granulering med vattendimma framgångsrikt.

I fallet Överkalix är rosten en rörlig Kablitzrost. Torr stycketorv gav mycket svåra sintringar med slaggningar flera gånger per vecka. Pannan är på 1,4 MW och någon rökgasåterföring hade aldrig övervägts. Efter ett eget utvecklingsarbete och mer än ett halvt års provande har man nu med en relativt enkel rökgasåterföring kommit ner i en slaggningsfrekvens på en gång per månad. Med dessa erfarenheter som bakgrund står det helt klart att åtgärder som sänker temperaturen i förbränningssteget, t ex **rökgasåterföring skall övervägas i varje fastbränslefall** redan från början.

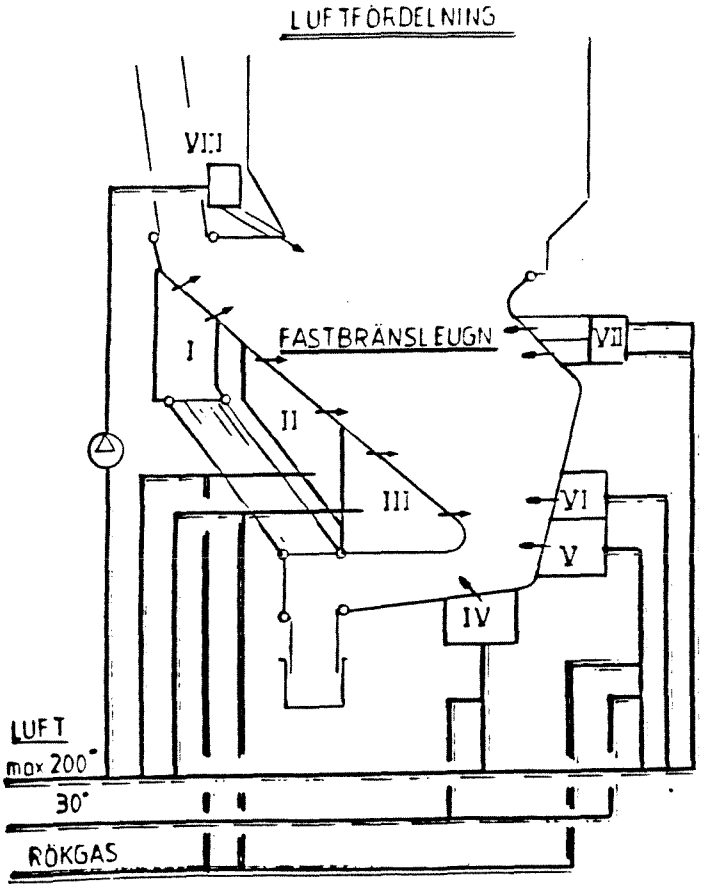
Sotningen är en stor avbrottsorsak, vilket också framgår av bilaga 8.

Ångsotning fungerar bra och kräver sällan manuell sotning. Ljudsotning har gett mycket olika resultat. Som regel måste man sätta in manuell sotning varannan månad, men även positiva erfarenheter finns, exempelvis i Lappo, där man sotar manuellt en gång per år.

Vid de manuellt sotade pannorna är besvären störst vid horisontella rör.

Figur 14 Fast rost med luftfördelning och rökgasåterföring, Silverdalen

Fig. 14. Fixed grate with air distribution and flue gas recirculation, Silverdalen



6.5 Ask- och stofthantering

Denna ger besvär vid många av de undersökta anläggningarna och i åtskilliga fall har man tvingats ändra de ursprungliga lösningarna för att klara problemen.

Generellt är damning och slitage de vanligaste besvären.

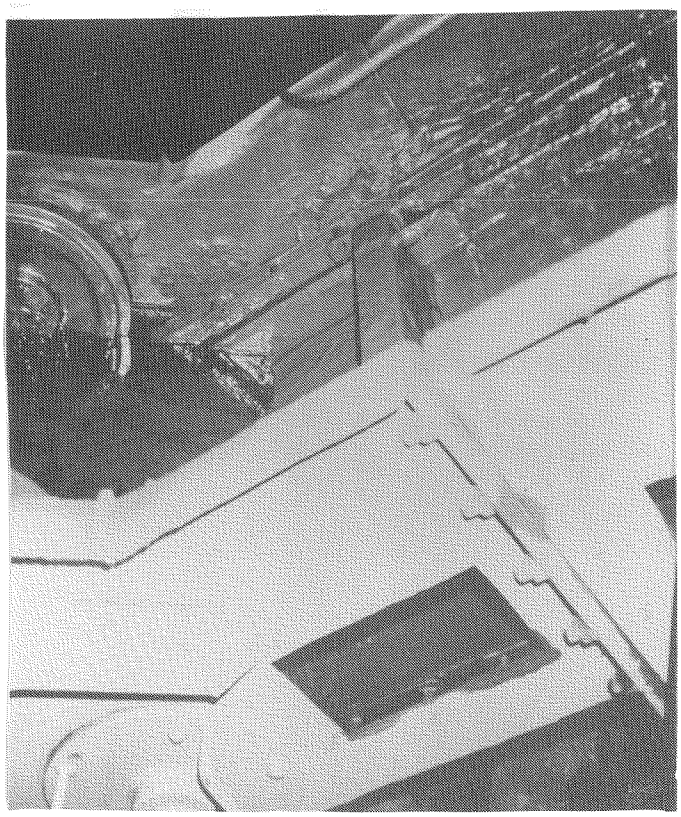
Askhanteringen i våra anläggningar är företrädesvis våt och sker som regel i skraptransportör till container. Vid fasta roster finns någon form av askstoker för utmatning från pannan. Stokern är känslig och ger exempelvis i Enköping upphov till mer än 25% av driftstoppen i tid räknat. Detta beror på slaggens nuvarande konsistens. Ånggranulering eller rökgasåterföring kan ge förbättring.

Våta skraptransportörer tjänstgör samtidigt som vattenlås under rosten och kan transportera på underpart eller överpart. Med oförbränt i askan och stort rostgenomfall blir problemen med underpartstransport ofta stora genom att flytaskan samlas i tråget bakända, blockerar och måste skottas ur manuellt då och då. I något fall har driften kunnat reverseras för tillfällig rensning (Pajala). Nivåregleringen i tråget är viktig för funktionen men försvåras ofta av flytaska.

Transport på överparten, som i figur 15 är klart att föredra, då utrustningen blir självrensande.

Fig. 15 Skraptransportör för aska, transport på överpart, Koskenkorva SF

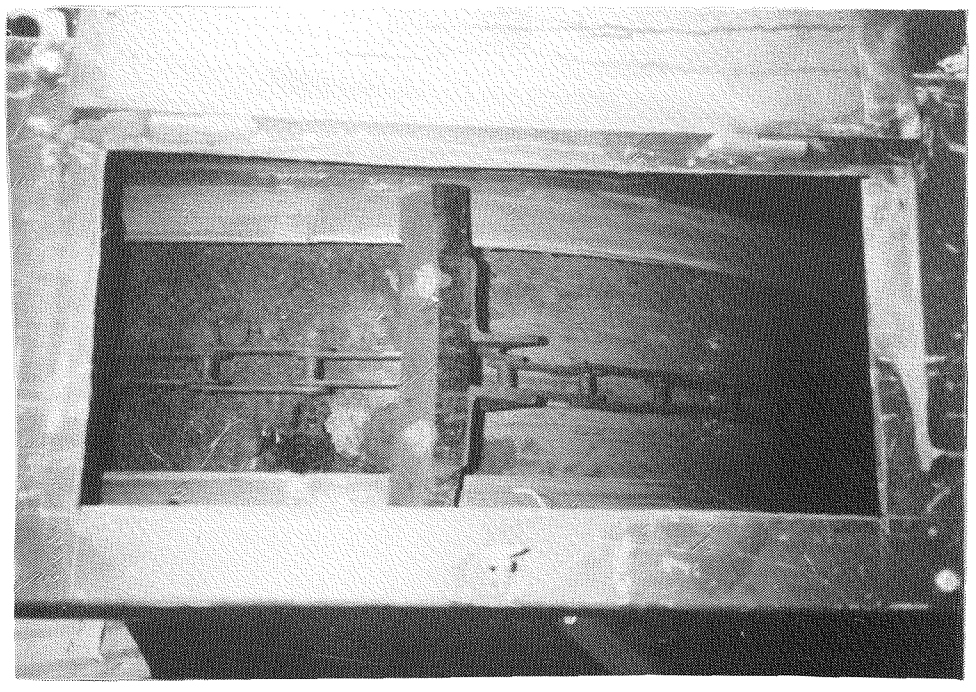
Fig. 15. Scraper conveyor for ash transport on the upper part, Koskenkorva, Finland



Drift med en kedja mitt på skraporna har visat sig förkastlig i ett aktuellt fall (Kiruna), figur 16 och bytts till två kedjor.

Fig 16 Skraptransportör för aska, enkel kätting, Kiruna

Fig. 16. Scraper conveyor for ash with a single chain, Kiruna



Askan är starkt slitande, vilket måste beaktas vid dimensioneringen. Denna måste också ta hänsyn till att alla främmande föremål i bränslet som skrot och stenar liksom även rostdelar som lossnar skall kunna passera transportören utan haverier.

Stofthanteringen belastas av damning och slitage och här kan fuktning ofta inte ske förrän i anslutning till asktransportören eller containern. Det fuktade materialet klibbar och sätter igen. Funktionen blir bäst om cyklonerna kan placeras över asktransportören eller i varje fall med kortast möjliga anslutning till denna.

Skruvar för transport av stoft och givetvis aska bör undvikas på grund av slitage och haveririsk.

Viktigt är också att man garderar sig för fallande askmängder från olika bränslen, av vilka t.ex torv ger mera aska än normala trädbränslen. Rivningsvirke innebär också en ökande belastning på asksidan.

6.6 Rökgasrening

På detta avsnitt har våra anläggningar fungerat relativt väl. Några svårigheter att innehålla uppställda gränsvärden har inte noterats, men då skall också observeras att åtskilliga av de undersökta anläggningarna har ganska måttliga krav.

Som vi minns var små cykloner vanligast, därnäst kom elfilter. Spärrfilter förekom endast i två fall varav ett med cyklon före.

Småcyklonerna är mycket driftsäkra. De vanligaste begränsningarna är

- slitage som också drabbar fläktarna
- läckage och dammning.

Det förstnämnda är en direkt följd av processfunktionen. Trots detta kan vi konstatera att i de fall cykloner ger godtagbara stofthalter är de det bästa reningsalternativet. Nackdelarna med slitage och dammning har i mycket få fall varit av allvarlig art.

Utöver själva cykonerna förekommer också en del slitage och blockeringar i utmatningsslussarna, där konstruktionsmaterialet är avgörande. Det kan också förekomma att cyklonerna sätter igen sig genom olämplig konstruktion eller genom kondensering vid utomhusplacering.

Elfilter är den dyraste reningsutrustningen men samtidigt billigast i drift och underhåll, och även den mest driftsäkra. Knappast några störningar har kunnat skyllas på själva elfiltret, medan däremot slagorna någon gång inte fungerat.

Förutom att elfilter ger mycket goda reningsreslutat är de också okänsliga för höga rökgastemperaturer.

Den tredje reningsutrustningen, **spärrfilter**, kan ge betydligt mera problem. Först och främst är filtret känsligt för högre rökgastemperaturer, vilket man försöker anpassa sig till med olika filtermaterial.

Det enklaste och billigaste av dessa är ett polyamidbaserat **textilmaterial**, <200^{o}C. Där ovanför tar man till teflon eller glasfiber. Dessa två senare material är emellertid 5-10 gånger dyrare än textilmaterialet, vilket ger motsvarande högre både anskaffnings- och underhållskostnader.

Vanligt är därför att man försöker välja det billigaste alternativet med åtföljande besvär.

Spärrfilter kan vara slang- eller kassettfilter. De första rensas med pulserande tryckvågor och kassetterna med tryckluft. Filtren är också känsliga för fuktiga gaser och små partiklar, som båda ger igensättningar och vidare för sur miljö, som förändrar textilmaterialet. Slutligen är tryckfallet över spärrfiltren mycket högre, 5-10 gånger, än vid elfilter.

Det kan alltså finnas anledning att överväga om inte de högre drifts- och underhållskostnaderna med spärrfilter kan motivera att man väljer elfilter.

6.7 Styrfunktioner

I vårt material har dessa avvägts ganska väl från full datorisering till enkla styrkretsar med manuell reglering på väsentliga punkter.

Problem finns främst med mätning av O_2-halt och CO-halt Speciellt för CO-halt måste vi få fram bättre instrument.

När det gäller gashalter och temperaturer brister det ofta i valet av mätpunkt. Av denna anledning har vi bl.a en dålig föreställning om temperaturen i eldstaden. Det finns också flera exempel på att den verkliga O_2-halten legat betydligt under den uppmätta, med risk för hög CO-halt och ofullständig förbränning.

I samtliga fall rör det sig framförallt om att behärska gasströmningen och därmed slutförbränningen i pannan. En återkoppling finns också här i kravet på en jämn bränsleinmatning.

Mätmetodiken bör bli föremål för fortsatt projektarbete genom utredning och praktiska prov.

Den genomgång, som gjorts av ETU i samband med undersökning av störningsfrekvensen vid ett antal mindre anläggningar ger en god bild av funktionerna (ETU-4014/1A-RS) vad beträffar nivåvakter och styrning av bränsleflöde.

Här konstateras hög störningsfrekvens speciellt för nivåvakter. Smuts- och kondensbeläggning samt blockering av materialet är vanliga felkällor. De bästa resultaten har nåtts med gammavakter och mikrovågsvakter.

6.8 Miljö

De viktigaste iakttagelserna i detta hänseende rör **dammning och ventilation** i lokalerna. Bränslena har också varierande dammningsbenägenhet.

Synpunkter kan vidare läggas på buller, renhållning och åtkomlighet.

Damningsproblemen är störst i bränsleutrymmena, t ex vid lossning av bilar, omlastning i transportörstup etc. I mottagningen kan vattendimma användas för nedslagning av damm, men helt bemästrar man inte problemen. **Central dammsugning** är därför nödvändig för att upprätthålla en acceptabel status.

Bränsletransportörer skall vara slutna.

Byggnadskonstruktioner måste göras så **lite "dammsamlande"** som möjligt. Det finns t ex alltför många horisontella väggbalkar.

I många fall hänger bränsleutrymmena ihop med själva pannrummet. Här är kravet att de båda måste utgöra **skilda zoner.**

När bränslet kommer in i pannhuset kan fortfarande transportörerna spilla och damma. **Övertryck i pannrummet** är enda möjligheten att eliminera de olägenheterna och samtidigt vinner man att driftsäkerheten i panna och rökgasrening blir större.

Bullerfrågorna är som regel väl lösta på nya anläggningar, vid de äldre finns ofta kvarstående olägenheter med fläktljud.

Däremot lämnar möjligheterna att hålla rent och komma åt utrustningen för skötsel och underhåll en del övrigt att önska. Tidigare har nämnts **central dammsugning** som nästan nödvändig, åtminstone vid torvanläggningar.

Åtkomligheten är genomgående sämst när det gäller asktransport och även stofthantering. I många anläggningar **ligger asktransportören och även bränsletransportörer under golvnivå** med mycket trånga, ibland omöjliga passager. Förtänksamhet vid projektering är nödvändig.

Rent allmänt kan man dock konstatera att miljön i de nya anläggningarna är god, vilket givetvis också bidrar till bättre funktion hos både maskiner och kanske främst el- och instrumentutrustning.

7. TILLGÄNGLIGHET

7.1 Allmänt

Vid uppläggning av studien har definitionen av begreppet tillgänglighet diskuterats.

Produktionen kan påveras på olika sätt

- stopp på grund av störningar
- stopp på grund av planerad aktivitet
- produktionsminskning på grund av störning
- produktionsminskning på grund av planerad aktivitet.

Alla störningar får inte samma genomslag på produktionsbortfallet. I bränslehanteringen liksom i askhanteringen kan man som regel acceptera kortare eller längre störningar innan värmeproduktionen måste stoppa. I själva förbränningen och pannan har man däremot liten eller ingen acceptans för störningar. Bränsleinmatningen stör exempelvis produktionen direkt.

I fortsättningen definieras stopptiden som summan av alla ovanstående med undantag för planerade stopp vid långhelger. Driftstiden definieras som eldningssäsongen utan reduceringar.

Tillgängligheten blir följaktligen kvoten mellan driftstid - stopptid och driftstid enligt ovan. Detta innebär också att **tillgängligheten baseras på producerad energi och inte på produktionstid.**

Som framgår av störningsjournalen i bilaga 1 har vi försökt ange både produktionsstopp och produktionsminskningar. De senare har omvandlats till "stopptid" i relation till sin andel. Även om denna enbart kunnat bedömas från fall till fall har vi fått en god bild av detta **tillskott av stopptid**, som annars inte skulle bokföras.

Överslagsmässigt utgör produktionsminskningarna mellan 5 och 10% av den verkliga stopptiden.

Har man permanenta störningar i systemet, t.ex varaktigt dålig bränslekvalitet, kan givetvis denna procent vara högre.

Vad beträffar omfattningen av tillgänglighetsstudier har den kunnat genomföras på samtliga anläggningar utom tre, Delsbo, Robertsfors och Haparanda.

Delsbo har vissa inkörningssvårigheter, som skulle ge en felaktig tillgänglighetsbild och samma gäller Haparanda. I Robertsfors går oljedriften automatiskt in vid fastbränslestörning. Om detta sker under icke-dagtid åtgärdas felet först nästa morgon, eftersom man bedömt att jour inte lönar sig. Vi har här alltså bara anteckning om störningens art och inte omfattning.

För de tre anläggningarna har vi valt att ge störningarnas procentuella frekvens inom respektive processavsnitt.

I den följande redovisningen har stopptiderna fördelats på följande avsnitt

- bränsle, brist eller kvalitet

- bränslehantering
  maskin
  styr/regler

- bränsleinmatning

- eldningsutrustning-panna
  inmatning
  maskin
  styr / regler
  sotning
  slaggning

- askhantering

- rökgasrening

- elektrisk drift

Gränsdragningen mellan dessa avsnitt kan många gånger vara svår, framför allt mellan bränslehantering och bränslekvalitet, men vi räknar med att ha kommit relativt rätt. När sotning och slaggning pågår samtidigt har totala stopptiden fördelats.

7.2 Sammanställning

Bilaga 8 ger totalbilden av det insamlade och bearbetade materialet. Stopptid och total driftstid ger tillgängligheten och stopptidens fördelning på ovanstående processavsnitt har angetts procentuellt.

I genomsnitt ligger **tillgängligheten på 95% med spridning σ = 2,7.** Vi har alltså en ganska väl sammanhållen bild på en nivå, som får betraktas som god, men som givetvis kan bli bättre.

Några anläggningar fordrar kommentarer.
Pauliström har haft inkörningssvårigheter på bränslehanteringssidan och kan säkert nå 95%. För denna anläggning, Silverdalen och Bowater, som alla tre är industripannor gäller vidare att "eldningssäsongen" är hela året. Därför har driftstiden reducerats med planerade helgstopp, vilket alltså ger anläggningarna en jämförelsevis hög tillgänglighet.

Även Gällivare belastas med inkörningssvårigheter, på bränslehantering och i viss mån i förbränningen och slutresultatet kan mycket väl komma upp till medelvärdet 95%.

7.3 Analys av tillgänglighet

Uppdelningen på olika processavsnitt ger till en början en något splittrad bild. **Medelvärdena** blir enligt följande

- bränsle	5%
- bränslehantering	19%
- bränsleinmatning	9%
- eldningsutrustning-panna	52%
- askhantering	6%
- rökgasrening	6%
- el	3%

där **bränslehanteringen** sammansätts sålunda

- maskin	16%
- styr/regler	3%

och **eldningsutrustning-panna** delas på

- maskin	21%
- styr/regler	6%
- sotning	11%
- slaggning	14%

Inom avsnitten kan vi konstatera att **bränsledelen** beror av kvalitet och utrustningens acceptans. Särskilt höga

siffror visar Uponor och Robertsfors. Uponor har haft stora bekymmer med dålig bark och fruset bränsle, medan Robertsfors haft besvär med sina containerleveranser.

Bränslehanteringen visar höga värden i några fall. Pauliström har en olycklig utformning av sin utmatning från mottagningsfickan. I övrigt belastar intrimning av gripskopa (Gällivare och Uponor) och frysning i transportörer (bl a Pajala och Kalix). Avbrottstiden förefaller vara högre för trädbränslen än för torv, i första fallet 27% av all stopptid, i sista fallet 11%.

Totalt torde bränsle plus bränslehantering kunna komma att ligga på 15-20%, dvs **en reducering av stopptiden med 30% borde vara möjlig.**

I förbränningsavsnittet är **bränsleinmatningen** kritisk på vissa håll men knappast signifikant för bränslen eller processtyp.

Maskinstörningar vartill räknas alla mekaniska störningar är den största posten av alla. Rostproblem på rörliga roster och sintring i fluidiserade bäddar överväger och här borde finnas åtskilligt att göra för att reducera störningar, exempelvis med rökgasåterföring eller granulering av slaggen.

Inom **styr/regler** finns inga större avvikelser Fördelningen över anläggningarna är ganska jämn.

Sotning och slaggning däremot är tunga poster. Höga värden för sotningen återfinns i anläggningar med manuell sotning.

Slaggningen är klart koncentrerad till fasta roster, genomsnitt 50% av all stopptid ägnas här åt slaggning. Dessutom finns exemplen Överkalix och Haparanda med sina speciella sintringsproblem. Med rökgasåterföring och luftreglering finns en möjlighet att reducera ned till 20% på fasta roster och till någon enstaka procent på rörliga.

Askhanteringen är ingen tung bit men några anläggningar belastas genom felkonstruktioner. Viss reduktionsmöjlighet finns.

I **rökgasreningen** dominerar filterproblematiken och slitage. Också här kan störningarna reduceras.

Stopp på grund av **elfel** slutligen, är jämt fördelade över materialet och torde få accepteras i den redovisade utsträckningen.

Vilka är då **möjligheterna att nå en lägre störningsfrekvens** och en bättre tillgänglighet med nuvarande teknik och inom fem år? Utifrån vad som sagts, bedömer vi möjligheterna till förbättring enligt följande, uttryckt som % av ursprunglig total stopptid.

	nu	mål
- bränsle/bränslehantering/ inmatning	33	20-25
- eldningsutrustning/panna	52	30
- askhantering	6	3
- rökgasrening	6	3
- el	3	3
summa	100	59-64

vilket innebär en möjlig ökning av genomsnittstillgängligheten från 95% till 97%.

8. EKONOMI

Dokumentationen inom detta avsnitt grundar sig på bokförda kostnader och i en del fall på uppskattningar. Driftskostnaderna får anses väl belagda medan underhållskostnaderna är osäkrare, eftersom de måste kalkyleras mot ett bedömt läge om 2 - 5 år.

8.1 Driftskostnader

Dessa finns återgivna i bilaga 9, fördelade på

- löner
- driftsmaterial
- driftel
- transporter

Lönerna avser endast skötsel, dvs drift, städning, sotning etc. Ingen administration ingår, eftersom denna varierar oerhört mycket från anläggning till anläggning.

Driftsmaterial utgörs av arbetskläder, smörjmedel o dyl. samt vid fluidisering bäddsand.

Driftel är räknad endast för fastbränsleenheten, utan värmedistribution och transporterna avser aska och stoft samt deponering.

Vi har helt bortsett från bränslekostnaderna, som emellertid torde ligga på ungefär 100 kr/MWh 10%.

Den **totala driftskostnaden** visar ganska liten spridning. Kring ett medelvärde på 16 kr/MWh är den endast 4 kr/MWh trots att anläggningarna är så olika.

Driftskostnaden sammansätts procentuellt av

- löner	60%
- driftsmaterial	4%
- driftel	25%
- transporter	11%

Den enda post som egentligen kan påverkas är lönerna, varför vi kan räkna med att **c:a 10 kr/Mwh är påverkbara.**

I figur 17 har totala driftskostnaden avsatts mot anläggningarnas effekt. Ett visst samband kan skönjas, då kostnaderna förefaller vara något lägre i mellanregistret, eftersom man här ännu inte kommit upp på skiftsbemanning, jämför tabell 6. Dessutom kan man säkert härleda högre kostnader till små effekter, dock inte mer än 20% högre än medelvärdet.

Som sammanfattning av möjligeterna att reducera kostnaderna på driftssidan inom fem år kan vi göra följande uppställning

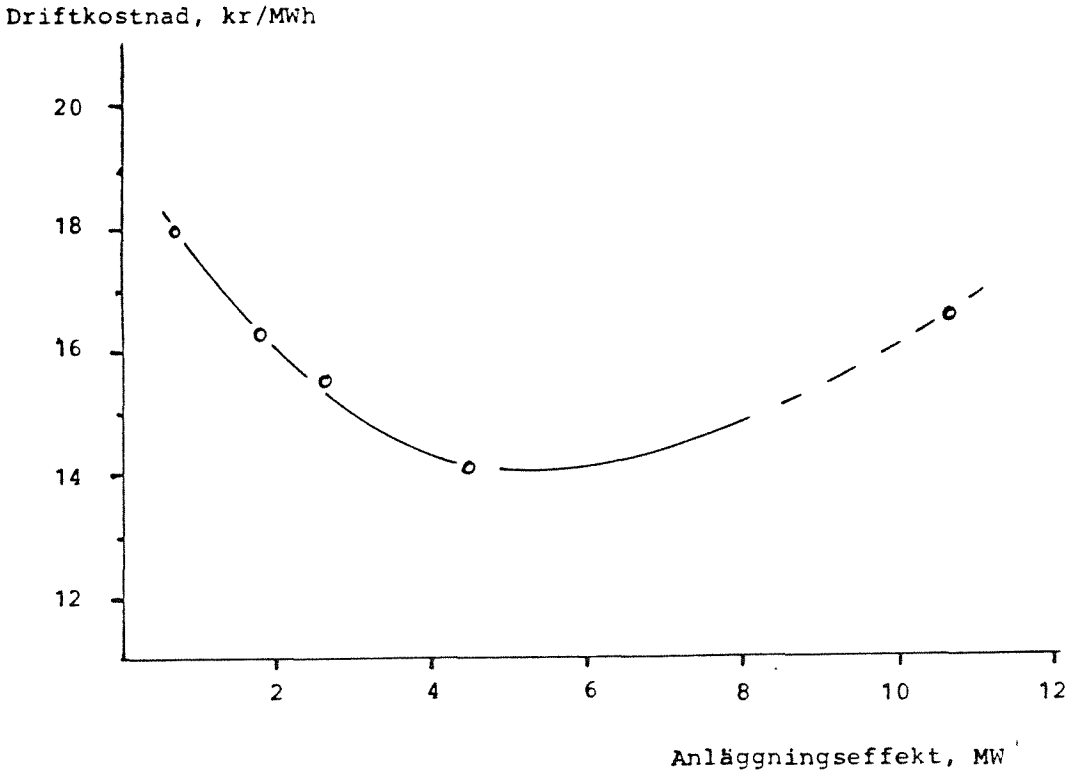
	nu	mål
- löner	60	45-50
- driftsmaterial	4	5
- driftel	25	25
- transporter	11	10
- summa	100	85-90

motsvarande ungefär 2 kr/MWh.

Detta skall också **ställas mot anläggningens tillgänglighet**, eller uttryckt på annat sätt, ju högre oljepriser,-desto försiktigare får man vara med åtgärder som kan minska tillgängligheten.

Fig. 17 Driftkostnader,beroende av anläggningseffekt.

Fig. 17. Operating costs related to the effect of the plants



Några ytterligare spekulationer kontra bränsle och utrustning vågar man inte ge sig på utifrån detta material och eventuella avvikelser skulle i vilket fall vara försumbara.

8.2 Underhållskostnader

Dessa redovisas i bilaga 10 uppdelade på

- egna löner
- material
- tjänster.

Material inbegriper reservdelar och förbrukningsmaterial och tjänsterna är insatser utifrån.

Ovanstående delar är ungefärligen

- egna löner	37%
- material	40%
- tjänster	22%

Som synes har vi alltså **en stark insats av egen personal**, av alla egna löner går 2/3 till drift och 1/3 till underhåll, eller översatt, **samma personal används till 1/3 för underhållsuppgifter.**

Om detta är rimligt eller ej kan vi inte bedöma, men i vilket fall som helst utgör den diskutabla insatsen endast 5 kr/MW, vid medelkostnaden 16 kr/MWh.

Möjligheterna att minska underhållskostnaderna från den redovisade nivån måste baseras på förebyggande underhåll och riktigare maskinval i framtiden. Samtidigt vill vi reservera oss för negativa överraskningar eftersom många anläggningar inte är i "underhållsbalans", detta tar 5 - 10 år.

Genomsnittligt ligger också **underhållskostnaden för våra anläggningar på 16 kr/MWh och spridningen är ganska stor, 7,6.** Fördelat på avsnitt enligt bilaga 10 blir kostnadsdelarna

- bränslehantering	33%
- eldningsutrustning/panna	38%
- el och styr/regler	12%
- rökgaser och askhantering	17%

Vid anläggningar där **bränslehanteringen** gjorts som enklast, t.ex Örkelljunga, Uponor, Bowater, Åsele och Överkalix redovisas endast 15-20% kostnadsandel. Siffror på 40-50% är regel på mera komplicerade anläggningar som Sandviken, Borlänge, Berg, Umeå, m.fl. Redan detta innebär **kostnadsskillnader mellan ytterligheterna på runt 5 kr/MWh.** Här finns säkerligen framtida besparingspotentialer.

Underhållet av eldningsutrustning och panna är den största delen, men här är spridningen ännu större beroende på olika eldningsutrustning och kombination med panna, från 10 till 70%. Huvuddelen av de fungerande rostanläggningarna håller sig kring medelvärdet medan de tre representerade. Fluid bed-anläggningarna förefaller ligga lägre, cirka 25%.

Om det sista verkligen är en trend får anstå, tills det tidigare nämnda Värmeforsk-projektet redovisas.

El och styr/regler upptar en mindre men viktig del och här bör man inte räkna med någon framtida reduktion, **snarare kräver detta avsnitt successivt ökade insatser.**

Rökgasrening och askhantering är arbetskrävande och även här bör man vara försiktig med reduktioner. Visserligen måste vi komma till bättre konstruktioner, men slitaget är lika fullt ofrånkomligt.

Liksom vi tidigare bedömt tillgänglighet och driftskostnader inom 5-årsperspektivet kan också underhållskostnaderna ses på samma sätt enligt följande

	nu	mål
- bränslehantering/inmatning	33	20
- eldningsutrustning-panna	38	30
- el och styr/regler	12	15
- rökgaser/aska	17	15
- summa	100	80

vilket omräknat skulle innebära 3-4 kr/MWh lägre underhållskostnader.

Sammanslaget skulle man alltså kunna eftersträva en minskning av totalkostnaden för drift och underhåll med cirka 5 kr/MWh, vilket jämfört med bränslepriset är en mindre del. Det är förmodligen **lönsammare att gå in och granska kombinationen.**

- bränslepris

- bränslekvalitet

- tillgänglighet

som totalt kan ge betydligt mera i de enskilda fallen.

8.3 Kostnadssammanställning och känslighetsanalys.

Någon bearbetning av investeringskostnader för de olika anläggningarna har inte gjorts. Utförande och anpassning till fjärrvärmenätet är så olika från fall till fall och möjligheterna till uppdelning av kostnadsdelarna så begränsade att en närmare genomgång har litet intresse i vårt sammanhang.

Intressantare är att belysa hur mycket pengar som läggs ner på de olika processavsnitten vi avhandlat tidigare och hur denna fördelning motiveras av rimliga krav. Man kan misstänka att t ex **byggnadskostnaderna får en oproportionerlig stor andel i förhållande till processmaskineri och andra produktiva utrustningar.** Detta fordrar emellertid en specialstudie, som inte målsatts i detta projekt.

Däremot kan det vara intressant att se kapitalkostnadernas del i den totala kostnadsbilden. Om en investering på 2.000- 2.500 kr/kW betalas på 15 respektive 20 år fås en specifik kapitalkostnad vid 10% ränta motsvarande

15 år	71 kr/MWh
20 år	63 kr/MWh

varvid används medelutnyttjningen 4.200 h/år vid full effekt enligt vårt underlag. I fortsättningen räknar vi med 20 års återbetalning. Relationerna blir alltså enligt tidigare redovisning som tabell 8 visar.

Tabell 8. Uppdelning av total kostnad på kostnadsslag och känslighetsanalys.

Kostnadsslag	**Variation**	**Grundkostnad**	**Marginal**
	%	kr/Mwh	kr/MWh
Bränsle	-10	c:a 110	-11
Drift	-10-15	16	-2
Underhåll	-20	16	-(3-4)
Kapital-ränta	-10-20	63	-(6-13)
"Tillgänglighet"	-(2-4)	-	-(2-4)

Vid beräkning av den sistnämnda marginalen har oljepriset fiktivt satts till 2.000 kr/m^3 och "tillgänglighetsmarginalen" är utslagen på årsproduktionen.

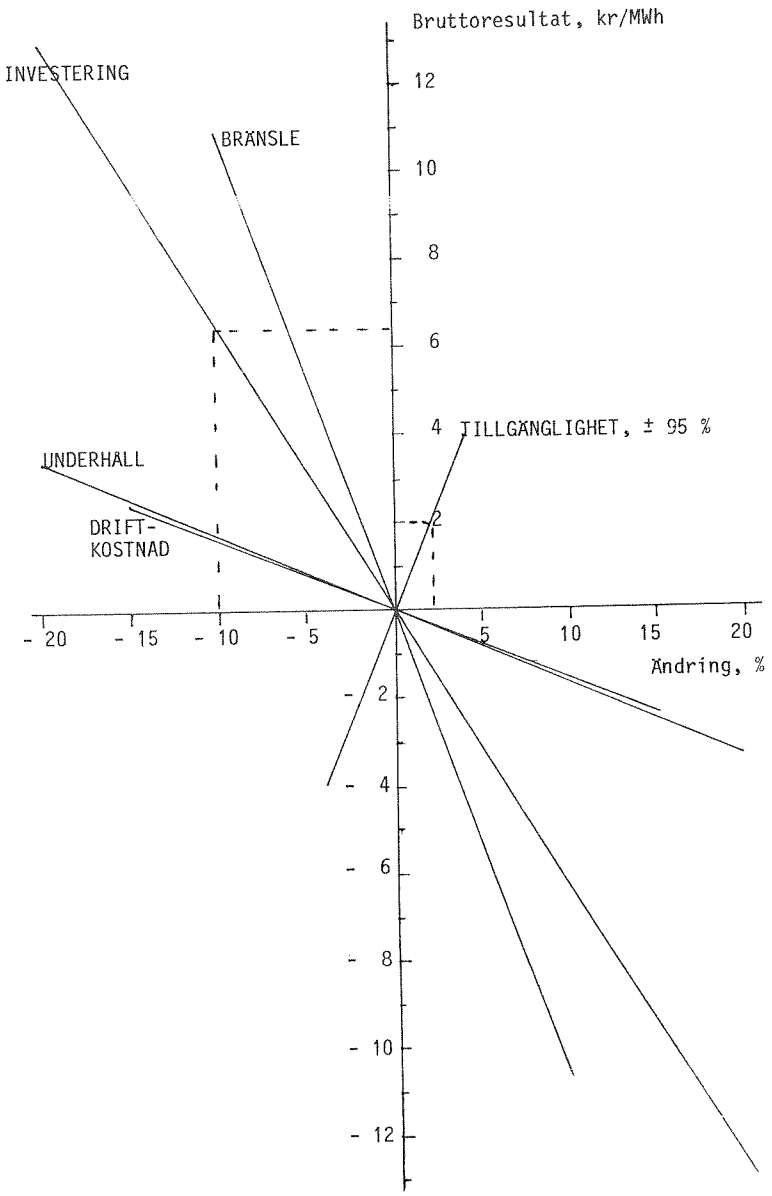
Känslighetsanalysen presenteras i figur 16. Detta är de förutsättningar man har att arbeta med och en rimlig bedömning är att man av hela kakan borde **kunna tillgodogöra sig 10-15 kr/MWh** med målmedvetna insatser på främst

- bränslesidan i form av kvalitetsgenomgång

- investeringssidan i form av utformning och utrustning.

I **redan befintliga anläggningar borde man komma åt 5-10 kr/Mwh** genom bränslesidan, tillgänglighet och underhåll.

Figur 18. Känslighetsanalys, kostnader
Fig. 18 Sensitivity analysis of costs



För en 10 %-ig minskning av investeringskostnaden stiger brutto-resultatet med 6.30 kr/MWh.

Om tillgängligheten ökar 2 % till 97 % blir resultatförbättringen 2 kr/MWh.

9. REKOMMENDATIONER

I det följande sammanfattas synpunkter från föregående avsnitt och utformas rekommendationer för olika driftsfall och för fortsatt utvecklingsarbete.

9.1 Bränsle

Som vi sett tidigare, ger bränslet den största inverkan på ekonomin, dels genom sitt eget pris och dels genom sin påverkan på tillgänglighet, verkningsgrad och underhållskostnader.

För många **etablerade anläggningar** är det viktigt att göra en **rekonstruktion** av sina **driftserfarenheter, bränslekvaliteter och leveransförhållanden** för att den vägen komma fram till bästa ekonomiska totalutfall.

Instrument för en sådan genomgång är

- mätningsdokumentation för bränsle

- kvalitetsuppföljning av bränslen

- driftsjournal/-erfarenheter

I många fall är ovanstående dokumentation ganska bristfällig och då gäller det i första hand att t.ex under en eldningssäsong **bygga upp en erforderlig kunskapsbank för åtgärd nästa säsong.**

Det man främst behöver är

- fukthalter

- askhalter

- fraktionsfördelning, mängd finfraktion

- bränslemix, torv/barr/löv

Fukthalter och finfraktion bestämmer man själv enkelt med torkskåp, enkel våg och en sållram. **Det behöver här inte vara laboratoriemässig noggrannhet.**

Askhalter måste göras i laboratorieutrustning men provfrekvensen behöver inte vara särskilt stor, 1 gång/vecka (ungefär 120 kr).

Med denna dokumentation kan man slutligen

- utvärdera bästa bränslemix

- anpassa kvalitetskrav

- **göra upp leveransplan**

Ett typiskt instrument för leveransplanen visas i figur 17, nämligen olika bränslens fukthaltsvariationer under året. Med hjälp av dessa kurvor kan man göra en plan för jämnast möjliga fukthaltsbetingelser in till pannan.

Alla dessa faser bör genomföras i intimt samarbete mellan leverantör och avnämare. Då är det också så mycket enklare att komma överens om ev. åtgärder, temporära eller bestående, ex. rening, torkning, sållning etc.

När det gäller **nyanläggningar** är det lika viktigt att klarlägga förutsättningarna för kommande bränsleleveranser för att sedan kunna gå vidare på utrustningssidan.

Normalt bör man arbeta med flera leverantörer om så erfordras för att **trygga leveranssäkerhet.** Detta kan innebära att man garderar sig med både träbränsle och torv.

Dessutom bör man **tillgodose kvalitetssäkerheten,** som är ytterligt viktig för anläggningens optimala drift. Det är lämpligt att redan i planeringen gå igenom bränsleekonomin för olika tänkbara drifts- och betalningsfall.

Förutsättningarna för att skriva ett **leveranskontrakt, som går att tillämpa är också att man i förväg skaffar sig den kvalitetsdokumentation som skall utgöra underlag för verksamheten.**

9.2 Etablering

Vi har redan berört bränsleproblematiken och kommer senare att behandla utrustning och driftsförhållanden.

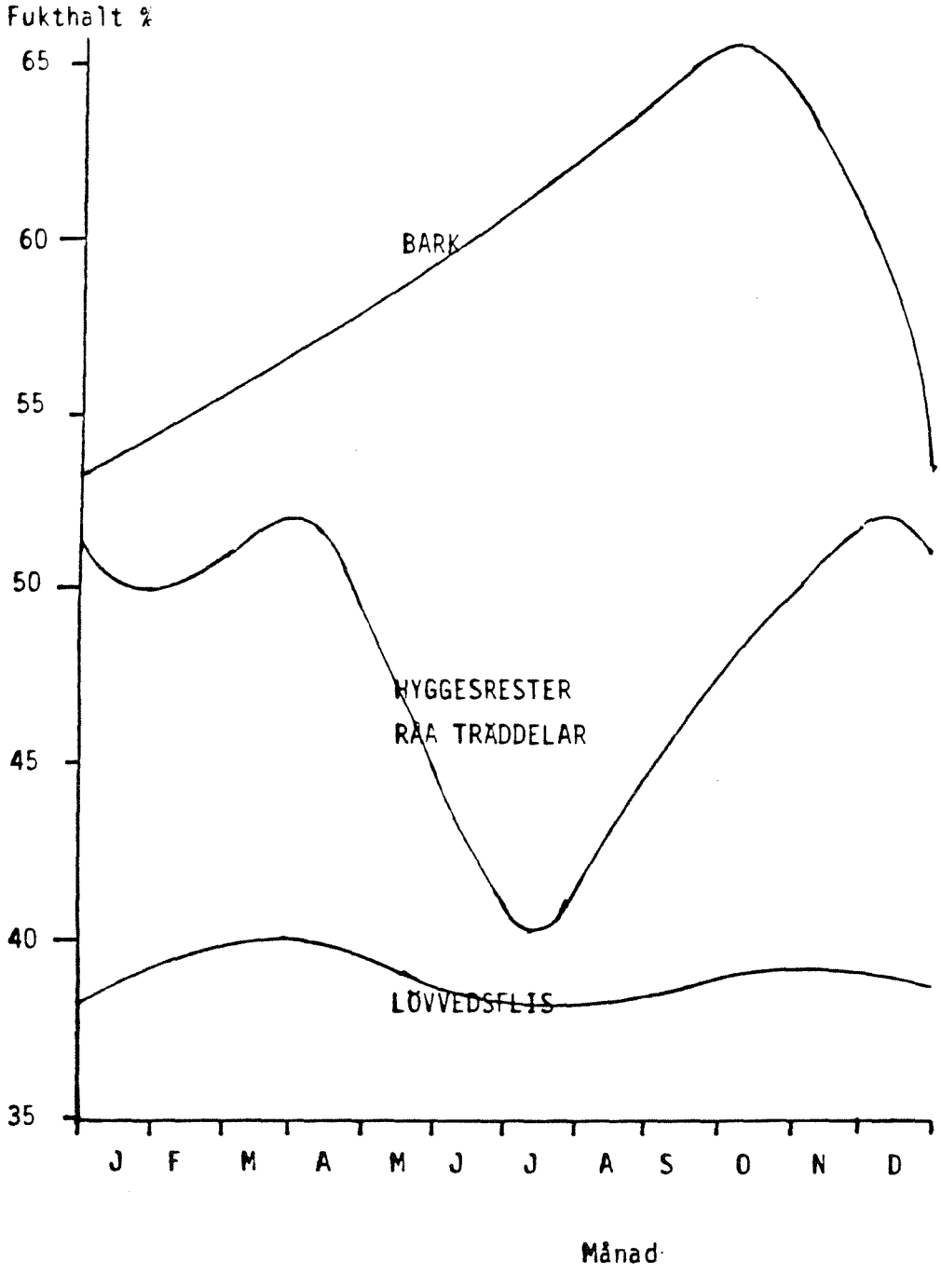
En framgångsrik etablering av fastbränsleeldning kräver att man själv i möjligaste mån i förväg informerar sig om

- bränsleproduktions- och kvalitetsfrågor
- olika utrustningars egenskaper och prestanda
- olika drifts- och skötselbetingelser
- lagstiftningsfrågor
- miljöfrågor

Fig. 19. Fukthalter hos några olika trädbränslen under året

Fig. 19. Moisture content in some wood fuels during the year

Bark enl Nylinder, SLU
Hyggesrester och råa träddelar, Växjö 1985
Lövvedsflis, Växjö 1985



I dag finns alla dessa avsnitt väl täckta med studier och rapporter.

Samtidigt gäller det givetvis att genom studiebesök vid lämpliga anläggningar bilda sig **en egen uppfattning om problematiken.** Denna rapport bör kunna vara ett underlag för val av lämpliga studieobjekt.

Genomförande, kontraktsskrivningar, upphandling är också väl beskrivna i litteratur, men framför allt bör man tänka på att **själv skaffa sig bästa tänkbara kunskapsbakgrund** för att kunna bedöma olika lösningar.

Ju färre ansvarsfrågor, som behöver aktualiseras i ett projekt, desto bättre ekonomi.

9.3 Utrustning

I kapitel 6 har denna utvärderats från bränslemottagning till skorsten. Här ges endast en sammanfattning av de viktigaste delarna.

Bränslehanteringen utformas så enkel som möjligt med få komponenter. Gör från början klart vilka bränslen som kommer att användas, deras kvalitetskriterier och möjliga /troliga avvikelser. Bedöm också behovet av buffertlager av bränsle mot transportalternativ och leveranssäkerhet.

Bränslemottagningen bör helst göras i markplanet, åtminstone vid små och medelstora anläggningar. Utforma mottagningsfickor, då sådana fordras, för att undvika frysning och hängningar, och ge dem säkra och robusta utmatningsanordningar, gärna skruv, kedjeskrapor eller gripskopa. Den senare möjliggör ett storlageralternativ.

Försök klara transporten till pannan med en eller högst två transportörer, mellanlager komplicerar bilden.

Välj robusta och passande transportörer, helst skrap- eller bandtransportör, och om det behövs även elevator, men då med särskild uppmärksamhet på konstruktionen. Tänk på frysrisken i transportörer, bygg in eller isolera och värm.

Beakta behov av bränsleberedning. Enkel rensning kan t ex arrangeras med skaktransportörer och spalter.

Penetrera **bränsleinmatningen till pannan** väl. Om så behövs, sätt in matningsficka och föredra stångutmatare. Se upp med materialfördelningen till stup och fickor så att inte bränslet fraktioneras, speciellt stycketorv. Undvik hängningsrisk i stup och fickor, konicitet.

Bränsle till fluidiserad bädd måste rensas från främmande föremål. **Välj förbränningsutrustning som tål kvalitetsvariationer**, helst rörlig rost eller fluidiserad bädd. Kontrollera specifik rostyta och eldstadsvolym för att balansera temperaturer och därmed sintringsrisk.

Kom ihåg att överväga behov av **rökgasåterföring eller granulering** redan vid projekteringen.

Beakta igensättningsrisk och slitage i **panndelen** och välj stående tuber i tubpannor. Undersök från början om en economiser eller rökgaskylning är lönsam.

Askhanteringen skall vara enkel, lättåtkomlig och slitagetålig. Våthantering i skraptransportör med transporterande överpart är att föredra. **Stofthantering** anpassas till befuktningsproblem.

Överväg noga om textila spärrfilter skall användas i rökgasreningen.

Styr- och reglerutrustning kan göras relativt enkel med god driftsäkerhet.

För miljön bör bränsledel och pannrum vara två skilda zoner, vidare bör man ha övertryck i pannrummet. Centraldammsugning underlättar renhållningen.

Slutligen - kom ihåg att **investeringen i hög grad bestämmer anläggningens ekonomi.**

Var kritisk men spara inte på den funktionella sidan.

9.4 Bemanning

Från kapitel 5 noterar vi att denna inte är avgörande för ekonomin. Det är dock intressant att exempelvis pröva periodisk tillsyn vid allt större anläggningar.

Planera från början **drift och underhåll tillsammans** med tanke på bästa utnyttjning av personalen utanför eldningssäsongen. Avväg främmande tjänster mot detta. Väg också **personalbehovet mot tillgängligheten**, den sistnämnda kan i många fall ge mera pengar än en personalbesparing.

9.5 Fortsatt utvecklingsarbete

Studien visar på ett antal kvarstående problem, som bör bli föremål för ytterligare arbete.

På **bränslesidan** är det väsentligt att uppmuntra **kvalitetsdokumentation och leveransplanering** vid de enskilda anläggningarna. Produktionsplaneringen hos bränsleleverantörerna skall sedan rättas efter leveransplanerna.

Detta kan initieras genom **arbetsseminarier** och sådana kommer att genomföras under hösten 1986.

En praktisk/teknisk kvalitetsfråga är hållfastheten hos stycketorv.

Något som tangerar både bränsle och bränsleanvändning är behovet av **bränsleberedning.** Hit hör frågeställningar som

- sållning av stycketorv på mossen

- rensning av trädbränslen från främmande föremål

- rensning av trädbränslen från sand och finfraktion

- enkel torkning av fuktiga bränslen

- stackning/lagring av torv och trädbränslen

I vissa fall pågår utvecklingsarbete, i andra fall behöver sådant startas. Det är hela tiden fråga om **experimentellt arbete** och viktigast är att klara finfraktions- och lagringsproblematiken.

På **bränslehanteringssidan** har mycket arbete lagts ned för att förbättra förhållandena.

Trots detta kvarstår åtskilliga problem.

Viktiga sådana avsnitt är

- utmatningsfunktionen i bränslefickor och silos

- hängningsrisk i bränslefickor och silos

- bränslesönderfall (stycketorv) i transportörer

I samtliga dessa fall fordras experimentella undersökningar för att kunna utforma kommande utrustningar säkrare.

På **förbränningsutrustningen** finns problem att lösa löpande. Viktiga sådana är

- **inmatningsfunktionen till rostpannor för jämn bäddfördelning**

- minskning av rostgenomfall, olika rosttyper

- eldning av frästorv på rörlig rost

- system och styrning för rökgasåterföring och luftfördelning.

Ask- och stofthantering behöver belysas med avseende på

- praktiska lösningar för våt asktransport

- fuktning av stoft

Rökgasreningen slutligen är tämligen väl penetrerad men en genomgång av användning av spärrfilter efter cykloner är nödvändig.

Inom **styr- och regleringsavsnittet** finns säkerligen ett stort behov av kompletterande studier. Utifrån vårt arbete kan vi dock inte specificera några särskilda objekt mer än

- gashaltsanalyser, funktion och säkerhet

- energimängdsmätning, metoder och säkerhet

Den sista delen är en viktig del för att underlätta uppgörelser mellan bränsleleverantör och bränsleavnämare.

På det **ekonomiska avsnittet** slutligen bör de här förda resonemangen följas upp med

- investeringskostnadernas optimering på olika kostnadsslag och processavsnitt

- praktiska studier i minskning av kostnader vid befintliga och nya anläggningar, genom åtgärder och anpassad projektering.

Här har vi de största pengarna att tjäna.

Bilaga 1. Störningsjournal

ANLÄGGNING: _____ MANAD: _____

DATUM	KL	STÖRNING / MASKIN	STOPP tim	ÅTGÄRD	PROD.BORT-FALL %/tim	ANMÄRKNING

Bilaga 2. Bränslen, kvalitetskontroll och mätning

		BRÄNSLESAMMANSÄTTNING	PROVTAGNING / ANALYSER	INMÄTNING / AVRÄKNING	ÖVRIGT
1	ÖRKELLJUNGA	bränsleflis	stickprov 1 gg/v - fh aska	volymmätn.lev/lev. MWh	
2	PAULISTRÖM	blandade trädbränslen	3 prover/dygn - fh	"- /lev. m^3s	reducering för hög o låg fh
3	SILVERDALEN	"-	prov varje lass - fh	volymmätn egen/lev m^3s	
4	UPONOR	"-	ej prov	volymmätn lev/lev m^3s	
5	ENKÖPING	bränsleflis, bark	generalprov/dygn - fh	volymmätn egen/lev m^3s	
6	SURAHAMMAR	bränsleflis, stycketorv *	prov varje lass-fh o koll v v	vägning lev/prod MWh	* körs var för sig
7	SANDVIKEN	stycketorv	2 prov/hög - fh aska, v v	vägning egen/lev MWh	
8	BORLÄNGE	bränsleflis, RDF	prov varje lass - fh	vägning-volymmätn lev/tTs	
9	HUDIKSVALL	stycketorv	"- - fh gem.prov	vägning lev/lev MWh	
10	DELSBO	bränsleflis, stycketorv	stickprov - fh	volymmätn lev/lev MWh	
11	BERG	bränsleflis	prov varje lass - fh	"- /lev m^3s	
12	BOWATER	bark	ej prov	eget bränsle/schablon	
13	UMEA	stycketorv, trädbränslen	prov varje lass-fh + aska o v v	vägning egen/lev MWh	
14	ROBERTSFORS	bränsleflis	stickprov - fh	volymmätn cont/lev m^3s	
15	ASELE	stycketorv, trädbränslen	prov varje lass-fh aska 1gg/mån	vägning lev/lev MWh	trädbränslen m^3s
16	LYCKSELE	bränslekross	"- -fh	vägning lev/lev MWh	
17	SKELLEFTEA	frästorv	"- -fh	vägning egen/lev MWh	
18	LKAB,KIRUNA	stycketorv	stickprov - fh	volymmätn cont./lev MWh	
19	GÄLLIVARE	frästorv	prov varje lass-fh + aska o v v	vägning egen/lev MWh	
20	KALIX	stycketorv	"- - fh	vägning egen/lev MWh	
21	ÖVERKALIX	stycketorv	"- - fh	vägning lev/lev MWh	
22	HAPARANDA	stycketorv	"- - fh	vägning lev/lev MWh	
23	ÖVERTORNEA	bränsleflis	"- - fh	volymmätn lev/lev MWh	
24	PAJALA	blandade trädbränslen	"- - fh	"- /lev MWh	
25	LAPPO	frästorv	-	-	
26	Ålestrup	blandade trädbränslen	-	-	

Bilaga 3. Anläggningsbeskrivning, allmänt

ANLÄGGNING	I DRIFT ÅR	HUVUDLEVERANTÖR	BRÄNSLEN	REGLERSYSTEM	BEMANNING
1 ÖRKELLJUNGA	1983	Parca Norrahammar	Bränsleflis	Processdator	2 man dagtid, periodisk övervakning
2 PAULISTRÖM	1984	KMW Energi	Blandade träd-bränslen	Konv. styr-regler	1 man dagtid + tillsyn på skift
3 SILVERDALEN	1984	GVES	Blandade träd-bränslen	Processdator	6 skiftgående
4 UPONOR	1982	Lambion	Blandade träd-bränslen	Konv.styr-regler	Periodisk tillsyn 4 tim/dygn
5 ENKÖPING	1981	Wennbergs/VEA	Bränsleflis, bark	Konv. styr-regler och PC	1 man dagtid + beredskap
6 SURAHAMMAR	1983	Energus	Bränsleflis, stycketorv	Processdator	3 man dagtid
7 SANDVIKEN	1983	Generator	Stycketorv	Processdator	6 skiftgående + 2 man dagtid
8 BORLÄNGE	1982	GVES	Bränsleflis, RDF	Konv. styr-regler	5 skiftgående + 1 man dagtid
9 HUDIKSVALL	1984	Saxlund/Generator	Stycketorv	Processdator	5 skiftgående + 5 man dagtid
10 DELSBO	1985	Råssjö Torv/LAKA	Bränsleflis, stycketorv	Konv. styr-regler	Periodisk tillsyn 4 tim/dygn
11 BERG	1981	Bruks Mekaniska	Bränsleflis	Konv. styr-regler	3/4 man dagtid
12 BOWATER	1984	MoDoMekan/Generator	Bark	Konv. styr-regler	6 skiftgående
13 UMEA	1982	Generator	Stycketorv, trädbränslen	Processdator + konv. styr-regler	7 skiftgående + 1 man dagtid
14 ROBERTSFORS	1984	Järnforsen	Bränsleflis	Konv. styr-regler	Periodisk tillsyn
15 ASELE	1983	BPA	Stycketorv, trädbränslen	Konv. styr-regler	2 man dagtid
16 LYCKSELE	1982	Generator	Bränslekross	Konv. styr-regler kompl. med PC	5 skiftgående
17 SKELLEFTEA	1981	Ahlström Oy	Frästorv	Konv. styr-regler	Periodisk tillsyn 4 tim/dygn
18 LKAB, KIRUNA	1983	BINEC AB	Stycketorv	Konv. styr-regler	Periodisk tillsyn 4 tim/dygn
19 GÄLLIVARE	1983	Rauma Repola - Witermo	Frästorv	Processdator	5 skiftgående + 1 man dagtid
20 KALIX	1985	Rauma Repola - Witermo	Stycketorv	Processdator	4 man dagtid
21 ÖVERKALIX	1984	Saxlund	Stycketorv	Konv. styr-regler	1 man dagtid + 1 man d:o säsong
22 HAPARANDA	1985	KMW Energi	Stycketorv (bränsleflis)	Konv. styr-regler	3 man dagtid
23 ÖVERTORNEA	1985	BINEC AB	Bränsleflis	Konv.styr-regler + PC	2 man dagtid
24 PAJALA	1984	BINEC AB	Blandade träd-bränslen	Konv. styr-regler	2 man dagtid
25 LAPPO, SF	1981	Rauma Repola - Witermo	Frästorv	Konv.styr-regler	5 skiftgående
26 ALESTRUP, DK	1981	Lambion	Blandade träd-bränslen	Konv. styr-regler	2 man dagtid

Bilaga 3 Anläggningsbeskrivning, bränslehantering

ANLÄGGNING	BRÄNSLEMOTTAGNING				BRÄNSLEBEREDNING		BRÄNSLELAGRING		BRÄNSLETRANSPORTER	
	MOTTAGNING		UTMATNING							
	TYP	M³	TYP	FABR.	TYP	FABR.	TYP	M³	TYP	FABR.
1 ÖRKELLJUNGA	Mottagn.hall i markplan, baktippning	2 x 250	Stångmatning	Böhling o. Berglund	-	-	Reservlager på asfalt	1.000	Stångmatare, nivåregl. i schakt	Böling o. Berglund
2 PAULISTRÖM	Rekt. ficka utan tak, sidotippning	400	Stångmatning	Ånga o. Värme	-	-	Reservlager på asfalt	2.000	Skraptrans-portör	Ånga o. Värme
3 SILVERDALEN	Öppen tipp-ficka, sido- o. baktippn.	800	Stångmatning	KMW Mekan	-	-	Reservlager på asfalt	2.000	Saml.skruv+ skraptransp.	KMW/Möckeln
4 UPONOR	Ficka med lut. väggar, baktippning	200	Gripskopa och lastpunkter	Lambion	-	-	-	-	Skraptransp. till stup	Lambion
5 ENKÖPING	Öppen tipp-ficka, sido-tipp o. skopl.	120	Vandr. skruv	Wennbergs	Skivsåll 30 x 60 mm	Wennbergs	Kon. lager m. rot. skruvutm.	2.200	Skraptrpt t. lager o.ficka	Wennbergs
6 SURAHAMMAR	Tippficka i hall, vibrer. galler	500	Vandr. skruv	Wennbergs	-	-	Reservlager på asfalt	500	2 skraptrpt till ficka	Wennbergs
7 SANDVIKEN	Mottagn.hall, 8 tippfickor, fast galler	2000	Stångmatning, rivarvals	Saxlund	Valskross,rej. till container	Envall	-	-	2 skraptrpt+ 2 elevatorer till ficka	Envall
8 BORLÄNGE	Mottagn.hall 2 tippfickor, trädbr.+sopor	180 120	Vandr. skruvar 2 stycken	Wennbergs	-	-	Rekt. lada m. vandr.skruvutm	4.500	Bandtrpt + 2 lut.bandtrp	Envall
9 HUDIKSVALL	2 Tippfickor i hall,sidotipp, vibrer. galler	800	Stångmatare	Saxlund	Skaksåll	Saxlund	Reservlager på asfalt	1.000	2 skraptrpt+ elevator till ficka	Saxlund
10 DELSBO	Mottagn.ficka, sidotipp	150	Stångmatare	Hedegårds	-	-	-	-	Skraptrpt + skruv	Sjölin o. Smith
11 BERG	Tippficka, sidotipp	500	Stångmatare	Bruks Mekan.	-	-	-	-	Skruvtrptörer	Bruks Mek.
12 BOWATER	Bark från vedrenseri	-	-	-	Skivsåll + rivning	MoDoMekan	-	-	Lutande band till ficka	MoDoMekan
13 UMEA	2 Tippfickor i hall, sido-o.baktippning	280	Stångmatare och skruv	KMW Mekan	Magn.detektor, skivsåll, rej. till container	Winbergs	2 rekt. silo m.stångutm.	2x2.000	Skraptrp,elev, skraptrp och 2 skraptrp	KMW Mekan
14 ROBERTSFORS	Container	30	Stångmatare	Stadigh	-	-	-	-	Skraptrp till skruv	SAJO
15 ASELE	Mottagn.hall i markplan, bak-tippn.sidoramp	300	Kedjeskrapa och rivarvals	KOPO	-	-	-	-	Skraptransp. till stup	KOPO
16 LYCKSELE	Tippficka i hall, sidotipp	1500	Stångmatatare	Saxlund	-	-	-	-	Skruvtrp + vibr. trpt+ elevator	Saxlund
17 SKELLEFTEA	Mottagn.ficka i hall, sido-tipp,fast gall	220	Kedjeskrapa och rivarvals	Vesme	Magn.avskiljn. skivsåll,rej. till container	Vesme	-	-	Skraptransp. till ficka	Vesme
18 LKAB, KIRUNA	Container, inbyggd	6 x 30	Stångmatare	BINEC	-	-	-	-	Vibr.trptör+ skraptrptör	Bruks Mek.
19 GÄLLIVARE	Mottagn.ficka med tak, bak-tippning	150	Gripskopa, 6 m3	FINOX	Skivsåll,rej. till contai-ner	Vesme	Rekt. silo m. gripskopa	2.000	Skraptrptör till ficka	Vesme
20 KALIX	Tippficka i hall, sido-tippning	200	Stångmatare	Kone	Skivsåll,rej. till container	Kone	Kon. lager m. rot. skruv	780	Skraptransp. till stup	KONE
21 ÖVERKALIX	Rekt. ficka, sido- och baktippning	240	Stångmatare	Saxlund	-	-	-	-	Skruv + skrap transp till stup	Saxlund
22 HAPARANDA	Rekt. ficka, sidotippning, balkram	250	Stångmatare	KMW Mekan	-	-	-	-	Skraptransp. till ficka	KMW Energi
23 ÖVERTORNEA	Rekt. ficka, sidotippning	400	Stångmatare	BINEC	Stickavskiljn.	BINEC	-	-	Vibr.trptör+ skraptrptör till stup	BINEC
24 PAJALA	Rekt. ficka, sidotippning	400	Stångmatare	BINEC	-	-	Reservlager på asfalt	5.000	Skraptransp. till stup	BINEC
25 LAPPO, SF	Mottagn.hall i markplan, bak-tippning	300	2 kedjeskrap. + rivarvals	Vesme	Skivsåll, rej. till container	Vesme	-	-	4 skraptrp till stup	Vesme
26 ÄLESTRUP, DK	Asfaltplan, lastficka	180	Gripskopa	Lambion	-	-	Lager på as-falt	10.000	Tratt till stup	Lambion

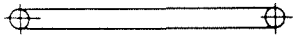
Bilaga 3 Anläggningsbeskrivning, eldning

ANLÄGGNING	BRÄNSLEMATNING				ELDNINGSUTRUSTNING		PANNUTRUSTNING		
	BUFFERTSILO		INMATNING TILL PANNA						
	TYP	M^3	TYP	FABR.	TYP	FABR.	MW	TYP/FABR.	SOTNING
1 ÖRKELLJUNGA	Nivåregl. stup	-	3 separata stångmatare	Böling o. Berglund	Förugn, rörlig stavrost	Hodgkinson o. Bennet	3 x 2	Gjutna sektionspannor, Parca	Manuell
2 PAULISTRÖM	Fyllt stup	1	Förddeln.skruv till 2 stup	Ånga o. Värme	Rörlig snedrost, 4 sektioner	Berg o. Starck	7.3	Ångpanna, Ånga o. Värme	Ljud
3 SILVERDALEN	Kon. matn.ficka, ekolod	50	Stångmat. till 2 fyllda stup	KMW Mekan	Fast snedrost	Götaverken	19	Ångpanna La Mont	Ånga
4 UPONOR	-	-	-	Lambion	Rörlig snedrost, 3 sektioner	Lambion	2	Tubrör, horisontell, Lambion	Manuell
5 ENKÖPING	Matningsficka	10	Skruv till fyllstup, 2 pannor	Wennbergs	Fast snedrost, vattenkyld	VEÄ	2 x 5.8	Eldrörspanna, VEÄ	Manuell + tyfon
6 SURAHAMMAR	Matningssilo	25	Stup med 2 spjäll	Lambion	Rörlig snedrost	Lambion	5.5	Vattenrörspanna, VEÄ	Ånga
7 SANDVIKEN	Matn.silo med lamellutmatn.	2 x 10	Bandtransp.+ cellmatare	Envall	Bubblande fluidiserad bädd	Generator	2 x 15	Vattenrörspanna, Generator	Ånga
8 BORLÄNGE	Fyllda stup	-	Gammastrål.	SMW	Förugn, rörlig snedrost	Kuenstler und Koch	18	Vattenrörspanna, SMV	Vatten, ljud
9 HUDIKSVALL	Matn.ficka med skruvutmatning	60	Stup med 2 spjäll	Lambion	Rörlig snedrost, 4 sektioner	Lambion	35	Vattenrörspanna, Generator	Ånga
10 DELSBO	Skruvutjämning till fyllt stup	-	Fyllt stup, rotationsvakt	LAKA	Rörlig snedrost, gallerrost	LAKA	1.7	Lådpanna, LAKA	Manuell
11 BERG	Matn.ficka med omrörare	5	Dubbla skruvar	Bruks	Undermatad fast trapprost	Bruks Mek.	2 x 2	Norah G 128, Parca	Manuell
12 BOWATER	Matn.ficka med stångutmatning	90	Skruv till fyllt stup	Generator	Fast snedrost	Generator	11	Ångpanna, Generator	Ånga
13 UMEA	Matn.ficka med skruvutmatning	50	Skruvar till fyllda stup	Generator	Fast + rörlig snedrost, 4 sekt	Generator/Kablitz	30	Vattenrörspanna, Generator	Ånga
14 ROBERTSFORS	-	-	Skruv	SAJO	Rörlig snedrost	Järnforsen	0.15 – 1.5	Lådpanna, Osby	Manuell
15 ASELE	Fyllt stup	-	Nivåregl. stup gammastrålning	BINEC	Fast ker. snedrost +2 rörliga	Termorak	3.5	Vattenrörspanna, Termorak	Ljud
16 LYCKSELE	Matn.ficka med skruvutmatning	6	Fyllt stup	Generator	Fast kyld snedrost	Generator	6	Vattenrörspanna, Generator	Ånga
17 SKELLEFTEÅ	Buffertficka före såll, skruvutm.	4	Skraptransp.+ cellmatare	Vesme	Snabb fluidiserad bädd	Ahlström Oy	7	Vattenrörspanna, Ahlström	Ånga
18 LKAB, KIRUNA	Fyllt stup	-	Fyllt stup, mikrovåg	BINEC	Fast kyld + rörlig slutrost	BINEC	1.5	Eldrörspanna, BINEC	Manuell
19 GÄLLIVARE	Matn.ficka med stångutmatning	25	2 skruvar till stup, cellmatare	Vesme	Bubblande fluidiserad bädd	Witermo	20	Vattenrörspanna, Witermo	Ånga
20 KALIX	-	-	Fyllt stup, gammastrålning	Witermo	Kyld rörlig snedrost	Finnplan	9	Vattenrörspanna, Witermo	Ljud
21 ÖVERKALIX	-	-	Fyllt stup, linjalreglering	Saxlund	Rörlig snedrost, 5 sektioner	Saxl./Kablitz	1.5	Vattenrörspanna	Manuell
22 HAPARANDA	Rekt. matn.ficka med stångutmatn.	8	Fördeln.skruvar till fyllt stup	KMW Energi	Rörlig snedrost	KMW Energi	5	Vattenrörspanna	Ljud
23 ÖVERTORNEÅ	-	-	-	BINEC	Rörlig snedrost	Finnplan	4.5	Vattenrörspanna	Ljud
24 PAJALA	-	-	-	BINEC	Rörlig snedrost	Finnplan	2	Vattenrörspanna + economiser	Manuell
25 LAPPO, SF	Fyllda stup	7	Linjalreglering	Witermo	Rörlig snedrost, 4 sektioner	Lambion	7	Vattenrörspanna, Witermo	Ljud
26 ALESTRUP, DK	Fyllt stup	-	Linjalreglering	Lambion	Rörlig snedrost, 4 sektioner	Lambion	7	Tubrör, horisontell Lambion	Manuell

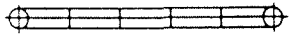
Bilaga 3 Anläggningsbeskrivning, rökgaser och askhantering.

ANLÄGGNING	RÖKGASSYSTEM			ASKHANTERING				STOFTHANTERING			
	STOFTAVSKILJARE		RÖKGASFL.	TRANSPORT		FÖRVARING		TRANSPORT		FÖRVARING	
	TYP	FABR.	REGLERING	TYP	FABR.	TYP	M³	TYP	FABR.	TYP	M³
1 ÖRKELLJUNGA	Multicyklon	IF	Varvtalsregl. tyristor	Stångmat. för varje panna	Böling o. Berglund	Cont. för varje panna	3 x 6	Cellmat. till asktrp	IF	Askcontainer	-
2 PAULISTRÖM	Cykloner	IF	Ledskene-spjäll	Våt skraptrp, underpart	Ånga o. Värme	Container	8	Cellmat. till våt skraptrp	Å o.V	Askcontainer	-
3 SILVERDALEN	Elfilter	SF	Varvtalsregl. frekv.	Bottenraka + 3 skraptrp	KMW Mekan	Container	8	Cellmat. till 2:a skraptrp	GVES	Askcontainer	-
4 UPONOR	Cykloner	IF	Ledskene-spjäll	Våt skraptrp	Lambion	Container	6	Skruv till torr behåll.	Lambion	Torr behål-lare	-
5 ENKÖPING	Multicyklon	Bahco	Ledskene-spjäll	Stoker till torr skraptrp	VEA	Container	8	Cellmat. till asktrp	Nordstr.	Askcontainer	-
6 SURAHAMMAR	Multicyklon	IF	Ledskene-spjäll	Våt skraptrp+ skraptrp	Lambion	Container	12	Cellmat. till lut. asktrp	Lambion	Askcontainer	-
7 SANDVIKEN	2 grovcykl.+ text. spärrf.	Bahco	Ledskene-spjäll	Torr skaktrp, sikt o. elev.	Envall	Silo	30	Blåses till behållare	Bahco	Stoftsilos	65 + 70
8 BORLÄNGE	Elfilter	SF	Varvtalsregl.	Våt skraptrp	SMV	Container	10	Skruvar m.bef från elfilter	SMV	Container	10
9 HUDIKSVALL	Elfilter	SF	Varvtalsregl.	Våt skraptrp	Lambion	Container	8	Cellmat. och skruv m.bef.	Venti-lator	Container	8
10 DELSBO	Småcykloner	LAKA	-	Våt skraptrp	LAKA	Container	3	Till asktrp	LAKA	Askcontainer	-
11 BERG	Cykloner	IF	Ledskene-spjäll	2 torra skruvtrp	Bruks Mek.	Container	6	Cellmat. till asktrp	Bruks	Askcontainer	-
12 BOWATER	Våtskrubber	-	Varvtalsregl.	Våt skraptrp	Generator	Container	8	Cellmat. till asktrp	Generato	-	-
13 UMEA	Elfilter	SF	Ledskene-spjäll	Våt skraptrp+ bandtrp	Generator	Container	10	Skruvar till asktrp	Genera-tor	Container	10
14 ROBERTSFORS	Cyklon	-	Intermit-tent	Torr skruvtrp	SAJO	Behållare	0.5	-	-	Askbehållare	-
15 ÅSELE	Multicyklon	Bahco	Ledskene-spjäll	Våt skraptrp	Termorak	Container	6	Cellmat. till asktrp	Bahco	Askcontainer	-
16 LYCKSELE	Cykloner	IF	Ledskene-spjäll	Våt skraptrp	Generator	Container	8	Cellmat. till asktrp	Genera-tor	Askcontainer	-
17 SKELLEFTEÅ	Multicyklon + spärrfilter	SF Edifo	Ledskene-spjäll	Våt skraptrp	Vesme	Container	10	Skruvar till asktrp	Vesme	Askcontainer	-
18 LKAB, KIRUNA	Multicyklon	IF	Ledskene-spjäll	Torr skraptrp	Bruks Mek	Cont, torr	8	Skruv till asktrp	BINEC	Askcontainer	-
19 GÄLLIVARE	Elfilter	FL Schmidt	Ledskene-spjäll	-	-	-	-	Skruvar till cont.o.befukt	Parka-no	Täckta con-tainer	10
20 KALIX	Elfilter	SF	Ledskene-spjäll	Våt skraptrp	Witermo	Container	8	Cellmat. till asktrp	Witermo	Askcontainer	-
21 ÖVERKALIX	Cyklon	IF	Ledskene-spjäll	Torr skraptrp, fuktning	Saxlund	Container	8	Cellmat. + torr skruv	-	Askcontainer	-
22 HAPARANDA	Småcykloner	IF	Ledskene-spjäll	Våt skraptrp	Saxlund	Container	8	Cellmat. till asktrp	KMW	Askcontainer	-
23 ÖVERTORNEÅ	Småcykloner	IF	Ledskene-spjäll	Våt skraptrp	BINEC	Container	8	Cellmat. till askcont.	BINEC	Askcontainer	-
24 PAJALA	Småcykloner	IF	Ledskene-spjäll	Våt skraptrp	BINEC	Container	8	Cellmat. till askcont.	BINEC	Askcontainer	-
25 LAPPO, SF	Multicyklon	IF	Ledskene-spjäll	Våt skraptrp	Witermo	Container	10	Cellmat till asktrp	Witermo	Askcontainer	-
26 ÅLESTRUP, DK	Multicyklon	-	Ledskene-spjäll	Våt skraptrp	Lambion	Utlastning på plan	-	Cellmat. till utlastning	Lambion	-	-

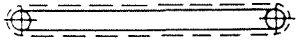
SYMBOLFÖRTECKNING



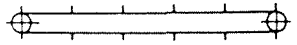
BANDTRANSPORTÖR



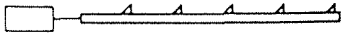
SKRAPTRANSPORTÖR



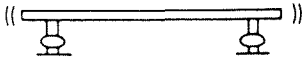
LAMELLTRANSPORTÖR



BANDTRANSPORTÖR MED MEDBRINGARE / FACKTRANSPORTÖR



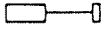
STÅNGMATARE



SKAKTRANSPORTÖR



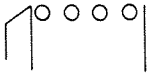
SKRUVTRANSPORTÖR



PUSHER



SKOPELEVATOR



SKIVSÅLL



SKAKSÅLL



METALLAVSKILJARE



RIVARE



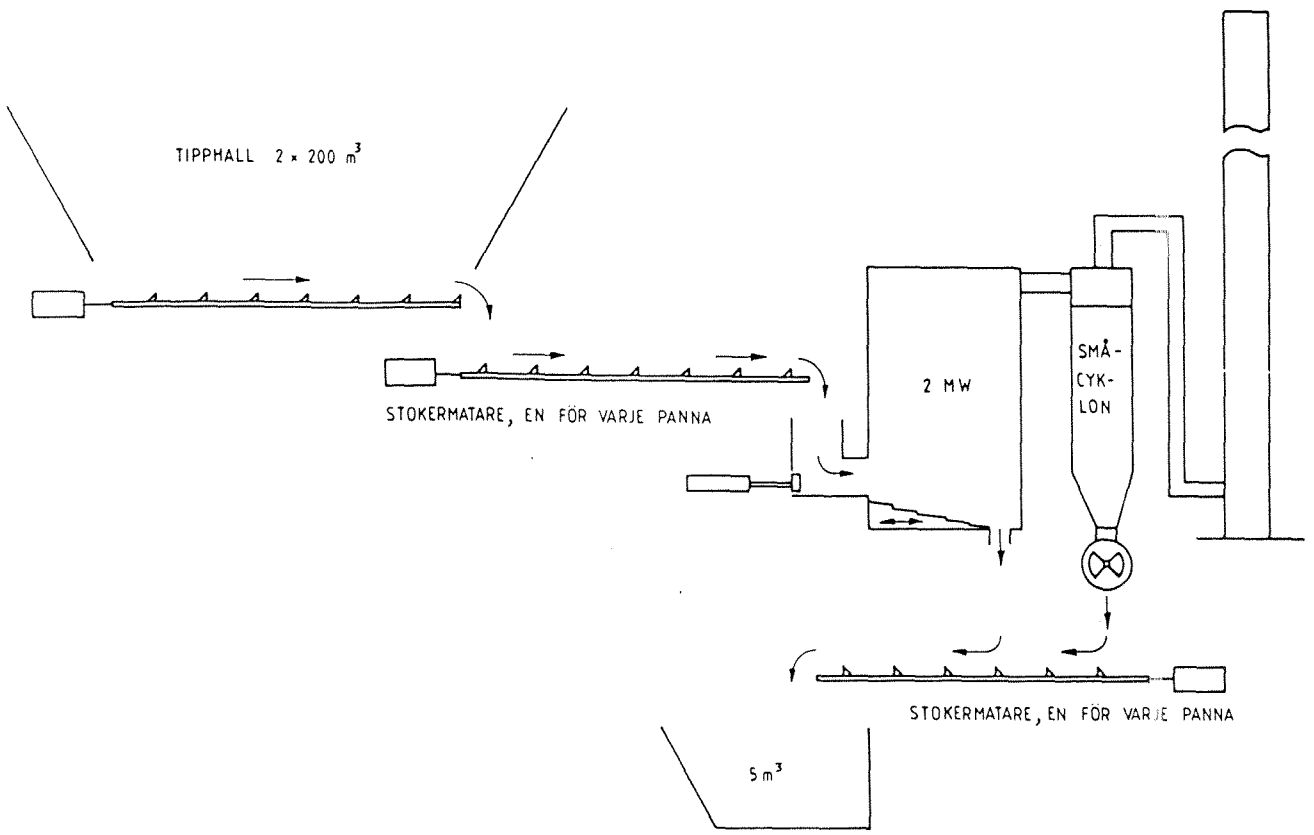
KROSS



SPJÄLL

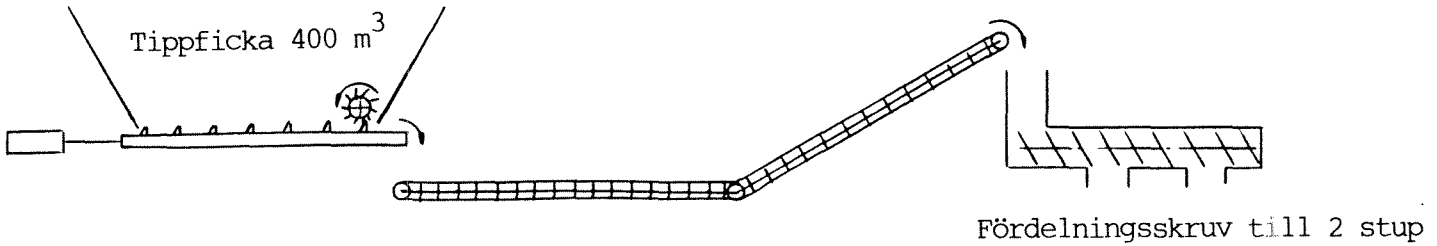


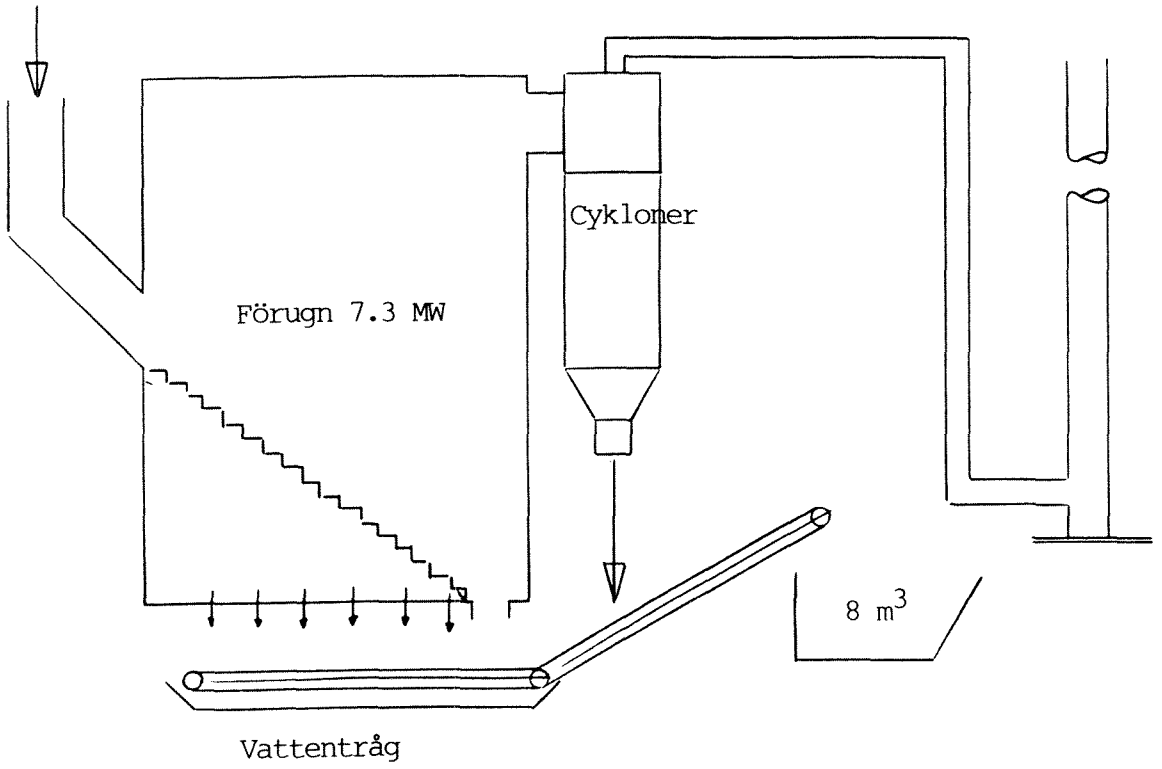
SLUSSMATARE



ÖRKELLJUNGA VÄRMEVERK

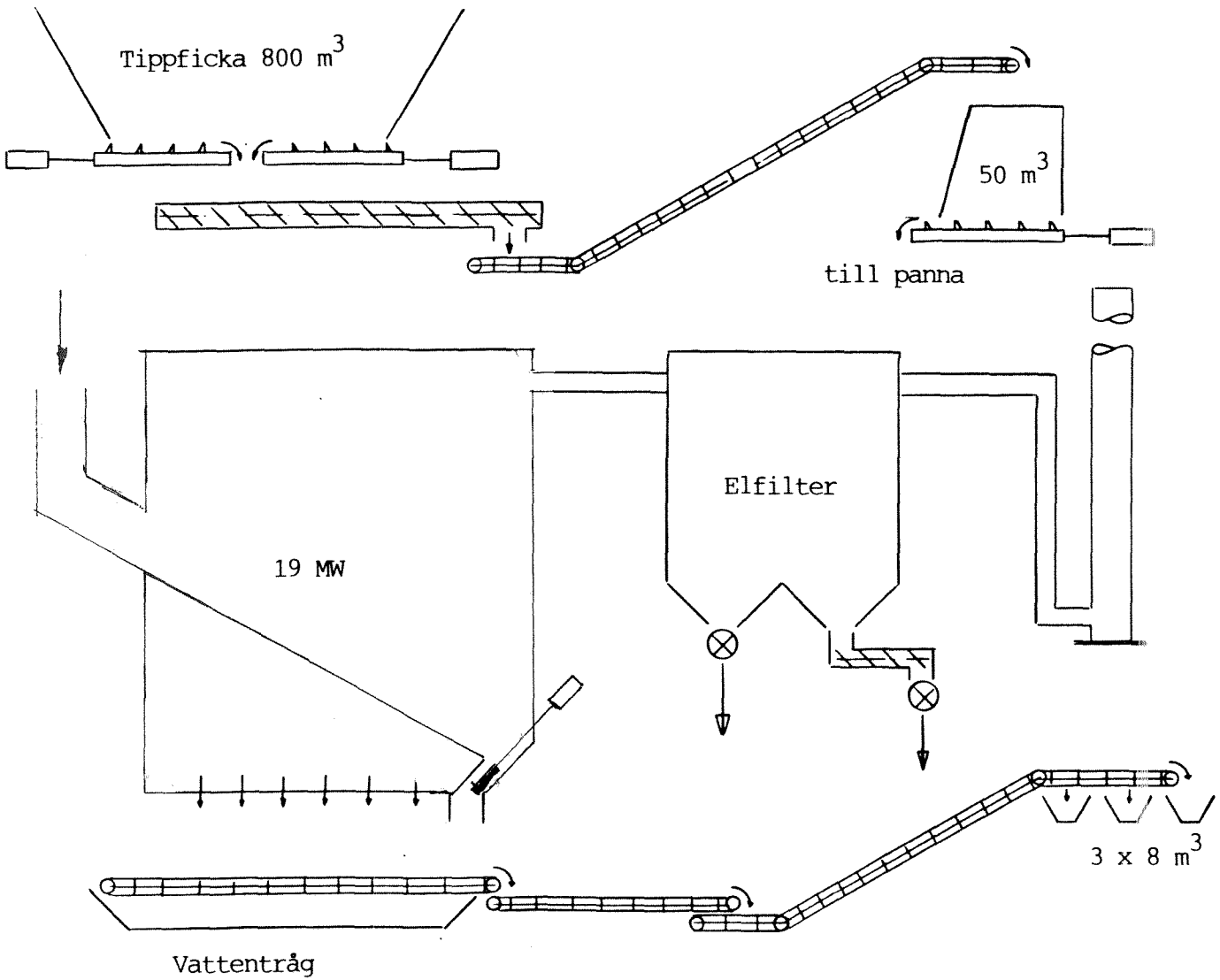
3 × 2 MW STYCKETORV
IDRIFTTAGNINGSÅR 1983
RÖRLIG ROST
INDIREKT KOPPLAD RÖKRÖRPANNA
HANDSOTNING
REGLERSYSTEM : PROCESSDATOR





MODO KONSUMENTPRO-
DUKTER
PAULISTRÖM

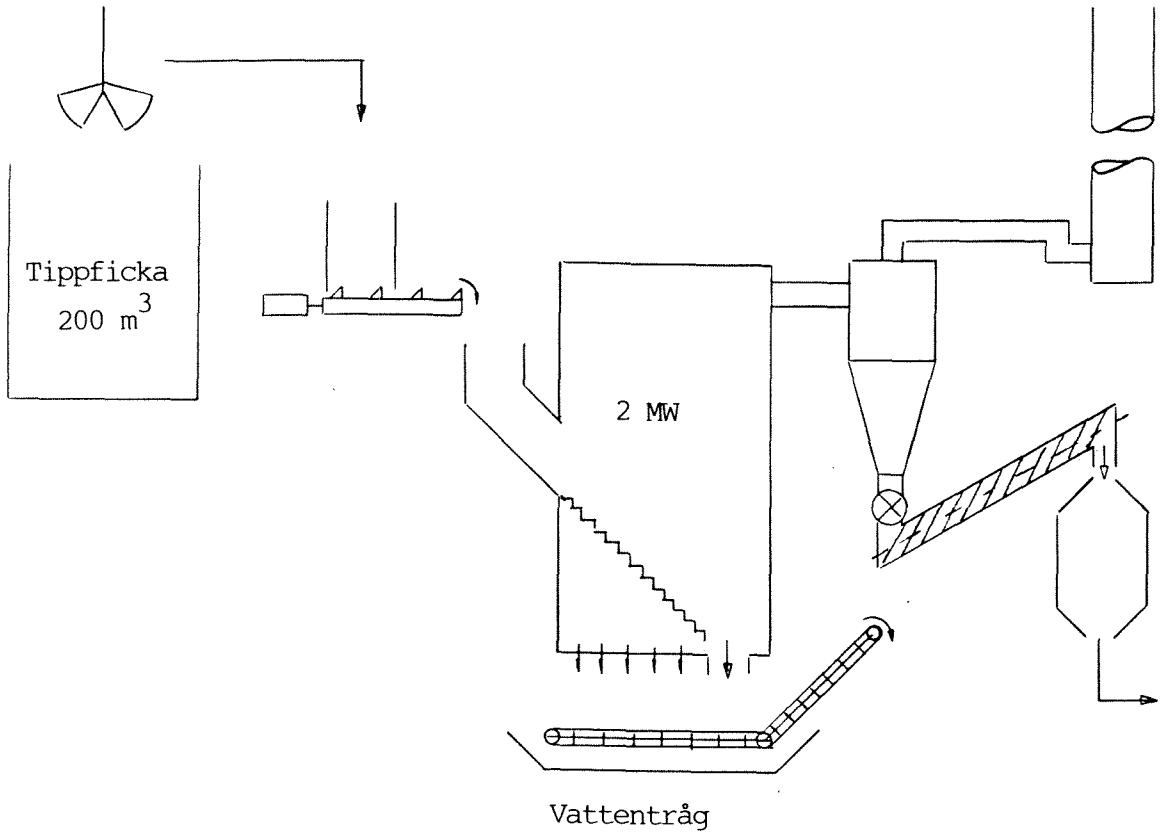
1 x 7.3 MW trädbränsl
Idrifttagningsår 1984
Rörlig snedrost
Ångpanna
Ljudsotning
Reglersystem: Konv.
styr.o.
regler



MODO PAPPER
SILVERDALEN

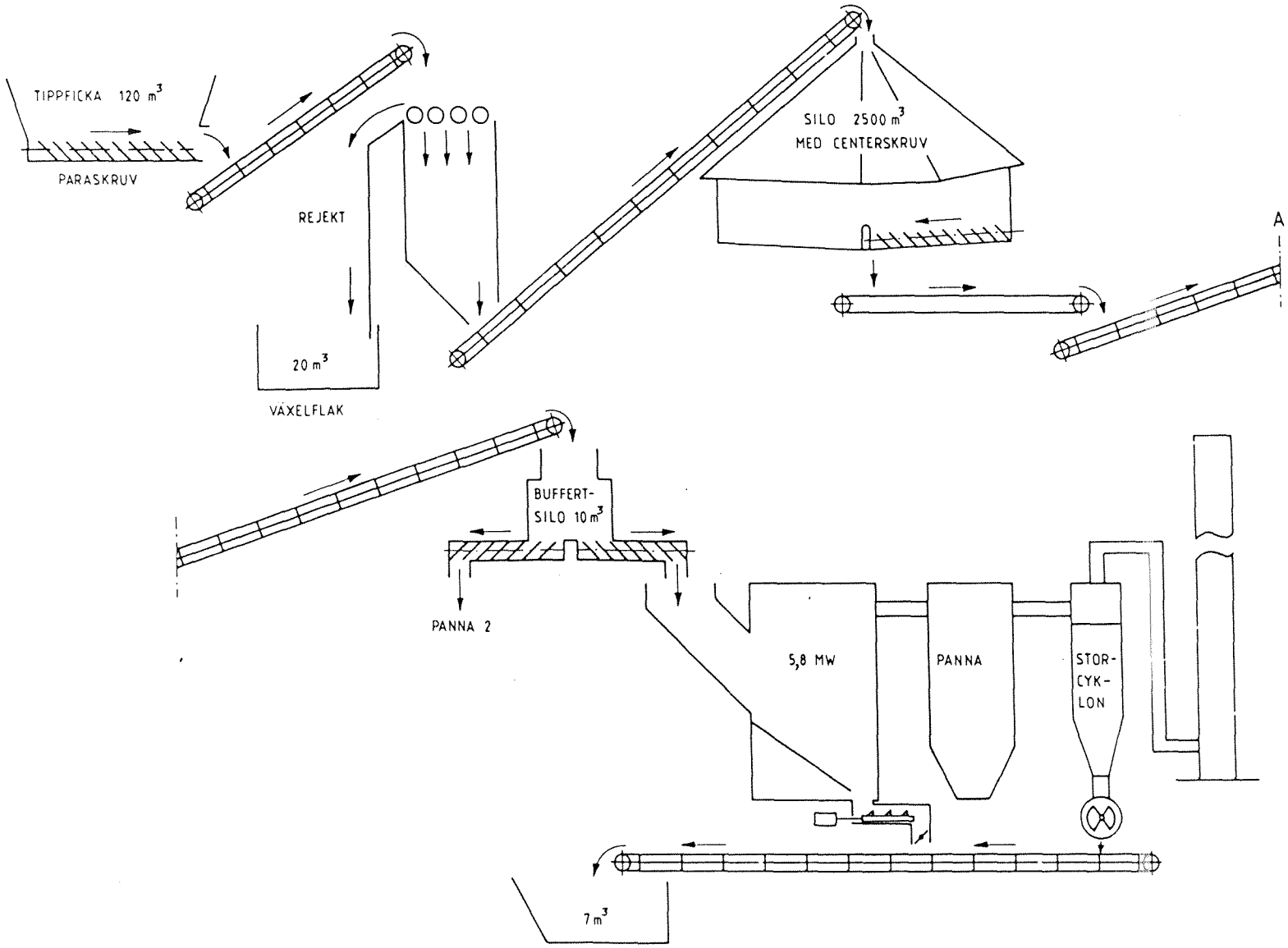
1 x 19 MW trädbränsle
Idrifttagningsår 1984

Fast snedrost, fotrost
Ångpanna La Mont
Ångsotning
Reglersystem: Process dator



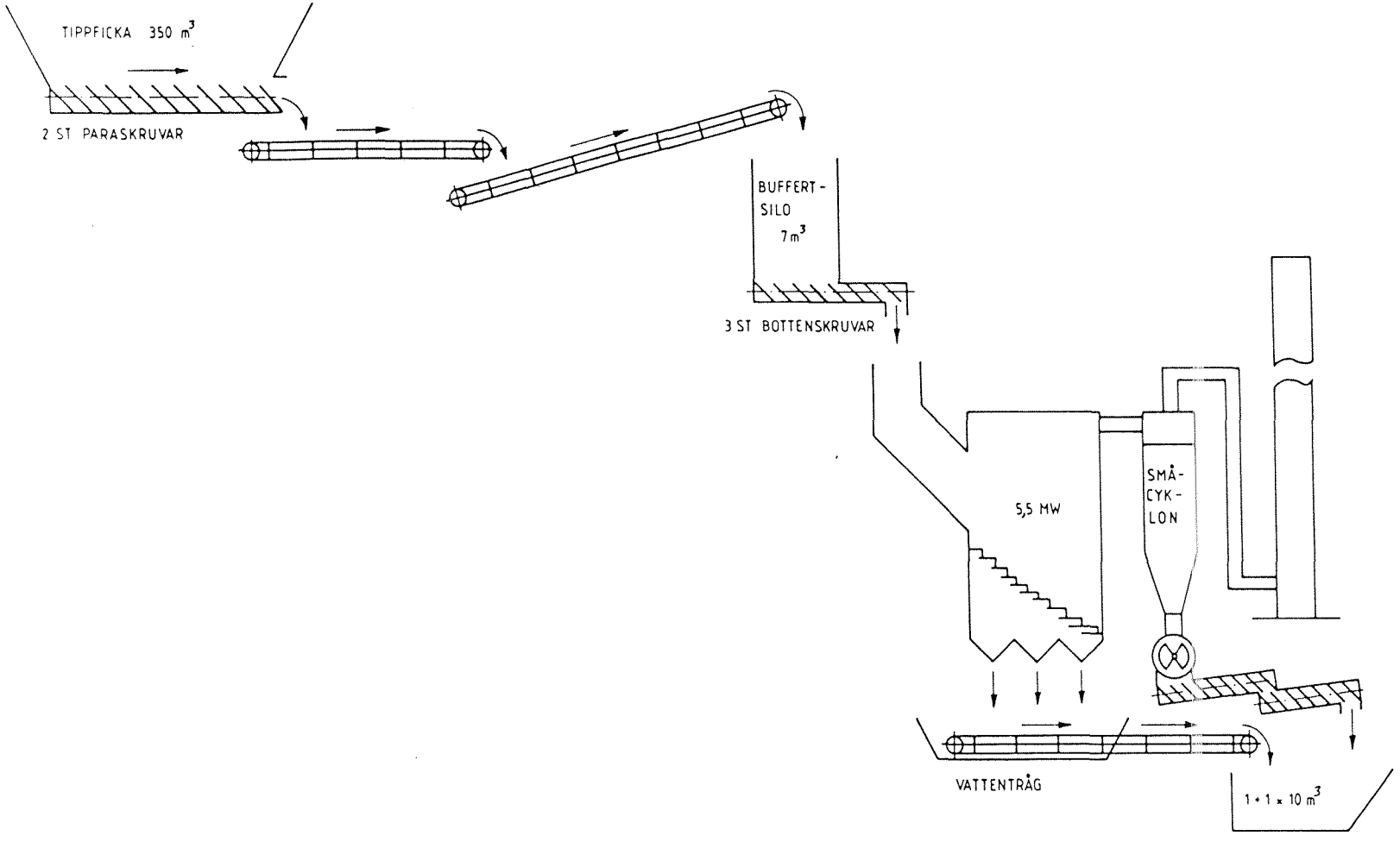
UPONOR AB
FRISTAD

1 x 2 MW trädbränsle
Tubrörspanna
Manuell sotning
Reglersystem: Konv.
styr o.
regler



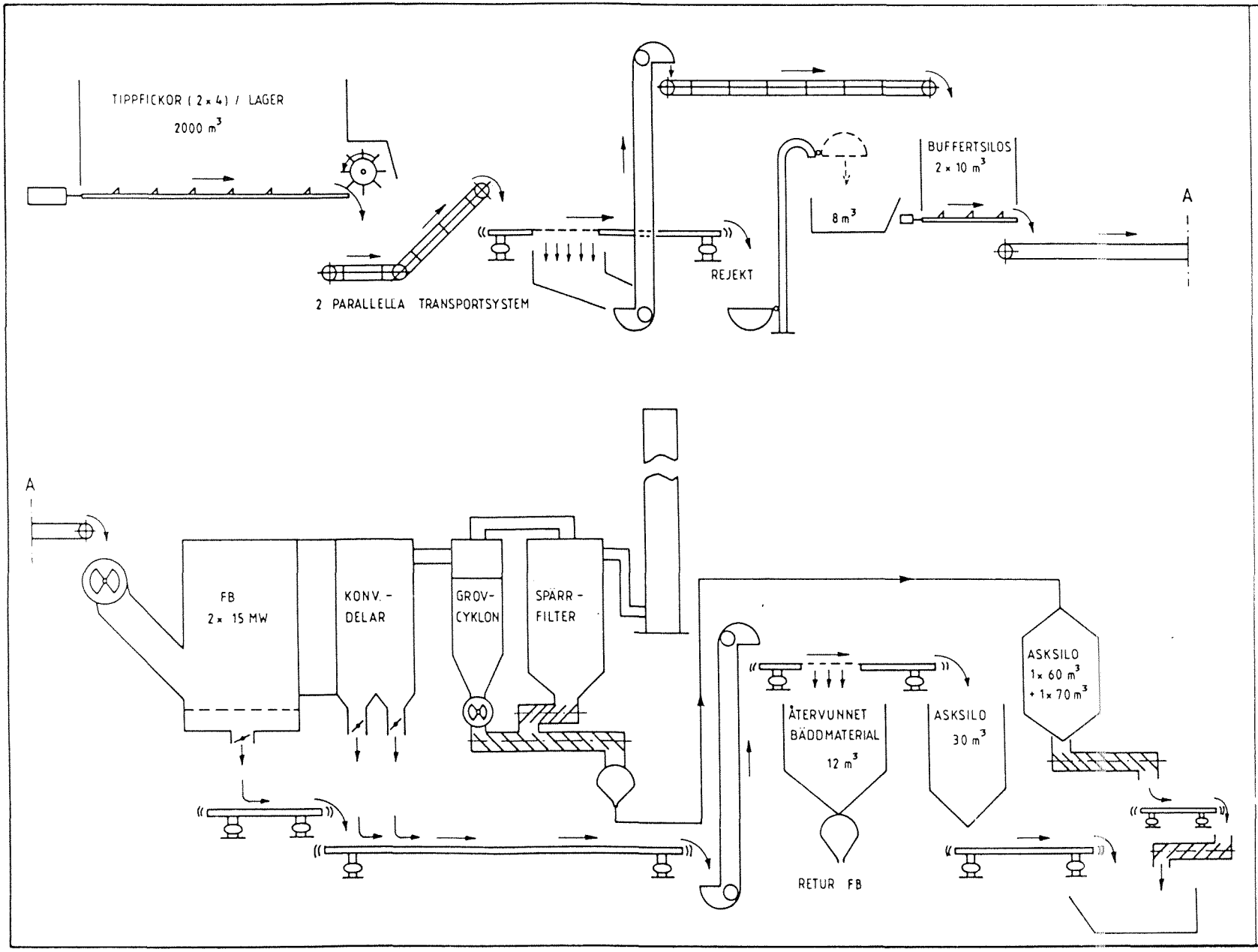
AB ENKÖPINGS VÄRMEVERK
HVC KV STENVRETEN

2 × 5,8 MW BRÄNSLEFLIS
IDRIFTTAGNINGSÅR 1981
FAST KYLD SNEDROST
DIREKT KOPPLAD STÅENDE
ELDRÖRSPANNA
LJUDSOTNING
REGLERSYSTEM : RELASTYRT MED
REGULATORER •
PROCESSDATOR



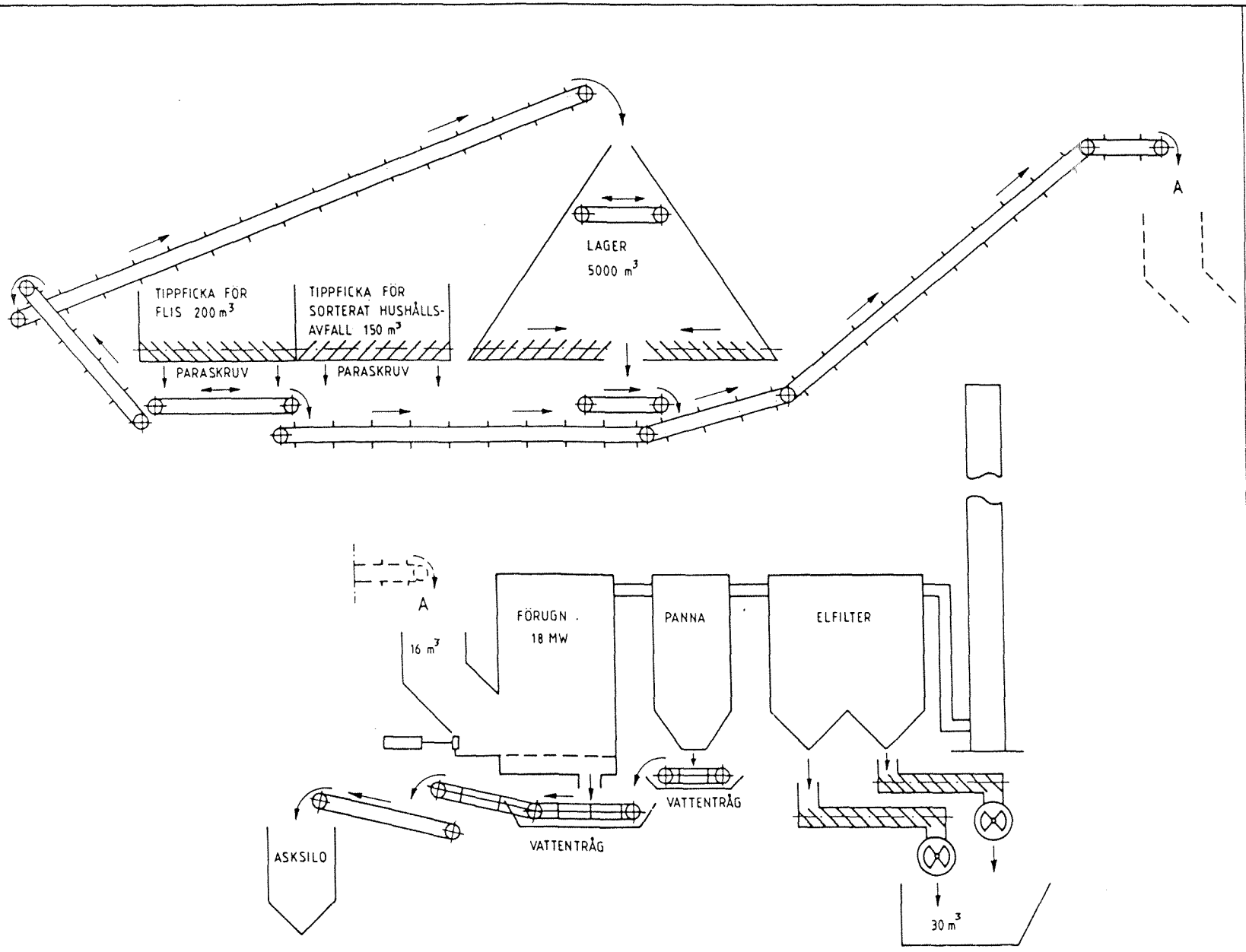
SURAHAMMARS ENERGI AB
HVC KNUTHAGEN

1 x 5,5 MW STYCKETORV / BRANSLEFLIS
IDRIFTTAGNINGSÅR 1983
LAMBIONROST
INDIREKT KOPPLAD VATTENRÖR-
PANNA
ÅNGSOTNING
REGLERSYSTEM : PROCESSDATOR



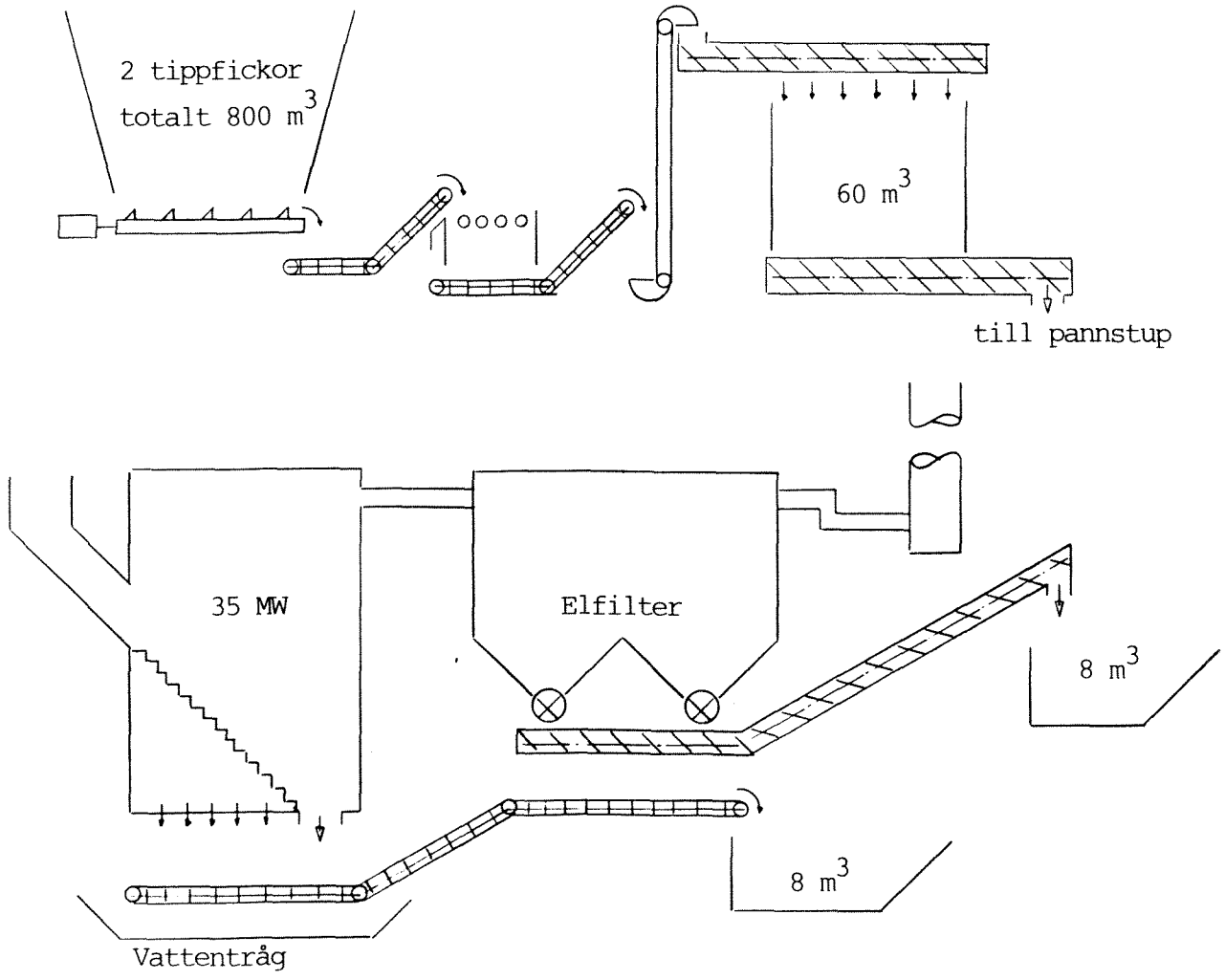
AB SANDVIKENS ENERGIVERK
BJÖRKSÄTRA CENTRALEN

2 x 15 MW STYCKETORV
IDRIFTTAGNINGSÅR 1983
BUBBLANDE BÄDD
INDIREKT KOPPLAD VATTENRÖR-
PANNA
ÅNGSOTNING
REGLERSYSTEM : PROCESSDATOR



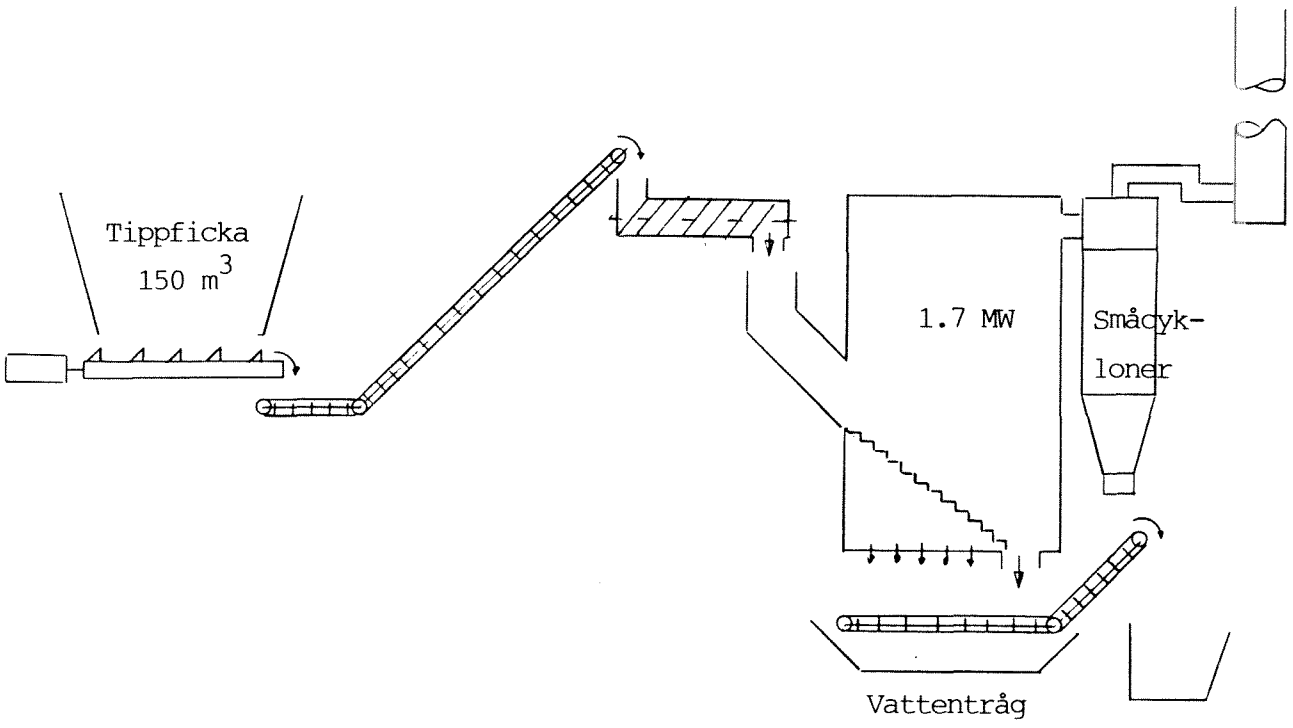
AB BORLÄNGE INDUSTRIVERK
BÄCKELUNDSVERKET

1 x 18 MW FLIS / SORTERAT HUSHÅLLS-AVFALL
IDRIFTTAGNINGSÅR 1983
RÖRLIG ROST
INDIREKT KOPPLAD VATTENRÖR-PANNA
VATTEN-/ LJUDSÖTNING
REGLERSYSTEM : RELÄSTYRT MED REGULATORER

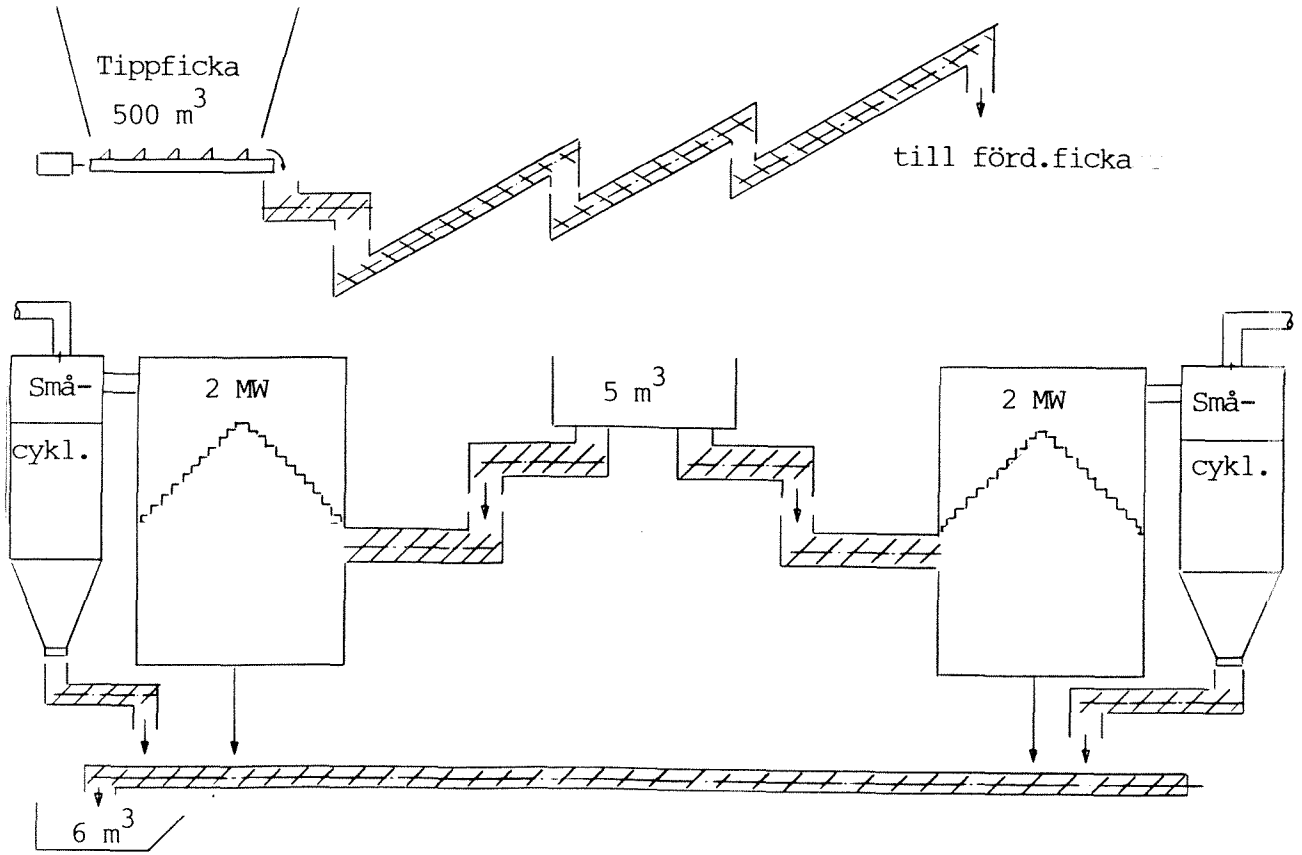


HUDIKSVALLS VÄRMEVERK

1 x 35 MW stycketorv
Idrifttagningsår 1984
Rörlig snedrost
Vattenrörspanna
Ångsotning
Reglersystem: Process dator

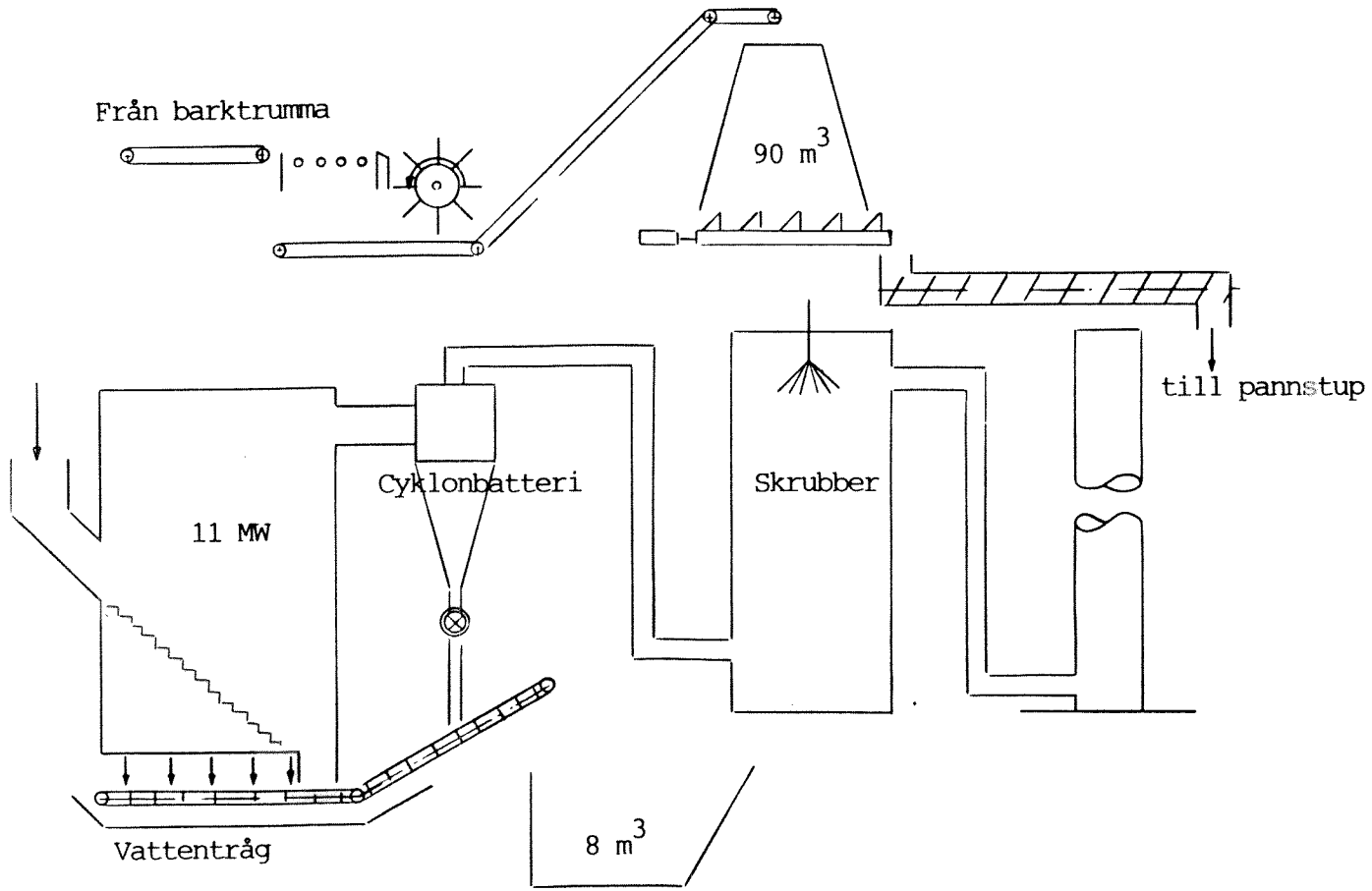


HUDIKSVALLSBOSTÄDER
DELSBO
1 x 1.7 flis, stycket
Idrifttagningsår 1985
Rörlig gallerrost
Lådpanna
Manuell sotning
Reglersystem: Konv. styr o. regler



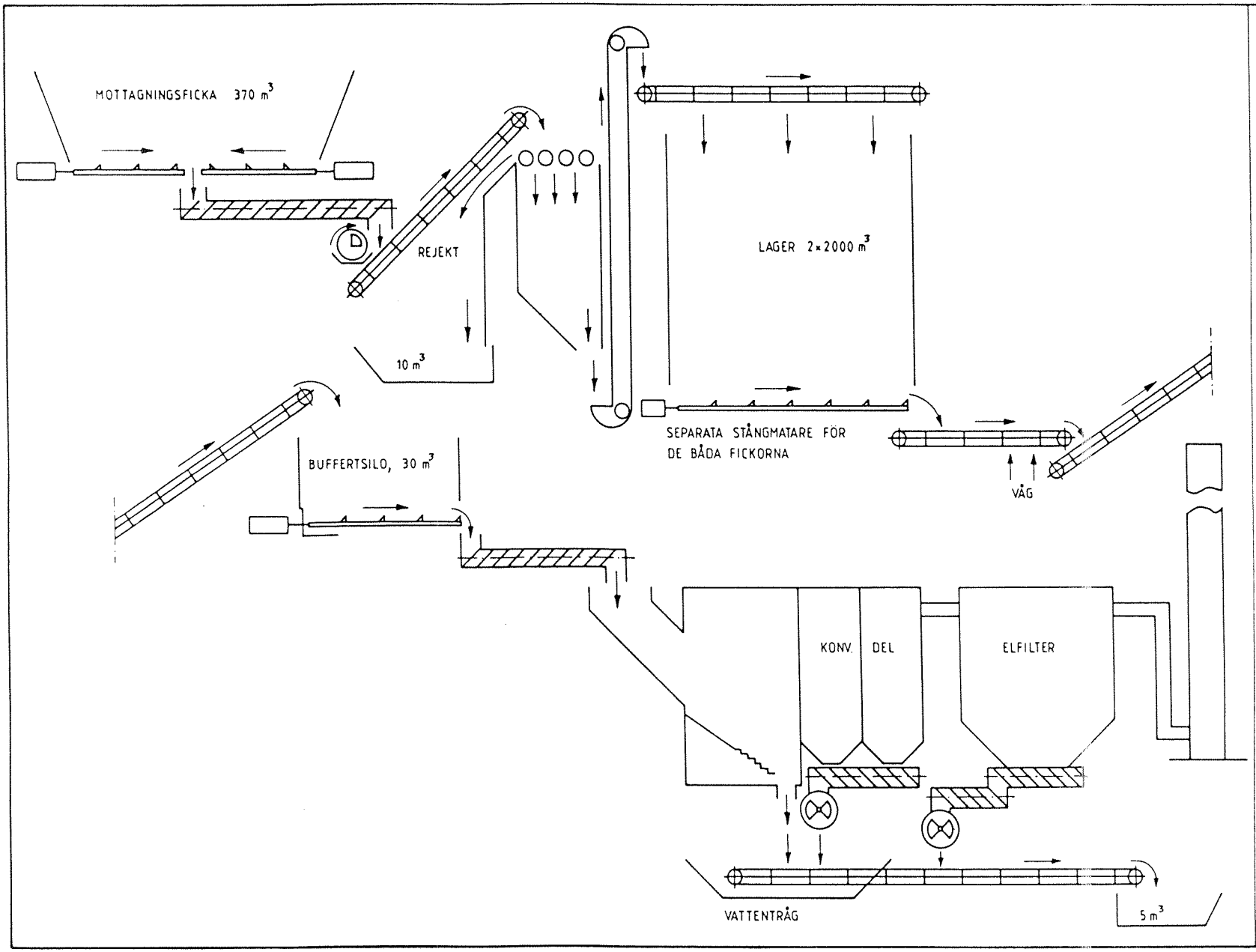
BERGS KOMMUN
SVENSTAVIK

2 x 2 MW , bränsleflis
Idrifttagningsår 1981
Vattenrörspanna
Manuell sotning
Reglersystem: Konv. styr o. regler



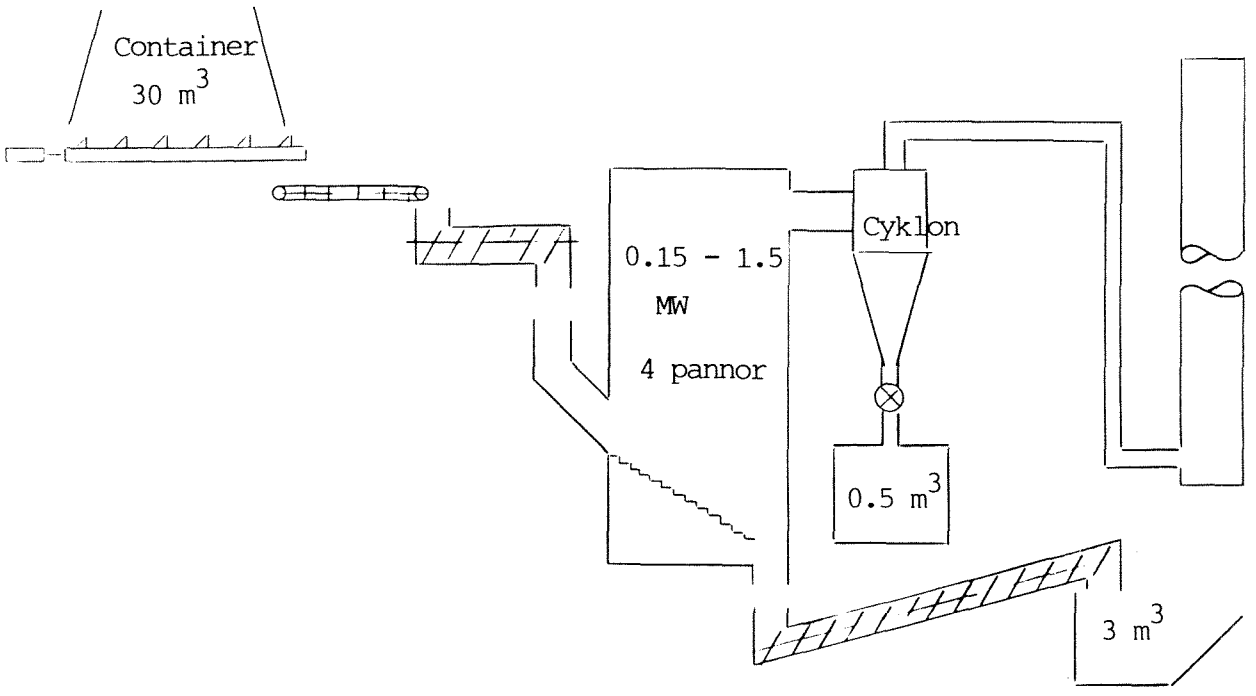
BOWATER AB
UMEÅ

1 x 11 MW bark
Fast snedrost
Ångpanna
Ångsotning
Reglersystem: Konv. styr o. regler



UMEÅ ENERGIVERK

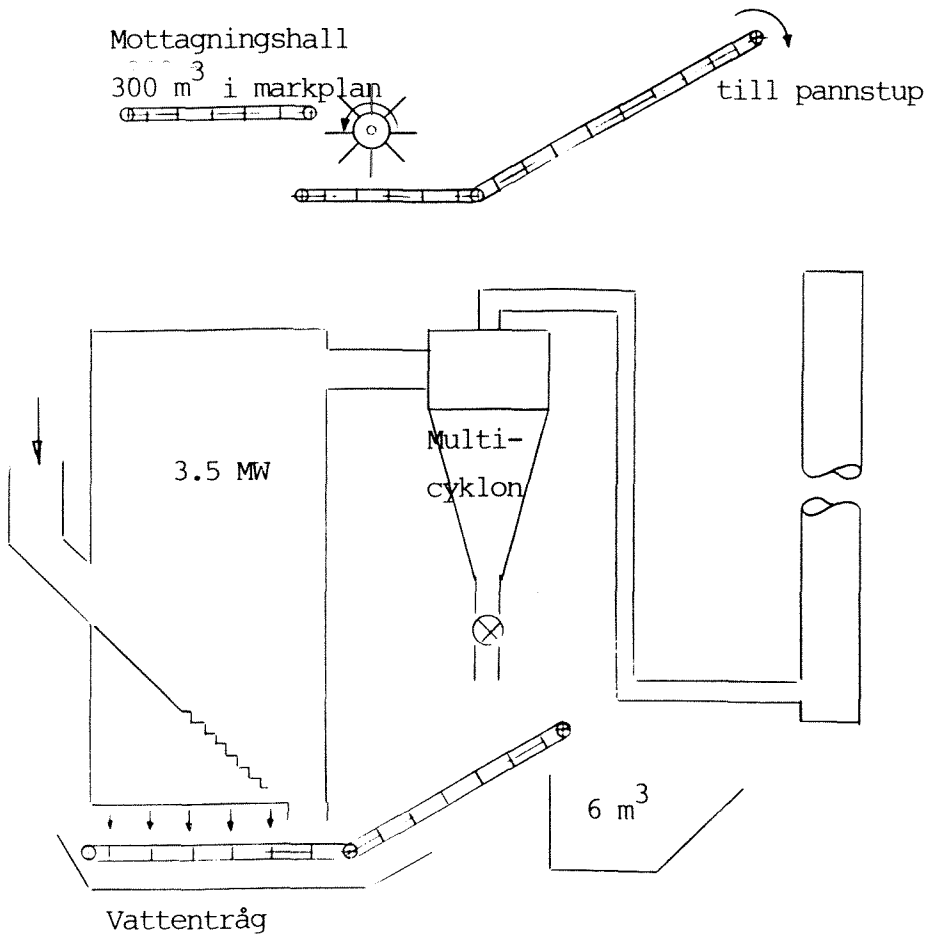
1 × 30 MW (P6)
SKOGSBRÄNSLE / TORV
IDRIFTTAGNINGSÅR 1982
FAST KYLD • RORLIG SNEDROST
INDIREKT KOPPLAD VATTENROR - PANNA
ÅNGSOTNING
REGLERSYSTEM : RELASTYRT MED REGULATORER • PROCESSDATOR



ROBERTSFORS KOMMUN
ROBERTSFORS

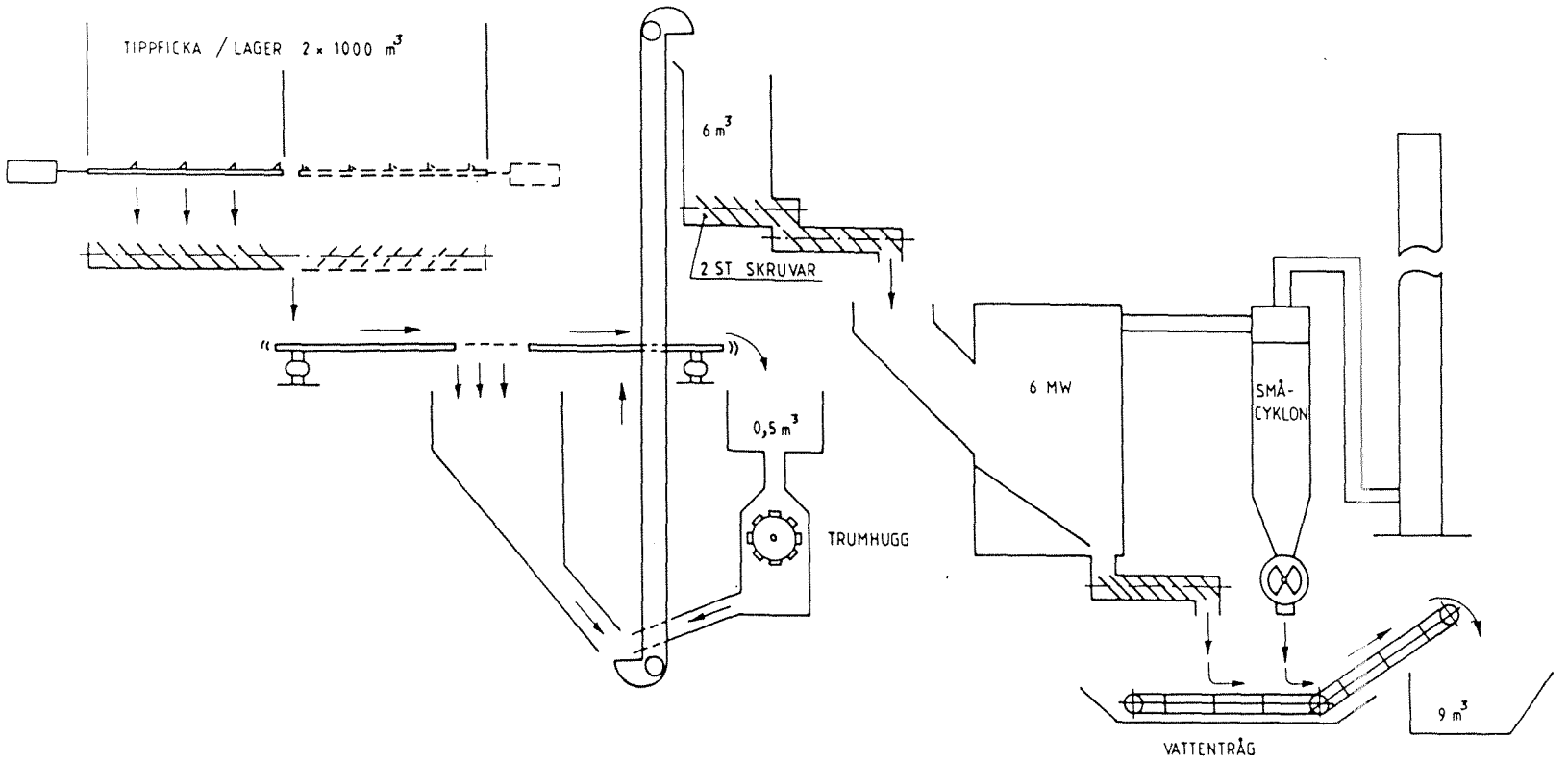
4 pannor 0.15 -1.5 MW
Idrifttagningsår1984

Rörlig snedrost
Lådpannor
Manuell sotning
Reglersystem: Konv. styr o. regler



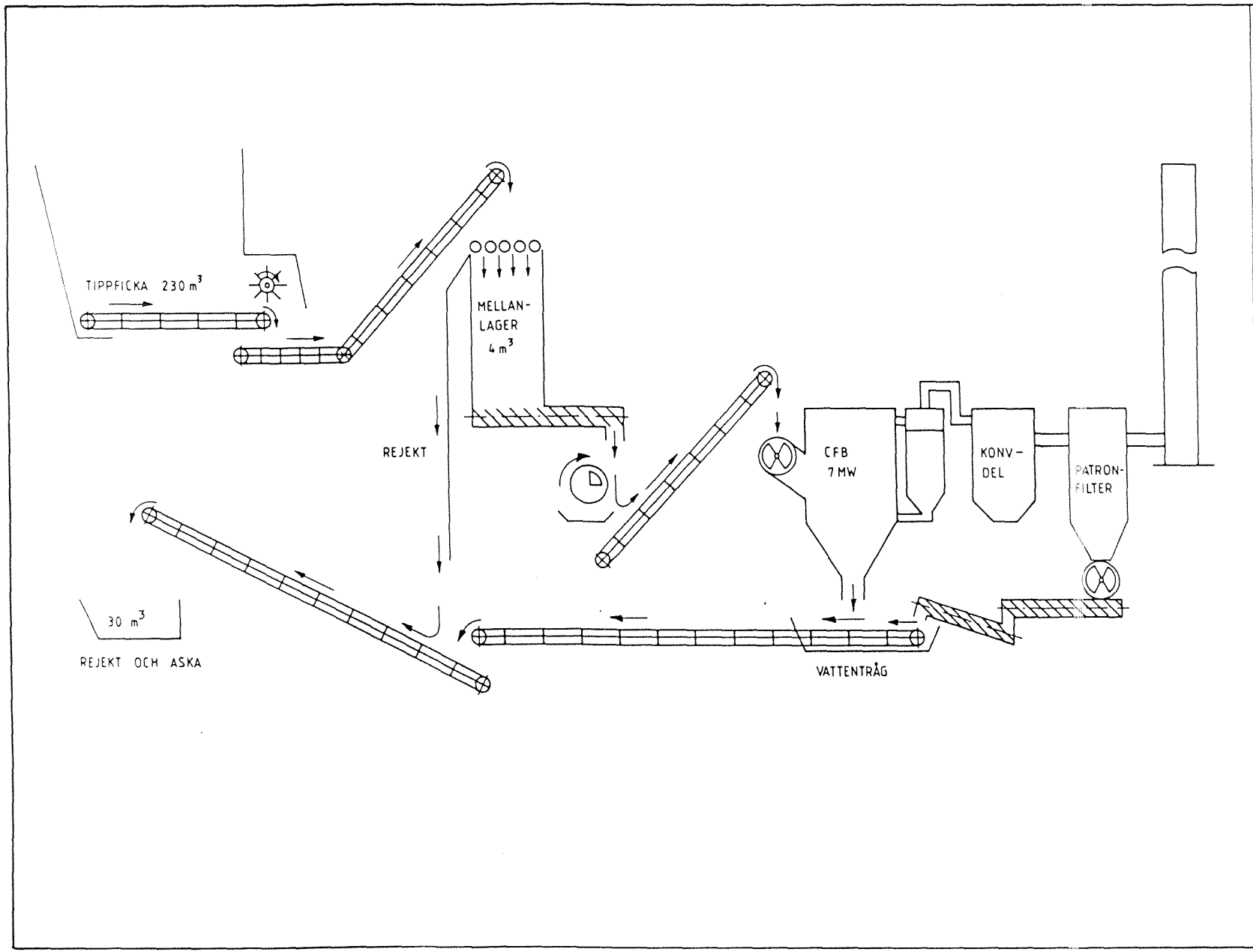
ÅSELE KOMMUN
ÅSELE

1 x 3.5 MW,stycket,f
Idrifttagningsår 1983
Rörlig snedrost
Vattenrörspanna
Ljudsotning
Reglersystem: Konv.
styr o.
regler



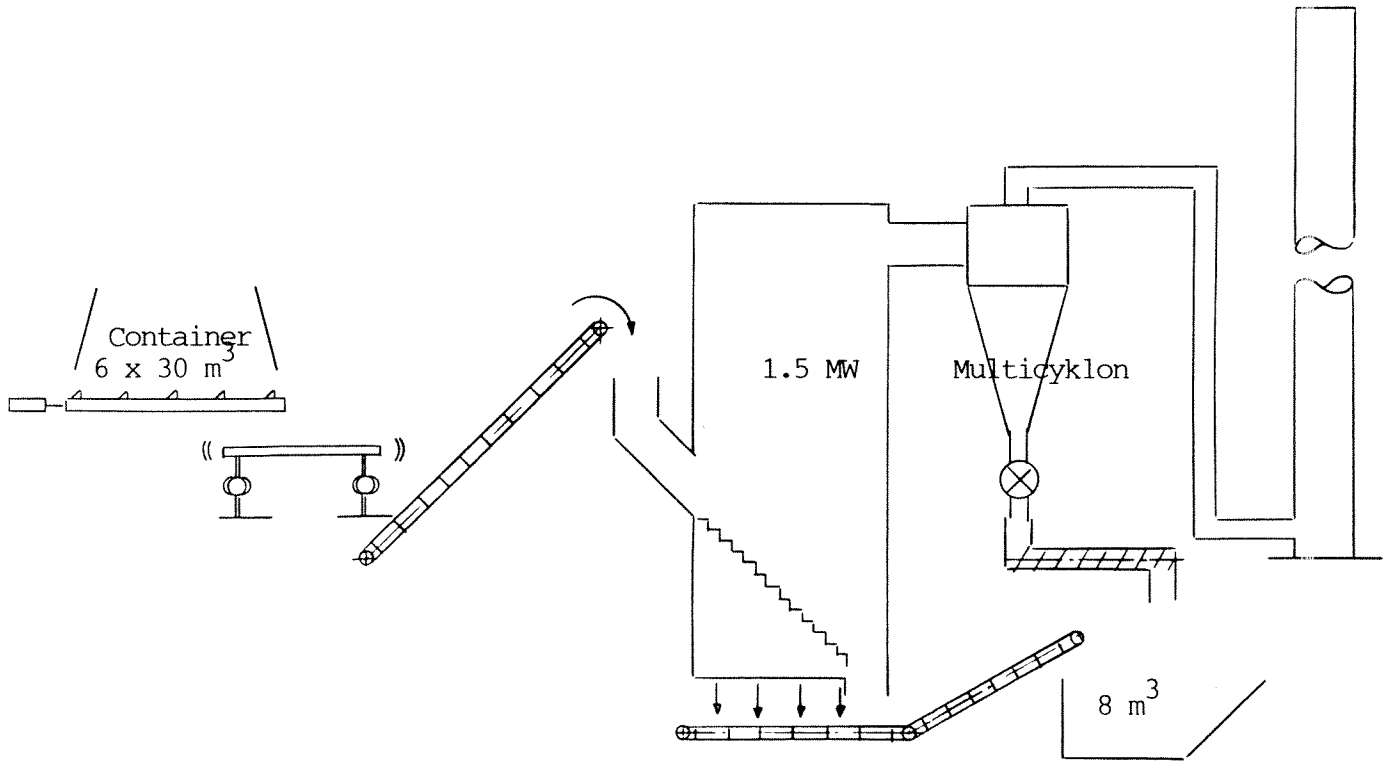
LYCKSELE HETVATTENCENTRAL

1 x 6 MW SKOGSBRANSLE
IDRIFTTAGNINGSÅR 1982
FAST KYLD SNEDROST
INDIREKT KOPPLAD VATTENRÖR-
PANNA
REGLERSYSTEM : RELASTYRT MED
REGULATORER +
PROCESSDATOR



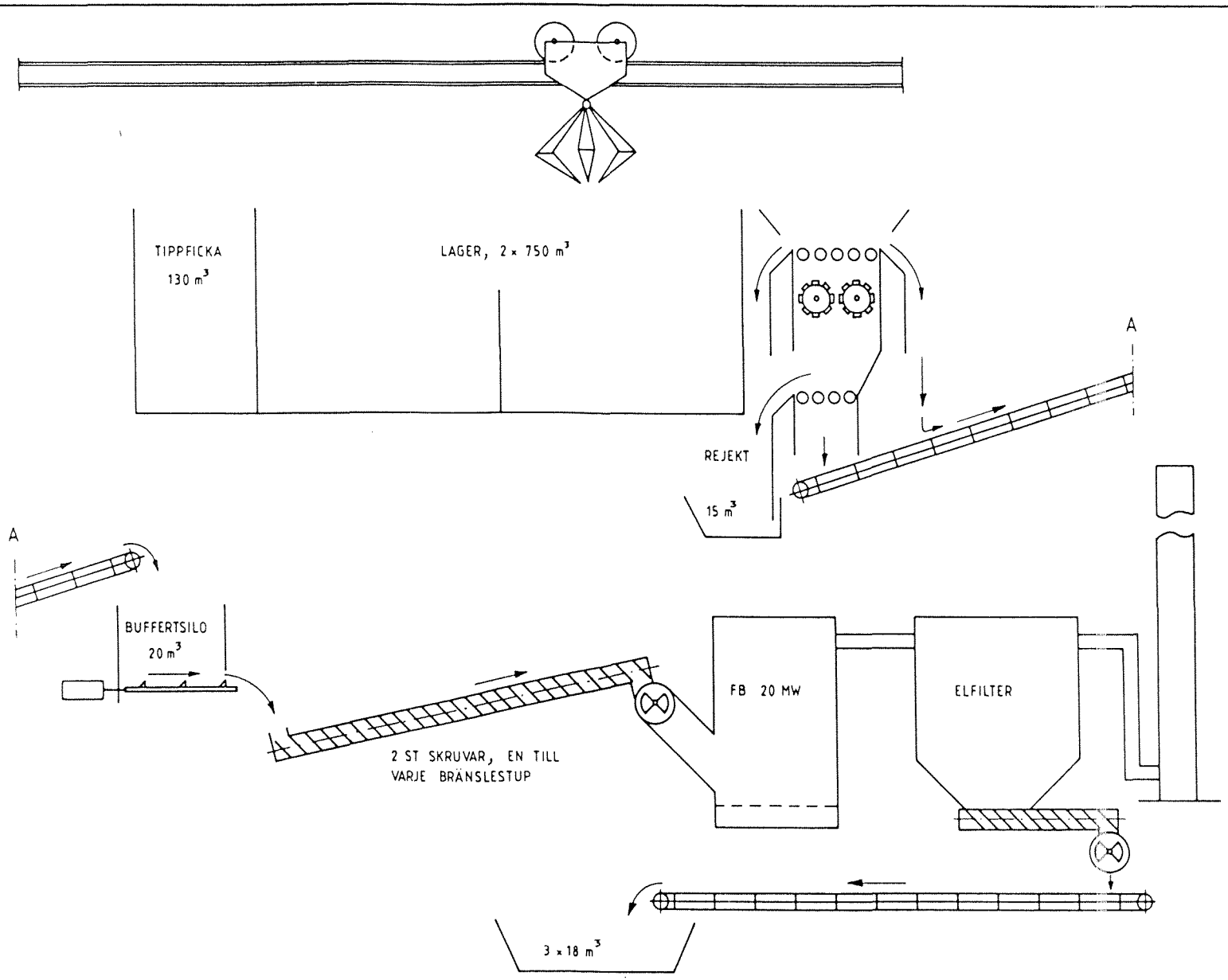
DALENCENTRALEN, SKELLEFTEÅ

1 x 7 MW FRASTORV
IDRIFTTAGNINGSÅR 1981
SNABB CIRKULERANDE BADD
INDIREKT KOPPLAD VATTENRÖR-PANNA
ÅNGSOTNING
REGLERSYSTEM : RELÄSTYRT MED REGULATORER



LKAB, ULLSPIRAN
KIRUNA

1 x 1.5 MW stycketorv
Idrifttagningsår 1983
Rörlig snedrost
Eldrörspanna
Manuell sotning
Reglersystem: Konv. styr o. regler



GÄLLIVARE VÄRMEVERK

1 x 20 MW FRASTORV / STYCKETORV

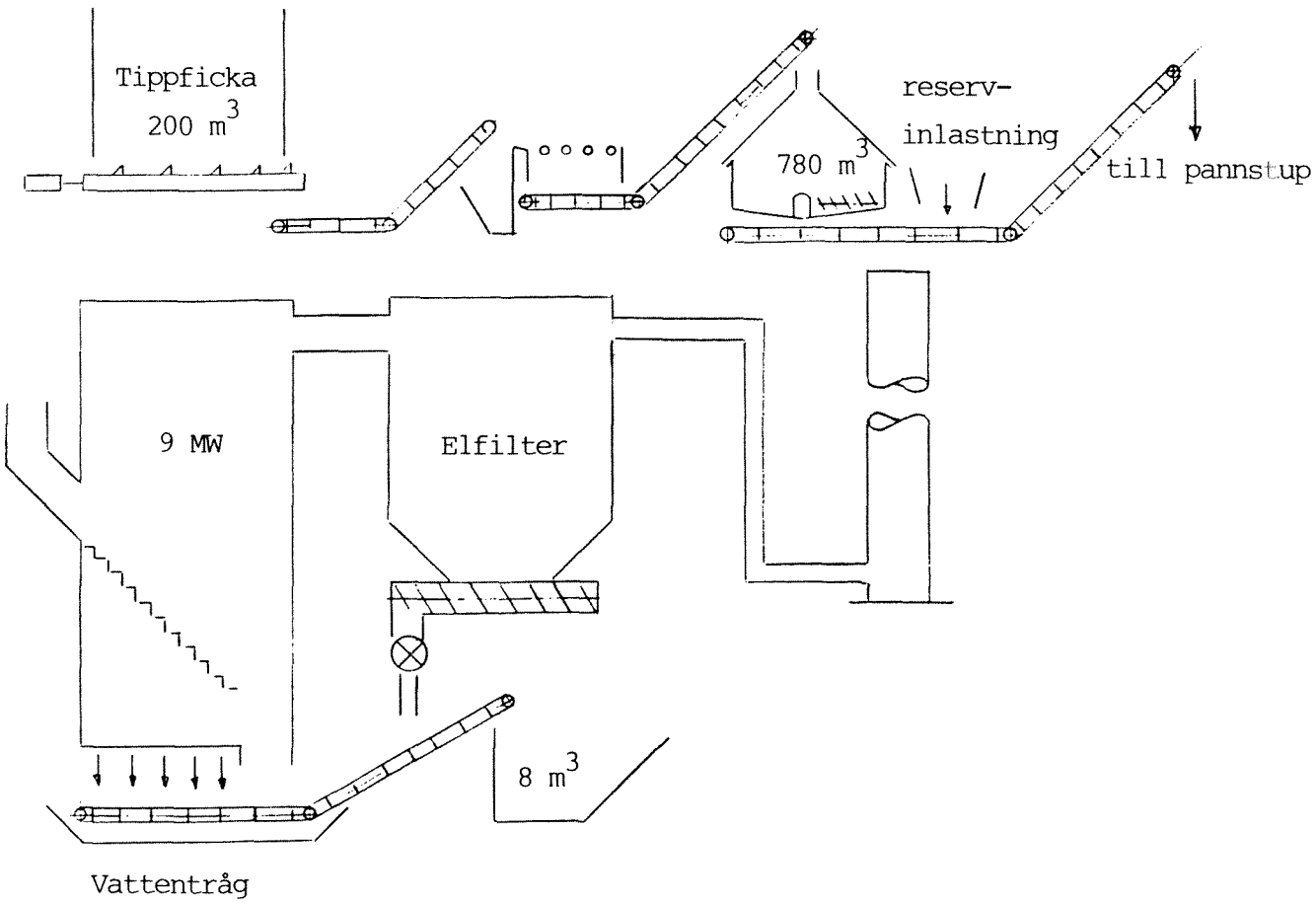
IDRIFTTAGNINGSÅR 1983

BUBBLANDE BADD

INDIREKT KOPPLAD VATTENRÖR-PANNA

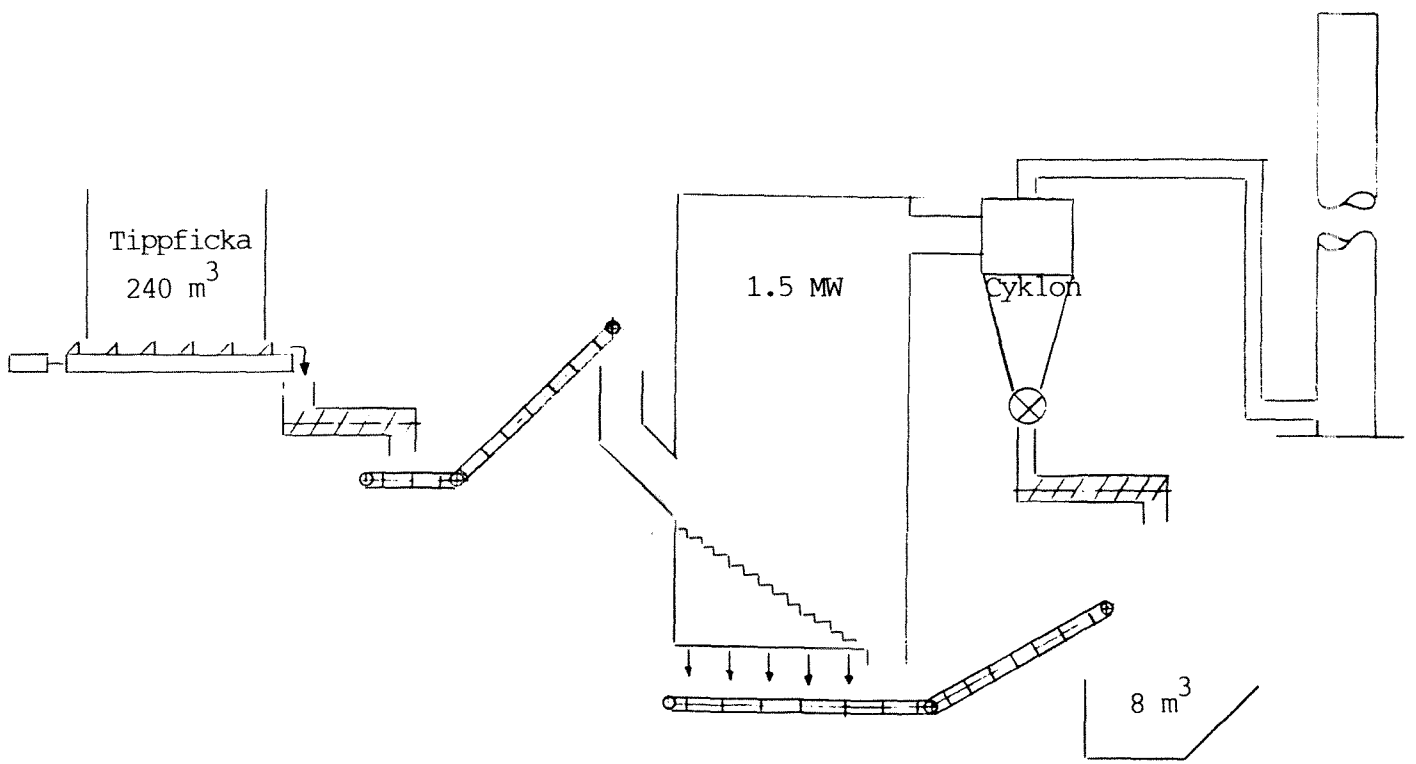
ÅNGSOTNING

REGLERSYSTEM : PROCESSDATOR



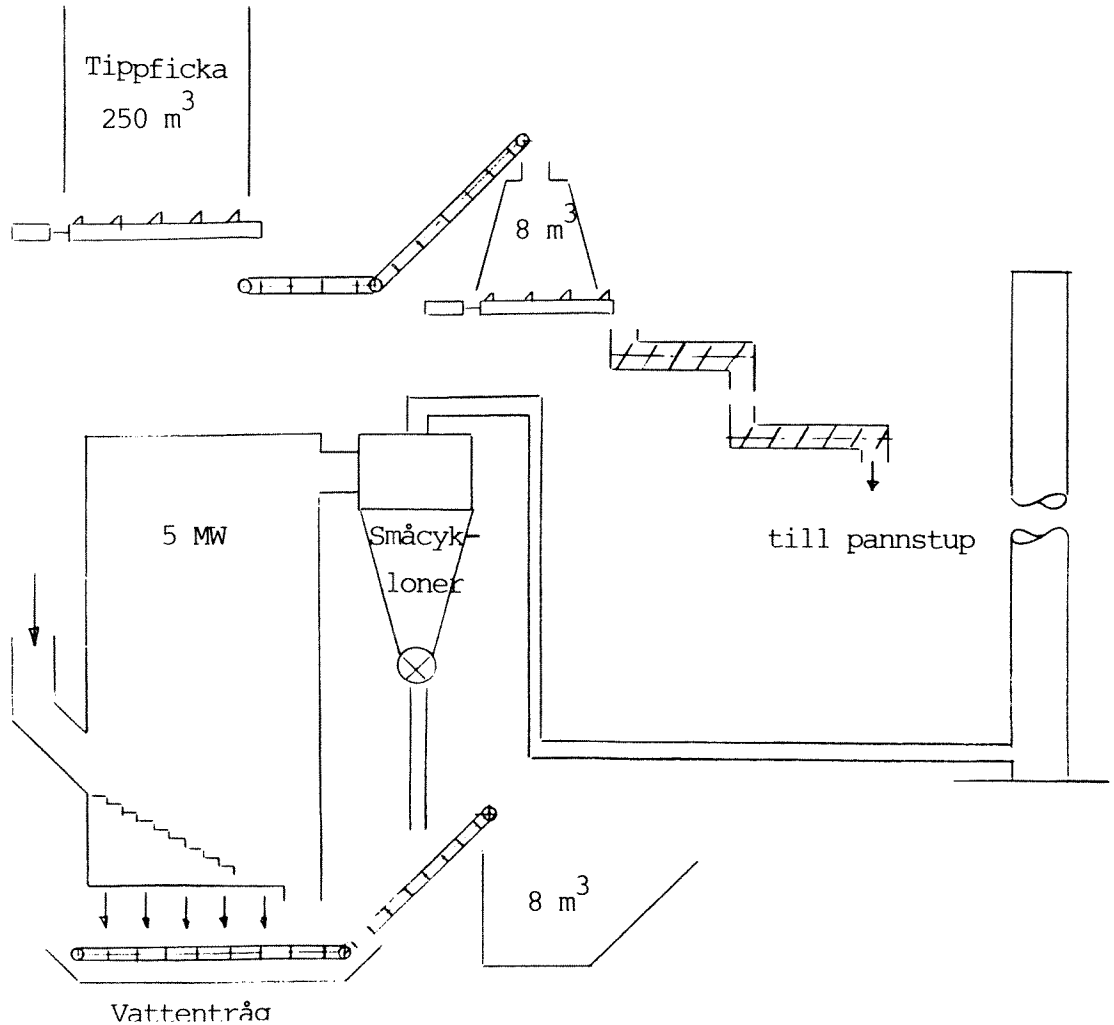
KALIX VÄRMEVERK
KALIX

1 x 9 MW stycketorv
Idrifttagningsår 1985
Rörlig snedrost
Vattenrörspanna
Ljudsotning
Reglersystem: Process dator



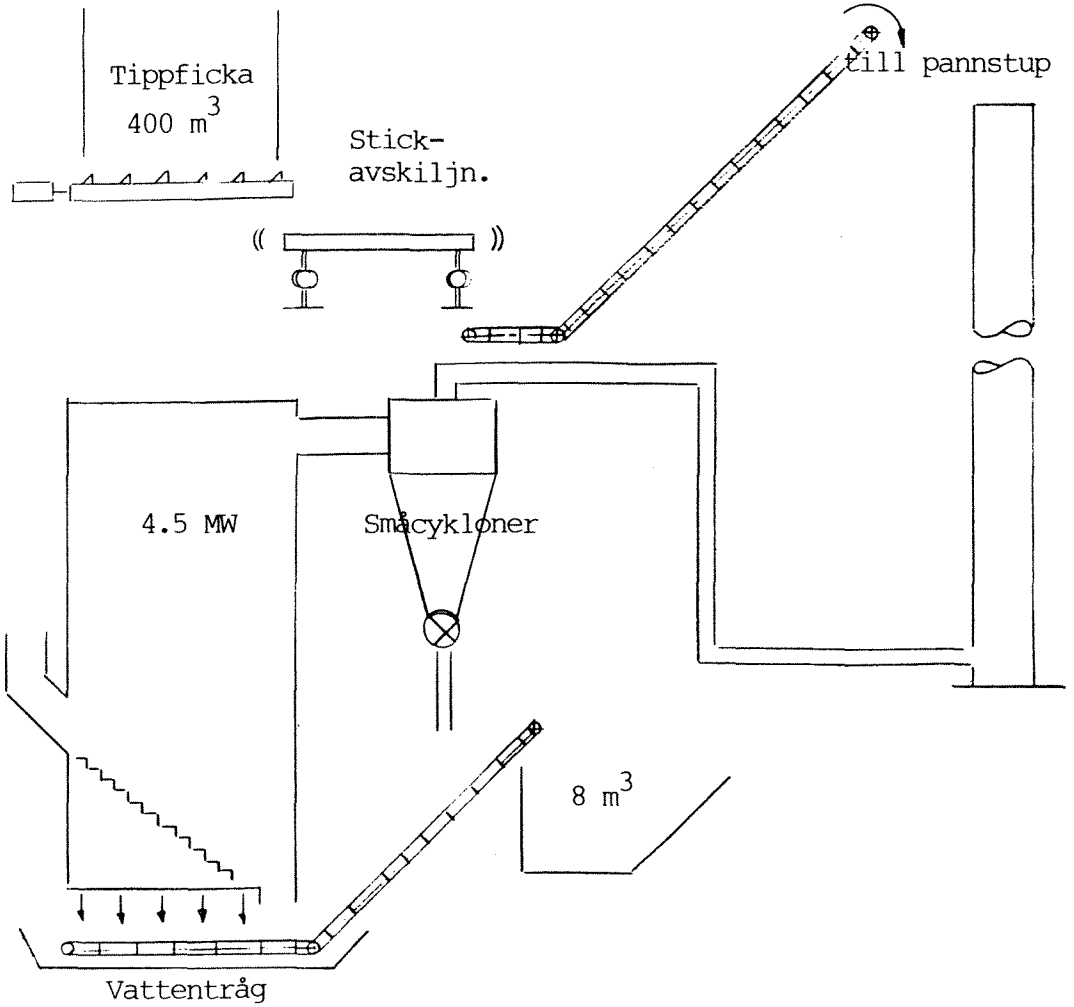
ÖVERKALIX VÄRMEVERK
ÖVERKALIX

1 x 1.5 MW stycketorv
Idrifttagningsår 1984
Rörlig snedrost
Vattenrörspanna
Manuell sotning
Reglersystem: Konv. styr o. regler



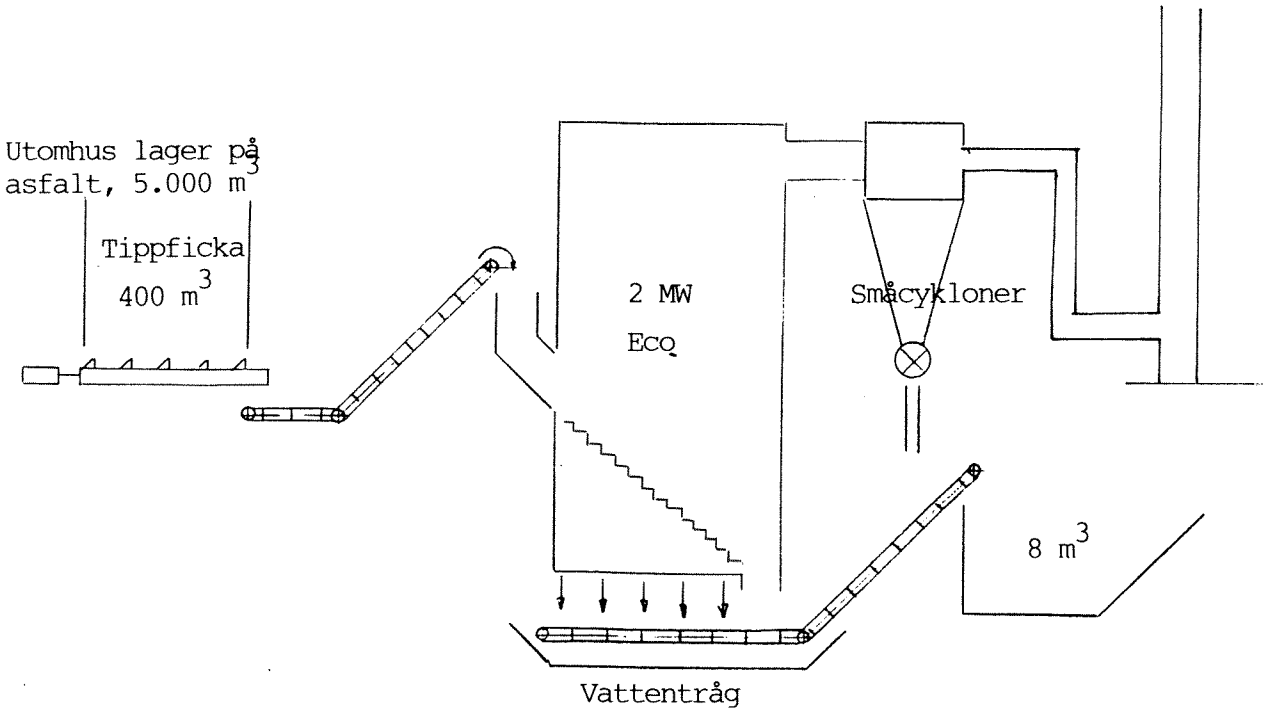
HAPARANDA VÄRMEVERK
HAPARANDA

1 x 5 MW stycketorv
(bränsleflis)
Idrifttagningsår 1985
Rörlig snedrost
Vattenrörspanna
Ljudsotning
Reglersystem: Konv.
styr o.
regler



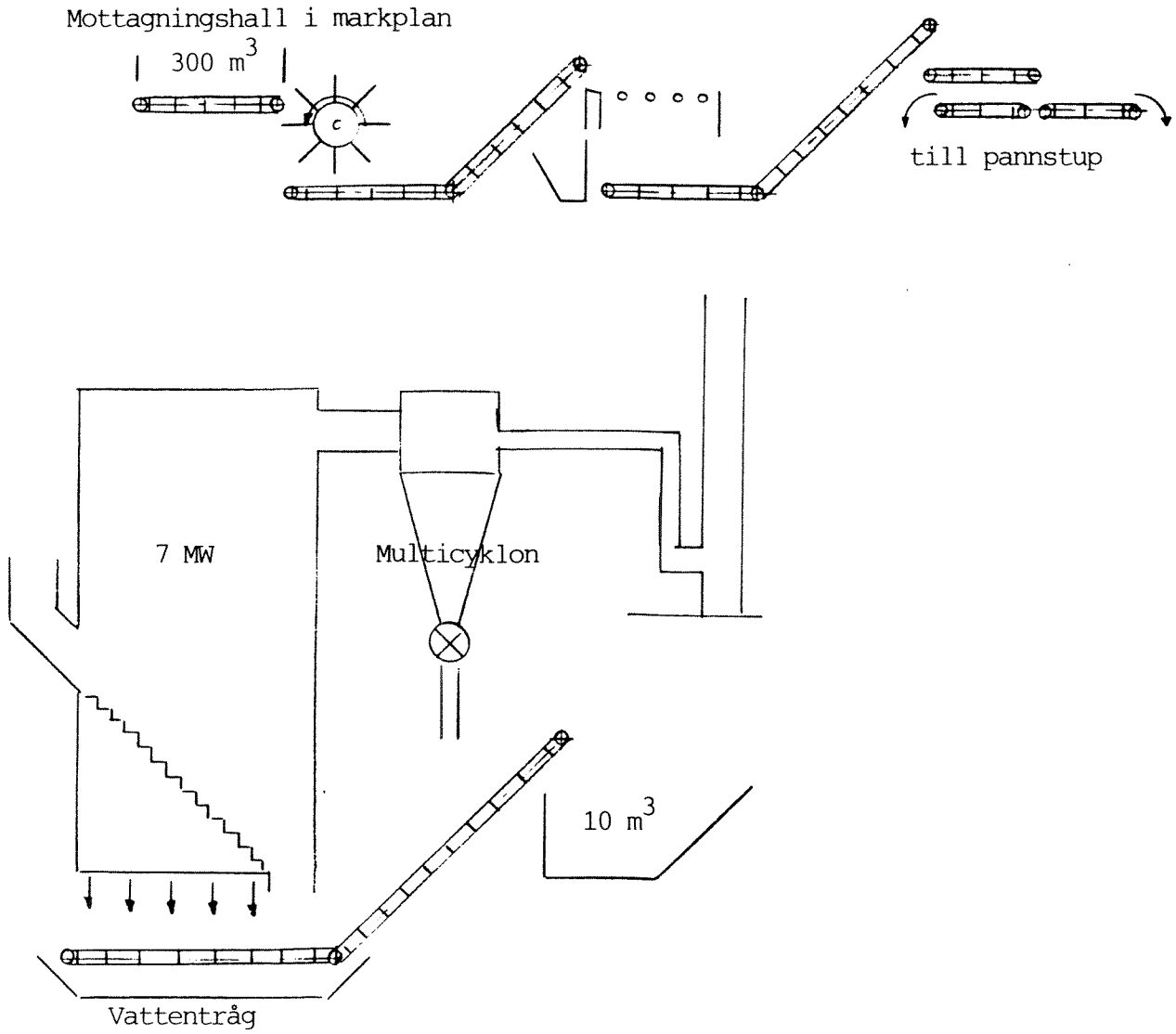
ÖVERTORNEÅ VÄRMEVERK
ÖVERTORNEÅ

1 x 4.5 bränsleflis
Idrifttagningsår 1985
Rörlig snedrost
Vattenrörspanna
Ljudsotning
Reglersystem: Konv. + PC



PAJALA VÄRMEVERK
PAJALA

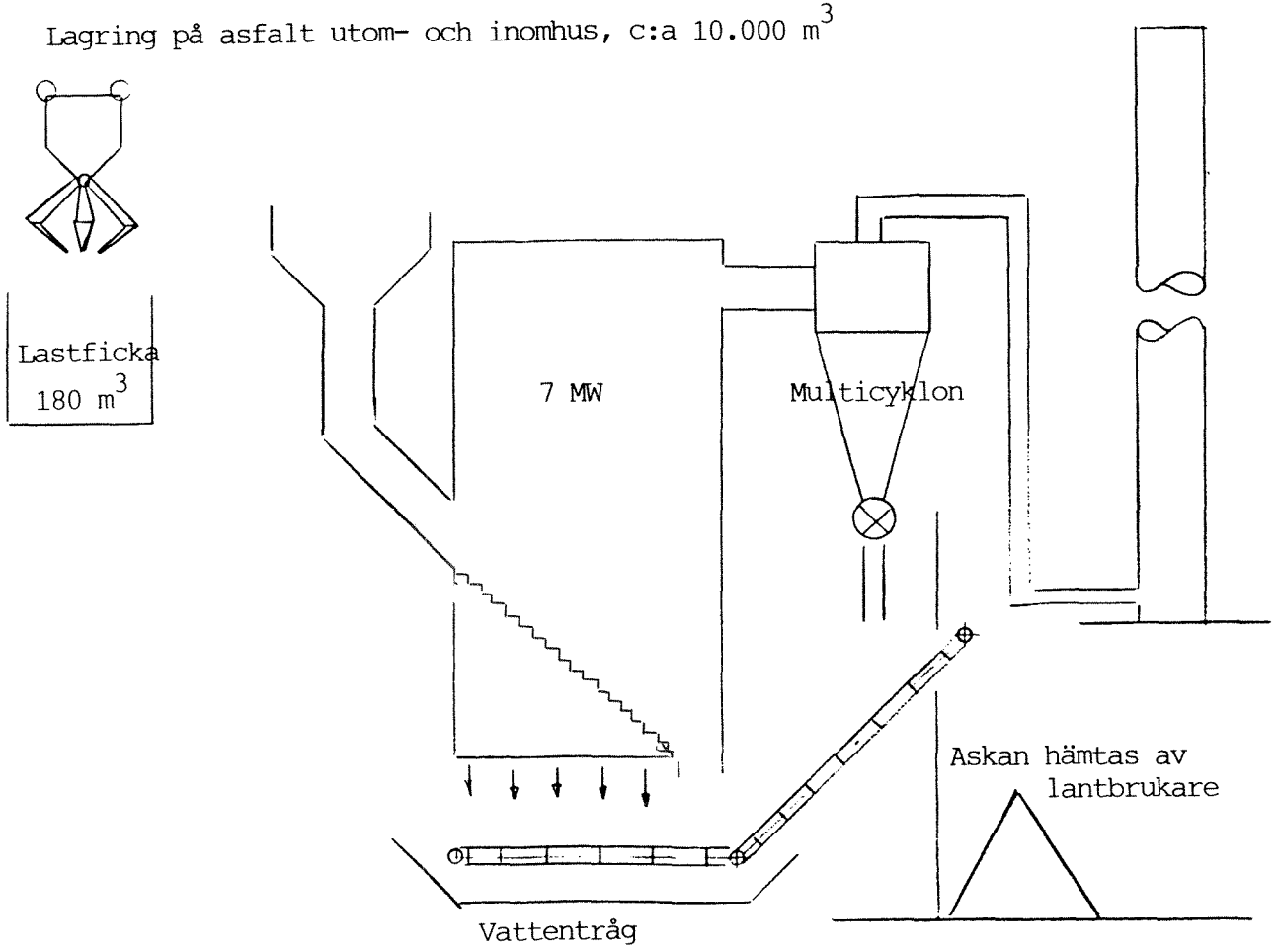
1 x 2 MW trädbränsle
Idrifttagningsår 1984
Rörlig snedrost
Vattenrörspanna med economiser
Manuell sotning
Reglersystem: Konv. styr o. regler



LAPPO VÄRMEVERK
LAPPO, FINLAND

1 x 7 MW frästorv
Idrifttagningsår 1981
Rörlig snedrost
Vattenrörspanna
Ljudsotning
Reglersystem: Konv. styr o. regler

Lagring på asfalt utom- och inomhus, c:a 10.000 m^3



ÅLESTRUP KOMMUN
ÅLESTRUP, DANMARK

1 x 7 MW trädbränsle
Idrifttagningsår 1981
Rörlig snedrost
Tubrörspanna
Manuell sotning
Reglersystem: Konv. styr o. regler

Bilaga 5 Anläggningarnas driftsdata.

ANLÄGGNING	RÖKGASER			MAX/MINLAST	ROSTYTA
	temperatur	O_2-halt,%	stofthalt,g	MW	m^2
1 ÖRKELLJUNGA	230	6	70	2.1/0.6	3x2.5
2 PAULISTRÖM	190	7	-	7.5/0.7	9.8
3 SILVERDALEN	120	5	3-5	20/4.5	27
4 UPONOR	260	5	-	2.2/0.6	5.4
5 ENKÖPING	175/56	4	220/160	6/3	2x9.6
6 SURAHAMMAR	160	4.5-5	100	5.5/1	8.6
7 SANDVIKEN	125	4-5	8-10	16/5	11 m^3 x
8 BORLÄNGE	215	4-6	2	19/10	21.6
9 HUDIKSVALL	120	4.5	7-10	38/8	46.3
10 DELSBO	180	5-6	-	-	-
11 BERG	225	5.5	55-200	2.1/0.5	3.0
12 BOWATER	125/80	5-6	200	-	19.5
13 UMEÅ	125	4.5-5	10-20	30/9	42.0
14 ROBERTSFORS	-	-	-	-	-
15 ÅSELE	160	4-5	-	3.5/0.8	5.8
16 LYCKSELE	115	5.5	200	6.5/1-2	13.6
17 SKELLEFTEÅ	120	4-5	-	7/3.5	2.5 m^3 x
18 LKAB, KIRUNA	160	5-6	-	-	-
19 GÄLLIVARE	110	4-5	70	20/4	13m^3 x
20 KALIX	125	4	-	8/2	28.0
21 ÖVERKALIX	140	4-5	-	1.5/0.5	8.0
22 HAPARANDA	140	5-6	-	-	-
23 ÖVERTORNEÅ	150	5	-	-	-
24 PAJALA	135	6	-	2/0.4	3.5
25 LAPPO, SF	135	4-5.5	-	9/ 0.5	12.5
26 ÅLESTRUP, DK	200	4-5	-	8/1.5	11.5

x m^3 sand i bädden

Bilaga 6 Bemanning, antal årsarbetare.

För varje driftsform anges totala antalet årsarbetare. Som regel är dessa sysselsatta med både drifts- och underhållsuppgifter. Fördelning av arbetstiden på dessa båda kategorier framgår av bilagorna 9 och 10, kolumnen egna löner.

ANLÄGGNING	Periodisk tillsyn	Dagtid	2-skift	3-skift
1 ÖRKELLJUNGA		1		
2 PAULISTRÖM	på skift	1		
3 SILVERDALEN				6
4 UPONOR	4 tim/dygn			
5 ENKÖPING		1 + ber.		
6 SURAHAMMAR		3		
7 SANDVIKEN		2		6
8 BORLÄNGE		1		5
9 HUDIKSVALL		5		5
10 DELSBO	4 tim/dygn			
11 BERG		3/4		
12 BOWATER				6
13 UMEÅ		1		7
14 ROBERTSFORS	1			
15 ÅSELE		2		
16 LYCKSELE			5	
17 SKELLEFTEÅ	4 tim/dygn			
18 LKAB, KIRUNA	4 tim/dygn			
19 GÄLLIVARE		1		5
20 KALIX		4		
21 ÖVERKALIX		1 + 1 säsong		
22 HAPARANDA		3		
23 ÖVERTORNEÅ		2		
24 PAJALA		2		
25 LAPPC, SF				5
26 ÅLESTRUP, DK		2		

Bilaga 7 Driftserfarenheter, bränslehantering

ANLÄGGNING	DRIFTSERFARENHETER			
	BRÄNSLEMOTTAGNING	BRÄNSLEBEREDNING	BRÄNSLELAGRING	BRÄNSLETRANSPORTER
1 ÖRKELLJUNGA	Goda	-	Utomhuslagret nyttigt som buffert	Goda
2 PAULISTRÖM	Stor friktion stångmat, haveri kolv o. skrapor. Blockering pålastning skraptransportör	-	-	God transportfunktion men besvär med rotorspjäll till fördelnings skruv
3 SILVERDALEN	Goda	-	Inga besvär trots kyla	Visst slitage skraptransportör
4 UPONOR	Frysning på väggar i mottagningsficka, skopan kommer inte åt längs väggarna	God blandning av bränslesortiment gm programmering av skopan	-	Smärre besvär med skopdriften
5 ENKÖPING	Goda	Goda. Prov har utförts med andra sålltyper än skivsåll,neg.	Slitage skruvar	Relativt bekymmersfria
6 SURAHAMMAR	Vissa besvär med hängning (snö) Vibr. galler nödv. som grovsåll	-	Utomhuslagring tillämpas endast sporadiskt (kvaitetsbyte)	Urspr. besvär med lut. skraptrp, nu sällan, skrapor justerade
7 SANDVIKEN	Goda. Galler över fickor minskar besvär med klumpar, rötter	-	Matningsfickor fungerat bra	Besvär med kladdning i elevatorskopor vid fuktig torv (stybb)
8 BORLÄNGE	Goda. Vandrande skruv byts gäng or vartannat år	-	Goda	Lut. band fungerat bra, besvär med åkbar trpt i ladan vintertid
9 HUDIKSVALL	Vibr. galler har minskat störn. Frysn. på stångmat. värming erf.	Klibbning på skaksåll	Hängningar i mellanficka och hög belastn. utm.skruvar	Frysning i skraptrp (värmning), Påkladdning, slitage.
10 DELSBO	Startsvårigheter	-	-	Startsvårigheter
11 BERG	Urspr. hängningar i mottagnficka pga fliskvalitet, nu god kval.	-	Urspr. hängningar o. stopp,nu OK	Hög stoppfrekv. i skruvar från början, avhjälpt med fliskval.
12 BOWATER	-	-	-	Starkt lutande transportband 35° har gått bra
13 UMEA	Stångmatare i mottagn.ficka har lyfts, även trång öppning för utmatningsskruv	Skivsåll fungerar men hård belastning (stenar etc.)	Vissa besvär med hängningar och utmatning från silo, kompl. med rivarvals och hängluckor	I stort sett goda. Buller vid körning av stycketorv
14 ROBERTSFORS	Urspr. fastfrysning i container, Besvären elimin. Lut. väggar	-	-	Smärre besvär vid större bränslestycken
15 ASELE	Goda. Bränslet kan lätt omdisponeras vi kval.variationer	-	Bra med utomhus reservlager,som används regelbundet	Smärre problem med nivåvakt i skraptrptör, nu ultraljud
16 LYCKSELE	Hängningar i mottagn.ficka vinter. Friktion stångmatare probl.	God lösning på stickavskiljning	God funktion matningsficka	Istort sett goda, vissa besvär med grova bitar
17 SKELLEFTEA	Vissa besvär med stubbar o.klumpar, galler hjälper bra	Skivsåll går bra	-	Slitage skraptrptörer, plywood i botten utbytt mot plåt
18 LKAB, KIRUNA	Urspr. frysning i container, nu mottagn.stationen inbyggd,värmd	-	-	Skraptrptör med enkelkedja bytt till dubbel, fungerar nu
19 GÄLLIVARE	Besvärlig lossning, lasset ryms ej, nu ombyggt och fungerar	Skivsåll fungerar	Frysning på väggar,skopan når ej	Gripskopans programmering har krävt lång inkörning
20 KALIX	Bra funktion	Skivsåll vissa avbrott, hängning	Urspr. besvär med roterande utmatn.skruv, nu avhjälpt	Frysning utomhus i skraptrptör, isoleras och värms
21 ÖVERKALIX	I stort sett goda, vissa besvär med klumpar vintertid	-	-	Goda
22 HAPARANDA	Viss påfrysning i mottagn.ficka spill på körbana	-	-	Besvär i övergång stångmatare skraptrptör vid klumpar
23 ÖVERTORNEA	Besvär med frysning och dåligt bränsle	God lösning på stickavskiljning	-	Goda
24 PAJALA	Vissa besvär klumpar vintertid	-	Fungerar bra utomhus	Frysning i skraptrptör utomhus, nu inbyggd
25 LAPPO, SF	Goda, mycket litet spill	Såll god funktion	-	Goda. Explosion i skraptrptör vid ett tillfälle
26 ALESTRUP, DK	Mycket goda. Vissa besvär med gripskopa vintertid,slirar	-	Enkelt anpassningsbart system med skoplastare	Vissa besvär med gripskopa,ex. damm på mask.utrustning

Bilaga 7 Driftserfarenheter, eldning, rökgaser och askhantering

ANLÄGGNING	DRIFTSERFARENHETER				
	ELDNINGSUTRUSTNING	PANNOR	RÖKGASRENING	ASKHANTERING	STOFTHANTERING
1 ÖRKELLJUNGA	Svårigheter med rostgenom fall och sintring	Goda	Goda	Goda	Goda
2 PAULISTRÖM	Vissa regleringssvårigheter med två stup	Viss justering ljudsotning	Goda	Goda	Vissa besvär vid ilastning i skraptrptör
3 SILVERDALEN	Inga besvär efter rökgasåterföring	Goda	Goda	Tillf. haveri en skraptrp	Visst besvär med igensättn av sikt efter förcyklon
4 UPONOR	Sintring vid torrt bränsle litet rostgenomfall	Besvär med sotning, liggande tuber	Goda	Starkt slitage skraptrptör	Goda
5 ENKÖPING	Sintring beroende av bränslekvalitet	Goda	Goda, rökgaskylning kompl.	Slitage	Goda
6 SURAHAMMAR	I stort sett goda. Vissa hängn. i matn.ficka (snö)	Besvär vid blöt torv	Goda	Visst besvär med skraptrp, slitage vändhjul	Goda
7 SANDVIKEN	God funktion	Goda	Besvär med textilfilter	-	Vissa besvär vid fulla behållare
8 BORLÄNGE	Rost mycket litet gen.fall	Goda	Goda	Ibland fastkörning skraptransportörer	Besvär i stoftficka, befuktning
9 HUDIKSVALL	Goda	Goda	Goda	Slitage	Goda
10 DELSBO	Sintring o. ojämnt bränsle på rost, genomfall	Goda	Goda	Goda	Goda
11 BERG	Sintring vid torrt bränsle	Goda	Goda	Slitage skruvar	Slitage skruv
12 BOWATER	Hängningar i stup	Viss tubkorrosion,slitage	Slitage genom sand i barken	Slitage transportör	Slitage skrubber
13 UMEA	Sintring vid hög askhalt, rostgenfall,byte dragstång	Visst tubslitage	Goda	Slitage	Slitage
14 ROBERTSFORS	Ombyggd till rörlig rost	Goda	Goda	Slitage skruvar	Slitage
15 ASELE	Hängningar stup, svår.luftfördelning, sintring, förugn ombyggd	Ljudsotn. dålig effekt	Goda	Stort Slitage	Goda erfarenheter av fuktning före asktrptör
16 LYCKSELE	Sintring klaras med ånggranulering	Goda	Goda	Stort slitage, renhållning	Blockeringsrisk i skraptransportör
17 SKELLEFTEA	Krångel cellmat.(varm), hög temp och urbränning pannväggar	Tubkorrosion	Goda	-	Dammning
18 LKAB, KIRUNA	Rost bytt till rörlig	Besvär sotning	Goda	Torr skraptrptör enkelked-ja bytt till dubbel	Viss dammning
19 GÄLLIVARE	Bäddsintring vid några tillfällen	Goda	Dammning	-	Svårt att fukta
20 KALIX	Ojämn bränsleinmatning, Fraktionering i stup	Goda	Goda	Slitage skraptrptör, flytaska	Besvär med fuktning
21 ÖVERKALIX	Tid. svår sintr. vid torr torv,rökgasåterför.bättre	Goda	Goda	Slitage	Igensättningar
22 HAPARANDA	Sintring	Goda	Dammning	Slitage, flytaska	Probl. befuktning
23 ÖVERTORNEA	Visst rostgenomfall	Goda	Goda	Slitage, flytaska	Probl. befuktning
24 PAJALA	Goda	Sotning av eco ger stopp	Goda	Flytaskeproblem avhjälpta med nivåregl. i trptör	God lösning befuktning
25 LAPPO, SF	Slitage rost	God ljudsotning	Goda	Slitage	Goda
26 ALESTRUP, DK	Slitage rost	Beläggning på tuber	Goda	Slitage	Goda

Bilaga 8. Tillgänglighet

		BRÄNSLE %	BRÄNSLEHANT. mask	BRÄNSLEHANT. styr	BRÄNSLEINHATN.	ELDNINGSUTRUSTN.-PANNA mask	ELDNINGSUTRUSTN.-PANNA styr	ELDNINGSUTRUSTN.-PANNA sotn	ELDNINGSUTRUSTN.-PANNA slaggn	ASK HANT %	RÖK GAS REN	EL %	TOTAL DRIFT TID h	STOPP TID h	TILL GÄNGLIGHET %	ANMÄRKNING
1	ÖRKELLJUNGA	18	-	27	-	-	37	15	3	-	-	-	6.600	330	95.0	medelvärde 3 pannor
2	PAULISTRÖM	-	56	3	8	10	3	6	-	-	8	6	8.000	800	90.0	ångpanna, pappersbruk
3	SILVERDALEN	-	-	8	-	41	-	-	46	-	2	3	8.000	152	98.1	"-
4	UPONOR	46	21*	-	-	20	2	4	-	-	-	2	4.800	355	92.6	*gripskopa
5	ENKÖPING	-	-	-	-	-	-	3	67	28	2	-	7.300	358	95.1	medelvärde 2 pannor
6	SURAHAMMAR	-	12	-	41	-	6	-	-	39	-	2	5.000	290	94.2	
7	SANDVIKEN	1	1	-	62	-	8	8	-	-	20	-	5.700	160	97.2	medelvärde 2 pannor
8	BORLÄNGE	2	3	-	10	-	-	68	-	16	-	1	4.300	176	95.9	
9	HUDIKSVALL	2	11	-	25	40	3	-	13	3	-	3	4.000	104	97.4	
10	DELSBO												5.400	-	-	ej represent. intrimn
11	BERG	1	4	1	1	-	8	-	67	-	1	6	5.700	84	98.5	medelvärde 2 pannor
12	BOWATER	-	38	-	-	19	-	-	-	-	38	5	8.200	21	99.7	inkl plan stopp 94.3%
13	UMEÅ	4	12	-	-	43	-	-	13	-	28	-	5.100	392	92.3	
14	ROBERTSFORS	38	21	9	-	-	10	-	-	2	3	17	6.800	-	-	störningar i % av antalet
15	ÅSELE	12	6	8	14	5	3	18	19	5	3	7	6.000	257	95.7	
16	LYCKSELE	-	13	3	23	43	-	-	11	3	3	1	5.400	227	95.8	
17	SKELLEFTEÅ	4	10	-	6	56*	1	-	-	-	18	5	6.100	389	93.6	härav 34% sandbyte
18	LKAB, KIRUNA	-	12	-	-	17	-	48	-	14	7	2	6.000	264	95.6	
19	GÄLLIVARE	-	33*	1	1	56**	5	-	-	1	-	3	6.800	830	87.8	*gripskopa 31% **sandbyte
20	KALIX	-	1	-	15	74*	-	-	-	6	4	-	5.000	230	95.4	* 58% rostjustering
21	ÖVERKALIX	-	16	4	1	-	-	-	73	2	2	2	5.700	154	97.3	
22	HAPARANDA	-	8	-	-	-	30	-	46	16	-	-	4.800	-	-	störningar i % av antalet
23	ÖVERTORNEÅ	-	25	-	-	4	4	61	-	4	-	2	5.700	262	95.4	
24	PAJALA	1	80	3	-	5	2	7	-	2	-	-	7.000	350	95.0	
25	LAPPO	-	10	5	-	32	12	11	-	5	20	5	7.900	158	98.0	
26	ÅLESTRUP	-	8*	2	2	64**	-	18	3	1	-	2	5.000	174	96.3	*gripskopa ** 63% rost

Bilaga 9. Driftskostnader

ANLÄGGNING	KOSTNADER tkr/år					KOSTNAD
	löner	material	driftel	transp.	summa	kr/MWh
1 ÖRKELLJUNGA	240	10	80	10	340	21.30
2 PAULISTRÖM	260	25	220	50	555	13.50
3 SILVERDALEN	1.000	25	400	70	1.495	14.70
4 UPONOR	90	10	35	10	145	20.70
5 ENKÖPING	140	59	250	100	549	8.90
6 SURAHAMMAR	174	10	106	60	350	15.90
7 SANDVIKEN	865	95	600	400	1.960	15.70
8 BORLÄNGE	1.218	15	156	325	1.714	23.20
9 HUDIKSVALL	1.700	100	400	270	2.370	18.20
10 DELSBO	50	10	35	10	105	15.00
11 BERG	110	10	50	15	185	18.50
12 BOWATER	800	40	330	25	1.195	11.60
13 UMEÅ	725	20	450	120	1.315	14.60
14 ROBERTSFORS	-	-	-	-	-	-
15 ÅSELE	160	10	50	10	230	15.30
16 LYCKSELE	300	20	180	50	450	18.00
17 SKELLEFTEÅ	50	23	95	50	218	11.50
18 LKAB, KIRUNA	57	6	30	10	103	13.70
19 GÄLLIVARE	750	27	420	153	1.350	19.30
20 KALIX	208	15	120	60	403	13.40
21 ÖVERKALIX	80	5	23	10	118	26.20
22 HAPARANDA	160	10	52	10	232	17.80
23 ÖVERTORNEÅ	112	10	75	15	212	14.10
24 PAJALA	109	5	43	8	165	13.80
25 LAPPO, SF	730	5	50	10	795	16.90
26 ÅLESTRUP, DK	140	10	90	-	240	9.60

	ANLÄGGNING	KOSTNADER tkr/år				KOSTNADSFÖRDELNING %					KOSTNAD
		löner	material	tjänster	summa	bränsle-hant.	förbrän-ning	panna	el o styr	aska rökgas	kr/MWh
1	ÖRKELLJUNGA	80	97	10	187	20	70	-	5	5	11.70
2	PAULISTRÖM	245	180	180	605	30	30	10	15	15	14.80
3	SILVERDALEN	200	250	417	867	25	10	40	10	15	8.50
4	UPONOR	90	100		190	20	65	-	10	5	27.10
5	ENKÖPING	85	154	197	436	39	40	-	12	9	7.00
6	SURAHAMMAR	216	200		416	35	35	-	10	20	18.90
7	SANDVIKEN	535	750		1285	40	25	-	10	25	10.30
8	BORLÄNGE	509	496	649	1654	40	35	-	10	15	22.40
9	HUDIKSVALL	500	350	25	875	40	45	-	5	10	6.70
10	DELSBO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	BERG	30	62		92	50	10	-	20	20	9.20
12	BOWATER	100	382		482	14	8	-	24	54	4.70
13	UMEÅ	200	800		1000	41	32	-	12	15	11.10
14	ROBERTSFORS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	ASELE	160	50	25	235	20	70	-	5	5	15.70
16	LYCKSELE	300	200	120	620	30	40	-	15	15	24.80
17	SKELLEFTEÅ	50	250	60	360	45	25	-	10	20	18.90
18	LKAB, KIRUNA	103	45	10	158	25	45	-	10	20	21.10
19	GÄLLIVARE	310	500	75	885	40	25	-	17	18	12.60
20	KALIX	312	310		622	40	35	-	10	15	20.70
21	ÖVERKALIX	100	100	53	253	20	50	-	10	20	56.50
22	HAPARANDA	200	200	55	455	-	-	-	-	-	35.00
23	ÖVERTORNEÅ	144	250	50	444	55	25	-	10	10	29.60
24	PAJALA	163	180	30	373	25	25	-	25	25	31.10
25	LAPPO	80	350	-	430	35	35	-	10	20	9.10
26	Ålestrup	140	400	-	540	25	40	-	15	20	21.60

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