



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



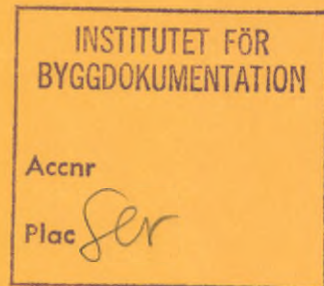
Rapport

R117:1986

Fastbränsle – El

Kombisystem för småhusuppvärmning

**Tor Leif Andersson
Michael Bernakiewicz
Henrik Lundberg**



K/A

Byggeforskningsrådet

R117:1986

FASTBRÄNSLE - EL

Kombisystem för småhusuppvärmning

Tor Leif Andersson
Michael Bernakiewicz
Henrik Lundberg

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 830021-1
från Statens råd för byggnadsforskning till Fasta
Bränslen AB, Stockholm.

REFERAT

När elpriset efterhand stiger och kraftig tidsdifferentiering av eltaxan börjar tillämpas kan konvertering till fastbränsle vid fortsatt högt oljepris vara en möjlighet för småhusuppvärmning. I rapporten diskuteras ett kombisystem för småhus baserat på elvärme under vår, sommar och höst och fastbränsleledning under vintern.

Försök har utförts med en förugn för pelletledning som direktmonterats till en vanlig villapanna. Försöksugnen har uppvisat goda resultat vad avser effektutveckling och låga rökgasemissioner.

Eftersom fastbränsleledning i småhus vintertid kan vara ett bra sätt att minska vintertoppen på elefterfrågan bör vidare intresse ägnas sådana lösningar så att beprövat teknik finns färdig när kärnkraftsavvecklingen börjar ge utslag i lägre elproduktionskapacitet.

I Byggeforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R117:1986

ISBN 91-540-4664-5
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1986

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

| | |
|--|----|
| FÖRORD | 3 |
| SAMMANFATTNING | 4 |
| 1. MARKNADEN | 6 |
| 1.1 Småhusbeståndet, dess förväntade utveckling och uppvärmning | 6 |
| 1.2 Uppvärmningsalternativ för småhus | 11 |
| 1.3 Elvärmens roll för kraftproduktionssystemet | 12 |
| 1.4 Fördelar med fastbränsle/el - kombisystem för konsumenten och för kraftindustrin | 13 |
| 2. SMÅHUSUPPVÄRMNING | 20 |
| 2.1 Energi- och effektbehov | 20 |
| 2.2 Effektregering av uppvärmningssystem för småhus | 25 |
| 3. TEKNIK FÖR FASTBRÄNSLEELDNING | 30 |
| 3.1 Bränsle för hantering i tät småhusbebyggelse | 30 |
| 3.2 Eldningsteknik och utsläpp | 32 |
| 3.2.1 Förbränningsteknik | |
| 3.2.2 Eldningssätt | |
| 3.2.3 Effektregering | |
| 3.2.4 Eldning med eller utan ackumulatortank | |
| 3.3 Nuvarande tekniknivå för småskalig fastbränsleeldning med låga utsläpp | 39 |

| | | |
|----|--|----|
| 4. | BESKRIVNING AV FÖRSÖKSUTRUSTNING | 42 |
| 5. | RESULTAT FRÅN PROVELDNING | 46 |
| | 5.1 Mätutrustning | 46 |
| | 5.2 Bränsle | 48 |
| | 5.3 Försökens syfte | 48 |
| | 5.4 Försöksresultat | 49 |
| 6. | SLUTSATSER. FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE | 57 |
| 7. | REFERENSER | 59 |

FÖRORD

Föreliggande rapport utgör slutrapport för BFR:s projektanslag nr 830021-1 "Fastbränsle/el - kombisystem för småhusuppvärmning" till Fasta Bränslen AB och TELLUS ENERGI AB.

För rapportens olika avsnitt svarar författarna enligt följande:

Kapitel 1 och 2: Tor Leif Andersson, TELLUS ENERGI AB
Kapitel 3 : Mikael Bernakiewicz, Fasta Bränslen AB
Kapitel 4 och 5: Henrik Lundberg, Fasta Bränslen AB
Kapitel 6 : Tor Leif Andersson, TELLUS ENERGI AB
Henrik Lundberg, Fasta Bränslen AB

Kapitel 1 och 2 skrevs under perioden maj-juni 1984. De experimentella arbetena avslutades först i december 1984, vilket innebär att de kapitel som beskriver experimenten skrevs under januari 1985. Referensmaterial till kapitel 1 baseras på vad som fanns tillgängligt våren 1984. Därefter har en del uppdaterat material publicerats vad gäller både energiprognoser och småhusuppvärmning. Detta material påverkar dock inte de slutsatser som dragits i kapitel 1.

Stockholm i januari 1985

Författarna

TILLÄGG TILL FÖRORDET

Slutrapporten levererades till BFR i februari 1985. På grund av att stora förseningar uppstått med rapportproduktionen vid BFR gick den i tryck först i oktober 1986, dvs 20 månader senare.

Detta har medfört att en del av bakgrundsmaterialet blivit inaktuellt. Detta gäller bl a vissa energipriser och -skatter. Trots detta har vi - efter samråd med BFR - avstått från att göra en överarbetning av rapporten i dessa avseenden, eftersom rapportens slutsatser ändå huvudsakligen är kvalitativa. De fastbränsle/el - kombisystem för småhusuppvärmning som diskuteras skall framförallt uppfattas som intressanta alternativ på längre sikt i ett samhälle som förutsätts ha relativt höga oljepriser och dessutom ett rätt högt elpris under eldningssäsongen.

Stockholm i oktober 1986

Författarna

SAMMANFATTNING

I rapportens marknadsavsnitt diskuteras den situation som kan uppstå i samband med kärnkraftavvecklingen för alla de småhus som tidigare haft oljeeldning och som konverterat till vattenburen elvärme. När elpriset efterhand stiger och kraftig tidsdifferentiering av eltaxan börjar tillämpas kan kostnaden för elvärmens vintertid komma att bli så hög att en ny konverteringsvåg blir följd. En tänkbar möjlighet är då konvertering till fastbränsleeldning om oljepriset fortfarande är så högt att inte återkonvertering till olja blir gynnsammare.

I detta projekt diskuteras ett kombisystem baserat på elvärme under vår, sommar och höst och fastbränsleeldning under vintern. En eldningsutrustning för fasta bränslen som endast skall köras vid relativt hög last kan ges en enklare utformning än en sådan som skall kunna regleras ned till mycket låga nivåer.

I rapporten beskrivs praktiska försök med en förugn för pelleteldning. Förugnen monteras direkt på en konventionell oljepanna som används som värmväxlare mellan de heta förbränningsgaserna och radiatorvattnet. Ugnen har provkörts i ett antal försöksserier och uppvisat mycket goda resultat vad avser effektutveckling och förbränningsegenskaper (låga nivåer av skadliga emissioner till atmosfären). Förugnen bör vidareutvecklas till en prototyp med konstruktion och materialval som tillåter användning i vanliga villapannrum och som har lång förväntad livslängd.

Marknadsintresset för fastbränslesystem av det aktuella slaget är mycket svagt så länge god tillgång finns på billig elkraft. Någon utveckling av sådana system kan därför f n ej förväntas ske spontant. Eftersom fastbränsleeldning i småhus vintertid kan vara ett bra sätt att kapa bort en del av vintertoppen på elefterfrågan bör dock intresse ägnas sådana lösningar så att beprövad teknik finns klar när kärnkraftavvecklingen börjar märkas på elproduktionskapaciteten.

1. MARKNADEN

1.1 Småhusbeståndet, dess förväntade utveckling och uppvärmning

För att kunna bedöma den framtida marknadspotentialen för sådana kombisystem, som studeras i detta projekt, måste uppskattningar och antaganden göras av:

- det framtida småhusbeståndet och dess energibehov
- alternativa uppvärmningssätt för småhus.

I en rad statliga energiutredningar har dessa frågor belysts. Exempel på tidigare sådana är:

- EFA-2000. Energiförsörjningsalternativ för Sverige år 2000 DFE-rapport nr 5, 6.
Delegationen för energiforskning, Stockholm 1977
Liber Förlag
- Energi. Betänkande av energikommissionen. SOU 1978:17 Liber Förlag
- Om vi avvecklar kärnkraften. Betänkande av konsekvensutredningen SOU 1979:83
Liber Förlag

Därtill brukar bostadsbeståndets utveckling behandlas i ett något mer kortsiktigt perspektiv i de långtidsutredningar som finansdepartementet utger med några års mellanrum och som huvudsakligen behandlar de närmaste 5 åren. Senaste utgåvan heter LU 84.

Det utredningsmaterial av mer långsiktig karaktär som är mest aktuellt (maj 1984) och som behandlar bl a småhusuppvärmning är det som tagits fram som underlag till den nu sittande 1981 års energikommitté (EK 81).* Denna tillkom efter folkomröst-

* Under hösten 1984 har EK 81 avgivit sitt betänkande (SOV 1984:61, "Istället för kärnkraft"). Vidare har statens energiverk utgivit en ny prognos ("Energi perspektiv 1970-95", statens energiverk 1984:7). En ny elprognos har även publicerats av Kraftsam ("Elkonsumtionen i

ningen om kärnkraft och har till uppdrag att föreslå hur omställningen av det svenska energisystemet från kärnkraft och olja skall ske.

Av särskilt intresse för det här aktuella projektet är följande rapporter som tagits fram av olika arbetsgrupper inom EK 81:

- Bebyggelsens förändringar i Sverige år 1980-2010. DsI 1983:14
- Så kan vi värma Sverige. DsI 1983:15
- Miljö- och hälsoeffekter av framtida uppvärmningssystem. DsI 1983:16

1981 års energikommitté väntas presentera sitt slutbetänkande under hösten 1984, varför man ännu inte behandlat och tagit ställning till rapporterna från arbetsgrupperna.

För vårt projekt har vi ansett det rimligt att i marknadsbedömningen utgå från ovan nämnda EK 81-material, som uppfyller kraven att vara både aktuellt och långsiktigt inriktat.

I DsI 1983:14 ges följande tabell över småhusbeståndet för permanent boende år 1981. Källor: SCB samt Allmänna Fastighetstaxeringen 1981.

Tabell 1.1 Småhusbeståndet (för permanent boende)

| Nybyggnads- period | Antal hus | % | Genomsnittlig boyta m ² |
|-----------------------|--------------|-----|---------------------------------------|
| före 1921 | 343.987 | 21 | 113 |
| 1921-1940 | 282.579 | 17 | 111 |
| 1941-1950 | 150.989 | 9 | 105 |
| 1951-1960 | 166.676 | 10 | 104 |
| 1961-1965 | 124.323 | 8 | 109 |
| 1966-1970 | 152.130 | 9 | 118 |
| 1971-1975 | 217.695 | 13 | 126 |
| 1976-1980 | 194.653 | 12 | 132 |
| Uppg. saknas | 6.074 | 1 | - |
| TOTALT | 1.639.106 | 100 | 115 |

Under senare år har nyproduktionen av bostäder och då även småhus minskat kraftigt. Man räknar med att under resten av 1980-talet samt under 1990-talet kommer investeringarna för underhåll och ombyggnad att överstiga nybyggnadsinvesteringarna. Den s.k. ROT-sektorn (Reparation, Ombyggnad, Tillbyggnad) väntas bli större än nybyggnadssektorn.

Om vi får en standardhöjning som medför en ökad efterfrågan på småhus kan man enligt DsI 1983:14 räkna med ett nybyggnadsbehov på ca 20-25.000 småhus per år under perioden 1985-2000. Nästan alla dessa hus kommer att ligga i anslutning till större tätorter.

Någon mer omfattande volymsutveckling inom småhusbeståndet väntas alltså inte under de närmaste decennierna. Bebyggelse är för övrigt generellt en energiförbrukare vars volym ändras relativt långsamt på grund av byggnaders långa livslängd

(jämfört med andra energiförbrukare som motorer, processutrustning etc). För översiktliga marknadsbedömningar kan man alltså anta att småhusbeståndet är i stort sett konstant under de närmaste 25 åren.

En ganska god bild av hur småhusen fördelar sig på olika uppvärmningsformer fås ur material från Statistiska Centralbyrån (SCB) (1). I en speciell bearbetning som SCB utfört för Kraftverksföreningens utvecklingsstiftelse VAST och som redovisas i (2) har man tagit fram fördelningen av småhusen på olika energianvändningsklasser. Siffrorna som återges i nedanstående tabeller avser år 1980. Sedan dess kan man uppskatta att ytterligare 200 å 250 tusen oljeeldade småhus konverterat till vattenburen elvärme och 30-40 tusen till värmepump. I siffrorna är även i förekommande fall inkluderat den energi som används i form av ved för eldning i öppen spis, kombinationspanna etc, omräknat till ekvivalent mängd el eller olja.

Resterande antal av de totalt ca 1.6 miljoner småhusen i landet värms antingen med el och bränsle i kombination, med enbart fasta bränslen eller via fjärrvärme. Antalet hus som kan använda el i kombination med olika bränslen uppskattas till ca 240 tusen (2). Även i gruppen "enbart elvärme" finns en viss andel som har vattenburet system och som har kvar en skorsten från tidigare oljeeldning. Totalt bör man alltså kunna räkna med åtminstone 800 000 småhus eller ca halva det totala beståndet som en framtida potentiell marknad för fastbränsle/elkombisystem.

Tabell 1.2 Småhusens fördelning på energiförbrukning och uppvärmningsform

| Småhus med enbart elvärme | | Småhus med panna för enbart olja | | Småhus med panna för olja och ved | |
|---------------------------|-------------------|------------------------------------|-------------------|------------------------------------|-------------------|
| Förbrukning, tusen kWh/år | Antal hus (tusen) | Förbrukning m ³ olja/år | Antal hus (tusen) | Förbrukning m ³ olja/år | Antal hus (tusen) |
| < 10 | 3 | < 1.5 | 1.7 | < 1.5 | 3 |
| 10-15 | 50 | 1.5-2 | 8.3 | 1.5-2 | 10 |
| 15-20 | 110 | 2-2.5 | 25 | 2-2.5 | 27 |
| 20-25 | 129 | 2.5-3 | 54 | 2.5-3 | 54 |
| 25-30 | 92 | 3-3.5 | 71 | 3-3.5 | 57 |
| 30-35 | 46 | 3.5-4 | 54 | 3.5-4 | 49 |
| 35-40 | 23 | 4-5 | 52 | 4-5 | 58 |
| 40-50 | 12 | 5-6 | 23 | 5-6 | 23 |
| 50-60 | 5.5 | 6-7 | 10 | 6-7 | 8 |
| 60-70 | 2 | 7-8 | 6 | 7-8 | 5 |
| 70-80 | 0.1 | > 8 | 7 | > 8 | 2 |
| > 80 | 0.8 | | | | |
| Summa: 473 tusen | | Summa: 312 tusen | | Summa: 296 tusen | |

1.2 Uppvärmingsalternativ för småhus

I det nu pågående oljeersättningsprogrammet ersätts efterhand oljeeldning i enskilda småhus med elvärme. På en del håll sker i stället en anslutning av småhusen till fjärrvärmenät men för det helt övervägande antalet småhusägare är en övergång till elvärme det alternativ som kommer i fråga. Denna konvertering är helt i linje med den nationella och kommunala energiplaneringen.

Med nuvarande olje- och elpriser är det som regel dessutom en god affär för husägaren att snarast ersätta oljeeldningen med eluppvärmning. Detta har medfört att konverteringen på senare år gått mycket snabbt.

Konverteringen till elvärme i tidigare oljevärmda småhus innebär vanligen att man gjort någon av följande installationer:

- ny elpanna
- ny kombipanna (helt klar för el, olja och ev tillfällig fastbränsleeldning)
- ny elkassett ansluten till bef. panna
- nya elpatroner monterade i bef. panna (förberedd för sådana)

I samtliga alternativ behåller man ofta möjligheten att elda med olja även i fortsättningen. Detta har för övrigt varit ett krav för att man skulle få energilån från Bostadsstyrelsen till investeringarna i samband med övergången till elvärme.

De aktuella husen har alltså även fortsättningsvis vattenburet värmesystem samt tillgång till en skorsten som klarar åtminstone oljeeldning.

Konventionell vedeldning med antingen manuell styckevedseldning eller stokermatad fliseldning förekommer på många håll i småhus som ligger utanför tätbebyggda områden. Sådana system ger god ekonomi om man har tillgång till gratis ved eller kan köpa den billigt. Har man inte möjlighet att få bränslet billigt så väljer man med fördel elvärme istället och slipper då ifrån en del investeringar samt arbetet med bränslehantering och tillsyn.

1.3 Elvärmens roll för kraftproduktionssystemet

Förbrukningen av elkraft i Sverige är starkt beroende av årstid, veckodag och tid på dygnet. Medelförbrukningen per vecka är ungefär dubbelt så hög i januari som i juni. Ju mer elvärme som introduceras i landet desto större blir "vintertoppen" i vårt elbehov.

För att möta dessa kraftiga årstidsvariationer använder sig kraftindustrin av olika slag av kraftverk med olika egenskaper vad gäller reglerbarhet och kostnadsstruktur. En översiktlig beskrivning av vårt elkraftssystem ges i bilaga 3 i (3).

Några väsentliga förhållanden att beakta när man diskuterar introduktion av elvärme i kombination med kärnkraftavveckling berörs i det följande.

För närvarande används en stor andel kärnkraft som basproduktion under vintern och en något mindre

andel under sommaren (se fig 1.1). Vattenkraften tar upp större delen av effektvariationerna och svarar för merparten av den återstående elenergiproduktionen. Visst tillskott av annan värmekraft (än kärnkraft) förekommer under vintern främst från kraftvärmeverk i fjärrvämenäten och från mottrycksanläggningar i industrin. För de dominerande bidragen - vattenkraft och kärnkraft - gäller att den rörliga kostnaden är låg.

Om man behåller en stor elvärmeförbrukning även vid den tid när kärnkraftverken enligt gällande planer skall tas ur drift måste man även planera för en motsvarande kraftproduktionsapparat som kan tas i anspråk under uppvärmningssäsongen. Bortfallet av kärnkraft måste i erforderlig grad då ersättas med annan värmekraft, såvida inte avsevärd mängd ytterligare vattenkraft byggs ut. Närmast till hands liggande är då i första hand en mer omfattande installation av kraftvärmeproduktion i fjärrvärm nätet och i andra hand introduktion av kolkondenskraftverk. Elproduktionskostnaden vid kraftverk har för nya stora koleldade kraftvärmeverk omkring år 2000 uppskattats (3) till ca 20 öre/kWh vid 4.000 h utnyttjningstid medan motsvarande siffra för stora kolkondenskraftverk väntas ligga i intervallet 25-30 öre/kWh vid 6.000 h årlig utnyttjningstid. För kolkondenskraftverk med kortare utnyttjningstider ökar elproduktionskostnaden. Vid 4.000 h fås en ökning med ca 5 öre. Då har man räknat med ett kolpris på ca 500 kr/ton vid verket. Alla priser i 1982 års penningvärde. Till dessa produktionskostnader vid kraftverket skall läggas kostnader för distributionen (inklusive distributionsförluster), kraftbolagens och distributörernas marginaler samt elskatt. Det står alltså helt klart att elkraft för

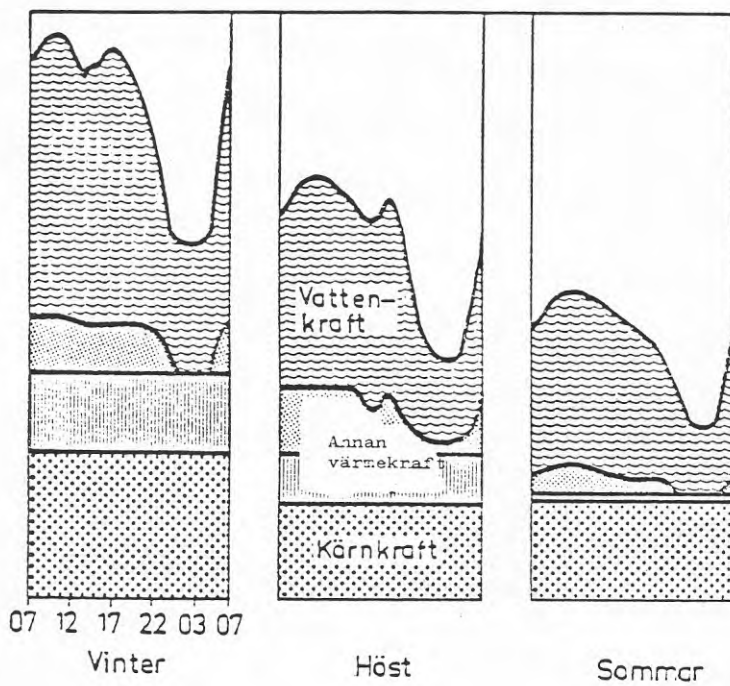


Fig 1.1 Exempel på produktionsfördelning under ett dygn.
(Källa: NE/VIND 82/29)

uppvärmningsändamål vintertid efter kärnkraftavvecklingen inte kan påräknas efter samma låga taxor som nu gäller. Elpriset kan då bli så högt att behov uppstår för en ny konvertering av småhusen från elvärme till något billigare.

Kraftindustrin har i viss mån redan börjat att introducera tidsdifferentierade tariffer för kvalificerade förbrukare, däribland elvärmekunder. Utan att man höjer den totala årskostnaden för en elvärmeabonnent gör man en strukturering av tariffen så att ett högre pris per kWh tas ut när efterfrågan är hög och ett lägre när efterfrågan är låg.

Ek-81:s uppvärmningsgrupp (4) har för sina modellberäkningar använt ett vinterdagpris som är 1.5 x medelpriset och ett sommarpris som är 0.6 x medelpriset. Priset under våren och hösten samt under vinternätter är lika med medelpriset. Därtill har man antagit att elpriset ej stiger realt fram till 1990 men att det därefter för små förbrukare stiger med 60% under perioden 1990-2000. Utgår man från ett elvärmepris år 1984 på 19 öre/kWh (exklusive skatt) i 1984 års penningvärde skulle man alltså mycket grovt kunna anta följande elprisscenario för perioden efter år 2000.

| | |
|---------------------------|---------------|
| Medelpris ca 1.6 x 19 öre | = ca 30 öre |
| Sommar | = ca 18 öre |
| Vår, höst, vinternatt | = ca 30 öre |
| Vinterdag | = ca 46 öre |
| | (exkl. skatt) |

Det är alltså mot denna tilltänkta framtida prisbild för elvärmeabonnenter som man skall bedöma konkurrenskraften hos andra uppvärmningssätt för

småhus. Räknat efter 8 timmars natt-taxa (kl 22-06) fås ett medelpris för hela vinterdygnet på ca 41 öre/kWh.

Kan man med fördel elda med olja eller annat bränsle under den period då elpriset är så högt som över 40 öre/kWh? Ser man endast till bränslekostnaden och tar hänsyn till skillnader i verkningsgrad vid användning av el, olja och fasta bränslen så kommer man fram till att vid oljepris lägre än ca 3.000 kr/m³ respektive fastbränslepris lägre än ca 27 öre/kWh blir eldning med bränsle billigare än elvärme. Härtill måste man givetvis ta hänsyn till andra kostnader än bränslekostnaden men om investeringskostnader och övriga driftkostnader kan hållas tillräckligt låga bör det uppenbarligen finnas utrymme för en konvertering från 100% elvärme till kombisystem med elvärme vår-sommar-höst och eldning med bränsle under vintern. Med tillräckligt lågt oljepris kan därvid återkonvertering till oljeeldning bli attraktivt eftersom det systemet är så pass lättskött. Eftersom en så stor andel av energiförbrukningen som ca 70% sker under vintern (se avsnitt 2.1) så skulle en viktig bit av oljeersättningsprogrammets resultat spolieras om man gick tillbaka till oljeeldning på detta sätt. För att undvika att småhussektorn hamnar i ett nytt oljeberoende bör man därför söka utveckla ett enkelt och billigt eldningssystem för fasta inhemska bränslen, som kan utnyttjas i småhus under vintersäsongen. Detta är avsikten med föreliggande projekt.

Till ovanstående kvalitativa resonemang kan fogas följande uppgifter om storleken av elförbrukningen för elvärme. Nettoförbrukningen år 1980 för elvärme var 12,5 TWh (4), vilket motsvarar bortåt 15% av

hela elförbrukningen räknat i användarledet. Man räknar i Kraftsams elprognos (5) med att elvärmens elförbrukning nästan fördubblas mellan 1980 och 1990 till ca 26 TWh/år. I den siffran inkluderas då även el för drift av värmepumpar. Samtliga siffror här inkluderar även den mindre mängd elvärme som förbrukas i flerbostadshus. EK-81:s uppvärmningsgrupp menar att elanvändningen för uppvärmning år 1990 kan bli så hög som 30-35 TWh/år främst på grund av installation av stora avkopplingsbara elpannor.

En mer detaljerad kvantitativ analys av elbalansen år 1990 ligger utanför detta projekts ramar. Det framgår dock tillräckligt klart att ett elbehov för elvärme på ca 26 TWh/år (kraftigt toppat under vintermånaderna), vid en total elförbrukningsnivå på ca 100 TWh eller däromkring är en tung post.

1.4 Fördelar med fastbränsle/el - kombisystem för konsumenten och för kraftindustrin

Fördelarna för konsumenten (småhusägaren) med att välja ett kombisystem blir enbart av kostnadsnatur. Givetvis blir ett system som inkluderar bränslehantering, utaskning, sotning etc mindre bekvämt än ren elvärme som nära nog sköter sig själv i alla lägen. Om kostnadsfördelen blir tillräckligt stor och eftersom eldnings säsongen för kombisystemet omfattar mindre än halva året (typiskt ca 5 månader) kan det dock väntas att den något minskade bekvämligheten mer än väl kompenseras av den ekonomiska vinsten i många villaägares ögon.

Man kan utgå ifrån att endast förädlade inhemska fastbränslen kommer i fråga för användning i tät

småhusbebyggelse (jfr kapitel 3). Vad kommer sådana bränslen att kosta mot slutet av seklet? Detta är givetvis mycket svårt att bedöma. De nuvarande (maj 1984) priserna på pellets och briketter som ligger runt 600-800 kr/ton (motsvarande ca 35-48 kr/GJ eller ca 13-18 öre/kWh) ligger troligen något lågt på grund av den rådande överetableringen av bränslefabriker. Marginalen upp till det förväntade vinter-elpriset är dock så stor att den framtida marknaden kan bedömas som lovande. Med hänsyn tagen till de olika verkningsgrader man får med olika uppvärmningssätt fås följande ungefärliga relativa prisbild, räknat på nettoenergin som pannan levererar till husets värmesystem.

| Bränsle | Antaget (exkl. skatt) | Relativ verkningsgrad | Resultterande värmepris (exkl skatt) |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------|--|
| el | 41 öre/kWh | 1.0 | 41 öre/kWh |
| olja | 22 öre/kWh | 0.75 | 29 öre/kWh |
| pellets/ briketter | 13-20 öre/kWh | 0.65 | 20-30 öre/kWh |

För närvarande (maj 1984) gäller att elskatten är 5.2 öre/kWh. Oljeskatten inkl. särskilda avgifter är ca 5.3 öre/kWh räknat på bränslet och alltså ca 7 öre/kWh räknat på värmen i tabellen ovan.

De inhemska fastbränslena är sedan 1 juli 1983 befriade från skatt. I tabellen ovan har använts det nuvarande oljepriset för lätt eldningsolja (ca 2.700 kr/m³ inkl. skatt, maj 1984). Hur oljepriset utvecklas på lång sikt är ännu svårare att bedöma än motsvarande för elpris och fastbränslepris. Möjligheten finns att oljebranschen försöker hålla nere priset på villaolja för att på så sätt åter-

erövra förlorade marknadsandelar inom uppvärmningssektorn och i så fall kan förutsättningarna för introduktion av fastbränsle/el- kombisystem bli mycket dåliga.

För kraftindustrins del skulle en omfattande introduktion av bränsle/el- kombisystem (baserade på olje- eller fastbränsleeldning) bidra till att minska belastningen på elproduktionssystemet under vinterperioden och samtidigt ge ett bättre utnyttjande av detsamma under resten av året. Kombisystemen ger alltså en mer utjämnad årsvariation av belastningen på elsystemet vilket leder till längre utnyttjningstider hos befintliga kraftverk och minskat behov av nybyggnad av kraftverk som endast kan köras under kort tid av året.

2. SMÅHUSUPPVÄRMNING

2.1 Energi och effektbehov

Energibehovet för uppvärmning av ett småhus beror på en lång rad faktorer som hänger samman med bl a:

- läget
- standarden (isoleringsstandard, ventilationsstandard etc)
- byggnadens storlek och form
- de boendes krav på temperaturkomfort
- de boendes energimedvetenhet.

I detta sammanhang finns ingen anledning att närmare gå in på själva slutanvändningen av uppvärmningsenergin i husen. För denna studie kan det räcka med att konstatera att en typisk energiförbrukning för uppvärmning och tappvarmvattenberedning i ett småhus ligger i intervallet

- 2.5-5 m³ olja per år vid oljeeldning
(ca 75% av beståndet)
- respektive 15-35.000 kWh el vid elvärme
(ca 80% av beståndet)
- (se tabell 1.2)

Vid en diskussion om alternativa uppvärmningssätt är det av stor vikt att även känna till hur denna årliga energiförbrukning fördelar sig över året.

För ett småhus i Nyköping (6) har följande fördelning mätts upp (medelvärden från tre års mätningar hösten 1979 - hösten 1982). Resultaten avser en oljepanna försedd med en 105 liters förrådsberedare för tappvarmvatten. Siffrorna avser oljeförbrukningens fördelning över året (avrundat till hela procent).

| | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| jan | feb | mar | apr | maj | jun | jul | aug | sep | okt | nov | dec |
| 15% | 16% | 12% | 8% | 5% | 3% | 2% | 2% | 3% | 8% | 12% | 14% |

För den här aktuella studien, som avser säsongsanvändning av fastbränsle- respektive eluppvärmning, kan man ur tabellen ovan sluta sig till följande. Om man väljer att indela året i två perioder som sammanfaller med dem som på många håll tillämpas för eltaxans s.k. säsongstariff, så gäller i stora drag att

- under femmånadersperioden november-mars förbrukas ca 70% av den energi som årligen tillförs småhusets panna. Denna period motsvarar säsongstariffens högtaxetid
- under sju månadersperioden april-oktober förbrukas ca 30% av den tillförda årsenergin till pannan. Denna period motsvarar säsongstariffens lågtaxetid.

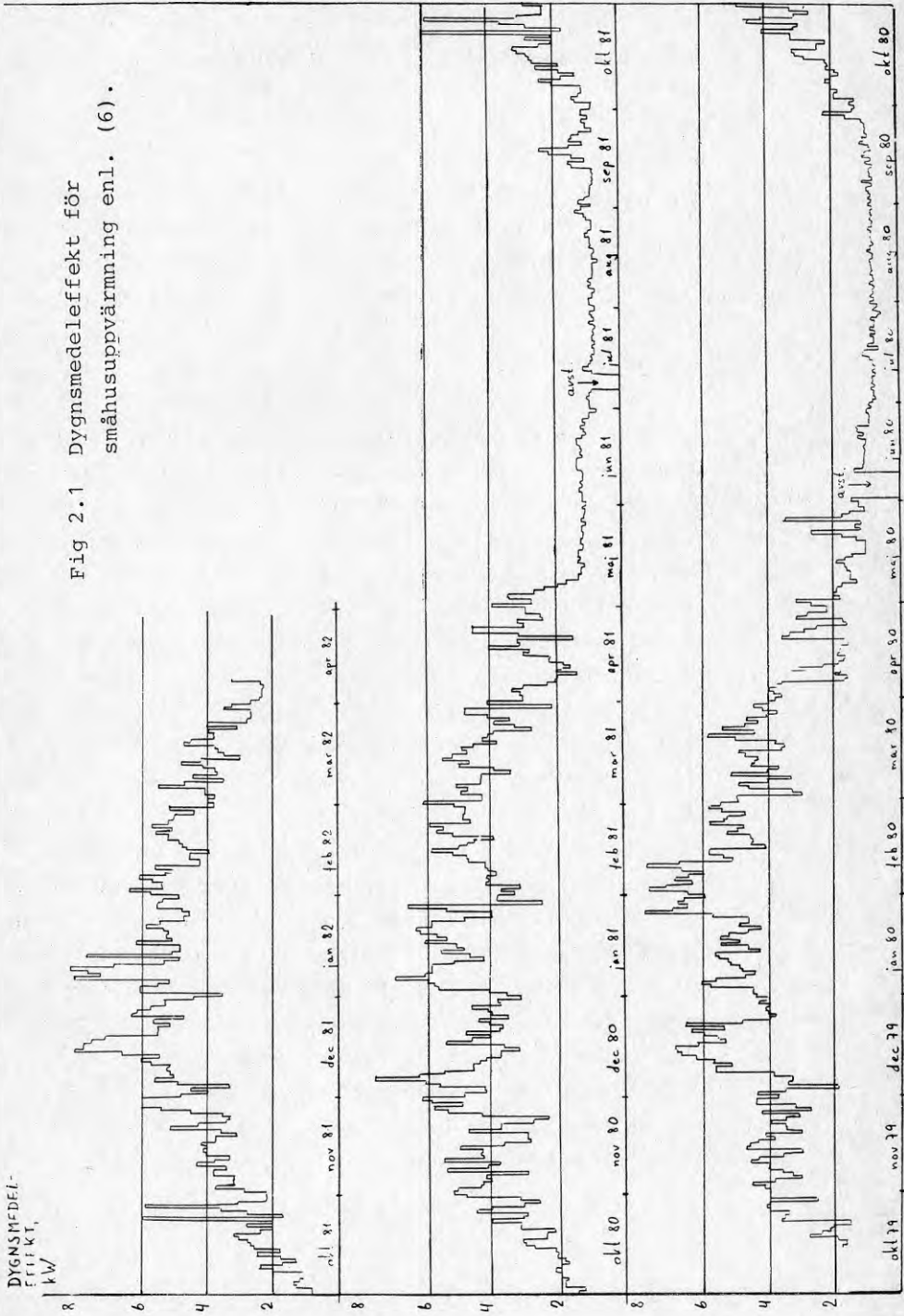
Effektbehovet för uppvärmning och tappvarmvattenberedning varierar beroende på utetemperatur och dess variationer, väderleken, typ av system för tappvarmvattenproduktion, tidsstyrning av innetemperatur etc.

För tappvarmvattenberedningen gäller att tillgång till ackumulator för varmvatten reducerar effektbehovet medan momentan beredning av varmvatten i takt med efterfrågan ger högre effektbehov.

Dygnsreglering av innetemperaturen med en eller flera sänkingsperioder per dygn ger högt effektbehov när innetemperaturen inom loppet av ett par timmar skall höjas några grader.

De tidigare nämnda mätningarna från ett småhus i Nyköping avser dagliga avläsningar av drifttidsmätaren för oljebrännaren. Med kännedom om brännarmunstyckets kapacitet kan dessa mätvärden direkt omräknas till energiförbrukning per dag (kWh bruttoenergi i den förbrukade oljan). Divideras de så erhållna energiförbrukningsvärdena med 24 h fås dygnsmedeleffekten i kW som pannan förbrukat i form av olja. I fig. 2.1 har illustrerats hur den sålunda erhållna dygnsmedeleffekten varierar från dygn till dygn under en treårsperiod. Ur diagrammet fås en god bild av hur dygnsmedeleffekten varierar med årstiden och även hur den påverkas av varmare och kallare perioder under vintern. Det aktuella huset är ett 1 1/4 plans kedjehus med bostadsytan 145 m² och har en årlig oljeförbrukning på ca 2.5 m³/år, vilket är en relativt låg förbrukning (jfr tabell 1.2). Det visar sig också att dygnsmedeleffekten inte ens i extremfallen överstiger 8 kW (inklusive förlusterna vid förbränningen). Om man som i detta fall har en hygglig förrådsberedare för tappvarmvatten och om man avstår från alltför extrema krav på snabb dygnsreglering av temperaturen bör man alltså kunna klara ett sådant hus med en 6 kW elpatron även kallaste vinterdagen, tack vare den högre verkningsgraden.

Att utrusta ett sådant hus med 9 å 12 kW elvärme (istället för ca 6 kW) bidrar endast till att öka investeringskostnaden och den årliga säkringsavgiften för husägaren samt till att eldistributionsnätet blir illa utnyttjat. Väljer man en fastbränslepanna på 15-25 kW (vilket är en vanligen förekommande storlek som är avsedd för villor) måste man låta pannan arbeta mot en ackumulator. Någon större grad av reglerbarhet i effektområdet 0-8 kW kan man



givetvis inte påräkna hos en sådan anläggning.

En närmare analys av mätvärdena i diagrammet ger följande månadsmedelvärden (av dygnsmedelvärdena).

Tabell 2.1

| | nov | dec | jan | feb | mar |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1979-80 | 3.88+0.53 | 4.92+1.21 | 5.40+0.83 | 5.75+0.95 | 4.34+0.66 |
| 1980-81 | 4.33+0.99 | 4.56+0.98 | 5.22+1.08 | 4.61+0.68 | 4.29+0.78 |
| 1981-82 | 3.95+0.94 | 5.62+1.10 | 5.59+1.10 | 4.99+0.60 | 3.71+0.65 |
| Medelvärde: | 4.05 | 5.03 | 5.40 | 5.12 | 4.11 |

Det statistiska materialet från tre års mätningar är trots allt rätt begränsat och någon alltför pretentiös analys bör därför inte göras. I tabellen 2.1 ovan har för varje månadsmedelvärde även angivits standardavvikelsen 1σ . Vore mätvärdena för varje månad normalfördelade (vilket de som regel inte är för en enskild månad men rimligen bör vara för en given månad under ett stort antal år) skulle alltså:

ca 68% av månadens dagar hamna inom $\pm 1\sigma$
ca 95% inom $\pm 2\sigma$

Fortfarande utan att pressa mätdata alltför hårt bör man kunna tillåta sig att konstatera att om det aktuella huset skulle förses med en fastbränslepanna för fem månaders drift per år så bör pannan väljas med max ca 7-8 kW bränsleeffekt. Om pannan manuellt kunde ställas in på två olika lägen t ex:

läge "hög" (medeleffekt ca 6 kW)

läge "låg" (medeleffekt ca 3 kW)

och den därtill hade automatik för en "finreglering" av effekten på max ca $\pm 30\%$ av medeleffekten i

takt med efterfrågan skulle ingen extra ackumulator behövas. Den enda tillsyn som skulle behövas är att man väljer läge "hög" eller "låg" alltefter vilken del av eldningssäsongen man befinner sig i och om man har en särskilt kylig eller mild period. Givetvis kan även sådan omställning göras med automatik men i ett system som är avsett att arbeta med manuell bränslepåfyllning åtminstone 1 gång per dygn borde man lika gärna kunna göra omställningen manuellt för att hålla kostnaden nere.

De refererade mätningarna avser som nämnts ett relativt energisnålt småhus (ca 2.5m³ olja/år) men slutsatserna ovan torde vara giltiga även för andra hus, även om beloppen givetvis ändras.

Vad som framför allt är viktigt för att hålla nere effektvariationerna är att man har en väl avpassad volym på förrådsberedaren samt att man i möjligaste mån undviker alltför stora krav på dygnsreglering av inomhustemperaturen.

2.2 Effektreglering av uppvärmningssystem för småhus

Vid oljeeldning i småhus körs oljebrännaren under allt längre perioder vid ökande effektbehov. Effekten kan sägas vara reglerbar från noll (helt avstängd oljebrännare) till maximala effekten vilket motsvarar att brännaren går utan avbrott. Anläggningens maximala effekt begränsas av pannkonstruktionen, brännarens max kapacitet samt av val av brännarmunstycke. Effektregleringen fungerar alltså enkelt genom on-off-reglering av oljebrännaren. I något större pannor för flerbostadshus med några tiotal lägenheter förekommer ibland oljebrännare som är reglerbara i två steg, t ex halv kapacitet

eller full kapacitet, men sådana system är ovanliga för småhus.

När uppvärmningen sker med elpannor eller med el-patroner i oljepannor sker vanligen effektregleringen genom att den elektriska uppvärmningseffekten kopplas in i steg. Exempelvis kan en 12 kW elpanna vara reglerbar i 6 steg om vardera 2 kW. Detta ger en mycket mjuk och följsam effektreglering och man undviker ständiga in- och urkopplingar av högre effekter vilket även är en fördel för elnätet.

När det gäller fastbränsleeldning är det inte lika enkelt att få en snabb och effektiv reglering av effekten. Olika system finns dock som klarar av en viss effektreglering. T ex kan ett system med rosteldning av flis som matas med stoker till pannan effektregleras via stokerstuvén. När panntemperaturen är tillräckligt hög stoppas inmatningen av flis så att endast en underhållsfyr vidmakthålls på rosten. När panntemperaturen sjunkit till sin nedre gräns startar skruven, mer bränsle matas in och panntemperaturen stiger. Förutom den reglerbara bränsletillförseln finns även möjlighet att reglera lufttillförseln (draget) och därigenom styra förbränningshastigheten.

Vid satsvis eldning med fasta bränslen är reglerbarheten för effekten väsentligt sämre. I en panna med överförbränning blir normalt effektutvecklingen mycket hög en stund efter bränslepåfyllningen om inte lufttillflödet stoppas. En mer utsträckt brinntid kan då erhållas genom s.k pyreldning men ett sådant förfarande leder då i stället till oacceptabla utsläpp av skadliga ämnen i rökgaserna.

För att man skall få en förbränningsprocess som är miljömässigt acceptabel även i tätortsbebyggelse krävs i sådana fall att man kopplar en värmeackumulator till pannan så att bränslesatsen kan eldas upp med rejäl lufttillförsel (alltså hög effekt) utan att man spiller bort den energi som huset för ögonblicket inte efterfrågar. Har man möjlighet att tillföra bränsle flera gånger under dygnet kan behovet av ackumulatorkapacitetet hållas relativt lågt. Vill man däremot begränsa tillsynen till bränslepåfyllning morgon och kväll krävs en ackumulatorvolym av storleken en eller ett par m³ om energin skall lagras i vatten. T ex motsvarar fyrtio graders temperaturhöjning hos 1 m³ vatten en energimängd på ca 45 kWh. Den siffran bör ses i relation till ett typiskt dygnsenergibehov för ett småhus vintertid på ca 100-150 kWh. Välisolerade ackumulatortankar i olika storlekar som går att ta in genom vanligen förekommande dörröppningar finns på marknaden i ett flertal fabrikat. Konverterings-satser finns även för ombyggnad av en befintlig oljetank till varmvattenackumulator.

Med en väl dimensionerad ackumulatorvolym kan alltså eldning utföras under korta perioder med hög effekt och däremellan kan elden tillåtas släckas i pannan. Typiska eldningsintervaller kan då vara 1-2 gånger per dygn under vintern och ett par gånger i veckan under sommaren (tappvarmvattenberedning).

Ett sådant system bör även förses med elpatroner (monterade i panna eller ackumulator) så att uppvärmningen fungerar även om ingen eldning sker periodvis då ingen är hemma.

Nackdelarna med denna typ av satsvis eldning är framför allt:

- rel. hög investeringskostnad för stor panna, ackumulatortankar etc.
- stort utrymmesbehov
- ojämnt förbränningsförlopp. Svårighet att klara utsläppsnormerna under samtliga faser i eldningscykeln.

En del pannor på marknaden uppges reglera förbränningsintensiteten (effekten) genom strypning av luftflödet till primär- och sekundärbrännkamrarna. Veterligen har dock ingen tillverkare hittills lyckats med ett sådant reglersystem och samtidigt fått pannan att klara SNV:s riktvärden för tillåtna utsläpp. Vid strypning av lufttillflödet får man s.k pyrelldning som i sin tur ger höga halter av skadliga ämnen i rökgasen. Den enda panna som hittills (mars 84) uppges ha klarat SNV:s riktvärden är Torsbypannan, som arbetar med underförbränning och rekommenderas arbeta mot en ackumulatortank med eller utan slinga för tappvarmvattenberedning.

Idén med den systemlösning som studeras i detta projekt kan sammanfattas i följande punkter:

- Under hela sommarsäsongen (inkluderande en del av vår- och höstperioderna) när elkraft förväntas finnas tillgänglig till lågt pris skall man överhuvudtaget inte elda alls i pannan utan all uppvärmning sker med el. Därigenom uppnår man dels en låg "bränslekostnad" och dels att man kan

utnyttja elvärmens utomordentliga regleregenskaper under den del av året då effektbehovet är mycket lågt. Eldningsutrustningen behöver alltså aldrig köras på extremt låg medeleffekt, eftersom den endast används under perioden nov-mars.

- Fastbränslepannan väljs med en medeleffekt som baseras på den kunskap man har om det verkliga effektbehovet i småhus, så att man i möjligaste mån slipper extra ackumulatortankar. Detta betyder i klartext att för de flesta villor bör panneffektern ligga i intervallet 5-10 kW.
- Effekten bör vara manuellt omkopplingsbar med hänsyn till kalla respektive milda perioder. Denna omställning bör kunna åstadkommas t ex genom att pannans brinnzon görs större eller mindre.
- Effekten bör vara automatiskt reglerbar inom \pm ca 30% av den valda medeleffekten enligt föregående punkt.
- Pannan bör vara försedd med en relativt stor vattenvolym. Eventuellt kan en separat mindre ackumulator accepteras. Panna + ackumulator skall kunna rymmas i ett normalt villapannrum.

3. TEKNIK FÖR FASTBRÄNSLEELDNING

3.1 Bränsle för hantering i tät småhusbebyggelse

För att fastbränsleeldning, som komplement till el skall kunna bli ett alternativ att räkna med för framtiden krävs att ett antal kriterier är uppfyll-
da. Bland annat krävs:

- a. En fungerande och miljövänlig eldningsteknik
- b. Ett ekonomiskt incitament
- c. Plats att lagra bränslet
- d. En enkel bränslehantering hos villaägaren
- e. Rationell bränsledistribution
- f. Tillförlitlig bränsletillförsel

Vilka bränsletyper har förutsättningar att uppfylla ovanstående krav?

STYCKEVED

Björkved, torkad, kapad och kluven säljs idag i pappkartonger, säckad, i häckar och containrar av skilda mått, samt i bulk. Den ved som säljs och distribueras av vedhandlare, bensinstationer m fl utnyttjas nästan helt som brasved, vilket knappast är att förvånas över, eftersom priset generellt ligger väl över oljans, även räknat före panna.

Vid rationell storskalig produktion, distribution och försäljning sjunker sannolikt priset, men troligen inte till en nivå som i detta sammanhang är intressant.

BRIKETTER

Briketter bestående av sönderdelad, torkad och hoppresad skogs- och torvråvara eller av snickeri-avfall säljs förpackade i kartong, säckade, bandade, plastförpackade. Prismässigt ligger briketter på en lägre prisnivå än styckeved per energienhet och säljs 1984 till priser motvarande 50-70% av villaoljepriset i storförpackning. Briketternas individuella form varierar. De kan ha regelbunden eller oregelbunden form med styckestorlekar från 30x30 mm i fallande längder, via cylindrar \emptyset 40-95 mm till "tegelstenar" ca 40x80x180 mm. Dessa tegelstensliknande torvbriketter levereras i Finland på pall, i form av 90 plastbandade paket om vardera knappt 12 kg. Denna förpackningsform blir mycket kompakt och innebär att man på en pall lastar ca 1 t, vilket energimässigt motsvarar drygt 0,5 m³ olja.

PELLETTER

Pelletter består, i likhet med briketter, av sönderdelat, torkat och hoppresat biobränsle. Pelletter framställs i allmänhet genom att materialet trycks genom en skiva eller en cylinder med ett stort antal hål med diameter 5-20 mm, vilken också blir pelletternas diameter.

Pelletter levereras i allmänhet med bulkbilar med pneumatisk lossning, till mindre och medelstora panncentraler. Mindre kvantiteter säckas även för avhämtning av småkunder. Någon direktdistribution till villaägare förekommer ännu inte. Priset vid bulkleverans ligger på ungefär samma nivå som brikettpriset. Vid leverans till småkunder tillkommer kostnad för säckning i standard- eller storsäck och ev. pallning, samt ökade distributionskostnader.

Efter en systematisk genomgång av dessa och andra alternativ beslöts att ge pelletter ett mindre försteg framför briketter avseende möjligheten att ingå i ett rationellt system för utnyttjande i mindre villafastigheter. Pelletens enhetliga form och flödesegenskaper samt den stora bränsleflexibiliteten vid framställningen bedömes vara viktiga egenskaper därvidlag.

Möjligen kan andra distributionsformer baserade på bulkleveranser eller utnyttjande av utbytescontainrar komma ifråga i framtiden.

3.2 Eldningsteknik och utsläpp

Bildningen av skadliga ämnen i avgaserna vid eldning med fasta inhemska bränslen påverkas av ett stort antal förbränningstekniska faktorer. Även pannbelastningen har en avgörande betydelse för utsläppen. Problem med ökade utsläpp vid lägre belastning gäller i första hand pannor med låg effekt, typ villapannor.

Svårigheter att erhålla en god förbränning uppstår ofta även vid ändringar i effektuttaget. Förhållandet mellan brinnande bränslemängd och tillförd luftmängd skall då fortfarande vara optimalt, och för att uppnå detta krävs någon form av regleringsautomatik. En annan variant är - som nämnts i tidigare avsnitt - att elda mot en värmeackumulator. Typiskt är då att pannan skall utnyttjas under sina bästa driftsförhållanden (kontinuerlig maxeffekt) för att ladda upp ackumulatormed värme.

3.2.1 Förbränningsteknik

För att uppnå god förbränning krävs framför allt:

- tillräckligt hög temperatur, så att alla bildade gaskomponenter har tillräcklig aktiveringsenergi att förbrännas
- tillräckligt kraftig turbulens, så att en god omblandning sker mellan deltagande reaktanter (fastfas/gas, gas/gas)
- tillräckligt lång uppehållstid, så att en slutförbränning kommer till stånd innan gasen kyls ner i pannans konvektionsdel.

Ett korrekt bruk av en katalysatortillsats kan ge en mer fullständig förbränning vid en lägre temperatur än vad som annars skulle kunna vara möjligt.

Temperatur

En tillräckligt hög temperatur i flamzonen, 900-1.200 oC, krävs för att ge en god slutförbränning. Lägre temperaturer ger upphov till stora halter av skadliga ämnen i emissionerna. Gaserna förbränns då ofullständigt. Kol förbränns t ex endast till kolmonoxid och ej till koldioxid. Andra gaser som t ex vätgas kanske inte antänds alls utan går oförbrända ut genom skorstenen. Alltför höga temperaturer (över 1.400 oC) är inte heller bra, eftersom luftens kväve och syre då kan reagera med varandra och bilda försurande och ohälsosamma kväveoxider.

För att man skall nå en lämplig slutförbrännings-temperatur får det inte runt eldstaden finns kylida

ytor som stjälar värme. Detta kan man uppnå genom t ex en inmurning av keramiskt material. Värmen skall avges vid pannans konvektionsytor som nås av förbränningsgasen först efter den slutgiltiga förbränningen.

För att minska nedkylningen av eldstadsutrymmet under de första stegen av förbränningen (torkningen och pyrolysen av bränslet) kan man använda sig av förvärmad primärluft. Eventuellt påverkar förvärmning av sekundärluften förbränningen på motsvarande goda sätt.

Tid

Gaskomponenterna måste ha tillräckligt lång uppehållstid i den okyllda zonen för att hinna reagera med syret. Flamzonens längd och volym måste avpassas efter den effekt som man önskar ta ut ur pannan.

Turbulens

Utan turbulens (omrörning av gaserna) blandas inte bränslegaserna med syret och ingen reaktion (värmeutveckling) sker. Primär- och sekundärluft måste därför tillföras på rätt plats i pannan, så att en godtagbar blandning nås. Lika viktigt är det att utforma förbränningszonerna aerodynamiskt riktigt. Exempelvis kan en "trång" sektion mellan eldhärden och slutförbränningszonen genom sitt smala tvärsnitt skapa en hög gashastighet med kraftig turbulens som följd. Givetvis får inte gashastigheten bli alltför hög, så att oförbränt bränsle rycks med. Detta leder i så fall ofelbart till ökad emission av oönskade ämnen.

Katalysatorer

En katalysator är ett ämne (i detta sammanhang oftast en ädelmetall typ platina) som påskyndar en reaktion utan att själva förbrukas. Dess närvaro medför här att förbränningsgaserna reagerar vid en lägre temperatur än vad som annars vore möjligt. Katalysatorns egenskaper kan karaktäriseras på följande sätt:

Fördelar - miljömässigt god förbänning kanske vid lägre temperatur
- mindre mängd oförbränt leder till högre verkningsgrad
- mindre utsläpp

Nackdelar - högre tryckfall
- högre installationskostnader
- begränsad hållbarhet
- förstörs av vissa bränslen, t ex torv som innehåller svavel som är ett katalysatorgift

I Sverige är drifterfarenheterna små, nästan obefintliga vad gäller användning av katalysator vid fastbränsleeldning. Många av katalysatorers egenskaper är mycket intressanta, men osäkerheten är stor i frågor som hållbarhet, tålighet för högre temperaturer osv.

3.2.2 Eldningssätt

Några eldningssätt (principer) som är aktuella för komprimerade fasta bränslen för villabruk är:

- magasinspanna/förugn med överförbränning
- magasinspanna/förugn med underförbränning
- magasinspanna/förugn med omvänd förbränning
- fastbränslebrännare (motsvarande oljebrännare).

Överförbränning

Vid överförbränning tillförs primärluften underifrån och passerar uppåt genom bränslebädden (jfr en vanlig vedbrasa i en öppen spis). Eftersom fasta bränslen har en mycket hög andel flyktiga beståndsdelar som frigörs redan vid relativt låga temperaturer, kan gasflödet vid start eller efter bränslepåfyllning av en överförbränningsanläggning bli mycket stort. Det medför då att halten oförbränt blir stor i rökgaserna, och man får en försämrad verkningsgrad.

Underförbränning

Vid underförbränning leds primärluften in parallellt med rosten vid dess undersida. Endast den nedersta delen av bränslebädden exponeras för luften och deltar i reaktionerna. Luften passerar alltså ej genom hela bränslebädden, vilket är fallet vid både överförbränning och omvänd förbränning.

Omvänd förbränning

I fallet omvänd förbränning tillförs primärluften ovanifrån och sugas genom bränslebädden. I start-

ögonblicket kan man ibland få tillgripa överförbränning för att åstadkomma tillräckligt drag.

Fastbränslebrännare

Fastbränslebrännare kan vara utformade på olika sätt. En vanlig konstruktion är att bränslet (pellets eller briketter) skruvas fram till och in i pannan. Primär- och sekundärluft blåses in runt stokerskruven. På denna sker alltså en jämn förbränning, och askan faller antingen till botten av pannan eller förs ut av en askskruv.

3.2.3 Effektreglering

För att få en rätt sammansatt blandning av bränsle och luft måste dessa flöden regleras på något sätt. Bli r luftöverskottet stort, erhålls ofta en mycket god förbränning med låga emissioner. Men verkningsgraden blir då lidande, eftersom en stor (onödig) luftmängd passerar genom pannan och försvinner uppvärmd genom skorstenen. Minskas luftflödet, så att en understökiometrisk förbränning uppstår, eller ökas bränsleinmatningen alltför mycket, ökar halten oförbränt i rökgaserna. Verkningsgraden blir låg och samtidigt bildas hälsofarliga ämnen i större utsträckning.

Den f.n. vanligaste formen av effektreglering görs via dragluckan. Den fungerar så, att när pannvattnet når önskad temperatur, stängs luckan och lufttillflödet stryps. Metoden är enkel, men vid strypningen uppstår en mycket dålig förbränning, och det slocknande bränslet ger ifrån sig höga halter av skadiga ämnen. Det är i första hand primärluften som släpps in genom dragluckan. Sekundärluftflödet

och tertiärluftsflödet, om sådant finns, kan i vissa fall regleras med särskilda ventiler.

Fastbränslereaktorer har en automatik som reglerar bränslets inmatningshastighet eller matar in bränsle intermittent. Automatik skulle då kunna styra luftflödet, så att detta anpassas efter bränsleinmatningen. Denna typ av reglering fördyrar förstås anläggningen. Den är endast aktuell när inga andra möjligheter finns att uppfylla kraven på låga halter av skadliga emissioner.

3.2.4 Eldning med eller utan ackumulatortank

Ett sätt att kringgå reglerproblemet, är att elda pannan mot en värmeackumulator. Pannan kan då eldas satsvis med jämn effekt, vilket leder till att verkningsgraden blir hög och utsläppen små. Upplagringen av värme i ackumulatorn kan också möjliggöra ett kortvarigt effektuttag som överstiger pannans nominella effekt.

Ett sådant system är dock inte möjligt på alla ställen. Kravet på ackumulatortank minskar antalet möjliga installationer. Dels kräver ackumulatorn gott om utrymme i pannrummet och dels fördyrar den anläggningen markant.

Två typer av ackumulatortankar finns. Den ena typen (I) utgörs av en tank som ansluts till panna och värmesystem via värmeväxlare. Fördelar med detta system är att slutna expansionskärl kan användas till radiatorsystemet, och främsta nackdelen är att den volym som krävs för denna lösning är större än variant II.

Typ II är en vertikalt stående tank direkt ansluten till pannvattenkretsen, där det varma vattnet skiktar sig och lägger sig överst. På så sätt krävs en mindre tankvolym men nackdelen är att tanken blir ganska hög samt att den skall vara tryckprovad.

3.3 Nuvarande tekniknivå för småskalig fastbränsleeldning med låga utsläpp

Målet för dagens tillverkare av fastbränslepannor, är att klara av SNV:s förslag till riktlinjer för utsläpp från små fastbränsleldade anläggningar. Det krav som för de flesta är svårt att klara är gränssken för emissioner av tjära, max 10 mg/MJ bränsle.

Under projektarbetet har en omfattande genomgång av marknadens pannkonstruktioner för fastbränsleeldning utförts.

Enligt vad som framkommit under denna sammanställning finns endast en villapanna som visats klara en utsläppsnivå av under 10 mg tjära/MJ bränsle. Testet utfördes av Statens Provningsanstalt, som i samma test provade sju andra pannkonstruktioner. Ingen av dessa visade sig kunna ge en så god förbränning, att tjärhalten understeg 10 mg tjära/MJ bränsle. Den pannkonstruktion som gav den lägsta emissionsnivån vid testet har omvänd förbränning och en keramisk efterförbränningskammare. Pannan rekommenderas utnyttjas tillsammans med ackumulatortank, varvid man kommer ifrån de tidigare nämnda problemen med reglering.

Konstruktionen för den panna som visades ha den lägsta emissionsnivån är inte på något markant sätt mer avancerad än motsvarande för andra panntyper.

Förbränningsprinciperna bakom konstruktionen är kända. Det torde vara fullt möjligt att modifiera andra principiellt goda pannkonstruktioner för att ge dessa en bättre förbränning.

Någon större drifterfarenhet av eldning i villapan-nor med pellets eller briketter finns inte. Försök pågår dock på flera håll, men resultaten har i mycket liten utsträckning publicerats. Flera av dagens magasinpannor torde dock med vissa modifieringar kunna utnyttjas för förbränning av komprime-rade bränslen. Det är emellertid svårt att utan konkreta mätningar, få en uppfattning om tjärut-släppen från sådana konstruktioner.

Den typ av reglering som idag finns för magasin-pannor, är strypning av luftflödet, antingen genom ändring av tilluft- eller rökgasfläktens varvtal eller genom minskning av luftinsläppets area. Flera försök visar att emissionerna ökar vid effektänd-ringar som genomförs med strypning av luftflödet. Detta torde innebära, att med dagens reglerteknik kan sannolikt en låg tjärhalt i rökgasen endast erhållas om eldning sker mot ackumulatortank. Pan-nor med fastbränslereaktor, som matar in bränsle i den takt som förbrukning sker, bör däremot kunna konstrueras så att de uppfyller angivna krav. Hit-tills har leverantörer av fastbränslebrännare inte publicerat testdata som visar att så är fallet.

Enligt vad som framkommit av i projektet utförd undersökning av på marknaden befintliga villapan-nor, saknas helt drifterfarenhet och mätresultat från drift med katalysatortillsats, till väl utfor-made magasinspannor. Tekniken kan därför inte anses vara beprövad.

4. BESKRIVNING AV FÖRSÖKSUTRUSTNING

Utifrån de krav på eldningsutrustningen från användarsynpunkt som redovisats i avsnitt 2, respektive från förbrännings- och miljösynpunkt som redovisats i avsnitt 3, togs en försöksanläggning fram för proveldning.

Olika utvecklingslinjer är givetvis möjliga att följa för att uppnå de uppställda kraven. T ex kan man inrikta sig på olika principiella lösningar såsom:

- helt ny fastbränslepanna för pellets
- tillsatsutrustning för pelleteldning, monterad internt inuti befintlig olje- eller fastbränslepanna
- tillsatsutrustning för pelleteldning monterad externt utanpå befintlig olje- eller fastbränslepanna.

I detta projekt har intresset koncentrerats på en lösning enligt sista alternativet ovan. Pellets eldas i en separat brännare som fungerar som förugn till en vanlig villapanna (Fig 4.1). Pannan fungerar i denna tillämpning enbart som en värmeväxlare i vilken de heta men i huvudsak slutförbrända gaserna från förugnen lämnar sin energi till pannvattnet.

Fig 4.2 visar huvuddragen i konstruktionen av den förugn som har använts i försöken. Pelletbränsle rinner av egen tyngd ned i tratten A mot den snedställda rosten B. Bränslet antänds genom tändhålet vid C och brinner sedan genom s.k. omvänd förbrän-

4. BESKRIVNING AV FÖRSÖKSUTRUSTNING

Utifrån de krav på eldningsutrustningen från användarsynpunkt som redovisats i avsnitt 2, respektive från förbrännings- och miljösynpunkt som redovisats i avsnitt 3, togs en försöksanläggning fram för proveldning.

Olika utvecklingslinjer är givetvis möjliga att följa för att uppnå de uppställda kraven. T ex kan man inrikta sig på olika principiella lösningar såsom:

- helt ny fastbränslepanna för pellets
- tillsatsutrustning för pelleteldning, monterad internt inuti befintlig olje- eller fastbränslepanna
- tillsatsutrustning för pelleteldning monterad externt utanpå befintlig olje- eller fastbränslepanna.

I detta projekt har intresset koncentrerats på en lösning enligt sista alternativet ovan. Pellets eldas i en separat brännare som fungerar som förugn till en vanlig villapanna (Fig 4.1). Pannan fungerar i denna tillämpning enbart som en värmväxlare i vilken de heta men i huvudsak slutförbrända gaserna från förugnen lämnar sin energi till pannvattnet.

Fig 4.2 visar huvuddragen i konstruktionen av den förugn som har använts i försöken. Pelletbränsle rinner av egen tyngd ned i tratten A mot den snedställda rosten B. Bränslet antänds genom tändhålet vid C och brinner sedan genom s.k. omvänd förbrän-

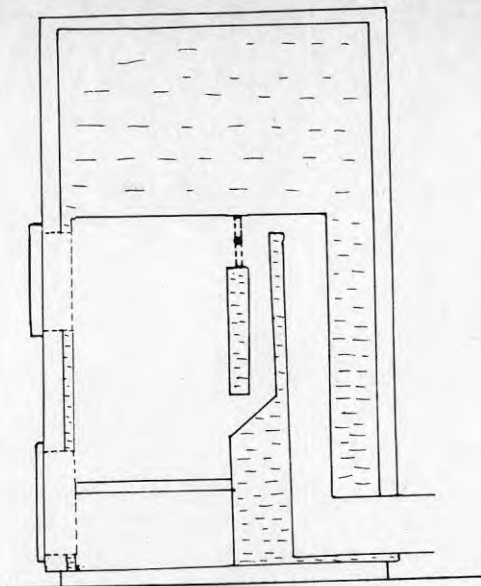


Fig 4.1 Villapanna av den typ som användes vid huvuddelen av försöken.

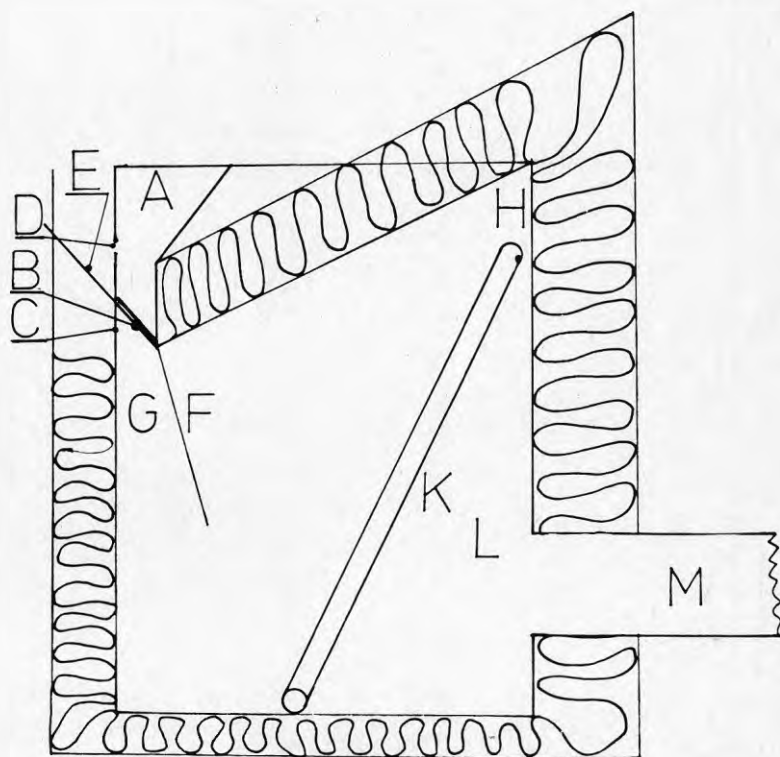


Fig 4.2 Skiss av förugnens principiella konstruktion

ning. Primärluft strömmar in genom hålen vid D och passerar genom nedre delen av bränsleförrådet. Den brinnande delen av bränslet (närmast rosten) kallas i fortsättningen bränsleharden. Dess storlek kan varieras genom att en reglerplåt E bringas att täcka en del av rostytan.

Lågorna och förbränningsgaserna från harden går nedåt genom rosten och styrs av plåten F genom primärförbränningszonen G. Förbränningsgaserna passerar en strypning H där förvärmad sekundärluft tillsätts. Luften har värmts under passagen genom sekundärluftlådan K. Slutförbränning sker i sekundärförbränningszonen L, varefter den heta gasen går genom anslutningsröret M in till pannan.

Den förbränningsugn som använts i försöken har gjorts mycket enkel. Syftet med denna etapp av projektet har varit att visa på en tekniskt framkomlig väg att utforma en eldningsanordning med de önskade egenskaperna. Materialval och liknande väsentliga frågor har alltså hittills behandlats relativt summariskt. Kravet i detta skede var att bygga en anordning som klarade en kort serie proveldningar.

Ugnen har byggts av 1 mm rostfri stålplåt (kvalitet AVESTA 253 MA, skalningstemperatur ca 1.200 °C) som först skruvats ihop med rostfri bult och därefter helsvetsats. Invändigt har ytan på ugnens utloppsgavel klätts med keramisk fiberpapp av typ Fiberfrax. Utvändigt är ugnen isolerad på alla sidor, först med keramisk fiber som limmats mot plåten, utanpå detta ca 2x5 cm mineralull med trådnät.

Efter ett antal försök med mellanliggande modifieringar beslöts att bygga en ny försöksutrustning med tillämpning av vunna erfarenheter.

Förugnen byggdes nu i ett lätt keramiskt material med ett yttre plåthölje för dimensionsstabilitet och avtätning. Särskilt värmeutsatta partier byggdes av eldhärdigt porosiltegel. Rostern tillverkades av en gjutjärnsplatta, där slitsar frästes ur. Någon yttre isolering påfördes ej.

Avståndet mellan primär- och sekundärlufttillförsel minskades genom avlägsnande av en baffelplåt samt förkortning av sekundärluftslådan. I konstruktionen utnyttjades 15 mm keramiska skivor till sidoväggar, 30 mm till botten och tak.

Bränslemagasinet avtätades mot atmosfären med en skiva av det porösa keramiska materialet.

Rosterytan förutsattes regleras mellan försöken genom ilägg av passbitar.

Innan en mer prototypbetonad variant av förugnen byggs i projektets eventuella fortsättningsetapp måste givetvis materialfrågor och tillverkningsaspekter ges en grundlig behandling.

5. RESULTAT FRÅN PROVELDNING

5.1 Mätutrustning

Försöksuppställningen var försedd med följande mätanordningar:

Temperatur

Temperaturmätning skedde med termoelement av typ PtRh och CrAl beroende av förväntad temperaturnivå. För mätning av ingående och utgående pannvattentemperaturen utnyttjades motståndstermometer av typ Pt100.

Tryck

Uttag för mätning av tryck placerades i a) primärförbränningszonen, b) sekundärförbränningszonen, c) gashalsen för anslutning till värmepannan.

Tryckmätning skedde med U-rörsmåmeter. Möjlighet fanns till noggrannare mätningar genom ett instrument typ Dwyer mark II.

Värmemängd

Av pannan levererad energi mättes med värmemängdsmätare av fabrikat SVM bestående av flödesmätare för vatten, två parade temperaturgivare typ Pt 100 samt integreringsverk för registrering av från pannan till pannvattnet avgiven energi.

Gasanalys

Uttag för gasanalyser skedde efter pannan i rökrörsanslutningen. Rökgas uttogs med centrumplacerad sond försedd med termoelement för mätning av rök Gastemperaturen. Gasen kylades i en kylare typ "kallt finger" nedsänkt i ett peltierelementkyllt isvattenbad varefter gasen torkades och grovfiltre-rades i en torkflaska fylld med silicagel och glasfiberdun.

Från torkflaskan sögs gasen genom en membranpump vartefter gasen fördelades mellan

- a) rökgasanalysator typ Beckman mod. 590 av IR-typ avsett för simultan analys av CO och HC med mätområdena 0-2/0-10 % CO, 0-40/0-400 PPM HC (räknat som C₆H₁₀).

Instrumentet var försett med sintrat metallfilter, kondensfälla och säkerhetsfilter av papperstyp.

- b) rökgasanalysator typ Kane-May mod 9002 försedd med bränsleceller för analys av CO (0-2000 PPM) och O₂ (0-25%) samt digitaltermometer för termoelement typ K.

Vid CO-halter högre än ca 1000 PPM kopplades denna CO-cell ur mätkretsen för att inte överbelastas.

Datainsamling

Mätvärden från temperaturmätningar och gasanalys registrerades med hjälp av ett mikrodatorbaserat datainsamlingssystem. Simultant med loggningen exponerades alla mätvärden på systemets bildskärm. Lagring av mätvärden skedde på flexskiva för senare

analys och utvärdering. Under en del av försöken gjordes dataregistreringen manuellt.

5.2 Bränsle

Vid försöken användes pellets enligt följande specifikation

Råvara: Sågspån ca 90%, helträdsflis ca 10%
Diameter: 12 mm
Fukthalt: 5-10%
Värmevärde: 17,1-18 MJ/kg = 4,75-5 kWh/kg Weff
Före försöket vägdes bränslet noga upp i portionspåsar om ca 1 kg.

5.3 Försökens syfte

Försöken avsågs indikera om en utrustning av den principiella konstruktion som tagits fram har förutsättningar att uppvisa

- god förbränning
- rimlig reglerbarhet
- rimliga driftsegenskaper

Vid försöken studerades därför bl a nedanstående parametrar:

- Rökgasomsättning
- Temperaturförhållanden
- Primär- och sekundärlufttillförsel
- Tryckförhållanden

Detta för att ge vägledning för

- rosterutformning
- lufttillförsel
- strömningsförhållanden
- materialfrågan m m

Inom projektramen kunde inga mer omfattande prov genomföras, varför analyser och slutsatser skall uppfattas som indikativa.

5.4 Försöksresultat

Resultat från försök nr 1

En inledande försöksserie utfördes i maj 1984. På ett tidigt stadium noterades att sammanfogningen av utrustningen inte var tillräckligt stabil för de mekaniska påkänningar som uppstod vid aktuella temperaturer.

För isolering av ugnen limmades en 25 mm keramisk fiberfilt utanpå ugnens plåtyta. Utanpå fiberfilten fästes en stenullsmatta mekaniskt. Vid uppeldningen kunde konstateras att limmet (med vatten som lösningsmedel) ännu ej hunnit torka, varför ugnens väggar kylde av det avdunstande vattnet. Först när försöket så småningom fick avbrytas hade isoleringen torkat någorlunda. Detta medförde att såväl ugnens isoleringsegenskaper som uppnådda förbränningsresultat icke kunde anses representativa.

På grund av alltför tät passning mellan rosten och dess infästning klämdes rosten mellan ugnsväggarna och deformerades därigenom efterhand kraftigt varvid justering av rosterarean blev omöjlig.

Sekundärluftslådan var rörligt upphängd i rören för luftintag. Meningen var att justering av spalten för sekundärluftstillsättning skulle kunna utföras under försökets gång, för optimering av tryckfallet över den strypning som skapats.

Genom rörelser i materialet omöjliggjordes snart justeringar av spalten. Dessutom uppstod läckor vid sidan av sekundärluftlådan, vilket kunde konstate-

ras vid utrustningens demontering.

Under försökets gång uppmättes temperaturer av upp till ca 850 °C i ugnens primärförbränningszon och som högst 780 °C i ugnens gashals, vid en O₂-halt av 17%. De höga luftöverskotten antogs främst bero av luftinläckning till ugnen genom separation av ugnens fogar.

De uppnådda resultaten ledde till genomförande av ett antal modifieringar:

1. Ugnen helsvetsades för att täta fogar skulle kunna garanteras
2. Isoleringen fästes fortsättningsvis mekaniskt på ugnen
3. Sekundärluftlådan fixerades i en bestämd position och punktsvetsades till ugnsväggen för att stabilisera ugnskonstruktionen och för att förhindra luftläckage mellan primär- och sekundärförbränningszonerna.
4. För att förhindra inspänningsdeformation av rost och styrplåt minskades dessas bredd.
5. Primärlufthål \varnothing 10 mm, 20 mm c/c placerades 75 mm över rosten i avsikt att ge ett konstant tryckfall över bädden och tillåta slutning av bränslemagasinet upptill
6. Plåtar med särskilt höga värmespänningar styvades upp av påsvetsade plåtprofiler.
7. Sekundärförbränningszonen försågs med inre isolering av keramiskt fibermaterial, för att minska värmepåkänningarna.

Efter genomförande av dessa modifieringar utfördes två nya försöksserier under maj och juni 1984.

Resultat från försök nr 2, maj 1984

Under försöket var bränslemagasinet avtätat uppåt med hjälp av en plåt för att undvika luftinläckning.

Vid försökets inledande kunde snabbt konstateras att ugnens hopfogning icke heller vid detta tillfälle var acceptabel. På flera ställen där svetsning av skarvar var bristfällig uppstod snabbt glipor som medförde luftinläckning och en snabbt stigande O₂-halt.

Försöket avbröts därför. Ugnens isolering togs bort och konstaterade läckor avtätades varefter ugnen tändes på nytt. Även vid denna senare försöksperiod erhöles ett högt luftläckage efter en kortare tid.

Under försökets första del uppstod en mindre eldstadspuff som antogs bero av plötslig antändning av oförbrända gaser vid sekundärluftstillsättningen.

Under försökets första del uppmättes, sedan tändningsfasen avslutats, CO-halter under 500 PPM med momentanvärden väl under 100 PPM.

Detta gällde i synnerhet under försökets senare del då CO-halten genomgående låg under 100 PPM, med undantag för någon tillfällig variation. Även med korrigering för det höga luftöverskottet vid gasanalysen ($\lambda = 5,7$ *) bedömdes dessa värden som lovande.

*) med λ betecknas förhållandet mellan totalt tillförd luftmängd och den luftmängd som förbrukas vid en fullständig (stökiometrisk) förbränning.

De uppmätta temperaturerna i primär- och sekundärförbränningszon samt gashals under försökets senare del 750-850 °C är dock lägre än väntat, men bör kunna förklaras med luftläckaget in till ugnen. Detta luftläckage borde även delvis kunna förklara den låga effektutveckling som uppmättes under försöket.

Ugnens bränsloeffekt under försöket var ca 5 kW.

Resultat från försök nr 3, juni 1984

Före detta försök genomfördes ytterligare modifieringar av ugnen;

- Askluckan svetsades igen
- Ytterligare en hålrad med 18 hål c/c 10 mm, d 5 mm, borrades 25 mm över rosten
- Ugnen riktades och ytterligare förstävningar svetsades på
- Hålradena för primärlufttillförsel omgavs med en tät låda för lufttillförsel med forcerat drag

Vid försöket som skedde med forcerat drag till såväl primär- som sekundärluft erhöles genomgående högre flamtemperaturer än tidigare.

Luftöverskottet i rökgasen var nu lägre (O₂ 10-15%). Emellertid steg nu CO-halten över 2000 PPM.

Den bedömning som gjordes var att förbränningen avslutats väl före sekundärluftstillsättningen. Bafflingen och det långa avståndet mellan härd och sekundärluftstillförseln antogs vara en förklaring till detta. När sekundärluft nu tillfördes förelåg inte förutsättningar för antändning av den magra

gasblandningen. Vid försöket uppstod ett antal eldstadspuffar av vilka de kraftigaste medförde att locket över bränslemagasinet upplyftes varvid glödande och brinnande pellets spreds i lokalen.

Resultat från försök nr 4, december 1984

Efter vunna erfarenheter beslöts att låta tillverka en ny försöksugn med utformning som framgår av kapitel 4.

Med utrustningen genomfördes en försöksserie. Som bränsle vid denna försöksserie utnyttjades träpellets med en fukthalt av ca 5% och ett effektivt värmevärde av ca 18,1 MJ/kg (5 kWh/kg).

Under försöken var en rökgasfläkt ansluten till pannans rökgas kanal med spjäll för reglering av panndraget. Panndraget justerades inledningsvis till 4 mmvp.

Ca 10 min efter första tändningen uppkom en kraftig kolvätetopp. Efter ytterligare 10 min var kolvätehalten nere i ca 10 ppm. Toppen orsakades sannolikt av bindemedel i den nya stos som tillverkats för anslutning av ugnen till pannan; när bindemedlet väl förångats var CH_x-koncentrationen åter nere på en låg nivå.

Efter påfyllning av bränsle noterades en mindre ökning av CO-koncentrationen, beroende på ökande avgasning av bränslet. Under en kortare period (ca 5 min) var CO₂-halten ca 7% och CO-emissionen <50 PPM och alltså klart mer lovande än tidigare resul-

tat. Maximal effektutveckling skedde efter ca 20 min försökstid. Medeleffekten under försöket var mer än 13 kW bränsleeffekt och rökgasförlusten efter pannan var vid högsta effektutvecklingen ca 10%.

Vid försöken var förugnen ansluten till två separata varvtalsreglerade fläktar för tillförsel av primär- och sekundärluft. Fläktarnas varvtal ställdes lågt. Förbränningsluften tillfördes med "nära självdrag".

Vid försökens andra etapp var medelbränsleeffekten ca 16 kW. Rökgasförlusten var under större delen av tiden ca 10% (130-140 oC rökgastemperatur, 10% CO₂).

I samband med bränslepåfyllning uppstod mindre förhöjningar av CO-bildningen utom vid ett tillfälle då CO-halten steg till flera % under en tidsperiod av ca 3 min. Strax före denna kraftiga förhöjning av CO-halten hade bränsle fyllts på. Sannolikt medförde ett i samband med påfyllningen uppkommet luftläckage en snabb ökning av härdvoly-men och en därigenom uppkommande intensiv avgasning av i magasinet lagrat bränsle. Efter denna kraftiga avgasning sjönk CO-halten ned till ca 250 PPM för att när bränslet i det närmaste helt tagit slut åter öka efter det att CO₂-halten minskat kraftigt och temperaturen i ugnens gashals minskat till under 600 oC.

Vissa tendenser till värmedeformation av brännarens yttre plåthölje kunde iakttas (yttre sidoväggens isoleringstjocklek endast 15 mm). Därvid uppstod vissa mindre otätheter som efterhand murades igen med eldfast bruk.

Bränslemagasinet lock utgjordes av en skiva av keramiskt isoleringsmaterial som fick täta direkt mot magasinet obearbetade plåtkanter. Denna tätning blev dock inte tillfredställande. En bättre lösning hade varit att vika ned plåtkanten och anordna med en tätande packning mot vilken magasinets lock kunde spännas ned. Som nu var avsågs det gjutna locket täta direkt mot plåtkanten. Locket tyngdes ned med en 10 kg:s vikt.

Man kan konstatera att rosterarean var onödigt stor. En rosteryta 30-50% av den aktuella torde vara tillräcklig för att ge önskad effekt. Någon möjlighet att reglera rosterytans storlek under försökets gång fanns här inte. Däremot borde vissa möjligheter finnas att reglera effekten med hjälp av primärlufttillförseln. Sekundärlufttillförseln kan då antingen samregleras med primärluften via lämplig kanaldragning eller exempelvis ett länksystem, eller får sekundärluften ställas för optimal förbränning vid full effekt för att vid reducerad effekt ge ett ökat luftöverskott. Vid de begränsade effekter som det i detta fall kan bli frågan om kommer inte rökgasförlusten att spela någon dominerande roll i sammanhanget. Strålningsförluster från förugn och panna kommer istället att utgöra de dominerande källorna till verkningsgradsförluster.

Under de fortvarighetstillstånd som uppnåddes under försökscykeln kunde förmärkas att förbränningsförloppet var jämnt. Inga större fluktuationer av uppmätta parametrar uppstod och ljudet från förbränningen utgjorde ett jämnt dovt sus - tydande på stationära förhållanden.

Efter försökens avslutning undersöktes rost och aska för att avgöra sintringstendenser mm. Rostern uppvisade efter försöket vissa mindre tendenser till påslag av agglomerad aska. Askan var grå med inslag av svarta stycken oförbränt material. Någon askanalys har icke utförts.

Som helhet kan konstateras att denna sista försöksserie givit ett resultat långt över förväntan:

- Hög effekt (medeleffekt 13 kW)
- Låg miljöbelastning (CO under 250 PPM under försökens huvuddel)
- Lågt tryckfall (självdraagseldning möjlig)
- Lugnt förbränningsförlopp

Genom utförda försök kan konstateras att förbränningsprincipen torde vara utvecklingsbar. Ytterligare försök borde dock utföras under längre tidsperiod för att ge en viss uppfattning om utrustningens egenskaper vid kontinuerlig drift. För att kunna utröna egenskaper vid praktiskt bruk måste dock en prototyp konstrueras med ytterligare beaktande av bl a materialval, isoleringsegenskaper och praktisk hantering, samt med ett utvecklat regler- och säkerhetssystem.

6. SLUTSATSER. FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE

Av resonemangen i kapitel 1 framgår att uppvärmningssystem för småhus baserade på elvärme under vår, sommar och höst och fastbränsleledning under vintern bör vara marknadsmässigt intressanta på 1990-talet och därefter under förutsättning

- att kärnkraftaggregaten efterhand tas ur drift i enlighet med nu gällande planering
- att elpriset som en följd därav kommer att stiga
- att tidsdifferentierade eltaxor införs så att elförbrukning under vintern blir jämförelsevis mycket dyrare än under sommaren
- att priset på villaolja inte realt sjunker nämnvärt under nuvarande nivå

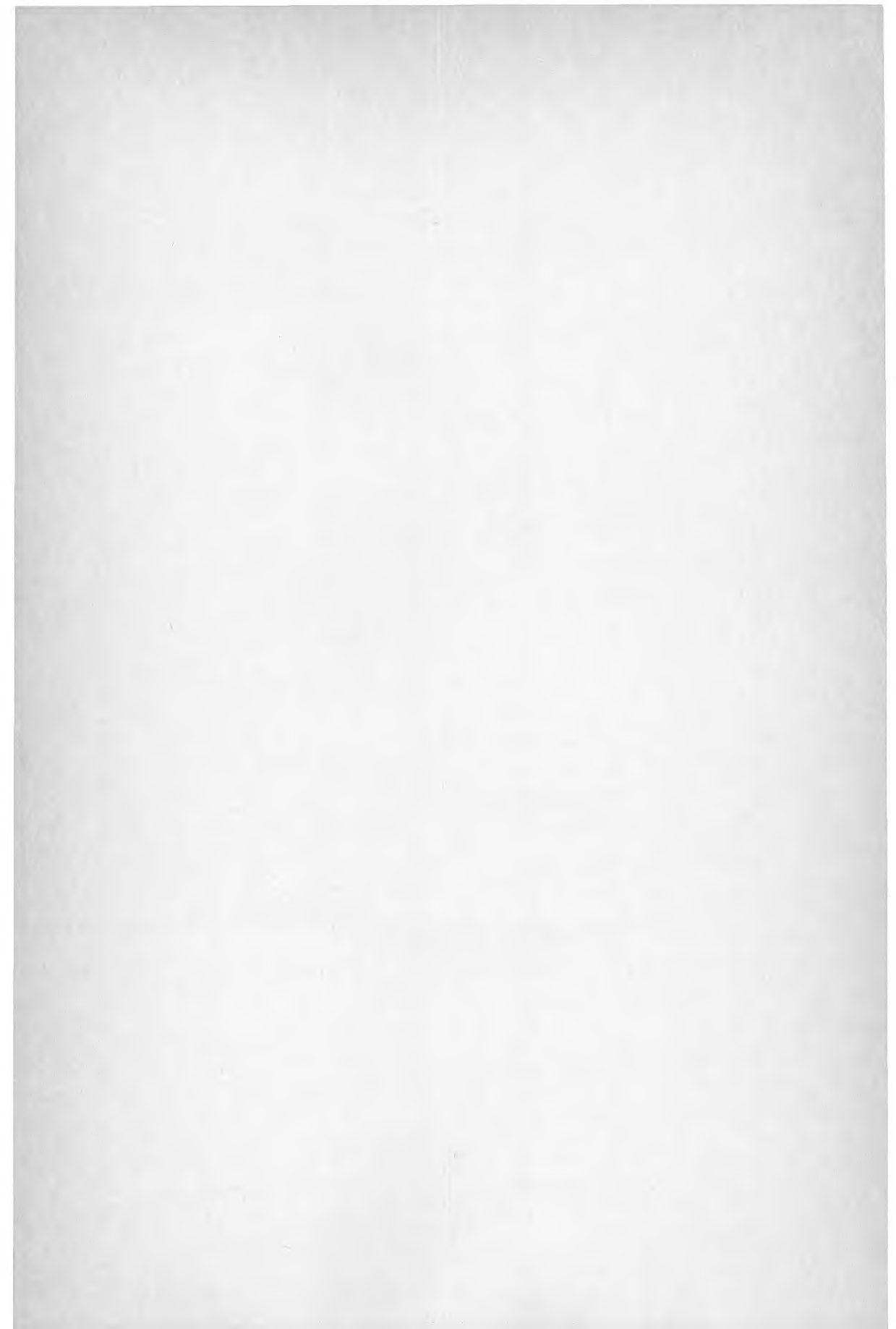
I kapitel 2 visas att en fastbränslepanna för enbart vinterbruk, vars effekt är lämpligt vald med hänsyn till husets faktiska effektbehov, bör kunna klara sig med en relativt enkel reglerutrustning. För ett hus med maximala effektbehovet ca 8 kW skulle pannan behöva vara manuellt omställbar i läge "hög" och läge "låg" motsvarande en avgiven medeleffekt på 6 kW resp. 3 kW. Därtill skulle krävas en automatisk finreglering av effekten på ca $\pm 30\%$ i takt med efterfrågan. Då har förutsatts att man så långt som är möjligt reducerar effektbehovet genom att man förser anläggningen med en stor ackumulatör för tappvarmvatten samt undviker dygnsreglering av framledningstemperaturen till vattenradiatorerna.

De experimentella arbetena med att visa hur en lämplig ugn, avsedd att eldas med pelletsbränsle och att monteras framför en konventionell oljepanna, kan utformas, redovisas i kapitlen 4 och 5. Försöken visar att man med en relativt enkel konstruktion och små dimensioner kan uppnå en tillräckligt hög effekt och även hålla utsläppen av skadliga ämnen i rökgaserna på en så låg nivå att användning i täta villaområden kan komma ifråga. Regler-egenskaperna och -möjligheterna har ej undersökts i den nu rapporterade delen av projektet.

Det fortsatta arbetet bör inriktas mot utveckling av en prototyp till en pelletug, som kan användas i vanliga villapannrum och som har de önskade regler-egenskaperna. Detta arbete har karaktären av normalt industriellt utvecklingsarbete som egentligen borde klara sig utan statligt FoU-stöd. Emellertid gäller det här en utrustning vars marknadsförutsättningar är helt avhängiga av om det framtida vinter-elpriset blir högt eller fortsatt lågt. Så länge det finns gott om billig el är fastbränsleledning i småhus ingen ekonomiskt intressant teknik och man kan därför inte förvänta sig att sådan utrustning kommer att tas fram av gängse kommersiella drivkrafter. Man kan hävda att tekniken marknadsmässigt uppvisar många gemensamma drag med kraftvärmeteknik för kombinerad värme- och elproduktion. Båda teknikerna har dåliga marknadsförutsättningar för närvarande på grund av god tillgång på billig elkraft. Båda teknikerna kan få stor betydelse för att klara elförsörjningen under vinterhalvåret med ett elproduktionssystem utan kärnkraft.

7. REFERENSER

1. Energistatistik för småhus 1982
Statistiska meddelanden E 1983:14 1
Statistiska Centralbyrån
2. Marknadsbild för elvärme och värmepumpar i be-
fintliga småhus
VAST information nr 84:30
Kraftverksföreningens utvecklingsstiftelse VAST.
3. Ny teknik för elproduktion - elanvändning
Efn-rapport nr 4 (DsI 1983:21)
Energiforskningsnämnden
4. Så kan vi värma Sverige
Rapport till 1981 års energikommité.
DsI 1983:15
5. Elkonsumtionen i Sverige 1978-1990. En prognos
från CDL, dec. 1981.
6. Johansson, Ove
Privat kommunikation



Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 830021-1
från Statens råd för byggnadsforskning till Fasta
Bränslen AB, Stockholm.

R117: 1986

ISBN 91-540-4664-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6706117

Abonnemangsgrupp:
W. Installationer

Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm

Cirka pris: 30 kr exkl moms