

8. Fjernvarmeværker

Med fjernvarmeværker menes værker med selvstændig varmeproduktion, men uden elproduktion. Varmen leveres til et fjernvarmenet, hvor alle forbrugere, der bor indenfor nettets forsyningsområde, har adgang til at blive tilsluttet.

Anvendelsen af skovflis i fjernvarmeværker er øget markant, siden de første anlæg kom i drift i starten af 80'erne. Mens der i 1984 kun var tre flisfyrede fjernvarmeværker, er tallet i dag steget til ca. 50 værker. Flisforbruget er i samme periode vokset til ca. 725.000 rummeter om året svarende til en energimængde på ca. 1.800 TJ. Bagest i publikationen findes en oversigt over flisfyrede fjernvarmeværker i Danmark.

Set i internationalt perspektiv er det et usædvanligt stort omfang, som anvendelsen af flis på fjernvarmeværker har fået i løbet af relativ kort tid. Kun i få andre lande, som eksempelvis Sverige, Finland og Østrig, har flis på fjernvarmeværker større udbredelse end i Danmark.

Flisfyrede fjernvarmeværker etableres enten til afløsning af tidligere olie- eller kulfyrede fjernvarmeværker med et ældre tilsluttet fjernvarmenet eller som helt nyanlagte værker og net (barmarksprojekter). Fliskedlerne på de danske fjernvarmeværker ligger mellem 1 MW og 10 MW varmeydelse; gennemsnittet er 3,5 MW.

Der ydes tilskud efter Lov om statstilskud til fremme af decentral kraftvarme og udnyttelse af bio-brændsler /ref. 57/. Dette forbedrer selvsagt økonomien i disse projekter, og tilskuddet skønnes at være af stor betydning for den fortsatte udbygning af fjernvarmeforsyningen med biomasse. I barmarksprojekter startes helt fra grunden. Her skal samtidig etableres både varmeværk, fjernvarmenet og forbrugerinstallationer. Disse værker, der kræver en betydelig samlet investering, er typisk kommet i gang i mindre bysamfund, så her er fliskedlerne noget mindre end det nævnte gennemsnitstal på 3,5 MW.

Der findes 7-9 danske leverandører af nøglefærdige flisfyrede fjernvarmeanlæg, samt et stort antal virksomheder, der leverer mindre anlæg til gårde og institutioner samt dele til anlæg (se fabrikantliste).

Erhvervsvirksomheder viser en stigende interesse for fjernvarme på biomasse. Det skyldes, at virksomhederne ikke længere kan fratække energi- og miljøafgifter på rumvarme. Erhvervsvirksomheder har desuden mulighed for at hente støtte fra Energistyrelsen til anlægsinvesteringer i projekter, der fører til mindre udledning af bl.a. CO₂ /ref. 58, 59/.

Valg af anlægsstørrelse

Når størrelsen for et nyt flisfyreanlæg på et fjernvarmeværk skal fastlægges, må fjernvarmenettets årlige varmebehov kendes. Det er også nødvendigt at vide, hvordan fjernvarmenettets varmebehov ændrer sig over døgnet og året.

I /ref. 60/ findes en beskrivelse af, hvordan kedelstørrelsen fastlægges i forhold til fjernvarmenettets varmebehov. Fremgangsmåden er ens for halm- og flisværker, så eksemplet i /ref. 60/ kan direkte overføres til flisvarmeværker.

Især for nye fjernvarmeværker er det vigtigt at være opmærksom på varmetabet fra fjernvarmenettet. I Danske Fjernvarmeværkers Forenings statistik fra 1995/96 er der oplysning om nettab for 19 flisvarmeværker. Det gennemsnitlige nettab i den periode var 26% med højeste nettab på 36% og laveste på 19%. Der var ca. 3.300 graddage i 1995/96. Korrigeres til et normalår bliver de 19 værkers gennemsnitlige nettab ca. 28%.

Anlægsteknik

Det typiske flisværk er bygget op omkring en fastbrændselskedel med trappe- eller vandrerist. Kedlen er udmuret med ildfast murværk for at holde forbrændingstemperaturen oppe med det relativt fugtige brændsel. Værkerne er bygget med en høj grad af automatisering, således at f.eks. indfyringssystemet af flis fra lager til rist sker ved hjælp af en computerstyret kran, der selv holder styr på lagerbeholdningen.

Alle anlæggene er opbygget af samme hovedkomponenter:

- Brændselslager
- Kran eller anden flishåndtering
- Indfyringssystem



foto: biopress/forben skøtt

Skoven flyttes lidt til byen, når et varmeværk som her i Ebeltoft har eget uden-dørs lager. Det giver fordele for både driften og økonomien, men kræver god afstand til boliger.

- Forbrændingskammer og kedel
- Røggasrensning
- Røggaskondensering
- Skorsten
- Askehåndtering

I det følgende beskrives i hovedtræk den teknik, der typisk anvendes på de flisfyrede fjernvarmeværker.

Brændselslager

Størrelsen af brændselslageret afhænger bl.a. af den leveringsaftale, som er truffet med brændselsleverandøren. Der bør dog altid kunne opbevares en flismængde svarende til minimum 5 døgn's maksimalt forbrug af hensyn til drift i weekender samt forsyningsikkerhed under ekstreme vejforhold.

De fleste værker vælger at etablere et indendørs lager og overlade håndteringen af de større lagerpartier til flisleverandøren. Enkelte værker har dog også eget udendørs lager, og de vil i reglen kunne opnå en rabat fra flisleverandøren. Af hensyn til risikoen for selvantændelse lægges flisen op i højst 7-8 meters højde - dette gælder også for indendørs lager. Læs mere om flislagring i kapitel 3.

Ved arbejde i flislageret kan der være risiko for at indånde allergifremkaldende støv og mikroorganismer som svampe og bakterier. Enerarbejde i flissiloer må stærkt frarådes. Læs mere om arbejdsmiljø i afsnit 5.2.

Håndtering af brændsel

Værkets system til transport af flis fra lager til indfyringssystem er erfaringsmæssigt årsag til de fleste driftsproblemer. Det samlede transportsystem fra lager til kedel skal ses som en kæde, hvor driftssikkerheden for alle led er lige vigtige. Hele fjernvarmeværket stopper, hvis blot en enkelt del i transportkæden, f.eks. en kranwire, er defekt.

Gummiged

På værker med udendørs lager anvendes gerne en gummiged med stor skovl til transport af flis til det indendørs flislager.

Krantransport

Mellem det indendørs flislager og kedlens indfyringssystem er det almindeligt at anvende kran til transport af flis. Kranen er fleksibel, har høj kapacitet og er tillige det trans-

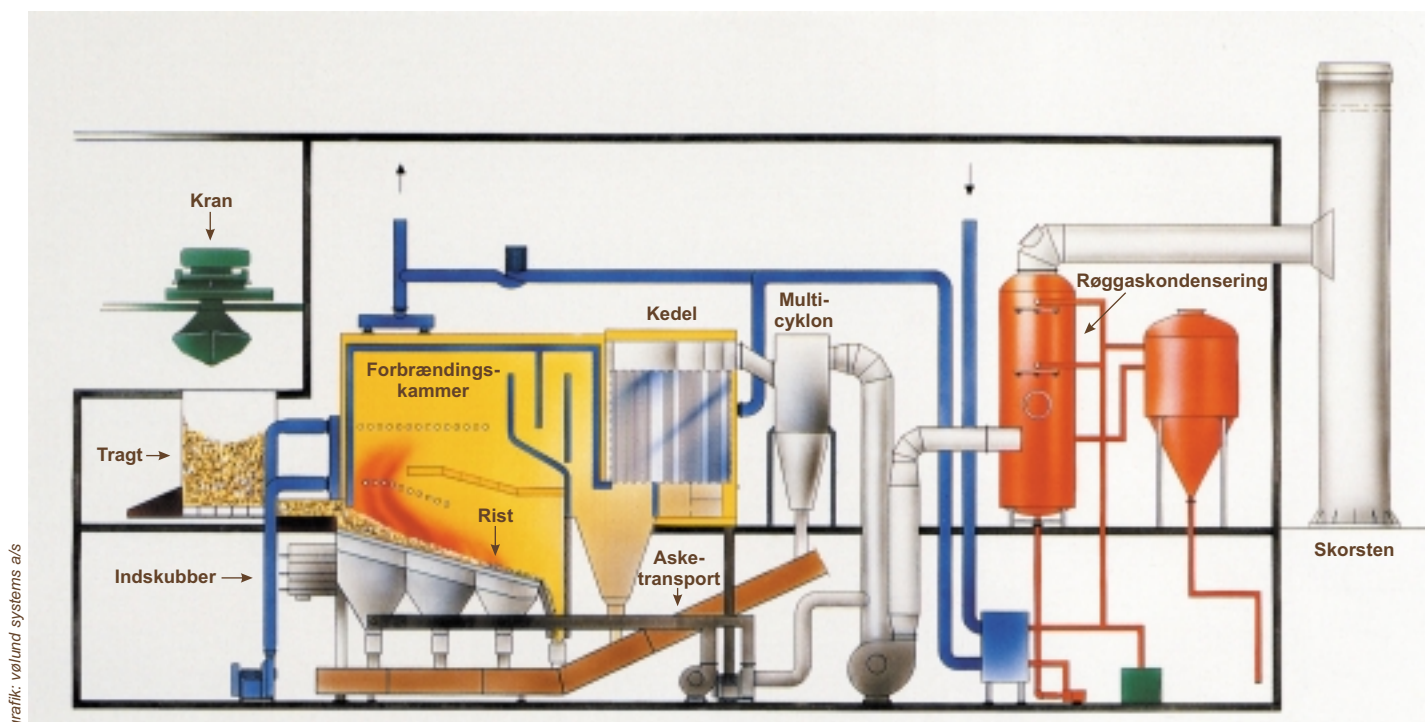
portudstyr, som bedst tolererer dårlig fliskvalitet. Det er dog væsentligt, at kranens skovl monteres med tænder. Uden tænder er den vanskelig at fylde, og den kæntrer samtidig let ovenpå bunken. Til større anlæg er kranen tilmed relativt billig, mens det er for dyr en løsning til de helt små anlæg.

Skrabegulv

Hydraulisk skrabegulv bruges til udmadning fra firkantede siloer med plan bund, men er normalt ikke helt så teknisk velfungerende som kranløsningen. Skrabegulvet er relativt billigt og derfor særlig egnet til mindre anlæg (0,1-1 MW kedeffect).

Runde siloer

Runde siloer med roterende snegleudmadning frarådes til flis. Siloen er tidskrævende at fylde på grund af stor højde, og systemets mekaniske dele i bunden af siloen er svært tilgængelige ved reparation. Tekniske problemer opstår i reglen, når siloen er fyldt med flis. Før reparationer kan begyndes, må den først tømmes - manuelt eller i bedste fald med krangrab. Til træpiller er materiel fra korn- og foderstofbranchen ofte udmærket.



Figur 21: I Thyborøn leveres fjernvarmen af en 4 MW flisfyret kedel. Anlæggets røggaskondensator yder ekstra 0,8 MW varme ved 50% vandindhold i flisen.



foto: dk-teknik/henrik haumann jakobsen

Dråbefang i frisk blå farve og isoleringskapper med blanke overflader uden på røggaskondensatoren. Kedelcentralen på Græsted Varmeværk, der fremvises til en udenlandsk besøgende, fremstår så ren som en dagligstue.

Snegletransportører

Snegletransportører er billige i anskaffelse, men sårbare over for fremmedlegemer og stikkere.

Generelt anbefales snegle i trug med påskruet låg frem for snegle lagt i lukkede rør. Årsagen til denne anbefaling forstås for alvor, hvis man blot en gang har prøvet manuel tømning af en snegl i et lukket rør, der er blokeret af stikkere eller fremmedlegemer. Tilsvarende kan det kaldes projekteringsfejl, hvis snegle indstøbes i gulve eller på anden måde placeres, så reparation og udskiftning gøres umuligt. Snegle skal som andre mekaniske transportører ses som en sliddele, hvor der skal være gode adgangsforhold til vedligeholdelse.

Rigtigt dimensioneret er snegle en acceptabel løsning på mindre anlæg (0,1-1 MW kedeffect), men med mindre slidstål anvendes, vil almindelig slidtage bevirke, at levetiden er relativ kort. Snegle anvendes sjældent som transportudstyr på større fjernvarmeværker.

Båndtransportører

Båndtransportører er ret ufølsomme over for fremmedlegemer. På dette punkt er de bedre end snegletransportører, men med mindre båndet har medbringere, kan båndtransportører ikke klare lige så store stigninger som snegle. Høj pris og støvgener (som kan medføre behov for inddækning) er båndtransportørens væsentligste ulemper.

Flis er i almindelighed ikke egnet til transport i pneumatiske systemer. Har man rådighed over særlig ensartet flis, kan lufttransport dog være en mulighed, men energiforbruget til lufttransport er stort.

Luftbåren transport

Der findes flere typer indfyringssystemer til flisfyrede kedler. Valget af indfyringssystem afhænger af anlæggets størrelse og eventuelle ønsker om anvendelse af andre faste brændsler end flis.

Indfyringssystemer

Der findes flere typer indfyringssystemer til flisfyrede kedler. Valget af indfyringssystem afhænger af anlæggets størrelse og eventuelle ønsker om anvendelse af andre faste brændsler end flis.

Hydraulisk indskubning

På mange værker anvendes dette ganske velfungerende system. Fra en tragt falder flisen ned i en vandret firkantet kasse, hvorfra hydrauliske indskubber presser flisen ind på risten. Konstruktionen af systemet har afgørende betydning for dets driftssikkerhed. Rigtigt udformet, som det i dag ses i de fleste tilfælde, er det blandt de bedste løsninger til indfyring af flis.

Stokerfyring

Særlig på mindre anlæg (0,1-1 MW kedeffect) indfyres flisen ofte med stokersnegl. På nogle anlæg ligger stokersneglen på tværs af risten i længderetning. Det giver en god fordeling af brændsel over hele riste-bredden.

Tragt på rist

Visse flisværker har en simpel tragt, der fordeler flisen på risten. Systemet, der kendes fra kulfyrede kedler med vandrist, kræver, at flishøjden i tragten er så stor, at den virker som en lufttæt prop mellem indfyringssystem og kedel. Problemer med tilstopning i tragten kan afhjælpes ved en hensigtsmæssig udformning af tragten og til nød med mekaniske røre/skrabesystemer.

Spreaderstoker

Flisen kastes ind i forbrændingskammeret af en roterende tromle i en spreaderstoker. Kun enkelte værker anvender systemet.

Pneumatisk stoker

Flisen blæses ind i forbrændingskammeret og falder ned på risten. Spreaderstokere og pneumatiske stokere bruges ofte ved forbrænding af flis med højt vandindhold.

Forbrændingskammer

Flisen føres ind til forbrænding på risten i forbrændingskammeret, der ofte ligger lige under kedlen. De hyppigst forekommende typer af riste i flisfyrede anlæg i fjernvarmestørrelsen er trapperist/skrårist og kæderist/vandrist. På begge ristetyper tilføres den primære forbrændingsluft nedefra og op gennem risten.

Trapperisten har den fordel, at flisen vendes rundt ved faldet over "trappetrin", hvilket forbedrer lufttilførsel og udbrænding. Vandristen kendes fra kulfyrede anlæg. Her ligger flisen stille i et jævnt lag, hvis tykkelse bestemmes af en brændselsskyder. Under forbrændingen bevæger risten og flisen sig mod askefaldet.

Luft til forbrændingen tilføres af luftblæsere som primær- og sekundærluft (se kapitel 6).

For at forbrænde fugtig flis er forbrændingskammeret udstyret med en ildfast udmuring, der sikrer en høj forbrændingstemperatur samt tændbuer, der stråler varme ned på flisen. Mængden og udformningen af udmuringen har stor betydning for forbrændingskvaliteten ved våde brændsler. Fyres i stedet med tørre brændsler, f.eks. træpiller, er udmuring ikke til gavn, snarere tværtimod. Forbrændingstemperaturen vil da blive for høj med risiko for dannelse af sod i røggassen og slagter på risten. Derfor må brændselstypen og brændslets vandindhold være fastlagt, før der vælges fyringsanlæg.

Forbrændingskvalitet

I kapitel 6 er kravene til god forbrændingskvalitet udførligt beskrevet. Disse krav kan kort sammenfattes til "De 3 T'er" (Temperatur, Turbulens og Tid). Temperaturen skal være tilstrækkelig høj, så tørring, afgasning, og forbrænding kan foregå effektivt, der skal være en effektiv opblanding af luft og brændbare gasser (turbulens), og endelig skal der være plads og tid til, at gasserne kan nå at udbrænde, inden de afkøles for meget af kedelvandet.

Kedel

Fra forbrændingskammeret ledes røggasserne til den del af kedlen, hvor varmen afgives til det cirkulerende kedelvand. På de fleste anlæg er kedlen anbragt oven på risten. Røgen strømmer inde i røgrørene, der vandkøles på ydersiden.

På mindre anlæg kan forbrændingsdel og kedel være helt adskilt, idet flisen forbrændes i et separat forfyr, hvorfra røggassen ledes ind i kedlen.

I selve kedlen eller som en sektion efter denne kan en economizer være installeret, som køler røgen ned til en temperatur omkring 100 °C. Den øgede afkøling forbedrer virkningsgraden.

Kedelrummet skal være stort nok til, at reparationer og almindelig vedligeholdelse, herunder kedelrensning, kan foregå hensigtsmæssigt. Bygningskonstruktionerne omkring kedlen skal være indrettet således,

at rensning af kedlens røgrør og udskiftninger af rør kan finde sted.

Af hensyn til kedlens holdbarhed er det væsentligt, at temperaturen af returvandet til kedlen er tilstrækkelig høj. Det anbefales at holde en returvandstemperatur på mindst 75-80 °C for at mindske korrosion af især røgrørene. Blandt flisværkerne ses store udsving i levetiden for røgrør. Foruden driftstemperaturen spiller også driftsmønstret, brændslet, forbrændingskvaliteten og materialevalget en væsentlig rolle for kedlens levetid.

Røggasrensning - flyveaske

Flyveasken er den del af asken, der følger med røggasserne gennem kedlen. Røggasrensningen drejer sig først og fremmest om at nedsætte mængden af flyveaske, der udsendes gennem skorstenen. Emission af andre stoffer omtales senere i kapitlet.

Flyveasken transporteres fra røggasrensningen til det øvrige askesystem i snegle. Udskilningen af flyveaske fra røggassen kan ske med multicyklon, posefilter eller anden teknik til røggasrensning.

Flyveasken fra træforbrænding består hovedsagelig af forholdsvis store partikler, som kan tilbageholdes ved rensning med multicyklon. De fleste værker har multicykloner installeret. Et veldimensioneret anlæg kan rense ned til ca. 200 mg/m³n /ref. 61/ (1 m³n er en normal kubikmeter,

dvs. en kubikmeter gas omregnet til normaltilstanden 0 °C og 1 bar). Multicykloner, der er billige i anskaffelse og vedligeholdelse, anvendes til forrensning før røggaskondenseringsanlæg.

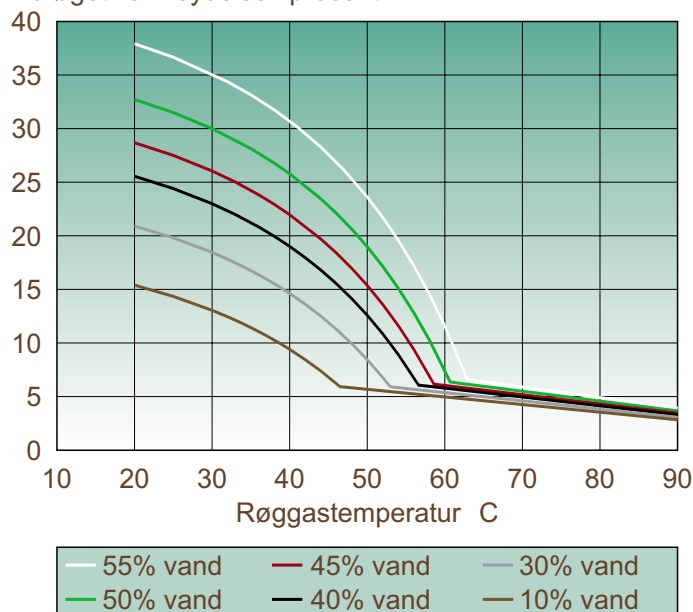
Posefiltre kan rense ned til et niveau på 10-50 mg/m³n. Posefiltre tåler normalt kun røgtemperaturer op til ca. 180 °C. For at undgå at gløder og gnister havner i posefiltret, skal røggassen have passeret cykloner eller et faldkammer før posefiltret. Posefiltret udkobles automatisk, hvis maksimumtemperaturen eller hvis en maksimumværdi for iltindholdet i røggassen overskrides.

Elektrofiltret giver som posefiltret en god rensning, men er noget dyrere at installere i de relativt små flisfyrede anlæg. Driftsudgifterne er dog lavere end ved posefiltre. Pose- og elektrofiltre har i dag ikke nogen større udbredelse i flisfyrede fjernvarmeanlæg.

Røggaskondensering

Røggaskondenseringsanlæg er blevet almindelige på nye og eksisterende anlæg. Det er en teknik, der både renser røgen for partikler til et niveau næsten svarende til posefiltre og samtidig øger anlæggets virkningsgrad. Hovedparten af de flisfyrede fjernvarmeværker i Danmark er enten født med eller har fået installeret røggaskondenseringsanlæg i forbindelse med kedelanlægget.

Forøget varmeydelse i procent



Figur 22: Røggaskondensering forøger anlæggets varmeydelse og virkningsgrad. Her ses hvordan mer-ydelsen afhænger af røgtemperaturen og flisens vandindhold.

Træ indeholder brint som de fleste andre brændsler. Sammen med ilt fra luften omdannes brinten ved forbrænding til vanddamp, og vanddampen indgår i røggassen sammen med de andre forbrændingsprodukter. Den flis, som anvendes på fjernvarmeværker, har typisk et vandindhold på 40-55% af totalvægten. Ved forbrændingen bliver det også til vanddamp i røggassen.

Røggassens indhold af vanddamp er interessant, fordi den repræsenterer en uudnyttet energimængde, der kan frigøres ved kondensering. Energimængden, som teoretisk kan frigives ved at kondensere vanddampen, er lig fordampningsvarmen for vand plus den termiske energi fra nedkølingen.

Når røggassen køles ned under dugpunkttemperaturen, begynder vanddampen at kondensere. Jo lænere røgen køles ned, des større vandmængde kondenseres, og den frigivne varmemængde øges. Alene sænkningen af temperaturen fra anlæggets normale røgteperatur til dugpunkttemperaturen giver naturligvis en forøget varmeydelse. Virkningen bliver dog først rigtig stor, når kondenseringen begynder, og fordampningsvarmen frigives. Det forløb kan iagttages i figur 22. Figuren viser den forøgede varmeydelse i procent, som kan opnås ved at sænke røgteperaturen. Den normale driftssituation, som procenterne er beregnet ud fra, er en røgteperatur på 130°C og en CO₂% på 12. De forskellige linier i figuren illustrerer forskellige værdier for flisens indhold af vand i % af totalvægten.

Kurverne viser den teoretiske forbedring af virkningsgraden, der kan beregnes ud fra vandindholdet og røgteperaturen. De praktiske erfaringer fra kondenseringsanlæg, der er i drift, viser, at der også i praksis opnås højere virkningsgrad /ref. 62/. Således er årsvirkningsgraden for næsten alle anlæg over 100% (baseret på brændslets nedre brændværdi, der ikke medregner kondensationsvarmen).

Til køling af røggassen bruges returvand fra fjernvarmenettet. Vandet skal være så koldt som muligt. Røggaskøleren er derfor den en-



foto: dk-teknik/henrik haurmann jøkbøsen

I askecontaineren til venstre samles flyveaske fra cyklonen, mens der i den store container opbevares bundaske fra fyringsanlægget.

hed, som vandet først passerer, når det kommer retur fra nettet.

Kondensat

Kondensatet består af vand med et mindre indhold af støvpartikler og organiske forbindelser stammende fra eventuel ufuldstændig forbrænding. Desuden er der et mindre indhold af mineral- og tungmetallforbindelser samt klor og svovl.

pH-værdien for kondensatet varierer meget fra anlæg til anlæg og også efter driftssituationen. En typisk værdi ligger mellem 6-7, men der er målt pH-værdier fra 2,7 til over 8. Kondensatets indhold af støvpartikler påvirker pH-værdien kraftigt. Med stort partikelindhold måles høje værdier af pH - d.v.s. flyveasken virker basisk, og langt den største del opløses i kondensatet. Kun ca. 10% består af uopløselige partikler.

Kondensatet skal behandles, inden det bortledes. Træets indhold af mineraler og tungmetaller, som f.eks. cadmium, der er optaget under væksten i skoven, koncentrerer sig i kondensatet, og kan nå et niveau, der overskrider grænseværdierne for udledning. Undersøgelser har vist, at den store mængde cadmium i kondensatet findes i partiklerne i kondensatet og ikke på opløst form i vandet. Ved filtrering kan partiklerne fjernes fra kondensatvæsken, så dennes indhold af cadmium bringes

under grænseværdierne for udledning /ref. 63/. Derfor installeres i øjeblikket på stadig flere værker forskellige former for filtreringsudstyr til udskilning af kondensatets partikler. Efter denne behandling og neutralisering ledes kondensatet almindeligvis til det kommunale afløbssystem.

Når røggassen forlader røggaskondensatoren bør den til sidst passere gennem et effektivt dråbefang til opsamling af medrevne dråber, så disse ikke bringes videre til røgrør og skorsten.

Første forudsætning for succes med røggaskondensering er en returløbstemperatur i fjernvarmesystemet, der er så lav, at dampen i røggassen kan kondenseres. Desuden må anvendes brændsel med højt vandindhold. Vådere brændsel giver bedre økonomi! Dette gælder dog kun så længe, at vandindholdet ikke er så stort, at forbrændingen bliver ufuldstændig. Skovflis med et vandindhold mellem 40 og 50% er ideelt til anlæg med røggaskondensator.

Installation af røggaskondensering kan i mange tilfælde spare installation af anden udrustning til røgrensning. Hvis installation af et posefilter kan undgås, kan besparelsen herved ofte betale investeringen i røggaskondenseringsenheden, så den forøgede virkningsgrad fås uden afholdelse af ekstra faste omkostninger.

Skorsten

Før skorsten og røggaskondensator er monteret en røgsuger, der skaber undertryk overalt i fyringsanlæggets røgveje. En styring er monteret, så røgsugeren i samspil med forbrændingsluftblæserne konstant holder et bestemt undertryk i kedlens fyrboks. Røgsugeren trykker derefter røggassen ud i røggaskondensatoren og skorstenen. Skorstenens højde må i hvert enkelt tilfælde fastlægges ud fra miljømyndighedens krav. Der er mere at læse om skorstenshøjder i /ref. 64/. På anlæg med røggaskondensering skal skorstenen være indrettet således, at tæringskader undgås, dvs. at der skal anvendes glasfiber eller rustfrie materialer.

Sodnedfald fra skorstene på anlæg med røggaskondensering giver besvær på nogle værker. Røgen er mættet af vanddamp. Den indeholder også opløste salte og måske urenheder fra røggaskondensatet, der kan lejre sig i skorstenen. Sodnedfaldet opstår, når aflejringerne i skorstenen går løs og medrives af røggasstrømmen. Effektive dråbefang, lave hastigheder i skorstenen og eventuelt montering af et spulesystem i skorstenen anbefales som afhjælpning /ref. 65/.

Askehåndtering

Flis indeholder 0,5-2,0% af tørvægtten i form af ubrændbare mineraler, som bliver til aske efter forbrændingsprocessen. Asken håndteres automatisk på alle fjernvarmeværker. Det manuelle arbejde i forbindelse med askesystemet er begrænset til almindelig driftstilsyn og indgriben ved driftsforstyrrelser. Træaskens sammensætning betyder, at slaggedannelse ikke er et udbredt fænomen på flisfyrede varmeværker.

Fra risten falder asken ned i en askesnegl eller andet askeopsamlingsystem. Slammet fra røggaskondensatet indeholder en stor del af flisens tungmetaller og samles for sig til senere deponering.

Askesystemet kan være indrettet som vådt eller tørt. Et vådt askesystem er både effektivt som vandlås til hindring af falsk lufttilførsel til ked-

Kategori	Beskrivelse	Maks. Cd-indhold (mg Cd/kg TS)	Maksimal udbringningsmængde (tons TS/ha/år)
H1	Halmaske, blandet	5	0,56
H2	Halmaske, blandet	2,5	1,12
H3	Halmaske, bundaske	0,5	5,6
F1	Flisasker, blandet	15	0,19
F2	Flisasker, blandet	8	0,35
F3	Flisasker, bundaske	0,5	5,6
H+F	Blandet halm- og flisasker	5 (som H1)	0,56

Tabel 14: Grænseværdier for cadmium samt maksimalt tilladte udbringningsmængde ifølge "Bekendtgørelse om anvendelse af aske fra forgasning og forbrænding af biomasse og biomasseaffald til jordbrugsformål", høringsudgave. TS står for tørstof.

len, og slukker samtidig glødende aske. En ulempe er den tungere aske i containeren, og korrosionen fra den våde aske. Afhængigt af flisforbruget tømmes containerne fra ca. 1 gang hver 14. dag til 1 gang hver tredje måned.

Bortskaffelse

Asken indeholder brændslets uforbrændte bestanddele, herunder en række næringsstoffer som kalium, magnesium og fosfor og kan derfor benyttes som gødning i skoven, hvis ikke indholdet af andre stoffer, som er problematiske for miljøet, er for højt. Når biomasseaftalen er fuldt implementeret i år 2005, vil der produceres i størrelsesordenen 80 til 100.000 tons biomasseaske årligt. Med så store mængder aske er det vigtigt, at der findes en fornuftig og miljømæssigt forsvarlig anvendelse, hvor askens indhold af næringsstoffer udnyttes bedst muligt.

Anvendelse af asken i jordbruget kræver tilladelse fra amtet. Sagerne behandles i skrivende stund (primo 1999) efter Miljø- og Energi ministeriets bekendtgørelse nr. 823 af 16. september 1996 om anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål /ref. 66/. Denne bekendtgørelse er imidlertid hovedsagelig rettet mod anvendelse af industrielle restprodukter, spildevandsslam, kompost mv., og er ikke særlig velegnet til regulering af askeudspredning. Blandt andet gør de lave cadmiumgrænseværdier det svært for biomassevær-

kerne at overholde bekendtgørelsen, og anvendelsen af asken har derfor i høj grad været baseret på dispensationer fra Miljøstyrelsen og tilladelser fra amtet. Hvis der ikke gives dispensation, skal asken deponeres på en kontrolleret losseplads. På sigt er det dog ikke holdbart at basere affaldsbortskaffelsen på dispensationer, og derfor flyttes reguleringen over i en selvstændig bekendtgørelse, som for tiden foreligger i en høringsudgave.

Den kommende bekendtgørelse, "Bekendtgørelse om anvendelse af aske fra forgasning og forbrænding af biomasse og biomasseaffald til jordbrugsformål" bygger på betragtningen om, at halm- og flisasker bør kunne tilbageføres til de arealer, hvor halmen og flisen kommer fra. Hvis halmen eller flisen blev liggende på marken eller i skoven, ville tungmetallerne forblive i jorden. Når halmen eller flisen afbrændes, vil tungmetal-

Tungmetal	Grænseværdi (mg pr. kg tørstof)
Kviksølv	0,8
Bly	120 (privat have 60)
Nikkel	30
Chrom	100

Tabel 15: Grænseværdier for de øvrige tungmetaller ifølge "Bekendtgørelse om anvendelse af aske fra forgasning og forbrænding af biomasse og biomasseaffald til jordbrugsformål", høringsudgave.

	Afskæringsværdi (mg per kg tørstof)
Sum af Acenaphthen, Phenanthren, Fluoren, Fluoranthen, Pyren, Benzfluoranthener (b+j+k), Benzo(a)pyren, Benz (g,h,i)perylene, Indo(1,2,3-cd)pyren	6 (Fra den 1. juli 2000 er værdien 3)

Tabel 16: Ud over tungmetaller kan asken også indeholde de såkaldte polyaromatiske kulbrinter (PAH), som typisk opstår i forbindelse med dårlig forbrænding. Afskæringsværdien for PAH ses her fra "Bekendtgørelse om anvendelse af aske fra forgasning og forbrænding af biomasse og biomasseaf-fald til jordbrugsformål", høringsudgave.

lerne naturligvis opkoncentreres i asken, men hvis asken tilbageføres i tilpas mængde, vil tungmetalbelastningen ikke være forskellig fra situationen, hvor halmen og flisen blev på marken og i skoven. Derfor er grænseværdierne i den nye bekendtgørelse lempet i forhold til den gældende bekendtgørelse, mens den maksimalt tilladte udbringningsmængde sikrer, at der samlet ikke tilføres arealerne mere tungmetal, end der normalt bortføres med biobrændslet ved høsten.

Ren halmasker må kun anvendes på landbrugsjord, mens ren flis- aske kun må anvendes på skovarealer. Blandinger af flis- og halmasker må anvendes både på skov- og landbrugsarealer. Aske som anvendes på landbrugsjord kan doseres som et gennemsnit over 5 år, mens aske, som anvendes på skovarealer kan doseres som et gennemsnit over 10 år. På skovarealer må der maksimalt

tilføres 7,5 tons tørstof per ha per omdrift (100 år).

Da der er en vis sammenhæng mellem forbrændingskvalitet og indhold af PAH i asken, skal der ifølge høringsudgaven laves en analyse af udforbrændt kulstof i asken ved hver tungmetalanalyse. Hvis restkulstoffet i asken er under 5% skal der laves PAH-analyser hvert 2. år, men hvis en analyse af uforbrændt kulstof er over 5% og dermed antyder en dårlig forbrænding, kræves der straks en PAH-analyse.

Når den nye bekendtgørelse er trådt i kraft forventes det at give bedre mulighed for en fornuftig og miljørigtig anvendelse af biomasseasken.

Miljøforhold

I dette afsnit omtales påvirkningen af luftmiljøet ved fyring med brændselsflis på fjernvarmeværker. I tabel 17 er

	Enhed	Typisk værdi	Typisk variation
SO _x som SO ₂	g/GJ	15	5 - 30
NO _x som NO ₂	g/GJ	90	40 - 140
Støv, multicyklon	mg/m ³ n	300	200 - 400
Støv, røggaskondensering	mg/m ³ n	50	20 - 90
CO ₂ (se tekst)		0	0

Tabel 17: Typiske emissionsværdier ved flisfyring. Tallene varierer i praksis meget, også ud over de anførte typiske variationer /ref. 67/.

Anlægsstørrelse Indfyret effekt i MW	Vejledende grænseværdi for støv mg/m ³ _n v. 10% O ₂	
	Anlæg med støvfiltere	Kondenserende anlæg eller teknologi uden støvfiltere
> 0,12 < 1	100	300
> 1 < 50	40	100

Tabel 18: Anbefalede grænseværdier for støv fra træfyrede anlæg ifølge /ref. 61/.

sammenfattet typiske emissionsværdier for flisfyring.

Støv

Efter stramningen af de vejledende emissionsgrænser i 1990 for luftforurening valgte de fleste kommuner at kræve lavere emissionsværdier for støv fra større flisfyriansanlæg end tidligere.

Emissionsgrænser for støv fra fyriansanlæg er beskrevet i Miljøstyrelsens vejledning, Begrænsning af luftforurening fra virksomheder /ref. 64/. Vejledningen fastsætter grænser for en række fyriansanlæg, men dog ikke for træ.

Ved myndighedsbehandling af træfyrede anlæg har de godkendende myndigheder i de fleste tilfælde anvendt vejledningens grænseværdier for "støv i øvrigt", der fastsætter grænseværdien for støv i forhold til størrelsen af massestrømmen før rensning. I nogle tilfælde er der også blevet skævet til de vejledende grænseværdier for halmfyrede anlæg over 1 MW indfyret effekt, hvor der udover støv også stilles krav til et maksimalt kulilteindhold på 0,05 vol% v. 10% O₂.

I 1996 har Miljøstyrelsen fået udarbejdet en rapport Støvemissionsvilkår for træfyrede anlæg mindre end 50 MW /ref. 61/, der anbefaler vejledende grænseværdier specielt for træfyrede anlæg.

Ved fastlæggelsen af grænseværdierne for støv, foreslås i rapporten, at der både ses på anlægsstørrelsen og på den anvendte teknologi til fyring og støvrengsning.

Kulilte

Et højt CO-indhold er et sikkert tegn på ufuldstændig forbrænding og skal være så lavt som muligt, fordi:

- CO er en brændbar gas. Højt CO-indhold giver dårlig virkningsgrad.
- Lugtgener og høj CO-værdi hører sammen.
- PAH, dioxin og høj CO-værdi hører sammen.
- Høje koncentrationer af CO er farligt at indånde.

CO-indholdet i røggassen må ifølge Miljøstyrelsens vejledning /ref. 64/ ikke overstige 0,05% for halmfyrede varmeværker. Mange flisværker har samme krav i deres miljøgodkendel-

se. Under normal drift kan dette overholdes på de flisfyrede varmeværker, men i forbindelse med opstart, meget vådt brændsel og andre usædvanlige driftssituationer, kan der opstå problemer.

Kuldioxid (CO₂)

Udledning af CO₂ til atmosfæren er problematisk, da CO₂ menes at være en væsentlig årsag til drivhuseffekten. Ved forbrænding af flis og andre træbrændsler udvikles der ikke mere CO₂, end der er forbrugt (bundet) under træets vækst. Endvidere udvikles der ved forbrænding samme mængde CO₂, som ved den forrådnelsesproces, der i sidste ende er det uundgåelige alternativ til en energimæssig anvendelse af træet. Flis betragtes således som CO₂-neutral.

Svovldioxid (SO₂)

Svovl fra forbrænding af flis stammer fra svovlforbindelser, der er optaget af træet under væksten. Forbrænding af flisen ændrer derfor ikke den samlede mængde svovl, der findes i miljøet, men den medfører, at den svovl, som udsendes med røgen, bidrager til miljøbelastningen af luften. Rent træ fra skovbruget indeholder dog kun en meget begrænset mængde svovl. Under forbrændingen vil omkring 75% af svovlen i træet blive bundet i bund- og flyveasken, så det kun er de resterende 25%, der ender som SO₂ i røggassen /ref. 68/.

Analysen af svovlindholdet i brændselsflis viser i mange tilfælde værdier som er under laboratorieudstyrets detektionsgrænser. Gennemsnittet af en række analyser viser et svovlindhold på ca. 0,05% svovl (vægt % i forhold til brændslets tørstofindhold) /ref. 67/.

Fyring med flis på varmeværker giver meget mindre SO₂-udslip end den fuelolie eller kul, flisen ofte erstatter. Er alternativet naturgas, og er den uden svovlindhold på produktionsstedet, vil der ikke være nogen SO₂-fordel ved flisfyring.

Kvælstofoxider (NO_x)

Ved forbrænding af flis dannes der nogenlunde lige så store mængder NO_x, som ved forbrænding af andre brændsler. NO_x er summen af NO og NO₂.

Dannelsen af kvælstofoxider sker ud fra luftens og brændslets indhold af kvælstof.

Både brændslets indhold af kvælstof og udformningen af anlæggets forbrændingskammer spiller en væsentlig rolle for dannelsen af NO_x. Af vigtige parametre for lav NO_x-dannelse kan nævnes:

- Lavt kvælstofindhold i brændsel.
- Trinopdelt forbrænding med lavt luftoverskud i første trin /ref. 69/.
- Lav flammetemperatur.
- Recirkulation af røggasser.

Andre forurenende stoffer

Ud over partikler, SO₂, NO_x og CO kan røggasser indeholde andre forurenende stoffer som polyaromatiske kulbrinter (PAH), dioxiner, klorbrinte (HCl) m.fl.

PAH er en fællesbetegnelse for en række kemiske stoffer, der består af kulstof og brint. De opstår ved dårlig forbrænding. En del af dem er giftige (nogle endog kræftfremkaldende) og bør derfor undgås. Siden 1985 er der foretaget flere undersøgelser, der alle viser, at der er en nøje sammenhæng mellem dannelsen af PAH og CO. Lavt CO-indhold og lavt PAH-indhold følges ad /ref. 70/.

Klorbrinte (HCl) bidrager ligesom svovldioxid til forsuren, men kondenseres hurtigere (til saltsyre) og kan derfor lokalt medvirke til skader især på materialer, men også på planter. Udsendelsen af HCl afhænger dels af flisens beskaffenhed (flis fra kystnære skove indeholder salt fra havgus), dels af forbrændingsbetingelser og røggasrensningen, herunder kondensering, der fjerner en betydelig del af røggassens HCl.

Støj

Varmeværket skal overholde miljømyndighedernes vilkår om begrænsning af støj - jævnfør Miljøstyrelsens vejledning nr. 5 /1984 /ref. 71/. Støjbelastningen skal måles eller beregnes efter Miljøstyrelsens vejledninger nr. 6/1984 /ref. 72/ henholdsvis nr. 5/1993 /ref. 73/.

Hvis værket ligger nær et villaområde, vil støjgrænserne her normalt være:

- 45 dB(A) i dagperioden (hverdage kl. 07-18 og lørdage kl. 07-14)
- 40 dB(A) i aftenperioden (hverdage kl. 18-22, lørdage fra kl. 14-22 og søn- og helligdage kl. 07-22)
- 35 dB(A) i natperioden (alle dage fra kl. 22-07)

Støjgrænserne varierer for forskellige områdetyper og må ikke overskrides i noget punkt i naboområderne. Hvis værket således ligger i et industriområde, hvor støjgrænsen er 60 dB(A) i alle perioder, kan det ofte være støjgrænserne i et lidt fjernere villaområde, der er afgørende. Støjen kommer primært fra ventilatorer og luftindtag eller -afkast (herunder skorstenen), men også fra andre maskiner (kompressor, kraner, transportbånd, snegle og hydraulikanlæg) samt fra al trafik på værkets grund. I de fleste områdetyper er støjgrænsen lavest om natten, og det vil derfor normalt være denne, der er dimensionerende. Imidlertid kan for eksempel leverancer af brændsel ofte give problemer, selvom det foregår i dagperioden, hvis værkets indkørsel er uheldigt placeret.

Det er vigtigt allerede på planlægningsstadiet at tage højde for støjforholdene, idet efterfølgende støjdæmpning ofte er meget bekostelig, ligesom driftsrestriktioner (f.eks. om at undgå al kørsel uden for dagperioden) kan være problematiske. Det er i dag muligt at forudberegne støjen i omgivelserne, således at der kan stilles garantikrav til leverandører, som sikrer, at støjgrænserne ikke overskrides.

Brandsikkerhed

I forhold til tørre brændsler er der mindre brandrisiko ved fyring med skovflis. Visse sikkerhedsforskrifter skal dog stadig overholdes.

I brændselssystemet skal der være lufttæt adskillelse, således at ild ikke kan brede sig baglæns fra forbrændingskammeret til lageret. Ved de fleste anlæg indrettes indfyringssystemerne således, at der umiddelbart før forbrændingskammeret findes en lufttæt "prop" af flis samt et automatisk sprinklersystem.

Risikoen for røggasekspllosioner fordrer opmærksomhed. Uforbrændte gasser i et uheldigt blandingsforhold med atmosfærisk luft kan give særdeles kraftige eksplosioner, hvis der f.eks. ved overtryk i forbrændingskammeret er sluppet gasser ud i kedelrum eller indfyringssystem. Røggasekspllosioner kan også ske inde i forbrændingskammeret, hvis brændslet f.eks. ved et driftsstop ligger og ulmer med for lidt atmosfærisk luft, og der så pludselig tilføres luft.

I flislageret skal man være opmærksom på risikoen for selvantændelse. Her er oplagringshøjden, flisens alder, vandindhold og adgangen til luft meget afgørende parametre. Ved fyring med træpiller og tørt træaffald er der fare for støvekspllosion i lager og indfyringssystem. Her indbygges brandslukningsudstyr umiddelbart før kedlen. Faren for brand i brændselslageret er også en risiko med piller.

Styring, regulering og overvågning

Styring, regulering og overvågning af værket kaldes under ét SRO-systemet. Systemet er bygget op over to computere:

- En PLC (Programmerbar Logisk Control), der indsamler driftsdata fra anlægget samt styrer anlægget til fastlagte driftsværdier.
- En almindelig computer, der viser driftspersonalet de aktuelle data fra PLC'en på et skærbillede. Via computeren kan de valgte driftsværdier i PLC'en ændres.

Systemet er opdelt i de tre hovedfunktioner, der dækker følgende:

- Styringen sørger for, at hele processen forløber i en forudbestemt rækkefølge.
- Reguleringen sørger for, at valgte værdier for tryk, temperatur mv. overholdes.
- Overvågningen giver alarm ved fejl-funktioner.

Med SRO-anlæggene bliver automatisk drift mulig, således at permanent bemanning er unødvendig. Ved driftsforstyrrelser tilkaldes personalet via fjernovervågning over telefonnet-

tet. I værste fald startes automatisk en oliekedel, der overtager varmeanfordelingen.

Bemanning på værket

Den nødvendige bemanning på værket afhænger naturligt af graden af automatisering, omfanget af egen flishåndtering, værkets alder etc. Enkelte mindre værker er indrettet således, at der heller ikke i dagtimerne er fast bemanning på værket. Gennem tilkaldevagt over telefon og daglige driftstilsyn, kan driftslederen have andet arbejde ved siden af.

Som udgangspunkt kan regnes med, at anlæg fra ca. 1,5 MW til 5 MW kræver ca. 1-2 mandår til drift. Over 5 MW kræves ca. 2-3 mandår til drift. Anlægsopbygningen er meget afgørende for vedligeholdelsesopgavernes omfang.

Sikkerhed

Sikkerhed på varmeværket omfatter brandsikkerhed og personsikkerhed. Værket skal inden ibrugtagning godkendes af de lokale brandmyndigheder.

Personsikkerheden på værket skal godkendes af Arbejdstilsynet. Den omfatter sikkerhed mod skoldning, forbrænding, forgiftning med røggasser og støv samt mod skader fra kraner og andet maskinudstyr.

Organisationsformer

Flisfyrede varmeværker kan etableres som:

- A.m.b.a. - andelsselskab med begrænset ansvar
- ApS - anpartsselskaber
- A/S - aktieselskab
- Offentligt ejede selskaber

De flisfyrede fjernvarmeværker i Danmark er typisk organiserede som et lokalt brugerejet selskab organiseret i et A.m.b.a., hvor alle tilsluttede forbrugere på fjernvarmenettet er tilknyttet selskabet. Ejerne hæfter kun med deres indskud, og alle stilles lige i forhold til hinanden. Desuden er selskabsformen kendt af mange i forvejen. Næsten alle flisvarmeværkerne i Danmark er privatejede A.m.b.a. selskaber. Organisationsformen for de brugerejede selskaber er demokratisk, idet alle forbrugere gennem generalforsamlingen har mulighed for at deltage i varmeværkets beslutningsprocesser.

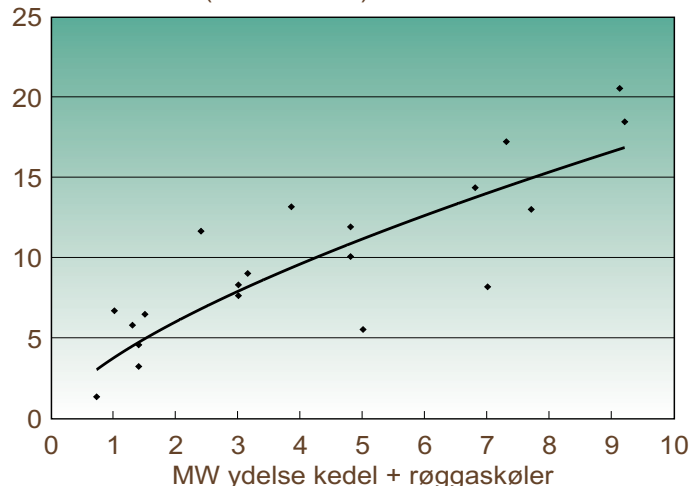
Enkelte værker ejes og drives af kommunen.

Man kan også vælge et anpartsselskab (ApS) eller et aktieselskab (A/S), hvor deltagerne ligeledes kun hæfter med den tegnede kapital.

Investering og drift

Til illustration af driftsøkonomien følger her et eksempel for et tænkt 2 MW flisfyret varmeværk, der etableres helt fra grunden som et såkaldt barmarksprojekt. Hermed menes en by, hvor der både etableres et nyt værk og et komplet fjernvarmenet til forsyning af forbrugerne. Flisprisen er sat til 36 kr./GJ og olieprisen til 95

Millioner kroner (niveau 1997)



Figur 23: Anlægspriser for flisfyrede fjernvarmeværker i 1997 prisniveau i Danmark. Punkterne viser de enkelte anlægspriser, mens linjen viser en tilnærmet prisformel /ref. 28/.



foto: biopress/forbær skøtt

Trustrup-Lyngby Varmeværk på Djursland er et barmarksprojekt etableret i 1997.

kr./GJ. Alle beløb i eksemplet er uden moms.

Anlægsinvestering

I rapporten Anlægs- og driftsdata for flisfyrede varmeværker /ref. 28/ er indsamlet oplysninger om anlægspriser for grund, byggemodning, bygninger, maskininstallation og projektering. Alle priser er henført til 1994-niveau, så de er sammenlignelige. Kurven på figur 23 viser fremskrevne 1997-priser for de enkelte værker i forhold til den samlede installerede effekt på fliskedel og røggaskondensator.

I et nyt projekt er det vigtigt at komme "godt fra start". Derfor skal mindst 80% af de tidligere oliefyrskedler samt alle offentlige storforbrugere med i startåret. Offentlige storforbrugere er kommunekontorer, skoler, idrætshaller mv. Industrivirksomheder

og liberale erhverv får modsat tidligere ikke refusion af energi- og miljøafgifter i forbindelse med rumopvarmning og er derfor også en målgruppe.

Eksemplets data er:

260 enkeltforbrugere	4.550 MWh/år
10 storforbrugere	3.300 MWh/år
Tab i fjernvarmenet	30%
Varmeproduktion	11.200 MWh
Varmeproduktion på flis	93%
Varmeproduktion på olie	7%
Maks. effektbehov	3 MW
Fliskedelns effekt	2 MW
Årsvirkningsgrad, flisfy	100%
Årsvirkningsgrad, oliefy	80%

For en by med tætliggende huse er nettabet i et år med ca. 3.112 ELO-graddage ca. 30%. Hvis husene ligger spredt eller mindre byer forbindes via en transmissionsledning stiger nettabet til over 35%.

Det er hos Energistyrelsen muligt at søge om tilskud til barmarksprojekter efter CO₂-lovgivningen /ref. 57/.

Investeringen er følgende:

	mio. kr.
Varmeværk inkl. grund mv.	6,8
Gadenet og rådgivning	10,0
Stikledninger	4,0
Husinstallationer	4,0
Uforudsigelige udgifter	<u>1,0</u>
Samlet anlægsomkostning	25,8
Tilskud fra Energistyrelsen	4,4
Lånebehov	<u>21,4</u>

Anlægsinvesteringen kan belånes fuldt ud med indexlån. Det er en lånetype, hvor de årlige ydelser øges i takt med inflationen. Det har været en billigere lånetype end almindelige serie- eller annuitetslån, så længe inflationen er under 7% p.a. Der redegøres nærmere for strukturen i indexlån i følgende referencer /ref. 74, 75/. Realrenteafgiften på indexlån, der blev indført med Pinsepakken i foråret 1998, forventes at blive afgørende for, om denne lånetype fortsat vil være attraktiv til finansiering af nye varmeværker.

Driftsudgifter og indtægter

Værkets indtægter kommer fra varmesalget og er fordelt på faste bidrag og forbrugsbetaling for varmen. Tariffen for varmesalg til forbrugerne kan f.eks. være:

Forbrugsbetaling	350 kr./MWh
Abonnementsbidrag	1.000 kr.
Effektbidrag, private	30 kr./m ²
Effektbidrag, erhverv	30 kr./m ²

Dertil kommer moms. For en privatforbruger i et hus på 120-130 m² med et gennemsnitsforbrug på 17,5 MWh/år (svarende til ca. 2.500 liter olie) vil det give en årlig opvarmingsudgift på kr. 13.800. Denne udgift svarer nogenlunde til driftsudgifterne ved oliefyring: olie, skorstensfejning og vedligeholdelse. Denne tarif vil give følgende indtægter:

Indtægterne er:	tusinde kr.
Salg af varme, 7.850 MWh	2.748
Abonnementsbidrag, 270 stk.	270
Effektbidrag, private	1.014
Effektbidrag, erhverv	<u>350</u>
Samlet indtægt	<u>4.382</u>

Udgifterne er:	tusinde kr.
Køb af skovflis, 36 kr./GJ	1.350
Køb af olie, 87.000 liter	295
Vedligeholdelse, værk	130
Vedligeholdelse, net	200
Elforbrug	85
Vand og kemikalier mv.	30
Øvrige omkostninger	70
Personale, administration	500
Afskrivninger over 20 år	1.070
Afskrivning på indeksering	21
Renter og bidrag	<u>570</u>
Udgifter i alt	<u>4.321</u>
Nettoresultat	<u>61</u>

M.h.t. regnskabspraksis giver en lineær afskrivning med lige store beløb

per år et mere retvisende billede af anlæggets værdiforringelse end den anden praksis, hvor afskrivning sættes lig med afdrag på lån. Ved sidstnævnte praksis vil man få stigende udgifter, efterhånden som afdragene øges gennem afdragsperioden. Indeksering af afdrag er udgiften til den årlige opskrivning af afdragene med nettoprisindekset. Restgælden opskrives ligeledes med nettoprisindekset. Denne post bogføres i en kursreguleringsfond under egenkapitalen /ref. 75/.

Myndighedsgodkendelse

Det skal så tidligt som muligt i sagsforløbet undersøges, om lokale miljø-

og byggerestriktioner eller fredningsbestemmelser er hindrende for et nyt eller ombygget værk. For at kunne etablere et fjernvarmeværk skal der indhentes følgende godkendelser fra myndighederne:

- Byggetilladelse
- Godkendelse af projektforslag efter varmforsyningsloven
- Miljøgodkendelse
- Eventuelt lokalplan

Forholdene vedr. myndighedsgodkendelse er nærmere beskrevet i /ref. 76/.