

# **Branchebeskrivelse for varmeværker**

**Teknik og Administration**  
**Nr. 11 1997**

## INDHOLDSFORTEGNELSE

## SIDE

1. INDLEDNING .....	2
2. SAMMENFATNING.....	4
3. Generel beskrivelse af branchen .....	6
3.1 Branchedefinition og afgrænsning .....	6
3.2 Branchens strukturelle udvikling .....	7
3.2.1 Historisk udvikling.....	7
3.2.2 Antal virksomheder.....	7
4. Processer, teknologi og miljøbelastning .....	9
4.1 Procesbeskrivelse .....	9
4.2 Produktionsindretning.....	9
4.3 Arbejdsmetoder og miljøbelastning .....	10
4.3.1 Håndtering af brændstof.....	10
4.3.2 Forbrænding og affaldshåndtering .....	11
4.3.3 Cirkulation af vandbåret varme.....	12
4.3.4 Øvrige aktiviteter .....	15
5. potentielle forureningskilder .....	17
5.1 Oversigt over potentielle forurenende komponenter.....	17
5.2 Stofbeskrivelse - kemiske data.....	18
6. undersøgelser .....	19
6.1 Historik .....	19
6.1.1 Historisk kortlægning.....	19
6.1.1.1 Oplysning om lokalisering af muligt forurenende virksomheder.....	19
6.1.1.2 Oplysninger om branchen .....	20
6.1.1.3 Oplysninger om lokaliteten .....	20
6.1.2 Status for branchens miljøbelastning .....	21
6.2 Teknisk undersøgelse .....	22
6.2.1 Prøvetagning .....	22
6.2.2 Analysemetoder.....	22
6.2.2.1 Indledende prøvebeskrivelse.....	22
6.2.2.2 Feltanalyser .....	23
6.2.2.3 Kemiske analyser .....	24
7. Litteraturliste .....	29

## BILAGSFORTEGNELSE

Bilag 1: Datablade for udvalgte kemiske stoffer

## 1. INDLEDNING

Denne branchebeskrivelse er udarbejdet af Carl Bro as for Amternes Depotenhed i forbindelse med projektet "Erfaringsopsamling på amternes registreringsundersøgelser", med særlig vægt på 8 udvalgte brancher.<sup>1</sup>

Udvælgelsen af brancher til erfaringsopsamlingsprojektet, som gennemføres under Amternes Depotenhed, er foregået ud fra dels et generelt udvælgelseskriterie "mindst 25 registreringsundersøgelser, udført af minimum 5 forskellige amter" dels specifikke begrundelser.

Erfaringerne har vist, at de første registreringsundersøgelser udført på varmeværker har været koncentreret omkring olieoplag på ejendommen. Senere har det vist sig, at en del varmeværker har været indrettet med en kviksløvsøjfe for at kunne opnå tilpas tryk i forsyningsnettet. Uheld i forbindelse med disse kviksløvsøjfer har efterfølgende afsløret kraftige kviksløvforureninger. Der er derfor behov for at få kortlagt og undersøgt mulige forureningskilder på varmeværker.

Herudover er der en formodning om, at ikke alle kilder (tankanlæg, kviksløvsøjfe m.m) er undersøgt ved allerede gennemførte registreringsundersøgelser. Der er derfor behov for at samle op på de erfaringer, som de allerede gennemførte registreringsundersøgelser kan give.

Der skønnes i dag at være 37.500 kortlagte ejendomme, hvoraf der kun er gennemført registreringsundersøgelser på ca. 4.500. /20/

Af disse 4.500 gennemførte registreringsundersøgelser er 81 (opgjort i oktober 1996) udført på ejendomme, hvor der har været/er et varmeværk.

Da der således stadigvæk er mange kortlagte ejendomme, som endnu ikke er undersøgt, og da enkelte amter endnu ikke er færdige med kortlægningsarbejdet, vurderes det, at der fortsat skal udføres en del registreringsundersøgelser på varmeværker. Derfor har Amternes Depotenhed valgt at få udarbejdet en branchebeskrivelse for denne branche i forbindelse med erfaringsopsamlingsprojektet.

Formålet med branchebeskrivelsen er:

1. at give en generel indsigt i branchen  
samt
2. at fungere som et lettilgængeligt og direkte brugbart opslagsværk i forbindelse med arbejdet med registreringsundersøgelser, som er højt prioriteret i amterne i disse år.

---

<sup>1</sup> Autoværksteder, garverier, jern- og metalstøberier, korn- og foderstofvirksomheder, metalforarbejdende virksomheder, produkthandel, autoophug og jern- og metalgenvindingsvirksomheder, træimprægneringsvirksomheder samt varmeværker

Branchebeskrivelsen, herunder dens anbefalinger, skal dog altid læses i forhold til de til enhver tid relevante vejledninger mv. fra Miljøstyrelsen.

Rapportens indhold er sammenfattet i kapitel 2 med særlig vægt på de forureningsmæssige aspekter.

I kapitel 3 defineres branchen, og der gives en kort indføring i branchens strukturelle udvikling og sammensætning).

I kapitel 4 beskrives arbejdsmetoden/rne på varmeværker samt hvilken miljøbelastning, med henblik på jord og grundvandsforurening, som kan forventes fra denne branche.

I kapitel 5 gives en oversigt over potentielle forureningskilder, og for udvalgte branchespecifikke forureningskomponenter gives kemiske data.

I kapitel 6 beskrives en fremgangsmåde til at finde relevante historiske oplysninger frem, anbefalinger af hvilke kilder som er relevante at undersøge samt anbefalinger af, hvorledes den tekniske undersøgelse kan udformes, herunder valg af prøvetagnings- og analysemetodik.

I kapitel 7 er der givet en oversigt over anvendt litteratur.

Princippet i den anvendte referencehenvielse i denne branchebeskrivelse er, at står henvisningen lige før et punktum, betyder det, at henvisningen omfatter den foregående sætning. Står henvisningen derimod efter et punktum, er hele det foregående afsnit baseret på den pågældende reference.

## 2. SAMMENFATNING

### **Branchedefinition og afgrænsning**

Ved varmegærker forstås fjernvarmegærker og varmecentraler dvs. varmegrøduerende anlæg, hvis primære opgave er at producere varme til forbrugerne. Kraft/varmegærker, hvis primære opgave er at producere el, og hvor varmegrøduktionen er et biprodukt, berøres kun perifert.

I miljøbeskyttelseslovens liste over virksomheder, der er omfattet af miljølovens kapitel 5, er varmegærker anført under gruppe G.1, G.2 og G.3.

### **Branchens strukturelle udvikling**

Det første kendte fjernvarmegærk i Danmark etableredes i 1903. I 1920'erne blev der etableret fjernvarme i en række købstæder, primært baseret på udnyttelse af elproduktions overskudsvarme.

Den væsentligste udbygning af fjernvarmegrøduingsnettet er sket i perioden 1955 - 70.

Fremkomsten af den billige heavy fuel olie i 1950'erne gjorde, at der blev etableret varmegærker, der alene var baseret på fyring med dette brændsel i kedlerne.

I den store vækstperiode i 1960'erne var tilkomsten af små og mellemstore fjernvarmegærker dominerende.

Ved udbygningen i slutningen af 1950'erne og op gennem 1960'erne var der risiko for, at fordelingsnettet blev udsat for et anseligt overtryk. Derfor installeredes i mange større anlæg modtryksanordninger med kviksølv (kviksølvstandrør). Disse standrør blev forbudt i nye anlæg i 1974. Eksisterende standrør benyttes stadig i et antal anlæg.

I 1970 var der ca. 460 varmegærker i Danmark.

### **Processer, teknologi og miljøbelastning**

Aktiviteterne på et varmegærk er hovedsageligt karakteriseret som følger:

- Håndtering af brændstoffer
- Forbrænding og håndtering af affaldsprodukter
- Cirkulation af varme
- Øvrige aktiviteter (værksteder m.m.)

### Potentielle forureningskilder

<i>Kilder som <b>altid medtages</b> i en undersøgelse</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Overløbssted for kviksølvstandrør</li> <li>• Nedgravede olietanke med tilhørende rørføringer, påfyldning og udluftning</li> </ul>
<i>Kilder som <b>anbefales medtaget</b> i en undersøgelse</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Slaggeplads</li> </ul>
<i>Kilder som <b>i specielle tilfælde kan medtages</b> i en undersøgelse</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Værksted</li> <li>• Lokale for vandbehandling</li> <li>• Lager</li> </ul>

### Undersøgelsesteknik

- Historisk redegørelse
- Prøvetagning af jord og vand
- Feltnåling af olie og Hg med “test-kit” samt
- EDXRF-screening af slagger for metallerne Pb, Cu, Zn
- *Jordprøver* analyseres for metallerne Pb, Cu, Zn, Hg ved ICP eller AAS og
- for olieprodukter ved GC-FID
- *Vandprøver* analyseres for Hg ved AAS og olieprodukter ved GC-FID samt for Hydrazin (korrosionsbeskyttende middel) ved GC-MS eller HPLC

### **3. Generel beskrivelse af branchen**

#### **3.1 Branchedefinition og afgrænsning**

Ved varmegværker forstås i denne sammenhæng kommunale fjernvarmegværker og private varmegcentraler i forbindelse med boligkomplekser og virksomheder, dvs. varmegproducerende anlæg, hvis primære opgave er at producere varme til forbrugerne. Kraft/varmegværker, hvis primære opgave er at producere el, og hvor varmegproduktionen er et biprodukt, berøres kun perifert.

#### **Miljøbeskyttelsesloven**

I miljøbeskyttelseslovens liste over virksomheder, der er omfattet af kapitel 5, er varmegværker anført under gruppen G.1 - "Kraftværker og varmegproducerende anlæg med en indfyret effekt på mere end 50 MW, herunder gasturbiner- og gasmotoranlæg", G.2 - "Kraft- eller varmegproducerende anlæg med en indfyret effekt mellem 1 og 5 MW, der helt eller delvist er baseret på faste biobrændsler." eller G.3 - "Kraft- eller varmegproducerende anlæg med en indfyret effekt mellem 5 MW og 50 MW, herunder gasturbine- og gasmotoranlæg".

Amtet er godkendelsesmyndighed for G.1-virksomheder, mens kommunen er godkendelsesmyndighed for G.2- og G.3-virksomheder.

#### **Danmarks Statistik**

I Danmarks Statistiks erhvervsgrupperingskode er varmegværker placeret i gruppe 41.030 før 1993 og i gruppe 40.30.00 efter 1993.

#### **Erhvervsregistre**

Oplysninger om varmegværker kan bl.a. findes følgende steder:

I de gule telefonbøger kan nogle få værker findes under fjernvarmegcentraler.

I Kraks "Hvem styrer hvad" der er opdelt efter kommuner, kan nogle værker findes under "forsyningsvirksomheder".

I Kompass findes nogle få værker under rubrikken "El- og fjernvarmegværker", 50-10.

I Greens under "Varmeforsyning" - 403000.

I "Kommunal Aarbog", opdelt efter kommuner.

I Mostrops "Kommunalhåndbog", opdelt efter kommuner.

#### **Brancheorganisation**

Branchen er organiseret i Danske Fjernvarmegværkers Forening, Galgebjergvej 44, 6000 Kolding.

## 3.2 Branchens strukturelle udvikling

### 3.2.1 Historisk udvikling

Det første kendte fjernvarmeværk i Danmark etableredes i 1903 på Frederiksberg. Fjernvarmeforbrugerne var Frederiksberg Kommunehospital, 2 skoler samt en række kommunale institutioner og private ejendomme. Dampen til fjernvarmen fremstilledes hovedsageligt med dagrenovation, suppleret med kul- og koksmuld, og udover varme forsynedes forbrugerne også med elektricitet og varmt brugsvand, /1/,/2/.

I 1920'erne blev der etableret fjernvarme i en række købstæder, bl.a. Brønderslev, Fåborg, København, Esbjerg, Århus, Odense, og Randers. Kendetegnet for fjernvarmeforsyningen i denne periode er, at der hovedsageligt var tale om udnyttelse af overskudsvarmen fra dieselmotorer eller dampmaskiner fra kraftværkerne. Anlæggene var altså primært baseret på elproduktionen og sekundært på fjernvarmeproduktion. Fjernvarmenettet blev kun udbygget i mindre grad i perioden 1930 - 55, /1/,/2/.

Den væsentligste udbygning af fjernvarmeforsyningsnettet er sket i perioden 1955 - 70. Fremkomsten af den billige heavy fuel olie i 1950'erne gjorde, at der blev etableret varmeværker, der alene var baseret på fyring med dette brændsel i kedlerne. Fjernvarmeproduktionen blev dog stadig i nogen grad suppleret med overskudsvarme fra affaldsforbrændingsanlæg og industri. Etableringen af fjernvarmeværkerne i denne periode var i høj grad medvirkende til ændring af boligopvarmningsformen fra kakkelovnsfyring/opvarmning med oliefyr til opvarmning med centralvarme.

### 3.2.2 Antal virksomheder

I forbindelse med den store udbygning af fjernvarmesystemer fra slutningen af 1950'erne og op gennem 1960'erne var der ved f.eks. varmeforsyning til højereliggende områder eller etagebyggeri risiko for, at fordelingsnettet ved fjernvarmecentralen blev udsat for et anseligt overtryk. Derfor installeredes mange steder modtryksanordninger med kviksølv (kviksølvstandrør). Disse modtryksanordninger har hovedsagelig været anvendt i større anlæg, specielt i anlæg installeret i perioden 1959 - 1972. Der er dog set anvendelse af systemet allerede i 1954. /5/.

I 1974 blev der nedlagt forbud mod at anvende kviksølvstandrør i nyopførte anlæg. Det var (og er) dog stadig tilladt at benytte allerede eksisterende kviksølvstandrør, /11/. En del af de i 1960'erne installerede kviksølvstandrør er i dag erstattet af andre mekaniske trykregulerende installationer, /5/.

I 1970 var der i Danmark omkring 380 fjernvarmeforsyningselskaber, som disponerede over ca. 460 fjernvarmeværker, /1/,/2/. Fjernvarmens andel i bygningsopvarmningen var i 1953 ca. 6%, i 1958 ca. 9% og i 1963 ca. 15%, /3/.

I den store vækstperiode i 1960'erne var tilkomsten af små og mellemstore fjernvarmeværker dominerende. Ca. 85 % af de i 1964 oprettede varmeværker havde en kedeffect på under 5,6 Gcal/h. På trods af den store tilvækst i små og mellemstore fjernvarmeværker var det samlede fjernvarmefolumen i Danmark dog stadig domineret af et fåtal meget store værker, som det fremgår af nedenstående oversigt fra 1967, /3/:

Klasse	Maksimal effekt	Antal værker	Årsproduktion, 1966/67
Store værker	over 50 Gcal/h	10	$5,3 \cdot 10^6$ Gcal (46%)
Mellemstore værker	50-20 Gcal/h	40	$2,6 \cdot 10^6$ Gcal (23%)
Små værker	under 20 Gcal/h	300	$3,6 \cdot 10^6$ Gcal (31%)
Samlet		350	$11,5 \cdot 10^6$ Gcal (100%)

I øvrigt skal det nævnes, at de store boligselskabers private varmecentraler ofte er større end de almindelige fjernvarmecentraler. Centraler på 15 - 30 Gcal/h var i 1960'erne ganske normale. Der er også eksempler på, at et boligselskab påtager sig varmeleverancen til et naboparcelhusområde eller til visse kommunale institutioner, typisk skoler og børneinstitutioner. Det er dog blevet mere udbredt at slutte disse områder til i forvejen eksisterende fjernvarmeanlæg, /3/.

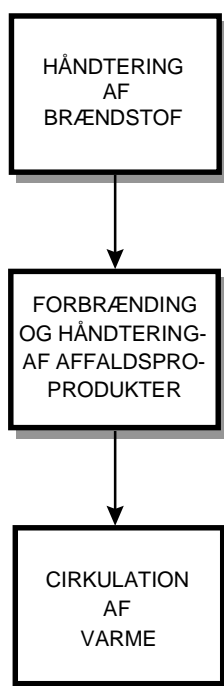
## 4. Processer, teknologi og miljøbelastning

### 4.1 Procesbeskrivelse

I den følgende gennemgang af varmeværker beskrives miljøbelastende aktiviteter som én produktionsmetode med en række successive processer.

Processerne i et fjernvarmeværk kan således opdeles i en række hovedelementer:

- Håndtering af brændstof
- Forbrænding og håndtering af affaldsprodukter
- Cirkulation af vandbåret varme
- Øvrige aktiviteter (værksteder m.m.)



**Figur 4.1** Organisationsdiagram for varmeværker

Denne gennemgang beskriver primært de processer, der vurderes at være relevante for eventuel forurening af jord og grundvand. Der findes desuden en række miljøproblemer i relation til emissioner og støj, der ikke berøres i denne rapport.

### 4.2 Produktionsindretning

Varmerværkers indretning er afhængig af det anvendte brændsel og den anvendte teknologi, men der findes dog en række fælles elementer. På fig. 4.2 er der vist et kulfyret varmeværk, som indeholder de væsentligste elementer, /4/. Ud over de viste er der mulighed for, at der findes olietanke, oplagspladser for slagge og aske, et specielt rum for kviksølvstandør, materiellager og værksted. Indretningen omkring et typisk kviksølvstandør er vist på fig.4.5 i afsnit 4.3.3. /6/.

**Figur 4.2** Tværsnit gennem et kulfyret varmeværk, /17/

### **4.3 Arbejdsmetoder og miljøbelastning**

Nedenfor er de enkelte arbejdsmetoder på et varmeværk beskrevet.

#### **4.3.1 Håndtering af brændstof**

##### **Arbejdsmetode**

På fjernvarmeværker foretages der modtagelse, oplagring, fordeling og forbrænding af brændstof. Brændstoffet kan være fast som kul, halm, flis, træpiller og affald, flydende som fuel- og gasolie eller i form af bygas, naturgas og flydende naturgas (LPG, Liquid Petroleum Gas). /4/.

##### **Miljøbelastning**

I relation til jord- og grundvandsforurening er det især håndtering af olie, der er problematisk. Det skal bemærkes, at der er stor forskel på risikoen ved fuel olie og fyringsgasolie, idet fuelolie er så højviskøs ved normale temperaturer (0-25 °C), at der i praksis kun er lav risiko for nedsivning i jorden. /7/. I forbindelse med oplagring og pumpning opvarmes fuelolie for at sænke viskositeten. Dette øger dog ikke risikoen for nedsivning væsentligt, da olien ved udslip hurtigt afkøles og igen bliver højviskøs. I forbindelse med afkøling af fuelolie kan der forekomme udfældning af kulbrinter i fast form (paraffin).

Olien ankommer til fjernvarmeværket med lastbiler eller i nogle tilfælde med jernbanevogne eller skib. Den største risiko for forurening findes ved omlastningen, hvor der ofte sker spild ved påfyldningsstude eller gennem udluftningsrør.

Olie opbevares i tanke, der enten kan være såkaldte jordtanke eller højtanke (overjordiske). Der er en risiko for lækager fra begge tanktyper, men problemet er normalt størst ved jordtanke, da der kan gå lang tid fra lækagen opstår, til den opdages.

Olie pumpes fra tankene til kedlerne gennem et rørsystem. Der er også her risiko for lækager, specielt ved samlinger, bøjninger og gennemføringer ved mure og gulve. Ofte er ledningerne nedlagt i jord uden beskyttelse, og således udsat for en direkte korrosionsrisiko.

Håndteringen af de faste brændstoffer som kul, affald, halm og flis er generelt uden risiko for jord og grundvand, dog kan der på udendørs kuloplag være en risiko for forhøjede værdier for visse tungmetaller specielt bly, zink og kobber i de øverste jordlag.



**Figur 4.3** Oversigt over arbejdsmetoder, potentielt forurenende stoffer/produkter samt potentielle forureningskilder ved håndtering af brændstof

### 4.3.2 Forbrænding og affaldshåndtering

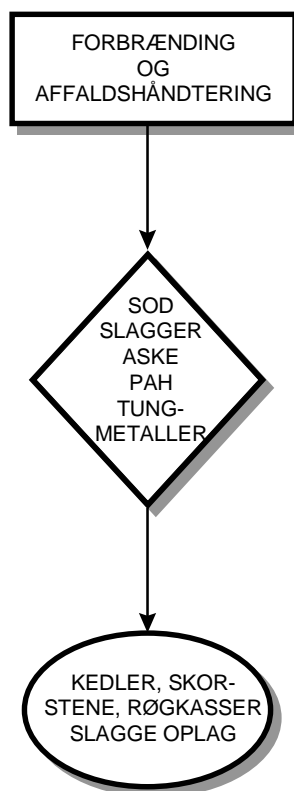
#### Arbejdsmetode

Det tilførte brændstof forbrændes i en kedel, hvor der produceres varmt vand eller damp. Ved forbrændingen dannes en række affaldsprodukter i form af røg og slagger, /4/, /7/. Selve forbrændingen udgør ikke en risiko for jord og grundvand, men affaldsprodukterne kan gøre det i forbindelse med transport og oplagring.

## Miljøbelastning

Slagger og flyveaske dannes som en rest af de ikke brændbare dele af brændslet. Herved sker en opkoncentration af stoffer som f.eks. metaller i forhold til udgangsmaterialet, og man kan derfor få værdier, der overstiger de fastsatte acceptkriterier. Der findes detaljerede forskrifter (Slaggebekendtgørelsen) /18/ for håndtering af slagger. Slagger og aske op-lagres kun midlertidigt ved varmeværket, men der kan forekomme rester i de øvre jordlag på ubefæstede slagge- og askepladser.

Ved ufuldstændig forbrænding dannes sod, der kan have høje indhold af sundhedsfarlige stoffer, f.eks. PAH og tungmetaller (bly, zink og kobber). Soden aflejres i kedler, røgkasser og skorstene, hvorfra den med mellemrum fjernes. Der anvendes normalt vand til at fjerne soden, og sod/vand blanding fjernes med en slamsuger og bringes til en modtager anvist af kommunen. /7/.



**Figur 4.4** Oversigt over arbejdsmetoder, potentielt forurenende stoffer/produkter samt potentielle forureningskilder ved forbrænding og affaldshåndtering

### 4.3.3 Cirkulation af vandbåret varme

#### Arbejdsmetode

Den mest almindelige måde at fordele varmen til forbrugerne er cirkulation af opvarmet vand i et underjordisk rørsystem, men i enkelte ældre anlæg anvendes damp. /4/.

## Miljøbelastning

Fordelingen af varme er ikke i sig selv en miljørisiko, men visse tekniske problemer med bl.a. trykregulering, lækagekontrol og friktion i fjernvarmerørene har medført løsningsmetoder, der har vist sig at give miljøproblemer. I denne forbindelse skal nævnes kviksølvstandrør, røbestoffer, kemikalier og slam fra vandbehandling. /4/, /6/.

*Kviksølv:* Det er i mange tilfælde ønskeligt at cirkulere det varme vand under et betydeligt overtryk. Det kan dels være for at forsyne højtliggende områder, dels for at kunne hæve temperaturen over 100 °C uden at risikere kogning. /4/, /5/, /6/.

Tidligere anvendtes i stor udstrækning de såkaldte kviksølvstandrør med det formål at sikre, at det høje tryk kunne holdes og samtidig tillod et utilsigtet overtryk at blive aflastet i en nødsituation, dvs. en funktion som sikkerhedsventil over for eksplosioner. I kviksølvstandrøret anvendtes metallisk kviksølv.

I kviksølvstandrøret udnyttede man kviksølvs høje massefylde, der medførte, at man med et standrør på 4,4 m kunne holde et overtryk svarende til 60 m vandsøjle. Det er vanskeligt at generalisere mht. mængden af kviksølv i de enkelte standrør, da dette afhang af fjernvarmeværkets størrelse og forsyningsnet. Der er anslået mængder på 50 - 500 kg pr. anlæg, hvorfor et lavt estimat for kviksølv mængden med rimelighed kan sættes til ca. 100 kg pr. anlæg, /5/. Kviksølvstandrøret var koblet til kedel og cirkulationssystem sammen med en række andre komponenter, som hydrofor, kompressor og en cyklon. Se tegningen fig. 4.5, /6/.

Cyklonen skulle opsamle overløb fra standrøret og lede kviksølvet tilbage til standrøret. I praksis har det dog vist sig, at cyklonerne ikke kunne tilbageholde alt kviksølvet. /5/.

I en situation, hvor der var for højt tryk i systemet, blev der presset vandbobler ind i kviksølvestandrøret. Når disse bobler var nået så højt op i kviksølvsøjlen, at trykket var faldet til et niveau svarende til det aktuelle kogepunkt for vandet, omdannedes vandet til damp, og der skete en delvis udblæsning af kviksølvet. Dette udløste en selvforstærkende virkning, hvor trykket reduceredes over det overophedede vand i systemet. Herved begyndte en eksplosionsagtig kogning, der blæste yderligere kviksølv ud af standrøret. Under disse processer kunne der dannes en kviksølv/vand emulsion, der kunne spredes langt mere end det metalliske kviksølv. Det kunne f.eks. være med afløbsvand til kloakker og gennem døre, vinduer og ventilation. Kviksølvemulsionen var grå og havde en konsistens, der er beskrevet som lignende "tynd flødeskum". /5/.

Kviksølvestandrøret var på nogle værker placeret i særlige lokaler, hvor der var truffet foranstaltning til at minimere spredningen, hvis der skete uheld. På andre værker var standrøret placeret direkte i kedelrummet. Overløbsledningen, som udgår fra cyklonens top, munder ud lidt over gulvhøjde. Det var normalt at placere et opsamlingskar under både cyklonen og overløbsledningen. I flere tilfælde har det vist sig, at et opsamlingskar ikke er tilstrækkeligt til at opsamle udslippene, der som regel sker under så stort tryk, at kviksølvet blæses ud af overløbsledningen og desuden videre ud af opsamlingskarret.

Der findes særlige anbefalinger, men ikke i form af krav med hensyn til indretningen af lokaler, hvor der kan forekomme udslip af kviksølv. Disse anbefalinger går især på, ved hjælp af overfladebehandling, at hindre kviksølv i at trænge ned i revner og sprækker.

Til trods for dette, antages der at forekomme kviksølv i gulve og mure i en del af disse lokaler. /5/.

**Røbestoffer.** Der er i en del anlæg anvendt farvede røbestoffer som tilsætning til cirkulationsvandet. På grund af risikoen for udslip anvendes der normalt kun stoffer, der er godkendt til brug i levnedsmidler. /4/, /7/.

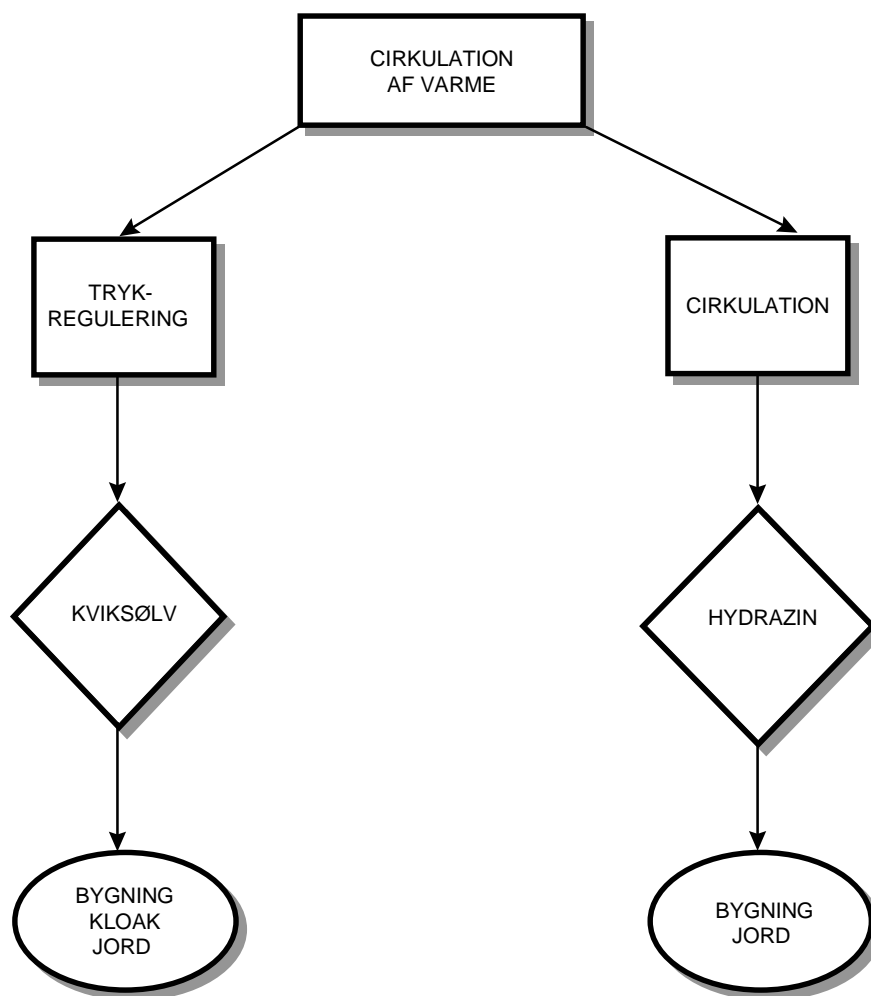
**Kemikalier.** Der kan tilsættes en række kemikalier for at forbedre cirkulationsvandets egenskaber. Hvis vandets iltindhold er for højt, kan korrosionen i ledningsnettet blive for kraftig. For at modvirke dette, kan der tilsættes iltbindende stoffer som f.eks. natriumsulfid. I de senere år er der desuden markedsført flere organiske iltbindingsmidler, normalt tanniner, /9/. Tidligere anvendtes også hydrazin som iltbindingsmiddel, men pga. stoffets giftighed blev brugen af hydrazin forbudt i 1984, /10/. Iltten kan også fjernes ved termisk afluftning. /4/, /7/.

Hvis der anvendes vand med stor hårdhed, kan der forekomme udfældning af kedelsten i rørene. Hårdheden reduceres derfor ved ionbytning eller tilsætning af kemikalier som fosfater, der fælder hårdheden. /4/.

I forbindelse med vandbehandlingsanlæg opsamles der slam. Slammet kan bestå dels af stoffer fra råvandet, f.eks.  $\text{CaCO}_3$ , dels af stoffer fra rørsystemet. Slammet opsamles nor-

malt i filtre, der enten fjernes hele som affald eller returskylles, hvor vandet ledes til kloak. Miljøproblemerne ved disse processer anses for ubetydelige. /7/.

Der er udført forsøg med tilsætning af kemikalier for at nedsætte cirkulationsvandets gnidningsmodstand (drag) i rørene. Forsøgene er især udført i Tyskland og USA, men der er også arbejdet med metoden bl.a. i Herning. De anvendte stoffer er kendt under navne som "Habon" og "Dobon-G", /8/. Det har ikke været muligt at identificere den kemiske struktur af "Habon", men det er oplyst, at den kemiske betegnelse for "Dobon-G" er n-Docosyldimethylpolyoxethyl-ammonium-3-hydroxy-2-naphthoat, /8/. Det vides ikke på nuværende tidspunkt, om der er miljøproblemer med spild af de pågældende stoffer. Af de nævnte kemikalier er det kun hydrazin, der vurderes at være et miljøproblem. /7/.



**Figur 4.6** Oversigt over arbejdsmetoder, potentielt forurenende stoffer/produkter samt potentielle forureningskilder ved cirkulation af varme

#### 4.3.4 Øvrige aktiviteter

##### Arbejdsmetode

På visse varmeværker findes der værksteder til reparationer på værket.

## Miljøbelastning

Der kan forekomme problemer med spild og affald fra værksteder i form af olie, skærevæske, opløsningsmidler, maling, tungmetaller mm. Da det er en lille aktivitet på varmeværkerne, er der ikke her gået ind i en detaljeret beskrivelse af miljøbelastningen. Se evt. branchebeskrivelsen for metalforarbejdende virksomheder for en detaljeret beskrivelse.



**Figur 4.7** Oversigt over arbejdsmetoder, potentielt forurenende stoffer/produkter samt potentielle forureningskilder ved værkstedsaktiviteter

## 5. potentielle forureningskilder

### 5.1 Oversigt over potentielle forurenende komponenter

I nedenstående tabeller er lavet en uprioriteret opgørelse over processer, kilder, spredning og forurenende stoffer/produkter.

PROCES	KILDER	SPREDNING	FORURENENDE STOFFER/PRODUKTER
Håndtering af brændstof	Olietanke, rørføringer, påfyldning og udluftning Kuloplag	Spild mv. under håndtering Tom emballage Utætte tanke og ledningsanlæg	Tung fyringsolie Gasolie Tungmetaller

**Tabel 5.1a** Miljøbelastning ved varmekærter, håndtering af brændstof

PROCES	KILDER	SPREDNING	FORURENENDE STOFFER/PRODUKTER
Forbrænding og håndtering af affald relateret til dette	Kedler, skorstene og røgekasser Slagge oplag	Spild, udvaskning	Uforbrændte kulbrinter / sod Tungmetaller PAH

**Tabel 5.1b** Miljøbelastning ved varmekærter, forbrænding og håndtering af affald relateret til dette

PROCES	KILDER	SPREDNING	FORURENENDE STOFFER/PRODUKTER
Trykregulering	Kviksølvstandrør til /sikkerhedsventil	Udblæsning af standrør Overløb fra "sump"	Kviksølv
Lækagekontrol	Rørføringer, oplag for tom emballage	Lækage, spild mv. Tom emballage	Røbestoffer
Korrosionsbeskyttelse	Rørføringer, oplag for tom emballage	Lækage, spild mv. Tom emballage	Hydrazin
Reduktion af cirkulationsvandet's gnidningsmodstand	Rørføringer, oplag for tom emballage	Lækage, spild mv. Tom emballage	Habon Dobon-G

**Tabel 5.1c** Miljøbelastning ved varmekærter, cirkulation af varme

PROCES	KILDER	SPREDNING	FORURENENDE STOFFER/PRODUKTER
Værksted og reparation	Bygning, kloak, oplag for tom emballage	Spild, tom emballage	Div. olieprodukter, maling, opløsningsmidler

**Tabel 5.1d** Miljøbelastning ved varmegærker, reparation, værksted

## 5.2 Stofbeskrivelse - kemiske data

I bilag 1 findes datablade for udvalgte af de i de foregående afsnit omtalte kemikalier. De udvalgte stoffer er:

- Kviksølv
- Bly
- Kobber
- Zink
- Hydrazin
- Benzen
- Toluen
- Ethylbenzen
- Xylener
- Benz(a)pyren.

Databladene viser fysisk-kemiske data; molvægt, densitet, kogepunkt, damptryk, vandopløselighed og oktonol-vand fordelingskoefficient, hvor det har været muligt at finde relevante data. Endvidere er det anført om stoffet er optaget på "listen over farlige stoffer", /12/.

Ud fra de fysisk kemiske egenskaber er det i databladet anført, i hvilken fase (jord, vand eller luft) man vil forvente at finde stoffet på en forurennet grund.

Udvælgelsen af stoffer er sket ud fra en vurdering af volumen og farlighed.

## 6. undersøgelser

### 6.1 Historik

#### 6.1.1 Historisk kortlægning

Forud for enhver teknisk undersøgelse er det vigtigt at få beskrevet de aktiviteter, som man har mistanke om, kan have medført forurening. Dette gøres ved at gennemgå forskellige historiske kilder.

Jo bedre oplysninger der er om de aktiviteter, der er foregået, jo mere målrettet kan den tekniske undersøgelse blive.

Strategien i forbindelse med den historiske kortlægning afhænger af, hvilke oplysninger der søges efter.

I det følgende er kildegennemgangen opdelt i tre faser efter hvilke oplysninger, som ønskes:

- Oplysninger om lokalisering af tidligere forurenende virksomheder  
  
Indhentning af oplysninger om hvor der har været virksomheder, som mistænkes for at være forurenede - med henblik på en generel kortlægning af forurenede lokaliteter.
- Oplysninger om branchen  
  
Indhentning af oplysninger som er specifikke for branchen for at opnå et generelt branchekendskab.
- Oplysninger om lokaliteten  
  
Indhentning af oplysninger om de aktiviteter der er foregået på den pågældende lokalitet med henblik på en registreringsundersøgelse.

##### 6.1.1.1 Oplysning om lokalisering af muligt forurenende virksomheder

Det at finde frem til hvilke lokaliteter der kan være forurenede, forudsætter at man ved hjælp af mere "brede" historiske kilder som vejvisere, telefonbøger, lokalvejvisere og annonceværker har lokaliseret de ejendomme, hvor der har ligget en virksomhed indenfor den branche, man kortlægger. Kendetegnende for disse historiske kilder er, at de har en bred dækning, men en lav detaljeringsgrad.

Vedrørende industrikortlægning generelt henvises til Lossepladsprojektet, Udredningsrapport U6, "Kilder til industrikortlægning", december 1989, som er en bibliografi over industrihistorisk litteratur og kildemateriale.

### **6.1.1.2 Oplysninger om branchen**

Af litteratur der beskriver aktiviteterne på et varmeværk, kan udover denne branchebeskrivelse henvises til en del af de publikationer, der er nævnt i branchebeskrivelsens litteraturliste (kap. 7).

### **6.1.1.3 Oplysninger om lokaliteten**

Den efterfølgende kildegennemgang retter sig mod beskrivelsen af de aktiviteter, der er foregået på den enkelte kortlagte ejendom, i forhold til at skulle gennemføre en registreringsundersøgelse.

I forbindelse med tilrettelæggelsen af en registreringsundersøgelse kan de historiske kilder opdeles i forhold til, om der søges oplysninger om:

- Lokalisering og driftsperiode
- Fysisk indretning og udvikling heri
- Identifikation af processer, oplag og produktionsomfang samt udvikling
- Identifikation af håndterede miljøfarlige stoffer og lokalisering af hotspots
- Oplysninger om brande og ulykker

Der knytter sig forskellige kildemæssige muligheder og tilgange afhængig af hvilke oplysninger der søges.

#### **Lokalisering og driftsperiode**

- Kommunens arkiver (adresse, matr.nr, ejerforhold)
- Tingbog (driftsperiode)

Tingbogen vil normalt være nok til at kunne oplyse driftsperioden, som supplement kan evt. gennemgås.

- Brancheforeninger

#### **Fysisk indretning og udvikling heri**

- Kommunens arkiver  
(ejendoms-, bygnings- og miljøforvaltning samt byplan- og vejafdeling for oplysninger om indretning, grund- og situations- og kloakplaner, oplysning om nedgravede tanke og deres status, oplag, miljøsager m.m.)
- Lodfotos fra Kort- og Matrikelstyrelsen, amter og kommuner
- Skrå-/flyfotos fra lokalhistorisk arkiv, museer, Det Kgl. Bibliotek, f.eks. Sylvest Jensens fotosamling
- Politiarkiv

(kun ved oplag af brandfarlige væsker. Kræver årstalsangivelse for sagsbehandling af den pågældende på arkivet)

### Identifikation af processer, oplag og produktionsomfang samt udvikling heri

- Brancheforeninger
- Interviews af tidligere ansatte på virksomheden eller hos kommunen

### Identifikation af håndterede miljøfarlige stoffer og lokalisering af hotspots

Det vil her være relevant, at gennemgå kilderne under foregående punkt.

### Oplysninger om brande og ulykker

Der søges oplysninger hos ejer/bruger, brandvæsen og kommune om brande eller ulykker, der kan have medført spredning af forurening.

I øvrigt henvises til litteraturlisten kap. 7 i denne branchebeskrivelse samt Lossepladsprojektet, Udredningsrapport U6, "Kilder til industrikortlægning", december 1989.

#### 6.1.2 Status for branchens miljøbelastning

På varmegærker kan der som omtalt i de tidligere afsnit være flere kilder til jord og grundvandsforurening. I kapitel 4 og 5 er der udarbejdet oversigter over mulige miljøbelastninger fra de forskellige aktiviteter, der kan foregå/har foregået på varmegærker. I oversigterne er de mest sandsynlige miljøbelastninger nævnt.

På baggrund af ovennævnte tabeller er der nedenfor givet en prioriteret liste over forureningskilder på et varmegærk. Listen er baseret på erfaringer fra Carl Bro as. Der gøres opmærksom på, at listen er baseret på GENERELLE erfaringer, hvorfor listen i hvert enkelt tilfælde skal vurderes sammen med de konkrete forhold på det aktuelle varmegærk.

<i>Kilder som <b>altid medtages</b> i en undersøgelse</i>
• Overløbssted for kviksølvstandrør
• Nedgravede olietanke med tilhørende rørføringer, påfyldning og udluftning
<i>Kilder som <b>anbefales medtaget</b> i en undersøgelse</i>
• Slaggeplads
<i>Kilder som i <b>specielle tilfælde kan medtages</b> i en undersøgelse</i>
• Værksted
• Lokale for vandbehandling
• Lager

På varmegærker kan der som omtalt i de tidligere afsnit være flere kilder til forurening, og det vurderes generelt at være relevant at undersøge for såvel jord- som grundvandsforurening.

## 6.2 Teknisk undersøgelse

### 6.2.1 Prøvetagning

Jordprøver kan udtages med simple redskaber eller gravemaskiner fra overfladen og med boreudstyr fra større dybde. Udførelse af boringer og udtagning af jord- og vandprøver er beskrevet i Miljøstyrelsens generelle branchevejledning, /13/. Ved udtagning af jordprøver til kviksølvanalyse skal man dog være opmærksom på, at kviksølv er meget flygtigt, hvorfor man skal være meget omhyggelig med prøveudtagningen.

Ved undersøgelse for kviksølvudslip, slagter og oliespild er der grund til at antage, at forurening oftest vil være koncentreret i de øverste jordlag. Gravninger er velegnede til at undersøge de terrænnære jordlag på store arealer for forurening. Gravningerne kan udføres med maskiner, f.eks. rendegraver eller "Bob Cat" eller med håndkraft vha. spade eller jordspyd/håndbor.

De terrænnære prøver bør suppleres med boringer ved olietanke. Det bør overvejes at udføre en eller flere filtersatte boringer. Dette er specielt vigtigt i situationer, hvor der er usikkerhed om placeringen af potentielle kilder til forurening. Vandprøver fra boringer med filter i terrænnært grundvand kan - afhængig af de geologiske forhold - virke som en "screening" af et større område omkring boringen.

I de tilfælde hvor der har været kviksølvstandrør på varmekædet, bør der tages prøver af kloakslam og bygningsdele for derved at få oplysninger, om der har været væsentlige spild.

### 6.2.2 Analysemetoder

#### 6.2.2.1 Indledende prøvebeskrivelse

Den indledende karakterisering foretages på samtlige jordprøver, der er udtaget i forbindelse med grave- eller borearbejdet.

Den indledende karakterisering bør omfatte:

- geologisk beskrivelse
- registrering af laggrænser i jordprofilet
- registrering af misfarvninger
- registrering af evt. lugt
- PID-måling

I forbindelse med pejling og prøvetagning af filtersatte boringer bør man notere konstateret lugt eller tilstedeværelse af oliefilm.

Der kan evt. suppleres med PID-måling og felt-test udført på stedet.

### 6.2.2.2 Feltanalyser

PID-målinger kan afsløre uventede forureninger med flygtige stoffer, som f.eks. olie og opløsningsmidler. Retningslinier for udførelse af PID-måling er anført i Miljøstyrelsens vejledning, /13/.

Slaggeprøver kan undersøges på stedet ved hjælp af røntgenfluorescenceteknik, EDXRF.

Ved undersøgelse af store arealer for diffus forurening, som f.eks. et depot for slagge, vil det ubetinget være en fordel at anvende EDXRF teknik til screening af et stort antal prøver fra lokaliteten med henblik på at kortlægge forurenede områder, idet man med EDXRF kan opnå:

- at screene et stort antal prøver for indhold af metallerne Cu, Zn og Pb på en økonomisk overkommelig måde
- at screeningerne evt. kan udføres i felten samtidig med prøveudtagningen, således at man løbende kan tilrettelægge feltarbejdet efter resultaterne
- at få et indtryk af hvor meget jordens inhomogenitet betyder for resultaterne

Når de forurenede områder er udpeget, kan man udvælge prøver til analyse ved en af de vådkemiske metoder. EDXRF screeningerne bør kombineres med vådkemiske analyser af følgende årsager:

- for at opnå lavere detektionsgrænser (til verificering af "rene" områder)
- for at analysere for de metaller der ikke bestemmes ved EDXRF (f.eks. Hg og Cd)
- for at få et grundlag for at sammenligne de målte niveauer med forskellige "grænseværdier" der oftest er fastsat på baggrund af vådkemiske metoder. Ved EDXRF fås typisk højere værdier for metallerne end ved f.eks. AAS alene på grund af forskellen i prøvebehandling (oplukning kontra direkte måling).

Metalscreening - EDXRF	
Anvendelsesområde	Almindeligvis medbestemmes Cr, Ni, Cu, Zn, As og Pb med de fleste typer EDXRF-udstyr
Kort om princip	Måling af metallerne med røntgenfluorescenceteknik direkte på jordprøven (evt. først tørret)
Fordele	Ingen oplukning eller prøveforberedelse Kan anvendes i felten Væsentligt billigere end andre metalscreeningsmetoder
Ulemper	Bestemmer jordens totale indhold af de forskellige metaller, Detektionsgrænseniveauet er højere end ved AAS og ICP analyser
Henvisninger	/19/

Det vurderes på forhånd at være meget vanskeligt at spore kviksølvforbindelser ved syn eller lugt. Det er desuden vanskeligt at måle kviksølv med EDXRF. Det kan derfor overvejes at supplere den indledende beskrivelse med anvendelse af "test-kit" til måling af jordprøver.

I forbindelse med registreringsundersøgelser kan man med fordel anvende diverse Felt Test Kit. Anvendelse af Felt Test Kit skal ikke betragtes som en erstatning for laborato-

rieanalyser, men derimod som et supplement til registreringsundersøgelsen. Desuden er Felt Test Kit et værktøj til udvælgelse af laboratorieanalyser. Der findes i dag på markedet et bredt udvalg af diverse Felt Test Kit, og der udvikles til stadighed nye metoder.

Felt Test Kit - Kemisk kolorimetrisk bestemmelse	
Anvendelsesområde	Aromatiske hydrocarboner (benzin, diesel, fyringsolie, spildolie). PAH-forbindelser medbestemmes ikke.
Kort om princip	Kort ekstraktion med heptan. Efterfølgende farvereaktion efter tilsætning af reagens. Farveintensiteten sammenlignes med kendte standarder.
Fordele	Hurtig Prisbillig Kræver kun simpel og kort introduktion Visse test kits kan anvendes både til jord og vand
Ulemper	Falske positive resultater ved tilstedeværelse af naturligt forekommende organiske komponenter i jorden (humus)
Henvisninger	Carl Bro as

Felt Test Kit - Immunoassay	
Anvendelsesområde	Olieprodukter
Kort om princip	Ekstraktion med methanol. Ekstraktet tilsættes reagenser bl.a. antistoffer/enzymer, som reagerer med farve, hvis prøven ikke indeholder oliekomponenter over en forudbestilt koncentration. Testniveauer kan bestilles efter behov. Farveintensiteten bestemmes ved hjælp af spektrofotometer
Fordele	Stofspecifik. Der findes f.eks. også test kit til PAH-forbindelser. Mere nøjagtig koncentrationsbestemmelse end ved kolorimetrisk bestemmelse
Ulemper	Kræver kemisk uddannet personel og gerne indendørs faciliteter
Henvisninger	/19/

### 6.2.2.3 Kemiske analyser

For at opnå det mest optimale analyseprogram er det vigtigt allerede i planlægningsfasen at have en god dialog med analyselaboratoriet. Laboratoriet bør så præcist som muligt informeres om, hvilke parametre man ønsker at bestemme. Herved kan laboratoriet tage de relevante forholdsregler med hensyn til analysemetoder, ekstraktionsmidler m.m., så de bedst mulige analyseresultater sikres.

Det er vigtigt at være opmærksom på, hvilke kemikalier der har været anvendt på den konkrete lokalitet. Analyseprogrammet skal indrettes i overensstemmelse hermed.

På de grunde, hvor der har været anvendt kviksølv, er det forventeligt, at dette stof vil være udslagsgivende for risikovurderingen. Dette er baseret på kviksølvs toxicitet sammenlignet med de øvrige stoffer.

### 6.2.2.3.1 Jordprøver

Det anbefales, at udvalgte jordprøver udtaget på varmeværker analyseres for parametrene anført i tabel 6.1.

Analyseprogram	Følgende parametre bestemmes	Analysemetode	Detektionsgrænseniveau
Metaller	Kviksølv	AAS (hydridmetode)	0,05-0,0002 mg/kg TS
	Bly	ICP el. AAS	0,1-2 mg/kg
	Zink	ICP el. AAS	0,1-2 mg/kg
	Kobber	ICP el. AAS	0,1-2 mg/kg
Andet	pH	DS	-
Organiske stoffer	Dieselolie Benzin Opløsningsmidler PAH	Ekstraherbare, organiske stoffer ved GC-FID evt. i kombination med GC-MS	Ca. 0,1 mg/kg TS for enkeltkomponenter 2-50 mg/kg for sammensatte produkter

Note: De anførte detektionsgrænser er hentet fra gældende metodebeskrivelser og prislister fra et udvalg af danske analyselaboratorier i løbet af den periode, hvor branchebeskrivelsen er blevet til, d.v.s. 1996/97

**Tabel 6.1** Analyseprogram for jordprøver

#### Metaller

Ved analyse for kviksølv skal man være opmærksom på, at kviksølv er meget flygtigt, hvorfor man bør være meget omhyggelig med prøvehåndteringen. Kviksølv bestemmes ved atomabsorption med hydridteknik. De øvrige metaller kan alle bestemmes ved atomabsorption, AAS med flamme samt ved plasmaemissions spektroskopi, ICP, en teknik, der er vundet frem de seneste år, fordi teknikken muliggør bestemmelse af flere elementer/metaller samtidig, hvilket billiggør analyserne. Udviklingen af ICP teknikken har ført til, at detektionsgrænseniveauet nu er omtrent ens for de to metoder; traditionel AAS med flamme hhv. ICP.

I det følgende er de anbefalede analysemetoder kort beskrevet.

Atomabsorbtionsspektrometri, AAS	
Anvendelsesområde	De fleste metaller kan bestemmes ved AAS. For at bestemme arsen skal der dog anvendes en specialteknik (hydridmetoden).
Kort om princip	Syreoplukning efterfulgt af måling af hvert enkelt metal ved atomabsorbtionsspektrometri med flamme
Fordele	Specifik metode Lav detektionsgrænse Meget lave detektionsgrænser kan opnås med AAS med graftovn
Ulemper	Arbejdskrævende Ikke multielementteknik (ikke screening) Høj pris
Henvisninger	/19/

Plasmaemissions spektroskopi, ICP	
Anvendelsesområde	Mange metaller kan bestemmes ved ICP, dog ikke arsen.
Kort om princip	Syreoplukning efterfulgt af screening for metaller i ekstraktet ved (induktivtkoblet) plasmaemissionsspektroskopi
Fordele	Multielementteknik (flere metaller bestemmes samtidig) Billigere end AAS Detektionsgrænseniveau omtrent som for traditionel AAS med flamme Ved kombination med massespektrometri fås meget lav detektionsgrænse
Ulemper	Arsen medbestemmes ikke Dyrere end EDXRF
Henvisninger	/19/

### Organiske komponenter

Der udføres desuden en screeningsanalyse ved gaschromatografi med flammeionisationsdetektion, GC-FID, til undersøgelse for organiske forureningskomponenter i de jordprøver hvor der findes forhøjet PID-udslag. Ved GC-FID screeningen bestemmes BTEX og olieprodukter samt indikation på tilstedeværelse af PAH-forbindelser. Evt. kan GC-FID screeningen suppleres med en specifik analyse for PAH-forbindelser i de jordprøver, hvor GC-FID screeningen viser tilstedeværelse af sådanne.

Hvis der findes fyldestgørende og pålidelige informationer om, at der kun er anvendt bestemte stoffer, kan analyseprogrammet reduceres.

I det følgende er de anbefalede analysemetoder kort beskrevet.

Ekstraherbare, organiske stoffer ved GC-FID	
Anvendelsesområde	Ved GC-FID screeningen medbestemmes såvel BTEX, olieprodukter (terpentin, petroleum og mineralolie) og i nogen grad PAH-forbindelser
Kort om princip	Ekstraktion af jordprøven med pentan eller dichlormethan efterfulgt af screeningsanalyse ved gaschromatografi med flammeionisationsdetektion, GC-FID
Fordele	Screeningsmetode der medbestemmer mange af de almindeligt forekommende forureningskomponenter Efterhånden rutineanalyse på de fleste laboratorier
Ulemper	Meget polære stoffer medbestemmes ikke PAH-forbindelser medbestemmes dårligt, hvis der anvendes pentanekstraktion, hvorfor der så bør kombineres med specifik analyse for PAH Højt indhold af kulbrinter i prøven kan betyde forhøjet detektionsgrænse for enkeltkomponenter
Henvisninger	/19/

PAH-forbindelser ved GC-MS	
Anvendelsesområde	Medbestemmer PAH-forbindelser. Typisk medbestemmes 8 eller 16 karakteristiske enkeltkomponenter
Kort om princip	Ekstraktion af jordprøven med xylen efterfulgt af gaschromatografi kombineret med massespektrometri i selektiv ion mode (GC-MS-SIM)
Fordele	Specifik metode til bestemmelse af PAH
Ulemper	Tidskrævende Forholdsvis høj pris
Henvisninger	/19/

#### 6.2.2.3.2 Vandprøver

Vandprøver fra varmegærker bør analyseres efter følgende program (tabel 6.2):

Analyseprogram	Følgende parametre bestemmes	Analysemetode	Detektionsgrænseniveau
Metaller	Opløselige kviksølvforb. (såvel uorganiske som organiske)	AAS (hydridmetode)	0,001-0,000005 mg/l
Organiske stoffer	Olieprodukter Benzen	Ekstraherbare, organiske stoffer ved GC-FID evt. i kombination med GC-MS	Ca. 0,20 µg/l for enkeltkomponenter 20-100 µg/l for sammensatte produkter
Specifikke organiske komponenter	Hydrazin	GC-MS el. HPLC	0,01 µg/l

Note: De anførte detektionsgrænser er hentet fra gældende metodebeskrivelser og prislister fra et udvalg af danske analyselaboratorier i løbet af den periode, hvor branchebeskrivelsen er blevet til, d.v.s. 1996/97

### **Tabel 6.2** Analyseprogram for vandprøver

Angående beskrivelse af de enkelte analysemetoder henvises til metodebeskrivelser for jordprøver.

Kviksølvanalyserne i grundvand må udføres ved AAS (hydridmetode), da det ellers ikke er muligt at nå ned på de detektionsgrænser, der er nødvendige for at overholde de aktuelle kvalitetskrav for grundvand.

Som anført for jordprøver kan analyseprogrammet for vandprøver ligeledes reduceres eller udbygges afhængigt af, hvilke oplysninger om anvendte kemikalier der kan fremskaffes i den konkrete undersøgelse.

## 7. Litteraturliste

- /1/. D.F.F.-vejledning, "Måling af fjernvarmeforbrug", Danske Fjernvarmeværkers Forening, april 1992.
- /2/. Notat vedr. "Historisk udvikling", fremsendt af Danske Fjernvarmeværkers Forening, 11. februar 1997.
- /3/. Olsen, Frederik E.; "Fjernvarmens økonomiske og juridiske problemer", Statens Byggeforskningsinstitut, SBI-rapport 51, 2. udgave 1971.
- /4/. Christensen, Kaj og Howald Pedersen, B., "Fjernvarme", Polyteknisk forlag 1987.
- /5/. Bjørn, Christian, "Udledning af kviksølv fra fjernvarmeværker/varmecentraler til kloaksystemet", Speciale fra Roskilde Universitetscenter, august 1995.
- /6/. "Varmeværker", Århus Amt Natur & Miljø Depotafdelingen, marts 1996.
- /7/. "Betænkning om forurening i forbindelse med fjernvarme", Fjernvarmesammenslutningen, maj 1972.
- /8/. Bøhm, Benny (Ed.), "Proceedings of the International Symposium on Fluids for District Heating", Nordic Council of Ministers / DTU, 1991.
- /9/. DFF- vejledning: "Vandbehandling ved fjernvarmeværker", Danske Fjernvarmeværkers Forening, december 1988.
- /10/. "Bekendtgørelse om forbud mod anvendelse af gifte i visse varmesystemer", cirkulære nr. 533/82.
- /11/. Arbejdstilsynet; "Foreskrifter for fyrede varmtvandsanlæg (Centralvarmeanlæg) Mindre åbne anlæg. Større åbne anlæg. Mindre lukkede anlæg. Lukkede anlæg med vandsløjfer. Større lukkede anlæg", Rapport nr. 42, Arbejdstilsynet, København, 1974.
- /12/. Bekendtgørelse af listen over farlige stoffer, Miljø- og Energiministeriets bekendtgørelse nr. 69 af 7. februar 1996.
- /13/. Generel branchevejledning for forurenede grunde. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 3, 1992.
- /14/. Jordanalyser. Skrift fra møde den 25. september 1991 af ATV-Komiteen vedrørende Grundvandsforurening.
- /15/. Vejledning om håndtering og rensning af forurenede jord udgivet af amterne på Sjælland samt Københavns og Frederiksberg Kommuner, februar 1997.
- /16/. Vejledning i anvendelse af forurenede og rensede jord, Vestsjællands Amt, 1993.

- /17/. Paulsen, Jørgen; "Fjernvarmeselskabernes konvertering fra fuel-olie til kul", Formidlingsrådet, Industriministeriet, 1982.
- /18/. Bekendtgørelse om anvendelse af slagger og flyveaske, Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 568 af 6. december 1983.
- /19/. Miljøstyrelsen; Udkast til "Vejledning om prøvetagning og analyse af jord", Miljøstyrelsen, 14. februar 1997.
- /20/. Rundspørge og opgørelse foretaget af CNS Miljørådgivning for Miljøstyrelsen i forbindelse med "Miljøstyrelsens erfaringsopsamling ved kortlægning af forurenede grunde". Brev fra CNS Miljørådgivning til Fyns Amt dateret 23. maj 1997.

## **Bilag 1**

Datablade for udvalgte kemiske stoffer

Nedenfor er givet en oversigt over stofdatablade i bilag 1

UDVALGTE STOFFER	PRODUKTGRUPPER
Kviksølv	Trykregulerende væske i standrør (sikkerhedsforanstaltning)
Bly	Slagger fra kul
Kobber	Slagger fra kul
Zink	Slagger fra kul
Hydrazin	Korrosionshæmmende tilsætningsstof til cirkulerende fjernvarmevand
Benzen	Ekstraktionsbenzin, motorbenzin, affedtningsmidler, visse olieprodukter m.m.
Toluen	Ekstraktionsbenzin, motorbenzin, affedtningsmidler, visse olieprodukter m.m.
Ethylbenzen	Ekstraktionsbenzin, motorbenzin, affedtningsmidler, visse olieprodukter m.m.
Xylener	Ekstraktionsbenzin, motorbenzin, affedtningsmidler, visse olieprodukter m.m.
Benz(a)pyren	Olie, heavy fuel

Fareklasser i henhold til "listen over farlige stoffer":

E: Eksplosiv  
O: Brandnærende  
Fx: Yderst brandfarlig  
F: Meget brandfarlig  
Tx: Meget giftig  
T: Giftig  
Xn: Sundhedsskadelig  
C: Ætsende  
Xi: Lokalirriterende  
Carc1,2 ell.3: Kræftfremkaldende  
Mut1, 2 ell.3: Mutagen  
Rep1, 2 ell.3: Reproduktionstoksisk

Navn	<b>Kviksølv</b>	Enhed	Referencer
Synonymer	Metallisk kviksølv		
CAS nr.	7439-97-6		C
Kemisk formel	Hg		H
Tilstandsform	Flydende		H
Molvægt	200,59	g/mol	H
Densitet	13,56	g/ml	H
Smeltepunkt	-38,9	°C	H
Vandopløselighed	$6 \cdot 10^{-6}$ (25 °C)	mg/l	H
Damptryk	$1,22 \cdot 10^{-3}$	mmHg	H
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log)	-		
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Fareklasse: T		G
Forekommer i:			
Jord	*		
Grundvand	*		
Poreluft	*		

Navn	<b>Bly</b>	J
Kemisk betegnelse	Pb	J
Atomnummer	82	J
Generelt	Bly er et toksisk tungmetal.	J
Optræder i følgende oxidationstrin	Bly forekommer på følgende oxidationstrin: 0, +II og +IV. For bly er oxidationstrin +II det mest sædvanlige og stabile i naturen.	J
Mest forekommende ioner i jord/vand	Bly optræder som $Pb^{2+}$ i det terrestiske miljø.	J
Redoxforhold	Ingen praktisk betydning	J
Udfældning/opløselighed	Udfældningsreaktioner har stor betydning for bly i det terrestiske miljø. Bly kan bla. udfældes som sulfider, carbonater, sulfater, hydroxider.	J
Sorption	Bly tilbageholdes kraftigt i jord som følge af både udfældninger og sorption, men det kan være vanskeligt at adskille effekterne af de to forskellige processer, hvilket man skal være opmærksom på ved benyttelse af $K_d$ -værdier.	J
Komplexering	Bly danner komplekser med både uorganiske (chlorid og carbonat) og organiske ligander. Bly kompleksere i modsætning til de fleste andre metaller villigt med organisk stof.	J
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Blyforbindelser klassificeres generelt som "sundhedsskadelige" (faresymbol Xn) og reproduktionsskadelige. Enkelte blyforbindelser er klassificeret som "kræftfremkaldende", det gælder bla. blychromat og organiske blyforbindelser (som f.eks. tetraethylbly).	G
Forekommer i		
jord	*	
vand		
luft		

Navn	<b>Kobber</b>	J
Kemisk betegnelse	Cu	J
Atomnummer	29	J
Generelt	Kobber er et af de vigtigste essentielle grundstoffer for både mennesker og planter og er kun toksisk i høje koncentrationer.	J
Optræder i følgende oxidationstrin	Kobber forekommer på følgende oxidationstrin: 0, +I og +II, med +II som det hyppigst forekommende i salte.	J
Mest forekommende ioner i jord/vand	Kobber findes fortrinsvist som $\text{Cu}^{2+}$ i miljømæssig sammenhæng, da Cu(I) er meget ustabil i vand og derfor kun vil være relevant som uopløseligt $\text{Cu}_2\text{S}$ under kraftigt reducerende forhold.	J
Redoxforhold	Redoxforhold har ingen praktisk betydning for kobbers opførsel i jord og grundvand.	J
Udfældning/opløselighed	Det er primært udfældninger med sulfid, som har betydning for kobbers opførsel i jord og grundvand	J
Sorption	Sorption er meget vigtigt for kobbers fordeling og tilbageholdelse i jord. Sorption af kobber er afhængig af pH, og $K_d$ værdierne for kobber er relativt høje (i størrelsesordenen 1.000 l/kg).	J
Komplexering	Komplexdannelse har stor betydning for kobbers opførsel i det terrestiske miljø. Kobber danner komplekser med såvel organiske som uorganiske ligander. Specielt danne kobber komplekser med organisk stof (fulvuskomplekser), men også hydroxy og carbonatkomplekser har betydning.	J
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Kobbersulfat, kobber(I)chlorid, kobber(I)oxid samt kobbernaphthenat er klassificeret som "sundhedsskadelige".	G
Forekommer i		
jord	*	
vand	Trods sin villighed til komplexdannelse angives kobber typisk som et af de mindst mobile metaller i det terrestiske miljø	
luft		

Navn	<b>Zink</b>	J
Kemisk betegnelse	Zn	J
Atomnummer	30	J
Generelt	Zink er et essentielt metal, som kun er toksisk overfor mennesker ved indtag i særdeles høje koncentrationer. Kemisk har zink stor lighed med cadmium, og de optræder sammen i miljøet, men typisk forekommer zink i 100 til 1.000 gange højere koncentrationer end cadmium.	J
Optræder i følgende oxidationstrin	Zink forekommer på følgende oxidationstrin: 0 og +II.	J
Mest forekommende ioner i jord/vand	Zink forekommer som divalente ioner, $Zn^{2+}$ i det terrestiske miljø.	J
Redoxforhold	Redoxforhold har ingen praktisk betydning for zink i miljøet.	J
Udfældning/opløselighed	Zink kan udfældes som sulfider, fosfater, carbonater og hydroxider, men ved pH værdier under 8 vil fordelingen af zink i jorden typisk ikke være styret af udfældninger.	J
Sorption	Sorption er den vigtigste proces for zinks fordeling i jord og vand. Sorption af zink er næsten udelukkende afhængig af pH. $K_d$ -værdier op 1-3.540 er fundet, og zinks sorption udviser en stærkere pH afhængighed end både kobber og nikkel, således at en stigning i pH på én enhed medfører at $K_d$ øges med en faktor 8.	J
Komplexering	Zink danner komplekser med tetraædriisk struktur. Som ligander kan både uorganiske (chlorid, carbonat) og organiske stoffer fungere. Zinkkomplekser med organisk stof er mindre stabile end de tilsvarende komplekser af kobber, nikkel og bly.	J
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Fareklasse: Zinkchlorid :C zinkstøv/zinkpulver: F. Visse organiske zinkforbindelser er klassificeret som "sundhedsskadelige".	G
Forekommer i		
jord	*	
vand	(Under forhold, hvor jorden tilføres væsker med højt indhold af organiske ligander, bør zinks øgede opløselighed som følge af kompleksdannelse vurderes)	
luft		

Navn	<b>Benzen</b>	Enhed	Referencer
Synonymer	Benzol		
CAS nr.	71-43-2		C
Kemisk formel	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>		A
Tilstandsform	farveløs væske		A
Molvægt	78,11	g/mol	A
Densitet	0,8786	g/ml	A
Kogepunkt	80,1	°C	A
Vandopløselighed	1780 (ved 20 °C)	mg/l	A
Damptryk	76 (ved 20 °C) 60 (ved 15 °C)	mmHg	A
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log)	2,13		A
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Fareklasse: Carc1, F, T		G
Forekommer i:			
Jord	(*)		
Grundvand	*		
Poreluft	*		

Navn	<b>Toluen</b>	Enhed	Referencer
Synonymer	Toluol, methylbenzen, phenylmethan		A
CAS nr.	108-88-3		C
Kemisk formel	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>		A
Tilstandsform	farveløs væske		A
Molvægt	92,1	g/mol	A
Densitet	0,867	g/ml	A
Kogepunkt	110,8	°C	A
Vandopløselighed	470 (ved 20 °C)	mg/l	A
Damptryk	10 (ved 6,4 °C) 22 (ved 20 °C) 40 (ved 31,8 °C)	mmHg	A
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log)	2,69		A
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Fareklasse: F, Xn konc. ≥ 12,5%: Xn		G
Forekommer i:			
Jord	*		
Grundvand	*		
Poreluft	*		

Navn	<b>Ethylbenzen</b>	Enhed	Referencer
Synonymer	Phenylethan		A
CAS nr.	100-41-4		C
Kemisk formel	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>		A
Tilstandsform	farveløs væske		A
Molvægt	106,17	g/mol	A
Densitet	0,867	g/ml	A
Kogepunkt	136,2	°C	A
Vandopløselighed	140 (ved 15 °C) 152 (ved 20 °C)	mg/l	A
Damptryk	7 (ved 20 °C) 12 (ved 30 °C)	mmHg	A
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log)	3,15		A
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Fareklasse: F, Xn konc. ≤ 25%: Xn		G
Forekommer i:			
Jord	*		
Grundvand	*		
Poreluft	*		

Navn	<b>Ortho-xylen</b>	Enhed	Referencer
Synonymer	o-xylen, 1,2-dimethylbenzen, o-dimethylbenzen, 1,2-xylen, o-xylol		A
CAS nr.	95-47-6		
Kemisk formel	$C_6H_4(CH_3)_2$		A
Tilstandsform	farveløs væske		A
Molvægt	106,17	g/mol	A
Densitet	0,88	g/ml	A
Kogepunkt	144,4	°C	A
Vandopløselighed	175 (ved 20 °C)	mg/l	A
Damptryk	5 (ved 20 °C) 9 (ved 30 °C)	mmHg	A
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log)	2,77		A
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Fareklasse: Xn, Xi		G
Forekommer i:			
Jord	*		
Grundvand	*		
Poreluft	*		

Navn	<b>Meta-xylen</b>	Enhed	Referencer
Synonymer	m-xylen, 1,3-dimethylbenzen, m-dimethylbenzen, 1,3-xylen, m-xylo		A
CAS nr.	108-38-3		
Kemisk formel	$C_6H_4(CH_3)_2$		A
Tilstandsform	farveløs væske		A
Molvægt	106,16	g/mol	A
Densitet	0,864	g/ml	A
Kogepunkt	139	°C	A
Vandopløselighed	135 (ved 20 °C)	mg/l	C
Damptryk	6 (ved 20 °C) 11 (ved 30 °C)	mmHg	A
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log)	3,20		A
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Fareklasse: Xn, Xi		G
Forekommer i:			
Jord	*		
Grundvand	*		
Poreluft	*		

Navn	<b>Para-xylen</b>	Enhed	Referencer
Synonymer	p-xylen, 1,4-dimethylbenzen, p-dimethylbenzen, 1,4-xylen, p-xylol		A
CAS nr.	106-42-3		
Kemisk formel	$C_6H_4(CH_3)_2$		A
Tilstandsform	farveløs væske		A
Molvægt	106,17	g/mol	A
Densitet	0,86	g/ml	A
Kogepunkt	138,4	°C	A
Vandopløselighed	198 (ved 25 °C)	mg/l	A
Damptryk	6,5 (ved 20 °C) 12 (ved 30 °C)	mmHg	A
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log)	3,15		A
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Fareklasse: Xn, Xi		G
Forekommer i:			
Jord	*		
Grundvand	*		
Poreluft	*		

Navn	<b>Benz(a)pyren</b>	Enhed	Referencer
Synonymer	Benzo(a)pyren, 3,4-benzopyren, B(a)P		A
CAS nr.	50-32-8		C
Kemisk formel	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>		C
Tilstandsform	gul krystallinsk masse		A
Molvægt	252,3	g/mol	A
Densitet	-	g/ml	A
Smeltepunkt	179	°C	A
Vandopløselighed	0,003	mg/l	A
Damptryk	-	mmHg	A
Oktanøl-vand fordelingsforhold (log)	6,5		J
Klassificering iht. "listen over farlige stoffer"	Fareklasse: T, Carc2, Mut2, Rep2		G
Forekommer i:			
Jord	*		
Grundvand			
Poreluft			

Navn	<b>Hydrazin</b>	Enhed	Referencer
Synonymer	-		A
CAS nr.	302-01-2		C
Kemisk formel	H <sub>2</sub> NNH <sub>2</sub>		A
Tilstandsform	væske		A
Molvægt	32,05	g/mol	A
Densitet	1,01	g/ml	A
Kogepunkt	113	°C	A
Vandopløselighed	vandblandbar	mg/l	A
Damptryk	16 (ved 20 °C) 25 (ved 30 °C)	mmHg	A
Oktanøl-vand forde- lingsforhold (log)	-1,37/ -0,60 beregnet		A
Klassificering iht. "li- sten over farlige stof- fer"	Fareklasse: T, C, Carc2 10%<konc.<25%: Xn, C, Carc2 3%<konc.<10%: Xn, Xi, Carc2 1%<konc.<3%: Carc2		G
Forekommer i:			
Jord			
Grundvand	*		
Poreluft	(*)		

Litteraturliste:

- A) Verschueren, Karel; "Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals", 1993.
- B) Lide, David R.; "Handbook of Chemistry and Physics", 1991.
- C) The Merck Index, 1989.
- D) CHEMFATE 1994; Syracuse Research Corporation's Environmental Fate Database, Syracuse Research Corporation, Syracuse, NY.
- E) Worthing, C et al.; "The Pesticide Manual", 9<sup>th</sup>. Edition, 1991.
- F) Danbert, T.E. et al.; "Physical and Thermodynamic Properties of Pure Chemicals", 1989.
- G) Miljø- og Energiministeriet; "Bekendtgørelse af listen over farlige stoffer", bekendtgørelse nr. 69 af 7. februar 1996.
- H) Adriano, D.C.; "Trace Elements in the Terrestrial Environment", 1986.
- I) U.S. EPA.1993; U.S.Environmental Protection Agency, Technical Information Review, Methyl tertiary Butyl Ether, Office of Pollution Prevention and Toxics, U.S. EPA, Washington D.C.
- J) Miljøstyrelsen; "Kemiske stoffers opførsel i jord og grundvand", Miljøprojekt nr. 20, 1996.