

Støvemissionsvilkår for træfyrede anlæg mindre end 50 MW

dk-TEKNIK

December 1996

Indholdsfortegnelse

1. Indledning	4
1.1 Forord	4
1.2 Sammenfatning	5
1.3 Summary	6
1.4 Baggrund	7
1.5 Afgrænsning af opgaven	8
1.6 Formål	8
2. Opgavestilling	9
2.1 Projektbeskrivelse	9
2.2 Definitioner	9
3. Støv fra træfyrede anlæg	10
3.1 Generelt	10
3.2 Andre brændsler	11
4. Beskrivelse af træfyrede anlæg	12
4.1 Beskrivelse af flisfyret anlæg	12
4.2 Beskrivelse af andre anlæg	14
5. Grænseværdier i udvalgte lande	16
5.1 Generelt	16
5.2 Sverige	17
5.3 Norge	17
5.4 Schweiz	18
5.5 Østrig	18
5.6 Tyskland	19
5.7 Sammenfatning	20
5.8 Delkonklusion	20

6. Emissionskrav for støv efter Miljøstyrelsens vejledning	21
6.1 Generelt	21
6.2 Massestrømsgrænsen	21
6.3 Delkonklusion	23
7. Begrænsning af støvemission	24
7.1 Generelt	24
7.2 Cykloner	24
7.3 Posefiltre	26
7.4 Elektrofiltre	31
7.5 Vådudskillere	33
7.6 Delkonklusion	36
8. Konklusion	39
9. Litteraturliste	41

1. Indledning

1.1 Forord

Formål

Formålet med gennemførelse af dette projekt er at få udarbejdet forslag til vejledende grænseværdier for emission af støv fra træfyrede anlæg. Hidtil har der ikke været præcise angivelser i vejledninger og bekendtgørelser om fastsættelse af sådanne grænser.

Projektet er finansieret af Miljøstyrelsen. Rapporten er udarbejdet af dk-TEKNIK i tidsrummet fra juli 1996 til november 1996, og Knud Christiansen har været projektleder.

Følgegruppe

Til projektet har der været knyttet en følgegruppe bestående af

Hans Chr. Ellehauge, Miljøstyrelsen
Finn Juel Andersen, Miljøstyrelsen

Følgegruppen takkes for bidrag til samt gode og inspirerende diskussioner. En væsentlig del af projektet har omfattet kontakt med leverandører af forureningsbegrænsende udstyr og træfyrede anlæg. Disse leverandører takkes for deres velvillighed til at give oplysninger til brug for projektarbejdet.

1.2 Sammenfatning

Baggrund

Miljøstyrelsens vejledning nr. 6/1990 indeholder emissionsgrænser for støv fra fyringsanlæg for kul, olie, naturgas og halm over 1 MW, men der er ikke specielle emissionsgrænser for anlæg, der fyrer med træ. En sådan emissionsgrænse for støv for et anlæg fyret med træ findes kun for anlæg større end 50 MW.

Miljøstyrelsen og andre godkendende myndigheder anvender i dag emissionsgrænserne for "støv i øvrigt" fra vejledningen, til at fastsætte grænseværdier for anlæg større end 1 MW, der fyrer med træ.

Miljøklagenævnet har på baggrund af en konkret sag anmodet Miljøstyrelsen om at revurdere, om disse emissionsgrænser kan anvendes til træfyrede anlæg. Revurderingen skal være tilvejebragt inden den 1. januar 1997.

På denne baggrund har Miljøstyrelsen anmodet dk-TEKNIK om at undersøge mulighederne for at fastsætte en vejledende grænseværdi for træfyrede anlæg mindre end 50 MW.

Hovedpunkter

Undersøgelsen er opdelt i følgende hovedpunkter:

- Hvilke grænseværdier er gældende for fyring med andre brændsler
- Hvilke grænseværdier har forskellige lande for træfyrede anlæg mindre end 50 MW.
- Hvilke grænseværdi fås ved anvendelse af Luftvejledning nr 6/90 for støv i øvrigt.
- Hvilke rensningsforanstaltninger er mulige, og hvilke omkostninger medfører det.

Ud fra disse punkter er opstillet et fælles grundlag for fastsættelse af en grænseværdi for støv fra træfyrede anlæg.

I vurderingen er taget hensyn til anvendelse af den bedste fyringsteknologi frem for en isoleret betragtning om anvendelse af den bedste rensningsteknologi. Der findes i dag fyringsteknologier, der helt uden støvfiltre lover støvemissioner på 50-100 mg/m³(n,t) ved 10 % O₂ fra træfyrede anlæg. Samtidigt ligger de kondenserende anlæg, der i dag typisk anvender flis som brændsel med en støvemission på 40 - 80 mg/m³(n,t) ved 10 % O₂.

På baggrund af undersøgelserne foreslår dk-TEKNIK derfor, at støvemissionsgrænseværdien fra træfyrede anlæg ud over en differentiering i anlægsstørrelse også differentieres efter anvendt teknologi. Det anbefales således, at der for traditionelle anlæg, hvor der anvendes støvfiltre fastsættes en grænseværdi efter den bedste rensningsteknologi, d.v.s. på niveau med posefiltre for de større anlæg.

For anlæg der i fyringsteknologien begrænser støvemissionen uden anvendelse af filtre fastsættes en grænseværdi, der fastlægges ud fra en sammenligning med andre brændsler.

Herved opnås følgende anbefaling til støvemissionsgrænseværdi for træfyrede anlæg, se tabel 1.

Tabel 1. Anbefalet støvemissionsgrænseværdi for træfyrede anlæg.

Anlægsstørrelse i indfyret MW	Vejledende grænseværdier mg/m ³ (n,t) ved 10 % O ₂	
	Anlæg med støvfiltere	Kondenserende anlæg eller teknologi uden støvfiltere
> 0.12 ≤ 1	300	300
> 1 ≤ 50	40	100

1.3 Summary

The Danish Environmental Protection Agency has requested dk-TEKNIK to investigate the possibilities of stipulating particle emission limits for wood fired plants with capacity less than 50 MW.

The investigation is divided into the following main points:

- Which particle emission limits do apply for other type of fuels
- Which particle emission limits do the different countries have for wood fired plants with capacity less than 50 MW
- Which particle emission limits are reached if the recommendation for air nr. 6/1990 for “other dust” is followed
- Which flue gas cleaning arrangements are possible and which kind of costs will be involved

The evaluation considers not only the cleaning technology but also the firing techniques. We have today firing techniques for wood fired plants giving very small particle emissions (50 - 100 mg/m³ at 10% O₂⁽¹⁾) without using filters. Condensing plants provided with gas washers, using today typically wood splinters for fuel, have a particle emission of 40 - 80 mg/m³ at 10% O₂⁽¹⁾.

Based on the present investigations, dk-TEKNIK suggests, that the emission limits for wood fired plants be depending not only on the plants capacity but also on the firing technology used in the plant. For traditional plants, where filters are used, it is recommended, that the particle emission limit be based on the best cleaning technology, i.e. using bag filters. For plants limiting the particle emission already in the firing technique applied, it is recommended, that the particle emission limit be based on a comparison with the limits used for other fuels.

The recommended particle emission limits for wood fired plants are given in the table below:

Plant capacity (fired MW)	Recommended particle emission limits (mg/m ³ at 10% O ₂ ⁽¹⁾)	
	Plants with dust filters	Condensing plants or technology without filters
> 0.12 ≤ 1	300	300
> 1 ≤ 50	40	100

1.4 Baggrund

Miljøstyrelsens vejledning

Miljøstyrelsens vejledning nr. 6/1990 "Begrænsning af luftforurening fra virksomheder" indeholder emissionsgrænser for støv fra fyringsanlæg til kul, olie, naturgas og halm større end 1 MW, medens der ikke er særlige emissionsgrænser til anlæg, der fyrer med træ. En emissionsgrænse for støv for et træfyret anlæg findes kun, når anlægget er større end 50 MW. (Bekendtgørelse nr. 689 af 15 oktober 1990 om begrænsning af emissioner af svovldioxid, kvælstofoxider og støv fra store fyringsanlæg).

Miljøstyrelsen anvender i dag i de fleste tilfælde emissionsgrænserne for "støv i øvrigt", der er angivet i ovennævnte vejlednings, tabel 9, side 36.

Konkret sag

I en konkret sag, hvor ovennævnte grænser er anvendt, anfører Miljøklagenævnet følgende argumenter:

"Nævnet finder imidlertid, at sagen rejser det generelle spørgsmål, om det er tilstrækkeligt velovervejet, når emissionsgrænsen for støv fra træfyriansanlæg, som forudsat i luftvejledningen, fastlægges i henhold til retningslinierne i vejledningens afsnit 3.2.2.6., tabel 9. Nævnet skal således pege på, at den fastlagte grænseværdi for anlæg med en massestrøm på helt ned til 0.5 kg/h er 75 g/Nm³, mens den for anlæg under denne størrelse er 300 mg/Nm³. For anlæg med en massestrøm over 5 kg/h er grænseværdien 20 - 40 mg/Nm³.

Overholdelse af en grænseværdi på 75 mg/Nm³ forudsætter med den i dag kendte teknik, at der etableres økonomisk krævende rensningsforanstaltninger svarende til dem, der kræves for at overholde grænseværdier på 40 mg/Nm³ og derunder. Grænseværdien på 75 mg/Nm³ har derfor ingen selvstændig betydning for træfyriansanlæg, idet den reelt indebærer et krav om overholdelse af en væsentlig lavere grænseværdi."

I Miljøklagenævnets afgørelse blev det bestemt, at der skulle foretages en revurdering. Miljøklagenævnet anfører således:

Afgørelse

"Miljøstyrelsen revurderer den gældende emissionsgrænseværdi for træfyriansanlæg i luftvejledningens afsnit 3.2.2.6., tabel 9, således, at en eventuel revision af denne grænseværdi kan være tilvejebragt inden den 1. januar 1997. Senest denne dato meddeler Miljøstyrelsen, Fåborg Kommune og Korinth Savværk A/S resultatet af styrelsens revurdering."

¹ Under normal temperature (0°C) and pressure (1013 mPa) and in dry condition

Træ forbrændes dels i form af frisk, meget vandholdigt skovflis, og dels som tørt træaffald fra træ- og møbelindustrien. Der er behov for emissionsgrænser for begge disse fyringstyper, men det er idag usikkert, hvor grænserne skal sættes.

Ser man på mange af de allerede meddelte godkendelser af træfyrianslæg, er de fastsatte vilkår fra myndighederne yderst forskellige, afhængig af hvor i landet anlæget er placeret. Der er således et meget stort behov for at få opstillet vejledende emissionsgrænser specifikt for træfyrede anlæg mindre end 50 MW.

1.5 Afgrænsning af opgaven

Anlægsstørrelse

Projektet omfatter træfyrede anlæg større end 120 kW og mindre end 50 MW. Den mindste størrelse anlæg er den anlægstørrelse, der er anført i Miljøstyrelsens vejledning nr. 6/1990 for andre fyringsanlæg. Anlæg over 50 MW er omfattet af bekendtgørelse nr. 689 af 15. oktober 1990, som angivet i afsnit 1.4.

Rent træ

Der er endvidere i projektet udelukkende taget stilling til støv fra træfyrede anlæg, der anvender rent træ. Støvemissioner fra fyring med behandlet træ, som eksempelvis malet eller trykimprægneret træ, er ikke omfattet af dette projekt.

1.6 Formål

Formål

Formålet med projektet er at fastsætte en vejledende grænseværdi for støvemissionen fra træfyrede anlæg større end 120 kW og mindre end 50 MW, således at der i lighed med eksempelvis halm og kulfyrede anlæg findes konkrete vejledende emissionsgrænser for støv. Endvidere er formålet med projektet at redegøre for hvilke teknologier, der kan anvendes for at nå disse emissionsgrænser.

2. Opgavestilling

Målgruppe

2.1 Projektbeskrivelse

Projektets målgruppe er Miljøstyrelsen, andre godkendelsesmyndigheder, industrielle virksomheder der driver eller fremstiller træfyrede anlæg samt brugere af træfyrede anlæg.

Projektbeskrivelse

Projektet indeholder tre afsnit:

- Grænseværdier i andre lande. Der er foretaget en gennemgang af de eksisterende regler i andre lande, ved viden- og erfaringsudveksling med dk-TEKNIK's kontakter i disse lande.
- Rensemeter for støv og økonomisk oversigt. Mulighederne for rensning af emissionen for støv gennemgås, og derudover er der opstillet en oversigt over hver enkelt rensningsmetode. (Fordele, ulemper, begrænsning m.v.).
- Forslag til emissionsgrænser. På baggrund af ovennævnte to første punkter er der udarbejdet et forslag til vejledende emissionsgrænser for træfyrede anlæg opdelt efter størrelse af anlægget.

2.2 Definitioner

Anlægsstørrelser

I forbindelse med projektets gennemførelse er der for overskuelighedens skyld valgt otte anlægsstørrelser i forbindelse med oplysninger om priser på røggasrensningsanlæg. De valgte anlægsstørrelser og de tilhørende røggasmængder er vist i tabel 2. Røggasmængderne er baseret på en CO₂ % på ca. 12 og en røggastemperatur på 180 °C. Disse driftsdata anses for repræsentative for træfyrringsanlæg. De anførte MW(megawatt) er den indfyrede effekt. Røggasmængderne kan for træfyrede anlæg variere en del, bl.a. er mængden meget afhængig af indholdet af vand i brændslet. Ligeledes kan der også være nogen forskel i røggastemperaturen.

Tabel 2. Valgte anlægsstørrelser

Indfyret effekt MW	Røggasmængde m ³ (n,t)/h
0.25	500
0.50	1.000
1.0	2.000
2.5	5.000
5	10.000
10	20.000
20	40.000
50	100.000

(n,t) angiver tør røggas ved normaltilstanden, d.v.s. temperaturen 0 °C og trykket 101325 Pa.

3. Støv fra træfyrede anlæg

3.1 Generelt

Støv

Støv er en ansamling af meget små partikler, der typisk er mindre end 100 µm, svarende 1/10 mm.

Støvet forureningsmæssige betydning er afhængig af de enkelte partiklers størrelse og dettes kemiske sammensætning. Normalt opdeles støvet i

Svævestøv: partikler med en kornstørrelse mindre end 10 µm

Sedimentstøv: partikler med en kornstørrelse større end 10 µm

Svævestøv

Svævestøvet er så finkornet, at det kan holde sig svævende i luften i lang tid. Omfattet af begrebet svævestøv er også aerosoler, som er meget små væskepartikler.

Den primære karakteristik ved svævestøv er at det helt følger luftens bevægelser, og derved med indåndingsluften, kan nå ned i den dybeste del af lungerne.

Sedimentstøv

Sedimentstøv er så store partikler, at det ikke kan holde sig svævende i luften, men vil under påvirkningen af tyngdekraften falde til jorden, det vil sedimentere. Genen ved denne form for støv er primært af æstetisk art og består i, at der sker tilsmudsning af omgivelserne.

Den i Miljøstyrelsens vejledning nr. 6/1990 fastsatte grænseværdi "for støv iøvrigt" i omgivelserne (B-værdi), gælder kun for svævestøvet.

Emissionsgrænser og massestrømsgrænser gælder for totalstøv.

En umiddelbar interessant parameter ved beskrivelse af støv er derfor de enkelte partiklers størrelse, det vil sige kornstørrelsesfordelingen. Denne fordeling danner sammen med støvkoncentrationen bl.a. grundlag ved dimensioneringen af støvudskillere samt valg af støvudskillertype.

Støv fra forbrænding

Støv fra fyringsanlæg opstår ved forbrænding af faste brændsler. Dette støv kan opdeles i to grupper:

- ufuldstændig forbrændte partikler
- ubrændbare bestanddele

Sod

Ved ufuldstændig forbrænding eller i forbrændingszoner med utilstrækkelig ilttilførsel eller ved hurtig afkøling af de dannede gasser dannes uforbrændt kulstof, sod. Dette sod er meget fintkornet med en partikelstørrelse på 0,01 - 0,1 µm. Sod er så finkornet, at det kan være kondensationskim for andre stoffer.

Til gruppen ufuldstændig forbrænding må også henregnes de partikler, der ikke når at udbrænde, som eksempelvis fint pudsestøv der tilføres træfyrede anlæg.

Aske

De ubrændbare bestandele (askeresten) fremkommer fra faste og flydende brændsler, når den brændbare del er brændt. Nogle af disse frigjorte askebestandele vil forblive på fast form, medens andre før emission overgår på dampfase. Under røggassens gradvise køling vil disse stoffer overgå til fast form igen og emitteres som faste partikler.

3.2 Andre brændsler.

Støv fra andre brændsler

Vejledende støvemissionsgrænser for fyring med andre brændsler findes i Miljøstyrelsens vejledning nr. 6/1990. Disse grænser er sammen med dk-TEKNIK's erfaringer for støv i råggassen fra andre fyringsmedier opstillet i den følgende tabel 3. Værdierne gælder for anlæg mellem 1 og 50 MW. Med undtagelse af gas findes ikke vejledende grænseværdier for anlæg mindre end 1 MW.

Tabel 3. Vejledende grænseværdier for totalstøv ved fyring med forskellige brændsler ved 10 %O₂ mg/m³(n,t)

Parameter	Kul	Olie	Halm	Træ	Naturgas
Støvindhold i rågas	2 - 3000	100 - 200	1000	500 -1500	5
Grænseværdi	100	100	40	-	5

3.3 Delkonklusion

Såfremt der sammenlignes med andre brændsler, bør der således for træfyrede anlæg større end 1 MW og mindre end 50 MW gælde en grænse på 40 - 100 mg/m³ (n,t) ved 10% O₂.

Røggasrensning

Ved kulfyring anvendes elektrofiltre og posefiltre til rensning af røggassen for at overholde grænseværdien for støv. Ved oliefyrede anlæg anvendes almindeligvis ingen rensningsforanstaltninger for at overholde de vejledende grænser. Disse kan normalt overholdes ved optimering af anlægget. Posefiltre er den mest anvendte rensningsteknik ved halmfyrede anlæg, medens der ved naturgas ikke er behov for rensning.

4. Beskrivelse af træfyrede anlæg.

Fyring med træ

I Danmark ses træfyrede anlæg fyret med følgende typer træbrændsel

- Flis (våd skovflis, eksempelvis fra udtynding i skove og læhegn)
- Flis (tør flis hugget af rester fra eksempelvis møbelindustrien)
- Savsmuld og spåner (oftest kombineret med flis)
- Pudsestøv (altid mindre mængder kombineret med flis)
- Bark (oftest kombineret med flis)
- Brændselbriketter fremstillet af ovennævnte brændsler

Som fyringsteknik anvendes ved mindre anlæg stokerfyring med indførings-snegl eller vandrerist. Spreaderstokerfyring, hvor brændslet kastes ind på en bevægelig rist med en eller flere rotorkastere anvendes ved store anlæg, selvom fluidbed er en teknologi på vej frem.

4.1 Beskrivelse af flisfyret anlæg

Flisfyret anlæg

Det typiske flisfyrede anlæg består af lager, brændseltransportsystem, en fast-brændselskedel med trappe eller vandrerist, et røggasrensningssystem og et aske system.

Flis transporteres normalt med lastbiler fra skoven til anlægget, hvor det eksempelvis opbevares i siloer eller lagerrum.

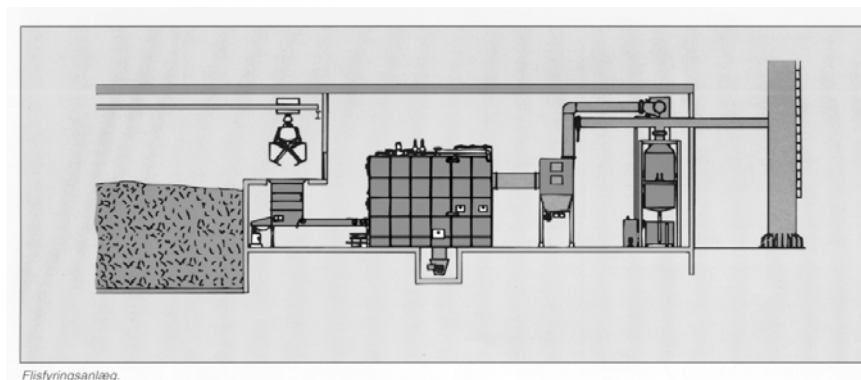
Fra lageret transporteres flisen til indfyringssystemet med kran eller ved mindre anlæg (0.1 - 2 MW) med skrabegulv.

Flere indfyringsystemer findes på de flisfyrede anlæg. På mindre anlæg op til 2 MW indfyres flis ofte med stokersnegl. Små stokeranlæg har fast rist, og askeudmading foretages manuelt.

Nogle flisværker anvender en tragt i hele ristens bredde, hvorfra der lægger flisen jævnt på forbrændingsristen. Dette princip kendes fra kulfyrede kedler med vandrerist. På mange værker anvendes hydraulisk indskubning. Fra en tragt falder flisen ned i en vandret beholder, hvorfra hydrauliske skubberer presser flisen ind på risten. Flisen kan også kastes ind i forbrændingskammeret fra en roterende spreaderstoker.

Figur 1 viser et flisfyret anlæg.

Figur 1 Flisfyret anlæg



Forbrændingskammeret er udstyret med en ildfast udmuring, der sikrer en høj forbrændingstemperatur og ved brændsel med højt vandindhold. Flisen føres oftest ind i bunden af kedlen, og forbrændingen foregår på en rist af kraftigt støbejern. De hyppigst forekommende ristetyper på anlæg, der leverer fjernvarme, er kæderist/vandrerist og trapperist/skrårist. Vandreristen kendes også fra kulfyrede anlæg. På risten ligger flisen i et jævnt lag, der bevæger sig fra indfyrdelen til askefaldet.

Den nødvendige forbrændingsluft tilføres som primærluft gennem et eller flere spjæld (zoner) under risten, medens sekundærluften oftest tilføres gennem et antal dyser over brændselaget, dels for at sikre en god opblanding med de brændbare gasser og dels sikre en god udbrænding direkte.

Ved særligt vådt brændsel kan det være nødvendigt at fortørre brændslet og/eller anvende forvarmet forbrændingsluft.

Fra forbrændingskammeret ledes røggassen til konvektionsdelen, hvor det meste af varmeindholdet afgives til det cirkulerende kedelvand. På de fleste flisfyrede anlæg er kedlen anbragt oven på risten. Mindre anlæg kan have forbrændingsdel og kedel helt adskilt, idet flisen forbrændes i et separat forfyr. Herfra ledes røggassen i kedlen. Efter kedlen kan være placeret en economizer, der køler røggassen ned til en temperatur omkring 100°C for at opnå en højere virkningsgrad.

Røggaskondensationsanlæg

Flere flisfyrede anlæg er gennem den senere tid begynde at installere røggaskondensationsanlæg. Herved opnås dels en bedre energiudnyttelse, og samtidig kan der ske en rensning af røggassen. Til køling af røggassen anvendes retur vandet i kedlen.

Flisasken håndteres automatisk på alle større flisfyrede anlæg. Fra forbrændingsristen falder asken ned i en askesnegl eller et andet askeopsamlings-system. Aske fra risten (bundaske) blandes med evt. aske fra røggasrensningen (flyveaske) og eventuel opslemmet aske fra kondenseringssystemet. Asken samles normalt oftest i en container. Ved de små anlæg foretages normalt manuelt askeudskrabning.

4.2 Beskrivelse af andre træfyrede anlæg

Anlægstyper

Størrelsen af træfyrede anlæg varierer typisk fra små kedler hos mindre træbearbejdende virksomheder til store kedelcentraler hvor der produceres damp eller fjernvarme. Brændslets karakteristika er også meget varierende, fra fint slibestøv over våd skovflis til relative store træstykker til direkte indfyring. Teknologien der tages i anvendelse er derfor meget forskellig.

Ved træfyrede anlæg vil der normalt blive anvendt følgende fyringsteknologier:

- Stokeranlæg
- Kæde- eller vandreriste
- Spreadstokeranlæg

4.2.1 Stokeranlæg

På stokeranlæg indføres træet kontinuerligt ind på en fast rist eller trug ved hjælp af f.eks. en snegl. Forsyningen af træ kan ske fra en silo eller en tragt. Anlægget kræver en forholdsvis ensartet kornstørrelsesfordeling af træet for, at der skal kunne opnås en god forbrænding.

4.2.2 Kæde- eller vandreriste

På sådanne anlæg fødes træet ned på en bevægelig rist, hvorpå forbrændingen sker. Ved disse anlæg er det muligt at anvende finkornede brændsler, som giver mulighed for en mere effektiv og økonomisk forbrænding, bl.a. fordi man kan anvende mindre luftoverskud.

4.2.3 Spreadstokeranlæg

Ved sådanne anlæg kastes træet ind i fyrrummet og herved opnås en større fyrrumsbelastning, bl.a. fordi de fine partikler brændes svævende i luften. De større stykker træ brændes på selve risten. Sådanne anlæg stiller således ikke særlige krav til størrelsen af det indfyrede materiale.

Kedeltyper og askeudtagningen er stort set som beskrevet under flisfyrede anlæg.

Træfyrede anlæg har normalt ved forbrændingen et iltindhold i røggassen på 7 - 8 volumenprocent.

4.2.4 Priser for træfyrede anlæg

Priser

Investeringerne på træfyrede anlæg vil afhænge af behovet for, om der f.eks. blot skal udskiftes en kedel, eller der skal etableres et helt fjernvarmeværk.

I figur 2 er vist en gennemsnitspris for etablering af et træfyret anlæg. Priserne omfatter kedel, silo, askeudtagningssystem og de øvrige funktioner der er med direkte tilknytning til kedlen. Der er ikke i prisen medtaget røggasrensingsanlæg, skorsten og eventuelle bygninger.

Figur 2 Gennemsnitspriser for etablering af træfyrede anlæg

4.2.5 Udviklingstendenser for træfyrede anlæg

Meget er gjort de senere år for at forbedre de træfyrede anlægs driftsøkonomi og samtidig minimere påvirkningerne af miljøet. Heraf er den væsentligste forbedring kommet fra modernisering af SRO - systemerne (styring, regulering og overvågning).

Kondenserende anlæg har også gennem de senere år opnået en stigende anvendelse. Ved anvendelse af denne teknologi opnås en emission på 40 -80 mg/m³(n,t), uden en egentlig partikelrensning. En nærmere beskrivelse af disse anlæg findes i afsnit 7.5.1.

Udvikling af en 2 - trinsforbrænder kan også nævnes som en ny fyrings-teknologi. Ved denne type anlæg opnås en fordel som lav støvemission uden en egentlig røggasrensning. Typisk vil støvemissionen være på ca. 100 mg/m³. For at sådanne teknologier skal kunne udvikles, er det nødvendigt at teknologiens merpris kan kompenseres ved besparelse i andre anlægs dele, eksempelvis partikeludskillere.

5. Emissionsgrænseværdier i andre lande.

5.1 Generelt

Generelt

Der er foretaget en gennemgang af eksisterende regler i andre lande, samt viden- og erfaringsudveksling med dk-TEKNIK's kontakter i disse lande.

Landene er udvalgt på baggrund af, at der er muligheder for fyring med træ, at det er lande, Danmark på andre områder sammenligner sig med. Der er valgt tre lande i EU og to lande (Norge og Schweiz) udenfor EU.

Udvalgte lande

Følgende lande er medtaget i undersøgelsen:

- Sverige
- Norge
- Schweiz
- Østrig
- Tyskland

Anlægsstørrelser

Af undersøgelsen fremgår det, at emissionsgrænserne for støv i forhold til anlægsstørrelse er forskellig fra land til land. Eksempelvis findes der i Sverige først grænser for anlæg større end 0,5 MW, medens der i Tyskland findes grænser for anlæg fra 0,015 MW. Det fremgår også af undersøgelsen, at der ikke er overensstemmelse mellem EU-landene.

Emissionsgrænserne for støv i de udvalgte lande er normalt uafhængig af anlægstype og af hvilket træ, der anvendes.

De angivne anlægsstørrelser er angivet som den indfyrede effekt.

Godkendelser

I det følgende er redegjort for grænseværdierne i de udvalgte lande. Grænseværdierne er i nogle tilfælde koblet sammen med en miljøgodkendelsesordning, medens dette ikke er tilfældet i andre lande.

Der er ikke i undersøgelsen medtaget vurdering af, hvordan der i de enkelte lande kræves dokumentation for overholdelse af de anførte grænseværdier f.eks. i form af emissionsmålinger i henhold til metodelister.

5.2 SVERIGE

Sverige

dk-TEKNIK har kontaktet organisation ÅF - ENERGIKONSULT. Virksomheden stammer fra den svenske "kedelforening" og er idag beskæftiget indenfor energisektoren.

ÅF - ENERGIKONSULT oplyser, at vilkårene for faststofemission i Sverige normalt fastsættes på baggrund af måling, men at vilkårene normalt følger nogle generelle retningslinier og normal praksis.

De anvendte grænser i Sverige er angivet i tabel 4.

Tabel 4. Støvemissionsgrænser for træfyrede anlæg i Sverige

Anlægsstørrelse indfyret effekt MW	Referencetilstand % CO ₂	Emissionsgrænser for støv mg/m ³ (n,t)	
		Ved "boligområder"	Udenfor "boligområder"
< 0.5	13	-	-
0.5 - 10	13	100	350
10 - 50	13	35	35

- ingen grænser

Det ses af tabellen, at der i Sverige opdeles i land og i "boligområder". Da afstandene til boliger i Danmark normalt er begrænsede, set i forhold til det område der i Sverige betegnes som "udenfor boligområder", er det mest relevant at sammeligne grænseværdien for "ved boligområder" med danske forhold.

5.3 NORGE

Norge

Kjelforeningen NORSK ENERGI har været kontaktet for at få oplysninger om de norske grænseværdier.

I Norge godkendes anlæg normalt af de lokale sundhedsmyndigheder (Helsemyndighederne). Disse lokale myndigheder har normalt relativt frie forhold ved fastlæggelse af vilkår.

Statens Forureningstilsyn, der stort set svarer til den danske Miljøstyrelse, fastsætter vejledende grænseværdier. Forureningstilsynet har fastsat de i tabel 5 nævnte grænseværdier for anvendelse af rent biobrændsel, som eksempelvis bark, flis og lignende.

Tabel 5. Støvemissionsgrænser for træfyrede anlæg i Norge

Anlægsstørrelse indfyret effekt MW	Referencetilstand % O ₂	Emissionsgrænser for støv mg/m ³ (n,t)
0,02 - 0,5	11	200
0,5 - 4	11	150
4 - 15	11	100
15 - 50	11	30

5.4 SCHWEIZ

Schweiz

I Schweiz udgør energiproduktionen med træ ca. 1,5 % af den totale energiproduktion. Dette kan øges til 3 - 4 %, hvis de potentielle muligheder udnyttes.

Grænseværdier for træfyring findes i Luftreinhalte - Verordnung 1992. I tabel 6 er angivet de aktuelle grænseværdier for træfyrede anlæg.

Tabel 6. Støvemissionsgrænser for træfyrede anlæg i Schweiz

Anlægsstørrelse indfyret effekt MW	Referencetilstand % O ₂	Emissionsgrænser for støv mg/m ³ (n,t)
< 0,07	-	-
0,07 - 1	13	150
1 - 5	11	150
> 5	11	50

- ingen grænser

5.5 ØSTRIG

Østrig

De gældende emissionsgrænser for fyringsanlæg i Østrig findes i "Bundesgesetzblatt für die republik Österreich, Verordnung des Bundesministeriums für wirtschaftliche Angelegenheiten, mit der die Luftreinhaltung für Kesselanlagen". Verordningen er ændret den 30. September 1994 med Verordnung 785. Denne er en ændring af Verordnung nr. 19 fra 13. Januar 1989.

I tabel 7 er angivet uddrag af Verordnungen for de aktuelle støvgrænser for træfyrede anlæg.

Tabel 7. Støvemissionsgrænser for træfyrede anlæg i Østrig

Anlægsstørrelse indfyret effekt MW	Referencetilstand % O ₂	Emissionsgrænser for støv mg/m ³ (n,t)
< 2	13	150
2 - 5	13	120/50*
> 5	13	50

* 50 mg/m³ gælder fra 1. januar 1997

5.6 TYSKLAND

Tyskland

Miljøreglerne i Tyskland er fastsat i Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG). Denne kan nærmest sammenlignes med den danske miljølovgivning (miljøloven og de tilhørende bekendtgørelser).

BImSchG formål er at beskytte mennesker, dyr, planter, vand m.v. Udover denne "lovgivning" findes der i Tyskland i forskellige Bundesländer særlige regler.

I Tyskland er der ligesom i Danmark en "godkendelsesordning". Denne ordning kan i princippet sammenlignes med de danske afgørelser efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 5. En oversigt over godkendelsespligtige anlæg findes i 4. BImSchG, "Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen". Træfyrede anlæg større end 1 MW er omfattet af denne Verordnung.

Udover den mere generelle del i BImSchG findes regler for specielle anlæg.

Ved godkendelse af træfyrede anlæg samt ved fastsættelse af krav til sådanne anlæg, anvender man i Tyskland den 1. og 4. BImSchV. "Verordnung über brennbare Stoffe."

Krav fra disse Verordninger fremgår af tabel 8.

Tabel 8. Støvemissionsgrænser for træfyrede anlæg i Tyskland

Anlægsstørrelse indfyret effekt MW	Referencetilstand % O ₂	Emissionsgrænser for støv mg/m ³ (n,t)
< 0.015	-	-
0.015 - 1.0	13	150
1 - 5	11	150
5 - 50	11	50

- ingen grænser

Det er en hovedregel i Tyskland, at myndighederne normalt stiller krav efter bedste tekniske løsning (Stand der Technik).

5.7 Sammenfatning

Sammenligning

Da de forskellige lande har forskellig referencetilstand for deres grænseværdier for støv, er det nødvendigt at foretage omregninger til samme referencetilstand, for at kunne sammenligne grænseværdierne. En sådan referencetilstand kunne eksempelvis være 10% O₂, da denne værdi anvendes som referencetilstand for fyringsanlæg i Miljøstyrelsens vejledning nr. 6/1990. I tabel 9 er foretaget en sammenligning mellem grænseværdierne i de forskellige lande ved at omregne til 10 % O₂.

Tabel 9. Sammenligning af støvemissionsgrænser i forskellige lande ved 10 %O₂ for træfyrede anlæg

Anlægsstørrelse Indfyret MW	Emissionsgrænser for støv mg/m ³ (n,t)				
	Tyskland	Schweiz	Østrig	Sverige	Norge
< 0.015	-				-
0.015 - 0.07		-		-	220
0.07 - 0.5	205	205	205		
0.5 - 1					
1 - 2					165
2 - 4	165	165	165/70*	140	
4 - 5					110
5 - 10					
10 -50	55	55	70	50	35

- ingen grænser

* 70 mg/m³ gælder fra 1. januar 1997

5.8 Delkonklusion

Danmark

Overføres de udenlandske grænseværdier til Danmark, vil de vejledende grænseværdier for de valgte anlægsstørrelser, kunne fastsættes som angivet i tabel 10. Denne tabel er således en forenkling af tabel 9.

Tabel 10. Vejledende grænseværdier i Danmark baseret på sammenhængen med udenlandske grænseværdier.

Anlægsstørrelse i indfyret MW	Vejledende grænseværdier mg/m ³ (n,t) ved 10 % O ₂
> 0.12 ≤ 1	200
> 1 ≤ 5	150
> 5 ≤ 50	50

6. Emissionskrav for støv efter miljøstyrelsens vejledning.

6.1 Generelt.

Generelt

Når der til virksomhederne skal fastsættes emissionskrav for støv anvender myndighederne normalt massestrømsgrænsen, jævnfør Miljøstyrelsens vejledning nr. 6/1990 "Begrænsning af luftforurening fra virksomheder".

6.2 Massestrømsgrænsen.

Massestrømsgrænse

Ved massestrømsgrænsen forstås den mængde stof, der pr. tidsenhed ville udgøre hele virksomhedens udledning af et givet stof, såfremt der ikke foretages emissionsbegrænsning. Massestrømmen fastlægges altså før et eventuelt rensningsanlæg (rågas). Midlingstiden for massestrømmen er et skift, defineret som 7 timer. Enheden for massestrømmen er kg/h.

Træfyrede anlæg

Emissionen af støv fra træfyrede anlæg er stort set den samme over alle timer ved normal drift af et sådant anlæg. Ved disse anlæg er det derfor tilstrækkeligt at anvende emissionen over en time.

Rågas

Koncentrationen af støv fra træfyrede anlæg vil i rågassen variere fra ca. 500 mg/m³(n,t) til ca. 1500 mg/m³(n,t). Emissionen af støv er afhængig af kedelkonstruktion og typen af det indfyrede træ.

Støvemissioner

Anvendes de før nævnte emissionskoncentrationer med typiske anlægsstørrelser og røggasmængder, kan der opstilles de i tabel 11 nævnte massestrømme for træfyrede anlæg.

Tabel 11. Massestrømme for træfyrede anlæg ved 10 % O₂.

Anlægsstørrelse MW Indfyret effekt	Røggasmængde m ³ (n,t)/h	Massestrømmen kg støv/h		
		Koncentration af støv i rågas i mg/m ³ (n,t)		
		500	1000	1500
0.25	500	0.25	0.5	0.75
0.50	1.000	0.5	1.0	1.5
1.0	2.000	1.0	2.0	3.0
2.5	5.000	2.5	5.0	7.5
5	10.000	5.0	10	15
10	20.000	10.	20	30
20	40.000	20	40	60
50	100.000	50	100	150

I Miljøstyrelsens vejledning nr. 6/1990 er angivet støvemissionsgrænser for virksomheder, der udsender støv, som ikke direkte er angivet i vejledningen. Støvemissionsgrænserne er angivet i afsnit 3.2.2.6 "støv i øvrigt" side 36. Disse støvgrænser er afhængige af massestrømmen for den pågældende virksomhed. Den grænse, der skal renses til, er afhængig af de koncentrationer af eksempelvis støv, der er i rågassen, inden der er indført en rensning af røg-gassen. Grænserne anvendes af myndighederne i forbindelse med godkendelse af træfyrede anlæg. I tabel 12 er støvkoncentrationsgrænserne angivet.

Tabel 12. Støvkonzentrationsgrænser afhængig af massestrømmen, jævnfør Miljøstyrelsens vejledning nr. 6/1990.

vej-

Rensningsgrad	Massestrømsgrænse kg/h	Støvkonzentrationsgrænse mg/m ³ (n,t)
1	≤ 0.5	300
2	0.5 ≤ 5	75
3	> 5	20 - 40

Rensningsgrad

For at opfylde rensningsgrad 1 vil det være nødvendigt at installere, som minimum et cyklonanlæg. Ved rensningsgrad 2 og 3 er det nødvendigt at installere posefilter eller lignende foranstaltninger, med mindre der sker en god forbrænding, og der derfor ikke sker en emission af støv. Det må forventes, at der ved træfyring ikke kan opnås sådanne forhold. I princippet er der således ikke forskel på rensningsgraden på trin 2 og 3, når der er tale om træfyrringsanlæg.

På baggrund af disse støvkonzentrationsgrænser og de i tabel 11 nævnte anlægsstørrelser og koncentrationer, er i tabel 13 søgt illustreret hvilke grænser, der skulle anvendes ved de forskellige størrelser anlæg.

Tabel 13. Støvemissionsgrænser på baggrund af luftvejledningen

Rensninggrad	Anlægsstørrelse MW Indfyret effekt	Massestrømmen kg/h		
		Koncentration af støv i rågas i mg/m ³ (n,t)		
		500	1000	1500
1. (300 mg/m ³ (n,t))	0.25	0.25	0.5	0.75
	0.50	0.5	1.0	1.5
2. (75 mg/m ³ (n,t))	1.0	1.0	2.0	3.0
	2.5	2.5	5.0	7.5
	5	5.0	10	15
3. (20-40 mg/m ³ (n,t))	10	10.	20	30
	20	20	40	60
	50	50	100	150

6.3 Delkonklusion

Grænseværdier på baggrund af vejledning

Anvendes de vejledende grænser for støv i Miljøstyrelsens vejledning 6/1990, vil de vejledende støvemissionsgrænser opdelt på anlægsstørrelse kunne fastsættes som angivet i 14.

Tabel 14. Vejledende støvemissionsgrænser på baggrund af gældende massestrømsgrænser.

Anlægsstørrelse i indfyret MW	Vejledende grænseværdie i mg/m ³ (n,t) ved 10 % O ₂
> 0.12 ≤ 1	300
> 1 ≤ 5	75
> 5 ≤ 50	20 - 40

7. Begrænsning af støvemission - støvudskillere, en kortfattet beskrivelse.

7.1 Generelt

Metoder

Bekæmpelse af støvemission gennemføres først og fremmest gennem såkaldt indgreb ved dels optimering af anlægsudformningen og dels en optimal drift og vedligeholdelse. Kan man ikke gennem disse primære tiltag komme ned på den ønskede størrelse af emissionen, kan det være nødvendigt, at reducere røggassens støvindhold ved at installere en støvudskiller.

En eller eventuel en kombination af to af følgende teknologier kan anvendes:

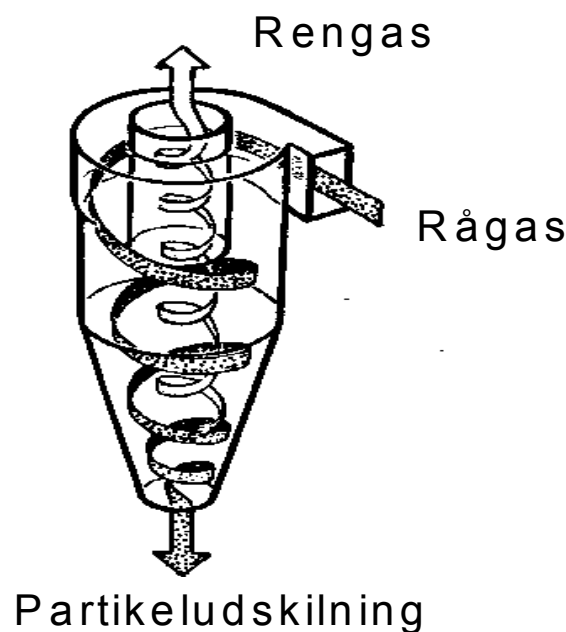
- Cykloner
- Posefiltre
- Elektrofiltre
- Vådudskillere

7.2 Cykloner

Cyklon

Cyklonens principielle konstruktion og funktion er vist på figur 1.

Figur 1 Cyklonens princip



Princip

Den støvholdige luft løber tangentielt ind i et cylindrisk rum, som forneden har en konisk spids. Luften danner en ydre nedadgående spiral langs cylindervæggen og en indre, opadgående spiral, der fortsætter op i luftafgangen i cyklonens top. Herved udskilles støvet centrifugalt, og det falder ned langs væggen og ud gennem den nederste del. Støvet skal sluses ud fra spidsen uden nævneværdig luftudstrømning. Til dette formål kan anvendes et lukket støvkammer, som tømmes eller udskiftes med passende mellemrum.

Det er nødvendigt, at støvet kan falde frit ned til cyklonens spids og ud af dette. Ophobning af støv fører meget hurtigt til voldsom støvmedrivning i den rensede luft. Hvis støvet kan klæbe på cyclonvæggen, vil denne rensningsmetode ikke kunne anvendes, medmindre der træffes særlige foranstaltninger. Ved muligheder for kondensation af vanddamp i cyklonen, skal den isoleres således, at kondensation forhindres.

Renseeffekt

Cyklonen har ved den rigtige dimension en god virkningsgrad for store og middelstore partikler større end 10 μm . Udskillelsen i cyklonen af en given partikel er først og fremmest bestemt af partiklens størrelse og dens hastighed. Sandsynligheden for udskillelse falder drastisk med faldende partikelstørrelse, og cykloner har derfor ikke tilstrækkelig udskillelsesgrad af luft med små partikler ($< 10 \mu\text{m}$).

Cyklonernes simple konstruktion og lave driftsomkostninger gør dem imidlertid velegnet i mange tilfælde, hvor rensningskravene er beskedne, eller som forudskiller for andre rensningsmetoder.

Virkningsgrad

En cyklons virkningsgrad afhænger af dens cylinderdiameter, røggassens indstrømningshastighed og viskositet samt af partiklernes massefylde. En smal cyklon og en høj indgangshastighed giver en god virkningsgrad. Dette kan imidlertid give et stort tryktab over cyklonen, idet tryktabet er proportional med indløbshastigheden i anden potens.

Sammenhængen af de omtalte parametre udnyttes i bl.a. multicykloner. Her fordeles røggassen på et antal parallelforbundne cykloner, hvorved der opnås en lille diameter uden samtidig at øge indløbshastigheden og dermed tryktabet. Trykfaldet over et multicyklonanlæg ligger normalt omkring 50 - 110 mPa.

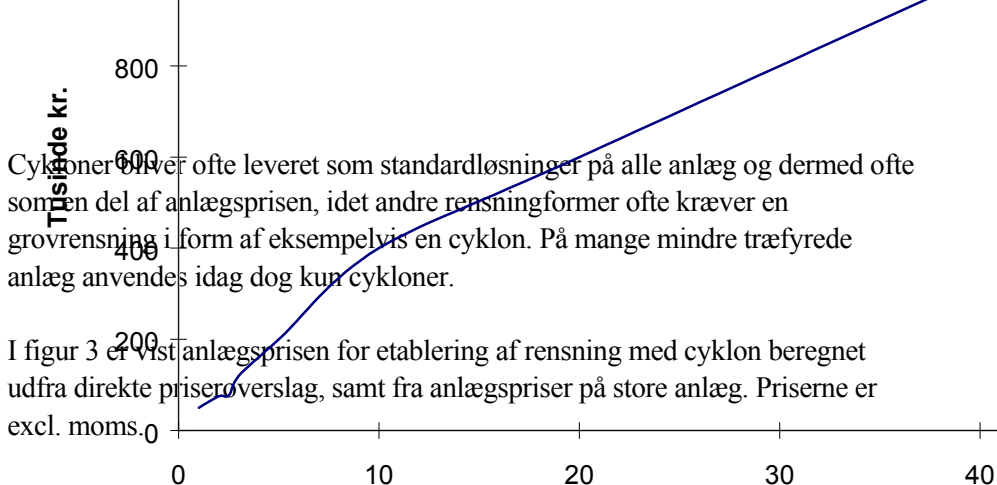
Multicykloner kan købes som færdigt sammenbyggede blokke, hvorved installationsarbejdet er det samme som en enkelt cyklon. Til gengæld er rensningsarbejdet vanskeligere end ved en enkelt cyklon.

Cykloner skal især ved sure røggasser holdes vedlige for at sikre at rensningsgraden for cyklonen er optimal, og at der ikke er sket tæring af cyklonen.

Rensningsgrad

Med et veldimensioneret cyclonanlæg kan der renses til cykloner ca. 200 mg/m^3 (n,t).

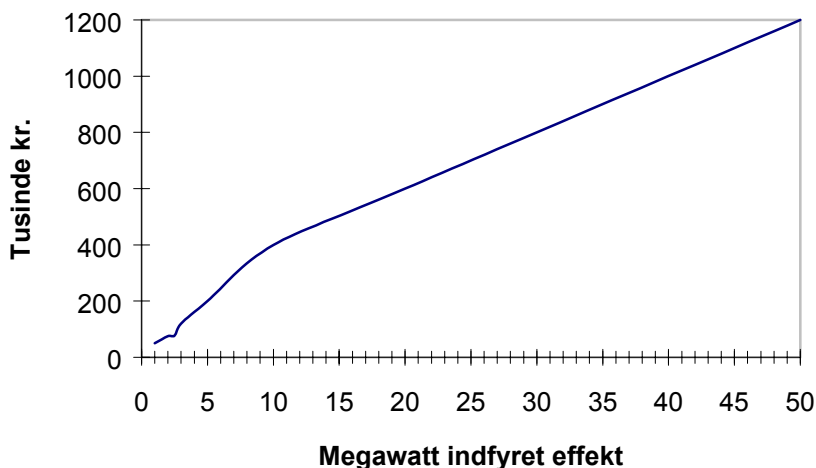
7.2.1 Priser på cykloner



Cykloner bliver ofte leveret som standardløsninger på alle anlæg og dermed ofte som en del af anlægsprisen, idet andre rensningsformer ofte kræver en grovrensning i form af eksempelvis en cyklon. På mange mindre træfyrede anlæg anvendes idag dog kun cykloner.

I figur 3 er vist anlægsprisen for etablering af rensning med cyklon beregnet udfra direkte priseroverslag, samt fra anlægspriser på store anlæg. Priserne er excl. moms.

Figur 3. Anlægspriser for installation af cyklon på træfyrede anlæg



Det ses af figur 3, at anlægsudgifterne for eksempelvis et 5 MW anlæg udgør ca. 200.000 kr. og derfor er en relativ overkommelig udgift set i forhold til andre rensningsforanstaltninger. Driftsudgifterne for cykloner er begrænsede.

7.3 Posefiltre

Rensning med posefiltre er en almen teknik, som kan bruges til at rense både store og små luftmængder, alt afkastluft fra siloer til røggas fra store kulfyrede kraftværker. Posefiltre rensner generelt godt ned til rengaskoncentrationer på 1 - 10 mg/m³. Filterelementet er som hovedregel poseformet, hvilket er årsag til det danske navn: posefilter.

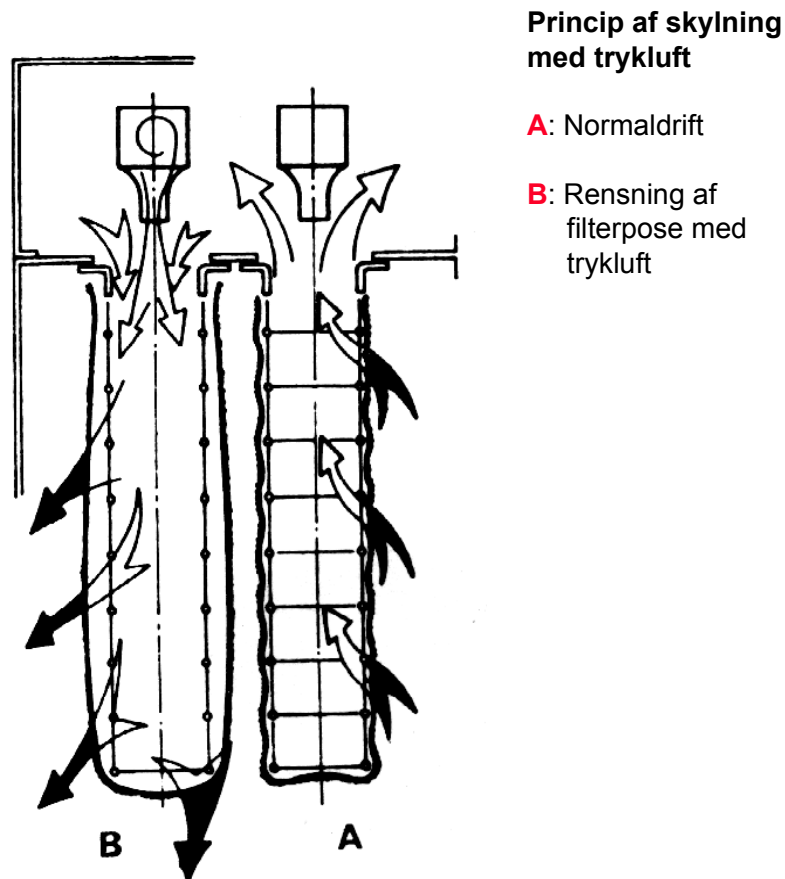
Posefiltre er på mindre anlæg billigere i anskaffelse end eksempelvis elektrofiltre, men kan have høje driftsudgifter, da poserne i nogle tilfælde ikke holder mere end 2 - 3 år, dog afhængig af filtermateriale og hvilket kemisk og fysisk miljø, de er udsat for.

Princippet ved posefiltre er, at gassen suges eller trykkes gennem en dug af naturligt eller syntetisk tekstil, hvorpå og hvori støvpartiklerne afsættes. Filtreringsmekanismen er en kombination af egentlig sivirkning, indfangning, diffusion og elektrostatisk tiltrækning. Til at begynde med er virkningsgraden lav, men efterhånden som der opbygges et støvlag på filterdugen, vokser effektiviteten hastigt.

Det udskilte støv øger imidlertid også trykfaldet over filterdugen. Det er derfor nødvendigt en gang i mellem at fjerne størsteparten af støvet ved en eller anden rensemetode.

Et posefilter kan konstrueres efter to forskellige principper. Enten kan man filtrere indefra og ud gennem poserne, eller man kan filtrere udefra og ind. Ved filtrering udefra og ind er poserne støttet af en trådkurv.(se figur 4)

Figur 4 Udsnit af posefilter



Begge filtertyper kan renses ved mekanisk rensning og/eller ved at blæse luft den modsatte vej gennem filteret. Skal filteret renses på denne måde, afspærrer de enkelte sektioner og renses hver for sig.

“ Udefra- og ind-filtre bliver oftest renses ved, at der i ganske kort tid blæses trykluft den modsatte vej. Herved dannes en trykbølge, som udvider posen, hvorved det meste af støvet falder af, resten rystes af, når posen efter impulsens ophør klapper tilbage mod støt-tekurven. Denne form for rensning sker så hurtigt, at det ikke er nødvendigt at afspærre den sektion, der skal renses. Denne type kaldes Jet Pulse filtre.

“Udefra- og ind-filtre er blevet meget almindelige og er idag den mest udbredte filtertype i Europa.

Til mekanisk rystede filtre er det nødvendigt, at posefiltermaterialet har stor mekanisk styrke. Dette kan betyde, at filtermaterialet bliver mere tæt end nødvendigt.

Filtreringshastighed/ filterbelastning

Derimod kan man i jet pulse filtre anvende filtermateriale med mindre mekanisk styrke og dermed mindre tæt. Dette har den væsentlige fordel, at der fås lavere modstand mod gassens passage. Jet pulse filtre kan derfor give en højere filtreringshastighed (eng.: air-to-cloth ratio), udtrykt i m^3 gas pr. m^2 filterareal pr. minut. Et højt ACR betyder mindre tekstil og dermed et mindre antal poser. Hermed bliver filteret billigere.

I de traditionelle filtre må man ind mellem poserne for - manuelt - at udskifte dem. Dette kræver, at filteret har haft tid til at køle af forinden. Hvis driftstop er uacceptable, må filterskift derfor indgå i den forebyggende vedligeholdelse.

Jet pulse filtre er lettest at have med at gøre, da sektionerne ikke skal afspærreres ved rensning. De er lettere at skifte poser på, idet udskiftningen kan foretages udefra ved at trække poserne op af filteret.

Filtermaterialer

Posefiltermaterialet er primært opbygget på to forskellige måder. Disse to metoder kaldes vævet eller nålefilt. Det vævede filtermateriale er et forholdsvis tæt materiale med stor mekanisk styrke. Anvendelse af nålefilt giver mindre tryktab end det vævede materiale, men til gengæld er den mekaniske styrke kun ca. halvdelen. I tabel 15 er angivet en oversigt over forskellige filtermaterialer. "Forholdsprisen" er angivet i forhold til prisen på polyester for de to forskellige metoder.

Tabel 15. Oversigt over forskellige filtermaterialer.

Materialer	Driftstemperatur °C	Forholdspris pr m ²
Nålefilt		
Uld/Polyester	70	1.8
Polypropylen/Polypropylen	95	1.6
Polyamid/Polyamid (nylon)	110	1.3
Acryl/Acryl (Dralon-T)	125	1.4
Polyester/Polyester	150	1
Aromatic Polyamid/Aromatic Polyamid (Nomex)	220	4.2
Polytetrafluorethylen/Polytetrafluorethylen (Teflon)	250	26
Vævet		
Polypropylen	95	1.2
Polyamid	110	1.2
Acryl	125	2.1
Polyester	150	1
Aromatic Polyamid	220	2.9
Polytetrafluorethylen	250	5

Der anvendes også andre filtermaterialer end de her nævnte, eksempelvis PVC, fiberglas, metal og mineral. De sidste tre materialer kan anvendes ved meget høje temperaturer, den såkaldte varmgasfiltrering, ved 200 - 1000 °C. Prisen for disse filtre er imidlertid væsentlig højere end de almindelige anvendte materialer.

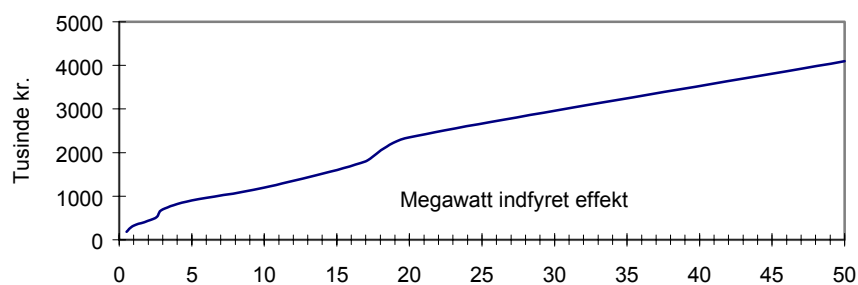
7.3.1 Priser på posefilter

Priser

På baggrund af anlægsdata for de syv udvalgte anlægsstørrelser er der rettet henvendelse til relevante filterleverandører. Leverandøren er blevet anmodet om priser på installering af posefilter, samt hvad de årlige driftsomkostninger andrager. Disse priser er sammenlignet med prisoverslag på anlæg, som dk-TEKNIK har kendskab til f.eks. ved projektering af nye anlæg. På denne baggrund er udarbejdet priser for installering af posefilter på forskellige størrelser anlæg. Priserne er incl. montering, men excl. moms og med anvendelse af en standard filterpose.

Det er dk-TEKNIK's erfaring, at prisen på posefiltre kan variere meget, nemt op til 25 %. Der kan derfor findes posefiltrepriser, der varierer meget fra de nævnte, men da der bl. a. er medtaget priser fra opførte anlæg, må priserne anses for repræsentative. Overslagsprisen for anlæg af posefiltre er vist på figur 5.

Figur 5. Anlægspriser for posefilter ved forskellige anlægsstørrelser



Springene på kurven skyldes, at anlæg ofte leveres i sektion, der kan rense en maximal luftmængde, når denne luftmængde er nået, skal der etableres en ny sektion. Denne sektion kan reelt rense en større luftmængde, end anlægget nødvendigvis har behov for.

Priseksempel

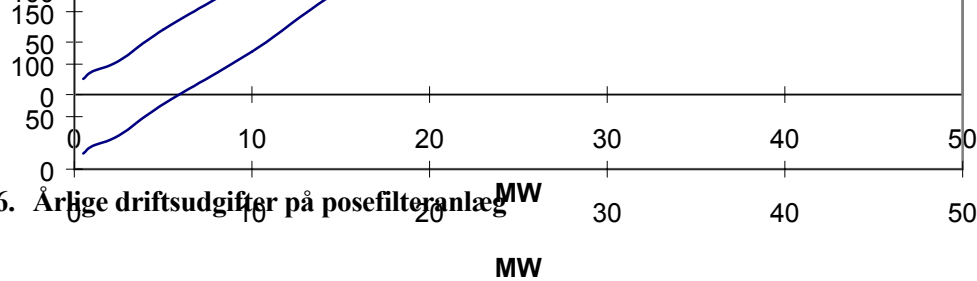
Det fremgår eksempelvis af kurven, at et posefilteranlæg til et 10 MW anlæg koster ca. 1.2 mill. kr, eller ca. 10 % af totalomkostningerne på et træfyret anlæg. Over denne anlægsstørrelse vil udgifterne til etablering af et posefilteranlæg være mindre end 10 %. Ved etablering af et anlæg mindre end 10 MW, vil procentdelen af udgifterne stige, jo mindre anlæggene er. Ved et anlæg på 1 MW vil prisen på posefilteranlægget udgøre 40 % af den totale anlægsudgift.

Driftsomkostninger

En anden væsentlig faktor, der skal tages hensyn til, når der skal ses på omkostningerne ved installation af posefilter, er de årlige driftsudgifter. De årlige driftsudgifter er hovedsagelig udskiftning af poser samt udgifter til røggasventilatorer og trykluftrensning af poserne.

Når der etableres posefilter på fyringsanlæg, er der fare for, at medrivende gløder kan brænde hul i posefilterne. Minimeringen af dette kan eksempelvis ske ved etablering af cyklon eller andet gnistfang, inden røggassen når posefilteret. På trods af dette kan der ske et forbrug af poser, og da udskiftningen af disse er en relativ stor udgift, er disse udgifter også medtaget i denne undersøgelse.

I figur 6 er angivet de årlige driftsudgifter ved drift af et posefilteranlæg. I udgifterne er antaget, at alle poserne bliver udskiftet indenfor en 2 - 3 års periode samt de øvrige driftsudgifter på posefilteret.



Figur 6. Årlige driftsudgifter på posefilteranlæg

Megawatt i indfyret effekt

Eksempel

Det fremgår af kurven, at et anlæg på 10 MW må påregne en årlig driftsudgift på ca. 110.000 kr. ved installation af et posefilteranlæg eller ca. 10 % af anlægsomkostningerne for posefilterne, jævnfør figur 5.

7.4 Elektrofiltre

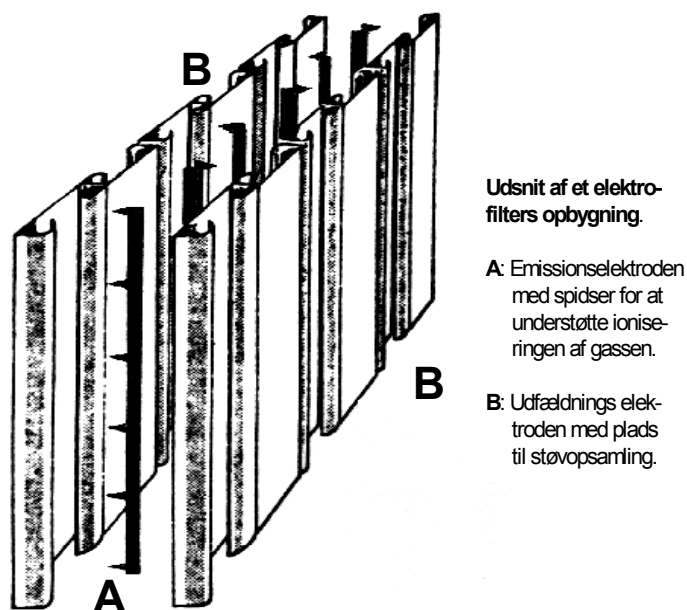
Anvendelse

I elektrofiltre anvendes elektriske kræfter til udskillelse af støv fra eksempelvis røggas, der skal renses. Princippet er, at støvpartiklerne først oplades elektrisk, hvorefter gassen passerer et område med stor elektrisk feltstyrke. De elektrisk ladede støvpartikler vil her forlade røggassen og føres mod særligt udformede opsamlingselektroder. Filteret består af to eller flere sektioner, samlet i et fælles filterkammer af f.eks. stålplader. Sektionerne er helt adskilt fra hinanden, såvel mekanisk som elektrisk. Hver sektion består af et emissionssystem med højspænding og et jordforbundet udfældningssystem.

Opbygning

Emissionselektroderne kan være tynde spiraler, tråde eller tynde plader, forsynede med udstandsede spidser. Mange emissionselektroder er f.eks. udformet i lighed med det, vi kender som pigtråd. Elektroderne er ophængt i et rammesystem, som med isolatorer er adskilt fra selve filterhuset. Sættes negativ spænding på emissionselektroden, vil man så få transporteret såvel negative som elektroner ud mod udfældningselektroden, hvilket forstærker udskilningseffekten. Figur 7 viser et udsnit af elektrofilterets opbygning.

Figur 7 Udsnit af elektrofilter



Efter partiklerne har afgivet deres ladning til opsamlingselektroden, vil tiltrækningskræfterne søge at holde støvet samlet. Når støvlaget, der har sat sig på elektroderne, har nået en vis tykkelse, falder det af, dels af sig selv, men dog hovedsagelig fordi der med mellemrum med specielle automatiske systemer bliver foretaget bankning af elektrodesystemerne. Støvet glider ned langs elektrodernes vægge og ned i opsamlingstragte.

Højspændingssystemet består af følgende komponenter: Reguleringstransformator, højspændingstransformator og en ensretter. Spændingen, der benyttes, er jævnspænding af størrelsen 30.000 - 80.000 volt bl.a. afhængig af de forhold, hvorunder filteret skal arbejde, d.v.s. først og fremmest af støvets og røggassens egenskaber.

Opsamlings- eller udfældningselektroderne kan udføres som rør eller plane flader.

Rensningsgrad

Elektrofiltrene kan dimensioneres til en udskilningsgrad på 95 - 99 %. Helt afgørende for udskilningsgraden er støvets elektriske modstand. En høj elektrisk modstand, høj gastemperatur og lavt fugtindhold vil påvirke udskilningsgraden i negativ retning. Dette kan modvirkes ved vandindsprøjtning.

Trykfaldet over elektrofilteret er kun 10 - 20 mPa, fordi røggashastigheden igennem filteret er lavt omkring 0,5 - 3 meter pr. sekund.

Elektrofilterets udskilningsgrad er ikke særligt afhængig af kornstørrelsen af støvet, det kan rense en røggas med en kornstørrelse på ned til under 10 μm med en god virkningsgrad.

7.4.1 Priser på elektrofiltre

Priser

Der er ingen af de kontaktede leverandører, der har foreslået rensning med elektrofiltre, når det gælder røggasrensning fra træfyrede anlæg i området 1 - 50 MW. Dette kan skyldes, at elektrofilteret i dag kun anvendes på få relative store træfyrede anlæg, og på flisfyrede anlæg anvendes slet ikke elektrofiltre. Det er dk-TEKNIK's opfattelse, at prisen på elektrofiltre ved de store træfyrede anlæg ikke er væsentlig forskellig fra prisen på posefiltre.

7.5 Vådudskillere

Anvendelse

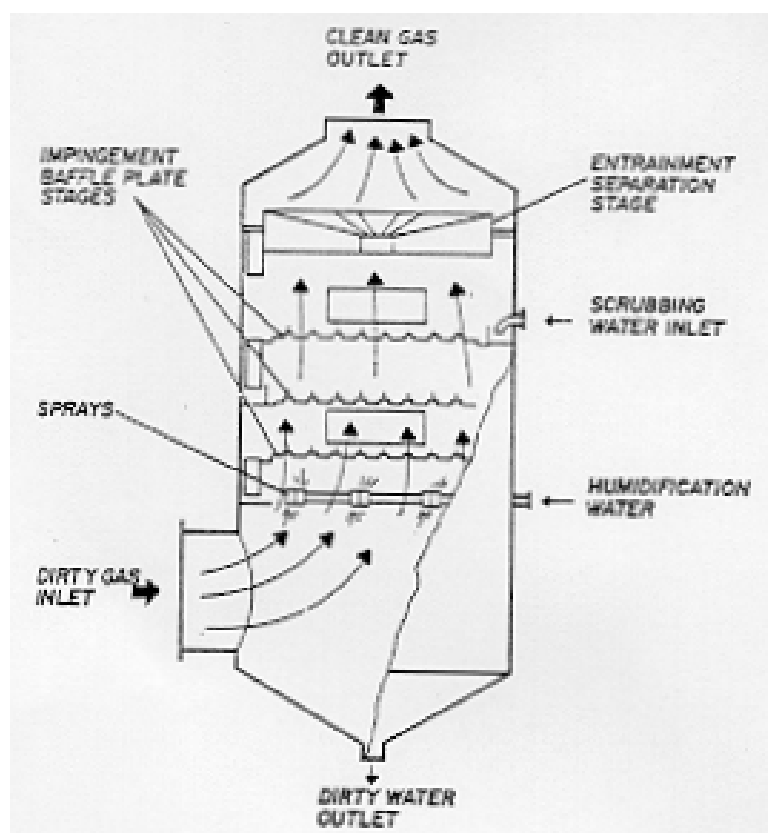
Våde udskilningsmetoder anvendes især til rensning af luft for støv i tilfælde, hvor luften har et højt vanddampindhold eller indeholder klæbrige stoffer, som vanskeliggør anvendelsen af andre filtertyper som f.eks. posefiltre. Endvidere anvendes vådvaskere hovedsaglig til rensning af gasformige komponenter som eksempelvis SO_2 .

Udskilningen af partiklerne i en vådvasker kan deles op i en række faser:

- Dannelse af dråber
- Kontakt mellem støvpartikler og vanddråber
- Fastholdelse af støvpartiklerne i vanddråberne
- Udskilning af vanddråber indeholdende støvpartikler

I figur 8 er vist indretningen af en vådudskiller.

Figur 8. Vådudskiller



Der findes forskellige typer af vådudskillere, eksempelvis pakkede tårne, vådcykloner og spraytårne. Sidstnævnte type af vådudskillere er den mest anvendte ved støvudskillelse.

Effektivitet

Effektiviteten af en vådvasker afhænger primært af dens evne til at overføre støvpartikler til overfladen af væskefasen. Denne evne er bl.a. bestemt ved følgende faktorer:

- støvpartiklernes størrelse
- støvpartiklernes massefylde
- støvpartiklernes befugtningsevne
- væskefasens overfladeareal
- væskefasens overfladespænding
- støvpartiklernes og væskefasens relative hastighed

Effektiviteten af udskillelsen vokser bl.a. med støvpartiklernes diameter.

7.5.1 Kondenserende enheder

Energiudnyttelse

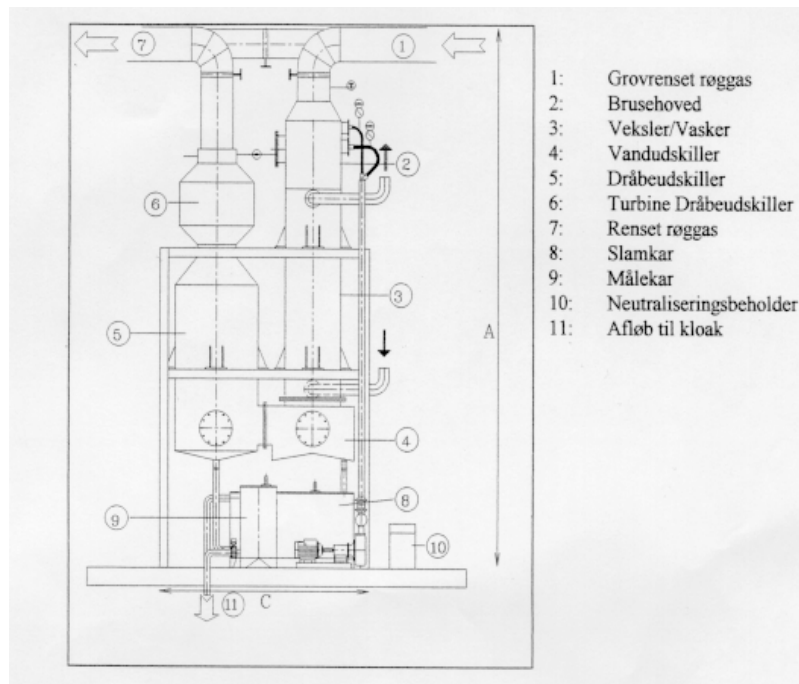
En række flisfyrede anlæg er i dag forsynet med en vådudskillere, en såkaldt kondenserende enhed der udnytter røggassens energiindhold yderligere. Samtidig fungerer disse enheder også som vådudskillere.

Ved afkøling af røggassen til under dugpunktstemperaturen vil vand-dampen begynde at kondensere og der frigives varme. Den frigivne varmemængde øges jo længere røggassen køles ned. Til køling af røggassen anvendes returvand til kedlen fra eksempelvis fjernvarmenettet.

Erfaringerne fra de flisfyrede værker viser, at der kan opnås høje virkningsgrader. Således er den gennemsnitlige årvirkningsgrad på danske anlæg omkring 100 %, og enkelte anlæg med mere avancerede systemer når op på ca. 108 % baseret på den nedre brændværdi.

I figur 9 er vist princippet for en kondenserende enhed.

Figur 9. Kondenserende enhed.



- 1: Grovrenset røggas
- 2: Brushoved
- 3: Veksler/Vasker
- 4: Vandudskiller
- 5: Dråbedskiller
- 6: Turbine Dråbedskiller
- 7: Renset røggas
- 8: Slamkar
- 9: Målekar
- 10: Neutraliseringsbeholder
- 11: Afløb til kloak

Rensningsgrad

2500
2000
1500
1000
500
0

Ifølge leverandøren er garantien for faststofemissionen efter den kondenserende enhed mindre eller lig med $40 \text{ mg/m}^3(\text{n,t})$. Det er imidlertid dk-TEKNIK's erfaring, at emissionen af faststof i praksis er mellem $40 - 80 \text{ mg/m}^3(\text{n,t})$.

Priser

I Danmark anvendes kondenserende enheder hovedsagelig på anlæg op til 10 MW. Det er derfor kun relevant at medtage prisoverslag for denne anlægsstørrelse. Af eksisterende flisfyrede værker har 2 ud af 3 installeret et kondenseringsanlæg eller på anden måde foretager genvinding af kondensationsvarme i røggassen.

Figur 10 angiver priserne excl. moms for installation af en kondenserende enhed. Priserne er baseret på konkrete installationer.

Figur 10. Anlægspriser for installation af kondenserende anlæg.

Tusinde kr.

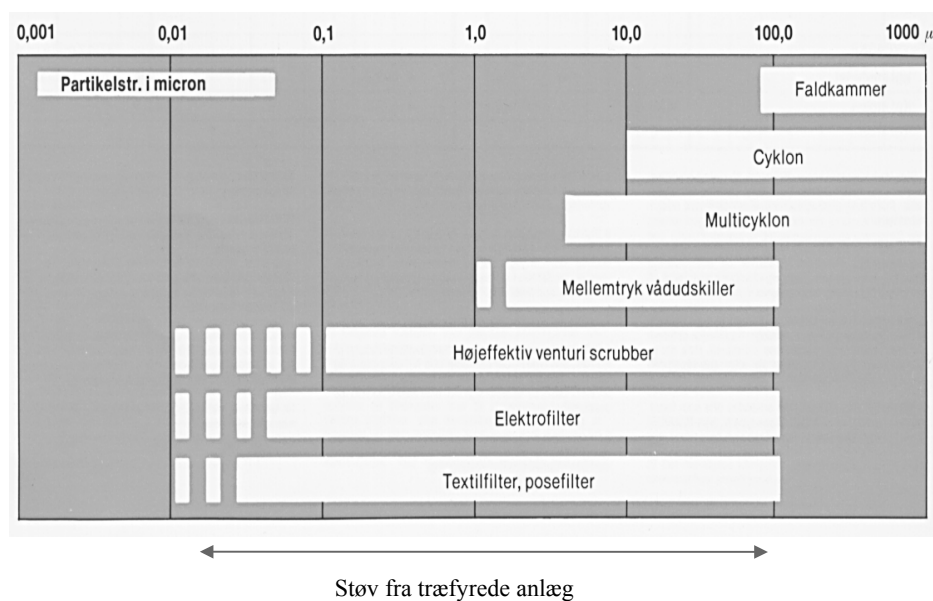
7.6 Delkonklusion.

Sammenligning af rensemetoder

Ved valg af rensemetoder er det nødvendigt at se på bl. a. temperatur, fugtindhold i røggassen og kornstørrelsesfordelingen i røggassen. Eksempelvis er posefiltermaterialer følsomme overfor høje temperaturer, og cykloner er uegnede til at rense små partikler.

I figur 11 er vist effektiviteten af de forskellige rensningsmetoder overfor partikelstørrelsen i røggassen.

Figur 11 Partikelstørrelsen i forhold til rensemetoden.



Fordele og ulemper

Ved valg af de forskellige rensningsmetoder er der således nogle forskellige fordele og ulemper, der bør medtages når der skal investeres i et røggasrensningsanlæg. Dette er søgt beskrevet i tabel 16.

Tabel 16 Sammenligning af de forskellige rensningsmetoder

Røggasrensningsudstyr/ udskilningsgrad %	Koncentration efter rensning mg/m ³ (n,t)	Fordele	Ulemper
Cyklon 70 -95	200	Billig i anskaffelse og drift	Lav effektivitet overfor små partikler
Posefilter 90 - 99	< 10	Stor renseseffektivitet Begrænsning i røggastemperatur	Relative høje driftsomkostnin ger
Elektrofiltre 90 - 99,9	< 20	Stor renseseffektivitet	Kun erfaringer fra relative store anlæg
Kondenserende anlæg 70 - 99	40 - 80	Energiudnyttelse	Spildevand

Det fremgår af tabel 16, at de enkelte røggasrensningsteknologier kan rense til under $10 \text{ mg/m}^3(\text{n,t})$. Ved anvendelse af anden teknologi, nemlig en kondenserende enhed opnås en emission på $40 - 80 \text{ mg/m}^3(\text{n,t})$, uden en egentlig partikelrensning.

Anvendes rensningsteknologi om basis for fastsættelse af emissionsgrænser for støv fra træfyrede anlæg, kan der opstilles de i tabel 17 viste grænseværdier.

Tabel 17. Forslag til vejledende emissionsgrænser for støv for træfyrede anlæg mindre end 50 MW på basis af rensningsteknik

Anlægsstørrelse i indfyret MW	Vejledende grænseværdier for støv fra træfyrede anlæg $\text{mg/m}^3(\text{n,t})$ ved 10 % O_2
$> 0.12 \leq 1$	200
$> 1 \leq 50$	40 - 80

Der anvendt $40 - 80 \text{ mg/m}^3(\text{n,t})$ som basis for anlæg større end 1 MW og mindre end 50 MW gældende for kondenserende anlæg. Dette skyldes, at en yderligere rensning fra disse anlægstyper vil være vanskelig, da røggassen er kold og våd.

8. Konklusion

Baggrund

En dansk emissionsgrænse for støv fra træfyrede anlæg mindre end 50 MW er vurderet ud fra en sammenligning mellem 4 hovedprincipper.

1. Grænseværdier for støv gældende for andre brændsler.
2. Grænseværdier for støv gældende i andre lande.
3. Grænseværdier for støv iøvrigt som anført i Luftvejledning nr. 6/1990.
4. Mulige rensningsteknikker for partikler.

En oversigt over de enkelte princippers muligheder er vist i tabel 18.

Tabel 18. Forslag til vejledende emissionsgrænser for støv for træfyrede anlæg mindre end 50 MW på basis af 4 principielle betragtninger.

Anlægsstørrelse i indfyret MW	Vejledende grænseværdier for støv fra træfyrede anlæg mg/m ³ (n,t) ved 10 % O ₂			
	1.Andre brændsler	2.Andre lande	3.Vejledning	4.Rensningsteknik
> 0.12 ≤ 1	-	200	300	200
> 1 ≤ 5	100	150	75	40 - 80
> 5 ≤ 50	100	50	20 - 40	40 - 80

Anlæg under 1 MW

For anlæg under 1 MW (brændselseffekt) viser betragtningerne, at grænseværdien for støv bør ligge mellem 200 - 300 mg/m³(n,t) ved 10 % O₂. Med en emissionsgrænse på 300 mg/m³ (n,t) ved 10 % O₂, vil der være en vis sikkerhed i overholdelse af grænseværdien under anvendelse af simpel partikelrensningsteknologi som cyclonanlæg eller fyringsteknologi med lav støvemission.

Anlæg større end 1 MW

For anlæg med en brændselseffekt større end 1 MW og mindre en 50 MW bør den vejledende grænseværdi ifølge tabel 18 være mellem 20 og 150 mg/m³(n,t) ved 10% O₂, idet værdierne sammelignet på tværs ikke giver anledning til at skelne mellem anlæg større eller mindre end 5 MW. En grænseværdi under 150 mg/m³(n,t) ved 10% O₂ kan kun overholdes med rimelig sikkerhed, hvis der

- installeres posefilter eller tilsvarende rensningsmetode
- anvendes en kondenserende enhed i røgstrømmen eller,
- anvendelse af alternativ fyringsteknologi med lav støvemission.

Emissionsmodeller

Grænseværdien for støv kan fastsættes ud fra to principielle modeller, eller kombination heraf.

- Den bedste rensningsteknik

- Den bedste fyringsteknologi

Den bedste rensningsteknologi vil direkte lægge sig op at posefilteret, med en præstation på $10 \text{ mg/m}^3(\text{n,t})$ ved $10\% \text{O}_2$, svarende til en anbefalet grænseværdi på $20 - 40 \text{ mg/m}^3(\text{n,t})$ ved $10\% \text{O}_2$.

Anvendelse af modellen til bedste rensningsteknologi vil i praksis på sigt betyde en stadig skærpet grænseværdi. Herved fjernes imidlertid incitamentet til at udvikle nye fyringsteknologier med lav støvemission. I dag er til eksempel en ny teknologi - 2 trinsforbrænding - næsten færdigudviklet. Denne teknologi lover en støvemission fra træfyrede anlæg på $50 - 100 \text{ mg/m}^3(\text{n,t})$ ved $10\% \text{O}_2$ uden nogen form for rensning af partikler i røggassen. En grænseværdi efter bedste rensningsteknik vil derfor gøre denne eller andre teknologiudviklinger mindre attraktiv.

Anvendes istedet den mulige fyringsteknologi, som model kan grænseværdien for støv fastsættes til $40 - 80 \text{ mg/m}^3(\text{n,t})$ ved $10\% \text{O}_2$ for kondenserende anlæg og eksempelvis $100 \text{ mg/m}^3(\text{n,t})$ ved $10\% \text{O}_2$ for nye fyringsteknologier der ikke anvender nogen form for partikelrensning, som eksempel 2-trinsforbrænding.

Hovedkonklusionen er derfor, at der bør anvendes en maksimal emissionsgrænse for støv på $80 - 100 \text{ mg/m}^3(\text{n,t})$ ved $10\% \text{O}_2$ for kondenserende anlæg og nye fyringsteknologier hvor der ikke etableres yderligere rensningsanlæg. For anlæg der bygger på fyringsteknologi med efterfølgende støvfilteranlæg, skal anlæget forsynes med posefilter eller tilsvarende rensningsteknologi. Herved vil der for disse anlæg gælde en reel grænse på max. $40 \text{ mg/m}^3(\text{n,t})$ ved $10\% \text{O}_2$.

På baggrund af undersøgelserne finder dk-TEKNIK derfor at de vejledende grænseværdier bør være som vist i tabel 19.

Tabel 19. Forslag til vejledende grænseværdier for støv fra træfyrede anlæg.

Anlægsstørrelse i indfyret MW	Vejledende grænseværdier $\text{mg/m}^3(\text{n,t})$ ved $10\% \text{O}_2$	
	Anlæg med støvfilter	Kondenserende anlæg eller teknologi uden støvfiltre
$> 0.12 \leq 1$	300	300
$> 1 \leq 50$	40	100

Økonomi

Miljøklagenævnet har i en konkret klagesag den opfattelse, at udgifterne til et posefilteranlæg på 700 - 850.000 kr. set i forhold til en anlægspris på ca. 1 mill. kr. ikke står i et urimeligt forhold til den miljømæssige effekt et sådant anlæg vil kunne have for virksomhedens omgivelser, når virksomheden er beliggende nær et boligområde. Dette er heller ikke i modstrid med forslag til vejledende grænseværdi.

9. LITTERATURLISTE

1. Forbrænding teori og praksis. Bind 1 og 2. Polyteknisk Forlag
2. Miljøstyrelsens vejledning nr. 6/1990 "Begrænsning af luftforurening fra virksomheder".
3. Anlægs- og driftsdata for flisfyrede varmeværker i Danmark. Maj 1994 A.