

**Referencelaboratoriet for måling af emissioner til luften**

<b>Titel</b>	<b>Fyringsanlæg til forbrænding af husdyrgødning</b>
<b>Undertitel</b>	<b>Anbefalinger til dokumentation af krav til røggassens opholdstid og temperatur</b>
<b>Forfatter</b>	<b>Ole Schleicher</b>
<b>Arbejdet udført, år</b>	<b>2019</b>
<b>Udgivelsesdato</b>	<b>18. december 2020</b>
<b>Revideret, dato</b>	<b>-</b>

Referencelaboratoriets rapporter er udarbejdet som baggrundsrapporter for Miljøstyrelsen eller som fagligt input til en problemstilling inden for Referencelaboratoriets fagområde.

Kun hvis det specifikt fremgår af rapporten, er indholdet udtryk for Miljøstyrelsens holdning.

Miljøstyrelsen beslutter på baggrund af rapportens indhold, om det er påkrævet med ændringer i vejledninger og bekendtgørelser.

## Indholdsfortegnelse

1	Indledning .....	3
1.1	Formål.....	3
2	Krav til forbrænding af husdyrgødning.....	3
3	Anbefalinger til dokumentation af forordningens temperaturkrav .....	4
3.1	Anbefalinger til udformning af ovnrøm.....	4
3.2	Dokumentation af krav om opholdstid og temperatur .....	5
3.2.1	Fastlæggelse af EBK området.....	5
3.2.2	Placering af EBK termoføleren .....	6
3.2.3	Løbende temperaturmåling .....	7
3.3	Støttebrænder .....	7
3.3.1	Placering af støttebrænder .....	7
3.3.2	Styring af støttebrænderen .....	7
3.4	Løbende dokumentation af temperaturkravet.....	8
3.4.1	Udarbejdelse af kalibreringsfunktion .....	8
3.4.2	Måling af EBK temperaturen.....	9
4	Referencer .....	10
Bilag A	EBK krav til krematorier og affaldsforbrændingsanlæg .....	11
Bilag B	Krav til forbrænding af husdyrgødning i EU forordningerne .....	14
Bilag C	Uddrag om EBK fra affaldsforbrændingsbekendtgørelsen .....	18

## **1 Indledning**

Forordning nr. 412/2011 om gennemførelse af forordningen om animalske biprodukter og afledte produkter (herefter forordningen) giver mulighed for, at husdyrgødning kan anvendes som brændsel i brændingsanlæg, hvis anlægget opfylder de krav der fremgår af forordningens kapitel IV og V i bilag III, og er godkendt i henhold til forordningen om animalske biprodukter.

Med forordninger nr. 592/2014 om ændring af forordning nr. 142/2011, blev det muligt at anvende fjerkrægødning som brændsel i brændingsanlæg, mens forordningen nr. 1262/2017 om ændring af forordning nr. 142/2011 gav mulighed for at anvende husdyrgødning som brændsel i brændingsanlæg. Forordningen fastsætter bl.a. krav til røggassens opholdstid og temperatur ved forbrænding af husdyrgødning.

Der er behov for en fortolkning og tydeliggørelse af disse krav, så de bliver operationelle for virksomheder og tilsynsmyndigheder.

Forordningens regler om brug af husdyrgødning som brændsel i brændingsanlæg gælder for anlæg med en nominel indfyret termisk effekt på 0 - 50 MW. Forskellen i anlægsstørrelser kan betyde, at dokumentation for overholdelse af forordningens krav til røggassens opholdstid og minimumstemperatur bør differentieres.

### **1.1 Formål**

At komme med anbefalinger til dokumentation af forordningens krav til støttebrænder, opholdstid og temperatur.

Kravene til forbrænding gennemgås og i det omfang det er relevant gives anbefalinger i forhold til:

1. Krav til opholdstid på mindst 2 s ved 850°C (eller 0,2 s ved 1.100°C).
2. Definerings af det ovnvolumen, der kan anvendes til beregning af opholdstiden.
3. Udarbejdelse af kalibreringsfunktion for termoføler ud fra parallelmåling af temperaturen.
4. Placering af termoføler i ovnrummet.
5. Løbende dokumentation for overholdelse af temperaturkrav.
6. Placering af støttebrænder i ovnrummet
7. Drift af støttebrænder.

Anbefalingerne gives for relevante anlægsstørrelser.

## **2 Krav til forbrænding af husdyrgødning**

Forordningens krav til opholdstid, temperatur og støttebrænder er følgende:

1. Brændingsanlæg skal være udformet, bygget, udstyret og drives således, at de animalske biprodukter og afledte produkter, selv under de mest ugunstige forhold, behandles i mindst 2 sekunder ved 850 °C eller i mindst 0,2 sekunder ved 1100 °C.
2. Brændingsgassernes temperatur øges på kontrolleret og ensartet vis til en temperatur, der i 2 sekunder er på 850 °C eller i 0,2 sekunder er på 1100 °C.  
Temperaturen skal måles nær den indre væg eller på et andet repræsentativt punkt i brændingskammeret, som godkendt af den kompetente myndighed.
3. Der skal benyttes automatiserede teknikker til overvågning af de parametre og betingelser, der er relevante i forbindelse med brændingen.

4. Temperaturmåleresultater skal registreres automatisk og forelægges på en hensigtsmæssig måde, så den kompetente myndighed efter procedurer, som den selv fastsætter, kan kontrollere, at de godkendte driftsbetingelser, jf. punkt 1 og 2, overholdes.
5. Brændingsanlæg på bedriften skal være forsynet med:
  - a. et automatisk brændselshåndteringssystem, som indfyrrer brændslet direkte i forbrændingskammeret uden yderligere håndtering
  - b. en støttebrænder, som skal benyttes i antændings- og udbrændingsfasen for at sikre, at temperaturkravene er opfyldt på ethvert tidspunkt under disse faser, og så længe der stadig er uforbrændt materiale i forbrændingskammeret.

### **3 anbefalinger til dokumentation af forordningens temperaturkrav**

Kravet om opholdstid ved en høj temperatur er for at sikre en effektiv forbrænding af stoffer, der vanskeligt brænder fuldstændigt. Da højere temperatur giver en hurtigere og mere effektiv forbrænding, kan der vælges mellem at overholde kravet på mindst 2 s ved 850°C eller mindst 0,2 sekunder ved 1.100 °C. Da forbrænding ved 1.100° stiller store krav til materialerne i ovnen og kræver et større energiforbrug, og det samtidigt vil være meget vanskeligt at måle og dokumentere at kravet overholdes, fokuseres der i denne redegørelse udelukkende på kravet om mindst 2 s opholdstid ved 850°C.

Forordningen gælder for anlæg op til 50 MW, og der er ikke angivet nogen nedre grænse for størrelsen. I praksis er der en nedre grænse for, hvilken størrelse forbrændingsanlæg det kan betale sig at konstruere og drive. Det er dog ikke muligt at angive nogen fast nedre grænse, for den vil ikke kun afhænge af anlægget pris og driftsomkostninger, men også af typen og brændværdien af den husdyrgødning der ønskes brændt, samt af de omkostninger og problemer der måtte være ved alternativ anvendelse eller bortskaffelse af gødningen.

Det vurderes dog, at det vil være vanskeligt at etablere anlæg under ca. 100 kW, som både kan leve op til forordningens krav til forbrændingseffektivitet og den løbende dokumentation herfor, og at anlæg nok bør være på nogle eller flere hundrede kW for at gøre det.

Da reguleringen af energianlæg generelt stiller krav til anlæg på 1 MW og derover, så foreslås den samme grænse anvendt for anlæg til forbrænding af husdyrgødning så de størrelsesmæssigt opdeles således:

Helt små anlæg: < 0,5 MW

Små anlæg: ≥ 0,5 MW - <1 MW

Store anlæg: ≥1 MW – 50 MW

Denne opdeling har også sammenhæng til de EBK målinger skal udføres for at lave den kalibreringsfunktion der beskrives i afsnit 3.4.1. Der er dog ikke tale om en skarp opdeling, da der kan være forskellige ovndesign og dimensioner, som berettiger til en konkret vurdering af ovntypen.

#### **3.1 anbefalinger til udformning af ovnrums**

For at kunne leve op til Forordningens krav om 2 s opholdstid ved 850°C, kan man normalt ikke bare anvende et standard biomasse fyringsanlæg, da de ikke er designet til at leve op til temperaturkravet.

For at kunne leve op til temperaturkravet, vil det i de fleste tilfælde være nødvendigt, og mest hensigtsmæssigt, at ovnrummet er udført med ildfast udmuring, så der ikke sker en stor varmeafgivelse direkte fra forbrændingen, og at denne ildfaste udmuring fortsætter i hele EBK området, hvor temperaturen holder på mindst 850°C.

På minde anlæg med vandret brændkammer og røgafgang i modsat ende af brændsels indfødingen, kan det være hensigtsmæssigt at udforme brændkammer og efterbrændkammer som to separate kamre, med det ene ovenpå det andet, i stil med den udformning der ses på krematorieovne (se Bilag A). Større anlæg med lodret brændkammer med røgafgang i toppen udformes som normalt affaldsforbrændingsanlæg med EBK efter sidste luftindblæsning i den øvre del af ovnrummet (se Bilag A).

Af hensyn til etablering af en kalibreringsfunktion er det mest hensigtsmæssigt, at EBK området har samme dimension i hele udstrækningen, så røggassens hastighed ikke varierer pga. variationer i tværsnitsarealet.

### **3.2 Dokumentation af krav om opholdstid og temperatur**

Forordningen angiver at:

1. Der skal benyttes automatiserede teknikker til overvågning af de parametre og betingelser, der er relevante i forbindelse med brændingen.
2. Temperaturmåleresultater skal registreres automatisk og forelægges på en hensigtsmæssig måde, så den kompetente myndighed efter procedurer, som den selv fastsætter, kan kontrollere, at de godkendte driftsbetingelser, jf. punkt 1 og 2, overholdes (= kravene til temperatur og opholdstid).

Punkt 1 kan opfyldes ved at måle og registrere temperaturen efter EBK området, dvs. hvor temperaturen er faldet til under 850°C. Hvis der anvendes en kalibreringsfunktion, skal der samtidigt enten måles en eller flere driftsparametre, som korrelerer med røggasflowet, eller røggasflowet.

Punkt 2 kan opfyldes på to måder:

- a) Ved at placere EBK temperaturmåleren lige efter det sted, hvor røggassen har haft en opholdstid på 2 sekunder ved den maksimalt forekommende røggashastighed, dvs. den maksimalt forekomme belastning. Dette princip anvendes på krematorieovne (se Bilag A).
- b) Ved at placere EBK temperaturmåleren et sted efter EBK området, hvor temperaturen er faldet til under 850°C ved den maksimalt forekomme belastning. Ud fra denne temperaturmåling og signal fra røggashastighed beregnes automatisk den temperatur røggassen har efter 2 s opholdstid ved 850°C med en kalibreringsfunktion.

I begge tilfælde skal data vises on line på anlægget SRO anlæg og gemmes i datalogningssystemet.

#### **3.2.1 Fastlæggelse af EBK området**

Forordningen har ikke krav om, at opholdstiden skal være opfyldt efter den sidste indblæsning af forbrændingsluft, som det er tilfældet for affaldsforbrændingsanlæg. Derfor vil det umiddelbart ikke være i modstrid med forordningen at medregne noget af ovnvolumenet før den sidste indblæsning af forbrændingsluft ved bestemmelse af røggassernes opholdstid. Det vurderes, at forbrænding af husdyrgødning stadig kan ske effektivt, selvom volumenet før sidste luftindblæsning medregnes til EBK området. Der er dog et "men" i

denne anbefaling, idet kravet om 2 s opholdstid ved mindst 850°C ikke alene kan sikre en effektiv forbrænding. Man kan godt have en relativ dårlig forbrænding på risten, som giver så høj koncentration af CO, sod og uforbrændte organiske stoffer, at de ikke kan nå af blive effektivt forbrændt selvom der er 2 s opholdstid ved mindst 850°C, specielt ikke hvis hele brændkammeret regnes med til opholdstiden. Både krematorier og affaldsforbrændingsanlæg har krav til emissionen af CO, hvilket i høj grad medvirker til at sikre en mere effektiv forbrænding på risten, og derved en samlet effektiv forbrænding. Forordningen fastsætter ikke emissionsgrænseværdier for CO, og da forordningen er direkte gældende, kan miljømyndigheden ikke stille supplerende krav til CO emissionen.

Det anbefales generelt, at EBK området defineres som startende efter sidste luftindblæsning, som det gælder for affaldsforbrændingsanlæg, men at tilsynsmyndigheden kan godkende, at en større del af brændkammeret regnes til EBK området for små anlæg på mindre end 1 MW.

Ved beregning af EBK området kan områder, hvor der ikke er et kontinuert flow af røggas med en temperatur på mindst 850°C ikke regnes med til EBK området. Det gælder fx:

- Området under risten og det volumen af brændsel og aske der er på risten.
- Området ved indføringen af husdyrgødningen, hvor temperaturen er mindre end 850°C på grund af fordampning af gødningens vandindhold.
- En eventuel askeskakt for enden af risten.

### **3.2.2 Placering af EBK termoføleren**

Det er vanskeligt at måle temperaturen præcist i et ovnrum, hvor der sker en aktiv forbrænding med flammer. En termoføler vil registrere en temperatur, som er en blanding af strålingsvarme fra selve forbrændingen, fra ovnrummets overflader, fra partikler i røggassen og fra konvektion fra røggassen. Termoføleren vil også selv afgive strålingsvarme, så målingen er forbundet med relativt stor usikkerhed. Man kan heller ikke forudsige, om den måler for høj eller for lav temperatur i forhold til den røggastemperatur, der reelt skal måles.

Forordningen angiver, at termoføleren skal placeret nær den indre væg eller på et andet repræsentativt punkt i brændkammeret, ligesom det er tilfældet for affaldsforbrændingsanlæg. Kravet er en naturlig følge af, at røggassens temperatur er lavest ved væggen, som varmen afgives til. For affaldsforbrændingsanlæg anbefales det i /6/, at termofølere ikke placere tættere på kedelvæggen end 0,5 m for at minimere effekten af strålingsvarme fra væggen og effekten af den strålingsvarme, som den selv afgiver.

Hvis anlægget anvender en kalibreringsfunktion for EBK føleren, så har den konkrete placering af føleren i forhold til kedelvæggen ringe betydning, fordi målingen korrigeres i forhold til de udførte målinger i EBK området. Det er dog vigtigt, at den placeres et sted, hvor temperaturen er stabil ved alle laster.

Det er desuden ufravigeligt, at termoføleren placeres efter EBK området, dvs. efter det punkt i ovnrømmet, hvor røggassen under alle driftsforhold har haft en opholdstid på mindst 2 s ved 850°, så temperaturen er faldet til under 850°C. I praksis skal termoføleren bare placeres efter 2 s opholdstid ved 850°C ved maksimal belastning, da den giver den højeste temperaturen og det største røggasflow, og det giver den største udstrækning af EBK området.

Af hensyn til termofølerens levetid kan det anbefales at placere termoføleren, hvor temperaturen er så lav som muligt, dog før anlæggets kedeldel, hvor røggassen hurtigt afkøles.

En placering, hvor termoføleren ikke udsættes for strålingsvarmen fra selve forbrændingen, kan også anbefales.

Hvor tæt på kedelvæggen føleren kan placeres, afhænger af kedlens størrelse. På små anlæg, hvor tværsnittet er mindre end 1 m, anbefales at placere termoføleren i midten af tværsnittet, mens den på større anlæg placeres mindst 0,5 m fra væggen.

Hvis der er forskel på kedelvæggenes temperatur, der hvor termoføleren ønskes placeret, fx fordi der er isolerende udmuring til den ene side og koldere varmeflader til den anden, bør termoføleren placeres tættere på den koldere overflade end den varme.

Hvis termoføleren placeres vandret, bør den ikke være mere end 0,5 m lang, da varmen får den til at bøje nedad.

På små kedler vil der vanskeligt kunne placeres mere end en termoføler, hvilket anbefales på større anlæg der har plads til det.

### **3.2.3 Løbende temperaturmåling**

EBK temperaturen skal løbende registres og gemmes som 10 minutters blokværdier i anlæggets SRO system. Underskrides en 10 minutters blokværdi, skal støttebrænderen automatisk starte, som angivet i afsnit 3.3.2.

## **3.3 Støttebrænder**

Anlæg til forbrænding af husdyrgødning skal være forsynet med en eller flere støttebrændere til at sikre, at en opholdstid på mindst 2 sekunder ved mindst 850°C kan opretholdes under alle driftsforhold.

### **3.3.1 Placering af støttebrænder**

For at opnå en god effekt fra støttebrænderen, både i forbindelse med opstart af forbrændingen, og hvis EBK temperaturen falder til under 850°C, bør den for små anlæg, hvor dele af området før sidste luftindblæsning er regnes med til EBK området, placeres i den ende af ovnen, hvor brændslet indfyres.

Hvis anlægget har et separat EBK kammer, kan den placeres ved indgangen til EBK kammeret, men så skal der være en alternativ mulighed for opvarmning af ovnrummet ved opstart. På større anlæg kan der være flere muligheder for placering, som dog altid bør være før eller i starten af EBK området.

En støttebrænder udsættes for påvirkning fra forbrændingen i form af høj temperatur, samt sod og partikler, hvilket kan give tæring og belægninger, som kan reducere evnen til hurtigt at starte op. Derfor kan det være en fordel at placeringen passer, så man kontinuert kan tilføre noget forbrændingsluft gennem brænderen og dermed holde den fri for belægninger og høj varmepåvirkning.

### **3.3.2 Styring af støttebrænderen**

Støttebrænderen skal benyttes i antændings- og udbrændingsfasen for at sikre, at temperaturkravene er opfyldt på ethvert tidspunkt under disse faser, og så længe der stadig er uforbrændt husdyrgødning i forbrændingskammeret. Ved opstart af anlægget vil driften af støttebrænderen ske manuelt, da opstart altid foretages manuelt og under overvågning.

1. Når der i opstartsfasen indfyres brændsel skal støttebrænderen benyttes og sikre mindst 850°C.
2. Hvis temperaturen målt som 10 minutters middelværdi (blokværdier) falder til under 850°C, skal støttebrænderen starte automatisk, og køre indtil 10 minutters middelværdien (blokværdi) igen er over 850°C.
3. Støttebrænderen skal starte automatisk, hvis brændselsindfyringen stopper, uanset om stoppet sker i forbindelse med nedlukning af anlægget eller som følge af en fejl under normal drift.
4. Ved nedlukning af anlægget skal støttebrænderen benyttes og sikre mindst 850°C frem til alt husdyrgødning på risten er forbrændt. Fra indføddningen af husdyrgødning stoppes, og frem til al husdyrgødning på risten er udbrændt, er der en periode med faldende røggasflow. Udbrændingstiden for husdyrgødning på risten efter stop af indføddning bør derfor bestemmes, og ved stop af indføddningen bør støttebrænderen automatisk starte og køre i den tid udbrændingen varer

### **3.4 Løbende dokumentation af temperaturkravet**

Den direkte måling af EBK temperaturen og den af kalibreringsfunktionens beregnede temperatur efter 2 s opholdstid som 10 minutters blokværdier viser på SRO anlæggets skærm og lagres i datalogningssystemet, så overholdelse af EBK temperaturkravet altid kan dokumenteres, også bagudrettet.

#### **3.4.1 Udarbejdelse af kalibreringsfunktion**

Metoden til at fastlægge kalibreringsfunktionen ud fra målinger af temperaturen i et stort antal punkter i to niveauer i ovnens EBK område ved to laster, som normalt er 70% og 100%, er beskrevet i Ref-Lab rapport nr. 71 /7/.

Metoden er kort, at der ud fra de udførte målinger, data for termofølerens måling og lasten, fx dampproduktionen eller røggasflowet, beregnes en kalibreringsfunktion, som omregner termofølerens visning til den temperatur røggassen har efter 2 s opholdstid ved mindst 850°C. Beregningen af kalibreringsfunktionen er overordnet forklaret i RefLab rapporten nr. 71, og baseres på anvisningerne i den tyske 17. BImSchV, hvor der er en henvisning til et bilag med de formler og beregningsmetoder, der skal anvendes /8//9/.

Det anbefales, at metoden med en kalibreringsfunktion anvendes på større anlæg, og at mindre anlæg (< 1 MW) frit kan vælge om de vil anvende en kalibreringsfunktion, eller gøre som på krematorievogne, dvs. etablere et fast defineret efterbrændkammer, som har den krævede opholdstid ved maksimalt forekommende røggasflow. En termoføler placeret ved udgangen af efterbrændkammeret skal vise og dokumentere, at temperaturen altid er mindst 850°C, og hvis der kommer under, skal støttebrænderen automatisk starte. Kravet til krematorier er en opholdstid på 1 s ved mindst 800°C, men for afbrændings af husdyrgødning skal opholdstiden være 2 s ved mindst 850°C.

RefLab rapporten angiver, at tværsnittet i hver niveau opdeles i ens arealer på maksimalt 1 m<sup>2</sup>, hvor målingerne foretages i midten. Det betyder, at der i anlæg med et tværsnit på mindre end 1 m<sup>2</sup> kun skal måles i et punkt, og det er typisk anlæg der er mindre end omkring 0,5 MW.

På lidt større anlæg (ca. 0,5 – 1 MW), som har et tværsnit på mere end 1 m<sup>2</sup> bør der måles i mindst 2 punkter og gerne 4 punkter, som bør være symmetrisk fordelt og være placeret i midten af ens delarealer. Hvis tværsnittet er kvadratisk, vil det være naturligt at opdele det i 4 kvadrater, og hvis det er rektangulært, så kan opdeling i 2 delområder være passende.

På store anlæg > ca. 1 MW, følges RefLab rapportens anvisninger om måling i midten af delarealer af tværsnittet på højst 1 m<sup>2</sup>.



Samlet er det:

Helt små anlæg med tværsnit $\leq 1 \text{ m}^2$ (ca. $< 0,5 \text{ MW}$ )	1 punkt i midten af tværsnittet
Små anlæg med tværsnit $> 1 \text{ m}^2$ (ca. $0,5 - 1 \text{ MW}$ )	2 - 4 punkter i midten af hver delareal
Store anlæg: med tværsnit $\gg 1 \text{ m}^2$ (ca. $1 - 50 \text{ MW}$ )	$> 4$ punkter i midten af hver delareal

På helt små ovne, der har et tværsnit der ikke er stort nok til måling i flere punkter, kan der suppleres med måling i flere niveauer end to, for at forbedre bestemmelsen af temperaturgradienten i EBK kammeret.

På små anlæg, hvor dele af området før sidste luftindblæsning er regnet med til EBK området, bør de niveauer der måles i være placeret noget efter sidste luftindblæsning, så der ikke måles direkte i forbrændingszonen.

Hvis der kun måles i et punkt i hvert niveau, skal principperne for beregning af kalibreringsfunktionen stadig anvendes, men der skal ikke beregnes middelværdier for temperaturen i de to niveauer. Måles i flere niveauer end to beregnes en regressionslinje for målingerne, og ud fra formlen for linjen beregnes temperaturen i starten og slutningen af EBK kammeret, som anvendes til beregning af kalibreringsfunktionen.

### **3.4.2 Måling af EBK temperaturen**

Målingerne til beregning af kalibreringsfunktionen, skal udføres med vandkølede sugepyrometre, som er designet til at måle røggassens temperatur uden påvirkningen fra den strålevarme, der kommer fra forbrændingen og de varme kedelvægge.

På helt små og små fyringsanlæg er brændkammer og EBK området så små, at det ikke er muligt at måle i flere punkter i hvert niveau, så her må man nøjes med at måle i et punkt i flere niveauer. De små kedler har også ofte vandret liggende fyrrum med røggang i enden, så der er mulighed for at måle temperaturen i EBK vandret ind fra enden af fyrboksen, hvor røgen vender opad. Det giver også mulighed for, at EBK temperaturen kan måles i flere end 2 niveauer, og der kan umiddelbart tegnes en trendkurve for temperaturfaldet i den sidste del af området. Derved kan det direkte aflæses eller beregnes, i hvilken afstand temperaturen er faldet til  $850^\circ\text{C}$ .

Pyrometermålingerne skal gentages med 3 gennemløb for hver last, så usikkerheden på temperaturmålingen kan beregnes i henhold til den tyske anvisning. Samtidigt med pyrometermålingerne bør der ud over registrering af anlægsmålingerne af EBK temperaturen og  $\text{O}_2$  koncentrationen, udføres kontinuerlige målinger af røggasflow, temperatur, samt koncentrationen af  $\text{O}_2$ ,  $\text{NO}_x$  og evt.  $\text{SO}_2$ , for at dokumentere at anlægget har været i normal drift med overholdelse af grænseværdierne under målingerne.

For at kunne udføre målinger af EBK temperaturen, skal anlægget være forsynet med målestudse, så målingerne kan udføres under normal drift af anlægget. Det betyder, at inden anlægges bygges skal det defineres, hvor og hvordan EBK målingerne skal udføres, så der kan etableres de nødvendige målestudse allerede i konstruktionsfasen.

Målemetoden er detaljeret beskrevet i RefLab rapporten /7/

## 4 Referencer

- /1/ Kommissionen Forordning (EU) Nr. 142/2011 af 25. februar 2011 om gennemførelse af Europa-Parlamentets og Rådets forordning (EF) nr. 1069/2009 om sundhedsbestemmelser for animalske biprodukter og afledte produkter, som ikke er bestemt til konsum, og om gennemførelse af Rådets direktiv 97/78/EF for så vidt angår visse prøver og genstande, der er fritaget for veterinærkontrol ved grænsen som omhandlet i samme direktiv
- /2/ Kommissionen Forordning (EU) Nr. 592/2014 af 3. juni 2014 om ændring af forordning (EU) nr. 142/2011 for så vidt angår anvendelse af animalske biprodukter og afledte produkter som brændsel i brændingsanlæg.
- /3/ Kommissionen Forordning (EU) 2017/1262 af 12. juli 2017 om ændring af forordning (EU) nr. 142/2011 for så vidt angår brugen af husdyrgødning som brændsel i brændingsanlæg.
- /4/ Standardvilkår for krematorier, J 202: Krematorier, i Bekendtgørelse om standardvilkår i godkendelse af listevirksomhed. BEK nr. 1474 af 12/12/2017.
- /5/ Affaldsforbrændingsbekendtgørelsen. Bekendtgørelse om anlæg, der forbrænder affald. Nr. 1272 af 21/11/2017.
- /6/ Definition af EBK-zone. RefLab rapport 9-2000.
- /7/ Forslag til retningslinjer for kalibrering og kontrol af EBK-anlægsmålere. RefLab rapport 71-2015
- /8/ Siebzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen - 17. BImSchV)
- /9/ Anhang E: Anforderungen an Mess- und Auswerteeinrichtungen für Anlagen i. S. d. 17. BImSchV, Überprüfung der Verbrennungsbedingungen.
- /10/ Danske krematoriers Landsforening. Kompendium fra Krematoriekursus 2018.

## Bilag A EBK krav til krematorier og affaldsforbrændingsanlæg

I den danske regulering af luftemissioner findes der krav om opholdstid ved en minimumstemperatur i kravene for krematorier og anlæg til forbrænding af affald.

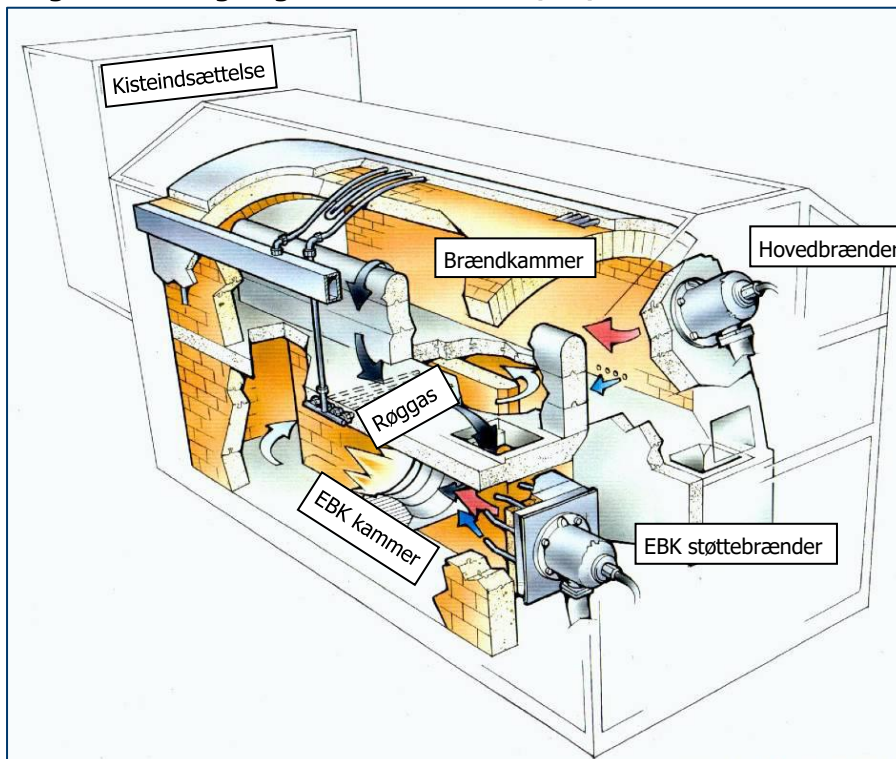
### Krematorier

Kravene til krematorier er:

1. Temperaturen i ovnens efterbrændkammer (EBK) skal styres, så den både før indsættelse af kisten og under hele kremeringen er mindst 800°C.
2. Efterforbrændingszonen skal svare til, at røggasserne opnår en opholdstid på mindst 1 sekund ved 800°C.
3. Anlægget skal være forsynet med SRO-anlæg for styring, regulering og overvågning af forbrændingsprocessen.
4. SRO-anlægget skal som minimum vise røgttemperaturen i efterbrændingskammeret (EBK).....
5. Data for de i vilkår (punkt 4) nævnte parametre indføres i kremeringsrapporter for de enkelte kremeringer.....

Der er ingen yderligere anvisninger for, hvordan man konkret definerer efterbrændkammeret, placerer termurmåleren eller indfører målingerne i kremeringsrapporterne. Praksis er dog, at kremeringsovne er murede ovne uden nogen kedeldel, dvs. at der ikke fjernes varme under forbrændingen.

Figur 1. Snittegning af krematorieovn /10/



Krematorieovnene er opdelt i et hovedbrændkammer, hvor kisten indsættes, og brændes, og et efterbrændkammer (EBK), hvor restgasserne brændes.

Røgen ledes fra hovedbrændkammeret ned til EBK under hovedbrændkammeret.

EBK er muret kanal der vender 180 grader to gange.

Der tilsættes sekundær forbrændingsluft ved overgangen til EBK, og der er en olie- eller gasfyret brænder i indgangen.

Brænderen startes automatisk, hvis temperaturen falder til under 800°C.

EBK temperaturføleren sidder i slutningen eller ved udgangen af efterbrændkammeret.

Der er ikke krav til udarbejdelse af en kalibreringsfunktion, hvilket heller ikke er så påkrævet med den placering termoføleren har, dels fordi den er helt afskærmet fra strålingsvarme fra forbrændingen, og dels fordi den kun skal dokumentere temperaturen lige der hvor den er installeret.

## **Affaldsforbrændingsanlæg**

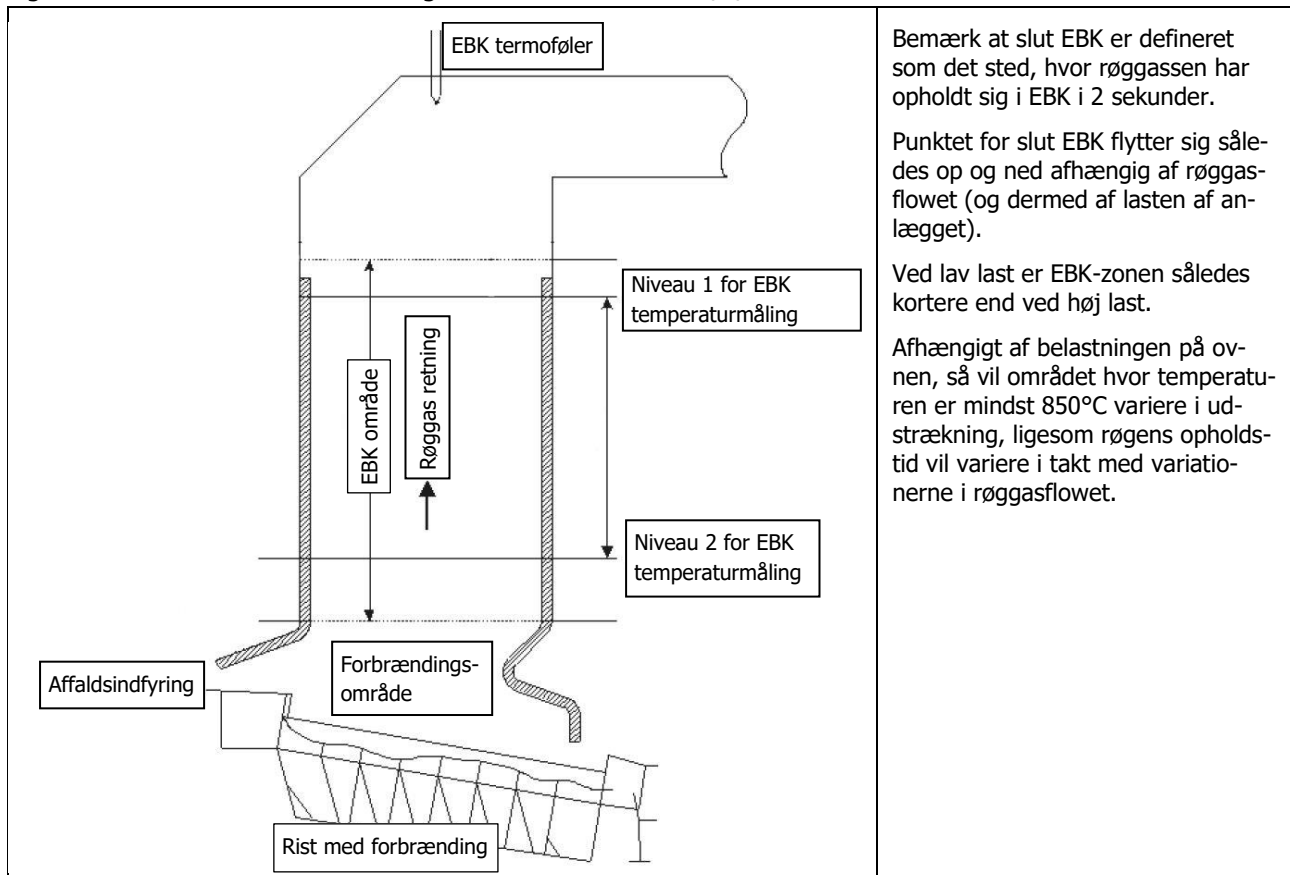
Kravene til affaldsforbrændingsanlæg (og anlæg til medforbrænding af affald) er lidt mere omfattende, men kan kort samles til følgende:

- 1) *Affaldsforbrændingsanlæg og affaldsmedforbrændingsanlæg skal udformes, udstyres, opføres og drives således, at de gasser, der opstår ved forbrænding af affald efter den sidste indblæsning af forbrændingsluft, opvarmes på kontrolleret og ensartet vis, selv under de mest ugunstige forhold, til en temperatur der i mindst 2 sekunder holdes på mindst 850 °C.*
- 2) *På affaldsforbrændingsanlæg skal temperaturen måles nær den indre væg i forbrændingskammeret, medmindre godkendelsesmyndigheden har bestemt andet.*
- 3) *Hvert forbrændingskammer i et affaldsforbrændingsanlæg skal være forsynet med mindst en støttebrænder, som automatisk skal starte, hvis forbrændingsgassernes temperatur efter den sidste indblæsning af forbrændingsluft falder til under 850°C.*
- 4) *Støttebrænderen skal også benyttes under opstart og nedlukning for at sikre, at EBK temperaturen er mindst 850°C så længe der stadig er uforbrændt affald i forbrændingskammeret.*

Affaldsforbrændingsanlæg har typisk forbrændingen af affald på en rist i bunden af et stort lodret brændkammer, som snævrer ind til ca. 20 m<sup>2</sup> og her defineres start-EBK at være efter den sidste indblæsning af forbrændingsluft (se figur 2 på næste side).

EBK temperaturmålerne er typisk placeret nedhængt fra loftet i toppen af ovnen, hvor røgen vender ind i kedeldelen. De kan dog også være placeret i siden af kammeret, men altid højere oppe end EBK området, så de altid vil måle lavere temperatur end den der reelt er i EBK området. Der er normalt mere end en termoføler, 2 eller 3, så der dels er back up, og dels kan deres visning sammenlignes, så en med fejlvisning kan udpeges og skiftes.

Figur 2. Skitse af affaldsforbrændingskedel med EBK zonen /7/



Bemærk at slut EBK er defineret som det sted, hvor røggassen har opholdt sig i EBK i 2 sekunder.

Punktet for slut EBK flytter sig således op og ned afhængig af røggasflowet (og dermed af lasten af anlægget).

Ved lav last er EBK-zonen således kortere end ved høj last.

Afhængigt af belastningen på ovnen, så vil området hvor temperaturen er mindst 850°C variere i udstrækning, ligesom røgens opholdstid vil variere i takt med variationerne i røggasflowet.

For at dokumentere opholdstiden på 2 s ved mindst 850°C laves en kalibreringsfunktion til temperaturmåleren, som omregner den målte røggastemperatur til den temperatur, røggassen har efter 2 sekunders opholdstid i EBK området. Hvis denne temperatur er over 850°C, er kravet opfyldt. Hvis temperaturen er lavere, skal støttebrænderen starte automatisk.

EBK målingerne og beregning af kalibreringsfunktionen udføres i henhold til anvisningerne i /8/ og /9/, som er beskrevet i Referencelaboratoriets rapport nr. 71/2015 om Forslag til retningslinjer for kalibrering og kontrol af EBK-anlægsmålere /6/. Nyere affaldsforbrændingsanlæg kan have en kalibreringsfunktion, der er beregnet ud fra CDF beregninger af temperaturforholdene i ovnrummet, hvilket anses for ligeså godt eller bedre, end at gøre det på baggrund af målinger.

Relevante paragraffer om EBK fra bekendtgørelsen om anlæg til forbrænding af affald er vist i Bilag C /5/.

## **Bilag B    Krav til forbrænding af husdyrgødning i EU forordningerne**

Kravene til forbrænding af husdyrgødning i forordningen findes i to ændringsforordninger til forordning nr. 142/2011, fra henholdsvis 2014 og 2017.

Den oprindelige forordning tillod ikke forbrænding af husdyrgødning, men med forordningen fra 2014, blev det tilladt at brænde hønsemøg i anlæg med en samlet nominel indfyret kapacitet på højst 5 MW. Med forordningen fra 2017, blev det tilladt at forbrænde husdyrgødning fra andre husdyr end fjerkræ i anlæg op til 50 MW, og på samme vilkår som givet for hønsemøg.

Kravene til forbrænding i de tre forordninger er gengivet her, for at give et samlet overblik.

KOMMISSIONENS FORORDNING (EU) Nr. 592/2014 af 3. juni 2014 om ændring af forordning (EU) nr. 142/2011 for så vidt angår anvendelse af animalske biprodukter og afledte produkter som brændsel i brændingsanlæg.

Bilag III, Kapitel IV. Afsnit 2:

### *Driftsbetingelser for brændingsanlæg*

- 1. Brændingsanlæg skal være udformet, bygget, udstyret og drives således, at de animalske biprodukter og afledte produkter, selv under de mest ugunstige forhold, behandles i mindst 2 sekunder ved 850 °C eller i mindst 0,2 sekunder ved 1 100 °C.*
- 2. Brændingsgassernes temperatur øges på kontrolleret og ensartet vis til en temperatur, der i 2 sekunder er på 850 °C eller i 0,2 sekunder er på 1 100 °C. Temperaturen skal måles nær den indre væg eller på et andet repræsentativt punkt i brændingskammeret, som godkendt af den kompetente myndighed.*
- 3. Der skal benyttes automatiserede teknikker til overvågning af de parametre og betingelser, der er relevante i forbindelse med brændingen.*
- 4. Temperaturmålerresultater skal registreres automatisk og forelægges på en hensigtsmæssig måde, så den kompetente myndighed efter procedurer, som den selv fastsætter, kan kontrollere, at de godkendte driftsbetingelser, jf. punkt 1 og 2, overholdes.*
- 5. Driftslederen for et brændingsanlæg skal sikre, at brændslet brændes på en sådan måde, at det samlede organiske kulstofindhold i slaggen og bundasken er under 3 % eller glødetabet er under 5 % af materialets tørvægt.*

I kapitel er der følgende krav til selve forbrændingen i fyringsanlægget:

*B. Brændingsanlæg på bedriften, hvor fjerkrægødning anvendes som brændsel*

*1. Type anlæg:*

*Brændingsanlæg på bedriften med en samlet nominel indfyret termisk effekt på højst 5 MW.*

**2. Udgangsmateriale og anvendelsesområde:**

*Udelukkende uforarbejdet fjerkrægødning, jf. artikel 9, litra a), i forordning (EF) nr. 1069/2009, bestemt til anvendelse som brændsel til brænding i overensstemmelse med punkt 3-5.*

*Andre animalske biprodukter eller af ledte produkter og husdyrgødning fra andre arter eller husdyrgødning frembragt uden for bedriften må ikke anvendes som brændsel i brændingsanlæg på bedriften som omhandlet i punkt 1.*

**3. Specifikke krav til fjerkrægødning, der anvendes som brændsel til brænding:**

*a) Gødningen skal opbevares sikkert i et lukket lagerområde med henblik på at minimere behovet for yderligere håndtering og for at hindre krydskontaminering med andre dele af en bedrift, hvor der holdes dyr af arter bestemt til fødevarerproduktion.*

*b) Brændingsanlæg på bedriften skal være forsynet med:*

*i) et automatisk brændselshåndteringssystem, som indfyrrer brændslet direkte i forbrændingskammeret uden yderligere håndtering*

*ii) en støttebrænder, som skal benyttes i antændings- og udbrændingsfasen for at sikre, at temperaturkravene i kapitel IV, afsnit 2, punkt 2, er opfyldt på ethvert tidspunkt under disse faser, og så længe der stadig er uforbrændt materiale i forbrændingskammeret.*

**4. Emissionsgrænseværdier og overvågningskrav:**

*a) Emissionerne af svovldioxid, nitrogenoxider (dvs. summen af nitrogenmonoxid og nitrogendioxid, udtrykt som nitrogendioxid) og partikler må ikke overstige følgende grænseværdier, udtrykt i mg/Nm<sup>3</sup> ved en temperatur på 273,15 K, et tryk på 101,3 kPa og et iltindhold på 11 %, efter korrektion for vanddampindhold i røggasserne:*

<i>Forurenende stof</i>	<i>Emissionsgrænseværdi i mg/Nm<sup>3</sup></i>
<i>Svovldioxid</i>	<i>50</i>
<i>Nitrogenoxider (udtrykt som NO<sub>2</sub>)</i>	<i>200</i>
<i>Partikler</i>	<i>10</i>

*b) Driftslederen for brændingsanlægget på bedriften skal mindst en gang om året foretage målinger af svovldioxid, nitrogenoxider og partikler.*

*Der kan — som alternativ til de i første afsnit nævnte målinger — anvendes andre procedurer, som er kontrolleret og godkendt af den kompetente myndighed, til bestemmelse af emissionerne af svovldioxid.*

*Overvågningen skal foretages af eller på vegne af driftslederen i overensstemmelse med CEN-standarder. Hvis der ikke foreligger CEN-standarder, finder ISO-standarder, nationale standarder eller andre internationale standarder, som sikrer, at der tilvejebringes data af tilsvarende videnskabelig kvalitet, anvendelse.*

*c) Alle resultater skal registreres, bearbejdes og forelægges på en sådan måde, at den kompetente myndighed kan kontrollere overholdelsen af emissionsgrænseværdierne.*

*d) For brændingsanlæg på bedriften, der anvender sekundært emissionsbegrænsende udstyr med henblik på at opfylde emissionsgrænseværdierne, skal det løbende overvåges, at det pågældende udstyr fungerer effektivt, og resultaterne heraf registreres.*

*e) I tilfælde af manglende overholdelse af de i litra a) angivne emissionsgrænseværdier, eller hvis et brændingsanlæg på en bedrift ikke opfylder kravene i kapitel IV, afsnit 2, punkt 1, skal driftslederen øjeblikkeligt underrette den kompetente myndighed og træffe de nødvendige foranstaltninger til at sikre, at kravene hurtigst muligt atter overholdes. Er det ikke muligt at genetablere overholdelsen, skal den kompetente myndighed suspendere driften af anlægget og tilbagekalde godkendelsen heraf.*

**5. Ændringer i driften og havarier:**

*a) Driftslederen skal underrette den kompetente myndighed om planlagte ændringer i brændingsanlægget på bedriften, som vil influere på emissionerne herfra, mindst en måned før den dato, hvor ændringen finder sted.*

*b) Driftslederen skal træffe de nødvendige foranstaltninger til at sikre, at antændings- og udbrændingsfasen samt eventuelle driftsforstyrrelser i brændingsanlægget på bedriften er så kortvarige som muligt. I tilfælde af en driftsforstyrrelse eller et svigt (havari) i det sekundære emissionsbegrænsende udstyr skal driftslederen straks underrette den kompetente myndighed herom.»*

KOMMISSIONENS FORORDNING (EU) 2017/1262 af 12. juli 2017 om ændring af forordning (EU) nr. 142/2011 for så vidt angår brugen af husdyrgødning som brændsel i brændingsanlæg.

Punkt (4) sidste sætning:

*Husdyrgødning af andre arter end fjerkræ kan nu også anvendes som brændsel i brændingsanlæg med en samlet nominal indfyret termisk effekt på højst 50 MW, på samme betingelser som dem, der er fastsat for brænding af fjerkrægødning, herunder emissionsgrænseværdier og overvågningskrav.*

I bilag til forordningen angives, at følgende skal tilføjes som litra C i kapitel V, bilag III:

*»C. Brændingsanlæg, hvor husdyrgødning af andre husdyr end fjerkrægødning som fastsat i litra B anvendes som brændsel til brænding*

**1. Type anlæg:**

*Brændingsanlæg med en samlet nominal indfyret termisk effekt på højst 50 MW.*

**2. Udgangsmateriale:**

*Udelukkende husdyrgødning af andre opdrættede dyr end fjerkræ, der er anført i litra B, bestemt til anvendelse som brændsel til brænding i overensstemmelse med punkt 3.*

*Andre animalske biprodukter eller afledte produkter må ikke anvendes som brændsel i brændingsanlæg som omhandlet i punkt 1. Husdyrgødning af andre opdrættede dyr end fjerkræ som fastsat i litra B frembragt uden for bedriften må ikke komme i kontakt med husdyr.*



*3. Metode:*

*Brændingsanlæg, hvor husdyrgødning af andre opdrættede dyr end fjerkrægødning som fastsat i litra B anvendes som brændsel til brænding skal opfylde kravene i litra B, punkt 3, 4 og 5.*

*4. Undtagelser og overgangsperioder:*

*Medlemsstatens kompetente myndighed med ansvar for miljøspørgsmål kan:*

*a) uanset litra B, punkt 3, litra b), nr. ii), indrømme brændingsanlæg, der var i drift den 2. august 2017 en supplerende frist på højst 6 år til at efterkomme kapitel IV, afsnit 2, punkt 2, første afsnit, i bilag III til denne forordning <sup>1</sup>*

*b) uanset litra B, punkt 4, tillade emissioner af partikler på højst 50 mg/m<sup>3</sup>, forudsat at brændingsanlæggets samlede nominelle indfyrede termiske effekt ikke overstiger 5 MW <sup>2</sup>*

*c) uanset litra B, punkt 3, litra b), nr. i), tillade manuel placering af hestegødning i brændkammeret, når den samlede nominelle indfyrede termiske effekt ikke overstiger 0,5 MW.«*

---

<sup>1</sup> Her står: Brændingsgassernes temperatur øges på kontrolleret og ensartet vis til en temperatur, der i 2 sekunder er på 850 °C eller i 0,2 sekunder er på 1 100 °C.

<sup>2</sup> Kravet er 10 mg/Nm<sup>3</sup>

## **Bilag C Uddrag om EBK fra affaldsforbrændingsbekendtgørelsen**

Bekendtgørelse om anlæg, der forbrænder affald. Nr. 1272 af 21/11/2017.

### EBK-temperatur

**§ 14.** Affaldsforbrændingsanlæg skal udformes, udstyres, opføres og drives således, at de gasser, der opstår ved forbrænding af affald efter den sidste indblæsning af forbrændingsluft, opvarmes på kontrolleret og ensartet vis, selv under de mest ugunstige forhold, til en temperatur der i mindst 2 sekunder holdes på mindst 850 °C.

Stk. 2. På affaldsforbrændingsanlæg, der forbrænder farligt affald med et indhold af mere end 1 % halogenerede organiske stoffer udtrykt som klor, skal temperaturen dog nå op på mindst 1.100 °C i mindst 2 sekunder.

**§ 15.** På affaldsforbrændingsanlæg skal temperaturen som nævnt i § 14 måles nær den indre væg i forbrændingskammeret, medmindre godkendelsesmyndigheden har bestemt andet.

Stk. 2. Målingerne skal udføres i overensstemmelse med bilag 1.

**§ 16.** Affaldsmedforbrændingsanlæg skal udformes, udstyres, opføres og drives således, at de gasser, der opstår ved forbrænding af affald, opvarmes på kontrolleret og ensartet vis, selv under de mest ugunstige forhold, til en temperatur, der i mindst 2 sekunder holdes på mindst 850 °C.

Stk. 2. På affaldsmedforbrændingsanlæg, der forbrænder farligt affald med et indhold af mere end 1 % halogenerede organiske stoffer udtrykt som klor, skal temperaturen dog nå op på mindst 1.100 °C i mindst 2 sekunder.

### Støttebrændere

**§ 17.** Hvert forbrændingskammer i et affaldsforbrændingsanlæg skal være forsynet med mindst en støttebrænder.

Stk. 2. Støttebrænderen skal gå i gang automatisk, når forbrændingsgassernes temperatur efter den sidste indblæsning af forbrændingsluft falder til under de temperaturer, der er nævnt i §§ 14 og 16.

Stk. 3. Støttebrænderen skal også benyttes under opstart og nedlukning for at sikre, at temperaturerne opretholdes på ethvert tidspunkt under opstart og nedlukning, og så længe der stadig er uforbrændt affald i forbrændingskammeret.

Stk. 4. Støttebrænderen må ikke få tilført brændstof, som kan medføre større emissioner end dem, der skyldes fyring med gasolie, jf. definitionen i bekendtgørelse om svovlindholdet i faste og flydende brændstoffer, flydende gas og naturgas.

### Automatisk system, der forhindrer indfyring af affald

**§ 18.** Affaldsforbrændings- og affaldsmedforbrændingsanlæg skal drives med et automatisk system, som forhindrer affaldsindfyring i følgende situationer:

- 1) Under opstart, indtil temperaturen i § 14 eller § 16 er opnået.
- 2) Hvis temperaturen i § 14 eller § 16 ikke er opretholdt under drift.
- 3) Når de kontinuerlige målinger viser, at en emissionsgrænseværdi overskrides som følge af forstyrrelser eller svigt i røggasrensningsanlægget.

Fravigelser fra krav om indretning og drift

**§ 19.** Godkendelsesmyndigheden eller tilsynsmyndigheden kan på affaldsforbrændingsanlæg fastsætte vilkår i en godkendelse efter lovens § 33, eller i et påbud efter § 41, som afviger fra kravene i §§ 13, 14 og 17 samt krav om temperatur i § 18, nr. 1 og 2, på betingelse af at

- 1) der ikke bliver skabt restprodukter eller restprodukter med større indhold af organiske forurenende stoffer, end hvis reglerne ikke var fraveget, og
- 2) bekendtgørelsens øvrige krav kan overholdes.

Det skal fremgå af de fastsatte vilkår, for hvilke bestemte affaldstyper eller bestemte termiske processer, afvigelsen gælder.

Stk. 2. Godkendelsesmyndigheden eller tilsynsmyndigheden kan på medforbrændingsanlæg fastsætte vilkår i en godkendelse efter lovens § 33, eller i et påbud efter § 41, som afviger fra kravene i § 16, samt krav om temperatur i § 18, nr. 1 og 2, på betingelse af at

- 1) emissionsgrænseværdierne for TOC og CO i bilag 3 kan overholdes, og
- 2) bekendtgørelsens øvrige krav i øvrigt kan overholdes.

Det skal fremgå af de fastsatte vilkår, for hvilke bestemte affaldstyper eller bestemte termiske processer, afvigelsen gælder.