



# **Skagerak Varme AS Tønsberg 10MW Biokjele Målinger av utslipp til luft Konsesjonsmåling 2019**

**Akkreditert rapport 318-20234 B  
Målinger utført i februar 2019  
Prosjektleder: Kristin S. Lundgjerdningen**

Underskriftsberettiget

Prøvningsrapporten er kun gyldig med signatur fra FORCE Technology. Rapporten forefindes som original i FORCE Technologys database og sendes som elektronisk duplikat til kunden. Den hos FORCE Technology lagrede original har forrang som dokumentation for rapportens innhold og gyldighet. Prøvningsrapporten må kun gis i utdrag med tillatelse fra FORCE Technology.



Kontakt:  
Clean Air Technologies  
Prosjektleder Kristin S Lundgjerdningen  
Direkte tlf. 64003699  
Mobil: 94975510  
E-mail: KSLU@force.no

FORCE Technology Norway A/S  
Park Allé 345  
2605 Brøndby, Danmark  
+45 43 25 00 00  
+45 43 25 00 10  
info@forcetechnology.dk  
www.forcetechnology.com



## Sammendrag

**Tabell 1 Sammenheng av resultatene**

**Anlegg/skorstein: 10MW Biokjel**

Parameter	Enhed	Middel	Miljøkrav
-----------	-------	--------	-----------

**Hjelpeparametere**

Temperatur	°C	169	-
CO <sub>2</sub>	vol% (tør)	11,1	-
O <sub>2</sub>	vol% (tør)	9,5	-
Volumstrøm	m <sup>3</sup> (n,t)/h	13 000	-

**Konsentrasjoner**

CO	mg/m <sup>3</sup> (ref)	3,7	200
NO <sub>x</sub> (NO <sub>2</sub> )	mg/m <sup>3</sup> (ref)	220	300
Partikler	mg/m <sup>3</sup> (ref)	1,1	75

**Utslipp**

CO	kg/h	0,038	-
NO <sub>x</sub> (NO <sub>2</sub> )	kg/h	2,3	-
Partikler	kg/h	0,011	-

(ref) angir tørr røykgass ved normaltstand (0°C, 101,3kPa) og 6% O<sub>2</sub>.

Miljøkrav er hentet fra Forurensningsforskriften del 7, kapittel 27.



## Innholdsfortegnelse

Sammendrag .....	2
1 Innledning .....	4
1.1 Formål.....	4
2 Resultater .....	5
2.1 Resultatoversikt .....	5
2.2 Kommentarer til resultatene.....	6
3 Anleggsbeskrivelse .....	6
3.1 Driftsforhold under målingene.....	6
4 Utførelse av målingene .....	6
4.1 Målemetoder.....	6
4.2 Forhold av betydning for måleusikkerheten.....	6
Bilag A    Målemetoder og usikkerheder .....	9



## 1 Innledning

FORCE Technology har i februar 2019 utført målinger av utslipp til luft hos Skagerak Varme AS, ved Kilen varmesentral i Tønsberg.

Adresse: Floodeløkka 1, 3901 Porsgrunn  
Rekvirent: Skagerak Varme AS ved Kjetil Grønstad

Målingene er utført av: Kristin S.Lundgjerdingen og Pål Asklund  
Rapporten er utarbeidet av: Pål Asklund

Måleparametere og målingenes varighet fremgår av resultatoversikten i kapittel 2.1.

Prøvetagning og analyser er gjennomført i overensstemmelse med FORCE Technologys akkreditering nr. 51 fra DANAK.

Følgende er ikke omfattet av akkreditering nr. 51:

- Opplysninger om drifts- og produksjonsforhold

Følgende resultater fra målingene gjelder kun for det aktuelle anlegg, i de aktuelle måleperioder og for de aktuelle driftssituasjoner.

### 1.1 Formål

Hensikten med målingene er å dokumentere virksomhetens utslipp til luft, i henhold til kravene som finnes i deres utslippstillatelse.

## 2 Resultater

### 2.1 Resultatoversikt

**Tabell 2 Resultat fra måling av partikler**

**Anlæg/afkast: 10MW Biokjel**

Parameter	Enhed	Måling 1	Måling 2	Måling 3	Middel	Usikkerhed (k=2)	Miljøkrav	Feltblind/Drift(%)
Dato	dd-mm-åå	18.02.2019	18.02.2019	18-02-19	-	-	-	-
Måleperiode	tt:mm	13:11 - 14:42	14:58 - 16:30	17:10 - 19:11	-	-	-	-
Dato, volumenstrøm	dd-mm-åå	18.02.2019	18.02.2019	18.02.2019	-	-	-	-
Måleperiode, volumenstrøm	tt:mm	13:10 - 14:40	14:58 - 16:28	17:10 - 19:00	-	-	-	-
Kanalareal	m <sup>2</sup>	0,8659			-	-	-	-

#### Hjælpeparametre

Temperatur	°C	169	170	168	169	± 2,5	-	-
CO <sub>2</sub>	vol% (tør)	10,5	11,4	11,4	11,1	± 0,11	-	Drift: 0,14%
O <sub>2</sub>	vol% (tør)	10,1	9,3	9,2	9,5	± 0,095	-	Drift: 0,23%
H <sub>2</sub> O	vol%	21,1	19,5	20,4	20,3	-	-	-
Volumenstrøm	m <sup>3</sup> (n,t)/h	13 000	14 000	13 000	13 000	± 1 000	-	-
Volumenstrøm driftstilstand	m <sup>3</sup> /h	27 000	27 000	27 000	27 000	± 2 000	-	-

#### Koncentrationer

Partikler	mg/m <sup>3</sup> (ref)	1,2	1,2	0,84	1,1	± 0,1	75	0,13
Dysediameter	mm	10	10	10	-	-	-	-
Isokinetik OK ?	%	ja (100 % )	ja (97 % )	ja (100 % )	-	-	-	-
Partikler	mg	1,6	1,7	1,6	-	-	-	-
Partikler fra skyl	mg	0,29	0,32	0,29	-	-	-	-
Prøvevolumen	m <sup>3</sup> (n,t)	1,8	1,8	2,4	2,0	-	-	-

#### Masseemissioner

Partikler	kg/h	0,012	0,013	0,0088	0,011	-	-	-
-----------	------	-------	-------	--------	-------	---	---	---

(ref) angir tørr røykgass ved normaltstand (0°C,101,3kPa) og 6% O<sub>2</sub>.

Miljøkrav er hentet fra Forurensningsforskriften del 7, kapittel 27.

**Tabell 3 Resultat fra måling av forbrenningsgasser prøve 1-3**

**Anlegg/skorstein: 10MW Biokjel**

Parameter	Enhed	Prøve 1	Prøve 2	Prøve 3	Middel	Usikkerhet (k=2)	Miljøkrav	Feltblind/Drift(%)
Dato	dd-mm-åå	18-02-19	18-02-19	18-02-19	-	-	-	-
Måleperiode	tt:mm	13:00 - 13:30	14:00 - 14:30	15:00 - 15:30	-	-	-	-
Dato, volumstrøm	dd-mm-åå	18-02-19	18-02-19	18-02-19	-	-	-	-
Måleperiode, volumstrøm	tt:mm	13:10 - 13:40	14:00 - 14:30	15:00 - 15:30	-	-	-	-
Kanalareal	m <sup>2</sup>	0,8659			-	-	-	-

#### Hjælpeparametere

Temperatur	°C	170	169	169	169	± 2,5 °C	-	-
CO <sub>2</sub>	vol% (tør)	10,5	11,4	11,4	11,1	± 0,11	-	Drift: 0,14%
O <sub>2</sub>	vol% (tør)	10,1	9,3	9,2	9,5	± 0,095	-	Drift: 0,23%
Volumstrøm	m <sup>3</sup> (n,t)/h	13 000	13 000	14 000	13 000	± 700	-	-
Volumstrøm, driftstilstand	m <sup>3</sup> /h	27 000	27 000	28 000	27 000	± 1 000	-	-

#### Konsentrasjoner

CO	mg/m <sup>3</sup> (ref)	2,3	3,2	4,2	3,7	± 3	200	Drift: 1,4%
NO <sub>x</sub> (NO <sub>2</sub> )	mg/m <sup>3</sup> (ref)	220	220	230	220	± 10	300	Drift: 0,57%

#### Utslipp

CO	kg/h	0,021	0,033	0,047	0,038	-	-	-
NO <sub>x</sub> (NO <sub>2</sub> )	kg/h	2,1	2,3	2,5	2,3	-	-	-

(ref) angir tørr røykgass ved normaltstand (0°C,101,3kPa) og 6% O<sub>2</sub>.

Miljøkrav er hentet fra Forurensningsforskriften del 7, kapittel 27.

**Tabell 4 Resultat fra måling av forbrenningsgasser prøve 4-6**

**Anlegg/skorstein: 10MW Biokjel**

Parameter	Enhed	Prøve 4	Prøve 5	Prøve 6	Middel	Usikkerhet (k=2)	Miljøkrav	Feltblind/Drift(%)
Dato	dd-mm-åå	18-02-19	18-02-19	18-02-19	-	-	-	-
Måleperiode	tt:mm	16:00 - 16:30	17:00 - 17:30	18:00 - 18:30	-	-	-	-
Dato, volumstrøm	dd-mm-åå	18-02-19	18-02-19	18-02-19	-	-	-	-
Måleperiode, volumstrøm	tt:mm	16:00 - 16:30	17:10 - 17:30	18:00 - 18:30	-	-	-	-
Kanalareal	m <sup>2</sup>				-	-	-	-

**Hjelpeparametere**

Temperatur	°C	170	168	169	169	± 2,5 °C	-	-
CO <sub>2</sub>	vol% (tør)	11,2	11,2	11,2	11,1	± 0,11	-	Drift: 0,14%
O <sub>2</sub>	vol% (tør)	9,5	9,5	9,4	9,5	± 0,095	-	Drift: 0,23%
Volumstrøm	m <sup>3</sup> (n,t)/h	13 000	13 000	14 000	13 000	± 700	-	-
Volumstrøm, driftstilstand	m <sup>3</sup> /h	27 000	27 000	28 000	27 000	± 1 000	-	-

**Konsentrasjoner**

CO	mg/m <sup>3</sup> (ref)	3,7	4,2	4,3	3,7	± 3	200	Drift: 1,4%
NO <sub>x</sub> (NO <sub>2</sub> )	mg/m <sup>3</sup> (ref)	220	220	220	220	± 10	300	Drift: 0,57%

**Utslipp**

CO	kg/h	0,038	0,043	0,045	0,038	-	-	-
NO <sub>x</sub> (NO <sub>2</sub> )	kg/h	2,2	2,3	2,3	2,3	-	-	-

(ref) angir tørr røykgass ved normaltilstand (0°C, 101,3kPa) og 6% O<sub>2</sub>.

Miljøkrav er hentet fra Forurensningsforskriften del 7, kapittel 27.

## 2.2 Kommentarer til resultatene

Samtlige parametere er under grenseverdien i Forurensningsforskriften del 7, kapittel 27.

## 3 Anleggsbeskrivelse

10MW kjele, fyrt med biobrensel.

### 3.1 Driftsforhold under målingene

Målingene ble utført under normale driftsforhold.

## 4 Utførelse av målingene

### 4.1 Målemetoder

De anvendte målemetoder og deres tilhørende usikkerhet er beskrevet i Vedlegg A.

### 4.2 Forhold av betydning for måleusikkerheten

#### Målestedets innretning

Målestedets innretning og eventuelt manglende traverseringspunkter har betydning for måleusikkerheten. Ved målinger, som omfatter måling av volumstrøm, testes alltid om målestedet er egnet<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Måleusikkerheten under optimale forhold er angitt i Bilag A. Det er ikke mulig å angi usikkerheten ved ikke-optimale forhold (dårlig innrettede målesteder eller manglende traverseringspunkter). Når målestedet er vurdert som "ikke egnet", er usikkerheten på måleresultatet betydelig større enn beskrevet i Vedlegg A.



#### Test av målestedets egnethet til gridmålinger (traverseringsmålinger)

Testen vurderer målestedets egnethet til traverseringsmålinger. Traverseringsmålinger skal gjennomføres i tilfeller der det kreves isokinetisk prøvetagning (Volumstrøm, partikler og partikkelbundne stoffer).

I henhold til EN 15259, skal målingene foretas i en del av røykgasskanalen hvor det kan forventes homogene strømningsforhold og konsentrasjoner. Dette oppnås vanligvis der det er minst fem hydrauliske kanal-diametere med rett strekke oppstrøms og to hydrauliske diametere med rett strekke nedstrøms for måleplanet.

Gasstrømmen skal møte følgende krav ved måleplanet;

- vinkel  $< 15^\circ$  med kanalaksen.
- ingen lokal negativ strømning.

Målestedet er testet i henhold til EN 15259, i de tilgjengelige traverseringspunktene, og funnet egnet til traverseringsmålinger.

#### Homogenitetstest for gasser

Homogenitetstesten viser om gasser er blandet tilstrekkelig, slik at det kan tas representative målinger i kun ett punkt i kanalen. I alle målesteder hvor tverrsnittet av kanalen er større enn  $1 \text{ m}^2$ , eller der det er mistanke om inhomogen gaskonsentrasjon, skal homogenitetstest foretas.



**Figur 1** Målepunkt ved Kilen varmesentral

Opplysninger om forholdene på målestedet er ikke omfattet av akkreditering nr. 51.



## **Bilag A Målemetoder og usikkerheder**

I det følgende gives en kort beskrivelse af de anvendte målemetoder og deres tilhørende detektionsgrænser, referencer og usikkerhed.

Generelt vedr. detektionsgrænser, usikkerheder og læktest:

Monitorer:

Detektionsgrænsen er defineret som en procent af måleområdet eller som repeterbarheden ved gentagne nul-punktsmålinger.

Usikkerheden er opgivet som den normalt opnåelige usikkerhed ved et homogent målested (dvs. hvor gaskoncentrationen ikke varierer over måletværsnittet). Usikkerheden i rapporten opgives i % af målt værdi eller som en absolut værdi i måleenheden. Usikkerheden i dette afsnit er den maksimale usikkerhed ved normalt forekommende koncentrationer (langt over detektionsgrænsen). Ved måling i inhomogene målesteder (hvor gassens koncentration ikke er konstant over tværsnittet) kan usikkerheden være betydelig.

Læktest udføres før hver prøve, hvor relevant. Kun prøver, hvor kriteriet er opfyldt rapporteres.

Manuelle metoder:

Detektionsgrænsen er opgivet som den normalt opnåelige ved en normal præstationskontrol. Dvs. ved 60 minutters måletid, normal sugehastighed og akkrediteret analyse. Detektionsgrænsen kan i det enkelte tilfælde være lavere eller højere end den angivne værdi. Lavere detektionsgrænser kan f.eks. opnås ved større udsuget mængde. Metoder, der omfatter flere stoffer (f.eks. spormetaller), kan have forskellig detektionsgrænse for de forskellige stoffer. Den laveste værdi er opgivet. Detektionsgrænsen defineres som middelværdien af gentagne blindprøver plus tre gange spredningen af de gentagne blindprøver.

Usikkerheden er opgivet som den normalt opnåelige usikkerhed ved et målested, der opfylder kravene til traverseringsmålinger i DS/EN 15259. Ved afvigelse fra krav til målestedet kan usikkerheden være betydelig. Usikkerheden i rapporten opgives i % af målt værdi eller som en absolut værdi i måleenheden. Usikkerheden i dette afsnit er den normalt opnåelige usikkerhed ved normalt forekommende koncentrationer (langt over detektionsgrænsen).

Gastemperatur:

Måles med en pt100-termoføler eller en NiCr/NiAl-termoføler tilsluttet et digitaltermometer eller datalogger. Visningen aflæses med korte intervaller, og/eller signalet opsamles på datalogger.

Måleområde: -40 - 600°C

Usikkerhed (95% konfidensinterval, k=2): 2,5°C (absolut)

Reference/standard: VDI 3511 bl. 1-5, DS/IEC 584-2, DS/IEC 584-2 amd. 1

CO<sub>2</sub>-koncentration:

På en tør og partikelfri delgasstrøm bestemmes CO<sub>2</sub>-koncentrationen med en nondispersiv infrarød (NDIR) monitor.

Måleområde: 0 - 20 vol%

Metodens detektionsgrænse: 0,25 vol%

Usikkerhed (95% konfidensinterval, k=2): 6% af målt værdi.

Reference/standard: USEPA M.3A, DS/ISO 12039

O<sub>2</sub>-koncentration:

På en tør og partikelfri delgasstrøm bestemmes O<sub>2</sub>-koncentrationen med en paramagnetisk monitor.

Måleområde: 0 - 25 vol%

Metodens detektionsgrænse: 0,25 vol%

Usikkerhed (95% konfidensinterval, k=2): 6% af målt værdi.

Reference/standard: DS/EN 14789, MEL-05

CO-koncentration:

På en tør og partikelfri delgasstrøm bestemmes CO-koncentrationen med en nondispersiv infrarød (NDIR) monitor.

Måleområde: 0 - 1000 ppm

Metodens detektionsgrænse: 1 ppm

Usikkerhed (95% konfidensinterval, k=2): 6% af målt værdi.

Reference/standard: DS/EN 15058, MEL-06

## Akkreditert rapport - sagsnr.: 318-20234

*Bilag kan indeholde oplysninger, der ikke er omfattet af akkrediteringen*

### NO<sub>x</sub>-koncentration:

På en partikelfri delgasstrøm bestemmes NO<sub>x</sub>-koncentrationen med en kemiluminiscens monitor med indbygget converter (NO<sub>2</sub> til NO). Udvalgte monitorer kan bestemme NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> og NO. Måleværdien for NO<sub>2</sub> er differencen mellem NO<sub>x</sub> og NO målte værdier. NO<sub>x</sub> resultater beregnes som NO<sub>2</sub> ækvivalenter.

Måleområder: 0 - 100, 0 - 1000, 0 - 10000, 0 - 100000 ppm

Metodens detektionsgrænse: 2,5 ppm

Usikkerhed (95% konfidensinterval, k=2): 10% af målt værdi.

Reference/standard: DS/EN 14792, MEL-03

Volumenstrøm: Gashastigheden måles ved hjælp af et pitotrør i forbindelse med et skrårørsmanometer eller mikro-manometer, hvormed det dynamiske tryk måles. Hastigheden bestemmes i et antal målepunkter over kanaltværnsnittet. Ud fra hastigheden og måleplanets areal beregnes volumenstrømmen. Ud over volumenstrømsmåling udføres der altid en test af målestedets egnethed til flowmåling og isokinetisk prøveudtagning (de såkaldte gridmålinger). Testen udføres i henhold til DS/EN 15259, som i afsnit 6.2 opstiller en række krav, som skal være opfyldt før målestedet betegnes som egnet.

EN 16911-1 tillader korrektion for vægeffekt. For cirkulære og rektangulære kanaler kan der korrigeres med en faktor 0,995 hvis indersiden er glat og med en faktor 0,99 hvis indersiden er ru. Denne måling er korrigeret med faktoren 0,995.

Måleområde: 0 - 40 m/s

Metodens detektionsgrænse: 2,1 m/s

Usikkerhed (95% konfidensinterval, k=2): 10% af målt værdi eller 2 000 m<sup>3</sup>(n,t)/h (ved værdier mindre end 5 gange detektionsgrænsen)

Reference/standard: EN/ISO 16911-1, MEL-25

### Vanddampindhold:

En kendt delgasmængde renses for partikler og udsuges gennem en kondenspotte og et silicageltårn, hvori gassens vand adsorberes. Efter endt måling bestemmes den opsamlede vandmængde gravimetrisk.

Måleområde: 0 - 75 vol%

Metodens detektionsgrænse: 2 vol%

Usikkerhed (95% konfidensinterval, k=2): 8% af målt værdi eller 0,8 vol% (ved værdier mindre end 5 gange detektionsgrænsen)

Reference/standard: DS/EN 14790

### Partikler:

En delluftstrøm udsuges isokinetisk gennem et planfilter af typen kvarts mikrofiber og et i serie indkoblet tørretårn. Gasstrømmen udsuges med en pumpeenhed, der består af en gastæt pumpe, en kalibreret gasmåler, et flowmeter til regulering af den udsugede mængde og et digitaltermometer til måling af temperaturen efter pumpen og inden gasmåleren. Prøvetagningen kan foretages enten med filteret placeret i kanalen (In-Stack) eller uden for kanalen (Out-Stack) i en temperaturkontrolleret ovn. Ved out-stack-måling opvarmes filter og sonde til mindst 20 °C over kanaltemperatur eller mindst 20 °C over gassens dugpunkt. Den højeste temperatur vælges. Ud fra vægtforøgelsen på planfilteret, det udsugede volumen og temperaturen inden gasmåleren, beregnes partikelkoncentrationen i gassen.

Filteret tørres ved 180 °C inden vejning. Efter eksponering tørres filteret igen ved 160 °C og vejningen gentages.

Når partiklerne i kanalen ikke har været udsat for temperaturer over 100 °C kan de være temperaturfølsomme, og tørretemperaturen efter eksponering kan nedsættes til 105 °C.

Efter prøveserien er der foretaget skylning af den del af sonden, der er i berøring med gassen, inden den passerer filteret. Sondeskyl inddampes og vejes og resultatet fordeles på de udtagne prøver efter udsuget luftmængde i den enkelte prøve.

Måleområde: 0 - 50 mg/m<sup>3</sup>(n,t)

Metodens detektionsgrænse: 0,1 mg/m<sup>3</sup>(n,t)

Usikkerhed (95% konfidensinterval, k=2): 11% af målt værdi eller 0,1 mg/m<sup>3</sup>(n,t) (ved værdier mindre end 10 gange detektionsgrænsen)

Reference/standard: DS/EN 13284-1, Miljøstyrelsens vejl. 2/2001, MEL-02

Efter prøveserien er der foretaget skylning af den del af sonden, der er i berøring med gassen, inden den passerer filteret. Sondeskyl inddampes og vejes og resultatet fordeles på de udtagne prøver efter udsuget luftmængde i den enkelte prøve.