

Sammenligning af måleresultater mellem brændeovne afprøvet efter EN 13240 og NS 3058

Jes Sig Andersen

Teknologisk Institut

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	9
1. OPGAVEBESKRIVELSE	11
2. REFERENCER	12
3. TERMER OG DEFINITIONER	13
4. DATAGRUNDLAG	14
5. TEORI	15
6. RESULTATER	16
7. KONKLUSION	17
Bilag 1-5	19

Forord

En stor del af partikelforureningen i Danmark kommer fra brændeovne og fastbrændselsfyr.

Partikelforening skyldes hovedsagelig forkert fyringsteknik. Men ovns eller fyrets konstruktion spiller også en væsentlig rolle, idet moderne brændeovne og fastbrændselsfyr udleder væsentlig færre partikler end ældre.

Brændeovne er byggevarer og er derfor omfattet af byggevaredirektivet, som stiller en række krav til deres konstruktion, herunder til brændsikkerhed, sundhedsfare og miljø. Kravene er specificeret i en harmoniseret europæisk standard (EN 13240), som dog hverken stiller krav til eller anviser en metode til at måle udslippet af partikler.

Miljøstyrelsen ønsker med dette projekt at undersøge, om der er en sammenhæng mellem partikel- og CO-emissioner, så ønsket om at nedbringe partikelemissionerne fra brændeovne, i mangel af en europæisk standard for partikelemissioner, kan nås ved i stedet at stille krav til brændeovnes CO-emissioner.

Sammenfatning og konklusioner

Formålet med udredningen er at undersøge, om der kan påvises en sammenhæng mellem middelværdien af CO-emission i %, målt under EN-afprøvningen og det vægtede gennemsnit af partikelemissionen, målt under de fire delforløb under NS-afprøvningen, opgivet som gram udledte partikler pr. kg indfyret tørstof.

Undersøgelsen baserer sig på målinger på i alt 26 brændeovne over perioden august 2001 til november 2005. Ud af de 26 brændeovne foreligger der tillige måling af THC/OGC på de 20.

Det må konkluderes, at man ikke på baggrund af denne udredning kan drage tydelige paralleller mellem CO-værdier opnået under EN-afprøvning, og værdier for partikelemission opnået under NS-afprøvning. Det vil derfor umiddelbart ikke være muligt på det foreliggende grundlag at substituere krav til partikelemission med krav til CO-værdi.

Summary and conclusions

The purpose of this report is to find out whether there is a connection between the mean value of CO emission in %, measured during the EN test, and the weighted average of the particle emission, measured in the four partial courses during the NS test, stated as gram of released particles per kg of fired dry matters.

The examination is based on measurements of a total of 26 solid fuel stoves during the period from August 2001 to November 2005. Measurements of THC/OGC have also been carried out on 20 of the 26 solid fuel stoves.

It must be concluded that it is not possible on the basis of this report to make clear parallels between CO values achieved during EN testing and values for particle emission obtained during NS testing. Therefore, as a matter of course it will not be possible on the existing basis to substitute requirements on particle emission with requirements on the CO value.

1. Opgavebeskrivelse

Formålet med udredningen er at undersøge, om der kan påvises en sammenhæng mellem middelværdien af CO-emission i %, målt under EN-afprøvningen og det vægtede gennemsnit af partikelemissionen, målt under de fire delforløb under NS-afprøvningen, opgivet som gram udledte partikler pr. kg indfyret tørstof.

Der er således tale om forsøg på sammenligning af data fra samme brændeovn, men hidrørende fra to forskellige prøvninger under forskellige prøvningsvilkår. For god ordens skyld skal vi hermed resumere de væsentligste forskelle på de to målinger:

Røgtræk

Under EN-afprøvningen anvendes et reguleret røgtræk på 12 Pa, hvorimod NS-afprøvningen finder sted ved naturligt skorstenstræk i prøveskorstenen, som typisk er højere.

Spjældindstilling

Under EN-afprøvningen benyttes en spjældindstilling, som er optimeret imod at opnå en brændetid på mindst 45 minutter samt lave CO- og OGC-værdier og en høj CO₂-værdi. Under NS-afprøvningens fire trin benyttes forskellige spjældindstillinger fra næsten lukket til fuld åben i forsøget på at opnå de fire krævede forbrændingsrater i intervallet mindre end 1,25 til over 2,8 kg tørstof pr. time (klasse 2).

Anvendt brændsel

Under EN-afprøvningen benyttes løvtræsbrænde, hvor mængden er angivet af fabrikanten. Under NS-afprøvningen benyttes nåletræslægter 50x50 mm, hvor mængden er beregnet som funktion af brændkammerets volumen. Endvidere er det nøje fastlagt, hvordan NS-prøvebrændslet skal sammentømres og placeres, hvorimod det er op til fabrikanten at bestemme udformning og placering af EN- prøvebrændslet.

Til sammenligning kan for en tilfældig valgt ovn oplyses, at EN- prøvebrændslet udgør 2 kg brænde, og at NS-prøvebrændslet udgør 2,7 kg lægter.

2. Referencer

EN 13240:2001 med tillægget **DS/EN 13240/A2:2004**, hvori krav til CO fastsættes til mindre end eller lig med fabrikantens oplysninger, dog maks. 1% - og kravet til virkningsgrad fastsættes som større end eller lig med fabrikantens oplysninger, dog min. 50%.

NS 3058-1, hvor forbrændingsraten målt som kilo forbrændt tørstof pr. time ved de fire belastningstrin, klasse 2, defineres som:

Belastningstrin 1	Belastningstrin 2	Belastningstrin 3	Belastningstrin 4
< 1,25	1,25-1,90	1,91-2,80	>2,80

NS 3059, hvor de maksimalt tilladelige partikeludslip for brændeovne oplyses til:

- Højeste enkeltværdi under en delprøve; 20 g pr. kg indfyret tørstof
- Vægtet justeret gennemsnit for alle 4 delprøver; 10 g/kg indfyret tørstof.

3. Termer og definitioner

Undersøgelsens resultat foreligger i form af nogle diagrammer, hvor partikelemissionen er vist som funktion af hhv. CO-værdi og OGC-værdi. For hver graf er der indtegnet en lineær regression til anskueliggørelse af tendensen. Der er oplyst en R^2 værdi for den lineære regression.

Definition af R^2 , jf. "Complete Business Statistics", Irwin/McGraw-Hill 1999:

The coefficient of determination R^2 is a descriptive measure of the strength of the regression relationship, a measure of how well the regression line fits the data.

- og videre om størrelsen af R^2 :

An R^2 value of 0.9 is very good, a value greater than 0.8 is good, and a value of 0.6 or more may be satisfactory for some applications. When R^2 value is 0.5 or less, the regression explains only 50% or less of the variation in the data.

If we are interested only in understanding the relationship between the variables, lower values of R^2 may be acceptable, as long as we understand that the model does not explain much.

4. Datagrundlag

Undersøgelsen baserer sig på målinger på i alt 26 brændeovne over perioden august 2001 til november 2005. Ud af de 26 brændeovne foreligger der tillige måling af THC/OGC på de 20. Se venligst komplet datafortegnelse i bilag 1.

Teknologisk Institut takker følgende brændeovnsfabrikanter for at have stillet data til rådighed for undersøgelsen:

HWAM Heat Design A/S
Varde Ovne A/S
Lotus Heating System A/S
Rais A/S
Westfire ApS
Heta A/S

5. Teori

Det forventes, at der vil være en direkte sammenhæng mellem partikelemission og CO-værdi.

Efter påfyring af en test-charge går der et tidsrum, inden der opstår flammer, og forbrændingen kommer ordentligt i gang. Erfaringsmæssigt er det i dette tidsrum, der opstår en høj CO-værdi under EN-testen og tilsvarende en høj partikelemission under NS-testen.

I afslutningen af en testperiode, når ilden går ud, opstår der igen en relativ høj CO-værdi, hvorimod partikelemissionen må antages at være ubetydelig. Imidlertid er bidraget af CO fra opstarten normalt større end bidraget fra afslutningen, så samlet set burde der være sammenhæng mellem høj CO-værdi og høj partikelemission.

En tilsvarende sammenhæng gør sig gældende mellem THC/OGC (tjærestoffer – målt efter FID-måleprincip) og CO.

6. Resultater

Sammenhæng mellem partikelemission og CO-værdi (bilag 2 og bilag 3)

I bilag 2 vises sammenhængen mellem NS samlet partikelemission (dvs. det vægtede gennemsnit af alle fire belastningstrin) og EN-testens CO-værdi.

Det fremgår af grafen, at der ses svagt stigende partikelemission som funktion af stigende CO-værdi. Imidlertid er $R^2 = 0,1$ så lav, at man ikke med sikkerhed kan tage sammenligningen til indtægt for en sammenhæng mellem CO-værdi og partikelmasse.

En tydeligere sammenhæng ses, hvis man isoleret sammenligner NS-belastningstrin 1 og EN CO-målingen (bilag 3).

Belastningstrin 1 er det laveste belastningstrin i NS-målingen, hvor der i klasse 2 skal forbrændes mindre end 1,25 kg tørstof pr. time.

Belastningstrin 1 er erfaringsmæssigt dér, hvor brændeovnen har sværest ved at klare kravene i NS3058 (vægtet middelværdi over alle 4 belastningstrin maks. 10 g/kg, - og højeste værdi under ét belastningstrin maks. 20 g/kg).

I bilag 3 ses en tydeligere sammenhæng mellem høj CO-værdi og høj partikelemission, om end resultaterne er noget spredte og R^2 værdien 0,36, jævnfør definitionen oven for, næppe retfærdiggør sidestilling mellem krav til CO-værdi og partikelemission.

Sammenhæng mellem partikelemission og THC/OGC-værdi (bilag 4 og bilag 5)

Selvom THC/OGC ikke er egnet som kravelement i forhold til EN13240, har vi alligevel valgt at medtage resultaterne i denne undersøgelse, da begge parametre er klart forureningsrelaterede.

Mønsteret minder meget om CO-afhængigheden ovenfor, idet der ses stigende tendens i diagrammerne i både bilag 4 og bilag 5. Imidlertid tillader R^2 værdierne 0,20 for NS samlet og 0,39 for NS belastningstrin 1 isoleret heller ikke håndfast sidestilling af krav til THC/ OGC og partikel-emission.

7. Konklusion

Det må konkluderes, at man ikke på baggrund af denne udredning kan drage tydelige paralleller mellem CO-værdier opnået under EN-afprøvning, og værdier for partikelemission opnået under NS-afprøvning. Det vil derfor umiddelbart ikke være muligt på det foreliggende grundlag at substituere krav til partikelemission med krav til CO-værdi.

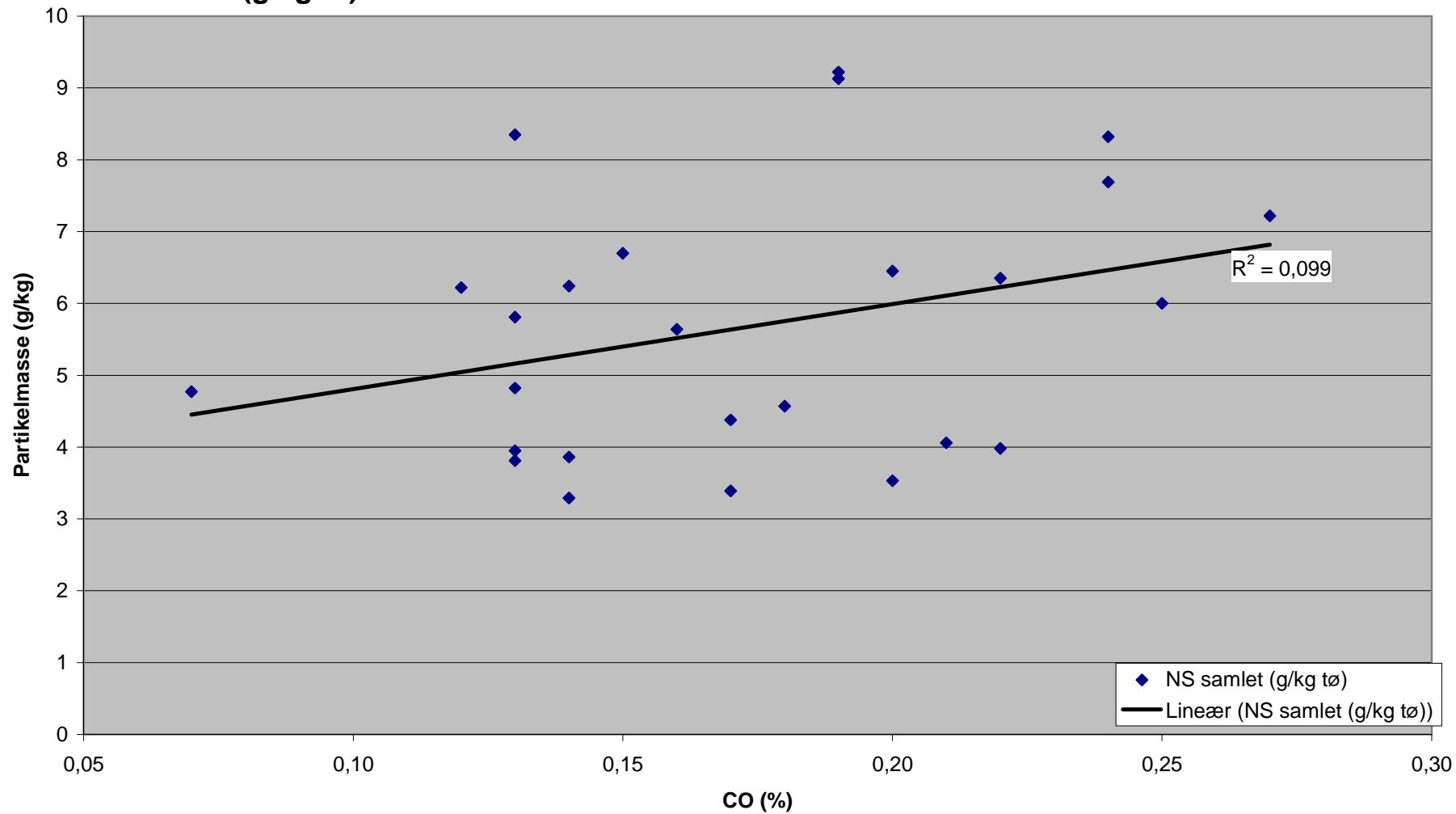
Årsagen til udeblivelsen af den forventede sammenhæng mellem EN-prøvens CO- værdi og NS-prøvens partikelemission må sandsynligvis tilskrives de forskellige testkonditioner under de to prøver, samt det forhold at CO-emissionen og partikelemissionen hen over et testforløb ikke nødvendigvis følges ad (se venligst en nærmere beskrivelse af disse forskelle under afsnit 2 – opgaveformulering).

For i givet fald at eliminere disse elementer skulle man kombinere de to afprøvningsmetoder og i et samlet testforløb registrere alle ønskede parametre.

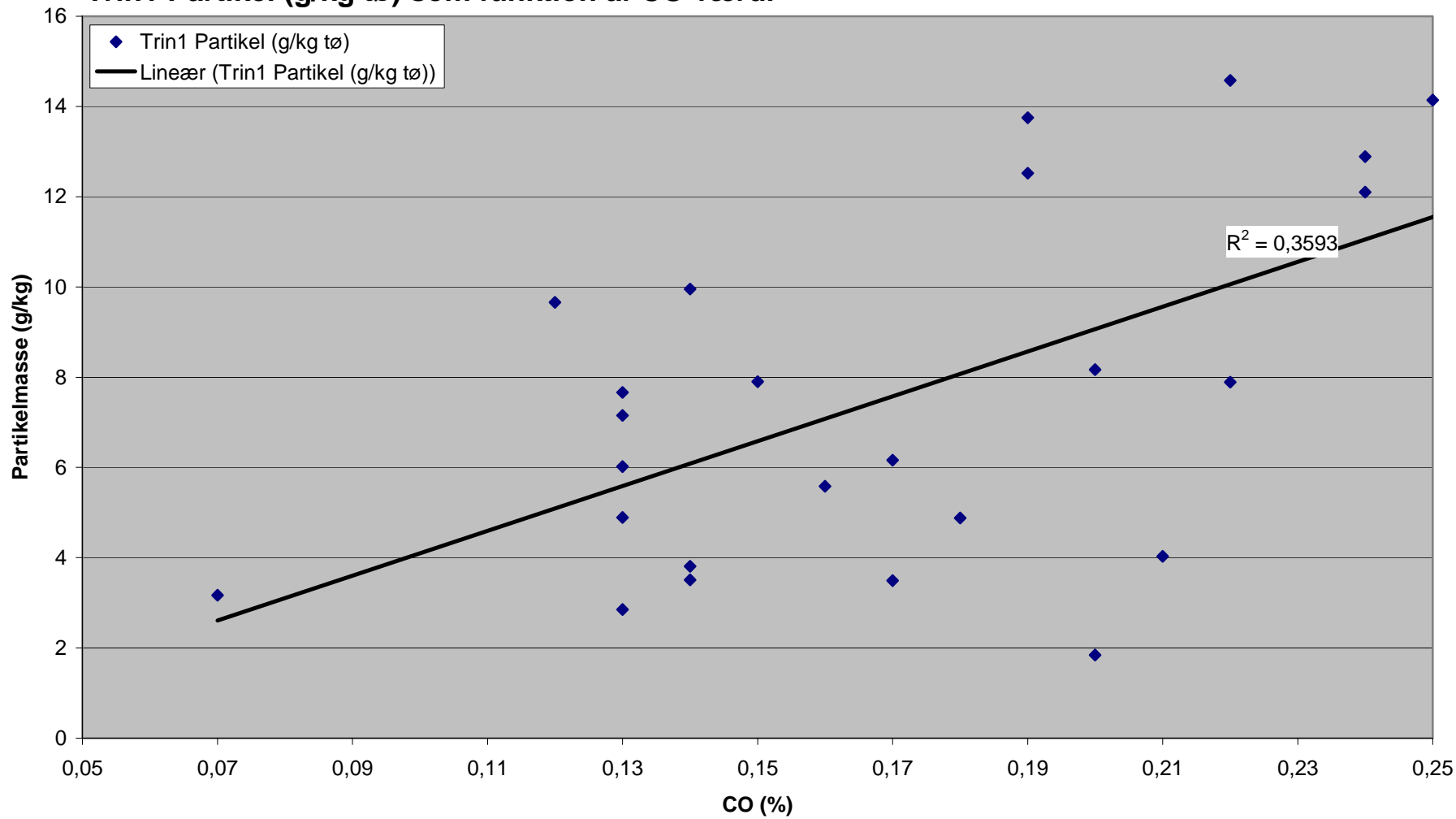
løbenummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
EN Resultater													
CO henført t 13 % O2 (%)	0,18	0,16	0,19	0,19	0,22	0,14	0,2	0,17	0,14	0,12	0,15	0,13	0,07
CO2 (%)	8,3	7,7	9,6	6,7	9,2	7,5	7,4	9	8,3	10,4	9,1	11,6	10,9
Virkningsgrad (%)	77	73	82	76	74	76	76	77	76	80	76	77	80
Nominel effekt (kW)	5,2	6,5	4,6	5,5	6	5,1	5,5	7,1	6,3	6,7	5	5,7	6,3
Røgtemperatur (°C)	258	291	231	235	309	244	245	274	271	292	291	339	286
OGC henført til 13 % O2	159	122	127	249		113	115	105	91	123		116	91
NS Resultater													
NS samlet (g/kg tø)	4,57	5,64	9,13	9,22	5,21	3,86	3,53	4,38	6,24	6,22	6,7	8,35	4,77
Trin1 Br. forbrug (kg tø/h)	1,2	1,25	1,08	1,1	1,19	1,19	1,24	1,09	1,23	1,15	1,12	1,03	1,24
Trin1 Røgtemp (°C)	246	206	191	191	221	262	264	237	250	241	221	276	239
Trin1 Partikel (g/kg tø)	4,88	5,58	12,52	13,75	8,18	3,51	1,84	6,16	9,95	9,66	7,9	7,66	3,17
Trin2 Br. forbrug (kg tø/h)	1,28	1,36	1,57	1,38	1,73	1,49	1,46	1,42	1,59	1,4	1,47	1,55	1,77
Trin2 Røgtemp (°C)	255	227	269	236	269	302	288	277	298	273	267	367	291
Trin2 Partikel (g/kg tø)	3,87	5,64	7,28	4,89	2,95	3,97	4,81	4,55	4,89	5,55	7,03	6,99	5,19
Trin3 Br. forbrug (kg tø/h)	2,26	2,46	2,28	2,31	1,73	2,37	3,27	2,39	2,12	2,22	2,74	2,29	2
Trin3 Røgtemp (°C)	363	339	352	326	269	395	452	396	377	352	411	461	322
Trin3 Partikel (g/kg tø)	2,26	5,67	8,73	3,44	2,95	3,96	3,39	3,21	4,3	5,18	5,46	10,91	5,48
Trin4 Br. forbrug (kg tø/h)	2,26	2,46	2,28	5,89	1,73	2,37	3,27	2,39	2,12	2,89	2,74	2,29	3,5
Trin4 Røgtemp (°C)	363	339	352	581	269	395	452	396	377	386	411	461	411
Trin4 Partikel (g/kg tø)	2,26	5,67	8,73	3,35	2,95	3,96	3,39	3,21	4,3	6,03	5,46	10,91	7,21

løbenummer	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
EN Resultater														
CO henført t 13 % O2 (%)	0,13	0,24	0,24	0,22	0,14	0,17	0,22	0,2	0,13	0,21	0,27	0,13	0,13	0,25
CO2 (%)	9,2	10,6	10,6	9,9	9,6	9,1	7,1	7,2	9,5	9,2	6,3	10	10,9	8,55
Virkningsgrad (%)	74	77	77	76	77	80	79	75	79	75	73	82	80	73
Nominel effekt (kW)	5,6	4,5	4,5	4,5	6,3	5,1	4,9	5,1	5,7	5	4,6	5,3	5,3	5
Røgtemperatur (°C)	320	311	311	303	293	246	198	253	274	300	242	240	272	312
OGC henført til 13 % O2	89				78	126	182	87	67		196	92	126	
NS Resultater														
NS samlet (g/kg tø)	5,81	8,32	7,69	6,35	3,29	3,39	3,98	6,45	3,95	4,06	7,22	3,81	4,82	6
Trin1 Br. forbrug (kg tø/h)	1,19	1,19	1,07	1,1	1,18	1,19	1,12	1,16	1,24	1,13	101	1,15	1	1,06
Trin1 Røgtemp (°C)	278	248	234	238	262	234	230	262	247	222	206	252	233	160
Trin1 Partikel (g/kg tø)	6,02	12,1	12,89	14,58	3,81	3,49	7,89	8,17	2,85	4,03	13,33	4,89	7,15	14,14
Trin2 Br. forbrug (kg tø/h)	1,86	1,45	1,72	1,62	1,51	1,63	1,6	1,27	1,46	1,45	1,76	1,4	1,67	1,44
Trin2 Røgtemp (°C)	360	284	302	308	300	288	285	274	274	252	298	279	342	223
Trin2 Partikel (g/kg tø)	5,45	9,8	4,48	3,34	2,98	3,67	2,79	10,99	3,21	5,98	4,28	3,92	3,35	4,83
Trin3 Br. forbrug (kg tø/h)	2,44	2,29	2,12	2,36	2,38	2,24	1,95	1,91	2,14	2,56	2,28	2,03	1,67	2,63
Trin3 Røgtemp (°C)	428	396	368	393	401	370	342	350	340	402	377	355	342	409
Trin3 Partikel (g/kg tø)	5,98	4,53	5,67	2,43	3,57	2,85	1,5	2,53	4,93	1,57	2,93	3,14	3,35	2,77
Trin4 Br. forbrug (kg tø/h)	3,01	2,91	2,12	2,36	2,93	2,24	1,95	1,91	3,06	2,56	2,28	2,03	1,67	2,63
Trin4 Røgtemp (°C)	453	432	368	393	449	370	342	350	396	402	377	355	342	409
Trin4 Partikel (g/kg tø)	7,34	6,64	5,67	2,43	2,78	2,85	1,5	2,53	6,05	1,57	2,93	3,14	3,35	2,77

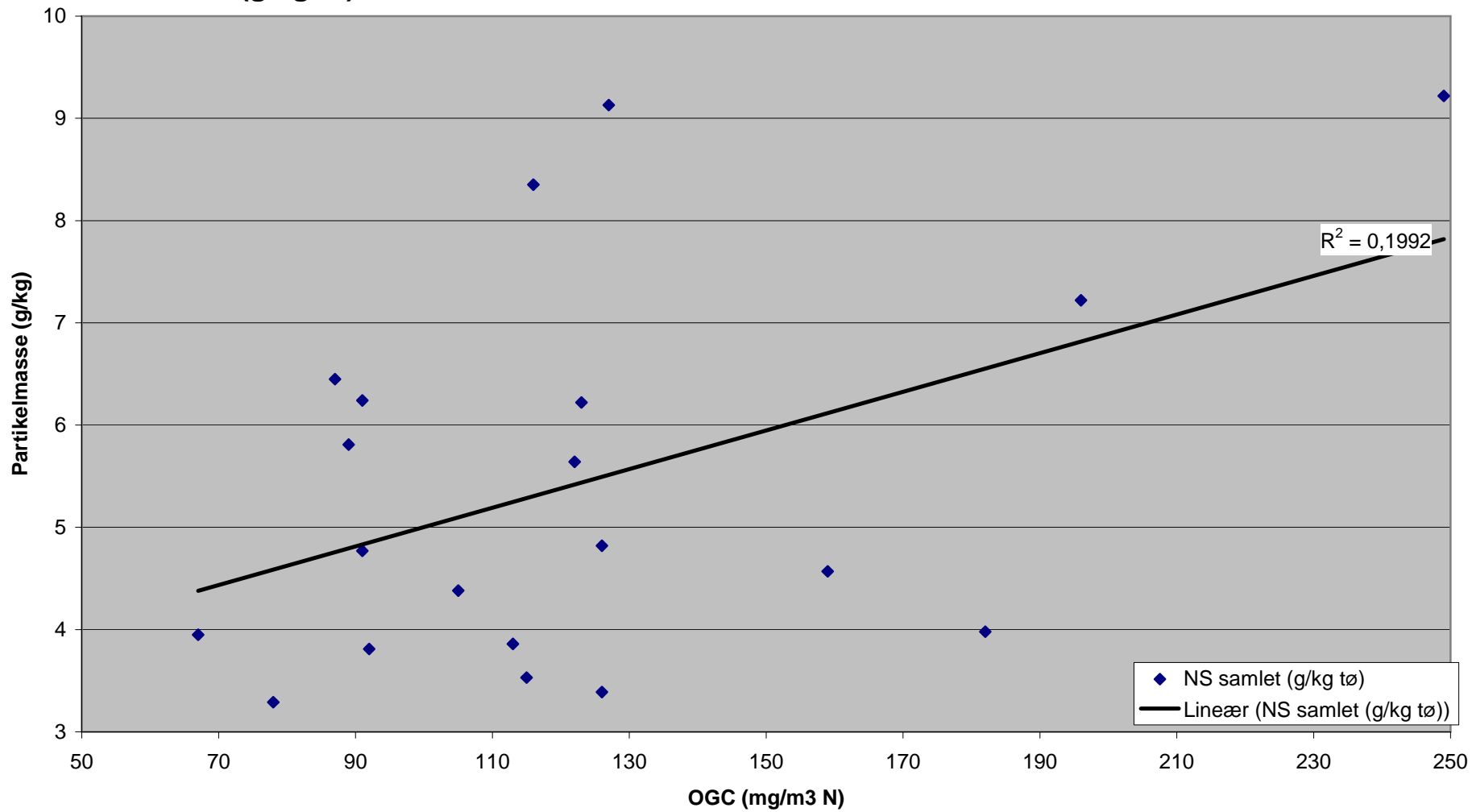
NS samlet (g/kg tø) som funktion af CO værdi



Trin1 Partikel (g/kg tØ) som funktion af CO værdi



NS samlet (g/kg tØ) som funktion af OGC værdi



Trin1 Partikel (g/kg tØ) som funktion af OGC værdien

