

# Opgradering og optimering af anlægsdriften på et trinopdelt forgasningsanlæg (Castoranlægget i Græsted)

## Projektresumé



Udført for:  
Energinet.dk  
PSO projekt nr. 5729

Udarbejdet af  
BioSynergi Proces ApS  
Ove Mosgaard  
Lars Kyster  
Henrik Houmann Jakobsen  
Oktober 2008  
1. udgave

---

✉ BioSynergi Proces ApS  
Slotsbakken 108, DK-2970 Hørsholm  
☎ +(45) 45 86 14 30  
🌐 [www.BioSynergi.dk](http://www.BioSynergi.dk)  
CVR. nr. 25 90 41 84

## **Indhold**

1. Indledning .....	3
2. Kraftvarmeanlæggets procesforløb og hovedkomponenter .....	5
3. Delprojektet om forbedring af enkeltkomponenter og driftsoptimering	6
4. Delprojektet om motoroptimering .....	9

## 1. Indledning

BioSynergi Proces ApS afsluttede i 2003/04 opførelsen af et komplet ca. 450 kWth Open Core trinopdelt forgasningsanlæg, som har modtaget midler fra Energistyrelsens Udviklingsprogram for Vedvarende Energi (UVE). Anlægget anvender almindelig våd skovflis som brændsel til produktion af el og varme.

Anlægget, der omtales som Castor anlægget, er tilsluttet varmforsyningsnettet hos Græsted Fjernvarme. Den daglige drift varetages af BioSynergi Proces.

I det projekt, som Energistyrelsen finansierede, var tillige afsat midler til den første prøvedrift af anlægget. Midlerne rakte til prøvedrift af anlægget frem til sommeren 2005.

Ud fra erfaringerne fra denne prøvedrift kunne udpeges de områder, hvor der var behov for forbedringer og ændringer for efterfølgende at kunne realisere en mere sammenhængende og mere stabil prøvedrift med ubemandet kraftvarmeproduktion.

En andet iøjnefaldende behov var at mindske bemandingsbehovet og i det hele taget omfanget af daglige pasningsopgaver.

En særlig delopgave i projektet har handlet om at få øget indsigt og opnå praktiske erfaringer med metoder til optimering af motordriften.

Det er løsningen af disse opgaver og den efterfølgende afprøvning af de indførte forbedringer, der er udført i det her rapporterede PSO projekt 5729.

Beskrivelsen af projektsresultaterne findes i to delrapporter udgivet i september 2008:

– *Forbedring af enkeltkomponenter og driftsoptimering af forgasningsanlæg.*

og

– *Motoroptimering af forgasningsanlæg til kraftvarmeproduktion.*

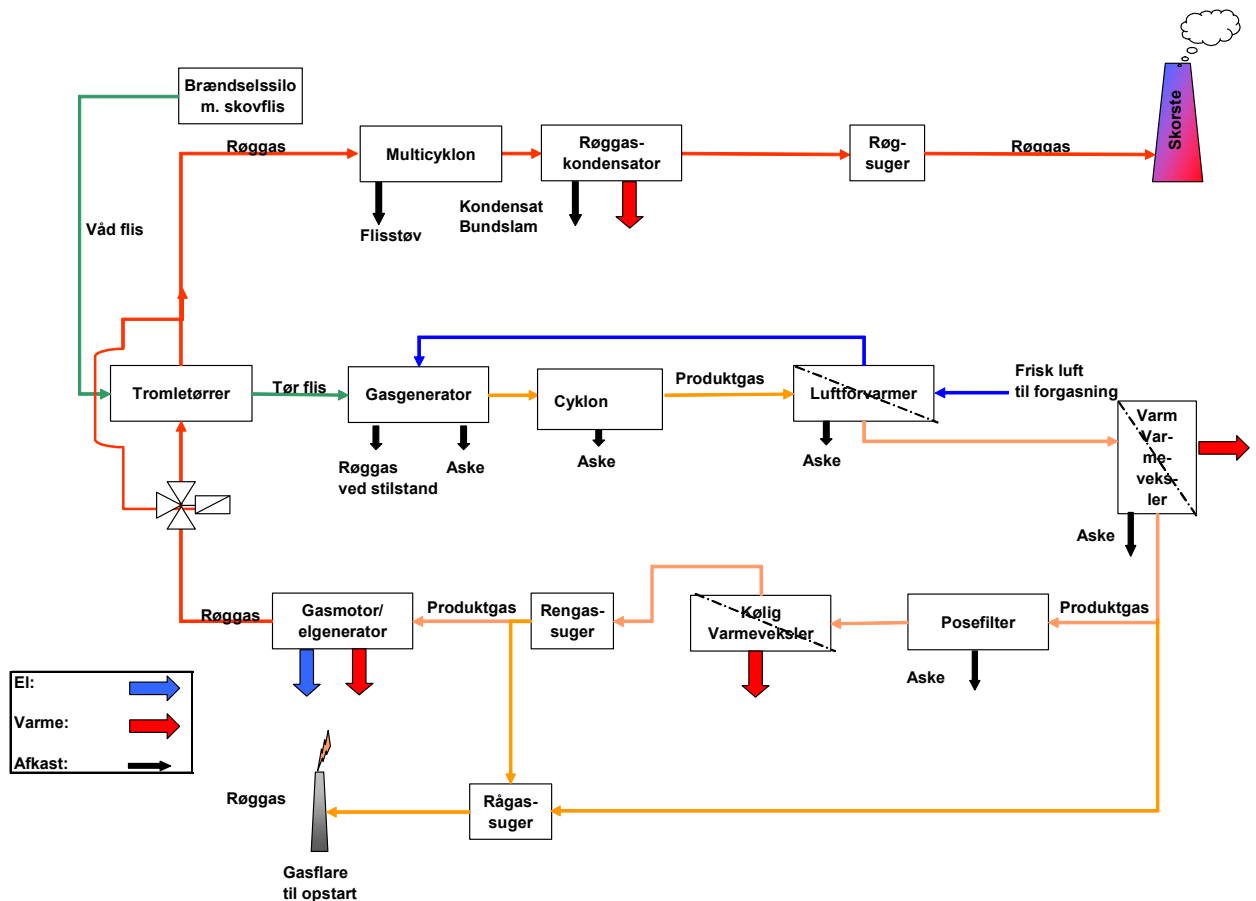
Sideløbende med det her udførte projektarbejde er ligeledes med forankring i Castoranlægget undersøgt, indført metoder til og afprøvet anlæggets reguleringssegenskaber med hensyn til drift med forskellige ydelser. Dette arbejde er udført i PSO projekt nr. 5288, som blev afsluttet 1. kvartal 2007. Det projekts resultater findes beskrevet i slutrapporten "*Reguleringssegenskaber for trinopdelt forgasningsanlæg til kraftvarmeproduktion (Castoranlægget i Græsted)*".

Til yderligere forenkling og forbedring af anlægsdriften samt for at reducere kravene til driftspersonalets nødvendige kvalifikationer fortsættes i PSO

projekt 7191 med indførelse og afprøvning af yderligere tiltag til forbedring af driften. Dette projekt er planlagt til afslutning i 1. kvartal 2009.

## 2. Kraftvarmeanlæggets procesforløb og hovedkomponenter

Figur 1 viser anlæggets procesforløb og dets hovedkomponenter. På figuren er markeret hvor el og varme produceres samt hvor der skal håndteres restprodukter.



Figur 1: Castoranlæggets hovedprocesser og anlægskomponenter. Gasmotoren producerer elektricitet mens varmeproduktionen, der leveres til Græsted Fjernvarme, hentes fra fire af anlægskomponenterne.

### 3. Delprojektet om forbedring af enkeltkomponenter og driftsoptimering

Ved projektets start var mængden af arbejdsrutiner og det nødvendige tidsforbrug til at udføre dem ganske betydelige.

Indsatsen i projektet har været rettet direkte mod at ændre eller tilføje en række komponenter som på forhånd var identificeret som hæmmende for anlægsdriften. Det var typisk fordi komponenterne fra starten enten var særligt driftsmæssigt krævende eller fordi de var indrettet således at de fungerede ineffektivt eller uhensigtsmæssigt.

Før projektet gik i gang var det især tidsforbruget til fyldning af flislageret og manuel opgravning af våd aske fra gasgeneratorens bundkar, som satte begrænsninger med hensyn til at holde anlægget i gang i ubemandet drift udenfor normal arbejdstid.

Nedenstående forbedringer er udført i projektet:

- |  |   |
|--|---|
| – Ændring af materialevalg i gasgenerator over risten            | – Konvektionspart til uden-dørs gasfakkel |
| – Sikring af posefilter og askeudtag                             | – Elgenerator - kondensator-drift         |
| – Gasblandetank før gasmotor                                     | – Skyllegas til posefilter                |
| – Udvidelse af flislager   | – Demistor efter røggaskondensator.       |
| – Grafisk SRO brugerflade og dataopsamling koblet på PLC styring | – Afkøling af røggas før røgsuger         |
| – Automatisk aske- og støvtransport                              |   |

På tidspunktet for projektets afslutning i maj 2008 kunne de regelmæssige pasningsopgaver i forbindelse med anlæggets drift opgøres til følgende:

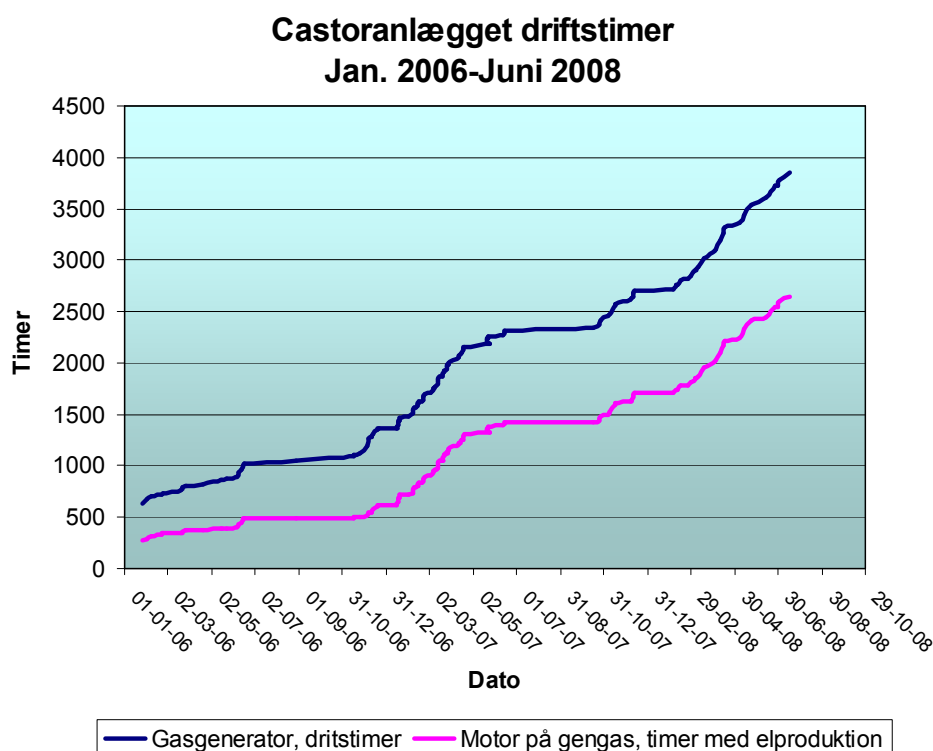
- Efterfyldning af flislager med læssemaskine
- Tømning af askevogn med bundaske fra gasgenerator
- Udtag af aske fra posefilter og varmeveksler
- Tømning af multicyklon for træstøv
- Tømning af kar under røggaskondensator for bundslam
- Tømning af smuldfilter, der renses kondensat fra røggaskøler.
- Rensning af varm varmeveksler
- Motorolie og –filter skift
- Tændrørskift

Tømningen af askevognen er den periodiske opgave, som har det korteste tidsinterval mellem den nødvendige eksekvering. Afhængig af fliskvaliteten skal dette ske 2- 3 gange i døgnet fordi pladshensyn ikke tillader større askevogn end den eksisterende.

Det betyder at det fortsat er nødvendigt at foretage tilsyn af anlægget om aftenen (tager mindre end en time), når det skal kunne holdes i drift indtil næste arbejdsdag starter.

En reduktion eller økonomisk rentabel udnyttelse af den producerede mængde af aske/trækul har en høj prioritet i det igangværende PSO projekt nr. 7191.

Ved projektets afslutning var i alt opnået ca. 2.500 timers motordrift på forgasningsgas og samtidig elproduktion til nettet. Ved projektstart var tallet ca. 200 timer, så ca. 2.300 timers motordrift med elproduktion er opnået i løbet af projektperioden.



Figur 2: Det akkumulerede antal driftstimer som er opnået med Castoranlægget frem til projektafslutning. I de to længere perioder uden tilvækst i driftstimerne har anlægget været taget ud af drift for at udføre planlagte forbedringer.

Endvidere er rapporteret resultaterne fra en tillægsbevilling til projektet, der blev bevilliget ultimo 2006. Tillægsbevillingen blev ydet til at inspicere og reparere skader på gasgeneratoren, der var opstået under drift som følge af

indtrængning af falsk luft i den varme produktgas. Ubedring af skaden var nødvendig for at kunne fuldføre de planlagte projektaktiviteter.

Driften af anlægget fortsætter i forbindelse med afprøvninger af de yderligere forbedringer, der indgår i det stadig igangværende PSO 7191 projekt.



#### 4. Delprojektet om motoroptimering

I dette delprojekt er gennemført to overordnede måleserier:

- En måleserie hvor anlæggets tændingsindstilling er justeret med henblik på at opnå maksimal afgiven eleffekt.
- En måleserie hvor anlæggets tændingsindstilling er justeret med henblik på minimering af røggasemissionen fra motoren og med fastholdt konstant eleffekt.

Målingerne har vist, at selv en svag tryksætning af motorens indsugningsluft med en luftblæser har mærkbar positiv betydning for motorydelsen.

Montering af blandeelementer i indsugningen øgede trykfaldet gennem det samlede system hvilket gav sig udslag i en effektreduktion.

Blandeelementerne tilførte dog også en gevinst fordi det kunne påvises at gasluftblandingen til de enkelte cylindre blev mere ensartet. Det betød blandt andet at god motordrift kunne opretholdes ved højere luftoverskudtal end uden blandeelementer.

Følgende typer af målinger blev udført:

Målinger udført den:	Type af måling
8/5-2008	Referencemålinger uden luftblæser og uden blandeelementer
9/5-2008	Målinger med blandeelementer
21/5-2008	Målinger med luftblæser og blandeelementer
12/6-2008	Målinger kun med luftblæser

Hovedresultaterne var følgende:

Test nr.	1		2		3		4		5	
Sætpunkt for O <sub>2</sub> indhold i røggas	0,5 % O <sub>2</sub>		2 % O <sub>2</sub>		3 % O <sub>2</sub>		5 % O <sub>2</sub>		9 % O <sub>2</sub>	
Resultater										
Delmåling	kW	mmVS	kW	mmVS	kW	mmVS	kW	mmVS	kW	mmVS
Reference	72	350	71	340	66	370	61	384	28	430
Mixer	66	546	64	540	62	540	57	540	37	548
Mixer og blæser	71	630	68	650	66	680	60	720	41	780
Blæser	81	230	77	230	74	240	66	250	-	-

*Tabel 1: Resultater for de opnåede leverede eleffekter fra elgeneratoren [kW] og undertrykket i manifolden i millimeter vandsøjle [mmVS] ved drift af motoren med forskellige luftoverskud.*

Målingerne af røggassens sammensætning viser at forholdet mellem NO<sub>x</sub> og CO følger den ganske kendte regel om at en mere mager blanding (stort luftoverskudstal) øger CO emissionen og sænker NO<sub>x</sub> emissionen.

Tilsammen indikerer disse resultater at brug af blandeelementer og luftblæser i kombination med øget luftoverskudstal kan være en metode til reducere NO<sub>x</sub> emissionen. Det kan vel at mærke opnås uden at motorens afgivne eleffekt bliver formindsket.

Måleserierne indikerer også, at de gældende grænseværdier for emissioner kan blive de bestemmende faktorer for størrelsen af anlæggets afgivne eleffekt.

Brug af tændingsindstillingen til at styre emissionsværdierne resulterede ikke i noget signifikant resultat. En af årsagerne til det ikke så markante resultat skal sandsynligvis blandt andet søges i den manglende præcision i motorens efterhånden godt slidte tændingsanlæg.

I litteraturen er fundet omtale af at selve motortypen også ved andre målinger har skilt sig ud fra gennemsnittet på grund af sine høje NO<sub>x</sub> emissioner.

Det understreges at den anvendte måleprocedure og måleinstrumentet ikke kan sammenlignes med kravene til en akkrediteret måling og at resultaterne for især NO<sub>x</sub>'s vedkommende ikke bør benyttes til sammenligning resultater fra akkrediterede målinger.

For detaljerede resultater henvises til projektets delrapport.