



TEKNOLOGISK  
INSTITUT

Notat til Energistyrelsen

---

## Opdatering af virkningsgrads- beregner til standardløsning for biobrændselskedler



**Titel:**

Opdatering af virkningsgradsberegner til standardløsning for biobrændselskedler

**Udarbejdet for:**

Energistyrelsen

**Udarbejdet af:**

Teknologisk Institut  
Kongsvang Allé 29  
8000 Aarhus C  
Energi og Klima

Oktober 2018

## Intro

Nærværende notat giver en kort beskrivelse af de overvejelser der er gjort i forhold til at udvikle et værktøj, som kan beregne et biobrændselsfyrs tab af virkningsgrad over tid. Samtidig gennemgås selve beregneren og de parametre og formler, der ligger bag.

## Generelt

Hvor stort et tab i virkningsgrad der kan forventes over tid afhænger af flere ting.

De væsentligste parametre er brændslet, om anlægget kører, og passes som det skal i den daglige drift og om opståede fejl udbedres.

Yderpunkterne er, at en træpille kedel der drives og vedligeholdes som den skal, stort set kan holde sin virkningsgrad i hele sin levetid, mens en halmkedel der misligholdes, og hvor tingene ikke repareres eller udskiftes når de går i stykker kan halvere sin virkningsgrad, eller værre, over 20-30 år.

## Brændsel

En halmkedel er hårdt belastet på grund af halmens egenskaber. Særligt den voldsomme støvemission, halmens tendens til slaggedannelse og den korrosive røggas gør halmen til et besværligt brændsel, hvor der kræves stort fokus på rensning og vedligehold, hvis virkningsgraden og forbrændingskvaliteten skal holdes på et fornuftigt niveau.

Træpiller, og træbaserede brændsler generelt, er meget lettere håndterbare end halm og lignende brændsler. Der er langt mindre støv, aske og slagge og røggassen er langt mindre korrosiv end røggassen fra halmafbrænding. Der er dermed tilsvarende mindre behov for pasning og også mindre risiko for, at ting går i stykker.

Dog kan et træpillefyr ikke sidestilles med eksempelvis et oliefyr som helt passer sig selv. Et træpillefyr kræver også pasning og vedligehold og der vil løbende være ting der skal repareres eller udskiftes.

## Pasning og vedligehold

Hvis ikke fyret i den daglige drift passes tilstrækkeligt vil der være risiko for at virkningsgraden falder. Manglende pasning vil typisk være i form af manglende eller utilstrækkelig rensning af kedel for sod, støv og aske. Det kan give øget røgtemperatur og i visse tilfælde også dårligere forbrænding, hvis aske/slagge blokerer for luft- og brændselstilførsel. Begge dele kan give væsentligt tab af virkningsgrad.

Manglende vedligehold vil ligeledes kunne resultere i tab af virkningsgrad. Anlæggene i dag er meget komplekse og består af mange komponenter, som kræver et vist tilsyn. Af typiske fejl kan nævnes: Defekt styring, defekt lambda sonde eller andre sensorer, defekt røgtemperaturføler, defekte spjældmotorer, blæsere eller røgsugere, manglende eller defekt isolering eller udmuring samt defekte tætningslister ved kedellåger og andre gennemgange til fyret.

Alle fejl, som i forskellig grad kan påvirke både forbrændingskvalitet og virkningsgrad.

## Værktøjet - forudsætninger

For at kunne udvikle et værktøj, som kan give et bud på ældningen, er det jf. ovenstående nødvendigt dels at skelne mellem brændslerne og dels vælge en repræsentativ pasnings- og vedligeholdelsesstandard.

I forhold til pasning og vedligehold er der gjort følgende antagelser:

- Det er antaget, at vedligeholdelsesstandarden generelt er lidt under det nødvendige. Det vil sige, at kedlerne renses og vedligeholdes i nogen grad, men ikke tilstrækkeligt til at undgå, at virkningsgraden falder over tid. Ting som er afgørende for fyrets funktion repareres eller udskiftes, mens ting som ikke er afgørende ikke altid repareres eller udskiftes. Det kan eksempelvis være isolering, murværk, pakninger og lignende.

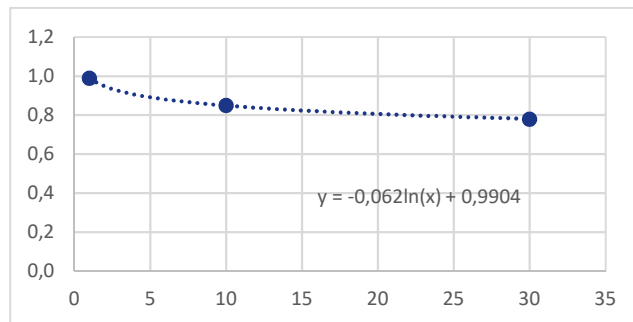
- Det antages, at aske, støv og slagge som aflejres i starten i en ny kedel gør en større procentvis forskel i forhold til virkningsgraden end det der aflejres længere hen. Faldet i virkningsgrad vil derfor være størst i den første del af kedlens levetid.

## Værktøjet - valgte parametre og formler

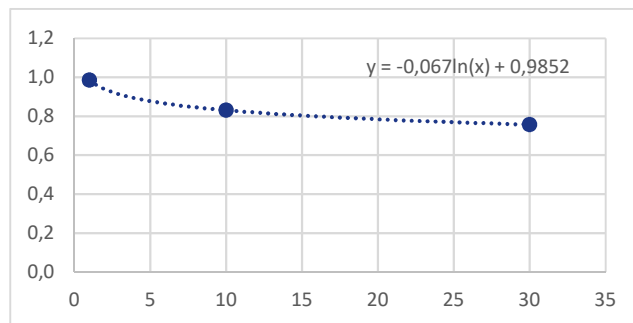
Ud fra ovennævnte antages det, at virkningsgradstabet, for hvert brændsel, vil følge en logaritmisk kurve.

Nedenfor er der således for hvert brændsel valgt tre punkter for virkningsgradstabet som funktion af kedlens alder. Ud fra disse er der genereret en logaritmisk formel.

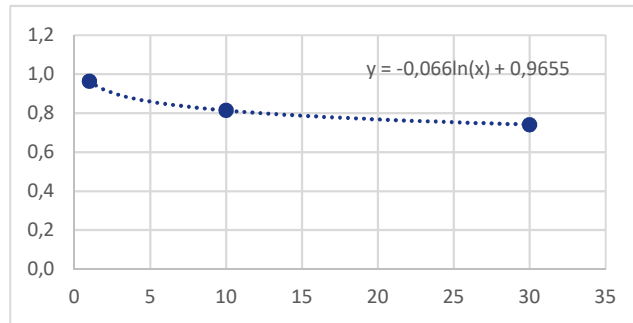
Træpiller	Faktor
1	0,990
10	0,850
30	0,780



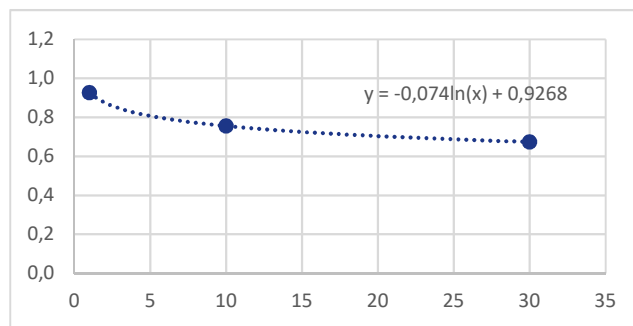
Brænde	Faktor
1	0,985
10	0,831
30	0,757



Flis	Faktor
1	0,965
10	0,815
30	0,741



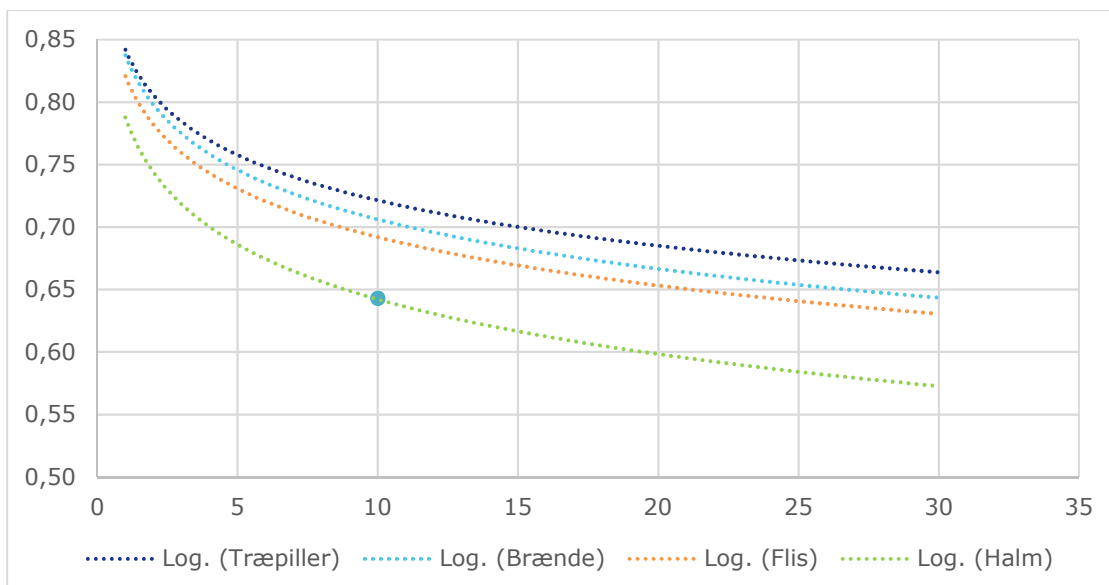
Halm	Faktor
1	0,926
10	0,757
30	0,673



De genererede formler kan herefter bruges til at beregne virkningsgraden efter x år. I formlerne er x kedlens alder i hele år og y er virkningsgradsforringelsen.

Som eksempel hedder formlen for halm:  $\text{virk brugt} = \text{virk ny} * (-0,074 * \ln(\text{alder}) + 0,9268)$

På figuren herunder er graferne for de fire brændsler vist i forhold til hinanden. Graferne er vist for en kedel med virkningsgrad fra ny på 85 %.



Som eksempel markerer den grønne prik en 10 år gammel halmkedel. Den har efter 10 år en virkningsgrad på 64 % og har således mistet 24 % eller 21 %-point.

Beregnet som følger:  $0,85 * (-0,074 * \text{LN}(10) + 0,9268) = 0,64$

### Årsvirkningsgrad

I det følgende beskrives, hvordan den beregnede nominelle virkningsgrad korrigeres til årsvirkningsgrad.

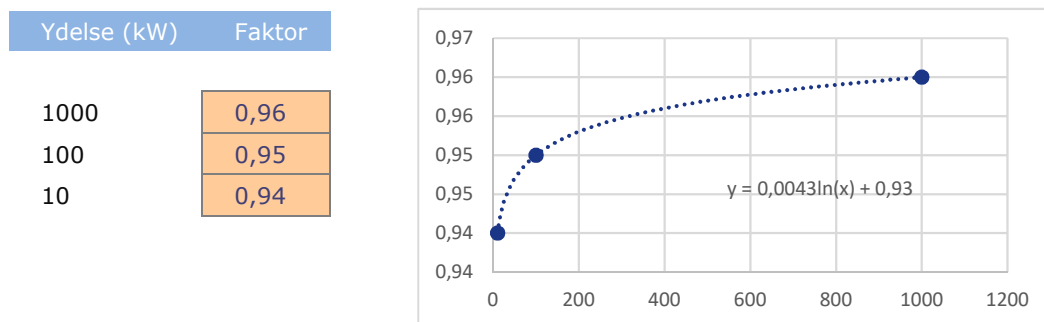
Årsvirkningsgraden afhænger meget af installationen, og hvordan anlægget kører. Hvis anlægget er veldimensioneret og primært kører i sit optimale arbejdsområde, mellem 30 og 100 %, vil det kunne holde ca. samme virkningsgrad som da det blev testet, mens virkningsgraden, hvis anlægget kører med lavere ydelse og herunder måske meget pausefyring, vil ligge væsentligt lavere.

Typisk vil større kedler køre mest i deres optimale arbejdsområder mens mindre kedler vil køre mere med lav ydelse og pausefyring, især i sommerperioden.

Derfor vil årsvirkningsgraden normalt være lavere i forhold til den nominelle virkningsgrad ved små kedler end store kedler.

Hidtil er der antaget 5 % som forskel mellem nominal virkningsgrad og årsvirkningsgrad for alle kedler uanset størrelse.

Dette er nu ændret til 6 % ved en 10 kW kedel, 5 % ved en 100 kW kedel og 4 % ved en 1000 kW kedel. Se nedenfor:



Ud fra ovennævnte er følgende formel for beregning af årsvirkningsgrad fremkommet:

$$\text{årsvirk} = \text{virk} * (0,0043 * \text{LN}(\text{kedelydelse}) + 0,93)$$

Som eksempel regnes på førnævnte kedel som blev beregnet til en nominel virkningsgrad på 64 % efter 10 års brug. Kedelydelsen sættes til 100 kW:

$$0,64 * (0,0043 * \text{LN}(100) + 0,93) = 0,61.$$

Det vil sige en årsvirkningsgrad efter 10 år på 61 %.

Som ny var den:  $0,85 * (0,0043 * \text{LN}(100) + 0,93) = 0,81$ .

Det vil sige en årsvirkningsgrad fra ny på 81 % - og dermed et fald på 24 % eller 20 %-point på de 10 år.

### **Grundlag og forbehold**

Nærværende notat, er udarbejdet af Teknologisk Institut. Det er udarbejdet på baggrund af Teknologisk Instituts generelle viden og erfaring indenfor området samt målinger udført på kedler i forbindelse med prøvninger og projekter.

Som det fremgår er der væsentlig usikkerhed behæftet med de opgivne og beregnede størrelser og udledte formler. De må derfor ikke betragtes som absolutte eller endegyldige, men blot som Teknologisk Instituts bedste bud på nogle gennemsnitsbetragtninger, som bredt kan anvendes til at lave de ønskede beregninger af kedlernes virkningsgrader.