

DFF

Brugervejledning til biomasse varmeværksmodel

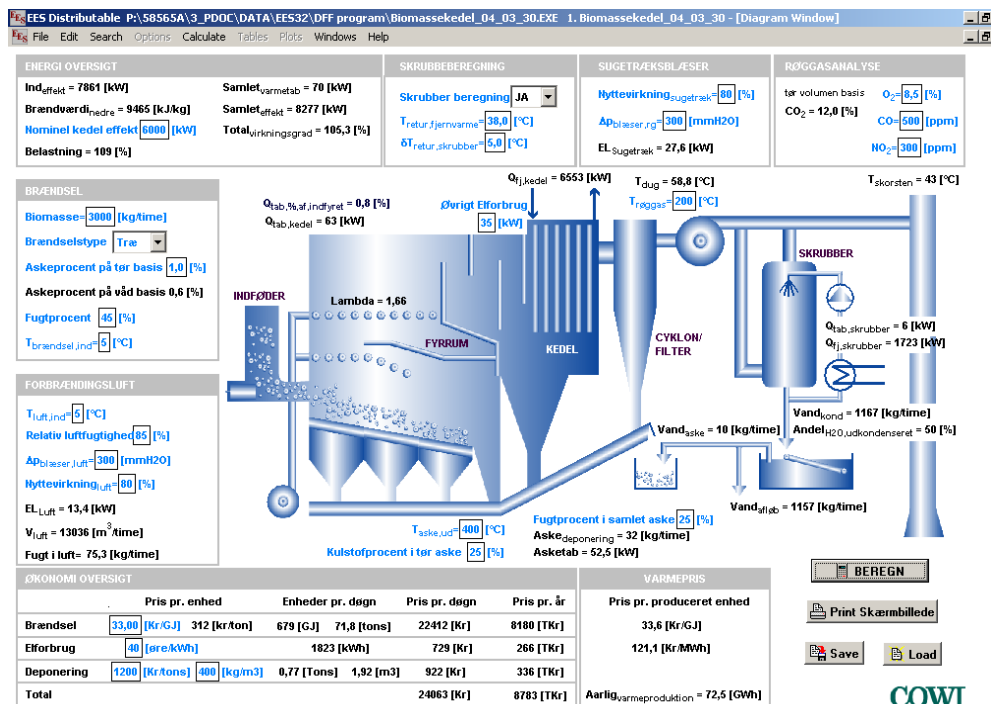
COWI A/S

Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby

Telefon 45 97 22 11
Telefax 45 97 22 12
www.cowi.dk

Indholdsfortegnelse

1	Introduktion	2
1	Vejledning i brug af varmeværksmodel	3
1.1	Arkivering af beregning	3
2	Beskrivelse af varmeværksmodel	4
2.1	Baggrunden for valg af EES som modelværktøj	4
2.2	Data der er fastlagt i programmet	4
2.3	Input fra brugeren	8
2.4	Output på brugerflade	10



Dokument nr. 58565-02
Revision nr. 01
Udgivelsesdato marts 2004

Udarbejdet JDB
Kontrolleret CLB
Godkendt JDB

Introduktion

Denne vejledning beskriver det edb-værktøj, der er udarbejdet til at analysere energivirkningsgrad og driftsøkonomi af eksisterende og mulige nye biomasse-anlæg, samt typer af biobrændsel.

Vejledningen består af to dele:

1. Vejledning i brug af edb-værktøjet, se næste afsnit "*Vejledning i brug af varmemærksmodel*".
Formålet med dette afsnit er at give brugeren tilstrækkelig med viden til at benytte værktøjet.
2. Beskrivelse af edb-værktøjet, se i afsnittet "*Beskrivelse af varmemærksmodel*".
Formålet med dette afsnit er at give brugeren en mere dybdegående beskrivelse af baggrunden for edb-værktøjet.

Formålet med edb-værktøjet er først og fremmest at styrke varmemærkers beslutningsgrundlag, når:

- driftsøkonomi ved indkøb af nye kedler skal vurderes
- indkøb af det økonomisk mest fordelagtige brændsel skal foretages
- anlægget skal indreguleres til økonomisk optimal drift.

Herudover er formålet, at de danske anlægsproducenter vil tilrette egne beregningsværktøjer, således at beregninger af virkningsgrader bliver mere ens og på et fælles ensartet grundlag for de danske producenter.

Edb-værktøjet er udarbejdet af COWI A/S, der har alle rettigheder til programmet. Enhver anvendelse af programmet og resultater heraf sker på brugers eget ansvar, og brugeren vil ikke kunne rejse nogen form for krav som følge af brugen over for DFF eller COWI A/S.

Spørgsmål vedrørende værktøjet rettes til:

Jens Dall Bentzen (COWI A/S)
e-mail: jdb@cowi.dk
Telefon: 45 97 13 38.

God fornøjelse.

1 Vejledning i brug af varmemærksmodel

Det har været hensigten at udarbejde et brugervenligt edb-værktøj, således at det kan anvendes af brugere, der ikke er vant til at lave energiberegninger.

Edb-værktøjet startes ved at aktivere filen Biomassekedel_DFF.EXE. Edb-værktøjet er opbygget med en brugerflade, hvor en biomassefyret kedel- og skrubber er skitseret. På brugerfladen er der for brugeren mulighed for i de:

- BLÅ felter at indtaste input data. Når de blå felter er udfyldt af brugeren, aktiveres "Beregn" knappen på brugerfladen eller "F2", hvorefter programmet opdateres.
- SORTE felter at aflæse beregningsresultater med relevante masse-, energi- og volumenstrømme samt økonomidata, som er beregnet af programmet på baggrund af inputtet i de blå felter.



Herudover kan brugeren få en oversigt over relevante masse-, energi- og volumenstrømme. Denne oversigt findes under "Windows/Report Window" eller ved at trykke "Ctrl-Alt-r". Man returnerer til diagrammet ved at taste "Ctrl-d".


1.1 Arkivering af beregning

Såvel diagramvindue som rapportvinduet kan gemmes på PC eller printes.


1.1.1 Gemme beregning på computer

Diagramvinduet gemmes ved at aktivere "Edit" og "Copy diagram", hvorefter diagramvinduet kan kopieres over i et andet dokument.

Ønsker man at gemme beregningen for senere at regne videre, aktiveres  i diagramvinduet og beregningen navngives. Beregningen hentes ind ved aktivering af -ikonet.

Resultatrapporten ("Ctrl-Alt-r") gemmes ved at trykke på diskette-ikonet () i rapportvinduet. Herefter skal beregningen navngives.

1.1.2 Printe beregning

Diagrammet og rapporten kan printes ved at aktivere "Print" knappen på brugerfladen ()

Under menuen "File" og undermenuen "Print setup" kan formatet af papir og den ønskede printer vælges. I undermenuen "Print" kan der vælges de dele, der ønskes printet.

2 Beskrivelse af varmegæringsmodel

I dette afsnit beskrives

- Baggrunden for valg af Engineering Equation Solver (EES) som modelværktøj
- Data, der er fastlagt i programmet, som ikke kan ændres af brugeren
- Input fra brugeren
- Output på brugerfladen.

2.1 Baggrunden for valg af EES som modelværktøj

Modelleringsværktøjet Engineering Equation Solver (EES) benyttes i dette tilfælde til at lave en energiberegning over et biomassefyret varmegæringsanlæg. Dette har flere årsager, blandt andet at:

- EES indeholder en række termodynamiske funktioner bl.a. entalpi- og varmekapacitetsfunktioner, der er meget anvendelige, når der regnes på termodynamiske systemer. Funktionerne sikrer en stor nøjagtighed af beregningerne.
- I EES kan der opbygges en brugervenlig overflade med et systemdiagram, hvor udvalgte input kan ændres af brugeren, og udvalgte output kan præsenteres.

2.2 Data der er fastlagt i programmet

2.2.1 Brændsler

Edb-værktøjet er udarbejdet, så et bredt spekter af biobrændsler kan modelleres.

Aske- og fugtindholdet kan variere meget fra biomasse til biomasse, og disse fraktioner skal derfor indsattes separat af brugeren.

Den tørre askefrie del af biomassen består hovedsageligt af brint, ilt og kulstof. Herudover er der en række sporstoffer, som f.eks. klor, svovl, kvælstof mv. For termodynamiske beregninger er det passende at antage, at den tørre og askefrie biomasse kun består af kulstof, brint og ilt. Sammensætningen opskrives som CH_yO_z , hvor y , z afhænger af den enkelte type biomasse.

I danske biomasseanlæg benyttes hovedsageligt flis, halm eller træpiller.

Såvel halm som flis kan deles i underkategorier (gul/grå halm; nåletræ/løvtræ), men da variationerne ikke er væsentlige for energiberegningen, er der benyttet et sæt data for halm og et sæt data for træ.

Brændselsdata for halm og flis brugt i modellen er taget fra henholdsvis ¹[Halm til energiformål] og ²[Træ til energiformål].

2.2.2 Luft

Luft består hovedsageligt af kvælstof (N₂) og ilt (O₂). Hertil kommer mindre mængder argon (Ar), kuldioxid (CO₂) og vanddamp.

For termodynamiske beregninger kan tør luft med god tilnærmelse beskrives ved det molære forhold: O₂ + 3,76 N₂, hvilket benyttes i denne EES model.

Vanddampindholdet i luften kan variere meget, og da denne fraktion har betydning for den samlede energivirkningsgrad i tilfælde af udkondensering medregnes vandindholdet i luften.

2.2.3 Udnyttelse af kondensationsvarme

Røggassen fra forbrænding af biomasse kan have et højt indhold af vanddamp. En væsentlig del af vanddampens kondensationsvarme kan nyttiggøres til fjernvarme. Dette gøres almindeligvis via en skrubber, hvor skrubbevandet varmeveksler med fjernvarmevand.

Til beregningerne af energiproduktionen i skrubberen antages, at røggassen efter skrubberen er mættet med vanddamp. Herved kan mængden af vand, der er udkondenseret fra røggassen, udregnes, og entalpistrømme af såvel røggas som kondensat kan beregnes.

Energitalet fra partikler i skrubberkredsen negligeres.

Som udgangspunkt beregnes skrubberkredsen, men beregningen kan fravælges ved at markere "NEJ" i feltet "Skrubber beregning" på brugerfladen. Derved kan anlæg uden en skrubber ligeledes beregnes.

2.2.4 Strålings- og konvektionstab

Det er vanskeligt at måle eller på anden vis bestemme strålings- og konvektionstab. I standarderne DIN 1942 og EN 12953 benyttes en udregningsmetode, hvor varmetabet afhænger af brændselstype (og dermed designet af fyrrummet) og af anlægsstørrelsen³.

I EES-modellen benyttes metoden fra standarderne, hvor varmetabet er baseret på den nominelle effekt. Der er ikke i standarderne udarbejdet et specifikt ud-

¹ Halm til energiformål,

Videncenter for Halm- og Flisfyring 2. udgave (ISBN: 87-90074-16-5)

² Træ til energiformål

Videncenter for Halm- og Flisfyring 2. revideret udgave (ISBN: 87-90074-24-6)

³ Se f.eks. DIN 1942 afsnit 6.3.3.6 eller EN 12953 side 22

tryk for biomassekedler. I DIN 1942 angives formler for brunkulskedler, og i EN 12953 angives formler for kulkedler.

Formelen fra DIN 1942 giver et væsentligt højere varmetab end formelen fra EN 12953, som også er væsentligt nyere (2001). I programmet benyttes formelen fra EN 12953, med et tillæg på 50%. Dette tillæg er valgt, idet biomasseanlæg er større pr. installeret effekt og dermed har større overflade, samt varmetabet indeholder tabet fra multicyklon/filter.

Varmetabet kan i programmet justeres ved at ændre i "Nominel effekt" feltet på brugerfladen, hvilket ikke ændrer ved øvrige beregninger.

For skrubberkredsen er der ikke fundet empiriske udtryk. COWI har vurderet, at varmetabet kan estimeres som 10% af kedeltabet.

2.2.5 Asketab

Den tilførte mængde aske kommer ind med brændslet ved en lav temperatur og forlader kedlen eller cyklonen ved en højere temperatur. Dette giver anledning til et termisk tab.

Asken, der forlader systemet, indeholder en vis mængde uforbrændt kulstof, som giver anledning til et tab i form af uforbrændt kulstof.

For at holde programmet på et rimeligt overskueligt niveau er asken ud af risten og asken ud af cyklonen slået sammen til et fælles asketab.

I modellen beregnes såvel varmetabet fra asken som energitabet i form af ikke omsat kulstof.

Den midlede temperatur og andel af uforbrændt fra rist og cyklon kan ændres af brugeren.

2.2.6 Varmefylder og entalpidata

EES benytter entalpier, som er indbygget i EES' egen stof-database. I EES stof-databasen eksisterer der dog ikke entalpier for aske, kulstof og biomasse.

For kulstof benyttes entalpidata for grafit.

For aske og biomasse er der benyttet udtryk for varmfylder:

- For aske benyttes $C_p=0,75$ kJ/kg [værdi for quartz⁴].
- For tør biomasse benyttes $C_p=1,38$ kJ/kg [værdi for nåletræ⁵].

⁴ Introduction to Heat Transfer
Wiley, Incropera & DeWitt, 3rd edition (ISBN: 0-471-30458-1)

2.2.7 Beregning af indfyret effekt

Indfyret effekt beregnes på våd basis.

For forbrænding af træ ses der ofte bort fra askeindholdet, og i Danmark beregnes brændværdien i brændslet alene ud fra fugtindhold og brændværdi på tør basis jf. brændværdiberegningen side 22 i [Træ til energiformål].

Ved ikke at tage hensyn til askeindholdet i brændværdien betaler kunden for aske, som var det biomasse, og derfor bør askeindholdet medregnes. Især ved halm og ved flis med meget bark kan askeindholdet have en stor betydning. For at medregne askeindholdet beregnes brændværdien af brændslet således⁶:

$$H_n \text{ brændsel} = H_n \text{ tør og askefri basis} * (1 - \text{vandandel} - \text{askeandel}) - 2,442 * \text{vandandel}.$$

Idet det er almindeligt at kende askeandelen af det tørre brændsel, er det derfor denne værdi brugeren skal indtaste. Ovenstående formel skal derfor justeres således, at det er den askeandel i det tørre brændsel, der indgår. Brændværdiberegningen kommer derfor til at se således ud:

$$H_n \text{ brændsel} =$$

$$H_n \text{ tør og askefri basis} * (1 - \text{vandandel} - \text{tør askeandel} * (1 - \text{vandandel})) - 2,442 * \text{vandandel}.$$

Beregningen af brændværdien gælder ved referencetemperaturen på 25°C. Ved en højere temperatur af brændslet tilføres ikke kun den kemisk bundne energi, men også den varmeenergi, der er i brændslet. Omvendt forholder det sig ved koldt brændsel, og brændværdien ved 25°C justeres derfor i forhold til brændslets temperatur.

Indfyret effekt beregnes som brændværdi af brændsel gange med indfyret massestrøm.

2.2.8 Elforbrug

I modellen findes der to typer elforbrug: et til blæsere og et til øvrigt forbrug.

Elforbruget til blæserne beregnes ud fra effektbehovet, der skal tilføres ved den angivne trykændring. Brugeren skal angive blæserens nyttevirkning. Det skal hertil bemærkes, at nyttevirkningen afhænger af

- Blæsertype
- Aktuel last (flow mængde)
- Tryktabet der skal overvindes

For både primær, sekundær og sugetræksblæser er der antaget en default effektivitet på 80%.

⁵ Tørring af flis til kraftvarmeproduktion, DTI 1994

⁶ Se også Varme Ståbi 3. udgave, formel 3.5.3

Øvrigt elforbrug såsom indfoder, trykluft til sodblæsning, mindre motorer, recirkulationsblæser mv. er vanskeligt at beregne. Ud fra egne erfaringer skal brugeren indtaste størrelsen af øvrigt elforbrug.

2.3 Input fra brugeren

I brugerfladen benyttes farvekoder for in- og output: værdier som er skrevet med blå skrift udgør input, og værdier som er skrevet med sort skrift udgør output.

2.3.1 Type og mængde brændsel

Brugeren kan vælge mellem to typer biomasse: halm og træ. Disse valg bestemmer C-H-O forholdet i beregningerne. Den kemiske sammensætning af halm og træ kan i princippet opdeles i yderligere kategorier, som f.eks. gul/grå halm og nål/løv træ, men det er vurderet, at denne inddeling i henholdsvis halm og træ er tilstrækkelig, og C-H-O forholdet er baseret på data fra "Halm til energiformål" og fra "Træ til energiformål".

Mængden af tilført brændsel (våd basis inklusive aske) skal indtastes af brugeren.

2.3.2 Fugt- og askeprocent i biomasse

Biomasse betragtes i modellen som bestående af tre separate fraktioner: aske, vand og tør askefri biomasse.

Når energibalancen for biomassen beregnes, medregnes således entalpistrømmen fra henholdsvis aske, vand og tør askefri biomasse.

Da der kan være store forskelle i indhold af aske og vand, skal disse data indtastes separat.

Fugtprocent af brændslet beregnes almindeligvis i forhold til tør biomasse inklusive aske, og det er derfor denne værdi brugeren skal indtaste.

Askeprocenten af brændslet opgives almindeligvis på tør biomasse, og det er derfor denne værdi brugeren skal indtaste.

2.3.3 Temperatur af brændsel

Temperaturen af brændslet har betydning for, hvor meget energi der tilføres kedlen. Derfor er det valgt, at brugeren kan indtaste denne temperatur, som gælder for både biomassen og vandet i biomassen.

2.3.4 Forbrændingsluft

Forbrændingsluften tages almindeligvis fra kedelrum eller fra brændselssilo. Temperaturen af forbrændingsluften har betydning for, hvor meget energi der

tilføres. For kondenserende anlæg er relativ fugtighed i luften også betydningsfuld, idet kondensationsvarmen i luftens fugtighed genvindes i skrubberen.

I EES-modellen skal brugeren indtaste såvel temperatur som relativ fugtighed af forbrændingsluften.

Der tilføres almindeligvis luft flere steder i en biomassekedel: under risten (primær luft) og forskellige steder i gasfasen (sekundær og tertiær luft). Nogle leverandører benytter en fælles blæser, mens andre benytter flere blæsere.

For at holde modellen overskuelig er der kun medtaget en fælles blæser.

2.3.5 Elforbrug til luftblæser

Differenstrykket over luftblæseren, luftforbruget, temperaturen af luften og blæserens virkningsgrad bestemmer elforbruget til luftblæseren.

Luftforbruget beregnes af programmet, mens brugeren skal indtaste de øvrige parametre.

2.3.6 Øvrigt elforbrug

Øvrigt elforbrug indtastes af brugeren og omfatter biomasse indføder, elforbrug til trykluft, mindre motorer, eventuel recirkulation af røggas mm.

2.3.7 Røggas

Temperaturen af røggassen udgør et input to steder i modellen, henholdsvis efter kedlen og efter skrubberkreds.

Temperaturen efter kedlen benyttes i programmet til at beregne den afgivne effekt til henholdsvis kedel og skrubber, og den indgår i beregningen af effekten i sugetræksblæseren, idet temperaturen er afgørende for volumenstrøm og massefylde af røggassen.

De gaskomponenter, der almindeligvis måles på et fjernvarmeværk: O₂, CO og NO_x, skal indtastes. Da det er mest almindeligt at måle på den tørre gas, er det valgt, at brugeren skal indtaste data på tør basis.

Programmet benytter disse værdier til at bestemme lufttilsætningen og anlæggets virkningsgrad.

2.3.8 Skrubberkreds

Programmet kan benyttes til såvel kondenserende værker som til ikke-kondenserende værker.

Programmet regner som udgangspunkt på kondenserende drift, og for at regne på ikke-kondenserende drift skal brugeren markere NEJ ud fra "Skrubber be-

regning", hvorved det er røggastemperaturen efter kedlen der bestemmer den samlede energiproduktion.

Til beregning på skrubberkredsen skal brugeren indtaste returtemperaturen og differensstemperaturen mellem returtemperaturen og temperaturen af røggassen efter skrubberen.

Når skrubberkreds-beregningen er aktiveret, beregnes mængden af udkondenseret vand ud fra, at vand/røggas er i ligevægt efter skrubberen.

2.3.9 Uforbrændt kulstof og aske ud af kedel

Asken, som består af uorganisk aske og uforbrændt kulstof, fjernes fra anlægget dels via risten og dels via cyklonen. Temperaturen af asken kan være høj.

Herefter bliver asken inklusive uforbrændt kulstof befugtet. Fugtprocenten af asken til deponering er af betydning for den samlede mængde, der skal deponeres, og dermed udgiften til deponering.

Brugeren skal således indtaste:

- Andelen af uforbrændt kulstof i af tørre askemængde.
- Fugtprocenten af asken til deponering

Energitalbet i form af tab af termisk energi, idet asken forlader anlægget ved en høj temperatur, er for flisfyrede anlæg meget beskedent, idet askeandelen er meget lav. For brændsler med højt askeindhold, f.eks. halm, kan dette energitab dog være relevant at medregne, og beregningen er derfor taget med i programmet.

2.3.10 Økonomi

Til beregning af driftsomkostningerne skal brugeren indtaste priser på brændsel, elforbrug og deponeringsomkostninger.

Brændselsprisen indtastes på basis af nedre brændværdi. Programmet beregner herefter brændselsprisen i kr./ton, som vises ved siden af som et output.

Deponeringsomkostningerne (kr./ton) som udgør såvel transportudgiften, deponeringsafgiften og eventuelle skatter, skal indtastes af brugeren.

2.4 Output på brugerflade

2.4.1 Energivirkningsgrad

Energivirkningsgraden beregnes på baggrund af indfyret effekt i forhold til samlet effekt produceret. Indfyret effekt, effekten til fjernvarme fra kedlen og

fra skrubberkreds, samlet effekt og energivirkningsgraden fremgår af brugerfladen.

2.4.2 Last

Ud fra brugerens angivelse af den "nominelle kedel effekt" og fra programmets beregning af den aktuelle kedel effekt bliver anlæggets aktuelle last beregnet.

For kun at lave realistiske beregninger er programmet sat til komme med en fejlmeddelelse, hvis lasten bliver under 10% eller over 125%.

2.4.3 Kedel- og skrubbertab

De i programmet beregnede værdier af strålings- og konvektionstabet fremgår på brugerfladen.

For beregning af kedlens varmetab er metoden fra DIN 1942 og EN 12953 benyttet. Koefficienter fra EN 12953 ved beregning på kulkedel benyttes med tillæg på 50%. Tab fra cyklon/filter antages at være indeholdt heri. For skrubberen antages, at varmetabet er 10% i forhold til kedlen.

2.4.4 Forbrændingsluft

Ud fra røggasanalysen og massestrømmen af indfyret brændsel beregnes luftoverskudstallet og volumenstrømmen af tilført forbrændingsluft. Den elektriske effekt til luftblæseren beregnes ud fra luftmængden og den indtastede trykændring over blæseren.

2.4.5 Røggas

Den elektriske effekt til sugetræksblæseren fremgår på brugerfladen og udgør en funktion af røggassens gasstrøm og trykændringen, som indtastes af brugeren.

Desuden fremgår andelen af CO₂ i røggassen på tør volumen basis. Andelen af CO₂ bestemmes ud fra atombalancen.

2.4.6 Vand til befugtning

Ud fra kendskab til fugtprocenten i asken samt den udkondenserende mængde væske i skrubberen bliver det beregnet, hvor meget vand der bruges til befugtning, og hvor meget vand der går til afløb.

Når systemet bruger vand til befugtning, dvs. at der ikke udkondenseret nok vand fra røggassen, fremgår værdien til afløb som negativ.

2.4.7 Økonomi

Af økonomitabellen fremgår, hvor meget brændsel, el og aske til deponering der produceres under de valgte driftsbetingelser. Ved de indtastede priser beregnes udgifterne herefter pr. døgn, pr. år og pr. produceret enhed.