



## Modellering af strømningsforholdene i en koksbed vht. tyndfilmsmodeller

Jensen, Torben Kvist; Henriksen, Ulrik Birk; Gøbel, Benny

*Publication date:*  
2002

*Document Version*  
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Jensen, T. K., Henriksen, U. B., & Gøbel, B. (2002). *Modellering af strømningsforholdene i en koksbed vht. tyndfilmsmodeller*. MEK-ET-2002-03

---

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

**FEBRUAR 2002**

**Modellering af  
strømningsforholdene i en  
koksbed vha. tyndfilmsmodeller.**

Torben Kvist Jensen  
Ulrik Henriksen  
Benny Gøbel



**Danmarks  
Tekniske  
Universitet**

**Institut  
Mekanik,  
Energj og  
Konstruktion**

**MEK**

**Biomass  
Gasification  
Group**



|  |    |
|--|----|
| <i>Symbolliste</i> .....                                     | 4  |
| <i>Indledning</i> .....                                      | 5  |
| <b>Baggrund</b> .....  | 5  |
| <b>Formål</b> .....  | 5  |
| <i>Det termodynamiske system</i> .....                       | 5  |
| Massebevarelse.....  | 6  |
| Energibalance.....   | 6  |
| Stofbevarelse.....   | 7  |
| Tryktab.....   | 7  |
| Partikelmodeller.....  | 8  |
| <i>Modelberegninger</i> .....                                | 9  |
| Generelle antagelser.....                                    | 9  |
| Betydning af det dynamiske led i Erguns tryktabsligning..... | 9  |
| Valg af partikelmodel.....                                   | 10 |
| Fordeling af diskretiseringstrinene.....                     | 12 |
| Inhomogeniteter i koksbedden.....                            | 14 |
| En ujævn koksomsætnings betydning.....                       | 17 |
| Ændring af partikelstørrelse.....                            | 22 |
| <i>Konklusion</i> .....                                      | 23 |
| <i>Referencer</i> .....                                      | 24 |

## SYMBOLLISTE

|               |  |
|---------------|--|
| $A$           | Frekvensfaktor i reaktivitetsudtryk      |
| $A_{reaktor}$ | Reaktorens tværsnitsareal                |
| $d$           | Partikeldiameter                         |
| $D_x$         | Permeabilitetskoefficient                |
| $E$           | Aktiveringsenergi i reaktivitetsudtryk   |
| $h$           | specifik entalpi                         |
| $k_1-k_4$     | Empiriske parametre i reaktivitetsudtryk |
| $k_a$         | Ligevægtskonstant                        |
| $M$           | Masse                                    |
| $\dot{m}$     | Massestrøm                               |
| $m$           | Empirisk parameter i reaktivitetsudtryk  |
| $n$           | Stofmængde                               |
| $n$           | Parameter i partikelmodel                |
| $n_1-n_3$     | Empiriske parametre i reaktivitetsudtryk |
| $p$           | Tryktab                                  |
| $R$           | Reaktivitet                              |
| $t$           | Tid                                      |
| $T$           | Temperatur                               |
| $U$           | Indre energi                             |
| $U$           | Gashastighed i tom reator                |
| $V$           | Partikelvolumen                          |
| $x$           | Længdekoordinat i koksbedden             |
| $X$           | Omsætningsgrad                           |

### *Græske bogstaver*

|               |                                   |
|---------------|-----------------------------------|
| $\eta$        | Viskositet                        |
| $\varepsilon$ | Porøsitet (hulrumsandel i bedden) |
| $\rho$        | Massefylde                        |

### *Indices*

|        |   |
|--------|---|
| $0$    | Starttilstand                                 |
| $gas$  | Gas   |
| $i$    | Stof  |
| $ind$  | Tilstand over bedden                          |
| $koks$ | Koks  |
| $kv$   | Kontrolvolumen                                |
| $rist$ | Tilstand lige under risten, dvs. under bedden |

## **INDLEDNING.**

I dette arbejde er der opbygget dynamiske modeller af en koksbed. Modellerne er brugt til at undersøge hvordan, inhomogeniteter påvirker strømningsforholdene og koksomsætningen i bedden.

### **Baggrund**

Under termisk forgasning af biomasse i medstrømsforgassere er det tidligere observeret, at koksen under visse forhold omsættes forskelligt forskellige steder i koksbedden. I ekstreme tilfælde kan der endog dannes kanaler ned gennem koksbedden. Den forskelligartede omsætning er uheldig af flere grunde. Dels forventes den at betyde, at koksomsætning falder lokalt i reaktoren, dels at en del af tjæreprodukterne fra pyrolysen, vil passere gennem reaktoren uden at blive krakket, hvis der opstår kanaler i koksbedden. En uensartet koksomsætning, vil også kunne resultere i et øget kokstab ud gennem bunden af forgasseren.

I forbindelse med opskalering af forgassere er der risiko for at uensartede forhold i koksbedden kan opstå med de ovennævnte ulemper til følge. Derfor er det vigtigt, at have en god model til undersøgelse af hvordan forskellige driftsparametre påvirker trykforholdene og dermed omsætningsforholdene i en koksbed.

### **Formål**

Der skal opbygges modeller til beskrivelse af strømningsforholdene i en fixed bed reaktor til forgasning af biomasse. Formålet med modellerne er at undersøge, hvordan forskellige parametre som partiklerstørrelse, porøsitet og styringstrategier påvirker stabiliteten af omsætningen i bedden.

## **DET TERMODYNAMISKE SYSTEM**

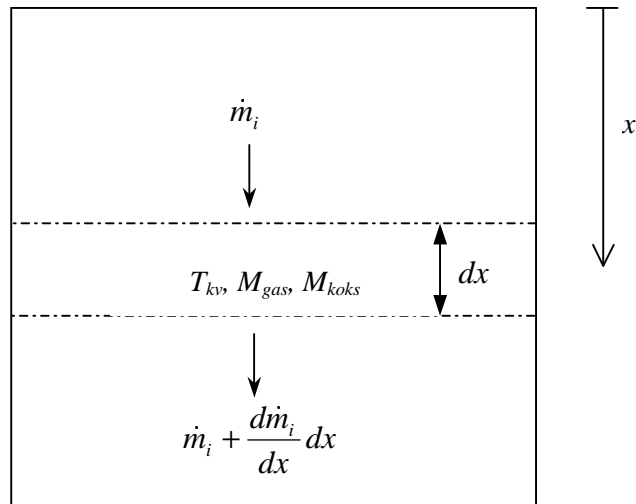
Tryktabet over en koksbed afhænger bla. af størrelsen af partiklerne i bedden og af hastigheden, hvormed gassen strømmer ned gennem bedden. Disse størrelser bliver beregnet vha. en én-dimensionel model af forgasningsreaktoren. Udgangspunktet for dette er en model beskrevet af Benny Gøbel [Gøbel, B, 1999].

Koks og pyrolysegasser tilføres forgasningsreaktoren fra en pyrolyseenhed. Over kokslaget tilledes luft og vanddamp som forgasningsmiddel. Ilten i den tilledte luft reagerer med pyrolysegasserne, hvorved al ilten forbruges og temperaturen hæves. Derfor kan det antages, at gassen, der strømmer ned i bedden kun består af  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$  og  $\text{CH}_4$ .

I de udførte beregninger er der taget udgangspunkt i en to-trins forgasser med en indfyret effekt på omkring 100 kW, som er opstillet ved Energitekniksektionen på DTU.

De forskellige inputparametre til modellen kan ses i bilag 1, der er en udskrift af en af de udarbejdede modeller.

Modellerne, der opbygges her er en-dimensionelle dynamiske modeller. I Figur 1 er vist et differentielt kontrolvolumen i et tværsnit i koksbedden. Af figuren fremgår ligeledes den valgte fortegnskonvention.



**Figur 1. Kontrolvolumen til brug i forbindelse med den matematiske formulering af det termodynamiske system.**

### Massebevarelse

En massebalance for kontrolvolumenet giver

$$\sum_i \frac{dM_i}{dt} + \sum_i \frac{dm_i}{dx} dx = 0$$

hvor indeks  $i$  indikerer hvilket stof, der betragtes,  $M$  er massen i kontrolvolumenet,  $t$  er tiden og  $dx$  er tykkelsen af kontrolvolumenet.  $\dot{m}$  er massestrømmen gennem kontrolvolumenet

### Energibalance

Når varmetabet fra bedden til reaktorvæggene negligeres, kan første hovedsætning for kontrolvolumenet skrives som

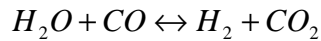
$$\sum_i \frac{dU_i}{dt} + \sum_i \frac{d(\dot{m}_i \cdot h_i)}{dx} dx = 0$$

$U$  er den indre energi og  $h$  er den massespecifikke enthalpi af stoffet, der strømmer gennem kontrolfladen.

## Stofbevarelse

### Gas-gas reaktioner:

Som tidligere nævnt antages det, at gassen udelukkende består af stofferne  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$  og  $\text{CH}_4$ . Det antages desuden, at  $\text{CH}_4$  og  $\text{N}_2$  ikke reagerer ned gennem koksbedden. Endvidere antages det, at de øvrige gasser er i kemisk ligevægt og at ligevægtskoncentrationerne kan beskrives med water-gas shift reaktionen



$$k_a(T) = \frac{[\text{H}_2\text{O}][\text{CO}]}{[\text{H}_2][\text{CO}_2]}$$

hvor ligevægtskonstanten  $k_a$ , kan beregnes som

$$k_a(T) = 1.303 \cdot 10^{-6} T^2 + 7.17 \cdot 10^{-4} T - 1.3006, \quad T \in [975\text{K}; 1525\text{K}]$$

### Koks-gas reaktioner:

Koksens reaktivitet,  $R$ , beskrives med en model, der inkluderer effekten af koncentrationen af gasserne  $\text{H}_2$  og  $\text{H}_2\text{O}$ , koksens omsætningsgrad,  $X$ , og af temperaturen.

$$R = -\frac{1}{M_{\text{koks}}} \frac{dM_{\text{koks}}}{dt} = \frac{A \cdot \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) \cdot n_3 \cdot T^m [\text{H}_2\text{O}]^{n_1}}{A \cdot \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) + n_3 \cdot T^m} \frac{[\text{H}_2\text{O}]^{n_1}}{1 + n_2 [\text{H}_2]} \cdot (k_1 + k_2 \cdot X + k_3 \cdot X^{k_4})$$

hvor  $[\text{H}_2\text{O}]$  og  $[\text{H}_2]$  er partialtrykket (bar) af hhv. vanddamp og brint.  $R$  er gaskonstanten  $A$ ,  $E$ ,  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3$ ,  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$  og  $k_4$  er empirisk bestemte konstanter. Reaktivitetsudtrykket, der anvendes her er bestemt for *standard gasifier fuel*, SGF. For dette brændsel har de empirisk bestemte konstanter følgende værdier (Gøbel, Benny, 1999):

$$A=1.50 \cdot 10^9, \quad E=2.00 \cdot 10^5, \quad n_1=0.603, \quad n_2=7.053, \quad n_3=1.00 \cdot 10^{26}$$
$$k_1=0.83, \quad k_2=0.294, \quad k_3=11.19, \quad k_4=12.92, \quad m=8.0.$$

## Tryktab

Trykfaldet gennem porøse medier, som f.eks. en koksbed beskrives med Darcy's og Ergun's ligninger [Hindsgaul, C & Henriksen, U, 1999].

Darcy's ligning:

$$\frac{dp}{dx} = \frac{\dot{m}_{\text{gas}}}{A \cdot D_x}$$

Massestrømmen af gas i Darcy's ligning kan skrives som

$$\dot{m}_{\text{gas}} = A_{\text{reaktor}} \cdot \rho_{\text{gas}} \cdot U$$



hvor  $A$  er arealet af reaktoren,  $D_x$  er en permeabilitetskoeficient,  $p$  er trykket og  $U$  er gashastigheden i en tom reaktor.

i følge Ergun's ligning kan tryktabet skrives som:

$$-\frac{dp}{dx} = \frac{150 \cdot \eta_{gas}}{d^2} \cdot \frac{(1-\varepsilon)^2}{\varepsilon^3} \cdot U + \frac{1,75 \cdot \rho_{gas}}{d} \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3} \cdot U^2$$

hvor  $\eta_{gas}$  er den dynamiske viskositet,  $d$  er middel partikeldiameter og  $\varepsilon$  er porøsiteten. Som det ses, adskiller Ergun's ligning fra Darcy's ved at have medtaget et dynamisk led.

Hvis det dynamiske led i Ergun's ligning negligeres, kan permeabiliteten beskrives ud fra Ergun's ligning som

$$D_x = \rho_{gas} \frac{d^2}{150 \cdot \eta_{gas}} \frac{\varepsilon^3}{(1-\varepsilon)^2}$$

## Partikkelmodeller

Kokspartikler er porøse som følge af tørring og pyrolyse. Derfor vil forgasningsprocesserne ikke alene kunne ske på partiklernes overflade, men også længere inde i partiklerne. I det følgende vil betydningen af valget af partikkelmodel for forskellige egenskaber som temperaturen ned gennem og tryktabet over en koksbed blive belyst vha. modelberegninger.

En kokspartikels volumen,  $V$ , som funktion af omsætningsgraden er i dette arbejde beskrevet med en simpel model, der giver at

$$V = V_0(1-X)^n,$$

hvor  $n$  er en parameter og  $X$  er omsætningsgraden. Når det antages alle partikler er kugler fås at partikeldiameteren,  $d$ , kan bestemmes som

$$d = d_0(1-X)^{n/3}$$

og partikelmassefylden,  $\rho$ , kan bestemmes som

$$\rho = \rho_0(1-X)^{1-n}.$$

Parameteren  $n$  kan have værdier mellem 0 og 1.  $n=0$  svarer til det ekstreme tilfælde, hvor partiklerne er meget porøse og koksomsætningen derfor sker ligeligt over hele partiklens volumen. Dvs. at partikeldiameteren ikke ændres, men partiklen bliver mere og mere porøs som omsætningsgraden stiger. Derfor kaldes partikkelmodellen for *den porøse model* for  $n=0$ . For det andet ekstreme tilfælde,  $n=1$ , antages det at koksomsætningen alene sker på partiklernes overflade. Dvs. i dette tilfælde er partikelmassefylden uafhængigt af omsætningsgraden, men diameteren falder. Partikkelmodellen kaldes i dette tilfælde for *skrumpemodellen*.

## MODELBEREGNINGER

I de følgende afsnit vil resultater af beregninger med den ovenfor beskrevne model blive beskrevet. Betydningen af en række parametre og antagelser vil blive undersøgt.

### Generelle antagelser

Resultaterne er baseret på en række antagelser, hvoraf de væsentligste er beskrevet i det følgende. I visse tilfælde er der gjort andre antagelser, men det vil blive nævnt i de enkelte afsnit, hvis det er tilfældet.

- Forgasningen kan beskrives vha. en en-dimensionel dynamisk model.
- Alle partikler er kugler og i et givet tværsnit i reaktoren har alle partikler samme diameter
- Koks og gas har samme temperatur i et givet tværsnit.
- Koksomsætningen afhænger af temperatur, andelen af  $H_2$  og  $H_2O$  i gassen og af omsætningsgraden af koksen.
- Gassammensætningen indstiller sig efter vand-gas shift reaktionen.
- Tryktabet bestemmes vha. Erguns ligning.
- Omsætning sker alene på partilernes overflade, dvs. efter en skrumpemodel.
- Varmeledning og varmetab er negligibel.

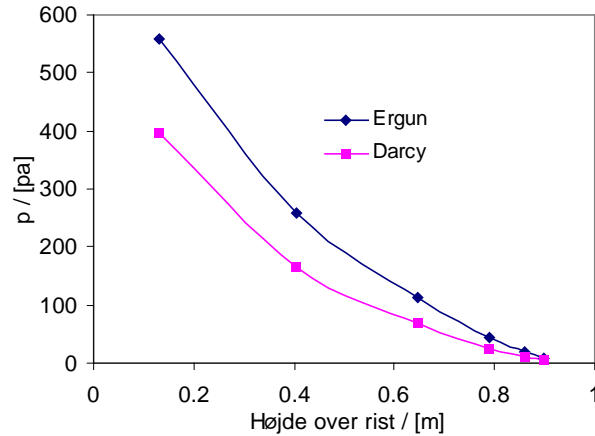
Hvor ikke andet er nævnt, er x-retningen (se Figur 1) opdelt i seks diskretiseringstrin, hvor der omsættes lige store mængder koks i hvert trin.

Ligningssystemet, der beskriver hvad der sker i bedden, består af både algebraiske ligninger og partielle differentialligninger. I de partielle differentialligninger differentieres med hhv. tid og x-retningen, se Figur 1. Ved at diskretisere ligningssystemet i et antal kontrolvolumener i x-retning transformeres de partielle differentialligninger til et sæt sædvanlige differentialligninger.

Ligningssystemet løses vha. simuleringsværktøjet SIL, der er udviklet løsning af dynamiske modeller (Houbak, Niels, 1990).

### Betydning af det dynamiske led i Erguns tryktabsligning

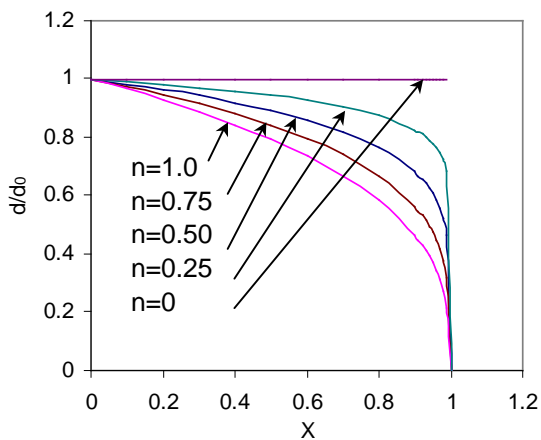
Tryktabet ned gennem bedden er blevet beregnet efter både Ergun's og Darcy's ligning. Resultatet af disse beregninger vist i Figur 2. Forskellen mellem Ergun's og Darcy's ligninger er, at i Ergun's ligning er det dynamiske led medtaget. Det ses, at det dynamiske led udgør ca. 30% af det samlede tryktab.



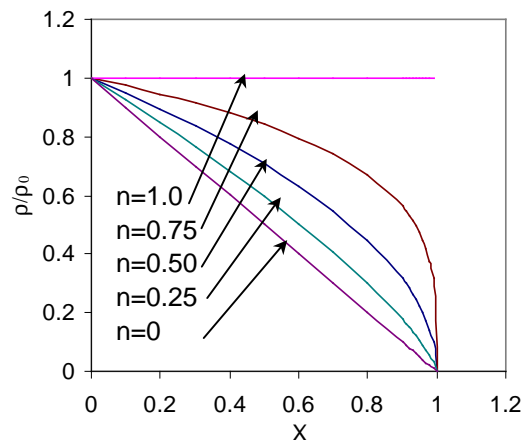
**Figur 2. Det beregnede tryktab ned gennem koksbedden vha. de to nævnte tryktabsmodeller.**

### Valg af partikelmodel

I Figur 3 og Figur 4 vises hvordan den relative diameter (diameter/startdiameter) og den relative massefylde (massefylde/startmassefylde) af en partikel afhænger af omsætningsgraden for forskellige valg af parameteren  $n$ , altså for forskellig valg af partikelmodel.



**Figur 3: Den relative diameter af partiklerne for forskellige valg af partikelmodel.**



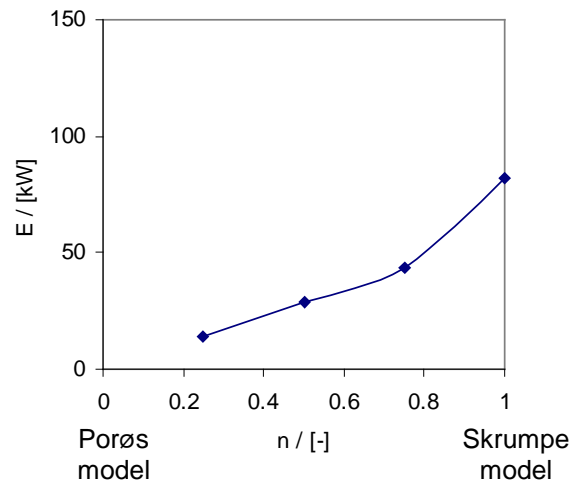
**Figur 4: Den relative massefylde af partiklerne for forskellige valg af partikelmodel.**

I dette afsnit vil resultaterne af modelberegninger udført med forskellige valg af parameteren  $n$  i partikelmodellen blive præsenteret.

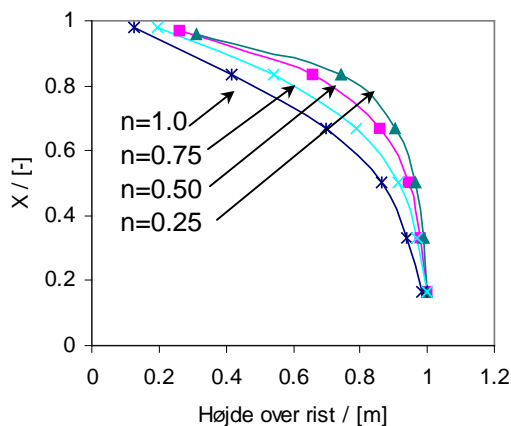
Tilledningen af gas (pyrolysegas og vanddamp) og koks til forgasseren er i modellen holdt konstante sådan at bedhøjden er 1 meter under stationære forhold. Dvs. bedhøjden kan variere under instationære forhold.

Som det kan ses af Figur 5, der viser forgasserens energiproduktion ved forskellige valg af parameteren  $n$ , falder energiproduktionen for faldende værdier af  $n$ . Det skyldes, at indføddningen af koks og pyrolysegasser må sættes ned for at opretholde den ønskede beddhøjde.

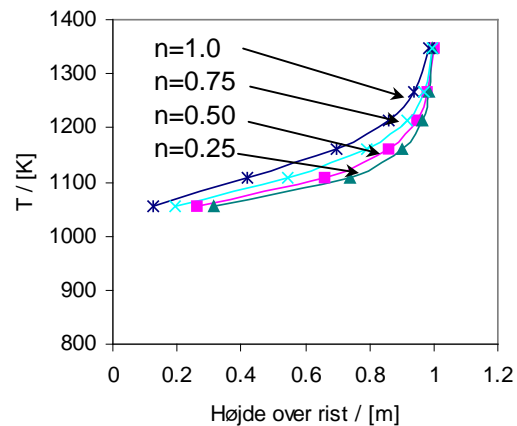
Figur 6 viser omsætningsgraden ned gennem koksbedden for forskellige valg af parameteren  $n$ . Det ses, at koksomsætning sker højere op i reaktoren, hvis forgasningen bedre beskrives med en partikelmodel med en lav værdi af parameteren  $n$  end med en model en høj værdi af  $n$ . Dette ses også af Figur 7, der viser temperaturen ned gennem bedden, idet temperaturen falder højere oppe i reaktoren for faldende værdi af  $n$ . At omsætningen sker højere oppe i bedden for det tilfælde, hvor omsætningen bedst beskrives med en *porøs* model kan forklares med at gasflowet gennem bedden i dette tilfælde er lavere for en model med en lav værdi af  $n$ . Det lavere gasflow bevirker at den strømmende gas' opholdstid i den øvre del af reaktoren forøges og dermed er der længere tid til rådighed for forgasningsreaktionerne i den øvre del af reaktoren. Eftersom forgasningsreaktionerne er endotermiske og i praksis kun kan forløbe over et vist temperaturniveau, er en given mængde af den varme gas, der strømmer ned gennem bedden, kun i stand til at forgasse en given koxsmængde. Når denne givne mængde koks er omsat, er temperaturen af gassen kommet ned på et niveau hvor forgasningsreaktionerne ikke længere kan forløbe.



**Figur 5: Forgasserens effekt ved forskellige valg af partikelmodel.**



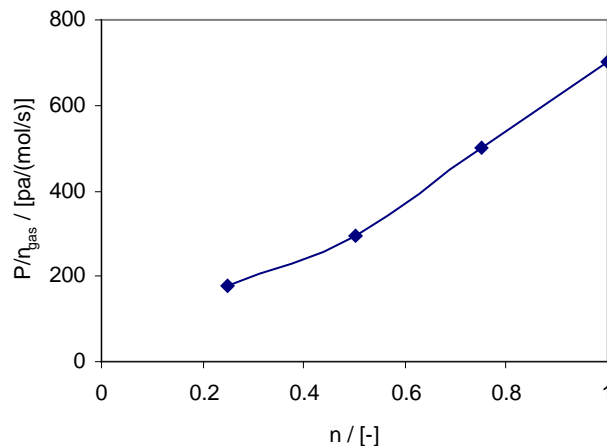
**Figur 6: Omsætningsgraden i bedden ved forskellige valg af partikelmodel.**



**Figur 7: Temperaturen i bedden ved forskellige valg partikelmodel.**

Hvorvidt omsætningen af et brændsel beskrives bedst med en porøs- eller en skrupmodel afhænger af brændslet (Henriksen, 2001).

Figur 8 viser det totale trykfald over koksbedden pr. produceret gasmængde som funktion af parameteren  $n$ , der angiver valget af partikelmodel. Figuren viser, at det produktionsspecifikke tryktab stiger næsten lineært med  $n$ . Dvs. at det produktionsspecifikke tryktab er lavere hvis der anvendes et brændsel, hvor omsætning beskrives bedre med en porøs model end med en skrupmodel. I Henriksen (2001) er en lignende undersøgelse beskrevet dog med nogle andre forudsætninger. Henriksen har valgt at holde bedarealet konstant og lade bedhøjde vokse for at opretholde den samme omsætning. Denne undersøgelse viste, at det største tryktab opnås for brændsler, der beskrives bedst med en porøs model. Denne forskel skyldes alene at bedhøjden stiger markant når omsætningen og reaktorarealet holdes konstant for faldende værdier af parameteren  $n$ .

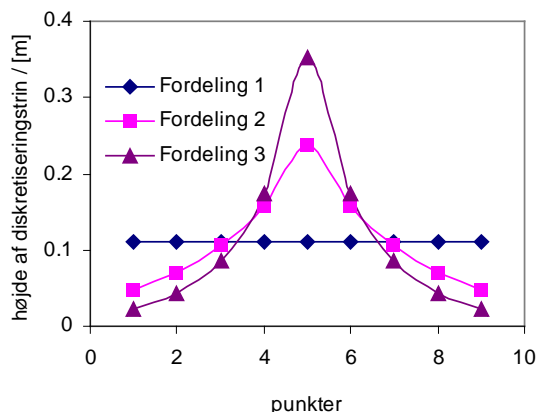


Figur 8: Trykfaldet pr. produceret gasmængde som funktion af parameteren  $n$ .

### Fordeling af diskretiseringstrinene

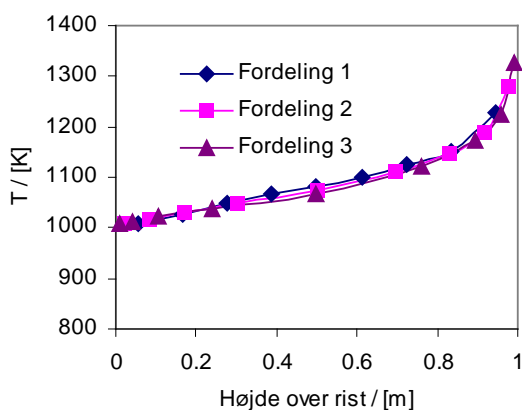
Den største koksomsætning sker i den øverste del af reaktoren, mens den største del af trykfaldet ligger i den nederste del af reaktoren, hvor partiklerne er små. Dvs. den bedste beskrivelse af koksomsætningen opnås, når kontrolvolumenerne ligger tæt i den øverste del af reaktoren og de mest præcise trykberegninger opnås, når kontrolvolumenerne ligger tæt i den nederste del af reaktoren.

Her undersøges tre forskellige måder at fordele ni diskretiseringstrin på. I det ene tilfælde er diskretiseringstrinene fordelt ligeligt over bedhøjden, og i de andre to tilfælde ligger diskretiseringstrinene tættere øverst og nederst i reaktoren end de gør i midten af reaktoren. I **Error! Reference source not found.** er vist højden af de enkelte diskretiseringstrin for de tre tilfælde, hvor der er en total bedhøjde på 1 meter.

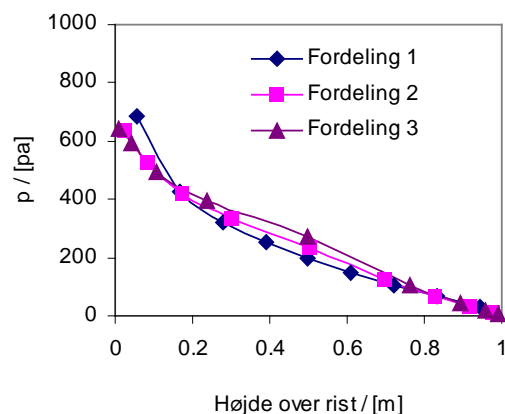


**Figur 9. Tre forskellige måder at fordele ni diskretiseringstrin på.**

Figur 10 viser det beregnede temperaturprofil ned gennem bedden ved afendelse af de tre nævnte måder at fordele diskretiseringstrinene på og det ses, at det beregnede temperaturprofil stort set er det samme i de tre tilfælde. Figur 11 viser det beregnede tryktab ned gennem bedden for de tre nævnte måder at fordele diskretiseringstrinene på. Det ses, at også trykfaldsprofilerne næsten er ens for de undersøgte tilfælde. Dog er det beregnede tryktabsprofil mere afhængigt af den valgte diskretisering end det beregnede temperaturprofil.



**Figur 10. Det beregnede temperaturprofil for forskellige fordelinger af diskretiseringstrinene.**

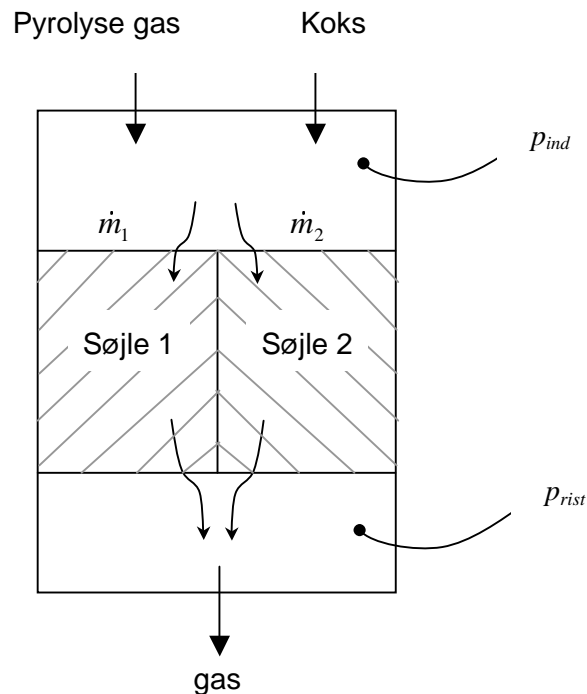


**Figur 11. Det beregnede trykprofil for forskellige fordelinger af diskretiseringstrinene.**

Beregninger har vist at regnenøjagtigheden ikke falder betydeligt ved at reducere antallet af diskretiseringstrin fra ni til seks. Dog reduceres regnetiden, og derfor er det, som tidligere nævnt, valgt at anvende seks diskretiseringstrin, hvor der omsættes den samme koksmængde i alle trin i de følgende beregninger.

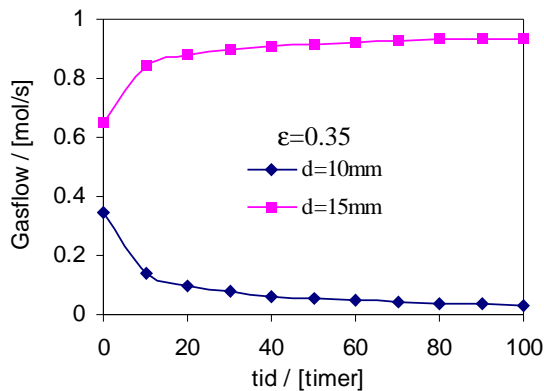
## Inhomogeniteter i koksbedden

Når koks tilføres en reaktor, vil der kunne opstå inhomogeniteter på tværs i bedden. Det kan f.eks. skyldes en ujævn størrelsesfordeling eller en uens pakning af partiklerne i reaktoren. I det følgende undersøges, hvordan sådanne inhomogeniteter vil påvirke strømningen gennem reaktoren, koksomsætning mv. I disse beregninger anvendes skrumpemodellen til at beskrive at partikelstørrelsen i bedden. Systemet er beskrevet vha. en tyndfilmsmodel, hvilket indebærer at strømning på tværs i reaktoren negligeres. Der er opbygget en dynamisk model af en koksreaktor, hvor reaktoren er delt op på langs i to adskilte søjler, se Figur 12. Modellen er bygget op således, at gasflowet ind i de to søjler fordeles sådan, at det beregnede trykfald til enhver tid er det samme over de to søjler.

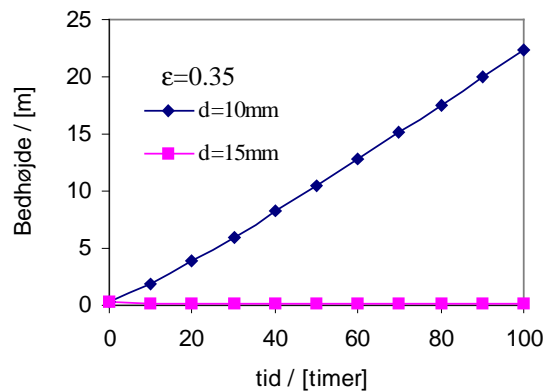


Figur 12. Skitse som viser modelopbygningen baseret på en tyndfilmsmodel.

Der er blevet udført beregninger, hvor koksflowet til reaktoren er antaget at være konstant og bedhøjden indstiller sig efter det valgte koksflow. I et af de undersøgte tilfælde er partiklernes startdiameter i den ene søjle sat til 10 mm og i den anden søjle er den sat til 15 mm. Porøsiteten er i begge søjler sat til 0.35. Figur 13 og Figur 14 viser hhv. fordelingen af gasflowet gennem de to søjler og bedhøjden for de to søjler som funktion af tiden for det tilfælde, hvor koksen fordeles jævnt over reaktorens areal. Som det ses af figurerne, vil systemet være ustabil i dette tilfælde. Ifølge modellen vil en stigende andel af den gennemstrømmende gas passere gennem søjlen med høj startdiameter, mens højden af søjlen med partikler med lav startdiameter stiger næsten lineært, svarende til, at der kun omsættes koks i denne søjle. Det samme skete i det tilfælde, hvor partikeldiameteren var den samme i de to søjler men porøsiteten var forskellig.



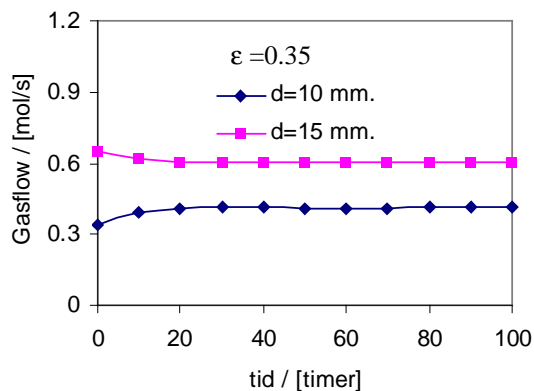
**Figur 13. Den beregnede fordeling af gasflowet ned gennem bedden ved konstant koksflow og ligelig fordeling af koksen over arealet.**



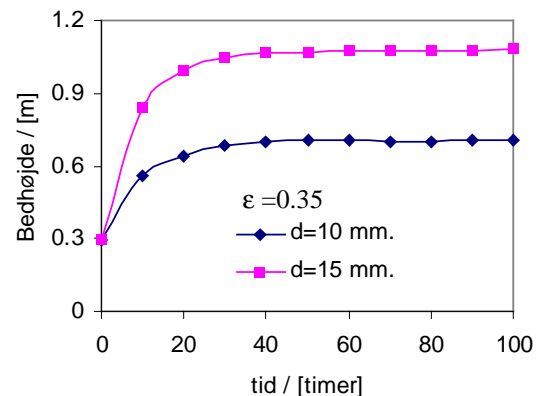
**Figur 14. Den beregnede bedhøjde ved konstant koksflow og ligelig fordeling af koksen over arealet.**

Figur 15 og Figur 16 viser det samme som Figur 13 og Figur 14 blot at koksen ikke fordeles ligeligt over de to søjler. De viste resultater er fremkommet under antagelse af at der ingen strømning er på tværs i bedden. Den antagelse må forventes ikke at holde pga. højdeforskellen på de to søjler. Dvs. at disse resultater kan bruges til at er, at de indikerer, at systemet vil være ustabil hvis mindre partikler har tendens til at lægge sig i et område i reaktoren og de større partikler i et andet område hvis der ikke sker nogen form for udjævning øverst i bedden. I stedet sker der i dette tilfælde en vis fordeling, svarende til at noget af koksen rutscher fra den høje søjle til lave søjle. Det er modelteknisk gjort ved at antage koksen fordeler sig i reaktoren som gasflowet fordeler sig gennem de to søjler, dvs. at koksen følger gassen.

Som det ses af Figur 15 og Figur 16, bevirker denne koksfordeling, at højden af de to søjler stabiliserer sig på forskellige niveauer, men at systemet vil være stabilt.



**Figur 15. Gasflowfordelingen ved konstant koksflow. Koksen følger gassens fordeling gennem søjlerne.**

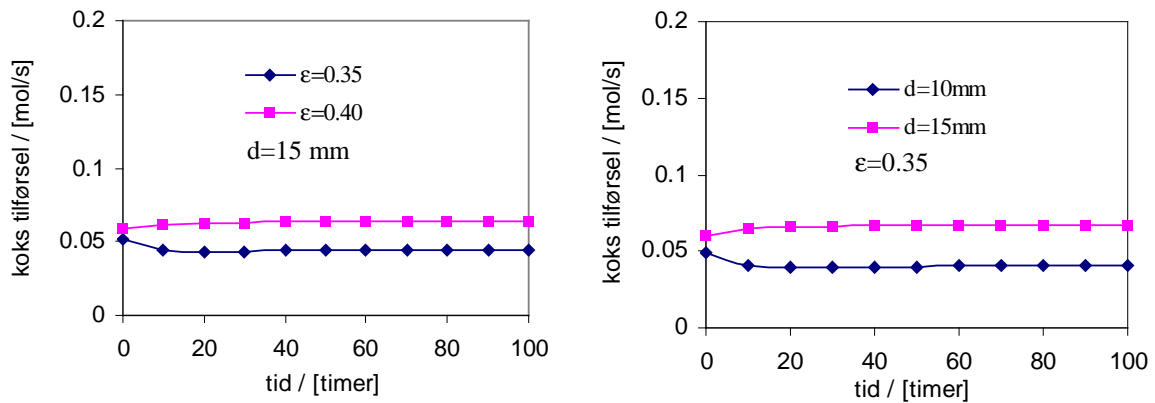


**Figur 16. Den beregnede bedhøjde ved konstant koksflow. Koksen følger gassens fordeling gennem søjlerne.**

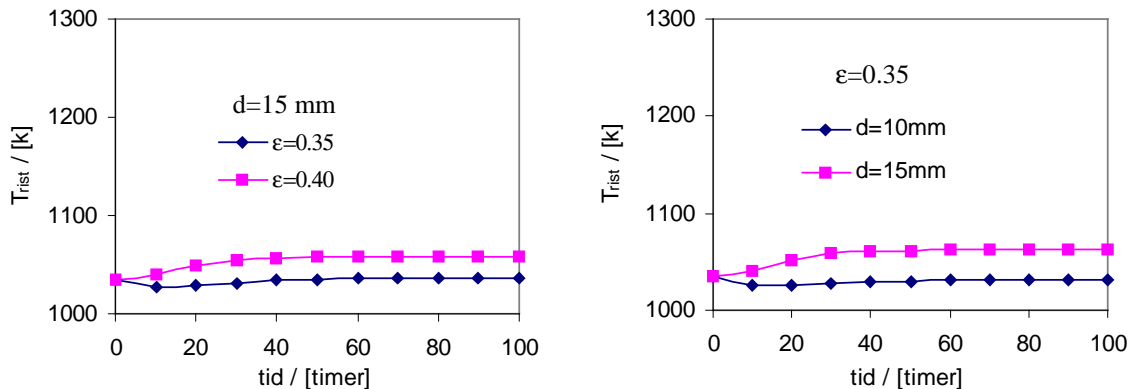


I beregningerne, som er beskrevet i det følgende, er koksflowet til hver af de to søjler bestemt sådan, at begge søjler til enhver tid er 1 meter høje.

Der er simuleret en situation, hvor porøsiteten er ens i de to søjler, men startdiameteren er forskellig og en situation, hvor startdiameteren af partiklerne i de to søjler er ens, men hvor porøsiteten er forskellig. Figur 17 viser, hvor meget koks de to søjler er blevet tilført for at opretholde en bedhøjde på en meter og dermed, hvor meget koks, der omsættes i de to søjler. Figur 18 viser, hvad temperaturen på risten vil være for de undersøgte tilfælde. Figureerne viser, at den største omsætning opnås ved hhv. en høj porøsitet i bedden og høj startdiameter af partiklerne svarende til en lav strømningsmodstand. Det skyldes at en større andel af gassen strømmer gennem denne søjle. Først og fremmest viser figureerne dog, at systemet er stabilt i de undersøgte tilfælde.



**Figur 17. Koksomsætning i de to søjler ved forskellige porøsiteter og startdiameter for kokspartiklerne. Højden af de to søjler er ens (1 m.).**

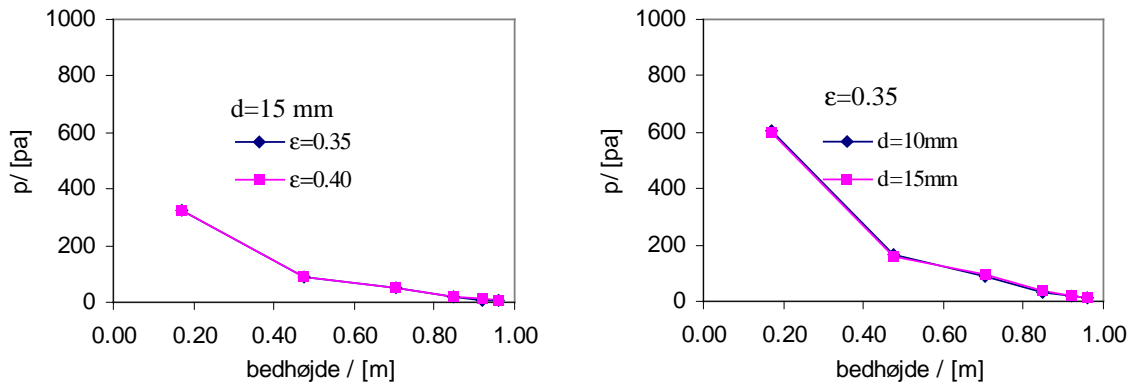


**Figur 18. kokstemperaturen ved risten i de to søjler ved forskellige startdiametre for kokspartiklerne. Højden af de to søjler er ens (1 m.).**

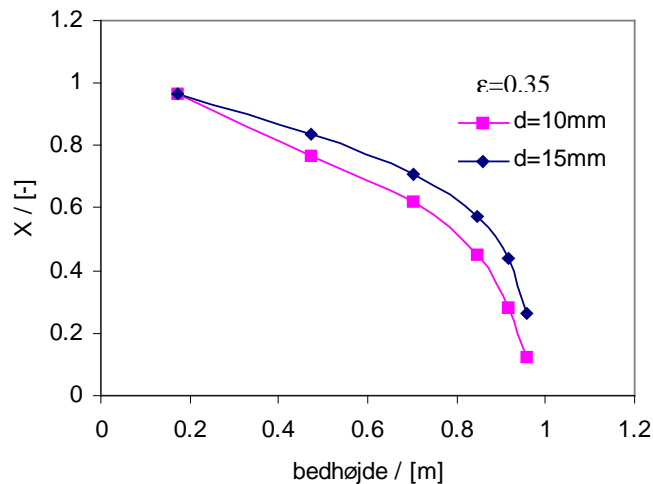
Ifølge modellen betyder den ujævne fordeling afbilledet i Figur 17 og Figur 18 dog, at den totale koksomsætning i reaktoren kun falder med hhv. 0.48% og 0.25% i forhold til tilfældet, hvor forholdene er ens for begge søjler.

Figur 19 viser tryktabsprofilen for de to søjler i de to undersøgte tilfælde. Det ses, at i begge tilfælde er trykprofilen praktisk talt ens for de to søjler. De identiske trykprofiler betyder, at der ikke vil være strømning på tværs i reaktoren idet der ikke er en trykforskel, som kan drive en strømning. Dvs. at en tyndfilmsmodel, som er anvendt her, er velegnet under de undersøgte forhold.

Som det ses af Figur 20, der viser omsætningsgraden ned gennem bedden for de to søjler, sker omsætningen ikke ens for de to søjler, selvom tryktabsprofilerne er næsten identiske.



**Figur 19. Tryktabsfordelingen ned gennem bedden i de to søjler ved forskellige porøsiteter og startdiameter for kokspartiklerne.**



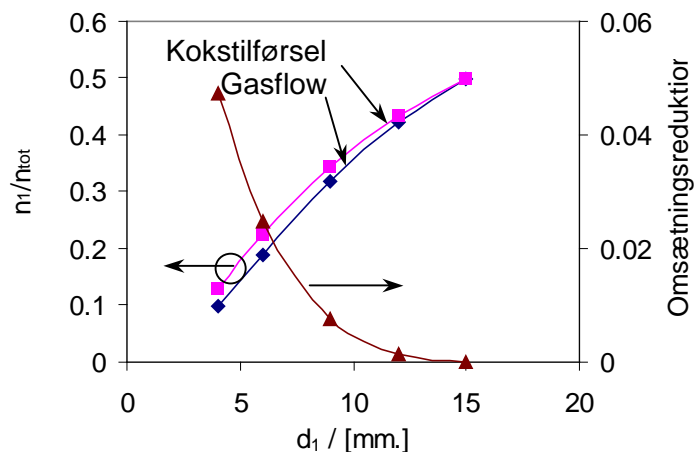
**Figur 20. Omsætningsgraden ned gennem bedden i de to søjler ved startdiameter for kokspartiklerne.**

### En ujævn koksomsætnings betydning

For at undersøge hvorvidt en ujævn koksomsætning i forgasseren påvirker omsætningshastigheden og tryktabet over koksbedden, er der udført beregninger med forskellige omsætningsfordelinger. Partikeldiameteren er, som tidligere vist, en

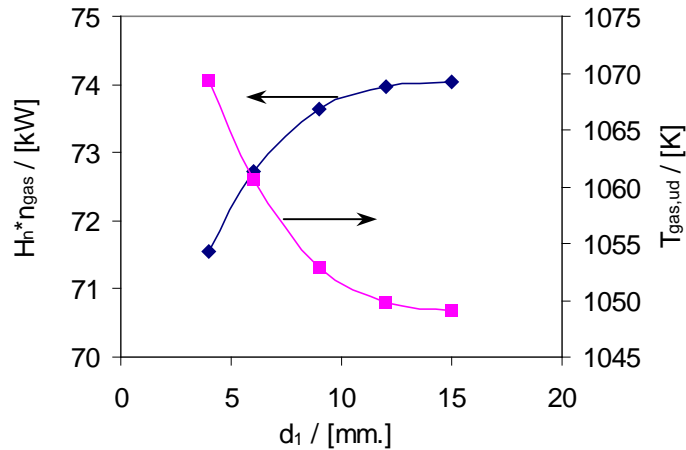
parameter, der har stor betydning for fordelingen af gas gennem de to søjler. Der er udført beregninger, hvor det er antaget, at de to arealer, som koksbedden er delt op i, er lige store men diameteren af de partikler, som tilføres de to arealer, er forskellige og der er udført beregninger med forskellige forhold mellem startdiametrene i de to søjler.

I Figur 21 er hhv. andelen af den totale gasproduktion, der strømmer gennem søjle 1, vist som funktion af startdiameteren af partiklerne som tilføres søjle 1,  $d_1$ . Tilsvarende er vist andelen af den totale koksomsætning, der sker i søjle 1. For alle beregninger er startdiameteren af partiklerne i søjle 2,  $d_2$ , 15 mm. og de viste resultater er gældende under stationære forhold. Det ses af figuren at koksomsætning i og gasflowet igennem søjle 1 falder med faldende partikeldiameter. På figuren er reduktionen i den totale koksomsætning vist. Det ses, at selv med en meget ulige omsætningsfordeling mellem de to søjler, hvor omkring 90% af den totale omsætning sker i den ene halvdel af reaktoren reduces den totale koksomsætning med bare 5%.



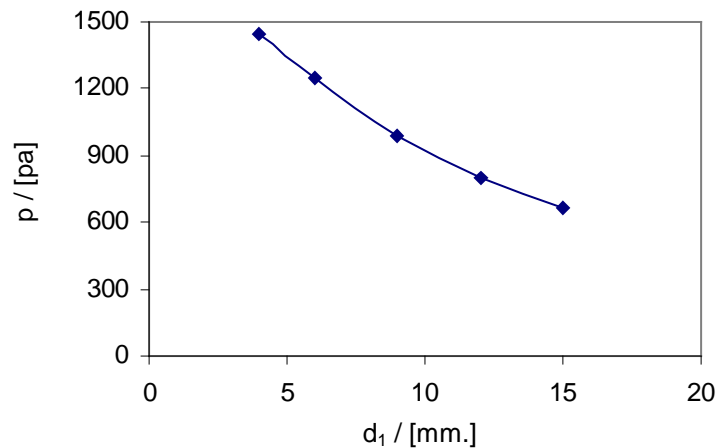
**Figur 21. Reduktion af koksomsætningen og fordelingen af koksomsætning i og gasflowet gennem de to undersøgte søjler som funktion af partikeldiameteren i den ene søjle.  $d_2=15$ mm.**

I Figur 22 er energiproduktionen vist som produktet af den nedre brændværdi og den producerede gasmængde ved forskellige startdiameter for partiklerne som tilføres søjle 1. I samme figur er vist temperaturen af den producerede gas efter den har forladt bedden. Denne temperatur er bestemt som en flowvægtet middelværdi af temperatureren i det nederste diskretiseringstrin i de to søjler. Figuren viser, at temperaturen ud af forgasseren stiger svagt for faldende startdiameter af partiklerne i søjle 1 svarende til at omsætningsfordelingen bliver stadig mere ulige, jf. Figur 17. Dette sker på bekostning af et svagt fald i energiindholdet i den producerede gas.



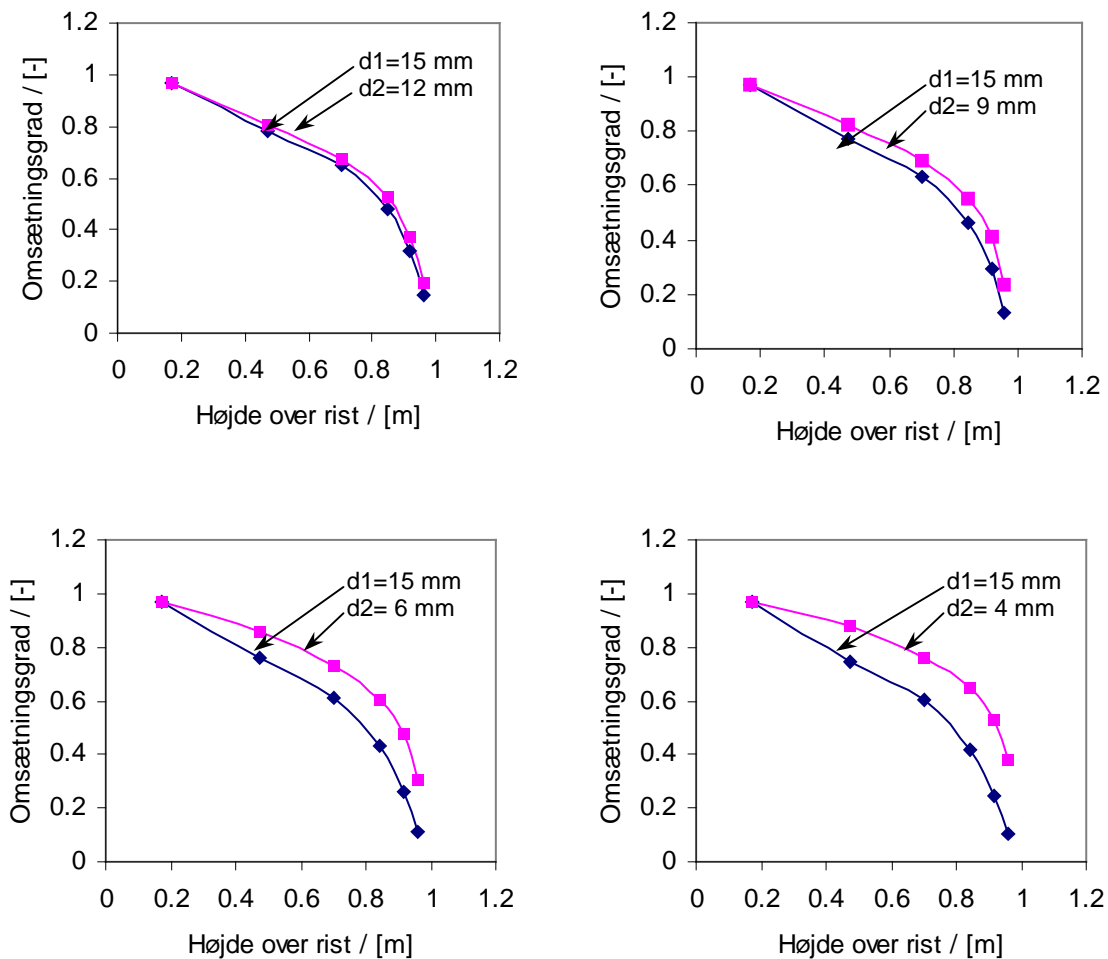
**Figur 22. Produktet af den nedre brændværdi og den producerede mængde af den producerede gas samt gastemperaturen under risten.  $d_2=15\text{mm}$ .**

Det beregnede tryktab over koksbedden ses på Figur 23, der viser, at tryktabet over bedden stiger med stigende skævhed i kokssætning.



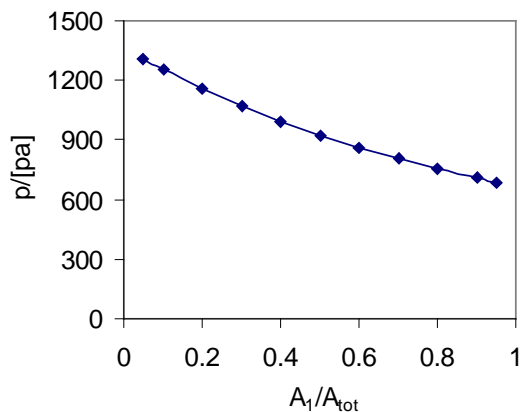
**Figur 23. Tryktabet over koksbedden for forskellige start diameter af partiklerne, som tilføres søjle 1.**

Omsætningsgraden i de to søjler er vist som funktion af højden over risten for forskellige partikeldiameter i Figur 24. Der er naturligvis ingen forskel på omsætningsgraden i to søjler når forholdene i søjlerne ens. Det ses af figuren, at når partikelstørrelsen ikke er ens i de to søjler, sker omsætning højere oppe i søjlen med de mindste partikler. Figuren viser også, at selv ved en forholdvis stor forskel på størrelsen af partiklerne i de to søjler, er der ikke stor forskel på, hvor i reaktoren omsætningen sker.

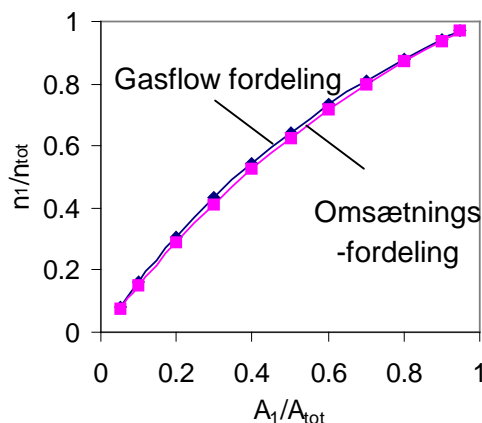


**Figur 24. Omsætningsgraden som funktion af højden over risten for forskellige partikelstørrelser i de to søjler.**

Betydningen af en ulige fordelt koksomsætning er ligeledes undersøgt ved hjælp af beregninger, hvor ujævnheden er introduceret ved at anvende partikler med forskellig startdiameter i de to søjler som i de ovenfor beskrevne beregninger. I modsætning til de ovenfor beskrevne beregninger, hvor diameterforholdet mellem partiklerne i de to søjler varieres mens arealforholdet holdes konstant, holdes diameterforholdet konstant ( $d_1=15$  mm. og  $d_2=10$  mm.) og arealforholdet varieres i beregningerne som beskrevet i det følgende. Figur 25 viser trykfaldet over koksbedden som funktion af den andel af reaktoren, som udgøres af store partikler. Det ses, som forventet, at tryktabet falder når en stigende del af reaktoren udgøres af store partikler. Figur 26 viser andelen af den totale gasproduktion, der strømmer gennem søjle 1 og andelen af den tilførte koksmængde, der omsættes i søjle 1. Det ses, at der i praksis ingen forskel er på de to størrelser. Det kan forklare, at en inhomogenitet i reaktoren ikke påvirker den totale koksomsætning, men blot fører til en ujævn fordeling af koksomsætningen, idet der sker en øget omsætning i områder i reaktoren, hvor der er en øget gasgennemstrømning.

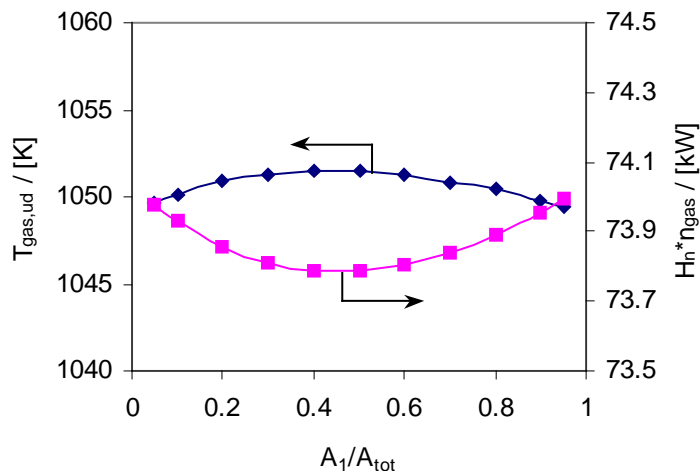


**Figur 25. Trykfaldet over koksbedden som funktion af den del af reaktorarealet som udgøres af store partikler.**



**Figur 26. Fordelingen af koksomsætningen i og gasflowet gennem de to søjler.**

Temperaturen af gassen ud af forgasseren samt produktet af gassen brændværdi og gasproduktionen er vist i Figur 27. Det ses, at disse to størrelser kun i meget beskedent omfang afhænger af, hvor stor en del af bedden, der udgøres af store partikler. Det ses desuden at energiproduktionen har et minimum, og at temperaturen af den producerede gas har et maksimum. Begge dele indtræffer når 46,5% af reaktorarealet udgøres af de store partikler.



**Figur 27. Produktet af den nedre brændværdi og den producerede mængde af den producerede gas samt gastemperaturen under risten.**

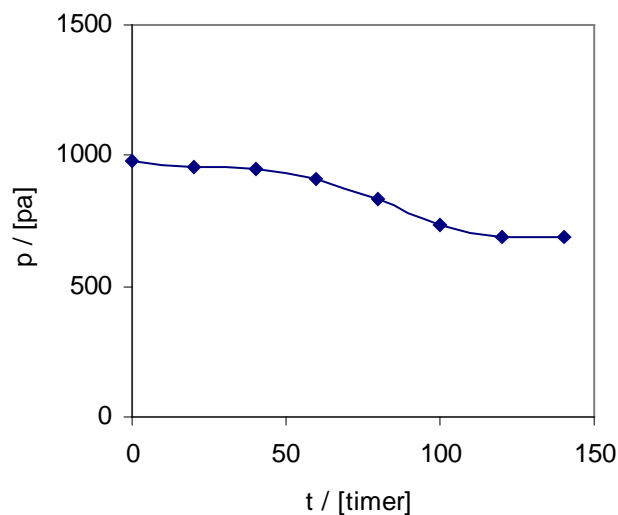
For alle de undersøgte forholdet gælder det, at omsætningen i forgasseren falder med mindre end 5% for de undersøgte arealforhold i forhold til tilfældet, hvor reaktoren tilføres partikler med samme diameter over hele dens tværsnit.

### Ændring af partikelstørrelse.

I dette afsnit undersøges hvorvidt en ændring af partikeldiameteren af koksen, der indføres i reaktoren vil påvirke stabilitetsforholdene reaktoren. Det er gjort med udgangspunkt i en model, der regner på to parallelle søjler og som beskriver forholdene for det tilfæld, hvor bedhøjden holdes konstant. Modellen er udbygget sådan, at det er muligt at ændre diameteren af de indførte partikler på et givet tidspunkt. Dvs. der er en skilleflade, som bevæger sig ned gennem bedden. Startdiameteren for de partikler, der ligger under skillefladen er en anden end den er for de partikler, som ligger over skillefladen.

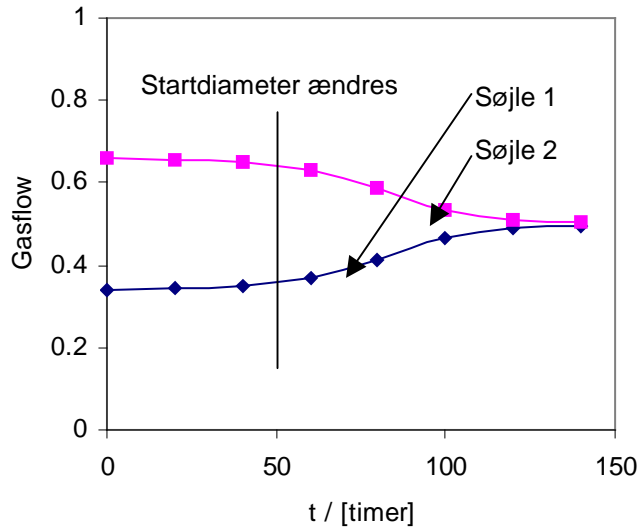
I de udførte beregninger er følgende case undersøgt:

Startdiameteren for partiklerne i søjle 1 er sat til 10 mm. og 15 mm. i søjle 2. Efter ca. 50 timer med stationære forhold ændres startdiameteren af partiklerne i søjle 1 til 15 mm. Som det kan ses af Figur 28 bevirker det som forventet et fald i det totale trykfald over bedden. Det ses også, at det ifølge modellen, tager omkring 50 timer, inden et nyt stationært niveau indtræder.



Figur 28. Trykfaldet over bedden som funktion af tiden.

I Figur 29 er fordelingen af gasflowet gennem de to undersøgte søjler vist som funktion af tid. Det ses, at under den første del af forløbet, hvor startdiameteren for partiklerne i de to søjler er hhv. 10 og 15 mm., strømmer ca. 65% af gassen gennem søjlen med de største partikler og kun 35% gennem gassen med de små partikler. Som det kan forventes, strømmer der lige meget gennem de to søjler når de gennem tilstrækkelig lang tid er blevet tilført partikler med ens størrelse til de to søjler.



Figur 29. Fordeling af gasflowet gennem de to betragtede søjler.

## KONKLUSION

Der er opbygget dynamiske modeller af en medstrømsforgasser til biomasse med henblik på at undersøge stabilitetsforholdene for denne forgassertype. Modellerne er bygget op som tyndfilmsmodeller, hvilket betyder at strømning på tværs i bedden er negligeret. I beregningerne er der taget udgangspunkt i koksreaktoren på to-trinsforgasseren på Energiteknik på DTU.

Undersøgelsen har vist at:

- det dynamiske tryktab udgør omkring 30% af det totale tryktab.
- det omsætningsspecifikke tryktab er lavere for brændsel, hvor omsætningen beskrives bedre med en porøsmode end med en skrumpemodel.
- med en opdeling i ni diskretiseringsstrin er både det beregnede tryk- og temperaturprofil næsten ens for de undersøgte fordelinger af diskretiseringsstrinene.
- med inhomogene strømningforhold i bedden vil systemet være ustabil, hvis den indfyrede koksmængde tilføres jævnt over bedden. Hvis der sker en vis udjævning af den indfyrede koks, vil systemet være stabilt.
- trykprofilerne i de to søjler i tyndfilmsmodellen er næsten identiske. Det indikerer, at der næsten ingen strømning er på tværs i bedden og dermed, at det er rimeligt at beskrive strømningforholdene med en tyndfilmsmodel.
- selv en meget ujævn fordeling af koksomsætning, forårsaget af inhomogenitet i bedden, vil kun betyde en meget beskedent reduktion (0-5%) i koksomsætningen.
- hvis f.eks. diameteren af de indfyrede partikler i den ene søjle ændrer sig, vil systemet fortsat være stabilt og et nyt trykniveau vil indstille sig efter ca. 50 timer.



## REFERENCER

Henriksen, Ulrik.

*Forenklede teoretiske betragtninger vedrørende tryktab og koksstruktur i fixed-bed forgasningsreaktorer*

Department of Mechanical Engineering. DTU.

MEK-ET-ES 2001-03. 2001.

Hindsgaul, Claus og Henriksen, Ulrik.

*Trykfald over en bed af fliskoks*

Department of Energy Engineering. DTU.

ET-ES-99-01. 1999.

Houbak, Niels

SIL- a simulation language

Springer-Verlag. 1990.

Gøbel, Benny

*Dynamisk modellering af forgasning i en fixed koksbed*

Department of Energy Engineering. DTU.

ET-PHD-99-04. 1999.

## Bilag 1: UDSKRIFT AF SIL\_PROGRAM

BEGIN

(\* Første version af en tyndfilmsmodel

I DENNE MODEL ER BED HØJDEN KONSTANT!!!!

Modellen regner på to koblede søjler

Koksreaktiviteten er omsætningsgradsafhængig. Tryktab er inkluderet.

Nomenklatur: NN\_x\_ylz -Antal mol af stoffet x i y'te søjle og z'te diskretiseringsselement, [mol]

n\_x\_ylz -molstr>m af stoffet x i y'te søjle og z'te diskretiseringsselement [mol/s]

beregner dXX -er i SIL erklæret som den afledede af XX og SIL  
udfra XX direkte

DXX -er i SIL ikke erklæret som den afledede af XX

I modellen består koks af komponenterne kulstof(C) og af aske.

For strømme refererer indeks til trinnet, strømmen er på vej ud af.

Dvs. n\_H2\_12 er molstrømmen ud af trin 2 og på vej ind i trin 3.

Indeks \_ind er ind i reaktoren dvs. ind i trin 1.

\*)

PARAMETER

(\* Indgangsparametre \*)

Qtab(0), (\* Varmetab [J] \*)  
n\_CO2\_ind(0.0883), (\* CO2-flow [mol/s] \*)  
n\_CO\_ind(0.022), (\* CO-flow [mol/s] \*)  
n\_H2O\_ind(0.4735), (\* H2O-flow [mol/s] \*)  
n\_H2\_ind(0.0585), (\* H2-flow [mol/s] \*)  
n\_N2\_ind(0.2675), (\* N2-flow [mol/s] \*)  
n\_CH4\_ind(5.00e-4), (\* CH4-flow [mol/s] \*)  
F\_aske(0.024), (\* Askefraktion [kg/kg koks] \*)  
T\_ind(1400), (\* Temperatur [K] \*)  
rho\_koks(172), (\* koksmassefylde [kg/m3] \*)  
my(330E-7), (\* Dyn. viskositet [N\*s/m2] \*)  
A\_bed(0.1963), (\* Reaktorareal [m2] \*)

h\_bed\_1(1.0), (\* Reaktorhøjde [m] \*)

h\_bed\_2(1.0), (\* Reaktorhøjde [m] \*)

GF(3), (\* Geometrisk faktor [-]

Kugle: GF=3, Cylinder GF=2, Flage: GF=1 \*)

d0\_1\_t1(0.010), (\* Partikel diameter [m], t=t1 \*)  
d0\_1\_t2(0.015), (\* Partikel diameter [m], t=t2 \*)  
eps\_1\_t1(0.35), (\* bedporøsitet [m3/m3] \*)  
eps\_1\_t2(0.35), (\* bedporøsitet [m3/m3] \*)  
tid\_sk\_1(4E5), (\* Tidspunkt for diskontinuetet \*)  
d0\_2\_t1(0.015), (\* Partikel diameter [m], t=t1 \*)  
d0\_2\_t2(0.015), (\* Partikel diameter [m], t=t2 \*)  
eps\_2\_t1(0.35), (\* bedporøsitet [m3/m3] \*)  
eps\_2\_t2(0.35), (\* bedporøsitet [m3/m3] \*)

```

tid_sk_2(4E5),          (* Tidspunkt for diskontinuetet *)

nf(0.5),              (* partikkelmodel faktor *)

(* Enthalpidata (h=a*T^2+b*T+c [J/mol], nulpunktsenthalpi er inkluderet *)
a_CO(2.50E-03), b_CO(2.80E+01), c_CO(-1.19E+05),
a_CO2(5.29E-03), b_CO2(4.32E+01), c_CO2(-4.09E+05),
a_H2(1.89E-03), b_H2(2.66E+01), c_H2(-7.80E+03),
a_H2O(6.15E-03), b_H2O(2.89E+01), c_H2O(-2.51E+05),
a_CH4(2.75E-02), b_CH4(1.95E+01), c_CH4(-8.33E+04),
a_N2(2.54E-03), b_N2(2.75E+01), c_N2(-8.51E+03),
a_C(3.16E-03), b_C(1.48E+01), c_C(-6.12E+03),

(* Reaktivitetsparametre *)
A(1.5E9), k1(0.83),
E(2E5), k2(0.2935),
n1(0.603), k3(11.19),
n2(7.053), k4(12.92),
p1(1E26), R(8.3145),
m1(-8),

(* Regnestørrelser til vand-gas shift beregningen *)
k8(1.303E-6), k9(7.17E-4), k10(-1.3006)

(* Fordeling af diskretiseringstrin *)
F1(0.111),F2(0.111),F3(0.111),F4(0.111),F5(0.111),
F6(0.111),F7(0.111),F8(0.111),F9(0.111)

;

VARIABLE
S_11(),s_12(),s_13(),s_14(),s_15(),s_16(),s_17(),s_18(),s_19(),
S_21(),s_22(),s_23(),s_24(),s_25(),s_26(),s_27(),s_28(),s_29(),

v_11,v_12,v_13,v_14,v_15,v_16,v_17,v_18,v_19,
v_21,v_22,v_23,v_24,v_25,v_26,v_27,v_28,v_29,

cv_11,cv_12,cv_13,cv_14,cv_15,cv_16,cv_17,cv_18,cv_19,
N_cv_11,n_cv_12,n_cv_13,n_cv_14,n_cv_15,n_cv_16,n_cv_17,n_cv_18,n_cv_19,

cv_21,cv_22,cv_23,cv_24,cv_25,cv_26,cv_27,cv_28,cv_29,
N_cv_21,n_cv_22,n_cv_23,n_cv_24,n_cv_25,n_cv_26,n_cv_27,n_cv_28,n_cv_29,

(* Variable der bruges ved vand-gas hift beregninger *)
Ka_11, Ka_12,Ka_13,Ka_14,Ka_15,Ka_16,Ka_17,Ka_18,Ka_19,
n_Catom_11(),n_Catom_12(),n_Catom_13(),n_Catom_14(),
n_Catom_15(),n_Catom_16(),n_Catom_17(),n_Catom_18(),n_Catom_19(),
n_H_11(),n_H_12(),n_H_13(),n_H_14(),n_H_15(),
n_H_16(),n_H_17(),n_H_18(),n_H_19(),
n_O_11(),n_O_12(),n_O_13(),n_O_14(),n_O_15(),
n_O_16(),n_O_17(),n_O_18(),n_O_19(),
k5_11,k5_12,k5_13,k5_14,k5_15,k5_16,k5_17,k5_18,k5_19,
k6_11(),k6_12(),k6_13(),k6_14(),k6_15(),k6_16(),k6_17(),k6_18(),k6_19(),
k7_11(), k7_12(),k7_13(),k7_14(),k7_15(),k7_16(),k7_17(),k7_18(),k7_19(),
n_CO2_11(),n_CO2_12(),n_CO2_13(),n_CO2_14(),n_CO2_15(),
n_CO2_16(),n_CO2_17(),n_CO2_18(),n_CO2_19(),
n_CO_11(),n_CO_12(),n_CO_13(),n_CO_14(),n_CO_15(),
n_CO_16(),n_CO_17(),n_CO_18(),n_CO_19(),

```

```

n_H2_11(),n_H2_12(),n_H2_13(),n_H2_14(),n_H2_15(),
n_H2_16(),n_H2_17(),n_H2_18(),n_H2_19(),
n_H2O_11(),n_H2O_12(),n_H2O_13(),n_H2O_14(),n_H2O_15(),
n_H2O_16(),n_H2O_17(),n_H2O_18(),n_H2O_19(),
n_aske_in_1(),n_aske_11(),n_aske_12(),n_aske_13(),n_aske_14(),
n_aske_15(),n_aske_16(),n_aske_17(),n_aske_18(),n_aske_19(),

Ka_21, Ka_22,Ka_23,Ka_24,Ka_25,Ka_26,Ka_27,Ka_28,Ka_29,
n_Catom_21(),n_Catom_22(),n_Catom_23(),n_Catom_24(),
n_Catom_25(),n_Catom_26(),n_Catom_27(),n_Catom_28(),n_Catom_29(),
n_H_21(),n_H_22(),n_H_23(),n_H_24(),n_H_25(),
n_H_26(),n_H_27(),n_H_28(),n_H_29(),
n_O_21(),n_O_22(),n_O_23(),n_O_24(),n_O_25(),
n_O_26(),n_O_27(),n_O_28(),n_O_29(),
k5_21,k5_22,k5_23,k5_24,k5_25,k5_26,k5_27,k5_28,k5_29,
k6_21(),k6_22(),k6_23(),k6_24(),k6_25(),k6_26(),k6_27(),k6_28(),k6_29(),
k7_21(), k7_22(),k7_23(),k7_24(),k7_25(),k7_26(),k7_27(),k7_28(),k7_29(),
n_CO2_21(),n_CO2_22(),n_CO2_23(),n_CO2_24(),n_CO2_25(),
n_CO2_26(),n_CO2_27(),n_CO2_28(),n_CO2_29(),
n_CO_21(),n_CO_22(),n_CO_23(),n_CO_24(),n_CO_25(),
n_CO_26(),n_CO_27(),n_CO_28(),n_CO_29(),
n_H2_21(),n_H2_22(),n_H2_23(),n_H2_24(),n_H2_25(),
n_H2_26(),n_H2_27(),n_H2_28(),n_H2_29(),
n_H2O_21(),n_H2O_22(),n_H2O_23(),n_H2O_24(),n_H2O_25(),
n_H2O_26(),n_H2O_27(),n_H2O_28(),n_H2O_29(),
n_aske_in_2(),n_aske_21(),n_aske_22(),n_aske_23(),n_aske_24(),
n_aske_25(),n_aske_26(),n_aske_27(),n_aske_28(),n_aske_29(),

(* Koksreativitet [1/s] *)
R_11(), R_12(),R_13(),R_14(),R_15(),R_16(),R_17(),R_18(),R_19(),
R_21(), R_22(),R_23(),R_24(),R_25(),R_26(),R_27(),R_28(),R_29(),

(* Starttemperaturer *)
T_11(1270), T_12(1223),T_13(1175),T_14(1128),T_15(1081),
T_16(1065),T_17(1040),T_18(1015),T_19(1000),
T_21(1270), T_22(1223),T_23(1175),T_24(1128),T_25(1081),
T_26(1065),T_27(1040),T_28(1015),T_29(1000),

(* H2 og H2O fraktion [mol/mol] *)
F_H2_11(), F_H2_12(),F_H2_13(),F_H2_14(),F_H2_15(),
F_H2_16(),F_H2_17(),F_H2_18(),F_H2_19(),
F_H2O_11(),F_H2O_12(),F_H2O_13(),F_H2O_14(),F_H2O_15(),
F_H2O_16(),F_H2O_17(),F_H2O_18(),F_H2O_19(),
F_CO_11(),F_CO_12(),F_CO_13(),F_CO_14(),F_CO_15(),
F_CO_16(),F_CO_17(),F_CO_18(),F_CO_19(),
F_CO2_11(),F_CO2_12(),F_CO2_13(),F_CO2_14(),F_CO2_15(),
F_CO2_16(),F_CO2_17(),F_CO2_18(),F_CO2_19(),
F_N2_11(),F_N2_12(),F_N2_13(),F_N2_14(),F_N2_15(),
F_N2_16(),F_N2_17(),F_N2_18(),F_N2_19(),
F_CH4_11(),F_CH4_12(),F_CH4_13(),F_CH4_14(),
F_CH4_15(),F_CH4_16(),F_CH4_17(),F_CH4_18(),F_CH4_19(),
F_H2_21(), F_H2_22(),F_H2_23(),F_H2_24(),F_H2_25(),
F_H2_26(),F_H2_27(),F_H2_28(),F_H2_29(),
F_H2O_21(),F_H2O_22(),F_H2O_23(),F_H2O_24(),F_H2O_25(),
F_H2O_26(),F_H2O_27(),F_H2O_28(),F_H2O_29(),
F_CO_21(),F_CO_22(),F_CO_23(),F_CO_24(),F_CO_25(),
F_CO_26(),F_CO_27(),F_CO_28(),F_CO_29(),
F_CO2_21(),F_CO2_22(),F_CO2_23(),F_CO2_24(),F_CO2_25(),
F_CO2_26(),F_CO2_27(),F_CO2_28(),F_CO2_29(),
F_N2_21(),F_N2_22(),F_N2_23(),F_N2_24(),F_N2_25(),
F_N2_26(),F_N2_27(),F_N2_28(),F_N2_29(),

```

```

F_CH4_21(),F_CH4_22(),F_CH4_23(),F_CH4_24(),
F_CH4_25(),F_CH4_26(),F_CH4_27(),F_CH4_28(),F_CH4_29(),

(* Omsætningsgrad *)
  X_11(),X_12(),X_13(),X_14(),X_15(),X_16(),X_17(),X_18(),X_19(),
  X_21(),X_22(),X_23(),X_24(),X_25(),X_26(),X_27(),X_28(),X_29(),

(* Antal mol C i de enkelte diskretiseringstrin, t=0, [mol] *)
  NN_aske_11(),NN_aske_12(),NN_aske_13(),NN_aske_14(),
  NN_aske_15(),NN_aske_16(),NN_aske_17(),NN_aske_18(),NN_aske_19(),
  NN_aske_21(),NN_aske_22(),NN_aske_23(),NN_aske_24(),
  NN_aske_25(),NN_aske_26(),NN_aske_27(),NN_aske_28(),NN_aske_29(),

(* Antal mol C i de enkelte diskretiseringstrin, [mol] *)
  NN_C_11(),NN_C_12(),NN_C_13(),NN_C_14(),
  NN_C_15(),NN_C_16(),NN_C_17(),NN_C_18(),NN_C_19(),
  NN_C_21(),NN_C_22(),NN_C_23(),NN_C_24(),
  NN_C_25(),NN_C_26(),NN_C_27(),NN_C_28(),NN_C_29(),

(* Kulstofomsætning [mol/s] *)
n_Comsat_11(0.001),n_Comsat_12(0.001),n_Comsat_13(0.001),n_Comsat_14(0.001),
n_Comsat_15(0.001),n_Comsat_16(0.001),n_Comsat_17(0.001),n_Comsat_18(0.001),
n_Comsat_19(0.001),
n_Comsat_21(0.001),n_Comsat_22(0.001),n_Comsat_23(0.001),n_Comsat_24(0.001),
n_Comsat_25(0.001),n_Comsat_26(0.001),n_Comsat_27(0.001),n_Comsat_28(0.001),
n_Comsat_29(0.001),

(* Molstrømme [mol/s] *)
  n_C_in_1(0.05),n_C_11(0.042),n_C_12(0.33),n_C_13(0.025),n_C_14(0.016),
  n_C_15(0.008),n_C_16(0.004),n_C_17(0.002),n_C_18(0.001),n_koks_in_1,
  n_C_in_2(0.05),n_C_21(0.042),n_C_22(0.33),n_C_23(0.025),n_C_24(0.016),
  n_C_25(0.008),n_C_26(0.004),n_C_27(0.002),n_C_28(0.001),n_koks_in_2,

(* Enthalpistrømme [J/s] *)
H_CO_in_1,H_CO_11(), H_CO_12(),H_CO_13(),H_CO_14(),H_CO_15(),
H_CO_16(),H_CO_17(),H_CO_18(),H_CO_19(),
H_CO2_in_1,H_CO2_11(),H_CO2_12(),H_CO2_13(),H_CO2_14(),H_CO2_15(),
H_CO2_16(),H_CO2_17(),H_CO2_18(),H_CO2_19(),
H_H2_in_1,H_H2_11(),H_H2_12(),H_H2_13(),H_H2_14(),H_H2_15(),
H_H2_16(),H_H2_17(),H_H2_18(),H_H2_19(),
H_H2O_in_1,H_H2O_11(), H_H2O_12(),H_H2O_13(),H_H2O_14(),H_H2O_15(),
H_H2O_16(),H_H2O_17(),H_H2O_18(),H_H2O_19(),
H_CH4_in_1,H_CH4_11, H_CH4_12,H_CH4_13,H_CH4_14,H_CH4_15,
H_CH4_16,H_CH4_17,H_CH4_18,H_CH4_19,
H_N2_in_1,H_N2_11, H_N2_12,H_N2_13,H_N2_14,H_N2_15,
H_N2_16,H_N2_17,H_N2_18,H_N2_19,
DH_11,DH_12,DH_13,DH_14,DH_15,DH_16,DH_17,DH_18,DH_19,
H_C_in_1,H_C_11, H_C_12,H_C_13,H_C_14,H_C_15,
H_C_16,H_C_17,H_C_18,H_C_19,
H_CO_in_2,H_CO_21(), H_CO_22(),H_CO_23(),H_CO_24(),H_CO_25(),
H_CO_26(),H_CO_27(),H_CO_28(),H_CO_29(),
H_CO2_in_2,H_CO2_21(),H_CO2_22(),H_CO2_23(),H_CO2_24(),H_CO2_25(),
H_CO2_26(),H_CO2_27(),H_CO2_28(),H_CO2_29(),
H_H2_in_2,H_H2_21(),H_H2_22(),H_H2_23(),H_H2_24(),H_H2_25(),
H_H2_26(),H_H2_27(),H_H2_28(),H_H2_29(),
H_H2O_in_2,H_H2O_21(), H_H2O_22(),H_H2O_23(),H_H2O_24(),H_H2O_25(),
H_H2O_26(),H_H2O_27(),H_H2O_28(),H_H2O_29(),
H_CH4_in_2,H_CH4_21, H_CH4_22,H_CH4_23,H_CH4_24,H_CH4_25,
H_CH4_26,H_CH4_27,H_CH4_28,H_CH4_29,
H_N2_in_2,H_N2_21, H_N2_22,H_N2_23,H_N2_24,H_N2_25,
H_N2_26,H_N2_27,H_N2_28,H_N2_29,
H_C_in_2,H_C_21, H_C_22,H_C_23,H_C_24,H_C_25,

```

H\_C\_26,H\_C\_27,H\_C\_28,H\_C\_29,  
DH\_21,DH\_22,DH\_23,DH\_24,DH\_25,DH\_26,DH\_27,DH\_28,DH\_29,

```
(* Gassens molmasse [kg/mol] *)
MolMas_11(),MolMas_12(),MolMas_13(),MolMas_14(),
MolMas_15(),MolMas_16(),MolMas_17(),MolMas_18(),MolMas_19(),
MolMas_21(),MolMas_22(),MolMas_23(),MolMas_24(),
MolMas_25(),MolMas_26(),MolMas_27(),MolMas_28(),MolMas_29(),

(* Gassens massefylde [kg/m3] *)
rho_gas_11(),rho_gas_12(),rho_gas_13(),rho_gas_14(),
rho_gas_15(),rho_gas_16(),rho_gas_17(),rho_gas_18(),rho_gas_19(),
rho_gas_21(),rho_gas_22(),rho_gas_23(),rho_gas_24(),
rho_gas_25(),rho_gas_26(),rho_gas_27(),rho_gas_28(),rho_gas_29(),

(* Middel partikel diameter [m] *)
d_11(),d_12(),d_13(),d_14(),d_15(),
d_16(),d_17(),d_18(),d_19(),
d_21(),d_22(),d_23(),d_24(),d_25(),
d_26(),d_27(),d_28(),d_29(),

(* Gassens hastighed i tom reaktor [m/s] *)
U_11(),U_12(),U_13(),U_14(),U_15(),
U_16(),U_17(),U_18(),U_19(),
U_21(),U_22(),U_23(),U_24(),U_25(),
U_26(),U_27(),U_28(),U_29(),

(* Trykfald [pa] *)
dp_11(),dp_12(),dp_13(),dp_14(),dp_15(),dp_16(),
dp_17(),dp_18(),dp_19(),dp_1_tot(),
dp_21(),dp_22(),dp_23(),dp_24(),dp_25(),
dp_26(),dp_27(),dp_28(),dp_29(),dp_2_tot(),

n_CO2_in_1(),n_CO2_in_2(),n_CO_in_1(),
n_CO_in_2(),n_H2O_in_1(),n_H2O_in_2(),
n_H2_in_1(),n_H2_in_2(),n_N2_in_1(),
n_N2_in_2(),n_CH4_in_1(),n_CH4_in_2(),

A_bed_1,A_bed_2,
F_flow_1(0.5),F_flow_2(0.5),

eps_11(),eps_12(),eps_13(),eps_14(),eps_15(),eps_16(),
eps_17(),eps_18(),eps_19(),
eps_21(),eps_22(),eps_23(),eps_24(),eps_25(),eps_26(),
eps_27(),eps_28(),eps_29(),

d0_11(),d0_12(),d0_13(),d0_14(),d0_15(),d0_16(),
d0_17(),d0_18(),d0_19(),
d0_21(),d0_22(),d0_23(),d0_24(),d0_25(),d0_26(),
d0_27(),d0_28(),d0_29(),

tid_11(),tid_12(),tid_13(),tid_14(),tid_15(),
tid_16(),tid_17(),tid_18(),tid_19(),
tid_21(),tid_22(),tid_23(),tid_24(),tid_25(),
tid_26(),tid_27(),tid_28(),tid_29(),

tid_acc_11(),tid_acc_12(),tid_acc_13(),
tid_acc_14(),tid_acc_15(),tid_acc_16(),
tid_acc_17(),tid_acc_18(),tid_acc_19(),
tid_acc_21(),tid_acc_22(),tid_acc_23(),
```

```

tid_acc_24(),tid_acc_25(),tid_acc_26(),
tid_acc_27(),tid_acc_28(),tid_acc_29(),

rho_C_11(),rho_C_12(),rho_C_13(),
rho_C_14(),rho_C_15(),rho_C_16(),
rho_C_17(),rho_C_18(),rho_C_19(),

rho_C_21(),rho_C_22(),rho_C_23(),
rho_C_24(),rho_C_25(),rho_C_26(),
rho_C_27(),rho_C_28(),rho_C_29(),

NN_C_tot_1(1333),   NN_C_tot_2(1333)

;

DERIVATIVE
dNN_aske_11(NN_aske_11), dNN_aske_12(NN_aske_12),dNN_aske_13(NN_aske_13),
dNN_aske_14(NN_aske_14),dNN_aske_15(NN_aske_15),dNN_aske_16(NN_aske_16),
dNN_aske_17(NN_aske_17),dNN_aske_18(NN_aske_18),dNN_aske_19(NN_aske_19),

dNN_aske_21(NN_aske_21),dNN_aske_22(NN_aske_22),dNN_aske_23(NN_aske_23),
dNN_aske_24(NN_aske_24),dNN_aske_25(NN_aske_25),dNN_aske_26(NN_aske_26),
dNN_aske_27(NN_aske_27),dNN_aske_28(NN_aske_28),dNN_aske_29(NN_aske_29),

dT_11(T_11),dT_12(T_12),dT_13(T_13),dT_14(T_14),dT_15(T_15),
dT_16(T_16),dT_17(T_17),dT_18(T_18),dT_19(T_19),
dT_21(T_21),dT_22(T_22),dT_23(T_23),dT_24(T_24),dT_25(T_25),
dT_26(T_26),dT_27(T_27),dT_28(T_28),dT_29(T_29),

;
(* Den uafhængige variabel t [s] *)
TIME tid(0:7.2E+5);

METHOD:=139;      RELERROR:=1E-5;   ABSERROR:=1E-5;

n_CO2_in_1:=n_CO2_ind*F_flow_1;
n_CO2_in_2:=n_CO2_ind*F_flow_2;
n_CO_in_1:=n_CO_ind*F_flow_1;
n_CO_in_2:=n_CO_ind*F_flow_2;
n_H2O_in_1:=n_H2O_ind*F_flow_1;
n_H2O_in_2:=n_H2O_ind*F_flow_2;
n_H2_in_1:=n_H2_ind*F_flow_1;
n_H2_in_2:=n_H2_ind*F_flow_2;
n_N2_in_1:=n_N2_ind*F_flow_1;
n_N2_in_2:=n_N2_ind*F_flow_2;
n_CH4_in_1:=n_CH4_ind*F_flow_1;
n_CH4_in_2:=n_CH4_ind*F_flow_2;

A_bed_1:=0.5*A_bed;
A_bed_2:=0.5*A_bed;

(*****
***** Første søjle *****
*****
(* Mol C(koks) i hvert trin
dvs. fordeling af diskretiseringstrin *)

NN_C_11:=F1* NN_C_tot_1;
NN_C_12:=F2* NN_C_tot_1;
NN_C_13:=F3* NN_C_tot_1;
NN_C_14:=F4* NN_C_tot_1;
NN_C_15:=F5* NN_C_tot_1;
NN_C_16:=F6* NN_C_tot_1;

```

```

NN_C_17:=F7* NN_C_tot_1;
NN_C_18:=F8* NN_C_tot_1;
NN_C_19:=F9* NN_C_tot_1;

```

```

(* Startværdi på askemængden *)
NN_aske_11:= F_aske/(1-F_aske)*
    F1*h_bed_1*rho_koks*A_bed_1/0.012*(1-F_aske);
NN_aske_12:= 2*F_aske/(1-F_aske)*
    F2*h_bed_1*rho_koks*A_bed_1/0.012*(1-F_aske);
NN_aske_13:= 4*F_aske/(1-F_aske)*
    F3*h_bed_1*rho_koks*A_bed_1/0.012*(1-F_aske);
NN_aske_14:= 8*F_aske/(1-F_aske)*
    F4*h_bed_1*rho_koks*A_bed_1/0.012*(1-F_aske);
NN_aske_15:=16*F_aske/(1-F_aske)*
    F5*h_bed_1*rho_koks*A_bed_1/0.012*(1-F_aske);
NN_aske_16:=32*F_aske/(1-F_aske)*
    F6*h_bed_1*rho_koks*A_bed_1/0.012*(1-F_aske);
NN_aske_17:=64*F_aske/(1-F_aske)*
    F7*h_bed_1*rho_koks*A_bed_1/0.012*(1-F_aske);
NN_aske_18:=90*F_aske/(1-F_aske)*
    F8*h_bed_1*rho_koks*A_bed_1/0.012*(1-F_aske);
NN_aske_19:=95*F_aske/(1-F_aske)*
    F9*h_bed_1*rho_koks*A_bed_1/0.012*(1-F_aske);

```

```

(* vand-gas shift trin *)
Ka_11:=(k8*T_11+k9)*T_11+k10;
n_Catom_11:=n_CO2_in_1 + n_CO_in_1 + n_Comsat_11;
n_H_11:=2*n_H2O_in_1 + 2*n_H2_in_1;
n_O_11:=n_H2O_in_1+n_CO_in_1 + 2*n_CO2_in_1;
k5_11:=ka_11-1;
k6_11:=ka_11*(n_H_11/2-n_O_11+n_Catom_11)+n_O_11;
k7_11:=n_Catom_11**2-n_Catom_11*n_O_11;
n_CO2_11:=(-k6_11+ SQRT(k6_11**2-4*k5_11*k7_11) )/(2*k5_11);
n_CO_11:=n_Catom_11-n_CO2_11;
n_H2_11:=n_H_11/2-n_O_11+n_Catom_11+n_CO2_11;
n_H2O_11:=n_O_11-n_Catom_11-n_CO2_11;

```

```

Ka_12:=(k8*T_12+k9)*T_12+k10;
n_Catom_12:=n_CO2_11 + n_CO_11 + n_Comsat_12;
n_H_12:=2*n_H2O_11 + 2*n_H2_11;
n_O_12:=n_H2O_11+n_CO_11 + 2*n_CO2_11;
k5_12:=ka_12-1;
k6_12:=ka_12*(n_H_12/2-n_O_12+n_Catom_12)+n_O_12;
k7_12:=n_Catom_12**2-n_Catom_12*n_O_12;
n_CO2_12:=(-k6_12+ SQRT(k6_12**2-4*k5_12*k7_12) )/(2*k5_12);
n_CO_12:=n_Catom_12-n_CO2_12;
n_H2_12:=n_H_12/2-n_O_12+n_Catom_12+n_CO2_12;
n_H2O_12:=n_O_12-n_Catom_12-n_CO2_12;

```

```

Ka_13:=(k8*T_13+k9)*T_13+k10;
n_Catom_13:=n_CO2_12 + n_CO_12 + n_Comsat_13;
n_H_13:=2*n_H2O_12 + 2*n_H2_12;
n_O_13:=n_H2O_12+n_CO_12 + 2*n_CO2_12;
k5_13:=ka_13-1;
k6_13:=ka_13*(n_H_13/2-n_O_13+n_Catom_13)+n_O_13;
k7_13:=n_Catom_13**2-n_Catom_13*n_O_13;
n_CO2_13:=(-k6_13+ SQRT(k6_13**2-4*k5_13*k7_13) )/(2*k5_13);
n_CO_13:=n_Catom_13-n_CO2_13;
n_H2_13:=n_H_13/2-n_O_13+n_Catom_13+n_CO2_13;
n_H2O_13:=n_O_13-n_Catom_13-n_CO2_13;

```



```

Ka_14:=(k8*T_14+k9)*T_14+k10;
n_Catom_14:=n_CO2_13 + n_CO_13 + n_Comsat_14;
n_H_14:=2*n_H2O_13 + 2*n_H2_13;
n_O_14:=n_H2O_13+n_CO_13 + 2*n_CO2_13;
k5_14:=ka_14-1;
k6_14:=ka_14*(n_H_14/2-n_O_14+n_Catom_14)+n_O_14;
k7_14:=n_Catom_14**2-n_Catom_14*n_O_14;
n_CO2_14:=(-k6_14+ SQRT(k6_14**2-4*k5_14*k7_14) )/(2*k5_14);
n_CO_14:=n_Catom_14-n_CO2_14;
n_H2_14:=n_H_14/2-n_O_14+n_Catom_14+n_CO2_14;
n_H2O_14:=n_O_14-n_Catom_14-n_CO2_14;

```

```

Ka_15:=(k8*T_15+k9)*T_15+k10;
n_Catom_15:=n_CO2_14 + n_CO_14 + n_Comsat_15;
n_H_15:=2*n_H2O_14 + 2*n_H2_14;
n_O_15:=n_H2O_14+n_CO_14 + 2*n_CO2_14;
k5_15:=ka_15-1;
k6_15:=ka_15*(n_H_15/2-n_O_15+n_Catom_15)+n_O_15;
k7_15:=n_Catom_15**2-n_Catom_15*n_O_15;
n_CO2_15:=(-k6_15+ SQRT(k6_15**2-4*k5_15*k7_15) )/(2*k5_15);
n_CO_15:=n_Catom_15-n_CO2_15;
n_H2_15:=n_H_15/2-n_O_15+n_Catom_15+n_CO2_15;
n_H2O_15:=n_O_15-n_Catom_15-n_CO2_15;

```

```

Ka_16:=(k8*T_16+k9)*T_16+k10;
n_Catom_16:=n_CO2_15 + n_CO_15 + n_Comsat_16;
n_H_16:=2*n_H2O_15 + 2*n_H2_15;
n_O_16:=n_H2O_15+n_CO_15 + 2*n_CO2_15;
k5_16:=ka_16-1;
k6_16:=ka_16*(n_H_16/2-n_O_16+n_Catom_16)+n_O_16;
k7_16:=n_Catom_16**2-n_Catom_16*n_O_16;
n_CO2_16:=(-k6_16+ SQRT(k6_16**2-4*k5_16*k7_16) )/(2*k5_16);
n_CO_16:=n_Catom_16-n_CO2_16;
n_H2_16:=n_H_16/2-n_O_16+n_Catom_16+n_CO2_16;
n_H2O_16:=n_O_16-n_Catom_16-n_CO2_16;

```

```

Ka_17:=(k8*T_17+k9)*T_17+k10;
n_Catom_17:=n_CO2_16 + n_CO_16 + n_Comsat_17;
n_H_17:=2*n_H2O_16 + 2*n_H2_16;
n_O_17:=n_H2O_16+n_CO_16 + 2*n_CO2_16;
k5_17:=ka_17-1;
k6_17:=ka_17*(n_H_17/2-n_O_17+n_Catom_17)+n_O_17;
k7_17:=n_Catom_17**2-n_Catom_17*n_O_17;
n_CO2_17:=(-k6_17+ SQRT(k6_17**2-4*k5_17*k7_17) )/(2*k5_17);
n_CO_17:=n_Catom_17-n_CO2_17;
n_H2_17:=n_H_17/2-n_O_17+n_Catom_17+n_CO2_17;
n_H2O_17:=n_O_17-n_Catom_17-n_CO2_17;

```

```

Ka_18:=(k8*T_18+k9)*T_18+k10;
n_Catom_18:=n_CO2_17 + n_CO_17 + n_Comsat_18;
n_H_18:=2*n_H2O_17 + 2*n_H2_17;
n_O_18:=n_H2O_17+n_CO_17 + 2*n_CO2_17;
k5_18:=ka_18-1;
k6_18:=ka_18*(n_H_18/2-n_O_18+n_Catom_18)+n_O_18;
k7_18:=n_Catom_18**2-n_Catom_18*n_O_18;
n_CO2_18:=(-k6_18+ SQRT(k6_18**2-4*k5_18*k7_18) )/(2*k5_18);
n_CO_18:=n_Catom_18-n_CO2_18;
n_H2_18:=n_H_18/2-n_O_18+n_Catom_18+n_CO2_18;
n_H2O_18:=n_O_18-n_Catom_18-n_CO2_18;

```

```

Ka_19:=(k8*T_19+k9)*T_19+k10;
n_Catom_19:=n_CO2_18 + n_CO_18 + n_Comsat_19;
n_H_19:=2*n_H2O_18 + 2*n_H2_18;

```

```

n_O_19:=n_H2O_18+n_CO_18 + 2*n_CO2_18;
k5_19:=ka_19-1;
k6_19:=ka_19*(n_H_19/2-n_O_19+n_Catom_19)+n_O_19;
k7_19:=n_Catom_19**2-n_Catom_19*n_O_19;
n_CO2_19:=(-k6_19+ SQRT(k6_19**2-4*k5_19*k7_19) )/(2*k5_19);
n_CO_19:=n_Catom_19-n_CO2_19;
n_H2_19:=n_H_19/2-n_O_19+n_Catom_19+n_CO2_19;
n_H2O_19:=n_O_19-n_Catom_19-n_CO2_19;

```

(\* Beregning af gassammensætning [mol/mol gas] \*)

```

F_H2O_11:=n_H2O_11/(n_H2O_11+n_H2_11+n_CO2_11+n_CO_11+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_H2O_12:=n_H2O_12/(n_H2O_12+n_H2_12+n_CO2_12+n_CO_12+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_H2O_13:=n_H2O_13/(n_H2O_13+n_H2_13+n_CO2_13+n_CO_13+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_H2O_14:=n_H2O_14/(n_H2O_14+n_H2_14+n_CO2_14+n_CO_14+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_H2O_15:=n_H2O_15/(n_H2O_15+n_H2_15+n_CO2_15+n_CO_15+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_H2O_16:=n_H2O_16/(n_H2O_16+n_H2_16+n_CO2_16+n_CO_16+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_H2O_17:=n_H2O_17/(n_H2O_17+n_H2_17+n_CO2_17+n_CO_17+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_H2O_18:=n_H2O_18/(n_H2O_18+n_H2_18+n_CO2_18+n_CO_18+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_H2O_19:=n_H2O_19/(n_H2O_19+n_H2_19+n_CO2_19+n_CO_19+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);

```

```

F_H2_11:=n_H2_11/(n_H2O_11+n_H2_11+n_CO2_11+n_CO_11+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_H2_12:=n_H2_12/(n_H2O_12+n_H2_12+n_CO2_12+n_CO_12+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_H2_13:=n_H2_13/(n_H2O_13+n_H2_13+n_CO2_13+n_CO_13+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_H2_14:=n_H2_14/(n_H2O_14+n_H2_14+n_CO2_14+n_CO_14+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_H2_15:=n_H2_15/(n_H2O_15+n_H2_15+n_CO2_15+n_CO_15+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_H2_16:=n_H2_16/(n_H2O_16+n_H2_16+n_CO2_16+n_CO_16+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_H2_17:=n_H2_17/(n_H2O_17+n_H2_17+n_CO2_17+n_CO_17+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_H2_18:=n_H2_18/(n_H2O_18+n_H2_18+n_CO2_18+n_CO_18+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_H2_19:=n_H2_19/(n_H2O_19+n_H2_19+n_CO2_19+n_CO_19+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);

```

```

F_CO_11:=n_CO_11/(n_H2O_11+n_H2_11+n_CO2_11+n_CO_11+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_CO_12:=n_CO_12/(n_H2O_12+n_H2_12+n_CO2_12+n_CO_12+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_CO_13:=n_CO_13/(n_H2O_13+n_H2_13+n_CO2_13+n_CO_13+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_CO_14:=n_CO_14/(n_H2O_14+n_H2_14+n_CO2_14+n_CO_14+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_CO_15:=n_CO_15/(n_H2O_15+n_H2_15+n_CO2_15+n_CO_15+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_CO_16:=n_CO_16/(n_H2O_16+n_H2_16+n_CO2_16+n_CO_16+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_CO_17:=n_CO_17/(n_H2O_17+n_H2_17+n_CO2_17+n_CO_17+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_CO_18:=n_CO_18/(n_H2O_18+n_H2_18+n_CO2_18+n_CO_18+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_CO_19:=n_CO_19/(n_H2O_19+n_H2_19+n_CO2_19+n_CO_19+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);

```

```

F_CO2_11:=n_CO2_11/(n_H2O_11+n_H2_11+n_CO2_11+n_CO_11+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_CO2_12:=n_CO2_12/(n_H2O_12+n_H2_12+n_CO2_12+n_CO_12+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_CO2_13:=n_CO2_13/(n_H2O_13+n_H2_13+n_CO2_13+n_CO_13+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_CO2_14:=n_CO2_14/(n_H2O_14+n_H2_14+n_CO2_14+n_CO_14+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_CO2_15:=n_CO2_15/(n_H2O_15+n_H2_15+n_CO2_15+n_CO_15+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_CO2_16:=n_CO2_16/(n_H2O_16+n_H2_16+n_CO2_16+n_CO_16+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_CO2_17:=n_CO2_17/(n_H2O_17+n_H2_17+n_CO2_17+n_CO_17+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_CO2_18:=n_CO2_18/(n_H2O_18+n_H2_18+n_CO2_18+n_CO_18+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_CO2_19:=n_CO2_19/(n_H2O_19+n_H2_19+n_CO2_19+n_CO_19+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);

```

```

F_N2_11:=n_N2_in_1/(n_H2O_11+n_H2_11+n_CO2_11+n_CO_11+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_N2_12:=n_N2_in_1/(n_H2O_12+n_H2_12+n_CO2_12+n_CO_12+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_N2_13:=n_N2_in_1/(n_H2O_13+n_H2_13+n_CO2_13+n_CO_13+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_N2_14:=n_N2_in_1/(n_H2O_14+n_H2_14+n_CO2_14+n_CO_14+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_N2_15:=n_N2_in_1/(n_H2O_15+n_H2_15+n_CO2_15+n_CO_15+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_N2_16:=n_N2_in_1/(n_H2O_16+n_H2_16+n_CO2_16+n_CO_16+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_N2_17:=n_N2_in_1/(n_H2O_17+n_H2_17+n_CO2_17+n_CO_17+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_N2_18:=n_N2_in_1/(n_H2O_18+n_H2_18+n_CO2_18+n_CO_18+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_N2_19:=n_N2_in_1/(n_H2O_19+n_H2_19+n_CO2_19+n_CO_19+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);

```

```

F_CH4_11:=n_CH4_in_1/(n_H2O_11+n_H2_11+n_CO2_11+n_CO_11+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_CH4_12:=n_CH4_in_1/(n_H2O_12+n_H2_12+n_CO2_12+n_CO_12+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);

```

```

F_CH4_13:=n_CH4_in_1/(n_H2O_13+n_H2_13+n_CO2_13+n_CO_13+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_CH4_14:=n_CH4_in_1/(n_H2O_14+n_H2_14+n_CO2_14+n_CO_14+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_CH4_15:=n_CH4_in_1/(n_H2O_15+n_H2_15+n_CO2_15+n_CO_15+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_CH4_16:=n_CH4_in_1/(n_H2O_16+n_H2_16+n_CO2_16+n_CO_16+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_CH4_17:=n_CH4_in_1/(n_H2O_17+n_H2_17+n_CO2_17+n_CO_17+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_CH4_18:=n_CH4_in_1/(n_H2O_18+n_H2_18+n_CO2_18+n_CO_18+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);
F_CH4_19:=n_CH4_in_1/(n_H2O_19+n_H2_19+n_CO2_19+n_CO_19+n_CH4_in_1+n_N2_in_1);

```

```

MolMas_11:=F_H2O_11*0.018 + F_H2_11*0.002 + F_CO2_11*0.044
+ F_CO_11*0.028 + F_CH4_11*0.016+F_N2_11*0.028;
MolMas_12:=F_H2O_12*0.018 + F_H2_12*0.002 + F_CO2_12*0.044
+ F_CO_12*0.028 + F_CH4_12*0.016+F_N2_12*0.028;
MolMas_13:=F_H2O_13*0.018 + F_H2_13*0.002 + F_CO2_13*0.044
+ F_CO_13*0.028 + F_CH4_13*0.016+F_N2_13*0.028;
MolMas_14:=F_H2O_14*0.018 + F_H2_14*0.002 + F_CO2_14*0.044
+ F_CO_14*0.028 + F_CH4_14*0.016+F_N2_14*0.028;
MolMas_15:=F_H2O_15*0.018 + F_H2_15*0.002 + F_CO2_15*0.044
+ F_CO_15*0.028 + F_CH4_15*0.016+F_N2_15*0.028;
MolMas_16:=F_H2O_16*0.018 + F_H2_16*0.002 + F_CO2_16*0.044
+ F_CO_16*0.028 + F_CH4_16*0.016+F_N2_16*0.028;
MolMas_17:=F_H2O_17*0.018 + F_H2_17*0.002 + F_CO2_17*0.044
+ F_CO_17*0.028 + F_CH4_17*0.016+F_N2_17*0.028;
MolMas_18:=F_H2O_18*0.018 + F_H2_18*0.002 + F_CO2_18*0.044
+ F_CO_18*0.028 + F_CH4_18*0.016+F_N2_18*0.028;
MolMas_19:=F_H2O_16*0.018 + F_H2_16*0.002 + F_CO2_16*0.044
+ F_CO_16*0.028 + F_CH4_16*0.016+F_N2_16*0.028;

```

(\* Beregning af omsætningsgrad \*)

```

n_aske_in_1:=1/(1-F_aske)*n_C_in_1*F_aske;
n_aske_11:=NN_aske_11/NN_C_11 * n_C_11;
n_aske_12:=NN_aske_12/NN_C_12 * n_C_12;
n_aske_13:=NN_aske_13/NN_C_13 * n_C_13;
n_aske_14:=NN_aske_14/NN_C_14 * n_C_14;
n_aske_15:=NN_aske_15/NN_C_15 * n_C_15;
n_aske_16:=NN_aske_16/NN_C_16 * n_C_16;
n_aske_17:=NN_aske_17/NN_C_17 * n_C_17;
n_aske_18:=NN_aske_18/NN_C_18 * n_C_18;
n_aske_19:=n_aske_18;

```

```

dNN_aske_11:=- (n_aske_11-n_aske_in_1);
dNN_aske_12:=- (n_aske_12-n_aske_11);
dNN_aske_13:=- (n_aske_13-n_aske_12);
dNN_aske_14:=- (n_aske_14-n_aske_13);
dNN_aske_15:=- (n_aske_15-n_aske_14);
dNN_aske_16:=- (n_aske_16-n_aske_15);
dNN_aske_17:=- (n_aske_17-n_aske_16);
dNN_aske_18:=- (n_aske_18-n_aske_17);
dNN_aske_19:=- (n_aske_19-n_aske_18);

```

(\*

```

X_11:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_11/(NN_C_11 + 1E-8));
X_12:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_12/(NN_C_12 + 1E-8));
X_13:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_13/(NN_C_13 + 1E-8));
X_14:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_14/(NN_C_14 + 1E-8));
X_15:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_15/(NN_C_15 + 1E-8));
X_16:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_16/(NN_C_16 + 1E-8));
X_17:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_17/(NN_C_17 + 1E-8));
X_18:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_18/(NN_C_18 + 1E-8));
X_19:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_19/(NN_C_19 + 1E-8));
*)

```

```

v_11:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_11/(NN_C_11 + 1E-8));
IF v_11<0.001 OR v_11>0.999 THEN
    X_11:=0.17 +0*NN_C_11
ELSE
    X_11:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_11/(NN_C_11 + 1E-8));

v_12:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_12/(NN_C_12 + 1E-8));
IF v_12<0.001 OR v_12>0.999 THEN
    X_12:=0.34 +0*NN_C_11
ELSE
    X_12:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_12/(NN_C_12 + 1E-8));

v_13:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_13/(NN_C_13 + 1E-8));
IF v_13<0.001 OR v_13>0.999 THEN
    X_13:=0.50 +0*NN_C_13
ELSE
    X_13:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_13/(NN_C_13 + 1E-8));

v_14:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_14/(NN_C_14 + 1E-8));
IF v_14<0.001 OR v_14>0.999 THEN
    X_14:=0.67 +0*NN_C_14
ELSE
    X_14:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_14/(NN_C_14 + 1E-8));

v_15:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_15/(NN_C_15 + 1E-8));
IF v_15<0.001 OR v_15>0.999 THEN
    X_15:=0.83 +0*NN_C_11
ELSE
    X_15:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_15/(NN_C_15 + 1E-8));

v_16:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_16/(NN_C_16 + 1E-8));
IF v_16<0.001 OR v_16>0.999 THEN
    X_16:=0.9 +0*NN_C_16
ELSE
    X_16:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_16/(NN_C_16 + 1E-8));

v_17:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_17/(NN_C_17 + 1E-8));
IF v_17<0.001 OR v_17>0.999 THEN
    X_17:=0.92 +0*NN_C_17
ELSE
    X_17:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_17/(NN_C_17 + 1E-8));

v_18:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_18/(NN_C_18 + 1E-8));
IF v_18<0.001 OR v_18>0.999 THEN
    X_18:=0.95 +0*NN_C_18
ELSE
    X_18:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_18/(NN_C_18 + 1E-8));

v_19:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_19/(NN_C_19 + 1E-8));
IF v_19<0.001 OR v_19>0.999 THEN
    X_19:=0.99 +0*NN_C_19
ELSE
    X_19:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_19/(NN_C_19 + 1E-8));

(* Beregning af oms'tningshastigheder [mol omsat / mol C*s] *)
R_11:=1/60/100*A*exp(-E/(R*T_11))*p1*exp(m1*log(T_11))
    /(A*exp(-E/(R*T_11))+p1*exp(m1*log(T_11)))
    *exp(n1*log(F_H2O_11))/(1+n2*F_H2_11)
    *(k1+k2*X_11+k3*exp(k4*log(X_11)))(**);
R_12:=1/60/100*A*exp(-E/(R*T_12))*p1*exp(m1*log(T_12))
    /(A*exp(-E/(R*T_12))+p1*exp(m1*log(T_12)))
    *exp(n1*log(F_H2O_12))/(1+n2*F_H2_12)

```

```

    *(k1+k2*X_12+k3*exp(k4*log(X_12)))(**);
R_13:=1/60/100*A*exp(-E/(R*T_13))*p1*exp(m1*log(T_13))
    /(A*exp(-E/(R*T_13))+p1*exp(m1*log(T_13)))
    *exp(n1*log(F_H2O_13))/(1+n2*F_H2_13)
    *(k1+k2*X_12+k3*exp(k4*log(X_12)))(**);
R_14:=1/60/100*A*exp(-E/(R*T_14))*p1*exp(m1*log(T_14))
    /(A*exp(-E/(R*T_14))+p1*exp(m1*log(T_14)))
    *exp(n1*log(F_H2O_14))/(1+n2*F_H2_14)
    *(k1+k2*X_14+k3*exp(k4*log(X_14)))(**);
R_15:=1/60/100*A*exp(-E/(R*T_15))*p1*exp(m1*log(T_15))
    /(A*exp(-E/(R*T_15))+p1*exp(m1*log(T_15)))
    *exp(n1*log(F_H2O_15))/(1+n2*F_H2_15)
    *(k1+k2*X_15+k3*exp(k4*log(X_15)))(**);
R_16:=1/60/100*A*exp(-E/(R*T_16))*p1*exp(m1*log(T_16))
    /(A*exp(-E/(R*T_16))+p1*exp(m1*log(T_16)))
    *exp(n1*log(F_H2O_16))/(1+n2*F_H2_16)
    *(k1+k2*X_16+k3*exp(k4*log(X_16)))(**);
R_17:=1/60/100*A*exp(-E/(R*T_17))*p1*exp(m1*log(T_17))
    /(A*exp(-E/(R*T_17))+p1*exp(m1*log(T_17)))
    *exp(n1*log(F_H2O_17))/(1+n2*F_H2_17)
    *(k1+k2*X_17+k3*exp(k4*log(X_17)))(**);
R_18:=1/60/100*A*exp(-E/(R*T_18))*p1*exp(m1*log(T_18))
    /(A*exp(-E/(R*T_18))+p1*exp(m1*log(T_18)))
    *exp(n1*log(F_H2O_18))/(1+n2*F_H2_18)
    *(k1+k2*X_18+k3*exp(k4*log(X_18)))(**);
R_19:=1/60/100*A*exp(-E/(R*T_19))*p1*exp(m1*log(T_19))
    /(A*exp(-E/(R*T_19))+p1*exp(m1*log(T_19)))
    *exp(n1*log(F_H2O_19))/(1+n2*F_H2_19)
    *(k1+k2*X_19+k3*exp(k4*log(X_19)))(**);

(* Bestemmelse af C(koks)-flowet i hvert diskretiseringstrin [mol/s] *)
(* kulstofomsætning [mol/s] *)

1E-6:=R_11*NN_c_11-n_Comsat_11;
1E-6:=R_12*NN_c_12-n_Comsat_12;
1E-6:=R_13*NN_c_13-n_Comsat_13;
1E-6:=R_14*NN_c_14-n_Comsat_14;
1E-6:=R_15*NN_c_15-n_Comsat_15;
1E-6:=R_16*NN_c_16-n_Comsat_16;
1E-6:=R_17*NN_c_17-n_Comsat_17;
1E-6:=R_18*NN_c_18-n_Comsat_18;
1E-6:=R_19*NN_c_19-n_Comsat_19;

1E-5:=n_C_in_1 - n_C_11 - n_Comsat_11;
1E-5:=n_C_11 - n_C_12 - n_Comsat_12;
1E-5:=n_C_12 - n_C_13 - n_Comsat_13;
1E-5:=n_C_13 - n_C_14 - n_Comsat_14;
1E-5:=n_C_14 - n_C_15 - n_Comsat_15;
1E-5:=n_C_15 - n_C_16 - n_Comsat_16;
1E-5:=n_C_16 - n_C_17 - n_Comsat_17;
1E-5:=n_C_17 - n_C_18 - n_Comsat_18;
1E-5:=n_C_18 - 0 - n_Comsat_19;

n_koks_in_1:=(1+F_aske)*(n_Comsat_11+n_Comsat_12
    +n_Comsat_13+n_Comsat_14+n_Comsat_15+n_Comsat_16
    +n_Comsat_17+n_Comsat_18+n_Comsat_19);

(* Beregning enthalpistrøm [J/s] *)
H_CO_in_1:= n_CO_in_1 * (a_CO*T_ind**2+b_CO*T_ind+c_CO);
H_CO_11 := n_CO_11 * (a_CO*T_11**2+b_CO*T_11+c_CO);
H_CO_12 := n_CO_12 * (a_CO*T_12**2+b_CO*T_12+c_CO);

```

```

H_CO_13 := n_CO_13 * (a_CO*T_13**2+b_CO*T_13+c_CO);
H_CO_14 := n_CO_14 * (a_CO*T_14**2+b_CO*T_14+c_CO);
H_CO_15 := n_CO_15 * (a_CO*T_15**2+b_CO*T_15+c_CO);
H_CO_16 := n_CO_16 * (a_CO*T_16**2+b_CO*T_16+c_CO);
H_CO_17 := n_CO_17 * (a_CO*T_17**2+b_CO*T_17+c_CO);
H_CO_18 := n_CO_18 * (a_CO*T_18**2+b_CO*T_18+c_CO);
H_CO_19 := n_CO_19 * (a_CO*T_19**2+b_CO*T_19+c_CO);

H_CO2_in_1:= n_CO2_in_1 * (a_CO2*T_ind**2+b_CO2*T_ind+c_CO2);
H_CO2_11:= n_CO2_11 * (a_CO2*T_11**2+b_CO2*T_11+c_CO2);
H_CO2_12:= n_CO2_12 * (a_CO2*T_12**2+b_CO2*T_12+c_CO2);
H_CO2_13:= n_CO2_13 * (a_CO2*T_13**2+b_CO2*T_13+c_CO2);
H_CO2_14:= n_CO2_14 * (a_CO2*T_14**2+b_CO2*T_14+c_CO2);
H_CO2_15:= n_CO2_15 * (a_CO2*T_15**2+b_CO2*T_15+c_CO2);
H_CO2_16:= n_CO2_16 * (a_CO2*T_16**2+b_CO2*T_16+c_CO2);
H_CO2_17:= n_CO2_17 * (a_CO2*T_17**2+b_CO2*T_17+c_CO2);
H_CO2_18:= n_CO2_18 * (a_CO2*T_18**2+b_CO2*T_18+c_CO2);
H_CO2_19:= n_CO2_19 * (a_CO2*T_19**2+b_CO2*T_19+c_CO2);

H_H2O_in_1:=n_H2O_in_1 * (a_H2O*T_ind**2+b_H2O*T_ind+c_H2O);
H_H2O_11:= n_H2O_11 * (a_H2O*T_11**2+b_H2O*T_11+c_H2O);
H_H2O_12:= n_H2O_12 * (a_H2O*T_12**2+b_H2O*T_12+c_H2O);
H_H2O_13:= n_H2O_13 * (a_H2O*T_13**2+b_H2O*T_13+c_H2O);
H_H2O_14:= n_H2O_14 * (a_H2O*T_14**2+b_H2O*T_14+c_H2O);
H_H2O_15:= n_H2O_15 * (a_H2O*T_15**2+b_H2O*T_15+c_H2O);
H_H2O_16:= n_H2O_16 * (a_H2O*T_16**2+b_H2O*T_16+c_H2O);
H_H2O_17:= n_H2O_17 * (a_H2O*T_17**2+b_H2O*T_17+c_H2O);
H_H2O_18:= n_H2O_18 * (a_H2O*T_18**2+b_H2O*T_18+c_H2O);
H_H2O_19:= n_H2O_19 * (a_H2O*T_19**2+b_H2O*T_19+c_H2O);

H_H2_in_1:=n_H2_in_1 * (a_H2*T_ind**2+b_H2*T_ind+c_H2);
H_H2_11:= n_H2_11 * (a_H2*T_11**2+b_H2*T_11+c_H2);
H_H2_12:= n_H2_12 * (a_H2*T_12**2+b_H2*T_12+c_H2);
H_H2_13:= n_H2_13 * (a_H2*T_13**2+b_H2*T_13+c_H2);
H_H2_14:= n_H2_14 * (a_H2*T_14**2+b_H2*T_14+c_H2);
H_H2_15:= n_H2_15 * (a_H2*T_15**2+b_H2*T_15+c_H2);
H_H2_16:= n_H2_16 * (a_H2*T_16**2+b_H2*T_16+c_H2);
H_H2_17:= n_H2_17 * (a_H2*T_17**2+b_H2*T_17+c_H2);
H_H2_18:= n_H2_18 * (a_H2*T_18**2+b_H2*T_18+c_H2);
H_H2_19:= n_H2_19 * (a_H2*T_19**2+b_H2*T_19+c_H2);

H_CH4_in_1:=n_CH4_in_1 * (a_CH4*T_ind**2+b_CH4*T_ind+c_CH4);
H_CH4_11:= n_CH4_in_1 * (a_CH4*T_11**2+b_CH4*T_11+c_CH4);
H_CH4_12:= n_CH4_in_1 * (a_CH4*T_12**2+b_CH4*T_12+c_CH4);
H_CH4_13:= n_CH4_in_1 * (a_CH4*T_13**2+b_CH4*T_13+c_CH4);
H_CH4_14:= n_CH4_in_1 * (a_CH4*T_14**2+b_CH4*T_14+c_CH4);
H_CH4_15:= n_CH4_in_1 * (a_CH4*T_15**2+b_CH4*T_15+c_CH4);
H_CH4_16:= n_CH4_in_1 * (a_CH4*T_16**2+b_CH4*T_16+c_CH4);
H_CH4_17:= n_CH4_in_1 * (a_CH4*T_17**2+b_CH4*T_17+c_CH4);
H_CH4_18:= n_CH4_in_1 * (a_CH4*T_18**2+b_CH4*T_18+c_CH4);
H_CH4_19:= n_CH4_in_1 * (a_CH4*T_19**2+b_CH4*T_19+c_CH4);

H_N2_in_1:=n_N2_in_1 * (a_N2*T_ind**2+b_N2*T_ind+c_N2);
H_N2_11:= n_N2_in_1 * (a_N2*T_11**2+b_N2*T_11+c_N2);
H_N2_12:= n_N2_in_1 * (a_N2*T_12**2+b_N2*T_12+c_N2);
H_N2_13:= n_N2_in_1 * (a_N2*T_13**2+b_N2*T_13+c_N2);
H_N2_14:= n_N2_in_1 * (a_N2*T_14**2+b_N2*T_14+c_N2);
H_N2_15:= n_N2_in_1 * (a_N2*T_15**2+b_N2*T_15+c_N2);
H_N2_16:= n_N2_in_1 * (a_N2*T_16**2+b_N2*T_16+c_N2);
H_N2_17:= n_N2_in_1 * (a_N2*T_17**2+b_N2*T_17+c_N2);
H_N2_18:= n_N2_in_1 * (a_N2*T_18**2+b_N2*T_18+c_N2);
H_N2_19:= n_N2_in_1 * (a_N2*T_19**2+b_N2*T_19+c_N2);

```

```

H_C_in_1:=n_C_in_1 * (a_C*T_ind**2+b_C*T_ind+c_C);
H_C_11:= n_C_11 * (a_C*T_11**2+b_C*T_11+c_C);
H_C_12:= n_C_12 * (a_C*T_12**2+b_C*T_12+c_C);
H_C_13:= n_C_13 * (a_C*T_13**2+b_C*T_13+c_C);
H_C_14:= n_C_14 * (a_C*T_14**2+b_C*T_14+c_C);
H_C_15:= n_C_15 * (a_C*T_15**2+b_C*T_15+c_C);
H_C_16:= n_C_16 * (a_C*T_16**2+b_C*T_16+c_C);
H_C_17:= n_C_17 * (a_C*T_17**2+b_C*T_17+c_C);
H_C_18:= n_C_18 * (a_C*T_18**2+b_C*T_18+c_C);
H_C_19:= 0      * (a_C*T_19**2+b_C*T_19+c_C);

```

```

(* Beregning af størrelsen d(H) i 1. H.S. *)
DH_11:=(H_CO_11-H_CO_in_1) + (H_CO2_11-H_CO2_in_1) + (H_H2O_11-H_H2O_in_1)
      + (H_H2_11-H_H2_in_1) + (H_CH4_11-H_CH4_in_1)
      + (H_N2_11-H_N2_in_1) + (H_C_11-H_C_in_1);
DH_12:=(H_CO_12-H_CO_11) + (H_CO2_12-H_CO2_11) + (H_H2O_12-H_H2O_11)
      + (H_H2_12-H_H2_11) + (H_CH4_12-H_CH4_11)
      + (H_N2_11-H_N2_11) + (H_C_11-H_C_11);
DH_13:=(H_CO_13-H_CO_12) + (H_CO2_13-H_CO2_12) + (H_H2O_13-H_H2O_12)
      + (H_H2_13-H_H2_12) + (H_CH4_13-H_CH4_12)
      + (H_N2_13-H_N2_12) + (H_C_13-H_C_12);
DH_14:=(H_CO_14-H_CO_13) + (H_CO2_14-H_CO2_13) + (H_H2O_14-H_H2O_13)
      + (H_H2_14-H_H2_13) + (H_CH4_14-H_CH4_13)
      + (H_N2_14-H_N2_13) + (H_C_14-H_C_13);
DH_15:=(H_CO_15-H_CO_14) + (H_CO2_15-H_CO2_14) + (H_H2O_15-H_H2O_14)
      + (H_H2_15-H_H2_14) + (H_CH4_15-H_CH4_14)
      + (H_N2_15-H_N2_14) + (H_C_15-H_C_14);
DH_16:=(H_CO_16-H_CO_15) + (H_CO2_16-H_CO2_15) + (H_H2O_16-H_H2O_15)
      + (H_H2_16-H_H2_15) + (H_CH4_16-H_CH4_15)
      + (H_N2_16-H_N2_15) + (H_C_16-H_C_15);
DH_17:=(H_CO_17-H_CO_16) + (H_CO2_17-H_CO2_16) + (H_H2O_17-H_H2O_16)
      + (H_H2_17-H_H2_16) + (H_CH4_17-H_CH4_16)
      + (H_N2_17-H_N2_16) + (H_C_17-H_C_16);
DH_18:=(H_CO_18-H_CO_17) + (H_CO2_18-H_CO2_17) + (H_H2O_18-H_H2O_17)
      + (H_H2_18-H_H2_17) + (H_CH4_18-H_CH4_17)
      + (H_N2_18-H_N2_17) + (H_C_18-H_C_17);
DH_19:=(H_CO_19-H_CO_18) + (H_CO2_19-H_CO2_18) + (H_H2O_19-H_H2O_18)
      + (H_H2_19-H_H2_18) + (H_CH4_19-H_CH4_18)
      + (H_N2_19-H_N2_18) + (H_C_19-H_C_18);

```

```

(* Beregning af dT/dt vha. 1. H.S. *)
(* For koks gælder cp=cv og dermed h=u *)
Cv_11:=(a_C*T_11**2+b_C*T_11+c_C)-(a_C*(T_11-1)**2+b_C*(T_11-1)+c_C);
Cv_12:=(a_C*T_12**2+b_C*T_12+c_C)-(a_C*(T_12-1)**2+b_C*(T_12-1)+c_C);
Cv_13:=(a_C*T_13**2+b_C*T_11+c_C)-(a_C*(T_13-1)**2+b_C*(T_13-1)+c_C);
Cv_14:=(a_C*T_14**2+b_C*T_11+c_C)-(a_C*(T_14-1)**2+b_C*(T_14-1)+c_C);
Cv_15:=(a_C*T_15**2+b_C*T_11+c_C)-(a_C*(T_15-1)**2+b_C*(T_15-1)+c_C);
Cv_16:=(a_C*T_16**2+b_C*T_11+c_C)-(a_C*(T_16-1)**2+b_C*(T_16-1)+c_C);
Cv_17:=(a_C*T_17**2+b_C*T_11+c_C)-(a_C*(T_17-1)**2+b_C*(T_17-1)+c_C);
Cv_18:=(a_C*T_18**2+b_C*T_11+c_C)-(a_C*(T_18-1)**2+b_C*(T_18-1)+c_C);
Cv_19:=(a_C*T_19**2+b_C*T_11+c_C)-(a_C*(T_19-1)**2+b_C*(T_19-1)+c_C);

```

```

n_cv_11:=NN_C_11* cv_11;
n_cv_12:=NN_C_12* cv_12;
n_cv_13:=NN_C_13* cv_13;
n_cv_14:=NN_C_14* cv_14;
n_cv_15:=NN_C_15* cv_15;
n_cv_16:=NN_C_16* cv_16;
n_cv_17:=NN_C_17* cv_17;
n_cv_18:=NN_C_18* cv_18;

```

```
n_cv_19:=NN_C_19* cv_19;
```

```
dT_11:= (-Qtab - DH_11)/n_cv_11;  
dT_12:= (-Qtab - DH_12)/n_cv_12;  
dT_13:= (-Qtab - DH_13)/n_cv_13;  
dT_14:= (-Qtab - DH_14)/n_cv_14;  
dT_15:= (-Qtab - DH_15)/n_cv_15;  
dT_16:= (-Qtab - DH_16)/n_cv_16;  
dT_17:= (-Qtab - DH_17)/n_cv_17;  
dT_18:= (-Qtab - DH_18)/n_cv_18;  
dT_19:= (-Qtab - DH_19)/n_cv_19;
```

```
(*
```

```
dT_11:= (-Qtab - DH_11)/(NN_C_11*((a_C*T_11**2+b_C*T_11+c_C)  
- (a_C*(T_11-1)**2+b_C*(T_11-1)+c_C)));  
dT_12:= (-Qtab - DH_12)/(NN_C_12*((a_C*T_12**2+b_C*T_12+c_C)  
- (a_C*(T_12-1)**2+b_C*(T_12-1)+c_C)));  
dT_13:= (-Qtab - DH_13)/(NN_C_13*((a_C*T_13**2+b_C*T_13+c_C)  
- (a_C*(T_13-1)**2+b_C*(T_13-1)+c_C)));  
dT_14:= (-Qtab - DH_14)/(NN_C_14*((a_C*T_14**2+b_C*T_14+c_C)  
- (a_C*(T_14-1)**2+b_C*(T_14-1)+c_C)));  
dT_15:= (-Qtab - DH_15)/(NN_C_15*((a_C*T_15**2+b_C*T_15+c_C)  
- (a_C*(T_15-1)**2+b_C*(T_15-1)+c_C)));  
dT_16:= (-Qtab - DH_16)/(NN_C_16*((a_C*T_16**2+b_C*T_16+c_C)  
- (a_C*(T_16-1)**2+b_C*(T_16-1)+c_C)));  
dT_17:= (-Qtab - DH_17)/(NN_C_17*((a_C*T_17**2+b_C*T_17+c_C)  
- (a_C*(T_17-1)**2+b_C*(T_17-1)+c_C)));  
dT_18:= (-Qtab - DH_18)/(NN_C_18*((a_C*T_18**2+b_C*T_18+c_C)  
- (a_C*(T_18-1)**2+b_C*(T_18-1)+c_C)));  
dT_19:= (-Qtab - DH_19)/(NN_C_19*((a_C*T_19**2+b_C*T_19+c_C)  
- (a_C*(T_19-1)**2+b_C*(T_19-1)+c_C)));
```

```
*)
```

```
rho_C_11:=rho_koks*exp((1-nf)*log(1-X_11));  
rho_C_12:=rho_koks*exp((1-nf)*log(1-X_12));  
rho_C_13:=rho_koks*exp((1-nf)*log(1-X_13));  
rho_C_14:=rho_koks*exp((1-nf)*log(1-X_14));  
rho_C_15:=rho_koks*exp((1-nf)*log(1-X_15));  
rho_C_16:=rho_koks*exp((1-nf)*log(1-X_16));  
rho_C_17:=rho_koks*exp((1-nf)*log(1-X_17));  
rho_C_18:=rho_koks*exp((1-nf)*log(1-X_18));  
rho_C_19:=rho_koks*exp((1-nf)*log(1-X_19));
```

```
S_11:=NN_C_11*0.012/(rho_C_11*A_bed_1);  
S_12:=NN_C_12*0.012/(rho_C_12*A_bed_1);  
S_13:=NN_C_13*0.012/(rho_C_13*A_bed_1);  
S_14:=NN_C_14*0.012/(rho_C_14*A_bed_1);  
S_15:=NN_C_15*0.012/(rho_C_15*A_bed_1);  
S_16:=NN_C_16*0.012/(rho_C_16*A_bed_1);  
S_17:=NN_C_17*0.012/(rho_C_17*A_bed_1);  
S_18:=NN_C_18*0.012/(rho_C_18*A_bed_1);  
S_19:=NN_C_19*0.012/(rho_C_19*A_bed_1);
```

```
1e-5:=S_11+S_12+S_13+S_14+S_15+S_16+S_17+S_18+S_19-h_bed_1;
```

```
tid_11:=S_11/((n_C_in_1+n_C_11)/2*0.012/(rho_C_11*A_bed_1));  
tid_12:=S_12/((n_C_11+n_C_12)/2*0.012/(rho_C_12*A_bed_1));  
tid_13:=S_13/((n_C_12+n_C_13)/2*0.012/(rho_C_13*A_bed_1));  
tid_14:=S_14/((n_C_13+n_C_14)/2*0.012/(rho_C_14*A_bed_1));  
tid_15:=S_15/((n_C_14+n_C_15)/2*0.012/(rho_C_15*A_bed_1));
```



```

tid_16:=S_16/((n_C_15+n_C_16)/2*0.012/(rho_C_16*A_bed_1));
tid_17:=S_17/((n_C_16+n_C_17)/2*0.012/(rho_C_17*A_bed_1));
tid_18:=S_18/((n_C_17+n_C_18)/2*0.012/(rho_C_18*A_bed_1));
tid_19:=S_19/((n_C_18+      0)/2*0.012/(rho_C_19*A_bed_1));

tid_acc_11:=tid_11;
tid_acc_12:=tid_12+tid_acc_11;
tid_acc_13:=tid_13+tid_acc_12;
tid_acc_14:=tid_14+tid_acc_13;
tid_acc_15:=tid_15+tid_acc_14;
tid_acc_16:=tid_16+tid_acc_15;
tid_acc_17:=tid_17+tid_acc_16;
tid_acc_18:=tid_18+tid_acc_17;
tid_acc_19:=tid_19+tid_acc_18;

IF tid < tid_sk_1 THEN
  BEGIN
    d0_11:=d0_1_t1 +0*tid_11;
    d0_12:=d0_1_t1 +0*tid_12;
    d0_13:=d0_1_t1 +0*tid_13;
    d0_14:=d0_1_t1 +0*tid_14;
    d0_15:=d0_1_t1 +0*tid_15;
    d0_16:=d0_1_t1 +0*tid_16;
    d0_17:=d0_1_t1 +0*tid_17;
    d0_18:=d0_1_t1 +0*tid_18;
    d0_19:=d0_1_t1 +0*tid_19;
    eps_11:=eps_1_t1 +0*tid_11;
    eps_12:=eps_1_t1 +0*tid_12;
    eps_13:=eps_1_t1 +0*tid_13;
    eps_14:=eps_1_t1 +0*tid_14;
    eps_15:=eps_1_t1 +0*tid_15;
    eps_16:=eps_1_t1 +0*tid_16;
    eps_17:=eps_1_t1 +0*tid_17;
    eps_18:=eps_1_t1 +0*tid_18;
    eps_19:=eps_1_t1 +0*tid_19
  END
ELSE
  IF tid > tid_sk_1 AND tid < (tid_sk_1+tid_acc_11) THEN
    BEGIN
      d0_11:=d0_1_t1+(tid-tid_sk_1)/tid_11*(d0_1_t2-d0_1_t1);
      d0_12:=d0_1_t1 +0*tid_12;
      d0_13:=d0_1_t1 +0*tid_13;
      d0_14:=d0_1_t1 +0*tid_14;
      d0_15:=d0_1_t1 +0*tid_15;
      d0_16:=d0_1_t1 +0*tid_16;
      d0_17:=d0_1_t1 +0*tid_17;
      d0_18:=d0_1_t1 +0*tid_18;
      d0_19:=d0_1_t1 +0*tid_19;
      eps_11:=eps_1_t1+(tid-tid_sk_1)/
        tid_11*(eps_1_t2-eps_1_t1);
      eps_12:=eps_1_t1 +0*tid_12;
      eps_13:=eps_1_t1 +0*tid_13;
      eps_14:=eps_1_t1 +0*tid_14;
      eps_15:=eps_1_t1 +0*tid_15;
      eps_16:=eps_1_t1 +0*tid_16;
      eps_17:=eps_1_t1 +0*tid_17;
      eps_18:=eps_1_t1 +0*tid_18;
      eps_19:=eps_1_t1 +0*tid_19
    END
  END
ELSE
  IF tid > (tid_sk_1+tid_acc_11) AND tid < (tid_sk_1+tid_acc_12) THEN

```

```

BEGIN
  d0_11:=d0_1_t2 +0*tid_11;
  d0_12:=d0_1_t1+(tid-(tid_sk_1+tid_acc_11))/
    tid_12*(d0_1_t2-d0_1_t1);
  d0_13:=d0_1_t1 +0*tid_13;
  d0_14:=d0_1_t1 +0*tid_14;
  d0_15:=d0_1_t1 +0*tid_15;
  d0_16:=d0_1_t1 +0*tid_16;
  d0_17:=d0_1_t1 +0*tid_17;
  d0_18:=d0_1_t1 +0*tid_18;
  d0_19:=d0_1_t1 +0*tid_19;
  eps_11:=eps_1_t2 +0*tid_11;
  eps_12:=eps_1_t1+(tid-(tid_sk_1+tid_acc_11))/
    tid_12*(eps_1_t2-eps_1_t1);
  eps_13:=eps_1_t1 +0*tid_13;
  eps_14:=eps_1_t1 +0*tid_14;
  eps_15:=eps_1_t1 +0*tid_15;
  eps_16:=eps_1_t1 +0*tid_16;
  eps_17:=eps_1_t1 +0*tid_17;
  eps_18:=eps_1_t1 +0*tid_18;
  eps_19:=eps_1_t1 +0*tid_19
END
ELSE
IF tid > (tid_sk_1+tid_acc_12) AND tid < (tid_sk_1+tid_acc_13) THEN
  BEGIN
    d0_11:=d0_1_t2 +0*tid_11;
    d0_12:=d0_1_t2 +0*tid_12;
    d0_13:=d0_1_t1+(tid-(tid_sk_1+tid_acc_12))/tid_13*(d0_1_t2-d0_1_t1);
    d0_14:=d0_1_t1 +0*tid_14;
    d0_15:=d0_1_t1 +0*tid_15;
    d0_16:=d0_1_t1 +0*tid_16;
    d0_17:=d0_1_t1 +0*tid_17;
    d0_18:=d0_1_t1 +0*tid_18;
    d0_19:=d0_1_t1 +0*tid_19;
    eps_11:=eps_1_t2 +0*tid_11;
    eps_12:=eps_1_t2 +0*tid_12;
    eps_13:=eps_1_t1+(tid-(tid_sk_1+tid_acc_12))/tid_13*(eps_1_t2-eps_1_t1);
    eps_14:=eps_1_t1 +0*tid_14;
    eps_15:=eps_1_t1 +0*tid_15;
    eps_16:=eps_1_t1 +0*tid_16;
    eps_17:=eps_1_t1 +0*tid_17;
    eps_18:=eps_1_t1 +0*tid_18;
    eps_19:=eps_1_t1 +0*tid_19
  END
ELSE
IF tid > (tid_sk_1+tid_acc_13) AND tid < (tid_sk_1+tid_acc_14) THEN
  BEGIN
    d0_11:=d0_1_t2 +0*tid_11;
    d0_12:=d0_1_t2 +0*tid_12;
    d0_13:=d0_1_t2 +0*tid_13;
    d0_14:=d0_1_t1+(tid-(tid_sk_1+tid_acc_13))/
      tid_14*(d0_1_t2-d0_1_t1);
    d0_15:=d0_1_t1 +0*tid_15;
    d0_16:=d0_1_t1 +0*tid_16;
    d0_17:=d0_1_t1 +0*tid_17;
    d0_18:=d0_1_t1 +0*tid_18;
    d0_19:=d0_1_t1 +0*tid_19;
    eps_11:=eps_1_t2 +0*tid_11;
    eps_12:=eps_1_t2 +0*tid_12;
    eps_13:=eps_1_t2 +0*tid_13;
    eps_14:=eps_1_t1+(tid-(tid_sk_1+tid_acc_13))/
      tid_14*(eps_1_t2-eps_1_t1);
    eps_15:=eps_1_t1 +0*tid_15;

```

```

        eps_16:=eps_1_t1 +0*tid_16;
        eps_17:=eps_1_t1 +0*tid_17;
        eps_18:=eps_1_t1 +0*tid_18;
        eps_19:=eps_1_t1 +0*tid_19
    END
ELSE
    IF tid > (tid_sk_1+tid_acc_14) AND tid < (tid_sk_1+tid_acc_15) THEN
        BEGIN
            d0_11:=d0_1_t2 +0*tid_11;
            d0_12:=d0_1_t2 +0*tid_12;
            d0_13:=d0_1_t2 +0*tid_13;
            d0_14:=d0_1_t2 +0*tid_14;
            d0_15:=d0_1_t1+(tid-(tid_sk_1+tid_acc_14))/
                tid_15*(d0_1_t2-d0_1_t1);
            d0_16:=d0_1_t1 +0*tid_16;
            d0_17:=d0_1_t1 +0*tid_17;
            d0_18:=d0_1_t1 +0*tid_18;
            d0_19:=d0_1_t1 +0*tid_19;
            eps_11:=eps_1_t2 +0*tid_11;
            eps_12:=eps_1_t2 +0*tid_12;
            eps_13:=eps_1_t2 +0*tid_13;
            eps_14:=eps_1_t2 +0*tid_14;
            eps_15:=eps_1_t1+(tid-(tid_sk_1+tid_acc_14))/
                tid_15*(eps_1_t2-eps_1_t1);
            eps_16:=eps_1_t1 +0*tid_16;
            eps_17:=eps_1_t1 +0*tid_17;
            eps_18:=eps_1_t1 +0*tid_18;
            eps_19:=eps_1_t1 +0*tid_19
        END
    ELSE
        IF tid > (tid_sk_1+tid_acc_15) AND tid<(tid_sk_1+tid_acc_16) THEN
            BEGIN
                d0_11:=d0_1_t2 +0*tid_11;
                d0_12:=d0_1_t2 +0*tid_12;
                d0_13:=d0_1_t2 +0*tid_13;
                d0_14:=d0_1_t2 +0*tid_14;
                d0_15:=d0_1_t2 +0*tid_15;
                d0_16:=d0_1_t1+(tid-(tid_sk_1+tid_acc_15))/
                    tid_16*(d0_1_t2-d0_1_t1);
                d0_17:=d0_1_t1 +0*tid_17;
                d0_18:=d0_1_t1 +0*tid_18;
                d0_19:=d0_1_t1 +0*tid_19;
                eps_11:=eps_1_t2 +0*tid_11;
                eps_12:=eps_1_t2 +0*tid_12;
                eps_13:=eps_1_t2 +0*tid_13;
                eps_14:=eps_1_t2 +0*tid_14;
                eps_15:=eps_1_t2 +0*tid_15;
                eps_16:=eps_1_t1+(tid-(tid_sk_1+tid_acc_15))/
                    tid_16*(eps_1_t2-eps_1_t1);
                eps_17:=eps_1_t1 +0*tid_17;
                eps_18:=eps_1_t1 +0*tid_18;
                eps_19:=eps_1_t1 +0*tid_19
            END
        ELSE
            IF tid > (tid_sk_1+tid_acc_16) AND tid < (tid_sk_1+tid_acc_17) THEN
                BEGIN
                    d0_11:=d0_1_t2 +0*tid_11;
                    d0_12:=d0_1_t2 +0*tid_12;
                    d0_13:=d0_1_t2 +0*tid_13;
                    d0_14:=d0_1_t2 +0*tid_14;
                    d0_15:=d0_1_t2 +0*tid_15;
                    d0_16:=d0_1_t2 +0*tid_16;
                    d0_17:=d0_1_t1 +(tid-(tid_sk_1+tid_acc_16))/tid_17*(d0_1_t2-d0_1_t1);
                END
            END
        END
    END

```

```

    d0_18:=d0_1_t1 +0*tid_18;
    d0_19:=d0_1_t1 +0*tid_19;
    eps_11:=eps_1_t2 +0*tid_11;
    eps_12:=eps_1_t2 +0*tid_12;
    eps_13:=eps_1_t2 +0*tid_13;
    eps_14:=eps_1_t2 +0*tid_14;
    eps_15:=eps_1_t2 +0*tid_15;
    eps_16:=eps_1_t2 +0*tid_16;
    eps_17:=eps_1_t1+(tid-(tid_sk_1+tid_acc_16))/tid_17*(eps_1_t2-eps_1_t1);
    eps_18:=eps_1_t1 +0*tid_18;
    eps_19:=eps_1_t1 +0*tid_19
END
ELSE
IF tid>(tid_sk_1+tid_acc_17) AND tid<(tid_sk_1+tid_acc_18) THEN
BEGIN
    d0_11:=d0_1_t2 +0*tid_11;
    d0_12:=d0_1_t2 +0*tid_12;
    d0_13:=d0_1_t2 +0*tid_13;
    d0_14:=d0_1_t2 +0*tid_14;
    d0_15:=d0_1_t2 +0*tid_15;
    d0_16:=d0_1_t2 +0*tid_15;
    d0_17:=d0_1_t2 +0*tid_17;
    d0_18:=d0_1_t1+(tid-(tid_sk_1+tid_acc_17))/
        tid_18*(d0_1_t2-d0_1_t1);
    d0_19:=d0_1_t1 +0*tid_19;
    eps_11:=eps_1_t2 +0*tid_11;
    eps_12:=eps_1_t2 +0*tid_12;
    eps_13:=eps_1_t2 +0*tid_13;
    eps_14:=eps_1_t2 +0*tid_14;
    eps_15:=eps_1_t2 +0*tid_15;
    eps_16:=eps_1_t2 +0*tid_16;
    eps_17:=eps_1_t2 +0*tid_17;
    eps_18:=eps_1_t1 +(tid-(tid_sk_1+tid_acc_17))/
        tid_18*(eps_1_t2-eps_1_t1);
    eps_19:=eps_1_t1 +0*tid_19
END
ELSE
IF tid > (tid_sk_1+tid_acc_18) AND tid<(tid_sk_1+tid_acc_19) THEN
BEGIN
    d0_11:=d0_1_t2 +0*tid_11;
    d0_12:=d0_1_t2 +0*tid_12;
    d0_13:=d0_1_t2 +0*tid_13;
    d0_14:=d0_1_t2 +0*tid_14;
    d0_15:=d0_1_t2 +0*tid_15;
    d0_16:=d0_1_t2 +0*tid_16;
    d0_17:=d0_1_t2 +0*tid_17;
    d0_18:=d0_1_t2 +0*tid_18;
    d0_19:=d0_1_t1 +(tid-(tid_sk_1+tid_acc_18))/
        tid_19*(d0_1_t2-d0_1_t1);
    eps_11:=eps_1_t2 +0*tid_11;
    eps_12:=eps_1_t2 +0*tid_12;
    eps_13:=eps_1_t2 +0*tid_13;
    eps_14:=eps_1_t2 +0*tid_14;
    eps_15:=eps_1_t2 +0*tid_15;
    eps_16:=eps_1_t2 +0*tid_16;
    eps_17:=eps_1_t2 +0*tid_17;
    eps_18:=eps_1_t2 +0*tid_18;
    eps_19:=eps_1_t1 +(tid-(tid_sk_1+tid_acc_18))/
        tid_19*(eps_1_t2-eps_1_t1);
END
ELSE
BEGIN

```

```

d0_11:=d0_1_t2 +0*tid_11;
d0_12:=d0_1_t2 +0*tid_12;
d0_13:=d0_1_t2 +0*tid_13;
d0_14:=d0_1_t2 +0*tid_14;
d0_15:=d0_1_t2 +0*tid_15;
d0_16:=d0_1_t2 +0*tid_16;
d0_17:=d0_1_t2 +0*tid_17;
d0_18:=d0_1_t2 +0*tid_18;
d0_19:=d0_1_t2 +0*tid_19;
eps_11:=eps_1_t2 +0*tid_11;
eps_12:=eps_1_t2 +0*tid_12;
eps_13:=eps_1_t2 +0*tid_13;
eps_14:=eps_1_t2 +0*tid_14;
eps_15:=eps_1_t2 +0*tid_15;
eps_16:=eps_1_t2 +0*tid_16;
eps_17:=eps_1_t2 +0*tid_17;
eps_19:=eps_1_t2 +0*tid_19;
eps_18:=eps_1_t2 +0*tid_18
END;

(* Tryktabsberegninger *)

d_11:=d0_11*exp(nf/3*log(1-X_11));
d_12:=d0_12*exp(nf/3*log(1-X_12));
d_13:=d0_13*exp(nf/3*log(1-X_13));
d_14:=d0_14*exp(nf/3*log(1-X_14));
d_15:=d0_15*exp(nf/3*log(1-X_15));
d_16:=d0_16*exp(nf/3*log(1-X_16));
d_17:=d0_17*exp(nf/3*log(1-X_17));
d_18:=d0_18*exp(nf/3*log(1-X_18));
d_19:=d0_19*exp(nf/3*log(1-X_19));

rho_gas_11:=1E5/(R/MolMas_11*T_11);
rho_gas_12:=1E5/(R/MolMas_12*T_12);
rho_gas_13:=1E5/(R/MolMas_13*T_13);
rho_gas_14:=1E5/(R/MolMas_14*T_14);
rho_gas_15:=1E5/(R/MolMas_15*T_15);
rho_gas_16:=1E5/(R/MolMas_16*T_16);
rho_gas_17:=1E5/(R/MolMas_17*T_17);
rho_gas_18:=1E5/(R/MolMas_18*T_18);
rho_gas_19:=1E5/(R/MolMas_19*T_19);

U_11:=(n_CO2_11+n_CO_11+n_H2O_11+n_H2_11+n_CH4_in_1+n_N2_in_1)
*MolMas_11/(A_bed_1*rho_gas_11);
U_12:=(n_CO2_12+n_CO_12+n_H2O_12+n_H2_12+n_CH4_in_1+n_N2_in_1)
*MolMas_12/(A_bed_1*rho_gas_12);
U_13:=(n_CO2_13+n_CO_13+n_H2O_13+n_H2_13+n_CH4_in_1+n_N2_in_1)
*MolMas_13/(A_bed_1*rho_gas_13);
U_14:=(n_CO2_14+n_CO_14+n_H2O_14+n_H2_14+n_CH4_in_1+n_N2_in_1)
*MolMas_14/(A_bed_1*rho_gas_14);
U_15:=(n_CO2_15+n_CO_15+n_H2O_15+n_H2_15+n_CH4_in_1+n_N2_in_1)
*MolMas_15/(A_bed_1*rho_gas_15);
U_16:=(n_CO2_16+n_CO_16+n_H2O_16+n_H2_16+n_CH4_in_1+n_N2_in_1)
*MolMas_16/(A_bed_1*rho_gas_16);
U_17:=(n_CO2_17+n_CO_17+n_H2O_17+n_H2_17+n_CH4_in_1+n_N2_in_1)
*MolMas_17/(A_bed_1*rho_gas_17);
U_18:=(n_CO2_18+n_CO_18+n_H2O_18+n_H2_18+n_CH4_in_1+n_N2_in_1)
*MolMas_18/(A_bed_1*rho_gas_18);
U_19:=(n_CO2_19+n_CO_19+n_H2O_19+n_H2_19+n_CH4_in_1+n_N2_in_1)
*MolMas_19/(A_bed_1*rho_gas_19);

dp_11:=S_11*(150*my/d_11**2*(1-eps_11)**2/eps_11**3*U_11

```

```

+1.75*rho_gas_11/d_11*(1-eps_11)/eps_11**3*U_11**2);
dp_12:=S_12*(150*my/d_12**2*(1-eps_12)**2/eps_12**3*U_12
+1.75*rho_gas_12/d_12*(1-eps_12)/eps_12**3*U_12**2);
dp_13:=S_13*(150*my/d_13**2*(1-eps_13)**2/eps_13**3*U_13
+1.75*rho_gas_13/d_13*(1-eps_13)/eps_13**3*U_13**2);
dp_14:=S_14*(150*my/d_14**2*(1-eps_14)**2/eps_14**3*U_14
+1.75*rho_gas_14/d_14*(1-eps_14)/eps_14**3*U_14**2);
dp_15:=S_15*(150*my/d_15**2*(1-eps_15)**2/eps_15**3*U_15
+1.75*rho_gas_15/d_15*(1-eps_15)/eps_15**3*U_15**2);
dp_16:=S_16*(150*my/d_16**2*(1-eps_16)**2/eps_16**3*U_16
+1.75*rho_gas_16/d_16*(1-eps_16)/eps_16**3*U_16**2);
dp_17:=S_17*(150*my/d_17**2*(1-eps_17)**2/eps_17**3*U_17
+1.75*rho_gas_17/d_17*(1-eps_17)/eps_17**3*U_17**2);
dp_18:=S_18*(150*my/d_18**2*(1-eps_18)**2/eps_18**3*U_18
+1.75*rho_gas_18/d_18*(1-eps_18)/eps_18**3*U_18**2);
dp_19:=S_19*(150*my/d_19**2*(1-eps_19)**2/eps_19**3*U_19
+1.75*rho_gas_19/d_19*(1-eps_19)/eps_19**3*U_19**2);
dp_1_tot:=dp_11+dp_12+dp_13+dp_14+dp_15+dp_16+dp_17+dp_18+dp_19;

```

```

(*****
***** Anden søjle *****
*****
(* Mol C(koks) i hvert trin
dvs. fordeling af diskretiseringstrin *)

(* Mol C(koks) i hvert trin
dvs. fordeling af diskretiseringstrin *)

```

```

NN_C_21:=F1* NN_C_tot_2;
NN_C_22:=F2* NN_C_tot_2;
NN_C_23:=F3* NN_C_tot_2;
NN_C_24:=F4* NN_C_tot_2;
NN_C_25:=F5* NN_C_tot_2;
NN_C_26:=F6* NN_C_tot_2;
NN_C_27:=F7* NN_C_tot_2;
NN_C_28:=F8* NN_C_tot_2;
NN_C_29:=F9* NN_C_tot_2;

```

```

(* Startværdi på askemængden *)
NN_aske_21:= F_aske/(1-F_aske)*
F1*h_bed_2*rho_koks*A_bed_2/0.012*(1-F_aske);
NN_aske_22:= 2*F_aske/(1-F_aske)*
F2*h_bed_2*rho_koks*A_bed_2/0.012*(1-F_aske);
NN_aske_23:= 4*F_aske/(1-F_aske)*
F3*h_bed_2*rho_koks*A_bed_2/0.012*(1-F_aske);
NN_aske_24:= 8*F_aske/(1-F_aske)*
F4*h_bed_2*rho_koks*A_bed_2/0.012*(1-F_aske);
NN_aske_25:=16*F_aske/(1-F_aske)*
F5*h_bed_2*rho_koks*A_bed_2/0.012*(1-F_aske);
NN_aske_26:=32*F_aske/(1-F_aske)*
F6*h_bed_2*rho_koks*A_bed_2/0.012*(1-F_aske);
NN_aske_27:=64*F_aske/(1-F_aske)*
F7*h_bed_2*rho_koks*A_bed_2/0.012*(1-F_aske);
NN_aske_28:=90*F_aske/(1-F_aske)*
F8*h_bed_2*rho_koks*A_bed_2/0.012*(1-F_aske);
NN_aske_29:=95*F_aske/(1-F_aske)*
F9*h_bed_2*rho_koks*A_bed_2/0.012*(1-F_aske);

```

```

(* vand-gas shift trin *)
Ka_21:=(k8*T_21+k9)*T_21+k10;
n_Catom_21:=n_CO2_in_2 + n_CO_in_2 + n_Comsat_21;

```

```

n_H_21:=2*n_H2O_in_2 + 2*n_H2_in_2;
n_O_21:=n_H2O_in_2+n_CO_in_2 + 2*n_CO2_in_2;
k5_21:=ka_21-1;
k6_21:=ka_21*(n_H_21/2-n_O_21+n_Catom_21)+n_O_21;
k7_21:=n_Catom_21**2-n_Catom_21*n_O_21;
n_CO2_21:=(-k6_21+ SQRT(k6_21**2-4*k5_21*k7_21) )/(2*k5_21);
n_CO_21:=n_Catom_21-n_CO2_21;
n_H2_21:=n_H_21/2-n_O_21+n_Catom_21+n_CO2_21;
n_H2O_21:=n_O_21-n_Catom_21-n_CO2_21;

```

```

Ka_22:=(k8*T_22+k9)*T_22+k10;
n_Catom_22:=n_CO2_21 + n_CO_21 + n_Comsat_22;
n_H_22:=2*n_H2O_21 + 2*n_H2_21;
n_O_22:=n_H2O_21+n_CO_21 + 2*n_CO2_21;
k5_22:=ka_22-1;
k6_22:=ka_22*(n_H_22/2-n_O_22+n_Catom_22)+n_O_22;
k7_22:=n_Catom_22**2-n_Catom_22*n_O_22;
n_CO2_22:=(-k6_22+ SQRT(k6_22**2-4*k5_22*k7_22) )/(2*k5_22);
n_CO_22:=n_Catom_22-n_CO2_22;
n_H2_22:=n_H_22/2-n_O_22+n_Catom_22+n_CO2_22;
n_H2O_22:=n_O_22-n_Catom_22-n_CO2_22;

```

```

Ka_23:=(k8*T_23+k9)*T_23+k10;
n_Catom_23:=n_CO2_22 + n_CO_22 + n_Comsat_23;
n_H_23:=2*n_H2O_22 + 2*n_H2_22;
n_O_23:=n_H2O_22+n_CO_22 + 2*n_CO2_22;
k5_23:=ka_23-1;
k6_23:=ka_23*(n_H_23/2-n_O_23+n_Catom_23)+n_O_23;
k7_23:=n_Catom_23**2-n_Catom_23*n_O_23;
n_CO2_23:=(-k6_23+ SQRT(k6_23**2-4*k5_23*k7_23) )/(2*k5_23);
n_CO_23:=n_Catom_23-n_CO2_23;
n_H2_23:=n_H_23/2-n_O_23+n_Catom_23+n_CO2_23;
n_H2O_23:=n_O_23-n_Catom_23-n_CO2_23;

```

```

Ka_24:=(k8*T_24+k9)*T_24+k10;
n_Catom_24:=n_CO2_23 + n_CO_23 + n_Comsat_24;
n_H_24:=2*n_H2O_23 + 2*n_H2_23;
n_O_24:=n_H2O_23+n_CO_23 + 2*n_CO2_23;
k5_24:=ka_24-1;
k6_24:=ka_24*(n_H_24/2-n_O_24+n_Catom_24)+n_O_24;
k7_24:=n_Catom_24**2-n_Catom_24*n_O_24;
n_CO2_24:=(-k6_24+ SQRT(k6_24**2-4*k5_24*k7_24) )/(2*k5_24);
n_CO_24:=n_Catom_24-n_CO2_24;
n_H2_24:=n_H_24/2-n_O_24+n_Catom_24+n_CO2_24;
n_H2O_24:=n_O_24-n_Catom_24-n_CO2_24;

```

```

Ka_25:=(k8*T_25+k9)*T_25+k10;
n_Catom_25:=n_CO2_24 + n_CO_24 + n_Comsat_25;
n_H_25:=2*n_H2O_24 + 2*n_H2_24;
n_O_25:=n_H2O_24+n_CO_24 + 2*n_CO2_24;
k5_25:=ka_25-1;
k6_25:=ka_25*(n_H_25/2-n_O_25+n_Catom_25)+n_O_25;
k7_25:=n_Catom_25**2-n_Catom_25*n_O_25;
n_CO2_25:=(-k6_25+ SQRT(k6_25**2-4*k5_25*k7_25) )/(2*k5_25);
n_CO_25:=n_Catom_25-n_CO2_25;
n_H2_25:=n_H_25/2-n_O_25+n_Catom_25+n_CO2_25;
n_H2O_25:=n_O_25-n_Catom_25-n_CO2_25;

```

```

Ka_26:=(k8*T_26+k9)*T_26+k10;
n_Catom_26:=n_CO2_25 + n_CO_25 + n_Comsat_26;
n_H_26:=2*n_H2O_25 + 2*n_H2_25;
n_O_26:=n_H2O_25+n_CO_25 + 2*n_CO2_25;
k5_26:=ka_26-1;

```

```

k6_26:=ka_26*(n_H_26/2-n_O_26+n_Catom_26)+n_O_26;
k7_26:=n_Catom_26**2-n_Catom_26*n_O_26;
n_CO2_26:=(-k6_26+ SQRT(k6_26**2-4*k5_26*k7_26) )/(2*k5_26);
n_CO_26:=n_Catom_26-n_CO2_26;
n_H2_26:=n_H_26/2-n_O_26+n_Catom_26+n_CO2_26;
n_H2O_26:=n_O_26-n_Catom_26-n_CO2_26;

```

```

Ka_27:=(k8*T_27+k9)*T_27+k10;
n_Catom_27:=n_CO2_26 + n_CO_26 + n_Comsat_27;
n_H_27:=2*n_H2O_26 + 2*n_H2_26;
n_O_27:=n_H2O_26+n_CO_26 + 2*n_CO2_26;
k5_27:=ka_27-1;
k6_27:=ka_27*(n_H_27/2-n_O_27+n_Catom_27)+n_O_27;
k7_27:=n_Catom_27**2-n_Catom_27*n_O_27;
n_CO2_27:=(-k6_27+ SQRT(k6_27**2-4*k5_27*k7_27) )/(2*k5_27);
n_CO_27:=n_Catom_27-n_CO2_27;
n_H2_27:=n_H_27/2-n_O_27+n_Catom_27+n_CO2_27;
n_H2O_27:=n_O_27-n_Catom_27-n_CO2_27;

```

```

Ka_28:=(k8*T_28+k9)*T_28+k10;
n_Catom_28:=n_CO2_27 + n_CO_27 + n_Comsat_28;
n_H_28:=2*n_H2O_27 + 2*n_H2_27;
n_O_28:=n_H2O_27+n_CO_27 + 2*n_CO2_27;
k5_28:=ka_28-1;
k6_28:=ka_28*(n_H_28/2-n_O_28+n_Catom_28)+n_O_28;
k7_28:=n_Catom_28**2-n_Catom_28*n_O_28;
n_CO2_28:=(-k6_28+ SQRT(k6_28**2-4*k5_28*k7_28) )/(2*k5_28);
n_CO_28:=n_Catom_28-n_CO2_28;
n_H2_28:=n_H_28/2-n_O_28+n_Catom_28+n_CO2_28;
n_H2O_28:=n_O_28-n_Catom_28-n_CO2_28;

```

```

Ka_29:=(k8*T_29+k9)*T_29+k10;
n_Catom_29:=n_CO2_28 + n_CO_28 + n_Comsat_29;
n_H_29:=2*n_H2O_28 + 2*n_H2_28;
n_O_29:=n_H2O_28+n_CO_28 + 2*n_CO2_28;
k5_29:=ka_29-1;
k6_29:=ka_29*(n_H_29/2-n_O_29+n_Catom_29)+n_O_29;
k7_29:=n_Catom_29**2-n_Catom_29*n_O_29;
n_CO2_29:=(-k6_29+ SQRT(k6_29**2-4*k5_29*k7_29) )/(2*k5_29);
n_CO_29:=n_Catom_29-n_CO2_29;
n_H2_29:=n_H_29/2-n_O_29+n_Catom_29+n_CO2_29;
n_H2O_29:=n_O_29-n_Catom_29-n_CO2_29;

```

(\* Beregning af gassammensætning [mol/mol gas] \*)

```

F_H2O_21:=n_H2O_21/(n_H2O_21+n_H2_21+n_CO2_21+n_CO_21+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_H2O_22:=n_H2O_22/(n_H2O_22+n_H2_22+n_CO2_22+n_CO_22+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_H2O_23:=n_H2O_23/(n_H2O_23+n_H2_23+n_CO2_23+n_CO_23+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_H2O_24:=n_H2O_24/(n_H2O_24+n_H2_24+n_CO2_24+n_CO_24+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_H2O_25:=n_H2O_25/(n_H2O_25+n_H2_25+n_CO2_25+n_CO_25+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_H2O_26:=n_H2O_26/(n_H2O_26+n_H2_26+n_CO2_26+n_CO_26+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_H2O_27:=n_H2O_27/(n_H2O_27+n_H2_27+n_CO2_27+n_CO_27+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_H2O_28:=n_H2O_28/(n_H2O_28+n_H2_28+n_CO2_28+n_CO_28+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_H2O_29:=n_H2O_29/(n_H2O_29+n_H2_29+n_CO2_29+n_CO_29+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);

```

```

F_H2_21:=n_H2_21/(n_H2O_21+n_H2_21+n_CO2_21+n_CO_21+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_H2_22:=n_H2_22/(n_H2O_22+n_H2_22+n_CO2_22+n_CO_22+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_H2_23:=n_H2_23/(n_H2O_23+n_H2_23+n_CO2_23+n_CO_23+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_H2_24:=n_H2_24/(n_H2O_24+n_H2_24+n_CO2_24+n_CO_24+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_H2_25:=n_H2_25/(n_H2O_25+n_H2_25+n_CO2_25+n_CO_25+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_H2_26:=n_H2_26/(n_H2O_26+n_H2_26+n_CO2_26+n_CO_26+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_H2_27:=n_H2_27/(n_H2O_27+n_H2_27+n_CO2_27+n_CO_27+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_H2_28:=n_H2_28/(n_H2O_28+n_H2_28+n_CO2_28+n_CO_28+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);

```



```

F_H2_29:=n_H2_29/(n_H2O_29+n_H2_29+n_CO2_29+n_CO_29+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);

F_CO_21:=n_CO_21/(n_H2O_21+n_H2_21+n_CO2_21+n_CO_21+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_CO_22:=n_CO_22/(n_H2O_22+n_H2_22+n_CO2_22+n_CO_22+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_CO_23:=n_CO_23/(n_H2O_23+n_H2_23+n_CO2_23+n_CO_23+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_CO_24:=n_CO_24/(n_H2O_24+n_H2_24+n_CO2_24+n_CO_24+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_CO_25:=n_CO_25/(n_H2O_25+n_H2_25+n_CO2_25+n_CO_25+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_CO_26:=n_CO_26/(n_H2O_26+n_H2_26+n_CO2_26+n_CO_26+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_CO_27:=n_CO_27/(n_H2O_27+n_H2_27+n_CO2_27+n_CO_27+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_CO_28:=n_CO_28/(n_H2O_28+n_H2_28+n_CO2_28+n_CO_28+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_CO_29:=n_CO_29/(n_H2O_29+n_H2_29+n_CO2_29+n_CO_29+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);

F_CO2_21:=n_CO2_21/(n_H2O_21+n_H2_21+n_CO2_21+n_CO_21+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_CO2_22:=n_CO2_22/(n_H2O_22+n_H2_22+n_CO2_22+n_CO_22+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_CO2_23:=n_CO2_23/(n_H2O_23+n_H2_23+n_CO2_23+n_CO_23+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_CO2_24:=n_CO2_24/(n_H2O_24+n_H2_24+n_CO2_24+n_CO_24+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_CO2_25:=n_CO2_25/(n_H2O_25+n_H2_25+n_CO2_25+n_CO_25+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_CO2_26:=n_CO2_26/(n_H2O_26+n_H2_26+n_CO2_26+n_CO_26+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_CO2_27:=n_CO2_27/(n_H2O_27+n_H2_27+n_CO2_27+n_CO_27+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_CO2_28:=n_CO2_28/(n_H2O_28+n_H2_28+n_CO2_28+n_CO_28+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_CO2_29:=n_CO2_29/(n_H2O_29+n_H2_29+n_CO2_29+n_CO_29+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);

F_N2_21:=n_N2_in_2/(n_H2O_21+n_H2_21+n_CO2_21+n_CO_21+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_N2_22:=n_N2_in_2/(n_H2O_22+n_H2_22+n_CO2_22+n_CO_22+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_N2_23:=n_N2_in_2/(n_H2O_23+n_H2_23+n_CO2_23+n_CO_23+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_N2_24:=n_N2_in_2/(n_H2O_24+n_H2_24+n_CO2_24+n_CO_24+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_N2_25:=n_N2_in_2/(n_H2O_25+n_H2_25+n_CO2_25+n_CO_25+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_N2_26:=n_N2_in_2/(n_H2O_26+n_H2_26+n_CO2_26+n_CO_26+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_N2_27:=n_N2_in_2/(n_H2O_27+n_H2_27+n_CO2_27+n_CO_27+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_N2_28:=n_N2_in_2/(n_H2O_28+n_H2_28+n_CO2_28+n_CO_28+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_N2_29:=n_N2_in_2/(n_H2O_29+n_H2_29+n_CO2_29+n_CO_29+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);

F_CH4_21:=n_CH4_in_2/(n_H2O_21+n_H2_21+n_CO2_21+n_CO_21+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_CH4_22:=n_CH4_in_2/(n_H2O_22+n_H2_22+n_CO2_22+n_CO_22+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_CH4_23:=n_CH4_in_2/(n_H2O_23+n_H2_23+n_CO2_23+n_CO_23+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_CH4_24:=n_CH4_in_2/(n_H2O_24+n_H2_24+n_CO2_24+n_CO_24+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_CH4_25:=n_CH4_in_2/(n_H2O_25+n_H2_25+n_CO2_25+n_CO_25+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_CH4_26:=n_CH4_in_2/(n_H2O_26+n_H2_26+n_CO2_26+n_CO_26+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_CH4_27:=n_CH4_in_2/(n_H2O_27+n_H2_27+n_CO2_27+n_CO_27+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_CH4_28:=n_CH4_in_2/(n_H2O_28+n_H2_28+n_CO2_28+n_CO_28+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);
F_CH4_29:=n_CH4_in_2/(n_H2O_29+n_H2_29+n_CO2_29+n_CO_29+n_CH4_in_2+n_N2_in_2);

MolMas_21:=F_H2O_21*0.018 + F_H2_21*0.002 + F_CO2_21*0.044
+ F_CO_21*0.028 + F_CH4_21*0.016+F_N2_21*0.028;
MolMas_22:=F_H2O_22*0.018 + F_H2_22*0.002 + F_CO2_22*0.044
+ F_CO_22*0.028 + F_CH4_22*0.016+F_N2_22*0.028;
MolMas_23:=F_H2O_23*0.018 + F_H2_23*0.002 + F_CO2_23*0.044
+ F_CO_23*0.028 + F_CH4_23*0.016+F_N2_23*0.028;
MolMas_24:=F_H2O_24*0.018 + F_H2_24*0.002 + F_CO2_24*0.044
+ F_CO_24*0.028 + F_CH4_24*0.016+F_N2_24*0.028;
MolMas_25:=F_H2O_25*0.018 + F_H2_25*0.002 + F_CO2_25*0.044
+ F_CO_25*0.028 + F_CH4_25*0.016+F_N2_25*0.028;
MolMas_26:=F_H2O_26*0.018 + F_H2_26*0.002 + F_CO2_26*0.044
+ F_CO_26*0.028 + F_CH4_26*0.016+F_N2_26*0.028;
MolMas_27:=F_H2O_27*0.018 + F_H2_27*0.002 + F_CO2_27*0.044
+ F_CO_27*0.028 + F_CH4_27*0.016+F_N2_27*0.028;
MolMas_28:=F_H2O_28*0.018 + F_H2_28*0.002 + F_CO2_28*0.044
+ F_CO_28*0.028 + F_CH4_28*0.016+F_N2_28*0.028;
MolMas_29:=F_H2O_29*0.018 + F_H2_29*0.002 + F_CO2_29*0.044
+ F_CO_29*0.028 + F_CH4_29*0.016+F_N2_29*0.028;

```

(\* Beregning af omsætningsgrad \*)

```

n_aske_in_2:=1/(1-F_aske)*n_C_in_2*F_aske;
n_aske_21:=NN_aske_21/NN_C_21 * n_C_21;
n_aske_22:=NN_aske_22/NN_C_22 * n_C_22;
n_aske_23:=NN_aske_23/NN_C_23 * n_C_23;
n_aske_24:=NN_aske_24/NN_C_24 * n_C_24;
n_aske_25:=NN_aske_25/NN_C_25 * n_C_25;
n_aske_26:=NN_aske_26/NN_C_26 * n_C_26;
n_aske_27:=NN_aske_27/NN_C_27 * n_C_27;
n_aske_28:=NN_aske_28/NN_C_28 * n_C_28;
n_aske_29:=n_aske_28;

dNN_aske_21:=(n_aske_21-n_aske_in_2);
dNN_aske_22:=(n_aske_22-n_aske_21);
dNN_aske_23:=(n_aske_23-n_aske_22);
dNN_aske_24:=(n_aske_24-n_aske_23);
dNN_aske_25:=(n_aske_25-n_aske_24);
dNN_aske_26:=(n_aske_26-n_aske_25);
dNN_aske_27:=(n_aske_27-n_aske_26);
dNN_aske_28:=(n_aske_28-n_aske_27);
dNN_aske_29:=(n_aske_29-n_aske_28);

v_21:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_21/(NN_C_21 + 1E-8));
IF v_21<0.001 OR v_21>0.999 THEN
    X_21:=0.17 +0*NN_C_21
ELSE
    X_21:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_21/(NN_C_21 + 1E-8));

v_22:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_22/(NN_C_22 + 1E-8));
IF v_22<0.001 OR v_22>0.999 THEN
    X_22:=0.34 +0*NN_C_21
ELSE
    X_22:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_22/(NN_C_22 + 1E-8));

v_23:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_23/(NN_C_23 + 1E-8));
IF v_23<0.001 OR v_23>0.999 THEN
    X_23:=0.50 +0*NN_C_23
ELSE
    X_23:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_23/(NN_C_23 + 1E-8));

v_24:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_24/(NN_C_24 + 1E-8));
IF v_24<0.001 OR v_24>0.999 THEN
    X_24:=0.67 +0*NN_C_24
ELSE
    X_24:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_24/(NN_C_24 + 1E-8));

v_25:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_25/(NN_C_25 + 1E-8));
IF v_25<0.001 OR v_25>0.999 THEN
    X_25:=0.83 +0*NN_C_21
ELSE
    X_25:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_25/(NN_C_25 + 1E-8));

v_26:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_26/(NN_C_26 + 1E-8));
IF v_26<0.001 OR v_26>0.999 THEN
    X_26:=0.9 +0*NN_C_26
ELSE
    X_26:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_26/(NN_C_26 + 1E-8));

v_27:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_27/(NN_C_27 + 1E-8));
IF v_27<0.001 OR v_27>0.999 THEN
    X_27:=0.92 +0*NN_C_27
ELSE
    X_27:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_27/(NN_C_27 + 1E-8));

```

```

v_28:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_28/(NN_C_28 + 1E-8));
IF v_28<0.001 OR v_28>0.999 THEN
  X_28:=0.95 +0*NN_C_28
ELSE
  X_28:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_28/(NN_C_28 + 1E-8));

v_29:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_29/(NN_C_29 + 1E-8));
IF v_29<0.001 OR v_29>0.999 THEN
  X_29:=0.99 +0*NN_C_29
ELSE
  X_29:=1-(1/(1/F_aske-1))/(NN_aske_29/(NN_C_29 + 1E-8));

(* Beregning af oms'tningshastigheder [mol omsat / mol C*s] *)
R_21:=1/60/100*A*exp(-E/(R*T_21))*p1*exp(m1*log(T_21))
  /(A*exp(-E/(R*T_21))+p1*exp(m1*log(T_21)))
  *exp(n1*log(F_H2O_21))/(1+n2*F_H2_21)
  *(k1+k2*X_21+k3*exp(k4*log(X_21)))(**);
R_22:=1/60/100*A*exp(-E/(R*T_22))*p1*exp(m1*log(T_22))
  /(A*exp(-E/(R*T_22))+p1*exp(m1*log(T_22)))
  *exp(n1*log(F_H2O_22))/(1+n2*F_H2_22)
  *(k1+k2*X_22+k3*exp(k4*log(X_22)))(**);
R_23:=1/60/100*A*exp(-E/(R*T_23))*p1*exp(m1*log(T_23))
  /(A*exp(-E/(R*T_23))+p1*exp(m1*log(T_23)))
  *exp(n1*log(F_H2O_23))/(1+n2*F_H2_23)
  *(k1+k2*X_22+k3*exp(k4*log(X_22)))(**);
R_24:=1/60/100*A*exp(-E/(R*T_24))*p1*exp(m1*log(T_24))
  /(A*exp(-E/(R*T_24))+p1*exp(m1*log(T_24)))
  *exp(n1*log(F_H2O_24))/(1+n2*F_H2_24)
  *(k1+k2*X_24+k3*exp(k4*log(X_24)))(**);
R_25:=1/60/100*A*exp(-E/(R*T_25))*p1*exp(m1*log(T_25))
  /(A*exp(-E/(R*T_25))+p1*exp(m1*log(T_25)))
  *exp(n1*log(F_H2O_25))/(1+n2*F_H2_25)
  *(k1+k2*X_25+k3*exp(k4*log(X_25)))(**);
R_26:=1/60/100*A*exp(-E/(R*T_26))*p1*exp(m1*log(T_26))
  /(A*exp(-E/(R*T_26))+p1*exp(m1*log(T_26)))
  *exp(n1*log(F_H2O_26))/(1+n2*F_H2_26)
  *(k1+k2*X_26+k3*exp(k4*log(X_26)))(**);
R_27:=1/60/100*A*exp(-E/(R*T_27))*p1*exp(m1*log(T_27))
  /(A*exp(-E/(R*T_27))+p1*exp(m1*log(T_27)))
  *exp(n1*log(F_H2O_27))/(1+n2*F_H2_27)
  *(k1+k2*X_27+k3*exp(k4*log(X_27)))(**);
R_28:=1/60/100*A*exp(-E/(R*T_28))*p1*exp(m1*log(T_28))
  /(A*exp(-E/(R*T_28))+p1*exp(m1*log(T_28)))
  *exp(n1*log(F_H2O_28))/(1+n2*F_H2_28)
  *(k1+k2*X_28+k3*exp(k4*log(X_28)))(**);
R_29:=1/60/100*A*exp(-E/(R*T_29))*p1*exp(m1*log(T_29))
  /(A*exp(-E/(R*T_29))+p1*exp(m1*log(T_29)))
  *exp(n1*log(F_H2O_29))/(1+n2*F_H2_29)
  *(k1+k2*X_29+k3*exp(k4*log(X_29)))(**);

(* Bestemmelse af C(koks)-flowet i hvert diskretiseringstrin [mol/s] *)
(* kulstofomsætning [mol/s] *)

1E-6:=R_21*NN_c_21-n_Comsat_21;
1E-6:=R_22*NN_c_22-n_Comsat_22;
1E-6:=R_23*NN_c_23-n_Comsat_23;
1E-6:=R_24*NN_c_24-n_Comsat_24;
1E-6:=R_25*NN_c_25-n_Comsat_25;
1E-6:=R_26*NN_c_26-n_Comsat_26;
1E-6:=R_27*NN_c_27-n_Comsat_27;

```

```

1E-6:=R_28*NN_c_28-n_Comsat_28;
1E-6:=R_29*NN_c_29-n_Comsat_29;

1E-5:=n_C_in_2 - n_C_21 - n_Comsat_21;
1E-5:=n_C_21 - n_C_22 - n_Comsat_22;
1E-5:=n_C_22 - n_C_23 - n_Comsat_23;
1E-5:=n_C_23 - n_C_24 - n_Comsat_24;
1E-5:=n_C_24 - n_C_25 - n_Comsat_25;
1E-5:=n_C_25 - n_C_26 - n_Comsat_26;
1E-5:=n_C_26 - n_C_27 - n_Comsat_27;
1E-5:=n_C_27 - n_C_28 - n_Comsat_28;
1E-5:=n_C_28 - 0 - n_Comsat_29;

n_koks_in_2:=(1+F_aske)*(n_Comsat_21+n_Comsat_22
+n_Comsat_23+n_Comsat_24+n_Comsat_25+n_Comsat_26
+n_Comsat_27+n_Comsat_28+n_Comsat_29);

(* Beregning enthalpistrøm [J/s] *)
H_CO_in_2:= n_CO_in_2 * (a_CO*T_ind**2+b_CO*T_ind+c_CO);
H_CO_21 := n_CO_21 * (a_CO*T_21**2+b_CO*T_21+c_CO);
H_CO_22 := n_CO_22 * (a_CO*T_22**2+b_CO*T_22+c_CO);
H_CO_23 := n_CO_23 * (a_CO*T_23**2+b_CO*T_23+c_CO);
H_CO_24 := n_CO_24 * (a_CO*T_24**2+b_CO*T_24+c_CO);
H_CO_25 := n_CO_25 * (a_CO*T_25**2+b_CO*T_25+c_CO);
H_CO_26 := n_CO_26 * (a_CO*T_26**2+b_CO*T_26+c_CO);
H_CO_27 := n_CO_27 * (a_CO*T_27**2+b_CO*T_27+c_CO);
H_CO_28 := n_CO_28 * (a_CO*T_28**2+b_CO*T_28+c_CO);
H_CO_29 := n_CO_29 * (a_CO*T_29**2+b_CO*T_29+c_CO);

H_CO2_in_2:= n_CO2_in_2 * (a_CO2*T_ind**2+b_CO2*T_ind+c_CO2);
H_CO2_21:= n_CO2_21 * (a_CO2*T_21**2+b_CO2*T_21+c_CO2);
H_CO2_22:= n_CO2_22 * (a_CO2*T_22**2+b_CO2*T_22+c_CO2);
H_CO2_23:= n_CO2_23 * (a_CO2*T_23**2+b_CO2*T_23+c_CO2);
H_CO2_24:= n_CO2_24 * (a_CO2*T_24**2+b_CO2*T_24+c_CO2);
H_CO2_25:= n_CO2_25 * (a_CO2*T_25**2+b_CO2*T_25+c_CO2);
H_CO2_26:= n_CO2_26 * (a_CO2*T_26**2+b_CO2*T_26+c_CO2);
H_CO2_27:= n_CO2_27 * (a_CO2*T_27**2+b_CO2*T_27+c_CO2);
H_CO2_28:= n_CO2_28 * (a_CO2*T_28**2+b_CO2*T_28+c_CO2);
H_CO2_29:= n_CO2_29 * (a_CO2*T_29**2+b_CO2*T_29+c_CO2);

H_H2O_in_2:=n_H2O_in_2 * (a_H2O*T_ind**2+b_H2O*T_ind+c_H2O);
H_H2O_21:= n_H2O_21 * (a_H2O*T_21**2+b_H2O*T_21+c_H2O);
H_H2O_22:= n_H2O_22 * (a_H2O*T_22**2+b_H2O*T_22+c_H2O);
H_H2O_23:= n_H2O_23 * (a_H2O*T_23**2+b_H2O*T_23+c_H2O);
H_H2O_24:= n_H2O_24 * (a_H2O*T_24**2+b_H2O*T_24+c_H2O);
H_H2O_25:= n_H2O_25 * (a_H2O*T_25**2+b_H2O*T_25+c_H2O);
H_H2O_26:= n_H2O_26 * (a_H2O*T_26**2+b_H2O*T_26+c_H2O);
H_H2O_27:= n_H2O_27 * (a_H2O*T_27**2+b_H2O*T_27+c_H2O);
H_H2O_28:= n_H2O_28 * (a_H2O*T_28**2+b_H2O*T_28+c_H2O);
H_H2O_29:= n_H2O_29 * (a_H2O*T_29**2+b_H2O*T_29+c_H2O);

H_H2_in_2:=n_H2_in_2 * (a_H2*T_ind**2+b_H2*T_ind+c_H2);
H_H2_21:= n_H2_21 * (a_H2*T_21**2+b_H2*T_21+c_H2);
H_H2_22:= n_H2_22 * (a_H2*T_22**2+b_H2*T_22+c_H2);
H_H2_23:= n_H2_23 * (a_H2*T_23**2+b_H2*T_23+c_H2);
H_H2_24:= n_H2_24 * (a_H2*T_24**2+b_H2*T_24+c_H2);
H_H2_25:= n_H2_25 * (a_H2*T_25**2+b_H2*T_25+c_H2);
H_H2_26:= n_H2_26 * (a_H2*T_26**2+b_H2*T_26+c_H2);
H_H2_27:= n_H2_27 * (a_H2*T_27**2+b_H2*T_27+c_H2);
H_H2_28:= n_H2_28 * (a_H2*T_28**2+b_H2*T_28+c_H2);
H_H2_29:= n_H2_29 * (a_H2*T_29**2+b_H2*T_29+c_H2);

```

```

H_CH4_in_2:=n_CH4_in_2 * (a_CH4*T_ind**2+b_CH4*T_ind+c_CH4);
H_CH4_21:= n_CH4_in_2 * (a_CH4*T_21**2+b_CH4*T_21+c_CH4);
H_CH4_22:= n_CH4_in_2 * (a_CH4*T_22**2+b_CH4*T_22+c_CH4);
H_CH4_23:= n_CH4_in_2 * (a_CH4*T_23**2+b_CH4*T_23+c_CH4);
H_CH4_24:= n_CH4_in_2 * (a_CH4*T_24**2+b_CH4*T_24+c_CH4);
H_CH4_25:= n_CH4_in_2 * (a_CH4*T_25**2+b_CH4*T_25+c_CH4);
H_CH4_26:= n_CH4_in_2 * (a_CH4*T_26**2+b_CH4*T_26+c_CH4);
H_CH4_27:= n_CH4_in_2 * (a_CH4*T_27**2+b_CH4*T_27+c_CH4);
H_CH4_28:= n_CH4_in_2 * (a_CH4*T_28**2+b_CH4*T_28+c_CH4);
H_CH4_29:= n_CH4_in_2 * (a_CH4*T_29**2+b_CH4*T_29+c_CH4);

```

```

H_N2_in_2:=n_N2_in_2 * (a_N2*T_ind**2+b_N2*T_ind+c_N2);
H_N2_21:= n_N2_in_2 * (a_N2*T_21**2+b_N2*T_21+c_N2);
H_N2_22:= n_N2_in_2 * (a_N2*T_22**2+b_N2*T_22+c_N2);
H_N2_23:= n_N2_in_2 * (a_N2*T_23**2+b_N2*T_23+c_N2);
H_N2_24:= n_N2_in_2 * (a_N2*T_24**2+b_N2*T_24+c_N2);
H_N2_25:= n_N2_in_2 * (a_N2*T_25**2+b_N2*T_25+c_N2);
H_N2_26:= n_N2_in_2 * (a_N2*T_26**2+b_N2*T_26+c_N2);
H_N2_27:= n_N2_in_2 * (a_N2*T_27**2+b_N2*T_27+c_N2);
H_N2_28:= n_N2_in_2 * (a_N2*T_28**2+b_N2*T_28+c_N2);
H_N2_29:= n_N2_in_2 * (a_N2*T_29**2+b_N2*T_29+c_N2);

```

```

H_C_in_2:=n_C_in_2 * (a_C*T_ind**2+b_C*T_ind+c_C);
H_C_21:= n_C_21 * (a_C*T_21**2+b_C*T_21+c_C);
H_C_22:= n_C_22 * (a_C*T_22**2+b_C*T_22+c_C);
H_C_23:= n_C_23 * (a_C*T_23**2+b_C*T_23+c_C);
H_C_24:= n_C_24 * (a_C*T_24**2+b_C*T_24+c_C);
H_C_25:= n_C_25 * (a_C*T_25**2+b_C*T_25+c_C);
H_C_26:= n_C_26 * (a_C*T_26**2+b_C*T_26+c_C);
H_C_27:= n_C_27 * (a_C*T_27**2+b_C*T_27+c_C);
H_C_28:= n_C_28 * (a_C*T_28**2+b_C*T_28+c_C);
H_C_29:= 0 * (a_C*T_29**2+b_C*T_29+c_C);

```

```

(* Beregning af størrelsen d(H) i 1. H.S. *)
DH_21:=(H_CO_21-H_CO_in_2) + (H_CO2_21-H_CO2_in_2) + (H_H2O_21-H_H2O_in_2)
      + (H_H2_21-H_H2_in_2) + (H_CH4_21-H_CH4_in_2)
      + (H_N2_21-H_N2_in_2) + (H_C_21-H_C_in_2);
DH_22:=(H_CO_22-H_CO_21) + (H_CO2_22-H_CO2_21) + (H_H2O_22-H_H2O_21)
      + (H_H2_22-H_H2_21) + (H_CH4_22-H_CH4_21)
      + (H_N2_22-H_N2_21) + (H_C_22-H_C_21);
DH_23:=(H_CO_23-H_CO_22) + (H_CO2_23-H_CO2_22) + (H_H2O_23-H_H2O_22)
      + (H_H2_23-H_H2_22) + (H_CH4_23-H_CH4_22)
      + (H_N2_23-H_N2_22) + (H_C_23-H_C_22);
DH_24:=(H_CO_24-H_CO_23) + (H_CO2_24-H_CO2_23) + (H_H2O_24-H_H2O_23)
      + (H_H2_24-H_H2_23) + (H_CH4_24-H_CH4_23)
      + (H_N2_24-H_N2_23) + (H_C_24-H_C_23);
DH_25:=(H_CO_25-H_CO_24) + (H_CO2_25-H_CO2_24) + (H_H2O_25-H_H2O_24)
      + (H_H2_25-H_H2_24) + (H_CH4_25-H_CH4_24)
      + (H_N2_25-H_N2_24) + (H_C_25-H_C_24);
DH_26:=(H_CO_26-H_CO_25) + (H_CO2_26-H_CO2_25) + (H_H2O_26-H_H2O_25)
      + (H_H2_26-H_H2_25) + (H_CH4_26-H_CH4_25)
      + (H_N2_26-H_N2_25) + (H_C_26-H_C_25);
DH_27:=(H_CO_27-H_CO_26) + (H_CO2_27-H_CO2_26) + (H_H2O_27-H_H2O_26)
      + (H_H2_27-H_H2_26) + (H_CH4_27-H_CH4_26)
      + (H_N2_27-H_N2_26) + (H_C_27-H_C_26);
DH_28:=(H_CO_28-H_CO_27) + (H_CO2_28-H_CO2_27) + (H_H2O_28-H_H2O_27)
      + (H_H2_28-H_H2_27) + (H_CH4_28-H_CH4_27)
      + (H_N2_28-H_N2_27) + (H_C_28-H_C_27);
DH_29:=(H_CO_29-H_CO_28) + (H_CO2_29-H_CO2_28) + (H_H2O_29-H_H2O_28)
      + (H_H2_29-H_H2_28) + (H_CH4_29-H_CH4_28)
      + (H_N2_29-H_N2_28) + (H_C_29-H_C_28);

```

```

(* Beregning af dT/dt vha. 1. H.S. *)
(* For koks gælder cp=cv og dermed h=u *)
Cv_21:=(a_C*T_21**2+b_C*T_21+c_C)-(a_C*(T_21-1)**2+b_C*(T_21-1)+c_C);
Cv_22:=(a_C*T_22**2+b_C*T_22+c_C)-(a_C*(T_22-1)**2+b_C*(T_22-1)+c_C);
Cv_23:=(a_C*T_23**2+b_C*T_23+c_C)-(a_C*(T_23-1)**2+b_C*(T_23-1)+c_C);
Cv_24:=(a_C*T_24**2+b_C*T_24+c_C)-(a_C*(T_24-1)**2+b_C*(T_24-1)+c_C);
Cv_25:=(a_C*T_25**2+b_C*T_25+c_C)-(a_C*(T_25-1)**2+b_C*(T_25-1)+c_C);
Cv_26:=(a_C*T_26**2+b_C*T_26+c_C)-(a_C*(T_26-1)**2+b_C*(T_26-1)+c_C);
Cv_27:=(a_C*T_27**2+b_C*T_27+c_C)-(a_C*(T_27-1)**2+b_C*(T_27-1)+c_C);
Cv_28:=(a_C*T_28**2+b_C*T_28+c_C)-(a_C*(T_28-1)**2+b_C*(T_28-1)+c_C);
Cv_29:=(a_C*T_29**2+b_C*T_29+c_C)-(a_C*(T_29-1)**2+b_C*(T_29-1)+c_C);

n_cv_21:=NN_C_21* cv_21;
n_cv_22:=NN_C_22* cv_22;
n_cv_23:=NN_C_23* cv_23;
n_cv_24:=NN_C_24* cv_24;
n_cv_25:=NN_C_25* cv_25;
n_cv_26:=NN_C_26* cv_26;
n_cv_27:=NN_C_27* cv_27;
n_cv_28:=NN_C_28* cv_28;
n_cv_29:=NN_C_29* cv_29;

dT_21:= (-Qtab - DH_21)/n_cv_21;
dT_22:= (-Qtab - DH_22)/n_cv_22;
dT_23:= (-Qtab - DH_23)/n_cv_23;
dT_24:= (-Qtab - DH_24)/n_cv_24;
dT_25:= (-Qtab - DH_25)/n_cv_25;
dT_26:= (-Qtab - DH_26)/n_cv_26;
dT_27:= (-Qtab - DH_27)/n_cv_27;
dT_28:= (-Qtab - DH_28)/n_cv_28;
dT_29:= (-Qtab - DH_29)/n_cv_29;

(*)

dT_21:= (-Qtab - DH_21)/(NN_C_21*((a_C*T_21**2+b_C*T_21+c_C)
-(a_C*(T_21-1)**2+b_C*(T_21-1)+c_C)));
dT_22:= (-Qtab - DH_22)/(NN_C_22*((a_C*T_22**2+b_C*T_22+c_C)
-(a_C*(T_22-1)**2+b_C*(T_22-1)+c_C)));
dT_23:= (-Qtab - DH_23)/(NN_C_23*((a_C*T_23**2+b_C*T_23+c_C)
-(a_C*(T_23-1)**2+b_C*(T_23-1)+c_C)));
dT_24:= (-Qtab - DH_24)/(NN_C_24*((a_C*T_24**2+b_C*T_24+c_C)
-(a_C*(T_24-1)**2+b_C*(T_24-1)+c_C)));
dT_25:= (-Qtab - DH_25)/(NN_C_25*((a_C*T_25**2+b_C*T_25+c_C)
-(a_C*(T_25-1)**2+b_C*(T_25-1)+c_C)));
dT_26:= (-Qtab - DH_26)/(NN_C_26*((a_C*T_26**2+b_C*T_26+c_C)
-(a_C*(T_26-1)**2+b_C*(T_26-1)+c_C)));
dT_27:= (-Qtab - DH_27)/(NN_C_27*((a_C*T_27**2+b_C*T_27+c_C)
-(a_C*(T_27-1)**2+b_C*(T_27-1)+c_C)));
dT_28:= (-Qtab - DH_28)/(NN_C_28*((a_C*T_28**2+b_C*T_28+c_C)
-(a_C*(T_28-1)**2+b_C*(T_28-1)+c_C)));
dT_29:= (-Qtab - DH_29)/(NN_C_29*((a_C*T_29**2+b_C*T_29+c_C)
-(a_C*(T_29-1)**2+b_C*(T_29-1)+c_C)));
*)
rho_C_21:=rho_koks*exp((1-nf)*log(1-X_21));
rho_C_22:=rho_koks*exp((1-nf)*log(1-X_22));
rho_C_23:=rho_koks*exp((1-nf)*log(1-X_23));
rho_C_24:=rho_koks*exp((1-nf)*log(1-X_24));
rho_C_25:=rho_koks*exp((1-nf)*log(1-X_25));
rho_C_26:=rho_koks*exp((1-nf)*log(1-X_26));

```

```

rho_C_27:=rho_koks*exp((1-nf)*log(1-X_27));
rho_C_28:=rho_koks*exp((1-nf)*log(1-X_28));
rho_C_29:=rho_koks*exp((1-nf)*log(1-X_29));

S_21:=NN_C_21*0.012/(rho_C_21*A_bed_2);
S_22:=NN_C_22*0.012/(rho_C_22*A_bed_2);
S_23:=NN_C_23*0.012/(rho_C_23*A_bed_2);
S_24:=NN_C_24*0.012/(rho_C_24*A_bed_2);
S_25:=NN_C_25*0.012/(rho_C_25*A_bed_2);
S_26:=NN_C_26*0.012/(rho_C_26*A_bed_2);
S_27:=NN_C_27*0.012/(rho_C_27*A_bed_2);
S_28:=NN_C_28*0.012/(rho_C_28*A_bed_2);
S_29:=NN_C_29*0.012/(rho_C_29*A_bed_2);

1e-5:=S_21+S_22+S_23+S_24+S_25+S_26+S_27+S_28+S_29-h_bed_2;

tid_21:=S_21/((n_C_in_2+n_C_21)/2*0.012/(rho_C_21*A_bed_2));
tid_22:=S_22/((n_C_21+n_C_22)/2*0.012/(rho_C_22*A_bed_2));
tid_23:=S_23/((n_C_22+n_C_23)/2*0.012/(rho_C_23*A_bed_2));
tid_24:=S_24/((n_C_23+n_C_24)/2*0.012/(rho_C_24*A_bed_2));
tid_25:=S_25/((n_C_24+n_C_25)/2*0.012/(rho_C_25*A_bed_2));
tid_26:=S_26/((n_C_25+n_C_26)/2*0.012/(rho_C_26*A_bed_2));
tid_27:=S_27/((n_C_26+n_C_27)/2*0.012/(rho_C_27*A_bed_2));
tid_28:=S_28/((n_C_27+n_C_28)/2*0.012/(rho_C_28*A_bed_2));
tid_29:=S_29/((n_C_28+      0)/2*0.012/(rho_C_29*A_bed_2));

tid_acc_21:=tid_21;
tid_acc_22:=tid_22+tid_acc_21;
tid_acc_23:=tid_23+tid_acc_22;
tid_acc_24:=tid_24+tid_acc_23;
tid_acc_25:=tid_25+tid_acc_24;
tid_acc_26:=tid_26+tid_acc_25;
tid_acc_27:=tid_27+tid_acc_26;
tid_acc_28:=tid_28+tid_acc_27;
tid_acc_29:=tid_29+tid_acc_28;

IF tid < tid_sk_2 THEN
  BEGIN
    d0_21:=d0_2_t1 +0*tid_21;
    d0_22:=d0_2_t1 +0*tid_22;
    d0_23:=d0_2_t1 +0*tid_23;
    d0_24:=d0_2_t1 +0*tid_24;
    d0_25:=d0_2_t1 +0*tid_25;
    d0_26:=d0_2_t1 +0*tid_26;
    d0_27:=d0_2_t1 +0*tid_27;
    d0_28:=d0_2_t1 +0*tid_28;
    d0_29:=d0_2_t1 +0*tid_29;
    eps_21:=eps_2_t1 +0*tid_21;
    eps_22:=eps_2_t1 +0*tid_22;
    eps_23:=eps_2_t1 +0*tid_23;
    eps_24:=eps_2_t1 +0*tid_24;
    eps_25:=eps_2_t1 +0*tid_25;
    eps_26:=eps_2_t1 +0*tid_26;
    eps_27:=eps_2_t1 +0*tid_27;
    eps_28:=eps_2_t1 +0*tid_28;
    eps_29:=eps_2_t1 +0*tid_29
  END
ELSE
  IF tid > tid_sk_2 AND tid < (tid_sk_2+tid_acc_21) THEN
    BEGIN
      d0_21:=d0_2_t1+(tid-tid_sk_2)/tid_21*(d0_2_t2-d0_2_t1);

```

```

d0_22:=d0_2_t1 +0*tid_22;
d0_23:=d0_2_t1 +0*tid_23;
d0_24:=d0_2_t1 +0*tid_24;
d0_25:=d0_2_t1 +0*tid_25;
d0_26:=d0_2_t1 +0*tid_26;
d0_27:=d0_2_t1 +0*tid_27;
d0_28:=d0_2_t1 +0*tid_28;
d0_29:=d0_2_t1 +0*tid_29;
eps_21:=eps_2_t1+(tid-tid_sk_2)/
      tid_21*(eps_2_t2-eps_2_t1);
eps_22:=eps_2_t1 +0*tid_22;
eps_23:=eps_2_t1 +0*tid_23;
eps_24:=eps_2_t1 +0*tid_24;
eps_25:=eps_2_t1 +0*tid_25;
eps_26:=eps_2_t1 +0*tid_26;
eps_27:=eps_2_t1 +0*tid_27;
eps_28:=eps_2_t1 +0*tid_28;
eps_29:=eps_2_t1 +0*tid_29

END
ELSE
IF tid > (tid_sk_2+tid_acc_21) AND tid < (tid_sk_2+tid_acc_22) THEN
BEGIN
d0_21:=d0_2_t2 +0*tid_21;
d0_22:=d0_2_t1+(tid-(tid_sk_2+tid_acc_21))/
      tid_22*(d0_2_t2-d0_2_t1);
d0_23:=d0_2_t1 +0*tid_23;
d0_24:=d0_2_t1 +0*tid_24;
d0_25:=d0_2_t1 +0*tid_25;
d0_26:=d0_2_t1 +0*tid_26;
d0_27:=d0_2_t1 +0*tid_27;
d0_28:=d0_2_t1 +0*tid_28;
d0_29:=d0_2_t1 +0*tid_29;
eps_21:=eps_2_t2 +0*tid_21;
eps_22:=eps_2_t1+(tid-(tid_sk_2+tid_acc_21))/
      tid_22*(eps_2_t2-eps_2_t1);
eps_23:=eps_2_t1 +0*tid_23;
eps_24:=eps_2_t1 +0*tid_24;
eps_25:=eps_2_t1 +0*tid_25;
eps_26:=eps_2_t1 +0*tid_26;
eps_27:=eps_2_t1 +0*tid_27;
eps_28:=eps_2_t1 +0*tid_28;
eps_29:=eps_2_t1 +0*tid_29

END
ELSE
IF tid > (tid_sk_2+tid_acc_22) AND tid < (tid_sk_2+tid_acc_23) THEN
BEGIN
d0_21:=d0_2_t2 +0*tid_21;
d0_22:=d0_2_t2 +0*tid_22;
d0_23:=d0_2_t1+(tid-(tid_sk_2+tid_acc_22))/tid_23*(d0_2_t2-d0_2_t1);
d0_24:=d0_2_t1 +0*tid_24;
d0_25:=d0_2_t1 +0*tid_25;
d0_26:=d0_2_t1 +0*tid_26;
d0_27:=d0_2_t1 +0*tid_27;
d0_28:=d0_2_t1 +0*tid_28;
d0_29:=d0_2_t1 +0*tid_29;
eps_21:=eps_2_t2 +0*tid_21;
eps_22:=eps_2_t2 +0*tid_22;
eps_23:=eps_2_t1+(tid-(tid_sk_2+tid_acc_22))/tid_23*(eps_2_t2-eps_2_t1);
eps_24:=eps_2_t1 +0*tid_24;
eps_25:=eps_2_t1 +0*tid_25;
eps_26:=eps_2_t1 +0*tid_26;
eps_27:=eps_2_t1 +0*tid_27;

```



```

        eps_28:=eps_2_t1 +0*tid_28;
        eps_29:=eps_2_t1 +0*tid_29
    END
ELSE
    IF tid > (tid_sk_2+tid_acc_23) AND tid < (tid_sk_2+tid_acc_24) THEN
        BEGIN
            d0_21:=d0_2_t2 +0*tid_21;
            d0_22:=d0_2_t2 +0*tid_22;
            d0_23:=d0_2_t2 +0*tid_23;
            d0_24:=d0_2_t1+(tid-(tid_sk_2+tid_acc_23))/
                tid_24*(d0_2_t2-d0_2_t1);
            d0_25:=d0_2_t1 +0*tid_25;
            d0_26:=d0_2_t1 +0*tid_26;
            d0_27:=d0_2_t1 +0*tid_27;
            d0_28:=d0_2_t1 +0*tid_28;
            d0_29:=d0_2_t1 +0*tid_29;
            eps_21:=eps_2_t2 +0*tid_21;
            eps_22:=eps_2_t2 +0*tid_22;
            eps_23:=eps_2_t2 +0*tid_23;
            eps_24:=eps_2_t1+(tid-(tid_sk_2+tid_acc_23))/
                tid_24*(eps_2_t2-eps_2_t1);
            eps_25:=eps_2_t1 +0*tid_25;
            eps_26:=eps_2_t1 +0*tid_26;
            eps_27:=eps_2_t1 +0*tid_27;
            eps_28:=eps_2_t1 +0*tid_28;
            eps_29:=eps_2_t1 +0*tid_29
        END
    ELSE
        IF tid > (tid_sk_2+tid_acc_24) AND tid < (tid_sk_2+tid_acc_25) THEN
            BEGIN
                d0_21:=d0_2_t2 +0*tid_21;
                d0_22:=d0_2_t2 +0*tid_22;
                d0_23:=d0_2_t2 +0*tid_23;
                d0_24:=d0_2_t2 +0*tid_24;
                d0_25:=d0_2_t1+(tid-(tid_sk_2+tid_acc_24))/
                    tid_25*(d0_2_t2-d0_2_t1);
                d0_26:=d0_2_t1 +0*tid_26;
                d0_27:=d0_2_t1 +0*tid_27;
                d0_28:=d0_2_t1 +0*tid_28;
                d0_29:=d0_2_t1 +0*tid_29;
                eps_21:=eps_2_t2 +0*tid_21;
                eps_22:=eps_2_t2 +0*tid_22;
                eps_23:=eps_2_t2 +0*tid_23;
                eps_24:=eps_2_t2 +0*tid_24;
                eps_25:=eps_2_t1+(tid-(tid_sk_2+tid_acc_24))/
                    tid_25*(eps_2_t2-eps_2_t1);
                eps_26:=eps_2_t1 +0*tid_26;
                eps_27:=eps_2_t1 +0*tid_27;
                eps_28:=eps_2_t1 +0*tid_28;
                eps_29:=eps_2_t1 +0*tid_29
            END
        ELSE
            IF tid > (tid_sk_2+tid_acc_25) AND tid<(tid_sk_2+tid_acc_26) THEN
                BEGIN
                    d0_21:=d0_2_t2 +0*tid_21;
                    d0_22:=d0_2_t2 +0*tid_22;
                    d0_23:=d0_2_t2 +0*tid_23;
                    d0_24:=d0_2_t2 +0*tid_24;
                    d0_25:=d0_2_t2 +0*tid_25;
                    d0_26:=d0_2_t1+(tid-(tid_sk_2+tid_acc_25))/
                        tid_26*(d0_2_t2-d0_2_t1);
                    d0_27:=d0_2_t1 +0*tid_27;
                    d0_28:=d0_2_t1 +0*tid_28;
                END
            END
        END
    END

```

```

d0_29:=d0_2_t1 +0*tid_29;
eps_21:=eps_2_t2 +0*tid_21;
eps_22:=eps_2_t2 +0*tid_22;
eps_23:=eps_2_t2 +0*tid_23;
eps_24:=eps_2_t2 +0*tid_24;
eps_25:=eps_2_t2 +0*tid_25;
eps_26:=eps_2_t1+(tid-(tid_sk_2+tid_acc_25))/
    tid_26*(eps_2_t2-eps_2_t1);
eps_27:=eps_2_t1 +0*tid_27;
eps_28:=eps_2_t1 +0*tid_28;
eps_29:=eps_2_t1 +0*tid_29
END
ELSE
IF tid > (tid_sk_2+tid_acc_26) AND tid < (tid_sk_2+tid_acc_27) THEN
BEGIN
d0_21:=d0_2_t2 +0*tid_21;
d0_22:=d0_2_t2 +0*tid_22;
d0_23:=d0_2_t2 +0*tid_23;
d0_24:=d0_2_t2 +0*tid_24;
d0_25:=d0_2_t2 +0*tid_25;
d0_26:=d0_2_t2 +0*tid_26;
d0_27:=d0_2_t1 +(tid-(tid_sk_2+tid_acc_26))/tid_27*(d0_2_t2-d0_2_t1);
d0_28:=d0_2_t1 +0*tid_28;
d0_29:=d0_2_t1 +0*tid_29;
eps_21:=eps_2_t2 +0*tid_21;
eps_22:=eps_2_t2 +0*tid_22;
eps_23:=eps_2_t2 +0*tid_23;
eps_24:=eps_2_t2 +0*tid_24;
eps_25:=eps_2_t2 +0*tid_25;
eps_26:=eps_2_t2 +0*tid_26;
eps_27:=eps_2_t1+(tid-(tid_sk_2+tid_acc_26))/tid_27*(eps_2_t2-eps_2_t1);
eps_28:=eps_2_t1 +0*tid_28;
eps_29:=eps_2_t1 +0*tid_29
END
ELSE
IF tid>(tid_sk_2+tid_acc_27) AND tid<(tid_sk_2+tid_acc_28) THEN
BEGIN
d0_21:=d0_2_t2 +0*tid_21;
d0_22:=d0_2_t2 +0*tid_22;
d0_23:=d0_2_t2 +0*tid_23;
d0_24:=d0_2_t2 +0*tid_24;
d0_25:=d0_2_t2 +0*tid_25;
d0_26:=d0_2_t2 +0*tid_25;
d0_27:=d0_2_t2 +0*tid_27;
d0_28:=d0_2_t1+(tid-(tid_sk_2+tid_acc_27))/
    tid_28*(d0_2_t2-d0_2_t1);
d0_29:=d0_2_t1 +0*tid_29;
eps_21:=eps_2_t2 +0*tid_21;
eps_22:=eps_2_t2 +0*tid_22;
eps_23:=eps_2_t2 +0*tid_23;
eps_24:=eps_2_t2 +0*tid_24;
eps_25:=eps_2_t2 +0*tid_25;
eps_26:=eps_2_t2 +0*tid_26;
eps_27:=eps_2_t2 +0*tid_27;
eps_28:=eps_2_t1 +(tid-(tid_sk_2+tid_acc_27))/
    tid_28*(eps_2_t2-eps_2_t1);
eps_29:=eps_2_t1 +0*tid_29
END
ELSE
IF tid > (tid_sk_2+tid_acc_28) AND tid<(tid_sk_2+tid_acc_29) THEN
BEGIN
d0_21:=d0_2_t2 +0*tid_21;
d0_22:=d0_2_t2 +0*tid_22;

```

```

d0_23:=d0_2_t2 +0*tid_23;
d0_24:=d0_2_t2 +0*tid_24;
d0_25:=d0_2_t2 +0*tid_25;
d0_26:=d0_2_t2 +0*tid_26;
d0_27:=d0_2_t2 +0*tid_27;
d0_28:=d0_2_t2 +0*tid_28;
d0_29:=d0_2_t1 +(tid-(tid_sk_2+tid_acc_28))/
      tid_29*(d0_2_t2-d0_2_t1);
eps_21:=eps_2_t2 +0*tid_21;
eps_22:=eps_2_t2 +0*tid_22;
eps_23:=eps_2_t2 +0*tid_23;
eps_24:=eps_2_t2 +0*tid_24;
eps_25:=eps_2_t2 +0*tid_25;
eps_26:=eps_2_t2 +0*tid_26;
eps_27:=eps_2_t2 +0*tid_27;
eps_28:=eps_2_t2 +0*tid_28;
eps_29:=eps_2_t1 +(tid-(tid_sk_2+tid_acc_28))/
      tid_29*(eps_2_t2-eps_2_t1);
END

ELSE
BEGIN
d0_21:=d0_2_t2 +0*tid_21;
d0_22:=d0_2_t2 +0*tid_22;
d0_23:=d0_2_t2 +0*tid_23;
d0_24:=d0_2_t2 +0*tid_24;
d0_25:=d0_2_t2 +0*tid_25;
d0_26:=d0_2_t2 +0*tid_26;
d0_27:=d0_2_t2 +0*tid_27;
d0_28:=d0_2_t2 +0*tid_28;
d0_29:=d0_2_t2 +0*tid_29;
eps_21:=eps_2_t2 +0*tid_21;
eps_22:=eps_2_t2 +0*tid_22;
eps_23:=eps_2_t2 +0*tid_23;
eps_24:=eps_2_t2 +0*tid_24;
eps_25:=eps_2_t2 +0*tid_25;
eps_26:=eps_2_t2 +0*tid_26;
eps_27:=eps_2_t2 +0*tid_27;
eps_29:=eps_2_t2 +0*tid_29;
eps_28:=eps_2_t2 +0*tid_28
END;

(* Tryktabsberegninger *)

d_21:=d0_21*exp(nf/3*log(1-X_21));
d_22:=d0_22*exp(nf/3*log(1-X_22));
d_23:=d0_23*exp(nf/3*log(1-X_23));
d_24:=d0_24*exp(nf/3*log(1-X_24));
d_25:=d0_25*exp(nf/3*log(1-X_25));
d_26:=d0_26*exp(nf/3*log(1-X_26));
d_27:=d0_27*exp(nf/3*log(1-X_27));
d_28:=d0_28*exp(nf/3*log(1-X_28));
d_29:=d0_29*exp(nf/3*log(1-X_29));

rho_gas_21:=1E5/(R/MolMas_21*T_21);
rho_gas_22:=1E5/(R/MolMas_22*T_22);
rho_gas_23:=1E5/(R/MolMas_23*T_23);
rho_gas_24:=1E5/(R/MolMas_24*T_24);
rho_gas_25:=1E5/(R/MolMas_25*T_25);
rho_gas_26:=1E5/(R/MolMas_26*T_26);
rho_gas_27:=1E5/(R/MolMas_27*T_27);
rho_gas_28:=1E5/(R/MolMas_28*T_28);
rho_gas_29:=1E5/(R/MolMas_29*T_29);

```

```

U_21:=(n_CO2_21+n_CO_21+n_H2O_21+n_H2_21+n_CH4_in_2+n_N2_in_2)
*MolMas_21/(A_bed_2*rho_gas_21);
U_22:=(n_CO2_22+n_CO_22+n_H2O_22+n_H2_22+n_CH4_in_2+n_N2_in_2)
*MolMas_22/(A_bed_2*rho_gas_22);
U_23:=(n_CO2_23+n_CO_23+n_H2O_23+n_H2_23+n_CH4_in_2+n_N2_in_2)
*MolMas_23/(A_bed_2*rho_gas_23);
U_24:=(n_CO2_24+n_CO_24+n_H2O_24+n_H2_24+n_CH4_in_2+n_N2_in_2)
*MolMas_24/(A_bed_2*rho_gas_24);
U_25:=(n_CO2_25+n_CO_25+n_H2O_25+n_H2_25+n_CH4_in_2+n_N2_in_2)
*MolMas_25/(A_bed_2*rho_gas_25);
U_26:=(n_CO2_26+n_CO_26+n_H2O_26+n_H2_26+n_CH4_in_2+n_N2_in_2)
*MolMas_26/(A_bed_2*rho_gas_26);
U_27:=(n_CO2_27+n_CO_27+n_H2O_27+n_H2_27+n_CH4_in_2+n_N2_in_2)
*MolMas_27/(A_bed_2*rho_gas_27);
U_28:=(n_CO2_28+n_CO_28+n_H2O_28+n_H2_28+n_CH4_in_2+n_N2_in_2)
*MolMas_28/(A_bed_2*rho_gas_28);
U_29:=(n_CO2_29+n_CO_29+n_H2O_29+n_H2_29+n_CH4_in_2+n_N2_in_2)
*MolMas_29/(A_bed_2*rho_gas_29);

dp_21:=S_21*(150*my/d_21**2*(1-eps_21)**2/eps_21**3*U_21
+1.75*rho_gas_21/d_21*(1-eps_21)/eps_21**3*U_21**2);
dp_22:=S_22*(150*my/d_22**2*(1-eps_22)**2/eps_22**3*U_22
+1.75*rho_gas_22/d_22*(1-eps_22)/eps_22**3*U_22**2);
dp_23:=S_23*(150*my/d_23**2*(1-eps_23)**2/eps_23**3*U_23
+1.75*rho_gas_23/d_23*(1-eps_23)/eps_23**3*U_23**2);
dp_24:=S_24*(150*my/d_24**2*(1-eps_24)**2/eps_24**3*U_24
+1.75*rho_gas_24/d_24*(1-eps_24)/eps_24**3*U_24**2);
dp_25:=S_25*(150*my/d_25**2*(1-eps_25)**2/eps_25**3*U_25
+1.75*rho_gas_25/d_25*(1-eps_25)/eps_25**3*U_25**2);
dp_26:=S_26*(150*my/d_26**2*(1-eps_26)**2/eps_26**3*U_26
+1.75*rho_gas_26/d_26*(1-eps_26)/eps_26**3*U_26**2);
dp_27:=S_27*(150*my/d_27**2*(1-eps_27)**2/eps_27**3*U_27
+1.75*rho_gas_27/d_27*(1-eps_27)/eps_27**3*U_27**2);
dp_28:=S_28*(150*my/d_28**2*(1-eps_28)**2/eps_28**3*U_28
+1.75*rho_gas_28/d_28*(1-eps_28)/eps_28**3*U_28**2);
dp_29:=S_29*(150*my/d_29**2*(1-eps_29)**2/eps_29**3*U_29
+1.75*rho_gas_29/d_29*(1-eps_29)/eps_29**3*U_29**2);
dp_2_tot:=dp_21+dp_22+dp_23+dp_24+dp_25+dp_26+dp_27+dp_28+dp_29;

```

```

(*****
1E-6:=dp_1_tot-dp_2_tot;
1E-6:=1-F_flow_1-F_flow_2;
(*****

```

```

(*)
WRITE(10,S_11,S_12,S_13,S_14,S_15);
WRITE(10,S_16,S_17,S_18,S_19);
WRITE(10,T_11,T_12,T_13,T_14,T_15);
WRITE(10,T_16,T_17,T_18,T_19);
WRITE(10,dp_11,dp_12,dp_13,dp_14,dp_15);
WRITE(10,dp_16,dp_17,dp_18,dp_19,dp_1_tot);
WRITE(10,X_11,X_12,X_13,X_14,X_15);
WRITE(10,X_16,X_17,X_18,X_19,n_koks_in_1);
WRITE(10,rho_C_11,d_12,d_13,d_14,rho_C_15);
WRITE(10,d_16,d_17,d_18,d_19,F_flow_1);
*)

```

```

WRITE(10,S_21,S_22,S_23,S_24,S_25);

```

```
WRITE(10,S_26,S_27,S_28,S_29);  
WRITE(10,T_21,T_22,T_23,T_24,T_25);  
WRITE(10,T_26,T_27,T_28,T_29);  
WRITE(10,dp_21,dp_22,dp_23,dp_24,dp_25);  
WRITE(10,dp_26,dp_27,dp_28,dp_29,dp_2_tot);  
WRITE(10,X_21,X_22,X_23,X_24,X_25);  
WRITE(10,X_26,X_27,X_28,X_29,n_koks_in_2);  
WRITE(10,d_21,d_22,d_23,d_24,d_25);  
WRITE(10,d_26,d_27,d_28,d_29,F_flow_2);
```

END.



MEK-ET-202-03

ISBN 87-7475-256-01