

ECP-model:

Simulatiemodel voor energieverbruik, CO₂-verbruik en kg-productie
in de glastuinbouw

Documentatie - simulatiegedeelte
(deelverslag 1c)

G. Houter
Proefstation voor Tuinbouw onder Glas, Naaldwijk

PTG-verslag 7

december 1991

De ontwikkeling en validatie van het ECP-model is in opdracht van NOVEM B.V. te Sittard uitgevoerd door het Proefstation voor Tuinbouw onder Glas te Naaldwijk. Bij de ontwikkeling van het model is samengewerkt met het Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek te Wageningen. De validatie was in samenwerking met Brinkman B.V. te 's-Gravenzande, N.V. Nederlandse Gasunie te Groningen en elf tuinders in het Zuidhollands Glasdistrict.

INHOUDSOPGAVE

	pag.
DEFINITIES	
1. INLEIDING	1
2. BESCHRIJVING VAN MODEL IN MODULES	2
2.1. Structuur van top-level van ECP-model	2
2.2. Structuur van top-level van ECPMOD2	3
2.3. Detaillering van modelstructuur van ECPMOD2	3
2.3.1. Inlezen van te runnen overzichtfile	3
2.3.2. Inlezen van datafiles en initialisatie van outputfiles	4
2.3.3. Simulatieberekeningen en wegschrijven van resultaten	11
2.3.4. Afsluiting	49
3. BRONVERMELDING	50
 BIJLAGEN:	
I. OVERZICHT VAN SUBROUTINES EN FUNKTIES IN AANROEP VOLGORDE	51
II. VOLGORDE VAN SUBROUTINES EN FUNKTIES IN LISTING	55

DEFINITIES

- azimut: afwijking van projectie van zonnestraal op aardoppervlak t.o.v. noord-zuidrichting (draaiing naar westen is positief).
- bedrijfsuitrusting: het geheel van voorzieningen op een bedrijf waaronder: verwarmingsinstallatie, CO₂-installatie (rookgas en/of zuiver), warmteopslagtank en scherm.
- common block: Fortran declaratie waarbij in- en output van module niet in de aanroep van module hoeft te worden opgenomen.
- CO₂-uitrusting: installatie waarmee CO₂ gedoseerd kan worden, zoals rookgas-CO₂ of zuiver CO₂.
- CO₂-verbruik: hoeveelheid CO₂ in kg.m⁻² per tijdseenheid die nodig is volgens het gekozen CO₂-regime.
- dampdrukdeficit: verschil tussen verzadigde en actuele dampdruk in N.m⁻².
- declinatie: hoek tussen zonnestraal loodrecht op aardoppervlak en vlak door evenaar.
- gasverbruik: hoeveelheid aardgas in m³.m⁻² per tijdseenheid.
- kasinhoud: kaslucht en gewas. Aangenomen wordt dat deze 2 objecten niet in temperatuur van elkaar verschillen.
- leaf area index (LAI): bladoppervlak per beteeld oppervlak (m².m⁻²).
- module: functie of subroutine.
- overzichtfile: file met uitgangssituatie voor simulatie met gegevens over gewas, kas, verwarmings- en CO₂-uitrusting, aan te houden kasklimaat en simulatieperiode. Deze file kan interactief gewijzigd worden.
- stookbehoefte: hoeveelheid warmte per tijdseenheid in W.m⁻² die nodig is om met de verwarmingsuitrusting het ingestelde temperatuurregime aan te aanhouden.
- ventilatietemperatuur: temperatuur van kasinhoud waarboven geventileerd wordt (raamstand > 0).
- ventilatie-traject: temperatuurtraject waarbinnen het openen van de luchtramen van 0 tot 100 % wordt gerealiseerd (100 % is aan beide zijden volledig geopend).
- verwarmingstemperatuur: temperatuur van kasinhoud waaronder het verwarmingssysteem voor extra warmteaanvoer zorgt.
- verwarmingsuitrusting: installatie waarmee in de warmtebehoefte kan worden voorzien zoals verwarmingsketel, restwarmte-installatie, heteluchtverwarming en warmteopslagtank.
- warmtebehoefte: hoeveelheid warmte per tijdseenheid in W.m⁻² die nodig is volgens het gekozen temperatuurregime om de temperatuur op het setpoint te houden.

1. INLEIDING

In dit deelverslag is de structuur van het simulatiegedeelte van het ECP-model beschreven. Het ECP-model is in het kader van het NOVEM-project "Simulatie van het CO₂-verbruik in de glastuinbouw" samengesteld. In dit verslag is m.n. aandacht geschonken aan het algoritme waarmee warmte- en CO₂-verbruik en kg-productie worden berekend voor een op te geven gewas (komkommer, paprika, tomaat), kas, verwarmingsuitrusting (verwarmingsketel, warmteopslagtank, restwarmte, hetelucht), CO₂-uitrusting (rookgas CO₂, zuiver CO₂) en aan te houden kasklimaat (temperatuur- en CO₂-regime).

Het simulatiemodel is geschreven in Fortran, is modulair van opbouw en kan interactief gebruikt worden door niet-ingewijden. Aangenomen is dat de omvang van het gewas bepaald wordt volgens een op te geven leaf area index (LAI) en dat het gewas vanaf een op te geven dag oogstbare vruchten produceert.

In dit verslag wordt het model 'Top-Down' in modules verfijnd. Hierbij wordt voor elke module een overzicht gegeven van de functie, input en output. Vervolgens wordt in het kort de inhoud van de module beschreven en wordt vermeld welke andere modules binnen die module worden aangeroepen.

Voor een gedetailleerde beschrijving van de onderdelen van het simulatiegedeelte van het ECP-model wordt verwezen naar het deelverslag 1a met de modelbeschrijving. Het invoergedeelte van het model is beschreven in het deelverslag 1b. Een overzicht van de andere deelverslagen is gegeven in het eindverslag.

Als voorbereiding op het ontwikkelde ECP-model is vooraf het verslag "Modelopzet" geschreven (Houter, 1988). De daarin geschetste structuur komt in grote lijnen overeen met de in dit verslag beschreven modelopbouw.

In bijlage I van dit verslag staat een overzicht van de volgorde waarin alle modules van het simulatiegedeelte worden aangeroepen. Bijlage II geeft een overzicht van de verdeling van deze modules over 12 blokken waarin de listing van dit modelgedeelte is opgedeeld.

2. BESCHRIJVING VAN MODEL IN MODULES

2.1. Structuur van top-level van ECP-model

programma: ECP-model: Model voor energieverbruik, CO₂-verbruik en kg-produktie.

funktie: Berekenen van fysieke kengetallen m.b.t. warmte- en CO₂-verbruik en kg-produktie voor op te geven gewas, kas, verwarmings- en CO₂-uitrusting en aan te houden kasklimaat. De berekende fysieke kengetallen kunnen gebruikt worden voor economische analyses.

input: Overzichtfile met gegevens van gewas, kas, verwarmings- en CO₂-uitrusting en aan te houden kasklimaat. Deze gegevens kunnen via een interactief interface gewijzigd worden. Vervolgens worden datafiles van o.a. het buitenklimaat ingelezen.

output: Fysieke kengetallen m.b.t. dagelijks, wekelijks, maandelijks of jaarlijks warmte- en CO₂-verbruik en kg-produktie.

auteur: Bert Houter
Proefstation voor Tuinbouw onder Glas, Naaldwijk
Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek, Wageningen

datum: augustus 1989; herzien september 1991

opdracht: Nederlandse Maatschappij voor Energie en Milieu, Sittard

PROGRAM ECP_MODEL

- *(1): kiezen, inlezen en wijzigen van overzichtfile (invoergedeelte)
- *(2): inlezen van datafile en initialiseren van outputfiles (LEESIN)
- *(3): simulatieberekeningen en wegschrijven resultaten (SIMBER)
- *(4): afsluiting (EINDPAG)

END (* ECP_MODEL *)

In het invoergedeelte van het model kan worden gekozen uit verschillende overzichtfiles waarin de uitgangssituatie voor de simulatie is beschreven. Nadat een overzichtfile is ingelezen, kan via een interactief interface de uitgangssituatie worden gewijzigd. De gewijzigde uitgangssituatie kan vervolgens weer in een overzichtfile worden opgeslagen. Met de uitgangssituatie die in de gekozen overzichtfile is vastgelegd kunnen vervolgens de simulatieberekeningen worden uitgevoerd.

Omdat het invoergedeelte en het simulatiegedeelte van het ECP-model tezamen te omvangrijk zijn voor het gebruik op een gangbare PC, zijn deze 2 delen in 2 aparte programma's ondergebracht, nl. in ECPMOD1 en ECPMOD2. De 2 programma's worden op een PC automatisch door de commando-file ECPMOD na elkaar opgestart. Op een VAX gebeurt dit door de communicatieprogramma ECPMOD.

Indien in de toekomst de capaciteit het systeem waar het ECP-model op gedraaid wordt, voldoende groot is, kan vrij gemakkelijk het invoergeedeelte en het simulatiegedeelte aan elkaar gekoppeld worden tot één programma.

In dit deelverslag wordt de modelstructuur van het simulatiegedeelte van het ECP-model (programma ECPMOD2) besproken. Het invoergeedeelte van het ECP-model (programma ECPMOD1) wordt in deelverslag 1b "Documentatie invoergeedeelte" behandeld.

2.2. Structuur van top-level van ECPMOD2

Het programma ECPMOD2 is als volgt opgebouwd:

```
PROGRAM ECPMOD2
```

```
*(1): inlezen van te runnen overzichtfiles (INLOZD en INLOZF)  
*(2): inlezen van datafile en initialiseren outputfiles (LEESIN)  
*(3): simulatieberekeningen en wegschrijven resultaten (SIMBER)  
*(4): afsluiting (EINDPAG)
```

```
END (* ECPMOD2 *)
```

De tussen haakjes met hoofdletter geschreven namen, bijvoorbeeld LEESIN en SIMBER, geven de namen van de modules aan, waarin dit programma-onderdeel verder is uitgewerkt. Het getal tussen haakjes geeft het codenummer van de module aan.

De modules roepen veelal weer enkele andere modules aan. In de volgende paragraaf (2.3) worden alle modules afzonderlijk besproken. De te behandelen modules staan op codenummer geordend. Deze volgorde komt grotendeels overeen met de aanroepvolgorde (zie bijlage I en II).

2.3. Detaillering van modelstructuur van ECPMOD2

2.3.1. Inlezen van te runnen overzichtfile

In het invoergeedeelte worden de namen van de geselecteerde overzichtfiles voor simulatie weggeschreven in de file OVERZICH.DAT. Deze file wordt in het simulatiegedeelte weer ingelezen. Of de overzichtfiles ook meteen gesimuleerd worden, hangt af van de code in de communicatiefile DOORGAAN.DAT die in het invoergeedeelte in deze file is geschreven.

Vooraf aan het inlezen van de te runnen overzichtfiles door de modules INLOZD (1a) en INLOZF (1b) wordt door het programma ECPMOD2 eerst de subroutine INLDIR en INLVID aangeroepen. Dit zijn 2 interactieve modules die resp. de directory-structuur en de kleureninstelling van het beeldscherm inlezen (zie deelverslag 1b "Documentatie invoergeedeelte").

**(1a): inlezen van te runnen overzichtfiles (INLOZD)*

naam: INLOZD (INLezen van te runnen OverZichtFiles)
functie: inlezen van te runnen overzichtfiles uit OVERZICH.DAT.
input: -
output: aantal te simuleren overzichtfiles
ingelezen filenamen van overzichtfiles

De subroutine INLOZD leest allereerst de communicatiefile DOORGAAN.DAT in. Afhankelijk van de code in deze file wordt het simulatiegedeelte voortgezet of meteen beëindigd door de aanroep van de subroutine EINDPAG door ECPMOD2.

Bij het verdergaan met het programma wordt de file OVERZICH.DAT met de filenamen van de te simuleren overzichtfiles ingelezen. Vervolgens wordt voor alle overzichtfiles het simulatiegedeelte doorlopen (subroutines INLOZF, LEESIN en SIMBER, allemaal aangeroepen vanuit ECPMOD2).

**(1b): inlezen van te runnen overzichtfile (INLOZF)*

naam: INLOZF (INLezen van te runnen OverZichtFile)
functie: inlezen van te runnen overzichtfile.
input: filenaam van te runnen overzichtfile
output: -

De subroutine INLOZF leest de te simuleren overzichtfile in. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de subroutines INLDAT en INLMAT. Dit zijn 2 subroutines die voornamelijk in het invoergeedeelte van het model worden gebruikt en daarom worden beschreven in deelverslag 1b "Documentatie invoergeedeelte". Hun codes zijn resp. 3.6.1 en 3.6.2.

2.3.2. Inlezen van datafiles en initialisatie van outputfiles

**(2): inlezen datafiles en initialisatie outputfiles (LEESIN)*

naam: LEESIN (LEES datafile in en INInitialiseer outputfile)
functie: inlezen van opgegeven datafiles met klimaatgegevens en overige gegevens voor simulatie, en initialisatie van outputfiles.
input: -
output: -

De subroutine LEESIN roept 12 andere subroutines aan. De subroutine INLKF (2.1) leest het klimaatbestand in, subroutine INLGEW (2.2) de gewasgegevens, subroutine INLCO2 (2.3) de gegevens voor de CO2-setpointbepaling en subroutine INLSCH (2.4) de schermgegevens. De subroutines INLREST (2.5a), INLSIM (2.5b), INLVAL (2.5c) en INLGEVOEL (2.5d) lezen de overige parameters. Vervolgens worden door de subroutine CONMAT (2.6) de matrices met klimaatregelinstellingen naar elkaar overgeschreven.

Voor het samenstellen van de extensie-aanduiding van de filenamen van de outputfiles stelt de subroutine RUNOVER (2.7) het runnummer samen. Daarna wordt door de subroutine WRITSUM (2.8) de belangrijkste delen van de ingelezen files naar een outputfile als een soort logboek weggeschreven. Tot slot worden door de subroutines INOUTP (2.9), INOUTA (2.10), INOUTU (2.11) en INOUTT (2.12) de outputfiles geopend en

geïnitieerd.

De subroutine LEESIN geeft op het beeldscherm aan met welk onderdeel van het inlezen en initialiseren het programma bezig is.

**(2.1): inlezen klimaatfile (INLKF)*

naam: INLKF (INLezen KlimaatFile)
functie: inlezen in array van bestand met klimaatgegevens van opgegeven periode
input: -
output: -
common: filenaam van klimaatbestand
simulatieperiode
ingelezen data van klimaatbestand

De subroutine INLKF leest de klimaatgegevens van de opgegeven periode van het gekozen klimaatbestand in.

Bij een herhaalde run met het simulatiegedeelte controleert INLKF of niet opnieuw hetzelfde bestand en dezelfde periode van dat bestand moet worden ingelezen. Op een PC neemt het inlezen enige tijd in beslag.

**(2.2): inlezen gewasgegevens (INLGEW)*

naam: INLGEW (INLezen GEWasgegevens)
functie: inlezen gewas- en teeltgegevens
input: -
output: -
common: opgegeven file met gewas- en teeltgegevens
gewas- en teeltgegevens

De subroutine INLGEW leest de gewas- en teeltgegevens in. Deze gegevens staan in datafiles. De gegevens bestaan uit verdeling van de aangemaakte drogestof over de groeiperiode van de vruchten, fractie van aangemaakte drogestof naar vruchten, drogestofgehalte van vruchten, LAI, en begin- en einde van teelt- en oogstperiode.

**(2.3): inlezen CO2-regelinstellingen (INLCO2)*

naam: INLCO2 (INLezen CO2-regelinstellingen)
functie: inlezen van CO2-regelinstellingen voor CO2-strategie.
CO2-streefwaarde kan worden bepaald door:
- windsnelheid;
- ventilatievoud;
- raamstand met windcorrectie;
- volgens econ. optimalisatie.
input: -
output: -
common: CO2-doseerstrategie
ingelezen gegevens voor CO2-setpointbepaling

De subroutine INLCO2 leest de gegevens in voor de keuze van de strategie en voor de bepaling van de CO2-setpoints. De CO2-doseerstrategie bepaalt van welke datafile gegevens ingelezen worden. Datafile WIND.CO2 bevat gegevens voor windsnelheidsafhankelijke dosering, VV.CO2 voor ventilatievoudafhankelijke dosering, RAAM.CO2

voor raamstandafhankelijke dosering met windcorrectie en OPT.CO2 voor dosering volgens economische optimalisatie.

**(2.4): inlezen schermgegevens (INLSCH)*

naam: INLSCH (INLezen van SCHermgegevens)
functie: inlezen van fysische kengetallen van eigenschappen van gebruikte scherm in kas
input: -
output: -
common: opgegeven file met schermgegevens
fysische kengetallen van eigenschappen van scherm

De subroutine INLSCH leest de fysische kengetallen van eigenschappen van het gebruikte scherm in kas in. Deze gegevens staan in een datafile waarvan de naam in het invoergedeelte is ingelezen.

**(2.5): inlezen van resterende gegevens*

Voor het inlezen van de resterende gegevens voor het simulatiegedeelte werd in de eerste versie van het model alleen gebruik gemaakt van de datafile REST.DAT die door de subroutine INLREST werd ingelezen (Houter, 1989). Voor de validatie is een aantal instelmogelijkheden voor testen aangebracht. Deze instellingen kunnen m.b.v. datafiles in het model worden binnengehaald. Deze datafiles zijn REST.DAT, SIM.DAT, VAL.DAT en GEVOEL.DAT. Deze files worden resp. ingelezen door INLREST (2.5a), INLSIM (2.5b), INLVAL (2.5c) en INLGEVOEL (2.5d). Hieronder worden bovengenoemde subroutines besproken.

**(2.5a): inlezen resterende parameters (INLREST)*

naam: INLREST (INLezen RESTerende parameters)
functie: inlezen van resterende parameters voor simulatiegedeelte
input: -
output: -
common: gegevens van warmteopslagtank, verwarmingssysteem en voor CO2-berekening

De subroutine INLREST leest de waarden in voor de aanvullende parameters uit de datafile REST.DAT. Deze parameters kunnen alleen buiten het model om gewijzigd worden.

**(2.5b): inlezen simulatie instellingen (INLSIM)*

naam: INLSIM (INLezen SIMulatie instellingen)
functie: inlezen van instellingen voor simulatiegedeelte.
input: -
output: inlezen van VAL.DAT (ja/nee)
inlezen van GEVOEL.DAT (ja/nee)

De subroutine INLSIM leest de instellingen in voor het simulatiegedeelte van de file SIM.DAT, bijvoorbeeld al dan niet inlezen van VAL.DAT, GEVOEL.DAT en weg te schrijven gegevens in summaryfile.

**(2.5c): inlezen validatie instellingen (INLVAL)*

naam: INLVAL (INLezen VALidatie instellingen)
functie: inlezen van instellingen voor validatie.
input: -
output: -

De subroutine INLVAL leest de instellingen in voor de validatie van de file VAL.DAT, bijvoorbeeld al dan niet inlezen van rekening houden met zomertijd en eventueel te gebruiken geregistreerde klimaatinstellingen.

**(2.5d): inlezen gegevens gevoeligheidsanalyse (INLGEVOEL)*

naam: INLGEVOEL (INLezen instellingen GEVOELigheidsanalyse)
functie: inlezen van gegevens voor de gevoeligheidsanalyse.
input: -
output: -

De subroutine INLGEVOEL leest de instellingen voor het uitvoeren van gevoeligheidsanalyses van de datafile GEVOEL.DAT.

**(2.6): conversie matrices met klimaatregelininstellingen (CONMAT)*

naam: CONMAT (CONversie MATrices met klimaatregelininstellingen)
functie: conversie van matrices met klimaatregelsetpoints
input: -
output: -
common: matrices met klimaatregelininstellingen

De subroutine CONMAT schrijft de klimaatregelininstellingen van de ingelezen matrix over naar 3 andere matrices die in de subroutine SETKLIM (3.4) gebruikt worden.

**(2.7): bepalen van runnummer (RUNOVER)*

naam: RUNOVER (bepalen RUNnummer)
functie: bepalen van runnummer voor extensie van filenamen van outputfiles.
input: -
output: -
common: extensie van outputfiles (runnummer)

De subroutine RUNOVER stelt een nieuw runnummer samen. Dit nummer wordt verwerkt in de extensie van de filenamen van de outputfiles. Het nieuwe runnummer wordt afgeleid uit het laatste gebruikte runnummer dat door de subroutine INLRUN (2.7.1) wordt ingelezen.

Het runnummer bestaat uit een letter (A-Z) gevolgd door een 2-cijferig getal (00-99). Bij elke nieuwe run van het model wordt het runnummer opgehoogd volgens de volgorde: A00 ... A99, B00 ... Z99, A00 etc. Nadat het nieuwe nummer is bepaald, wordt dit weggeschreven door de subroutine WEGRUN (2.7.2).

**(2.7.1): inlezen van laatste runnummer (INLRUN)*

naam: INLRUN (INLezen van RUNnummer)
functie: inlezen van het laatste runnummer
input: -
output: letter- en getalgedeelte van runnummer

De subroutine INLRUN leest een letter en een 2-cijferig getal in vanuit de datafile RUN.DAT. Uit deze data stelt de subroutine RUNOVER (2.7) het nieuwe runnummer samen voor de extensie van de filenames van de outputfiles.

**(2.7.2): wegschrijven van runnummer (WEGRUN)*

naam: WEGRUN (WEGschrijven van RUNnummer)
functie: wegschrijven van het nieuwe runnummer
input: letter- en getalgedeelte van runnummer
output: -

De subroutine WEGRUN schrijft het runnummer als een letter en een 2-cijferig getal weg naar de datafile RUN.DAT. Dit runnummer kan bij een volgende run van het model opnieuw ingelezen worden door de subroutine INLRUN (2.7.1).

**(2.8): wegschrijven van samenvatting van overzichtfile (WRITSUM)*

naam: WRITSUM (wegschrijven van samenvatting van file)
functie: wegschrijven van samenvatting van overzichtfile en andere files naar outputfile SUM.runnummer.
input: -
output: -
common: ingelezen overzichtfile
settings voor weg te schrijven onderdelen

De subroutine WRITSUM zorgt ervoor, dat de belangrijkste delen van verschillende files met parameters en instellingen voor het simulatiegedeelte en delen van de overzichtfile in de file SUM.runnummer (SUM van SUMmary) worden weggeschreven. Deze file dient als een "logboek", zodat van een gegeven outputfile achterhaald kan worden wat de uitgangspunten voor de simulatie zijn geweest. De weg te schrijven onderdelen kunnen worden opgegeven in de file SIM.DAT die al eerder door de subroutine INLSUM (2.5b) is ingelezen. Voor het wegschrijven van overzichtfile wordt gebruik gemaakt van de subroutine WRITDAT en WRITMAT van het invoergeedeelte (codes resp. 3.8.3.1 en 3.8.3.2).

**(2.9): initialisatie outputfile Pxx.xxx (INOUP)*

naam: INOUP (INitialisatie OUTputfile Pxx.xxx)
functie: initialisatie van outputfiles met gemiddelden en cumulatieven over een bepaalde periode (outputfiles van type P, P van Periode).
input: -
output: -
common: overzicht van te openen outputfiles van type P perioden binnen dag waarover gem. berekening

De subroutine INOUP initialiseert de outputfiles van het type P (Pxx.xx). Deze outputfiles bevatten gemiddelden en cumulatieven van verschillende variabelen over de op te geven periode (aantal dagen). In het invoergeedeelte is bepaald welke van de 12 outputfiles van dit type geopend moeten worden. De initialisatie bestaat uit het openen van de outputfiles door de subroutine OPENOF (2.13) en het plaatsen van een heading bovenaan de outputfiles door de subroutine KOPOUT (2.14). Van enkele variabelen kunnen gemiddelden over bepaalde perioden van de dag worden berekend. De opgegeven perioden van de dag staan in de datafile TIJDOUT.DAT, die door INOUP wordt ingelezen. De data in TIJDOUT.DAT kunnen alleen in de datafile zelf gewijzigd worden.

**(2.10): initialisatie outputfile Axx.xxx (INOUTA)*

naam: INOUTA (INitialisatie OUTputfile Axx.xxx)
functie: initialisatie van outputfiles met uurwaarden van afzonderlijke variabelen (outputfiles van type A, A van Afzonderlijke var.).
input: -
output: -
common: overzicht van geopende outputfiles van type A

De subroutine INOUTA initialiseert de outputfiles van het type A (Axx.xxx). In deze outputfiles worden dagoverzichten met uren gegevens van afzonderlijke variabelen weggeschreven. Allereerst leest INOUTA van datafile OUTA.DAT in, welke outputfiles van het type A geopend moeten worden. Deze datafile kan alleen buiten het programma om gewijzigd worden. Vervolgens opent de subroutine OPENOF (2.13) de outputfiles en plaatst de subroutine KOPOUT (2.14) headings bovenaan de outputfiles.

**(2.11): initialisatie outputfile Uxx.xxx (INOUTU)*

naam: INOUTU (INitialisatie OUTputfile Uxx.xxx)
functie: initialisatie van outputfiles met uurwaarden van een aantal variabelen (outputfiles van type U, U van Uurwaarden).
input: -
output: -
common: overzicht van geopende outputfiles van type U

De subroutine INOUTU initialiseert de outputfiles van het type U (Uxx.xxx). In deze outputfiles worden uren gegevens van verscheidene variabelen weggeschreven. Allereerst leest INOUTU van datafile OUTU.DAT in, welke outputfiles van het type U geopend moeten worden. Deze datafile kan alleen buiten het programma om gewijzigd worden. Vervolgens opent de subroutine OPENOF

(2.13) de outputfiles en plaatst de subroutine KOPOUT (2.14) headings bovenaan de outputfiles.

**(2.12): initialisatie outputfile Txx.xxx (INOUTT)*

naam: INOUTT (INInitialisatie OUTputfile Txx.xxx)
functie: initialisatie van outputfiles met testoutput van verscheidene subroutines (outputfiles van type T, T van Testen).
input: -
output: -
common: overzicht van geopende outputfiles van type T

De subroutine INOUTT initialiseert de outputfiles van het type T (Txx.xxx). In deze outputfiles wordt testoutput van verscheidene subroutines weggeschreven.

Allereerst leest INOUTT van datafile OUTT.DAT in, welke outputfiles van het type T geopend moeten worden. Deze datafile kan alleen buiten het programma om gewijzigd worden. Vervolgens opent de subroutine OPENOF (2.13) de outputfiles en plaatst de subroutine KOPOUT (2.14) headings bovenaan de outputfiles.

**(2.13): openen van outputfile (OPENOF)*

naam: OPENOF (OPENen van OutputFile)
functie: openen van outputfile. Hierbij wordt gecontroleerd of max. aantal te openen files niet overschreden wordt.
input: filenaam
unitnummer
kode voor status van opening van file
output: -
common: aantal geopende en max. te openen files

De subroutine OPENOF verzorgt het openen van outputfiles. Hierbij wordt gecontroleerd of het maximum aantal te openen outputfiles niet overschreden wordt. Voor de feitelijke opening van de outputfiles wordt de subroutine OPENFL (interactieve module) aangeroepen.

**(2.14): plaatsen van heading boven outputfile (KOPOUT)*

naam: KOPOUT (plaatsen van heading (KOP) boven OUTputfile)
functie: plaatsen van heading boven outputfile
input: naam van file met heading
unitnummer
output: -

De subroutine KOPOUT plaatst een heading (kop) boven de geopende outputfile. De tekst van de heading staat in een datafile, waarvan de filenaam als input aan KOPOUT is meegegeven.

2.3.3. Simulatieberekeningen en wegschrijven van resultaten

**(3): simulatieberekeningen en wegschrijven resultaten (SIMBER)*

naam: SIMBER (SIMulatie BEREkeningen)
functie: uitvoeren van simulatieberekeningen en wegschrijven van
resultaten
input: -
output: -
common: ingelezen uitgangssituatie (overzichtfile)

De subroutine SIMBER voert uurlijkse simulatieberekeningen uit voor de opgegeven uitgangssituatie, -periode en met de opgegeven datafiles (vastgelegd in ingelezen overzichtfile). De resultaten worden wegschreven in de eerder geopende outputfiles.

De SIMBER roept daarbij de volgende subroutines aan:

vooraf aan berekeningen:

**(3.1): initialisatie van parameters (INITPAR,INITSO,GEWJR)*

berekeningen begin van dag:

**(3.2): berekening zonsopkomst en -ondergang (ZONBER)*

**(3.3): bepaling gewasgroei- en getallen voor dag (GEWDAG)*

berekeningen voor elk uur van dag:

**(3.4): berekening setpoints klimaatregeling (SETKLIM)*

**(3.5): berekening straling in kas, absorptie door gewas en stomataire weerstand (RADIN)*

**(3.6): berekeningen vooraf aan fysisch gedeelte (PREFYS)*

**(3.7): berekening kasklimaat (fysisch gedeelte; FYSKAS)*

**(3.8): berekeningen na fysisch gedeelte (POSTFYS)*

**(3.9): berekening bodemtemperatuur (BERSOIL)*

**(3.10): berekening CO2-setpoint (SETCO2)*

**(3.11): berekening warmte- en CO2-voorziening (WARMCO2)*

**(3.12): uurresultaten (RESUUR)*

berekeningen aan eind van dag

**(3.13): berekening kg-produktie (KGPROD)*

**(3.14): dagresultaten (RESDAG)*

berekeningen aan eind van simulatieperiode

**(3.15): eindresultaten (RESEIND)*

Daarnaast roept SIMBER drie aanvullende subroutines aan, INLVAL1, INLVAL2 en ZWTIJD (resp. 3.16, 3.17 en 3.18) die voor gevoeligheidsanalyses en validatieruns worden gebruikt.

Bij het uitvoeren van de simulatieberekeningen geeft de SIMBER op het beeldscherm aan hoever de simulaties zijn gevorderd.

In detail:

**(3.1): initialisatie van parameters (INITPAR,INITSO,GEWJR)*

Punt (3.1) wordt in SIMBER (3) meteen opgesplitst in 3 deelaanroepen:

**(3.1-1): initialisatie van parameters (INITPAR)*

**(3.1-2): initialisatie van temperatuur van bodemlagen (INITSO)*

**(3.1-3): invullen van arrays met gegevens over gewas- en vruchtgroei over geheel jaar (GEWJR)*

**(3.1-1): initialisatie van parameters (INITPAR)*

naam: INITPAR (INITialisatie van PARameters)

functie: initialisatie van parameters voor simulatiegedeelte

input: -

output: warmtecapaciteit tank
initiele warmteinhoud tank
aanwezigheid van verwarmingsketel
warmtecapaciteit verwarmingssysteem
initiele temperatuur van buizen
initiele CO₂-concentratie in kas

common: ingelezen uitgangssituatie (overzichtfile)

De subroutine INITPAR initialiseert een groot aantal parameters die van belang zijn voor de berekeningen in SIMBER (3). Voor de overzichtelijkheid van SIMBER zijn deze initialisaties gegroepeerd in INITPAR.

**(3.1-2): initialisatie van temperatuur van bodemlagen (INITSO)*

naam: INITSO (INITialisatie temperatuur bodemlagen)

functie: initialisatie van temperaturen van bodemlagen aan het begin van simulatieperiode

input: dagnummer

output: temperatuur van 5 bodemlagen

common: klimaatregelinstellingen

De subroutine INITSO leidt de initiele temperaturen van de bodemlagen af uit de klimaatregelinstellingen van de eerste dag van de simulatieperiode.

**(3.1-3): invullen van arrays met gegevens over gewas- en vruchtgroei over geheel jaar (GEWJR)*

naam: GEWJR (GEWasgroei JaaR)

functie: bepaling gegevens voor gewas- en vruchtgroei over jaar (invullen van array)

input: -

output: -

common: teelt- en gewasgegevens
array met gewas- en vruchtgroeigegevens

De subroutine GEWJR bepaalt uit de ingelezen teelt- en gewasgegevens voor elke dag of er een gewas in kas staat, of er geoogst wordt en wat het drogestofgehalte van de geoogste vruchten, assimilatenverdeling, groeiduur en LAI is. Deze gegevens worden weggeschreven in een array. Bij het selecteren van de gegevens voor een bepaalde dag wordt gebruik gemaakt van de subroutine GEWPAR (3.1-3.1).

**(3.1-3.1): bepaling gewasparameters (GEWPAR)*

naam: GEWPAR (bepaling GEWAsPARAmeters)
functie: bepaling van gewasparameters bij opgegeven dagnummer
input: dagnummer
 gewasgegevens
 code voor gewasparameter in matrix
output: gewasparameter

De subroutine GEWPAR selecteert uit matrix met gewasparameters de waarde van de gewasparameter die hoort bij opgegeven dagnummer. Het verloop van deze gewasparameter wordt beschreven door waarden bij verschillende dagnummers. Tussen 2 dagnummers wordt geïnterpoleerd.

**(3.2): berekening zonsopkomst en -ondergang (ZONBER)*

naam: ZONBER (BERekening ZONSopkomst en -ondergang)
functie: berekening van zonsopkomst en -ondergang
input: dagnummer
output: tijdstip zonsopkomst
 tijdstip zonsondergang
 intermediaire variabelen m.b.t. zonnestand
 buitenaardse straling
 declinatie
 max. globale straling buiten kas

Voor berekening van de setpoints voor de klimaatregeling zijn de tijdstippen van zonsopkomst en -ondergang van belang. Eens per dag worden die tijdstippen voor Nederland door de subroutine ZONBER berekend.

Daarnaast worden de in de output genoemde variabelen bepaald die van belang zijn voor de berekening van de straling op een bepaald tijdstip op de dag.

**(3.3): bepaling gewasgroei- en getallen voor dag (GEWDAG)*

naam: GEWDAG (GEWAsgroei DAG)
functie: bepaling van dagelijkse gegevens van vruchtgroeiduur, assimilatenverdeling in tijd, fractie van drogestof naar vruchten en LAI.
input: dagnummer
output: fractie drogestof naar vruchten
 drogestofgehalte in vruchten
 leaf area index
 assimilaten verdeling over groeiduur
common: array met gewas- en vruchtgroeigegevens
 gewasafhankelijke verdeling van assimilaten in tijd
 gewasgegevens

De subroutine GEWDAG bepaalt voor de opgegeven dag de LAI en enkele kengetallen die nodig zijn voor de berekening van de kg-produktie. Verder berekent GEWDAG de assimilatieverdeling over de groeiduur van de vruchten.

**(3.4): berekening setpoints klimaatregeling (SETKLIM)*

naam: SETKLIM (SETpoints KLIMaatregeling)
functie: berekening van setpoints voor klimaatregeling
input: dagnummer
 tijdstip op dag
 globale straling (buiten kas)
 tijdstip zonsopkomst
 tijdstip zonsondergang
 windsnelheid
 temperatuur buitenlucht
 max. stralingsniveau buiten (theoretisch)
output: setpoint voor verwarming
 setpoint voor ventilatie
 ventilatietraject (P-band voor ventilatie)
 max. raamstand
 min. raamstand
 min. buistemperatuur (aanvoerleiding)
 wel/niet teelt in kas
 openingstoestand scherm
common: klimaatregelinstantellingen

De subroutine voor de klimaatregeling, SETKLIM, bepaalt de setpoints voor verwarmings- en ventilatietemperatuur, ventilatietraject, minimum buistemperatuur, minimum en maximum raamstand en stand van het scherm als functie van ingestelde klimaatregelinstantellingen.

De setpoints kunnen afhankelijk zijn van het tijdstip op de dag en in het jaar, en van de buitencondities (temperatuur, windsnelheid, straling). Bij de berekeningen maakt SETKLIM veelvuldig gebruik van de interpolatiefuncties LINTPOL (3.4.1) en INTPOL (3.7.11).

**(3.4.1): interpolatiefunctie (LINTPOL)*

naam: LINTPOL (INterPOLatie Limiet)
functie: interpolatie van y-waarde tussen 2 opgegeven (x,y)-paren.
 Bij extrapolatie y-grenswaarde nemen.
input: 2 (x,y)-paren
 x-waarde
output: geïnterpoleerde y-waarde

De functie LINTPOL berekent de y-waarde bij opgegeven x-waarde door lineaire interpolatie tussen twee (x,y)-paren. Indien de x-waarde zo is dat geëxtrapoleerd moet worden, wordt een van de y-grenswaarden genomen. Voor de interpolatie tussen de 2 paren wordt de functie INTPOL (3.7.11) aangeroepen.

**(3.5): berekening straling in kas, absorptie door gewas en bodem, en stomataire weerstand (RADIN)*

naam: RADIN (RADiation IN kas)
functie: berekening van stralingsniveau in kas, op gaussische hoogten in gewas en op bodem, en stomataire weerstand.
input: tijdstip op dag
globale straling (buiten kas)
intermediaire variabelen m.b.t. zonnestand
buitenaardse straling
declinatie
leaf area index
output: globale straling in kas
matrix met geabs. PAR op verschillende hoogten in gewas
geabsorbeerde straling door bodem
geabsorbeerde straling door kasinhoud
stomataire weerstand

De subroutine RADIN berekent allereerst het stralingsniveau in de kas, waarbij onderscheid wordt gemaakt in diffuse en directe straling. Hiervoor berekent de subroutine SUNPOS (3.5.1) de positie van de zon en de functie FRACTION (3.5.2) de fractie diffuse straling in de buitenstraling. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de atmosferische transmissie die berekend is uit de buitenaardse straling, de zonnestand en de actuele globale straling. Vervolgens berekent de subroutine TRANSS (3.5.3) de transmissie van directe straling door het kasdek bij gegeven transmissie van diffuse straling en de orientatie van kas. Bij de berekening van de diffuse en directe stralingsniveaus boven het gewas wordt rekening gehouden met de eventuele aanwezigheid van een scherm in de kas. Vervolgens berekent de subroutine RADGEW (3.5.4) uit het stralingsniveau boven het gewas de geabsorbeerde straling door gewas (op diverse gewashoogte t.b.v. fotosyntheseberekening) en bodem. Tot slot berekent de subroutine STOMRS (3.5.5) de stomataire weerstand.

**(3.5.1): berekening van zonnestand (SUNPOS)*

naam: SUNPOS (POSitie van zon)
functie: berekening van positie van zon voor gegeven tijdstip
input: intermediaire variabelen m.b.t. zonnestand
declinatie
tijdstip
output: zonshoogte
azimut zon
sinus zonshoogte

De subroutine SUNPOS berekent voor het opgegeven tijdstip de positie van de zon uitgedrukt in de variabelen zonshoogte en azimut.

**(3.5.2): berekening diffuse straling (FRACTION)*

naam: FRACTION (FRACtIe diffuse straling)
functie: berekening van fractie diffuus in globale straling buiten kas
input: sinus zonshoogte
atmosferische transmissie
output: fractie diffuse straling

De functie FRACTION berekent de fractie diffuus in globale straling buiten de kas uit het verband tussen uurlijkse waarden van atmosferische transmissie en uurlijkse waarden van fractie diffuus.

**(3.5.3): berekening transmissie kasdek (TRANSS)*

naam: TRANSS (TRANSmissie kasdek)
functie: berekening van transmissie van directe straling door kasdek
input: azimut (verschil in azimut tussen zon en kas)
zonshoogte
transmissie diffuse straling
output: transmissie directe straling

De subroutine TRANSS berekent de transmissie van directe straling voor een kas waarvan de transmissie van diffuse straling gegeven is. Dit gebeurt m.b.v. interpolatie of extrapolatie van de gegevens van transmissie voor directe straling (bij bepaalde zonnestand) van een kas met 63 % en een kas met 71 % transmissie van diffuse straling.

**(3.5.4): berekenen absorptie straling door gewas (RADGEW)*

naam: RADGEW (straling in GEWAs)
functie: berekening van geabsorbeerde globale straling en PAR door gewas en door bodem
input: diffuse en direct PAR boven gewas
diffuse en direct NIR (nabij infrarood) boven gewas
sinus zonshoogte
leaf area index
output: geabsorbeerde globale straling door gewas
geabsorbeerde globale straling door bodem
matrix met geabsorbeerde PAR op verschillende hoogten in gewas

De subroutine RADGEW berekent de geabsorbeerde directe en diffuse PAR (fotosynthetisch actieve straling) op diverse gewashoogten. Deze gegevens worden weggeschreven in een matrix zodat elders in het model de subroutine GEWAS (3.11.7) daar de gewasfotosynthese uit kan berekenen.

Verder wordt voor de energiebalans van de kas de totaal geabsorbeerde globale straling door gewas en door bodem berekend. Bij alle absorptie-berekeningen wordt rekening gehouden met de reflectie van globale straling door gewas en bodemoppervlak (bedekt met wit folie).

**(3.5.5): berekening stomataire weerstand (STOMRS)*

naam: STOMRS (berekening STOMataire weerstand)
functie: berekening van stomataire weerstand als functie van globale straling boven gewas.
input: globale straling boven gewas
output: stomataire weerstand van bladeren

De subroutine STOMRS berekent de stomataire weerstand als functie van de globale straling boven het gewas volgens Marcelis (1987). Hierbij wordt de invloed van de waterstatus van het gewas buiten beschouwing gelaten.

**(3.6): berekeningen vooraf aan fysisch gedeelte (PREFYS)*

naam: PREFYS (berekening vooraf aan FYSKAS)
functie: berekenen van de laagst mogelijke buistemperatuur en de daarbij behorende afkoeling
input: buistemperatuur van vorige tijdstip
buistemperatuur na mogelijke afkoeling
min. aanvoer buistemperatuur
warmtecapaciteit buizen
aanwezigheid van verwarmingsketel
periode tussen 2 simulatietijdstippen
output: gestelde buistemperatuur
afkoelingswarmteflux buizen - kasinhoud
afkoelingswarmteflux buizen - bodem
min. buistemperatuur (gemiddeld van aanvoer en retour)

De subroutine PREFYS berekent voorafgaand aan FYSKAS (3.7) de laagst mogelijke buistemperatuur. Hierbij wordt rekening gehouden met de afkoeling van de buizen sinds het voorafgaande tijdstip en het setpoint voor minimum buistemperatuur. Hieruit volgt ook een mogelijke afkoeling, waarvan wordt aangenomen dat die ten goede komt aan de kasinhoud en de bodem op het tijdstip waarvoor de berekeningen worden uitgevoerd. Van deze warmte gaat het grootste deel naar de kasinhoud en een gering deel naar de bodem. Bij gebruik van heteluchtverwarming speelt de afkoeling van het verwarmingssysteem geen rol. Ook kan dan geen minimum buistemperatuur worden ingesteld.

**(3.7): berekening kasklimaat (fysisch kasmodel: FYSKAS)*

naam: FYSKAS (FYsisch KASmodel)
functie: berekening van kasklimaat, luchtuitwisselingssnelheid en warmtebehoefte bij gegeven buitencondities, buistemperatuur, min. raamstand en temperatuursetpoints.
input: globale straling buiten kas
globale straling in kas
windsnelheid
temperatuur buitenlucht
dampdruk buitenlucht
setpoint verwarming
setpoint ventilatie
hemeltemperatuur
temperatuur verwarmingsbuizen
bandbreedte ventilatie
min. raamstand
max. raamstand
afkoeling verwarmingsbuizen aan kasinhoud
temperatuur bodemoppervlak (vorige tijdstip)
dampdruk kaslucht (vorige tijdstip)
stomataire weerstand
geabsorbeerde globale straling kasinhoud
leaf area index
output: temperatuur kasinhoud
temperatuur kasdek
raamopening aan loefzijde
raamopening aan lijzijde
luchtuitwisselingssnelheid
dampdruk kaslucht
transpiratie
warmtebehoefte

De centrale subroutine voor het fysisch kasmodel, FYSKAS, berekent de warmtebehoefte die nodig is om de inhoud van de kas (kaslucht en gewas) op de gewenste temperatuur (verwarmingstemperatuur) te houden in een stationaire situatie. Een stationaire situatie wil zeggen dat de berekende warmteuitwisselingen tussen bijvoorbeeld kasinhoud en kasdek, en tussen kasdek en buitenlucht constant zijn (evenwichtssituatie; steady state benadering).

Bij een stationaire situatie is de netto warmteflux van de kasinhoud naar de omgeving gelijk aan nul. Voor een kas zonder (gesloten) scherm is deze als volgt gedefinieerd:

$$\text{netto warmteflux kasinhoud} = \text{input} - \text{output}$$

met:

$$\text{input} = \text{instraling (globale straling)} + \text{verwarming}$$

$$\begin{aligned} \text{output} = & \text{warmteuitwisseling door convectie tussen kaslucht} \\ & \text{enerzijds en kasdek, verwarmingsbuizen en bodem anderzijds} \\ & + \text{warmteuitwisseling door warmtestraling tussen gewas} \\ & \text{enerzijds en kasdek, verwarmingsbuizen en bodem anderzijds} \\ & + \text{warmteflux door ventilatie (incl. lekkage) van voelbare} \\ & \text{warmte (ventilatie van latente warmte vraagt geen warmte)} \\ & + \text{transpiratie door gewas (omzetting van voelbare warmte in} \\ & \text{latente warmte)} \end{aligned}$$

Voor een kas met gesloten scherm is de netto warmteflux van de kasinhoud als volgt gedefinieerd:

$$\text{netto warmteflux kasinhoud} = \text{input} - \text{output}$$

met:

$$\text{input} = \text{instraling (globale straling)} + \text{verwarming}$$

$$\begin{aligned} \text{output} = & \text{warmteuitwisseling door convectie tussen kaslucht} \\ & \text{enerzijds en scherm, verwarmingsbuizen en bodem anderzijds} \\ & + \text{warmteuitwisseling door warmtestraling tussen gewas} \\ & \text{enerzijds en kasdek, scherm, verwarmingsbuizen en bodem} \\ & \text{anderzijds} \\ & + \text{warmteflux door ventilatie van voelbare warmte door} \\ & \text{scherm} \\ & + \text{transpiratie door gewas (omzetting van voelbare warmte in} \\ & \text{latente warmte)} \end{aligned}$$

Bij de berekening van de netto warmteflux van de kasinhoud van een kas met of zonder scherm is verondersteld dat:

- de temperatuur van kaslucht en gewas aan elkaar gelijk zijn, aangeduid met temperatuur kasinhoud;
- het gewas volledig gesloten is voor warmtestraling, d.w.z. dat er geen warmtestralingsuitwisseling plaats vindt tussen objecten beneden het gewas (buizen en bodemoppervlak) en boven het gewas (kasdek, scherm);
- bij de berekening van de warmteflux van de kasinhoud naar de bodem gerekend wordt met de temperatuur van de bodemoppervlak van het voorafgaande tijdstip;
- bij de berekening van de kasdektemperatuur gerekend wordt met de dampdruk in kas van het voorafgaande tijdstip;
- de eventuele afkoeling van het verwarmingssysteem volledig in het uur vrijkomt waarvoor de berekeningen worden uitgevoerd (gemiddeld een constante afkoelingsflux);
- eerst de luchtramen aan de lijzijde volledig geopend moeten zijn, voordat de luchtramen aan de loefzijde geopend kunnen worden;
- bij een scherm de dampdruk onder en boven het scherm aan elkaar gelijk zijn (bij berekening van vochttransport naar buiten wordt de dampdruk boven het scherm wel berekend);
- bij condensvorming op een scherm geen warmte vrijkomt.

Allereerst wordt de netto warmteflux van de kasinhoud berekend bij een temperatuur van de kasinhoud gelijk aan het verwarmingssetpoint. Indien de netto warmteflux negatief is, moet het verwarmingssysteem zorgen voor de aanvoer van extra warmte.

Bij een positieve netto warmteflux is de temperatuur van de kasinhoud hoger dan het verwarmingssetpoint en eventueel zelfs hoger dan het ventilatiesetpoint. In de volgende iteratie wordt de veronderstelde temperatuur van de kasinhoud verhoogd en wordt opnieuw de netto warmteflux berekend. De temperatuur van de kasinhoud en eventueel de raamstand worden net zo lang bijgesteld tot een negatieve netto warmteflux wordt berekend. Dan is de temperatuur van de kasinhoud te hoog verondersteld. D.m.v. interpolatie wordt dan de temperatuur van kasinhoud, temperatuur van kasdek, dampdruk van kaslucht en luchtuitwisselingsnelheid bepaald bij netto warmteflux gelijk aan nul. Tot slot berekent de subroutine RMSTAND (3.7.5) de raamstanden aan lij- en loefzijde uit de luchtuitwisselingsnelheid bij stationaire evenwicht.

Door FYSKAS wordt de subroutine STOMGL (3.7.3) aangeroepen voor berekening van de stomataire geleidbaarheid. Deze parameter is nodig voor de berekening van de transpiratie. Verder maakt FYSKAS gebruik van geabsorbeerde globale straling door het gewas (berekend in RADGEW, 3.5.4).

In het model wordt uitgegaan van een bepaalde buistemperatuur en een berekende maximale afkoeling van de buizen in het afgelopen uur (voorafgaand aan FYSKAS berekend door PREFYS, 3.6). Deze afgestane warmte van de buizen komt ten goede aan de kasinhoud. Bij het aanhouden van een minimum buistemperatuur is de grootte van de warmteaanvoer van de buizen te berekenen. Deze flux maakt deel uit van de netto warmteflux van de kasinhoud. Daardoor zal de temperatuur van de kasinhoud eerder de ventilatietemperatuur bereiken. Bij het hanteren van een minimum raamstand zal de warmteafvoer door ventilatie groter worden, waardoor de warmtebehoefte zal toenemen.

Voor een kas met een scherm wordt bij de uiteindelijke berekende temperatuur van de kasinhoud bepaald of daadwerkelijk condensvorming is opgetreden. Dit wordt berekend door de subroutine CONSCH (3.7.2.7). Een nat scherm kan pas weer droog worden als het geopend is.

Voor elke berekening van de netto warmteflux van de kasinhoud wordt de subroutine NWIN (Netto Warmteflux kasINHoud, 3.7.1/2) aangeroepen.

**(3.7.1/2): berekening netto warmteflux kasinhoud (NWIN)*

naam: NWIN (berekening van Netto Warmteflux kasINHoud)
functie: aanroep van subroutine die berekening uitvoert van netto warmteflux van kasinhoud bij gegeven buitencondities, gestelde temperatuur van kasinhoud, raamstand, buistemperatuur en bodemtemperatuur.
input: globale straling buiten kas
globale straling in kas
windsnelheid
hemeltemperatuur
temperatuur buitenlucht
temperatuur kasinhoud
temperatuur verwarmingsbuizen
raamopening loefzijde
raamopening lijzijde
dampdruk buitenlucht
dampdruk kaslucht (vorige tijdstip)
afkoeling verwarmingsbuizen aan kasinhoud
temperatuur bodemoppervlak (vorige tijdstip)
geabsorbeerde globale straling kasinhoud
geleidingscoefficient voor waterdampdiffusie (transpiratie)
output: dampdruk kaslucht
netto warmteflux kasinhoud
temperatuur kasdek
luchttuitwisselingssnelheid

De berekening van de netto warmteflux vindt plaats door 2 subroutines, NWINZS (3.7.1) en NWINMS (3.7.2). De subroutine NWINZS (Netto Warmteflux kasINHoud Zonder Scherm) wordt gebruikt in de situatie waarin zich geen scherm in de kas bevindt of waarin het scherm geopend is. De subroutine NWINMS (Netto Warmteflux kasINHoud Met Scherm) wordt

gebruikt bij een gesloten scherm in kas. Vanuit FYSKAS wordt NWIN aangeroepen. Vervolgens wordt vanuit NWIN, afhankelijk van al dan niet de aanwezigheid van een gesloten scherm, NWINMS of NWINZS aangeroepen.

De subroutines die vanuit NWINZS en NWINMS worden aangeroepen, komen in grote lijnen met elkaar overeen. Daarom worden allereerst de subroutines besproken in de situatie van geen scherm in kas. Daarna worden de subroutines voor de situatie met scherm besproken en worden tevens de verschillen tussen de subroutines in de situatie zonder en met scherm toegelicht.

**(3.7.1): berekening netto warmteflux kasinhoud zonder scherm (NWINZS)*

naam: NWINZS (berekening Netto Warmteflux kasinhoud Zonder Scherm)
functie: berekening van netto warmteflux van kasinhoud bij gegeven buitencondities, gestelde temperatuur van kasinhoud, raamstand, buistemperatuur en bodemtemperatuur.
input: globale straling buiten kas
windsnelheid
hemeltemperatuur
temperatuur buitenlucht
temperatuur kasinhoud
temperatuur verwarmingsbuizen
raamopening loefzijde
raamopening lijzijde
dampdruk buitenlucht
dampdruk kaslucht (vorige tijdstip)
afkoeling verwarmingsbuizen aan kasinhoud
temperatuur bodemoppervlak (vorige tijdstip)
geabsorbeerde globale straling kasinhoud
geleidingscoëfficiënt voor waterdampdiffusie (transpiratie)
output: dampdruk kaslucht
netto warmteflux kasinhoud
temperatuur kasdek
luchtuitwisselingssnelheid

In de subroutine NWINZS worden de verschillende warmtefluxen van en naar de kasinhoud berekend. De subroutine KASDEK (3.7.1.1) berekent het warmteverlies via het kasdek (warmtestraling, convectie en condensatie). Uit de vochtbalans van de kasinhoud, berekend door subroutine VOCHTHH (3.7.1.3), volgt de transpiratie en daarmee de omzetting van voelbare warmte in latente warmte. De subroutine WARMPIJP (3.7.8) berekent de warmteafgifte van de buizen aan de kasinhoud bij gegeven buistemperatuur en temperatuur van kasinhoud. Voor de werkelijke afgifte van de buizen wordt het maximum genomen van de door WARMPIJP (3.7.8) berekende flux en de berekende afkoeling. Hiermee wordt het warmtebufferende effect van het verwarmingssysteem nagebootst. Tenslotte wordt door de subroutine WARMSO (3.7.9) de warmteafgifte van de bodem aan de kasinhoud berekend. Uit bovenstaande berekeningen volgt de netto warmteflux van de kasinhoud.

**(3.7.1.1): berekening temperatuur kasdek (KASDEK)*

naam: KASDEK (berekening temperatuur KASDEK)
functie: berekening van temperatuur van kasdek en van
warmteuitwisseling tussen kasinhoud en kasdek.
input: globale straling buiten kas
windsnelheid
hemeltemperatuur
temperatuur buitenlucht
temperatuur kasinhoud
dampdruk buitenlucht
output: temperatuur kasdek
warmteflux tussen kasinhoud en kasdek

De temperatuur van het kasdek is o.a. bepalend voor de mate van warmteafgifte van kasinhoud aan kasdek, en wordt zelf mede bepaald door de warmteuitstraling van kasdek naar hemel en door convectieve warmteoverdracht van kasdek aan de buitenlucht.

De temperatuur van het kasdek wordt iteratief bepaald op gelijke wijze als de temperatuur van de kasinhoud (FYKAS, 3.7). Dit houdt in dat bij verschillende temperaturen van het kasdek de netto warmteflux van het kasdek wordt bepaald. Afhankelijk van het teken van die warmteflux wordt de gestelde kasdektemperatuur verhoogd of verlaagd. De berekening van de netto warmteflux van het kasdek vindt plaats in NWDEK (3.7.1.2).

**(3.7.1.2): berekening netto warmteflux kasdek (NWDEK)*

naam: NWDEK (Netto Warmteflux kasDEK)
functie: berekening van netto warmteflux van kasdek
input: globale straling buiten kas
windsnelheid
hemeltemperatuur
temperatuur buitenlucht
temperatuur kasinhoud
temperatuur kasdek
dampdruk kaslucht (vorige tijdstip)
output: netto warmteflux kasdek
warmteflux tussen kasinhoud en kasdek

De netto warmteflux van het kasdek volgt uit:

netto warmteflux kasdek = warmtestraling kasinhoud naar kasdek
+ convectie van kaslucht naar kasdek
+ condensatie
- warmtestraling van kasdek naar hemel
- convectie van kasdek naar buitenlucht

Omdat bij de berekening van de kasdektemperatuur de dampdruk van de kaslucht nog niet bekend is (berekening vindt plaats in VOCHTHH, 3.7.1.3), wordt gewerkt met de dampdruk die berekend is voor het voorafgaande tijdstip.

Voor de berekening van grootte van de warmtestralingsuitwisselingen (kasinhoud - kasdek; kasdek - hemel) en de condensatievochtflux wordt gebruikt gemaakt van de subroutines WRAD (3.7.6) en CONDEN (3.7.10).

**(3.7.1.3): berekening van vochthuishouding kaslucht (VOCHTHH)*

naam: VOCHTHH (VOCHTHuisHouding)
functie: iteratieve berekening van dampdruk van kaslucht en daarmee de transpiratie
input: temperatuur kasinhoud
temperatuur kasdek
luchtuitwisselingssnelheid
dampdruk buitenlucht
geleidingscoefficient voor waterdampdiffusie (transpiratie)
output: transpiratie
dampdruk kaslucht

De processen die bij de vochthuishouding van de kas een rol spelen zijn transpiratie, condensatie op kasdek en vochtafvoer door ventilatie. Al deze drie processen zijn afhankelijk van de dampdruk van de kaslucht. Omdat aangenomen wordt dat de dampdruk van de kaslucht stationair is, wordt de dampdruk van de kaslucht d.m.v. iteratieve berekening bepaald op soortgelijke wijze als bij de berekening van de temperatuur van kasinhoud (FYKAS, 3.7) en kasdek (KASDEK, 3.7.1.1). Dit houdt in dat bij verschillende dampspanningen de netto vochtflux van de kas wordt bepaald. Bij stationaire dampspanning is de netto vochtflux gelijk aan nul. Afhankelijk van het teken van de netto vochtflux wordt de gestelde dampspanning bijgesteld. De berekening van de netto vochtflux vindt plaats in de subroutine NVKAS (3.7.1.4). Bij aanvang van de iteratieve berekening wordt de verzadigde dampspanning bij kasluchttemperatuur genomen. De berekening van de verzadigde dampspanning bij gegeven temperatuur vindt plaats door de functie VPZAD (3.7.1.7).

**(3.7.1.4): berekening van netto vochtflux (NVKAS)*

naam: NVKAS (netto vochtflux kasinhoud)
functie: berekening van netto vochtflux van kasinhoud
input: temperatuur kasinhoud
luchtuitwisselingssnelheid
dampdruk kaslucht
dampdrukdeficit kaslucht
dampdruk buitenlucht
temperatuur kasdek
geleidingscoefficient voor waterdampdiffusie (transpiratie)
output: transpiratie
netto vochtflux kasinhoud

De netto vochtflux volgt uit:

$$\text{netto vochtflux} = \text{transpiratie} - \text{condensatie} - \text{afvoer (ventilatie)}$$

De berekening van de condensatieflux vindt plaats door de subroutine CONDEN (3.7.10). De transpiratie is het produkt van de geleidingscoefficient (stofoverdrachtscoefficient) voor waterdampdiffusie met het dampdrukdeficit van de kaslucht. De vochtafvoer door ventilatie wordt bepaald door de luchtuitwisselingssnelheid en het dampdrukverschil tussen kas- en buitenlucht.

**(3.7.2): berekening netto warmteflux kasinhoud met scherm (NWINMS)*

naam: NWINMS (berekening Netto Warmteflux kasinhoud Met Scherm)
functie: berekening van netto warmteflux van kasinhoud in kas met scherm bij gegeven buitencondities, gestelde temperatuur van kasinhoud, raamstand, buistemperatuur en bodemtemperatuur.
input: globale straling buiten kas
globale straling in kas
windsnelheid
hemeltemperatuur
temperatuur buitenlucht
temperatuur kasinhoud
temperatuur verwarmingsbuizen
raamopening loefzijde
raamopening lijzijde
dampdruk buitenlucht
dampdruk kaslucht (vorige tijdstip)
afkoeling verwarmingsbuizen aan kasinhoud
temperatuur bodemoppervlak (vorige tijdstip)
geabsorbeerde globale straling kasinhoud
geleidingscoefficient voor waterdampdiffusie (transpiratie)
output: dampdruk kaslucht
netto warmteflux kasinhoud
temperatuur kasdek
luchtuitwisselingssnelheid
common: stralings- en ventilatieeigenschappen scherm
aanwezigheid van condens op scherm

In de subroutine NWINMS worden op bijna identieke wijze als voor de situatie zonder scherm (in NWINZS, 3.7.1) de verschillende warmtefluxen van en naar de kasinhoud berekend. In de situatie van een scherm in de kas is de kasinhoud het gewas en de kaslucht onder het scherm. De subroutine SKASDEK (3.7.2.1) berekent de temperatuur van scherm, kaslucht boven scherm en kasdek. Daardoor kunnen de warmtestralingsfluxen, de convectieflux en de ventilatieflux van de kasinhoud worden bepaald. De warmtestralingsfluxen bestaan uit warmtestraling van kasinhoud (gewas) naar scherm en warmtestraling van kasinhoud (gewas) door scherm naar kasdek. De convectieflux is de warmteflux van kaslucht aan scherm en de ventilatieflux is de warmteflux door scherm.

Uit de vochtbalans van de kasinhoud, berekend door de subroutine SVOCHTHH (3.7.2.4), volgt de transpiratie en daarmee de omzetting van voelbare warmte in latente warmte. De warmtefluxen tussen kasinhoud en bodem, en tussen kasinhoud en buizen worden niet door de aanwezigheid van een scherm in de kas beïnvloed. Hiervoor wordt op dezelfde wijze als in NWINZS (3.7.1) gebruik gemaakt van WARMPIJP (3.7.8) en WARMSO (3.7.9).

De fysische eigenschappen van een scherm worden beïnvloed door condensvorming op het scherm. Omdat de condensvorming pas achteraf bekend is, wordt in het model gewerkt met het eventueel voorkomen van condens op het scherm op het vorige tijdstip. Of daadwerkelijk condensvorming is opgetreden, wordt aan het einde van de subroutine FYSKAS (3.7) door de subroutine CONSCH (3.7.2.7) bepaald. Een nat scherm kan pas droog worden als het scherm geopend wordt.

**(3.7.2.1): berekening temperatuur kasdek met scherm (SKASDEK)*

naam: SKASDEK (berekening temperatuur KASDEK bij Scherm in kas)
functie: berekening van temperatuur van kasdek, scherm en kaslucht
boven scherm bij aanwezigheid van scherm in kas.
input: globale straling buiten kas
globale straling in kas (boven scherm)
windsnelheid
hemeltemperatuur
temperatuur buitenlucht
temperatuur kasinhoud
dampdruk buitenlucht (van vorige tijdstip)
emissiecoefficient scherm bovenzijde voor warmtestraling
emissiecoefficient scherm onderzijde voor warmtestraling
transmissiecoefficient scherm voor warmtestraling
transmissiecoefficient scherm voor globale straling
emissiecoefficient scherm voor globale straling
luchtuitwisselingssnelheid door dek
luchtuitwisselingssnelheid door scherm
output: temperatuur kasdek
temperatuur scherm
temperatuur kaslucht boven scherm

De subroutine SKASDEK berekent de evenwichtstemperatuur van kasdek volgens hetzelfde iteratieve algoritme als in KASDEK (3.7.1.1). Voor het berekenen van de netto warmteflux van het kasdek wordt SNWDEK (3.7.2.1) aangeroepen. De definitieve temperatuur van scherm en kaslucht boven scherm bij gegeven temperatuur van kasinhoud en kasdek wordt berekend door de subroutine NOKSCH (3.7.2.6).

**(3.7.2.2): berekening netto warmteflux kasdek met scherm (SNWDEK)*

naam: SNWDEK (Netto Warmteflux kasDEK bij Scherm in kas)
functie: berekening van netto warmteflux van kasdek bij aanwezigheid van scherm in kas
input: globale straling buiten kas
globale straling in kas (boven scherm)
windsnelheid
hemeltemperatuur
temperatuur buitenlucht
temperatuur kasinhoud
temperatuur kasdek
dampdruk buitenlucht (van vorige tijdstip)
emissiecoefficient scherm bovenzijde voor warmtestraling
emissiecoefficient scherm onderzijde voor warmtestraling
transmissiecoefficient scherm voor warmtestraling
transmissiecoefficient scherm voor globale straling
emissiecoefficient scherm voor globale straling
luchtuitwisselingssnelheid door dek
luchtuitwisselingssnelheid door scherm
output: netto warmteflux kasdek

De netto warmteflux van het kasdek is door de aanwezigheid van een scherm in de kas uitgebreid tot:

netto warmteflux kasdek = warmtestraling gewas naar kasdek
+ warmtestraling scherm naar kasdek
+ convectie kaslucht boven scherm naar kasdek
+ condensatie op kasdek
- warmtestraling van kasdek naar hemel
- convectie van kasdek naar buitenlucht

Voor de berekening van de warmtestralingsuitwisseling tussen scherm en kasdek en de convectieve uitwisseling tussen kaslucht boven scherm en kasdek moeten de temperaturen van kaslucht boven scherm en scherm bekend zijn. Deze temperaturen worden berekend door de subroutine NOKSCH (3.7.2.3). Net als in NWDEK (3.7.1.2) is bij de berekening van de kasdektemperatuur de dampdruk van de kaslucht nog niet bekend (berekening vindt plaats in SVOCHTHH, 3.7.2.4). Daarom wordt gewerkt met de dampdruk die berekend is in het voorafgaande tijdstip.

Voor de berekening van de grootte van de warmtestralingsuitwisselingen (kasinhoud - kasdek; scherm - kasdek; kasdek - hemel) en de condensatievochtflux op kasdek wordt gebruikt gemaakt van de functie WRAD (3.7.6) en subroutine SCONDRF (3.7.2.6b).

**(3.7.2.3): berekening van nok- en schermtemperatuur (NOKSCH)*

naam: NOKSCH (NOK- en SCHermtemperatuur)
functie: berekening van temperatuur van kaslucht in nok en van scherm
input: temperatuur kasinhoud
temperatuur buitenlucht
temperatuur kasdek
globale straling in kas
emissiecoefficient scherm bovenzijde voor warmtestraling
emissiecoefficient scherm onderzijde voor warmtestraling
emissiecoefficient scherm voor globale straling
luchtuitwisselingssnelheid door dek
luchtuitwisselingssnelheid door scherm
output: temperatuur scherm
temperatuur kaslucht boven scherm

Bij de berekening van de temperatuur van scherm en kaslucht boven scherm is net als bij de toestandsgrootheden temperatuur kasinhoud en kasdek aangenomen dat de temperaturen van scherm en kaslucht boven scherm stationair zijn.

De netto warmteflux van het scherm die nul verondersteld is, luidt:

netto warmteflux scherm =
convectieflux van kaslucht naar scherm
+ convectieflux van kaslucht boven scherm naar scherm
+ warmtestraling van gewas naar scherm
+ warmtestraling van kasdek naar scherm
+ absorptie globale straling

De netto warmteflux van de kaslucht boven scherm die eveneens nul verondersteld is, luidt:

netto warmteflux kaslucht boven scherm =
convectieflux van scherm naar kaslucht boven scherm
+ convectieflux van kasdek naar kaslucht boven scherm
+ ventilatieflux van kasinhoud naar kaslucht boven scherm
+ ventilatieflux van buiten naar kaslucht boven scherm

Voor vereenvoudiging van de berekening van de temperaturen van scherm en kaslucht boven scherm zijn de vergelijkingen van de warmtefluxen van en naar scherm en kaslucht boven scherm gelinealiseerd. Daardoor blijven er bij gegeven globale straling, temperatuur kasinhoud en temperatuur kasdek twee eerste graadsvergelijkingen over met als onbekenden de temperaturen van scherm en kaslucht boven scherm. Bij deze berekeningen wordt de warmte die vrijkomt bij de condensatie van waterdamp op het scherm verwaarloosd, omdat voor het berekenen van deze condensatieflux de temperatuur van het scherm bekend moet zijn.

**(3.7.2.4): berekening vochtthuishouding kaslucht met scherm (SVOCHTHH)*

naam: SVOCHTHH (VOCHTHuisHouding)
functie: iteratieve berekening van dampdruk van kaslucht en transpiratie bij aanwezigheid van scherm in kas
input: temperatuur kasinhoud
temperatuur kaslucht boven scherm
temperatuur kasdek
temperatuur scherm
luchtuitwisselingssnelheid via scherm
dampdruk buitenlucht
geleidingscoëfficiënt voor waterdampdiffusie (transpiratie)
output: transpiratie
dampdruk kaslucht
vochtflux t.g.v. condensatie op kasdek
vochtflux t.g.v. condensatie op scherm

Het enige verschil tussen SVOCHTHH en VOCHTHH (3.7.1.3) is dat bij de aanroep van de subroutine voor berekening van de netto vochtflux (SNVKAS, 3.7.2.5) de temperatuur van het scherm wordt meegegeven.

**(3.7.2.5): berekening van netto vochtflux (SNVKAS)*

naam: SNVKAS (Netto Vochtflux KASinhoud met Scherm)
functie: berekening van netto vochtflux van kasinhoud bij aanwezigheid van scherm in kas
input: temperatuur kaslucht boven scherm
luchtuitwisselingssnelheid (met buiten)
dampdruk kaslucht van kasinhoud en boven scherm
dampdrukdeficit kaslucht
dampdruk buitenlucht
temperatuur kasdek
temperatuur scherm
geleidingscoëfficiënt voor waterdampdiffusie (transpiratie)
output: transpiratie
netto vochtflux kasinhoud
vochtflux t.g.v. condensatie op kasdek

vochtflux t.g.v. condensatie op scherm

Bij de berekening van de netto vochtflux van de kasinhoud is in aanvulling op NVKAS (3.7.1.4) ook de condensatieflux aan de onderzijde van het scherm meegenomen. Condensatie op de bovenzijde van het scherm wordt verwaarloosd, omdat waterdamp in het nokgedeelte van de kas eerder op het kasdek zal condenseren.

De netto vochtflux is dan:

netto vochtflux = transpiratie
- condensatie op dek
- condensatie op scherm (op onderzijde)
- afvoer (ventilatie)

De berekening van de condensatiefluxen op scherm en kasdek vindt plaats door resp. de subroutines SCONDSCH (3.7.2.6a) en SCONDRF (3.7.2.6b).

**(3.7.2.6a): berekening van condensatieflux op scherm (SCONDSCH)*

naam: SCONDSCH (CONDENSatie op Scherm in kas)
functie: berekening van condensatie van kaslucht op scherm
input: temperatuur scherm
dampdruk kaslucht
output: vochtflux t.g.v. condensatie op scherm

De subroutine SCONDSCH berekent uit de temperatuur van scherm en de dampdruk van de kaslucht de grootte van de condensatieflux op de onderzijde van het scherm. Voor de berekening van de verzadigde dampspanning bij schermtemperatuur wordt gebruik gemaakt van de functie VPZAD (3.7.7).

**(3.7.2.6b): berekening van condensatieflux (SCONDRF)*

naam: SCONDRF (CONDENSatie op kasdek bij Scherm in kas)
functie: berekening van dampdruk van kaslucht boven scherm en vervolgens condensatie van kaslucht op kasdek en vochtflux naar buiten.
input: temperatuur kasdek
temperatuur kaslucht boven scherm
dampdruk kaslucht
dampdruk buitenlucht
luchtuitwisselingssnelheid naar buiten
output: vochtflux t.g.v. condensatie op kasdek
vochtflux naar buiten
dampdruk van kaslucht boven scherm

De subroutine SCONDRF berekent uit de temperatuur van kasdek en kaslucht boven scherm, en dampdruk van kaslucht en buitenlucht de grootte van de condensatieflux op kasdek en de dampdruk boven het scherm. Voor de berekening van de verzadigde dampspanning bij kasdektemperatuur wordt gebruik gemaakt van de functie VPZAD (3.7.7). Voor de berekening van de dampdruk boven het scherm wordt uitgegaan van de vergelijking:

vochtflux door scherm = condensflux op kasdek + vochtflux naar buiten.

**(3.7.2.7): berekening condensatie op scherm (CONSCH)*

naam: CONSCH (CONDensatie op SCHerm)
functie: berekening van condensvorming op scherm bij definitief berekende binnencondities
input: temperatuur kasinhoud
temperatuur buitenlucht
temperatuur kasdek
globale straling in kas
luchtuitwisselingssnelheid
dampdruk kaslucht
common: stralings- en ventilatieeigenschappen scherm
aanwezigheid van condens op scherm

De subroutine CONSCH bepaalt bij het berekende binnenklimaat in stationair evenwicht (temperatuur kaslucht, gewas en kasdek, en dampdruk kaslucht) of condensvorming op het scherm is opgetreden. Daarvoor worden eerst de temperaturen van scherm en kaslucht boven scherm bepaald door subroutine NOKSCH (3.7.2.3). De condensatiefluxen op scherm en kasdek worden bepaald door resp. de subroutine SCONDSCHE (3.7.2.6a) en SCONDREF (3.7.2.6b).

Condensvorming op het scherm bepaalt in sterke mate de fysische eigenschappen van het scherm (zie deelverslag la "Modelbeschrijving", paragraaf 2.4). Omdat het optreden van condensvorming niet van te voren bekend is, wordt gewerkt met de fysische eigenschappen van het scherm berekend voor het voorafgaande tijdstip.

Achteraf wordt door CONSCH bepaald of condensvorming op het scherm is opgetreden (aanroep vanuit FYSKAS, 3.7). Daarmee kunnen eventueel de fysische eigenschappen van het scherm worden bijgesteld. Deze eigenschappen gelden dan voor het volgende tijdstip. Aangenomen wordt dat alleen op de onderzijde van het scherm condensvorming kan optreden. Verder wordt aangenomen dat een scherm niet kan opdrogen. Pas na het openen van een scherm wordt met een droog scherm begonnen.

**(3.7.3): berekening stomataire geleidbaarheid (STOMGL)*

naam: STOMGL (STOMataire GeLeidbaarheid)
functie: berekening van stomataire geleidbaarheid voor waterdampdiffusie
input: stomataire weerstand
leaf area index
output: geleidingscoefficient voor waterdampdiffusie

De subroutine STOMGL berekent uit de stomataire weerstand de geleidbaarheidscoefficient voor waterdampdiffusie (stofoverdrachtscoefficient). Deze parameter is nodig voor de berekening van de transpiratie. Voor de fysische achtergronden wordt verwezen naar het deelverslag la "Modelbeschrijving" (paragraaf 2.8).

**(3.7.4): berekening luchtuitwisseling (AIRUIT)*

naam: AIRUIT (luchtUITwisselingssnelheid)
functie: berekening van luchtuitwisselingssnelheid uit raamstand en windsnelheid
input: raamopening loefzijde
raamopening lijzijde
windsnelheid
output: luchtuitwisselingssnelheid

De functie AIRUIT berekent uit de raamstanden aan lij- en loefzijde en uit de windsnelheid de luchtuitwisselingssnelheid volgens Bot (1983).

**(3.7.5): berekening raamstand uit luchtuitwisselingssnelheid (RMSTAND)*

naam: RMSTAND (RaaMSTAND)
functie: berekening van raamstand (lij - of loefzijde) uit luchtuitwisselingssnelheid en temperatuur kasinhoud bij evenwicht kasinhoud.
input: code voor te berekenen zijde
gegeven raamstand andere zijde
windsnelheid
luchtuitwisselingssnelheid bij 0 % opening en gegeven windsnelheid
luchtuitwisselingssnelheid bij 100 % opening en gegeven windsnelheid
temperatuur kasinhoud bij 0 % opening
temperatuur kasinhoud bij 100 % opening
temperatuur kasinhoud bij evenwicht
output: raamstand aan te berekenen zijde

In FYSKAS (3.7) wordt de temperatuur van de kasinhoud bepaald bij netto warmteflux van de kasinhoud gelijk aan nul (stationair evenwicht). Ook de luchtuitwisselingssnelheid is bij die temperatuur bepaald. Omdat de luchtuitwisselingssnelheid niet lineair verloopt met de raamstand (zowel aan lij- als aan loefzijde) maar volgens een exponentieel verloop, kan niet rechtstreeks de raamstand worden teruggerekend. Daarom wordt de luchtuitwisselingssnelheid bij verschillende raamstanden berekend (met AIRUIT, 3.7.4). Daarna wordt d.m.v. interpolatie (INTPOL, 3.7.10) die raamstand berekend, die resulteert in een netto warmteflux van de kasinhoud van nul.

**(3.7.6): warmtestralingsflux (WRAD)*

naam: WRAD (Warmtestralingsflux)
functie: berekening van warmtestralingsflux tussen twee objecten
input: temperatuur object 1
temperatuur object 2
output: warmtestralingsflux

De functie WRAD berekent volgens de Stefan Boltzmann-vergelijking de warmtestralingsflux tussen 2 objecten met elk een eigen temperatuur.

**(3.7.7): verzadigde dampdruk (VPZAD)*

naam: VPZAD (verZADigde dampdruk)
functie: berekening van verzadigde dampdruk bij gegeven temperatuur volgens Jones (1983)
input: temperatuur
output: verzadigde dampdruk

De functie VPZAD berekent de verzadigde dampspanning bij gegeven temperatuur volgens een door Jones (1983) opgestelde relatie.

**(3.7.8): berekening warmteafgifte door verwarmingsbuis (WARMPIJP)*

naam: WARMPIJP (WARMteafgifte door PIJP)
functie: berekening van warmteafgifte door buizen bij gegeven temperatuur van buizen, kasinhoud en bodem
input: temperatuur kasinhoud
temperatuur buizen
temperatuur bodemoppervlak
output: warmteflux van buizen naar bodem
warmteflux van buizen naar kasinhoud

De subroutine WARMPIJP berekent de warmteafgifte van de buizen aan de kasinhoud door warmtestraling (aan gewas) en convectie (aan kaslucht) en de warmteafgifte van de buizen aan de bodem door warmtestraling. Bij de warmtestraling naar het gewas wordt aangenomen dat het gewas ondoorlatend is voor warmtestraling. Dit houdt in dat geen warmtestralingsuitwisseling tussen de verwarmingsbuizen en het kasdek plaats vindt. Bij de berekening van de warmtestralingsflux van buizen wordt gebruik gemaakt van de functie WRAD (3.7.6).

**(3.7.9): berekening warmteafgifte van kasinhoud aan bodem (WARMSO)*

naam: WARMSO (WARMteafgifte bodem (SOil))
functie: berekening van warmteafgifte door kasinhoud aan bodemoppervlak bij gegeven temperatuur van kasinhoud en bodemoppervlak.
input: temperatuur kasinhoud
temperatuur bodemoppervlak
output: warmteflux kasinhoud-bodemoppervlak

De subroutine WARMSO berekent de warmteflux van bodem aan kasinhoud door convectie (aan kaslucht) en door warmtestraling (aan gewas). Bij de berekening van de warmtestralingsflux van bodem naar gewas wordt gebruik gemaakt van de functie WRAD (3.7.6).

**(3.7.10): berekening condensatieflux (CONDEN)*

naam: CONDEN (CONDENSatie)
functie: berekening van condensatieflux van kaslucht op kasdek
input: temperatuur kasdek
temperatuur kasinhoud
dampdruk kaslucht
output: vochtflux bij condensatie op kasdek

De subroutine CONDEN berekent uit de temperatuur van kasdek en kaslucht en de dampdruk van kaslucht de grootte van de condensatieflux op het kasdek. Voor de berekening van de verzadigde dampspanning bij kasdektemperatuur wordt gebruik gemaakt van de functie VPZAD (3.7.7).

*(3.7.11): *interpolatiefunctie (INTPOL)*

naam: INTPOL (INTERPOLatie)

functie: interpolatie van y-waarde bij opgegeven x-waarde a.d.h.
van twee (x,y)-paren

input: 2 (x,y)-paren
x-waarde

output: geïnterpoleerde y-waarde

De functie INTPOL berekent door lineaire interpolatie van de y-waarde bij opgegeven x-waarde a.d.h. van twee (x,y)-paren. Indien de x-waarde buiten de x-grenswaarden valt, wordt geëxtrapoleerd i.t.t. de functie LINTPOL (3.4.1). De functie INTPOL wordt ook vanuit andere modules dan van het fysisch blok aangeroepen.

**(3.8): berekeningen na fysisch gedeelte (POSTFYS)*

naam: POSTFYS (berekening na FYSKAS)
functie: berekenen van werkelijk stookbehoefte, buistemperatuur
en warmteflux van buizen naar bodem.
input: berekende warmtebehoefte door FYSKAS
temperatuur kasinhoud
temperatuur bodem
gestelde buistemperatuur door PREFYS
bustemperatuur van vorige tijdstip
min. buistemperatuur (gemiddeld)
afkoelingswarmteflux buizen - kasinhoud
afkoelingswarmteflux buizen - bodem
warmtecapaciteit buizen
aanwezigheid verwarmingsketel
periode tussen 2 simulatietijdstippen
output: definitieve buistemperatuur
definitieve stookbehoefte
totale warmteflux buizen - bodem
bustemperatuur na mogelijke afkoeling

De subroutine POSTFYS berekent uit de berekende warmtebehoefte door FYSKAS (3.7) de werkelijke stookbehoefte en de buistemperatuur die de warmtebehoefte kan realiseren. Hierbij moet rekening gehouden worden met de eventuele extra warmtevraag voor verhoging van de temperatuur van het verwarmingssysteem. Tevens wordt de totale warmteflux van de buizen naar de bodem berekend. Bij gebruik van heteluchtverwarming is de stookbehoefte gelijk aan de warmtebehoefte.

**(3.9): berekening bodemtemperatuur (BERSOIL)*

naam: BERSOIL (BERekening bodemtemperaturen)
functie: berekenen van temperaturen van bodemlagen met
tijdstap DELTSO.
input: temperaturen van 5 bodemlagen van vorige uur
tijdstap berekeningen temperatuur bodemlagen
periode tussen 2 simulatietijdstippen
totale warmteflux buizen - bodem
geabsorbeerde globale straling door bodem
temperatuur kasinhoud
output: nieuwe temperaturen van 5 bodemlagen

De subroutine BERSOIL berekent in het algemeen in 4 tijdstappen in een simulatieuur de nieuwe temperatuur van de 5 bodemlagen bij gegeven oude temperaturen van de 5 lagen, warmteflux van buizen naar bodem, warmteflux van kasinhoud naar bodem en door de bodem geabsorbeerde globale straling.

*(3.10): berekening CO2-setpoint (SETCO2)

naam: SETCO2 (SETpoint CO2)
functie: vaststellen van berekeningsalgoritme voor CO2-concentratie en berekening van CO2-setpoint
input: tijdstip
dagnummer
tijdstip zonsopkomst
tijdstip zonsondergang
luchtuitwisselingssnelheid
raamstand aan lijzijde
gem. kashoogte
globale straling buiten kas
leaf area index
fractie drogestof naar vrucht
temperatuur kasinhoud
output: CO2-berekeningsalgoritme
maximum CO2-concentratie
minimum CO2-concentratie

De subroutine SETCO2 berekent de gewenste CO2-concentratie van de kaslucht (streefwaarde of minimumwaarde). De gekozen doseerstrategie (aanhouden van CO2-streefwaarde of constante CO2-doseerflux bij vaste branderstand) en de wijze waarop CO2 gedoseerd wordt (afhankelijk van bedrijfsuitrusting: warmte- en CO2-installatie) bepalen welke CO2-regelingen mogelijk zijn. De mogelijke CO2-regelingen zijn:

1. geen CO2-doseren;
2. zuiver CO2 tot op te geven vast niveau;
3. zuiver CO2 tot op te geven niveau afhankelijk van windsnelheid;
4. zuiver CO2 tot op te geven niveau afhankelijk van ventilatievoud;
5. zuiver CO2 tot op te geven niveau afhankelijk van raamstand met windsnelheidscorrectie;
6. zuiver CO2 tot op te geven niveau volgens economische optimalisatie;
7. alle rookgassen;
8. alle rookgassen met aanvullend zuiver CO2 tot op te geven vast niveau;
9. alle rookgassen met aanvullend zuiver CO2 tot op te geven niveau afhankelijk van windsnelheid;
10. alle rookgassen met aanvullend zuiver CO2 tot op te geven niveau afhankelijk van ventilatievoud;
11. alle rookgassen met aanvullend zuiver CO2 tot op te geven niveau afhankelijk van raamstand met windsnelheidscorrectie;
12. alle rookgassen met aanvullend zuiver CO2 tot op te geven niveau volgens economische optimalisatie;
13. rookgasdosering met warmteopslagtank tot op te geven vast niveau;
14. rookgasdosering met warmteopslagtank tot op te geven niveau afhankelijk van windsnelheid;
15. rookgasdosering met warmteopslagtank tot op te geven niveau afhankelijk van ventilatievoud;
16. rookgasdosering met warmteopslagtank tot op te geven niveau afhankelijk van raamstand met windsnelheidscorrectie;
17. rookgasdosering met warmteopslagtank tot op te geven niveau volgens economische optimalisatie;

18. rookgasdosering met warmteopslagtank met aanvullend zuiver CO2 tot op te geven vast niveau;
19. rookgasdosering met warmteopslagtank met aanvullend zuiver CO2 tot op te geven niveau afhankelijk van windsnelheid;
20. rookgasdosering met warmteopslagtank met aanvullend zuiver CO2 tot op te geven niveau afhankelijk van ventilatievoud;
21. rookgasdosering met warmteopslagtank met aanvullend zuiver CO2 tot op te geven niveau afhankelijk van raamstand met windsnelheids-correctie;
22. rookgasdosering met warmteopslagtank met aanvullend zuiver CO2 tot op te geven niveau volgens economische optimalisatie;

23. rookgasdosering met warmteopslagtank met constante doseerflux;
24. rookgasdosering met warmteopslagtank met constante doseerflux met aanvullend zuiver CO2 tot op te geven vast niveau;
25. rookgasdosering met warmteopslagtank met constante doseerflux met aanvullend zuiver CO2 tot op te geven niveau afhankelijk van windsnelheid;
26. rookgasdosering met warmteopslagtank met constante doseerflux met aanvullend zuiver CO2 tot op te geven niveau afhankelijk van ventilatievoud;
27. rookgasdosering met warmteopslagtank met constante doseerflux met aanvullend zuiver CO2 tot op te geven niveau afhankelijk van raamstand met windsnelheidscorrectie;
28. rookgasdosering met warmteopslagtank met constante doseerflux met aanvullend zuiver CO2 tot op te geven niveau volgens economische optimalisatie.

Uit de gekozen bedrijfsuitrusting en CO2-doseerperiode, en tijdstip op de dag bepaalt de subroutine SETCO2 vervolgens welke van de volgende CO2-berekeningsalgoritmen van toepassing is. Aan de hand van het berekeningsalgoritme wordt de CO2-concentratie in de kas, de benodigde CO2-doseersnelheid, de hoeveelheid aanvullend te doseren CO2 en de fotosynthese berekend (zie subroutine WARMCO2, 3.11). De te onderscheiden CO2-berekeningsalgoritmen zijn:

- algoritme 1: geen CO2-dosering (ook geen rookgas), bijv. 's nachts;
- algoritme 2: dosering van zuiver CO2 tot min. niveau (streefwaarde);
- algoritme 3: dosering van rookgas;
- algoritme 4: dosering van zuiver CO2 als aanvulling op rookgasdosering tot streefwaarde;
- algoritme 5: dosering van rookgas tot streefwaarde bij aanwezigheid van warmteopslagtank;
- algoritme 6: dosering van rookgas tot streefwaarde bij aanwezigheid van warmteopslagtank met evt. aanvulling met zuiver CO2 tot streefwaarde;
- algoritme 7: dosering van rookgas met constante flux bij aanwezigheid van warmteopslagtank;
- algoritme 8: dosering van rookgas met constante flux bij aanwezigheid van warmteopslagtank met evt. aanvulling met zuiver CO2 tot streefwaarde.

Voor een gedetailleerde beschrijving deze CO2-berekeningsalgoritmen wordt verwezen naar het deelverslag la "Modelbeschrijving". Voor de berekening van de CO2-streefwaarde wordt gebruik gemaakt van de subroutine CO2WIND (3.10.1) voor windafhankelijke CO2-dosering, subroutine CO2VV (3.10.2) voor ventilatievoudafhankelijke CO2-dosering, subroutine CO2RM (3.10.3) voor raamstandafhankelijke CO2-dosering met

windsnelheidcorrectie en subroutine CO2OPT (3.10.4) voor CO2-dosering volgens economische optimalisatie.

**(3.10.1): berekening windafhankelijk CO2-setpoint (CO2WIND)*

naam: CO2WIND (CO2-setpoint WINDafhankelijk)
functie: berekening van CO2-streefwaarde afhankelijk van windsnelheid
input: windsnelheid
output: CO2-streefwaarde

De subroutine CO2WIND berekent de CO2-streefwaarde (minimum CO2-concentratie) afhankelijk van de windsnelheid. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de interpolatiefunctie INTPOL (3.7.11).

**(3.10.2): berekening ventilatievoudafhankelijk CO2-setpoint (CO2VV)*

naam: CO2VV (CO2-setpoint VentilatieVoudafhankelijk)
functie: berekening van CO2-streefwaarde afhankelijk van ventilatievoud
input: ventilatievoud
output: CO2-streefwaarde

De subroutine CO2VV berekent de CO2-streefwaarde (minimum CO2-concentratie) afhankelijk van het ventilatievoud. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de interpolatiefunctie INTPOL (3.7.11).

**(3.10.3): berekening raamstandafhankelijk CO2-setpoint (CO2RM)*

naam: CO2RM (CO2-setpoint RaamStandafhankelijk)
functie: berekening van CO2-streefwaarde afhankelijk van raamstand met windsnelheidcorrectie.
input: raamstand aan lijzijde
windsnelheid
output: CO2-streefwaarde

De subroutine CO2RM berekent de CO2-streefwaarde (minimum CO2-concentratie) afhankelijk van het raamstand aan lijzijde. Deze streefwaarde wordt gecorrigeerd voor de windsnelheid. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de interpolatiefunctie INTPOL (3.7.11).

**(3.10.4): berekening CO2-setpoint volgens optimalisatie (CO2OPT)*

naam: CO2OPT (CO2-setpoint volgens econ. OPTimalisatie)
functie: berekening van CO2-streefwaarde volgens economische optimalisatie
input: ventilatievoud
output: CO2-streefwaarde

De subroutine CO2OPT berekent de CO2-streefwaarde (minimum CO2-concentratie) volgens economische optimalisatie zoals beschreven en gebruikt door Rijdsijk et al. (1989). Hierbij wordt gebruik gemaakt van een groot aantal aangeleverde subroutines en functies (afkomstig van Gijzen, CABO - Wageningen). Deze modules worden hier niet behandeld. De centrale subroutine die door CO2OPT wordt aangeroepen is CO2__OPTIMUM.

**(3.11): berekening warmte- en CO2-voorziening (WARMCO2)*

naam: WARMCO2 (WARMte- en CO2-voorziening)
functie: berekening van warmte- en CO2-voorziening
input: geabsorbeerde globale straling op gaussische gewashoogten
stomataire weerstand
temperatuur kasinhoud
luchtuitwisselingssnelheid
warmtebehoefte volgens fysisch gedeelte
leaf area index
setpoint voor min. CO2-concentratie
setpoint voor max. CO2-concentratie
CO2-berekeningsalgoritme
vaste brandstand voor vullen van warmtebuffer
CO2-concentratie van vorige tijdstip
tijdstap tussen 2 datasets
warmtecapaciteit van tank (t.o.v. min. tanktemperatuur)
vorige warmteinhoud van tank (t.o.v. min. tanktemperatuur)
gemiddelde buistemperatuur
buiten CO2-concentratie
output: warmtevraag van verwarmingsketel
nieuwe warmteinhoud tank (t.o.v. min. tanktemperatuur)
warmteverlies tank
warmteflux tank (in-uit)
warmteflux in tank
warmteflux uit tank
aanwending van restwarmte
warmteproductie bij aardgasverbranding om benodigde CO2 via
rookgas te leveren (niet altijd gerealiseerd)
nieuwe CO2-concentratie in kas
netto fotosynthese
netto drogestoftoename
CO2-verliezen a.g.v. ventilatie
doseerbare CO2 van verbrandingsgassen
gedoseerde CO2 van verbrandingsgassen
aanvullend gedoseerde CO2
common: gemiddelde kashoogte
buiten CO2-concentratie

De berekening van de warmte- en CO2-voorziening is afhankelijk van de bedrijfsuitrusting (aanwezigheid van warmteopslagtank, mogelijkheid voor zuivere CO2-dosering en gebruik van restwarmte). In de subroutine WARMCO2 wordt voor de verdere berekening voor de situaties zonder warmteopslagtank de subroutine ZTWMCO2 (Zonder Tank WarMte- en CO2-voorziening, 3.11.1) aangeroepen en voor de situaties met warmteopslagtank de subroutine MTWMCO2 (Met Tank WarMte- en CO2-voorziening, 3.11.2).

**(3.11.1): berekening warmte- en CO2-voorziening zonder tank (ZTWMC02)*

naam: ZTWMC02 (Zonder Tank WarMte- en CO2-voorziening)
functie: berekening van warmte- en CO2-voorziening bij geen warmteopslagtank (incl. processen die eraan ten grondslag liggen).
input: geabsorbeerde globale straling op gaussische gewashoogten
stomataire weerstand
temperatuur kasinhoud
luchtuitwisselingssnelheid
warmtebehoefte volgens fysisch gedeelte
leaf area index
setpoint voor min. CO2-concentratie
setpoint voor max. CO2-concentratie
CO2-berekeningsalgoritme
CO2-concentratie (van vorige tijdstip)
tijdstap tussen 2 datasets
CO2-concentratie buiten
gemiddelde kashoogte
output: CO2-concentratie in kas
netto fotosynthese
netto drogestoftoename
CO2-verliezen a.g.v. ventilatie
doseerbare CO2 van verbrandingsgassen
gedoseerde CO2 van verbrandingsgassen
aanvullend gedoseerde CO2

De subroutine ZTWMC02 berekent voor de CO2-berekeningsalgoritmen zonder warmteopslagtank (algoritme 1 t/m 4) de fotosynthese, de nieuwe CO2-concentratie, de verbruikte rookgas CO2 en eventueel het verbruik van aanvullende zuivere CO2. Bij al deze 4 algoritmen wordt allereerst de nieuwe CO2-concentratie berekend zonder aanvullende dosering van zuiver CO2 door de subroutine NWC02 (NieuWe CO2-concentratie, 3.11.3). Indien de berekende CO2-concentratie lager is dan het setpoint, wordt bij algoritme 2 en 4 aanvullend zuiver CO2 gedoseerd. De grootte van deze flux wordt berekend door de subroutine NFC02 (Nieuwe Flux CO2, 3.11.6). Voor algoritme 2 t/m 4 wordt de CO2-produktie in rookgas berekend uit de door de subroutine POSTFYS (3.8) bepaalde stookbehoefte. Deze berekening vindt plaats door de functie GASCO2 (3.11.10). Indien restwarmte wordt gebruikt, wordt bij de dosering van rookgas (algoritme 3 en 4) de basislast van de stookbehoefte afgetrokken voordat de CO2 produktie in rookgas wordt berekend.

**(3.11.2): berekening warmte- en CO2-voorziening met tank (MTWMC02)*

naam: MTWMC02 (Met Tank WarMte- en CO2-voorziening)
functie: berekening van warmte- en CO2-voorziening bij warmteopslagtank (incl. processen die eraan ten grondslag liggen).
input: geabsorbeerde globale straling op gaussische gewashoogten
stomataire weerstand
temperatuur kasinhoud
luchtuitwisselingssnelheid
warmtebehoefte volgens fysisch gedeelte
maximum capaciteit van restwarmte
leaf area index
setpoint voor min. CO2-concentratie

setpoint voor max. CO₂-concentratie
CO₂-berekenningsalgoritme
CO₂-concentratie (van vorige tijdstip)
vaste branderstand voor vullen van warmtebuffer
tijdstap tussen 2 datasets
CO₂-concentratie buiten
warmtecapaciteit van tank (t.o.v. min. tanktemperatuur)
vorige warmteinhoud van tank (t.o.v. min. tanktemperatuur)
gemiddelde buistemperatuur
gemiddelde kashoogte
output: warmtevraag van verwarmingsketel
nieuwe warmteinhoud tank (t.o.v. min. tanktemperatuur)
warmteverlies tank
warmteflux tank (in-uit)
warmteflux in tank
warmteflux uit tank
aanwending van restwarmte
warmteproductie bij aardgasverbranding om benodigde CO₂ via
rookgas te leveren (niet altijd gerealiseerd)
nieuwe CO₂-concentratie in kas
netto fotosynthese
netto drogestoftoename
CO₂-verliezen a.g.v. ventilatie
doseerbare CO₂ van verbrandingsgassen
gedoseerde CO₂ van verbrandingsgassen
aanvullend gedoseerde CO₂

De subroutine MTWMC02 berekent voor de CO₂-berekenningsalgoritmen met warmteopslagtank (algoritme 1, 5 t/m 8) de fotosynthese, nieuwe CO₂-concentratie, gebruik van rookgas CO₂, eventueel aanvullende zuivere CO₂, de nieuwe warmteinhoud van warmteopslagtank en eventueel het gebruik van restwarmte.

Allereerst wordt bepaald wat de lekverliezen van de tank zijn. Vervolgens wordt berekend hoeveel warmte er uit de tank kan worden gehaald en hoeveel warmte er nog in de tank opgeslagen kan worden. Bij algoritme 1 wordt daarna de nieuwe CO₂-concentratie berekend door de subroutine NWCO₂ (3.11.3). De hoeveelheid warmte in de tank wordt verminderd met de lekverliezen en de warmtebehoefte van de kas. Pas als geen warmte meer uit de tank kan worden gehaald, wordt de restwarmte aangesproken.

Bij algoritme 5 en 6 wordt eerst de CO₂-concentratie in de kas zonder CO₂-dosering berekend door de subroutine NWCO₂ (3.11.3). Indien de CO₂-concentratie onder de CO₂-streefwaarde komt, wordt vervolgens de CO₂-behoefte die nodig is voor het handhaven van de CO₂-streefwaarde berekend door de subroutine NFCO₂ (3.11.6). Daarna wordt bekeken of er warmte in de tank moet en kan worden opgeslagen, of dat extra warmte uit de tank gehaald moet worden. Indien de CO₂-productie afwijkt van de CO₂-behoefte voor de CO₂-streefwaarde, wordt een nieuwe CO₂-concentratie berekend door de subroutine NWCO₂ (3.11.3).

Bij algoritme 7 en 8 is de branderstand een gegeven. Daaruit kan de warmteproductie worden berekend, waarbij de ingestelde branderstand nooit zo hoog mag komen dat zoveel CO₂ wordt geproduceerd dat de maximum CO₂-concentratie wordt overschreden. Hiervoor wordt de maximum doseerflux voor het handhaven van de maximum CO₂-concentratie berekend door de subroutine NFCO₂ (3.11.6). Vervolgens wordt bekeken of er warmte in de tank moet en kan worden opgeslagen, of dat extra warmte uit de tank moet worden gehaald. Daarna wordt de nieuwe CO₂-concentratie berekend door de subroutine NWCO₂ (3.11.3).

Indien de berekende CO₂-concentratie lager is dan het setpoint wordt bij algoritme 6 en 8 aanvullend zuiver CO₂ gedoseerd. De grootte van deze flux wordt berekend door de subroutine NFCO₂ (Nieuwe Flux CO₂, 3.11.6).

Voor algoritmen 5 t/m 8 wordt de CO₂-produktie in rookgas berekend uit de door de subroutine POSTFYS (3.8) bepaalde stookbehoefte of ingestelde branderstand. Deze berekening vindt plaats door de functie GASCO₂ (3.11.10). Indien voor CO₂-dosering warmte opgeslagen moet worden, berekent de functie WGAS (3.11.11) de grootte van de warmteflux die bij de CO₂-aanmaak wordt geproduceerd.

**(3.11.3): berekening nieuwe CO₂-concentratie (NWC₂)*

naam: NWC₂ (berekening Nieuwe CO₂-concentratie)
functie: berekening van nieuwe CO₂-concentratie, netto fotosynthese en ventilatieverliezen
input: geabsorbeerde globale straling op gaussische gewashoogten
stomataire weerstand
temperatuur kasinhoud
luchtuitwisselingsnelheid
leaf area index
setpoint voor max. CO₂-concentratie
CO₂-concentratie van vorige tijdstip
CO₂-concentratie buiten
gemiddelde kashoogte
tijdstap tussen 2 datasets
beschikbare CO₂ in rookgassen
stapgrootte voor CO₂-berekening
output: nieuwe CO₂-concentratie in kas
CO₂-verliezen a.g.v. ventilatie
netto fotosynthese
netto drogestoeftoename
gedoseerde CO₂ van rookgassen

Voor een goede benadering van de CO₂-concentratie in de kas kan deze CO₂-concentratie niet volgens een steady state berekeningswijze worden bepaald, omdat bij geringe ventilatie de tijdconstante erg groot is (tijdconstante is inverse van ventilatievoud, zie deelverslag la "Modelbeschrijving" bijlage II). Dit heeft het gevolg dat de evenwichtssituatie van de CO₂-concentratie in de kas in werkelijkheid pas na vele uren wordt bereikt, terwijl het model dit binnen een uur realiseert.

Daarom wordt in het ECP-model de CO₂-concentratie dynamisch berekend. Omdat overdag de fotosynthese afhankelijk is van de CO₂-concentratie, is voor verschillende rekenalgoritmen voor de dag en nacht gekozen. Deze berekeningen vinden plaats in 2 subroutines, resp. CO₂DAG (3.11.4) en CO₂NACHT (3.11.5), die vanuit NWC₂ worden aangeroepen.

**(3.11.4): berekening CO₂-concentratie overdag (CO₂DAG)*

naam: CO₂DAG (berekening CO₂-concentratie overDAG)
functie: berekening van nieuwe CO₂-concentratie, netto fotosynthese en ventilatieverliezen overdag.
input: geabsorbeerde globale straling op gaussische gewashoogten
stomataire weerstand
temperatuur kasinhoud
luchtuitwisselingssnelheid
leaf area index
setpoint voor max. CO₂-concentratie
CO₂-concentratie (van vorige tijdstip)
CO₂-concentratie buiten
gemiddelde kashoogte
tijdstap tussen 2 datasets
beschikbare CO₂ in rookgassen
stapgrootte voor CO₂-berekening
output: nieuwe CO₂-concentratie in kas
CO₂-verliezen a.g.v. ventilatie
netto fotosynthese
netto drogestoefname
gedoseerde CO₂ van rookgassen

De subroutine CO₂DAG berekent voor overdag de nieuwe CO₂-concentratie, de fotosynthese, de ventilatieverliezen en eventueel de te doseren hoeveelheid CO₂ uit rookgas.

Omdat de fotosynthese overdag afhankelijk is van de CO₂-concentratie kan de nieuwe CO₂-concentratie niet rechtstreeks worden bepaald, maar moet stapsgewijs gebeuren (dynamisch met tijdstappen van max. 10 min.). Hiervoor wordt vooraf aan elke tijdstap de fotosynthese en ventilatieverliezen berekend. In combinatie met eventueel te doseren rookgas CO₂ volgt hieruit de netto CO₂-flux. Uit de netto CO₂-flux is de CO₂-concentratie na dat tijdstap te bepalen. Deze berekening wordt 5 maal herhaald. Voor het optreden van divergentie van de CO₂-concentratie wordt gecorrigeerd.

De fotosynthese wordt berekend door de subroutine GEWAS (3.11.7).

**(3.11.5): berekening CO₂-concentratie 's nachts (CO₂NACHT)*

naam: CO₂NACHT (berekening CO₂-concentratie 's NACHTs)
functie: berekening van nieuwe CO₂-concentratie, netto fotosynthese en ventilatieverliezen 's nachts.
input: geabsorbeerde globale straling op gaussische gewashoogten
stomataire weerstand
temperatuur kasinhoud
luchtuitwisselingssnelheid
leaf area index
setpoint voor max. CO₂-concentratie
CO₂-concentratie (van vorige tijdstip)
CO₂-concentratie buiten
gemiddelde kashoogte
tijdstap tussen 2 datasets
doseerbare CO₂ in rookgassen
output: nieuwe CO₂-concentratie in kas
CO₂-verliezen a.g.v. ventilatie
netto fotosynthese
netto drogestoefname

gedoseerde CO₂ van rookgassen

De subroutine CO₂NACHT berekent voor de nacht de nieuwe CO₂-concentratie, fotosynthese, ventilatieverliezen en eventueel de te doseren hoeveelheid CO₂ in rookgas. Gedurende de donkerperiode is de respiratie onafhankelijk van de CO₂-concentratie. Daarom kan de nieuwe CO₂-concentratie eenvoudig langs rekenkundige weg worden berekend. Voor de berekening van de netto fotosynthese wordt de subroutine GEWAS (3.11.7) aangeroepen.

**(3.11.6): berekening netto CO₂-flux (NFCO₂)*

naam: NFCO₂ (berekening Netto Flux CO₂)
functie: berekening van aanvullende dosering van CO₂ uit netto CO₂-flux, ventilatieverliezen en fotosynthese.
input: geabsorbeerde globale straling op gaussische gewashoogten
stomataire weerstand
temperatuur kasinhoud
luchtuitwisselingsnelheid
leaf area index
setpoint voor min. CO₂-concentratie
CO₂-concentratie buiten
doseerbare CO₂ van rookgassen
output: CO₂-verliezen a.g.v. ventilatie
netto fotosynthese
netto drogestoeftoename
aanvullend te doseren CO₂

De subroutine NFCO₂ berekent de netto CO₂-flux uit de fotosynthese, ventilatieverliezen en eventueel rookgasdosering bij minimum CO₂-concentratie. Hieruit volgt de flux voor aanvullende CO₂-dosering. Voor de berekening van de fotosynthese wordt de subroutine GEWAS (3.11.7) aangeroepen.

**(3.11.7): berekening gewasfotosynthese (GEWAS)*

naam: GEWAS (GEWASfotosynthese)
functie: berekening van gewasfotosynthese
input: geabsorbeerde globale straling op gaussische gewashoogten
temperatuur kasinhoud
CO₂-concentratie in kas
stomataire weerstand
leaf area index
output: netto fotosynthese
netto drogestoeftoename

De subroutine GEWAS berekent voor de opgegeven geabsorbeerde globale straling op gaussische gewashoogten de bruto bladfotosynthese en vervolgens de bruto en netto gewasfotosynthese. Hierbij wordt rekening gehouden met de groei- en onderhoudsademhaling. Uit de netto-gewasfotosynthese wordt vervolgens de netto drogestoeftoename berekend. Voor de berekening van de bruto bladfotosynthese wordt de subroutine BRUFOT (3.11.8) aangeroepen. De subroutine BRUFOT heeft voor die berekening enkele bladfotosynthesekenngetallen nodig die door de subroutine FOTKEN (3.11.9) worden berekend.

**(3.11.8): berekening bruto bladfotosynthese (BRUFOT)*

naam: BRUFOT (BRUto bladFOTosynthese)
functie: berekening van bruto bladfotosynthese
input: geabsorbeerde globale straling door bladlaag
lichtbenuttingsefficiëntie
max. bruto fotosynthese
output: bruto bladfotosynthese
netto bladfotosynthese
donkerademhaling

De subroutine BRUFOT berekent uit enkele bladfotosynthese-kengetallen de bladfotosynthese.

**(3.11.9): berekening bladfotosynthese-kengetallen (FOTKEN)*

naam: FOTKEN (bladFOTosynthese-KENgetallen)
functie: berekening van bladfotosynthese-kengetallen
input: temperatuur kasinhoud
CO₂-concentratie in kas
stomataire weerstand
output: lichtbenuttingsefficiëntie
max. brutofotosynthese

De subroutine FOTKEN berekent uit de temperatuur van blad (gelijk gesteld aan temperatuur van kasinhoud), CO₂-concentratie en stomataire weerstand enkele bladfotosynthese-kengetallen. Deze kengetallen gelden voor alle bladlagen.

**(3.11.10): berekening CO₂-produktie uit warmteopwekking (GASCO₂)*

naam: GASCO₂ (CO₂ uit aardGAS)
functie: berekening van CO₂-produktie bij berekende stookbehoefte door verbranding van aardgas.
input: stookbehoefte
output: te doseren CO₂ van verbrandingsgassen
common: rendement ketel en condensor

De functie GASCO₂ berekent de CO₂-produktie die bij de realisering van de stookbehoefte door verbranding van aardgas wordt geleverd. Hierbij wordt rekening gehouden met het opgegeven rendement van ketel en condensor.

**(3.11.11): berekening warmteproduktie bij aanmaak CO₂ (WGAS)*

naam: WGAS (Warmteproduktie bij CO₂ aanmaak uit aardGAS)
functie: berekening van warmteproduktie bij verbranding van aardgas om aan gegeven CO₂-behoefte te voldoen.
input: CO₂-behoefte
output: warmteproduktie bij verbranding van aardgas
common: rendement ketel en condensor

De functie WGAS berekent de warmteproduktie die bij de realisering van de CO₂-behoefte door verbranding van aardgas vrijkomt. Hierbij wordt rekening gehouden met het opgegeven rendement van ketel en condensor.

**(3.11.12): berekening gasverbruik bij gegeven warmtevraag (GASVERB)*

naam: GASVERB (berekening GASVERBruik bij gegeven warmtevraag)
functie: berekening van aardgasverbruik bij gegeven warmtevraag
rekening houdend met rendement van ketel en condensor.
input: warmtevraag
output: aardgasverbruik
common: rendement ketel en condensor

De functie GASVERB berekent het aardgasverbruik bij gegeven warmtevraag. Hierbij wordt rekening gehouden met het opgegeven rendement van ketel en condensor.

**(3.12): uurresultaten (RESUUR)*

naam: RESUUR (UURRESultaten)
functie: verwerken en wegschrijven van uurresultaten
input: berekende variabelen door eerdere modules
output: -

De subroutine RESUUR verwerkt uurresultaten en schrijft ze weg. Hierbij maakt RESUUR gebruik van 3 subroutines:

- RESU1 (3.12.1): berekenen van cumulatieven voor P-outputfiles;
- RESU2 (3.12.2): verwerken van variabelen voor A-outputfiles;
- RESU3 (3.12.3): wegschrijven voor uur-output van verscheidene variabelen naar U-outputfiles.

**(3.12.1): uurresultaten - deel 1 (RESU1)*

naam: RESU1 (UurRESultaten - deel 1)
functie: berekenen van cumulatieven voor P-outputfiles
input: berekende variabelen door eerdere modules
output: -
common: aantal dagen waarover gem. berekening
perioden binnen dag waarover gem. berekening
cumulatieven van variabelen

De subroutine RESU1 berekent de cumulatieven van verscheidene variabelen voor P-outputfile. Hierbij wordt rekening gehouden met het tijdstip op de dag, omdat bepaalde variabelen gesommeerd worden over bepaalde uren van de dag, over de dagperiode of over de nachtperiode.

**(3.12.2): uurresultaten - deel 2 (RESU2)*

naam: RESU2 (UurRESultaten - deel 2)
functie: verwerken van variabelen voor A-outputfiles
input: berekende variabelen door eerdere modules
output: -
common: array met uurwaarden

De subroutine RESU2 schrijft van een aantal variabelen hun uurwaarde in arrays, zodat aan het einde van de dag alle uurwaarden op 1 regel weggeschreven kunnen worden (zie RESD3, 3.14.3).

**(3.12.3): uurresultaten - deel 3 (RESU3)*

naam: RESU3 (UurRESultaten - deel 3)
functie: schrijven van uur-output van verscheidene variabelen
naar U-outputfiles
input: berekende variabelen door eerdere modules
output: -
common: geopende outputfiles

De subroutine RESU3 schrijft van diverse variabelen hun uurwaarden direct naar U-outputfiles.

**(3.13): berekening kg-produktie (KGPROD)*

naam: KGPROD (berekening oogstbare KG-PRODuktie)
functie: berekening van verdeling over vruchtgroeiperiode van de
dagelijkse kg-produktie uit netto-gewasgroei,
drogestofverdeling en drogestofgehalte van vrucht.
input: dagnummer
assimilaten verdeling over uitgroeiduur
fractie drogestof naar vruchten
aantal dagen waarover assimilaten verdeeld worden
netto gewasgroei
output: gecumuleerde te oogsten vruchtgroei (vers) op oogstdag
(aangemaakt gedurende vruchtgroeiduur)
common: array met gewas- en vruchtgroeigegevens

De subroutine KGPROD berekent eens per dag de verse vruchtgroei uit de netto drogestoftoename, de fractie van de drogestof dat naar de vruchten gaat en het drogestofgehalte van de vruchten. Omdat de vruchten niet meteen oogstbaar zijn, wordt de oogst over een veronderstelde groeiduur verdeeld. Deze verdeling in de tijd is gewasafhankelijk. Bij berekeningen in KGPROD wordt rekening gehouden met teeltwisselingen.

**(3.14): dagresultaten (RESDAG)*

naam: RESDAG (DAGRESultaten)
functie: verwerken en wegschrijven van dagresultaten
input: dagnummer
dagteller voor gem. berekening
output: nieuwe dagteller voor gem. berekening
common: aantal dagen waarover gem. berekening

De subroutine RESDAG verwerkt dagresultaten en schrijft ze weg. Hierbij maakt RESDAG gebruik van 3 subroutines:

- RESD1 (3.14.1): berekenen van gemiddelden voor P-outputfiles;
- RESD2 (3.14.2): wegschrijven naar P-outputfiles;
- RESD3 (3.14.3): wegschrijven naar A-outputfiles.

De subroutines RESD1 en RESD2 worden alleen aangeroepen aan het einde van een periode waarover gemiddelden en cumulatieven moeten worden berekend (voor P-outputfiles). De subroutine RESD3 wordt voor elke dag aangeroepen.

**(3.14.1): dagresultaten - deel 1 (RESD1)*

naam: RESD1 (DagRESultaten - deel 1)
functie: berekenen van gemiddelden voor P-outputfiles
input: -
output: -
common: cumulatieven van variabelen
aantal dagen waarover gem. berekening
output voor P-outputfiles

De subroutine RESD1 berekent de gemiddelden van de cumulatieven van variabelen voor de P-outputfiles.

**(3.14.2): dagresultaten - deel 2 (RESD2)*

naam: RESD2 (DagRESultaten - deel 2)
functie: wegschrijven naar P-outputfiles
input: -
output: -
common: geopende P-outputfiles
output voor P-outputfiles

De subroutine RESD2 schrijft berekende gemiddelden en cumulatieven over de outputperiode weg naar de geopende P-outputfiles.

**(3.14.3): dagresultaten - deel 3 (RESD3)*

naam: RESD3 (DagRESultaten - deel 3)
functie: wegschrijven naar A-outputfiles
input: -
output: -
common: array met uurwaarden

De subroutine RESD3 schrijft van elke dag een dagoverzicht met uurwaarden van verscheidene variabelen weg naar de geopende A-outputfiles.

**(3.15): eindresultaten (RESEIND)*

naam: RESEIND (EINDRESultaten)
functie: verwerken en wegschrijven van eindresultaten
input: dagelijkse geoogste kg
dagteller voor gem. berekening
output: -
common: aantal dagen waarover gem. berekening

De subroutine RESEIND verzorgt het verwerken en wegschrijven van eindresultaten. Hierbij maakt RESEIND gebruik van de volgende subroutines:

- RESE1 (3.15.1): berekening van kg-produktie voor elke periode;
- RESE2 (3.15.2): wegschrijven van kg-produktie naar P-outputfiles;
- RESE3 (3.15.3): berekening van eind cum. en gem. voor P-outputfiles;
- RESE4 (3.15.4): wegschrijven v. eind cum. + gem. naar P-outputfiles;
- CLOSOUT (3.15.5): sluiten van outputfiles.

**(3.15.1): eindresultaten - deel 1 (RESE1)*

naam: RESE1 (EindRESultaten - deel 1)
functie: berekening van kg-produktie voor elke periode
input: dagelijkse geogoste kg
output: geogoste kg in elke periode en cumulatief
common: aantal dagen waarover gem. berekening

De subroutine RESE1 berekent voor elke periode waarover de cumulatieven en gemiddelden van de andere variabelen bepaald zijn de geogoste kg-produktie en de cumulatieve produktie.

**(3.15.2): eindresultaten - deel 2 (RESE2)*

naam: RESE2 (EindRESultaten - deel 2)
functie: wegschrijven van kg-produktie naar P-outputfiles
input: geogoste kg in elke periode en cumulatief
output: -
common: aantal dagen waarover gem. berekening
geopende P-outputfiles

De subroutine RESE2 schrijft de geogoste kg-produktie van elke periode en de cumulatieve produktie naar geopende P-outputfiles. Omdat de P-outputfiles ingevuld zijn, worden de files eerst gekopieerd naar een kladfile (scratch-file), waarna opnieuw de heading door subroutine KOPOUT (2.14) boven file wordt geschreven. Daarna wordt de data uit kladfile teruggekopieerd en aangevuld met produktiecijfers.

**(3.15.3): eindresultaten - deel 3 (RESE3)*

naam: RESE3 (EindRESultaten - deel 3)
functie: berekening van eind cumulatieven en gemiddelden voor P-outputfiles
input: geogoste kg in elke periode en cumulatief
output: -
common: cumulatieven van variabelen
aantal dagen waarover gem. berekening
geopende P-outputfiles

De subroutine RESE3 berekent de eindcumulatieven en -gemiddelden die aan het einde van de P-outputfiles komen te staan

**(3.15.4): eindresultaten - deel 4 (RESE4)*

naam: RESE4 (EindRESultaten - deel 4)
functie: wegschrijven van eind cumulatieven en gemiddelden naar P-outputfiles
input: geogoste kg in elke periode en cumulatief
output: -
common: cumulatieven van variabelen
aantal dagen waarover gem. berekening
geopende P-outputfiles

De subroutine RESE4 schijft de eindcumulatieven en gemiddelden naar alle geopende P-outputfiles.

**(3.15.5): sluiten outputfiles (CLOSOUT)*

naam: CLOSOUT (CLOSE outputfiles)
functie: sluiten van outputfiles
input: -
output: -
common: aantal geopende outputfiles

De subroutine CLOSOUT sluit alle geopende outputfiles. Hierbij wordt voor elke file de subroutine CLOSEFL (interactieve module) aangeroepen.

Voor de validatie- en gevoeligheidsruns is de subroutine SIMBER (3) uitgebreid met de aanroep van drie aanvullende subroutines, te weten INVAL1 (3.16), INVAL2 (3.17) en ZWTIJD (3.18). Omdat deze subroutines ook voor andere doeleinden kunnen worden gebruikt, zijn ze in de definitieve listing opgenomen en hierna in dit deelverslag gedocumenteerd

**(3.16): instellingen validatie deel 1 (INVAL1)*

naam: INVAL1 (Instelling van VALIDatie - deel 1)
functie: invullen van gemeten gegevens van validatie als klimaatinstellingen
input: dagnummer
uur
output: berekende klimaatinstellingen

Met de subroutine INVAL1 kunnen de geregistreerde gegevens van de validatie als setpoint in bepaalde klimaatinstellingen worden ingevuld. Deze gegevens zijn al eerder door de subroutine INLVAL (2.5c) vanuit de datafile VAL.DAT ingelezen. INVAL1 wordt door de subroutine SIMBER (3) aangeroepen tussen de subroutine SETKLIM (3.4) en RADIN (3.5). Door het invullen van gemeten gegevens wordt een deel van de klimaatregeling van het ECP-model overgeslagen.

**(3.17): instellingen validatie deel 2 (INVAL2)*

naam: INVAL2 (Instelling van VALIDatie - deel 2)
functie: invullen van gemeten gegevens van validatie als klimaatinstellingen
input: dagnummer
uur
stomataire weerstand
LAI
temperatuur kasinhoud
output: berekende transpiratie
minimum CO2-streefwaarde

De subroutine INVAL2 is het vervolg op de subroutine INVAL1 (3.16). Hierin kan de gemeten CO2-concentratie als CO2-streefwaarde worden ingevuld. Verder kan de transpiratie bij gemeten temperatuur van kasinhoud en/of dampdruk worden berekend.

**(3.18): bijstellen zomer-wintertijd (ZWTIJD)*

naam: ZWTIJD (Zomer Winter TIJD bijstellen)
functie: bijstellen van tijden en cursorpositie in databestand
input: dagnummer
uur
tijdstippen zonsopkomst en -ondergang
output: gecorrigeerde tijdstippen zonsopkomst en -ondergang

De subroutine ZWTIJD stelt de tijd bij naar zomertijd. De overgangstijden worden ingelezen door de subroutine INVAL1 (3.16). Deze keuzemogelijkheid is in het ECP-model ingebouwd, omdat bij de validatie de gegevens van het buitenklimaat allemaal op wintertijd waren gebaseerd terwijl de meetgegevens van de bedrijven in zomertijd waren geregistreerd.

2.3.4. Afsluiting

**(4): afsluiting (EINDPAG)*

naam: EINDPAG (EINDPAGina)
functie: schrijft eindpagina op beeldscherm als simulatieberekeningen beëindigd zijn. De eindpagina bestaat uit 2 kaders. Tevens wordt het beeldscherm op de normale kleuren ingesteld.
input: uitvoeren van simulatie (logical)
output: -

De subroutine EINDPAG schrijft een pagina met afsluitende tekst op het beeldscherm. Indien de simulatieberekeningen zijn beëindigd, wordt aangegeven hoeveel runs met het programma zijn uitgevoerd, wat de extensie van de outputfiles van de laatste simulatierun is en op welke directory de outputfiles zijn weggeschreven. Voor het tekenen van de kaders wordt gebruik gemaakt van de interactieve module KADER (zie deelverslag lb "Documentatie invoergeedeelte").

3. BRONVERMELDING

- Bot, G.P.A., 1983. Greenhouse climate: from physical processes to a dynamic model. Proefschrift, Landbouwhogeschool, Wageningen, 239 pp.
- Houter, G., 1988. Simulatie van het CO₂-verbruik in de glastuinbouw: Modelopzet. Intern verslag nr. 6, Proefstation voor Tuinbouw onder Glas, Naaldwijk/ Centrum voor Agrobiologische Onderzoek, Wageningen, 19 pp.
- Houter, G., 1989. Simulatie van het CO₂-verbruik in de glastuinbouw. Opbouw van simulatiegedeelte (verslag 3). Intern verslag nr. 37, Proefstation voor Tuinbouw onder Glas, Naaldwijk, 53 pp.
- Jones, H.G., 1983. Plants and microclimate: A quantitative approach to environmental plant physiology. Cambridge University Press, Cambridge, 323 pp.
- Marcelis, L.F.M., 1987. Simulatie van de waterhuishouding en de fotosynthese van kasgewassen. Doctoraalverslag Theoretische Teeltkunde, Landbouwuniversiteit, Wageningen, 72 pp.
- Rijsdijk, T., E. Nederhoff en F. Stelder, 1989. Optimalisatie CO₂-dosering: vergelijking optimalisatieprogramma met diverse praktijkregelingen. Intern verslag nr. 4, Proefstation voor Tuinbouw onder Glas, Naaldwijk, 49 pp.

BIJLAGE I. OVERZICHT VAN SUBROUTINES EN FUNKTIES IN AANROEP VOLGORDE

Hieronder volgt een overzicht van de volgorde waarin de subroutines en functies van het programma ECPMOD2 met het inlees- en simulatiegedeelte van het ECP-model worden aangeroepen.

a. basis

ECPMOD2	(-)	hoofdprogramma
-INLDIR	(i-1.1)	inlezen directory structuur
-INLVID	(i-7.1)	inlezen video gegevens
-INLOZD	(1a)	inlezen overzicht te runnen overzichtfiles
-INLOZF	(1b)	inlezen overzichtfile
--INLDAT	(3.6.1 van deel 4 van invoergedeelte)	inlezen datagedeelte overz.file
--INLMAT	(3.6.2 van deel 4 van invoergedeelte)	inlezen matrixgedeelte overz.file
-LEESIN	(2)	--> zie b.
-SIMBER	(3)	--> zie c.
-EINDPAG	(4)	eindpagina

b. inlezen datafiles en initialisatie outputfiles

-LEESIN	(2)	inlezen datafiles en init. outputfiles
--INLKF	(2.1)	inlezen klimaatfile
--INLGEW	(2.2)	inlezen gewasgegevens
--INLCO2	(2.3)	inlezen CO2-regelsetpoints
--INLSCH	(2.4)	inlezen schermgegevens
--INLREST	(2.5a)	inlezen resterende parameters
--INLSIM	(2.5b)	inlezen instellingen simulatie
--INLVAL	(2.5c)	inlezen instellingen validatie
--INLGEVOEL	(2.5d)	inlezen instellingen gevoeligh. analyse
--CONMAT	(2.6)	conversie matrices met klimaatregelsetpoints
--RUNOVER	(2.7)	bepalen runnummer
---INLRUN	(2.7.1)	inlezen van laatste runnummer
---WEGRUN	(2.7.2)	wegschrijven van runnummer
--WRITSUM	(2.8)	wegschrijven van samenvatting van simulatie
---WRITDAT	(3.8.3.1 van deel 4 van invoergedeelte)	wegschrijven van datagedeelte van overz.file
---WRITMAT	(3.8.3.2 van deel 4 van invoergedeelte)	wegschrijven van matrixgedeelte van overz.f.
--INOUTP	(2.9)	initialisatie outputfile Pxx.xxx
---OPENOF	(2.13)	openen van outputfile
---KOPOUT	(2.14)	plaatsen van heading boven outputfile
--INOUTA	(2.10)	initialisatie outputfile Axx.xxx
---OPENOF	(2.13)	openen van outputfile
---KOPOUT	(2.14)	plaatsen van heading boven outputfile
--INOUTU	(2.11)	initialisatie outputfile Uxx.xxx
---OPENOF	(2.13)	openen van outputfile
---KOPOUT	(2.14)	plaatsen van heading boven outputfile
--INOUTT	(2.12)	initialisatie outputfile Txx.xxx
---OPENOF	(2.13)	openen van outputfile
---KOPOUT	(2.14)	plaatsen van heading boven outputfile

c. simulatieberekeningen en wegschrijven resultaten

-SIMBER	(3)	simulatieberekeningen
--INITPAR	(3.1-1)	initialisatie van parameters
--INITSO	(3.1-2)	initialisatie van temperatuur bodemlagen
---INTPOL	(3.7.11)	interpolatiefunctie
--GEWJR	(3.1-3)	invul. arrays gewas- & vruchtgroei- en getallen
---GEWPAR	(3.1-3.1)	bepaling gewasparameters
----INTPOL	(3.7.11)	interpolatiefunctie
--ZONBER	(3.2)	berekening zonsopkomst en -ondergang
--ZWTIJD	(3.18)	bijstellen tijden bij zomertijd
--GEWDAG	(3.3)	bepaling gewasgroei- en getallen voor dag
--SETKLIM	(3.4)	berekening setpoints klimaatregeling
---INTPOL	(3.7.11)	interpolatiefunctie
---LINTPOL	(3.4.1)	interpolatiefunctie
----INTPOL	(3.7.11)	interpolatiefunctie
--INVAL1	(3.16)	instellingen validatie deel 1
--RADIN	(3.5)	berekening straling kas + absorptie gewas
---SUNPOS	(3.5.1)	berekening van zonnestand
---FRACTION	(3.5.2)	berekening diffuse straling
---TRANSS	(3.5.3)	berekening transmissie kasdek
---INTPOL	(3.7.11)	interpolatiefunctie
---RADGEW	(3.5.4)	berekenen absorptie straling door gewas
---STOMRS	(3.5.5)	berekening stomataire weerstand
--PREFYS	(3.6)	berekeningen vooraf aan fysisch gedeelte
---INTPOL	(3.7.11)	interpolatiefunctie
--FYSKAS	(3.7)	--> zie d.
--POSTFYS	(3.8)	berekeningen na fysisch gedeelte
---WARMPIJP	(3.7.8)	berekening warmteafgifte door pijp
----WRAD	(3.7.6)	warmtestralingsflux
---INTPOL	(3.7.11)	interpolatiefunctie
--BERSOIL	(3.9)	berekening bodemtemperatuur
---WARMSO	(3.7.9)	berekening warmteafgifte kasinh. aan bodem
----WRAD	(3.7.6)	warmtestralingsflux
--SETCO2	(3.10)	berekening CO2-setpoint
---CO2WIND	(3.10.1)	berekening windsnelh.afh. CO2-setpoint
----INTPOL	(3.7.11)	interpolatiefunctie
---CO2VV	(3.10.2)	berekening ventil.voud.afh. CO2-setpoint
----INTPOL	(3.7.11)	interpolatiefunctie
---CO2RM	(3.10.3)	berekening raamstand afh.CO2-setpoint
----INTPOL	(3.7.11)	interpolatiefunctie
---CO2OPT	(3.10.4)	berekening CO2-setpoint volgens econ.opt.
--INVAL2	(3.17)	instellingen validatie deel 2
---STOMGL	(3.7.3)	berekening stomataire geleidbaarheid
--WARMCO2	(3.11)	--> zie e.
---WRAD	(3.7.6)	warmtestralingsflux
--RESUUR	(3.12)	uurresultaten
---RESU1	(3.12.1)	uurresultaten - deel 1
----GASVERB	(3.11.12)	berekening gasverbruik
----VPZAD	(3.7.7)	verzadigde dampdruk
---RESU2	(3.12.2)	uurresultaten - deel 2
---RESU3	(3.12.3)	uurresultaten - deel 3
----GASVERB	(3.11.12)	berekening gasverbruik
----VPZAD	(3.7.7)	verzadigde dampdruk
--KGPROD	(3.13)	berekening kg-produktie
--RESDAG	(3.14)	dagresultaten
---RESD1	(3.14.1)	dagresultaten - deel 1
---RESD2	(3.14.2)	dagresultaten - deel 2

---RES3	(3.14.3)	dagresultaten - deel 3
--RESEIND	(3.15)	eindresultaten
---RESE1	(3.15.1)	eindresultaten - deel 1
---RESE2	(3.15.2)	eindresultaten - deel 2
----KOPOUT	(2.11)	plaatsen van heading boven outputfile
---RESE3	(3.15.3)	eindresultaten - deel 3
---RESE4	(3.15.4)	eindresultaten - deel 4
---CLOSOUT	(3.15.5)	sluiten outputfiles

d. fysisch gedeelte

--FYSKAS	(3.7)	berekening kasklimaat
---STOMGL	(3.7.3)	berekening stomataire geleidbaarheid
---NWIN	(3.7.1/2)	berekening netto warmteflux kasinhoud
---NWINZS	(3.7.1)	berek. netto warmtefl. kasinh. zonder scherm
----KASDEK	(3.7.1.1)	berekening kasdek
-----NWDEK	(3.7.1.2)	berekening netto warmteflux kasdek
-----WRAD	(3.7.6)	warmtestralingsflux
-----CONDEN	(3.7.10)	berekening condensatieflux
-----VPZAD	(3.7.7)	verzadigde dampdruk
-----INTPOL	(3.7.11)	interpolatiefunctie
----AIRUIT	(3.7.4)	berekening luchtuitwisseling
----VOCHTHH	(3.7.1.3)	berekening van vochthuishouding kaslucht
-----VPZAD	(3.7.7)	verzadigde dampdruk
-----NVKAS	(3.7.1.4)	berekening van netto vochtflux
-----CONDEN	(3.7.10)	berekening condensatieflux
-----VPZAD	(3.7.7)	verzadigde dampdruk
-----INTPOL	(3.7.11)	interpolatiefunctie
----WARMPIJP	(3.7.8)	berekening warmteafgifte door pijp
-----WRAD	(3.7.6)	warmtestralingsflux
----WARMSO	(3.7.9)	berekening warmteafgifte kasinh. aan bodem
-----WRAD	(3.7.6)	warmtestralingsflux
---NWINMS	(3.7.2)	berek. netto warmtefl. kasinh. met scherm
----AIRUIT	(3.7.4)	berekening luchtuitwisseling
----SKASDEK	(3.7.2.1)	berekening kasdek met scherm
-----SNWDEK	(3.7.2.2)	berek. netto warmteflux kasdek met scherm
-----NOKSCH	(3.7.2.3)	berek. temp. kaslucht in nok en scherm
-----WRAD	(3.7.6)	warmtestralingsflux
-----SCONDRF	(3.7.2.6b)	berekening van condensatieflux op kasdek
-----VPZAD	(3.7.7)	verzadigde dampdruk
-----INTPOL	(3.7.11)	interpolatiefunctie
-----NOKSCH	(3.7.2.3)	berek. temp. kaslucht in nok en scherm
----SVOCHTHH	(3.7.2.4)	berek. vochthuishouding kaslucht met scherm
-----VPZAD	(3.7.7)	verzadigde dampdruk
-----SNVKAS	(3.7.2.5)	berekening van netto vochtflux met scherm
-----SCONDSCH	(3.7.2.6a)	berekening van condensatieflux op scherm
-----VPZAD	(3.7.7)	verzadigde dampdruk
-----SCONDRF	(3.7.2.6b)	berekening van condensatieflux op kasdek
-----VPZAD	(3.7.7)	verzadigde dampdruk
-----INTPOL	(3.7.11)	interpolatiefunctie
----WARMPIJP	(3.7.8)	berekening warmteafgifte door pijp
-----WRAD	(3.7.6)	warmtestralingsflux
----WARMSO	(3.7.9)	berekening warmteafgifte kasinh. aan bodem
-----WRAD	(3.7.6)	warmtestralingsflux
---INTPOL	(3.7.11)	interpolatiefunctie
---RMSTAND	(3.7.5)	berekening raamst. uit luchtuitwiss. snelheid
----AIRUIT	(3.7.4)	berekening luchtuitwisseling

----INTPOL	(3.7.11)	interpolatiefunctie
---CONSCH	(3.7.2.7)	berekening condensatie op scherm
---NOKSCH	(3.7.2.3)	berek. temp. kaslucht in nok en scherm
----SCONDSCH	(3.7.2.6a)	berekening van condensatieflux op scherm
-----VPZAD	(3.7.7)	verzadigde dampdruk
----SCONDRF	(3.7.2.6b)	berekening van condensatieflux op kasdek
-----VPZAD	(3.7.7)	verzadigde dampdruk

e. CO2-gedeelte

--WARMCO2	(3.11)	berekening warmte- & CO2-voorziening
---ZTWMC02	(3.11.1)	berek. warmte- & CO2-voorz. zonder tank
----NWCO2	(3.11.3)	berek. nieuwe CO2-concentratie
----CO2DAG	(3.11.4)	berek. CO2-concentratie overdag
-----GEWAS	(3.11.7)	berek. gewasfotosynthese
-----FOTKEN	(3.11.9)	berek. bladfotosynthese kengetallen
-----BRUFOT	(3.11.8)	berek. bruto bladfotosynthese
----CO2NACHT	(3.11.5)	berek. CO2-concentratie 's nachts
-----GEWAS	(3.11.7)	berek. gewasfotosynthese
-----FOTKEN	(3.11.9)	berek. bladfotosynthese kengetallen
-----BRUFOT	(3.11.8)	berek. bruto bladfotosynthese
----NFCO2	(3.11.6)	berek. netto CO2-flux
----GEWAS	(3.11.7)	berek. gewasfotosynthese
-----FOTKEN	(3.11.9)	berek. bladfotosynthese kengetallen
-----BRUFOT	(3.11.8)	berek. bruto bladfotosynthese
----GASCO2	(3.11.10)	berek. CO2-productie uit warmteopwekking
---MTWMC02	(3.11.2)	berek. warmte- & CO2-voorz. met tank
----INTPOL	(3.7.11)	interpolatiefunctie
----NWCO2	(3.11.3)	berek. nieuwe CO2-concentratie
----CO2DAG	(3.11.4)	berek. CO2-concentratie overdag
-----GEWAS	(3.11.7)	berek. gewasfotosynthese
-----FOTKEN	(3.11.9)	berek. bladfotosynthese kengetallen
-----BRUFOT	(3.11.8)	berek. bruto bladfotosynthese
----CO2NACHT	(3.11.5)	berek. CO2-concentratie 's nachts
-----GEWAS	(3.11.7)	berek. gewasfotosynthese
-----FOTKEN	(3.11.9)	berek. bladfotosynthese kengetallen
-----BRUFOT	(3.11.8)	berek. bruto bladfotosynthese
----NFCO2	(3.11.6)	berek. netto CO2-flux
----GEWAS	(3.11.7)	berek. gewasfotosynthese
-----FOTKEN	(3.11.9)	berek. bladfotosynthese kengetallen
-----BRUFOT	(3.11.8)	berek. bruto bladfotosynthese
----GASCO2	(3.11.10)	berek. CO2-productie uit warmteopwekking
----WGAS	(3.11.11)	berek. warmteproductie bij aanmaak CO2

BIJLAGE II. VOLGORDE VAN SUBROUTINES EN FUNKTIES IN LISTING

De listing van het simulatiegedeelte van het ECP-model, het programma ECPMOD2, is opgebouwd uit 10 delen (zie deelverslag 3 "Listing"). De modules zijn als volgt over die delen verdeeld.

SM1.FOR: basis van tweede deel van ECP-model (deel 1)

-	ECPMOD2	hoofdprogramma
1	INLOZF	inlezen overzichtfile
(2	LEESIN	--> zie SM2.FOR)
(3	SIMBER	--> zie SM3.FOR)
4	EINDPAG	eindpagina

SM2.FOR: inleesgedeelte (deel 2)

2	LEESIN	inlezen datafiles en init. outputfiles
2.1	INLKF	inlezen klimaatfile
(2.2	INLGEW	--> zie SM8.FOR)
2.3	INLCO2	inlezen CO2-regelsetpoints
2.4	INLSCH	inlezen schermgegevens
2.5a	INLREST	inlezen resterende parameters
2.5b	INLSIM	inlezen instellingen simulatie
2.5c	INLVAL	inlezen instellingen validatie
2.5d	INLGEVOEL	inlezen instellingen gevoel.analyse
2.6	CONMAT	conversie matrices met klimaatregelsetpoints
2.7	RUNOVER	bepalen runnummer
2.7.1	INLRUN	inlezen van laatste runnummer
2.7.2	WGRUN	wegschrijven van runnummer
2.8	WRITSUM	wegschrijven van samenvatting van overzichtfile
2.9	INOUTP	initialisatie outputfile Pxx.xxx
2.10	INOUTA	initialisatie outputfile Uxx.xxx
2.11	INOUTU	initialisatie outputfile Uxx.xxx
2.12	INOUTT	initialisatie outputfile Txx.xxx
2.13	OPENOF	openen van outputfile
2.14	KOPOUT	plaatsen van heading boven outputfile

SM3.FOR: simulatiegedeelte (deel 3)

3	SIMBER	simulatieberekeningen
3.1-1	INITPAR	initialisatie van parameters
3.1-2	INITSO	initialisatie van temperatuur bodemlagen
(3.1-3	GEWJR	--> zie SM8.FOR)
(3.2	ZONBER	--> zie SM4.FOR)
(3.3	GEWDAG	--> zie SM8.FOR)
3.4	SETKLIM	berekening setpoints klimaatregeling
3.4.1	LINTPOL	interpolatiefunctie
(3.5	RADIN	--> zie SM4.FOR)
3.6	PREFYS	berekeningen vooraf aan fysisch gedeelte
(3.7	FYSKAS	--> zie SM5.FOR)
3.8	POSTFYS	berekeningen na fysisch gedeelte
3.9	BERSOIL	berekening bodemtemperatuur
3.10	SETCO2	berekening CO2-setpoint
3.10.1	CO2WIND	berekening windsnelheid afh. CO2-setpoint

3.10.2	CO2VV	berekening ventilatievoud afh. CO2-setpoint
3.10.3	CO2RM	berekening raamstand afh. CO2-setp. met windcorr.
3.10.4	CO2OPT	berekening CO2-setpoint volgens econ.opt.
(3.11	WARMC02	--> zie SM7.FOR)
(3.12	RESUUR	--> zie SM9.FOR)
(3.13	KGPROD	--> zie SM8.FOR)
(3.14	RESDAG	--> zie SM9.FOR)
(3.15	RESEIND	--> zie SM9.FOR)
3.16	INVAL1	instellingen validatie - deel 1
3.17	INVAL2	instellingen validatie - deel 2
3.18	ZWTIJD	bijstellen tijden bij zomertijd

SM4.FOR: stralingsgedeelte (deel 4)

3.2	ZONBER	berekening zonsopkomst en -ondergang
3.5	RADIN	berekening straling kas + absorptie gewas
3.5.1	SUNPOS	berekening van zonnestand
3.5.2	FRACTION	berekening diffuse straling
3.5.3	TRANSS	berekening transmissie kasdek
3.5.4	RADGEW	berekenen absorptie straling door gewas
3.5.5	STOMRS	berekening stomataire weerstand

SM5.FOR: fysisch gedeelte zonder scherm (deel 5)

3.7	FYSKAS	berekening kasklimaat
3.7.1/2	NWIN	berekening netto warmteflux kasinhoud
3.7.1	NWINZS	berek. netto warmtefl. kasinh. zonder scherm
3.7.1.1	KASDEK	berekening kasdek
3.7.1.2	NWDEK	berekening netto warmteflux kasdek
3.7.1.3	VOCHTHH	berekening van vochthuishouding kaslucht
3.7.1.4	NVKAS	berekening van netto vochtflux
(3.7.2	NWINMS	--> zie SM6.FOR)
3.7.3	GSTOML	berekening stomataire geleidbaarheid
3.7.4	AIRUIT	berekening luchtuitwisseling
3.7.5	RMSTAND	berekening raamst. uit luchtuitwiss. snelheid
3.7.6	WRAD	warmtestralingsflux
3.7.7	VPZAD	verzadigde dampdruk
3.7.8	WARMPIJP	berekening warmteafgifte door pijp
3.7.9	WARMSO	berekening warmteafgifte kasinh. aan bodem
3.7.10	CONDEN	berekening condensatieflux
3.7.11	INTPOL	interpolatiefunctie

SM6.FOR: fysisch gedeelte met scherm (deel 6)

3.7.2	NWINMS	berek. netto warmtefl. kasinh. met scherm
3.7.2.1	SKASDEK	berekening kasdek met scherm
3.7.2.2	SNWDEK	berek. netto warmteflux kasdek met scherm
3.7.2.3	NOKSCH	berek. temp. kaslucht in nok en scherm
3.7.2.4	SVOCHTHH	berek. vochthuishouding kaslucht met scherm
3.7.2.5	SNVKAS	berekening van netto vochtflux met scherm
3.7.2.6a	SCONDSCH	berekening van condensatieflux op scherm
3.7.2.6b	SCONDRF	berekening van condensatieflux op kasdek
3.7.2.7	CONSCH	berekening condensatie op scherm

SM7.FOR: CO2-gedeelte (deel 7)

3.11	WARMCO2	berekening warmte- & CO2-voorziening
3.11.1	ZTWMCO2	berekening warmte- & CO2-voorz. zonder tank
3.11.2	MTWMCO2	berekening warmte- & CO2-voorz. met tank
3.11.3	NWCO2	berekening nieuwe CO2-concentratie
3.11.4	CO2DAG	berekening CO2-concentratie overdag
3.11.5	CO2NACHT	berekening CO2-concentratie 's nachts
3.11.6	NFCO2	berekening netto CO2-flux
3.11.7	GEWAS	berekening gewasfotosynthese
3.11.8	BRUFOT	berekening bruto bladfotosynthese
3.11.9	FOTKEN	berekening bladfotosynthese kengetallen
3.11.10	GASCO2	berekening CO2-productie uit warmteopwekking
3.11.11	WGAS	berekening warmteproductie bij aanmaak CO2
3.11.12	GASVERB	berekening gasverbruik

SM8.FOR: assimilatiegedeelte (deel 8)

2.2	INLGEW	inlezen gewasgegevens
3.1-3	GEWJR	invullen arrays gewas- en vruchtgroei
3.1-3.1	GEWPAR	bepaling gewasparameters
3.3	GEWDAG	bepaling groeikengetallen voor dag
3.13	KGPROD	berekening kg-productie

SM9.FOR: output-verzorging (deel 9)

3.12	RESUUR	uurresultaten
3.12.1	RESU1	uurresultaten - deel 1
3.12.2	RESU2	uurresultaten - deel 2
3.12.3	RESU3	uurresultaten - deel 3
3.14	RESDAG	dagresultaten
3.14.1	RESD1	dagresultaten - deel 1
3.14.2	RESD2	dagresultaten - deel 2
3.14.3	RESD3	dagresultaten - deel 3
3.15	RESEIND	eindresultaten
3.15.1	RESE1	eindresultaten - deel 1
3.15.2	RESE2	eindresultaten - deel 2
3.15.3	RESE3	eindresultaten - deel 3
3.15.4	RESE4	eindresultaten - deel 4
3.15.5	CLOSOUT	sluiten outputfiles

SO.FOR: CO2-optimalisatie (deel 10)

De modules voor de CO2-optimalisatie zijn niet gedocumenteerd, omdat ze door anderen zijn aangeleverd.

Daarnaast maakt ECPMOD2 gebruik van 2 delen van subroutines van ECPMOD1, namelijk:

IV4.FOR: gebruikersgedeelte-3 (modules van ECPMOD1)

3.6.1	INLDAT	inlezen van datagedeelte van overzichtfile
3.6.2	INLMAT	inlezen van matrixgedeelte van overzichtfile
3.6.2.1	TELKOL	tellen van kolommen van matrix
3.8.3.1	WRITDAT	wegschrijven van datagedeelte van overzichtfile
3.8.3.2	WRITMAT	wegschrijven van matrixgedeelte van overzichtfile
3.8.3.3	HULPSTR	hulpstring bij schrijven van matrix

De nummering van deze 4 modules sluit aan bij de nummering van de modules van het programma ECPMOD1 (zie deelverslag lb "Documentatie invoergedeelte")

IT.FOR: interactieve modules

zie bijlage III van deelverslag lb "Documentatie invoergedeelte"