



Computersimulatiemodellen voor de fruitteelt

Een inventarisatie

K.B. Zwart



Nota 95



Computersimulatiemodellen voor de fruitteelt

Een inventarisatie

K.B. Zwart

Plant Research International B.V., Wageningen
mei 2001

Nota 95

© 2001 Wageningen, Plant Research International B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Plant Research International B.V.

Plant Research International B.V.

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 47 70 00
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : post@plant.wag-ur.nl
Internet : <http://www.plant.wageningen-ur.nl>

Inhoudsopgave

	pagina
Opdracht	1
Offerte voor FPO	1
Samenvatting	3
Inleiding	5
Methodiek	7
Resultaat	9
1. Bodemmodellen	9
Beschrijving van de bodemmodellen	9
2. Gewasgroeimodellen	33
Referenties	41
Bijlage I. Inputparameters bodemmodellen. e, essentieel, d, desired	8 pp.
Bijlage II. Inputparameters boomgroeimodellen	6 pp.
Bijlage III. Inputparameters fruitteeltmodellen	2 pp

Opdracht

Offerte voor FPO

Plant Research International voert een inventarisatie uit van de bestaande computersimulatiemodellen op het gebied van stikstof in de bodem en stikstofopname door gewassen. Tevens zal geïnventariseerd worden welke invoerparameters nodig zijn om de verschillende modellen te laten rekenen.

Plant Research International zal een rapport opleveren met daarin een opsomming en een korte beschrijving van de processen waarop de modellen zijn gebaseerd. Het rapport zal tabellen bevatten met de invoerparameters die nodig zijn om de verschillende modellen te kunnen laten rekenen.

Voor alle duidelijkheid, het rapport zal niet de wiskundige formules bevatten waarmee de berekeningen in de modellen worden uitgevoerd.

Samenvatting

Met behulp van gegevens uit de literatuur en gegevens die beschikbaar zijn op Internet is een inventarisatie gemaakt van bestaande modellen die de mineralisatie in de bodem, de groei en stikstof opname door gewassen in het algemeen, en meer die in het bijzonder van (fruit)bomen. Van elk model wordt een korte beschrijving gegeven plus de belangrijkste inputparameters die noodzakelijk zijn om de modellen te laten rekenen.

Inleiding

Voor de fruitteelt heeft het Fruitteelt Praktijk Onderzoek (FPO) IRRY ontwikkeld, een Beslissings Ondersteunend Systeem (BOS) voor een gerichte irrigatie van fruitboomgaarden. Het is de wens van FPO om dit systeem uit te breiden zodat ook de stikstofbemesting ondersteund kan worden. Daarvoor is het nodig om zowel de stikstoflevering vanuit de bodem en de bemesting in het systeem onder te brengen als ook de opname door de bomen en de reallocatie van stikstof binnen de bomen. Op het gebied van de stikstoflevering uit de bodem zijn reeds vrij veel computersimulatiemodellen ontwikkeld. Het aantal modellen voor de groei en stikstofopname en verdeling door bomen is veel geringer, hoewel er voor gewassen in het algemeen vrij veel simulatiemodellen bestaan. Voor het maken van een gerichte keus uit het bestaande aanbod is een inventarisatie gemaakt van de bestaande modellen op dit gebied. In dit rapport komen de belangrijkste aan de orde. Van elk model wordt een korte beschrijving gegeven en worden de belangrijkste inputparameters om het model te laten rekenen weergegeven.

Bij de gewasgroeimodellen en de stikstofopname modellen ligt de nadruk op modellen die voor bomen zijn ontwikkeld bomen, door het specifiek meerjarige karakter van bomen. Echter, doordat er slechts een gering aantal van dergelijke modellen is ontwikkeld, zijn er ook modellen in de inventarisatie opgenomen die niet specifiek voor bomen zijn geconstrueerd.

Methodiek

Vanuit de literatuur is een inventarisatie gemaakt van de bestaande computermodellen. Door de beperkte tijd is de inventarisatie beknopt, maar uitgebreide informatie is te vinden in het boek: *Modelling Plant and Soil Systems* (Hanks & Ritchie, 1991). Hierin wordt niet alleen een aantal modellen beschreven maar komen ook de achterliggende mechanismen aan de orde. Hetzelfde geldt voor het boek: *Modelling and Parameterization of the Soil-Plant-Atmospheric System* (Kabat *et al.*, 1995). Dit boek is weliswaar gericht op de aardappelteelt, maar bevat ook zeer veel algemene informatie over modellen en de gebruikte parameters.

Daarnaast is een inventarisatie verricht door een zoekactie op het Internet. In een aantal databases is informatie opgeslagen over simulatiemodellen. Met name de database met modellen van de universiteit van Kassel bevat een schat aan informatie over een groot aantal simulatiemodellen, zowel op het gebied van bodemstudies als op het gebied van gewassen, inclusief boomteelt. ([//dino.wiz.uni-kassel.de/model_db/models.html](http://dino.wiz.uni-kassel.de/model_db/models.html)). Enkele belangrijke Internetpagina's zijn vermeld in Tabel 1.

Tabel 1. Enkele interessante Internet pagina's.

[//www.dino.wiz.uni-kassel.de/model_db/models.html](http://www.dino.wiz.uni-kassel.de/model_db/models.html)
[//www.dino.wiz.uni-kassel.de/ecobas.html](http://www.dino.wiz.uni-kassel.de/ecobas.html) (REM-site)
[//www.res.iacr.bbsrc.ac.uk/iacr/tiacrhome.html](http://www.res.iacr.bbsrc.ac.uk/iacr/tiacrhome.html)
[//www.bib.wau.nl/camase/](http://www.bib.wau.nl/camase/) (niet meer actief)
[//www.iacr.ac.uk/res/depts/soils/somnet/tsomnet.html](http://www.iacr.ac.uk/res/depts/soils/somnet/tsomnet.html)
[//www.ciesin.org/usda/USDA/Model/needs.html](http://www.ciesin.org/usda/USDA/Model/needs.html)
[//www.gsf.de/UFIS/ufis/modelhom.html](http://www.gsf.de/UFIS/ufis/modelhom.html)

Er worden in dit rapport drie typen modellen onderscheiden:

1. Bodemmodellen, sommige met een gewascomponent
2. Algemene gewas- en boomgroeimodellen, sommige met een bodemcomponent
3. Specifieke fruitteelt boomgroeimodellen.

Van elk model wordt een korte beschrijving gegeven en de belangrijkste inputparameters die nodig zijn om het model te laten werken.

De beschrijvingen van de modellen zijn beknopt gehouden en ook de lijst met parameters bevat niet alle parameters die in de modellen worden gebruikt. Voor een uitvoerige beschrijving van modelwerking en de benodigde parameters zou veel meer tijd noodzakelijk zijn.

Resultaat

1. Bodemmodellen

Beschrijving van de bodemmodellen

Het aantal simulatiemodellen dat bodemprocessen als mineralisatie en transport van vocht en nutriënten beschrijft is groot. Het is onmogelijk om een compleet overzicht te geven evenmin is het mogelijk om een gedetailleerde beschrijving te geven. Er is echter een eerdere actie geweest waarin de werking van een vrij grote serie bodemmodellen met elkaar is vergeleken voor wat betreft hun berekening van de koolstof- en stikstofdynamiek in de bodem (Powlson *et al.*, 1995). Daaraan voorafgaande heeft er een metadata analyse plaatsgevonden, die op Internet is gepubliceerd in de SOMNET database (Tabel 1). Daarop is de onderstaande beschrijving grotendeels gebaseerd. Ook de tabel met inputparameters is gebaseerd op de metadata analyse.

Opgemerkt dient te worden dat de beschrijving in het oorspronkelijke document niet altijd even helder is.

Er wordt telkens eerst een korte beschrijving van de werking van het model gegeven en daarna worden de volgende onderdelen behandeld:

- a. Afbraak van plantaardige en dierlijke resten
- b. Afbraak van bodemorganische stof
- c. Factoren die de afbraak beïnvloeden
- d. Bodemlagen
- e. Modevaluatie
- f. modelbeschikbaarheid

Van de onderdelen a t/m d wordt zeer kort aangegeven hoe de verschillende modellen ermee om gaan. De onderdelen e en f geven respectievelijk aan of er een statistische analyse is uitgevoerd met de modelberekeningen en of het model vrij of commercieel te verkrijgen is.

Indien de korte beschrijving van het model ontbreekt gaat het in bijna alle gevallen om een compartimentenmodel dat de afbraak van organische stof in de bodem berekent.

De verschillende modellen

ANIMO

ANIMO is een dynamisch model dat de C, N en P cyclus in verzadigde en onverzadigde bodemsyste-
men simuleert. Het modelsysteem is een uit meerdere lagen bestaand eendimensionale bodemkolom.
De processen die in het model worden gesimuleerd zijn: mineralisatie, immobilisatie, gewasopname,
denitrificatie, zuurstof en temperatuurverdeling in de bodem nitrificatie, desorptie en adsorptie van N
en P aan het bodemcomplex, runn off, en uitspoeling.

- a. Afbraak van plantaardige en dierlijke resten
multiple pool model: Verse en oplosbare organische stof, bepaald door afbraaksnelheid en N-ge-
halte; omvang bepaald door te fitten

- b. Afbraak van bodemorganische stof
multiple pool model: verse en oplosbare organische stof, bepaald door afbraaksnelheid en N-gehalte; omvang bepaald door te fitten
- c. Factoren die de afbraak beïnvloeden:
- Bodemvocht
 - Bodemtemperatuur
 - pH
 - Stikstofgehalte
 - Zuurstofbeschikbaarheid
- d. Bodemlagen
Het aantal bodemlagen kan vrij worden gekozen
- e. Modevaluatie:
- Model output is vergeleken met onafhankelijke meetgegevens
 - Voldoet aan GMP (Good Modelling Practice) criteria voor de volgende systemen
 - Akkerbouwsystemen in koele en gematigde klimaatzones
 - Grasland ecosystemen in koele en gematigde klimaatzones
- f. Modelbeschikbaarheid
Tegen betaling kan van het model gebruik worden gemaakt

APSIM SoilN

- a. Afbraak van plantaardige en dierlijke resten
oppervlakte residuen worden gespecificeerd m.b.t. massa, N-gehalte en specifiek oppervlakte. Wortels worden gespecificeerd m.b.t. massa, N-gehalte en verdeling over de diepte. Residuen worden afgebroken hetzij bovengronds, of na incorporatie in de bodem (berekend met 2 verschillende modules).
- b. Afbraak van bodemorganische stof
1. BIOM bepaald door C:N ratio, afbraaksnelheid gefit volgens 'best guesses' op basis van literatuurwaarden
 2. HUM bepaald door C:N ratio, afbraaksnelheid gefit volgens 'best guesses' op basis van literatuurwaarden
 3. INERT-C, gedefinieerd door gebruiker, is het gedeelte van bodem C dat niet wordt afgebroken

Fluxen tussen de pools worden gespecificeerd in termen van C tussen de fracties, waarbij HUM als balanspost wordt gebruikt

Factoren die organische stof afbraak beïnvloeden:

- Bodemvocht
- Bodemtemperatuur
- pH
- N-gehalte
- C:N ratio van oppervlakkige residuen en FOM (Fresh Organic Matter). Diepte effect door middel van pool-sizes (in diepere lagen meer inerte C); pH beïnvloedt alleen ureum hydrolyse en nitrificatie
- Beschikbaar N in geval van immobilisatie

- c. Bodemlagen die in het model worden gebruikt
- Maximaal 100, afhankelijk van het gebruikte watermodel In geval van SOILWAT, 3-7 lagen van 0-100 of 0-150 mm dikte. In geval van SWIM, vele dunne lagen in verband met korstvorming van de bovenlaag.
- d. Modevaluatie
- Vergelijking tussen berekende en gemeten data, met zowel onafhankelijke als afhankelijke gegevens
- Statistische analyse d.m.v. lineaire regressie.
- Directe evaluatie m.b.t. voorspellen bodem nitraatconcentraties onder braak en gewas, N opname door een aantal gewassen (granen, suikerriet) en N-fixatie door leguminosen.

Voldoet aan GMP criteria voor:

- Akkerbouwsysteem in warm, gemiddeld en subtropisch systeem
 - Akkerbouwsysteem in tropisch systeem
 - Bosbouwsysteem in warm, gemiddeld en subtropisch systeem
 - Braak-graan systeem in warm, gemiddeld en subtropisch systeem
 - Suikerriet in tropische gebieden
- e. Modelbeschikbaarheid
- Model is alleen beschikbaar onder licentie van eigenaar, in het algemeen voor personen die betrokken zijn in samenwerkingsprojecten.

CANDY

CANDY berekent de afbraak van plant en dierafval volgens een enkele pool, door de C-afgifte van een incubatieexperiment te fitten.

- a. Afbraak van plantaardige en dierlijke resten
- Single pool door het fitten van C-afgifte m.b.v. gegevens uit een incubatieexperiment
- b. Afbraak van bodemorganische stof
- Multiple pool bestaande uit 3 onderdelen:
1. Een actieve,
 2. Een stabiele en
 3. Een inerte fractie

1 en 2 worden elk bepaald door afbraaksnelheid en de C:N ratio; 3 wordt bepaald door te fitten

- c. Factoren die organische stof afbraak beïnvloeden
- Bodemvocht
 - Bodemtemperatuur
 - Kleigehalte
 - Stikstofgehalte
- d. Bodemlagen die in het model worden gebruikt
- Model verdeelt de bodem in 20 lagen van 10 cm elk

e. Modevaluatie

- Er heeft een gevoeligheidsanalyse plaatsgevonden:
- Effect van fysische parameters op N-transformatie
- Vergelijking tussen berekeningen en onafhankelijke metingen, kwalitatief en kwantitatief
- GMP criterium arbitrair (80% van gesimuleerde punten binnen foutenbereik van gemeten gegevens)
- Voldoet aan GMP criteria voor:
- Akkerbouw ecosysteem in koel gematigd klimaat
- Tuinbouw ecosysteem in koel gematigd klimaat

f. Modelbeschikbaarheid

Model is beschikbaar via eigenaar.

CENTURY

CENTURY is een model voor grasland- en agroecosystemen; er bestaan versies voor savannen en bosecosystemen. Het doel is het beschrijven van veranderingen in de bodem als gevolg van klimaatsveranderingen.

a. Afbraak van plantaardige en dierlijke resten

Multiple pool model bestaande uit een structurele fractie en een metabole fractie, die worden onderscheiden door de lignine: N ratio.

b. Afbraak van bodemorganische stof

Multiple pool model, bestaande uit:

- Microbiële biomassa, bepaald door de zandfractie en gemeten afbraaksnelheid.
- Langzame bodemorganische stof pool, bepaald door de zandfractie en gemeten afbraaksnelheid.
- Passieve bodem organische stof pool, bepaald door de kleifracie en gemeten afbraaksnelheid.

c. Factoren die organische stof afbraak beïnvloeden

- Bodemvocht
- Bodemtemperatuur
- Kleigehalte
- pH
- N-gehalte

d. Bodemlagen die in het model worden gebruikt

Bodem organische stof dynamiek wordt alleen in de laag 0-20 cm gesimuleerd, 6 bodemlagen voor N-uitspoeling (tot 120 cm diepte)

e. Modevaluatie

- Gevoeligheidsanalyse op basis van verandering van de initiële bodem C gehalten en temperatuur op afbraak. Vergelijking van berekeningen met onafhankelijke meetgegevens.
- Arbitraire criteria voor GMP (95% betrouwbaarheidsinterval)
- Statistische evaluatie door een vergelijking van bodem organische stof niveaus en plantaardige productie door middel van lineaire regressie
- Voldoet aan GMP criteria voor:
- Natuurlijke vegetaties, graslandvegetaties, akkerbouwsystemen en bosbouwsystemen voor diverse klimaatzones (van boreaal tot tropisch)

- f. Modelbeschikbaarheid
Tegen betaling voor model en documentatie USD 150,-.

CHENFANG LIN MODEL

(onbegrijpelijke beschrijving)

- a. Afbraak van plantaardige en dierlijke resten
Multiple pool model bestaande uit een labiele en resistente afbreekbare fractie, bepaald door C : N ratio
- b. Afbraak van bodemorganische stof
Multiple pools bestaande uit:
- Labiele afbreekbare fractie (LDF), op basis van gemeten afbraaksnelheid en C : N ratio
 - Resistente afbreekbare fractie (RDF), op basis van gemeten afbraaksnelheid en C : N ratio
 - Afbreekbare bodemorganische stoffractie (DOM), op basis van afbraaksnelheid en omzettingseigenschappen vanuit verschillende pools
 - Actieve biomassa 'decomposer' (BAC), op basis van temperatuur, respiratiebehoefte, opbrengst (yield) en afgebroken materiaal, verkregen door fitten van gemeten gegevens en gegevens uit de literatuur
 - Inactieve biomassa 'decomposer' (BIA), op basis van temperatuur, respiratiebehoefte, en afgebroken materiaal, verkregen door fitten van gemeten gegevens en gegevens uit de literatuur
 - Humus materiaal (HUM) op basis van snelheidsconstanten van omzettingseigenschappen uit diverse pools
- c. Factoren die organische stof afbraak beïnvloeden
- Bodemvocht
 - Bodemtemperatuur
 - Bodemfauna
- d. Bodemlagen die in het model worden gebruikt
Eenlaags model (alleen top laag)
- e. Modevaluatie
Model output is vergeleken met onafhankelijke meetgegevens
GMP op basis van simulatieresultaten binnen de foutengrens van de gemeten data
Voldoet aan GMP criteria voor:
- Incubatieproeven
- f. Modelbeschikbaarheid
Geen informatie beschikbaar

D3R

- a. Afbraak van plantaardige en dierlijke resten
Multiple pool systeem bestaande uit:
- Snelle pool en
 - Langzame pool, beide bepaald door basis van afbraaksnelheid en snelheidsconstante uit metingen
- b. Afbraak van bodemorganische stof
Geen

- c. Factoren die organische stof afbraak beïnvloeden
- Gewasbedekking
 - Stikstofgehalte
 - Luchttemperatuur
 - Bodembewerking
 - Plaatsing van residuen
 - N-gehalte van residuen
- d. Bodemlagen die in het model worden gebruikt
Er worden geen bodemlagen onderscheiden
- e. Modevaluatie
Vergelijking van berekende en onafhankelijke meetgegevens; statistische analyse door vergelijking van de hellingen van berekende en gemeten curven en vergelijking van gemeten en berekende gewichtsverliezen van residuen.
Voldoet aan GMP criteria voor:
- Akkerbouw ecosystemen voor verschillende klimaatzones
- f. Modelbeschikbaarheid
Geen informatie beschikbaar

DAISY

DAISY is een compartimenten model dat de dynamiek van water en stikstof in een bodem-gewassysteem systeem met behulp van partiële differentiaalvergelijkingen. Naast de dynamiek van vocht en stikstof wordt ook de bodemtemperatuur, de turnover van koolstof, de stikstofmineralisatie en immobilisatie, nitrificatie, denitrificatie en uitspoeling gesimuleerd. De gewasgroeimodule berekent de drogestof productie, de stikstofvraag, het stikstofgehalte, de fotosynthese, de stikstof- en waterstress, de verdeling van assimilaten over de verschillende onderdelen. De bladontwikkeling, de worteldiepte en de wortelverdeling.

Van DAISY is uitgebreide informatie omtrent parameters en gebruikte formules beschikbaar in REM

- a. Afbraak van plantaardige en dierlijke resten
De volgende pools worden onderscheiden:
1. AOM1 (a): (Added Organic Materiaal, langzaam afbreekbaar), bepaald door totaal C, C:N ratio uit meetgegevens
 2. AOM1 (b): (Added Organic Materiaal, langzaam afbreekbaar), bepaald door de turnover snelheid (1e orde) en partitionerings constante
 3. AOM2 (a): (Added Organic Materiaal, snel afbreekbaar), bepaald door totaal C, C:N ratio uit meetgegevens
 4. AOM2 (b): (Added Organic Materiaal, snel afbreekbaar), bepaald door de turnover snelheid (1e orde) en partitionerings constante
 5. ROM1 (a): (Root Organic Matter, langzaam afbreekbaar), bepaald door totaal C, C:N ratio uit meetgegevens
 6. ROM1 (b): (Root Organic Materiaal, langzaam afbreekbaar), bepaald door de turnover snelheid (1e orde) en partitionerings constante
 7. ROM2 (a): (Root Organic Materiaal, snel afbreekbaar), bepaald door totaal C, C:N ratio uit meetgegevens
 8. ROM2 (b): (Root Organic Materiaal, snel afbreekbaar), bepaald door de turnover snelheid (1e orde) en partitionerings constante

b. Afbraak van bodemorganische stof

De volgende pools worden onderscheiden:

1. SMB1 (a): (Soil Microbial Biomass, langzame turnover), bepaald door Totaal C, C:N ratio op basis van meetgegevens (default waarden aanwezig)
2. SMB1 (b): (Soil Microbial Biomass, langzame turnover), bepaald door sterftesnelheid, onderhoudsademhaling en omzettingsefficiëntie partitioneringsconstante
3. SMB2 (a): (Soil Microbial Biomass, snelle turnover), bepaald door Totaal C, C:N ratio op basis van meetgegevens (default waarden aanwezig)
4. SMB2 (b): (Soil Microbial Biomass, snelle turnover), bepaald door sterftesnelheid, onderhoudsademhaling en omzettingsefficiëntie partitioneringsconstante
5. SOM1 (a): (Soil Organic Matter, dood, natief, langzame afbraak), bepaald door totaal C en C:N ratio op basis van meetgegevens
6. SOM1 (b): (Soil Organic Matter, dood, natief, langzame afbraak), bepaald door turnoversnelheid en partitioneringsconstante
7. SOM2 (a): (Soil Organic Matter, dood, natief, snelle afbraak), bepaald door totaal C en C:N ratio op basis van meetgegevens
8. SOM2(b): (Soil Organic Matter, dood, natief, snelle afbraak), bepaald door turnoversnelheid en partitioneringsconstante
9. SOM0 : (Inerte Soil Organic Matter, zeer langzame afbraak), bepaald door totaal C en C:N ratio. SOM wordt verkregen door alle pools van de totale C en N af te trekken

c. Factoren die organische stof afbraak beïnvloeden

- Bodemvocht
- Bodemtemperatuur
- Kleigehalte
- Stikstofgehalte

d. Bodemlagen die in het model worden gebruikt

De bodem wordt opgedeeld in 5 horizonten die elk worden gekarakteriseerd door hun eigen fysische eigenschappen. Voor elke horizont is een retentiecurve en een corresponderende doorlatendheidsfunctie nodig. Hetzelfde geldt voor de thermische eigenschappen en het kleigehalte. De maximum worteldiepte moet worden gedefinieerd en de diepte waarover de C-, N- en vochtbalans moet worden berekend.

e. Modevaluatie

Evaluatie heeft plaatsgevonden door vergelijking van berekende en onafhankelijke gemeten gegevens.

Model voldoet aan de criteria voor GMP voor:

- Akkerbouw ecosystemen in koele gematigde klimaten

f. Modelbeschikbaarheid

Model is vrij beschikbaar op verzoek

DNCD

DNDC (Denitrification en Decomposition model) is een compartimenten model en berekent de effecten van effecten van landbouw op sporengassen uit de bodem, met name N₂ en CO₂. Het model simuleert denitrificatie en de koolstofafbraak.

- a. Afbraak van plantaardige en dierlijke resten
De volgende (multiple) pools worden onderscheiden:
1. Zeer labiel
 2. Labiel
 3. Resistent, allen op basis van afbraaksnelheid
- b. Afbraak van bodemorganische stof
De volgende (multiple) pools worden onderscheiden:
1. Zeer labiele strooisellaag
 2. Labiele strooisellaag
 3. Resistente strooisellaag
 4. Labiele microbiële biomassa
 5. Resistente microbiële biomassa
 6. Labiele Humads (labiele actieve humus)
 7. Resistente Humads (resistente actieve humus)
 8. Passieve humus, allen op basis van afbraaksnelheden
- c. Factoren die organische stof afbraak beïnvloeden
- Bodemvocht
 - Bodemtemperatuur
 - Kleigehalte
 - Stikstofgehalte
 - Bodembewerking
- d. Bodemlagen die in het model worden gebruikt
De bodem wordt opgedeeld in 10 lagen van 5 cm, allen met dezelfde eigenschappen
- e. Modevaluatie
Er heeft een gevoeligheidsanalyse plaatsgehad voor bodem koolstof en voor bodemstikstof. Model output is vergeleken met onafhankelijke meetgegevens
Model voldoet aan criteria voor GMP voor:
- Akkerbouw ecosystemen voor koele gematigde zone en voor tropische zone
- f. Modelbeschikbaarheid
Geen gegevens beschikbaar

DSSAT

DSSAT is een Decision Support Systeem dat bestaat uit verschillende elementen. Voor wat betreft de simulatiemodellen zijn dat diverse gewasgroeimodellen (CERES, CROPGRO, CROPSIM; allen voor diverse gewassen) Het weer- en bodemgedeelte bestaat uit databases die met name voor de USA zijn geselecteerd.

- a. Afbraak van plantaardige en dierlijke resten
geen gegevens beschikbaar
- b. Afbraak van bodemorganische stof
Geen gegevens beschikbaar

- c. Factoren die organische stof afbraak beïnvloeden
 - Bodemvocht
 - Bodemtemperatuur
 - pH
 - N-gehalte
- d. Bodemlagen die in het model worden gebruikt
Er worden 4 lagen onderscheiden, 0-5; 5-10; 10-15 en 15-30 cm
- e. Modevaluatie
Modeloutput is alleen vergeleken met niet onafhankelijke meetgegevens
- f. Modelbeschikbaarheid
Model en documentatie beschikbaar tegen betaling

EPIC

EPIC is een mechanistisch simulatiemodel dat wordt gebruikt om de long-term effecten van erosie op de gewasproductie te berekenen. Het is een public domain model dat bestaat uit verschillende onderdelen: erosie, hydrologie, klimaat, nutriënt, plantengroeydynamiek en gewasbeheer. Uitgebreide informatie over de parameters en formules kan worden gevonden onder de volgende site: [kurtz-fernhout.com.help100](http://kurtz-fernhout.com/help100).

- a. Afbraak van plantaardige en dierlijke resten
Beschrijving door een enkele pool op basis van 'fitting'
- b. Afbraak van bodemorganische stof
er worden twee pools onderscheiden:
 1. Actieve pool
 2. Stabiele pool, beide bepaald door het aantal jaren cultivatie vanaf het moment dat de simulatie begint, op basis van meetgegevens
- c. Factoren die organische stof afbraak beïnvloeden
 - Bodemvocht
 - Bodemtemperatuur
 - CEC
 - Kleigehalte
 - pH
 - Gewasbedekking
 - N-gehalte
- d. Bodemlagen die in het model worden gebruikt
de bodem wordt in 10 lagen verdeeld; de bovenste is 10 mm, de overige elke gewenste laagdikte
- e. Modevaluatie
Model output is vergeleken met onafhankelijke meetgegevens (verklaarde variantie 0.8)
Statistische vergelijking heeft plaatsgehad op basis van R^2 , regressie, sed, berekende en gemeten voorspellingen, gemiddeld en standaarddeviatie
Model voldoet aan GMP criteria voor:
 - Akkerbouwecosystemen onder diverse klimatologische condities

- f. Modelbeschikbaarheid
 geen gegevens beschikbaar, maar EPIC is o.a. gebruikt het maken van een commercieel model, waarover uitvoerige informatie beschikbaar is op de volgende site: www.gardenwithinsight.com

ForClim-D

- a. Afbraak van plantaardige en dierlijke resten
 Er worden vier verschillende pools onderscheiden:
1. Bladstrooisel typen 1 t/m 6, bepaald door ligninegehalte en de actuele site-specifieke evapotranspiratie; gegevens op basis van long-term litter bag onderzoek (> 2 jaar); fitting op basis van non-lineaire regressie en multiple lineaire regressie over de sites
 2. Fijne wortelresten, bepaald door en actuele site specifieke evapotranspiratie en empirische 14C verrijking van worteltjes
 3. Twijgresten, bepaald door afbraak snelheid op basis van literatuurgegevens
 4. Houtige resten, bepaald door gemiddelde afbraaksnelheid, gebaseerd op gepubliceerde gegevens
- b. Afbraak van bodemorganische stof
 Er worden twee pools onderscheiden:
1. Snelle humus
 2. Langzame humus, beide gedefinieerd door:
 luchttemperatuur (jaarlijks)
 bodemvochtgehalte
 14-C verrijking gefit op basis van gemeten data
 Snelle humus is een precursor van de langzame humus (m.a.w. pools zijn sequentieel gekoppeld)
- c. Factoren die organische stof afbraak beïnvloeden
- Bodemvocht
 - Gemiddelde jaarlijkse luchttemperatuur
- d. Bodemlagen die in het model worden gebruikt
 Er wordt 1 laag van 20 cm onderscheiden
- e. Modevaluatie
 Er heeft een gevoeligheidsanalyse plaatsgevonden:
- Steady state berekeningen van de totale ecosysteem-C en partitionering over vegetatie en bodem, over een transect van een hoogte bos in Zwitserland
 - Model output is vergeleken met onafhankelijke meetgegevens; GMP is bepaald op basis van de simulatie-uitkomsten die vielen binnen de s.e.d of standaarddeviatie van de meetgegevens.
 - Model voldoet aan GMP criteria voor:
 - Natuurlijke vegetaties in koude en koele gematigde klimaten
- f. Modelbeschikbaarheid
 Model is vrij beschikbaar, indien correct gerefereerd wordt.

GENDEC

GENDEC is een compartimenten model en simuleert de afbraak van bodem-organischestof met behulp van gewone differentiaal vergelijkingen.

- a. Afbraak van plantaardige en dierlijke resten
Er worden drie pools onderscheiden:
 1. Een labiele fractie, die in water of ethanol oplosbaar is
 2. Holocellulose, de in zwavelzuur oplosbare fractie en
 3. Lignine (recalcitrante fractie), de niet in zuur oplosbare fractie

- b. Afbraak van bodemorganische stof
Ook hier worden drie pools onderscheiden:
 1. De levende microflora, op basis van (?)
 2. De dode microflora, labiel, op basis van celinhoud (?) en
 3. De dode microflora op basis van celwanden

- c. Factoren die organische stof afbraak beïnvloeden
 - Bodemvocht
 - Bodemtemperatuur
 - N-gehalte

- d. Bodemlagen die in het model worden gebruikt
Het aantal lagen wordt door de gebruiker gedefinieerd

- e. Modevaluatie
Er heeft een gevoeligheidsanalyse plaatsgevonden en de berekende output is vergeleken met onafhankelijke meetdata. Met behulp van lineaire regressie is de output voor de hoeveelheid strooisel in de tijd, de hoeveelheid N-totaal en verschillende C-fracties in de tijd getest. Het model voldeed aan de criteria voor GMP voor de volgende situaties
 - Natuurlijke vegetaties in warme subtropische klimaten
 - Begraasd ecosysteem in warme subtropische klimaten
 - Het model voldeed **niet** aan GMP voor polaire en sub-polaire klimaten

- f. Modelbeschikbaarheid
 - Het model is vrij beschikbaar indien er op de juiste wijze naar wordt gerefereerd.

VOYONS

- a. Afbraak van plantaardige en dierlijke resten
Er worden drie pools onderscheiden:
 1. Een metabole pool, oplosbare koolhydraten etc
 2. Een structurele pool, cellulose, hemicellulose en lignine
 3. Een lignine pool

Alle pools kunnen worden gefit (default), of als gemeten waarde worden ingevuld

- b. Afbraak van bodemorganische stof
Er worden vier pools onderscheiden:
 1. Een actieve pool
 2. Een langzame pool
 3. Een passieve pool
 4. Indien mogelijk het lignine gehalte binnen deze pools
 Pools 1-3 worden gefit, pool 4 zo mogelijk gemeten.

- c. Factoren die organische stof afbraak beïnvloeden
- Bodemvocht
 - Bodemtemperatuur
 - Kleigehalte
 - Diepte
- d. Bodemlagen die in het model worden gebruikt
Er worden in het model twee lagen onderscheiden (nadere info ontbreekt)
- e. Modevaluatie
Modeloutput is vergeleken met onafhankelijke meetgegevens. GMP is gedefinieerd als de afwijking t.o.v. de standaardfout in de gemeten data. Het model voldeed aan GMP criteria voor de volgende systemen:
- Begraasde en boscsystemen in koele gematigde klimaatzones.
- f. Modelbeschikbaarheid
- Het model is vrij beschikbaar tegen vermelde referenties.

ICBM

- a. Afbraak van plantaardige en dierlijke resten
Er wordt een enkele pool onderscheiden, gefit op basis van best guess
- b. Afbraak van bodemorganische stof
Er wordt een enkele pool onderscheiden op basis van best guess
- c. Factoren die organische stof afbraak beïnvloeden
- Het wordt aan de gebruiker overgelaten hoe de verschillende factoren de jaarlijkse C-input, en de externe invloeden op afbraak en humificatie bepalen
- d. Bodemlagen die in het model worden gebruikt
Er wordt in principe een laag onderscheiden, maar de gebruiker kan deze naar believen uitbreiden
- e. Modevaluatie
- Geen informatie verstrekt over statistische testen. Model voldoet aan de criteria voor GMP voor akkerbouwecosystemen in koele tot boreale klimaatzones
- f. Modelbeschikbaarheid
Het model is vrij beschikbaar

CNSP Pasture model

- a. Afbraak van plantaardige en dierlijke resten
Er worden 4 pools en 1 situatie onderscheiden:
1. Mest, bepaald door de afbreekbaarheid en chemische samenstelling, of gefit op basis van plantaardige samenstelling en klimaat
 2. Urine, bepaald door de afbreekbaarheid en chemische samenstelling en gefit
 3. Niet gegeten groene plantendelen bepaald door de veebezetting en het klimaat
 4. Niet gegeten dode plantendelen bepaald door de veebezetting en het klimaat
 5. Tredschade bepaald door de veebezetting en het klimaat
- Alle pools worden verkregen door fitten

b. Afbraak van bodemorganische stof

Er worden zes pools onderscheiden:

1. Onbeschermd, verteerbaar, bepaald door verteerbaarheid van voer
2. Onbeschermd, onverteerbaar, bepaald door verteerbaarheid van voer
3. Door kleideeltjes beschermd, onverteerbaar, bepaald door verteerbaarheid van voer en tijdstip sinds het werd ondergewerkt
4. Onbeschermd, recalcitrant, bepaald door verteerbaarheid van voer en tijdstip sinds het werd ondergewerkt
5. Beschermd, recalcitrant, bepaald door verteerbaarheid van voer en tijdstip sinds het werd ondergewerkt
6. Onbeschermd en beschermde biomassa, bepaald door verteerbaarheid van voer en tijdstip sinds het werd ondergewerkt

Alle pools worden verkregen door fitten

c. Factoren die organische stof afbraak beïnvloeden

- Bodemvocht
- Bodemtemperatuur
- pH
- N-gehalte
- P- en S-gehalte en verteerbaarheid en nutriëntinhoud gras en klaver

d. Bodemlagen die in het model worden gebruikt

Kan apart worden gedefinieerd

e. Modevaluatie

- Model output is vergeleken met onafhankelijke meetgegevens m.b.v. lineaire regressie. Model voldoet aan GMP criteria voor :
- Natuurlijke vegetatie in koel, gematigd klimaat
- Begraasd ecosysteem in koel, warm subtropisch en tropisch klimaat

f. Modelbeschikbaarheid

Geen gegevens beschikbaar

Model of Humus Balance

a. Afbraak van plantaardige en dierlijke resten

Single pool, hoeveelheid plantaardige resten wordt berekend op basis van gewasopbrengst

b. Afbraak van bodemorganische stof

Single pool, omvang verkregen door fitten

c. Factoren die organische stof afbraak beïnvloeden

- Kleigehalte
- pH
- Gewasbedekking
- N-gehalte
- initieel SOM-gehalte, kalkgift, P- en K- niveau

d. Bodemlagen die in het model worden gebruikt

Eenlaags model

- e. Modevaluatie
Gevoeligheid van model is getest door elke parameter apart te verhogen en de verandering in bemesting te berekenen. Model is erg gevoelig voor initiële SOM-waarden. Output is vergeleken met die van andere modellen. Model voldoet aan criteria voor GMP voor:
- Akkerbouwecosysteem in boreale en koele gematigde klimaten, maar niet altijd.
- f. Modelbeschikbaarheid
Geen informatie beschikbaar

NAM SOM

- a. Afbraak van plantaardige en dierlijke resten
Single pool model
- b. Afbraak van bodemorganische stof
Single pool model
- c. Factoren die organische stof afbraak beïnvloeden
- Bodemvocht
 - Bodemtemperatuur
 - Kleigehalte
 - Gewasbedekking
- d. Bodemlagen die in het model worden gebruikt
Eenlaags model (0-100 cm)
- e. Modevaluatie
- f. Modelbeschikbaarheid

NCSOIL

- a. Afbraak van plantaardige en dierlijke resten
Er worden drie pools onderscheiden:
1. Debris I
 2. Debris II
 3. Debris III
- Elk bepaald door een eigen snelheidsconstante en C:N ratio, initiële waarde verkregen door metingen. Elke pool wordt afgebroken volgens 1^e orde kinetiek
- b. Afbraak van bodemorganische stof
Er worden vier pools onderscheiden:
1. Pool I, labiel
 2. Pool I, resistent
 3. Pool II
 4. Pool III
- Elk bepaald door een eigen snelheidsconstante en C:N ratio. Pools I en II verkregen door metingen, Pool III vlg. (Pool I plus Pool II) – C-totaal

c. Factoren die organische stof afbraak beïnvloeden

- Bodemvocht
- Bodemtemperatuur
- Kleigehalte
- N-gehalte

Afbraak van alle pools is wederzijds afhankelijk, vooral door het effect van N-min op de afbraaksnelheid

d. Bodemlagen die in het model worden gebruikt

Bodem wordt homogeen verondersteld, in elke laag

e. Modevaluatie

- Gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd voor situaties waarvoor het model is gekalibreerd GMP is getest met behulp van t-test op 95% niveau.
- Model voldoet aan criteria voor GMP voor:
- Natuurlijke vegetaties in boreale, koele en subtropische klimaten en
- Akkerbouw ecosystemen in koele gematigde klimaten

f. Modelbeschikbaarheid

Het model is vrij beschikbaar

NICCE

NICCE is een proces-georiënteerd dynamisch model voor de turnover van N en C-isotopen in bosecosystemen. Het bodemdeel van het model berekent de vocht- en warmtetransport, mineralisatie, afbraak, nutriëntopname met behulp van differentiaal vergelijkingen

a. Afbraak van plantaardige en dierlijke resten

Er worden vier pools onderscheiden:

1. Oplosbare koolhydraten
2. Eiwitten,
3. (Hemi)cellulose
4. Lignine

Elke pool wordt bepaald door het N-gehalte; 1^e orde snelheidsconstante wordt verkregen door te fitten met relatie tussen N-gehalte en koolhydraten, eiwitten, cellulose en lignine

b. Afbraak van bodemorganische stof

Er worden zes pools onderscheiden:

1. Microbiële biomassa, bepaald door 1^e orde afbraak, C-efficiëntie, NH₄ experimenten en respiratiemetingen
2. Metabole pool, bepaald door 1^e orde afbraak, C:N ratio verkregen door fitten
3. Structurele pool, bepaald door 1^e orde afbraak, C:N ratio verkregen door fitten
4. Humus, bepaald door 1^e orde afbraak verkregen door fitten
5. Stabiel, bepaald door 1^e orde afbraak verkregen door fitten
6. Resistent, bepaald door 1^e orde afbraak verkregen door fitten

c. Factoren die organische stof afbraak beïnvloeden

- Bodemvocht
- Bodemtemperatuur
- Kleigehalte
- N-gehalte

- d. Bodemlagen die in het model worden gebruikt
Lagen worden onderscheiden op basis van de morfologie van het profiel, textuur, organische stof, pF-curve en doorlatendheid
- e. Modevaluatie
Gevoeligheidsanalyse op basis van Monte Carlo analyse
Statistisch getest door vergelijking van controle plot met experimentele plot
Arbitraire criteria voor GMP door vergelijking residual sum of squares van gesimuleerde en gemeten data
 - Model voldoet aan GMP criteria voor:
 - Boscosysteem in koel gematigd klimaat
- f. Modelbeschikbaarheid
Model is beschikbaar tegen betaling, in samenwerking met de auteurs

O'Brien's Model

- a. Afbraak van plantaardige en dierlijke resten
Single pool model met 1^e orde kinetiek
- b. Afbraak van bodemorganische stof
Single pool model met 1^e orde kinetiek met diffusie
- c. Factoren die organische stof afbraak beïnvloeden
- d. Bodemlagen die in het model worden gebruikt
- e. Modevaluatie
Er heeft geen statistische analyse plaatsgevonden
- f. Modelbeschikbaarheid

O'Leary Model

- a. Afbraak van plantaardige en dierlijke resten
Single pool model, gebruikt gepubliceerde exponentiele afbraak constanten en initiële omvang
- b. Afbraak van bodemorganische stof
Er worden drie pools onderscheiden:
 1. Verse organische stof
 2. Microbiële biomassa
 3. Stabiele humus

Elke pool bepaald door exponentiele afbraak, met afbraakconstante als functie van %N van de grond, gepubliceerde data
- c. Factoren die organische stof afbraak beïnvloeden
 - Bodemvocht
 - Bodemtemperatuur
 - Kleigehalte
 - N-gehalte

Bewerkingsfrequentie, aanwezigheid van oppervlakteresiduen die worden ingewerkt

- d. Bodemlagen die in het model worden gebruikt
Tot tien lagen kunnen worden gedefinieerd, elk met onder en bovenwaarde voor watergehalte, pH en % N.
- e. Modevaluatie
Model output is met onafhankelijke metingen vergeleken door lineaire regressie
 - Model voldoet aan GMP criteria voor:
 - Akkerbouw ecosysteem (alleen voor systeem met braak en tarwe) in koel gematigd klimaat, maar niet altijd.
- f. Modelbeschikbaarheid

Q-SOIL

- a. Afbraak van plantaardige en dierlijke resten
Single Pool model, niet homogene pool met initiële kwaliteit q_0 en initiële N:C ratio r_0 verkregen door metingen
- b. Afbraak van bodemorganische stof
Single pool verkregen door fitten
- c. Factoren die organische stof afbraak beïnvloeden
 - De kwaliteit van a en b
 - N-gehalte
- d. Bodemlagen die in het model worden gebruikt
te definiëren door gebruiker, profielen kunnen worden opgenomen
- e. Modevaluatie
 - Er is een (niet conventionele, maar niet nader toegelichte) gevoeligheidsanalyse uitgevoerd
 - Model voldoet aan criteria voor GMP voor:
 - Akkerbouw ecosystemen in koude, boreale klimaten
 - Bosbouwsystemen in koude, boreale en warme, gematigde subtropische klimaten
- f. Modelbeschikbaarheid
Geen informatie beschikbaar

RothC-26.3

ROTHC-26.3 is een compartimenten model voor de turnover van organische koolstof in niet met water verzadigde bodems, voor wat betreft de effecten van grondsoort, temperatuur, vochtgehalte, gewasbedekking en rekest in stappen van een maand. Het heeft betrekkelijk weinig inputparameters nodig, die vrij gemakkelijk te verkrijgen zijn. Het is een uitbreiding van het model van Jenkinson en Rayner.

- a. Afbraak van plantaardige en dierlijke resten
Er worden twee pools onderscheiden:
 1. DPM,
 2. RPM

Beide bepaald door een fractie van de input koolstof, verkregen door fitten, elk met een eigen afbraaksnelheid.

b. Afbraak van bodemorganische stof

Er worden twee pools onderscheiden

1. BIO,
2. HUM

Beide bepaald door een fractie van de input koolstof, verkregen door fitten, elk met een eigen afbraaksnelheid

c. Factoren die organische stof afbraak beïnvloeden

- Bodemvocht
- Bodemtemperatuur
- Kleigehalte
- Gewasbedekking

d. Bodemlagen die in het model worden gebruikt

Er wordt 1 laag onderscheiden (0-23 cm); andere opties mogelijk

e. Modevaluatie

- GMP is vastgesteld door de gesimuleerde waarden die binnen de meetfout van de gemeten waarden liggen
- Model voldoet aan GMP criteria voor:
 - Begraasde ecosystemen in verschillende klimaatzones
 - Akkerbouw ecosystemen in verschillende klimaatzones
 - Natuurlijke en bosbouwecosystemen in koele gematigde klimaten

f. Modelbeschikbaarheid

Model is vrij beschikbaar

SOCRATES

a. Afbraak van plantaardige en dierlijke resten

Er worden twee pools onderscheiden:

1. Afbreekbaar plantaardig materiaal
2. Resistent plantaardig materiaal,

Beide bepaald door een eigen afbraaksnelheid door middel van fitten

b. Afbraak van bodemorganische stof

Er worden drie pools onderscheiden

1. Humus (stabiele pool)
2. Microbiële biomassa (unprotected)
3. Microbiële biomassa (protected)

Alle bepaald door een eigen afbraaksnelheid op basis van metingen

c. Factoren die organische stof afbraak beïnvloeden

- Bodemvocht
- Bodemtemperatuur
- CEC
- Gewasbedekking
- N-gehalte

d. Bodemlagen die in het model worden gebruikt

Er wordt 1 bodemlaag onderscheiden

- e. Modevaluatie
- Er is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd en een vergelijking van berekeningen en onafhankelijke metingen
 - Model voldoet aan criteria voor GMP voor:
 - Akkerbouwecosystemen in diverse klimaatzones
 - Begraasde ecosystemen in warme subtropische klimaten
- f. Modelbeschikbaarheid
- Beschikbaar tegen betaling, vrij voor onderzoeksdoeleinden

SOMM

SOMM is een simulatiemodel voor de mineralisatie van organische stof, humificatie en nutriëntafgifte, waarbij rekening wordt gehouden met de belangrijkste groepen organismen in de bodem die bij de decompositie zijn betrokken. Het model maakt gebruik van lineaire differentiaalvergelijkingen en wordt gebruikt als sub-model binnen het boommodel EFIMOD.

- a. Afbraak van plantaardige en dierlijke resten
- Er wordt een pool onderscheiden, bepaald door een afbraaksnelheid op basis van literatuurgegevens onder gecontroleerde condities
- b. Afbraak van bodemorganische stof
- Er worden drie pools onderscheiden:
1. Niet afgebroken strooisel (L), bepaald door massa, N en as gehalte; door fitten
 2. Strooisel, geïmpregneerd met humeuze substanties (F), bepaald door massa, N en as gehalte; door fitten
 3. Humeuze substanties in de minerale bovenlaag (H), bepaald door massa, N en as gehalte en metingen
- c. Factoren die organische stof afbraak beïnvloeden
- Bodemvocht
 - Bodemtemperatuur
 - Bodemfauna
 - N-gehalte
 - Asgehalte van strooisel en C:N ratio van H
- d. Bodemlagen die in het model worden gebruikt
- Er worden twee lagen onderscheiden: Boslaag (L+F) en humushorizon (H)
- e. Modevaluatie
- Er is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd
 - Model voldoet aan criteria voor GMP voor:
 - Natuurlijke en bosecosystemen in diverse klimaatzones,
 - Begraasde ecosystemen in koele en subtropische klimaatzones
- f. Modelbeschikbaarheid
- Model is beschikbaar via de eigenaar

SUNDIAL

SUNDIAL is een compartimenten model dat de afbraak van bodem organische stof berekent met behulp van gewone differentiaalvergelijkingen. Er worden diverse organischestof pools onderscheiden in 12 bodemlagen, waarvan de afbraak wordt beïnvloed door vocht, temperatuur en kleigehalte.

- a. Afbraak van plantaardige en dierlijke resten
Er wordt een pool onderscheiden, verkregen door fitten
- b. Afbraak van bodemorganische stof
Er worden twee pools onderscheiden:
 1. BIO
 2. HUM
 Beide bepaald door de afbraaksnelheid, verhouding (BIO + HUM) en CO₂ verkregen door fitten
- c. Factoren die organische stof afbraak beïnvloeden
 - Bodemvocht
 - Kleigehalte
 - Luchttemperatuur
- d. Bodemlagen die in het model worden gebruikt
Er worden 12 lagen onderscheiden tussen 0 en 150 cm
- e. Modevaluatie
 - Gevoeligheidsanalyse en statistische analyse heeft plaatsgevonden
 - Model voldoet aan criteria voor GMP voor:
 - Akkerbouwecosystemen in koele gematigde klimaten
- f. Modelbeschikbaarheid
Geen informatie beschikbaar

HURLEY PASTURE MODEL

HURLEY PASTURE Model is onderdeel van een grasland- en bos-ecosysteemmodel en beschrijft de afbraak van organische stof in de bodem met behulp van eenvoudige differentiaalvergelijkingen.

- a. Afbraak van plantaardige en dierlijke resten
Er worden drie pools onderscheiden:
 1. 'Snel' plantenstrooisel, bepaald door C:N ratio, afbraaksnelheid verkregen door fitten
 2. Faeces, bepaald door afbraaksnelheid verkregen door fitten
 3. Blad, takken, en wortels plus strooisel, elk met een eigen afbraaksnelheid, verkregen door fitten
- b. Afbraak van bodemorganische stof
Er worden twee pools onderscheiden:
 1. Biomassa, bepaald door C:N ratio, groeivergelijking en parameters, sterftevergelijking en parameters, verkregen door fitten
 2. SOM (dood), bepaald door C en N gehalte, Turnover, Activiteit, verkregen door fitten
- c. Factoren die organische stof afbraak beïnvloeden
 - Bodemvocht
 - Bodemtemperatuur
 - N-gehalte

- d. Bodemlagen die in het model worden gebruikt
Er wordt een laag onderscheiden
- e. Modevaluatie
- Er is een beperkte gevoeligheidsanalyse uitgevoerd (model bevat in totaal 30 variabelen en 100 parameters, dus 3000 combinaties)
 - Model voldoet aan criteria voor GMP voor:
 - Natuurlijke ecosystemen
 - Begraasde ecosystemen
 - Bos ecosystemen, alle in koele, gematigde klimaatzones
- f. Modelbeschikbaarheid
Model is vrij beschikbaar bij eigenaar

VERBERNE

VERBERNE is een compartimenten model dat de afbraak van bodem-organischestof simuleert, met als specifieke eigenschap dat rekening wordt gehouden met de bescherming die klei biedt aan de micro-biële biomassa.

- a. Afbraak van plantaardige en dierlijke resten
Geen informatie gegeven
- b. Afbraak van bodemorganische stof
Er worden vijf verschillende pools onderscheiden:
1. Niet beschermde biomassa,
 2. Beschermde biomassa
 3. Niet beschermde organische stof
 4. Beschermde organische stof
 5. Gestabiliseerde organische stof

1 en 2 bepaald door omvang, 1e orde afbraaksnelheid en C:N ratio, verkregen door fitten van gemeten biomassa

3-5 bepaald door omvang, 1e orde afbraaksnelheid en C:N ratio, verkregen door fitten van gemeten organische stof

- c. Factoren die organische stof afbraak beïnvloeden
- Bodemvocht
 - Bodemtemperatuur
 - Kleigehalte
 - N-gehalte
- d. Bodemlagen die in het model worden gebruikt
De bodem wordt verdeeld in lagen van 5 cm
- e. Modevaluatie
- Er is een gevoeligheidsanalyse en een statistische analyse uitgevoerd.
 - Model voldoet aan criteria voor GMP voor:
 - Akkerbouw ecosystemen in diverse klimaatzones
 - Grasland ecosystemen in koel, gematigde klimaten

- f. Modelbeschikbaarheid
Model is vrij beschikbaar

WAVE

WAVE is een op processen gebaseerd deterministisch model dat gebruik maakt van gewone en partiële differentiaalvergelijkingen. Het model beschrijft de beweging van water en energie nutriënten in een eendimensionale kolom in het continuüm van bodem en gewas. Het beschrijft de volgende processen: energiebalans, water- en nutriëntbewegingen de groei van diverse gewassen. Het verdeelt de bodem in gelijke lagen.

- a. Afbraak van plantaardige en dierlijke resten
Er worden twee pools onderscheiden:
1. Strooisel
 2. Mest

Beide bepaald door 1e orde afbraaksnelheid, C:N ratio van de biomassa

- b. Afbraak van bodemorganische stof
Er worden drie pools onderscheiden:
1. Bodemstrooisel
 2. Bodemmest
 3. Bodemhumus

Allen bepaald door 1e orde afbraaksnelheid

- c. Factoren die organische stof afbraak beïnvloeden
- Bodemvocht
 - Bodemtemperatuur
 - N-gehalte

- d. Bodemlagen die in het model worden gebruikt
Bodemlagen liggen vast (aantal niet gegeven)

- e. Modevaluatie
- Er zijn diverse gevoeligheidsanalyses en statistische analyse uitgevoerd
 - Model voldoet aan de criteria voor GMP voor:
 - Begraasde ecosystemen in koele gematigde klimaten
 - Akkerbouwecosystemen in koele (niet altijd) en subtropische gematigde klimaten

- f. Modelbeschikbaarheid
Model is beschikbaar tegen betaling

WHITMORE MODEL (MOTOR)

MOTOR is een compartimenten model voor de afbraak van organische stof. Het maakt gebruik van differentiaalvergelijkingen in een systeem van de bodem die bestaat uit meerdere lagen. Evenals in het model VERBERNE wordt rekening gehouden met de bescherming van de microbiële biomassa door kleideeltjes.

- a. Afbraak van plantaardige en dierlijke resten
Aantal pools wordt door gebruiker gedefinieerd, bepaald door snelheidsconstante, op basis van metingen of fitten

- b. Afbraak van bodemorganische stof
Aantal pools wordt door gebruiker gedefinieerd, bepaald door snelheidsconstante, op basis van metingen of fittingen
- c. Factoren die organische stof afbraak beïnvloeden
- Bodemvocht
 - Bodemtemperatuur
 - Kleigehalte
 - pH
 - N-gehalte
- d. Bodemlagen die in het model worden gebruikt
Het aantal bodemlagen wordt door de gebruiker gedefinieerd
- e. Modevaluatie
- Er is een gevoeligheidsanalyse (op een versie van het model) en een statistische analyse uitgevoerd.
 - Model voldoet aan criteria voor GMP voor:
 - Akkerbouwsystemen in koele en tropische zones
 - Tuinbouw en potproeven in koele systemen
- f. Modelbeschikbaarheid
Model is vrij beschikbaar

ECOSYS

- a. Afbraak van plantaardige en dierlijke resten
Er worden vier pools onderscheiden:
1. Eiwit
 2. Koolhydraat
 3. Cellulose
 4. Lignine
- Allen bepaald door afbraakgevoeligheid voor microbiële exoenzymen volgens metingen
- b. Afbraak van bodemorganische stof
Er worden 6 pools onderscheiden:
1. Oplosbare C, N en P, bepaald door V_{max} van opname door microbiële biomassa, uit meetgegevens door bijvoorbeeld extractie
 2. Microbiële C, N en P, bepaald door V_{max} van oxidatie, uit meetgegevens door bijvoorbeeld fumigatie
 3. Microbiële residu C, N en P
 4. Actieve organische stof C, N en P
 5. Passieve organische stof C, N en P
 6. Particulare organische stof C, N en P
- 3-6 bepaald door gevoeligheid voor hydrolyse
- c. Factoren die organische stof afbraak beïnvloeden
- Bodemvocht
 - Bodemtemperatuur
 - Kleigehalte
 - Gewasbedekking
 - N-gehalte
 - P-gehalte, electronenacceptoren

d. Bodemlagen die in het model worden gebruikt

Door gebruiker te definiëren, maximum van 15

e. Modevaluatie

- Er is een gevoeligheidsanalyse voor de nitrificatie uitgevoerd (Km, temperatuur en vochtgehalte)
- Er is een statistische analyse uitgevoerd; model voldoet aan criteria voor GMP voor:
- Akkerbouwsystemen voor diverse klimaatzones

f. Modelbeschikbaarheid

Model is beschikbaar met toestemming van de eigenaar

De lijst zoals die hierboven is gegeven is zeker niet uitputtend. Er zijn nog meer modellen beschreven over de dynamiek van organische stof, nutriënten en water in de bodem. Deze waren echter niet opgenomen in de SOMNET database, waardoor het veel minder eenvoudig was om van die modellen de juiste gegevens te pakken te krijgen. Om toch een beeld te krijgen van deze modellen volgt hieronder een korte beschrijving (alfabetisch).

COUPMODEL

COUPMODEL is een ecosysteemmodel dat met behulp van partiële differentiaalvergelijkingen water en warmteprocessen in verschillende bodemtypen berekent plus de dynamiek van plantengroei en de daaraan gekoppelde turnover van koolstof en stikstof. Alle bodem-plant-atmosfeer eigenschappen zijn weergegeven als parameterwaarden, terwijl meteorologische data de sturende parameters vormen.

CERES modellen (bijvoorbeeld CERES-MAIZE)

CERES-Maize is een voorspellend deterministisch model dat is ontwikkeld om de groei van maïs en de temperatuur, watergehalte en nutriëntdynamiek in de bodem te berekenen. Gewasgroei is een functie van de straling, de LAI en reductiefactoren voor temperatuur en vochtstress. Bodemvocht en mineralisatie worden in aparte modules berekend.

DEMETER_SOIL_MOD

DEMETER_SOIL_MOD is complex model bestaande het dynamische bodemmodel SOIL_MOD en het dynamische wortelmodel ROOT_MOD. In tijdstappen van een dag wordt voor 30 bodemlagen het vochtgehalte en de temperatuur berekend, en van daaruit de N-beschikbaarheid en de gewasopname.

Een lijst met de gebruikte formules en de invoerparameters (43) is beschikbaar op de REM-site.

EXPERT-N

EXPERT-N is een ecosysteem model om de N-cyclus in akkerbouwsystemen te simuleren. Het bestaat uit aparte onderdelen voor bodemvocht, warmte, N-transport en gewasgroei. Elk onderdeel is weer opgebouwd uit eenheden die elk een onderdeel beschrijven. Zo is er een eenheid voor de berekening van de mineralisatie, voor vochttransport, voor wateropname door de wortels etc. Door de modulaire opbouw is een zeer op maat gesneden toepassing mogelijk.

FRISSEL en Van VEEN Model

Het FRISSEL en Van VEEN Model is een van de eerste dynamische bodemmodellen (1981). Het wordt als zodanig niet meer onderhouden, maar veel van de elementen zijn terug te vinden in MOSOM (zie verderop).

JENKINSON en RAYNER MODEL

Het model van JENKINSON en RAYNER MODEL is nog ouder dan dat van Frissel en Van Veen en stamt uit 1977. Veel van de later ontwikkelde modellen zijn op dit model gebaseerd. Het is een compartimenten model dat met behulp van gewone differentiaalvergelijkingen het gedrag van organische stof in de bodem beschrijft. Daarbij worden vijf fracties onderscheiden: DPM en RPM (decomposable en resistant plant material), BIO (biomassa) HUM (gehumificeerd organisch materiaal) en IOM (inert organisch materiaal), die elk met eerste orde snelheid worden afgebroken. Het model rekent op maandbasis en is gevalideerd voor Rothamsted bodems voor organisch koolstof en het stikstofgehalte in de bovenste laag.

MINERVA

MINERVA is een deterministisch model voor de simulatie van de stikstofdynamiek in landbouwakkers. Het bestaat uit submodellen voor netto infiltratie, waterbeweging, N-mineralisatie, N-transport en plant opname van N en plant-biomassaproductie en was bestemd voor adviesdoeleinden.

NDICEA

NDICEA is speciaal ontwikkeld voor ecologische teeltsystemen. Het model integreert de mineralisatie van stikstof op basis van organische stof, een waterbalans en daarmee het stikstoftransport in de bodem en de gewasgroei. Het model rekent op weekbasis en voor twee bodemlagen. Invoer is nodig voor klimaatgegevens, bodemgegevens, mest en compost, gewasproductie en groenbemesters en de grondbewerking.

Inputparameters

De belangrijkste inputparameters die nodig zijn om de modellen te laten rekenen zijn opgenomen in Bijlage I.

2. Gewasgroeimodellen

Er kan onderscheid gemaakt worden in de meer algemene gewasgroeimodellen en die welke specifiek voor boomteelt zijn ontwikkeld.

Algemene gewasgroeimodellen

Er zijn betrekkelijk veel gewasgroeimodellen ontwikkeld. Een database met beschikbare modellen is CAMASE (bib.wau.nl/camase/ (site niet meer actief)), maar ook in de database van de universiteit van Kassel zijn vele voorbeelden te vinden. Bekende voorbeelden zijn ARID CROP, LINTUL, MACROS, ORYZA1, SPRING WHEAT, SUCROS en WOFOST. Deze zijn veelal gebaseerd op de ideeën van prof. C.T. de Wit. Enkele korte beschrijvingen van LINTUL, SUCROS en WOFOST volgen hieronder.

LINTUL

LINTUL (Light Interception and Utilization) is een eenvoudig algemeen gewasmodel, die de drogestof productie simuleert als resultaat van lichtonderschepping en gebruik, met een vaste constante voor de omzetting van lichtenergie in biomassa. De toename van het bladoppervlak gedurende de exponentiele fase is temperatuurafhankelijk. Verdeling van koolstof over organen is afhankelijk van de temperatuursom. LINTUL simuleert de potentiële groei, maar er zijn uitbreidingen gemaakt door koppelingen aan modellen voor water, stikstof en ziektes.

SUCROS

SUCROS (Simple and Universal Crop growth Simulator) is eveneens een eenvoudig en universeel mechanistisch gewasgroeimodel. Het simuleert de potentiële groei van een gewas. De snelheid van drogestofproductie is een functie van straling, temperatuur en gewaseigenschappen. De basis van de productie is de fotosynthese als functie van invallend licht en straling. Na aftrek van de energie die nodig is voor onderhoud worden de productie van bladeren, stengels, wortels en opsagorganen berekend. Verdeling van koolstof over de organen is afhankelijk van het ontwikkelingsstadium van het gewas, dat wordt berekend op basis van de temperatuur. In SUCROS2 kan de groei worden gesimuleerd onder watergelimiteerde omstandigheden

WOFOST

WOFOST is een mechanistisch model dat gewasgroei simuleert op basis van onderliggende processen als fotosynthese en respiratie. Groei wordt beschreven als toename in biomassa in combinatie met fenologische ontwikkelingen. Naast meteorologische gegevens (straling, temperatuur, luchtvochtigheid) en specifieke gewasgegevens, zijn bodemvocht gegevens noodzakelijk.

Gewasgroeimodellen voor de boomteelt

Het principe van de meeste gewasgroeimodellen voor de boomteelt is hetzelfde als voor de overige gewasgroeimodellen. Met behulp van het door het bladerdek onderschepte zonnestraling wordt de fotosynthese berekend, waarbij rekening wordt gehouden met de temperatuur. Vervolgens wordt de vastgelegde koolstof over verschillende organen verdeeld, rekening houdende met de fenologie van het gewas. Een deel van de vastgelegde energie wordt voor ademhaling (onderhoud) gebruikt. In de meeste gevallen wordt bij boomteelt modellen alleen de potentiële productie berekend, zonder rekening te houden met nutriënt- en/of waterlimitatie.

Een verschil met modellen voor eenjarige gewassen is dat er bij bomen vaak een onderverdeling wordt gemaakt in het deel van de boom dat meerdere jaren blijft staan (perennial part) en het gedeelte dat jaarlijks bijgroeit (annual growth).

Voor veel groeimodellen voor de boomteelt geldt dat het fotosynthese gedeelte is gebaseerd op en vergelijkbaar is met het model SUCROS (Spitters *et al.*, 1987).

Het aantal gewasgroeimodellen dat wordt gebruikt voor boomteelt is betrekkelijk uitgebreid. Veel zijn van toepassing op de bosbouw. Het aantal modellen dat is ontwikkeld voor de fruitteelt is veel geringer. De algemene boomgroei modellen en die welke specifiek zijn voor de fruitteelt zullen hieronder apart worden behandeld.

Algemene boomgroei modellen

Modellen die niet specifiek voor de fruitteelt zijn ontwikkeld kan men onderverdelen in twee typen:

1. Architectuurmodellen

Modellen die beschrijven hoe de driedimensionale structuur van een boom wordt gevormd.

Voorbeelden zijn:

- BUBBLE, (usf.uni_kassel.de/modelle/bubble)
- GROGRA, (uni-forst.gwdg.de/~wkurth/grogra.html)
- LIGNUM, (roi.metla.fi/~salminen)
- 3DTree, (nottingham.ac.uk/sbe/staff/nicosoncole/gdl_cookbook/tree1/tree1_1.html)

Op deze modellen zal hier verder niet worden ingegaan. Wellicht zijn ze voor toekomstig onderzoek interessant voor de fruitteelt als specifieke orgaanvormingsprocessen kunnen worden beschreven in termen van allocatie van drogestof en nutriënten.

2. Boomgroeimodellen

In Tabel Boomgroeimodellen is een aantal modellen weergegeven die de groei van bodem beschrijven.

Naam model	Type	Stikstofopname	Gebruik
BIOMASS	Niet vermeld	Nee	Effect klimaat verandering op productie
COVER	Deterministisch	Nee	Bladkronen
ECOPHYS	Heuristisch, proces	Nee	Hoogte en diameter van bomen (populier)
EFIMOD	Single tree	Ja, via SOMM	Onderzoek
FORGRO	Differentiaal vergelijkingen	Ja	Bosgroei en bosstructuur
FSYL_MOD	Single tree, compartiment	Nee	Onderzoek
MAESTRA	Single crown	Nee	Niet gegeven
NICCCE	Differentiaal vergelijkingen	Ja	Onderzoek
ORGANON	Single tree	Nee	Management
RECAFS	Differentiaal vergelijkingen	Ja	Onderzoek
SCUAF	Compartiment	Ja	Algemeen
SIMFONI	Compartiment	Ja	Onderzoek, onderwijs, management
TEMFES	Single tree	Nee	Onderzoek
TREEDYN3	Compartiment	Ja	Onderzoek, onderwijs, management
TREGRO	Compartiment	Ja	Onderzoek
WANULCAS	Niet vermeld	Ja	Onderzoek
ZELIG	Single tree	Nee	Onderzoek

Hieronder volgt een korte beschrijving van elk van deze modellen

BIOMASS

BIOMASS beschrijft de netto fotosynthese van het bladerdek, de biomassa productie en watergebruik van bossen in relatie tot het weer, voeding van de bomen, de architectuur van het bladerdek, de fysische omstandigheden in de bodem en aan aantal boom-specifieke parameters.

Voor de input zijn meer dan 600 fysiologische parameters nodig; hiervan is minimaal noodzakelijk: dagelijkse minimum en maximum temperatuur en de neerslag.

COVER

COVER is een uitbreiding van PVS (Prognosis Forest Vegetation Simulator), dat veelvuldig wordt gebruikt voor het management van bospercelen. Het voorspelt de sluiting van het bladerdek, kroonvolume, kroon profiel en bladbiomassa van bomen in bossen. Voor detailinformatie zie de volgende site: [//ftp.fs.fed.us/pub/fmnc/ftp/fvs/docs/gtr/cover.pdf](http://ftp.fs.fed.us/pub/fmnc/ftp/fvs/docs/gtr/cover.pdf)

ECOPHYS

ECOPHYS is een heuristisch, proces-gebaseerd simulatiemodel. Het voorspelt de hoogte en diametergroei van bomen, gebaseerd op een set van omgevingsparameters en genetische eigenschappen. Het is ontwikkeld om de effecten van geselecteerde variëteiten van bomen op de groei te begrijpen.

Het model gebruikt een driedimensionale analytische benadering om de architectuur van het bladerdek te simuleren. Zonnestraling (intensiteit en hoek t.o.v. bladeren) bepaalt de fysiologie van de bomen. Verschillende soort-specifieke parameters zijn vereist en het model rekent op uurbasis.

EFIMOD

EFIMOD is een single tree model voor naald en loofhout, voor de Europese boreale klimaatzone. Het is uitgewerkt voor monocultures en gemengde bossen. EFIMOD simuleert de biologische cyclus van elke afzonderlijke boom in een perceel, tezamen met die van de bodem eromheen. Het boommodel simuleert het totaalgewicht aan bladeren, fijne wortels en bladafval. De processen in de bodem worden beschreven door het model SOMM (zie sectie bodemmodellen) dat eraan is gekoppeld.

FORGRO

FORGRO is een proces-georiënteerd, deterministisch model gebaseerd op de fysiologie van de koolstofbalans. Het beschrijft de flow van water, koolstof en nutriënten in een bosecosysteem en kan worden omschreven als een geïntegreerd en gesloten bos-bodem-atmosfeer systeem model. De volgende processen zijn opgenomen: fotosynthese en respiratie, fenologie, hydrologie, nutriënt recirculatie, bosgroei en bosstructuur ontwikkeling. FORGRO bevat tevens hydrologische submodellen voor sneeuwval, waterdynamiek in het bladerdek en de vochtdynamiek in de bodem. Transpiratie wordt berekend volgens Penman-Monteith; nutriëntopname op basis van vraag en radiale diffusie in de bodem, bodemchemie via het submodel NuCSAM, groei op basis van fotosynthese door lichtinterceptie (SUCROS), waarbij de bruto koolstofassimilatie per bladlaag wordt gesommeerd; een vaste verdeling van koolstof over de onderdelen, plus effecten van nutriënt limitatie, gereduceerde fotosynthese door huidmondjesopname van SO₂ en O₃ en van aluminium op de groei en nutriëntopname.

Als input zijn gegevens nodig over de boomfysiologie, standplaats karakteristieken en de perceelsstructuur. Berekeningen worden uitgevoerd per ha met een tijdsinterval van een dag.

FSYL_MOD

FSYL_MOD simuleert de meerjarige koolstof en waterbudgetten van berkezaailingen in een loofbos van een gematigd klimaat. De assimilatie wordt berekend volgens een empirisch bepaalde exponentiele functie en de respiratie met de Bossel functie.

MAESTRA

MAESTRA is een model van de adsorptie van het bladerdek en de fotosynthese in bossen. Een uitgebreide beschrijving is beschikbaar op de home page van het model ([//www.ed.ac.uk/~bmedlyn/maestra/](http://www.ed.ac.uk/~bmedlyn/maestra/)). Berekeningen worden uitgevoerd voor een enkele boomkroon. De verdeling van de bladeren en de bladstand is gegeven. De inkomende straling wordt verdeeld in drie golflengten (PAR, NIR en Lange golf). Directe, diffuse en verspreide straling worden apart beschouwd.

De geadsorbeerde PAR stuurt de fotosynthese aan en de transpiratie. De fotosynthese wordt berekend met het Farquhar-von Caemmerer model en de transpiratie volgens Penman-Monteith.

NICCE

NICCE (Nitrogen Isotopes and Carbon Cycling in Coniferous Ecosystems) is een proces georiënteerd dynamisch simulatiemodel voor de turnover van N- en C-isotopen in naaldbos ecosystemen. Het model simuleert warmtetransport, evapotranspiratie, primaire productie, mineralisatie, afbraak, wortelopname, transport van opgeloste stoffen en de fractionering van N en C voor naaldbossen in een eendimensionaal, multicompartiment bodemprofiel.

ORGANON

ORGANON is een single tree groei model ontwikkeld voor Zuidwest Oregon voor gemengde bossen. Het maakt gebruik van een lijst met bomen, elk met exacte meetgegevens als inputdata. De gebruiker kan groeiperioden specificeren met tussenpozen van 5 jaar en management als uitdunnen, bemesten en snoeien. Voor elk van de aangegeven activiteiten wordt het effect op individuele bomen weergegeven.

RECAFS

RECAFS (REsource Competition and cycling in AgroForestry Systems) is een single tree model dat de lichtadsorptie en dat van water en nutriënten simuleert. Het is ontwikkeld voor een gecombineerde teelt van bomen en gewassen. Drogestof productie wordt berekend als functie van de adsorptie plus het effect van limitatie van licht, water en nutriënten. De boompopulatie is beschreven in een rechthoekig plantverband met om iedere boom drie sub-areas voor wat betreft lichtdoorlating. De lichtinterceptie door de bomen wordt gesimuleerd, evenals de hoeveelheid licht die valt op de grond en het gewas dat daar staat. De productie van zowel bomen als ondergroei is gebaseerd op de LUE (Light Use Efficiency). de potentiële bodemverdamping en ondergroeiverdamping is gebaseerd op Penman-Monteith. De boomverdamping is gebaseerd op de WUE (Water Use Efficiency). De actuele wateropname wordt gemodelleerd als functie van de bodem-vocht status en de wortellengte en -verdeling. Een eenvoudig watermodel (opslag-overflow concept) met een aantal horizontale bodemlagen wordt gebruikt voor de verticale vochtverdeling. (eendimensionaal). Stikstofopname wordt bepaald door de vraag, beschikbaarheid en wortellengteverdeling over de bodem. De netto N-mineralisatie wordt berekend op basis van de C-N ratio van bodem-organische stof.

De groei van de verschillende plant onderdelen wordt bepaald door de specifieke partitionering van C en N over de organen. Het model is ontwikkeld voor droge tropische systemen met als doel om (1) de ondergroei vlak onder de bomen en daarbuiten te berekenen, (2) het effect van boomgroei op de beschikbaarheid van water en nutriënten te berekenen en (3) de productie van gemengde boom en ondergroeisystemen te berekenen.

SCUAF

SCUAF is een nutriënt cyclus model, ontworpen om voor elke willekeurige gebruiker. het doel ervan is om de veranderingen in bodemeigenschappen onder gespecificeerde agroforestry systemen binnen gegeven omstandigheden te berekenen en voor de vergelijking tussen landbouw en bosteelt. Versie 2 is inclusief bodemerosie, bodem-organische stof en de stikstof cyclus, versie 3 is inclusief de fosforcyclus.

SIMFONI

SIMFONI is een numeriek model (een-dimensionaal, mechanistisch, hoog integrerend en complex) voor de simultane simulatie van water, warmte en stikstofdynamiek in boscystemen. Het is gebaseerd op het landbouwkundige stikstofmodel WHNSIM. De koppeling aan een aantal andere bodemmodellen over stikstof, water, gas en warmtetransport is in voorbereiding.

TEMFES

TEMFES (Temperate Forest Ecosystem Simulation Model) is ontwikkeld om de veranderingen in boscystemen als gevolg van klimaatsveranderingen te voorspellen. TEMFES is gebaseerd op (fysiologische) processen en is bedoeld voor het maken van voorspellingen.

TREEDYN3

TREEDYN3 is een proces georiënteerd model voor boomgroei, koolstof en stikstofdynamiek in een bosperceel met een enkele soort van dezelfde leeftijd. Het boom-bodem systeem wordt beschreven door een set niet-lineaire differentiaal vergelijkingen voor de volgende variabelen: aantal bomen, stam diameter, boomhoogte, bladmassa, fijne wortel massa, vrucht massa assimilaten, C en N in strooisel, bodem en organische stof en voor de plant beschikbaar stikstof. Het omvat expliciete beschrijvingen van alle relevante ecofysiologische processen als: berekening van de straling als functie van tijd, licht uitdoving in het bladerdek en fotosynthese als functie van breedtegraad en tijdstip, respiratie van alle onderdelen, allocatie van assimilaten, biomassa toename, stikstoffixatie, mineralisatie, humificatie en uitspoeling, bosmanagement en temperatuureffecten op respiratie en afbraak. Een uitgebreide lijst met input en outputparameters is beschikbaar, evenals een lijst met formules van de berekeningen op de UFIS site (Tabel 1).

TREGRO

TREGRO voorspelt de groei en verdeling van koolstof over organen voor een enkele boom onder invloed van ozon, nutriënt stress en waterbeschikbaarheid. Het model berekent fotosynthese per uur als functie van de omgevingscondities en de beschikbare hoeveelheid licht, water en nutriënten.

WANULCAS

WANULCAS (Water, Nutriënt and Light Capture in Agroforestry Systems) is een in de simulatietaal STELLA II geprogrammeerd model en simuleert 4 bodemlagen, een water en stikstofbalans en opname door gewas en een boom. De beschrijving van water en nutriëntopname is gebaseerd op wortelengtedichtheden, vraag door de plant en de effectieve aanvoer door diffusie in de bodem onder de gegeven vochtcondities.

ZELIG

ZELIG is een simulatiemodel dat opereert onder UNIX, voor individuele bomen dat de vestiging, jaarlijkse diametergroei en sterfte van elke boom berekend van een serie modelplots. De laatste versie (ZELIG++ v 0.9) beschrijft tevens de fenologie.

Op de site van CIESIN, wordt, behalve naar de meeste modellen die hier worden genoemd, ook nog naar een aantal andere bosteeltmodellen verwezen in relatie tot global change studies.

Inputparameters

De belangrijkste inputparameters die nodig zijn om de boomgroeimodellen te laten rekenen zijn opgenomen in Bijlage II.

Modellen specifiek voor de fruitteelt

In de fruitteelt worden modellen gebruikt voor de volgende teelten: perzik (PEACH), appel, citrus, druif (VIMO) en kiwi. Daarnaast wordt via internet zoekmachines ook verwezen naar het algemene gewasgroei model EPIC voor de teelt van fruitbomen, maar in de (zeer uitgebreide) beschrijving van dit model (kurtz-fernhout.com/help100/00000243) wordt opgemerkt dat het model boomgroei nog niet ondersteund.

PEACH

PEACH (Grossman & De Jong, 1994) simuleert de koolhydraat partitionering op basis van de behoefte (sink-strength), de nabijheid van hulpbronnen en de hoeveelheid koolhydraat die beschikbaar is. De behoefte van elk orgaan is gebaseerd op de genetisch bepaalde potentiële groei van dat orgaan en de maximumsnelheid waarmee dat orgaan droge stof kan accumuleren per tijdseenheid.

PEACH is een 'state-variable' model met de volgende variabelen: vrucht-, blad-, stam-, tak- stonk- en wortelgewicht. De minimum en maximum luchttemperatuur, bodemtemperatuur, graaddagen en de zonnestraling zijn de sturende variabelen. Het model gaat uit van een optimale vocht en nutriëntenvoorziening.

Appel

- a. Het model voor appel (Baumgärtner *et al.*, 1986), beschrijft de appelboom bestaande uit meerjarige bovengrondse en ondergrondse delen, waarop zich jaarlijks bladeren, scheuten, wortels, bloemen en vruchten ontwikkelen. De dynamiek waarmee dat gebeurt verloopt via een tijdsafhankelijke distributie. Daarnaast is er een metabole reserve pool. Alle onderdelen staan met elkaar in verbinding via deze reserves. De fenologie wordt bepaald door een 'fysiologische tijdschaal', die wordt berekend door een sinusoïde door de dagelijkse minimum en maximum temperatuur.
- b. Het model van Lakso & Johnson (1990) is geprogrammeerd in de simulatietaal STELLA met een basis tijdstap van een dag. De dagelijkse fotosynthese wordt berekend uit de maximum fotosynthesesnelheid, de fotochemische efficiëntie, de dagelijkse hoeveelheid licht, de uitdoving door het bladerdek en de leaf area index. De bladproductie is gebaseerd op graaddagen, een constante productie per graaddag, het totaal aantal scheuten en de fractie nieuw gevormde scheuten per tijdseenheid. De ademhaling wordt gestuurd door de temperatuur, die van het hout en blad zijn gebaseerd op oppervlakte, die van het fruit op gewicht.

Citrus

Het model voor citrus (Goldschmidt *et al.*, 1992), simuleert de jaarlijkse turnover van drogestof in de volgroeide, vruchtdragende citrus boom. De basiseenheid is een enkele boom die bestaat uit wortelstelsel, stam, bladerdek en vruchten. De biomassa is uitgedrukt als een dichtheidsfunctie van de fysiologische leeftijd van de verschillende onderdelen. Daarnaast bestaat de boom uit een reservepool, die kan worden gebruikt voor hergroei en voor onderhoud. Gedurende elke tijdstap (een dag) worden berekend: de fysiologische tijd en de hoeveelheid te verdelen organische stof als functie van de fotosynthese en de reserves. Deze wordt verdeeld over de verschillende organen volgens een partitioneringsschema.

VIMO

VIMO (*vine model*, Wermelinger *et al.*, 1991) is een deterministisch model voor druiven. Fotosynthese en N opname, vrucht en 'raamwerk' groei worden berekend op dagbasis. De plant is een meerjarig raamwerk, bestaande uit stonk, stam en houtige wortels, plus de jaarlijks bijgroeiende bladeren, scheuten, witte wortels en vruchten.

De drogestof (DM) behoefte is de (genetisch bepaalde) maximale potentiële groei (alleen licht gelimiteerd). Assimilatie is 'sink'-gestuurd, wat inhoudt dat de assimilatiesnelheid kan toenemen bij een grotere vraag naar koolhydraten. Hierin verschilt VIMO van de meeste andere gewasgroeimodellen. De vraag naar N is lineair gerelateerd aan de DM vraag.

Het stikstof model heeft dezelfde structuur als het koolstofmodel, elk orgaan heeft zijn eigen N-gehalte, waardoor de vraag naar N gekoppeld kan worden aan de vraag naar C.

Zowel C als N kan worden opgeslagen in een pool met reservestoffen, waaruit later weer kan worden geput.

De aanvoer van N vindt plaats vanuit de bodem (nitraat), die op dagbasis wordt berekend vanuit de mineralisatie van organische stof, gevolgd door nitrificatie, input vanuit de atmosfeer en micro-organismen. Verder wordt de plantopname berekend en de uitspoeling. De berekening van de mineralisatie is eenvoudig, een transportcomponent ontbreekt. Onduidelijk is hoe N limitatie in het model doorwerkt.

Kiwi

Het koolstofmodel voor KIWI (Buwalda, 1991) werkt in grote lijnen op dezelfde manier als VIMO. De fotosynthese wordt berekend op urbasis met behulp van de zonnestraling, hoek van de zon en de hoeveelheid onderschept licht door het bladerdak, een omzettingcoëfficiënt van de straling en het bladoppervlak. Hieruit wordt de dagelijkse fotosynthese berekend. Het resultaat wordt gebruikt voor onderhoud en vraag van organen, die op zijn beurt weer afhangt van potentiële groei van individuele organen. Stikstof is niet in het model opgenomen.

Inputparameters

De belangrijkste inputparameters die nodig zijn om de fruitteelt modellen te laten rekenen zijn opgenomen in Bijlage III.

Referenties

- Baumgärtner, J., B. Graf, Ph. Zahner, M. Genini, & Gutierrez, A.P.; 1986.
Generalizing a population model for simulating 'Golden Delicious' apple tree growth and development. *Acta Horticulturae* 184, 111-122
- Broek, B.J. van den & P. Kabat; 1995.
SWACROP: dynamic simulation model of soil water and crop yield applied to potatoes. In: *Modelling and Parameterization of the Soil-Plant-Atmosphere system* (P.Kabat, B. Marshall, B.J. van den Broek, J. Vos & H. van Keulen, eds) Wageningen Pers, 299-334
- Buwalda, J.G.; 1991.
A mathematical model of carbon acquisition and utilisation by kiwifruit vines. *Ecological Modelling* 57, 43-64
- De Jong, T.M. & Y.L. Grossman; 1994.
A supply and demand approach to model annual reproductive and vegetative growth of deciduous fruit trees. *Horticultural Science* 29, 1435-1442
- Fishman, S., H. Talpaz, Y. Roseman, S. Varshavski, & Y. Arazi; 1995.
Simulation of potato crop growth, ISPOTA-model design and parameterization. In: *Modelling and Parameterization of the Soil-Plant-Atmosphere system* (P.kabat, B. Marshall, B.J. van den Broek, J. Vos & H. van Keulen, eds) Wageningen Pers, 227-252
- Godwin, D.C. & C. Allan Jones; 1991.
Nitrogen dynamics in soil-plant systems. In: *Modeling Plant And Soil Systems* (J.Hanks & J.T. Ritchie, co-editors) American Soc. Agronomy, Inc, Madison, USA, 287-321
- Goldschmidt, E.E., A. Harpaz, S. Gal, D. Rabber & E. Gelb, E. 1992.
Simulation of fruitlet thinning effects in citrus by a dynamic growth model. *Proc. Int. Soc. Citriculture*, 1, 515-519
- Grossman, Y..L. & T.M. de Jong; 1994.
PEACH: A simulation model of reproductive and vegetative growth in peach trees. *Tree Physiology* 14, 329-345
- Karvonen, T. & J. Kleemola; 1995.
CROPWATN: prediction of water and nitrogen limited potato production. . In: *Modelling and Parameterization of the Soil-Plant-Atmosphere system* (P.Kabat, B. Marshall, B.J. van den Broek, J. Vos & H. van Keulen, eds) Wageningen Pers, 335-370
- Koning, G.H.J. de, C.A. van Diepen & G.J. Reinds; 1995.
Crop model WOFOST, applied to potatoes. In: *Modelling and Parameterization of the Soil-Plant-Atmosphere system* (P.Kabat, B. Marshall, B.J. van den Broek, J. Vos & H. van Keulen, eds) Wageningen Pers, 275-298
- Kooman, P.L. & C.J.T. Spitters; 1995.
Coherent set of models to simulate potato growth. In: *Modelling and Parameterization of the Soil-Plant-Atmosphere system* (P.Kabat, B. Marshall, B.J. van den Broek, J. Vos & H. van Keulen, eds) Wageningen Pers, 253-274

Lakso, A.N. & R.S. Johnson; 1990.

A simplified dry matter production model for apple using automatic programming simulation software. *Acta Horticulturae* 276, 141-148

Powlson, D.S., P. Smith & Jo. U. Smith, Jo U.; eds, 1995.

Evaluation of soil organic matter models using existing long-term datasets. Springer, Berlin 427p

Spitters, C.J.T., H. van Keulen & D.W.G. van Kraalingen; 1987.

A simple and universal crop growth simulator: SUCROS87. In: (R. Rabbinge, S.A. Ward & H.H. van Laar, eds) *Simulation and systems management in crop protection. Simulation Monographs* 32, Pudoc, Wageningen, 147-181

Wermelinger, B., J. Baumgärtner & A.P. Gutierrez; 1991.

A demographic model of assimilation and allocation of carbon and nitrogen in grapevines. *Ecological Modelling* 53, 1-26

Bijlage I.

Inputparameters bodemmodellen. e, essentieel, d, desired

A

Naam model	Eigenaar
ANIMO	Alterra
APSIM SoilN	CSIRO
CANDY	UFZ-Leipzig-Halle
CENTURY	NREL, Colorado State University, Fort Collins, USA
CHENFANG LIN	National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan
D3R	USDA-ARS, Pendleton, USA
DAISY	Royal Vet. & Agricultural University, Frederiksberg, Denmark
DNDC	Complex Systems Research Centre, University of New Hampshire, USA
DSSAT	University of Georgia, USA
EPIC	USDA-ARS, USA
ForClim-D	Swiss federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, Birmendorf, Switzerland
GENDEC	Dept Biol Sci, Texas Techn. Univ, Lubbock, USA
VOYONS	Dept d' Ecophysiol vegetale et de Microbiologie, CEA-Cadarache, St Paul Lez Durance, France
ICBM	Dept Soil Sci, SLU, Uppsala, Sweden
CNSP Pasture Model	Depot Agronomy & Soil Sci, Univ New England, Armidale , Australia
Model of Humus balance	All Russian Institute of Fertilizers and Agricultural Soil Science, Russia
NAM SOM	Dept Soil Sci. Moscow state Univ, Moscow, Russia
NCSOIL	Dept of Soil, Water & Climate, Univ Minnesota, USA
NICCE	Lab Soil Sci & Geology, Wageningen RU, Wageningen
O'Brien' s model	Landcare Research, Palmerston, New Zealand
O'Leary Model	Dept Agriculture, Horsham, Victoria, Australia
Q-SOIL	Dept Ecology & Environmentale research, Swedish Univ, Agric, Sci, Uppsala, Sweden
RothC-26.3	Soil Sci. Dept, IARC Rothamsted, Harpenden, UK
SOCRATES	Coop Res Centre for Soil and Land Management, Glen Osmond, Australia
SOMM	st Petersburg technical Academy St Petersburg, Russia
SUNDIAL	Soil Sci. Dept, IARC Rothamsted, Harpenden, UK
HURLEY PASTURE & ITE FOREST MODEL	Inst Terr. Ecol, Edinburgh Res Stat, Midlothian Scotland
Verberne	Alterra/PRI
WAVE	Fac. Sci Agronom. Univ. Cath. Louvain, Belgique
MOTOR	Alterra
ECOSYS	Dept.Renewable Resources, Univ Alberta, Canada

Naam model	Ruimtelijke schaal						Integratie tijd-stap	
	Microplot	Plot	Veld	Waterwingebied	Regionaal	Nationaal	Global	Minuten, uur, dag, week, maand, jaar
ANIMO		x	x	x	x	x		d,w,m
APSIM SoilN	x		x					d
CANDY		x	x	x				
CENTURY		x	x		x	x	x	m
CHENFANG LIN	x	x	x	x				d,w,m,j
D3R			x					d
DAISY		x	x	x				u
DNDC		x						u,d
DSSAT	x	x	x	x				u,d,w,m,j
EPIC			x					d
ForClim-D		x						j
GENDEC		x						d
VOYONS	x	x	x					d,w,m
ICBM	x	x	x	x	x	x	x	d,j
CNSP Pasture Model			x					d
Model of Humus balance		x	x		x			j
NAM SOM	x	x						j
NC SOIL	x,							u,d
NICCE		x	x	x				u,d
O'Brien' s model	x							j
O'Leary Model		x	x					d
Q-SOIL		x	x					j
RothC-26.3		x	x	x	x	x	x	m
SOCRATES		x						w
SOMM		x	x				x	d
SUNDIAL		x	x					w
HURLEY PASTURE		x	x					m
etc								
Verberne		x	x					d
WAVE		x	x	x	x			m,u
MOTOR	x	x	x					m,u,d,w,m,j,
ECOSYS	x	x	x					m,u

C

Naam model	Benodigde weersgegevens										
	Neerslag	Luchttemperatuur	Bodemtemperatuur	Straling	Windsnelheid	Evapotranspiratie boven gras	Evapotranspiratie boven grond	Evapotranspiratie boven water	Relatieve vochtigheid	Dauwpunt	Resolutie weersgegevens, uur, dag, week, maand, jaar
ANIMO	e		d	e	d	d	d	e			d,w,
APSIM SoilN	e	e		e							d
CANDY	e	e	d	e							d
CENTURY	e	e	d			d					m
CHENFANG LIN	d	d	e								d,w
D3R	e	e									d
DAISY	e	e	e			d					d
DNDC	e	e									d,m
DSSAT	e	e		e							d
EPIC	e	e		d					d	d	d,m
ForClim-D	e	e									m,,j
GENDEC			e								d,m
VOYONS	e		e	e							d,w,m
ICBM											j
CNSP Pasture Model	e	e		e							d,w,m
Model of Humus balance	e	e									j
NAM SOM	e	e									j
NCSOIL			d								u,d
NICCE	e	e	d	e	e				d		d
O'Brien' s model											
O'Leary Model	e	e	d	d	d						d
Q-SOIL											
RothC-26.3	e	e						e			m
SOCRATES	e	e									j
SOMM			e								d,m
SUNDIAL	e	e				e					w
HURLEY PASTURE & etc	e	e	e	e	e				d		d
Verberne	e	e	e	e	e		e				d
WAVE	e	e		e		e					d
MOTOR	e	e	d			e	e				d,w,m,j
ECOSYS	e	e		e	e				d	d	u,d

Benodigde bodemgegevens-1

Naam model	Bodembeschrijving	Bodemlagen	Ondoorringbare laag	Water holding capacity	Kleigehalte	CEC	Textuur	Organischestof gehalte	Ph	Koolstofgehalte	Koolstof C-13 gehalte	Koolstof C-14 gehalte	Stikstofgehalte	Stikstof N-15 gehalte
ANIMO	e	e	e	e	e	d	d	e	e	d			e	
APSIM SoilN		e	e	e	e				d	e			e	
CANDY	d	e	e	e	e			e					d	
CENTURY	d			e	e		d	e	e	e	d	d	e	
CHENFANG LIN D3R								e						
DAISY		e	e		e					e			e	
DNDC		e			e			e	e					
DSSAT	e	e	e	e	e	d	e	e	e	e			e	
EPIC	d	e	e	e	e	d		e	e	e			d	
ForClim-D			e	e										
GENDEC		e		e									d	
VOYONS		d			e			e		e	d	d	e	d
ICBM	d				d			d		d				
CNSP		e	e		e	e		e	e	e			e	
Model of Humus	e	e	d	d			e	e	e	e			e	
NAM SOM	e						e	e						
NCSSOIL				d				e		e	e		e	e
NICCE		d	e			d		e		e	d	d	e	d
O'Brien's model		e								e		e		
O'Leary Model		e		e	e			d	e	d			e	
Q-SOIL										e	d	d	e	d
RothC-26.3		e			d					e				
SOCRATES						d				e				
SOMM	d	e		d			d	e	d				e	
SUNDIAL	d	d	e	e	e									
HURLEY				e	e									
Verberne	e			e	e		e	e		e			e	
WAVE		e	d	d	d	d	d	e		e			e	
MOTOR	e			d	d		d	e	d					
ECOSYS		e		e	e	d	e	e	d	e			e	

Benodigde plantgegevens

Naam model	Stikstofopname	C & N in plantendelen	C:N ratio weefsels	Gewasopbrengst	Plant-groeiparameters	Plantensoort	Cultivar	Plantafstand	Details van phytocenose
ANIMO									
APSIM SoilN					e	e	e	e	
CANDY	e								
CENTURY									
CHENFANG LIN									
D3R				d		e			
DAISY					d	e			
DNDC			d	d					
DSSAT						e	e		
EPIC						e	e	e	
ForClim-D									
GENDEC									
VOYONS									
ICBM				d					
CNSP						e			
Model of Humus									
NAM SOM									e
NCSOIL									
NICCE			e	e	e				
O'Brien's model									
O'Leary Model									
Q-SOIL		e							
RothC-26.3		d		d					
SOCRATES				d					
SOMM									
SUNDIAL	d	d		e					
HURLEY						e			
Verberne									
WAVE					e				
MOTOR									
ECOSYS					e	e			

Bijlage II.

Inputparameters boomgroeimodellen

A

Naam model	Eigenaar
BIOMASS	University of New South Wales, Kensington, Australia
COVER	USDA Forest Service, Fort Collins, USA
ECOPHYS	NaturalResources Research Institute, University of Minnesota, USA
EFIMOD	European Forest Institute, Joensuu, Finland
FORGRO	Alterra, Wageningen
FSYL_MOD	Systemat.-Geobot. Inst. University of Gottingen, Germany
MAESTRA	Institute of Ecology and Resource Management, Univ, Edinburgh, UK
NICCCE	Lab. Voor Bodemkunde en geologie, universiteit Wageningen
ORGANON	Deot. Forest resources, Oregon State University, USA
RECAFS	Plant Research International, Wageningen
SCUAF	University of East Anglia, UK
SIMFONI	Inst. Of Soil Science, University of Bayreuth, Germany
TEMFES	Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, USA
TREEDYN3	Center for Environmental Systems Research, University of Kassel, Germany
TREGRO	Boyce Thompson Institute, Cornell University, New york, USA
WANULCAS	ICRAF, Sindangbarang, Indonesia
ZELIG	Nicholas School of the environment, Duke University, Durham, NC USA

C

Naam model	Plantgegevens									
	Boomsorten	Leeftijd	Hoogte	Diameter	Kroonafmetingen	LAI	Jmax	Vcmax	Reflectie	Transmissie
BIOMASS										
COVER										
ECOPHYS										
EFIMOD	e	e	e	e						
FORGRO										
FSYL_MOD										
MAESTRA			e	e	e	e	e	e	e	e
NICCCE										
ORGANON	e		e	e	e					
RECAFS					e	e				
SCUAF										
SIMFONI										
TEMFES	e	e	e	e	e	e	e	e		
TREEDYN3			e	e	e	e				
TREGRO										
WANULCAS										
ZELIG	e	e	e	e						

Naam model	Managementgegevens		
	Bemestingsgegevens	Gebruik gewasresten	Irrigatiegegevens
BIOMASS			
COVER			
ECOPHYS			
EFIMOD			
FORGRO			
FSYL_MOD			
MAESTRA			
NICCCE	e	e	e
ORGANON			
RECAFS			
SCUAF			
SIMFONI			
TEMPES			
TREEDYN3			
TREGRO			
WANULCAS			
ZELIG			

Bijlage III.**Inputparameters fruitteeltmodellen**

A

Naam model	Eigenaar
PEACH	Dept Pomolgy, University of California, USA
CITRUS	Science & technology Center, IBM Haifa, Israel
Appel (G. Delicious)	Dept. Horticultural Sciences, NY State Agric. Exper. Station, Geneva, USA
Kiwi	Ruakura Agricultural Centre, Hamilton, New Zealand
Druif	Div. Plant Sci. ETH, Zurich, Switzerland

B

Naam model	Integratie- tijdstep	Klimaatgegevens				Straling	N- depositie
		Temperatuur min	Temperatuur max	Temperatuur gem			
PEACH	d	e	e		e		
CITRUS	d	e	e		e		
Appel (G. Delicious)	d	e	e		e		
Kiwi	d			e	e		
Druif	d	e	e		e	e	

Plantgegevens															
Naam model	Boonsoorten	LAI	LUE	J _{max}	V _{cmax}	Transmissie	Plant-groeiparameters	Partitioneringsparameters	C in verschillende onderdelen	N in verschillende onderdelen	Aantal per opp	Bladrespiratie	Tak & wortelrespiratie	Vruchtrespiratie	Maintenance respiratie
PEACH CITRUS	e	e	e	e	e	e	e (SUCROS) e, blad, scheut, wortel, stam+takken, bloem, vrucht	e				e	e	e	
Appel (G. Delicious)	e	e	e			e	e, blad, scheut, vrucht	e				e	e	e	e
Kiwi		e	e			e	e, scheut, vrucht, stam, wortel	e				e	e	e	e
Druif		e	e				e	e	e	e	e				e

Bodemgegevens				
Naam model	SOM	N	N-Mineralisatie	N-verlies
PEACH CITRUS Appel (G. Delicious) Kiwi Druif	e	e	e	e