

**// OPTIMALISERING VAN LANDGEBRUIK NAAR MEERDERE DOELEN
MET BEHULP VAN
INTERACTIEVE MEERVOUDIGE DOELPROGRAMMERING
VOOR EEN GEBIED,
GELEGEN IN DE DISTRICTEN GUAPILES EN GUACIMO,
ZONA ATLANTICA, COSTA RICA
EEN TESTCASE**

A.M. Bok

Mei 1993

**CENTRO AGRONOMOICO TROPICAL DE
INVESTIGACION Y ENSEÑANZA - CATIE**

**UNIVERSIDAD AGRICOLA
DE WAGENINGEN - UAW**

**MINISTERIO DE AGRICULTURA Y
GANADERIA DE COSTA RICA - MAG**

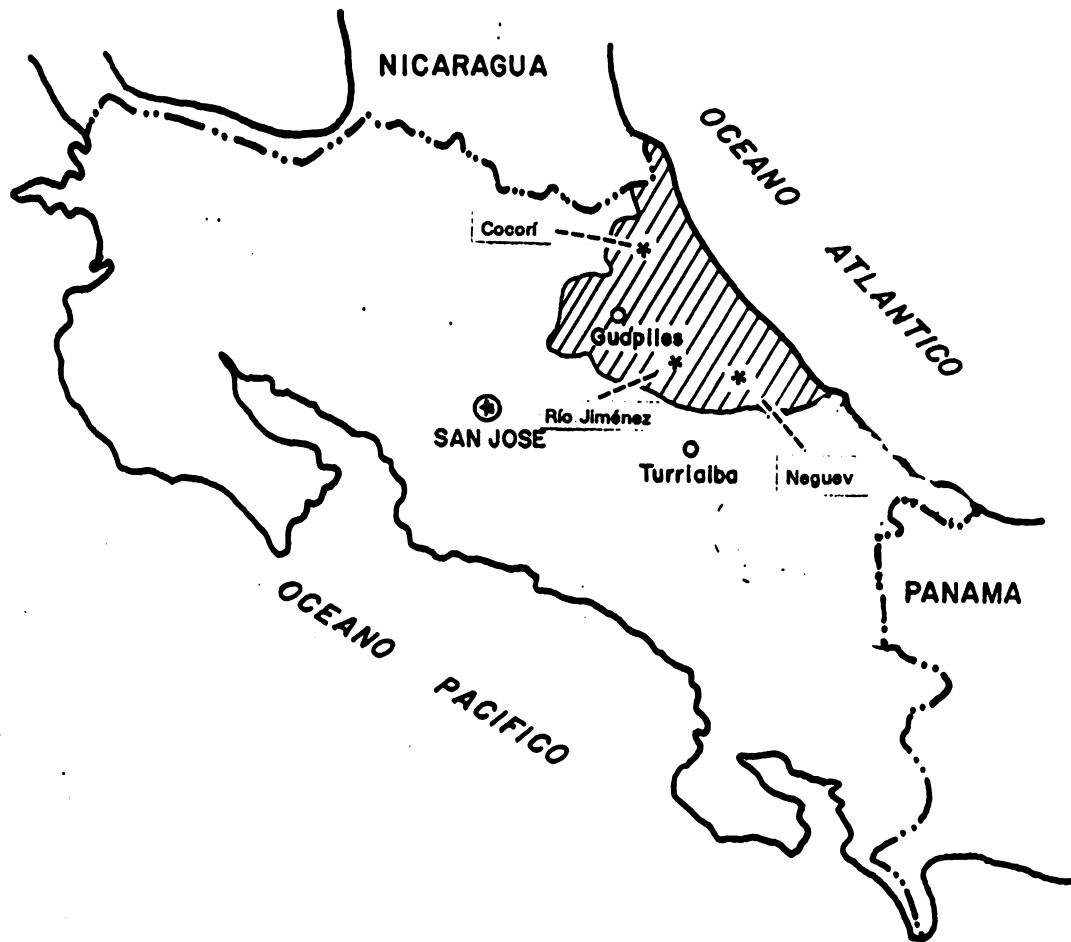


Figure 1. Location of the study area.

PREFACE

General description of the research programme on sustainable Landuse.

The research programme is based on the document "elaboration of the VF research programme in Costa Rica" prepared by the Working Group Costa Rica (WCR) in 1990. The document can be summarized as follows:

To develop a methodology to analyze ecologically sustainable and economically feasible land use, three hierarchical levels of analysis can be distinguished.

1. The Land Use System (LUS) analyses the relations between soil type and crops as well as technology and yield.
2. The Farm System (FS) analyses the decisions made at the farm household regarding the generation of income and on farm activities.
3. The Regional System (RS) analyses the agroecological and socio-economic boundary conditions and the incentives presented by development oriented activities.

Ecological aspects of the analysis comprise comparison of the effects of different crops and production techniques on the soil as ecological resource. For this comparison the chemical and physical qualities of the soil are examined as well as the pollution by agrochemicals. Evaluation of the groundwater condition is included in the ecological approach. Criteria for sustainability have a relative character. The question of what is in time a more sustainable land use will be answered on the three different levels for three major soil groups and nine important land use types.

Combinations of crops and soils

| | Maiz | Yuca | Platano | Piña | Palmito | Pasto | Forestal | | |
|----------|------|------|---------|------|---------|-------|----------|----|-----|
| | | | | | | | I | II | III |
| Soil I | x | x | x | | x | x | | | x |
| Soil II | | | | | | x | | | x |
| Soil III | x | | | x | x | x | | | x |

As landuse is realized in the socio-economic context of the farm or region, feasibility criteria at corresponding levels are to be taken in consideration. MGP models on farm scale and regional scale are developed to evaluate the different ecological criteria in economical terms or visa-versa.

Different scenarios will be tested in close cooperation with the counter parts.

The Atlantic Zone Programme (CATIE-AUW-MAG) is the result of an agreement for technical cooperation between the Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), the Agricultural University Wageningen (AUW). The Netherlands and the Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) of Costa Rica. The Programme, that was started in April 1986, has a long-term objective multidisciplinary research aimed at rational use of the natural resources in the Atlantic Zone of Costa Rica with emphasis on the small landowner.

SAMENVATTING

In dit onderzoek is een aanzet gegeven tot het gebruik interactieve meervoudige doelprogrammering bij landevaluatie op regionaal niveau van de Atlantische Zone van Costa Rica. De methode van meervoudige interactieve doelprogrammering wordt onder andere reeds toegepast voor gebieden in Israël (van Keulen, 1987). Het biedt de landplanner de mogelijkheid verschillende scenario's voor landgebruik in bepaalde gebieden door te rekenen.

Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van een model voor lineaire programmering. Lineaire programmering wordt veelvuldig gebruikt in de agrarische bedrijfseconomie, om die combinatie van activiteiten te bepalen, waarbij het hoogste financieel resultaat behaald wordt. Nu het model gebruikt werd voor landplanningsdoeleinden, werden een activiteit gedefinieerd als: een bepaald landgebruik, met een bepaald managementniveau op een bepaalde bodemeenheid. Er werden vier doelvariabelen ingevoerd, te weten: financieel resultaat, werkgelegenheid, startkapitaal en bodemdegradatie.

Als proefgebied werd gekozen een gebied van 12.000 hectare, gelegen in de cantons Guapiles en Guacimo, provincie Limon te Costa Rica. Van dit gebied was een kartering uitgevoerd op semidetailschaal (van Leeuwen et al). Voor het optimaliseringsmodel werden 15 bodemeenheden onderscheiden, die elk specifiek verschillende eigenschappen hebben wat betreft erosiegevoeligheid en fysieke opbrengst voor een aantal gewassen.

Er werden 8 gewassen onderscheiden. De gewassen konden grofweg in vier groepen worden ingedeeld: eenjarige gewassen met een "hoog" managementniveau, eenjarige gewassen met een "laag" managementniveau, meerjarige gewassen die geschikt zijn voor kleine producenten, meerjarige gewassen geschikt voor grote producenten.

De gegevens over gewassen en bodems waren grotendeels afkomstig uit de fieldreports van het Programma Zona Atlantica. Van een aantal gewassen waren ranges van opbrengsten op verschillende bodemeenheden bekend, voor een aantal bodems en gewassen werden schattingen gedaan.

Als factor voor duurzaam landgebruik werd de "Universal Soil Loss Equation" van Wischmeier gebruikt.

Tenslotte werd een berekeningsronde uitgevoerd volgens de methode van meervoudige interactieve doelprogrammering. Er werd geoptimaliseerd naar een maximaal financieel resultaat en minimale bodemdegradatie, terwijl het "investeringsniveau" van het gebied stapsgewijs omlaag werd gebracht.

Inhoudsopgave

pag

SAMENVATTING

| | |
|--|----|
| 1. Inleiding | 1 |
| 2. Methode | 2 |
| 3. Beschrijving van bodems en gewassen | 5 |
| 3.1 Beschrijving van het proefgebied | 5 |
| 3.2 Opties voor landgebruik | 9 |
| 4. Data in het optimaliseringsmodel | 14 |
| 4.1 Fysieke opbrengsten per hectare | 14 |
| 4.2 Factor voor duurzaam landgebruik | 17 |
| 4.3 Inputs en prijzen | 20 |
| 5. Resultaten van berekeningen | 22 |
| 6. Conclusie en aanbevelingen | 27 |
| Referenties | |

1. Inleiding

Bij het Programma Zona Atlantica, een samenwerkingsverband tussen de LU Wageningen, het CATIE en het Ministerie van Landbouw te Costa Rica, zijn in de afgelopen 3 jaar een groot aantal studies gedaan naar bodems en gewassen en teeltsystemen in de Atlantische Zone van Costa Rica. Deze studies zijn het uitgangspunt geweest van dit onderzoek. Het onderzoek werd uitgevoerd in het kader van een afstudeervak voor bodeminventarisatie en landevaluatie. In deze studie wordt een aanzet gegeven voor de combinatie van bodemkundige, plantenteeltkundige en economische gegevens in een model voor regionale planning.

In het model worden gegevens over bodems en landgebruik van een studiegebied ingevoerd. Met behulp van meervoudige interactieve doelprogrammering kan vervolgens het landgebruik geoptimaliseerd worden naar doelen die de gebruiker belangrijk vindt. (bijvoorbeeld: een maximale financiële opbrengst of minimale erosie)

Het doel van dit onderzoek was ten eerste het testen van het model op haar mogelijkheden voor het gebruik bij landevaluatie. Ten tweede werd onderzocht in hoeverre er bij het Programa Zona Atlantica reeds voldoende data beschikbaar zijn om met een dergelijk planningsmodel al betrouwbare voorspellingen te doen.

Voor deze test werd gebruik gemaakt van een bodemkartering op semidetailschaal in een gebied in de Atlantisch Zone, uitgevoerd door van Leeuwen et al. (1988). Gegevens over gewassen werden verzameld uit de studentenverslagen die verschenen als fieldreports bij het Programma.

In hoofdstuk 2 wordt een beschrijving gegeven van de methoden die gebruikt zijn bij het onderzoek. In hoofdstuk 3 worden de bodems en gewassen van het proefgebied beschreven. In hoofdstuk 4 worden de data en relaties weergegeven zoals die verwerkt zijn in het model. In hoofdstuk 5 worden een aantal resultaten van berekeningen van het model gepresenteerd. In hoofdstuk 6 volgen tenslotte de conclusie en aanbevelingen.

2. Methode

Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van een Lineair Programmerings model (voortaan LP model genoemd). In dit geval werd het model gebruikt om het landgebruik in het studiegebied Rio Jimeneze te optimaliseren naar meerdere doelen.

Het LP model

Lineaire programmering wordt in de (agrarische) bedrijfseconomie gebruikt om die combinatie van produktiemiddelen te berekenen waarbij een optimaal bedrijfssaldo wordt behaald.

Aan de hand van beschikbare gegevens worden alle activiteiten gedefinieerd die mogelijk zijn binnen het bedrijf. Deze activiteiten leggen elk in een bepaalde mate beslag op al dan niet gelimiteerde produktiemiddelen, grond, arbeid en kapitaal. Van elke activiteit is het saldo per hectare bekend.

Wiskundig geformuleerd komt het planningsprobleem dan op het volgende neer:

$$\text{Maximaliseer } \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

$$\text{onder voorwaarde } \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j < b_i \quad (i = 1 \text{ t/m } m)$$

$$\text{en } x_j > 0 \quad (j = 1 \text{ t/m } n)$$

waarbij

P_j ($j = 1 \text{ t/m } n$) = een willekeurige activiteit j van de n gedefinieerde activiteiten

P_i ($i = 1 \text{ t/m } m$) = een willekeurige beperking i van de m gedefinieerde beperkingen

b_i = beschikbare hoeveelheid van de gelimiteerde factor i

a_{ij} = de behoefte aan de gelimiteerde factor P_i per eenheid van activiteit P_j

c_j = de bijdrage aan het doel (opbrengstmaximalisatie) per eenheid van activiteit P_j

x_j = de hoeveelheid waarmee activiteit P_j in het te berekenen bedrijfsplan zal voorkomen

Op basis van de vastgelegde relaties wordt vervolgens een begintableau opgesteld. Door een cyclus van saldoberekeningen onder verschillende combinaties van activiteiten wordt het optimale bedrijfsplan berekend.

De doelstelling van een ondernemer is vaak niet enkelvoudig, maar samengesteld van aard. Er kan gesproken worden over een doelstellingenpakket. Zoals boven beschreven staat, wordt door het LP model slechts één bepaalde lineaire doelfunctie geoptimaliseerd. Het gegeven dat er in feite meerdere doelstellingen zijn, wordt in het algemeen opgelost door één element als de te optimaliseren doelfunctie aan te merken en de overige elementen van het doelstellingenpakket als randvoorwaarden op te nemen (Renkema, 1972).

Interactieve meervoudige doelprogrammering

Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van de methode "Interactive Multiple Goal Programming", zoals die o.a. beschreven wordt door Van Keulen (1987). Zij wordt toegepast in situaties waar sprake is van een probleem dat naar meerdere doelen tegelijk geoptimaliseerd moet worden. De methode is gebaseerd op een iteratie van berekeningen met behulp van lineaire programmering. In de eerste ronde van berekeningen wordt elk doel apart geoptimaliseerd. In deze ronde worden de overige doelen steeds op dusdanige waarden gesteld, dat het te optimaliseren doel hierdoor niet beperkt wordt. Hiermee is het "oplossingsgebied" bepaald (figuur 1). Hierna volgt een stapsgewijze optimalisatie onder steeds strengere restricties. De prioriteiten die verschillende gebruikers stellen aan de verschillende doelen, bepalen tot welke oplossing binnen de oplossingsruimte men komt.

Definitie van de verschillende activiteiten ten bate van dit onderzoek.

Voor dit onderzoek werd een activiteit als volgt gedefinieerd: De teelt van een gewas met een bepaald "managementniveau" op een bepaalde bodemeenheid in het gebied. Elke activiteit legt beslag op de produktiemiddelen grond, arbeid en kapitaal, heeft een bepaalde "erosiecoëfficiënt" en levert een bepaald saldo op. Er werden vier doelen geformuleerd, te weten:

- minimaliseren van de bodemdegradatie. Bodemdegradatie werd in dit geval vertaald in termen van "Het aantal tonnen grondverlies per hectare als gevolg van erosie."

- maximaliseren van het saldo voor het gehele gebied. Het saldo per hectare wordt gedefinieerd als:

$$F * P - VK$$

F = Fysieke opbrengst van gewas X in een heden (tonnen, kg of stuks)

P = Prijs voor een eenheid van produkt X

VC = Variabele kosten voor de teelt van een hectare van gewas X

- minimaliseren van het startkapitaal dat benodigd is voor de teelt van gewassen in het gebied. Kleine boeren kunnen geen gewassen verbouwen die een hoge begininvestering vragen. Als het totaal beschikbaar startkapitaal geminimaliseerd wordt, of onder een bepaalde waarde wordt gehouden, dan wordt het areaal met gewassen die geschikt zijn voor kleine boeren hierdoor gunstig beïnvloed.
- minimaliseren of juist maximaliseren van de benodigde hoeveelheid arbeid. Afhankelijk van de arbeidsbeschikbaarheid kan geoptimaliseerd worden naar een zo hoog mogelijke werkgelegenheid, of naar het maximale saldo onder een beperkte arbeidsbeschikbaarheid.

Verzamelen van gegevens voor het onderzoek

Zoals uit het bovenstaande mag blijken, is er voor het uitvoeren van een Meervoudige Interactieve Doelprogrammering een schat aan gegevens vereist. Per bodemeenheid zijn gegevens nodig over de erosiegevoeligheid, de opbrengst van de gewassen. Per gewas zijn gegevens nodig van marktprijzen, inputs, arbeidsintensiteit en startkapitaal. Een groot deel van de vereiste gegevens was beschikbaar door studentenverslagen van het Programma Zona Atlantica. De gegevens die niet beschikbaar waren, zijn zo goed mogelijk geschat. Het model dat hier gepresenteerd wordt moet worden gezien als een test van de mogelijkheden van Interactive Multiple Goal Programming bij een landevaluatie.

3. Beschrijving van bodems en gewassen.

3.1 Beschrijving van het proefgebied

Het proefgebied is gelegen in de Atlantische zone van Costa Rica, in de cantons Gapiles en Guacimo, provincia Limón. De totale oppervlakte is 12000 hectare. In 1987 werd er een kartering uitgevoerd op semidetail niveau (van Leeuwen, 1987). Het klimaat in het gebied is tropisch humied. De jaarlijkse neerslag is 4420 mm en de gemiddelde jaarlijks temperatuur is 26.5°C. De voornaamste vormen van landbouw zijn grasland met extensieve veeteelt en de bananenteelt. Hiernaast zijn mais, cassave, diverse palmsorten, bonen en yam aanwezig. De belangrijkste problemen voor gewassen in het gebied zijn plaatselijk slechte drainage, gedeeltelijk veroorzaakt door hoge neerslag, oppervlakte stenigheid, bewortelbare diepte en relief. (Stoorvogel, 1988)

Beschrijving van de bodems in het LP model

Voor de beschrijving van de bodemeenheden is gebruik gemaakt van de kartering zoals die werd uitgevoerd door van Leeuwen et al. (1987). Een deel van deze bodemkaart werd gedigitaliseerd en ingevoerd op de GISVAX van de stichting voor bodemkartering met behulp van het Arc Info syteem. Voor elk polygoon zijn de volgende gegevens opgenomen:

- diepte
- textuur op vier dieptes, 15, 45, 75, 105 cm
- stenigheid
- helling
- drainage

Ten behoeve van het IMGp "spel" is het aantal verschillende bodemeenheden gereduceerd tot 15. Elke bodemeenheid heeft specifiek verschillende eigenschappen ten wat betreft erosie en fysieke opbrengst van de geselecteerde gewassen. In de nu volgende alinea's volgt een uitgebreidere beschrijving van elke afzonderlijke bodemeenheid.

Unión.

Het is een bodem die ontwikkeld is in alluviale afzettingen. De textuur van de bovenste 60 centimeter is lemig, maar wordt naar beneden grover. De ontwatering is goed. De bodem heeft een donkerbruine kleur. De bodemeenheid wordt gevonden op een niveau tussen 90 en 250 m. Het relief is vlak tot "undulating".

Gegevens

| | |
|---------------|-------------|
| diepte | 80 cm |
| textuur 15 cm | leem |
| 45 cm | zandig leem |
| 75 cm | zandig leem |
| 105 cm | --- |
| stenigheid | 0 - 0.01% |
| helling | 0 - 5% |
| drainage | goed |

Binnen de eenheid Unión werden de volgende subeenheden onderscheiden.

1. Unión p (4738 ha) : Deze eenheid heeft exact de eigenschappen zoals ze hierboven beschreven zijn.
2. Unión s (1056 ha) : Deze eenheid heeft de eigenschappen zoals die hierboven beschreven zijn, met uitzondering van de stenigheid. De oppervlakte stenigheid van deze eenheid is hoger dan 0.01% .
3. Unión h (234 ha) : Deze eenheid heeft alle bovenbeschreven kenmerken, behalve die van het hellingspercentage. Het hellingspercentage van deze eenheid is groter dan 5%.
4. Unión o (196 ha) : Deze eenheid valt landschappelijk gezien binnen de eenheid Unión. De diepte van de bodem is echter niet groter dan 30 cm.

Het huidige landgebruik bestaat voornamelijk uit bananen en grasland.

Anita Grande

Deze eenheid is ontwikkeld in alluviale afzettingen waarvan de

bovenste 60 cm. bestaat uit fluviatueel materiaal met een siltige leem textuur. Deze sedimenten zijn afgezet over een oude lahar. Vanaf 60 cm. wordt een kleiige textuur aangetroffen. De bodems hebben een goed ontwikkelde A-horizont op een fijne B-horizont met een slechte structuur. Deze eenheid komt voor op een niveau tussen 130 en 160 cm. Het relief is zwak undulating.

Gegevens

| | |
|---------------|-------------|
| diepte | 80 - 120 cm |
| textuur 15 cm | siltig leem |
| 45 cm | siltig leem |
| 75 cm | klei leem |
| 105 cm | ----- |
| stenigheid | 0 - 0.1% |
| helling | 0 - 5% |
| drainage | goed |

Onderverdeling

5. Anita Grande p (1269 ha) : Dit is de eenheid zoals die hierboven beschreven staat.
6. Anita Grande s (384 ha) : Dit is de eenheid zoals die hierboven beschreven staat, met die uitzondering dat de oppervlakte stenigheid groter is dan 0.01% .

Het landgebruik bestaat voornamelijk uit grasland.

Lahar

Deze eenheid is ontwikkeld in relatief jonge lahars. De A - horizont heeft een dikte van 60 cm en heeft een vrij zware textuur. De kleur van de grond is roodbruin. Deze bodemeenheid heeft een lage natuurlijke vruchtbaarheid en wordt verder gekenmerkt door een lage pH. De ontwatering van deze eenheid is in het algemeen goed. Er bestaat gevaar voor compactie.

Gegevens

| | |
|---------------|------------------|
| diepte | 80- 120 cm |
| textuur 15 cm | siltig klei leem |
| 45 cm | siltig klei leem |
| 75 cm | siltig klei leem |
| 105 cm | ----- |
| stenigheid | 0 - 0.1% |
| helling | 0 - 5% |
| drainage | goed |

Onderverdeling

7. Lahar p (544 ha): Deze eenheid heeft alle eigenschappen zoals die boven beschreven zijn.
8. Lahar o (142 ha): Deze bodemeenheid heeft de eigenschappen zoals die boven beschreven zijn. De bodems zijn ondieper dan 30 cm.
9. Lahar h (446 ha): Deze bodemeenheid wordt van Lahar p onderscheiden door het feit dat het hellingspercentage hoger is dan 5%.

Het landgebruik op deze eenheid bestaat uit grasland, guave, cassave en annanas. Opvallend is dat guave, cassave en annanas gewassen zijn die ongevoelig zijn voor lage bodemvruchtbaarheid. Het huidig landgebruik is al enigszins aangepast aan de geschiktheid van de bodems.

Zandgronden

Deze gronden worden dicht bij de rivier aangetroffen en zijn van recent aluviale oorsprong. De gronden zijn donkerbruin gekleurd. Ze hebben een zandige textuur en een matig ontwikkelde structuur. Het profiel is vaak zeer stenig. De vruchtbaarheid van deze bodems is waarschijnlijk laag.

Gegevens

| | |
|---------------|-------------|
| diepte | 80 cm |
| textuur 15 cm | zandig leem |
| 45 cm | lemig zand |
| 75 cm | zand |
| 105 cm | ----- |
| stenigheid | 0 - 0.1% |
| helling | 0 - 5% |
| drainage | goed |

Onderverdeling

10. Zand p (594 ha): Deze bodemeenheid heeft de bovenbeschreven eigenschappen.
11. Zand o (759 ha): Deze bodemeenheid heeft de eigenschappen zoals die hierboven beschreven werden, met die uitzondering dat de bodems ondieper zijn dan 30 cm.

12. Zand h (380 ha): Deze eenheid heeft alle eigenschappen van de zandgrond. De helling van deze eenheid is echter groter dan 2%.

Het landgebruik op deze eenheid bestaat vnl. uit grasland. Soms wordt er wat mais geteeld, soms ook ligt het geheel braak.

Iruzu

Deze eenheid wordt voornamelijk bepaald door één eigenschap, namelijk de slechte drainage. De eenheid ligt op de laag gelegen plaatsen in het proefgebied. De bodems hebben boven in het profiel een siltige tot lemige textuur. Dieper in het profiel wordt de textuur steeds grover. Het profiel is licht tot zeer stenig.

Gegevens

| | |
|---------------|------------------|
| diepte | 80 - 120 cm |
| textuur 15 cm | klei leem |
| 45 cm | klei leem |
| 75 cm | zandig klei leem |
| 105 cm | ---- |
| stenigheid | 0 - 0.1% |
| helling | 0 - 5% |
| drainage | slecht |

Onderverdeling

13. Iruzu p (851 ha): Dit is de bodemeenheid zoals die hierboven beschreven werd.

14. Iruzu o (122 ha): Deze bodemeenheid heeft alle eigenschappen zoals die beschreven zijn. De diepte van de bodems is echter niet groter dan 30 cm.

15. Iruzu s (263 ha): Deze bodemeenheid heeft een oppervlakte stenigheid die hoger is dan 0.01 %.

Het landgebruik op deze eenheid bestaat voornamelijk uit grasland.

3.2 Opties voor landgebruik

Voor het optimaliseringsmodel is gekozen voor 8 verschillende land/tuinbouw gewassen. Ook (extensieve) veeteelt vormt een belangrijk onderdeel van het huidige landgebruik in het proefgebied. Tot op heden is er echter nog te weinig bekend over opbrengsten per hectare van veeteelt en over het effect van slechte bodemomstandigheden op die opbrengsten. Om deze redenen is

de veeteelt niet opgenomen in het optimaliseringsmodel. De gewassen die gekozen zijn voor het gebruik in het model kunnen worden ingedeeld in drie hoofdgroepen, namelijk eenjarige gewassen zoals mais en cassave, meerjarige gewassen met lage inputs zoals palmito, ananas, cacao en bakbanaan en meerjarige gewassen met hoge inputs, zoals banaan en macadamia.

Gegevens over de gewassen, de opbrengsten en inputs werden grotendeels verkregen uit "Fieldreports" van het Programma Zona Atlantica.

In de nuvolgende alinea's wordt een beschrijving gegeven van de gewassen die gebruikt zijn in het Model voor Interactieve Doelprogrammering.

1. Mais

Mais is een zeer belangrijk gewas voor de Zona Atlantica. Het wordt voornamelijk verbouwd door de kleine en middelgrote boeren van het gebied. Mais is een eenjarig gewas. Per jaar wordt twee maal geoogst. In het zomerseizoen en in het winterseizoen (Brink, 1987). Dit is voordelig voor de kleine boer. Er hoeft steeds maar voor een korte periode geld geleend te worden. Mais is een veeleisend gewas. Het verlangt een hoge bodemvruchtbaarheid, een gunstige pH en een goede drainage. Vooral een lage vruchtbaarheid en een lage pH doen de opbrengsten sterk dalen (Van Uffelen, 1989). Voor het optimaliseringsmodel zijn twee vormen van maisteelt ingevoerd. De eerste vorm is die met zeer lage inputs en "zero tillage". De tweede vorm is maisteelt met normale inputs (ploegen en gebruik van herbiciden).

1.1 Mais met lage inputs

Hierbij wordt "zero tillage" toegepast. De stoppels van de vorige oogst blijven op het land staan en bij het zaaien voor het volgende gewas wordt alleen een voor getrokken om de zaden in te leggen. Er worden geen insecticiden en herbiciden gebruikt. Het blijkt dat er minder ziekten en plagen voorkomen in het gewas. (Manuel Carballo Vargas, 1982) Het voordeel van deze manier van mais verbouwen komt vooral naar voren op de hellingen. De cropfactor (erosievergelijking van Wischmeier) is duidelijk lager bij het no tillage systeem.

De fysieke opbrengst bij dit systeem is echter 22% lager dan bij het "normale" systeem (Vargas, 1982)

1.2 Mais met "normale" inputs

Hierbij wordt voorafgaand aan het zaaien geploegd en er wordt gebruik gemaakt van herbiciden en insecticiden, zoals dit gebruikelijk is in de Atlantische Zone van Costa Rica (Brink, 1987). De opbrengst is dan hoger, maar op een helling is de erosiefactor ongeveer anderhalf maal zo groot (Wischmeier, 1976)

2. Cassave

Cassave is een eenjarig gewas. Het gewas wordt voornamelijk geteeld door kleine en middelgrote boeren. Cassave heeft een groeidiur van 12 maanden. In tegenstelling tot het gewas mais wordt er dus slechts een keer per jaar geoogst. Dit is minder gunstig voor de boer, die zijn investering pas na een jaar terugziet. Cassave stelt geen grote eisen aan de vruchtbaarheid van de bodem (Erenstein, 1988).

Het gewas geeft op zeer onvruchtbare bodem nog hoge opbrengsten. Het geeft zelfs de voorkeur aan gronden met een iets lagere vruchtbaarheid. Cassave heeft verder een hoge tolerantie voor een lage zuurgraad van de grond (pH range: 3.8 - 7). Cassave is gevoelig voor een slechte drainage. Slechte drainage veroorzaakt wortelrot (Fukai, 1985).

Cassave is een wortelgewas. Het geeft de voorkeur aan bodems met een diepte van minimaal 67 cm.

Ook voor het gewas Cassave zijn een laag en een hoog managementniveau onderscheiden. Het eerste is gebaseerd op het managementniveau zoals dit wordt aangetroffen in het proefgebied (O. Erenstein, 1987)

Het tweede managementniveau wordt bepaald door de arbeid en inputs, zoals die worden aangegeven door Fukai (1985). Fukai geeft een uitvoerige omschrijving van het gewas cassave en geeft aan dat de gemiddelde opbrengsten voor cassave ongeveer twee maal zo hoog (kunnen) liggen als de opbrengsten die Erenstein (1988) verzameld heeft in het proefgebied.

3. Ananas

In de Atlantische Zone is Ananas een gewas dat verbouwd wordt door kleine producenten. Tot op heden wordt ananas op kleine schaal verbouwd. Het gewas is samen met cassave van alle gewassen het minst gevoelig voor lage vruchtbaarheid en lage pH van de grond. Het gewas is zeer gevoelig voor vochtoverlast. Omdat het gewas niet

bodembedekkend is. treedt op hellingen erosie op (van Ee en Helmer, 1988). Boeren uit de Zona Atlantica geven aan dat het saldo per hectare voor ananas gelijk is aan 391650 colones per hectare. Dit komt ongeveer overeen met fl 11.000 (van Ee en Helmer, 1988). Het is zeer waarschijnlijk aan de hoge kant, wat door de schrijvers van het rapport ook wordt gesuggereerd. In het model is daarom gekozen voor een saldo van fl.3666.- per hectare
Ananas wordt geproduceerd voor de lokale markt en voor eigen consumptie.

4. Palmito

Palmito is een meerjarig gewas en nieuw in het gebied. Het is een palmsoort, waarvan de jonge scheuten verkocht worden (palmhart). Er wordt het hele jaar door geoogst. Het is een gewas dat geschikt is voor kleine producenten. Het gewas stelt geen hoge eisen aan de bodem. (de Haan, 19881)

5. Bakbanaan.

Bakbanaan is een meerjarig gewas dat voornamelijk door kleine en middelgrote producenten geteeld wordt. Er wordt gedurende het gehele jaar geoogst. (Roseboom, 1988). Het gewas is niet zeer arbeidsintensief.

Het gewas lijkt wat betreft haar eisen aan de bodem en klimaat sterk op de banaan (zie gewas no. 7)

6. Cacao

Dit is een meerjarig gewas. In de Atlantische Zone is het een gewas dat voornamelijk door kleine en middelgrote producenten verbouwd wordt. Cacao groeit optimaal onder tropisch humide omstandigheden op een hoogte tussen 0 m en 300 m boven zeeniveau. De optimale jaarlijkse neerslag en de optimale jaarlijkse temperatuur worden geschat op respectievelijk 2500 mm. en 26°C. De belangrijkste eisen die cacao aan de bodem stelt zijn: een goede ontwatering en voldoende diepte (minimaal 70 cm). Vroeger werd zeer veel cacao geteeld in de Atlantische Zone. Het was een gewas dat weinig arbeidsintensief was (tot 0.05 manjaar per hectare). Sinds enige tijd echter heeft het gewas een schimmelziekte (Monilia Roreiri) die de vrucht direct aantast. Tegenwoordig wordt weer cacao verbouwd met een hibride ras dat door het CATIE verstrekt wordt. Als men een goede oogst (1000 kg per jaar) wil behalen, dan moet men het gewas goed onderhouden. Dit heeft tot gevolg dat het vereiste startkapitaal (plantmateriaal) duurder is geworden en de arbeidsintensiteit van het gewas sterk gestegen is (0.25 manjaar per hectare).

7. Banaan

Banaan is een meerjarig gewas dat alleen door grote producenten geteeld wordt. Het minimum areaal van een bananenplantage is ongeveer 100 ha. Het gewas stelt hoge eisen aan de bodem

Banaan is een gewas dat zeer gevoelig is voor zowel overmatige droogte als voor slechte ontwatering (Veldkamp et.al). In het artikel van Veldkamp worden opbrengstcijfers gegeven van banaan op bodems met verschillende drainageklassen. Dit levert significante verschillen op.

Het gewas stelt verder stelt hoge eisen aan de bodem wat betreft de textuur, structuur en bodemvruchtbaarheid (Stoorvogel, 1988).

Tenslotte is het voor bananenplantages belangrijk dat de topografie van de bodem vlak is. Dit in verband met de aanleg van kabelsystemen voor de oogst en drainagekanalen. Deze beperking voor het landgebruik geldt niet voor bakbanaan.

8. Macadamia

Dit is een meerjarig gewas dat nieuw is in de Atlantische Zone. Het produkt is de Macadamianoot. Deze noot levert een goede prijs op bij de export. Macadamia wordt voornamelijk op grote schaal geteeld (60 ha) en vergt een hoge begininvestering per hectare. Het startkapitaal is na 2 à 3 jaar terugverdiend. Voor kleine producenten is het echter onmogelijk om Macadamia te verbouwen, omdat ze na een jaar al het geleende geld moeten terugbetalen. (de Haan, 1988.2). Macadamia is een diep wortelend gewas. De bodem moet minimaal 75 cm. diep zijn. Verder mag de oppervlakte stenigheid niet groter zijn dan 0.01%. omdat dit de oogst (noten rapen) bemoeilijkt. Tenslotte vraagt Macadamia om een niet te zware textuur.

4. Data in het optimaliseringsmodel

Voor elk gewas in het LP - model werden op elke bodemeenheid de volgende parameters bepaald:

- de fysieke opbrengst in eenheden per hectare per jaar,
- de prijs per eenheid produkt,
- het benodigd startkapitaal,
- jaarlijkse kosten, arbeidsintensiteit,
- het aantal tonnen bodemverlies per hectare.

Deze getallen konden gedeeltelijk worden afgeleid uit de literatuur en gedeeltelijk werden ze geschat op basis van beschikbare gegevens. In de tabellen 1 t/m 6 wordt een overzicht gegeven van de gebruikte getallen. In de volgende paragrafen zullen deze tabellen besproken worden.

4.1 Fysieke opbrengsten per hectare.

In tabel 1. worden per bodemeenheid de gegevens weergegeven van de fysieke opbrengsten per hectare zoals die gebruikt zijn in het LP model. In paragraaf 3.2 werden de gewassen besproken en hun specifieke eisen aan de bodem. Op basis van de beschikbare gewas- en bodemgegevens van het proefgebied en van de Atlantische Zone van Costa Rica, werd elk gewas de opbrengst op de verschillende bodemeenheden geschat.

Mais: De gegevens voor opbrengsten voor het gewas mais zijn verzameld op basis van de verslagen van Brink (1988), van Uffelen (1989). Ranges van opbrengsten voor mais op verschillende bodemeenheden in de Atlantische Zone (Neguev), werden beschreven door van Uffelen (1989). Een aantal bodems in het proefgebied (Unión, Anita Grandae en Lahar) konden gecorreleerd worden met de bodems die van Uffelen beschreef en waarvan data over opbrengsten van mais verzameld waren. Op basis van de gegevens van van Uffelen werden voor mais opbrengsten berekend. De opbrengsten voor mais op de bodemeenheid Zandgrond werd gelijk gesteld aan de opbrengsten op de bodem Lahar. Er werd verondersteld dat de bodemvruchtbaarheid van de zandgrond laag zou zijn. Voor de bodem Iruzu is als uitgangspunt gekozen dat er als gevolg van slechte drainage een opbrengstreduktie optreedt van 25 %. Dit is een schatting. Voor het gewas zijn twee managementniveaus gedefinieerd. De verhouding tussen de opbrengsten bij de verschillende niveaus van management, zijn gebaseerd op de proefresultaten van Vargas (1985). Deze voerde een veldproef uit met mais op twee managementniveaus in de Atlantische Zone van Costa Rica.

Cassave: De opbrengstgegevens voor cassave zijn gebaseerd op het verslag van Erenstein (1988). Erenstein heeft in het gebied Rio

opbrengsten op verschillende bodemeenheden bekend. Cassave is, zoals al beschreven in paragraaf 3.2 weinig tot ongevoelig voor lage bodemvruchtbaarheid, maar is extreem gevoelig voor een slechte drainage van de grond. Verder is het van belang dat voor cassave de grond voldoende diep is (Fukai, 1985)

Tabel 1: Fysieke opbrengst per hectare van de gewassen op de verschillende bodemeenheden.

| | <u>mais</u> ton | <u>cass.</u> ton | <u>ananas</u> | <u>palmito</u> stuk | <u>bakban.</u> stuk | <u>cacao</u> kg | <u>ban.</u> ton | <u>macad.</u> kg |
|-----------------|--------------------|---------------------|---------------|------------------------|------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| <u>Unión p</u> | 4.680 6.000 | 32.0 50.0 | 15666 | 4785 | 1196 | 1000 | 41.72 | 4200 |
| <u>Unión s</u> | 4.680 6.000 | 25.6 40.0 | 15666 | 4785 | 1076 | 1000 | 37.55 | 2000 |
| <u>Unión h</u> | 4.680 6.000 | 25.6 40.0 | 15666 | 4785 | 1076 | 1000 | 0 | 4200 |
| <u>Unión o</u> | 4.680 6.000 | 25.6 40.0 | 15666 | 4785 | 1076 | 500 | 20.0 | 2000 |
| <u>AnitaG p</u> | 4.680 6.000 | 28.0 43.75 | 15666 | 4785 | 1196 | 1000 | 41.72 | 4158 |
| <u>AnitaG s</u> | 4.680 6.000 | 28.0 43.75 | 15666 | 4785 | 1196 | 1000 | 41.72 | 3570 |
| <u>Lahar p</u> | 2.574 3.300 | 28.0 43.75 | 15666 | 4785 | 884 | 1000 | 30.84 | 3780 |
| <u>Lahar o</u> | 2.574 3.300 | 22.4 35.0 | 15666 | 4785 | 598 | 500 | 20.0 | 2000 |
| <u>Lahar h</u> | 2.574 3.300 | 28.0 43.75 | 15666 | 4785 | 598 | 1000 | 0 | 3780 |
| <u>Zand p</u> | 2.574 3.300 | 32.0 50.0 | 15666 | 4785 | 1076 | 1000 | 41.72 | 4200 |
| <u>Zand o</u> | 2.574 3.300 | 25.6 40.0 | 15666 | 4785 | 897 | 500 | 20.0 | 4200 |
| <u>Zand h</u> | 2.574 3.300 | 25.6 40.0 | 15666 | 2393 | 897 | 1000 | 0 | 2000 |
| <u>Iruzu p</u> | 3.510 4.500 | 20.0 20.0 | 7833 | 2393 | 658 | 500 | 22.95 | 2000 |
| <u>Iruzu o</u> | 3.510 4.500 | 20.0 20.0 | 7883 | 2393 | 658 | 500 | 20.0 | 2000 |
| <u>Iruzu s</u> | 3.510 4.500 | 20.0 20.0 | 7833 | 2393 | 658 | 500 | 20.0 | 2000 |

Ananas: Van ananas is de gemiddelde fysieke opbrengst bekend (15666 stuks per hectare (Van Ee en Helmer, 1988) Als deze opbrengst wordt aangehouden dan komt het saldo per hectare wel erg hoog uit. De fysieke opbrengst die is aangenomen voor ananas in het LP model is daarom 5222 stuks per hectare.

Ananas is een erg gemakkelijk gewas. De opbrengst lijdt niet onder lage bodemvruchtbaarheid of geringe bodemdpte. Een bodemdpte

fysieke opbrengst die is aangenomen voor ananas in het LF model is daarom 5222 stuks per hectare.

Ananas is een erg gemakkelijk gewas. De opbrengst lijdt niet onder lage bodemvruchtbaarheid of geringe bodemdiepte. Een bodemdiepte van 25 cm. is voor ananas reeds voldoende (Bartholomew, 1987). Het gewas is gevoelig voor slechte drainage. Onder slechte drainageomstandigheden treedt wortelrot op. In het model wordt bij slechte drainage (zie tabel 1) de opbrengst tot de helft gereduceerd.

Palmito: Palmito is een gewas dat nieuw is in de Atlantische Zone. Op basis van het verslag van de Haan (1988) wordt aangenomen dat de opbrengst voor Palmito gelijk is aan 4785 stuks per hectare. Palmito is een gemakkelijk gewas dat net als ananas niet erg gevoelig is voor lage vruchtbaarheden lage pH en ondiepe bodems. Wel is ook dit gewas gevoelig voor slechte drainage (de Haan, 1988). Er wordt aangenomen dat de opbrengst als gevolg van slechte drainage tot de helft wordt gereduceerd.

Bakbanaan: De gemiddelde fysieke opbrengst van bakbanaan werd beschreven door Roseboom (1988). Bakbanaan is een gewas dat gevoelig is voor zowel slechte drainageomstandigheden als voor lage vruchtbaarheid als voor ondiepe bodems. Het is in dit opzicht te vergelijken met banaan. Veldkamp (1988) beschrijft opbrengsten van bananen op verschillende bodemeenheden in een bananenplantage. De bodems zoals die beschreven werden door Veldkamp konden gedeeltelijk gecorreleerd worden met de bodems die in het studiegebied gevonden werden. De verhouding tussen de opbrengsten van bananen op de verschillende bodems zijn overgenomen voor bakbanaan.

Cacao: De opbrengst voor Cacao is geschat op basis van een persoonlijke mededeling van Waayenberg. Cacao is een relatief makkelijk gewas en wordt over de hele wereld dan ook op zeer uiteenlopende bodemtypes gevonden (Wood, 1985). Een goede drainage en voldoende diepte zijn echter vereist. Op ondiepe of slecht gdraineerde bodems kan cacao niet groeien. Er is daarom aangenomen dat de opbrengst hierdoor tot 10 % gereduceerd wordt.

Banaan: Banaan is een gewas dat zeer hoge eisen aan de bodem stelt en daarom alleen op de beste gronden van de Atlantische Zone gevonden wordt. Veldkamp geeft opbrengsten voor banaan op verschillende bodemeenheden. Verder wordt aangenomen dat op ondiepe gronden de oogst tot de helft gereduceerd wordt en wordt op eenheden met een hellingspercentage groter dan 10% geen banaan geteeld.

Macadamia: De gegevens voor de fysieke opbrengst voor macadamia is gebaseerd op het verslag van de Haan (1988). Macadamia stelt hoge eisen aan de grond. Het gewas vereist een goede drainage, een grote diepte en een goede bodemvruchtbaarheid. ten slotte verlangt het gewas ook een lage oppervlaktestenigheid. De noten worden van de grond geraapt. Een hoge oppervlaktestenigheid bemoeilijkt de oogst. De opbrengstdalingen als gevolg van ondiepe bodem, oppervlaktestenigheid en slechte drainage werden geschat.

4.2 Factor voor duurzaam landgebruik.

Er wordt gestreefd naar duurzaam landgebruik in de Atlantische Zone van Costa Rica. Om dit doel te optimaliseren in een optimaliseringsmodel als IMLP, moet ook de bodemdegradatie als doelvariabele worden ingevoerd. Hiervoor is is het nodig dat de degradatie van bodems als gevolg van landgebruik in cijfers wordt gevat.

Een voorbeeld van degradatie als gevolg van landgebruik in de Atlantische Zone van Costa Rica, is compactie. (Spaans, 1989). Na ontbossing treedt een verandering van de poriengrootteverdeling van de grond op. De infiltratiecapaciteit van de grond wordt lager en er kan schade optreden in het gewas. Dit wordt veroorzaakt door een lange blootstelling aan zuurstofgebrek. Op bodems die op hellingen gelegen zijn, kan eerder oppervlakkige afstroming optreden. Dit zal het erosieproces bevorderen. Hoewel compactie van de bodem haar bijdrage levert aan het proces van bodemdegradatie, is haar effect op waterhuishouding in de grond en erosiegevoeligheid nog onvoldoende onderzocht om een enigszins betrouwbare "compactiecoëfficiënt" af te leiden. waarmee de graad van compactie aangegeven kan worden.

Een bodemdegradatiefactor die zich wel leent voor gebruik in een model voor regionale landplanning, is die, berekend volgens de "Universal Soil Loss Equation" van W.H Wischmeier (1976):

A = RKLSCP (in tonnen grondverlies per hectare)

Waarbij A = bodemverlies in tonnen per hectare

R = Rainfall en Runoff factor

K = Soil erodibility factor

LS = Topografic factor

C = Crop and Managementfactor

P = Support practice factor

Voor het studiegebied werden de coëfficiënten voor de Wischmeier vergelijking deels berekend en deels aangenomen. De waarden die gebruikt werden in het optimaliseringsmodel zijn weergegeven in tabel 6. Indien er een vervolg is op deze studie, dan zal het nodig zijn data te verzamelen om de coëfficiënten die nu geschat werden te berekenen.

4.4.2 Bepaling van de coëfficiënten voor de soil loss equation.

R: De Rainfall and Runoff factor (450)

De rainfall and runofffactor wordt berekend aan de hand van neerslagcijfers en neerslagintensiteit. In Costa Rica zijn neerslagcijfers beschikbaar van de Atlantische Zone (proefstation La Lola, CATIE). Op basis van de literatuur die beschikbaar was in Wageningen kon echter geen R - factor berekend worden van de Atlantische Zone. Daarom is in deze fase van het onderzoek ervoor gekozen om de R - factor te schatten. Op basis van het rapport van Wischmeier (1976) werd gekozen voor de R - factor die berekend werd voor een deel van Hawai waarvan de neerslagcijfers redelijk overeenkwamen met die van de Atlantische zone van Costa Rica.

K = Soil Erodibility (afhankelijk van de bodemeenheid)

De Soil Erodibility factor is een maat voor de erosiegevoeligheid van de grond. Deze wordt als volgt berekend:

$$100K = 2.1 M^{1.14} (10^{-4}) (12 - a) + 3.25 (b - 2) + 2.5 (c - 3)$$

waarbij

- M = deeltjes grootte (diameter)
- a = percentage organische stof
- b = bodemstructuur
- c = bodemdoorlatendheidsklasse

Van de bodems in het studiegebied, zijn behalve het organische stofgehalte alle gegevens bekend. Voor de gronden is een gemiddeld organische stof gehalte aangenomen van 3%.

LS = topografische factor (afhankelijk van de bodemeenheid)

De topografische factor wordt bepaald door het hellingspercentage en de lengte van de helling van de bodemeenheden. Van de bodemeenheden is de hellingsklasse (percentage) bekend, de

gemiddelde lengte van de helling ontbreekt echter. De hellinglengte werd geschat.

C = Crop and Management factor

Deze factor wordt bepaald door het gewas, management en locatie. De gewassen zijn voor het programma ingedeeld in drie groepen. De eerste groep wordt omschreven als eenjarige gewassen met een laag managementniveau (zero tillage en lage inputs). De tweede groep bestaat uit eenjarige gewassen met een normaal/hog managementniveau (tillage en normale inputs aan kunstmest en herbiciden). De derde groep wordt bepaald door meerjarige gewassen die voor een permanente bedekking zorgen.

Tabel 2: Bodemverlies in tonnen per hectare van de gewassen op de verschillende bodemeenheden.

| | mais | cass. | ananas | palmito | bakban. | cacao | ban. | macad. |
|-----------------|------|-------|--------|---------|---------|-------|------|--------|
| <u>Unión p</u> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <u>Unión s</u> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <u>Unión h</u> | 2.6 | 2.6 | 3.31 | 3.31 | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 0.12 |
| | 3.9 | 3.9 | | | | | | |
| <u>Unión o</u> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <u>AnitaG p</u> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <u>AnitaG s</u> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <u>Lahar p</u> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <u>Lahar o</u> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <u>Lahar h</u> | 4.97 | 4.97 | 6.33 | 6.33 | 0.23 | 0.23 | 0.23 | 0.23 |
| | 6.33 | 6.33 | | | | | | |
| <u>Zand p</u> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <u>Zand o</u> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <u>Zand h</u> | 3.9 | 3.9 | 4.96 | 4.96 | 3.9 | 3.9 | 3.9 | 3.9 |
| | 4.96 | 4.96 | | | | | | |
| <u>Iruzu p</u> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <u>Iruzu o</u> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <u>Iruzu s</u> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

P = Support practice factor

Deze factor is afhankelijk van erosiebescherende managementmaatregelen, zoals contourploegen, stripcropping en terrasserings. Indien de benodigde erosiebeschermingsmaatregelen genomen worden, is de P factor gelijk aan 0.5. De P factor in het programma wordt voor alle gewassen op alle bodemeenheden constant gehouden, en wel op 0.5. Dit, omdat er onvoldoende gegevens bekend

zijn over extra arbeid en inputs voor de erosiebeschermingsmaatregelen. Er wordt dus verondersteld dat in alle gevallen de benodigde beschermingsmaatregelen zijn genomen.

4.3 Inputs en Prijzen

Variabele kosten

Voor alle gewassen, behalve voor cacao waren gegevens over de variabele kosten per hectare per jaar beschikbaar. Deze zijn terug te vinden in tabel 3.

Tabel 3 : Variabele kosten voor de teelt de gewassen. In Colones per hectare per jaar.

| managementniveau | 1 | 2 | |
|------------------|--------|--------|-------------------|
| <u>Mais</u> | 12000 | 16000 | (Brink, 1988) |
| <u>Cassave</u> | 8518 | 8518 | (Erenstein, 1988) |
| <u>Ananas</u> | 6364 | 6364 | (Van Ee, 1988) |
| <u>Palmito</u> | 3966 | 3966 | (de Haan, 1988) |
| <u>Bakbanaan</u> | 19925 | 19925 | (Roseboom, 1988) |
| <u>Cacao</u> | 420 | 420 | (geschat) |
| <u>Banaan</u> | 437000 | 437000 | (Kruiter, 1988) |
| <u>Macadamia</u> | 7772 | 7772 | (de Haan, 1988) |

Arbeid

Voor alle gewassen waren gegevens over de arbeid in manjaren per hectare per jaar beschikbaar. Deze zijn terug te vinden in tabel 4.

Tabel 4 Arbeid voor de teelt van de gewassen. In manjaar per hectare.

| managementniveau | 1 | 2 | |
|------------------|------|------|--------------------|
| <u>Mais</u> | 0.17 | 0.17 | (Brink, 1988) |
| <u>Cassave</u> | 0.17 | 0.25 | (Erenstein, 1988) |
| <u>Ananas</u> | 0.17 | 0.17 | (Van Ee, 1988) |
| <u>Palmito</u> | 0.15 | 0.15 | (de Haan, 1988) |
| <u>Bakbanaan</u> | 0.19 | 0.19 | (Roseboom, 1988) |
| <u>Cacao</u> | 0.25 | 0.25 | (Waaienberg, 1989) |
| <u>Banaan</u> | 0.7 | 0.7 | (Kruiter, 1988) |
| <u>Macadamia</u> | 0.12 | 0.12 | (de Haan, 1988) |

Marktprijzen

Voor alle gewassen waren gegevens over de prijzen in colones per eenheid produkt beschikbaar. Deze zijn terug te vinden in tabel 5.

Tabel 5 Prijzen voor de gewassen. In colones per eenheid produkt.

| | | | |
|------------------|----------|-------|--------------------|
| <u>Mais</u> | (ton) | 10940 | (Brink, 1988) |
| <u>Cassave</u> | (ton) | 2778 | (Erenstein, 1988) |
| <u>Ananas</u> | (stuks) | 25 | (van Ee, 1988) |
| <u>Palmito</u> | (stuks) | 20 | (de Haan, 1988) |
| <u>Bakbanaan</u> | (racimo) | 70 | (Roseboom, 1988) |
| <u>Cacao</u> | (kg) | 104 | (Waaienberg, 1988) |
| <u>Banaan</u> | (ton) | 14471 | (Kruiter, 1988) |
| <u>Macadamia</u> | (kg) | 7772 | (de Haan, 1988) |

Startkapitaal

Voor alle gewassen, behalve voor cacao waren gegevens over het startkapitaal per hectare beschikbaar. Deze zijn terug te vinden in tabel 6

Tabel 6 Startkapitaal benodigd voor de teelt van de gewassen. In colones per hectare.

| | | |
|----------------|-------|--------------------|
| <u>Mais</u> | 200 | (Brink, 1988) |
| <u>Cassave</u> | 0 | (Erenstein, 1988) |
| <u>Ananas</u> | 0 | (van Ee, 1988) |
| <u>Palmito</u> | 41196 | (de Haan, 1988) |
| <u>Platano</u> | 25052 | (Roseboom, 1988) |
| <u>Cacao</u> | 23633 | (Waayenberg, 1988) |

5. Resultaten van berekeningen.

In het nu volgende hoofdstuk wordt door middel van een ronde berekeningen volgens het systeem van Interactieve Doelprogrammering, een voorbeeld gegeven van de mogelijkheden van het gebruik van dit model voor landevaluatie. De gegevens die in het model gebruikt zijn, zijn in de vorige hoofdstukken beschreven.

De Doelen

Zoals reeds beschreven in hoofdstuk 2 (methode), zijn er in het programma een viertal doelen geformuleerd:

- Een optimale werkgelegenheid: dit kan zowel een zeer hoog als een zeer laag aantal "arbeidsplaatsen" inhouden. het proefgebied is nog dunbevolkt.
- Een zo hoog mogelijke financiële opbrengst.
- Een zo groot mogelijk aantal kleine producenten in het gebied.
- Duurzaam landgebruik

De Oplossingenruimte

In de eerste ronde van berekeningen met behulp van de Interactieve Doelprogrammering, worden de minimale en maximale waarden van elk te optimaliseren doel bepaald, zodat duidelijk wordt binnen welke grenzen de mogelijke oplossingen liggen.

In tabel 7 wordt een overzicht gegeven van de minimale en maximale waarden van elk te optimaliseren doel. De hoogste financiële opbrengst voor het gebied ($0.37 \cdot 10^{10}$ colones, dit is ongeveer fl.9338,- per hectare), wordt behaald als op het gehele gebied Macadamia geteeld zou worden. Gezien de hoge inputkosten en de nog beperkte markt is dit geen reële optie.

Tabel 7. Oplossingenruimte voor het proefgebied

| <u>Doel</u> | <u>maximale waarde</u> | <u>minimale waarde</u> |
|----------------------|------------------------|-----------------------------|
| Financieel resultaat | $0.38 \cdot 10^{10}$ | $0.38 \cdot 10^7$ (colones) |
| Startkapitaal | $0.75 \cdot 10^{10}$ | 2400000 |
| Erosie | 279 | 4482 (tonnen) |
| Werkgelegenheid | 7658 | 1440 (manjaar) |

Het laagste startkapitaal wordt gevonden als slechts mais geteeld zou worden (2400000 colones, ongeveer fl.6.-). De laagste bodemerosie wordt gevonden als er op de erosiegevoelige eenheden meerjarige gewassen verbouwd worden, in dit geval cacao en bakbanaan (De erosie is dan 279 ton, ongeveer 0.27 ton per hectare op de erosiegevoelige gebieden). De maximale werkgelegenheid doet zich voor als op alle bodemeenheden die hier enigszins geschikt voor zijn, banaan geteeld wordt (7658 manjaren)

De Oplossing.

De oplossingsruimte voor het gebied is nu bepaald. Afhankelijk van de doelstelling van de gebruiker kan nu binnen deze ruimte naar een oplossing gezocht worden. Bij deze berekening is uitgegaan van het standpunt van kleine producenten.

Deze producenten hebben doorgaans geen geld voor hoge investeringen in hun bedrijven. Daarom wordt het startkapitaal voor het gehele gebied stapsgewijs teruggebracht. Bij elke stap wordt tegelijk geoptimaliseerd naar financieel resultaat en naar minimale bodemdegradatie. Verder wordt het effect van het investeringsniveau op het landgebruik weergegeven.

1^e stap: Beschikbaar kapitaal = $0.23 \cdot 10^{10}$ colones (fl.5700 per ha)

| | |
|----------------------|---|
| Financieel resultaat | $0.278 \cdot 10^{10}$ col. (fl. 6750.- per ha.) |
| Bodemverlies | 1534 ton (1.534 ton per hectare) |
| Arbeid | 2115 manjaar |

Het landgebruik wordt bepaald door cassave, macadamia, ananas en cacao. Er wordt nog zoveel mogelijk macadamia geteeld, aangezien dit het gewas is met het hoogste financiële resultaat. Op de hellingen (eenheden aangeduid met h), worden meerjarige gewassen verbouwd: cacao en macadamia.

Cassave en ananas worden onder andere verbouwd op de eenheden met een hoge oppervlakte stenigheid (aangeduid met s) en op eenheden met bodems die ondieper zijn dan 30 cm. Verder worden ze gevonden op de eenheid Lahar. De bodems op deze eenheid hebben een lage vruchtbaarheid en deze gewassen zijn hiervoor ongevoelig.

tabel 8. landgebruik na de eerste stap.

| | |
|----------------|--|
| Unión p | 823 ha cassave, hoog managementniveau |
| | 3924 ha macadamia |
| Unión s | 298 ha ananas |
| | 760 ha cassave, hoog managementniveau |
| Unión h | 234 ha macadamia |
| Unión o | 196 ha cassave |
| Anita Grande p | 1270 ha macadamia |
| Anita Grande s | 385 ha cassave, h.m. (hoog managementniveau) |
| Lahar p | 545 ha cassave, h.m. |
| Lahar o | 142 ha ananas |
| Lahar h | 447 ha. cacao |
| Zand p | 595 ha. cassave. h.m. |
| Zand o | 760 ha. ananas |
| Zand h | 360 ha. macadamia |
| Iruzu p | 833 ha. cassave |
| Iruzu o | 123 ha. cassave |
| Iruzu s | 263 ha. cassave |

2^e stap: Beschikbaar kapitaal = $0.4 \cdot 10^9$ (fl 1000 per ha)

| | |
|----------------------|---|
| Financieel resultaat | $0.1546 \cdot 10^{10}$ col. (fl. 3865.- per ha) |
| Bodemverlies | 1448.5 (1.4485 ton per ha) |
| Arbeid | 2703 manjaar |

Als het beschikbaar kapitaal nog verder teruggebracht wordt, wordt er gekozen voor de minder kapitaalsintensieve gewassen. Het totaal areaal macadamia is nog slechts 696 ha (tabel 8)

tabel 9. landgebruik bij stap 2

| | |
|----------------|------------------------|
| Unión p | 4747 ha. cassave, h.m. |
| Unión s | 1058 ha ananas |
| Unión h | 234 ha. macadamia |
| Unión o | 196 ha cassave. h.m. |
| Anita Grande p | 1147 ha. cassave. h.m. |
| Anita Grande o | 123 ha. macadamia |
| Anita Grande s | 385 ha. cassave, h.m. |
| Lahar p | 545 ha. cassave. h.m. |
| Lahar o | 142 ha. ananas |
| Lahar h | 447 ha. cacao |
| Zand p | 595 ha. cassave. h.m. |
| Zand o | 760 ha. cassave, h.m. |
| Zand h | 338 ha. macadamia |
| Iruzu p | 853 ha. cassave |
| Iruzu o | 123 ha. cassave |
| Iruzu s | 263 ha. cassave |

Op de heellingen wordt cacao en macadamia verbouwd als bescherming tegen erosie.

3^e stap: Beschikbaar kapitaal = $0.2 * 10^8$ (fl 50.- per ha)

| | |
|----------------------|---------------------------------------|
| Financieel resultaat | 0.7 * 109 colones (fl. 1750.- per ha) |
| Bodemverlies | 1326 (1.326 ton per ha) |
| Arbeid | 1981 manjaar |

Het beschikbaar startkapitaal per hectare is tenslotte teruggedraaid naar een zeer laag niveau: fl 50,- per hectare. Bij dit investeringsniveau kan de landgebruiker het zich niet langer veroorloven om investeringen te doen voor de teelt van de gewassen bakbanaan of cacao. Een deel van het gebied (de eenheden die aangeduid zijn met h), is niet langer in gebruik, als geoptimaliseerd wordt naar een minimaal bodemverlies. Als het beschikbaar kapitaal zeer laag is (fl 50.- per hectare), bestaat het landgebruik tenslotte voornamelijk uit mais (tabel 9). Een deel van het beschikbaar areaal, namelijk de erosiegevoelige bodemeenheden, blijft braak liggen.

tabel 10 landgebruik bij stap 3

| | |
|----------------|-------------------------|
| Unión p | 3012 ha. mais. h.m. |
| Unión p | 1734 ha. cassave. h.m. |
| Unión s | 1058 ha. mais. h.m. |
| Unión h | 234 ha. mais. h.m. |
| Unión o | 196 ha. mais. h.m. |
| Anita Grande p | 1271 ha. mais. h.m. |
| Anita Grande s | 385 ha. mais. h.m. |
| Lahar p | 187 ha. ananas |
| Lahar p | 358 ha. cassave h.m. |
| Lahar o | 142 ha. ananas |
| Lahar h | ----- |
| Zand p | 595 ha. cassave, h.m. |
| Zand o | 760 ha. ananas |
| Zand h | 111 ha. ananas |
| Zand h | 227 ha. niet in gebruik |
| Iruzu p | 853 ha. mais, h.m |
| Iruzu o | 123 ha. mais, h.m |
| Iruzu s | 263 ha. mais, h.m |

Het is opvallend dat het programma nooit kiest voor de teelt van

mais of cassave met en laag managementniveau. Dit zou namelijk met name op de eenheden die gelegen zijn op de wat steilere hellingen, een lagere bodemerosie opleveren. Het model kiest in dit geval echter steeds voor de meerjarige gewassen, zoals cacao en bakbanaan.

6. Conclusie en aanbevelingen

Dit onderzoek is uitgevoerd als een testcase voor het gebruik van interactieve meervoudige doelprogrammering bij landevaluatie in de Atlantische Zone van Costa Rica. Mijn conclusie is dat het een zeer bruikbaar hulpmiddel is voor landplanning. Het effect op het landgebruik van verschillende maatregelen, of zoals in het geval van de testcase, beschikbaarheid van kapitaal kunnen door gerekend worden.

Door studenten zijn al zeer veel gegevens verzameld over gewassen en bodems in de Atlantische Zone van Costa Rica. Ik wil hier echter een aantal kanttekeningen bij plaatsen.

1. Met name gegevens over gewasopbrengsten per bodemeenheid ontbreken. Ik ben me ervan bewust dat dergelijke gegevens vaak moeilijk verkrijgbaar zijn. In het verslag van van Uffelen (1989) en in het verslag van Veldkamp (1988), zijn deze gegevens wel degelijk aanwezig. Met behulp van deze gegevens kan een werkelijk kwantitatieve landevaluatie uitgevoerd worden.

2. In de verslagen over bepaalde gewassen wordt vaak relatief weinig aandacht besteed aan de specifieke eisen van de gewassen aan de bodem. Deze twee beperkingen maken het moeilijker om gewas en bodem met elkaar te "matchen".

3. Het bleek zeer moeilijk te zijn om de term duurzaam landgebruik te formuleren als doelvariabele voor het planningsmodel. Doelen in het planningsmodel moeten namelijk kwantitatief benoemd kunnen worden. Er werd bij het Programma Zona Atlantica onderzoek gedaan naar compactieverschijnselen als gevolg van veranderend landgebruik. Kwantitatieve effecten van compactie op de duurzaamheid van het landgebruik zijn echter niet bekend. Noch kon er een "compactiefactor" gevonden worden die een aanduiding gaf van de compactie per bodemeenheid.

4. Ook voor de berekening van de Universal Soil Loss Equation waren niet alle gegevens beschikbaar. Aangezien dit onderzoek diende als testcase, zijn voor de ontbrekende waarden schattingen gedaan. Als het model echter werkelijk gebruikt gaat worden voor planning, dan moeten de ontbrekende gegevens aangevuld worden.

Het planningsmodel biedt goede mogelijkheden voor aansluiting op een Geografisch Informatie Systeem. Met behulp van een GIS zou het resultaat van de berekeningen volgens een bepaald scenario visueel weergegeven worden. Dit zou de presentatie van de resultaten van het model zeer ten goede komen.

Referenties

- Bartholomew (1987): Tabular descriptions of crops, grown in the tropics, 17. Pineapple. technical Memorandum 87/7. Canberra.
- Brink, M. (1988): Doblar o quitar. series Fieldreports no 16. Programa Zona Atlantica.
- Ee S.van en J. Helmer (1988): La fruticultura en el Norte de la Zona Atlantica de Costa Rica. Series Field Reports. Programa Zona Atlantica.
- Erenstein O. (1988): Los cultivos de mais y yuca en el distrito de Rio Jimenez. Zona Atlantica de Costa Rica. Un estudio con énfasis en clima, operatividad y rendimiento. Series Fieldreports no. 29 Programa Zona Atlantica.
- Fukai, S. (1985): Tabular descriptions of crops grown in the tropics. 5. Cassava (*Manihot Esculenta Crantz*) Technical Memorandum. CSIRO (Australia) feb 1985.
- Haan, J. C. M. de (1988): El cultivo de pejibaye en La Zona Atlantica de Costa Rica. Series Fieldreports, Programa Zona Atlantica.
- Haan, J.C.M. (1988): El cultivo de Macadamia en la Zona Atlantica de Costa Rica. Series Fieldreports . Programma Zona Atlantica.
- Keulen, H. van en C.T. de Wit (1987): Application of Interactive Multiple Goal Programming Techniques for Analysis and Planning of Regional Agricultural development. Agricultural Systems 26 (1988) 211-230.
- Kruiter, A (1988): El cultivo de banano en La Zona Atlantica de Costa Rica. Series Field Reports. Programa Zona Atlantica
- Leeuwen van et al. (1987): Estudio Semidetaillado de los suelos del area Guapiles y Guacimo. Programa Zona Atlantica.
- Renkema, J.A. (1972): De opbouw van lineaire programmeringsmodellen ten behoeve van de agrarische bedrijfsplanning. Afdeling voor agrarische bedrijfseconomie aan de Landbouw hogeschool te Wageningen.
- Roseboom, P (1988): El cultivo del platano en el valle de Sixoia. Series Fieldreports. Programa Zona Atlantica.
- Spaans, E.J. et al. : Changes in physical Properties of young and old volcanic surface soils in Costa Rica, after clearing Tropical Forest

Stoorvogel, J. (1988): From ordinal soil data to interpretation maps, a comparison of three different procedures. A land evaluation for banana in Costa Rica as a case study. Wageningen, doctoraalscriptie.

Uffelen, J.G. van (1989): Conocimiento de los agricultores sobre sus tierras y su aptitud y un sistema tecnica para la determinación de la aptitud de las tierras en el asentamiento de Neguev. programa Zona Atlantica.

Vargas (1982) M.C.: Manejo de suelo, rastrotejo y plagas - interacciones y efecto sobre el mais. Turrialba, 1982. Thesis.

Veldkamp, E. (1988): Variability of measured banana yields in a Costarican plantation as expressed by soil survey and Thematic Mapper Data.

Waayenberg, H. (1989): Persoonlijke communicatie.

Wischmeier, W.H. and Smith, D.D. (1978): Predicting Rainfall and erosion Losses, a guide to conservation planning. US Department of Agriculture. Agriculture Handbook, NO 537.

Wood, G.A.R. and R.A. Lass (1985): Cocoa, Longman, New York.