



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Lines in the sand : behaviour of self-organised vegetation patterns in dryland ecosystems

Bastiaansen, R.

Citation

Bastiaansen, R. (2019, June 27). *Lines in the sand : behaviour of self-organised vegetation patterns in dryland ecosystems*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/74366>

Version: Not Applicable (or Unknown)

License: [Leiden University Non-exclusive license](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/74366>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <http://hdl.handle.net/1887/74366> holds various files of this Leiden University dissertation.

Author: Bastiaansen, R.

Title: Lines in the sand : behaviour of self-organised vegetation patterns in dryland ecosystems

Issue Date: 2019-06-27

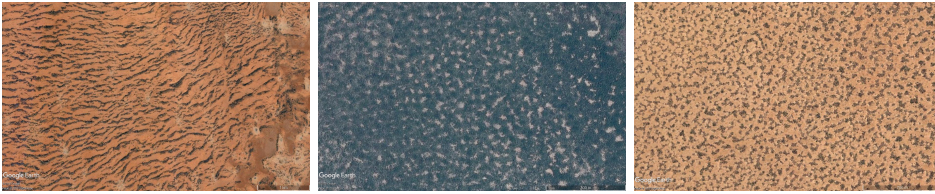
Samenvatting

Verspreid over de hele wereld zijn er vele, grote gebieden waar jaarlijks de hoeveelheid vegetatie afneemt. Omdat – ook binnen een gebied – de begroeiing op sommige plekken eerder verdwijnt dan op andere, leidt dit tot patronen in de vegetatie. In eerste instantie kunnen dit ‘gaten’ in de vegetatie zijn, maar ook bijvoorbeeld bandpatronen en doolhofpatronen zijn waargenomen (zie figuur SV voor een aantal voorbeelden). Uiteindelijk zorgt een aanhoudende afname dat vruchtbare grond verandert tot lege, onbegroeiende en onvruchtbare stukken land. Dit aftakelingsproces, het zogenoemde verwoestijningsproces, heeft vaak desastreuze gevolgen voor de lokale bevolking die voor hun voedselvoorziening afhankelijk is van vee en gewassen, waar vruchtbare grond noodzakelijk voor is. Het voorkomen van dergelijke, veelal onomkeerbare verwoestijning is dus erg belangrijk. Een goed begrip van de mechanismen achter dit proces is hiervoor essentieel.

Om deze mechanismen beter te begrijpen, zijn er in de loop van de tijd vele verschillende wiskundige modellen opgesteld, variërend in de mate van realisme en complexiteit. Het bestuderen van deze modellen geeft inzichten in het gedrag van de werkelijke gebieden, wat dan weer bijdraagt aan het begrip van het verwoestijningsproces. In dit proefschrift is een aantal verschillende modellen bestudeerd met behulp van geavanceerde wiskunde. Deze modellen zijn hierin telkens zo simpel mogelijk gekozen, zodat er makkelijk mee gewerkt kan worden en nieuwe effecten beter inzichtelijk zijn. Tegelijk geeft bestudering van simpele modellen vaak een goede intuïtie voor het gedrag van geavanceerdere, meer realistische modellen en natuurlijk voor het werkelijke gedrag.

Deze theoretisch verkregen intuïtie moet vervolgens wel weer getest en vergeleken worden met de werkelijkheid. In hoofdstuk 2 speelt deze vergelijking de hoofdrol. Hierin is gekeken naar het typische gedrag van de wiskundige modellen en is dat op een gestructureerde manier vergeleken met satellietmetingen aan vegetatiepatronen in Somalië. Deze vergelijking verifieert veel intuïtie uit eerdere theoretische studies. In het bijzonder is er ‘multistabiliteit’ gevonden: in de bestudeerde gebieden is niet één specifiek patroon overheersend, maar is er juist een scala aan patronen mogelijk. Hierdoor kunnen dergelijke ecosystemen bij veranderingen aan het klimaat vrij gemakkelijk overgaan van het ene patroon in het andere – met relatief weinig consequenties voor de hoeveelheid vegetatie in het ecosysteem. Dit betekent dat deze gebieden – door de aanwezigheid van vegetatiepatronen – veel robuuster en veerkrachtiger zijn dan tot dusver bekend was en dus ook dat ze minder snel dan gedacht ineens zullen storten tot een kale, onvruchtbare woestijn.

Hoewel uit onderzoek dus bekend is dat vegetatiepatronen zorgen voor een veerkrachtiger ecosysteem, is niet precies bekend hoe. Hiervoor is meer kennis over de



(a) Bandpatroon in Somalia (b) Gatenpatroon in Niger (c) Doolhofpatroon in Sudan

Figure SV – Google Earth satelietbeelden van verschillende soorten vegetatiepatronen. (a) Bandpatroon in Somalië ($8^{\circ}5'N$; $47^{\circ}27'E$); (b) Gatenpatroon in Niger ($12^{\circ}22'N$; $2^{\circ}24'E$); (c) Doolhofpatroon in Sudan ($11^{\circ}8'N$; $27^{\circ}50'E$).

precieze stappen van het verwoestijningsproces nodig. Daarom is in hoofdstuk 3 van dit proefschrift gekeken naar het gedrag en de verdwijning van vegetatiepatronen. Deze studie heeft laten zien dat vegetatie een sterke voorkeur heeft voor regelmatigheid; over de tijd worden vegetatiepatronen steeds regelmatiger. Juist hierdoor kan de vegetatie grotere veranderingen aan het klimaat opvangen voordat een deel van de begroeiing verdwijnt. Er is ook gekeken naar welk deel dan verdwijnt en dit blijkt sterk afhankelijk van de regelmatigheid van het vegetatiepatroon: onregelmatige patronen verliezen vaker kleine stukken vegetatie, terwijl regelmatigere patronen af en toe in één keer grote stukken verliezen.

Uit metingen aan vegetatiepatronen (waaronder die in hoofdstuk 2) zijn verder enkele tekortkomingen ontdekt in de standaardmodellen. Zo voorspellen de modellen dat vegetatie zich langzaam heuvelopwaarts verplaatst, terwijl dit in werkelijkheid niet altijd gebeurt; er zijn observaties van omhooglopende vegetatiepatronen, maar ook van naar beneden lopende vegetatie en zelfs van stilstaande patronen. Om ook dit te vatten in modellen is het nodig om de precieze topografie van een gebied te modelleren. In hoofdstukken 3 en 4 wordt een simpel model op deze manier uitgebreid. Deze uitbreiding zorgt er onder andere voor dat zowel een heuvelopwaartse als een heuvelafwaartse beweging van vegetatiepatronen waargenomen kan worden (sterk afhankelijk van de precieze vorm van het terrein). Verder wordt in hoofdstuk 4 de basis gelegd voor een wiskundige bestudering van deze uitgebreide modellen – door de aanwezigheid van een ingewikkelde topografie kan dit namelijk niet meer met de gebruikelijke methoden.

Tot slot is ook bekend dat niet alle type patronen overal voorkomen. Zo vormt vegetatie zich doorgaans alleen tot ‘banden’ op relatief steile¹ hellingen. Uit modelmatig werk is al eerder een zelfde conclusie getrokken. De vraag is dan ook waarom dit het geval is. In hoofdstuk 5 wordt deze vraag deels beantwoord. Hier wordt wiskundig bewezen dat vegetatiebanden kunnen ontstaan als de heuvels in het model steil genoeg zijn. In combinatie met eerder werk dat laat zien dat ze juist niet kunnen ontstaan op te vlakke ondergronden, toont dit dat deze observaties overeenkomen met het theoretisch begrip van deze modellen.

¹De bestudeerde gebieden zijn doorgaans niet bepaald steil in absolute zin; hellingen zijn typisch rond 0% tot 1%.