



NORTH-WEST UNIVERSITY
YUNIBESITHI YA BOKONE-BOPHIRIMA
NOORDWES-UNIVERSITEIT
POTCHEFSTROOMKAMPUS

WETENSKAPLIKE BYDRAES
REEKS H: INTREEREDE NR. 216

Stedelike Ekologie

as geïntegreerde Omgewingswetenskap

Prof Sarel Cilliers

Intreerede gehou op 29 Februarie 2008

Die Universiteit is nie vir menings in die publikasie aanspreeklik nie.

Navrae in verband met *Wetenskaplike Bydraes* moet gerig word aan:

Die Kampusregistrator
Noordwes-Universiteit
Potchefstroomkampus
Privaatsak X6001
POTCHEFSTROOM
2520

Kopiereg © 2008 NWU

ISBN 978-1-86822-540-8

Stedelike Ekologie as geïntegreerde Omgewingswetenskap

Sarel Cilliers

Skool vir Omgewingswetenskappe en -Ontwikkeling

Inleiding

Ongeveer 10 jaar gelede het die huidige direkteur van die Skool vir Omgewingswetenskappe en -Ontwikkeling sy inaugurele rede afgesluit met 'n visie vir omgewingsnavorsing en -opleiding aan ons Universiteit met die volgende twee stellings:

- a) *Die kern van omgewingsproblematiek moet aangespreek word in navorsingsprogramme en opleiding, naamlik die bewaring van natuurlike ekosistels en diversiteit op alle vlakke.*
- b) *Die mens se rol as gebruiker, eksploteerder, besoedelaar, maar ook bestuurder, rehabiliteerder en veral rentmeester moet nagevors word (Van Hamburg, 1997).*

Hierdie visie strook met omgewingsnavorsing en -opleiding wêreldwyd, veral ten opsigte van die toenemende invloed van die mens op die ekologie van natuurlike en mens-gemaakte ekosistels. Mense beïnvloed ekosisteme deur transformasie van habitate, vermindering van biodiversiteit, oorbenuiting van hulpbronne, ontwrigting van hidrologiese prosesse en die modifisering van energievloei en biogeochemiese siklusse, veral die koolstof- en stikstofsiklusse (Vitousek *et al.*, 1997; Alberti *et al.*, 2003; Millenium Ecosystem Assessment, 2003). Alberti *et al.* (2003) wys ook op die invloed van die mens op evolusionêre prosesse deurdat seleksie toenemende gerig word deur mense se interaksie met natuurlike prosesse. Die mens beïnvloed byvoorbeeld spesiëring deur bstryding van bakterieë, die gebruik van chemiese middels teen insekplae en die ontwikkeling en verspreiding van duisende sintetiese middels (Palumbi, 2001).

Ten spyte van menslike oorheersing van die aarde se ekosisteme bestudeer baie ekoloë tradisioneel nog steeds hoofsaaklik biologiese, fisiese, ekologiese en evolusionêre prosesse sonder 'n volledige begrip van die rol van die mens in die omgewing. Oor die afgelope tyd was daar egter verskeie oproepe uit die toegepaste wetenskappe dat die mens by ekologiese studies ingesluit moet word (Vitousek *et al.*, 1997; Grimm *et al.*, 2000; Pickett *et al.*, 2001; Alberti *et al.*, 2003). 'n Paradigma-skuif in die tradisionele siening van ekosisteme as geslote, selfregulerend en in ewewig na 'n meer moderne benadering dat ekosisteme oop, dinamies, onvoorspelbaar, blootgestel aan gereelde verstourings en in staat is om in verskillende ewewigstoestande te ontwikkel het geïmpliseer dat mense ook belangrike komponente van ekosisteme is (Pickett *et al.*, 1992). Om die visie vir omgewingsnavorsing en -opleiding te bereik het Van Hamburg (1997) 'n interdisciplinêre benadering oor departementele en fakulteitsgrense heen aanbeveel

en ook beklemtoon dat insette van sosiale wetenskaplikes soos omgewingsekonome, sosioloë, kommunikasiedeskundiges en veral spesialiste in omgewingswetgewing belangrik is. Daar kan heelwat bespiegel word oor wat met insette bedoel word, maar Alberti *et al.* (2003) stel voor dat mense ingesluit moet word by alle aspekte van ekologiese denke weens hulle seleksiedruk op die omgewing oor verskillende ruimtelike en tydskaal heen.

Wêreldskaalveranderinge wat deur mense meegebring word, kan die beste waargeneem word in en om stedelike gebiede, selfs vanuit die ruimte. Stede beslaan minder as 6% van die aarde se oppervlakte, maar besit 'n baie groot “ekologiese voetspoor” wat natuurlike ekosisteme indirek beïnvloed. Ekologiese voetspoorbepalings word gebaseer op die drakraggedagte en bereken die totale landoppervlakte wat benodig word om materiale en energie vir 'n spesifieke stad te verskaf en om die afval van daardie stad te absorbeer (Rees, 1992). Volgens Alberti *et al.* (2003) is die ekologies produktiewe gebied wat benodig word om 'n stad te onderhou 100-300 keer groter as die stad se oppervlakte. Alhoewel die akkuraatheid van die ekologiese voetspoorkonsep bevaagteken word omdat die spesifieke biofisiese ligging, bevolkingsgrootte en *per kapita*-verbruikstempo van 'n stad nie by die berekening ingesluit word nie, het “voetspoorstudies” tog heuristiese waarde, aldus Kaye *et al.* (2006). Volgens die jongste berekeninge van die Verenigde Volke (UNFPA State of World Population, 2007) sal die verwagte bevolkingsgroei van ongeveer 2 biljoen mense hoofsaaklik in stedelike gebiede plaasvind. Meer as 60% (4.9 biljoen) van die verwagte wêreldbevolking van 2030 (8.1 biljoen) sal in stede woon.

Die vernaamste redes waarom ekologiese studies van stedelike omgewings belangrik is, is dus die direkte of indirekte gevolg van toenemende verstedeliking. Ander redes vir die belangrikheid van stedelike ekologiese navorsing is dat dit bydra tot die skep van gesonde en aangename, volhoubare omgewings omdat dit hier is waar die meeste mense woon en tot die bewaring van biodiversiteit en ekologiese prosesse omdat daar 'n unieke diversiteit in stedelike omgewings is, hoofsaaklik weens die heterogene habitate in stede (Collins *et al.*, 2000; Alberti *et al.*, 2003). Die bestudering van die ekologie van stedelike omgewings kan ook bydra tot ons kennis van die funksionering van ekosisteme oor die algemeen en tot die uitbouing van ekologiese teorie. Alberti *et al.* (2003) voer ook aan dat die insluiting van die mens by ekosistestudies 'n beter begrip van belangrike ekologiese konsepte kan bewerkstellig soos die ekologiese nis, die invloed van biologiese diversiteit op stabiliteit en die dinamika binne die verskillende biogeochemiese siklusse, om slegs 'n paar te noem. Die volgende stelling van Collins *et al.* (2000) som myns insiens die rasionaal agter stedelike ekologiese studies goed op:

Cities are some of the most profoundly altered ecosystems on the planet; within their boundaries are also found some of the most diverse ecological conditions. If there is a laboratory where ecological change can be viewed at close hand, it is the city.

Ek wil kortliks terugkeer na Van Hamburg (1997) se gestelde visie vir omgewingsnavorsing en –opleiding aan ons Universiteit. Alhoewel daar al 'n ver en opwindende pad geloop is om dit te verwesenlik is die doel van hierdie intreerede nie om die vordering te evalueer nie, maar om u bekend stel aan sommige van die vele fasette van die relatief nuwe wetenskap van Stedelike Ekologie. Verder wil ek wys op die rol van Stedelike Ekologie in die ontwikkeling van die interdisiplinêre benadering in navorsing en opleiding wat deur Van Hamburg (1997) gestel is. Ek wil die ontwikkeling van ons eie stedelike ekologiese navorsing oor die afgelope 12 jaar as voorbeelde voorhou binne die konteks van die sneller ontwikkeling van Stedelike Ekologie wêreldwyd. Om hierdie doelstellings te bereik wil ek my rede onder die volgende hoofpunte indeel:

1. Wat behels Stedelike Ekologie ?
2. Stedelike Ekologie is kompleks
3. Stedelike Ekologie is interdisiplinêr
4. Stedelike Ekologie is toegepas

Laastens wil ek 'n visie stel vir Stedelike Ekologie in omgewingsnavorsing en -opleiding by die Noordwes-Universiteit en 'n aantal struikelblokke in die weg van 'n interdisiplinêre benadering, asook moontlike oplossings daarvoor, bespreek.

1. Wat behels Stedelike Ekologie ?

Die term “stedelike ekologie” word gebruik vir die studie van mense in die stad, natuur in die stad, maar ook die wisselwerking tussen die mens en die natuur in die stad.

Verskillende sieninge

Daar is twee verskillende sieninge van Stedelike Ekologie in die literatuur. Vir natuurwetenskaplikes is dit die bestudering van die wisselwerking tussen organismes (die mens ingesluit) en tussen gemeenskappe onderling en hulle wisselwerking met die abiotiese omgewing, maar in stedelike omgewings (Sukopp, 1998). Hierdie definisie weerspieël egter nie die kompleksiteit van stedelike ekosisteme en die belangrikheid van interdisiplinêre navorsing en opleiding in Stedelike Ekologie nie, en sal uitvoeriger onder punte 2 en 3 bespreek word. Stedelike Ekologie as 'n natuurwetenskap is 'n jong dissipline aangesien ekoloë baie jare lank nie die waarde daarvan besef het nie. Daar is aanvaar dat min plante en diere aangepas is om in stede te oorleef en slegs toevallig daar voorkom,

en enige poging om byvoorbeeld verspreidingspatrone van organismes in stede te beskryf en te verklaar is as onnodig beskou (Sukopp, 1998). Volgehoue ekologiese studies van stede in Europa (hoofsaaklik diversiteit en verspreidingspatrone van plante en diere) het egter die belangrikheid van ekologiese wisselwerking tussen lewende organismes en die stedelike omgewing uitgewys. In die VSA was navorsing in Stedelike Ekologie egter meer op die mens, sy behoeftes en sy invloede gefokus en het vanuit hierdie rigting ontwikkel. Letterlik honderde natuurwetenskaplike publikasies en selfs enkele boeke oor Stedelike Ekologie het dan ook oor die afgelope 10 jaar verskyn, veral uit die VSA, die meeste lande in Europa en in 'n mindere mate Australië en China. Alhoewel die belangrikheid van die natuur in stede in Suid-Afrika besef word is daar min ekoloë wat navorsing in stedelike omgewings doen, en wat opleiding betref, is die Noordwes-Universiteit die enigste in die land wat 'n nagraadse module in Stedelike Ekologie as natuurwetenskap aanbied.

Die ander, meer algemene siening van Stedelike Ekologie wat ook voorkeur in Suid-Afrika geniet wat navorsing en opleiding betref, is egter normatief en beskryf stedelike ontwikkeling op politiese en beplanningsvlak. Volgens Deelstra (1998) word daar in hierdie siening aanspraak gemaak op ekologiese regverdiging vir spesifieke benaderings en doelwitte in beplanning. Hierdie siening van Stedelike Ekologie word ook in sekere skole in Landskapsargitektuur gevolg en het grootliks uit die "Design with nature"-benadering van McHarg (1967) ontwikkel. Dit beskryf ook 'n aspek van die toegepaste aard van Stedelike Ekologie en sal onder punt 4 verder bespreek word.

Integrering van sieninge

Pickett *et al.* (2001) stel voor dat bogenoemde twee sieninge geïntegreer moet word en beskryf Stedelike Ekologie as 'n geïntegreerde subdissipline van Ekologie. Hierdie definisie bring twee ander vrae na vore: Wat is 'n stad? Tweedens: Wat is 'n stedelike ekosisteem? Stede word oor die algemeen beskou as plekke met 'n hoë bevolkingsdigtheid of dié waar die geboude infrastruktuur 'n groot gedeelte van die landoppervlak dek. Volgens die Sensusburo van die VSA (Pickett *et al.*, 2001) het stedelike gebiede 'n menslike bevolking van 186 per km² of meer. Geen sodanige definisie bestaan vir Suid-Afrika nie maar dit is duidelik dat stedelike gebiede ook aansienlik minder digte gebiede kan insluit soos dorpe en selfs informele nedersettings.

McIntyre *et al.* (2000) redeneer dat die begrip *stad* bepaal word deur die navorsingsvraag en ook dat dit moeilik is om die grense van 'n stedelike ekosisteem te bepaal en dat daar gewoonlik 'n gradiënt van menslike invloede waargeneem kan word van die natuurlike gebiede (*rural*) rondom 'n stad tot die voorstedelike (*suburban*) en stedelike (*urban*) gebiede. Om vergelykende studies tussen verskillende stede moontlik te maak is dit egter noodsaaklik om in elke

studie van stedelike omgewings 'n kwantitatiewe definisie vir die begrip *stad* te gee. Dit is inderdaad moeilik, maar Hahs en McDonnell (2006) stel 'n metode voor waarvolgens die verstedelingsgradiënt gekwantifiseer kan word in 'n Geografiese Inligtingstelsels (GIS)-omgewing. Die verstedelingsgradiënt-benadering sal later in fyner besonderhede bespreek word. Die bestudering van stedelike ekosisteme beteken verder dat 'n verskeidenheid habitate ingesluit word soos duidelik geïllustreer deur die benadering van Gilbert (1989) waarin onderskeid getref word tussen tegnologiese, tuinbou-georiënteerde en drie verskillende tipes ekologiese landskappe. Daar is verskeie verskille tussen hierdie landskappe, ook wat betref die mate van bestuur wat toegepas behoort te word.

2. Stedelike Ekologie is kompleks

Stede is komplekse sosio-ekologiese sisteme. Wat beteken hierdie stelling werklik? Dit omsluit twee belangrike begrippe; die een is baie bekend en word dikwels gebruik, naamlik ekosisteme, en die ander betreklik nuut, naamlik ekologiese kompleksiteit.

Stede as ekosisteme

Die begrip ekosisteme is vir die eerste keer deur die Britse ekoloog, Arthur Tansley in 1935 gebruik om 'n biotiese gemeenskap en sy geassosieerde fisiese omgewing in 'n spesifieke plek, te omskryf (Pickett & Cadenasso, 2002). Hierdie definisie is baie breed en sluit 'n groot hoeveelheid benaderings, gevalle of gebiede in, ook die stedelike omgewing. Stedelike ekosisteme is kompleks weens die koppeling/interaksie tussen natuurlike en menslike komponente, en die bestudering van hierdie ekosisteme vereis interdisiplinêre integrering. Insluiting van die mens by ekosistestudies blyk logies te wees, maar vroeë ontstaan oor die manier waarop hierdie insluiting moet plaasvind. Die beste manier om stedelike ekosisteme te verstaan is volgens Roberts (2001) deur te fokus op huidige beleid ten opsigte van volhoubare ontwikkeling. Beleid volgens "Local Agenda 21" (United Nations Conference on Environment and Development, 1993) het 'n mandaat aan munisipale owerhede verskaf om deur middel van konsultasie met alle rolspelers 'n aksieplan vir plaaslike volhoubare ontwikkeling saam te stel. Hierdie aksieplan moet die rol van stedelike ekosisteme in die bereiking van wêreldwye volhoubaarheid beklemtoon en fokus op plaaslike opsies sodat 'n volhoubare balans bereik word tussen omgewings-, sosiale- en ekonomiese behoeftes (Roberts, 2001). Volgens Pickett *et al.* (1997) is 'n suiwer biologiese siening van die mens as verbruiker in die stad geheel en al ontoereikend. Besluite en optredes van mense in interaksie met biofisiese aspekte soos geomorfologie, klimaat en natuurlike verstoringe bepaal die spesifieke patrone van ontwikkeling, grondgebruik en infrastruktuurdigtheid in stede (Alberti *et al.*, 2003). Mense is sosiale wesens wat oor 'n manipulerende vermoë beskik en hoofsaaklik aanpas deur te leer. Daarom ontwikkel hulle instellings om die produksie, berging en

verspreiding van kennis te reguleer. Hierdie instellings het 'n groot invloed op energie in ekosisteme en bring uitgebreide veranderinge aan landvorme en samestellings van gemeenskappe mee, wat dan lei tot groot veranderinge in ekosisteme (Pickett *et al.*, 1997) wat ook die gesondheid en algemene welstand van inwoners beïnvloed (Alberti *et al.*, 2003). Van die belangrike veranderinge wat mense in stede teweeg bring, is dat hulle sommige nutriënte mobiliseer en ander verminder, nuwe habitate skep, water herlei, temperature verhoog en gemeenskappe van ander organismes in stede manipuleer (Collins *et al.*, 2000).

Mense moet egter nie net as eksterne, negatiewe invloede in omgewingstudies beskou word nie. Ekoloë behoort eintlik by sosiale wetenskaplikes te leer wat die institusionele, organisatoriese en interaktiewe eienskappe van mense is sodat dit volgens Pickett *et al.* (1997) by ekosisteemmodelle ingesluit kan word omdat die rol van die mens in ekosisteme meer as net hulle bevolkingsdigtheid is. Pickett *et al.* (1997) stel die menslike ekosisteemmodel voor wat interaksie tussen al die verskillende komponente aantoon en wat kan dien as raamwerk vir beoogde studies in stedelike ekosisteme. Werklik ernstige oorweging van hierdie model deur ekoloë vereis 'n grootskaalse paradigmaskuif ten opsigte van vele fasette ook in die toepassing van sekere ekologiese begrippe, byvoorbeeld ekosisteem. Alhoewel die paradigma-skuif van ekosisteme as geslote en selfregulerend tot oop en heterotrofies lank reeds 'n werklikheid is, het baie ekoloë, ook in Suid-Afrika, nog nie daardie skuif in hulle navorsing en opleiding gemaak nie. Die rede daarvoor kan wees dat hulle met 'n eendimensionele bril na 'n multidimensionele konsep, soos die ekosisteem, kyk. Pickett en Cadenasso (2002) beskryf drie verskillende maar verwante dimensies van die ekosisteemkonsep. Die eerste dimensie is die definisie wat in 'n verskeidenheid situasies gebruik word en geen beperkende voorveronderstellinge ten opsigte van ewewig, geslotenheid, stabiliteit en blywendheid, komponente en tipes interaksies, bevat nie. Die tweede dimensie is die modelle waarin die spesifikasies vervat is wat die baie werklike en hipotetiese situasies waarna die definisie verwys, omvat. Die metaforiese dimensie word gebruik in informele wetenskaplike besprekings en in algemene, openbare dialoog. Volgens Pickett en Cadenasso (2002) word die metaforiese dimensie van die kerndefinisie in wetenskaplike studies geskei, terwyl skaal, proses, inhoud, grense, flukse en dinamika in spesifieke modelle gespesifiseer word. Die metaforiese dimensie “stel die wetenskap vry” in openbare sake, maar bring ook die probleem van teenstrydige afleidings en waardes in wat 'n onlosmaaklike deel van sosiale en politieke redevoering is (Pickett & Cadenasso, 2002). Dit is belangrik dat 'n ekoloog bewus moet wees van hierdie verskillende dimensies en dit in die regte konteks toepas. In die komplekse stedelike omgewing met sy groot verskeidenheid rolspelers kan dit alleenlik plaasvind deur 'n geïntegreerde benadering te volg.

Ekologiese kompleksiteit

Ekologiese kompleksiteit is 'n breë term wat verskillende wetenskaplike dissiplines soos biologie, ekologie, ingenieurswese en wiskunde oorspan. Verskeie boeke en artikels is die afgelope tyd oor hierdie onderwerp gepubliseer en 'n spesiale vakwetenskaplike tydskrif, *Ecological Complexity*, het selfs die lig gesien. Komplekse netwerke het in 'n groot mate deterministiese chaos vervang as gewilde onderwerp van bespreking oor nie-liniêre dinamika en stochastisiteit (Bascompte, 2007). Volgens Montoya *et al.* (2006) verwys ekologiese kompleksiteit na wat Darwin 'n *tangled mass* genoem het. Hierdie metafoer verwys na die skynbaar ontelbare interaksies binne en tussen spesies in 'n ekosisteem wat so kompleks is dat dit eintlik onmoontlik is om dit te verstaan. Die interaksies maak verder deel uit van ekologiese netwerke wat al in 1956 deur Odum gebruik is om voedselwebbe te verklaar. Gedurende die afgelope paar jaar het daar 'n verdere ontwikkeling in netwerkteorie plaasgevind wat volgens Bascompte (2007) daartoe gelei het dat gemeenskaplikhede in verskillende sisteme gevind is en dat ons begrip van die gevolge van heterogeniteit vir populasie- en gemeenskapsdinamika verbeter het.

Alhoewel daar 'n algemene besef van die belangrikheid van ekologiese kompleksiteit heers, sluit baie min empiriese ekoloë hierdie beginsels by hulle navorsingsprogramme in. Met die volgende algemene definisie van biokomplexiteit raak Cadenasso *et al.* (2006a) egter die fundamentele en praktiese aspekte van kompleksiteit aan:

Biocomplexity is the degree to which ecological systems comprising biological, social, and physical components incorporate spatially explicit structure, historical contingency and organizational connectivity.

Hierdie definisie van Cadenasso *et al.* (2006a) dui aan dat daar wegbeweeg moet word van 'n metaforiese dimensie van biokomplexiteit (Darwin se *tangled mass* wat onverstaanbaar is) na verdere dimensies van kwantifisering en konstruksie van modelle. Cadenasso *et al.* (2006a) gee 'n volledige beskrywing van 'n metode om hierdie oorgang tussen dimensies te bewerkstellig. Sommige van die stappe sluit in besluite oor skaal ten opsigte van tyd en ruimte, watter komponente ingesluit moet word en die plasing daarvan binne drie kompleksiteitsasse, naamlik heterogeniteit, konnektiwiteit en historiese gebeurtenisse, en ook besluite oor watter dissiplinêre perspektiewe ingesluit moet word. Skaal is slegs een van die aspekte wat genoem is wat uiters belangrik is in komplekse sisteme. Die hiërgie-teorie voorsien 'n duidelike raamwerk om ruimtelike skale mee te hanteer en impliseer dat alle skale ewe belangrik is, en nie net die fynste skale soos deur die reduksionisme voorgestel word nie (Cadenasso *et al.*, 2006a). Wu *et al.* (2003) stel byvoorbeeld

voor dat die patrone en prosesse van grondgebruiksveranderinge, byvoorbeeld verstedeliking, op drie ruimtelike skale, naamlik plaaslik, landskap en streek gekwantifiseer word deur 'n sogenaamd hiërgiese koldinamikamodel te gebruik.

3. Stedelike Ekologie is interdisciplinêr

Integreringsmetodes

Weens die ekologiese kompleksiteit van stedelike ekosisteme kan verwag word dat 'n interdisciplinêre benadering in stedelike ekologiese studies die enigste wyse is waarop hierdie ekosisteme werklik verstaan kan word. Volgens Newell (2001) word interdisciplinariteit slegs geregtig deur 'n komplekse sisteem.

An interdisciplinary understanding provides a more effective basis for action than do the separate and more parochial understandings of the disciplines. The recognition of complexity should not lead us to throw up our hands, but to develop humility as well as interdisciplinarity (Newell, 2001).

Alhoewel stedelike ekosisteme kompleks is, bestaan hulle uit patrone en prosesse wat tipies binne duidelike dissiplines soos sosiale wetenskappe, ekonomiese wetenskappe, hidrologie, beplanning en ontwerp en ekologie bestudeer en verstaan word (Cadenasso et al., 2006b). Hierdie tipes studies is grootliks dissiplinêr in hulle doelwitstelling en strewe ook na die ontwikkeling van kennis en uitbreiding van die teorie binne die spesifieke dissipline (Figuur 1a). Ons aanvanklike studies in stedelike omgewings in die Noordwes-Provinsie was dissiplinêr en slegs op plantekologie gefokus. Aangesien baie min bekend was rakende die biodiversiteit van stedelike omgewings in Suid-Afrika is plantgemeenskappe van verskillende grondgebruiksgebiede, of anders gestel ekologies bekende plekke, beskryf, byvoorbeeld vleilande (Cilliers et al., 1998; Van Wyk et al., 2000), gefragmenteerde natuurlike oorblyfsels van grasvelde en boomvelde (Cilliers et al., 1999; Van Wyk et al., 1997), parke as analoog aan woude (Cilliers & Bredenkamp, 1999a) en oop erwe as analoog aan grasvelde (Cilliers & Bredenkamp, 1999b). Die plantegroei van spoorwegreserwes (Cilliers & Bredenkamp, 1998) en padreserwe (Cilliers & Bredenkamp, 2000a) as verspreidingsgange tussen natuurlike gebiede buite en binne stede is ook beskryf. In hierdie studies is die ruimtelike heterogeniteit ten opsigte van plantegroei in die stedelike oop ruimtes beskryf en dit het bygedra tot ons kennis van die plantegroei in die Grasveldbioom asook die formele klassifikasie van plantegroei en dus tot die uitbouing van Fitososiologie (Cilliers & Bredenkamp, 2000b) die identifisering, klassifisering en beskrywing van plantgemeenskappe. Hierdie aanvanklike studies het ook gedien as basis vir verskeie ander studies waarvan die

biootoopstudies (Cilliers *et al.*, 2004) wat direkte toepassingswaarde het, later bespreek sal word.

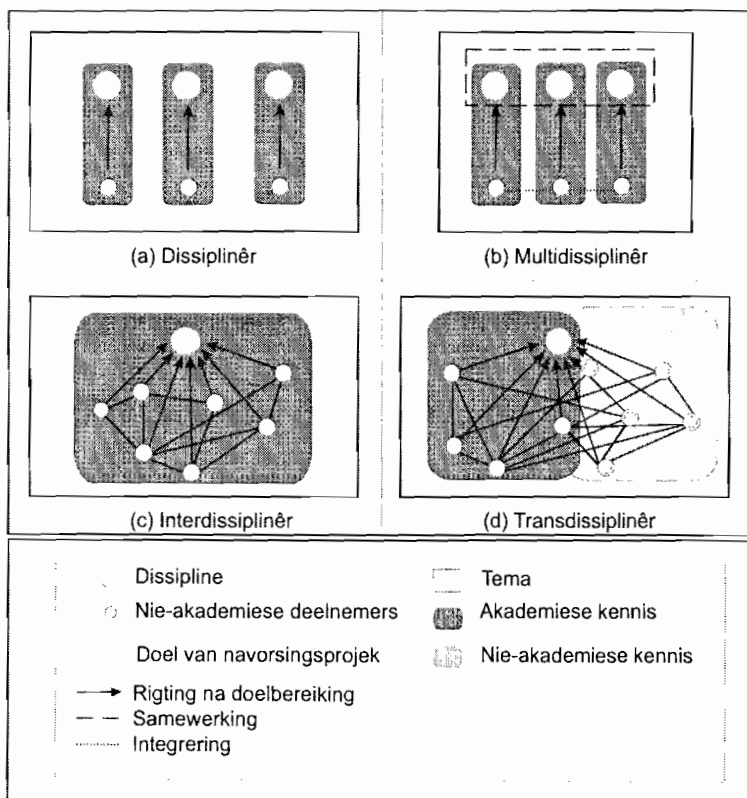
Tydens die aanvanklike studies is besef dat studies oor ander aspekte van biodiversiteit, ekologiese en selfs sosiologiese prosesse ook nodig is om die stedelike ekosisteem beter te verstaan. Dit het gelei tot die ontwikkeling van 'n Geïntegreerde Studie in stedelike omgewings in 2002 waarin gepoog is om die verskillende dissiplines (Dierkunde, Geografie, Mikrobiologie, Plantkunde en Stads- en Streeksbeplanning) in die Skool vir Omgewingswetenskappe en – Ontwikkeling te integreer om stedelike ekosisteme te ondersoek. Hierdie program is sedert 2002 deur die NRF gefinansier en in die proses het 15 nagraadse studente projekte in die stedelike omgewing onderneem, onder leiding van navorsers van al die vakgroepe in die Skool, met beurse van die NRF. Vier van hierdie projekte het gefokus op Plantkunde, waarvan twee met sosiologiese aspekte geassosieer is. 'n Volgende vier projekte het gefokus op Dierkunde (drie op voëls en een op insekte), waarvan een met sosiologiese aspekte geassosieer is. Mikrobiologie, Geografie en Stads- en Streeksbeplanning is deur een projek elk verteenwoordig. Twee van die projekte het Plantkunde en Geografie geïntegreer, een Mikrobiologie en Plantkunde en die laaste een, Plantkunde, Dierkunde, Geografie en Stads- en Streeksbeplanning. Sedert 2002 het drie nagraadse studente van Duitsland as deel van 'n formele samewerkingsooreenkoms met die University of Applied Sciences in Erfurt, Duitsland, ook projekte in Suid-Afrika van stapel gestuur waarmee Plantkunde en Stads- en Streeksbeplanning geïntegreer is.

Uit bostaande inligting blyk dit dat ons projekte sterk geïntegreer is, maar die vraag is hoe die integrasie plaasgevind het. Volgens Fry *et al.* (2007) hang die graad van integrasie daarvan af of die navorsing multi-, inter- of transdissiplinêr van aard is. Daar is verskillende definisies van hierdie drie begrippe, en sommige navorsers gebruik hulle as sinonieme. Tussen die mynvelde van sieninge wat in die literatuur bestaan, beskou ek Fry *et al.* (2007) se poging om onderskeid tussen hierdie drie begrippe te tref (Figuur 1) as besonder insiggewend. Multidissiplinêre projekte (Figuur 1b) sluit verskillende akademiese dissiplines in wat dieselfde tema of probleem bespreek, maar met dissiplinêre doelstellings. Deelnemers aan sulke projekte ruil wel kennis uit, maar hulle strewende nie werklik daarna om vakgrense oor te steek en dus nuwe kennis en teorie te ontwikkel nie. Die navorsingsproses ontwikkel dus as parallelle dissiplinêre pogings sonder integreer, maar met die doel om resultate te vergelyk.

Interdissiplinêre projekte (Figuur 1c) sluit verskeie nie-verwante akademiese dissiplines op so 'n wyse in dat vakgrense oorgesteek word om nuwe geïntegreerde kennis en teorie te ontwikkel en 'n gemeenskaplike navorsingsvraag te beantwoord. Nie-verwante dissiplines bevat verskillende navorsingsparadigmas wat verskeie aantoon ten opsigte van kwalitatiewe en kwantitatiewe of tussen

analitiese en interpreterende benaderings soos deur die sosiale en natuurwetenskappe saamgevoeg word.

Transdissiplinêre projekte (Figuur 1d) integreer akademiese navorsers van verskillende nie-verwante dissiplines en nie-akademiese deelnemers soos bestuurders en die publiek om 'n gemeenskaplike navorsingsvraag te ondersoek. Nuwe geïntegreerde teorie en kennis word tussen die wetenskap en die samelewing ontwikkel. Interdissiplinariteit word hier met 'n deelnemende benadering gekombineer.



FIGUUR 1 : Hooftogtings in navorsing om die verskille in graad van integrasie aan te toon (Fry *et al.*, 2007).

Volgens Fry *et al.* (2007) is slegs interdisiplinêre en transdisiplinêre studies werklik integrerend van aard. Deelnemende studies betrek nie-akademiese deelnemers by akademiese navorsing deur kennisuitruiling, maar die fokus is nie op die integrering van kennis uit verskillende dissiplines om nuwe kennis voort te bring nie. Hierdie studies kan ook deel uitmaak van dissiplinêre of multidissiplinêre studies. Deelnemende studies en veral die gebruik van inheemse inligting (“indigenous knowledge”) is nie noodwendig navorsing nie, maar is belangrik om ’n verbintenis en magtiging vir die toepassing van wetenskaplike bevindinge te bewerkstellig (Fry *et al.*, 2007).

Die meeste individuele studies in ons geïntegreerde projek was dissiplinêr van aard, terwyl dié waar Plantkunde, Dierkunde en Mikrobiologie onderling geïntegreer is, as multidissiplinêr beskou kan word. Die integrering van Geografie en Stads- en Strecksbeplanning, as Fisiese en Sosiale wetenskappe met enige van die Biologiese wetenskappe dui op interdisiplinariteit veral as nuwe, geïntegreerde kennis ontwikkel word. Die integrering van kennis wat van staatsdepartemente en ekologiese en beplanningskonsultante bekom word, met dié van interdisiplinêre studies dui op transdisiplinariteit, maar moet nie met deelnemende studies verwar word nie. Deelname van alle rolspelers in studies van stedelike omgewings, ook dié van die algemene publiek, is noodsaaklik en verhoog die toepassingswaarde van hierdie studies. Die groter, gesamentlike projek kan as interdisiplinêr beskou word, selfs met ondertone van transdisiplinariteit, afhangende van hoe sinvol die resultate van die verskillende projekte in die vorm van ekologiese modelle geïntegreer word. Van die belangrikste doelstellings van die groter projek was:

- Om vas te stel watter omgewingsveranderinge (biodiversiteit van verskillende biota en ekologiese prosesse) in ’n aantal stedelike omgewings plaasgevind het, deur die verstedelikingsgradiënt benadering te gebruik.
- Om die verstedelikingsgradiënt in ons studiegebiede te karakteriseer ten opsigte van ekologiese, fisiese en sosiale aspekte, deur ook die spesifieke uitgestrektheid (*sprawling*) en gefragmenteerde aard daarvan in ag te neem.
- Om die invloed van spesifieke beskryfde omgewingsveranderinge op die mens in die stedelike omgewing te bepaal ten opsigte van die gesondheid, welstand, kennis, status, gebied en mag van verskillende gemeenskappe.
- Om spesifieke bestuurstrategieë voor te stel deur ’n geïntegreerde benadering te volg in die gebruik, beplanning en bestuur van stedelike gebiede deur te verstaan wat die aard van verbetering van volhoubaarheid werklik beteken.

Sommige van hierdie doelstellings is dissiplinêr van aard en spesifieke integrering van die Natuur- en Sosiale wetenskappe word nie noodwendig geïmpliseer nie. 'n Belangrike saambindende faktor in die groter projek is egter die verstedelingsgradiënt-benadering wat gevolg is.

Verstedelingsgradiënte

Verstedelingsgradiënte is slegs een van die benaderings wat in stedelike ekologiese studies gebruik word om 'n beter begrip te bewerkstellig van die interaksie tussen stedelike ontwikkeling en die struktuur en funksie van ekologiese en sosiale sisteme. Ander benadering wat gevolg word om die ekologie van stedelike ekosisteme te verstaan is koldinamika (Pickett *et al.*, 2001), die klassieke ekosistemenbenadering (Zipperer *et al.*, 2000), metapopulasie-dinamika (Marzluff *et al.*, 2001), meganistiese studies (Shochat *et al.*, 2006) en die menslike ekosisteen-model (Pickett *et al.*, 1997). In die verstedelingsgradiënt-benadering (stedelik tot natuurlik) word gebiede wat dieselfde oorspronklike fisiese kenmerke bevat het (byvoorbeeld grasvelde) maar wat tans ten opsigte van meetbare eienskappe van verstedeliking verskil, met mekaar vergelyk. Gradiëntanalises is niks vreemds in ekologie nie (byvoorbeeld studies langs voggradiënte of verstedelingsgradiënte of beweidingsgradiënte), maar die insluiting van sosiale, ekonomiese en kulturele komponente by verstedelingsgradiënt-studies verhoog die geïntegreerde aard daarvan.

Verspreidingspatrone langs 'n verstedelingsgradiënt van verskeie organismes soos plante, myte, epigeale artropode, voëls en selfs bakterieë is in stedelike omgewings in die Noordwes-Provinsie ondersoek. Aanvanklik is 'n negatiewe reaksie ten opsigte van verstedeliking van alle biota verwag, maar hierdie studies het aangetoon dat daar ook positiewe reaksies kan wees. In sommige gevalle is omgewingsfaktore wat 'n rol kan speel in die verspreiding van hierdie organismes ook gekwantifiseer en bespreek as moontlike oorsaaklike faktore. Om in die toekoms hierdie oorsaaklike faktore en die eienskappe van spesies wat hulle verspreiding beïnvloed te bepaal moet die gradiëntbenadering geïntegreer word met van die ander benaderings (koldinamika, klassieke ekosistemenbenadering, metapopulasie-dinamika, meganistiese studies en die menslike ekosisteen-model).

Karakterisering van die verstedelingsgradiënt is dikwels problematies en is in die verlede dikwels gekritiseer weens die vereenvoudiging daarvan. Daar het egter heelwat ontwikkeling plaasgevind sedert McDonnell en Pickett (1990) hierdie benadering voorgestel het. Die ontwikkeling van GIS en die groter beskikbaarheid van satellietbeelde het daartoe gelei dat wegbeweeg is van 'n transekbenadering, en direkte metings van verstedeliking is later gebruik. Daar is gevind dat verstedelingsgradiënte indirek en nie-liniêr is. In ons eie studies is die V-I-S-metode van Ridd *et al.* (1995) gebruik wat die onderlinge verhouding tussen die bedekking van plantegroei, ondeurlaatbare oppervlaktes en grond gebruik het om

die gradiënt te kwantifiseer. Meer ondersoek moet geloods word om te bepaal watter metings sinvol gebruik kan word om die gradiënt te kwantifiseer. Hahs en McDonnell (2006) het 'n kwantifiseringsmodel voorgestel waarin 'n verskeidenheid metings van drie verskillende kategorieë, naamlik demografies, fisies en landskapsmetings ingesluit is. Die toepaslikheid van sulke modelle in ander stede en lande is noodsaaklik om vergelykende studies moontlik te maak. Ons is op die oomblik besig om die model van Hahs en McDonnell (2006) met 'n aantal aanpassings in gefragmenteerde grasvelde in die Klerksdorp-omgewing in 'n nagraadse studie te toets. Die bepaling van geskikte metings om die verstedelikingsgradiënt te kwantifiseer kan lei tot vergelykende studies van biodiversiteit en ekologiese prosesse van verskillende stede. In 'n onlangse studie is gefragmenteerde grasvelde van Australië en dié van Suid-Afrika langs 'n verstedelikingsgradiënt met mekaar vergelyk. Soortgelyke patrone van indringing van uitheemse spesies is in genoemde lande waargeneem langs die stedelike deel van die gradiënt wat verskil van die patrone langs die natuurlike deel van die gradiënt (Cilliers *et al.*, 2007a). Hierdie patrone is visueel aangetoon deur van 'n metode van ruimtelike statistiek gebruik te maak (Cilliers *et al.*, in pers).

Ekologie “in” en ekologie “van” stede

Die meeste studies in stedelike omgewings wat dusver genoem is, bestudeer die ekologiese struktuur en funksie van spesifieke habitate of spesifieke organismes in stede en word deur verskeie navorsers beskryf as die ekologie “in” stede (Grimm *et al.*, 2000; Pickett *et al.*, 2001). Hierdie tipes studies is uiters waardevol en behoort in al hoe meer stede dwarsoor die wêreld gedoen te word, maar daar is ook 'n ander, meer omvattende, en steeds ontwikkelende benadering waarvolgens die stad in sy geheel ondersoek word, wat bekend staan as die ekologie “van” stede (Pickett *et al.*, 1997). Dit duur egter lank voordat hierdie benadering posvat vanweë die skaarste aan interdisiplinêre studies en die oënskynlike huiwering van hoofstroomekoloë om by stedelike ekologiese studies betrokke te raak. Die LTER (*Long Term Ecological Research*)-studies in Baltimore en Phoenix in die VSA (Grimm *et al.*, 2000) volg egter geruime tyd reeds die meer inklusiewe benadering in hulle studies. Na my mening lê hulle sukses eerstens in die stewige basis van vorige studies (ekologie “in” stede), tweedens in die suksesvolle integrering van Natuur-, Fisiese-, en Sosiale wetenskaplikes en derdens in die feit dat hulle nuwe ontwikkelinge in Ekologie, byvoorbeeld in Landskapskologie waar die fokus op die funksie van ruimtelike heterogeniteit val, in ag geneem het. Hierdie benadering verskil volgens Cadenasso *et al.* (2006b) van die tradisionele benadering van ekologie “in” stede om die volgende redes:

- Alle habitate in 'n spesifieke metropolitaanse gebied word ingesluit, nie net die “groen gebiede” nie.
- Ruimtelike heterogeniteit, uitgedruk as gradiënte of mosaïeke, word as hipoteses gestel om interaksies en veranderinge in stede te verklaar.

- Die rol van die mens op verskeie vlakke van sosiale organisasie, van individue tot huishoudings en tydelike assosiasies tot komplekse en blywende werksaamhede, word gekoppel aan die biofisiese eienskappe van die metropool.

Die LTER-studies is goeie voorbeelde van werklike integrasie van verskillende dissiplines en poog om die verwantskappe tussen menslike besluitneming en die landskappe wat deur hulle beïnvloed word, te bepaal. Die drie hoofdoelstellings van die LTER-projekte (Pickett *et al.*, 1997) is die volgende:

- Om die verwantskappe in die ruimtelike struktuur van sosio-ekonomiese, fisiese en ekologiese faktore in 'n stedelike ekosisteem te bepaal.
- Om die vloeï (*flux*) van energie, materiale, kapitaal en bevolkings te bepaal en ook hoedat dit oor tyd heen verander.
- Om te bepaal hoedat mense 'n begrip en toepassing kan ontwikkel van stedelike gebiede as ekosisteme waarvan die gehalte verbeter moet word, ook deur hulle eie aktiwiteite.

Die konsep *ekologie "van" stede* het dus te make met die somtotaal van alle patrone en prosesse in stede wat uitloop op die volgende belangrike vraag: Hoe vervaardig 'n stad energie en materiale wat toepaslik is vir die omgewing? Volgens Grimm *et al.* (2000) is daar verskillende metodes wat gevolg kan word om die ekologie van stede te verstaan, maar hulle is almal nietemin ook onderling verbind. Een van die algemeenste metodes wat toegepas word, is die massa-balansmetode waarvolgens die invoer-uitvoer van voedingstowwe in stede bepaal word (Kaye *et al.*, 2006). Die waterskeidingsbenadering (*watershed approach*) (Pickett *et al.*, 1997) word dikwels as integreerder vir hierdie metode gevolg omdat invoer-uitvoer vereenvoudig word, aangesien 'n spesifieke studiegebied deur 'n spesifieke rivier of stroom gedreineer word.

Soos reeds genoem het Pickett *et al.* (1997) die menslike ekosisteemmodel voorgestel as raamwerk waarbinne die integrering van Natuur- en Sosiale wetenskappe moet plaasvind om stedelike ekosisteme beter te verstaan. Alberti *et al.* (2003) het egter verder gegaan en 'n raamwerk voorgestel wat gebruik kan word om spesifieke interaksie tussen die mens en ekologiese prosesse te verduidelik. In die model (Figuur 2) word kragte wat stedelike ontwikkeling dryf geïdentifiseer. Hierdie dryfkragte definieer ruimtelike en gebruikspatrone wat 'n invloed op sosiale en ekologiese prosesse uitoefen. Die prosesse beïnvloed verskynsels soos menslike gedrag en biodiversiteit op 'n makrovlak, maar die prosesse voer weer terug en beïnvloed landskaps- en sosiale patrone. Bewuswording van die veranderinge wat plaasgevind het, kan lei tot die ontwikkeling van verdere dryfkragte soos spesifieke omgewingswetgewing wat dan weer die patrone en prosesse verder verander. Volgens Alberti *et al.* (2003) is so 'n raamwerk nodig om hipoteses te toets rakende die dinamika van die stedelike ekosisteem ten opsigte van aspekte soos dryfkragte, patrone, veerkragtigheid en

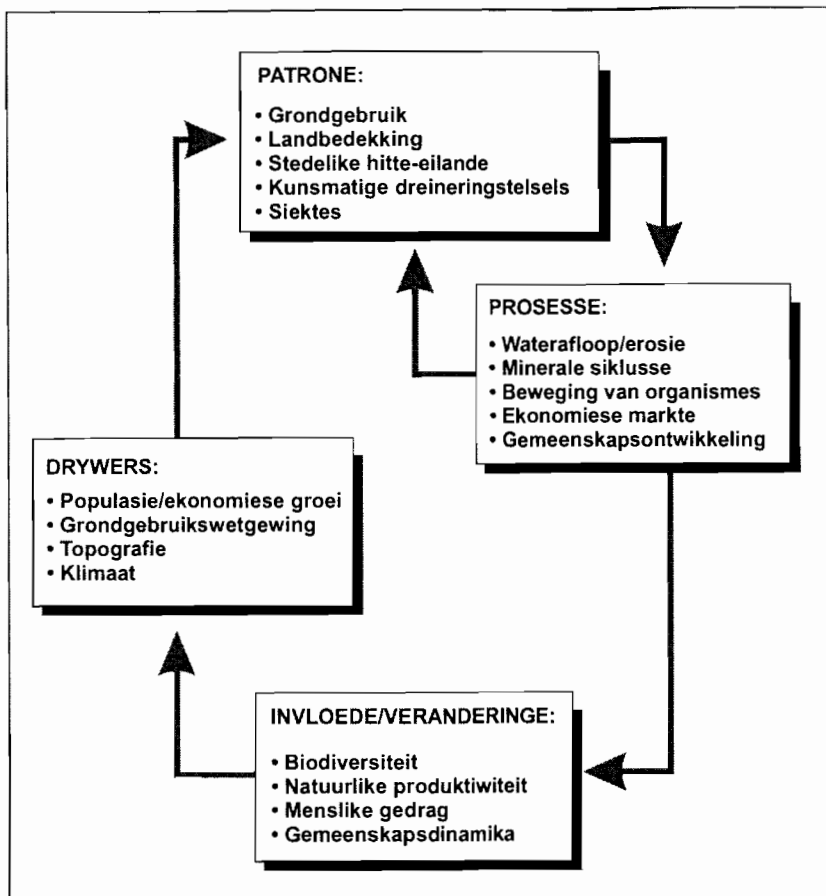
skaal. Hierdie raamwerk help ook om betroubare voorspellings te maak aangaande ekosisteemveranderinge onder verskillende scenario's van menslike en ekologiese versteurings. Sodanige inligting is van kritieke belang vir bestuurders en wetgewers om die uitwerking van menslike aktiwiteite op die stedelike ekosisteem te beheer en te minimaliseer.

Alberti *et al.* (2003) redeneer verder dat die wyse waarop stedelike ekoloë hulle navorsingsvrae formuleer van die uiterste belang is. Hulle stel verder voor dat stedelike ekoloë die volgende vier fundamentele vrae onder die loep moet neem:

- Hoe beïnvloed sosio-ekonomiese en biofisiese veranderlikes die ruimtelike en temporele verspreiding van menslike aktiwiteite in mens-oorheerste ekosisteme?
- Hoe kan die ruimtelike en temporele verspreiding van menslike aktiwiteite daartoe lei dat energie- en materiaalvloei herversprei word en bestaande versteuringsregimens verander?
- Wat is die wisselwerking tussen die aktiwiteite en prosesse van mense op verskillende vlakke – individu, bevolking en gemeenskap, om die veerkragtigheid (*resilience*) van mens-oorheerste ekosisteme te bepaal?
- Hoe reageer mense op veranderinge in ekologiese toestande, en hoe verskil hulle reaksies op verskillende gebiede, kulture en sosio-ekonomiese vlakke?

4. Stedelike Ekologie is toegepas

Soos vroeër genoem, sluit die ander siening van Stedelike Ekologie juis die toegepaste aard daarvan in, en meer spesifiek die gebruik daarvan in beplanning en bestuur. Integrering van die interdisiplinêre kennis oor stedelike ekosisteme in die ontwikkeling van beleidsake is 'n belangrike doelstelling van Stedelike Ekologie. Interaksie tussen beleidmakers en -toepassers en wetenskaplikes moet toeneem sodat meer volhoubare stedelike vorme ontwikkel kan word. Alberti *et al.* (2003) wys daarop dat 'n nuwe verhouding tussen wetenskap en beleid benodig word om omgewingsprobleme sinvol op te los. Wetenskaplikes is egter tradisioneel huiwerig om betrokke te raak by besluitnemingsprosesse oor beleidsake. Volgens Lach *et al.* (2003) is van die algemeenste redes wat wetenskaplikes hiervoor aanvoer, onder andere dat hulle hul kosbare professionele tyd eerder aan navorsing wy, dat hulle nie oor die nodige



FIGUUR 2 : Konseptuele model vir geïntegreerde navorsing in stedelike ekosisteme (gebaseer op Alberti *et al.*, 2003)

vaardighede beskik om hulle resultate in die nie-wetenskaplike wêreld te kommunikeer nie en dat hulle geloofwaardigheid as wetenskaplikes deur kollegas, politici en spesifieke belangegroepes bevraagteken sal word. Aan die ander kant dra beleidmakers en -toepassers by tot gebrekkige kommunikasie deurdat hulle wetenskaplikes in 'n besluit wil "indwing" voordat alle wetenskaplike inligting bekom kan word en hulle dan daarvan beskuldig dat hulle stadig reageer.

McDonnell (2007) beskryf “spanning” wat tussen wetenskaplikes en hulpbronbestuurders in Australië voorkom, en na 12 jaar navorsing in stedelike omgewings in Suid-Afrika kan ek my volkome hiermee identifiseer. Persepsies verskil ten opsigte van die waarde van die bewaring van klein natuurlike fragmente in stede, kulturele waarde van stedelike natuur teenoor ekologiese funksies, ruimtelike en tydskele waarbinne mense funksioneer teenoor skale waarbinne ekologiese prosesse plaasvind en bewaring van biodiversiteit teenoor sosiale persepsies dat sekere spesies (slange, muise, spinnekoppe en so meer) nie in stede tuishoort nie. McDonnell (2007) wys op die belangrikheid daarvan dat wetenskaplikes en bestuurders saam hierdie aspekte van spanning moet identifiseer en die algemene publiek se begrip vir hierdie komplekse vraagstukke sal moet fasiliteer. Hierdie samewerking is ’n belangrike vorm van transdissiplinêre navorsing.

Volgens Lach *et al.* (2003) is daar gelukkig wetenskaplikes wat wegbeweeg van ’n minimalistiese rol in besluitneming oor natuurlike hulpbronne, maar ander neig weer tot ’n meer tegnokratiese rol waar hulle self besluite neem. ’n Benadering wat tussen bogenoemde twee uiterstes lê waarin wetenskaplikes baie nou met bestuurders saamwerk deur wetenskaplike inligting met bestuursbesluitneming te integreer blyk die regte weg te wees om te volg (Lach *et al.*, 2003) soos ook deur McDonnell (2007) voorgestel. Dit bly egter ’n uitdaging om resultate van wetenskaplike navorsing te verwerk na inligting wat bruikbaar en toepaslik is vir beleidmakers en –toepassers. ’n Verdere belangrike en groot uitdaging vir wetenskaplikes is om ’n balans te handhaaf tussen geloofwaardigheid van medewetenskaplikes en dié van beleidmakers en –toepassers. Lach *et al.* (2003) bespreek die verskillende kriteria waarvolgens dit bepaal word en beklemtoon die feit dat wetenskaplikes beslis die vaardigheid moet aanleer om met nie-wetenskaplikes te kommunikeer.

Intense betrokkenheid by besluitnemingsproesse oor natuurlike hulpbronne is belangrik vir individuele wetenskaplikes, maar ’n interdissiplinêre benadering in navorsing en opleiding het die verdere voordeel dat sommige van die deelnemers uit die aard van hulle opleiding en navorsing hierdie kommunikasie-vaardigheid reeds bemeester het. Wetenskaplikes wat spesialiseer in byvoorbeeld Omgewingsbestuur en Stads- en Streeksbeplanning is oor die algemeen meer intens gemoeid met beleidsake rakende die omgewing as die meeste bioloë, en hulle betrokkenheid by stedelike ekologiese projekte verleen ’n ander dimensie daaraan. Die beplanningsperspektief van Stedelike Ekologie word in Europa beklemtoon, en in Duitsland word beplanning sterk beïnvloed deur ’n program van biotoopkartering wat stede insluit. Hierdie program sluit die beskrywing van fauna en flora van biotope in om habitate te identifiseer wat belangrik is vir die bewaring van natuurlike hulpbronne en vir die lewensgehalte van mense (Werner, 1999). Kartering van biotope in stedelike gebiede is ook suksesvol in die Noordwes-Provinsie afgehandel omdat dit gebaseer is op volledige

plantegroei-beskrywings (Cilliers *et al.*, 2004). Die bepaling van biotope wat in stedelike gebiede bewaar moet word, het waardevolle riglyne vir die samestel van ruimtelike ontwikkelingsraamwerke gebied (*SDF – spatial development frameworks*) (Drewes & Cilliers, 2004) wat volgens wetgewing vir elke stad of dorp ontwikkel moet word. Hierdie pogings is 'n voorbeeld van die integrering van navorsing deur beplanners en bioloë en van die aanbieding van wetenskaplike data in 'n formaat wat vir munisipale owerhede verstaanbaar en bruikbaar is.

5. Visie vir Stedelike Ekologie in omgewingsnavorsing en -opleiding by die Noordwes-Universiteit

Navorsing

My visie vir Stedelike Ekologie in omgewingsnavorsing by die Noordwes-Universiteit is:

- Alle bestaande biofisiese en sosiale data wat die afgelope tyd in die Noordwes-Provinsie ingesamel is, moet gekonsolideer word in 'n Ekologie “van” die stad-benadering.
- Werklike integrering van die bydraes van natuur-, fisiese en sosiale wetenskaplikes (interdisiplinêr) en van wetenskaplikes en nie-wetenskaplikes (transdisiplinêr) moet plaasvind.
- Integrering van verskillende benaderings in stedelike ekologiese navorsing, byvoorbeeld verstedelingsgradiënte, koldinamika, klassieke ekosistembenadering, metapopulasie-dinamika, meganistiese studies en die menslike ekosisteen-model, om geïntegreerde studies op verskillende skale moontlik te maak.
- Navorsing moet toepaslik wees en abstrakte konsepte oor die stedelike ekosisteen moet verstaanbaar aangebied word vir alle rolspelers.

Ek doen vervolgens 'n aantal aanbevelings aan die hand om hierdie visie te bereik. Uit voorgaande besprekings kan afgelei word dat navorsing in stedelike ekosisteme die integrering van verskillende benaderings en dissiplines moet insluit voordat die doelstellings met Stedelike Ekologie wat in die begin genoem is, bereik kan word. Verskeie modelle is ontwikkel waarbinne hierdie integrering kan plaasvind (Pickett *et al.*, 1997; Grimm *et al.*, 2000). Nie een van hierdie modelle lê egter genoeg klem op die wisselwerking tussen ekosisteen-geïntegreerde en menslike gesondheid en welstand nie. In Suid-Afrika is spesifieke sosio-ekonomiese aspekte soos armoede, gesondheid en werkloosheid aan die orde van die dag en moet eksplisiet aandag geniet in stedelike ekologiese studies. Roberts (2001) stel dit duidelik dat die rol, funksie en belang van stedelike ekosisteme in die regte kulturele en sosio-ekonomiese konteks geplaas moet word. Volgens Cilliers *et al.* (2008) kan stedelike ekologiese studies in ontwikkelende lande, weens hulle groter heterogeniteit ten opsigte van ekologiese en sosio-ekonomiese aspekte as

ontwikkelde lande, aansienlik bydra tot ons kennis van die funksionering van stedelike ekosisteme deur byvoorbeeld die direkte en indirekte invloed van armoede op biodiversiteit en ekologiese prosesse te bepaal. Meer studies oor stedelike landbou en die ontwikkeling van 'n volhoubaarheidsindeks is twee benaderings wat in hierdie verband benut kan word (Cilliers *et al.*, 2008). Ekosisteamgesondheid word op verskillende maniere gedefinieer, maar verwys na habitate wat gekenmerk word deur ekologiese integriteit, en 'n gesonde ekosisteam is een wat stresvry of degradasievry is of daarvan kan herstel (ekologiese veerkragtigheid) en wat verder sy organisasie, produktiwiteit en outonomie oor tyd heen kan behou (Tzoulas *et al.*, 2007). Menslike gesondheid word beskou as 'n staat van totale fisiese, sielkundige en sosiale welstand. Welstand is 'n belangrike deel van openbare gesondheid en word in die Millennium Ecosystem Assessment (2003) beskou as sekuriteit op verskeie vlakke, persoonlike vryheid, goeie sosiale verhoudings en fisiese gesondheid. Tzoulas *et al.* (2007) stel 'n model voor waarin ekosisteam en menslike gesondheid gekoppel word aan die stedelike oopruimte-sisteam. Die doel van die model is om 'n raamwerk te skep waarbinne eerstens 'n interdisiplinêre navorsingsagenda met spesifieke hipoteses ontwikkel kan word en tweedens met die doel om die bydrae van stedelike ekosisteme en ekosisteamgesondheid in die onderhouding van menslike gesondheid te kwantifiseer. Die strukturele raamwerk van Tzoulas *et al.* (2007) kan met 'n aantal aanpassings (soos aangetoon in Figuur 3) sinvol benut word om toekomstige ontwikkeling van Stedelike Ekologie aan die Noordwes-Universiteit te rig. Hierdie model blyk geweldig omvattend en optimisties te wees en nie alle interaksie wat aangetoon is, kan noodwendig vir 'n enkele navorsingsprogram ingesluit word nie. Die model skep egter ruimte vir debatte en dialoog tussen 'n verskeidenheid dissiplines wat in die stedelike omgewing werksaam is om vas te stel of 'n gemeenskaplike navorsingsvraag sinvol ontwikkel kan word.

Alle stedelike oop ruimtes moet by die model (Figuur 3) ingesluit word (ekologie "van" die stad) en aanmekeer verbind word op alle skale om 'n oopruimte-netwerk te vorm. Die biotoopenadering (Cilliers *et al.*, 2004), wat op verskillende hiërgargiese vlakke funksioneer, kan ook hier toegepas word. Ekosisteamfunksies word in die Millennium Ecosystem Assessment (2003) in vier groepe, naamlik voorsienend, regulerend, ondersteunend en kultureel, ingedeel. De Groot *et al.* (2002) het 23 verskillende ekosisteamfunksies geanaliseer wat 'n baie groter aantal dienste verskaf. Slegs dienste wat op 'n volhoubare grondslag benut kan word, is ingesluit. (Ekologiese volhoubaarheid word gedefinieer as die natuurlike beperkings wat die drakrag van die natuurlike omgewing – fisies, chemies en biologies – stel sodat menslike gebruik nie die integriteit en funksionering van die natuurlike prosesse en komponente onomkeerbaar benadeel nie.) Dit was ook vir De Groot *et al.* (2003) moontlik om in beginsel aan alle ekosisteamfunksies 'n monetêre waarde toe te ken wat gebaseer is op menslike voorkeure vir die beskikbaarheid en onderhoud van die spesifieke funksie. Roberts (2001) wys ook

op die belang van ekonomiese aspekte (“resource economics”) om die waarde van natuurlike komponente in “meer verstaanbare taal” aan alle rolspelers oor te dra. Die rol van die verskillende oop ruimtes in Durban is byvoorbeeld ge-evalueer ten opsigte van 17 verskillende ekosisteedienste (ingesluit in Figuur 3) en die vervangingswaarde van hierdie dienste is konserwatief bereken op die helfte van die begroting van die Durbanse Metropolitaanse Raad (Roberts, 2001). Ekosisteesgesondheid verwys na die kwaliteit, kwantiteit en verskeidenheid van die ekosisteesfunksies en -dienste. Die stedelike oop ruimtes en hulle ekosisteesfunksies en -dienste vorm die gepaste agtergrond vir ’n stedelike ekosistees waarbinne die sosio-ekonomiese, gemeenskaps-, fisiese en psigologiese gesondheid van die mens gesetel is (Figuur 3).

Tocpassing van hierdie model om stedelike ekologiese navorsing aan die Noordwes-Universiteit te orden sal vergemaklik word deur te fokus op ’n spesifieke stedelike gebied of “toekomstige metropool”, byvoorbeeld die KOSH-gebied (Klerksdorp-Orkney-Stilfontein-Hartbeesfontein) en Potchefstroom asook op ’n spesifieke interdisiplinêre navorsingsveld, byvoorbeeld stedelike landbou (Cilliers *et al.*, 2007b; 2008). Stedelike landbou verwys na alle aktiwiteite met betrekking tot die produksie van voedsel in die stedelike omgewing en word beskou as ’n instrument deur middel waarvan armoede bestuur kan word (May & Rogerson, 1995), aangesien stedelike landbouprojekte soos die ekosirkelprojek in Potchefstroom (Cilliers *et al.*, 2007b) beide ekologiese integriteit en sosiale bemagtiging as doelstellings het. Verskeie dissiplines aan die Universiteit en instansies buite die Universiteit was in die verlede by stedelike landbouprojekte betrokke sonder dat daar werklik samewerking tussen hulle was – moontlik weens ’n botsing van belange en agendas. Deur die raamwerk (Figuur 3) as riglyn te gebruik en ’n spesifieke werkswyse te volg wat interdisiplinêre navorsing stimuleer, glo ek dat hierdie projekte kan herleef en ’n groot bydrae kan lewer tot die ontwikkeling van gesonde ekosisteme en gesonde mense, en ook bydra tot die ontwikkeling van meer volhoubare stedelike omgewings. Oor die lang termyn moet daar nie net op stedelike landbou gefokus word nie, maar ook gepoog word om saam met vele rolspelers deel te neem aan die ontwikkeling van ’n oorkoepelende omgewingsbestuursplan vir KOSH en Potchefstroom, soortgelyk aan die een wat vir Durban ontwikkel is (Roberts, 2001).

Opleiding

Ek wil die volgende voorstelle ten opsigte van opleiding aan die hand doen:

- Studente moet die nodige basiese kennis in hulle onderskeie vakgebiede (dissiplines) op voorgraadse vlak bemeester soos tans die geval is, maar Ekologie behoort volgens 'n multidissiplinêre benadering aangebied te word. Dit sal voorkom dat duplisering van leerstof plaasvind en ook daartoe meewerk dat studente wat sekere vakkombinasies neem, die volle omvang van Ekologie besef en bemeester.
- Die interdissiplinariteit en transdissiplinariteit van Stedelike Ekologie as vak moet op nagraadse vlak sterker beklemtoon word deur lesings deur Fisiese en Sosiale wetenskaplikes asook gaslesings deur beleidmakers en –toepassers.
- Modules wat kan lei tot 'n groter integrasie van die Natuur- en Sosiale wetenskappe moet op nagraadse vlak ingesluit word. Landskapsekologie is 'n voorbeeld van so 'n module wat ekologiese prosesse en landskapspatrone op verskillende skale bestudeer. Dit kombineer verder die ruimtelike benaderings van geografe en beplanners met die funksionele benaderings van ekoloë.
- In alle nagraadse modules moet klem gelê word op probleemoplossing.
- Vaardighede met betrekking tot kommunikasie met nie-wetenskaplikes moet ook by sommige van die modules ingesluit word.

STEDELIKE EKOSISTEEM

OOP RUIMTE SISTEEM

- Parke
- Straatbome
- Tuine (Hulse, Institusioneel, ander privaattuine)
- Landbougebiede
- Gerehabiliteerde gebiede
- Gefragmenteerde natuurlike gebiede in stad
- Natuurlike gebiede rondom stad (insluitende natuurreservate)
- Oop gebiede wat wag vir ontwikkeling
- Ander oop gebiede

EKOSISTEEMFUNKSIES EN -DIENSTE

- **Voorsienend**
 - Voedsel
 - Hout en vesels
 - Genetiese hulpbronne
- **Regulerend**
 - Lugsulwering
 - Klimaatregulering
 - Mineraalsiklering
- **Ondersteunend**
 - Grondvorming
 - Primêre produksie
- **Kultureel**
 - Estetiese waardes
 - Opvoedkundig
 - Ekotoerisme
- Skoon water
- Habitat
- Natuurlike medisyne
- Watersulwering
- Erosie regulering
- Afval behandeling
- Fotosintese
- Geestelike waardes
- Rekreasie

EKOSISTEEMGESONDHEID

- Lugkwaliteit
- Waterkwaliteit
- Grondstruktuur
- Habitat en spesiediversiteit
- Ekosisteam veerkragtigheid

MENSLIKE GESONDHEID *

SOSIO- EKONOMIESE GESONDHEID

- Toegang tot behuising en dienste
- Leef- en werktoestande

GEMEENSAPSGESONDHEID

- Bemagtiging
- Kultuur

FISIIESE GESONDHEID

- Kardiovaskulêr
- Immunitet

PSIGOLOGIESE GESONDHEID

- Stres
- Positiewe emosies

FIGUUR 3: Raamwerk om die oopruimte-sisteam en ekosisteamfunksies en -gesondheid met menslike gesondheid te integreer (aangepas uit; Pickett *et al.*, 1997, Roberts, 2001; Millenium Ecosystem Assessment, 2003; Tzoulas *et al.*, 2007)
*Slegs enkele voorbeelde word onder elke onderafdeling genoem

Struikelblokke by 'n interdisiplinêre benadering

Die LTER-studies in stedelike ekosisteme in die VSA het uit die staanspoor reeds 'n interdisiplinêre benadering gevolg en het dus oor 'n lang tydperk heen geleentheid gehad om struikelblokke by hierdie benadering te identifiseer en uit die weg te ruim. Baker (2006), 'n omgewingsingenieur wat van meet af aan by hierdie projekte betrokke was, noem 'n aantal probleme en dui aan hoe dit oorkom kan word:

- In nuwe, ontluikende interdisiplinêre navorsingspanne neig elke dissipline om aan homself te dink as verhewe en dat dit kan neersien op die ander dissiplines. Dit gebeur soms dat 'n dissipline wat meer klem laat val op kwantitatiewe data, “ander dissiplines” as nie-wetenskaplik beskou. Die “ander dissiplines” assosieer weer die kwantitatiewe benadering met 'n onvermoë om die groter dimensies van die probleem te verstaan. Volgens Baker (2006) verdwyn hierdie verskynsel eger na 'n (lang) tyd en dit kan selfs omgekeer word deurdat daar opgesien word na ander dissiplines vir hulle kennis en insig.
- Binne 'n dissiplinêre benadering word daar dikwels geredeneer oor teorieë en metodes, maar daar word selde 'n tree teruggestaan om na die “groter prentjie” te kyk. In interdisiplinêre studies word swakhede in sekere paradigmas dikwels oopgevelek deur algemene navrae uit ander dissiplines. Sulke navrae kan sommige navorsers onstel, veral as dit van 'n junior kollega of 'n student kom, terwyl ander navorsers dit verwelkom en as 'n uitdaging beskou.
- Dissiplinêre isolasie lei dikwels tot die ontwikkeling van verskillende “tale”; in so 'n mate dat dit moeilik is om oënskynlik eenvoudige konsepte in 'n interdisiplinêre groep te bespreek. Baker (2006) noem byvoorbeeld dat verskillende dissiplines verskillende betekenisse aan die begrip *model* heg. Dit is belangrik om seker te maak dat elkeen weet wat die ander onder sekere belangrike begrippe verstaan, al moet “waardevolle tyd” daardeur verlore gaan.
- Individuele dissiplines het hulle eie kultuur (taal, benadering, beloningstelsel) wat dit soms baie moeilik maak om oor dissiplinêre grense heen saam te werk. Hierdie probleem moet daadwerklik aangepak word deur interdisiplinêre seminare en werkswinkels te hou.
- 'n Belangrike doel van 'n nuutgevormde interdisiplinêre groep is om befondsing te verkry, en dit kan lei tot ontugtering want elke dissipline gaan op 'n ander manier met navorsingsgeld te werk. Volgens Baker (2006) het hy eers onlangs uitgevind dat 'n eenvoudige sosiale opname USD 50,000 kos en nou ook sommer verstaan waarom.
- Nie alle navorsers werk goed saam nie. Tradisionele dissiplinêre opleiding is geneig om geskik te wees vir daardie persone wat nie goed saamwerk

nie, maar tevrede is om in klein, hiërargiese groepe ('n professor met sy studente) te werk. Interdissiplinêre navorsingsgroepe is gewoonlik nie hiërargies nie en kan soms chaoties vertoon vir navorsers uit meer dissiplinêre veld. Volgens Alberti *et al.* (2003) moet wetenskaplikes nuwe vaardighede aanleer om probleme in 'n interdissiplinêre studie te verstaan. Dit vereis dat hulle bewus moet wees van hulle eie verstandelike modelle, dissiplinêre voorkeure en groepdinamika.

- Verwagtinge ten opsigte van tipes publikasies en aantal publikasies verskil ook van die een dissipline na die ander. Daar is soms ook 'n algemene neiging van deelnemers in 'n interdissiplinêre span om huiwerig te wees om die leiding te neem met betrekking tot die skryf van publikasies omdat hulle nie op mekaar se spreekwoordelike tone wil trap nie. Hierdie probleem kan opgelos word deur verskeie artikels vanuit verskillende dissiplinêre benaderings vir verskillende dissiplinêre vakwetenskaplike tydskrifte te skryf. 'n Ander probleem is dat daar nie altyd genoeg klem gelê word op 'n sintese van resultate om sodoende artikels van interdissiplinêre aard op te lewer nie, dikwels omdat baie wetenskaplike tydskrifte nie interdissiplinêre artikels plaas nie. Interdissiplinêre tydskrifte vind dit verder ook moeilik om akkrediteringstatus te verkry omdat hulle met gevestigde, dissiplinêre tydskrifte vergelyk en deur dissiplinêre keurders geëvalueer word.

Werkswyse om sommige struikelblokke by interdissiplinêre navorsing te beperk

Voordat sinvolle integrering van die verskillende dissiplines in 'n gesamentlike program 'n aanvang kan neem, is dit nodig om 'n duidelike beeld te kry van die onderlinge dissiplinêre perspektiewe. Die volgende werkswyse word deur Newell (2001) voorgestel:

- Die dissiplinêre perspektief as basis:
 - Definieer die navorsingsvraag van die verskillende dissiplines – elke dissipline definieer sy probleme vanuit die konteks en skaal van sy kundigheid en ondervang eintlik slegs 'n enkele faset van die groter probleem.
 - Stel vas watter ander dissiplines of denkrigtings waarde sal toevog – uitdaging om te bepaal watter dissiplines sal bydra tot die oorkoepelende patroon van gedrag in 'n komplekse sisteem wat bestudeer wil word.
 - Ontwikkel “werksbegrippe” van toepaslike konsepte, teorieë en metodes van elke dissipline.

- Samel alle bestaande dissiplinêre kennis in en identifiseer leemtes in hierdie kennis om die groter (interdissiplinêre) probleem op te los.
 - Bestudeer die probleem vanuit die konteks van elke dissipline.
 - Ontwikkel dissiplinêre insigte in die probleem.
- Integrering van verskillende insigte om 'n meer omvattende perspektief te ontwikkel (uit die benadering van komplekse sisteemteorie):
 - Identifiseer botsende insigte deur elke dissipline te gebruik om die ander se aannames te verduidelik (doeltreffendste metode) – identifiseer verskillende terme met dieselfde betekenis of dieselfde term met verskillende betekenisse.
 - Evalueer hierdie aannames en terminologie in die konteks van die spesifieke probleem.
 - Los hierdie konflikte op deur te streef na 'n gemeenskaplike stel terme en aannames (*create common ground*)
 - Konstrueer 'n nuwe (geïntegreerde) begrip van die probleem sonder om die dissiplinêre konflikte te ignoreer en ontwerp 'n model wat hierdie begrip illustreer.
 - Toets hierdie nuwe begrip van die probleem, dikwels deur vas te stel of nuwe beleide saamgestel kan word op grond van die nuwe gesamentlike begrip om die probleem op te los. (Beter integrering wat lei tot akkurate of vollediger begrip maak ook doeltreffender optrede moontlik.)

6. Samevatting

Stedelike Ekologie is 'n komplekse, interdisiplinêre en toegepaste wetenskap wat ekologiese begrip van mens-oorheerste ekosisteme verhoog, belangrike inligting voorsien wat volhoubare ontwikkeling aanmoedig en Sosiale, Fisiese en Biologiese wetenskaplikes toerus om inligting doeltreffend te integreer. Hierdie doelstellings kan lei tot 'n samevoeging of eenheid van kennis oor dissiplinêre grense heen – iets wat nie altyd in die wetenskap plaasvind nie (Alberti *et al.*, 2003). Hierdie samevoeging van kennis word deur Wilson (1998) *consilience* genoem:

Consilience is a grand synthesis or leaping together of our current state of knowledge by linking facts and fact-based theory across disciplines to create a common groundwork for explanation and a prediction of where we are headed.

Sonder hierdie *consilience* sal sosiaal toepaslike en ekologiese akkurate navorsing in stedelike omgewings nie moontlik wees nie, beleidsbesluite sal geneem word sonder die nodige toepaslike wetenskaplike inligting en stede sal op 'n toenemende nie-volhoubare wyse bly groei (Alberti *et al.*, 2003).

In die strewende na inter- en selfs transdisiplinariteit in Stedelike Ekologie moet die waarde van diepgaande dissiplinêre navorsing egter nie onderskat word nie. Costanza (2003) redeneer dat daar in die wetenskap van die toekoms 'n beter balans tussen analise en sintese moet wees. Analise is die onderverdeling van 'n probleem in sy verskillende dele om te verstaan hoe dit funksioneer (kan vergelyk word met dissiplinêre navorsing), terwyl sintese die vermoë is om die stukke op 'n kreatiewe wyse weer bymekaar te voeg om die groter probleem op te los (kan vergelyk word met inter- en transdisiplinêre navorsing). Volgens Costanza (2003) moet universiteitskurrikulums geherstruktureer word sodat die analise-sintesebalans ook daar nagestreef kan word, veral deur “probleem-gebaseerde” kursusse. Die oplossing van werklike probleme uit die leefwêreld van die studente (in hierdie geval die stedelike omgewing) ondersteun nie alleen sintese nie, maar lei ook tot die ontwikkeling van beter analitiese vermoëns aangesien studente meer gemotiveer is om analitiese metodes aan te leer wanneer 'n spesifieke probleem ter sprake is (Costanza, 2003).

Die toenemende verstedeliking wat wêreldwyd plaasvind, kan daartoe lei dat Stedelike Ekologie die “ekologie van die toekoms” is. Dit is dus belangrik dat universiteite wat spesialiseer in navorsing en opleiding in Omgewingswetenskappe hulle sodanig moet posisioneer dat hulle in die toekoms toepaslik kan wees deur 'n geïntegreerde benadering toe te pas.

Literatuurverwysings

- ALBERTI, M., MARZLUFF, J.M., SHULENBERGER, E., BRADLEY, G., RYAN, C. & ZUMBRUNNEN, C. 2003. Integrating humans into Ecology: opportunities and challenges for studying urban ecosystems. *BioScience*, 53(12): 1169-1179.
- BAKER, L.A. 2006. Perils and pleasures of multidisciplinary research. *Urban Ecosystems*, 9: 45-47.
- BASCOMPTE, J. 2007. Networks in ecology. *Basic and Applied Ecology* 8: 485-490.
- CADENASSO, M.L., PICKETT, S.T.A. & GROVE, M.J. 2006a. Dimensions of ecosystem complexity: Heterogeneity, connectivity, and history. *Ecological Complexity*, 3: 1-12.
- CADENASSO, M.L., PICKETT, S.T.A. & GROVE, M.J. 2006b. Integrative approaches to investigating human-natural systems: the Baltimore ecosystem study. *Natures Sciences Sociétés*, 14: 4-14.
- CILLIERS, S.S. & BREDEKAMP, G.J. 1998. Vegetation analysis of railway reserves in the Potchefstroom municipal area, North West Province, South Africa. *South African Journal of Botany*, 64(5): 371-280.
- CILLIERS, S.S. & BREDEKAMP, G.J. 1999a. Analysis of the spontaneous vegetation of intensively managed urban open spaces in the Potchefstroom municipal area, North West Province, South Africa. *South African Journal of Botany*, 65(1): 59-68.
- CILLIERS, S.S. & BREDEKAMP, G.J. 1999b. Ruderal and natural vegetation on vacant lots in the Potchefstroom municipal area, North West Province, South Africa. *South African Journal of Botany*, 65(2): 163-173.
- CILLIERS, S.S. & BREDEKAMP, G.J. 2000a. Vegetation of roadside verges on an urbanization gradient in Potchefstroom, South Africa. *Landscape and Urban Planning*, 46: 217-239.
- CILLIERS, S.S. & BREDEKAMP, G.J. 2000b. Classes of synanthropic vegetation in urban open spaces of Potchefstroom, South Africa. In: White, P.S., Mucina, L., Lepš, J. (eds.), *Vegetation Sciences in Retrospect and Perspective*. Proceedings IAVS Symposium, Uppsala, Sweden. Opulus Press, Uppsala, pp. 219-223.
- CILLIERS, S.S., SCHOEMAN, L.L. & BREDEKAMP, G.J. 1998. Wetland plant communities in the Potchefstroom municipal area, North West Province, South Africa. *Bothalia*, 28(2): 213-229.
- CILLIERS, S.S., VAN WYK, E. & BREDEKAMP, G.J. 1999. Urban nature conservation: vegetation of natural areas in the Potchefstroom municipal area, North West Province, South Africa. *Koedoe*, 42(1): 1-30.

- CILLIERS, S.S., MÜLLER, N. & DREWES, J.E.** 2004. Overview on urban nature conservation: situation in the western-grassland biome of South Africa. *Urban Forestry & Urban Greening*, 3: 49-62.
- CILLIERS, S.S., WILLIAMS, N.S.G & BARNARD F.J.** 2007a. Patterns of exotic species invasion in fragmented native grasslands along urban-rural gradients in South Africa and Australia. In: Bunce R.G.H., Jongman R.H.G., Hojas L. & Weel S. (eds.) 25 Years of Landscape Ecology: Scientific Principles in Practice, Proceedings of the 7th IALE World Congress 8-12 July, Wageningen, The Netherlands, IALE Publication series 4. pp. 205,206. ISBN 978-90-78514-02-2,
- CILLIERS, S.S., MATJILA, E.M. & SANDHAM, L.** 2007b. Urban agriculture utilizing the eco-circle approach in disadvantaged communities in Potchefstroom, South Africa. In: Stewart G., Ignatieva M., Bowring J., Egoz S. & Melnichuk I. (eds.) Globalisation and Landscape Architecture: Issues for Education and Practice, Proceedings of conference held at St Petersburg State Forest Technical Academy, 3-6 June 2007, Polytechnic University Publishing House, St Petersburg, pp. 88-91. ISBN 5-7422-1535-5.
- CILLIERS, S.S., BOUWMAN, H. & DREWES, J.E.** 2008. Comparative urban ecological research in developing countries. In: McDonnell, M.J., Breuste, J. & Hahs, A.K. (eds.) Ecology of Cities and Towns: A Comparative Approach. Cambridge University Press. In press.
- CILLIERS, S.S., WILLIAMS, N.S.G & BARNARD F.J.** In press. Patterns of exotic plant invasions in fragmented urban and rural grasslands across continents. *Landscape Ecology*.
- COLLINS, J.P., KINZIG, A., GRIMM, N.B., FAGAN, W.F., HOPE, D., WU, J. & BORER, E.T.** 2000. A new Urban Ecology. *American Scientist*, 88: 416-425.
- COSTANZA, R.** 2003. A vision of the future of science: reintegrating the study of humans and the rest of nature. *Futures*, 35: 651-671.
- DEELSTRA, T.** 1998. Towards ecological sustainable cities: strategies, models, tools. In: Breuste, J., Feldmann, H. & Uhlmann, O. (eds.) Urban Ecology, pp. 17-22. Springer, Berlin.
- DE GROOT, R.S., WILSON, M.A. & BOUMANS, R.M.J.** 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41: 393-408.
- DREWES, J.E. & CILLIERS, S.S.** 2004. Integration of urban biotope mapping in spatial planning. *Town and Regional Planning* 47: 15-29.
- FRY, G., TRESS, B. & TRESS, G.** 2007. Integrative landscape research: facts and challenges. In: Wu, J. & Hobbs, R.J. (eds.) Key Topics in Landscape Ecology. New York, Cambridge University Press. Pp. 246-268.
- GILBERT, O.L.** 1989. The ecology of urban habitats. Chapman & Hall, London.
- GRIMM, N.B., GROVE, J.M., PICKETT, S.T.A. & REDMAN, C.L.** 2000. Integrated approaches to long-term studies of urban ecological systems. *BioScience*, 50(7): 571-584.

- HAHS, A.K. & MCDONNELL, M.J.** 2006. Selecting independent measures to quantify Melbourne's urban-rural gradient. *Landscape and Urban Planning*, 78:435-448.
- KAYE, J.P., GROFFMAN, P.M., GRIMM, N.B., BAKER, L.A. & POUYAT, R.V.** 2006. A distinct urban biogeochemistry. *TRENDS in Ecology and Evolution*, 21(4): 192-199.
- LACH, D., LIST, P., STEEL, B. & SHINDLER, B.** 2003. Advocacy and Credibility of Ecological Scientists in Resource Decision-making: A Regional Study. *BioScience* 53(2): 170-178.
- MARZLUFF, J.M., BOWMAN, R. & DONNELLY, R.** 2001. A historical perspective on urban bird research: trends, terms and approaches. In: Marzluff, J.M., Bowman, R. & Donnelly (eds.) *Avian ecology and conservation in an urbanizing world*. Kluwer Academic Publishers, Norwell, Massachusetts.
- MAY, J. & ROGERSON, C.M.** 1995. Poverty and Sustainable cities in South Africa: The Role of Urban Cultivation. *Habitat International*, 19(2): 165-181.
- MCDONNELL, M.J.** 2007. Restoring and managing biodiversity in an urbanizing world filled with tensions. *Ecological Management & Restoration*, 8(2): 83, 84.
- MCDONNELL, M.J. & PICKETT, S.T.A.** 1990. Ecosystem structure and function along urban-rural gradients: An unexploited opportunity for ecology. *Ecology*, 71: 1232-1237.
- MCHARG, I.L.** 1967. *Design with Nature*. New York, Wiley and Sons.
- MCINTYRE, N.E., KNOWLES-YANEZ, K. & HOPE, D.** 2000. Urban Ecology as an interdisciplinary field: differences in the use of "urban" between the social and natural sciences. *Urban Ecosystems*, 4: 5-24.
- MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT.** 2003. *Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment*. Millennium Ecosystem Assessment Series. Island Press, Washington, DC.
- MONTOYA, J.M., PIMM, S.L. & SOLÉ, V.** 2006. Ecological networks and their fragility. *Nature* 44: 259-264.
- NEWELL, W.II.** 2001. A theory of interdisciplinary studies. *Issues in Integrative Studies*, 19: 1-25.
- PALUMBI, S.R.** 2001. Humans as the world's greatest evolutionary force. *Science*, 293: 1786-1790.
- PICKETT, S.T.A. & CADENASSO, M.L.** 2002. The Ecosystem as a Multidimensional Concept: Meaning, Model and Metaphor. *Ecosystems*, 5: 1-10.
- PICKETT, S.T.A., PARKER, V.T. & FIEDLER, P.L.** 1992. The new paradigm in ecology: implications for conservation biology above the species level. In: Fiedler, P.L. & Jain, S.K. (eds.) *Conservation Biology: the theory and practice of nature conservation, preservation and management*, pp. 65-88. New York, Chapman and Hall.

- PICKETT, S.T.A., BURCH, W.R. JR., DALTON, S.E., FORESMAN, T.W., GROVE, J.M., ROWNTREE, R.** 1997. A conceptual framework for the study of human ecosystems in urban areas. *Urban Ecosystems*, 1:185-199.
- PICKETT, S.T.A., CADENASSO, M.L., GROVE, J.M., NILON, C.II., POUYAT, R.V., ZIPPERER, W.C. & COSTANZA, R.** 2001. Urban Ecological Systems: Linking terrestrial ecological, physical, and socioeconomic components of metropolitan areas. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 32: 127-157.
- REES, W.** 1992. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out. *Environment and Urbanization*, 4: 121-130.
- RIDD, M.K.** 1995. Exploring a V-I-S (Vegetation, Impervious, Soil) model for urban ecosystem analysis through remote sensing: comparative anatomy for cities. *International Journal of Remote Sensing*, 16(12): 2165-2185.
- ROBERTS, D.C.** 2001. Using the development of an Environmental Management System to develop and promote a more holistic understanding of urban ecosystems in Durban, South Africa. In: Berkowitz, A.R., Nilon, C.H. & Hollweg, K.S. (eds.) *Urban Ecosystems, A new frontier for Science and Education*, New York, Springer, pp. 384-398.
- SHOCHAT, E., WARREN, P.S., FAETH, S.H., MCINTYRE, N.E. & HOPE, D.** 2006. From patterns to emerging processes in mechanistic urban ecology. *TRENDS in Ecology and Evolution*, 21(4): 186-191.
- SUKOPP, H.** 1998. Urban Ecology – scientific and practical aspects. In: Breuste, J., Feldmann, H. & Uhlmann, O. (eds.) *Urban Ecology*, pp. 3-16. Springer, Berlin.
- TZOULAS, K., KORPELA, K., VENN, S., YLI-PELKONEN, V., KAZMIERCZAK, A., NIEMALA, J. & JAMES, P.** 2007. Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. *Landscape and Urban Planning*, 81: 167-178.
- UNFPA STATE OF WORLD POPULATION.** 2007. United Nations Population Fund.
- UNITED NATIONS CONFERENCE OF ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT.** 1993. The Earth Summit. Graham and Trotman/Martinus Nijhoff, London, UK.
- VAN HAMBURG, II.** 1997. Dierkunde en die omgewing. Wetenskaplike Bydraes Reeks H: Inougurele Rede nr. 169. Publikasiebeheer Komitee, Potchefstroomse Universiteit vir Christelike Hoër Onderwys, Potchefstroom, 26 p.
- VAN WYK, E., CILLIERS, S.S. & BREDEKAMP, G.J.** 1997. Plantegroei-studies van gefragmenteerde rantjies in die Klerksdorp munisipale gebied, Noordwes-Provinsie. *Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Natuurwetenskap en Tegnologie*, 16(2): 74-85.
- VAN WYK, E., CILLIERS, S.S. & BREDEKAMP, G.J.** 2000. Vegetation analysis of wetlands in the Klerksdorp Municipal Area, North West Province, South Africa. *South African Journal of Botany*, 66(1): 52-62.

- VITOUSEK, P.M., MOONEY, H.A., LUBCHENCO, J. & MELILLO, J.M.** 1997. Human domination of earth's ecosystems. *Science*, 277: 494-499.
- WERNER, P.** 1999. Why biotope mapping in populated areas? *Deinsea*, 5:9-26.
- WILSON, E.O.** 1998. *Consilience: The Unity of Knowledge*. Vintage, New York.
- WU, J., JENERETTE, D. & DAVID, J.L.** 2003. Linking land-use change with ecosystem processes: a hierarchical patch dynamic model. In: Guhathakurta, S. (ed.) *Integrated Land Use and Environmental Models*. Springer, Berlin, pp. 99-119.
- ZIPPERER, W.C., WU, J.G., POUYAT, R.V., PICKETT, S.T.A.** 2000. The application of ecological principles to urban and urbanizing landscapes. *Ecological Applications* 10:685-688.