



Potchefstroomse Universiteit
vir Christelike Hoër Onderwys

WETENSKAPLIKE BYDRAES
REEKS H: INOUGURELE REDE NR. 169

DIERKUNDE EN DIE OMGEWING

Prof H van Hamburg

Inougurele rede gehou op 28 November 1997

Publikasiebeheer Komitee
Potchefstroomse Universiteit vir Christelike Hoër Onderwys
Potchefstroom
2520

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

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

Die Publikasiebeheer Komitee
Potchefstroomse Universiteit vir Christelike Hoër Onderwys
2520 POTCHEFSTROOM

Kopiereg © 2002 PU vir CHO

ISBN 1-86822-414-7

DIERKUNDE EN DIE OMGEWING

PROF. H. VAN HAMBURG

Intreerede gelewer op 28 November 1997 by die aanvaarding van die Professoraat
in die Departement Dierkunde, Fakulteit Natuurwetenskappe aan die
Potchefstroomse Universiteit vir Christelike Hoër Onderwys

CURRICULUM VITAE

Prof. Dr. H van Hamburg

Prof Van Hamburg is in 1946 in Nederland gebore en het in 1956 saam met sy ouers na Suid Afrika geëmigreer. Nadat hy in 1963 aan die Hoërskool Oos Moot in Pretoria gematrikuleer het, en op die leerlingraad gedien het, het hy as tegnikus in die Departement Landbou opleiding ontvang. Hy het in 1969 die B.Sc. (Agric), in 1972 die M.Sc. en in 1977 die D.Sc. grade verwerf, almal deur die Universiteit van Pretoria. In 1974 het hy die Hoër Onderwys Diploma, ook aan UP verwerf.

Hy was tussen 1968 en 1987 werksaam in die Departement Landbou by die Navorsingsinstituut vir Plantbeskerming as Vakkundige en Hoofvakkundige beampte en later as Senior Landbounavorser. Hy was gedurende dié tyd Hoof van die eenheid gemoeid met die biologiese beheer van insekte en was betrokke by verskeie biologiese en geïntegreerde plaagbeheerprojekte onder andere op graansorghum en katoen. Hy was in die tyd ook in beheer van die kwarantyneenheid vir die invoer van insekmateriaal. Gedurende 1981 tot 1982 was hy werksaam aan die Imperial College te Silwood Park in die Verenigde Koninkryk op die gebied van bevolkingsdinamika onder Prof MP Hassell.

Prof Van Hamburg is in 1988 aangestel as Senior Lektor in die Departement Dierkunde by die PU vir CHO met opdrag, die ontwikkeling van studiemateriaal vir die Departement Lewenswetenskappe vir UNISA en onderrig in Dierkunde vir beide UNISA en die PU vir CHO. Hy is bevorder tot mede-professor in 1990 en tot professor in 1997 in die Fakulteit Natuurwetenskappe. Gedurende 1989 tot 1997 is 12 Dierkunde studiegidses geskryf en hy was verantwoordelik vir die ontwikkeling van die UNISA kurrikulum. In 1994 word hy aangestel as Hoof van die Departement Lewenswetenskappe wat die vakke Biochemie, Dierkunde, Fisiologie Mikrobiologie, Plantkunde en 'n jaar Geologie vir UNISA aanbied, en dien op die Fakulteitsraad en Senaat van beide die PU vir CHO en UNISA.

Prof Van Hamburg is verantwoordelik vir die onderrig van Ekologie en Plantparasitologie op derdejaarsvlak en Omgewingsbiologie en Plantparasitologie op nagraadse vlak. Nege M.Sc studente het hulle studies onder sy leiding voltooi.

Ten opsigte van navorsing was prof. Van Hamburg by verskeie navorsingsprojekte betrokke op die gebied van die omgewing, natuurbewaring en plantparasitologie, dikwels in samewerking met kollegas in die binneland en buiteland. Daar het reeds 18 artikels in subsidiedraende tydskrifte uit sy pen verskyn, drie bydraes in boeke, vyf navorsingsverslae, vyf gepubliseerde subsidiedraende konferensieverrigtinge. Hy was mederedakteur vir die *Journal of the Entomological Society of southern Africa*, en Penningmeester en bestuurslid van die Entomologiese Vereniging en die Dierkundige Vereniging van S.A.

Prof Van Hamburg is getroud met Dr Estelle van Hamburg en is geseën met drie dogters, Sarita, Leonie en Danelle.

DIERKUNDE EN DIE OMGEWING

H VAN HAMBURG

Departement Dierkunde, Potchefstroomse Univeriteit vir CHO

INLEIDING:

Die universiteitswese is vandag op 'n kruispad, fondse word minder, die eise meer en die kompetisie en die uitdagings groter. Dit is dus noodsaaklik dat elke vakdissipline homself verantwoord t.o.v. sy doelwitte en fokus van sy vakgebied. Hierdie aktiwiteit sluit aan by die identifisering van fokusareas vir die universiteit as geheel. Die titel van my rede is "Dierkunde en die Omgewing" omdat die omgewing 'n sentrale plek inneem in dierkundige navorsing in die algemeen en binne die Departement Dierkunde in besonder. Die onderwerp word onder die volgende hoofde bespreek:

1. Die plek en rol van Natuurwetenskappe en veral van Dierkunde in die omgewingswetenskap.
2. Die essensie van omgewingstabieleit en volhoubaarheid as hooftema in omgewingsnavorsing en opleiding.
3. Toegepaste omgewingsnavorsing vanuit dierkundige perspektief.
4. Laastens my toekomsvisie vir die aanbieding van omgewingswetenskappe by die PU vir CHO.

1. Die plek en rol van natuurwetenskappe en veral van dierkunde in die omgewingswetenskappe

Die definiëring en omskrywing van die omvang en rol van 'n vak soos Dierkunde (soos al die biologiese vakke) het 'n bepaalde problematiek omdat dit 'n integrerende deel uitmaak van Biologie as 'n groter oorkoepelende vakgebied wat die biotiese komponent van die omgewing uitmaak. Die aard van biologie as die "studie van lewe" is enorm omvangryk en kan moeilik in isolasie van ander wetenskappe bedryf word. Dit is dus so dat alle biologiese navorsing in werklikheid boustene is in die soeke na die aard en

funksie van lewe en dus van die omgewing in die breë. Die omgewing is dus die werksplek van die bioloog. Omgekeerd is die omgewing by uitstek 'n natuurwetenskaplike vakgebied in teenstelling met die neiging van vandag om dit al meer as 'n antroposentriese wetenskap te sien. Die biologiese wetenskappe speel nie maar slegs 'n ondersteunende rol vir die menswetenskappe, soos so dikwels geïmpliseer word nie. Alhoewel die mens 'n groot impak het op die omgewing weens eksploitasie en besoedeling, kan hy slegs op aarde voortbestaan as gevolg van die interaksies tussen die abiotiese omgewing en die enorme verskeidenheid van organismes, waarvan die mens, alhoewel hy deur God as rentmeester oor die omgewing aangestel is en dus daarvoor verantwoordelik is, slegs een van die biotiese komponente is. Die antroposentriese uitgangspunt is dus eensydig en onwetenskaplik.

Die moderne wetenskap word toenemend gekritiseer vir sy aandeel aan die materialisme en antroposentrisme van vandag. Die antroposentriese aard van die moderne wetenskap moedig die menslike oor-eksploitasie van die natuur aan en sy meganistiese siening van lewe en natuurlike prosesse stimuleer menslike dominerings van die natuur. Dit het verder die gevolg dat navorsing oor en persepsie van omgewingsstabiliteit en volhoubaarheid gemotiveer word deur sosiale doelwitte en nie deur inherente waardesisteme gebaseer op die studie van natuurlike fenomene nie. Die vaste vertroue in die vermoë van die moderne wetenskap en tegnologie om oplossings te vind vir alle omgewingsprobleme (Scientisme) het die gevolg gehad dat mense die basiese ekologiese beginsels wat lewe reguleer verontagsaam aangesien hulle gesien word as van toepassing te wees op alle organismes *behalwe* die mens. Die mens sou dus sy eie bestemming kon bepaal d.m.v. wetenskap en tegnologie aangesien die mens nie onderhewig is aan die wette van die natuur en basiese ekologiese beginsels nie. Die gevolg van so 'n antroposentriese siening van die omgewing is dat die mens se sosiale behoeftes en belange vooropgestel word (eie oorlewing is van oorheersende belang) en dat die fundamentele vrae oor lewe en die instandhouding van lewe op aarde gemarginaliseer word. So word bv. die bewaring van biodiversiteit gemotiveer vanuit 'n antroposentriese perspektief as synde "a living bank account, providing the 'capital' that underlies all human enterprise and prosperity" (Schreuder *pers. com.*). Die

bewaring van biodiversiteit behoort nie net gemotiveer te word vanuit die benuttingswaarde daarvan vir die mens nie maar weens die intrinsieke waarde daarvan vir die skepping van kondisies vir lewe op aarde. Hierdie beginsel behoort ononderhandelbaar en onafhanklik te wees van die feit dat die bewaringsaksies ekonomiese en sosiale voordele vir die mens inhou of nie.

Verskeie definisies van die omgewing is aangeteken nl. "The external surroundings within which an organism lives." (The Concise Oxford Dictionary of Zoology), of "The sum total of external influences acting on an organisms or on part of an organism." (Hendersons Dictionary of Biological Terms, Holmes 1979), of "The physical and biotic habitat which surrounds us; that which we can see, hear, smell and taste" (Henry & Heinke 1989).

'n Definisie van die studie van die omgewing nl. ekologie, onderskryf die enorme omvang en uiteenlopendheid van hierdie studies:

Die woord 'ecology' is vir die eerste keer deur Ernst Haeckel in 1869 gebruik en het dit gedefinieer as "die wetenskaplike studie van die interaksies tussen organismes en hulle omgewing" of "die wetenskaplike studie van die interaksies wat die verspreiding en veelheid van organismes bepaal" (Krebs 1972).

Dit is duidelik dat dit vir geen enkele vakgebied moontlik is om die omgewing as wetenskapsgebied ten volle te bestryk nie, juis weens die omvang en kompleksiteit daarvan. Indien 'n sinvolle ekologiese studie behels dat al die interaksies tussen organismes en die omgewing bestudeer moet word is dit logies dat daar sover moontlik intiem saamgewerk moet word tussen kundige bioloë vanuit alle dissiplines (soos die taksonomie, fisiologie, ekologie, rehabilitasie- en grondkundiges ens.) asook tussen kundiges op die gebied van die abiotiese omgewing soos chemiese en fisiese analitici en grondkundiges. Verder is insette vanaf die menswetenskappe noodsaaklik omdat die mens 'n belangrike biologiese omgewingskomponent is wat sterk op die omgewing impakteer en omdat bewarings- en rehabilitasie vereistes effektief aan die mens gekommunikeer moet word waarby die menslike gedrag en sosio-ekonomiese

eienskappe 'n rol speel. Omgewingsekonome, sosioloë, kommunikasie deskundiges en veral spesialiste in omgewingswetgewing het dus 'n belangrike rol te speel in omgewingswetenskap en navorsing. Dit is ook duidelik dat daar groot oorvleueling sal voorkom tussen die verskillende dissiplines. Daarom is dit belangrik dat vakgebiede wat hulle besig hou met omgewingsnavorsing hulself verantwoord oor die plek en rol van sy spesifieke dissipline in omgewingswetenskappe.

In hierdie holistiese siening van die omgewing speel Dierkunde as vakdissipline 'n spesifieke rol deur onderrig en navorsing wat dan ook die hooftema van hierdie rede is.

Die vernaamste doel van biologiese omgewingsnavorsing is die ondersoek na die faktore wat ekostelselstabiliteit en volhoubaarheid van lewe beïnvloed. Dit geld vir homeostase op die vlak van die individu maar veral vir ekostelsel stabiliteit op gemeenskap en omgewingsvlak.

2. Omgewingstabiliteit en volhoubaarheid as tema in omgewingsnavorsing en opleiding.

Daar sal vervolgens gepoog word om aan te toon dat die stabiliteit en volhoubaarheid van die omgewing direk verband hou met diversiteit en heterogeniteit in ekostelsels.

Volgens Odum (1983) is daar 'n direkte verband tussen ekostelsel stabiliteit en die aantal terugkoppelingsmeganismes wat daar in die ekostelsel bestaan op alle trofiese vlakke. 'n Verskeidenheid van moontlike faktore wat omgewingstabiliteit beïnvloed met implikasies vir Dierkundige navorsing is geïdentifiseer. Hierdie faktore word vervolgens kortliks uitgelig.

a) Spesiediversiteit en ekostelselstabiliteit.

Volgens Bond (1989) is die instandhouding van biodiversiteit krities belangrik vir die

normale funksionering van natuurlike ekosisteme en dus voordelig vir die omgewing en die mens. Daar bestaan egter kontroversie oor die verband tussen spesiediversiteit en ekostelselstabiliteit. Tradisioneel het biooë geglo dat die kompleksiteit en interaksie tussen spesies binne ekostelsels belangrik is vir die stabiliteit van die ekostelsel. Hierdie persepsie was grootliks gegrond op intuïsie omdat dit baie moeilik is om hierdie feit eksperimenteel te bevestig. In teenstelling met laasgenoemde algemene opvatting kom Robert May gedurende die 1970's tot die gevolgtrekking dat hoe minder spesies daar in 'n ekostelsel voorkom, hoe stabielier dit is. Hierdie gevolgtrekking is verkry op grond van teoretiese bevolkings modelle wat berus op die stelling dat indien daar meer komponente in 'n stelsel voorkom, daar meer dinge kan skeefloop. Indien hierdie komponente nou met mekaar verbind is sal dit volgens May die ineenstorting van die geheel veroorsaak indien lewers iets skeefloop.

Die biooë vra hulle egter af : -indien ekostelsels nie 'n groot spesiediversiteit nodig het vir sy stabiele funksionering nie, hoekom is ekostelsels so enorm spesieryk? Twee standpunte oor hierdie saak het onlangs na vore gekom (Leaky 1997). Die standpunt van Ehrlich is dat elke spesie 'n klein maar betekenisvolle rol speel in die werking van die ekostelsel. Die verlies van 'n paar spesies kan die geheel verswak maar is nie noodwendig katastrofies nie. Dis egter nie moontlik om te voorspel watter vlak van uitsterwing verdra kan word nie en dis veral tydens groot omgewingsstres soos droogtes ens. dat ekostelsels hulle vermoë tot herstel en weerstandbiedendheid (dws hulle stabiliteit) verloor, soms met katastrofiese gevolge. Die standpunt van die Australiese ekoloog Brian Walker is egter dat slegs 'n paar sleutel spesies noodsaaklik is vir 'n gesonde ekostelsel en dat meeste spesies as oorbodig ("redundant") beskou kan word (Leaky 1997). Odum (1983) beskou egter hierdie "redundancy" juis as 'n belangrike faktor in ekostelsel stabiliteit weens die feit dat meer as een spesie beskikbaar is om ekostelselfunksies in stand te hou indien daar van die spesies oneffektief mag raak weens omgewingsfaktore.

James Lovelock, van die Gaia hipotese faam, het egter met sy eie teoretiese model vorendag gekom wat direk die teenoorgestelde resultaat lewer as die May model nl. dat

daar 'n direkte verband bestaan tussen biodiversiteit en ekostelsel stabiliteit. Hierdie bevinding is bevestig deur resente ekologiese navorsingsresultate waarin die positiewe verband tussen diversiteit en die produktiwiteit en stabiliteit van ekostelsels aangetoon is.

David Tilman (1994) het na 'n grasland studie van 11 jaar bewys dat daar 'n direkte verband is tussen spesiediversiteit en ekostelsel gesondheid. Ekostelsels ryk aan spesies het veel vinniger herstel na periodes van droogte as spesie-arm ekostelsels. Hy stel:

Our results support the diversity-stability hypothesis, because we always found a significant effect of biodiversity on drought resistance and recovery." (Tilman & Downing, in Nature 1994).

Uit bogenoemde spreek die belangrikheid van spesiediversiteit in ekostelsel stabiliteit en dus in in omgewingsnavorsing. Impakstudies van omgewingsversteurings behoort dus die bepaling van impak op spesiediversiteit en gemeenskapstruktuur as standaard praktyk in te sluit.

Ekoloë is telkens weer verstom oor die enorme spesiediversiteit wat daar in die natuur voorkom. Sedert die dae van Aristoteles, waar die soeke na orde in die natuur begin het, is na byna twee eeue die klassifikasie van plante en diere as 'n gerespekteerde dissipline in die Westerse wetenskap gevestig. Linnaeus, die vader van die moderne klassifikasiestelsel het in sy *Systema naturae* ongeveer 9000 plant en dierspesies beskryf. Sedertdien het die getal bekende spesies gegroei tot 1.4 miljoen (Wilson 1992) waarvan die diere ongeveer 1 miljoen en die plante 250 000 spesies uitmaak. Van die bekende dierspesies is ongeveer 42 000 werwelidiere (4000 soogdiere), die artropode 850 000 waarvan die insekte 751 000 spesies. Parker (1982) en Pyle *et al.* (1981) bereken die aantal insekspesies alleen op minstens 1 miljoen.

Die rede vir die enorme insekdiversiteit kan grootliks gevind word in die hoogs gespesialiseerde aanpassing van insekte en die tipe lewenssiklus en metamorfose by insekte. Weens die grootte en aanpasbaarheid kom insekte voor in elke denkbare nis

op aarde, vanaf oliepoele tot uiterstes van klimaatstoestande. Verder oorkom insekte kompetisie vir hulpbronne deur hulle lewenssiklus in verskillende stadiums deur te bring wat elk weer 'n ander vereiste stel t.o.v. voedsel en habitat vereistes. Elk van hierdie verskillende stadiums in die metamorfose dien weer as voedselbron vir 'n spesifieke natuurlike vyand wat weer op sy beurt gereguleer word deur 'n kompleks hiperparasitoïede. Hierdie netwerk van interaktiewe insek bevolkings vorm die kern van stabiele voedselkettings en ekostelsel stabiliteit. Die bewaring van hierdie diversiteit is dus van primêre belang vir die volhoubaarheid en stabiliteit van die omgewing. Die grootskaalse vernietiging en fragmentering van natuurlike habitat en eksploitasie van organismes is tans 'n ernstige bedreiging vir biodiversiteit. Daar word na skatting tot 100 insekspesies per dag uitgeroei, en dit is juis hierdie minder aanskoulike organismes soos insekte en plante wat waarskynlik nodiger is vir die voorbestaan van die mens as die meer charismatiese diere soos olifante en renoesters (Scholtz 1990).

Wat die insekte betref is die saak verder kompliserend omdat daar daagliks nuwe spesies ontdek word en die skatting van die verhouding beskrewe spesies tot onbeskrewe spesies in Suid Afrika varieer tussen 5 tot 50%. In 'n onlangse raming van die moontlike aantal insekspesies in die wêreld kom Erwin (1982) op 'n syfer van 30 miljoen. Daar is gevolglik 'n ernstige gevaar dat insekte wat nog nooit beskryf is nie uitgewis kan word, insekte wat moontlik 'n belangrike rol kon speel in ons welvaart en ekostelsel funksie. Taksonome, en veral in-sektaksonome word so oorweldig deur hierdie verskeidenheid dat hulle dikwels geforseer word om hulle hele aktiewe lewe op slegs 'n klein groep insekte of selfs 'n familie te konsentreer en om selfs dan tot die gevolgtrekking te kom dat 'n lewe van toewyding nog steeds nie genoeg was om al die spesies in die groep te beskryf nie.

Die vraag kan weer gestel word, wat sou die doel wees van so 'n enorme verskeidenheid? Alle aanduidings is daar dat hierdie verskeidenheid juis die basis vorm vir die stabiliteit en volhoubaarheid van ekostelsels en dus die aarde. Die dierkundige het dus 'n belangrike taak om die enorme diversiteit van dierelewe te beskrywe as essensie vir ekostelselstabiliteit, volhoubaarheid en as onbenutte hulpbron van

voedsel, medisyne en ander gebruike. Daar is baie voorbeelde van die moontlike benutting van dierkundige produkte tot voordeel van die mens.

b) Heterogeniteit en interspesifieke kompetisie

Ander vorme van ekologiese heterogeniteit kan ook 'n belangrike rol speel in ekostelsel stabiliteit en gemeenskapsamestelling. Die omgewing is 'n lappieskombers van gunstige en ongunstige habitats. Toestande in die omgewing is gewoonlik ver van uniform en die saambestaan van organismes word nie net deur die kompeterende vermoëns van kompeterende spesies bepaal nie maar ook deur die mate van heterogeniteit van die omgewing wat swakker kompeteerders in staat stel om met sterker kompeteerders saam te leef. Waar twee of meer kompeteerders vir dieselfde hulpbron kompeteer en die swakker organismes normaalweg uitgesluit word, word onvoorspelbare gapings geskep deur die heterogene aard van die omgewing wat kompeterende organismes in staat stel om saam te leef. Begon *et al.* (1996) beskryf voorbeelde van hierdie heterogeniteit.

Bv. omgewingsversteurings soos veldbrande, storms en agressiewe predatore kan gapings in ekostelsels veroorsaak waar spesies wat normaalweg uitgesluit word deur sterker kompeteerders tog die gaping vind om daar saam voort te bestaan weens hulle vermoë om die gapings beter te koloniseer. Die saamleef van hierdie kompeterende spesies kan net plaasvind indien die frekwensie van gapingvorming hoog genoeg is. Die saamleef van spesies wat mekaar normaalweg sal uitsluit is ook moontlik slegs vanweë die feit dat die swakker kompeteerder eerste by 'n onbesette ruimte aankom en daarom kans kry om te koloniseer.

Die blote feit dat omgewingstoestande voortdurend wissel kan ook die saamleef van kompeterende organismes teweegbring. Wisselende omgewingskondisies sal ook kompeterende spesies wisselend differensieel bevoordeel of benadeel en die voortdurende wisseling van kondisies maak die saamleef moontlik omdat uitsluiting nooit kan plaasvind weens die voortdurende wisseling van voordelige kondisies vir die

kompeterende spesies.

Die ruimtelike verspreidingspatrone van kompeterebevolkings kan die saambestaan van spesies ook beïnvloed. Indien die sterker kompeteerder verklomp verspreid is, sal die negatiewe effek van intraspesifieke kompetisie op die sterker kompeteerder, die swakker kompeteerder positief beïnvloed. Verder sal die verklompte sterker kompeteerder afwesig wees in baie kolle waar die swakker spesie dan kan oorleef met die gevolg dat die totale spesiediversiteit en interaksies sal toeneem.

Heterogeniteit in watter vorm ook al bevorder die saambestaan van organismes en dus ook ekostelsel stabiliteit.

c) Predator-prooi interaksies

Predator-prooi interaksies is waarskynlik die belangrikste tipe interaksie tussen spesies in ekostelsels. Darwin het reeds in 1830 tot die besef gekom dat predatoriese verwantskappe van die belangrikste seleksie kragte is en dat een karnivoor spesie die samestelling van die weidingsgewasse in Engeland sou kon verander. Predator-prooi interaksies en die modellering van bevolkings is dus 'n belangrike dissipline in die Dierkunde met duidelike toepassing in omgewingsnavorsing.

Predatore en veral parasitoïede speel 'n belangrike regulerende rol om bevolkings van fitofage insekte te beheer. In vergelyking met landbou-ekostelsels word fitofage insekbevolkings in natuurlike gebiede veel meer rondom 'n ewilibrum posisie gereguleer by 'n relatief lae bevolkingsdigtheid d.m.v. biologiese mortaliteitsfaktore waarvan die digtheidsafhanklike insekparasitoïede die belangrikste is. Digtheidsafhanklike predasie het die gevolg dat die predatore in relatiewe effektiwiteit toeneem met toename in plaaggetalle wat 'n stabiliserende effek het. Digtheidsafhanklike predasie het die gevolg dat die predatore in relatiewe effektiwiteit toeneem met toename in plaaggetalle wat 'n stabiliserende effek het. 'n Groter diversiteit van predatore, parasitoïede en hiperparasitoïede sal ook groter stabiliteit

teweegbring,

Insekplae in veral landbou-ekostelsels bou soms op tot enorme getalle, dikwels as gevolg van wanbestuur deur die mens, meestal weens die misbruik van chemiese insektmiddels. Die relatiewe effektiwiteit van insekparasiete en predatore neem gewoonlik toe namate die getalle van die plaaginsek toeneem met die gevolg dat die plaaginsek dikwels op 'n aanvaarbare vlak gehou word. Waar die diversiteit van die predatore laag is sal groot onaanvaarbare fluktuasies in plaaggetalle voorkom. Dit gebeur omdat die plaaggetalle deur die parasiet/predator so verlaag word dat die voortbestaan van die predator dan bedreig word weens voedselgebrek. Die plaag kry dan weer kans om op te bou en die hele siklus word weer herhaal. 'n Groter kompleks van biologiese mortaliteitsfaktore wat die totale kompleks reguleer soos byvoorbeeld die teenwoordigheid van hiperparasiete (parasiete wat die primêre parasiet parasiteer) sal die getalle van die primêre parasiet ook beheer word en 'n meer stabiele stelsel sal die gevolg wees waar die groot fluktuasies in plaaggetalle gedemp word binne aanvaarbare grense.

Vir efektiewe predatore/prooi interaksie is 'n verlaging van plaaggetalle belangrik maar ook die stabiliteit van die interaksie. Uit 'n paar teorieë vir stabiliteit wat in die natuur gevind word verskaf heterogeniteit in die ruimtelike verspreiding van die prooi en parasitisme die waarskynlikste sleutel tot stabiliteit by lae ewilbriumbvlakke in biologiese beheer (Waage & Hassell 1982; Beddington, Free & Lawton 1978). Dit is so dat die verspreiding van dierbevolkings gewoonlik verklomp in die natuur voorkom. Die optimale strategie vir predatore is nie om ewekansig te soek vir prooi nie maar om te aggregeer in kolle van hoë prooidigtheid. Hierdie verklompte verspreiding van predatore in respons op verklompte prooiverspreiding word dan ook algemeen in die natuur aangetref. Die aggregering van natuurlike vyande in hoë digtheidskolle van prooispesies sal gevolglik daartoe lei dat kolle van prooibevolkings, veral die laer digtheidskolle, predasie vryspring weens hierdie gedeeltelike skuilplekke. Hierdie meganisme van stabiliteit in bevolkings is die mees waarskynlike vir stabilisering by enige vlak van prooibevolking.

d) Genetiese diversiteit

Individue in 'n bevolking beskik nie almal oor dieselfde genepoel nie. Hierdie genetiese diversiteit stel die organisme in staat om aan te pas by omgewingstoestande en help om die spesie teen uitwissing te beskerm tydens ongunstige omgewingstoestande. Veral organismes met 'n kort lewensiklus en 'n groot nageslag kan vinnig aanpas by omgewingsveranderinge. Die bewaring van genetiese diversiteit is dus net so 'n belangrike beginsel in omgewingsnavorsing as die bewaring van biodiversiteit. Die getalle van verskeie dierspesies het al so ver gedaal weens antropogeniese druk dat hul vermoë om by omgewingsverandering aan te pas ernstig benadeel word. Die genetiese informasie wat oor miljoene jare in die genetiese materiaal van organismes vasgelê is, is 'n waardevolle databasis in die oorlewingsvermoë van organismes. Die blote bewaring van 'n relatief klein bevolking diere in reserwate en dieretuine sal nie die volhoubaarheid van hierdie diere verseker nie.

Uit voorafgaande is dit dus duidelik dat die begrippe diversiteit en heterogeniteit sentraal staan in enige omgewingsnavorsing wat ten doel het om ekostelselstabiliteit te bestudeer. Hierdie beginsels van diversiteit en heterogeniteit in 'n dierkundige perspektief op omgewingsnavorsing sal nou aan die hand van voorbeelde uit die praktyk toegelig word.

3. Toegepaste omgewingsnavorsing vanuit dierkundige perspektief

Daar kan veral drie gebiede in die omgewing uitgelig word waar relevante toepaslike omgewingsnavorsing gedoen word nl.:

- * landbou-ekostelsels
- * industriële ekostelsels
- * natuurlike- en bewaringsgebiede

Elkeen van hierdie gebiede het sy eie problematiek met sy unieke dierkundige toepassings.

a) **Stabiliteit in landbou-ekostelsels**

Alhoewel landbou-ekostelsels relatief eenvoudig is, berus die stabiliteit van hierdie stelsels op dieselfde beginsels van biodiversiteit en heterogeniteit soos vir natuurlike ekostelsels. Dit is juis die biodiversiteit en die kennis hiervan waardeur tradisionele landboustelsels vanaf die vroegste jare in staat was om volhoubaar voedsel te produseer. Die druk op verhoogde produktiwiteit en die gevolglike neiging tot homogeniteit, monokulture en hoë opbrengs kultivars het egter tot 'n drastiese afname in biodiversiteit in landbou-ekostelsels gelei oor die afgelope dekades wat gepaard gegaan het met dominansie van insekplae.

'n Waardering van biodiversiteit in landbou-ekostelsels nl. die spesiediversiteit, genetiese diversiteit binne spesies en die trofiese kompleksiteit in gemeenskappe is belangrik vir die interpretering van diversiteit en stabiliteit van landbou-ekostelsels (Ooi 1997). Die faktore wat verlies van biodiversiteit veroorsaak moet ook deeglik ondersoek word voor sinvol navorsing gedoen kan word oor die stabiliteit van hierdie ekostelsels. Die algemene neigings in landbou en die invloed op biodiversiteit word oor tyd beïnvloed deur hoofsaaklik demografiese druk soos hoë bevolkingsgroei en ongelyke bevolkingsverspreidings. Industriële landbou met die klem op die maksimalisering van oes per oppervlakte, hoë opbrengs kultivars, monokulture, uniforme landboustelsels, vermindering van multigewas verbouing en die toenemende afhanklikheid van en vertroue in landbouchemikalieë het gelei tot 'n betekenisvolle verlies in biodiversiteit in landbou-ekostelsels. Baie van die tradisionele gewasse in Afrika wat aangepas by plaaslike kondisies is verplaas deur moderne hoë opbrengs kultivars en tradisionele polikultuur stelsels is verplaas met monokulture. So het bv. 88% van peer en 86% van appel kultivars wat aan die begin van hierdie eeu beskikbaar was verdwyn en daar is aanduidings dat duisende koring en rys variëteite in die slag gebly het in die homogeniseringsproses van hoë opbrengsgewasse. In Nederland word 4 gewasse verbou op 80% van alle landbougrond. Hierdie neiging het verhoogde opbrengs maar ook groter vatbaarheid en risiko van insek en siekte vatbaarheid tot gevolg en 'n verlies

aan aanpasbaarheid.

Tensypte van die relatief eenvoudige stelsel is die spesiediversiteit in landbou ekostelsels soms steeds baie ryk met groot implikasies vir die natuurlike beheer van plaaginsekte en stabiliteit van insekbevolkings. Die Dierkundige speel dus hier 'n belangrike rol om hierdie diversiteit en die implikasies hiervan in byvoorbeeld geïntegreerde beheer van landbouplae te identifiseer. In werklikheid word verbasend hoë spesiediversiteit in hierdie ekostelsels aangeteken. In 'n studie van die spesiediversiteit in 'n rysland is bv. 127 plantvoeders, 187 parasitoïede, 306 predatore en 145 omnivore en besoekers aangeteken vir 'n totaal van 765 spesies (Settle *et al.* 1996).

'n Diverse kompleks van predatore en parasitoïede is in Suid Afrikaanse katoenlande gevind wat 'n groot rol speel in die natuurlike beheer van katoenplae. Hierdie organismes is almal uniek aangepas vir die beheer en regulering van plaagbevolkings. Die aanpasings en verskeidenheid van hierdie organismes is verstommend. 'n Nog groter verskeidenheid natuurlike vyande is op sitrusbome aangetref na 'n intensiewe ondersoek en navorsing op mielies het ook 'n verbasende verskeidenheid natuurlike vyande van insekte opgelewer.

Die vraag is weereens waarom so 'n groot spesiediversiteit? 'n Vraag wat aan die wortel lê van die soeke na ekostelsel stabiliteit in landbou-ekostelsels as belangrike onderafdeling in omgewingsnavorsing. Hierdie diversiteit van natuurlike vyande is 'n belangrike natuurlike hulpbron vir die boer en 'n belangrike komponent in ekostelselfunksie in die regulering van landbouplae en wat as gratis natuurlike plaagbeheer vir die boer beskou kan word. Van Hamburg & Guest (1997) het vasgestel dat tot 44% per dag van die eiers van die skadelike Amerikaanse bolwurm deur hierdie predatorokompleks vernietig word en tot 49% per dag van die larwes. Dit is dus duidelik dat biodiversiteit in landbou-ekostelsels 'n uiters belangrike rol speel in die geïntegreerde bestuur van plae. Hierdie stabiliteit het belangrike ekonomiese implikasies vir die boer. Van Hamburg & Kfir (1982) toon bv. aan dat deur chemiese

beheer te minimaliseer en die natuurlike vyande optimaal te benut, die aantal katoenbespuitings van 8-13 na 2-3 per seisoen verlaag kan word sonder noemenswaardige invloed op die opbrengs. Mumford & Van Hamburg (1986) bereken dat onder droëland toestande die koste van een katoenbespuiting tot 10% van die bruto wins van die boer kan beloop en die oordeelkundige bestuur van insekplae kan dus die maak of breek van 'n boerdery beteken.

Onstabiliteit in landbou-ekostelsels is dikwels die gevolg van verlies van diversiteit en insekplae ontstaan juis as gevolg daarvan nl:

- weens die invoer van nuwe spesies vanuit 'n ander land sonder sy natuurlike kompleks van natuurlike vyande,
- weens die vernietiging van die plaagorganisme se inheemse natuurlike vyande, hoofsaaklik a.g.v. die misbruik van insektemiddels en onrealistiese verbruikersdruk vir insekvrue produkte,
- weens veranderde landboupraktyke soos bv. hoë opbrengs kultivars sonder inagneming van die insekvatbaarheid van die kultivar en die homogenisering van die landbou na monokultuurverbouing.

Die bioloog het hier 'n spesifieke omgewingsnavorsingstaak om die probleem van onstabiliteit weens diversiteitsverlies aan te spreek deur die biologiese beheer van plaagbevolkings.

b) Stabiliteit in industriële ekostelsels

Die negatiewe invloed van die mens op die omgewing is enorm en is hoofsaaklik te wyte aan sy hoë tempo van bevolkingsgroei wat weer lei tot die fragmentasie van habitats en die eksploitasie en uitputting van die aarde se nie-hernubare hulpbronne. Die industriële rewolusie en die gevolglike negatiewe impakte van besoedeling van lug, water en grond het ernstige omgewingsimplikasies wat aan die Dierkundige spesifieke uitdagings bied eerstens op die gebied van impakanalise en tweedens op die gebied van omgewingsrehabilitasie.

i) Besoedeling.

Navorsing op die vlakke en impak van industriële besoedeling het sterk na vore gekom na bekende omgewingsrampe soos die ongeveer 4000 mense wat in 1952 in London weens SO₂ vergiftiging gesterf het, die dood en verminking van baie mense, veral kinders weens kwikvergiftiging in Minamata baai (Japan) en die Chernobyl ramp. Resente navorsing toon aan dat insekplae dramaties kan toeneem met toename in SO₂, NO₂ en Osoon vlakke. Oesverliese van tot 30% is aangeteken a.g.v. hierdie plaagtoenames. Hierdie insek/plant/omgewings-interaksies is van groot belang in omgewingsnavorsing en het in hierdie geval 'n negatiewe impak op spesiediversiteit weens die toename in dominansie van een of 'n paar plaagspesies.

Die rol van Dierkunde in waterbesoedeling kom veral tersprake deur die meting van impakte op spesiediversiteit en gemeenskapsamestelling en op die fisiologie van diere. Behalwe vir die feit dat diere en veral insekte en ander artropode 'n essensiële rol speel in ekostelsel selffunksie en stabiliteit, is hulle belangrike indikatore van waterkwaliteit en kwantitatiewe evalueringsindekse van waterkwaliteit is opgestel op grond van die aan- of afwesigheid van akwatiese organismes.

ii) Rehabilitasie van versteurde gebiede.

'n Belangrike faset van omgewingsnavorsing met sterk biologiese implikasies is navorsing oor die optimale rehabilitasie van versteurde industriële gebiede. 'n Voorbeeld waar die Departement Dierkunde saam met Plantkunde tans by betrokke is, is navorsing oor die rehabilitasie van asdamme afkomstig van kragstasies. Die onooglike hope geassosieer met myne en kragstasies wat soos reuse miershope oor die Hoëveld versprei is, stel 'n groot uitdaging aan omgewingskundiges en rehabilitasie ekoloë. Behalwe vir die estetiese

onaanvaarbaarheid van hierdie hope hou dit ook ernstige stofprobleme in vir die omgewing weens die fyn struktuur van asdamme.

Dit is juis by die rehabilitasie van hierdie versteurde gebiede waar weinig inligting bekend is oor die prosesse en ekologiese interaksies betrokke in hierdie industriële ekosistels. Wetgewing oor omgewingsrehabilitasie is maar vaag ten opsigte van die resultaat van rehabilitasie. Volgens die interpretasie van Barnard (1995) van beskikbare omgewingswetgewing :

“Sites disturbed by industrial activities have to be “properly” rehabilitated, and restoration to a “proper” condition must satisfy the demands of sustainable development. Rehabilitation, sustainability and a proper condition, is achieved if the economic value of a rehabilitated area is at least equal to the value of the resource that will be destroyed during development”

Dit is juis die definisie van volhoubaarheid van 'n gerehabiliteerde asdam waar die probleem lê. Dit is onmoontlik om 'n hoop as bestaande uit grootliks silikon en 'n groot persentasie aluminium terug te plaas in sy oorspronklike toestand en totale nuwe parameters moet gestel word oor wat volhoubaarheid in hierdie eenvoudige stelsels beteken.

Weereens hang volhoubaarheid tot 'n groot mate af van die diversiteit en gemeenskapsamestelling van plant- dier- en mikro-organisme bevolkings en navorsing oor betroubare parameters vir stabiliteit en volhoubaarheid van industriële ekosistels is nodig.

Diere kan gebruik word as indikatore van ekosistels stabiliteit en verandering en kan 'n belangrike omgewingsbetuursrol speel by onder andere rehabilitasie programme. Aangesien insekte die dominante diere in meeste terrestriële omgewings is, en omdat hulle normale biologiese funksies het, kan selfs subtiële

omgewingsveranderinge hulle ekologiese sukses radikaal beïnvloed en dus hulle bevolkingsgetalle radikaal beïnvloed. As gevolg van hierdie eienskappe is insekte ook ideale diere om die sukses van habitatrehabilitasie te monitor en kan daarom gebruik word as indikatore van rehabilitasie sukses in gerehabiliteerde gebiede deur die gemeenskappe en spesiediversiteit met onversteurde gebiede in die nabyheid van die gebied te vergelyk.

iii) Stabiliteit in natuurlike ekostelsels en bewaringsgebiede

Die laaste tipe ekostelsel waar die dierkundige omgewingwetenskaplike 'n belangrike taak het om te vervul is die natuur- en bewaringsgebiede. Hierdie gebiede verskil van die vorige twee deurdat ons hier met relatief onversteurde gebiede te make het maar wat tog ernstig bedreig word op hoofsaaklik vier gebiede nl.:

1. die indringing van vreemde plante en diere in natuurlike gebiede,
2. die fragmentering en vernietiging van natuurlike gebiede,
3. die oorekspluiting en plundering van Suid Afrika se natuurreserf, en
4. die oorbevolking van natuurlike gebiede.

Weens die feit dat die wêreld baie klein geword het weens die vervoer en kommunikasie netwerke, gebeur dit al meer dat uitheemse plante en diere ingevoer word wat die natuurlike fauna en flora bedreig. Die omgewingswetenskaplike het hier 'n belangrike rol te speel. Ek wil veral verwys na die indringing van uitheemse plante wat dikwels eksponensieel toeneem na invoere a.g.v. die feit dat die kompleks van regulerende insekherbivore en plantpatogene agtergebly het in die land van oorsprong. Die rede vir die onstabiliteit in hierdie ekostelsels is weereens a.g.v. 'n gebrek aan spesiediversiteit en funksiediversiteit wat verhoed dat hierdie plante op 'n aanvaarbare vlak gereguleer word. Op terrestriële gebied dink ons hier aan bekende gevalle soos turksvly, litjieskaktus, Hakea, rooikrans, Port Jackson, swart wattle, Lantana en Sesbania. Die Navorsingsinstituut vir Plantbeskerming in Pretoria het hier reusewerk verrig op die gebied van biologiese beheer van indringerplante en verskillende vlakke van beheer is verkry deur die invoer van fitofage insekte vanuit hulle land van

oorsprong. Die sukses wat hierdie dierkundiges met die biologiese beheer van wateronkruid gehad het is 'n voorbeeld van ekologiese manipulasie en diversifikasie. Die ernstige bedreiging van wateronkruid soos waterhiasint, waterslaai, *Salvinia*, en vele meer wat 'n ernstige bedreiging vir ons waterbronne was, is deur verhoging van herbivoor diversiteit met verskillende mate van sukses onder biologiese beheer gebring, iets waarop SA trots kan wees.

Die grootste bedreiging van natuurlike gebiede lê egter in die vernietiging en verandering van natuurlike habitats en die vernietiging van spesies a.g.v. die roekelose eksploitering van skaars spesies deur bevolkings aangrensend aan bewarings- en natuurlike gebiede asook deur gewetenlose plunderaars van die SA natuurskatte. Die uitdaging lê dus in die bewaring van genetiese en spesiediversiteit om sodoende ons natuurerefenis vir ons nageslag in stand te hou op 'n volhoubare wyse.

Die toenemende druk op die aarde se hulpbronne lei tot 'n toenemende tempo van vernietiging en fragmentasie van natuurgebiede. 'n Studie deur die U.S. National Biological Service rapporteer in 1995 dat gedurende hierdie eeu, die helfte van die VSA se natuurlike ekosisteme tot die punt van bedreiging gedegradeer het. Volgens Meyer word die natuurlike reënwoude teen 'n tempo van 2% per jaar uitgeroei wat tot 'n verlies van 'n kwart van die aarde se spesies sal lei teen die jaar 2000. 'n Verdere 1/3 van die oorblywende spesies sal gedurende die volgende dekade verdwyn. Hierdie feite het aanvanklik groot konsternasie veroorsaak en is beskou as die grootste bedreiging wat die aarde nog getref het naas 'n kernoorlog. Edward Wilson stel:

“virtually all students of the extinction process agree that biological diversity is in the midst of its sixth great crisis, this time precipitated entirely by man.”

Daar is egter anti-alarmiste wat die aansprake afmaak op grond van gebrek aan bewyse en op grond van die aanname dat die mens en sy tegnologie 'n oplossing sal vind vir enige omgewinsprobleem. Leaky vra homself egter af hoekom die opinie van

die wêreld se beste uitsterwingspesialiste so fel aangeval word en hy wonder of die implikasies van so 'n selfvernietigende gedrag van die mens, wat sy eie voortbestaan ook bedreig dalk te erg is om te aanvaar.

Die implikasies van die byna eksponensiële bevolkingsgroei van die mens wat na verwagting oor die volgende 50 jaar gaan verdubbel na oor die 10 biljoen is skrikwekkend en die wêrelddekkende sal volgens Leaky met 'n faktor van 10 moet vergroot indien die wereldebvolking van 'n menswaardige bestaan voorsien moet word. Leaky stel dit so:

"Homo sapiens is poised to become the greatest catastrophic agent since a giant asteroid collided with the earth sixty-five million years ago, wiping out half the world's species in a geological instant."

Dit is dus duidelik dat omgewingsnavorsing, veral in 'n land soos Suid Afrika met sy groot aantrekkingskrag weens die beskikbare ongerepte natuurgebiede, 'n hoë, indien nie die hoogste, prioriteit behoort te kry nie en dit is dus ook die rede waarom Omgewingswetenskappe en -Ontwikkeling as een van die fokusareas by die PU vir CHO geïdentifiseer is.

4. 'n Visie vir omgewingsnavorsing en opleiding by die PU vir CHO

My visie vir omgewingsopleiding en navorsing by die PU vir CHO is:

- a) Dat die kern van omgewingsproblematiek aangespreek word in navorsingsprogramme en opleiding nl. die bewaring van natuurlike ekostelsels en diversiteit op alle vlakke.
- b) Dat die mens se rol as verbruiker, eksploteerder, besoedelaar, maar ook as bestuurder, rehabiliteerder en veral rentmeester nagevors sal word.

Om dit te bereik word die volgende aanbevelings gemaak:

- Opleiding en navorsing moet interdisziplinêr, oor departementele en fakulteitsgrense heen benader word. Terwyl daar 'n plek en rol vir gespesialiseerde opleiding van studente bestaan, is die vereistes vir die opleiding van 'n afgeronde nagraadse student in omgewingswetenskape in essensie interdisziplinêr.
- Indien Omgewingswetenskap as 'n fokusarea by die PU vir CHO beskou word, behoort 'n M. kursus in omgewingswetenskappe die kern te vorm van so 'n fokusarea. Hierdie kursus behoort alle relefante dissiplines te betrek soos die natuurwetenskappe, ingenieurwese, ekonomie, regte en sosiale wetenskappe. Studente uit alle dissiplines behoort oorweeg te word vir toelating, soms na evaluering d.m.v. onderhoude of vraestelle. Die kurrikulum behoort uit 'n kernmodule in omgewingsbestuur te bestaan met verskillende spesialisasie opsies en behoort ontwikkel te word in konsultasie met die privaat sektor en ander omgewingsbelanghebbendes. Nagraadse studente vorm die kern van omgewingsnavorsingsprogramme.
- As gevolg van die omvang van die omgewingswetenskap, bestaan die gevaar dat wetenskaplike diepte verlore raak. Net soos die stabiliteit van ekosistels afhanklik is van diversiteit, met erkenning van die unieke en onvervangbare rol van elke spesie, net so is die geheel van sinvolle omgewingsnavorsing en opleiding ook nie werklik moontlik sonder die diversiteit van die wetenskaplike spesialisgebiede binne die onderskeie vakdissiplines nie. Die universiteit se strewe na uitnemendheid en relevansie moet dus rus op sy vermoë om diepgaande basiese navorsing te kan doen.
- Die sukses van 'n fokusarea in die omgewingswetenskappe sal uiteindelik gemeet word aan die produkte van navorsing en opleiding. Die PUK produk moet uniek wees om te kan kompeteer. Navorsingsresultate

gebaseer op hoë vlak basiese kwantitatiewe navorsing behoort 'n belangrike nis in Suid Afrika te vul.

- Daar behoort uiteindelik gestreef te word na 'n omgewingsdeskundighedsentrum wat interdisiplinêr saamgestel moet word uit mense met 'n interdisiplinêre aanvoeling vir die omgewing.

Behalwe vir die wetenskaplike kundigheid wat daar reeds by die PUK bestaan, is daar 'n groot behoefte aan die Christelike etiek en lewensbeskouwlike benadering tot die omgewing en omgewingsprobleme. Terwyl ons beide die antroposentriese standpunt en die kosmosentriese standpunt verwerp, lyk die teosentriese standpunt van Douma (1989) die mees aanvaarbare uitgangspunt nl. die mens het die leidende en besturende funksie, maar hy is op sy beurt ondergeskik aan God self wat alle skepsels na hulle eie aard geskep het en aan wie die hele skepping behoort.

By die bestudering van die omgewing met sy wonderlike verskeidenheid en kompleksiteit staan die Christen wetenskaplike aan die een kant verstom voor die grootheid van God wat hierdie aarde geskep het en onderhou en ervaar hy die omgewing as die openbaring van God se almag en voorsienigheid. Aan die ander kant kom die Christen wetenskaplike ook sterk onder die indruk van die enorme verantwoordelikheid wat op hom as rentmeester geplaas word om hierdie omgewing te bestuur tot volhoubaarheid en stabiliteit en kom hy onder die indruk van sy eie nietigheid en magteloosheid in die lig van die magte van vernietiging wat daar aan die werk is. Gelukkig hoor ons ook in die vernietiging en degradasie van die aarde, die voetstaple van Christus wat as hoof van die kosmos weer sal kom om, nie om te rehabiliteer nie, maar as Herskepper, die aarde weer nuut te maak.

VERWYSINGS

- Barnard, C.E. 1995.** The law and environmental rehabilitation. *South African Journal of Science* 91:334-335
- Beddington, J.R., Free, C.A., & Lawton, J.H. 1978.** Modelling biological control: on the characteristics of successful natural enemies. *Nature, London* 273:513-519
- Begon, M., Harper, J.L. & Townsend, C.R. 1996.** *Ecology, individuals, populations and communities*. Oxford: Saunders College Publishing .
- Bond, W.J. 1989.** Describing and conserving biotic diversity. In: Huntly, B.J. *Biotic diversity in Southern Africa: concepts and conservation*. Cape Town : Oxford University Press.
- De Bruyn, P.J. 1994.** *Etiese Vraagstukke*. Studiegids D 148/94 : Dept. Sentrale Publikasies. PU vir CHO : Potchefstroom.
- Douma, J. 1989.** *Milieu en Manipulatie*. Uitgeverij van den Berg : Kampen.
- Ehrlich, P.R. 1988.** The loss of diversity: causes and consequences. In: Wilson, E.O. *Biodiversity*. Washington : National Academic Press.
- Erwin, T.L. 1982.** Tropical Forests: Their richness in Coleoptera and other Arthropod species. *Coleopterist Bulletin* 36(1): 74-75
- Geisler, Norman, L. 1989.** *Christian Ethics*. Grand Rapids : Baker Book House Company .
- Holmes, S. 1979.** *Hendersons Dictionary of Biological Terms*, London : Longman
- Krebs, C.J. 1972.** *Ecology*. Harper & Row, New York.
- Leaky, R. & Lewin R. 1997.** *The Sixth Extinction. Biodiversity and its Survival*. London : Phoenix
- Mumford, J.D & Van Hamburg, H. 1986.** A descriptive analysis of cotton pest magement in South Afrca. Pretoria : Plant Protection Research Institute.
- Odum, E.P. 1983.** *Basic Ecology*. Philadelphia : Saunders College Publishing.
- Parker, S.P. 1982.** *Synopsis and classification of living organisms*. New York : McGraw Hill.
- Pyle, R., Bentzien, M. & Opler, P. 1981.** Insect conservation. *Annual Review of Entomology*. 26:233-258

Scholtz, C.H. 1990. *Die rol van entomologie in die biodiversiteitskrisis.* Intreerede: Universiteit van Pretoria, Pretoria.

Tilman, D & Downing, J.A. 1994. Biodiversity and stability in grasslands. *Nature* 367:365

Van Hamburg, H. & Guest, P.J. 1997. The impact of insecticides on beneficial arthropods in cotton agro-ecosystems in South Africa. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 32:63-68.

Van Hamburg, H. & Kfir, R. 1982. Test of threshold levels for the control of cotton bollworms. *Journal of the Entomological Society of southern Africa* 45(1):109-121.

Waage, J.K. & Hassell, M.P. 1982. Parasitoids as biological control agents - a fundamental approach. *Parasitology* 84:241-268.

Wilson, E.O. 1992. *The diversity of life.* New York : W.W. Norton