

# **Evolution and Divergence, an Adaptive Dynamic Model**

Lena Storlind

2000-04-14

Honours Thesis at the Department of Ecology,  
Division of Theoretical Ecology,  
Lund University

Supervisor: Prof. Per Lundberg

Handledare: Prof. **Per Lundberg**

Examensarbete 20 p i teoretisk ekologi, VT 2000  
Ekologiska institutionen, Avdelningen för teoretisk ekologi,  
Lunds universitet

*Lena Storlind*

## **Höga berg och djupa dalar – en modell för evolution av ekosystem**

Att organismer förändras med tiden efter omgivningens förutsättningar är väl bekant. Förändringarna bygger på att det alltid finns en viss variation, ur vilken de för tillfället mest gynnade egenskaperna kan föras vidare till nästa generation. Men dessa omgivningens förutsättningar utgörs inte enbart, kanske inte ens i första hand, av yttre faktorer som klimat eller näringstillgång. I stället är det ofta det komplexa samspelet mellan olika organismer som sätter ramarna för vilka vägar evolutionen tar.

Detta dynamiska samspel kan man modellera genom att låta olika egenskaper, strategier, spela mot varandra i en spelteoretisk modell. Hur strategierna egentligen uppstår är mindre intressant, så länge man kan anta att de i viss mån ärvs från en individ till dess avkomma och att de kan representeras på något slags skala. Under sådana förutsättningar är det möjligt att göra sig en bild av hur ett ekosystem kan växa fram. För att åskådliggöra detta använder man en bild där ekosystemen representeras av berg och dalar i ett så kallat adaptivt landskap, ungefär som en karta med höjdkurvor. Evolutionen sker genom att strategier för varje generation förflyttar sig genom landskapet. Hur långt de vandrar bestäms av hur lik avkomman är sin förälder. De strävar hela tiden uppåt mot närmaste topp – vilket betyder att de når ett tillstånd där de får talrikare avkomma – men medan de förflyttar sig kan landskapet ändra utseende så att toppar blir dalar och tvärt om. Riktningen mot en bergstopp är alltså inte utstakad från början. När landskapet efter lång tid har stabiliserats återfinns arterna på topparna, medan dalarna visar på de hinder som finns för arter att korsa sig med varandra.

Min modell bygger på ekosystem med två näringsnivåer, producenter – byten – och konsumenter – predatorer. Genom att med modellens hjälp simulera en process över lång tid har jag kunnat studera ekosystemens adaptiva landskap. Det visar sig att jag med små förändringar i modellen har fått stor variation i resultaten. Landskapen som fått växa fram innehåller olika antal berg och dalar beroende på variationer i bytenas och predatorernas egenskaper. Jag har också kunnat illustrera olika fenomen som uppträder under processens gång, innan jämvikten är nådd. Ekosystem med färre arter än antalet toppar i landskapet blir instabila, eftersom varje art inte riktigt hittat sin nisch. Då böljar landskapet fram och tillbaka och det kan ske mycket snabba evolutionära förändringar utan något särskilt tryck från omvärlden. När antalet arter ligger nära vad som "får plats" i landskapet förändras de mycket långsammare.

Handledare: Prof. **Per Lundberg**  
Examensarbete 20 p i teoretisk ekologi, VT 2000  
Ekologiska institutionen, Avdelningen för teoretisk ekologi,  
Lunds universitet

## **Sammanfattning**

Jag modellerar här evolution av sammansatta ekologiska samhällen, med arter som interagerar på olika trofiska nivåer, genom samspelet mellan fenotypiska strategier baserat på en spelteoretisk ansats. En enkel dynamisk predator-bytesmodell utvidgas till en modell för adaptiv dynamik som tar hänsyn till både ekologisk och evolutionär tid. Genom att simulera modellens dynamik och söka lösningar i form av evolutionärt stabila strategier (ESS), som uppfyller kraven på både ekologisk och evolutionär stabilitet, kan ett samhälles möjliga komplexitet avbildas i ett adaptivt landskap. Jag har undersökt utfallet i form av sådana ESS-landskap genom att variera predatorers och bytens nischbredd och intensiteten i byteskonkurrensen. Det adaptiva landskapet kan också tjäna som bas för en evolutionär process, där strategier tillåts röra sig mellan kullar och dalar i ett landskap som hela tiden ändrar utseende. Jag har gjort simuleringar för att studera denna evolution över tid och fått som resultat en serie dynamiska processer som illustrerar många olika fenomen. En enda modell kan omfatta studiet av populationscykler och adaptiv dietväxling hos predatorn, stabilitetsegenskaper i ekologisk och evolutionär mening samt invasionsproblem, slutna system och möjligheten att i praktiken uppnå en ESS.