



Komplexa system

Anna Tunlid

◀ **SANDDOLLAR** –
symbol för integration
mellan ekologi och
ekonomi.

Hur kan relationerna mellan naturens olika delar förstås? Hur påverkar olika organismer varandra och hur samspelar de med den omgivande miljön? Frågor av detta slag har sysselsatt forskare inom ekologin under hela dess drygt hundraåriga historia. Figuren illustrerar hur systemekologerna på 1970-talet försökte framställa sambanden i naturen. Den är alltså inte ett elektriskt kopplingsschema, även om det vid första anblicken kan verka så, utan en modell över en del av Östersjöns ekosystem. Bakom de olika symbolerna döljer sig plankton, alger och näringsämnen, och varje symbol uttrycker i sin tur olika funktioner och processer i systemet och hur dessa är kopplade till varandra genom ett flöde av energi och materia. Variablerna är valda utifrån de processer som ska analyseras, och modellen är avgränsad så att den representerar ett givet delsystem. Genom att studera, analysera och foga samman flera olika delsystem av detta slag hoppades ekologerna kunna konstruera vad man kallade en totalmodell över Östersjöns ekosystem. Syftet var inte bara att åskådliggöra relationen mellan olika delar av ekosystemet, diagrammen låg också till grund för konstruktioner av datormodeller som kunde beräkna flöden mellan systemets komponenter. Dessa modeller hade ett uttalat praktiskt syfte: att med hjälp av datorsimuleringar kunna göra prognoser över Östersjöns framtida utveckling och hur den skulle påverkas av olika mänskliga aktiviteter och grader av miljöförorening.

De systemekologiska modellerna utvecklades således för att både beskriva och kvantifiera vissa grundläggande processer i ekosystemet. Som alla modeller gav de också uttryck för en viss förståelse av och uppfattning om naturen: de lyfte fram vad som uppfattades som väsentligt och de samband och relationer som ansågs vara betydelsefulla, samtidigt som andra aspekter hamnade i bakgrunden, förenklades eller helt utelämnades. Trots

enheter och principer som energi, materia och termodynamikens lagar. Maskinmetaforen var i sin tur lätt att koppla samman med ett systemtänkande. Detta hade introducerats inom ekologin 1935 genom begreppet ekosystem, som myntades av den brittiske botanisten Arthur Tansley. Systembegreppet var inspirerat av de fysikaliska vetenskaperna och var ett försök att höja ekologins vetenskapliga status genom att knyta forskningsfältet till den prestigefyllda fysiken. Systemtänkandet förstärktes ytterligare under efterkrigstiden genom ett ökat intresse för systemteori, särskilt cybernetik och informationsteori. För ekologins vidkommande innebar det att man nu började studera naturen som ett komplext system som styrdes genom återkoppling och självreglering. En tidig förespråkare för detta systemorienterade synsätt var den amerikanske ekologen Howard Tom Odum som tillsammans med sin bror, Eugene Odum, var en pionjär inom den framväxande ekosystemforskningen. I Odums systemtänkande kunde alla förhållanden och företeelser i naturen omvandlas till energienheter och energiflöden, och han utvecklade ett särskilt språk, *the energy circuit language*, för att beskriva och analysera relationen mellan ekosystemets olika delar. Bilden som diskuterades inledningsvis är ett exempel på hur detta energispråk var konstruerat. Enligt Odum kunde det tillämpas på alla system, något han försökte visa i sin mycket omdiskuterade bok *Environment, Power and Society* (1971). Där beskrev han hur inte bara ekosystem utan även komplexa sociala fenomen som politik och religion kunde förstås med hjälp av energiprinciper. Odums systemtänkande, grundat på energibegreppet, blev således något som gick långt utöver beskrivningar av naturens funktioner; det utgjorde också en modell för att förstå hur sociala, ekonomiska och ekologiska system var sammanlänkade.

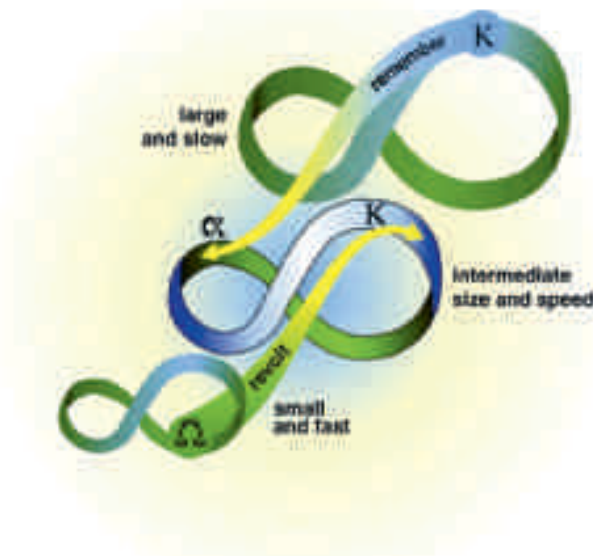
Att människan påverkar naturen eller ekosystemen har varit en vanlig tanke inom ekologisk forskning. Frågan har närmast varit om och i så fall hur människan och olika mänskliga aktiviteter kan inkluderas i modeller av naturen. Här har det funnits många skilda och ofta diametralt olika uppfattningar bland forskarna. Ett forskningsfält där relationen mellan människan och naturen utgör själva utgångspunkten är ekologisk ekonomi, som etablerades i slutet av 1980-talet med bland andra AnnMari Jansson som en av pionjärerna. Jansson hade varit verksam inom det ovan beskrivna Östersjöprojektet, och var starkt inspirerad av Odums tankegångar om samspelet mellan natur och samhälle.

Ekologisk ekonomi fick 1991 en institutionell bas vid Vetenskapsakademins Beijerinstitut, ett forskningsinstitut som inrättats 1977 genom en donation av finansmannen Kjell Beijer. Ursprungligen var Beijer institutet inriktat på studier av energi och humanekologi, men i början av 1990-talet stod det inför en ombildning. Flera olika förslag om vad institutet skulle ägna sig åt i framtiden inkom till Vetenskapsakademien. Ett av dessa var

formulerat av Bengt-Owe Jansson, tidigare ledare för Östersjöprojektet, och ekonomen Karl-Göran Mäler. De ansåg att institutets inriktning borde vara integration av ekologiska och ekonomiska system. I sin skrivelse till Akademien framhöll de att utnyttjandet av naturens resurser hade lett till en ytterst allvarlig situation för hela den mänskliga civilisationen. Situationen krävde en samlad, tvärvetenskaplig forskningsinsats av det slag som ekologer och ekonomer hade börjat etablera inom ramen för ett systemperspektiv. Ett sådant perspektiv var nödvändigt, menade de, för att lägga en grund som kunde främja en hållbar utveckling och fördela jordens resurser mellan olika länder och generationer.

Beijerinstitutets nya inriktning kom redan från början att involvera ett stort antal forskare från olika länder, och institutet har efter hand fått mycket uppmärksamhet även i internationella sammanhang. Många ekologer och ekonomer har under årens lopp arbetat i stora tvärvetenskapliga forskningsprogram av olika slag. Flera projekt har handlat om komplexa system och hur dessa fungerar, och man har utvecklat nya modeller och metaforer. En tidigare föreställning att naturen skulle sträva mot ett idealt jämviktstillstånd – en naturens balans – om den fick utvecklas utan yttre störningar, har ersatts av modeller som i stället fokuserar på förändring, omorganisation och utveckling. Ett centralt begrepp i de nya modellerna av komplexa system är *resiliens*, som introducerades i ekologiska sammanhang i början av 1970-talet. Ursprungligen avsåg resiliens ett ekosystems motståndskraft mot störningar, det vill säga förmågan att absorbera yttre förändringar och ändå fortsätta att fungera i ett givet jämviktstillstånd. Men begreppet har även fått en annan innebörd som betonar systemets långsiktiga förmåga att hantera förändring och samtidigt kunna utvecklas vidare och förnyas även i ett helt nytt tillstånd. I stället för modeller av naturen som utgår från ett givet, stabilt jämviktstillstånd lägger de nya modellerna med andra ord tyngdpunkten på naturens inneboende potential till anpassning och förnyelse, och inte minst dess möjlighet att existera i nya, helt annorlunda jämviktstillstånd. Föreställningen om en natur i balans har på detta sätt ersatts av uppfattningar om naturen som utgår från utveckling och förändring – men som samtidigt rymmer ett större mått av osäkerhet och oförutsägbarhet.

Inom ramen för ett övergripande systemtänkande har resiliens också kommit att tillämpas på så kallade social-ekologiska system, i vilka de sociala och ekologiska systemen betraktas som helt integrerade. Resiliens handlar i detta sammanhang om den långsiktiga förmågan hos systemen att hantera förändringar och samtidigt fortsätta att utvecklas. Det innebär en betoning av såväl motståndskraft som anpassningsförmåga och flexibilitet. Även inom detta tänkande har man utvecklat konceptuella modeller för att beskriva systemens dynamik och hur olika delar och processer är kopplade till



PANARCHY – en modell som illustrerar hur dynamiska system i olika skalor interagerar.

varandra. En av de modeller som illustrerar hur sammanlänkade system genomgår olika faser av förändring och anpassning har till och med fått ett eget namn, *panarchy*. Centralt i denna modell är dynamiken, komplexiteten och uppkomsten av nya, oväntade tillstånd.

Idén om resiliens har fått stort inflytande och bland annat tagits upp i FN:s arbete med hållbar utveckling. I mer tillämpade sammanhang talar man ofta om ett resiliensänkande (*resilience thinking*), vilket visar att begreppet har vidgats från den vetenskapliga kontexten till såväl ett sätt att tänka som en utgångspunkt för policy och handlande. Resiliens har blivit ett ramverk inom vilket den komplexa dynamiken mellan människa och miljö kan hanteras. Därmed har det rört sig från en deskriptiv till en normativ kontext som inte bara beskriver hur något *är* utan också hur det *bör* vara, vilket leder till helt nya frågor och problemkomplex. Tillämpningar av begreppet resiliens i systemets sociala dimensioner har kritiserats av dem som menar att de i grunden naturvetenskapliga modellerna inte gör rättvisa åt politiska och kulturella förhållanden som maktrelationer, intressekonflikter, skilda värderingar och normer. Det återstår att se hur den framtida forskningen kring komplexa system kan möta utmaningar av detta slag och i vilken utsträckning gemensamma begrepp och modeller kan användas för att beskriva sociala och ekologiska system. Med andra ord: vad kommer att lyftas fram och vad kommer att utelämnas i dessa modeller?



Antologin *Ecology Revisited: Reflection on Concepts, Advancing Science* (Dordrecht, 2011), redigerad av Astrid Schwartz och Kurt Jax, innehåller flera artiklar som rör betydelsen av begrepp och modeller inom ekologisk forskning. Ekosystembegreppets utveckling har analyserats av Joel B. Hagen i *An Entangled Bank: The Origins of Ecosystem Ecology* (New Brunswick, 1992). Ekosystemprojektet om Östersjön diskuteras i Anna Tunlid, "The Askö Laboratory: The field station as a place for fostering scientific collaboration and development", i Helena Ekerholm, Karl Grandin, Christer Nordlund & Patience A. Schell (red.), *Understanding Field Science Institutions* (Sagamore Beach, 2018). Se även Thomas Söderqvist, *The Ecologists: From Merry Naturalists to Saviours of the Nation: A Sociologically Informed Narrative Survey of the Ecologization of Sweden* (Stockholm, 1986). En beskrivning av framväxten av forskningsfältet ekologisk ekonomi finns i två artiklar av Inge Røpke: "The early history of modern ecological economics" och "Trends in the development of ecological economics from the late 1980s to the early 2000s", *Ecological Economics*, vol. 50:3-4, 2004, respektive vol. 55:2, 2005. Beijerinstitutets historik redogörs för i *The Beijer Institute: The International Institute for Energy Resources and the Environment* av Carl Gustaf Bernhard (Stockholm, 1991). Litteraturen kring komplexa adaptiva system och resiliens är mycket omfattande, men en översiktlig artikel av Carl Folke är "Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological system analysis", *Global Environmental Change*, vol. 16, 2006. Sammanlänkningen av sociala och ekologiska system samt begreppet *panarchy* behandlas i Lance H. Gunderson & C. S. Holling (red.), *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems* (Washington, 2002). För en kritisk diskussion av begreppet resiliens ur ett samhällsvetenskapligt perspektiv, se Muriel Cote & Andrea J. Nightingale, "Resilience thinking meets social theory: Situating social change in socio-ecological systems (SES) research", *Progress in Human Geography*, vol. 36:4, 2012.