

Økologien

En række erkendelser har været vigtige for udviklingen af økologien – forståelsen af vekselspillet i naturen mellem arterne, miljøet og mennesket. Økologiens særlige betydning skyldes, at den er værktøjet til at vurdere vores egen, naturens og Jordens fremtid.

Af Kaj Sand-Jensen

Økologi er i dag et ord, der kan tillægges mange betydninger afhængig af sammenhængen. Økologi handler som udgangspunkt ikke om grøntsager i det lokale supermarked, men om at forstå vekselspillet i naturen mellem arterne, miljøet og mennesket. Derfor har økologiens erkendelser enorm praktisk betydning, da forståelsen af økologiske sammenhænge i sidste instans er afgørende for vores fremtid.

Økologiens botaniske udgangspunkt

Grundlaget for økologien er den erkendelse, at arternes opbygning, udbredelse og hyppighed afhænger af klimaet og miljøet, men at organismene tillige påvirker klimaet og miljøet i et gensidigt vekselspil.

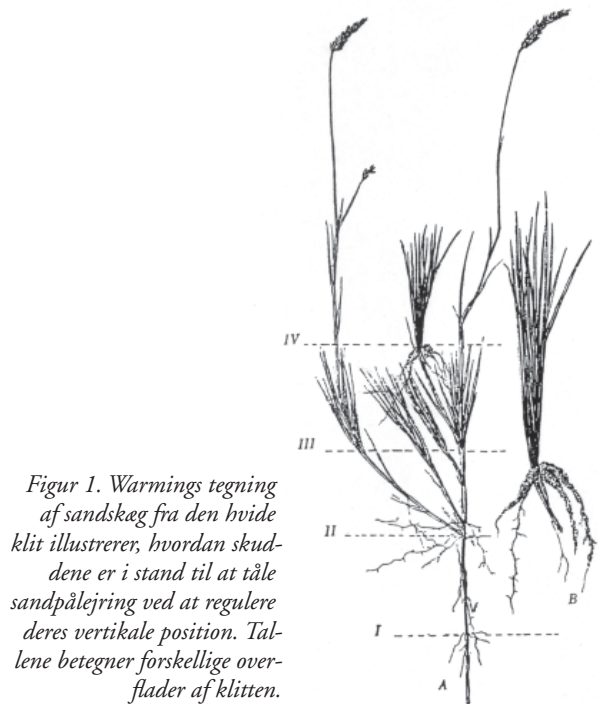
Det er en erkendelse, der blev gjort i bestræbelserne på at afsløre indholdet af den centrale metafor i Darwins evolutionsteori – nemlig arternes eksistenskamp i naturen, som omfatter alle de faktorer, der påvirker organismernes overlevelse og formering.

Det var den tyske naturforsker Ernest Haeckel (1834-

1919), der i 1860 introducerede ordet *oekologie* om organismernes komplekse kamp for tilværelsen, men det blev i høj grad en dansk forsker, der satte sit præg på økologiens tidlige udvikling. Den unge botaniker Eugenius Warming (1841-1924) satte i 1860'erne ord på økologiens formål med sit videnskabelige program: »at studere floraens ejendommeligheder og de naturforhold, hvoraf de betinges.«

Warming påviste bl.a. betydningen af arternes opbygning og spredningsevne i den indbyrdes konkurrence og i modstandsdygtigheden mod forstyrrelse, f.eks. vind og sandpålejring (figur 1). På baggrund af sine studier ved Vestkysten, kunne han påvise, at den tidsmæssige udvikling af vegetationen blev afspejlet rumligt i klitterne ved ændringerne i arternes forekomst og hyppighed fra stranden, over den unge hvide klit til den gamle grå klit i baglandet.

Mens Warming således kunne vise, hvorledes de enkelte plantarters opbygning var tilpasset til miljøet, var det svært at skaffe sig overblik over tilpas-



Figur 1. Warnings tegning af sandskæg fra den hvide klit illustrerer, hvordan skudene er i stand til at tåle sandpålejring ved at regulere deres vertikale position. Tallene betegner forskellige overflader af klitten.

ningerne hos de mange arter i de lokale samfund og i større områder med et givet klima. Dette overblik kom imidlertid med efterfølgeren Christen Raunkjær (1860-1938), der samlede arterne i grupper med en karakteristisk livsform og sammenholdt den procentvise forekomst af disse livsformer

med klimaet på voksestedet. Til at skelne mellem livsformerne anvendte han placeringen af formeringsknopperne. Derefter kunne han påvise den statistiske sammenhæng mellem dominansen af arter med højtsiddende, ubeskyttede knopper i det gunstige klima i troperne over for dominansen i kolde og tørre

Tabel 1

Raunkjærs statistiske opgørelse af den procentvise forekomst af arter i den tropiske, tempererede og arktiske flora mellem livsformer med: I - knopperne placeret ubeskyttet, højt (> 25 cm) over jorden, II - knopperne under 25 cm over jorden, III - knopperne ved jordoverfladen, IV - knopperne under jorden, og V - knopperne siddende beskyttet i frøet hos enårige arter.

	I	II	III	IV	V
Troperne	65	5	10	5	15
Tempereret	10	5	50	20	15
Arktisk	0	30	50	15	5



Foto: Carsten R. Kløær

Søer er forholdsvis overskuelige økosystemer, hvor det er nemt at tage målinger og lave observationer. Derfor er megen af den vigtige økologiske forskning gennem tiden foretaget i søer.

egne af arter med knopperne siddende beskyttet tæt ved eller nede i jorden (tabel 1).

Bestandenes matematik

Darwin fremhævede konkurrencen mellem et overskud af individer af samme art, som

den vigtigste drivkraft for selektionen (udvælgelsen) af de bedst egnede individer og dermed for evolutionen.

Denne påstand blev eksperimentelt testet i 1930'erne, hvor matematikken for alvor holdt sit indtog i økologien.

Det viste sig, at man ved hjælp af differentialregning kunne forudsige resultatet af simple eksperimenter med konkurrencen mellem to nærtstående arter og samspillet mellem et byttedyr og et rovdyr. Det blev klart, at konkurrence mellem

nærtstående arter i et simpelt og fødebegrænset miljø førte til, at den ene art blev udkonkurreret, som forudsagt af Darwin, mens komplekse forhold gjorde det muligt for arterne at sameksistere, fordi arterne kunne opsøge deres respektive foretrukne miljøer.

Denne matematiske indgang til økologien er udvidet i nutidens komplicerede computeranalyser af bestandsreguleringen af arterne, hvad enten det drejer sig om konsumfisk, jagtbart vildt, skadedyr, epidemiske sygdomme eller truede arter. I modellerne indgår formering, dødelighed, indvandring og udvandring både for enkelte bestande og for koblede bestande, hvoraf visse leverer et overskud af individer, der sikrer artens overlevelse i andre bestande med en større dødelighed end formering. Det har også vist sig, at konkurrencen på mange områder mellem flere arter kan foregå uden uddøen.

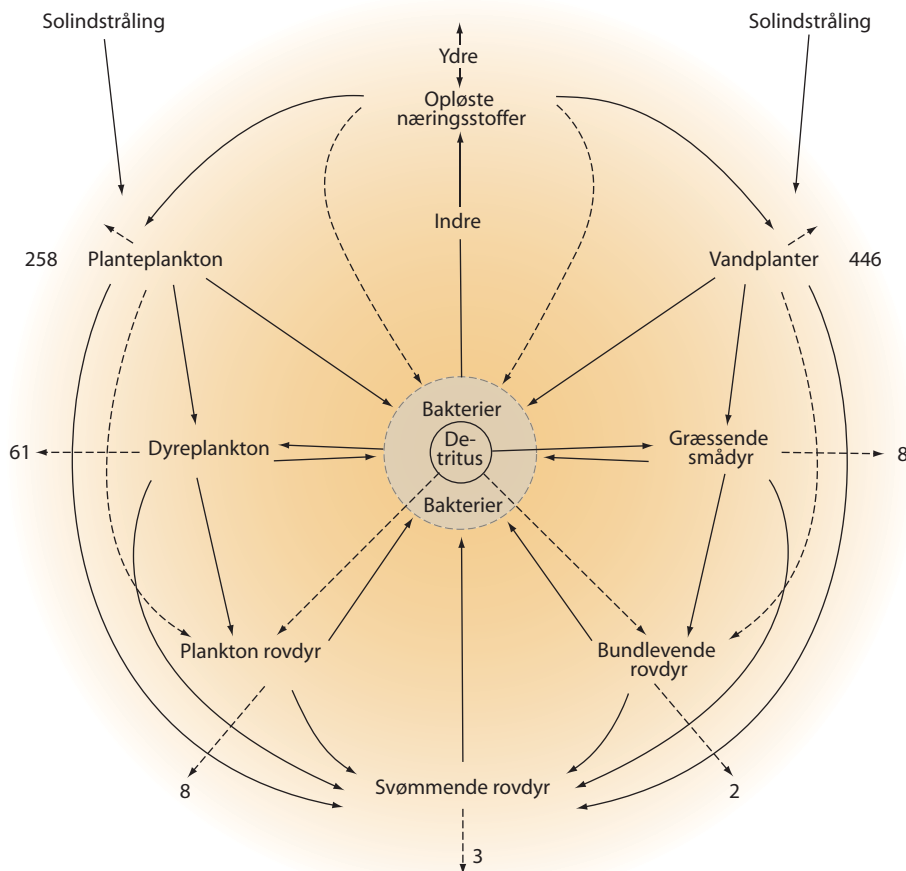
Økosystemers opbygning og processer

Et klassisk problem i økologien har været at beskrive samspillet mellem de utallige arter.

I 1942 beskrev den amerikanske økolog Raymond Lindeman (1915-1942) den biologiske struktur på en håndterbar måde ved at inddele organismerne efter den samme funktion, uanset arten. Herved kunne han operere med afgrænsede funktionsenheder i en fødekæde med planter, græssere, rovdyr og tilknyttede nedbrydere (såkaldte trofiske niveauer). Hans næste skridt var at måle strømme af organisk kulstof og energi mellem de forskellige trofiske niveauer i et afgrænset økosystem (en sø) og fastlægge, hvor effektive disse energioverførsler var.

Lindemans betragtninger har siden været anvendt på alle typer af økosystemer på land og i vand. I dag kan den samlede omsætning i økosystemerne beskrives ved automatiserede målinger af ilt i vand og kuldioxid på land. Endvidere kan man med stor nøjagtighed beskrive tilførsler,

Fødekæder og energi i økosystemet



Fødekædens opbygning i søens økosystem gengivet fra Lindemans afhandling. Produktionen af de forskellige trofiske enheder (i kcal per m² for et år) er tilføjet. Detritus er dødt organisk stof.

Den amerikanske økolog Raymond Lindeman gjorde økosystemet – et integreret system af arterne og det omgivende miljø – til kernen i sin videnskabelige analyse. Han reducerede de mange arter til enheder af samme biologiske funktion og satte energital på relationerne. Lindeman undersøgte den lille sø, Cedar Creek Bog i Minnesota og nåede at skrive 6 afhandlinger om den, før han døde blot 27 år gammel.

Lindemans stjerneafhand-

ling: *The trophic-dynamic aspect of ecology*, udkom posthumt i tidsskriftet *Ecology* i 1942. Artiklen blev først forkastet, men blev antaget efter indgriben af den berømte ferskvandsbiolog G. Evelyn Hutchinson, som argumenterede kraftigt for dens kvaliteter.

Lindeman, som var bevist om sin snarlige død, skriver i sin konklusion, at hans analyse kun dækker et enkelt økosystem. Han opfordrer derfor sine efterkommere til at udvikle sta-

tistiske generaliseringer om:

1. reduktionen i tilgængelig energi op gennem fødekæden fra planter til rovdyr,
2. effektiviteten i energioverførsler mellem de enkelte led og

3. vækstudbyttet i forhold til mængden af konsumeret føde for organismer med forskellig størrelse og placering i fødekæden.

Mange af hans resultater i 1942-afhandlingen har faktisk vist sig at være generelle.

Om forfatteren



Kaj Sand-Jensen er professor ved Ferskvandsbiologisk Laboratorium, Københavns Universitet

Tlf.: 3532 1905

E-mail: KSandJensen@bi.ku.dk

tab og cirkulationen af de nøglestoffer, der begrænser omsætningen såsom kvælstof og fosfor. Vi har nemlig erkendt, at netop kvælstof og fosfor på dramatisk vis kan ændre arternes forekomst og hyppighed og forstyrre økosystemets funktion. Det ses i Danmarks næringsberigede landskab, hvor ukrudtsplanterne marcherer ind overalt på land, mens iltsvindet hærger i søerne

og kystområderne.

Netop næringsstoffernes og klimaets påvirkning af arternes forekomst og energiomsætningen i økosystemernes vil forskningsmæssigt være i centrum de næste mange år.

Skalaens betydning

For økologiens øjeblikkelige succes har det været afgørende at erkende, at sammen-

hænge og reguleringer ikke er nagelfaste, men ændrer sig med den rumlige skala fra enkeltindivider, over bestande til større samfund og økosystemer. Mens der findes tilnærmelsesvis lovmæssigheder for enkelt individer og processer, så ændres de til fremtrædende statistiske mønstre for mange arter og hele økosystemer. ■

Videre læsning:

Goodland, R.J. 1975. *The tropical origin of ecology: Eugen Warming's jubilee*. *Oikos* 26: 240-245.

Lindeman, R.L. 1942. *The trophic-dynamic aspects of ecology*. *Ecology* 23: 399-418.

Real, L.A. & Brown, J.H. (eds.) 1991. *Foundations of ecology*. Univ. of Chicago Press.

Sand-Jensen, K. 2000. *Økologi og biodiversitet*. Gads Forlag.

Warming, E. *Plantensamfund. Grundtræk af den økologiske Plantegeografi*. Oversat til tysk, polsk, russisk og engelsk.