

# Matematisk modell for Årungen

Av Tom Andersen og Odd K. Skogheim.

Tom Andersen er cand.mag. og ansatt ved avd. for Limnologi, Universitetet i Oslo.

Odd K. Skogheim er vit. konsulent ved Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk, Fiskeforskningen, Ås.

I det følgende skal vi behandle brukerformål og målsetting for en økosystemmodell for Årungen og kort presentere modellens oppbygging. En grundigere behandling, av prinsipper, arbeidshypoteser og empirisk arbeidsgrunnlag er gitt i en egen rapport (Andersen & Skogheim, 1979).

For Årungen-systemet arbeides det med å bygge opp en matematisk innsjømodell som et hjelpemiddel til å forbedre forholdene i denne næringsrike innsjøen.

Modellen skal etterligne forholdene i innsjøen med hensyn til eks. algebiomasse, partikulært fosfor, ortofosfat, koplet sammen med andre forutsetninger som lys, temperatur, næringstilførsel og sjiktforhold. Den skal også være til hjelp ved vurdering av og beslutning om tiltak for restaurering av innsjøen og skal kunne brukes til 10—20 års prognoser for sjøens utvikling.

Det vil bli lagt spesiell vekt på å forsøke å beregne fiskens betydning for næringsbalansen (Borgstrøm et al. 1980) og det blir en viktig del av prosjektet å bruke modellen til å vurdere fiskens betydning som restaureringsfaktor.

De planlagte forprosjekter for vurdering av restaureringsmetoder (fisk, kjemikalier, sedimentmanipulering, etc.) (Borgstrøm et al. 1980) blir viktige i denne sammenheng.

Alle forskningsprosjektene innen det koordinerte forskningsprogrammet for

Årungen bidrar med data og deltar i den videre utvikling av modellen. Derfor er alle prosjektene nært koordinert gjennom NLVF. Modellen skal forsøke å heve informasjonen fra det enkelte prosjekt opp på økosystemnivå — det vil si lage *syntese*.

## Matematiske modeller er bedre enn empirisk-statistiske modeller.

Matematiske innsjømodeller er ofte blitt utviklet i forbindelse med tiltak mot økt næringstilførsel (sanering eller direkte restaureringstiltak). Mange av modellene har vist seg å være nyttige hjelpemidler for å beskrive kvantitativt prosessene i innsjøer; både under konstante ytre betingelser og ved forandring av de ytre betingelser. Ved simulering av variasjon i ekstern belastning, hypolimnionluftning, nedbryting av termoklinen, felling av fosfor i innsjøen, bruk av algicider, varierende beitetrykk av fisk og zooplankton, etc. (dvs. forskjellige restaureringstiltak) har i det i mange tilfeller vist seg at modeller er nyttige redskaper for å prognosere respons og utvikling i innsjøer.

Modellen er et instrument for studium av innsjøens økosystem og dens reaksjon på endring av gitte forutsetninger. Det understrekes at modeller er et hjelpemiddel som ikke bør benyttes til eksakte prognoser, men som likevel er å foretrekke framfor «kvalifisert gjetning» eller generelle empirisk-statistiske modeller.

Enkle empirisk-statistiske modeller (f.eks. Vollenweider 1976) er ofte ikke tilfredsstillende for brukerformål (styring, tiltak/respons, prognose). Dette gjelder særlig næringsrike innsjøer hvor fosfor alene ikke lenger er det begrensende næringsstoff og innsjøer der fosfor frigjøres i sjøen (se f.eks. Bengtsson 1978). Videre er mange innsjøer inne i en utvikling, og empirisk-statistiske modeller er da oftest ikke tilfredsstillende for å lage prognoser fordi de bygger på at systemet er i tilnærmet likevekt. Matematiske innsjømodeller viser sammenhengen mellom årsak og virkning i sjøen. De kan derfor brukes til simulering og det kan lages prognoser for gitte betingelser. En viktig forskjell mellom de to nevnte modelltyper er at den empirisk-statistiske gjelder for tidsperioder av størrelsesorden år, middelverdi for en sesong, eller maksimumsverdi, mens matematiske økosystemmodeller kan vise forholdene for f.eks. en dag, og kan brukes til å simulere årstidsvariasjoner. Dette medfører imidlertid også at det kreves et større datamateriale for matematiske innsjømodeller.

For mange av de spørsmål som gjelder vannkvalitet, er det nødvendig med en tidsoppløsning som kan oppnås med matematiske innsjømodeller. For eksempel kan det i grunne innsjøer være en intern tilførsel av fosfor som temporært kan overstige den eksterne tilførsel av fosfor med mer enn 100 ganger (Gächter 1976).

### Modellens oppbygging

En innsjø er et komplekst økosystem. For å kunne lage en dynamisk modell som beskriver funksjonene i systemet må det forenkles betydelig og uttrykkes i et matematisk språk. Vi har forsøkt å isolere *hovedprosessene* i Årungen og beskriver

disse for tre fysisk adskilte *hovedbokser*: epilimnion, hypolimnion (flere vertikale sjikt; flerlagsmodell) og sediment.

I fig. 1 er hovedprosessene i modellen skissert. Struktur- og prosessbeskrivelser, samt dataunderlag, utviklingsverdier og modellens styrefunksjoner er grundigere behandlet av Andersen & Skogheim (1979).

I den beskrevne modellen er løst og partikulært fosfor brukt som tilstandsvariable. Det finnes empiriske sammenhenger mellom partikulært fosfor og en rekke andre parametre, som f.eks. klorofyll, turbiditet, pH, siktedyp, hypolimnetisk O<sub>2</sub>-forbruk, etc. Slike sammenhenger kan utledes for Årungen på grunnlag av et stort datamateriale. Ved å innbygge slike empiriske sammenhenger i modellen kan en rekke vanlige parametre på vannkvaliteten simuleres.

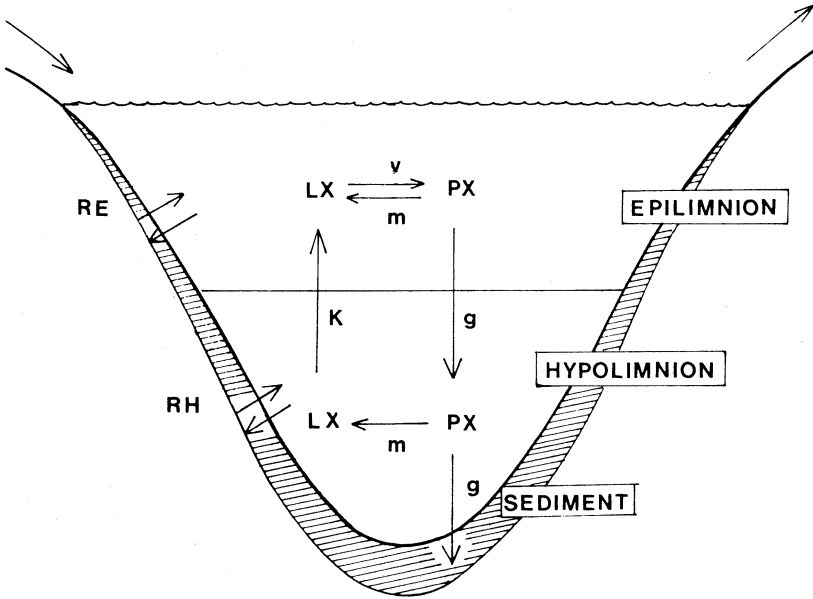
Den modellen som beskrives her for Årungen skal ikke bygges opp fra grunnen av, men delene hentes fra en rekke modeller bl.a. Ahlgren 1975, Jørgensen 1976 og settes sammen til en modell som så passer for norske forhold og spesielt for Årungen. Imidlertid er det flere prosesser i de beskrevne modeller som er utilstrekkelig kjent eller mangler empirisk data, eller som betyr mye for et økosystem som Årungen.

For Årungen har det blitt gjort/blir gjort, arbeider for å forbedre noen av submodellene:

- 1) sedimentasjon
- 2) utveksling mellom sediment og vann
- 3) primærproduksjon, spesifikke vekst-hastigheter
- 4) planktisk respirasjon.

INN: LX, PX

UT: LX, PX



Figur 1. Skisse av hovedprosessene i modellen.

Tegnforklaring:

- LX = løst næringsemne (N, P, Si)
- PX = partikulært næringsemne (N, P, Si)
- v = opptaksrate
- m = mineraliseringsrate
- g = sedimentasjonsrate
- K = vertikal virveldiffusjonskoeffisient
- RE/RH = utveksling mellom sediment og vann i spilimnion/hypolimnion

#### REFERANSER

- Ablgren, I. 1975. Modell för fosforomsättning och fytoplanktonproduksjon i sjön Norrviken. I: *Eutrofiering*. Tiende Nordiska Symposiet om Vattenforskning. Værlose 20—22 maj 1974. Nordforsk. Miljøvårdssekretariatet, Publikasjon; 1975; 387—425.
- Andersen, T. & Skogheim, O. K. 1979. Matematisk eutrofieringsmodell for Årungen. I. En kort presentasjon av prinsipper, arbeidshypoteser og empirisk arbeidsgrunnlag. Oslo 1979. 30 s.
- Bengtsson, L. 1978. Effects of sewage diversion in Lake Södra Bergundasjön. I. Nitrogen and phosphorus budgets. *Vatten* 4, 2—9.
- Borgström, R. et. al. 1980.
- Gächter, R. 1976. Die Tiefwasser ableitung, ein Weg zur Sanierung von Seen. *Schweiz*. 2. *Hydrol.*, 38: 1—27.
- Jørgensen, S. E. 1976. A eutrophication model for a Lake. *Ecol. Modelling*, 2; 147—167.
- Vollenweider, R. A. 1976. Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 33; 53—83.