

Teknikk og økonomi i forbindelse med restaurering av innsjøer.

Av Harald Rensvik

Harald Rensvik er siv.ing. fra NTH 1970 (kjemi) og ansatt som overing. ved Avløpssambandet Nordre Øyeren.

Innlegg på seminar i Norsk Vannforening 25. august 1981.

Generelt om restaureringstiltak

I Norge kan det være aktuelt å gjennomføre restaureringstiltak både i mindre innsjøer og i mindre terskelfjorder/pollenområder. Behovet for restaurering i mindre innsjøer melder seg når tradisjonelle tiltak i nedbørfeltet ikke er tilstrekkelig for å sikre den tilskittede vannkvalitet.

I mindre terskelfjorder/pollenområder kan det være mer eller mindre naturlige årsaker til for lav oksygentilførsel til de stagnerende vannmassene. Her henvises til foredrag ved A. Thendrup på denne konferansen og rapport om luftingsforsøk fra Vassdrags- og Havnelaboratoriet i Trondheim (1).

Det foreligger til i dag nesten ikke praktisk erfaring fra gjennomførte restaureringstiltak i Norge. I flere land som eksempelvis USA, Vest-Tyskland og Sverige er det imidlertid gjennomført flere restaureringstiltak. I Sverige er det utarbeidet to gode oversikter om teknikk og økonomi ved restaurering (2, 3). Disse rapportene er vesentlige kilder for det som blir nevnt i det følgende.

Restaureringstiltak i innsjøer kan være innrettet mot behandling av selve vann-

massene, sedimentene eller vegetasjonen i grunne områder. En oversikt over ulike typer tiltak er vist i tabell 1.

Som regel vil de tiltak som er innrettet mot endring av de kvalitative egenskaper i vannmassene være symptombehandling. Årsaken til oksygenvikt vil som regel være et høyt oksygenforbruk i sedimentene. Dersom luftingen er tilstrekkelig til også å oksydere sedimentene, vil lufting også kunne være årsaksbehandling.

De tiltak som har karakter av symptombehandling vil som regel måtte gjentas med jevne mellomrom. Tiltak som har karakter av årsaksbehandling vil som regel ha en varig virkning. Det kan ikke sies noe bestemt om hvilket tiltak som er mest hensiktsmessig før etter en grundig analyse av det konkrete tilfelle.

Ulike typer restaureringstiltak

Fysiske inngrep i vannmassene

Fysiske inngrep i vannmassene illustrert i figur 1. Tilførsel av friskvann til bunnen vil være tilnærmet ekvivalent med uttapping av bunnvann. Denne form for inngrep er bare aktuelt for innsjøer med en stabil tempartursjiktning. Dersom de topografiske forholdene ligger til rette for det, kan bruk av pumpestasjoner unngås. Det

Tabell 1. Ulike typer restaureringstiltak i innsjøer.

Tiltakene innrettet mot	Type tiltak
Vannmassene	Fysiske inngrep i vannmassene: <ul style="list-style-type: none"> ● Uttapping av bunnvann ● Tilførsel av friskvann til bunnen ● Økning av vanntilførsel ● Vannstandsending Forandring av kvalitative egenskaper i vannmassene: <ul style="list-style-type: none"> ● Økning av oksygeninnholdet ved lufting ● Reduksjon av fosforkonsentrasjonen ved kjemisk felling
Sedimentene	<ul style="list-style-type: none"> ● Fjerning av sedimentene ● Tildekking av sedimentene ● Oksydasjon av sedimentene
Vegetasjon i grunne områder	<ul style="list-style-type: none"> ● Mekanisk fjerning av vegetasjon ● Kjemisk fjerning av vegetasjon ● Biologisk fjerning av vegetasjon

finnes flere eksempler på at bunnvann er tappet ut etter hevertprinsippet.

Dersom det finnes en vannkilde med tilstrekkelig kapasitet i nærheten, kan friskvann overføres til den innsjøen som skal restaureres. På denne måte kan det oppnås en reduksjon av fosforkonsentrasjonen ved fortykning. Videre vil en overføring av en ekstra mengde friskvann bety et ekstra oksygentilskudd til vannet. Som regel vil innsjøer som skal restaureres ligge i tettbygde områder. Dermed blir det forholdsvis lang vei til en aktuell vannkilde. Et alternativ kan da være å

overføre mer friskvann til en bekk eller en elv innenfor nedbørfeltet til den innsjøen som skal restaureres.

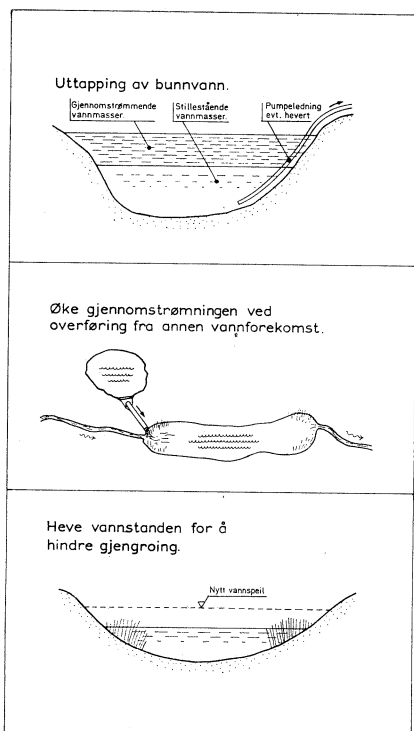
I grunne områder hvor utbredelsen av høyere vegetasjon er hovedproblemet, vil et alternativ være å heve vannstanden. Dersom vanndybden økes til over ca. 2 m, vil en kunne nedsette vekstmulighetene for høyere vegetasjon betydelig.

Som regel vil imidlertid grunne innsjøer ligge i forholdsvis flate områder. En heving av vannstanden vil kunne berøre store arealer. Denne type restaureringstiltak vil da lett komme i konflikt med

f.eks. jordbruksinteresser. En viktig årsak til at vi i dag har områder hvor gjen- groing med høyere vegetasjon er hoved- problemet, er innvinning av dyrkbart areal ved tidligere senkning av vannstan- den. I Skåne i Sverige er det flere slike områder. Hornborgasjøen er det mest kjente tilfelle.

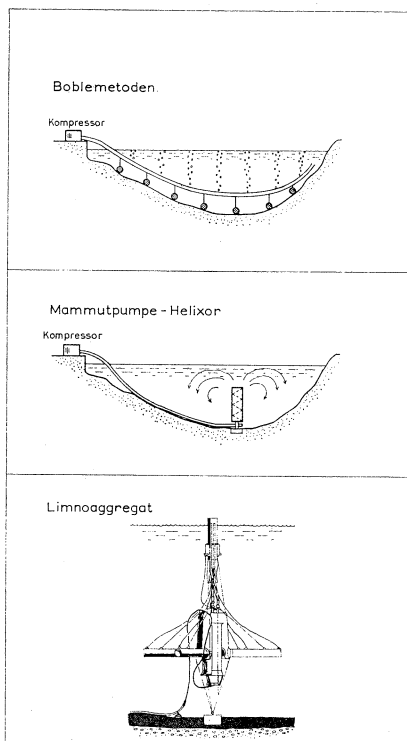
Lufting og kjemisk felling

Forandring av kvalitative egenskaper i vannmassene er illustrert i figur 2 og 3. Når det gjelder lufting, er tre forskjellige metoder vist i figuren. Den enkleste lufte- metoden er den såkalte boblemetoden. Her tilføres oksygen ved at luftboblene stiger opp mot overflaten. Et annet prin- sipp er benyttet i det såkalte Helixor- systemet. Dette er bygget opp ved at ar- merte plastsylindere er festet til bunnen.



Figur 1.

Ulike typer fysiske inngrep i vannmas- sene.



Figur 2.

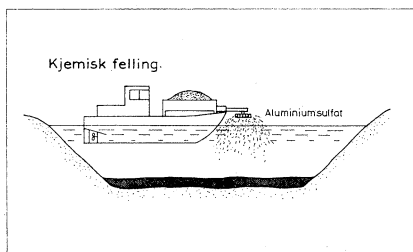
Lufting.

Luften tilføres i bunnen av disse sylindrene. Ved at luften blandes inn i vannet som står inne i plastsylindren blir denne vannmengden lettere. Dermed strømmer vannet oppover i sylindren. Dette prinsippet, som vanligvis omtales som mammutpumpeprinsippet, medfører at store deler av vannmassene kommer i bevegelse. På denne måten tilføres luft både via kompressoren og via vannets kontakt med atmosfæren. Dersom det kan tillates at vannmassene blandes, vil både boblemetoden og Helixor-metoden være anvendelige metoder.

I noen tilfeller kan det imidlertid ikke tillates at f.eks. store næringssaltmengder bringes opp til overflaten. I et sånt tilfelle vil lufting med det såkalte «limnoaggregatet» være hensiktsmessig. Her blandes luft og vann i et kontaktkammer. Det oksygenmettede vannet føres tilbake til bunnvannet via store siderør. Overskuddsluft føres via rør til overflaten. På denne måte luftes bare bunnvannet.

En ulempe ved lufting kan være lokal reduksjon av istykkelsen om vinteren.

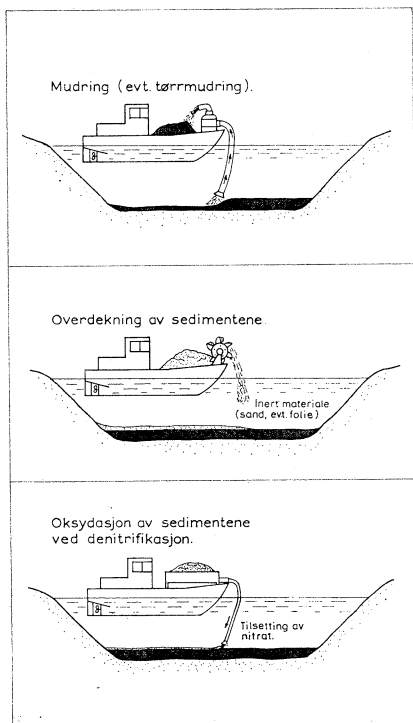
Ved at vannet tilsettes aluminiumsulfat kan fosforforbindelser felles ut. Slik kjemisk felling har vært gjennomført flere



Figur 3.

Figur 3. Kjemisk felling.

steder som et restaureringstiltak. Fellingskjemikaliene må foreligge i granulert form. Dette fordi kjemikaliene må fordeles i hele vannsøylen og derfor løses opp på veien ned mot bunne. Ved dype vann må granulene være forholdsvis store. Hitil har det vært vanlig å benytte såkalt AVR. Dette er kjemikalier som spesielt er utviklet for avløpsrensing og inneholder også jern. Dersom det er mye fisk i vannet, vil en kunne risikere at noe fisk vil drepes av dette jernet. Utspredning av



Figur 4.

Figur 4. Sedimentbehandling.

kjemikalier kan gjennomføres ved hjelp av et saltsprederapparat av den typen som eksempelvis finnes i Vegvesenet.

Sedimentbehandling

Sedimentbehandling er illustrert i figur 4. Mudring kan i noen tilfeller gjennomføres ved at vannet først tørlegges slik at sedimentene kan tas bort med anleggsmaskiner. Vanligvis må imidlertid mudringen gjennomføres uten at vannet fjernes på forhånd. For å gjennomføre selve mudringen er det særlig viktig å velge utstyr som kan fjerne det sedimentet som skal fjernes effektivt. En del utstyr roter opp sedimentene kraftig. Dermed kan det bli vanskelig å ta opp nøyaktig de deler av sedimentene som skal fjernes. Etter at slammet er pumpet opp må det avvannes. Vanligvis skjer slik avvanning i store laguner. Avvanningen kan da vare i 1—2 år. Det er også muligheter for at slik avvanning kan foregå ved hjelp av sentrifuger (4). Slamvannet må enten renses i eget renseanlegg på plassen eller ledes til et renseanlegg i nærheten.

Overdekking av sedimentene med sand, folie eller et annet materiale som hindrer utveksling mellom sediment og vann er forsøkt lite i praksis.

En metode som er utviklet i siste halvdel av 1970-årene er oksydasjon av sedimenter ved bruk av nitrat (5). Det karakteristiske trekk ved denne prosessen er at organisk stoff ved anaerobe forhold kan nedbrytes eller oksyderes ved at oksygenet bundet i nitrat utnyttes som oksygenkilde.

Denne prosessen, denitrifikasjon, utnyttes også i renseteknikken, men da for å fjerne nitrogen ved at nitrat omdannes til nitrogengass. Ved at det organiske stof-

fet blir oksydert og oksygenforbruket reduseres vil det etterhvert bli aerobe forhold i sedimentene. Dermed blir også utlekkingen av fosfor kraftig redusert. Prosessen vil således både hindre oksygen svikt og utlekking av fosfor. Ved helt optimale forhold er pH i sedimentene ca. 8. Det må være tilstrekkelig mengde jern tilstede for å binde fosfor. Videre må det være tilstrekkelig mengde organisk stoff tilstede. For å regulere pH og for å sikre tilstrekkelig mengde jern kan lut eller kalk og jernklorid tilsettes på forhånd.

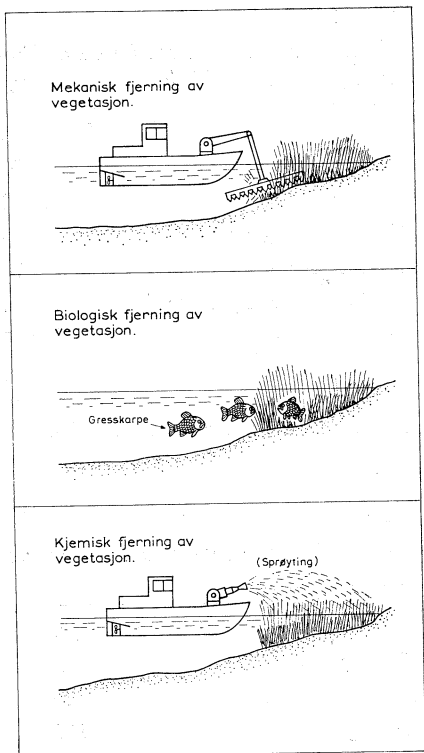
Selve kjemikalietilsettingen kan utføres ved hjelp av pumping slik at kjemikaliene pumpes inn i sedimentene. Det vil også være mulig å legge nitrat som et lag over bunnen.

Kalksalpeter er den mest aktuelle nitratkilde. En kan imidlertid også tenke seg biologisk rensed avløpsvann med høyt nitratinnhold som nitratkilde. Metoden egner seg som regel bare dersom innsjøen er markert temperatursjiktet. Dersom innsjøen ikke er temperatursjiktet, vil bunnvannet med nitrat kunne transporteres ut av vannet før oksydasjonen er ferdig. Gjennomføringen må derfor foregå i begynnelsen av en stagnasjonsperiode.

Fjerning av vegetasjon

Ulike typer tiltak for å fjerne vegetasjon er illustrert i figur 5. Den vanligste framgangsmåten er mekanisk fjerning av vegetasjon. Her er det viktig at vegetasjonen fjernes etter at den er blitt slått. Dersom virkningen skal vare i noen tid, må også røttene fjernes. Det finnes flere typer utstyr til mekanisk fjerning av vegetasjon.

I de senere år har det bl.a. i Sverige vært utført vellykkede forsøk med utset-



Figur 5. Fjerning av vegetasjon.

ting av gresskarpe for at denne skal spise vegetasjonen. Denne metoden kan egne seg dersom temperaturen i sommerhalvåret er 15—20°C. Fisken spiser svært lite ved vanlige «norske» vann temperaturer på 10—15°C. Videre må innsjøen være forholdsvis godt avstengt fra vassdraget forøvrig slik at fisken ikke forsvinner. Rovfisk bør ikke være tilstede i vannet. Under optimale forhold vil fisken daglig spise vegetasjon tilsvarende sin egen vekt. En toårig fisk på ca. 400 g spiser på en sommer ca. 70 kg vegetasjon.

Gresskarpen spiser bare «bløt» vegetasjon. Vegetasjon av eksempelvis typen «takrør» blir for hardt.

Kjemisk fjerning av vegetasjon innebærer sprøyting med kjemiske midler. Det eneste tillatte middel i Sverige er diklorpropionsyre. Dette er et selektivt middel som bare er effektivt mot «takrør» (*Phragmites Communis*) og kjempesøtgras (*Glyceria Maxima*).

Økonomi og spesielle problemer i forbindelse med igangsettelse av norske restaureringsprosjekter

På bakgrunn av de forannevnte svenske oversikter er det mulig å gi noen holddepunkter for vurdering av kostnadene forbundet med restaurering.

I tabell 2—6 er det gitt noen data om kostnader og finansiering i forbindelse med restaurering i Sverige.

Selv om vi kan hente en god del erfaringer fra andre land, vil det bli vanskelig å komme i gang med restaurering i Norge. Dette skyldes ikke manglende lokal interesse, men følgende tre faktorer:

I Norge finnes det generelt lite kompetanse innefor dette feltet. Dette gjelder på alle nivåer. Det finnes videre svært liten entreprenørfaring her i landet. Dermed kan det være vanskelig å finne fram til entreprenører som kan gjøre jobben. For det tredje er det vanskelig å finansiere prosjekter av denne type. Skal restaurering kunne komme i gang i Norge tror jeg miljøvernmyndighetene må medvirke forholdsvis aktivt.

Tabell 2.

Kostnadsstatistikk for 73 enkeltprosjekt i Sverige (Omregnet til 1980-kroner).

Kostnader	Sv.kr.
Totale kostnader	156 mill.
Gjennomsnittlig kostnad pr. prosjekt	2 mill.
Gjennomsnittlig undersøkelses/prosjekteringskostnader pr. prosjekt	130 000
Gjennomsnittlig driftskostnader	30 000

Tabell 3.

Gjennomsnittlig fordeling av finansieringskilder for 45 enkeltprosjekt i Sverige.

Finansiering	
(Opplysninger fra ca. 60% av volumet)	
Kommunal egenfinansiering	31%
Statlige tilskott	46%
Arbeidsmarkedstiltak — Bidrag	22%
Diverse	1%

Tabell 4.

Kostnader for lufting med Limnoaggregat i Brunnsviken i Stockholm. (Omregnet til 1975-kroner).

	Kr.
4 stk. Limno	236 000
Kompressor BE med tilbeh.	76 000
Installasjon	31 000
El	48 000
Øvrig montasje	15 000
Administrasjon og diverse	20 000
	<u>426 000</u>

Tabell 5.

Kostnader for sedimentfjerning. Trebörningen ved Stockholm (1975-kroner).

	1 000 Sv.kr.
Muddring	3 200
Laguner	1 950
Kjemisk felling av slamvann	520
Diverse arbeid	50
Administrasjon og kontroll	260
Merverdiavgift	525
	<u>6 505</u>

Totalt mudret en overflate på 650 dekar

Tabell 6.

Kostnader etter type tiltak. (Omregnet til 1980-kroner).

	1 000 Sv.kr. pr. km ²
Fjerning av sediment	4 000
Fjerning av vegetasjon	900
Lufting	850
Kjemisk felling	600
Vannstandsøkning	250
Denitrifikasjon	2 000—3 000

LITTERATUR

1. *Berge, F. S. og Thendrup A.*: Fjordforbedring i Bongstövann og Rona. Rapport nr. NHL 2 81 10 11
Norges Hydrodynamiske Laboratorier. Januar 1981.
2. *Gustafsson, J. E., Holm, K. og Westerlund R.*: Restaurering av vattenområden. Teknik og kostnader. Institut Kulturteknikk v/Tekniska Högskolen i Stockholm september 1975.
3. *Data om sjørestaurering.* Jordbruksdepartementet DS JO 1978: 4. Stockholm 1978.
4. *Högstedt, L. E.*: Muddring med nytänkande har stora fördelar. IVL-nytt nr. 4. Stockholm 1979.
5. *Ripl, W.*: Biochemical oxidation of polluted lake sediment with nitrate — a new lake restoration method. *Ambio* 5 (3) 132—135 1976.