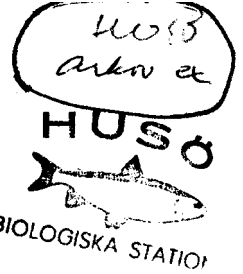


FORSKNINGSRAPPORT
TILL
ÅLANDS LANDSKAPSSTYRELSE



BIOLOGISKA STATION

ÅBO AKADEMI — ÅLANDS
LANDSKAPSSTYRELSE

NY SERIE, NR 41 (1984)

Författare: Curt Ruokolahti

EN KASSODLINGS INVERKAN PÅ PÅVÄXTEN I EN HAVSVIK (ECKERÖ) 1984

1. INLEDNING

Fiskodling i nätkassar har under de senaste åren blivit en betydande inkomstkälla i vissa skärgårdsområden. Som känt är dock utsläppet av näringsämnen, främst fosfor och kväve, från odlingarna rätt stort. En medelstor odlingsenhet, med 20-tons årsproduktion, motsvarar i fosforbelastning ett samhälle på ca 560 personer. Klart är då att den ökande fiskproduktionen utsätter våra kustvatten för en betydande övergödning.

Ändamålet med denna undersökning var att i stort kartera gödningseffekten av en odlingsanläggning i en havsvik.

Arbetet utfördes genom jämförande studier av makrofyt- (högre alger) och perifyton- (mikropåväxt) samhällena i en av odling påverkad och en opåverkad vik.

För makrofyternas del bestämdes biomassa, artsammansättning, mängd fotosyntetiserande pigment samt några visuella parametrar såsom färg, storlek och mängd påväxt, i prov från hydrolittoralen. Perifytonsamhällena jämfördes på basen av mängd fotosyntetiserande pigment och primärproduktion.

I samband med perifyton provtagningarna bestämdes även ytvattnets totalfosforhalt.

Alla analyser gjordes på Husö biologiska station utom perifytonsamhällets primärproduktion som delvis analyserades på institutionen för biologi och biokemi vid Åbo Akademi.

2. UNDERSÖKNINGSOMRÅDE

Arbetet utfördes i Husfjärdsviken, Eckerö, där man 1981 etablerat en odlingsenhet för regnbågsforell (Salmo gairdneri). Under odlingsperioden 1984 producerades ca 60 ton fisk. Som referensområde användes Bredsund, mellan Västerön och Mellanön (Fig. 1).

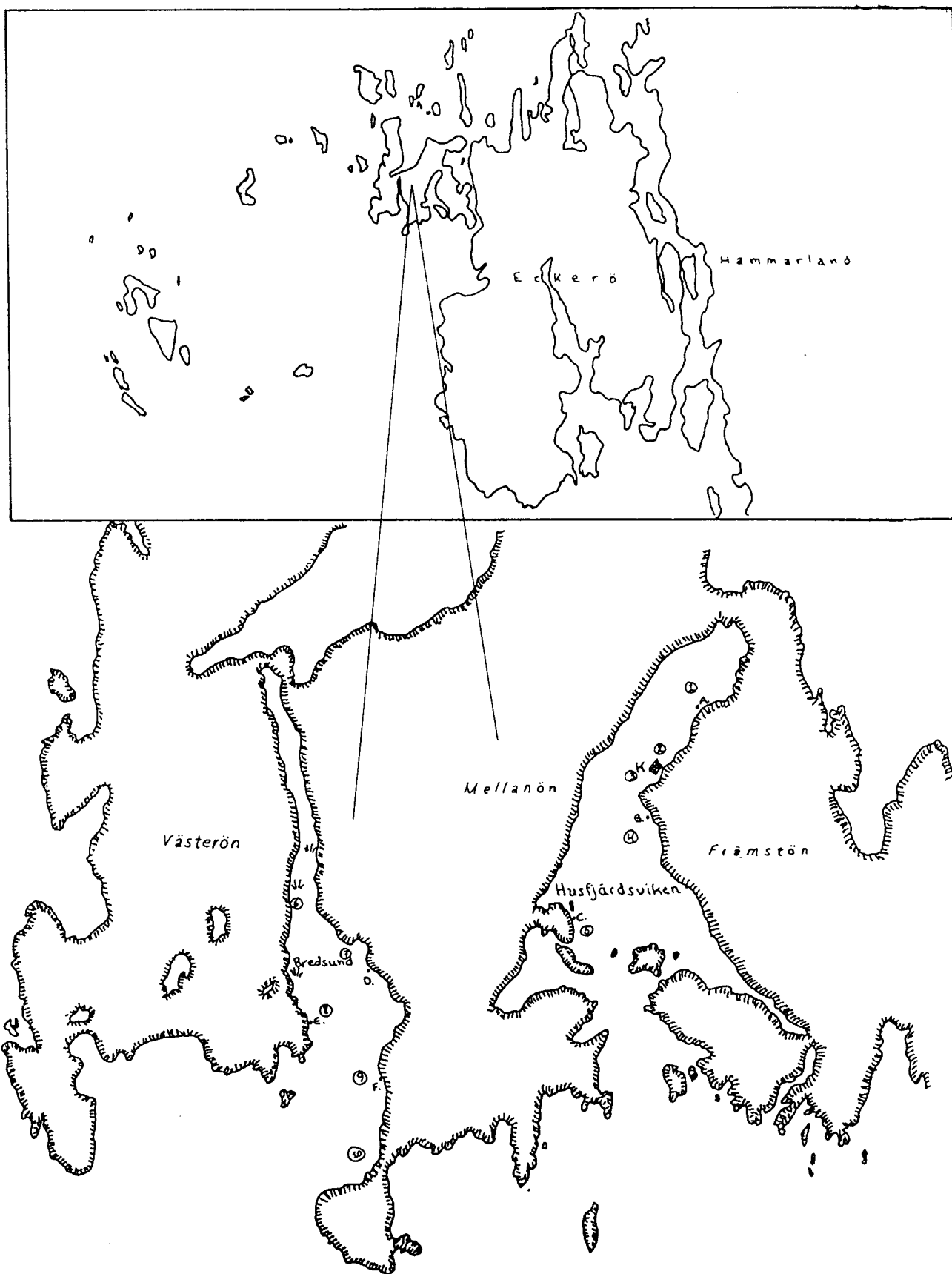
Husfjärdsviken är långsträckt och djup. Maximidjupet är 14 m medan den smala vikmynningen har ett tröskeldjup på ca 6 m. Viken mynnar ut mot söder. Starka strömmar och sydliga vindar åstadkommer en effektiv vattenomblandning. Temperatur och salthalt följer således i stort variationerna i de öppna fjärdarna utanför och kan på kort tid variera rätt kraftigt. Temperaturvariationer mellan 7^o och 17^oC inom en vecka har uppmätts. Dessa kraftiga omblandningar späder effektivt ut tillförseln av närsalter från odlingen.

Till åtskillnad från Husfjärdsviken är Bredsund grunt och öppet. Tröskeldjupet här är ca 3 m medan det maximala djupet ligger mellan 8 och 9 m. Viken mynnar mot sydväst men är på grund av tröskeln inte hårt utsatt för sydliga och sydvästliga vindar. Även här är ytvattenomblandningen god, vilket också märks på variationerna i ytvattnets fosforhalt.

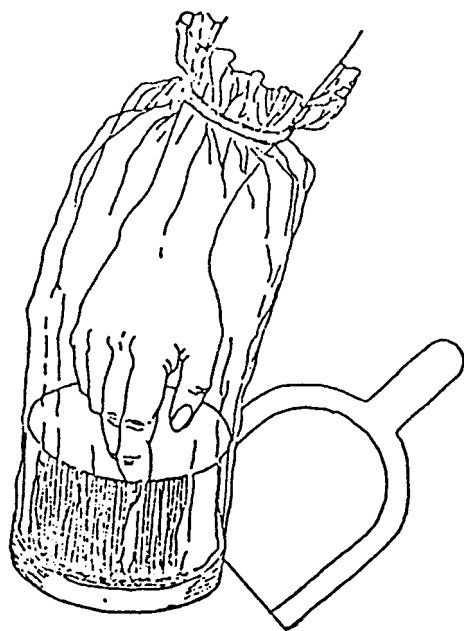
3. MATERIAL OCH METODIK

3.1. Makrofytundersökningar

Metodiken är tidigare använd både i Sverige och Finland. Alla alger som inneslöts av en rörprovtagare med 12.6 cm:s diameter, skrapades loss från klippbotten (Fig. 2). Därefter stängdes röret från undre sidan med en platta och algerna lyftes över i ett såll. Algmaterialet transporterades och förvarades i slutna glasburkar.



Figur 1. Undersökningsområdet. A-F = provtagningspunkter för makrofyter. 1-10 = provtagningspunkter för perifyton. K = odlingskassarna.



Figur 2. Provtagare enligt Dybern et al. (1976).

Provtagningspunkterna var 6 till antalet valda så att exponeringarna (väderstrecken) motsvarade varandra i de båda vikarna. På varje provtagningspunkt togs tre parallellprov för bestämning av biomassa och ett prov för pigmentanalys. Provtagningar gjordes tre gånger under säsongen; 6.6, 2.7 och 6.8. Provtagningsplatsernas läge framgår ur fig. 1.

I laboratoriet putsades algerna från skräp och smådjur. Överloppsvatten avlägsnades och färskvikten bestämdes. Därefter torkades algmaterialet 24 timmar i 60°C varefter torrvikten bestämdes. Som mått på nettoproduktionen användes skillnader i biomassa mellan de olika provtagningsstillfällena.

Pigmentanalyserna gjordes spektrofotometriskt enligt vattenförvaltningens standardiseringsförslag (INSTA-VHB-3). Överloppsvatten avlägsnades och 1 g färskvikt homogeniserades i en kolvhomogenisator med 20 ml 90 % aceton. Därefter extraherades pigmenten i 24 timmar vid +4°C. Extraktet centrifugerades vid 4000 varv per minut i 10 minuter.

Absorbansen mättes vid 750 och 664 nm. Klorofyllmängden erhöles ur formeln:

$$C_v = \frac{10^4 \times e \times A_{664K}}{89 \times v \times l} \quad (\text{enl. Marker et al.})$$

där C_v = provets klorofyll a mängd $\mu\text{g/l}$ ($\mu\text{g/g}$)

A_{664K} = $A_{664} - A_{750}$

e = acetons mängd, ml

l = kyvettens längd, mm

v = provets mängd, l eller i detta fall g

89 = klorofyll a:s absorptionskoefficient i 90 %:ig aceton, $1/\text{g cm}$

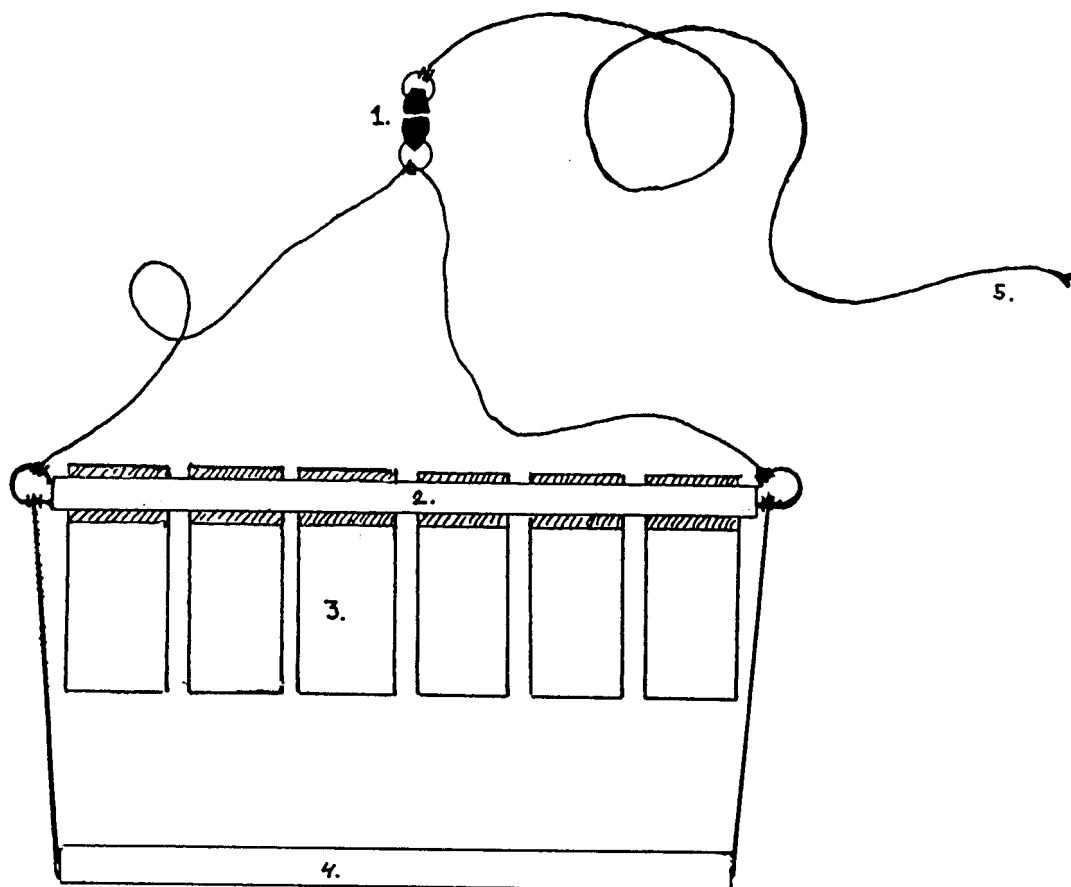
För att i efterhand kunna utföra en visuell jämförelse mellan algmaterialen från de olika vikarna och provtagningspunkterna pressades och torkades representativa algprover.

3.2. Perifytonundersökningar

Perifyton, fastsittande mikro-alger, ciliater, bakterier m.m., utgör en stor del av ett vattens produktion. Dessa är inte förmögna att utvinna näring ur underlaget utan är beroende av vattnets kvalitet och näringshalt. Bland annat därför reagerar perifytonsamhället snabbt på förändringar i vattenkvaliteten.

I detta arbete användes artificiella påväxtunderlag av objektglas (Fig. 3). Dessa placerades ut i lodrätt läge på 50 cm:s djup. Ställningarna var 10 till antalet och exponeringstiden 2 veckor. Under säsongen gjordes två exponeringar; 2-16.7. och 6-20.8. Ställningarnas placering framgår av fig. 1.

Glasplattorna bröts efter exponering direkt in i glasburkar innehållande 18 ml 90 %:ig aceton. Dessa transporterades skyddade för ljus till laboratoriet där perifytoncellerna



Figur 3. Upphängning av provplattor.

1. Lekare (möjliggör rotation enligt vind och strömförhållanden)
2. Laboratorieslang (gummi)
3. Påväxtplattor (objektglas)
4. Tyngd (kopparrör)
5. Lina till styroxboj.

sönderdelades i en ultraljudssonikator i 3 min. Därefter skedde extraktion och mätning såsom ovan beskrivits för makrofyter. På varje provtagningspunkt togs tre parallellprov. Glasplattornas yta var 0.275 dm^2 .

Då perifytons fotosyntetiserande material anses motsvara dess biomassa användes resultaten som ett mått på perifytonsamhällets totalbiomassa.

För bestämning av primärproduktion bröts plattorna av i 20 ml:s glasflaskor innehållande 7.5 ml filtrerat havsvatten. Dessa transporterades till laboratoriet skyddade för ljus,

värme och skakning. Tre parallellprov togs på varje provpunkt. Plattorna hade en yta på 375 mm².

Primärproduktionen bestämdes enligt C¹⁴-metoden. Koldioxid märkt med radioaktivt kol injicerades i vattnet. Vid fotosyntesen binds detta märkta kol i den fotosyntetiserande organismen under bildande av syre. Därefter avlägsnas all överlopps koldioxid och mängden bundet radioaktivt kol mäts. Fotosynteskapaciteten, produktionskapaciteten, kan därefter beräknas.

En av flaskorna från varje provpunkt lindades in i foliepapper (nollprov eller mörkerprov) och 500 µl 1 uci/ml C¹⁴ injicerades i samtliga provflaskor. Därefter inkuberades flaskorna i ca 5000 lux i 3 timmar. Fotosyntesen avbröts genom tillsats av 300 µl 0.5 M HCl. Proven luftades under 1 timmes tid för att avlägsna all radioaktiv koldioxid och konserverades till slut med några droppar koncentrerad formalin.

Radioaktiviteten mättes på Åbo Akademi med en scintillationsräknare.

Resultaten erhöles ur följande formel:

$$P = \frac{1.05 (\text{ljus} - \text{mörk}) \times E \times \text{CO}_2 \times 12 \times V}{^{14}\text{C}_{\text{tot}} \times T \times Y}$$

P = produktionsintensiteten, mgC/dm²h

1.05 = isotopkorrigering

Ljus = det ljusa provets impulser, cpm

Mörk = det mörka provets impulser, cpm

E = korrigering till 100 % effektivitet

CO₂ = den totala koldioxidhalten, mg/l

12 = kolets atomvikt

V = inkubationsvätskans volym, l

¹⁴C = använd mängd radioaktivitet, dpm

T = inkubationstid, h

Y = påväxtplattans yta, dm²

3.3. Totalfosforhalt

Som bakgrundsdata i detta arbete användes ytvattnets totalfosforhalt. Dessa mätningar har på kassodlingen i Eckerö, gjorts av Husö biologiska station sedan sommaren 1982.

Analyserna har gjorts spektrofotometriskt enligt standardförslaget INSTA-VH-23. Proverna togs i samband med periphytonprovtagningarna från 1 m:s djup på provplatserna 1-10 (Fig. 1).

4. RESULTAT

I den följande resultatsammansättningen har för makrofyternas del endast medeltal av alla provpunkter i respektive vik beaktats. Skillnaderna mellan de olika provpunkterna framgår av bilagorna 1 och 2. Alla biomassavärden är torrviktsvärden.

4.1. Makrofytsamhällena i Husfjärdsviken och Bredsund

Artsammansättningen är uppställd endast på basen av observationer på provpunkterna. En sammanställning av arterna och deras förekomst finns i bilaga 3.

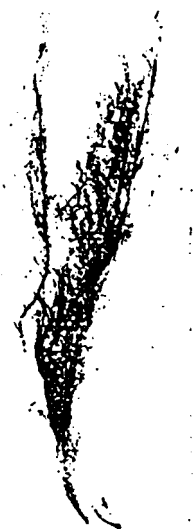
Samhällena i båda vikarna domineras av Cladophora glomerata (grönslick). Förutom Cladophora förekommer endast Fucus vesiculosus (blåstång) i båda vikarna. Olika Enteromorpha arter (tarmalger), som gynnas av eutrofiering, växer i Husfjärdsviken på provpunkterna A och B. Ceramium tenuicorne

(sleke) och Chorda filum (snärjtång), båda negativt känsliga för övergödning, förekommer endast i Bredsund. Nämnas bör dock att Chorda filum också observerades direkt utanför odlingskassarna i samband med perifytonprovtagningarna.

Biomassan består till största delen av Cladophora glomerata (Fig. 4). På försommaren var biomassan i Bredsund större än i Husfjärdsviken (Fig. 5). Nettoproduktionen i juni var dock större i Husfjärdsviken, nämligen 52.6 g/m^2 mån mot Bredsunds 43.2 g/m^2 mån. Senare på sommaren, med ökande mängd näringsämnen i vattnet, främst i Husfjärdsviken, var biomassavärdena omvända och nettoproduktionen 236.2 g/m^2 mån i Husfjärdsviken och 198.9 g/m^2 mån i Bredsund.

Halten av fotosyntetiserande pigment, främst klorofyll a, visade sig vara en intressant parameter (Fig. 6 och 7).

Trots att biomassan i Husfjärdsviken ökat kraftigt har halten av pigment ($\mu\text{g/g}$) inte ökat i samma grad, vilket är fallet i Bredsund. På grund av detta har pigmenthalt per biomassa snarare sjunkit i Husfjärdsviken medan motsvarande kurva i Bredsund är stigande.



6.6.-84



2.7.-84



6.8.-84

BREDSUND (provpunkt A)



6.6.-84



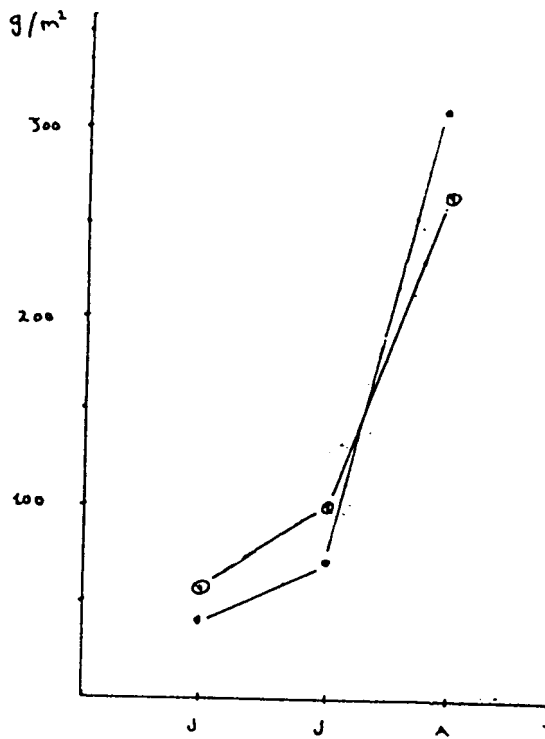
2.7.-84



6.8.-84

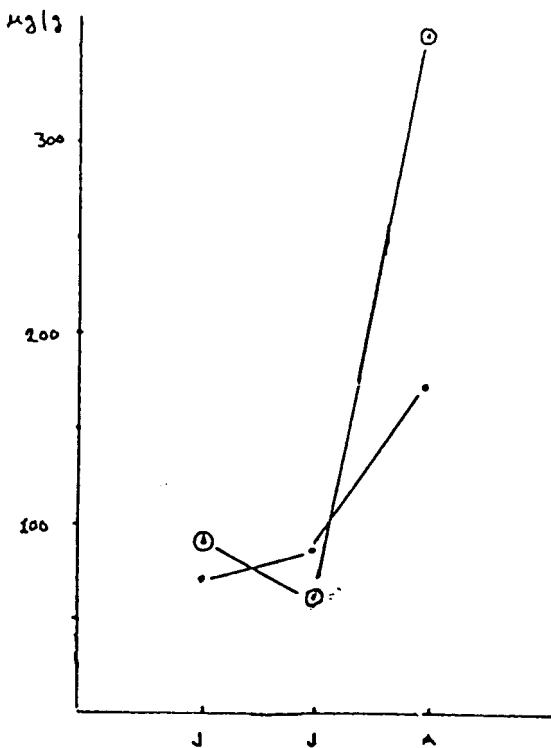
HUSFJÄRDSVIKEN (provpunkt C)

Figur 4. Cladophora glomerata från referensområdet (överst) och odlingsplatsen (nedre raden).



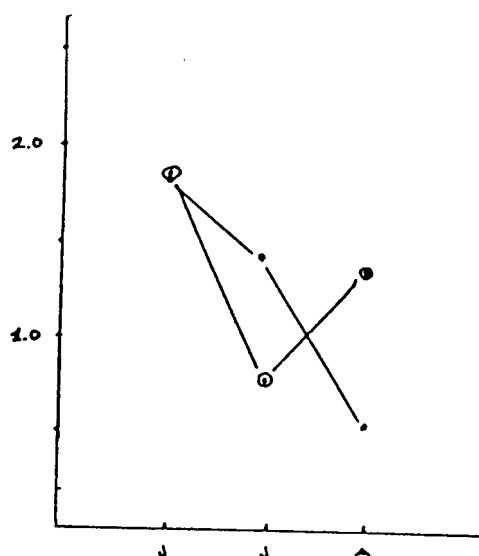
Figur 5. Totalbiomassa.

Husfjärdsviken .——.
Bredsund ⊙ ——— ⊙



Figur 6. Pigmenthalt.

Husfjärdsviken .——.
Bredsund ⊙ ——— ⊙



Figur 7. Pigmenthalt per biomassa.

Husfjärdsviken .——.
 Bredsund ○——○

4.2. Perifytonsamhällena

Resultaten från perifytonundersökningen är även de rikt-
 givande. Provpunkt 3, direkt utanför kassarna, är hela
 sommaren den mest produktiva, trots att biomassan i juli
 var högre inne i Bredsund (provpunkt 6 och 7). Produktionen
 på punkt 3 steg under försöksperioden till $71.4 \text{ mgC/m}^2 \text{ h}$
 medan medeltalet för hela Husfjärdsviken var $26.6 \text{ mgC/m}^2 \text{ h}$.
 Bredsund hade en medelproduktion på $10.5 \text{ mgC/m}^2 \text{ h}$. Jämför
 resultaten i tabell 1 och 2.

Pigmentmängd $\mu\text{g/dm}^2$: 2-16.7.

st	Husfjärdsviken	st	Bredsund
1	0.147 +	6	16.032 ± 1.66
2	0.883 ± 0.13	7	11.031 ± 2.79
3	10.394 ± 2.93	8	1.397 ± 0.66
4	0.661 ± 0.07	9	0.441 +
5	0.588 +	10	0.514 ± 0.07
\bar{x}	2.535 ± 1.97	\bar{x}	5.883 ± 3.23

6-20.8.

st	Husfjärdsviken	st	Bredsund
1	4.364 ± 0.21	6	3.310 +
2	6.129 ± 0.89	7	1.814 ± 0.05
3	17.553 ± 1.46	8	3.138 ± 0.13
4	2.756 ± 0.20	9	1.961 ± 0.40
5	3.539 ± 0.47	10	saknas
\bar{x}	6.866 ± 2.73	\bar{x}	2.556 ± 0.39

+ Endast två delprov

Tabell 1. Pigmentmängd (biomassa)
Husfjärdsviken och Bredsund 2-16.7. och 6 - 20.8.1984.

Produktion mgC/m ² h:		2-16.7.	
st	Husfjärdsviken	st	Bredsund
1	1.00	6	5.30
2	1.50	7	3.20
3	5.80	8	2.10
4	0.50	9	0.80
5	1.00	10	0.70
\bar{x}	2.00 ± 0.90	\bar{x}	2.50 ± 0.90

6-20.8.

st	Husfjärdsviken	st	Bredsund
1	13.89	6	12.73
2	14.47	7	5.62
3	71.38	8	13.28
4	15.28	9	10.38
5	18.05	10	saknas
\bar{x}	26.62 ± 12.54	\bar{x}	10.50 ± 1.74

Tabell 2. Produktion i Husfjärdsviken och Bredsund
2-16.7. och 6-20.8.1984.

4.3. Totalfosfor

Ytvattnets totalfosforhalter har under försöksperioden varit synnerligen varierande. Detta, bl.a. visar att vatnet i både Husfjärdsviken och Bredsund utsätts för ett betydande utbyte. Närsaltshalterna i Husfjärdsviken skiljer sig inte i betydande grad från eutrofa vikar i innersta skärgården. Nedan en jämförelse med en dylik vik, Gloet på Bergö, Finström (Tabell 3).

Gloet		Husfjärdsviken		Bredsund	
dat	µg/l	dat	µg/l	dat	µg/l
30.5	19.21	2.7	32.45	2.7.	20.92
9.7	13.92	16.7	15.80	16.7	6.39
17.7	21.99	6.8	14.80	6.8	10.97
15.8	18.14	20.8	15.98	20.8	7.67

Tabell 3. Totalfosforhalterna i Gloet, Husfjärdsviken och Bredsund.

5. SAMMANFATTNING OCH DISKUSSION

Husfjärdsviken har idealiska förhållanden för fiskodlingsverksamhet på grund av det stora vattenombytet. Under försöksperioden var effekterna av belastningen knappt större än i en naturligt belastad eutrof vik i innerskärgården.

Bredsund uppvisar flere egenskaper, allt från grunda, produktiva (eutrofa) förhållanden till djupa, klara havsliknande betingelser.

Då ett vatten utsätts för gödning binds närsalterna hastigt i algproduktionen. Detta märks först och främst i en massökning av mikropåväxt, perifyton, som täcker makrofyter,

nät och andra i vattnet förekommande fasta växtunderlag.

Perifytonmetoden är mycket känslig. Redan på små avstånd mellan provpunkterna kommer skillnader fram. Gör man en perifytonundersökning bör man därför använda korta avstånd och koncentrera sig runt odlingsenheten. Dessutom bör flere och tätare exponeringsperioder utnyttjas. Med denna metod kan man påvisa primäreffekternas omfattning i form av en föroreningsgradient.

I Husfjärdsviken torde denna ha en mycket liten omfattning då resultaten ger en tydlig topp i produktion och pigmenthalt vid provpunkt 3 men inte vid 2 och 4. Både provpunkt 2 och 3 ligger direkt utanför odlingen. Vid en jämförelse med motsvarande undersökningar i Åbolands skärgård, där man utanför en odling uppmätte produktionsvärden på flera hundra $\text{mgC/m}^2\text{h}$, kan belastningen på Husfjärdsviken anses vara ytterst modest.

I början av sommaren var produktionen högre i Bredsund, antagligen på grund av det grunda och högproduktiva vikbotten, medan Husfjärdsviken var den mer produktiva i slutet av sommaren.

Makrofytmetoden ger en god bild av sekundäreffekterna. En konstgjord belastning kommer alltid att märkas inom en längre tidsrymd på ett större område.

Makrofytproduktionen ökar snabbt mot slutet av sommaren då belastningen från odlingen ökade.

Förklaringen till att pigmentmängden per biomassa är sjunkande i Husfjärdsviken beror sannolikt på att klorofyll a inte bildas i samma takt som algerna tillväxer, då de täcks av ett tjockt perifytonlager. Det är även tänkbart att nedbrytningen, av samma anledning, är större i förhållande till nybildningen. I Bredsund hittades ljusgröna Cladophora-tofsar med nybildat klorofyll, vilket inte var fallet i

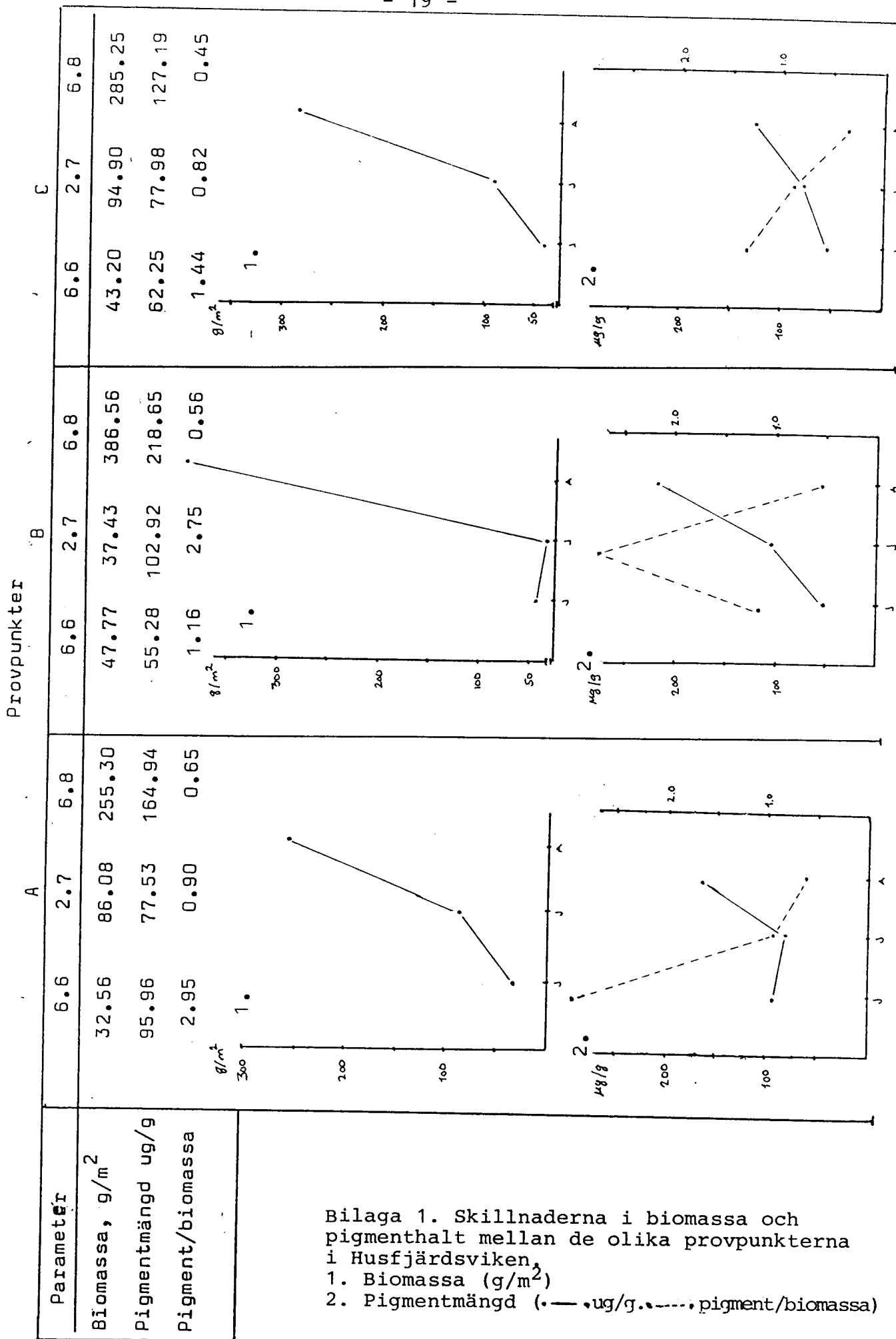
Husfjärdsviken, trots att produktionen var större där.

För att få en fullständig uppfattning av påväxtsituationen i vikarna, borde man fastställa produktionstoppen, vilken torde infalla i augusti-september. Intressant vore också att få en bild av vattnens återhämtningsförmåga genom provtagningar genast i vegetationsperiodens början.

LITTERATUR

- Anon, 1983. Bestämning av klorofyll a i vatten. Extraktion med aceton. Spektrofotometrisk metod. Vesihallinnon tieteellinen neuvottelukunta. INSTA-VHB 3.
- Anon, 1977. Bestämning av växtplanktons primärproduktion och primärproduktionskapacitet enligt ^{14}C -metoden. Finlands standardiseringsförbund. SFS 3049.
- Anon, 1975. Bestämning av vattnets totalfosfor. Vesihallinnon tieteellinen neuvottelukunta. INSTA VH-23.
- Blomqvist, E. & Bonsdorff, E. 1983. Några miljökonsekvenser av fiskodling i nätkassar i skärgården. Skärgård 2/1983: 16-19.
- Dybern, B. Ackefors, H. Elmgren, R. 1976. Recommendations on methods for marine biological studies in the Baltic Sea. Baltic Marine Biologists Publ. 1: 98 pp.
- Golterman, H.L. 1969. Methods for Chemical Analysis of Fresh Waters. IBP Handbook 8. Blackwell Publ. Oxford.
- Ilvessalo, H. & Mäkinen, A. 1983. Loppuraportti rihmalevätutkimuksesta Kustavissa, Houtskarissa ja Iniössä Kalankasvatuslaitosten vaikutusalueilla. Åbo Universitet, Biol. inst.
- Leskinen, E. 1983. Keinoalustojen käyttö vedenlaadun seurantamenetelmänä murtovedessä. I. Eksporointi-ajan ja alustatyyppin vaikutus perifytonin kolonisaatioon. Vattenstyrelsen. Cirkulär nr 171.
- Leskinen, E. 1983. Keinoalustojen käyttö vedenlaadun seurantamenetelmänä murtovedessä. II. Eksporointisyvyyden ja vuodeajan vaikutus perifytonin kolonisaatioon. Tvärminne zoologiska station. Mellanrapport.
- Manninen, P. 1982. Kalankasvatuslaitosten vesistöhaitoista. Vattenstyrelsens cirkulär nr 221.

- Marja-Aho, J. 1982. Perifyton kalankasvatuksen aiheuttaman rehevöitymisen ilmentäjänä. Vattenstyrelsens cirkulär nr 222.
- Rönnberg, O. 1981. Traffic effects on rocky-shore algae in the Archipelago Sea, SW Finland. Acta Academiae Aboensis, Ser. B 41 (3): 1-86.
- Wallentinus, I. 1976. Environmental Influences on Benthic Macrovegetation in The Trosa-Askö Area, Northern Baltic Proper. I. Hydrographical and Chemical Parameters and the Macrophytic communities. Contr. Askö lab. nr 15.
- Wallentinus, I. 1979. II. The Ecology of Macroalgae and Submerged phanerogames. Contr. Askö lab. nr 25.
- Westlake, D.F. 1969. Macrophytes. In: Vollenweider, R.A. (ed). A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments. IBP Handbook No 12. Blackwell Scient. Publ. Oxford: 25-32, 100-107.
- Wetzell, R.G. & Westlake, D.P. 1969, Periphyton. In: Vollenweider, R.A. (ed). A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments. IBP Handbook nr 12. Blackwell Scient. Publ. Oxford: 33-40.



Bilaga 1. Skillnaderna i biomassa och pigmenthalt mellan de olika provpunkterna i Husfjärdsviken.
 1. Biomassa (g/m²)
 2. Pigmentmängd (—, µg/g; ----, pigment/biomassa)

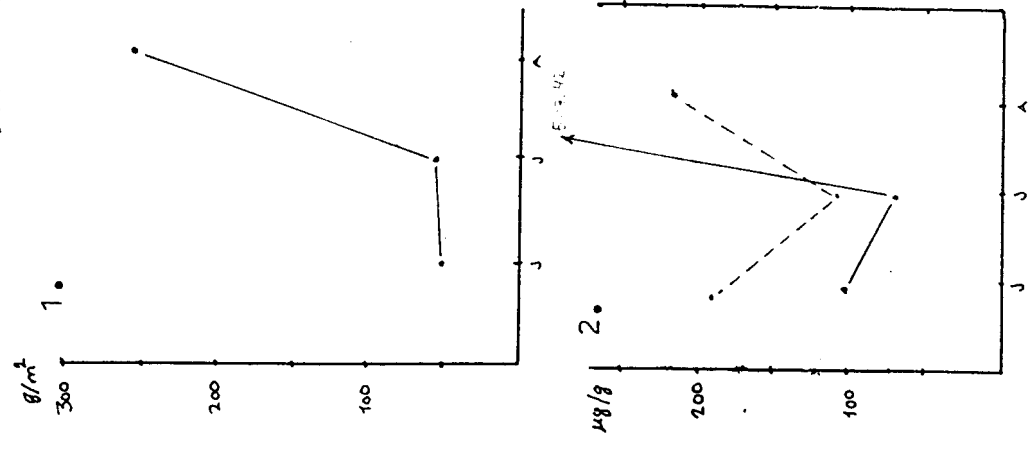
Provpunkter

A

B

C

Parameter	6.6	2.7	6.8	6.6	2.7	6.8	6.6	2.7	6.8
Biomassa, g/m ²	51.25	55.87	254.24	87.26	169.76	-	33.07	75.65	275.09
Pigmentmängd ug/g	100.45	64.04	547.42	85.84	36.40	-	88.30	81.80	164.72
Pigment/biomassa	1.96	1.15	2.15	0.98	0.21	-	2.67	1.08	0.60



Bilaga 2. Skillnaderna i biomassa och pigmenthalt mellan de olika provpunkterna i Bredsund.
 1. Biomassa (g/m²)
 2. Pigmenthalt (—•—•—•ug/g, - - - - -pigment/biomassa)

Art	Husfjärdsviken			Bredsund		
	A	B	C	A	B	C
<i>Ceramium tenuicorne</i>				x	x	x
<i>Chorda filum</i>						x
<i>Cladophora glomerata</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Dictyociphon foenicul.</i>		x				
<i>Entheromorpha</i> spp.	x	x				
<i>Fucus vesiculosus</i>		x	x	x		x

Bilaga 3. Artsammansättningen på de olika provpunkterna.

