

48.203.

LÄNSSTYRELSEN I HALLANDS LÄN LÄNSSTYRELSEN I JÖNKÖPINGS LÄN LÄNSSTYRELSEN I ÄLVSBORGS LÄN



ES.
1935

FEGEN, KALVSJÖN

LIMNOLOGISK UNDERSÖKNING

SVAR LUNDQVIST M. FL.



LIMNOLOGISKA INSTITUTIONEN
Fack
220 03 LUND 3
Fabriksgatan 2

GÖTEBORGS UNIVERSITETSBIBLIOTEK



14000

000672685

FEGEN, KALVSJÖN

Limnologisk undersökning

1974 - 1975

Ingvar Lundqvist

Roland Bengtsson

Jan Bertilsson

Michael Coveney

Magnus Enell

Wilhelm Granéli

Sven Karlberg

Olof Lessmark

Christer Müller

Lennart Olofsson

Lunds universitet



LIMNOLOGISKA INSTITUTIONEN

Fack

220 03 LUND 3

Fabriksgatan 2

Tel: 046/124100-749, 752

November 1975

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sid
1. SAMMANFATTNING	
2. INLEDNING	1
3. OMRÅDESBESKRIVNING	3
Specialbilagor	
4. HYDROLOGI	11
5. VATTENKEMI	27
6. BELASTNING	48
7. PÅVÄXTALGER	85
8. MAKROFYTVEGETATION	90
9. FYTOPLANKTON	105
10. PRIMÄRPRODUKTION och KLOROFYLL	115
11. ZOOPLANKTON	126
12. BOTTENFAUNA	139
13. FISK	161
14. SEDIMENT	174
15. SEDIMENTENS SYRETÄRING	210
16. LIMNOLOGISK SYNTES och PROGNOS	217
17. REFERENSLITTERATUR	231

1. SAMMANFATTNING

1. Fegen, Kalvsjön och Hurven kan karaktäriseras som oligotrofa (näringsfattiga) sjöar, där vattenkemiska karaktäristika och organismförhållanden betingas av de naturgivna förutsättningarna. Fegen hyser en riksintressant fiskart, den s k vårlekande siklöjan, vilken för sin fortlevnad kräver kallt, syrerikt vatten inom sjöns djupare områden. Detta kan erhållas även i framtiden om belastningen av närsalter och organiska ämnen genom avloppsvatten och förändrad markanvändning minimeras.
2. Under 1974 och 1975 har Limnologiska institutionen i Lund på uppdrag av Länsgruppen för Fegen utfört en limnologisk undersökning i sjöarna Fegen, Kalvsjön och Hurven. Målsättningen har varit, att dels införskaffa material för fastställande av sjöarnas limnologiska status, dels ställa prognoser beträffande skador och andra förändringar som kan uppstå i sjöekosystemen i den händelse dessa skulle utsättas av påverkan av något slag.
3. Sjön Fegen kan enligt Hushållning med Mark och Vatten (SOU 1971:75) karaktäriseras som riksintressant. Detta grundar sig på att sjön är fiskeribiologiskt speciellt värdefull med vårlekande siklöja, endast känd från 5 sjöar i världen.

Inventeringsområdet är beläget på västsluttningen av sydsvenska höglandet, och präglas av maritim klimattyp med en nederbörd som varierar mellan 900 och 1000 mm. Den dominerande bergarterna inom området är gnejs (västsvenska järngnejsområdet) med en jordart som i huvudsak utgöres av sandig morän. Av områdets vegetationstyper upptar skog och myr den största arealen. Sjöfågelfaunan i Fegen karaktäriseras främst av stor-

bördens utgör för Fegens del ca 20 % av den nuvarande belastningen, och för kvävet del ca 30 %.

Fegen har under 1974 belastats med 2.300 kg fosfor och 62.600 kg kväve, och Kalvsjön med 4.000 kg fosfor och 115.000 kg kväve (jfr Tabell sid 55).

Eftersom effekten i sjöar som belastas med samma kvantiteter avloppsvatten är avhängig av bl a morfologiska och hydrologiska förhållanden, är det inte tillräckligt att enbart beräkna och diskutera den absoluta belastningen. Det har därför visat sig av värde att uttrycka den årliga totala belastningen som specifik ytrelaterad belastning (g/m^2 sjöyta och år). Den specifika belastningen kan sedan korreleras med andra parametrar, såsom volym, medeldjup, vattnets residens-tid i sjön etc, för att enhetligt kunna jämföra graden av potentiell belastningspåverkan för olika sjöar. I Figurerna 6:6 och 6:7 åskådliggöres dessa samband. För Fegens skilda bassänger ligger 1974 års fosforbelastning på den oligotrofa sidan. Kvävebelastningen är däremot så hög, att den för samtliga bassänger ligger inom den övergångszon som skiljer den "tolererbara" belastningen från den klart ogynnsamma. Som tidigare nämnts belastas Kalvsjön i högre grad än Fegen. Kalvsjöns fosforbelastning (kg/år) är ungefär 40 % större än Fegens, men på grund av Kalvsjöns mindre yta ökar den specifika fosforbelastningen med drygt 80 %.

Den beräknade specifika bakgrundsbelastningen av fosfor och kväve för Kalvsjön har, i jämförelse med Fegens södra bassänger, legat på 94 % högre nivå. Om jämförelse i stället göres mellan Fegens båda nordliga bassänger (F1 och F2) och Kalvsjön, har den naturliga belastningsskillnaden uppgått till ca 75 %. Av figurerna framgår också att mer enhetliga belastningsbetingelser naturligt förelåg inom Kalvsjön än mellan Fegens skilda bassänger. En mer differentierad bild har nu erhållits, främst beroende på de respektive delområdes utnyttjande av människan.

Enligt tabellen på sid 59 tillfördes sedimenten i Fegen och Kalvsjön ca 60 % resp ca 10 % av den totala fosforbelastningen under 1974.

Av Tabell 6:16 framgår med all tydlighet, att det ur fosforhushållnings-synpunkt föreligger olikheter mellan Fegen och Kalvsjön. Medan det i Fegen föreligger skillnader mellan $t_{\text{H}_2\text{O}}$ och t_{P} - vattnets uppehållstid är där ungefär dubbelt så stor som fosfor - framgår, att fosforkoncentrationen

i Kalvsjön däremot är av samma storleksordning (Tabell 6:17) i såväl tillflöden som sjön.

7. De vattenkemiska förhållandena sätter sin prägel på påväxtsamhället i de olika bäckar, som rinner till Fegen och Kalvsjön. De under 1974 med avseende på påväxtalger studerade bäckarna Kvarnatorpsbäcken (F6), Flyviksbäcken (F9) och Svanabobäcken (F12), speglar en oligotrof status. I vissa fall förekommer algformer typiska för sura, humösa vatten (jfr Tabell 7:1 och 7:2). Fastän skillnader har registrerats i närsaltkoncentrationer mellan olika bäckar (Tabell 7:1), har detta dock inte givet någon differentiering mellan de olika påväxtsamhällena.

Israelson (1949) gjorde en indelning av rinnande vatten baserad på två huvudgrupper av påväxtalger; Vaucheriabäckar och Zygnemabäckar. Vaucheria-strömmar är eutrofa vattendrag och Zygnema-strömmar typiskt oligotrofa vattendrag. De flesta bäckarna i Fegen - Kalvsjöområdet är av Zygnema-typen, men karaktärssläktet Zygnema är endast funnet i ett vattendrag (Tabell 7:2). Övergång från Zygnema- till Vaucheria-samhälle äger enligt Israelson rum i ett intervall mellan $60-100 \mu\text{S}_{20}$, ett intervall inom vilket de flesta av Fegens och Kalvsjöns tillflöden befinner sig (Tabell 7:1).

8. Vegetationen i Fegen och Kalvsjön har studerats under augusti och oktober 1974. Målsättningen var att översiktligt studera de limniska makrofyternas och vegetationens utbredning inom litoralzonen, varvid speciell uppmärksamhet skulle ägnas de för slitage särskilt känsliga strandavsnitten.

Strandzoneringen har dokumenterats med hjälp av bandprofiler, och inom varje profil har vegetationen analyserats kvantitativt och kvalitativt i rutor $1 \times 1 \text{ m}$ (Fig 8:1 och 8:2).

Helofyterna (övervattensståndare) är i stora delar av Fegen och Kalvsjön svagt ytvecklade. De vanliga vassbildande arterna sjösäv, bladvass, sjöfräken och flaskstarr uppträder som beståndsbildare endast i skyddade vikar. Den anmärkningsvärda fattigdomen på helofyter betingas förmodligen av de kraftiga vattenståndsfluktuationerna. Flaskstarr *T. ex*, som normalt är en mycket vanlig art i sjöar med samma status som Fegen och Kalvsjön, är mycket sällsynt som vassbildare i dessa båda sjöar. I den närbelägna, men betydligt mindre reglerade sjön Hurven är flaskstarr

den dominerande vassbildaren.

I överensstämmelse med ovanstående är även flytbladsvegetationen i Fegen och Kalvsjön svagt utvecklade jämfört med t ex i Hurven. Vid karterings-tillfället i augusti 1974 växte både näckrosor och gäddnate ovan vattenlinjen, vilket indikerar att dessa två sjöar har onormala vattenståndsvariationer.

Den vegetationstyp, som upptar störst areal, är liksom i andra oligotrofa sjöar rosettväxterna (se Tabell över artförteckning). Till de begränsande faktorerna för dessa växter, förutom den utåt/nedåt minskande ljus-tillgången, bidrager säkert den kraftiga ockrabildningen, som noterats på olika platser i Fegen och Kalvsjön.

En dämpad vattenståndsreglering i Fegen och Kalvsjön skulle medföra att de f n kala strandområdena skulle få ett estetiskt mer tilltalande utseende. En något rikare vegetation skulle då även utvecklas.

9. Avsikten med undersökningens växtplanktondel har varit att bestämma biomassans storleksordning och fluktuation under året jämte samhällenas art-innehåll och succession. Det bearbetade materialet har förutom "håvplankton" bestått av originalvattenprov för kvantitativ räkning av algerna. Rapporten redovisar resultat från Fegen (punkterna F3 och F5) samt Kalvsjön (punkt K1).

Tabell 9:1 upptar de viktigaste växtplanktonarterna i Fegen och Kalvsjön. Skillnaderna mellan de bearbetade lokalerna är så obetydlig att gemensam artlista kan gälla.

Iakttagelserna från Fegen och Kalvsjön överensstämmer i huvudsak med den generella planktonsuccession som anses gälla för oligotrofa sjöar. Vårplankton dominerades av Dinobryon-arter, Uroglena och obestämda Cryso-monader, främst av släktet Kephyrion. En avgörande skillnad mellan lokalerna var fattigdomen på kiselalger i Kalvsjön (Tabell 9:2). Tillgången på löst kisel var dock sannolikt ej begränsande faktor i Kalvsjön (jfr kapitel 5). I augusti och november var Ceratium hirundinella och några Peridinium-arter talrika tillsammans med Tabellaria fenestrata (kiselalg) samt vissa blågrönalger såsom Anabaena flos aquae och Coelosphaerium spp. Den artrikaste alggruppen på samtliga provtagnings-

punkter var emellertid desmidiacéerna, vilket ytterligare tyder på övervägande oligotrofa förhållanden.

Planktonets biomassa framgår av Fig 9:1. Medeltalet för perioden april-november 1974 var för F3 0,22 mg/l, F5 0,37 mg/l och K1 0,15 mg/l. Samtliga dessa tal ligger klart under den gräns som anges för oligotrofa sjöar (Willén, 1974).

I Fegen noterades maximum i april - maj och där förelåg även antydningar till ett andra årsmaximum under sensommaren. Däremot uppmättes i Kalvsjön betydligt högre värden i juni och augusti än under våren. Denna ovanliga fördelning av planktonbiomassan har (tillsammans med kvalitativa observationer) möjligen föranlett bedömningen av Kalvsjön som något eutrofare än Fegen vid Naturvårdsverkets Ätranundersökning i juli 1970 (Eriksson, 1971).

För utvärdering av algbiomassans storleksordning i Fegen och Kalvsjön i förhållande till typologiskt lika sjöar i västra Götaland (sjöar tillhörande Lagans nederbördsområde) har jämförande data sammanställts i Tabell 9:3. De undersökta punkterna i Fegen och Kalvsjön har värden på planktonets biomassa som ligger under eller mycket nära genomsnittet för detta material.

es

10. Primärproduktion är växters nybildning av organiskt material, huvudsakligen genom fotosyntes. I större, djupa sjöar dominerar vanligen växtplankton som primärproducent. Vid eventuellt utsläpp av avloppsvatten eller förändringar i tillrinningsområdet - med ökad tillförsel av närsalter till sjön som följd - kan som regel förväntas en ökning av sjöns primärproduktion (eutrofiering).

Fytoplanktons primärproduktion mättes under maj, juni och augusti 1974 i Fegen (F3) och Kalvsjön (K1). Fytoplanktons klorofyll a-innehåll bestämdes vid 6 tillfällen under 1974 och 1975 och vattnets ljusextinktionsegenskaper mättes i samband med nämnda bestämningar i maj och juni.

Växtplanktonets primärproduktion (ΣA) varierade från 5,2 till 20 mg C/m².tim och den approximativa dagsproduktionen ($\Sigma \Sigma A$) från 50 - 165 mg C/m².dag (Fig 10:1).

Resultaten från korttidsexponeringarna (ΣA) multiplicerades med en faktor = $\frac{\text{total instrålning per dag}}{\text{instrålning under exponeringen}}$ för att uppskatta dagsproduktionen (ΣA).

Eftersom instrålningsdata saknas från Fegenområdet, användes medelvärden för denna faktor för fem dagar omkring exponeringsdagen från två SMHI-stationer i Skåne (Svalöv och Sturup). Årsproduktionen kan grovt uppskattas till mindre än $50 \text{ gC/m}^2 \cdot \text{år}$.

Klorofyll a är huvudpigmentet vid algfotosyntesen och klorofyllhalten användes därför ofta som ett mått på fytoplanktons biomassa. Relativt låga värden, vanligtvis mellan 2 och $4 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ (0-2 m skikt), uppmättes i Fegen/Kalvsjön. Även de uppmätta klorofyll a-halterna tyder på en "hög" oligotrofiplacering av Fegen/Kalvsjön i ett ologtrofi/eutrofi-schema.

I fem av de undersökta Fegen-bassängerna uppmättes ett vårmaximum som följdes av lägre värden under sommaren (Fig 10:2). Med undantag av K1 speglades detta mönster även i fytoplanktons biomassa erhållen genom direkt-räkningar (Fig 9:1). Klorofylltoppen under våren 1974 nåddes först vid F5 och en svag tendens till samma utveckling noterades under 1975 (Fig 10:3). Det grunda medeldjupet (4 m) vid F5 kan vara orsaken till denna utveckling därför att vårcirkulationen inte tvingar fytoplankton ur den trofoga zonen. Tillväxten kan därför ske snabbt när ljusförhållandena blir gynnsamma (Talling, 1971).

Eftersom ljuset inom våglängdsområdet ca 400 - 700 nm är fotosyntesens energikälla, är vattnets optiska egenskaper viktiga för primärproduktionen i en sjö. Ljusets utsläckning i vattnet uppmättes med en undervattensfotometer och en däckfotometer (som referens) utrustade med selenfotoceller, och uttrycks som en extinktionskoefficient för respektive våglängd (neutralt, rött, grönt och blått ljus).

De uppmätta extinktionskoefficienterna visar tydligt betydelsen av annat material än fytoplankton för ljusextinktionen i både Fegen och Kalvsjön (Tabell 10:1). Det finns tecken på att främst de lösta färgade substanserna (humusämnen) orsakade ljusextinktionen i de båda bassängerna (F3 och K1) och bestämde därmed djupet på det produktiva skiktet (trofoga zonen) vid de rådande låga växtplanktonhalterna. Siktdjupet i Fegen och

Kalvsjön påverkades i mindre grad av vattnets grumlighet.

De redovisade primärproduktions- och klorofyllvärdena från Fegen och Kalvsjön har jämförts med resultat från liknande undersökningar i två andra sydsvenska sjöar, Bolmen (södra delen) och Ivösjön. Trots att klorofyllhalterna är lika i ytvattnet i dessa tre sjöar, är den uppskattade primärproduktionen högre i Ivösjön. Systemet Fegen/Kalvsjön kan jämföras med Bolmens södra del, som har en mer utpräglad oligotrof karaktär.

11. Det primära syftet med zooplanktonundersökningen var att grovt uppskatta biomassans storlek och variation under 1974. I Kalvsjön har prov tagits från den norra bassängen (K1) och i Fegen har Sandviksbassängen (F3) använts som huvudbassäng. Dessutom har prov tagits i Nord-östra Fegen (F2) och Södra Fegen (F5).

Vid F3 och K1 har prov tagits från varannan meter, varvid 10 l tagits ut från varje skikt.

Av Fig 11:1 framgår, att zooplankton hade två maxima under 1974, ett i maj med en total biomassa på 1,3 och 1,8 mg/l vid F3 resp K1, samt ett i augusti med värdena 0,9 och 1,4 mg/l. Årsmedelvärdet var för Fegen 0,6 mg/l och för Kalvsjön 1,2 mg/l.

Variationerna mellan de olika bassängerna i Fegen var större än variationerna mellan F3 och K1. Medan Norra Kalvsjön och Sandviksbassängen är någorlunda lika till storlek och morfologi, uppvisar de olika Fegen-bassängerna sinsemellan en mycket olikartad form, vilket helt naturligt leder till olika skiktningförhållanden och därmed skilda temperaturförhållanden. Vattentemperaturen är jämte födotillgången den viktigaste faktorn för tillväxt och reproduktion.

Under maj- och juniprovtagningarna dominerade cladocererna (hinnkräftorna) företrädda av *Bosmina coregoni*, *Daphnia cristata* och *Holopedium gibberum*, medan "augustitoppen" huvudsakligen utgjordes av copepoder, främst *Eudiaptomus gracilis* och *Mesocyclops leuckarti*. Vid samtliga tillfällen, med undantag av 1974-11-05, låg Kalvsjöns biomassa högre, (40-130 %) än Fegens. Vad gäller artsammansättningen är de båda sjöarna nästan identiska. Samma arter förekommer vid ett och samma tillfälle i ungefär lika pro-

portioner. Undantag utgjorde 1975-04-17, då vid F3 en Synchaeta-art svarade för 80 % av biomassan, medan cyclopoider dominerade i Kalvsjön.

I Fig 11:2 jämförs punkterna F5, F3 och Kl med avseende på vår- och sommarmaxima. Skillnaderna mellan de olika punkterna är små. Särskilt gäller detta vårtoppen.

Såväl biomassans storleksordning som artsammansättning av zooplankton ger klart besked om att både Fegen och Kalvsjön befinner sig på den oligotrofa sidan i trofiskalan.

12. Syftet med makrobentosundersökningarna i Fegen, Kalvsjön och Hurven har varit, att klarlägga de olika djupområdena med avseende på djurens abundans (ind/m^2). Med hjälp av dessa värden har försök gjorts, att inplacera sjöarna med avseende på trofigrad genom att jämföra med liknande undersökningar från andra sjöar i Södra Sverige.

I Tabell 12:2 jämföres värden från de djupare delarna av Fegen, Kalvsjön och Hurven med resultat erhållna från Bolmen och Ivösjön. Därvid framgår, att tätheten (ind/m^2) är relativt låg i Fegen och Kalvsjön i jämförelse med övriga sjöar.

Generellt sett kan sägas, att en dominans av gruppen Chironomini i profundal-faunan indikerar näringsrika förhållanden, medan en fauna som karakteriseras av gruppen Tanytarsini antyder näringsfattiga och syrerika miljöer.

Av Tabellen 12:3 framgår även att tanytarsinernas andel i chironomidfaunan i Fegen och Kalvsjön likaledes är mycket hög i jämförelse med exempelvis förhållandena i Bolmen. Undantag utgör endast den djupast liggande provpunkten i Fegen (38 m) där försämrade syreförhållanden sannolikt inträder under stagnationsperioderna.

13. Provfiske, med översiktsnät, har skett i Kalvsjön (Kl) och Fegens olika bassänger (F1, F2, F4 och F5). I Kalvsjön har fångats abborre, gärs, gädda, mört, braxen, benlöja och siklöja. I Fegen har dessutom fångats lake, bergsimpa, storsik och vårsiklöja.

Den relativa fisktätheten var ungefär lika stor i Fegens huvudbassäng som i Kalvsjön. I Fegens NÖ och NV delar var fisktätheten mindre.

Jämfört med Södra Bolmen var fisktätheten större där än i Fegen och Kalvsjön. Siklöjepopulationerna befann sig i olika faser i de båda sjöarna. I Fegen dominerade de rika årsklasserna 1+ och 2+. Yngre och äldre individer förekom sparsamt. Kalvsjön-populationen dominerades av årsyngel (0+) och äldre fiskar (3+ - 7+). Siklöjans föda dominerades under våren och sommaren av copepoder. Under hösten var *Bosmina* och *Daphnien* den huvudsakliga födan. Beståndet av den vårlekande siklöjan var svagt och uppvisade en sämre tillväxt än den höstlekande siklöjan.

14. Undersökningar beträffande interstitialvattnets och sedimentets kemiska och fysikaliska egenskaper har gjorts i Fegen vid fyra provpunkter (Västra, Nord-östra och Södra Fegen, samt i Sandviksbassängen). Undersökningar har även gjorts i sjöarna Kalvsjön och Hurven.

Sedimentet i sjöarna Fegen och Kalvsjön uppvisar en oligotrof karaktär. Den kemiska sammansättningen är av samma typ i båda sjöarna och halterna av de analyserade elementen är av samma storleksordning som i sjöar av motsvarande trofigrad och inom likartad geologisk omgivning (Tabell 14:4).

Sentida förändringar (kulturpåverkan) i sedimenten har ej konstaterats i varken Fegen, Kalvsjön eller Hurven (Fig 14:4).

Sedimentets interstitialvattensammansättning av fosfor, kväve samt löst järn och mangan framgår av Tabell 14:5 och Fig 14:7. Totalhalterna av fosfor var ca 25 $\mu\text{g}/\text{l}$ i ytsedimentet i profiler från Södra, Västra och Nord-östra Fegen. I Sandviksbassängen var halterna betydligt högre, ca 80 $\mu\text{g P}/\text{l}$, vilket torde bero på de dåliga syreförhållandena inom denna delbassäng av Fegen. Ammoniumkvävehalterna i interstitialvattnet ökade med ökat vattendjup. Vid 10 m:s djup var $\text{NH}_4\text{-N}$ -halten ca 0,8 mg/l, och vid 25 m djup i Sandviksbassängen, ca 1,2 mg/l.

I händelse av total syrebrist i hypolimnion kommer fosfor och kväve i större mängder än nu att frigöras från sedimentet. Enligt Fig 14:8 varierar utflödet under anaeroba förhållanden mellan 0,3 - 2,75 mg $\text{NH}_4\text{-N}/\text{m}^2\text{.dag}$ och 0,2 - 0,5 mg $\text{PO}_4\text{-P}/\text{m}^2\text{.dag}$.

15. Sedimentmetabolismen är beroende av tillförseln - via primärproduktion i sjön och allohton transport - av organiskt material till sedimentytan och återspeglar därför sjöns trofistatus. Ett enkelt mått på den "totala"

metabolismen (respirationen) i ett sjösediment är dess syretäring. Prov togs i Sandviksbassängen på vardera av djupen 10, 15 och 20 m.

Syretäringen vid 100 % O_2 -mättnad i vattnet var låg (14-23 ml O_2/m^2 .timme). Fegen kan därmed jämföras med den "mesotrofa" Ivösjön.

Sedimentens syretäring kan också sättas i relation till den hypolimniska syreförbrukningen i Fegen. Materialet visar att sedimenten svarar för en mindre del (20 - 25 %) av den totala syreförbrukningen i hypolimnion.

2. INLEDNING

Fegen - Kalvsjöområdet är beläget på den västra delen av det sydsvenska höglandet - i gränstrakterna mellan Hallands, Jönköpings och Älvsborgs län och mellan Falkenbergs, Gislaveds och Svenljunga kommuner. Avståndet fågelvägen till Göteborg är 9 mil, till Borås 6 mil, till Jönköping 9 mil och till Halmstad 6 mil (Fig 2:1). De topografiska kartbladen i 1:50 000 5C NO och 6C SO täcker inventeringsområdet.

Fegen - Kalvsjöområdet har betecknats vara av riksintresse för den vetenskapligt-kulturella naturvården, samt till vissa delar till följd av landskapsbilden. För att erhålla bättre kännedom om naturförhållandena i området och för att inhämta underlag för den fysiska planeringen har de berörda länsstyrelserna under 1974 och 1975 genomfört en omfattande inventeringsverksamhet avseende Fegen - Kalvsjöområdets vegetation, fågel-fauna och naturgeografi. Därtill har kulturlandskapets och friluftslivets speciella struktur inom området beskrivits.

Den limnologiska undersökningen har utförts parallellt med dessa inventeringar och har utförts av Limnologiska institutionen, Lunds Universitet. Undersökningen som utförts på uppdrag av Länsgruppen för Fegen, en för samordning på länsnivå (Hallands, Jönköpings och Älvsborgs län) tillsatt arbetsgrupp, i enlighet med ett särskilt uppgjord program, daterat 1974.02.18. Undersökningarna har utförts under tiden april 1974 - augusti 1975. Målsättningen har varit, att dels införskaffa material för fastställande av sjöarnas limnologiska status, dels ställa prognoser beträffande skador och andra förändringar som kan uppstå i de limniska ekosystemen i den händelse dessa skulle utsättas av påverkan av något slag.

Följande publikation utgör en slutgiltig redovisning av det införskaffade materialet. Följande personer har medverkat i undersökningen:

Djupkartering (ekolodning)	FL Lars Bengtsson FK Magnus Enell FK Ingvar Lundqvist FK Tord Nilsson
Hydrologi	FK Ingvar Lundqvist
Fysikalisk-kemiska miljöförhållanden	FK Ingvar Lundqvist
Belastningsberäkningar	FK Ingvar Lundqvist
Påväxt - alger	FK Christer Müller
Limnisk makrofytvegetation	FK Roland Bengtsson FK Lars Eisele
Fytoplanktons artsammansättning	FK Jan Bertilsson
Fytoplanktons primärproduktion och klorofyllbestämning	BA Michael Coveney
Zooplankton	FK Lennart Olofsson
Bottenfauna	FK Sven Karlberg
Fisk	FK Olof Lessmark
Sediment	FK Magnus Enell
Sedimentens syretäring	FK Wilhelm Granéli
Limnologisk syntes och prognos	FK Ingvar Lundqvist
Samordning och redigering av rapport	FK Ingvar Lundqvist
Rådgivning och granskning	Prof Sven Björk

Övriga medverkande vid provtagningar och efterföljande bearbetning:

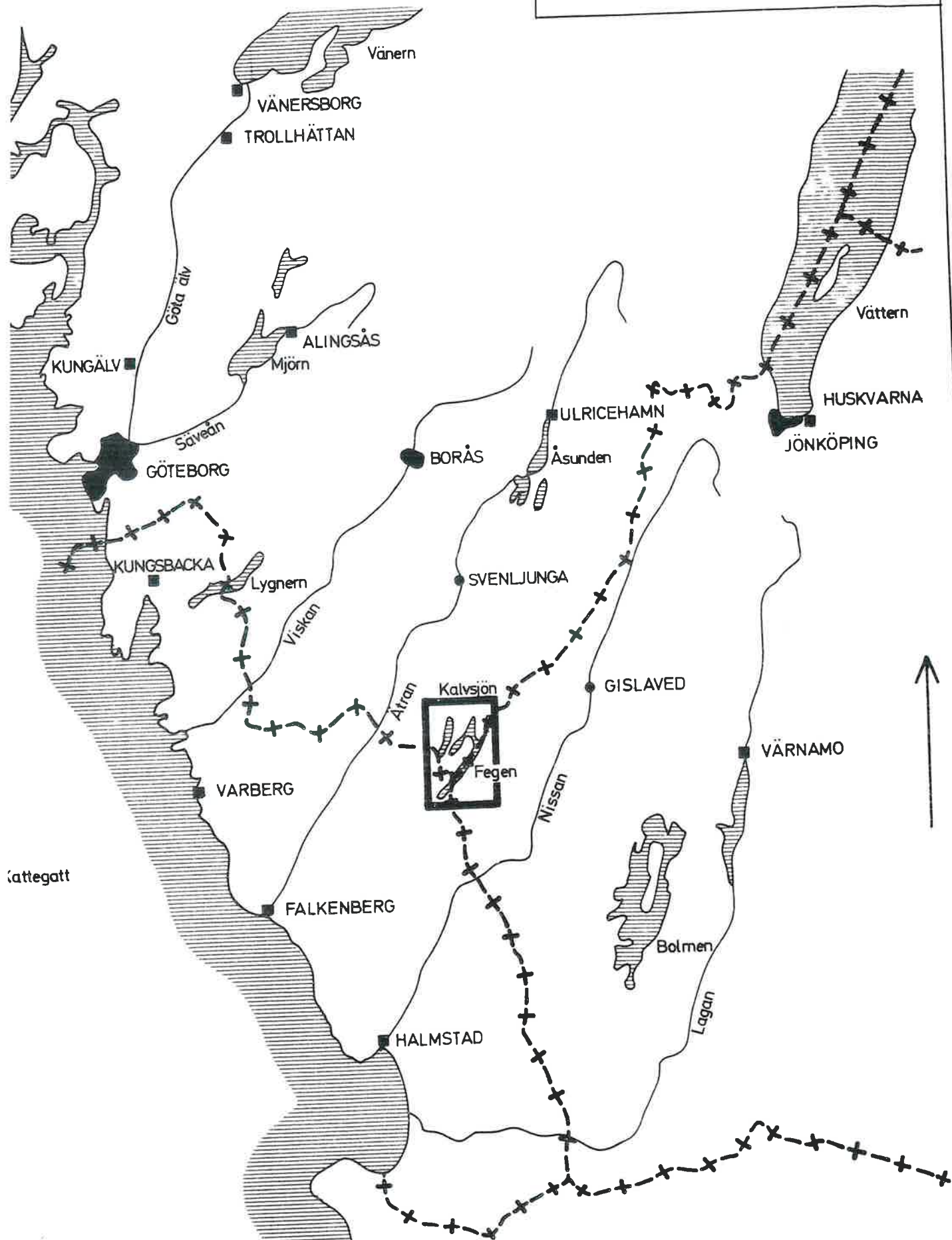
FK Lars Collvin
FK Amelie Fritzon
FK Tord Nilsson
FK Lena Vougt

Diskussion, tolkning och slutredovisning av materialet med avseende på framtida förändringar inom de undersökta limniska ekosystemen har skett i samråd mellan författarna.

Renskrivning av rapporten
Herzilie Backhof

FIGUR 2:1

FEGEN- OCH KALVSJÖNOMRÅDET
ÖVERSIKTSKARTA



r.

Kattegatt

3. OMRÅDESBESKRIVNING

Avgränsningen av inventeringsområdet för de terrestriska undersökningarna framgår av Fig 3:1. Det omfattar en areal om ca 195 km², varav de stora sjöarna Fegen, Kalvsjön, Norra och Södra Svansjön, Spaden och Hurven upptar omkring 38 km². Inventeringsområdet utgör ca 40 % av Fegen - Kalvsjöns avrinningsområde (Hurvens avrinningsområde är här ej medräknat).

De riktlinjer, som följts vid bedömning av sjön Fegens vetenskapliga värde, har enligt Hushållning med Mark och Vatten (SOU 1971: 75) främst grundat sig på följande beskrivning från respektive län (Förarbeten för fysisk riksplanering, underlagsmaterial nr 19):

Hallands län:

Fiskeribiologiskt intressant sjö med vårlekande siklöja, endast känd från 5 sjöar i världen.

Jönköpings län:

Sjö av stort biologiskt intresse, bl a lokal för vårlekande siklöja. Sjön med omgivningar bildar en vacker landskapsbild.

Älvsborgs län:

Sjö med ett av världens 5 kända bestånd av vårlekande siklöja.

Utmärkande för det sydsvenska höglandets topografi i området är markanta sprickdalgångar i NE - SW och NNW - SSE. I bottnen på dalgångarna utbreder sig flera sjöar, t ex Fegen och Kalvsjön. De dominerande bergarterna inom området är gnejs (västsvenska järngnejsområdet) med en jordart som

i huvudsak utgöres av sandig morän. Isälvsavlagringar, i form av rullstensåsar och terasser, förekommer främst i dalgångarna.

Områdets klimat tillhör den allmänt maritima klimattypen. Vindförhållandena under sommaren domineras av en sydvästlig luftström. Uppkomsten av nederbörd gynnas inom området av såväl höjdområdena som av fuktighetsmättade havsvindar. Nederbörden uppgår till ca 1000 mm. Värmånaderna har vanligtvis den lägsta nederbörden, medan juli och augusti har den högsta. Under 1973 och 1974 erhöles dock den högsta nederbörden senare under hösten.

Av områdets vegetationstyper upptar skog och myr den största arealen. Skogsmarken är huvudsakligen bevuxen av barrskog, främst gran, men i anslutning till vattendrag finns ofta större eller mindre dungar av lövträd, bl a bok.

Sjöfågelfaunan i Fegen karaktäriseras främst av storlom och fiskgjuse, men även smålom har påträffats inom området.

Gårdarna med omgivande odlingsmarker är begränsade till platser med ett större inslag av finjord, ofta i anslutning till sjöarna. Förutom att en del åkermarker har övergått till betesmark har åkerarealen under de senaste åren ej nämnvärt minskat.

Det finns många orörda strand- och skogsområden i anslutning till sjöarna inom området. Av stor betydelse för det rörliga friluftslivet är även de stora sjöarnas mosaik av öar, uddar och vikar.

Enligt beslut 1974-06-17 gäller interimistiskt landskapsskydd inom strand-skyddsområdet kring sjön Fegen. Härigenom ges möjlighet för länsstyrelsen att kontrollera bebyggelse, framdraging av kraftledningar, avverkning av lövskog, igenplantering av åkermark samt täktverksamhet.

Vad gäller utförligare beskrivning av områdets geologi, klimat, vegetation, fågelliv etc hänvisas till av länsstyrelserna i Hallands, Jönköpings och Älvsborgs län gemensamt utgivna publikationer, daterade april 1975. För ytterligare beskrivning av områdets näringsliv och service hänvisas även till en av K-Konsult utgiven arbetspromemoria: Fegen - Kalvsjön; Förslag till regional planering (juni 1975).

Av Fig 3:2 framgår aktuella gränser över Fegens respektive Kalvsjöns nederbördsområden, erhållna från den topografiska kartan. Viktigare mindre s k delnederbördsområden, utgörande av till sjöarna rinnande bäckar och åar, har också medtagits. De provtagningspunkter som varit aktuella under den limnologiska undersökningen framgår av Fig 3:3. Dessa är fördelade på 9 st sjöstationer; 5 st i Fegen, 2 st i Kalvsjön och 1 provtagningspunkt i vardera Norra och Södra Svansjön. Därtill kommer en provpunkt i sjön Hurven. Prov har även tagits i tillsammans 13 till- och avflöden.

Arealuppgifter för Fegen respektive Kalvsjöns nederbördsområden redovisas i Tabell 3:1.

r.

Tabell 3:1. Arealuppgifter för Fegen och Kalvsjöns avrinningsområden.

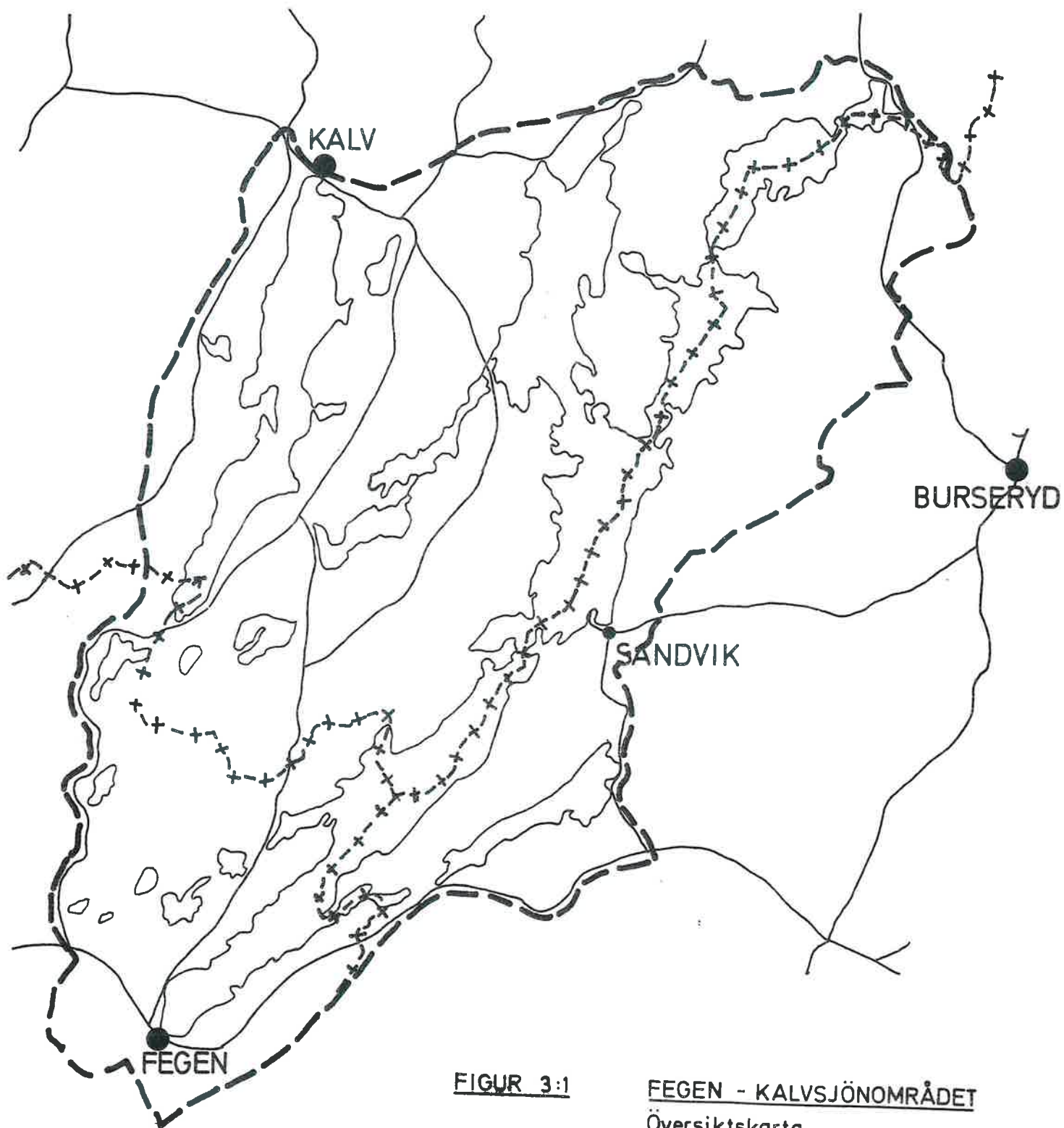
	km ²	Anmärkning
Spadån vid tillflödet till Fegen	32	
Kvarnatorpsån vid tillflödet till Fegen	70	
Spadens, Fegens och Svansjöarnas avrinningsområde vid Götshultskanalen	205	{ 43 % av hela Kalvsjöns avr.omr. vid Erikslund.
Kalvsjöns avrinningsområde vid avflödet i Erikslund	474	{ 14 % av hela Ätrans avr.omr.
Lillån vid inflödet i Ätran	520	{ 91 % av hela Lillåns avr.omr.
Ätran strax nedströms Lillåns inflöde	2.240	67 % av hela Ätrans avr.omr.
Ätran vid havet	3.345	

FEGEN

			%	
Spadån	F13	32	17	(sjöprocent: 16)
Kvarnatorpsån	F 6	70	37	(sjöprocent: 11)
Övrigt		63,3	33	
Fegen, sjöyta		<u>23,6</u>	<u>13</u>	
	Summa	188,9	100	

KALVSJÖN

Götshultskanalen	K5	205	43	(sjöprocent: 20)
Kättarpsån	K3	234	49	
Övrigt		28,7	6	
Kalvsjön, sjöyta		<u>7,2</u>	<u>2</u>	
	Summa	473,9	100	(sjöprocent: 12)

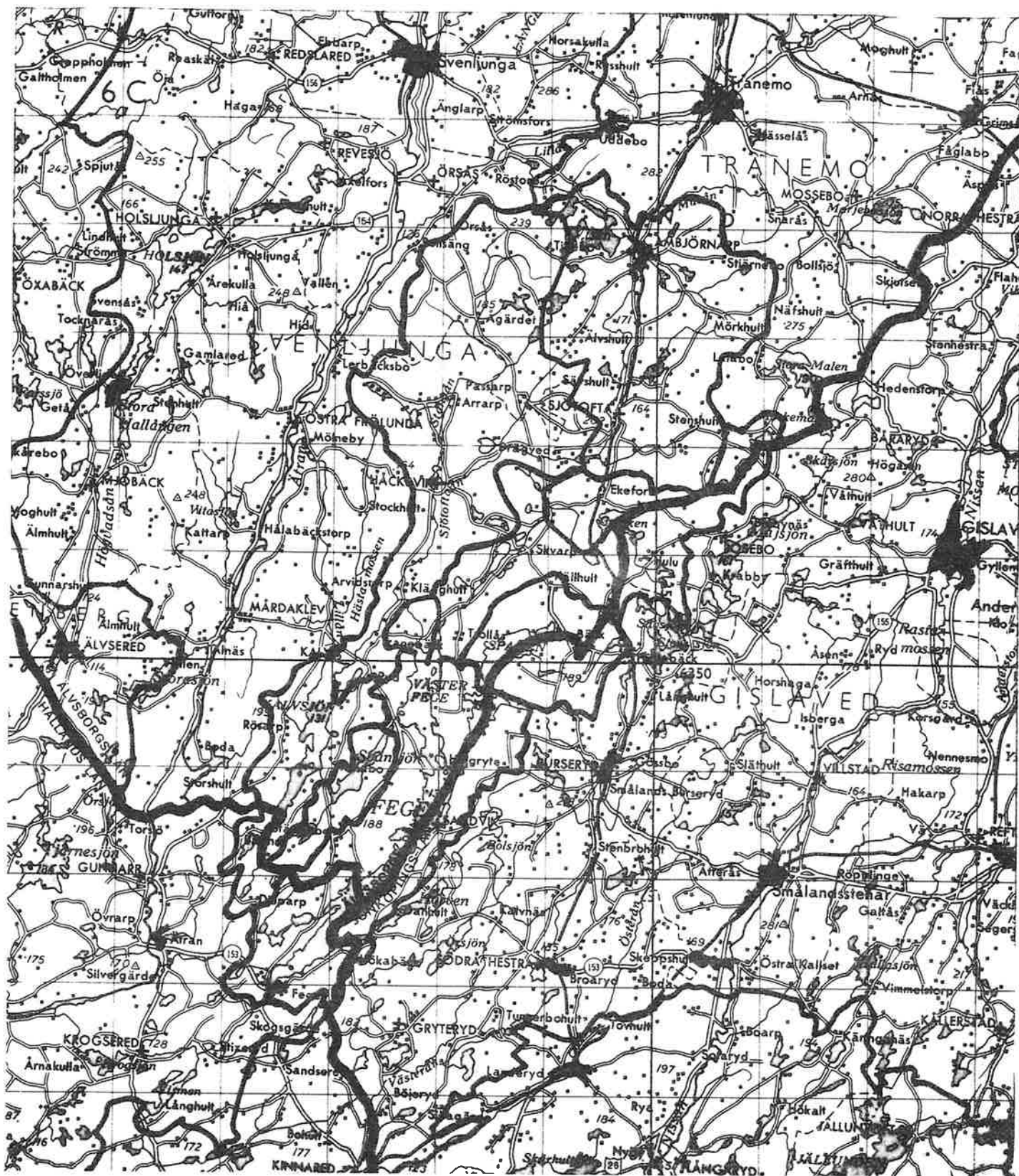


FIGUR 3:1

FEGEN - KALVSJÖNOMRÅDET
Översiktskarta

--- Gräns för inventeringsområde
för de terrestriska undersök-
ningarna

0 1 2 3 km



Figur 3:2. Karta över Fegen och Kalvsjöns nederbördsområden. Skala 1:250 000.

Provtagningspunkt	Vattenkemi	Pådykt	Fytoplankton	Primärprod.	Klorofyll a	Zooplankton	Bottenfauna	Fisk	Sediment
F1	x		x		x	x	x	x	x
F2	x		x		x	x	x	x	
F3	x		x	x	x	x	x		x
F4	x		x		x	x	x	x	
F5	x		x		x	x		x	x
F6	x	x							
F7	x	x							
F8	x	x							
F9	x	x							
F10	x	x							
F11	x								
F12	x	x							
F13	x								
NS1	x		x		x				
SS1	x				x				
K1	x		x	x	x	x	x	x	x
K2	x		x		x		x	x	
K3	x								
K4	x	x							
K5	x								
K6	x	x							
K7	x	x							
H1	x		x		x	x	x	x	x

Provtagningsdatum

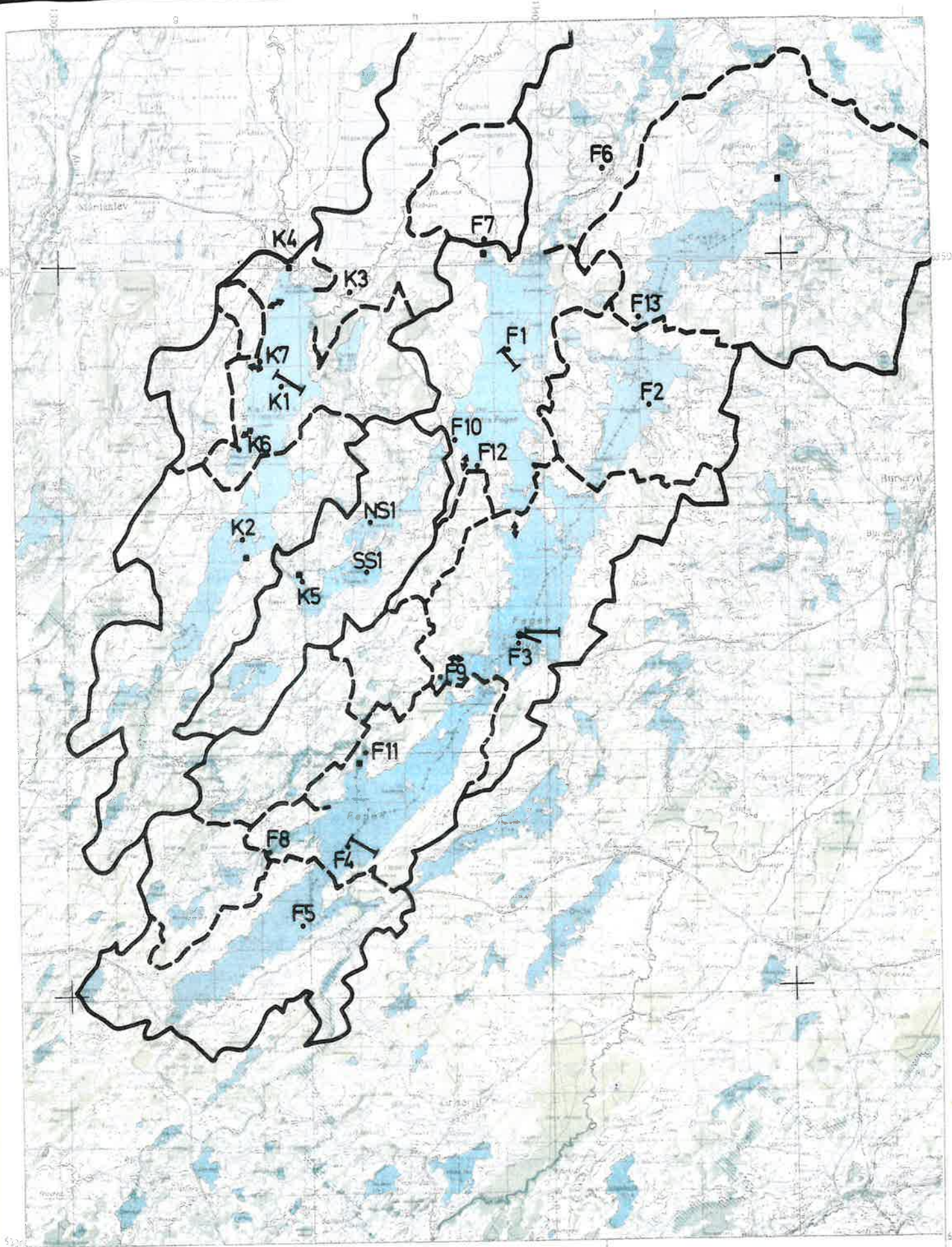
1. a	provtagningen	74-03-31 -- 74-04-04
2. a	- " -	74-05-06 -- 74-06-09
3. e	- " -	74-06-10 -- 74-06-13
4. e	- " -	74-08-26 -- 74-08-29
5. e	- " -	74-11-04 -- 74-11-07
6. e	- " -	75-01-29 -- 75-01-31
7. e	- " -	75-04-17 -- 75-04-20

PROVTAGNINGSFREKVENS

	Vattenkemi		Sediment	Plankton	Fisk	Bottenfauna	Makrofyttveg.
	Till- och avflöden	Sjövatten ytan+bottn.					
1. Mars 1974 (vinterstagnation)	+	+		x		x	
2. April-maj (vårcirkulation)	0	+		x	x	(x)	
3. Juni	0	+		x			
4. Augusti (sommarstagnation)	0	0	x	x	x		x
5. November (höstcirkulation)	0	+		x	x	x	
6. Januari 1975	+	+		x			
7. Mars (vinterstagnation)	+	+		x			

0= totalanalys

+ = partiell analys



TECKENFÖRKLARING

- F.1** Provtagningspunkt för Fegen, Kalvsjön-K, N Svansjön-NS, S Svansjön-SS
- Pegel
- Bottenfaunaprofil
- Sedimentprofil
- ↔ Vegetationsprofil

FIGUR 3:3

KARTA ÖVER FEGEN, KALVSJÖN OCH HURVEN MED TILLRINNINGSMRÅDEN JÄMTE PROV-TAGNINGSPUNKTER

FEGEN — KALVSJÖNOMRÅDET

Falkenbergs, Gislaveds och Svenljunga kommuner Hallands, Jönköpings och Älvsborgs län.



Skala 1:100 000

4. HYDROLOGI

De största tillflödena till Fegen är numera Spadån, som avrinner genom sjön Spaden och tillrinner i Fegens nordöstra bassäng, och Kvarnatorpsån som mynnar ut i Västra Fegens norra del. Övriga tillflöden utgöres i huvudsak av mindre bäckar. Genom att Fegen sänktes under slutet av 1860-talet med drygt 2 m, varvid kanaler grävdes från Västra Fegen till Norra Svansjön och vidare till Södra Svansjön och Kalvsjön (den s k Götshultskanalen), förändrades Fegens avflöde helt. Svansjöarna låg före sänkningen på högre nivå än Fegen och utgjorde därvid ett av Fegens större tillflöden. Fegen hade tidigare ett enda avflöde vid Gammalsjö i norra delen av Västra Fegen (den s k Spångån) men erhöll i och med sänkningen Götshultskanalen som det huvudsakliga avflödet för sjön. Enligt SMHI (De svenska vattendragens arealförhållanden, del 12) kan dock Fegens vatten, huvudsakligen vid flodtillfällena fortfarande avrinna via detta gamla avflöde vid Gammalsjö. Vid lågt vattenstånd i Fegen och stor vattenföring i Kättarpsån kan dock flödet gå i den motsatta riktningen. Målsättningen med sänkningen av Fegens vattenstånd var främst att erhålla skogs- och odlingsmark.

Under 1930-talet utfördes utredningar angående möjligheten att utnyttja Fegen och Kalvsjön som regleringsmagasin för kraftverk belägna i Ätran. Utredningarna utfördes på uppdrag av ett regleringsföretag bestående av bl a Falkenbergs Stad och Yngeredsfors Kraft Aktiebolag.

Efter deldom av Västerbygdens Vattendomstol i Vänersborg erhölls den 17 augusti 1940 och den 19 augusti 1943 tillstånd att tillfälligt reglera Fegen och Svansjöarna för kraftverksändamål, vilket den 8 september 1945 utökades att

även gälla för avrinningen ur Kalvsjön. Enligt Yngeredsfors Kraft Aktiebolag har detta senare tillstånd dock ej utnyttjats. Därvid uppfördes regleringsdammar över Götshultskanalen vid Götshult och över Spångån vid dess avflöde ur Västra Fegen. Slutlig dom för dessa sjöregleringar meddelades den 31 maj 1946.

Regleringen av respektive sjö fastställdes enligt följande:

Spaden	}	133,00 - 131,25 m.ö.h.	Regleringsamplitud	1,75 m
Fegen				
Svansjöarna				
Kalvsjön		130,55 - 129,96 m.ö.h.	Regleringsamplitud	0,59 m

Dessa dämmnings- och avsänkingsgränser är fortfarande gällande. Samtidigt utfördes även muddringsarbeten utefter hela Götshultskanalen i avsikt att fördjupa kanalen och därmed öka vattentransporten till kraftverken i Ätran.

De viktigaste magasinerna för kraftverksreglering inom Ätrans nederbördsområde är Åsunden och Lönern i huvudfårans övre del samt Kalvsjön, Fegen och Spaden inom Lillåns avrinningsområde. De för kraftändamål utbyggda fallen finns huvudsakligen inom de nedre delarna av huvudfåran. Av hela fallhöjden från Åsunden till havet (164 m), utnyttjas ca 120 m i 8 kraftverk med en sammanlagd effekt av 63 MW (Ätrans Vattenvårdskommitte, 1972). Skåpanäs (9,3 MW), Yngeredsfors (18,1 MW) och Ätrafors (13,0 MW) är de största kraftverksstationerna, medan det största icke utbyggda fallet är Forsfallet, beläget mellan Herting och Ätrafors, endast 20 km från kusten.

Inom Ätrans nederbördsområde har regleringsmagasinen sammanlagt en tillåten regleringsbar volym av ca 155 milj m^3 . Jämfört med årsmedelavrinningen, ca 1.500 milj m^3 per år, är magasinensvolymen 10 procent. Summan av den tillåtna regleringsbara magasinensvolymen i Spaden, Fegen och Svansjöarna (49 $M m^3$) utgör ca 32 % av den totala magasinensvolymen (155 $M m^3$), medan Kalvsjöns enbart utgör ca 4 % (5,5 $M m^3$).

Vid Yngeredsfors i Ätrans huvudfåra utgör summan av reglerat vatten från Åsunden- (20 %), Sämsjö- (3 %) och Fegen/Kalvsjön-magasinen (22 %) endast 45 % av totalt framrinnande vatten. 55 % av den uppmätta vattenvolymen vid Yngeredsfors tillrinner alltså nedanför de uppräknade regleringsmagasinen och kan därför ej utnyttjas för reglering. Därtill kommer att regleringsmöjligheterna i Kalvsjön nästan är obefintliga (maximalt tillåten regleringsamplitud 0,59 m). Av de erhållna 22 % från Fegen/Kalvsjön-magasinet

utgör 17 % sådant vatten som oreglerat tillföres Kalvsjön. Endast 5 % regleringsbar vattenvolym tillföres således från Fegen, som är Lillåns egentliga regleringsmagasin. Detta innebär därför att endast 28 % av det vatten som framrinner vid Yngeredsfors passerar egentliga regleringsmagasin.

Avrinningen från Fegen till Kalvsjön får enligt dom ske godtyckligt efter kraftverkens behov mellan ett högsta (133,00 m.ö.h.) och ett lägsta vattenstånd (131,25 m.ö.h.). Kalvsjön får också avtappas godtyckligt när vattenståndet i sjön håller sig mellan angivna dämmningsgränser (130,55 - 129,96 m.ö.h.). Vattenstånd och vattenföring regleras främst genom ändring av tillrinningen från Fegen till Kalvsjön.

I Fig 4:1 och 4:2 redovisas vattenståndsvariationer, uttryckt som månadsmedelvärden, för Fegen och Kalvsjön under åren 1972, 1973 och 1974. Pegelavläsningarna för Fegen sker vid Åminne och för Svansjöarna i Götshult. I Kalvsjön sker pegelavläsningarna i Götshult och Kalvsjöholm. Peglarnas placering redovisas i Fig 3:3. Avläsningarna sker med manuell daglig avläsning och fast pegelskala. Under de aktuella åren 1972 - 1974 har för Fegens del vattenståndet helt varierat inom de fastställda dämmnings- och avsänkingsgränserna. I Kalvsjön (Fig 4:2) tycks vattenståndet däremot årligen överskrida de fastställda gränserna, dels på vintern, dels under sommaren - hösten.

Fegens och Kalvsjöns topografi leder till en naturlig områdesindelning. Den geografiska avgränsningen framgår av Fig 3:3 och följande beskrivning:

Delområde	F1:	Västra Fegen.
"	F2:	Nord-östra Fegen med Spaden.
"	F3:	Sandviksbassängen.
"	F4:	Finnanäsbassängen.
"	F5:	Södra Fegen.
Delområde	K1:	Norra Kalvsjön.
"	K2:	Södra Kalvsjön.

Av de morfometriska och hydrologiska data, som sammanställts i Tabell 4:1, framgår, att Fegens största djup (38 m) är uppmätt i den Nord-östra bassängen (F2). Sjöns botten-topografi är starkt präglad av den sprickdalgång som begränsar sjöns utbredning åt öster med huvudsaklig längdriktning i NE - SW, varvid (1) Kalvsjön, (2) Svansjöarna och Västra Fegen, (3) Fegen

och Spaden respektive (4) Hurven utgör 4 skilda sprickdalar. Ekologning av Fegen och Kalvsjön är utförd av Limnologiska institutionen i Lund, och en djupkarta i skala 1:20.000 finns att tillgå hos berörda kommuner och länsstyrelser.

Inom de ovan redovisade delområdena uppgår nivåskillnaden mellan Fegen respektive Kalvsjön och högst belägna sjö för olika avrinningsområden till följande värden:

<u>Delområde</u>	<u>Åsystem</u>	<u>Sjö</u>	<u>m.ö.h.</u>	<u>Nivåskillnad</u>
F1	Kvarnatorpsån	Lillasjön	213,0	ca 81 m
F2	Spadån	Föresjön	168,0	ca 36 m
F3	Flybäcken	Frackebosjön	166,9	ca 35 m
F4	Bocksjöbäcken	Lommasjön	157,0	ca 25 m
F5	Björkelandsbäcken	Svansjön	149,3	ca 17 m
K1	Kättarpsån	Stockasjön	220,1	ca 90 m
K2	Ävjebäcken	Kvarnasjön	156,0	ca 26 m

Genom att regelbundna mätningar av vattenstånd och avrinning utföres i Fegen och Kalvsjön genom Yngeredsfors Kraft Aktiebolag och data angående nederbörd erhållits av SMHI (Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut), har möjlighet givits till beräkning av en hydrologisk budget för respektive sjö under 1974. Detta redovisas i Tabell 4:2. Den allmänna hydrologiska ekvationen har använts: Nederbörd på sjöyta (P_1) + tillrinning (R) + magasinförändring (ΔS) = Avflöde (D) + avdunstning från sjöyta (E_1), där avdunstningen har beräknats enligt Thornthwaites formel (Forsman, 1959) och totala kvantiteten på termen tillflöden (R) därvid erhållits som en rest. Av tabellen framgår, att under 1974 76 % av totala tillskottet till Fegen utgöres av tillrinnande vatten, medan 24 % tillföres direkt på sjöytan via nederbörd. Uttryckt som specifik avrinning ($l/s.km^2$) avviker 1974 från det för normalperioden 1931-1960 framräknade värdet. Enligt Tryselius (1971) uppgår detta till $16 l/s.km^2$, vilket är ett av det högsta värdena i Sverige med undantag för fjällkedjan. För 1974 har i medeltal en specifik avrinning på ca $15 l/s.km^2$ erhållits.

För Kalvsjön har under 1974 hela 94 % av totala borttransporten skett genom direkt avflöde, medan avdunstningen endast utgör 2 %. För Fegen är motsvarande värden 72 % respektive 13 %. Nederbörden, evaporationen från

sjöytan och avrinningen ur Fegen och Kalvsjön, uttryckt i mm vp och relaterad till hela nederbördsområdet uppströms Fegens och Kalvsjöns avflöde visas för 1974 i Fig 4:3 respektive 4:4. För avdunstningen erhålles en typisk årstidsvariation, med störst värde under sommaren och helt utebliven avdunstning under vintern vid isbeläggning. Nederbörden är därför större än avdunstningen under vintern, medan avdunstningen är den större under vår och sommar.

Avtappningen ur Fegen är störst under vinter, vår och sommaren medan den under hösten är liten eller ingen alls. Som tidigare visats i Fig 4:1, sker då istället en magasinering av vatten inom systemet. Det för denna region typiska pulserandet av vattenståndet mellan ett maximivärde under vintern och ett minimivärde under hösten ger upphov till, att det hydrologiska årsskiftet egentligen skulle infalla i oktober. De hydrologiska beräkningar som här redovisas, är dock baserade på kalenderår.

Nettomagasineringen för 1974 framgår också av Tabell 4:2, vilken visar att under 1974 de båda sjöarna fyllts på, vilket för Fegens del innebär 15 % av totala borttransporten. Magasinändringen är för Kalvsjöns del av mindre betydelse (4 %), helt naturligt med tanke på den mindre tillåtna regleringsvolymen.

De fyra termerna residenstid, påfyllningskoefficient, hydrologisk belastning och halveringstid, vilka förekommer i Tabell 4:1, utgör viktiga hydrologiska parametrar vid bedömning av skillnader mellan sjöarna och deras olika bassänger.

Vattnets teoretiska uppehållstid i en sjö utgör ett mått på hur länge vattenmassan kvarstannar inom sjöbassängen. Detta är av stor vikt vid bl a bedömning av sjöns känslighet för närsaltbelastningar.

Eftersom Finnanäs-bassängen (F4) har störst vattenvolym av Fegens olika bassänger, erhålles där längst residenstid t_{H_2O} , i medeltal 3-3,5 år. I Västra Fegen och Sandviksbassängen (F1 och F3) är residenstiden endast 0,5-0,6 år, medan den för Fegen som helhet är ungefär 2 år.

I hydrologiskt avseende är Kalvsjön avvikande från Fegen med en residens-tid på drygt 0,2 år (2,5 mån). Detta kan till stor del förklaras av Kalvsjöns mindre volym, endast 26 % i förhållande till Fegens, och sjöns belägenhet nedströms Fegen i Lillåns avrinningsområde. Om hänsyn togs till

att Kättarpsån (K3) tillrinner i Kalvsjöns norra del, och därför kan tänkas avrinna ur Kalvsjön genom Lillån utan att ha fördelats i hela Kalvsjön ("kortslutning"), erhålles istället en teoretisk uppehållstid på ca 0,4 år (5 mån).

Den hydrologiska belastningen (q_s) är av stor betydelse vid värdering av olika recipientområden. Kalvsjön har en hydrologisk belastning som är ca 10 gånger större än Fegens. Därvid är en helt ny direkt belastning av avloppsvatten av mindre betydelse för Kalvsjön än för Fegen. I Fegen är Finnanäs-bassängen (F4) och Södra Fegen (F5) känsligast i detta avseende.

Bassängerna F1 och F4 har den kortaste resp längsta halveringstiden ($T_{H_2O}^{1/2}$) i Fegen. Detta betyder, om andra faktorer är lika, att Finnanäs-bassängen (F4) behöver längst tid för en förändring av vattenkvaliteten, medan F1 däremot snabbast förändras, antingen till förbättrad eller försämrade vattenkvalitet. Av Fegen och Kalvsjön som helhet, med en halveringstid på 1,7 resp 0,2 år, utgör Kalvsjön den sjö som vid kvalitetsförändring på det tillrinnande vattnet snabbast förändras. Allmänt kan därför sägas, att medan det för Kalvsjön teoretiskt endast behövs ca 2 månader för att nå en medelkoncentration mellan den gamla och nya (förväntade) koncentrationen, orsakad av en förändrad belastning, krävs för Fegen ca 20 månader.

Medelutflödet från Fegen för respektive år under perioden 1952-1974 visas i Fig 4:5. Vattenföringen karakteriseras av en viss regelbundenhet i variationen med periodvis återkommande lågvattenföringar. Då de limnologiska undersökningarna i Fegen påbörjades 1974, var årsmedelavrinningen ca $2,4 \text{ m}^3/\text{s}$. Lägre årsmedelvärden har endast förekommit vid fem av de 23 redovisade åren. Högre årsmedelvattenföring har under samma period därför förekommit som något normalt, med de högst registrerade årsmedelvärdena från 1954 ($5,3 \text{ m}^3/\text{s}$) och 1962 ($4,7 \text{ m}^3/\text{s}$). De data, som ligger till grund för den limnologiska bedömningen, har således insamlats under en period då vattenflödet ur Fegen varit mycket lågt och nära det lägsta ($1,7 \text{ m}^3/\text{s}$) värdet under den senaste tjugoårs-perioden.

I Fig 4:5 visas även humiditetens variation under nämnda år. Humiditeten (H, mm/år) eller den nyttiga tillrinningen, definieras som skillnaden mellan nederbörd (P) och avdunstning (E): $= P - E$. Den nyttiga tillrinningen är den del av nederbörd som förr eller senare rinner ut i havet.

Resterande del av nederbörden avdunstar antingen direkt från markytan, från en vattenyta eller från växtligheten. Avdunstningen har beräknats enligt Tamm (1959): $E = 221,5 + 29,0 \times T$. T uttrycker här områdets årsmedeltemperatur.

Humiditeten och dess variation anses utgöra en förklaring till den naturliga variation i jonkoncentrationen i ett sjövattnen som förekommer år från år. I och med att den limnologiska undersökningen är utförd strax efter en period med liten nederbörd och därmed låg tillrinning till sjöarna, får detta en avgörande betydelse för tolkningen av de erhållna resultaten i ett längre tidsperspektiv.

Årsmedelavrinningen ur Kalvsjön (Lillån, K4) är för åren 1973 och 1974 ca 3 gånger så stor som avrinningen ur Fegen (Götshultskanalen, K5). Av Fig 4:6 framgår också den variation som föreligger under de två åren.

Av tabellen nedan kan utläsas, att det föreligger en viss skillnad med avseende på maximum- och minimumavrinningen ur resp sjö.

	1973		1974			
	max (m ³ /s)	min (m ³ /s)	<u>max</u> min	max (m ³ /s)	min (m ³ /s)	<u>max</u> min
Lillån (K4)	12,5	2,5	5	13,2	1,8	7,3
Götshultskanalen (K5)	4,5	0,1	45	5,6	0,1	56
$\frac{K4}{K5}$	2,8	25		2,4	18	

Medan förhållandet mellan den högsta och den lägsta avrinningen för Kalvsjön varierar mellan 5-7, utgör motsvarande förhållande för Fegen hela 45-56. Denna markanta skillnad orsakas främst av att ett mycket ringa avflöde förekommer vissa tider under året från Fegen. Den totala mängd vatten som avrinner ur Kalvsjön erhålles, förutom genom nederbörden direkt på sjöytan, främst från Fegen (Götshultskanalen) och Kättarpsån (K3). Genom att bilda kvoten mellan de i Fig 4:6 redovisade månadsmedelvärdena för Kalvsjöns avflöde i Lillån och tillskottet av vatten via Götshultskanalen, ges möjlighet att uppskatta den andel av Kalvsjöns avflöde som härstammar från Fegen. Det framgår därvid av figuren att det främst är under sommaren som ett tillskott sker från Fegen till Kalvsjön. En liten andel tillrinner då från Kättarpsåns avrinningsområde. Under våren, men framför allt under höstmånaderna, sker det största tillskottet från Kättarpsån.

De karaktäristiska vattenföringarna (m^3/s) för Lillån framgår av följande tabell:

Avrinningsområde	HHq	NHq	Mq	50%q	75%q	NLq	LLq
Lillån	-	22,5	8,2	6,7	4,0	2,6	-
Ätran (vid Skåpanäs)	-	137	33,5	24,2	13,5	8,1	-

Årsmedelvattenföringen för Ätrans avrinnings-område är som tidigare nämnts förhållandevis hög beroende på den höga nyttiga tillrinningen. Medelvaraktigheten av vattenföringar per ytenhet för Lillån (Fegens och Kalvsjöns avrinningsområden) har sammanställts nedan (Ätrans Vattenvårdskommitté, 1972):

Andel av år (%)	Avrinning under normalår (l/s.km^2)
25 (= 90 dagar)	20
50 (= 183 dagar)	16 (medianvärde)
75 (= 274 dagar)	10

Tabell 4:1.

Morfometriska och hydrologiska uppgifter 1974 beträffande
Fegen och Kalvsjön.

Delområde	Sjöyta (A_1) $m^2 \times 10^6$ %	Tillrinnings- område (A_d) $m^2 \times 10^6$ %	Volym $m^3 \times 10^6$ %	Medel- djup m	Max- djup m	t_{H_2O} år	1) S_{H_2O} år ⁻¹	2) q_s $m \times \text{år}^{-1}$	3) $T_{H_2O}^{1/2}$ år	4)
F1	6,2	80,4	51	8,0	22	0,6	1,8	11,0	0,4	
F2	2,9	41,1	23	8,5	36	1,3	0,8	6,6	0,9	
F3	5,8	13,8	8	6,0	25	0,5	1,4	7,9	0,5	
F4	5,5	18,6	11	10,2	26	3,4	0,3	3,3	2,3	
F5	3,2	11,4	7	4,0	7	2,1	0,5	2,2	1,4	
Fegen	23,6	165,3	181,7	7,5		1,8-2,0	0,4	2,9	1,7	
K1	4,1	243,7	52	7,8	21	0,16	6,4	50,3	0,1	
K2	3,1	223,9	48	4,1	12	0,13	8,4	34,6	0,1	
Kalvsjön	7,2	467,8	44,9	6,2		0,2 -0,4	4,8	29,4	0,2	

1) Teoretisk uppehållstid ($\frac{V}{Q \text{ tillf.}}$);2) Påfyllningskoefficient ($\frac{Q \text{ avfl.}}{V}$);3) Hydrologisk belastning ($\frac{Q \text{ tillf.}}{A_1}$);4) "Halveringstid" ($\frac{0,693}{S_{H_2O}}$);

Tabell 4:2. Hydrologisk budget för Fegen och Kalvsjön 1974.

Fegen		1974	
INPUT		m ³ /år	%
Tillflöden	(R)	73,0 x 10 ⁶	76
Nederbörd	(P ₁)	23,3 x 10 ⁶	24
Magasinsändring	(ΔS) ¹⁾	-14,1 x 10 ⁶	-15
		<u>96,3 x 10⁶</u>	
OUTPUT			
Avflöde	(D)	69,3 x 10 ⁶	72
Avdunstning	(E ₁)	12,9 x 10 ⁶	13
		<u>96,3 x 10⁶</u>	
Kalvsjön			
INPUT			
Tillflöden	(R)	212,9 x 10 ⁶ ²⁾	97
Nederbörd	(P ₁)	7,1 x 10 ⁶	3
Magasinsändring	(ΔS) ¹⁾	-9,8 x 10 ⁶	-4
		<u>220,0 x 10⁶</u>	
OUTPUT			
Avflöde	(D)	206,3 x 10 ⁶ ³⁾	94
Avdunstning	(E ₁)	3,9 x 10 ⁶	2
		<u>220,0 x 10⁶</u>	

Allmänna hydrologiska ekvationen:

$$P_1 + R + \Delta S = D + E_1$$

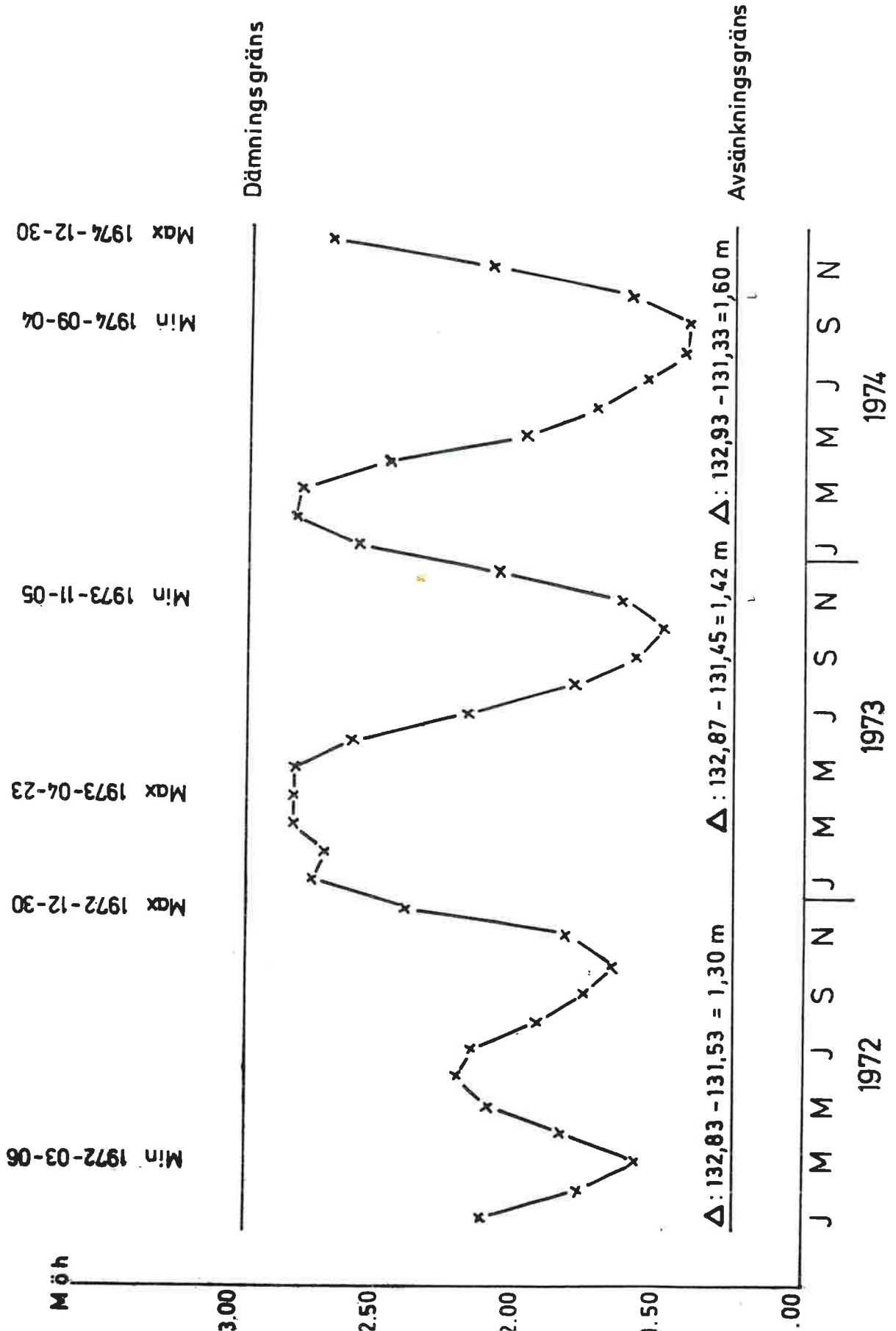
1) + = urtappning

- = magasinering

2) varav 33 % från Fegen via Götshultskanalen.

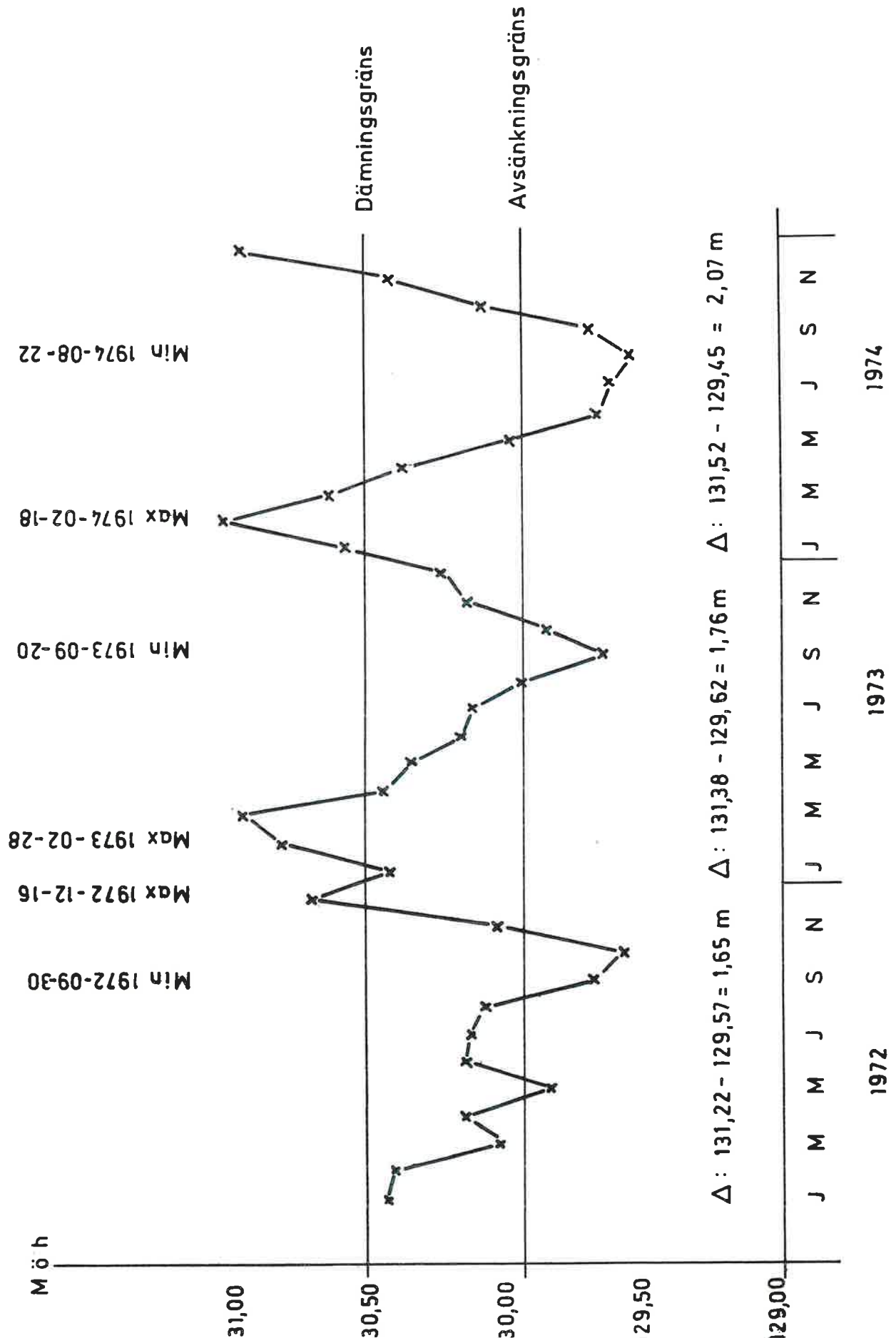
3) varav 34 % har tillförts från Fegen via Götshultskanalen;
utgör 82 % av Lillåns totala tillskott till Ätran.

FIGUR 4.1 VATTENSTÅNDSVARIATIONER (MÅNADSMEDELVÄRDEN) FÖR FEGEN UNDER 1972, 1973 OCH 1974

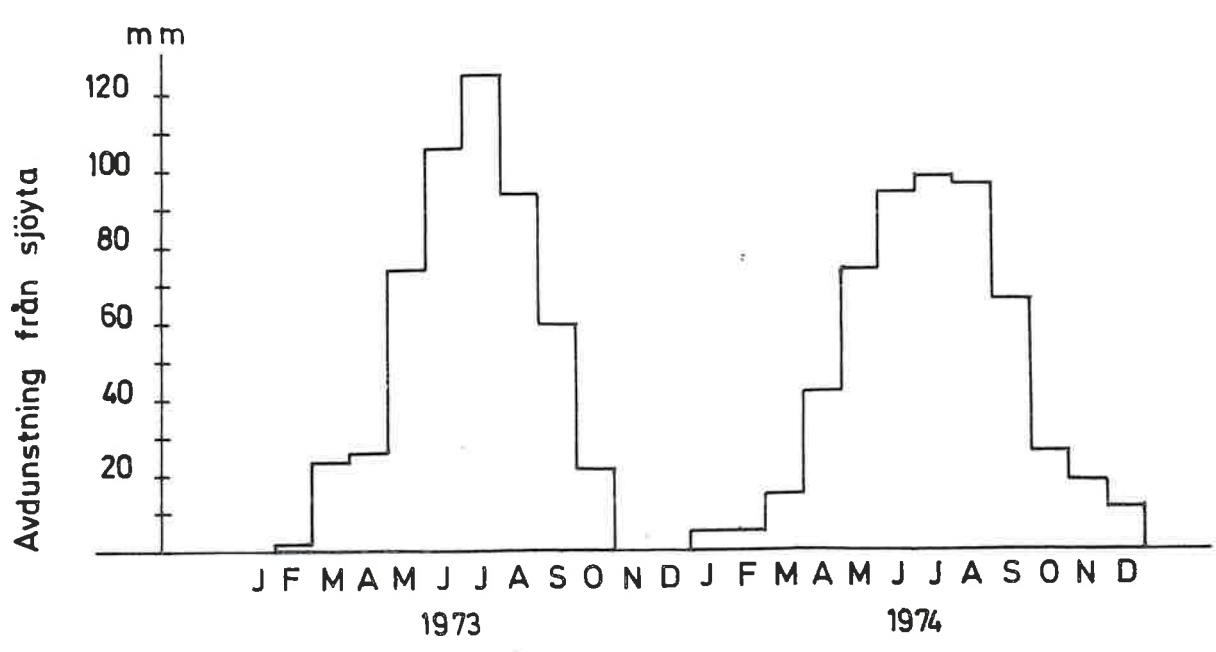
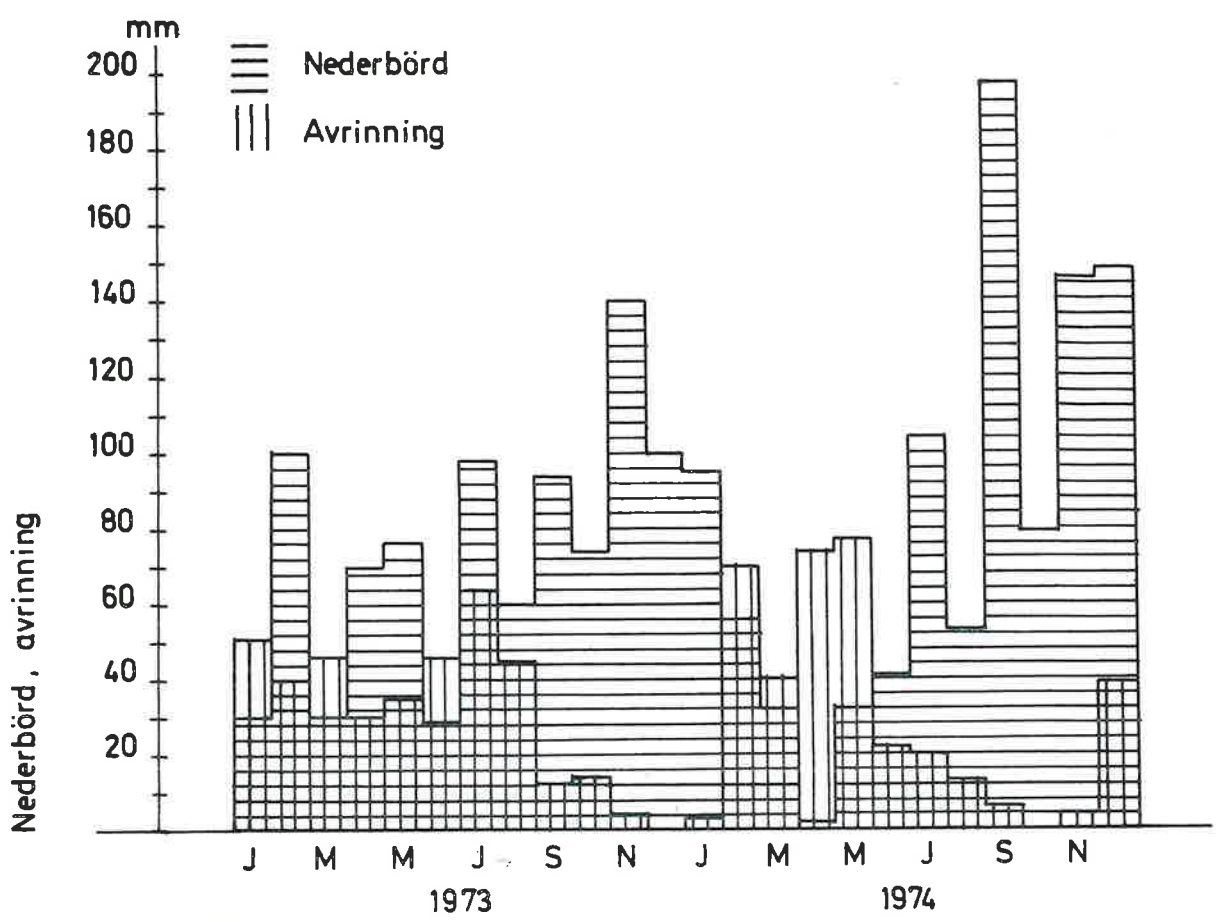


FIGUR 4:2

**VATTENSTÅNDSVARIATIONER (MÅNADSMEDELVÄRDEN)
FÖR KALVSJÖN UNDER 1972, 1973 OCH 1974**

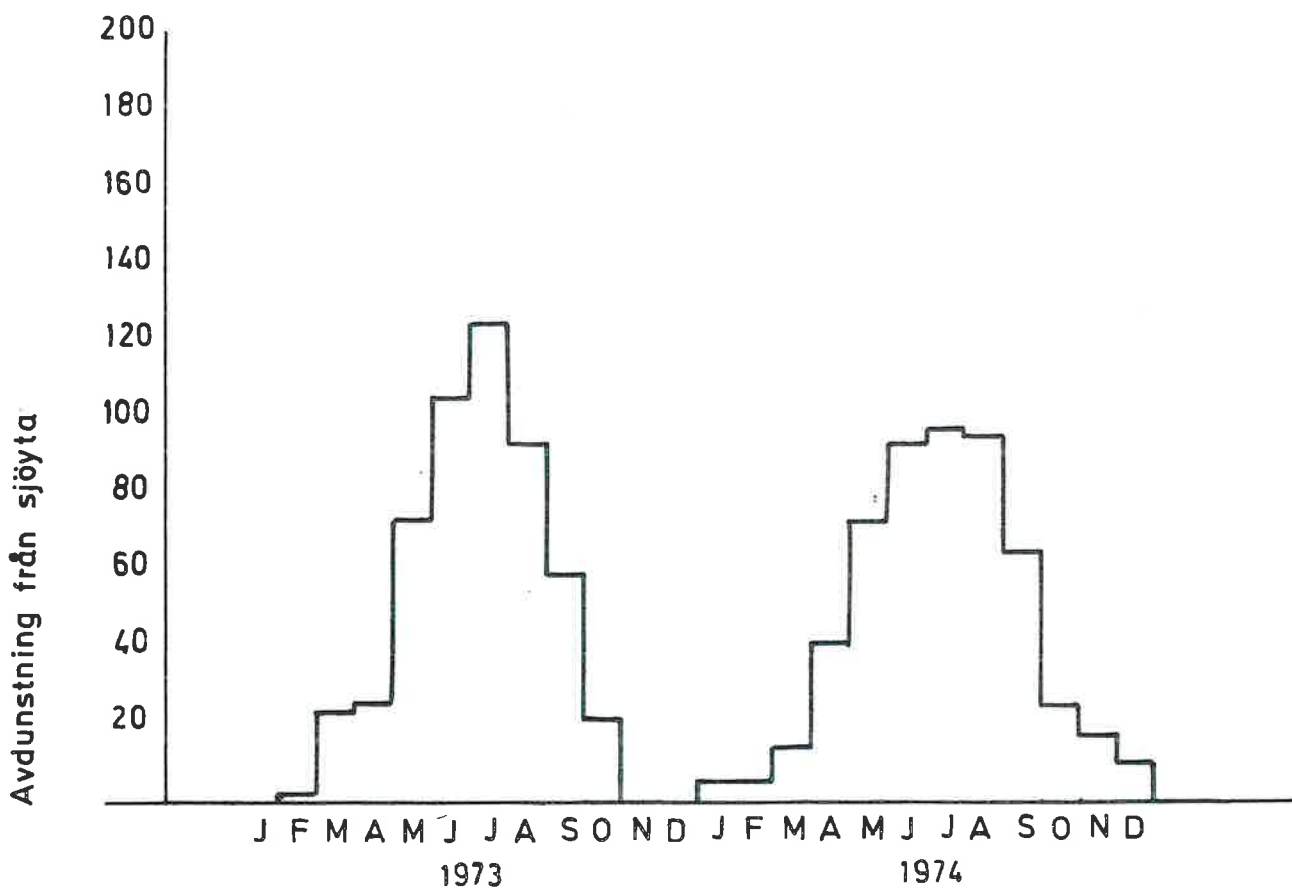
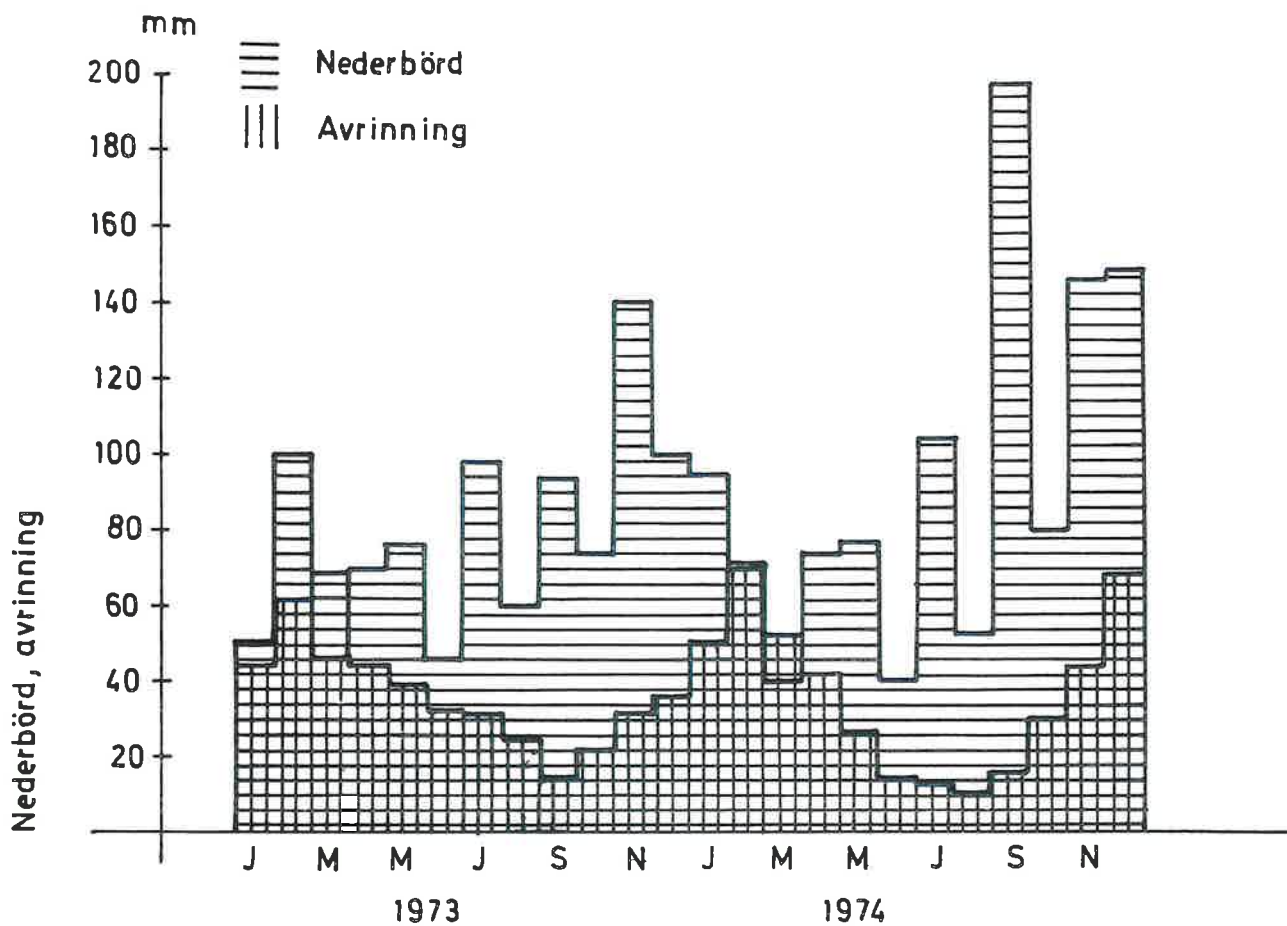


FIGUR 4:3 NEDERBÖRD, AVDUNSTNING OCH AVRINNING
FÖR FEGEN UNDER 1973 OCH 1974



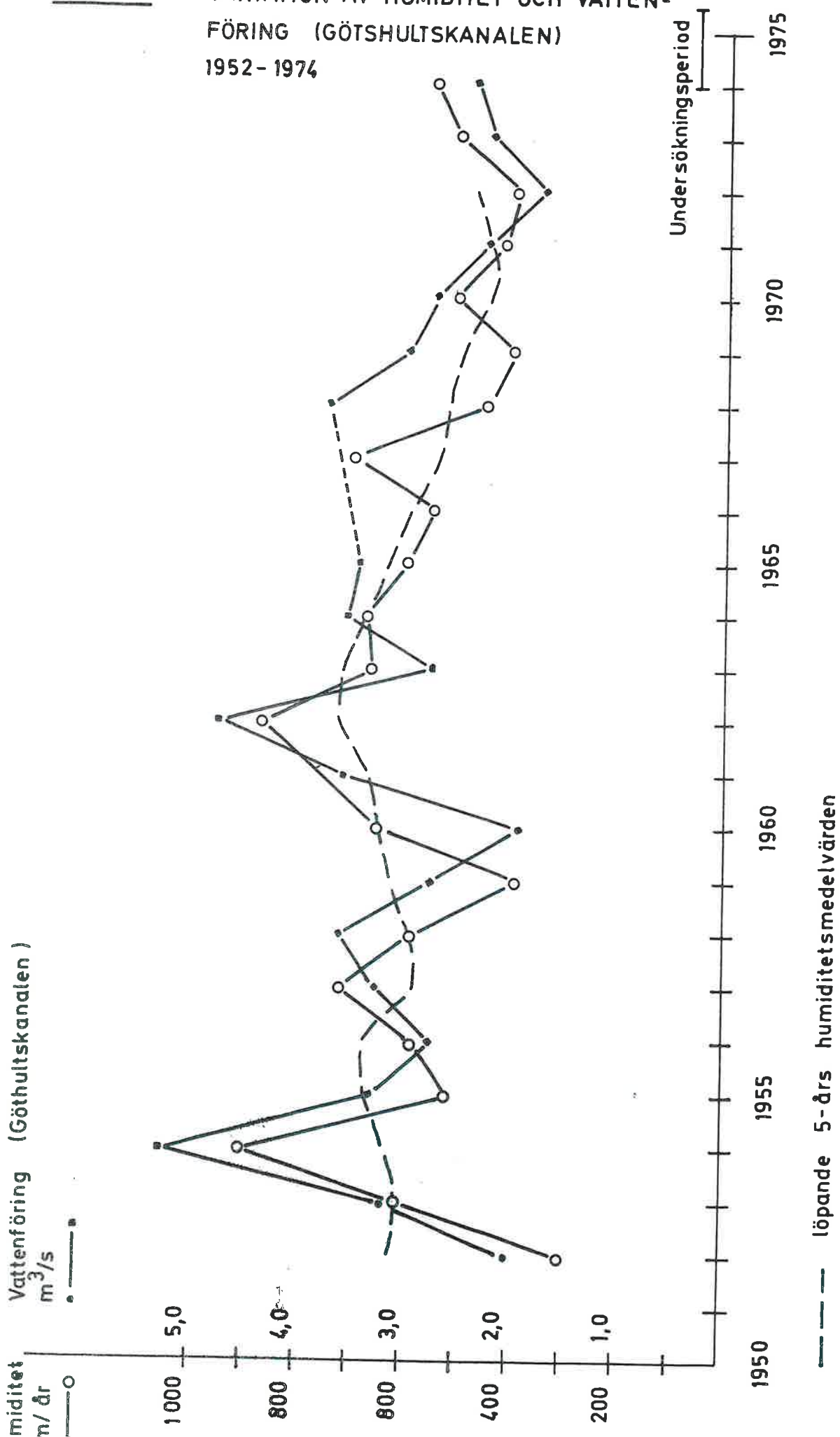
FIGUR 4:4

NEDERBÖRD, AVDUNSTNING OCH AVRINNING
FÖR KALVSJÖN UNDER 1973 OCH 1974



FIGUR 4:5

VARIATION AV HUMIDITET OCH VATTENFÖRING (GÖTSHULTSKANALEN) 1952-1974



5. VATTENKEMI

Inledning

Skillnader i vattnets trofinivå mellan olika sjöar är betingade av olika grad av närsaltbelastning, naturlig och artificiell (Vollenweider 1968, 1969). Fosfor men även kväve kan därvid betraktas som de för produktionen begränsande ämnena. Inom Fegen - Kalvsjöområdet är förhållandena fortfarande sådana, att den genom förändrat utnyttjande av respektive nederbördsområde orsakade belastningen endast utgör en mindre del av den totala. Till stor del betingas alltså belastningen till Fegen och Kalvsjön av nederbördens nuvarande och markens ursprungliga beskaffenhet. Man kan därför antaga, att den kvantitet av olika ämnen som tillföres sjöarna är proportionell mot tillrinningsområdets (A_d) och sjöytans (A_1) andel av deras respektive avrinningsområde.

I Fig 5:1 visas att vattenfärgen för Fegens och Kalvsjöns olika bassänger i mycket stor utsträckning är avhängig av förhållandet mellan deras respektive tillrinningsområde och sjöyta (A_d/A_1). Schindler (1971) beskriver för ett antal sjöar inom det s k ELA-området (Experimental Lakes Area, Northwestern Ontario) att även fosforkoncentrationen i vattnet uppvisar en liknande proportionalitet till yttre morfometriska data. Det på motsvarande sätt beräknade sambandet för Fegen och Kalvsjön framgår av Fig 5:2. I högre grad belyses dock omlandets inverkan på sjövattnet i Fig 6:5, där fosfors specifika belastning ($g P/m^2 \cdot \text{år}$) på respektive bassäng jämföres med omgivningsfaktorn ($f_u = \frac{A_d}{A_1}$).

Primärdata finns tillgängliga på Limnologiska institutionen i Lund.

Metodik

Provtagningspunkter för den vattenkemiska undersökningen framgår av Fig 3:3. Parameterintervall vid total resp partiell analysomfattning redovisas Tabell 5:1 och den använda analysmetodiken finns beskriven i Tabell 5:2.

Resultat och diskussion

I Tabell 5:3 redovisas den variation som erhållits i Fegen och Kalvsjön för ett antal vattenkemiska parametrar. Redovisningen belyser det faktum att sjöarna dels är belägna inom ett område med näringsfattiga jord- och bergarter, dels ej i någon högre grad påverkats av direkt avloppsvattenbelastning. Däremot föreligger en viss skillnad med avseende på pH mellan Hurven å ena sidan och Fegen och Kalvsjön å den andra. De lägre värdena i Hurven har, med undantag av pH, erhållits under senare delen av sommaren (augusti). De lägsta pH-värdena erhöles under vinterprovtagningen i januari 1975.

I Fig 5:3 redovisas värden på pH och specifika ledningsförmågan från början av 1970-talet. Undersökningarna har främst utförts av Statens Naturvårdsverk (Eriksson, 1971). Därtill jämföres med de av Thunmark (1937) erhållna resultaten. Den sjunkande trenden beträffande pH under vintern sedan 1970 kan bero på bl a den hydrologiska variation som förekommer under ett år men även mellan år. Ohle (1953) framhåller att fluktuationer i grundvattennivån kan påverka vätekarbonat- och sulfatkoncentrationerna i sjöar. Vid låg grundvattennivå kan luftning ske av markprofilen, varvid bl a sulfid oxideras till sulfat, som vid efterföljande regn urlakas till sjön. Förhållanden liknande dessa kan utgöra en av förklaringarna till de låga resp höga värden på pH och konduktivitet som registrerats de senaste åren.

En viss variation föreligger dock mellan Fegens och Kalvsjöns olika bassänger, vilket även framgår av Tabell 5:4.

Även om fytoplankton behöver sådana makroelement såsom magnesium, kalium svavel etc, så förekommer dessa vanligtvis i sådana koncentrationer att de ej är begränsande. Däremot kan detta ofta bli fallet med fosfor, kväve och kisel.

Säsongsvariationen av kväve, fosfor och kisel visas i Figurerna 5:4 - 5:6. Medan fosfat-fosfor-koncentrationen är mycket låg, och därmed visar ringa variation, föreligger ett motsatt förhållande för kvävet. Det föreligger

därvid skillnader i storleken av säsong-amplituden, där Norra Kalvsjön (K1), som har högre fosfor- och kväve-belastning än Sandviksbassängen (F3), uppvisar störst variation. Variationen under året kan tagas som ett mått på skillnader i bioaktivitet, men får nog främst tillskrivas dels den anomali med avseende på nederbördens fördelning som förekom under 1974, dels möjligheten att det skett en transformering av nitrat till N_2 (gasform) genom s k denitrifikation (Johnston et al, 1974). Minskningen av NO_3-N kan därför inte direkt korreleras med någon ökning av planktonbiomassan. Totalkvävet och totalfosfor variation under året bestäms till största delen genom variation av den oorganiska fraktionen. Under sommaren erhöles värden på förhållandet mellan totalkväve och totalfosfor som understeg 30, medan under övriga årstider N/P-kvoten varierade mellan 30 och 70.

Den termiska skiktningen på eftersommaren ger upphov till stora koncentrationsskillnader mellan yt- och bottenvatten. Både vid nedbrytning av organiskt material, såväl alloktont som autoktont, som vid oxidering av t ex organiska kväveföreningar till nitrat, konsumeras syre. Under sommaren 1974, men framför allt under sommaren 1975, utfördes i Sandviksbassängen (F3) speciella studier med avseende på syrekonsumtionen. Även provtagning av sediment för mätning av sedimentens näringsämnesurlakning och respiration under laboratorieförhållanden har utförts (se kapitel 14 och 15), liksom uppmätning av temperatur- och syreprofiler. I Fig 5:7 visas syretäringens förlopp under sommaren 1975 i hypolimnionvattnet. Enligt beräkningar konsumerades i genomsnitt ca 4850 kg O_2 /vecka i Sandviksbassängen eller, uttryckt per m^2 hypolimnionyta, ca 5 g O_2/m^2 .vecka. Stagnationsperiodens totala längd uppgick till ca 120 dagar.

Kiselhalten i vattnet är beroende av vittringsprocesser inom sjöarnas nederbördsområden. Redan i Fig 5:6 visades den variation som föreligger av detta ämne i Fegens och Kalvsjöns vatten under ett år. Variationen kan vara beroende av dels biologisk aktivitet (kiselalgpilankton), dels sägas vara ett mått på den hydrologiska variationen inkl vittring under året.

En helt annan ursprungskälla föreligger för klorid. Man kan i stort räkna med att all eller huvuddelen av kloriden har atmosfäriskt ursprung. För de s k makrokonstituenterna i vattnet (kalium, magnesium, natrium, kalcium, vätekarbonat, klorid och sulfat) finns följande ursprungskällor: (1) Atmosfären (nederbörden och torrt nedfall), (2) marken (urlaknings- och vittringsprocesser) och (3) olika slag av mänsklig aktivitet.

Mängden lösta makroelement utgör huvudparten av de joner som finns representerade i vattnet och representerar därför i allmänhet vattnets totalsalthalt (Rodhe, 1949). Lättast kan detta mätas genom den s k specifika ledningsförmågan ($\kappa_{20} \times 10^6$). I vissa fall kan även andra joner, exempelvis vätejoner, ge bidrag till ett vattens specifika ledningsförmåga.

Med utgångspunkt från uppgifter erhållna från ett flertal av jordens flodvatten har Clarke (1924), Rodhe (1949) och senare även Livingstone (1963) beräknat de större konstituenternas genomsnittliga koncentrationer. Rodhe (1949) benämnde denna sammansättning "standard composition", vilken utmärkes av jonordningen $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{K}$ och $\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl}$. Av Fig 5:8 framgår den för Fegen - Kalvsjöområdet aktuella jonfördelningen. Därjämte göres en regional översikt samt en jämförelse med nederbördens sammansättning. Inom området har ingen provpunkt den "normala" katjonordningen. Den dominerande jonordningen är istället $\text{Na} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{K}$. Dominerande anjonordning är $\text{Cl} > \text{SO}_4 > \text{HCO}_3$, vilken är helt omvänd den i standard composition beskrivna. Avvikelsen i kat- och anjonordningen beror främst på Fegen - Kalvsjöområdets närhet till havet.

I tabellen nedan jämföres förhållandet mellan anjonerna vätekarbonat (HCO_3) och sulfat (SO_4) och katjonerna kalcium (Ca) och natrium (Na) inom såväl det undersökta området som regionalt.

Fegen - Kalvsjöområdet		HCO_3/SO_4	Ca/Na
F6	Kvarnatorpsån	0,24	-
F9	Flybäcken	0,26	-
F3	Sandviksbassängen	0,07	0,66
F5	Södra Fegen	0,10	0,65
K5	Götshultskanalen	0,10	-
K3	Kättarpsån	0,65	-
K1	Norra Kalvsjön	0,14	0,83

Regional jämförelse

H1	Hurven	0	0,56
	Södra Bolmen (Hamrin, 1975)	0,16	0,96
	Anebodaomr. - Fiolen (Andersson, opubl.)	0,13	1,11
	Södra Skåne - Ellestasjön (Hamrin, 1970)	1,74	5,61
	Standard composition (Rodhe, 1949)	4,61	4,04

De låga värdena på den framräknade HCO_3/SO_4 -kvoten inom Fegen - Kalvsjöområdet i jämförelse med södra Skåne kan hänföras till dels områdets sura bergarter, och därmed minskad buffringsförmåga, dels nederbördens sammansättning och påverkan.

Som synes erhöles högre kvot för tillrinnande vatten än i Fegen och Kalvsjön. En urlakning sker av karbonatjoner, vilket är mest markerat för Kättarpsån. Jordbrukets påverkan kan här vara en av orsakerna. Värdet för Götshultskanalen präglas helt av förhållandena i Fegen. Det maritima inflytandet på nederbördens jonsammansättning minskar i östlig riktning, vilket framgår av förhållandet Ca/Na (Fegen : 0,66 - Fiolen : 1,11).

Tidigare har nämnts om nederbördens betydelse för tillskott av bl a jonerna natrium och klorid. Därtill har genom Ca/Na-kvoten visats, att en förändring sker i väst - östlig riktning. En viss vittring förekommer dessutom inom Fegen - Kalvsjöområdet. För att studera det terrestra systemets resp nederbördens inverkan på vattnets sammansättning av större konstituenten har M/Cl -kvoten bildats (Tabell 5:5). Genom att jämföra kvoterna i ytvattnen och i nederbörden erhålles möjlighet att uppskatta den geologiska faktorns relativa betydelse för jonsammansättningen i sjövattnet. Dock bör påpekas, att det även sker en tillförsel av salter via den s k torrdepositionen ("saltspray").

Kvoten $\text{Cl}_{\text{nb}}/\text{Cl}$ anger här att kloriden löst i nederbörden utgör drygt 1/3 av totala tillskottet. Detta stämmer väl överens med vad som anges av Eriksson (1959, 1960) och Johansson (1973). Genom att utnyttja en av Andersson (1971) beskriven metodik för beräkning av områdets aktuella "saltspray" har möjlighet givits att värdera nederbördens betydelse för Fegen och Kalvsjön. En sammanfattning av erhållna beräkningar redovisas i Tabellen nedan. Där har hänsyn tagits till dels den gradient som föreligger i nederbördens sammansättning från kustområdet (Plönninge) via Fegen - Kalvsjöområdet till inlandet (Flahult), dels den s k hydrologiska koncentreringen (förhållandet mellan nederbördens och avrinningens storlek).

	Ca	Mg	Na	K	SO_4	Cl	
Nederbörd	50	31	80	29	127	98	$\mu\text{ekv/l}$
MV 1972 - 1973							
Hydrologisk koncentrering	91	56	146	53	231	178	$\mu\text{ekv/l}$
"Saltspray"	2	5	36	2	3	64	$\mu\text{ekv/l}$
Beräknad total deposition	93	61	182	55	234	242	$\mu\text{ekv/l}$

Summan av koncentrationerna i den genom avdunstning koncentrerade nederbörden och de mängder som genom torrdeposition tillförts nederbördsområdet utgör således det totala tillskottet via atmosfären av respektive jon. Under förutsättning att all klorid är nederbördsburen kan generellt sägas, att jontillskotten från marken genom vittrings- och urlakningsprocesser saknas när M/Cl-kvoten i vattnet enligt Tabell 5:3 är lägre än motsvarande för nederbörden. Inom hela Fegen - Kalvsjöområdet sker, med avseende på såväl sjövatten som tillrinnande vatten, förutom ett tillskott via nederbörden även en förlust från det terrestriska systemet. Speciellt vad gäller Kättarpsån är förlusterna accentuerade för kalcium och sulfat. Endast med avseende på kalium föreligger en ungefärlig balans mellan vad som tillföres marken och vad som bortföres.

I tabellen nedan redovisas för respektive jon den beräknade andelen (%) av det totala tillskottet till Fegen resp Kalvsjön från omgivande tillrinningsområde. Jämförelse sker även med andra motsvarande undersökningar.

	Ca	Mg	Na	K	SO ₄	Cl
Fegen - Kalvsjöområdet						
Fegen	45	45	25	låg	10	låg
Kalvsjön	55	45	25	låg	10	låg
Anebodaområdet (Andersson, 1971)						
"Skogssjöar"	20	50	30	låg	10	låg
"Övriga sjöar"	60	65	45	55	25	30
Lake District, England						
(Gorham, 1961)	50	80	5	5	5	-

Ahl (1968) har för Malingsbo - Klotenregionen jämfört M/Cl-kvoterna i nederbörd och sjövatten och funnit en tendens till att kalcium, magnesium, kalium och sulfat kvarhålls i de terrestra ekosystemen. Inom Fegen/Kalvsjön-området tycks dock den tillförsel av joner som sker med nederbörden vara av övervägande betydelse för koncentrationerna i sjövattnen. Utan en mer ingående kännedom om bl a torrdepositionens storlek är det svårt att mera ingående beräkna den andel som binds eller urlakas i de terrestra ekosystemen. Genom Meteorologiska Institutionen, Stockholms Universitet, har överenskommelse nåtts att med början under 1976 placera en nederbördsjäkmätare inom området. En kvantitativ

mätning och en kvalitativ analys skall därvid ske av nederbörden. Därigenom erhålles en helt annan säkerhet i beräkningarna.

Tabell 5:1. Parameterval vid total resp partiell vattenkemisk analysomfattning.

1. Totalanalys

Temp	Transp.	$\text{NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N}$	K
pH	Färg	$\text{NH}_4\text{-N}$	Ca
Alk	O_2	SiO_2	Mg
μS_{20}	$\text{PO}_4\text{-P}$	Cl	Giftmetaller
Gruml.	Tot-P	SO_4	
Ljusförh.	Kj-N	Na	

2. Partiell analys

Temp	Transp.	$\text{NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N}$
pH	Färg	$\text{NH}_4\text{-N}$
Alk	O_2	SiO_2
μS_{20}	$\text{PO}_4\text{-P}$	
Gruml.	Tot-P	
Ljusförh.	Kj-N	

Tabell 5:2. Analysmetodik.

pH mättes potentiometriskt med en kombinationselektrod.

Alkaliniteten bestämdes genom titrering enligt Berger (Karlgren, 1962).

Grumligheten har bestämts med en Hach Laboratory Turbidimeter.

Vattenfärg mättes med en Hellige Aqua Tester.

Syre har analyserats enligt en modifierad Winkler-metod med azid tillsats.

Konduktivitet (specifik ledningsförmåga) har mätts med en Cambridge konduktivitets-brygga (typ Normameter) eller "Kemotron Tetramatic".

Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu och Zn har bestämts med atomabsorptions-spektrofotometer (Perkin Elmer, modell 303).

Cl analyserades med användande av Ag-AgCl- och HgSO₄-elektroder i H₂SO₄-medium.

SO₄ analyserades enligt Mackereth (1955).

Total-fosfor, fosfat-fosfor, Kjeldahl- och ammonium-, nitrit+nitrat-kväve har bestämts med Technicon Auto-Analyzer.

Kisel har bestämts med Technicon Auto-Analyzer.

Prov för bestämning av fosfor och kväve fixerades i fält med 2 ml 4 % HgCl₂/l.

Tabell 5:3. Vattenkemiska förhållanden i Fegen, Kalvsjön och Hurven; april 1974 - april 1975.

	pH	Alkalinitet $\mu\text{ekv/l}$	H_2O $\mu\text{S}_2\text{O}/\text{cm}$	$\text{PO}_4\text{-P}$ $\mu\text{g/l}$	Tot-P $\mu\text{g/l}$	$\text{NO}_3\text{-N}$ $\mu\text{g/l}$	Tot-N $\mu\text{g/l}$	SiO_2 mg/l
Fegen								
Spridning	5,55-6,92	0-40	53-74	1-15	6-45	3-162	245-586	0,66-3,84
Medelvärde	(6,27)	20	62	5	14	92	253	1,96
n	31	30	27	31	31	31	31	31
s	(0,34)	10	6	3	9	52	176	0,76
Kalvsjön								
Spridning	5,39-6,91	0-40	57-76	1-8	7-19	17-200	290-690	2,25-4,02
Medelvärde	(6,33)	25	64	4	12	135	497	3,29
n	13	13	11	13	12	13	12	13
s	(0,44)	8	6	2	4	64	126	0,61
Hurven								
Spridning	4,89-5,51	0	57-72	2-7	6-15	7-123	264-530	0,66-2,19
Medelvärde	(5,23)	0	61	5	11	79	408	1,53
n	7	7	6	6	6	6	6	6
s	(0,26)	0	6	2	4	50	100	0,60

1) n = antal prov

2) s = standardavvikelse

Tabell 5:4. Vattenkemiska förhållanden i Västra Fegen (F1), Sandviksbassängen (F3), Södra Fegen (F5) och Norra Kalvsjön (K1); april 1974 - april 1975.

	pH	Alkalinitet $\mu\text{ekv/l}$	H ₂ O $\mu\text{S}_{20}/\text{cm}$	PO ₄ -P $\mu\text{g/l}$	Tot-P $\mu\text{g/l}$	NO ₃ -N $\mu\text{g/l}$	Tot-N $\mu\text{g/l}$	SiO ₂ mg/l
F1								
Spridning	5,79-6,80	0-40	56-70	1-15	6-45	6-162	306-572	1,15-2,85
Medelvärde	(6,30)	21	61	6	17	114	421	2,21
n ¹⁾	7	6	6	7	7	7	7	7
s ²⁾	(0,40)	15	6	5	13	57	97	0,59
F3								
Spridning	5,71-6,92	0-23	56-74	2-10	8-45	4-144	279-509	0,77-2,43
Medelvärde	(6,19)	17	61	6	15	93	398	1,78
n	7	7	6	7	7	7	7	7
s	(0,40)	6	7	3	13	51	84	0,59
F5								
Spridning	5,55-6,56	0-28	53-70	3-5	8-17	3-163	287-563	0,83-2,43
Medelvärde	(6,10)	16	61	4	12	82	391	1,50
n	6	6	5	6	6	6	6	6
s	(0,32)	8	7	1	4	57	102	0,54
K1								
Spridning	5,39-6,91	0-40	57-76	1-8	8-19	26-200	290-690	2,25-4,02
Medelvärde	(6,31)	26	64	5	12	145	495	3,45
n	7	7	6	7	7	7	7	7
s	(0,53)	8	6	7	7	7	7	7

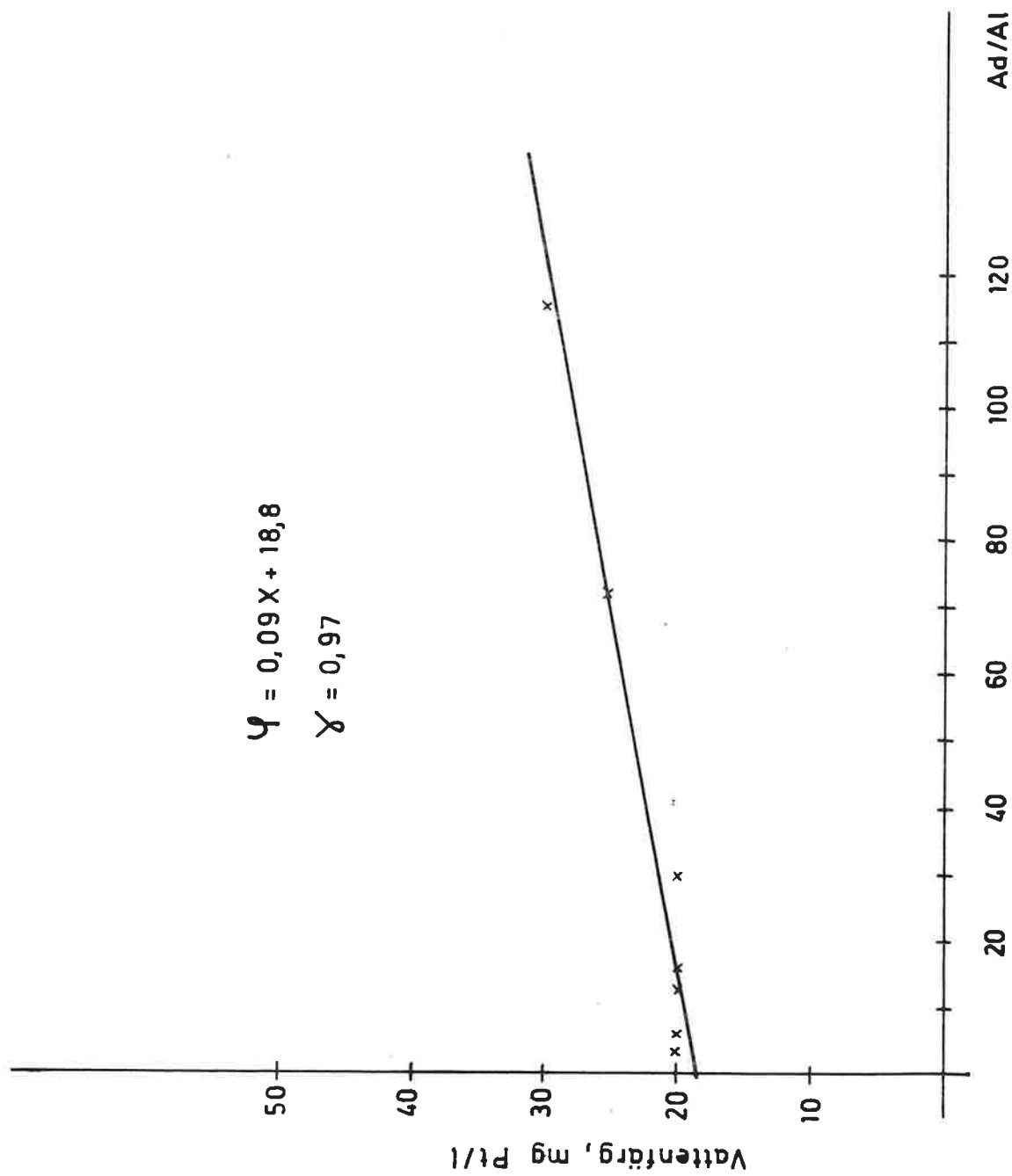
1) n = antal prov

2) s = standardavvikelse

Tabell 5:5. M/Cl-kvoter av nederbörd 1972 - 1973 och ytvatten 1974 från Fegen - Kalvsjöområdet.

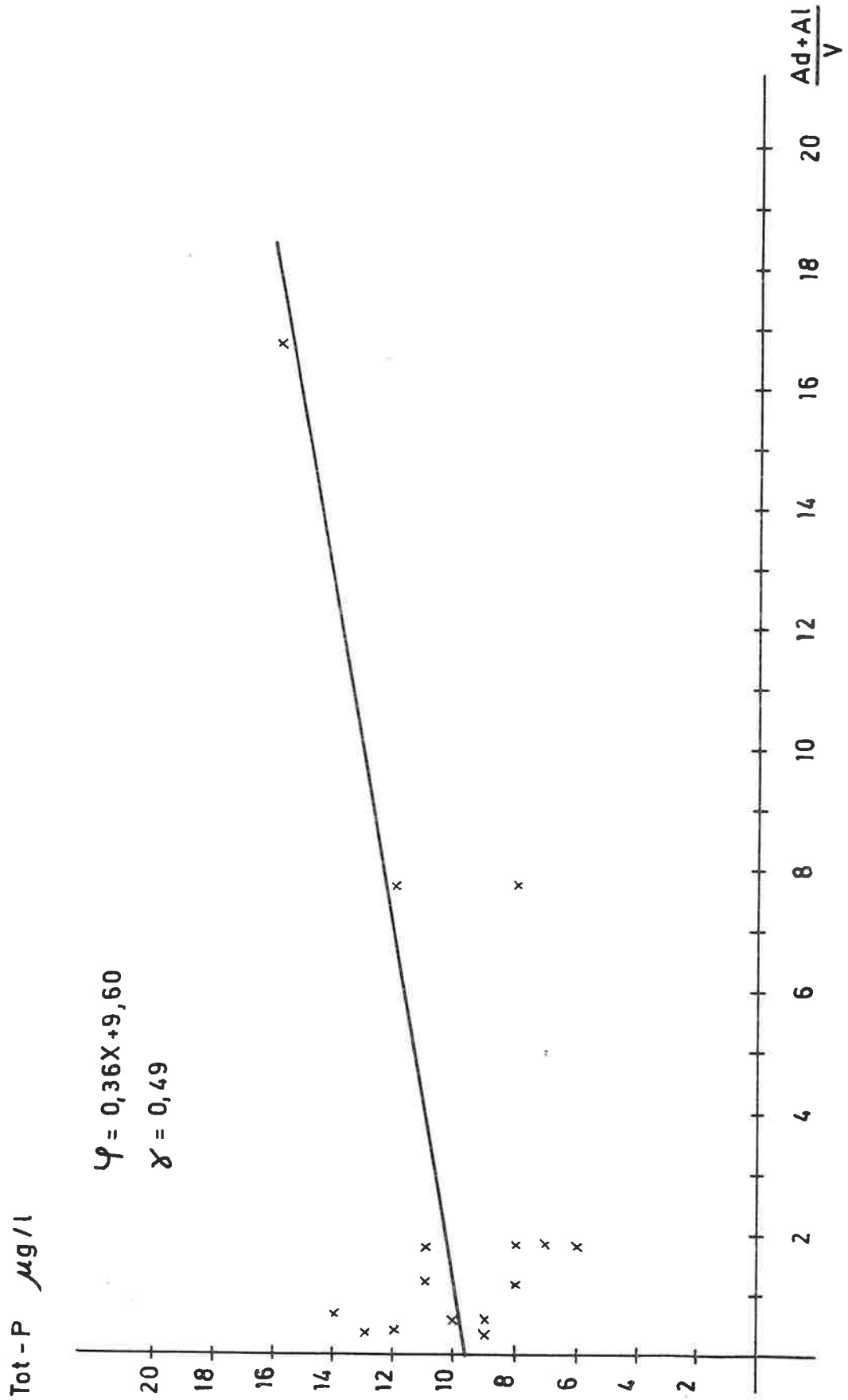
		Ca/Cl	Mg/Cl	Na/Cl	K/Cl	SO ₄ /Cl	Cl _{nb} /Cl
Nederbörd							
MV 1972 - 1973							
Total deposition		0,38	0,25	0,75	0,22	0,96	-
MV	F6	0,8	0,5	1,0	0,1	1,2	-
MV	F9	0,8	0,5	1,1	0,1	1,2	-
MV	F12	0,8	0,5	1,0	0,1	1,1	-
Aug	F3	0,7	0,5	1,0	0,1	1,1	0,39
"	F5	0,7	0,4	1,0	0,1	1,0	0,38
MV	K5	0,7	0,5	1,0	0,1	1,1	-
Aug	K1	0,8	0,5	1,0	0,1	1,2	0,39
"	K2	0,8	0,5	1,0	0,1	1,2	0,39
MV	K3	1,4	0,5	1,0	0,1	1,4	-
MV	K4	0,8	0,5	1,0	0,1	1,3	-

FIGUR 5:1 VATTENFÄRGEN I FEGEN OCH KALVSJÖN
I RELATION TILL KVOTEN Ad/AI

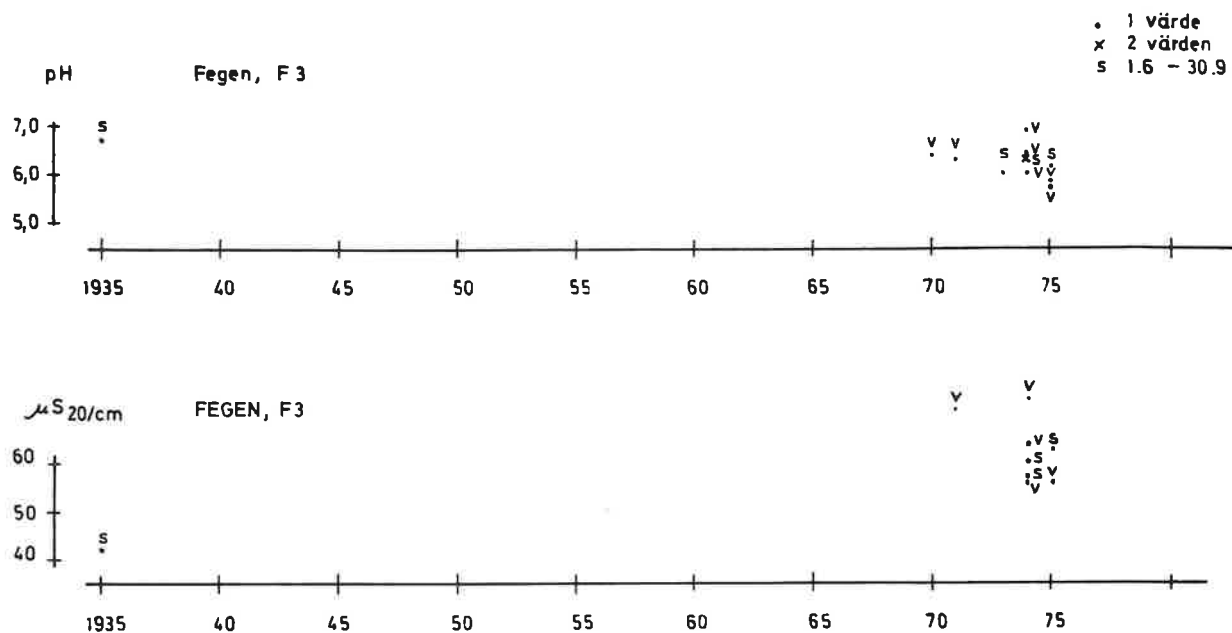


FIGUR 5:2

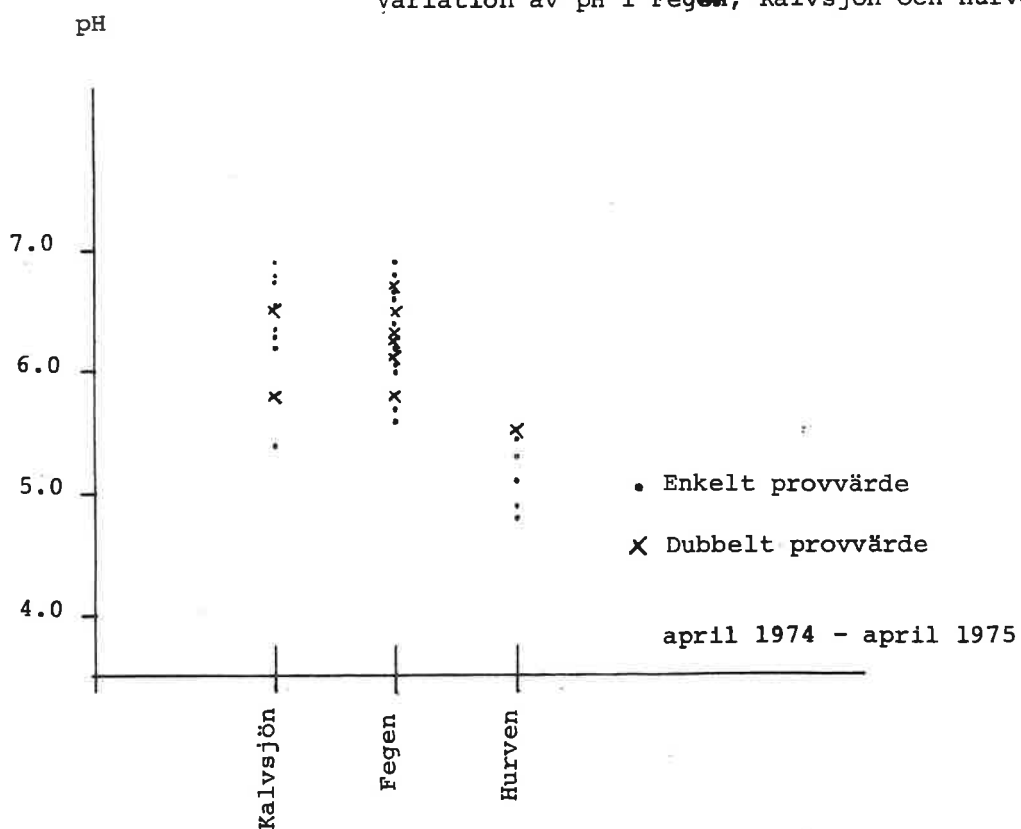
FOSFOR I FEGEN OCH KALVSJÖN I
RELATION TILL KVOTEN $\frac{Ad+Al}{V}$



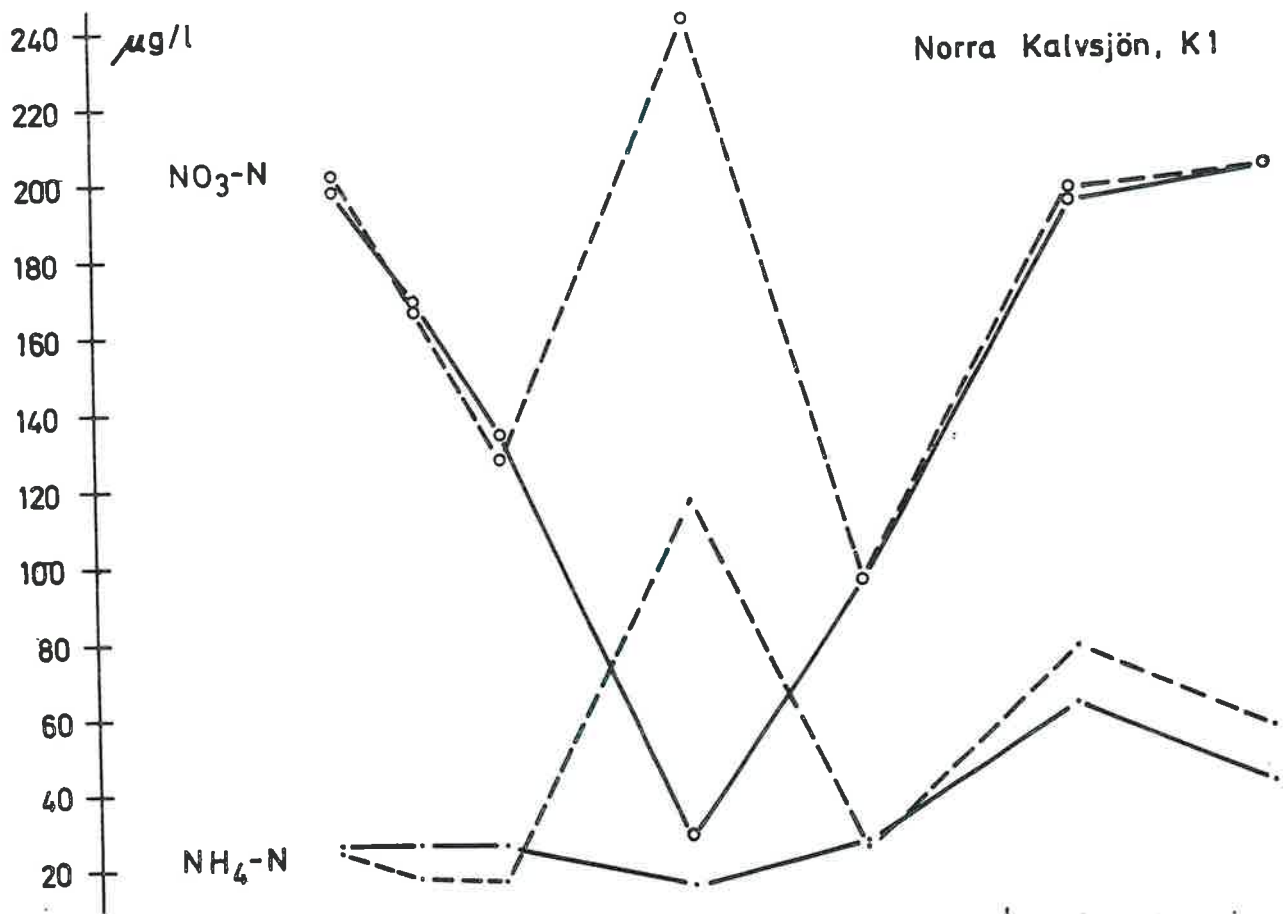
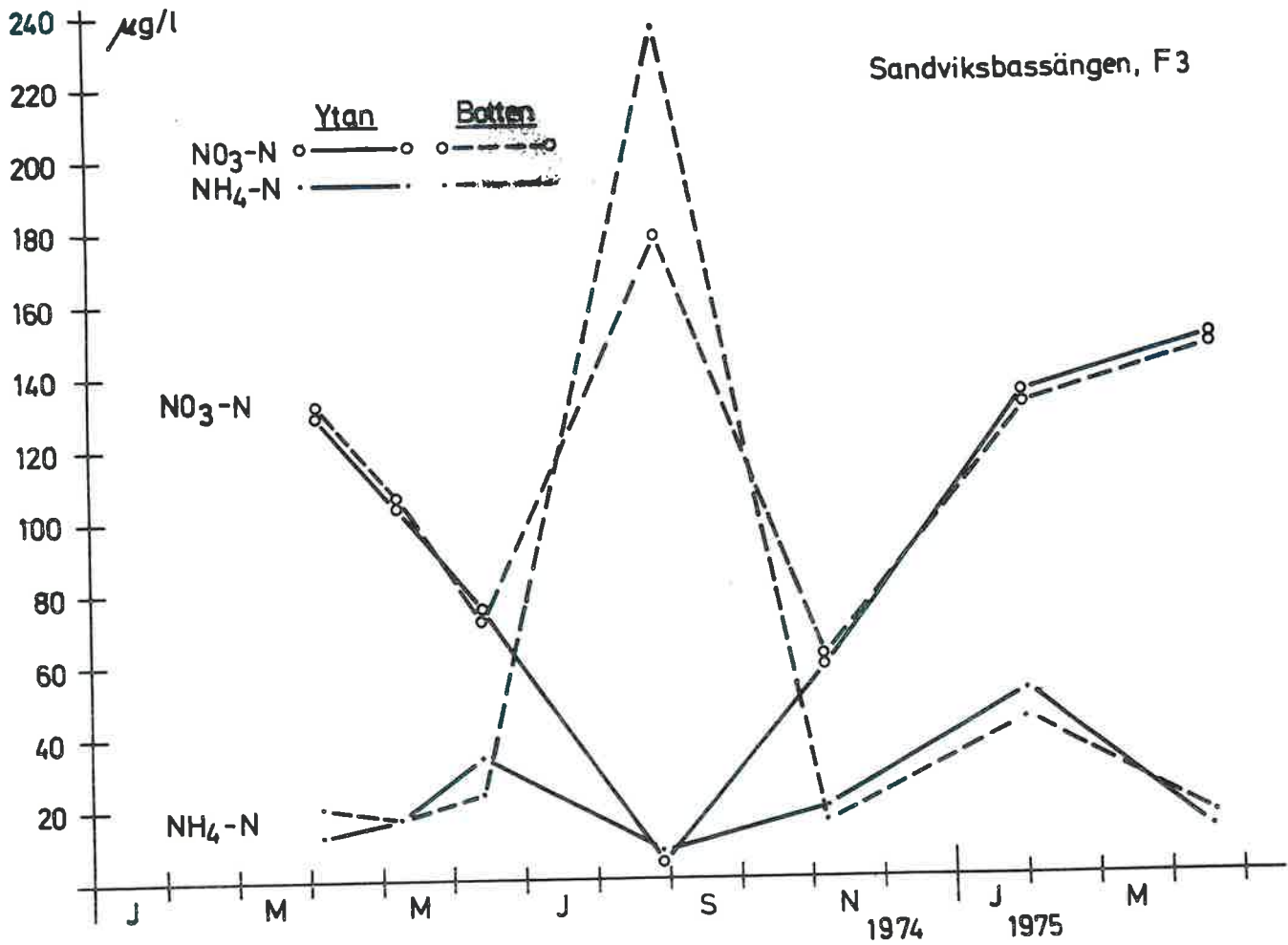
FIGUR 5:3 pH OCH SPECIFIK LEDNINGSFÖRMÅGA
I FEGEN (SANDVIKSBASSÄNGEN, F3)



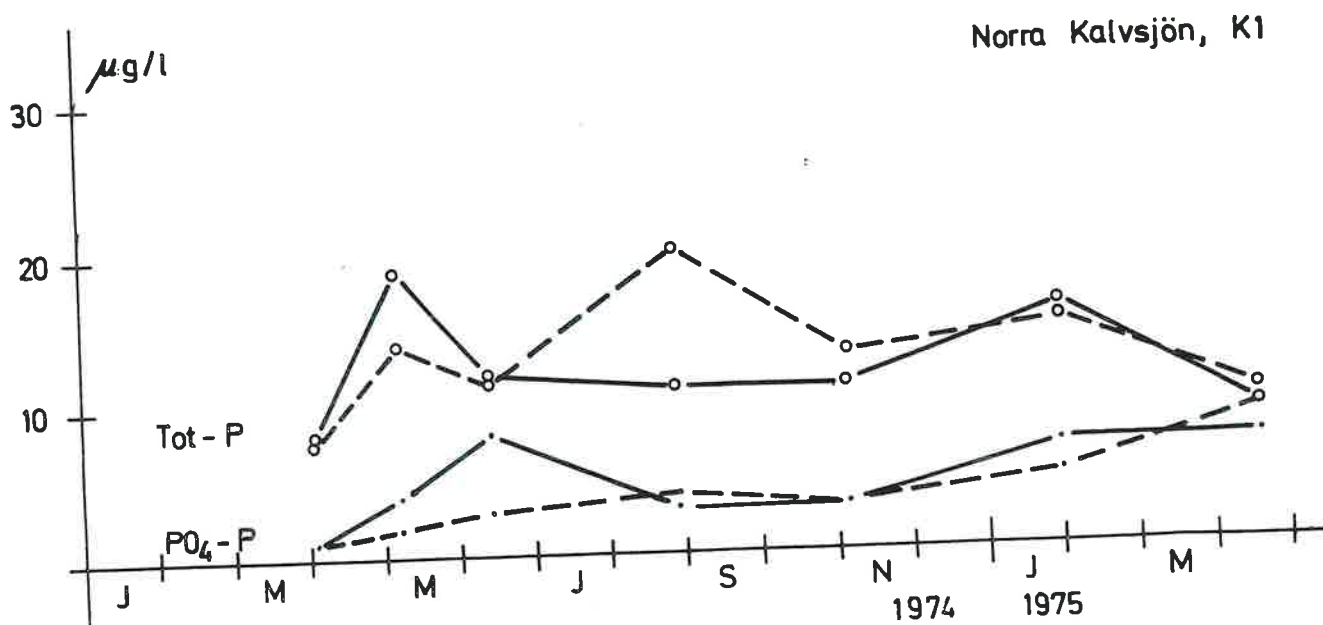
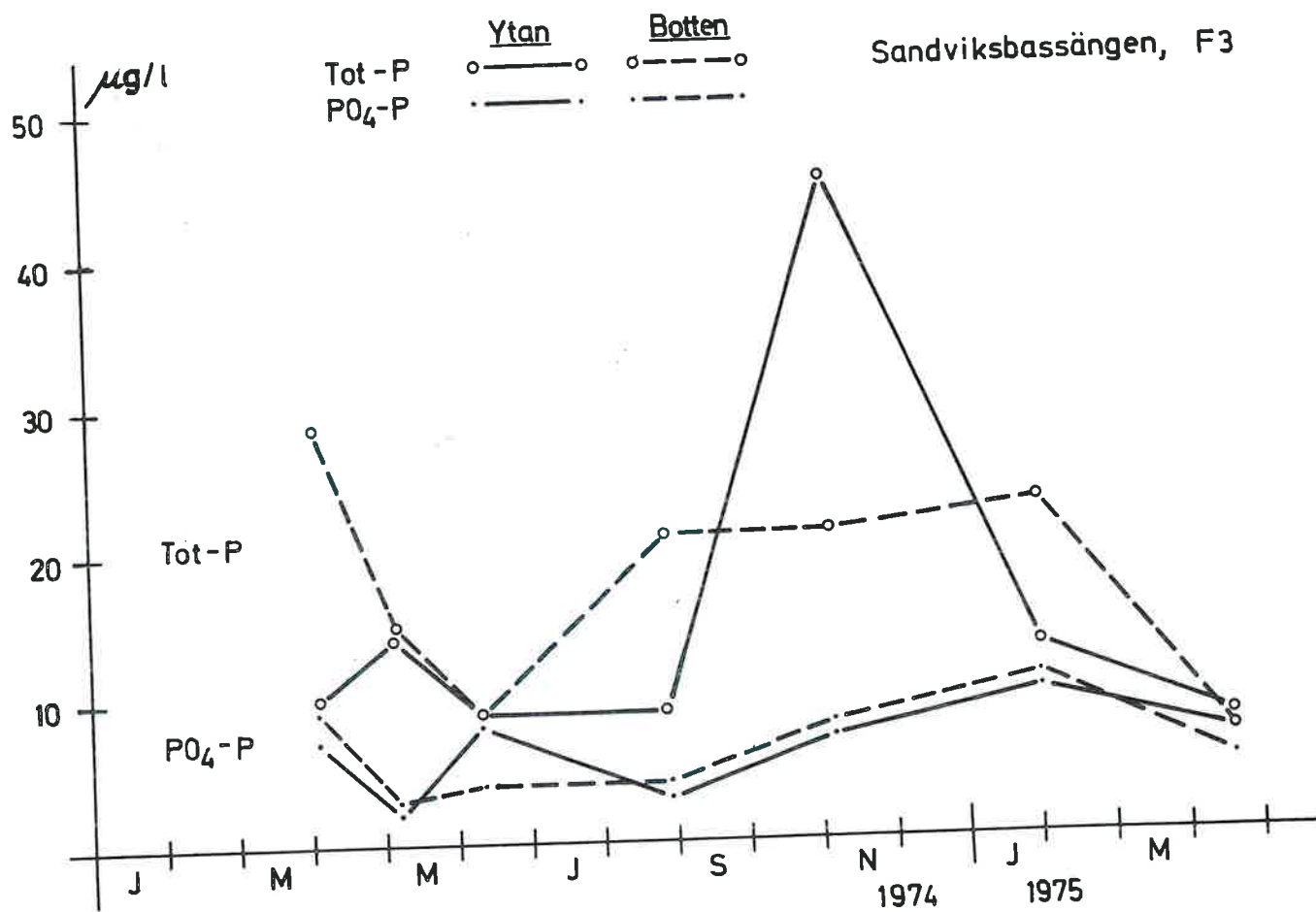
Variation av pH i Fegen, Kalvsjön och Hurven.



FIGUR 5:4 SÄSONGSVARIATION AV KVÄVE I FEGEN OCH KALVSJÖN.



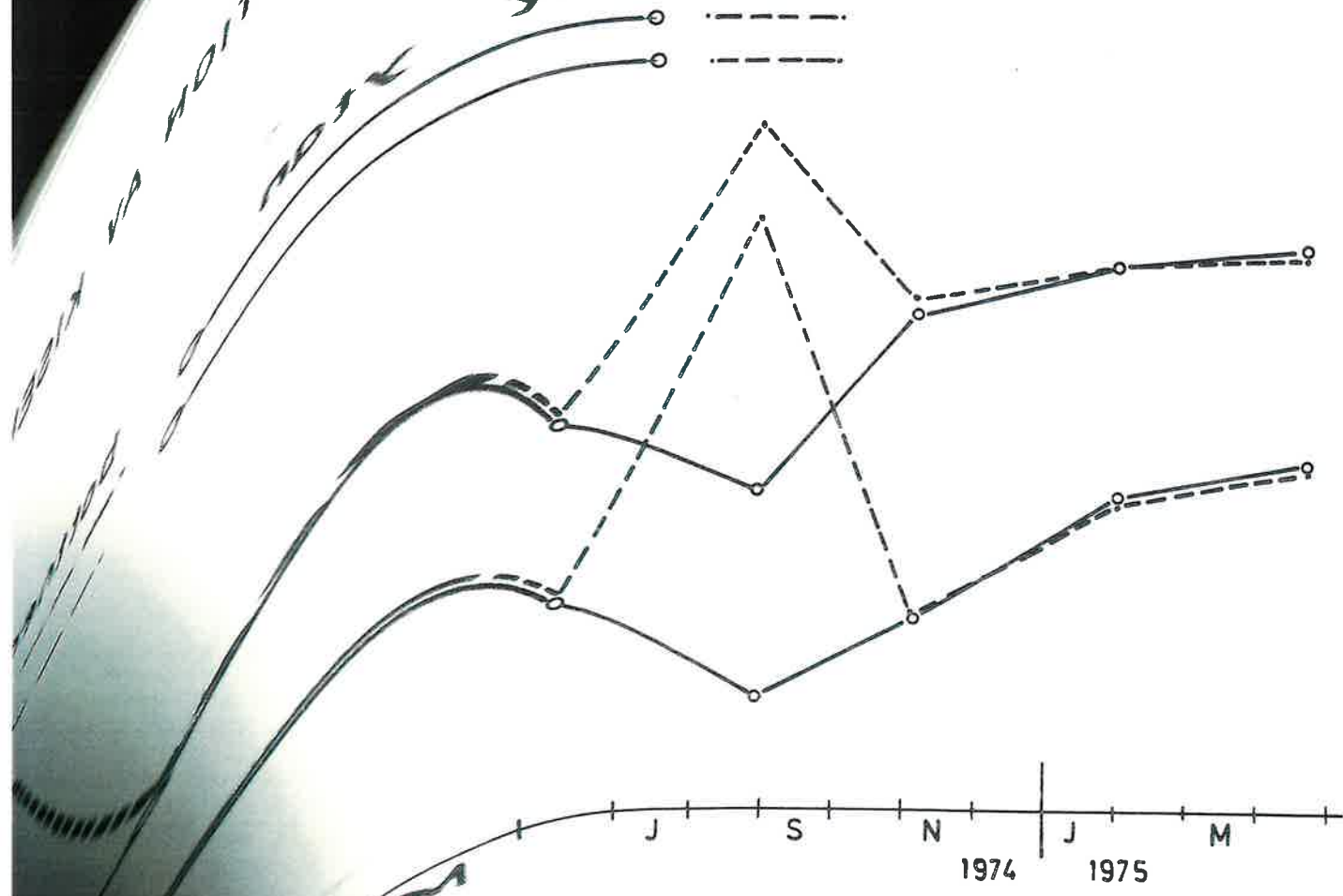
FIGUR 5:5

SÄSONGSVARIATION AV FOSFOR
I FEGEN OCH KALVSJÖN

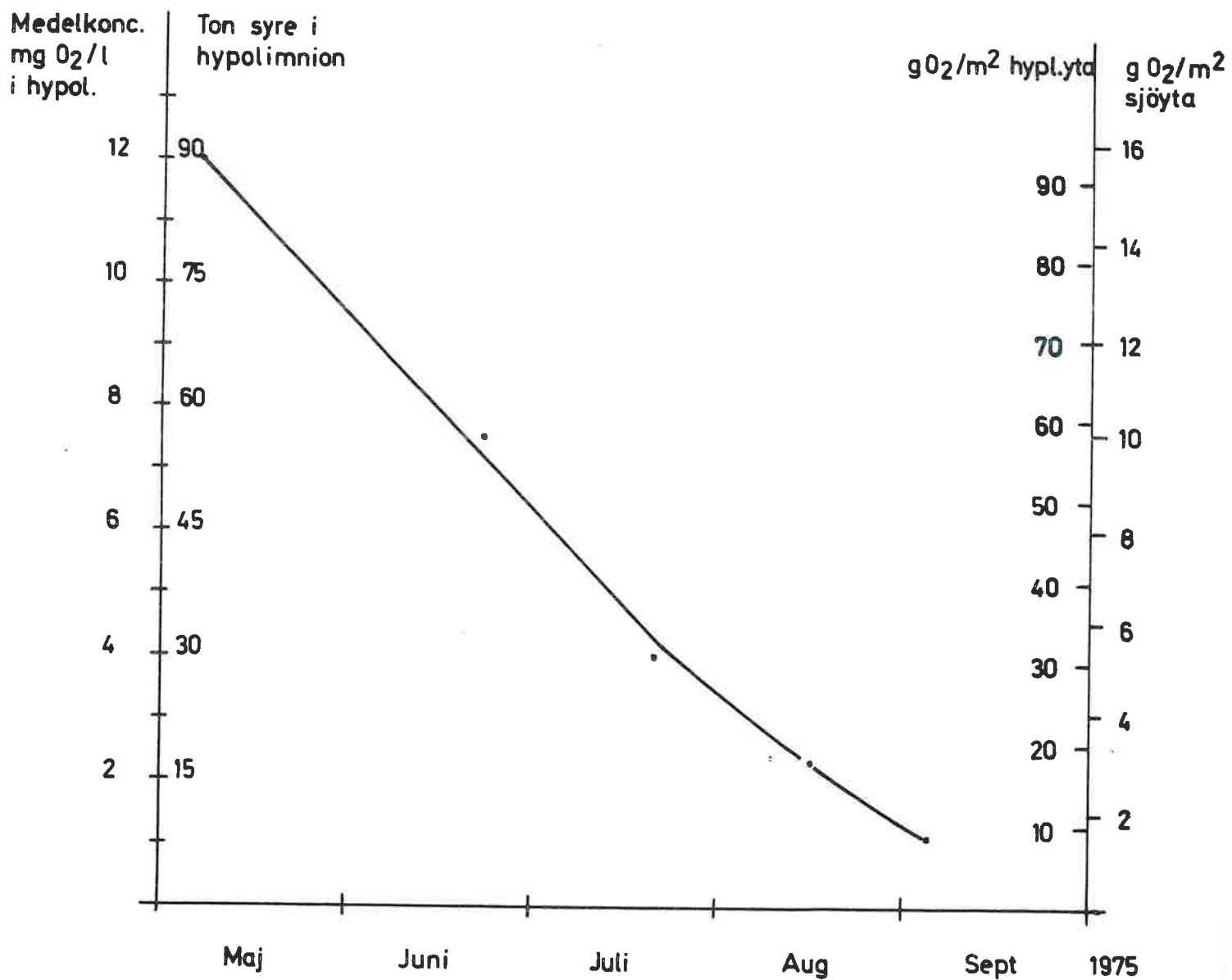
VARIATION AV KISEL I FEGEN OCH

VARIATION AV KISEL I FEGEN OCH

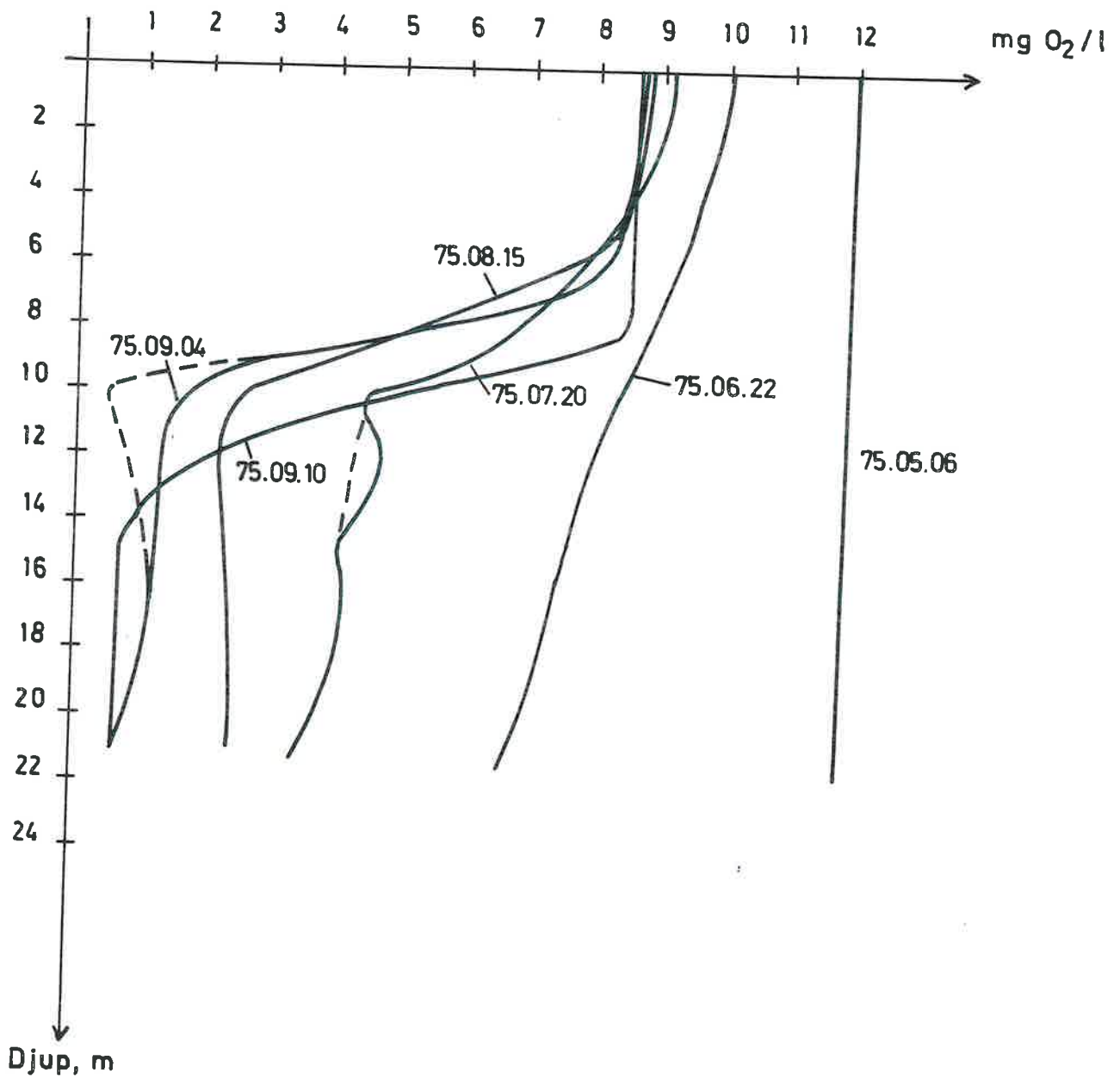
ytan botten



FIGUR 5:7a SYRETÄRING I HYPOLIMNION (SANDVIKSBAS-SÄNGEN) UNDER SOMMAREN 1975

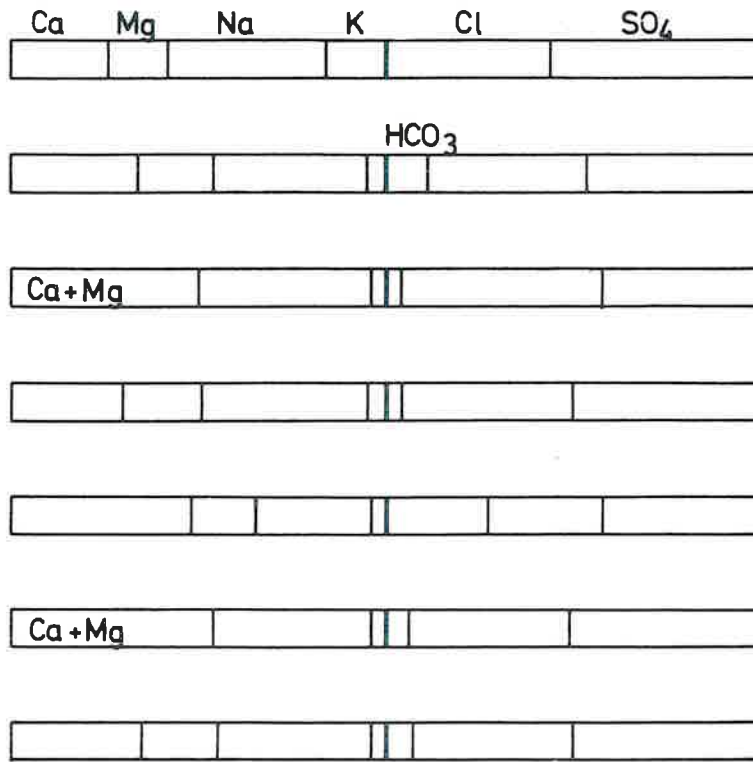


FIGUR 5:7b

SYRGASSKIKTNING I SANDVIKSBASSÄNGEN (F3)
UNDER SOMMAREN 1975

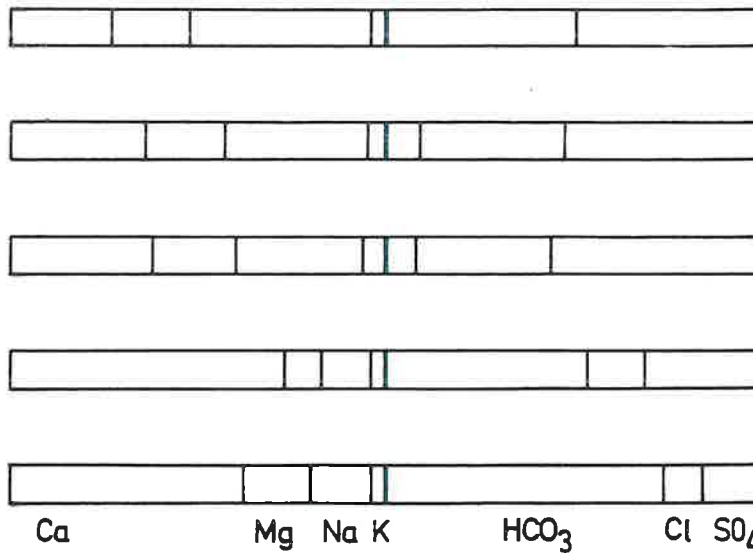
FIGUR 5:8 MAKROKONSTITUENTER (EKVIVALENT -%)

Fegen - Kalvsjönområdet



Nederbörd 1972 -1973
 Kvarnatorpsån, F6 1974
 Västra Fegen, F1¹⁾ 1971
 Sandviksbassängen, F3 1974
 Kättorpsån, K3 1974
 Norra Kalvsjön, K1¹⁾ 1971
 Norra Kalvsjön, K1 1974

Regional jämförelse



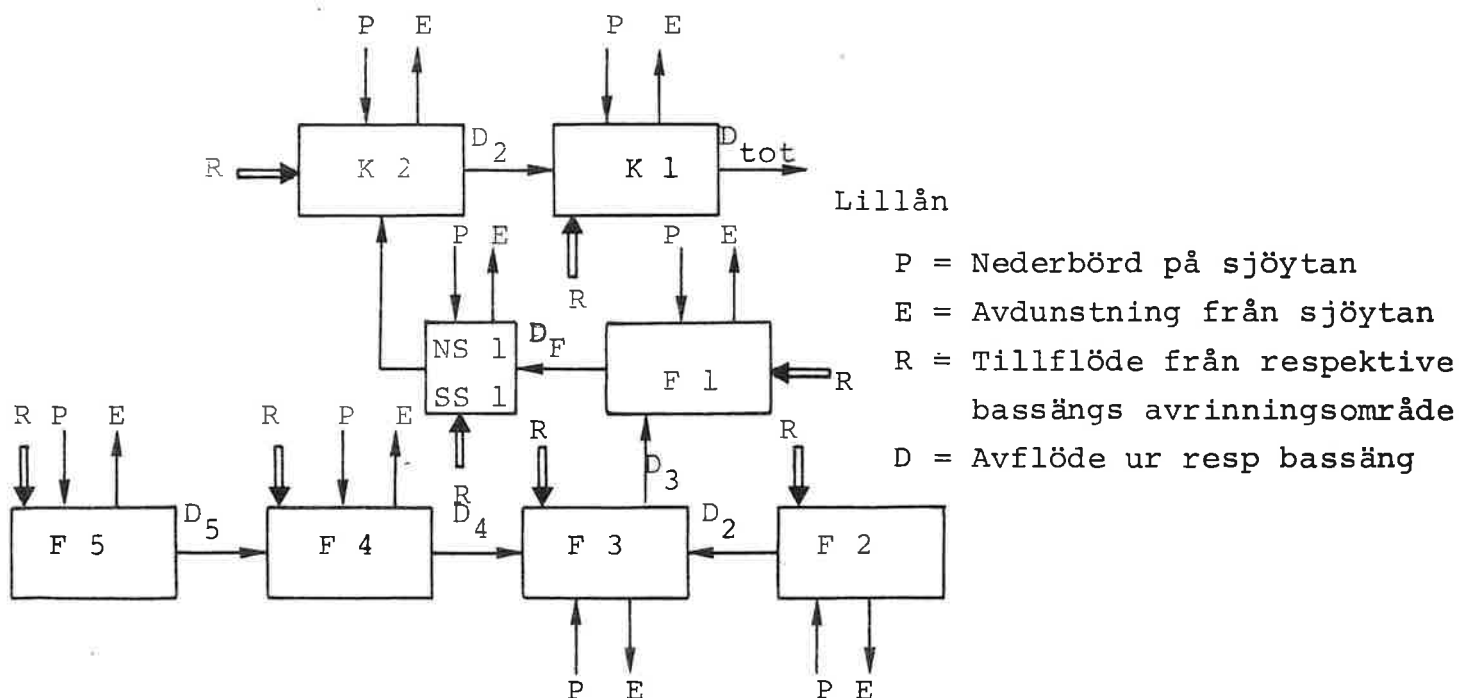
Hurven, H1 1975
 Södra Bolmen²⁾ 1974
 Anebodaomr - Fiolen³⁾ 1974
 S. Skåne - Ellestasjön⁴⁾ 1969
 'Standard composition'⁵⁾

1) Eriksson (1971)
 2) Hamrin (1975)
 3) Andersson (opubl.)
 4) Hamrin (1970)
 5) Borhe (1979)

6. BELASTNING

En vattenresursenhet kan definieras som en flods avrinningsområde eller som delar av detta genom huvudflodens uppdelning i större eller mindre tillflöden. Ett avrinningsområde avgränsas mot angränsande område genom vattendelaren.

I Fig 3:2 och 3:3 visas Fegens och Kalvsjöns nederbördsområden och deras uppdelning i mindre delnederbördsområden. Detta kan även åskådliggöras genom en förenklad modell för hela området, där varje delnederbördsområde representerar ett enhetssystem. Därvid framgår vilka faktorer som generellt tillför respektive avger vatten till och från olika områden.



All nederbörd som faller innanför vattendelaren omhändertages av de hydrologiska processerna i området och lämnar till slut detta antingen som avdunstning eller via avrinning. Därför är avrinningsområdet den naturligaste minsta undersökningsenheten, och i nära koppling till ekologiska skeenden spelar hydrologins avrinningsmoduler en grundläggande roll vid utvärdering av skilda förändringsprocesser inom området. All den hydrologiska information (kvantitativ såväl som kvalitativ) som erhålles genom mätningar inom området ifråga kan bilda underlag för ett effektivt utnyttjande av dess vattentillgångar.

Vattnet utgör i de flesta fall det transporterande mediet för såväl oorganiskt som organiskt material, vilket gör att vattnets omsättning och fördelning inom ett avrinningsområde är nära sammankopplad med både hydrokemiska och hydrobiologiska förhållanden. Naumann (1932) ansåg på ett tidigt stadium omlandets karaktär som väsentlig för förståelsen av sjöars naturliga påverkan. Områdets geologiska och pedologiska egenskaper (s k edafiska faktorer) utgör därför viktiga basfakta som bestämmer naturvattnets kemiska sammansättning. Därtill inverkar nederbördens beskaffenhet, vilken för många sjöar ur försumningssynpunkt utgör en viktig faktor (Odén, 1968).

Av stor principiell betydelse är förståelsen av, att olika slag av markanvändning - d v s mänsklig påverkan av det terrestra ekosystemet - innebär förändring av faktorer eller processer vilka även påverkar vattensystemet. Normalt påverkas ett och samma avrinningsområde på flera olika sätt. Jord- och skogsbruk innebär att områdets naturliga vegetationsfördelning förändras. Urbanisering medför i stor utsträckning hårdgöring av ytor, ändring av dräneringsförhållanden, sänkning av grundvattnet etc. Det integrerade svaret på alla de förändringar och processer som på något sätt påverkar vattnets kvalitet och kvantitet, erhålles därför genom att utnyttja avrinningsmodulen som den lämpliga undersökningsenheten.

Förenklat kan förekomsten av näringsämnen inom ett terrestriskt ekosystem beskrivas som cirkulerande mellan ett antal "förråd" (pooler). Dessa förråd utgöres av (1) atmosfären, (2) en pool av växttillgängliga näringsämnen i marken, (3) organiskt bundet material och (4) mineral och jordpartiklar. Tillskottet av näringsämnen i växttillgänglig form sker i naturen främst genom vittring.

I huvudsak är cirkulationen av näringsämnen inom ett system direkt beroende av den hydrologiska cykeln. Tillförsel och bortförsel av näringsämnen kan

direkt relateras till kvantiteten vatten som tillföres eller avrinner från systemet.

Små nederbördsområden, med möjlighet att registrera hydrologiska parametrar såväl som tillförsel och bortförsel av kemiska ämnen, är mycket lämpliga för studier av ekologiska samband. Ett nederbördsområde kan definieras som ett väl avgränsat ekosystem där den geografiska avgränsningen utgöres av vattendelaren. Området ifråga kan därför användas för skilda slag av experiment med målsättning att registrera denna effekt på skilda näringsämnen. Experimenten kan innebära studium av effekten beträffande skogsavverkning, skogsbrand, skogsgödsling, markbearbetning av skilda slag, byggnation etc. En av de viktigaste uppgifterna vid dessa studier är att så noggrant som möjligt, kvantitativt söka korrelera varierande mänskliga ingrepp med förluster av näringsämnen från systemet. Som tidigare påpekats, utgör dessa förluster, orsakade av mänskliga aktiviteter, i många fall en av de största belastningstillskotten till sjöar. Ingreppets omfattning och intensitet satt i relation till totala ytan av nederbördsområdet påverkar i hög grad den totala mängd av skilda näringsämnen som avges. I Fig 6:1 åskådliggöres detta för skilda delnederbördsområden inom Fegen- Kalvsjöområdet. Dillon and Kirchner (1975) fann också att fosfortransporten från olika nederbördsområden direkt är relaterad till respektive områdes landanvändning och geologiska egenskaper.

En sammanställning av data angående transport av näringsämnen från skilda områden redovisas även i Tabellarna 6:1-6:5. Av tabellerna framgår den beräknade totala fosfor- och kvävetransporten för 9 delnederbördsområden med beskrivning av deras geologi, landanvändning, procentuell fördelning av åker, skog, myr, sjö etc.

I alla de undersökta nederbördsområdena utgör den erhållna belastningen det totala "svaret" på samtliga aktiviteter, både naturliga och av människan initierade. I Fig 6:2 och 6:3 redovisas den specifika arealförlusten för fosfor och kväve i relation till andelen sjö-% resp skogsmark inom olika områden. Därvid framgår, att inom dessa relativt begränsade områden andelen sjöyta och skogsmark har ringa betydelse för variationen av arealförlusterna mellan respektive områden. Av större betydelse är däremot förändringen av områdets kvalitet med avseende på sådana faktorer som dränering av myrar, vägbyggande, skogsavverkning etc.

Som ett medelvärde för Fegen - Kalvsjöområdet erhöles arealförluster på

ca 90 g P/ha.år och 2400 g N/ha.år. Vissa avvikelser finns dock, varvid arealförlusterna är större än väntat. En direkt relation finns här mellan storleken av fosfors och kvävet arealförlust och av människan orsakade störningar i det terrestra ekosystemet.

För jämförelsens skull har även den arealmässiga belastningen via nederbörd inlagts, både den ursprungliga (före 1900-talets början) och den nuvarande bakgrundsbelastningen. Samtliga referensvärden är hämtade ur Ahl och Odén's uppsats Närsaltkällor - en översikt (1974).

Den redovisade sammanställningen ger möjlighet att uppskatta den ökade arealförlusten, erhållen som differens mellan de av människan direkt påverkade och de för området för närvarande "normala" arealförlusterna. Ur prognossynpunkt är detta mycket värdefullt. En ökad belastning av fosfor och kväve till Fegen eller Kalvsjön via avloppsvatten, behandlat eller obehandlat, är relativt enkelt att kvantifiera. Svårare att kvantifiera, men därför inte mindre viktigt, är den belastning, som kan åstadkommas genom all övrig mänsklig aktivitet inom nederbördsområdet. Inom Fegen - Kalvsjöområdet kan exempelvis förväntas en ökning av arealförlusterna av fosfor och kväve på minst 80 resp 2000 g/ha.år.

Fegen - Kalvsjöområdet i sin helhet är främst skogsbevuxet. Drygt 60 % av nederbördsområdet består nämligen av skog. Det är därför naturligt att vänta sig att de erhållna arealförlusterna skall ligga i nivå med arealförluster inom skogsområden. I Fig 6:4 åskådliggöres detta. Som jämförelse är även markerat arealförluster erhållna från åkermark i Skåne och Mälardalen.

Den belastning som naturligt föreligger av såväl fosfor som kväve på en sjö från dess omland, påverkas enligt Klingebiel (1973) av främst (1) klimat, särskilt nederbördsintensitet och kvantitet, samt den tidpunkt under året då nederbörden faller, (2) jordartstyp, (3) markens lutning och (4) vegetationens utbredning och täthet. Avrinningsområdets storlek (A_d) i förhållande till sjöytan (A_1) har av Ohle (1965) framtagits som en viktig faktor, omgivningsfaktorn $f_u = \frac{A_d}{A_1}$, användbar vid bedömning av den naturligt betingade primärproduktionen i en sjö. Omgivningsfaktorn summerar på ett enkelt sätt, vid en regional jämförelse, de ovan beskrivna faktorernas inverkan på vattenbeskaffenheten. Det har visat sig, att det finns en stark korrelation mellan relationen tillrinningsområdets areal/sjöyta (f_u) och primärproduktionen; litet relationstal - liten

primärproduktion; stort relationstal - stor primärproduktion. Eftersom primärproduktions storlek oftast bestäms av tillgång på fosfor, kan därför förväntas ett nära samband mellan fosforbelastningen, här uttryckt som specifik belastning ($\text{g/m}^2 \cdot \text{år}$), och omgivningsfaktorn (f_u). Detta gäller i stort även för Fegen och Kalvsjön med dess respektive bassänger. I Fig 6:5 visas detta samband. Man måste här hålla i minnet, att belastningen på de enskilda bassängerna även inkluderar transporten från närliggande delområden.

För att jämföra erhållna data från Fegen - Kalvsjöområdet har i Tabell 6:6 en litteratursammanställning gjorts över aktuella studier av fosfor- och kväveförluster från skilda slag av landområden.

Den kvantitet växtnäringsämnen som tillföres Fegen och Kalvsjön är också en funktion av befolkningstäthet, industrityp, typ av behandlingssystem för avloppsvatten, fördelning mellan skog, åker och övrig mark inkl sjöar, gödlingsintensitet etc inom respektive avrinningsområde. Att enkelt särskilja respektive belastningskällors andel av den totala belastningen är mycket svårt. I sin beskrivning av Mälarens belastning och vattenkvalitet har Ahl (1973) separerat belastningen i fyra olika belastningskällor: (1) bakgrund, (2) kommunala utsläpp, (3) industriella utsläpp och (4) utsläpp från jordbruksområden. Vollenweider (1968) däremot, föredrar en uppdelning i (1) diffusa källor och (2) punktkällor framför en uppdelning i naturliga källor respektive källor, som kan hänföras till människans olika aktiviteter enligt ovan. Beräkning av storleken av den naturliga närsaltbelastningen till akvatiska ekosystem måste anses vara mycket viktigt. Människans direkta roll i eutrofieringsprocessen blir därigenom möjlig att bestämma.

De belastningskällor för fosfor och kväve som kan anses gälla för Fegen och Kalvsjön framgår av Tabell 6:7. Av praktiska skäl har materialet enligt ovan ej kunnat behandlas för en fullständig uppdelning i naturliga respektive av människan initierade källor. N_2 -fixering och grundvattentillflöde har enbart medtagits i tabellen för fullständighetens skull. Några kvantitativa mått på tillskott genom dessa källor har ej kunnat erhållas. Ett inte alltför felaktigt antagande är dock, att dessa nu är av mindre betydelse i jämförelse med övriga beräknade belastningskällor.

Fosfor- och kvävetransporten från Fegens och Kalvsjöns närområden har beräknats genom att multiplicera årsmedelkoncentrationen med den för 1974

framräknade specifika arealavrinningen (15 l/s.km^2). Undersökningarna i tillflödena (Tabell 6:1 - 6:5) täcker följande andel av respektive delområdes areal (exkl bassängareal):

Delområde	Täckningsgrad (%)	Övrigt (%)
F1	91	9
F2	77	23
F3	25	75
F4	64	36
F5	-	100
Fegen	73	27
K1	98	2
K2	92	8
Kalvsjön	98	2

Totalt har sålunda drygt 70 % och 95 % av den totala landytan inom Fegens och Kalvsjöns nederbördsområden direkt undersökts.

Totala årstransporten av fosfor och kväve mellan Fegens och Kalvsjöns olika bassänger har beräknats genom att multiplicera årsmedelkoncentrationen i varje bassäng med specifika arealavrinningen för hela ytan uppströms varje beräkningspunkt.

Det tillskott av kväve som tillförts via nederbörden direkt på sjöytan har bestämts med hjälp av det datamaterial som finns tillgängligt på Meteorologiska Institutionen vid Stockholms Universitet. I ett europeiskt samarbete sker där sammanställningar av nederbördskemiska analyser. Den för Fegen - Kalvsjönområdet aktuella nederbördskemiska stationen är Nr 21 Flahult. Datamaterialet hänför sig till år 1973. Uppgifter om fosfortillskott via nederbörden har hämtats ur Ahl och Odén (1974).

Förutom olika prognostiserade belastningsnivåer för skilda exploateringsalternativ finns i Tabellerna 6:8 - 6:15 framräknat en bakgrundsbelastning för sjöarna och en nuvarande, för 1974 aktuell belastning. Den för sjöarna beräknade bakgrundsbelastningen hänför sig till förhållanden kännetecknade av mycket obetydlig mänsklig påverkan inom området. Den nuvarande fosfor- och

kväve-belastningen är, som tidigare nämnts, beräknad genom direkta mätdata erhållna under undersökningsperioden april 1974 - april 1975, och utgör därför en summering av aktuell bakgrundsbelastning och total mänsklig påverkan inom området. Den på så sätt ökade belastningen var fram till 1974 för Fegen ca 55 % med avseende på fosfor och nästan 60 % för kväve. För Kalvsjön utgör motsvarande värden 38 % resp 45 %.

De olika närsalttillskottens procentuella andel i olika delområdets belastning under 1974 för Fegen och Kalvsjön framgår av Tabellerna 6:10, 6:11, 6:14 och 6:15. Fosfordepositionen via nederbörd utgör för Fegen totalt 21 %. Nederbördens fosforandel varierar mellan de olika delbassängerna, beroende på de andra belastningskällornas olika betydelse för skilda delar av sjön. För Södra Fegen (F5) och Finnanäsbäckenet (F4) har nederbörden en stor betydelse som fosforkälla. Denna relativa proportion kommer därtill för Södra Fegens del att öka i takt med att det nya 3-stegs behandlingsverket för Fegens samhälle börjar fungera tillfredsställande. För Västra Fegen (F1) utgör nederbördens andel en mycket ringa del, föranlett av att Fegens avflöde är beläget i södra delen av denna bassäng. Detta medför att Västra Fegen i jämförelse med övriga bassänger är den som belastas mest genom sjöns interna vatten-transport.

Bidraget av kväve via nederbörd direkt på sjöytan är för hela Fegen drygt 30 %. Även för kväve gäller att Västra Fegen (F1) belastas minst genom nederbörden. Eftersom endast en liten kvävereduktion sker vid även bra fungerande behandlingsverk, sker för Södra Fegens del (F5) ingen förändring av avloppsvattnets kvävebelastning vid idrifttagandet av behandlingsverket.

Tillförseln av kväve och fosfor har under 1974 uppgått till 62.600 kg respektive 2.300 kg (Tabell 6:8). Totaltransporten fördelar sig på de olika delbassängerna enligt den sammanställning som skett i Tabell 6:9. Om man bortser från den interna transport, som sker mellan de olika bassängerna, tillföres ca 36 % av Fegens totala fosforbelastning till Västra Fegen (F1), medan endast 11 - 13 % belastar Sandviks- respektive Finnanäsbassängerna (F3 och F4).

I nedanstående Tabell erhålles även motsvarande värden för kväve.

Delbassäng	Andel i % av den externa belastningen	
	Fosfor	Kväve
F1	36	39
F2	19	18
F3	11	15
F4	13	17
F5	21	12
K1	57	56
K2	43	44

Av Kalvsjöns totala belastning av fosfor och kväve under 1974 tillfördes c:a 36 % resp 37 % från Fegen via Götshultskanalen.

En ökning av fosfor- och kvävebelastningen har skett i jämförelse med den beräknade bakgrundsbelastningen. Under 1974 är ökningen beräknad till ca 1.300 kg fosfor och 37.200 kg kväve. Tillskott via avloppsvatten och nederbörd direkt till sjöarna utgör tillsammans den största andelen, 59 % av fosfors och 58 % av kvävetets ökning. Resterande 41 % resp 42 % kan därför sägas orsakas av en förändrad markanvändning, med därav ökande arealförluster. Jämförelse mellan arealförlustökningen (Fig 6:2 och 6:3) och det ovan beräknade tillskottet visar på jämförbara ökningar. En sammanställning av under 1974 erhållna resultat är gjord i Tabellen nedan.

	Fegen		Kalvsjön	
	P	N	P	N
Bakgrundsbelastning	990	25.400	2.500	63.000 kg
Nederbörd	475	20.500	150	5.800
Avloppsvatten	300	1.000	-	-
Markanvändning	<u>535</u>	<u>15.700</u>	<u>1.350</u>	<u>46.200</u>
Nuvarande belastning	2.300	62.600	4.000	115.000 kg

därav mänskliga källor

Totalt	1.310 (57 %)	37.200 (59 %)	1.500 (38 %)	52.000 (45 %)
Utom nederbörd	1.010 (44 %)	16.700 (27 %)	1.350 (34 %)	46.200 (40 %)

Det är av största vikt, att de för en sjö specifikt begränsande faktorerna och deras betydelse vad gäller kontroll av primärproduktionen helt fastställs. Naumann (1932) antog, att tillgången på något näringsämne, d v s dess koncentration, och produktion av växtbiomassa i ett vatten var synonyma begrepp. Alltsedan dess har alltmer forskning ägnats åt att kvantitativt fastställa relationsförhållandet mellan dessa två förhållanden. Intresse har också koncentrerats på att försöka besvara om det för olika naturvatten går att fastställa en kritisk koncentrationsnivå, där det sker en markant övergång från ett oligotroft till ett eutroft tillstånd. Det har dock varit nödvändigt, för lösandet av de alltmer framträdande eutrofieringsproblemen, att delvis omformulera den arbetshypotes som tidigare gällt. I takt med en ökad närsaltbelastning har det främst gällt att om möjligt finna samband mellan dels total närsaltbelastning och närsaltkoncentration i vattnet, dels aktuell belastning och primärproduktionen.

Både fosfor och kväve finns i naturvatten i ett flertal olika fraktioner. Vad gäller fosfor, analyseras detta främst med avseende på ortofosfat, total-fosfor i filtratet och total-fosfor i det ofiltrerade vattnet. Filtrering sker lämpligen genom ett glasfiberfilter. Därvid ges möjlighet till beskrivning av fosfors förekomst i såväl organiska och oorganiska partiklar som i löst organisk eller oorganisk form. Ett flertal författare har hävdats, att enbart den lösta oorganiska delen (ortofosfat) är av intresse, eftersom det är denna andel som främst vid varje enskilt tillfälle direkt är möjlig för plankton att utnyttja i fotosyntesaktiviteten (Lean, 1973). Det har emellertid visat sig (jfr Vollenweider, 1968; 1969), att användandet av matematiska modellbeskrivningar för fosforbudgeten i en sjö förutsätter fosforkoncentrationen uttryckt som total-fosfor. Det har vidare visat sig, att den totala fosforbelastningen till sjöar i mycket hög grad har kunnat korrelerats till bl a uppmätt klorofyll a (Dillon and Rigler, 1974; Brydges, 1971), siktdjup och klorofyll a (Patalas, 1972), hypolimnisk syrgasdeficit (Dobson and Gilbertson, 1972) och klorofyll a och kolassimilation (Vollenweider et al., 1974). Alla dessa parametrar är var för sig eller tillsammans goda indikatorer på sjöars aktuella trofnivå.

Eftersom belastningspåverkan på sjöar som belastas med samma kvantiteter avloppsvatten är avhängig av bl a morfometrisk och hydrologiska förhållanden, är det inte tillräckligt att enbart beräkna och diskutera den absoluta belastningen. Det har därför visat sig vara av värde att uttrycka den

årliga totala belastningen som specifik ytrelaterad belastning (g/m^2 sjöyta och år). Den specifika belastningen kan sedan lätt korreleras med andra parametrar, såsom volym, medeldjup, vattnets residens-tid i sjön etc, för att enhetligt kunna jämföra graden av potentiell belastningspåverkan för olika sjöar.

I Tabellerna 6:9 och 6:13 redovisas belastningen även uttryckt som mängd per ytenhet och år. Det framgår därvid, att Västra Fegen (F1) är den högst belastade delen av Fegen. Även Södra Fegen (F5), som mottager avloppsvatten från Fegens samhälle, har en specifik belastning som är högre än sjöns som helhet. De två mellanbassängerna, Sandviks- och Finnanäs-bassängen (F3 resp F4) belastas mer i nivå med sjöns genomsnitt (0,12 resp 0,07 $\text{g P/m}^2 \cdot \text{år}$).

Eftersom Kalvsjön är belägen nedströms Fegen och dess yta därtill är ungefär en tredjedel av Fegens, är detta avgörande för att den specifika fosfor- och kvävebelastningen är mycket högre (Tabell 6:13). Vollenweider (1968) har klarlagt det förhållande som kan tänkas föreligga mellan totalfosfor- resp totalkvävebelastning och sjöars eutrofieringsgrad. I ett inledande skede utvärderades den årliga belastningen, uttryckt som gram per kvadratmeter sjöyta, endast som en funktion av sjöars medeldjup, medan bl a Vollenweider (1973) och Stockner & Northcote (1974) i ett senare skede även medtagit vattnets residens-tid.

För Fegen och Kalvsjön och dess bassänger åskådliggöres dessa samband i Figurerna 6:6 och 6:7. Där jämföres belastningarna även på de stora svenska sjöarna Vänern, Vättern, Hjälaren och Mälaren (Ahl, 1973). För Fegens skilda bassänger ligger 1974 års fosforbelastning på den oligotrofa sidan. Kvävebelastningen är däremot så hög, att den för samtliga bassänger ligger inom den övergångszon som skiljer den "tolererbara" belastningen från den klart ogynnsamma. Som tidigare nämnts, belastas Kalvsjön i högre grad än Fegen. Detta framgår även klart av de båda figurerna. Kalvsjöns fosforbelastning (kg/år) är ungefär 40 % större än Fegens, men på grund av Kalvsjöns mindre yta ökar den specifika fosforbelastningen med drygt 80 %. Detta motverkas till viss del av att Kalvsjön har en residens-tid som enbart är 2,5-5 månader mot Fegens ca 25 mån. Medeldjupen i de båda sjöarna är ungefär desamma. Den specifika kvävebelastningen ökar likaledes med drygt 80 % från Fegen till Kalvsjön. Av figurerna framgår således, att förändringen i flödesriktningen går mot eutrofare förhållanden. Detta gäller inom såväl respektive sjö som vid en jämförelse dem emellan.

Ahl (1973) erhöill för Mälaren en motsatt trend; allt oligotrofare förhållanden erhöills i flödesriktningen mot Mälarens utflöde i Östersjön. Ahl tillskrev detta förhållande dels sedimentationseffekten, dels belastningsfördelningen. Den inbördes fördelningen dessa två faktorer emellan framgår dock ej. För Fegen och Kalvsjön gäller främst det förhållande som bäst kan uttryckas med hjälp av den s k omgivningsfaktorn (f_u). Redan i Fig 6:5 kunde påvisas hur omgivningens naturliga belastning ökar i flödesriktningen.

Av Figureerna 6:6 och 6:7 framgår också för Fegens och Kalvsjöns del en jämförelse med bakgrundsbelastningen. Denna har för fosforms vidkommande erhöillits dels från det relationstal mellan kisel och fosfor ($Si/P = 173:1$) som av Odén och Ahl (manuskript) ansetts gälla för olika vattendrag oavsett totalsalthalt, dels med hjälp av den av Ahl och Odén (1974) beräknade naturliga arealförlusten. Kisel såväl som bakgrundsfosfor kan anses härstamma från enbart berggrundens vittring. De båda beräkningssätten har gett likvärdiga resultat. Bakgrundskvävet har beräknats enligt Ahl och Odén (1974).

De längst norrut belägna bassängerna, Västra och Nordöstra Fegen (F1 och F2), har enligt figurerna naturligt påverkats av en större specifik fosforbelastning än de övriga bassängerna. Främst torde detta bero på de stora tillflödena som tillrinner från norr. Detsamma gäller i princip även för kvävebelastningen.

Den beräknade specifika bakgrundsbelastningen av fosfor och kväve för Kalvsjön har, i jämförelse med Fegens södra bassänger, legat på 94 % högre nivå. Om jämförelse i stället göres mellan Fegens båda nordliga bassänger (F1 och F2) och Kalvsjön, har den naturliga belastningsskillnaden uppgått till ca 75 %. Av figurerna framgår också att mer enhetliga belastningsbetingelser naturligt förelåg inom Kalvsjön än mellan Fegens skilda bassänger. En mer differentierad bild har nu erhöillits, främst beroende de respektive delområdes utnyttjande av människan.

Om fosfor ej undergår koncentrationsförändringar i en sjö, dvs fosfor fungerar som ett konservativt ämne, skulle sannolikt vattnets (t_{H_2O}) och fosforms (t_p) teoretiska uppehållstid i sjön vara så gott som lika. Detta skulle också innebära att koncentrationen av fosfor skulle vara lika med medelkoncentrationen för alla tillflöden. Är däremot t_p mindre

än t_{H_2O} innebär detta, att fosforkoncentrationen är mindre i sjön än i tillrinnande vatten. Detta betyder också att det förekommer ett nettobortflöde (genom t ex sedimentation) av fosfor. Enligt tabellen nedan tillfördes sedimenten i Fegen ca 60 % av den totala fosforbelastningen under 1974.

	Fegen		Kalvsjön	
	kg P/år	%	kg P/år	%
Totalbelastning	2.300		4.000	
Avflöde	700	30	3.500	88
Nettotransport till sedimenten	1.400	61	325	8
Netto regleringsmagasinerings	200	9	165	4

Både av Tabellen ovan och av Tabell 6:16 framgår med all tydlighet, att det ur fosforhushållningssynpunkt föreligger olikheter mellan Fegen och Kalvsjön. Medan det i Fegen föreligger skillnader mellan t_{H_2O} och t_P - vattnets uppehållstid är där ungefär dubbelt så stor som fosforns - framgår, att fosforkoncentrationen i Kalvsjön däremot är av samma storleksordning (Tabell 6:17) i såväl tillflöden som sjön.

Tabell 6:1.

OMRÅDESKARAKTÄRISTIKA

	F6 KVARNATORPSÅN	F12 SVANABOBÄCKEN
Utlösningsområde:	Västra Fegen (F1)	Västra Fegen (F1)
rinningsområde, km ² (%)	70 (42)	2 (1)
Grund	Röd gnejs, amfibolit	Röd gnejs, amfibolit
Grundarter	Urbergsmorän, sand, torv	Urbergsmorän
Skog, km ² (%)	4 (6)	
Gödsling, ton N/år	16,5	
ton P/år	8,7	
ton K/år	13,2	
Skog, km ² (%)	43 (62)	1,5 (75)
Kalavverkning, km ² (%)	3 (7)	
Skog, km ² (%)	15 (21)	0,5 (25)
Skog, km ² (%)	7,5 (11)	
Skogbebyggelse, pe	290	
Avloppsvattenbehandling		infiltration, trekammarsbrunn
Belastning, kg P/år	310	6
kg N/år	1070	19
Total belastning		
g P/år.ha	75	170
g N/år.ha	2050	4540
kg P/år	570	35
kg N/år	15.500	910
Andel av totalbelastning		
till Fegen:		
P	25 %	1,5 %
N	25 %	1,5 %
till Västra Fegen:		
P	37 %	2 %
N	37 %	2 %
$\bar{r} = \frac{\text{Påverkat omr.}}{\text{Totala nb. omr.}}$	0,11	0,50

Tabell 6:2

OMRÅDESKARAKTÄRISTIKA

		F13 SPADÅN
Tillhör delområde:		Nordöstra Fegen (F2)
Avrinningsområde, km ² (%)		32 (19)
Berggrund		Röd gnejs
Jordarter		Urbergsmorän
Åker/äng, km ² (%)		1 (3)
Gödsling, ton N/år		3,7
ton P/år		2
ton K/år		3
Skog, km ² (%)		21 (65)
Kalavverkning, km ² (%)		1,5 (7)
Myr, km ² (%)		5 (16)
Sjöar, km ² (%)		5 (16)
Spridd bebyggelse, pe		140
Avloppsvattenbehandling		infiltration, trekammarsbrunn
Belastning, kg P/år		400
kg N/år		1420
Total belastning		
g P/år.ha		95
g N/år.ha		2180
kg P/år		270
kg N/år		6.300
Andel av totalbelastning		
till Fegen:	P	12 %
	N	10 %
till Nordöstra Fegen:	P	63 %
	N	55 %
f = $\frac{\text{Påverkat omr.}}{\text{Totala nb. omr.}}$		0,14

Tabell 6:3.

OMRÅDESKARAKTÄRISTIKA

		F9 FLYBÄCKEN
Tillhör delområde:		Sandviksbassängen (F3)
Avrinningsområde, km ² (%)		3,5 (2)
Berggrund		Röd gnejs
Jordarter		Urbergsmorän
Åker/äng, km ² (%)		0,5 (14)
Gödsling, ton N/år		
ton P/år		
ton K/år		
Skog, km ² (%)		1,75 (50)
Kalavverkning, km ² (%)		
Myr, km ² (%)		0,75 (22)
Sjöar, km ² (%)		3 st, 0,5 (14)
Spridd bebyggelse, pe		15
Avloppsvattenbehandling		infiltration, trekammrarbrunn
Belastning, kg P/år		17
kg N/år		56
Total belastning		
g P/år.ha		100
g N/år.ha		3140
kg P/år		35
kg N/år		1070
Andel av totalbelastning		
till Fegen:	P	1,5 %
	N	2 %
till Sandviksbassängen	P	5 %
	N	4 %
$f = \frac{\text{Påverkat omr.}}{\text{Totala nb. omr.}}$		0,35

Tabell 6:4.

OMRÅDESKARAKTÄRISTIKA

	F8 BJÖRSEVIKSBÄCKEN	F11 BOCKSJÖBÄCKEN
Tillhör delområde:	Finnanäs bassängen (F4)	Finnanäs bassängen (F4)
Avrinningsområde, km ² (%)	5 (3)	7 (4)
Berggrund	Röd gnejs	Röd gnejs, amfibolit
Jordarter	Urbergsmorän	Urbergsmorän, torv
Åker/äng, km ² (%)	0,25 (5)	0,5 (7)
Gödsling, ton N/år		2,5
ton P/år		1,25
ton K/år		2
Skog, km ² (%)	2,75 (55)	4,75 (68)
Kalavverkning, km ² (%)		
Myr, km ² (%)	1,0 (20)	1,5 (21)
Sjöar, km ² (%)	1,0 (20)	5 st, 0,25 (4)
Spridd bebyggelse, pe	15	45
Avloppsvattenbehandling		infiltration, trekammarsbrunn
Belastning, kg P/år	17	52
kg N/år	56	169
Total belastning		
g P/år.ha	95	100
g N/år.ha	2415	3530
kg P/år	50	70
kg N/år	1200	2470
Andel av totalbelastning		
till Fegen: P	2 %	3 %
N	2 %	4 %
till Finnanäs bassängen P	13 %	18 %
N	9 %	19 %
$f = \frac{\text{Påverkat omr.}}{\text{Totala nb. omr.}}$	0,25	0,21

Tabell 6:5.

OMRÅDESKARAKTÄRISTIKA

64

	K3 KÄTTARPSÅN	K6 RÖDASJÖBÄCKEN	K7 ERIKSLUNDSBÄ.
Tillhör delområde:	N. Kalvsjön (K1)	N. Kalvsjön (K1)	N. Kalvsjön (K1)
Avrinningsområde, km ² (%)	234 (50)	3,5 (0,8)	1,0 (0,2)
Berggrund	Röd gnejs, amfibolit	Röd gnejs	Röd gnejs
Jordarter	Urbergsmorän, torv, sand	Urbergsmorän	Urbergsmorän
Åker/äng, km ² (%)	21 (9)	0,11 (11)	
Gödsling, ton N/år	81		
ton P/år	43		
ton K/år	65		
Skog, km ² (%)	198 (63)	3,0 (86)	1,0
Kalavverkning, km ² (%)	10 (7)		
Myr, km ² (%)	53 (23)		
Sjöar, km ² (%)	12,5 (5)	1 st, 0,1 (3)	
Spridd bebyggelse, pe	980	25	3
Avloppsvattenbehandling		infiltration	
		trekammarsbrunn	
Belastning, kg P/år	1080	29	2
kg N/år	3690	94	8
Tätorter		-	-
Ambjörnarp, pe	250		
Avloppsvattenbehandling	biol+kemisk		
Belastning, kg P/år	30		
kg N/år	1,65		
Sjötofta, pe	100		
Avloppsvattenbehandling	biol+kemisk		
Belastning, kg P/år	20		
kg N/år	65		
Industrier		-	-
Sjötofta träddrageri			
Belastning	järn-, koppar-, tenn-, svavelsyra- och saltsyrautsläpp		
Total belastning			
g P/år.ha	90	122	165
g N/år.ha	2560	3700	2220
kg P/år	2100	45	15
kg N/år	58000	1300	220
Andel av totalbelastning			
till Kalvsjön	P 53 % N 51 %	1 % 1 %	1 % 1 %
till Norra Kalvsjön	P 59 % N 50 %	1 % 1 %	1 % 1 %
$f = \frac{\text{Påverkat omr}}{\text{Totala nb-omr}}$	0,14	0,14	0,30

Tabell 6:6 Uppgifter från litteraturen angående arealförluster av fosfor och kväve.

	g P/ha.år	g N/ha.år	Anmärkning
Fegen - Kalvsjöområdet	93	2600	skog
Klotenområdet Ahl, 1968	69	965	skog
Lillån, Centrala Sverige Brink & Widell, 1967	59		skog + jordbruksomr
Hela Sverige (1969) Ahl, 1972	90	1470	
Upper Klamath Lake Basin Oregon, USA Bartsch, 1970	52		skog
Clear Lake, Ont., USA Schindler & Nighswander, 1970	88		skog
Lake Sammamish Washington, USA Emery et al, 1973	148-930 Mv 535		skog
Hubbard Brook no 6 New Hampshire, USA Hobbie & Likens, 1973	22		skog
ELA - området, Canada Dillon & Kirchner, 1975	48 117		skog skog + jordbruksomr
Miller Creek, Montana, USA DeByle & Packer, 1972	225 (Mv under en 4 års period)		skogsavverkning + hyggesbränning
Mälardalen Ahl & Odén, 1972	500-600	2.000-20.000 Mv 8.000	jordbruksområde

Tabell 6:6 forts.

	g P/ha.år	g N/ha.år	Anmärkning
Tolångaån (Skåne) Jonasson, 1975	300	23.000	jordbruksområde
Klingavälsån (Skåne) Jonasson, 1975	100	6.000	jordbruksområde
Nederländerna Smilde, 1972	250	32.000	jordbruksområde

Tabell 6:7. Belastningskällor för fosfor och kväve
till Fegen och Kalvsjön.

FEGEN		KALVSJÖN	
Punktkällor		Punktkällor	
<u>Tillflöden</u>		<u>Tillflöden</u>	
Kvarnatorpsån	(F6)	Kättarpsån	(K3)
Björseviksbäcken	(F8)	Götshultskanalen	(K5)
Flybäcken	(F9)	Rödasjöbäcken	(K6)
Bocksjöbäcken	(F11)	Erikslundsbäcken	(K7)
Svanabobäcken	(F12)		
Spadån	(F13)		
<u>Avloppsvatten</u>		<u>Avloppsvatten</u>	
Fegens samhälle		-	
Diffusa källor		Diffusa källor	
Övrig landyta		Övrig landyta	
Nederbörd		Nederbörd	
N ₂ -fixering		N ₂ -fixering	
Grundvattentillflöde		Grundvattentillflöde	

Tabell 6:8. Fosfor- och kvävebelastning på Fegen.

	Prognostiserad belastning														
	Bakgrunds- belastning		Nuvarande belastning 1974		Behandl.v. Fegen			Alt Feriencentrum			Alt. Ö.Backa - S-vik - Fegen			Feriencentr. - S.vik - Fegen	
	kg/år		kg/år		kg/år			kg/år			kg/år			kg/år	
	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	
Tillflöden			1.040	27.500	1.040	27.500	1.040	27.500	1.040	27.500	1.040	27.500	1.040	27.500	
Övrigt			485	13.600	485	13.600	485	13.600	485	13.600	485	13.600	485	13.600	
Nederbörd			475	20.500	475	20.500	475	20.500	475	20.500	475	20.500	475	20.500	
Avloppsvatten			300	1.000	40	900	290	7.500	120	2.400	350	8.500			
	990	25.400	2.300	62.600	2.040	62.500	2.290	69.100	2.120	64.000	2.350	70.100			

Tabell 6:9 Fosfor- och kvävebelastning på Fegens bassänger.

		Bakgrundsbelastning						Nuvarande belastning (1974)						Prognostiserad belastning					
		kg/år		g/år·m ²		kg/år		g/år·m ²		kg/år		g/år·m ²		kg/år		g/år·m ²			
		P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N		
1	990	25.400	1,08	0,05	2.300	62.600	0,10	2,66	2.040	62.500	0,09	2,65							
		13.000	2,07	1.560	41.800	0,25	6,7												
		5.700	1,96	430	11.500	0,15	3,97												
		2.100	0,36	690	24.600	0,12	4,2												
		2.800	0,52	395	12.900	0,07	2,4												
		1.800	0,56	490	7.200	0,15	2,25	225	7.100	0,07	2,22								

Prognostiserad belastning (forts)

		Alt. Ferienzentrum						Alt. Ö.Backa - S-vik - Fegen						Alt. Ferienzentrum - S-vik - Fegen					
		kg/år		g/år·m ²		kg/år		g/år·m ²		kg/år		g/år·m ²		kg/år		g/år·m ²			
		P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N		
egen	2.290	69.100	0,10	2,93	2.120	64.000	0,10	2,71	2.350	70.100	0,10	2,97							
1																			
2																			
3	942	31.100	0,16	5,4	750	25.700	0,13	4,43	980	31.825	0,16	5,48							
4																			
F5					240	7.460	0,08	2,33	240	7.460	0,08	2,33							

Procentuell fördelning av fosforbelastningen på Fegen.

Tabell 6:10a.

	F1	F2	F3		F4		F5	
	Nuvar. förh. 1974	Nuvar. förh. 1974	Alt. Ferien- centrum	Alt. Ferien- centrum Sandvik-Fegen 1974	Nuvar. förh. 1974	Nuvar. förh. 1974	Alt. Ö. Backa- Sandvik-Fegen	Alt. Ferien- centrum Sandvik-Fegen
Tillflöden	86	63	67	49	62	50	54	-
Övrigt	6	22	16	12	14	11	18	49
Nederbörd	8	14	17	12	15	12	28	27
Avloppsvatten	-	-	-	27	9	27	-	24
							61	18

Procentuell fördelning av fosforbelastningen på Fegen (forts).

Tabell 6:10b.

	Nuvar. förh. 1974	Fegen			
		Avloppsv. behandl. zentrum	Alt. Ferien- zentrum	Alt. Ö. Backa- Sandvik-Fegen	Alt. Feriencentrum Sandvik - Fegen
Tillflöden	45	51	45	49	44
Övrigt	21	24	21	23	21
Nederbörd	21	23	21	22	20
Avloppsvatten	13	2	13	6	15

Procentuell fördelning av kvävebelastningen på Fegen.

Tabell 6:11a.

	F1	F2	F3		F4		F5	
	Nuvar. förh. 1974	Nuvar. förh. 1974	Alt. Ferien- centrum	Alt. Ö. Backa- Sandvik-Fegen	Nuvar. förh. 1974	Nuvar. Avloppsv. förh. behandl. 1974	Alt. Ö. Backa- Sandvik-Fegen	Alt. Ferien- centrum Sandvik-Fegen
Tillflöden	81	55	67	53	64	52	49	-
Övrigt	6	23	13	10	12	10	16	46
Nederbörd	13	22	20	16	20	15	37	37
Avloppsvatten	-	-	-	21	4	23	-	17

Procentuell fördelning av kvävebelastningen på Fegen (forts).

Tabell 6:11b.

	Fegen			
	Nuvar. förh.	Avloppsv. behandl. zentrum	Alt. Ferien- Sandvik-Feyen	Alt. Feriencentrum Sandvik - Fegen
Tillflöden	43	44	40	43
Övrigt	21	22	20	21
Nederbörd	32	33	30	32
Avloppsvatten	2	1	10	4
				39
				19
				30
				12

Tabell 6:12. Fosfor- och kvävebelastning på Kalvsjön.

	Bakgrunds- belastning		Nuvarande (1974) belastning		Prognostiserad belastning	
	kg/år		kg/år		kg/år	
	P	N	P	N	P	N
Tillflöden			3.580	102.500	3.580	102.300
Övrigt			270	6.700	270	6.500
Nederbörd			150	5.800	150	5.800
Avloppsvatten			-	-	35	800
	2.500	63.000	4.000	115.000	4.035	115.400

Tabell 6:13. Fosfor- och kvävebelastning på Kalvsjöns bassänger.

	Bakgrundsbelastning				Nuvarande belastning (1974)				Prognostiserad belastning Alt.Nord-västra Kalvsjön			
	kg/år		g/år m ²		kg/år		g/år m ²		kg/år		g/år m ²	
	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N
Kalvsjön	2.500	63.000	0,35	8,8	4.000	115.000	0,55	15,9	4.034	115.400	0,56	16,0
K1	1.400	35.000	0,34	8,5	3.575	115.200	0,87	28,6	3.609	118.000	0,88	28,8
K2	1.100	28.000	0,35	9,0	1.720	51.000	0,55	16,1	-	-	-	-

Procentuell fördelning av fosforbelastningen på Kalvsjön.

Tabell 6:14.

	K1		K2	Kalvsjön		
	Nuvar. förh.	Alt. Nord-västra Kalvsjön		Nuvar. förh. 1974	Nuvar. förh. 1974	Alt. Nord-västra Kalvsjön
Tillflöden	96	95	84	90	88	
Övrigt	2	2	12	6	7	
Nederbörd	2	2	4	4	4	
Avloppsvatten	-	1	-	-	1	

Procentuell fördelning av kvävebelastningen på Kalvsjön.

Tabell 6:15.

	K1		K2	Kalvsjön		
	Nuvar. förh.	Alt. Nord-västra Kalvsjön		Nuvar. förh. 1974	Nuvar. förh. 1974	Alt. Nord-västra Kalvsjön
Tillflöden	96	95	85	89	88	
Övrigt	1	1	10	6	6	
Nederbörd	3	3	5	5	5	
Avloppsvatten	-	1	-	-	1	

Tabell 6:16.

	t_{H_2O}	$t_p^{1)}$	$\frac{t_{H_2O}}{t_p}$	S_{H_2O}	$Sp^{2)}$	$T_{H_2O}^{1/2}$	$T_p^{1/2}$	3)
	år	år		år ⁻¹	år ⁻¹	år	år	år
Fegen	2,0	1,0	2	0,4	0,3	1,7	2,4	
Kalvsjön	0,2-0,4	0,2-0,4	1	4,8	4,7	0,2	0,2	

1) Teoretisk uppehållstid $(\frac{P_{pool}}{P_{tillfl}})$;

2) Påfyllningskoefficient $(\frac{P_{avfl}}{P_{pool}})$;

3) Halveringstid $(\frac{0,693}{S_p})$;

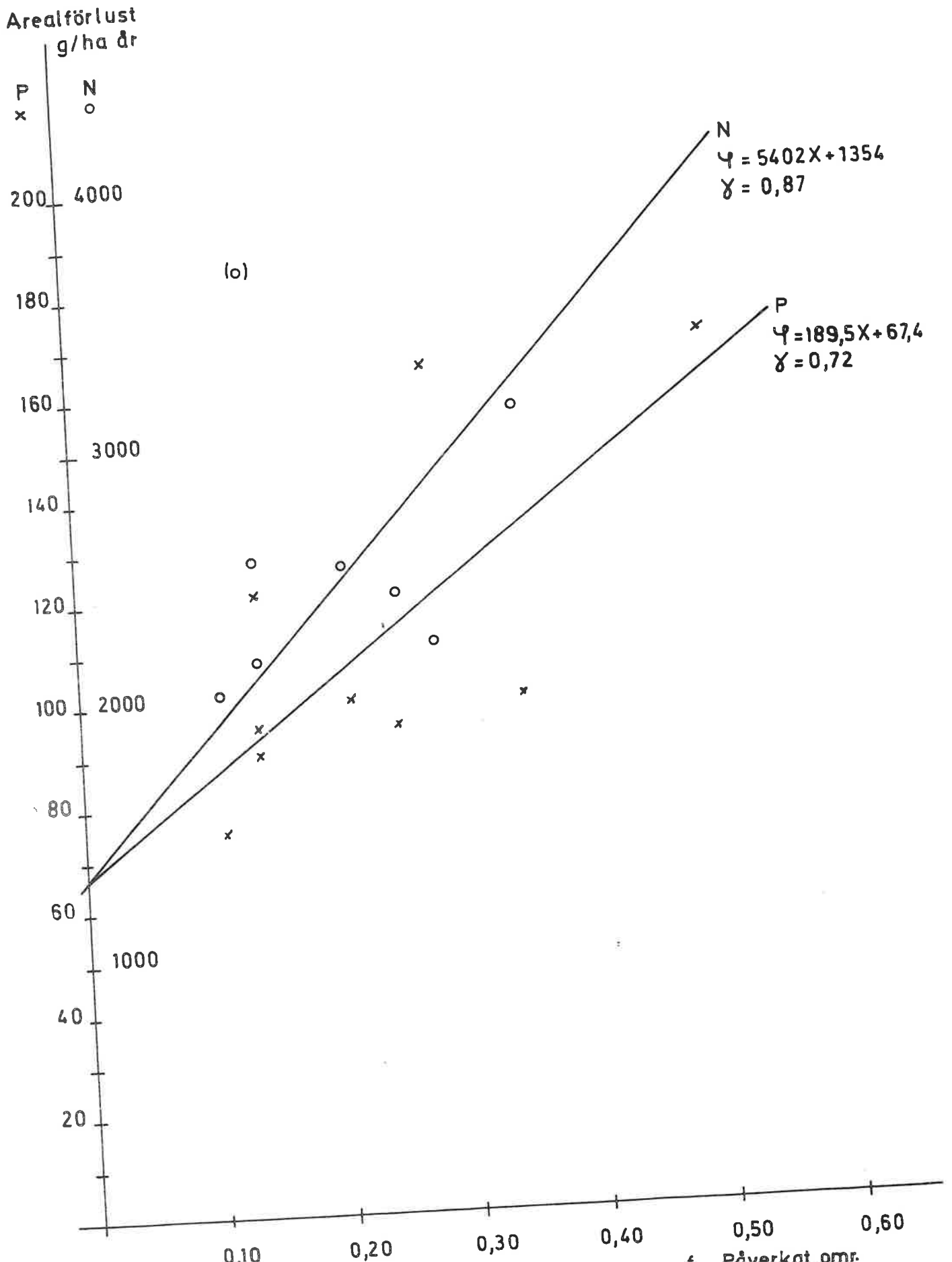
Tabell 6:17.

	L	R ¹⁾	$\frac{L(1-R)}{S_{H_2O}}$	$\frac{L(1-R)}{z \times S_{H_2O}}$	$\frac{L(1-R)}{P_{vårc}}$	$\frac{L(1-R)}{P_{tillfl}}$	$\frac{L(1-R)}{P_{avfl}}$
	$g/m^2 \cdot \text{år}$		g/m^2	g/l	g/l	g/l	g/l
Fegen	0,10	0,64	0,09	12	12	20	10
Kalvsjön	0,55-0,30	0,20	0,09-0,05	15-10	16	16	17

1) Retentionskoefficient $(1 - \frac{Q_{avfl}}{Q_{tillfl}} \frac{P_{avfl}}{P_{tillfl}})$;

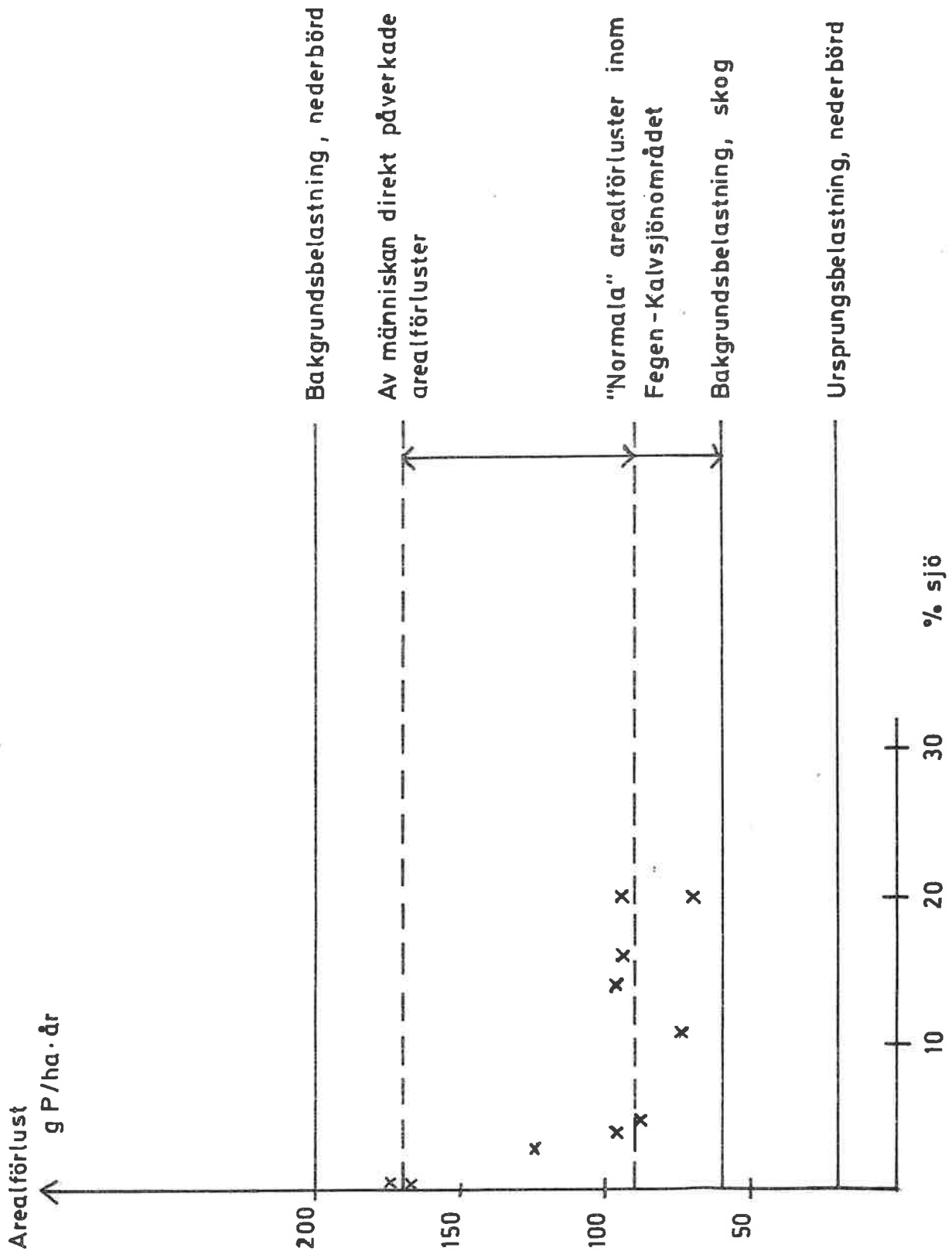
FIGUR 6:1

AREALFÖRLUSTER I FÖRHÅLLANDE TILL
ANDEL PÅVERKAD AREAL INOM RESP.
AVRINNINGSOMRÅDE.



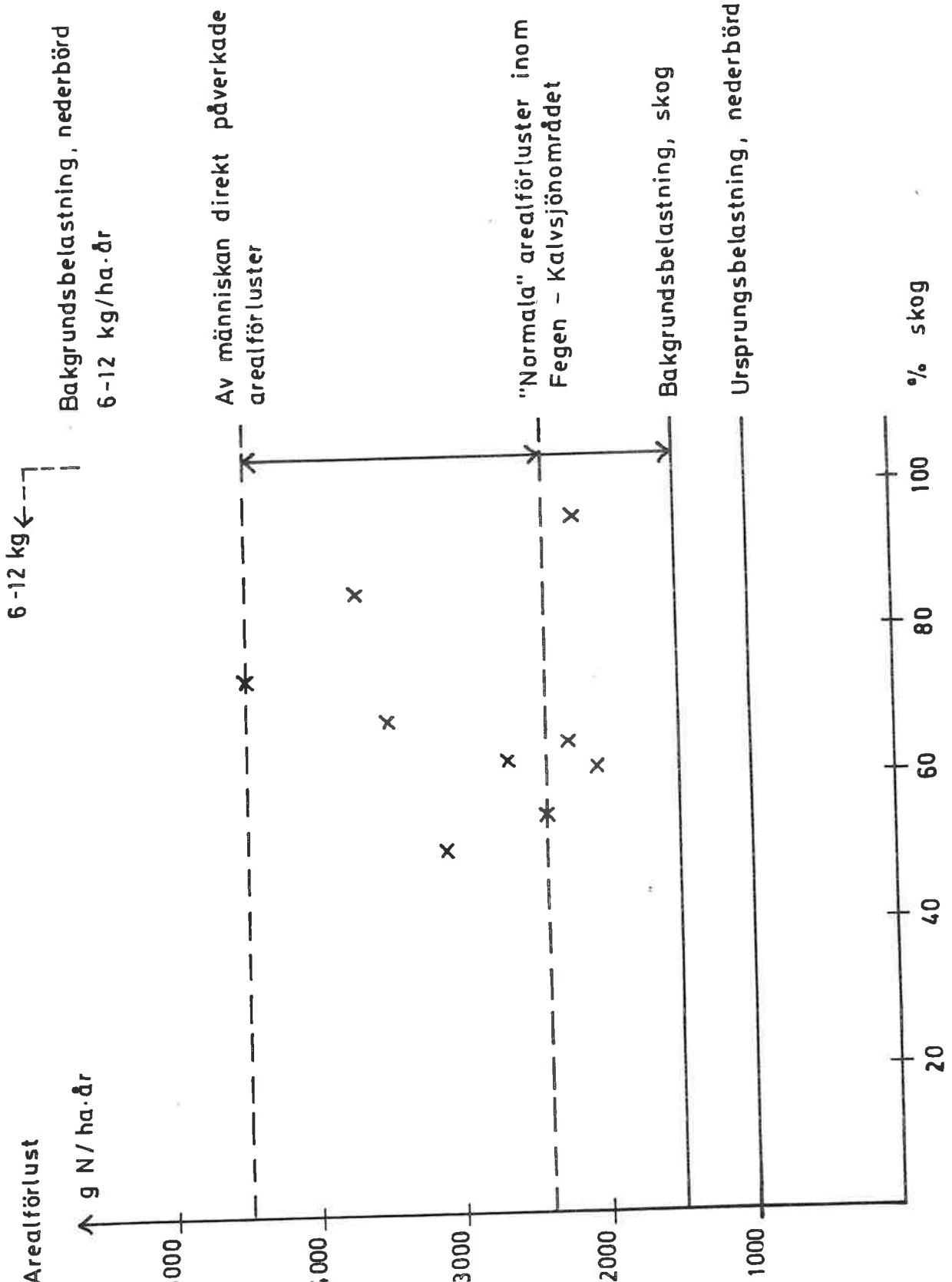
FIGUR 6:2

AREALFÖRLUSTER AV FOSFOR FÖR
FEGEN - KALVSJÖNOMRÅDET

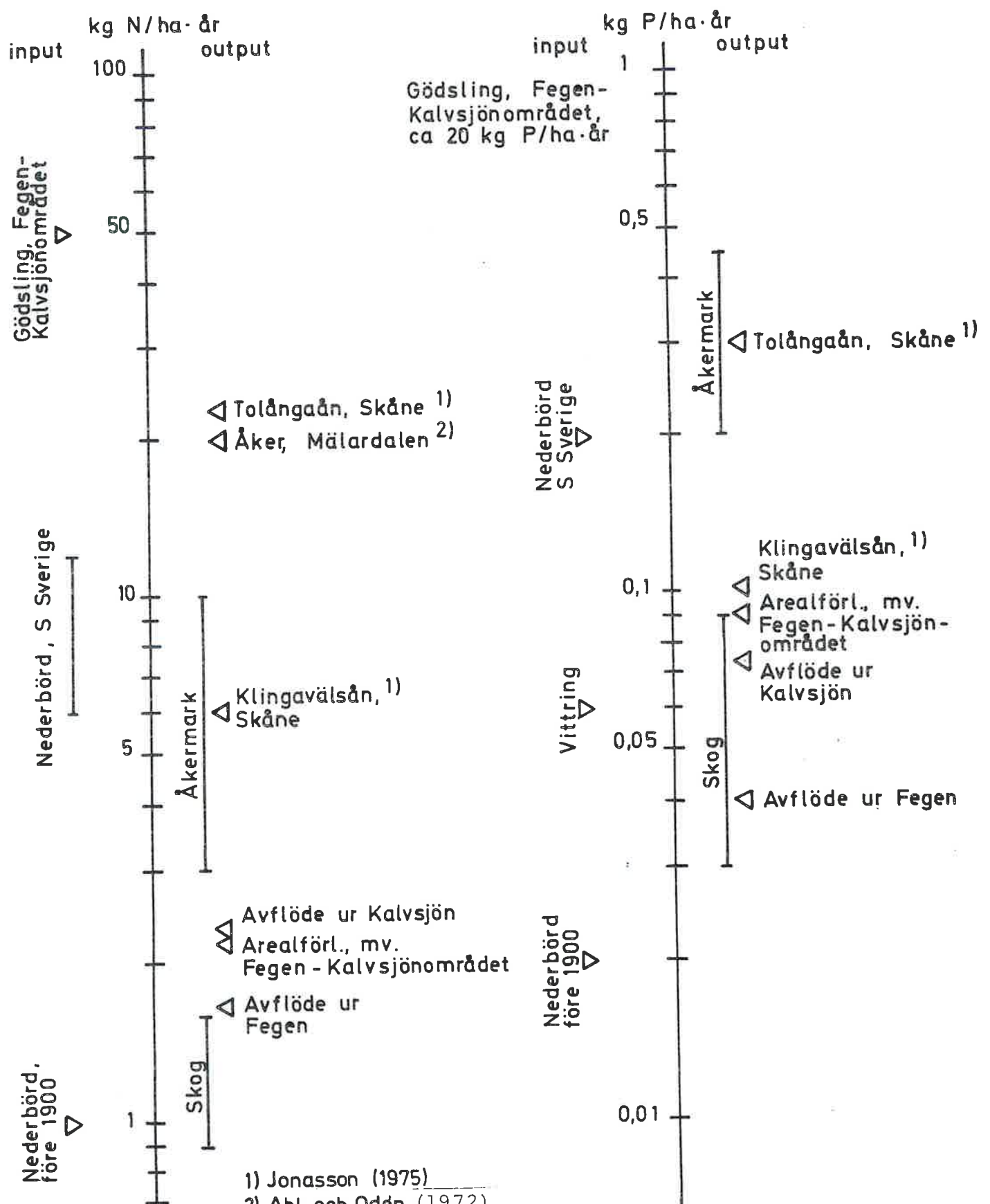


FIGUR 6:3

AREALFÖRLUSTER AV KVÄVE FÖR FEGEN - KALVSJÖN OMRÅDET

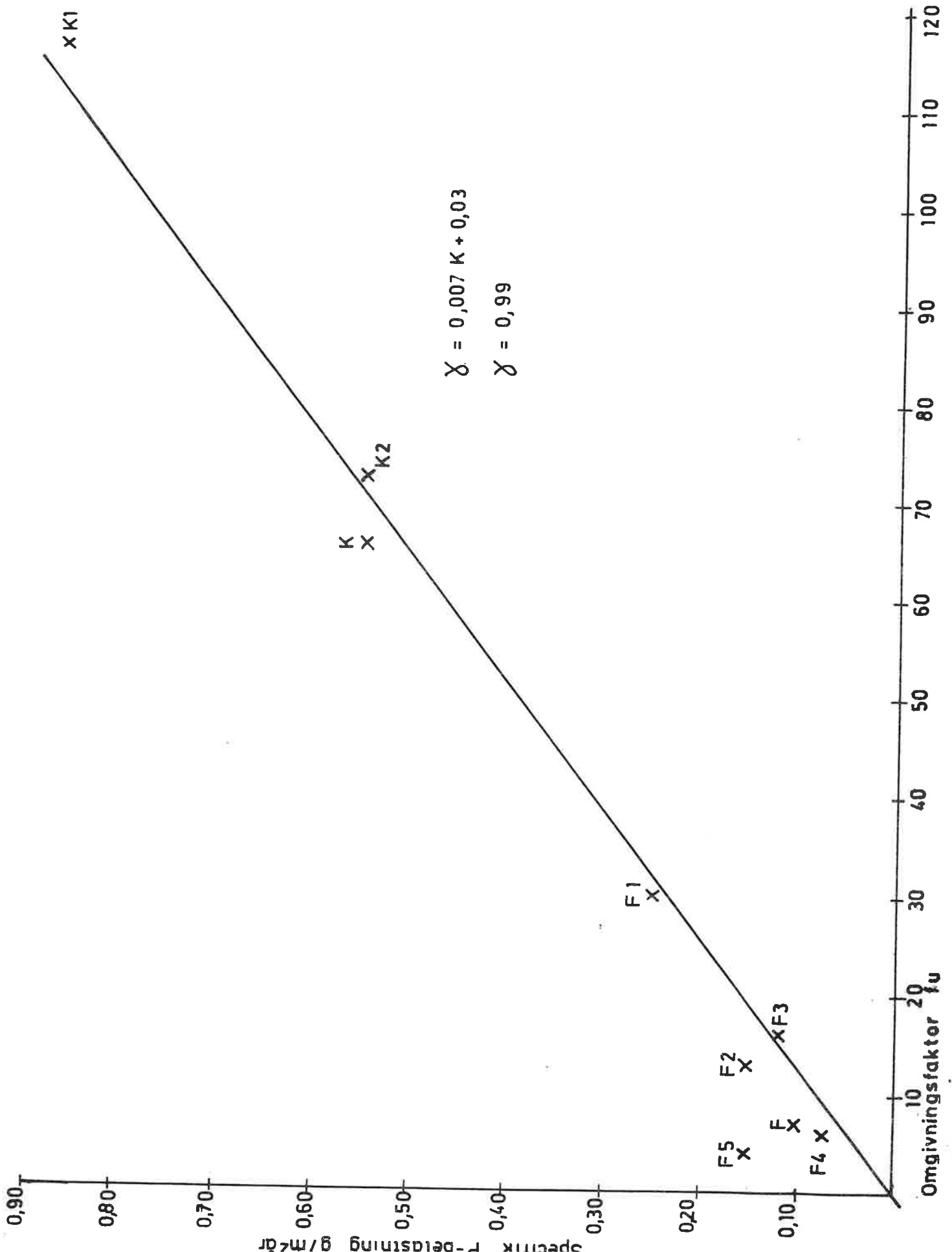


FIGUR 6:4 AREALKOEFFICIENTER

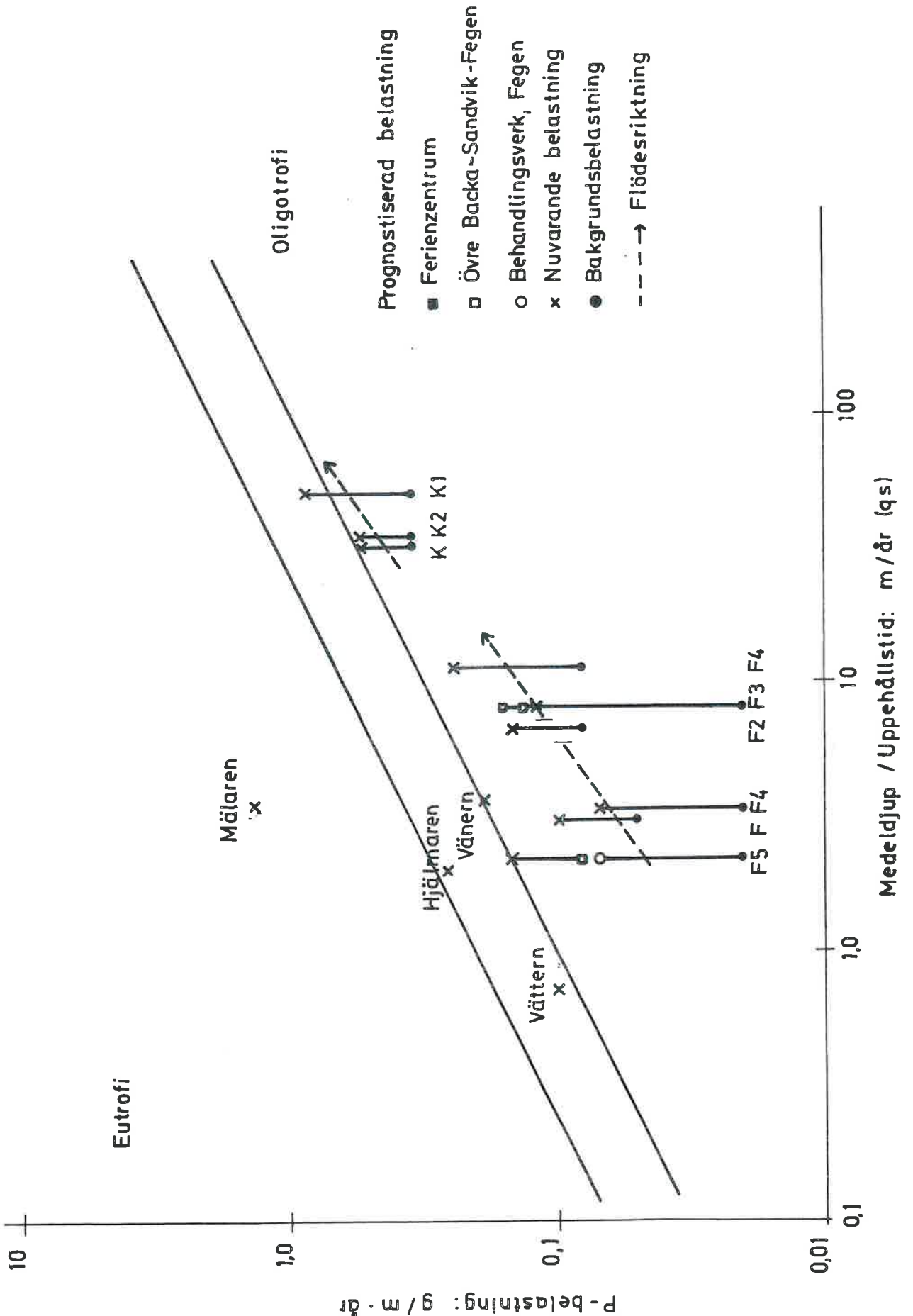


1) Jonasson (1975)
2) Ahl och Odén (1972)

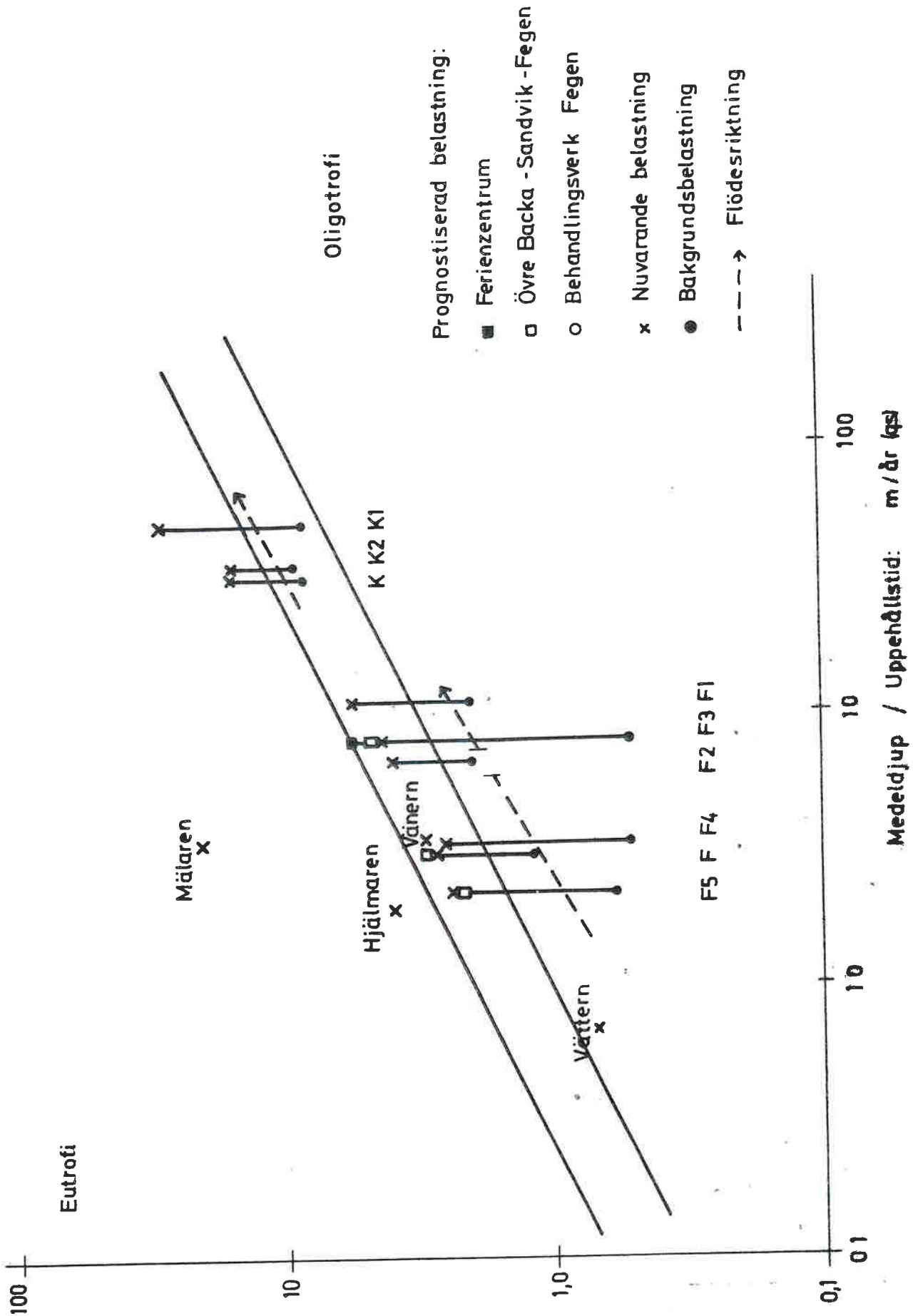
FIGUR 6:5 OMGIVNINGSAKTOR (f_u) OCH SPECIFIK FOSFORBELASTNING FÖR FEGEN OCH KALVSJÖN



FIGUR 6:6 FOSFORBELASTNING I RELATION TILL MEDELDJUP OCH VATTNETS TEORETISKA UPPEHÅLLSTID FÖR FEGEN KALVSJÖN, VÄNERN VÄTTERN, HJÄLMAREN OCH MÄLAREN



GUR 6:7 KVÄVEBELASTNING I RELATION TILL MEDELJDUP OCH VATTNETS TEORETISKA UPPEHÅLLSTID FÖR FEGEN, KALVSJÖN, VÄNERN, VÄTTERN, HJÄLMAREN OCH MÄLAREN.



7. PÅVÄXTALGER

Inledning

Följande tre bäckar har utvalts för diskussion: Kvarnatorpsån (F6), Flyviksbäcken (F9) samt Svanabobäcken (F12), se Figur 3:3. Den sistnämnda mynnar i Brännarsvik, ca 1,5 km NV Övre Backa. Kvarnatorpsån är avflöde för ett större sjösystem norr om Fegen, Fröstenshultsjön m fl. Flyviksbäcken och Svanabobäcken avvattnar mossar och myrmarker väster om Fegen, den förstnämnda får vatten även från några små gölar, varav Algrenatjärn är den östligaste.

De vattenkemiska förhållandena sätter sin prägel på påväxtsamhället i bäckarna. F6 präglas i hög grad av förhållandena i sjöarna norr om Fegen, närmast Fröstenshultsjön, vilket generellt ger stabila pH-värden, låg vattenfärg och låga järnhalter i bäcken. Dessa förhållanden är gynnsamma för algpåväxtens utveckling. F9 och F12 är mera präglade av myr- och mossmarkernas vatten i nära anslutning till Fegen, vilket ger en extremare miljö för algpåväxten. Flyviksbäcken (F9) uppvisar således låga pH-värden (5,11-6,00), hög vattenfärg (80-150 mg Pt/l) och höga järnhalter (1,0-2,2 mg Fe/l). I närheten av F12 har ett större område kalhuggits, vilket kan förklara relativt höga halter nitrat (maj-juni 470-360 µg/l) i jämförelse med F9 (124-14 µg/l) under samma period. Denna skillnad i nitrathalter ger dock ingen differentiering i påväxtsamhället mellan bäckarna. Generellt kan sägas, att pH-värdena i bäckarna är relativt konstanta, omkring pH 6,4-6,6 i F6 och F12, lägre i F9, pH 5,7-6,0, under perioden maj - augusti. Alkaliniteten är låg i april men ökar under sommaren upp till ca 65 mikroekv i F6 och till 72 respektive 138 mikroekv i F9 och F12. Specifika ledningsförmågan varierar

inte mycket; största amplituden är i F12 (70-86 μS_{20}) där också vattenståndsvariationen är störst, vilket starkt begränsar algpåväxtens utbredning vertikalt. Tendens till förhöjd vattenfärg och förhöjda järnhalter under sommaren kan märkas i alla bäckarna, mest i F9 och F12. Nitrathalterna ligger i april på ca 200 $\mu\text{g}/\text{l}$ i de tre bäckarna men avtar sedan till ca 50-70 $\mu\text{g}/\text{l}$, utom i F12 (se ovan).

Metodik

I anslutning till vattenkemiska provtagningar i tillflöden till Fegen och Kalvsjön har påväxtprover insamlats vid två tillfällen i april och augusti 1974. Vid valet av lämplig provtagningsstation har särskilt substratet och ljusfaktorn beaktats. Provtagningsställena valdes i nära anslutning till vattendragets mynning i sjön. Algerna skrapades försiktigt från underlaget (i regel stenar) och fixerades i 4 % formalin i fält.

Resultat och diskussion

Israelson (1949) gjorde en irdelning av de rinnande vattnen baserad på två huvudgrupper av påväxtalger; Vaucheriabäckar och Zygnemabäckar. Vaucheria-strömmar är eutrofa vattendrag och Zygnema-strömmar typiskt oligotrofa vattendrag. De flesta bäckarna i Fegen - Kalvsjöområdet är av Zygnema-typen, men karaktärssläktet Zygnema är endast funnet i ett vattendrag (Tabell 7:2). Övergång från Zygnema- till Vaucheria-samhälle äger enligt Israelson rum i ett intervall mellan 60-100 μS_{20} , ett intervall inom vilket de flesta av Fegens och Kalvsjöns tillflöden befinner sig (Tabell 7:1).

Cedergren (1938) diskuterar några miljöfaktorers inverkan på förekomsten av olika arter och släkten påväxtalger i rinnande vatten. Cedergren anmärker exempelvis om släktet *Batrachospermum* att det är mer indifferent beträffande temperatur. *Batrachospermum*-arterna påträffades även sommartid i Flyviksbäcken vid 15,3 °C, även om miljön i övrigt syntes vara ogynnsam på grund av den starka järnockragngrumlingen (vattenfärg 150 mg Pt/l juni-74). *Draparnaldia mutabilis*, påträffad i K4, anser Cedergren typisk för friska och kalla vatten med neutral reaktion.

Sammanfattningsvis kan sägas, att påväxtsamhället i bäckarna kring Fegen speglar en oligotrof status, i vissa fall förekommer algformer typiska

för humösa, sura vatten. Någon eutrofiering av bäckarna är inte märkbar och kan inte heller förväntas med hänsyn till den spridda bebyggelsen och den ringa åkermarksarealen kring Fegen.

Tabell 7:1. Vattenkemiska data från några Fegen-tillflöden 1974
(se Fig 3:3).

Analys	Datum	F6	F9	F12
pH	4/4	6,65	5,11	-
	9/5	6,20	5,70	6,40
	13/6	6,75	6,00	6,40
	29/8	6,60	6,00	6,30
Alkalinitet $\mu\text{ekv.l}^{-1}$	4/4	12	0	0
	9/5	44	17	77
	13/6	65	72	138
	29/8	100	-	-
Specifik lednings- förmåga μS_{20}	4/4	58	70	70
	9/5	69	77	86
	13/6	63	62	73
	29/8	64	-	-
$\text{NO}_3\text{-N}$ + $\text{NO}_2\text{-N}$ $\mu\text{g.l}^{-1}$	4/4	209	233	294
	9/5	158	124	470
	13/6	66	14	360
	29/8	21	-	-
	7/11	76	47	196
SiO_2 mg.l^{-1}	4/4	3,29	7,20	5,13
	9/5	3,76	9,39	12,0
	13/6	1,73	6,24	10,1
	29/8	1,22	-	-

Tabell 7:2. Dominerande påväxtalger i Fegen - Kalvsjönäckar
(se Fig 3:3).

Bäck	Påväxtalger
F6	Batrachospermum sporulans, Zygnema sp.
F7	Tabellaria flocculosa, T. fenestrata Chantransia-stadier (av Batrachospermum)
F8	Microspora palustris var. minor
F9	Tetraspora gelatinosa, Batrachospermum virgatum.
F10	Tabellaria flocculosa, T. fenestrata Ulothrix subtilis
F12	Tetraspora gelatinosa, Micrasterias bidentata, Meridion circulare, Achnanthes minutissima, Frustulia rhomboides var. saxonica
K4	Draparnaldia mutabilis, Tabellaria flocculosa Tabellaria fenestrata
K6	Frustulia rhomboides var. saxonica, Tribonema sp.
K7	Frustulia rhomboides var. saxonica

8. MAKROFYTVEGETATION

Inledning

Vegetationen i Fegen och Kalvsjön har studerats under augusti och oktober 1974. Målsättningen var att översiktligt studera de limniska makrofyterarternas och vegetationens utbredning inom litoralzonen i Fegen, varvid speciell uppmärksamhet skulle ägnas de för slitage särskilt känsliga strandavsnitten. Samma undersökning skulle genomföras i Kalvsjön. Helt naturligt har inte alla strandområden kunnat besökas och studeras. Strandlinjens längd, exklusive öar, uppgår nämligen för Kalvsjön till cirka 28 km och för Fegen till 136 km.

Båda sjöarna ligger i det västsvenska gnejsområdet och jordarten utgöres huvudsakligen av en sandig, moig till sandig normalblockig morän. Botaniskt hänföres området till södra barrskogsregionen, suboceaniska underregionen.

Fegen och Kalvsjön är båda reglerade. Den förstnämnda har en tillåten regleringsamplitud på 1,75 m och den senare på 0,59 m. Under 1974 var den faktiska regleringsamplituden i Fegen ca 1,6 m och i Kalvsjön ca 1,8 m.

Metodik

Vegetationssammansättningen har studerats inom de strandavsnitt som ansetts exploateringshotade, dvs västra stranden av Kalvsjön och området från Fegens nuvarande avflöde i väster till Flyvik i söder. (Se Fig 3:3).

Strandzoneringen har dokumenterats med hjälp av bandprofiler. Antalet profiler har inkränkts till tre för vardera sjön. Profilerna har lagts vinkelrätt mot strandlinjen på ett sådant sätt, att de subjektivt bedömts representativa för respektive sjö (eller åtminstone strandavsnitt).

Inom varje profil har vegetationen analyserats kvantitativt och kvalitativt i rutor 1 x 1 m, med början i porsbårdens nedre del och vidare ut till det vattendjup där den submersa vegetationen upphör. Ovan vattenlinjen har varje meter analyserats, nedanför har endast var femte ruta analyserats. (Se bandprofilerna, Fegen 1-3 och Kalvsjön 1-3). För kvantifieringen har använts en förenklad täckningsgradskala (Plejmark, 1971) enligt följande:

Täckningsgrad	Täckt del av inventeringsruta
1	< 1/16
2	1/16-1/2
3	> 1/2

Endast växter som är rotade inom rutan har medtagits. Den submersa vegetationen har på större djup analyserats med hjälp av vattenkikare och olika redskap, bl a Ekman-huggare. Fridykning har utnyttjats i viss utsträckning.

Endast kärlväxter har artbestämts. Mossor har indelats i huvudgrupperna levermossor (Hepaticae), bladmossor (Musci) och vitmossor (Sphagnum). Dessutom har en kransalg (Nitella sp.) medtagits. Förekomsten av block och sten har också angivits enligt ovanstående skala.

Strandlutningen har bestämts med avvägningsinstrument, varvid vattenytan använts som referens. Vid karteringstillfället befann sig vattenytan 131,36 m.ö.h. i Fegen och på 129,78 m.ö.h. i Kalvsjön. Detta motsvarar lågvattennivån, se Fig 8:1 och 8:2. Samtliga profiler har fotograferats i svartvitt.

Vid sidan av rutanalysen har en förteckning över samtliga påträffande arter uppgjorts. Taxonomin följer Krok-Almquists Svensk flora del I, 25:e upplagan. 1967.

Resultat och diskussion

Regionallimnologiskt tillhör Fegen och Kalvsjön den västligaste delen av det småländska oligotrofiområdet. Den limniska makrofytvegetationens sammansättning i de båda sjöarna är följdriktigt den för oligotrofa sjöar karakteristiska (Tabell 8:1 och 8:5).

Helofyterna (övervattensståndare) är i stora delar av Fegen och Kalvsjön mycket svagt utvecklade. De vanliga vassbildande arterna sjösäv, bladvass, sjöfräken och flaskstarr uppträder som beståndbildare endast i skyddande vikar. Vanligaste vassbildare är sjösäven. Stråtätheten är dock ingenstans större än att man med lätthet kan passera genom bestånden med båt. Bladvassen, som generellt sett är sämre utvecklad än sjösäven, är endast på platser där mänsklig påverkan gynnat den, t ex i sydvästra delen av Fegen och i viken vid Ävje i Södra Kalvsjön, av någon kvantitativ betydelse. Bredkaveldun har påträffats på endast en plats, nämligen i viken öster om Sandviks kyrka vid Fegen. Flaskstarran, som normalt är en mycket vanligt art i sjöar med samma status som Kalvsjön och Fegen, är mycket sällsynt som vassbildare i dessa båda sjöar. I den närbelägna, men betydligt mindre reglerade, sjön Hurven är flaskstarran den dominerande vassbildaren.

Den anmärkningsvärda fattigdomen på helofyter i Kalvsjön och Fegen betingas förmodligen av de kraftiga vattenståndsfluktuationerna. Högsta vattenstånd föreligger under vintern och lägsta under sommaren och hösten. Lohammar (1965) har noterat, att sjöar med små vattenståndsamplituder ofta har stora bestånd av vattenklöver, flaskstarr och sprängört, medan typiska lagunsjöar (sjöar som genomrinnes av en stor å eller älv), dvs sjöar med stora vattenståndsvariationer, saknar sådan vegetation. Detsamma gäller för missne, bladvass, sjösäv, näckrosor och gäddnate (Lohammar, 1965).

I överensstämmelse med ovanstående är flytbladsvegetationen i Fegen och Kalvsjön svagt utvecklad jämfört med t ex i Hurven. Vid karteringstillfället i augusti 1974 växte både näckrosor och gäddnate ovan vattenlinjen, vilket indikerar att dessa två sjöar har onormala vattenståndsvariationer.

Vanligast av långskottsväxterna är löktågen (förs ibland till rosett-

växterna), medan karaktärsarten för oligotrofi, hårslingan, förekommer mycket sparsamt.

Den vegetationstyp, som upptar störst areal, är i Fegen och Kalvsjön, liksom i andra oligotrofa sjöar, rosettväxterna. Till de begränsande faktorerna för rosettväxterna, förutom den utåt/nedåt minskande ljus-tillgången, bidrar säkert den kraftiga ockrabildning, som noterats på olika platser i Fegen och Kalvsjön. Utanför profil två i Fegen (Fig 3:3) täckte ockran helt botten från 130,9 m.ö.h. till 126,2 m.ö.h.

Elitoralens nedre gräns, dvs de högre växternas djupgräns, utgörs som regel av braxengräs. I Fegen har braxengräset iakttagits ned till 128,9 m.ö.h. Detta motsvarar ca 2,5 m vattendjup vid lågvatten och 4,1 m vid högvatten. För Kalvsjön, som är något humösare (vattenfärg 20-30 mg Pt/l mot 10-20 mg Pt/l för Fegen), gäller 128,3 m.ö.h. vilket motsvarar 1,4 m vattendjup vid lågvatten och 3,2 m vid högvatten. Djupgränsen i Kalvsjön kan dock vara något osäker enär endast ett mindre antal områden undersökts. En dämpad vattenståndsreglering i de båda sjöarna skulle förmodligen medföra att de f n kala strandområdena skulle få ett estetiskt mera tilltalande utseende genom att en något rikare vegetation då skulle utvecklas.

Profilbeskrivningar

Fegen

Profil 1, Brännarsvik. Utgångspunkt stenigt område på sydvästra stranden av viken i riktning (25°) mot Skomakarskäret. Eulitoral vid karteringsstillfället 20 m. Vindskyddad blockrik sandstrand.

Kartang: Ekon kartbladet 5C Ullared 9h. 109 mm 115° Q i
SKÅLLEBO (Tabell 8:2).

Profil 2, Övre Backa (Fig 8:3). Utgångspunkt ca 170 m västsydväst södra boningshuset i Övre Backa. Profilriktning rakt sydlig. Ganska exponerad stenrik strand med grovsand i botten. Eulitoral vid karteringstillfället 26 m.
Kartang: Ekon kartbladet 5C Ullared 8h Sandvik. 12 mm 220° K i
Krigshålan (Tabell 8:3).

Profil 3, Flyvik. Utgångspunkt ca 100 m söder om bäck från Joarsbo 1^1 i riktning 107° . Måttligt exponerad blockrik sandstrand. Eulitoral vid karteringstillfället 13 m.

Kartang: Ekon kartbladet 5C Ullared 8h Sandvik. 20 mm 168° Q i
JOARSBO (Tabell 8:4).

Kalvsjön

Profil 1, nordvästra Kalvsjön (Fig 8:5). Utgångspunkt udde på NV stranden i riktning mot kyrkan (55°). Måttligt exponerad sten- och blockrik strand med fingrus som underlag. Eulitoral vid karteringstillfället 11 m.

Kartang: Ekon kartbladet 5C Ullared 9g Rösarp. 67 mm 177° D i ERIKSLUND (Tabell 8:6).

Profil 2, Lervik. Utgångspunkt ca 30 m S tillflöde i Lervik. Profilriktning 122° . Ganska vindskyddad, tämligen sten- och blockrik strand med grus som underlag. Eulitoral vid karteringstillfället 8 m.

Kartang: Ekon kartbladet 5C Ullared 9g Rösarp. 2 mm 353° L i Lervik (Tabell 8:7).

Profil 3, Sperlingsholmsviken (Fig 8:6). Profilriktning (68°) mot Ljungön över nordvästligaste delen av ön väster om Aspö. Vindskyddad tämligen block- och stenrik strand med hög halt organogent material i botten. Eulitoral vid karteringstillfället 15 m.

Kartang: Ekon kartbladet 5C Ullared 9g Rösarp. 27 mm 125° M i SPERLINGSHOLM (Tabell 8:8).

Tabell 8:1.

FÖRTECKNING ÖVER FUNNA MAKROFYTER I FEGEN 1974

Helofyter (örter och gräs)

Agrostis canina (Brunven)
 stolonifera (Krypven)
 Alisma plantago-aquatica (Svalting)
 Carex acuta (Vass-starr)
 lasiocarpa (Trådstarr)
 oederi (Ärtstarr)
 rostrata (Flaskstarr)
 Comarum palustre (Kråcklöver)
 Drosera intermedia (Små-Silleshår)
 Epilobium palustre (Kärr-dunört)
 roseum (Gren-dunört)
 Equisetum fluviatile (Sjöfräken)
 Galium palustre (Vattenmåra)
 Glyceria fluitans (Mannagräs)
 Gnaphalium uliginosum (Sumpnoppa)
 Hydrocotyle vulgaris (Spikblad)
 Juncus articulatus (Ryltåg)
 filiformis (Trådtåg)
 supinus (Löktåg)
 Lycopodium inundatum (Strandlurmer)
 Lysimachia thyrsoflora (Topplösa)
 vulgaris (Videört)
 Lythrum salicaria (Fackelblomster)
 Mentha arvensis (Åkermynta)
 Menyanthes trifoliata (Vattenklöver)
 Molinia caerulea (Blåtåtel)
 Myrica gale (Pors)
 Peucedanum palustre (Kärmsilja)
 Phragmites communis (Bladvass)
 Potentilla erecta (Blodrot)
 Ranunculus flammula (Ältranunkel)
 Rhamnus frangula (Brakved)
 Rorippa sp (Fräne)
 Salix spp (Vide)
 Senecio vulgaris (Korsört)

Sirpus lacustris (Sjösäv)
 palustris (Knappsäv)
 Scutellaria galericulata (Frossört)
 Sparganium angustifolium (Plattbladig igelknopp)
 Sparganium Friesii (Flotagräs)
 Typha latifolia (Bredkaveldun)
 Veronica scutellata (Dyveronika)
 Viola palustris (Kärrviol)

Nymphaeider (flytbladsväxter)

Nuphar luteum (Gul näckros)
 Nymphaea alba (Vit näckros)

Polygonum amphibium (Vattenpilört)

Potamogeton natans (Gäddnate)

Elodeider (långskottsväxter)

Juncus supinus (Löktåg)
 Myriophyllum alterniflorum (Hårslinga)

Isoetider (rosettväxter)

Isoetes echinospora (Taggsporigt braxengräs)
 lacustris (Braxengräs)

Littorella uniflora (Strandpryl)

Lobelia dortmanna (Notblomster)

Ranunculus flammula var. reptans (Strandranunkel)

Scirpus acicularis (Nålsäv)

Subularia aquatica (Sylört)

Groddplantor

Betula alba (Björk)
 Pinaceae (Tall och/eller Gran)
 Rubus idaeus (Hallon)
 Taraxacum sp (Maskros)

Mossor

Hepaticae (Levermossa)
 Musci (Bladmossa)
 Sphagnum spp (Vitmossa)

Kransalger

Nitella sp (Slinke)

Ruta nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	25	30	35	40	45	50	55	65	75	85	95	100	105	110			
Block och sten	3	2	2	2	2	2	2	3	3	1	3	2	3	2	2	3	2	2	2	2	3	2	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2			
Nivå (cm över vy)	69	67	64	62	60	57	51	40	40	37	33	32	22	15	11	9	2	2	0	-7	-36	-47	-60	-70	-75	-80	-80	-80	-80	-70	-80	-70	-107	-109	-189		
Equisetum fluviatite	2	1	1	1	1	1																															
Gramineae	1	1						1																													
Juncus supinus	1	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Lythrum salicaria	1	1		1	1																																
Mentha sp.	1																																				
Rubus idaeus	1	1																																			
Carex oederi	1								1																												
Litorea uniflora	1			1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	3	2	2	2	2	2	2		
Lobelia dortmanna	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	3	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Ranunculus reptans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Agrostis stolonifera	1																																				
Galium palustre	1				1																																
Subularia aquatica	1		1	1	1																																
Obest. groddpl.			1	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Scirpus palustris							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gnaphalium uliginosum																																					
Pinaceae										1	1																										
Scirpus lacustris																																					
Isoetes lacustris																																					
Potamogeton natans																																					
Musci	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Sphagnum	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Tabell 8:3.

BANDPROFIL 2. ÖVRE BÄCKA .

Ruta nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	31	36	41	46	51						
Nivå (cm över vy)	130	123	113	103	93	83	73	63	54	50	47	43	37	37	32	33	26	23	21	18	15	13	11	6	0-10-22-34-47-144												
Block och sten	3	2	2	3	3	3	2	2	1	1	1	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	odkra						
<i>Galium palustre</i>	1	2	2	2	1	2	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
<i>Littorella uniflora</i>	1																																				
<i>Lythrum salicaria</i>	1																																				
<i>Molinia caerulea</i>	2	2	1	1																																	
<i>Obest groddpl.</i>	1																																				
<i>Pinaceae</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																										
<i>Carex oederi</i>	1																																				
<i>Comarum palustre</i>	1																																				
<i>Juncus supinus</i>	1																																				
<i>Potentilla erecta</i>	1																																				
<i>Ranunculus reptans</i>																																					
<i>Salix aurita</i>																																					
<i>Lobelia dortmanna</i>																																					
<i>Isoetes lacustris</i>																																					

Tabell 8:5.

FÖRTECKNING ÖVER FUNNA MAKROFYTER I KALVSJÖN 1974

Helofyter (örter och gräs)

Agrostis canina (Brunven)
 stolonifera (Krypven)
 Alisma plantago-aquatica (Svalting)
 Caltha palustris (Kabbleka)
 Carex acuta (Vass-starr)
 echinata (Stjärnstarr)
 nigra (Småstarr)
 oederi (Ärtstarr)
 rostrata (Flaskstarr)
 Drosera intermedia (Små-Sileshår)
 Equisetum fluviatile (Sjöfräken)
 Galium palustre (Vattenmåra)
 Glyceria fluitans (Marnagräs)
 Hydrocotyle vulgaris (Spikblad)
 Juncus articulatus (Ryltåg)
 conglomeratus (Knapptåg)
 effusus (Veketåg)
 filiformis (Trådtåg)
 Lycopodium inundatum (Strandlumner)
 Lysimachia thyrsoflora (Topplösa)
 vulgaris (Videört)
 Lythrum salicaria (Fackelblomster)
 Mentha arvensis (Åkermynsa)
 Menyanthes trifoliata (Vattenklöver)
 Molinia caerulea (Blåtåtel)
 Myrica gale (Pors)
 Pedicularis palustris (Kärnspara)
 Phragmites communis (Bladvass)
 Potentilla erecta (Blodrot)
 Ranunculus flammula (Ältranunkel)
 Rhamnus frangula (Brakved)
 Salix spp (Vide)
 Scirpus lacustris (Sjösäv)
 multicaulis (Dysäv)
 palustris (Knappsäv)
 Scutellaria galericulata (Frossört)

Spargula arvensis (Åkerspergel)
 rubra (Rödnarv)

Succisa pratensis (Ängsvädd)
 Veronica scutellata (Dyveronika)
 Viola palustris (Kärrviol)

Nymphaeider (flytbladsväxter)

Nuphar luteum (Gul näckros)
 Nymphaea alba (Vit näckros)
 Polygonum amphibium (Vattenpilört)
 Potamogeton natans (Gäddnate)
 Sparganium sp (Igelknopp)

Elodeider (långskottsväxter)

Juncus supinus (Löktåg)
 Myriophyllum alterniflorum (Hårslinga)
 Potamogeton alpinus (Rödnate)
 perfoliatus (Älnate)
 pusillus (Gropnate)

Isoetider (rosettväxter)

Isoetes echinospora (Taggsporigt braxengräs)
 lacustris (Braxengräs)

Littorella uniflora (Strandpryl)

Lobelia dortmanna (Notblomster)

Ranunculus flammula var reptans (Strandranunkel)

Scirpus acicularis (Nålsäv)

Subularia aquatica (Sylört)

Groddplantor

Betula alba (Björk)

Pinaceae (Tall och/eller Gran)

Taraxacum sp (Maskros)

Mossor

Hepaticae (Levermossa)

Musci (Bladmossa)

Sphagnum spp (Vitmossa)

Kransalger

Nitella sp (Slinke)

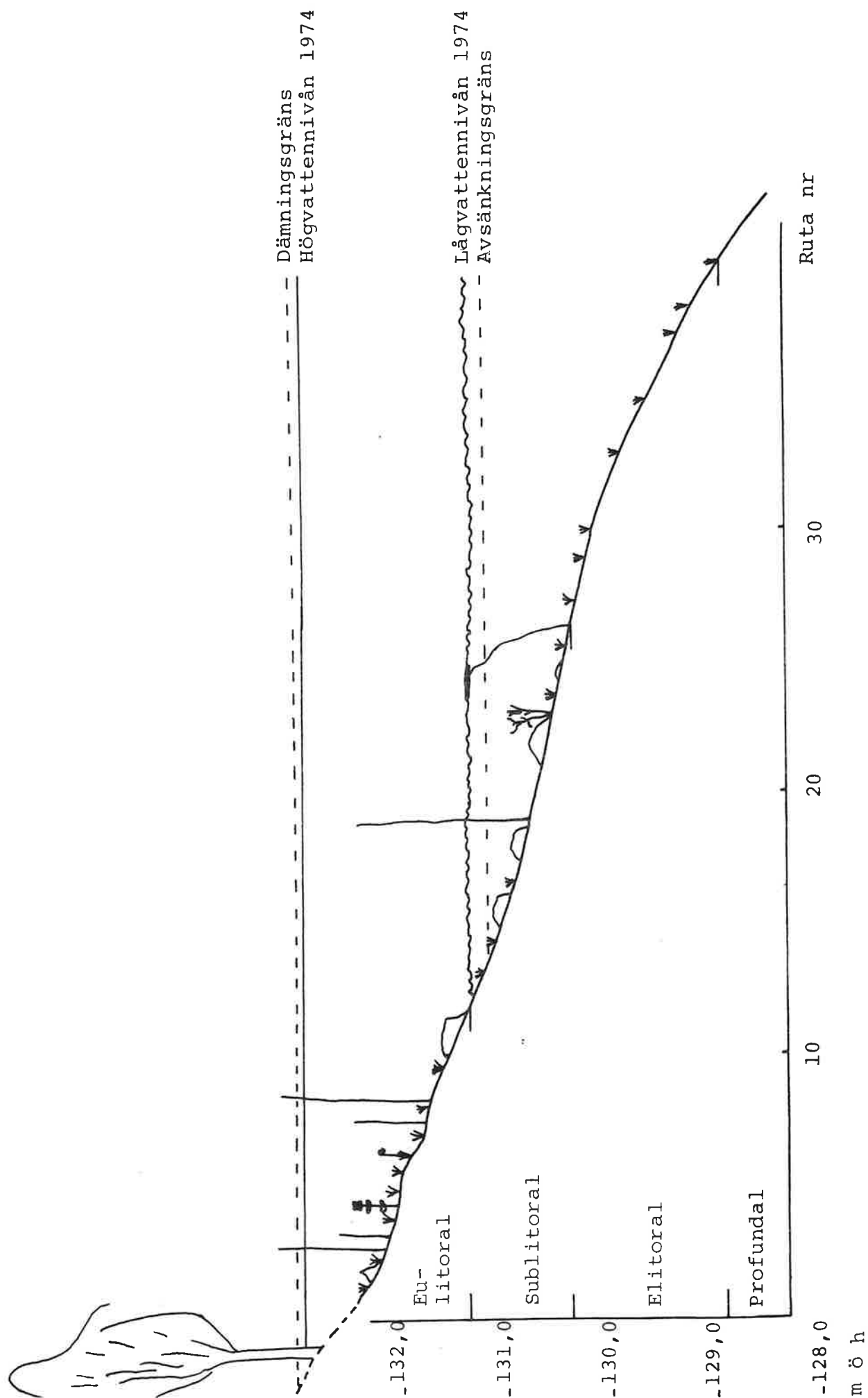
Ruta nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91
Nivå (cm över vy)	81	71	59	49	31	27	21	15	10	5	0-20-40-55-115-120-120-140-142-145-150-150-150-150-150-150-150																
Block och sten	3	3	3	3	2	2	3	3	3	2	2	2	3	2	2	0	4	6	5	6	6	7	7	8	8	9	
Agrostis canina	1	1	1																								
Lysimachia vulgaris	1																										
Molinia caerulea	2	1	2	1																							
Potentilla erecta	1	1	1																								
Rhamnus frangula	1	1			1																						
Succisa pratensis	1																										
Veronica scutellata	1	1		1																							
Carex oederi	1	1	1	1	1																						
Galium sp	1	1	1	2	3	3	2	1	2	2	1	1	1	1	1												
Littorella uniflora	1	1	1																								
Lysimachia thyrsoiflora	1	1																									
Ranunculus flammula	1	1																									
Pinaceae (g)	1	1																									
Caltha palustris	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
Equisetum fluviatile	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
Juncus supinus	1	1																									
Lysimachia thyrsoiflora	1	1																									
Myrica gale	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
Ranunculus reptans	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1												
Lobelia dortmanna	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
Mentha arvensis	1																										
Salix sp	1																										
Taraxacum sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
Obest. groddpl.	1																										
Subularia aquatica	1																										
Isoetes lacustris	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Polygonum amphibium	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nitella sp	1																										
Hepaticae	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Musci	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sphagnum	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

BANDPROFIL 2. LERVIK.

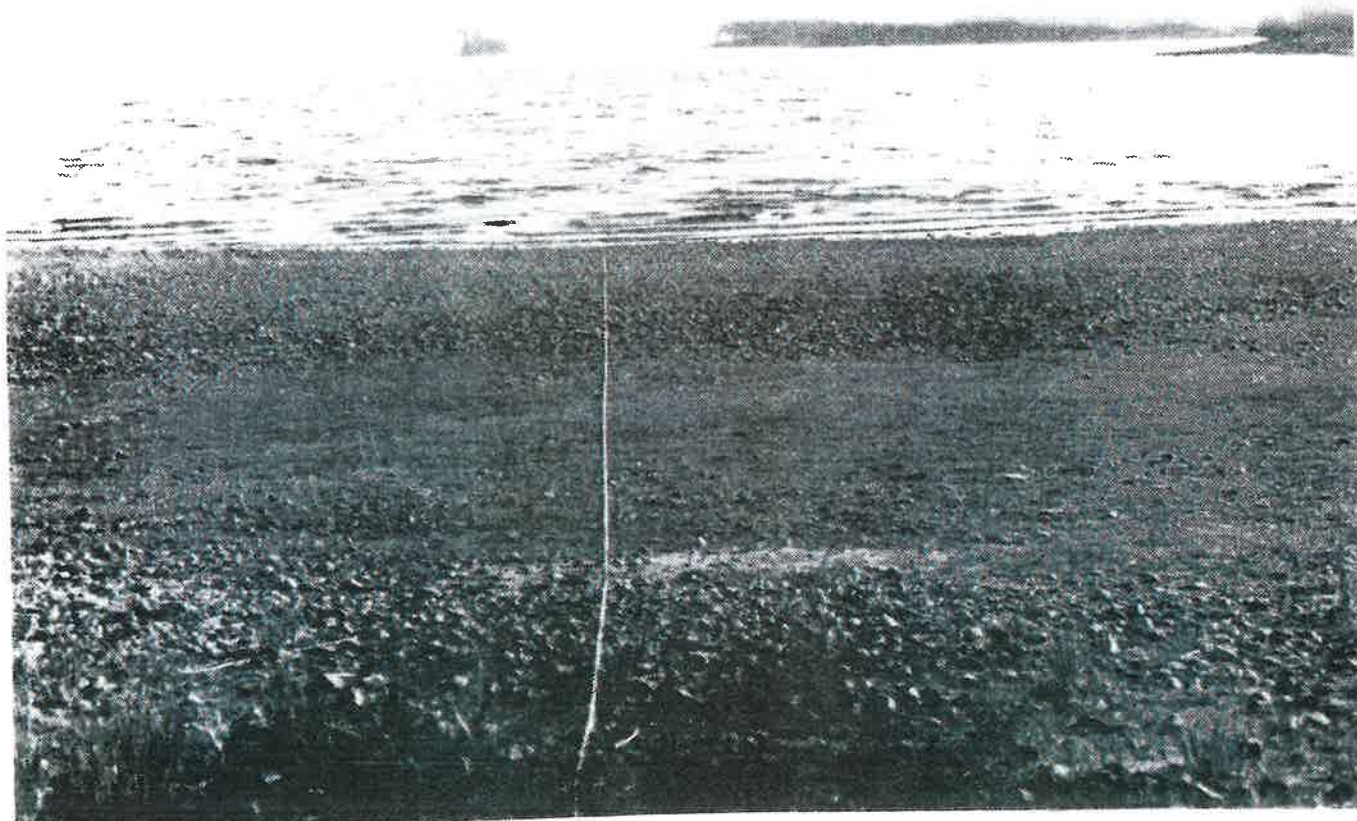
Tabell 8:7.

Ruta nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	14	19	24	29	34	39	44	49	54	59	64
Nivå (cm över vy)	66	50	33	27	25	12	13	9	-2	-15	-25	-35	-50	-63	-75	-90	-105	-120	-120	-150
Block och sten	2	2	3	3	3	2	2	1	2	2	1	1	2	1	1	3	3	2	3	3
<i>Agrostis stolonifera</i>	2	2	1	1																
<i>Drosera intermedia</i>	1																			
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	2	1														1				
<i>Juncus supinus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1										
<i>Littorella uniflora</i>	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1										
<i>Lycopodium inundatum</i>	1																			
<i>Lysimachia thyrsoiflora</i>	1	2																		
<i>Molinia caerulea</i>	2	1																		
<i>Myrica gale (g)</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1										
<i>Scirpus palustris</i>	1	1	1	1	1															
<i>Caltha palustris</i>	1															1				
<i>Lobelia dortmanna</i>	1	1	1	1	1	1	2	1	1											
<i>Obest. groddpl.</i>	1																			
<i>Ranunculus reptans</i>	1																			
<i>Salix sp</i>	1																			
<i>Scutellaria galericulata</i>	1																			
<i>Taraxacum sp</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1											
<i>Equisetum fluviatile</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1											
<i>Betula alba (g)</i>	1									1										
<i>Nymphaea alba</i>	1																			
<i>Scirpus lacustris</i>	1										1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Potamogeton natans</i>	1																			
<i>Nuphar luteum (g)</i>	1																			
<i>Potamogeton pusillus</i>	1																			
<i>Hepaticae</i>	1																			
<i>Musci</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1											
<i>Sphagnum</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1											
g = groddplanta																				

Figur 8:1. Schematiserad strandprofil från Fegen.



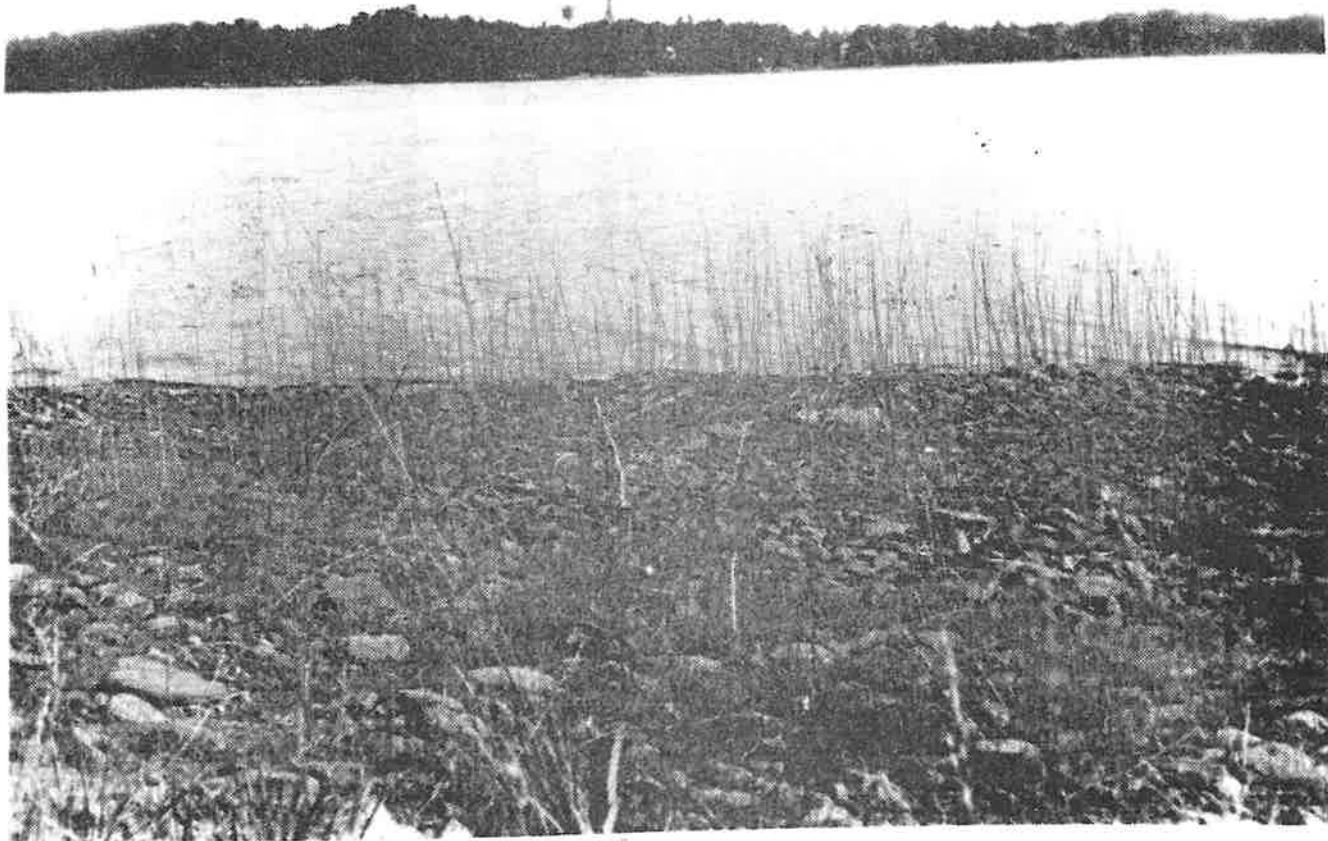
Figur 8:3. Fegen, bandprofil 2 vid Övre Backa, fotograferad 1974-08-27.
Nedanför slättzonen dominerar strandprylen.



Figur 8:4. Blockstrand i Nord-östra Fegen vid Påbo fotograferad 1974-08-27.
Mellan blocken, och i vattnet, blommande notblomster.



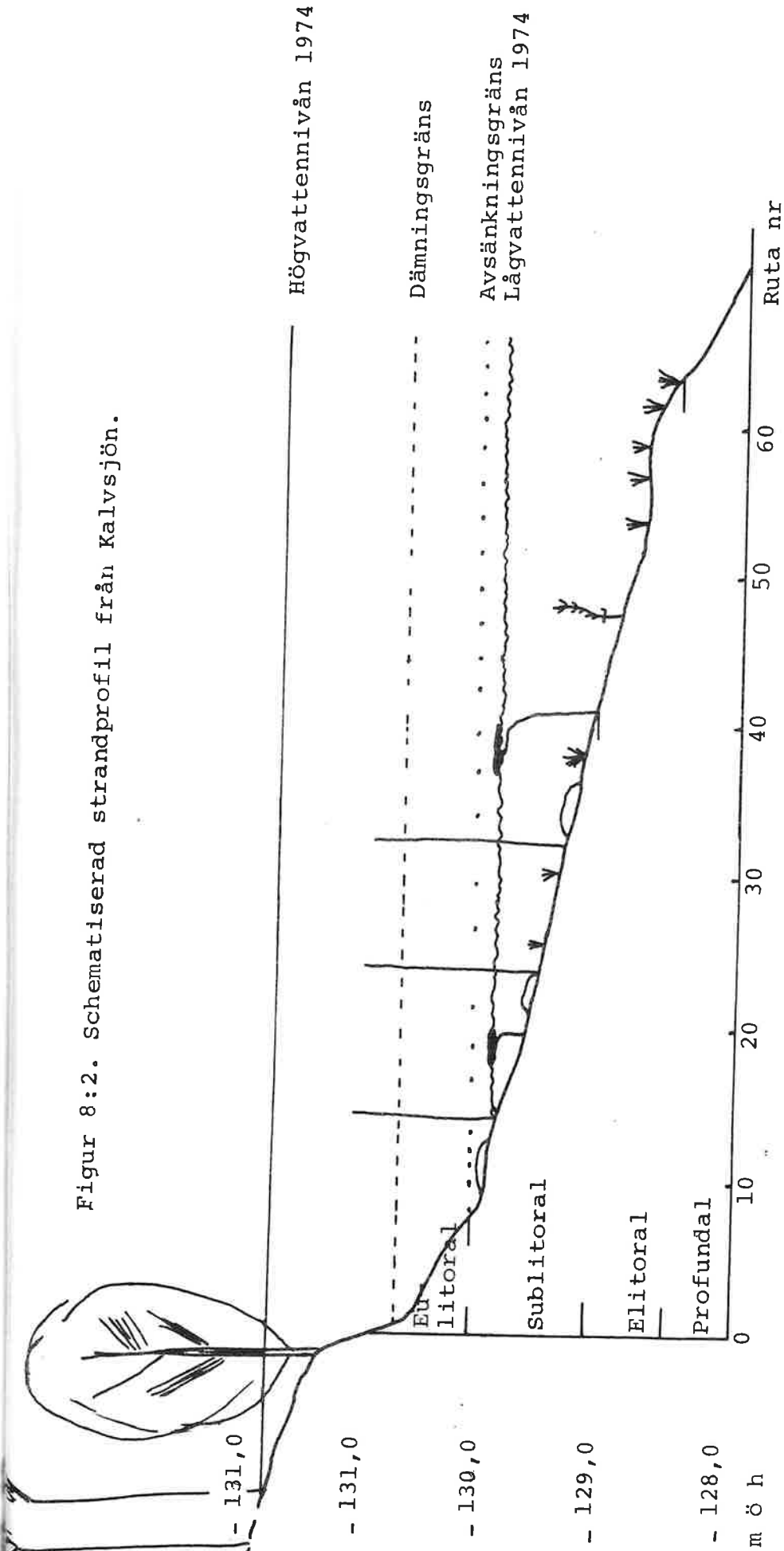
Figur 8:5. Kalvsjön, bandprofil i vid Åsen fotograferad 1974-08-28.
Övan vattenytan syns bl a sjösäv och strandpryl och ute i
vattnet vattenpilört.



Figur 8:6. Kalvsjön vid Sperlingsholmsviken (N Rösarpsviken) 1974-08-28.
Fotoriktning norr. Inne i viken växer ett av de tätaste säv-
bestånden i sjön.



Figur 8:2. Schematiserad strandprofil från Kalvsjön.



9. FYTOPLANKTON

Inledning

Avsikten med undersökningens växtplanktondel har varit att bestämma biomassans storleksordning och fluktuation under året jämte samhällets artinnehåll och succession. Det bearbetade materialet har förutom "håvplankton" bestått av originalvattenprov för kvantitativ analys av plankton, vilka beträffande huvudpunkterna F3 och K1 insamlats vid samtliga provtagningstillfällen och punkter (Fig 3:3). Denna rapport redovisar resultat från Fegen (punkterna F3 och F5) samt Kalvsjön (punkt K1).

Metodik

Provtagning. De kvantitativa proven togs med ett 2 m långt plexiglasrör och representerar skiktet 0 - 2 m. Proven förvaras i 300 ml bruna glasflaskor. Fixeringsmedel Lugols lösning (jodjodkalium) 2 ml/l.

Vid planktonhävningen användes håv med maskvidden 20 μm .

Fixering i 4 %-ig formalinlösning och förvaring i 100 ml glasflaskor.

Såväl vertikal som horisontell hävning.

Bearbetning. Algerna i de kvantitativa proven räknades efter sedimentation i kammare av känd volym, vanligen 5, 10 eller 50 ml provvatten beroende på årstid och algrikedom. Grövre former räknades över hel kammarbotten i 100 x förstoring, medan de mindre och individrikare endast räknades i 2 - 6 synfältsspalter i 200 eller 400 x förstoring. Därefter volymbestämde de vanligast förekommande arterna genom stereometrisk mätning av cellerna. Förfarandet ger ett värde på växtplanktons biovolym.

Då algernas täthet är obetydligt större än 1, kan volymsvärdet i praktiken direkt överföras till biomassa.

Exempel: $1000 \mu^3 10^6 / 1$ (volym) är ungefär lika med 1 mg/l (biomassa).

Totala biomassan har bestämts efter räkning och volymmätning av 8 - 15 arter per provtagningstillfälle. Enligt Willén (1974) är 7 - 8 arter tillräckligt underlag för bestämning av fytoplanktons totalbiomassa i oligotrofa sjöar. I eutrofa sjöar domineras hela samhallets biomassa av än färre arter.

Jämsides med de kvantitativa proven har håvplankton analyserats och de därvid sammantagna observationerna ger sjöns artinnehåll.

Resultat

Tabell 9:1 upptar de viktigaste växtplanktonarterna i Fegen - Kalvsjön. Systematiken följer Christensen (1966). Skillnaderna mellan de bearbetade lokalerna är så obetydlig - endast i undantagsfall förekommer (eller saknas) en art på en enstaka provtagningsspunkt - att gemensam artlista kan gälla. Avvikelse framträder dock beträffande biomassa (Fig 9:1) och procentuell fördelning av dominerande artgrupper (Tabell 9:2).

Artinnehåll och succession. Planktonfloran i oligotrofa sjöar brukar kännetecknas av ett Chrysophyceae-maximum på våren. Dessutom uppträder vanligen enstaka kiselalger i större antal. Under sommaren och hösten förekommer vissa grönalger, främst desmidiacéer, i förhöjda individantal. Iakttagelserna från Fegen och Kalvsjön överensstämmer i huvudsak med denna generella bild. Vårplankton dominerades av Dinobryon-arter, Uroglena och obestämda Chrysomonader, främst av släktet Kephyrion. I Fegen uppträdde kiselalgerna *Asterionella formosa* och *Rhizosolenia longiseta*. En avgörande skillnad mellan lokalerna var fattigdomen på kiselalger i Kalvsjön (Tabell 9:2). Orsakerna till denna omständighet är svåra att klarlägga. Tillgången på löst kisel (SiO_2) var dock sannolikt ej begränsande faktor i Kalvsjön (jfr kapitel 5). I augusti och november var *Ceratium hirundinella* och några *Peridinium*-arter talrika tillsammans med *Tabellaria fenestrata* (kiselalg) samt vissa blågrönalger såsom *Anabaena flos aquae* och *Coelosphaerium* spp. Andelen Cryptophyta och Dinophyceae (i taxonomisk litteratur ofta sammanförda till "Pyrrophyta") var med få undantag högst i Kalvsjön och lägst i Fegen vid F5. Dessutom uppträdde betydligt fler chlorococcala grönalgsarter vid F5 än F3 men

skillanden var enbart kvalitativ. Förhållandet kan troligen tolkas så, att F5 har en något näringsrikare miljö. Den artrikaste alggruppen på samtliga provtagningspunkter var emellertid desmidiacéerna, vilket tyder på övervägande oligotrofa förhållanden. *Botryococcus braunii* gav i januari upphov till hög volymsandel alger vid F3 och K1.

Biomassa. Storleksordning och årsvariation framgår av Fig 9:1. Högsta värdet uppmättes vid F5 (april 74), 1 mg/l, och lägsta vid K1 (jan 75), mindre än 0,02 mg/l. Medeltalet för perioden april - november var för F3 0,22 mg/l, F5 0,37 mg/l och K1 0,15 mg/l. Samtliga dessa tal ligger klart under den gräns som anges för oligotrofa sjöar (Willén 1974).

I Fegen noterades maximum i april - maj och där förelåg även antydningar till ett andra årsmaximum under sensommaren. Däremot uppmättes i Kalvsjön betydligt högre värden i juni och augusti än under våren. Denna ovanliga fördelning av planktonbiomassan har (tillsammans med kvalitativa observationer) möjligen föranlett bedömningen av Kalvsjön som något eutrofare än Fegen vid Naturvårdsverkets Ätranundersökning i juli 1970 (Eriksson, 1971). Samma undersökning uppger följande totalhalter för växtplankton: Södra Fegen 0,1 mg/l (89 µg/l) och Västra Fegen 0,17 mg/l (172 µg/l) - värden som överensstämmer väl med 1974 års resultat.

Att materialet från provtagningspunkterna i norra och västra delarna av Fegen ej bearbetats till denna rapport sammanhänger med preliminära resultat och bedömningar, vilka visade så små skillnader från centralpunkten (F3), att de ansågs falla inom felmarginalerna. Punkt F5 valdes med tanke på eventuell påverkan från samhället Fegen. Största avvikelserna gentemot F3 noterades i april då massförekomst av *Asterionella formosa* (80 %-ig dominans) orsakade den jämförelsevis höga biomassan 1 mg/l (se ovan).

Regional jämförelse. För utvärdering av algbiomassans storleksordning i Fegen och Kalvsjön i förhållande till typologiskt lika sjöar i västra Götaland har jämförande data sammanställts i Tabell 9:3. Sjöarna som valts ut med hänsyn till allmän trofograd och storlek tillhör alla Lagansystemet; Bolmen i Bolman (Hamrin 1974), övriga i åns övre lopp med uppgifter från "Limnologisk undersökning av Lagan 1973 - 74" - Lagans vattenvårdsförbund, Sydsvenska ingenjörbyrå, Malmö. Värdena är årsmedeltal från olika perioder och grundade på olika antal mätningar men torde ändå ge en viss uppfattning om växtplanktonbiomassans storlek i regionens större oligotrofa sjöar. Detaljerade jämförelser

är svårare att göra, med de undersökta punkterna i Fegen och Kalvsjön har värden som ligger under eller mycket nära genomsnittet för detta material.

Även beträffande artsammansättningen föreligger några intressanta skillnader till de jämförelseobjekt som ligger ungefär lika med eller något över Fegen/Kalvsjön i algbiomassa. Såväl Södra Bolmen, Rusken, Flåren som Vidöstern präglas sommartid i högre grad av kiselalger, av vilka *Fragilaria crotonensis* som stundom anges vara mesotrofiindikator men också är vanlig i måttligt eutrofa sjöar, förekommer genomgående. Dessutom uppträder den eutrofa blågrönalgen *Aphanizomenon flos aquae* (Rusken undantagen), vilken i Flåren t o m uppges orsaka vattenblom. Båda dessa arter saknas i Fegen/Kalvsjön. Observationerna bör dock tolkas med en viss försiktighet då det rör sig om olika undersökningsår, se Tabell 9:3, men exemplen antyder att mesotrofa och eutrofa komponenter mycket väl kan ingå i planktonsamhällen från oligotrofa sjöar med "normalt" låg algbiomassa.

Unnen och Hindsen vilka båda är källsjöar med svagt utvecklade planktonsamhällen där tyngdpunkten också sommartid tycks utgöras av nannoplankton, förefaller även ur kvalitativ synpunkt något näringsfattigare än Fegen/Kalvsjön.

Tabell 9:1. Viktigare växtplanktonarter i Fegen och Kalvsjön med volymsuppgift för de mest frekventa.

<u>CYANOPHYTA</u>	volym μ^3
Anabaena flos aquae (Lyngb.) Bréb.	100 (cell)
Aphanothece clathrata v. brevis Bachm.	
Coelosphaerium kuetszingianum Naeg.	7000 (kol.)
C. naegelianum Ung.	20000 (kol.)
Gomphosphaeria lacustris Chod.	
Merismopedia glauca (E.) Näg.	
Oscillatoria sp	
<u>CHROMOPHYTA</u>	
<u>Cryptophyceae</u>	
Cryptomonas marssonii Skuja	900
C. ovata Ehrenberg	2300
<u>Dinophyceae</u>	
Ceratium hirundinella (O.F. Müller) Schrank	51000
Glenodinium dinobryonis (Wol.) Lindemann	
Gymnodinium inversum Nygaard	
G. sp	1200
Peridinium bipes Stein	
P. cinctum (Müller) Ehrb.	80000
P. inconspicuum Lemm.	7000
P. palustre (Lindem.) Lef.	80000
<u>Chrysophyceae</u>	
Chrysomonader obest.	50-300
Chryso-sphaerella brevispina Korsch.	
Dinobryon bavaricum Imhof	200 (cell)
D. crenulatum West o West	
D. cylindricum Imhof	300 (cell)
D. divergens Imhof	300 (cell)
D. sertularia Ehrenbg.	
D. suecicum Lemm.	
<u>Mallomonas cf acaroides Perty</u>	
M. akrokomos Ruttner	
M. caudata Iwanoff	3000
M. reginae Teiling	
M. tonsurata Teiling	

Stichogloea doederleinii (Schidle) Wille	
Synura petersenii Korsch.	600 (cell)
S. spinosa Korsch.	600 (cell)
Uroglena cf volvox Ehrb.	

Bacillariophyceae

Asterionella formosa Hass.	700
A. zasuminensis (Cab.) Lundh-Almestr.	
Cyclotella stelligera Cl. et Grun.	
Melosira distans (E.) Kg.	
M. granulata (E.) Ralfs	
M. islandica helvetica O. Müller	30000 (kol.)
Nitzschia sp	
Rhizosolenia longiseta Zach,	110
Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kg.	3000
T. flocculosa (Roth) Kg.	1500
T. flocculosa v. teilingii Knudson	

CHLOROPHYTA

Tetrasporales

Gloeocystopsis limneticus O.F. Smith	
Pseudosphaerocystis lacustris (Lemm.) Novak.	

Volvocales

Pandorina morum (Müller) Bory	
-------------------------------	--

Chlorococcales

Botryococcus braunii Kütz.	44000 (kol.)
Coelastrum cambricum Arch.	
C. microporum Näg.	
Chlorobotrys limneticus G.M. Smith	
Crucigeniella rectangularis (Näg.) Kom.	
Dictyosphaerium pulchellum Wood	
Kirchneriella lunaris (Kirchn.) Möb.	
Monoraphidium setiforme (Nyg.) Kom.-Legn.	
Oocystis submarina Lagerh.	
O. sp	
Pediastrum boryanum (Turp.) Menegh.	
Quadrigula lacustris (Chodat.) G.M. Smith	
Q. pfitzeri (Schröd.) G.M. Smith	

Sphaerocystis schroeteri Chod.

Tetraedron limneticum Borge

Desmidiiales

Closterium kuetsingii Bréb.

Cosmarium spp

Euastrum denticulatum (Kirchn.) Gay

Gonatozygon sp

Gymnozyga moniliforme Ehrenberg

Micrasterias radiosa Ralfs

Staurastrum anatinum Cooke o Wills

S. longipes (Nordst.) Teil. 3000

S. lunatum Ralfs

S. paradoxum v. *parvum* W.West

S. pseudopelagicum West o West

S. tetracerum (Kütz.) Ralfs

S. tetracerum v. *trigonum* Lund

S. cf uplandicum Teiling

Staurodesmus cuspidatus v. *curvatus* (W.West) Teil. 6000

S. dejectus (Bréb) Teil.

S. extensus (Borge) Teil.

S. mamillatus (Nordst.) Teil.

S. quiriferus (West) Teil.

S. cf sellatus f. *tumidus* Teiling

S. triangularis (Lagerh.) Teil.

S. sp 4000

Xanthidium subhastiferum W.West

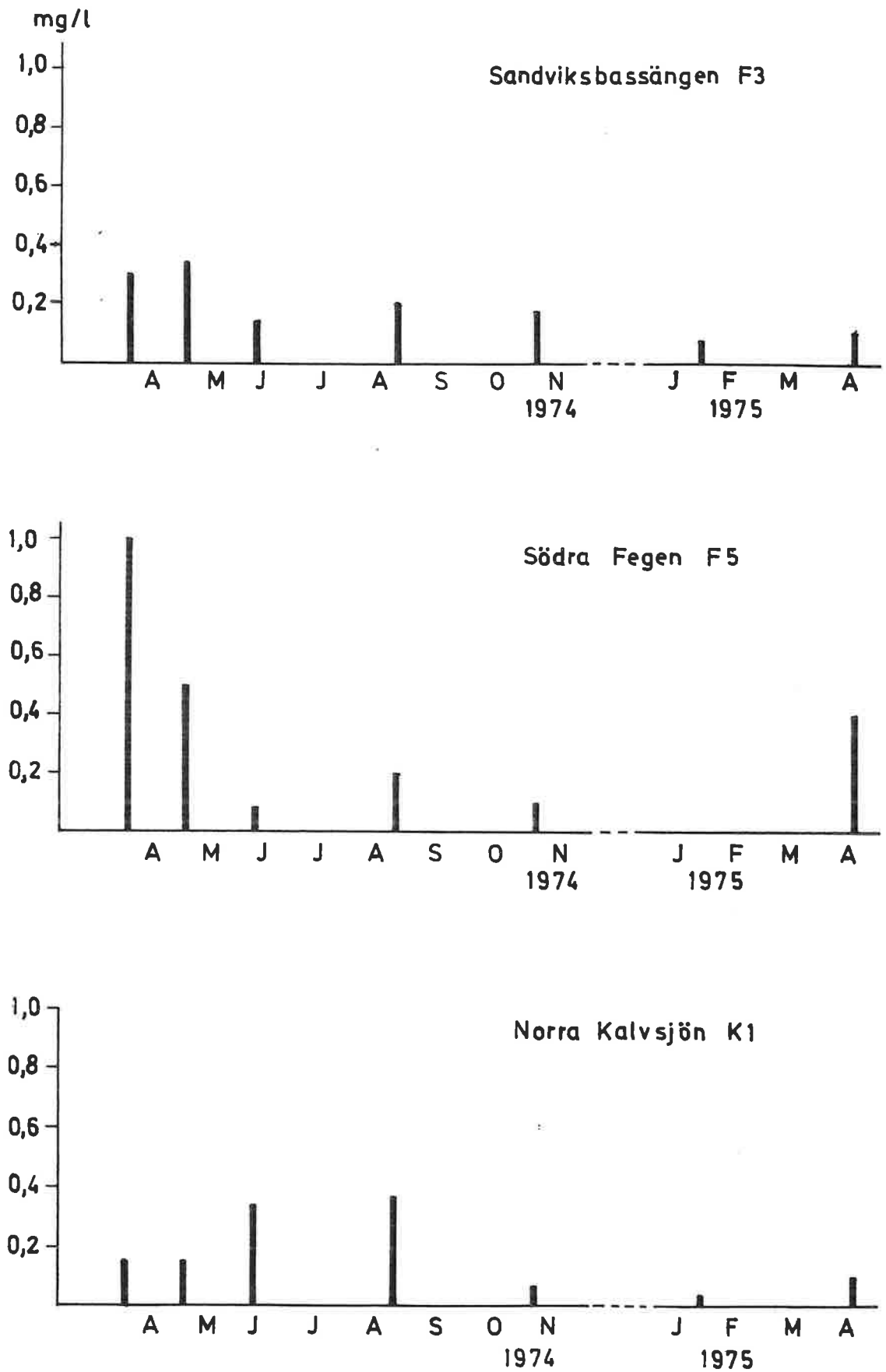
Tabell 9:2. Dominerande artgrupper av växtplankton i Fegen och Kalvsjön.
 Procentuell fördelning av algvolymen.

	F3 / F5 / K1						
	april 74	maj 74	juni 74	aug 74	nov 74	jan 75	april 75
Cryptophyceae } Dinophyceae }	15/ 5/52	9/15/49	31/50/48	48/ 8/42	10/17/ 9	6/ /10	70/22/74
Chrysophyceae	47/15/40	53/24/38	39/- /29	6/ 4/12	9/- /40	1/ / 4	20/71/20
Bacillariophyceae	35/80/ 8	38/61/13	7/21/ 1	32/51/-	5/40/ 4	1/ /-	10/ 7/ 6
Chlorophyta	3/- /-	-/- /-	11/- / 4	3/36/38	63/40/17	91/ /84	-/- /-
Cyanophyta	-/- /-	-/- /-	12/29/18	11/ 1/ 8	13/ 3/30	1/ / 2	-/- /-

Tabell 9:3. Växtplanktonbiomassa, årsmedelvärden i mg/l.
Regional jämförelse.

Bolmen (norra)	0,5 - 1,0	Fyra mätningar/år 1971 - 73	
Bolmen (södra)	0,4 - 0,6	- " -	
Unnen	0,1	Två mätningar 1973 juni o sept	
Rusken	0,3	- " -	
Flåren	0,3	- " -	
Hindsen	0,1	- " -	(källsjö)
Vidöstern (södra)	0,35	- " -	
Fegen, F3	0,22	Fem mätningar 1974	
Fegen, F5	0,37	- " -	
Kalvsjön, K1	0,15	- " -	

FIGUR 9:1

VÄXTPLANKTENS BIOMASSA I FEGEN
OCH KALVSJÖN

10. PRIMÄRPRODUKTION OCH KLOROFYLL

Inledning

Primärproduktion är växters nybildning av organiskt material, huvudsakligen genom fotosyntes. I större, djupa sjöar dominerar vanligen växtplankton som primärproducent. Vid eventuellt utsläpp av avloppsvatten eller förändringar i tillrinningsområdet - med ökad tillförsel av närsalter till sjön som följd - kan som regel förväntas en ökning av sjöns primärproduktion (eutrofiering).

Målsättningen med undersökningarna över växtplanktons primärproduktion och klorofyllhalt har varit, 1) att bidra till en allmän beskrivning av sjösystemet Fegen/Kalvsjön, och 2) att erhålla kvantitativa data för jämförelser beträffande dels olika bassänger inom sjösystemet Fegen/Kalvsjön, dels andra sjöar.

Metodik

Fytoplanktons primärproduktion mättes under maj, juni och augusti 1974 i Fegen (F3) och Kalvsjön (K1). Fytoplanktons klorofyll a-innehåll bestämdes vid 6 tillfällen under 1974 och 1975, och vattnets ljusextinktionsegenskaper mättes i samband med nämnda bestämningar i maj och juni. Provtagningsdatum och provtagningspunkter framgår av Fig 3:3.

Primärproduktion bestämdes enligt ^{14}C -metodik (Stemann Nielsen, 1952). 115 ml borosilikatglasflaskor fylldes med vatten från 6-8 olika djup. Ungefär $2 \mu\text{Ci } \text{H}^{14}\text{CO}_3$ tillsattes varje flaska som därefter exponerades in situ ca 4 timmar (10:00-14:00). Flaskorna förvarades mörkt och svalt tills 50 ml vakuumfiltrerades genom $0,22 \mu\text{m}$ Sartorius membranfilter.

Filtren sköljdes med 25 ml inaktivt sjövattnet, lufttorkades och förvarades i exsickator. ^{14}C -aktiviteten bestämdes med G-M utrustning av ^{14}C -Centralen, Hörsholm, Danmark. Filtringen påbörjades inom 1,75 timmar och tog 1-2 timmar.

Totala halten oorganiskt kol i vattnet bestämdes genom dels pH/alkalinitets-metoden (tabeller av Rebsdorf, 1972) dels direkt destillation av CO_2 från ett surgjort prov till $\text{Ba}(\text{OH})_2/\text{BaCl}_2$ -lösning och titrering med HCl (Krogh och Rehberg, 1930). Produktionen ($\text{mgC}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{tim}^{-1}$) framräknades enligt Vollenweider (1969, sid. 72). Fotosyntesprofilen från respektive provtagningstillfälle integrerades planimetriskt för att uttrycka primärproduktionen per ytenhet (ΣA) ($\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{tim}^{-1}$).

Approximativa uppskattningar gjordes av dagsproduktionen genom att anta en direkt proportionalitet mellan primärproduktionen per ytenhet under en viss tidperiod och instrålningen under samma period. Resultaten från korttidsexponeringarna (ΣA) multiplicerades med en faktor

= $\frac{\text{total instrålning per dag}}{\text{instrålning under exponeringen}}$ för att uppskatta dagsproduktionen ($\Sigma \Sigma A$) ($\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{dag}^{-1}$). Eftersom instrålningsdata saknas för Fegen-området, användes medelvärden för denna faktor för fem dagar omkring exponeringsdagen från två SMHI-stationer i Skåne (Svalöv och Sturup).

En jämförelse mellan fotosyntesprofilerna för Fegen (F3) och Kalvsjön (K1), som uppmättes med en dags mellanrum, förutsätter att väderleken var densamma dessa båda dagar. Detta var fallet i maj och juni, men inte i augusti.

Klorofyll a: Vattenprov (antingen sammelprov 0-2 m eller prov från olika djup) pH-stabiliserades i fält genom tillsats av 3 ml 1 % MgCO_3 -suspension per liter sjövattnet. Vattnet filtrerades (1-2 l) samma dag genom Whatman GF/C glasfiberfilter, lufttorkades, förvarades i vakuumsickator och nedfrysades tills extraktionstillfället. Klorofyll a bestämdes spektrofotometriskt (5 cm kuvett) enligt Lorenzen (1967) efter homogenisering och extrahering (24 timmar) i 90 % aceton. Resultaten uttrycks som mg klorofyll a. m^{-3} (korrigerad för phaeopigment).

Ljusextinktion: Ljusets utsläckning i vattnet uppmättes med en undervattensfotometer och en däckfotometer (som referens) utrustade med selenfotoceller. De använda färgfiltren var: BG 12 (max. transmission vid 430 nm), VG 9 (530 nm), och RG 665 (665 nm) (Schott & Gen., Mainz). Vertikala

extinktionskoefficienterna uttrycks i ln enheter/m (Vollenweider, 1969, sid. 166).

Resultat och diskussion

Växtplanktons primärproduktion (ΣA) varierade från 5,2 till 20 $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{tim}^{-1}$ och den approximativa dagsproduktionen ($\Sigma\Sigma A$) från 50 till 165 $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{dag}^{-1}$ (Fig 10:1). Rodhe (1969) anger att 30-100 $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{dag}^{-1}$ under vegetationsperioden kan anses karakteristiska för oligotrofa sjöar. De mätvärden som finns från systemet Fegen/Kalvsjön är så låga att de tyder på en placering på den "högre" oligotrofa delen i ett sådant schema. Årsproduktionen kan grovt uppskattas till mindre än 50 $\text{gC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{år}^{-1}$.

Skillnaderna i areal-produktion (ΣA) mellan bassängerna F3 och Kl orsakades huvudsakligen av skillnader i fytoplanktons biomassa, åtminstone i maj och juni. Detta framgår av att kvoten mellan produktionen vid ljusoptimum och klorofyll a-halten (P_{max}) var lika i båda bassängerna (Tabell 10:2). En jämförelse är ej möjlig i augusti eftersom F3-profilen mättes under betydligt sämre väderleksförhållanden. Förskjutningen mot högre P_{max} -värden under sommaren kan ha orsakats av bl a högre vattentemperatur och förändringar i fytoplanktonsamhällets kvalitativa sammansättning.

Klorofyll a är huvudpigmentet vid algfotosyntesen och klorofyllhalten användes därför ofta som ett mått på fytoplanktons biomassa. Relativt låga värden, vanligtvis mellan 2 och 4 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ (0-2 m skikt), uppmättes i Fegen/Kalvsjön. Även de uppmätta klorofyll a-halterna tyder på en "hög" oligotrofiplacering av Fegen/Kalvsjön på ett oligotrofi/eutrofi schema.

I fem av bassängerna uppmättes ett vårmaximum som följdes av lägre värden under sommaren (Fig 10:2). Med undantag av Kl speglades detta mönster även i fytoplanktons biomassa erhållen genom direkträkningar (Fig 9:1). Klorofyll a-halterna var lägre (1-2 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$) och mindre varierande i bassäng F2 jämfört med de övriga bassängerna. Klorofylltoppen under våren 1974 nåddes först vid F5 och en svag tendens till samma utveckling noterades under 1975 (Fig 10:3). Det grunda medeldjupet (4 m) vid F5 kan vara orsaken till denna utveckling därför att värcirkulationen inte tvingar fytoplankton ur den trofoga zonen. Tillväxten kan därför ske snabbt när ljusförhållandena blir gynnsamma (Talling, 1971).

Inget markant klorofyllmaximum registrerades under hösten 1974, trots att närsalthalten (NH_4 , NO_3 , SiO_2) ökade i hypolimnion under sommarstagnationsperioden (Fig 5:4 - 5:6). Den förbättrade näringstillgång, som höstcirkulationen medförde, kan ha orsakat ett växtplanktonmaximum i september. Detta har i så fall inte registrerats vid provtagningarna i augusti och november.

Eftersom ljuset inom våglängdsområdet ca 400-700 nm är fotosyntesens energikälla, är vattnets optiska egenskaper viktiga för primärproduktionen i en sjö. Av de använda färgfiltren uppvisade grönt ljus (filter VG 9) den lägsta extinktionskoefficienten (dvs grönt ljus trängde djupast ner i sjön) i bassängerna F3 och K1 (Fig 10:3). Detta är karakteristiskt för klarvattensjöar. Vattenfärgsvärden (20-30 mg Pt/l) från Fegen/Kalvsjön indikerar dock att en något längre våglängd (mot gult) kan ha haft lägre extinktion. Vattnet självt absorberar kraftigt i rött och löst organiskt material orsakar högre extinktion i blått och ultraviolett.

De uppmätta extinktionskoefficienterna visar tydligt betydelsen av annat material än fytoplankton för ljusextinktionen i både Fegen och Kalvsjön (Tabell 10:1). Fytoplanktons bidrag till extinktionen av grönt ljus uppskattas genom att multiplicera det specifika extinktionsvärdet

$\frac{0,03 \text{ ln enheter/m}}{\text{mg klor a /m}^{-3}}$ (jfr Talling, 1960; Celin, 1975) med ytvattnets

klorofyllhalt. Resultatet är en uppskattning av fytoplanktons ljusextinktion och denna tillsammans med vattnets eget bidrag (ca 0,03 ln enheter/m inom det gröna våglängdsområdet) utgör mellan 9 och 23 % av de in situ uppmätta extinktionsvärdena för grönt ljus. Löst organiskt material (inkluderande humusämnen) och detritus eller andra partiklar orsakade huvuddelen av ljusextinktionen och bestämde därmed djupet på det produktiva skiktet (trofoga zonen) vid de förefintliga låga växtplanktonhalterna. Extinktionskoefficienterna var högre i Kalvsjön (Tabell 10:1) och det trofoga skiktet därför tunnare. Detta tyder på högre halt av löst eller partikulärt material av annan art än växtplankton. Vattenfärgen under våren 1974 var högre i Kalvsjön än i Fegen.

Det finns tecken på att främst de lösta färgade substanserna orsakade ljusextinktionen i de båda bassängerna. Siktdjupet i en sjö påverkas mer än ljusextinktionen av minerogen grumlighet (om partiklarna påverkar ljuset mer genom spridning än genom selektiv absorption) (Hutchinson, 1957, sid 399). Därför blir siktdjupet litet i en grumlig sjö jämfört med djupet

på den trofoga zonen (jfr Kjensmo, 1972). Motsatt förhållande konstaterades inom systemet Fegen/Kalvsjön, där kvoten trofoga zonen djup varierade från 1,11 till 1,22 vid de fyra mätningarna.
siktdjupet

De redovisade primärproduktions- och klorofyllvärdena kan jämföras med resultat från liknande undersökningar i två sydsvenska sjöar, Bolmen (södra delen) och Ivösjön (samtliga data gäller vegetationsperioden).

	<u>Bolmen</u>	<u>Fegen/Kalvsjön</u>	<u>Ivösjön</u> ²⁾
klorofyll <u>a</u> (ytvatten, $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)	ca 2-4 ³⁾	ca 2-4	ca 2-4
primärproduktion ($\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{dag}^{-1}$)	ca 100-200 ¹⁾	ca 100-200	ca 300-400
årsproduktion ($\text{gC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{år}^{-1}$)	14-30 ¹⁾ (1966-70)	< 50	ca 60-75 (1973)

- 1) Hamrin (1971)
- 2) Hamrin et al. (1974)
- 3) Hamrin (1975)

Trots att klorofyllhalterna är lika i ytvattnet i dessa tre sjöar, är den uppskattade primärproduktionen högre i Ivösjön. Systemet Fegen/Kalvsjön kan jämföras med Bolmen (södra delen), som har en mer utpräglad oligotrof karaktär och vilken utvalts för vattenförsörjningen av Sydvest-skåne.

Tabell 10:1

Överdelen: Vertikala extinktionskoefficienter (\ln enheter/m) för olika ljuskvaliteter i dest. vatten (Hutchinson, 1957, sid 382) och in situ vid två mättillfällen i Fegen (F3) och Kalvsjön (K1). Värden inom parentes anger växtplanktons extinktion plus vattnets "egen-extinktion" för grönt ljus (se kap. Resultat och diskussion).

Underdelen: Vattenfärg samt den trofoga zonens djup (uppskattad som $3,7/\epsilon_{\min}$, där ϵ_{\min} är minimiextinktionskoefficienten (Talling, 1971).

	Dest. <u>vatten</u>	maj 1974		juni 1974	
		<u>F3</u>	<u>K1</u>	<u>F3</u>	<u>K1</u>
Neutralt	-	0,58	0,77	-	-
Rött, RG 665	ca 0,37	0,84	0,86	0,73	0,90
Grönt, VG 9	ca 0,03	0,61 (0,14)	0,78 (0,07)	0,51 (0,07)	0,69 (0,08)
Blått, BC 12	ca 0,01	1,50	1,96	1,08	1,62
Trofogen zon	-	6,1 m	4,7 m	7,3 m	5,4 m
Vattenfärg	-	20	30	20	20
mg Pt/l					

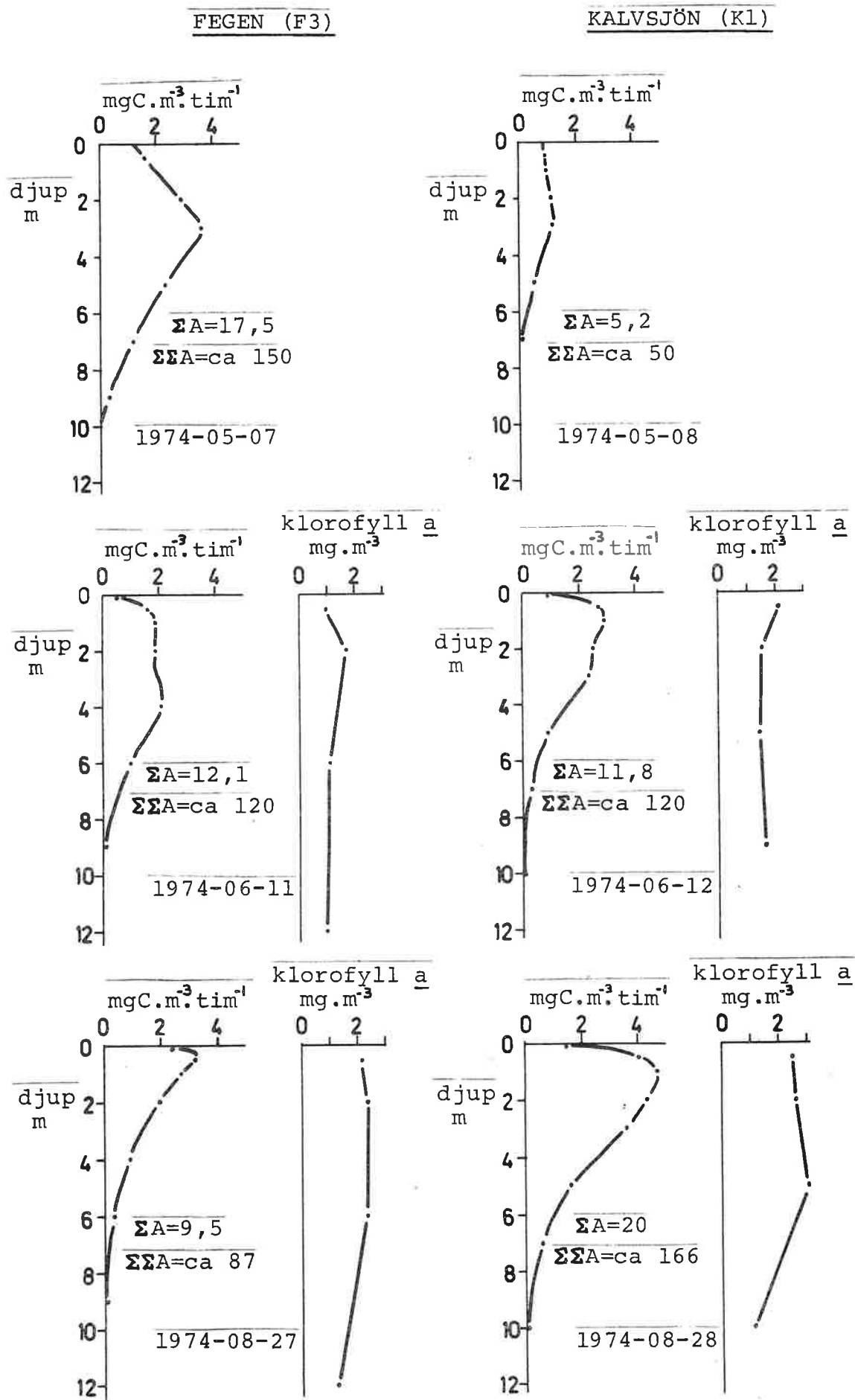
Tabell 10:2

Framräknade primärproduktions-parametrar för 3 mätomgångar i Fegen (F3) och Kalvsjön (K1):

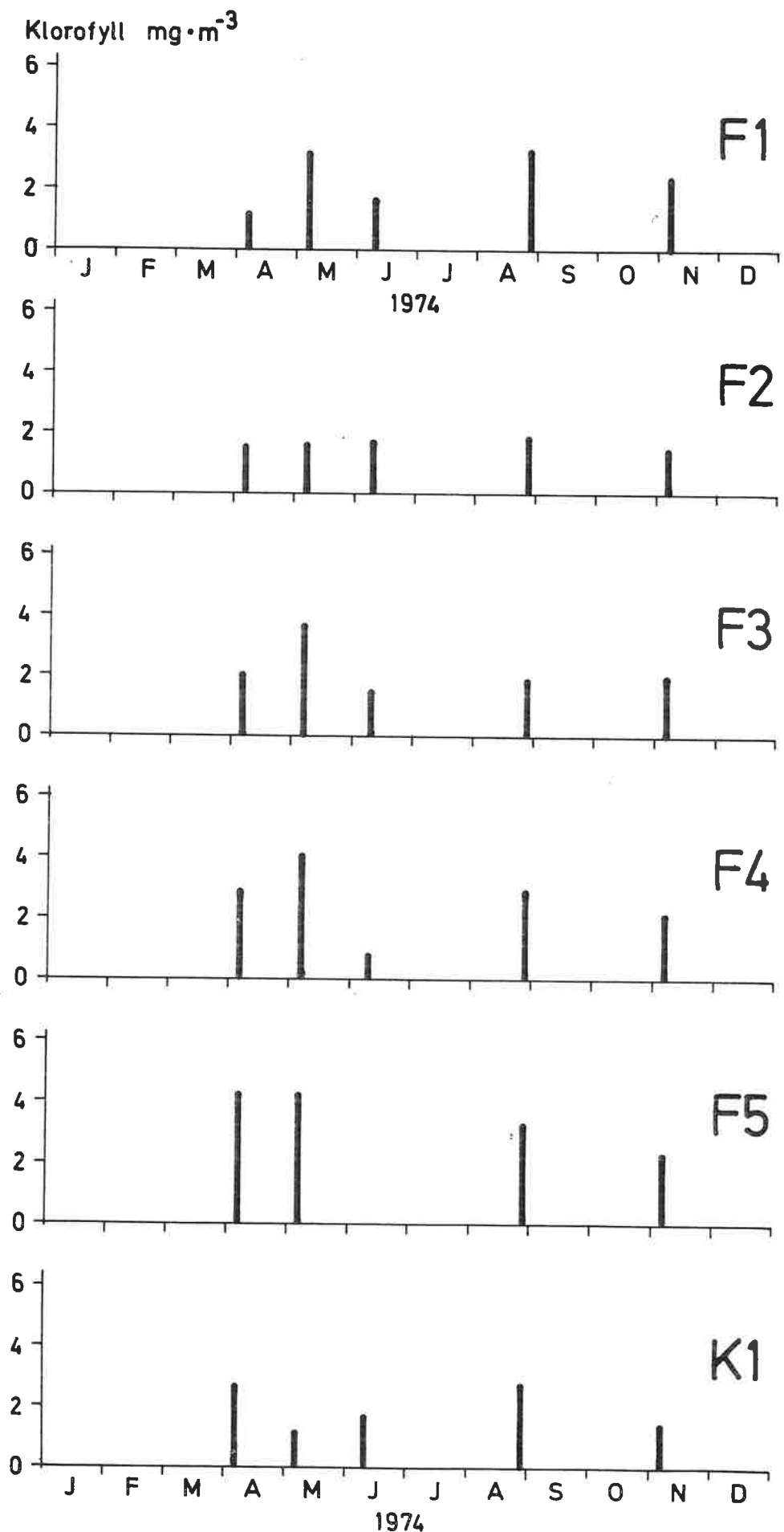
A_{max}	Maximal kolassimilation inom resp fotosyntesprofil.
ΣA	Primärproduktion per ytenhet och timme.
$\Sigma \Sigma A$	Primärproduktion per ytenhet och dag.
P_{max}	Primärproduktion per klorofyll a enhet vid ljusoptimum.

<u>Datum</u>	<u>Punkt</u>	A_{max} $mgC \cdot m^{-3} \cdot tim^{-1}$	ΣA $mgC \cdot m^{-2} \cdot tim^{-1}$	$\Sigma \Sigma A$ $mgC \cdot m^{-2} \cdot dag^{-1}$	P_{max} $mgC \cdot m^{-3} \cdot tim^{-1} / mgKlor \cdot m^{-3}$
Maj 1974	F3	3,6	17,5	ca 150	1,0
	K1	1,2	5,2	ca 50	1,0
Juni 1974	F3	2,1	12,1	ca 120	1,3
	K1	3,0	11,8	ca 120	1,5
Augusti 1974	F3	3,2	9,5	ca 87	1,4
	K1	4,7	20,0	ca 166	1,8

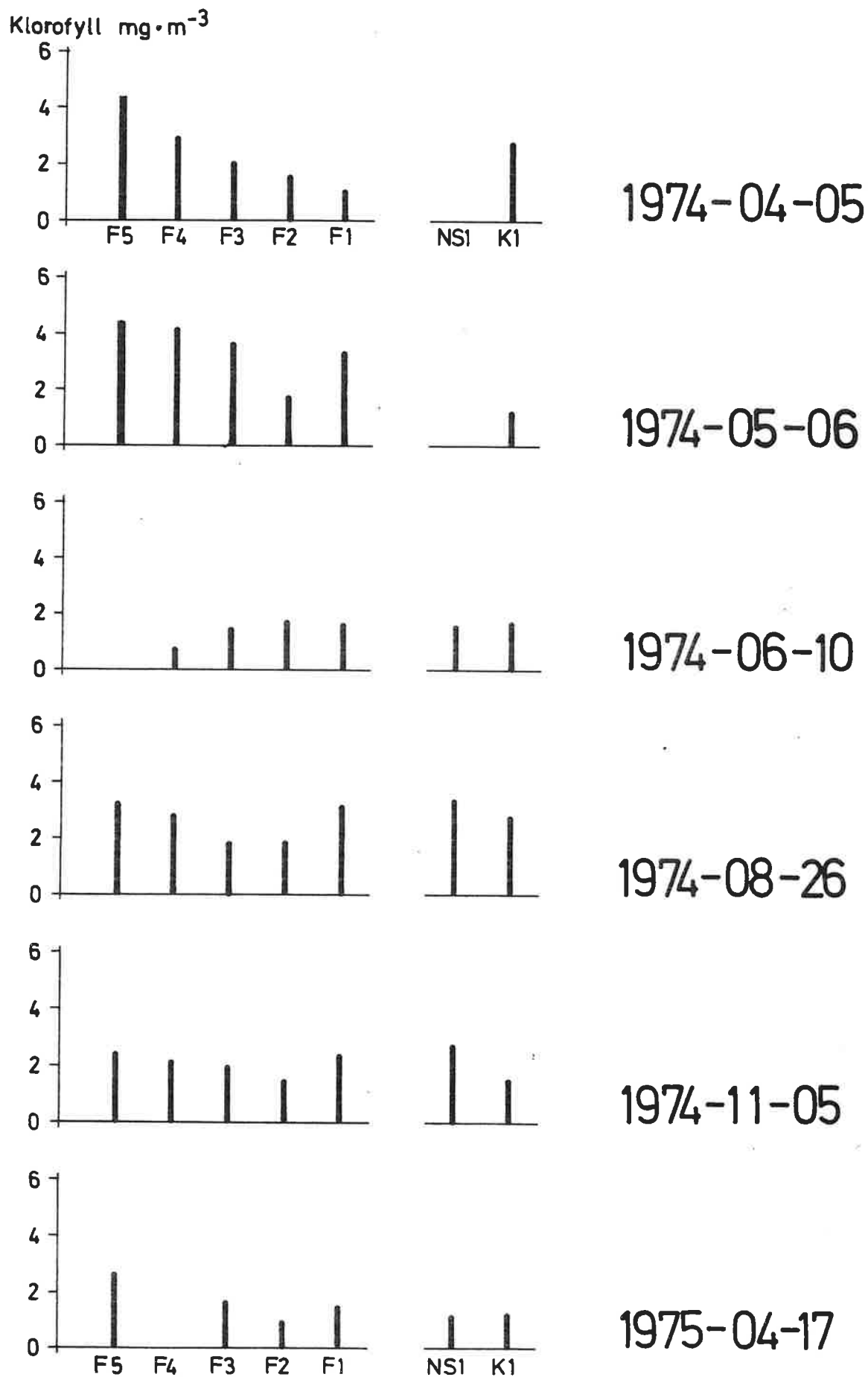
Figur 10:1. Fotosyntes- samt klorofyll a-profiler i Fegen och Kalvsjön. Teckenförklaring enligt Tabell 10:2.

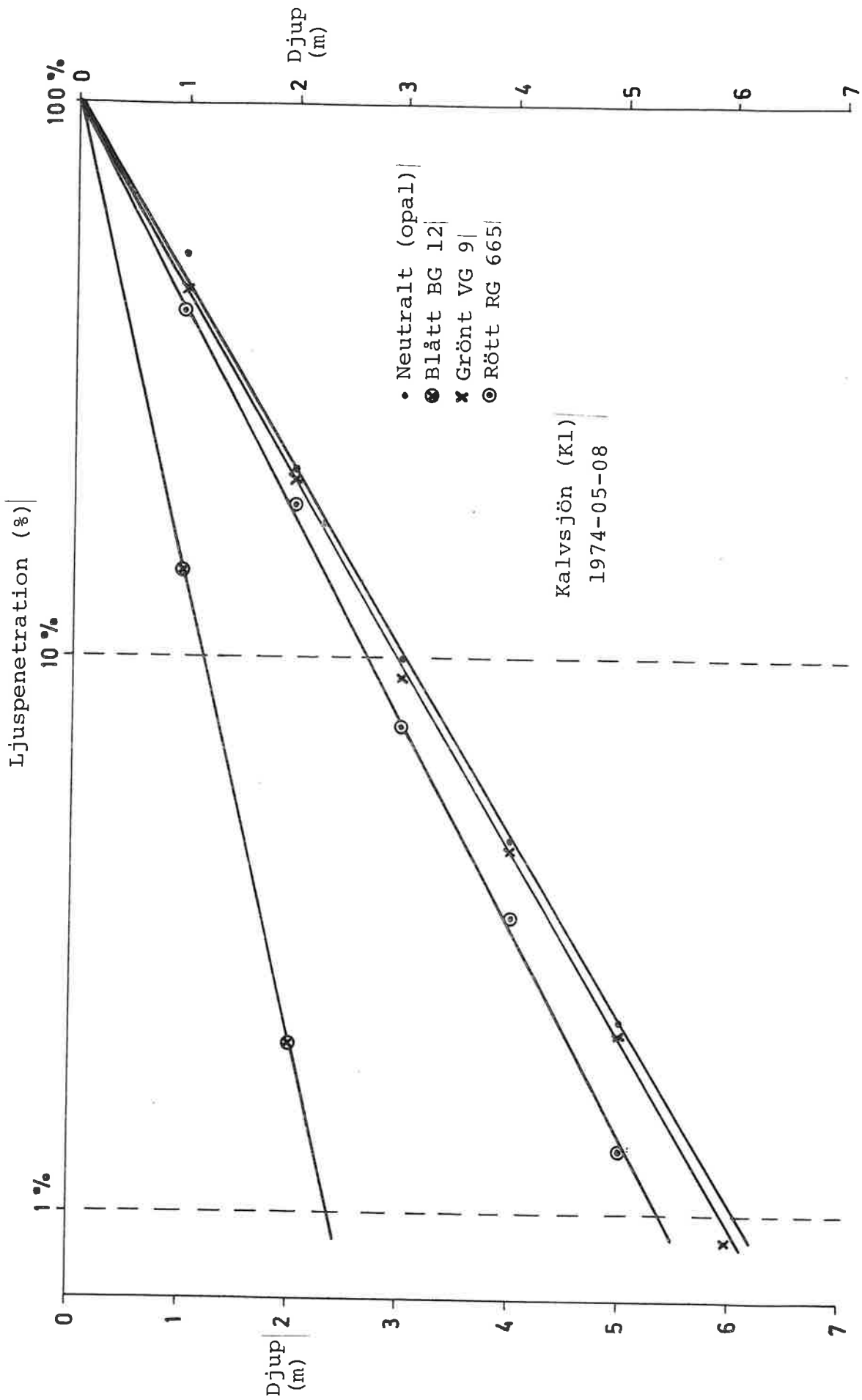


Figur 10:2. Ytvattnets klorofyll a-halt under 1974 i sex bassänger inom systemet Fegen/Kalvsjön.



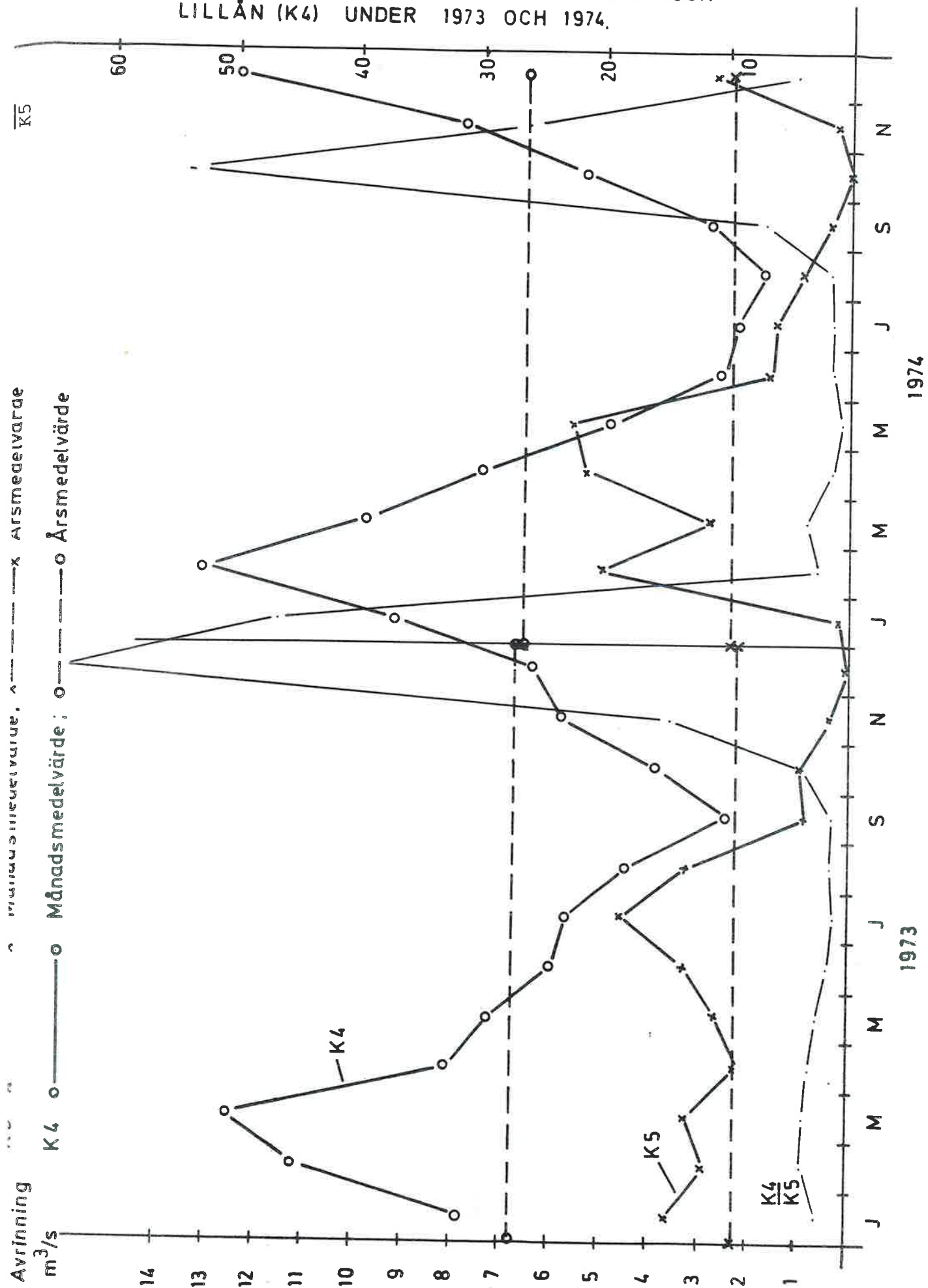
Figur 10:3. Ytvattnets klorofyll a-halt inom systemet Fegen/
Kalvsjön under 1974.





Figur 10:4. Olika ljuskvaliteters penetration i Kalvsjön, 1974-05-08.

FIGUR 4:6 AVRINNING VID GÖTSHULTSKANALEN (K5) OCH LILLÅN (K4) UNDER 1973 OCH 1974.



11. ZOOPLANKTON

Inledning

Det primära syftet med undersökningen var att grovt uppskatta biomassans storlek och variation under loppet av ett år (1974). I Kalvsjön har prov tagits från den norra bassängen, K1, med ett maximidjup på ca 20 m. I Fegen har Sandviksbassängen, F3 (maxdjup drygt 20 m), använts som huvudprovtagningsspunkt. Dessutom har prov tagits och bearbetats från södra Fegen, F5 (maxdjup ca 7 m) samt nordöstra Fegen, F2 (maxdjup ca 36 m). Provtagningarna har ägt rum under tiden 1974-04-02 - 1975-04-17 omfattande totalt sju provtagningstillfällen. Provtagningspunkternas läge framgår av Fig 3:3.

Metodik

Proven har tagits med en 5 liters aluminiumhämtare. Vid F3 och K1 har vattenpelaren indelats i 2-metersskikt, vid F5 och F2 i 5-metersskikt, varvid 10 l tagits ut från varje skikt. Provvattnet har filtrerats genom 45 µm planktonväv. Individantal per liter och biomassa uttryckt i mg våtvikt per liter har beräknats för varje skikt.

Genom provtagningsmetodens stickprovskaraktär blir stora och sparsamt förekommande zooplanktonorganismer såsom Leptodora och Bytotrephes oundvikligen något underrepresenterade.

Resultat

De presenterade värdena ger endast en grov bild av biomassans årsvariation. Av Fig 11:1 framgår, att zooplankton hade två maxima under 1974, ett i maj med en total biomassa på 1,3 och 1,8 mg/l vid F3 resp K1, samt ett i augusti

med värdena 0,9 och 1,4 mg/l. Årsmedelvärdet var för Fegen 0,6 mg/l och för Kalvsjön 1,2 mg/l.

Det påfallande är den helt parallella utvecklingen i Kalvsjön, (K1) och Sandviksbassängen i Fegen (F3). Variationerna mellan de olika bassängerna i Fegen var i själva verket större än variationerna mellan F3 och K1. Detta är inte helt oväntat. Medan norra Kalvsjön och Sandviksbassängen är någorlunda lika till storlek och morfologi, uppvisar de olika Fegenbassängerna sinsemellan en mycket olikartad form, vilket helt naturligt leder till olika skiktningförhållanden och därmed skilda temperaturförhållanden. Vattentemperaturen är jämte födotillgången den viktigaste faktorn för zooplanktons tillväxt och reproduktion.

Under maj- och juniprovtagningarna dominerade cladocererna (hinckräftorna) företrädda av *Bosmina coregoni*, *Daphnia cristata* och *Holopedium gibberum*, medan "augustitoppen" huvudsakligen utgjordes av copepoder, främst *Eudiaptomus gracilis* och *Mesocyclops leuckarti*. Vid samtliga tillfällen, med undantag av 1974-11-05, låg Kalvsjöns biomassa högre, (40-130 %) än Fegens. Vad gäller artsammansättningen är de båda sjöarna nästan identiska. Samma arter förekommer vid ett och samma tillfälle i ungefär lika proportioner. Undantag utgjorde 1975-04-17, då vid F3 en *Synchaeta*-art svarade för 80 % av biomassan, medan cyclopoider dominerade i Kalvsjön. I Fig 11:2 jämförs punkterna F5, F3 och K1 med avseende på vår- och sommarmaxima. Skillnaderna mellan de olika punkterna är små. Särskilt gäller detta vårtoppen.

Cladocerer. De helt dominerande cladocererna i såväl Fegen som Kalvsjön var *Bosmina coregoni* och *Daphnia cristata*. Av *Bosmina coregoni* kunde två varieteter tydligt urskiljas nämligen *B. c. obtusirostris* och *B. c. arctica*. Den förra var vanlig under våren, medan den senare helt dominerade under sommarprovtagningarna. Under våren förekom även former, som skulle kunna hänföras till *B. c. lacustris* och *B. c. longispina*. Skillnaderna var emellertid ofta så små, att det befanns meningslöst att försöka särskilja dem. *Daphnia cristata* representerades under vintern och våren av sin vinterform (kallvattenform) *D. c. longiremis* och utvecklades under sommaren via *D. c. cristata* till *D. c. cederströmi* under augusti och november. Inte vid något tillfälle under sommaren påträffades *D. c. longiremis*. *Daphnia longispina* förekom sporadiskt under sommaren i Kalvsjön men inte i Fegen. *Holopedium gibberum* förekom i båda sjöarna under maj och juni.

Bosmina coregoni nådde maximum under maj, *Daphnia cristata* i juni (augusti vid F2). Detta tyder på att *Daphnia cristata* kräver en något högre temperatur än *Bosmina coregoni* för sin utveckling. Figurerna 11:3 och 11:4 visar den vertikala fördelningen av *Bosmina* och *Daphnia* vid F3 och K1 1974-08-28. Det framgår att *D. cristata* föredrar det översta 0-6 m skiktet, medan *B. coregoni* når sin högsta koncentration mellan 4 och 10 m. Här är det sannolikt inte temperaturen som är avgörande för skillnaderna i de båda arternas utbredning utan snarare födo-valet. Medan *D. cristata* troligen är beroende av tillgång på aktivt syntetiserande alger, föredrar *B. coregoni* mer nerbrutet organiskt material, findetritus, och bakterier, som ansamlas i undre delen av epilimnion.

Copepoder. Copepoderna dominerade under augustiprovtagningen. De vanligast förekommande arterna var liksom under större delen av året *Eudiaptomus gracilis* och *Mesocyclops leuckarti*, av vilka den senare var den viktigaste copepoden i båda sjöarna. Av calanoiderna fanns förutom den helt dominerande *Eudiaptomus gracilis* även *Eurythemora lacustris* och *Dieterocephala appendiculata*. *Eurythemora lacustris* var relativt vanlig i båda sjöarna, och vid F2 1974-08-28 förekom den i lika stort antal (9 ind/l) som *Eudiaptomus*. Liksom övriga herbivora zooplankter förekom *Eudiaptomus* huvudsakligen ovanför 10-metersnivån. Däremot var cyclopoiderna ofta relativt jämnt fördelade i hela vattenpelaren. Under 15-20 m var cyclopoiderna helt dominerande.

Rotatorier. Rotatorierna utgjorde en anmärkningsvärt stor andel av zooplanktonbiomassan. Särskilt gällde detta Fegen. I maj uppgick vid F3 rotatoriebiomassan till 0,5 mg/l och utgjorde därmed 20-30 % av den totala zooplanktonbiomassan. Dominerande arter var *Keratella cochlearis*, *Kellicottia longispina*, *Polyarthra vulgaris*, *Conochilus unicornis* och *Asplanchna priodonta*.

Diskussion

Såväl biomassans storleksordning som artsammansättningen av zooplankton ger klart besked om att både Fegen och Kalvsjön befinner sig på den oligotrofa sidan på trofiskalan. Kalvsjöns zooplanktonbiomassa ligger något högre än Fegens, men för båda sjöarna gäller, att deras värden ligger klart under Bolmens, även om storleksordningen är densamma. Bolmen är den största av de västsmålandska näringsfattiga sjöarna och tillhör geologiskt samma område som Fegen och Kalvsjön.

I nedanstående tabell har årsmedelvärden från de undersökta sjöarna jämförts med värden från Bolmen och Vättern, dvs. två näringsfattiga sjöar samt med värden från den måttligt eutrofa Erken i Uppland.

<u>sjö</u>	<u>biomassa mg/l</u>	<u>antal värden</u>	<u>år</u>	
Kalvsjön	1.2	7 (april-april)	1974-75	
Fegen	0.6	7 "	"	
Bolmen	3.7	13 (april-nov.)	1971	1)
Vättern	0.4	14 (maj, aug)	1974	2)
Erken	6.8	50 (jan-dec)	1957	3)

1) Hamrin, S 1971.

2) Grönberg, B. Djurplankton i Vättern 1974.

3) Nauwerck, A. 1963. Die Beziehungen zwischen Zooplankton und Phytoplankton im See Erken.

Att Kalvsjöns värden genomgående är något högre, kan tyda på att sjön är något mindre oligotrof än Fegen. Stöd för ett sådant antagande ger även vissa vattenkemiska data. Så är tex. totalfosforbelastningen något högre i Kalvsjön än i Fegen. I figurerna 11:5 och 11:6 har Fegen och Kalvsjön jämförts med de stora nordamerikanska sjöarna. I diagrammen vilka är hämtade från Patalas (1973) har antalet crustacéer per cm^2 sjöyta avsatts mot klorofyllkoncentrationen respektive sjöns totalfosforbelastning. Av diagrammet framgår, att värdena från Fegen och Kalvsjön väl ansluter sig till de räta linjerna, och att de från Fegen befinner sig i närheten av motsvarande värden för Lake Superior och Lake Huron, dvs. de näringsfattigaste av de stora nordamerikanska sjöarna. Kalvsjön skulle enligt jämförelsen befinna sig på den oligotrofa sidan men närma sig mesotrofi.

Av ovan gjorda jämförelser kan man dra slutsatsen att en höjd näringsstatus leder till en ökad zooplanktonbiomassa, vilket i sin tur kan leda till en ökad produktion av planktonätande fisk.

Tabell 11:1

Fegen, F3. Genomsnittliga individantalet per liter i skikten 0-10 och 10-20 m.

	2.4.74		6.5.74		12.6.74		27.8.74		5.11.74		30.1.75		17.4.75	
	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20
<u>Cladocera</u>														
Holopedium gibberum	-	-	4	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bosmina coregoni	2	2	18	4	4	2	3	+	2	-	-	-	1	1
Daphnia cristata	3	-	6	-	8	3	5	1	3	1	+	+	-	-
Ceriodaphnia quadrangula	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Diaphanosoma brachyurum	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Limnospira frontosa	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Leptodora kindtii	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Bytotrepes longimanus	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<u>Copepoda</u>														
Eudiaptomus gracilis	2	-	1	+	2	2	4	2	3	4	+	+	-	-
Eurythemora lacustris	+	+	+	+	-	-	+	+	1	-	-	+	-	-
Heterocope appendiculata	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Mesocyclops leuckarti	8	7	5	3	2	2	18	10	2	1	-	-	-	-
Thermocyclops sp.	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-
Cyclops sp.	8	2	8	1	1	3	+	6	-	+	+	2	-	+
Naupliar	2	-	7	-	45	52	54	94	8	4	+	-	2	5
<u>Rotatoria</u>														
Keratella cochlearis	19	8	131	7	161	211	34	7	40	54	5	2	5	4
Kellicottia longispina	17	4	42	8	21	12	46	2	6	9	1	1	4	4
Polyarthra remata	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-
P. vulagris	17	7	26	8	8	7	36	+	22	24	-	-	-	1

+ anger enstaka förekomst

Tabell 11:2

Kalven, Kl. Genomsnittliga individantalet per liter i skikten 0-10 och 10-20 m.

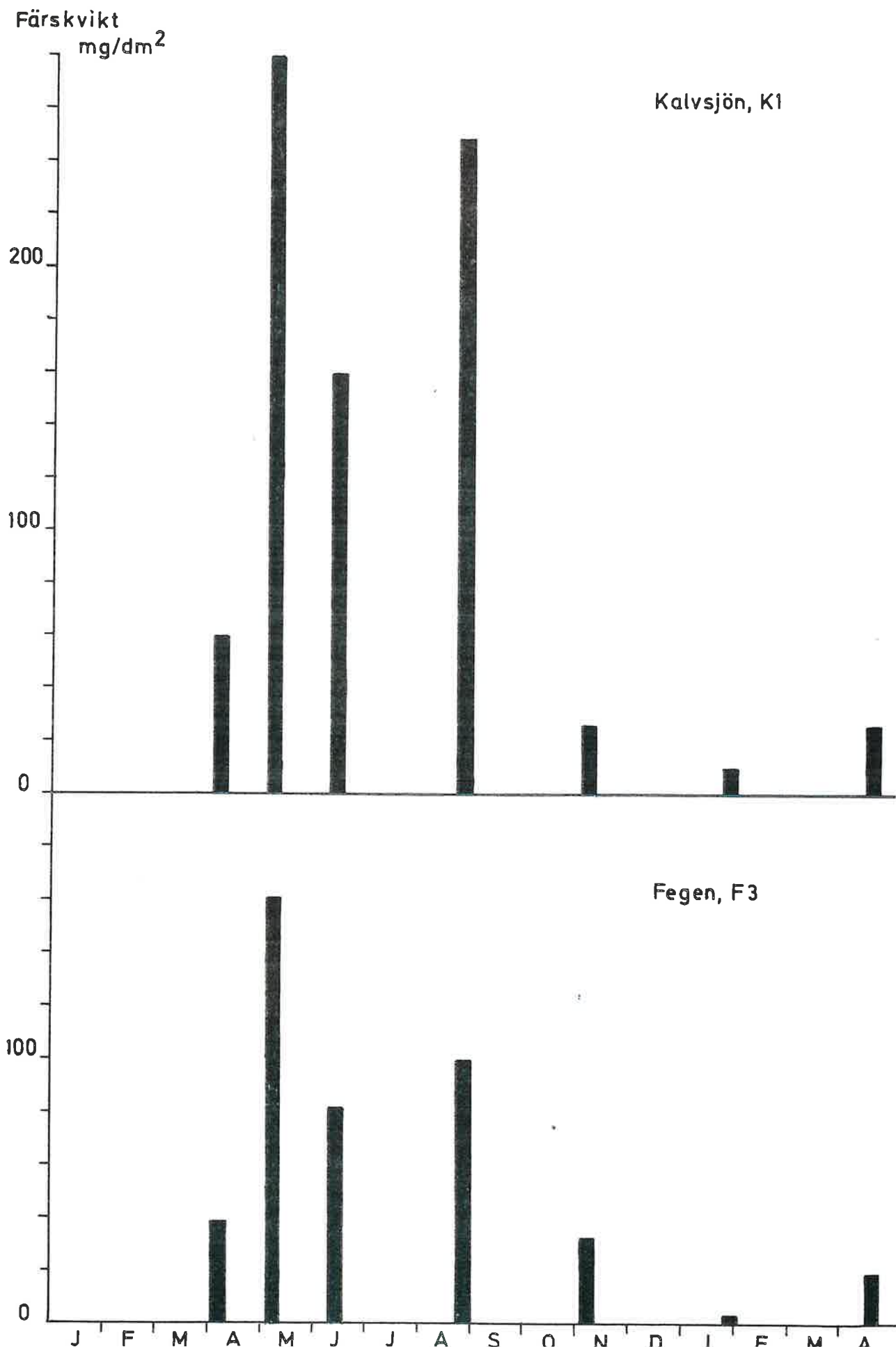
	2.4.74		6.5.74		12.6.74		27.8.74		5.11.74		30.1.75		17.4.75	
	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20
<u>Cladocera</u>														
Holopedium gibberum	+	-	3	-	2	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Bosmina coregoni	1	1	19		1		2	+	2	+	-	-	-	-
Daphnia cristata	1	-	9		19		10	1	3	5	-	-	+	
Daphnia longispina	-	-	+		-		+	+	-	-	-	-	-	-
Ceriodaphnia quadrangula	-	-	-		+		-	+	-	-	-	-	-	-
Diaphanosoma brachyurum	-	-	-		+		-	-	-	-	-	-	-	-
Limnospira frontosa	-	-	-		-		1	-	-	-	-	-	-	-
Leptodora kindtii	-	-	-		+		+	+	-	-	-	-	-	-
Bytotrephes longimanus	-	-	-		-		-	+	-	-	-	-	-	-
<u>Copepoda</u>														
Eudiaptomus gracilis	+	-	2		6		8	4	1	3	+	-	-	-
Eurythemora lacustris	+	-	1		1		1	+	-	1	-	-	-	-
Heterocope appendiculata	-	-	-		+		+	+	-	-	-	-	-	-
Mesocyclops leuckarti	5	8	6		2		19	14	-	2	-	-	3	
Thermocyclops sp	-	-	-		-		+	+	+	-	-	-	-	-
Cyclops sp	1	7	11		2		+	5	2	1	1	-	-	-
Naupliar	8	2	22		24		26	165	6	5	+	-	-	-
<u>Rotatoria</u>														
Keratella cochlearis	8	15	80		15		1	2	6	5	2	-	3	
Kellicottia longispina	10	14	48		23		37	3	17	12	-	-	-	

Tabell 11:2 forts.

Polyarthra remata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P. vulgaris	14	8	94	-	-	26	-	12	-	1	13	-	-	6	-	-	-	-	-
P. dolichoptera	8	-	-	-	-	-	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P. major	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gastropus stylifer	2	-	10	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ascomorpha sp	-	1	-	-	-	11	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trichocerca rousseleti	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-
Asplanchna priodonta	+	-	4	-	-	+	-	-	-	-	1	-	-	+	-	-	-	-	-
Synchaeta sp.	2	2	-	-	-	+	-	-	-	-	1	-	-	+	-	-	-	-	9
Conochilus unicornis	-	-	29	-	-	32	-	37	1	1	8	-	-	7	-	-	-	-	-

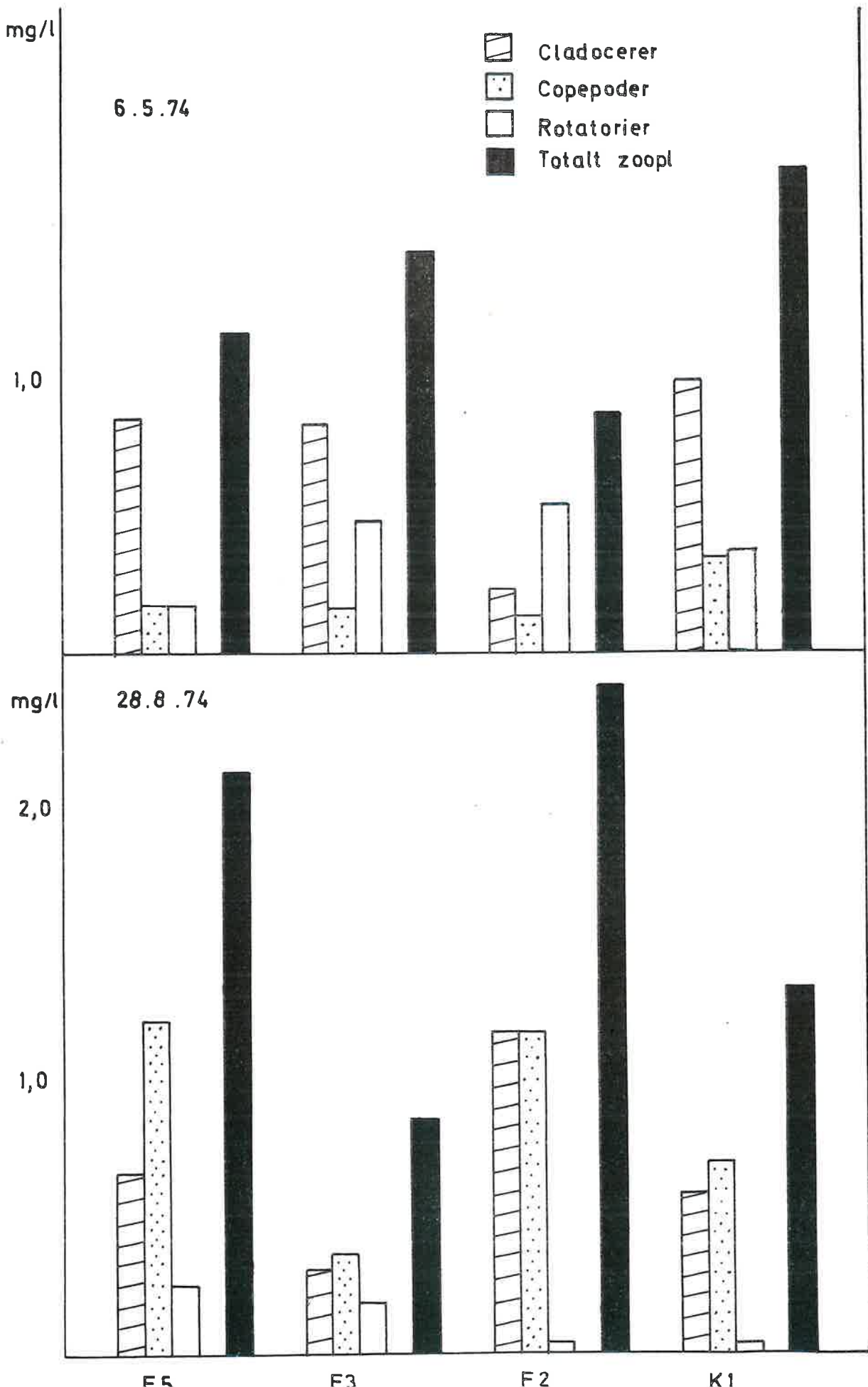
FIGUR 11:1

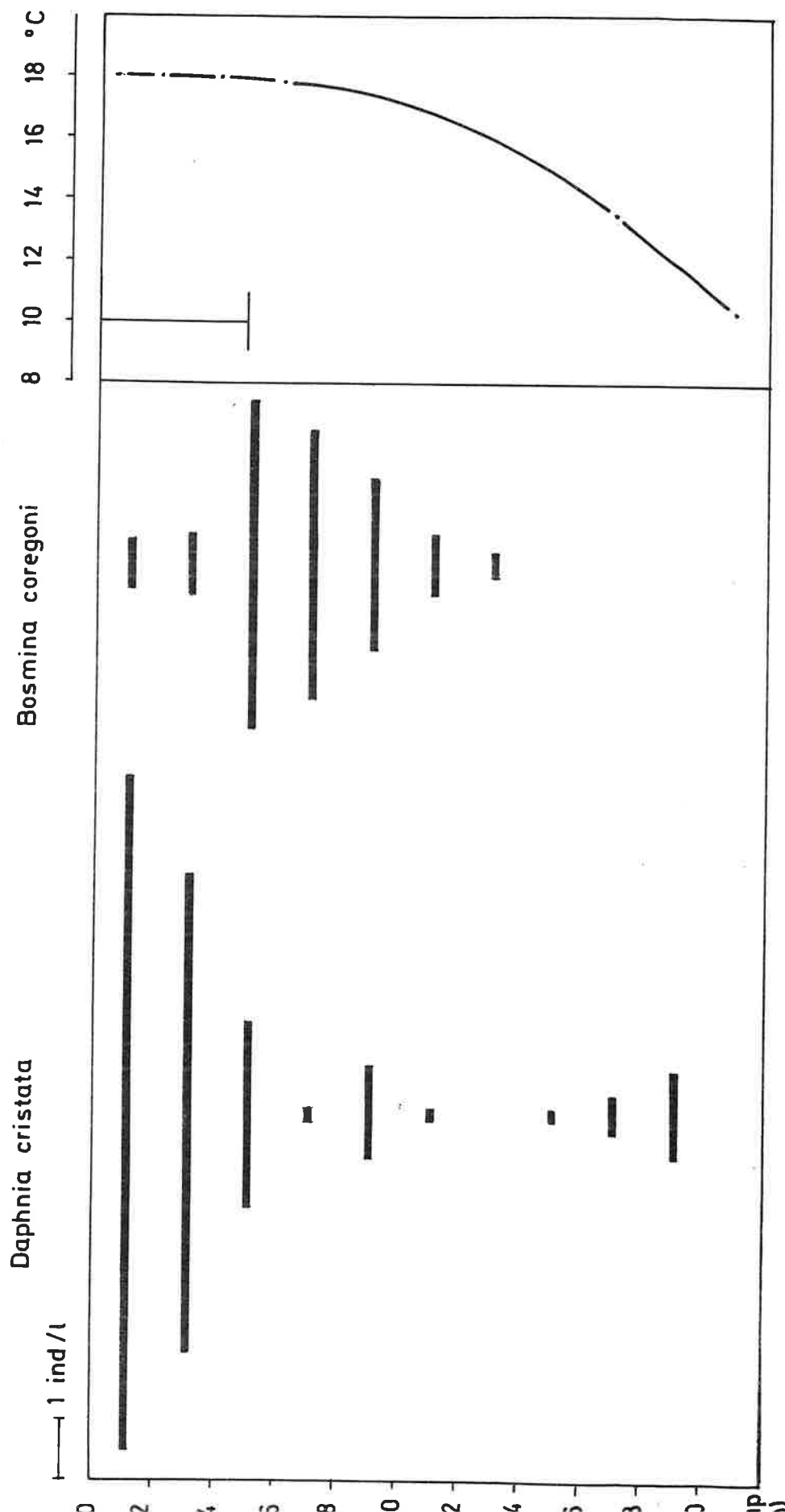
BIOMASSANS STORLEK (mg/dm² 0 - 10 m)
VID SJU PROVTAGNINGSTILLFÄLLEN I
KALVSJÖN OCH FEGEN



FIGUR 11:2

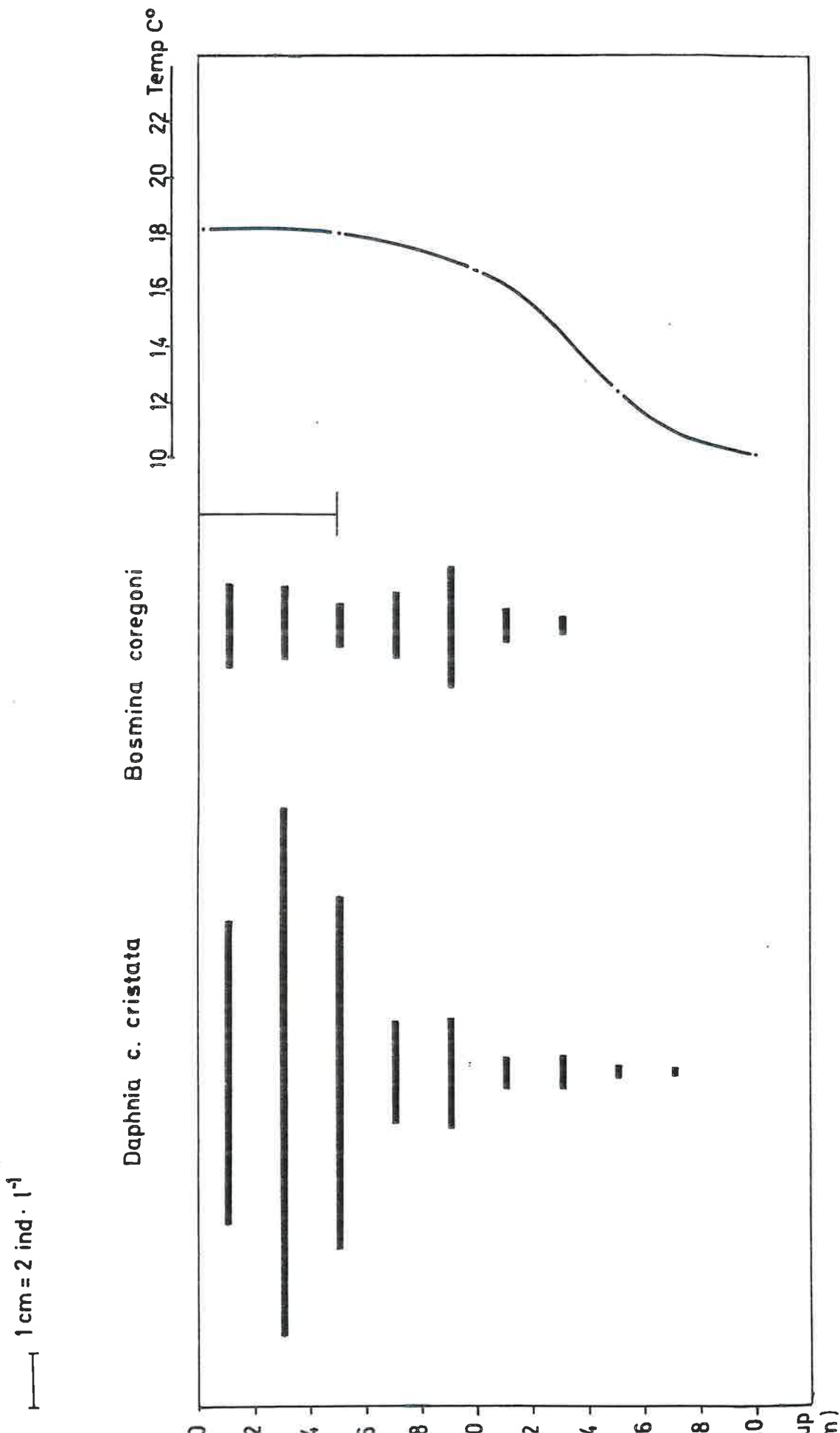
MEDELBIOMASSAN (mg/l 0-5 m) VID F5, F3, F2 OCH K1.





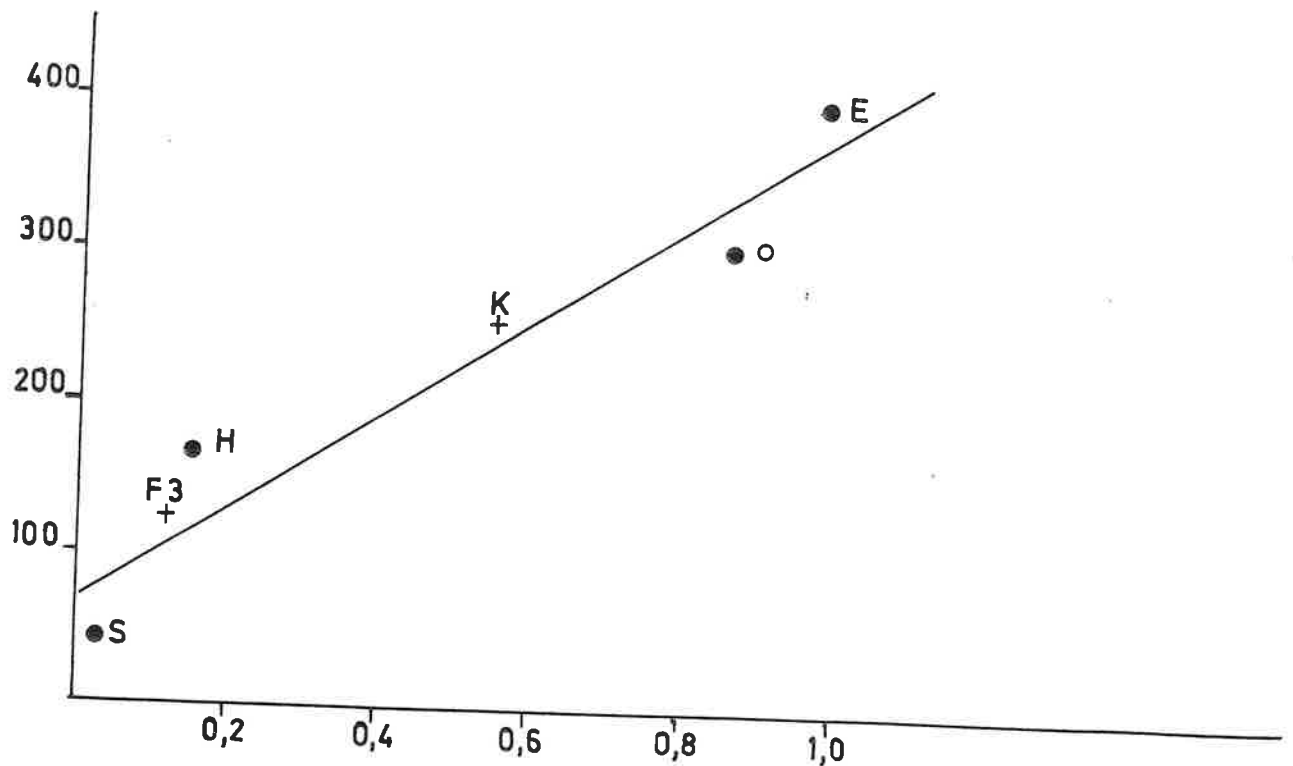
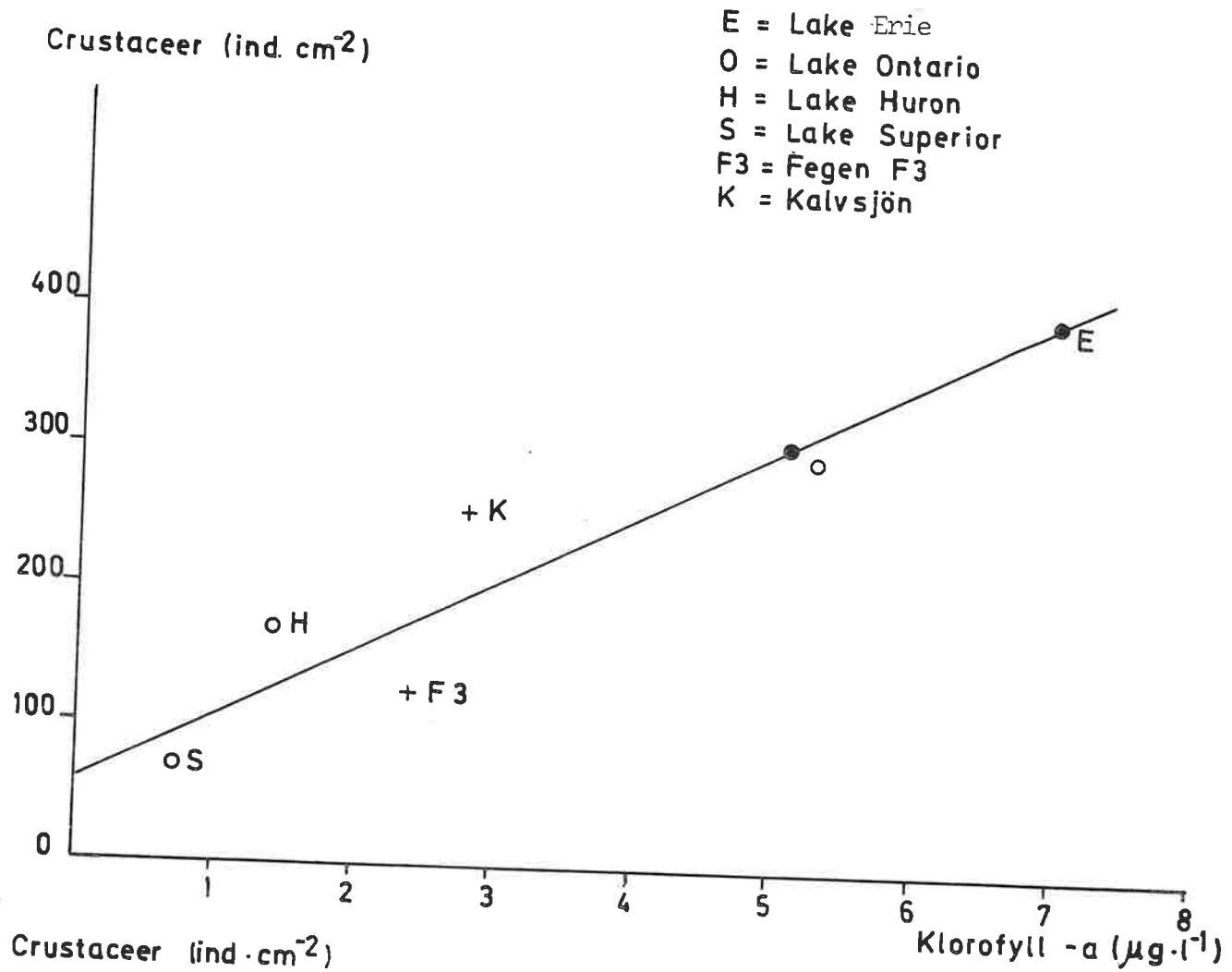
FIGUR 11:4

VERTIKALFÖRDELNINGEN AV BOSMINA COREGONI OCH DAPHNIA CRISTATA SAMT TEMPERATURPROFIL OCH SIKT-DJUP KALVSJÖN K1 1974-08-28.



FIGUR 11:5
OCH 11:6

ANTALET CRUSTACEER PER CM² SJÖYTA
AVSATT MOT KLOROFYLLHALT RESP.
TOTALFOSFORBELASTNING



12. BOTTENFAUNA

Inledning

Syftet med makrobentosundersökningarna i Fegen, Kalvsjön och Hurven har varit, att klarlägga de olika djupområdena med avseende på djurens abundans (ind/m^2). Med hjälp av dessa värden har försök gjorts, att inplacera dessa sjöar med avseende på trofigrad genom att jämföra med liknande undersökningar från andra sjöar i Södra Sverige.

Metodik

Prov för den kvantitativa makrobentosundersökningen har tagits i Fegen från 3 profiler och 1 enskild provpunkt, i Kalvsjön från 1 profil och 1 provpunkt och i Hurven från 1 profil. De olika profilernas läge samt antalet provtagningsnivåer framgår av Fig 3:3.

Prov togs från alla nivåer och profiler vid två tillfällen, nämligen 1974-04-02 - 04 och 1974-11-05 - 06.

Vid provtagningen har använts en bottenhuggare, typ Ekman, med en provtagningsyta av 225 cm^2 . På varje punkt togs, vid samtliga tillfälle 4 hugg. Proven sållades i fält genom ett såll med maskvidden 0,55 mm och fixerades i 4 % formalin. Sortering och bearbetning av materialet har skett i laboratorium under lupp och preparermikroskop. De framtagna värdena har omräknats till ind/m^2 och presenteras i Tabell 12:1 och diagramform (Fig 12:1 - 12:6).

Resultat

Fegen, profil 1. I profilen dominerar vid båda provtagningstillfällena arter från grupperna Chironomidae och Lamellibranchiata på alla nivåer. På nivåerna 15 och 20 m förekommer även maskar tillhörande ordning Oligochaeta relativt frekvent (omkring 20 % totala abundansen).

Klart dominerande på punkt 10 m är *Pisidium* spp (Lamellibranchiata), som utgör mer än 50 % av totalfaunan vid båda provtagningstillfällena.

Inom gruppen Chironomidae dominerar på 5 m Orthoclaadiinae, medan Tanytarsini dominerar på 20 m (ca 50 % av totalfaunan) vid båda tillfällena. (Fig 12:7 och 12:8).

Fegen, punkt 2. På punkt 2 dominerar vid aprilprovtagningen ordning Oligochaeta, som utgör nära 80 % av totalfaunan. Vid novemberprovtagningen ligger dominansen på chironomiderna, som svarar för 80 % av totalfaunan. Inom gruppen dominerar Tanypodinae med 47 % av totala faunan. (Fig 12:9).

Fegen, profil 3. På 6 m utgör *Pisidium* spp ca 30 % av totalfaunan vid båda provtagningstillfällena. Under november dominerar Tanytarsini (39 %) i gruppen Chironomidae. (Fig 12:10).

På 12 m dominerar vid båda provtagningstillfällena gruppen Chironomidae, som svarar för ca 80 % av den totala faunan. Tanytarsini saknas helt i april, medan den utgör 37 % av Chironomid-fraktionen under november.

Fegen, profil 4. I hela profilen dominerar gruppen Chironomidae med en förskjutning från Orthoclaadiinae på 5 m till Tanytarsini på 15 m (Fig 12:11 och 12:12). Tanytarsini visar det högsta antalet (1254 ind/m²) i någon profil eller på någon punkt i sjön. Vid novemberprovtagningen har värdet reducerats till 11 ind/m².

Kalvsjön, profil 1. På samma sätt som i Fegen dominerar gruppen Chironomidae vid båda provtagningstillfällena och på alla nivåer. Tanytarsini dominerar i denna profil familjen Chironomidae på samtliga djup, vilket inte är fallet i Fegen (Fig 12:13 och 12:14). Den totala abundansen är dessutom av samma storleksordning vid april- och novemberprovtagningarna.

Kalvsjön, punkt 2. Vid båda tillfällena (Fig 12:9) domineras faunan till ca 80 % av familjen Chironomidae och inom denna grupp Tanytarsini. Den totala abundansen är relativt hög (ca 1100 ind/m²) både i april och november.

Hurven. Ett utmärkande drag för bottenfaunan i Hurven är den tidvis mycket täta populationen av tofsmyggan *Chaoborus flavicans*. Vid ett tillfälle (april -74) uppgick abundansen till nära 8000 ind/m². Som jämförelse kan nämnas att artens täthet i de övriga undersökta sjöarna aldrig konstaterats överstiga 180 ind/m².

Anmärkningsvärt är också den relativt höga frekvensen av oligochaeter i sjön, där individtätheten generellt sett kan sägas öka med tilltagande djup.

Diskussion

Vad framför allt den litorala bentosfaunan beträffar, kan temporala variationer påverka resultatet i så hög grad, att enstaka undersökningar kan vara mycket svårtolkade. Vad däremot profundalfaunan beträffar, är variationen mindre och detta är orsaken till att undersökningarna i Fegen, Kalvsjön och Hurven koncentrerats till dessa djursamhällen. Resultaten från de litorala delarna av provtagningsprofilerna behandlas endast i diagram och tabeller.

Tabell 12:2.

Lokal	Datum	Djup (m)	ind/m ²
Bolmen Tiraholm	maj 1969	20	2000
Bolmen Prästnabben	maj 1969	20	2300
Fegen 1	74-04-03	22	898
" 2	74-04-02	38	266
" 4	"	15	1931
Kalvsjön 1	74-04-03	21	778
Hurven	74-04-04	20	9057
Ivösjön profil 1	73-08-17	15	3460
" "	"	25	3790
" " 2	73-08-10	20	4230

Värdena hämtade från

Sandberg, 1969 - Bolmen;

Hamrin, 1974 - Ivösjön;

I Tabell 12:2 återfinns värdena från de djupare delarna av Fegen, Kalvsjön och Hurven och vissa värden från Bolmen och Ivösjön. Av tabellen framgår, att tätheten (ind/m^2) är relativt låg i Fegen och Kalvsjön i jämförelse med övriga sjöar. Åtminstone i jämförelse med Ivösjön kan skillnaden sägas vara signifikant. Orsaken till detta torde kunna härledas till den olikartade sedimentstrukturen i de båda sjöarna, men även sådana faktorer som primärproduktion och vattenkemi kan vara av betydelse.

Generellt gäller, vad beträffar bottenfaunan, att de oligotrofa sjöarna hyser ett relativt stort antal arter men tätheten av dessa är vanligtvis låg. Detta skulle innebära att Fegen - Kalvsjön är mera oligotrofa än Bolmen och Ivösjön.

Tabell 12:3. Andelen Tanytarsini av totala Chironomid-faunan.

Lokal	Datum	Djup (m)	%
Fegen 1	74-04-03	20	82
" 2	74-04-02	38	25
" 4	74-04-02	15	74
Kalvsjön 1	74-04-03	21	83
Bolmen 2	feb 1969	20	12
" 6	" "	20	42
Innaren	1974	20	82

Värdena hämtade från

Sandberg, 1969 - Bolmen;

Brundin, 1949 - Innaren;

Chironomidfaunans sammansättning har sedan länge utnyttjats för att karakterisera sjöar med avseende på trofigrad (Thienemann, 1921).

Generellt sett kan sägas, att en dominans av gruppen Chironomini i profundalfaunan indikerar näringsrika förhållanden, medan en fauna som karakteriseras av gruppen Tanitarsini antyder näringsfattiga och syrerika miljöer.

Detta förhållande belyses väl, vad gäller chironomidfaunan i näringsrika sjöar, med resultatet från bl a Esrom sø på Själland där Jonasson (1972) fann att denna insektsfamilj helt dominerades av gruppen Chironomini. Liknande förhållande återfinns i den högproduktiva Vombsjön i Skåne.

Chironomidfaunans sammansättning i näringsfattiga sjöar illustreras väl genom Brundins (1949) undersökningar i bl a Innaren, på det småländska höglandet. Här befanns nämligen Tanitarsini vara den helt dominerande chironomidgruppen. (Tabell 12:3).

Av Tabell 12:3 framgår även att tanitarsinernas andel i chironomidfaunan i Fegen och Kalvsjön likaledes är mycket hög i jämförelse med exempelvis förhållandena i Bolmen. Undantag utgör endast den djupast liggande provpunkten i Fegen (38 m) där försämrade syreförhållanden sannolikt inträder under stagnationsperioderna.

Den förhållandevis höga tätheten hos bottenfaunan i Hurven antyder en något näringsrikare och syrefattigare miljö än i Fegen - Kalvsjön. Detta framgår främst av oligochaeternas med djupet klart tilltagande abundans samt den förhållandevis rika förekomsten av Chaoborus flavicans, som vid ett tillfälle uppgick till nära 90 % av totalfaunan (april -74).

En närmare taxonomisk analys av insektsfamiljen Chironomidae (på artnivå) har visat sig ge mycket tillförlitliga resultat vid bedömning av vattenkvalitet och sedimentförhållanden vilket bl a framgår av Wiederholms (1974) studier av bottenfaunan i Mälaren.

Dylka, mycket tidskrävande bestämningar, kräver dock insatser av

specialister på just denna organismgrupp. Då djurmaterialet finns arkiverat på Limnologiska institutionen i Lund finns möjlighet att vid en senare tidpunkt genomföra detta bestämningsarbete för att exempelvis klarlägga eventuella förändringar inom sjöekosystemet.

Tabell 12:1 Bottenfaunaabundans

Taxon	Fegen 1. 5m				Fegen 1. 10m				%
	1974-04-03		1974-11-05		1974-04-03		1974-11-05		
	ind/m ²	%	ind/m ²	%	ind/m ²	%	ind/m ²	%	
Nematoda					22	3,7			
Oligochaeta	33	5,5	89	5,5	44	7,4	67	12,3	
Crustacea	11	1,8							
Hemiptera	11	1,8							
Trichoptera	11	1,8	33	2,0			11	2,0	
Coleoptera (larv)					11	1,8			1,7
Ceratopogonidae			44	2,7			33	6,1	1,8
Chironomini	44	7,4	111	6,8			11	2,0	1,6
Tanytarsini	89	14,9	355	21,8	11	1,8	89	16,4	1,3
Tanypodinae	11	1,8	111	6,8	22	3,7	11	2,0	1,9
Orthoclaadiinae	388	64,9	877	53,8			22	4,0	1,7
Pisidium			11	0,7	466	77,9	300	55,1	
Hydrachnellae					11	1,8			
Totalt	598	100	1631	100	598	100	544	100	

Taxon	Fegen 1. 15m				Fegen 1. 22m				%
	1974-04-03		1974-11-05		1974-04-03		1974-11-05		
	ind/m ²	%	ind/m ²	%	ind/m ²	%	ind/m ²	%	
Nematoda	33	7,1							
Oligochaeta	78	16,7	44	25,0			111	21,7	1,8
Hirudinea	11	2,4							1,8
Chaoborus	22	4,7	11	6,2	155	17,3	67	13,1	1,4
Chironomini	22	4,7	11	6,2					1,2
Tanytarsini	56	12,0	22	12,5	610	67,9	233	45,6	1,9
Tanypodinae	22	4,7	44	25,0	100	11,1	89	17,4	1,1
Orthoclaadiinae	11	2,4			33	3,7			
Pisidium	211	45,3	44	25,0			11	2,2	
Totalt	466	100	176	100	898	100	511	100	

Tabell 12:1 forts.

Taxon	Fegen 3. 6m				Fegen 3. 12m			
	1974-04-02		1974-11-05		1974-04-02		1974-11-05	
	ind/m ²	%	ind/m ²	%	ind/m ²	%	ind/m ²	%
Nematoda	11	1,6			11	6,6		
Oligochaeta	56	8,4	89	10,3	11	6,6		
Hirudinea			33	3,8				
Trichoptera			11	1,3				
Chaoborus							33	5,7
Chironomini	89	13,3	67	7,7	44	26,5	166	28,8
Tanytarsini	89	13,3	333	38,5			211	36,6
Tanypodinae	78	11,7	78	9,0	67	40,4	100	17,3
Orthoclaadiinae	111	16,6	11	1,3	22	13,3	11	1,9
Pisidium	222	33,3	244	28,2			56	9,7
Hydrachnidae	11	1,6			11	6,6		
Totalt	667	100	866	100	166	100	577	100

Taxon	Fegen 2. 38m				Kalvsjön 2. 3,5m			
	1974-04-02		1974-11-05		1974-04-03		1974-11-06	
	ind/m ²	%	ind/m ²	%	ind/m ²	%	ind/m ²	%
Nematoda	11	4,1					33	2,9
Oligochaeta	211	79,3	11	6,6			11	0,9
Tubellaria			11	6,6				
Chaoborus			11	6,6			22	1,8
Chironomini			33	19,9	122	10,7	311	24,8
Tanytarsini	11	4,1	22	13,3	622	54,4	444	35,4
Tanypodinae	33	12,4	78	47,0	233	20,4	366	29,2
Orthoclaadiinae					122	10,7	11	0,9
Pisidium					11	1,0	89	7,1
Totalt	266	100	166	100	1143	100	1254	100

Tabell 12:1 forts.

Taxon	Fegen 4. 5m				Fegen 4. 11m			
	1974-04-02		1974-11-05		1974-04-02		1974-11-05	
	ind/m ²	%	ind/m ²	%	ind/m ²	%	ind/m ²	%
Nematoda					22	2,5	11	2,8
Oligochaeta	11	0,8	67	4,4	11	1,3	56	14,4
Ephemeroptera	22	1,6	100	6,5				
Trichoptera	44	3,1	100	6,5			22	5,7
Chaoborus			44	2,9	100	11,6		
Ceratopogonidae			22	1,4				
Chironomini	233	16,7	144	9,4	111	12,8	33	8,5
Tanytarsini	266	19,0	744	48,6	366	42,3	189	45,6
Tanypodinae	89	6,4	200	13,0	155	17,9	56	14,4
Orthoclaadiinae	644	46,1	22	1,4	44	5,1	11	2,8
Pisidium	89	6,4	78	5,1	56	6,4	11	2,8
Hydrachnellae			11	0,7				
Totalt	1398	100	1532	100	865	100	389	100

Taxon	Fegen 4. 15m			
	1974-04-02		1974-11-05	
	ind/m ²	%	ind/m ²	%
Nematoda	22	1,1		
Oligochaeta	22	1,1		
Chaoborus	178	9,2	44	13,2
Chironomini	122	6,3	189	56,8
Tanytarsini	1254	64,9	11	3,3
Tanypodinae	300	15,5	78	23,4
Orthoclaadiinae	22	1,1		
Pisidium	11	0,6		
Hydrachnellae			11	3,3
Totalt	1931	100	333	100

Taxon	Kalvsjön l. 5m				Kalvsjön l. 10m			
	1974-04-03		1974-11-06		1974-04-03		1974-11-06	
	ind/m ²	%	ind/m ²	%	ind/m ²	%	ind/m ²	%
Oligochaeta	44	7,6					44	4,9
Chaoborus	33	5,7			22	2,8	11	1,2
Ceratopogonidae			11	3,1				
Chironomini	67	11,6	178	50,0	422	53,6	233	25,9
Tanytarsini	122	21,1	100	28,1	111	14,1	511	56,8
Tanypodinae	78	13,5	11	3,1	44	5,6	89	9,9
Orthocladiinae	78	13,5						
Pisidium	155	26,9	56	15,7	189	24,0	11	1,2
Totalt	577	100	356	100	788	100	899	100

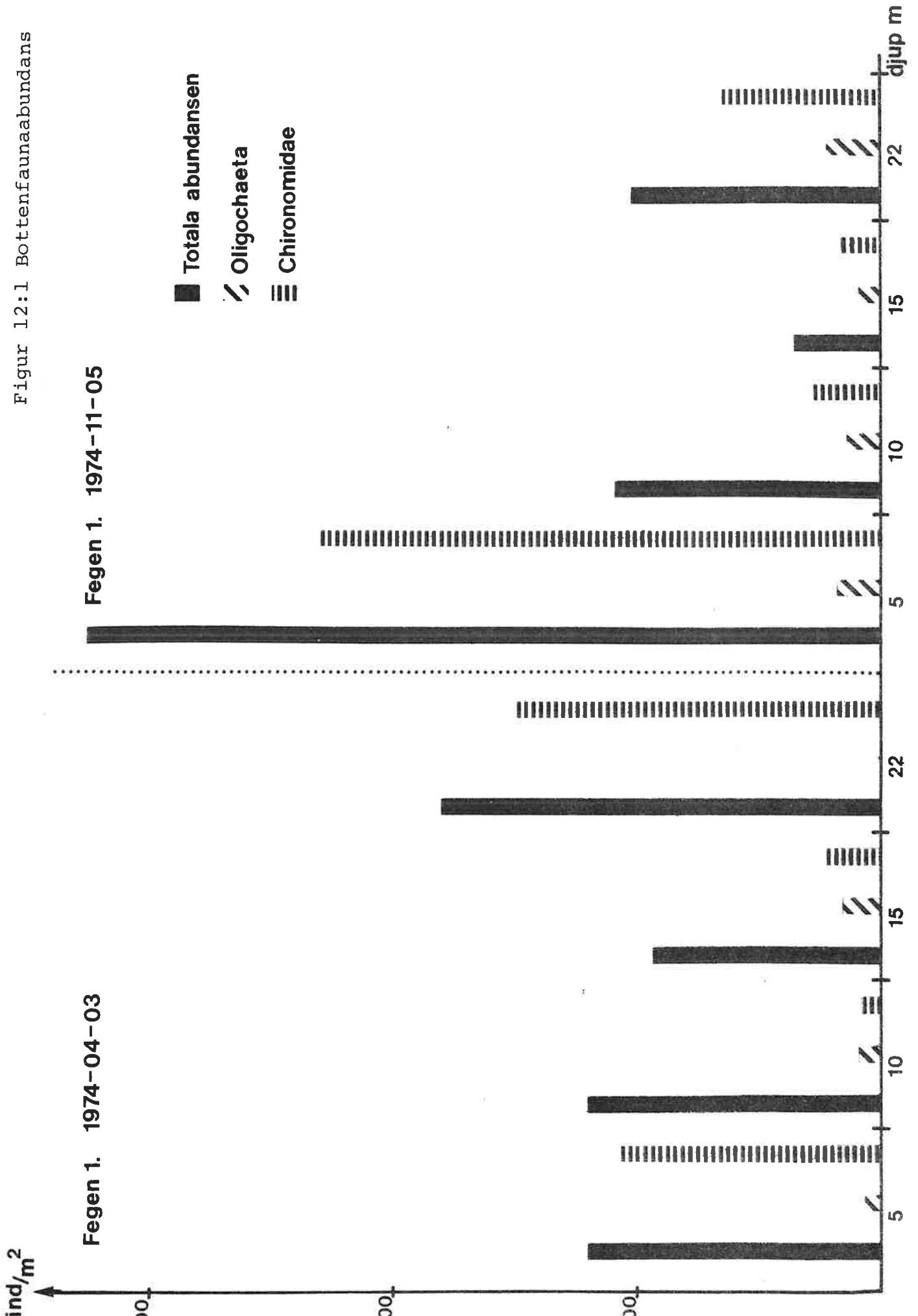
Taxon	Kalvsjön l. 15m				Kalvsjön l. 21m			
	1974-04-03		1974-11-06		1974-04-03		1974-11-06	
	ind/m ²	%	ind/m ²	%	ind/m ²	%	ind/m ²	%
Oligochaeta	78	8,2	22	2,5	211	27,1	33	5,8
Chaoborus	78	8,2	78	9,0	122	15,7	33	5,8
Chironomini	400	41,8	233	26,9	67	8,6		
Tanytarsini	322	33,7	344	39,7	133	17,1	377	66,7
Tanypodinae	67	7,0	122	14,4	189	24,3	78	13,8
Pisidium	11	1,2	67	7,7	56	7,2	44	7,8
Totalt	956	100	866	100	778	100	565	100

Tabell 12:1 forts.

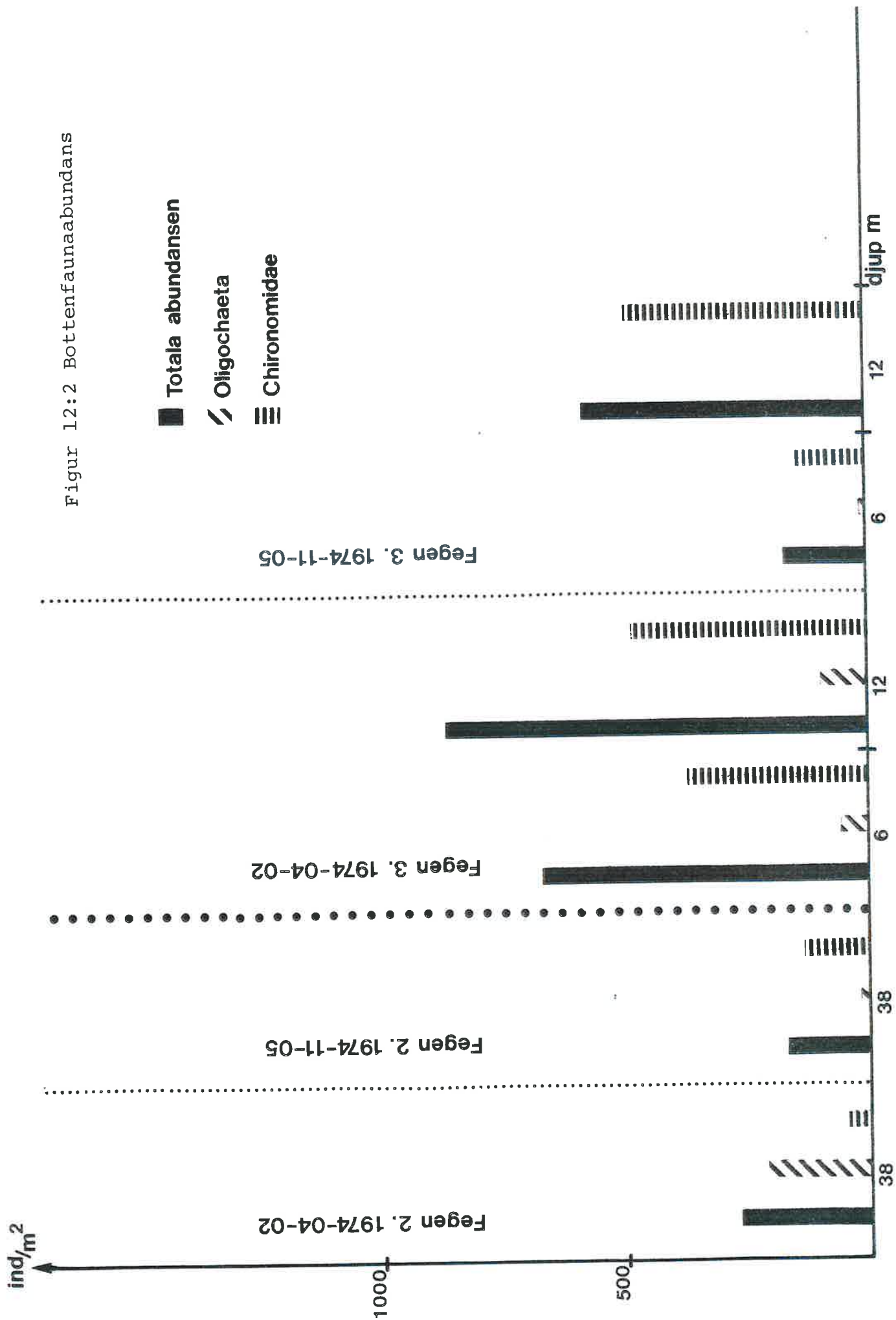
Taxon	Hurven 1. 5m				Hurven 1. 10m			
	1974-04-04		1974-11-06		1974-04-04		1974-11-06	
	ind/m ²	%	ind/m ²	%	ind/m ²	%	ind/m ²	%
Nematoda			11	0,6			11	1,0
Oligochaeta	78	6,8	100	5,5	11	3,2	89	7,9
Neuroptera	78	6,8						
Chaoborus	11	1,0	200	10,9	189	54,9	422	37,3
Ceratopogonidae	11	1,0	44	2,4				
Chironomini	122	10,6	1221	66,7	78	22,7	333	29,4
Tanytarsini	544	47,1	166	9,1	11	3,2	122	10,8
Tanypodinae	355	30,8	78	4,3	44	12,8	155	13,7
Orthoclaadiinae	11	1,0	11	0,6	11	3,2		
Chironomidae (puppa)	11	1,0						
Totalt	1154	100	1831	100	344	100	1132	100

Taxon	Hurven 1. 15m				Hurven 1. 20m			
	1974-04-04		1974-11-06		1974-04-04		1974-11-06	
	ind/m ²	%	ind/m ²	%	ind/m ²	%	ind/m ²	%
Oligochaeta	211	5,6	11	0,6	1021	11,3	1965	71,1
Tubellaria							11	0,4
Chaoborus	910	24,3	1299	74,5	7936	87,6	744	26,9
Chironomini	22	0,6	56	3,2	11	0,1	11	0,4
Tanytarsini	2409	64,4	100	5,7	56	0,6	22	0,8
Tanypodinae	178	4,8	278	15,9	33	0,4	11	0,4
Orthoclaadiinae	11	0,3						
Totalt	3741	100	1744	100	9057	100	2764	100

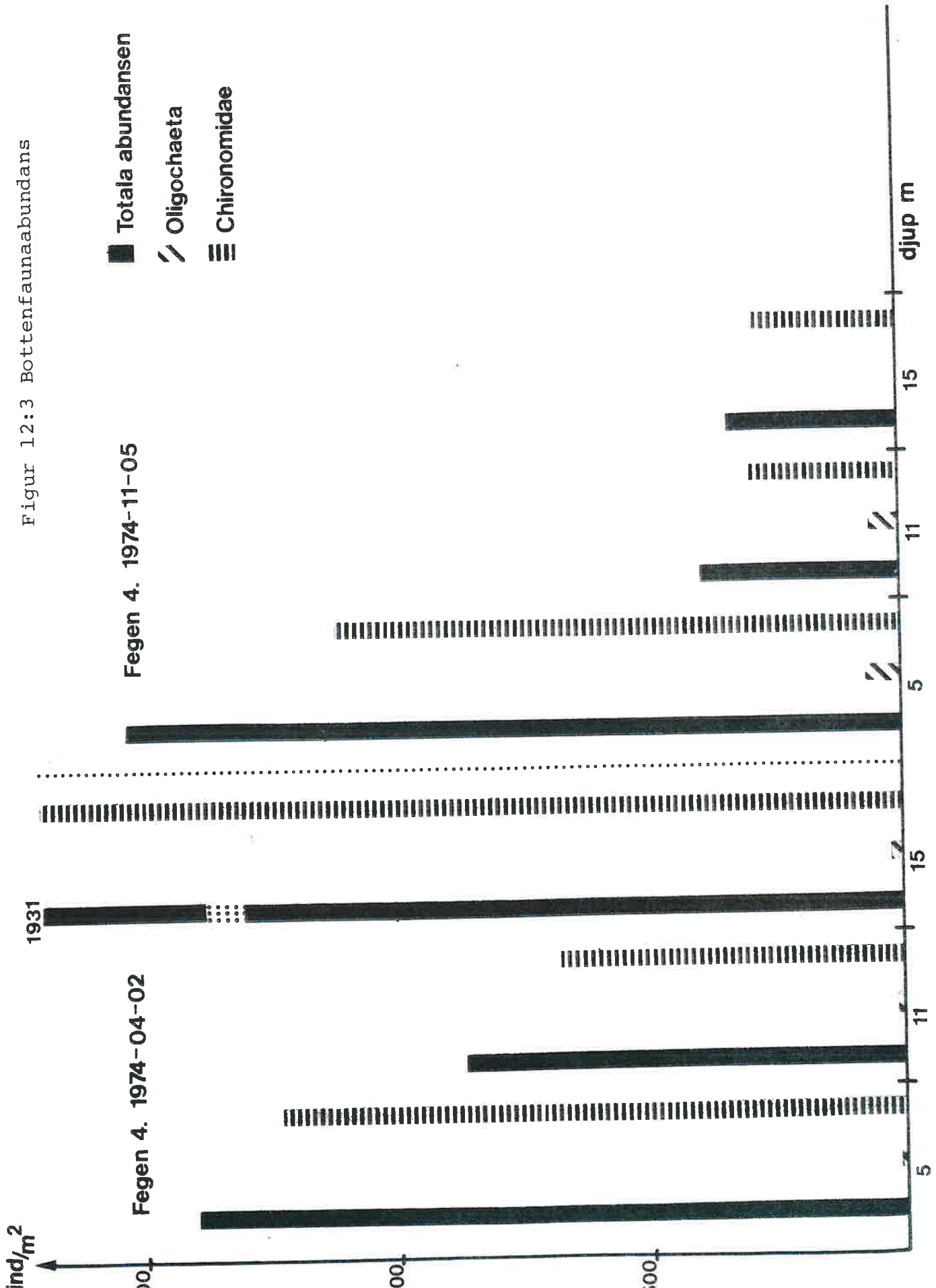
Figur 12:1 Bottenfaunaabundans



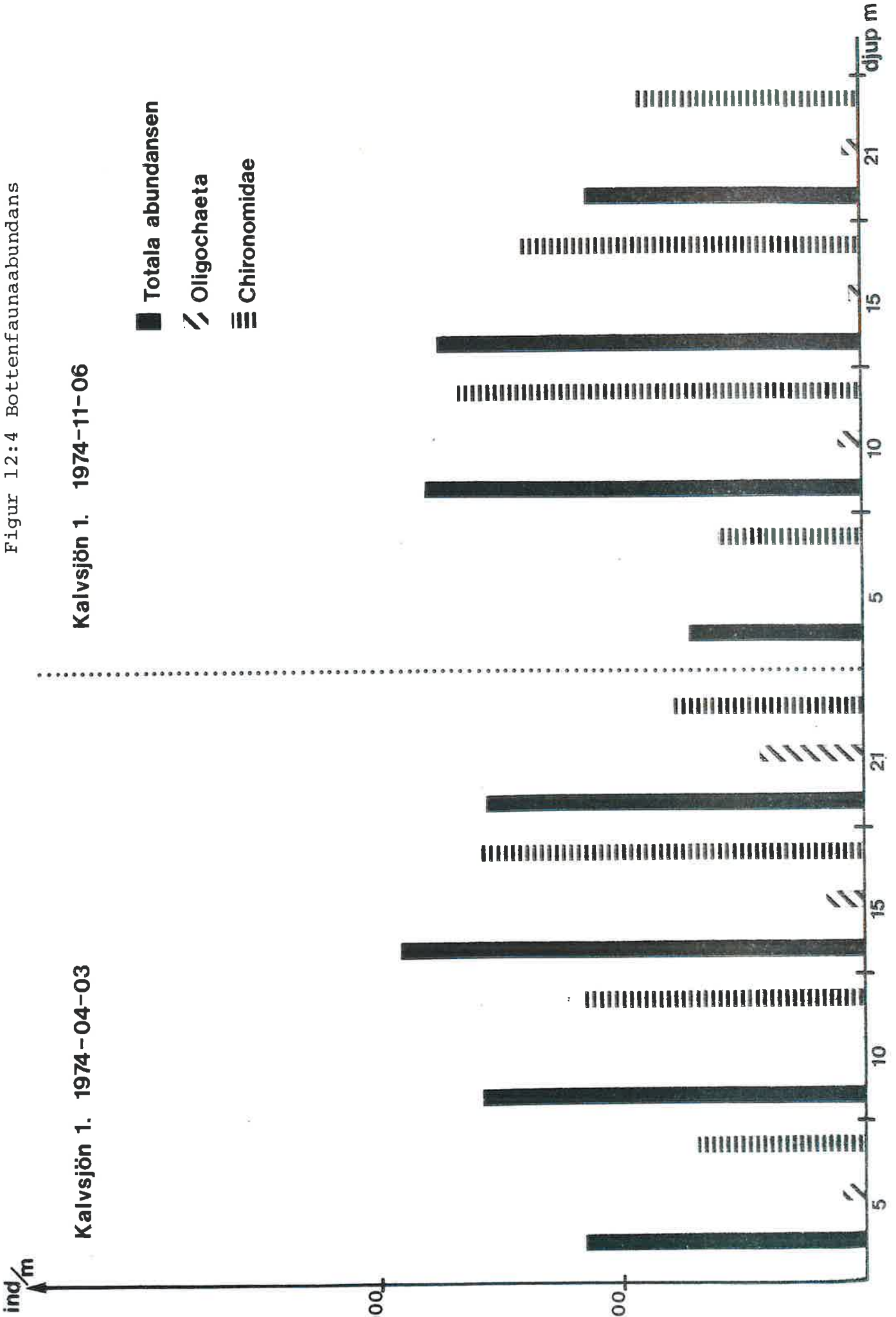
Figur 12:2 Bottenfaunaabundans



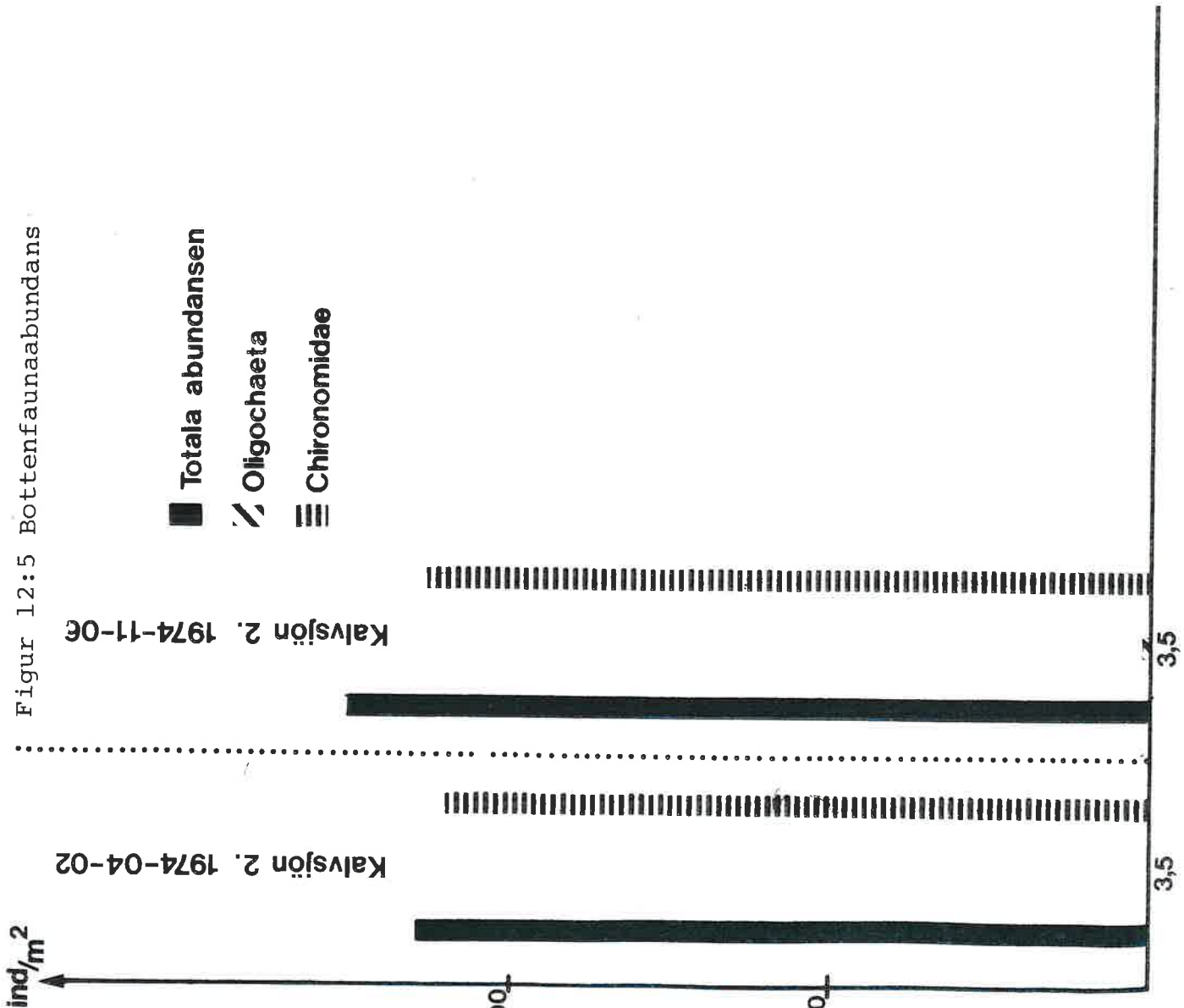
Figur 12:3 Bottenfaunaabundans



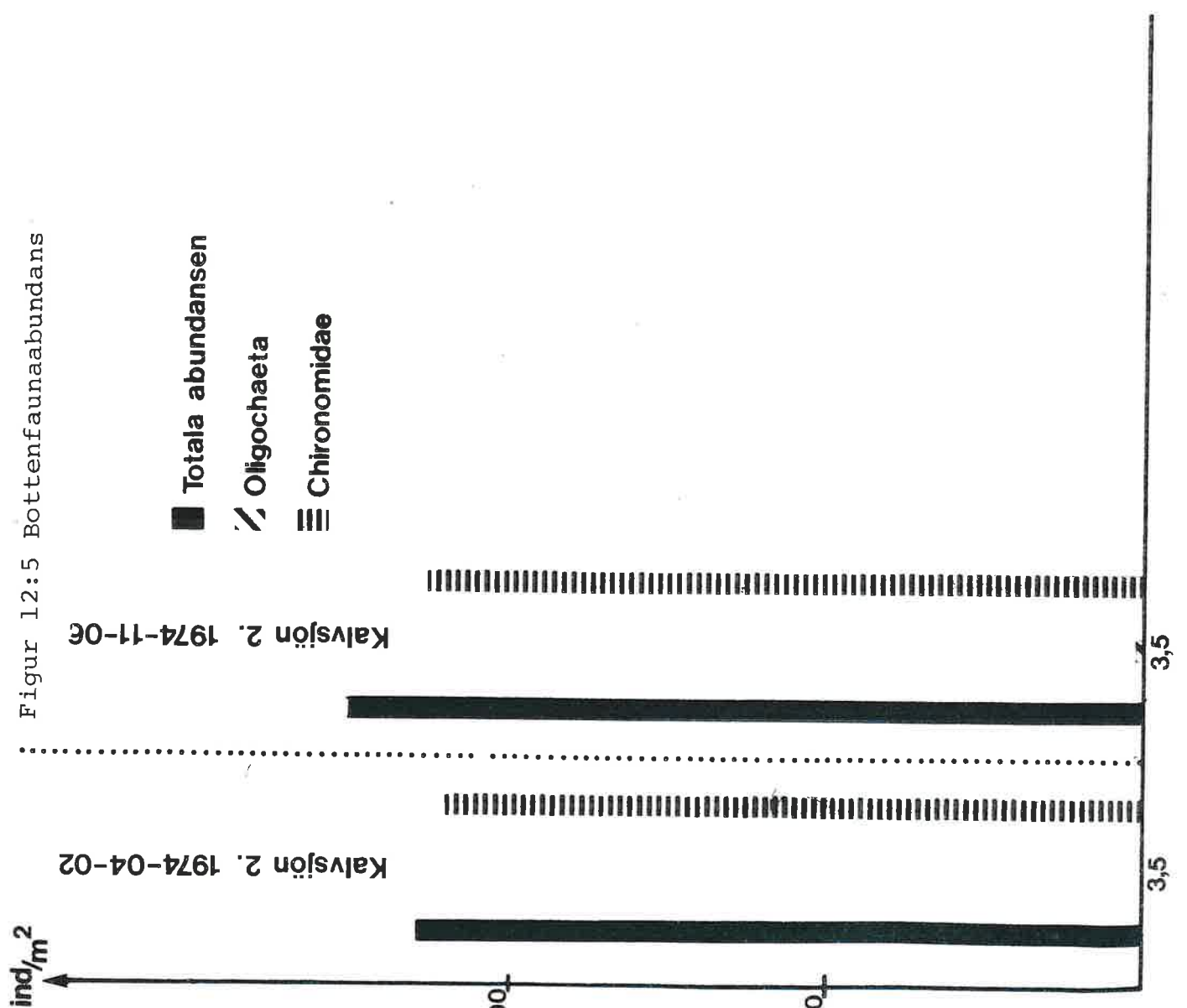
Figur 12:4 Bottenfaunaabundans



Figur 12:5 Bottenfaunaabundans



Figur 12:5 Bottenfaunaabundans

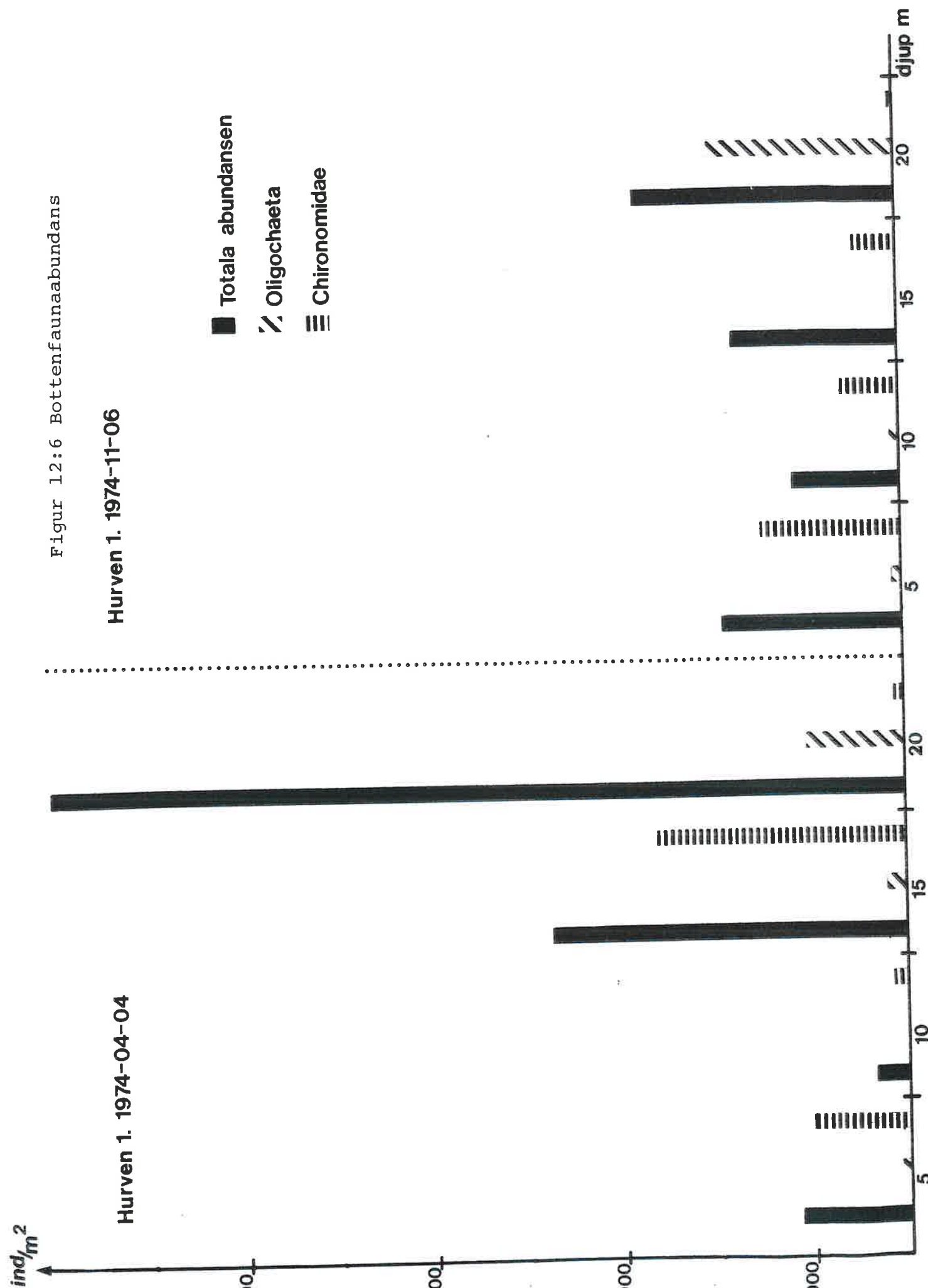


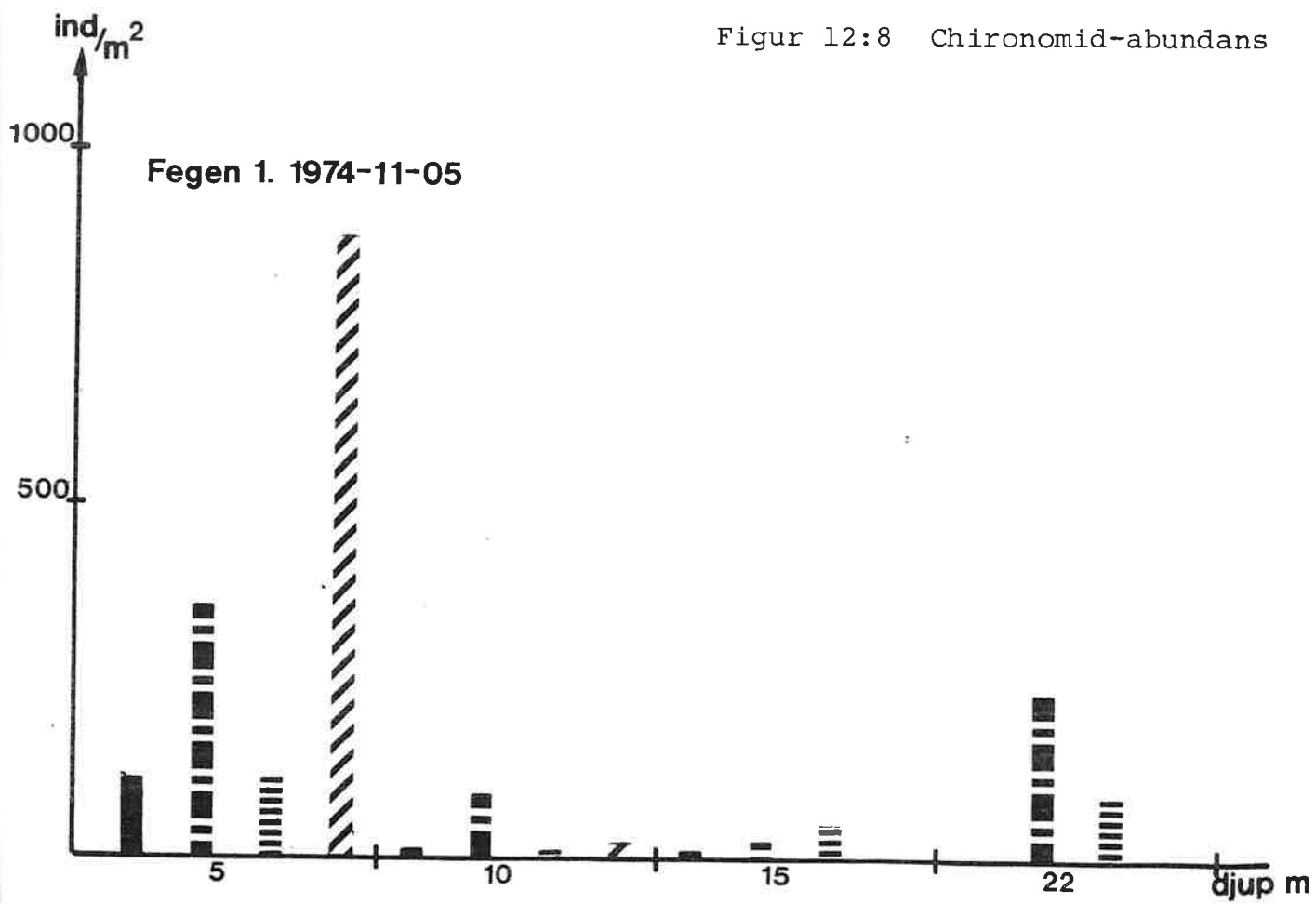
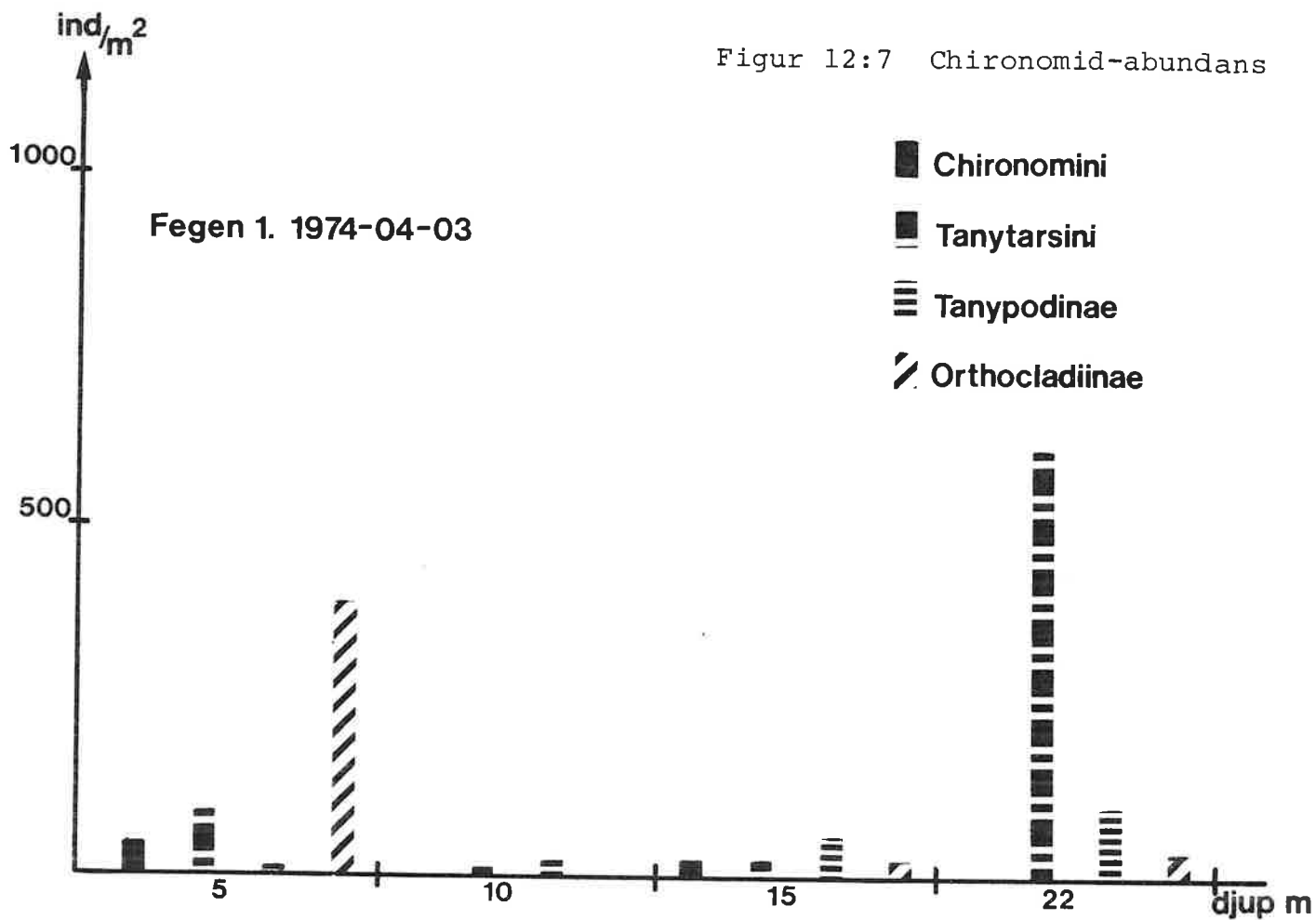
Figur 12:6 Bottenfaunaabundans

Hurven 1. 1974-11-06

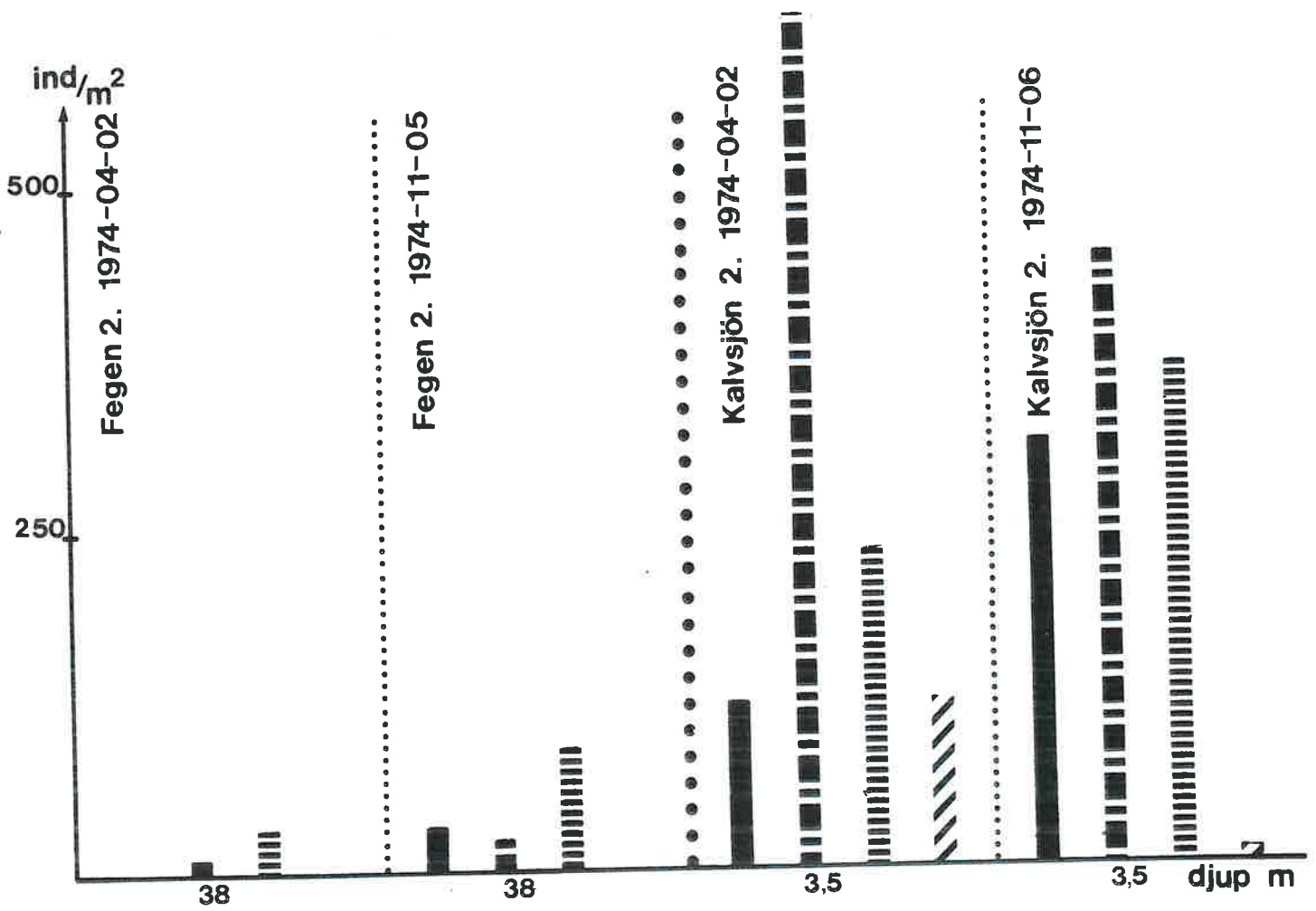
Hurven 1. 1974-04-04

- Totala abundansen
- ▨ Oligochaeta
- ≡ Chironomidae

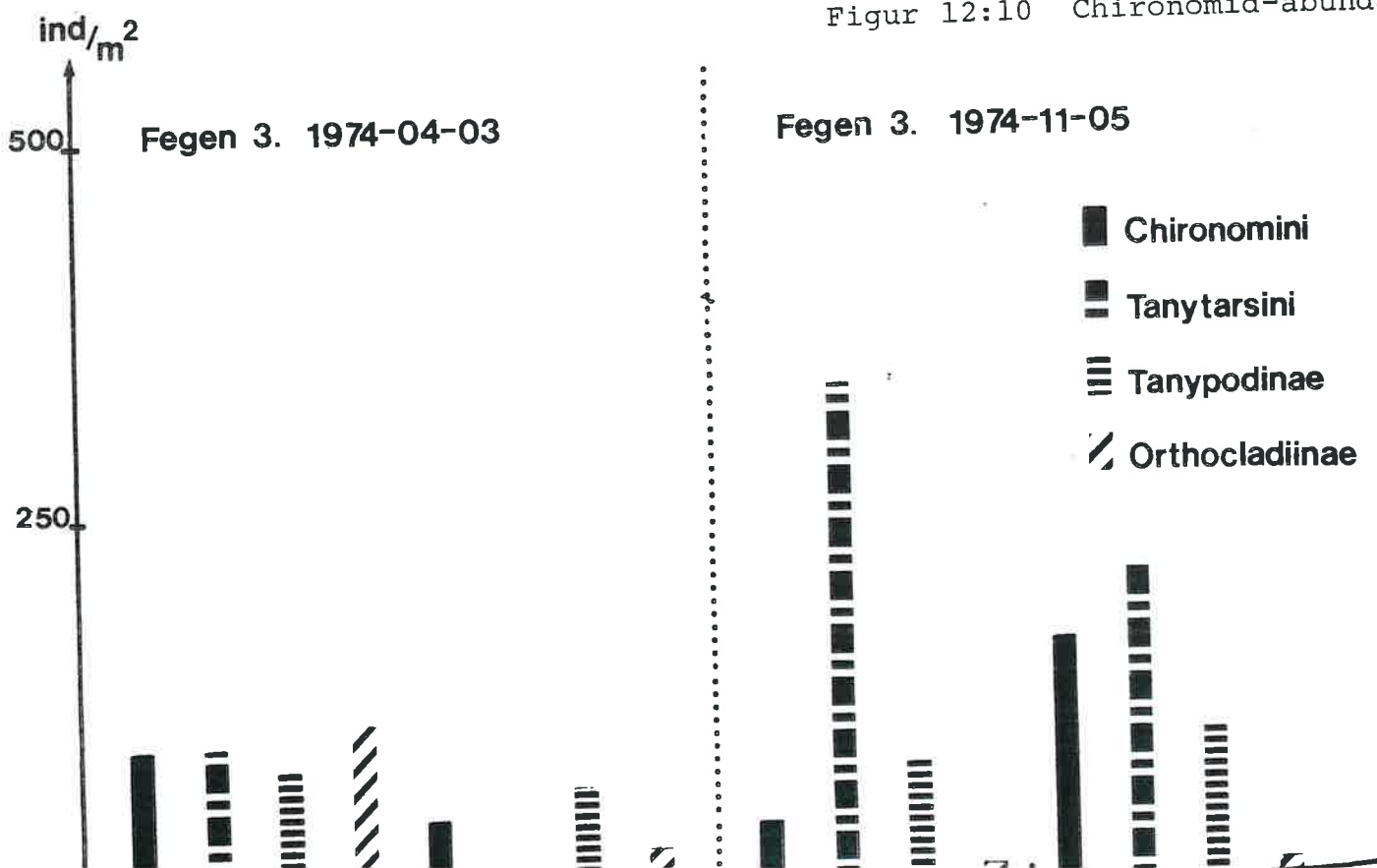


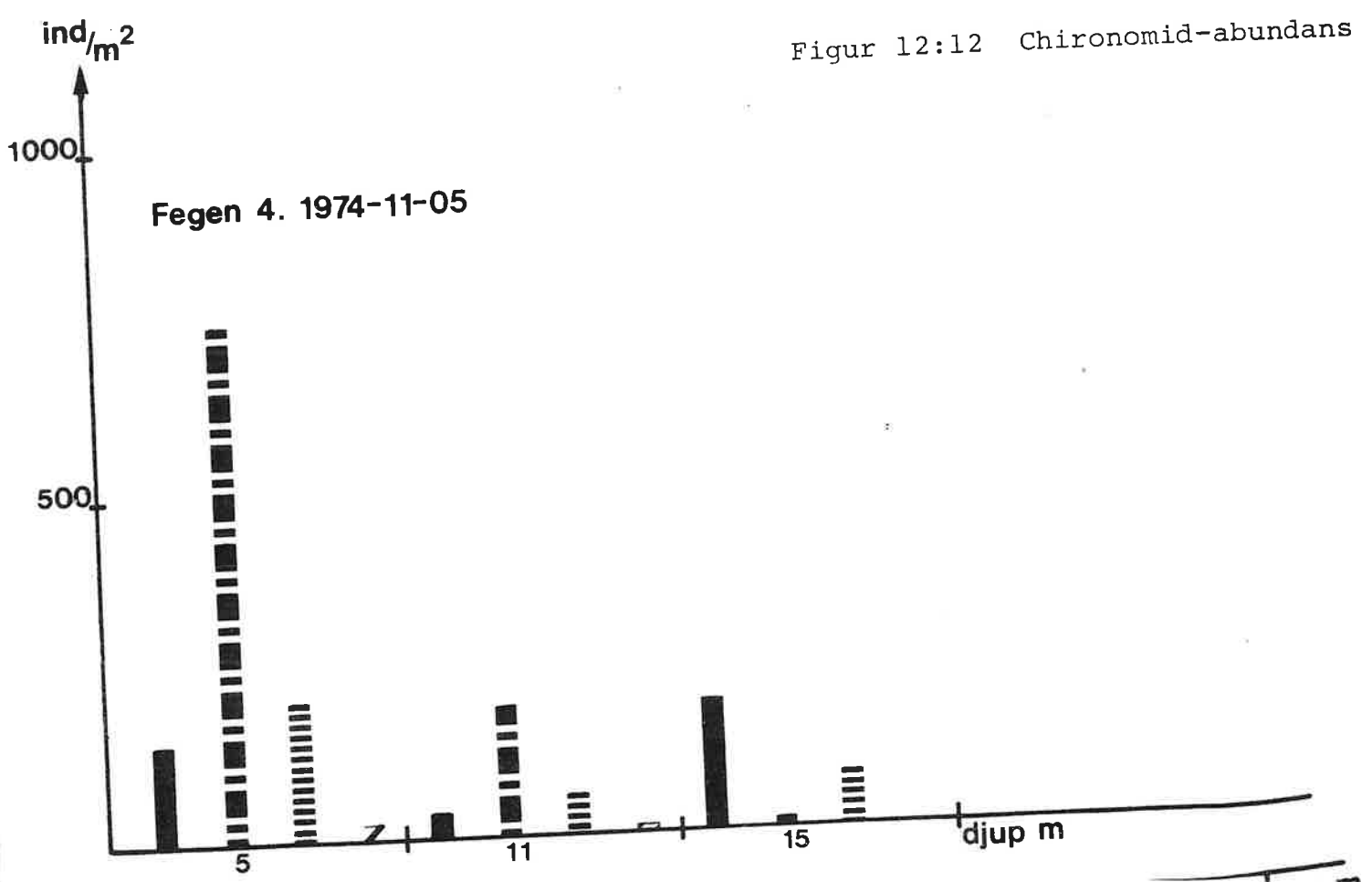
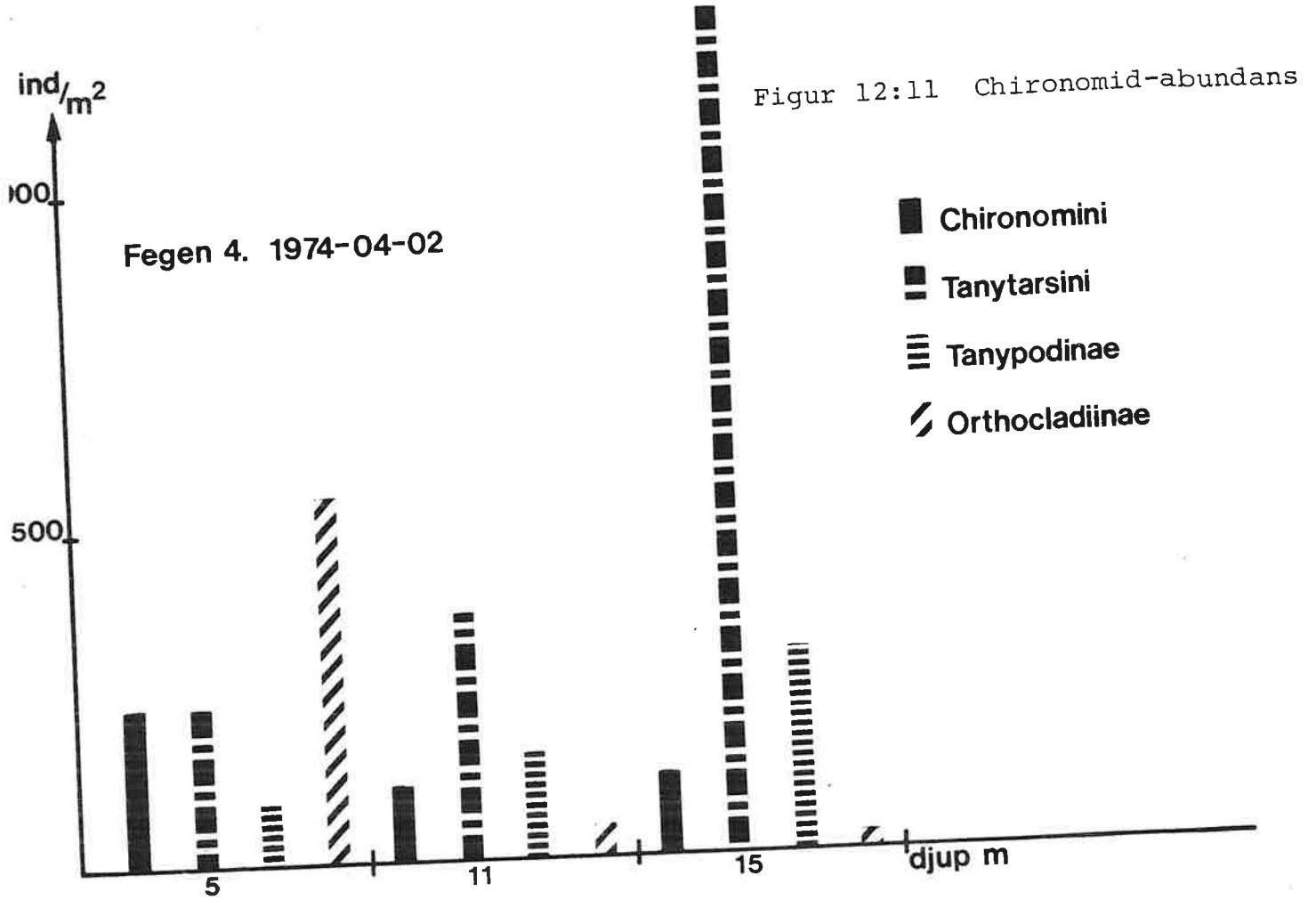


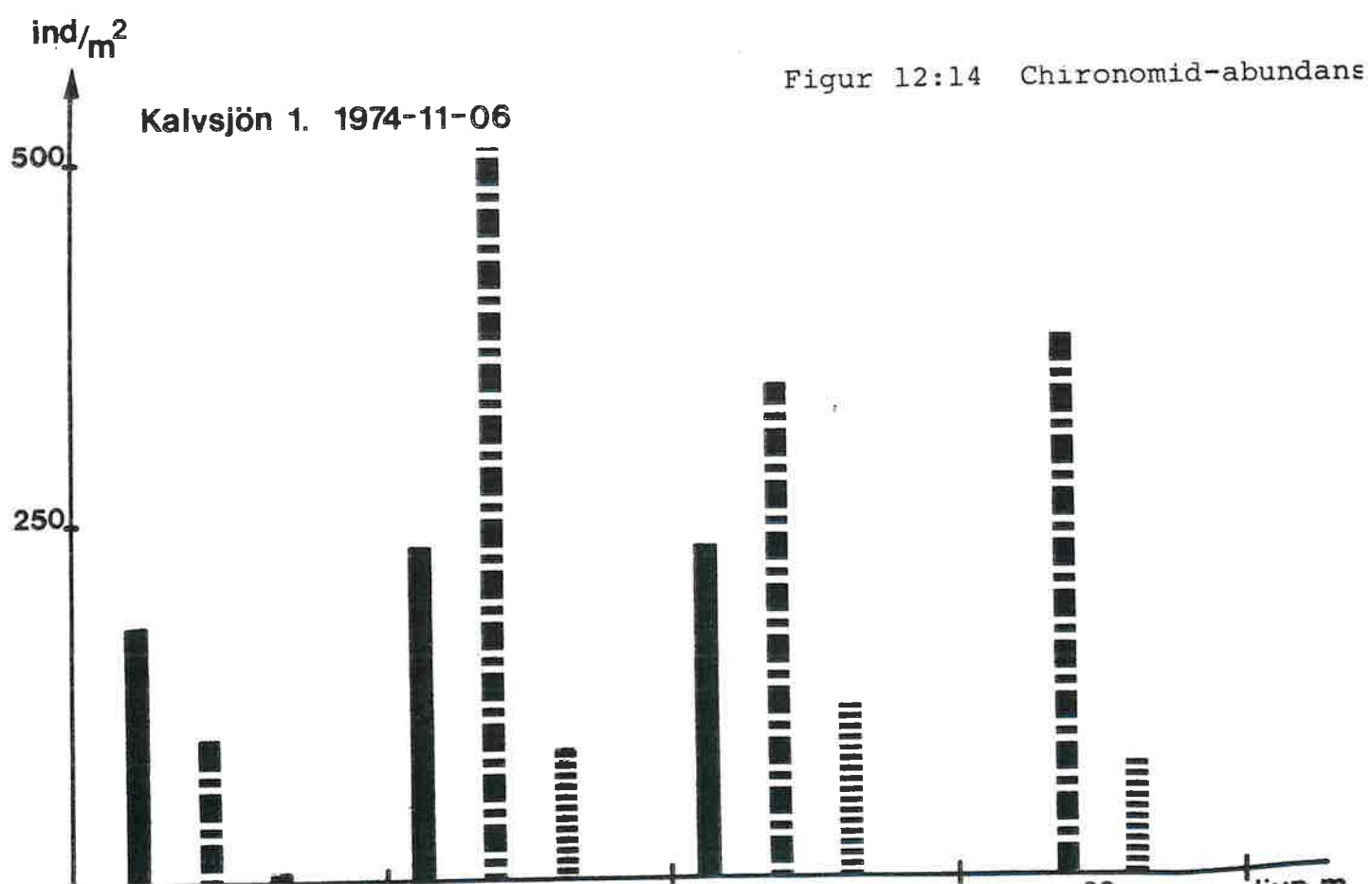
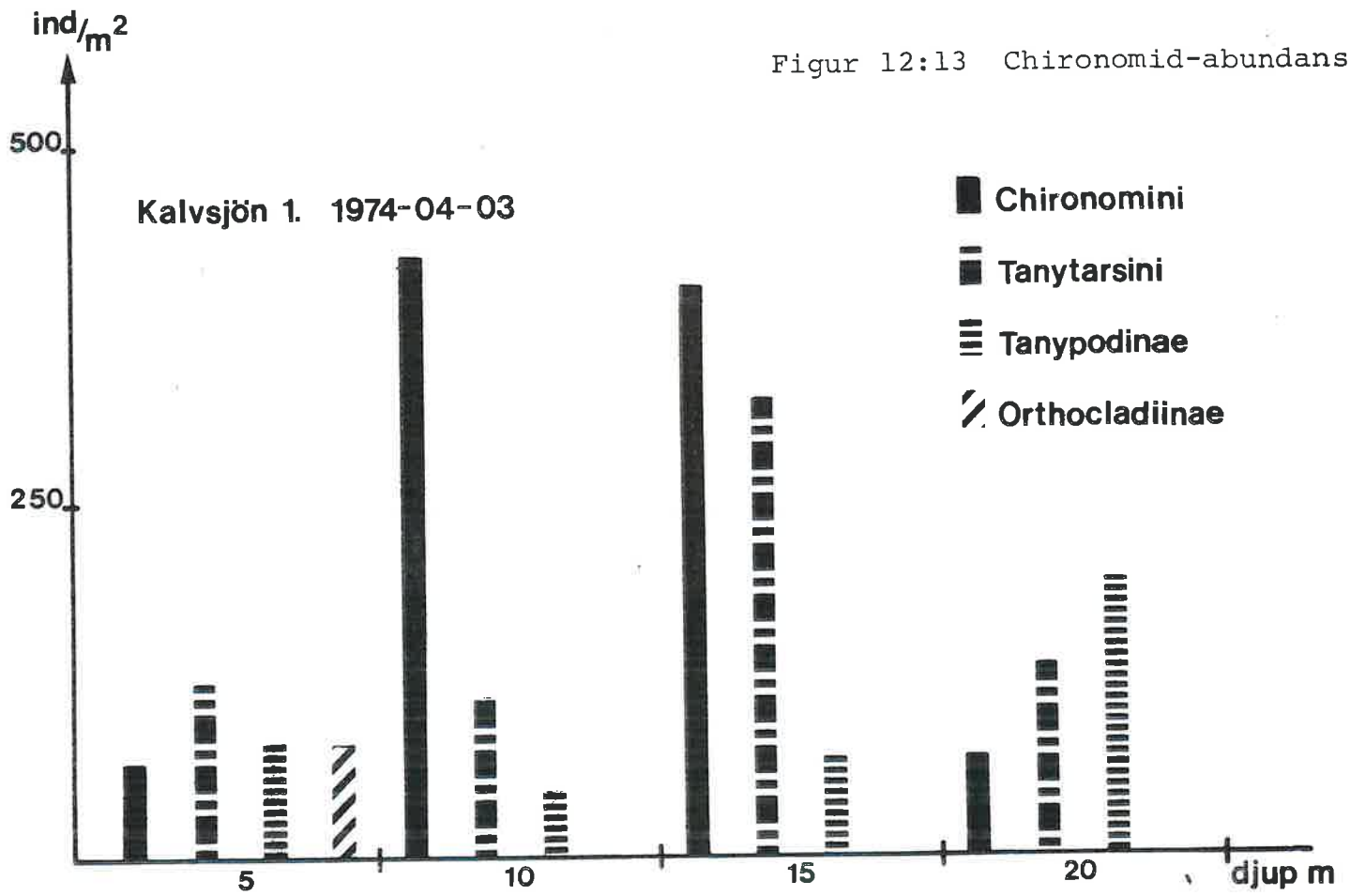
Figur 12:9 Chironomid-abundans



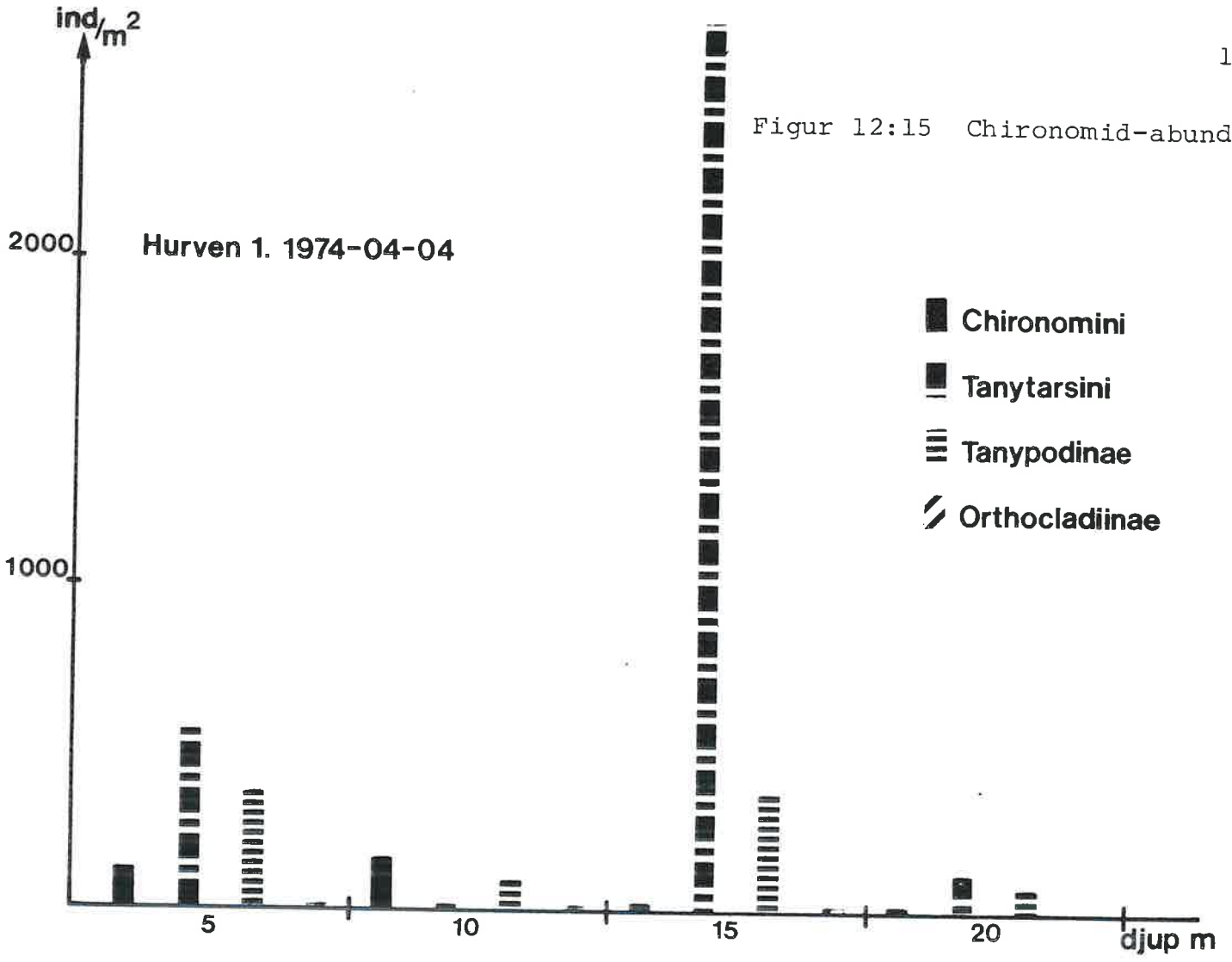
Figur 12:10 Chironomid-abundans



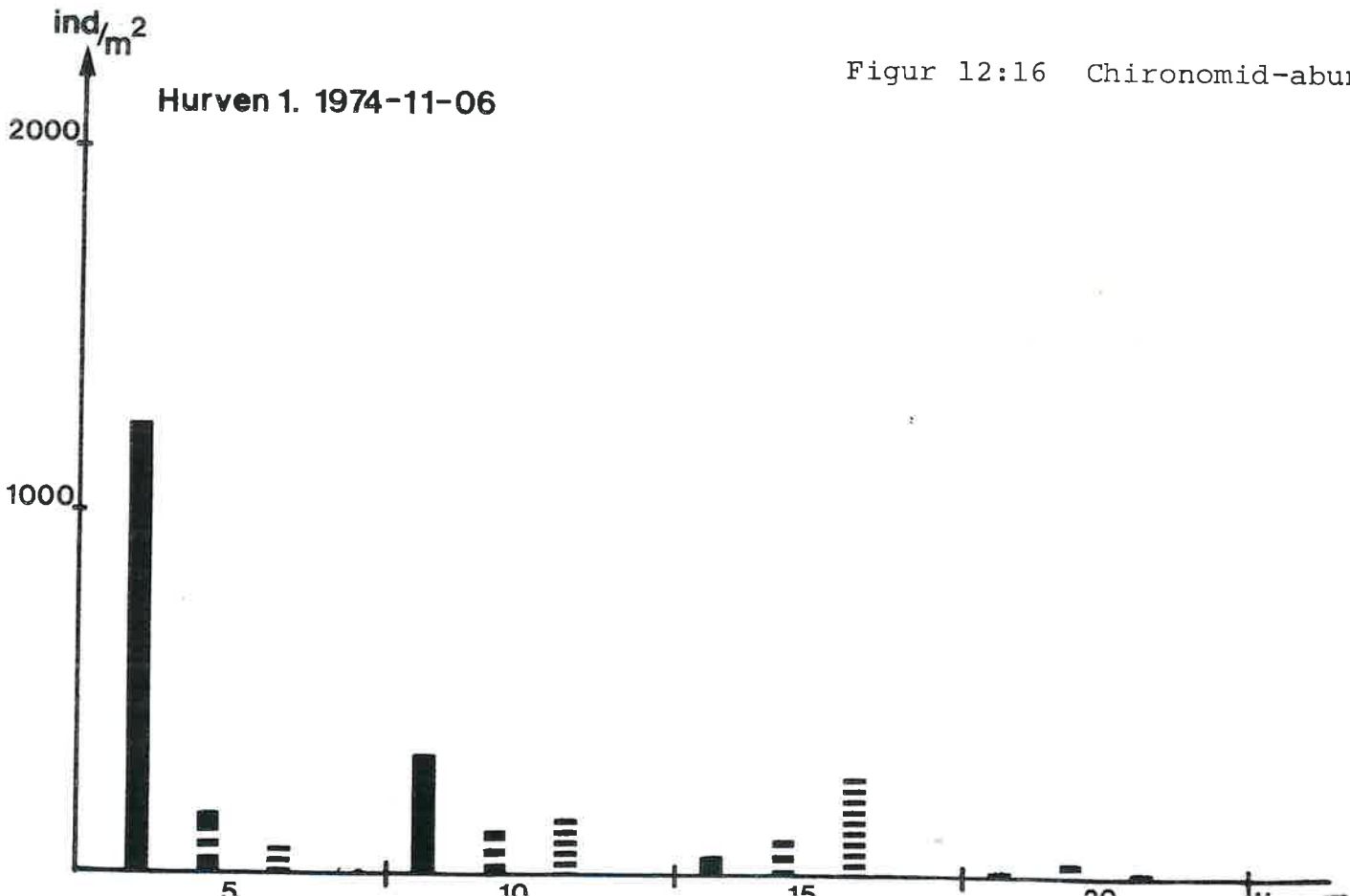




Figur 12:15 Chironomid-abundans



Figur 12:16 Chironomid-abundans



13. FISKFAUNAN

Inledning

Provfiske har under 1974 skett i Fegen och Kalvsjön för att få en allmän kännedom av fiskfaunan. Speciellt intresse har ägnats siklöjan, då Fegen är känd för att vara en av de få sjöarna med vårlekande siklöja. I den fysiska riksplanen "Hushållning med mark och vatten" föreslås sjön bli bevarad i opåverkat tillstånd för bibehållandet av siklöje-populationen.

Metodik

Fiske har skett i Kalvsjön och i Fegens västra (F1), nordöstra (F2) och södra bassänger (F4 + F5). Det sistnämnda området kan anses vara representativt för huvuddelen av sjön. Provfiske i avsikt att studera den allmänna fiskfaunan har skett i augusti. Dessutom har fiske i Fegen skett i april - maj med speciell inriktning på den vårlekande siklöjan och i Kalvsjön och Fegen i november vid den höstlekande siklöjans lektid.

Under augustifisket har s k översiktsnät använts. De är tillverkade av grön, spunnen nylon och sammansatta av 7 m långa nätsektioner med maskstolper 9,5:14,5:18:24:29,5:33:38 och 46 mm. Näten är således 56 m långa. Fisket har skett på de djup som anges i Fig 13:1. Djupen har valts för att få en så god bild som möjligt av fiskfaunan och klargöra den vertikala fördelningen. På varje lokal har fiskats i 3 dygn.

Under höst- och vårfisket, speciellt inriktat på siklöjan, har nät av heldragen nylon använts. Vid vårfisket har nät med maskstorkeken 10:15:18,5 och 20 mm använts och under höstfisket 15 och 18 mm. Dessa nät är 30 m långa

och 3 m höga. Fisket har då skett på siklöjans lekplatser, som för den vårlekande är sjöns djupare delar och för den höstlekande grunt vatten. Under höstfisket har dessutom ett nät med maskstorleken 10 mm satts i ytan i sjöarnas centrala delar för att fånga mindre siklöjor (årsynglet), som inte går in till stranden för att leka. Dessutom har då översiktsnät satts ut på lekplatserna för att fånga andra fiskarter och studera i vilken mån dessa prederar på siklöjans rom. Näten har i samtliga fall satts ut på morgonen och vittjats ett dygn senare. Ett nät under ett dygn har definierats som en nätansträngning.

För att få ett mått på fiskbeståndets täthet har en metod beskriven av Hamrin (1975) använts. Denna ger inga absoluta mått på fisktätheten (som t ex i kg/ha), utan användes främst för att erhålla ett relativt mått på fisktätheten. Metoden har den fördelen, att den ger ett mått på fiskens täthet i sjön som helhet. Under olika tider av året koncentreras fisken till olika djup beroende på faktorer som temperatur, syrehalt och lekvandringar. Siklöjan koncentreras exempelvis under sommaren till en sjös djupare delar och om dess täthet skulle anges som fångst i kg/nätansträngning, skulle man få höga värden, vilka inte skulle vara representativa för sjön som helhet. Resultatet skulle bli helt annorlunda (och lägre) under den kallare delen av året, när siklöjan är jämnare fördelad över sjön.

Då näten fiskar selektivt och vissa storleksklasser av fisken blir överrespektive underrepresenterade i fångsterna, har för siklöjan gjorts en kompensation för nätens selektivitet, enligt en metod beskriven av Hamrin (1975).

Magar av siklöjan har insamlats för att studera födovallet. Dessa har konserverats i etanol för senare analysering. Maginnehållen har slagits samman i grupper om 5, uppslammats i etanol, varefter ett stickprov uttagits.

Magar från samtliga andra fiskarter som fångats på siklöjans lekplatser har insamlats för att studera eventuell predation på rom. I dessa fall har hela maginnehållet analyserats.

Åldersbestämning av siklöja har gjorts med hjälp av otoliter (Aass, 1972). Dessa har liggande i glycerol studerats i preparermikroskop mot mörk bakgrund. Som ett komplement har även fjäll använts. Material för ålders-

bestämningen har insamlats vid lekfisket och för vårlekande siklöjor i viss mån även under sommaren. I mån av tillgång har material uttagits från 10-15 fiskar från varje sjö och centimeterklass. Analys av otoliter möjliggör för äldre fiskar en säkrare åldersbestämning än analys av fjäll.

Resultat och diskussion

Fiskfaunan

I Kalvsjön har fångats abborre, gärs, gädda, mört, braxen, benlöja och siklöja.

I Fegen har dessutom fångats lake, bergsimpa, vårsiklöja och storsik (*Coregonus pidschian*, sensu Svärdsson, 1957).

Antalet gälträfständer hos siken har varit 18-21, medelvärde 20,4.

I sjöarna förekommer dessutom ål, som inte fångas i nät och därför inte inkluderas i undersökningen. Det är anmärkningsvärt att sik inte fångades i Kalvsjön då den står i nära förbindelse med Fegen. Det är dock möjligt, att den förekommer i liten antal. Detsamma gäller laken.

Fiskarternas djupfördelning. Under sommaren visade de olika fiskarterna en klar preferans för olika djup (Fig 13:1). I det djupaste kalla vattnet förekom siklöja, sike och lake. Siken uppträdde på något grundare vatten än siklöjan. Det är främst kravet på kallt vatten som styr denna fördelning. Siklöjan skyr det varma vattnet om inte syrebrist i djupare vattenskiikt tvingar den uppåt. På grundare och varmare vatten påträffades abborre, mört och braxen. Abborren gick i allmänhet ner på djupare vatten än mörten. Abborren förekom dock inte nere i det kalla vattnet utan föredrog en högre temperatur. Mörten uppträdde på grundare vatten, sannolikt beroende på att arten föredrar ett bättre ljus klimat. Gärsen var jämnt fördelad på alla djup.

Fiskbeståndets relativa täthet. Den relativa tätheten av de olika fiskarterna framgår av Tabell 13:1. Värdet för siklöjan är antagligen för lågt. Näten har varit placerade på botten och då siklöjan söker sin föda och är aktiv i det fria vattnet, kan fångsterna ha blivit för låga för att ge en rättvisande bild av beståndets storlek. Likadant är förhållandet beträffande benlöjan, som också är pelagisk. Enligt Hamrin (1973) skulle jämförelsetalen för siklöjan ha blivit ca 10 x större om näten hängts i det fria vattnet i stället för att ha ställts på botten. Siklöjan skulle

då har registrerats som den vanligaste arten i sjöarna. Den relativa, totala fisktätheten i Kalvsjön och huvuddelen av Fegen låg på ungefär samma nivå. Däremot var fisktätheten mindre i västra och nordöstra delarna av Fegen. Jämfört med södra Bolmen, som ligger inom samma område och visar stora likheter med de undersökta sjöarna, var fisktätheten mindre i Fegen och Kalvsjön. I Bolmen förekommer även gös, vilket inte är fallet i Fegen och Kalvsjön. Gösen är mestadels storvuxen och ett liten antal fångade fiskar höjer jämförelsetalen relativt mycket. Om gös fråndrages värdet för relativa fisktätheten i södra Bolmen, kommer detta ner på samma nivå som för Fegen och Kalvsjön.

Fiskbeståndets längdfördelning. De fångade fiskarnas fördelning på längdklasser framgår av Fig 13:2. De sparsammast fångade fiskarterna har inte medtagits. De vanligaste fiskarna fanns väl representerade i de storleksklasser som låg inom nätens fångstbarhetsgränser. Detta tydde på att reproduktionen varit normal och att ingen onormal fiskdöd inträffat.

Sikløjorna

Fegen är betraktad som riksintressant bl a för dess sällsynta vårlekande siklöja. I sjön finns även den höstlekande siklöjan, som är den vanligaste formen, förekommande i de flesta sydsvenska sjöar med lämplig miljö. Trybom (1903) var den förste som i Stora Holsjön, i Viskans vattensystem, beskrev den vårlekande siklöjan i Sverige. Sedan dess har ytterligare fynd gjorts i tre andra sjöar, däribland Fegen. Även från Finland, västra Sovjetunionen (Airaksinen, 1968) och Norge (Huitfeldt-Kaas, 1927) har vinter- och vårlekande siklöjebestånd rapporterats.

Liksom fallet är med övriga coregonider, är taxonomin för sikløjorna föremål för diskussion och det är oklart om en uppdelning skall göras i underarter av *Coregonus albula*, eller om dessa skall betraktas som egna arter. Från Ladoga har beskrivits en storvuxen, djuplevande form, *C. albula ladogensis*, som förekommer parallellt med den vanliga *C. albula* (Järvi, 1937). Thienemann (1933) har beskrivit en djuplevande form i norra Tyskland (*C. albula lucinensis*) och Berg (1962) har från Onega redovisat en annan djuplevande form (*C. albula kilez*). De vår- och höstlekande formerna bör enligt Runnström & Svärdson (1956) betraktas som egna arter. Det starkaste kriteriet för detta är att de båda formerna kan samexistera utan att smälta samman till en art.

Morfologi

Den främsta morfologiska skillnaden mellan den höst- och vårlekande formen i Fegen är de större ögonen hos den vårlekande formen. Liknande förhållande har beskrivits för den vinterlekande formen i Änättjärvi, Finland, som hade större huvud och ögon än den höstlekande (Airaksinen, 1968). Denna karaktär omnämns inte för den vårlekande siklöjan i vare sig Stora Holsjön eller Åsunden, som beskrivits av Runnström (1941) och Runnström & Svärdson (1956). Däremot skilde sig de två formerna beträffande antalet ryggkotor och fenstrålar i bröstfenor och analfenor. Den höstlekande formen hade fler ryggkotor än den vårlekande. Detta indikerar, att den vårlekande formens rom under stadiet för kotanläggningen utvecklas vid en högre temperatur än den höstlekande. Fiskar som lekte på våren var därför också avkomma av vårlekande fiskar. Fenstrålarnas antal var i analfenan större och i bröstfenorna färre hos den vår- än den höstlekande.

Ekologi

Ekologiska olikheter mellan de höst- och vårlekande formerna är främst lektiden. Under fisket som var speciellt inriktat på vårsiklöjan, var de fiskar som fångades under tiden 24 - 26 april inte fullt lekmogna. Den 8 -9 maj hade de honor som fångades mycket lös rom, vilket tyder på att leken ägde rum eller var mycket nära förestående (vattentemperatur vid totalcirkulation 8,0 °C). Även i Stora Holsjön leker vårsiklöjan i månadskiftet april-maj. I Finland leker den vinter- och vårlekande formen på olika tider i olika sjöar. Tidsramen har angetts vara från slutet av december till slutet av april. Den höstlekande siklöjan leker i oktober - november. Även lekdjupet skiljer de båda åt. Den höstlekande går för leken in mot stränderna och leker på grunt vatten. Den vårlekande uppehåller sig däremot i sjöns djupare partier. För övrigt är de ekologiska skillnaderna föga kända. Under våren (lektiden) 1974 gjordes fynd av vårlekande siklöja i västra (F1) och mellersta delarna (F4) av Fegen, men i augusti fångades den också i nordöstra delen (F2). Fångstdjupet var 20 -25 m. De då fångade vårsiklöjornas antal var dock mycket litet jämfört med de höstlekandes, som fångades samtidigt. Man kan därför förmoda att beståndet är litet och kan därför vara speciellt känsligt för ändringar i miljön. Den höstlekande formen är helt dominerande i sjön. Enligt Albert Larsson, som är väl förtrogen med fiskeförhållandena i sjön, har den vårlekande formen minskat i antal under senare år. Om detta är en normal periodisk nedgång är ovisst.

Tillväxt

Tillväxten hos de båda formerna av siklöjan i Fegen skiljer sig åt, varvid den vårlekande har en långsammare tillväxt (Fig 13:3). De av Trybom undersökta höst- och vårsiklöjorna i Stora Holsjön, visade samma mönster. Orsaken till denna olikhet i tillväxt är oviss. Det kan vara fråga om genetiska differenser. En möjlighet är också att den höstlekande formen kläcks tidigare på våren, börjar växa tidigare och därmed får ett konkurrensövertag gentemot den vårlekande siklöjan. En annan faktor kan vara, att den vårlekande siklöjan under viss del av året är hänvisad till sjöns djupparti, medan den höstlekande siklöjan uppsöker vattenpartier som är rikare på plankton. Detta bör då resultera i en bättre tillväxt, då plankton är den helt dominerande födan. Vilken eller vilka faktorer som i Fegen är avgörande för skillnaden i tillväxt är oviss, p g a det ringa antalet fångade vårsiklöjor. I Fegen och Kalvsjön slutade siklöjan nästan helt att växa vid en längd på ca 20 cm.

Födoval

Siklöjans födoval varierade under året. Maginnehållet har varit starkt upplöst, vilket försvårat bestämningen av födodjuren. Under våren dominerades födan av copepoder, vilket också var fallet under sommaren (Fig 13:5). Under hösten däremot var *Bosmina* mest betydande. Detta överensstämmer väl med resultaten från zooplanktonundersökningen på så sätt, att samma stora crustacéer som dominerade i sjön också utgjorde den viktigaste födan för siklöjan. Förhållandet under sommaren, då *Bosmina* var rikligt förekommande i det övre vattenskiktet och copepoder dominerade i de djupare skikten, tyder på att siklöjan inte gjorde vandringar upp till det övre varma vattenskiktet vid näringsösket utan huvudsakligen fångade födodjuren i de kallare, djupare delarna av sjön. Ingen hänsyn har här tagits till planktonets eventuella vertikala vandringar under dygnet, eftersom detta inte undersökts i Fegen och Kalvsjön. Under hösten när vattnet nedkyldes, uppsökte siklöjan grundare vattenskikt och *Bosmina* var då den huvudsakliga födan. För den vårlekande siklöjan är näringsvalet under året sämre känt, p g a de fåtaliga fångade fiskarna. Under våren var dess födoval likartat den höstlekande siklöjans.

Rompredatorer

Magar från tänkbara rompredatorer har undersökts. Dessa har fångats på lekplatserna. Siklöjerom har under hösten påträffats hos abborre, gärs,

lake och sik i Fegen. I Kalvsjön har ej några rompredatorer konstaterats, vilket beror på att någon lek troligen ej ägde rum på fiskeplatsen. Hos mörten har inga romkorn påträffats. (Det beror troligen på att romkorn förmodligen snabbt löstes upp i mörtmagen. Det kan dock förmodas att även mörten prederade på sikløjans rom.) Under vårfisket har sikløjerom inte funnits i någon fiskmage. Detta beror dock sannolikt på att någon lokal med intensiv lek inte påträffats. Maximalt har 2 vårlekande sikløjor fångats per nätansträngning.

Årsklasser

Sikløjefångsterna i Fegen under hösten 1974 dominerades av rika årsklasser med åldern 1+ och 2+. I sjöns huvuddel har fångsten i genomsnitt varit 12 kg/ansträngning. Stora och små individer har varit sparsamma (Fig 13:3). Nät med 10 mm maskstorlek, som satts ut i sjöns centrala delar för att fånga årsynglet, har endast givit enstaka fiskar. Sikløjjan är känd för att ha kraftigt varierande årsklasser. Vanligtvis dominerar någon eller några årsklasser hela sjöns bestånd (Järvi, 1972; Svärdsen, 1956). Yngre fiskar har då svårt att klara sig och nya rika årsklasser uppkommer först när de äldre fiskarna försvinner.

I Kalven befann sig sikløjepopulationen i en annan fas än i Fegen. Beståndet dominerades av stora, äldre individer samt årsyngel (Fig 13:4). Fisket i sjöns centrala delar, med 10 mm maskor, har givit 3,3 kg/nätansträngning (350 individer) av årsynglet. Motsvarande värde för Fegen var 0,18 kg/nätansträngning (18 individer). Under hösten 1975 och några år framåt kan ett förbättrat sikløjefiske väntas i Kalvsjön, jämfört med under 1974. Den höstlekande sikløjjan i Fegen avvek därmed från artens normala mönster genom att två på varandra följande årsklasser dominerade fångsten. I den närbelägna Bolmen uppkommer rika årsklasser vartannat år (Hamrin, 1975).

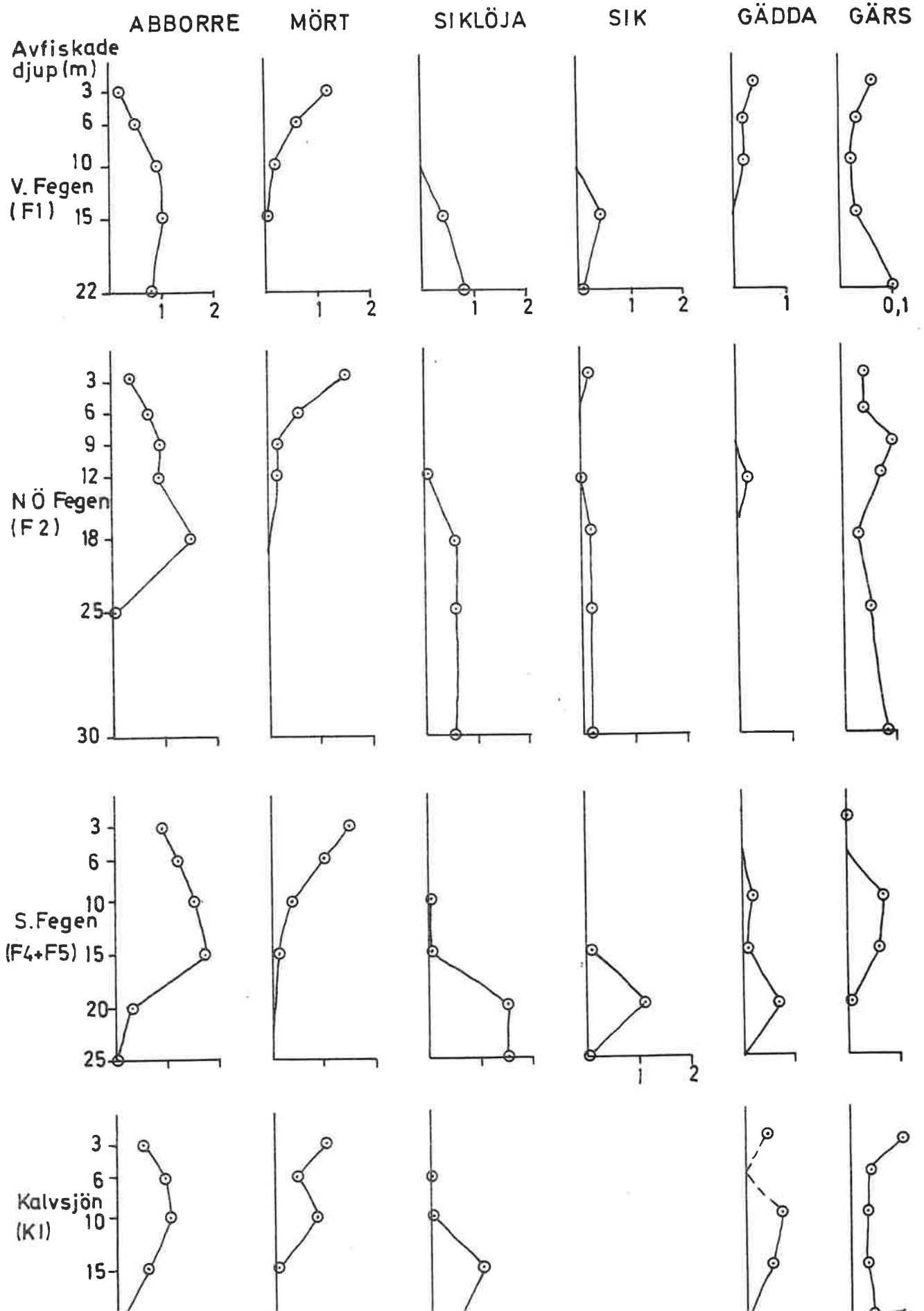
I Kalven har under augusti fångsterna av större sikløjor varit ungefär lika stora på 15 och 20 m djup. Årsynglet däremot har huvudsakligen fångats på 15 m djup. Endast enstaka individer har fångats på grundare vatten, och inte några på 20 m djup. Det beror antingen på att sikløjans årsyngel är mindre tolerant mot låga syrehalter än de äldre fiskarna eller att ynglet föredrar en något högre temperatur.

Tabell 13:1. Jämförelsetal beträffande relativa fisktätheten för de olika fiskarterna i Fegen, Kalvsjön (1974) och södra Bolmen (1973) enligt Hamrin, 1974. Värdet inom parentes för S. Bolmen gäller exklusive gös.

	NV Fegen	NÖ Fegen	S Fegen	Kalvsjön	S Bolmen	
Mört	574	799	893	676	554	
Braxen	0	0	298	143	7	
Abborre	607	589	1091	658	1623	
Gädda	234	19	92	377	110	
Gärs	42	49	22	54	42	
Siklöja	103	144	151	138	10	
Sik	84	126	78	-	298	
Lake	0	32	0	0	143	
Benlöja	0	0	34	22	2	
<hr/>						
Totalt	1644	1758	2659	2068	3265	relativ fisktäthet (2789)

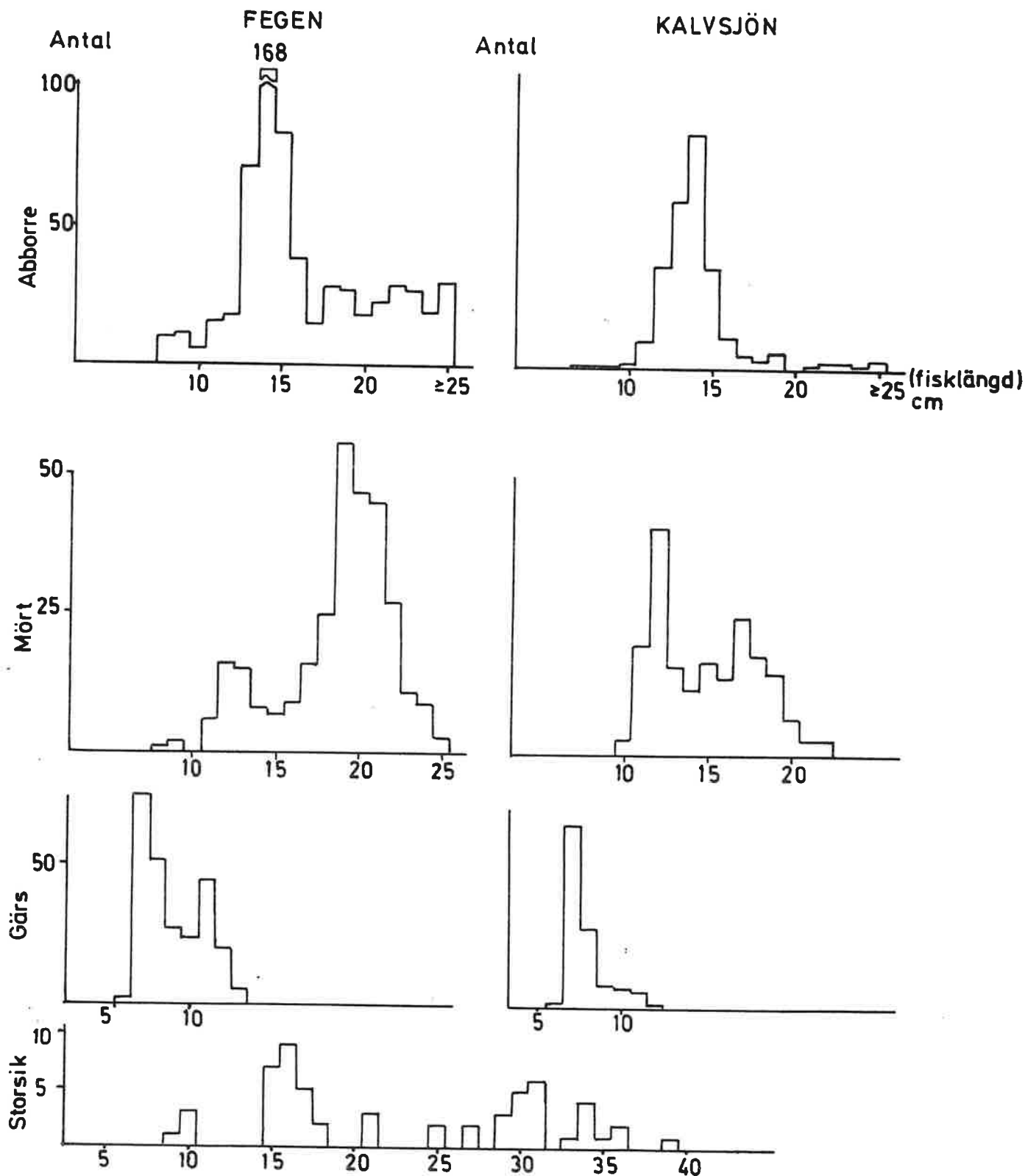
FIGUR 13:1

DE OLIKA FISKARTERNAS VERTIKALA FÖRDELNING I FEGEN OCH KALVSJÖN UNDER AUGUSTI, 1974
UTTRYCKT SOM FÅNGST I KG/ANSTRÄNGNING



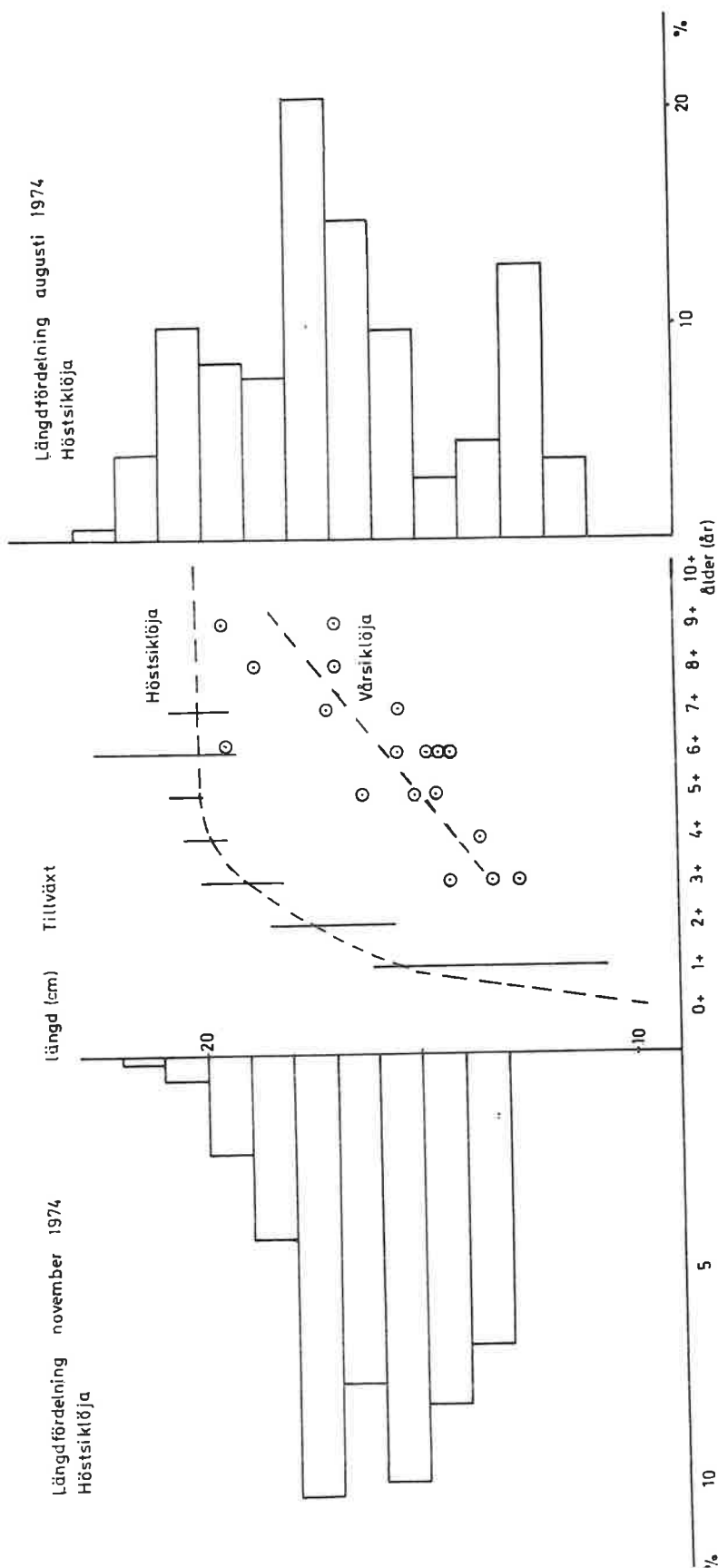
FIGUR 13:2

LÄNGDFÖRDELNING AV ABBORRE, MÖRT, GÄRS OCH SIK I FÅNGSTERNA I FEGEN OCH KALV-SJÖN, AUGUSTI 1974



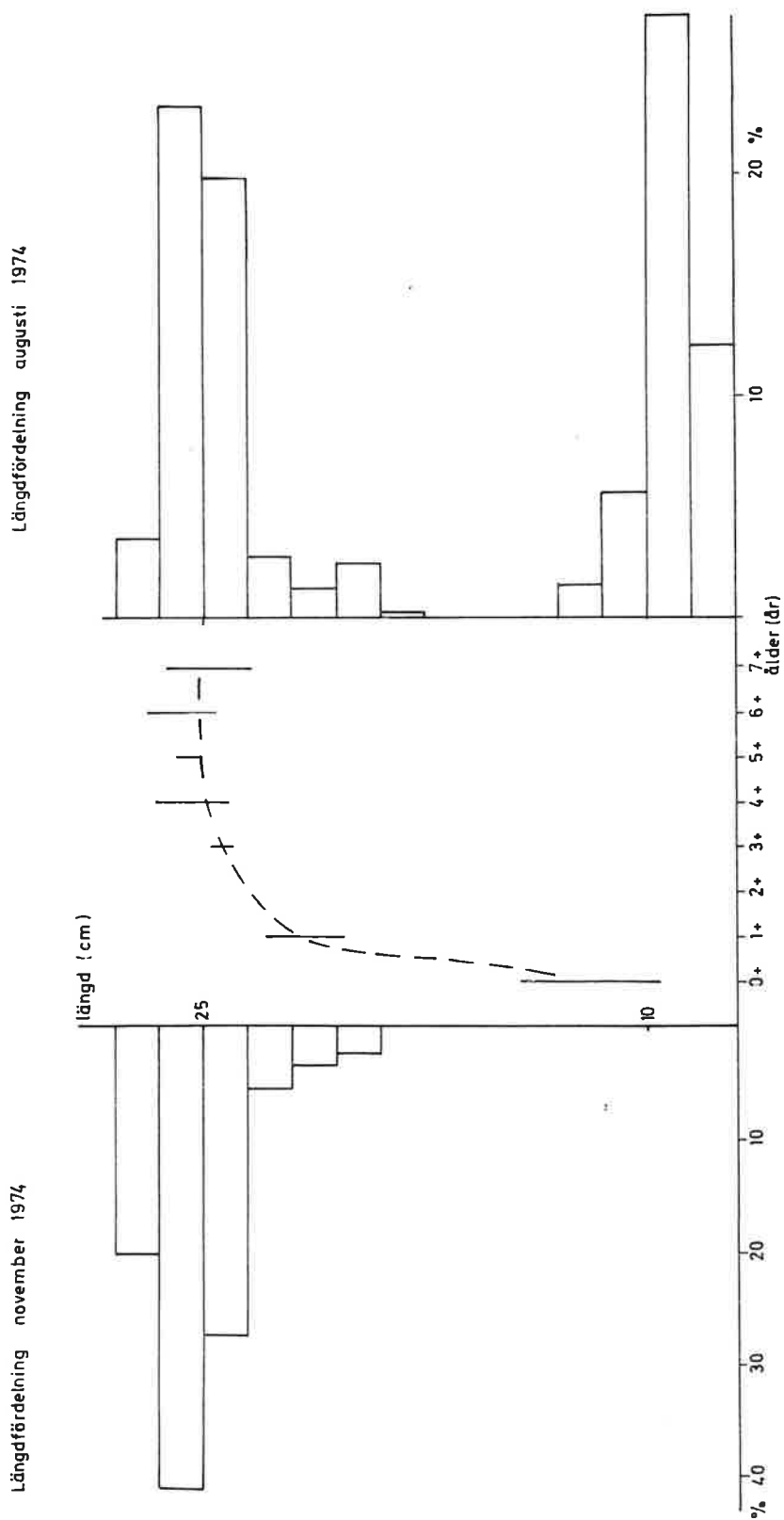
FIGUR 13:3

LÄNGDFÖRDELNING OCH TILLVÄXT FÖR SIKLÖJA I FEGEN. LÄNGDFÖRDELNINGEN ANGER FÖRDELNINGEN I PROCENT PÅ OLIKA STORLEKSKLASSER EFTER KOMPENSATION FÖR NÄTENS SELEKTIVITET. TILLVÄXTEN FÖR HÖSTSIKLÖJA ÄR BASERAD PÅ FISKAR FÅNGADE I NOVEMBER OCH FÖR VÅRSIKLÖJA FISKAR FÅNGADE I APRIL-MAJ OCH AUGUSTI 1974. VERTIKALA STRECK ANGER SPRIDNINGEN INOM RESP. ÅRSKLASS.



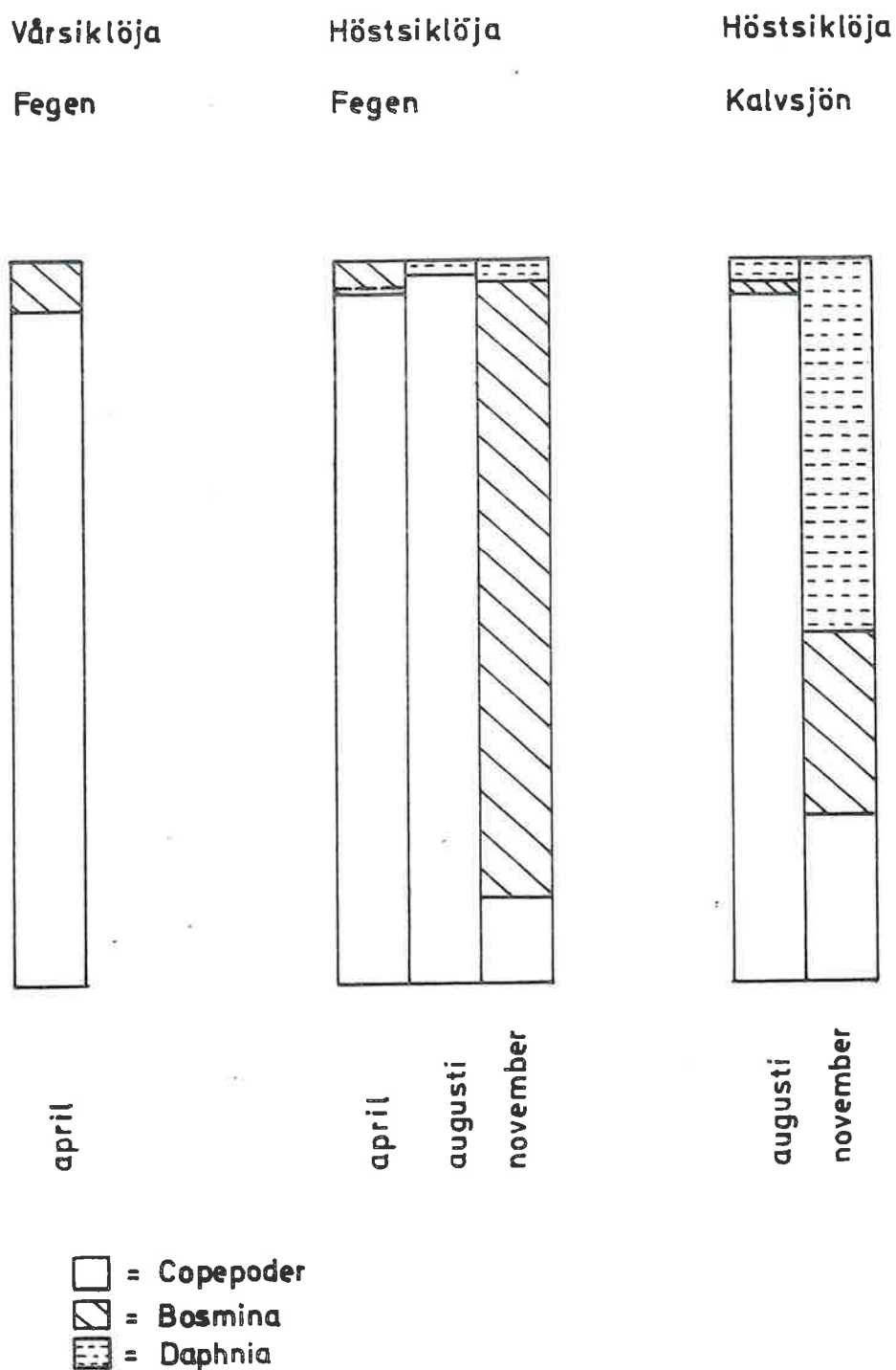
FIGUR 13:4

LÄNGDFÖRDELNING OCH TILLVÄXT FÖR SIKLÖJA I KALVSJÖN. LÄNGDFÖRDELNING ANGER FÖRDELNINGEN I PROCENT PÅ OLIKA STORLEKSKLASSER EFTER KOMPENSATION FÖR NÄTENS SELEKTIVITET. TILLVÄXTEN ÄR BASERAD PÅ FISKAR FÅNGADE I NOVEMBER 1974. VERTIKALA STRECK ANGER SPRIDNINGEN INOM RESP. ÅRSKLASS.



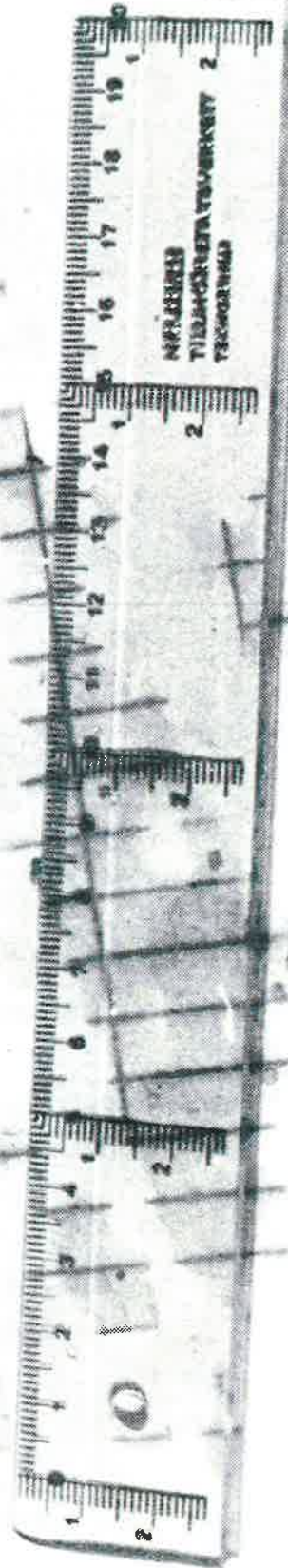
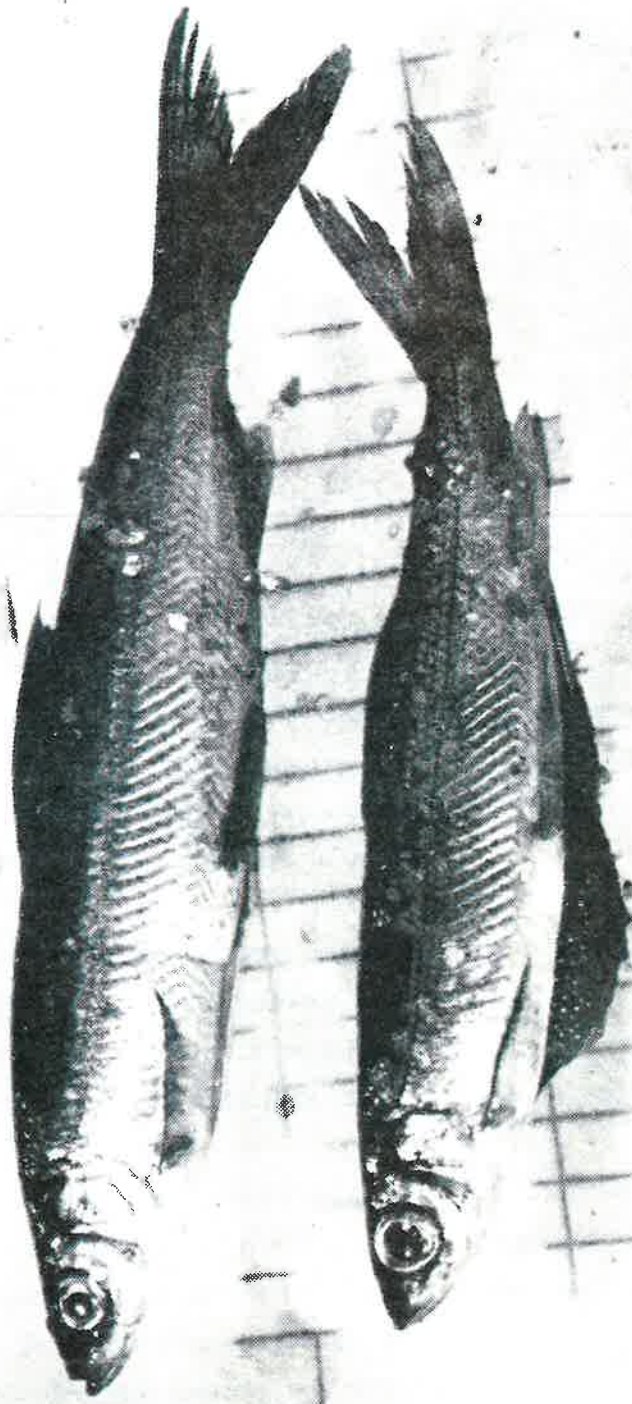
FIGUR 13:5

SIKLÖJANS FÖDOVAL.
DEN PROCENTUELLA FÖRDELNINGEN AV OLIKA
FÖDODJUR I MAGARNA VID OLIKA TIDPUNKTER
UNDER 1974



Figur 13:6. Siklöjor fångade i fegen, Finnanäs bassängen (F4) 1974.04.24. Överst höstlekanande siklöja, ålder 3+. Underst vårlekanande siklöja, ålder 5+. Den inte fullt mogna rommen syns hos den uppklippta vårlekanande siklöjan. Observera det proportionsvis betydligt större ögat hos den vårlekanande siklöjan.

Foto: Tord Nilsson.



14. SEDIMENT

Inledning

Undersökningar av sediment beträffande stratigrafiska förhållanden, fysikaliska och kemiska egenskaper samt laboratorieundersökningar beträffande ämnesutbytet mellan sediment och vatten har varit huvuduppgifterna i föreliggande studie.

Undersökningar beträffande interstitialvattnets och sedimentets kemiska och fysikaliska egenskaper har gjorts i sjön Fegen vid fyra provpunkter (Västra, Nord-östra och Södra Fegen samt i Sandviksbassängen). Undersökningar har även gjorts i sjöarna Kalvsjön och Hurven (Fig 3:3).

Mera preciserat har programmets målsättning varit:

1. Att kartera de organogena sedimentens utbredning, inkl sedimentgränsens läge och om möjligt även sedimentens mäktighet.
2. Att genom kemiska analyser av torrs substans och interstitialvatten karakterisera sedimenten och diskutera deras betydelse för sjöarnas produktion.
3. Att genom laboratieförsök få en uppfattning om vilken effekt aeroba respektive anaeroba förhållanden har beträffande utbytet av växtnäringsämnen mellan sediment och vatten.
4. Att genom laboratieförsök bestämma sedimentens syretäring.

Kartering av de organogena sedimenten samt provtagning för sedimentanalyser utfördes i Västra (F1) och Östra (F2) Fegen samt i Sandviksbassängen (F3) 7 - 9 juli 1974. Motsvarande undersökningar och provtagningar utfördes även i Södra Fegen (F5), Kalvsjön (K1) och Hurven 27 -29 augusti 1974.

I samband med vegetationsundersökningarna i augusti 1974 karterades de strandnära partierna i sjöarna.

Provtagningsmetodik

Sediment. Stratigrafiskt intakta sedimentproppar har tagits med hjälp av en modifierad rörhämtare (Berggren, 1972). Omedelbart efter upptagningen av sedimentpropparna från respektive provtagningspunkt uttogs vattenprov 10 cm ovan sedimentytan för syre-, fosfat-, nitrat-, ammonium-, järn- och manganbestämningar. Från de översta 5 cm av sedimentet uttogs prov från varje cm. Därunder togs prov på var femte cm ner till 20 cm:s sedimentdjup (5-10, 10-15 och 15-20 cm).

Bestämningar har gjorts av vattenhalt (Vh %) och glödningsförlust (Gf %). För bestämning av totalhalterna av Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn, Cn och Zn samt fosfor har sedimentet, torkat vid 105 °C, våtuppslutits i en syra-blandning av konc salpetersyra och konc perklorosyra (4:1). "Kisel" har bestämts som den syraolösliga återstoden kvarhållen av filterpapper Munktell 00H. Kväve har analyserats enligt Kjeldahl på torkat sediment (105 °C).

Interstitialvatten

Interstitialvatten har med kvävgas utpressats ur sedimentprov i en tryck-filtreringsapparat (Bengtsson et al, 1972). Prov för utpressning av interstitialvatten har tagits samtidigt som prov för sedimentanalys, från de översta 0-5 cm sediment vid respektive provtagningspunkt och djup (Fig 3:3).

Interstitialvatten har analyserats i prov utpressade från sediment tagna i profiler ut mot djupområdena i västra och södra Fegen, i södra Fegen samt i Sandviksbassängen. Det utpressade interstitialvattnet fixerades omedelbart med konc saltsyra till pH ca 1, för att förhindra utflockning av järn och mangan.

Ämnesutbytesförsök

Intakta sedimentproppar med ca 12,5 cm sediment och ca 35 cm ovanstående vatten har tagits med hjälp av en modifierad rörhämtare (Berggren, 1972). Ämnesutbytesförsöken har begränsats till att

omfatta mellersta Fegen (Sandviksbassängen, 21,5 m). Vid provtagnings-tillfället (1975-06-22) förekom syre ned till sedimentytan (Botten-nära vatten = 6,56 mg O₂/l).

På laboratoriet urtappades vattnet ovan sedimentet och detta filtrera-des genom 45 µm planktonnät för att eliminera större djur- och växt-plankter. Därefter hälldes vattnet försiktigt tillbaka. Sedimentrören (4 st) placerades därefter mörkt i konstantrum vid 6 °C (samma tempe-ratur som i hypolimnion vid provtagningsstillfället). Två av sediment-rören luftades kontinuerligt med hjälp av en akvariepump. De reste-rande två rören gjordes anaeroba genom att kvävgas bubblades genom vattnet under 48 timmar. Vid starten av försöket, då de två sediment-propparna blivit anaeroba, uttogs vattenprov för analys av syre, fosfat-fosfor, ammoniumkväve, Kjeldahl-kväve, löst järn och mangan. Härvid uttogs 0,65 l (hälften av den totala vattenvolymen). Efter prov-tagningen tillsattes nytt sjövattnet i motsvarande mängd. Det vatten som användes för att fylla plexiglasrören efter varje provtagning förvara-des mörkt och vid 4 °C. Vattnet som tillsattes till de anaeroba rören bubblades med kvävgas före tillsättandet. Ovanstående tillvägagångs-sätt upprepades efter varje vattenprovtagning. Under ämnesutbytes-försökets gång analyserades tillsatsvattnet vid två tillfällen, beträffande totalfosfor och Kjeldahl-kväve.

Försöket pågick i 107 dagar (23/6 - 8/10 1975).

Vatten, uttaget för analys av fosfatfosfor, ammoniumkväve, löst järn och mangan, fixerades med ett par droppar konc saltsyra till pH ca 1.

Analysmetodik

Syre har analyserats enligt en modifierad Winkler-metod med azid tillsats.

Vattenhalt har bestämts genom torkning av sediment vid 105 °C.

Glödgningsförlust (halten organiskt material) har bestämts genom glödning av torkat sediment vid 550 °C.

Totalfosfor och fosfatfosfor har bestämts med Technicon Auto-Analyzer.

Totalkväve har uppslutits enligt Kjeldahl och därefter bestämts med Technicon Auto-Analyzer.

Ammoniumkväve har bestämts med Technicon Auto-Analyzer.

Totalhalterna av Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu och Zn har bestämts med atom-absorptionsspektrofotometer Perkin-Elmer, modell 303.

Löst Fe och Mn har bestämts med atomabsorptionsspektrofotometer Perkin-Elmer, Brodell 303.

Organiskt kol (CH_2O) har uppskattats till $\frac{12}{30}$ av glödgningsförlusten.

Sedimentkartering

I karteringen av de organogena sediments mäktighet och utbredning ingår även fastställandet av sedimentgränsens läge (gränsen för det organogena materialets utbredning).

Ekolodning i sjön Fegen utfördes under 1974 vid två tillfällen, dels för lodning av vattendjupet, dels för undersökning av sedimentens mäktighet. Ekolodning i Kalvsjön utfördes vid ett tillfälle.

Vid lodningarna har ett 12 volts ekolod av märket Atlas Echolot, Monograph 58 använts. Genom val av lämplig frekvens ($\overline{30 \text{ kHz}}$), kan de organogena (postglaciala) sedimentens mäktighet och utbredning fastställas. Gränsen för sedimentmäktigheten har fastställts med en säkerhet av $\pm 5 \text{ cm}$.

Ekolodningen utfördes från båt med utombordsmotor, vilken framfördes med konstant hastighet. Antalet lodade tvärprofiler var 15 st i Sandviksbassängen, 12 st i västra Fegen, 18 st i östra Fegen, 18 st i södra Fegen samt 42 st i Kalvsjön. De lodade vattendjupen har omräknats till medelvattenståndet.

Resultat från djup- och sedimentkarteringen redovisas i Fig 14:1 och Fig 14:2. I Fig 14:1 avseende vattendjupet har djuplinjer med 5 m:s ekvidistans inritats. Sedimentmäktigheten har angetts med 1 m:s ekvidistans. Vattenståndet var i Fegen vid karteringstillfället $131,55 \text{ m.ö.h.}$ och i Kalvsjön $129,76 \text{ m.ö.h.}$

Fegen har vid karteringsarbetena behandlats som fyra separata bassänger:

1. Västra Fegen	(F1)	största djup	20 m
2. Östra Fegen	(F2)	" "	38 m
3. Sandviksbassängen	(F3)	" "	28 m
4. Södra Fegen	(F5)	" "	6 m

Referenssjöar vid dessa undersökningar har följande varit:

5. Kalvsjön, norra delen (K1)	största djup	20 m
" södra delen (K2)	" "	12 m
6. Hurven	" "	21 m

Resultat och diskussion

Sedimentmäktighet (Fig 14:2 och 14:3)

1. Västra Fegen (F1). Två åtskilda områden med en sedimentmäktighet på mer än 4 m förekommer strax söder om Sandnabben samt ca 500 m norr om Sandnabben. Dessa två områden åtskiljes av ett långsträckt rev. Gränsen för organogent material ligger vid ca 5 m:s vattendjup och sedimentets mäktighet är vanligtvis 2-3 m.

2. Östra Fegen (F2). Två områden med sedimentmäktighet över 4 m förekommer i östra Fegen, det ena i den nordöstra delen, vid Påbohusviken, det andra strax norr om djuphålan (38 m). I övrigt är sedimentmäktigheten 2-3 m. Gränsen för organogent sediment är belägen vid ca 5 m:s djup längs sjöns västra sida och vid ca 10 m:s djup längs den östra sjösidan. Vid det norra området, där sedimentets mäktighet uppgår till 4 m, är vattendjupet endast 5 m.

3. Sandviksbassängen (F3). Största registrerade sedimentmäktighet uppgår till 4,7 m, vilket uppmättes ca 200 m NW om Sandön. En djupfåra (50 m bred och 1000 m lång) med 4 m:s sedimentmäktighet förekommer centralt i bassängen och har sträckningen SSW - NNE. Vanligtvis är sedimentmäktigheten 1-3 m.

4. Södra Fegen (F5). Sedimentets mäktighet är vanligtvis 1-2 m. Största mäktighet, 2,9 m, noterades i södra delen av sjön. Gränsen för det organogena sedimentets utbredning ligger vid ca 2 m:s vattendjup.

5. Norra Kalvsjön (K1). Två separata områden med en sedimentmäktighet över 4 m förekommer i Kalvsjöns norra del. Dessa två områden är belägna ca 650 m från varandra, åtskilda genom ett sedimentfritt område. Största mäktighet (7,0 m) noterades i ett mycket litet område vid sjöns västra sida. Största påträffade sedimentlager uppgår till 4,7 m.

Vanligtvis utgör sedimentmäktigheten 1-2 m. Gränsen för det organogena sedimentets utbredning ligger vid ca 5 m:s vattendjup.

6. Södra Kalvsjön (K2). Medeldjupet i södra Kalvsjön är betydligt lägre än medeldjupet i norra delen av sjön. Två separata områden med sedimentlager större än 3 m förekommer. Dessa två områden är dock små och vanligtvis är sedimentets mäktighet ca 1-2 m. Gränsen för det organogena sedimentets utbredning ligger vid ca 5 m:s vattendjup längs sjöns västra sida och vid ca 3-4 m längs den östra sidan.

Sammanfattning

	Största sediment- mäktighet (m)	Medel- mäktighet (m)	Organogen sediment gräns (m)
1. Västra Fegen	4,7	2-3	5
2. Östra Fegen	4,9	2-3	5-10
3. Sandviksbassängen	4,7	1-3	5
4. Södra Fegen	2,9	1-2	2
5. Norra Kalvsjön	4,7	1-2	5
6. Södra Kalvsjön	3,1	1-2	3-5

Regional jämförelse:

Viaredssjön (1)	4,7	2-4	5
Södra Bolmen (2)	-	-	4-5
Ivösjön (3)	-	-	5-10

- 1) Enell och Karlberg, 1975.
- 2) och 3) Hamrin, muntligt meddelande.

Av ovanstående tabell framgår, att sedimentets mäktighet vanligtvis är 2-3 m i sjön Fegen och 1-2 m i Kalvsjön. Dessa måttliga mäktigheter visar att sedimenttillväxten är ringa, vilket tyder på att produktionen i sjöarna liksom tillförseln via tillrinning av organisk substans är liten.

Kemiska och fysikaliska förhållanden

Mellan sediment och vatten sker ständigt ett utbyte av ämnen. Utbytesprocessernas riktning är beroende av fysikaliska, kemiska och biologiska faktorer. Även kvaliteten och kvantiteten av dessa processer bestäms av nämnda faktorer.

Genom fysikaliska och kemiska sedimentanalyser kan man klarlägga huruvida sentida ackumulering av speciellt närsalter och tungmetaller förekommer eller har förekommit i sjön.

Torrsubstans (TS) (Tabell 14:1 och Fig 14:3).

Torrsubstansen var ca 70 g TS/kg sediment i skiktet 0-20 cm för hela sjön Fegen. Detta innebär att sedimentet bestod till ca 93 % av vatten. I ytskiktet 0-5 cm förelåg den största ökningen i torrsubstansen jämfört med underliggande sediment. I skiktet 5-20 cm var torrsubstanshalten konstant. Förhållandena i sjön Hurven var likartade dem i Fegen. I Kalvsjön noterades något annorlunda förhållanden, när torrsubstansen successivt ökade med sedimentdjupet (83 -151 g TS/kg sediment). Detta innebär att vattenhalten minskade från 91,7 till 84,9 % från sedimentytan ner till 20 cm:s sedimentdjup.

Glödgningsförlust (Gf) (Tabell 14:2 och Fig 14:3).

Glödgningsförlusten hos torrsubstansen (g Gf/kg TS), dvs halten organiskt material, var relativt konstant inom sedimentskiktet 0-20 cm. I Fegen (utom södra Fegen) var glödgningsförlusten ca 320 g Gf/kg TS. Vid en jämförelse av bäcknen inom sjön Fegen avvek södra Fegen avsevärt och uppvisade betydligt högre halter organiskt material, 455 g Gf/kg Ts. Detta större innehåll av organiskt material i sedimentet från södra Fegen jämfört med övriga delar av sjön, kan tyda på inverkan från omlandet genom direktutsläpp och/eller genom tillrinning från jordbruksområdet. I sjön Hurven var förhållandena relativt jämförbara med Fegen som helhet, glödgningsförlusten var 370 g Gf/kg TS. I Kalvsjön var halten organiskt material i sedimentet annorlunda dem i Fegen och i Hurven. Glödgningsförlusten var tydligt lägre, 245 g Gf/kg TS i Kalvsjön, vilket torde kunna förklaras av omlandets annorlunda utseende och användande. Omlandet runt Kalvsjön kännetecknas huvudsakligen av skogsmark.

Kisel (Tabell 14:3 och Fig 14:4).

Av glödgningsrester (halten organiskt material) utgör kisel och ojäm-

förlligt största andelen. Den dominerande resten i kiselåterstoden utgöres av diatomskal. Skiktning av kisel i vertikal led i sedimentet förekom ej. I sjön Fegen var kiselhalten 0,4 g Si/g TS och i sjöarna Kalvsjön och Hurven var halten 0,5 g Si/g TS.

Totalfosfor (Tabell 14:3 och Fig 14:4).

Vid provtagningspunkterna i östra Fegen och Sandviksbassängen noterades en viss ackumulering av fosfor i ytskiktet av sedimentet. Även Hurvens och Kalvsjöns ytsediment uppvisade något högre fosforhalter än underliggande sediment. Variationerna av fosforhalten var relativt måttlig såväl mellan sjöarna som med ökat sedimentdjup.

Totalkväve enligt Kjeldahl (Tabell 14:3 och Fig 14:4).

Halterna Kjeldahl-kväve var mycket lika för de undersökta sjöarna (utom i Norra Kalvsjön). Skiktning av kväve i sedimentet förekom ej och halten Kj-N var ca 11 mg/g TS. I Norra Kalvsjön noterades tydligt lägre halter, 7,0 mg Kj-N/g TS. Dessa lägre Kj-N-halter i Kalvsjön-sedimentet torde förklaras av samma orsaker som det lägre innehållet av organiskt material i sedimentet, nämligen omlandets utseende och användningssätt.

Totaljärn (Tabell 14:3 och Fig 14:4).

Halterna totaljärn var höga och relativt konstanta i de undersökta sjöarna. Järnhalterna var tydligt lägre i sjön Hurven (ca 50 mg/g TS). I Fegen och Kalvsjön noterades ca 100 mg Fe/g TS i en gradient med ökat sedimentdjup. Vanligtvis förekom högre halter i sedimentets yt-skikt än i underliggande sediment.

Totalmangan (Tabell 14:3 och Fig 14:4).

Liksom för totaljärn avvek halterna av totalmangan i sjön Hurven i jämförelse med sjöarna Fegen och Kalvsjön. Totalmanganhalterna var i Hurven ca 0,75 mg/g TS genom hela sedimentprofilen och i de övriga sjöarna ca 2,5 mg/g TS. Ytsedimenten innehöll vanligtvis något högre halter än underliggande sediment.

Koppar (Tabell 14:3 och Fig 14:4).

I de undersökta sjöarna noterades låga och med ökat sedimentdjup avtagande halter, nämligen ca 0,03 mg Cu/g TS.

Zink (Tabell 14:3 och Fig 14:4).

Svagt avtagande gradienter i zinkhalten noterades i sedimentet från samtliga sjöar. Zinkhalterna var överallt relativt låga, nämligen ca 0,3 mg Zn/g TS.

Kalcium, magnesium, natrium och kalium (Tabell 14:3 och Fig 14:4).

Halterna av kalcium och magnesium var relativt konstant ca 4,8 mg Ca/g TS resp 0,4 mg Mg/g TS i de tre sjöarna. Utpräglat avtagande eller ökande halter i vertikalled förekom ej i någon av sjöarna.

Relativt stora variationer noterades i halterna av natrium och kalium. Medelvärde uppgår till 0,5 mg Na/g TS respektive 1,4 mg K/g TS.

Jämförelsekvoter (Tabell 14:4 och Fig 14:4).

Vid jämförelse av den kemiska sammansättningen av sediment från de tre sjöarna och från olika sedimentdjup noterades inga signifikanta skillnader. Detta var också fallet vid jämförelse av kvoterna N:Gf, P:Gf, N:P, Fe:P, Mn:P, Fe:Mn samt C:N:P. Detta framgår av Tabell 14:4.

Tabell 14:4. Förhållandet mellan olika ämnen i Fegens, Hurvens och Kalvsjöns sediment, jämfört med sjöar av liknande trofigrad.

		Vatten- djup (m)	Sediment- djup (cm)	N:Gf	P:Gf	N:P	Fe:P	Mn:P	Fe:Mn	C:N:P
Västra Fegen	(F1)	20	0-20	3,1	0,8	3,9	54	2,7	20	100:8:2
Östra Fegen	(F2)	38	0-20	3,2	0,9	3,6	45	3,5	13	100:8:2
Sandviksbassängen	(F3)	25	0-20	3,3	0,7	4,7	46	1,9	24	100:8:2
Södra Fegen	(F5)	6	0-20	2,8	0,4	7,0	67	2,3	29	100:7:1
Norra Kalvsjön	(K1)	20	0-20	2,8	0,8	3,5	62	1,8	34	100:7:2
Hurven	(H1)	21	0-20	3,2	0,5	6,4	26	0,4	65	100:8:1
	Mv	-	0-20	3,1	0,7	4,9	50	2,1	31	100:8:2
Viaredssjön	(1)	-	-	3,4	0,9	3,8	52	8,6	6	100:9:2
Södra Bolmen	(2)	-	-	-	-	-	-	-	-	100:11:3
Vidöstern	(3)	-	-	-	-	-	-	-	-	100:21:3

1. Enell och Karlberg, 1975.
2. Hamrin, 1972.
3. Graneli och Leonardsson, 1973.

Kvoten mellan kväve och organiskt material (N:Gf) i sediment från de tre sjöarna Fegen, Kalvsjön och Hurven var av samma storleksordning, N:Gf=3,1. Södra Fegen och Kalvsjön avvek något från detta värde beroende på högre glödningsförlust resp lägre Kj-N-halt.

Kvoten P:Gf var relativt konstant 0,7. Kvoten mellan fosfor och organiskt material i södra Fegen var tydligt lägre (P:Gf=0,4), vilket berodde på den förhållandevis högre glödningsförlusten. De låga kvoterna visar att fosfor inte är lika hårt bundet till det organiska materialet som kväve är.

Variationen i kvoten N:P är relativt stor, 3,5-7,0. Dock bär betonas, att kvoterna för de tre sjöarna är låga. En antydning till högre kvot noterades i södra Fegen. Dessa i övrigt låga kvoter visar att någon fosforanrikning via det organiska materialet ej förekommer eller har förekommit. Sedimentationen av kväve är ca 5 ggr större än fosfor.

Kvoten Fe:P är låg i Hurvens sediment. Något högre kvoter noteras i Fegen och Kalvsjön. Dessa relativt låga kvoter innebär att fosfor anrikats starkare än järn.

Variationen i kvoten Mn:P är i Fegen och Kalvsjön liten, ca 2,1. I Hurven noteras tydligt lägre kvot, 0,4.

Mangan reduceras vid högre redoxpotential än vad järn gör. Följaktligen går järn senare än mangan i lösning, då en minskning i syrehalten inträffar. Järn anrikas därmed i sedimentet vid en syreminskning, varvid kvoten Fe:Mn självfallet ökar. Minskar syrehalten ytterligare, går även järn i lösning varvid kvoten Fe:Mn minskar (Bengtsson et al, 1972).

Kvoten Fe:Mn var relativt konstant i Fegen och Kalvsjön, nämligen ca 25. I Hurven var Fe:Mn-kvoten 65. Den relativt höga kvoten i Fegen och Kalvsjön beror delvis på de höga järnhalterna i sedimentet. Orsaken till den betydligt högre kvoten i Hurven beror på den låga halten mangan.

Vid jämförelse beträffande kvoten C:N:P noteras mycket lika förhållanden i de tre sjöarna, nämligen 100:8:2.

Kvoten mellan kväve och organiskt material (N:Gf) i sediment från de tre sjöarna Fegen, Kalvsjön och Hurven var av samma storleksordning, N:Gf=3,1. Södra Fegen och Kalvsjön avvek något från detta värde beroende på högre glödningsförlust resp lägre Kj-N-halt.

Kvoten P:Gf var relativt konstant 0,7. Kvoten mellan fosfor och organiskt material i södra Fegen var tydligt lägre (P:Gf=0,4), vilket berodde på den förhållandevis högre glödningsförlusten. De låga kvoterna visar att fosfor inte är lika hårt bundet till det organiska materialet som kväve är.

Variationen i kvoten N:P är relativt stor, 3,5-7,0. Dock bör betonas, att kvoterna för de tre sjöarna är låga. En antydning till högre kvot noterades i södra Fegen. Dessa i övrigt låga kvoter visar att någon fosforanrikning via det organiska materialet ej förekommer eller har förekommit. Sedimentationen av kväve är ca 5 ggr större än fosfor.

Kvoten Fe:P är låg i Hurvens sediment. Något högre kvoter noteras i Fegen och Kalvsjön. Dessa relativt låga kvoter innebär att fosfor anrikats starkare än järn.

Variationen i kvoten Mn:P är i Fegen och Kalvsjön liten, ca 2,1. I Hurven noteras tydligt lägre kvot, 0,4.

Mangan reduceras vid högre redoxpotential än vad järn gör. Följaktligen går järn senare än mangan i lösning, då en minskning i syrehalten inträffar. Järn anrikas därmed i sedimentet vid en syreminskning, varvid kvoten Fe:Mn självfallet ökar. Minskar syrehalten ytterligare, går även järn i lösning varvid kvoten Fe:Mn minskar (Bengtsson et al, 1972).

Kvoten Fe:Mn var relativt konstant i Fegen och Kalvsjön, nämligen ca 25. I Hurven var Fe:Mn-kvoten 65. Den relativt höga kvoten i Fegen och Kalvsjön beror delvis på de höga järnhalterna i sedimentet. Orsaken till den betydligt högre kvoten i Hurven beror på den låga halten mangan.

Vid jämförelse beträffande kvoten C:N:P noteras mycket lika förhållanden i de tre sjöarna, nämligen 100:8:2.

Sammanfattning

Sedimentet i sjöarna Fegen och Kalvsjön uppvisar en oligotrof karaktär. Den kemiska sammansättningen är av samma typ i båda sjöarna och halterna av de analyserade elementen är av samma storleksordning som i sjöar av motsvarande trofigrad och inom likartad geologisk omgivning (Tabell 14:4).

Sentida förändringar (kulturpåverkan) i sedimentet har ej konstaterats i varken Fegen, Kalvsjön eller Hurven (Fig 14:4).

I Fig 14:5a och b redovisas torrsubstansens resp glödgningsförlustens variation i sedimentet (0-20 cm) jämfört med vattendjupet. Härvid framgår tydligt att torrsubstansen minskar med ökande vattendjup, eller omvänt att vattenhalten ökar i sedimentet ut mot djuphålorna.

Glödgningsförlusten uppvisar en tydlig ökning med ökat vattendjup. Detta innebär att större mängder minerogent material sedimenterar på grundare vatten (erosion från stränderna).

Förhållandet i södra Fegen avviker från ovanstående resonemang. I södra Fegens sediment är torrsubstansen lägre och glödgningsförlusten högre än i övriga delar av Fegen.

I Fig 14:6a och b har fosfor resp kväve jämförts med vattendjupet. Både fosfor och kväve i sedimentet ökar tydligt med ökande vattendjup. Detta större innehåll av fosfor och kväve beror på den proportionellt kvantitativt större sedimentationen av organiskt material.

I södra Fegen är förhållandena något annorlunda, vilket torde bero på inverkan från omlandet.

De höga järn- och manganhalterna är betingade av den rikliga förekomsten av järnrik gnejs, vilken är den dominerande bergarten inom Fegen-området (Johansson, 1975). Via tillflöden från kärr och mossar tillföres sjöarna höga halter löst järn och mangan.

Halterna av de undersökta tungmetallerna är låga i sedimenten och inga förhöjda halter av koppar och zink har noterats.

Sentida förändringar (kulturpåverkan), i form av förhöjda elementhalter i ytsedimentet, har ej konstaterats i varken Fegen, Kalvsjön eller Hurven.

Interstitialvatten

Sammanställningen av interstitialvattnet har visat sig stå i relation till primärproduktionen i en sjö (Ohle, 1964). I Fegen är årsmedelvärdet av primärproduktionen ca 30-50 g C/m².år. Detta har närmare behandlats i kapitel 10.

Om primärproduktionen ökar, medför detta också att mängden sedimenterande material ökar. Genom detta påverkas även sedimentets och interstitialvattnets kemiska sammansättning. Syretäringen i hypolimnion kommer att öka eftersom tillskottet av organiskt material blir större. Härvid kan sedimentet komma att kännetecknas av reducerade förhållanden (anaerobi), varvid växtnäringsämnen i sedimentet transporteras via interstitialvattnet ut i den fria vattenmassan.

Sedimentets och interstitialvattnets egenskaper bestäms till viss del även av tillrinningsområdets storlek och utseende samt även av sjöns morfologiska förhållanden. Interstitialvatten från ytsedimentet (0-5 cm) har analyserats vid ett tillfälle. Ytsediment togs i respektive delbassäng vid följande vattendjup:

Västra Fegen	(F1)	10 - 15 - 20	m
Östra Fegen	(F2)	10 - 20 - 30 - 38	m
Sandviksbassängen	(F3)	10 - 15 - 20 - 25	m
Södra Fegen	(F5)	6	m

I Tabell 14:5 och Fig 14:7 redovisas variationerna i totalfosfor och ammoniumkväve samt löst järn och mangan.

Härvid framgår, att sammansättningen av interstitialvattnet visar en viss variation mellan delbassängerna inom Fegen samt mellan provtagningspunkter och djup inom delbassängen.

Totalhalterna av fosfor var ca 25 µg/l i ytsedimentet i profiler från 6 till 30 m:s djup i Södra, Västra och Östra Fegen. I Sandviksbassängen var motsvarande halter ca 80 µg/l i en profil från 10 till 25 m:s djup. I Östra Fegen registrerades en ökning av totalfosforhalten mellan 30 och 38 m:s djup (35 till 110 µg/l).

Vid de undersökta punkterna noterades att ammoniumkvävehalterna ökade med

ökande djup. Vid 10 m:s djup var $\text{NH}_4\text{-N}$ -halten ca 0,8 mg/l. Vid djuphålorna i Västra (20 m) och Östra (38 m) Fegen samt i Sandviksbassängen (25 m) var halterna 1,5, 1,4 respektive 1,2 mg $\text{NH}_4\text{-N/l}$.

Även halten av löst järn ökade med ökande vattendjup. Största ökningen registrerades i Östra Fegen, från 30 till 38 m:s djup (jämför ökningen i totalfosfor).

jön

Halten av löst mangan uppvisade ingen antydning att öka med ökande vattendjup. Att halterna varierade oregelbundet med ökande djup kan bero på urlakning respektive anrikning av mangan på vissa nivåer (Tessenow, 1972).

Sammanfattning

Delbassängerna (Västra, Östra och Södra Fegen samt Sandviksbassängen) uppvisade lika förhållanden i interstitialvattensammansättningen vad beträffar ammoniumkväve, löst järn och mangan. En viss ökning av ämneshalterna registrerades med ökande vattendjup.

Totalfosforhalterna i Västra, Östra och Södra Fegen var låga (25 $\mu\text{g/l}$) och uppvisade ingen ökning med ökande djup. I Sandviksbassängen var halterna tydligt högre, vilket torde bero på de dåliga syreförhållandena inom denna delbassäng av Fegen.

Ämnesutbytesförsök

Laboratorieförsök har gjorts i syfte att jämföra ämnesutbytet mellan sediment och vatten under såväl aeroba som anaeroba förhållanden.

I hypolimnion noterades under somrarna 1974 och 1975 låga syrehalter. Eventuell ytterligare tillförsel av organiskt material leder snart till total syrebrist i hypolimnion. Total syrebrist resulterar i att sedimentytan reduceras och ett utflöde av vissa P-, N-, Fe- och Mn-föreningar kommer att ske från sedimentet till ovanstående vatten. Detta utflöde av fosfor och kväve orsakar möjlighet för högre produktion i sjön.

1. Brunsvart sediment i kontakt med ovanstående vatten under aeroba betingelser.

Syrehalten hölls konstant vid mättnadsvärdet under försökets gång med hjälp av kontinuerlig luftgenombubbling. Ett tydligt 1,5 cm skikt av ljusare oxiderat sediment utbildades.

Resultatet av laboratorieförsöket (Fig 14:8) var att sedimentet adsorberade en viss mängd ammonium och fosfat. Denna adsorption skedde huvudsakligen under försökets första vecka, då 1,8 mg $\text{NH}_4\text{-N/m}^2$.dag respektive 0,2 mg $\text{PO}_4\text{-P/m}^2$.dag adsorberades till sedimentet. Under de resterande 14 veckorna registrerades en tämligen liten adsorption till sedimentet (0,1 mg $\text{NH}_4\text{-N/m}^2$.dag respektive 0,05 mg $\text{PO}_4\text{-P/m}^2$.dag). Liksom i de anaeroba sedimentpropparna sjönk pH till 5,2 i det ovanstående vattnet. Detta låga pH torde effektivt ha medverkat vid $\text{NH}_4\text{-N}$ - och $\text{PO}_4\text{-P}$ -adsorptionen till sedimentet.

2. Brunsvart sediment i kontakt med ovanstående vatten under anaeroba betingelser.

Syrehalten i vattnet ovan sedimentet i de två anaeroba propparna sjönk snabbt. Under försökets gång (108 dagar) uppnåddes ej total syrebrist (0 mg $\text{O}_2/1$). Om total syrebrist förelegat, hade ämnesutbytet förmodligen blivit större än det nu erhållna.

Sedimentets översta 0,5-1 cm reducerades snabbt och antog en svartbrun färg.

Resultaten av laboratorieförsöket (Fig 14:8) uppvisar, att det huvudsakliga utflödet av ammonium och fosfat ägde rum under försökets första vecka. Därefter skedde en minskning och stabilisering i utbytesförloppet. Under försökets första vecka utlöstes $2,75 \text{ mg NH}_4\text{-N/m}^2\text{.dag}$ resp $0,5 \text{ mg PO}_4\text{-P/m}^2\text{.dag}$ från sedimentet till det ovanstående vattnet. Under försökets resterande 14 veckor minskade utflödet märkbart. Blott $0,3 \text{ mg NH}_4\text{-N/m}^2\text{.dag}$ och $0,2 \text{ mg PO}_4\text{-P/m}^2\text{.dag}$ lämnade sedimentet. Under försökets senare hälft stabiliserade sig det ovanstående vattnets pH vid 5,2. Detta låga pH torde i viss mån ha hämrat utflödet.

jön

Sammanfattning

Föreliggande ämnesutbytesförsök ger en antydning om händelseförloppet då syret försvinner i hypolimnion. Syrehalterna, speciellt i Sandviksbassängen, har visat sig vara mycket låga i hypolimnion under sensommaren. En eventuell ökning av den organogena materialtillförseln leder till total syrebrist i bottenvattnet. I händelse av total syrebrist kommer fosfor och kväve i större mängder än nu att frigöras från sedimentet och gödsla ovanstående vatten. Denna interna gödning resulterar i ökad produktion av organiskt material i sjön.

Tabell 14:1

Provtagningspunkt	0-1 cm	1-2 cm	2-3 cm	3-4 cm	4-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm	Mv
Västra Fegen									
20 m	47	68	80	86	93	86	82	83	78
Östra Fegen									
38 m	36	53	60	60	63	66	66	70	59
Sandvik									
10 m	66	83	82	75	79	75	68	76	76
20 m	77	71	54	76	74	81	83	87	75
25 m	43	61	72	83	85	80	83	87	74
Södra Fegen									
6 m	41	70	62	58	63	61	63	64	60
Norra Kalvsjön									
20 m	83	105	113	119	127	137	145	151	123
Hurven									
21 m	53	67	69	72	75	80	86	92	74

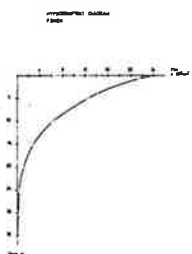
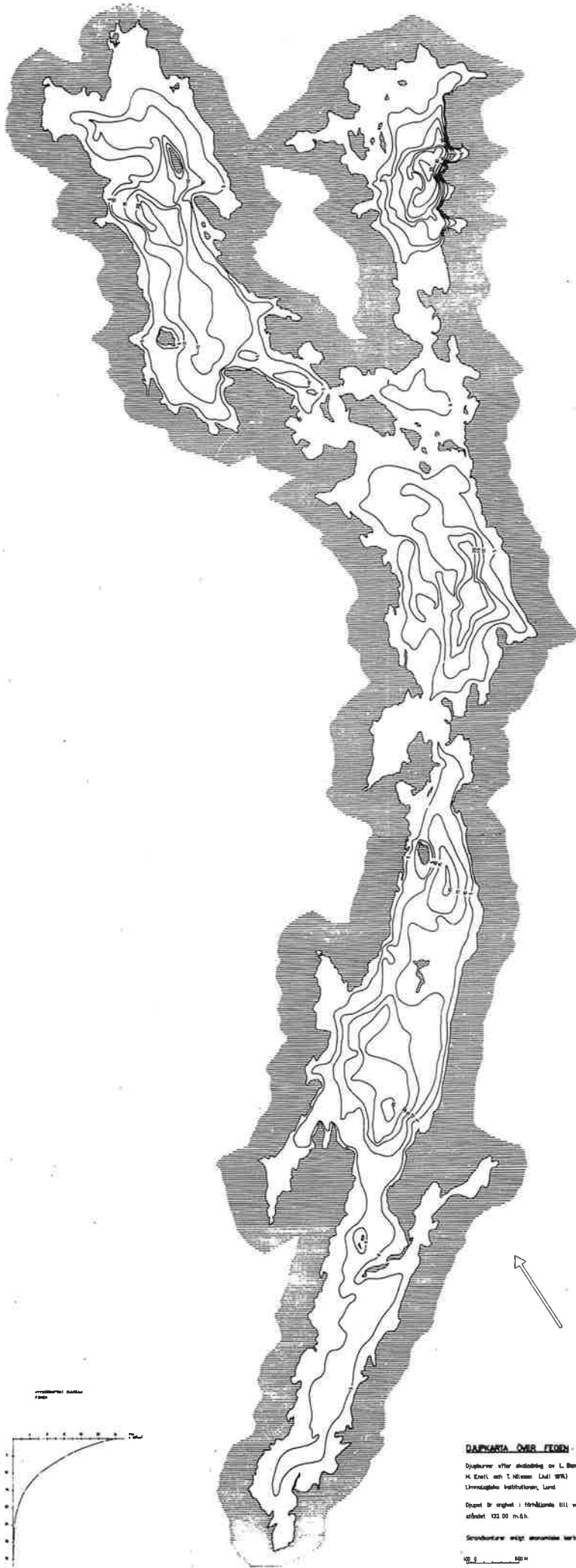
jön

Tabell 14:2

Västra Fegen									
20 m	297	275	284	284	278	302	349	359	301
Östra Fegen									
38 m	306	318	316	319	315	314	335	345	321
Sandvik									
10 m	248	239	262	306	290	298	296	301	280
20 m	266	281	297	302	277	288	307	283	287
25 m	295	287	293	295	298	296	297	291	294
Södra Fegen									
6 m	409	417	457	518	451	478	471	450	456
Norra Kalvsjön									
20 m	256	248	251	244	238	235	239	243	244
Hurven									
21 m	381	389	391	320	402	381	361	349	572

Tabell 14:3

Provtagnings- punkt	Sediment- djup (cm)	g TS/kg sed	g GF/kg TS	g SiO ₂ /g TS	mg Tot-P/g TS	mg Kj-N/g TS	mg Fe/g TS	mg Mn/g TS	mg Cu/g TS	mg Zn/g TS	mg Na/g TS	mg K/g TS	mg Ca/g TS	mg Mg/g TS
Västra Fegen 20 m	0-1	47	279	0,37	2,43	8,8	154,5	11,00	0,05	0,39	0,55	1,70	5,53	0,64
	4-5	93	278	0,46	2,25	8,6	115,3	3,55	0,05	0,50	0,46	2,05	3,99	0,36
	15-20	83	359	0,41	2,10	11,0	97,3	3,50	0,03	0,20	0,32	1,18	3,60	0,51
Östra Fegen 38 m	0-1	36	306	0,38	4,00	9,8	145,8	16,75	0,04	0,37	0,34	1,16	3,55	0,35
	4-5	63	315	0,45	2,17	10,0	108,0	8,00	0,04	0,44	0,34	1,27	3,05	0,41
	15-20	70	345	0,41	2,14	11,6	103,5	5,25	0,03	0,19	0,22	0,86	2,63	0,34
Sandvik 25 m	0-1	43	295	0,44	2,55	10,5	117,0	7,00	0,04	0,32	0,36	1,36	7,37	0,20
	4-5	85	298	0,50	1,63	9,4	77,0	2,61	0,05	0,41	0,54	1,94	3,49	0,44
	15-20	87	291	0,51	1,78	9,5	80,3	2,36	0,02	0,18	0,31	1,09	2,88	0,37
Södra Fegen 6 m	0-1	41	409	0,33	1,78	12,1	119,0	5,50	0,08	0,44	0,51	0,97	7,01	0,50
	4-5	63	451	0,28	1,39	11,5	125,5	4,20	0,03	0,22	0,79	1,09	8,10	0,37
	15-20	64	450	0,28	2,86	12,8	128,0	2,00	0,03	0,15	0,55	0,93	10,00	0,43
Norra Kalvsjön 20 m	0-1	83	256	0,49	2,53	7,7	114,5	3,80	0,05	0,54	0,63	1,54	6,40	0,38
	4-5	127	238	0,51	1,76	6,8	109,8	2,75	0,03	0,42	0,60	1,59	6,17	0,41
	15-20	151	243	0,51	1,49	6,5	117,0	3,31	0,02	0,28	0,58	1,40	5,76	0,36
Hurven 21 m	0-1	53	381	0,43	2,82	12,8	82,0	0,72	0,05	0,47	0,44	1,40	2,88	0,41
	4-5	75	402	0,48	1,94	12,6	34,3	0,76	0,04	0,34	0,35	1,14	2,75	0,37
	15-20	92	349	0,52	1,43	10,7	42,8	0,81	0,01	0,16	0,83	2,35	2,96	0,39



DJUPKARTA ÖVER FEGAN

Djupkurvor efter mätning av L. Bergström,
M. Enell och T. Nilsson (Aul. W.N.),
Lundska högskolan, Lund

Djupet är angivet i förhållande till vatten-
ytan vid 00 m.ö.h.

Strömhastighet enligt anemometer mätning.

0 5 100 M
Skala 1:2000

Fig 14:1 a
Djupkarta över Fegana

Tabell 14:5

Provtagnings- punkt		Sed djup (cm)	Tot - P ug/l	NH ₄ - N ug/l	Fe mg/l	Mn mg/l
Västra Fegen	10 m	0-5	15	600	4,91	7,25
	15 m	0-5	18	850	8,85	15,1
	20 m	0-5	14	1350	13,1	5,15
Östra Fegen	10 m	0-5	30	700	4,31	5,33
	20 m	0-5	30	750	4,99	11,1
	30 m	0-5	35	1200	4,82	25,4
	38 m	0-5	109	1450	16,1	20,0
Sandvik	10 m	0-5	94	900	10,2	7,20
	15 m	0-5	91	800	11,1	6,55
	20 m	0-5	53	950	12,8	8,20
	25 m	0-5	91	1200	18,1	3,80
Södra Fegen	6 m	0-5	22	1100	22,5	3,00

jön

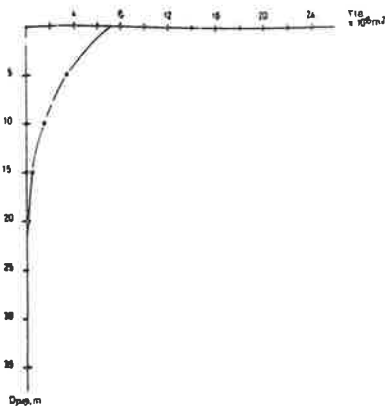


Fig 14:1 b
Djupkarta över Kalvsjön



DJUPKARTA ÖVER KALVSJÖN

Djupkurvor efter ekolodning av M. Enell och I. Lundqvist (Aug 1974), Limnologiska Institutionen, Lund.

Djupet är angivet i förhållande till vattenståndet, 130,00 m. ö. h.

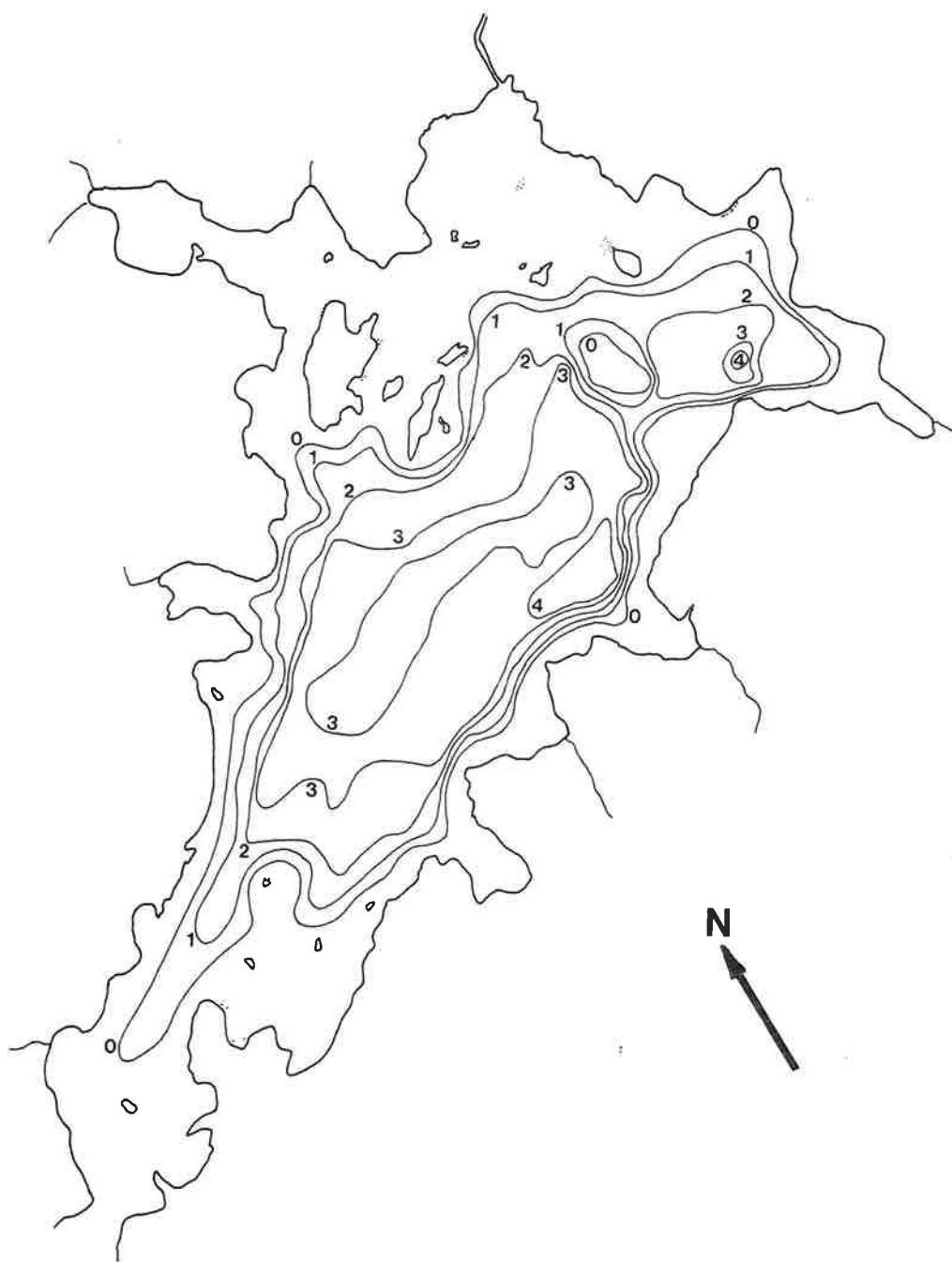
Strandkonturer enligt ekonomiska kartan.

Västra Fegen F1



Figur 14:2b. Det organogena (postglaciala) sedimentets fördelning i Fegen, västra delen (F 1). Ekolodningen utförd 1974-

Östra Fegen F2



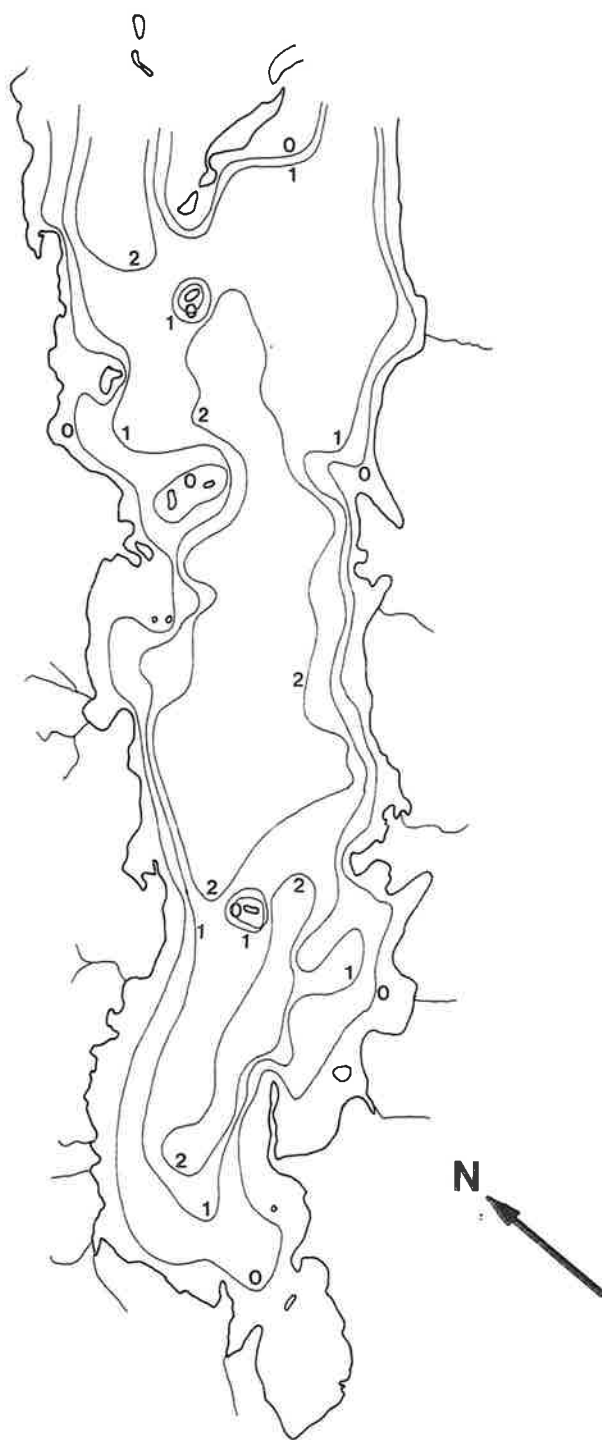
Figur 14:2a. Det organogena (postglaciala) sedimentets fördelning i Fegen, östra delen (F 2). Ekolodningen utförd 1974-07-09. Mäktigheten är uttryckt i meter. Skala 1:20000.

Sandviksbassängen F3

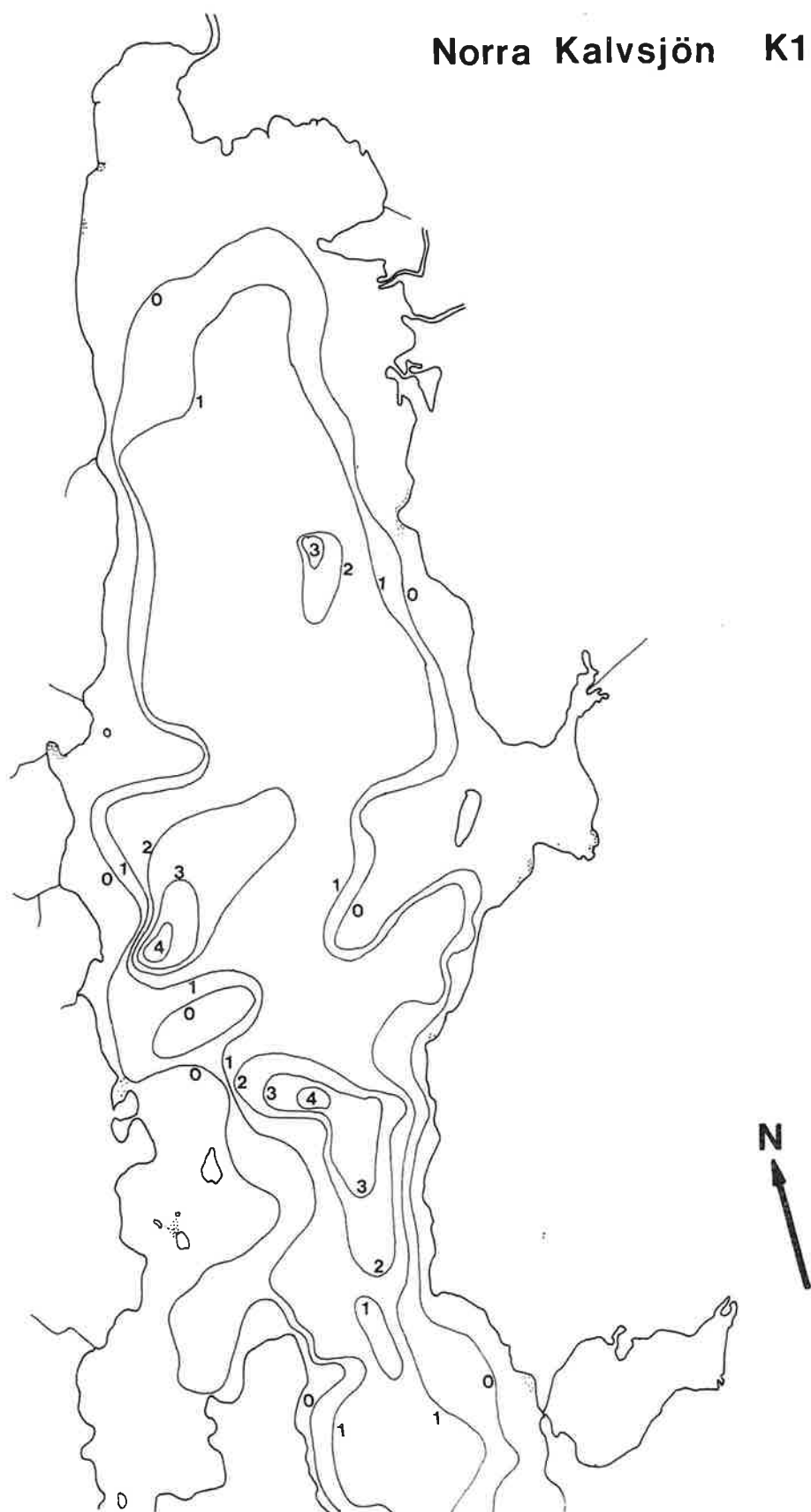


Figur 14:2c. Det organogena (postglaciala) sedimentets fördelning i Fegen, Sandviksbassängen (F 3). Ekolodningen utförd 1974-07-07. Mäktigheten är uttryckt i meter. Skala 1:20000.

Södra Fegen F5



Figur 14:2d. Det organogena (postglaciala) sedimentets fördelning i Fegen, södra delen (F 5). Ekolodningen utförd 1974-08-28. Mäktigheten är uttryckt i meter. Skala 1:20000.



Figur 14:2e. Det organogena (postglaciala) sedimentets fördelning i Kalvsjön, norra delen (K 1). Ekolodningen utförd

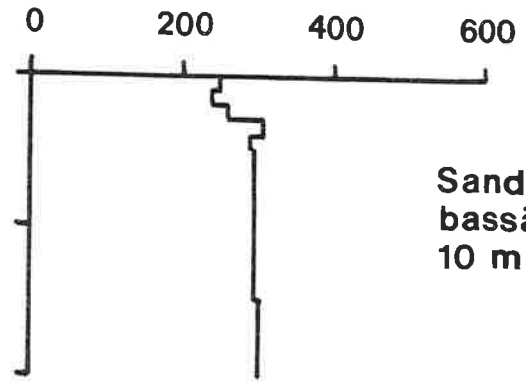
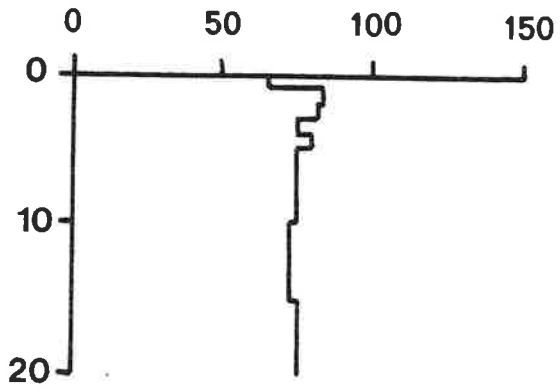


Figur 14:2f. Det organogena (postglaciala) sedimentets fördelning i Kalvsjön, södra delen (K 2). Ekolodningen utförd 1974-03-27. Måttäckaren är uttryckt i meter. Skala

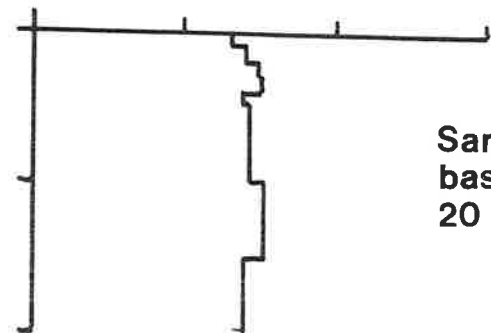
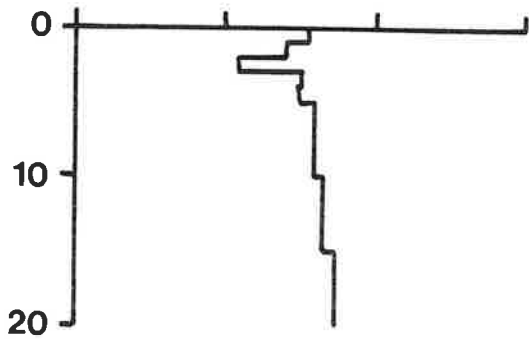
g TS / kg sediment

g Gf / kg TS

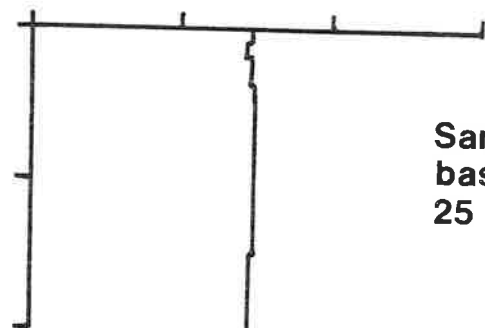
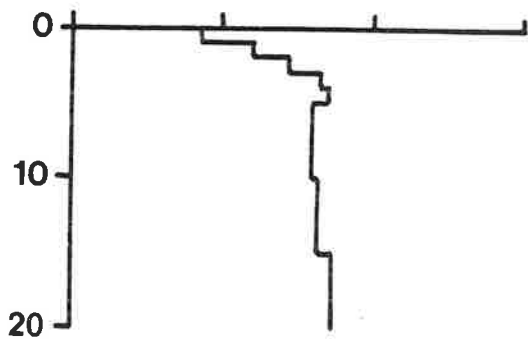
200



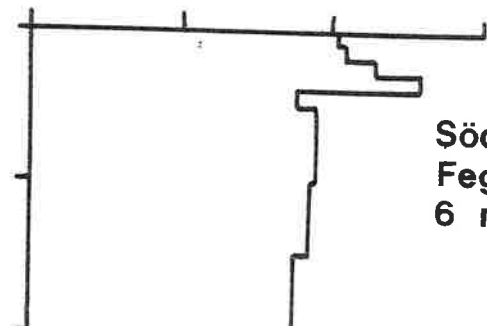
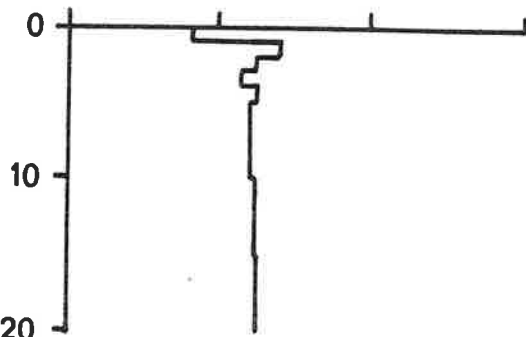
Sandviks-
bassängen
10 m



Sandviks-
bassängen
20 m



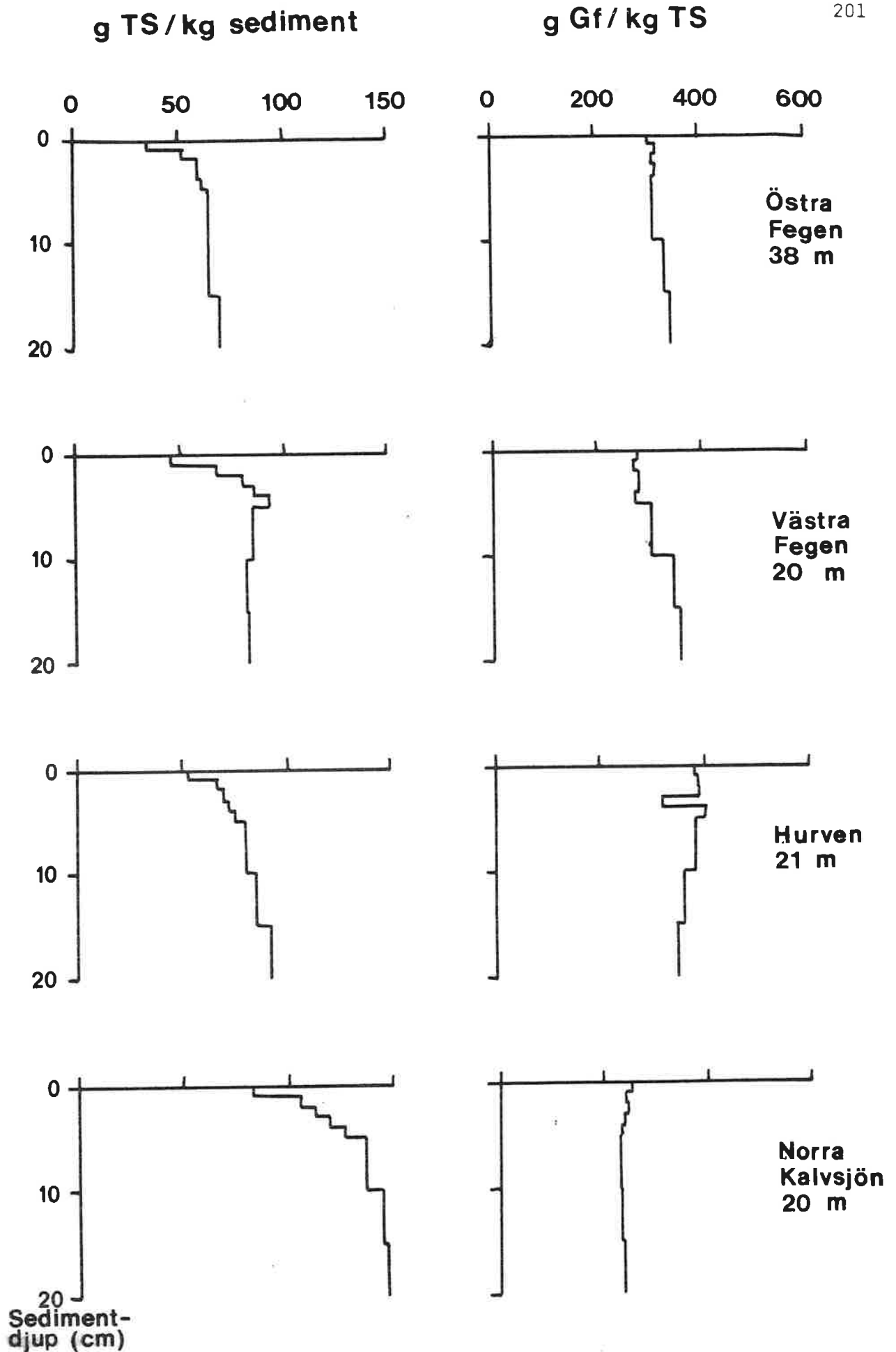
Sandviks-
bassängen
25 m



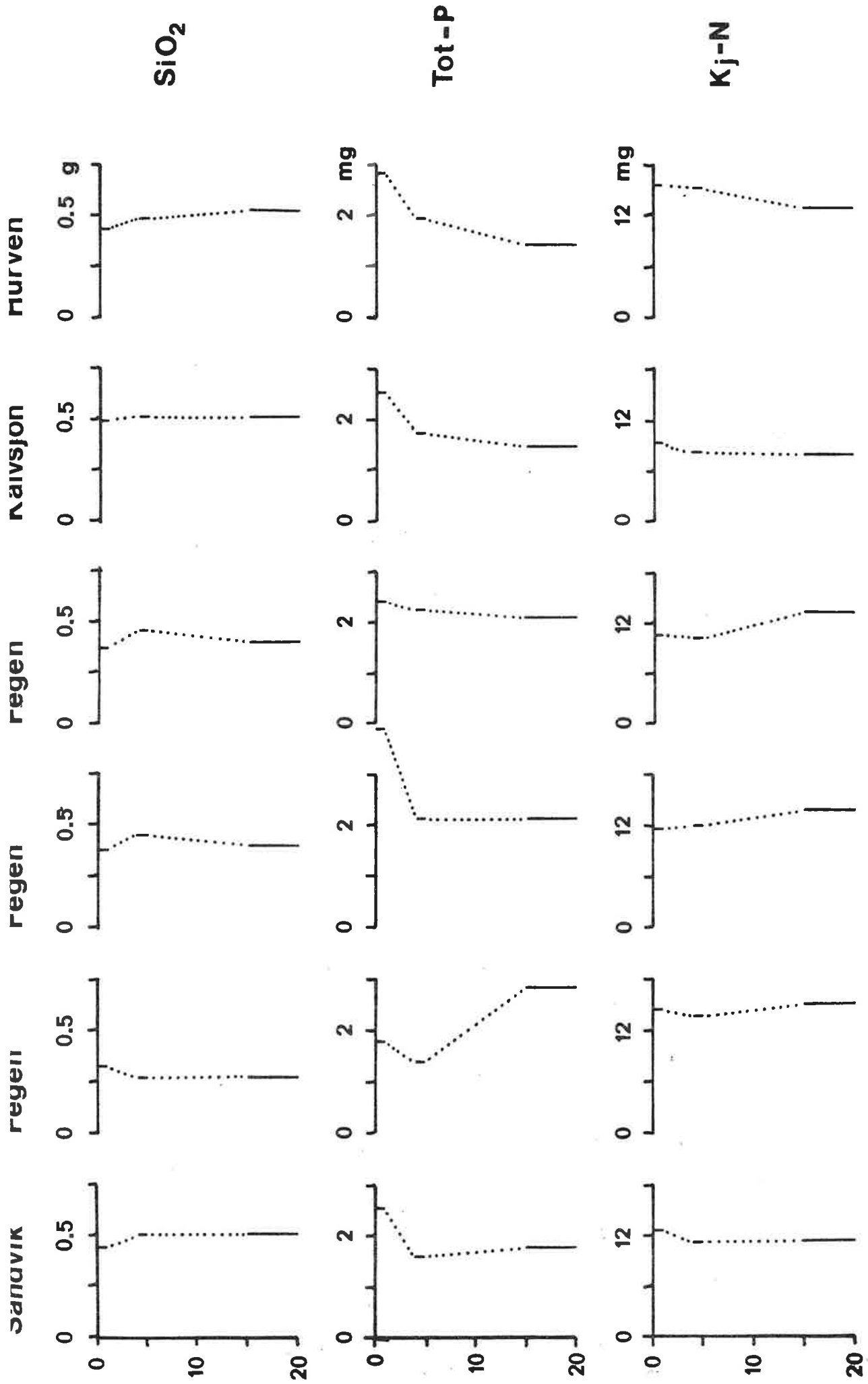
Södra
Fegen
6 m

20
Sediment-
djup (cm)

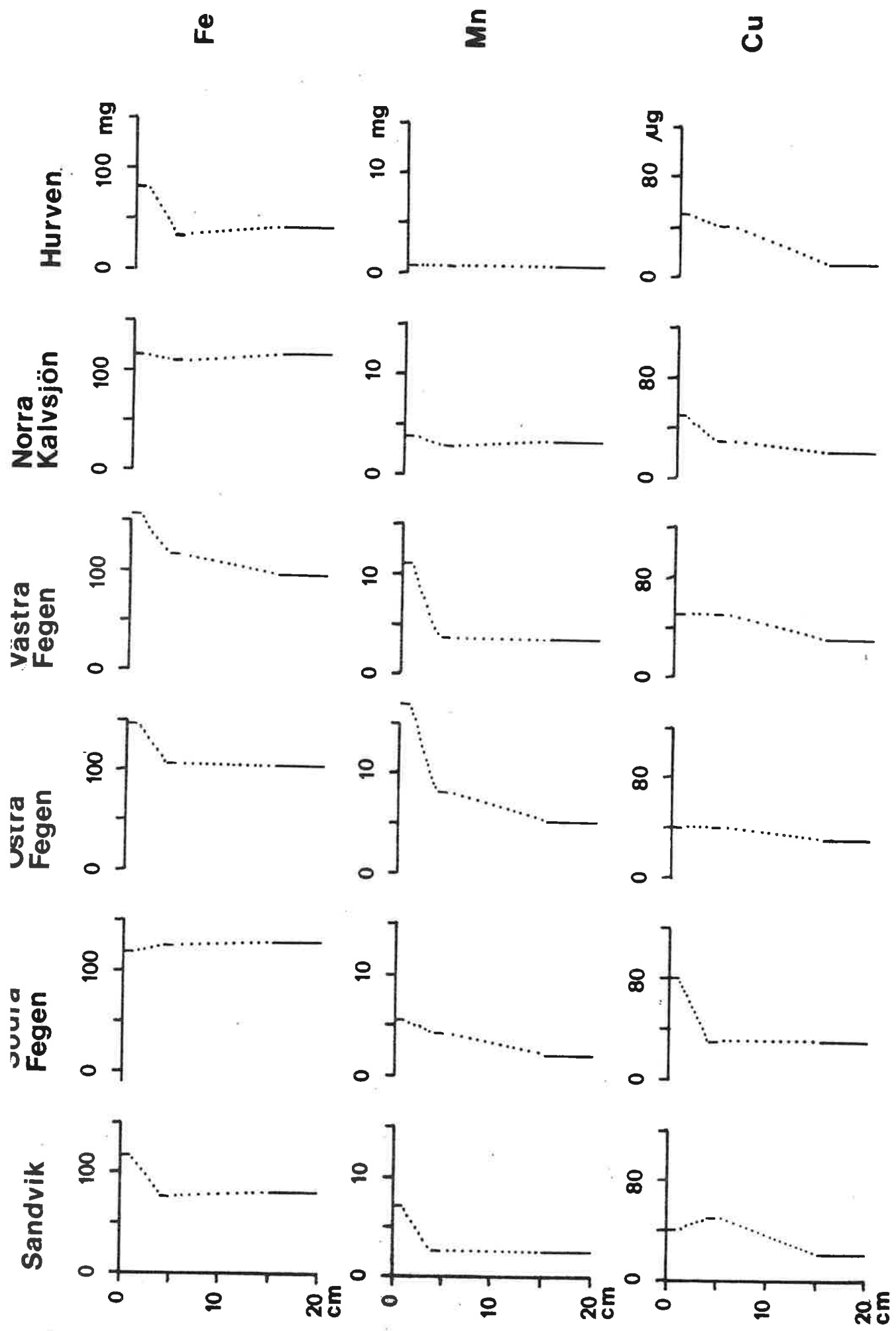
Figur 14:3a. Torrsubstans och glödgningsförlust i sediment från Fegen (Sandviksbassängen vid 10-, 20- och 25 m samt Södra Fegen vid 6 m)



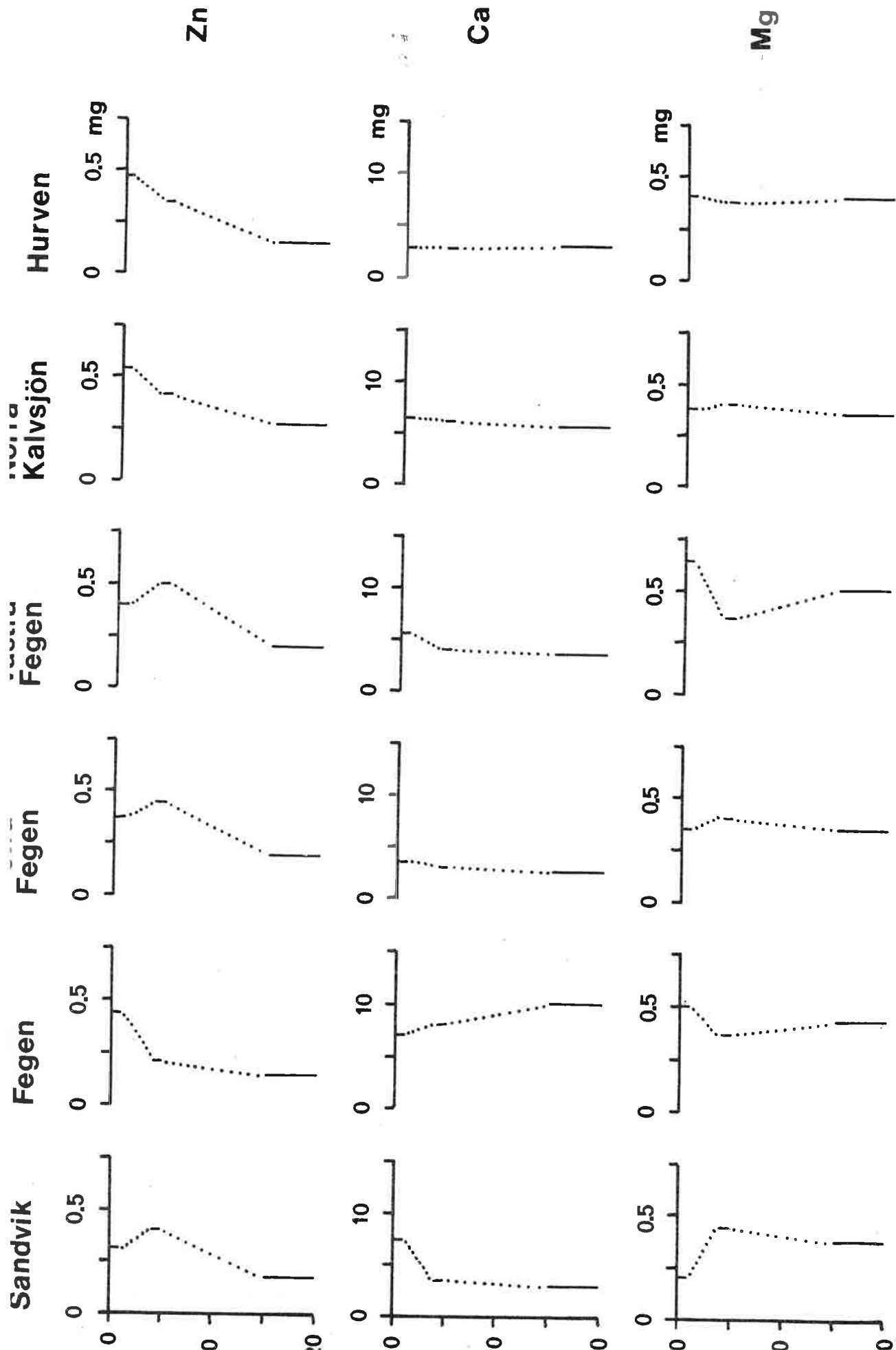
Figur 14:3b. Torrsubstans och glödningsförlust i sediment från östra och västra Fegen samt i Kalvsjön och Hurven. (Östra Fegen 38 m, västra Fegen 20,5 m, Kalvsjön 20 m)



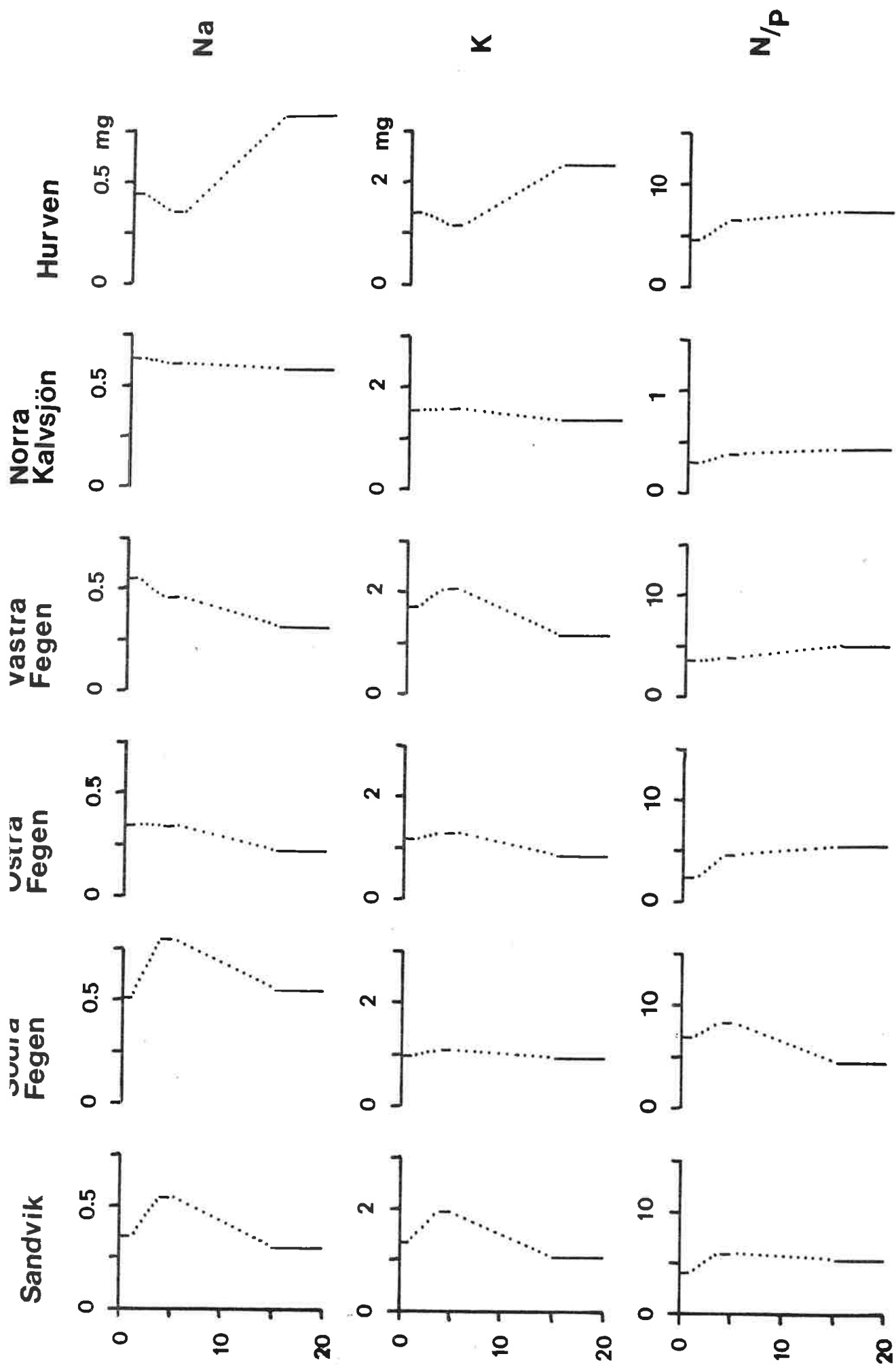
Figur 14:4a. Kemiska förhållanden i sediment från Fegen (Sandviksbassängen, östra, västra och södra Fegen) samt i sjöarna Kalven och Hurven. Provtagningsdatum 7-9 juli och 27-29 augusti 1974.



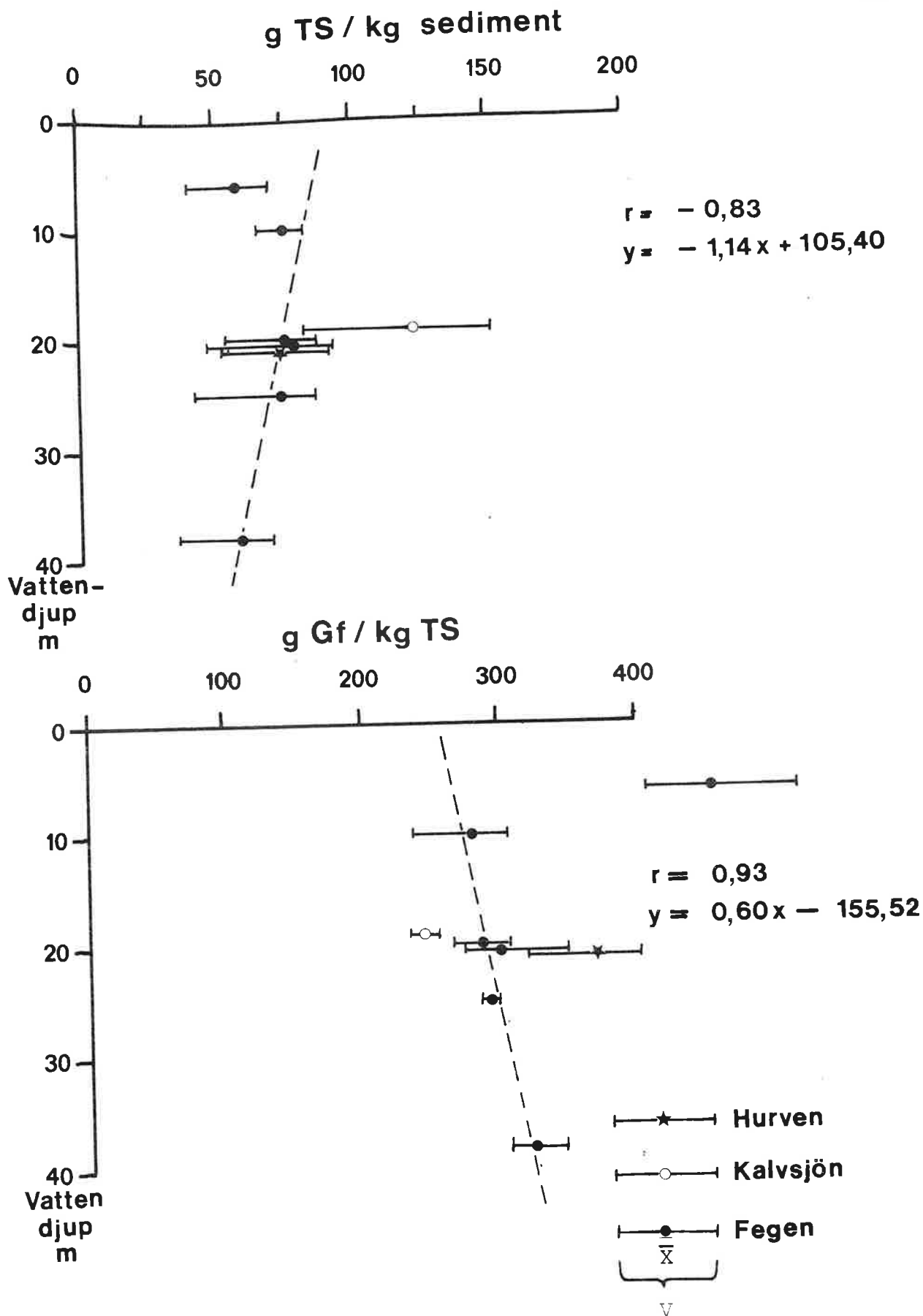
Figur 14:4b. Kemiska förhållanden i sediment från Fegen (Sandviksbassängen, östra, västra och södra Fegen) samt i sjöarna Kalven och Hurven. Provtagningsdatum 7-9 juli och 27-29 augusti 1974.



Figur 14:4c. Kemiska förhållanden i sediment från Fegen (Sandviksbassängen, östra, västra och södra Fegen) samt i sjöarna Kalven och Hurven. Provtagningsdatum 7-9 juli och 27-29 augusti 1974.

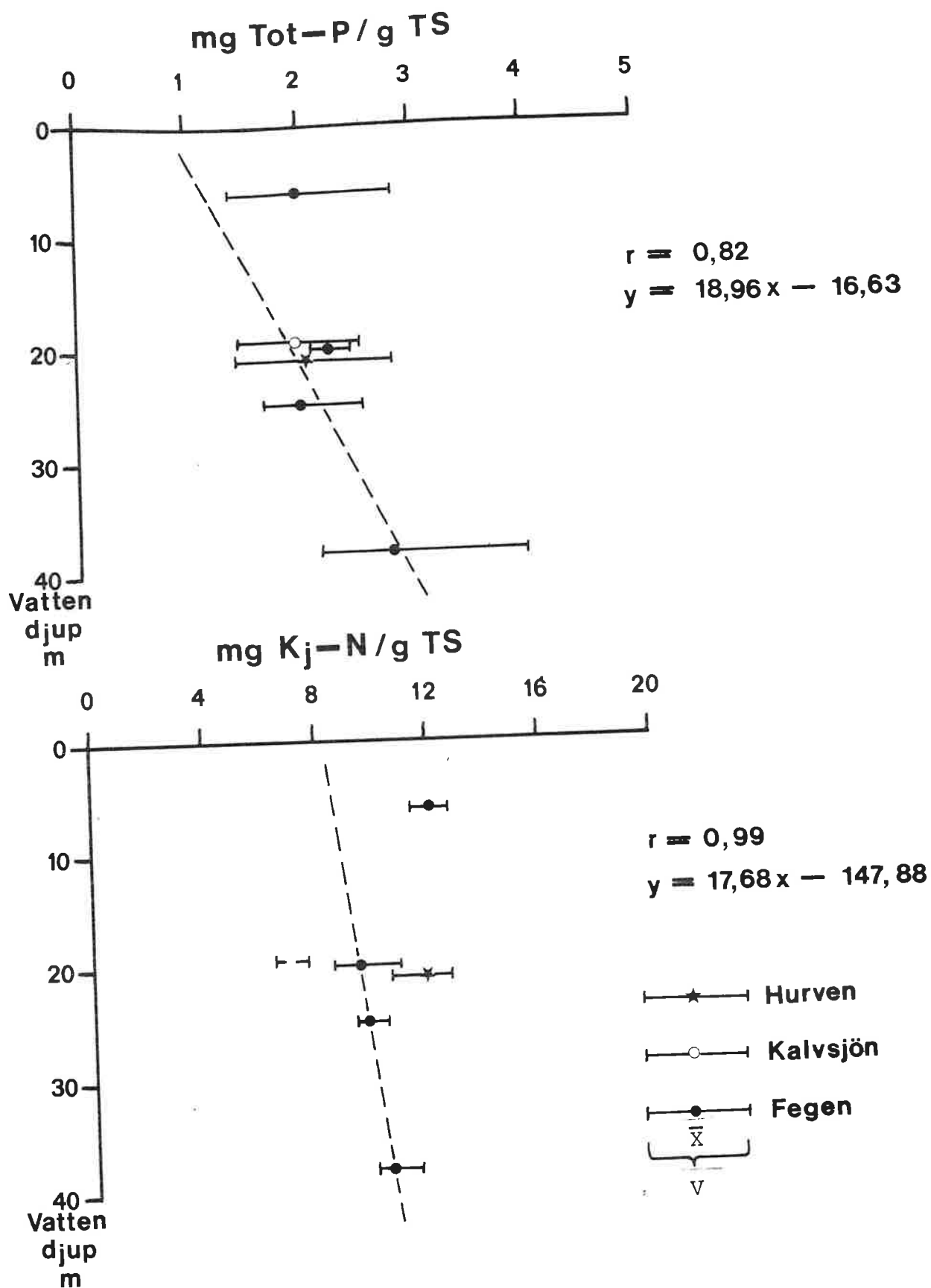


Figur 14:4d. Kemiska förhållanden i sediment från Fegen (Sandviksbassängen, östra, västra och södra Fegen) samt i sjöarna Kalven och Hurven. Provtagningsdatum 7-9 juli och 27-29 augusti 1974.



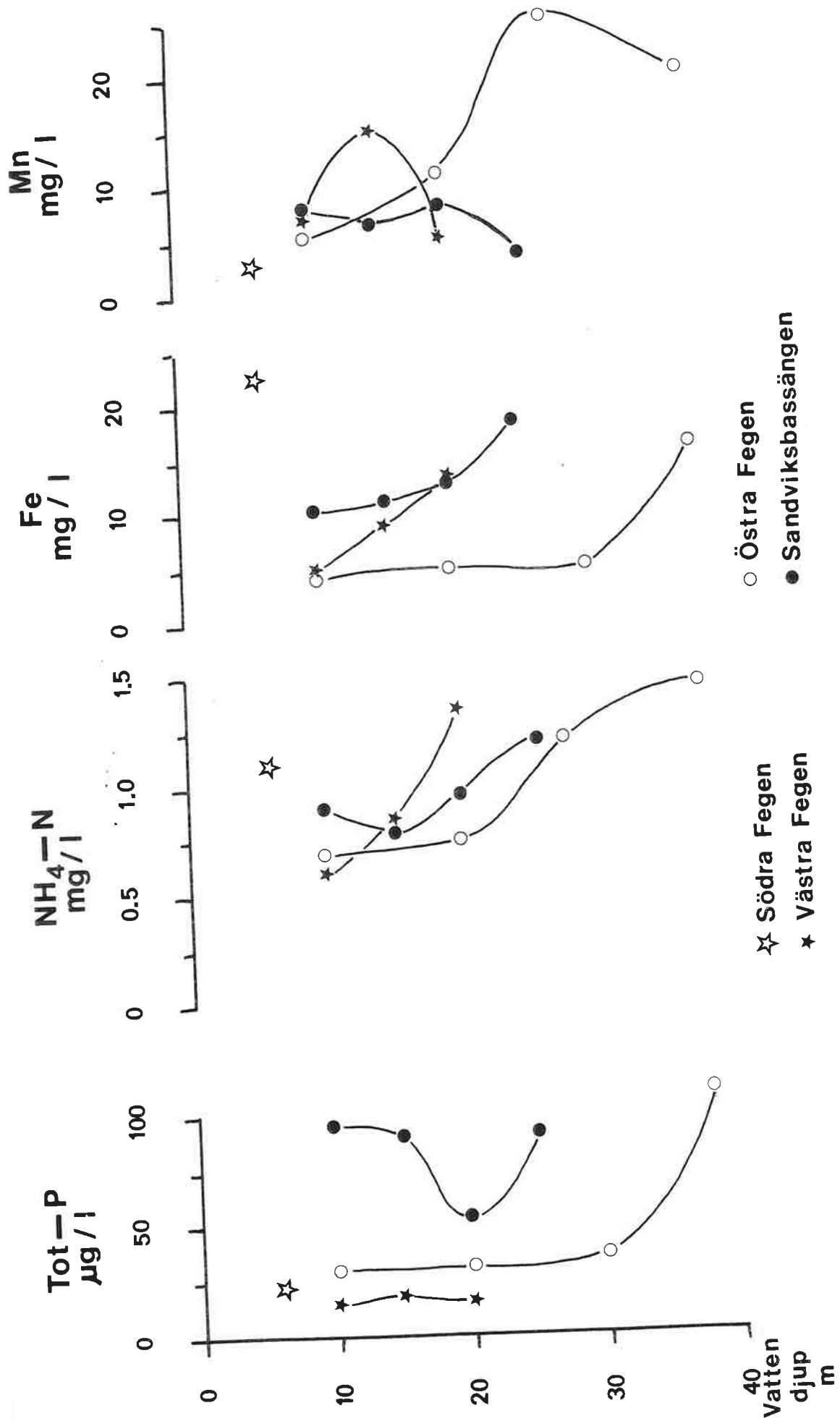
Figur 14:5 Sedimentets torrsubstans och glödningsförlust i relation till vattendjupet. Resultatet av sedimentundersökningarna i södra Fegen har ej medtagits vid uträkningen av regressionslinjen.

\bar{X} =medelvärde, $n=8$, V =extremvärden.

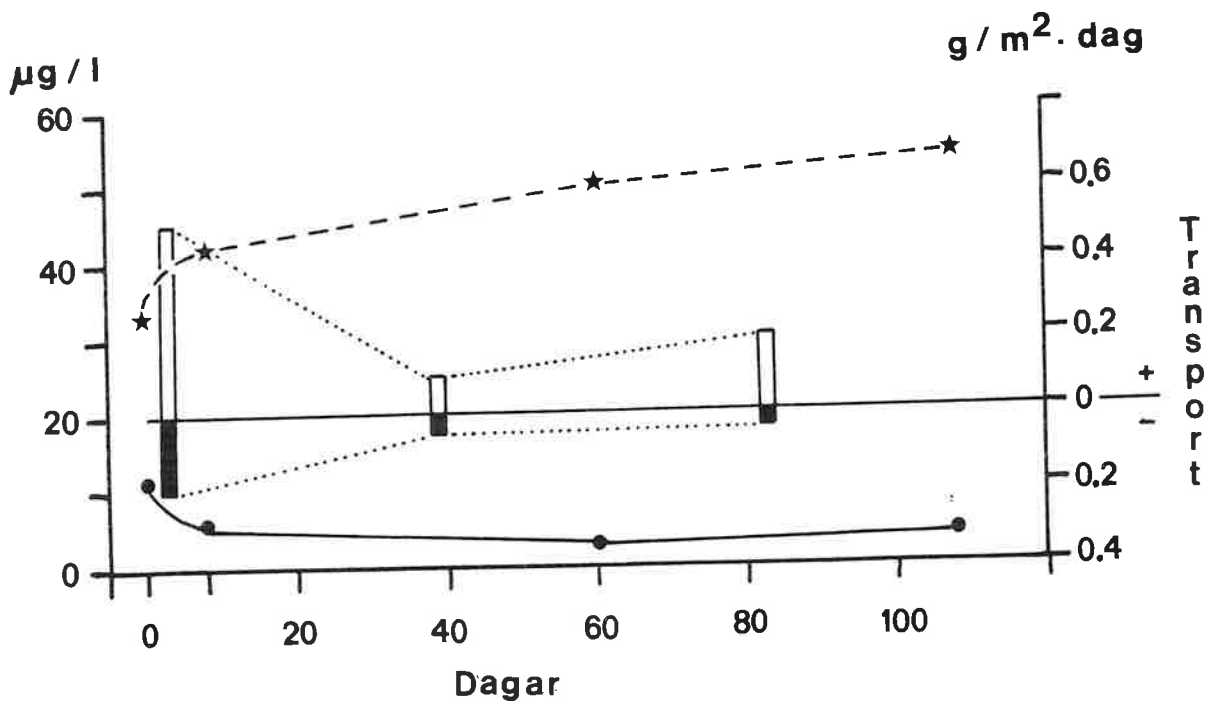
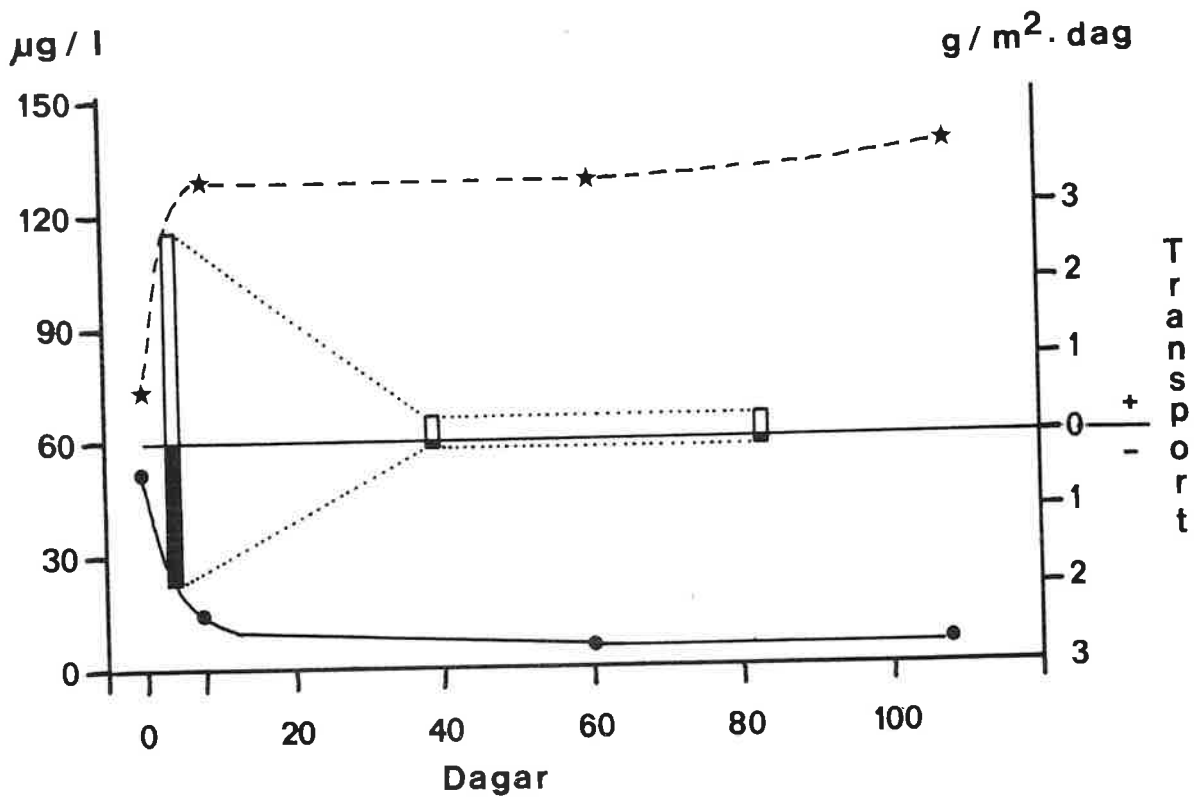


Figur 14:6 Sedimentets fosfor- och kväveinnehåll i relation till vattendjupet. Resultatet av sedimentundersökningarna i södra Fegen har ej medtagits vid uträkningen av regressionslinjen.

\bar{X} =medelvärde, $n=8$, V =extremvärden.



Figur 14:7. Koncentrationer av totalfosfor, ammoniumkväve, löst järn och mangan i Fegens interstitialvatten från ytsedimentet (0-5 cm). Vattendjup: Sandviksbassängen 10-15-20-25 m, södra Fegen 6 m, östra Fegen 10-20-30-38 m och västra Fegen 10-15-20 m. Provtagningsdatum 7-9 juli och 27-29 augusti 1974.



Figur 14:8. Ämnesutbyte (transport) av $\text{NH}_4\text{-N}$ och $\text{PO}_4\text{-P}$ mellan sediment och vatten under aeroba (●—●) och anaeroba (★---★) förhållanden. Sediment togs i Sandviksbassängen 22 juni 1975.

15. SEDIMENTENS SYRETÄRING

Inledning

Sedimentmetabolismen är beroende av tillförseln - via primärproduktion i sjön och allohton transport - av organiskt material till sedimentytan och återspeglar därför sjöns trofistatus. Ett enkelt mått på den "totala" metabolismen (respirationen) i ett sjösediment är dess syretäring. För att mäta denna i sjön Fegen togs 1974-08-28 6 st "ostörda" sedimentkärnor med hjälp av en rörhämtare (Berggren, 1972). På vardera av djupen 10, 15 och 20 m togs 2 st sådana kärnor med ovanstående vatten (betr. provtagningspunkternas läge se Fig 3:3). Sedimentvattensystemen inkuberades vid 15 °C (dvs vid ungefär samma temperatur som i sjön vid provtagnings-tillfället) och syretäringen mättes som funktion av syrehalten i vattnet. Se vidare Granéli (1974) samt Fig 15:1.

Resultat och diskussion

Syretäringen vid 100 % O_2 -mättnad i vattnet var som väntat låg (14 -23 ml O_2/m^2 timme). Då storleken av den årliga pelagiska primärproduktionen endast är uppskattad, går det ej att mera exakt placera in dessa värden i trofiskalan. Det är emellertid möjligt att jämföra med andra sjöar, där primärproduktionen undersökts.

Se Tabell på nästa sida:

Sjö	Provtagnings- djup (m)	O ₂ -tärning vid 15 °C och 100 % O ₂ -mättnad (ml O ₂ /m ² timme)	Pelagisk primärproduktion (g C/m ² .år)
Fegen	10 - 20	14 - 23	50
Ivösjön	20 - 50	13 - 22	55 ¹⁾
Trummen	2	ca 25	220 ²⁾
Vombsjön	15	ca 40	525 ³⁾
S. Bergrundasjön	3 - 5	35 - 85	575 ⁴⁾

1) Granéli m fl (1975).

2) Efter restaureringen; Gelin och Rippl (1975).

3) Gelin (1975).

4) Bengtsson (muntl meddelande).

Fegen kan således - vad avser sedimentens syretärning - närmast jämföras med den "mesotrofa" Ivösjön. Dock bör påpekas, att sedimenten i dessa båda sjöar är helt olika. Ivösjön har en kalkhaltig findetritusgyttjan medan Fegen-sedimentet är en starkt järnhaltig detritusgyttja. I Ivösjön finns dessutom de bottenlevande större kräftdjuren *Pontoporeia affinis* och *Pallasea quadrispinosa*, medan Fegen har en svagt utvecklad bottenfauna, representerad av chironomider och enstaka andra organismer (se kapitel 12, bottenfauna).

Sedimentets syretärning kan sättas i relation till den hypolimniska syreförbrukningen i Fegen. Denna har för sommaren 1975 beräknats till 5.0 g O₂/m².vecka eller 21 ml O₂/m².timme för volymen under 10-m nivån i F3-bassängen (kapitel 5). Enligt ovan är syreförbrukningen vid 15° C och 100 % syremättnad 14-23 ml O₂/m².timme för Fegen-sediment från samma bassäng. Vid en jämförelse med det hypolimniska syredeficitet måste dock hänsyn tas till den något lägre hypolimniontemperaturen 1975 (ca 11° C) och att syremättnaden sjunker från 100 % i maj till ca 10 % i början av september.

Ett medelvärde för sedimentets syreupptagning vid 25, 50, 75 och 100 % mättnad har beräknats med hjälp av de 6 försökssystemen (Fig 15:1a, b, c). Dessa värden, representativa för 15° C, har sedan omräknats till syretärningen vid 11° C med hjälp av formeln $V_2/V_1 = Q_{10}^{(t_2-t_1)/10}$ där V är

Sjö	Provtagnings- djup (m)	O ₂ -täring vid 15 °C och 100 % O ₂ -mättnad (ml O ₂ /m ² timme)	Pelagisk primärproduktion (g C/m ² .år)
Fegen	10 - 20	14 - 23	50
Ivösjön	20 - 50	13 - 22	55 ¹⁾
Trummen	2	ca 25	220 ²⁾
Vombsjön	15	ca 40	525 ³⁾
S. Bergrundasjön	3 - 5	35 - 85	575 ⁴⁾

1) Granéli m fl (1975).

2) Efter restaureringen; Gelin och Ripl (1975).

3) Gelin (1975).

4) Bengtsson (muntl meddelande).

Fegen kan således - vad avser sedimentens syretäring - närmast jämföras med den "mesotrofa" Ivösjön. Dock bör påpekas, att sedimenten i dessa båda sjöar är helt olika. Ivösjön har en kalkhaltig findetritusgyttjan medan Fegen-sedimentet är en starkt järnhaltig detritusgyttja. I Ivösjön finns dessutom de bottenlevande större kräftdjuren *Pontoporeia affinis* och *Pallasea quadrispinosa*, medan Fegen har en svagt utvecklad bottenfauna, representerad av chironomider och enstaka andra organismer (se kapitel 12, bottenfauna).

Sedimentets syretäring kan sättas i relation till den hypolimniska syreförbrukningen i Fegen. Denna har för sommaren 1975 beräknats till 5.0 g O₂/m².vecka eller 21 ml O₂/m².timme för volymen under 10-m nivån i F3-bassängen (kapitel 5). Enligt ovan är syreförbrukningen vid 15° C och 100 % syremättnad 14-23 ml O₂/m².timme för Fegen-sediment från samma bassäng. Vid en jämförelse med det hypolimniska syredeficitet måste dock hänsyn tas till den något lägre hypolimniontemperaturen 1975 (ca 11° C) och att syremättnaden sjunker från 100 % i maj till ca 10 % i början av september.

Ett medelvärde för sedimentets syreupptagning vid 25, 50, 75 och 100 % mättnad har beräknats med hjälp av de 6 försökssystemen (Fig 15:1a, b, c). Dessa värden, representativa för 15° C, har sedan omräknats till syretäringen vid 11° C med hjälp av formeln $V_2/V_1 = Q_{10}^{(t_2-t_1)/10}$ där V är

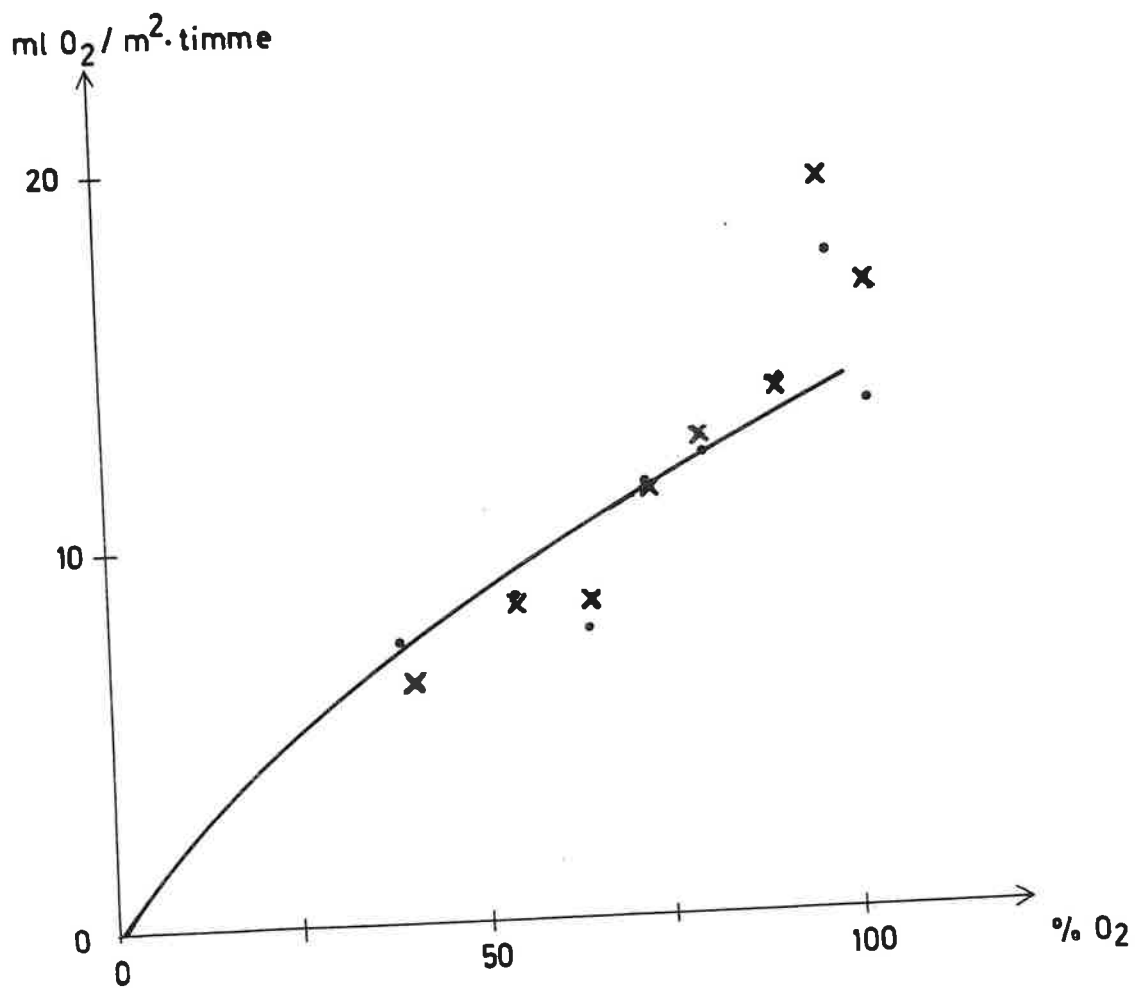
syreupptagningen och t temperaturen. Q_{10} har med ledning av litteraturdata och egna erfarenheter satts till 2. Resultatet av beräkningarna redovisas i Fig 15:2. Från de med rätlinjig interpolering beräknade syremättnadsvärdena i hypolimnion har sedan den hypolimniska syreförbrukningen och sedimentets syreupptagning beräknats.

Datum	dagar	% O_2	% O_2 (interp)	$t^\circ C$	O_2 förbr i hypolimn.	ml/m ² .timme	sedimentets syreförbruk- ning i % av hypolimnions
1975-06-22		63.3		9.3			
	28		51.0		26.6	6.8	25.6
1975-07-20		38.7		12.0			
	26		30.4		15.6	4.0	25.6
1975-08-15		22.1		11.5			
	20		16.4		12.3	2.0	16.3
1975-09-04		10.7		11.5			

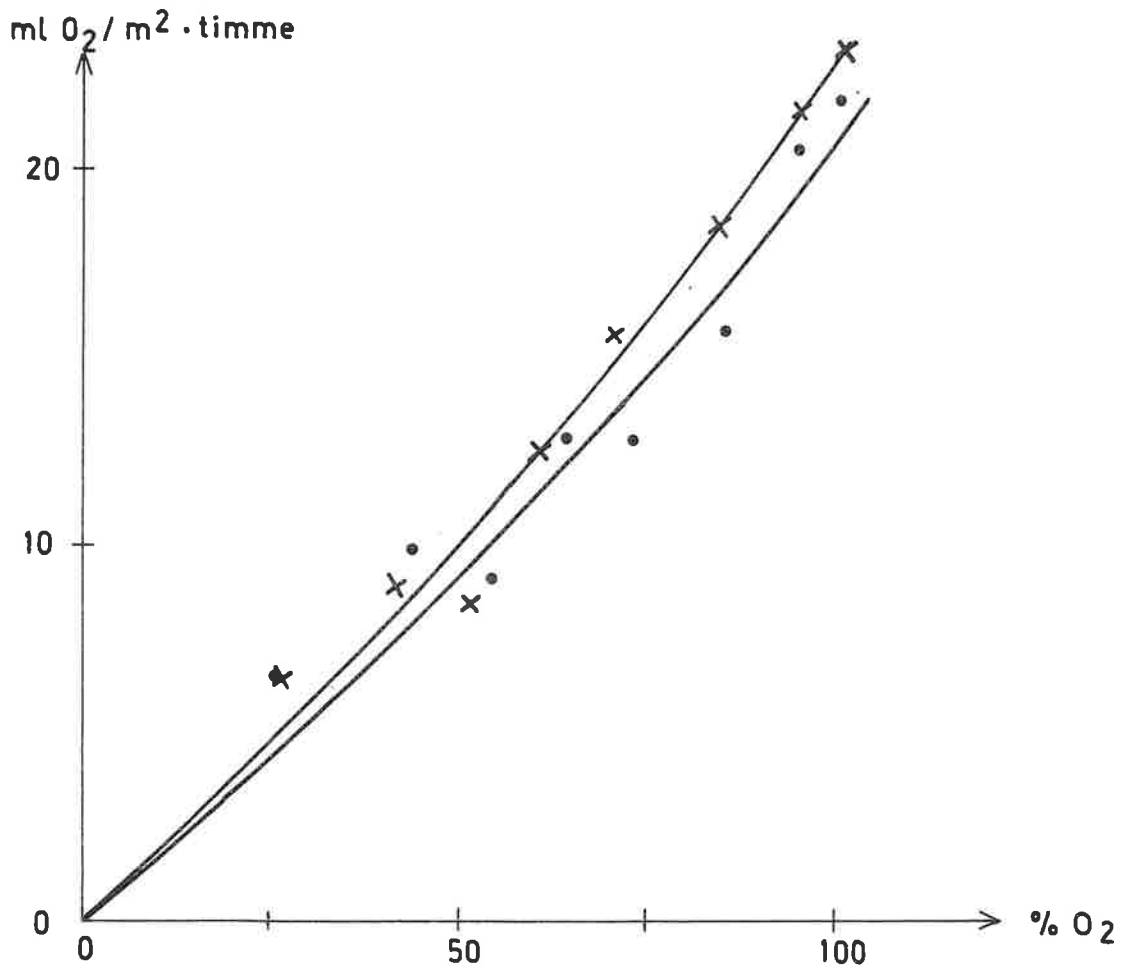
Det förtjänar att påpekas, att det hypolimniska syredeficitet per tidsenhet inte är konstant under stagationsperioden utan liksom sedimentens syreförbrukning visar en avtagande tendens vid minskande syrekoncentration i vattnet. Materialet visar tydligt, att sedimenten svarar för en mindre (20 - 25 %) del av den totala syreförbrukningen i hypolimnion. Detta förhållande kontrasterar mot resultat, som erhållits av bl a Hargrave (1972) och kan bero på att de små mängder humus som finns i Fegen oxideras i vattenmassan och ej i sedimenten. Det hypolimniska syredeficitet är i relation till exempelvis primärproduktionen förvånadsvärt högt, medan sedimentens syreförbrukning ligger i det klart oligotrofa intervallet.

FIGUR 15:1a

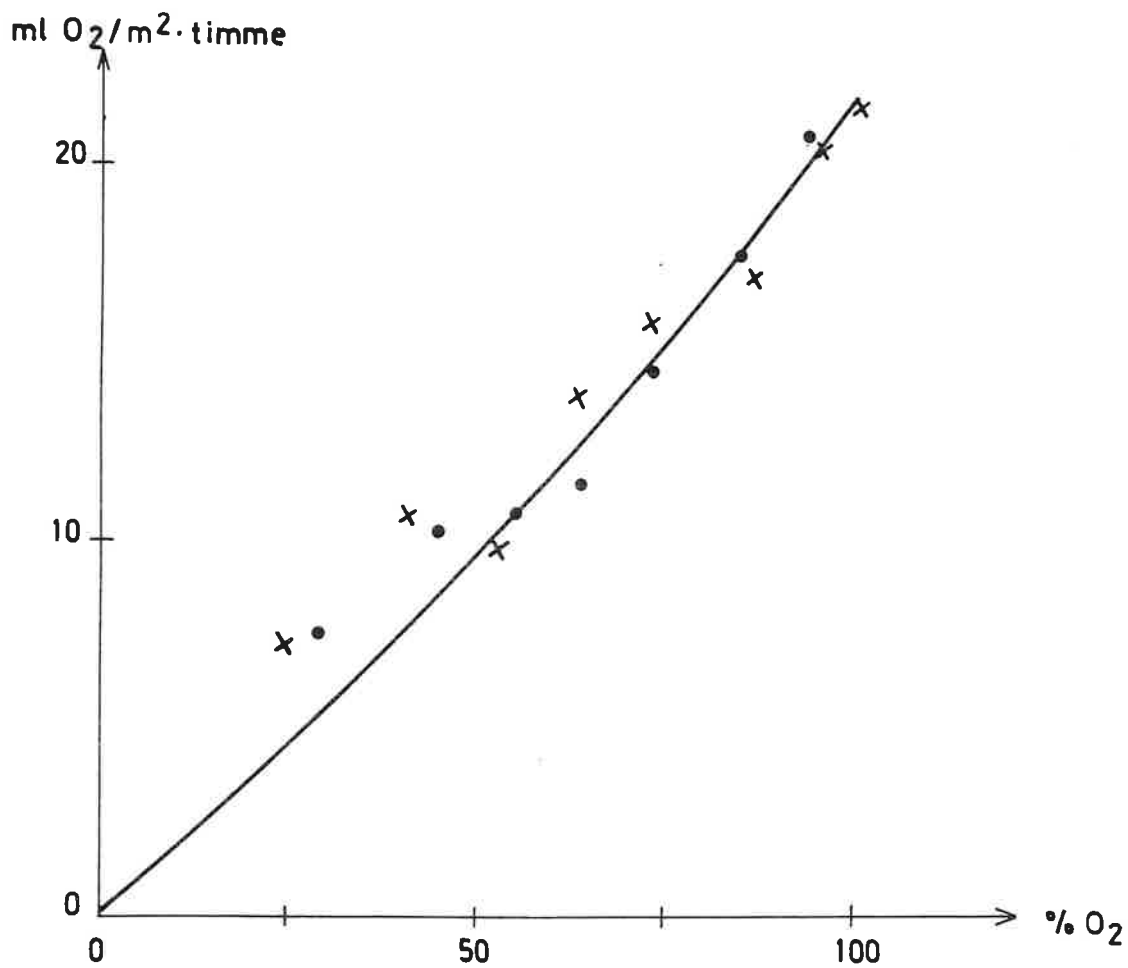
SEDIMENTETS SYREUPPTAGNING SOM
FUNKTION AV SYRGASMÄTTNADEN I
VATTNET. PROVTAGNINGSDJUP 10M.
(PARALLELLPROV).



Figur 15:1b SEDIMENTETS SYREUPPTAGNING SOM
FUNKTION AV SYRGASMÄTTNADEN I
VATTNET. PROVTAGNINGSDJUP 15 M.
(PARALLELLPROV).

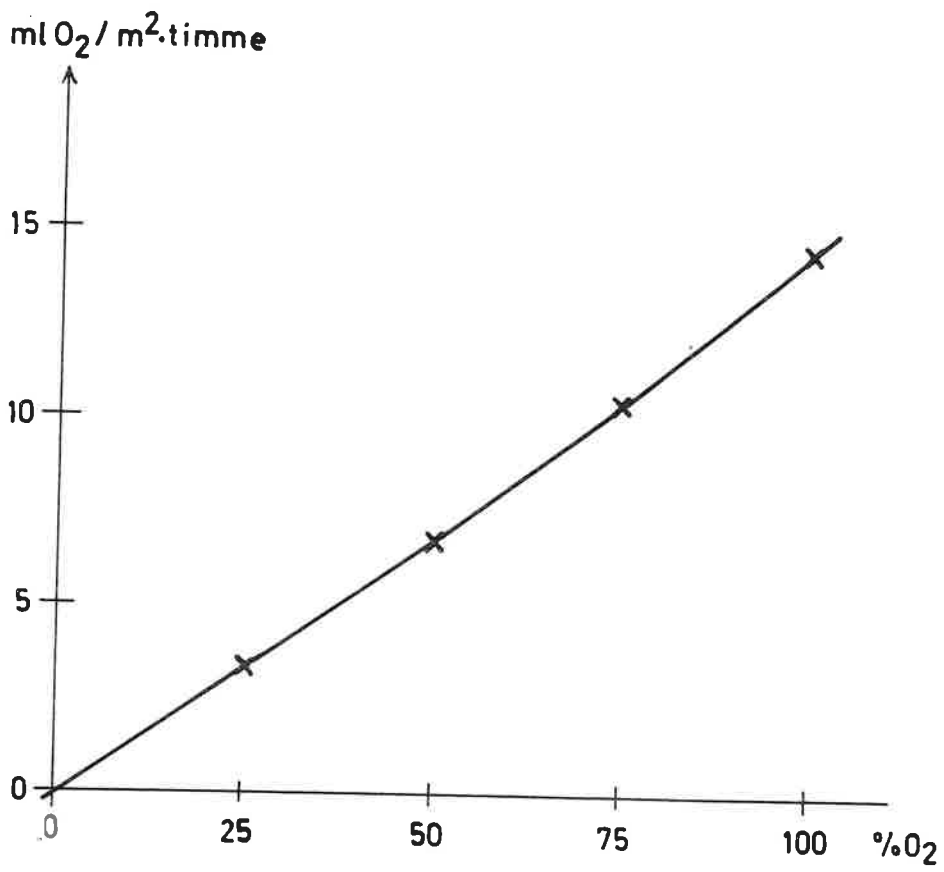


FIGUR 15:1c SEDIMENTETS SYREUPPTAGNING SOM
FUNKTION AV SYRGASMÄTTNADEN I
VATTNET. PROVTAGNINGSDJUP 20 M.
(PARALLELLPROV).



FIGUR 15:2

MEDELVÄRDE AV SEDIMENTENS SYRE -
UPPTAGNING (10, 15 OCH 20M) VID 11°C.



16. LIMNOLOGISK SYNTES OCH PROGNOSES

Inför ett framtidsperspektiv med alltmer ökat utnyttjande av våra vattentillgångar krävs en långt gången resursplanering. De två huvudkomponenterna inom denna övergripande planering utgöres av en kartläggning utav dels aktuella vattentillgångar, dels de olika anspråk som ställs på vattnet.

Det är främst vattentillgångarnas kvantitet och kvalitet som är av intresse. Av vikt är därför att uppgifter om dessa förhållanden redovisas så utförligt som möjligt, vilket sedan kan bilda underlag för en bedömning inför framtida anspråk. Redovisningen kan ske på ett flertal olika sätt, men en detaljerad redovisning på kommunal nivå är nödvändig i all framtida vattenvård. Därigenom garanteras, att tillräckligt underbyggd basinformation lämnas för möjliggörande av bedömning vid intressemötsättningar kring enskilda vattenobjekt.

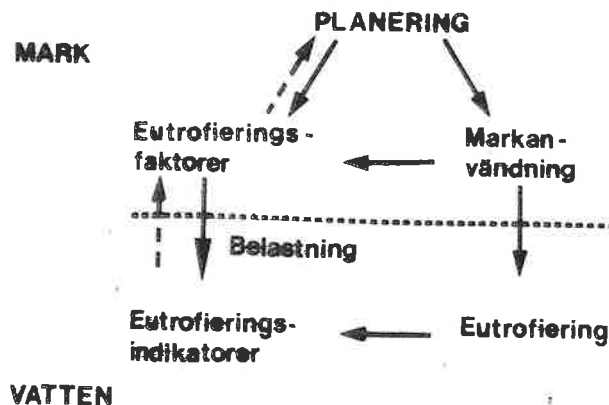
Den limnologiska undersökning, som är utförd med avseende på Fegen och Kalvsjön och deras respektive tillrinningsområden, har främst haft till uppgift att ge dels information som kan anses nödvändig i inventeringsarbetet på olika nivåer med fortsatt planering av våra vattentillgångar (Statens Naturvårdsverk, SNV PM 454 och 614), dels kunskapsunderlag inom följande två sektorer: (1) allmän beskrivning av Fegens och Kalvsjöns limnologiska förhållanden och (2) klarläggande av beroendeförhållandet mellan sjöarna och deras omland (tillrinningsområden).

Omfattningen av detta basprogram har varit sådan, att materialet kan utnyttjas i en prognosdiskussion, varvid skador och förändringar i det limniska ekosystemet kan förutsägas beträffande påverkan på sjöarna och deras omland.

Redan tidigare har utförligt behandlats det nödvändiga i förståelsen av sambandet mellan markanvändning och eutrofiering. Framhållas bör, att avloppsvattenutsläpp från industrier och samhällen ej utgör den enda form av påverkan som initieras av människan. Det har därför varit viktigt, att i undersökningen beskriva och värdera de olika typer av belastning som omedelbart eller med tiden kan påverka och förändra limniska ekosystem.

I en prognos där möjligheten att begränsa och förutsäga fortsatt belastning är av största intresse, kan för Fegens del följande tre belastningsgrupper avgränsas: (1) avloppsvatten från Fegens samhälle, (2) tillrinningsområden opåverkade av människan och (3) tillrinningsområden mer eller mindre påverkade av människan.

Otvivelaktigt föreligger möjligheter att genom dirigerad markanvändning (ekologiskt baserad) kunna styra den fortsatta utvecklingen i både Fegen och Kalvsjön. Det samspel som kan tänkas föreligga mellan de beskrivna delmomenten kan schematiskt beskrivas enligt följande figur:



På längre sikt är det därför nödvändigt att det för Fegen aktuella planeringsområdet, fastställt genom Statens Planverk, minst täcker hela tillrinningsområdet och att denna planering aktivt tar fasta på de moment och aktiviteter som direkt eller indirekt styr belastningen av viktiga näringsämnen på sjön. De streckade pilarna i Figuren ovan anger möjligheten att utifrån nu erhållna mätresultat och framtida

önskemål om vattenkvaliteten direkt påverka markanvändningens (inklusive dess trofierande verkan) inriktning och omfattning. En uppräknig av faktorer, vilka beskrivits i Fegen-Kalvsjönundersökningarna och som påverkar vattenmiljön, redovisas nedan:

Eutrofieringsfaktorer

Bakgrundsbelastning
 Berggrund
 Jordarter
 Nederbörd
 Regleringsbar mänsklig belastn.
 Jordbruk
 Skogsbruk
 Vegetation
 Avloppsvatten
 Dräneringsvatten

Eutrofieringsindikationer

Fysikaliska
 Siktdjup
 Kemiska
 Sedimentbeskaffenhet
 Syreförbrukning i hypol.
 Spec. ledningsförmåga
 Närsaltkoncentration under vårcirkulation
 Biologiska
 Klorofyll-halt
 Primärproduktion
 Planktonsammansättning
 Limmisk makrofyttvegetation
 Bottenfauna
 Fisk

De användningssätt i fråga om sjön Fegen som under nuvarande förhållanden och i framtiden har störst betydelse, har sammanställts i Tabell 16:1. I Tabellen har användningssätten rangordnats efter kvalitetskrav, och därtill beskrivs kortfattat den betydelse ett framtida förväntat utnyttjande kan få på Fegen. Genom att speciella kvalitetskrav måste säkerställas för respektive användningssätt, avgöres även därigenom den framtida användnings-möjligheten. Användningssätt med höga kvalitetskrav, t ex utnyttjandet av Fegen för naturvetenskaplig - limnologisk och annan ekologisk - forskning och som råvattentäkt, innebär liten påverkan, men kräver en väl planerad och styrd resursanvändning av mark och vatten. Av detta följer, att i konflikt-situationer intressen med höga kvalitetskrav bör ha företräde framför sådana med lägre krav. Enbart därigenom ges möjlighet till kontroll över ekosystemets fortsatta utveckling.

Eutrofiering innebär näringsämnesberikning (belastning) och dess effekt (höjning) av sjöars trofinivå. Undersökningar i Canada (Schindler et al.,

1973) ger vid handen, att i oligotrofa sjöar inom ett urbergsområde en förändring i planktonsamhället kan registreras redan efter ett år av ökad närsaltbelastning. De i Fegen och Kalvsjön dominerande planktongrupperna Cryptophyceae och Crysophyceae skulle under motsvarande omständigheter sannolikt komma att successivt ersättas av planktonarter tillhörande grupperna Chlorophyta (grönalger) och Cyanophyta (blå-grönalger). Förutom denna succession av planktonarter, sker även en markant ökning av planktonbiomassan.

Resultaten från undersökningarna över förhållanden som karakteriserat Fegen under 1974 har visat, att fosfor och kväve ur belastningssynpunkt för närvarande inte är inom den s k riskzonen enligt Fig 6:6 och 6:7. Resultat från fyto- och zooplanktonundersökningarna bevisar också, att Fegens karaktär av oligotrof sjö fortfarande är bevarad.

Redan under sommaren 1974, men framför allt under sommaren 1975, har dock i Sandviksbassängen (F3) registrerats syrebrist i hypolimnion. Det organiska material som under syretäring nedbryts, kan vara av antingen alloktont eller autoktont ursprung. Det autoktona organiska material, som under 1974 bildades i Fegen, har som redan visats, varit av ringa mängd (0,2 - 0,4 mg/l). Svårare är däremot att bestämma den yttre (alloktona) organiska belastningen. En naturlig tillförsel av färgat alloktont, nedbrutbart organisk material föreligger, vilket kan visas i det s k färgtalet (vattenfärg). Ljusklimatet (siktdjupet) i sjön bestäms i hög grad av halten av detta material (humusämnen). Ju mer siktdjupet är beroende av planktongrumlingen, desto större amplitud föreligger i siktdjupets variation mellan olika årstider. Däremot föreligger en dämpad årstidsvariation om siktdjupet till stor del bestäms av vattnets färg. I motsats till många andra sjöar med motsvarande siktdjup under sommaren (drygt 5 m), ökar siktdjupet i Fegen endast obetydligt under vintern (drygt 6 m). Dämpningen i siktdjupsvariationen kan därför bero på tillförsel av alloktont, färgat, organiskt material, vilket under stagnationsperioder förorsakar syretäring i hypolimnion.

Förutom belastningens storlek är även de morfologiska förhållandena avgörande för i vilken grad syrebrist under stagnationsperioder kommer att uppträda i Fegens olika bassänger. Av temperaturprofiler att döma, erhålles en stagnerande vattenvolym från 10-12 m djup i respektive bassäng. Därigenom ges också möjlighet att värdera förhållandet mellan epilimnion- och hypolimnionvolymen. Det framgår då, att de ur morfologisk synpunkt

sämsta förhållandena föreligger i bl a Sandviksbassängen (F3), med en liten hypolimnionvolym i förhållande till den övriga volymen. Sandviksbassängen är alltså klart olämplig för ytterligare belastning med organiskt material, vare sig det är av alloktont eller autoktont ursprung. Detsamma gäller i någon mån för Västra Fegen (F1) och Norra Kalvsjön (K1).

Eutrofiering kan i vissa sjöar resultera i att den totala fiskbiomassan ökar (Larkin & Northcote, 1969). Fiskens tillväxt kan då också bli snabbare. En förskjutning sker emellertid i artsammansättningen, varvid värdefulla fiskar försvinner och ersättes av mindre värdefulla. För kallvattenfiskar, t ex siklöjan, ökar mortaliteten då den p g a syrebrist i hypolimnion tvingas upp i epilimnion. I flera fall har fiskens reproduktion upphört eller försämrats p g a att lekplatserna förstörts. Detta kan bl a ske genom att mängden påväxt ökar, genom ansamling av detritus eller genom syrebrist. En ökad belastning av närsalter skulle kunna få allvarliga effekter på fiskfaunan i Fegen och Kalvsjön. Till siklöjans starkaste miljökrav hör kallt syrerikt vatten. Under 1974-75 har låga syrehalter tidvis uppmätts i sjöarnas djupare delar. I september 1975 blev syresituationen så kritisk i Fegen, att några hundratal siklöjor dog. Fegen befinner sig således i en situation där de låga syrehalterna tillfälligtvis under sammanfallande ogynnsamma omständigheters kan vara kritiska för fisk. Med en ytterligare belastning av närsalter, förhöjd primärproduktion och en starkare syretäring i hypolimnion skulle situationen bli försämrad. Detta skulle hota framförallt sjöns värdefulla sikfiskar. Storsik och höstlekande siklöja skulle skadas genom syrebrist under senvintern, vilket skulle ödelägga rommen. Å andra sidan tyder försök på, att ynglen av vårlekande siklöja är mer bottenbundna än yngel av höstlekande siklöja, vilket skulle göra den förstnämnda arten mera känslig för syrebrist i hypolimnion under sommaren.

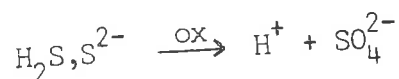
De låga pH- och alkalinitetsvärden som uppmätts i Fegen och Kalvsjön tyder på att risk för försurning kan föreligga. Ännu har dock inga biologiska indikationer på detta kunnat registreras. I den närbelägna sjön Hurven (pH ca 5) har dock sådana påvisats. Planktonfaunan avviker från den man finner i en normal sjö (Olofsson muntl). Från andra försurade sjöar har visats, att en minskning i artdiversitet inträffat (Dickson et al, 1973; Almer, 1972). Detta gäller såväl fisk som bottenfauna, zoo- och fytoplankton. Även nedbrytningen av detritus och återförandet

av näringsämnen har visat reduktion (Grahn et al, 1974). Även fiskfaunan i Hurven avviker från vad som är normalt (Lessmark, 1975). Mörtens reproduktion har upphört och beståndet är i utdöende (stora individer dominerar). Abborren visar god tillväxt och beståndet är mera storvuxet än i Fegen och Kalvsjön. Siklöjebeståndet domineras av äldre individer, medan yngre helt saknas. Om siklöjan är i utdöende är dock osäkert, då den är känd för att ha kraftigt varierande årsklasser. Försurningens effekter på fiskfaunan överensstämmer väl med vad Almer (1972) konstaterat vid undersökning av 50 västkustsjöar, där många fiskarter försvunnit från eller är starkt hotade i flera sjöar. Vid en försurning är fiskens rom och yngel mera känsligt än de vuxna fiskarna. Mörten är en av de fiskar, som först drabbas, då dess reproduktion störs redan vid ett pH på ca 5,5. Vid ett tilltagande försurning drabbas olika fiskarter under olika stadier av försurningen. Älen är en av de fiskar som är mest tolerant mot surt vatten eftersom dess reproduktion sker i havet.

Flera faktorer är av betydelse vid försurningen. Till de viktigaste hör nederbördens surhet och den förändrade markanvändningen (Beamish och Harvey, 1972; Andersson et al, 1973; Dickson, 1973; Malmer, 1973).

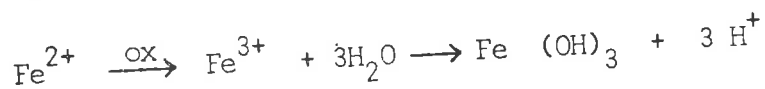
- 1) Nederbördens surhet har tilltagit, framförallt p g a den ökade förbränningen av svavelhaltiga oljor. Svaveloxid tillförs atmosfären, där den kan oxideras till svaveltrioxid, reagera med vatten och tillförs marken i form av svavelsyra. Nederbörden över södra Sverige har under senare år haft ett pH på 4,5 medan pH-värdet i början av 1950-talet var 5,5.
- 2) Förändringar i markanvändningen inom såväl jord- som skogsbruk kan påverka vattnen enligt följande:
 - /tidigare åkermark planteras med barrskog och därmed följer en biologisk försurning av marken.
 - /minskad åkerkalkning, varvid basfattiga jordars förmåga att neutralisera syranedfall minskar.
 - /användandet av sura konstgödningsmedel.
 - /utdikning av skogs- och myrmark, varvid vattnets uppehållstid i marken förkortas och möjligheterna till neutralisering innan det når vattendragen minskar. Ökat utflöde av surt myrvatten verkar i samma riktning.

Anaeroba markzoner, som innehåller reducerade svavelföreningar i form av svavelväte och sulfider, blir vid en sänkning av grundvattenytan aeroba och en oxidering sker av svavelföreningarna till sulfat och svavelsyra. Vid nederbörd sköljs dessa ut i vattendragen.

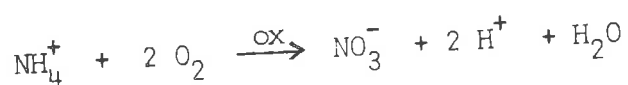


På motsvarande sätt kan även salpetersyra bildas vid oxidering av ammonium.

-/kalhuggning, vilket medför en snabbare avrinning. Podsol-jordar friläggs och tvåvärt järn oxideras till trevärt, varvid vätejoner frigöres.



-/skogsgödsling med sura ämnen som exempelvis ammoniumnitrat, varvid ammoniumjonen beroende på markens bonitet oxideras till nitrit och nitrat, medförande att vätejoner frigöres.



-/prioritering av barrskog på lövskogens bekostnad, varvid en biologisk försurning sker av marken.

3) Sura utsläpp från industrier i vattendrag.

Särskilt känsliga mot försurning är områden med basfattiga jord- och bergarter, där möjligheterna till neutralisering av den sura nederbörden är dåliga.

Den hittills mest betydande faktorn för försurning av Hurven, Fegen och Kalvsjön torde vara det luftburna svavlet (i kombination med förändringarna i skogs- och jordbruk). Denna del i samspelet (nederbördens försurning) är också den som är svårast att eliminera. Svavlet kommer huvudsakligen från förbränningen av oljor. En sänkning av svavelhalten i oljor och en nedtrappad svavelemission i Sverige skulle förbättra förhållandet i många sjöar, men en stor del av svavlet som faller ned över Sverige kommer från delar av det högindustrialiserade Västeuropa. Efter som man på kort sikt knappast kan vänta en drastisk nedtrappning av svavelemissionerna, är det desto viktigare att mycket stora ansträngningar görs att eliminera övriga försurande faktorer såsom nedläggning av jordbruksmark, minskad kalkanvändning i jordbruket och snabb avrinning från

områden påverkade av det skördade skogsbruket.

Ekologiska prognoser med kvantifiering av förväntad miljöpåverkan kan ske med olika krav på säkerhet i bedömningen. En bedömning kan exempelvis ske med utgångspunkt från erfarenheter erhållna från andra liknande undersökningar. Någon närmare detaljinventering bedöms därvid inte behöva ske. Vid högre krav av säkerhet krävs mer ingående studier och kännedom om dels de naturgivna förutsättningarna, dels de olika slagen av civilisatorisk påverkan. Detta är mycket viktigt för en fullständig konsekvensanalys, varvid effekten på det limniska ekosystemet bedöms för olika exploateringsalternativ och förutsättningar för objektivet val av det ur ekologisk synpunkt lämpligaste utbyggnadsalternativet föreligger. Inom ramen för detta kunskaps- och bedömningsmönster granskas således olika former av belastningsberäkningar med mer eller mindre omfattande matematiska eutrofieringsmodeller. Framför allt utnyttjas möjligheten att redan vid arbetets uppläggning välja en riktning och omfattning för undersökningen som senare medger en tillfredsställande bedömning.

I det tredje och högsta stadiet av prognossäkerhet utföres olika slag av utslagsgivande experiment, både i fält och på laboratoriet. I de flesta undersökningar med målinriktad problemställning sker dock en bedömning på basis av resultat erhållna från alla tre kunskapsnivåerna. Nedan redovisas de för Fegen-Kalvsjön-undersökningen aktuella delmomenten, vilka utnyttjats vid prognosdiskussionen:

Experiment

(på laboratoriet)

- utbytesförsök beträffande sediment och vatten under aeroba och anaeroba förhållanden.

- sedimentens syretäring.

Utvärdering av bearbetat material

- jämförelse av arealförluster från tillrinningsområden med olika markanvändning.

- belastningsberäkningar; matematiska modeller.

- fosforomsättning.

- syretäring i hypolimnion.

Jämförelsematerial
(andra undersökningar)

- inga motsvarande undersökningar utförda i Sverige.
- delvis information från amerikanska och kanadensiska undersökningar.

Resultaten från de ovan uppräknade momenten kan användas var för sig, vilket dock enbart ger en grov uppfattning om ekosystemets känslighet beträffande enskilda funktioner och sektorer, eller sådana i kombination med varandra, varvid ett flertal känsliga faktorer samtidigt belyses. Värderingen av ekosystemets totala reaktion inför en yttre påverkan, exempelvis i form av ökad närsaltbelastning, måste helt grunda sig på den funktion som bedöms som den svagaste.

Så till exempel har den prognostiserade belastningskalkyl, som utförts för Fegen och Kalvsjön visat, att en viss belastningsökning teoretiskt skulle kunna medges innan oacceptabla förhållanden uppnås (jfr Fig 6:6 och 6:7). Det skall emellertid understrykas att det i denna prognosmodell inte säges någonting om en eventuell syrebrist vid stagnationsförhållanden under sommar och vinter. Vidare skisseras endast den tidsmässiga näreffekten.

Resultaten visar, att sedimenten orsakar en mindre del av hypolimnions totala syreförbrukning. Den största delen av det organiska materialets nedbrytning sker således i den fria vattenmassan. Vid en belastningsökning av organiskt material kommer sedimentens andel av den totala syreförbrukningen att öka, vilket också innebär en ytterligare ökad risk för belastning av fosfor från sedimenten.

Viktigare än att diskutera belastningen på hela sjön har också varit att beakta olika bassänger var för sig. En minskad total belastning till Fegen, genom idrifttagandet av ett 3-stegs behandlingsverk för avloppsvatten från Fegens samhälle, innebär exempelvis inte, att en annan del av sjön kan utnyttjas som recipient i motsvarande grad. Redan nu har det visat sig, att Sandviksbassängen ur limnologisk synvinkel är det känsligaste området i hela Fegen. En ökad belastning av närsalter och organiskt material till denna bassäng, t ex genom förändrad markanvändning i dess omgivning, skulle där otvivelaktigt innebära en ökad risk för ej önskvärda konsekvenser.

Om man förutsätter att den nuvarande markanvändningen genom skogsbruk och

jordbruk skall bestå, så innebär detta en närsaltbelastning som tillsammans med den naturliga belastningen måste accepteras. Det nuvarande fosfor- och kvävetillskottet via arealförluster från Fegens totala tillrinningsområde beräknas motsvara en belastning från ca 1400 pe resp 9000 pe obehandlat avloppsvatten. Hushållsavloppsvatten kan idag karakteriseras med personekvivalenterna 3,5 g P/p.d och 13 g N/p.d, vilket inom detta område skulle motsvara totalfosfor- och totalkväveförluster från ca 12 resp 2 ha.

Förutom de ovan beskrivna arealförlusterna, sker vid bebyggelseplanering - dvs hårdgörning av ytor, anläggning och gödsling av gräsmattor etc - ytterligare en borttransport av närsalter. Det är främst den kontinuerliga transporten från dessa senare arealer som kan innebära ackumulerad påverkan. Amerikanska undersökningar har påvisat att fosfor- och kvävetransporten från urbaniserade ytor ökar med 2-5 gånger i jämförelse med den för ett område normala. Det innebär att belastningen på Sandviksbassängen från Ferienzentrum, undantaget avloppsvattnet, kan uppgå till ca 30 kg P/år och 1000 kg N/år. Med vetskap att denna belastning ej successivt reduceras, till skillnad mot den orsakad av exempelvis kalavverkning, och att belastningen av alloktont och autoktont organiskt material redan nu är alltför stort, innebär detta en ackumulerad belastning som är oacceptabel.

Regional jämförelse

Det är av oerhört stor vikt, att områden representerade skilda naturgivna förhållanden erhåller stort skyddsvärde i den fortsatta planeringen. Enbart när processer ingående i skilda naturliga sammanhang kartlagts, ges möjlighet till förståelse av de genom människan initierade förändringarna. Ett antal sk referensområden, där ur limnologisk synpunkt beroendeförhållandet mellan sjöekosystem och deras omland främst är av naturlig karaktär, måste därför utgöra basen för en tillämpad undersökningsverksamhet (statusundersökningar, kontrollverksamhet etc).

Tidigare har diskuterats förhållanden beträffande sjöarna Fegens och Kalvsjöns hydrologi, närsaltbelastning, plankton, fisk etc. Därigenom har givits möjlighet att belysa bl a Fegens speciella karaktär. Det är emellertid viktigt, att Fegen även jämföres med andra sjöar, för att där-

genom möjlighet skall ges till en regionallimnologisk bedömning, främst inom den sydvästra delen av Sverige (Tabell 16:2).

De naturgivna förutsättningarna ger upphov till Fegens oligotrofa karaktär. Fegen-Kalvsjöområdet är en västlig del av ett större enhetligt naturgeografiskt område, sydsvenska höglandet. Fegens oligotrofa karaktär skall därför jämföras med förhållandena i dels andra sjöar inom detta område, dels söder och norr därom. Ett flertal kriterier som jämförelsegrund kan därvid användas. De naturgivna förutsättningarna (inklusive de morfologiska förhållandena) och den av människan initierade belastningen utgör basfakta i denna jämförelse. Jämförelsen mellan olika sjöar i Sydsv sverige kan ske med avseende på:

1. Morfologiska förhållanden (storlek, volym etc).
2. Naturgivna trofiförutsättningar (geologi, omgivningsfaktor) - naturlig trofinivå.
3. Nuvarande belastning och vattenkemiska förhållanden - nuvarande trofinivå.
4. Omgivningens nuvarande karaktär - markanvändning.
5. Riksplaneintressen från vetenskapliga synpunkter.

Sjöarnas trofiförhållanden betingas primärt av naturgivna faktorer, bl a den faktor som belyses genom att bilda kvoten mellan avrinningsområdets och sjöns ytor, A_d/A_1 (= omgivningsfaktor, f_u). Vid en regional jämförelse ges härvid möjlighet att rangordna sjöar vilka naturligt är i högre eller lägre grad influerade av avrinningsområdets relativa storlek. Sjöns morfologiska förhållanden tillika med människans påverkan av olika slag (exempelvis avloppsvattenutsläpp), ändrad markanvändning i omlandet, vattenståndssänkning etc modifierar emellertid den till omgivningsfaktor hänförliga rangordningen.

Genom hänsynstagande till dessa förhållanden - omgivningsfaktor, morfologi och mänsklig påverkan - kan ett urval ske efter vissa kriterier. Dessa kriterier har valts så att de jämförda sjöarna ej är alltför stora eller alltför små:

1. Sjöns yta skall vara jämförbar med Fegens. Som nedre och övre storlekgränser har valts 15 och 50 km².

2. Sjöns omgivningsfaktor skall ha ett värde, som är mindre än 10/1 och den reducerade sjöprocenten skall vara större än 5,0.

Framtida undersökningar

Enligt uppgift från Sötvattenslaboratoriet i Drottningholm kommer exempelvis forskning kring den värlekande siklöjan i bl a Fegen att fortlöpande genomföras.

Utöver redan etablerat riksintresse kring Fegen, kommer fortsatta och utökade undersökningar beträffande nederbördskemiska förhållanden att koncentreras till detta område. Så sker exempelvis genom Meteorologiska institutionens, Stockholms Universitet, försorg uppsättning av nederbördskemiska mätstationer i en linje från norra Själland till Gotland, varvid en station under slutet av 1975 skall placeras i närheten av Fegen. I anslutning därtill kommer Limnologiska institutionen, Lunds Universitet, att i Fegen och dess omland studera frågan om nederbördens och markens relativa betydelse som bidragskälla för jonsammansättningen i sjövattnet.

Därtill är det av särskild vikt att ett undersökningsprogram för kontroll av Fegens framtida vattenkemiska och biologiska förhållanden fastställs. Som referensområde och forskningsobjekt intar Fegen med omland en särställning som innebär automatisk prioritering för skydd och vård.

Tabell 16:1. Fegens utnyttjande som naturresurs.

Användningssätt	Nuvarande vattenresurstillgång	Registrerad påverkan (1974)	Anspråk	Framtida vattenresurstillgång	Prognostiserad påverkan
Naturvetenskaplig forskning (måttlig omfattning)	Ingen		Naturvetenskaplig forskning (utökad betydelse)		Ingen
Råvattentäkt	-		Råvattentäkt		-
Naturligt friluftsbad (måttlig omfattning)	Liten		Naturligt friluftsbad (utökad betydelse)		Slitage på vegetation och botten. Lokalt ökad grumlighet. Störning av häckande sjöfågel.
Fritidsfiske (måttlig omfattning)	Liten		Fritidsfiske (utökad betydelse)		Ändring av den naturliga art-sammansättningen. Ingrepp för upprätthållande av naturlig eller artificiell fiskfauna resp population.
Båtsport	Motorbuller		Båtsport		Oljeföroreningar. Lokalt ökad erosion och grumlighet. Motorbuller, störning av häckande sjöfågel.
Recipient	Liten		Recipient		Ökad produktivitet. Ökad sedimentationshastighet. Minskad syretillgång i hypolimnion med fiskdöd. Sprängvis förändring av sjöekosystemet.
Sjöreglering (betydande omfattning)	Stranderosion Minskad makrofytutbredning. Besvär för häckande sjöfågel.		Sjöreglering		Önskvärt vore att regleringsamplituden i Fegen reducerades.

Tabell 16:2. Regionallimnologisk jämförelse.

Möj (m)	Sjöyta (km ²)	Landyta sjöyta	Reducerad sjö - %	Största djup (m)	pH	H ₂ O (µS ₂₀ /cm)	vf (mg Pt/l)	Siktdjup (m)	Tot-P (ug/l)	Tot-N (ug/l)	Chl. a (mg/m ³)	Datum	
Vättern	88,5	1912	2,1	5,6	128	7,7	107	10	10,5	7	620	-	Aug-71
Bolmen	141,5	183,5	7,5	5,2	37	6,8	61	5	4,0	7	360	10	Juli-71
Sommen	146	132	12,7	5,9	53	7,9	110	10	7,5	7	320	-	Aug-72
Täkern	93,5	44,4	7,6	5,2	2	9,3	260	40	2,0	-	-	-	Juli-69
Yxningen	38,5	31,3	6,6	9,2	75	7,2	110	10	4,5	18	130	-	Aug-70
Fegen, F3	132,2	23,6	7,1	8,5	36	6,25	59	10	4,8	9	304	2	Aug-74
Unnen	144,5	21,7	8,1	6,3	25	5,6	60	45	3,8	7	580	4,8	Juli-71
Mien (punkt 3)	94,8	20,0	7,2	5,8	42	6,3	78	15	8,0	4	600	2	Juli-71
Femlingen (punkt 6)	158,4	17,1	58,1	4,7	5	6,4	67	20	1,80	10	360	12	Juli-71
Nönnen	219,5	15,0	9,5	5,1	18,5	7,2	97	20	2,80	16	440	-	Aug-72