

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

BLINDERN

O - 55/68

B - 11/69

O - 40/71

ANVÄNDNING AV ALGKULTURER

VID BEDÖMNING AV OLIKA AVLOPPSRENINGSMETODERS

BETYDELSE FÖR EUTROFIERINGEN I SÖTVATTENSRECIPIENTER

Blindern, desember 1971

Fil.kand. Sven Torsten Källqvist

## INNEHOLDSFÖRTECKNING

	Side:
FORORD	II
MÅLSÄTTNING	1
METODER FÖR RENING AV AVLOPPSVATTEN	1
BESKRIVNING AV UNDERSÖKTA RENINGSVERK OCH RECIPIENTER	2
BESKRIVNING AV VÄXTFÖRSÖKEN	2
BESKRIVNING AV TILLSATSFÖRSÖKEN	3
RESULTAT AV VÄXTFÖRSÖK	5
RESULTAT AV TILLSATSFÖRSÖK	6
RESULTAT AV KEMISKA ANALYSER	7
UNDERSÖKNING AV EUTROFIERINGEN I NITELVA MED HJÄLP AV VÄXTFÖRSÖK	10
BESKRIVNING AV VATTENDRAGET	10
RESULTAT AV VÄXTFÖRSÖK	10
RESULTAT AV TILLSATSFÖRSÖK	11
KEMISKA DATA	11
JÄMFÖRELSE MED FÖRSÖK MED AVLOPPSVATTEN	11
DISKUSSION	13
SAMMENFATTNING	14
REFERENSER	16

TABELLER OCH FIGURER

## F O R O R D

Fil. kand. Sven Torsten Källqvist har høsten 1971 hatt Norsk Statsstipend for et studieopphold ved Norsk institutt for vannforskning.

Denne rapport er resultat av en selvstendig oppgave utført av Källqvist. Algekulturforsøk er benyttet til å vurdere avløpsvann fra ulike renseanlegg (mekanisk, biologisk og kjemisk) for kloakkvann. Arbeidet er gjort i tilknytning til forskningsprosjekt B-11/69 og oppdrag O-55/68.

Ved Biologisk avdeling har Källqvist hatt et nært samarbeid med forsker Jozsef Kotai.

Blindern, 7. desember 1971

Olav Skulberg

### III

#### Rettelser:

- Side 1 : Sammenfattning : skal være: sammanfattning
- " 2 : 180 mg  $AlSO_4/1$  : skal føyes til: (teknisk aluminiumsulfat med ett aluminiuminnhåll av c:a 9,2%)
- " 3 : glassfilterpapper : skal være: glasfilterpapper
- " 8 : kalsium : skal være: kalcium
- Nittelva : skal være: Nitelva
- Harestuvannet : skal være: Harestuvatn

## MÅLSÄTTNING

Avsikten med de här redovisade försöken har varit att med hjälp av algkulturer utröna olika avloppsreningsmetoders effektivitet när det gäller att avlägsna växtnäringsämnen. Först lämnas en kort beskrivning av de olika metoder som används för rening av avloppsvatten.

## METODER FÖR RENING AV AVLOPPSVATTEN

De reningsmetoder, som används för rening av hushållsavloppsvatten kan indelas i tre huvudtyper:

1. Mekanisk rening
2. Biologisk rening
3. Kemisk rening

I tabell 1 lämnas några uppgifter om de olika metodernas reningseffekt (Miljövårdsforskning 1967).

Tabell 1.

METOD	RENINGSEFFEKT		
	Uppsl. ämnen	Org. subst. $BO_5$	Tot. P.
Mek. rening	40-70%	25-40%	15%
Biol. rening (aktivt slam)	85-95%	85-95%	30-40%
Kemisk rening	70-90%	70%	90-95%

Vid jämförelse av de olika metoderna i tabell 1, ser man att den biologiska reningen är effektivast, när det gäller att avlägsna uppslammade ämnen och på så sätt minska det biologiska syrebehovet ( $BO_5$ ). Studerar man värdena för procentuellt avlägsnande av totalfosfor är det emellertid endast den kemiska reningen som ger ett gott resultat (90-95%). Denna kraftiga reduktion av fosfor i kemiskt renat avloppsvatten är särskilt viktig, eftersom fosfat oftast är begränsande faktor i naturliga recipienter. Man har beräknat, att hushållsavloppsvatten innehåller 3,8 g fosfor/person och dygn (T: Ahl... 1967). Om all denna fosfor assimileras av autotrofa

organismer, produceras en biomassa, vars biologiska syreförbrukning är 545 g O<sub>2</sub>. Detta sekundära syrebehov är fem gånger större än det primära behovet hos avloppsvattnet. Biologisk renat avloppsvatten har ett lågt primärt syrebehov, men kan ändå, genom den eutrofiering det åstadkommer i recipienten, ge upphov till algväxt och därmed kraftig sekundär syretäring. Om fosfat är den begränsande faktorn i recipienten, kan man alltså till stor del undvika att avloppsvattnet stimulerar algväxt genom att med hjälp av kemisk fällning avlägsna största delen av totalfosfor.

#### BESKRIVNING AV UNDERSÖKTA RENINGSVERK OCH RECIPIENTER

Norsk institutt for vannforskning driver ett försöksreningsverk, där rening av kommunalt avloppsvatten sker samtidigt enligt de tre skisserade metoderna; mekaniskt, biologiskt och kemiskt.

Den mekaniska reningen sker i en sedimenteringsbassäng med en uppehållstid av c:a 1 tim. 20 min. Den biologiska reningen sker enligt aktivt slammetoden med genomluftning c:a 12 tim. med eftersedimentering i 2 tim. Avloppsvattnet som behandlas kemiskt undergår först försedimentering i 1 tim. Därefter tillsätts 180 mg AlSO<sub>4</sub>/l. Flockuleringen sker i 4 tankar om vardera 2,2 m<sup>3</sup>. Den totala flockuleringstiden blir 1 tim. 20 min. Eftersedimenteringen pågår i 3 tim. 20 min. De tre olika enheterna behandlar vardera 7 m<sup>3</sup> avloppsvatten/tim. Renat avloppsvatten från dessa tre enheter användes vid växtförsöken i olika koncentrationer i två olika recipienter.

Som en av recipienterna för växtförsöken har Nittelva vid Kjellerholen använts. Älven är redan här belastad av kommunalt avlopp från c:a 14000 personer. Medelvattenföringen är 4,5 m<sup>3</sup>/sek. Vattnet innehåller en hel del suspenderad lera. Den andra recipienten vid försöken utgjordes av ledningsvatten från det kommunala vattenledningsnätet vid försöksanläggningen.

#### BESKRIVNING AV VÄXTFÖRSÖKEN

För att få ett mått på den eutrofiering av de båda recipienterna som olika koncentrationer av renat avloppsvatten åstadkom, gjordes en serie växtförsök med grönalgen *Selenastrum capricornutum* som testorganism. Av de tre typerna renat avloppsvatten gjordes följande inblandningar i recipienterna för växtförsöken:

Tabell 2.

Recipient	Inblandning av mek. biol. och kem. renat avloppsvatten
Nittelva	0%
Nittelva	5%
Nittelva	15%
ledningsvatten	0%
ledningsvatten	1%
ledningsvatten	5%

Vid den metod för växtförsöken som utarbetats vid Norsk institutt for vannforskning, används 2 l. rundkolvar med 1 l. provvolym. (Skulberg 1966). Proverna har först filtrerats genom glassfilterpapper (Whatman GF/C) och autoklaverats 125°C 20 min. Kolvarna ympas med alger från exponentiell fas i en stamkultur. Kolvarna hålls i rörelse på ett skakbord och belyses kontinuerligt med lysämnesrör (Philips TL40W), som ger c:a 6000 lux. Temperaturen hålls vid 20°C. Celltätheten i kolvarna bestäms varje dag med hjälp av elektronisk partikelräknare (Celloscope 202) och en växtkurva görs upp för varje kultur. När stationär fas uppnåtts efter 10-14 dagar, avdryts försöket. Vid de här redovisade försöken har cellräkning med hämocytometer emellanåt företagits som kontroll. Cellutbytet vid dessa växtförsök redovisas som antal celler/l, och är beroende av försöklösningens innehåll av växtnäringsämnen. (Skulberg 1966). För varje blandning avloppsvatten/recipientvatten har minst två och i allmänhet tre växtförsök utförts.

#### BESKRIVNING AV TILLSATSFÖRSÖKEN

För att utvärdera vilka faktorer som var begränsande för algväxt i de olika blandningarna gjordes tillsatsförsök, där olika näringsämnen tillsattes 50 ml filtrerad provvolym i 100 ml rundkolvar. Därefter ympades med *Selenastrum capricornutum* och kolvarna inkuberades i 15°C med alternerande 12 tim. ljus och mörker. Kolvarna skakades en gång dagligen samtidigt som växten observerades.

Tillsatsförsöken avbröts efter 14 dagar och lösningarna filtrerades. Filterpappren arkiverades. Försöken ger en klar bild av vilka näringsämnen som måste tillsättas för att stimulera algväxt i ett vattenprov. I tabell 3 og 4 redovisas vilka näringsämnen som användes samt koncentrationerna av dem.

Tabell 3. Försöksschema för tillsatsförsöken

Tillsats	Lösning nr. (Se tabell 4!)
a -	-
b fosfat	1
c nitrat	2
d järn	3
e nitrat+fosfat	1+2
f järn+fosfat	1+3
g järn+nitrat	2+3
h järn+nitrat+fosfat	1+2+3
i Z8 (näringslösning)	1+2+3+4+5+6

Tabell 4. Lösningar för tillsatsförsök

Lösning	Sammanställning
1	$K_2HPO_4$ 3,1 g/l
2	$NaNO_3$ 46,7 g/l
3	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$ 2,83 g/l + EDTA 3,71 g/l <sup>1)</sup>
4	$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ 5,9 g/l
5	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 2,5 g/l
6	$Na_2CO_3$ 2,12 g/l

Tillsatserna skedde i form av en droppe från de olika standardlösningarna 1-6 i tabell 4.

<sup>1)</sup>  $FeCl_3$  löses först i 0,1 M HCl och EDTA i 0,1 M NaOH.  
Därefter blandas dessa båda lösningar.



## RESULTAT AV VÄXTFÖRSÖK

Vid växtförsöken blev cellutbytet i mekaniskt och biologiskt renat avloppsvatten av samma storleksordning, medan kemiskt renat i samtliga fall gav ett betydligt lägre utbyte. Se fig. 1! Förhållandet mellan cellantalet i mek./biol./kem. blir för koncentrationen 15% renat avloppsvatten i Nittelva 5,2/4,6/1,0 när cellantalet i recipientvattnet fråndragits. Även vid inblandningen av 5% avloppsvatten i Nittelva ger det kemiskt renade ett cellutbyte, som är c:a 20% av cellantalet vid inblandning av mekaniskt och biologiskt renat.

Cellutbytet är inte proportionellt mot mängden tillsatt avloppsvatten i något av fallen. Förhållandet mellan antal celler i 15% och 5% är ungefär 1,5/1.

De växtförsök som gjordes med vattenledningsvatten som recipient gav en något annorlunda bild av förhållandet mellan de olika typerna av renat avloppsvatten. I ledningsvattnet gav nämlingen det biologiskt renade avloppsvattnet något högre cellutbyte än det mekaniskt renade. Det kemiskt renade medförde endast en svag höjning av cellantalet i recipienten då det inblandades till 5%. Vid koncentrationen 1% var stimuleringen knappt märkbar. Den stora skillnaden i cellutbyte vid 5% inblandning av kemiskt renat avloppsvatten i de två recipienterna tyder på att det föreligger någon tillväxtfaktor i Nittelva, som inte finns i ledningsvattnet eller i det kemiskt renade avloppsvattnet. Vilken faktor det kan vara frågan om utvisas inte av tillsatsförsöken. För biologiskt renat avloppsvatten är överensstämmelsen mellan cellutbytet vid 5% inblandning i de båda recipienterna god, men det mekaniskt renade ger något lägre utbyte i ledningsvatten än i älvvatten, när cellantalet för recipienten fråndragits.

Växtkurvorna för biologiskt och mekaniskt renat avloppsvatten uppvisar den typiska formen med en lag-fas av varierande längd följt av en exponentiell fas under c:a 5 dagar. Därefter följer en kort stationär fas, som i näringsrika medier passerar under en dag, varefter cellantalet snabbt minskar. Se fig. 2! Undantag från detta generella utseende finner man emellertid hos växtkurvorna för kemiskt renat avloppsvatten. Se fig. 2! Här tycks cellantalet öka i två steg med en mellanliggande stationär fas.

Samma mönster går igen i kurvorna för 5%, 15% och 30% inblandat i vatten från Nittelva. Anledningen till detta utseende hos kurvorna är inte undersökt.

Någon inverkan av aluminiuminnehållet i det kemiskt renade avloppsvattnet har inte kunnat påvisas. Förhållandet cellantal i 30%/15%/5% tillsatt till Nittelva är 1,9/1,5/1. Algväxten stimuleras alltså också av högre koncentrationer än 15%.

För att få en uppfattning av förhållandet mellan koncentrationen kemiskt renat avloppsvatten och algväxt gjordes också ett växtförsök med 50 ml provvolym av en serie med koncentrationer från 100% - 10% i ledningsvatten. Detta försök visade att algväxten (*Selenastrum capricornutum*) stimulerades upp till koncentrationen 70% för att sedan vara konstant mellan 70% och 100%. Detta tyder på att det kemiskt renade avloppsvattnet inte innehåller några för algerna toxiska ämnen. En analys av utgående vatten från det kemiska reningsverket visade också att halten av aluminium inte var högre än 0,15 mg/l.

#### RESULTAT AV TILLSATSFÖRSÖK

Tillsatsförsöken visar, att för 5% inblandning av mekaniskt och biologiskt renat avloppsvatten i Nittelva är nitrat den begränsande faktorn, medan både fosfat och nitrat begränsar växten vid inblandning av 5% kemiskt. För det filtrerade recipientvattnet Nittelva är fosfat, nitrat och järn begränsande. När koncentrationerna av avloppsvatten kommer upp till 15% är järn begränsande för växt i mek. och biol. renat, medan fosfat är begränsande i kemiskt renat. Denna förändring av begränsande faktorer kan förklara varför cellutbytet inte motsvarar tillsatsen av avloppsvatten till recipienten åtminstone när det gäller mekaniskt och biologiskt renat.

När ledningsvatten används som recipient anger tillsatsförsöken nitrat som begränsande faktor i mekaniskt renat avloppsvatten samt nitrat och järn i biologiskt. I kemiskt renat begränsas algväxten enligt tillsatsförsöken endast av fosfat- och nitratinnehållet, men detta är enligt den kemiska analysen stort nog för att ge ett större cellutbyte än det som erhöles vid växtförsöken med ledningsvatten som recipient.

## RESULTAT AV KEMISKA ANALYSER

De kemiska analyserna av de vattentyper som användes vid växtförsöken redovisas i tabell 5, men några av resultaten förtjänar att kommenteras.

C.O.D., den kemiska syreförbrukningen har bestämts med hjälp av dikromat och redovisas som mg O/l. Se fig. 5! När det gäller C.O.D., utmärker sig det mekaniskt renade avloppsvattnet genom sitt höga syrebehov jämfört med biologisk och kemiskt renat. I 15%-koncentrationen är t. ex. C.O.D. för mekaniskt renat fem gånger större än för kemiskt och biologiskt renat.

Tot. P Totalfosforanalyserna visar, att innehållet av fosforföreningar är ungefär detsamma i mekaniskt och biologiskt renat avloppsvatten. Skillnaden i reningseffekt med avseende på totalfosfor tycks alltså inte vara så stor som angetts i tabell 1. Se fig. 5! Som väntat uppvisar kemiskt renat avloppsvatten betydligt lägre totalfosforvärden. Här är halten endast 13% av innehållet i mekaniskt och biologiskt renat.

Orto- $\text{PO}_4^{3-}$  Medan halten av totalfosfor är ungefär densamma i mekaniskt och biologiskt renat avloppsvatten, är den del av fosfor, som föreligger som ortofosfat större hos det biologiska än det mekaniska. Se fig. 4! Här är över 90% av totalfosfor omvandlad till fosfat, medan motsvarande värde för mekaniskt renat är 70%. Hos kemiskt renat utgöres totalfosfor till endast 10% av ortofosfat, vilket tyder på att ortofosfaten är den form av fosfatföreningar som effektivast avskiljs vid den kemiska fällningen.

$\text{NO}_3^-$  Nitrathalten är genomgående låg i mekaniskt och kemiskt renat avloppsvatten. Se fig. 7! Värdena för renat avloppsvatten inblandat i recipienten är till och med lägre än de är i recipienten utan inblandning. En del av nitraten i recipienten reduceras alltså vid tillsats av mekaniskt renat avloppsvatten. Växtförsöken ger i dessa prover betydligt högre cellutbyte än ved nitrathalten skulle tillåta. Andra kväveföreningar som nitrit och ammoniak oxideras under försökets gång alltså till nitrat eller utnyttjas direkt istället för nitrat som kvävekälla för algerna. I motsats till de båda andra typerna av renat avloppsvatten innehåller det biologiskt renade mycket nitrat. Nästan allt kväve föreligger här som nitrat.

Fe Järninnehållet i båda recipientvattnen är tämligen högt. I älvvattnet är koncentrationen av järn ungefär densamma som i de artificiella medier, som används vid odling av alger. Trots att tillgången på järn således är god, 0,5 mg/l, visar tillsatsförsöken att järn är en lika viktig begränsande faktor för algväxten som nitrat och fosfat. Detta beror säkert på att järnet är adsorberat till partiklar, (Nittelva transporterar mycket lera) som filtrenats bort före växtförsöken.

I vattenledningsvattnet är järnhalten c:a 0,3 mg/l vilket, om allt järn vore tillgängligt för algerna, ej skulle begränsa växten. Även här visar emellertid tillsatsförsöken att järn är begränsande faktor. Förmodligen utgjorde en del av den fällning, som fanns uppslammad i ledningsvattnet av järnhydroxid, som givit utslag i analysen. De tillskott av järn, som erhållits vid inblandningen av renat avloppsvatten är tämligen litet enligt analysen, men resulterar ändå i att järnet upphör att vara begränsande faktor. Tillskottet sker alltså i form av löst järn, som kan utnyttjas av algerna.

Ca, Mg, K Kalcium, magnesium och kalium finns i båda recipienterna i tillräcklig mängd för att ej vara begränsande för algväxt. Dette stöds av resultaten från tillsatsförsöken. Avloppsvattnet innehåller högre koncentrationer av dessa ämnen än recipienterna, men reningsprocesserna har en viss inverkan även på innehållet av dem. Kemisk rening minskar halten av kalsium, magnesium och kalium i större utsträckning än mekanisk och biologisk rening. Det biologiskt renade avloppsvattnet tycks innehålla de största koncentrationerna av dessa ämnen.

Cl<sup>-</sup> Nittelva innehåller c:a 5 mg klorid/l, medan koncentrationen i ledningsvatten är c:a 2 mg/l. Tillsatsen av avloppsvatten ökar halten av klorid i recipienterna. Reningseffekten med avseende på klorid är störst vid kemisk rening.

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> Sulfathalten i älvvattnet är c:a 8 mg/l och i ledningsvattnet c:a 6 mg/l. Tillsats av biologiskt eller mekaniskt renat avloppsvatten ökar koncentrationen av sulfat något, medan kemiskt renat ger en betydligt kraftigare ökning. I 15% inblandning av kemiskt renat avloppsvatten uppgår sulfatinnehållet till c:a 16 mg/l. Variationerna i sulfatkoncentration antas inte ha någon inverkan på algväxten i dessa försök.

Tabell 5. KEMISKA PARAMETRAR FÖR DE UNDERSÖKTA VATTENTYPERNA

	Ej filtrerat				Filtrerat							
	Tot. P µg/l	Fe µg/l	lednings- förmåga Ω <sup>-1</sup> cm <sup>-1</sup> 10 <sup>6</sup>	pH	C.O.D. mg O/l	orto-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> µg P/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> µg N/l	Cl <sup>-</sup> mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	Mg	K	Ca
Nittelva	68	540	112,5	7,08	12	27	210	5,2	8,2	1,24	1,19	7,9
Nittelva + 15% mek.	810	650	124,0	7,28	27	550	180	8,4	10,6	1,56	2,57	9,5
Nittelva + 5% mek.	300	580	83,0	7,18	16	190	200	5,6	9,7	1,29	1,67	9,0
Nittelva + 15% kem.	160	546	110,0	7,15	15	36	180	7,4	15,8	1,45	2,39	8,9
Nittelva + 5% kem.		520	82,5	7,24	13	28	200	5,4	10,9	1,28	1,57	8,7
Nittelva + 15% biol.	790	506	105,0	7,01	15	700	3300	8,8	10,3	1,56	2,73	10,6
Nittelva + 5% biol.	330	590	76,0	7,08	14	230	1160	5,6	8,8	1,36	1,59	8,9
Ledningsvatten	16	370	43,0	6,76	13	2	160	2,1	5,9	0,73	0,36	5,6
Ledningsv. + 5% mek.	250	370	59,0	7,03	15	160	150	3,6	8,8	0,87	0,86	6,3
Ledningsv. + 1% mek.	70	330	46,0	6,88	12	28	160	2,4	8,6	0,74	0,46	5,6
Ledningsv. + 5% kem.	34		58,0	6,89	12	8	150	3,4	10,0	0,84	0,88	6,3
Ledningsv. + 1% kem.	24	320	44,0	6,85	12	2	160	2,4	9,1	0,74	0,49	5,7
Ledningsv. + 5% biol.	230	310	56,5	6,83	12	290	1070	3,6	8,5	0,83	0,93	6,2
Ledningsv. + 1% biol.	53	360	45,5	6,83	10	35	340	2,4	7,4	0,74	0,48	5,4

UNDERSÖKNING AV EUTROFIERINGEN I NITTELVA  
MED HJÄLP AV VÄXTFÖRSÖK

För att undersöka hur eutrofieringen i Nittelva påverkas av befolkningsfördelningen i älvdalen, har växtförsök gjorts i vatten från olika stationer i älven enligt den tidigare beskrivna metoden med *Selenastrum capricornutum* som försöksorganism.

BESKRIVNING AV VATTENDRAGET

Nittelva rinner upp från Harestuvannet 233 m över havet och går till en början fram över stenbotten. Se fig. 6. Mellan Harestuvannet och Elnes, som är den första provstationen, har älven mottagit avloppsvatten från c:a 100 personer. Efter Elnes börjar lera uppträda på botten. Vid station 2, Hakadal, har älven tillförts avlopp från ytterligare 300 personer, och före station 3, Glitre, belastas älven med avlopp från 1735 personer. Därefter är befolkningstätheten åter tämligen låg vid station 4, och 6. Mellan station 6, Rotnes och 7, Slattum, tillförs avlopp från 3885 personer och sedan ökar befolkningstätheten nedströms. Vid station 9, Lilleström, som ligger 103 m över havet, har älven totalt mottagit avlopp från en befolkning på 50320 personer. Största delen av detta tillförs mellan station 8 och 9, där 36175 personer bor.

Vattenföringen i Nittelva är under 260 dagar av året mindre än  $2\text{m}^3/\text{sek}$ . enligt mätningar vid Ström. Toppar i vattenföringen inträffar framförallt vid snösmältningen, då den kan uppgå till  $30\text{m}^3/\text{sek}$ .

RESULTAT AV VÄXTFÖRSÖK

Växtförsöken ger tydliga utslag i form av ökat cellantal där älven utnyttjas som recipient för hushållsavlopp. Se fig. 7! Topparna i cellutbyte verkar dock vara förskutna nedströms i förhållande till topparna på befolkningskurvan. Det stora tillskottet av avloppsvatten strax ovanför station 3, Glitre, ger alltså utslag i form av en topp på växtkurvan vid station 4, Åneby. Nedanför Åneby minskar cellantalet i växtförsöken vid station 5 och 6, där tillskottet av avloppsvattnet är litet. Vid station 7, Slattum, sker en kraftig ökning av eutrofieringen,

och denna ökning fortsätter sedan i takt med befolkningstätheten till station 9, Lilleström. I Lilleström innehöll vattnet vid provtagnings-tillfället stora mängder av en grönalg (*Pandorina* sp.) och man kan alltså räkna med att en stor del av växtnäringsämnen vid station 9 redan utnyttjats för algväxt. Om provtagningen skett vid ett annat tillfälle, skulle antagligen cellutbytet blivit betydligt högre vid växtförsöket.

#### RESULTAT AV TILLSATSFÖRSÖK

Tillsatsförsök för undersökning av begränsande faktorer utfördes på filtrerade vattenprov från växtförsökskulturerna, sedan algväxten avstannat. Vid samtliga stationer behövdes tillsats av både nitrat och fosfat för att stimulera algväxt. Vid stationerna 1 - 6 fordrades dessutom tillsats av järn för att någon märkbar växt skulle uppträda. Järn tillsammans med nitrat och fosfat gav också kraftigare växt i vatten från station 7, 8 och 9 än tillsats av bara nitrat och fosfat. Nitrat och fosfat tycks alltså förekomma i ett sådant förhållande att båda är lika viktiga begränsande faktorer i Nittelva. Järnets betydelse som begränsande faktor vid dessa försök är antagligen förorsakad av filtreringen, som avlägsnat lerpartiklarna med dess adsorberade järn. Ett tillsatsförsök med ofiltrerat vatten gav inte tillsatsen av järn upphov till någon ökad algväxt.

#### KEMISKA DATA

Resultaten av de kemiska analyserna från stationerna 1 - 9 redovisas i tabell 6. Kurvor för fosfat- och nitratkoncentrationernas variationer längs älven från station 1 till station 8 har också inritats i fig. 7.

#### JÄMFÖRELSE MED FÖRSÖK MED AVLOPPSVATTEN

Det material, som här föreligger om Nittelva är ej av tillräcklig omfattning för att ligga till grund för direkta jämförelser med de resultat, som erhöles vid växtförsöken med Nittelva som recipient för kända mängder avloppsvatten. En uppfattning om hur stor belastningen av avloppsvatten vid de olika stationerna är kan man dock få genom att antaga att 250 liter avloppsvatten/person och dygn tillförs älven. Reningen är

Tabell 6. PROVSERIE NITTELVA 8.9. 1971

STATION	Tot. P µg/l	orto-PO <sub>4</sub> <sup>3-x</sup> µg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-x</sup> µg/l	Cl <sup>-x</sup> mg/l	Lednings- förmåga Ω <sup>-1</sup> cm <sup>-1</sup> 10 <sup>6</sup>	PH	C.O.D. mg O/l
1. Elnes	7	2	10	1,8	51,1	7,25	<10
2. Hakadal	7	3	10	1,6	47,5	7,11	<10
3. Glitre	28	23	40	2,0	48,0	7,24	<10
4. Åneby	25	14	50	1,8	46,5	7,14	<10
5. Strom	37	20	70	2,0	50,5	7,41	<10
6. Rotnes	25	12	60	2,0	51,1	7,37	<10
7. Slattum	52	30	110	2,8	58,2	7,83	<10
8. Kjeller	65	26	160	4,2	68,5	7,28	14
9. Lillestrøm	1000	240	270	9,8	112,0	7,38	73

x) filtrerat vattenprov



huvudsakligen mekanisk. Vattenföringen i älven var vid provtagnings-tillfället av storleksordningen  $1,5 \text{ m}^3/\text{sek}$ . Med utgångspunkt från detta borde det erhållna cellutbytet vid växtförsöken bli större än det blivit om man jämför med resultaten av växtförsöken i mekaniskt renat avloppsvatten inblandat i Nittelva. Det är emellertid naturligt, att cellutbytet blir lägre än vad den teoretiskt beräknade inblandningen av avloppsvatten ger upphov till vid växtförsök. Man måste räkna med att en del av näringsämnenas sedimenterar eller utnyttjas av den naturliga algfloran i älven.

#### DISKUSSION

Växtförsök av den typ, som beskrivits i denna rapport tycks vara ett utmärkt hjälpmedel, när det gäller att utreda eutrofieringen i ett vattendrag. Framförallt vid planeringen av reningsverk bör växtförsök kunna användas för att få en jämförelse av vad olika typer av reningsmetoder kommer att få för inverkan på recipienten. Växtförsöken har ju också den stora fördelen att vara mycket instruktiva, särskilt när de kombineras med tillsatsförsök. I Sverige används också en liknande typ av växtförsök för kontroll funktionen vid reningsverk. (C. Forsberg, E. Høkenvall 1971)

Vid några av de metoder som utarbetats för växtförsök med alger används hastighetskonstanten för tillväxten som mått på produktionen i stället för det maximala cellutbytet. (E. A. Pearson Et. al. 1969). Hastighetskonstanten beräknas ur cellantalet vid två tillfällen. Med utgångspunkt från de här redovisade försöken verkar detta vara en mera osäker metod.

Hastigheten kan i media innehållande organiskt material vara beroende av hur snabbt närsalterna frigöres genom bakteriell nedbrytning. Vidare kan växthastigheten tänkas begränsas av  $\text{CO}_2$ -upptaget i vattnet eller variationer i temperatur och belysning. Som man kan se i figur 2, varierar också den tid som förflyter mellan ympningen och den exponentiella fasens början. Denna så kallade lag-fas längd påverkas bland annat av ympens storlek och algernas fysiologiska tillstånd. Det maximala cellantalet i kulturen påverkas emellertid inte i samma utsträckning av de nämnda faktorerna, utan endast av näringsinnehållet i mediet.

Den största bristen i metoden tycks vara att vattenprovet måste filtreras före växtförsöket, för att inte partiklar andra än algerna skall ge utslag vid cellräkningen. Vid filtreringen kan innehållet av växtnäringsämnen reduceras, särskilt om provet är rikt på organiskt material som t. ex. i mekaniskt renat avloppsvatten. I Nittelva påverkas järninnehållet tydligen kraftigt genom filtreringen, antagligen genom att lerpartiklarna avskiljs.

När det gäller undersökningar av vattendrag som Nittelva med många utsläppspunkter för avloppsvatten, är det svårt att få en rättvisande bild av trofigraden genom att ta prover vid endast en tidpunkt. Små utsläpp i närheten av provtagningsplatsen kan tillfälligt ge oproportionerligt stora utslag vid växtförsöken. Lämpligare vore att använda blandprov från flera provtagningar och även variera platsen för provtagning något vid stationerna, så att hela flodens bredd blir representerad. Det vore också önskvärt, om man kunde ta hänsyn till den naturliga algproduktionen i vattendraget på något sätt och addera den till resultatet av växtförsöken.

#### SAMMANFATTNING

Mekaniskt, biologiskt och kemiskt renat avloppsvatten har jämförts med avseende på den eutrofiering de åstadkommer i olika sötvattensrecipienter. För att få ett mått på detta har växtförsök med grönalgen *Selenastrum capricornutum* använts. Recipienter vid försöken har varit en älv, Nittelva och vattenledningsvatten. Begränsande faktorer för algväxt har bestämts genom att observera hur växten i växtförsök påverkats av tillsatser av olika näringsämnen. Kemiska analyser har gjorts på de blandningar, som använts vid växtförsöken.

Vid växtförsöken framkom att mekaniskt och biologiskt renat avloppsvatten förorsakade ungefär samma eutrofiering av recipienterna, medan kemiskt renat åstadkom en betydligt lägre stimulering av algväxten. Förhållandet biologiskt och mekaniskt/kemiskt är ungefär 5/1, när det gäller recipienten Nittelva. I den andre recipienten, ledningsvatten blir cellutbytet genomgående lägre än i älvvattnet. Störst är skillnaden för kemiskt renat avloppsvatten, som medför betydligt mindre cellväxt i ledningsvatten än i älvvatten.

Växtförsök i vatten från olika stationer i Nittelva visar ett klart samband mellan befolkningsfördelningen utefter älven och den resulterande eutrofieringen av vattnet. I Nittelva är fosfat och nitrat lika viktiga som begränsande faktorer.

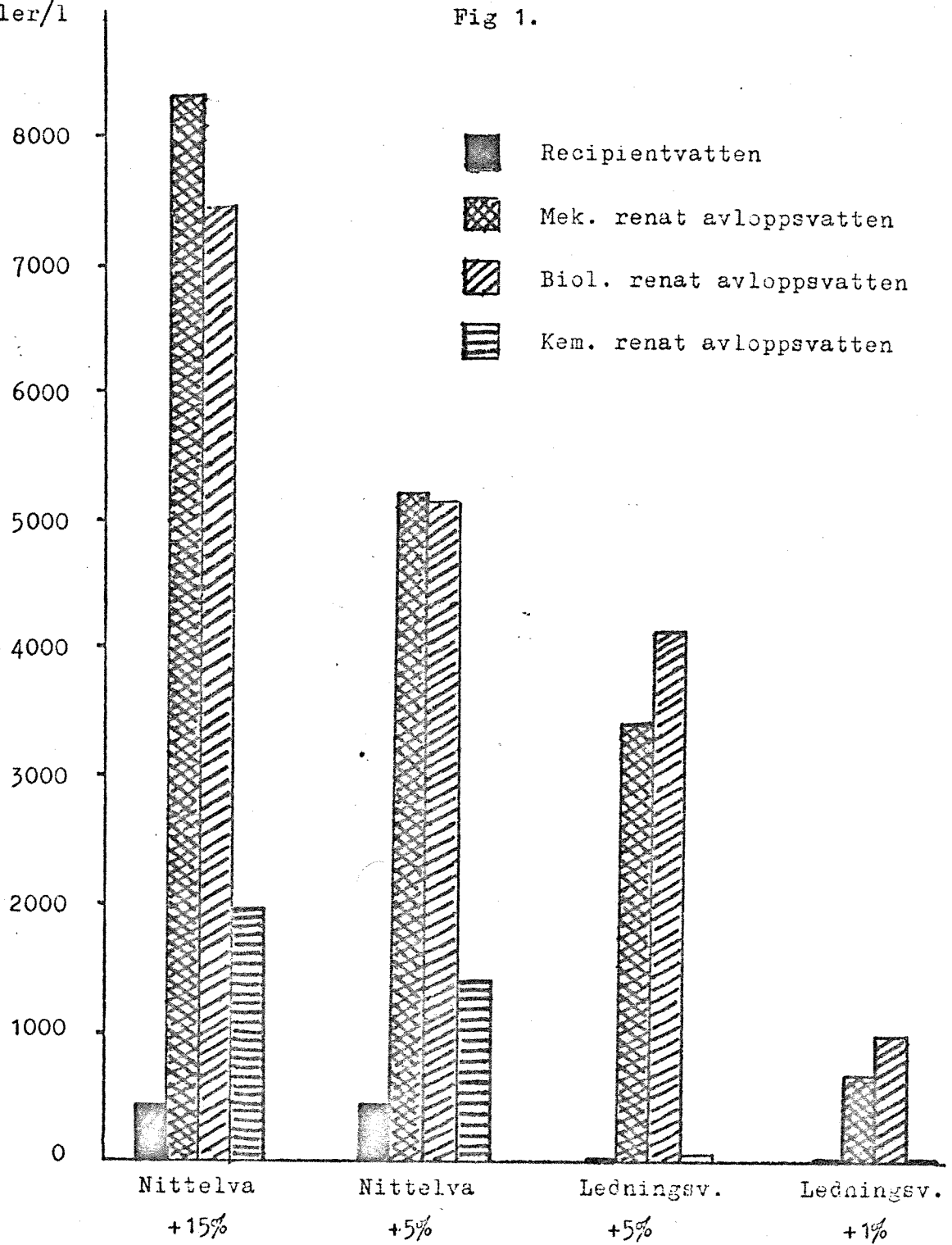
Med utgångspunkt från dessa resultat tycks enda möjligheten att förhindra den ökande eutrofieringen av Nittelva och sjön Öyern i vilken Nittelva rinner ut vara att tillämpa kemisk rening på hushållsavloppet från bebyggelsen utefter älven.

REFERENSER

- AHL T. KARLIGREN L. OLSON E. och TULLANDER V. Hushållsavloppsvattnet - en undersökning av sammansättning och egenskaper. Vatten 3, 1967.
- FORSBERG C. HÖKERVALL E. Algodlingstest för kontroll av utgående avloppsvatten från Stockholms reningsverk. Vatten 1, 1971.
- LEWIN R. A. Physiology and biochemistry of algae. Academic press New York 1962.
- MILJÖVÅRDSFORSKNING. Statens offentliga utredningar, Stockholm 1967.
- HOLM-HANSEN O. Environmental and nutritional requirements for algae. Proceedings of the Eutrophication-Biostimulation Assessment Work-shop. Berkley California 1969.
- OSWALD W. J. GAONKAR S. A. Batch essays for determination of algal growth potential. Proceedings of the Eutrophication-Biostimulation Assessment Work-shop. Berkley California 1969.
- PEARSON E. A. et al. Kinetic assessments of algal growth. Proceedings of the Eutrophication-Biostimulation Assessment Work-shop. Berkley California 1969.
- SKULBERG O. Algal cultures as a means to assess the fertilizing influence of pollution. Water Pollution Control Federation, Washington, D. C. 1966.
- SKULBERG O. The importance of algal cultures for the assessment of the eutrophication of the Oslofjord. Helgoländer Wiss. Meeresunters. 20, 1970.
- SKULBERG O. Studies on the eutrophication of some Norwegian inland waters. Mitt. Internat. Verein. Limnol. 14, 1968.

n 10<sup>6</sup>  
celler/l

Fig 1.



n 10<sup>6</sup>  
cellier/l

Fig 2

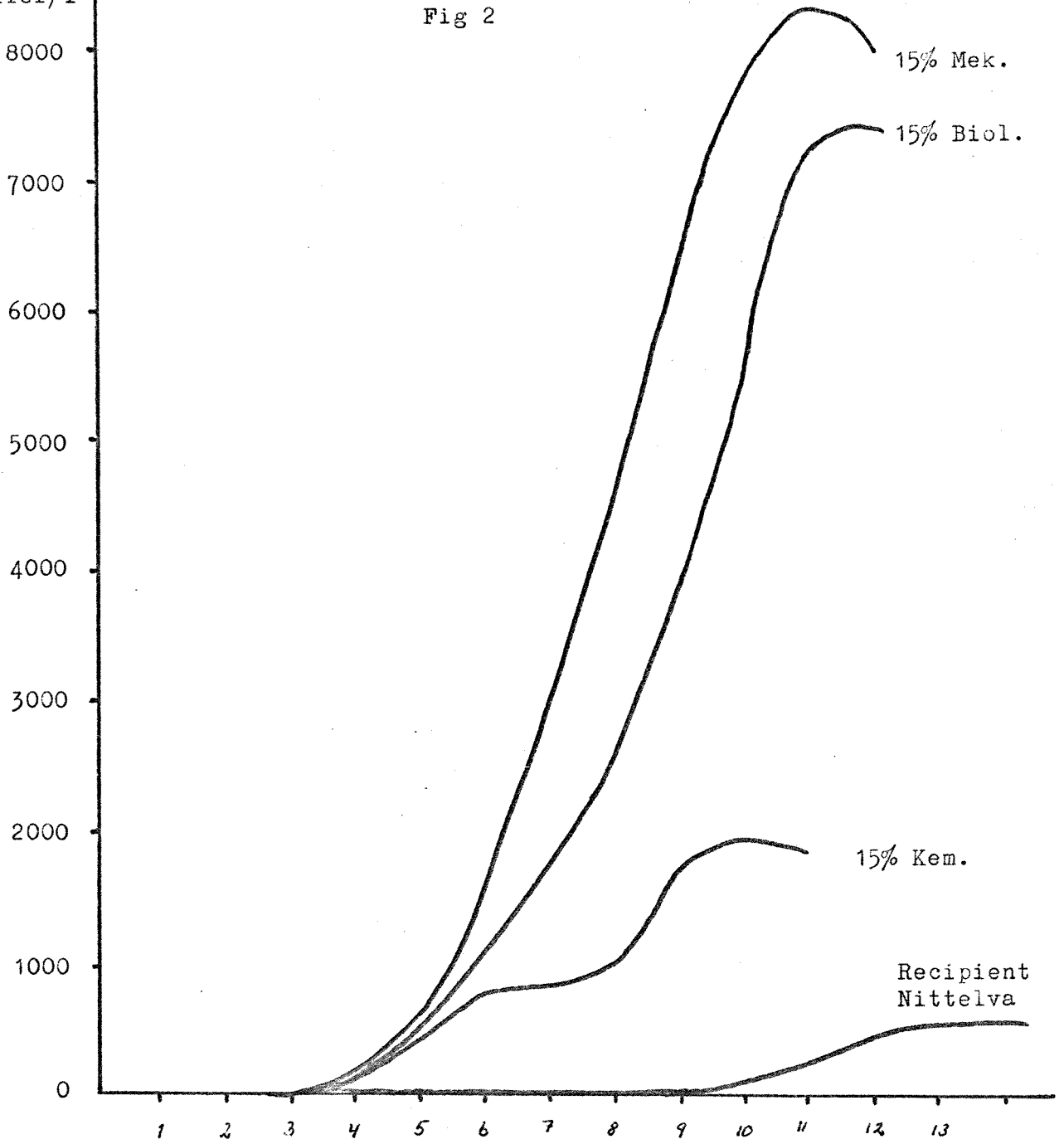
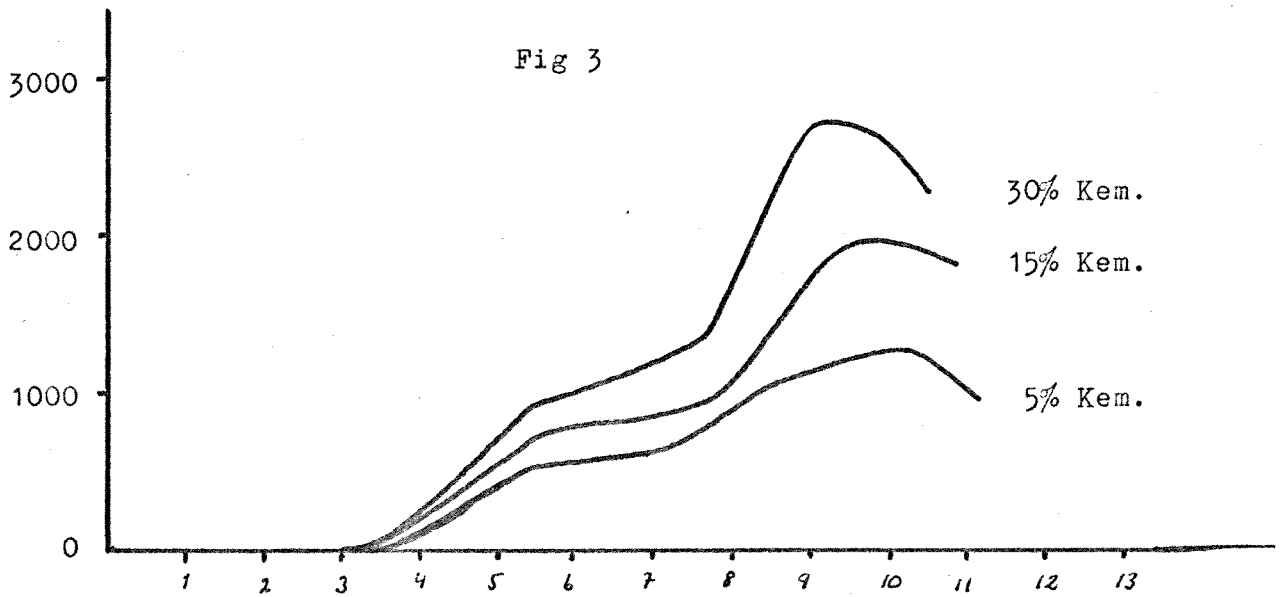


Fig 3



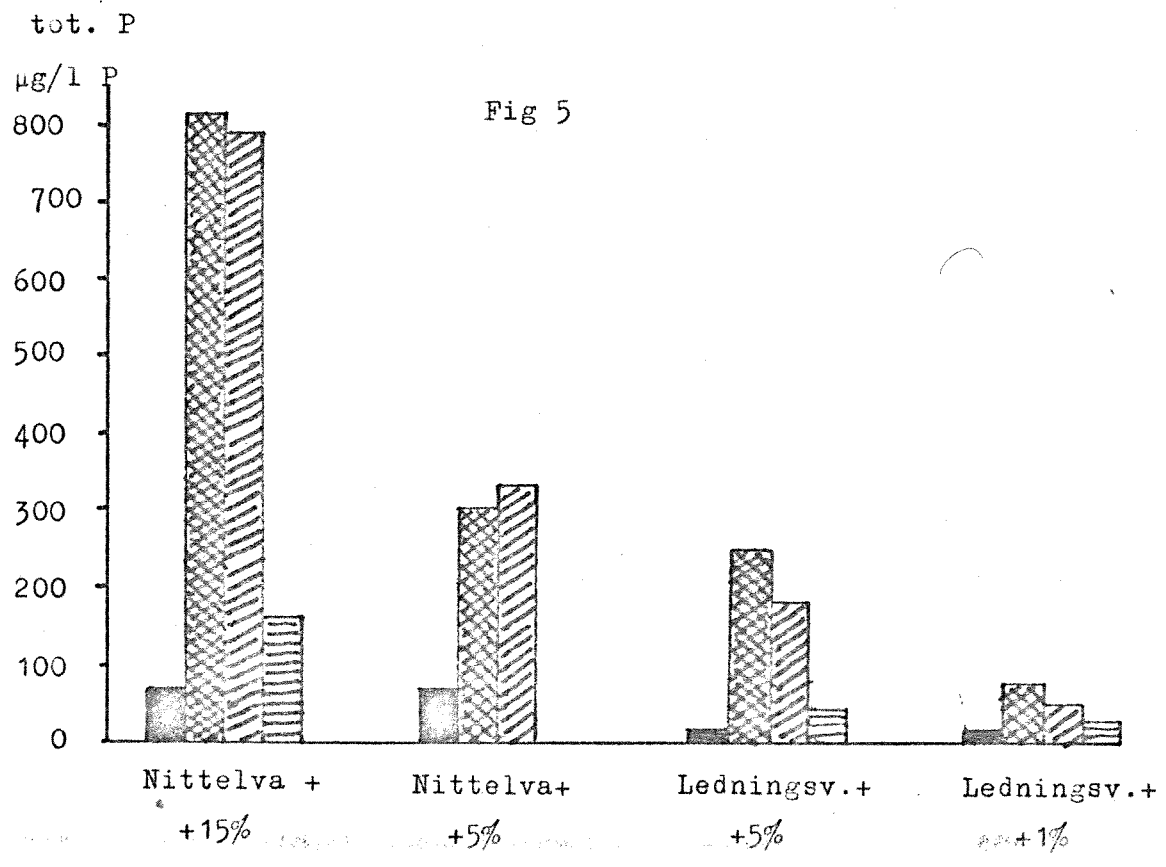
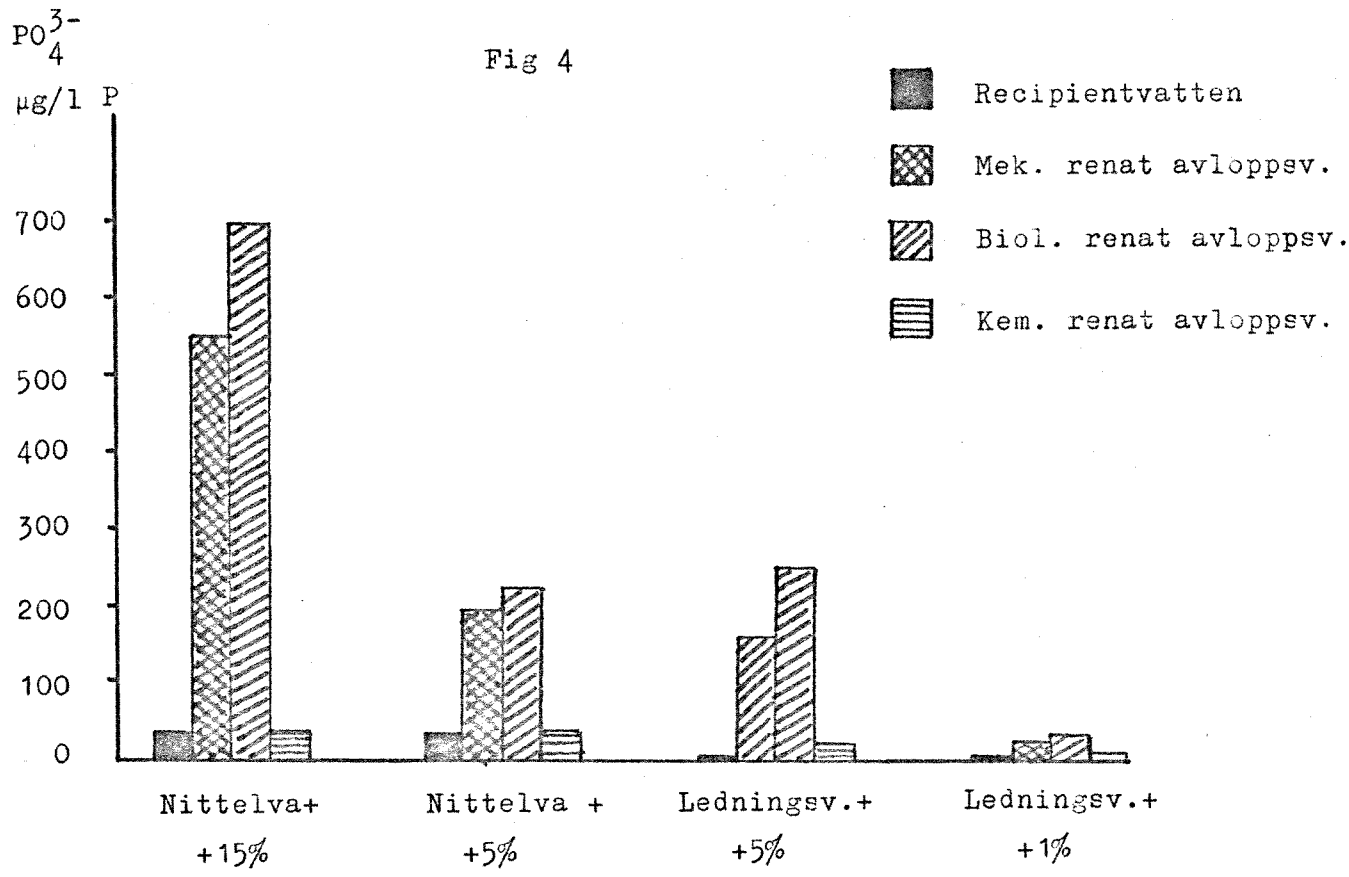
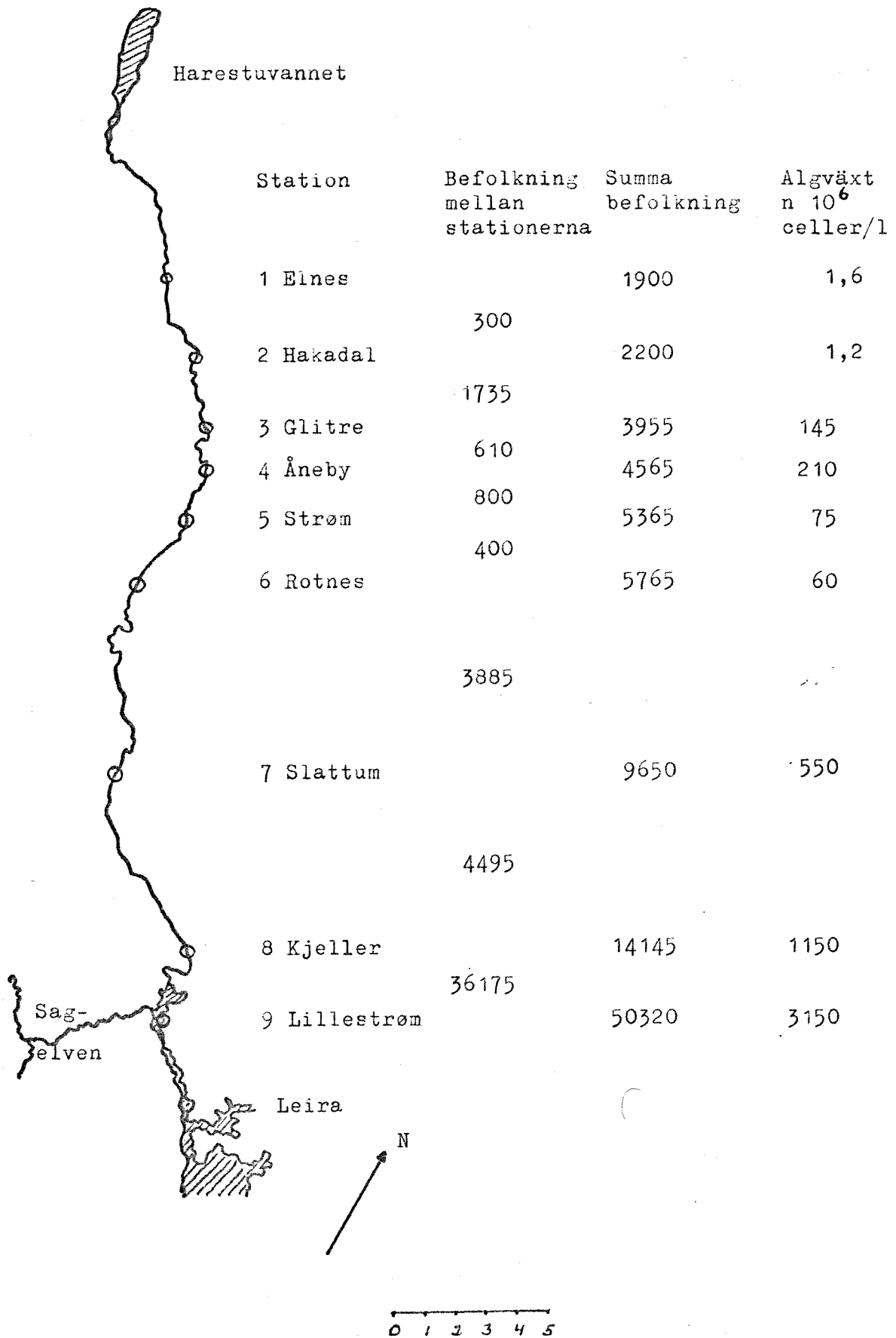


Fig. 6 N I T T E L V A



Befolkningssiffrorna gäller för 1. 1. 1971



fig. 7

