

MONISTESARJA

1977:3

Pertti Vakkilainen

**TUTKIMUS TJUSTRÄSKIIN KEVÄTTUL-
VAN 1977 AIKANA TAPAHTUNEESTA
SEDIMENTAATIOSTA**

**TEKNILLINEN KORKEAKOULU
VESITALOUDEN LABORATORIO
OTANIEMI**

SISÄLLYS

1. Tutkimusalue
2. Tutkimuksen tavoitteet ja suoritustapa
3. Sedimentoituminen purkkikokeiden perusteella
 - 3.1 Analyysimenetelmät
 - 3.2 Tulokset
4. Sedimentoituminen vesianalyysien perusteella
 - 4.1 Vesianalyysimenetelmät
 - 4.2 Tulokset
 - 4.3 Virhetarkastelu
5. Yhteenveto

1. Tutkimusalue

Tjusträsk (kuva 1) on Siuntionjoen vesistön päähaaran järvi. Sen valuma-alue on $408,8 \text{ km}^2$, ala $1,26 \text{ km}^2$ ja tilavuus $5,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Järven suurin syvyys on 9,8 m ja keskisyvyys 4,2 m. Keskitulovirtaama on $4,4 \text{ m}^3/\text{s}$ ja keskiviipymä 15 vrk. Järven oma valuma-alue on pieni, mutta tämän tutkimuksen kannalta sikäli merkityksellinen, että siitä suuri osa on hapahkoa peltoaluetta, jotta etenkin typpi-huhtoutumat saattavat olla merkityksellisiä.

2. Tutkimuksen tavoitteet ja suoritustapa

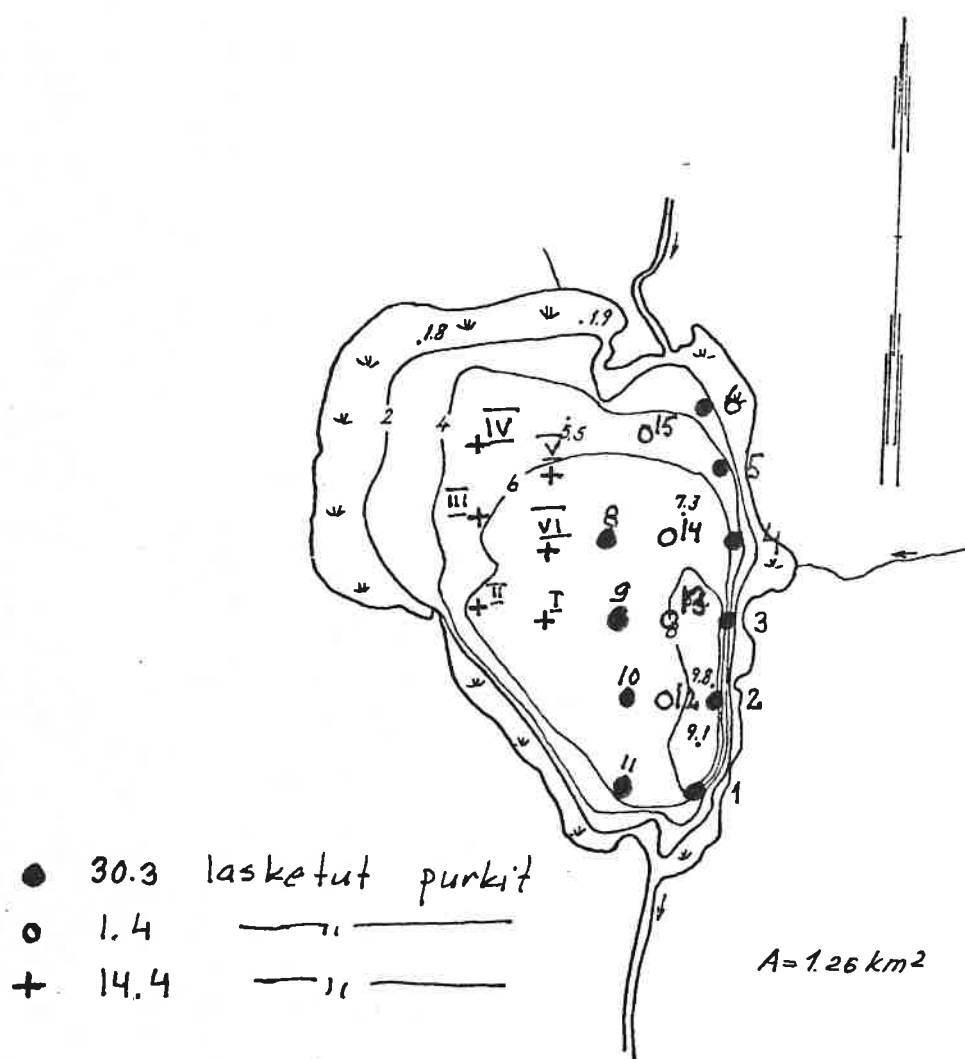
Siuntionjoen vesistön Tjusträskissä kevättulvien 1976-77 aikana suoritetuilla sedimentaatio selvityksillä pyrittiin

1. kartoittamaan jokivirtauksen leviämistä jääpeitteen alla ja
2. selvittämään sedimentaation määrää

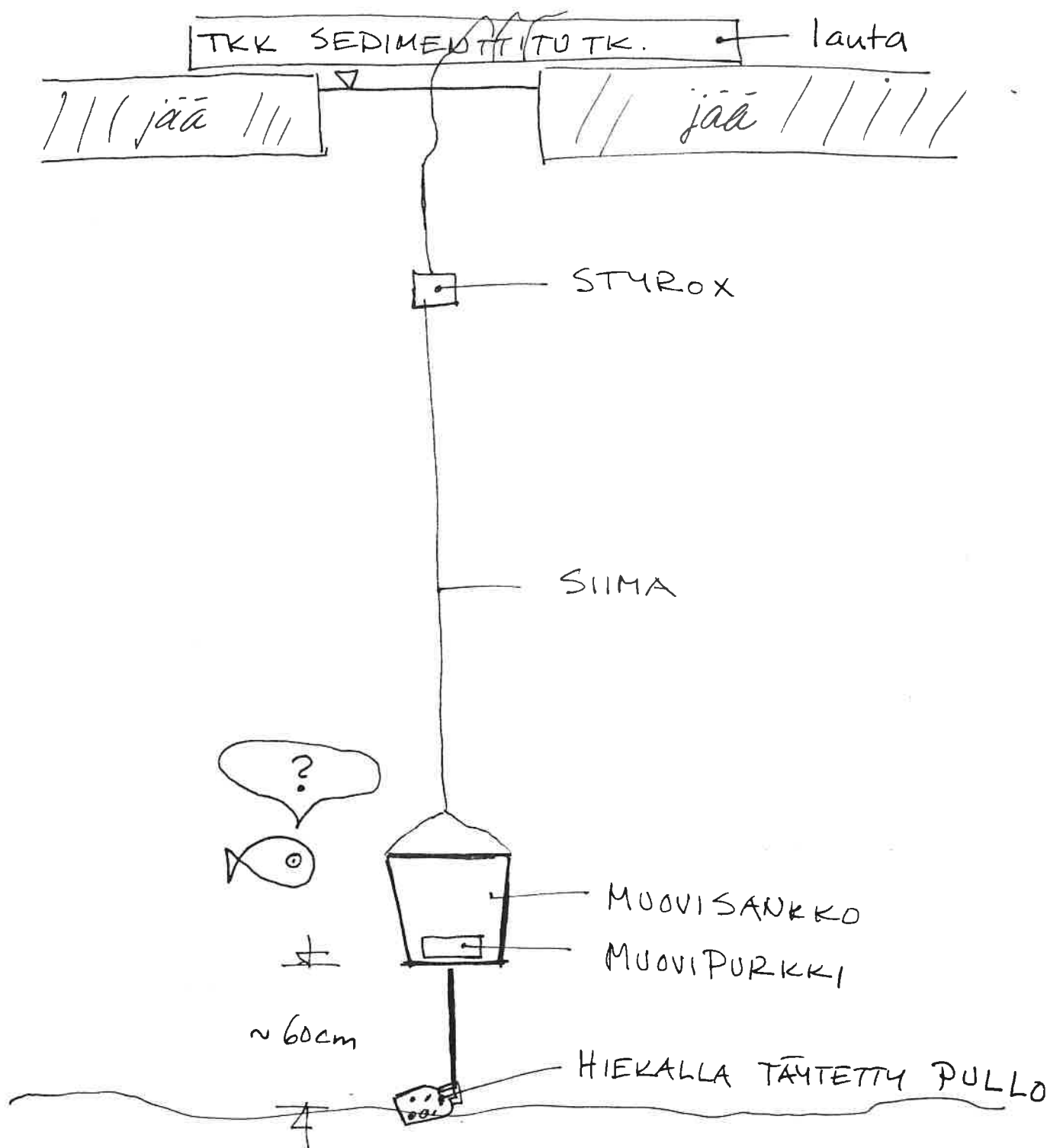
Koetoiminta aloitettiin huhtikuun 6. päivänä 1976, jolloin Tjusträskin pohjaan laskettiin avannoista muovisangoissa muovipurkkeja kaikkiaan 20 kappaletta. Sangoista lähtevien siimojen päähän sidottiin merkiksi kelluvaa keltaista narua, jotta purkit jäiden lähdettyä voitaisiin löytää. Tämä ratkaisu osoittautui epäonnistuneeksi, sillä jäiden lähdettyä ei ainoatakaan purkkia löydetty.

Keväällä 1977 purkit asetettiin järveen maaliskuun 31 ja huhtikuun 2 päivänä kuvassa 1 esitettyihin kohtiin kuvan 2 esittämällä tavalla. Purkkien pohjan pinta-ala oli 129.69 cm^2 . Purkit vaihdettiin jäältä käsin huhtikuun 14 päivänä jolloin purkkeja asetettiin myös järven länsiosaan (kuva 1). Näiden purkkien pohjan pinta-ala oli 66.4 cm^2 . Vaihto pyrittiin suorittamaan vielä huhtikuun 21 päivänä, mutta tällöin jäät eivät enää kantaneet. Jäitten lähdettyä löydettiin ainoastaan viisi purkkia, jotka nekin olivat liikkuneet alkuperäisiltä paikoiltaan (kuva 3). Näistä saatavaan informaatioon onkin tästä syystä suhtauduttava erittäin varauksellisesti.

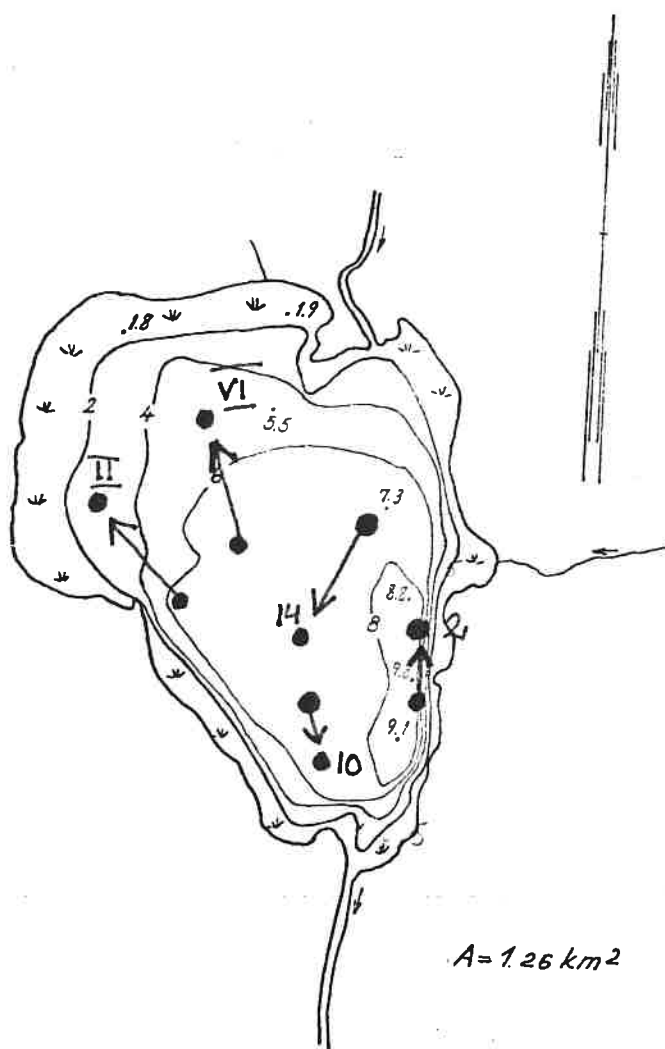
Purkkikokeiden ohella selvitettiin sedimentaatiota kevättulvan aikana järveen tulevasta ja siitä lähtevästä joesta otettujen näytteiden avulla. Näytteitä otettiin 20.3-30.5 välisenä aikana 18 päivänä, siis verrattain usein. Mainittu jakso tulkittiin tulva-ajaksi sillä perusteella,



Kuva 1. Sedimenttipurkkien paikat



Kuva 2. Sedimenttipurkkien asennus järveen



Kuva 3. Sedimenttipurkkien paikat 28.4.

että tuolloin virtaama oli keskivirtaamaa suurempi. Järven luusuassa on hydrologian toimiston virtaaman mittauspaikka (pohjapaalu), josta on saatu lähtevän virtaaman arvot. Tulovirtaama-arvot on laskettu palautuslaskelmilla. Virtaamien kulku kevään 1977 aikana käy ilmi kuvasta 4.

Purkkeihin kertyneen aineksen koostumus oli tarkoitus analyysien selvittää Helsingin yliopiston limnologian laitoksen toimesta, jonne purkit toimitettiin. Väärinkäsityksestä johtuen siellä analysoitiin ainoastaan 28.4 löytyneet sedimenttinäytteet ja niistäkin jäivät fosforimääritykset tekemättä. Muut purkit noudettiin vesitalouden laboratorioon takaisin maaliskuun alussa 1978 ja analysoitiin siellä. Limnologian laitoksella purkeista määritettiin sedimentin kuiva-aine-, kokonaistyyppi-, ja hiilimäärät. Vesitalouden laboratoriossa selvitetiin purkeista sedimentin paksuus, haihdutusjäännös, hehkutusjäännös, kokonaisfosfori ja purkissa olevan veden ortofosfaattipitoisuus.

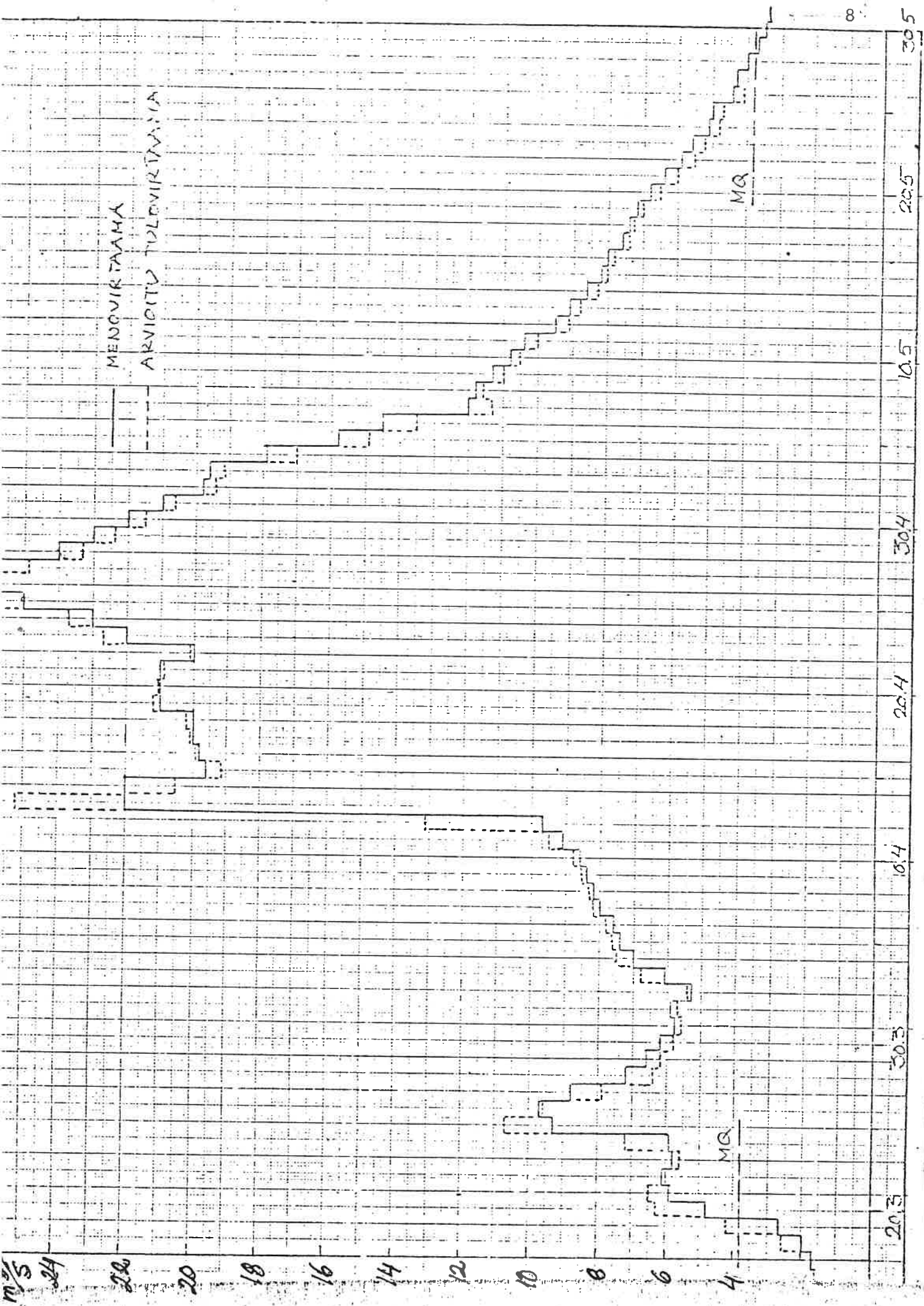
3. Sedimentoituminen purkkikokeiden perusteella

3.1 Analyysimenetelmät

Maastosta tuodut purkit säilytettiin pimeässä +4 °C:n lämpötilassa. Limnologian laitoksella määritettiin 28.4 löytyneistä näytteistä kuivapaino, hiili ja typpi. Kuivapainon määrittämiseksi näytteet, joista vesi oli dekantoitu pois, kuivattiin +105 °C:ssa ja punnittiin (haihdutusjäännös). Hiili ja typpi määritettiin limnologian laitoksen hiili-typpi-vety-analyysaattorilla. Vesitalouden laboratoriossa määritettiin 14.4 haetuista näytteistä sedimentin paksuus työntötulkilla useiden mittausten keskiarvona. Sedimentin päällä olevasta vedestä määritettiin ortofosfaattipitoisuus Koroleffin menetelmällä. Haihdutusjäännös määritettiin kuten edellä, hehkutusjäännöksen määrittämistä varten osa kuivatusta näytteestä hehkutettiin 550 °C:ssa, jolloin orgaaninen aines paloi pois. Osa kuivatusta näytteestä uutettiin tiettyyn vesimäärään, jonka fosforipitoisuus määrättiin standardiehdotuksen INSTA-VH23 mukaisesti.

3.2 Tulokset

Analyysitulokset on esitetty taulukossa 1 (sedimentaatio ajalla 31.3-14.4) ja taulukossa 2 (sedimentaatio ajalla 14.4-28.4). Kuvassa 5 on tulosten perusteella hahmotettu sedimentin paksuuden kasvu ajalla 30.3-14.4 ja kuvassa 6 vastaavasti sedimentoitunut kokonaisfosfori.



Kuva 4. Tjusträskin tulo- ja menovirtaama keväällä 1977

TAULUKKO 1. SEDIMENTAATIO TUTKIMUS KEVÄLLÄ 1977 TJUSTRÄSKISSÄ: ANALYYSITULOKSIA

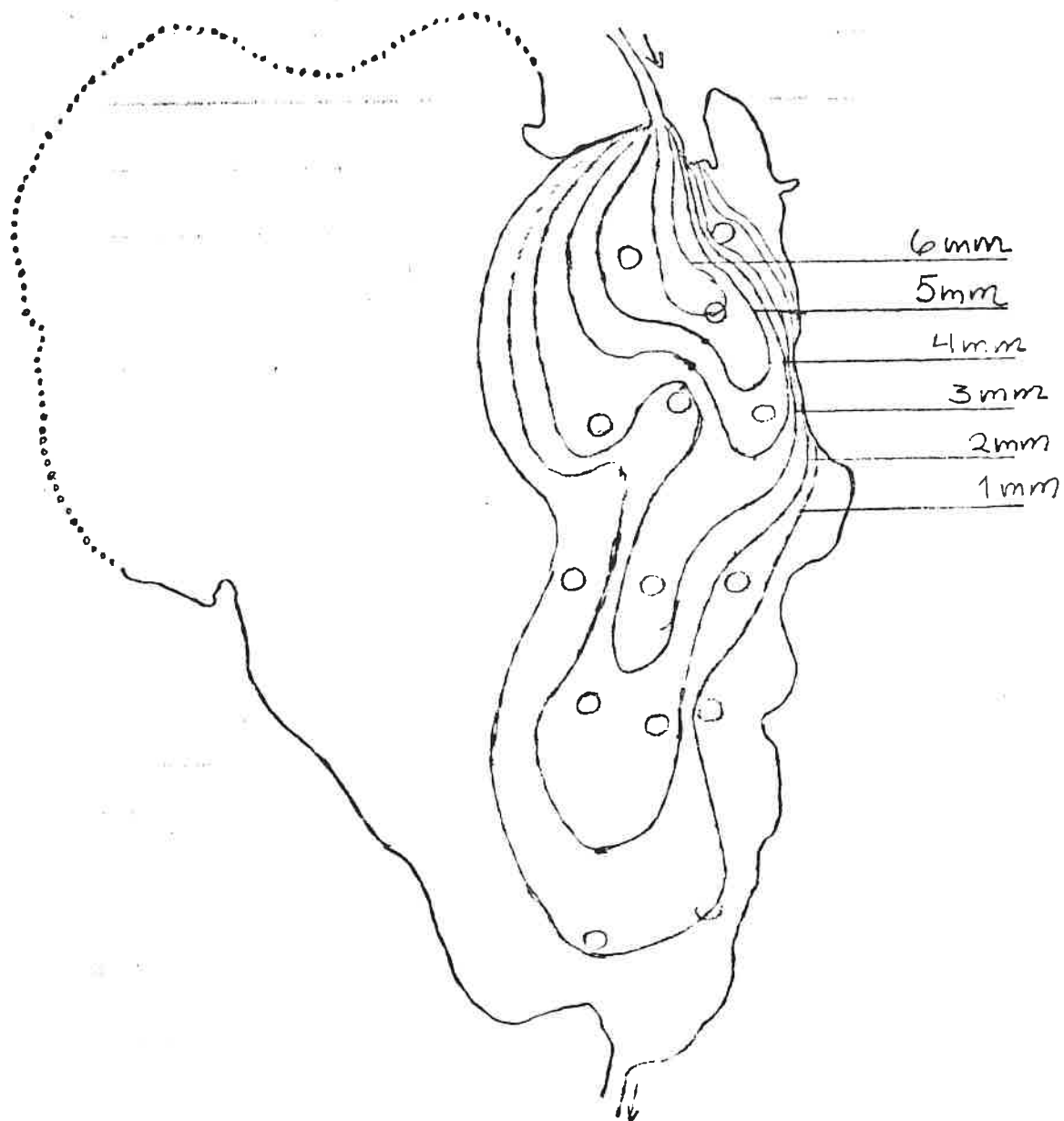
NÄYTE	AIKA	VESI-NÄYTE (mm)	ORTO-P/ VESI (µg/l)	SED. PAKS. (mm)	HAIHD: JÄÄNN. (g)	HEHK. JÄÄNN. (g)	HEHK. HÄVIÖ (g)	KOK-P/ NÄYTE (mg)	KOK-P/ ALA (kg/ha)
13	2.4-14.4	35	15	5.8	22.848	20.994	1.904	22.58	17.4
14	2.4-14.4	47.5	39	2.5	7.917	7.282	0.635	7.89	6.0
13	2.4-14.4	29.5	45	3.3	11.994	11.130	0.864	10.82	8.3
12	2.4-14.4	31.5	42	2.2	6.538	6.079	0.459	5.89	4.5
8	31.3-14.4	32	32	3.2	6.529	5.905	0.624	7.56	5.8
9	31.3-14.4	24	54	1.3	3.744	3.477	0.267	4.02	3.1
10	31.3-14.4	34.5	13	2.7	8.686	8.060	0.626	8.04	6.1
11	31.3-14.4	23.5	46	1.1	4.334	4.039	0.295	4.02	3.1
6	31.3-14.4	45	32	2.5	-	-	-	-	-
5	31.3-14.4	32	37	6.0	25.597	23.713	1.884	20.63	15.9
4	31.3-14.4	37.5	22	4.7	19.735	18.309	1.426	18.51	14.2
3	31.3-14.4	35	25	1.7	7.326	6.816	0.510	6.43	5.0
2	31.3-14.4	35.5	14	0.9	2.213	2.048	0.165	2.40	1.9
1	31.3-14.4	34	17	1.0	2.968	2.779	0.189	3.07	2.4

Näytteenottoastian pohjan halkaisija oli $12.85^{+0.1}$ cm ... A= 129.69 cm^2

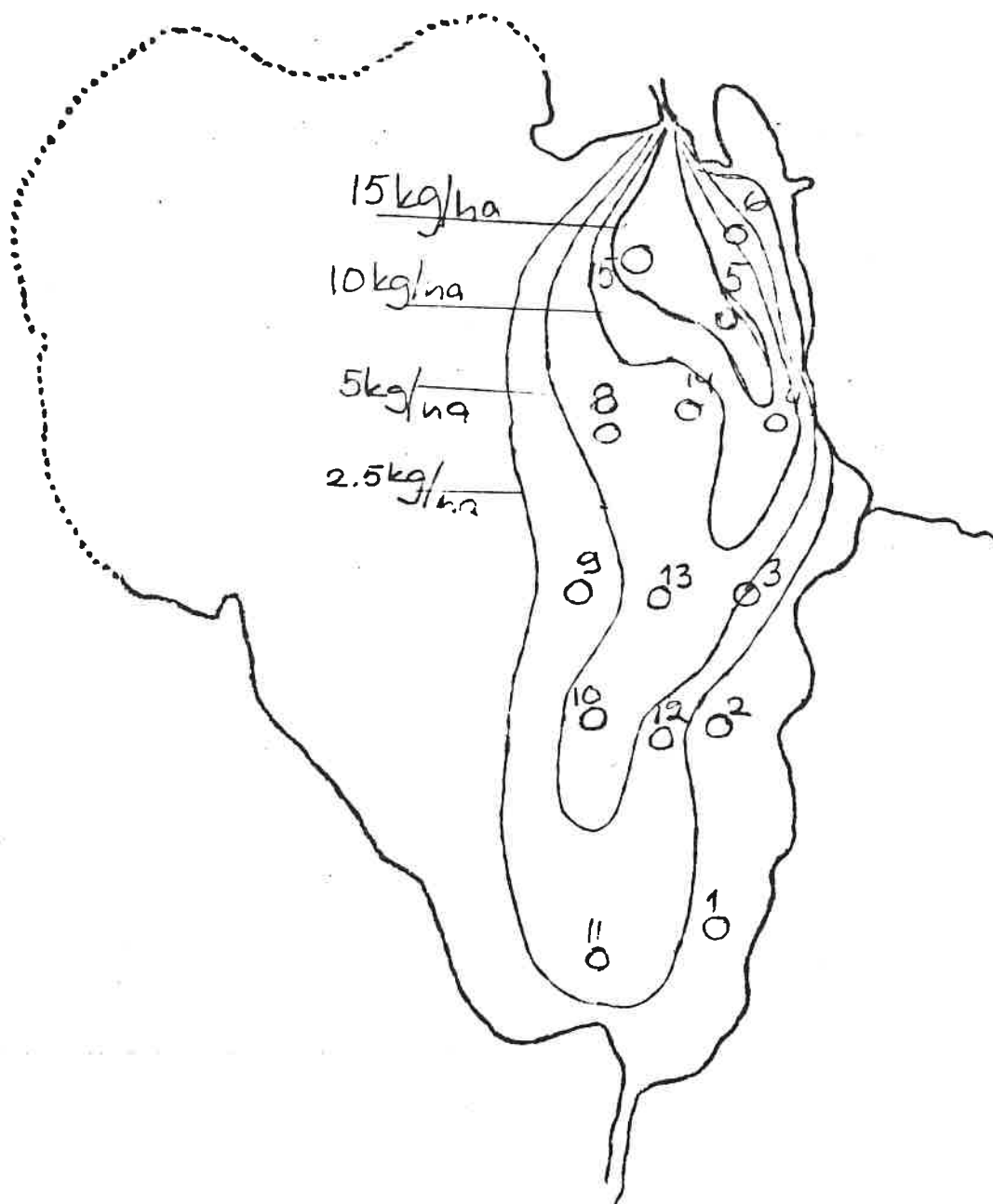
Taulukko 2. Sedimentaatiotutkimus keväällä 1977 Tjustträskissä:
analyysituloksia

Näyte	Kuiva-aine g	Kok.N mg	C mg
14	5.2	8.36	25.41
10	8.2	17.72	31.99
2	4.6	8.11	28.31
II	4.1	5.93	27.02
IV	3.1	5.28	28.75

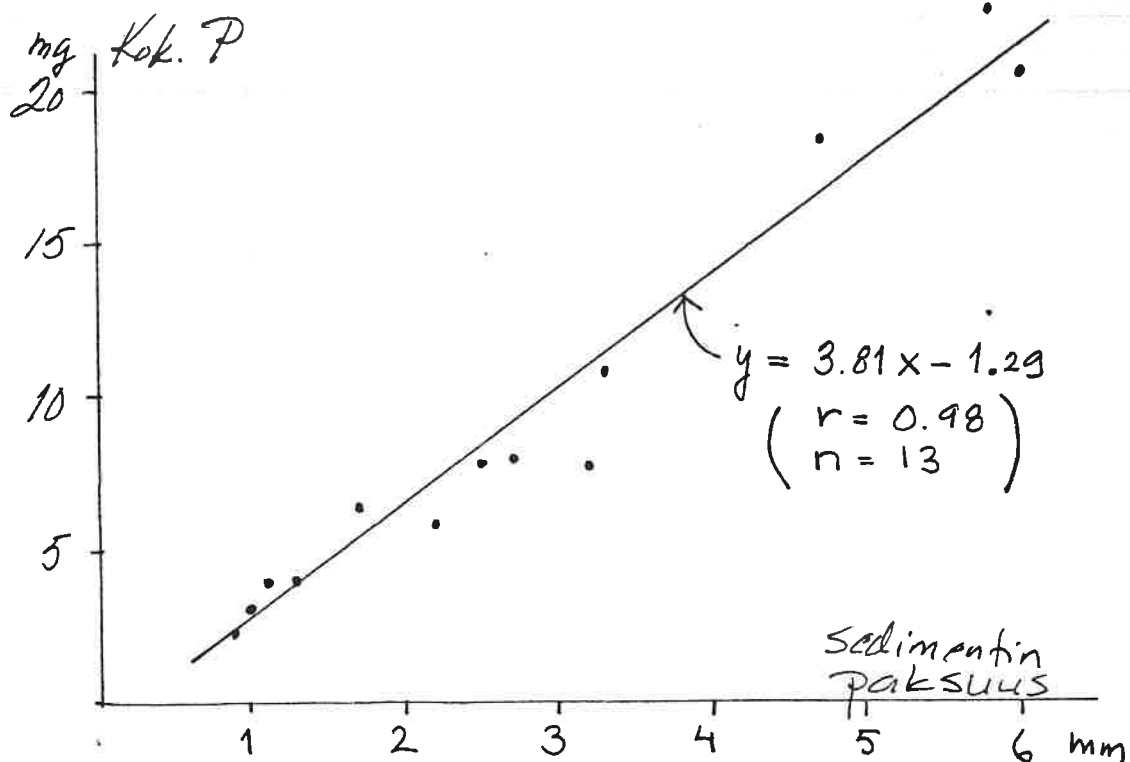
Näytteenottoastian halkaisija 9,2 cm, pohjan pinta-ala 66,4 cm²



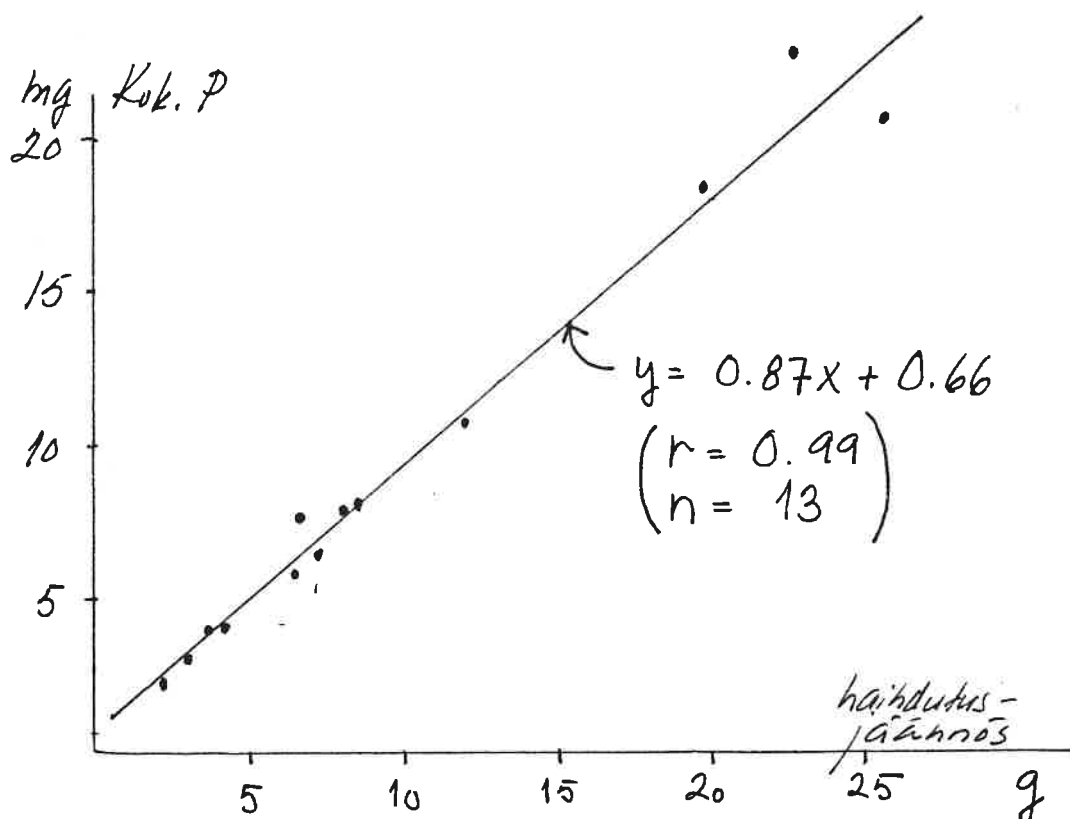
Kuva 5. Sedimentin paksuus purkeissa 14.4.



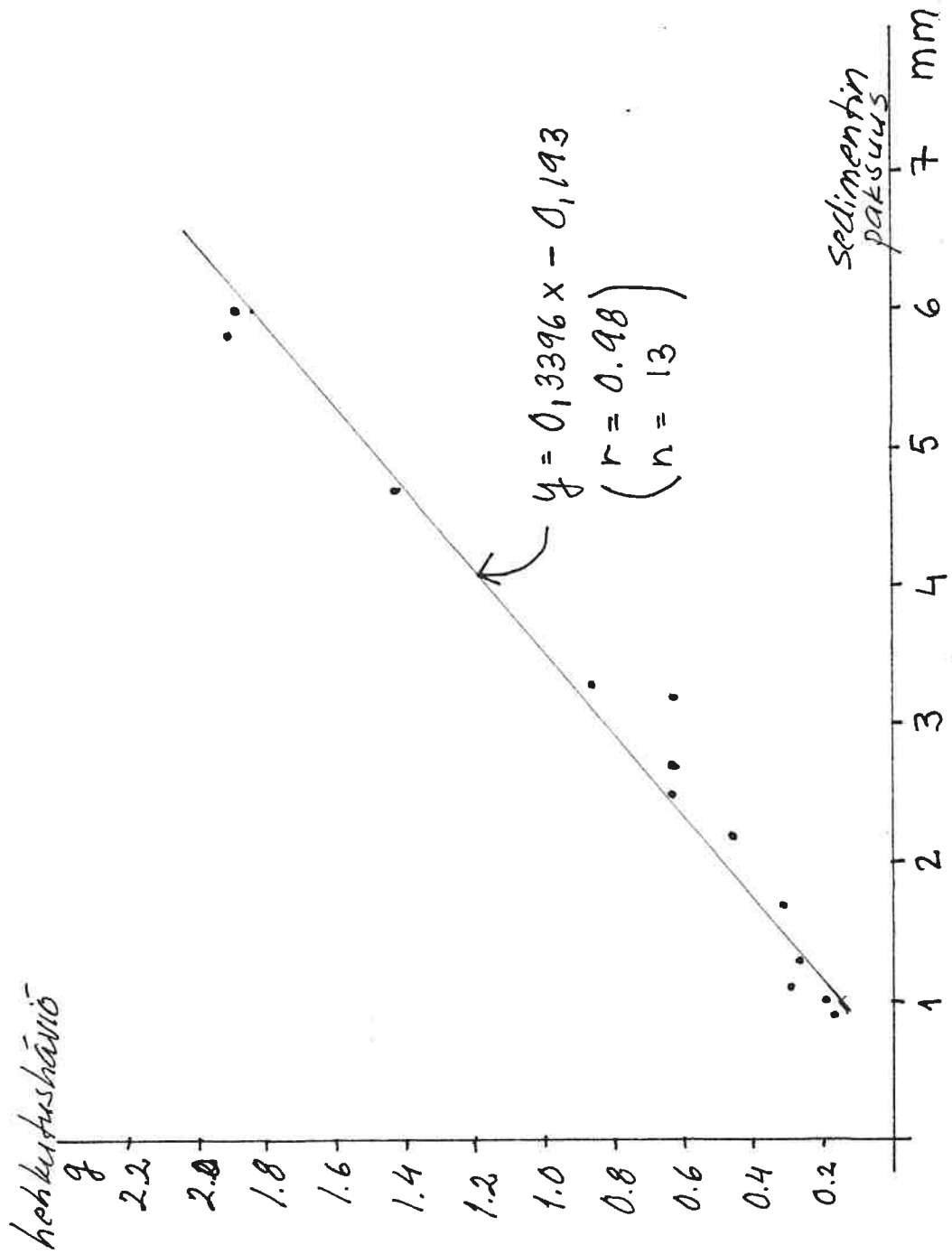
Kuva 6. Fosforin sedimentoituminen 30.3-14.4. purkki-
kokeen perusteella



Kuva 7. Kokonaisfosforin riippuvuus sedimentin paksuudesta



Kuva 8. Kokonaisfosforin ja haihdutusjäännöksen välinen riippuvuus



Kuva 9. Hehkutushäviön (orgaaninen aines) riippuvuus sedimentin paksuudesta

Kuvista 5 ja 6 havaitaan, että jokivirtaus vaikuttaa 0,5 km leveällä alueella. Sen, että alue on näinkin leveä, selittää suoraan järveen laskevan joen edessä oleva särkkä, joka kääntää osan virtauksesta lounaaseen.

Vesianalyysien ja virtaamatietojen perusteella voidaan arvioida, että aikavälillä 31.3-14.4 järveen tuleva fosforikuormitus on suuruusluokkaa 1500 kg. Purkkikokeiden perusteella vastaavana aikana sedimentoitui noin 400 kg eli noin 25 %. Kuiva-ainetta sedimentoitui noin 350 tn. Aikavälillä 14.4-28.4 sedimentoituneen kuiva-aineksen määrä oli suuruusluokkaa 1000 tn. Sedimentoituneen typen määrä oli noin 1,5 tn eli suhteellisen pieni, sillä vesianalyysien perusteella järveen tuleva typpikuormitus oli noin 70-80 tn.

Sedimentin koostumuksesta eri pisteissä voidaan tehdä päätelmiä kuvista 7, 8 ja 9. Havaitaan, että kokonaisfosforin, haihdutusjäännöksen, hehkutushäviön (=orgaaninen aines) ja sedimentin paksuuden välillä on likipitään lineaarinen riippuvaisuus, joskin sedimentin paksuuden ja hehkutushäviön välistä riippuvuutta paremmin kuvaaisi loivahko käyrä. Näin siitä huolimatta, että eteläosaan laskeutui selvästi hienompaa ainesta kuin pohjoisosaan. Rakeisuus oli arvioitava silmillä, sillä ainesmäärät olivat siksi pienet, ettei rakeisuusmäärittelyä voitu tehdä.

Mielenkiintoisin tuloksista on kuitenkin havainto, ettei sedimentin päällä olevaan veteen ollut liuennut sanottavasti fosforia, vaikka analysointia suoritettaessa lähes vuosi näytteiden otosta oli kulunut. Tämä tuntuisi viittaavan siihen, että fosfori on sitoutunut maarakeisiin siksi lujasti, ettei se hapettomissakaan olosuhteissa juuri liukene. Kun muistetaan, että maa-alueilta huuhtoutuvasta fosforista sitoutuneena on 60-80 %, on havainnoilla merkitystä eri kuormituslähteiden vesistövaikutuksia arvioitaessa.

4. Sedimentoituminen vesianalyysien perusteella

4.1 Vesianalyysimenetelmät

Tulevasta ja lähtevästä vedestä on analysoitu kokonaisfosfori, kokonaisytyppi ja kiintoaine.

Kokonaisfosfori on tehty standardiehdotuksen INSTA-VH 23 perusteella kaliumperoksidisulfaattihapetuksena. Kokonaistypen määrityksessä hapan näyte on pelkistetty Devardan metalliseoksella, jonka jälkeen Kjeldahl-poltto ja tislaukseen vesihöyryllä. Ammoniakkipitoisuus saadaan titraamalla. Kiintoaine on tehty standardin SFS 3037 mukaisesti. Suodattimena oli GF-C-lasikuitusuodatin, suodatusaikana 1 minuutti.

4.2 Tulokset

Tulevassa ja lähtevässä vedessä olleet pitoisuudet on esitetty kuvissa 10 ja 11.

Sedimentaatio lasketaan kaavasta

$$S = I - O - \frac{dm}{dt}$$

S = sedimentaatio

I = järveen tuleva ainemäärä

O = järvestä lähtevä ainemäärä

$\frac{dm}{dt}$ = ainemäärän muutos järvestä

Tekemättä suurta virhettä voidaan järven tilavuus V vakioksi. Tällöin

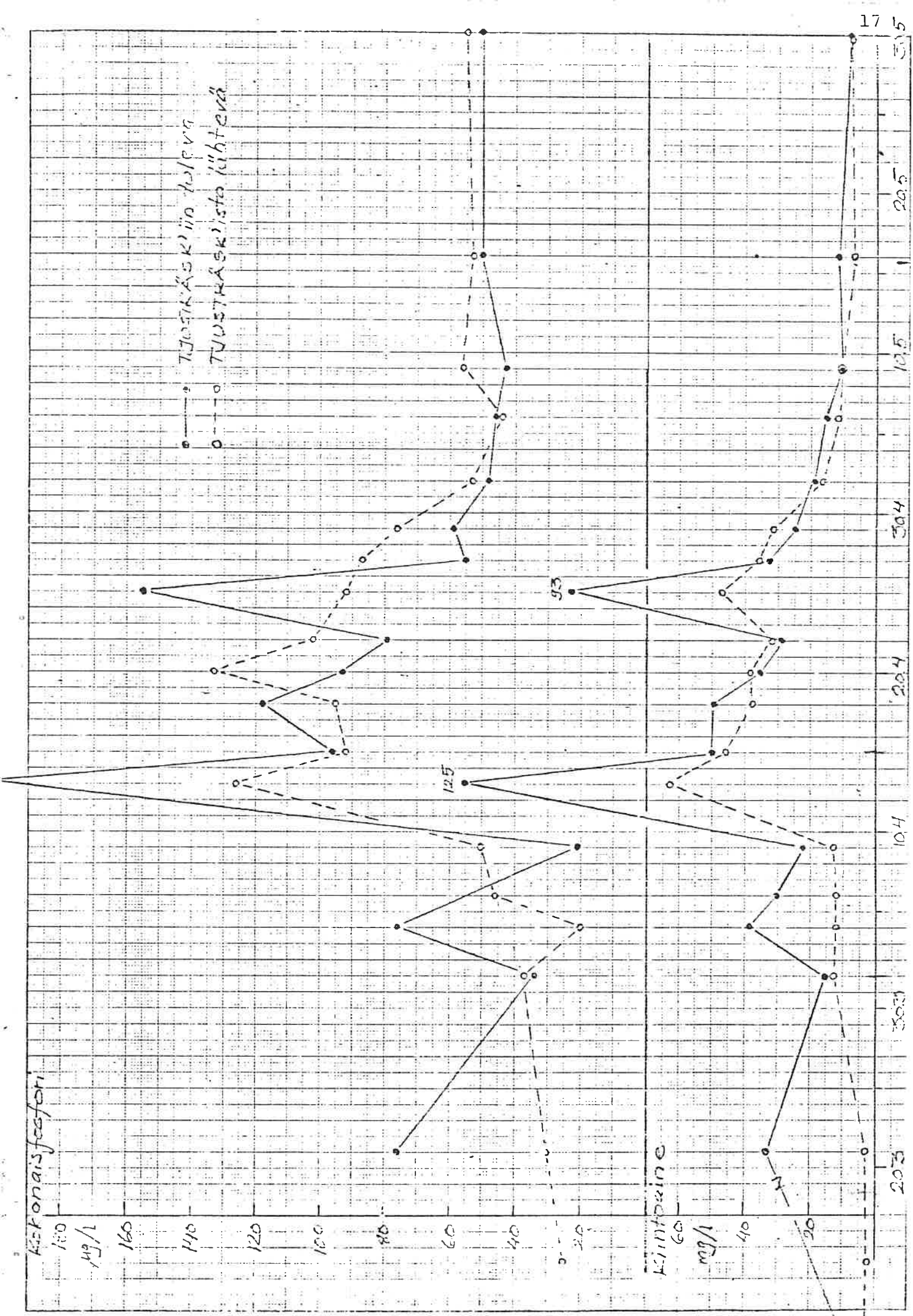
$$\frac{dm}{dt} \approx V \frac{\Delta c}{\Delta t}, \text{ missä}$$

$$\frac{\Delta c}{\Delta t} = \text{pitoisuuden muutos järvestä}$$

Koska järvestä ei ole analyysituloksia jakson alussa ja lopussa, on $\frac{\Delta c}{\Delta t}$ oletettu nolllaksi. Laskentajakson on valittu siten, ettei tulevan ja lähtevän veden pitoisuudessa ole jakson päissä sanottavaa eroa.

Järveen tulevat ja järvestä lähtevät ainemäärät on laskettu kaavalla

$$A = \bar{q} \cdot C_m = \bar{q} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n q_i c_i}{\sum_{i=1}^n q_i}, \text{ missä}$$



Kuva 10. Fosfori- ja kiintoainepitoisuus tulevassa ja lähtevässä vedessä keväällä 1977

Kokonaistyyppi

mg/l

Z

Z

—•— Tyyppipitoisuus tulevassa
- - - - - Tyyppipitoisuus lähtevässä

mg/l

Z

Z

—•— Tyyppipitoisuus tulevassa
- - - - - Tyyppipitoisuus lähtevässä

203

503

104

204

304

105

205

305

Kuva 11. Tyyppipitoisuus tulevassa ja lähtevässä vedessä keväällä 1977

A = ainevirtaama

$\bar{q}$ = laskentajakson keskivirtaama

c_i = havaittu pitoisuus

q_i = havaittu valuma

Sedimentoitumisen määrä on laskettu koko tulvajaksolle, sekä jaksoille 1.4-15.4 ja 15.4-29.4. Viime mainitut jaksot vastaavat päivän tarkkuudella "purkkijaksoja" ja niiden alku- että loppupäästä on analyysituloksia.

Analyysitulokset on esitetty kuvissa 10 ja 11. Järveen tulevat, järvestä lähtevät ja sedimentoituvat ainemäärät tulevat em. tavalla laskettuina seuraaviksi.

	Jakso		
	1.4-15.4	15.4-29.4	20.3-30.5
Fosfori (kg)			
tuleva	1650	2530	6640
lähtevä	1100	2600	6100
sediment.	550	- 70	540
Typpi (tn)			
tuleva	64,2	73,4	230,2
lähtevä	63,2	92,1	251,5
sediment.	1,0	- 18,7	- 21,3
Kiintoaine (tn)			
tuleva	930	1220	3210
lähtevä	510	1020	2340
sediment.	420	200	870

Kun verrataan vesianalyysin perusteella laskettuja arvoja purkeilla saatuihin tuloksiin voidaan todeta, että jaksolla 1.4-15.4 fosforisedimentaatio on molemmilla menetelmillä samaa suuruusluokkaa. Jaksolla 15.4-29.4 voidaan vertailla typen sedimentoitumista. Purkkikokeiden mukaan tällä jaksolla sedimentoitui noin 1,5 tn typpeä, mutta vesianalyysien perusteella järvestä purkautui 19 tn enemmän kuin sinne päävaluma-alueelta tuli. Tämä voi osittain selittyä järven lähivaluma-alueen vaikutuksella, sillä siitä huomattava osa on hapahkoa peltoa,

jolta voidaan odottaa suurehkoja typpihuuhtoutumia.

Analyysimetodiikan eroavaisuuksista johtuen ei kiintoainemääriä voi vertailla.

Jos vielä tarkastellaan vesianalyysien perusteella sedimentoitumista-
koko kevättulvan aikana niin havaitaan, että fosforista sedimentoitui
noin 8 %, typen määrä lisääntyi noin 9 % ja kiintoainetta sedimentoitui
noin 27 %. Näistä arvoista etenkin typen määrään on edellämainitusta
syystä suhtauduttava varauksellisesti, joskin mahdollisuuksien rajoissa
on, että kevättulvan aikana typpeä joutuu veteen myös pohjasedimentistä.

4.3 Virhetarkastelu

Edellä esitetyt ainemäärät ovat vain suuntaa antavia ja suuruusluokkaa
ilmaisevia mm. seuraavista syistä:

- tulvan alkupuolella ja suurimpien virtaamahuippujen aikana oli näytteenotto liian harvaa
- tulevasta vedestä otettiin näytteet maantiesillalta noin 200 metriä vedenlaadultaan erilaisen jokihaaran yhtymäkohdan jälkeen; sekoittuminen ei ilmeisesti tapahdu täydellisesti tällä matkalla
- lähtevästä vedestä tapahtui näytteenotto rannalta, koska uoman yli ei mennyt siltaa
- lähivaluma-alueelta tulevasta vesistä ei otettu näytteitä
- typen arvot voivat olla virheellisiä laboratoriossa sattuneen sekaannuksen johdosta

5. Yhteenveto

Tjusträskissä keväällä 1977 (20.3-30.5) suoritetun tutkimuksen perusteella päädytään seuraaviin tuloksiin:

1. Jokivirtaus vaikuttaa jääpeitteen aikana noin 500 metrin levyisellä kaistalla järven itäosassa. Sen, että jokivirtaus leviää näinkin paljon, selittää järvessä suoraan tulovirtauksen edessä oleva särkkä, joka kääntää osan virtauksesta lounaaseen.
2. Tulvan aikana fosforista sedimentoituu 10-25 %. Typpisedimenttiä sensijaan ei näyttäisi tapahtuvan lainkaan vaan pikemminkin vaikuttaa siltä, että järvi purkaa sedimenttiin kertynyttä typpeä ko. ajanjaksona. Kiintoaineesta sedimentoituu noin 30 %.
3. Tuloksista ehdottomasti mielenkiintoisin on, että kiintoaineeseen sitoutunut fosfori näyttäisi sitoutuneen siksi lujasti, ettei sen liukenemista hapettomissakaan olosuhteissa sanottavasti tapahdu. Mikäli asianlaita on todella näin, on tällä seikalla erityistä merkitystä eri kuormituslähteiden vesistövaikutuksia arvioitaessa.