

Heikki Manninen

MAANKUIVATUSTOIMENPITEIDEN  
VAIKUTUS VEDEN LAATUUN LÄHIN-  
NÄ KYRÖNJOEN VESISTÖALUEELLA

TEKNILLINEN KORKEAKOULU  
RAKENNE- JA YHDYSKUNTATEKNIIKAN  
LAITOSTEN KIRJASTO  
Rakentajanaukio 4 A, 02150 Espoo

D I P L O M I T Y Ö

tehty opinnäytteeksi Teknillisessä  
Korkeakoulussa professori Pentti  
Kaiteran johdolla vuosina 1971 - 72.

## ESIPUHE

Vaasan vesipiirin vesitoimisto on ollut monipuolisesti kiinnostunut ja avulias ympäristö tämän työn tekemisessä.

Erityisesti piiri-insinööri Ole Suupohjan ja kalakuolemaselvityksen esimiehen dipl.ins. Jussi Luoman aktiivinen ja kiinnostunut suhtautuminen on ollut suureksi avuksi.

Laboratoriossa, maastotutkimuksissa ja toimistotyössä saamani apu on ollut työni edellytyksenä.

Myöskin kalakuolematyöryhmän jäseniltä saamani tiedot ja neuvot ovat kehittäneet suuresti käsityksiäni sekä metodisesti että käytännössä.

Yllämainittujen lisäksi esitän parhaat kiitokseni professori Pentti Kaiteralle, joka on antanut arvokkaita ohjeita ja neuvoja.

Vaasassa syksyllä 1972.

Heikki Manninen

## SISÄLLYSLUETTELO

### ESIPUHE

#### 1. TEHTÄVÄN MÄÄRITTELY

1.1. Yleistä Kyrönjoen kalakuolemista

1.2. Käynnissä oleva selvitystyö

1.3. Maankuivatustoimenpiteiden tutkiminen

#### 2. LÄHTÖTIEDOT

##### 2.1. Valumatutkimukset

2.11. Kyrönjoen vesistöalueen hydrologia

2.111. Yleistä

2.112. Sadanta

2.113. Haihdunta

2.114. Virtaamat, lumen vesiarvo

2.12. Kyrönjoen veden laatu

2.121. Sivujoet

2.122. Laadun muutos pääuomassa

2.123. Veden laatu Skatilassa (Lansorsund)

2.13. Litorina-alueen valumatutkimukset

2.131. Jokivesistöjen tutkimus

2.132. Kyrönjoen sivupurotutkimus 1970

2.133. Litorina-alueella sijaitsevat vesihallituksen pienet valuma-alueet

2.134. Pengerrytkuivatukset litorina-alueella

2.135. Rannikolle muodostettujen tekoaltaiden veden laatu

##### 2.2. Maaperä ja maan käyttö

2.21. Jääkauden jälkeinen maankohoaminen

2.22. Maakerrostumiin kohdistunut tutkimus

2.221. Sedimenttien rakenne ja mekaaninen koostumus

2.222. Sedimenttien sisältämät alkuaineet ja  
viljelyn aloittamisen vaikutus

2.23. Kyrönjoen vesistöalueen maankäytöstä ja kuiva-  
tuksesta

2.3. Sovellettavat muut tutkimukset ja tiedot

2.31. Valuman määrään ja jakautumiseen vaikuttavista  
tekijöistä

2.32. Ojituksen vaikutus Huhtisuon valumaan

2.33. Regressioanalyysi jokivesistö tutkimuksen  
aineistolla

2.34. Muita tutkimuksia

2.4. Päätelmät

### 3. TUTKIMUSKOhteet

3.1. Valintaperiaatteet

3.11. Koealueet

3.12. Kyrönjoen sivu-uomat

3.2. Tutkimusmetodiikka

3.21. Vesinäytteet

3.22. Maanäytteet

3.23. Hydrologisten suureiden mittaaminen

3.24. Aluetekijöiden määrittely ja tutkiminen

3.25. Mittausten tarkkuus

### 4. Tulokset

4.1. Tulosten käsittely

4.11. Maaperän ja pohjaveden kemialliset ominaisuudet

4.111. Havaintopisteiden aluekuvaukset

4.112. Pohjaveden laatu havaintopisteillä

4.113. Maaperän laatu havaintopisteillä

4.12. Pintavesiin huuhtoutuvat sulfaatit ja niiden  
vaihteluun vaikuttavat tekijät

- 4.13. Ainesvaluman aiheuttama veden happamuus ja sen seuraukset vesistössä
- 4.14. Vesi- ja ainetase
- 4.15. Laboratoriokokeitten tuloksia
  - 4.151. Vesien sekoituskokeet
  - 4.152. Veden ja maan sekoituskokeet
- 4.2. Tulosten käyttö
  - 4.21. Laskuesimerkki huuhtoutumisnopeudesta
  - 4.22. Laskuesimerkki neutraloinnista
- 5. MAANKUIVATUSTOIMENPITEIDEN AIHEUTTAMAT MUUTOKSET
  - 5.1. Veden laatua muuttavista tekijöistä
    - 5.11. Sisäisten tekijöiden korrelaatio vedessä
    - 5.12. Maaperän laatu ja muuttuminen
    - 5.13. Hydrologiset tekijät
    - 5.14. Maankuivatuksen aiheuttamien ja siitä riippumattomien tekijöiden suhde
  - 5.2. Maankuivatuksen eri muotojen vertailu
    - 5.21. Paikalliskuivatus avosarkaojilla
    - 5.22. Paikalliskuivatus salaojilla
    - 5.23. Salaojastojen iän vaikutus
    - 5.24. Salaojastojen kautta purkautuva vesimäärä
    - 5.25. Muita havaintoja
    - 5.26. Veden poisjohtamisen vaiheet
    - 5.27. Pengerretyt ja pengertämättömät alueet
    - 5.28. Yhteenveto
  - 5.3. Maankuivatustoimenpiteiden laajuus tulevaisuudessa
- 6. KOEJAKSON LUONNE
- 7. KOKEIDEN JATKAMINEN

## 1. TEHTÄVÄN MÄÄRITTELY

### 1.1 Yleistä Kyrönjoen kalakuolemista

Kyrönjoen vesistössä on sattunut sellaisia kalakuolematapauksia ainakin seitsemän kertaa, joista on ollut kirjallisia kuvauksia. Selostettaessa luonnonolosuhteiden muutosilmiöitä vedessä on puhuttu "veden äkillisestä kirkastumisesta samalla kun kaloja kuoli massoittain".

Liitteessä 1 on taulukoituna mainitut seitsemän lehtitiedoista poimittua kalakuolemaa. Todennäköisesti tällaisia on ollut useampia, mutta niiden esiin saaminen kaukaistakin menneisyyttä koskevista tietolähteistä on suhteellisen vaikeata. Kalakuolemia on lisäksi todettu muissa Pohjanmaan jokivesistöissä yleensä aina joen alajuoksulla. Myöskin sellaisissa merenlahtiin padotuissa makeavesialtaissa, joihin vesi saadaan makeutumisaikana ja myöhemmin tapahtuvan veden käytön aikana n.s. litorina-alueelta tulevana valumana, on kalakannan ylläpitämisessä todettu vaikeuksia.

### 1.2 Käynnissä oleva selvitystyö

Edellä selostettuun kirkastumisilmiöön voidaan nykyisen tiedon valossa liittää myöskin pH-luvun painuminen 5.0:n alapuolelle. Suurin todettu kalakuolema vuoden 1970 touko- ja kesäkuussa tapahtui olosuhteissa, jolloin Kyrönjoen hapan ylivirtaama täytti

kokonaan Maksamaan saaristoaltaan ja alensi kaikkialla pH-luvun n. 4.6 - 4.7:ksi. Selvitystyö aloitettiin välittömästi silloisen maataloushallituksen vesientutkimustoimiston asettamassa erikoistyyryhmässä. Haluttiin tietää suhteellisen tarkoin, mitkä tekijät vaikuttavat veden happamuutta lisäävästi ja voitaisiinko ehkä joihinkin tekijöihin siten vaikuttaa, että kalakuolemilta vältyttäisiin. Kalevi Tikan diplomityössä käsiteltiin Kyrönjoessa sattuneiden kalakuolemien yleispiirteitä v. 1970.

Vesientutkimustoimiston siirryttyä vesihallitukseen työryhmä perustettiin uudelleen ja laadittiin alustava tutkimusohjelma.

Kesällä 1970 Tikan työhön liittyen tutkittiin jo suhteellisen lukuisia Kyrönjoen sivu-uomia ja -puroja. Lisäksi tehtiin pääuoman veden koaguloitikoikeita sivupurojen vesillä ja voitiinkin todeta vesilaitoksissa tunnettu sulfaattisaostuminen sekä pH:n aleneminen.

Näin saadut tiedot eivät kuitenkaan tarkoin selvittäneet valuma-alueen ominaisuuksien ja sääolosuhteiden vaikutusta. Sen vuoksi työryhmä uudisti ja tarkensi tutkimusohjelmaansa kesällä 1971, jolloin mm. inhimillisten toimenpiteiden osuus erillisenä mahdollisena osavaikutuksena haluttiin saada esiin.

### 1.3 M a a n k u i v a t u s t o i m e n p i t e i d e n t u t - k i m i n e n

Allekirjoittanut vastaanotti tehtäväksi diplomityön, jonka nimeksi tuli "Maankuivatustoimenpiteiden vaikutus veden laatuun lähinnä Kyrönjoen vesistöalueella". Maankuivatustoimenpiteet yksityiskohtaisesti ymmärrettynä vaikuttavat veteen hyvin monella

tavoin ja vaikeasti tutkittavassa yhteydessä toisiinsa. Lisäksi kuiva kesä vaikeutti vesinäytteiden saamista pienempien alueiden valumasta. Näistä seikoista johtuen tämä työ on diplomitöille ominaisena lyhytaikaisena tutkimuksena tulkittava aiheen alustavaksi selvittelyksi. Kuitenkin jo tässä työssä saatujen tulosten jatkokäsittelyllä ja uusien esiintulleiden kysymysten ratkaisemisella uskoisin päästävän tyydyttävään likimääräiseen käsitykseen maankuivatustoimenpiteiden eli ojituksen ja pengerryskuiva- tuksen vaikutuksista valumaveden laatuun. Riittävän luotettavia tuloksia antavat silti vain usean vuoden tarkat mittaukset koe- alueilla, joissa esiintyy erilaisten maankäyttömuotojen skaala ainakin kahdella korkeustasolla. (Enemmän kohdassa 7)

## 2. LÄHTÖTIEDOT

### 2.1 Valumatutkimukset

Valumatutkimuksilla tarkoitetaan tässä paitsi valuman määrää ja laatua myös muiden siihen vaikuttavien vesitalouden perusyhtälön suureiden määrän ja laadun mittauksia.

#### 2.11 Kyrönjoen vesistöalueen hydrologia

##### 2.111 Yleistä

Kyrönjoki alkaa Kurikan kauppalasta Kauhajoen ja Jalasjoen yhtymäkohdasta, joiden pinta-alat ja järvisyydet ovat:

Kauhajoki       $F = 1072 \text{ km}^2$        $L = 0,4 \%$

Jalasjoki       $F = 1058 \text{ "}$        $L = 1,0 \%$

Kurikasta Kyrönjoki virtaa pohjoiskoilliseen. Seinäjoen kaupun-



gin lähellä siihen yhtyy runsaasti jätevesiä purkava Seinäjoki kaakosta ( $F = 1084 \text{ km}^2$   $L = 1,9$ ). Ylistarossa Kyrönjoki kääntyy länttä kohti muuttaen sitten suuntaansa alajuoksulla luoteeseen. Vähäjärvisyydestä johtuu virtaamien suuret vaihtelut, havaintojaksolla 1911 - 1970  $Q \text{ max}/Q \text{ min} \approx 500$ .

Laajat tasankoalueet Ilmajoen - Seinäjoen alueella sekä suuosalla Koivulahden - Mustasaaren alueella joutuvat varsinkin kevät-ylivaluman aikana, mutta usein myös syyssateiden aikana tulvan alle.

#### 2.112 Sadanta

Vuoden keskisadantatilastoja on (Solantie ja Helimäki) korjattu vastaamaan todellisuutta eli sademittareiden mittaamille liian pienille arvoille on määritetty korjauskertoimet kuukausittain (liitteenä 2 korjattuihin sadantatietoihin perustuva sadantakartta Kyrönjoen alueesta).

Mitatun sadannan suhde todelliseen:

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0,71	0,71	0,71	0,83	0,91	0,93	0,95	0,95	0,93	0,87	0,83	0,74

Näitä kertoimia voidaan käyttää aluesadannan korjaamiseen. Edellisen johdosta voi todeta, miten tärkeätä on kyetä lähitulevaisuudessa konstruoimaan sademittareita, jotka antavat oikeita tuloksia. Koko vesistöalueen korjattu keskisadanta on 632 mm eli 100 mm suurempi kuin aikaisemmin ilmoitettu. Keskimäärin sateisimmat kuukaudet ovat heinä- ja elokuu ja vähäsateisimmat maaliskuu ja helmikuu. Kuvaavaa on, että maaliskuussa ei 1931 - 60 ole mitattu yli 63 mm:n kuukausisadantaa kun taas elokuun keskisadanta on 80 mm. (Liite 3)

## 2.113 Haihdunta

Edellisen korjauksen johdosta saadaan erotusmenettelyä käyttäen vuosihaihdunnan keskiarvoksi  $632 \text{ mm} - 281 \text{ mm} = 351 \text{ mm}$  (281 mm on mitattu keskimääräinen vuosivalunta), nämä arvot koskevat kautta 1931 - 60. Kaudelle 1961 - 70 mitattu vuosikeskihaihdunta Class-A pan-tyyppisellä astialla Ylistarossa oli 475 mm (liite 4). Kausien hydrologia on lämpötila- ja sadeolojen suhteen melko samankaltainen. Todellisen ja astiahaihdunnan suhde näiden kausien kesken olisi  $\frac{361}{475} = 0.74$  edellyttäen että astiahaihduntamittaus Ylistarossa olisi lähellä koko Kyrönjoen vesistöalueen alueellista astiahaihdunnan keskiarvoa. Oletus ei ehkä ole kovin kaukana todellisuudesta (silmämääräisenä kartta-arviona Kyrönjoen vesistöalueen painopiste on n. 30 km etelä-kaakkoon mittauspisteestä). Todellisen ja astiahaihdunnan suhteen tutkimiseen avautuu sadan onnistuneen määrittämisen jälkeen entistä parempia mahdollisuuksia.

Usein käytetään likimääräisissä tarkasteluissa sudelukua 0,7. Tämä saattaa olla koko Kyrönjoen alueeseen sovellettuna hiukan liian pieni arvio ja sopisi ehkä kuivemmille huonosti kasvaville osa-alueille paremmin.

## 2.114 Virtaamat, lumen vesiarvo

Vuorokauden maksimivirtaama HQ Lansorsundissa (Skatila) 1911 - 1970 oli  $527 \text{ m}^3/\text{s}$  ja minimi NQ =  $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$ . MQ oli  $43 \text{ m}^3/\text{s}$ . Keskimääräinen MHQ =  $300 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Jos merkitään  $L_{1. III}$  = lumipeitteen vesiarvo maaliskuun 1. pnä,  
 $P_{III}$  = maaliskuun sadanta ja  $T_{III}$  = maaliskuun keskilämpötila,

saadaan tulvahuipun 10 päivän keskiarvovirtaama huipun molemmin puolin lineaarisena regressiomallina hydrologian toimiston mukaan  $Q_{\max} = 5.366 + 1.660 L_{1,III} + 2.576 P_{III} + 12.273 T_{III}$  (Kaikki muukin tässä esitetty numerotieto on hydrologian toimiston aineistoa paitsi haihduntakerroinpäättely). Malli selittää 75 % tulvahuipun varianssista ja sen kokonaiskorrelaatiokerroin on 0.87.

On varsin mielenkiintoista, että kesäalivalumien kymmenvuotiskeskiarvoissa voidaan havaita kasvua. Syynä tähän on ilmeisesti suo-ojituksen lisääntyminen alueella (27) ja (30). Lumipeitteen vesiarvo 15.3 on latvoilla keskimäärin 90 - 100 mm ja alajuoksulla n. 70 - 80 mm.

Liitteissä 5 ja 6 lumen vesiarvon vuotuinen kehitys 1961 - 70 ja yli- ja alivirtaamien toistuvuus Lansorsundissa.

## 2.12 Kyrönjoen veden laatu

### 2.121 Sivujoet

Kauhajoen, Jalasjoen ja Seinäjoen vesistöalueiden yhteinen pinta-ala on  $3214 \text{ km}^2$ , mikä merkitsee 65.5 % koko Kyrönjoen alasta. Jokien pinta-alasta suurin osa on n.s. litorina-meren ylimmän rantaviivan tason n. 90 - 100 m:n yläpuolella. Tässä työssä kriittisenä laatutekijänä pidettävää rikkiä sivujoissa ei ole todettu yli 20 mg/l sulfaatteina laskettuna. Jokien latvat sijaitsevat suhteellisen vähän viljellyillä alueilla pääuoman "omaan" vesistöalueeseen verrattuna. Pääuomaa kohden virratessaan niiden laatu voi pitää hyvänä pH:n ja sulfaattien suhteen. Kunkin sivujoen alajuoksulla tapahtuu nykyään puhdistamattomien tai heikosti

puhdistettujen jätevesien purkamista. Tilanne on pahin Seinäjoessa. Mutta jätevedet eivät laske pH:ta eivätkä kohota juuri sulfaattien määrää. Tämä on todettu. Sensijaan jätevedet nostavat sähkönjohtokykyä ja ilmeisen selvästi myös veden puskuroitumiskykyä happamia sulfaattiyhdisteitä vastaan, tosin lievästi. Toisin sanoen: jätevesillä ei ole pH-sulfaattiongelmaa lisäävää vaikutusta näissä tapauksissa. Tärkeätä on se, että ne pääuomassa aiheuttavat kilometrien mittaisen saastuneen jokiosan. Täytyy vain toivoa, että jätevedet kehittyisivät alkaalisemmiksi kuin mitä ne nyt ovat, ellei niiden puhdistusta saada järjestetyksi. Maamme jätevedenpuhdistuslaitosten rakentaminen on kuitenkin juuri lähivuosina ripeästi kehittymässä, mutta alkaalisiin jätevesiin ei voine rakentaa happamuusongelman ratkaisua.

#### 2.122 Laadun muutos pääuomassa

Kyrönjoen veden laatu on verraten hyvin tutkittu, sen jälkeen kun vesiensuojelu maassamme koki herätyksen viime vuosikymmenen alussa.

Aikaisemmista tutkimustuloksista on seikkapeärisiä tietoja julkaisuissa (6), (19), (23), (44) ja (48).

On kuitenkin todettava, että sulfaattimäärityksiä on alkuvuosilta varsin vähän. Vuodelta 1970 niitä on hiukan enemmän ja vuodelta 1971 jo melko runsaasti, kun Vaasan vesipiirin vesilaboratorio otti nämä määritykset työohjelmaansa.

Kun virtaama keväisin ja syksyisin alkaa kasvaa, pääuoman pH laskee asteittain alajuoksua kohti, samalla kun sulfaattien määrä (mg/l) vastaavasti kohoaa.

Tämä on tuttu asia, mutta silti se antoi aihetta selvityksille (kohta 4.13).

## 2.123 Veden laatu Skatilassa (Lansorsund)

Nimenomaan Skatila on Suomen tutkituimpia näytteenottopisteitä. Edellä viitatus julkaisut samoin kuin nyt tekeillä oleva kokonaisselvitys sisältävät olennaisimmat tiedot Skatilan veden laadusta.

Tässä yhteydessä on tyydytty vain esittämään vuoden-71 veden laatu sekä laadittu pH-sulfaattisuhteen kuvaaja 96 arvoparin avulla, jossa on mukana kaikki tiedossa olleet sulfaattimäärittökset vuodesta -69 vuoden -71 syksyyn saakka (kohta 4.13). Todettakoon, että Skatilassa v. 1962 - 1970 pH on laskenut viiteenä vuotena 5.0:n alapuolelle ja lisäksi 1971 sekä keväällä että syksyllä:

pH	mittauskuukausi ja vuosi	
4.9	joulukuu	1964
4.8	syyskuu	1966
4.4	lokakuu	1966
4.4	huhtikuu	1967
4.7	syyskuu	1967
4.8	toukokuu	1969
4.5 - 4.9	marraskuu	1969
4.4 - 4.7	joulukuu	1969
4.6 - 4.4	toukokuu	1970
4.7	kesäkuu	1970
4.5 - 4.6	lokakuu	1970

Kyrönjoen veden laatu tulee monipuolisesti esiin Reino Laakso-  
sen väitöskirjassa (19), jonka tuloksia tarkastellaan seuraava-  
vassa kappaleessa.

## 2.13 Litorina-alueen valumatutkimukset

Litorina-alueella tarkoitetaan sitä jääkauden jälkeisessä maankohoamisessa paljastunutta merenpohjaa jossa on lämpimän merivaiheen aikana kerrostunutta sedimenttiä. Tämä sisältää pääasiassa sen ajoittain huuhtoutumisalttiin rikin, josta edellä oli puhetta (tarkemmin kohdassa 2.21).

### 2.131 Jokivesistöjen tutkimus

Laaksonen (1970) jakaa maan kymmeneen alueeseen, joista alue 6 sisältää seuraavat jokivesistöt pohjoisesta etelään

Lapuanjoki	3	näytteenottopistettä
Kyrönjoki	3	- " -
Laihianjoki	1	- " -
Närvi-joki	1	- " -
Isojoki	1	- " -
Karvianjoki	2	- " -
Yht.	11	näytteenottopistettä

Laaksonen toteaa väitöskirjassaan (1970) tutkittuaan vuosina 1962 - 1968 42:sta jokivesistöistä otettujen vesinäytteiden analyysituloksia, että Kyrönjoessa on toiseksi heikoin veden laatu. Jäljessä on vain Aurajoki. Laadun kriteereinä olivat seuraavat 8 muuttujaa: johtokyky,  $\text{KMnO}_4$ :n kulutus, sameus, enterokokit, happi,  $\text{BHK}_5$ , kokonaisfosfori ja mangaani. Hän antoi jokivesistöille myös sijaluvut laatua kuvaavien muuttujien keskihajonnan mukaan ja sai Kyrönjoen viimeiselle sijalle.

Seuraavassa lainataan Laaksosen peruslaskennan tuloksia ja esitetään taulukko niistä laatutekijöistä, joiden suhteen alue 6 edustaa ääriarvoja koko maassa. On vielä muistettava, että Kyrön

joki on ääriarvo myöskin alueella 6, joten taulukko antaa sen suhteen liian hyvän kuvan.

Laatumuuttuja	alueella 6	koko maassa
pH (25 %)	5,9 (min)	6.4
pH (50 %)	6,4 "	6.7
" (75 %)	6,7 "	7.0
" (V)	5,6 "	6.5
" (VIII)	6,5 "	6.7
" (X)	5,9 "	6.5
" (III-X)	6,2 "	6.6
Alkaliniteetti mval/l		
" (25 %)	0,06 "	0.11
" (V)	0,06 "	0.19
" (X)	0,10 "	0.21
Mangaani mg/l		
" (III)	0,2 (max)	0.1
" (V)	0,3 "	0.1
" (VIII)	0,2 "	0.1
" (X)	0,3 "	0.1
Kokonaisriikki mg/l S		
" (X)	15,5 "	5.9
Anionikoostumus Mg/SO <sub>4</sub>		
% ekviv.yks.summasta	82 % "	n.60%
Kiintoaine mg/l		
- (25 %)	12 "	2
Sameus abs.yks.10 <sup>3</sup>		
" (25 %)	10 "	3

Laatumuuttuja	alueella 6	koko maassa
Rauta mg/l		
" (VIII)	2,8 (max)	1.1
" (25 %)	1,5 "	0.3
" (50 %)	1,8 "	0.6
Väri mg/l Pt		
" (VIII)	215 "	94
" (X)	185 "	92
" (25 %)	141 "	43
Enterokokit kpl/100 ml		
" (III)	3300 "	620
" (V)	2400 "	290
" (VIII)	4100 "	740
" (25- %)	452 "	276
Kolibakteerit kpl/100 ml		
" (VIII)	13300 "	2000
BHK <sub>5</sub> mg/l O <sub>2</sub>		
" (25 %)	1,5 "	1.3
KMnO <sub>4</sub> :n kulutus mg/l		
" (V)	92 "	57
" (VIII)	103 "	57
" (X)	107 "	59
" (25 %)	73 "	40
" (50 %)	96 "	74
" (75 %)	118 "	53
Kokonaisfosfori mg/m <sup>3</sup>		
" (25 %)	49 "	23



Laatumuuttuja	alueella 6	koko maassa
$\frac{Ca}{Mg}$	2.1 (min)	2.8
$\frac{H_{18}}{S}$	11 "	14
$\frac{Ca}{Na}$	0.9	1.3
$\frac{Na}{K}$	3.6 (max)	2.7
$\frac{Cl}{S}$	1.0 (min)	1.2
$\frac{Kolibakt.}{Enterokok.}$	2.2 "	3.6
$\frac{BHK_5}{KMnO_4} \%$	9 "	14
$\frac{KMnO_4}{Väri}$	0.5 "	0.6

Voidaan vielä todeta, että useiden muiden laatutekijöiden suhteen alue 6 oli lähellä alueen 4 arvoja. Tämä alue mm. käsittää kaistaleen Lounais-Suomen rannikkoa, Turku ja Aurajoki ovat sillä. Prosenttiluku suluissa tarkoittaa näytteiden jakoa kvartiileihin ja roomalainen numero vuodenajan keskiarvojen keskiarvoa. Koska Laaksosen väitöskirjassa merkittävällä tavalla koor-  
dinoidaan alue 6 muuhun Suomeen veden laadun suhteen, tässä on tarpeellista referoida kirjan alueen 6 sekä litorina-alueen "näkökulmasta" melko laajastikin (kohta 2.33:ssa lisää).

Koska veden laatutekijät ovat sisäisessä riippuvuudessa toisiinsa ja muodostavat eräänlaisia yhdelmiä, edellä taulukoitiin useita muitakin laatutekijöitä kuin vain pH ja rikki. Esim. sähköjohtokyky on tärkeä yleisselittäjä veden elektrolyyttipitoisuudelle. Samoin on tunnettua mangaanin lisääntyminen pH:n laskies-

sa litorina-alueen valumavesissä (10), (19). Samoin tunnetaan raudan ja humuksen saostumisilmiö sulfaattien lisääntyessä (7), jolloin taas  $\text{KMnO}_4$ :n kulutus pienenee j.n.e. Toisin sanoen luonnonvesien sisäiset tekijät (Laaksosen faktorianalyysi) on ymmärrettävä, jotta jotakin erillistä laatutekijää yleensä voi tarkastella.

Raudan oletetaan lisäksi, mahdollisesti myös alumiinin, olleen osasyynä kalakuolemiin. Loppukesästä -71 otettiin myös vesinäytteitä alumiinin määrittämiseksi sekä pohja- että pintavesistä. (kohta 4.1).

#### 2.132 Kyrönjoen sivupurotutkimus 1970

K. Tikan Köklotin makeavesiallasta koskevassa diplomityössä käsitellään yli 50:stä Kyrönjoen sivupurosta Koivulahden ja Ylistaron väliltä otettujen vesinäytteiden pH:ta, rautaa ja väriä. Valuma-alueet on jaettu kolmeen ryhmään, joissa pelto-, metsä- ja suoalan osuudet kukin korostuvat ryhmässään. Tuloksena oli yllättäen, että metsäinen valuma-alue tuottaa happaminta vettä (pH 3.9 - 4.0) sitten peltoa runsaasti sisältävä (pH 4.0 - 4.1) ja soinen alue neutraalimpaa (pH 4.6 - 5.2).

Näin voi tietenkin olla, mutta todellinen vaikutus Kyrönjoessa ja sen pH:ssa näkyy ennen muuta siinä, miten runsaasti vesi sisältää sulfaatteja. Jonkin pienehkön alueen pH saattaa olla heikon puskurikyvyn (tai esim. hiilidioksiiditasapainon tai humus-happojen) vuoksi melko alhaalla ilman, että se kuitenkin pääuomassa vaikuttaisi yhtä voimakkaasti pH:ta alentavasti kuin jokin sulfaattipitoisempi vesi, jolla on sama pH-arvo. Kesällä ja syksyllä -71 voitiinkin todeta sivupurojen vesissä pH-lukujen

erilaista riippuvuutta sulfaateista, mutta vaikutus pääuoman veteen silti oli lähes tarkalleen sulfaattisuhteiden mukainen (4.15).

Rautaa ja väriä todettiin eniten metsäisiltä ja soisilta alueilta tulevassa valumassa, väriä etenkin suovedessä. Tulokset ovatkin luontevia.

Sivupurotutkimusta jatkettiin vuonna-71 vähentämällä kokonaislukumäärä 25:ksi sekä ottamalla uusia puroja ylemmiltä korkeus-tasoilta. Analyyseissä otettiin määritysten joukkoon mangaani ja sulfaatti sekä asiditeetti (3.2).

### 2.133 Litorina-alueella sijaitsevat vesihallituksen pienet valuma-alueet

Vaasan vesipiirin alueella on viisi vesihallituksen pienistä vesistöalueista, joista säännöllinen virtaamamittaus kiinteällä kolmiopadolla ja piirturilla on aloitettu seuraavasti:

	v.	F
Mittapato 81 Haapajyrä	1958	6.09 km <sup>2</sup>
- " - 82 Kainastonluoma	1958	79.2 -"-
- " - 83 Kaidesluoma	1959	45.5 -"-
- " - 84 Norrskogsdiket	1960	11.6 -"-
- " - 85 Sulvanjoki	1961	26.85 -"-

Kuukausittainen padolta otettujen näytteiden analysointi aloitettiin vuonna 1959. Alustavan lyhyen yhteenvedon pieniltä alueilta purkautuvan veden määrästä ja laadusta esitti Wäre jo v. 1961, jolloin alueet 81 ja 82 olivat mukana esitetyissä valuman määrän suhteen kolmen vuoden ja laadun suhteen kahden vuoden ha-

vainnoissa. Myöskin kaivovesiä alueilla tutkittiin v. 1960.

Kaidesluoma on litorina-alueen yläpuolella ja sen vedessä ovatkin alkuainepitoisuudet pieniä. Alueet 81 ja 82 laskevat Kyrönjokeen Ylistarossa ja sijaitsevat vierekkäin. Niitä verrataan tässä muun Suomen rannikkoalueen alueisiin 14, 21 ja 42 jonkinlaisen yleiskuvan luomiseksi.

Kannattaa mainita, että edellä Laaksosen väitöskirjan perusteella laaditusta taulukosta saatuun käsitykseen litorina-alueen valumaveden laadusta tulee uusia piirteitä. Sekä Haapajyrä että Kainastonluoma yhdessä alueiden 94 (pohjoinen litorina-alue), 21 (lounainen) ja 42 (kaakkoinen) kanssa tarjoavat ääripitoisuuksia eri laatutekijöille.

Seuraavassa tarkastellaan lyhyesti näiden alueiden luonnetta ja veden laatua:

Haapajyrää ja Kainastonluomaa voidaan pitää läntisen litorina-alueen edustajina. Merestä kohoamisen ikäjärjestys e.m. alueilla on nuorimmasta vanhimpaan: 94, 81, 82, 21, 42.

Seuraavassa yhdistelmässä luetellaan alueiden järjestys Wäreen laskemien vuoden ainesvalumiin ( $\text{kg}/\text{km}^2\text{-v}$ ) määrän suhteen vuonna 1959 ja 1960 (alue 94 ei ollut koko vuotta -59 näytteenotossa mukana).

	HCO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	Fe	Mn	NO <sub>3</sub>	Cl	F	SO <sub>4</sub>	SiO <sub>2</sub>	Ca	Mg	
94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1959
	4	2	4	1	5	2	3	2	3	2	2	1960
81	4	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1	
	5	1	3	2	3	1	4	1	2	1	1	
82	3	3	3	3	1	2	3	4	3	4	2	
	3	5	2	4	4	5	5	5	4	5	5	

	HCO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	Fe	Mn	NO <sub>3</sub>	Cl	F	SO <sub>4</sub>	SiO <sub>2</sub>	Ca	Mg
21	2	4	4	4	4	3	4	2	4	3	4
	2	4	5	5	1	3	2	3	5	3	3
42	1	2	1	2	3	4	1	3	2	2	3
	1	3	1	3	2	4	1	4	1	4	4

Kaikki mitatut laatuominaisuudet, jotka on ilmaistu mg/l, huomioi-  
den järjestys v. 1960 oli huonommasta parhaaseen sijalukujen  
summan mukaan 81, 42, 94, 21, 82 ja vuonna 1959 oli järjestys  
81, 42, 82, 21. Jos otetaan mukaan vain Fe, Mn, Cl, SO<sub>4</sub>, Ca ja  
Mg, saadaan järjestys v. 1960 seuraavaksi: 81, 94, 42, 21, 82  
ja v. 1959 81, 42, 82, 21.

Mustonen (1971) esittää alueiden nykytilasta seuraavia tietoja:

A	Kalt. Pelto %	Sala- oj.% pel- lostasta	Avo- oja% pel- lostasta	Suo %	Pelto+ ojit. suo %	Puusto m <sup>3</sup> /ha	Katkeat maat.%	Helmi- keski- lämpö	Heinä- keski- lämpö	Vuosi- sad. mm	
8.1	3.9	31	-	95	22	32	34	37	-8.5	16.0	490
6.1	3.0	58	15	75	15	58	14	16	-8.0	16.6	500
9.2	3.8	27	5	90	20	27	53	39	-8.0	16.6	500
5.6	1.7	77	15	80	1	77	24	30	-7.2	16.6	500
6.9	6.4	17	25	70	25	42	50	55	-8.2	17.5	650

Pelto-ojituksen jakautuminen avo- ja salaojiin on inventoitu vuo-  
sina 58 - 62, kuten muutkin aluetekijät, joten esim. vuonna -71  
on saattanut salaojitus -% olla paljonkin suurempi.

Alueet 94 ja 81 muistuttavat veden laadun suhteen toisiaan san-  
gen paljon, sillä niiden aluetekijöissä on mainittavaa eroa vain  
peltoprosentissa, peltoalan jakautumisessa avo- ja salaojituksel-

le sekä karkeiden maalajien osuudessa. Alue 81 on kulttuurialue 94:ään verrattuna. Tämä saattaa olla tärkein syy jonkin verran runsaammalle huuhtoutumiselle. Tuntuisi luonnolliselta, että huuhtoutuminen nousisi maksimiin alueen 94 ikää (vedestä nousun jälkeen) lyhyemmässä ajassa ja vähenisi sen jälkeen hitaasti. Huuhtoutumista jarruttavia tekijöitä on kuitenkin ilmeisesti juuri pieni peltoprosentti sekä suuri suoprosentti. Alueen 94 runsaampi karkeiden maalajien osuus viittaa kuitenkin sedimentoitumisaikana vallinneeseen suurempaan virtausnopeuteen, jonka seurauksena maalaji ei alunperinkään sisällä yhtä paljon huuhtoutumisalttiita alkuaineita tai niiden yhdisteitä, tai ne hyvän vedenläpäisevyyden takia ovat huuhtoutuneet nopeasti. Spekulointia on kuitenkin turha jatkaa tarkistusmahdollisuuksien puuttuessa. Jos tarkastellaan Haapajyrän pH:ta vuoden 1960 aikana, voidaan todeta, että bikarbonaatti on ollut koko vuoden lähes nolla ja vapaan hiilidioksidin pitoisuus vaihdellut 80:n ja 160:n mg/l välillä muina kuukausina paitsi tammikuussa (25 mg/l) ja elokuussa (n. 50 mg/l).

Kalkki - hiilihappotasapaino on siis huomattavasti aggressiivisella puolella. Tillmansin mukaan pH:n tulisi olla lähes 10, kun  $\text{HCO}_3$  on lähellä nollaa liite 7. Tosiasiassa pH kuitenkin on koko vuoden ollut alle 4,6 ja touko-kesä-heinä-elo- ja syyskuussa alle 4,0. Tämä osoittaa sulfaattien ylivoiman pH:n muuttajina.

Mainittakoon, että Haapajyrän alueen kokonaishuuhtoutuminen edustaa maksimia kaikkien vesihallituksen pienten alueiden joukossa. Samoin koko litorina-alueella sijaitseva alueryhmä erottuu selvästi muun Suomen pienistä alueista. Toisaalta kysymys on myös rannikolle sijoittuneesta teollisuudesta ja asutuksesta, joiden

jätevedet voivat tulla kysymykseen. Tästä ei kuitenkaan ole tarkempia tietoja. Ravinnekysymys jätetään tässä tarkastelun ulkopuolelle. Myöskin veden happipitoisuus on jätettävä käsittelemättä miltei kokonaan, vaikka sen merkitys esim. raudan ja mangaanin saostumis-liukenemisprosessiin onkin tärkeä.

Haapajyrän veden laatua käsitellään tarkemmin kohdassa 4.12.

#### 2.134 Pengerryskuivatukset litorina-alueella

Lähellä merenpinnan tasoa, usein merta vasten rakennetut pengerryskuivatukset Vaasan kaupungissa ja ympäristökunnissa ovat hyvin nuoria ja useimmiten sijaitsevat alavissa maastokohdissa, esim. jokien suistoissa. Vanhin Suomessa rakennettu pengerrysalue on Söderfjärden, joka on n. 40 vuotta ollut viljelyksessä.

Vesi on käyttöön otetuilla pengerrysalueilla vahvasti elektrolyyttipitoista ( $H_2O = 2000 - 7000 \text{ uS}$ ). Tämän voi todeta Vaasan vesipiirin 1963-1971 suorittaman tutkimuksen perusteella (liite 8).

Pengerrysalueilla on mahdollisuus valita se ajanjakso tiettyjen rajojen puitteissa, jolloin pumppaus merenlahtiin tai mereen laskeviin jokiin suoritetaan. Rajoituksena on peltoviljelyn kunakin aikana tarvitsema kuivavara. Sulfaattimäärityksiä on aika vähän; tulokseksi on 17.6.1970 ja 7.10.1970 otetuista näytteistä saatu 1 - 5 g/l (suurin arvo Sulvalla). Lumen sulamisen alkuvaiheen vesi on usein laimentunut pienempään konsentraatioon (23.4.1964). pH vaihtelee 3:n ja 4:n välillä ollen tavallisesti kostalla haihdunnan väkevöittämänä n. 3.1-3.2. Erittäin korkeina pitoisuuksina ovat vedessä rauta (20-150 mg/l), typpi kok. N Sulvalla, Söderfjärdenissä ja Vassorfjärdenissä (20 - 35 mg/l), kloridi (300 - 1500 mg/l) sekä ammoniakki (15 - 30 mg/l). Veden happipitoisuus

laskee säännöllisesti talvisin n. 10 - 15 %:iin kyllästysarvosta.

Syksyllä 1971 tutkittiin melko tarkasti Tuovilanjoen pengerrysalueen (karttaliite 9) eri ikäisten ja eri tavoin käyttöön otettujen osavaluma-alueiden veden laatua (kohta 5.3). Samoin tutkittiin Norrfjärdenin lähes luonnontilainen pengerrysalue, jossa on vasta n. 10 vuotta vanhat kuivatusojat, mutta paikalliskuilvatus (sarkaojitus sekä niiden kokoojat) puuttuu vielä täysin (kohta 5.3 sekä karttaliite 10).

#### 2.135 Rannikolle muodostettujen tekoaltaiden veden laatu

Tässä yhteydessä käsitellään Luodon ja Uudenkaupungin merenlahtiin padottujen makeavesialtaiden veden laadusta saatuja tutkimuksia (2), (10), (46) ja (50). Samoin käsitellään suunnitelma-asteella olevan Köklotin makeavesialtaan muodostamista koskevia ennakkotutkimuksia (44). Lisäksi on käsitelty arviota Haapajärven tekoaltaan tulevasta veden laadusta (47). Hautaperän suunnostelyallas Haapajärvellä Kalajoen vesistöalueella on muodostettu laskemalla vesi osittain peltoviljelyksenä olleelle litonrinasavien peittämälle alueelle. Hautaperän allas poikkeaa siten edellisistä muodostamistavan ja samalla tulevan allaspohjan laadun suhteen olennaisesti.

Vesihallituksen tiedonannossa 8 (47) esitetään Suomen tekoaltaiden sijainti ja pinta-alat syksyllä 1970. Yhteenlasketta 40:n tekoaltaan kokonaispinta-ala oli 87 590 ha, josta Loken ja Porttipahdan altaiden osuus oli 63 100 ha eli 72 %. Luodonjärven pinta-ala on 7 500 ha, Uudenkaupungin makeavesialtaan 3 700 ha, Hautaperän altaan 510 ha, suunnitellun Köklotin makeavesialtaan pin-



ta-alaksi tulisi n. 5 000 ha.

Sekä Uudenkaupungin että Luodonjärven makeavesialtaissa on viime vuosina sattunut kalojen joukkokuolemia kalakannan laadullisten muutosten ohella. Valumaveden pH:n on kummassakin tapauksessa todettu laskevan virtaamien kasvaessa alle 5.0:n. Uudenkaupungin altaaseen saadaan vesi Sirppujoesta, litorina-alueelta. Vuonna 1969 - 1970 tehdyissä tutkimuksissa todettiin myös harvinaisen selväpiirteinen negatiivinen korrelaatio pH:n ja mangaanin välillä liite 11. Sirppujoen virtaama alkoi hitaasti kasvaa syyskuun puolessavälissä 1969 oltuaan sitä ennen hyvin pieni. Mangaanin konsentraatio kasvoi (samoin ilmeisesti sulfaatin) heti samalla kun pH aleni jyrkästi. Virtaaman kasvu kiihtyi loka - marraskuun vaihteessa, mutta pH ei laskenut enempää, vaan nousi heikollisesti vähän ylemmäs (oltuaan 4.5:ssä). Virtaaman nopea kasvu ei myöskään enempää kohottanut mangaanin pitoisuutta, vaan laski sen n. 2,4 mg/l:sta n. 1,5 mg/l:aan. Marraskuun lopulla virtaama jälleen laski, jolloin pH palasi jälleen arvoon n. 4.4 ja mangaanipitoisuus nousi arvoon n. 2,0 mg/l. Tammikuussa virtaama oli jo laskenut alas tavanomaiseen talvikauden alivirtaamatasoon (n. 0.1 - 0.2 m<sup>3</sup>/s) pysytellen siinä kevättulvan alkamiseen saakka. pH nousi talvella yli 6.0:aan, mutta mangaanipitoisuus pysytteli 1.2 - 1.5 mg/l:n tasolla, mikä oli edellisessä kesän alivalumakauden pitoisuuksia huomattavasti suurempi. Kevättulvan äkkijyrkkä nousu vaikutti laimentavasti mangaaniin, mutta pH sen sijaan laski jälleen n. 4,5:teen. Tämä selittyy suolahamisvesien huonojen puskuriominaisuuksien aiheuttamaksi. Kevättulvan laskuvaiheessa mangaanipitoisuus jälleen kasvoi. Mangaani- ja sulfaattipitoisuus korrekoivat keskenään. Tätä on tarkasteltu lähemmin kohdissa 5.11 ja 5.25.

Rikin ymmärretään muodostavan vedessä rikkihappoa, joka liuottaa maaperästä mangaania (10).

Myöskin Luodonjärvi Fietarsaaren kaupungin pohjoispuolella koki huomattavan kalojen joukkoluoloman 1969. Veden kirkastuminen kuului jälleen kuvaan. Maisteri Österholm suoritti vuonna 1970 vesistöalueen veden ja maaperän laatua koskevan alueellisesti varsin laajan selvityksen (50). Oja-, puro- sekä jokinäytteenottopisteiden lukumäärä oli yli sata. Myöskin otettiin maanäytteitä, joista määritettiin maalaji ja pH-luku.

Johtopäätöksissä todetaan veden korkea elektrolyyttipitoisuus, joka johtuu alunayhdisteistä. Raudan pitoisuuden todettiin kasvavan pH:n alentuessa. Tämän katsottiin johtuvan raudan irtoamisesta humusaineesta happamissa olosuhteissa. Rikkihapon todettiin alunayhdisteiden lisäksi joutuvan vesistöön ainakin silloin, kun veden pH-luku on alle 4.0.

Koska kesällä, jolloin vesistönosissa virtaa lähinnä pohjavesiä, mitattiin korkeampia pH-lukuja, Österholm päätteli pohjavesien olevan vähemmän happamia. Ovathan pohjavedet pinatavesiin verrattuna paremmin puskuroituja. Tähän käsitykseen ei sellaisenaan voi yhtyä. Pohjavedet tosin ovat paremmin puskuroituja, mutta ne pohjavedet, jotka alivalumakausina tulevat avouomiin, ovat enimmäkseen karkeampien maalajien vesivarastoista peräisin. Karkeat maalajitahan ovat vähemmän happamia sekä ollessaan vallitsevana maalajina jollakin alueella merkitsevät usein antoisia pohjavesie-siintymiä. Varsinaisten liejusavi- ja liejuhiesualueiden pohjavedet eivät kuivina kesinä ole alivalumissa mukana.

Pohjaveden laatua liejusavialueilla tutkittiin kesällä 1971 tarkemmin tämän työn yhteydessä (kohta 4.11).

Österholm toteaa, että peratuista ojista tuleva vesi yleensä oli hyvin hapanta. Myöskin Erkola arvelee Uudenkaupungin altaan valuma-alueella suoritettujen ojitusten todennäköisesti vaikuttavan Sirppujoen veden happamuuteen. Nämä otaksumat liittyvät ollenaisesti tämän työn otsikkoon, joten niitä käsitellään kohdassa 5 perusteellisemmin.

K. Tikan diplomityötä käsiteltiin jo edellä sivupurotutkimusten osalta. Köklotin allas oli työn otsikkona ja Kyrönjoen sivupurotutkimus liittyi siihen siksi, että altaaseen nopean makeuttamisvaihtoehdon mukaisesti otettaisiin Kyrönjoen vettä. Makeutuksen jälkeen altaan oma valuma-alue riittäisi tyydyttämään vedentarpeen  $1.4 \text{ m}^3/\text{s}$ -tasoon asti, jonka jälkeen vettä jälleen jouduttaisiin ottamaan Kyrönjoesta. Työssä on tarkasteltu veden valikointimahdollisuuksia jo makeutettuun altaaseen, ja päätellään valintamahdollisuuksia olevan olemassa, jos eräiden hapanta valumaa keväisin ja syksyisin tuottavien osa-alueiden vedet voidaan juoksuttaa tai pumpata altaan ohi.

Ohijuoksumahdollisuudesta on myöskin Luodonjärven veden laadun parantajana tehty suunnitelma.

Haapajärven Hautaperän altaan yläpuolisista näytteenottopisteistä havaitaan huhtikuun 1971 näytteissä pH arvot n. 6.5 ja  $\text{H}_2\text{O}$ :n arvot n. 35 - 50  $\mu\text{S}$ . Toukokuussa otetuissa näytteissä pH-arvot ovat pudonneet n. 5.5:een ja  $\text{H}_2\text{O}$ :n arvot n. 20  $\mu\text{S}$ :iin. Elektrolyyttipitoisuus on varsin alhainen kumpanakin ajankohtana. Altaaseen tuleva vesi edustaa kuitenkin vähän viljeltyjen alueiden valumaa ja veden laadussa korostuvat suoalueet, jolloin väri,  $\text{KMnO}_4$ :n kulutus (humus) ja rauta saavat suurempia arvoja. Altaassa on mielenkiintoista lähinnä se, miten altaan pohjaksi jää-

vä n. 220 ha:n maatalous- ja tonttimaan tulevaisuudessa vaikuttaa veden laatuun, sekä se tuleeko rikkiyhdisteiden hapettuminen ja pelkistyminen riippuvaiseksi veteen liuenneesta hapesta pohjan lähettyvillä, kun veteen liuenneita suoloja liikuttavat vertikaaliset jännitykset muuttuvat radikaalisti. Allasalueen pellot ovat n. 80 m:n korkeustasolla. Litorinameren ylin ranta on alueella sijainnut n. 100 - 105 m:n korkeustasolla, joten on mahdollista, että pelloissa on rikkiä joskaan ei niin runsaasti kuin alemmilla korkeustasoilla. Altaan tulevan veden laadun suhteen ei liene suuria vaikeuksia, koska tulovesi saadaan melko korkealta eivätkä sulfaattipitoisuudet tulovedessä tule suuriksi. Tosin vesi on hyvin heikosti puskuroitua, jolloin humushappojen ja hiilidioksidin vaikutus voi ajoittain jossain määrin heilauttaa pH-lukua, mutta ei todennäköisesti alle 5.0:n.

Kaikissa altaissa voidaan todeta heikot puskuriominaisuudet vedessä. Niiden haponsitomiskyky on arvioitu n. 10 kertaa heikomaksi kuin meriveden. Tällä seikalla on sikäli merkitystä, että jos kaavaillaan sulfaattipitoisten valumavesien neutraloimista luonnonvesillä, merivesi on 10 kertaa tehokkaampaa kuin esim. allasvesi.

## 2.2 M a a p e r ä j a m a a n k ä y t t ö

Tämä työ liittyy läheisesti maan käytön vaikutuksiin vesistön veden laadussa, jolloin muu käyttö kuin kuivatus on selittäjänä. Maaperä pyritään näkemään tilassa "ennen käyttöä", jolloin taas maaperän erilaisuus on otettava huomioon. Muu käyttö kuin kuivatus merkitsee lähinnä ihmisten asumisen ja toimintojen keskittymistä taajamiin, palveluelinkeinoja ja teollisuutta. Tämä aiheut

taa jätevesien purkamista vesistöön.

Jätevesiongelma jää tässä pois ja tutkitaan pelkästään viljely-alueiden, metsäalueiden, suoalueiden, eri tavoin ojitettujen alueiden ja eri aikoina ojitettujen alueiden valumaa. Sivupurotutkimuksissa on tietenkin lievä haja-asutuksen jätevesivaikutus, mutta sen voi katsoa häviävän pieneksi maaperävaikutusten rinnalla.

Maaperän epähomogeenisuus sen sijaan aiheuttaa vaarallisimman virhepäätelmämahdollisuuden tässä työssä. Sitä on pyritty eliminoimaan suurella näytepisteiden määrällä rajoitetuilla alueilla, jolloin mahdollinen maalajin ero "ennen käyttöä" tilanteessa (esim. 150 - 200 v. sitten) näkyisi kussakin ryhmässä yhtä voimakkaasti.

## 2.21 Jääkauden jälkeinen maankohoaminen

Edellä on jo useaan otteeseen puhuttu n.s. litorina-meri-vaiheesta. Jääkauden päättyminen maassamme alkoi jo aikaisemmin. Ensimmäisessä vaiheessa jäätikkö vetäytyi luoteeseen, jolloin Kaakkois-Suomi jäi jäätikön sulamisvesien alle. Tätä avovettä kutsutaan Karjalaiseksi Jääjärveksi. Vaasan ympäristö ja Etelä-Pohjanmaa olivat kauemman jään alla. Karjalaista jääjärveä seuraavaa vaihetta kutsutaan Balttilaisen jääjärven kaudeksi. N. 8000 v eKr. jään reuna oli vetäytynyt jo Porin - Jyväskylän tasolle ja maan kohoaminen oli lähes kolme kertaa nopeampaa kuin nykyään (8). Tämä oli n.s. Yoldia meren pre-boreaalin vaihe. Yoldia merivaiheen aikana jää vetäytyi nopeasti luoteeseen ja v. 7600 eKr. jää oli kokonaan poissa Vaasan ympäristön alueelta. Vesi seurasi jään reunaa ja koko Etelä-Pohjanmaa oli tällöin veden

alla. Maan kohoamisnopeus oli Vaasassa n. 25 - 27 mm/v alkaen vuoden n. 7000 v eKr. jälkeen hidastua. Yoldiamerta seurasi maakevetinen Ancyclusjärvi (n. 6500 eKr.). Maankohoaminen Vaasassa oli hidastunut n. 19 mm:iin/v.

Ancyclusjärven rantaviiva sijaitsi tällöin n. 120 - 130 m:n nykyisellä korkeuskäyrällä. Seuraavassa litorinavaiheessa Tanskan salmet olivat jälleen auki, jolloin suolapitoisuus vesialtaassa lisääntyi. Lämpötila oli nykyistä korkeampi, joten lehtipuut valtasivat alaa myöskin Etelä-Pohjanmaalla syrjäyttäen osittain aikaisemman mäntyvaltaisen metsätyypin. Muutos oli aika voimakas ja selvä ja se näkyy mm. siitepölyanalyysien tuloksissa (8).

Jään liikkuminen ja sulaminen aiheuttivat Vaasan ympäristön kivennäismaalajien muodostumisen. On todettu, että ennen jääkautta syntyneitä kivennäismaalajeja Vaasan alueella tuskin on (31). Sen sijaan vetäytyvä jää kulutti kallioperää voimakkaasti, jolloin nykyiset moreenit syntyivät. Moreeni on yleensä kallion päällä paitsi silloin, kun sedimentoituminen on tapahtunut avoveteen, jolloin moreenin alla saattaa esiintyä hienoja kivennäismaalajeja. Hienojakoisten sedimenttien järjestys alhaalta ylöspäin siellä missä niitä esiintyy, on Itämeren kehitysvaiheiden mukainen. Jos tarkastellaan jotain rannikkoseudun täydellistä profiilia sedimentit, ovat alhaalta ylöspäin tunnistettavissa Yoldia-, Ancyclus-, Litorina- ja Limneakerrostumiksi.

Liitteessä 12 litorinameren ylimmän rantaviivan nykyinen sijainti Vaasan vesipiirin toimialueella.

Liitteessä 13 Kyrönjoen pinta-alakäyrä, josta havaitaan että n. 50 % pinta-alasta on 100 m:n korkeuskäyrän alapuolella. Tämä on se alue, jolla litorinasedimenttejä voi esiintyä.

## 2.22 Maakerrostumiin kohdistunut tutkimus

Maaperää on tutkittu lähinnä neljästä syystä; ensinnäkin maala-  
jikatertojen tekoa varten, toiseksi edellä selostettujen jääkau-  
den vaiheiden iän ja rantaviivan sijainnin määrittämiseksi, kol-  
manneksi viljelykelpoisuuden toteamiseksi, neljänneksi erilais-  
ten teknillisten päämäärien saavuttamismahdollisuuksien tarkis-  
tamiseksi (maan käyttö rakennusaineeksi, kelvollisuus rakennus-  
pohjaksi, kaivettujen ja luonnonuomien luiskien vakavuus, kui-  
vatettujen vesijättöjen painuminen j.n.e.). Tässä on tarkoitus  
koota näitä tietoja lähinnä maan huuhtoutumisominaisuuksien kan-  
nalta. Varsinaisia maaperän huuhtoutumisominaisuuksia selvittä-  
viä tutkimuksia ei juuri tähän työhön soveltuvassa muodossa ole  
tietävästi tehty. Huuhtoutumistutkimukset, joita on tehty, kä-  
sittelevät useimmiten ravinteita ja ne on tehty tutkimalla vir-  
taavien vesistöjen veden laatua. Samanaikainen valuma-alueen maa-  
perän selvittäminen on yleensä jäänyt karttatietojen varaan. Tä-  
mä onkin paras ja työtä säästävin valuma-alueen selittäjien ha-  
kemistapa silloin, kun alueet ovat suuria, esim. jokivesistöjä  
(19). Pienten alueiden huuhtoutumisesta valuman määrällinen puo-  
li on selvitetty (Mustonen 1965, 1971), mutta huuhtoutumisen (va-  
luma x pitoisuus) pitoisuuskomponentti on yhä selvittämättä. Täl-  
löin olisi ilmeisen hyvät mahdollisuudet inventoida maaperän fy-  
sikaalisten ominaisuuksien sekä alkuainepitoisuuksien alueelli-  
sia likiarvoja ja jakautumia hydrologisten selittäjien rinnalle  
laatukomponentin selittäjiksi. Menettelytapa sisältää sen, että  
selittäjiä valittaessa on kyettävä ennakoimaan mahdollisia vai-  
kutuksia. Muutoinhan selittäjiä olisi valittava periaatteessa  
äärettömän suuresta joukosta. Jos tällainen regressio esim. Ky-  
rönjoen sivupuroilla suoritetaan (joiden jätevesipitoisuus ei ai-

heuta rikin määrän kasvua), jotka miltei kaikki ovat kokonaan litorina-alueella, maaperätekijän suhteellisen tarkka selvittäminen on ainut keino saada maankäyttötekijän ja kuivatuksen osuus esiin regressioanalyysissä.

Tähän työhön ei niin laajaa maantutkimusohjelmaa ole voitu sisällyttää. On suoritettu lähinnä muutamien alueiden yksilöllisiä vertailuja sekä suoritettu eräiden tyypillisten maaprofilien tutkimuksia. Samoin voidaan käyttää aiemmista tutkimustuloksista saatuja maaperätietoja.

#### 2.221 Sedimenttien rakenne ja mekaaninen koostumus

B. Aarnion agrogeologisissa kartoissa (1:100 000) sekä karttalehden selityksessä (1928) esitettiin ensimmäinen Etelä-Pohjanmaan maaperän alueellinen jakautuminen maalajeihin lajitteiden eli raekoostumuksen mukaan. Maalajimääritys perustui A. Herbergin asteikkoon, siinä savet määriteltiin maalajiksi, jossa on 0.002 mm hienompaa ainesta 20 % ja pääosa raakoosta on välillä 0.02 - 0.002 mm. Tästä on seurauksena, että suuri osa maalajimäärityksistä olisi nykyisen maalajiluokituksen mukaan hiesuja. Käytännön maastotyössä määritettiin saveksi sellaiset maalajit, jotka olivat muovattavia. Kyrönjoen alueella tällaista savialuetta oli tutkimusten mukaan suhteellisen paljon jokilaaksossa Koivulahden, Vähän- ja Isonkyrön ja Ylistaron pitäjissä sekä jonkinverran ylempänä Kurikan ja Kauhajoen pitäjissä. Ilmajoella ja Kurikassa savikerroksien päällä todettiin vaihtelevanpaksuinen hiekkakerros. Ylistaron alapuolisella jokiosalla usein savikerroksia peitti kauempana pääuomasta sijaitsevilla alueilla turvekerros.

Lisäksi on otettava huomioon sellaiset alaville paikoille muodos-



tuneet suot, jotka kartalla eivät näy saviesiintymänä, jos turpeen paksuus ylittää 1 m paksuuden. Näillä soilla usein on turpeen alla paksu savikerros.

Aarnion karttojen valmistumisesta on kulunut 44 vuotta, joten etenkin ohuet turvekerrokset ovat voineet kulua viljelykseen otetuilta alueilta kokonaan pois luonnollisen kulumisen tai maanmuokkauskoneiden kuluttamana.

Liitteessä 14 selviävät Aarnion kartoista pantografilla 1:200 000 kartalle piirrettynä saviesiintymät sekä esiintymät, joissa savea peittävä turvekerros on ohuempi kuin 1 m. Lisäksi kartalle on piirretty nykyisten tulva-alueiden sijainti.

Maalajikartoitusta jatkettiin geologisen tutkimuslaitoksen toimesta 40-luvulla sodan jälkeen (K. Mölder ja M. Salmi). Vaasan karttalehti laadittiin 1:400 000, joten käytännön maastotyössä sillä on merkitystä vain pyrittäessä saamaan käsitys suuremman alueen maaperästä. Maalajinimitykset ovat nykyisen luokituksen mukaiset. Samoin kuin Aarnion kartoissa hiesut ja savet on käsitelty yhdessä ja hiedat, hiekat ja sorat yhdessä. Mittakaavojen erilaisuuden takia on vaikea nähdä, ovatko kartat keskenään samanlaisia.

Moreenin ja kallioiden osuus on huomattava etenkin rannikkoalueen niillä osilla, jotka kohoavat hieman jokilaakson tasoa ylemmäs, esim. Koivulahden kirkon länsipuolella. Samoin Ylistaron ja Kurikan välillä Kyrönjoen länsipuolella ovat moreeni- ja turvemaat vallitsevia. Samoin itäpuolella Seinäjoen - Jalasjärven - Peräseinäjoen kolmiossa esiintyy pääasiallisesti moreenia, turvetta ja kallioita.

Hiekan, hiedan ja soran ryhmään kuuluvia maalajeja ei Ylistaron

kirkonkylän alapuolella esiinny lainkaan. Ylistaron kirkonkylän ja Malkamäen välillä sen sijaan em. ryhmän maalajeja esiintyy pääuoman molemmin puolin. Enemmän niitä esiintyy Ilmajoen ja Kauhajoen välillä, jossa esiintymät leviävät myös kauemmas pääuomasta.

Kuten edellä todettiin savista puhuttaessa tarkoitetaan varsin usein hiesuja. Yleisesti käytetty nimitys alavien maiden saville ja hiesuille on urpasavi tai liejusavi tai puhutaan myös pikileeristä, jolla tarkoitetaan ojia kaivettaessa esiinnousevaa rautasulfidin mustaksi värjäämää usein liejupitoista litorina- tai postlitorinasedimenttiä. Ilmavissa olosuhteissa musta sedimentti harmaantuu, koska sulfidit hapettuvat sulfaateiksi. Sama prosessi tapahtuu myös happipitoisessa vedessä mutta hitaammin. Tästä tehtiin tämän työn yhteydessä laboratoriokokeita kesällä 1971. (koh- ta 4.15). Urpasavilla on myös pysyvä kuivumiskutistuminen, jonka takia peltosarat kuivatuksen alettua vaikuttaa tulevat pintakerroksestaan hyvin vettä läpäiseviksi. Mitä alempana on pohjavesi sitä syvemmälle savi "urpaantuu" eli rakoilee ja muuttaa värinsä harmaaksi, jos se on ollut alkujaan mustaa. Jos esimerkiksi sala- ojitettaessa aluksi joudutaan käyttämään n. 20 m:n imuojaetäisyyt- tä, voidaan myöhemmin rakoilun tapahduttua siirtyä suurempaan o- jaetäisyyteen jättämällä käyttöön esim. joka kolmas tai neljäs imuoja. Urpasaven raot ovat usein pinnoiltaan rautasakan ruskis- tamia.

Paikoitellen tavataan (esim. Ylistarossa) myöskin edellisestä poikkeavaa savea, jota usein kutsutaan aitosaveksi tai muurisa- veksi. Tällä tarkoitetaan Ancycluskauden sedimenttiä. Useimmiten se on kuitenkin paksujen litorina- ja postlitorinakerrosten alla.

Yoldiameren sedimenttejä tavataan varsin niukasti tai ei lainkaan.

Ancylus-savessa on yleensä savipitoisuus ( $\emptyset < 0,002$  mm) n. 10 % korkeampi kuin urpasavessa (11).

On varsin todennäköistä, että urpasavien kuiva~~utus~~ alentaessaan pohjaveden pintaa (ja siten pidentäen kapillaariveden nousumatkaa) halkeilun takia rikkoo kapillaarihuokosia, jolloin kuivuminen pinnassa tehostuu. Em. halkeilun johdosta ns. kuivakuorikerros ei ole tiivis, vaan laskee yleensä sadeveden kokonaan maaperään ja sen kautta aika nopeasti vesistöön.

#### 2.222 Sedimenttien sisältämät alkuaineet ja viljelyn aloittamisen vaikutus

Sekä Aarnion että Purokosken tutkimusten mukaan rikin, raudan ja alumiinin pitoisuus on sitä korkeampi mitä hienojakoisemmasta litorina- tai postlitorinasedimentistä on kyse. pH-luku on kääntäen verrannollinen rikkipitoisuuteen paitsi hiekassa, jonka pH voi olla pinellä rikkimäärällä oletettua alempana, koska hiekassa ei ole myöskään puskuriominaisuutta lisääviä aineita kuten savissa. Hiekkaa karkeammissa maalajeissa ei ilmeisesti ole rikkiä juuri lainkaan ja myös veden kapillaarinen nousu on minimaalista.

Maantutkimuslaitoksen suorittama rannikkomaiden rikkipitoisuustutkimus 50-luvun lopulla osoitti, että Etelä-Pohjanmaalla on alueellisesti eniten sulfidimaita (n. 20 000 ha), joiden keskimääräinen rikkipitoisuus on 2,5 tn/ha. Pohjois-Pohjanmaalla löydettiin n. 11 700 ha rikkipitoisuuskeskiarvon ollessa 4,6 tn/ha. Rikki on laskettu kokonaisrikkinä 20 cm:n kerrokselle. Näillä alueilla on n. 79 % koko maan sulfidimaista. Koko maan inventoin-

ti suoritettiin myös maalajeittain (33):

Maalaji	Pinta-ala (ha)	Rikkiä (tn/ha)	pH (kuiva)
Hk	37	1,41	4,9
Ht	6 184	2,15	4,1
LjS	25 576	3,87	3,9
Lj	6 211	3,76	4,0
Ct	140	4,17	3,8
St	40	0,25	5,1

pH:n määrittäminen kuivasta näytteestä antaa sikäli luotettavamman käsityksen, että jos hapettumattoman mustan sulfidisen pH mitataan tuoreena, saadaan arvo n. 6,5 - 7,5, mutta kuivuneena ja hapettuneen näytteen pH on pudonnut keskimäärin yllämainittuihin arvoihin, joita on pidettävä "stabiilimpina" arvoina.

Syvemmillä kairattuja profiileja on Kyrönjoen alueelta tutkittu sekä suoalueilta että peltoaukeilta. Rikkipitoisuusmaksimi on esim. Tervajoen profiilissa 5,5 m:n syvyydellä 0,9 % ja Murtonevan profiilissa 5,7 m:n syvyydellä 1,7 %. Tämä maksimi ja sitä tukeva siitepölydiagramma yhdessä ovat melko hyvä keino määrittää litorinakerroksen rajat. Kerroksen ikä voidaan lisäksi määrittää  $C^{14}$ -isotoopin avulla (8). Vielä on käytössä piilevätutkimus, joka paljastaa, minkälaiseen veteen sedimentoituminen on tapahtunut. Varmuus saadaan siten varsin suureksi.

Aulis Järven laudaturtyössä (1965) tutkittiin liejusavien yleisiä- ja viljelyominaisuuksia Tuovilanjoen pengerrysalueen kahdella kalkituskoesaralla. Pintakerroksesta suoritettiin maanäytteiden pH:n, johtoluvun, kosteuden, tilavuuspainon, hehkutuskevennyk-

sen ja sulfaattirikin määritykset eri määriä kalkkia saaneilla koeruuduilla kasvukauden eri vaiheissa. Koska sama alue on myös tässä työssä ollut koealueena, todettakoon ensinnäkin, että kalkitus vaikutti pH:ta kohottavasti n. 20 - 30 cm:n syvyyteen muodostaen ilmeisesti sulfaattien kanssa kipsiä. Kalkitus myöskin kohotti välittömästi muokkauskerroksen alla olleen kerroksen rikkimäärää, samalla kun kalkitsemattoman ruudun rikki rikastui aivan pintakerrokseen. Kalkitun ruudun muokkauskerroksen rikkimäärät olivat n. 0,2 % ja kalkitsemattoman ruudun pintamaan rikkipitoisuus oli jopa 1,2 %. Tilavuuspainot vaihtelivat 1,0:n molemmin puolin ollen pienempiä turvepitoisissa kohdissa. Maan voi katsoa olevan suolamaata. Maan pH oli kalkitsemattomilla ruuduilla 3,3-4,0 ja kalkituilla (8,16 ja 32 tn/ha) n. 5,0-6,0 muokkauskerroksessa ja 30 cm:n syvyydellä alle 4,0. Vaikka koeruudut ovatkin pienellä alalla, näytti ruudun sijainti vaikuttavan hyvin paljon saatuihin tuloksiin eikä ainoastaan kalkitseminen. Tämä merkitsee sitä, että maaperän homogeenisuusoletus pienelläkin alueella voi olla virhe, jos kokeiden lukumäärä on pieni tai epätasaisesti jakautunut.

Kesällä ja syksyllä 1971 tällä samalla ruudulla tutkittiin pohjaveden laatua eri syvyyksillä samoin salaojaston veden virtaamia ja pitoisuuksia (kohta 5).

Aarnion kartoituksen yhteydessä merkittiin erikseen suolaamaat S-kirjaimella. Näillä suolamailla tarkoitettiin ns. alunamaannoksen yhteydessä maan pintaan kapillaarisesti nousevia suoloja, jotka kiteytyvät joskus todella suolakentiksi. Isonkyrön Tuuralassa suoritettiin kaksi kairausta tällaisella suolamaalla. Kairauspisteet olivat 50 m:n päässä toisistaan, toinen 15 v viljelyksessä olleel-

la saralla ja toinen viljelemättömällä alueella. Tulokset olivat seuraavat:

	A			B		
	Kasvuton suolamaa			Sama viljelty		
Syvyys cm maanp.	0-10	10-20	25-36	0-30	30-40	45-55
veteen liukenevia						
SiO <sub>2</sub>	0,006	-	0,029	0,001	0,002	0,018
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,260	0,007	0,008	0,007	0,005	0,022
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,028	-	-	-	-	-
CaO	0,510	0,028	0,029	0,053	0,015	0,034
MgO	0,035	0,015	0,024	0,042	0,029	0,038
K <sub>2</sub> O	0,010	0,000	0,003	0,002	0,000	0,000
Na <sub>2</sub> O	0,360	0,034	0,016	0,045	0,005	0,034
SO <sub>3</sub>	1,220	0,101	0,109	0,139	0,129	0,148
Cl	0,020	0,015	0,007	0,013	0,004	0,007
Veteen liuk. suol. 100 g maata	2,449	0,200	0,225	0,302	0,189	0,303

Jos maalaji on tässä 15 vuoden viljelyksen aikana siihen liittyvän ojituksen ja muokkauksen takia pintamaasta menettänyt alkuperäisestä 2,5 %:sta vesiliukoisia suoloja 2,2 % samalla, kun pohjamaa on pysynyt entisellään, voidaan tätä pitää juuri senlaatuiseina tapahtumana, joka on poistanut viljelykelvottomat alueet 20-luvulta nykyaikaan tultaessa. 20-luvun ja 30-luvun tutkimuksissa on huolestuneena todettu suurten alueiden kelpaamattomuus peltoviljelyyn maanpintaan syntyvän suolasakan takia.

Syyksi todettiin tälläisillä alueilla liian korkea pohjavesi, jo-

ka mahdollistaa kapillaarisen suolojen nousun, joten ojitus ja kalkitus todettiin poistavan ongelman (Aarnio, Honkavaara, Kivinen, Purokoski).

Tällaisia suolakenttiä ei ole enää juuri lainkaan Kyrönjoen alueella, koska em. taulukon mukainen muutos on sotien jälkeen toteutettu kaikilla alunahaitasta kärsineillä alueilla. Toisin sanoen: pääasiallinen konsentroitumistaso on siirtynyt ylintä pintaa alempiin kerroksiin.

Kivinen (22) on esittänyt suolamaanäytteistä tehtyjen analyysien tuloksia:

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	Cl	
6,12	1,60	5,65	11,11	9,39	2,13	3,67	42,75	-	Isokyrö
1,89	8,20	5,21	4,52	6,79	1,64	5,07	45,24	-	Ylistaro

Tällaisten suolojen analysointi antaa kuvan siitä, mitkä yhdisteet helpoimmin nousevat poutakausina kapillaarisesti. Täydellisen kuvan saisi tutkimalla samalla maanäytteiden pitoisuudet kerroksittain, jolloin nähdään, mitä alkuaineita on tarjolla kussakin tapauksessa. Voidaan kuitenkin todeta etenkin sulfaattien suuri osuus eli sama kuin Isonkyrön Tuuralan viljelemättömällä suolamaalla, jossa pintamaan (0-10 cm) sulfaattipitoisuus oli yli kymmenen kertaa suurempi kuin heti pinnan alta (10-20 cm) otetussa näytteessä 20-luvulla.

Sedimenttien sisältämien alkuaineiden inventointia suoritettiin kesällä 1971 Kyrönjoen vesistöalueella Maantutkimuslaitoksen toimesta ja tulokset tulevat varsinaisesti esiin kalakuolemaselvityksen siihen varatussa osassa. Tähän työhön tuloksia on sisällytetty lähinnä eräiden sivupurojen maalajitarkistuksissa sekä pohjavesinäytteenottopisteiden maalajin kemiallista koostumusta selvi-

teltäessä (kohta 4.11).

2.23 Kyrönjoen vesistöalueen maankäytöstä ja kuivatuksesta Kyrönjoen alueen maankäytön jakautuminen pelto-, metsä-, metsäiseen suo-, aukeaan suo- ja vesialaan on parhaillaan inventoitavana vesistön osa-alueiden mukaan Vaasan vesipiirissä. Vesipiirin (maanviljelysinsinööripiirin) toteuttamat peltokuivatushankkeet on vesistöalueittain inventoitu. Samoin metsäojitushankkeet on inventoitu E-P:n metsänparannuspiirissä sekä ennustettu tulevat metsänkuivatukset vuoteen 1980 asti.

Salaojitusta koskevat tiedot ovat saatavilla vain kuntakohtaisina, joten ne on esitetty yhdessä kuntakohtaisen maankäyttöjakautuman kanssa. (Suomen virallinen tilasto, yleinen maatalouslaskenta). Vesistöalueen raja on kuitenkin riittävän lähellä 10 kunnan muodostaman aluekokonaisuuden rajaa, jotta kunnittaisia ja vesistöalueittaisia tietoja voi vertailla keskenään (liite 15). Vesistöalueittainen maankäyttöjakautuma (määritetään) peruskartoilta, jolloin kahdan alussa mainitut kartoilta saatavat tiedot ovat suon ja metsän suhteen toisessa muodossa kuin maatalouslaskennan tiedot, joissa mainittu joutomaa on peruskartoilta vaikea paikallistaa samalla tavoin. Maatalouslaskennassa käyttökelpoiset suot on viety metsän kanssa yhteen. Koska jotkut tiedot on saatavilla pienemmältä alueelta kuin toiset, tässä esitetään taulukko inventointien tuloksista siten, että kunkin inventoinnin alueyksikön tulokset on merkitty vastaavalle vaakariville. Silloin kun jokin tulos merkitsee useamman pienemmän alueen yhteenlaskettua aluetta, se on merkitty kaarisuluilla (taulukkoliite 16).

Epäselvyyden voi poistaa tarkistamalla karttaliitteestä 17, johon



on merkitty pienimmät käytetyt alueyksiköt.

Vesistöalueittainen maankäyttömuodon jakautuman inventointi on valmiina alueille A - F. Muista se esitetään kunnittain. Kaikki prosentit on laskettu kokonaispinta-alasta.

Taulukosta 16 on helppo laskemalla saada esiin muita indeksejä esim. salaojitetun pellon osuus peltoalasta Skatilan ja Palhojaisten välillä:  $\frac{11,1}{45,0} \cdot 100 = 24.7 \%$ . Samoin voidaan peltokuivatuksessa sadealuetta kohden lasketut indeksit muuntaa hyötyaluetta kohden, esim. sadealueen ojatiheys ( $\text{km}/\text{km}^2$ ) Hanhikosken - Jalasjokisuun välillä muunnettuna hyötyalueen ojatiheydeksi =  $\frac{0,67}{15,4} \times 100 = 4.35 \text{ km}/\text{km}^2$ .

Taulukosta 16 havaitaan peltoprosentin kasvu sivujoista alaspäin. Jalasjokisuun alapuolella pääuoman vesistöalueella se on melko tasaisesti 40 %:n kummallakin puolella. Salaojitetun pellon osuus kasvaa suurin piirtein kuten peltoprosentti, kuitenkin sitä voimakkaammin.

Koska taulukosta 16 ei heti näe eräitä olennaisia indeksejä, sitä on syytä yksinkertaistaa maankäytön tultua määritetyksi koko vesistöalueelta.

### 2.3 S o v e l l e t t a v a t m u u t t u t k i m u k s e t j a t i e d o t

Koska on kyse suolamaahan kohdistettujen kuivatustoimenpiteiden vaikutuksista veden laatuun, eikä tavanomaisen maaperän kuivattamisesta, on todettava, että suoraan tätä aihetta ei ainakaan Suomessa ole tutkittu. Sivuaiheena tästä ovat jotain todenneet ne tutkijat, joiden ongelmana on ollut viljelyn tehostaminen alueel-

la, esim. Aarnio ja Kivinen. K. Tikan diplomityössä oli edellä mainittu veden laadun selittäminen sivupuroissa ryhmäkeskiarvoilla, joissa pelto, suo ja metsä olivat muuttuvina suureina. Pellon suuri osuus merkitsee jo sinänsä kuivatusta. Samoin voi olettaa 30 - 50 %:n soista olevan ojitettua. Peruskartoitus on nopeasti kehittyvän soiden ojittamisen inventoimiseen liian vanhentunut. Suo-ojista onkin vaikea saada tuoreita tietoja käymättä paikan päällä.

Laaksosen regressioanalyysi on ensimmäinen alueellisen kokonaiskuvan luomiseen tähtäävä selvitys (kohta 2.33), jonka selittäjät ovat kiinnostavia tämän työn kannalta.

Koska valuman määrä vaikuttaa ilmeisesti veden laatuun ja eritoten huuhtoutuviin kokonaisainemääriin Kyrönjoen alueelta, ne tutkimukset, joissa valuman määrän riippuvuus ilmastosta ja ympäristötekijöistä ovat olleet esillä, soveltuvat myös eräiltä osin tähän työhön (kohta 2.31). Näyttää nimittäin siltä, että pitkät alivalumakaudet luovat kesällä rikkibakteereille hyvät olosuhteet sulfidirikin hapettamiselle sulfaateiksi liejusavialueilla. Toisaalta huuhtoutumisen voimakkuus ja samalla mahdolliset kriisitilanteet Kyrönjoen vesistöalueen kalakannalle ovat suurimmillaan silloin, kun valumat ovat Mq:ta suurempia. Tässä mielessä ovat myös valumaa määrällisesti lisäävät suo-ojitukset mielenkiintoisia kahdellakin tavoin: ensinnäkin nousee kysymys aiheuttaako suo-ojitus valumia lisätessään laimentumista rikin suhteen, ja toiseksi onko suo-ojituksen johdosta todennäköisesti lisääntyvä raudan konsentraatio myöskin kriittinen tekijä. Nämä laatumuutokset ovat ilmeisiä silloin, kun turvekerros suolla on paksu eikä suo kuivu niin kuivaksi, jotta turpeen alla usein esiintyvä savi alkaisi

voimakkaasti hapettua. Jos hapettumista tapahtuu, on myös rikkikonsentraation lisääntyminen hyvin todennäköistä.

On myöskin ilmeistä, että pohjaveden korkeus liittyy läheisesti maaperästä huuhtoutumiseen samoin kuin maan huokosrakenne ja varastoituminen maaperään. Tämä taas aiheuttaa maaperän vesikapasiteettiä koskevien tietojen mahdollisen selitysarvon huuhtoutumiselle taustanaan säättekijät.

Kuivakuorikerroksen muodostuminen taas vaikuttaa maaperän huokosrakenteeseen ja vesikapasiteettiin, joten sitä koskevat tutkimukset ovat omalta osaltaan mukana lähtötiedoissa. Jos maalla on tietty huokosrakenne, vesikapasiteetti ja hetkellinen vesipitoisuus, tämä vaikuttaa maan happi- ja ilmapitoisuuteen ja myös kapillaariseen veden nousuun.

Maan happipitoisuus taas on suoraan nähtävissä sulfidien hapettumisena kemiallisesti ja kapillaarinen nousu erityisesti rikin nousemisena ylempiin kerroksiin.

Voidaan siis havaita, että huuhtoutuminen on erittäin monitahoinen ilmiö, jonka tutkiminen kaikissa yksityiskohdissaan on kovin monimutkaista. Tämän takia siitä on pyrittävä saamaan pelkistettyjä osatutkimuksia, joissa luodaan suuntaviivoja ja alustavia edellytyksiä vastausten saamiseksi tärkeimpiin kysymyksiin.

### 2.31 Valuman määrään ja jakautumiseen vaikuttavista tekijöistä

Edellä todettiin Kyrönjoen virtaaman suuri vuotuinen vaihtelu. Useimmiten esiintyvät vuosittain kesän ja talven alivalumakaudet ja kevään ja syksyn ylivalumakaudet, joista jälkimmäinen saattaa jäädä kokonaan pois. Toisaalta kesäsateet harvoin kykenevät

nostamaan virtaamia MQ-tasoa suuremmiksi. Talvialivaluman alkamisajankohta taas voi siirtyä tavallista myöhemmäksi, jos alkutalvi on lämmin ja lumet sulavat välillä pois. Näin kävi esim. v. 1971 tammikuussa. Kyrönjoen ylivaluma on järvirikkaampien vesistöjen vastaavia suurempi (12). Kokonaispeltoprosentti on sillä rajalla, että on vaikea sanoa onko sillä ylivalumaa lisäävää merkitystä (12) ja (26). Sen sijaan osa-alueilla, esimerkiksi uuseilla tutkituilla sivupuroilla peltoprosentti on niin suuri, jotta ylivaluma on sen johdosta kasvanut. Tämä merkitsee keväällä myös sulfaattikonsentraation nousua ainakin sen jälkeen, kun maa on paljastunut ja vedet pääsevät huuhtomaan tehokkaasti.

Jos tarkastellaan kevään yliveden sattumisajankohdan keskiarvoa Kyrönjoen vesistöalueella, voidaan havaita samanaikainen ylivesi sekä latvoilla Jalasjoella että Isokyrön-Ylistaron seudulla ja päivää myöhemmin ylivesi Munakassa ja Skatilassa (12). Tämän seurauksena Skatilassa esiintyy toinen maksimi, kun Munakan ylivesi ehtii sinne. Kevään ylivalumassa näkyy tämä kaksiosaisuus selvästi vuosittain ja jälkimmäinen maksimi on suurempi, koska se tulee pussinmuotoisen vesistöalueen laajasta latvaosasta, jossa lisäksi lumen vesiarvo on korkeampi kuin rannikolla.

Valumasuureiden määrää selitettäessä koko Suomen pienten vesistöhavaintoalueiden tutkimusaineistossa meteorologisten ja aluetekijöiden avulla (26), voitiin havaita seuraavien aluetekijöiden kasvattavan kevätvaluntaa:

suuri kaltevuus

" karkeiden maalajien osuus

" pellon osuus valuma-alueesta

Suuri pellon osuus valuma-alueesta kasvattaa voimakkaasti kevät-

ylivalumaa. Koska voimakkaasti huuhtoutuvat rikkipitoiset maat ovat todennäköisesti enimmäkseen peltoa, on selvää että keväiset sulfaattimaksimit Kyrönjoessa ovat paljonkin riippuvaisia siitä milloin peltoalueiden valuman maksimi sattuu.

### 2.32 Ojituksen vaikutus Huhtisuon valumaan

Julkaisuissa (27) ja (30) esitetään, miten Huhtisuon vesistöhavaintoalueella toteutettiin vuonna 1958 suoalueen valtaojitus. Alueen pinta-ala on  $5.33 \text{ km}^2$ , korven, rämeen ja nevan yhteenlaskettu osuus alasta on 45 %. Peltoa ei alueella ole lainkaan. Suo on vaihtelevan paksuisen turvekerroksen peittämä. Turpeen alla oleva kivennäismaa on lähes koko alueella karkeata hiekkaa tai soraa eli hyvin vettä läpäisevää maata. 1,3 m:n syvyisten valtaojien pohja ulottuu suurimmalla osalla aluetta turvekerroksen läpi pohjamaahan. Savia ja hiesuja ei alueella esiinny. Alue sijaitsee Kaakkois-Suomessa n. 100 m:n korkeudella meren pinnasta. Valtaojituksen vaikutusta tutkittiin käyttämällä vertailualueen vierestä Latosuon vesistöhavaintoaluetta. N.s. kalibrointiaika ennen ojitusta oli 22 vuotta. Vuonna 1960 Huhtisuon ojitus täydennettiin varsinaisella sarkaojituksella. Valtaojituksen toteuttamisen havaittiin kasvattavan vuoden keskivalumaa suoalueelta peräti 250 mm, josta 5 % arvioitiin johtuvan vesivaraston pienentymisestä ja loppu haihdunnan pienentymisestä. Aikaisemmin lähes olemattomat alivalumat kasvoivat valtaojituksen johdosta moninkertaiseksi. Ylivalumissa havaittiin lievä aleneminen, joka ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä kolmen vuoden valtaojitusvaiheen perusteella laskettuna (27). Ojituksen kokonaisvaikutusten analysointi on tehty v. 1971 (30) ja saatiin suo-osan

vuosivalunnan kasvuksi ojituksen johdosta sarkaojituksen valmistuksen jälkeiselle ajanjaksolle 1961 - 1969 n. 160 mm haihdunnan pienenemisestä ja n. 18 mm/v vesivaraston pienenemisestä, jos oletetaan vesivaraston pienentyneen yhtä paljon joka vuosi.

Kevätylivaluma on kasvanut 31 % ja kesäylivaluma peräti 131 %.

Alivalumien moninkertainen kasvu on ilmeisesti karkean pohjamaan aiheuttamaa suurelta osalta.

Koska Huhtisuon alueen suot olivat lähes puuttomia eivätkä siten voineet lisätä transpiraatiota siten kuin puuta kasvavat suot, voidaan olettaa saatujen valuman lisäysten olevan lähes suurimpia mahdollisia, mitä ojitus voi aiheuttaa.

Märkydestä kärsivien peltojen ojittaminen vaikuttaa ilmeisesti valumiin samansuuntaisesti mutta huomattavasti lievemmin. Tästä ei kuitenkaan ole täsmällistä tutkimusaineistoa käytettävissä.

### 2.33 Regressioanalyysi jokivesistötutkimuksen aineistolla

Veden laatuun vaikuttavista ympäristötekijöistä Laaksonen (1970) käytti selittäjinä mm. seuraavia tekijöitä: suo-%, pelto-%, litorinameren peittämän alan osuus (%) valuma-alueesta, ojitettujen soiden osuus (%), savi- ja hiesumaiden osuus (%) sekä jätevesien osuus (o/oo) keskivirtaamasta. Kokonaisrikille paras selittäjä oli litorinameren peittämän alan osuus, toiseksi paras jätevesien osuus ja kolmanneksi peltoala. Koska jätevesien esiintyminen hyvänä selittäjänä johtuu selluloosateollisuuden vaikutuksesta, sitä ei voi soveltaa Kyrönjokeen. Tällöin voidaan käyttää vain malleja, jossa on mukana ainoana selittäjänä e.m. litorina-alue. Kokonaisrikin selitysyhtälö saa muodon:

$$y_9 = 2,70 + 0,17 X_{18}$$

Jos alue on kokonaan litorina-alueella eli  $X_{18} = 100 \%$  saadaan  $y_9 = 20 \text{ mg/l}$  - kok.-S eli n.  $60 \text{ mg/l}$  -  $\text{SO}_4$ . Kyrönjoen sivupuroille, jotka ovat esimerkin mukaisia, saatu sulfaattipitoisuus on aivan liian pieni. Yhtälö onkin tarkoitettu suurille vesistöalueille. Vuoden 1971 sivupurotutkimuksissa saadut sulfaattipitoisuudet ovat yli kolmenkertaisia keskimäärin ja vaihtelu etenkin suurempiin konsentraatioihin oli voimakasta. Haarajoen vedessä nousi sulfaattipitoisuus jopa suuremmaksi kuin  $1\,000 \text{ mg/l}$  -  $\text{SO}_4$  ajoittain.

Litorina-alueen todettiin selittävän rikin lisäksi johtokykyä toiseksi parhaiten ja kiintoainetta ja väriä kolmanneksi parhaiten.

Peltoala oli paras selittäjä kiintoaineelle, johtokyvyille ja kokonaistypelle ja toiseksi paras raudalle. Savisuus oli paras selittäjä kokonaisfosforille.

Ojitettujen soiden ala oli toiseksi paras selittäjä värille ja kolmanneksi paras  $\text{KMnO}_4$ :n kulutukselle sekä  $\text{BHK}_5$ :lle.

#### 2.34 Muita tutkimuksia

Turvemaat ovat yleensä happamia siten, että pintakerros on n. yhden pH-yksikön happamampaa kuin turve 50 cm:n syvyydessä (5). Soiden kuivattaminen lisää happamuutta siten, että lisäys alunperin happamilla soilla on n.  $0,1 - 0,2$  pH-yksikköä ja vähemmän happamilla jopa kokonainen pH-yksikkö. Turpeet ovat lisäksi voimakkaasti puskuroituja, joten kalkituksella neutraloiminen on vaikeata.

Turvetyyppien keskimääräinen pH-luku Suomessa on (5):

	pH
rahkaturve (S-t)	3,5
tupavillarahkaturve (ErS-t)	3,2
sararahkaturve (CS-t)	4,2
metsärahkaturve (LS-t)	4,3
saraturve (C-t)	5,0
rahkasaraturve (Sc-t)	4,7
entrof.rahkasaraturve (EuSC-t)	5,5
metsäsaraturve (LC-t)	4,8
ruskosammalsaraturve (BC-t)	5,7

Turpeen pH-luku on yleensä sitä korkeampi, mitä enemmän se sisältää kalsiumia.

Ylläesitetyt rahka- ja saraturpeen pH-luvut poikkeavat Purokosken (1959) tuloksista.

Saksalaisten tutkimusten mukaan turpeen haihdutuskyky on n. 35 % suurempi kuin saven (5).

Kapillaari- ja ontelovettä on vähän maatuneissa turpeissa runsaasti, mutta maatuneissa vähemmän (5).

Heikosti maatuneiden turpeiden vedenpidätyskyky on yli 1 000 % ja hyvin maatuneiden n. 700 % kenttäkapasiteettiä vastaavassa paineessa. Paineen kasvaessa vedenpidätyskyky pienenee.

Veden liikkuvuus pienenee turvemaan pinnasta alaspäin nopeasti ollen 40 - 50 cm:n syvyydessä vain 0,5 % pintakerroksen liikkuvuuteen verrattuna. Tämä johtuu maatumisasteen kasvusta pinnasta alaspäin mentäessä.



Seuraavassa esimerkkejä turpeen vedenläpäisykyvyn arvoista (cm/s)

S-t, H <sub>1</sub>	0,014 - 0,070
H <sub>2</sub>	0,011 - 0,033
H <sub>3</sub>	0,0015 - 0,0072
H <sub>4-5</sub>	0,00067 - 0,0050
H <sub>6</sub>	0,00017 - 0,00083
ErS-t H <sub>2</sub>	0,0097
H <sub>3</sub>	0,0060
H <sub>4</sub>	0,0032

Hyvin maatuneiden turpeiden veden läpäisykerroin on siis hiesujen suuruusluokkaa ja vähemmän maatuneiden turpeiden kerroin hie-tojen suuruusluokkaa.

Jos pohjaveden pinnan korkeus suolla muuttuu esim. 20 cm, suon vesivarasto muuttuu 10 - 2 cm turvelajista riippuen eli turpeen tehokas huokoisuus vaihtelee välillä 50 % - 10 %.

Tuusulassa, sijaitsevalla koealueella, missä maaperä koostuu lähes kokonaan hiekasta ja hiedasta on tehokkaan huokoisuuden arvo ollut 25 - 28 %. Määrittäminen perustuu vesitaseyhtälön ratkaisuun lyhyehköinä runsassateisina kausina, jolloin haihdunta on niin pieni, että lysimetrimittauksen virhe ei pääse vaikuttamaan. Arvoja voi pitää melko tarkkoina (22). Kokeiden tuloksena on voitu laatia myöskin pohjavesivaluman (mm/kk) riippuvuusikäyrä pohjaveden korkeudesta.

Tehokkaan huokoisuuden arvo normaaleilla savilla on ilmeisesti alle 10 %. Urpasavilla se saattaa olla tapahtuneen kuivumiskutistumisen johdosta suurempi. Tästä ei kuitenkaan ole täsmällisiä tutkimustuloksia olemassa. Savien n.s. hysteresiilmiö vaikeuttaa

myöskin tutkimusten suorittamista. Voidaan kuitenkin arvioida, että rakoilun aiheuttama tilavuuden lisäys ei ulotu juuri 1 m syvemmälle. Toisaalta kuivatus, joka urpaantumisen aiheuttaa, saa aikaan myöskin painumista eli huokoisuuden vähenemistä.

Etelä-Suomen hienojakoisissa maalajeissa todettiin luonnontilaisina säilyneillä alueilla kuivakuorikerroksen muodostumisen ja maaveden määrän ja sitoutumisvoimakkuuden riippuvuus iästä merestä kohoamisen jälkeen (41).

Kuivakuorikerros muodostuu aluksi nopeasti (90 cm/160 v), mutta hidastuu sitten nopeasti (150 cm/1100 v). Kuivakuorikerroksen huokokset ovat osittain ilman täyttämiä, jolloin tapahtuu hapetuspelkistysreaktioita. Tällöin tapahtuu maalajin iän kasvaessa veden maahan kiinnittymisen voimassa lisääntymistä. Kuivakuorikerroksen vesipitoisuus oli yllättäen nuorimmilla sedimenteillä pienempi kuin vanhemmilla, mutta kuivakuorikerroksen alapuolella vesipitoisuus kasvaa nuorilla sedimenteillä suuremmaksi kuin vanhemmilla.

#### 2.4 P ä ä t e l m ä t

Maankuivatustoimenpiteiden vaikutuksia vesistön tilaan sekä veden laadun, että määrän puolesta tunnetaan vielä sangen heikosti. Oikeastaan on selvitetty vasta suon ojittamisen valumien määriä lisäävä vaikutus Huhtisuon tapauksessa.

Kuitenkin on saatu suuntaa antavia tuloksia siten, että on käytetty maenkäytön jakautumaa selittäjänä sekä määriä että laatua analysoivissa tutkimuksissa. Siten esim. peltokuivatuksen erilaisten toteuttamismuotojen vaikutuksien erot ovat vielä huonosti tunnettuja.

Analyyttiset huuhtoutumistutkimukset ovat keskittyneet typen ja fosforin huuhtoutumismekanismien selvittelyyn (esim. (43) ja (45)). Rikkiyhdisteiden haitat maaperän käytölle peltoviljelyyn ovat vähentyneet viime vuosikymmeninä huomattavasti. Samojen yhdisteiden haitta vesistölle sensijaan on yleisemmin tiedostettu vasta<sup>viime</sup> vuosina. Voidaankin yleisesti sanoa, että haitta on siirtynyt peltoilta (ja mahdollisesti osittain metsistä Tikan mukaan) vesistöön. Kuitenkin on heti todettava kaksi kalojen joukkokuolemaa 1800-luvulla, joita maankuivatustoimenpiteet eivät ole voineet aiheuttaa. Säätekijöiden vaikutus on siis voimakas.

Maankuivatuksen tutkiminen alle yhden vuoden kestävässä tutkimuksena on tarkempien tulosten saamiseksi mahdotonta. Ainut käytettävissä oleva menetelmä on suora vesinäytteenotto lukuisten eritavoin kuivatettujen ja luonnontilaisten alueiden valumasta yhdessä virtaamamittauksen kanssa. Samalla olisi kuitenkin pyrittävä huomioimaan kaikki muutkin vaikuttavat tekijät. Tämä on tietenkin mahdotonta, mutta varsin tärkeänä pidettävä maalajitarkistus on pyritty suorittamaan niin usein kuin mahdollista. Valitettavasti tärkeimmän alkuaineen, rikin, analyysituloksia ei vielä ole käytettävissä, sillä Maantutkimuslaitoksen uusi määrittäminen on aiheuttanut ennalta arvaamattomia kalibrointivaikeuksia.

Maaperän fysikaalisia ominaisuuksia ei ole voitu tutkia (paitsi maalajimäärittäystä) niin kuin ehkä olisi tarpeen huuhtoutumisen alkutapahtumien ymmärtämiseksi. Sen sijaan on kerätty tutkimustuloksia aiemmin tehdyistä fysikaalisista määrittämisistä, jotka alunperin on suoritettu esim. jokipenkereen vakavuus- ym. laskelmia varten (taulukkoliite 18).

### 3. T U T K I M U S K O H T E E T

#### 3.1 V a l i n t a p e r i a a t t e e t

Koealueiden tehtävä tämän työn osalta on vastata kysymykseen: miten maankuivatus vaikuttaa veden laatuun? Maahan kohdistettu kuivatus-toimenpide voidaan toteuttaa erilaisen kaltevuuden ja erilaisen maalajin omaaviin alueisiin, alunperin erilaisissa koskeus- ja kasvullisuusolosuhteissa oleviin alueisiin ja kuivatus-toimenpiteen toteuttaminen voi tapahtua monin tavoin. Siis vaihtelevien ympäristötekijöiden määrä on liian suuri, jotta niitä kaikkia voitaisiin tutkia.

Keväällä 1971 pidetyssä kalakuolematyöryhmän kokouksessa päätettiin perustaa havaintopisteitä lähelle merenpinnan tasoa sekä ylempäs Ylistaron korkeudelle. Havaintopisteistä otettaisiin maa- ja pohjavesinäytteitä kesän aikana. Näytteenotto tuli allekirjoitaneen tehtäväksi. Havaintopisteiden sijoittamisessa pyrittiin löytämään tyypillisiä liejusavialueita, joiden käyttömuoto ja käytössäoloaika olisivat vaihtelevia korkeustason lisäksi. Tutkimuksella pyrittiin saamaan suuruusluokka- ja vaihtelutietoja maan ja pohjaveden alkuainepitoisuuksista. Maankuivatuksen vaikutuksien päättelyyn tutkimus ei kuitenkaan yksinään ole riittävä peruste, mutta antaa silti lisävalaistusta, eritoten silloin, kun maankuivatusta voidaan tutkia juuri niiden alueiden valumasta, joille tällainen havaintopiste on sijoitettu. Havaintopisteiden tunnuksena käytetään G-kirjainta ja numeroa (grund, ground).

Sopivien koealueiden löytäminen on erittäin vaikea tehtävä varsinkin, kun valtion ja muiden tutkimukselle suojeiden yhteisöjen omistuksessa on vain pieni osa soveliaasta maa-alasta. Peltojen

paketoiminen auttoi sikäli, että voitiin yksityistä viljelijää häiritsemättä sijoittaa havaintopisteitä pakettipelloille.

G-pisteitä sijoitettaessa ei pidetty välttämättömänä pysyttellä Kyrönjoen vesistöalueella, koska maaperä on samanlaista muuallakin lähiympäristössä.

### 3.11 Koealueet

Koealueiksi kutsutaan kaikkia niitä alueita, joilla on tehty sivupurotutkimusta tarkempia selvityksiä. Koealueeksi ei kuitenkaan ole kutsuttu pienintä alueyksikköä, jonka vesinäyte tai maanäyte on analysoitu, vaan aluetta, jonka sisällä pienten alueyksiköiden tuloksia verrataan toisiinsa. Koealueet ovat siten alaltaan muutamien neliökilometrin suuruusluokkaa. Alueet ovat:

- |   |          |
|---|----------|
| 1) Tuovilanjoen pengerrysalue               | liite 9  |
| 2) Norrfjärdenin - " -                      | liite 10 |
| 3) Sulvanjoen vesistöhavaintoalue n:o 85    | liite 19 |
| 4) Haapajyrän - " - n:o 81                  | liite 19 |
| 5) Mäenpäänloukonoja                        | liite 20 |
| 6) Herttoonlanjoki                          | liite 21 |
| 7) Hearajoki                                | liite 24 |
| 8) Koivulahden salaojitusalue               | liite 22 |
| 9) Ylistaron "hajapisteet" - salaojitusalue | liite 23 |

Alueilla 1) - 4) sijoitettiin n.s. G-pisteet (yleiskuva karttaliitteessä 25), alueilla 1), 5), 6), 8) ja 9) tutkittiin avo-ojitettujen ja salaojitettujen peltojen sekä täysin tai lähes luonnontilaisten osa-alueiden ja metsäalueiden valumia. Alueella 7)

selvitettiin salaojitetun pellon osuus ja ikäjakautuma. Alueet 4) - 7) ovat lisäksi olleet sivupurotutkimuksessa mukana ja alueilta 3) ja 4) on aikaisempaa vesihallituksen (ja maataloushallituksen) tutkimusmateriaalia.

Koealueina voidaan pitää myös niitä sivupuroja, joiden maaperän kemiallista koostumusta Maantutkimuslaitoksen tutkijat selvittivät vesipiirin pyynnöstä. Tällaisia sivupuroja olivat e.m. 5) sekä lisäksi:

Torrikadiket	liite 24
Tervajoki	liite 24
Paloluoma	liite 24
Nevanluhdanluoma	liite 24

Koealueiden lukumäärä on täten 13. Karttaliitteessä 24 on esitetty kaikkien tutkittujen sivupurojen valuma-alueiden sijainti vesistöalueella sekä niiden keskimääräisten sulfaattipitoisuuksien mukainen alustava luokittelu (n. 8 - 10 sulfaattimääritystä kustakin purosta vuonna 1971). Koealueina olleiden purojen luonne muihin puroihin verrattuna on tärkeä lisätieto.

### 3.12 Kyrönjoen sivu-uomat

Kuten aikaisemmin todettiin, kesän 1970 sivupurotutkimuksia jatkettiin 1971 vähentämällä tutkittavien purojen lukumäärää yli 50:stä 25:teen ja ottamalla mukaan muutamia puroja ylemmiltä korkeustasoilta aina n. 100 m:n korkeustasolta saakka. Aikaisemmin oli tutkittu puroja, joiden laskut Kyrönjokeen sijaitsivat 40 m:n korkeustason alapuolella merenpinnasta laskettuna. Vähentäminen oli välttämätöntä, koska näytteenoton yhteydessä haluttiin mitata myös virtaamat.

Ylempänä sijaitsevat purot otettiin mukaan, jotta saataisiin käsitys Litorinameren ylimmän rantaviivan korkeustasolla nykyään tapahtuvasta huuhtoutumisesta sekä määrän että mekanismin suhteen.

Sivupurojen veden vaikutus Kyrönjokeen oli havaittu jo pH:n asteittaisena alenemisena latvoilta jokisuuhun päin pääuoman vesinäytteissä vuonna 1970 (44). Erityisen selvästi tämä havaittiin Mq-tason ylittymisen aikana syksyllä 1971. Korkeustason vaikutus pienemmän alueen valuman laatuun oli silti paljolti tuntematon, sillä pääuoman vesinäyte koostuu aina koko yläpuolisen osan valumasta. Sivupurojen veden konsentraatioiden tutkimisella saadaan eräs vertailumateriaali eri tavoin kuivatettujen pienten alueiden veden laadulle. Etenkin on tärkeitä vertailla tarkemmin tutkittuja puroja muihin lähes samalla korkeustasolla sijaitseviin puroihin. Samoin voidaan Kyrönjoen veden koostumisesta tehdä tarkempia johtopäätöksiä. Lisäksi saadaan tietoja pelto-, metsä- ja suoalueilta poistuvista ainesmääristä. Ensinmainittu päämäärä on tässä työssä olennaisin. Pidemmän tähtäimen päämääränä voidaan pitää myös veden laadun selittämistä regressioanalyysin avulla. Maaperä-, maankäyttö- ja kuivatustietoja onkin kerätty jo melko runsaasti (liitteet 26 - 29). Sen jälkeen kun salaojitus- ja metsäojitustiedot kultakin sivupuroilta tunnetaan regressioanalyysi voidaan suorittaa. Tällöin olisi kuitenkin toivottavaa, että näytteenottoa jatkettaisiin myös kevätylivalumakaudella, jota on pidettävä Kyrönjoessa kriittisimpänä aikana.

Selittäjien välisten korrelaatioiden huomioiminen tulee regressioanalyysissä ilmeisesti olemaan tavallista tärkeämpää oikeiden johtopäätösten kannalta.

### 3.2 Tutkimusmetodiikka

Maa- ja vesinäytteistä tehtävistä määrityksistä sovittiin myös keväällä 1971 kalakuolematyöryhmän kokouksessa Vaasassa. Sekä Maantutkimuslaitoksen henkilökunnan että allekirjoittaneen ke-  
räämät maanäytteet analysoitiin Maantutkimuslaitoksen laborato-  
riossa Tikkurilassa yleisesti viljavuustutkimuksessa käytettä-  
villä uutomenetelmillä (Vuorinen J ja Mäkitie O).

Vesinäytteistä valtaosa analysoitiin Vaasan vesipiirin vesilabo-  
ratoriossa; syyskuussa lähetettiin lisäksi Kyrönjoen ja sen si-  
vupurojen sekä pohjavesien näytteitä Tikkurilaan, jotta saatai-  
siin harvinaisemmat määritykset käytännöllisesti atomiabsorptio-  
spektrofotometrimittauksina.

Edellä mainittujen kenttätutkimusten lisäksi tehtiin laboratorii-  
ossa vesien sekoituskokeita, jotta päästäisiin niin tarkkaan tie-  
toon happamen luonnonveden vaikutuksesta litorina-alueen yläpuo-  
lelta tulevaan pääuoman veteen, jotta sitä voitaisiin käyttää  
laskuperusteena veden laatua arvioitaessa happamuuden suhteen  
joen alaosalla. Tuloksena saatiin luonnonvesien pH-seossuhdekäy-  
riä ja pH-SO<sub>4</sub> käyriä sekä H<sub>2</sub>O-seossuhdekäyriä ja H<sub>2</sub>O - SO<sub>4</sub>-käyriä.

Samoin sekoitettiin pääuoman veteen tunnettuja sulfaattiliuoksia  
laboratoriossa ja saatiin vastaavia käyriä kuin edellä. Käyrästö-  
jä vertaamalla voidaan tehdä päätelmiä siitä, mitä sulfaattiyhdis-  
teitä luonnonvedet todennäköisesti sisältävät tai eivät sisällä.

Samoin tutkittiin koeastioissa laboratoriossa maasta veteen liu-  
kenevia alkuaineita.

Laboratoriokokeitten tuloksista kohdassa 4.15.



### 3.21 Vesinäytteet

Pohjavesinäytteistä määritettiin  $t$  ( $^{\circ}\text{C}$ ), pH,  $\text{H}_2\text{O}$  ( $\mu\text{S}$ ) Fe, Mn,  $\text{SO}_4$  (mg/l) sekä vesipinnan korkeus putkessa. Tikkurilassa määritettiin lisäksi syksyllä Ca, K, Mg ja Al.

Happimäärityksiä tehtiin myöskin jonkin verran kenttäkäyttöisellä mittarilla suoraan putkesta.

Sivupuroista määritettiin samat kuin edellä, lisäksi väri (mg Pt/l), sameus miltei aina ja myöhemmin kesällä myös asiditeetti (mval/l) eli emäksen sitomiskyky, jonka määrittäminen vesipiirissä vierailleen puolalaisen tohtori-insinööri Dojlidon mukaan tehdään hyvin happamille vesille silloin, kun alkaliniteetti on lähes nolla. Asiditeetti tarkoittaa happamen vesinäytteen neutralointiin kuluva emäsmäärää (NaOH) (4.23).

Pääuoman vesinäytteistä mitattiin edellisten lisäksi happi (mg/l ja kyll. - %), kiintoaine sekä ravinteet. Sivupurojen ja pääuoman vesinäytteiden tulosten käsittely ja esittäminen kuuluvat kuitenkin kokonaisuudessaan erilliseen sisällysluettelon kohtaan, joten tässä niihin puututaan vain soveltuvilta kohdilta.

Loka-, marras- ja joulukuussa tutkituista avo-oja ja salaojavesinäytteistä tutkittiin tärkeimpinä pidettävät laatutekijät, jotka olivat samat kuin pohjavesinäytteistä tehdyt. Virtaamat mitattiin niin usein kuin se oli mahdollista. Vedenpinnan alle laskevista salaojista sekä hyvin hitaasti virtaavista avouomista se oli mahdotonta. Pohjavesinäytteen ottoa varten asennettiin 1,0 m:n, 1,5 m:n, 2,0 m:n ja 2,5 m:n mittaiset halkaisijaltaan 40 mm:n muoviset pohjavesiputket maahan riviin n. 1 metrin päähän toisistaan pituusjärjestykseen. Putkien alapäät rei'itettiin 25 cm matkalta

ja suojattiin liettymiseltä vaahtomuovilla ja lasikuitukankaalla. Putkien yläpäät jätettiin 0,5 m maanpinnantason yläpuolelle, jotta alapäät olivat syvyyksillä 0,5 m, 1,0 m, 1,5 m ja 2,0 m maanpinnasta ja vettä keräävät siiviläosuudet 25 cm näistä syvyyksistä ylöspäin. Asetettujen putkien päät suljettiin muovikorkilla. Korkin kylkeen tehtiin halkaisijaltaan n. 3 mm reikä, jottei paine estäisi vesipinnan kohoamista. Näin olisi saattanut tapahtua, esim. pisimmille putkille, <sup>silloin</sup> kun siiviläosa oli hyvin tiiviissä maalajissa. Putkien ja maanpinnan tason leikkauskohdat pyrittiin tiivistämään siten, että sadevesi ei päässyt suoraan valumaan putkien varsia pitkin siivilään. Näytteenotto putkista suoritettiin n. 30 mm halkaisijaltaan jäykällä muoviputkella, joka työnnettiin pohjavesiputken sisään, jolloin vesi virtasi näytteenottoputkeen avonaisesta alapäästä. Kun näytteenottoputkessa vesipinta oli kohonnut lopulliseen korkeuteensa, mikä tapahtui hetkessä, sen alapään sulkeva tulppa vedettiin putken yläpäästä jäykällä metallipuikolla kiinni ja näyte nostettiin putkesta. Valokuvassa 1 pistettä pohjavesiputkea asetetaan maahan Ylistarossa ja valokuvissa 2 ja 3 suoritetaan näytteenottoa.

Salaojavesinäytteenotto on varsin helppoa, jos laskuaukko on vedenpinnan yläpuolella, samoin virtaaman mittaaminen käy helposti sekuntikellolla ja ämpärillä. Syksyllä, kun salaojavirtaus alkaa, niukasti kaltevissa laskuojissa on kuitenkin yleensä paljon vettä ja laskuaukot ovat veden alla. Tällaisia olivat useimmat tutkitut ojastojen laskuaukot. Sen takia näytteenotto suoritettiin pumpulla (liite 30). Näytettä otettaessa varmistuttiin ensin siitä, että imuletku oli laskuaukossa, sitten pumpattiin muutama litra pois. Tämä oli tärkeätä, jotta vesi vaihtuisi sekä pumpussa että lasku-

aukossa. Salaojien vesi oli avouoman vettä kirkaampaa ja sen lämpötila oli jo lokakuun puolestavälisestä lähtien korkeampi kuin pinnavedellä. Näin voitiin lämpötilamittauksella maastossa varmistua siitä, että näyte todella oli salaojavettä. Virtaamaa yritettiin myös mitata pienellä siivikolla laskuaukkojen päistä, mutta liete ja epätasainen pyöräminen estivät järkevien tulosten saamisen.

Avo-ojien näytteet otettiin keskeltä uomaa n. 10 cm syvyydeltä pinnasta. Virtaama saatiin tavallisesti mittaamalla virtausnopeus ja poikkileikkauksen pinta-ala. Näytteitä otettiin vain vaihtuvasta vedestä.

### 3.22 Maanäytteet

Maanäytteet otettiin G-pisteiden välittömästä läheisyydestä n. 1,5 m:n etäisyydeltä pohjavesiputkirivistä samoilta syvyyksiltä kuin missä pohjavesiputkien vettä keräävät siivilät olivat sekä lisäksi otettiin näyte pintamaasta. Jos pinnassa oli irtonaista kevyttä maalajia, pintanäyte otettiin vasta sen alta. Näytteenotossa käytettiin kuivilla alueilla kannukairaa ja märillä alueilla aluksi suokairaa, jonka käytöstä luovuttiin ensimmäisen näytteenottokerran jälkeen siksi, että sillä saatava näyte on helposti liian pieni kaikkien määritysten tekoon. Toisella ja kolmannelle kerralla käytettiin vain kannukairaa.

Maanäytteistä määritettiin vesipiirin laboratoriossa kosteusprosentti kuivapainosta laskettuna. Saadut tulokset kuitenkin ovat suurten kosteusarvojan alueella ilmeisesti epäluotettavia, koska maa helposti tiivistyy kairan siipien välissä ja vettä puristuu pois. Mäntäkaira olisi ollut parempi näytteenottoväline. Silloin

olisi samalla voitu mitata melko tärkeä tilavuuspaino sekä laskea myöskin maan sisältämän ilman osuus. Maantutkimuslaitoksen laboratoriossa Tikkurilassa näytteistä määritettiin pH, johtoluku, Ca, K, Mg, P, Al, Fe, Mn sekä lisäksi tullaan määrittämään S. Alkuainepitoisuuden yksikkönä käytetään mg litrassa maata.

G-pisteiden lisäksi otettiin muutamia maanäytteitä avouomien luisista (kohta 5.13).

Laajemman maaperän alueellisen inventaarion tulokset esitetään kokonaisselvityksen siihen varatussa kohdassa.

### 3.23 Hydrologisten suureiden mittaus

Säättekijöillä on huuhtoutumisilmiössä tärkeä osa, sillä ellei valumaa ole, mitään ei huuhtoudu olivatpa ympäristötekijät mitkä tahansa. Tämän takia on syytä selvittää jollakin alueella vesitalouden perusyhtälön suureiden vaihtelu samanaikaisesti sateen mukana ja muuna laskeumana tulevien sekä valuman ja tuulen kulutuksen mukana poistuvien ainesmäärien kanssa. Ideaalisena päämääränä olisi siis sekä vesi- että ainetaseen samanaikainen ratkaiseminen jollakin alueella.

Vesitaseen ratkaisu on ollut monen tutkijan päämäärä ja miltei aina on ilmennyt vaikeuksia pyrittäessä tarkkoihin ratkaisuihin. Sadannan mittausvirheen korjaamisessa ollaan päästy askel eteenpäin silloin, kun on kyse useilla sademittareilla mitatusta alue-sadannasta. Sensijaan pienemmän alueen sadannan korjaaminen siten, että olisi käytössä oikeat sadantatiedot esim. dekadeittain, lie-nee mahdotonta tai ainakin hyvin epävarmaa. Tämän takia useat tutkijat käyttävätkin sadantatietoja korjaamattomina indeksino-

maisina suureina, jolloin on voimakas korrelaatio oikeaan sadantaan.

Toisaalta myöskin haihdunnan mittaus on hankalaa ja helposti virheellistä.

Jäljelle jäävistä perusyhtälön termeistä varastoituminen voidaan periaatteessa mitata melko tarkasti, jos ei kaihdeta työtä. Valuman mittaaminen on yleensä tarkinta ja helpointa.

Edellä mainituista seikoista johtuen perusyhtälön ratkaisuun pyritään yleensä laajoilla alueilla usean vuoden ajanjaksolle, jolloin sadanta voidaan korjata ja varastoitumista ei tarvitse huomioida. Tuloksena on haihdunta.

Pienillä alueilla varastoituminen ja valuma voidaan mitata. Tällöin yhtälö voidaan ratkaista sellaiselle ajanjaksolle, jolloin sadanta tai haihdunta on niin pieni, että myöskin virheen täytyy olla pieni.

Myöskin maaperään varastoitumisen mittaamisessa syntyy vaikeuksia silloin, kun maalaji on routivaa.

Näiden vaikeuksien takia ei voitu tutkia tarkoin sulfaattipitoisuuden mahdollisesti selvääkin riippuvuutta vesitaloudellisesta tilanteesta yksittäisellä valuma-alueella.

### 3.24 Aluetekijöiden määrittely ja tutkiminen

Alkuaineiden huuhtoutumiseen vaikuttavien tekijöiden tärkeysjärjestyksestä tiedetään vielä varsin vähän. Konsentraatiota selitettäessä jokivesistöissä (19) keskivirtaamalla ei saatu merkittävää korrelaatiota ainoakaan laatutekijään. Keskivirtaamalla ei myöskään ole voimakkaita korrelaatioita muihin selittäjiin.

Tämä ei kuitenkaan merkitse sitä, etteikö valuman määrällisillä suureilla voisi olla korrelaatioita konsentraatioihin jossakin yksittäisessä vesistössä. Päinvastoin, näin näyttää Kyrönjoessa olevan. Myös vesistöjen kesken voitaisiin ehkä valumasuureilla saada korrelaatioita konsentraatioon, sillä niiden korrelaatiot ympäristötekijöihin ovat usein selviä (26) samoin ympäristötekijöiden korrelaatiot konsentraatioon (19). Keskivirtaama on vain liian karkea selittäjä.

Sivupuroista on inventoitu maaperä-maankäyttö-korkeustasojakautuma- ja kuivatustietoja peruskartoilta 1 : 20 000 ja agrogeologisilta kartoilta 1 : 100 000. Agrogeologisten karttojen tarkkuus on jo niinkin pieniltä alueilta kyseenalaista, pienempien alueiden maalajimääritykseen ne eivät kelpaa. Lisäksi tiedot ovat melko vanhoja.

Maankäyttöjakautuma ja pinta-ala on määritetty peruskartoilta kaikkien näytteenottopisteiden valuma-alueesta, paitsi jos on<sup>ollut</sup> kyse yhden tai muutaman saran kokoisesta alueesta, jolloin tiedot on tutkittu näytteenoton yhteydessä maastossa. Tällaisten alueiden rajojen sijaintia ja kaltevuuksia ei kuitenkaan ole vaaittu, koska alueellisesti laajoissa mutta ajallisesti vain lyhyeen jaksoon keskittyneissä havaintosarjoissa liika tarkkuus ei olisi mielekästä. Pienempien alueiden keskimääräinen korkeustaso on määritettävissä myös peruskartoilta ja ala voidaan maastossa riittävän tarkasti mitata esim. sarkaleveyksien avulla. Salaojastojen ollessa kyseessä pinta-alat on miltei aina saatu suunnitelmakartoilta (1 : 2 000) tai mittaamalla omistajan ilmoittama alue ilmavalokuvakartoilta (1 : 4 000).

Sivupuroista on määritetty peruskartoilta korkeustasojakautuma

20 m:n välein ja tulokset on piirretty pinta-alakäyriksi (liite 29). Sivupuroilta on myöskin vesipiirin arkistotietojen perusteella inventoitu peltokuivatushankkeista seuraavat tiedot

kaivuaika

hyötyalue

kaivumassat

kaivetun ojaston pituus

Taulukkoliitteessä 28 esiintyvät pitkät kaivuaajat johtuvat siitä, että sivupuron alueella on toteutettu useita hankkeita eriaikoina, joiden kaivuaikoja ei ole merkitty erikseen.

Pienemmistä avo-oja ja salaojanäytteenottopisteistä on lisäksi tehty maastomuistiinpanoja mahdollisesti valumaan vaikuttavista silmämääräisesti havaittavista alueen ominaisuuksista.

Salaojitustiedot inventoitiin myöskin seuraavilta sivupuroilta:

Mäenpäänloukonoja

Herttoolanoja

Haarajoki

Salaojitetun pellon ala tunnetaan n. kymmenen vuoden takaisen tilanteen mukaan myös Haapajyrän ja Kainastonluoman vesistöhavainto-alueilta, jotka ovat sivupurotutkimuksessa mukana. Salaojien veden laadun tutkimukset osoittavat selvästi, että salaojitusta koskeva inventointi on liitettävä sivupurotutkimukseen ennenkuin voidaan käsitellä koko aineistolla ympäristötekijöiden vaikutusta veden laatuun.

### 3.25 Mittausten tarkkuus

Vesipiirien laboratorioissa saatuja tutkimustuloksia kontrolloii-

daan vuosittain vesitutkimustoimiston analysoitavaksi lähettämien vertailunäytteiden avulla. Tammikuussa 1971 lähetettyjen vertailunäytteiden analyysissa Vaasan vesipiirin vesilaboratorio poikkesi 27 laboratorion keskiarvoista eli "oikeista" tuloksista keskimääräistä vähemmän. Poikkeama keskiarvosta oli yleensä keskihajontaa pienempi. Poikkeaman osuus keskihajonnasta oli keskimäärin 74 % yhteensä kymmenestä määrittämisestä. Kun otetaan huomioon, että koko Suomen laboratorioden keskihajontaa määrityksissä voitiin pitää kiitettävänä, sitä pienempi poikkeaminen on erinomainen tulos. Mukana oli  $\text{KMnO}_4$ :n kulutuksen, alkaliniteetin, sähköjohtokyvyn ja raudan määrityksiä.

Sulfaatin määrityksissä virheen voi olettaa olevan alle 5 % lopputuloksesta. Tähän viittaa se, että vesipiirin ja vesientutkimustoimiston määritykset samasta vedestä poikkeavat yleensä n. 1 - 3 % lopputuloksesta, mitä on sulfaattimäärityksessä pidettävä pieneenä erona.

Virtaaman mittauksen virhe voi olla melko suuri, silloin kun virtaama on laskettu arvioimalla virtausnopeus ja mittaamalla poikileikkauksen pinta-ala. Tämän virheen suuruusluokkaa on vaikea arvioida, tuskin se on kuitenkaan useiden mittausten keskiarvossa 10 % suurempi.

Pinta-alojen mittauksessa syntyvä virhe on tarkistettu siten, että eräitä alueita on planimetroitu useita kertoja, samoin on voitu verrata syksyllä 1971 saatuja tuloksia aikaisempiin mittaustuloksiin. Syntyvä virhe voi tuskin olla suurempi kuin 5 % tuloksesta.

Jos näillä virheillä lasketaan esim. joltakin alueelta huuhtoutu-



via ainesmääriä, voidaan edellisten tulosten perusteella (olettaen että konsentraation virhe on keskimäärin n. 3 %) päätellä, että kokonaisvirheen suuruusluokka yksittäisessä havainnossa voi enintään olla n. 20 %, jos virheet vaikuttavat samaan suuntaan.

#### 4. T U L O K S E T

##### 4.1. T u l o s t e n k ä s i t t e l y

Vesinäytteet jakautuvat pohjavesi- ja pintavesinäytteisiin. Pintavesinäytteet taas koostuvat sivupuronäytteistä ja pienten rinnaikkaisalueiden avo-oja- ja salaojanäytteistä. Lisäksi on käsitelty Kyrönjoen pääuoman veden laatua Skatilassa sekä vuoden 1971 että aikaisempien vuosien osalta (4.13).

Maanäytteistä suurin osa on otettu 15 tutkimuspisteeltä puolen metrin syvyysvälein. Lisäksi on kerätty n. 20 pintamaanäytettä ojien luiskista tutkimuspisteiden lähistöltä sekä n. 10 näytettä viljellyn peltosaran pinnasta tutkimuspisteen G 3 sijaintipaikan läheltä.

##### 4.11 Maaperän ja pohjaveden kemialliset ominaisuudet

Pohjavedellä tarkoitetaan tässä havaintopisteillä pohjavesiputkiin kertyvää vettä siiviläkappaleen läpi tietyllä syvyydellä (0,5, 1,0, 1,5 ja 2,0 m).

Koska maanäyte ja vesinäyte otettiin sekä horisontaalisuunnassa että syvyysuunnassa miltei samoista kohdista olisi mahdollista laskea aivan tarkasti miten suuri osa näytteenottohetkellä on maahan kiinnittyneenä ja miten suuri osa on liuennut pohjaveteen

sekä mitkä ovat muutokset. Tämä edellyttäisi kuitenkin tilavuus-  
painon määrittämistä jokaisesta näytteenottokohdasta sekä sitä  
että kosteusprosentit olisivat tarkkoja. Laskelman suorittamisen  
jälkeen heräisi tietenkin kysymys: minkä osaa täällä tai tuolla  
havaintopisteellä on suurempi osa liuenneena pohjaveteen tai suu-  
rempi osa pysyy edelleen maassa liukenematta. Kysymys on aivan  
perustavaa laatua pyrittäessä tekemään havaintoja rikin huuhtou-  
tumiskelpoisesta osasta. Tämän takia tulisi mielestäni tilavuus-  
painot määrittää G-pisteiltä jos tutkimusten tätä suuntaa siten  
jatkaa.

G-pisteiden vesi- ja maaperäanalyysien tulokset esitetään tässä  
sekä täydellisenä (vesinäytteet liitteessä 31 ja maanäytteet liit-  
teessä 33) että tiivistelminä (kohdat 4.112 ja 5.12).

#### 4.111 Havaintopisteiden aluekuvaukset

Tuovilanjoen pengerrysalueen havaintopisteet (karttaliite 9).

Pisteet G 1, 2 ja 3 ovat Tuovilanjoen Pohjoispuolelle pengerre-  
tyssä osassa ja ne perustettiin toukokuussa 1971. Pisteet G 14  
ja 15 ovat eteläpuolella ja ne perustettiin elokuussa 1971. Vii-  
meksi mainituilla pisteillä ei ole lyhintä 50 cm:n syvyydeltä vet-  
tä keräävää putkea.

G 1. Lohko salaojitettiin ja kynnettiin ensimmäisen kerran vuon-  
na 1955 ja seuraavana vuonna Etelä-Pohjanmaan koeasema aloitti  
siinä kalkituskokeet, jotka ovat edelleen käynnissä. Kalkitusta  
ja muuta lannoitusta on suoritettu ruuduttain kuudella tavalla.  
Tutkimuspiste sijaitsee parin metrin etäisyydellä ruudusta, joka  
vuoteen 1965 mennessä oli saanut 32 tn/ha kalkituksen. Pisteon

ympäristöön muodostui kesän mittaan selvä rakoiluverkosto, jossa rakojen paksuus oli n. puoli senttiä. Etäisyys kaksi metriä syvän kuivatusojan reunaan on n. 10 metriä. Kuivatus alueella vaikuttaa korkeustason johdosta tehokkaimmalta koko pengerrysalueen osa-alueista. Pintamaan tilavuuspaino vaihteli  $1,0 \text{ kg/dm}^3$ :in kummallakin puolella vuonna 1965. Maanpinnan korkeus pisteellä  $+0.56 \text{ m N}_{43}$ -tasossa (=  $+ 0.70 \text{ m N}_{60}$  - tasossa).

Maaperä on tyypillistä harmaaksi hapettunutta urpasavea 90 cm syvyyteen (HtS) ja sen alapuolella mustaa sulfidisavea (HtS) ainakin 200 cm syvyyteen.

G 2. Lohko on kynnetty ja avosarkaojitettu muutama vuosi sitten ja kylvetty kauralle ensimmäisen kerran 1971. Pintatamaa on kevyttä ja eloperäistä (lj) ja siinä on runsaasti kaislanjuurien jätteitä.

Pintamaan alla on hapettunut liejusavi (ljs) 90 cm syvyyteen, jonka alla musta sulfiidisavi (Ljs) 140 cm syvyyteen saakka. Sen alla on harmaa savi (Ljs), jossa on kotiloiden kuoria. Etäisyys kuivatusojaan on n. 40 m. Maanpinnan korkeus pisteellä on  $- 0.24 \text{ m N}_{43}$  tasossa.

G 3. Piste on 100 m:n päässä edellisestä pisteestä v. 1968 avo-ojitetulla ja käyttöön otetulla lohkolle n. 1.70 m syvää sarkaojan reunasta vuonna 1971 rukiille kylvetyllä peltosaralla. Valtaojan ja pisteen välinen etäisyys on v. 50 - 60 m. Harmaa maalaji ulottuu 90 cm:n syvyyteen (sht Hs), josta alkaa musta sulfidisavikerros (HsS). 140 cm syvyydestä maalaji muuttuu jälleen harmaaksi kuten edellisellä pisteellä (HsS). Maanpinnan korkeus  $- 0.36 \text{ m N}_{43}$  -tasossa pisteellä.

G 14. Piste on raivatulla ja eteläpäästä kynnetyllä lohkolla. Kynnös on n. 20 m:n välein niin syvä, että se vastaa avosarkaojitus-ta. Vastaavasti pohjoisosassa on varsinainen sarkaojitus 19 m välein ja sarat ovat kyntämättä. Viljelyä lohkolla ei vielä ole aloitettu. Harmaa savi on pisteellä n. 80 cm syvyyteen (LjS) ja sen alapuolella on sulfidisavi (LjHs 150 cm:ssä ja LjS 200 cm:ssä). Maanpinnan korkeus pisteellä on + 0.10 m  $N_{45}$  -tasossa. Piste sijaitsee n. 100 m:n etäisyydellä kuivatusojasta lohkon kynnetyssä osassa.

G 15. Piste sijaitsee luonnontilaisella lohkolla joka on paikoin pensastunutta ja paikoin kasvaa pienehköjä puuryhmiä ja paikoin on avonainen kostea heinä-kaisla-alusta. Pisteiden lähiympäristö on lähinnä viimeksi mainittua. Etäisyys kuivatusojaan on n. 40 m. Pintaturpeen alla on ohuehko harmaan mineraalimaan kerros (LjHs), joka on jo 30 cm syvyydestä mustaa (LjHs) eikä harmaata kerrosta esiinny syvemmillä (100 - 110 cm:ssä lj). Maanpinnan korkeus pisteellä on + 0.17 m  $N_{43}$  -tasossa.

Tuovilanjoen pengerrysaluetta on pumpattu vuodesta 1954 lähtien. Pisteiden G 1 paremman kuivatukseen voi todeta vertaamalla kosteusprosenttia muihin tutkimuspisteisiin.

Haapajyrän valuma-alueelle sijoitetut havaintopisteet (karttaliite 18)

G 4. Piste sijaitsee 5 m radanvarsiojasta avo-ojitetun saran reunassa. Maanpinnan korkeus pisteellä on peruskartan mukaan n. 26 m  $N_{43}$  -tasossa.

Vesinäyte on muista poiketen otettu n. 210 cm syvyyteen ulottuvasta lautarakenteisesta koeaseman pohjavesiputkesta. Läheinen ra-

danvarsioja vaikuttaa mitattuihin vedenpinnan korkeuksiin. Rautatien läheisyys vaikuttaa todennäköisesti jossain määrin pintamaan alkuainepitoisuuksiin. Sarka, jolla piste sijaitsee, oli heinäviljelyssä v. 1971. Pintamaan maalaji on ljhtHs ja sen alapuolella 50 -- 150 m maalaji on ljs. Mekaanisen analyysin tulokseksi saatiin ilman humuksen polttoa tulokset (Maantutkimuslaitos):

syvyys	S	Hs	Ht	Hk		
50 cm	32,9	16,7	25,4	22,2	2,5	0,3
150 cm	33,8	16,3	28,9	20,1	0,9	

*lietain  
savshedin*

Maalaji on kummassakin raakoostumuksen perusteella HtS joka humuksenpolton jälkeen muuttui ljs:ksi. Maalaji alkaa tummua väriltään n. 150 cm syvyydeltä alaspäin.

G 5. Piste sijaitsee salaojitetulla lohkolla n. 50 m valtaojasta. Salaojakaivo on n. 1 - 2 m:n etäisyydellä pisimmästä 200 cm syvyyteen ulottuvasta pohjavesiputkesta. Pistein korkeus peruskartan mukaan on n. 27 m N<sub>43</sub> -tasossa. Lohko oli paketoituna v. 1971. Pintamaa on löyhää multaa n. 10 - 15 cm, joka keskikesällä oli hyvin kuivaa ja pölyävää. Maanäytteenotossa ylin näyte otettiin multakerroksen alta. Mekaanisen analyysin tulokset olivat:

syvyys	S	Hs	Ht	maalaji ilman humusmäär.		
10 - 20 cm	12,5	6,4	17,7	58,4	5,0	HHT
50 cm	41,6	22,6	25,4	10,1	0,3	HsS
150 cm	27,4	14,6	27,2	27,6	3,2	shtHs
200 cm	39,4	17,2	27,5	15,3	0,6	HsS

humuksenpolton jälkeen maalaji muuttui muissa paitsi pintamaassa:

50 cm LjS

100 " ljsHs

150 cm LjS

200 " LjS

Maalaji ei ollut kovin tummaa millään 2 m:n yläpuolisella syvyydellä.

G 6. Piste sijaitsee n. 10 - 15 m:n etäisyydellä liettyneestä valtaojasta (Haapajyrän latva) sekä n. 3 m:n etäisyydellä tienvarsiojasta avo-ojattoman (ilmeisesti salaojitetun) lohkon reunassa. Maanpinnan korkeus pisteellä on n. 30 m  $N_{43}$  -tasossa.

Lohko oli rukiin viljelyssä v. 1971.

Maalaji on muiden G-pisteiden maalajista poikkeavaa, vaaleampaa, hiukan sinertävää, eikä tummu lainkaan välillä 0 - 200 cm. Maan-tutkimuslaitoksella suoritettu silmämääräinen maalajimääritys on seuraava:

10 - 20 cm LjS

50 " LjS

100 " LjS

150 " LjS

200 " ljHs tai ljsHs

Norr fjärden pengerrysalueen havaintopisteet:

G 7. Piste sijaitsee n. 5 m (karttaliite 10) penkereen takana kaislaisen avovesilammikon reunassa. Maanpinnan korkeus pisteellä on + 0.18 m  $N_{43}$  -tasossa.

Silmämääräiset maalajimääritykset ovat

20 cm LjS

50 " ljHs

100 " Lj tai LjS

150 " - " -

200 " - " -

Pintaturpeen alla on ohut hapettunut harmaa kerros 20 - 35 cm, jonka alla on musta sulfidimaa ainakin 2 m:n syvyyteen.

G 8. Piste sijaitsee keskellä pengerrysaluetta n. 6 - 7 m pääkuivatusojan reunasta. Maanpinnan korkeus on n. + 0.20 m  $N_{43}$  -tasossa. Paikka on hyvin märkä ja kasvaa kesällä korkeata kaislaa.

Kuivatusojan pengeri on pensastunut.

Maalajit:

20 cm	Lj
50 "	Lj
100 "	Lj
150 "	LjS
200 "	LjS

Maan väri sama kuin edellisessä.

G 9. Piste sijaitsee pengerrysalueen reunassa n. 80 m kuivatusojasta lähellä metsän reunaa (leppiä). Maanpinnan korkeus on + 0.34 m  $N_{43}$  -tasossa. Alue on mättäistä ja kosteata. Kesällä -71 sitä käytettiin jossain määrin laidunmaana. Kaislavyöhykkeen reuna on juuri pisteen kohdalla.

Maalajit:

20 cm	Lj
50 "	LjS
100 "	LjS
150 "	LjS
200 "	LjS

Maassa on jonkin verran puiden juuria.

Näytteiden väri on sama kuin edellä.

G 10. Piste sijaitsee kuivatusojan toisella puolella kuin edellinen, ojan reunasta 5 m. Paikka on märkä ja kasvaa siellä täällä kaislaa ja on jonkinverran mätästynyt.

Maanpinnan korkeus on + 0.18 m N<sub>43</sub> -tasossa.

Maalajit:

20 cm	Lj
50 "	Lj
100 "	Lj
150 "	LjS
200 "	LjS

Pintamaassa on runsaasti kaislanjätettä. Näytteiden väri sama kuin edellisissä.

Sulvanjoen tutkimuspisteet:

G 11. Piste sijaitsee vesistöhavaintoalueen latvaosassa (karttaliite 18) v. 1971 paketoitulla pellolla. Pellon pinnassa on suuria mättäitä, joten viljelyä ei ilmeisesti ole harjoitettu moneen vuoteen. Lohko on joko ojatton tai huonosti salaojitettu pohjaveden korkeuksista päätellen. Etäisyys Sulvanjoen latvahaaraan on n. 80 m ja metsänreunaan n. 150 m (koivuvaltainen). Maanpinnan korkeus on 14.40 m N<sub>43</sub> -tasossa.

Maalajit:

10 - 20 cm	Mm
50 "	LjS
100 "	LjS
150 "	LjS
200 "	LjS

Maalaji tummenee asteittain alaspäin mutta ei ole kovin tummaa koko tutkitulla 0 - 200 cm:n välillä.

G 12. Piste sijaitsee myöskin pakettipellolla edellisestä n.



800 m alaspäin. Etäisyys metsänreunaan on n. 30 m ja em. Sulvanjoen latvahaaraan n. 20 - 25 m. Avo-ojia ei ole.

Maanpinnan korkeus pisteellä on 13.73 m N<sub>43</sub> -tasossa.

Maalajit:

10 - 20 cm	LjHsS tai LjS
50 "	HsS tai LjS
100 "	- " -

Maalaji muuttuu karkeammaksi n. 120 - 130 cm:n syvyydeltä. Tämän takia syvemmältä ei käytetyillä kairoilla voinut saada maanäytteitä eikä voitu myöskään perustaa täydellistä pohjavesiputkisarjaa vaan 150 cm:n syvyydelle asennettavaksi tarkoitettu putki jäi n. 135 cm:n syvyyteen.

G 13. Piste sijaitsee salaojitetun pellon ja tonttimaan rajalla n. 15 m:n etäisyydellä asuinrakennuksesta. Etäisyys Sulvanjokeen on n. 60 - 80 m ja mittapadolle uoma pitkin on n. 100 m. Maanpinnan korkeus on 8.62 m N<sub>43</sub> -tasossa.

Maalajit:

10 - 20 cm	hsHHT tai HHT
50 "	htHs tai HtS
100 "	htHs

N. 130 cm syvyydeltä alkaen maalaji on kivistä hiekkaa tai hiekkamoreenia. Pohjavesiputkia asennettaessa onnistuttiin kairamaan n. 170 cm:n syvyyteen ja 150 cm:n syvyydelle tarkoitettu putki asetettiin ensin mainitulle syvyydelle saakka. Putki pysyi kuitenkin kuivana koko kesän, eikä siihen oltu saatu vettä vielä 11.10. mennessä. Asuinrakennuksen peruskuopan läheisyys ilmeisesti vaikuttaa karkean maalajin lisäksi.

4.112 Pohjaveden laatu havaintopisteillä

Seuraavassa taulukossa esitetään G-pisteiden vesinäytteiden tu-

lokset näytteenottokertojen keskiarvoina:

Piste		uS	pH	mg/l			cm	kpl
		H <sub>2</sub> O		Fe	Mn	SO <sub>4</sub>	W	
Tuovilanjoen pengerrysalue								
G 1	100 cm	7480	3,6	63,5	58,3	3467	82	4
	150 "	8775	6,4	25,4	15,6	2013	128	6
	200 "	8974	6,7	20,5	10,7	1018	150	7
G 2	100 "	3462	4,1	140	21,3	1606	67	5
	150 "	5584	6,1	39,8	10,2	902	96	7
	200 "	7636	7,0	8,1	6,4	232	151	8
G 3	100 "	4800	3,8	66,3	39,2	1805	85	3
	150 "	6343	6,4	56,8	16,0	1457	109	4
	200 "	7597	6,7	14,9	9,6	791	153	7
G14	100 "	6420	3,9	163	64	4557	120	1
	150 "	6640	6,8	23,3	-	1180	111	1
	200 "	8083	7,0	3,8	3,5	84	132	3
G15	100 "	4107	6,6	38,8	0,6	22,3	21	3
	150 "	6053	6,6	56,5	0,1	34,4	26	3
	200 "	7583	6,5	52	0,6	33,4	35	3
Haapajyrä								
G 4		1916	4,0	27,1	13,7	1151		8
G 5	100 "	1700	3,6	12,6	12,1	908	86	2
	150 "	4725	3,4	173	51,9	3201	106	8
	200 "	4220	5,8	24,2	25,5	1772	139	8
G 6	100 "	309	5,9	4,8	1,0	136	84	3
	150 "	237	6,1	8,1	0,5	131	107	7
	200 "	441	5,6	4,2	3,9	216	164	8
Norr fjärden								
G 7	50 "	3291	4,1	176	13,8	1586	23	8
	100 "	2401	6,5	32,4	8,3	92	25	8
	150 "	2626	6,9	11,3	2,8	34,1	22	8
	200 "	2896	6,9	6,8	3,7	19,8	52	8
G 8	50 "	925	4,9	39,4	2,1	291	13	8
	100 "	2336	6,7	24,2	4,0	25,7	15	8
	150 "	4156	6,6	7,1	4,7	14,9	34	8
	200 "	5641	6,8	3,9	3,8	17,1	48	8
G 9	50 "	295	4,7	17,9	0,3	114	18	8
	100 "	220	6,3	12,0	0,6	14,8	30	8
	150 "	281	6,4	9,9	0,5	14,7	34	8

	200 cm	435	6,6	7,1	0,6	17,0	71	8
G10	50 "	1169	4,3	21,6	2,8	425	21	8
	100 "	2071	6,8	31,1	3,4	32,6	24	8
	150 "	2621	6,8	30,0	3,6	33,3	28	8
	200 "	3139	6,9	3,5	2,2	23,8	86	8
Sulvanjoki								
G11	100 "	1281	3,9	39,0	6,5	1047	79	7
	150 "	1441	4,6	128,0	4,8	1065	105	7
	200 "	5416	6,3	19,9	1,2	171	146	7
G12	100 "	177	5,3	9,0	0,3	46,5	75	4
	150 "	255	5,8	2,2	0,4	97	106	6
G13	100 "	301	6,1	23,7	0,2	129	82	2

Ylläoleva taulukko on laskettu syvyys-suuntaisten ja alueellisten erojen havaitsemiseksi. Ylemmistä kerroksista ei kuivatetuilla alueilla voi kesäaikana saada vesinäytettä käytetyllä menetelmällä kuin välittömästi sateen jälkeen.

Ajalliset vaihtelut ovat myöskin huomattavia. Liitteessä 31 ovat luetteloituna kaikki pohjavesinäytteenoton tulokset. Laajajakko liitemateriaali on mukana siksi että aineistoa voi käyttää muihin kuin tässä tehtyihin tarkasteluihin ja toisaalta kesällä 1971 suoritettut tutkimukset eivät selvittäneet pohjaveden laadun vaihteluun vaikuttavia tekijöitä kovinkaan tarkasti. Tutkimusta tarkentamalla nämä tekijät haluttaessa saadaan esiin. Tällainen tarkennus on m.m. alkuvuodesta 1972 käynnistynyt rikkibakteeritutkimus.

Liitteeseen 32 piirretyt pohjavedenkorkeudet ajan funktiona havaintopisteillä ovat piirrettyjä ylimmän mitatun vesipinnan mukaan joka oli tavallisesti lyhimmässä putkessa, joka ei ollut kuiva.

#### 4.113 Maaperän laatu havaintopisteillä

Liitteissä 32 esitetään G-pisteiden maanäytteiden täydelliset tulokset. Rikkitulokset eivät ehtineet käyttöön tässä työssä, ja

ne esitetäänkin perusteellisemmin kokonaisselvityksen siihen varatussa osassa. Muiden alkuaineiden pitoisuuksista on laskettu keskiarvoja. Kohdassa 5.12 aineiden painosuhteita verrataan sivupurojen vesinäytteissä havaittuihin painosuhteisiin.

#### 4.12 Pintavesiin huuhtoutuva ainesvaluma ja sen vaihtelussa vaikuttavat tekijät.

Valuman määrän vaihtelut ovat liejusavialueilla varsin jyrkkiä etenkin jos on kyse viljellystä peltoalueesta. Myöskin sulfaattipitoisuuden muutokset esim. kuukauden aikana voivat olla valumavedessä suuria. Näin ollen niiden tulon vaihtelussa heijastuu kummankin komponentin muutoksen suunta ja suuruus. Jos esim. valuma kasvaa kymmenessä vuorokaudessa 100 kertaiseksi ja konsentraatio 2 kertaiseksi ainesvaluma on samassa ajassa kasvanut 200 kertaiseksi. Tällainen muutos on ylivalumakaudella tavallinen silloin, kun vesivaluma alkaa kasvaa pienestä arvosta. Konsentraatio on tavallisesti liejusavialueen valumassa melko suuri alun alkaen, joten sen muutoskerroin jää pienemmäksi lyhyitä ajanjaksoja tarkasteltaessa. Poikkeuksia tarkastellaan myöhemmin.

#### Haapajyrän vesistöhavaintoalue.

Tiedossa olleiden 47 sulfaattimäärityksen ja määrityskausia vastaavien 5 vuorokauden keskivalumien avulla piirretyt sulfaattivalumat esitetään liitteissä 34 ja 35. Sulfaattipitoisuuden on oletettu kuukausinäytteiden välisenä aikana muuttuvan tasaisesti, mikä aiheuttaa lievää epätarkkuutta, jota on mahdoton poistaa.

Sulfaattihuuhtoutuminen muodostuu selviksi erillisiksi huipuksi, joiden välillä se käytetyssä skaalassa on lähes nolla. Tämä johtuu Haapajyrän alueen talvi- ja kesäkausille tavallisista ali-

valumakausista, jolloin valuma on hyvin pieni tai nolla usein viikkokausia. Kun alueiden pinta-alat integroidaan ja muutetaan alkuainerikiksi saadaan kuvaan merkityt tonnimäärät kullekin huipulle. Voidaan todeta, että syksyinen huuhtoutuminen voi olla merkittävämpi kuin keväinen (esim. v. 1963). Vuonna 1970 keväthuippu saavutti arvon n.  $22 \text{ g/s km}^2$ , joka on siihen asti todetuista suurin. Liitteestä 35 nähdään, että vuonna 1971 tapahtui huuhtoutuminen vielä voimakkaampana ja huippu oli n.  $50 \text{ g/s km}^2$ . Huuhtoutunut rikkimäärä oli myöskin vuonna 1971 keväällä suurin siihenastisista. Syksyn 1971 valumatietoja ei ole käytettävissä, mutta todennäköisesti kokonaishuuhtoutuminen myöskin loka - joulukuussa oli suurehko sateitten ja lumien sulamisen takia. Vuosittainen huuhtoutuminen voi vaihdella voimakkaasti. Maksimi on ehkä n.  $50 \text{ tn/v km}^2$  minimi n.  $7 - 10 \text{ tn/v km}^2$  alkuainerikkiä. Vuosilta 1965, 1966 ja alkuvuodelta 1967 ei ole sulfaattimäärityksiä, eikä myöskään elokuun ja syyskuun määrityksiä vuodelta 1967, jolloin sattui harvinaisen voimakas rankkasade.

Kyrönjoen Skatilan asteikolla 5 vrk:n keskivalumat ovat keväisin korkeimmillaan n.  $80 \text{ l/s km}^2$  ja sulfaattipitoisuus vedessä tällöin enintään  $70 - 80 \text{ mg/l}$ . Koko vesistöaluetta kohden lasketuksi sulfaattivaluman arvoksi saadaan tällöin n.  $6 \text{ g/s km}^2$ , mikä on 12 % Haapajyrän kevään 1971 arvosta eli n.  $580 \text{ km}^2$  Haapajyrän kaltaista teoreettista aluetta voi aiheuttaa Kyrönjoen sulfaattihuuhtoutumisen kokonaisuudessaan. On mielenkiintoista havaita että B. Aarnion agrogeologisten karttojen perusteella saatiin Kyrönjoen vesistöalueen savi- ja hiesumaitten yhteiseksi pinta-alaksi n.  $667 \text{ km}^2$ , kun otettiin mukaan sekä paljaat että alle metrin paksuisen turve, hieta tai hiekkakerroksen kartoitusaikana peittäneet savi- ja hiesuesiintymät (taulukkoliite 36). Laskelma ei ole tarkka kuten ei kartoituskaan, joten pinta-alaeroa on turha selittää. Saviesiintymien joukossa on jonkin ver-

ran aitosaviesiintymiä ja toisaalta savien ja hiesujen lisäksi rikkiä voi esiintyä jossain määrin myös hiedoissa. Turpeen rikkipitoisuus johtuu Purokosken mukaan alapuolisen kivennäismaalajin vaikutuksesta ja se on pinta-alassa mukana ellei kerros ole ollut yli metrin paksuinen.

Rikin huuhtoutuminen johtuu siis toisaalta huuhtoutumisalttiin hapettuneen (kemiallisesti ja bakteeritoiminnan kautta) rikin kohoamisesta kapillaarisesti riittävän vettä läpäisevään kerrokseen ja toisaalta tämän jälkeen lisääntyvästä valumasta maaperän vesivarastojen täyttymisen tapahduttua ensin tai lähes samanaikaisesti.

Liitteissä 34, 35 piirretyt konsentraation kuvaajat eivät näytä noudattavan oikeastaan lainkaan mitään lainalaisuuksia. Jos konsentraatiokäyrän painuminen laskusuuntaan sulfaattihuuhtoutumisen loppupuolella merkitsee sitä, että rikkiä ei enää ole "tarjolla" voidaan päätellä, että vuotuiset erot tässä suhteessa ovat suuria. Kevätylivaluman alun pienemmän konsentraation voi selittää siten, että sulamisvedet eivät vielä silloin pääse huuhtomaan maakerroksia tehokkaasti roudan ja jään takia, kun taas ylivalumakauden loppupuolella konsentraatio nousee. Tällainen konsentraatiokäyrä oli kaikkina muina keväinä paitsi 1971, jolloin jyrkkä huuhtoutumishuippu vähensi sulfaattivarastoja nopeasti, jolloin laimentumista tapahtui jo tavallista aikaisemmin. Haapajyrän alue on pieni järvetön alue, joka kelpaa hyvin huuhtoutumiskoealueeksi, sillä pidättyminen järvioltaaseen ei vaikuta. Sen sijaan ojien pieni kaltevuus saattaa aiheuttaa pidättymistä ojien pohjiin valuman pienentyessä kesällä ja talvella. Tämäkin aiheuttaa mittapadolla konsentraatiossa heilahtelua, jota on vaikea selittää, silloin kun valuma hieman kasvaa nollasta.

Konsentraation kuukausittaista vaihtelua ei voi selittää ainakaan yksinkertaisesti näytteenottopäivän, sitä edeltäneen 5 vrk:n, 10 vrk:n tai 30 vrk:n vesivalumien, sadantatietojen tai näytteenottopäivän pohjavedenkorkeuden ja sen muutossuunnan avulla. Tämä selittyy osittain siten, että Haapajyrän latvoilla tutkimuspisteen G 6 ympäristössä maaperä on pikemmin aitosavea ja silloin kun latvavesien osuus mittapadolla on suuri, sulfaattipitoisuus on pienempi eli osa-alueiden valuman aikataulu vaikuttaa konsentraatioon mittapadolla.

Sadeveden osuus vesistöjen sulfaattipitoisuuteen on varsin pieni. Kyrönjokisuussa Koivulahdessa kerätyissä sadevesinäytteissä sulfaattipitoisuus oli keskimäärin n. 5 mg/l kesällä 1971. Tässä saattaa kuitenkin esiintyä sekä ajallista että paikallista vaihtelua suurestikin riippuen siitä, missä sadepilvet ovat muodostuneet.

Poikkeuksen Haapajyrän kaltaiselle alueelle muodostivat sulfaattihuuhtoutumisen suhteen ylimmälle korkeustasolle sijoitetut sivupurot. Niiden sulfaattikonsentraatio oli kesällä ja alkusyksystä melkein nolla. Sitä vastoin loppuvuoden lumen sulamisesta aiheutuneessa valumassa sulfaattipitoisuus kohosi 50 mg/l tasolle, jolloin puroilla ei enää ole laimentavaa ja veden laatua parantavaa vaikutusta koko Kyrönjokea ajatellen. Tällaisia puroja olivat Nevanluhdanluoma 51 R ja Paloluoma 50 L. Liitteeseen 29 on piirretty sivupurojen pinta-alan jakautuminen korkeustasoille ja voidaan havaita kummankin puron olevan samalla tavoin muita puroja jyrkempiä. Tämä on tärkeä tekijä sen lisäksi, että ne ovat korkeusasemansa takia olleet pisimmän ajan vesien huuhtomana. Kummankin puron pelto-osan keskimääräinen korkeus on alle litorinameren ylimmän rantaviivan nykyisen tason joskaan ei paljon (taulukko 27) B. Aarnion karttojen mukaan kummankin puron

alueella on savi- ja hiesueesiintymiä. Taulukossa 25 on määritettyä likimääräiset savi- ja hiesumaiden prosentuaaliset osuudet kokonaispinta-alasta. Niitä esiintyy kummankin puroon alueella. Tällaisista puroista näyttää siis huuhtoutuvan rikkiä enää ajoittain, mutta juuri sillä hetkellä, kun sulfaattihaitta on muutenkin suuri ja tarvittaisiin neutraloivia lisävesiä Kyrönjokeen.

Jos samalla tavoin kuin rikin suhteen tutkitaan kokonaisraudan valumaa Skatilassa ja Haapajyrässä kevätylivalumakaudella 5 vuorokauden keskivalumana, voidaan todeta, että Haapajyrällä on suunnilleen  $0,3 - 0,35 \text{ g/s km}^2$  huippuarvo, kun Skatilassa esiintyy noin  $0,6 \text{ g/s km}^2$  huippuarvo. Haapajyrä edustaa keskimääräistä alemmaa raudan huuhtoutumisvoimakkuutta Kyrönjoen vesistöalueella. Haapajyrän raudan valumasta yli 80 % huuhtoutui veteen liuenneena ja loppu laskeutuvana kiintoaineksena. Raudan konsentraatiolla on vaikutusta kalojen elämään siten, että kalat kestävät huonommin hapanta vettä, jos rautapitoisuus samalla on korkea (Suuri kalakirja).

#### 4.13 Ainesvaluman aiheuttama veden happamuus ja sen seuraukset vesistössä.

Sulfaattipitoisen lisäveden vaikutus Kyrönjokeen tutkittiin syksyllä vesipiirin laboratoriossa käyttämällä perusvetenä l. veteenä, johon runsassulfaattisia luonnonvesiä lisättiin Munakan rautatiesillalta otettua Kyrönjoen vettä, pH - seossuhdekäyrät ja  $H_{20}$  - seossuhdekäyrät liitteessä (37). Koska oli syytä olettaa, että sulfaattien osuus pH:n alenemiseen on likimain riippumaton lisättävän veden sulfaattipitoisuudesta, silloin kun sulfaattipitoisuudet ovat niin suuria, että muiden tekijöiden vaikutus jää vähäiseksi, koesarjat piirrettiin myös pH -  $SO_4$  - tasossa.



Tuloksena saatiinkin hämmästyttävän hyvin seosveden sulfaattipitoisuudesta riippuva "yleinen" pH:n alenemäkäyrästä, jossa hajonta selittyy suurelta osalta siitä, että perusvettä jouduttiin hakemaan eri päivinä lisää. Tällöin perusveden pH ja  $H_{20}$  eivät olleet tarkkaan samat sekoitusta aloitettaessa. pH -  $SO_4$ - ja  $H_{20}$  -  $SO_4$  - käyrät liitteessä 38. pH -  $SO_4$  - käyrät ovat lähes hyperbelin muotoisia ja käyristyminen alkaa, kun seoksen pH on laskenut n. 4,9 - 4,7:ään. Ei ole mitään syytä olettaa, etteikö luonnossa tapahtuisi pH:n aleneminen juuri käyrien mukaan jos kaikki lisävedet olisivat sekoitukseen käytettyjen kaltaisia ja sekoittuminen tapahtuisi kokonaan Munakassa. Alempana Skatilassa on kuitenkin lisävesien mukana pääuomaan tullut myös joen puskuriominaisuuksia parantavia lisävesiä. Tämä todettiin järjestämällä Skatilan tiedossa olleet 96 näytettä, joista oli määritetty sulfaatti ja pH vuodenajoittain kovarianssianalyysiin. Tuloksena on pH -  $SO_4$  - suorat käytetyille kolmelle vuodenajalle (liite 39). Se, että saatiin suorilla melko pieni hajonta johtuu siitä, että Skatilassa ei pH ole vielä laskenut niin alas, että käyristyminen heikentäisi hajontaa merkittävästi (tai sulfaattipitoisuus vielä noussut niin ylös). Keväällä vesi on heikoimmin puskuroitunutta, joten on luonnollista, että sulfaattit alentavat helpommin pH:ta. Suorien yhtälöissä Y:llä on merkitty pH:ta ja X:llä sulfaattipitoisuutta. Tiedot käsiteltiin valtion tietokonekeskuksessa. Käsittelyssä havaittiin, että pH:n selittämisessä sähkönjohtokyky  $H_{20}$  ei parantanut mallia.

Jos suoria verrataan laboratoriokokeissa saatujen hyperbelien suoraan osaan havaitaan, että ne eivät ole aivan yhtä jyrkkiä ja tämä juuri osoittaa puskuriominaisuuksien lievän paranemisen Munakan ja Skatilan välillä. Toisaalta voidaan myös esittää oletus, että käytetyt lisävedet olivat happamuutta enemmän lisääviä sulfaattiyhdisteitä, esim. rikkihappoa, kuin mitä on Mu-

nakan ja Skatilan väliseltä alueelta valuvien sulfaattien koostumus keskimäärin. Tähän on vaikea vastata, mutta kysymys ei ole toisaalta kaikkien tärkeimpiä. Sulfaattien vaikutus Kyrönjokeen tunnetaan nyt riittävällä tarkkuudella. Jos jonkin arvioitavissa olevan sulfaattimäärän lisäys Kyrönjokeen halutaan selvittää, voidaan paikallisena vaikutuksena käyttää käyrästöjä. Vaikutus Skatilassa on saatujen suorien sekä niiden jatkeeksi arvioidun käyrän osan mukainen siihen saakka kunnes veden laatuun aiheutetaan pysyväluontoinen huomattava muutos. Haapajyrän pH - SO<sub>4</sub> suhde on myöskin lineaarinen. Se on suora, joka noudattaa likimain em. hyperbelin alemmaa suoraa osaa, eli se on niin runsassulfaattinen jatkuvasti, ettei käyristyminen sen takia tule esiin. Hajonta tulee melko pieneksi, jos otetaan huomioon vain ne määritykset, jolloin valuma on ollut suurempi kuin 2 l/s km<sup>2</sup>. Runsassulfaattisten salaojavesien "sisäisestä" pH - SO<sub>4</sub> - suhteesta esitetään enemmän kohdassa 5.2.

Skatila. Samoin kuin Sirppujoessa myöskin Skatilassa voidaan havaita ajan funktiona piirretyn mangaanikäyrän peilikuvamaisuus pH-käyrään verrattuna. Mangaanikäyrä on muodoltaan hyvin sulfaattikäyrän kaltainen (liite 40). Mangaanipitoisuuden suhde sulfaattipitoisuuteen pysyi koko tutkitun ajanjakson ajan n. 1:75 eli jos sulfaatti lasketaan alkuainerikkinä suhde on n. 1:25 (kohda 5.25). Värin väheneminen sulfaattipitoisuuden kasvaessa lokakuun alussa johtui toisaalta siitä, että valuma ei tällöin ollut niin suurelta osalta suoalueiden tummaa vettä kuin pienillä sulfaattipitoisuuden arvoilla, ja toisaalta siitä, että sulfaatit saostivat vedestä humusaineita. Tämän saattoi monesti todeta vesinäytteenoton yhteydessä. Tähän samaan ilmiöön liittyy myöskin raudan väheneminen elokuun huippulukemista.

Vesitaseen ratkaisuvaikeus tuli tässä työssä konkreettisesti esiin, kun oletettiin päästävän vesitaseen yhtälön jatkuvaan ratkaisuun, jolla oltaisiin saatu tarkempia tietoja Haapajyrän alueen vesitaloudesta kuin mitä pohjaveden korkeustiedot ovat (E-P:n koeaseman kymmenen lautaputken keskiarvo kaksi kertaa kuukaudessa) yhdessä jatkuvasti mitattavien valumatietojen sekä sadanta- ja astiahaihduntatietojen kanssa. Haluttiin löytää se vesitaloudellinen tilanne, jolloin rikkiyhdisteet hapettuvat ja kohoavat huuhtoutumiskerrokseen, sekä se tilanne, jolloin ne huuhtoutuvat. Tällöin oltaisiin voitu tarkistaa käytettävissä olevat huuhtoutumistiedot (konsentraation vaihtelurajat) suhteellisen tarkka vesitaseen ratkaisu taustatietona. Tämä olisi kuitenkin vaatinut laajahkoa selvitystä sadannan korjauksesta useita sademittareita vertaamalla sekä myöskin tehokkaan huokoisuuden mittauksia maastossa. Maankosteustietoja ei myöskään ole käytettävissä eikä oletus siitä, että maankosteus olisi yksikäsitteinen pohjavedenkorkeuden funktio, ole riittävän tarkasti paikkansapitävä. Lumen vesiaron muutos olisi myöskin tunnettava ja korjattava yhdessä sadantatietojen kanssa. Nämä useat virhelähteet voidaan poistaa, mutta tämän työn tehtäväkenttään niin laaja työ ei kuulu. Voidaan vain todeta, että tällainen vesitaseen kulloisenkin tilanteen vertaaminen alueen ainetalouteen on ilmeisesti hedelmällinen lähtökohta yksilölliselle huuhtoutumistutkimukselle.

Jos taas vesitaloudellista tilaa kuvataan tarkan tiedon kanssa korreloivilla indekseillä, ei saada oikeastaan juuri pohjaveden korkeustietoa tarkempaa käsitystä huuhtoutumisen edellytyksistä konsentraation kannalta, jonka selvittämiseen pyritään.

#### 4.151 Vesien sekoituskokeet

Edellä mainittu pH - seossuhde-,  $H_2O$  - seossuhde-, pH -  $SO_4$  - ja  $H_2O$  -  $SO_4$  - käyrät olivat osana suoritetuista laboratorionkokeista. Näihin liittyen tehtiin myöskin vastaavia sekoituskokeita kemikalioina saatavilla tarkkaan tunnetuilla sulfaateilla, jotka liuotettiin tislattuun veteen suhteissa siten, että kunkin liuoksen pitoisuudeksi tuli noin 1000 mg/l. Pitoisuudet tarkistettiin analysoimalla, jolloin saatiin samalla tietoa sulfaattimäärittysten tarkkuudesta. Käytettyinä kemikaliosulfaatteina olivat:

1.  $K Al (SO_4)_2$
2.  $H_2 SO_4$
3.  $(NH_4)_2 Fe (SO_4)_2$
4.  $Al_2 (SO_4)_3$
5.  $Mg SO_4$
6.  $Fe (SO_4)_3$

Ensinmainittu on tyypillinen alunayhdiste, jossa on yhden ja kolmen arvoiset metallijonit ( $M^+$  ja  $M^{+++}$ ) liittyneenä sulfaattijoniin (Antikainen). Liuosten vaikutus Kyrönjoen veden pH:n esitetään liitteessä 41. Lähtöveden sulfaattipitoisuus ja sähkönjohtokyky olivat pienempiä kuin luonnonvesillä suoritetuissa sekoituskokeissa, mikä näkyy käyrästöjen lähtöpisteiden erossa. Tämän takia käyrästöjä verrattaessa tulee ottaa huomioon, että jos kokeet olisi voitu suorittaa samalla lähtövedellä, vaikkapa luonnonsulfaatteja sekoitettaessa käytetyllä, kemikaliosulfaattien pH -  $SO_4$  - käyrät olisivat tulleet ylemmäksi, niin että 6 ja 2 olisivat ehkä puoli senttiä lähempänä luonnonvesien aluetta. Huomionarvoista on se, miten pienillä pitoisuuksilla kemikaliosulfaatit jo laskevat huomattavasti pH:ta.

Käyrien perusteella voi todeta, että 1 ja 4 ovat mahdollisia

yhdisteitä luonnonvesissä, mutta ilmeisesti esim. 2:n ja 5:n sekoitus, sillä  $H_2SO_4$ :n esiintyminen luonnossa bakteeritoiminnan lopputuloksena on tunnettua ja toisaalta magnesiumin pitoisuuksien on havaittu olevan suuria maaperässä.

Erään selvän tuloksen koe antaa, nimittäin sen, että on virheellinen käsitys olettaa sulfaattien esiintyvän pääasiallisesti rikkihappona luonnonvesissä. Myöskin  $H_2O - SO_4$  käyrästössä rikkihapon vaikutus sähkönjohtokykyyn sekoituksessa on paljon luonnonvesien sekoituksissa todettua voimakkaampi.

#### 4.152 Veden ja maan sekoituskokeet

Laboratoriossa suoritettiin myös kokeita siitä, miten yhdisteet liukenevat maasta veteen. Kokeita suoritettiin sekä hapettuneella harmaalla savella että syvemmältä otetulla mustalla sulfidisavella. Ensimmäisenä 2.9. aloitetussa kokeessa kahteen sylinterinmuotoiseen lasiastiaan asetettiin kumpaankin 100 g mustaa sulfidisavea ja päälle kaadettiin varovasti 3 l Skatilasta otettua Kyrönjoen vettä siten, että kimpaleet pysyivät ehjinä. Toisen astian veden hapensaanti ilmasta estettiin kaatamalla pintaan parafinia niin paljon että kalvo peitti vesipinnan kauttaaltaan. Tämän jälkeen kumpaakin astiaa sekoitettiin laboratoriosekoittimilla nopeudella 1 kierr/sek. Astioista otettiin näytteet lapolla. Kunkin näytteen tilavuus oli n. 0.4 l ja näytteen pitoisuudet ilmaisivat sekä astiasta poistettavia ainemääriä että senhetkistä koeveden laatua. Seuraavana tarkastellaan astioiden muodostamia kokonaissulfaatti ja -happimääriä ottaen huomioon myös näytteiden mukana poistuneet määrät sekä avopintaisessa astiassa tapahtunut haihdunta 0.05 l/vrk. Avopintaisen astian n:o 1 veden sulfaattipitoisuus lisääntyi ensimmäisen vuorokauden aikana n. 90 mg, josta varmasti suuri osa oli maanäytteessä val-

miiksi hapettuneena, vaikka näytteet maastossa pakattiin muovipusseihin. 25 vuorokauden kuluttua maasta oli liuennut 303 mg sulfaatteja eli liukenemisnopeus 24 vuorokauden aikana oli keskimäärin n. 6 mg/vrk. Jos hapettuminen tapahtui siten, että rikkiatomiin liittyi neljä happiatomia, oli hapen liittymisnopeus tällöin n. 4 mg/vrk. Näytteenotossa poistunut happi, vedessä alunperin liuenneena ollut happi sekä tislattua vettä lisättäessä tullut happi sekä avoimen vesipinnan liuottama happi ilmasta vaikuttivat yhdessä koeveden happitalouteen.

Tuoreesta näytteestä liukeni veteen siten 0.1 % painosta alkuaainerikkiä 25 vuorokaudessa, josta miltei kolmannes ensimmäisen vuorokauden aikana.

Pinnaltaan parafiinikalvolla suljetussa astiassa n:o II alkuperäisestä happimäärästä 23.7 mg poistui 2.2 mg näytteiden mukana ja 21.5 mg jäi sulfaattien muodostamiseen eli reaktion  $S \rightarrow SO_4$  mukaan olisi pitänyt syntyä 32.3 mg sulfaatteja lisää alkuperäisen 70 mg:n lisäksi eli loppusulfaattimäärä = 102.3 mg. Kuitenkin loppusulfaattimäärä oli 158 mg, joten happea on tullut joko maanäytteen mukana tai veden muista oksideista. Sulfaattien nettotuotto oli astiassa II 88 mg eli 38 % astian I nettotuotosta ja koeveden happi oli jo seuraavana päivänä vähentynyt 23.7 mg:sta 6.9 mg:aan ja sulfaattien määrä kasvanut 50 mg:lla eli hapenkulutukseen ja sulfaattien muodostumisen suhde muuttui voimakkaasti

	$SO_4$ - kasvu	$O_2$ - kuluminen vedestä
0 - 1 vrk	50 mg	16.8 mg
1 - 20 vrk	38 mg	4.7 mg

Koejärjestely oli sikäli mutkikas että koeveden määrän vähenemisen näytteenotossa tuli voimakkaasti koejäseneksi. Tämä johtui laboratoriovälineistön: astioiden sekoittajien ja työtilojen

pienestä koosta. Periaatteessa näytteen määrän tulisi olla koeveteen verrattuna häviävän pieni. Astian I savi muuttui kauttaaltaan ruskehtavanharmaaksi ja sen rakenne hajosi kokeen aikana. Astian II savi taas vaaleni vain pintakerroksesta ja pysyi paremmin koossa.

Todennäköisesti savissa oli rikkiä enemmän kuin 0.1 % ja sitä olisi koetta jatkamalla lähtenytkin etenkin, jos savi olisi murennettu.

Väri ja sameus kasvoivat avoimessa astiassa enemmän kuin suljetuna. pH:t ja H<sub>20</sub>:n arvot kehittyvät seuraavasti:

	I avoin		II suljettu	
	pH	H <sub>20</sub>	pH	H <sub>20</sub>
0 vrk	6.6	96	6.6	96
1 "	7.7	265	7.3	271
2 "	7.4	305	7.1	280
4 "	7.1	348	7.0	310
5 "	7.0	370	6.9	353
18 "	5.1	530	6.7	330

Vastaava koesarja toistettiin hapettuneilla savilla:

	I avoin		II suljettu	
	pH	H <sub>20</sub>	pH	H <sub>20</sub>
0 vrk	6.1	111	6.1	111
1 "	4.7	311	4.6	311
2 "	4.7	305	4.6	300
3 "	4.8	310	4.7	300
4 "	4.9	320	4.7	310
5 "	4.9	325	4.8	305
6 "	4.8	325	4.8	307
7 "	5.1	335	5.0	315
8 "	5.5	340	5.7	315
9 "	5.2	385	5.2	310
10 "	5.2	395	5.2	315

Tässä kokeessa sameus ja väriarvot pienenevät nopeasti samalla kun rauta väheni. Tämä johtui flokkien muodostumisesta, samalla kun sulfaattia liukeni veteen:

		I avoin					II suljettu					
		s.69 myPt/l		mg/l			s.69 myPt/l		mg/l			
		sam. väri	Fe	Mn	SO <sub>4</sub>	O <sub>2</sub>	sam. väri	Fe	Mn	SO <sub>4</sub>	O <sub>2</sub>	
vrk	18	260	2.5	0.06	24.2	8.6	18	260	2.5	0.06	24.2	8.6
"	14	85	0.56	0.55	129	8.0	7	90	1.1	0.55	129	7.2
"	2	65	0.36	0.57	131	7.3	4	75	0.61	0.55	131	6.0
"	2	40	0.19	0.57	-	6.9	3	40	0.43	0.55	-	4.8
"	3	35	0.13	0.55	-	6.8	3	35	0.24	0.54	-	3.9
"	3	30	0.10	0.33	152	7.2	2	30	0.24	0.25	138	3.0
"	-	-	-	-	-	6.1	-	-	-	-	-	2.1
"	3	20	0.09	0.57	156	7.1	2	20	0.09	0.58	134	2.0
"	7	20	0.03	0.58	152	6.8	3	15	0.01	0.52	143	1.9
"	11	30	0.08	0.53	161	7.2	2	15	0.07	0.45	152	3.5
"	13	50	0.39	0.57	177	7.4	19	75	1.1	0.45	165	6.8

Astia I flokkiutui paljon lievemmin kuin astia II ja oli myöskin **kirkas** jo 3 vrk:n kuluttua. Astia II kirkastui vasta 7 vrk:n kuluttua. Sameuden, värin ja raudan lisääntyminen kokeen lopussa johtui sekoittajien kierrosnopeuden nostamisesta arvosta 1 kierr./s arvoon 3 kierr./s. Savea oli kummassakin astiassa 250 g 10 litrassa Skatilan vettä. Poistumat ja haihdunta huomioiden astiassa I liukeni savesta 1290 mg sulfaatteja ja astiassa II 1255 mg. Se, että eroa ei syntynyt, johtui näytteiden hapettuneisuudesta alun-alkaan. Liuennut määrä on tuoreen maan painosta 0.17 % alkuaine-rikinä. Maanäytteet otettiin 13.9. n. 40 cm:n syvyydeltä pisteeseen G 1 läheltä. Elokuu oli normaalia sateisempi, joten sulfaattipitoisuus on ilmeisesti vähentynyt vajovesien huuhtovasta vaikutuksesta e.m. syvyydessä keskikesään verrattuna.



#### 4.21 Laskuesimerkki huuhtoutumisnopeudesta

Haapajyrän vuosittaisena rikkin vähenemisenä voidaan pitää likimain  $20 \text{ tn/km}^2$  tarkastelemalla 1960 - luvun aineistoa, vaikka vuodet 1970 ja 1971 ovatkin saavuttaneet tämän määrän jo kevät-huuhtoutumisen yhteydessä. Wäreän laskemat vuosien 1959 ja 1960 kokonaishuuhtoutumismäärät tukevat myöskin em. arvioita. Maaperän rikkipitoisuudesta ei ole vielä tietoja käytettävissä. Purokosken, Aarnion ja Järven tutkimusten perusteella saattaa  $0,5 \%$  olla suuruusluokaltaan lähellä oikeata, kun otetaan koko pohjaveden minimitasen yläpuolisen kerroksen pitoisuus keskimäärin. Maan tilavuuspainon arviona käytetään  $1,4 \text{ kg/dm}^3$ . Haapajyrän huuhtoutumisen oletetaan tässä karkeasti jakaantuvan tasaisesti koko alueelle. Olettamusta voi myöhemmin korjata, jos saadaan tulos, että metsäalueilta huuhtoutuu huomattavasti vähemmän sulfaatteja, kuin peltoalueilta. Näin saadaan seuraava laskelma: Rikkimäärä  $10 \text{ cm:n}$  paksuisessa kerroksessa =  $x \frac{0,5}{100} \times 140\,000 \text{ tn/km}^2 = 700 \text{ tn/km}^2$  aika, jossa  $10 \text{ cm:n}$  kerros huuhtoutuu rikittömäksi =  $\frac{700}{20} \text{ v} = 35 \text{ v}$ .

Rikkiprosentin arvio on ylärajalla, jos sitä verrataan Purokosken inventointituloksiin, sillä se vastaa  $20 \text{ cm}$  kerrokselle määrää  $14\,000 \text{ kg/ha}$ . Näin rikkipitoisia maita 1950-luvulla Etelä-Pohjanmaalla tavattiin vain n.  $500 \text{ ha}$  eli  $2,5 \%$  kaikista sulfidimaista.  $0,3 \%$ :n arviolla saadaan  $10 \text{ cm:n}$  kerros rikittömäksi  $21$  vuodessa.

Se, että huuhtoutuminen on näinkin nopeata panee miettimään, miksi alue ei vielä ole täysin rikittömänsä vaikka peltoviljelyä on alueella harjoitettu jo ainakin  $130$  vuotta, mahdollisesti hyvin paljon kauemminkin ainakin rautatien ja jokipenkereen välisellä alueella. Selityksenä voi olla vain se, että rikkipitoisuus on alkujaan ollut hyvin korkea ja/tai huuhtoutuminen on alussa ol-

lut hidasta nykyiseen verrattuna. Voidaan kuitenkin todeta, että paljon Haapajyrää alempana sijaitsevien sivupurojen joukossa huuhtoutuminen on samaa suuruusluokkaa. Tämän voi katsoa johtuvan lähinnä samanaikaisen käyttöönoton ja kuivatuksen aiheuttamaksi. Tätä seikkaa olisi tarkastettava rikkimäärityksen valmistuttua, vaikka tämänhetkinen tilanne maaperässä ei kerrokaan sitä minkälaista maaperä on joskus ollut.

Tuntuu siltä, että nykyinen huuhtoutuminen ei voi pysyä vuosikymmeniä esim. Haapajyrässä yhtä voimakkaana etenkin, jos vuosien 1970 ja 1971 rikin poistumismäärät maaperästä eivät olleet harvinaisia poikkeuksia.  $40 \text{ tn/v} \times \text{km}^2$  huuhtoutumisella ja rikkipro-sentilla 0,3, 10 cm kerros tulee rikkittömäksi jo 10,5 vuodessa.

Koska pohjavedenpinnan säätelämä hapetus - pelkistysprosessia ei vielä tarkoin ole tutkittu, on mahdoton sanoa onko pohjavedenpinnan minimitaso samalla se taso, jonka alapuolinen rikki ei voi päästä huuhtoutumiskerrokseen. Tämä tuntuisi kuitenkin luonnolliselta. Huuhtoutumisvoimakkuuskysymykseen palataan vielä kohdassa 5.3.

Haapajyrän valuma-aluetta kuivatettaessa on poistettu massoja vuosina 1958 - 1959 sadealuetta kohden  $7\ 600 \text{ m}^3/\text{km}^2$  eli koko sadealueella levitettyä 0,8 cm paksuinen kerros. Tämä osoittaa sen, miten vähäinen merkitys ojamassoilla on huuhtoutumisprosessin kokonaisuutta ajatellen päinvastoin kun lehdistössä näkee joskus esitettävien. Kaivamisen jälkeisinä parina vuotena ne kuitenkin ovat osaltaan lisäämässä sulfaattien huuhtoutumista vesistöön. Haapajyrän kuivatustehokkuus sadealuetta kohden kaivettuina massoina ilmoitettuna on toiseksi suurin tutkituista sivupuroista Rekilän uusjaon jälkeen (taulukko 28), hyötyaluetta kohden ilmoitettuna kuivatustehokkuus on hiukan keskiarvoa suurempi:  $13\ 700 \text{ m}^3/\text{km}^2$ .

Ojamassoja voimakkaampi tekijä on pohjavedenpinnan laskeutuminen alemmalle tasolle. Onhan tunnettua, että kuivatus juuri tähtää siihen, että pelloilla olisi keväällä viimeistään kylvötöiden aloittamisajankohtana 20 - 40 cm:n kuivavara riittävän kantavuuden saamiseksi. Norrfjärdenin luonnontilaisella pengerrysalueella esimerkiksi tämä merkitsee kuivavaran lisäämistä vähintään metrillä. Valtaojituksella ei saada aikaan kuin vähäinen lisäys kuivavaraan ojan kummallakin puolella ellei maaperä ole luonnostaan erittäin hyvin vettä läpäisevää. Lieju- eli urpasavet ja -hiesut eivät läpäise vettä luonnontilaisina mustina pikileerisavina juuri lainkaan. Kuivavara saadaan riittäväksi vasta paikallisojituksella, avosarkaojituksella tai salaojituksella.

Metrin lisäys kuivavaraan on kuitenkin ojitettaessa poikkeuksellisen paljon. Tavallisesti ojitettava alue ei ole alkujaan luonnontilainen vaan jo viljelty märkyydestä kärsivä peltoalue. Tällöin kuivavaraa lisätään useimmiten muutamalla kymmenellä sentillä. Tähän päästään valtaojien kaivun jälkeen sillä, että paikalliskuivatus, sikäli kun sellaista ennestään on olemassa, tehostetaan valtaojien mukaiseksi.

Valtaojitus yksinään on riittävä toimenpide ainoastaan rinnepeltoja kuivatettaessa, jos yläpuolella ei ole paljon vettä tuovia muita alueita, esim. soita.

Täydellisen maankuivatushankkeen lisäämän kuivavaran likiarvona voi käyttää puolta metriä. Edellisten laskelmien mukaisessa maaperässä tämän huuhtoutuminen rikittömäksi kestäisi  $5 \times 35 \text{ v} = 175 \text{ v}$ . Tätä arviota on pienennettävä ainakin 50 v., jos sulfaatit tulevat pääasiassa vain pelloilta vastoin kohdan alussa tehtyä oletusta.

Asiditeetillä tarkoitetaan veden potentiaalista happamuutta, eli sitä miten paljon emästä happameen veteen on lisättävä, jotta siitä tulisi neutraalia. Asiditeetti ilmoitetaan mval/l. Jos esim. jonkin veden asiditeetti on 2 mval/l, tämä on neutralointititrauksessa kulunut emäsmäärä eli natriumhydroksidia  $2 \times 40 \text{ mg/l} = 80 \text{ mg/l}$ . Tämä taas vastaa  $2 \times 49 \text{ mg/l} = 98 \text{ mg/l}$  rikkihappoa, jota voi pitää pääasiallisena happamuuden aiheuttajana koelälyellä.

Luonnonvesien sulfaattipitoisuuden ja asiditeetin suhteet ovat alueella sellaiset, että yleensä vain n. 40 - 50 % sulfaateista on hapoksi **dissosioituneena** (maist. Vuoriston suullinen tiedonanto).

Jos esim.  $10 \text{ km}^2$ :n alueelta ylivalumakaudella tulee  $100 \text{ l/s} \times \text{km}^2$ :n valuma, jonka  $\text{SO}_4$  - pitoisuus on  $600 \text{ mg/l}$  ja asiditeetti  $3.0 \text{ mval/l}$  eli  $3.0 \text{ val/m}^3$ , olisi uomaan veden neutraloimiseksi sekoitettava NaOH:a  $140 \text{ g/s} = 12.1 \text{ tn/h}$  eli jokaista tällaista aluetta kohden suuri kuorma-autolastillinen tunnissa. Tällainen valuma on sivupurotutkimusten mukaan varsin tavallinen. Jos tällaista valumaa tulee n. 10 %:lta Kyrönjoen vesistöalueesta olisi n. viidenkymmenen auton tyhjennettävä samanlainen lasti tunnissa. Tehtävä on varmasti mahdoton.

## 5. M A A N K U I V A T U S T O I M E N P I T E I D E N A I - H E U T T A M A T M U U T O K S E T

Tässä pääkohdassa on tarkoitus otsikon mukaan koota tärkeimmät kirjallisuudesta sekä omista tutkimuksista saadut tiedot siten, että ensin käsitellään yhdessä kaikkia tutkimusalueella vesiin, lähinnä laatuun, vaikuttavia tekijöitä. On kuitenkin todettava, että määrää ja laatua ei voi irroittaa toisistaan silloin, kun jonkin sivuveden määrä ja laatu yhdessä vaikuttavat olennaisesti

pääuoman veden laatuun, eli ei ole mielekästä tarkastella kunkin vesistön kohdan veden laatua erillisenä.

Yleisemmän tarkastelun jälkeen pyritään kokoamaan erilleen nimenomaan maankuivatuksen vaikutukset.

### 5.1 V e d e n l a a t u a m u u t t a v i s t a t e k i - j ö i s t ä

Veden laatua muuttavat tekijät ovat aina tavallaan ulkoisia tekijöitä. Veteen jo liuenneita tai liettyneitä aineita voi nimittää sisäisiksi tekijöiksi, jolloin ulkoisilla tekijöillä tarkoitetaan niitä taustatekijöitä, jotka aiheuttavat veden laadun l. veden sisäiset laatutekijät. Sisäiset tekijät ovat siis ulkoisten aiheuttamia. Ulkoisia tekijöitä ovat esim. sää, maaperä ja ihmisen toiminnat. Siten maaperästä veteen liukenevat alkuaine tai yhdiste muuttuu ulkoisesta tekijästä veden sisäiseksi tekijäksi.

#### 5.11 Sisäisten tekijöiden korrelaatio vedessä

Vastahaihtunut vesihöyry on ilmeisesti ainut puhdas vesi luonnossa. Ilman epäpuhtauksista se saa nopeasti hiilidioksidia ja esim. rikkidioksidia ja rikkivetyä, jotka voivat hapettua ilmakehässä ja muodostaa rikkihappoa. Hiilidioksidin määrä on yleensä sadevedessä korkea ja veden pH-luku voi pelkästään sen takia olla alle 5.0. Sulfaattien määrä sadevedessä on ilmeisesti Vaasan - Seinäjoen alueella suurempi kuin Kyrönjoen latvoilla. Koiravulhassa 15 km Vaasasta se oli syyskesällä keskimäärin n. 5 mg/l. Näinkin vähäinen määrä vaikuttaa silti sadeveteen, jonka puskuroimiskyky on lähes olematon. Rikki- sekä muita yhdisteitä tulee myöskin hiukkasmaisena laskeumana maahan, lumeen tai vesistöön ja yhdisteet joutuvat ennen pitkää vesiin. Sadeveden ja

ilman epäpuhtauksien vaikutus on silti huomattavasti maaperän vaikutusta vähäisempi, silloin kun on kyse liejusavimaaperästä. Liejusavista veteen liukenevia yhdisteitä tarkastellaan tutkimalla 25.8. otettujen sivupuronäytteiden alkuaineiden pitoisuuksien korrelaatiota graafisesti. Tulokset ovat liitteissä 42 - 47. Seuraavassa yhteenvedossa hyvät korrelaatiot on merkitty xx-merkillä ja lievät x-merkillä. Yhteenvedossa ovat mukana kaikki määritetyt alkuaineet. Rikki on käsitelty sulfaattina. Korrelaation "hyvyys" on kuvaajien silmämääräisen tarkastelun perusteella syntynyt käsitys. Tarkempaan määrittelyyn ei ole ryhdytty koska on kyse vain kertanäytteeseen perustuvasta tarkastelusta.

Mg	xx				
Mn	xx	xx			
Al	x	x	x		
Fe					
K					
SO <sub>4</sub>	xx	xx	xx	x	
	Ca	Mg	Mn	Al	Fe K

Kaliumillakin on hyvin lievää korrelaatiota sulfaattiin ja sen kanssa hyvin korreloiviin alkuaineisiin, ja jos määrityksiä olisi tehty myöhemmin suuremmista valuma-arvoista, korrelaatio olisi saattanut tulla selvemmäksi. Kalium voi nimittäin yhden arvoisena alkalimetallina muodostaa kolmen arvoisen metallin, esim. raudan tai alumiinin kanssa alunayhdisteen. Korrelaatioista saadaan likimain seuraava painosuhte, jos kalsiumia merkitään sadalla:

$$\text{Ca} : \text{Mg} : \text{Al} : \text{Mn} = 100 : 90 : 24 : 10$$

Ca ja Mg ovat kahden arvoisia ja niiden sulfaattiyhdisteet laskevat veden pH-lukua hyvin vähän tai eivät juuri ollenkaan. Ne eivät voi olla alunayhdisteenä vaan erillisinä sulfaatteina.

Edellä on useaan otteeseen puhuttu veden puskuroimiskyvystä, mutta toisena samalla tavoin sulfaattien tehcamista ehkäisevänä tekijänä on mainittava ionien aktiivisuuden pieneneminen liuennneiden aineiden määrän kasvaessa. pH-luku on ionien aktiivisuusmittauksen tulos. Kalsium- ja magnesiumsulfaattien osuuden ollessa suuri kokonaissulfaattipitoisuudessa on myös ilmeistä että pH-luku jää ylemmälle tasolle. Yleensäkin pH-luku on neljän yläpuolella ellei sulfaateissa ole myös rikkihappoa. Kalsiumsulfaatti on kuitenkin niukkaliukoinen yhdiste (päinvastoin kuin toisen maaalkalimetallin magnesiumin sulfaatti) ja on epätodennäköistä että kalsium esiintyisi pääosittain sulfaattina. Hyvä korrelaatio johtuu osittain pelloille levitetyn kalkin huuhtoutumisesta samanaikaisesti sulfaattien kanssa. Lähtötiedoissa todettiin rikkihapon mangaania liuottava ominaisuus maaperässä, mutta se onko tämä ainut syy hyvään korrelaatioon on vaikea sanoa.

Kaliumin hajonta johtuu jossain määrin kalilannoitteiden epätasaisesta käytöstä.

Maaperätekijöiden ja maankäytön erot purojen välillä on kuitenkin tärkein hajontaan aiheuttava tekijä.

Kohdassa 5.15 onkin tarkastettu muutamia puroja erikseen ympäristötekijöiden kannalta. 25.8. näytteissä ei ole mukana niitä alaosan puroja, joissa virtaama oli nolla ja näyte olisi jouduttu ottamaan seisovasta vedestä. Nämä olivat purot 1L, 3 L, 7 L, 6 R ja 8 R. Muidenkaan purojen valumat eivät olleet suuria. Maksimivaluma  $2.6 \text{ l/s} \times \text{km}^2$  oli purossa 29 L (Kainastonluoma MP-82), suurimmassa osassa puroja mitattiin alle  $0,5 \text{ l/s} \times \text{km}^2$ :n valumia. Tästä syystä voi odottaa suurempaa veden laatutekijöiden hajontaa kuin suuremmilla valuma-arvoilla, koska veden viipymä puroissa on pitkä ja mikrobiologiset ja kemialliset prosessit

muuttavat purojen veden laatua olosuhteiden mukaisesti jo näytteenottopisteen yläpuolella. Tästä syystä onkin hiukan hämmästyttävää todeta, että ryhmä Ca-Mg-Al-Mn-SO<sub>4</sub> on selvästi pareittain korreloiva. Paras korrelaatio on Mn-Mg. Muilla näytteenotokerroilla ei analysoitu Ca:a, Mg:a eikä Al:a, koska määritykset olisi täytynyt suorittaa muualla. Mn-SO<sub>4</sub> suhdetta voidaan vielä tarkastella Kyrönjoen Skatilan näytteistä, sivupuronäytteistä 1.11 ja 1.12 sekä salaojavesinäytteistä (liitteet 48 ja 49).

On yllättävää, miten Mn-SO<sub>4</sub> -suhde pysyy muuttumattomana siirryttäessä salaojista Skatilan veteen. Sivupurojen Mn-SO<sub>4</sub> -suhteen hajonta on 1.11 ja 1.12 huomattavasti pienempi kuin 25.8., mutta suhteen arvo ei sanottavasti ole muuttunut syksyn aikana, vaan se on koko ajan n. 0,011 - 0,012 (suoran kulmakerroin). Yksittäisissä puroissa suhde vaihtelee huomattavastikin ajan funktiona, mutta muutokset näyttävät kaikkia puroja tarkasteltaessa yhdessä kumoavan toisensa. Liitteessä 50 on piirretty purojen 14 R, 42 R, 26 L ja 34 L Mn-SO<sub>4</sub> -suhteen vaihtelu seitsemällä näytteenotokerralla. Purot on valittu esimerkeiksi sentakia, että ne ovat eniten hajontaa aiheuttavia 25.8. näytteiden korrelaatioita tarkasteltaessa.

Raudalla ei ole korrelaatiota sulfaattiin millään näytteenotokerroista, ei sivupurojen välisessä vertailussa eikä yksittäisessä sivupurossa eri aikoina otetuissa näytteissä. Rautasulfaattien olemassaolo ja huuhtoutumista vesistöön tämä seikka ei kuitenkaan estä, vaan ilmaisee ainoastaan sen, että raudan ja sulfaattien välillä ei ole säännöllistä suhdetta. Tämä onkin ymmärrettävää, kun muistetaan humukseen sitoutuneen raudan suuri osuus tutkimusten mukaan.



G-pisteiden maanäyteiden alkuainepitoisuuksien keskiarvot esitetään seuraavassa tiivistetyssä yhteenvedossa koko tutkitun maapatsaan näytteenottokertojen sekä lähekkäin suhteellisen homogeenisessa maaperässä sijaitsevien tutkimuspisteryhmien välisinä keskiarvoina. Pisteet 14 ja 15 on esitetty erillään, sillä niiden sijaintipaikkojen maankäyttö poikkeaa olennaisesti muista Tuovilanjoen pengerrysalueen tutkimuspisteistä. Samoin G 11, Sulvanjoen latvoilla on esitetty myös erillisenä, koska se on ainut alueen pisteistä, jossa maaperä ei muutu n. 1,2 m:n syvyydellä karkeammaksi, vaan näyttää tyypilliseltä postlitorina-kauden sedimentiltä.

	mg/l maata							Kost. %	Syvyys cm
	Fe	Mn	Al	Ca	K	P	Mg		
G 1 - G 3	475	51.0	188	724	304	7.2	553	76.9	0-200
G 4 - G 6	364	63.9	189	552	211	3.9	300	52.3	0-200
G11 - G13	217	6.7	87	851	183	6.4	209	41.7	0-100
G 11	435	28.8	140	639	353	4.8	253	71.3	0-200
G 7 - G10	458	84.7	248	698	273	5.5	580	140.0	0-200
G 14	392	121.7	156	730	377	14.2	730	95.0	0-200
G 15	427	46.6	324	550	253	6.3	495	105.9	0-100

Jos kullekin pitoisuudelle annetaan sijaluku, joka vaihtelee yhdestä seitsemään ja lasketaan sijalukujen summat yhteen kullekin pisteryhmälle ja erillisinä käsiteltäville pisteille saadaan seuraava järjestys kun kosteusprosenttia ei huomioida:

G 14, G 7-G 10, G 1 - G 3, G 15, G 11, G 4-G 6, G 11-G 13.

Järjestys pysyy muuttumattomana, jos fosfori ja rauta jätetään pois tarkastelusta. Nuorimmilla alueilla ovat pitoisuudet korkeimmat. Se että G 11-G 13 jää viimeiseksi eikä toiseksi viimeiseksi kuten ikäjärjestys edellyttäisi johtuu pisteiden G 12 ja

G 13 maaperästä, joka on siis jo n. 1,2 m:n syvyydellä ja siitä alaspäin karkeata. Tämän takia ei em. pisteille saatu sijoitettua pohjavesiputkiakaan kuin 0,5 m:n, 1,0 m:n ja n. 1,3 m:n syvyyksille vesinäytteenottoa varten. Muiden pitoisuuksien ollessa pisteillä G 12 ja G 13 pienimpiä, kalsiumin määrä on suurin. Kalsiumin, magnesiumin, alumiinin ja mangaanin painosuhteet keskiarvoissa ovat seuraavat:

	Ca:	Mg:	Al:	Mn:
G 14	100	100	21	13
G 7-10	100	83	35.5	12
G 1-3	100	76.5	26	7
G 15	100	90	59	19
G 11	100	39.5	22	4.5
G 4-6	100	55	34	11.5
G 11-13	100	24.5	10	1

Maaperässä on alkuaineiden painosuhteet likimain sama kuin sivupurovesissä lukuunottamatta Sulvanjoen pisteitä G 11-G 13 sekä Haapajyrän G 4-G 6, joiden keskiarvoissa havaittava magnesiumin ja mangaanin keskimääräistä pienempi suhteellinen osuus ei selity sillä, että niiden osuus olisi myös Haapajyrän vedessä yhtä selvästi keskimääräistä pienempi. (Puron 26 L sijainti liitteissä 42 - 47.) Selitykseksi jää tällöin joko se, että pisteet edustavat huonosti Haapajyrän alueen maaperää tai se, että ylemmällä korkeustasolla maaperä on muuttunut sellaiseksi, että pienemmätkin magnesiumin ja mangaanin määrät voivat huuhtoutua helpommin kuin kalsium, jolloin painosuhteet vedessä muuttuu toiseksi kuin maaperässä. Alemmalla korkeustasolla painosuhteet maaperässä on sama kuin sivupurovesissä.

Jos kalsiumiin verrataan rautaa, kaliumia ja fosforia, saadaan seuraavat painosuhteet G-pisteiden keskiarvoissa:

	Ca:	Fe:	K:	P
G 14	100	54	52	1.9
G 7 - 10	100	66	39	0.8
G 1 - 3	100	66	42	1.0
G 15	100	78	46	1.1
G 11	100	68	55	0.8
G 4 - 6	100	66	38	0.7
G 11 - 13	100	26	22	0.8

Suhteet pysyvät G 11 - G 13:n kalsiumvoittoista suhdetta lukuunottamatta hyvin samankaltaisina. Tuntuukin todennäköiseltä, että suottomien alueiden vesissä myös raudan ja kaliumin korrelaatio Mg:n valumatasolla olisi kohtalaisen hyvä. Raudan ja sulfaattien korrelaatio sivupuroissa 1.11 ja 1.12 oli kuitenkin huono. "Humusraudan" lisäksi tähän vaikuttaa raudan muut kuin sulfaattiyhdisteet. Raudan esiintymismuoto onkin paljolta pH:n ja redox-potentiaalin funktio.

Edellä esitettyihin tarkasteluihin voidaan liittää vielä karttaliitteessä 25 esitettyjen lähinnä sivupurojen valuma-alueilta kerättyjen maanäytteiden vastaava tarkastelu. Näytteet ovat kerättyjä kolmesta syvyydestä, ensimmäinen 0 - 20 cm maanpinnasta, toinen 50 - 70 cm maanpinnasta ja kolmannen ottosyvyys vaihteli 110 - 130 cm:stä aina 400 - 500 cm:iin. Ensimmäisiltä syvyyksiltä otetut näytteet ovat siten vertailukelpoisia samoilta syvyyksiltä otettuihin G-pisteiden näytteisiin. Mangania ei ole määritetty sivupurojen näytteistä.

m h	merenp. puron tunnus	cm maan- pinnasta	Ca	mg/l maata					näytepist lukumäärä
				K	P	Mg	Fe	Al	
8 - 15	3 L	0 - 20	675	125	5.1	104	189	200	2
		50 - 70	100	118	7.6	58	308	268	

15 - 20	15 L	0 - 20	933	183	6.0	133	212	233.	3
		50 - 70	467	110	2.8	282	359	235	
35 - 38	31 R	0 - 20	1675	170	5.0	283	114	124	2
		50 - 70	1350	175	3.0	627	111	62	
80 - 90	50 L	0 - 20	817	103	8.4	204	130	200	3
		50 - 70	1083	73	4.9	397	93	71	
90 - 95	51 R	0 - 20	1017	33	3.9	127	124	144	3
		50 - 70	933	23	3.4	199	86	40	

Tässä eri korkeustasojen suppeassa näytemateriaalissa kalsiumin suhde muihin alkuaineisiin pintamaassa muodostui taulukon mukaisessa järjestyksessä seuraavaksi:

3 L	100	:	18.5	:	0.8	:	15.5	:	28	:	29.5
15 L	100	:	19.5	:	0.6	:	14.5	:	23	:	25
31 R	100	:	10	:	0.3	:	17	:	7	:	7.5
50 L	100	:	12.5	:	1.0	:	25	:	16	:	24.5
51 R	100	:	3	:	0.4	:	12.5	:	12	:	14

Suhteet syvyydellä 50 - 70 cm ovat:

3 L	100	:	118	:	7.6	:	58	:	308	:	268
15 L	100	:	23.5	:	0.6	:	60	:	77	:	50
31 R	100	:	13	:	0.2	:	46.5	:	8	:	4.5
50 L	100	:	7	:	0.5	:	37	:	8.5	:	6.5
51 R	100	:	2.5	:	0.4	:	21	:	9	:	4.5

Alkuaineiden painosuhte näyttää pienenevän kalsiumiin varrattu-  
na, mitä ylempänä merenpinnasta näytepisteet sijaitsevat. G -  
pisteiden vastaavien korkeuksien keskiarvopitoisuuksien suhde-  
luvut ovat:

	cm	Ca:	Mg:	Fe:	K:	Al:	Mn:	P	Ca mg/l
G 14	0 - 20	100	99	213.	12.5	202	9.8	4	200
	50 - 70	100	98	55.5	41	26.5	17.5	1	850

	cm	Ca:	Mg:	Fe:	K:	Al:	Mn:	P	Ca mg/l
G 7-10	0 - 20	100	104	530	86	640	17	6	138
	50 - 70	100	81	71	38	30	11.5	0.7	684
G 1 - 3	0 - 20	100	73	340	33	119	8	3.5	225
	50 - 70	100	47	154	18.5	62.5	48.5	1.4	461
G 15	0 - 20	100	131	600	90	855	21.5	2.4	100
	50 - 70	100	85	44.5	41	8.8	7.5	1.1	800
G 11	0 - 20	100	24	23	65	27	0.9	0.2	750
	50 - 70	100	40.5	50.5	43	13	1.3	0.9	700
G 4-6	0 - 20	100	25	51	17.5	45	1.4	0.7	496
	50 - 70	100	48.5	100	43.5	56	3.5	0.8	358
G 11-13	0 - 20	100	13.5	8	19	8.5	0.6	0.8	1283
	50 - 70	100	32	33	21.5	8	0.5	0.6	858

Voidaan havaita, että pintamaan pieni kalsiumpitoisuus on tärkein syy painosuhteen suurehkoihin vaihteluihin pisteillä G 14, G 15, G 1 - 3 ja G 7 - 10. Nämä pisteet sijaitsevat kaikki lähes merenpinnan tasossa pengerrysalueilla. Myöskin 50 - 70 cm:n syvyydellä suhteet vaihtelevat paljon vaikka kalsiumin vaihtelu ei olekaan kovin suuri. Erityisesti raudan, alumiinin sekä mangaanin suhteet kalsiumiin vaihtelevat paljon.

Kun maa- ja vesinäytteiden pitoisuuksien suhteita verrataan tällä tavoin, näyttää oikeammalta menettelyltä ottaa maanäyttestä huomioon koko patsaan korkeus (200 cm) keskimääräisinä pitoisuuksina, koska tällä tavoin päästään varsin lähelle vesinäytteiden pitoisuuksien suhteita ja välttytään suurelta hajonnalta, joka esiintyy pintakerroksissa. Yhdisteet liikkuvat maaperän vedessä sekä horisontaalisesti että vertikaalisuunnassa. Myöskin 200 cm:n syvyydessä mustassa liejusavessa saatiin eri aikoina ote-

tuissa näytteissä suuria pitoisuuseroja. Tämä osoittaa sen, että myöskään alin pohjavedenpinta ei ole sellainen rajapinta, jonka alapuolella ei tapahtuisi pitoisuuksien muutoksia. Etenkin raudan, mangaanin ja alumiinin pitoisuuksissa havaittiin G-pisteillä huomattavia muutoksia ajan funktiona 200 cm:n syvyydellä siten, että pitoisuudet pienenevät kesän aikana. Samalla pinakerrosten pitoisuudet kasvoivat. Täten muodostuvat syyshuuhtoutumisen edellytykset. Yhdisteiden ei tarvitse nousta pintaansaakka, vaan ne voivat huuhtoutua jo 50 - 100 cm syvyydeltä, jossa maan vedenläpäisykyky on useimmiten suuri jo nuorimmissakin alueissa 1 - 2 m:n korkeudella merenpinnasta, jos kuivatus on suoritettu n. 5 - 10 v. sitten tai sitä aikaisemmin. Erittäin nopeasti vettä läpäisevät kerrokset 50 cm:n syvyydellä havaittiin esim. pisteillä G 1, G 2, G 3, G 14 Tuovilanjoen pengerrysalueella sekä G 11 Sulvanjoella. Pisteillä G 5, G 6, G 11 ja G 12 ei saatu 50 cm:n syvyydelle pohjavesiputkeen riittävästi vettä, jotta koe oltaisiin voitu suorittaa. Pisteet G 15, G 7, G 8, G 9 ja G 10 olivat luonnontilaisilla alueilla ja läpäisivät 50 cm syvyydellä vettä huonosti, koska kuivumista ja sen myötä kutistumista ja rakoilua ei ole milloinkaan päässyt tapahtumaan.

Pisteen G 3 kohdalta otettiin kahdesti (II:n ja III:n maanäytteenottokerran yhteydessä) avo-ojitetun saran poikki pintamaanäytteet. Sarka oli rukiin viljelyssä v. 1971 ja jälkimmäisellä näytteenottokerralla ruis oli jo leikattu sekä pellolle jääneitä olkia oli paikoitellen poltettu. Määritysten tulokset muodostuivat seuraaviksi:

	pH	JL	Ca	K	Mg	Al	Fe	Mn	P	
Ojan pohja	22.7	3.5	34.0	800	180	935	25	35	52.5	8.8

	pH	JL	Ca	K	Mg	Al	Fe	Mn	P	
	24.9	3.95	10.0	350	190	230	300	383	31.0	6.6
Ojan reuna										
	22.7	3.4	54.2	550	10	1300	3450	176	151	15.3
	24.9	3.6	18.0	650	25	500	625	840	65.0	6.9
Neljännessarka										
	22.7	4.4	8.3	250	140	99	655	148	7.2	3.9
	24.9	5.0	3.2	800	200	109	230	345	11.5	8.6
Keskisarka										
	22.7	4.7	7.5	650	150	151	325	273	5.6	3.6
	24.9	5.2	3.35	1150	250	150	270	312	5.2	6.2

Tuloksissa kiinnittää huomiota erityisesti se seikka, että ojan reunassa ovat pitoisuudet korkeimmat eikä ojan pohjassa, vaikka sarkaojat ovat melkein uusia ja heinittymättömiä. Ojien pohjat ovat kuitenkin ikäänkuin haljenneet voimakkaan kuivumiskustumisen johdosta, mikä ilmeisesti vaikuttaa estävästi yhdisteiden kohoamiseen. Päähalkeaman paksuus oli jopa pari senttiä.

### 5.13 Hydrologiset tekijät

Valuma-alueen luonnollisilla hydrologisilla ominaisuuksilla pinta-alalla, muodolla, kaltevuussuhteilla sekä maakerrosten vedenläpäisevyydellä on suuri merkitys valumaveden määrälle ja laadulle. Pinta-ala ja muoto määräävät esim. rankkasateista ja lumen sulamisesta syntyvien valumamaksimien sattumisajankohdan (Kaitera 1939) sekä veden laadun sikäli, kun maaperä on osalla alueilla huuhtoutumisen kannalta erilaista. Suuri kaltevuus, joka siis usein merkitsee samalla karkeampia maalajeja ja hyvää vedenläpäisykykyä, merkitsee tehostunutta huuhtoutumista, jolloin veden laatu on jo nykyisin kohtalaisen hyvä. Kyrönjoen sivupurotutkimuksissa kaltevuudet ovat puroilla melko pieniä. Kal-

tevimpiä ovat ylimmät sivupurot 51 R, 50 L ja 50 R. Niiden veden laatu onkin paras eli pitoisuudet kaikkien aineiden suhteen ovat pieniä muihin puroihin verrattuna. Purojen korkea sijainti merkitsee toisaalta myös pisintä huuhtoutumisaikaa ja keskimäärin ohuimpia litorinakerroksia, joten on kolme olennaisesti veden laatua parantavaa tekijää vaikuttamassa samanaikaisesti.

Ihmisen aiheuttamat hydrauliset tekijät liittyvät yleensä ojitukselle saavutettuun veden poisjohtamisen nopeutumiseen. Alavilla savi- ja hiesusavialueilla käytetään mitoituksessa yleensä  $V_{max} 0,3 - 0,4$  m/s, jolloin eroosivaikutusta ei juuri esiinny. Yleensä ojitettavat alueet ovat niin tasaisia, että veden nopeus jää keväälläkin em. arvoa pienemmäksi. Tästä seuraa lähinnä valtaojien kasvavaa liettymistä. Eroosion tuoman kiintoaineksen osuus on siten alavilla ojitusalueilla melko pieni. Aikataulutekijään sensijaan vaikutetaan ennen ojitusta vallinneeseen tilanteeseen verrattuna. Jos esim. ojitettava peltoalue sijaitsee sivupuron luonnollisen valuma-alueen etuosassa, vaikuttaa ojitus siten, että etuosan runsassulfaattiset vedet tulevat Kyrönjokeen aikaisemmin kuin latvaosan humus- ja rautapitoiset vedet. Tällainen pellon sijainti on sivupuroilla tavallinen. Suo-osan ojitus taas vaikuttaa päinvastaiseen suuntaan eli pyrkii sekoittamaan etuosan ja latvojen vesien purkautumisen pääuomaan samanaikaisiksi, jolloin valuman määrällinen maksimi samalla kasvaa (haihdunnan pienenemisen aiheuttaman kasvun lisäksi).

Ojittamisella on myöskin se vaikutus, että ojaluisiin, jotka ovat lähellä pohjaveden pintatasoa, nousee sulfaattipitoisia yhdisteitä kesän aikana muodostaen valkoisia tai kellertäviä kiteitä. Virtaaman kasvaessa syksyllä tai viimeistään seuraavana keväänä nämä yhdisteet huuhtoutuvat vesistöön. Sitä seikkaa,



huuhtoutuuko ojaluiskista tällöin enemmän pinta-alaa kohti kuin vastaavalta ojattomalta peltoalueelta, on vaikea sanoa varmuudella, mutta tämä tuntuisi luonnolliselta. Kerätyistä ojaluisnäytteistä esim. näyte n:o 19361 on otettu siten, että n. 1 cm luiskan pinnasta on poistettu, jonka alta on otettu näyte ja näytteeseen n:o 19360 on kerätty poistettua ylintä luiskan pintaa. Pitoisuuksien ero on varsin huomattava (taulukko 51) samoin johtoluvun. pH ei sensijaan ole juuri epätavallisen alhainen. Sakkaumaa sisältäneitä näytteitä ovat myöskin n:ot 19382, 19383 sekä 19421.

Jos luiskanäytteiden sisältämien alkuaineiden pitoisuuksia verrataan läheisen G-pisteen vastaavien pitoisuuksien keskiarvoihin, havaitaan, että raudan ja alumiinin ja fosforin pitoisuudet ovat likimain yhtäsuuria ja kalsiumin, kaliumin, magnesiumin ja erityisesti mangaanin pitoisuudet ovat keskiarvoja pienempiä. Sakkanäytteet ovat poikkeuksia, sillä niiden pitoisuudet litrassa maata määräytyvät täysin siitä, miten näyte on otettu. Haluttaessa olisi voitu ottaa pelkästään kidenäytteitä, mutta tällöin olisi jouduttu keräämään näytettä tuntikausia riittävän määrän saamiseksi. Analyysit suoritettiin viljavuustutkimuksena yleisesti käytetyillä menetelmillä, jolloin tuoretta näytettä tarvitaan n.  $0.3 \text{ dm}^3$ . Voidaan siis todeta, että ojaluiskien maa on ylintä pintakerrosta lukuunottamatta keskimääräistä alkuaineköyhempää.

Rauta näyttää olevan luiskaan kiteytyvissä yhdisteissä mukana em. näytteen n:o 19360 perusteella. Näytteessä on raudan määrä kuitenkin kalsiumin, magnesiumin ja alumiinin määrää pienempi, kun taas Tuovilanjoen pengerrysalueen luiskanäytteessä n:o 19421 raudan määrä on kalsiumin jälkeen seuraava ja noin kolminkertainen magnesiumin ja alumiinin määriin verrattuna. Rau-

dan osuuden vaihteluun vedessä vaikuttaa lisäksi em. humukseen sitoutunut rauta, joka flokkiutuu ja saostuu helposti runsas-sulfaattisissa vesissä.

Näytteen 19360 kalsiumin, magnesiumin, alumiinin ja mangaanin painosuhteet ovat muuten lähellä sivupurovesissä todettua paitsi, että alumiinia on huomattavasti runsaammin. Painosuhteet vesissä saattavatkin olla ylivalumakausina erilaiset kuin vesinäytteenottoajankohtana 25.8.

Sadanta, haihdunta, valunta ja varastoituminen, niiden määrä ja jakautuminen säätelevät yhdessä ainesvalunnan pitoisuuskomponenttia kullakin alueella. Haihdunnan aiheuttama kapillaarinen veden liike ylöspäin tuo yhdisteet pintakerrokseen ja saateet huuhtovat joko samat yhdisteet vajovetenä alaspäin, jos varastot ovat hyvin tyhjä, tai varastojen täyttyessä ja ollessa täysiä pinta- ja etenkin pintakerrosvalumana sarka- tai salaojien kautta valtaojiin.

Liejusavi tai -hiesualueilla maaperän vaihtuvat vesivarastot eivät rakoilusta huolimatta ole kovin suuret, sillä pohjaveden pinnan korkeudet eivät kesälläkään laske yleensä 1,5 - 1,7 m:n syvyyttä alemmaksi maanpinnasta, eivätkä toisaalta keväälläkään nouse aivan lähelle maanpintaa kuin lyhyeksi ajaksi tulva-alueita lukuunottamatta. Pohjaveden korkeuden keskimääräisenä vaihteluamplitudina voi käyttää n. 1,2 m:ä. Jos tehokkaan huokoisuuden arvo on 5 - 8 %, varastojen vaihtuva vesimäärä on 60 - 100 mm. (Eräiden keskustelujen perusteella tehokkaan huokoisuuden arvo ilmeisesti on lähellä esitettyä arviota.)

Tätä olisi tutkittava lyhyinä runsassateisina kausina syksyllä, jolloin haihdunnan määrä voitaisiin mitata pienellä virheellä. On aivan selvää, että asia on huuhtoutumisilmiössä tärkeä, samoin muissa vesitaloudellisissa laskelmissa.

Varastotila maaperässä kasvaa sitä suuremmaksi mitä tehokkaammin kuivatus alentaa pohjaveden pintaa.

Kapillaari- ja vajovesien vaikutukset näkyvät selvästi tutkimuspisteiden sekä maa- että vesinäytteiden tuloksissa, pitoisuuksien ajan mukana tapahtuneissa muutoksissa (liitteet 31 ja 33).

Pohjaveden konsentraatioiden kasvu tapahtuu joko siten, että vettä haihtuu, jolloin yhdisteet voivat osittain jäädä väkevöittämään pohjavettä, tai tavallisemmin siten, että vajovesi liuottaa ylempään kerrokseen nousseita yhdisteitä ja tuo ne mukanaan pohjaveteen. Viimeksi mainitusta johtui 29.6. ja 30.6. sateen jälkeen G 1 pisteen sulfaattien voimakas kasvu 100 cm:n syvyydellä ja G 5 pisteellä 150 cm:n syvyydellä. Syksyllä 12. 10. otetuissa näytteissä näkyy sama asia jopa 200 cm:n syvyydellä G 3 pisteellä. Yleensä näin syvälle muutokset eivät heijastuneet kovin suurina.

Jos pohjaveden pinnat ovat korkealla, tämä siis merkitsee veden korkeata sulfaattipitoisuutta sekä sitä, että valuman määrä kasvaa tai on suuri. Vajoveden hapattamista pohjavesistä tulee tällöin peltoalueiden valumavettä.

#### 5.14 Maankuivatuksen aiheuttamien ja siitä riippumattomien muutosten suhde

Lähekkäin sijatsevien alueiden sadannat voi olettaa yhtäsuuriksi riittävällä tarkkuudella. Haihdunnan, valunnan ja varastoitumisen suhteisiin sensijaan maankuivatus vaikuttaa jo selvästi. Näitä suhteita ei kuitenkaan ole voitu tutkia. Maankuivatus vaikuttaa yleisesti ottaen sen alueen valuntaan ja varastoitumista kasvattavasti, johon kuivatustoiminta kohdistuu.

Erilaisissa maalajeissa vaikutus on kuitenkin erilainen.

Liejusavilla ja -hiesuilla vaikutus on muista poikkeava siten, että kuivuneen maan rakoilu aiheuttaa voimakkaan ja pysyvän vedenläpäisykyvyn kasvun. Voidaan sanoa, että kuivatuksen vaikutus on suurempi kuin muilla maalajeilla.

Maaperän kuivumista tapahtuu myös luonnostaan esimerkiksi maaperän kohoamisen takia tai lisääntyneen puuston voimistaessa haihduntaa. Myöskin poikkeuksellisen kuivat kesät voivat aiheuttaa pysyviä kuivumistapahtumia.

Jos taas jokin viljelysalve jätetään pois käytöstä, luonto pyrkii useimmissa tapauksissa muuttamaan alueen takaisin luonnontilaiseen suuntaan. Ojat tukkeutuvat ja alkaa muodostua kosteita alueita etenkin jos kaltevuus on pieni. Tällöin haihdunta kasvaa ja valunta pienenee. Myöskin valuman sattumisajankohdat muuttuvat.

Samalla kun määrissä tapahtuu muutoksia laadussa tapahtuu edellisissä kohdissa kuvattuja muutoksia.

Myös vesistöjen säännöstely voi aiheuttaa kuivumista tai kosteuden lisääntymistä vesipinnan korkeustason muuttuessa.

Metsien hakkuulla on myös haihduntaa pienentävä vaikutus, jollain alueella saattaa ojitus käydä välttämättömäksi liian veden poistamiseksi. Määrällinen muutos voidaan likimäärin arvioida. Jos esimerkiksi Kyrönjoen jonkin sivupuron valuma-alueella suoritetaan runsaasti puuston hakkuuta, tämä näkyy ko. alueen osuuden kasvuna valunnassa. Vaikutus veden laatuun on tuntematon.

## 5.2 M a a n k u i v a t u k s e n e r i m u o t o j e n v e r t a i l u

Muiden kuin peltokuivatusten tutkiminen oli tässä työssä jätet-

tävä vähemmälle huomiolle. Mukana oli silti kaksi näytteenottopistettä, joiden valuma tulee suurelta osalta ojitetulta suolta, nimittäin: Herttoolanojan alueella piste A 8 sekä pisteen alapuolella samassa ojassa oli piste A 7, jonka valuma-alueessa on pellon osuus jo hieman kasvanut. A 8:n näytteissä 1.11. ja 1.12. sulfaattipitoisuus oli 56 mg/l ja 68 mg/l. Turvekerroksen paksuutta ja sen alla todennäköisesti esiintyvän mineraalimaan laatua ei tunneta. Pisteen A 7 vastaavat sulfaattipitoisuudet olivat 56 mg/l ja 146 mg/l ja tämän pitoisuuden on täytynyt valua 50 ha:n alueelta jossa peltoa on 16 ha, metsää 29 ha ja suota 5 ha. Erotus valuma-alueen vesivaluman osuus on 1.12. suurempi kuin 1.11.

Mäenpäänloukonojan alueella avouomanäytteenottopisteen A 10 valuma-alueella on myös suoritettu suon ojittamista. Oja, josta näyte otettiin oli kuitenkin miltei umpeen kasvanut ja puusto pisteen ympärillä oli jo 10 m:n korkuista. Sulfaattipitoisuus 4.11 oli 70 mg/l ja 2.12 77 mg/l.

Metsäalueen valuma korostuu Mäenpäänloukonojan näytteenottopisteen A 17 valumassa. Metsäalueen osuus on 90 % valuma-alueesta. Loppu on osin salaojitettua peltoa. Sulfaattipitoisuudet olivat 4.11. 85 mg/l ja 2.12. 92 mg/l.

Kaikkien sekä avouomista että salaojista otettujen näytteiden tulokset ovat liitteissä 52 ja 53.

Avouomanäytteitä kerättiin 70 kpl, joista 36 Tuovilanjoen pengerrysalueelta. Näytteenottopisteitä oli 30 kpl, 50 %:ssa näytteistä mitattiin tai arvioitiin virtaama. Salaojanäytteitä kerättiin 113 kpl 54:stä näytteenottopisteestä ja virtaama mitattiin 51 kertaa (pääasiallisesti Tuovilanjoen laskuaukoista).

## 5.21 Paikalliskuivatus avosarkaojilla

Avosarkaojitus on salaojitusta vanhempi kuivatusmuoto ja sitä voi pitää epätaloudellisempänä pinta-alahukan ja konetyöskentelyn hankaloitumisen takia. Avo-ojitus on salaojitusta parempi tasaisilla vaikeasti läpäisevillä mailla, jossa pintavirtauksien ohjaaminen on olennaista (Kaitera). Normaalisti avosarkaojan syvyys on 40 - 60 cm. Liejusavi ja liejumaille saranleveys voi olla 20 - 40 m eli miltei kaksinkertainen muihin maalajeihin verrattuna.

Lambert Wiklander ja Gunnar Hallgren ovat tutkineet ojituksen syvyyden vaikutusta huuhtoutuviin ainesmääriin Ruotsissa (Grundförbättring 2/1971). 1,1 m:n syvyisellä kuivatuksella poistui n. 1,5 - 8 kertaa enemmän alkuaineita peltohehtaarilta kuin 0,7 m:n syvyisellä kuivatuksella. Neljän vuoden keskiarvossa suhde oli tasaantunut vaihdellen alkuaineittain 1,6:n ja 3:n välillä. Alueen maaperän rikkipitoisuus on vähäinen ja sadannan mukana vuosittain tuleva rikki (10 - 22 kg S/ha) riittää täyttämään huuhtoutumisen aiheuttaman vähenemisen.

1,1 m:n syvyyteen kuivatetulta alueelta huuhtoutui vain 3,0 kg/ha/v ja 0,7 m:n syvyyteen kuivatetulta 1,9 kg/ha/v rikkiä. Nämä määrät ovat vain 1 - 1,5 % Haapajyrän alueen vuotuisesta huuhtoutumisesta. Toisella koealueella 1,1 m:n kuivatuksella oli rikin huuhtoutuminen samana ajanjaksona 26,3 kg/ha/v. Kalسيومin huuhtoutuminen oli voimakkainta kummallakin alueella. Koealueiden maaperät poikkeavat litorinasedimenteistä olennaisesti.

Seuraavassa tiivistelmässä esitetään Tuovilanjoen pengerrysalueen niiden näytteiden sulfaattipitoisuudet, joiden valuma oli kokonaan viljeltyä avosarkaojitettua peltoa. Tällaisia näytepisteitä olivat A 1, A 7, A 15, A 16, A 17 ja A 18.

v. 1971	SO <sub>4</sub> (mg/l)	min	25 %	50 %	75 %	max
23.10.	I näytt.ottokerta	2870	3130	3740	4000	4625
2.12.	II - " -	230	1040	2980	3020	3140

Raivatun, sarkaojitetun, mutta vielä viljelemättömän alueen sarkaojanäytteistä saatiin vastaavasti:

v. 1971	SO <sub>4</sub> (mg/l)	min	25 %	50 %	75 %	max
23.10.	I näytt.ottokerta	2340	4110	4395	5085	6210

Tällaisia näytteenottopisteitä olivat Tuovilanjoella (Fladan) A 2, A 3, A 4, A 5 ja A 6. Täydellinen näytesarja näistä ojista otettiin vain I näytteenottokerran yhteydessä.

Raudan suhteen näytti aluksi olevan suuri ero pengerrysalueen eteläpuolisen osan ja pohjoispuolisen osan välillä.

Laihianjoki jakaa alueen kahtia. Alaosalla jakoa kutsutaan Tuovilanjoeksi. Avosarkaojissa viljellyllä alueella olivat pitoisuudet Fe keskim.:

Eteläpuoli	I näytt.	5,7 mg/l	A 1 ja A 7
	II "	3,7 "	- " -
Pohjoispuoli	I "	85,8 mg/l	A 15, A 16, A 17, A 18
	II "	4,8 "	A 17 ja A 18

Viljelemättömät raivatut sarkaojanäytteenottopisteet ovat kaikki eteläpuolella. Niissä oli I näytteenottokerralla rautaa keskimäärin 151 mg/l, joten ilmeisesti ei ole kysymyksessä etelä- ja pohjoispuolen suuresta erosta, vaan siitä että pohjoispuolen vastikään viljelykseen otettu avosarkaojitusalue on vielä lähellä luonnontilaista. Sarkaojien valuma oli 23.10. (I näytteenottokerralla) juuri alkamassa eikä rauta ollut vielä ehtinyt huuhtoutua. Joulukuun alussa lumen sulamisesta aiheutuneessa sarkaojien valumassa pitoisuudet kauttaaltaan pieneni-

vät ja sulamisvaiheiden erilaisuuden aiheuttama hajonta aiheutti esim. sen, että raivausalueen pisteellä A 3 1.12. raudan pitoisuus oli 121 mg/l ja 2.12. enää 0,98 mg/l (taulukko 52). Mangaanin pitoisuus oli viljellyn alueen sarkaojissa 23.10. keskim. 45,5 mg/l ja raivausalueen sarkaojissa 20,5 mg/l hajonnan ollessa vähäistä.

Joulukuun toisen päivän näytteissä viljellyn sarkaojitusalueen keskim. Mn = 33,0 mg/l ja raivausalueen pisteellä A 3 tapahtui sama voimakas laimentuminen kuin raudan suhteen. Pisteellä A 6 oli mangaanipitoisuus pysynyt samana.

Seuraavissa muiden alueiden avosarkaojanäytteissä on peltoprosentti sata, joten niitä voi verrata kohdassa 5.22. esitettäviiin samoilta alueilta otettuihin salaojanäytteiden tuloksiin:

	SO <sub>4</sub> mg/l		Fe mg/l		Mn mg/l	
	I	II	I	II	I	II
Herttoolanojan alueella						
A 5	318	103	4,4	2,9	2,7	1,0
A 3	109	27	1,9	2,3	0,47	0,14
Mäenpäänloukoonojan alueella						
A 8	257	307	1,3	0,78	1,9	2,0
	18.10		18.10		18.10	

Koivulahdessa

A I	119	0,36	0,68
-----	-----	------	------

Salaojitusalueiden peltoprosentin katsotaan olevan sata.

Koivulahden avo-ojanäytettä voidaan suoraan verrata salaojastoihin S I ja S II, joitten valuma-alue rajoittuu A I:n valuma-alueeseen ja on hyvät mahdollisuudet olettaa maalaji homogeeniseksi. Salaojituksen ja avosarkaojituksen vertaaminen on työn tärkeimpiä päämääriä.



Koska avosarkaojitettujen alueiden valumia tutkittiin vähemmän kuin salaojia on vertailuasuoitettava sekä keskiarvoihin että lähellä sijaitseviin salaojastoihin yksilöllisenä vertailuna.

## 5.22 Paikalliskuivatus salaojilla

Seuraavassa tiivistelmässä esitetään avosarkaojanäytteiden kanssa samoina päivinä otettujen salaojavesinäytteiden sekä Koivulahden 7.12. otettujen salaojavesinäytteiden tulokset.

Sulfaatti

(mg/l)

		min	25 %	50 %	75 %	max	lukum.
Tuovilanjoki	I	3500	3700	4500	4725	6500	7 kpl
	II	3850	4000	4050	4990	5600	5 "
	yht.	3500	3225	4300	4750	6500	12 "
Mäenpään-	I	165	216	505	1070	3265	16 "
loukoonoja	II	85	180	270	1100	3050	14 "
	yht.	85	185	350	1100	3265	32 "
Herttoolan-	I	110	550	1020	1370	1680	9 "
oja	II	140	385	700	870	945	9 "
	yht.	110	500	780	1050	1680	18 "
Ylistaron	I	170	295	685	1330	2575	9 "
ojastot	II	205	285	695	1190	1890	7 "
	yht.	170	300	690	1295	2575	16 "
Koivulahti 7.12.		360	475	740	900	1175	10 "

Jos tuloksia verrataan avosarkaojanäytteisiin saadaan Tuovilanjoen pengerrysalueella avo-ojitusalueen ja salaojitusalueen sulfaattipitoisuuksien suhteet viljelysalueilla seuraaviksi:

	min	25 %	50 %	75 %	max
I	0,82	0,85	0,83	0,85	0,71
II	0,06	0,26	0,74	0,61	0,56
yht.	0,06	0,74	0,73	0,79	0,71

Avo-ojien valuma oli laimentunut toisella näytteenottokerralla enemmän kuin salaojien.

Jos muillakin alueilla avosarkaojanäytteitä verrataan saman alueen salaojastojen mediaaniin saadaan seuraavat suhdeluvut sulfaattipitoisuudelle:

Koivulahdessa pvm. 18.10 suhdeluku 0,30 (A I:tä verrattu S I:n ja S II:n keskiarvoon)

4.11 0,51

Mäenpäänloukon-

ojalla 2.12 1,14 (A 8:aa verrattu salaojastojen mediaaniin)

1.11 0,31

Herttoolanojal-

la 4.12 0,15 (A 3:n ja A 5:n keskiarvoa verrattu mediaaniin)

Tämän perusteella vaikuttaa suhde olevan Tuovilanjoen pengerrysalueella suurin: 0,5 - 0,85 ja muilla alueilla pienempi.

Jos viimeksi mainituilla alueilla avosarkaojitusnäytteitä verrataan lähimpään tutkittuun salaojastoon kuten edellä Koivulahdessa, saadaan suhdeluvuiksi

Mäenpäänloukonojalla

verrattavat	pvm	suhdeluku
A 8 ja S 7	4.11.	0,37

Herttoolanojalla

verrattavat	pvm	suhdeluku
A 3 ja S 4 tai S 6	1.11.	0,08, 0,21
A 5 ja S 4 tai S 6	1.11.	0,22, 0,60

Salaojien valumavesi näyttää siis olevan n. 1,5 - 5 kertaa sulfaattipitoisempaa kuin avosarkaojien.

Vertailun tulokset ovat kummallakin tavoin suoritettuna miltei samanlaiset. Avosarkaojitettujen alueiden valumia olisi silti syytä tutkia enemmän asian varmistamiseksi.

Tuovilanojan pengerrysalueella raivatun viljelemättömän alueen sulfaattipitoisuuksien suhde salaojastojen sulfaattipitoisuuksiin oli minimien, kvarttiilien, mediaanien ja maksimien suhteina:

min	25 %	50 %	75 %	max
0,67	1,11	0,98	1,07	0,96

Raivauksen ja salaojituksen vaikutus veden sulfaattipitoisuuksiin on edelläolevan perusteella ollut suunnilleen sama.

Kummassakin tapauksessa sulfaattipitoisuudet ovat hyvin korkeita. Mediaanipitoisuudet ovat pengerrysalueella n. 40 kertaisia Skatilan maksimisulfaattipitoisuuksiin verrattuna ja n. 4 - 10 kertaisia muiden tutkittujen salaojitusalueiden mediaaneihin verrattuna. On ymmärrettävää että Skatilan maksimipitoisuudet esiintyvät silloin kun salaojastot purkavat vettä vesistöön.

Salaojituksen suurempi tehokkuus sulfaattien poistamisessa perustuu parempaan (syvempään) kuivatukseen ja pintavirtauksen vähäiseen osuuteen liejusavi ja -hiesualueilla. Peltoviljelyn kannalta tämä on hyvä asia, koska liikahappamuuden poistaminen

maaperästä on suuri ongelma. Vesistön kannalta tällainen saastuminen taas on hyvin valitettavaa ja ongelma sekä kalastukselle, virkistyskäytölle että veden käytölle nesteenä.

Salaojastojen  $Mn - SO_4$  suhde oli hyvin korreloiva ja sama kuin Skatilan vedessä (liitteet 48 ja 49).

Salaojastojen kautta huuhtoutuvat sulfaattipitoisuudet eivät tietenkään pysy pitkiä aikoja, vuosikymmeniä, yhtä korkeina.

### 5.23 Salaojastojen iän vaikutus

Kysymys, miten ojaston ikä vaikuttaa huuhtoutumiseen, on kiinnostava. Sen takia selvitettiin Ylistaron alueen tutkittujen ojastojen rakennusvuodet ja näytteet järjestettiin ikäryhmiin 5 vuoden välein. Sulfaattipitoisuuksien ja pH:n ikäjakautumat ovat liitteessä 54. Jakautuma ei ole täysin pätevä. Päinvastoin tuntuu siltä, että Maenpäänloukonojan latvoilla sijaitsevat nuoret ojastot ensimmäisessä ryhmässä käyristävät jakautumaa liiaksi neutraaliin suuntaan. Em. ojastojen happamuuden voi katsoa olevan normaalia pienempi siksi, että alueen valtaojasto ei kyennyt riittävästi tehostamaan kuivatusta, jolloin kuiva-  
vara oli pieni eikä hapettuminen ollut päässyt vaikuttamaan täydellä teholla. Toisaalta jakautuman muoto on luonteva, hilkakkoin rakennetuissa ojastoissa ei huuhtoutuminen ala heti täydellä teholla ja vanhat 35 - 45 vuotta sitten rakennetut ojastot ovat ehtineet jo huuhtoutua neutraalimmiksi. Voimakainta huuhtoutuminen on 15 - 25 vuotiaissa ojastoissa.

Alemmassa kuviossa on samojen keskiarvojen pH -  $SO_4$  -suhde, jällä näyttää olevan vaikutusta myös siihen, miten tehokasta sulfaatti on alentamaan pH-lukua ojaston vedessä. Samalla sulfaattipitoisuudella vanhojen ojastojen pH-luku on yli yhden yksikön alempana kuin nuorimmilla. Tähän voivat olla selityk-

senä seuraavat seikat:

1. Puskuroivat aineet ovat huuhtoutuneet pois vanhoista ojastoista (tai jonien aktiivisuus on suurempi).
2. Vanhojen ojastojen sulfaattien koostumuksessa ovat pH:ta voimakkaasti laskevat sulfaatit esim.  $H_2SO_4$  tai  $Fe_2(SO_4)_3$  korostuneempia kuin nuorissa.
3. Kysymyksessä on maalajieron aiheuttama sattuma. Jos näin on, koko jakautumakuvion perusteet ovat olemattomat.

Koska syksyllä -71 havaittiin salaojien suuret sulfaattipitoisuudet, heräsi kysymys sivupurotutkimuksessa sulfaattirikkaaiman puron, Haarajoen (14R) pellon salaojitusasteesta. Haarajoen peltoprosentti on 55 %. Asia tutkittiin ja havaittiin, että 35 % pelloista on salaojitettu (752 ha).

Liitteessä 55 on salaojitusten ikäjakauma Haarajoen alueella. On todennäköistä, että ojastojen sulfaattipitoisuuksien mediaani olisi ollut syksyllä 1971 lähellä 3000 mg/l:aa. B. Aarnion karttojen mukaan Haarajoen alueella oli 1920-luvulla kasvuttomia suolamaita.

#### 5.24 Salaojastojen kautta purkautuva vesimäärä

Entä sitten salaojastojen kautta purkautuva vesimäärä? Eroaako se merkittävästi muunlaisten alueiden valunnasta? Tämän kysymyksen selvittämiseksi kerättiin Etelä-Pohjanmaan koeaseman päivittäiset salaojavirtausmittaukset vuodesta 1961 lähtien. Mittaukset on suoritettu klo 14.00 kahdesta vuonna 1928 rakennetun ojaston laskuaukosta. Ojaston I pinta-ala on 3,85 ha ja maalaji liejusavi - aitosavi, ja ojaston II pinta-ala on 4,17 ha ja maalaji multamaa - liejusavi (koeaseman monisteet 1961-70). Taulukossa 56 esitetyt kuukauden keskivalumat on laskettu

em. pinta-aloilla. Vertailun vuoksi taulukkoon on merkitty myös viereisen Haapajyrän vesistöhavaintoalueen vastaavat mittaukset. Ojastojen kuukauden keskivalumat voivat olla keväällä ja syksyllä Haapajyrän keskivalumia suurempia. Useimmiten ojaston II valuma on ollut suurempi kuin ojaston I. Kymmenen vuoden havainnoissa 1961 - 70 on ojaston II vuoden keskivaluma ollut vuosina 1962, 1965 ja 1967 suurempi kuin Haapajyrän. Ojastoon saattaa tulla sivuvesiä ilmoitettua alaa suuremmalta alueelta. Tulokseen vaikuttaa myös se, että päivällä suoritettu kertamittaus antaa ilmeisesti liian suuret arvot vuorokausivalumaksi. Lämpötilan vaihtelu vaikuttaa todennäköisesti juuri keväällä, kun lumet ja routa ovat sulamassa siten, että virtaamat ovat yöllä pienempiä kuin päivällä. Voidaan silti todeta että salaojien kautta tulee vettä lähes yhtä paljon ja ajoittain enemmänkin kuin Haapajyrän valuma-alueelta.

Tuovilanjoen pengerrysalueella mitattiin myös laskuaukossa S 1, S 2 ja S 200 lumien sulamisen aiheuttamat virtaamat. Ojastojen valuma oli maksimissa 29.11. n. 80 l/s km<sup>2</sup> (liite 58). Samalla saavutettiin sulfaattihuuhtoutumisen huippunoteeraus ojastossa S 1: 450 g/s km<sup>2</sup> - SO<sub>4</sub>. Tämä on 75 kertainen Skatilan keväisiin huippuarvoihin verrattuna eli 65 km<sup>2</sup> samanlaisesta aluetta olisi kyennyt aiheuttamaan Skatilaan huippuhuuhtoutumisen (6g/s km<sup>2</sup>). Skatilassa ei marras-joulukuun vaihteessa muodostunut kuin n. 10 l/s km<sup>2</sup> vesivaluma ja 0,9 g/s km<sup>2</sup> sulfaattihuuhtoutuminen. Joten mainittuna ajankohtana jo n. 10 km<sup>2</sup>:n kokoinen täysin salaojitettu Fladanin kaltainen alue olisi voinut vastata koko Skatilan sulfaattimäärästä. Skatilan näytteenottopisteen yläpuolella ei kuitenkaan ole ilmeisesti alueita, joilta voisi tulla yhtä paljon sulfaatteja kuin Tuovilanjoen pengerrysalueen ojastoista.

## 5.25 Muita havaintoja

Mangaanin ja sulfaattien korrelaatio 1. - 7.12. salaojasesissä noudatti tutkituissa ojastoissa likimain yhtälöä  $y = 0,013x$

- 1,8 (liite 47)

$y$  = mangaanipitoisuus mg/l

$x$  = sulfaattipitoisuus "

ja Skatilassa yhtälöä  $y = 0,013x - 0,06$  (liite 48).

Yhtälöiden mukaan mangaanin suhde alkuainerikkiin vesissä on n. 1:25.

Tuovilanjoen pengerrysalueella ojastojen veden mangaani vaihteli 42 mg/l - 65 mg/l välillä.

Ylistaron ojastoissa mangaanipitoisuuksien vaihtelu (0 - 44 mg/l) oli paljon suurempi kuten sulfaat

Koivulahden ojastoissa hajonta oli pienempi ja pitoisuudet olivat 1 - 14 mg/l sulfaattipitoisuuden mukaan. Koska sivupurotutkimuksessa saatian likimain sama korrelaatio sulfaateille ja mangaaneille herää kysymys: ovatko myös kalsium, alumiini ja magnesium salaojavesissä korrelaatiossa kuin sivupurovesissä. Tätä olisi syytä tutkia tarkemmin samoin kuin sala- ja avosarkaojien asiditeettia. Jos asiditeetti on likimain samassa suhteessa sulfaatteihin kuin sivupuroissa ja Kyrönjoessa sen maksimiarvojen tulisi olla n. 60 val/l olettaen, että edelleen n. 50 % sulfaateista on dissosioitunut hapoksi. Saattaa olla, että suurilla pitoisuuksilla prosenttiluku on erilainen.

Raudan määrällä ei näyttänyt olevan korrelaatiota sulfaattiryhmään, vaan sen vaihtelu oli hyvin suuri. Raudan määrä kasvoi loka-joulukuussa ajan funktiona (lukuunottamatta 29.11. otettuja näytteitä, jolloin 70 - 80 l/s km<sup>2</sup>:n valuma laimensi sekä mangaani- että sulfaattipitoisuuksia jonkinverran mutta raudan pitoisuutta hyvin voimakkaasti; myös pH:n minimi 3,5 -

3,6 sattuivat juuri 29.11. eli jonien aktiivisuus on lisääntynyt tai puskuroivien aineiden pitoisuus on vähentynyt merkittävämmiin kuin sulfaatin).

pH-luvun arvoa ei kannata tutkia kovin tarkoin vesistä, joiden sulfaattipitoisuudet ovat suuria, grammojen suuruusluokkaa. Jonien aktiivisuus on tällöin pienentynyt jo merkittävästi. Voidaan vain todeta edelleen, että vaikutus Kyrönjokeen tai vastaavaan vesistöalueeseen määräytyy sulfaattipitoisuu- den mukaan. Eräs seikka on kuitenkin mainittava: runsassulfaat- tisten salaojavesien pH-luku voi olla niinkin korkea kuin n. 5,0, vaikka sulfaattipitoisuus onkin 400 - 500 mg/l. Sama ha- vainto koskee myös G-pisteillä tutkittuja pohjavesiä. Saman- aikainen korkea sähkönjohtokyky (n. 1000 - 1500 S salaojave- sissä) osoittaa että vedessä on tällöin liuonneena runsaasti muita aineita.

Koivulahden salaojissa näyttävät 15 - 20 vuoden ikäiset ojas- tot aiheuttavan hajontaa Mn - SO<sub>4</sub> -suhteessa mangaanin suun- taan, kun taas vanhimmat, 35 - 40 vuotiaat aiheuttavat hajon- taa sulfaatin suuntaan.

#### 5.26 Veden poisjohtamisen vaiheet

Valtaojat ovat mitoitettuja yleensä johtamaan vedet pois kui- vatettavilta alueilta sellaisessa tilanteessa, jolloin vesi- valuma on maksimissa eli n. 200 l/s km<sup>2</sup> yläpuolisella valuma- alueella. Jos valtaojat ovat pitkiä on huomioitava valuma-alu- een kasvu alaspäin mentäessä. Valtaojien syvyydet vaihtelevat n. 1,3 m:stä n. 2,0 m:iin. Yksittäinen valtaoja kuivattaa lä- hiympäristöä tehokkaammin kuin yksi sarkaoja. Valtaojitus ei useimmissa tapauksissa kuitenkaan riitä sen paremmin peltoa- lueiden kuin metsäalueidenkaan kuivattamiseksi, vaan tarvitaan



myös paikalliskuivatusjärjestelmä.

Yksinomaan valtaojituksen vaikutusta veden laatuun peltoalueilla on tarvittavan mittauksen tarkkuuden takia vaikea tutkia, silloin kun kuivatusjärjestelmä on jo täydellisenä olemassa.

Tutkimus edellyttäisi sitä, että tunnettaisiin tarkoin paikallisjärjestelmistä tulevat valumat niillä valtaojain osuudella, joka olisi kokonaan peltoa, jolloin valtaojassa tapahtuvan laadun ja määrän muutoksen ja paikallisjärjestelmistä tulevan veden laadun ja määrän erotus olisi valtaojan aiheuttama. Näin suurta tarkkuutta vaativiin ja silti tuloksiltaan epävarmoihin tutkimuksiin ei ole voitu ryhtyä.

Ne avouomanäytteet, joita on kerätty tutkimusalueilta, osoittavat sen, että veden laatu paranee sulfaattien osalta valtaojissa paikallisjärjestelmiin verrattuna, koska valuma-alueen suo- ja metsäprosentti ei ole enää pieni.

Valtaojituksen riittävä vedenpoistamiskyky on edellytyksenä sille, että järjestelmät toimivat ja huuhtoutuminen ja kuivuminen tapahtuvat.

Valtaoja aiheuttaa silti todennäköisesti lähiympäristössään erillisenäkin tarkasteltuna sarkaojaa suuremman huuhtoutumisen pinta-alayksikköä kohden ja sinkin muutamana kaivun suorittamisen jälkeisenä vuotena, koska ojamassat ovat aivan ojan reunoilla ja lisäksi ojaluisiin voi nousta sulfaattipitoista kidesakkaumaa. Nämä vaikutukset ovat kuitenkin vähäisiä verrattuna kuivatuksen toteuttamisen aiheuttamiin kymmenien senttien pohjavedenpinnan alenemisiin laajoilla alueilla, jolloin hapettumisalttiita kerroksia tulee mukaan huuhtoutumiseen lisääntyneen kuivavaran mukaan.

Valtaojien kaivussa syntyvien ojamassojen huuhtoutumisen kan-

nalta edullisin sijoituspaikka on vielä ratkaisematon kysymys.

#### 5.27 Pengerretyt ja pengertämättömät alueet

Sekä tämän työn yhteydessä tehtyjen että vesipiirin aikaisemmin suorittamien tutkimusten perusteella (liite 8) voidaan havaita pengerrettyjen alueiden hyvin korkea elektrolyyttipitoisuus vedessä. Tuovilanjoen pengerrysalue on nuorimpia ja vielä suurelta osalta käyttöönottamatta.

Pengerrysalueiden kuivatusjärjestelmien tutkimus osoitti, että veden sulfaattipitoisuuden mediaanit salaojissa ovat n. 3-4 kertaisia tutkittuihin pengertämättömiin alueisiin verrattuna. Tosin vertailussa mukaan tulevat salaojitusalueet eivät edusta happamimpia pengertämättömiä alueita. Happamimmat pengertämättömät alueet ovat ilmeisesti salaojissa lähempänä sulfaattipitoisuuden arvoja Tuovilanjoella, jolloin kerroin ilmeisesti on lähellä kahta tai sen alle.

Pengerrettyjen alueiden suuret konsentraatiot eivät johdu itse pengertämisestä, vaan siitä että pengerrysalueita rakennetaan juuri sellaisiin paikkoihin, jotka ovat alavia suistomaita ja joissa postlitorinasedimenttiä on muodostunut runsaasti.

Kun pengerrysalueiden vettä pumpataan jokeen tai merenlahteen, vaikutus on joessa tutkittujen sulfaatti-pH-käyrien mukainen eli veden vaihtumisnopeuden on oltava suuri purkupaikassa, jotta laimentuminen voisi tapahtua. Edullisin on sekoittuminen meriveteen sellaisessa kohdassa, jossa saaret tai matalikot eivät estä veden vaihtumista.

## 5.28 Yhteenveto

Vuonna 1971 toimeenpantu tutkimus ei vielä ollut kaikin puolin tyydyttävä. Paljon enemmän valuman laadusta ja sen vaikutuksista kuitenkin jo voidaan todennäköisyysvarauksilla sanoa kuin esimerkiksi vuonna 1970.

Valumaa voi tarkastella ja tutkia monilta eri tahoilta. Periaatteena tähän työhön soveliaain tapa oli jakaa se kolmeen komponenttiin: määrän, sulfaattipitoisuuteen erikseen sekä muihin pitoisuuksiin sikäli kuin niillä on haittavaikutusta tai ne korreloivat määrien (eri aikoina) ja/tai sulfaattien kanssa. pH-luku ja sähkönjohtokyky ovat tällöin yleisilmaisimia sulfaatti- ja muiden pitoisuuksien yhteisestä vaikutuksesta vedessä.

Koska alueen vesien sulfaatit ovat miltei kokonaan lähtöisin luonnollisesta maaperästä, valumaa tarkasteltiin myös pelkästään sulfaatti- ja muina ainesvalumina, jotta saatiin käsitys maaperästä aikayksikössä poistuvista ainemääristä. Tällöin ainesvalumien ja vesivaluman keskinäisiin suhteisiin l. konsentraatioihin pyrittiin löytämään yhteydet vesitalouden perusyhtälön suureista, mutta jouduttiin toteamaan asia monien samanaikaisesti vaikuttavien tekijöiden takia toistaiseksi selvittämättömäksi eli vesitalouden suureiden vaihtelu ei selitä veden sulfaattipitoisuuden vaihtelua Haapajyrän valuma-alueella ainakaan yksinkertaisessa muodossa. Haapajyrä on tällaiseen selvitykseen vielä liian laaja ja monista erilaisista osista koostunut.

Asiaa pyrittiin selvittämään "toisesta päästä" lähtien. Valittiin pieniä yhtenäisiä alueita, joissa ei esiintynyt jätevesivaikutusta vaan pääasiassa erilaisia kuivatuksen toteutusmuotoja yhdessä erilaisten luonnonolosuhteiden kanssa (maaperä,

korkeustaso). Näiden tutkimusten tuloksena voidaan jo likimääräisesti esittää veden sulfaattipitoisuuden vaihtelu erilaisilla alueilla yhteenvedona aikaisemmista kappaleista ja liitteistä. Sulfaattipitoisuudet tarkoittavat lähes suurimpia mahdollisia alueen vedessä syntyviä. Loka-joulukuussa mitatut pitoisuudet ovat todennäköisesti tällaisia.

SO<sub>4</sub> Vedet tai alueet joiden vesissä pitoisuus esiin-  
mg/l tyy

---

luokka 1

- 0 - 10
1. Sadevesi
  2. Todennäköisesti jotkin litorina-alueen yläpuoliset luonnonvedet.

luokka 2

- 10 - 100
1. Litorina-alueen yläpuoliset alueet.
  2. Litorina-alueen kokonaan tai lähes luomontilaiset osat.
  3. Litorina-alueen ne osat joissa maaperä on kalliosta tai karkeata.
  4. Litorina-alueen yläosan (80 - 100 m) alueet, joissa on suuri kaltevuus.
  5. Puhtaasti aitosavialueet.

luokka 3

- 100-500
1. Litorina-alueen avosarkaojitettujen peltoalueiden pääosa, kun  $h > 20$  m ja käyttöönotosta on kulunut jo muutamia vuosikymmeniä.
  2. Salaojastot ( $h > 20$  m), joiden ikä on yli 25 vuotta ja kyseessä ei ole varsinainen suolamaa.
  3. Sellaiset avosarka- ja salaojitetut alueet korkeudella  $h = 0 - 20$  m, joissa litorinakerrokset ovat ohuita ja/tai sekoittuneet karkeampaan ainekseen ja/tai käyttöönotto on tapahtunut asteit-

tain hitaasti.

luokka 4

- 500-1000
1. Pääosa salaojastoista. (h >20 m) kun kyseessä ei ole varsinainen suolamaa tai jos on niin että/käyttöönotto on tapahtunut n. 40 vuotta sitten ja kuivatus on koko ajan pysynyt tehokkaana. Myöskin ojastot joissa käyttöönotosta on kulunut niin vähän aikaa, että kuivatus ei ole ehtinyt tehotta.
  2. Todennäköisesti joukko ennen sotia avosarkaojitettuja varsinaisia suolamaita (h >20 m).
  3. Todennäköisesti joukko sellaisia alavien (h <20m) alueiden suolamaita joissa käyttöönotto on vastikään tapahtunut ja/tai pohjavedenkorkeuksien vaihtelu on jostain syystä vähäistä.

luokka 5

- 1000-3000
1. Happamimmat salaojastot n. 20 - 50 m:n korkeus-  
tasolla esim. sellaiset, joissa maaperä ennen  
sotia oli kasvutonta suolamaata ja haitta poistettiin  
1950-luvulla toimeenpannulla salaojituksella  
tai tehokkaalla avosarkaojituksella.
  2. Todennäköisesti joukko vanhimpien pengerrysalueiden  
(Söderfjärden) avosarkaojitetuista alueista.
  3. Todennäköisesti joukko 0 - 20 m:n korkeustason  
salaojitusalueista kun on kyseessä suolamaa.

luokka 6

- 3000-5000
1. Pääosa pengerrysalueiden salaojitetuista alueista  
joissa pohjaveden korkeus ei pääse kesäisin  
painumaan täysien kuivatusojien takia kovin alas.
  2. Pääosa pengerrysalueiden avosarkaojitetuista  
alueista.
  3. Poikkeuksellisen happamat salaojitusalueet n.

0 - 40 m:n korkeustasolla.

luokka 7

- 5000-7000 1. Kaikkein happamimmat pengerrysalueiden salaajastot (Tuovilanjoen pengerrysalue).
2. Happamimmat pengerrysalueiden käyttöönottamattomat avo-ojitetut raivausalueet joissa pohjavedenkorkeudet pääsevät kesällä painumaan alas muiden vesipintojen sitä estämättä.

Ylläesitetty ei luonnollisesti ole tarkka yhteenveto, koska kaikenlaiset alueet eivät ole olleet koealueissa edustettuina. Turvekerrosten peittämät alueet ja varsinaiset metsäalueet etenkin vaatisivat lisätutkimuksia, samoin olisi tutkittava sellaisia lähes merenpinnan tasossa sijaitsevia pengertämättömiä sala- ja avosarkaojitusalueita, joissa maaperä on postlitorinasedimenttiä (sikäli kuin tällaisia alueita on otettu käyttöön). Samoin kaikki sellaiset alueet joihin on liitetty yllä todennäköisesti sama, vaativat tarkistusta.

Kyrönjoen vesistöalueesta on toistaiseksi valtaosa luokassa 2. Pidättyminen järviältäisiin on määrällisesti arvioimatta, mutta se saattaa vähentää useiden alueiden huuhtoutumisesta näytteenotossa saatavaa tulosta, jos näytteenottopisteen yläpuolella on tällaisia altaita.

Suuremmat alueet, esim. kaikki <sup>tutkitut</sup> sivupurot koostuvat useista yllä kuvatuista "elementaarialueista". Niiden sulfaattipitoisuus ennen laskua Kyrönjokeen olisi periaatteessa laskettavissa ylläolevan perusteella, jos kunkin osan valuman määrä valittuna ajankohtana tunnettaisiin. Samalla ylläolevaa taulukkoa voitaisiin tarkentaa. Sivupurojen valuma-alueita ei kuitenkaan toistaiseksi tunneta riittävän tarkasti.

Ylläesitetty taulukko on myös epäeksakti. Sen takia tulisi

ylläesitettyt sulfaattipitoisuudet sitoa teknillisesti tarkkoihin tietoihin alueiden maaperän kemiallisesta ja fysikaalisesta laadusta. Ainakin tulisi selvittää rikkipitoisuuden äärirajat maalajeittain kussakin ylläesitettyssä ryhmässä. Tällöin voitaisiin täsmentää niitä tekijöitä, joita esim. korkeustaso ja kaltevuus maaperässä aiheuttavat.

Lisäksi on muistettava, että ylläesitettyt tulokset koskevat veden laatua loka-joulukuussa 1971 ja saattavat joiltakin osin olla liiaksi pleistettyjä. Nimenomaan kriittisiä ajanjaksoja koskevien jatkotutkimusten rungoiksi ne sensijaan kelpaavat hyvin.

### 5.3 Maankuivatustoimenpiteiden laajuus tulevaisuudessa

Liitteiden 17 ja 18 mukaisin merkinnöin tulevat Etelä-Pohjanmaan metsänparannuspiirin ennusteen mukaan Kyrönjoen vesistöalueen metsäojitukset ja lisääntyminen vuoden 1972 lopun tilanteesta vuoden 1980 tilanteeseen seuraaviksi osa-alueittain:

Alue	Ala km <sup>2</sup>	V. 1972		V. 1980	
		Hyötyalue		Hyötyalue	
		ha	%	ha	%
A - E	1421	n. 4000	3.6	n. 7000	6.2
F	528	6100	11.6	8600	16.3
G	1084	12700	11.7	19200	17.7
H	1057	10600	10.0	14100	13.4
I - L	1072	13450	12.5	17950	16.8
	4862	46850	9.6	66850	13.7

Jos ojitustoiminta vilkastuu niin paljon, että ojittamatta jäävät ainoastaan suuret yhtenäiset avosuot, muodostuu vuo-

den 1980 tilanteen ennuste seuraavaksi:

	ha	%
A - E	n. 8000	7.1
F	10100	19.1
G	22200	20.5
H	17600	16.8
I - L	19450	18.2
Yht.	77350	15.9

Peltokuivatustoiminnassa ollaan siirtymässä voimakkaasti avo-sarkaojitettujen peltojen salaojittamiseen ja nimenomaan suuriin yhteissalaojituksiin.

Suomen Salaojitusyhdistyksen ilmoituksen mukaan salaojitusstarve on kaikkiaan n. 85 % peltopinta-alasta. Kyrönjoen vesistöalueen peltopinta-ala, salaojitusstarve likimääräisesti sekä jäljellä oleva salaojitus ovat osa-alueittain:

	Peltra		Salaojitettua		Salaojit. tarve km <sup>2</sup>	Salaojitusta jäljellä km <sup>2</sup>
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%		
A	31	32.9	1)	10	26	21
B	133	45.0	33	11.1	113	80
C	58	35.7)	91	12.4	228	137
D	156	36.1)				
E	55	40.6)				
F	212	40.1	46	8.7	180	134
G	287	26.5	26	2.4	244	218
H	292	27.6	25	2.5	248	223
I - K	183	21.8	21	2.5	156	135
L	79	34.0	13	5.7	67	54
Yht.	1486	30.5	260	5.4	1262	1002

1) Salaojitus tiedot puuttuvat. Arviolta n. 3 - 51 km<sup>2</sup>.



Salaojituksen tehtäväkentän painopiste on siis sivujokien vesistöalueilla sekä Ylistaron ja Kurikan välisellä pääuoman vesistön osa-alueella. Alueilla H - K rikki- ja kuparipitoisten maiden osuus on vähäinen samoin alueella G, Seinäjoen latvoilla. Tällöin salaojastojen veden laadun voi olettaa olevan hyvän.

85 %:n ennuste on luultavasti ylimitoitettu arvio ottaen huomioon mm. sen, että peltoalan oletetaan supistuvan Vaasan vesipiirin toimialueella n. 13 % vuoteen 1984 mennessä. (Vesihallituksen kuivatustoimisto).

Joka tapauksessa salaojitus on suuresti lisääntymässä. Kaikkiin suurempiin yhtenäisiin peltoaukeisiin laaditaan tai on jo valmiina yhteissalaojitussuunnitelmat, jotka aiotaan toteuttaa vuoteen 1984 mennessä. Lisäksi tilakohtainen salaojitus lisääntyy entisestään. Toiminnan tarkoituksena on toteuttaa laajamittainen rationalisointityö peltoviljelyn alalla.

Edellä mainittu metsäojituksen lisääntyminen osoittaa, miten kiireellistä on selvittää kyseisen toiminnan vaikutus veden laatuun. Lähtötiedoissa (5) ja (37) esitetyt turpeen rikki- ja kuparipitoisuutta ja pH-lukua koskevat taulukot eivät ole keskenään yhdenmukaisia. Vuonna 1971 suoritetuissa tutkimuksissa saatiin Ylistarossa kahdessa tapauksessa ojitetun suon vesinäytteistä alle 100 mg/l sulfaattipitoisuudet, mutta tapausten määrä ei ole suinkaan riittävä.

Peltokuivatuksen siirtyessä nopeassa tahdissa avosarkaojituksesta salaojitukseen tullaan Kyrönjoen sulfaattipitoisuuksia varmasti samalla lisäämään.

Jos karkeasti arvioiden haitallista maaperää esiintyisi huomattavasti vain puolessa alueiden A - E ojitettavasta 240 km<sup>2</sup>:n tavoitteesta tämän aiheuttama sulfaattivaluman lisäys ylitt-

tää melko varmasti samanaikaisen metsäojituksen aiheuttaman vesivaluman lisäyksen siten, että vuotuiset sulfaattipitoisuuden maksimit Skatilassa kasvavat. Koska metsäojituksen painopiste on litorina-alueen yläpuolella ja sen ylemmässä osassa kuten salaojituksenkin, ei sulfaattipitoisuuden lisäys Skatilassa ole kuitenkaan niin suuri kuin se olisi jos kuivatuksien painopiste olisi vesistöalueen alaosalla.

Koko vesistöalueen valuman laadun tulos Skatilassa tulee entistä selvemmin riippuvaiseksi eri osista tulevien vesien saapumisajankohdasta. Tällöin sulfaattipitoisuuden nykyistä nopeammat muutokset tulevat ominaisiksi Skatilan veden laadulle.

## 6. K O E J A K S O N L U O N N E

Vuosi 1971 oli toukokuun alusta vuoden loppuun kokonaisuutena noin 45 mm (korjaamattomana sadantana) kautta 1931 - 60 vähäsateisempi. Etenkin touko-, kesä- ja heinäkuu olivat runsaasti alle normaaliarvojen. Elokuu puolestaan oli 24 mm normaalia runsassateisempi.

Haihdunta veden pinnasta Ylistarossa oli touko-syyskuussa yhteensä n. 65 mm kauden 1961 - 70 keskiarvoa suurempi. (Arvo ei ole aivan tarkka, koska toukokuun ensimmäisen pentadin haihduntatulos vuodelta 1971 puuttuu). Haihdunta oli myöskin elokuussa 7 mm normaaliarvoa suurempi, mutta pääasiallisesti touko-, kesä- ja heinäkuun arvot olivat selvästi keskiarvoja suurempia.

Voidaan sanoa, että alkukesän haihdunta oli poikkeuksellisen paljon sadantaa suurempi. Touko-heinäkuussa erotus oli  $414 - 86 = 328$  mm, kun se normaalisti (kausia 1931 - 60 ja 1961 - 70 verrattu keskenään) on likimain  $354 - 163 = 191$  mm. Luvut ovat n. 10 - 15 mm liian suuria, koska on käytetty korjaamattomia

sadantatilastoja.

Näinollen on ymmärrettävää, että elokuun runsaat sateet, varhainen lumentulo ja sen sulaminen jälleen pois nopeasti, aiheuttivat sen luonteisen hydrologisen jakson, jota voi pitää samalla tavoin kärjistettynä kuin esim. vuoden 1970 kevättä. Normaalialueilla runsaampien huuhtoutumisalttiiden rikkivarastojen muodostuminen vaatii ilmeisesti mainitunlaisia olosuhteita. Saattaa olla myös, että vaaditaan jälleen poikkeava kuiva-kausi ennenkuin sulfaattipitoisuudet kuivakauden jälkeisenä jaksoneuvon voivat kohota yhtä korkeiksi kuin ne kohosivat syksyllä 1971 ja keuhällä 1970. Kevähällä 1971 ei tutkittu pienten alueiden valumia, mutta Haapajyrän esimerkistä päätellen myös silloin olivat sulfaattipitoisuudet korkeita.

## 7. K O K E I D E N J A T K A M I N E N

Koska soiden ojittaminen on voimakkaasti lisääntymässä, olisi mielestäni kiireellisesti selvitettävä ojittamisen vaikutus veden laatuun samantapaisena tutkimuksena kuin tässä työssä on tehty etupäässä peltokuivatusten osalta. Samalla tulisi kullakin alueella tarkistaa turvekerrosten laatu ja paksuus, pohjamaan laatu ja mahdollisia muita asiaan vaikuttavia seikkoja (maankosteus, tilavuuspainot jne.).

Tulvakerroksista saatiin kesän 1971 tutkimuksissa likimääräinen käsitys, että ne olisivat vain lievästi happamia ja keskimääräistä alkuaineköyhempiä. Näytteiden määrä oli kuitenkin riittämätön varmemman käsityksen muodostamiseksi. Koska Kyrönjoen tulvaalueet ovat laajoja ja niiden käyttö lähivuosina tulee voimakkaasti tehostumaan, tulisi niissä ellei muuta niin ainakin suorittaa veden ja maaperän kemiallisen koostumuksen tutkimuksia.

Edellä kuvatuilla metsäkuivatus- ja tulva-alueiden esim. yhden vuoden (kahden ylivesikauden ja yhden kuivakauden) kestävillä näytteenotolla kyettäisiin tulosten käsittelyn jälkeen ennakoimaan kaikkia Kyrönjoen ja sen kaltaisten vesistö-alueiden (Lapuanjoki, Laihianjoki, Vöyrinjoki esimerkiksi sisältävät Kyrönjoen osien kaltaisia osa-alueita. Esiintymisen suhde vain on toinen) veden laadun muutoksien suuntaviivoja ja suuruuksia kun tunnetaan toteutettavien toimenpiteiden ennusteet. Nykyiset arviot eivät riitä. Ne ovat liian usein vain jotakin osakysymystä tavattomasti painottavia.

Periaatteellisesti mielenkiintoisin tutkimusten jatkamisen suunta on kuitenkin epäilemättä sellainen, että nyt toimeenpantuja tutkimuksia alueellisesti supistetaan ja laadullisesti huomattavasti tarkennetaan. Nimenomaan juuri sulfaattipitoisuus ja sen vaihtelu olisi kyettävä pienten koealueiden tutkimuksilla selvittämään nykyistä tarkemmin käyttäen täysin hyväksi nykyisen teknisen kehitystason tutkimukselle suomaa edellytyksiä. Jos perustetaan koealueita, joiden valumat kalibroidaan vertailualueisiin ja sitten toteutetaan ojitukset, olisi alueita oltava ainakin kahdella korkeustasolla ja niillä olisi suoritettava todella monenlaisia kuivatuksia jotta tässä työssä esitettyihin tuloksiin saataisiin varmoja tarkennuksia kaikilta osin.

Sivupurotutkimuksen jatkaminen, inventoinnin täydentäminen ja tulosten analysointi valikoivan regressioanalyysin avulla on myös melko vähällä vaivalla toteutettavissa. Tosin ilmastose-littäjät eivät voi esiintyä lyhkäisten havaintosarjojen ja harvahkon epätasaisesti jakautuneen sademittariverkoston takia kovin tarkkoina selittäjinä.

Yksittäisen valuma-alueen sulfaattipitoisuuden määräytymisen

tarkastelu vaatii ilmeisesti pitkähköjen jaksojen huomioonottamista näytteenottohetkestä ajassa taaksepäin jotta päästään edes jonkinlaiseen korrelaatioon keskimääräisten sulfaattipitoisuuksien kanssa ylivalumakauden aikana. Vesihallituksen pienet vesistöhavaintoalueet ovat tähän tarkoitukseen liian suuria, maaperän laadun ja maankäytön suhteen monimuotoisia alueita, mutta sulfaattikonsentraation yleispiirteitä olisi niissäkin tutkittavissa. Sulfaattimäärityksiä olisi niissäkin tutkittavissa. Sulfaattimäärityksiä olisi suoritettava useammin, tarkoituksenmukaisina ajankohtina siten, että silloin kun valumassa tapahtuu suurehkoja muutoksia näytteenotto olisi tiheämpää.

Pienten koealueiden käyttö on kuitenkin parempi ratkaisu. Tällöin voidaan tutkia myöskin sitä miten esim. pohjavedenkorkeuden säätämällä voidaan vaikuttaa sulfaattien huuhtoutumiseen maaperästä. Mahdollisesti voitaisiin suorittaa kokeita rikkibakteerien aktiivisuuden vähentämisestä toisilla bakteerikannoilla, kemiallisilla yhdisteillä jne. Voitaisiin seurata myöskin tarkoin maaperän kerrosten rikki-, vesi-, ilma - ym. pitoisuuksien vaihtelua. Samoin voitaisiin pyrkiä soveltamaan veden ja huokoisen materiaalin yhteistoiminnasta kehitettyjä matemaattisesti pitkällevietyjä menetelmiä.

KIRJALLISUUSLUETTELO

1. Aarnio B., Antikainen  
Etelä-Pohjanmaa, agrogeologisia kartoja n:5:n selityskirja.
2. Erkola Pentti  
Ristivetoa vesiasioissa, Suomen Kunnallislehti 1/1971.
3. Etelä-Pohjanmaan Koeasema  
Toimintakertomukset vuosilta 1960-1970.
4. Leo Heikurainen  
Tutkimus metsäojitusalueiden tilasta ja puustosta.
5. Leo Heikurainen  
Metsäojituksen alkeet.
6. Olavi Honko  
Joen vastaanottokyvyn määrittäminen happitasapainolaskelmien avulla. Dipl.työ 1966.
7. Jussi Hooli  
Raudan ja mangaanin poistaminen humuspitoisesta pohjavedestä. Dipl.työ 1964.
8. Esa Hyyppä  
The Late-Quaternary land uplift in the baltic sphere and the relation diagram of the raised and tilted shore levels. Proceedings of the second international symposium on recent crustal movements 1966.
9. Insko  
Veden käytön kokonaissuunnittelu I ja II.
10. Ilkka Isotalo  
Mangaanin kulkeutumisesta Uudenkaupungin makeanveden altaaseen.
11. Aulis Järvi  
Liejusavien ominaisuuksista ja viljelystä 1965 (laudaturtyö).
12. Pentti Kaitera  
Lumen kevätsulamisesta ja sen vaikutuksesta vesiväylien purkantumissuhteisiin Suomessa 1939.

13. Pentti Kaitera Eripainos Maankuivatus 1968.
14. Eero Kajosaari Kuivakausista Suomen vesistöissä erityisesti vedenhankintaa ja vesiensuojelua silmälläpitäen.
15. Erkki Kivinen Aluna- eli sulfaattimaista ylipainos maataloustieteellisen aikakausikirjana 16/1944.
16. K-H. Korhonen Havaintoja lieju- ja savimaiden painumisesta, Varpulan tekoaltaan maapadot, pohjavesi havaintoja Reijärvellä 1963.
17. Olli Koskiranta ja Marja-Liisa Saarniaho Ruotsinkielisen Pohjanmaan kalastus 1971.
18. Erkki Kääriäinen Land uplift in Finland computed with the aid of precise levellings. Proceedings of the second international symposium on recent crustal movements 1966.
19. Reino Laaksonen Vesistöjen veden laatu 1970.
20. Esko Lahti Selvitys Kyrönjoen vesistöalueen metsäojituksesta 1970.
21. Lambert, Wiklander ja Gunnar Hallgren Utlakning av näringsämnen, artikkeli lehdessä Grundförbättring 2/1971.
22. Risto Lemmelä Om Grundvattenbalanssen. Eripainos julkaisusta "Nordisk hydrologisk konferens, Stockholm 1970".
23. Maataloushallitus Lapuanjoki- ja Kyrönjokilaakson vesihuollon yleissuunnitelma.
24. Maataloushallituksen insinööriosasto, maa-

ja vesitekniillinen tutki- Vesien käyttö 70-luvulla  
mustoimisto, tiedotus 3/ 1970  
1970.

25. Juhani Martimo Vesirakennustoimenpiteiden vaikutuksesta vesistöjen muuttumiseen Oulun vesipiirin alueella, dipl.työ 1971.
26. Seppo E. Mustonen Meteorologisten ja aluetekijöiden vaikutuksesta valuntaan 1965.
27. Seppo Mustonen ja Hannu Laikari Ojituksen vaikutuksesta valuntaan Hähtisuon havaintoalueella 1961.
28. Seppo E. Mustonen, Pertti Seuna Maataloushallituksen hydrologiset tutkimukset vuosina 1965 - 1968.
29. Seppo E. Mustonen Alivaluman vaihtelusta pienillä alueilla 1971.
30. Seppo E. Mustonen ja Pertti Seuna Suo-ojituksen vaikutuksista valuntasuhteisiin. (Vesitalouslehti).
31. K. Mölden ja Martti Salmi Suomen Geologinen yleiskartta maa-lajikartan selitys 1954.
32. Jaakko Perälä Esitelmä Kokemäenjoen ja Oulujoen välillä sijaitsevien vesistöalueiden hydrometeorologiasta.
33. Paavo Purokoski Kalkituksen vaikutuksesta rannikko-seudun rikki-pitoisissa maissa 1959.
34. Paavo Purokoski Förekomst och föreningar av svavel i gyttjelera. Nordisk Jordbruksforskning 1956.
35. Paavo Purokoski Die Schwetelhaltigen Tonsedimente in dem Flachlandgebiet von Liminka im Lichte chemischen Forschung.
36. Paavo Purokoski Eripainoksia Maaseudun Tulevaisuudessa, numerot 3 ja 4.



37. Paavo Purokoski Rannikkoseudun rikkipitoisista mais-  
ta.
38. Henning Rodhe Miljöeffekterna av svavel i luft  
och nederbörd FoF 8/71.
39. Jaakko Saarinen Virtaaman ja sademäärän keskiarvo-  
ja ajanjaksolta 1931 - 60 sekä vir-  
taamanmittauksia vuosilta 1961 -  
65 1966.
40. Solantie-Helimäki Julkaisematon tutkimus sadannan  
korjauksesta.
41. Jouko Soveri Yttagrens Yttorkning och vattenin-  
nehållet hos finkorniga sediment.
42. Suomen virallinen ti- Maatalous, yleinen maatalouslasken-  
lasto. ta II side, Kunnittaiset tulokset  
1969.
43. Mirja Särkkä Kasviravinteiden vaikutuksesta ran-  
nikkoseudun rikkipitoisissa mais-  
sa 1959.
44. Kalevi Tikka Köklotin makeavesiallas, dipl.työ  
1970.
45. Kari Tossavainen Maa-alueilta huuhtoutuvista ravin-  
teista Iisalmen reitillä 1970 dipl.  
työ.
46. Olli Tuunanen Pohjanlahden rannikolle rakennettu-  
jen makeavesialtaiden kalojen jouk-  
kokuolemien perussyistä, artikkeli  
Kalamieslehdessä 2 - 3/1971.
47. Vesihallituksen tie-  
donanto 8, 1971
48. Vesisuojelutoimiston  
tiedonantoja n:o 43  
1969.

49. Matti Wäre Pienehköiltä alueilta purkaantuvan veden määrästä ja laadusta 1961.
50. Henrik Österholm Tutkimus Luidonjärven vesistön happamuudesta.
- Björn Lindestam ja Enhetshydrografmetoden, en metod att bestämma avrinningen som funktion av nederbörden, artikkeli lehdessä Vatten 2/71.
- Olle Ljunggren

LIITTEITÄ

## Todettuja kalakuolematapauksia Kyrönjoessa

1. tapahtuma-aika
2. tapahtumapaikka, vesistönsosa
3. kuolleen kalan määrä, jos on arvioitu
4. kalalaji

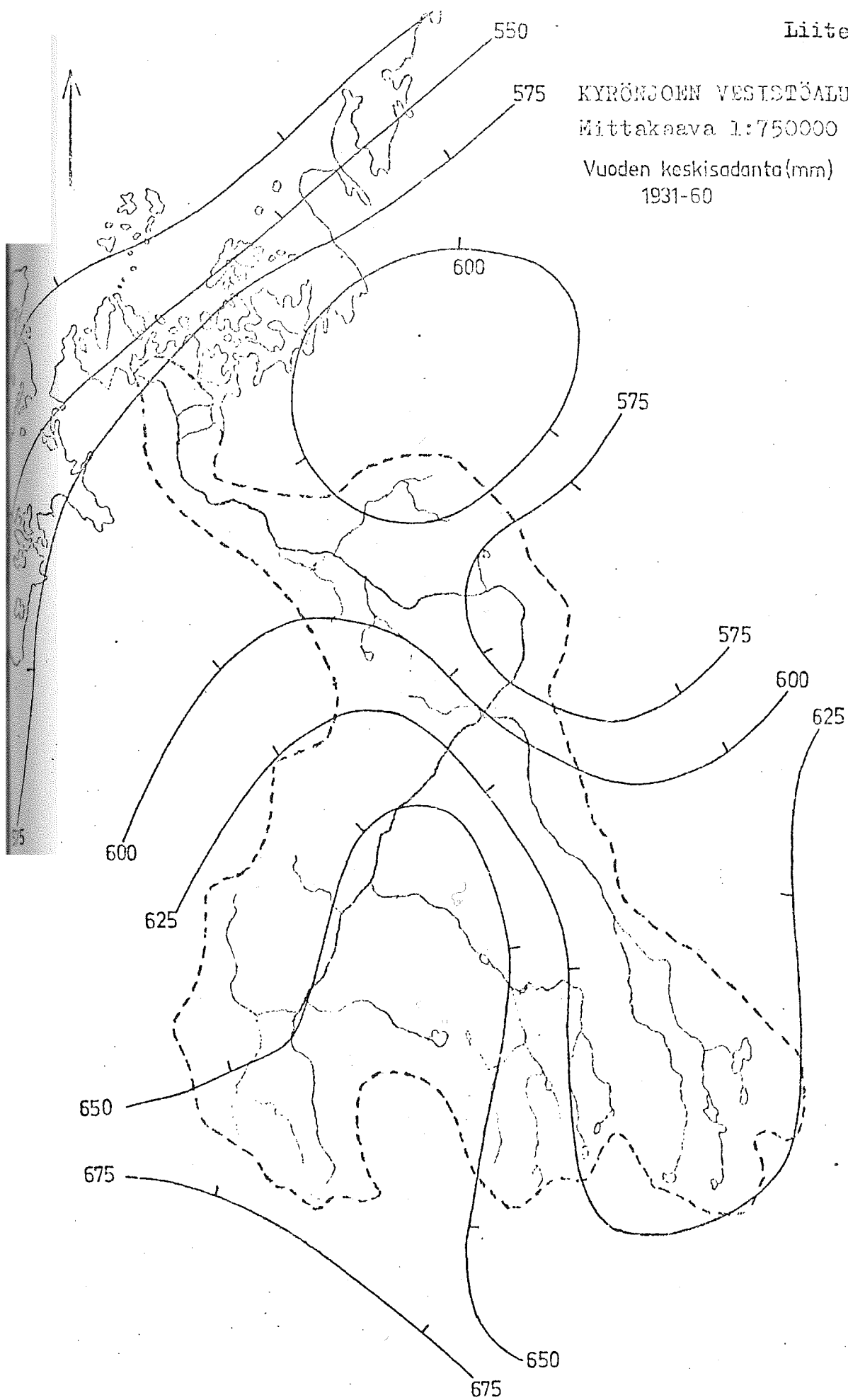
1	2	3	4
25-27.9 v.1834	Merikaarron kylä Kyrönjoki	runs.	--
Kevät ja syksy v. 1896	Kyrönjoki	runs.	--
29-31.7 v. 1937	Kyrönjoki sekä muuta jokia	runs.	--
7-10.7 v. 1965	Munakka Kyrönjoki	runs.	kaikkia lajeja
11-13.5 v. 1970	Maksamaan saaristo Kyrönjokisuu	50 tn	lahnaa, kuoretta, särkeä
7-9.6 v. 1970	Maksamaan saaristo Kyrönjokisuu	100 tn	lahnaa, kuoretta, särkeä
31.5-6.6 v. 1971	Vassorin lahti Kyrönjokisuu	vähän	lahnaa, haukea

Tiedot perustuvat lehtitietoihin. V. 1937 tapahtuneen kalakuoleman on Etelä-Pohjanmaan koeaseman johtaja agronomi Teemu Honkavaara arvioinut alunahaittojen aiheuttamaksi.

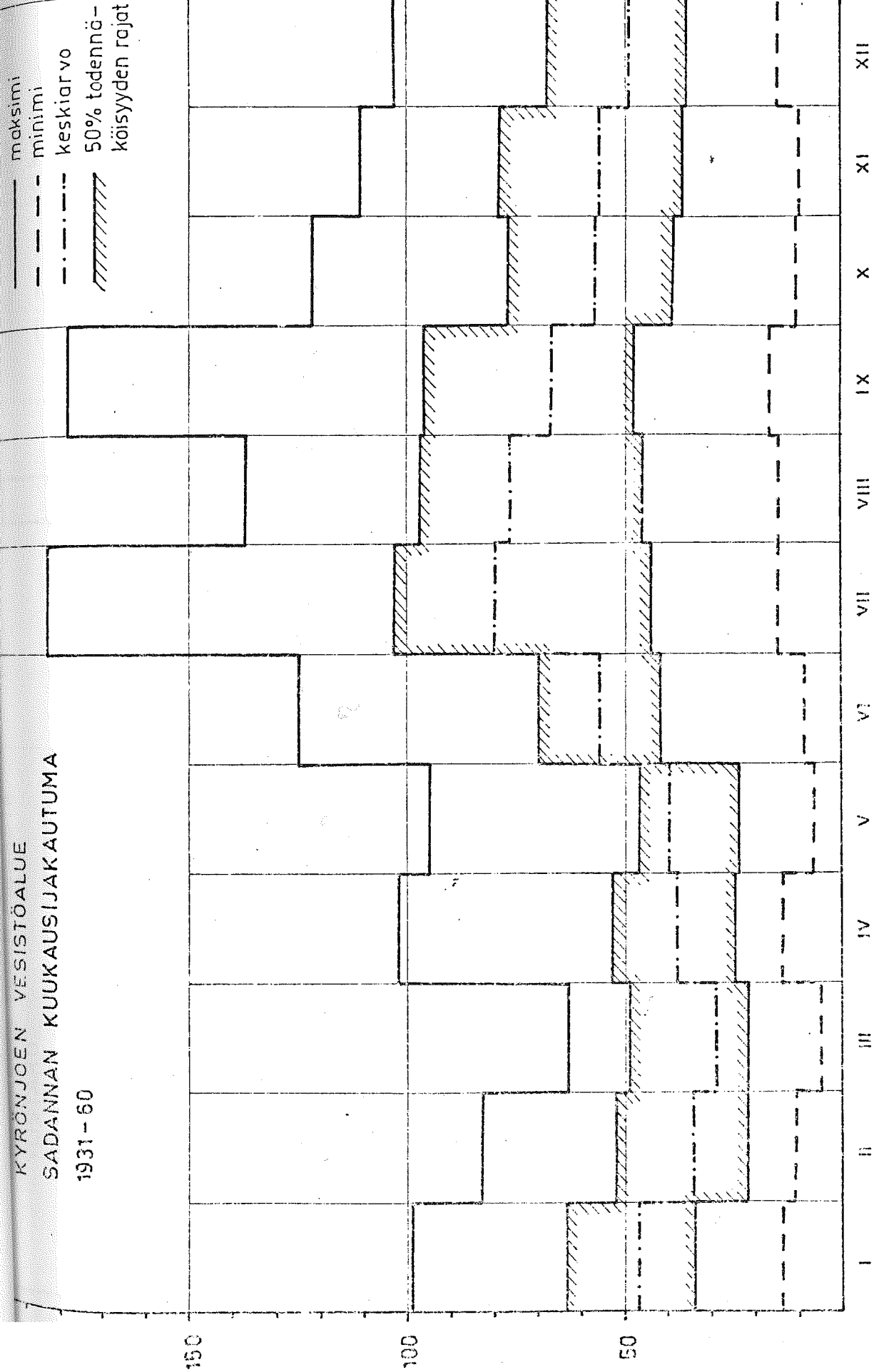
KYRÖNSOONN VESTISTÖALUE

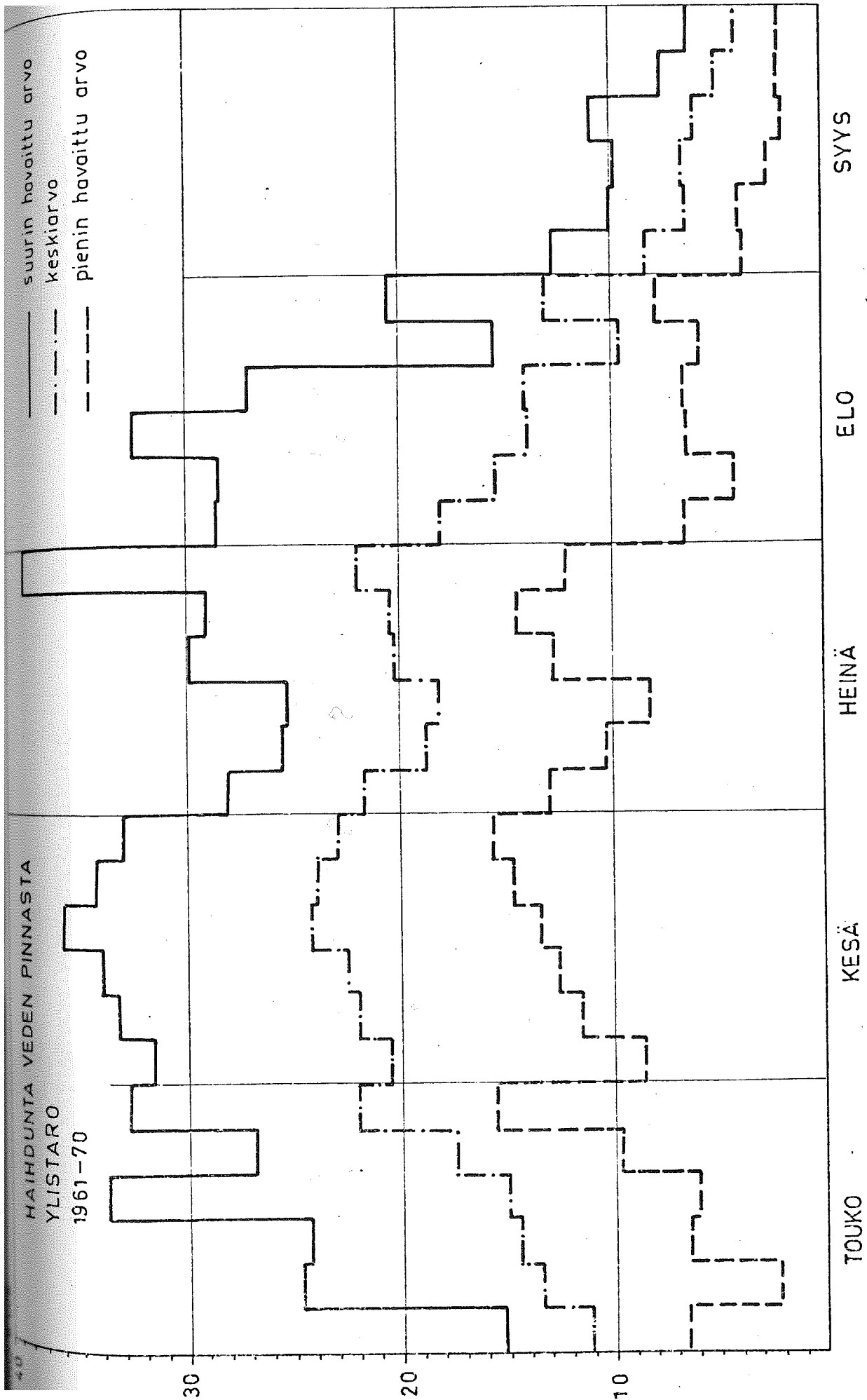
Mittakaava 1:750000

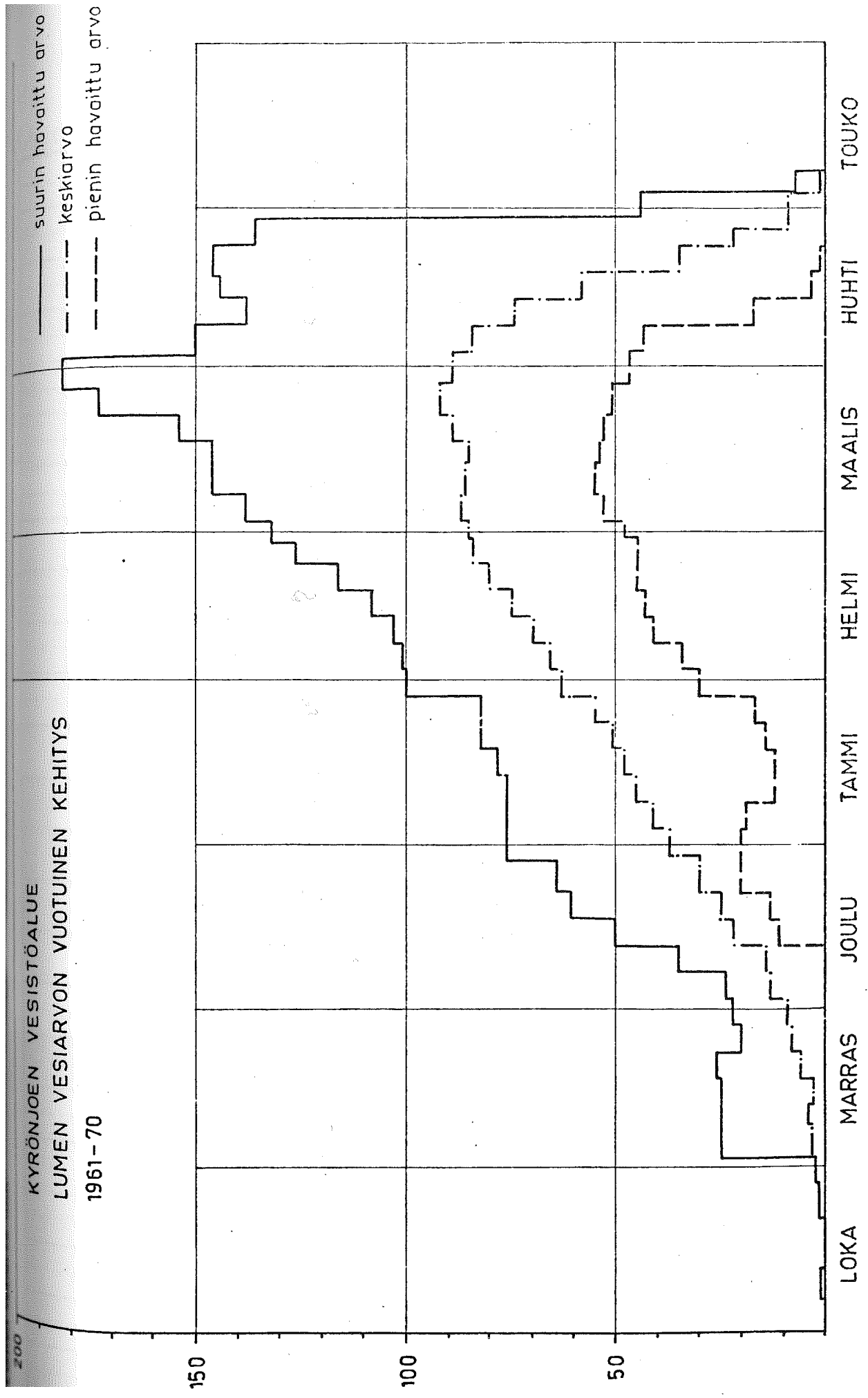
Vuoden keskisadanta(mm)  
1931-60



KYRÖNJOEN VESISTÖALUE  
 SADANNAN KUUKAUSIJAKAUTUMA  
 1931 - 60

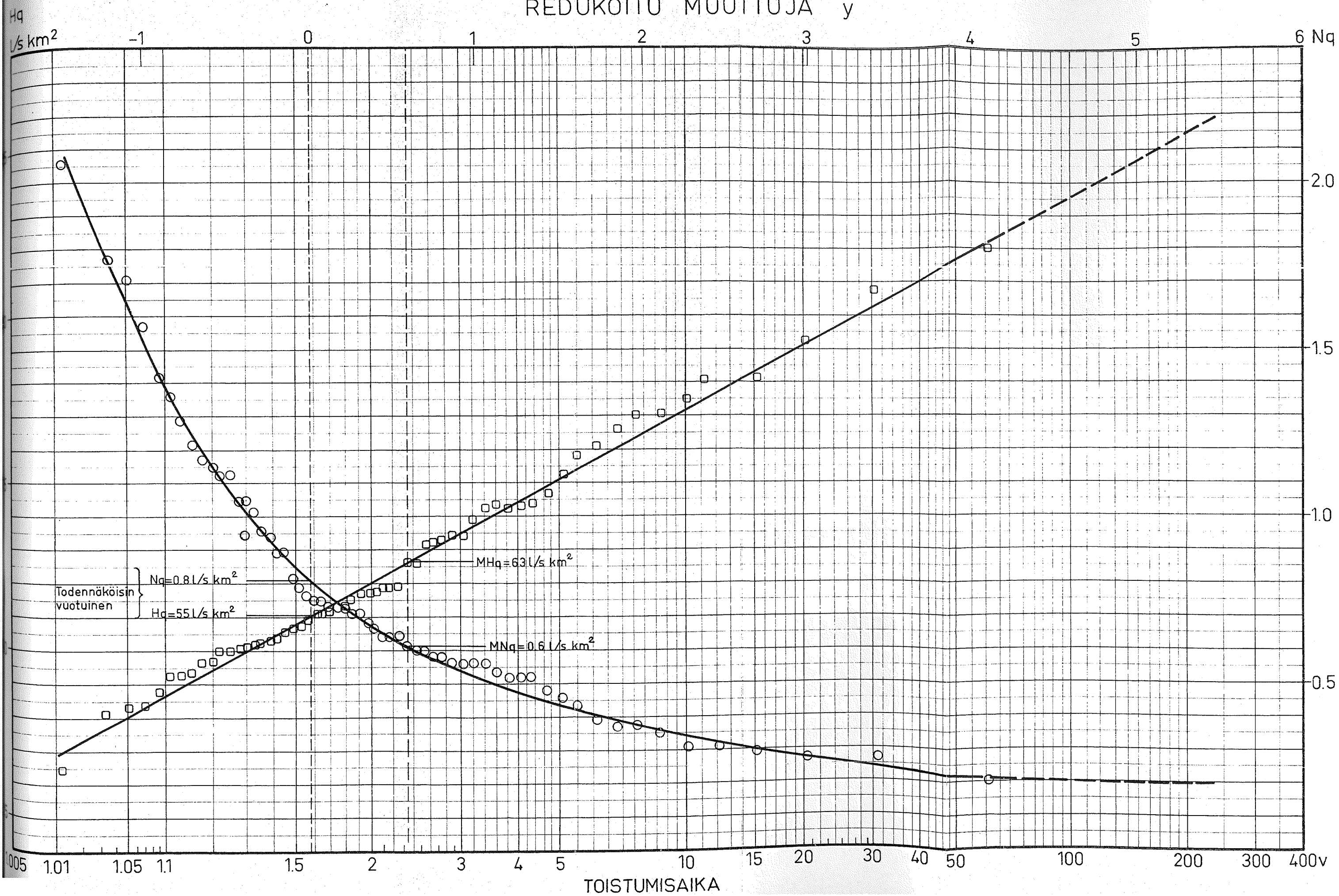


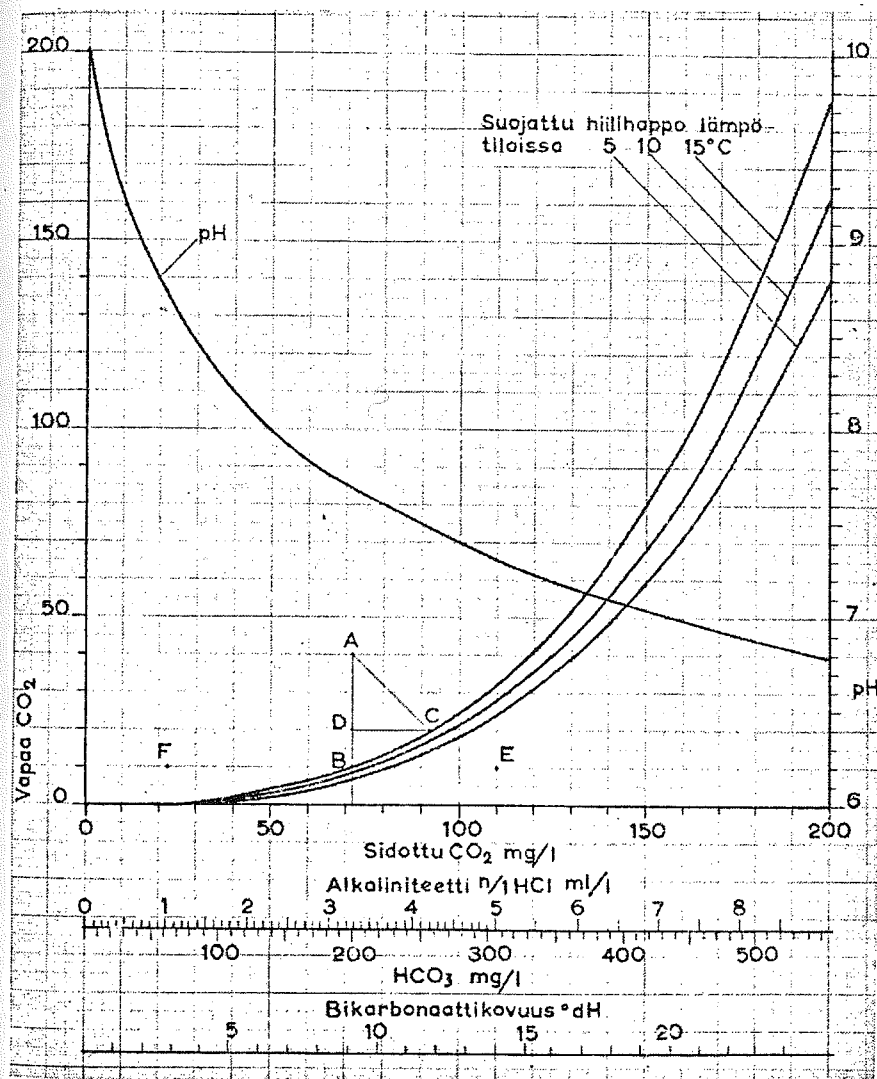






YLI- JA ALIVALUMIEN TOISTUVUUS, LANSORSUND  
 REDUKOITU MUUTTUJA  $y$





Kuva 19. Tillmanson käyrä suojatun hiilihapon määrittämiseksi veden lämpötiloissa 5, 10 ja 15° C sekä kalkki-hiilihappotasapainoa vastaava pH-käyrä.

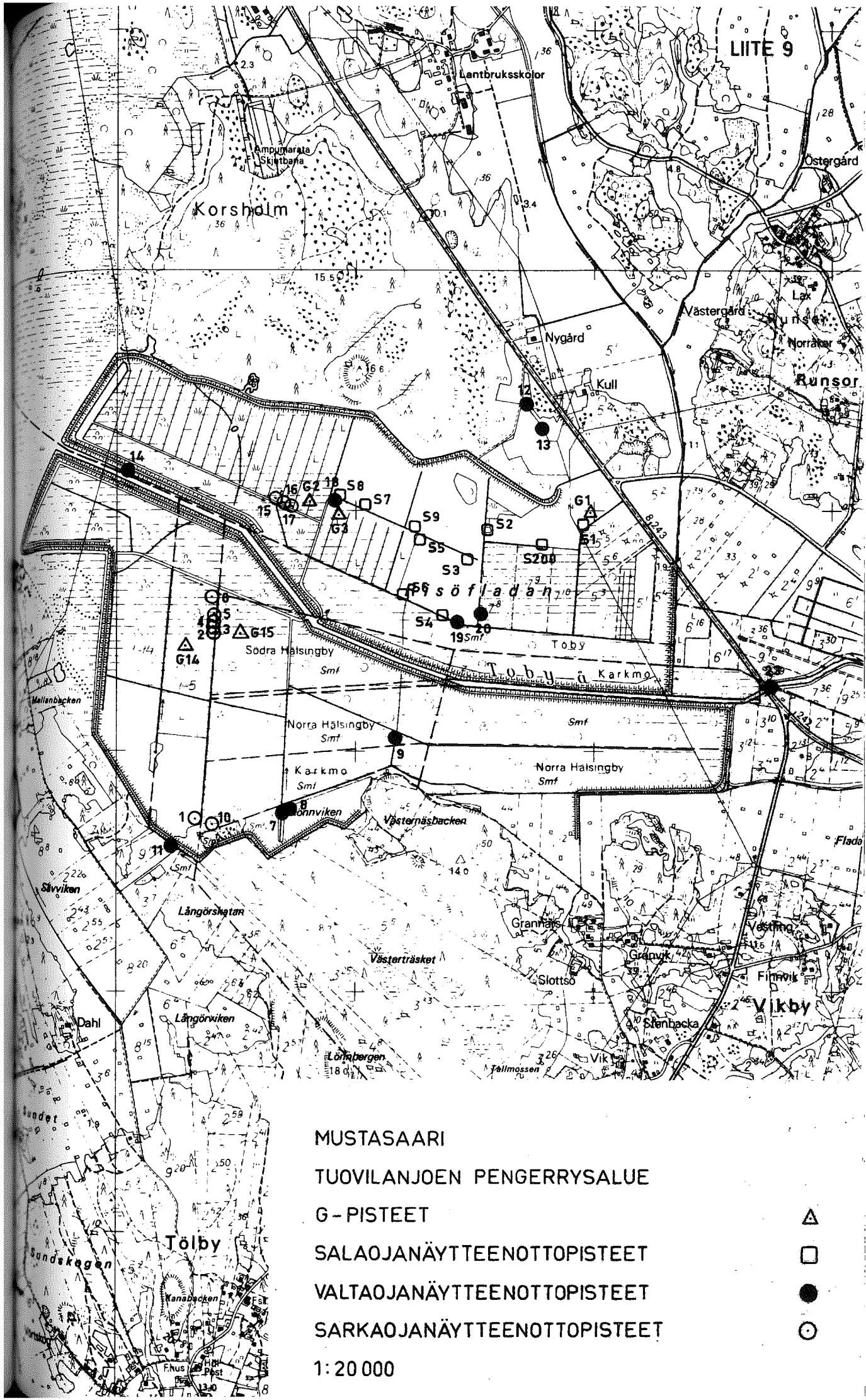


	mg/l	kyll.%	mg/l	kyll.%	mg/l	kyll.%	mg/l	kyll.%	mg/l	kyll.%	mg/l	kyll.%
.3-63												
.4	8,1	82	3,6		5,0		3,4		3,3		3,3	
.5	9,1	99	3,5		4,6		3,7		3,2		3,2	
.6	2,6	26	3,2		3,7		3,1		3,1		3,1	
.7	2,7	26	3,3		7,9 <sup>x)</sup>		3,3		3,3		3,2	
.8	4,0	33	4,5		7,3 <sup>x)</sup>		3,3		3,3		3,2	
.10	0	0	3,4		3,8		3,3		3,3		3,2	
.11	1,2	9	3,4		4,7		3,6		4,4		3,5	
.12	0,7	5	3,3		3,9		3,5		2,9		3,5	
.1-64	1,0	7	3,4		4,4		3,4		2,9		3,5	
.2	10,1	73	3,7		6,5		3,3		0,5		3,5	
.4	12,3	130	3,1		6,2		3,6		0		3,5	
.5	4,9	54	3,6		4,3		3,2		7,8		3,7	
.6	11,2	123	3,1		3,8		3,2		9,9		3,2	
.7	8,1	82	3,2		2,9		3,2		7,8		3,1	
.8	1,6	14	3,1		5,1		3,1		6,5		3,2	
.9	6,4	53	3,2		8,4		3,3		6,8		3,2	
.10	5,2	39	3,3		8,4		3,8		6,0		3,4	
.11	8,4	94	3,2		7,5		3,3		korj.	työt ei vettä	8,5	
.6-65	4,3	43	3,1		6,7		3,3		"		5,9	
.9	8,4	97	3,1		3,7		3,5		7,7		10,3	
.6-66	7,1	58	3,5		3,8		4,7		7,2		9,2	
.10												
.6-70												
.10												
.5-71												

x) Betonivalu-työt, Norrfjärdenissä microspora bachyterma-kasvusto





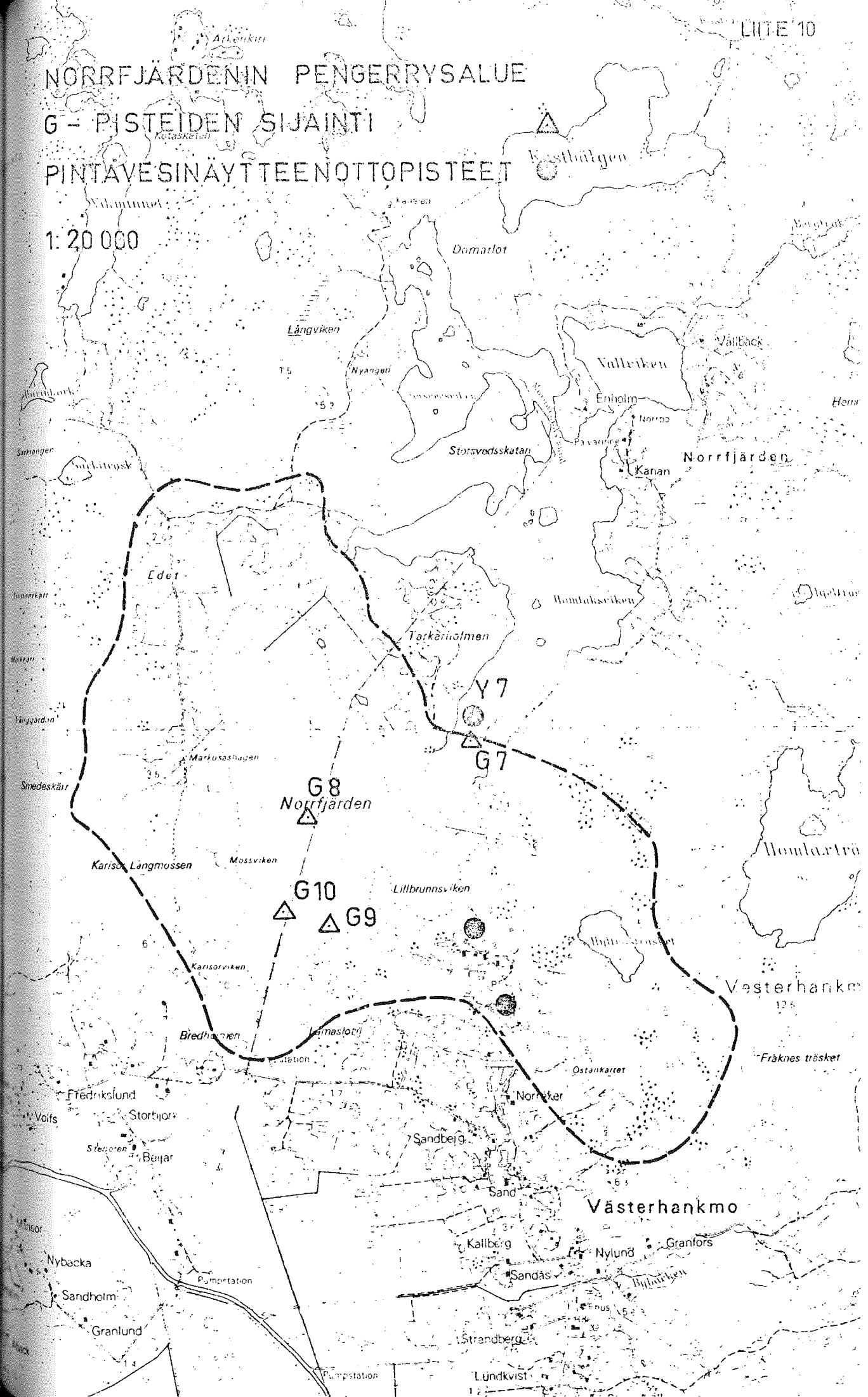


# NORRFJÄRDENIN PENGERRYSALUE

## G - PISTEIDEN SIJAINTI

### PINTAVESINÄYTTEENOTTOPISTEET

1:20 000





# Mangaanin kulkeutumisesta Uudenkaupungin makeanveden altaaseen

## Uudenkaupungin altaan vedenlaadussa

Uudenkaupungin makeanveden allas perustettiin vuonna 1965. Sen pinta-alaksi tuli tilavuudeksi 165 milj. m<sup>3</sup>. Veden laatu on ollut sujuu nopeasti ja jo vuodesta 1965 lopussa oli kloridipitoisuus 100 mg/l. Veden otin alas, että kaupunki saattaisi vedenoton altaasta.

Uudenkaupungin altaan vedestä Sirppujokien valuma-alue on 430 km<sup>2</sup>. Veden laatualueella ei joen vedenlaatu ole ollut riittävä huomiota, vaikkakin kallioperän ja urpasavikkojen odottaa antavan vesistölle epäsuoria vaikutuksia. Kun padotut alueet menettivät luontaisen puhtautensa happamia jokivesiä vastaan, vesi laatualueena oli altaan luonnonmuutos ja täydellinen muutos. Veden pH: n lasku tuhoutui pH: n laskun seurauksena syksyllä 1968 ja samaan aikaan herättää huolestumista myös mangaanipitoisuuden ko-

muutokset al-  
laadussa vuodesta 1967  
Uudenkaupungin vedenottoaikaan lä-  
havaintojen perusteella.  
1968 tulokset ovat laskevilla  
keskiarvoja, muut  
läyskierron aikaista tilan-  
Uudenkaupungin (1961) mukaan ovat  
vedessä erittäin pysy-  
hydrolysoitu yhtä helposti  
ferrorauta. Mikäli liuos on  
mangaani pysyy liuenneena,  
happia olisi runsaasti läsnä.  
kohottaminen 9—10 välille  
mangaanin pelkistyskykyä  
että veteen liuenneet happi  
4-arvoiseksi, jollaisena se  
pohjaan. Uudenkaupungin al-  
liuenneen mangaanin pitoi-

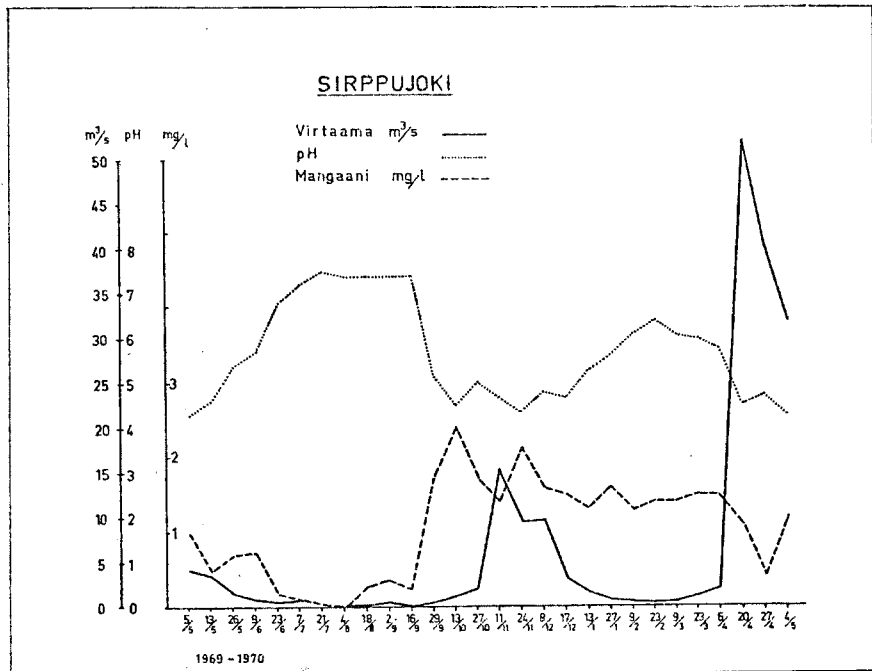
suus johtuu siis alhaisesta pH:sta ja on tällä hetkellä pahin haitta muitten ominaisuuksiensa puolesta hyvässä raaka-vedessä.

Mangaani kyetään poistamaan suhteellisen helposti korkea-asteista puhdistusta käyttäen, varsinkin kun se ei esiinny yhdessä humusaineitten kanssa. Uudessakaupungissa ei nykyisillä laitteilla kuitenkaan saada mangaania erotettua ja sitä joutuu huolestuttavan runsaasti verkostoon.

## Mangaanin maasta liukenemisen teoriaa

Rikkipitoisilla litonarisavikoilla tapahtuu pohjaveden pinnankorkeuden ja bakteerien aktiiviteetin säätelemää rikki-

yhdisteiden pelkistymistä ja hapettumista. Kun pohjaveden pinta nousee, maa sitä mukaan joutuu anaerobiseen tilaan ja liukoiset rikkiyhdisteet pelkistyvät ja saostuvat. Pohjaveden pinnan laskiessa sulfidit hapettuvat ja osa niistä huuhtoutuu vesistöihin, osa uuttuu alempiin maakerroksiin uudelleen pelkistyen (vrt. TUOVINEN 1970 s. 42). Urpasavialueilla suoritettavat vesistöjärjestelyt ja ojitus laskevat pohjaveden pintaa ja näitten toimenpiteitten on useissa tapauksissa havaittu alentavan valuvesien happamuutta ja lisäävän vesistöön joutuvia ainemääriä. Runsaitten sateitten ja kostean aerobisen maan on todettu tarjoavan edullisimman elinympäristön rikkiä hapettaville Thio-



Kuva 1. Virtaaman, pH:n ja mangaanin pitoisuuden vuotuinen vaihtelu.

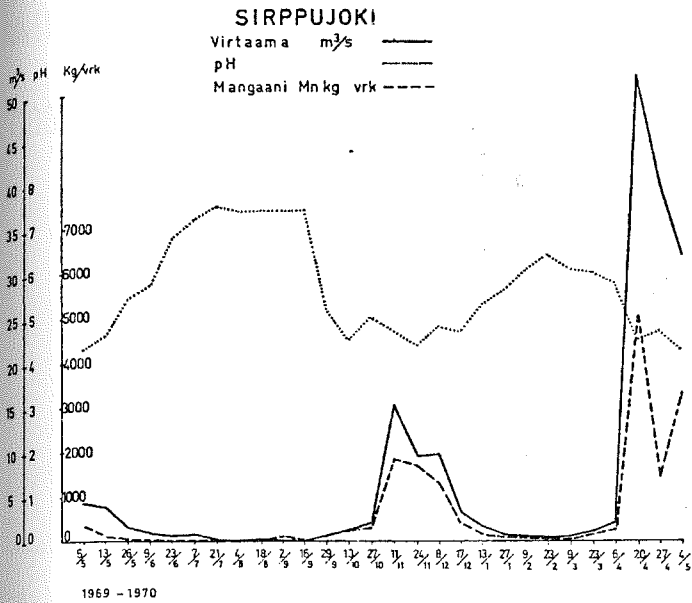
## 1. Muutokset altaan vedenlaadussa

pH	Väri mg Pt/l	KMnO <sub>4</sub> r.g/l	N mg/l	P mg/l	Cl mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l
7,1	15	29	1,0	0,01	340	0,05	< 0,1
6,5	40	32	1,5	0,03	325	0,2	0,2
5,6	3	9	1,1	< 0,01	81	0,05	0,7
5,0	5	8	1,7	< 0,01	63	0,06	1,1

SOTALO, maat. ja metsät.kand., Turku

## bacillus-bakteerisuvun lajeille.

Rikkiyhdisteiden hapettuessa syntyy sulfaatti muodostaa vedessä rikkihappoa, joka liuottaa maaperän mangaania mukaansa valuvesiin. Mangaanin pitoisuushuippujen sattuminen yhteen lumen sulamisen tai runsaitten sateitten voimistaman virtaaman kanssa selitetään johtuvaksi osaltaan myös veden uuttavasta vaikutuksesta (TUOVINEN 1970 s. 30).



kuva 2. Virtaaman, pH:n ja mangaanin kokonaismäärän vuotoinen vaihtelu.

LAAKSONEN (1970 s. 29) on osoittanut selvän negatiivisen korrelaation mangaanin pitoisuuksien ja pH:n välillä runsasmangaanisella lounaisen alueella. Samassa yhteydessä on esitetty vahvaho korrelaatio mangaanin pitoisuuden ja pH:n välillä tukee sitä, mitä edellä on esitetty mangaanin liukenemisen ja happamuuden vaikutuksesta.

**Mangaanin kulkeutumistutkimus**

Sirppujoen erikoisesta vedenlaadusta altaalle aiheutuva haitta riittää selvästi kävi ilmi, ryhdyttiin suunnitelmilla johtaa vesi

sen nuonoimmillaan ollessa altaan ohi. Turun vesipiiri otti tehdäkseen tutkimuksen, jolla pyrittiin selvittämään virtaamat, veden laadun vaihtelut ja joen kuljettamat ainemäärät vuoden eri aikoina.

Näytteenotto paikaksi valittiin nykyinen vesihallituksen vesitutkimustoimiston piste 6600 Kalannista Uusikaupunki -Laitilan tien sillalta. Näytteet otettiin joka toinen viikko kevästä -69 kevääseen -70. Eräitä tuloksia on esitetty kuvissa 1 ja 2.

Tuloksista havaitaan vähäjärviselle jokivesistölle ominaiset voimakkaat vir-

taamavaihtelut. Keväthuippu oli 53 m³/s, kesäminimi 0,05 m³/s. Veden pH pysyi kesä- ja talvikauden lähellä neutraalipistettä, laskien välittömästi virtaaman voimistuessa. Mangaanin pitoisuus kohosi herkimmin yhdessä syksyllä tapahtuvan virtaaman kasvun kanssa; keväinen huippu tulva sensijaan vaikutti jo mangaanikonsentraatioita laimentaen.

Altaaseen kulkeutuvan mangaanin kokonaismäärät seurailivat kevättulvaa lukuunottamatta melko tarkasti virtaaman vaihteluja. Vaikka huuhtoutumishuippu sattuikin huhtikuun loppuun, ei määrä kohonnut enää samaa vauhtia virtaaman kanssa edelläkuvatusta pitoisuuden pienenemisestä johtuen.

Tehty tutkimus riitti osoittamaan selvästi sen, ettei alivirtaamakausina tapahtuvalla Sirppujoen vesien ohjohtamisella olisi vaikutusta altaan tilaan.

Syksyllä 1968 ja 1969 selviteltiin myöskin Sirppujoen saaminen lisävesien alueittaisia laatueroja. Kolmesta erästä otettujen näytteitten analyysituloksia on esitetty kuvassa 3. Havaintopäivinä oli virtaama pääuoman alaosassa n. 20 m³/s.

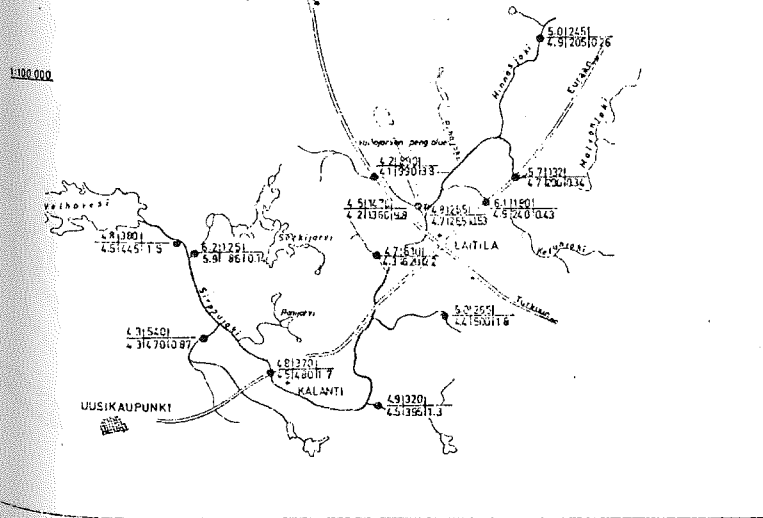
Happaimmat, elektrolyyttipitoisimmat ja runsaimmin mangaania sisältävät vedet tulivat Laitilan Valkojärven pengerrysalueelta ja sitä ympäröivästä eristysjoesta. Laitilan yläpuolisilta runsassoisilta mailta tulevat purot olivat parempilaatuisia kuin muut lisäjuoksut Laitilan länsiosan järvioluetta lukuunottamatta.

Altaan mangaanipitoisuuden kehityksen ennusteluun ei ole tässä yhteydessä ryhdytty. Tämän Uudenkaupungin vedenhankinnan kannalta tärkeän asian selvittelyyn ei tarvitsisi olla vaikeakaan tehtävä, sillä mangaani on happamassa vesiympäristössä biologisesti varsin inaktiivinen aine, mikä vähentää laskelman virhemahdollisuuksia. Altaan mangaanipitoisuus riippuu toisaalta siksi läheisesti Sirppujoen pitoisuuksista, ettei huomattavaa nousua enää ole odotettavissa. Jos valuma-alueelta tuleva mangaanimäärä vähenee, tuntuu tämä heti edullisesti altaassa, onhan sen teoreettinen viipymä vain runsas vuosi.

**Kirjallisuutta:**

LAAKSONEN, R., 1970: Vesistöjen veden laatu. Maa- ja vesitekniillisiä tutkimuksia 17.  
 SCHILLING, K., 1961: Mangan in der Wasserchemie. Vom Wasser XXVIII, 183-202.  
 TUOVINEN, O., 1970: Thiobacillusten (T. ferrooxidansin) suhtautumisesta eräisiin ympäristötekijöihin. Laudaturtyö Helsingin yliopiston limnologian laitoksella.

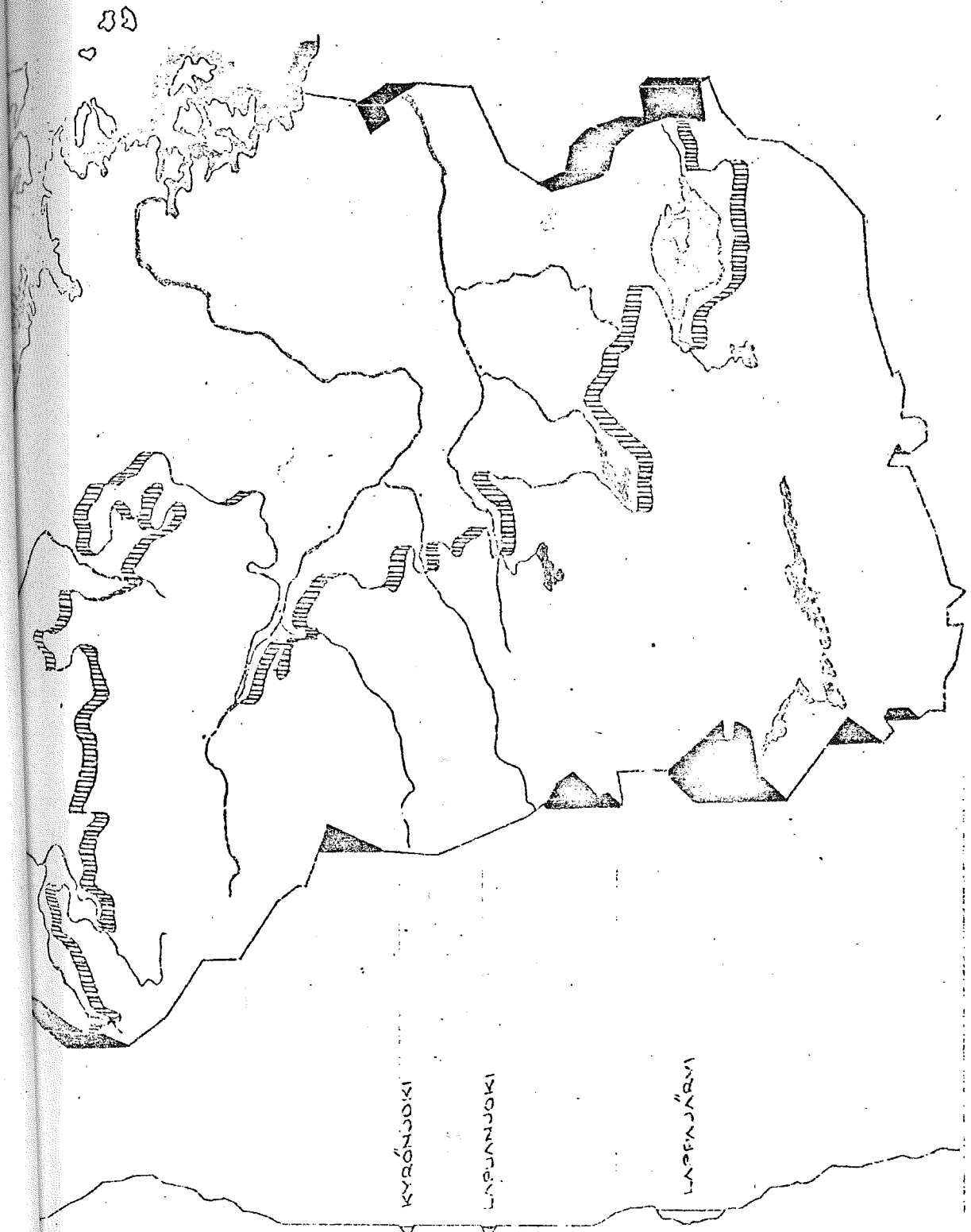
14. 11. 68 pH johtokyky 20 µS  
 14. 11. 69 pH johtokyky 20 µS Mn mg/l

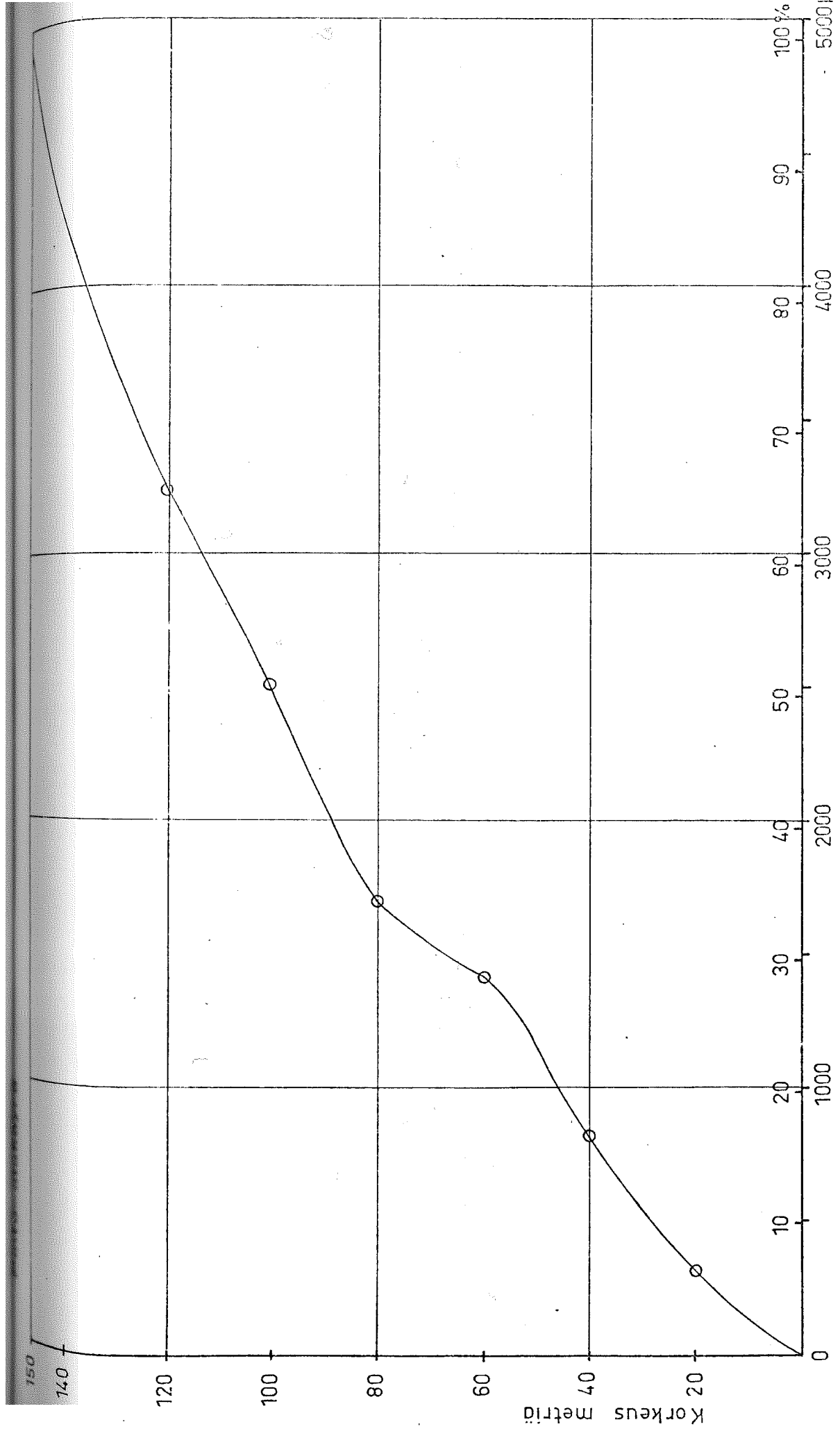


kuva 3. Sirppujoen lisävesien alueittaiset laatuerot.




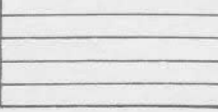

LITORINAMEREN YLIMMÄN RANTAVIIVAN NYKYINEN  
SILAJINTI VAASAN VESIPIIRIN TOIMIALUEELLA

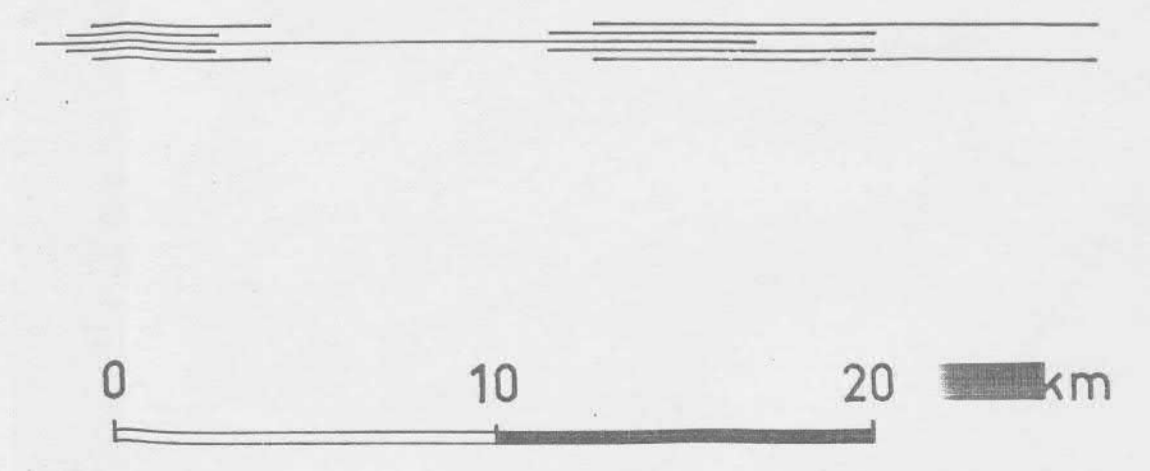
1:1000'000







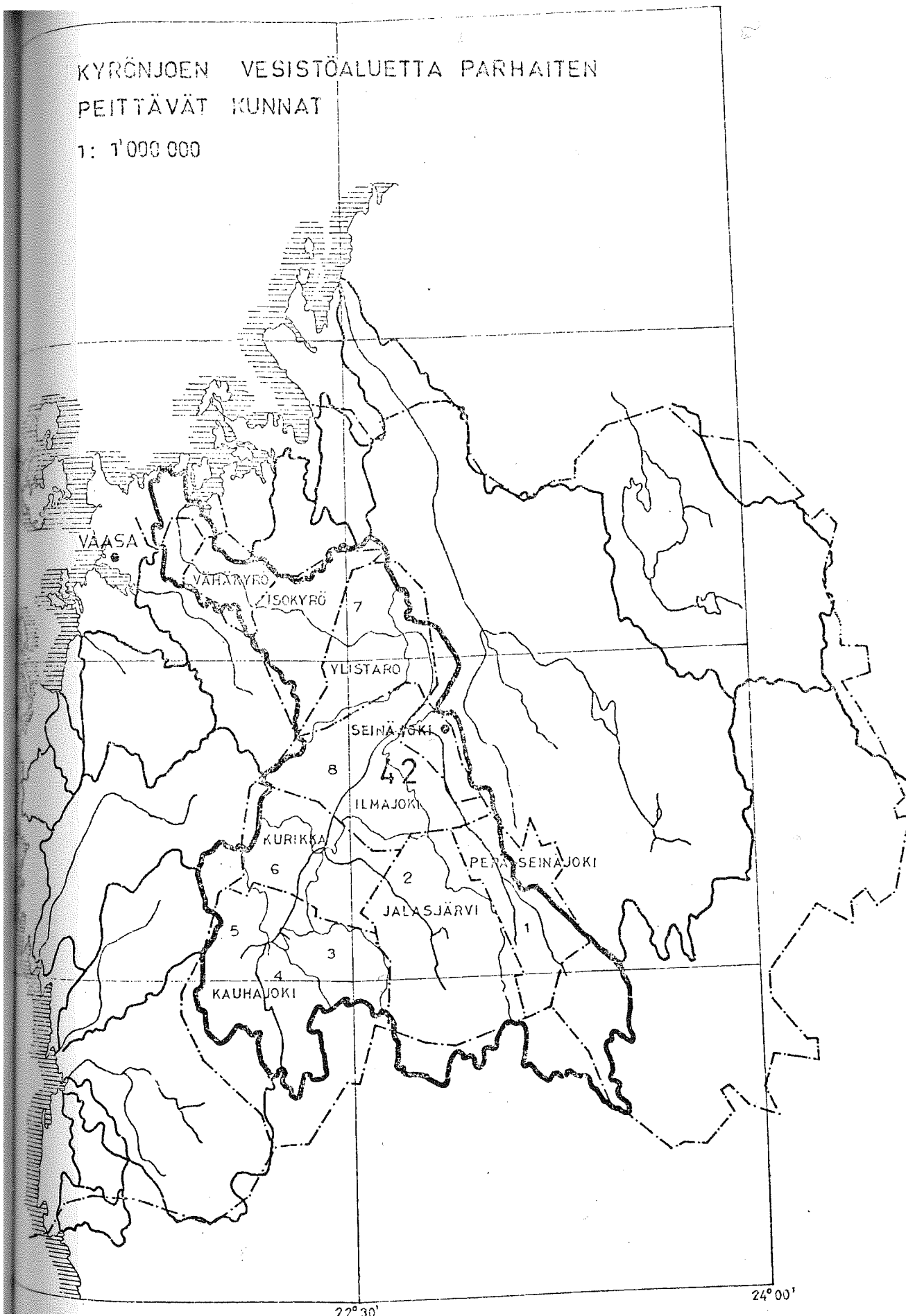
-  SAVI JA HIESU
-  < 1m TURVETTA SAVEN TAI HIESUN PÄÄLLÄ
-  < 1m HIETAA "
-  < 1m HIEKKAA "
-  NYKYINEN TULVA-ALUE



LIITE n:014 /Vav

# KYRÖNJOEN VESISTÖALUETTA PARHAITEN PEITTÄVÄT KUNNAT

1: 1'000 000



MAANKÄYTTÖ

KUIVATUS

Vesistöalueen osa

Vesistöalueittainen prosentti

Peltokuivatus

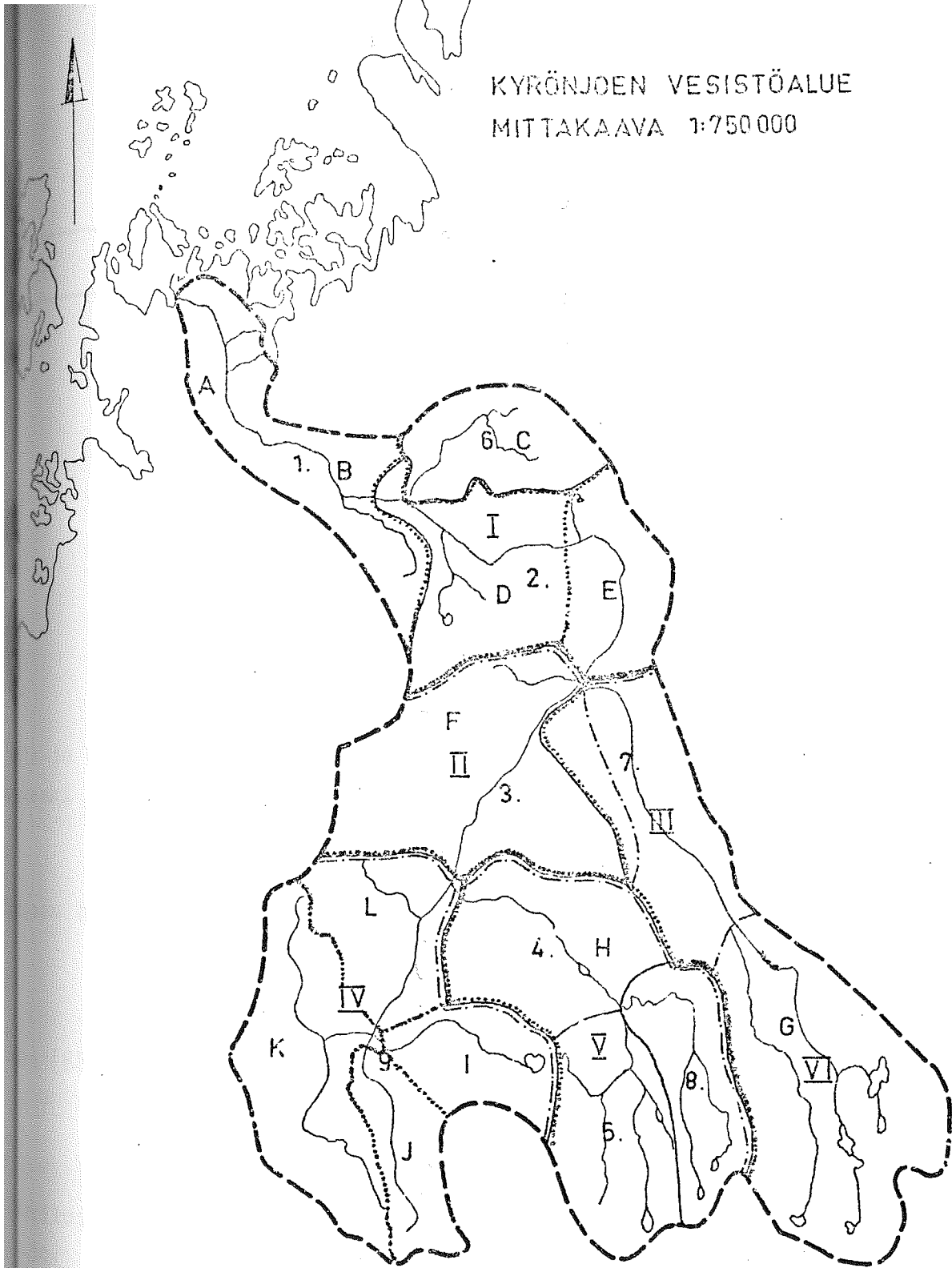
Metsä-  
kuil.

A	A 2 km	Vesistöalueittainen prosentti					Peltokuivatus					Metsä- kuil.
		Pelto %	Kangas %	Mets. suo %	Aukea suo %	Vesi- alue %	Hyöty- alue %	Sadeal. m <sup>3</sup> /ha	Hyötyal. m <sup>3</sup> /ha	Ojaa km/km <sup>2</sup>	Sala- ojit. %	
	94,0	32,9	53,7	8,9	1,8	2,7	17,6	26,3	0,85	3,1	11,1	3,5
A Jokisuu-Skatila	295,5	45,0	40,5	11,7	1,8	0,9	15,0	150			11,1	
B Skatila-Palhojainen	163,2	35,7	47,4	13,0	3,7	0,3	15,4	18,9	0,67	2,8	12,4	11,5
C Lehmäjoki	432,2	36,1	40,9	19,5	2,5	1,0	15,4	18,9	0,67	2,8	12,4	
2)D Palhojainen-Hanhikoski	136,5	40,6	37,3	17,4	3,9	0,9	15,4	18,9	0,67	2,8	8,7	11,5
E Hanhikoski-Seinäjokisuu	527,9	40,1	44,5	13,5	1,4	0,4	15,4	18,9	0,67	2,8	8,7	
F Seinäjokisuu-Jalaspkisuus	Kunnittain arvioitu prosentti											
	A	Pelto %	Metsä %	Joutomaa %								
G Seinäjoki	1084	26,5	52,2	19,5	6,9	10,0	145	0,33	3,0	2,4	11,7	
H Jalasjoki	1057	27,6	53,7	16,5	8,5	12,9	151	0,43	3,0	2,5	13,3	
I Ikkelänjoki	216	21,8	52,5	24,5	6,6	6,1	92	0,29	2,1	2,5	12,5	
J Kauhajoki	205				3,1	4,4	141	0,16	2,7	2,5		
K Kainastonjoki	418	10,0	19,0	189	10,0	19,0	189	0,48	3,9	5,7		
L Kainast.jokis. Kurikka	233	34,0	56,0	8,1	11,6	21,0	180	0,67	3,2	5,7		

) Salaojitusprosentti arvioitu vesistöalueen rajoja hyvin noudattavien kaute-alueiden avulla.

b) Linnun Lemmäjokien vesistöalueella, joka laskee Kyrönjokeen Rluhojaisen yläpuolella.

KYRÖNJOEN VESISTÖALUE  
MITTAKAAVA 1:750 000



METSÄOJITUSINVENTOINTIALUEET I - VI

PELTO-OJITUSINVENTOINTIALUEET 1 - 9



Esimerkkejä Kyrönjoen vesistöalueen maanäytteiden  
fysikaalisista ominaisuuksista.

Määritykset tehty Pohjanmaan jokisuunnittelutoi-  
miston maalaboratoriossa.

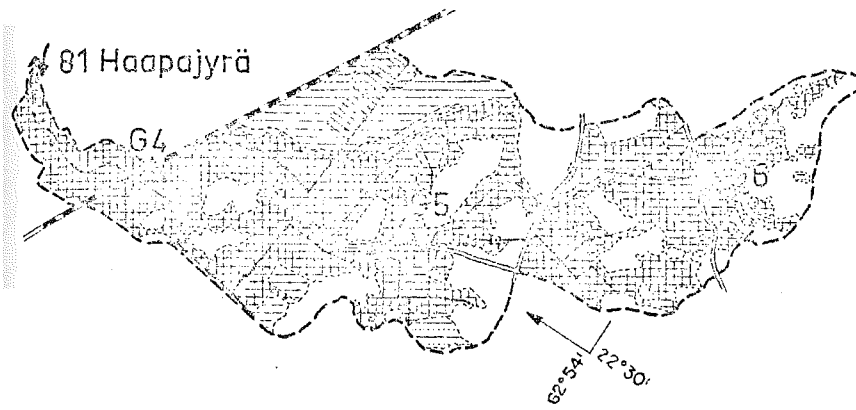
Antti	Maalaji	Syvyys	K-arvo	Vesipit.	Humus	Tilav.p.
	saHs	1.6	$1.55 \cdot 10^{-7}$	34.68	0	1.76
	saHs	3.9	$1.491 \cdot 10^{-7}$	44.15	0	1.78
	saHs	5.9	$2.027 \cdot 10^{-7}$	44.00	0.45	1.75
	LaSa	7.9	$1.049 \cdot 10^{-7}$	41.14	-	1.79
	htHs	0.6	$3.428 \cdot 10^{-7}$	26.54	-	1.89
	htHs	3.0	$1.136 \cdot 10^{-7}$	44.11	-	1.73
	saHs	5.0	$2.531 \cdot 10^{-6}$	43.72	-	1.75
	htHs	7.0	$1.751 \cdot 10^{-7}$	39.52	-	1.81
	htHs	0.9	$1.305 \cdot 10^{-7}$	26.70	-	1.92
	htHs	1.9	$3.019 \cdot 10^{-7}$	33.15	-	1.82
	saHs	3.4	$1.492 \cdot 10^{-7}$	38.72	-	1.84
la-ja Voi-	LaLjSa	4.0-4.7	$3.82 \cdot 10^{-7}$	71.53	2.94	1.58
roski	saHs	1.0-1.7	$5.3 \cdot 10^{-7}$	39.93	0.88	1.75
	huHs	2.1-2.7	$4.1 \cdot 10^{-7}$	37.92	2.24	1.75
	LaLjSa	1.1-1.4	$2.39 \cdot 10^{-6}$	65.06	3.75	1.56
joen suuosa	huHs	1.0-1.3	-	32.18	2.72	-
	hsLj	3.0-3.3	-	112.53	24.72	-
	LaLjSa	5.0-5.3	-	69.36	2.44	-
	LaLjSa	7.0-7.3	-	76.88	3.04	-
ka (882 <sup>00</sup> )	huHs	1.5-2.3	-	1.7m 31.9 2.0" 24.2	2.58	1.84 1.88
	MTv	3.0-3.8	-	3.1m 157.7 3.3" 76.0	25.18	1.17 1.44
	huHs	4.0-4.8	-	4.2" 56.5 4.5" 64.9	3.04	1.62 1.60
skiluiska)	saHs	1.5-2.3	-	1.8" 34.8 2.1" 37.2	1.70	1.85 1.87
50)	huHs	1.5-1.9	-	26.1	2.16	1.89
m rann.)	hsLj	1.4-1.8	-	40.7	7.19	1.68
50)	LaSa	1.1-1.5	-	67.1	1.73	2.15
	LaLjSa	2.0-2.4	-	91.1	2.19	2.12
oja (784 <sup>50</sup> )	saHs	1.0-1.4	-	34.1	1.54	2.36
skiluiska)	huHs	1.0-1.4	-	24.9	4.55	2.71
500 vesiraja	LaLjSa	0.5-0.9	-	69.7	3.32	1.50
	huHs	1.5-1.9	-	71.6	3.83	1.53

Hirikoski	LaSa	0.5-1.3	-	64.2	1.99	1.60
Perkiönkoski	LaSa	3.0-3.8	-	45.1	1.66	1.67
Suuosa (157 <sup>50</sup> )	huHs	1.0-1.4	-	48.12	2.37	1.76
	huHs	6.0-6.4	-	63.29	3.03	1.55
	LaLjSa	7.0-7.8	-	65.96	3.58	1.56





# HAAPAJYRÄN JA SULVANJOEN PIENET ALUEET

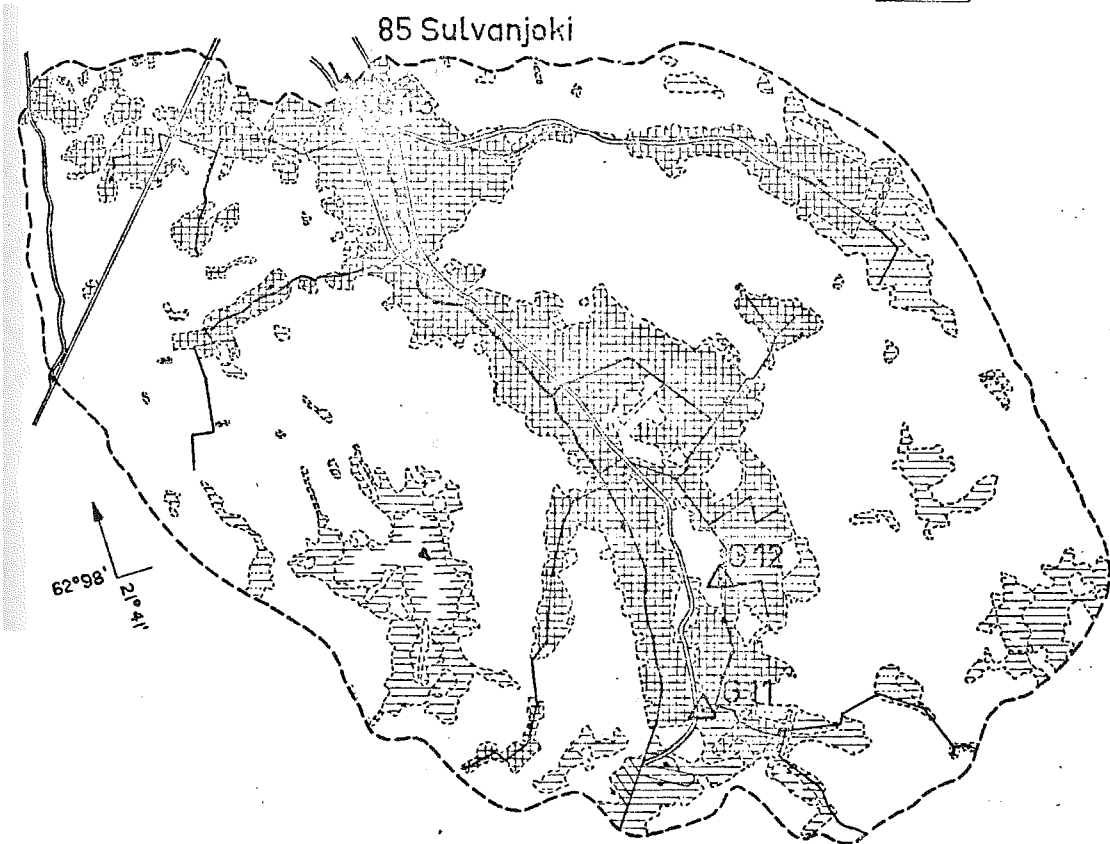
Maa- ja pohjavesinäytteenottopisteiden sijainti

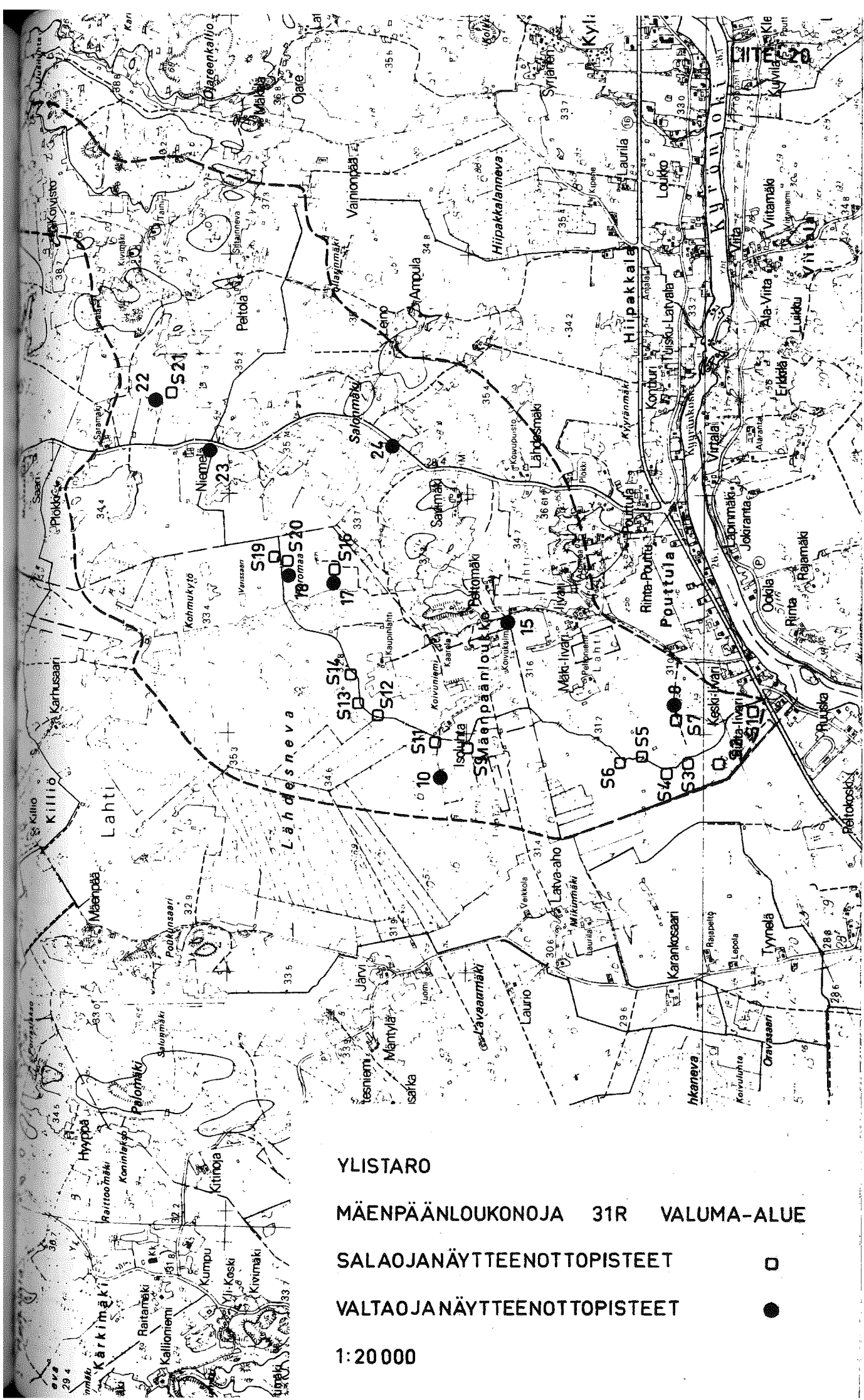
1:50 000



## Maankäyttölajit

-  pelto
-  korpi
-  röme
-  neva





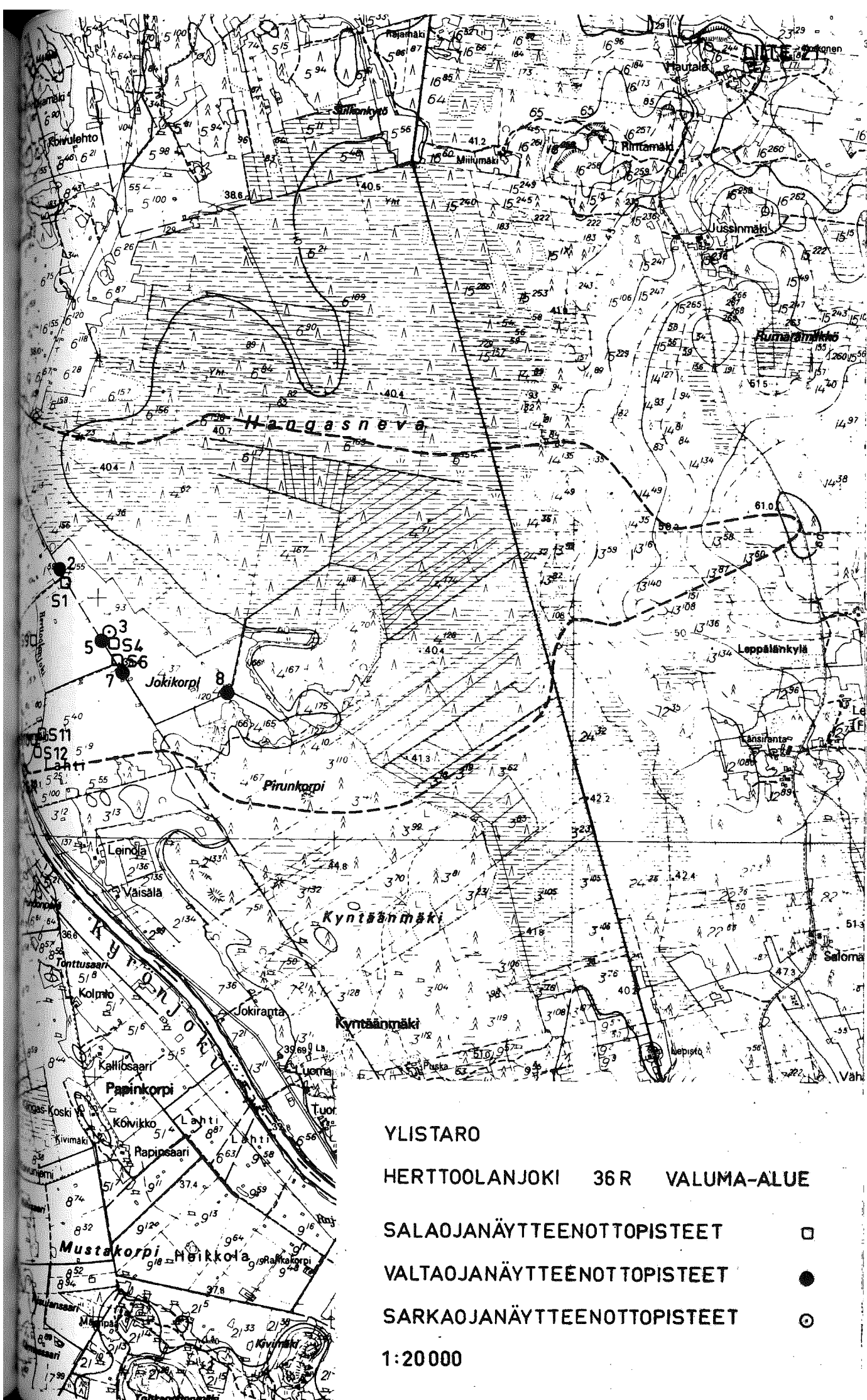
YLISTARO

MÄENPÄÄNLOUKONOJA 31R VALUMA-ALUE

SALAOJANÄYTTEENOTTOPISTEET □

VALTAOJA NÄYTTEENOTTOPISTEET ●

1:20 000



YLISTARO

HERTTOOLANJOKI 36 R VALUMA-ALUE

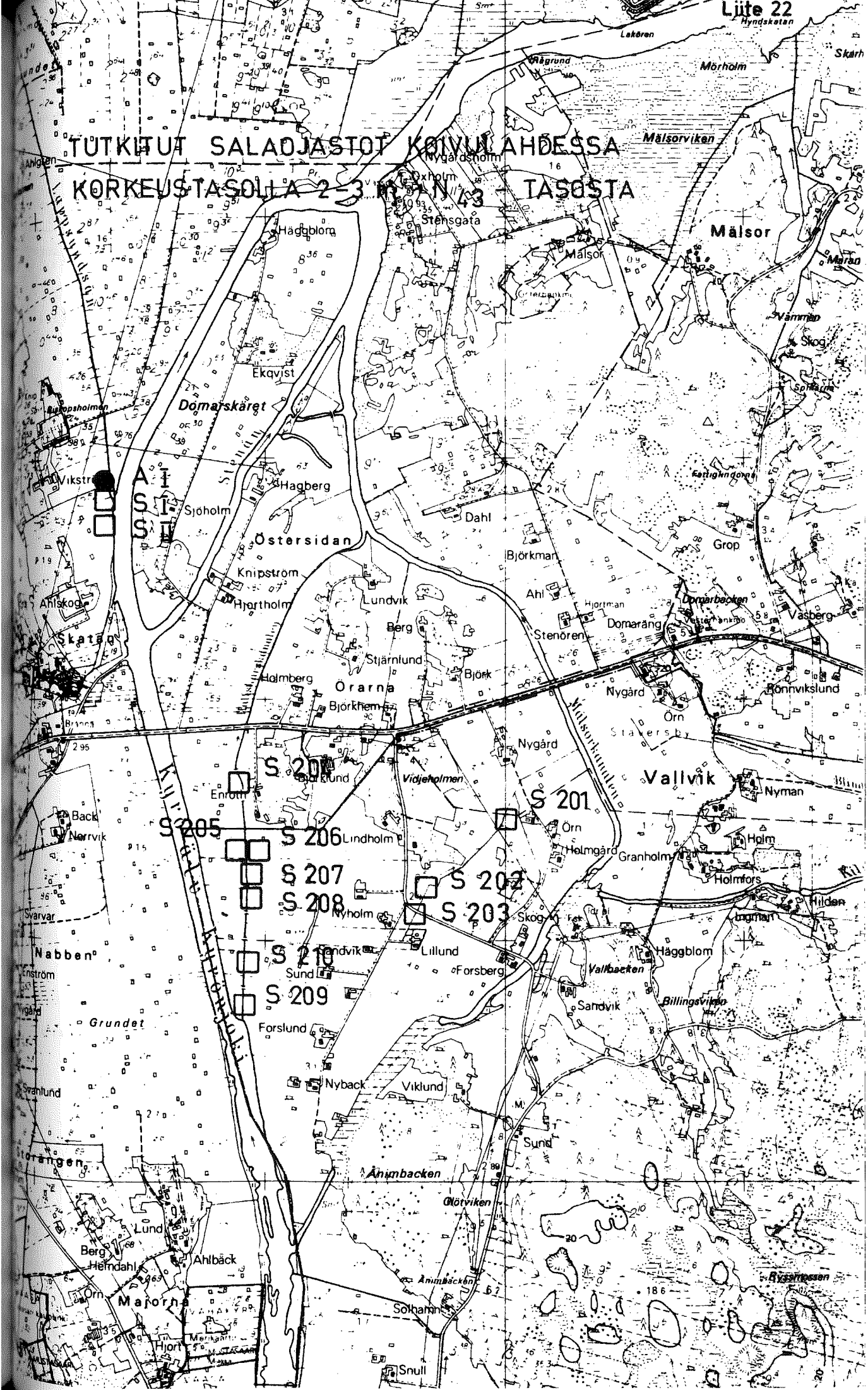
SALAOJANÄYTTEENOTTOPISTEET □

VALTAOJANÄYTTEENOTTOPISTEET ●

SARKAOJANÄYTTEENOTTOPISTEET ⊙

1:20 000




# TUTKITUT SALAOJASTOT KOIVUN AHDASSA KORKEUSTASOLLA 2-3 MÄÄNÄ TASESTA





# KYRÖNJOKI 42

## SIVUPUROT SULFAATTIPITOISUUDEN MUKAAN LUOKITELTUNA

	SO <sub>4</sub>	0 - 100	mg/l
	SO <sub>4</sub>	100 - 200	mg/l
	SO <sub>4</sub>	> 200	mg/l

M K 1:200 000

- 1 L Finnbäcken
- 3 L Torrikadiket
- 7 L Isoyaltaoja
- 10 L Krekilän uusjako
- 15 L Tervajoki
- 17 L Silakkaluoma
- 22 L Orismalanjoki
- 26 L Haapajyrä
- 29 L Kainastonluoma
- 34 L Leposaarenoja
- 35 L Halkoneva
- 42 L Nahkaluoma
- 50 L Paloluoma

- 6 R Voitbybäcken
- 8 R Mossabäcken
- 14 R Haarajoki
- 21 R Lehmäjoki
- 31 R Mäenpään-Loukonjoja
- 35 R Saunanevanoja
- 36 R Herttoolanjoki
- 37 R Kelton- ja Saarenpäänoja
- 41 R Lyly
- 42 R Pirilännevanoja
- 50 R Härkiluoma
- 51 R Nevaluhdantuoma





# KYRÖNJOKI 42

G- Pisteet

Maanäytteen-  
ottopisteet

VH:n mittapadot

MK 1: 200 000

△ Maa- ja vesi  
näytteitä

○

◎

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0 - 20 rMHHt	4,85	1,73	900	170	5,31	1,30	305	105		
50 - 70 LjS	4,00	2,29	150	170	5,94	8,3	367	230		
150 - 180 LjS	4,60	8,50	850	500	1,8	5,26	2,25	60		

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0 - 20 SHHt	5,45	1,29	600	200	63	50	238	225			20
50 - 70 LjS	4,65	1,75	100	50	150	34	50	529	345		410
180 - 250 Hs	5,45	10,00	850	480	35	768	1,45	35			480

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
0 - 20 LjHsHt	5,10	1,12	450	80	4,8	7,8	72	295	40		
50 - 70 LjHsHs	4,60	0,69	50	55	9,2	3,2	249	305	190		
200 - 220 LjS	6,30	8,20	1050	500	1,0	5,90	5,2	45	530		

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0 - 20 Mm	5,25	2,20	1550	130	39	187	159	175			80
50 - 70 LjS	3,75	3,05	50	90	4,5	80	621	235			310
20200 - 250 LjHs	6,50	7,30	800	466	4,2	659	1,38	32			310

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0 - 20 Mm	4,90	1,08	450	50	0,8	6,5	339	395			30
50 - 70 LjS	4,00	2,07	100	130	2,7	130	541	338			160
150 - 220 LjHs	6,00	3,15	1000	430	3,4	6,15	1,89	50			110

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0 - 20 rMm	4,90	4,70	1150	240	5,5	1,65	130	205			110
50 - 70 LjS	5,20	0,84	800	180	30	457	160	82			60
150 - 250 HsHs	5,75	7,33	950	340	4,2	4,40	233	45			40

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0 - 20 Mm	4,90	2,85	1000	230	6,2	1,55	2,64	240			110
50 - 70 LjS	3,95	4,60	100	140	4,4	1,85	4,77	3,25			400
250 - 300 LtHs	7,00	1,00	950	460	5,2	6,82	2,17	30			110

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0 - 20 Mm	4,70	1,15	400	100	0,2	9,7	5,62	2,65			40
50 - 70 LjS	4,30	1,40	200	140	7,9	1,52	4,39	2,45			160
180 - 280 LtHs	6,50	7,60	950	400	5,2	5,76	2,14	35			330

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0 - 20 rMm	4,90	4,70	1150	240	5,5	1,65	130	205			110
50 - 70 LjS	5,20	0,84	800	180	30	457	160	82			60
150 - 250 HsHs	5,75	7,33	950	340	4,2	4,40	233	45			40

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0 - 20 Lst	3,75	1,30	300	60	5,9	6,2	12	28			10
50 - 60 BrSt	4,10	0,48	150	5	2,3	30	2	3			0
200 - 250 EnSt	4,90	0,43	600	10	1,7	1,85	6,2	5,8			20

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0 - 20 Mm(Hs)	4,55	1,43	450	60	4,1	7,8	25,9	180			180
50 - 70 Lct	4,90	1,01	1200	20	1,9	230	5,8	7,5			75
260 - 280 LjHs	5,40	0,89	900	160	1,7	220	1,86	50			50

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0 - 20 Hts	5,55	0,57	1100	90	5,5	3,63	6,8	14,5			0
50 - 70 htsHs	5,75	0,38	1150	90	4,5	5,34	8,2	6,5			30
330 - 350 LjsHs	5,20	1,01	600	160	5,5	2,68	2,77	5,2			4,0

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0 - 20 Lct	5,20	0,88	1700	40	3,2	1,75	1,76	2,00			10
50 - 70 Lct	4,85	1,02	1500	70	1,7	2,30	1,13	60			0
110 - 130 LjHs	4,95	0,58	800	100	1,9	1,60	2,88	60			0

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0 - 20 St	4,25	0,76	480	20	4,2	9,5	5	20			0
50 - 70 St	4,20	0,56	400	10	2,3	1,08	5	5			0
210 - 230 LjHsHt	4,80	1,33	850	70	2,2	1,75	3,27	50			0

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0 - 20 hsHt	5,30	0,85	900	40	4,2	1,10	1,91	2,12			0
50 - 70 hsHt	5,45	0,40	900	50	6,1	2,60	1,40	5,5			2,0
170 - 190 sHs	5,45	0,48	800	110	4,0	1,93	1,48	5,5			1,0

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Syvyys											
cm											
Maa-											
laji											
pH											
Johto-											
luku											
Ca											
K											
P											
Mg											
Fe											
Al											
S											

mg/l maata

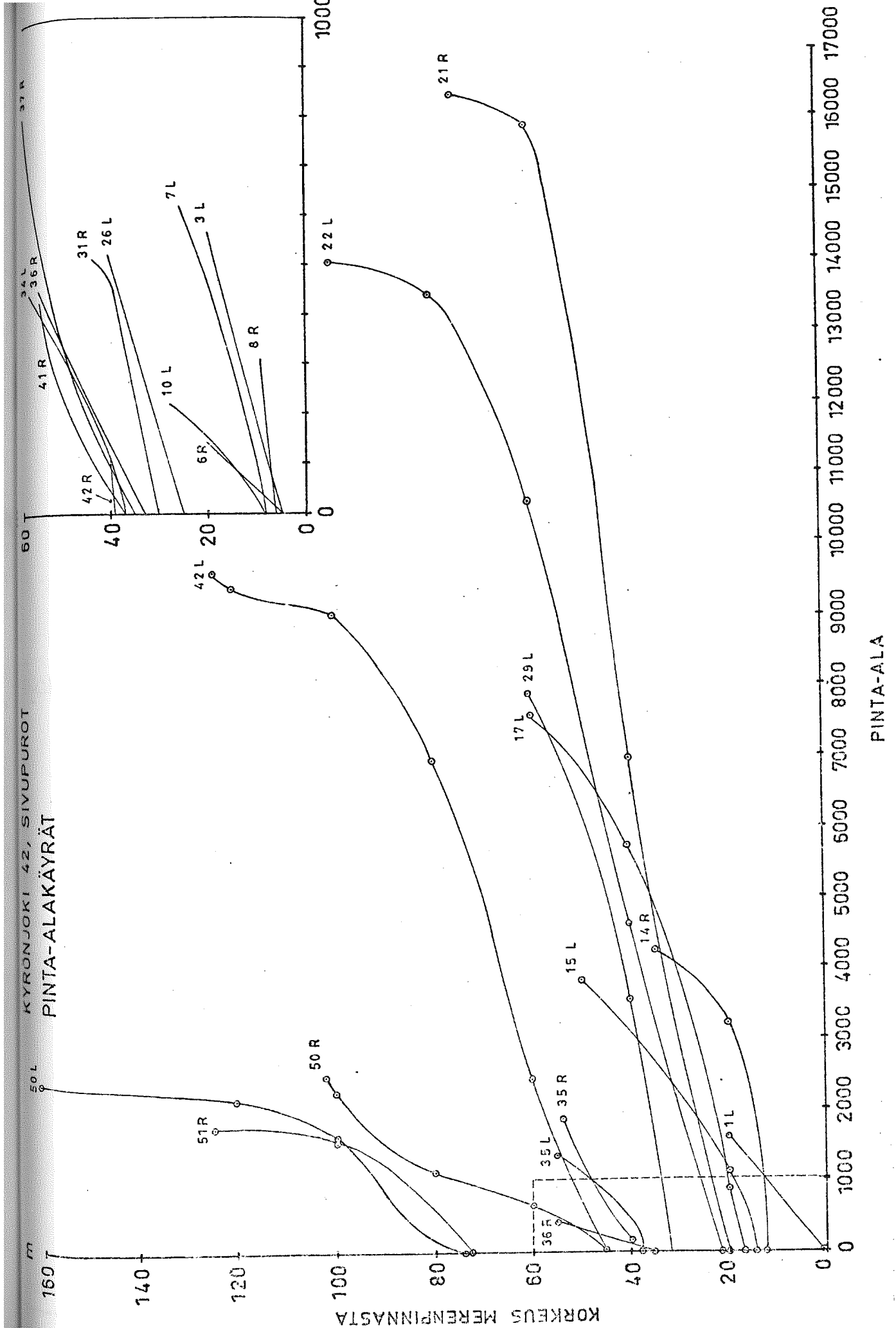


Sivupurojen hiesu- ja savialueet sekä tulva-alueet agrogeologisten karttojen mukaan.

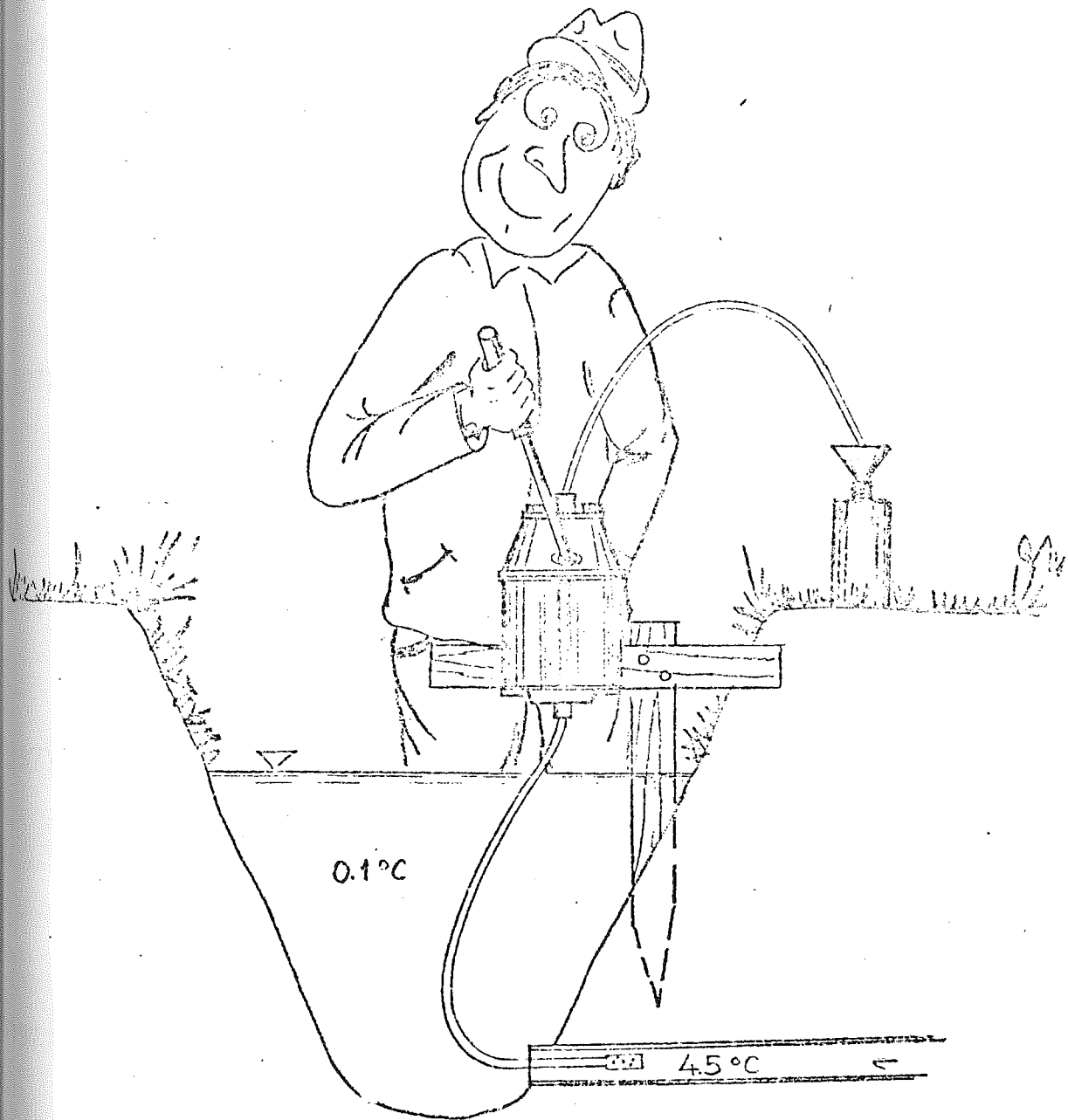
Sivupuro N:o	Osuus valuma-alueessa			
	0-1 m turvetta sav- ven pääl- lä (%)	Savi (%)	0-1 m hiek- kaa sav- päällä (%)	Tulva- alue (%)
1 L	18	5	-	
3 L	51	-	-	
7 L	31	13	-	
10 L	-	67	-	
15 L	21	19	-	
17 L	30	10	-	
22 L	6	15	-	
26 L	-	26	-	
29 L	22	10	-	
34 L	17	-	-	5
35 L	18	-	-	24
42 L	2,5	17	6	
50 L	14	13	-	
6 R	-	20	-	
8 R	20	10	-	
14 R	57	8	-	
21 R	11	6	-	
31 R	-	21	-	
35 R	-	4	-	3
36 R	-	25	-	4
37 R	-	13	-	10
41 R	11			32
42 R	-	-	-	7
50 R	-	-	22	
51 R	-	21	-	

Nimi	Tunnus	A (km <sup>2</sup> )	Pinta-alan jakautuminen korkeustasoille							h max (m)	h keskim. (m)	h min (m)	Pelto-%	Suo-%	Pellon sijainti	Pääuom. pit. (km)
			A (ha) 20 m	A 20-40 m	A 40-60 m	A 60-80 m	A 80-100 m	A 100-120 m	A 120 m							
Ämbäcken	1 L	16,7	1621.6	44.8						24	3	2	18	12.4	edessä	4,9
Ärtikadiket	3 L	5,7	565.3							20	6	5	38	16	keskellä	3,5
Ärvaltaoja	7 L	6,2	475.6	141.6						25	12	8	45	13	edessä	6,0
Ävilän uusjako	10 L	2,2	156.8	63.2						27.5	14	8.5	54	13	edessä	2,3
Ärvajoki	15 L	38,9	1150.0	2392.5	350.8					50	20	14.5	43	18	hajalla	15,0
Äskkaluoma	17 L	76,2	866.5	4930.3	1821.8					60	22	17	30	31	hajalla	21,0
Äsmälänjoki	22 L	140,2		4661.3	5932.3	3139.8	287.5			100	25	22	20	33	edessä	24,0
Äspajyrä	26 L	6,1		610.0						40	27	25	54	19	hajalla	5,0
Änastonluoma	29 L	79,2		3574.8	4268.8	79.3				60	31	27	32	24	edessä	15,0
Äosaarenoja	34 L	4,3		138.0	296.5					58	39	37	36	9.7	hajalla	5,0
Älkoneva	35 L	9,3		253.5	672.0					55	40	38	39	14	edessä	6,0
Äskkaluoma	42 L	96,0			2427.2	4500.4	2120.4	376.8	179.2	124	55	45	38	8	keskellä	15,0
Äloluoma	50 L	23,2				181.6	1456.6	505.6	172.0	161	78	73	39	9	hajalla	9,0
Ätbybäcken	6 R	1,4	142.0							20	9	5	23	10	keskellä	2,0
Äsabäcken II	8 R	3,1	307.5							23	8	6	33	5.5	edessä	3,0
Äsarajoki	14 R	42,8	3242.2	1033.2						35	16	12.5	55	5	hajalla	11,0
Äsmäjoki	21 R	163,1		6996.0	8932.3	384.3				75	35	20	35	23	hajalla	30,0
Änpäänloukonoja	31 R	5,1		477.6	31.6					43	35	30	51	11	hajalla	8,0
Änanevanoja	35 R	19,0		186.0	1698.8	15.2				54	41	38	29	7	hajalla	10,0
Ärttoolanjoki	36 R	4,5		145.2	308.8					55	38	33	28	52	edessä	2,5
Älton- ja Saarenp.oja	37 R	8,6		132.0	710.0	17.0				60	38	35	23	19	edessä	4,0
Ärtty	41 R	6,1		219.3	388.0					55	39	38	40	18	edessä	4,0
Ävilännevanoja	42 R	1,1		20.0	94.0					41	40	39	84	16	hajalla	1,6
Äskiluoma	50 R	24,7			630.8	506.0	1119.2	213.1		102	48	45	22	27	edessä	9,0
Ävaluhdanluoma	51 R	17,6					1402.4	356.0		125	88	84	43	10	edessä	6,0

Nimi	Tunnus	Kaivuvuosi	Kaivetun ojaston pituus	Kaivettu m <sup>3</sup>	Hyöttyalue km <sup>2</sup>	Hyöttyalue sadealue	m <sup>3</sup> /ha hyöty	m <sup>3</sup> /ha sadealue	pH			SO <sub>4</sub> -mg/l		
									max	min.	kesk.	max	min.	k.a.
Amnäckan	1 L	1939-1949	19,0	51 250	4.92	0.21	104	22	5.5	3.9	4.4	270	0	170
Arrikadiket	3 L	1956-1968	8,8	30 268	1.60	0.28	189	53	5.3	3.6	4.1	740	170	390
Bovaltaoja	7 L	1958-1959	7,4	20 201	1.81	0.29	112	33	4.3	3.5	3.9	530	45	295
Brilän uusjako	10 L	1945-1948	4,9	17 612	0.97	0.44	182	80	4.9	3.3	4.0	810	20	405
Ervaajoki	15 L	1941-1961	70,3	280 860	18.54	0.48	152	72	6.4	4.4	5.0	375	55	170
Kalkaluoma	17 L	1941-1970	68,9	189 320	14.88	0.20	127	25	6.3	4.3	4.9	355	30	125
Kismalanjoki	22 L	1948-1970	86,5	248 500	14.39	0.10	173	18	6.2	4.3	4.9	160	25	90
Kopajyrä	26 L	1957-1959	16,6	46 212	3.37	0.55	137	76	6.6	3.3	4.2	565	90	200
Kuinastonluoma	29 L	1953-1965	84,1	227 855	16.06	0.20	142	29	8.0	4.5	6.1	120	30	70
Kosaarenoja	34 L		4,4	14 154	1.41	0.33	100	33	4.3	3.7	4.0	620	80	245
Koneva	35 L		8,6	22 650	2.75	0.30	82	24	5.9	4.2	4.8	355	25	145
Kalkaluoma	42 L	1950-1967	81,7	225 920	16.45	0.17	137	24	6.7	4.6	5.8	170	45	90
Kaloluoma	50 L	1961-1965	40,4	123 760	5.88	0.25	211	53	7.1	5.5	6.4	48	0	20
Kittbybäcken	6 R								4.2	3.3	3.8	525	170	320
Kossabäcken II	8 R								5.2	3.6	4.1	830	170	495
Karajoki	14 R	1955-1971	90,2	242 010	21.06	0.49	115	57	4.9	3.5	4.1	1125	195	545
Kalmajoki	21 R	1939-1968	133,9	422 794	27.43	0.17	154	26	6.4	4.2	4.9	230	45	110
Kempäänloukonoja	31 R	Työn alla	11,3	16 605	2.14	0.42	78	33	6.2	4.9	5.4	175	10	70
Kannanevanoja	35 R	1962-1965	24,9	60 424	3.35	0.18	180	32	4.7	3.9	4.2	155	80	110
Karttoolanjoki	36 R	1952-1955	3,7	11 140	1.01	0.22	110	25	4.8	3.9	4.2	335	55	150
Kälton- ja Saarenp.oja	37 R	34-36,58-60	9,5	22 690	2.11	0.25	108	26	4.7	4.0	4.3	240	75	125
Källy	41 R	1946-1950	8,3	27 020	3.03	0.50	89	44	4.8	4.3	4.5	160	0	80
Kälännevanoja	42 R	1928-1929	1,2	3 000	0.96	0.87	31	27	5.8	4.2	4.7	510	50	295
Kätkiluoma	50 R	1964-1966	4,4	14 760	0.86	0.03	172	6	5.9	4.5	5.3	125	5	40
Kälhudenluoma	51 R	1954-1960	26,6	92 815	6.80	0.39	137	53	6.8	5.6	6.4	55	0	15



# VESINÄYTTEENOTTO SALAOJASTA



T E	t °C	H <sub>2</sub> O µS	pH	Fe	Mn	SO <sub>4</sub>	W cm
				mg/l			
1971	6.5	7090	3.5	73 d.	64 d.	936	70
	10.5	7850	3.8	105 s.	68 s.	933 s.	88
	12.5	6500	3.3	20.4 d.	40 d.	5100	85 1)
	7.1	8480	3.6	56 d.	61 d.	6900	86
1971	5.9	8570	5.5	66 d.	26.5	925	123
	6.5	8260	6.9	0.30 s.	7.7s.	935	123
	11.2	9430	7.5	1.8	3.3	1343	136
	9.2	8300	6.8	3.1	2.3	1715	151 1)
	12.2	8860	7.3 s.	-	3.5s.	960	155
	7.7	9230	4.1	56 d.	50 d.	6200	81
1971	5.0	9020	5.6	96	36.1	910	150
	5.4	8440	6.4	12.6 s.	14.8s.	947	148
	9.6	9630	6.9	8.0	7.2	1351	163
	7.7	8500	6.5	9.6	6.7	1170	150 1)
	9.5	9150	7.0	8.7 d.	5.7d.	1022	144
	10.3	9040	7.4	2.2d.	4.4d.	718	167
	7.8	9040	7.1	6.3d.	0.0d.	1009	131
1971	5.5	3060	4.2	285 d.	17.3d.	945	60
	6.4	3060	4.1	133d.	18.6d.	947 s.	63
	9.0	3460	3.9	73	17.1	1660	73
	9.8	3530	4.4	121 d.	21.2d.	1460	76 1)
	7.2	4200	3.7	90 d.	31.7d.	3016	63
1971	5.3	5470	6.5	60	8.0	283	78
	4.8	5480	6.5	1.5 s.	5.8s.	399 s.	75
	7.7	6120	6.4	7.0	4.9	772	91
	6.3	5650	6.7	13.3d.	5.7d.	144	89 1)
	11.4	6680	7.9 s.	-	4.3s.	161	142
	12.4	4180	4.1	-	-	1934	136
	7.4	5510	4.5	117 d.	32.5d.	2616	63

tateen jälkeen

E	t °C	H <sub>2</sub> O µS	pH	Fe	Mn	SO <sub>4</sub>	W
				mg/l			cm
7.5.71	4.4	6680	6.6	32 d	8.4 d	376	144
4.6	4.7	7040	6.6	2.8 s	6.4 s	196 s	146
6.6	9.8	8000	7.1	2.7	5.2	772	174
9.6	5.9	7280	6.7	3.5 d	6.2 d	31	155
5.7	7.8	7870	7.1	5.4 d	6.6 d	65	147
9.8	10.2	8090	7.2	0.93 d	6.3 d	105	155
9.9	11.3	8150	7.5	9.8 d	5.2 d	37.6	157
2.10	7.6	7980	6.9	6.9 d	6.7 d	271	126
7.5.71	10.0	3920	3.6	60 d	28.8 d	921	82
4.6	4.5	4240	3.7	113 d	34 d	1195	87
2.10	7.2	6240	4.0	26.4 d	54.7 d	3300	87
7.5.71	5.4	5910	6.1	173 d	22.3 d	894	101
4.6	3.9	6180	6.4	38.5 d	13.5 s	945 s	98
6.6	7.2	6570	6.9	6.6	9.3	1806	120
2.10	7.5	6710	6.0	9.0 d	19.0 d	2181	116
7.5.71	4.5	7110	6.5	71 d	14.3 d	684	144
4.6	4.5	7420	6.6	2.0 s	8.4 s	392 s	153
6.6	8.6	7690	6.9	3.2	5.9	1752	169
9.6	6.6	7600	6.7	6.6 d	6.2 d	193	156
5.7	8.5	8290	7.1	10.7 d	7.2 d	161	159
9.6	9.8	8360	7.3	1.5 d	6.4 d	172	174
2.10	7.5	6710	6.0	9.0 d	19.0 d	2181	116



Date	t °C	H <sub>2</sub> O µS	pH	Fe	Mn	SO <sub>4</sub>	W
				mg/l			cm
1971	6.2	1770	3.9	21.5 d	12.6 d	810	
	4.1	1640	3.6	1.3 d	12.3 d	954	
	5.7	1760	4.3	13.3	12.5	1073	
	9.4	2050	3.6	10.0 d	16 d	1455	
	10.2	2470	4.5	64 s	17.9 s	1555	
	10.9	2400	4.0 d	34.4 d	17.8 d	1370	
	10.0	1820 d	4.2 d	37.7 d	11.3 d	1115	
10.	8.8	1420	4.0	34.4 d	8.9 d	879	
1971	5.6	1670	3.7	12.3 d	11.6 d	868	83
	6.4	1730	3.5	12.8 s	12.5 s	947 s	89
1971	5.1	3180	3.5	239 d	30.1 d	913	82
	4.9	3550	3.5	165 s	37 s	943 s	89
	6.3	3920	3.9	315	37	1621	101
	8.5	4880	3.0	170 d	49 d	3900	113
	11.0	5710	3.4	149 s	56 s	4700	120
	13.4	6150	3.2 s	27.8 s	75 s	4304	142
	9.8	5150 d	3.3 d	155 d	64.1 d	4442	104
10.	8.8	5260	3.5	160 d	67.2	4781	95
1971	4.5	3480	4.3	33 d	21 d	921	153
	4.4	3850	5.1	21 d	21.9 d	952	155
	6.8	4210	6.6	40	21.7	1922	146
	8.7	4390	5.9	14.0 d	24 d	2425	136
	10.1	4430	6.0	21.4 d	25 d	2340	144
	10.5	4440	6.2 d	15.0 d	28 d	473	144
	9.5	4480 d	6.0 d	13.2 d	27.7 d	2541	137
	10.	8.7	4480	6.2	36 d	34.6 d	2600

	t °C	H <sub>2</sub> O uS	pH	Fe	Mn	SO <sub>4</sub>	W	
				mg/l			cm	
5.1971	4.5	297	5.4	3.4 d	0.6 d	99	77	
6.	7.5	269	6.5	2.8 s	0.7 s	192		
10.	9.3	360	5.8	8.2 d	1.6 d	118	90	
5.1971	3.4	228	5.8	4.9 d	0.6 d	234	78	
6.	4.9	253	5.8	2.8 d	0.4 d	111	-	
6.	6.5	210	6.5	21	0.0	117	105	
6.	9.7	235	6.1	7.1 d	0.5 d	98	113	sade
7.	12.1	285	6.5 s	-	1.2 s	160	133	
8.	11.4	240 d	6.3 d	3.0 d	0.4 d	124	123	
10.	8.4	210	5.6	10.0 d	0.68 d	76	91	
5.1971	3.8	318	5.1	0.98 d	1.6 d	155	143	
6.	4.0	406	5.0	0.57 d	3.1 d	188		
6.	7.3	460	5.8	6.0	3.9	218	166	
6.	8.3	440	5.0	3.8 d	4.6 d	215	156	
7.	10.2	495	6.0 s	2.8 s	4.6 s	300	161	
8.	10.4	520	6.1 s	1.8 s	4.3 s	-	177	
8.	10.2	425 d	5.5 d	1.6 d	3.9 d	223	178	
10.	8.9	460	5.9	15.6 d	5.1 d	210		

B	t °C	H <sub>2</sub> O uS	pH	Fe	Mn	SO <sub>4</sub>	W cm
				mg/l			
1971	7.8	2330	4.6	405 d	10.9 d	933	11
	10.7	2833	4.9	186 d	11.4 d	956	16
	11.3	3070	5.4	160	11.9	1884	20
	15.4	3360	3.1	168	12.3	2115	21
	15.0	3530	3.7	147	14.3	2000	32
	16.8	4030	3.4	31.6	17.2	946	33
	12.9	3620	3.7	153	16.5	1572	33
	5.8	3560	4.3	160	16.2	2285	14
1971	4.8	2310	6.0	10.7 d	8.8 d	249	18
	8.4	2379	6.7	54 d	8.1 d	111	15
	9.1	2400	6.4	40	8.6	67	20
	11.7	2400	6.5	20	7.7	80	38
	13.0	2440	6.4	22	7.9	73	25
	13.9	2410	6.6	21.1	9.4	65	31
	12.1	2450	6.8	45	7.7	63	35
	6.9	2420	6.7	46	8.2	29.2	14
1971	4.8	2590	6.4	5.4 d	3.3 d	149	14
	7.4	2596	7.0	15.6 d	2.8 d	38	13
	8.3	2570	6.7	12.4	2.8	42	20
	10.5	2640	6.9	4.8 d	2.5 d	10	25
	12.1	2670	6.9	11.5 s	2.5 s	5.8	24
	12.6	2670	6.9	10.4 s	3.1 s	5.8	29
	11.2	2680	7.1	18.1 d	2.5 d	40.6	35
	7.6	2590	7.2	12.4 d	2.7 d	19.1	13
1971	4.9	2880	6.4	8.5 d	4.2 d	88	76
	5.5	2845	7.0	12.6 d	3.4 d	6.1	64
	6.5	2920	6.8	8.7	3.5	8.5	76
	9.5	2930	7.0	2.9 d	3.4 d	5	53
	10.0	2900	7.1	7.1 d	3.4 d	5.8	48
	11.7	2930	7.0	4.6 s	4.3 s	0	46
	10.5	2900	7.1	5.0 d	3.4 d	29.9	39
	7.2	2860	7.1	4.6 d	3.6 d	15.3	16

E	t °C	H <sub>2</sub> O uS	pH	Fe	Mn	SO <sub>4</sub>	W cm
				mg/l			
5.1971	13	780	4.5	38 s	1.2 s	278	5
6.	10.6	893	4.0	58 d	2.1 d	307	6
6.	11.4	840	5.3	41	2.0	297	9
7.	14.1	1010	3.9	26.7d	2.3 d	340	13
7.	12.8	985	5.7	46 s	2.1 s	182	21
8.	15.9	1040	4.0	46 d	2.5 d	351	21
8.	11.8	900	5.4	16.6d	2.0 d	279	18
10.	5.0	950	6.2	43 d	2.5 d	290	10
5.1971	8.7	2398	6.5	7.8 s	2.8 s	48	15
6.	7.0	269	6.8	47 d	4.6 d	15	6
6.	8.6	2660	6.4	43	4.1	5	9
7.	11.4	2690	6.6	20 d	3.7 d	50	11
7.	11.5	2650	6.7	5.3 s	3.7 s	30.7	21
8.	12.9	2710	7.0	0.74 s	4.1 s	0	23
8.	10.5	2690	6.8	46 d	4.5 d	39.4	27
10.	5.5	2620	6.8	42 d	4.7 d	17.6	10
5.1971	6.8	3700	6.5	1.9 s	3.2 s	29	30
6.	4.8	4130	7.0	9.8 d	4.9 d	27	57
6.	5.9	4030	6.6	5.2	4.5	5	57
7.	7.9	4320	6.7	1.0 d	4.4 d	< 5	29
7.	8.8	4280	6.7	13.3 d	4.9 d	9.6	34
8.	11.0	4320	6.7	8.5	5.9	5	28
8.	9.7	4260	6.9	10.4 d	4.8 d	34.7	29
10.	6.2	4210	6.8	6.6 d	5.0 d	3.8	11
5.1971	6.5	5590	6.7	0.74 s	2.8 s	19	50
6.	4.6	5588	7.2	6.9 d	4.3 d	15	99
6.	5.6	5490	6.7	4.7	4.1	5	77
7.	7.1	5790	6.8	1.6 d	3.9 d	17	41
7.	8.2	5740	6.8	3.4 d	4.1 d	13.4	42
8.	9.5	5720	6.7	2.4 d	2.2 d	5.8	33
8.	9.4	5630	6.8	7.2 d	4.4 d	42.9	30
10.	6.5	5590	6.9	3.9 d	4.5 d	19.1	13

B	t °C	H <sub>2</sub> O μ S	pH	Fe	Mn	SO <sub>4</sub>	W cm
				mg/l			
1.6.71	10.8	311	4.9	33 s	0.4 d	77	8
7.6	8.7	227	4.3	37 d	0.4 d	104	7
15.6	9.0	265	5.8	34	0.08	55	7
30.6	14.0	150	4.2	1.9 d	0 d	48	8
14.7	13.5	235	6.1	22 s	0.2 s	73	32
5.8	15.7	385	4.3	0.37 s	0.6 s	-	36
30.8	11.2	480	4.2	2.4 d	0.3 d	301	32
12.10	4.7	310	4.0	12.8 d	0.29 d	138	10
1.6.71	7.8	213	6.3	4.3 s	0.5 d	58	10
7.6	6.0	190	6.3	16.3 d	1.2 d	4.2	44
15.6	7.4	250	6.0	13.1	0.4	5.8	39
30.6	11.8	210	6.4	12.5 d	0.4 d	< 5	22
14.7	11.3	225	6.4	14.5 d	0.5 d	3.8	30
5.8	12.2	225	6.4	13.3 s	0.5 s	0	33.5
30.8	10.1	235	6.6	10.6 d	0.94 d	33.9	43
12.10	5.4	215	6.3	11.1 d	0.5	7.6	19
1.6.71	6.3	252	6.2	3.0 s	0.1 d	24	15
7.6	4.7	191	6.3	14.4 d	0.7 d	46	50
15.6	5.8	315	6.0	11.4	0.17	11.6	55
30.6	10.1	290	6.6	9.3 d	0.4 d	< 5	30
14.7	9.7	300	6.5	12.2 d	0.5 d	1.9	34
5.8	11.3	295	6.4	11.3 s	0.5 s	< 5	33.5
30.8	9.8	320	6.6	10.3 d	0.9 d	22.5	38
12.10	5.7	285	6.6	7.6 d	0.4 d	1.9	13
1.6.71	5.0	350	6.2	3.1 s	0 d	48	88
7.6	4.5	383	6.6	5.0 s	0.6 s	42	106
15.6	4.9	450	6.2	11.9	1.6	7.7	97
30.6	8.5	450	6.7	6.8	0.4	6	73
14.7	9.0	455	6.7	9.8 d	0.5 d	1.9	58
5.8	10.0	465	6.6			< 5	63
30.8	9.9	475	6.7	7.0 d	0.8 d	24.2	60
12.10	5.6	455	6.7	5.9 d	0.4 d	< 1	25

B	t °C	H <sub>2</sub> O μ S	pH	Fe	Mn	SO <sub>4</sub>	W cm
				mg/l			
1.6.71	9.6	944	4.3	25 s	1.8 s	360	13
7.6	8.2	1025	4.6	45 d	2.6 d	415	16
15.6	11.2	990	4.7	50	2.4	380	21
30.6	11.9	1160	3.5	2.5 d	2.5 d	410	19
14.7	12.2	1200	5.2	41 s	2.5 s	-	35
5.8	15.9	1450	4.0 s	0.69 s	3.6 s	-	32
30.8	11.3	1470	4.2	5.5 d	3.9 d	392	24
12.10	5.8	1110	4.2	2.9 d	2.7 d	592	9
1.6.71	7.5	1860	6.4	5.6 s	1.6 s	77	15
7.6	7.1	2090	6.8	33 s	3.4 s	54	18
15.6	8.3	2000	6.3	52	2.5	23	24
30.6	11.8	2130	6.9	9.0 d	2.8 d	21	22
14.7	11.3	2140	7.0	3.6 s	3.1 s	21.1	38
5.8	13.3	2150	6.9	46.8 d	4.3 d	14	34
30.8	10.8	2120	6.9	52.4 d	4.2 d	43.3	30
12.10	5.8	2080	6.9	46 d	3.9 d	7.6	12
1.6.71	6.5	2400	6.3	13.7 s	2.0 s	108	16
7.6	5.7	2600	6.9	24 s	3.2 s	35	32
15.6	7.1	2530	6.5	34	3.6	15	30
30.6	9.4	2710	6.8	34 d	3.8 d	8	25
14.7	10.3	2700	6.8	31 s	3.4 s	38.4	37
5.8	12.8	2700	6.8	34.6	4.5	37	36
30.8	9.9	2710	7.0	37.4 d	4.2 d	24	36
12.10	6.0	2620	6.9	31 d	4.2 d	< 1	12
1.6.71	7.0	2840	6.7	4.1 s	1.3 s	43	93
7.6	4.4	3100	7.1	8.1 d	2.4 d	73	127
15.6	5.8	3050	6.7	6.0	2.0	7.7	121
30.6	7.2	3240	7.1	2.1	2.6	6	92
14.7	8.3	3220	7.0	1.1 s	1.8 s	9.5	80
5.8	10.3	3260	6.9	2.1	2.6	5.8	76
30.8	9.4	3210	7.0	3.1 d	2.5 d	33.9	67
12.10	6.5	3190	7.0	1.1 d	2.4 d	11.4	35

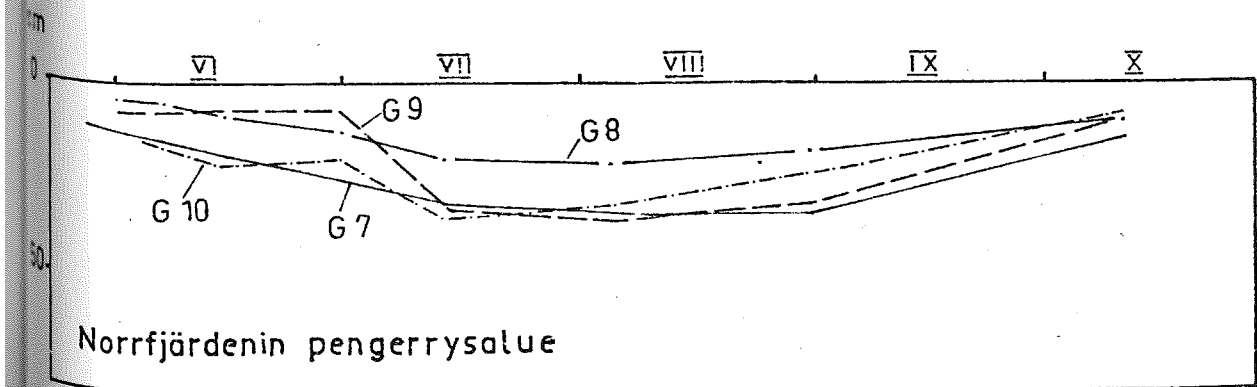
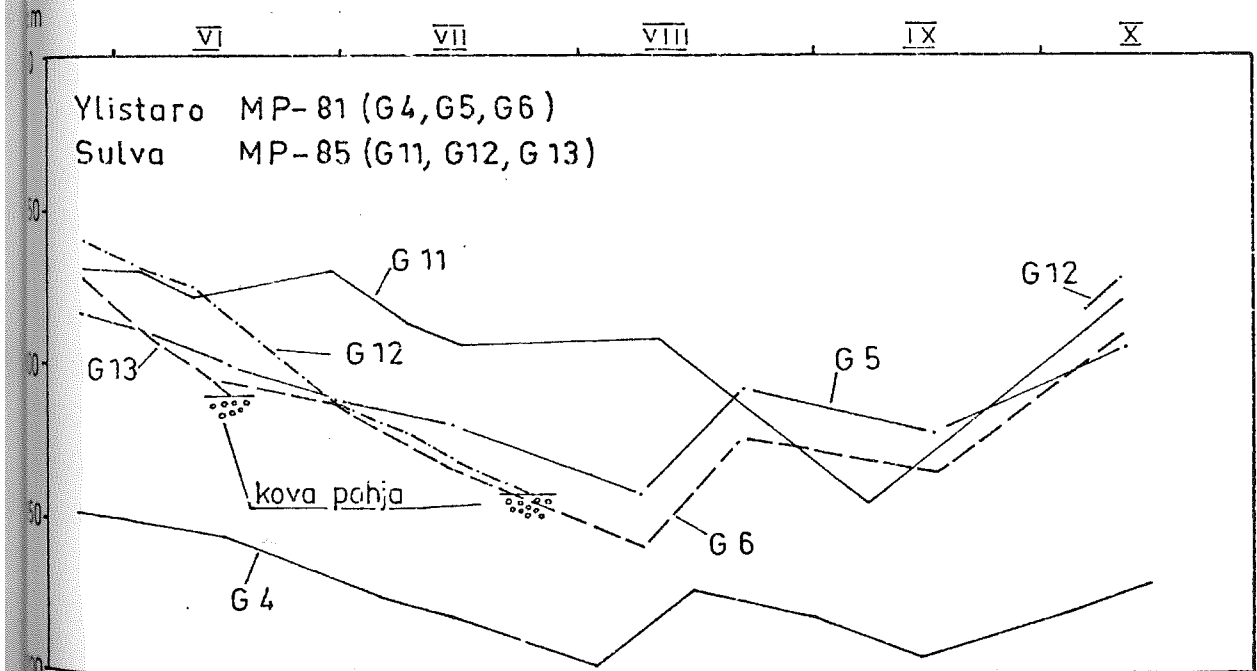
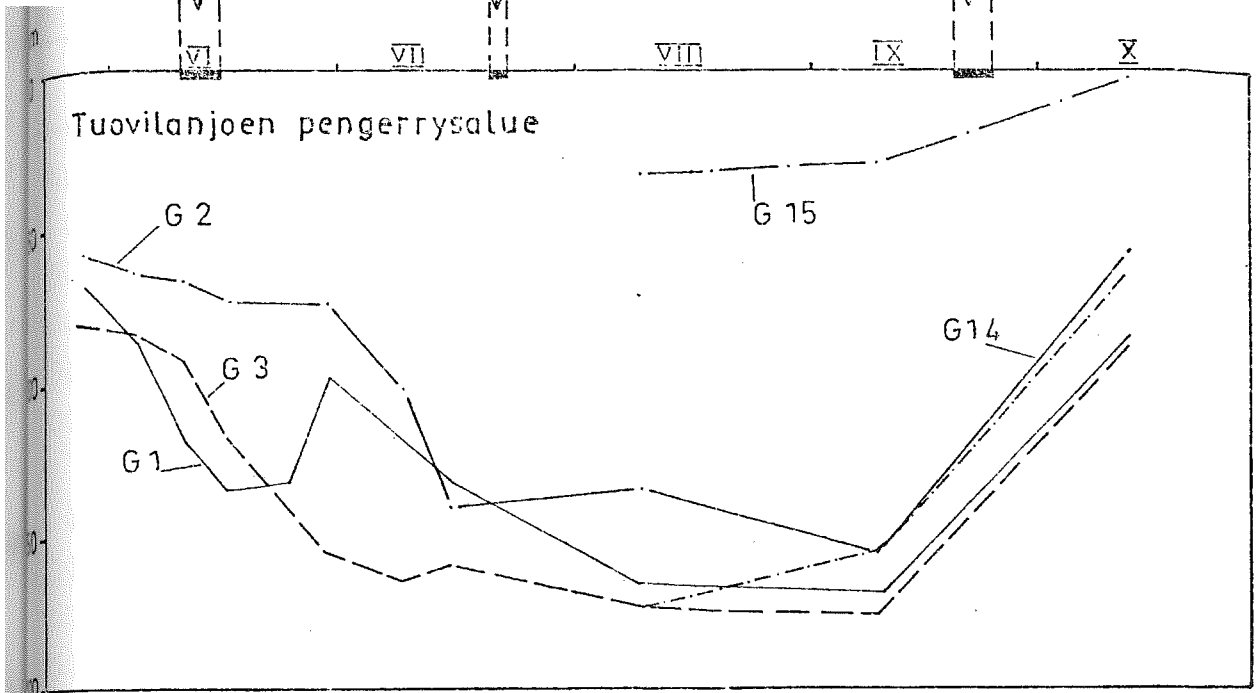
B	t °C	H <sub>2</sub> O μ S	pH	Fe	Mn	SO <sub>4</sub>	W cm
				mg/l			
28.5.71	5.2	1410	3.9	27 d	7.8 d	906	69
4.6	4.4	1420	3.6	37 d	5.9 d	849	70
16.6	8.0	1410	4.2	70	5.9	1019	82
29.6	6.8	1120	3.6	29 d	4.9 d	695	70
16.7	12.0	1460	4.1	61 s	6.2 s	-	94
11.8	12.2	650	4.4	-	-	374	91
11.10	7.4	1500	3.6	9.6 d	8.2 d	2437	80
28.5.71	4.2	1580	4.4	165	9.6	792	116
4.6	4.3	1330	5.5	157 d	3.7 d	823	105
16.6	6.9	1390	5.1	150	3.7	965	98
29.6	6.1	1430	5.6	170 d	3.6 d	950	102
16.7	7.9	1420	5.0	129 d	3.8 d	920	97
11.8	9.3	1480	3.5	4.7	4.1	874	122
11.10	7.4	1460	3.4	117 d	4.9 d	2130	95
28.5.71	7.3	668	5.8	22 d	2.5 s	249	185
4.6	5.4	513	6.5	13.9 s	0.6 s	225	155
16.6	6.6	520	6.0	23	0.75	162	145
29.6	5.4	550	6.6	24.6	0.9	136	147
16.7	6.8	555	6.3	17.1 d	1.0 d	150	132
11.8	8.7	500	6.5	13.9	1.1 d	146	139
11.10	7.6	485	6.3	25 d	1.3 d	130	117
28.5.71	6.5	165	5.1	9.3 d	0 d	57	60
4.6	8.5	214	5.4	4.3 s	0.6 s	77	68
16.6	11.2	195	5.7	14.4	0	23	83
11.10	6.8	135	5.1	7.9	0.47 d	28.7	88
28.5.71	5.8	213	5.3	6.1	0	96	115
4.6	6.8	267	5.8	0.59 d	0.3 d	77	92
16.6	9.6	250	5.4	0.86	0.07	73	95
29.6	7.9	275	6.1	2.7 d	0.8 d	98	114
16.7	11.1	255	6.7	1.6 s	0.5 s	117	132
11.10	7.3	270	5.7	1.5 d	0.94 d	122	88
28.5.71	7.0	284	5.8	36 d	0 d	107	73
4.6	12.5	318	6.3	11.3 s	0.3 s	150	90

E	t ° C	H <sub>2</sub> O µS	pH	Fe	Mn mg/l	SO <sub>4</sub>	W cm
10.71	7.7	6420	3.9	163 d	64 d	4557	120
10.71	7.7	6640	6.8	23.3 d	-	1180	111
8.71	10.4	7900	7.4	0.37 s	5.7 s	98	175
9.71	10.7	8240	7.1	9.8 d	4.8 d	36.5	155
10.71	7.7	8110	6.6	1.3 d	0 d	118	66
8.71	9.9	4120	6.7	9.8 d	1.8 d	21.4	33
9.71	9.6	4090	6.8	27.5 d	0.03 d	26.3	30
10.71	5.1	4110	6.4	79 d	0 d	19.1	0
8.71	8.2	6210	6.6			15.6	46
9.71	9.0	6010	6.7	44 d	0.25 d	26.7	31
10.71	5.2	5940	6.4	69 d	0 d	61	0
8.71	7.2	7660	6.5			29.2	75
9.71	8.5	7510	6.7	38 d	1.1 d	40.3	31
10.71	5.5	7580	6.4	66 d	0 d	30.6	0



POHJAVEDEN KORKEUDET VI-X / 71

Maanäytteiden ottojaksot



Tuovilanjoen pengerrysalueen tutkimuspisteet.  
Maanäytteiden tulokset

I näytteenottoaika 19.8.1971  
II " " " 22.7.1971  
III " " " 23-24.9.1971

Siltä 71

cm	Fe			Mn			Al			Ca			K			P			Mg			Kosteus		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
0		377	238		16.3	30.2		275	555		200	250		50	140		3.6	7.0		195	280		27.5	38.0
50	510	259	568	23.0	25.0	33.3	315	275	315	200	1150	1750	30	30	40	4.1	5.3	5.9	243	295	406	33.5	36.5	40.9
100	522	120	270	45.3	89.0	63.2	460	40	300	1350	1500	750	35	540	440	5.5	2.9	3.3	446	1150	820	46.0	72.5	63.1
150	313	145	189	43.8	15.6	21.8	178	22	62	1250	1150	1100	250	520	520	2.9	6.1	3.9	740	817	774	74.5	73.0	66.7
200		189	186		17.5	18.0		28	35		850	900		510	520		5.7	5.0		823	735		73.5	64.9
0		1400	1190		15.5	26.0		132	150		150	200		20	20		8.1	12.7		121	202		68.5	48.5
50	399	1150	1100	11.5	32.5	27.2	545	345	250	50	200	200	80	130	150	6.9	3.6	9.2	87	265	235	68.0	93.5	100.0
100	689	297	320	38.5	107.5	124.0	205	70	65	250	900	1000	130	480	540	7.0	2.6	4.6	283	870	994	93.0	114.5	117.8
150	275	249	394	140.0	73.5	92.5	85	36	43	900	900	900	420	520	560	8.3	7.0	13.7	353	952	982	107.0	123.5	137.3
200		50			57.9			22			850			480			10.8			777				
0		664	754		5.6	11.5		345	142		200	350		140	70		4.4	8.1		71	118		59.5	45.2
50	609	1000	800	7.2	14.8	26.2	135	182	225	300	100	200	100	50	160	8.0	6.7	8.4	87	127	200	62.5	64.5	80.0
100	634	444	488	28.0	159.0	204.0	205	195	70	300	900	1000	200	460	560	10.5	3.8	19.8	207	732	994	93.0	107.0	114.5
150	466	50	58	95.0	71.8	55.2	200	18	30	800	850	800	410	480	520	4.1	7.5	13.4	310	812	746	79.0	78.0	70.0
200		880	128		127.5	55.2		705	32		1450	1100		460	560		12.4	9.1		743	813		72.5	95.9
0			427			19.5			405			200			25			8.1			198			50.0
50			472			147.5			235			850			350			8.4			833			92.4
100			327			149.0			58			900			460			9.5			862			103.6
150			356			155.0			45			900			520			18.4			924			117.5
200			376			137.5			36			800			530			26.6			833			111.3
0			602			21.5			855			100			90			2.4			131			58.7
50			356			59.0			68			300			330			8.4			679			127.5
100			323			59.4			50			750			340			8.1			674			131.4

Fe			H			Al			Cu			Zn			Pb			Mn					
I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III			
		297			14.2			410			50			140			9.5			103			84.1
433		495	53.2		136.0	245		150	350		1050	250		440	8.2		2.4	270		792	99.0		111.1
568		433	92.2		99.3	295		150	750		1000	330		340	5.0		4.0	543		557	113		164.2
																					107		
439			109.0			120			1150			300			4.3			320			99.5		
		634			7.2			800			50			60			15.0			51			143.0
483		308	44.4		93.7	345		140	300		1000	140		200	7.2		3.6	255		774	178.5		170.5
		438			124.0			135			1010			320			7.0			815	210.0		203.7
411			127.5			110			850			320			7.2			725			150.5		
339			97.0			60			850			370			6.2			772			139.0		
		1050			54.2			605			400			190			4.3			331			119.3
603		488	83.0		69.6	200		185	750		800	220		280	1.8		2.1	677		658	120.5		145.8
256		389	68.2		76.2	75		100	800		900	290		320	3.7		2.4	872		810	127.0		127.3
																					164.0		
																					128.0		
		950			18.2			1730			50			85			4.6			97			135.6
		494			96.0			120			750			270			5.9			625	165.0		140.0
539					126.0			120			750			300			8.8			658	178.5		155.3
201			75.2			40			700			320			3.3			659			133.0		
125			53.2			38			750			350			5.0			774			124.0		

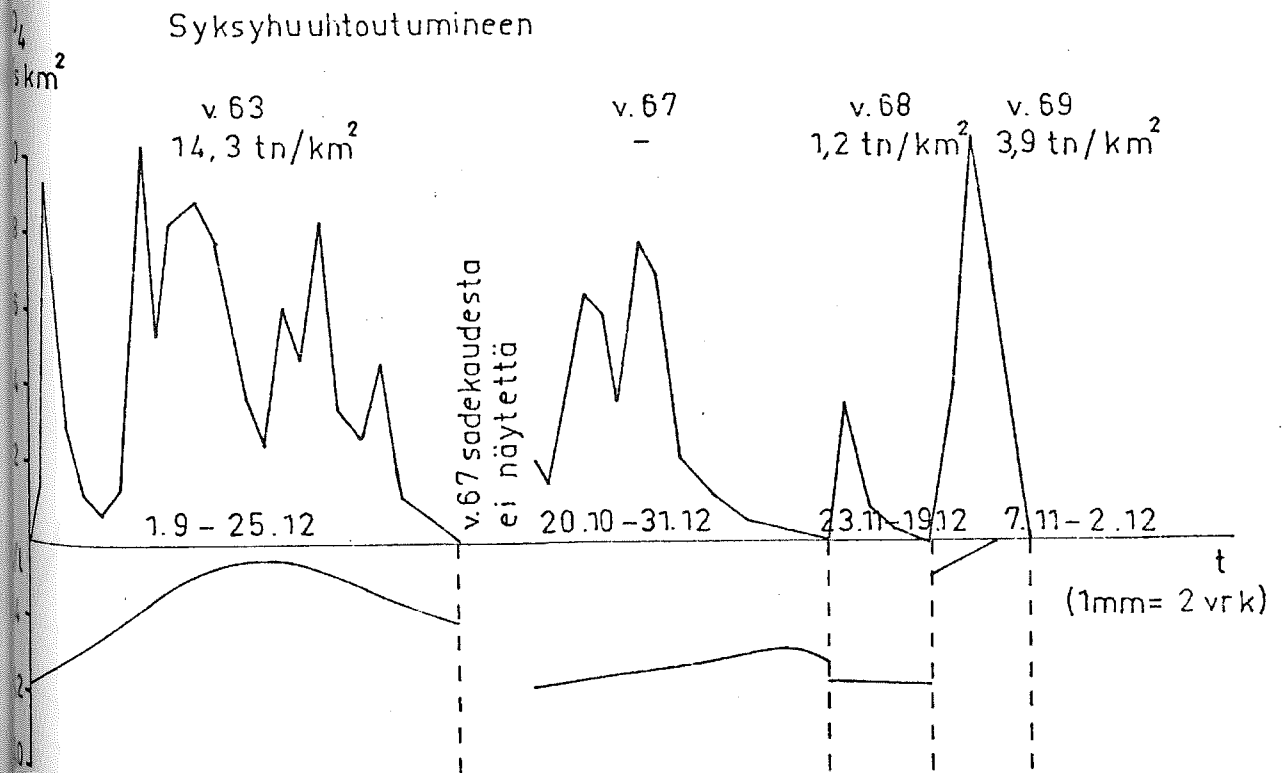
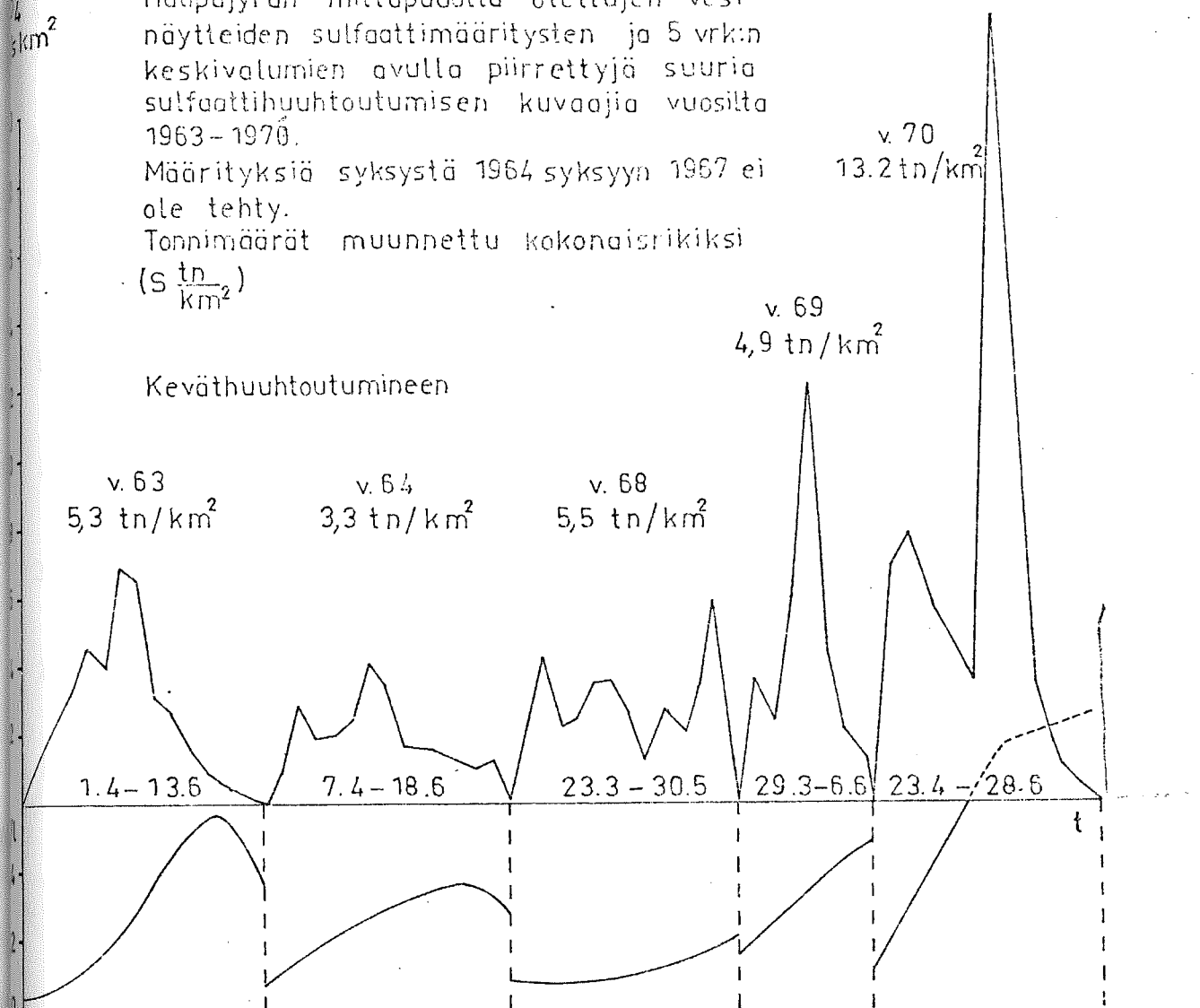


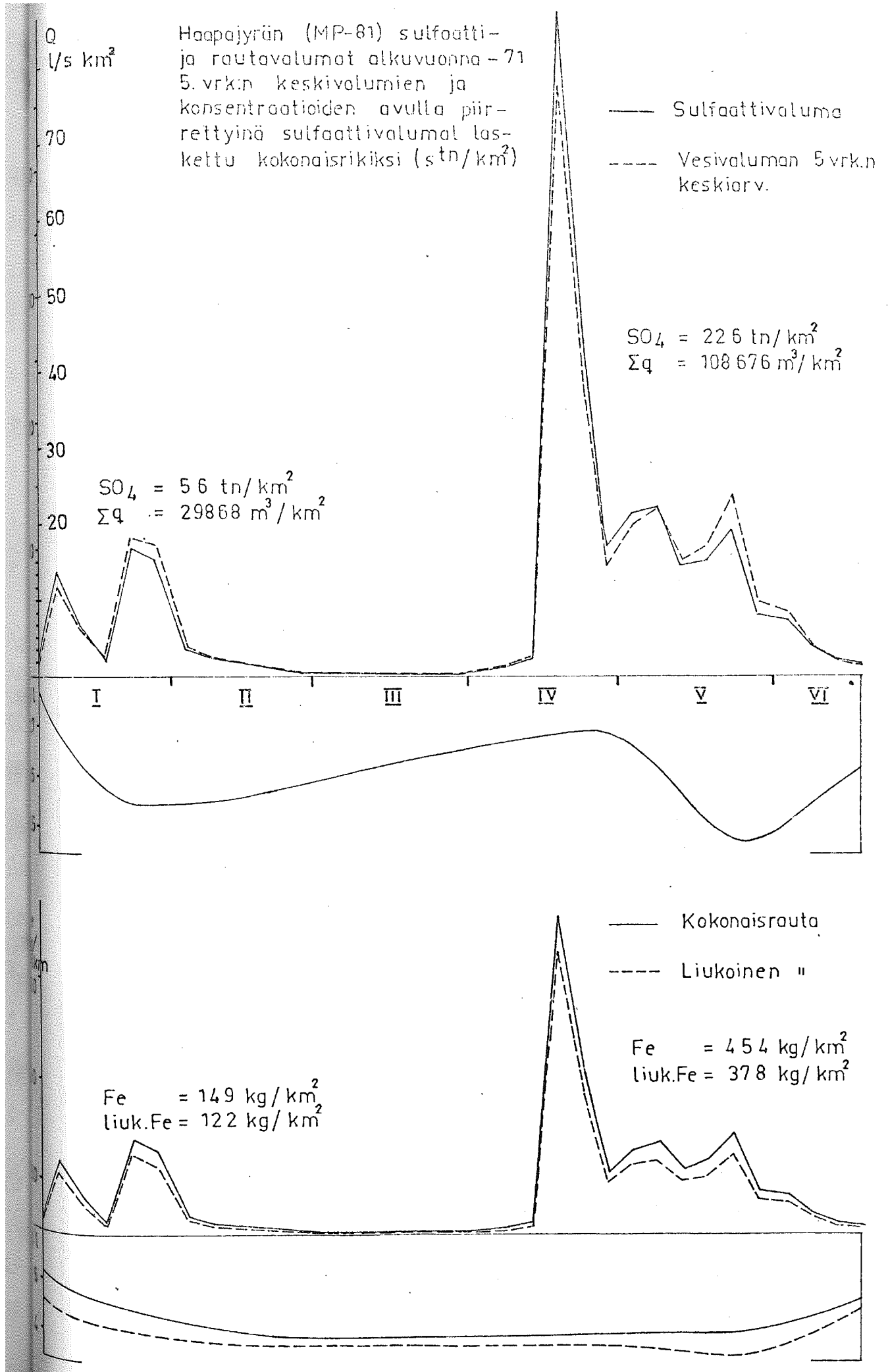
Haapajyrän mittapadolta oletettujen vesinäytteiden sulfaattimääritysten ja 5 vrk:n keskivalumiin avulla piirrettyjä suuria sulfaattihuhtoutumisen kuvaajia vuosilta 1963-1970.

Määrittäisiä syksystä 1964 syksyyn 1967 ei ole tehty.

Tonnimäärät muunnettu kokonaisriikiksi

( $5 \frac{tn}{km^2}$ )

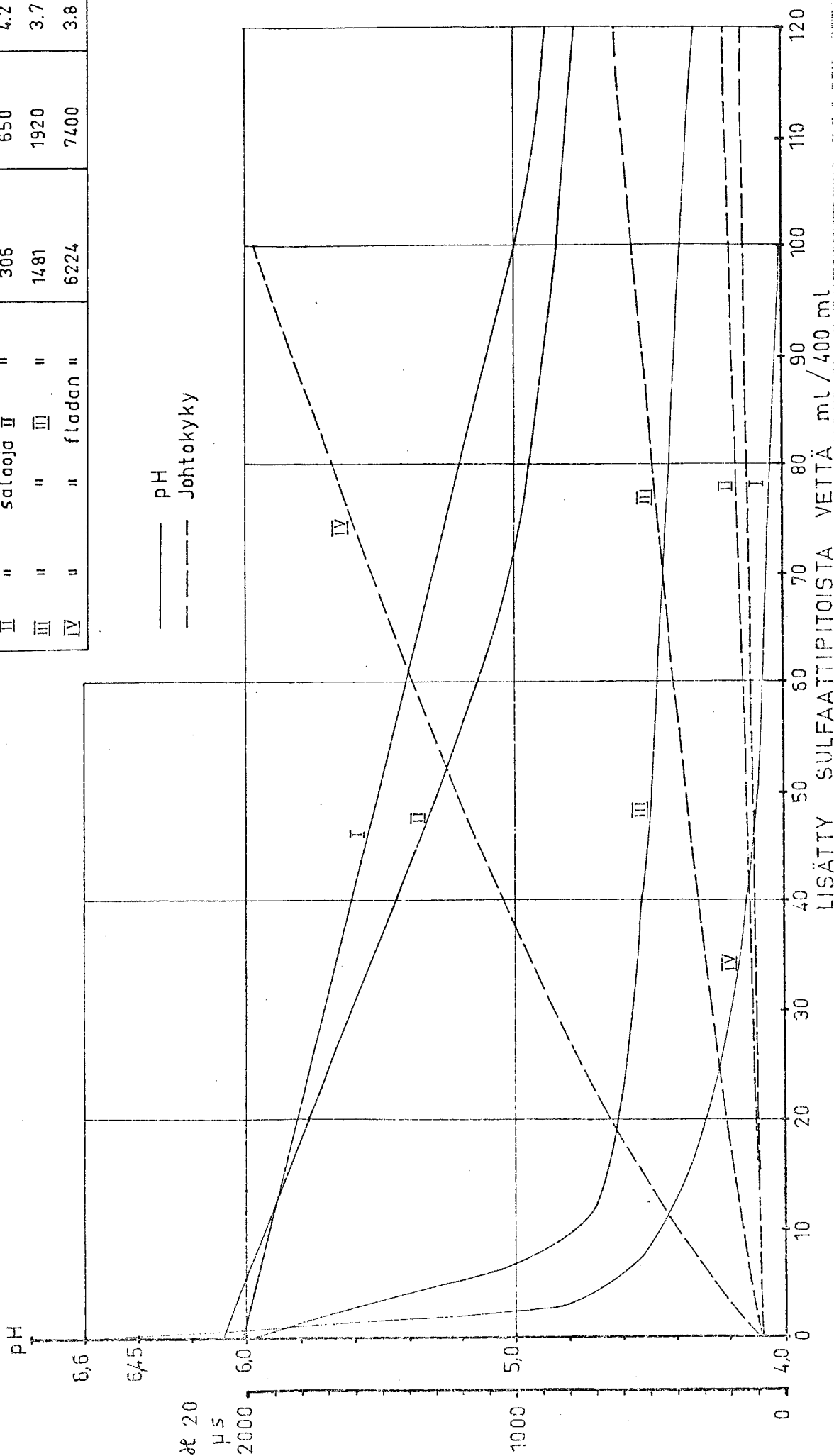




Oso-alue	Sovi-alue	Parvetta savon tai hiesun pöly	Lieter savon tai hiesun pöly	Hiikkaa savon tai hiesun pöly	Myyminen tulvo-alue	%
1	84,0 km <sup>2</sup>	100,8 km <sup>2</sup>	-	-	19,8 km <sup>2</sup>	5,1
2	104,0 "	62,3 "	1,7 km <sup>2</sup>	-	23,8 "	4,2
3	46,3 "	43,3 "	-	49,0 km <sup>2</sup>	29,3 "	5,6
4	23,8 "	2,5 "	2,0 "	-	-	
6	11,8 "	18,5 "	-	-	-	
7	14,3 "	63,3 "	-	9,8 "	21,0 "	1,9
9	21,5 "	5,8 "	1,3 "	-	-	
<b>Yht.</b>	<b>306,5 km<sup>2</sup></b>	<b>296,5 km<sup>2</sup></b>	<b>5,0 km<sup>2</sup></b>	<b>58,8 km<sup>2</sup></b>	<b>93,9 km<sup>2</sup></b>	<b>1,2</b>

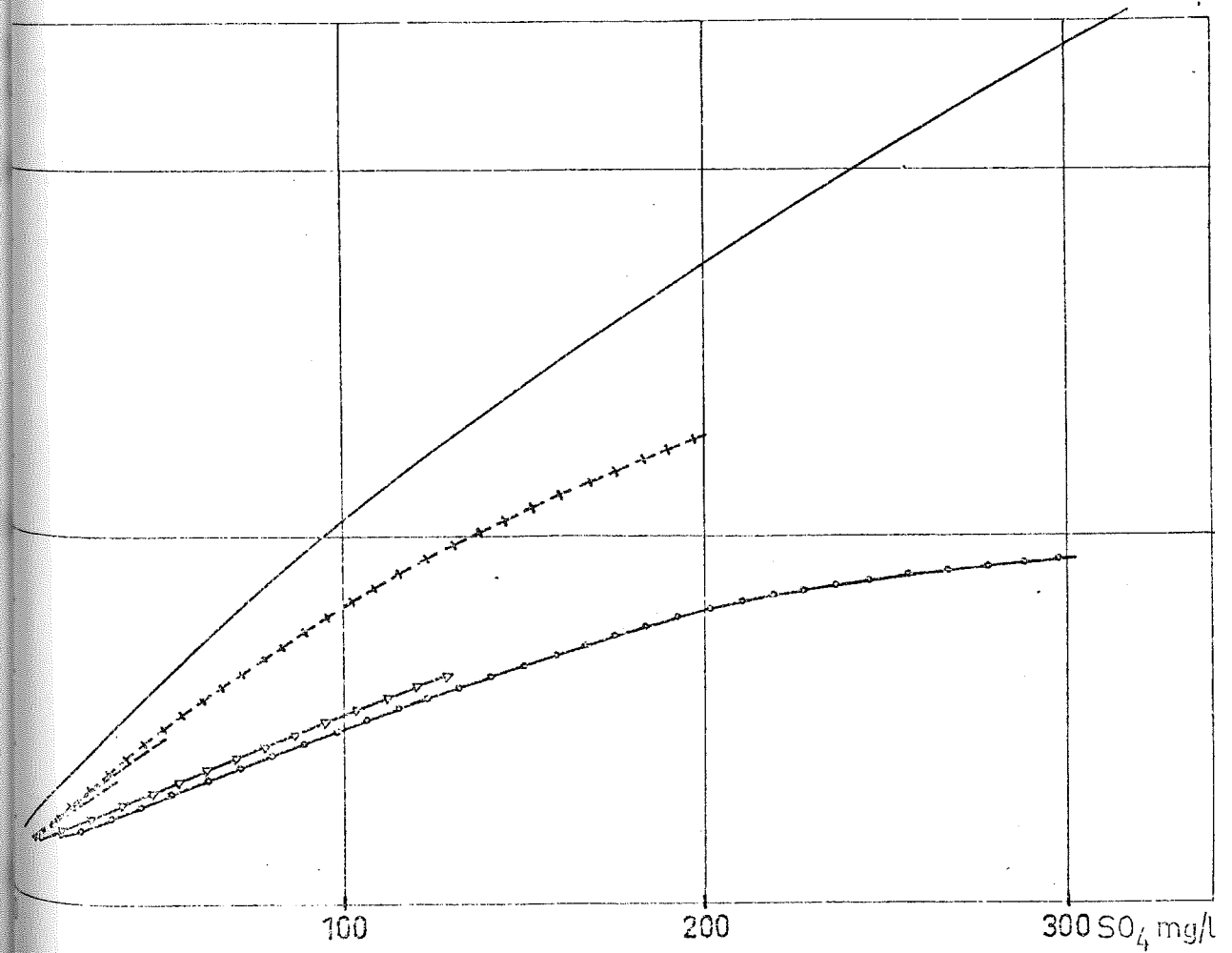
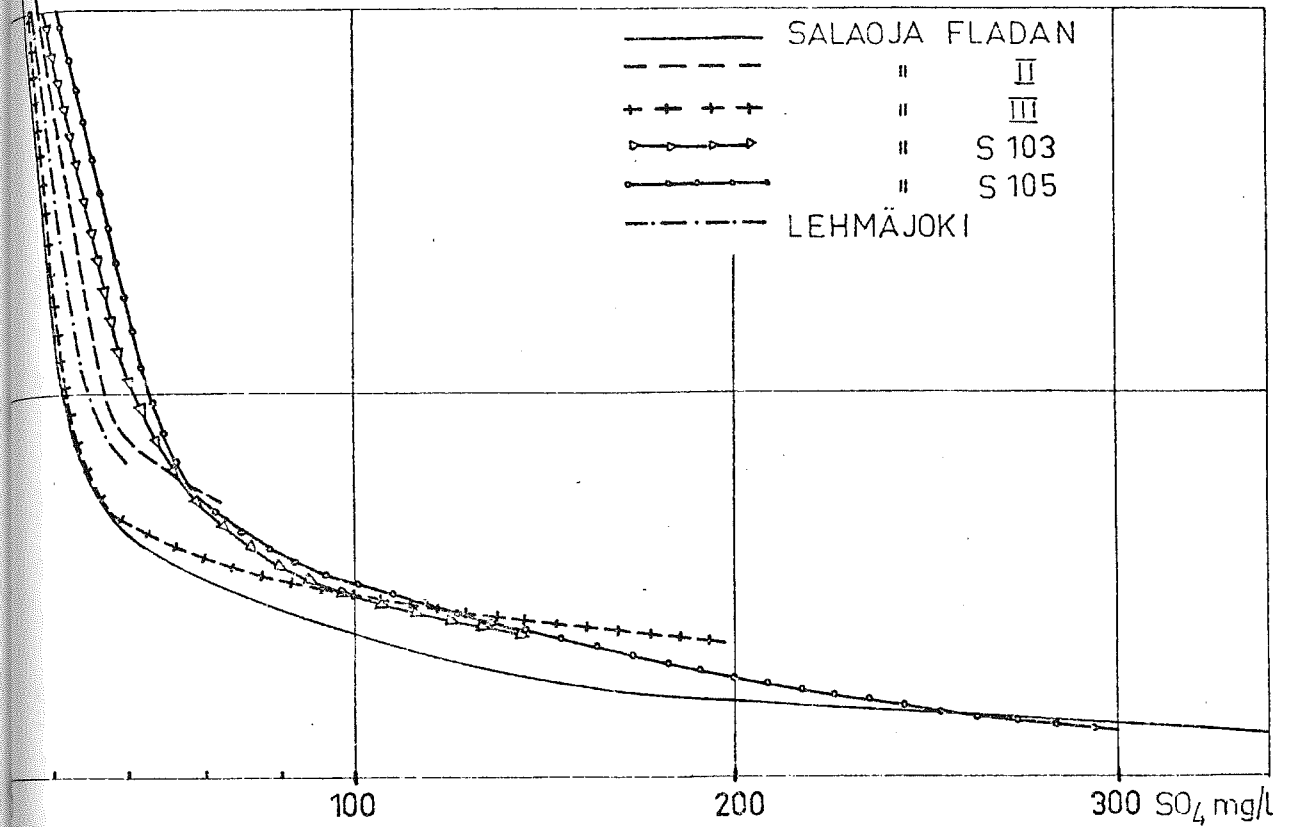
$$306,5 \text{ km}^2 + 296,5 \text{ km}^2 + 5,0 \text{ km}^2 + 58,8 \text{ km}^2 = 666,8 \text{ km}^2$$

	SO <sub>4</sub> -PIT.	JOHTOK.	pH
I Lisätty Lehmöjoen vettä	162 mg l	360 μs	4.4
II " salaoja II "	306	650	4.2
III " " III "	1481	1920	3.7
IV " " fladan "	6224	7400	3.8



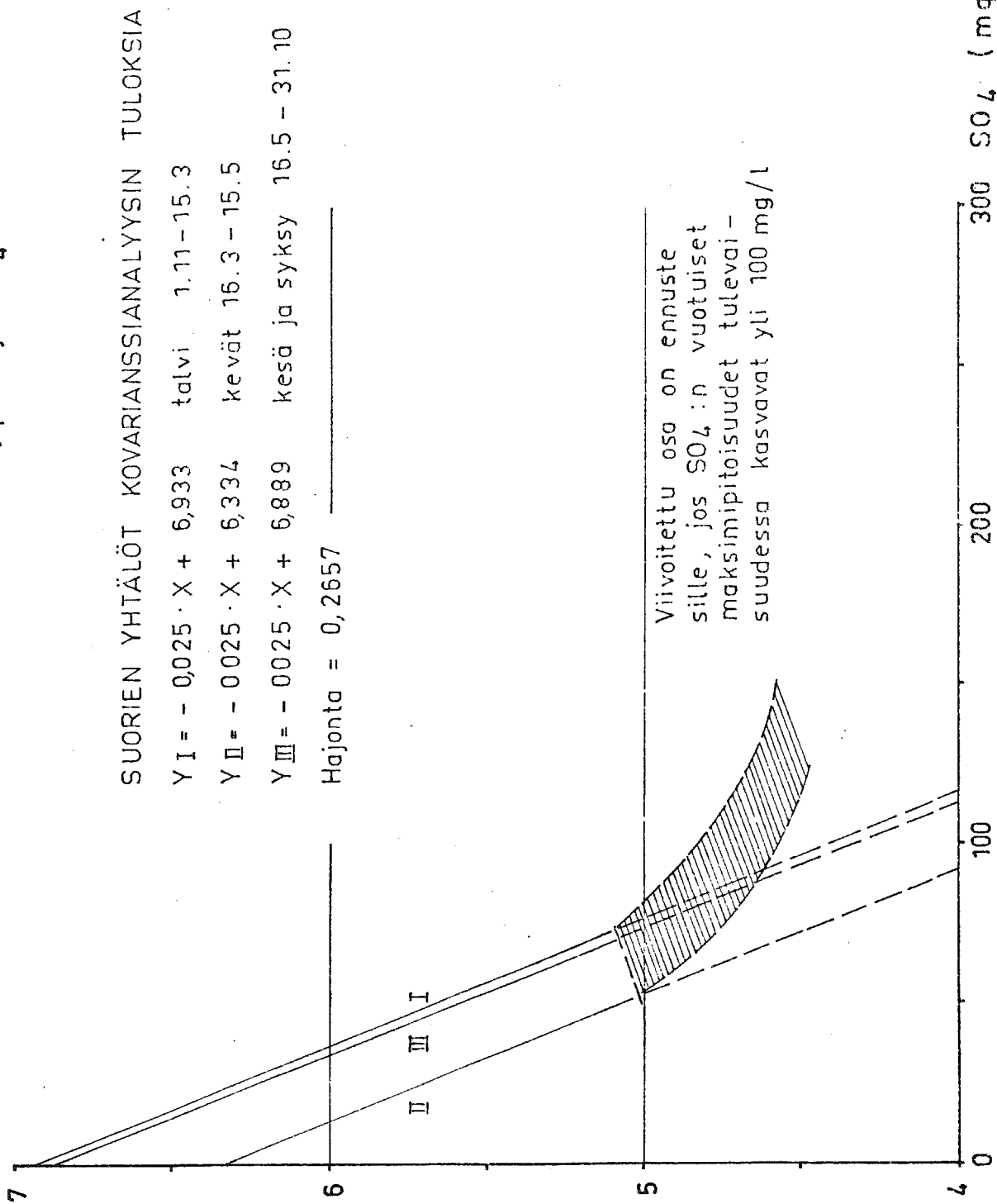


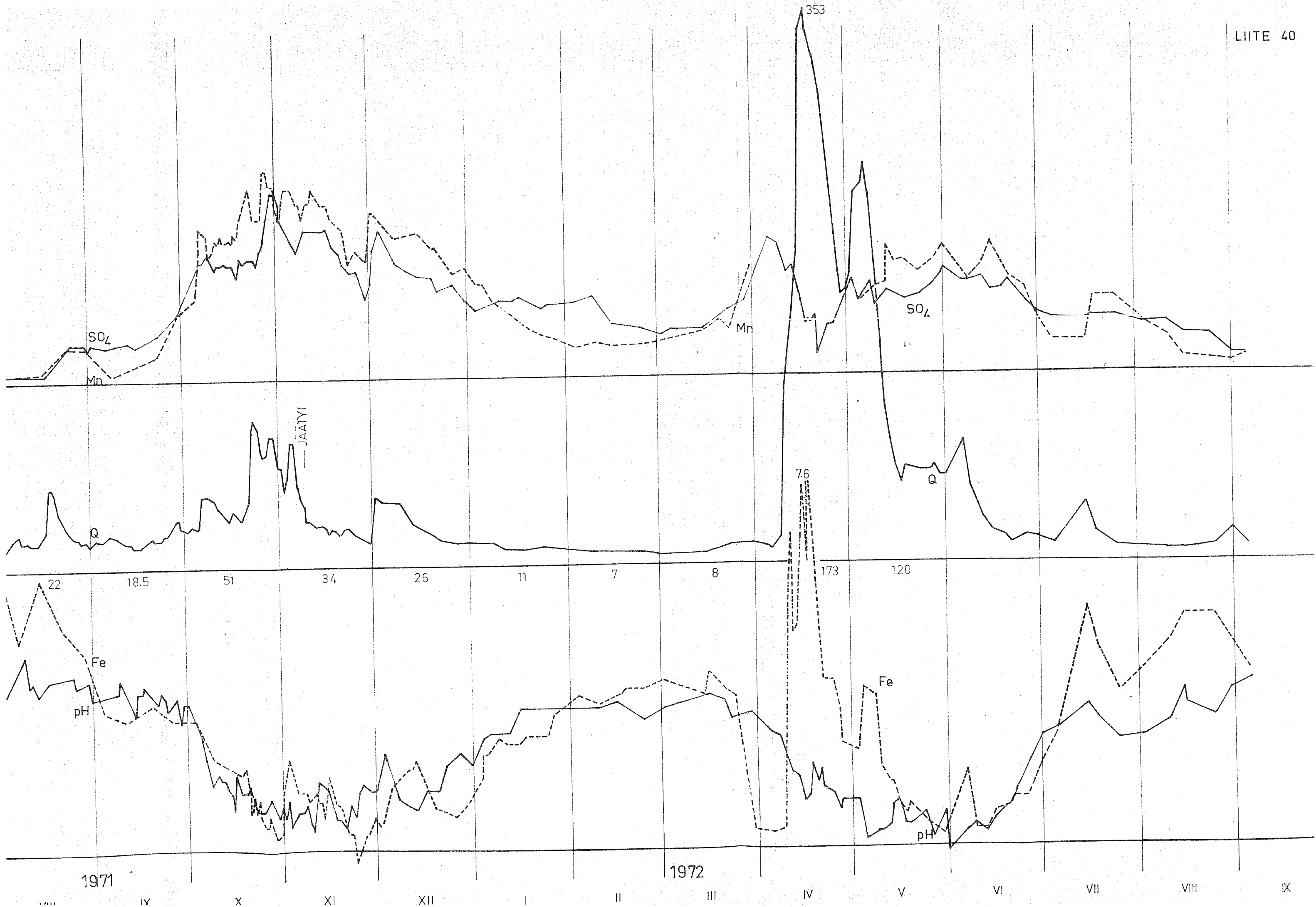
## SULFAATTIEN VAIKUTUS pH:n JA JOHTOKYVYN MUUTOKSIIN



VESINÄYTTEET 1963 - 71, pH:n ja  $\text{SO}_4$ :n RIIPPUVUUS (96 näyt.)

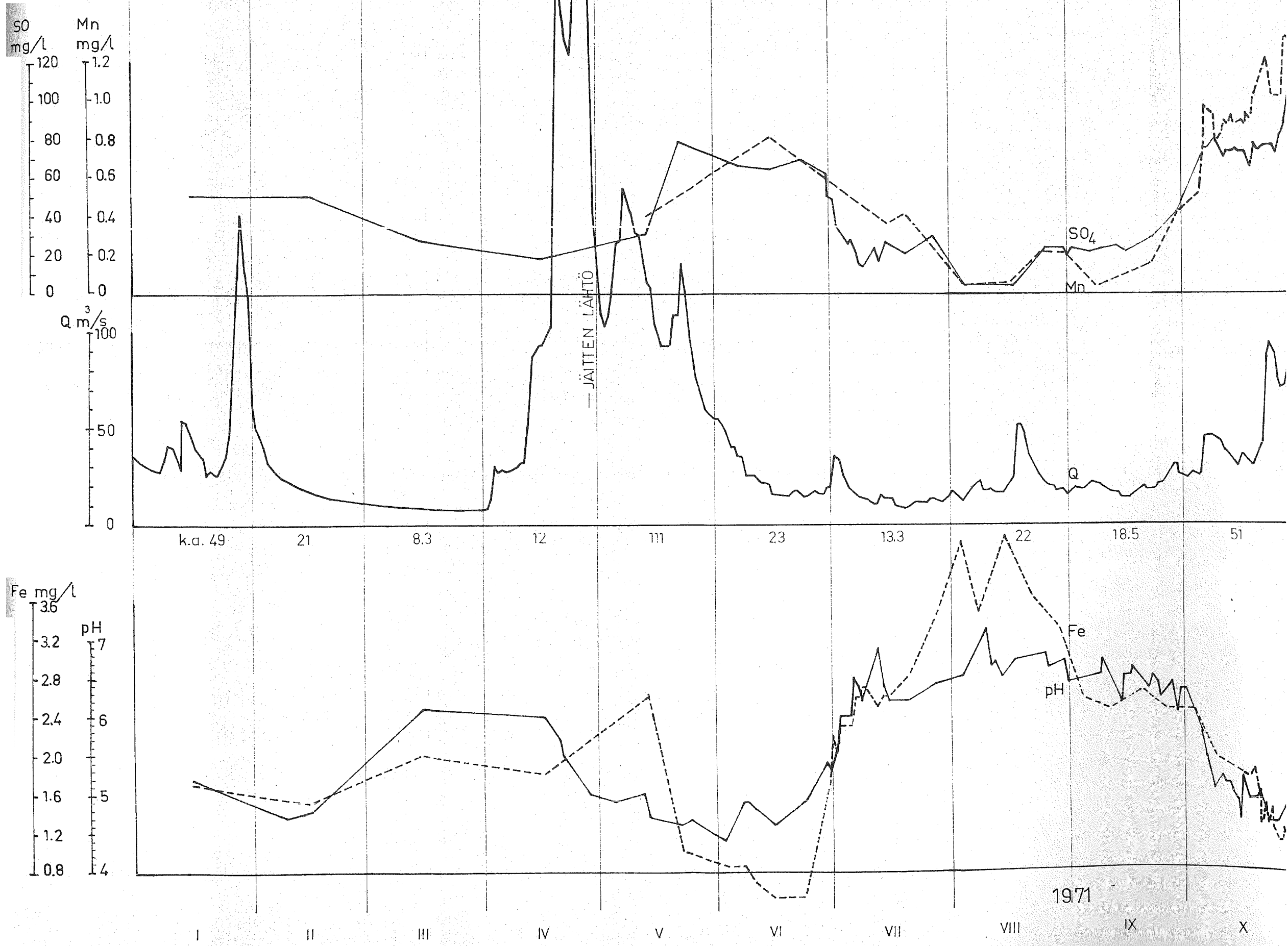
PH



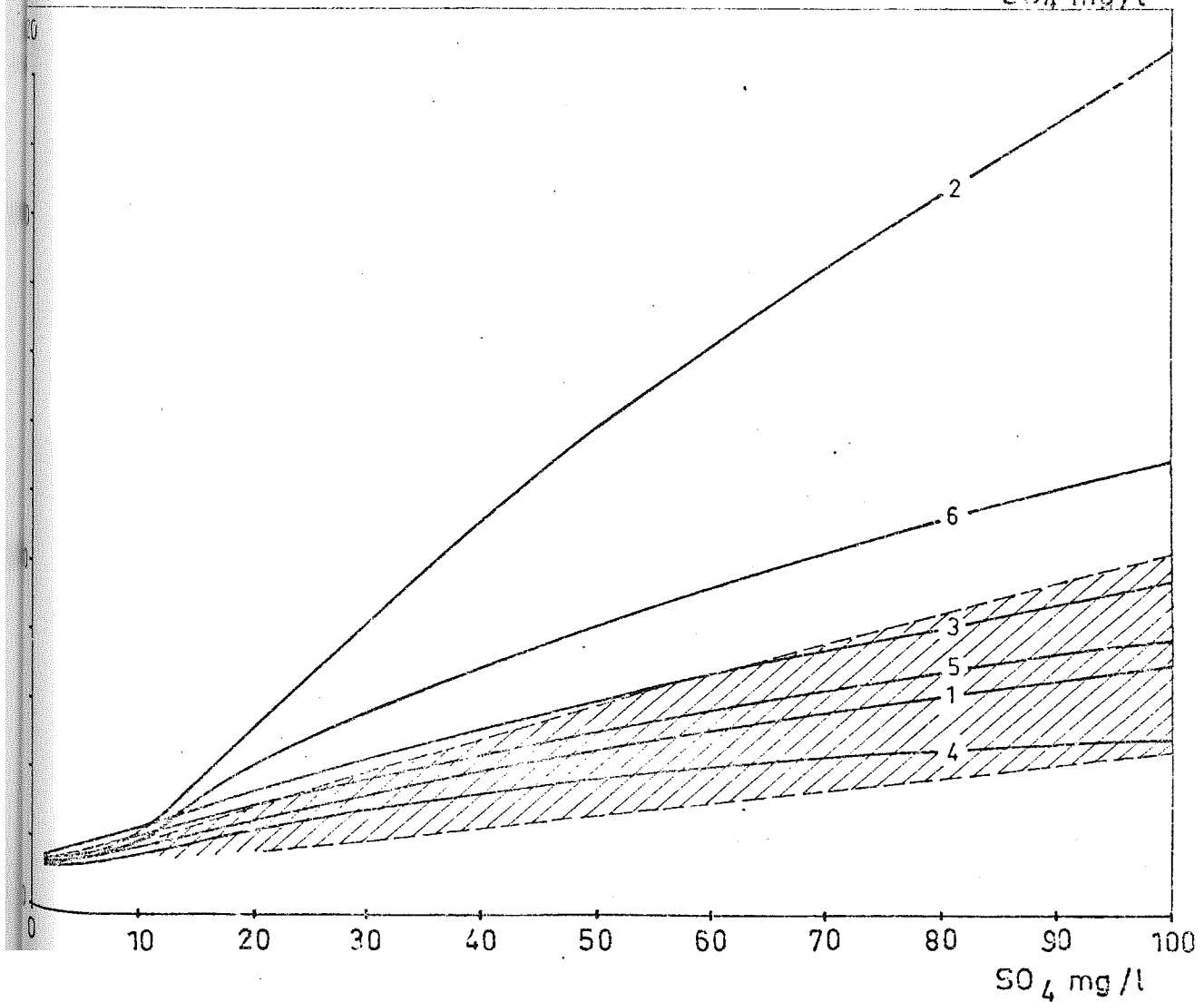
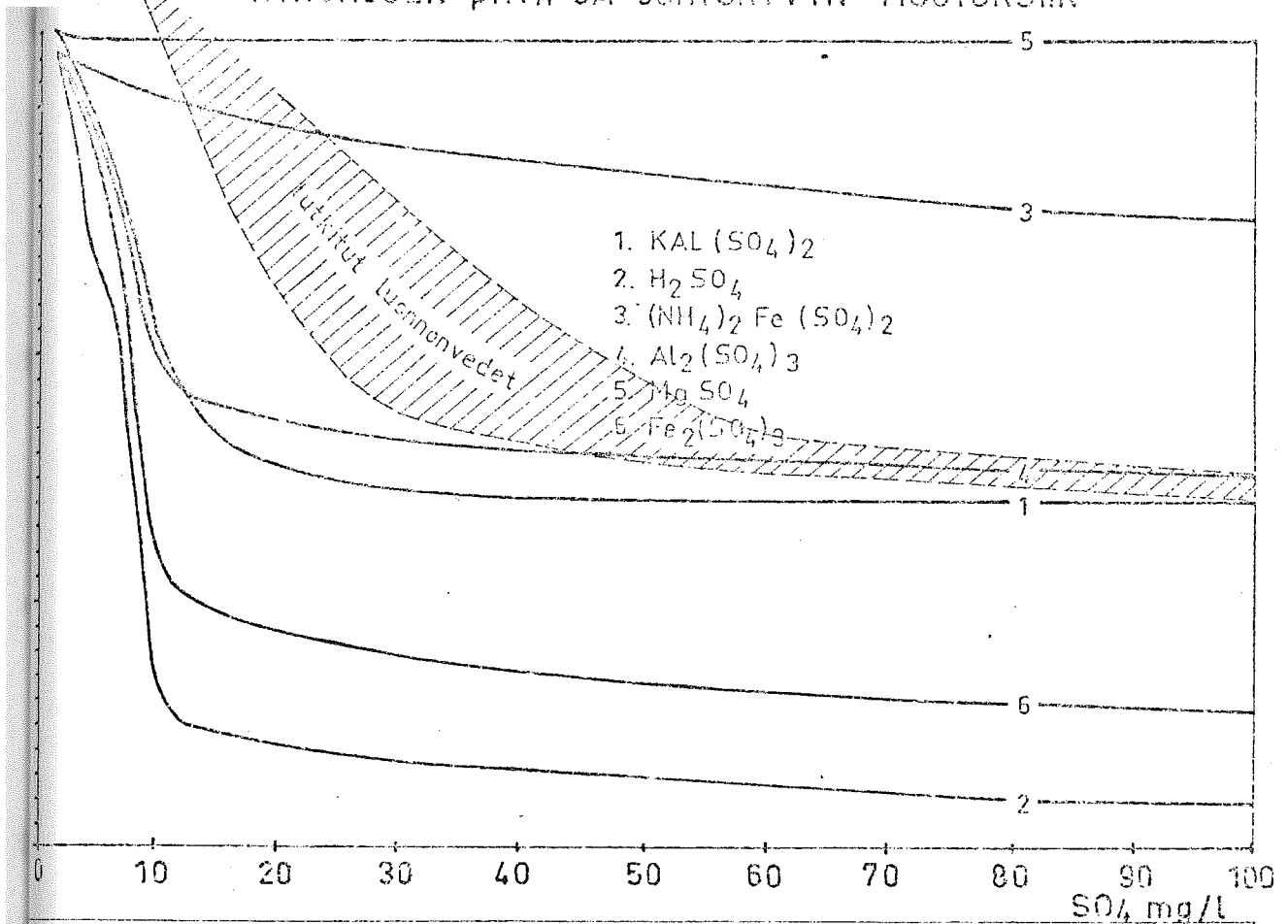


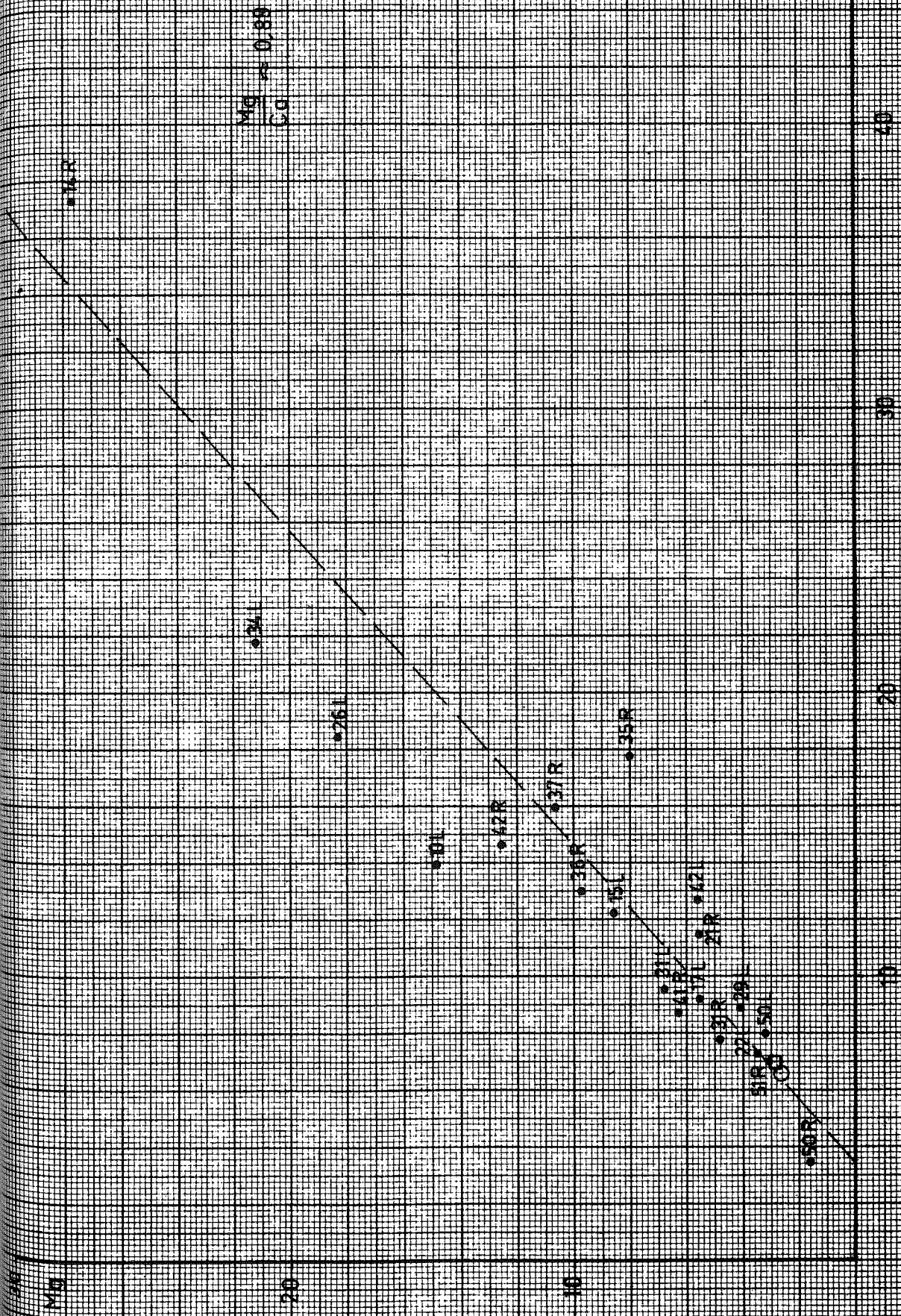
# KYRÖNJOKI, SKATILA

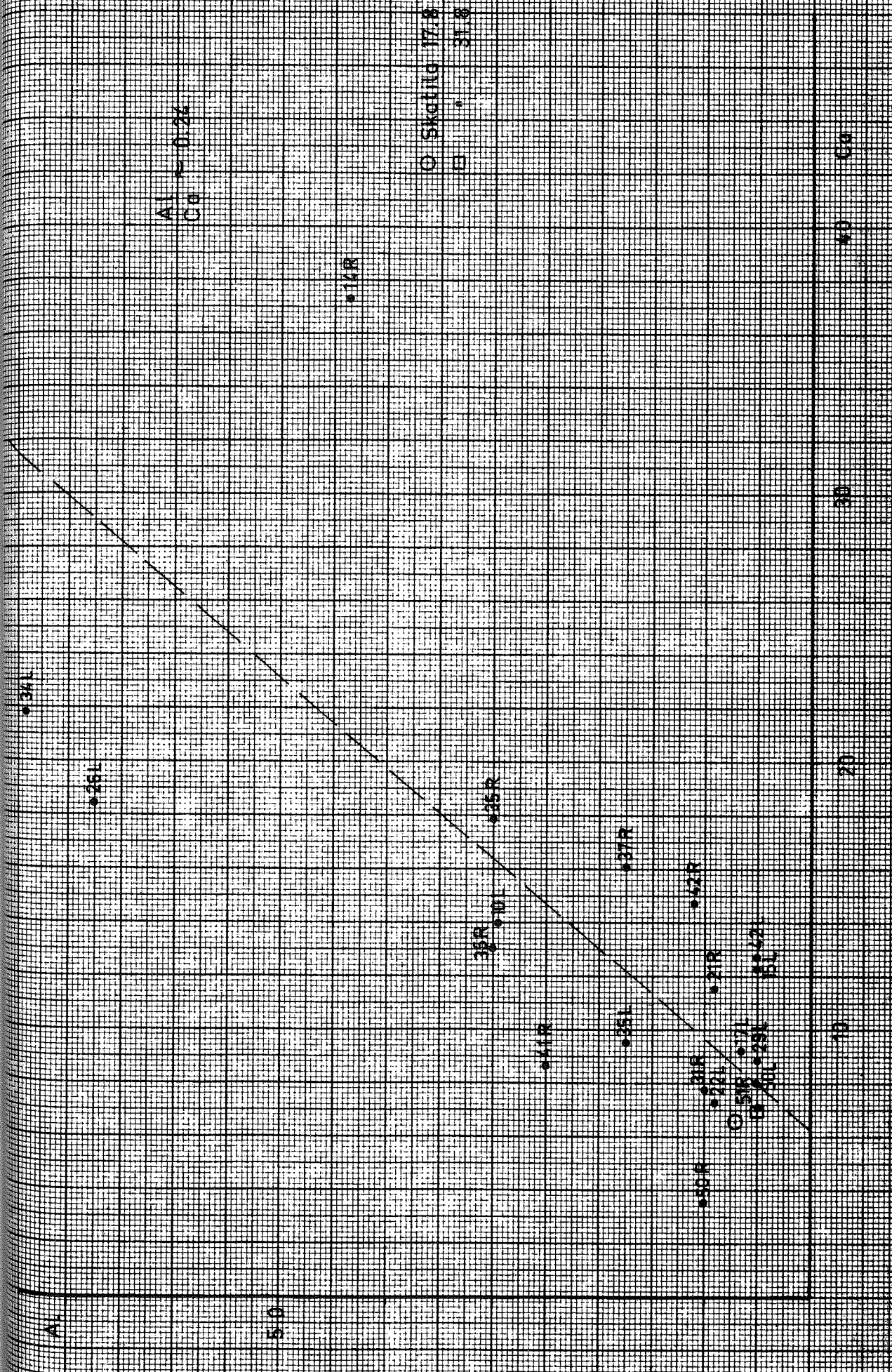
VAASAN VESIPIIRI



SULFAATTILIUOSTEN (1000 mg SO<sub>4</sub>/l) VAIKUTUS  
KYRÖNJOEN pH:n JA JOHTOKYVYN MUUTOKSIIN







AI 5.0

Skating 17.8

AI

5.0

10

20

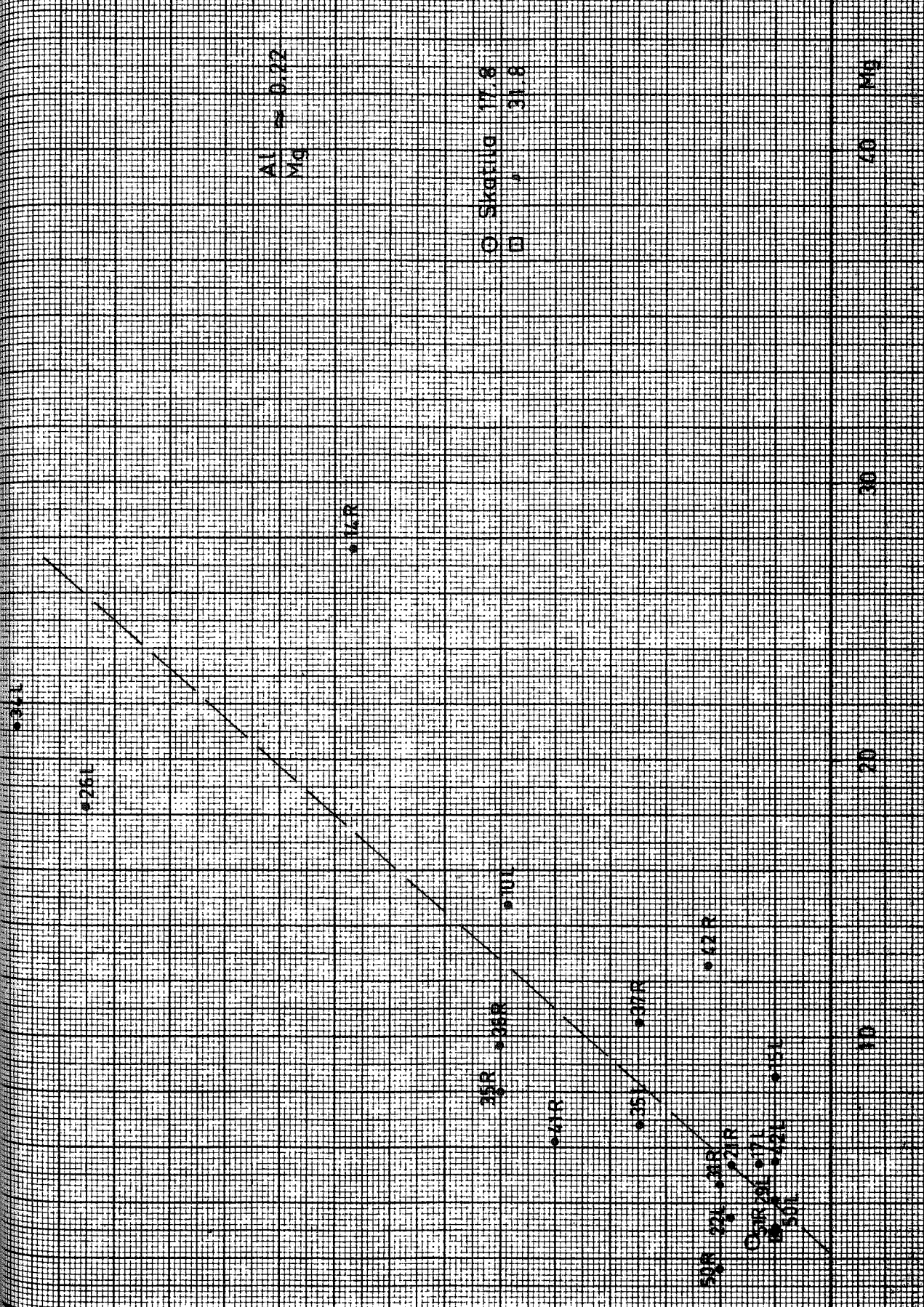
30

40

50

Al = 0.72  
Mg

Skating 17.8  
31.8



5.0

10

20

30

40

50

60

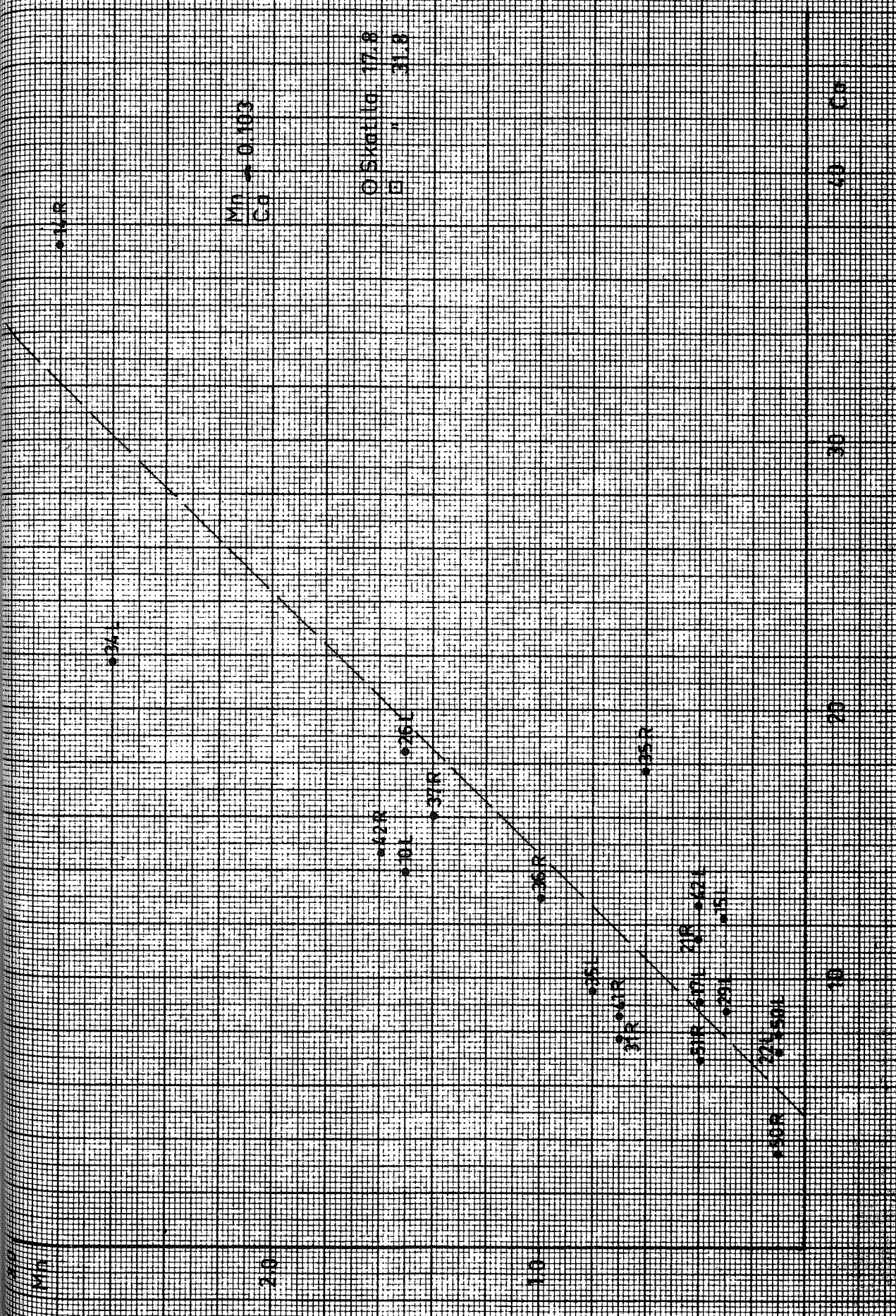
70

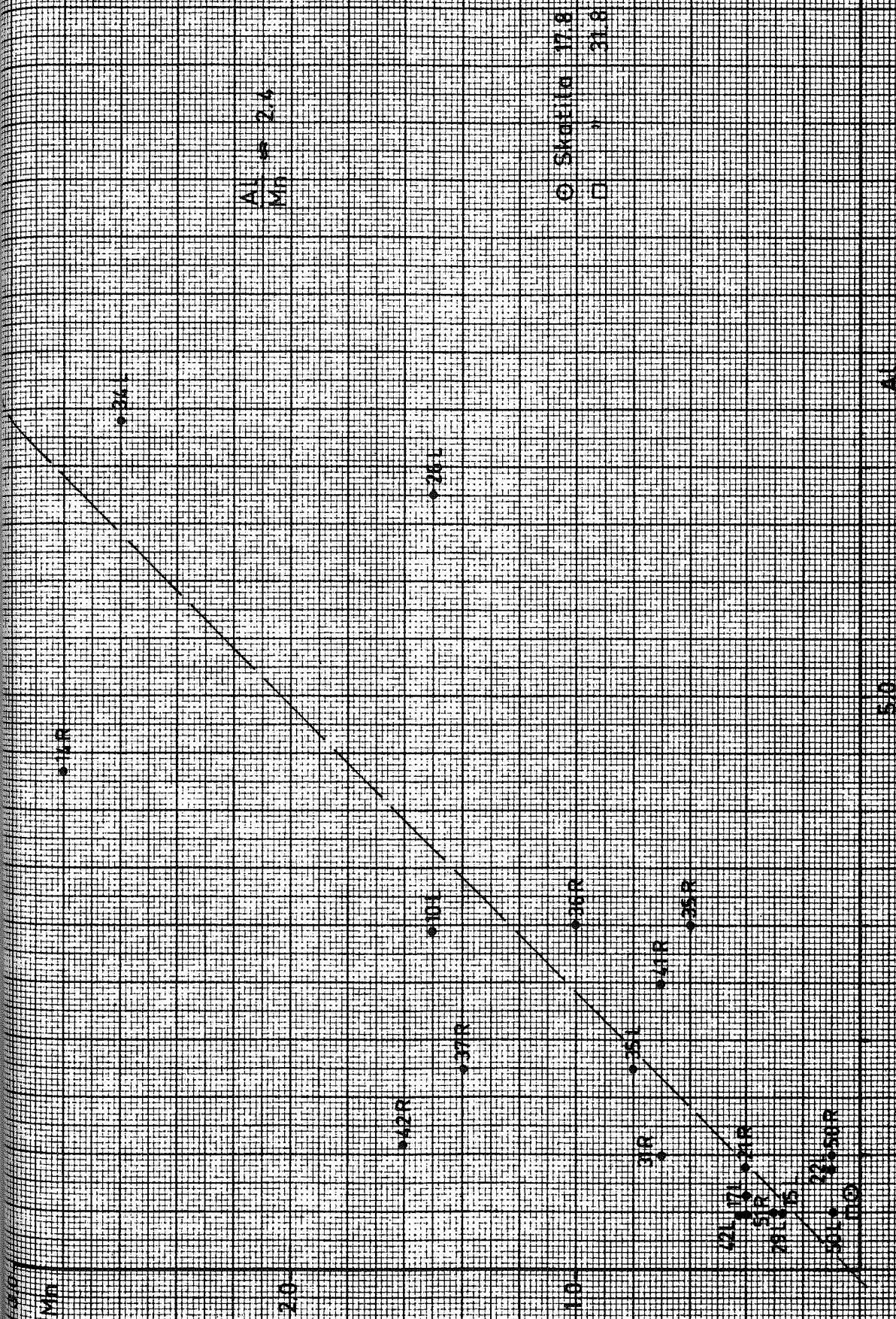
80

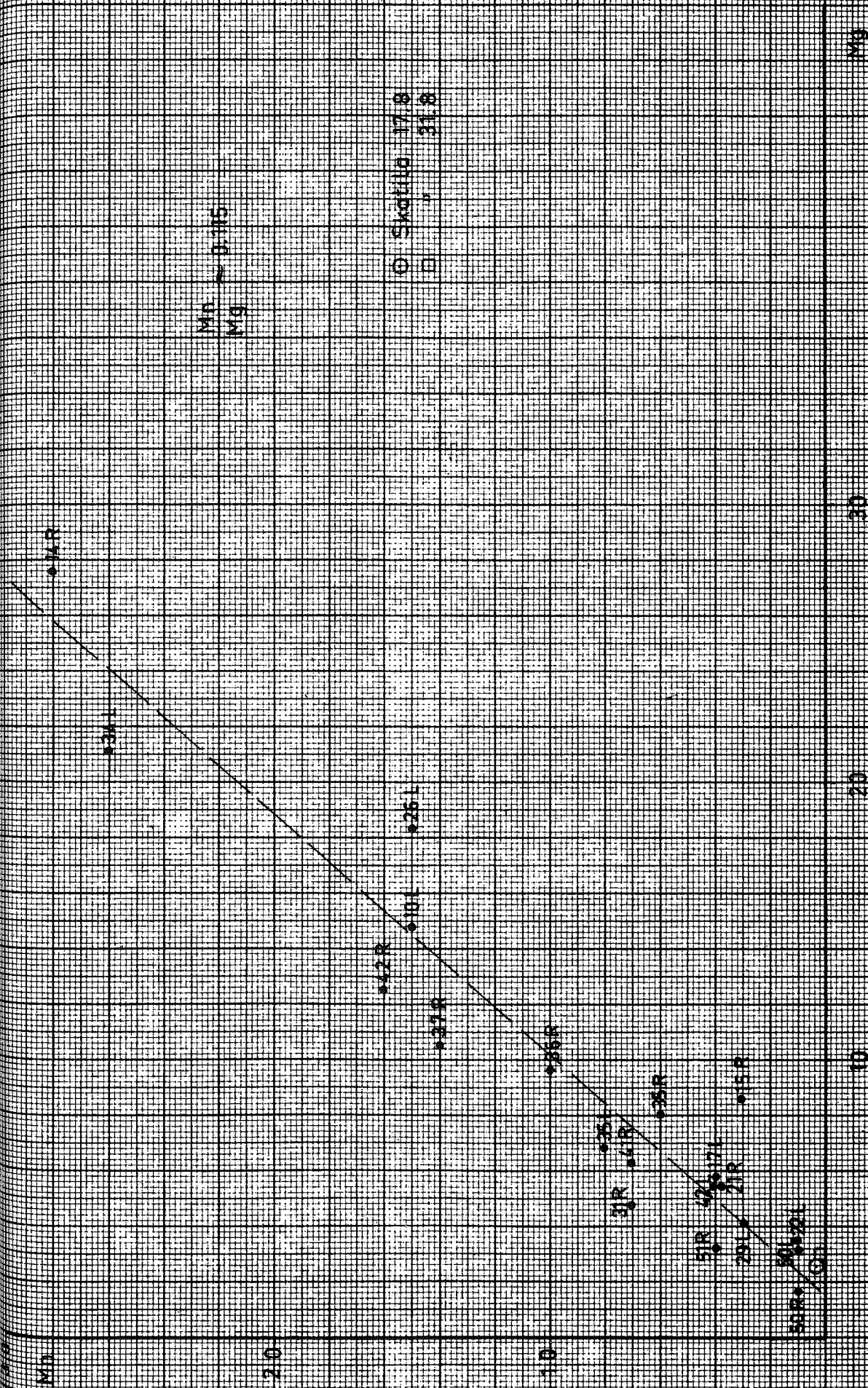
90

100



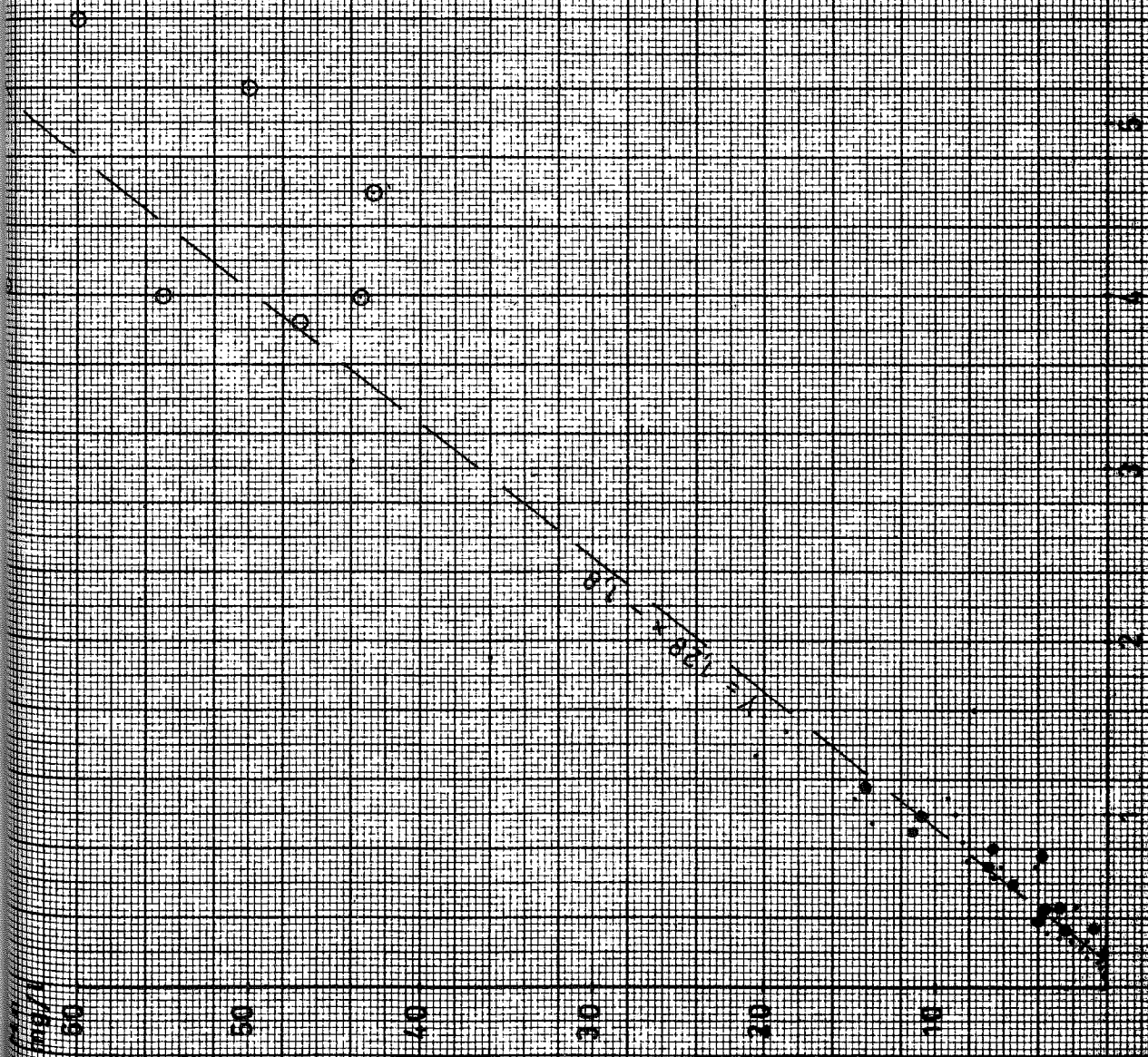




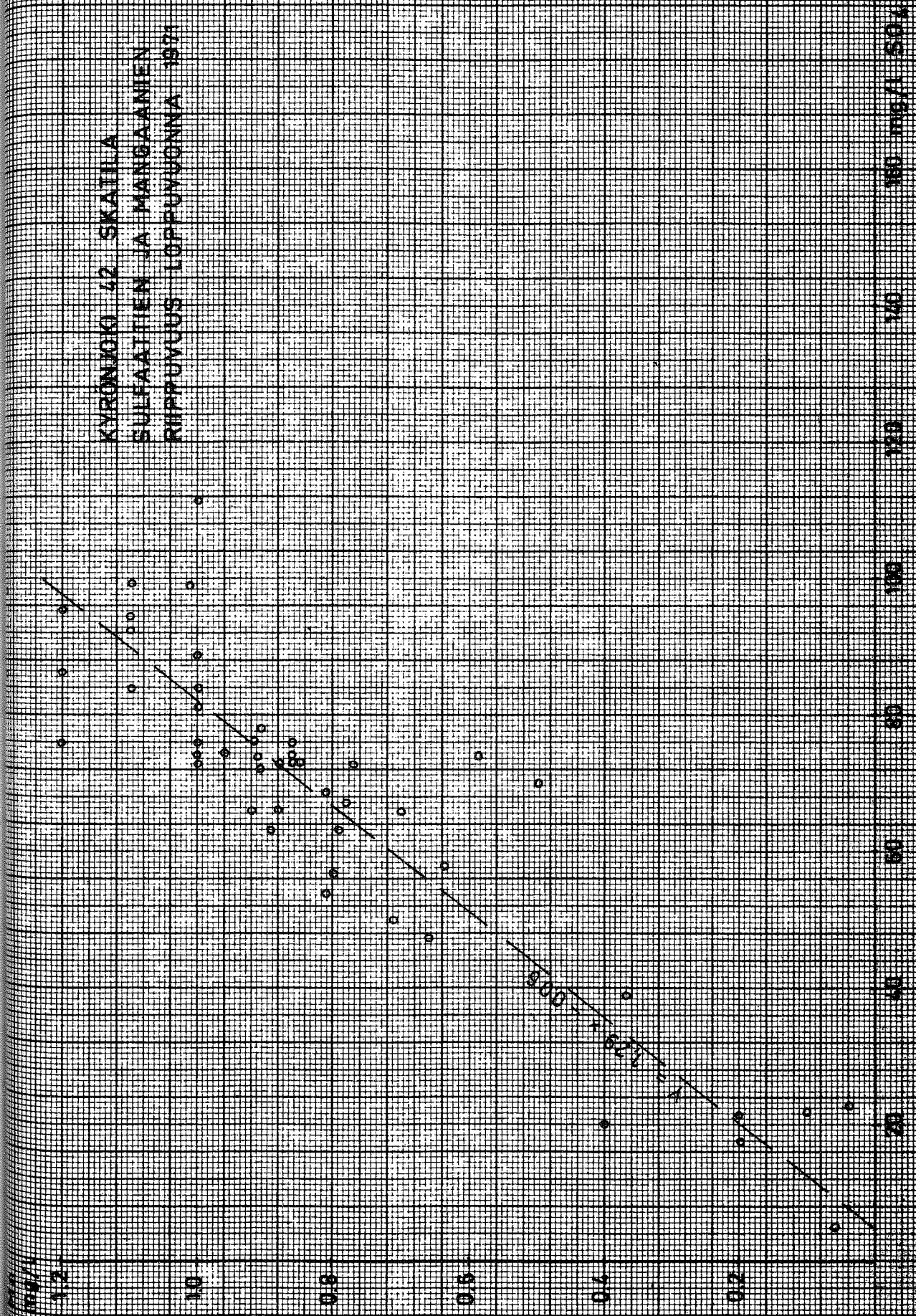


MANGAANIN JA SULFAATTIEN  
RIIPPUMIUS SALAJAVESISSÄ  
1.-7.12.1977

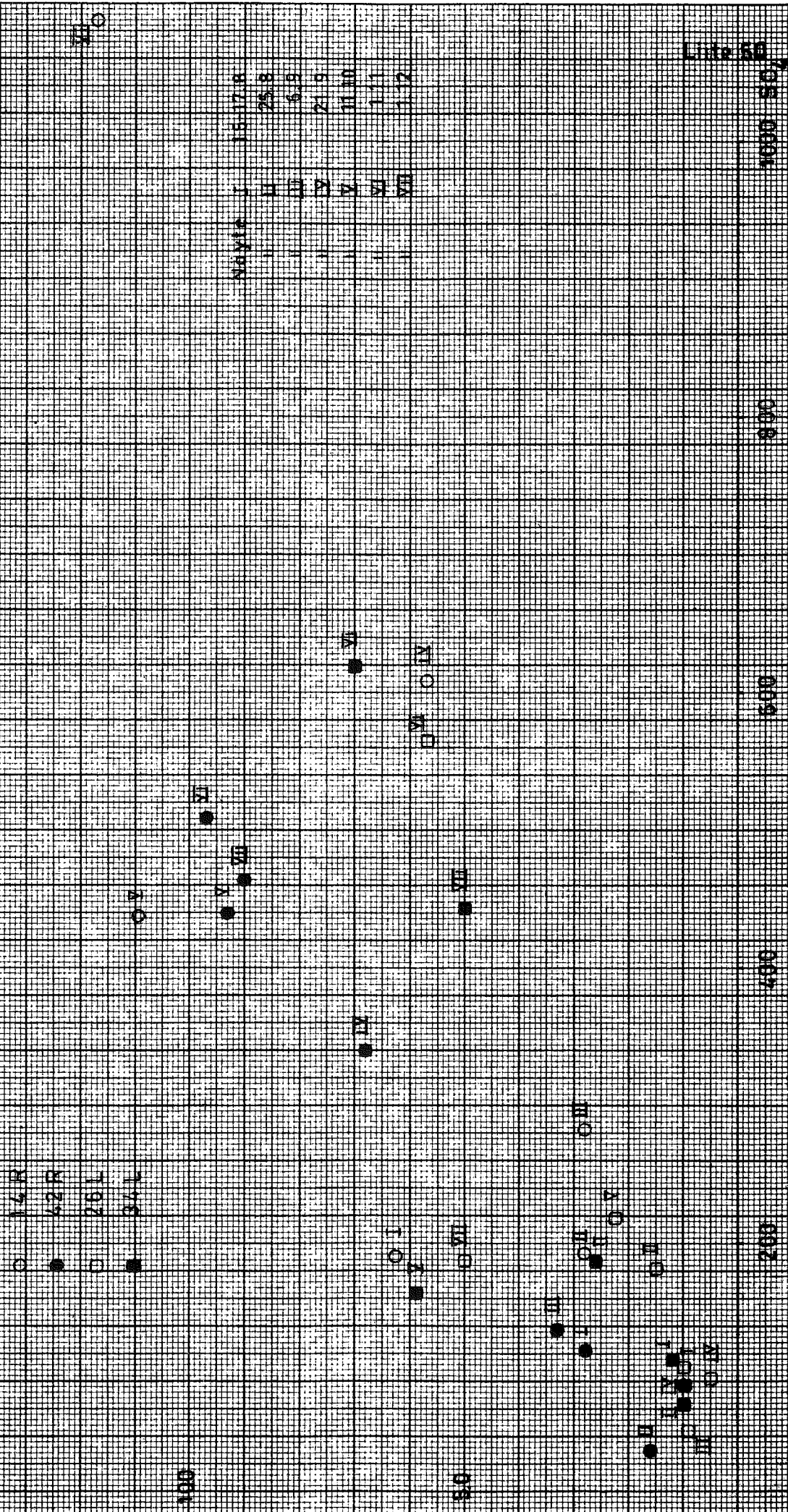
VLISITARON OJASTOT  
KIVIVULANDEN " "  
TUOVILANJOEN " "



KYRÖNKOJI 42 SKATILA  
SULFAATTIEN JA MANGAANIN  
RIIPPUVUUS LÖPPIVUONNA 1977



PURDJEN 14R, 22R, 26L JA 34L Mn - SO<sub>4</sub> - SUHDE  
 NÄYTTEENOTTOKERROLLA I - VII 16.8 - 11.12.1971



Pvm	Sijainti	Etäis. G-pist.	Syvyys (cm) maanpinnasta	Näytt. n:o	Kost. %	pH	JL	mg/l maata									
								Ca	K	P	Mg	Fe	Al	Mn			
22.7	G 1	15 m	160	19382		3,55	21,5										
"	G 1	"	160	19383		3,40	25,7										
23.9	G 1	"	50	19428	38,4	3,45	6,18	50	45	7,0	81	616	195	7,3			
"	G 1	"	150	19427	48,3	3,50	11,6	1000	40	6,3	122	488	215	12,5			
22.9	G 4	5 m	30	19433	33,0	3,90	1,45	50	85	3,0	39	407	220	12,5			
"	G 4	"	100	19434	61,1	3,50	5,32	100	100	3,0	101	701	240	2,0			
21.7	G 5	60 m	50	19362		3,50	7,00	250	150	6,4	182	813	180	14,6			
"	G 5	"	100	19361		3,65	7,20	150	130	2,3	170	800	235	18,5			
"	G 5	"	100	19360		3,45	44,0	2200	220	7,0	1700	1220	1500	177,5			
20.9	G 5	"	50	19440	75,7	3,70	3,65	200	120	3,0	111	819	195	13,5			
"	G 5	"	100	19441	64,3	3,65	6,52	225	150	4,0	189	805	212	13,8			
21.7	G 11	120 m	100	19373		4,10	1,45	100	170	5,3	75	410	210	2,9			
22.9	G 11	"	50	19507	31,1	4,55	1,91	500	180	4,4	116	217	110	2,8			
"	G 11	"	100	19506	47,5	4,30	2,18	250	180	7,7	110	405	148	3,6			
21.7	G 12	30 m	0	19377		4,20	3,10	400	200	7,0	67	477	195	7,8			
22.9	G 12	"	0	19511	58,2	4,40	1,43	200	80	1,8	70	351	228	3,0			
"	G 12	"	80	19510	73,9	4,00	2,31	150	100	5,2	63	800	215	4,0			
23.9	G 15	40 m	50	19419	50,5	3,40	9,81	150	60	8,8	135	845	225	13,2			
"	G 15	"	150	19418	75,3	3,35	12,6	400	120	9,1	200	646	153	20,2			
"	G 15	50 m	40	19421	51,6	2,75	26,6	1850	20	5,9	310	930	395	29,2			





Ujasa-  
to

Ujasa- to	1971	°C	20 uS	pH	Fe mg/l	Mn	SO <sub>4</sub>	Ojasto A ha	Q l/s	q l/s km <sup>2</sup>	Feltoa ha	Salaajil- tettu ha	Metsaa ha	Luonn. til.ha	Uoman tyyppi
A13	27.5	11.0	130	5.4	1.6	0.3	100	12			3.		9.		Edellisen
	4.6	18.0	147	6.3	1.1	0	31								Jatko val-
	23.10	1.9	840	4.8	3.1	6.4	419		0.1						taajana-
	2.12	0.7	520	4.8	0.89	4.2	250		0.25						pellolla
A 1	23.10	0.1	4030	4.2	4.5	45.	2871	1.4	0.3		1.4				Sarka-
	1.12	0.2	2150	4.2	0.67	15.3	3140		0.35						Oja
	2.12	0.1	2240	4.2	0.97	18.	1310		0.2						
3) A 2	23.10	0.9	4440	3.8	173.	21.	4372	0.35	0.1					0.35	--''--
3) A 3	23.10	0.7	4480	3.7	158.	22.	4394	0.35	0.1					--''--	--''--
	1.12	0.1	3800	3.4	121.	19.8	3730		0.02						
	2.12	1.0	490	4.9	0.98	3.6	200		0.25						
3) A 4	23.10	0.9	5450	3.7	154.	25.	6208	0.35	0.1					--''--	--''--
3) A 5	23.10	0.9	4760	3.7	215.	23.	4708	0.35	0.1					--''--	--''--
3) A 6	23.10	1.0	2800	3.9	54.	11.4	2341	0.40	0.2					0.40	--''--
	2.12	0.1	2580	3.7	35.4	11.3	2150		0.15						



013300	1971	°C	120	mg/l	4	A ha	l/s	l/s km <sup>2</sup>	ojl-tattu	tyyppi	tilausta saa	toa
A 10	23.10	1.8	1230	4.4	2.9	6.6	662					
A 11	23.10	2.3	290	5.3	2.2	0.31	357	29		eristyssoja	50	2
	02.12	0.1	720	5.7	0.65	2.5	369					
A 14	23.10	2.9	3780	4.4	15.5	18.1	1951	0		valtaoja		
	02.12	0.1	2670	3.8	16.7	14.2	1715					
A 15	23.10	2.7	5450	3.8	104.	51.	3998	0		sarkaoja		0.65
A 16	23.10	3.8	5690	3.9	99.	47.	4626	0		sarkaoja		0.65
A 17	23.10	3.4	5250	4.0	112	48.	3695	77		sarkaoja		0.65
	01.12	0.2	4110	3.6	9.3	35.5	2980					
A 18	23.10	3.1	5800	3.7	28.3	46.	3783	0		valtaoja		
	02.12	0.1	770	6.0	0.15	2.2	232					
A 19	23.10	2.1	4990	4.0	22.8	37.	3534	20	15.	valtaoja	47.5	21.
	02.12	0.8	3830	3.5	74.4	23.1	2610					
A 20	23.10	2.3	5070	4.2	20.	37.	3672	10	3.5	valtaoja	5.5	8.5
	02.12	0.6	3830	3.8	8.1	25.5	2550					





SALAOJAVESINÄYTTTEIDEN TULOKSET

1

Ojasto	Ottopv. 1971	t °C	W20 uS	pH	Fe mg/l	Mn	SO <sub>4</sub>	Ojasto Q A ha l/s	Q l/s km <sup>2</sup>	Salao- jitettu	h (N <sub>43</sub> - tas.) m	Huom.	
<u>Fladanin alue: Laihianjoki 41. Mustasaari (Tuovilanjoen pengerrysalue)</u>													
S 3	15.10	7.6	6600	4.1	15.7	42.1	2900	1.92	0.09	4.7	1967	0.5	Laskuaukot S 3, S 4, S 5, S 6, S 7, S 8 ja S 9 vesi- pinnan alla 10- 50 cm ellei pum- pata. 20.10. näytteenottoa varten kuivatus- oja tyhjennet- tiin, jolloin virtaamat sel- västi kasvoivat.
	20.10	7.2	6750	4.3	87.	55.	3700		0.7	36.			
	3.12	4.6	6780	4.1	75.	47.	3850		0.25	13.			
S 4	15.10	7.8	6950	4.1	15.5	40.6	3300	2.98	0.1	3.4	1967	0.5	
	20.10	7.5	7060	4.2	109.	46.	3500		1.0	33.5			
	3.12	4.1	7200	4.0	117.	65.	4050		-	-			
S 6	15.10	7.6	6680	4.0	14.7	42.6	3000	2.85	0.05	1.8	1968	0.5	
	20.10	7.5	6870	4.2	113.	45.	4100		0.8	28.			
	3.12	4.5	6680	4.0	99.	55.	4000		0.3	10.5			
S 9	15.10	8.2	6490	4.1	4.0	37.1	4100	5.40	0.25	4.6	1971	0.5	
	20.10	7.2	6320	4.2	4.7	45.	4600		1.4	26.			
	3.12	4.6	5980	4.1	4.5	43.4	4000		0.7	13.			

Ojasto	Ottopv. 1971	t °C	σ <sub>20</sub> uS	pH	Fe mg/l	Mn	SO <sub>4</sub>	Ojasto A ha	Q l/s	q l/s km <sup>2</sup>	Salao- jitettu	h(N <sub>43</sub> ) m	Huom.
S 7	20.10	7.1	6440	4.1	28.	52.	4500	4.95	1.2	24.	1969	0.5	
S 5	20.10	7.0	6350	4.2	67.	53.	3700	2.27	0.9	44.	1968	0.5	
S 8	20.10	6.7	6180	4.1	9.9	51.	4800	5.41	-	-	1970	0.3	
S 1	20.10	6.5	7640	4.0	16.1	58.	6500	3.0	0.6	20.	1954	1.5	Ojaston alueel- la havaintopiste G 1 sekä E-P:n koeaseman kal- kituskoe
	23.10	6.2	7070	3.9	21.4	46.	6342		0.5	16.6			
	29.11	3.8	4740	3.5	1.8	35.6	3930		1.9	63.			
	30.11	5.0	5250	3.8	20.	42.5	4550		0.82	27.4			
	1.12	3.5	5790	3.7	27.2	48.8	4700		0.50	16.7			
	2.12	3.5	5860	3.7	24.4	45.5	4760		0.4	13.7			
	3.12	3.7	6110	3.9	27.8	50.8	5150		0.46	15.3			
	7.12	3.6	6190	3.7	35.4	50.	5200		0.23	7.7			
	9.12	3.7	6330	3.7	37.4	56.6	4990		0.22	7.3			
S 2	23.10	6.5	5840	4.0	7.6	39.	4706	3.47	0.5	14.4	1963	1.0	S 1:n, S 2:n ja S 200:n tulok- set piirretty (liite
	29.11	4.2	5040	3.6	1.7	35.6	3930		2.7	78.			
	30.11	5.0	5360	3.8	7.1	39.1	4050		1.45	41.8			
	1.12	4.1	5590	3.8	8.6	40.2	4290		0.70	20.2			
	2.12	4.0	5820	3.8	8.7	41.3	4280		0.45	13.			
	3.12	4.2	5950	4.0	7.9	42.7	4500		0.42	12.1			
	7.12	4.2	6140	3.8	12.6	43.3	4800		0.21	6.			
	9.12	4.3	6270	3.8	13.9	44.1	4320		0.14	4.0			
S 200	29.11	4.0	5300	3.5	-	-	5410	2.67	2.3	86.	1963	1.0	
	30.11	5.0	6450	3.8	17.5	57.8	3750		0.68	25.5			
	1.12	4.3	6730	3.7	18.8	57.6	5510		0.35	13.1	1963		

Ojasto 1971 t 1971 C t K<sub>20</sub> uS pH Fe mg/l Mn SO<sub>4</sub> A ha Ojasto Q l/s Q l/s km<sup>2</sup> Salao- h (N<sub>43</sub>-tas.) m Huom.

Herttoolanoja 36R, Kyrönjoki 42, Ylistaro

S 1	1.11	5.1	1590	4.7	37.	6.6	1084	2.75	-	-	1950	39.0	Avuoma estää salaojavirtausta (n.0.5 m v.p:n alla)
	1.12	3.2	1200	4.3	102.	4.2	703		-	-	1968	38.5	"-
S 4	1.11	5.2	1960	4.5	29.	14.7	1465	3.10	-	-	1968	38.5	"-
S 6	1.11	4.8	950	4.8	6.4	4.1	531	5.10	-	-	1932	38.0	Iaskuaukko vesirajassa
S 9	1.11	5.6	1020	5.2	7.3	2.3	600	1.95	-	1.0	51.	38.0	Ei esteitä vapaa ylisyyköy
	1.12	3.6	860	5.0	4.6	1.8	467		-	-	1963	38.0	"-
S 10	1.11	5.6	430	5.8	0.16	0.51	109	2.00	-	0.3	15.	38.0	"-
	1.12	3.6	440	5.7	0.23	0.50	143		-	-	1965	38.0	aukko vesirajassa
S 11	1.11	6.3	2220	3.9	15.7	14.7	1682	2.25	-	1.0	44.	38.0	aukko vesirajassa
	1.12	4.2	2010	3.8	15.4	13.7	945		-	-	1953	38.0	Estetön virtaus
S 12	1.11	5.3	1440	4.0	5.2	9.5	1018	4.90	-	-	1954	30.5	Kaikki muut aukot 0.2-1.0 m v.p:n alla
	1.12	3.4	1350	3.9	5.1	8.4	846		-	-	1960	30.5	

Mäenpäänloukonoja 31 R, Kyrönjoki 42, Ylistaro

S 1	4.11	6.0	730	4.5	0.11	2.2	248	2.15	-	-	1954	30.5	Estetön virtaus
	2.12	3.7	550	4.7	0.72	2.1	269		-	-	1960	30.5	Kaikki muut aukot 0.2-1.0 m v.p:n alla
S 2	4.11	2.7	1030	4.1	1.4	8.3	700	3.00	-	-	1960	30.5	



Ojasto Ottopv. t K<sub>2</sub>O pH Fe Mn SO<sub>4</sub> Ojasto Q q Salao- h (N<sub>43</sub>-tas.) Huom.

Ojasto	Ottopv.	t	K <sub>2</sub> O	pH	Fe	Mn	SO <sub>4</sub>	Ojasto	Q	q	Salao-	h	(N <sub>43</sub> -tas.)	Huom.
	1971	°C	uS		mg/l			A ha	l/s	l/s km <sup>2</sup>	jitettu	m		
S 3	4.11	4.8	1010	4.4	5.4	5.8	583	0.40	-	-	1954	31.0		Pääojan heikko kunto vastustaa selvästi salaojajavirtausta, sitä enemmän mitä ylempänä latvala ojasto sijaitsee (kasva-va indeksi)
S 4	2.12	3.1	1350	4.2	11.	7.7	1600	1.75	-	-	1954	31.0		
S 5	4.11	5.5	3330	3.8	8.	45.	3266	2.60	-	-	1960	31.0		
S 6	2.12	3.6	3290	3.8	19.2	43.9	3047	1.60	-	-	1960	31.0		
S 7	4.11	4.6	1870	4.0	2.3	24.	1333	1.40	-	-	1960	31.0		
S 9	2.12	3.3	1890	3.9	1.2	20.5	1365	2.25	-	-	1968	32.5		
S 11	4.11	5.0	1820	4.0	1.1	16.9	1402	0.75	-	-	1968	32.5		Valtaojien perkaus aloitettiin marraskuun 4 pv. alajuoksulta ylöspäin
S 12	2.12	3.4	1070	4.7	0.68	6.5	641	1.00	-	-	1969	33.0		
	4.11	4.9	1130	4.2	0.39	7.7	690	1.00	-	-	1969	33.0		
	4.11	4.8	2030	3.9	8.9	24.	1719	1.00	-	-	1969	33.0		
	2.12	2.5	1460	4.0	5.3	14.6	1100	1.00	-	-	1969	33.0		
	4.11	4.8	760	4.7	0.28	4.8	424	0.75	-	-	1968	32.5		
	2.12	2.0	1210	4.6	0.24	8.12	741	1.00	-	-	1969	33.0		
	4.11	4.8	430	6.2	1.9	0.53	170	1.00	-	-	1969	33.0		
	2.12	1.9	345	6.1	1.8	0.18	211	1.00	-	-	1969	33.0		

Ojasto	Ottopv. 1971	t °C	20 uS	pH	Fe mg/l	Mn	SO <sub>4</sub>	Ojasto A ha	Q l/s	Q l/s km <sup>2</sup>	Salao- jitettu m	h (N <sub>43</sub> - tas.) m	Huom.
	2.12	4.3	6700	3.7	18.5	56.6	5660		0.3	11.3			
	3.12	4.5	6820	4.0	18.8	60.	5600		0.28	10.5			
	7.12	4.6	7010	3.7	27.3	55.3	5300		0.14	5.2			
	9.12	4.6	7010	3.7	28.	58.4	5080		0.08	3.0			
S 13	4.11	4.9	395	5.9	2.6	1.2	246	1.65	-	-	1968	33.0	Kuivatuseja ei vedä aukko v.p:n alla
S 14	2.12	2.8	420	6.1	8.8	0.31	180	1.45	-	-	1968	33.0	- " -
S 16	4.11	5.2	530	6.2	2.0	0.69	269	1.25	-	-	1971	33.0	- " -
	2.12	2.6	455	6.2	0.94	0.23	192	-	-	-			
S 19	4.11	5.1	300	5.9	3.3	0	166	1.25	-	-	1971	33.5	- " -
	2.12	2.0	165	5.9	7.3	0.19	84	-	-	-			
	4.11	4.8	465	5.2	1.6	1.4	805	3.15	-	-	1971	33.5	- " -
	2.12	2.9	460	5.4	0.57	1.3	276	-	-	-			
S 20	4.11	5.3	370	5.3	1.1	0.88	177	3.10	-	-	1971	33.5	- " -
	2.12	3.3	390	5.5	2.9	1.3	177	-	-	-			
S 21	4.11	4.5	325	5.6	1.6	0.91	186	2.60	-	-	1971	36.0	- " -
	2.12	2.3	275	6.0	1.5	0.40	123	-	-	-			

E-P:n koeasema; Kyrönjoki 42, Vlistaro

I	10.11	-	560	4.4	0.03	1.5	261	3.85	0.02	0.56	1928	25.5	Vapaa ylisyöksy
	2.12	-	530	4.9	0.04	0.73	204		0.06	1.6			

Ojasto	Ottopv. 1971	t °C	№ 20 uS	pH	Fe mg/l	Mn	SO <sub>4</sub>	A ha	Ojasto	Q l/s	q l/s km <sup>2</sup>	Salao- ojitettu m	h (N <sub>43</sub> - tas.) m	Huom.
II	10.11	-	650	4.2	0.08	3.0	306	4.17	0.2	4.80	1928	25.5	Vapaa yllisyöksy	
	2.12	-	690	4.3	0.10	3.5	311		0.22	5.3				
III	10.11	-	1920	(6.8)	2.0	18.8	1396				1947	26.5	Tulokaivon vesi- pinta esteenä jonkin verran (jos Q pieni)	
	11.11	-	1920	3.7	1.9	19.2	1481							
	2.12	-	2010	3.8	1.9	18.7	1488							
<u>"Hajapisteet": Kyrönjoki 42, Ylistaro</u>														
S 101	15.11	4.7	495	4.3	0.16	1.4	168	3.2	-		1928	25.0		
	3.12	3.2	510	4.5	3.2	1.6	243		0.1	3.1				
S 102	15.11	4.7	630	4.3	0.46	2.8	334	1.0	-		1964	24.5		
	3.12	3.7	660	4.5	0.15	2.8	300		0.3	3.				
	1.12	3.9	650	4.4	0.12	2.7	295		0.3	30.				
S 103	15.11	4.6	1190	4.1	0.48	6.6	691	8.5	-		1934	25.5		
	3.12	3.7	1170	4.2	0.65	6.3	694		1.0	12.				
S 104	3.12	3.6	1540	4.0	4.6	8.8	995	3.3	1.0	33.	1966	27.0		
S 105	15.11	5.0	2980	3.8	8.8	35.	2576	2.0	-		1962	28.0	v.p:n alla	
	3.12	3.6	2920	3.9	13.9	36.	1890		-					
S 106	15.11	4.9	1710	3.9	1.1	8.8	1295	1.6	-		1928	26.5	- " -	
	3.12	3.6	1680	4.0	1.1	9.3	1090		-					
S 107	15.11	2.0	1120	4.1	0.46	4.4	683	3.7	-		1928	26.0	- " -	

Ojasto	Ottopv. 1971	t °C	d <sub>20</sub> uS	pH	Fe mg/l	Mn	SO <sub>4</sub>	Ojasto A ha	Q l/s	q l/s km <sup>2</sup>	Salao- jitettu m	h (N <sub>43</sub> - tas.) m	Huom.
--------	-----------------	---------	-----------------------	----	------------	----	-----------------	----------------	----------	--------------------------	------------------------	------------------------------------	-------

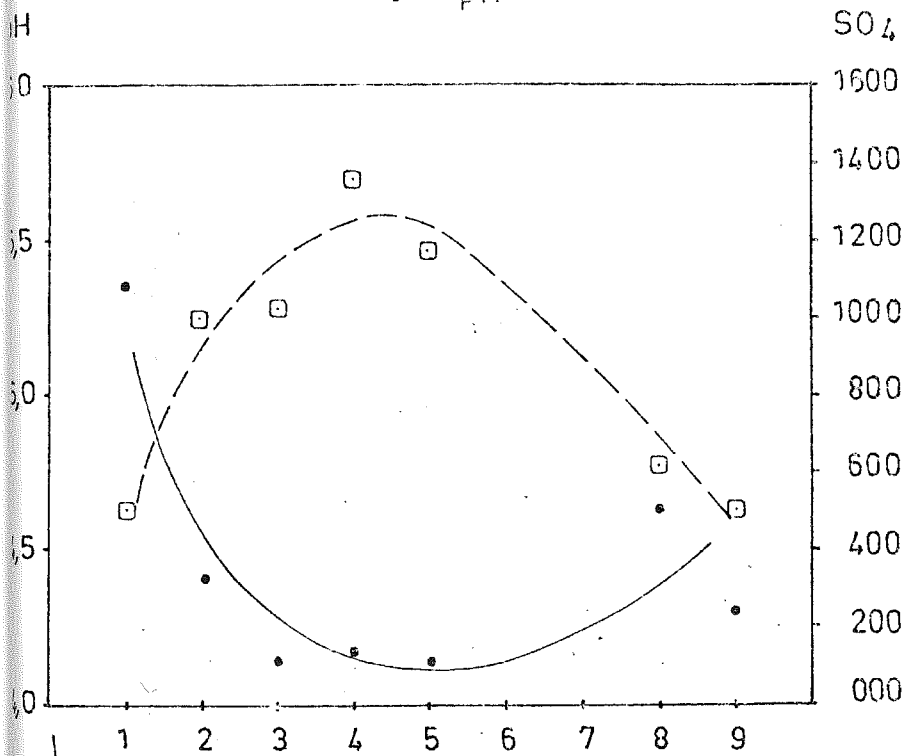
Kyrönjoen alaosa (42): Koivulahti

S 201	7.12	4.6	810	4.2	3.2	3.9	403	2.70			1933	2.0	Ojastot S 201- S 210 vesipin- nan alla
S 202	"	3.7	1000	4.1	1.6	3.8	764	3.60			1956	2.5	
S 203	"	4.0	1320	4.1	1.3	6.7	710	5.40			1955	2.5	
S 204	"	3.8	1700	4.3	8.6	6.7	798	4.85			1956	2.0	
S 205	"	3.8	1030	5.1	7.1	0.8	359	3.40			1952	2.0	
S 206	"	4.0	1700	3.9	7.4	11.4	898	7.80			1952	2.0	
S 207	"	4.1	1670	3.9	5.6	10.8	990	6.25			1956	2.0	
S 208	"	4.2	1990	3.9	12.2	13.9	1174	2.30			1955	2.0	
S 209	"	4.0	1300	5.2	0.87	2.8	476	4.95			1949	2.0	
S 210	"	4.0	1320	4.7	1.3	5.6	607	6.00			1936	2.0	
S I	18.10	6.8	750	3.9	0.86	2.5	336	3.80	3.0	78	-	1.5	Laskevat Finn- väckenin oi- kaistuun suuo- saan, vesirajaan
S II	"	6.7	940	4.0	1.1	3.6	458	7.95	1.5	36	-	1.5	

YLISTARON SALAOJASTOJEN pH:n JA SO<sub>4</sub>:n  
KESKIARVOT IKÄRYHMITÄIN

TUTKITTUJA OJASTOJA 33 kpl 2 KERTAA

--- □ SO<sub>4</sub> mg/l  
--- • pH

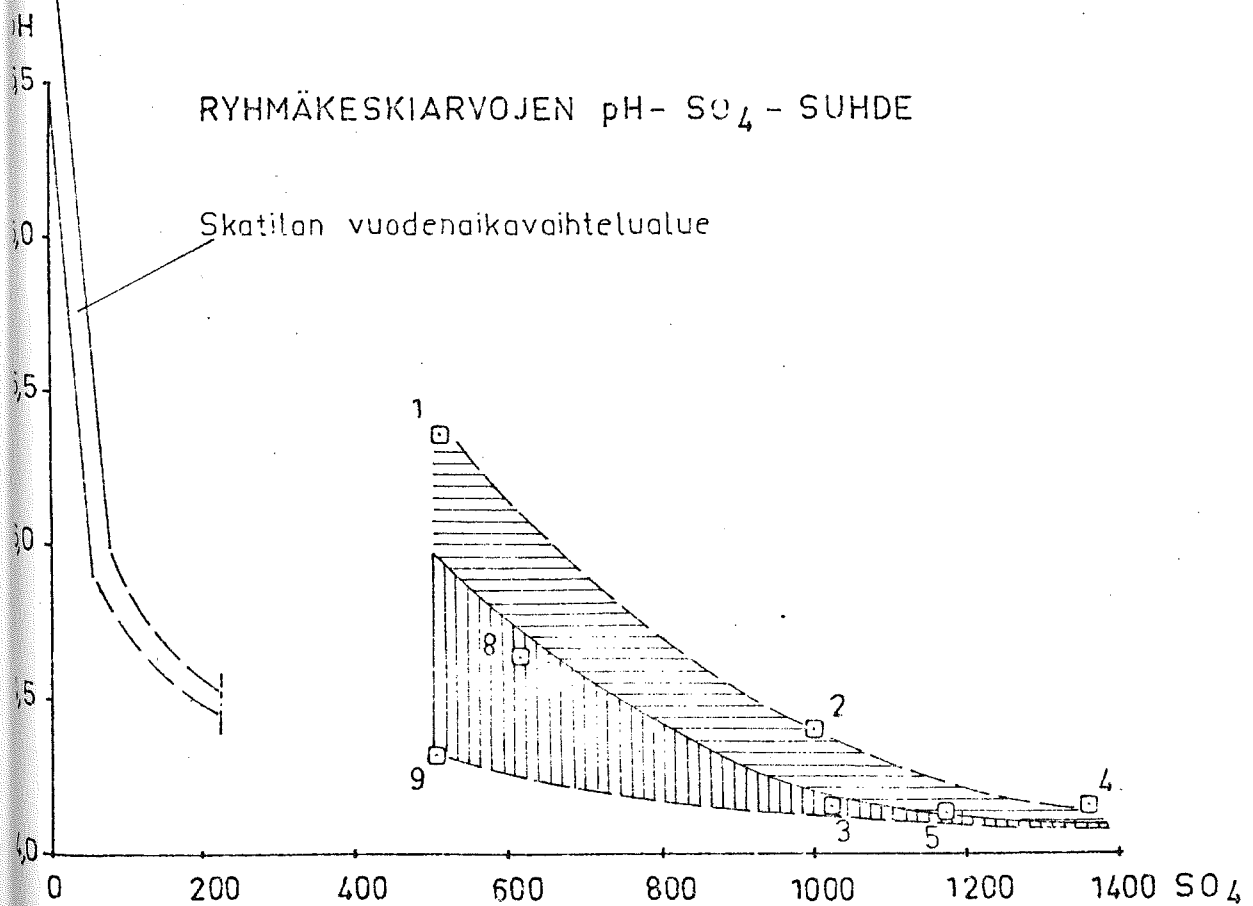


RYHMÄT :

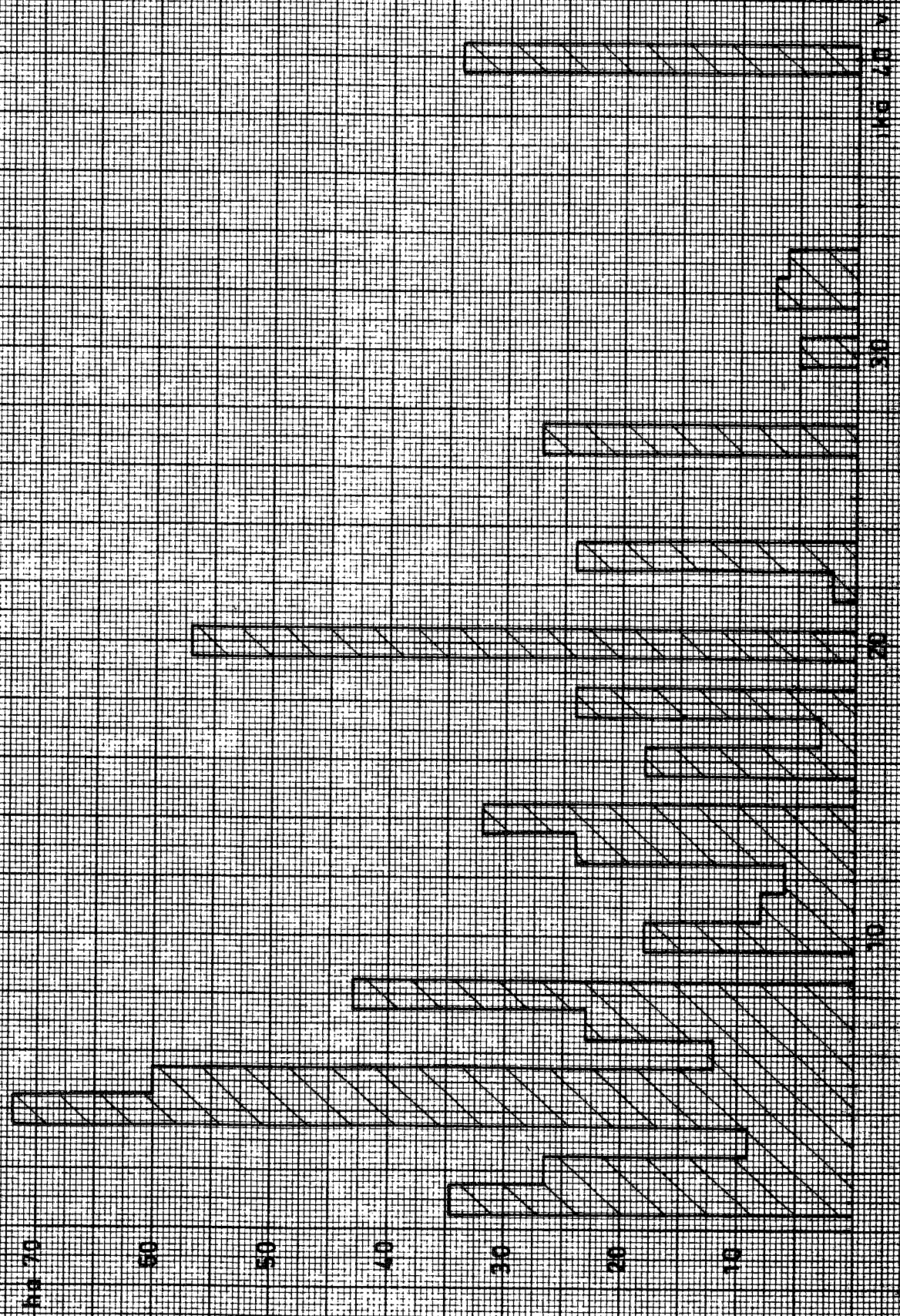
1. 0 - 5 v.
2. 5 - 10 v.
3. 10 - 15 v.
4. 15 - 20 v.
5. 20 - 25 v.
6. 25 - 30 v.
7. 30 - 35 v.
8. 35 - 40 v.
9. 40 - 45 v.

RYHMÄKESKIARVOJEN pH - SO<sub>4</sub> - SUHDE

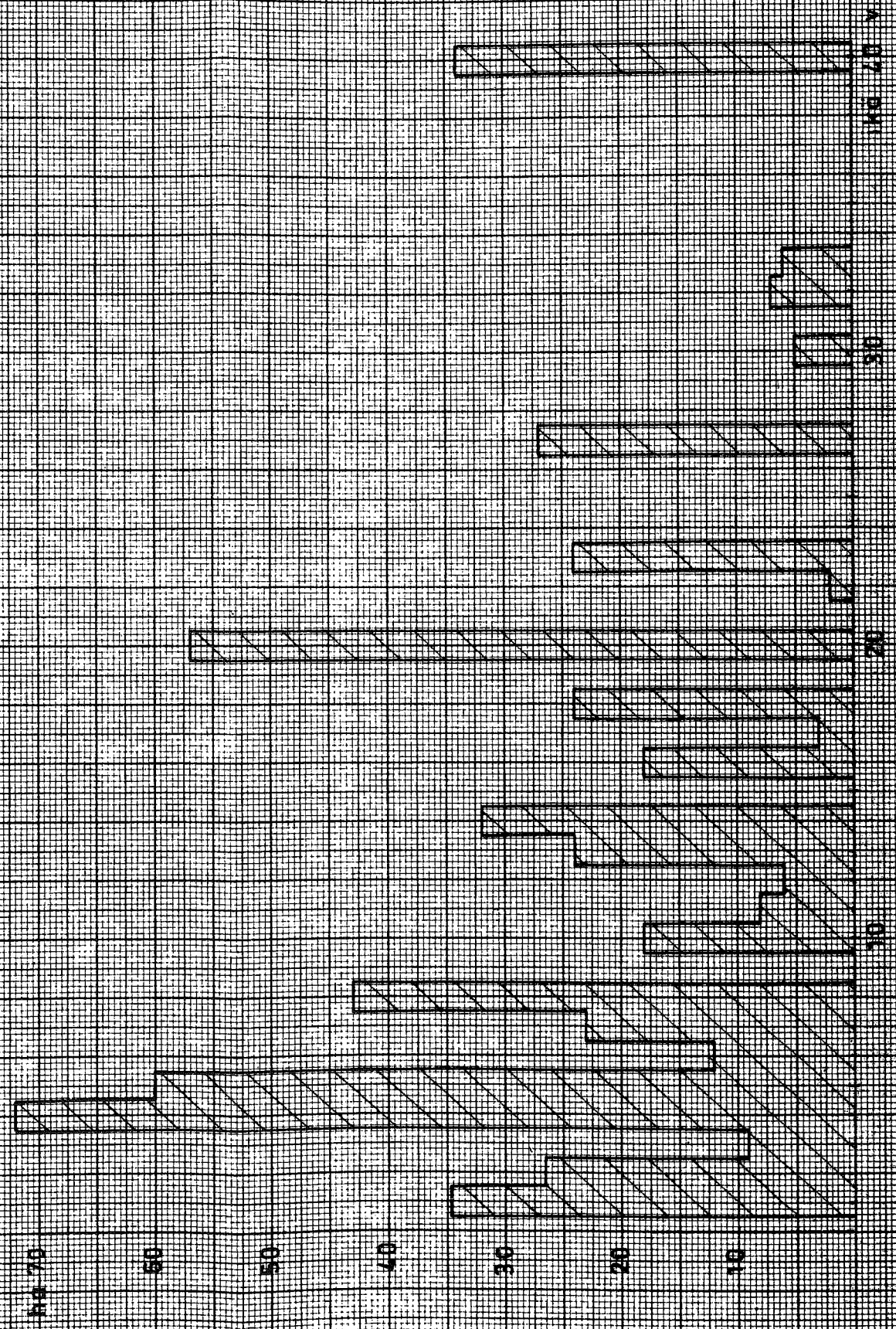
Skatilan vuodenaikavaihtelualue



SALAJITUKSEN IKÄJAKAUTUMA HAARAIDEN VALUNN-ALUEELLA



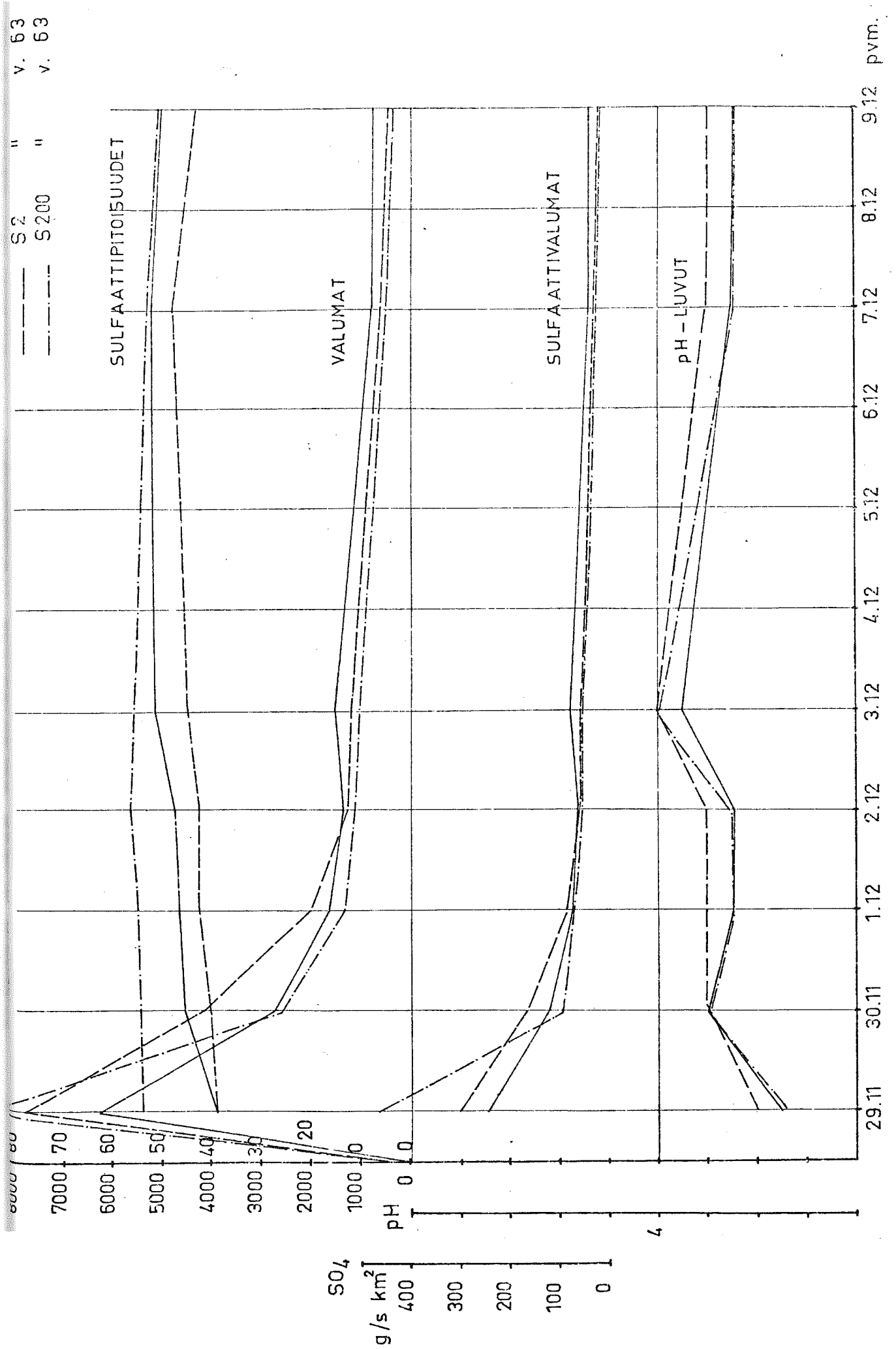
SALAJITUKSEN IKÄJAKAUTUMA HAARAJÖEN VALUMA-ALUEELLA



Kuukauden keskivalumat (l/s · km<sup>2</sup>) 1961-1971 ojastoissa I ja II  
(Rakennusvuosi 1928)

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Vuoden M
0.00	2.09	15.37	0.58	6.46	0.17	0.00	0.05	0.05	0.00	0.55	0.18	2.12
.12	5.25	20.79	10.22	16.59	4.44	6.91	11.22	2.98	4.45	7.08	1.34	7.76
.92	3.16	30.15	3.99	18.38	2.10	0.54	1.15	2.74	0.95	7.38	3.10	6.21
.19	0.00	0.00	37.25	5.84	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.62	3.68
.84	1.31	0.66	43.22	12.43	1.46	0.18	1.18	2.41	1.55	3.43	4.37	6.25
.23	0.65	0.00	48.71	15.19	2.50	0.00	0.18	1.84	0.37	3.59	4.36	6.64
.00	0.00	0.00	8.53	7.03	0.00	0.00	0.00	2.98	6.57	2.82	0.09	2.33
.13	0.03	0.01	16.23	11.37	0.35	0.02	0.22	10.66	14.89	8.78	3.20	5.49
.10	0.00	0.00	3.96	6.41	0.17	0.00	0.00	1.96	10.20	5.33	1.43	2.46
.00	0.00	0.00	1.80	3.45	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35	0.18	11.38	1.51
.76	0.04	0.00	7.51	7.58	1.06	0.21	0.21	1.06	5.64	3.51	15.28	3.57
.05	0.00	0.00	1.03	4.72	0.62	0.00	0.00	0.00	2.84	2.78	16.88	2.41
.33	0.04	3.21	33.80	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.67
.38	3.37	2.60	39.45	6.98	0.73	0.09	0.21	2.22	0.93	2.93	0.05	5.75
.94	2.95	5.97	47.10	8.89	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.19
.00	0.00	0.00	3.47	5.12	0.00	0.00	0.00	0.00	3.46	8.03	3.43	1.96
.04	0.02	0.02	4.59	42.97	1.36	0.67	0.87	1.60	10.70	11.85	6.33	6.75
.00	0.00	0.00	9.23	23.95	1.18	0.50	0.10	1.12	15.33	18.50	8.26	6.51
.00	0.00	4.73	5.32	4.28	0.02	0.00	24.34	10.03	11.88	13.04	0.03	6.17
.47	0.13	7.75	26.51	12.55	1.42	0.13	34.64	15.83	20.75	19.08	2.55	11.32
.00	0.00	9.83	24.79	16.04	1.39	0.00	32.00	22.28	21.17	26.71	1.68	12.99
.00	0.00	9.72	36.04	15.61	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	5.16
.30	0.00	3.75	37.95	15.81	1.37	0.26	0.09	0.40	0.78	4.28	1.24	5.52
.00	0.00	7.68	25.04	9.75	1.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.66
.00	0.00	0.00	5.23	7.89	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	1.03	0.007	1.20
.11	0.01	0.00	22.08	16.95	1.23	0.04	0.00	0.18	0.30	6.34	0.95	4.02
.00	0.00	0.00	10.21	16.46	1.95	0.00	0.00	0.00	0.00	1.47	0.11	2.52
.00	0.00	0.00	3.04	10.24	2.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.66	1.36
.00	0.00	0.00	15.96	21.04	3.43	1.47	0.21	0.30	0.74	4.99	6.02	4.51
.00	0.00	0.00	9.08	14.74	7.33	0.00	0.00	0.00	0.00	3.11	5.79	3.34
.24	0.03	0.00	7.88	3.31	1.50	0.00	0.00	0.00	1.86	1.27	-	
.58	1.82	0.23	22.75	17.51	-	-	-	-	-	-	-	
.95	1.10	0.00	15.77	11.49	5.05	0.00	0.00	0.00	4.25	3.64	-	





v. 63  
v. 63

pvm.