

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

TIEDOTE

20/93

HARRI HUHTA ja ANTTI JAAKKOLA

**Viljelykasvin ja lannoituksen vaikutus
ravinteiden huuhtoutumiseen turvemaasta
Tohmajärven huuhtoutumiskentällä v. 1983–87**

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
TIEDOTE 20/93

HARRI HUHTA ja ANTTI JAAKKOLA*)

**Viljelykasvin ja lannoituksen vaikutus ravinteiden
huuhtoutumiseen turvemaasta Tohmajärven
huuhtoutumiskentällä v. 1983 - 87**

Maatalouden tutkimuskeskus
Karjalan tutkimusasema
82600 TOHMAJÄRVI
Puh. (973) 621 001

*)Helsingin yliopisto
Kasvintuotantotieteen laitos
Maanviljelyskemia ja -fysiikka
PL 27, 00014 Helsingin yliopisto

Jokioinen 1993
ISSN 0359-7652

SISÄLLYS

ESIPUHE	5
TIIVISTELMÄ	7
1 JOHDANTO	8
2 AINEISTO JA MENETELMÄT	10
2.1 Huuhtoutumiskenttä ja sen toiminta	10
2.2 Vesi- ja kasvianalyysit	11
2.3 Koejärjestelyt ja kokeen suoritus	11
2.3.1 Kentän kalibrointi	11
2.3.2 Huuhtoutumiskoe	12
2.4 Tulosten käsittely	14
2.5 Sää, lumi ja routa tutkimuksen aikana	14
3 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	15
3.1 Ohra- ja heinäsadot sekä satojen ravinnesisältö	15
3.2 Maan ravinnetila tutkimuksen aikana	19
3.2.1 Vuosien 1983 ja 1984 maanäytteet	19
3.2.2 Vuoden 1986 maanäytteet ja maan ravinnetilan kehitys	20
3.3 Valunta ja ravinteiden huuhtoutuminen kalibrointikaudella	21
3.3.1 Salaojavesi	21
3.3.2 Pintavesi	25
3.4 Valunta huuhtoutumiskokeen aikana	26
3.4.1 Salaojavalunta	26
3.4.2 Pintavalunta	27
3.5 Typen huuhtoutuminen koevuosina	28
3.5.1 Salaojavesi	28
3.5.2 Pintavesi	29
3.6 Fosforin huuhtoutuminen koevuosina	30
3.6.1 Salaojavesi	30
3.6.2 Pintavesi	31
3.7 Kaliumin huuhtoutuminen koevuosina	32
3.7.1 Salaojavesi	32
3.7.2 Pintavesi	33
3.8 Kalsiumin huuhtoutuminen koevuosina	33
3.8.1 Salaojavesi	33
3.8.2 Pintavesi	35
3.9 Magnesiumin huuhtoutuminen koevuosina	35
3.9.1 Salaojavesi	35
3.9.2 Pintavesi	36
3.10 Natriumin huuhtoutuminen koevuosina	36
3.10.1 Salaojavesi	36
3.10.2 Pintavesi	36
3.11 Salaojaveden kemiallinen hapenkulutus koevuosien aikana	37
4 JOHTOPÄÄTÖKSET	37
KIRJALLISUUS	38
KUVAT 1-39	40
LIITTEET 1-7	

ESIPUHE

Tutkimuksen ovat suunnitelleet MMT Antti Jaakkola ja MMK Reijo Heikkilä. Huuhtoutumiskentän rakensi Pohjois-Karjalan vesipiiri. Kokeen kenttätöistä vastasivat tutkimusmestari Matti Laasonen ja tutkimusapulainen Pekka Heikkinen. MMK Eila Turtola on antanut arvokkaita neuvoja raportin kirjoittamisessa. Pohjois-Karjalan vesipiirin ja Maatalouden tutkimuskeskuksen maanviljelyskemian ja -fysiikan osaston laboratoriot ovat tehneet analyysit. Kirjoittaja kiittää kaikkia asianomaisia henkilöitä.

Tohmajärvellä huhtikuussa 1993

Harri Huhta

HUHTA, H. ja JAAKKOLA, A. Viljelykasvin ja lannoituksen vaikutus ravinteiden huuhtoutumiseen turvemaasta Tohmajärven huuhtoutumiskentällä v. 1983-87. Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 20/93. 66 p. + 7 liitettä.

Avainsanat: turvema, huuhtoutuminen, lannoitus, ravinteet

TIIVISTELMÄ

Maatalouden tutkimuskeskuksen Karjalan tutkimusasemalle Tohmajärvelle rakennetulla turvemaan (LCt) huuhtoutumiskentällä tehtiin vuosina 1984–1987 kenttäkoe, jossa tutkittiin 16:ssa ruudussa (30 × 30 m) ravinteiden huuhtoutumista eri tavoin lannoitetusta timoteinurmesta ja ohrapellosta. Ennen koetta kenttää kalibroitiin noin vuoden ajan.

Kokeessa verrattiin toisiinsa lannoittamatonta (0 NPK) ohrapeltoa ja Normaali Y-lannoksella (Yn 300 kg/ha; 48 N, 21 P, 39 K) lannoitettua ohrapeltoa, sekä kahta heinänurmea, joiden lannoitus oli 150 + 150 kg Yn/ha (48 N, 21 P, 39 K) ja 450 + 450 kg Yn/ha (144 N, 63 P, 117 K). Ohrasta korjattiin tuleentunut jyväsato ja nurmesta kuiva heinä sekä odelmasato. Kenttää viljeltiin kolmen vuoden ajan samalla tavalla. Salaojaveden ja pintakaivoihin kertyneen veden määrä mitattiin ja sen sisältämät ravinteet analysoitiin. Vedestä määritettiin myös kemiallinen hapenkulutus. Viljelykasvien sadot mitattiin ja sadon ravinnesisältö analysoitiin. Maan ravinnetilaa seurattiin kokeen ajan.

Ravinteita huuhtoutui salaojavedessä keskimäärin seuraavasti (kg/ha vuodessa):

	Nurmi 300 Yn	Nurmi 900 Yn	Ohra 0 Yn	Ohra 300 Yn
Kokonais-N	18,1	20,0	38,9	37,4
NH ₄ -N	2,9	2,7	3,6	2,0
Kokonais-P	1,4	2,0	1,5	1,3
Liukoinen P	0,8	1,1	0,9	0,8
K	27,2	40,3	46,6	39,0
Ca	95,0	124,1	125,4	133,0
Mg	19,8	25,6	24,4	27,8
Na	10,9	11,2	10,2	9,2

Ravinteiden huuhtoutumista pintavedessä ei saatu riittävän tarkasti selville pintavesikeräimien epätarkan toiminnan vuoksi.

Eniten ravinteiden huuhtoutumiseen salaojavedessä vaikutti viljelykasvi. Ohrapellosta huuhtoutui keskimäärin 100 % enemmän typpeä, 27 % enemmän kaliumia, 18 % enemmän kalsiumia ja 15 % enemmän magnesiumia kuin nurmesta keskimäärin. Nurmesta huuhtoutui 21 % enemmän fosforia ja 13 % enemmän natriumia kuin ohrapellosta. Lannoittamattomaan ohraan verrattuna lannoitus lisäsi vain kalsiumin ja magnesiumin huuhtoutumista. Nurmen lannoituksen lisäys 300:sta 900:aan kg/ha lisäsi jonkin verran kaikkien tutkittujen ravinteiden, suhteellisesti eniten fosforin huuhtoutumista.

Typen, fosforin ja kaliumin taseet olivat seuraavat:

Ravinne kg/ha	Ohra 0 Yn	Ohra 300 Yn	Timotei 300 Yn	Timotei 900 Yn
1 Lannoite-N	0	48	48	144
2 Sadon N	30	58	113	187
erotus 1-2	-30	-10	-65	-43
3 Lannoite-P	0	21	21	63
4 Sadon P	6	10	18	28
erotus 3-4	-6	11	3	35
5 Lannoite-K	0	39	39	117
6 Sadon K	9	15	120	168
erotus 5-6	-9	24	-81	-51

Niukemmin lannoitetun timotein sadossa poistui lannoituksen ravinnesisältöön verrattuna 2,4-kertainen määrä typpeä, 0,9-kertainen määrä fosforia ja 3,1-kertainen määrä kaliumia. Runsaammin lannoitettu timoteisato sisälsi vastaavasti 1,3-kertaisen määrän typpeä, 0,4-kertaisen määrän fosforia ja 1,4-kertaisen määrän kaliumia. Lannoitettu ohrasato otti maasta 1,2-kertaisen typpimäärän, 0,5-kertaisen fosforimäärän ja 0,4-kertaisen kaliummäärän verrattuna lannoituksen ravinnesisältöön.

1 JOHDANTO

Suoviljelysten osuus Suomen peltoalasta on huomattava. Keski-Suomessa osuus on noin 10 %, Itä-Suomessa ja Etelä-Pohjanmaalla noin 15 %, Pohjois-Pohjanmaalla ja Kainuussa noin 25 % sekä Lapissa noin 50 % (ELONEN 1988). Turvemaat ovat siis sijoittuneet suunnilleen samalle alueelle, jossa pääasialliset viljelykasvit ovat nurmi ja rehuviljat. Tällä alueella vesistöjen osuus pinta-alasta vaihtelee siten, että Keski-Suomessa ja Itä-Suomessa se on 20–30 %, Pohjanmaalla, Kainuussa ja Lapissa alle 10 % pinta-alasta (Tilastokeskus 1992).

Maatilojen maankäyttölajeista pellon, puutarhan, niittyjen ja laitumien osuus on erityisen pieni Itä-Suomessa, Keski-Suomessa ja Lapissa. Suhteellisen suuri se on Etelä-Pohjanmaalla (Maatilahallitus 1992.). Pelloilta vesistöön tuleva ravinnekuormitus on haitallisinta siellä, missä peltoa on paljon suhteessa vesistöihin. Turvemaiden osalta tällainen alue on Etelä-Pohjanmaa, jossa pellon osuus pinta-alasta on suuri ja turvemaita on suhteellisen runsaasti. Paikallisesti turvemaista tuleva ravinnekuormitus saattaa olla merkittävää muuallakin Suomessa.

Viljelystä turvemaasta huuhtoutuu ravinteita salaojavalunnan ja pintavalunnan mukana. Ravinteiden huuhtoutumiseen vaikuttavat pääosin samat tekijät kuin muillakin maalajeilla. Valunnan määrällä on suuri vaikutus. Toinen merkittävä tekijä on ravinteiden konsentraatio ja pidättyminen maahan. Fosforin on todettu pidättyvän heikosti turvemaahan ja vesiliukoisien fosforin määrän kasvavan muita maalajeja nopeammin maan fosforiluvun kasvaessa fosforilannoituksen seurauksena (SIPPOLA 1989). Turvemaassa orgaanisen aineen hajotessa vapautuvalla tyypellä on suurempi merkitys valumaveden ravinnelähteenä kuin kivennäismaassa. Myös maan mineraalien rapautuessa vapautuvat ravinteet voivat olla merkittävä tekijä riippuen turvemaan kivennäisaineksen määrästä ja turvekerroksen paksuudesta.

Viljellystä maasta ravinteiden huuhtoutuminen on luonnontilaisia alueita suurempaa, mikä johtuu maan luontaisesti suuremmasta ravinteisuudesta sekä eri viljelytoimenpiteiden, esim. lannoituksen, kalkituksen ja muokkauksen vaikutuksesta (mm. WIKLANDER 1977). Huuhtoutumiseen vaikuttavat myös sääolot, kuten sademäärä, sateiden ajoittuminen ja maan routaantuminen, sekä viljelykasvi (TURTOLA ja JAAKKOLA 1985). Topografia vaikuttaa erityisesti pintavalunnassa tapahtuvaan huuhtoutumiseen. Turvemaiden pellot ovat yleensä hyvin tasaisia, ja pintavalunta on pientä. Sadeveden happamuus vaikuttaa kalsiumin, magnesiumin ja rikin huuhtoutumiseen turvemaasta (ERVIÖ 1991).

Eri ravinneionien huuhtoutumisen yleisiä periaatteita on selvittänyt mm. WIKLANDER (1974). Suomessa on asiaa selvitetty perusteellisemmin HARTIKAISEN (1978a ja b) sekä TURTOLAN ja JAAKKOLAN (1985 ja 1986) kirjoituksissa.

Turvemaiden ominaisuudet vaihtelevat melkoisesti. Turpeen maatumisaste ja turvelaji vaikuttavat sen veden läpäisevyyteen. PESSIN (1966) mukaan turpeen puupitoisuus lisää vedenläpäisyä ja pitkälle edennyt maatumisen vähentää sitä. Tämä vaikuttaa pintavalunnan ja salaojavalunnan suhteeseen, veden kulkeutumisen nopeuteen, maan lämpötilaan, kasvuston kehitykseen ja sen ravinteiden ottoon.

Vesistöjen kannalta haitallisimmat pelloilta huuhtoutuvat ravinteet ovat fosfori ja typpi. Ne aiheuttavat rehevöitymistä ja mm. leväkukintoja järvissä (esim. ILMAVIRTA ym. 1990, KAUPPI ym. 1990). Kalsium ja magnesium kalkitsevat vesistöä, mutta kalkituskin voi aiheuttaa ainakin lievää ja tilapäistä rehevöitymistä ja typpipitoisuuden sekä fosforipitoisuuden nousua järvessä (NIINIOJA ym. 1990, SALONEN ym. 1990). Fosforipitoisuus nousee ilmeisesti siksi, että pohjasedimentin fosforin liukoisuus paranee happamuuden vähentyessä. Typpipitoisuuden nousu taas johtuu hajotustoiminnan kiihtymisestä.

Turpeissa typpeä on runsaasti, saraturpeissa normaalisti noin 2 % ja rahkaturpeissa noin 1 % (PESSI 1966). Typpi on enimmäkseen sitoutunut orgaaniseen ainekseen. Typen mobilisaation edellytykset ovat turvemaissa usein huonot. Voimakas happamuus ja alhainen lämpötila hidastavat typen mobilisaatiota. Mutasoissa mobilisaatio on vilkkaampaa kuin rahkasoissa. Etelä-Suomen mutasoissa saattaa mobilisaatio olla erittäin vilkasta (PESSI 1966). Hyvissä oloissa se voi jatkua koko kesän, ja typpeä voi mineralisoitua yli 90 kg/ha vuodessa 30 cm:n turvemaakerroksessa (WIKLANDER ja NÖMMIK 1987).

Turvemaan ja turvemaassa kasvaneen timoteisadon uuttuvien kivennäisaineiden pitoisuudet ovat 1970-luvulla tehdyn suuren kivennäisainetutkimuksen mukaan joidenkin alkuaineiden osalta korkeampia kuin kivennäismaissa. Kalium oli kuitenkin poikkeus (SIPPOLA 1978). Vaihtuvaa kaliumia turpeessa on tavallisesti niukasti. Saraturpeet sisältävät yleensä runsaasti vaihtuvaa kalsiumia.

Turvemailla viljellään yleisesti erilaisia nurmia ja rehuviljaa. Intensiivisessä viljelyssä turvemaan heinänuurmen typpilannoitus suositus on nykyään $(100 + 90 \text{ kg N/ha}) - 15 \% = 85 + 77 \text{ kg/ha}$ (Pohjois-Savon nurmiviljely, 1991). Fosforia suositellaan käytettävän vain 20–30 kg/ha ja kaliumia yhtä paljon kuin typpeä. Turvemaan rehuviljoille suositellaan tavallisesti 45–70 kg N/ha turpeen laadusta riippuen ja 20–30 kg P/ha.

ELOSEN (1988) mukaan turvemaat eivät pidätä fosforia yhtä tiukasti kuin kivennäismaat. Fosforilannoitus tehoaa turvemaissa paremmin kuin kivennäismaissa ja turvemailla riittää pienempi lannoitus täyden sadon saavuttamiseen kuin kivennäismaissa.

Kalium on turvemaille levitettävä jokaista sadonkorjuukertaa varten erikseen. Nurmikasvit ottavat suuria määriä, helposti liikaakin, kaliumia, joka ei turpeeseen pidäty juuri lainkaan. Viljakasvien kaliumtarve on puolta pienempi (VUORINEN 1989). Turpeen luontaiset kaliumvarat ovat vähäiset. Ilman riittävää lannoitusta turvemaan kaliumvarat kuluvat nurmiviljelyssä nopeasti loppuun (SAARELA 1982, VUORINEN 1989, KOIKKALAINEN ym. 1990).

Turvemaissa maan happamuudesta ei ole yhtä suurta haittaa kasveille kuin kivennäismaissa (ELONEN 1988). Lisäksi turvemaalla harvoin viljellään varsinaisia kalkinsuosijakasveja. Siksi suositellaan vain kohtuullista kalkitsemista. Kalsium on kuitenkin myös kasvinravinne, jota on oltava riittävästi. Ainakin nurmiviljelyssä sadon ravinnesuhteet vääristyvät, jos kalsiumia ja magnesiumia on maassa liian vähän suhteessa kaliumin määrään. Kalkitus vaikuttaa myös turpeen laatuun, se mm. edistää sen maatumista (PESSI 1966).

Kivennäismaalla ravinteiden huuhtoutumista on Suomessa tutkittu vuodesta 1976 lähtien. Turvemaan huuhtoutumiskenttä rakennettiin vuonna 1982. Tämän tutkimuksen tarkoitus oli selvittää viljelykasvin (nurmi ja ohra) ja lannoitustason vaikutusta ravinteiden huuhtoutumiseen turvemaasta.

2 AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1 Huuhtoutumiskenttä ja sen toiminta

Karjalan tutkimusaseman huuhtoutumiskenttä perustettiin Tohmajärvelle vuonna 1982. Kentän pinta-ala on $120 \text{ m} \times 120 \text{ m} = 1,44 \text{ ha}$. Kentän sijainti tutkimusasemalla ilmenee liitteistä 1. ja 2. Kentän rakensi Pohjois-Karjalan Vesipiiri. Kenttään rakennettiin 16 erillistä ojastoa, jotka muodostuvat kahdesta noin 25 metrin mittaisesta 50 mm:n muovisalaojaputkea olevasta imuojasta. Ojastoista vesi johdetaan ehytseinäisellä muoviputkella kentän laidalla olevaan havaintorakennukseen, jossa on 20 vesimittaria sekä vesimäärän rekisteröinti- ja näytteenottolaitteet. Havaintorakennuksen lattiakaivosta vesi poistetaan automaattisen tyhjennyspumpun avulla viereiseen valtaojaan (Kuva 1). Ojastot on pyritty saamaan yhdenmukaisiksi siten, että ne keräävät vettä yhtä suurelta, $30 \times 30 \text{ m} = 9 \text{ a:n}$, ruudulta. Salaojat ovat 90–120 cm:n syvyydessä. Pohjaveden korkeus on säädetty havaintorakennuksessa olevilla sulkuputkilla noin 50 cm maanpinnan alapuolelle.

Kentän pohjoispäähän lähelle havaintorakennusta tehtiin neljä pintavesikaivoa keräämään kultaakin kaistalta (= 4 ruutua) tulevat pintavedet. Kaivot tehtiin upottamalla maahan 40 cm halkaisijaltaan oleva, 200 cm pituinen muoviputki, jossa on pystysuuntaisia 2 mm levyisiä rakoja veden sisäänkäyntiä varten. Putken yläreuna tuli maanpinnan tasoon ja kaivo peitettiin tiiviillä muovikannella. Kaivo ympäröitiin soralla veden suodattamiseksi. Kaivosta vesi johdettiin havaintorakennukseen, veden määrä mitattiin ja näytteet otettiin samalla tavalla kuin salaojavedestä.

Huuhtoutumiskenttä sijaitsee kaltevuussuhteiltaan melko tasaisella alueella. Maalaji on pitkälle maatunut metsäsaraturve (LCt). Turvekerroksen paksuus on 3–4 m. Alueen viljelyhistoria ennen huuhtoutumiskoetta on seuraavanlainen: 1976 kaura, 1977 kesanto, 1978 ohra, 1979 ohra + osittain heinänsiemen 1980–81 kalkituskoe: apila-timotei, osittain ohra, 1982 ohra. Kentän perustamisen yhteydessä pintamaita siirrettiin voimakkaasti alueen tasaamiseksi.

2.2 Vesi- ja kasvianalyysit

Otetuista vesinäytteistä analysoitiin ammoniumtypen, kokonaistypen, liukoisen fosforin, kokonaisfosforin, kaliumin, kalsiumin, magnesiumin ja natriumin pitoisuudet. Lisäksi mitattiin sala-ojaveden kemiallinen hapenkulutus. Näistä typpi- ja fosforimääritykset, sekä kemiallisen hapenkulutuksen määrittäminen tehtiin Pohjois-Karjalan vesipiirin vesitoimiston laboratoriossa käyttäen vesihallinnon standardimenetelmiä (Vesihallitus 1981).

Liukoinen fosfaattifosfori määritettiin suodattamattomasta näytteestä, mikä saattoi lisätä analyysitulosta verrattuna vasta suodatuksen jälkeen tehtävään määrittämiseen. Muut määritykset tehtiin Maatalouden tutkimuskeskuksen maanviljelyskemian ja -fysiikan osaston laboratoriossa TURTOLAN ja JAAKKOLAN (1987) kuvaamin menetelmin.

Satonäytteistä tehtiin kasvianalyysit maanviljelyskemian ja -fysiikan osaston laboratoriossa. Näytteistä määritettiin typpi, fosfori, kalium, kalsium ja magnesium. Määritykset kasvinäytteistä tehtiin TURTOLAN ja JAAKKOLAN (1987) esittämällä tavalla.

2.3 Koejärjestely ja kokeen suoritus

2.3.1 Kentän kalibrointi

Aikaa ennen varsinaisen kokeen aloittamista kutsutaan tässä kalibrointikaudeksi. Se ulottui alkukeväästä 1983 kevääseen 1984. Kentälle levitettiin 5 900 kg dolomiittikalkkia hehtaarille 26.5.1983. Puolelle alasta kylvettiin keväällä Otra-ohra ja puolelle alasta suojaohraksi Otra-ohra ja sen lisäksi Tammisto-timotei seuraavia vuosia varten. Ohran kylvötiheys oli 400 kpl/m². Kenttä kylvettiin siten, että ohrakaista ja ohra-nurmikaista vuorottelivat (Kuva 2). Lannoituksena käytettiin vuonna 1983 500 kg Yb1 (booripitoinen Y-lannos 1) /ha (50 kg N, 45 kg P, 85 kg K). Lannoitus ja kylvö tehtiin kylvölannoittimella sijoituslannoituksena. Syksyllä 1983 ohrakaistat kynnettiin ja nurmikaistoilta koottiin oljet pois. Ohran jyväsato punnittiin ruuduttain.

Vesimäärän mittaus ja vesinäytteiden keruu aloitettiin keväällä 1983. Ensimmäinen näyte otettiin 18.4.1983. Näytteenottotiheys määräytyi lähinnä valunnan mukaan, ts. näytteet pyrittiin ottamaan, kun keruuastiat (60 l/ojasto) olivat täynnä. Tämän lisäksi ajoitukseen vaikuttivat valunnan kevät- ja syyshuiput. Pyrkimyksenä oli jakaa vuotuinen valunta kolmeen osaan: kevät-, kesä- ja syysvaluntaan.

Vuonna 1983 ja vuoden 1984 alkupuolella kerättyjen näytteiden avulla seurattiin kentän tasaisuutta ja toimintavarmuutta ennen varsinaisen kokeen alkua. Näytteenottotiheys oli suurempi kalibrointikauden kuin varsinaisen kokeen aikana: ensimmäisen vuoden aikana ennen kokeen alkua otettiin 14 näytettä, kokeen aikana 6–9 näytettä vuodessa.

Huuhtoutumiskentästä otettiin maanäytteet 5.9.1983 ruuduittain muokkauskerroksesta (0–20 cm). Näytteistä määritettiin Maatalouden tutkimuskeskuksen maanviljelyskemian ja -fysiikan osaston laboratoriossa maalaji, pH, johtoluku, kalsium, kalium, magnesium, fosfori ja typpi. Nämä näytteet kuvaavat kentän ravinnetilaa ennen kokeen aloittamista. Määritykset tehtiin TURTOLAN ja JAAKKOLAN (1987) esittämällä tavalla.

2.3.2 Huuhtoutumiskoe

Keväällä 1984 aloitettiin huuhtoutumiskentällä koe, jossa oli seuraavat koetekijät:

1. Viljelykasvi: ohra, timoteinurmi
2. Lannoitustaso kg Yn/ha (Yn = Normaali Y-lannos):

Kasvi	taso 1	taso 2
Ohra	0	300
N-P-K kg/ha	0-0-0	48-21-39
Timoteinurmi	150 + 150	450 + 450
N-P-K kg/ha	48-21-39	144-63-117

Nurmet lannoitettiin ja niitettiin kahdesti kesässä. Ohrapellot sijoituslannoitettiin ja oljet kynnettiin maahan. Ohralajike oli vuonna 1984 Otra ja sen jälkeen Arra. Koe muodostettiin kentälle kuvan 3. osoittamalla tavalla, jossa kaikki saman koejäsenen ruudut ovat peräkkäin yhtenä kaistana. Nurmet niitettiin ensimmäisen kerran heinäasteella ja toisen kerran säilörehuasteella. Sadot punnittiin 8 metrin mittaiselta, 150 cm levyiseltä kaistalta ruuduttain, ja niistä otettiin kuiva-ainenäyte ja rehuanalyyseinäyte. Kuiva-ainepitoisuus määritettiin Karjalan tutkimusasemalla. Kylvö-, lannoitus-, niitto- ja puintipäivät ilmenevät taulukosta 1.

Taulukko 1. Huuhtoutumiskentän kasvustojen kylvö-, lannoitus- ja sadonkorjuupäivät vuosina 1983-86.

Vuosi	1983	1984	1985	1986
Toimenpide				
Ohra				
Lannoitus	28.5.	18.5.	29.5.	3.6.
Kylvö	30.5.	18.5.	29.5.	3.6.
Puinti	?	24.8.	31.8.	29.8
Nurmi				
Kylvö	28.5.			
1. lannoitus	28.5.	14.5.	22.5.	19.5.
1. niitto		25.6.	3.7.	26.6.
2. lannoitus		13.7.	25.7.	7.7.
2. niitto		30.8.	26.8.	4.9.

Jyväsato korjattiin tuleentuneena ja punnittiin ruuduttain 8 metrin mittaiselta, 150 cm:n levyiseltä kaistalta. Rikkakasvit torjuttiin vuosittain ohra-kaistoilta kevätiljosten rikkakasvien torjunta-aineilla.

Suunnitelman mukaan vesinäytteet pyrittiin ottamaan aina, kun keruustiat (60 l/ojasto) täytyivät. Näytteenottovälin piti vaihdella vuodenajan ja sademäärän mukaan. Voimakas tulviminen havaintokopissa kaatoi joitakin kertoja astioita, jolloin otettuja näytteitä meni hukkaan. Tällöin kaadettiin pois kaikki näytteet ja aloitettiin kerääminen uudestaan. Näin saatiin kaikkien ojastojen näytteet samalta ajanjaksolta. Vesimäärät tulivat mitatuksi koko ajalta. Näytteenottoajat ilmenevät taulukosta 2.

Taulukko 2. Vesinäytteiden ottoaika ja jako eri kausiin kalibroitikauden aikana (näytteet 1.–14.) ja huuhtoutumiskokeen aikana (näytteet 15.–38.).

Näyte		Kausi		
Numero	Pvm	Kevät	Kesä	Syksy
1.	18.4.83	x		
2.	2.5.	x		
3.	16.5.	x		
4.	30.5.		x	
5.	13.6.		x	
6.	11.7.		x	
7.	8.8.		x	
8.	10.10.		x	
9.	7.11.			x
10.	28.11.			x
11.	2.1.84			x
12.	3.4.	x		
13.	24.4.	x		
14.	14.5.	x		
1.–14.	yhteensä kpl	6	5	3
15.	21.6.84		x	
16.	9.8.		x	
17.	15.10.			x
18.	1.11.			x
19.	28.12.			x
20.	3.4.85	x		
21.	30.4.	x		
22.	13.5.	x		
23.	10.6.		x	
24.	4.7.		x	
25.	14.8.		x	
26.	10.9.		x	
27.	21.10.			x
28.	25.11.			x
29.	2.1.86			x
30.	3.4.	x		
31.	12.5.	x		
32.	12.6.		x	
33.	25.8.		x	
34.	6.10.			x
35.	26.11			x
36.	18.12.			x
37.	30.3.87	x		
38.	24.4.	x		
15.–38.	yhteensä kpl	7	8	9

5.10.1984 otettiin kentältä ruuduttain maanäytteet syvyyksistä 0–20, 20–40, 40–70 ja 70–100 cm. 1.11.1984 otettiin jokaiselta kaistalta yksi näyte syvyydestä 150–180 cm. Kokeen lopetusmaanäytteet otettiin 24.9.1986 syvyydestä 0–20 cm. Kaikista em. näytteistä määritettiin Maatalouden tutkimuskeskuksen maantutkimusosastolla pH, johtoluku, kalsium, kalium, magnesium, fosfori ja typpi samalla tavalla kuin aiemmistakin maanäytteistä. Koetta jatkettiin tällä tavalla syksyyn 1986, jolloin myös nurmikaistat kynnettiin. Vesimäärän mittausta, näytteenottoa ja veden analysointia jatkettiin talven yli. Keväällä 1987 koe lopetettiin.

2.4 Tulosten käsittely

Vesimäärien, ravinteiden pitoisuuksien ja huuhtoutuneiden ravinnemäärien laskentaa varten koevuodet jaettiin kukin kolmeen kauteen (kesä, syksy, kevät). Jako tehtiin laskemalla näytekerta- ja ruutukohtaisesti salaojavalunta ja käyttäen apuna tietoja roudasta ja lumioloista. Jako ilmenee taulukosta 2. Kuukausikohtainen jako ei kaikkina vuosina muodostunut samanlaiseksi.

Kentän tasaisuus tutkittiin laskemalla kalibrointikauden salaoja- ja pintavalunta sekä veden sisältämät ravinnemäärät kausittain ja ruuduttain. Huuhtoutumiskoe alkoi, kun ohraruodut kylvettiin ja lannoitettiin 18.5.1984. Koeruutujen ohra- ja nurmisadoista laskettiin koejäsenten keskiarvot vuosittain sekä keskisadot ja keskihajonta kokeen aikana. Satojen sisältämistä ravinnemääristä laskettiin lannoituksittain ja vuosittain keskiarvot käyttäen ruuduttaisia ravinneanalyysin tuloksia, sekä keskiarvot ja keskihajonta kolmen vuoden ajalta.

Kokeen aikaisen valunnan ja veden ravinneanalyysien aineistosta laskettiin kausittaisen valunnan ja huuhtoutuneiden ravinnemäärien keskiarvo eri kasveilla ja lannoituksilla. Lisäksi laskettiin samojen muuttujien keskiarvot ja keskihajonta kolmen vuoden ajalta sekä eri kausien keskimääräinen suhteellinen osuus valunnasta ja huuhtoutumisesta. Kokeen tuloksista ei voi laskea varianssianalyysia, koska ruutuja ei arvottu kentälle, ts. kaikki yhden koejäsenen ruodut olivat rinnakkain. Siksi myös tulokset ovat vain suuntaa antavia, eivätkä tilastollisesti testattuja.

2.5 Sää, lumi ja routa tutkimuksen aikana

Kalibrointikaudella ja kokeen aikana vallinneita sää-, lumi- ja routaoloja esittävät kuvat 4–6. Niissä on esitetty kuukauden keskilämpötilat, kuukauden sadesummat, lumen paksuus ja vesiarvo, roudan syvyys, lumen ja roudan alkamis- ja sulamisajat.

Sademäärä on myös jaettu näytteenottoaikojen mukaan päämääränä selvittää kutakin kautta vastaava maahan satanut tai lumesta sulanut vesimäärä. Tämä ilmenee taulukosta 3. ja kuvasta 16. Kaksi päivää ennen näytteenottoa satanut vesi laskettiin mukaan päättyvän kauden sademäärään kausien rajakohdissa. Syksyn lumisateet siitä alkaen, kun lumi ei sulanut jo syksyllä, laskettiin seuraavan kevätkauden valuntaa vastaavaksi sateeksi ottamatta huomioon haihtumista lumen pinnasta.

Taulukko 3. Valunnan kausia ja vuosia vastaavat sademäärän ja sulamisveden laskennalliset summat (mm) kalibrointikaudella ja huuhtoutumiskokeen aikana.

Kalibrointikausi				
Kausi	Kesä 83	Syksy 83	Kevät 84	Vuosi yht.
Sademäärä + sulamisvesi	293	100	320	713
Huuhtoutumiskoe				
Kausi	Kesä 84	Syksy 84	Kevät 85	1. vuosi yht.
Sademäärä + sulamisvesi	138	225	214	577
Kausi	Kesä 85	Syksy 85	Kevät 86	2. vuosi yht.
Sademäärä + sulamisvesi	309	207	192	708
Kausi	Kesä 86	Syksy 86	Kevät 87	3. vuosi yht.
Sademäärä + sulamisvesi	249	255	162	636

3 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

3.1 Ohra- ja heinäsadot sekä satojen ravinnesisältö

Syksyn 1983, ts. kalibrointikauden ohrasadon suuruus ja jyväsadon sisältämä ravinnepoistuma kaistoittain ilmenevät taulukosta 4. Ravinnepitoisuudet ovat liitteessä 3. Huuhtoutumiskokeen eli vuosien 1984–86 timotei- ja ohrasadot ovat taulukoissa 5. ja 6.

Kalibrointikaudella satoero kaistojen välillä oli erittäin pieni. Nurmikaistojen (1 ja 3) suojaviljan keskisato oli 3 700 kg/ha ja ohrakaistojen (2 ja 4) keskisato 3 740 kg/ha. Kaistojen keskisato oli vuosien 1978–85 keskimääräistä Otra-ohran turvemaiden lajikekoesatojen tasoa 10 % alempi, ja 16 % Otra-ohrasta III-vyöhykkeellä saatuja keskimääräisiä lajikekoesatoja alempi (MUSTONEN ym. 1986). Suojaviljakaistojen keskimääräinen lakoprosenttia oli 19, kun se ohrakaistoilla oli keskimäärin 35. Erot jyväsadossa poistuneiden ravinteiden määrässä olivat erittäin pienet. Sadon ravinnepitoisuudet olivat tavanomaisia (vrt. JAAKKOLA ja VOGT 1978).

Suojaviljakaistoilta poistettujen olkien ravinnemäärää ei mitattu. 3 000 kg:n olkikuiva-ainesatoa hehtaarilta ja normilukuja (SALO ym. 1982) soveltaen ravinteita poistui oljessa seuraavasti: typpeä 1,9 kg/ha, fosforia 2,4 kg/ha, kaliumia 51,0 kg/ha, kalsiumia 14,4 kg/ha ja magnesiumia 2,7 kg/ha.

Lannoitteissa annettua typpimäärää (50 kg/ha) vastaava määrä kului ohran jyväsadon muodostukseen melko tarkasti: typpisato oli hehtaaria kohti keskimäärin 1,8 kg suurempi kuin typpilannoitus. Kolmella kaistalla poistuma oli lannoitusta suurempi. Lannoitetyypestä jää hietamaahan uusimpien tutkimustulosten mukaan 29–44 % lähes lannoitemäärästä riippumatta (ESALA 1992). Jos lannoitetyppi käyttäytyy turvemaassa samalla tavalla, on turpeesta täytynyt vastaavasti mobilisoida n. 15–20 kg typpeä hehtaarilta kasvien käyttöön.

Turpeesta voi vapautua suuriakin määriä typpeä kasvukauden aikana. WIKLANDERin ja NÖMMIKIN (1987) Ruotsissa tehdyssä tutkimuksessa havaittiin, että metsäsaraturpeesta, joka kasvoi kuusivaltaista metsää, mobilisoitui 30 cm:n turvekerroksesta vuodessa 90 kg N/ha, mikä vastasi 0,6 % kokonaistypen määrästä samassa kerroksessa. Vilkkainta typen mineralisoituminen oli 10 cm:n pintakerroksessa. Alueen keskimääräinen sademäärä vastaa Pohjois-Karjalan oloja, mutta vuoden keskilämpötila on yli kolme astetta korkeampi kuin Tohmajärvellä.

Taulukko 4. Vuoden 1983 ohrasadon (kg/ha) sekä jyväsadon sisältämien ravinnemäärien (kg/ha) keskiarvot ja keskihajonta kaistoittain.

Kaista	Sato	n	N	P	K	Ca	Mg
1.	3730	4	54,5	11,2	17,2	1,3	3,7
2.	3670	4	50,8	11,0	16,7	1,3	3,7
3.	3660	4	47,5	10,7	16,2	1,2	3,7
4.	3810	4	54,2	11,7	18,1	1,3	4,0
Keskim.	3720	16	51,8	11,2	17,1	1,3	3,8
SD	±279		±7,2	±1,3	±1,7	±0,1	±0,4

Taulukko 5. Eri lannoituksilla saatujen ohrasatojen vuosittaiset keskiarvot kg/ha ja suhdelukuina (0 Yn =100), sekä keskiarvo ja keskihajonta kokeen ajalta.

Vuosi	1984		1985		1986		1984-86	
	kg/ha	sl	kg/ha	sl	kg/ha	sl	kg/ha	sl
Koejäsen								
0 Yn	1180	100	2480	100	1930	100	1860	100
SD							±607	
n	4		4		4		12	
150 Yn	2710	230	3540	143	3310	172	3190	172
SD							±447	
n	4		4		4		12	

Taulukko 6. Eri lannoituksilla saatujen timotein kuiva-ainesatojen keskiarvot vuosittain ja niitoittain kg kuiva-ainetta/ha ja suhdelukuina (150+150 Yn =100) sekä keskiarvo ja keskihajonta kokeen ajalta.

Koejäsen	Vuosi	Niitto	150+150 Yn				450+450 Yn			
			kg/ha	SD	n	sl	kg/ha	SD	n	sl
1984	1.		5020		4	100	5860		4	117
	2.		3300		4	100	5390		4	163
	Yht.		8320		4	100	11250		4	135
1985	1.		5240		4	100	6020		4	115
	2.		2100		4	100	3620		4	172
	Yht.		7340		4	100	9640		4	131
1986	1.		4150		4	100	5630		4	136
	2.		2300		4	100	4210		4	183
	Yht.		6540		4	100	9840		4	153
1984-	1.		4800	±600	12	100	5840	±340	12	122
1986	2.		2570	±730	12	100	4400	±1020	12	171
	Yht.		7370	±1090	12	100	10240	±1120	12	139

Jyväsadon sisältämä fosfori- ja kaliummäärä vastasivat keskimäärin yhtä neljänneistä annetun lannoitefosforin määrästä ja yhtä viidesosaa lannoitekaliumin määrästä. Näin laskettuna ohrakais-toilla jäi maahan keskimäärin noin 34 kg P/ha ja 68 kg K/ha.

Huuhtoutumiskokeen vuosina (1984, 1985 ja 1986) lannoittamattoman ohran sato oli keskimäärin selvästi pienempi kuin lannoitetun ohran sato. Satoero vaihteli välillä 43–130 %. Vuoden 1984 alhainen sato johtuu hallavioituksesta kesäkuussa ja elokuussa. Lannoitetun koejäsenen keskisato on tyypillinen turvemaan Arra-ohran sato (MUSTONEN ym. 1989). Lakoa ei vuonna 1984 esiintynyt kokeessa lainkaan. Vuonna 1985 lannoitetun kasvuston satoa alensi voimakas lakoutuminen, keskimäärin lakoprosenttia oli 80, kun se lannoittamattomassa kasvustossa oli vain 5. Samansuuntainen oli tilanne vuonna 1986: lannoitetusta ohrasta lakosi 35 %, lannoittamattomasta vain 1 %.

Timotein satoerot olivat myös selvät: kolminkertainen lannoitus lisäsi timoteisatoa 31–53 %. Satoero oli suurin vuonna 1986. Keskimäärin sadonlisäksi saatiin 39 % . Heinäasteella niitetyn 1. niiton sadossa ero oli 15–36 % ja odelmasadossa 63–83 %. Runsaamman lannoituksen saaneen timotein kuiva-ainesato oli koko ajan hyvä, keskimäärin yli 10 000 kg/ha.

Timoteiheinän ravinnepitoisuudet (Liite 3). pysyivät kaikilla koejäsenillä koko ajan KÄHÄRin ja PAASIKALLION (1978) esittämien vaihtelurajojen sisällä. Kaliumin pitoisuus oli lähellä esitettyä eloperäisten maiden keskiarvolukua; fosforia, magnesiumia ja kalsiumia näytteissä oli keskimääräistä vähemmän koko ajan. Odelmasadon ravinnepitoisuudet olivat kaliumia lukuunottamatta lähellä SYRJÄLÄN ja OJALAN (1978) esittämiä timotein syyssadon ravinnepitoisuuksia. Kaliumipitoisuus oli korkea.

Lannoituksen lisäys lisäsi kaikkien ravinteiden pitoisuutta heinäasteella niitetyissä sadoissa. Eniten, keskimäärin 26 %, kasvoi heinän kalsiumpitoisuus. Vaikutus väheni vuosien mittaen 35:stä 17:ään prosenttiin. Magnesiumpitoisuus käyttäytyi lannoituksen vaikutuksesta samalla tavalla. Vaikutus väheni vuosien aikana 28:sta 11:een prosenttiin. Odelmassa fosforin ja kaliumin pitoisuudet kasvoivat lannoitelisäyksen vaikutuksesta keskimäärin lähes saman verran, 10–14 %, kuin heinässä. Kalsiumin ja magnesiumin pitoisuuteen odelmassa lannoituksen lisäys ei paljon vaikuttanut. Tulos on saman suuntainen kuin kalium- ja fosforilannoituksen porraskokeissa on vastavilla turvemaidella saatu (SAARELA 1982, SAARELA ja ELONEN 1982). Ilmeisesti timotein ravinnepitoisuuksia lisäsi paitsi kaliumlannoitus, myös typpilannoitus, kuten myös TÄHTINEN (1979) on havainnut omilla kokeillaan.

Ohran jyvien ravinnepitoisuudet olivat koko ajan JAAKKOLAN ja VOGTIN (1978) esittämien vaihtelurajojen sisällä ja kalsiumia lukuunottamatta lähellä keskiarvolukuja. Kalsiumpitoisuus oli vuosina 1985 ja 1986 lähellä vaihtelun alarajaa. Lannoitus alensi lähes poikkeuksetta ohran jyvien ravinnepitoisuuksia, enimmäkseen kalsiumpitoisuus aleni 18 % vuonna 1986. Nämä vaihtelut johtuivat sadon vaihtelusta: pienemmässä sadossa ravinnepitoisuus on suurempi.

Timotei- ja ohrasatojen ravinneanalyysien ja kuiva-ainesatojen perusteella laskettu vuosittainen ravinnepoistuma kokeen aikana on esitetty taulukoissa 7 ja 8.

Verrattaessa taulukon 7 lukuja vuosittain käytettyjen lannoitteiden sisältämiin pääravinnemääriin, havaitaan, että vähintään lannoitetyypeä vastaava typpimäärä saatiin timoteisadossa talteen kaikkina vuosina kumpaakin lannoitusta käytettäessä. Niukalla lannoituksella viljellystä nurmesta saatiin sadossa talteen yli kaksinkertainen typpimäärä verrattuna lannoitetyn määrään. Typeä on ilmeisesti edelleen mobilisoitunut varsin runsaasti. Kaliumin poistuma sadossa oli suhteessa vielä typeäkin suurempi verrattuna lannoitekaliumin määrään: niukasti lannoitetun sadon mukana poistui kolminkertainen määrä kaliumia ja voimakkaasti lannoitetun sadon mukana puolitoistakertainen määrä.

Heinäsadon fosforisisältö vastasi niukkaa lannoitusta käytettäessä lähes lannoitefosforin määrää. Voimakkaammin lannoitettaessa sen sijaan saatiin talteen vain keskimäärin alle puolta lannoitefosforin määrästä vastaava fosforimäärä. Maahan jäi tällöin keskimäärin 34,8 kg/ha lannoitefosforia vuodessa. Kalsiumin poistuma oli suunnilleen fosforipoistuman suuruinen kummallakin lannoituksella ja magnesiumin poistuma alle puolet tästä.

Ohrasadossa poistui kaikkia ravinteita selvästi vähemmän kuin nurmisadossa, johtuen timotein suuremmista kuiva-ainesadoista ja tiettyjen ravinteiden reilusti suuremmista pitoisuuksista ohran jyviin verrattuna.

Taulukko 7. Eri tavalla lannoitetuissa timoteisadoissa poistuneiden ravinnemäärien keskiarvot vuosittain (kg/ha) sekä keskiarvo ja keskihajonta kokeen aikana.

Lannoitus kg/ha (N-P-K) kg/ha	Vuosi	Ravinnepoistuma kg/ha				
		N	P	K	Ca	Mg
150+150 Yn (48-21-39)	1984	112,9	17,7	120,2	18,8	7,0
	1985	132,0	20,0	145,0	16,5	6,8
	1986	94,4	16,2	94,4	14,9	6,4
	1984-86	113,1	18,0	119,9	16,7	6,7
	SD	±19,6	±2,7	±24,1	±3,3	±1,1
	n	12	12	12	12	12
450+450 Yn (144-63-117)	1984	187,4	26,4	168,3	30,3	11,1
	1985	210,2	32,0	189,0	24,7	10,1
	1986	164,4	26,2	142,4	24,9	10,9
	1984-86	187,3	28,2	166,5	26,6	10,7
	SD	±26,2	±3,0	±22,7	±3,4	±0,9
	n	12	12	12	12	12

Taulukko 8. Ohran jyväsadoissa poistuneiden ravinteiden (kg/ha) keskiarvot vuosittain sekä keskiarvo ja keskihajonta kokeen aikana lannoituksittain.

Lannoitus kg/ha (N-P-K) kg/ha	Vuosi	Ravinnepoistuma kg/ha				
		N	P	K	Ca	Mg
0 Yn (0-0-0)	1984	20,3	4,2	7,4	0,5	1,2
	1985	43,8	7,5	10,9	0,6	2,4
	1986	24,4	6,0	7,9	0,5	1,9
	1984-86	29,5	5,9	8,7	0,5	1,9
	SD	±11,2	±1,6	±1,9	±0,1	±0,6
	n	12	12	12	12	12
300 Yn (48-21-39)	1984	52,2	9,1	15,8	1,1	2,7
	1985	74,5	10,7	13,2	0,8	3,2
	1986	47,6	10,4	14,6	0,8	3,2
	1984-86	58,1	10,1	14,6	0,9	3,0
	SD	±15,8	±1,0	±1,8	±0,2	±0,4
	n	12	12	12	12	12

Lannoituksen vaikutus ohrasadossa poistuneeseen ravinnemäärään näkyy selvästi. Typeä poistui lannoitetussa ohrasadossa keskimäärin 97, fosforia 71, kaliumia 40, kalsiumia 44 ja magnesiumia 37 % enemmän kuin lannoittamattomassa ohrasadossa keskimäärin.

Verrattaessa lannoitteena annettuja pääravinnemääriä (300 Yn) ohrasadon mukana poistuneisiin määriin havaitaan, että talteen saatiin vuodessa keskimäärin noin 10 kg/ha (21 %) enemmän typeä kuin lannoitteena annettiin. Annetusta fosforimäärästä poistui sadossa vain alle puolet, noin 11 kg/ha jäi maahan vuosittain. Lannoitekaliumin määrästä puolestaan vain runsasta kolmannesta vastaava määrä (noin 15 kg/ha vuodessa) saatiin talteen ohrasadossa.

Jos verrataan lannoituksen aiheuttamaa ravinnepoistuman lisää lannoituksena annettuihin päära-
vinnemääriin, havaitaan, että annetusta typestä keskimäärin noin 60 % saatiin typpisadon lisään-
tymisenä takaisin. Loput 40 % (19,4 kg/ha vuodessa) jäi maahan. Samalla tavalla laskettuna lan-
noitefosforista jäi maahan keskimäärin 80 %, kun fosforisato kasvoi vain 4,2 kg/ha 21 kg:n
lannoituksella. Lannoitekaliumista jäi maahan vielä suurempi osa, noin 85 %, kaliumsato kasvoi
lannoituksella vain 5,9 kg/ha.

Lannoitus lisäsi myös kalsiumin ja magnesiumin poistumaa; edellistä 80 % ja jälkimmäistä 58 %.
Nämä suuret lisäykset johtuivat lannoituksella aikaansaaduista suuremmista sadoista, joiden
muodostamisen tarvittiin enemmän ko. ravinteita.

3.2 Maan ravinnetila tutkimuksen aikana

3.2.1 Vuosien 1983 ja 1984 maanäytteet

Kalibrintikauden maa-analyysin tuloksen (Kuva 7) mukaan kentän muokkauskerros oli syksyllä
1983 ravinnesuhteiltaan, happamuudeltaan ja johtoluvultaan varsin tasainen. Kaista 4 (tuleva lan-
noitettu ohrakaista) erosi kuitenkin hieman muista niukemman kaliumin ja fosforin ansiosta. Sel-
viä ravinnepuutoksia tai ylisuuria pitoisuuksia ei ollut. Suojaviljan olkien poiston vaikutus ei ai-
nakaan vielä näkynyt nurmikaistojen kaliumluvussa.

Kentän ravinnesuhteet vastasivat melko tarkasti SIPPOLAN (1978) esittämiä tuloksia saraturpeen
keskimääräisistä uuttuvien ravinteiden pitoisuuksista. Fosforia ja magnesiumia oli kuitenkin kes-
kiarvoa niukemmin. KURKI (1982) on esittänyt tuloksia, joihin verrattuna kentän muokkausker-
roksen pH olisi selvästi alempi kuin maalajin keskiarvo ja maasta määritettyjen ravinteiden pitoi-
suus keskimääräistä niukempi, lukuun ottamatta kaliumia. Em. tulos on kuitenkin vain viljavuus-
analyysin tehneiltä tiloilta, jolloin arvot ovat todellista keskiarvotilannetta korkeampia.

Kentältä 5.10.1984 otettujen kerroksellisten maanäytteiden (0–20 cm, 20–40 cm, 40–70 cm, 70–
100 cm joka ruudulta) ja lisäksi 1.11.1984 otettujen (150–180 cm, yksi näyte jokaiselta kaistalta,
ruuduista 5, 10, 15 ja 20) maanäytteiden analyysitulokset ovat kuvissa 8 ja 9.

Maan happamuus (Kuva 8) oli edelleen kaikilla kaistoilla tasainen. Kentän pH-arvot vaihtelivat
4,3:n ja 4,9:n välillä yhden metrin syvyyteen saakka. Korkeimmat arvot olivat muokkauskerrok-
sessa kaikilla kaistoilla. 180 cm syvyydessä maa oli hyvin hapanta: pH oli keskimäärin 1,2 kai-
killa kaistoilla. URVAS (1985) on esittänyt viljeltyjen turvemaiden happamuudesta suunnilleen tä-
män tutkimuksen tuloksia vastaavia lukuja 60 cm:n syvyyteen asti.

Maan suolapitoisuutta kuvaava johtoluku (Kuva 8) oli yli 1,0 yhden metrin syvyyteen asti.
Muokkauskerroksen alapuolella se ylitti arvon 2,0 koko kentällä. 180 cm:n syvyydessä johtoluku
oli alle 1,0. Selvää riippuvuutta kasvilajista tai lannoituksesta ei voi havaita.

Fosfori oli selvästi keskittynyt muokkauskerrokseen (Kuva 8) ja pitoisuus aleni jyrkästi syvem-
mälle mentäessä. Jo kerroksessa 20–40 cm oli fosforiluku keskimäärin yli puolta pienempi kuin
muokkauskerroksessa. 180 cm syvyydessä pitoisuus oli jo hyvin pieni. Myös PIASCİK (1984)
mainitsee fosforin rikastuvan pitkään viljellyssä turvemaassa ylimpiin maakerroksiin.

Muokkauskerroksessa näyttää nurmikaistoilla olleen selvästi enemmän fosforia kuin ohrakaistoil-
la. Niukasti lannoitetussa nurmessa näyttää maassa olleen kaikissa syvyyksissä keskimäärin mui-
ta kaistoja enemmän fosforia. Pintakerroksesta noin 40 cm:n syvyyteen asti fosforipitoisuus oli

muiden tutkimusten havaintojen (URVAS 1985) alapuolella. Välillä 40–70 cm tulokset olivat suunnilleen samanlaiset.

Kaliumin pitoisuus (Kuva 8) oli suurin muokkauskerroksessa. 100 cm syvyyteen saakka pitoisuus oli yli puolet muokkauskerroksen pitoisuudesta ja syvimmässä tutkitussa kerroksessa enää alle viidennes siitä. Kalium rikastuu siis myös ylimpiin maakerrokseen (vrt. PIASCIK 1984). Muokkauskerroksen kaliumin pitoisuudessa ei ollut merkittäviä koejäsenten välisiä eroja; eniten kaliumia oli lannoitetussa ohrapellossa (kaista 4). Vuoden 1983 muokkauskerroksen maanäytteisistä havaittu ero kaistan 4 ja muiden kaistojen välillä oli muuttunut päinvastaiseksi.

Syvyydessä 20–70 cm lannoittamattomassa ohrapellossa oli selvästi enemmän kaliumia kuin muissa koejäsenissä. Syvyydessä 70–100 cm kummankin kasvilajin kasvualustassa oli vähemmän kaliumia runsaan, kuin niukan tai puuttuvan lannoituksen jälkeen. Ohrapellossa ilmiö oli voimakkaampi. Kaliumpitoisuus pinnasta 70 cm:n syvyyteen oli selvästi suurempi kuin URVAKSEN (1985) esittämissä tuloksissa. Ero oli sitä suurempi, mitä syvemältä näyte oli.

Kalsiumin pitoisuus (Kuva 8) eri kerroksissa vaihteli vähemmän kuin muiden ravinteiden pitoisuus. 100 cm syvyyteen saakka kalsiumia oli yli 1 200 mg/l. Nurmen voimakas lannoitus ja ohran lannoitus näyttävät lievästi alentaneen pitoisuutta muokkauskerroksen alapuolella, etenkin kerroksessa 70–100 cm. Tämä johtunee lannoituksen aikaansaamasta voimakkaasta ravinteiden otosta kasvien juurien pääasiallisessa syvyydessä. Kerroksessa 150–180 cm Ca-luku oli alle 500 mg/l. URVAKSEN (1985) esittämät tulokset ovat hyvin samantyyppisiä. Magnesiumin pitoisuus eri maakerroksissa (Kuva 8) vaihteli melkoisesti: eniten magnesiumia, jopa 200 mg/l, oli kerroksessa 70–100 cm ja vähiten syvällä maassa, 180 cm syvyydessä. Molemmilla ohrakaistoilla näyttää olleen selvästi nurmia enemmän magnesiumia muokkauskerroksessa ja maakerroksessa 40–100 cm. 70 cm:n syvyyteen asti pitoisuus oli selvästi URVAKSEN (1985) esittämien tulosten alapuolella, pitoisuus oli n. kolmanneksen pienempi.

Syksyllä 1984 maan eri kerroksista määritettiin myös kokonaistyyppi. Kaikkien koejäsenten typen pitoisuuden (Kuva 9) syvyysprofiili oli samankaltainen: 180 cm syvyydessä oli niukasti typpeä. Vielä 100 cm syvyydessä typpeä oli yhtä paljon tai enemmän kuin muokkauskerroksessa. Välialueella, kerroksessa 20–70 cm, oli yleensä suurin typpipitoisuus. Muokkauskerroksessa ainoastaan nurmikaistojen typpiluvut erosivat toisistaan merkittävästi: typpipitoisuus oli suurempi runsaan lannoituksen jälkeen. Muissa syvyyksissä ei ollut lannoitusten ja kasvien välisiä selviä eroja.

3.2.2 Vuoden 1986 maanäytteet ja maan ravinnetilan kehitys

Syksyllä 1986 otetuissa muokkauskerroksen maanäytteissä (Kuva 7) fosforiluku oli runsaasti lannoitetun nurmen kasvualustassa selvästi suurin. Myös lannoitetun ohran kaistalla fosforia oli enemmän kuin lannoittamattomassa ohrapellossa.

Kaliumin ja magnesiumin pitoisuudet olivat ohrapellon muokkauskerroksessa nurmien vastaavia pitoisuuksia suuremmat. Etenkin lannoitetussa ohrapellossa oli runsaasti kaliumia ja magnesiumia. Kalsiumluku ei vaihdellut suuresti lannoituksen perusteella, mutta ohrakaistoilla oli kuitenkin keskimäärin selvästi enemmän kalsiumia kuin nurmikaistoilla. Maanesteen pH oli hyvin tasainen, se vaihteli välillä 4,8–5,0. Johtoluvussakaan ei ollut suuria eroja.

Muokkauskerroksen maa-analyysilukujen kehityksessä vuosien 1983–86 aikana (Kuva 7) lannoituksen vaikutus näkyy hyvin selvästi fosforilukujen muutoksissa: nurmen lannoituksen lisääminen ja ohran lannoitus saivat fosforiluvun maassa kasvamaan keskimäärin noin 1,5 mg/l. Niukka

nurmen lannoitus ja ohran viljely lannoittamatta eivät vielä merkittävästi näy fosforiluvun alenemisena.

Nurmisatojen runsas ravinteiden otto näkyy kalsiumluvuissa: vuonna 1986 ohra-kaistoilla oli keskimäärin yli 200 mg/l enemmän kalsiumia kuin nurmien kasvualustassa, kun ennen koetta kaistat olivat samalla kalsiumtasolla. Sama ilmiö näkyy kaliumluvuissa: ero oli keskimäärin noin 20 mg/l ohrapeltojen hyväksi. Ohran lannoitus on selvästi lisännyt maan kaliumpitoisuutta. Nurmen lannoituksen määrä ei näytä vaikuttaneen tulokseen, mikä johtuu mm. heinän runsaasta kaliuminotosta.

Myös magnesiumluvut käyttäytyivät samaan tapaan, ero oli vuonna 1986 noin 70 mg/l ohrapeltojen hyväksi. Samanlainen havainto on tehty JOKISEN ja HYVÄRISEN (1985) tutkimuksessa. Nurmissa, etenkin niukasti lannoitetussa nurmessa, magnesiumluku on laskenut kokeen aikana ja ainakin lannoitetussa ohrapellossa se on selvästi kasvanut.

Maan happamuuteen tai johtolukuun ei viljelykasvilla tai lannoituksella ollut vaikutusta. Johtoluvut olivat vuonna 1986 noin kolmanneksen alemmalla tasolla kuin vuonna 1983.

3.3 Valunta ja ravinteiden huuhtoutuminen kalibroitikaudella

3.3.1 Salaojavesi

Kentän toimivuutta, ts. valunnan tasaisuutta kalibroitikaudella voidaan tarkastella ruuduttain ja kaistoittain kuvista 10 ja 11, taulukosta 9 ja näytekerroittain liitteestä 4a. Kalibroitikaudesta on tarkastelussa erotettu kesästä 1983 alkava vuosi, johon kuuluvat näytekerat 4.–14. Nämä kattavat kaikki valunnan kaudet (kesä, syksy, talvi) kokonaan yhden kerran.

Keväällä 1983 veden tulo oli vielä epätasaista eri ruutujen välillä (Kuva 10). Erityisesti näytekeralla 2. salaojavalunta vaihteli 67–195 millimetriin (Liite 4a.). Laskennallinen vuorokausivalunta oli tällöin 4,5:stä lähes 14:ään millimetriin. Suurin osa kevään 1983 salaojavalunnasta ajoittui näytekeralle 2. (18.4.–2.5.).

Näytekerroilla 1. ja 2. valuntahuiput olivat ruuduilla 7, 11, 15 ja 19. Nämä ruudut sijaitsivat vierekkäin; tulevan kokeen kannalta ne muodostavat kerranteen 2. Näytekeralla 3. ilmiö oli enää heikosti havaittavissa. Kokonaissalaojavalunnan ruutujen välisistä eroista ennen kokeen alkua suurin osa johtui kevään 1983 epätasaisesta valunnasta.

Veden tulon vähetessä kesällä (näytekerat 4.–8.) valunnan ruutujen välinen hajonta pieneni nopeasti. Loka-marraskuussa hajonta kasvoi ja pieneni taas valunnan vähetessä. Keväällä 1984, vähän ennen kokeen alkua, näytekeralla 13., veden tulo oli selvästi edellistä kevättä tasaisempaa: vuorokausivalunta vaihteli 8,7:stä 13,4 mm:iin vuorokaudessa. Tämän näytekeran kokonaisvalunta vaihteli 184:stä 280 mm:iin.

Alkukesällä 1983 (näytekerat 4.–6.) valuntahuiput olivat ruuduilla 6 ja 9, loppukesällä ruuduilla 6, 9, 12 ja 16. Syksyllä 1983 (näytekerat 9.–11.) valuntahuiput olivat hyvin pieniä. Talvella oli suurehkoja ruutujen välisiä valuntaeroja, mutta pienen valunnan vuoksi vaikutus oli mitätön. Näytekeralla 12. ruutu 15 oli melko kuiva: valunta oli vain 0,5 mm. Keväällä 1984 tuleva kerranne 2 ei enää selvästi erottunut muista valunnaltaan.

Taulukko 9. Kalibrointikauden salaojavalunnan (mm) ja salaojavedestä mitattujen ravinnemäärien (N, P, K: kg/ha) keskiarvot ja keskihajonta kausittain ja vuoden (4.–14.) kokonaismääränä eri kaistoilla ja kentällä keskimäärin. Kausittaiset määrät myös osuutena (%) vuoden kokonaismääristä.

Kausi	Kevät83	Kesä83	Syksy83	Kevät84	Vuosi yht.
Näytt.	1.–3.	4.–8.	9.–11.	12.–14.	4.–14.
Salaojavalunta					
Kaista					
1	172	45	98	279	422
2	229	46	99	304	449
3	167	42	96	264	402
4	197	26	90	304	420
Keskim.	191	40	96	288	424
SD	±57	±11	±7	±28	
n	16	16	16	16	
%		9	23	68	100
N					
Kaista					
1	6,48	3,20	4,77	20,77	28,74
2	9,01	3,73	6,36	35,96	46,05
3	5,78	3,00	4,11	15,31	22,42
4	8,54	2,10	5,55	49,12	56,77
Keskim.	7,45	3,01	5,20	30,29	38,50
SD	±2,16	±0,82	±1,02	±15,42	
n	16	16	16	16	
%		8	14	79	100
P					
Kaista					
1	0,51	0,24	0,45	0,61	1,30
2	0,88	0,33	0,46	0,65	1,44
3	0,81	0,46	0,61	0,73	1,80
4	1,18	0,35	0,51	0,76	1,62
Keskim.	0,85	0,35	0,51	0,69	1,55
SD	±0,41	±0,19	±0,20	±0,29	
n	16	16	16	16	
%		23	33	45	100
K					
Kaista					
1	10,38	3,77	12,32	30,92	47,01
2	13,17	3,53	13,30	39,97	56,80
3	9,92	4,03	13,57	30,98	48,58
4	13,16	2,17	10,92	36,81	49,90
Keskim.	11,66	3,38	12,53	34,67	50,58
SD	±3,99	±0,99	±1,38	±5,68	
n	16	16	16	16	
%		7	25	69	100

Keväällä veden tulo salaojista oli selvästi voimakkainta (Kuva 11): vuoden kokonaisvalunnasta noin kaksi kolmasosaa tuli keväällä, vajaa neljännes syksyllä ja kesällä alle 10 %. Ruutujen väliset erot valunnan suhteellisessa jakaumassa olivat melko pieniä.

Salaojavalunnan suhde edeltäviin sademääriin vaihteli eri ajankohtina (vrt. Taulukko 3). Kaikkina kausina salaojavalunta oli keskimäärin pienempi kuin vastaava sade- ja sulamisveden määrä.

Kesällä 1983 vain 14 % sademäärästä poistui salaojavaluntana, syksyllä vastaava osuus oli 96 %, ja keväällä 1984 edelleen 90 %. Vuoden (näytekerat 4.–14.) 713 mm:n sademäärää vastasi 424 mm:n salaojavalunta (59,5 %).

Vuoden kokonaissalaojavalunta alkaen kesästä 1983 oli hyvin tasainen (Kuva 10): vain ruudut 9, 12, 14 ja 18 poikkesivat jonkin verran yleistasosta, joka sijoittui välille 400–450 mm. Vuoden salaojavalunnasta valtaosa ajoittui näytekerroille 9. (10.10.–7.11.83) ja 13. (3.4.–24.4.84).

Salaojaveden ravinnepitoisuudet kalibrointikaudella ilmenevät kentän keskiarvoina kuvissa 12–14. Keväällä 1983 pitoisuudet olivat melko alhaisia. Veden typpipitoisuus (Kuva 12) kasvoi suunnilleen tasaisesti elokuuhun 1983 (kerta 7) saakka, jolloin se oli noin 8 mg/l. Sen jälkeen pitoisuus laski syksyn ja alkutalven aikana alle puoleen tästä. Vuoden 1984 alussa (kerta 12) alkoi jyrkkä typpipitoisuuden nousu, joka toukokuun puoliväliin mennessä yltyi yli 14 mg/l:aan. Ammoniumtyypen pitoisuus kohosi aluksi keväällä 1983 samaan tahtiin kokonaistypen pitoisuuden kanssa, mutta pitoisuus alkoi laskea aikaisemmin, ja lasku oli jatkuvaa aina kevääseen 1984 saakka. Ammoniumtyypen osuus kokonaistypestä vaihteli noin puolesta alle kymmenesosaan.

Salaojaveden fosforipitoisuus (Kuva 13) kohosi aluksi elokuuhun 1983 asti noin 0,4:stä 1,1 mg/l:aan, laski sitten marraskuun alkuun mennessä takaisin ja pienen nousun jälkeen aleni vielä talven aikana noin 0,2 mg/l:aan. Korkeimmillaan pitoisuus oli toukokuun puolivälistä lokakuuhun ulottuvalla jaksolla. Kevään runsaan veden aikana pitoisuus oli alimmillaan. Liukoisen fosforin pitoisuus ei vaihdellut aivan yhtä jyrkästi, mutta vaihtelut tapahtuivat samaan aikaan ja pääosin samaan suuntaan kokonaisfosforin pitoisuusvaihtelujen kanssa. Liukoisen fosforin osuus kokonaisfosforista ei koko koetta edeltävänä aikana laskenut alle 50 %:n. Suurimmillaan se oli keväisin noin 80 %:n vaiheilla.

Salaojaveden kalium-, magnesium- ja natrium-pitoisuudet (Kuva 14) olivat kalibrointikauden aikana varsin tasaisia. Kalium- ja magnesiumpitoisuus hiukan kasvoivat. Ylivoimaisesti runsain ravinne salaojavedessä oli kalsium. Pitoisuus kasvoi kevään 1983 jälkeen aina marraskuun alkuun saakka ja oli korkeimmillaan yli 35 mg/l. Sen jälkeen pitoisuus aleni lievästi kunnes runsaan valunnan aikaan jälleen kasvoi yli 30 mg/l:aan.

Huuhtoutuneet ravinnemäärät (Kuva 15, Taulukot 9 ja 1, näytekerroittain Liite 4b.-g.) vaihtelivat keväällä 1983 varsin paljon eri ruuduissa: typen, kaliumin, kalsiumin, magnesiumin ja natriumin huuhtoutuminen oli vahvasti sidoksissa valuntaan, suurimmat ravinnemäärät mitattiin samoilta ruuduilta kuin valuntahuiput. Fosforin huuhtoutuminen vaihteli suhteellisesti eniten eri ruutujen välillä. Riippuvuus valunnasta ei ollut yhtä selvä kuin muilla ravinteilla, toisin kuin savimaalla on todettu (TURTOLA ja JAAKKOLA 1985).

Valtaosa kesästä 1983 alkavan vuoden ravinteiden kokonaishuuhtoutumasta huuhtoutui keväällä, tyydestä lähes neljä viidesosaa. Vain fosforin keväthuuhtoutuman osuus jäi alle puoleen. Kesällä fosforin suhteellinen huuhtoutuminen oli muita ravinteita suurempaa: vajaa neljännes vuoden fosforin kokonaismäärästä huuhtoutui kesällä, kun typen, kaliumin, kalsiumin ja magnesiumin kokonaismäärästä kesällä huuhtoutui alle kymmenesosa. Syksyllä kaliumia, kalsiumia, natriumia ja magnesiumia huuhtoutui noin neljännes vuoden kokonaismäärästä, fosforia kolmannes ja typpeä vain seitsemäsosa.

Kesällä 1983 huuhtoutui kaistalta 4 (ruudut 17–20) keskimäärin vähemmän kaikkia muita ravinteita paitsi fosforia, kuin muilta kaistoilta. Muita selviä eroja ei kaistojen välillä tuolloin ollut.

Taulukko 10. Kalibrointikauden salaojavedestä mitattujen ravinnemäärien (Ca, Mg, Na: kg/ha) keskiarvot ja keskiha-jonta kausittain ja vuoden (4.–14.) kokonaismääränä eri kaistoilla ja kentällä keskimäärin. Kausittaiset määrät myös osuutena (%) vuoden kokonaismääristä.

Kausi	Kevät 83	Kesä 83	Syksy 83	Kevät 84	Vuosi yht.
Näytt.	1.–3.	4.–8.	9.–11.	12.–14.	4.–14.
Ca					
Kaista					
1	23,81	11,51	34,05	82,93	128,49
2	22,47	9,27	32,50	85,26	127,03
3	15,32	8,88	31,04	64,13	104,05
4	28,66	5,33	34,15	113,65	153,10
Keskim.	22,57	8,74	32,94	86,49	128,17
SD	±8,00	±2,74	±4,32	±23,53	
n	16	16	16	16	
%		7	26	67	100
Mg					
Kaista					
1	4,84	2,65	6,71	16,32	25,68
2	4,45	2,11	6,21	16,94	25,26
3	3,06	1,98	6,32	13,19	21,49
4	6,48	1,20	7,28	24,73	33,21
Keskim.	4,71	1,99	6,63	17,80	26,42
SD	±1,76	±0,66	±0,82	±5,20	
n	16	16	16	16	
%		8	25	67	100
Na					
Kaista					
1	2,60	1,79	3,42	6,77	11,98
2	3,02	1,62	3,25	7,06	11,93
3	2,20	1,69	3,35	5,68	10,72
4	2,97	0,80	2,84	7,67	11,31
Keskim.	2,70	1,48	3,22	6,80	11,50
SD	±0,72	±0,56	±0,44	±1,07	
n	16	16	16	16	
%		13	28	59	100

Keväällä 1984 näytekerroilla 12.–14. salaojavesistä mitatut ravinnemäärät olivat paljon suurempia kuin edellisenä keväänä. Tämä johtuu osittain siitä, että kevään 1983 luvuissa ei ole mukana koko alkuvuotta, kuten vuoden 1984 vastaavissa luvuissa. Osasyynä oli myös se, että salaojavälunta oli keväällä 1984 keskimäärin 288 mm, mikä oli 97 mm (51 %) enemmän kuin edellisenä keväänä. Kokonaistypen, kalsiumin ja kaliumin pitoisuus oli keväällä 1984 edellistä kevättä suurempi. Suuret ravinnemäärät huuhtoutuivat pääasiassa näytekerran 13. aikana (3.–24.4.84).

Magnesiumin ja kalsiumin huuhtoutumisen vaihtelu oli huomiota herättävän yhdenmukaista eri ruuduissa. Myös kaliumin ja natriumin huuhtoutumisprofiili muistuttaa em. ravinteita varsinkin keväthuuhtoutumien osalta. Typen huuhtoutuminen eri ruuduista oli kevään 1983 jälkeen varsin tasaista ennen kevättä 1984. Sen jälkeen tapahtui selvä muutos: typpeä huuhtoutui selvästi enemmän ja ruutujen välinen vaihtelu oli suuri. Typpeä huuhtoutui kynnöksenä olevilta kaistoilta (ruudut 9–12 ja 17–20) selvästi nurmikaistoja enemmän. Sama ilmiö on havaittavissa jo syksyn 1983 näytekerran 9. tuloksesta (Liite 4b). Fosforin huuhtoutuminen tasaantui kevään 1983 jälkeen, mutta vielä keväällä 1984 lähinnä havaintorakennusta olevista ruuduista 12, 15, 16 ja 20 tuli fosforia selvästi enemmän kuin esim. ruuduista 13, 14, 17 ja 18. Jo kesästä 1983 saakka ruutu 16 näyttää olleen erityisen runsaan fosforin lähde.

Kalium huuhtoutui yleensä tasaisesti kautta kentän. Kuitenkin ruudut 11, 15 ja 19 olivat runsaan veden aikoina selvästi suurimmat kaliumin huuhtoutumiskanavat. Kalsium huuhtoutui melko tasaisesti koko kentän alueelta. Vaihtelu pysyi samansuuruisena vuodenvaihteeseen saakka. Sen jälkeen kynöksiltä alkoi huuhtoutua selvästi enemmän kalsiumia kuin nurmilta. Magnesiumin huuhtoutuminen noudatti hyvin tarkasti kalsiumin käyttäytymistä: vuosijakauma ja ojastojen välinen jakauma ovat lähes identtisiä, vain määrät ovat kalsiumia pienempiä. Natrium käyttäytyi paljolti samaan tapaan kuin kalium: sitä huuhtoutui lähinnä runsaan veden aikana.

3.3.2 Pintavesi

Pintaveden kertyminen pintakaivoihin ilmenee näytekeroittain ja kaistoittain liitteestä 5a., sekä kausittain ja kaistoittain taulukosta 11. Vettä tuli pintakaivojen kautta enimmäkseen vain keväisin lumen sulaessa. Kaivojen välinen vaihtelu oli suuri keväällä 1983. Seuraavana keväänä sekä vaihtelu että vesimäärä olivat pienempiä. Salaojien kautta kulkevan vesimäärän osuus koko valunnasta kasvoi vuodesta 1983 vuoteen 1984.

Taulukko 11. Kalibrointikauden pintaveden kertyminen kausittain ja kaistoittain sekä vuoden summana (l/kaivo).

Kausi Näytteet	Kevät 83 1.-3.	Kesä 83 4.-8.	Syys 83 9.-11.	Kevät 84 12.-14.	Vuosi yht. 4.-14.
Kaista					
1	15159	100	317	23253	23670
2	58874	80	1152	19986	21218
3	32599	2990	1053	7393	11436
4	24227	201	227	9200	9658

Kentällä tehtyjen havaintojen mukaan huomattava osa keväisestä pintavalunnasta ei kulkeutunut pintakaivoihin, vaan valui alueen ulkopuolelle, lähinnä kentän itäpuolisen tien yli ojaan. Mittauslaitteiden ohi tällä tavoin kulkeneen veden määrää ei pystytä arvioimaan. Kesällä ja talvella pintavaluntaa oli erittäin vähän.

Pintavalunnassa huuhtoutuneiden ravinteiden osalta on mahdotonta päätellä, minkä kokoiselta pinta-alalta ne ovat peräisin. Joka tapauksessa määrät olivat hyvin pieniä. Ravinnepitoisuuksien vaihtelu vedessä on esitetty näytekeroittain liitteissä 5b-5i.

Kokonaistypen pitoisuus pintavalunnan vedessä vaihteli suunnilleen samalla alueella kuin sala-
ojavedenkin vastaava pitoisuus. Kaistan 3 pintavedestä mitattiin suurimmat kokonaistypen pitoisuudet. NH₄-tyyppiä pintavedessä oli vähemmän kuin sala-
ojavedessä. Pitoisuus pysyi kaikilla kaistoilla suurimman osan ajasta arvoin 1 mg/l alapuolella, kun se sala-
ojavedessä vaihteli välillä 0,6-3,6 mg/l.

Kokonaisfosforin pitoisuus vaihteli pintavalunnan vedessä erittäin paljon. Suurin osa havainnoista osoitti alle 1 mg/l:n arvoja, mutta kaistalla 3 pitoisuus kohosi välillä niin, että se vaihteli kesällä ja syksyllä 1983 välillä 1,2-5,7 mg/l. Samalla tavalla vaihteli liukoisen fosforin pitoisuus: kaistalla 3 se oli kesän ja syksyn aikana välillä 1,0-5,1 mg/l. Kesältä ja syksyiltä on voitu tehdä vain muutama määrittäminen kaistoilla 1, 2 ja 4.

Pintavalunnan kalium-, kalsium-, magnesium- ja natriumpitoisuus vaihteli suurin piirtein samalla lukualueella kuin sala-
ojavalunnasta mitatut vastaavat pitoisuudet. Tietyistä ajoittaisista epätasai-

suuksista huolimatta kenttä oli salaojavalunnaltaan ja ravinnesuhteiltaan riittävän tasalaatuinen ja toimiva sellaisen kokeen tekemistä varten, joka aloitettiin keväällä 1984: nurmen ja ohrapellon ja eri lannoitusmäärien vertailu ravinteiden huuhtoutumisen kannalta.

3.4 Valunta huuhtoutumiskokeen aikana

3.4.1 Salaojavalunta

Huuhtoutumiskokeen aikainen salaojavalunta on esitetty ruuduttain ja näytekerroittain liitteessä 6. Salaojavalunnan koejäsenittäisen tarkastelun mukaan (Kuva 16) kesäajan valunta oli johdonmukaisesti mutta heikosti sidoksissa lannoitukseen: voimakas lannoitus vähensi salaojavaluntaa kesällä, kun kasvusto haihdutti paljon vettä. Selvin ero oli lannoittamattoman ja lannoitetun ohrapellon välillä: lannoitus vähensi ensimmäisenä kesänä valunnan puoleen. Kasvien välinen ero vaihteli vuodesta toiseen. Kesäisin valunta oli edelleen niukimmillaan suhteessa vastaavan ajan sademäärään. Suhde vaihteli välillä 18–26 %.

Syysvalunnassa koejäsenten erot olivat suhteellisesti pienimpiä. Lannoitusten välisiä eroja oli vasta vuodesta 1985 alkaen: runsaammin lannoitetun koejäsenen valunta oli suurempi kummallakin kasvulla. Kasvien välillä ei ollut mainittavia eroja. Kahtena syksynä salaojavalunnan suhde sademäärään oli välillä 40–60 %, mutta syksyllä 1985 valunta oli keskimäärin 38 % sademäärää suurempi. Tämä on ehkä selitettävissä kentän ulkopuolisella valunnalla ja viiveellä, joka kului loppukesän runsaiden sateiden kulkeutumiseen salaojiin. Kesällä kasvusto haihdutti runsaistakin sateista suurimman osan vedestä, mutta syksyllä kasvuston puuttuessa näin ei tapahtunut.

Ohrapeltojen kynöksiltä valui kahtena ensimmäisenä keväänä keskimäärin enemmän vettä salaojista kuin nurmista, kolmantena keväänä nurmien salaojavalunta oli hiukan kynöksistä suurempi. Lannoitusmäärillä ei näytä olleen kevään valuntaan johdonmukaista vaikutusta. Voimakkaasti lannoitetun nurmen salaojavalunta oli kuitenkin kahtena vuonna selvästi suurempi kuin vähemmän lannoitetun nurmen valunta. Ensimmäisenä ja kolmantena koevuonna kevään salaojavalunta oli keskimäärin noin puolet sademäärästä.

Toisen vuoden keväällä salaojavalunta oli sademäärään verrattuna lähes kaksinkertainen. Tämä johtui tulvasta, joka toi vettä kentän ulkopuolelta: 30. näytekerran (otettu 3.4.1986) edustamana aikana lämpöaallon aiheuttama kevättulva oli alkanut jo useita päiviä ennen näytteenottoa. Valuntatulosten mukaan tämän näytteen vesimäärä oli huomattavasti liian suuri lumen vesiarvoon ja edeltäviin sademääriin verrattuna. Syynä oli veden tulviminen pellon reunaosassa ja veden nousu pellolle ja sitä tietä salaojiin ja vesimittareihin. Vuoden kokonaissalaojavalunta vaihteli suuresti: toisen koevuoden valunta oli moninkertainen kahteen muuhun verrattuna.

Kolmen vuoden keskimääräinen vuotuinen salaojavalunta ja sen jakaantuminen eri vuodenaikoihin ilmenee kuvista 16 ja 17 ja taulukosta 13. Nurmien salaojavalunta oli keskimäärin 397 mm vuodessa ja ohrapeltojen vastaavasti 452 mm. Lannoittamattomasta ohrapellostä valui salaojien kautta keskimäärin eniten vettä, 481 mm vuodessa. Voimakkaasti lannoitetusta nurmesta ja lannoitetusta ohrapellostä valui yli 400 mm ja niukasti lannoitetusta nurmesta vain 352 mm. PEDERSEN (1985) on mitannut turvemaan salaojavalunnaksi Tanskassa salaojaetäisyydestä riippuen 227–395 mm vuodessa.

Kaistojen väliset erot johtuivat ennen kaikkea kevään 1986 suuresta valunnasta. Niukasti lannoitettuun nurmeen verrattuna lannoittamattoman ohrapellon kevätvalunta oli keskimäärin 123 mm suurempi. Samasta syystä vuotuinen salaojavalunta oli runsaamman lannoituksen nurmikaistalla

Taulukko 12. Pintavalunta (l/kaivo) kokeen aikana koejäsenittäin ja kausittain sekä keskimäärin vuodessa.

		Nurmi 300 Yn	Nurmi 900 Yn	Ohra 0 Yn	Ohra 300 Yn
Kausi					
Kesä	84	275	188	278	114
Syksy	84	528	2332	3190	1953
Kevät	85	147370	50673	22046	26713
Kesä	85	1632	890	1110	2046
Syksy	85	13522	52898	2635	98669
Kevät	86	274787	46198	44117	43258
Kesä	86	2418	1227	955	979
Syksy	86	444	5017	1690	1673
Kevät	87	264	3007	789	425
Keskim./vuosi		171736	54143	25603	58610

keskimäärin suurempi. Kesäaikana salaojavalunta keskimäärin pieneni jonkin verran lannoituksen lisääntyessä.

Ohrapelloissa ja voimakkaasti lannoitetussa nurmessa kevätvalunnan osuus koko keskimääräisestä vuotuisesta salaojavalunnasta oli noin 50 % (Kuva 17). Niukasti lannoitetussa nurmessa osuus oli vastaavasti noin 38 %. Nurmissa kesäajan salaojavalunnan osuus oli keskimäärin suurempi kuin ohrapelloissa.

3.4.2 Pintavalunta

Pintavesikaivot keräsivät pintavalunnan hyvin epäluotettavasti. Suuret määrät vettä kulkeutui kentän ulkopuolelle maanpintaa pitkin erityisesti keväisin. Pintavesikaivot olivat lisäksi vielä osittain jäässä. Siksi lukemat pintavalunnan määrästä esitetään vain litroina. Pinta-alaa, jolta valunta on peräisin, on mahdoton arvioida.

Eri kaistojen pintakaivoista tulleen veden mittaustulokset on esitetty kausittain taulukossa 12 ja näytekerroittain liitteessä 7. Tulosten mukaan vettä tuli melko vähän suurimman osan ajasta. Määrät olivat niukan valunnan aikana niin pieniä, että joidenkin ravinteiden huuhtoutumat pintavedessä ovat merkityksettömiä. Keväällä 1985 (kerrat 20.–22.), syksyllä 1985 (kerrat 27.–29.) ja keväällä 1986 (kerrat 30.–31.) valui pintakaivojen kautta kuitenkin reilusti keskimääräistä enemmän vettä. Niukemmin lannoitetun nurmikaistan pintavalunta oli ylivoimaisesti suurin vuotta kohti laskettuna. Lannoittamattoman ohrakaistan pintavalunta oli puolestaan selvästi pienin.

Kevään 1986 pintavaluntatiedot ovat erityisen harhaanjohtavia, koska tulviminen viereisessä valtaojassa nosti veden kentälle ja toisaalta pintavettä valui tien yli ojaan. Ohrapelot olivat kynnöksenä aina, kun suurempia vesimääriä mitattiin niiden pintavesikaivoista. Kesäkauden pintavalunta oli kaikilla koejäsenillä merkityksetöntä.

3.5 Typen huuhtoutuminen koevuosina

3.5.1 Salaojavesi

Typen huuhtoutuminen salaojista tapahtui kuvien 18.–21. osoittamalla tavalla eri ajankohtina. Kokonaistypen pitoisuus salaojavedessä vaihteli kokeen aikana ohrakaistoilla 4,7:stä 16,3:een mg/l. Lannoituksella oli hyvin vähän vaikutusta pitoisuuteen. Ammoniumtypen konsentraatio pysyi lähes koko ajan 2,0 mg/l:n alapuolella kummallakin ohrakoejäsenellä. Ammoniumtypen osuus kokonaistypestä vaihteli lähinnä kokonaistypen konsentraation mukaan.

Typen pitoisuushuiput lannoitetulla ohrakaistalla osuivat näytekerroille 21.–24., eli ajalle huhtikuun alusta kesäkuun loppuun 1985, ja lannoittamattomalla ohrakaistalla näytekerroille 21.–22. Verrattaessa typpipitoisuutta koetta edeltävän ajan vastaaviin pitoisuuksiin (Kuva 12) havaitaan, että sekä typpipitoisuus, että ammoniumtyppipitoisuus olivat kokeen aikana samaa suuruusluokkaa kuin ennen koetta. Niinikään havaitaan, että myös keväällä 1984 salaojaveden typpipitoisuus oli korkea, huippu tosin oli lyhytaikaisempi kuin vuonna 1985.

Nurmikaistoilla kokonaistypen konsentraatio salaojavedessä vaihteli ohrakaistoja selvästi vähemmän ja alemmalla tasolla, välillä 2,9–7,0 mg/l. Lähes koko kokeen ajan runsaamman lannoituksen (450+450 kg Yn/ha) saaneiden ruutujen salaojaveden typpikonsentraatio oli vähemmän lannoitetun nurmikaistan vastaavaa konsentraatiota pienempi. Ero oli enimmillään noin 5 mg/l. Selviä vuodenaajoista riippuvia vaihteluita ei ollut.

Kasvien välillä oli selvä ero ainakin vuoden 1985 keväällä: runsaan valunnan aikaan typpipitoisuus oli ohrakaistoilla korkeimmillaan, mutta nurmikaistoilla keskimäärin lähes matalimmillaan; runsaammin lannoitetulla nurmikaistalla typpipitoisuuden minimi osui juuri tälle kaudelle. Ammoniumtypen pitoisuus nurmikaistojen salaojavedessä oli keskimäärin hiukan ohrakaistoja alempi, mutta osuus kokonaistypestä keskimäärin suurempi.

PEDERSENIN (1985) tutkimuksessa ammoniumtypen pitoisuus vaihteli turvemaan salaojavedessä 13 vuoden aikana välillä 15–55 mg/l, ja se oli keskimäärin 34,4 mg/l. Nitraattityppeä oli keskimäärin vain 3,5 mg/l.

Vuosien väliset typen huuhtoutumisen erot olivat hyvin suuret, mikä johtuu valunnan suurista eroista (Kuva 20). Vuoden 1986 kevään ylisuuri valunta näkyy myös ravinteiden huuhtoutumisessa. Ohrapellosta huuhtoutui kausittain tarkasteltuna lähes poikkeuksetta enemmän typeä kuin nurmesta. Vain kesällä 1986 oli ohrapeltojen typen huuhtoutuma pienempi kuin nurmikoejäsenillä. Kasvien väliset erot korostuivat runsaan valunnan aikoina. Keväisin ja syksyisin nurmista huuhtoutui salaojien kautta vain noin puolet siitä typpimäärästä, joka ohrapelloista, ts. kynnöksiltä, huuhtoutui. Viimeisenä vuonna kasvien välinen ero oli pienimmillään.

Eniten typen huuhtoutumiseen vaikutti viljelykasvi. Keskimäärin nurmista huuhtoutui typeä 19,0 kg/ha ja ohrapelloista 38,2 kg/ha (Kuva 20, Taulukko 13). Ero syntyi pääosin keväällä ja syksyllä. Kesäaikana eroa syntyi vain 1,2 kg.

300 kg Yn/ha saaneesta nurmesta huuhtoutui typeä keskimäärin vain 18,1 kg/ha, mikä on 48 % saman määrän lannoitetta saaneen ohrapellon typen huuhtoutumisesta. 900 kg Yn/ha saaneesta nurmesta huuhtoutui 20,0 kg typeä/ha. Nurmen lannoituksen kolminkertaistaminen lisäsi huuhtoutumista siis 10 %. Eniten typeä, 38,9 kg/ha, huuhtoutui lannoittamattomasta ohrapellosta. Lannoitetusta ohrapellosta huuhtoutui keskimäärin 4 % vähemmän typeä. Huomattavaa on, että lannoittamattomasta ohrapellosta huuhtoutui 45 % enemmän typeä kuin voimakkaammin

lannoitetusta nurmesta. NH₄-typen osuus salaojavedessä huuhtoutuneesta kokonaistypestä oli nurmissa keskimäärin 15 % ja ohrapelloissa keskimäärin 7 %.

TURTOLAN ja JAAKKOLAN (1985) tutkimuksessa, joka tehtiin savimaalla, nitraattityppeä, jota pääosa typestä oli, huuhtoutui nurmesta salaojaveden mukana keskimäärin vain 2,3 kg/ha ja ohrapellosta vain 6,3 kg/ha vuodessa. Kasvien välinen ero oli savimaallakin suuri. Ohran lannoituksen kaksinkertaistaminen ei savimaassakaan juuri vaikuttanut typen huuhtoutumiseen, mutta lisäsi kyllä huuhtoutumista nurmesta. Myös BERGSTRÖMIN (1987) tutkimuksessa tyyppiä huuhtoutui vain pieniä määriä nurmi- ja ohralysimetreistä kivennäismaalla. Sen sijaan PEDERSENIN (1985) tutkimuksessa turvemaan salaojavedessä huuhtoutui ammoniumtyppiä keskimäärin 114 kg/ha ja nitraattityppiä 12,1 kg/ha vuodessa, kun nurmen ja kevätiljan lannoitus oli viisi vuotta 30–50 kg N/ha ja sen jälkeen seitsemän vuotta 120 kg N/ha.

Ohrapelloissa keväthuuhtoutumisen osuus kokonaishuuhtoutumasta oli keskimäärin yli 50 % (Kuva 21), kun se nurmissa jäi alle 50 %:n.

Kesäaikaisen huuhtoutumisen osuus oli kummallakin kasvulla ja kaikilla lannoituksilla pienin. Nurmissa sen suhteellinen osuus oli suurempi kuin ohrapelloissa. Lannoituksen lisääminen vähensi jonkin verran typen kesähuuhtoutumisen määrää ja osuutta molemmilla kasveilla. Nurmen lannoituksen kolminkertaistaminen lisäsi keväthuuhtoutumisen määrää ja osuutta, mutta ohran lannoitus lisäsi syyshuuhtoutumisen määrää ja osuutta.

Salaojavalunta ei aivan suoraviivaisesti vaikuttanut typen huuhtoutumiseen. Kasvien välinen selvä ero johtui lähinnä runsaan valunnan aikaisista konsentraatioeroista nurmi- ja ohrakoejäsenten välillä.

3.5.2 Pintavesi

Typen pitoisuuden mittaus pintavesikaivojen vedestä oli mahdotonta useiden havaintokertojen osalta, koska vesimäärät olivat liian pieniä. Tehtyjen analyysien tulokset ovat havaintokerroittain liitteessä 7. Nurmen pintavalunnassa lannoituksen kolminkertaistaminen kasvatti kokonaistypen pitoisuutta. Keväällä 1985 mitattiin alhaisin typpipitoisuus, 1,2 mg/l. Syksyllä 1985 oli runsaammin lannoitetun nurmen pintavalunnassa yli 10,0 mg N/l. Ammoniumtypen osuus pintaveden kokonaistypestä vaihteli lähinnä kokonaistypen pitoisuuden mukaan. Ammoniumtypen pitoisuus pysyi lähes koko ajan erittäin alhaisena.

Nurmikaistojen salaojavedessä (Kuva 19) pitoisuudet olivat keskimäärin jonkin verran suurempia kuin pintavedessä. Runsaammin lannoitetussa nurmessa pintaveden kokonaistypen pitoisuus oli eräillä näytekeroilla (17., 27., 35.) jopa suurempi kuin salaojavedessä. Pintavedessä typen pitoisuusvaihtelu oli huomattavasti suurempaa kuin salaojavedessä.

Ohrapellossa vaihtelu ei ollut aivan yhtä suurta kuin nurmissa. Ohran lannoitus ei näytä vaikuttaneen johdonmukaisesti pintaveden typpipitoisuuteen eri näytekeroilla. Salaojavaluntaan verrattuna sekä kokonaistypen, että ammoniumtypen pitoisuudet pintavedessä olivat keskimäärin noin puolta pienempiä, eikä yhdelläkään havaintokerralla mitattu kummallakaan lannoituksella pintavedestä korkeampaa pitoisuutta.

Pintavedessä pinta-alayksikköä kohti huuhtoutuneita ravinnemääriä ei pystytä laskemaan, koska pinta-alaa, jolta valunta oli peräisin, ei pysty arvioimaan riittävän tarkasti.

3.6 Fosforin huuhtoutuminen koevuosina

3.6.1 Salaojavesi

Fosfori huuhtoutui salaojavedessä kuvien 22.–26. osoittamalla tavalla. Fosforin ja liukoisen fosforin pitoisuudet salaojavedessä vaihtelivat ohraruuduissa huomattavasti enemmän eri aikoina kuin nurmiruuduissa, ja ohraruuduissa pitoisuudet olivat keskimäärin hiukan korkeampia. Nurmi-kojäsienillä kokonaisfosforin vaihteluväli oli 0,2–0,7 mg/l ja ohrakojäsienillä 0,1–1,2 mg/l. Nurmen lannoitus vaikutti salaojaveden kokonaisfosforipitoisuuteen suurimman osan koeajasta hyvin vähän. Voimakkaammin lannoitetuilta ruuduilta tulevassa vedessä oli kuitenkin melkein kaikissa näytteissä hiukan enemmän fosforia. Liukoisen fosforin pitoisuuksissa samansuuntainen ero eri tavoin lannoitettujen nurmien välillä oli selvempi, etenkin vuosina 1984 ja 1985. PEDERSENIN (1985) tutkimuksessa PO₄-fosforin pitoisuus turvemaan salaojavedessä oli keskimäärin vain 0,06 mg/l.

Viljaruutujen salaojaveden fosforipitoisuuteen ei ohran lannoitus näytä vaikuttaneen johdonmukaisesti eri näytekerroilla, ei myöskään liukoisen fosforin pitoisuuteen. On havaittavissa, että alkuvuoden näytteissä lannoitettujen ruutujen kokonais- ja liukoisen fosforin pitoisuudet ovat korkeampia kuin lannoittamattomissa, mutta loppuvuoden näytteissä tilanne on päinvastainen. Ennen koetta mitattuihin pitoisuuksiin verrattuna kokeessa saadut pitoisuudet olivat hyvin samankaltaisia (Kuva 13).

Suurin osa pitoisuusvaihtelusta johtui valunnan eroista eri aikoina: kesällä pitoisuus oli korkea ja runsaan valunnan aikoina matala. Liukoisen fosforin osuus salaojaveden kokonaisfosforista oli kaikilla kojäsienillä keskimäärin melko korkea (Kuva 24): 50 % :n alapuolelle osuus laskee vain muutamia kertoja. Näytekerrokohtaiset vaihtelut olivat ohrakaistoilla suurempia kuin nurmiruuduilla. Kaikkien kojäsienien osalta voidaan todeta, että liukoisen fosforin osuus oli alimmillaan keväällä 1986 (kerta 30), tulvan vaikutus näkyi selvästi. Myös keväällä 1985 (kerrat 20.–21.) esiintyi samanlainen ilmiö, tosin lievempänä. Erityisesti näytekerroilla 17., 27. ja 37. liukoisen fosforin osuus oli korkea kaikilla kojäsienillä. Nämä sijoittuvat syksyihin 1984 ja 1985 sekä kevättälveen 1987.

Salaojista huuhtoutuneen fosforin määrä vaihteli suuresti vuosittain (Kuva 25). Ensimmäisenä ja kolmantena vuonna määrät olivat suunnilleen yhtä suuret, mutta toisena vuonna huuhtoutui kaikista kojäsienistä, kevään 1986 takia erityisesti nurmista moninkertainen määrä fosforia. Koska salaojaveden fosforipitoisuus ei vastaavina aikoina ollut poikkeavan suuri, johtui fosforin runsas huuhtoutuminen suuresta valunnasta kyseisinä ajankohtina. Lukuun ottamatta toista koevuotta, syksyllä huuhtoutui eniten fosforia kaikilta kaistoilta. Kevään 1986 erikoisen suuri salaojavalunta aikaansai fosforin keväthuuhtoutumisen kasvun suurimmaksi kyseisenä vuonna, ja myös keskimäärin. Ensimmäisenä vuonna keväthuuhtoutuminen oli toiseksi tärkein, ja kolmantena vuonna se jäi kesäajan huuhtoutumistakin pienemmäksi, mikä taas johtui salaojavalunnan pienuudesta tuona keväänä.

Ensimmäisenä vuonna kojäsienien väliset erot huuhtoutuneen fosforin kokonaismäärässä olivat pieniä. Nurmen lannoituksen kolminkertaistaminen lisäsi salaojista huuhtoutunutta määrää vain vähän, paitsi keväällä 1985. Ohran lannoittaminen vähensi huuhtoutumista jonkin verran 1. vuoden kesällä ja syksyllä, mutta lisäsi sitä keväällä. Kasvien väliset erot olivat pieniä.

Toisena vuonna kesällä ja syksyllä huuhtoutuneen fosforin määrä riippui vain hyvin vähän kasvusta tai lannoituksesta. Nurmen kolminkertainen lannoitus hiukan lisäsi ja ohran lannoitus hiukan alensi näitä määriä. Sen sijaan keväällä (1986) nurmesta, joka oli saanut 450+450 kg Yn/ha,

Taulukko 13. Ravinteiden huuhtoutumisen (kg/ha vuodessa) ja salaojavalunnan (mm vuodessa) keskiarvot (ka) ja keskihajonnat kolmen vuoden ajalta eri tavoin lannoitetuista nurmista ja ohrapelloista.

Kasvi Lannoitus	n	Nurmi 300 Yn	Nurmi 900 Yn	Ohra 0 Yn	Ohra 300 Yn
		ka ± SD	ka ± SD	ka ± SD	ka ± SD
Salaojavalunta	12	352 ± 204	443 ± 300	481 ± 332	422 ± 244
Kokonais-N	12	18,1 ± 10,8	20,0 ± 14,1	38,9 ± 26,2	37,4 ± 20,9
NH ₄ -N	12	2,9 ± 2,9	2,7 ± 2,5	3,6 ± 3,0	2,0 ± 1,7
Kokonais-P	12	1,4 ± 1,1	2,0 ± 1,8	1,5 ± 1,0	1,3 ± 0,9
Liukoinen P	12	0,8 ± 0,6	1,1 ± 0,9	0,9 ± 0,7	0,8 ± 0,6
K	12	27,2 ± 15,0	40,3 ± 28,4	46,6 ± 31,1	39,0 ± 20,2
Ca	12	95,0 ± 56,0	124,1 ± 90,6	125,4 ± 81,7	133,0 ± 78,7
Mg	12	19,8 ± 10,9	25,6 ± 17,5	24,4 ± 14,8	27,8 ± 14,5
Na	12	10,9 ± 6,3	11,2 ± 7,0	10,2 ± 5,8	9,2 ± 4,7

huuhtoutui salaojien kautta fosforia 80 % enemmän kuin nurmesta, joka oli saanut vain 150 + 150 kg Yn/ha. Kun määrät olivat vielä huomattavasti keskimääräistä suurempia, oli lannoituksen vaikutus kokonaisuuteen huomattava. Kolmannen vuoden keväällä huuhtoutui melko vähän fosforia. Nurmien välinen ero oli koko vuoden melko pieni. Ohran lannoitus vähensi huuhtoutumista etenkin kesällä ja syksyllä.

Nurmista huuhtoutui keskimäärin 1,7 kg ja ohrapellosta keskimäärin 1,4 kg/ha vuodessa (Taulukko 13). Nurmen lannoituksen kolminkertaistaminen lisäsi fosforin salaojahuuhtoutumista kolmen vuoden aikana keskimäärin 0,6 kg/ha vuodessa (43 %), eli 1,4:stä 2,0:aan kg/ha. Lisäystä tapahtui kaikkina vuodenaikoina, suhteellisesti eniten keväällä. Ohran lannoitus sen sijaan vähensi fosforin keskimääräistä vuotuista huuhtoutumista 0,2 kg/ha (13 %), eli 1,5:stä 1,3 kg/ha:aan. Huuhtoutuminen väheni suhteellisesti eniten kesällä. Liukoisen fosforin osuus salaojavedessä huuhtoutuneesta kokonaisfosforista oli nurmissa keskimäärin 56 % ja ohrapelloissa keskimäärin 61 %.

Savimaasta fosforia huuhtoutui TURTOLAN ja JAAKKOLAN (1985) tutkimuksessa ohrapellon salaojavedessä 0,4 ja nurmen salaojavedessä 0,3 kg/ha vuodessa. Pintavalunnan osuus savimaalla oli huomattava, joten fosforia huuhtoutui yhteensä jokseenkin sama määrä, kuin Tohmajärven tutkimuksessa huuhtoutui salaojavedessä. Fosforilannoituksella ei savimaassa ollut vaikutusta salaojaveden sisältämän fosforin määrään. PEDERSENIN (1985) mukaan turvemaan salaojavedessä huuhtoutui 0,2 kg PO₄-fosforia hehtaarilta vuodessa, kun nurmea ja kevätiljaa lannoitettiin 20–40 kg P/ha.

Nurmen lannoituksen lisääminen siirsi fosforin huuhtoutumisen painopistettä (Kuva 26) kevääseen ja vähensi syksyn osuutta lähes vastaavasti. Ohran lannoituksen vaikutus eri vuodenaikojen osuuksiin fosforin salaojahuuhtoutumasta oli pienempi: kesähuuhtoutumisen osuus pieneni hiukan muiden kausien osuuden kasvaessa.

3.6.2 Pintavesi

Kokonaisfosforin ja liukoisen fosforin pitoisuus pintavesikaivoista mitatussa vedessä vaihteli liitteen 7. osoittamaan tapaan. Salaojaveden fosforipitoisuudet olivat nurmikaistoilla selvästi pintaveden lukemia pienemmät, paitsi keväisin, jolloin pitoisuudet olivat lähellä toisiaan. Viljakais-

toilla ero salaoja- ja pintaveden välillä oli suhteellisesti lähes yhtä suuri kuin nurmikaistoilla, mutta päinvastainen: salaojavedessä oli selvästi suurempi fosforipitoisuus.

Nurmien pintavalunnan vedessä molemmat pitoisuudet olivat jokaisella analyysikerralla selvästi ohrapeltojen vastaavia lukuja suuremmat. Pitoisuudet olivat korkeimmillaan syksyisin. Runsaimman pintavalunnan aikoina pitoisuudet olivat alhaisia, paitsi näytekerralla 28. (syksy 1985), jolloin rekisteröitiin paikallinen maksimi sekä pitoisuuksissa että pintavalunnassa. Lannoituksen vaikutus ei ollut kovin selvä.

3.7 Kaliumin huuhtoutuminen koevuosina

3.7.1 Salaojavesi

Kaliumin konsentraatio (Kuva 27) salaojavedessä vaihteli ohraruuduilla keskimäärin välillä 5,7–15,3 mg K/l ja nurmiruuduilla keskimäärin välillä 5,8–13,1. Ohraruuduilla lannoitus (300 kg Yn/ha) tasasi sekä korkeimpia että alimpia pitoisuuksia lannoittamattomaan koejäseneseen verrattuna. Pitoisuuskäyrät ovat muuten hyvin samannäköisiä: selvä huippu on syksyssä 1984 (kerta 18.). Koetta edeltäneeseen vuoteen verrattuna pitoisuus ei keskimäärin muuttunut kokeen aikana (Kuva 14). Nurmiruuduilla oli lannoitusten välillä selvä ero: runsas lannoitus nosti kaliumpitoisuutta salaojavedessä. Ero vaihteli 0:sta 2:een mg/l. Alimmat kaliumpitoisuudet nurmikaistoilla olivat suunnilleen samansuuruiset kuin alimmat pitoisuudet ohrakaistoilla, mutta nurmikaistoilla huippu oli matalampi. Kokonaisuutena katsoen kasvien välinen ero oli pieni. PEDERSENin (1985) tutkimuksessa turvemaan salaojavedessä oli keskimäärin 6,3 mg kaliumia litrassa.

Ensimmäisenä vuonna nurmien salaojista huuhtoutui selvästi eniten kaliumia syksyllä (Kuva 28). Lannoituksen kolminkertaistaminen lisäsi eniten keväthuuhtoutumista. Ohrapelloista huuhtoutui suunnilleen yhtä paljon kaliumia keväällä ja syksyllä. Lannoitus ei juuri lainkaan vaikuttanut määriin. Ohran lannoitus vähensi kaliumin huuhtoutumista kesäaikana noin puolella mutta vaikutus kokonaisuuteen oli pieni.

Toisena vuonna kaikkien vuodenaikojen huuhtoutumat olivat selvästi edellisen vuoden määriä suuremmat. Nurmen voimakas lannoitus lisäsi huuhtoutumista syksyllä, ja vielä enemmän keväällä, jolloin määrä oli noin kaksinkertainen niukasti lannoitettuun nurmeen verrattuna. Suuri salaojavalunta aikaansai voimakkaan kaliumin huuhtoutumisen syksyllä 1985 ja keväällä 1986, kaliumin konsentraatiohan ei tuolloin poikennut tavanomaisesta. Kevät oli toisen vuoden tärkein huuhtoutumisjakso. Kolmantena vuonna syksy oli tärkein kaliumin salaojahuuhtoutumisen kausi. Kummallakin kasvulla lannoituksen lisäys kasvatti lievästi syyshuuhtoutumista. Ohrapelloista huuhtoutui kesällä noin puolet vähemmän kaliumia kuin nurmista.

Ohrapellosta huuhtoutui keskimäärin 42,8 kg/ha ja nurmesta keskimäärin 33,7 kg/ha kaliumia vuodessa. Kolmen vuoden keskiarvona (kuva 28, taulukko 13) nurmen lannoituksen lisäys kasvatti vuotuista salaojahuuhtoutumista 13,1 kg/ha (48 %). Lisäys ajoittui enimmäkseen kevääseen ja syksyyn. Kaikkein eniten, 46,6 kg/ha, kaliumia huuhtoutui lannoittamattomasta ohrapellosta. Ero lannoitettuun ohrapeltoon verrattuna oli 7,6 kg/ha. Kasvien välinen ero syntyi ennen kaikkea keväällä: ohrapelloista huuhtoutui keväällä kaksinkertainen määrä kaliumia nurmiin verrattuna.

URVAKSEN (1988) tutkimuksessa 200 kg:n kaliumlannoitus viljelemättömän saraturvelierion pintakerrokseen levitettynä lisäsi kaliumin huuhtoutumista lierion läpi vain kahdeksan prosenttia runsaalla kastelulla (400 mm), verrattuna lannoittamattomaan vastaavaan lieriöön. Huuhtoutuneet ravinnemäärät olivat tällöin 13 ja 14 kg/ha. 280 mm:n sademäärällä kaliumia huuhtoutui vain 7 kg/ha. Tohmajärven kokeessa kesän ja syksyn yhteinen sademäärä oli keskimäärin 451 mm. Täl-

lä vesimäärällä kaliumia huuhtoutui suhteellisesti enemmän, eli keskimäärin yli 20 kg/ha, kuin em. lieriökokeessa. Sadossa poistui vuodessa melkoisesti kaliumia (9–167 kg/ha) ja maata lannoitettiin vähemmän (0–117 kg K/ha). PEDERSENin (1985) tutkimuksessa kaliumia huuhtoutui turvemaan salaojavedessä keskimäärin 21,5 kg/ha vuodessa, kun kevätiljan ja nurmen lannoitus oli 60–120 kg K/ha.

Eri vuodenaikojen osuudet kaliumin keskimääräisestä salaojahuuhtoutumisesta vaihtelivat lähes samaan tapaan kuin typen vastaavat osuudet (Kuva 29). Kevätpainotteisinta oli huuhtoutuminen lannoittamattomasta ohrapellostä. Mitä suurempi osuus kaliumista huuhtoutui keväällä, sitä enemmän sitä huuhtoutui. Lannoituksen vaikutus oli pieni: kesäkauden huuhtoutumisen osuus pieneni nurmen lannoituksen kasvaessa.

Ohran lannoitus lisäsi syyshuuhtoutumisen osuutta kevään kustannuksella. Kaliumin huuhtoutuminen oli hyvin selvästi sidoksissa salaojavaluntaan: näitä suureita kuvaavat pylväät ovat kaikkien kausien osalta hyvin yhdennäköiset (Kuvat 16 ja 29). Samalla tavalla on kaliumin huuhtoutuminen riippunut valunnan suuruudesta TURTOLAN ja JAAKKOLAN (1986) savimaalla tehdyssä tutkimuksessa. Savimaasta huuhtoutui selvästi vähemmän kaliumia kuin turvemaasta, vaikka maan kaliumvarat ovat savessa suuremmat. Nurmesta huuhtoutui savimaalla enemmän kaliumia kuin viljapellostä, mikä johtui pintalannoitteiden liukenemisestä suoraan pintaveteen.

3.7.2 Pintavesi

Pintavaluntaveden kaliumin pitoisuus kokeen aikana vaihteli liitteen 7 osoittamaan tapaan. Salaojaveden verrattuna pitoisuus vaihteli huomattavasti enemmän. Ajoittain nurmikaistojen pintavesi oli kaliumpitoisempaa kuin salaojavesi, toisinaan päinvastoin. Viljakaistoilla salaojavesi oli yleensä kaliumpitoisempaa kuin pintavesi.

Runsaan pintavalunnan aikaan kaliumpitoisuus oli yleensä alhaisimmillaan. Nurmen kolminkertainen lannoitus lisäsi pintaveden kaliumpitoisuutta. Lannoitetun ohrapellon pintevedessä oli myös lähes jokaisessa näytteessä korkeampi kaliumpitoisuus kuin lannoittamattoman maan pintevedessä. Nurmien pintavesi oli keskimäärin kaliumpitoisempaa kuin ohrapeltojen pintavesi.

3.8 Kalsiumin huuhtoutuminen koevuosina

3.8.1 Salaojavesi

Lannoitetun ohrakaistan salaojavesi oli näytekerasta riippuen 0–10 mg/l kalsiumpitoisempaa kuin lannoittamattoman ohrakaistan vesi (Kuva 30). Näytekerakohtaiset pitoisuuden muutokset eivät juuri lainkaan riippuneet lannoituksesta. Kalsiumpitoisuus oli enimmillään yli 43 mg/l ja alimmillaan 17 mg/l, eli vaihtelu oli samaa luokkaa kuin ennen koetta. Selvää riippuvuutta vuodenaikasta ei voi havaita, paitsi siten, että kahdesti (kerrat 20. ja 38.) pitoisuus oli alimmillaan tammi-, helmi-, maaliskuun aikana.

Nurmikaistoilla kalsiumpitoisuus oli keskimäärin suunnilleen yhtä suuri kuin ohrakaistoilla. Nurmen lannoituksella ei ollut juuri minkäänlaista vaikutusta salaojaveden kalsiumpitoisuuteen. Pitoisuus oli syksyisin korkeimmillaan (kerrat 18., 27.–28., 36.–37.). PEDERSEN (1985) mittasi turvemaan salaojaveden kalsiumpitoisuudeksi keskimäärin 238 mg/l.

Ensimmäisenä vuonna valtaosa nurmikoejäsenien salaojista huuhtoutuneesta kalsiumista huuhtoutui syksyllä (Kuva 31). Ohrapelloista huuhtoutui keväällä syksyäkin enemmän kalsiumia. Oh-

ran lannoitus lisäsi runsaan valunnan aikaista kalsiumin huuhtoutumista. Nurmen voimakkaampi lannoitus lisäsi keväthuuhtoutumista.

Toisena vuonna kalsiumia huuhtoutui kaikkina vuodenaikoina huomattavasti edellistä vuotta enemmän, koejäsenestä riippuen 2–4-kertaisesti. Varsinkin syksyllä 1985 ja keväällä 1986 huuhtoutui suuria määriä kalsiumia. Tämä johtui tietysti salaojavalunnan suuresta määrästä. Salaojavaluntaa ja kalsiumin huuhtoutumista kuvaavat pylväät muistuttavat toisiaan melko tarkasti.

Kesällä 1985 lannoitus ja kasvi vaikuttivat kalsiumin huuhtoutumiseen hyvin vähän, mutta lannoitetusta ohrapellosta ja voimakkaammin lannoitetusta nurmesta huuhtoutui runsaan valunnan aikoina selvästi enemmän kalsiumia kuin vertailuista. Poikkeus oli lannoitetun ohrapellon keväthuuhtoutuminen, joka oli pienempi, kuin lannoittamattoman ohrapellon vastaava luku.

Kolmantena vuonna kalsiumia huuhtoutui kesällä nurmista vielä lähes toisen vuoden tapaan. Ohrapelloissa luvut olivat lähempänä ensimmäisen vuoden lukuja. Syksy oli kolmannen vuoden tärkein kalsiumin huuhtoutumiskausi. Lannoituksen lisäykset lisäsivät syyshuuhtoutumista ja myös ohrapellon keväthuuhtoutumista, muuten erot olivat pieniä. Kaikki erot seurasivat hyvin tarkasti salaojavalunnan muutoksia.

Nurmesta huuhtoutui keskimäärin 109,5 kg/ha ja ohrapellosta keskimäärin 129,2 kg/ha vuodessa. Keskimäärin eniten kalsiumia huuhtoutui kolmen vuoden keskiarvona lannoitetun ohrapellon salaojista (Taulukko 13). Lannoittamattomasta ohrapellosta huuhtoutui saman verran kuin 900 kg lannoitetta saaneesta nurmesta. Selvästi vähemmän, 95,0 kg/ha, huuhtoutui niukasti lannoitetun nurmen salaojista. Nurmen lannoituksen kolminkertaistaminen lisäsi kalsiumin huuhtoutumista salaojista 29,1 kg/ha (31 %). Tämä tapahtui keväällä ja syksyllä. Ohrapeltojen välinen 7,6 kg:n ero syntyi syksyllä.

URVAKSEN (1988) tutkimuksessa kalsium pidättyi viljelemättömään turpeeseen hyvin voimakkaasti. Kalkitusta (4000 kg/ha) saraturvelieriöstä huuhtoutui kalsiumia normaalilla sademäärällä (280 mm) 30 kg/ha ja runsaalla sademäärällä (400 mm) 61 kg/ha. Kesän ja syksyn keskimääräisellä sademäärällä (451 mm) huuhtoutui Tohmajärven kokeessa saraturpeesta kalsiumia keskimäärin noin 70 kg/ha. Kenttä oli kalkittu kaksinkertaisella määrällä verrattuna lieriötutkimuksessa käytettyyn turpeeseen ja sadoissa poistui 0,5–27 kg/ha kalsiumia.

Maan muokkauskerroksen kalsiumpitoisuus ja pH-arvo kohosivat lievästi kokeen aikana, mikä osoittaa kalsiumin pidättyneen pintakerrokseen melko vahvasti (Kuva 7). PIASCIKIN (1984) tutkimuksen mukaan pitkään viljellystä turvemaasta huuhtoutuu runsaasti kalsiumia, jopa 510 kg/ha vuodessa, eikä kalsiumia rikastu muokkauskerrokseen. PEDERSENIN (1985) tutkimuksessa huuhtoutui kalsiumia turvemaan salaojavedessä vieläkin enemmän, 762 kg/ha vuodessa.

Kesällä huuhtoutuneen kalsiumin osuus oli keskimäärin suurin niukasti lannoitetussa nurmessa, mikä johtui, paitsi suhteellisen pienestä huuhtoutumisesta keväällä ja syksyllä, myös suurimmas- ta kesäajan huuhtoutumisesta (Kuva 32). Typen ja kaliumin tapaan kasvien välinen ero oli lannoituksen vaikutusta selvempi: ohrapelloissa keväthuuhtoutuman osuus oli huomattavasti suurempi kuin nurmissa. Kalsiuminkin huuhtoutumiseen vaikutti hyvin selvästi ennen kaikkea salaojavalunnan suuruus: mitä suurempi oli valunta, sitä enemmän huuhtoutui kalsiumia.

Savimaasta huuhtoutuu selvästi vähemmän kalsiumia kuin turpeesta (TURTOLA ja JAAKKOLA 1986). Suuremman salaojavalunnan takia viljapellosta huuhtoutuu savimaallakin enemmän kalsiumia kuin nurmesta.

3.8.2 Pintavesi

Kalsiumin pitoisuus pintavesikaivoista mitatussa vedessä kokeen aikana ilmenee liitteestä 7. Salaojavedessä oli selvästi suurempi kaliumpitoisuus kuin pintavedessä. Runsaamman lannoituksen saaneen nurmen pintavedessä oli niukan lannoituksen saanutta suurempi kalsiumpitoisuus. Ohran lannoituksen vaikutus oli epäselvempi. Erot olivat pieniä ja suunta vaihteli. Runsaamman pintavalunnan aikoina kalsiumpitoisuus oli kaikilla koejäsenillä alimmillaan. Ohrapeltojen pintaveden kalsiumpitoisuus oli nurmien vastaavaa lukemaa selvästi suurempi.

3.9 Magnesiumin huuhtoutuminen koevuosina

3.9.1 Salaojavesi

Salaojaveden magnesiumpitoisuus vaihteli sekä nurmi-, että ohraruuduissa lähes identtisesti kalsiumin kanssa (Kuva 33). Vain lukuarvot olivat pienempiä, ohrakaistoilla 3,8–9,4 ja nurmikais-toilla 2,7–8,2. Salaojaveden Mg-pitoisuus ohraruuduilla oli keskimäärin jonkin verran suurempi kuin ennen koetta (Kuva 14). Ohran lannoitus lisäsi myös magnesiumin pitoisuutta salaojave-
dessä 0,5–2,0 mg/l. Nurmen lannoitus ei vaikuttanut pitoisuuteen. Myös magnesiumpitoisuus oli PEDERSENin (1985) tutkimuksessa moninkertainen Tohmajärven kokeeseen verrattuna: turve-
maan salaojavedessä oli keskimäärin 86 mg magnesiumia litrassa.

Magnesiumin huuhtoutumista kuvaavat pylväät muistuttavat hyvin tarkasti kalsiumin huuhtoutu-
mista kuvaavia vastaavia pylväitä (Kuva 34). Vuosien, kasvien ja lannoitusten väliset erot mag-
nesiumin huuhtoutumisessa olivat samalla tavalla ensi sijassa riippuvaisia salaojavalunnan suu-
ruudesta, kuin kalsiuminkin.

Nurmesta huuhtoutui magnesiumia keskimäärin 22,7 kg/ha ja ohrapellosta keskimäärin 26,1
kg/ha vuodessa (Taulukko 13). Lannoitetun ohrapellon salaojista huuhtoutui keskimäärin 27,8
kg/ha ja lannoittamattomasta ohrapellosta lähes sama määrä. Niukasti lannoitetusta nurmesta
huuhtoutui 19,8 kg/ha. Nurmen lannoituksen kolminkertaistaminen lisäsi huuhtoutumista 5,8
kg/ha.

Kevät- ja syyshuuhtoutuminen olivat suurimmat kokonaisuuteen vaikuttavat tekijät. Kasvien vä-
linen ero syntyi lähinnä kahtena ensimmäisenä keväänä. Kesällä huuhtoutui suhteellisesti ja myös
absoluuttisesti eniten kalsiumia niukasti lannoitetun nurmen salaojista. Nurmikoejäsenillä mag-
nesiumin huuhtoutumisen painopiste oli selvästi syksyssä (Kuva 35) Ohrapelloissa huuhtoutumi-
nen jakautui tasaisemmin: kevät ja syksy olivat suunnilleen tasapainossa. Salaojavalunnan kasvu
lisäsi magnesiumin, kuten kalsiuminkin, huuhtoutumista selvästi.

URVAKSEN (1988) lieriötutkimuksessa viljelemättömästä saraturpeesta huuhtoutui magnesiumia
40–70 kg/ha sademäärästä (280–400 mm) riippuen. Tohmajärven huuhtoutumiskentästä huuhtou-
tui huomattavasti vähemmän magnesiumia keskimääräisellä kesän ja syksyn yhteissademäärällä
(451 mm). Määrä vaihteli välillä 12–16 kg/ha ja satojen magnesiumsisältö välillä 2–11 kg/ha.
Kaliumlannoituksen lisääminen näyttää lisänneen molemmilla kasveilla magnesiumin huuhtoutu-
mista samoin kuin em. lieriötutkimuksessa. PEDERSENin (1985) tutkimuksessa turvemaasta
huuhtoutui 265 kg/ha magnesiumia vuodessa.

Savimaasta huuhtoutuu myös magnesiumia nurmen ja ohran viljelyssä turvemaata vähemmän
(TURTOLA ja JAAKKOLA 1986). Savimaassakin ohrapellosta huuhtoutuu enemmän magnesiumia
kuin nurmesta. Nitraatti-ionin kyky edistää kalsiumin, magnesiumin ja natriumin huuhtoutumista

vaikutti ilmeisesti myös turvemaan ohrapellossa. Ainakin näiden alkuaineiden pitoisuus oli korkealla lannoitetun ohrapelion salaojavedessä.

3.9.2 Pintavesi

Pintavalunnan magnesiumpitoisuus vaihteli eri ajankohtina varsin tarkasti samassa tahdissa kalsiumin pitoisuuden kanssa (Liite 7). Vaihtelu ulottui alle 1:stä yli 6:n mg/l. Useimmissa runsaammin lannoitetun nurmen näytteissä oli niukasti lannoitetun nurmen näytteitä suurempi Mg-pitoisuus. Viljan lannoituksen osalta tilanne vaihteli enemmän näytekertojen välillä. Salaojaveteen verrattuna nurmien ja ohrapeltojen pintavedessä oli lähes aina selvästi vähemmän magnesiumia.

3.10 Natriumin huuhtoutuminen koevuosina

3.10.1 Salaojavesi

Natriumin pitoisuus salaojavedessä vaihteli eri aikoina melko laajoissa rajoissa: 1,4:stä 4,5:een mg/l (Kuva 36). Nurmiruuduissa vaihtelu oli hiukan suurempaa kuin ohraruuduissa. Keväisin pitoisuus yleensä laski ja syksyisin nousi. Lannoituksella ei näytä olleen juuri vaikutusta natriumpitoisuteen. PEDERSEN (1985) esittää natriumin pitoisuudeksi turvemaan salaojavedessä 78 mg/l, moninkertainen pitoisuus Tohmajärven kokeeseen verrattuna.

Ensimmäisen vuoden aikana syksy oli nurmikoejäsenten osalta tärkein natriumin salaojahuuhtoutumisen jakso (Kuva 37). Määrä ei riippunut lannoituksesta kovinkaan paljon. Ohrapeltojen sala-ojista huuhtoutui keväällä lähes yhtä paljon natriumia kuin syksylläkin. Kesällä lannoitus alensi huuhtoutumisen puoleen. Toisena vuonna huuhtoutuneet natriummäärät olivat suuren valunnan takia huomattavan suuret. Kesällä runsaampi lannoitus alensi kummankin kasvin osalta natriumin salaojahuuhtoutumista. Syksyllä vaikutus oli päinvastainen. Kolmantena vuonna oli tyypillistä ohrapeltojen selvästi nurmia vähäisempi natriumin huuhtoutuminen. Tärkein jakso oli syksy. Keskimäärin nurmikoejäsenten sala-ojista huuhtoutui natriumia 11,0 kg/ha ja ohrapeltojen sala-ojista 9,7 kg/ha (Taulukko 13). Lannoituksen keskimääräinen vaikutus huuhtoutuneen natriumin määrään oli lähes olematon kummallakin kasvilla. Lannoituksen lisäksi vain siirsi natriumin huuhtoutumista jonkin verran kesästä syksyyn.

Natriumin huuhtoutuminen jakaantui eri vuodenajoille samantapaisesti kuin kalium, kalsium ja magnesium (Kuva 38). Kesähuuhtoutuman osuus oli kuitenkin selvästi em. ravinteiden lukemia suurempi. Keväthuuhutuman osuus oli ohrapelloissa nurmia suurempi. Lannoituksen lisääminen alensi kesähuuhtoutuman osuutta molemmilla kasveilla.

Savimaasta huuhtoutuu myös natriumia enemmän ohranviljelyssä kuin nurmiviljelyssä (TURTO-LA ja JAAKKOLA 1986). Määrä on lähes yhtä suuri molemmilla maalajeilla. Savimaasta kalsiumia, magnesiumia ja natriumia huuhtoutuu em. tutkimuksen mukaan suhteessa 3:2:1, mutta turvemaassa niitä huuhtoutui suunnilleen suhteessa 10:2:1. PEDERSEN (1985) ilmoittaa turvemaan sala-ojista huuhtoutuneen keskimäärin 244 kg/ha natriumia vuodessa.

3.10.2 Pintavesi

Pintaveden natrium-pitoisuus oli keskimäärin vain vähän suurempi kuin fosforin pitoisuus (Liite 7). Se vaihteli 0,1:stä 2,8:aan mg/l. Koejäsenten välillä oli suuriakin ajoittaisia eroja, mutta johdonmukaista lannoituksesta tai kasvilajista riippuvaa vaihtelua on vaikea havaita. Salaojavedessä natriumpitoisuus oli lähes aina selvästi korkeampi kuin pintakaivoihin kertyneessä vedessä.

3.11 Salaojaveden kemiallinen hapenkulutus koevuosien aikana

Salaojaveden näytekohtainen kemiallinen hapenkulutus ilmenee kuvasta 39. Nurmien salaojaveden hapenkulutusarvo oli kokeen aikana keskimäärin 55 mg, kun se ohrapelloissa oli keskimäärin 68 mg. Ohran lannoitus lisäsi salaojaveden kemiallista hapenkulutusta keskimäärin 18 % verrattuna lannoittamattomaan ohrapeltoon. Ero oli suurimman osan ajasta hyvin selvä, samoin kuin kasvienkin välinen ero. Nurmen eri lannoitusten välillä ei ollut johdonmukaista eroa: osassa näytteitä runsaammin lannoitetun nurmen salaojavesi kulutti jonkin verran enemmän happea, toisaan, esim. kevään 1985 ja syksyn 1985 näytteissä tilanne oli päinvastainen. Voimakkaasti lannoitetun nurmen vedessä kulutus oli keskimäärin 4 % pienempi kuin niukasti lannoitetun nurmen vedessä.

Kaikilla kaistoilla kemiallinen hapenkulutus vaihteli ajallisesti suunnilleen samalla tavalla. Syksyyn 1984 saakka se pysyi melko tasaisena suurin piirtein välillä 55–75 mg, laski sitten kevään 1985 näytteissä selvästi alemmalle tasolle ja kohosi jyrkästi taas kesällä 1985, nurmissa 70:n ja 80 mg:n välille, ohrapelloissa 95:n ja 105 mg:n välille. Syksyllä 1985 tapahtui taas jyrkkä lasku suunnilleen välille 50–60 mg, ja kesällä 1986 arvo alkoi kohota, mutta ei enää yhtä korkealle. Syksystä 1986 alkaen kulutus oli laskussa. Käyrien minimi sijoittuvat kevätkesään ja huiput syyskesään.

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kokeessa käytetty ohran typpilannoitus, 48 kg/ha, oli nykyisiin suosituksiin verrattuna melko alhainen. Fosforilannoitus 21 kg/ha vastaa suosituksia. Kaikki nurmien ravinteet levitettiin pintaan jaettuna tasaisesti kaikille niitoille. Nykyään suositellaan nurmen perustamisvaiheessa tapahtuvaa usean niiton tarvetta vastaavaa fosforilannoitusta ja kevätpainotteista lannoitusta. Käytetty alempi nurmen typpilannoitustaso 48 kg/ha on hyvin alhainen, korkeampi taso 144 kg/ha vastaa lähes nykykäytäntöä ja -suosituksia. Fosforin lannoitustaso 21 kg/ha vastaa nykysuosituksia, mutta 63 kg/ha oli selvää ylilannoitusta. Kaliumlannoitustaso 39 kg/ha oli selvästi liian alhainen ja 117 kg/ha:kin oli niukka.

Turvemaalle oli tässä tutkimuksessa ominaista, että salaojaveden liukoisen fosforin osuus kokonaisfosforista oli huomattavan suuri verrattuna savimailla saatuihin vastaaviin tuloksiin. Fosforista huuhtoutui kesällä suurempi osuus kuin muista ravinteista. Kesällä huuhtoutuneen fosforin määrä oli kuitenkin varsin pieni. Kesällä vesistöjen vesimäärä on pienimmillään ja olosuhteet rehevöitymiselle suotuisimmat, jolloin vähäinenkin fosforilisä voi aikaansaada lievien kasvua.

Nurmien pintalannoitus kasvatti selvästi pintavalunnan liukoisen fosforin pitoisuutta, mikä saattaa olla rehevöitymisen kannalta merkittävää, jos heti pintalannoituksen jälkeen sataa rankasti. Voimakas fosforin ylilannoitus lisäsi selvästi kokonais- ja liukoisen fosforin huuhtoutumista nurmen salaojavedessä. Savimaalla pintavalunta on salaojavaluntaa tärkeämpi fosforihuuhtotuman lähde.

Suosittelun mukaan lannoitettaessa näyttää fosforia huuhtoutuvan turvemaasta suunnilleen 1,5 kg/ha sekä nurmesta että ohrapellosta. Ohran viljely ilman väkilannoitteita ei tämän tutkimuksen mukaan ainakaan nopeasti vähennä fosforin huuhtoutumista pitkään viljelystä turvemaan pellostä.

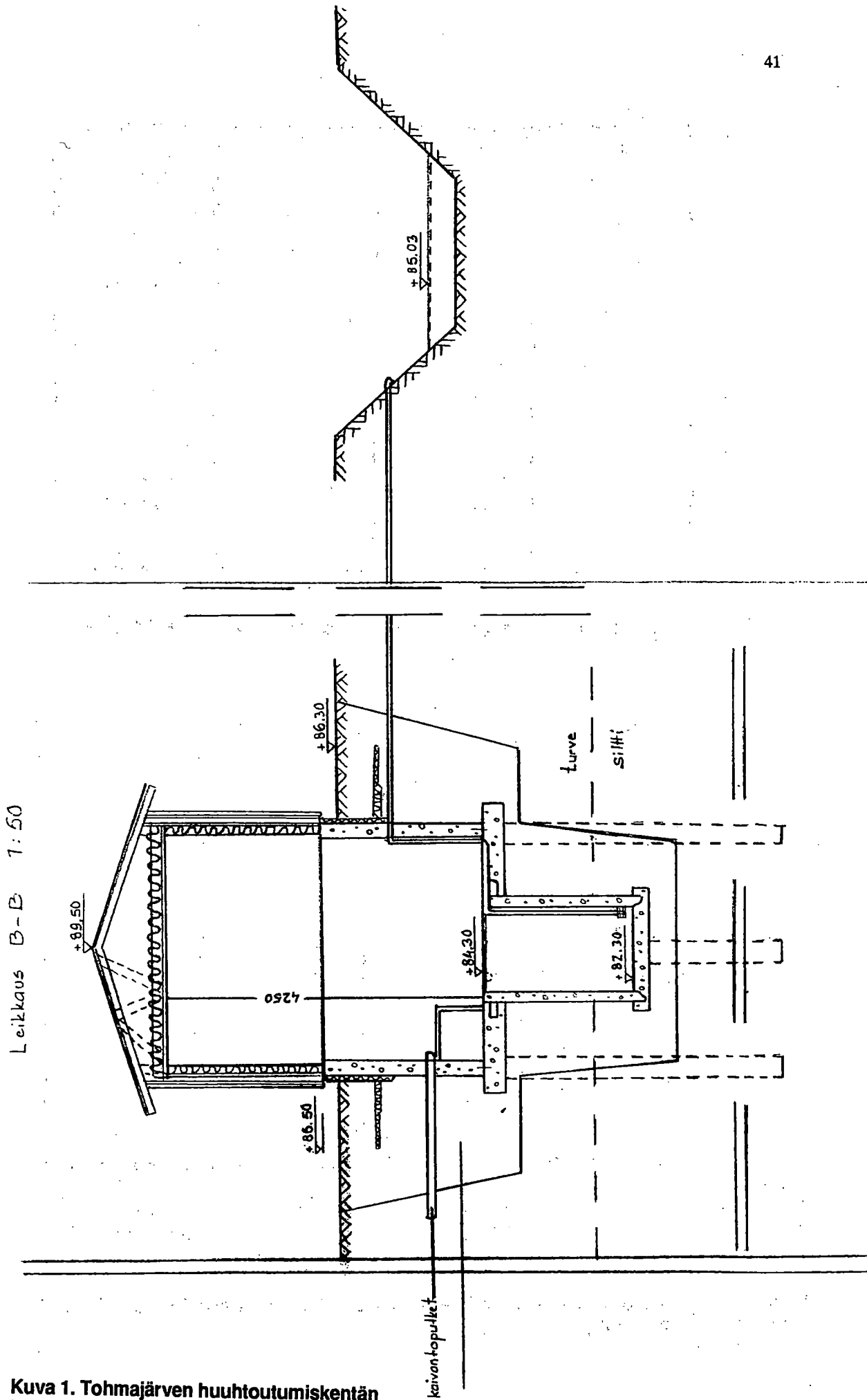
Huuhtoutuneesta tuestä ilmeisesti hyvin suuri osa oli orgaanista, ohrapeltojen salaojavedessä vielä suurempi osuus kuin nurmien salaojavedessä. Kokeessa käytettiin vain epäorgaanisia lan-

noitteita. Maa-aineksen mukana huuhtoutui orgaanista typpeä epäilemättä enemmän kuin savi-
maiden vastaavissa kokeissa on tapahtunut. Orgaanisen typen mineralisaatio vesistöissä riippuu
olosuhteista; epäorgaanisen typen määrä voi lisääntyä nopeastikin.

KIRJALLISUUS

- BERGSTRÖM, L. 1987. Leaching of of N-15-labeled nitrate fertilizer applied to barley and a grass
ley. *Acta Agric. Scand.* 37, 2: 199–206.
- ELONEN, P. 1988. Suoviljelyn viimeaikaista tutkimuksista. *Suovilj.yhd. vuosikirja* 93: 8–24.
- ERVIÖ, R. 1991. Acid-induced leaching of elements from cultivated soils. *Ann. Agric. Fenn.* 30:
331–334.
- ESALA, M. 1992. Mihin joutuu lannoitetyppi. *Koetöiminta ja Käytäntö* 49: 21.
- HARTIKAINEN, H. 1978a. Leaching of plant nutrients from cultivated soils. I. Leaching of ca-
tions. *J. Scient. Agric. Soc. Finl.* 50: 263–269.
- 1978b. Leaching of plant nutrients from cultivated soils. II. Leaching of anions. *J. Scient. Ag-
ric. Soc. Finl.* 50: 270–275.
- ILMAVIRTA, V., PERSSON, P-E. & KETTUNEN, J. 1990. Haitallisten levien ja leväkukintojen hal-
linta. Järvien kunnostuksen ja hoidon perusteet (toim. Ilmavirta, V.). p. 440–456. Helsinki.
- JAKKOLA, A. & VOGT, P. 1978. Lannoituksena maahan annettujen kivennäisainesten vaikutus
satojen pitoisuuksiin. *Kehittyvä Maatalous* 40: 35–48.
- JOKINEN, R. & HYVÄRINEN, S. 1985. Eri maalajien magnesiumpitoisuus ja sen vaikutus ravin-
nesuhteisiin Ca/Mg ja Mg/K. Maatalouden tutkimuskeskus, *Tiedote* 13/85.
- KAUPPI, L., SANDMAN, O., KNUUTILA, S., ESKONEN, K., LIEHU, A., LUOKKANEN, S. & NIEMI,
M. 1990. Maankäytön merkitys vesien käytölle haitallisten sinileväkukintojen esiintymisessä.
Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja A 1990, 48.
- KOIKKALAINEN, K., HUHTA, H., VIRKAJÄRVI, P. & HEIKKILÄ, R. 1990. Pitkäaikaisen säilöre-
hunurmen kaliumlannoitus heikosti kaliumia pidättävillä mailla. *Maatalouden tutkimuskeskus,
Tiedote* 9/90.
- KURKI, M. 1982. Suomen peltojen viljavuudesta III. 181 p. Helsinki. KÄHÄRI, J. & PAASIKAL-
LIO, A. 1978. Timoteihinän kivennäisainepitoisuudet Suomessa. *Kehittyvä maatalous* 40: 20–
34.
- Maatilahallitus 1992. *Maatalouslaskenta 1990. Osa 1. Maatilat.* 151 p. Helsinki.
- MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA L. 1986. Virallisten lajikekokeiden tulok-
sia 1978–1985. *Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote* 5/86.
- , RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K. & KONTTURI, M. 1989. Virallisten lajike-
kokeiden tuloksia 1981–1988. *Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote* 2/89.
- NIINIOJA, R., AHTIAINEN, M. & HOLOPAINEN, A.-L. 1990. Liming of the acidic lake Valkealam-
pi, in Eastern Finland: effects on water chemistry and phytoplankton. *Acidification in Finland*
(toim. Kauppi, P., Anttila, P. & Kenttämies, K.). p. 1127–1143. Berlin.
- PEDERSEN, E. F. 1985. Drænvandsundersogelser på marsk- og dyb torvejord 1971–84. *Tidsskr.
Planteavl* 89, 4: 319–329.
- PESSI, Y. 1966. *Suon viljely.* 139 p. Porvoo.
- PIASCIK, H. 1984. Properties of soils developed from alder peat and intensively utilized since the
19th century. *Proc. 7th Int. Peat Congress, Dublin*, 3: 500–510.
- Pohjois-Savon nurmiviljely. 1991. 48 p. Kuopio.
- SAARELA, I. 1982. Kaliumlannoituksen porraskokeet 1977–1981. *Maatalouden tutkimuskeskus.
Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitos, Tiedote* 17.
- & ELONEN, P. 1982. Fosforilannoituksen porraskokeet 1977–1981. *Maatalouden tutkimuskes-
kus. Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitos, Tiedote* 16.
- SALO, M.-L., TUORI, M. & KIISKINEN, T. 1982. *Rehutaulukot ja ruokintanormit.* 69 p. Helsinki.

- SALONEN, K., JÄRVINEN, M., KUOPPAMÄKI, K. & ARVOLA, L. 1990. Effects of liming on the chemistry and biology of a small acid humic lake. *Acidification in Finland* (toim. Kauppi, P., Anttila, P. & Kenttämies, K.). p. 1145–1167. Berlin.
- SIPPOLA, J. 1978. Kivennäisainesten uuttuvat pitoisuudet Suomen viljelysmaissa. *Kehittyvä Maatalous* 40: 8–19.
- 1989. Eloperäisiin maihin fosfori pidättyy heikosti. *Koetoiminta ja Käytäntö* 46: 62.
- SYRJÄLÄ, L. & OJALA, R. 1978. Timoteiruohon ja siitä valmistetun säilörehun kivennäisainepitoisuus kevät- ja syysadon eri kehitysasteilla. *Kehittyvä Maatalous* 39: 50–57.
- Tilastokeskus 1992. Suomen tilastollinen vuosikirja 1992. 614 p. Helsinki.
- TURTOLA, E. & JAAKKOLA, A. 1985. Viljelykasvin ja lannoitustason vaikutus typen ja fosforin huuhtoutumiseen savimaasta. *Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote* 6/85.
- & JAAKKOLA, A. 1986. Viljelykasvin, lannoituksen ja sadetuksen vaikutus kaliumin, kalsiumin, magnesiumin, natriumin, sulfaattirikin sekä kloridinhuuhtoutumiseen savimaasta. *Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote* 17/86.
- & JAAKKOLA, A. 1987. Viljelykasvin vaikutus ravinteiden huuhtoutumiseen savimaasta Joki-oisten huuhtoutumiskentällä v. 1983–1986.
- TÄHTINEN, H. 1979. Säilörehunurmen typpi- ja kaliumlannoitus. *Maatalouden tutkimuskeskus. Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitos, Tiedote* 9.
- URVAS, L. 1985. Viljelyn vaikutus turpeen ravinnepitoisuuteen. *Suo* 36, 3: 61–64.
- 1988. Ravinteiden huuhtoutuminen viljellyistä turvemaista. *Koetoiminta ja Käytäntö* 45: 44.
- Vesihallitus 1981. Vesihallinnon analyysimenetelmät. *Vesihallituksen tiedotus* 213. 136 p. Helsinki.
- VUORINEN, M. 1989. Turvemaan kaliumlannoitus. *Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote* 3/89.
- WIKLANDER, L. 1974. Leaching of plant nutrients in soils. I. General principles. *Acta Agric. Scand.* 24, 4: 349–356.
- 1977. Leaching of plant nutrients in soils. IV. Contents in drainage water and ground water. *Acta Agric. Scand.* 27, 3: 175–189.
- & NÖMMIK, H. 1987. Net mineralization of nitrogen in a fen peat soil, Central Sweden. *Acta Agric. Scand.* 37, 2: 189–198.



Kuva 1. Tohmajärven huuhtoutumiskentän havaintorakennuksen poikkileikkaus.

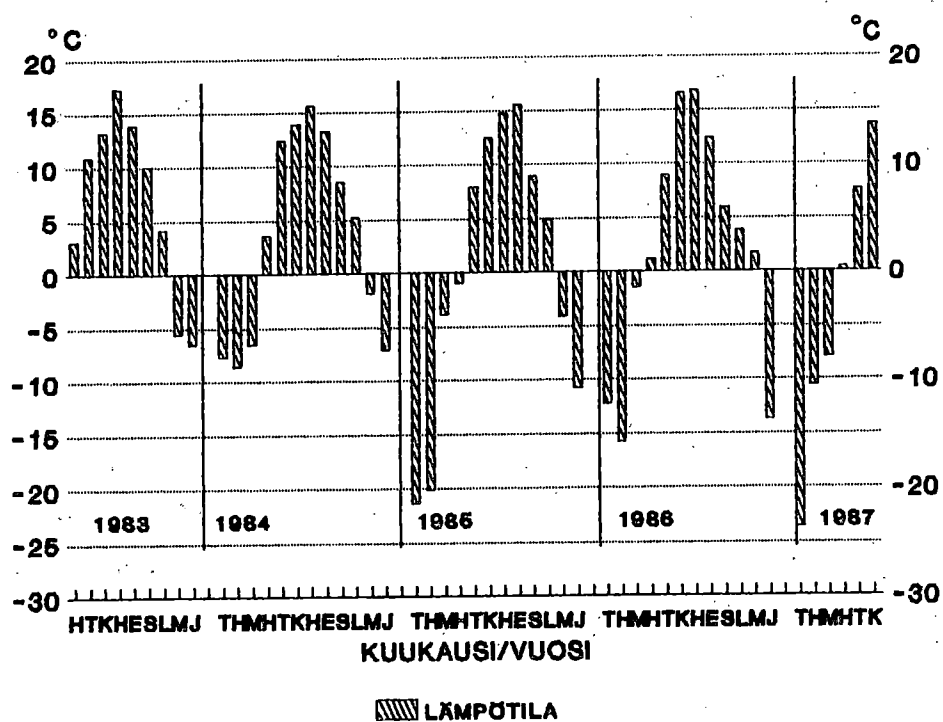
Ohra	Ohra + timotei	Ohra	Ohra + timotei
20	16	12	8
Ohra	Ohra + timotei	Ohra	Ohra + timotei
19	15	11	7
Ohra	Ohra + timotei	Ohra	Ohra + timotei
18	14	10	6
Ohra	Ohra + timotei	Ohra	Ohra + timotei
17	13	9	5

Kuva 2. Huuhtoutumiskentän kasvustot vuonna 1983 ruuduittain (5–20).

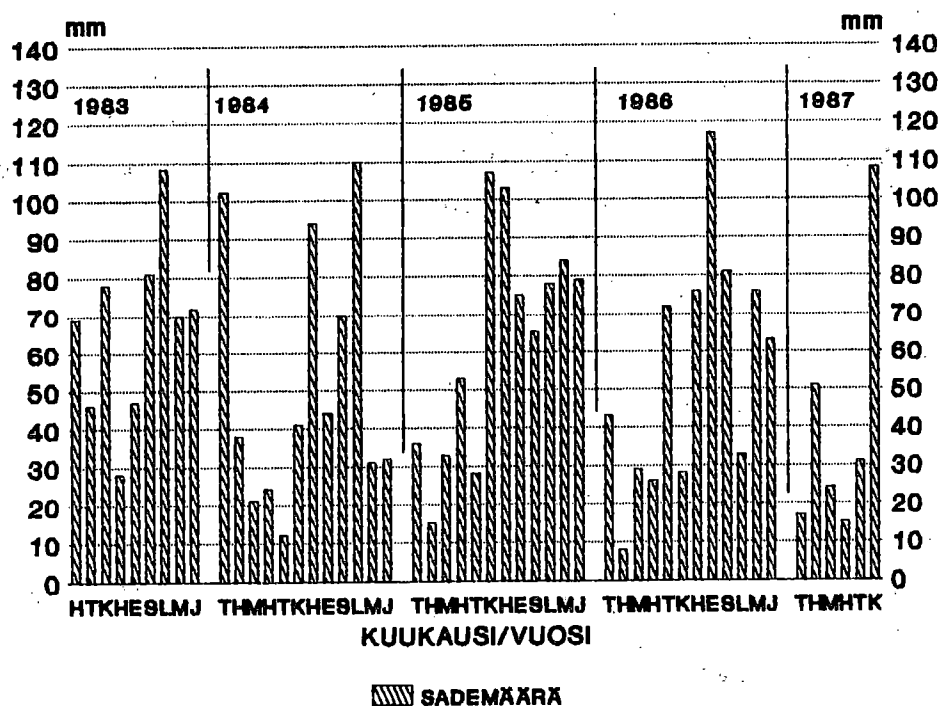
20	16	12	8
19	15	11	7
18	14	10	6
17	13	9	5

Kaista: 4 3 2 1
 Koejäsen: Ohra Nurmi Ohra Nurmi
 300 Yn 450+450 Yn 0 Yn 150+150 Yn

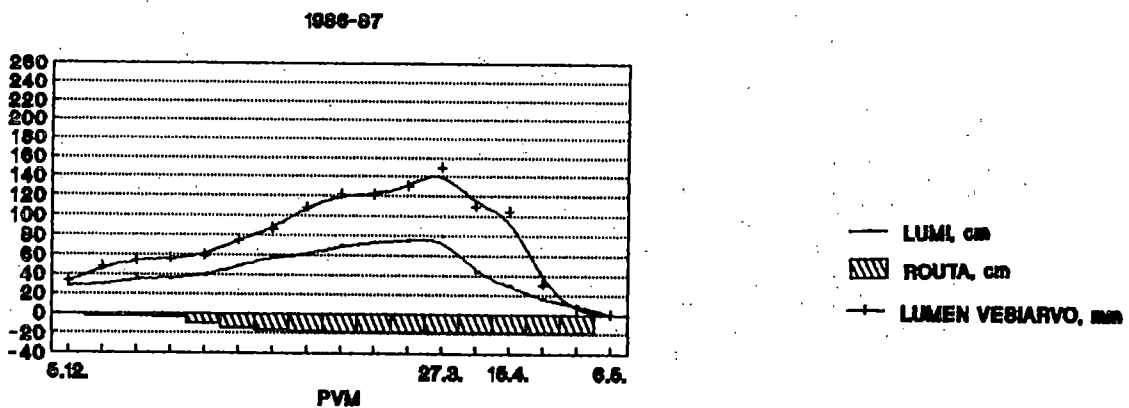
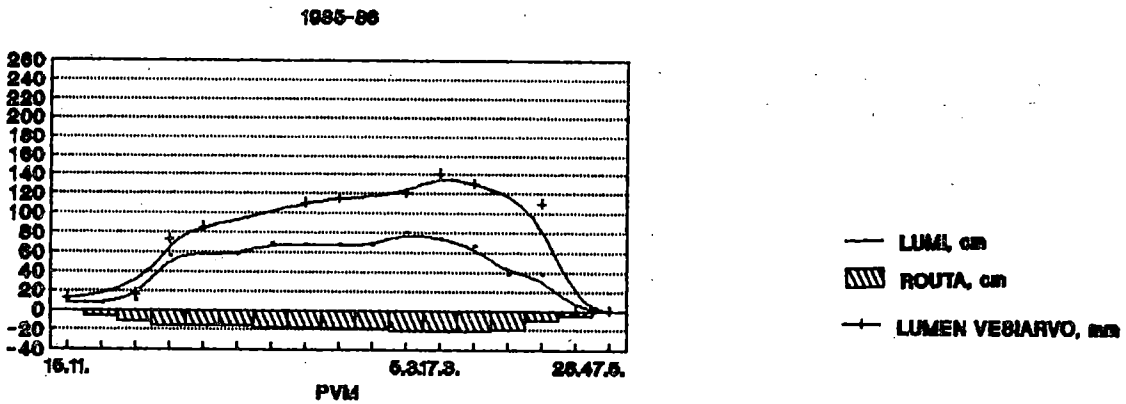
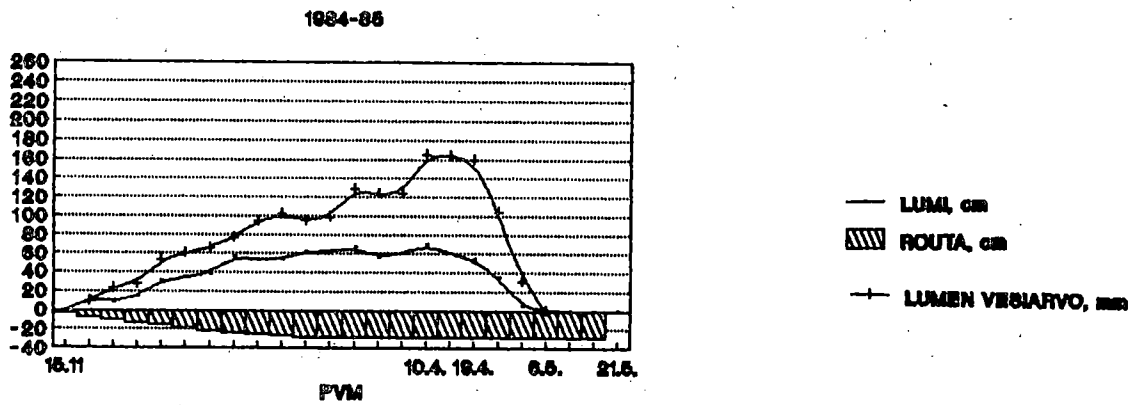
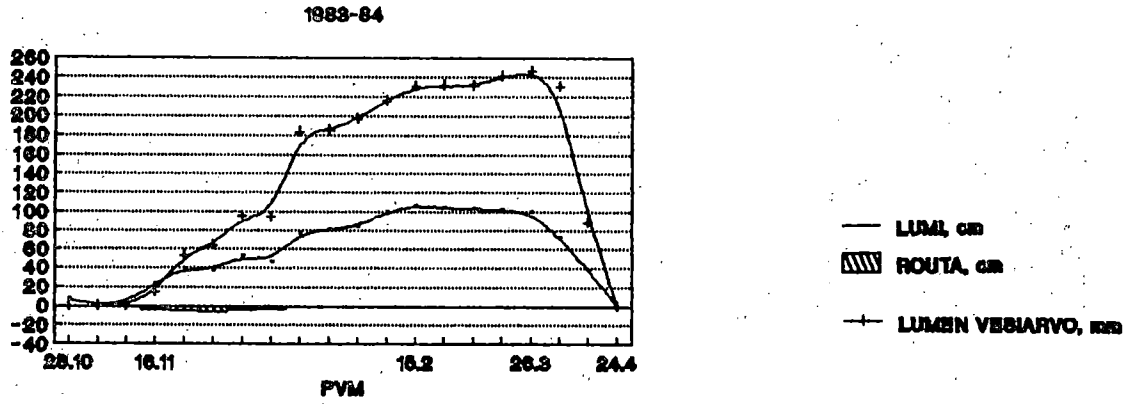
Kuva 3. Huuhtoutumiskentän kasvustot ja lannoitus vuosina 1985–86 sekä ruutujen (5–20) ja kaistojen (1–4) numerot.



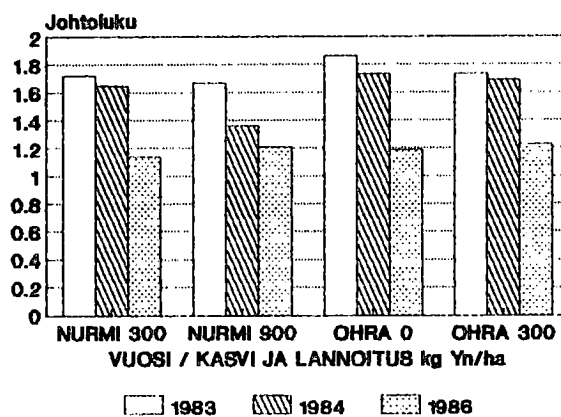
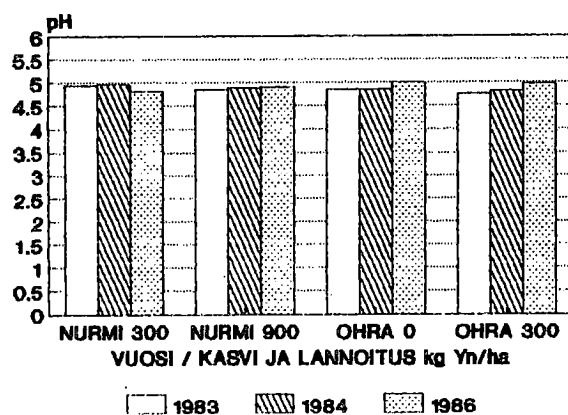
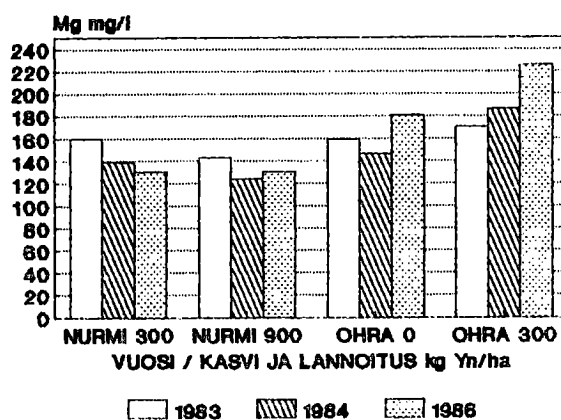
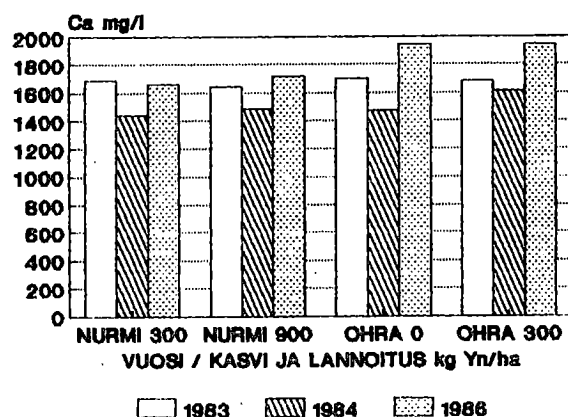
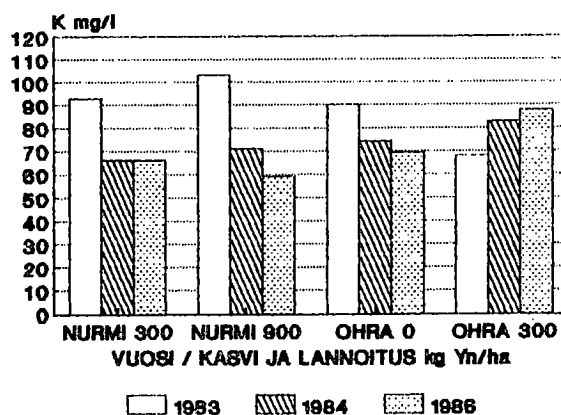
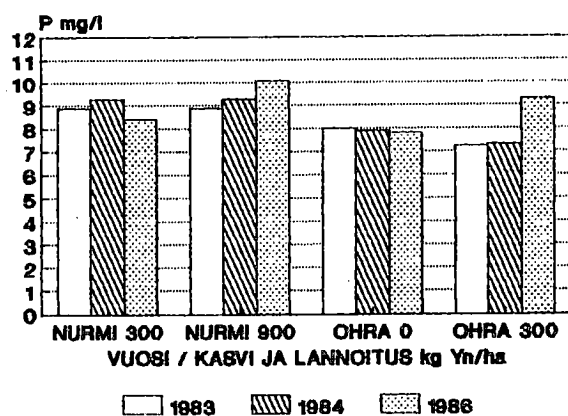
Kuva 4. Kuukauden keskilämpötila Karjalan tutkimusasemalla Tohmajärvellä 4/1983–6/1987 välisenä aikana.



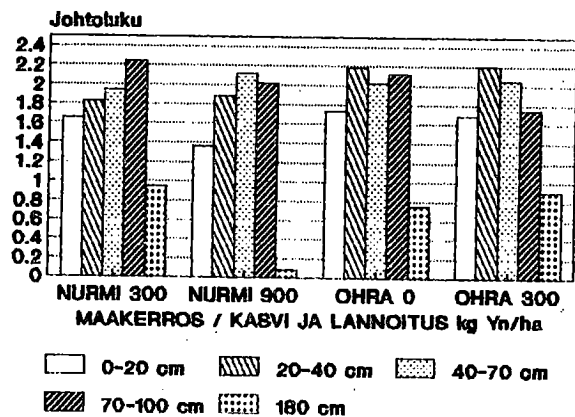
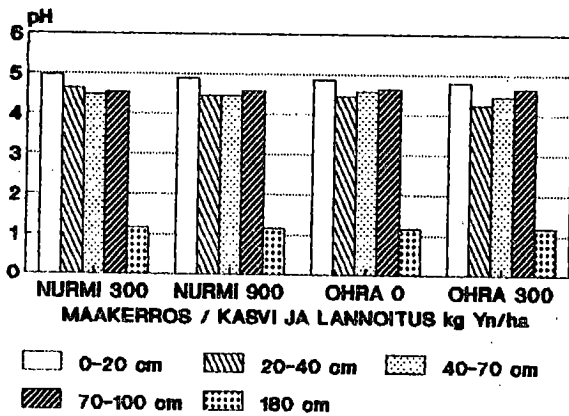
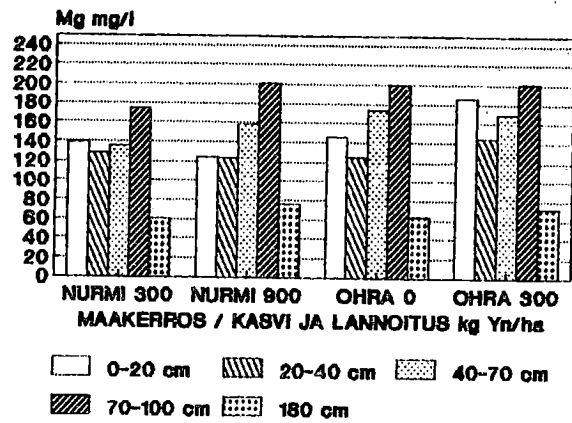
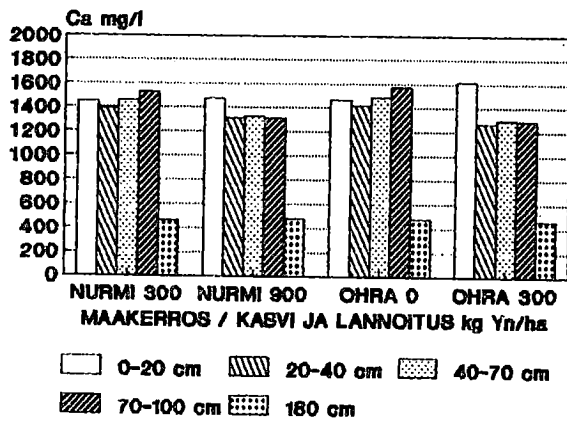
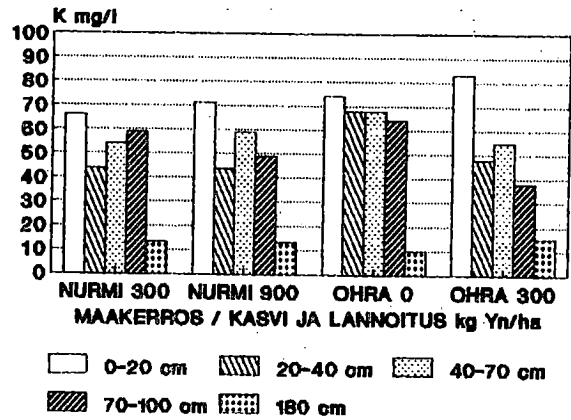
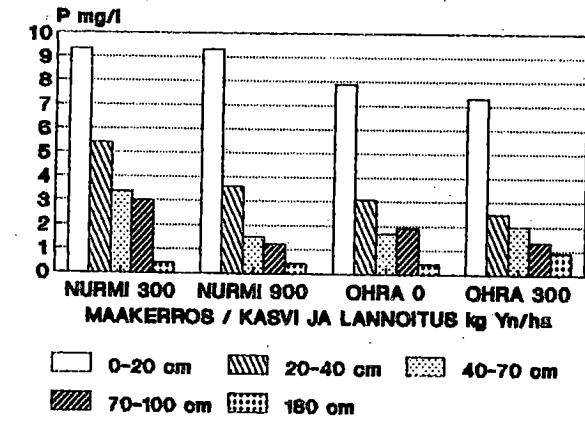
Kuva 5. Kuukauden sademäärä (mm) Karjalan tutkimusasemalla Tohmajärvellä 4/1983–6/1987 välisenä aikana.



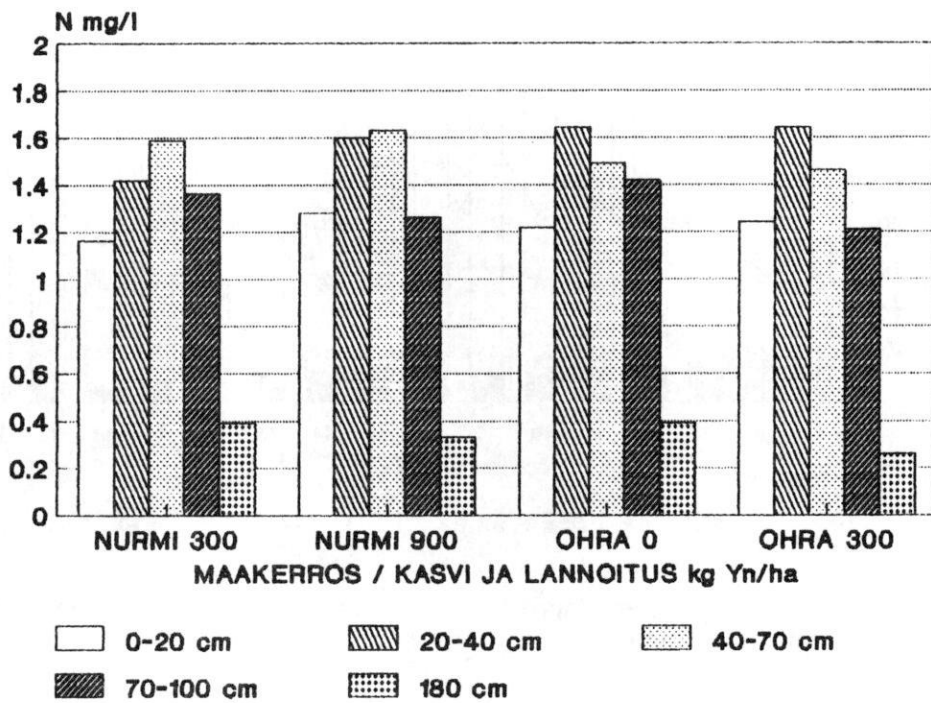
Kuva 6. Lumen syvyyden (cm), lumen vesiarvon (mm) ja roudan syvyyden (cm) vaihtelu Karjalan tutkimusasemalla Tohmajärvellä talvina 1983-84, 1984-85, 1985-86 ja 1986-87.



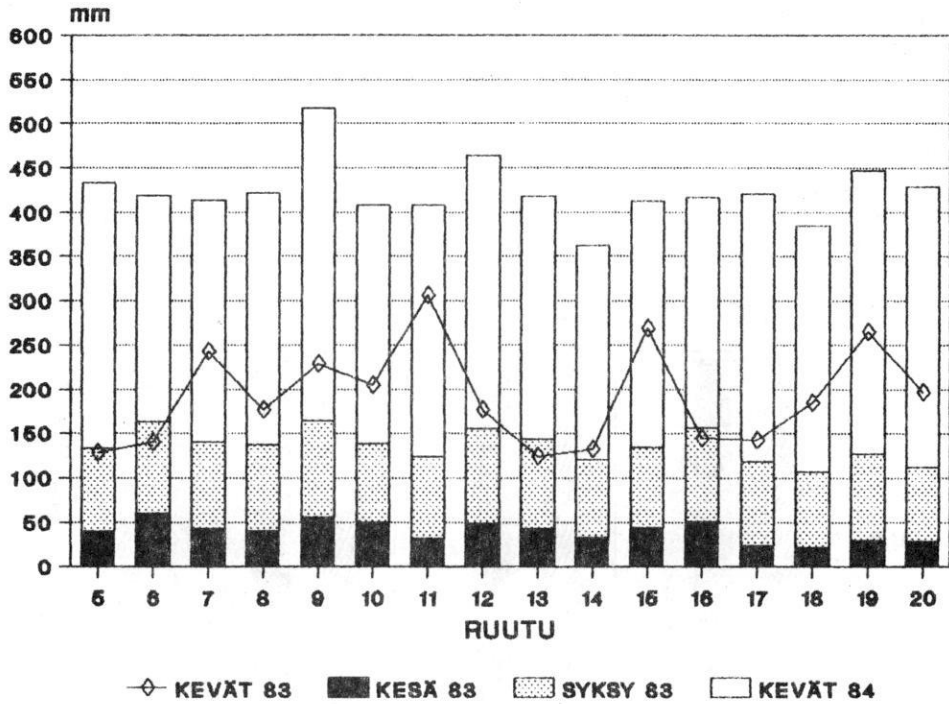
Kuva 7. Huuhtoutumiskentän muokkauskerroksen viljavuusanalyysin tulokset vuosilta 1983, 1984 ja 1986.



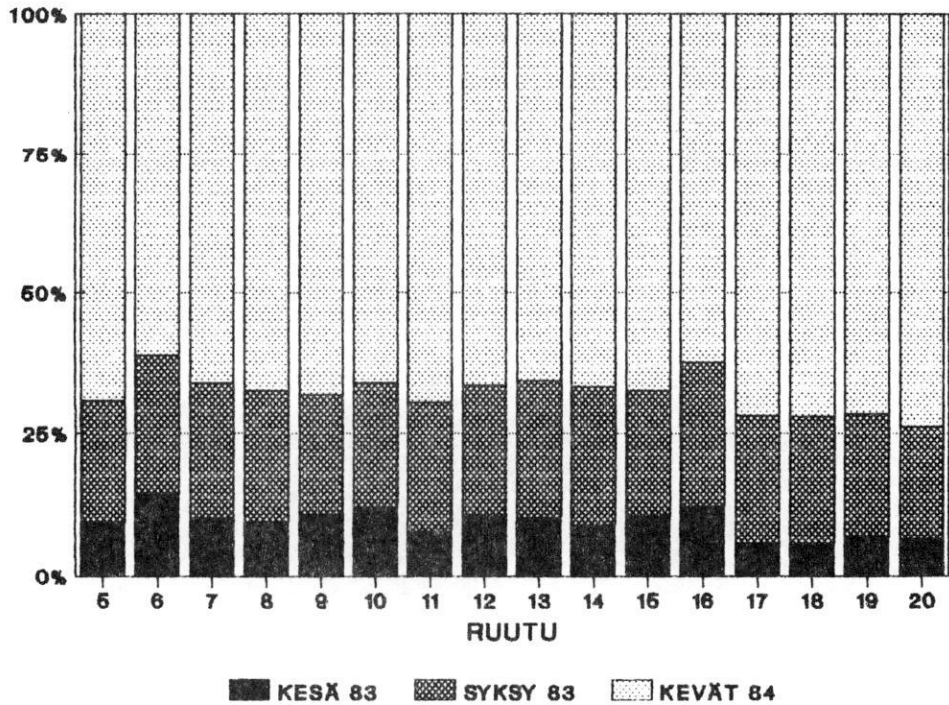
Kuva 8. Huuhtoutumiskentän viljavuusanalyysin tulokset maakerroksittain syksyiltä 1984.



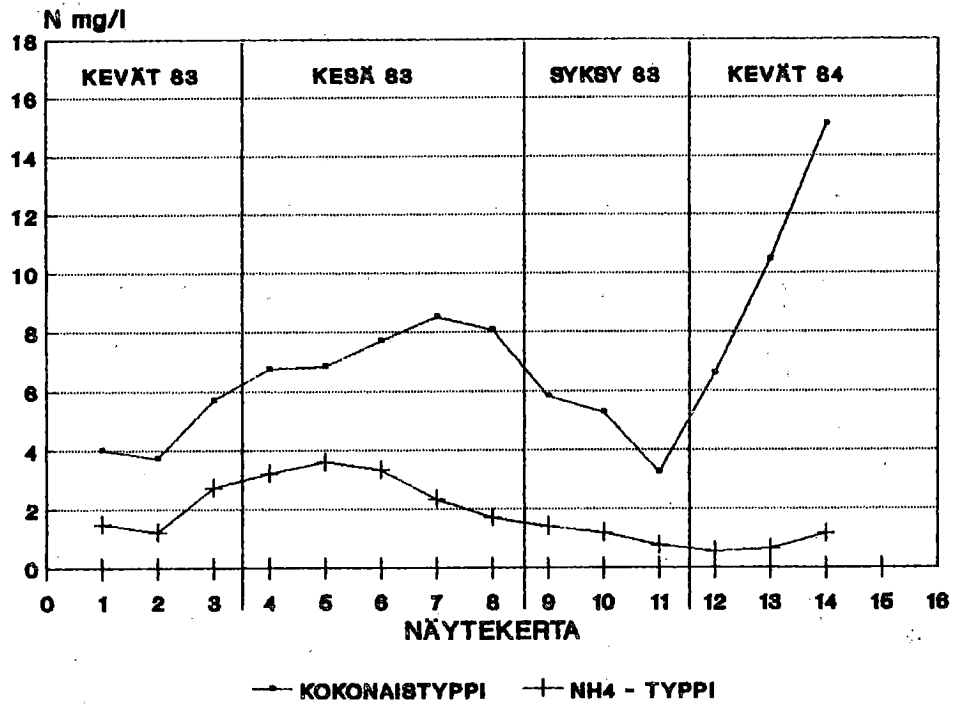
Kuva 9. Typen pitoisuus huuhtoutumiskentän maaperässä maakerroksittain syksyllä 1984.



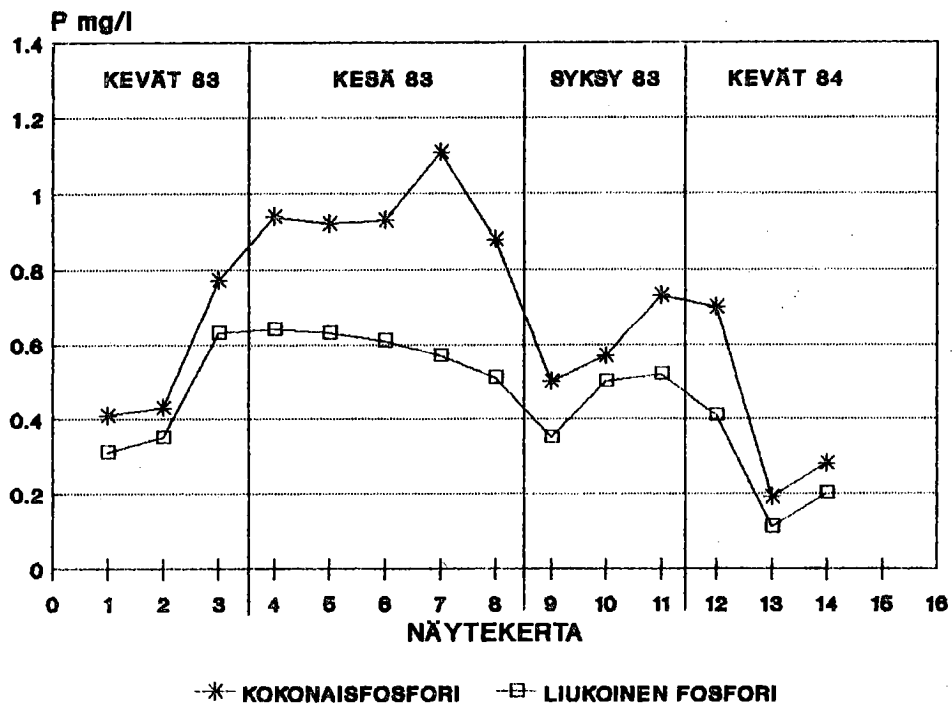
Kuva 10. Salaojavalunta (mm) huuhtoutumiskentällä kalibroitikauden aikana kausittain ja ruuduittain.



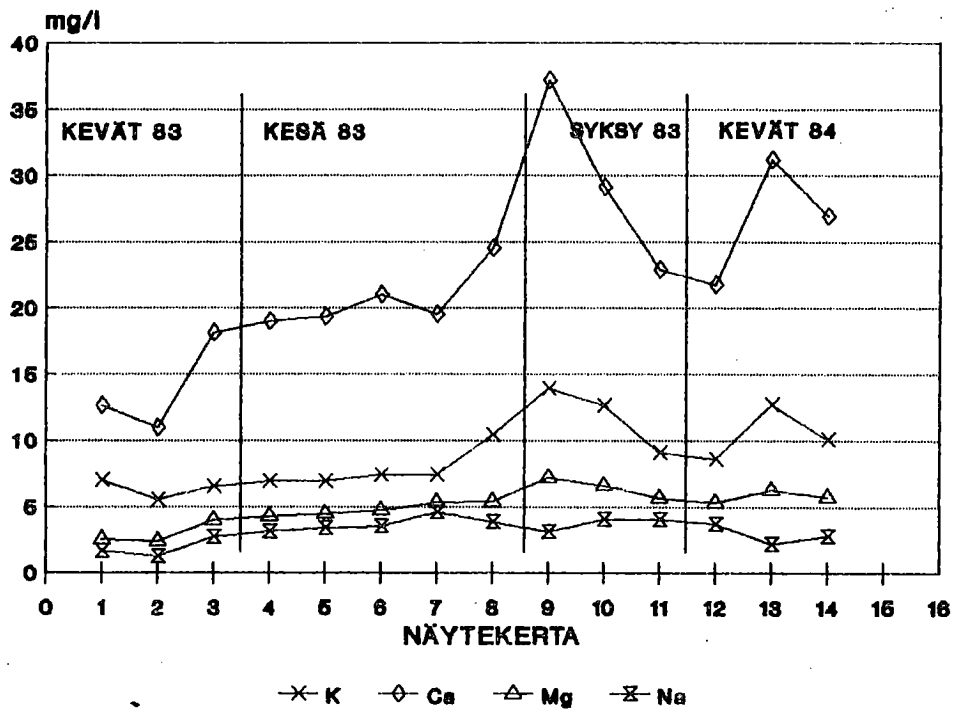
Kuva 11. Salaojavalunnan ruuduttainen jakautuminen (%) eri kausille vuoden aikana kalibroitikaudella.



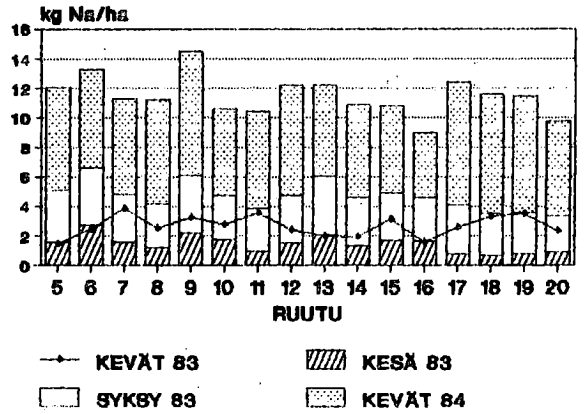
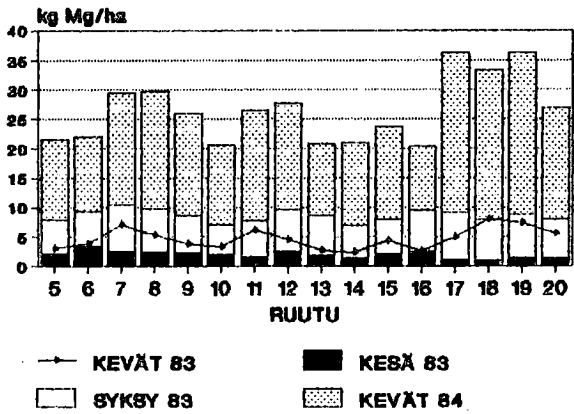
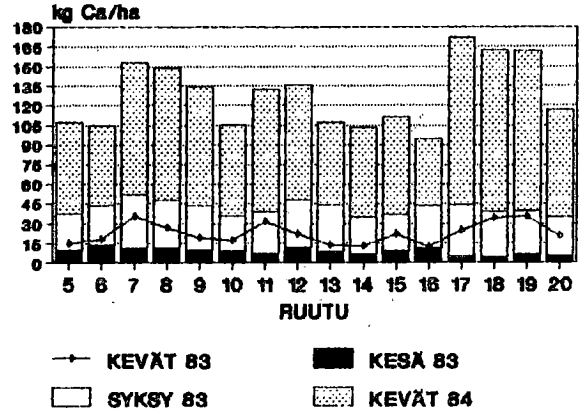
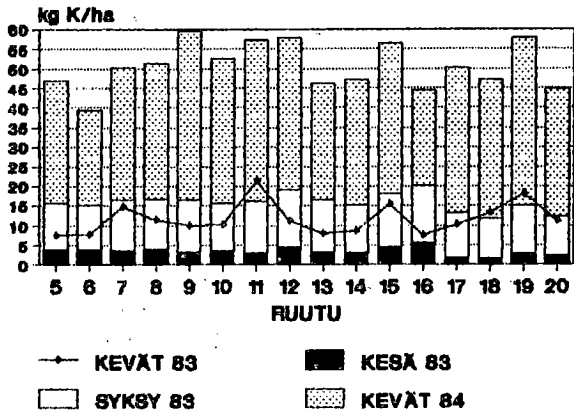
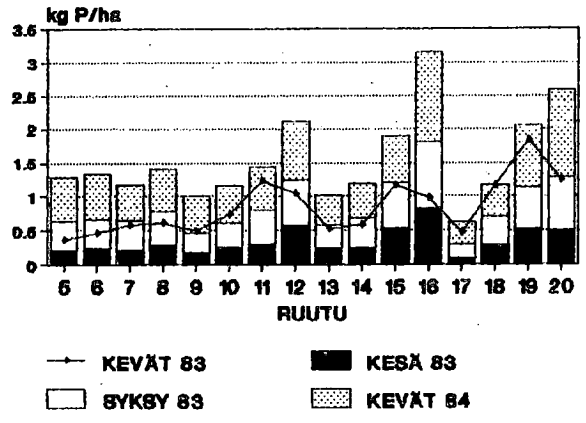
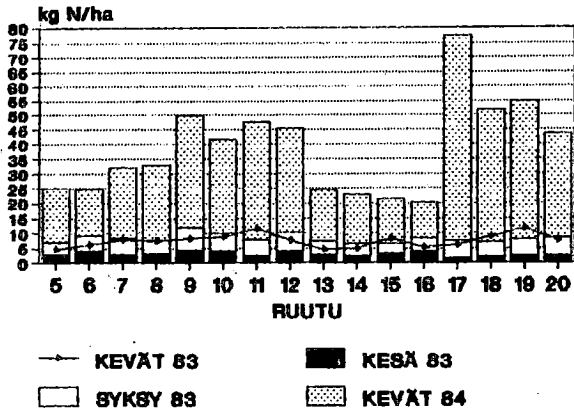
Kuva 12. Kokonaistyyppien ja NH₄-tyypin pitoisuuden (mg/l) keskimääräinen vaihtelu huuhtoutumiskentän salaojavedessä näytekerroittain ja kausittain kalibrointikauden aikana.



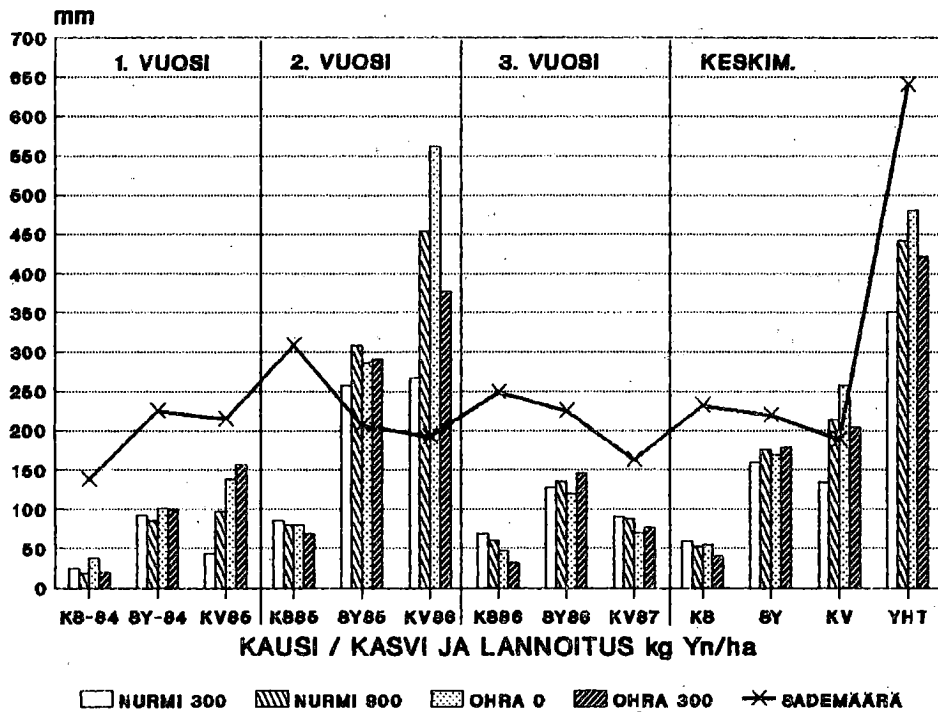
Kuva 13. Kokonaisfosforin ja liukoisen fosforin pitoisuuden (mg/l) keskimääräinen vaihtelu huuhtoutumiskentän salaojavedessä näytekerroittain ja kausittain kalibrointikauden aikana.



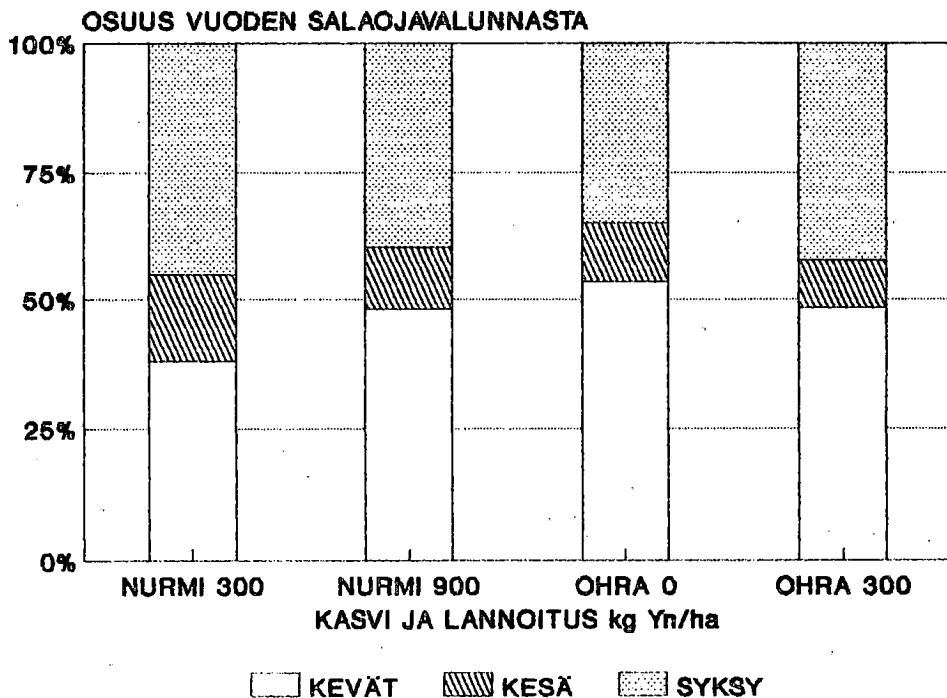
Kuva 14. Kaliumin, kalsiumin, magnesiumin ja natriumin pitoisuuden (mg/l) keskimääräinen vaihtelu huuhtoutumiskentän salaojavedessä näytekerroittain ja kausittain kalibrointikauden aikana.



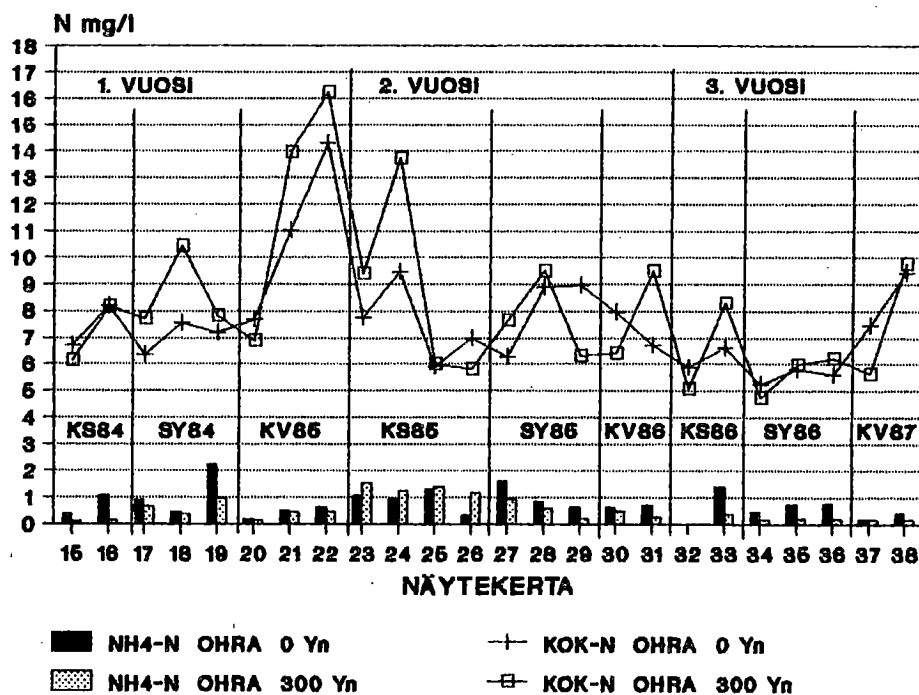
Kuva 15. Typen, fosforin, kaliumin, kalsiumin, magnesiumin ja natriumin huuhtoutuminen (kg/ha) huuhtoutumiskentän salaojavedessä kausittain ja ruuduittain kalibrintikauden aikana.



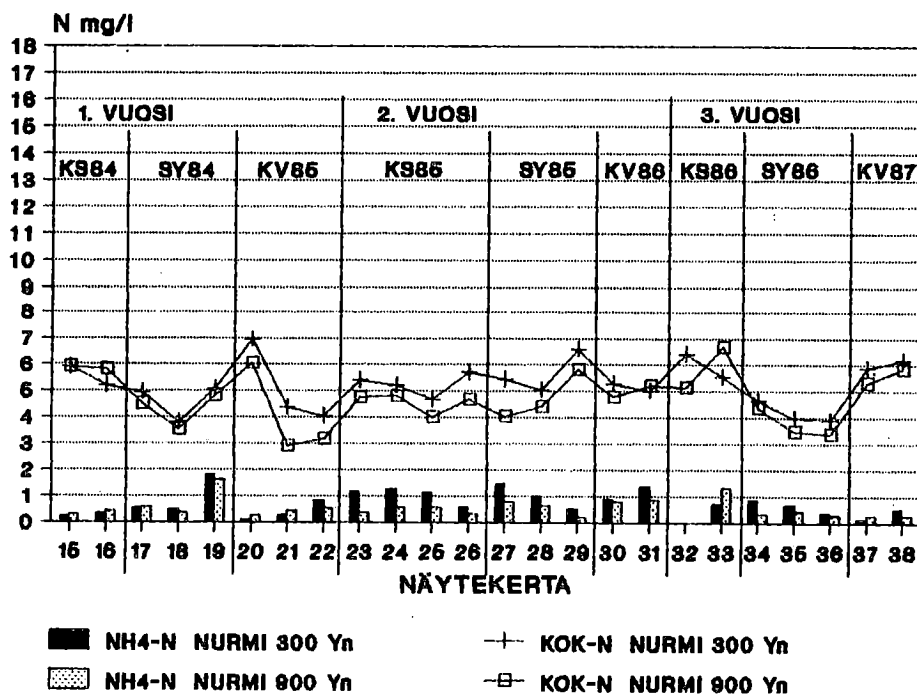
Kuva 16. Salaojavalunta (mm) kokeen aikana huuhtoutumiskentän nurmista ja ohrapelloista lannoituksittain, kausittain ja vuosittain sekä keskimäärin kausittain ja keskimäärin vuodessa; eri kausia vastaava sade- ja sulamisveden määrä (mm) (KS=kesä, SY=syksy, KV=kevät).



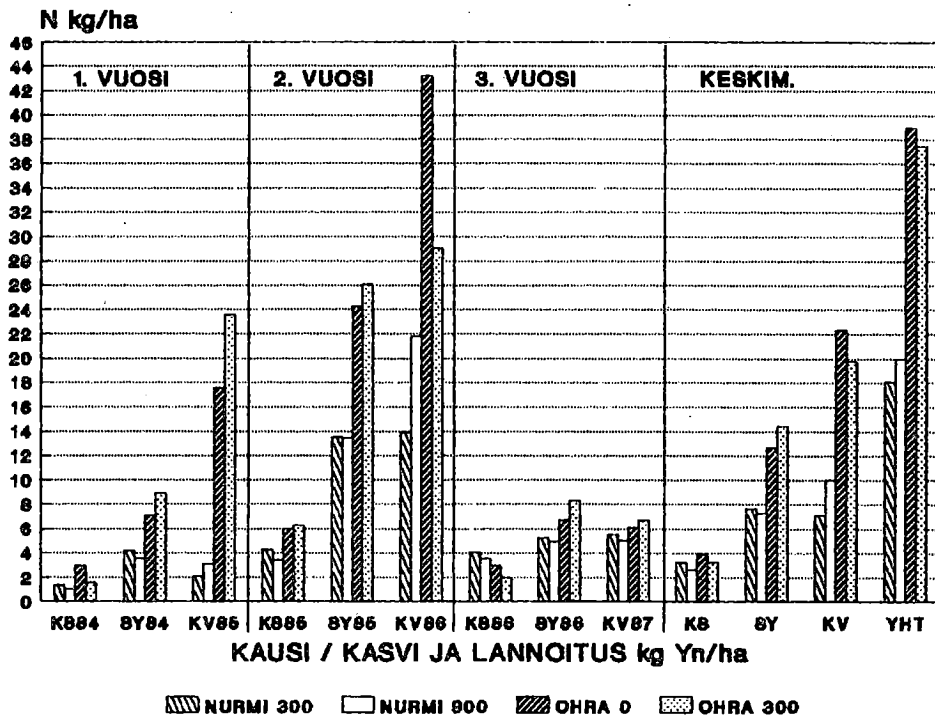
Kuva 17. Huuhtoutumiskentän nurmien ja ohrapeltojen salaojavalunnan keskimääräinen jakautuminen (%) eri kausiin lannoituksittain kokeen aikana.



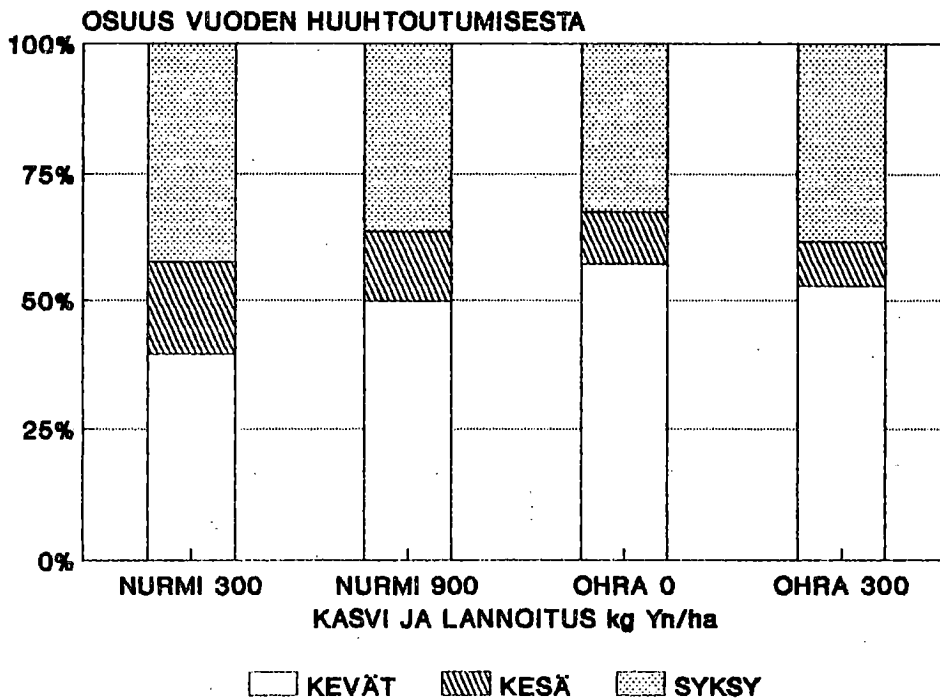
Kuva 18. Kokonaistypen ja NH₄-typen pitoisuuden (mg/l) vaihtelu huuhtoutumiskentän ohrapeltojen salaojavedessä vuosittain, kausittain, näytekertoittain ja lannoituksittain kokeen aikana (KS=kesä, SY=syky, KV=kevät).



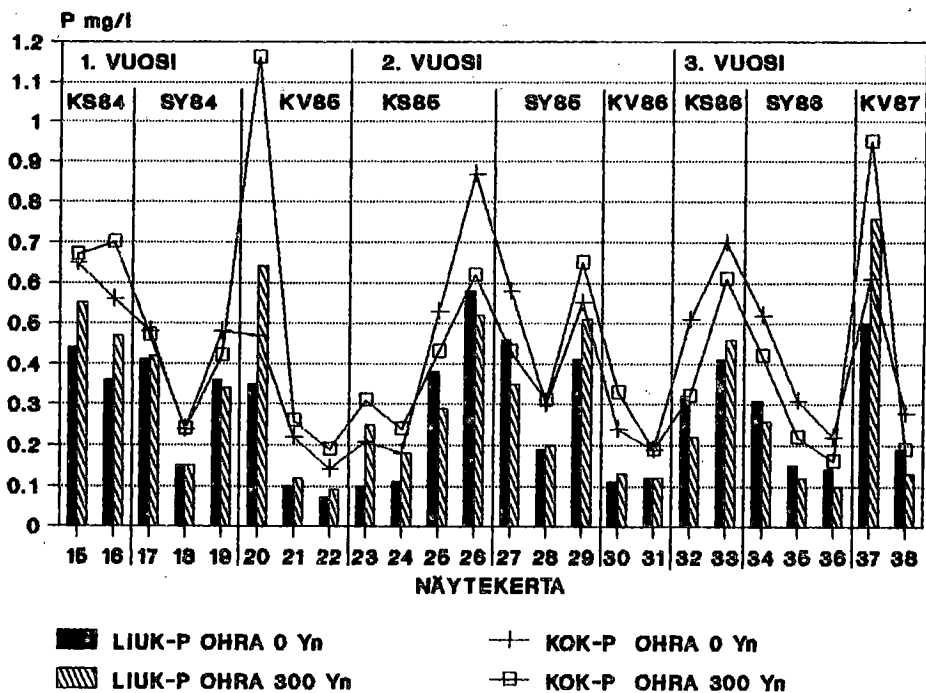
Kuva 19. Kokonaistypen ja NH₄-typen pitoisuuden (mg/l) vaihtelu huuhtoutumiskentän nurmien salaojavedessä vuosittain, kausittain, näytekertoittain ja lannoituksittain kokeen aikana (KS=kesä, SY=syky, KV=kevät).



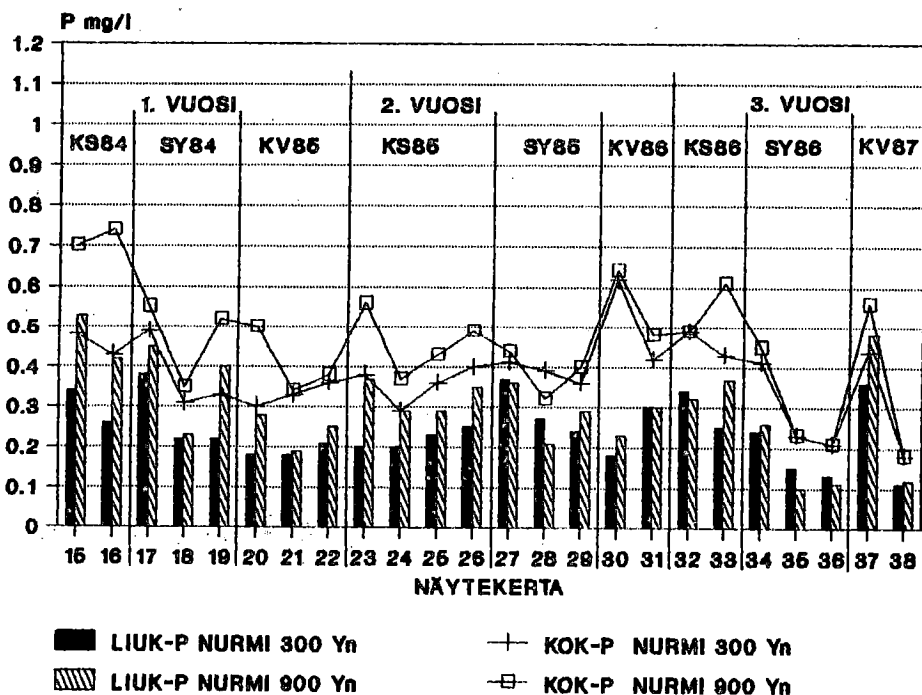
Kuva 20. Kokonaistypen huuhtoutuminen (kg/ha) kokeen aikana huuhtoutumiskentän nurmien ja ohrapeltojen salaojavedessä lannoituksittain, kausittain ja vuosittain sekä keskimäärin kausittain ja keskimäärin vuodessa (KS=kesä, SY=syysy, KV=kevät).



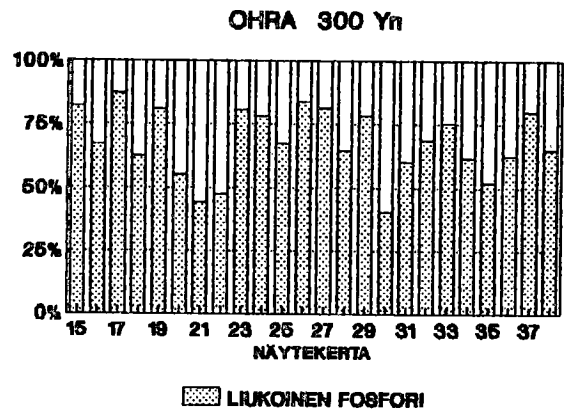
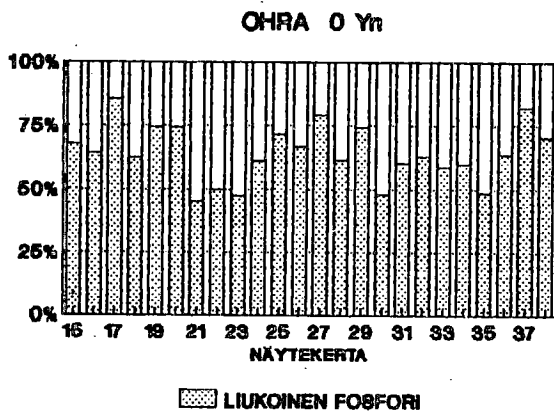
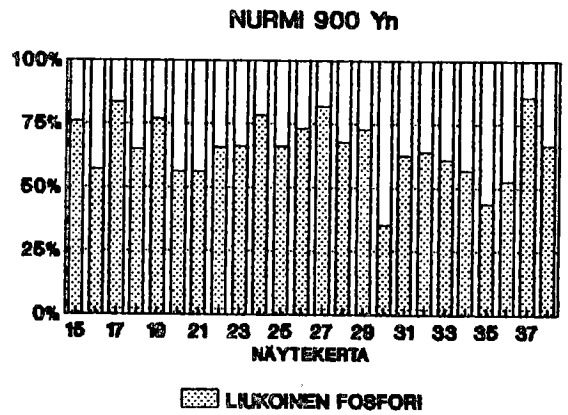
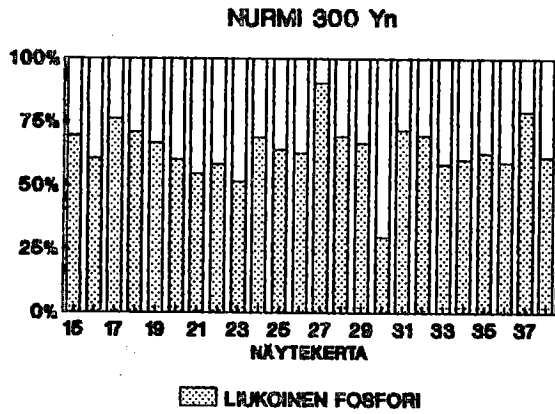
Kuva 21. Huuhtoutumiskentän nurmien ja ohrapeltojen salaojavedessä huuhtoutuneen kokonaistypen keskimääräinen jakautuminen (%) eri kausiin lannoituksittain kokeen aikana.



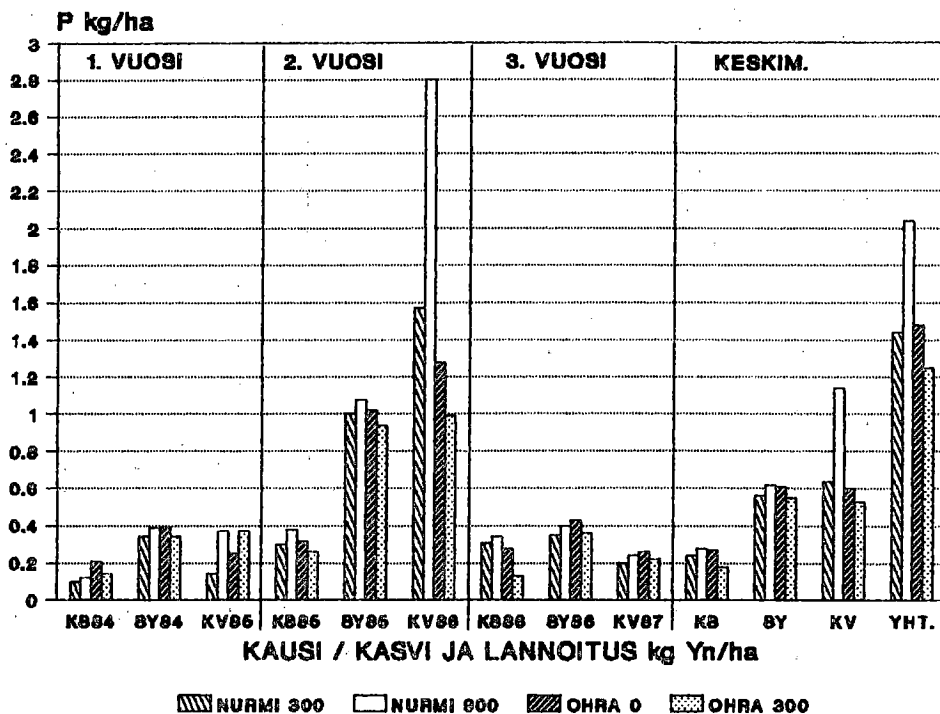
Kuva 22. Kokonaisfosforin ja liukoisen fosforin pitoisuuden (mg/l) vaihtelu huuhtoutumiskentän ohrapeltojen salaojavedessä vuosittain, kausittain, näyterkoittain ja lannoituksittain kokeen aikana (KS=kesä, SY=sytsy, KV=kevät).



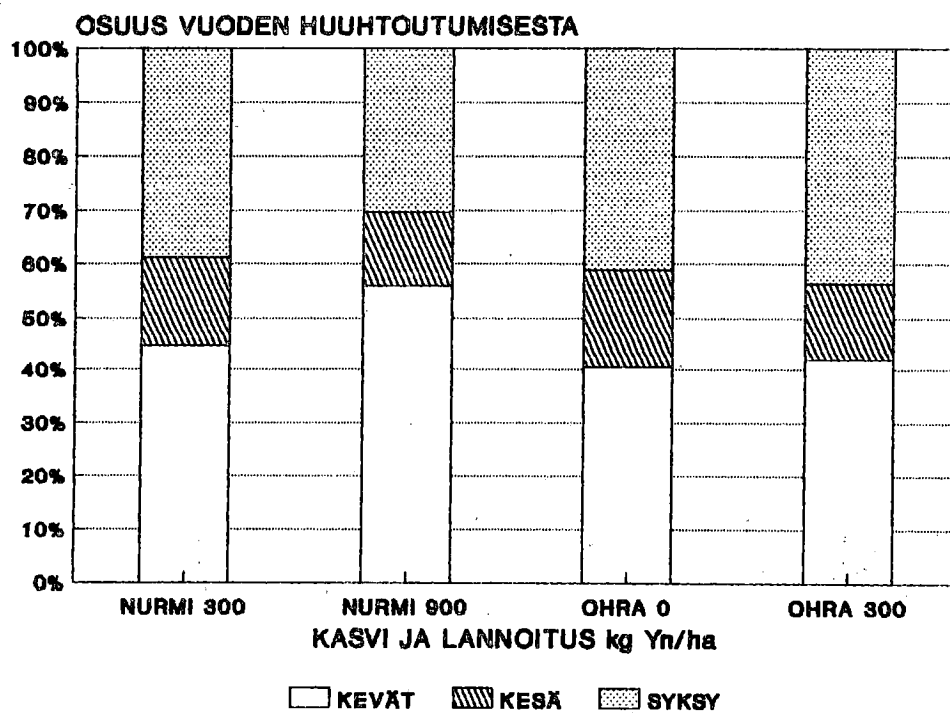
Kuva 23. Kokonaisfosforin ja liukoisen fosforin pitoisuuden (mg/l) vaihtelu huuhtoutumiskentän nurmien salaojavedessä vuosittain, kausittain, näyterkoittain ja lannoituksittain kokeen aikana (KS=kesä, SY=sytsy, KV=kevät).



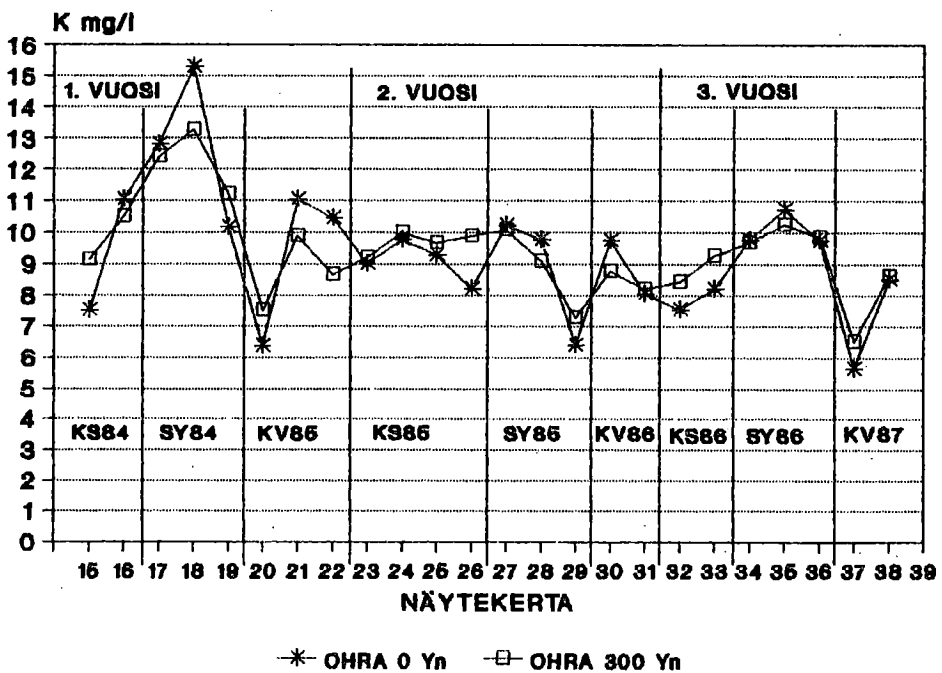
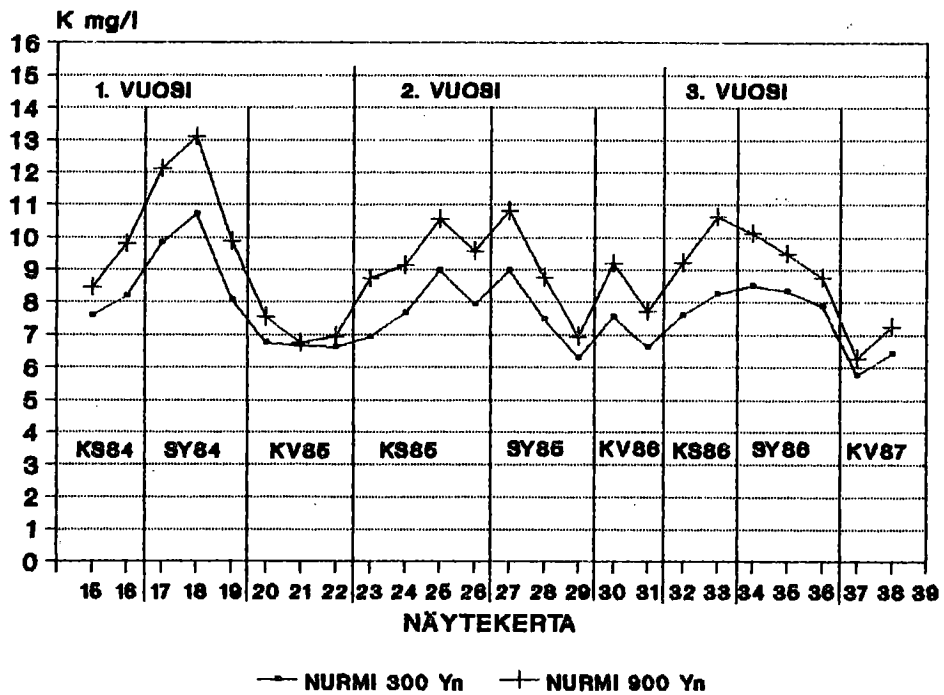
Kuva 24. Liukoisen fosforin osuus (%) huuhtoutumiskentän nurmien ja ohrapeltojen salaojavedessä kokeen aikana huuhtoutuneesta fosforista näytekerroittain ja lannoituksittain.



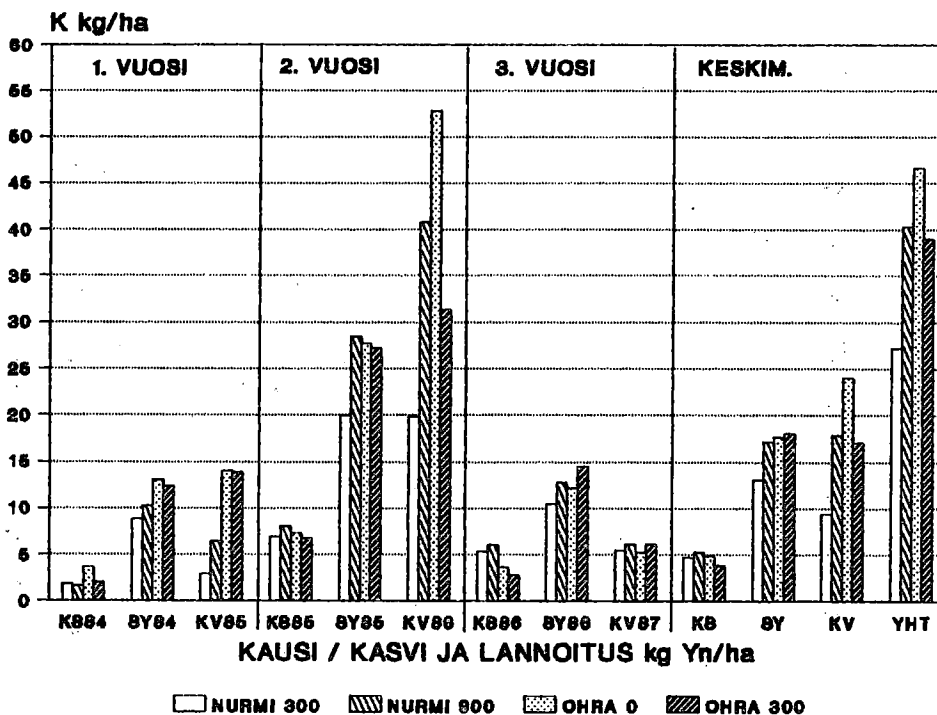
Kuva 25. Kokonaisfosforin huuhtoutuminen (kg/ha) kokeen aikana huuhtoutumiskentän nurmien ja ohrapeltojen salaojavedessä lannoituksittain, kausittain ja vuosittain sekä keskimäärin vuodessa (KS=kesä, SY=syksy, KV=kevät).



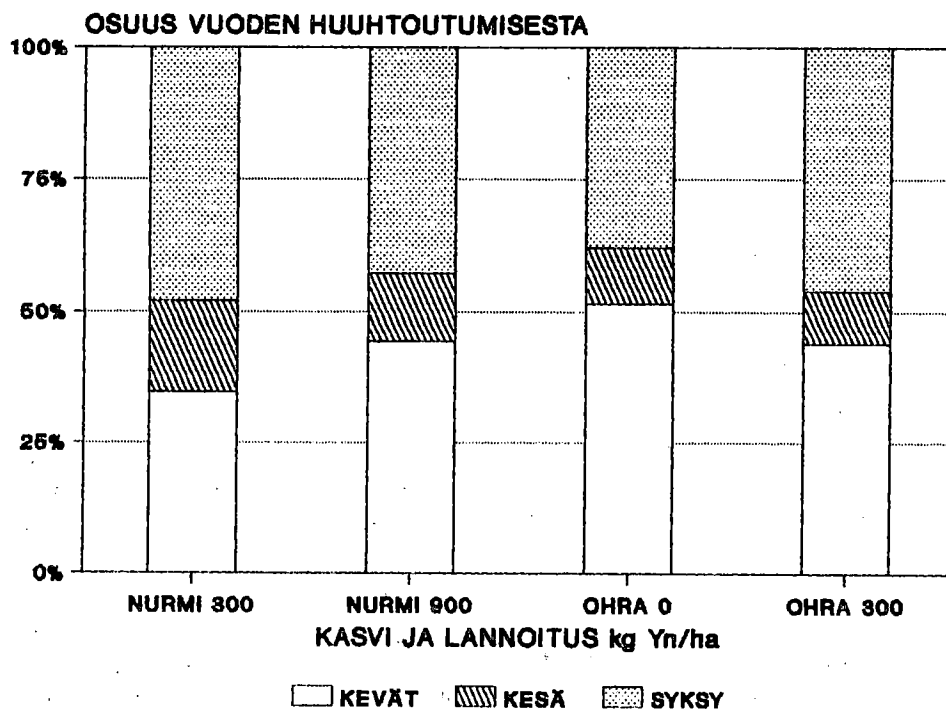
Kuva 26. Huuhtoutumiskentän nurmien ja ohrapeltojen salaojavedessä huuhtoutuneen kokonaisfosforin keskimääräinen jakautuminen (%) eri kausiin lannoituksittain kokeen aikana.



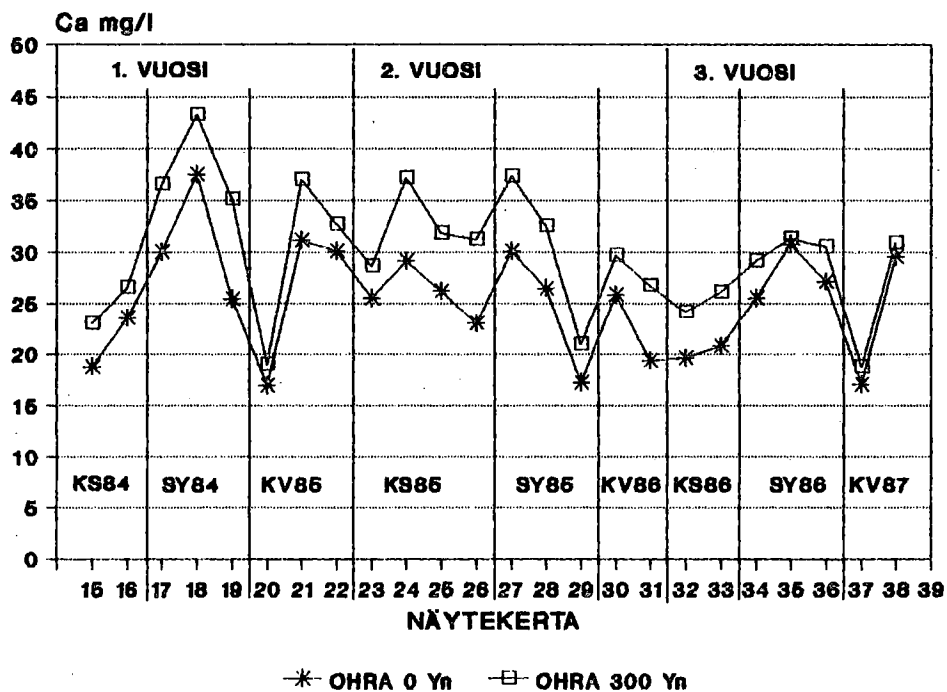
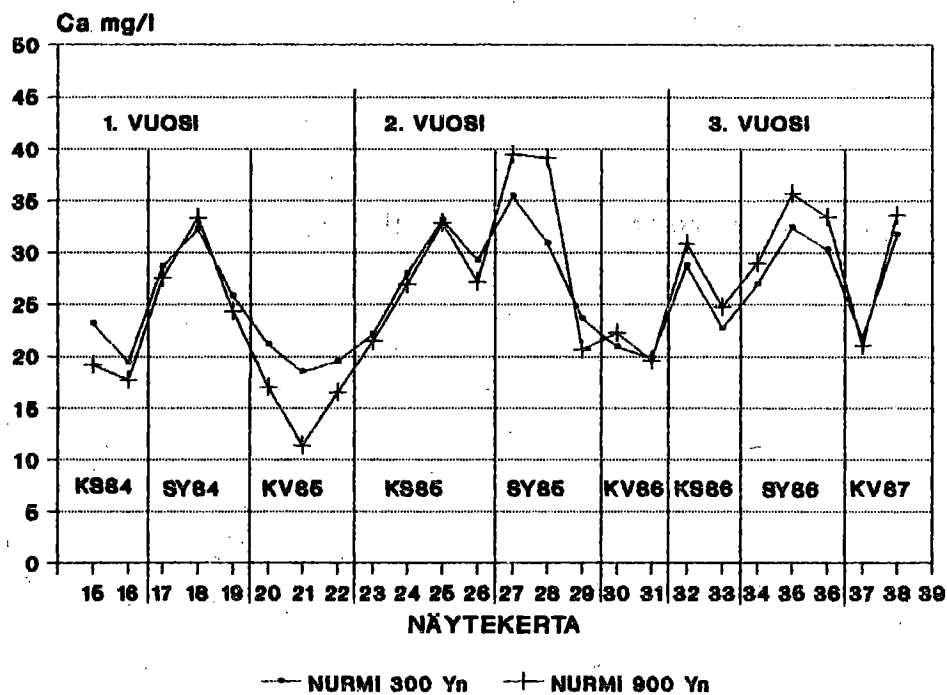
Kuva 27. Kaliumin pitoisuuden (mg/l) vaihtelu huuhtoutumiskentän nurmien ja ohrapeltojen salaojavedessä vuosittain, kausittain, näyterroit-tain ja lannoituksittain kokeen aikana KS=kesä, SY=syksy, KV=kevät).



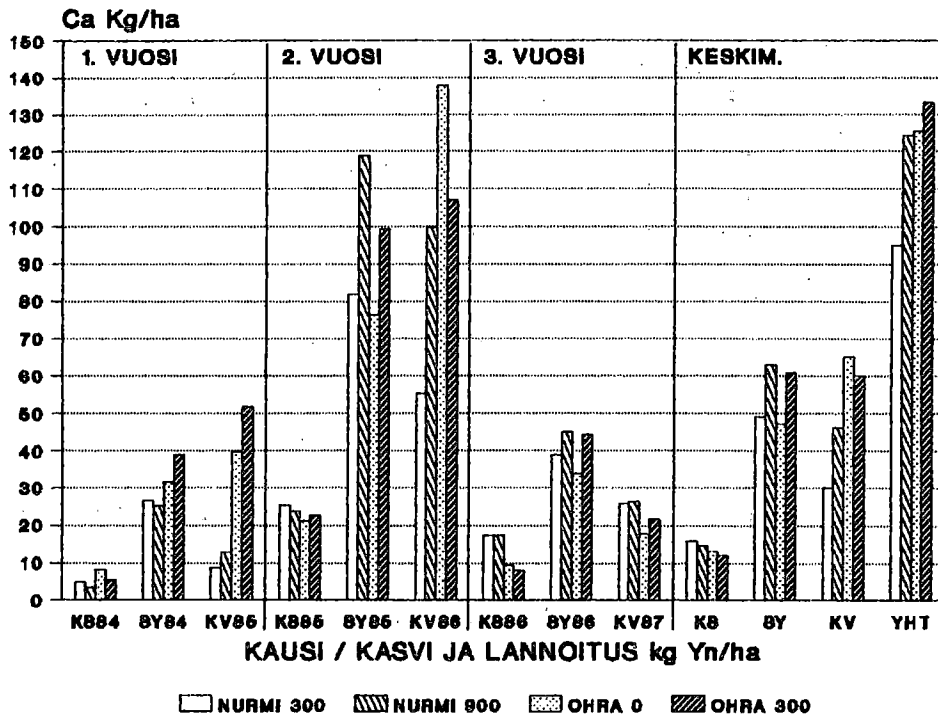
Kuva 28. Kaliumin huuhtoutuminen (kg/ha) kokeen aikana huuhtoutumiskentän nurmien ja ohrapeltojen salaojavedessä lannoituksittain, kausittain ja vuosittain sekä keskimäärin kausittain ja keskimäärin vuodessa (KS=kesä, SY=syky, KV=kevät).



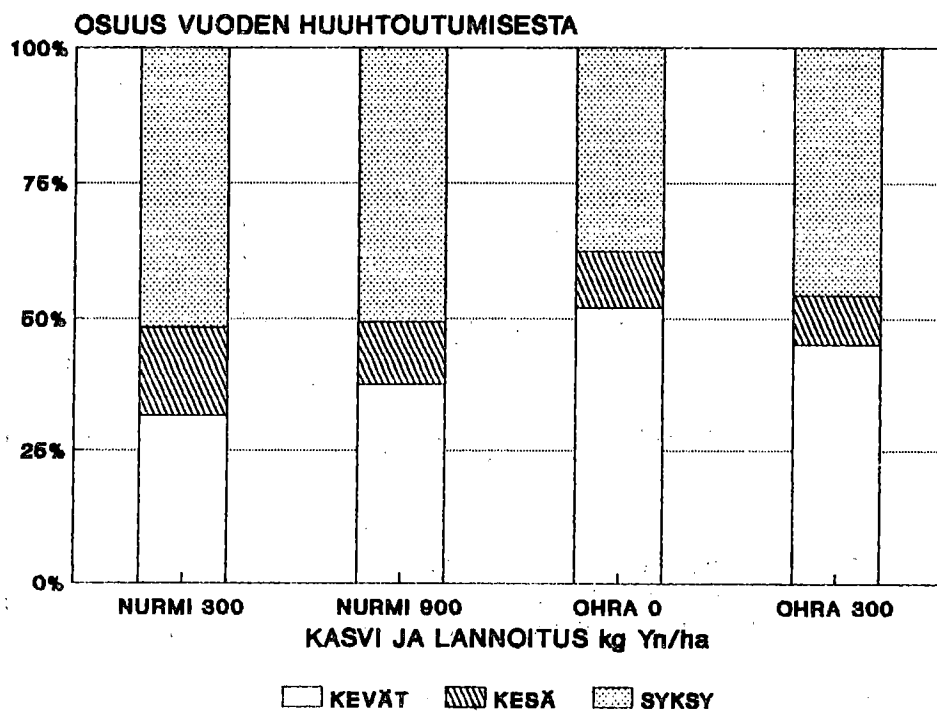
Kuva 29. Huuhtoutumiskentän nurmien ja ohrapeltojen salaojavedessä huuhtoutuneen kaliumin keskimääräinen jakautuminen (%) eri kausiin lannoituksittain kokeen aikana.



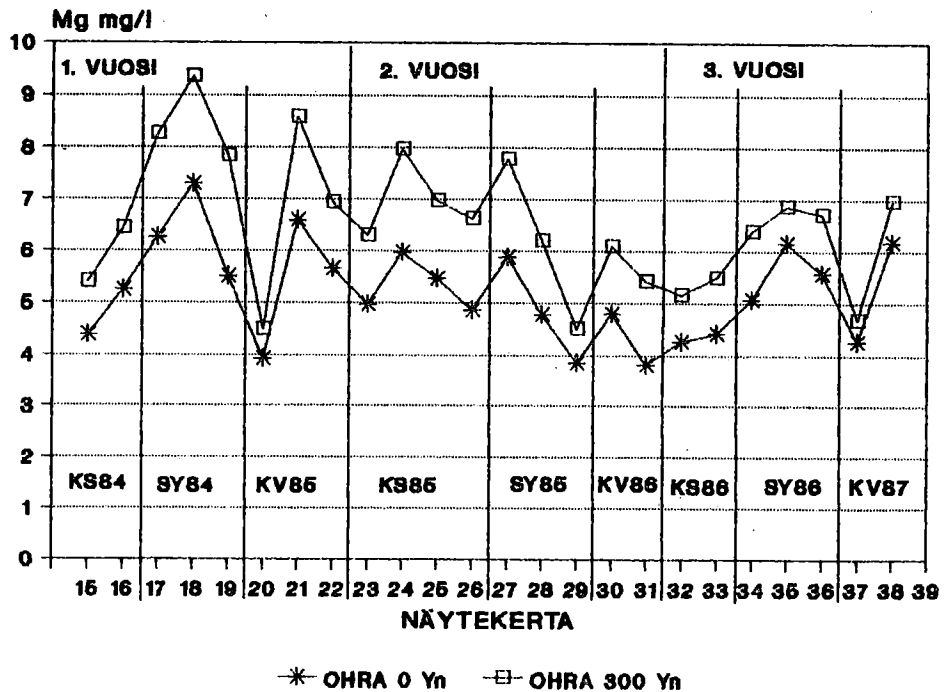
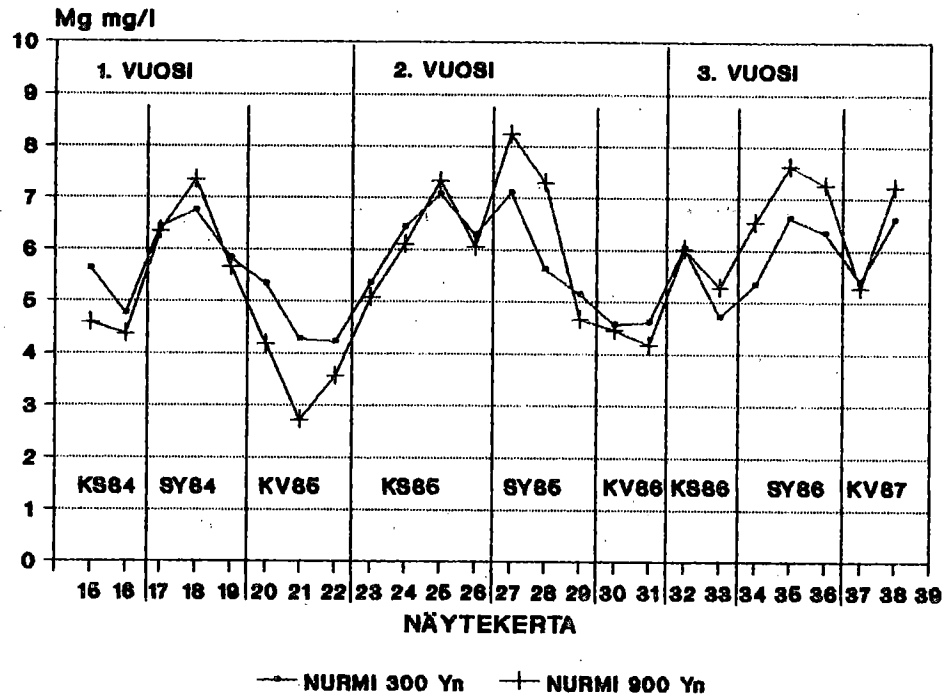
Kuva 30. Kalsiumin pitoisuuden (mg/l) vaihtelu huuhtoutumiskentän nurmien ja ohrapeltojen salaojavedessä vuosittain, kausittain, näytekerroittain ja lannoituksittain kokeen aikana (KS=kesä, SY=syksy, KV=kevät).



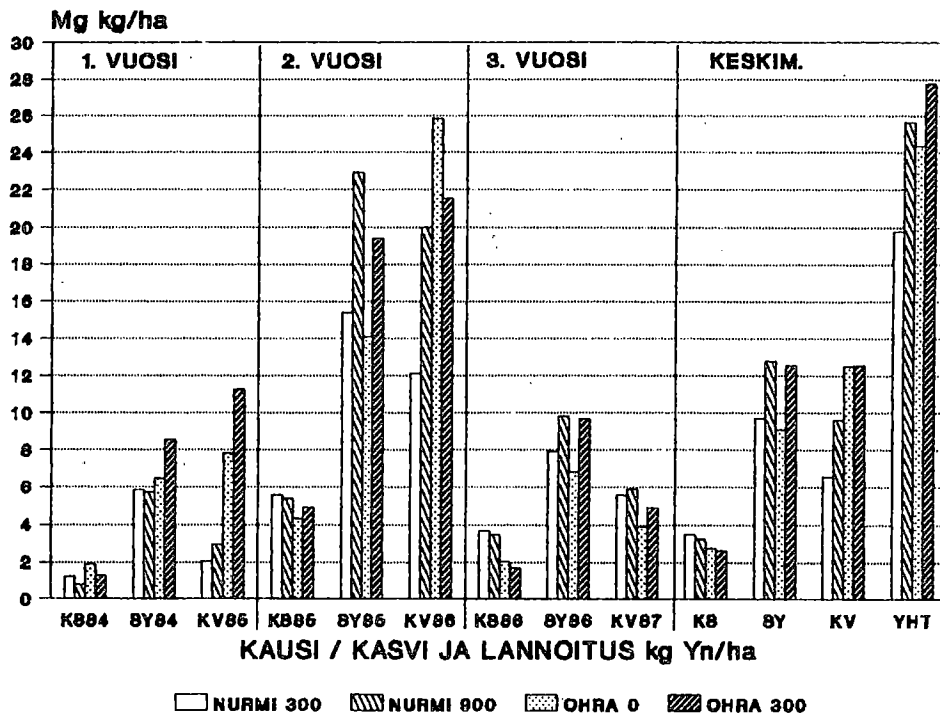
Kuva 31. Kalsiumin huuhtoutuminen (kg/ha) kokeen aikana huuhtoutumiskentän nurmien ja ohrapeltojen salaojavedessä lannoituksittain, kausittain ja vuosittain sekä keskimäärin vuodessa (KS=kesä, SY=syksy, KV=kevät).



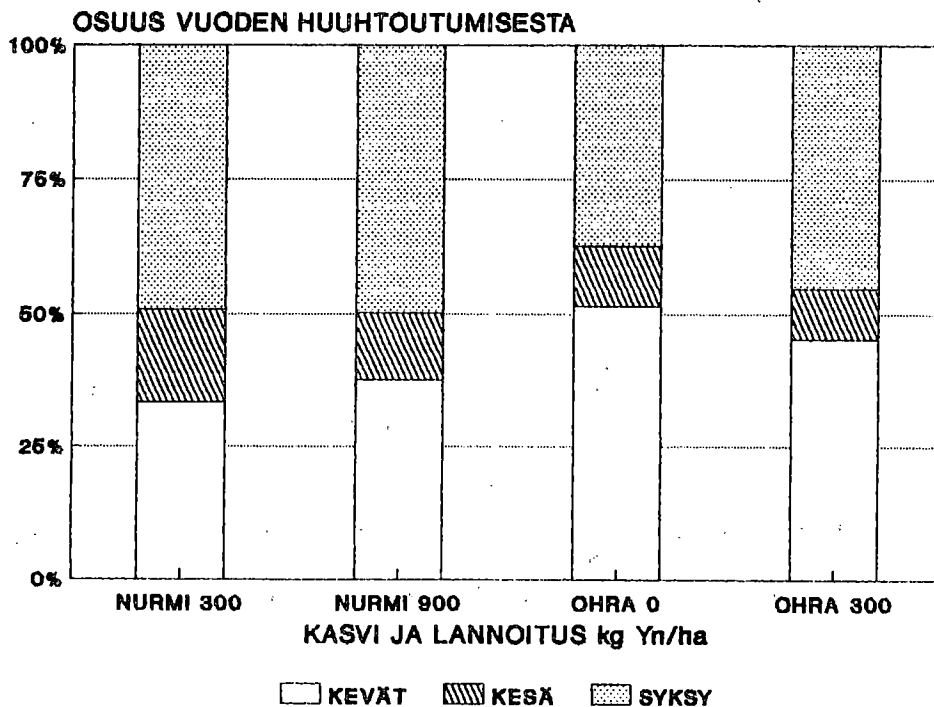
Kuva 32. Huuhtoutumiskentän nurmien ja ohrapeltojen salaojavedessä huuhtoutuneen kalsiumin keskimääräinen jakautuminen (%) eri kausiin lannoituksittain kokeen aikana.



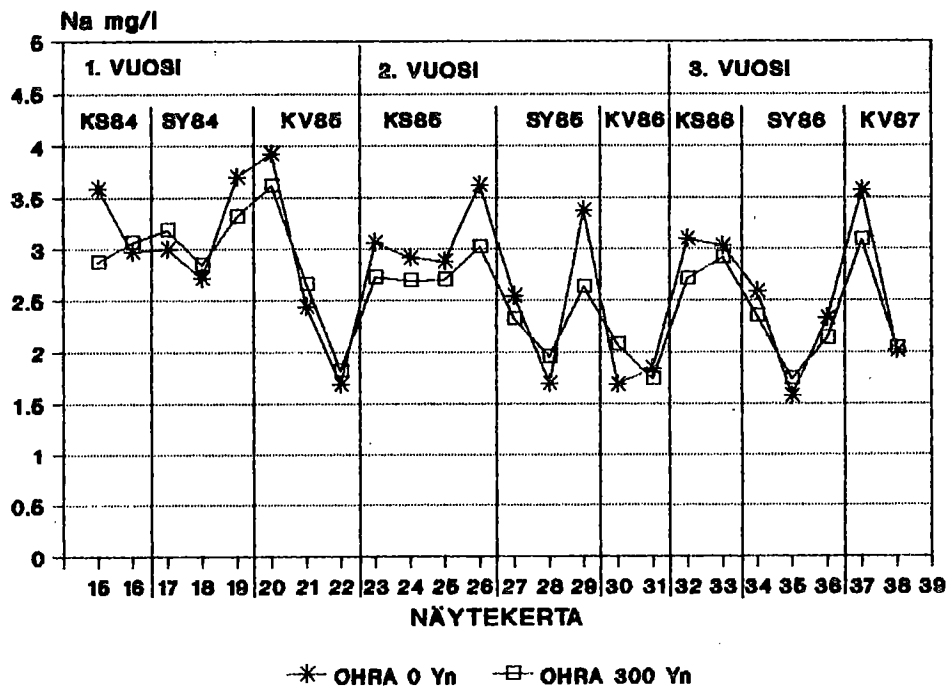
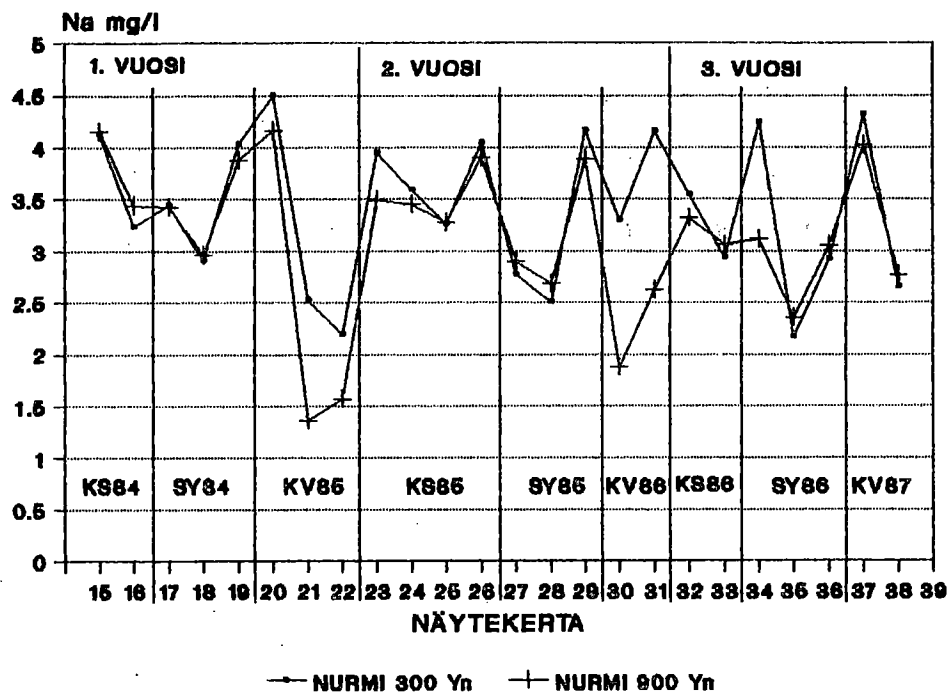
Kuva 33. Magnesiumin pitoisuuden (mg/l) vaihtelu huuhtoutumiskentän nurmien ja ohrapeltojen salaojavedessä vuosittain, kausittain, näyterroittain ja lannoituksittain kokeen aikana (KS=kesä, SY=syksy, KV=kevät).



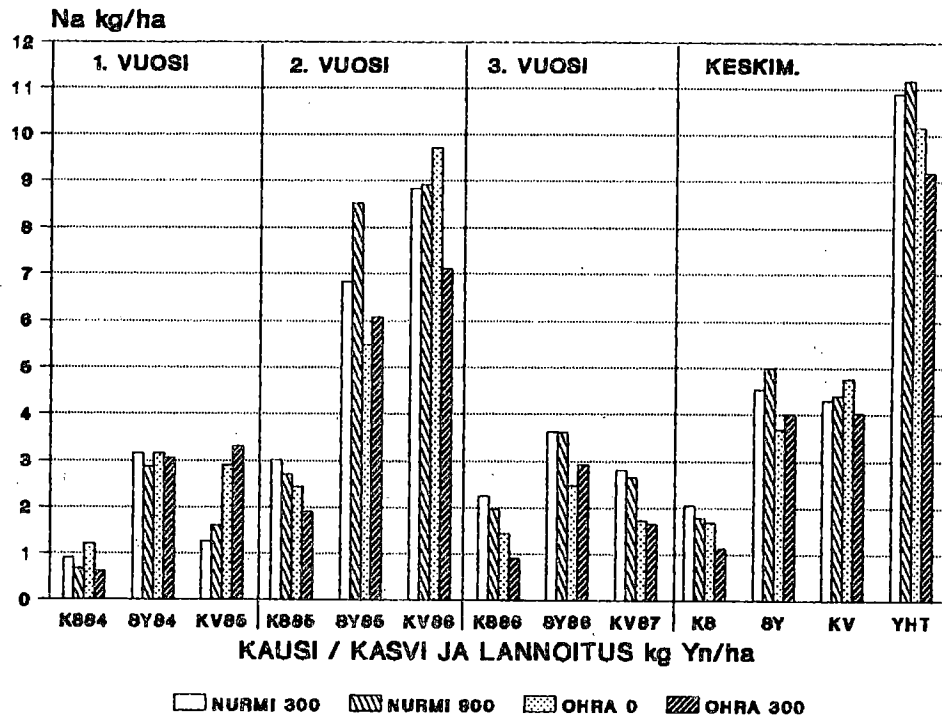
Kuva 34. Magnesiumin huuhtoutuminen (kg/ha) kokeen aikana huuhtoutumiskentän nurmien ja ohrapeltojen salaojavedessä lannoituksittain, kausittain ja vuosittain sekä keskimäärin kausittain ja keskimäärin vuodessa (KS=kesä, SY=syksy, KV=kevät).



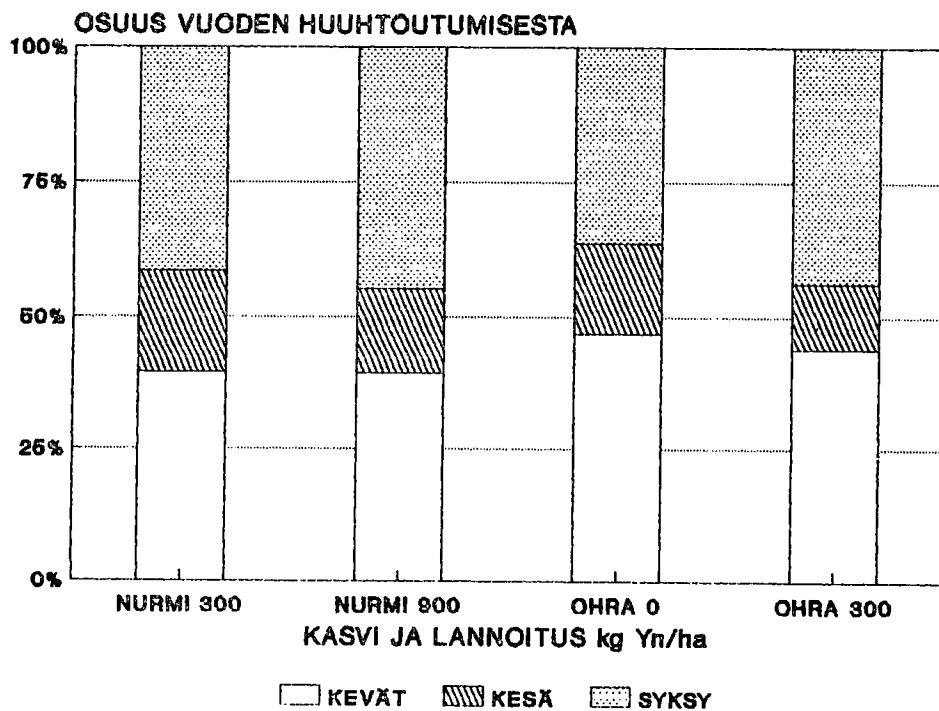
Kuva 35. Huuhtoutumiskentän nurmien ja ohrapeltojen salaojavedessä huuhtoutuneen magnesiumin keskimääräinen jakautuminen (%) eri kausiin lannoituksittain kokeen aikana.



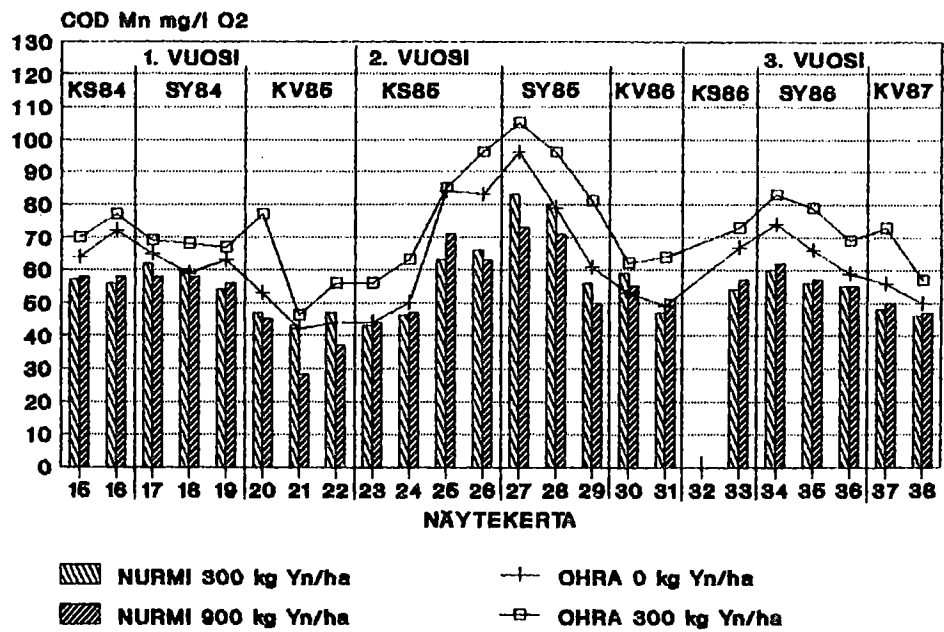
Kuva 36. Natriumin pitoisuuden (mg/l) vaihtelu huuhtoutumiskentän nurmien ja ohrapeltojen salaojavedessä vuosittain, kausittain, näytekerroittain ja lannoituksittain kokeen aikana (KS=kesä, SY=syksy, KV=kevät).



Kuva 37. Natriumin huuhtoutuminen (kg/ha) kokeen aikana huuhtoutumiskentän nurmien ja ohrapeltojen salaojavedessä lannoituksittain, kausittain ja vuosittain sekä keskimäärin kausittain ja keskimäärin vuodessa (KS=kesä, SY=syysy, KV=kevät).



Kuva 38. Huuhtoutumiskentän nurmien ja ohrapeltojen salaojavedessä huuhtoutuneen natriumin keskimääräinen jakautuminen (%) eri kausiin lannoituksittain kokeen aikana.

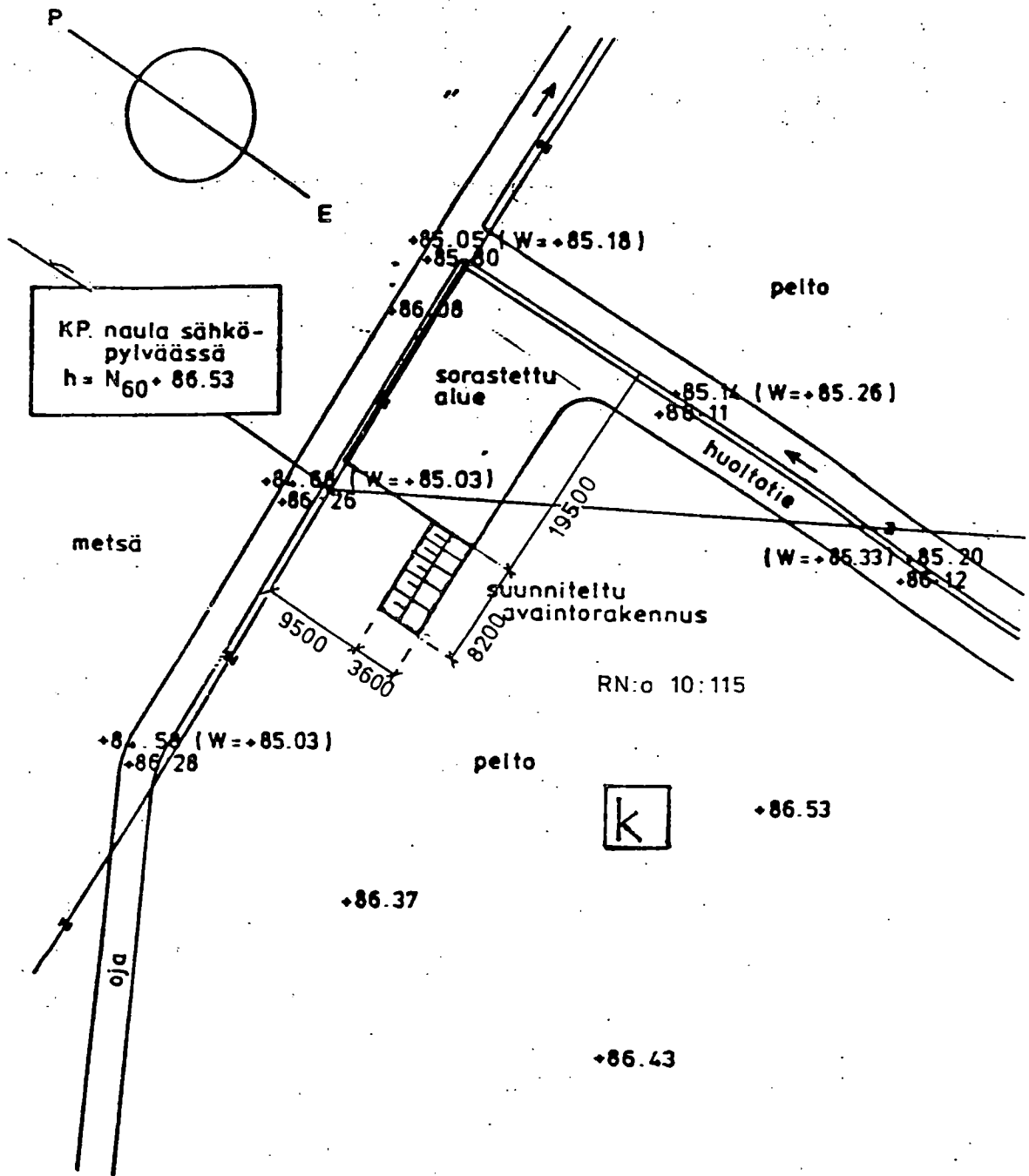


Kuva 39. Huuhtoutumiskentän nurmien ja ohrapeltojen salaojaveden kemiallisen hapenkulutuksen (Mn mg/l O₂) vaihtelu kokeen aikana vuosittain, kausittain, näytekerroittain ja lannoituksittain (KS=kesä, SY=syysy, KV=kevät).

Ympäristökartta 1:10 000

LIITE 1





VESIHALLITUS	Suhte:	Laat.	8.6.-81	E. Niemeläinen
	1: 500	Piirt.	10.6.-81	T.L.
		Tark.		
POHJOIS-KARJALAN VESIPIIRIN VESITOIMISTO				
TOHMAJÄRVEN KOEKENTTÄ		ASEMAPIIRROS		

Liite 3. Tohmajärven huuhtoutumiskentän koesatojen ravinnepitoisuuden keskiarvot v. 1983 - 1986, mg/g k.a. kaistoittain (1-4 1983) ja lan-
noituksittain (0 ja 300 Yn, 1984-86).

Kaista	N	P	K	Ca	Mg
Ohran jyväsato					
1983					
1	17,10	3,53	5,41	0,40	1,18
2	16,27	3,51	5,33	0,40	1,19
3	15,18	3,45	5,20	0,40	1,18
4	16,76	3,64	5,62	0,40	1,23
1984					
0 Yn	20,24	4,19	7,32	0,49	1,23
300 Yn	22,61	3,99	6,91	0,46	1,16
1985					
0 Yn	20,75	3,57	5,18	0,28	1,14
300 Yn	24,60	3,57	4,40	0,26	1,08
1986					
0 Yn	14,90	3,69	4,83	0,33	1,18
300 Yn	16,84	3,71	5,19	0,27	1,15
.....					
Timotein heinäsato					
1984					
150 Yn	13,16	1,93	22,29	2,00	0,75
450 Yn	16,64	2,06	26,06	2,70	0,96
1985					
150 Yn	16,45	2,55	26,48	1,97	0,87
450 Yn	19,23	3,13	29,50	2,51	0,99
1986					
150 Yn	12,48	2,44	21,48	1,89	0,90
450 Yn	15,62	2,68	23,50	2,22	1,00
.....					
Timotein odelmasato					
1984					
150 Yn	14,25	2,42	24,98	2,68	1,00
450 Yn	16,80	2,73	29,47	2,74	1,04
1985					
150 Yn	21,93	3,18	29,88	2,95	1,08
450 Yn	26,38	3,70	37,33	2,70	1,15
1986					
150 Yn	18,67	2,65	23,61	2,97	1,12
450 Yn	18,20	2,65	23,49	2,96	1,25
.....					

Liite 4.a. Salaojavalunta (mm) kalibrointikaudella ruuduttain ja näytekerroittain.

KERTA							
RUUTU	1	2	3	4	5	6	7
5	44,24	73,70	10,05	7,85	5,58	9,95	2,01
6	52,55	73,99	13,82	10,42	7,77	13,79	5,73
7	80,54	147,83	14,34	8,86	5,93	9,45	3,61
8	64,43	99,15	12,51	7,01	4,30	7,85	2,06
9	78,86	138,45	11,84	9,29	7,09	12,50	6,66
10	70,52	123,01	10,73	8,18	5,89	10,54	4,84
11	102,36	195,45	8,11	5,64	3,79	6,78	1,93
12	66,97	99,32	9,84	6,82	4,48	8,17	2,70
13	48,34	67,30	8,48	6,76	5,42	10,16	4,23
14	56,42	68,42	7,42	5,97	4,14	7,50	1,81
15	107,93	152,40	9,01	6,63	4,51	9,21	2,86
16	50,30	86,20	7,35	6,16	4,64	9,36	3,54
17	58,32	77,05	6,61	4,86	3,36	7,76	1,08
18	73,88	104,34	6,68	4,36	2,83	5,38	1,15
19	97,70	159,54	7,88	4,76	2,91	6,58	1,25
20	65,33	124,89	6,18	4,27	2,77	5,48	2,02
RUUTU	8	9	10	11	12	13	14
5	14,23	62,40	16,00	15,18	31,93	235,53	32,71
6	21,98	66,89	18,61	17,67	37,90	184,09	33,97
7	14,50	75,05	12,29	10,92	14,48	230,28	28,97
8	18,30	77,67	11,08	9,03	25,57	229,77	29,40
9	20,35	71,09	17,91	19,16	44,08	280,46	29,32
10	19,76	62,30	12,86	14,08	33,09	215,18	20,78
11	13,47	70,55	11,35	10,25	26,77	235,24	21,64
12	26,15	82,15	13,38	11,42	26,75	252,46	29,94
13	16,07	71,93	14,51	14,08	37,99	216,42	20,04
14	12,70	66,35	11,11	10,55	29,48	197,29	15,57
15	20,35	68,71	10,76	11,23	0,49	261,33	16,63
16	27,04	83,04	11,50	11,15	28,88	210,01	22,05
17	6,81	72,41	12,40	9,10	27,80	256,76	18,66
18	7,26	68,63	10,72	7,17	20,82	238,12	18,64
19	14,11	78,03	11,27	7,90	24,01	270,54	25,49
20	13,76	67,14	9,44	7,39	18,75	261,39	36,65

Liite 4.b. Typen huuhtoutuminen (kg N/ha) salaojavedessä kalibrointikaudella ruuduttain ja näytekerroittain.

KERTA							
RUUTU	1	2	3	4	5	6	7
5	1,70	2,36	0,56	0,52	0,34	0,70	0,15
6	2,33	2,89	0,79	0,70	0,49	0,93	0,38
7	2,65	4,73	0,67	0,51	0,34	0,63	0,27
8	2,91	3,67	0,66	0,46	0,29	0,62	0,18
9	2,52	4,85	0,75	0,67	0,48	0,96	0,52
10	3,03	4,92	0,74	0,62	0,45	0,91	0,41
11	3,74	7,43	0,46	0,41	0,27	0,58	0,17
12	3,17	3,87	0,58	0,52	0,34	0,73	0,24
13	1,86	2,42	0,44	0,42	0,32	0,67	0,30
14	2,06	2,60	0,39	0,40	0,28	0,60	0,15
15	3,14	4,57	0,41	0,38	0,27	0,65	0,23
16	1,95	2,84	0,43	0,44	0,34	0,78	0,30
17	2,48	3,24	0,34	0,26	0,19	0,47	0,09
18	3,56	4,90	0,40	0,31	0,22	0,41	0,13
19	4,33	6,86	0,46	0,32	0,21	0,56	0,14
20	2,82	4,37	0,42	0,33	0,24	0,50	0,20
RUUTU	8	9	10	11	12	13	14
5	1,03	3,05	0,85	0,48	2,07	14,18	1,70
6	1,61	3,30	1,06	0,58	2,53	11,38	1,97
7	1,18	4,20	0,61	0,34	0,89	21,32	1,79
8	1,46	3,75	0,54	0,30	1,56	21,69	2,01
9	1,62	5,92	1,09	0,67	3,15	32,25	2,43
10	1,69	4,75	0,81	0,53	2,59	27,11	1,70
11	1,20	4,32	0,62	0,34	1,82	35,76	2,23
12	2,13	5,29	0,72	0,40	1,80	30,55	2,46
13	1,14	3,42	0,66	0,43	2,13	14,11	1,05
14	0,98	3,21	0,46	0,36	2,05	13,67	0,88
15	1,45	2,67	0,50	0,33	0,03	14,32	0,76
16	1,92	3,42	0,60	0,38	1,96	9,37	0,91
17	0,49	5,07	0,67	0,21	1,32	44,16	24,26
18	0,72	4,54	0,54	0,20	1,31	40,96	2,27
19	1,24	4,68	0,57	0,25	1,70	42,20	3,03
20	1,38	4,59	0,59	0,29	1,60	30,58	3,09

Liite 4.c. Fosforin huuhtoutuminen salaojavedessä kalibrointikaudella ruu-
duttain ja näytekerroittain (kg P/ha).

KERTA							
RUUTU	1	2	3	4	5	6	7
5	0,12	0,21	0,05	0,05	0,03	0,05	0,01
6	0,16	0,24	0,07	0,05	0,03	0,05	0,02
7	0,18	0,35	0,06	0,04	0,03	0,05	0,02
8	0,22	0,33	0,07	0,05	0,03	0,06	0,02
9	0,12	0,33	0,04	0,03	0,02	0,04	0,02
10	0,24	0,44	0,06	0,04	0,03	0,05	0,02
11	0,39	0,78	0,06	0,05	0,04	0,07	0,02
12	0,44	0,52	0,10	0,11	0,05	0,11	0,04
13	0,20	0,28	0,05	0,04	0,03	0,06	0,02
14	0,23	0,30	0,05	0,04	0,03	0,06	0,02
15	0,47	0,62	0,07	0,07	0,05	0,12	0,04
16	0,36	0,51	0,11	0,11	0,09	0,19	0,07
17	0,16	0,29	0,03	0,02	0,01	0,03	0,01
18	0,38	0,71	0,07	0,05	0,04	0,06	0,03
19	0,63	1,12	0,10	0,07	0,06	0,12	0,04
20	0,39	0,76	0,10	0,10	0,05	0,08	0,04
RUUTU	8	9	10	11	12	13	14
5	0,07	0,31	0,07	0,05	0,12	0,42	0,09
6	0,09	0,30	0,07	0,06	0,16	0,40	0,11
7	0,08	0,32	0,06	0,05	0,06	0,41	0,07
8	0,13	0,38	0,05	0,06	0,16	0,40	0,06
9	0,07	0,19	0,05	0,05	0,14	0,34	0,05
10	0,10	0,24	0,05	0,06	0,14	0,36	0,06
11	0,13	0,35	0,07	0,07	0,19	0,41	0,04
12	0,27	0,46	0,09	0,12	0,22	0,54	0,10
13	0,09	0,22	0,06	0,06	0,13	0,27	0,04
14	0,09	0,32	0,06	0,06	0,16	0,31	0,03
15	0,25	0,50	0,08	0,10	0,00	0,61	0,06
16	0,36	0,69	0,12	0,18	0,53	0,67	0,14
17	0,03	0,14	0,03	0,03	0,06	0,25	0,02
18	0,10	0,32	0,06	0,04	0,12	0,34	0,03
19	0,23	0,43	0,08	0,10	0,27	0,56	0,08
20	0,23	0,56	0,11	0,12	0,29	0,81	0,20

Liite 4.d. Kaliumin huuhtoutuminen salaojavedessä kalibroitikaudella ruu-
duttain ja näytekerronnittain (kg K/ha).

KERTA							
RUUTU	1	2	3	4	5	6	7
5	3,18	3,59	0,74	0,60	0,45	0,82	0,17
6	3,40	3,70	0,75	0,56	0,41	0,76	0,32
7	5,56	8,38	0,91	0,62	0,41	0,68	0,25
8	4,79	5,66	0,85	0,54	0,34	0,67	0,18
9	3,55	5,80	0,57	0,45	0,34	0,63	0,33
10	4,13	5,63	0,59	0,42	0,31	0,60	0,26
11	9,93	10,71	0,58	0,43	0,29	0,55	0,16
12	5,06	5,51	0,64	0,48	0,31	0,59	0,19
13	3,46	3,94	0,60	0,47	0,36	0,71	0,27
14	3,97	4,28	0,51	0,43	0,29	0,59	0,14
15	6,51	8,31	0,64	0,53	0,36	0,81	0,23
16	3,10	3,89	0,50	0,46	0,35	0,77	0,29
17	4,62	5,14	0,43	0,34	0,23	0,58	0,08
18	5,76	6,97	0,46	0,32	0,21	0,42	0,10
19	7,34	10,21	0,56	0,36	0,23	0,55	0,12
20	4,43	6,33	0,40	0,29	0,19	0,39	0,15
RUUTU	8	9	10	11	12	13	14
5	1,81	8,64	1,88	1,33	2,83	25,32	2,90
6	1,97	8,48	1,75	1,10	2,19	19,64	2,34
7	1,42	10,66	1,52	0,95	1,41	29,54	2,82
8	2,08	10,58	1,48	0,92	2,63	29,13	2,92
9	1,45	10,39	1,76	1,15	2,31	38,34	2,43
10	1,79	9,76	1,49	0,95	2,04	32,88	2,11
11	1,52	10,44	1,65	1,14	2,75	35,31	2,94
12	3,02	11,50	1,79	1,16	2,41	33,20	3,17
13	1,51	10,25	1,88	1,17	1,49	26,10	1,92
14	1,46	9,98	1,51	0,91	2,73	27,62	1,54
15	2,58	10,83	1,64	1,26	0,06	36,17	1,97
16	3,52	11,79	1,63	1,43	3,22	18,90	2,21
17	0,55	9,05	1,51	0,79	2,38	32,74	1,95
18	0,69	8,23	1,29	0,63	1,89	31,22	2,04
19	1,56	9,94	1,51	0,81	2,46	37,09	3,00
20	1,34	8,12	1,14	0,65	1,58	27,60	3,31

Liite 4.e. Kalsiumin huuhtoutuminen salaojavedessä kalibrointikaudella ruu-
duttain ja näytekertoittain (kg Ca/ha).

KERTA							
RUUTU	1	2	3	4	5	6	7
5	5,98	6,97	2,09	1,74	1,26	2,27	0,44
6	7,06	8,21	2,79	2,30	1,70	3,03	1,28
7	12,33	20,13	3,04	2,06	1,44	2,50	0,92
8	10,86	13,09	2,67	1,70	1,09	2,18	0,56
9	6,34	11,01	1,78	1,45	1,10	2,05	1,07
10	6,33	9,14	1,54	1,24	0,92	1,73	0,75
11	11,14	19,17	1,42	1,04	0,74	1,43	0,40
12	9,70	10,53	1,79	1,29	0,90	1,74	0,53
13	5,65	6,80	1,56	1,25	0,98	2,01	0,73
14	5,08	6,75	1,17	1,01	0,71	1,43	0,32
15	8,34	12,05	1,32	1,10	0,79	1,85	0,55
16	4,92	6,46	1,17	1,08	0,84	1,90	0,65
17	10,79	12,64	1,32	0,97	0,66	1,73	0,18
18	14,04	18,80	1,44	0,90	0,56	1,17	0,22
19	13,72	20,07	1,46	0,87	0,54	1,33	0,24
20	7,26	12,10	1,01	0,70	0,45	1,01	0,34
RUUTU	8	9	10	11	12	13	14
5	3,99	20,66	4,07	3,42	6,76	55,28	7,51
6	5,70	21,41	4,52	3,94	7,68	44,77	8,47
7	4,38	34,07	4,21	2,96	4,18	87,11	8,93
8	5,51	30,45	3,89	2,60	6,82	85,38	8,84
9	3,98	26,84	4,12	3,32	8,05	76,06	6,18
10	4,22	21,85	2,98	2,39	4,83	60,01	4,58
11	3,50	26,13	3,39	2,46	5,82	80,78	6,77
12	6,99	29,94	3,96	2,64	5,42	74,88	7,64
13	3,68	28,08	4,21	3,13	5,05	53,05	4,92
14	2,89	23,52	3,04	2,08	6,05	58,81	3,74
15	4,89	22,44	2,81	2,50	0,11	70,30	3,87
16	6,86	26,91	3,02	2,44	6,24	39,99	4,42
17	1,50	32,24	4,67	2,58	8,21	112,20	6,72
18	1,58	28,95	3,80	1,91	5,28	111,06	7,14
19	3,10	28,15	3,54	1,86	6,34	107,03	8,62
20	3,16	24,83	2,64	1,42	3,44	70,50	8,08

Liite 4.f. Magnesiumin huuhtoutuminen salaojavedessä kalibrointikaudella ruuduttain ja näytekerroittain (kg Mg/ha).

KERTA							
RUUTU	1	2	3	4	5	6	7
5	1,18	1,41	0,48	0,42	0,31	0,55	0,11
6	1,46	1,71	0,67	0,55	0,41	0,74	0,36
7	2,38	4,01	0,69	0,47	0,34	0,58	0,23
8	2,15	2,67	0,57	0,37	0,24	0,48	0,18
9	1,15	2,23	0,41	0,33	0,26	0,48	0,38
10	1,20	1,80	0,35	0,28	0,21	0,39	0,19
11	2,13	3,77	0,30	0,23	0,16	0,31	0,10
12	1,93	2,16	0,39	0,29	0,20	0,39	0,21
13	1,08	1,33	0,33	0,27	0,22	0,45	0,17
14	0,95	1,31	0,24	0,21	0,15	0,31	0,07
15	1,62	2,48	0,29	0,25	0,18	0,42	0,13
16	1,00	1,34	0,26	0,24	0,19	0,42	0,18
17	2,16	2,57	0,28	0,21	0,14	0,37	0,04
18	2,79	4,90	0,31	0,19	0,13	0,25	0,06
19	2,89	4,15	0,32	0,19	0,12	0,28	0,05
20	1,57	3,75	0,23	0,16	0,11	0,24	0,09
RUUTU	8	9	10	11	12	13	14
5	0,83	3,85	0,94	0,88	1,74	10,29	1,65
6	1,25	3,98	1,05	1,00	1,94	8,78	1,92
7	0,98	6,17	0,92	0,74	1,02	16,14	1,82
8	1,19	5,86	0,82	0,62	1,69	16,54	1,75
9	0,85	4,71	0,88	0,79	1,95	14,02	1,26
10	0,87	3,96	0,64	0,58	1,13	11,51	0,94
11	0,75	4,81	0,73	0,59	1,37	16,16	1,39
12	1,52	5,64	0,85	0,65	1,36	15,10	1,57
13	0,81	5,11	0,93	0,73	0,98	10,11	1,04
14	0,61	4,49	0,66	0,50	1,47	11,80	0,79
15	1,13	4,64	0,67	0,63	0,03	14,71	0,89
16	1,52	5,57	0,72	0,63	1,57	8,40	0,99
17	0,33	6,36	1,05	0,62	1,97	23,62	1,48
18	0,35	5,77	0,86	0,45	1,25	22,65	1,47
19	0,71	6,09	0,86	0,47	1,66	23,92	1,92
20	0,77	5,54	0,67	0,39	0,92	16,18	1,89

Liite 4g. Natriumin huuhtoutuminen salaojavedessä (kg Na/ha)
kalibrointikaudella ruuduttain ja näytekerroittain.

KERTA							
RUUTU	1	2	3	4	5	6	7
5	0,82	0,29	0,35	0,31	0,23	0,42	0,10
6	1,09	0,86	0,55	0,47	0,36	0,64	0,31
7	1,24	2,28	0,36	0,27	0,20	0,34	0,16
8	1,07	1,24	0,28	0,19	0,13	0,24	0,09
9	1,08	1,77	0,42	0,34	0,27	0,48	0,30
10	1,09	1,40	0,33	0,27	0,20	0,37	0,20
11	1,41	1,95	0,18	0,15	0,11	0,20	0,08
12	1,06	1,13	0,23	0,19	0,14	0,26	0,12
13	0,87	0,89	0,28	0,25	0,22	0,41	0,21
14	0,83	0,94	0,20	0,20	0,15	0,30	0,15
15	1,28	1,68	0,22	0,23	0,16	0,35	0,14
16	0,66	0,77	0,18	0,17	0,15	0,34	0,16
17	1,18	1,28	0,17	0,14	0,10	0,24	0,04
18	1,44	1,74	0,16	0,12	0,08	0,17	0,04
19	1,45	1,95	0,14	0,10	0,07	0,17	0,04
20	0,99	1,24	0,13	0,11	0,08	0,17	0,08
RUUTU	8	9	10	11	12	13	14
5	0,52	2,03	0,73	0,73	1,47	4,45	1,10
6	0,95	2,17	0,92	0,86	1,79	3,66	1,16
7	0,59	2,33	0,49	0,46	0,57	5,09	0,78
8	0,58	2,24	0,39	0,33	0,89	5,42	0,70
9	0,80	2,30	0,78	0,83	1,75	5,72	0,90
10	0,70	1,94	0,52	0,55	1,10	4,17	0,59
11	0,48	2,11	0,42	0,37	0,89	5,06	0,60
12	0,80	2,25	0,48	0,46	0,93	5,78	0,76
13	0,99	2,58	0,75	0,66	0,82	4,65	0,69
14	0,51	2,19	0,59	0,48	1,32	4,48	0,50
15	0,85	2,21	0,46	0,51	0,02	5,38	0,48
16	0,83	2,15	0,40	0,43	0,96	2,94	0,46
17	0,28	2,46	0,50	0,34	1,08	6,73	0,51
18	0,26	2,20	0,39	0,25	0,72	6,83	0,54
19	0,44	2,12	0,36	0,24	0,79	6,49	0,61
20	0,48	1,92	0,31	0,25	0,68	4,94	0,73

Liite 5.a. Pintavalunta (1000 l) kaistoittain ja näytekerroittain kalibrointikauden aikana ja vuoden kokonaismääränä (näytekerrat 4 - 14).

KAISTA	1	2	3	4
NÄYTEKERTA/KAUSI				
1/KEVÄT 83	1,014	19,446	11,941	8,697
2	14,145	39,155	18,248	15,421
3		0,273	2,411	0,109
=====				
4/KESÄ 83			1,169	0,026
5			0,185	0,010
6	0,084		0,409	0,124
7			0,263	
8	0,016	0,080	0,964	0,041

9/SYKSY 83	0,317	1,131	0,117	0,212
10		0,021	0,468	0,010
11			0,468	0,005

12/KEVÄT 84			0,789	
13	20,951	19,355	6,253	8,858
14	2,302	0,632	0,351	0,342
=====				
4-14 yhteensä	23,670	21,219	11,436	9,628

Liite 5.b. Kokonaistypen pitoisuus pintavalunnan vedessä kalibrointikauden aikana (N mg/l) näytekerroittain.

KAISTA	1	2	3	4
NÄYTEKERTA/KAUSI				
1/KEVÄT 83	4,52	3,26	4,47	2,31
2	2,00	2,20	3,00	1,90
3			5,30	4,60
=====				
4/KESÄ 83			7,60	
5				
6				
7				
8			11,40	

9/SYKSY 83	3,64	5,24	6,85	5,45
10			10,20	
11			5,09	

12/KEVÄT 84			3,20	
13	1,85	5,68	3,20	3,11
14	0,98			
=====				

Liite 5.c. NH₄-typen pitoisuus pintavalunnan vedessä kalibrointikauden aikana (NH₄-N mg/l) näytekerroittain.

KAISTA	1	2	3	4
NÄYTEKERTA/KAUSI				
1/KEVÄT 83	0,09	0,53	0,66	0,54
2	0,13	0,38	0,46	0,33
3			1,30	1,60
=====				
4/KESÄ 83			2,20	
5				
6				
7				
8			1,40	

9/SYKSY 83	0,23	0,07	1,05	1,75
10			0,38	
11			0,45	

12/KEVÄT 84			0,42	
13	0,12	0,10	0,42	0,42
14	0,17			
=====				

Liite 5.d. Kokonaisfosforin pitoisuus pintavalunnan vedessä kalibrointikauden aikana (P mg/l) näytekerroittain.

KAISTA	1	2	3	4
NÄYTEKERTA/KAUSI				
1/KEVÄT 83	0,75	0,25	0,33	0,23
2	0,37	0,28	0,33	0,26
3			1,20	
=====				
4/KESÄ 83			2,19	
5				
6				
7			5,30	
8			5,67	

9/SYKSY 83	2,35	0,20	2,37	0,30
10			3,56	
11			3,74	

12/KEVÄT 84			0,75	
13	0,71	0,30	0,75	0,27
14	0,37			
=====				

Liite 5.e. Liukoisen fosforin pitoisuus pintavalunnan vedessä kalibrointikauden aikana (Liuk. P mg/l) näytekerroittain.

KAISTA	1	2	3	4
NÄYTEKERTA/KAUSI				
1/KEVÄT 83	0,67	0,21	0,29	0,15
2	0,27	0,22	0,28	0,21
3			1,00	
=====				
4/KESÄ 83			2,00	
5				
6				
7				
8			5,12	

9/SYKSY 83		0,13	2,11	0,17
10			3,16	
11			3,22	

12/KEVÄT 84			0,68	
13	0,66	0,22	0,68	0,22
14	0,35			
=====				

Liite 5.f. Kaliumin pitoisuus pintavalunnan vedessä kalibrointikauden aikana (K mg/l) näytekerroittain.

KAISTA	1	2	3	4
NÄYTEKERTA/KAUSI				
1/KEVÄT 83	8,12	6,09	7,73	3,81
2	3,58	2,90	4,64	2,56
3		4,70	5,37	6,02
=====				
4/KESÄ 83			7,75	7,54
5			8,27	7,91
6	7,61		8,72	7,01
7			10,52	
8	10,14	7,73	12,42	12,37

9/SYKSY 83	10,14	12,14	11,18	12,96
10			12,40	12,68
11			11,19	

12/KEVÄT 84			5,28	
13	3,98	8,23	5,28	6,66
14	1,82			
=====				

Liite 5.g. Kalsiumin pitoisuus pintavalunnan vedessä kalibrointikauden aikana (Ca mg/l) näytekerroittain.

KAISTA	1	2	3	4
NÄYTEKERTA/KAUSI				
1/KEVÄT 83	16,79	10,48	11,15	4,82
2	7,75	5,91	7,17	3,63
3		11,56	12,85	13,83
=====				
4/KESÄ 83			17,36	18,81
5			19,07	20,07
6	21,16		21,44	15,42
7			24,31	
8	21,88	14,90	30,78	26,21

9/SYKSY 83	21,88	45,22	28,22	31,12
10			24,73	27,43
11			24,64	

12/KEVÄT 84			8,25	
13	6,20	14,39	8,25	9,41
14	2,83			
=====				

Liite 5.h. Magnesiumin pitoisuus pintavalunnan vedessä kalibrointikauden aikana (Mg mg/l) näytekerroittain.

KAISTA	1	2	3	4
NÄYTEKERTA/KAUSI				
1/KEVÄT 83	2,81	2,22	1,97	0,80
2	1,36	1,26	1,33	0,76
3		2,43	2,42	2,96
=====				
4/KESÄ 83			3,22	4,21
5			3,65	4,68
6	4,03		4,00	3,23
7			4,82	
8	4,36	3,02	5,47	5,47

9/SYKSY 83	4,36	10,17	5,11	6,00
10			5,14	6,30
11			5,38	

12/KEVÄT 84			1,66	
13	1,24	3,42	1,66	1,91
14	0,37			
=====				

Liite 5.i. Natriumin pitoisuus pintavalunnan vedessä kalibrointikauden aikana (Na mg/l) näytekerrittain.

KAISTA	1	2	3	4
NÄYTEKERTA/KAUSI				
1/KEVÄT 83	1,85	1,57	1,13	0,64
2	0,92	0,74	0,70	0,38
3		1,18	1,07	1,81
=====				
4/KESÄ 83			1,57	3,00
5			1,63	3,32
6	3,79		1,72	2,39
7			2,09	
8	4,11	1,67	2,89	4,55

9/SYKSY 83	4,11	4,95	2,65	3,66
10			2,75	4,82
11			2,49	

12/KEVÄT 84			0,83	
13	0,63	1,52	0,83	1,02
14	0,26			
=====				

Liite 6. Huuhtoutumiskentän nurmien ja viljapeltojen salaojavalunta (mm) kokeen aikana ruuduttain ja näytekerroittain.

		RUUTU							
		5	6	7	8	9	10	11	12
NÄYTE- KERTA	KASVI JA LANNOITUS								
	NURMI 300 kg Yn/ha				OHRA 0 kg Yn/ha				
1. VUOSI									
15	12,2	14,8	2,0	5,0	18,3	12,7	7,6	8,3	
16	17,1	20,5	12,9	11,6	28,6	26,6	27,1	23,7	
17	26,4	29,1	26,8	32,5	32,7	34,7	39,0	39,2	
18	33,0	33,9	35,7	40,9	36,3	34,0	38,8	36,3	
19	32,6	35,5	22,2	19,6	37,9	28,6	22,4	24,6	
20	12,6	16,7	9,8	5,8	22,9	16,1	7,6	8,4	
21	8,5	17,7	23,3	6,9	32,0	47,8	32,4	33,5	
22	12,4	22,4	21,7	18,7	90,2	101,3	86,7	75,3	
=====									
2. VUOSI									
23	11,6	17,8	11,0	8,8	24,4	20,8	17,2	16,6	
24	13,7	16,9	14,8	14,3	22,7	19,5	21,0	18,3	
25	36,8	43,7	47,2	50,9	26,6	25,9	30,4	32,0	
26	13,3	16,1	11,3	10,8	12,7	9,9	11,3	12,0	
27	55,9	65,5	66,1	69,0	46,4	45,3	52,4	43,2	
28	161,8	183,0	174,2	198,1	219,9	244,8	216,3	228,1	
29	16,5	21,7	9,5	7,1	18,5	13,8	7,1	8,5	
30	196,3	268,6	222,5	273,2	458,6	453,2	422,6	452,4	
31	19,6	37,8	24,9	28,4	110,3	110,8	144,6	97,4	
=====									
3. VUOSI									
32	29,0	38,7	29,5	32,7	24,7	20,2	21,6	21,1	
33	40,5	49,7	23,6	31,4	28,1	24,1	22,6	23,7	
34	27,5	39,5	28,1	40,8	34,3	45,1	41,8	25,4	
35	53,5	62,7	56,0	71,1	58,7	53,8	44,1	56,5	
36	31,6	35,4	28,9	33,5	26,2	25,6	28,0	30,0	
37	25,4	37,8	13,7	14,0	31,3	24,1	13,7	15,2	
38	48,4	100,9	52,5	65,4	38,5	45,7	61,1	50,4	
=====									

Liite 6. jatkoa

		RUUTU							
		13	14	15	16	17	18	19	20
		KASVI JA LANNOITUS							
NÄYTE- KERTA	NURMI 900 kg Yn/ha				OHRA 300 kg Yn/ha				
	1. VUOSI								
15	9,8	6,9	6,0	4,3	7,7	6,3	5,7	6,0	
16	14,7	7,5	13,0	10,7	15,4	14,0	15,5	11,3	
17	24,2	18,4	26,0	34,0	35,1	31,5	34,5	31,0	
18	35,5	30,8	36,3	45,1	46,2	43,6	47,3	35,8	
19	29,6	20,8	22,5	22,3	25,9	21,5	22,8	19,9	
20	17,8	11,5	13,6	5,9	7,3	5,9	5,0	7,3	
21	32,7	25,7	90,1	30,7	66,6	30,2	35,0	38,0	
22	33,2	34,0	51,2	40,3	140,2	109,0	103,5	81,5	
2. VUOSI									
23	10,5	10,7	11,8	13,1	19,0	14,4	15,8	12,5	
24	11,9	11,3	12,7	14,0	22,6	19,7	21,8	15,0	
25	39,2	37,9	50,1	57,3	19,9	19,0	24,5	26,7	
26	10,4	9,1	10,0	10,9	12,2	11,4	11,7	11,0	
27	58,5	71,1	81,4	80,3	85,0	138,2	77,1	47,6	
28	215,3	224,4	243,0	219,6	201,1	193,8	215,1	177,9	
29	13,3	10,2	8,0	7,6	6,7	5,6	4,9	6,8	
30	447,5	381,3	387,7	381,8	339,3	244,8	59,0	288,9	
31	38,0	44,2	75,1	60,7	176,9	124,4	177,1	95,9	
3. VUOSI									
32	28,7	32,6	36,7	36,0	25,3	18,9	22,4	16,9	
33	31,1	23,2	28,8	28,6	11,2	9,2	12,9	12,7	
34	25,4	23,2	33,8	42,9	63,3	36,5	45,2	38,5	
35	60,9	54,6	68,3	88,9	91,1	52,5	70,7	56,8	
36	34,0	29,3	32,8	46,7	43,7	27,1	31,8	26,7	
37	26,9	20,2	19,8	14,1	13,3	10,0	9,2	11,6	
38	58,5	53,6	66,2	93,1	107,9	45,8	55,2	54,0	

Liite 7. Pintavalunta (V, l) ja veden ravinnepitoisuudet kokeen aikana
 KN=kok.N, NH4-N, KP=kok.P, LP=liuk.P, K, Ca, Mg, Na; mg/l.
 K/L=Kasvi/Lannoitus: Nurmi-300 Yn, Nurmi-900 Yn, Ohra-0 Yn, Ohra-300 Yn.

NÄYTE-
KERTA

1. VUOSI

	K/L	V	KN	NH4-N	KP	LP	K	Ca	Mg	Na
=====										
KESÄ 1984:										
15	N-300	0	ei määrittäyksiä näytekerroilta 15.-16.							
	N-900	146								
	O-0	0								
	O-300	0								
16	N-300	275								
	N-900	131								
	O-0	188								
	O-300	114								
.....										
SYKSY 1984:										
17	N-300	16	2,42	0,20	1,86	1,36	9,76	12,24	2,51	1,11
	N-900	448	5,73	0,09	1,71	0,97	9,82	21,92	4,63	2,19
	O-0	295	4,28	0,57	0,21	0,08	8,29	17,64	4,15	1,60
	O-300	176	3,47	0,28	0,14	0,06	9,01	19,29	4,14	2,80
18	N-300	106	ei määrittäyksiä näytekerroilta 18.-20.							
	N-900	716								
	O-0	450								
	O-300	523								
19	N-300	407								
	N-900	2026								
	O-0	1587								
	O-300	1254								
.....										
KEVÄT 1985:										
20	N-300	0								
	N-900	5								
	O-0	0								
	O-300	10								
21	N-300	101497	1,45	0,23	0,40	0,36	3,81	2,28	0,64	0,22
	N-900	4792	1,79	0,24	0,45	0,36	4,43	4,28	0,94	0,36
	O-0	7858	3,31	0,08	0,27	0,20	4,97	6,35	1,40	1,63
	O-300	11769	4,46	0,32	0,27	0,21	4,96	6,30	1,40	0,48
22	N-300	45872	1,18	0,20	0,41	0,35	2,49	1,95	0,76	0,20
	N-900	17250	1,49	0,26	0,61	0,55	3,44	1,96	0,62	0,09
	O-0	42816	2,31	0,22	0,19	0,14	2,05	3,68	0,74	0,25
	O-300	14934	3,22	0,43	0,24	0,17	2,64	5,42	1,04	0,27
=====										

Liite 7. jatkoa

NÄYTE- KERTA	2. VUOSI									
	K/L	V	KN	NH4N	KP	LP	K	Ca	Mg	Na
=====										
KESÄ 1985:										
23	N-300	0	ei määrittäyksiä näytekerroilta 23.-26.							
	N-900	112								
	O-0	5								
	O-300	26								
24	N-300	206								
	N-900	321								
	O-0	252								
	O-300	492								
25	N-300	1162								
	N-900	560								
	O-0	504								
	O-300	1274								
26	N-300	264								
	N-900	117								
	O-0	129								
	O-300	280								
.....										
SYKSY 1985:										
27	N-300	5634	5,10	0,12	1,01	0,80	12,67	10,22	2,41	0,99
	N-900	1705	10,30	0,28	0,68	0,36	18,60	30,13	6,30	1,95
	O-0	2964	6,04	0,33	0,14	0,03	10,38	23,45	5,40	1,75
	O-300	5164	4,01	0,10	0,19	0,10	8,89	17,89	3,61	1,29
28	N-300	7888	2,25	0,11	0,80	0,72	5,32	6,48	1,33	0,52
	N-900	901	3,08	0,24	1,26	1,16	7,26	8,10	1,58	0,69
	O-0	49934	5,76	0,08	0,25	0,15	6,47	15,92	3,49	0,92
	O-300	93504	5,93	1,14	0,29	0,12	9,58	12,39	2,51	1,03
29	N-300	0	ei määrittäyksiä näytekerroilta 29.-30.							
	N-900	29								
	O-0	0								
	O-300	0								
.....										
KEVÄT 1986:										
30	N-300	98461								
	N-900	34845								
	O-0	19698								
	O-300	37322								
31	N-300	176326	2,38	1,37	0,68	0,60	4,65	1,79	0,66	0,18
	N-900	9272								
	O-0	26500	1,32	0,88	0,29	0,22	5,17	8,81	1,88	1,13
	O-300	5936								
=====										

Liite 7. jatkoa

NÄYTE-
KERTA

3. VUOSI

	K/L	V	KN	NH4N	KP	LP	K	Ca	Mg	Na
=====										
KESÄ 1986										
32	N-300	1008	ei määrittelyksiä näytekerroilta 32.-33.							
	N-900	716								
	O-0	740								
	O-300	694								
33	N-300	1410								
	N-900	239								
	O-0	488								
	O-300	285								
.....										
SYKSY 1986										
34	N-300	58	4,18	0,18	1,59	1,06	12,46	6,94	1,42	2,18
	N-900	424	4,85	0,08	0,86	0,44	16,15	18,36	1,52	1,95
	O-0	1217	3,77	0,02	0,20	0,09	7,70	22,57	5,04	1,51
	O-300	761	3,83	0,13	0,21	0,03	11,40	22,35	4,42	2,30
35	N-300	164	3,11	0,57	0,31	0,25	9,53	10,71	2,29	1,06
	N-900	492	5,18	1,33	0,82	0,71	13,18	21,31	4,35	2,40
	O-0	1495	4,79	0,33	0,15	0,07	6,60	19,95	4,68	1,23
	O-300	378	3,73	0,66	0,16	0,10	9,67	24,92	5,69	2,12
36	N-300	222	ei määrittelyksiä näytekerroilta 36.							
	N-900	774								
	O-0	2305								
	O-300	534								
.....										
KEVÄT 1987										
37	N-300	0								
	N-900	29	4,03	0,44	0,47	0,38	8,92	16,37	3,60	0,88
	O-0	0								
	O-300	21	4,39	0,38	0,15	0,08	7,15	27,17	6,10	2,14
38	N-300	264	3,75	0,78	0,71	0,34	9,11	19,08	3,93	1,03
	N-900	760	4,03	0,44	0,47	0,38	8,92	16,37	3,60	0,88
	O-0	3007	3,37	0,07	0,17	0,10	4,42	14,84	3,89	0,85
	O-300	404	4,39	0,38	0,15	0,08	7,15	27,17	6,10	2,14
=====										

JAKELU: MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
Kirjasto
31600 JOKIOINEN
puh. (916) 1881, telekopio (916) 188 339

HINTA: 50 mk