

TYPEN HUUHTOUTUMINEN JA HYVÄKSIKÄYTTÖ LYSIMETRIKOKEESSA

Toivo Ylärinta ja Jaana Uusi-Kämpä
Maatalouden tutkimuskeskus

Antti Jaakkola
Helsingin yliopisto

Tiivistelmä

Neljävuotisessa lysimetrikokeessa verrattiin typen huuhtoutumista savi-, hiesu-, hieta- ja turvemaasta. Kunkin maalajin lysimetreistä osa oli kesantona, osassa viljeltiin ohraa lannoittamatta tai tavanomaisesti lannoitettuna. Osaan ohralysimetreistä perustettiin timotei-nurminatanurmi. Yksi koetekijä oli kastelu, jonka määrä oli eri vuosina 300–500 mm vuodessa. Ensimmäisen vuoden typpilannoitteena käytettiin osassa lysimetrejä ^{15}N -merkittyä ammoniumnitraattia ($^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$).

Kastelemattomien lysimetrien lävitse valui vettä koejakson 1983–1987 aikana 600–1500 mm. Eniten vettä valui savimaan ja turvemaan lävitse ja vähiten hiesun lävitse. Valunta oli 100–300 mm suurempi lannoittamattomissa lysimetreissä lannoitettuihin verrattuna.

Kastelu lisäsi selvästi läpivaluneita vesimääriä, jotka vaihtelivat 1900 mm:stä 2700 mm:iin. Suurimmat valunnat mitattiin kesannosta. Erot eri maalajien ja eri koejäsenten lävitse valuneissa vesimäärissä olivat pienempiä kuin kastelemattomissa lysimetreissä.

Keskimäärin yli 90 % huuhtoutuneesta kokonaistypestä oli kivennäismaissa nitraattityppeä ja alle 1 % ammoniumtyppeä. Sen sijaan lannoittamattomasta turvemaasta huuhtoutuneesta kokonaistypestä alle puolet koostui nitraatti- ja ammoniumtypestä.

Eniten typpeä huuhtoutui kesantona pidetystä kastellusta hiedasta, josta typpeä huuhtoutui neljän vuoden aikana yhteensä 440 kg/ha. Tästä tyypestä 96 % oli nitraattityppeä ja 0,3 % ammoniumtyppeä. Valunta oli tänä aikana 2450 mm. Kastelemattomastakin hietakesannosta huuhtoutui typpeä lähes yhtä paljon, 409 kg/ha. Vähiten typpeä huuhtoutui turvekesannosta. Kastelemattomasta turvekesannosta huuhtoutui typpeä neljän vuoden aikana yhteensä 23 kg/ha ja kastellusta 92 kg/ha.

Sekä lannoittamattomat että lannoitetut viljelykasvit vähensivät tehokkaasti typen huuhtoutumista, nurmi enemmän kuin ohra. Viljellyistä koejäsenistä eniten typpeä huuhtoutui lannoittamattomista hietalysimetreistä, joissa kasvoi ohraa. Kastelemattoman ohran hietalysimetreistä huuhtoutui typpeä yhteensä 78 kg/ha, josta 72 kg/ha oli nitraattityppeä ja 0,5 kg/ha ammoniumtyppeä.

Kastelu lisäsi selvästi typen huuhtoutumista lannoittamattomista, viljellyistä koejäsenistä. Kastellun ohran hietalysimetrissä huuhtoutui neljän vuoden aikana typpeä yhteensä 175 kg/ha, josta oli 159 kg/ha nitraattityppeä ja 1 kg/ha ammoniumtyppeä. Valunta oli tällöin 2100 mm.

Lannoittamattomasta turpeesta huuhtoutui vähiten typpeä. Kastelemattomista ohra- ja nurmilysimetreistä huuhtoutui neljässä vuodessa typpeä vain 2–12 kg/ha. Kastelu lisäsi turpeen lävitse huuhtoutuvia typpimääriä lannoittamattomassa ohrassa ja nurmessa

noin 30 kg:aan/ha, lannoitetussa ohrassa 7 kg:aan/ha ja lannoitetussa nurmessa 19 kg:aan/ha.

Lannoituksen vaikutus typen huuhtoutumiseen oli yleensä vähäinen. Turpeessa lannoitus vähensi typen huuhtoutumista sekä ohra- että nurmikoejäsenissä. Hiedassa lannoitus lisäsi typen huuhtoutumista kastelemattomassa ohrassa ja kastellussa nurmessa. Hiesussa lannoituksella ei ollut lainkaan vaikutusta typen huuhtoutumiseen.

Kokeen alussa, vuonna 1983, annetusta ^{15}N -merkitystä lannoitetyppeä erittäin vähän huuhtoutui kokeen aikana vuosina 1983–1987. Eniten lannoitetyppeä huuhtoutui kastellusta hiedasta. Kun siinä viljeltiin neljänä peräkkäisenä vuotena ohraa, joutui ensimmäisen vuoden lannoitetyppeä koko kokeen aikana vain 2,3 % eli 2,3 kg/ha valumaveteen. Turpeen läpivaluneista vesistä ei vuoden 1983 lannoitetyppeä löydetty juuri lainkaan.

Neljän vuoden aikana kasvien maanpäällisiin osiin kertyi 40–60 % kokeen alussa lisätystä lannoitetyppeä, josta 90 % oli otettu ensimmäisenä koevuotena.

Kokeen tausta ja tarkoitus

Maan sisältämä tai lannoitteessa annettu typpi voi joutua kahdella tavalla kasvien ulottumattomiin: haihtumalla ja huuhtoutumalla. Suurimmat typen tappiot aiheuttaa useimmiten huuhtoutuminen. Typen huuhtoutumisesta seuraa viljelijöille taloudellisia tappioita. Huuhtoutuminen aiheuttaa myös ympäristön saastumista paitsi pintavalunta-
na myös typen huuhtoutuessa pohjavesiin.

Nimenomaan nitraattityppi on altis huuhtoutumiselle. Huuhtoutumista tapahtuu, kun maakerrosten läpi kulkeva valumavesi kuljettaa mukanaan nitraattitypen kasvin juurten ulottumattomiin.

Nitraatin huuhtoutuminen viljelymaassa vaihtelee suuresti eri oloissa. Voimakas sadetus ja typpilannoitus lisäävät typen huuhtoutumisriskiä erikoisesti karkeissa kivennäismaissa.

Nurmista huuhtoutuu typpeä yleensä vähemmän kuin viljapelloista. Tähän on pääsyyinä nurmen pitkä kasvukausi, jolloin syysvalunnan typpimenetykset jäävät pienehköiksi. Jos pelto on ilman kasvustoa, esimerkiksi kesantona, voi typen huuhtoutuminen olla runsasta.

Maaperässä on aina typpeä, joka kasvukauden aikana mineraloituu ja on sopivissa oloissa huuhtoutumisaltista. Niinpä kaikkea typen huuhtoutumista ei voidakaan panna typpilannoitetypen syyksi. Tämän vuoksi lannoitetypen huuhtoutumista on myös vaikea tutkia.

Eräs käyttökelpoinen tapa typen huuhtoutumisen tutkimiseen on käyttää lannoitetyppeä, joka on merkitty typen stabiililla isotoopilla ^{15}N , jota luonnon tyyppistä on vain 0,37 %. Kun huuhtoutumistutkimus tehdään yhtenäisissä kasvuoloissa, esimerkiksi lysimetrikentällä, jossa erilaiset maalajit ovat lähekkäin ja jossa kastelu ja veden valunta sisältävine ravinteineen ovat mitattavissa, voidaan saada tieteellisesti vertailukelpoisia tuloksia. Tällainen lysimetrikenttä on rakennettu Maatalouden tutkimuskeskukseen Jokioisiin (Jaakkola 1984).

Kokeen suoritus

Vuonna 1983 perustettiin lysimetrikentälle neljävuotinen koe, jossa verrattiin typen huuhtoutumista savi-, hiesu- ja hietamaasta ja savetusta turvemaasta. Kunkin maalajin lysimetreistä osa oli kesantona, osassa viljeltiin Kustaa-ohraa lannoittamatta tai tavanomaisesti lannoitettuna. Osaan ohralysimetreistä perustettiin timotei-nurminatanurmi. Yksi koetekijä oli kastelu, jonka määrä oli 300–500 mm vuodessa. Ensimmäisen vuoden typpilannoitteena käytettiin osassa lysimetrejä ^{15}N merkittävä ammoniumnitraattia ($^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$).

Koe käsitti seuraavat koejäsenet sekä ilman kastelua että kastelun kera:

1. Kesanto
2. Lannoittamaton ohra
3. Lannoitettu ohra
4. Lannoittamaton ohra ja sen jälkeen lannoittamaton timotei-nurminatanurmi
5. Lannoitettu ohra ja sen jälkeen lannoitettu timotei-nurminatanurmi

Kunkin neljän maalajin kaikki koejäsenet olivat kahtena kerranteena. Savessa, hiesussa ja hiedassa kasvaneen ohran lannoitus käsitti kunkin koevuotena typpeä 100 kg/ha. Turvemaassa kasvaneelle ohralle annettiin typpeä puolet tästä määrästä eli 50 kg/ha. Kolmevuotiselle timotei-nurminatanurmelle annettiin edellä mainitut lannoitemäärät joka vuosi sekä keväällä että ensimmäisen niiton jälkeen. Typpeä tämä lannoitus sisälsi siis saveen, hiesuun ja hietaan 100+100=200 kg/ha ja turpeeseen 50+50=100 kg/ha. Toisen, kolmannen ja neljännen vuoden lannoitetyppi ei ollut merkittävä.

Kasvusto kylvettiin, hoidettiin ja korjattiin normaalin kasvinviljelytavan mukaisesti vuosina 1983–1986. Lysimetrien läpi valunut vesi punnittiin ja keräilyastiat tyhjennettiin tarpeen mukaan ensimmäisten astioiden täytyessä. Samalla otettiin valumavedestä näyte laboratorioanalyysijä varten. Vedestä analysoitiin muun muassa kokonaistyyppi, nitraattityppi ja ammoniumtyppi sekä niistä lysimetreistä, joihin oli lisätty ^{15}N -merkittävä typpilannoitetta myös ^{15}N . Valumavesiä kerättiin kasvukauden alusta 1983 kasvukauden alkuun 1987.

Kokeen päättyessä keväällä 1987 otettiin niistä lysimetreistä, joihin oli lisätty ^{15}N -merkittävä lannoitetyppiä, maanäytteet. Kustakin lysimetristä tehtiin neljä kairauskappa kattaen koko koemaan profiilin 20 cm:n välein aina 115 cm:n syvyyteen saakka. Maanäytteistä analysoitiin ^{15}N -merkityn typen pitoisuus.

Tulokset

Kastelemattomien lysimetrien lävitse valui vettä koejakson 1983–1987 aikana 600–1500 mm. Eniten vettä valui savimaan ja turvemaan lävitse (1000–1500 mm) ja vähiten hiesun lävitse. Keskimäärin vettä valui hiukan enemmän kesantolysimetrien kuin ohra- ja nurmilysimetrien lävitse. Valunta oli 100–300 mm suurempi lannoittamattomissa lysimetreissä lannoitettuihin verrattuna.

Kastelu oli vuonna 1983 290 mm, 1984 320 mm, 1985 390 mm ja vuonna 1986 480 mm. Kastelu lisäsi selvästi lysimetrien lävitse valuvia vesimääriä, jotka vaihtelivat 1900 mm:stä 2700 mm:iin. Suurimmat valunnat mitattiin kesannosta. Erot eri maalajien ja eri koejäsenten lävitse valuneissa vesimäärissä olivat kastelluissa

lysimetreissä pienempiä kuin kastelemattomissa lysimetreissä. Useimmiten valui vettä vähiten hiesu- ja hietalysimetrien lävitse.

Typpeä huuhtoutui eniten kesannosta. Huuhtoutuneet typpimäärät vaihtelivat voimakkaasti eri koejaksoina ja eri maalajeissa. Koejakson pituus määriteltiin kasvukauden alusta seuraavan kasvukauden alkuun. Useimmissa tapauksissa kastelu lisäsi voimakkaasti typen huuhtoutumista kesannosta (kg/ha):

	1983-84	1984-85	1985-86	1986-87	Yhteensä
Savi					
Kastelematon	7,5	71,1	71,8	110,0	260,4
Kasteltu	46,3	102,2	101,1	130,6	380,2
Hiesu					
Kastelematon	2,5	17,9	17,1	56,0	93,5
Kasteltu	17,2	51,3	57,6	55,7	181,8
Hieta					
Kastelematon	31,1	140,8	89,1	148,0	409,0
Kasteltu	71,2	150,0	95,8	119,6	436,6
Turve					
Kastelematon	1,4	7,5	10,4	5,1	24,4
Kasteltu	5,9	25,7	30,7	30,1	92,4

Kivennäismaissa pääosa huuhtoutuneesta kokonaistypestä koostui nitraatti- ja ammoniumtypestä. Keskimäärin yli 90 % huuhtoutuneesta kokonaistypestä oli nitraattityppeä. Huuhtoutuneesta kokonaistypestä yleensä alle 1 % oli ammoniumtypeä. Sen sijaan lannoittamattomasta turvemaasta sekä kastelemattomasta että kastellusta ohrasta ja nurmesta huuhtoutuneesta kokonaistypestä alle puolet koostui nitraatti- ja ammoniumtypestä. Ammonium- ja nitraattitypen osuus huuhtoutuneesta kokonaistypestä oli suurempi turvemaan ollessa kesantona kuin silloin, kun siinä viljeltiin ohraa tai nurmea.

Eniten typpeä huuhtoutui kesantona pidetystä kastellusta hiedasta, neljän vuoden aikana yhteensä 440 kg/ha. Tästä tyypestä 96 % oli nitraattityppeä ja 0,3 % ammoniumtypeä. Valunta oli tänä aikana 2450 mm. Kastelemattomastakin hieta-kesannosta huuhtoutui typpeä lähes yhtä paljon, 409 kg/ha. Vähiten typpeä huuhtoutui turvekesannosta. Kastelemattomasta turvekesannosta huuhtoutui typpeä neljän vuoden aikana yhteensä 23 kg/ha ja kastellusta 92 kg/ha.

Sekä lannoittamattomat että lannoitetut viljelykasvit vähensivät tehokkaasti typen huuhtoutumista, nurmi enemmän kuin ohra (Kuva 1). Viljellyistä koejäsenistä eniten typpeä huuhtoutui lannoittamattomista hietalysimetreistä, joissa kasvoi ohraa. Kastelemattoman ohran hietalysimetreistä huuhtoutui typpeä yhteensä 78 kg/ha, josta 72 kg/ha oli nitraattityppeä ja 0,5 kg/ha ammoniumtypeä.

Kastelu lisäsi selvästi typen huuhtoutumista lannoittamattomista, viljellyistä koejäsenistä. Hiedan kastellusta ohralysimetrillä huuhtoutui neljän vuoden aikana typpeä yhteensä 175 kg/ha, josta oli 159 kg/ha nitraattityppeä ja 1 kg/ha ammoniumtypeä. Valunta oli tällöin 2100 mm.

Lannoittamattomasta turpeesta huuhtoutui vähiten typpeä. Kastelemattomasta ohrasta ja nurmesta huuhtoutui turvelysimetreissä neljässä vuodessa typpeä vain 2-12 kg/ha.

Kastelu lisäsi turpeen lävitse huuhtoutuvia typpimääriä lannoittamattomassa ohrassa ja nurmessa noin 30 kg:aan/ha, lannoitetussa ohrassa 7 kg:aan/ha ja lannoitetussa nurmessa 19 kg:aan/ha.

Lannoituksen vaikutus typen huuhtoutumiseen oli yleensä vähäinen. Turpeessa lannoitus vähensi typen huuhtoutumista sekä ohra- että nurmikoelijäsenissä. Hiedassa lannoitus lisäsi typen huuhtoutumista kastelemattomassa ohrassa ja kastellussa nurmessa. Hiesussa lannoituksella ei ollut lainkaan vaikutusta typen huuhtoutumiseen. Savessa lannoituksella ei juuri ollut vaikutusta kastelemattomassa nurmessa. Muita vertailuja savimaassa ei voitu tehdä, lysimetrien toimintahäiriöiden vuoksi.

Lannoitetuissa lysimetreissä ohran jyväsadot vaihtelivat eri vuosina ja eri maalajeissa 2500 kg:sta/ha 5500 kg:aan/ha. Suurimmat sadot korjattiin kaikissa koemaissa ensimmäisenä koevuotena. Erikoisesti vuonna 1984 olivat olkisadot selvästi suuremmat kuin jyväsadot. Esimerkiksi hiesumaan kastelemattomassa ohrassa oli olkisato kaksinkertainen jyväsatoon verrattuna. Kastelun merkitys ohrasatoihin vaihteli eri vuosina ja eri maalajeissa. Joinakin vuosina kastelu suurensi ja joinakin vuosina se pienensi satoja. Muutokset olivat suurimmillaan 1200 kg/ha.

Lannoittamattomissa ohralysimetreissä satovaihtelut olivat suuret. Suurimmillaan sadot olivat yli puolet vastaavista lannoitetuista ohrasadoista. Kastelun vaikutus satoihin oli pienehkö.

Lannoitetuissa lysimetreissä vaihtelivat nurmisadot 2900 kg:sta/ha 7000 kg:aan/ha. Vuoden 1984 satoja lukuunottamatta olivat ensimmäiset nurmisadot yleensä suuremmat kuin toiset nurmisadot. Kastelun merkitys satomääriin vaihteli 2000 kg:n/ha sadonvähennyksestä 1700 kg:n/ha sadonlisäykseen. Lannoittamattomissa nurmilysimetreissä sadot vaihtelivat 1000 kg:sta/ha 4100 kg:aan/ha.

Neljän koevuoden aikana ohran jyvistä ja oljesta analysoitiin keväällä 1983 lisättyä ^{15}N -merkittyä lannoitetyyppeä 41,4–60,1 % (Kuva 2). Lannoitetyypistä pääosa, 70–80 %, analysoitiin ohran jyvistä. Pienimmät lannoitetyppimäärät, runsaat 40 %, ohra otti turvemaasta. Kastelu ei vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi ohran lannoitetypen ottoon.

Vuonna 1983 annetusta lannoitetyypistä ohra otti 91–96 % ensimmäisenä koevuotena. Maalajien välillä ei ollut typen otossa eroja. Ohran typenotto pieneni vuosi vuodelta. Viimeisenä koevuotena, 1986, keskimäärin alle 1 % vuonna 1983 annetusta merkitystä tyyppistä analysoitiin ohranjyvistä ja oljesta.

Nurmikoelijäsenissä viljeltiin vuonna 1983 suojaviljana ohraa. Tämän ensimmäisen koevuoden merkitty typpi analysoitiin siten ohran jyvistä ja oljista. Näistä löytyi 42,2–60,1 % lannoitteen tyyppistä eli samansuuruiset määrät kuin varsinaisista ohrakoejäsenistäkin. Muutenkin typen käyttäytyminen eri maalajeissa sekä oljen ja jyvän välillä oli samantapaista kuin ohrakoejäsenissäkin. Myöhempinä koevuosina, 1984–1986, näissä lysimetreissä kasvanut timotei-nurminatanurmi otti yhteensä 4,1–7,0 % vuonna 1983 lisätystä ^{15}N -merkitystä lannoitetyypistä. Siten neljänä koevuotena kasvustoon kertyi nurmikoelijäsenissä hiukan suurempi määrä keväällä 1983 annettua lannoitetyyppeä kuin ohrakoejäsenissä eli 43,8–65,5 %. Pienimmät typpimäärät otettiin turvemaasta.

Vuonna 1983 annetun lannoitetyypen huuhtoutuminen koko koejakson aikana aina kokeen päättymiseen keväällä 1987 saakka oli erittäin vähäistä. Ohrakoejäsenien valumavesistä analysoitiin ^{15}N -merkittyä tyyppä vain 0,0–2,3 % (kg) (Kuva 3). Turvelysimetreistä ei keväällä 1983 annettua lannoitetyyppeä ollut huuhtoutunut juuri lainkaan.

Nurmilysimetriä valumavesistä löytyi merkittävä lannoitetyppiä vieläkin vähemmän eli 0,0–0,7 % (kg). Turvelysimetreistä ei merkittävä lannoitetyppiä juuri löydetty.

Maa-analyysit auttoivat jonkin verran ymmärtämään keväällä 1983 annetun ¹⁵N-merkityn lannoitetyypin kohtaloa. Kivennäismaista löytyi 8,8–21,6 % (kg) kevään 1983 lannoitetyypistä ja turvemaasta 23,2–47,2 %. Pääosa maahan pidättyneestä tyypistä, kivennäismaissa 68–82 % ja turvemaassa 44–64 %, analysoitiin ylimmästä 0–20 cm:n maakerroksesta.

Yhteensä analysoitiin kokeen aikana kasvien maanpäällisistä osista, maasta ja lysimetriä lävitse valuneesta vedestä seuraavat määrät keväällä 1983 lisätystä lannoitetyypistä (%):

Koejäsen	Kastelematon				Kasteltu			
	Savi	Hiesu	Hieta	Turve	Savi	Hiesu	Hieta	Turve
3. Lannoitettu ohra	–	69,8	71,5	88,6	79,7	75,5	74,4	93,2
5. Lannoitettu nurmi	72,7	65,0	75,6	86,8	72,6	73,2	75,0	71,0

Lannoitetun ohran sadettamattomassa savilysimetrissä oli toimintahäiriöitä, minkä vuoksi tämä tulos on hylätty.

Kymmeniäkin prosentteja vuonna 1983 lisätystä lannoitetyypistä jäi löytymättä. Osa tästä on todennäköisesti pidättynyt kasvien juuriin, joita ei yksityiskohtaisesti analysoitu. Toisaalta osa juurien sisältämästä lannoitetyypistä on tullut mukaan maa-analyysissä. Analyysivirheetkin huomioonottaen jää epäselväksi, mihin määrittämätön lannoitetyppi on joutunut. Pääosa siitä on saattanut denitrifioitua ja siten haihtua ilmaan. Koska denitrifikaatiota ei mitattu, ei denitrifikaation suuruudesta myöskään voida esittää arvioita.

Yhteenveto

Typen huuhtoutuminen viljelymaista vaihtelee suuresti eri vuosina ja eri maalajeissa. Jos kesanto on ilman kasvustoa, voi siitä huuhtoutua vuosittain typpiä yli 100 kg/ha. Tässä lysimetrikokeessa näin tapahtui savi- ja hietamaassa. Hiesu- ja turvemaassa oli typen huuhtoutuminen kesannosta joinakin vuosina vain muutamia kiloja hehtaarilta. Voimakas kastelu lisäsi joissakin maalajeissa joinakin vuosina typen huuhtoutumisen kesannosta moninkertaiseksi kastelemattomaan verrattuna. Toisinaan kastelun vaikutus oli vähäinen.

Sekä lannoittamattomat että lannoitetut viljelykasvit vähensivät tehokkaasti typen huuhtoutumista, nurmi enemmän kuin ohra. Sen sijaan erot typen huuhtoutumisessa lannoitettujen ja lannoittamattomien ohra- ja nurmilysimetriä lävitse olivat usein vähäisiä.

Kastelemattomien savi-, hiesu- ja turvemaan ohra- ja nurmilysimetriä lävitse huuhtoutui typpiä vuosittain 0,5 kg:sta/ha 10,5 kg:aan/ha. Hietamaassa vastaavat luvut olivat 3,5 kg:sta/ha 45,6 kg:aan/ha. Kastelu lisäsi voimakkaasti huuhtoutuvia typpimääriä erikoisesti kivennäismaissa, mutta myös useissa turvemaan koejäsenissä.

Kokeen alussa, vuonna 1983, annetusta ^{15}N -merkitystä lannoitetyypestä huuhtoutui erittäin vähän kokeen aikana vuosina 1983–1987. Eniten lannoitetyypeä huuhtoutui kastellusta hiedasta. Kun siinä viljeltiin neljänä peräkkäisenä vuotena ohraa, joutui ensimmäisen vuoden lannoitetyypestä koko kokeen aikana vain 2,3 % eli 2,3 kg/ha valumaveteen. Turpeen lävitse valuneista vesistä ei vuoden 1983 lannoitetyypeä löydetty juuri lainkaan.

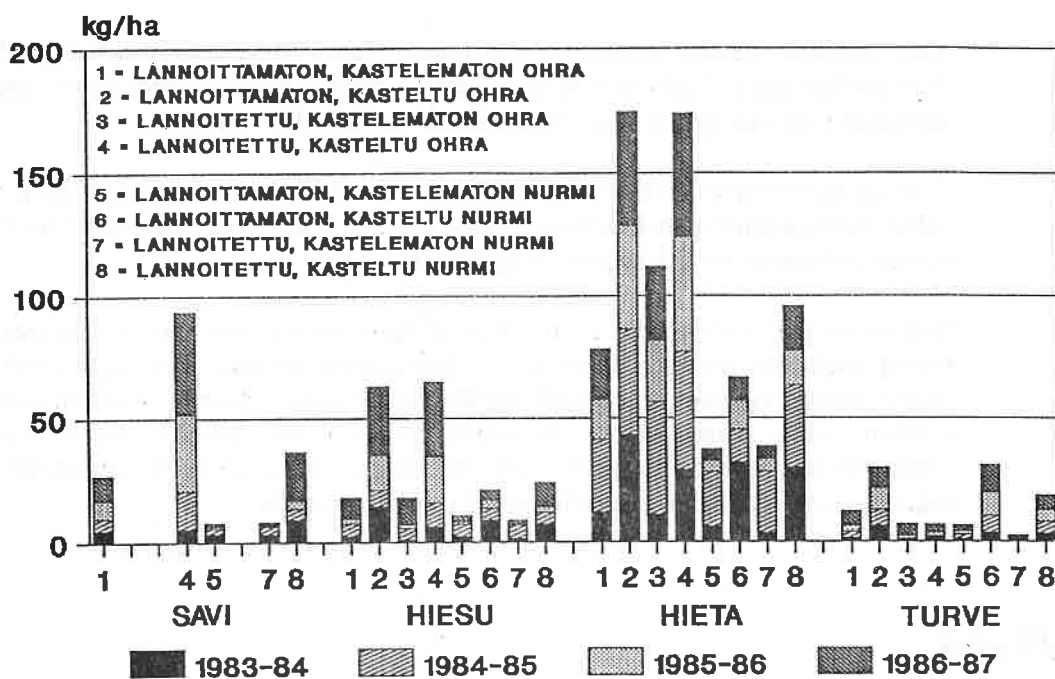
Lysimetrikoe osoitti selvästi, että kohtuullisen typpilannoituksen vaikutus typen huuhtoutumiseen viljelymaista on vähäinen. Sen sijaan kesantopellosta, jossa ei viljellä lainkaan kasveja, typen huuhtoutuminen saattaa olla runsasta.

Sadetus oli tässä kokeessa niin runsas, että se ei käytännössä juuri tule kysymykseen. Siksi sadetuksen typen huuhtoutumista selvästi lisäävästä vaikutuksesta ei pidä tehdä suoria johtopäätöksiä käytännön viljelyyn.

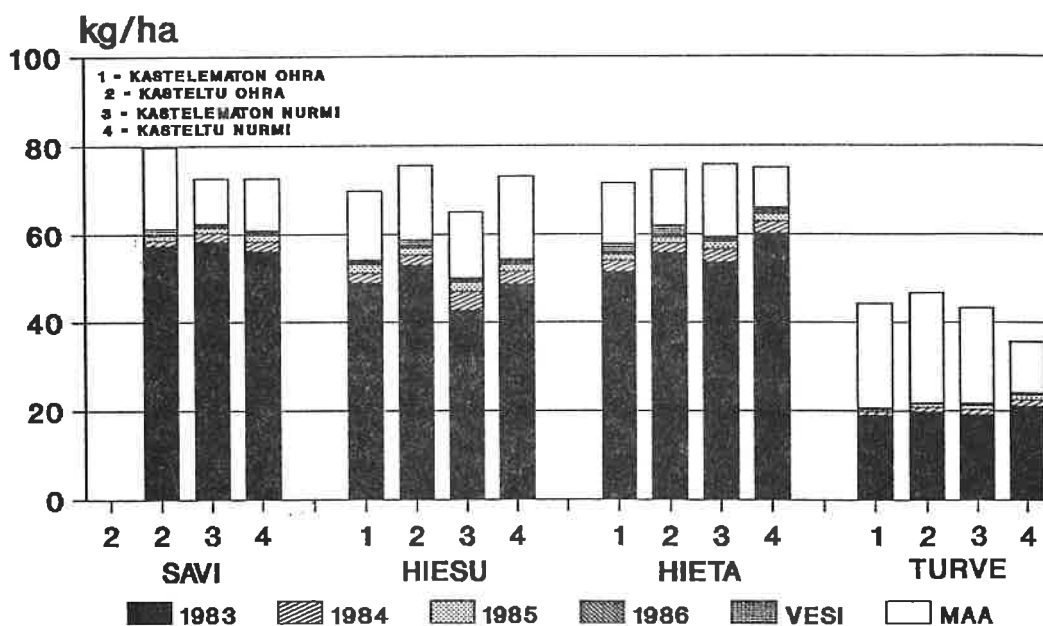
Lannoitetyypestä vain noin puolet kertyy lannoitusvuonna ohran maanpäällisiin osiin lopun jäädessä pääosin maahan tai haihtuessa ilmaan. Lannoitetyypen biologinen pidäytyminen maahan ja sen siellä läpikäymä ilmeisen monimutkainen prosessi kaipaa tutkimustyötä. Epäselväksi jäi muun muassa se, kuinka monta vuotta kestää lannoitetyypen huuhtoutuminen. Selvittämistä odottaa myös denitrifikaation vaikutus lannoitetyypen kohtaloon suomalaisessa viljelymaassa.

Kirjallisuus

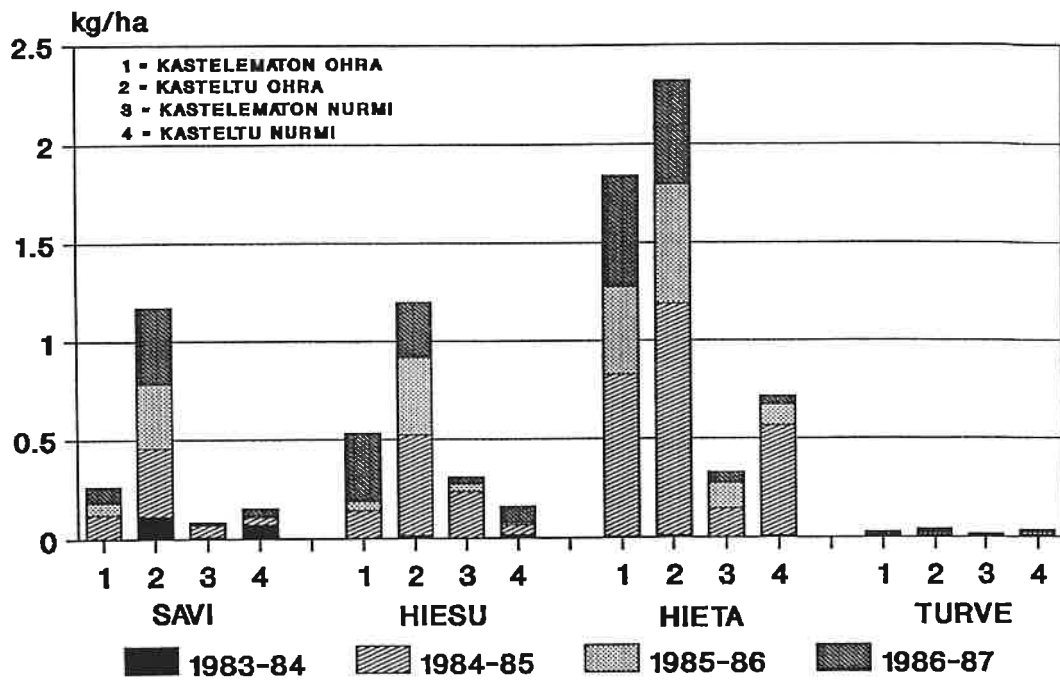
- Jaakkola, A. 1984. Leaching losses of nitrogen from a clay soil under grass and cereal crops in Finland. *Plant and Soil* 76: 59–66.



Kuva 1. Typen huuhtoutuminen kastelemattomista ja kastelluista lysimetreistä 1983-87.



Kuva 2. Vuoden 1983 lannoitetyppi ohrassa, nurmessa ja valumavedessä vuosina 1983-87 sekä lysimetrimaassa vuonna 1987.



Kuva 3. Vuoden 1983 lannoitetyypin huuhtoutuminen vuosina 1983-87.

