

# Pikaajaline väetuskatse Laelatu puisniidul

MAREK SAMMUL<sup>1,2</sup>, KALEVI KULL<sup>1,3</sup>, KAILI KATTAI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Estonian University of Life Sciences, Institute of Agricultural and Environmental Sciences, Department of Botany. Kreutzwaldi 5, 51014 Tartu, Estonia.

<sup>2</sup> Current address: University of Tartu, EuroCollege, Centre for Applied Social Sciences. Lossi 36, 51003 Tartu, Estonia. marek.sammul@ut.ee

<sup>3</sup> Current address: University of Tartu, Department of Semiotics. Jakobi 2, 51014 Tartu, Estonia. kalevi.kull@ut.ee

<sup>4</sup> kaili.kattai@emu.ee

## Abstract

In 1961 Kaljo Pork initiated a fertilization experiment at Laelatu wooded meadow. It was a part of a series of experiments in various natural grasslands which mostly were terminated after 1970, but the Laelatu experiment is still monitored.

At Laelatu twelve 10 × 30 m permanent plots were marked and randomly assigned to four different treatments (in three replications). Three treatments were fertilized and one was left as control (C). All three fertilization treatments received 2.6 g/m<sup>2</sup> phosphorus and 5 g/m<sup>2</sup> potassium annually. In one treatment (PK) no additional fertilization was applied. Two other treatments received additional fertilization with nitrogen (3.5 g/m<sup>2</sup>, PKN1, and 10 g/m<sup>2</sup>, PKN2) annually. Fertilization lasted from 1961 until 1981 and since then the recovery of vegetation from the effect of fertilization has been monitored. All plots have been mown once every year and the hay has been removed. For estimation of vegetation composition all aboveground plant parts have been cut from 20 randomly located 7,5 × 20 cm rectangles. These samples were pooled and all plant parts were thereafter sorted according to species, dried and weighted. Litter and woody parts of plants were excluded from biomass samples. The relative proportion in weight was calculated for each species and used as an estimate of plant abundance.

The results from fertilization period follow expectations. The plant biomass increases with increased amount of fertilizers applied while species richness decreases. Nitrogen limitation (PK treatment) leads to domination of legumes while the excess of nitrogen (PKN2 treatment) leads to domination of large grasses. The proportion of small grasses is reduced to a very small amount while sedges disappear almost completely.

There was a considerable increase in number of species detected from control plots between 1961 and 1981, partly due to some restoration effect as the area was unmanged for some years prior to the initiation of experiment.

The recovery of plots from fertilization, however, provides several unexpected results. The plant biomass evens out between treatments fast after the cessation of fertilization. The number of species in fertilized plots also starts to increase fast, but the speed of recovery drops in about 15 years after the fertilization. However, by now there are almost no differences between treatments in total species number per sample, yet, the species composition still differs between treatments.

Most notably the large grasses still maintain their dominance in plots once fertilized with nitrogen. Legumes, on the other hand completely lost their dominance in PK treatment in about 20 years after

the cessation of fertilization, even though they remain more abundant in PK and PKN1 treatments than in controls even by 2012. The recovery of small grasses in fertilized treatments starts slowly after the cessation of fertilization and gains speed only about 15 years after fertilization. The recovery of sedges in fertilized plots starts not until 20 years after cessation of fertilization. There are individual species (e.g. *Cirsium acaule*) which have been lost from fertilized plots and have shown no sign of recovery yet.

There is a very strong idiosyncrasy in dynamics of vegetation of individual plots both during the fertilization period as well as during recovery period. Moreover, there are species which have been found only in certain plots during the whole experimental period. There is a very strong inertia in change of vegetation of individual plots.

The results of the Laelatu experiment show that while the loss of species due to fertilization can be very fast the recovery of vegetation from fertilization is a very slow process. The continued dominance of large grasses in nitrogen fertilized treatments as well as very slow recovery of competitively subordinate species and continued absence of some of the latter shows that some changes can even be considered irreversible.

Keywords: wooded meadow, long-term fertilization experiment, species richness, productivity, vegetation dynamics, inertia.

## 1. Sissejuhatus

Üks Laelatu puisniidu uurimise värvika ajaloo olulisem etapp algas aastal 1961, kui Kaljo Pork koos kaastöolistega otsustas oma niidukoosluste produktiivsuse uuringute raames rajada siia ühe vaatlusala. Seejärel on nii mõnigi tegevus Laelatul, eelkõige bioloogiajaama rajamine ning taimekoosluste liigirikkuse uuringute koondumine, olnud just selle otsuse loogiline järg. Ka Laelatu puisniidu taastamise tööd said alguse väetuskatses, kui katse jaoks puhastati osa niidualast võsast ja põõsastest.

Hiljem on katse käigus taimkatet analüüsid (nn pihuproovide sortimisel) saanud taimetundmise väljaõpet suur hulk üliõpilasi ja ka professionaalseid botaanikuid. Katseandmed ise on üsna unikaalsed, sest tegu on ühe pikaajalisema liigirikka niidukoosluse püsikatsesalaga maailmas. See kõik kokku tähendab, et nn Porgi katse tähtsust on raske üle hinnata.

## 2. Katse rajamise taust

Kaljo Pork korraldas Laelatu väetuskatse ühe osana mahukast katsesarjast, mis eelkõige keskendus uuringutele, kuidas suurendada looduslike rohumaade produktiivsust. Katse motivatsiooni mõistmiseks tasub meenutada, et ajal, mil katset alustati, pöörati põllumajandusega seotud uuringutele riiklikult suurt tähelepanu (Masing jt 1995). Uurijad pidid suutma näidata teadustööde kasulikkust rahvamajanduse edendamisel (Jürisson 1976). Kaljo Porki ajendas aga soov mõista niidukoosluste arengut.

Seega oli poollooduslike rohumaade tootlikkuse suurendamine üsna loomulik uurimissuund, mida sai kergesti põhjendada. K. Pork valis teemaks selle, kuidas suurendada looduslike niitude tootlikkust pealtparandamise abil: puu- ja põõsarinde harvendamine, väetamine ja kohati ka kultuurliikide külvamine, ilma niidukamarat kündmata või randaalimata (Pork 1979). Samalaadseid katseid tehti tollal paljudes maades, üks eeskujusid oli ülipikaajaline Park Grass'i katse Rothamstedis Inglismaal (Rothamsted ... 1991; Jenkinson 1991; Jenkinson jt 1994).

Kaljo Pork rajas niitude uurimisalad Eestis mitmesse kohta, pidades silmas erisuguseid muldi ja

niidukooslusi. Enam-vähem ühesuguse katsepüstitusega alad olid Puurmanis Pedja jõe lual, Kullamaal, Painases (Muhu saarel), Karjas (Saaremaal) ja Laelatu puisniidul. Praeguseni on neist jätkatud vaid Laelatu katset.

Porki huvitas, mil moel muudab väetamine taimkatte produktiooni ja taimestiku liigilist koosseisu. Ta kirjeldas hulga aastate jooksul kõigi katsealade prooviruutudel nii liikide katvuse, biomassi vahekorra kui ka võsude arvu muutusi. Liikide biomassi vahekorra määramisel kasutas ta nn pihuproove (vt metoodika kirjeldust allpool); selleks et teha kindlaks kogu maapealne produktioon, kaaluti prooviruudu osalt niidetud taimkate. Et loendada võsude arvu, oli igal suurel prooviruudul diagonaalseis vastasnurkades kaks väikest püsiruutu.

Liike tuli seejuures määrata valdavalt vegetatiivsete võsude tunnuste järgi – oskus, milles Kaljo Pork oli tippspetsialist. Porgi uuringud ei piirdunud taimkatte muutuste kirjeldamisega. Ta uuris ka mulla muutusi mineraalainete koosseisus, samuti prooviruutude erinevusi mulla veeoludes ja aurumises (Pork 1979). Heljo Krall ja Kaljo Pork koostasid väga põhjaliku, tervet Eestit haaranud niidukoosluste klassifikatsiooni (Krall ja Pork 1980).

Enamikul uurimisaladel lõpetas Pork katsed 1970. aastate alguses. Ainus ala, kus ta otsustas uurimistööd jätkata, oli Laelatu. Sellest kujuneski kompleksne ökoloogilise uurimise ala, peamine niiduökosüsteemi uurimisala Eestis ühtaegu Toomas Frey rajatud Vooremaa metsaökosüsteemi uurimisalaga. Niisuguste komplekssete maismaaökosüsteemi uuringute esimene katse Eestis oli Teodor Lippmaa töö Märjamaa lähedal Rangu nõmmel 1930. aastail.

Katse rajamist Laelatu puisniidule võis soodustada juba tegutsev Puhtu ornitoloogiajaam, mis andis hea aluse teha katseid ka Laelatul. Hiljem peatus Kaljo Pork sageli lähedal Rame külas paiknevas Kristjani talus. Enne väetuskatse rajamist oli Laelatul juba alustatud taimekoosluste produktiivsuse uuringuid (Krall ja Pork 1970). Kaljo Pork kirjeldas koos Heljo Kralliga põhjalikult terve Laelatu puisniidu taimkatte (Krall ja Pork 1970). Uuriti ka niidutaimede fenoloogiat ja seemnelist paljunemist (Hein 1970). Lühiülevaate Laelatul tehtud uuringutest on avaldanud Kukkk ja Kull (1997: 60–65).

### **3. Katse metoodika**

#### **3.1. Püsiruudud**

Püsiväetuskatse Laelatu puisniidul rajati 5. septembril 1961. aastal. Selleks mõõdeti niidul kaksteist  $10 \times 30$  m suurust püsiruutu, mis jagunesid nelja väetusvariandi vahel, iga variant kolmes korduses. Kuigi looduses on tegu riskülikutega, kasutame ajalooarhiivi kogude järgi siin segiläbi suupärasemaid termineid „ruut”, „prooviruut” ja „püsiruut”.

Püsiruudud paigutati puisniidule kahele eraldi asetsevale alale (joonis 1). Ühes (nn. tagumine ala) on kaheksa ruutu (iga variant kahes korduses), teises (nn esimene ala) on neli ruutu (iga variant ühe kordusena). Siinsamas (st esimeste ruutude alal) paikneb praegusajal ka riiklik seireala ning see on piirkond, kus on registreeritud Laelatu suurim liigitihedus ühel ruutmeetril (ruudul nr 10) – 76 liiki (kirjeldanud T. Kukkk ja K. Kull). Veidi varem oli selle lähedalt ruutmeetriselt prooviruudult loendatud 68 liiki (Kull, Zobel 1997; vt ka Kull, Zobel 1991).

Tagumised püsikatseruudud jaotati kõigepealt kaheks ning seejärel jagati kummassegi rühma jäänud ruudud juhuslikult eri väetustöötluste vahel. Esimese ala ruudud jaotati samuti väetusvariantide vahel juhuslikult (joonis 1). Kuna esimeste püsikatseruutude kohal ei olnud puude ja põõsaste ning ka mikroreljeefi tõttu (läänepoolne osa on kõrgem ja kagupoolne osa madalam ning niiskem) sobiv püsiruutusid järjest üksteise kõrvale paigutada, on kaks ruutu paigutatud teistega võrreldes viltu. Üks püsiruut (ruut 11) on tõenäoliselt puude ja põõsaste leviku tõttu suisa rööpkülik, kuid ka selle pindala on võrdselt teiste ruutudega  $300 \text{ m}^2$  ( $16,9 \times 30 \text{ m}$ ).

Kõigi prooviruutude nurgad tähistati Kalevi Kull eestvedamisel 1993. aastal raudtorudega, mis olid umbes 30–40 cm pikad ja mis rammiti maasse nii, et nende ülemine ots jäi maapinnaga tasa või oli sellest pisut madalamal. Nõnda paigutatud torusid on tarviduse korral hea otsida ka metalliotsijaga, kuid tegelikult piisab, kui tallata umbkaudu ruudu nurga kohal paljajalu: paljas jalatald tunnetab toru hästi.

Enamasti otsitakse torusid nii, et mõõdetakse iga eelneva ruudu nurgast 10 m vahemaa (küljepikkus) ja sõrmedega samblarindes kompides püütakse toru üles leida. Need mõõtmised on näidanud, et torude järgi ei ole ruutude küljepikkus alati täpselt 10 m, kuid küljepikkuse viga on alla 10 cm. Aja jooksul on mitu toru kaotsi läinud ja neid on ka asendatud. Kuna torud on rammitud üsna sügavale, vajuvad nad aja jooksul veelgi sügavamale; ühtlasi tuleb arvestada, et enamik neist paikneb tänapäeval samblarinde all, kas mullapinnal või kuni paari sentimeetri sügavusel mullas (sellel kohal on mullas auk, kui mutid või sipelgad pole sellele midagi kuhjanud).

Et Porgi katse püsiruudud oleksid veel selgemini ja kindlamalt tähistatud, valati 1994. aastal nii tagumiste kui esimeste ruutude ala välisnurdadesse  $50 \times 50$  cm suurused ja umbes 30 cm sügavused tsemendist ruudud, mille keskel on nurga täpset asukohta tähistav toru. Kahjuks on esimeste püsikatseruutude mõne nurga tsement aja jooksul murenenud ja valu on sisuliselt hävinud. Tagumiste ruutude nurkades on tsement hästi säilinud ning nurkade asukohad saab kergesti leida. Tsementi valatud nurgad on eraldi tähistatud ka joonisel 1.

Vahetult enne katse rajamist oli Laelatu puisniit olnud arvatavasti mõne aja peaaegu niitmata, seetõttu tuli püsiruutude alalt mingil määral eemaldada ka puid ja põõsaid. Hiljem on püsiruutudelt ja nende lähedusest harva raiutud üksikuid puid ja põõsaid. Pigem on aja jooksul mõned puud ning ka põõsad suuremaks kasvanud, sestap on osa püsiruute (eelkõige ruudud nr 8, 9 ja 11) rohkem varjutatud. See kajastub ka taimestikis.

### **3.2. Väetusvariandid**

Väetusvariante on Laelatu katses neli. Väetamata variant (kontroll) ning kolm väetatud varianti: PK, PKN1, PKN2. Nendes nimetustes tähendab P väetamist fosforiga, K kaaliumiga ja N kahes eri koguses lämmastikuga. Kõik kolm varianti said fosfor- ja kaaliumväetist ühtmoodi: fosforit  $2,6 \text{ g/m}^2$  ja kaaliumi  $5 \text{ g/m}^2$  aastas. PKN1 variandile lisati igal aastal  $3,5 \text{ g/m}^2$  ning PKN2 variandile  $10 \text{ g/m}^2$  lämmastikku aastas.

Tegelikult külvati  $60 \text{ kg P}_2\text{O}_5$  ja  $60 \text{ kg K}_2\text{O}$  hektari kohta. Fosfori ja kaaliumiga väetati sügisel: septembri lõpul või oktoobri alguses. Lämmastikväetisena kasutati ammoniumsalpeetrit ja selle esimene osa külvati proovialadele kevadel (aprillis või mai alguses) ning PKN2 alasid väetati täiendavalt veel suvel pärast niitmist (juuli). Väetamist alustati 1961. aastal ning see lõppes Kaljo Porgi surma järel 1981. aastal. Kogu katseala niideti igal aastal ning hein eemaldati proovialadelt.

### **3.3. Pihuproovid**

Taimestiku muutust katses hinnati nn pihuproovide sortimise teel ja selle põhjal arvutati välja taimeliikide maapealse biomassi vahekorrad. Pihuproovide kogumise meetodikat seejuures väetusjärgsel perioodil veidi täiustati, et see annaks võimaluse ühekorraga mõõta ka maapealset biomassi pinnaühiku kohta.

Aastatel 1962–1981 ja 1985 korjati igalt püsiproovialalt ligikaudu võrdne hulk taimede maapealset biomassi järgneval moel. Püsiruudud läbiti diagonaalselt ning kahe või kolme sammu järel lõigati maapinnale võimalikult lähedalt (samblarinde kohalt) peotäis taimi. Seda korrati, kuni taimi kogunes korralik suur pihutäis. Ruutude äärealasid välditi, puhvertsooniks oli umbes ühemeetrine ala. Pihuproovide kogumise järel niideti sel vaatlusperioodil käsivikatiga igal püsiruudul  $5 \times 5$  m suurune osa, mis koguti ja kuivatati õhu käes, et kaaluda rohustu biomassi.

Alates 1986. aastast on pihuproove korjatud kindlalt fikseeritud pindalalt. Selleks kasutatakse  $7,5 \times 20$  cm suurust raami, mida visatakse juhuslikult igal prooviruudul 20 korda ning mille seest taimede maapealne osa lõigatakse (seega kokku  $0,3 \text{ m}^2$  suuruselt alalt). Raami visates jälgitakse, et kogu püsiruut saaks kaetud enam-vähem ühtlaselt (raami heites on püsiruut läbitud kas põiki või on ruut jagatud tinglikult keskelt pooleks ja jälgitud, et kummastki poolest saaks kogutud 10 raamitaiti) ja et välditaks püsiruudu servaala (puhvertsoon umbes 1 m).

Samblarinde kohalt lõigatakse kõik soontaimed, kes raami sees kasvavad. See tähendab, et püstise varre või püstiste lehtedega taimedel kogutakse need taimed, kelle ramet maapinnal kasvab raami sees ja seda ka juhul, kui tema lehed on kaardunud raamist välja. Samamoodi ei koguta neid taimi, kelle lehed on raami sisse kaardunud väljastpoolt raami. Erandiks on juurmise ja laiuva leherosetiga taimed (nt varretu ohakas või keskmine teeleht) ja roomavad taimed (nagu harilik mailane), kellel on proovi hulka arvatud raami sisse jääv osa, olenemata rametite juurdumise asukohast. Taimede maapealse biomassi määramiseks lisaks eraldi proove sel proovivõtuperioodil ei kogutud, produktiivsuse hindamiseks kasutati pihuproovidest kogutud biomassi.

Igalt püsiruudult kogutud pihuproovid on liidetud üheks prooviks, mis on kogutud kilekotti ja hoitud külmkapis kuni sortimiseni – värsked taimed on kergemini määratavad. Seejärel on kõik proovis olnud taimed (k.a nende väiksemad tükid) määratud liikideks (sortimine). 1970. aastail tuli ette ka seda, et proovi ei jõutud välioludes sortida, mistõttu sortida tuli üsna kuivanud taimi.

Alates 1980. aastatest on proovid sorditud kohapeal (kas Laelatu või Puhtu bioloogiajaamas), mitmekesi ja ühe suure laua ümber. Alati on sortimist juhendanud paar paremat taimetundajat, kes määravad ka raskemad taksonid või taimed, keda teised ära ei tunne. Sortimisel eraldatakse taimed liikide kaupa hunnikutesse. Kuna liike on proovides palju, on oluline, et jaguks piisavalt lauapinda, kuhu mahuks ära kõigi liikide hunnikud, minemata üksteisega segi. Kindlasti on tähtis ka ruumi hea valgustatus, et taimede mikrotunnuseid paremini näha.

Ühe proovi sortimiseks kulub olenevalt sortijate hulgast ja nende taimetundmise tasemest keskel läbi üle kahe tunni. Viimastel aastatel on peamiselt ZBI (nüüd EMÜ PKI) botaanika osakonna töötajatest ja kraadiõppuritest koosnev rühm (tavapäraselt 8–14 inimest) sortinud kolmeli pihuproovi päevas.

Kuna enamik võsusid niidukooslustes on generatiivorganiteta, siis määratakse taimed eeskätt vegetatiivsete organite, lehtede ja varte tunnuste järgi. Tõusmed, väikesed lehe- ning varretükid jt kogutud taimeosad, mida ei ole õnnestunud liigiks või perekonnaks määrata, on kogutud jäägina omaette. Jäägi osakaal ühes pihuproovis on püsinud alla 0,1% proovi massist.

Pihuproovide sortimise käigus on proovist eemaldatud puitunud ja mitmeaastased taimeosad, kulu, samblad, rohustusse varisena sattunud puulehed, oksad jmt, mis ei ole sel aastal samas kasvanud taimeosad. Sellise valiku eesmärk on tagada, et pihuproov hõlmaks üksnes kogumise aastal moodustunud taimset biomassi.

Iga liigi osa proovis on pakitud paberist volditud ümbrikesse või paberkottidesse ning neid proove on kohe kuivatatud võimalust mööda kas 24 tundi temperatuuril  $60\text{--}85 \text{ }^\circ\text{C}$  või ka õhu käes: olenevalt sellest, millist kuivatuskappi või muud taimede kuivatamise moodust on olnud võimalik kasutada. Eesmärk on olnud saada välitingimustes proovid kiiresti õhukuivaks, et need ei läheks hallitama. Hiljem on sügistalvel proove laboris veel kuivatatud vähemalt 24 tunni jooksul temperatuuril  $80\text{--}85 \text{ }^\circ\text{C}$ , seejärel on proovid kaalutud. Taimede kaalutised on ümber arvatud iga liigi osakaaluks kogumassis.

Pihuproove ei ole kogutud kõigil aastail ega kõigilt ruutudelt. Täielikult on puudu andmed 1970. aasta proovide kohta. 1963. aastast on puudu andmed ruutudelt 7 ja 8. Pärast Kaljo Porgi surma oli katses paus 1982. aastast kuni 1984. aastani. Seejärel vaatlused Kalevi Kulli eestvedamisel taastati ning need kestsid kuni 1996. aastani. 1996. a kogutud proovidest on säilinud vaid liikide

nimekirjad.

1985–1996 seati põhisihiks koguda pihuproove ruutudelt nr 10 ja 4. Muudelt püsiruutudelt koguti samal ajavahemikul proove erinevalt ja vaid aastail 1985, 1989, 1991 ja 1993 koguti proove kõigilt ruutudelt (tabel 1). 2001. aastal otsustati Toomas Kuke ja Marek Sammuli eestvõttel katse vaatlused jälle taastada. Alates 2002. aastast on pihuproove taas kogutud igal aastal kõigilt ruutudelt.

Tabel 1. Püsiruudud, kust koguti pihuproove aastail 1986–2001

Püsiruudu nr	Kontroll			PK			PKN1			PKN2		
	2	6	10	1	7	9	4	8	11	3	5	12
1986			X				X					
1987	X	X		X						X	X	
1988			X		X	X	X	X	X			X
1989	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1990			X				X					
1991	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1992		X	X				X					
1993	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1994			X				X		X			X
1995		X					X					
1996			X	X			X					
2001			X				X					

### 3.4. Taksonite käsitlemine

Kuna alati ei ole põhjust eraldi käsitleda proovides väheleiduvaid ja sarnaseid, tihti vaid juveniilidena leitavaid liike, mille määramine võib sageli tekitada probleeme, on liidetud andmed järgmiste taksonite kohta: perekondadena on esitatud kased (*Betula pendula*, *B. pubescens* ja nende hübriid *B. ×aurata*), viirpuud (*Crataegus monogyna* ja *C. rhipidophylla*), sõstrad (*Ribes alpinum* ja *R. nigrum*), kibuvitsad (*Rosa canina*, *R. majalis* ja *R. subcanina*) ja pajud (*Salix starkeana* ja *S. phyllicifolia*). Kollektiivliigina on käsitletud võilille (*Taraxacum officinale*) ja kortslehte (*Alchemilla vulgaris*). Lehtede järgi pole võimalik eristada kollast ülast võsaülasest (*Anemone ranunculoides*, *A. nemorosa*), seetõttu on tabelleis esitatud vaid võsaülane kui sagedasem liik, ehkki kindlasti on proovides olnud korraga mõlemaid liike.

Ühtlasi on aja jooksul muutunud mõne taksoni määratlus. Kui varasematel aastatel määrati pehmet madarat (*Galium mollugo*), siis praeguste määrangute järgi on need ilmselt kõik olnud valged madarad (*G. album*). Tõenäoliselt ekslik on olnud koer-kibuvitsa (*Rosa canina*) määrang, see on tunnistatud kutsik-kibuvitsaks (*R. subcanina*). Aegade jooksul on pihuproovides küllalt palju määratud ka sõrmtarna (*Carex digitata*), kuid kuna see liik Laelatu niiduosas peaaegu ei kasvagi, on see määrang tõenäoliselt ekslik ning taimed on tunnistatud varvastarnaks (*C. ornithopoda*).

Olenevalt pihuproovide sortijate taimetundmisest ei ole aastate jooksul ühtviisi detailselt eristatud hundi- ja karutubakaid (*Hieracium* sp., *Pilosella* sp.) ega väga sarnaseid varvastarna (*Carex*

*ornithopoda*), jõhvartna (*C. capillaris*) ja kevadtarna (*C. caryophyllea*) lehti, samuti nurmikaid (*Poa trivialis*, *P. pratensis*, *P. angustifolia*).

#### 4. Tulemused

Väetamise tõttu kujunesid taimestikis umbes viie esimese katseaasta jooksul välja selged erinevused väetustöötluste vahel. Ootuspäraselt oli rohustu biomass proportsionaalne lisatud väetise kogustega ning PKN2 töötlus andis kõige suurema biomassi (joonis 2).

Pärast 1966. aastat aga ei ole väetamine enam rohustu biomassi suurendanud, pigem võib täheldada biomassi vähenemist. Tähelepanuväärne on ka see, et kogu väetusperioodi jooksul on PK ja PKN1 töötluste rohustu biomass olnud väga sarnane, ehkki PKN1 töötluses on taimestik enamikul aastail lopsakam kui PK korral.

Joonis 2. Rohustu biomassi dünaamika Laelatu pikaajalises väetuskatses ajavahemikul 1962–2012

Töötlustevahelised erinevused rohustu biomassis kadusid pärast väetusperioodi lõppu kiiresti, ent vahed liigilises koosseisus jäid püsima. Aastail 1986–1995 andis kõige suurema biomassi hoopis PKN1 töötlus. Siiski ei ole see usaldusväärne erinevus, kuna sel ajavahemikul ei mõõdetud igal aastal kõiki ruute, üksikud prooviruudud erinesid tootlikkuse poolest aga palju. 2002. aastaks olid töötlustevahelised erinevused rohustu biomassis lõplikult hääbunud, kuid hakkas ilmne uus suundumus: 2002–2012 on rohustu biomass kogu katsealal järjekindlalt suurenenud.

Liikide arv pihuproovides muutus katse käigus samuti pöördvõrdeliselt väetamisega, aga muutused ise võtsid pisut kauem aega (joonis 3). Kontrollruutudes suurenes liikide arv kuni 1979. aastani, misjärel see stabiliseerus. Väikseima väetuskoormusega variandis PK püsis liikide arv katse algusega võrreldes stabiilne või vähenes pisut olenevalt püsiruumust umbes 1968. aastani. Seejärel algas ka selles variandis pigem stabiilne pikaajaline liikide arvu kasv. Siinjuures väärib tähelepanu asjaolu, et liikide arvu kasvu suundumustes ei teki nihet, kui väetamine on lõppenud.

Väetusvariandis PKN1 kahaneb väetusperioodil keskmine liikide arv 1969. aastani. Seejärel liikide arv stabiliseerub: aastail 1971–1981 on 49 liiki pihuproovi kohta, mis on viie liigi võrra väiksem kui PK variandis samal ajavahemikul. Kui väetusperiood lõpeb, suureneb keskmine pihuproovist leitud liikide arv kiiresti. Keskmiselt lisandub 1985–1995 ühte selle töötluste pihuproovi 1,11 liiki aastas (tabel 2). Perioodiks 2002–2012 on liikide arv selle töötluste püsiruutudel stabiliseerunud.

Tabel 2. Keskmine liikide arv töötluste kohta ja liikide arvu muutumise kiirus (suundumuse kasv aasta kohta) väetuskatse ajal

	Kontroll	PK	PKN1	PKN2
<b>Keskmine liikide arv perioodil</b>				
1962–1964	53	47	53	47
1979–1981	69	56	47	33
1985	61	51	50	49
1993	68	62	54	56
2002–2004	65	62	60	58
2010–2012	64	62	61	60
<b>Keskmine liikide arvu kasv aastas perioodi jooksul</b>				
1962–1981	0,97	0,57	-0,15	-0,75
1985–1995	0,15	1,26	1,11	1,87

2002–2012      0,08      0,02      0,45      0,24

Variandis PKN2 väheneb liikide arv väetusperioodil kõige selgemini. Aastail 1979–1981 leiti selle variandi pihuproovides keskmiselt 33 liiki proovi kohta, see on üle kahe korra väiksem kui kontrollruutudes samal perioodil leitu. Sealjuures jätkus liikide arvu langustendents selle töötluse korral kuni väetusperioodi lõpuni. Tähelepanuväärselt kiiresti taastus selle töötluse liikide arv väetusperioodi lõppemise järel. Aastail 1985–1995 lisandus PKN2 variandi pihuproovidesse keskmiselt 1,87 liiki aastas. Ka siin oli perioodiks 2002–2012 liikide arv stabiliseerunud.

Rõhutada tuleb aga sedagi, et üksikute püsiruutude vahel on erinevused väetusvariantide sees ning ka liikide arvus väga suured. Kontrollruutude hulgas eristub ruut 2, mis on regulaarselt väiksema liikide arvuga pihuproovide kohta kui ruudud 6 ja 10 (ruut 2 paikneb kohas, kus kunagi oli küün ning küüni seinu toetanud kivid on maapinnal pärast niitmist selgesti näha). Variandis PK on ruutudevaheline erinevus ehk kõige väiksem ses katses üldse, aga pisut erineb teistest püsiruut 9. Seal on liikide arvu juurdekasvu tempo peaaegu kaks korda suurem kui ruutudes 1 ja 7.

Kui variandis PKN1 püsib liikide arv ruutudes 8 ja 11 suhteliselt stabiilsena, siis neist eristub ruut 4, kus katse algfaasis liikide arv kiirelt väheneb. Variandis PKN2 omakorda langeb liikide arv kiiremini kahes ruudus – 3 ja 5, kuid ruudus 12 püsib liikide arv suhteliselt stabiilne.

Joonis 3. Liikide arvu dünaamika Laelatu pikaajalise väetuskatse väetusvariantides üksikute püsiruutude kaupa

Ootuspäraselt käitusid väetamise ajal ka peamised liigirühmad (joonis 4). Lämmastikuga väetamine soosis kõige enam suurekasvulisi kõrrelisi, kelle arvukus suurenes seda enam, mida suurem oli lisatud lämmastiku kogus. PK-väetatud töötluses püsis suurte kõrreliste arvukus sama mis kontrollvariandis, kuid pärast väetamise lõppu kasvas kontrollist suuremaks ja see erinevus on püsinud praeguseni.

Niinemets ja Kull (2005) on näidanud, et Laelatu puisniidu taimestiku produktsiooni piirab eelkõige fosfori kättesaadavus, mis on lubjarikastel muldadel tavapärane. Fosfori lisamine tekitab suhtelise lämmastikupuuduse, mis soosib liblikõielisi. Samas seotakse fosfori ülejääk mulla lubjarohkuse tõttu kiiresti immobiliseeritud ühenditesse ning olulist taimedele omastatava fosfori varu mullas ei teki. Kui väetamine lõpeb, kaob ühtlasi liblikõielisi soosinud keskkond. Ent kui liblikõieliste arvukus väheneb, kõdnub nende lämmastikurikas juurestik koos sümbiontidega ning muld rikastub lämmastikuga. Seda laadi sekundaarne väetus soosib eelkõige suurekasvulisi kõrrelisi (nagu *Festuca pratensis* ja *F. arundinacea*, *Dactylis glomerata* jt).

Väikesekasvulised kõrrelised (nagu *Sesleria caerulea* ja *Festuca ovina*) kaovad väetatud ruutudest peaaegu täielikult. See muutus on üsna kiire ja võtab olenemata väetusviisist umbes viis aastat aega. Samas mõne selle rühma liigi (nagu *Anthoxanthum odoratum*) arvukus väetatud ruutudes hoopis suureneb, ehkki tegu peaks olema konkurentsiks vähem kohastunud liikidega (Sammul jt 2000). Summaarselt ilmnevad väetusperioodi teisel poolel väetusvariantide vahel selged erinevused ning kõige rohkem väetatud ruutudes on ka kõige vähem väikesekasvulisi kõrrelisi.

Kõige selgemini ja kiiremini kahaneb väetamise tõttu lõikheinaliste ja loaliste rühma (eelkõige tarnaliikide) arvukus, samuti olenemata väetamise variandist. Samas on kogu katse ajal täheldatav lõikheinaliste ja loaliste arvukuse kasv kontrollvariandis.

Liblikõieliste osakaal biomassis on kontrollvariandis tagasihoidlik, kuid sedamööda, kuidas paraneb



fosfori ja kaaliumi kättesaadavus väetatud variantides, suureneb see ootuspäraselt väga tugevalt. Tähelepanu väärib taas töötlus PKN1, kus liblikõieliste arvukus samuti tublisti suureneb, st lämmastik jääb selles töötuses taimede kasvu limiteerivaks teguriks. PKN1 töötlus kujunes väetusperioodil variandiks, kus tugevalt ja ühtviisi domineerisid suured kõrrelised ning liblikõielised. See tähendab omakorda, et ilmselt just selles variandis võimaldab toitainete vahekord rohustu tootlikkust suurendada, ilma et sellega kaasneksid väga suured kaod liigirikkkuses.

Väga tähelepanuväärne on ka ülejäänud rohundite (v.a liblikõielised) biomassi osakaal väetusperioodil: kõigi väetatud variantide puhul on see nimelt umbes 15–20%. Kontrollruutudes on teisi rohundeid umbes kaks korda rohkem. Väetamisega kaasnev rohundite arvukuse vähenemine on üsna ootuspärane, kuid see, et nende arvukuse langus on sõltumata väetamisvariandist ühesugune ja et rohundite arvukus nõnda sarnasel tasemel stabiliseerub, ei ole sugugi ootuspärane.

Eri liigirühmade biomassi osakaalu väetamisjärgse taastumise kiirus on erinev. Enamasti leiab suur osa muutusi aset juba 10–15 taastumisaastaga. Selle aja jooksul on kontrollruutudega väga sarnase arvukuse taastanud teised rohundid peale liblikõieliste. Ehkki ka liblikõieliste arvukus on taastumisperioodil vähenenud, nõnda et sarnaneb rohkem kontrollruutudega, on aastail 2007–2012 olnud PKN2 töötuses umbes 1,8 korda rohkem liblikõielisi kui kontrollruutudes ning PKN1 ja PK töötuses ikka veel 2,5 korda enam. Need vahed on viimastel aastatel olnud väga konstantsed. Samuti on katse viimasel kümnel aastal muutumatuna püsinud suurte kõrreliste arvukus, mis on kunagi väetatud ruutudel endiselt 1,5–2 korda suurem kui kontrollruutudel ning selle perioodi suundumus ei võimalda ennustada, millal võib erinevus tasanduda.

Teistest liigirühmadest tunduvalt teistmoodi on aga teisenenud lõikheinaliste ja loaliste ning väikeste kõrreliste arvukus. Nende liikide puhul ei ole esimesel viieteistkümnel väetusjärgsel aastal ilmnenud olulisi arvukuse taastumise märke. Seejärel aga, alates 2001. aastast, on need liigid taastunud väga kiiresti, eriti lõikheinalised ja loalised. Kuigi erinevused töötluste vahel püsivad – kõige vähem on lõikheinalisi ja loalisi endistviisi PKN1 töötuses ning väikseid kõrrelisi PKN2 töötuses –, on erinevus kontrollruutudest järk-järgult vähenenud.

#### Joonis 4. Eri liigirühmade dünaamika Laelatu pikaajalise väetuskatse väetusvariantides

Läbi aegade katses leitud liikide nimekiri koos liikide leiusagedustega eri püsiruutudes on esitatud lisas 1. Mõneti näitab see tabel liikide leidumist konkreetsetes väetusvariantides ja reaktsiooni töötlustele, aga teisalt toob see esile, et hulk liike (nt *Allium scorodoprasum*, *Carex montana*, *C. pulicaris*, *Hieracium* sp., *Luzula pilosa*, *Maianthemum bifolium*, *Origanum vulgare*, *Ranunculus cassubicus*, *Thymus serpyllum*) on seotud vaid ühe või mõne ruuduga.

Osa liikide leviku piiratus on seotud ka sellega, et nad on väetatud variantidest välja tõrjutud (nagu *Cirsium acaule*) ja nende arvukus ei ole taastunud (või ei taastugi?). Teiselt poolt aga ilmestab see ka lokaalset liikide leviku piiratust ja taimkatte erinevust üksikute Laelatu piirkondade vahel. Nii näiteks kasvab esimestel püsikatseruutudel mitu liiki, mida tagumistelt leitakse väga harva.

Et näitlikustada üksikute liikide arvukuse muutust katse käigus, on sagedamini Porgi katsest leitud liikide biomassiosakaalude dünaamika esitatud lisas 2. Sealt on näha, et paljud liigid ka ühe liigirühma sees käituvad siiski üsna erinevalt. Näiteks sellised dominandid kõige enam väetist saanud variandis nagu *Aegopodium podagraria* ja *Festuca arundinacea* ei ole väetusperioodi lõpuks veel saavutanud stabiilset arvukust. Mõned liigid, kuigi need on olnud dominandid, on samas hakanud arvukust kaotama. Eriti ilmekas on selles võtmes kahe kõrgekasvulise aruheina – roog-aruheina ja harilikku aruheina – arvukuse negatiivne korrelatsioon väetusperioodil PKN2

variandis.

Teisalt näitab üksikute liikide dünaamika väga ilmekalt ka väetusjärgse taastumise käiku ja selle varieeruvust olenevalt väetusvariandist. Näiteks on *Lathyrus pratensis* 2000. aastate alguseks väetatud ruutudes taandunud kontrollruutudega võrreldava arvukuseni, nagu ka enamik teisi liblikõielisi. Seevastu kerahein või lõhnav maarjahein on väetatud ruutudes ikka tunduvalt arvukamad kui kontrollvariandis. Varretu ohakas on aga väetatud ruutudest kadunud ega näita mingeid taastumise märke.

Üksikute liikide dünaamikast võib teha üldkokkuvõtte:

- a) liikidel, mille arvukus väetamise ajal tunduvalt suurenes (liblikõielised, suured kõrrelised) vähenes arvukus väetusjärgsel ajal suhteliselt kiiresti, nimelt esimese 10–15 aasta jooksul, ehkki just dominantsed suured kõrrelised on väetatud ruutudes ikka märksa arvukamad kui kontrollvariandis;
- b) nendel liikidel, mille arvukus väetamise ajal tunduvalt kahanes (tarnad, väikesed kõrrelised), hakkab biomassi osakaal enamasti taastuma alles 10–15 aastat pärast väetusperioodi lõppu (2000. aastate algusest; vt nt *Sesleria coerulea*);
- c) vaid mõni liik on selline, mille arvukus väetamise ajal märgatavalt vähenes ja mille arvukus hakkab taastuma kohe pärast väetusperioodi lõppu (nt *Convallaria majalis*);
- d) mitu liiki, sealhulgas ennekõike metsaalused liigid (nt *Anemone* spp., *Convallaria majalis*, *Hepatica nobilis*, *Viola mirabilis*), aga ka mõni teine (nt *Alchemilla vulgaris*), on alles viimastel aastatel hakanud laiemalt levima. See võib Laelatul viidata puu- ja põõsarinde tihenemisele, millele on juhtunud tähelepanu nii mõnigi vaatleja.

## 5. Arutelu

### 5.1. Pikaajalised katsed

Laelatu pikaajaline väetuskatse täiendab maailmas seni tehtud pikaajaliste väetuskatsete rida ja on nende hulgas oma kestuselt täiesti arvestatav. Loomulikult on ka pikemaajalisi katseid. Kõige tuntum on Park Grassi eksperiment Rothamstedis Inglismaal, kus katse on kestnud juba 1856. aastast saadik. See on ilmselt üks põhjalikumalt läbi uuritud katseid, mis on taimkatteteadusele andnud palju olulist informatsiooni nii liigirikkuse kadumise kui ka muldade muutumise kohta väetamise tagajärjel, samuti mikroevolutsiooniliste muutuste kohta (Silvertwon jt 2006). Samamoodi kui Laelatu katse tulemustes on ka Park Grassi eksperimendis täheldatud, et liigirühmade vahekorrad väetamise ajal stabiliseeruvad, kuid nende rühmade sees võivad liikide arvukuse muutused olla väga märgatavad.

Peaaegu niisama vana („vaid” 40 aastat noorem) nagu Park Grassi katse on Palace Leasi niidu katse (Palace Leas Meadow Hay Trial) Inglismaal Northumberlandis. Tegu on Newcastle’i ülikoolile kuuluva Cockle Parki uurimisjaamaga. See katse on väldanud 1896. aastast ja seal on rakendatud sõnnikuga väetamist ning eri intensiivsusega karjatamist ja niitmist, mistõttu on ilmnenud suured töötlustevahelised erinevused nii taimestikukui ka muldades (Coleman jt 1987; Shiel ja Batten 1988).

Ehkki Park Grassi eksperimenti peetakse kõige vanemaks tänini kestnud katseks, ei pruugi see siiski tõsi olla. Juba 1778. aastast pärineb esimene taimkattekirjeldus ning 1786. aastast väetamise mõju kirjeldus (Haenke jt 1791) Krkonoše mägedes Tšehhis paiknevast rohuaia (Grass Garden) katsest (Semelová jt 2008). Ka selles katses on võimalik jälgida taimestiku taastumist, sest viimati väetati katseala 1944. aastal. 62 aastat pärast katse lõppu – nagu ka Laelatu katses 30 aastat pärast

väetamise lõppu – oli seal taimestik väetatud ja väetamata variantides väga erisugune. Krkonošes võis taimestiku erinevust seletada sellega, et väetamise tõttu olid töötlustevahelised erinevused mullas senini äratuntavad, kuid Laelatule see seletus ei sobi. Laelatul uuriti mullaviljakuse erinevusi 2007. aastal ning töötlustevahelisi erinevusi ei leitud. Krkonoše rohuaia katse võib olla tõesti vanim katse, kust senini on andmeid kogutud, kuid paraku ei ole sealt andmeid talletatud järjepidevalt, mistõttu ei ole võimalik hinnata muutuste dünaamikat.

Väga vana, aga samuti ebajärjepidevate vaatlustega on olnud Saksamaal Eifeli mägedes Bonni ülikooli niiduökoloogia uurimisjaamas paiknev Rengeni katseala (Schellberg jt 1999; Hejzman jt 2007; Chytry jt 2009). Katse on väldanud 1941. aastast, kui künti kanarbiku, jussheina ja hariliku kastekaera domineerimisega karjamaa ja katsealale külvati 13 liiki rohttaimi (4 liblikõielist ja 9 kõrrelist). Selles katses on põhitähelepanu all olnud väetamise mõju mullale; taimestiku muutuste uuringud on seal võrdlemisi uued. Esimesed andmed liigilise koosseisu kohta pärinevad aastaist 1942–1944, aga järgmine taimkattekirjeldus on koostatud alles 2005. aastal.

Huvipakkuvaid pikaajalisi väetuskatseid on maailmas veel mitmeid. Kesk-Euroopa vanematest katsetest tuleks lisaks eelnimetatutele märkida veel 1933. a. alustatud katset Weiherwiese luhal Baierimaal (Diepolder jt 2005) ja 1930. a. Werner Lüdi poolt alustatud nn Nardetumi katset Lõuna-Sveitsi Alpides (Hegg 1992). Rida katseid on tehtud ka Venemaal (nt Dedinovi katse Okaa luhal või katse Komarovi nimelise botaanika instituudi katsejaamas Karjalas), kuid oma pikaajaliselt jäävad need eespool loetletutele juba alla ning sageli on tegu katsetega kultuurheinamaadel.

1970. aastast on kestnud katse Hollandis Gerendali looduskaitsealal Limburgis. Seal on prooviala väetatud kahes variandis (lisaks kontrollile) üheksa aasta jooksul (1971–1979) ning seejärel on jälgitud taimestiku taastumist (Willems ja van Nieuwstad 1996). Hoolimata suhteliselt lühemast väetusperioodist võrreldes teiste eelkirjeldatud eksperimentidega on see katse väga väärtuslik seepärast, et vaatlused on olnud järjepidevad ning taimestiku keemilise koostise kaudu on püütud hinnata ka toitelisuse dünaamikat. Seetõttu ilmneb katse tulemustest selgelt, et umbes 15 aastat pärast väetuse lõppu töötlustevaheline erinevus liigirikkuses peaaegu kaob, niisamuti ka erinevus tootlikkuses ja taimestiku keemilises koostises (Smits jt 2008). Tasub silmas pidada, et ka Laelatul on nihe liikide arvukuse dünaamikas toimunud umbes 15 aastat pärast väetamise lõppu.

Laelatu väetuskatse tulemustest on seni ilmunud Kaljo Porgi enda kokkuvõtte tulemustest kuni 1977. aastani, sealhulgas koosluse produktiivsuse dünaamikast ja fluktuatsioonidest (Pork 1979). Pärast seda koondas katsetulemused, koostas esmase elektroonilise andmebaasi ja ülevaatliku kokkuvõtte põhitulemustest Imbi Rüütel oma TÜ lõputöös (Rüütel 1997). Seejärel on katse tulemusi andmebaasi jooksvalt lisatud ning analüüsitud eri kasvu- ja eluvormide dünaamikat (Kattai 2006) ja spetsiifilisemalt erineva klonalse kasvuga liikide arvukuse muutusi (Sammul jt 2003). Viimase uurimistöo põhjal toodi muu hulgas esile, et kui väetamisel liigirikkus väheneb, siis suuresti pikaealiste rametitega taimeliikide arvel. Ühes Porgi katse andmete põhjal tehtud lõputöös on vaadeldud võsude tiheduse andmete alusel (mida siin ei kajastata) väetusperioodil toimunud liigilise koosseisu muutumist väikese pindalaga prooviruutudel suurte prooviruutude sees (Kuldna 1994).

Katsevariantide erinevusi samblakooslustes on kirjeldanud Ingerpuu jt (1998). Niinemets ja Kull (2005) on hinnanud fosfori ja lämmastiku erisugust mõju produktiivsusele katse eri variantides ja leidnud, et kuigi fosfori kättesaadavus on kõige tähtsam tootlikkust piirav tegur Laelatul, limiteerivad siin N ja P koosluse tootlikkust koos ja selline koosmõju võib olulise mõjurina soodustada liigirikkust.

## 5.2. Väetamise mõju

Üldiselt on väetamine avaldanud Porgi katse taimkattele ootuspärast mõju. Enim suureneb koosluse

produktiivsus töötuluses, kuhu on väetist kõige enam lisatud (PKN2); juba viiendal väetamise aastal on seal rohustu biomass peaaegu neli korda suurem kui väetamata alal. Paariaastase viibeajaga kahaneb seejärel ka liigirikkus, samamoodi nagu teistes samalaadsetes väetuseksperimentides (nt Silvertown jt 2006; Smits jt 2008).

Väga ootuspärane on ka domineeriva liigirühma kujunemine. Lämmastikväetise toimel suureneb kiiresti kõrreliste osatähtsus (Willems 1985; Willems jt 1993; Galka jt 2005), samal ajal kui fosfori ja kaaliumi mõjul suureneb liblikõieliste biomassi osakaal (Willems 1985; Bobbink 1991; Koukoura jt 2005).

On tähelepanuväärne, et mõlemal juhul on tulemuste seletus peidus osaliselt või täielikult maa all. Oludes, kus kasvu limiteerib lämmastiku kättesaadavus, annab liblikõielistele eelise sümbioos lämmastikku siduvate mügarbakteritega. Suurekasvuliste kõrreliste põhiline konkurentsieelis tuleneb nende kõrgest kasvust, mida pärsib väiksem tootlikkus ja samaaegne niitmine, nagu see on liigirikastel puisniitudel tavapärane (Kukk ja Kull 1997). Suurem tootlikkus aga võimaldab suurekasvulistel kõrrelistel tõepoolest kõrgeks sirguda (Grime 1988) ja niiviisi väiksematest taimedest üle kasvada. Siinjuures on kõrreliste suur ressursihõlvamise võime aga tingitud peasjalikult sellest, et suure osa nende biomassist hõlmavad maa-alused osad, kus kõrrelistel on enamasti laialdane, hästi harunenud ja varuaineid koguv risoom koos tugeva ja ulatusliku juurestikuga (Aerts jt 1991).

Laelatu puisniidu erakordne liigirikkus tuleneb suurel määral kõrreliste ja lõikheinaliste suurest liikide arvust, mida täiendavad ka rohunid. Väetamise käigus peaaegu kaovad väikesed kõrrelised ja tarnad ning tunduvat väheneb mitteliblikõieliste rohundite arvukus, kelle biomassi osakaal on olenemata väetamise viisist tähelepanuväärselt konstantne, nimelt 20%. Ühelt poolt saab seda mõistagi seletada allajäämisega suuremakasvulistele taimedele, kuid see ei põhjenda, miks väetatud kooslustest kaovad suhteliselt suurekasvulised (*Carex flacca*) ja üldiselt niitude hooldamata jätmisel hästi säilivad tarnaliigid (*C. tomentosa*). Samuti on mõned väikeste kõrreliste hulka arvatud liigid Laelatu flooras tegelikult tublid keskmikud (nagu *Sesleria coerulea*) ja võimelised teatud oludes mättaid moodustama (kasvades näiteks sipelgapesades), seega ei saa ka nende kadumist kooslusest üheselt ennustada.

Kuna pole mingit alust eeldada, et toitelisuse suurendamine oleks neile liikidele toksiline, peab siin järeldama kolme võimaliku teguri koosmõju. Esmalt juba eelmainitud väljatõrjumine valguskonkurentsi kaudu. Teiseks tõik, et konkurentsivõime on ikkagi liigispetsiifiline ja ilmselt ongi näiteks lubikas või arukaerand (viimane liigitus küll suurte kõrreliste rühma, kuid väetamisel taandus oluliselt; vt lisa 2) ja tavalised tarnaliigid Laelatul lihtsalt nõrgad konkurendid. Kolmandaks avaldab tõenäoliselt siiski mõju ka ebasoodsamaks muutunud abiootiline keskkond. On teada, et pikaajaline väetamine muudab mullad happelisemaks (Silvertown jt 2006). Väetamisega taanduvad keskmise suurusega kõrreliste liigid (lubikas, arukaerand) on aga lubjalembesed.

### 5.3. Taastumine

Porgi katse muudab teiste pikaajaliste väetuskatsete hulgas tähelepanuväärseks muuhulgas see, et siin on jälgitud väetamisjärgset taastumist pika aja kestel. Taastumisega seotud muutused kestavad ikka veel ja ka nüüd, üle 30 aasta pärast väetamise lõppu, saab katse eri ruutude piire looduses palja silmaga eristada. Järelikult võivad väetamise mõjul toimunud liigilise koosseisu muutused olla kohati kas väga püsivad või suisa pöördumatud. Eriti ilmekalt on see seotud PKN2 töötulusega. Kui seal hakkavad väetamise tõttu vohama suured dominantsed kõrrelised, siis nende arvukus pärast väetamise lõppu küll kahaneb, kuid neid liike leidub taimestikust siiski väga ohtralt ja ilmselt takistavad nad nõrgemate konkurentide sisselevi. Ehkki niitmine pärsib kõrgekasvuliste taimede domineerimist, ei ole see piisav, et neid liike taimestikust niivõrd alla suruda, et ka nõrgemad konkurendid, nagu lõikheinalised ja väikesed kõrrelised, muutuksid taimestikust taas ohtramaks. Või

siis toimub see kõik väga aeglaselt.

Peale tööstustevaheliste erinevuste paistab Laelatu katses silma ka konkreetsete püsiruutude vaheline erinevus liigilises koosseisus, mis on samuti erakordselt püsiv. Kui van der Maarel ja Sykes (1993) täheldasid väga suurt liikide mobiilsust väikeses mõõtkavas ja ennustasid, et aja jooksul võiks iga liik jõuda koosluse igasse punkti, siis Laelatu väetuskatse suurusjärgu võrra suuremate prooviruutude põhjal võiks teha risti vastupidise järelduse. Mitme liigi levik on koosluses piiratud vaid teatud ala ja mõne püsiruuduga ning ka lähestikku paiknevate ruutude liigilise koosseisu erinevus võib olla ajas väga püsiv.

On tehtud kindlaks (nt Hejcman jt 2006), et vanade väetuskatsete üksikute ruutude erinevus võib tuleneda toitainete kättesaadavuse erinevuse pikaajalisest püsimisest mullas. Laelatul kontrolliti seda hüpoteesi 2007. aastal ja selgus, et siin on väetamise mõju mullast nüüdseks juba taandunud, toitainete hulk eri tööstuste muldades on võrdsustunud. Seega, kõige tõenäolisem hüpotees, selgitamaks taastumise aeglust ja ruutudevahelist erinevust, on liigilise koosseisu muutumise inerts, mida ilmestab ka tõik, et paljud muutused taimestikis tekivad alles 15 aastat pärast väetuseperioodi lõppu või veel hiljem. Muutused taimestikis ongi lihtsalt väga aeglasel ja osa liigilise koosseisu muutusest väetamise järel võib olla suisa pöördumatu.

Omaette tähelepanu vääriavad Laelatu katses foonilised muutused kontrollruutudes, näiteks tarnade arvukuse pidev ja ühtlane kasv kogu katseperioodil või ka pigem metsasemaid tingimusi eelistavate liikide pealetung viimastel aastatel. Samuti ka muutused üksikute ruutudel või lähestikku paiknevate ruutude rühmas, näiteks esimestel püsikatseruutudel on viimastel aastatel sünkroonis vähenenud liikide arv pihuproovis. Sellised muutused toovad esile pikaajaliste vaatlusriidade tähtsuse ning vajaduse neid jätkata, kuigi rutiinne katseandmete kogumine igal aastal näib eesmärgitu.

#### **5.4. Katse säilimine**

Kaljo Porgi alustatud katse Laelatul on looduses tähistatud ja selle uurimine jätkub. Kahjuks ei ole see aga päästnud katset märgatavaist inimtekkelistest häiringutest, eriti viimasel ajal.

2003. aastal olid ruutudel 3 ja 5 suured ringikujulised kahjustused. Oletatavasti jäid eelmisel aastal heinahunnikud ruutudele pikaks ajaks ja seetõttu hukkus osa hunnikualuseid taimi. 2004. aastal olid kõigile esimestele püsikatseruutudele (9–12) paigutatud kellegi katsed, mis koosnesid ka plasttaimedest ja mille ümber oli taimestik tugevalt tallatud ning osaliselt niidetud (kevad, st tavapärasel niitmisajal). 2005. aastal oli ruutudele 1, 3, 4 ja 7 tõmmatud 3 × 3 m musta kile ruudud. Need küll koristati kiiresti, kuid just ruutude 3 ja 4 vahelises nurgas oli kile jälg looduses selgelt märgatav veel kolm aastat hiljem. 2007. aastal põletati lõkkes eksikombel heina 11. ruudu põhjaotsas.

Aegade vältel on selliseid juhtumeid olnud veel ning neile lisandub taimestiku tugevam varjutamine, sest puud ja põõsad on kasvanud suuremaks. Et tegu on inimtekkelise kooslusega, siis on mõnetine häiringute hulk koosluses loomulik ja osaga neist tuleb ökosüsteem kiiresti toime. Ent kuna tegu on katsealaga, siis on igasugune planeerimata häiring ebamugavusi tekitav lisamõjur.

Vaatlused Porgi katse ruutudel on teretulnud, kuid kindlasti tuleks vältida selliseid toiminguid, mis võivad taimestikku muuta. Ja ka vaatlusi oleks kohane teha viisil, et ei tallata kogu katseala ära, nagu juhtus 2013. aasta suvel ruuduga nr 10. Seda enam, et tegu on Euroopa liigirikkaima taimekooslusega kuni üheruutmeetrises mõõtkavas, ja see kõige liigirohkem lapp paikneb just Porgi katseala ruudul nr 10. Samuti on samas riikliku seire ruut, mis ka võiks pigem olla hoitud loodusliku ja tavapärase arengu dokumenteerimiseks.

Kuna praegu ei ole Laelatul enam ühtset haldajat, kes oleks kohapeal ja kõigi töödega kursis (nagu

oli omal ajal Elmar Vesker ja hiljem Peeter Vissak), siis on eksimused kerged tulema. Seega palve kõigile Laelatul katseid tegevatele kolleegidele: palun aidake Laelatu püsikatset hoida!

## 6. Kokkuvõte

Laelatu puisniidul 1961. aastal rajatud ja praeguseks üle poolesaja aasta jooksul uuritud taimkatte püsiruumid on niidukoosluste dünaamika kirjeldamise kõige pikaajalisem katse Eestis ja üks pikaajalisemaid maailmas.

Esimese 20 aasta jooksul toimusid Laelatu väetatud prooviruumidel võrdlemisi kiired muutused, muu hulgas vähenes liigirikkus. Järgneva üle 30 aasta vältel, mil väetamist enam ei toimunud, on liigiline koosseis väga aeglaselt ühtlustunud ja liigirohkus suurenenud. Nõnda on Laelatu katseala suurepärase näide ja koosluste dünaamika mudelobjekt rahvusvahelises ulatuses.

Porgi katse tulemused ilmestavad väga hästi seda, kui õrn ja tundlik on liigirikaste puisniitude taimkate ja kui aegamisi taastub liigirikkus. Samuti tuleb selgelt esile, et pikaajalise väetamise tõttu muutunud taimkate ei pruugigi täielikult taastuda.

Paljude kolleegide osavõtul Laelatu puisniidul ennekoike 1980. ja 1990. aastatel tehtud intensiivne uurimistöö on olnud määrava tähtsusega liigirikust mõjutavate mehhanismide mõistmise kujunemisel Eesti taimeökoloogide hulgas

## Tänuavaldused

Täname kõiki kolleege, kes on aastate jooksul Laelatu uurimisel kaasa löönud!

## 7. Kirjandus

Aerts, R.; Boot, R. G. A.; van der Aart P. J. M. 1991. The relationship between above- and belowground biomass allocation patterns and competitive ability. – *Oecologia* 87: 551–559.

Bobbink, R. 1991. Effects of nutrient enrichment in Dutch chalk grassland. – *Journal of Applied Ecology* 28: 28–41.

Chytry, Milan; Hejcman, Michal; Hennekens, Stephan M.; Schellberg, Jürgen 2009. Changes in vegetation types and Ellenberg indicator values after 65 years of fertilizer application: evidence from the Rengen Grassland Experiment, Germany. – *Applied Vegetation Science* 12: 167–176.

Coleman, S. Y.; Shiel, R. S.; Evans, D. A. 1987. The effects of weather and nutrition on the yield of hay from Palace Leas meadow hay plots, at Cockle Park Experimental Farm, over the period from 1897 to 1980. – *Grass and Forage Science* 42: 353–358.

Diepolder, M.; Schneider, B.; Jakob, B. 2005. Ergebnisse von der “Weiherwiese” – dem ältesten Grünlandversuch Bayerns. – *Schule und Beratung* 2: 11–17.

Galka, A.; Zarzycki, J.; Kopeć, M. 2005. Effect of different fertilisation regimes on species composition and habitat in a long-term grassland experiment. – Lillak, R.; Viiralt, R.; Linke, A.; Geherman, V. (ed.) *Integrating efficient grassland farming and biodiversity*. Greif printhouse, Tartu: 132–135.

- Grime, J. P.; Hodgson, J. G.; Hunt, R. 1988. Comparative Plant Ecology: a functional approach to common British species. Unwin Hyman, London.
- Haenke, T.; Gruber, T.; Jirásek, J.; Gerstner, F. J. 1791. Beobachtungen aus Reisen nach dem Riesengebirge. Dresden.
- Hegg, O. 1992. Long term influence of fertilization in a Nardetum. Results from the test plots of Dr. Lüdi on the Schynige platte. – *Vegetatio* 103: 141–150.
- Hein, Viiu 1970. Andmeid Laelatu puisniidu fenoloogiast. – Kumari, Eerik (toim). Lääne-Eesti rannikualade loodus. Valgus, Tallinn: 129–135.
- Hejcman, Michal; Klaudivová, Michaela; Schellberg, Jürgen; Honsová, Dagmar 2007. The Rengen Grassland Experiment: plant species composition after 64 years of fertilizer application. – *Agriculture, Ecosystems and Environment* 122: 259–266.
- Ingerpuu, Nele; Kull, Kalevi; Vellak, Kai 1998. Bryophyte vegetation in a wooded meadow: relationships with phanerogam diversity and responses to fertilisation. – *Plant Ecology* 134: 163–171.
- Jenkinson, D. S. 1991. The Rothamsted Long-Term Experiments: Are They Still of Use? – *Agronomy Journal* 83: 2–10.
- Jenkinson, D. S.; Potts, J. M.; Perry, J. N.; Barnett, V.; Coleman, K.; Johnston, A. E. 1994. Trends in herbage yields over the last century on the Rothamsted Long-term Continuous Hay Experiment. – *The Journal of Agricultural Science* 122: 365–374.
- Jürisson, Ilmar 1976. Kultuurkarjamaad põllumajanduslikus suurtootmises. Valgus, Tallinn.
- Kattai, Kaili 2006. Taimede elu- ja kasvuvormide ning elustrateegiate osakaalude muutused Laelatu pikaajalises väetuskatses. Magistritöö. Käsikiri. Eesti maaülikool, põllumajandus- ja keskkonnainstituut, botaanikaosakond.
- Koukoura, Z.; Kyriazopoulos, A.; Mantzanas, K. 2005. Effects of fertilization on floristic diversity and herbage production in a grazed natural rangeland. – Lillak, Rein; Viiralt, Rein; Linke, A.; Geherman, V. (toim). Integrating efficient grassland farming and biodiversity. Greif printhouse, Tartu: 307–310.
- Krall, Heljo; Pork, Kaljo 1970. Laelatu puisniit. – Kumari, Eerik (toim). Lääne-Eesti rannikualade loodus. Valgus, Tallinn: 115–128.
- Krall, Heljo; Pork, Kaljo; Aug, Heino; Püss, O; Rooma, Igna; Teras, Toomas 1980. Eesti NSV looduslike rohumaade tüübid ja tähtsamad taimekooslused. Eesti NSV Põllumajandusministeeriumi Informatsiooni ja Juurutamise Valitsus, Tallinn.
- Kukk, Toomas; Kull, Kalevi 1997. Puisniidud. – *Estonia Maritima* 2: 1–249.
- Kuldna, Piret 1994. Võsude arvu dünaamikat kujundavad lihtsad protsessid niidukoosluses. Harjutustöö. Käsikiri. Tartu Ülikooli botaanika ja ökoloogia instituut, ökofüsioloogia õppetool.
- Kull, Kalevi; Zobel, Kristjan 1997. Laelatu puisniidu liigirikkaim ruut. – *Rukkilill* 5: 94–95.
- Kull, Kalevi; Zobel, Martin 1991. High species richness in an Estonian wooded meadow. – *Journal of Vegetation Science* 2: 715–718.
- Masing, Viktor; Kull, Kalevi; Trass, Hans; Zobel, Martin 1995. Vegetation science in Estonia. – *Consortium Masingii. A Festschrift for Viktor Masing. Scripta Botanica* 9: 144–189. Tartu University, Tartu.

- Niinemets, Ülo; Kull, Kalevi 2005. Co-limitation of plant primary productivity by nitrogen and phosphorus in a species-rich wooded meadow on calcareous soils. – *Acta Oecologica* 28: 345–356.
- Pork, Kaljo 1979. Niidutaimkatte kujunemine, nüüdisaegne seisund ja niitude kasutamise küsimusi Eesti NSV-s. – Kalamees, K. (toim). Eesti NSV niitude uurimise bioloogilisi probleeme. Eesti Looduseuurijate Seltsi aastaraamat 67: 7–37. Valgus, Tallinn.
- Rothamsted ... 1991. Rothamsted experimental station. Guide to the classical field experiments. Harpenden, Herts: AFRC Institute of Arable Crops Research.
- Rüütel, Imbi 1997. Niidukoosluse pikaajalise dünaamika uuring Laelatu väetuskatses. Lõputöö. Käsikiri (EMÜ PKI botaanikaosakond). Tartu Ülikool, botaanika ja ökoloogia instituut, ökofüsioloogia õppetool.
- Sammul, Marek; Kull, Kalevi; Oksanen, Lauri; Veromann, Peeter 2000. Competition intensity and importance: results from field experiments with *Anthoxanthum odoratum*. – *Oecologia* 125: 18–25.
- Sammul, Marek; Kull, Kalevi; Tamm, Anneli 2003. Clonal growth in a species-rich grassland: Results of a 20-year fertilization experiment. – *Folia Geobotanica* 38: 1–20.
- Schellberg, J.; Mösel, B. M.; Kühbauch, W.; Rademacher, I. 1999. Long-term effects of fertilizer on soil nutrient concentration, yield, forage quality and floristic composition of a hay meadow in the Eifel mountains, Germany. – *Grass and Forage Science* 54: 195–207.
- Semelová, Věra; Hejčman, Michal; Pavlů, Vilém; Vacek, Stanislav; Podrázský, Vilém 2008. The Grass Garden in the Giant Mts. (Czech Republic): Residual effect of long-term fertilization after 62 years. – *Agriculture, Ecosystems & Environment* 123: 337–342.
- Shiel, R. S.; Batten, J. C. 1988. Redistribution of nitrogen and phosphorus on Palace Leas meadow hay plots as a result of aftermath grazing. – *Grass and Forage Science* 43: 105–110.
- Silvertown, J.; Poulton, P.; Johnston, E.; Grant, E.; Heard, M.; Biss, P. M. 2006. The Park Grass Experiment 1856–2006: its contribution to ecology. – *Journal of Ecology* 94: 801–814.
- Smits, N. A. C.; Willems, J. H.; Bobbink, R. 2008. Long-term after-effects of fertilisation on the restoration of calcareous grasslands. – *Applied Vegetation Science* 11: 279–286.
- van der Maarel, Eddy; Sykes, M. T. 1993. Small-scale plant species turnover in a limestone grassland: the carousel model and some comments on the niche concept. – *Journal of Vegetation Science* 4: 179–188.
- Willems, J. H.; 1985. Growth form spectra and species diversity in permanent grassland plots with different management. – Schreiber K. F. (toim.) Sukzession auf Grünlandbrachen. Paderborn: Schönigh: 35–43.
- Willems, J. H.; Peet, R. K.; Bik, L. 1993. Changes in chalk-grassland structure and species richness resulting from selective nutrient additions. – *Journal of Vegetation Science* 4: 203–212.
- Willems, J. H.; van Nieuwstadt, M. G. L. 1996. Long-term after effects of fertilization on above-ground phytomass and species diversity in calcareous grassland. – *Journal of Vegetation Science* 7: 177–184.





Väetusvariant	Kontroll			PK			PKN1			PKN2		
Püsiruudu nr	2	6	10	1	7	9	4	8	11	3	5	12
<i>Convallaria majalis</i>	35	36	39	34	33	33	22	34	36	22	21	36
<i>Corylus avellana</i>												1
<i>Crataegus</i> sp.	1			1	3		2	1				1
<i>Crepis paludosa</i>		3	17	1	2	24		1	16		2	26
<i>Crepis praemorsa</i>	26	33	33	26	24	29	18	27	26	13	15	30
<i>Cypripedium calceolus</i>		1						1				
<i>Dactylis glomerata</i>	35	33	28	35	34	33	41	33	36	35	35	36
<i>Dactylorhiza fuchsii</i>	2	1		2		1			2	1		
<i>Dactylorhiza maculata</i>			1		1	1			2		1	2
<i>Danthonia decumbens</i>			1	1				1				
<i>Deschampsia cespitosa</i>	5	5	10	6	4	4	4	4	8	11	11	12
<i>Elymus repens</i>	3									4		
<i>Epilobium montanum</i>			1									
<i>Epipactis helleborine</i>		1		1		1		1			1	
<i>Euphrasia officinalis</i>			1		1	1						
<i>Euphrasia</i> sp.			3			1			1			1
<i>Festuca arundinacea</i>	35	34	40	33	34	35	39	33	36	35	35	36
<i>Festuca ovina</i>	32	37	40	19	28	35	21	30	34	10	17	23
<i>Festuca pratensis</i>	33	24	26	34	31	31	39	33	33	34	33	34
<i>Festuca rubra</i>	35	37	40	35	34	35	41	34	36	35	35	36
<i>Filipendula ulmaria</i>	5	1	7		2	1	3	1	2	8	1	1
<i>Filipendula vulgaris</i>	32	32	31	32	30	14	30	9	24	28	33	27
<i>Fragaria vesca</i>	13	19	13	2	20	14	4	24	18	8	8	23
<i>Frangula alnus</i>		1	1			2					1	2
<i>Fraxinus excelsior</i>	13	11	12	9	7	11	14	18	13	9	7	10
<i>Galium album</i>	31	35	7	16	29	20	35	26	24	33	33	28
<i>Galium boreale</i>	27	36	40	24	31	34	37	26	34	33	34	32
<i>Galium uliginosum</i>				1	1					1		
<i>Galium verum</i>	1	5	13		2	3	3		4	5	15	1
<i>Gentiana pneumonanthe</i>			1									
<i>Gentianella uliginosa</i>			1									
<i>Geranium pratense</i>	1									2		
<i>Geranium sanguineum</i>	1		4			2		2	14			3
<i>Geum rivale</i>	21	31	29	15	20	28	9	21	23	13	21	32
<i>Geum urbanum</i>											1	
<i>Gymnadenia conopsea</i>	11	13	33	1	3	19	2	3	13	5	3	7
<i>Helianthemum nummularium</i>	35	37	40	30	27	26	31	11	6	16	15	5
<i>Helictotrichon pratense</i>	35	37	40	34	33	33	39	34	36	34	33	34
<i>Helictotrichon pubescens</i>	33	34	25	33	34	21	41	33	32	35	35	28
<i>Hepatica nobilis</i>	31	35	39	26	33	28	31	32	33	23	26	32
<i>Heracleum sibiricum</i>	3		3	2	6	5	8	2	2	12	7	13
<i>Hieracium caesium</i>		1	4		1	3		1	1			
<i>Hieracium murorum</i>		7	7		5	6		3	3			1
<i>Hieracium umbellatum</i>			2									
<i>Hieracium vulgatum</i>		5	5	1	1	3			1			
<i>Hieracium</i> sp.		3	4		3	3		1	2			
<i>Hypericum maculatum</i>	10	2		3		2	10		2	7	3	1
<i>Hypericum perforatum</i>	7		1	1	1		2			1	1	
<i>Hypochaeris maculata</i>	2		1	3	3	3	3	1	3	1	1	2
<i>Inula salicina</i>	4	16	23	11	16	11		3	6		19	10
<i>Juniperus communis</i>	1	1		1								
<i>Knautia arvensis</i>			2									
<i>Lathyrus pratensis</i>	34	35	35	32	32	35	39	31	35	35	34	34
<i>Lathyrus vernus</i>	26	37	8	8	33	6	3	33	28	3	1	3
<i>Leontodon autumnalis</i>		1	1		2							

Väetusvariant	Kontroll			PK			PKN1			PKN2		
Püsiruudu nr	2	6	10	1	7	9	4	8	11	3	5	12
<i>Leontodon hispidus</i>	35	37	40	35	33	31	18	22	32	20	17	24
<i>Leucanthemum vulgare</i>	33	36	39	34	33	30	34	33	36	22	23	17
<i>Linum catharticum</i>	29	32	35	16	22	19	17	10	15	16	16	15
<i>Listera ovata</i>	13	20	21	12	8	16	7	6	18	5	6	17
<i>Lonicera xylosteum</i>		1				1			1			
<i>Lotus corniculatus</i>	5	10	23	8	6	6	5		9	1	4	
<i>Luzula campestris</i>	11	9	10	12	15	17	8	10	11	2	4	5
<i>Luzula multiflora</i>	9	9	7	15	11	14	15	9	11	10	13	11
<i>Luzula pallescens</i>				1	1	1		4	3			1
<i>Luzula pilosa</i>			1		6	1		12	3		1	9
<i>Luzula sp.</i>								1				
<i>Maianthemum bifolium</i>												18
<i>Malus domestica</i>			1		1							
<i>Malus sylvestris</i>	1	2	2	3	3	3		2	3		2	4
<i>Medicago lupulina</i>	31	30	25	32	30	34	33	28	29	17	22	18
<i>Melampyrum nemorosum</i>	20	19	25	24	20	26	25	26	25	21	20	25
<i>Melica nutans</i>	5	15	7	1	5	4	4	9	4	1	1	6
<i>Mentha arvensis</i>		1	1					1				
<i>Molinia coerulea</i>	13	36	40	12	21	26	3	11	18	2	5	13
<i>Myosotis sp.</i>											2	
<i>Ophioglossum vulgatum</i>	29	21	39	11	5	34		19	17	3	8	19
<i>Orchis mascula</i>								1				
<i>Orchis militaris</i>	1									1		
<i>Orchis sp.</i>		1										
<i>Origanum vulgare</i>	2	11	4			1		1	3			
<i>Paris quadrifolia</i>		17	1	1	14	15	1	25	19		3	28
<i>Parnassia palustris</i>			1									
<i>Pastinaca silvestris</i>		1										
<i>Peucedanum palustre</i>											1	2
<i>Phleum pratense</i>	8	6	5	9	2	7	7	5	6	5	4	5
<i>Picea abies</i>					1							
<i>Pilosella cespitosa</i>		1	1					1	2		1	
<i>Pilosella glomerata</i>								1				
<i>Pilosella lactucella</i>	2	1	1		1				1			
<i>Pilosella officinarum</i>	27	28	36	11	12	18	3	9	8	1	1	1
<i>Pilosella vaillantii</i>	1		2		1							
<i>Pilosella sp.</i>	1	2			1			1			1	
<i>Pimpinella major</i>	3	20	12	1	16	13	12	7	21	7	26	17
<i>Pimpinella saxifraga</i>	1	3	13	1	1	2	1		1		2	1
<i>Pinguicula vulgaris</i>			1									
<i>Pinus sylvestris</i>											1	
<i>Plantago lanceolata</i>	35	37	40	34	33	35	40	31	35	23	24	28
<i>Plantago media</i>	31	34	39	24	27	27	14	23	31	13	11	16
<i>Platanthera bifolia</i>						1						
<i>Platanthera chlorantha</i>				1		1			1			
<i>Platanthera sp.</i>	2	1				2			2			
<i>Poa angustifolia</i>	31	24	26	32	30	31	36	32	34	30	32	34
<i>Poa nemoralis</i>								1	1			
<i>Poa pratensis</i>	2	2	3	4	2	1	5	1	3	4	3	2
<i>Poa trivialis</i>	2	4	1	4		2	5	4	1	5		3
<i>Polygala amarella</i>	13	24	26	15	10	22	5	8	13	7	5	9
<i>Polygonatum odoratum</i>	2	9	2	6	1	9	1	19	14	4		
<i>Populus tremula</i>			7		1	5		2	3			3
<i>Potentilla erecta</i>	31	37	39	9	22	34	11	23	33	3	14	34
<i>Potentilla neumanniana</i>		1										
<i>Potentilla reptans</i>	8	2		2	4		3			5	3	

Väetusvariant	Kontroll			PK			PKN1			PKN2		
Püsiruudu nr	2	6	10	1	7	9	4	8	11	3	5	12
<i>Primula farinosa</i>		3	17			1						
<i>Primula veris</i>	35	33	36	35	34	30	40	34	34	32	29	36
<i>Prunella vulgaris</i>	21	34	40	15	19	26	13	11	21	8	14	21
<i>Pyrola rotundifolia</i>	2	32	37		8	19		20	17	2	1	13
<i>Quercus robur</i>		1		2	2	2		1	1	1		2
<i>Ranunculus acris</i>	11	11	22	11	17	19	15	18	20	14	22	28
<i>Ranunculus auricomus</i>	7	2		2	2		5	1	5	17	12	15
<i>Ranunculus bulbosus</i>	2	5	3	1	3	4		3	1			3
<i>Ranunculus cassubicus</i>						5			4	2		18
<i>Ranunculus fallax</i>									1			1
<i>Ranunculus ficaria</i>										1		
<i>Ranunculus polyanthemus</i>	29	27	32	22	25	27	27	23	29	18	24	25
<i>Ranunculus repens</i>												1
<i>Rhamnus catharticus</i>		5	7		4	4	2	6	7		5	6
<i>Rhinanthus minor</i>	30	22	14	27	23	20	30	22	20	19	22	4
<i>Rhinanthus serotinus</i>	2	2	2	6	1	3	4	2	1	2	2	
<i>Ribes</i> sp.		1	1			1						
<i>Rosa</i> sp.	3					1		1				
<i>Rubus caesius</i>									1			
<i>Rubus saxatilis</i>	1	15	20		9	6		4	2		5	9
<i>Rumex acetosa</i>	3	1	1	16	20		33	21	3	27	23	
<i>Rumex thyrsoiflorus</i>	1			2			1	2	1	1	1	
<i>Salix</i> sp.	5	9	6		2	1	1	1				
<i>Saussurea alpina</i>						1			1			
<i>Scorzonera humilis</i>	12	36	39	27	22	32	17	12	34	8	17	29
<i>Scrophularia nodosa</i>							1	1		1	1	
<i>Selinum carvifolia</i>			4	1				1		1	1	
<i>Serratula tinctoria</i>	28	37	40	34	32	35	39	33	35	29	35	36
<i>Sesleria coerulea</i>	35	37	40	31	32	34	30	30	35	22	32	33
<i>Silene nutans</i>	1	4	1	3	2	2	3	8	2	1	2	
<i>Solidago virgaurea</i>	1	12	12	1	7	10	2	9	6	1		2
<i>Sorbus aucuparia</i>				1	1	2		1	3			2
<i>Stellaria graminea</i>							1				1	1
<i>Succisa pratensis</i>	10	31	39	2	8	26	4	7	17	2	4	20
<i>Swida sanguinea</i>		4	2	1	3	9	1	6	2			3
<i>Swida</i> sp.												1
<i>Taraxacum officinale</i>	2			2	1	9		3	1	2	3	11
<i>Thalictrum</i> sp.	1											
<i>Thymus serpyllum</i>	1		14				1					
<i>Trifolium arvense</i>	1											
<i>Trifolium hybridum</i>				1			1	1	1			
<i>Trifolium montanum</i>	8	8	19	16	6	15		2	14	3	3	1
<i>Trifolium pratense</i>	33	35	39	35	33	35	37	34	35	20	27	30
<i>Trifolium repens</i>					2	8				2		1
<i>Trisetum flavescens</i>	2			1						3		
<i>Trollius europaeus</i>	6	9	13	7	7	18	14	10	12	8	30	19
<i>Veronica chamaedrys</i>	32	29	24	33	31	31	40	31	25	34	34	35
<i>Veronica officinalis</i>	3	17	17	8	15	19	13	11	17	6	11	15
<i>Veronica serpyllifolia</i>										1		
<i>Veronica teucrium</i>				1			1		1			
<i>Viburnum opulus</i>		2	4			6			2			5
<i>Vicia cracca</i>	23	28	36	30	17	29	28	5	26	16	19	7
<i>Vicia sepium</i>	25	11	8	28	34	7	39	33	24	33	18	27
<i>Viola canina</i>	2	4	1		3	2		3	1		2	2
<i>Viola collina</i>	2		1	1				1	3			2

Väetusvariant	Kontroll			PK			PKN1			PKN2		
Püsiruudu nr	2	6	10	1	7	9	4	8	11	3	5	12
<i>Viola mirabilis</i>	15	24	16	5	29	19	16	29	20	5	8	23
<i>Viola montana</i>	1	4	1	1				1				1
<i>Viola riviniana</i>	6	1	1	3	3	4	2	10	4	4	1	5
<i>Viola rupestris</i>	2	2	1			1		2	1	1		
<i>Viola sp.</i>		3				1	1			1		